

การวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุและการประเมินวัฏจักรชีวิต
ของเชื้อเพลิงชีวภาพที่ผลิตจากน้ำมันปาล์ม

MATERIAL FLOW ANALYSIS AND LIFE CYCLE ASSESSMENT
OF PALM OIL-BASED BIOFUELS



การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สิ่งแวดล้อม และการจัดการงานก่อสร้าง
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2567

KMITL-2025-EN-M-097-063

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MATERIAL FLOW ANALYSIS AND LIFE CYCLE ASSESSMENT
OF PALM OIL-BASED BIOFUELS



AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE MASTER'S OF ENGINEERING
IN CIVIL ENGINEERING ENVIRONMENTAL ENGINEERING
AND CONSTRUCTION MANAGEMENT
SCHOOL OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2024

KMITL-2025-EN-M-097-063

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2025

SCHOOL OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อการค้นคว้าอิสระ	การวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุและการประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงชีวภาพที่ผลิตจากน้ำมันปาล์ม
นักศึกษา	นางสาวญาณิศา สว่างสุข
รหัสประจำตัว	63601122
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา สิ่งแวดล้อม และการจัดการงานก่อสร้าง
พ.ศ.	2567
อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชดชนก อัทธพงษ์

บทคัดย่อ

การศึกษาการค้นคว้าอิสระนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุและการประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิง โดยเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิง 4 ชนิด ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่ได้รับการพัฒนาขึ้น 2 ชนิด ได้แก่ เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว (ME-B 25/5) และเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวรวม (ME-B/EHOH 25/3) และเชื้อเพลิงพื้นฐาน 2 ชนิด ได้แก่ เชื้อเพลิงดีเซล และเชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม โดยทำการวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุ (MFA) และการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) เพื่อศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิงโดยให้ความสำคัญกับ 4 หมวดที่มีค่าผลกระทบสูงสุด ได้แก่ ด้านการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในทะเล (MU) ด้านความเป็นพิษที่ก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ (HT) ด้านความขาดแคลนทรัพยากรฟอสซิล (FRS) และด้านการเกิดภาวะโลกร้อน (GWP) ผลการศึกษาพบว่าเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันทั้ง 2 ชนิด (ME-B 25/5 และ ME-B/EHOH 25/3) มีค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำกว่าเชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม ในด้านการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในทะเล (MU) ด้านความเป็นพิษที่ก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ (HT) และด้านการเกิดภาวะโลกร้อน (GWP) แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการลดมลพิษทั้งในกระบวนการผลิตและการเผาไหม้ และยังมีค่าผลกระทบด้านความขาดแคลนทรัพยากรฟอสซิล (FRS) ต่ำกว่าเชื้อเพลิงดีเซลอย่างชัดเจน สะท้อนถึงแนวทางความยั่งยืนและการลดการพึ่งพาทรัพยากรฟอสซิล จึงเหมาะสมที่จะพัฒนาเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกในภาคอุตสาหกรรมที่มุ่งลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยข้อเสนอแนะจากการศึกษานี้ ได้แก่ การพัฒนาองค์ประกอบของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันให้มีเสถียรภาพและประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ดีขึ้น โดยใช้สารลดแรงตึงผิวจากธรรมชาติหรือชีวภาพ ควบคู่กับการประเมินผลกระทบในขอบเขต Cradle to Gate หรือ Cradle to Grave และการศึกษาสารลดแรงตึงผิวทางเลือกที่มีต้นทุนต่ำแต่คุณสมบัติใกล้เคียง เพื่อลดข้อจำกัดด้านเศรษฐศาสตร์ในการผลิตเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Independent Study	Material Flow Analysis and Life Cycle Assessment of Plam Oil-Based Biofuels
Student	Ms. Yanisa Sawangsuk
Student ID.	63601122
Degree	Master of Engineering
Program	Civil Engineering Environmental Engineering and Construction Management
Year	2024
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Chodchanok Attaphong

ABSTRACT

This independent study aims to conduct a material flow analysis (MFA) and life cycle assessment (LCA) of four types of fuels, with a focus on comparing their environmental impacts. Two fuels were developed as microemulsion fuels: one utilizing palm oil-based biodiesel as a surfactant (ME-B 25/5), and another combining palm oil-based biodiesel with 2-ethyl-1-hexanol as a co-surfactant (ME-B/EHOH 25/3). These were compared with two conventional fuels: diesel and palm oil biodiesel. The assessment emphasizes four major environmental impact categories with the highest normalized scores: marine eutrophication (MU), human carcinogenic toxicity (HT), fossil resource scarcity (FRS), and global warming potential (GWP). The results show that both ME-B 25/5 and ME-B/EHOH 25/3 exhibit lower environmental impacts than palm oil biodiesel in MU, HT, and GWP, indicating their potential to reduce pollution during both production and combustion phases. Additionally, both microemulsion fuels demonstrated significantly lower FRS values compared to petroleum diesel, highlighting their potential contribution to sustainability and reduced dependency on fossil resources. Therefore, these microemulsion fuels are suitable candidates as alternative fuels for industrial applications focused on greenhouse gas mitigation. It is recommended that future research should aim to enhance fuel stability and combustion efficiency through the use of natural or bio-based surfactants, while expanding environmental impact assessments to cover broader system boundaries such as Cradle-to-Gate or Cradle-to-Grave. Moreover, further investigation into cost-effective alternative surfactants with similar performance is encouraged to overcome economic limitations in fuel production.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ค้นคว้าอิสระเล่มนี้สำเร็จลุล่วง ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงแต่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชดชนก อัทธพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งได้ให้คำแนะนำ อบรมสั่งสอน และให้ความช่วยเหลืออย่างใกล้ชิดตลอดระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย จนข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ด้วยความเมตตาและเอาใจใส่ของท่านอาจารย์ ที่ได้เสียสละเวลาและให้ข้อเสนอแนะอันมีคุณค่าในทุกขั้นตอนของการทำงาน ทำให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์อย่างมาก ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำงานในอนาคต ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชดชนก อัทธพงษ์ ไว้ ณ โอกาสนี้ด้วยความเคารพอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ คณะอาจารย์ประจำหลักสูตรทุกท่าน ที่ให้ความรู้ และคำแนะนำอันมีค่า ข้อเสนอแนะ และความคิดเห็นอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์และสมคุณค่าในทางวิชาการ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณทุกท่านไว้ ณ โอกาสนี้ ด้วยความเคารพและซาบซึ้งใจเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการทดสอบ

ขอขอบคุณ นางสาวนัตยา โมรรารธรรม เป็นอย่างสูง ที่ได้กรุณาอนุญาตให้นำผลงานวิจัยของท่านมาใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงและเป็นแนวทางสำคัญในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ นอกจากนี้ ยังได้ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนข้าพเจ้าอย่างดียิ่งตลอดระยะเวลาการทำวิจัย ไม่ว่าจะเป็นการให้คำแนะนำในด้านวิธีการวิจัย การให้ข้อมูลเชิงลึกที่เป็นประโยชน์ ซึ่งมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อความสำเร็จของค้นคว้าอิสระฉบับนี้ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งใจเป็นอย่างยิ่งในความเอื้อเฟื้อ ความเมตตา และน้ำใจของท่าน ที่ได้ให้การสนับสนุนทั้งด้านวิชาการและด้านกำลังใจมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ มารดา ที่เป็นกำลังใจสำคัญที่สุดของข้าพเจ้าในการดำเนินชีวิต และการศึกษาเล่าเรียนมาโดยตลอด ขอขอบคุณสำหรับความรัก ความเข้าใจ และการสนับสนุนในทุกๆ ด้าน ทั้งทางร่างกายและจิตใจ ที่ช่วยให้ข้าพเจ้ามีกำลังใจในการก้าวผ่านอุปสรรคต่างๆ จนสามารถทำการค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ตามเป้าหมาย

ญาณิศา สว่างสุข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และตั้งข้ออ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	3
1.4 ขั้นตอนของการศึกษา	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์.....	5
2.1 เชื้อเพลิงชีวภาพ	5
2.2 น้ำมันปาล์ม	10
2.2.1 ลักษณะของน้ำมันปาล์ม	11
2.2.2 กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันปาล์ม.....	11
2.3 เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชัน	13
2.3.1 พื้นฐานของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชัน.....	13
2.3.2 ส่วนประกอบของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชัน	14
2.3.3 ปฏิกิริยาไมโครอิมัลชันซีฟิเคชัน	17
2.3.4 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชัน	19
2.4 การวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุ.....	19
2.4.1 ความหมายและหลักการของการวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุ	19
2.4.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุ.....	20
2.4.3 การประยุกต์การวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุด้านเชื้อเพลิงชีวภาพ	21

สารบัญ

หน้า

2.5 การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์	23
2.5.1 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิต	24
2.5.2 การประยุกต์ใช้การประเมินวัฏจักรชีวิตกับเชื้อเพลิงชีวภาพ	27
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	28
3.1 แผนผังการดำเนินการวิจัย	32
3.2 แนวคิดในการออกแบบวิธีการทดลอง	33
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	33
3.4 วิธีวางแผนและออกแบบวิธีการศึกษา	33
3.4.1 วิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุ	33
3.4.2 การประเมินวัฏจักรชีวิต	36
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์ผล	40
4.1 วิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุและอภิปรายผล	40
4.1.1 วิเคราะห์ผังการไหลของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม เป็นสารลดแรงตึงผิว (ME-B 25/5)	40
4.1.2 วิเคราะห์ผังการไหลของจากเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจาก น้ำมันปาล์ม เป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม (ME-B/EHOH 25/3)	45
4.1.3 วิเคราะห์ผังการไหลเชื้อเพลิงดีเซล	50
4.1.4 วิเคราะห์ผังการไหลเชื้อเพลิงไบโอดีเซล	53
4.2 การประเมินวัฏจักรชีวิต	57
4.2.1 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม เป็นสารลดแรงตึงผิว (ME-B 25/5)	57
4.2.2 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจาก น้ำมันปาล์ม เป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม (ME-B/EHOH 25/3)	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
4.2.3 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิงดีเซล	61
4.2.4 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิงไบโอดีเซล	63
4.2.5 เปรียบเทียบผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงทั้ง 4 ชนิด.....	65
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	69
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	69
5.2 ข้อเสนอแนะ	70



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ตัวอย่างบัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออก	38
4.1 ปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกในการเตรียมเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซล จากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว (ME-B 25/5).....	42
4.2 ปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกในการทดสอบเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซลของเชื้อเพลิง ไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม เป็นสารลดแรงตึงผิว (ME-B 25/5)	43
4.3 ปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกในการเตรียมเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซล จากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม (ME-B/EHOH 25/3).....	46
4.4 ปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกในการทดสอบเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซลของ เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม เป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม (ME-B/EHOH 25/3).....	47
4.5 ปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกในการเตรียมเชื้อเพลิงดีเซล	50
4.6 ปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกจากการทดสอบเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซล ของเชื้อเพลิงดีเซล	51
4.7 ปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกในการเตรียมเชื้อเพลิงไบโอดีเซล	53
4.8 ปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกจากการทดสอบเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซลของเชื้อเพลิง ไบโอดีเซล.....	54

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การแปลงชีวมวลเพื่อผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ	7
2.2 การแปลงชีวมวลที่เป็นอาหารและไม่ใช่อาหารไปเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพและเคมีชีวภาพ	9
2.3 ปฏิกริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างไตรกลีเซอไรด์กับแอลกอฮอล์.....	13
3.1 แผนผังการดำเนินการวิจัย	32
3.2 ผังการไหลของวัสดุของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว	34
3.3 ผังการไหลของวัสดุของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม.....	35
3.4 ผังการไหลของวัสดุของเชื้อเพลิงดีเซล.....	35
3.5 ผังการไหลของวัสดุของเชื้อเพลิงไบโอดีเซล.....	36
3.6 ขั้นตอนการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม.....	37
4.1 ผังการไหลของวัสดุของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว (ME-B 25/5)	45
4.2 ผังการไหลของวัสดุของผังการไหลของวัสดุของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม เป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม (ME-B/EHOH 25/3).....	49
4.3 ผังการไหลของวัสดุของผังการไหลของวัสดุของเชื้อเพลิงดีเซล	52
4.4 ผังการไหลของวัสดุของผังการไหลของวัสดุของเชื้อเพลิงไบโอดีเซล	56
4.5 ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว (ME-B 25/5)	59
4.6 ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม (ME-B/EHOH 25/3)	61
4.7 ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงดีเซล	63
4.8 ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงไบโอดีเซล	65
4.9 ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงทั้ง 4 ชนิด.....	66

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันความต้องการพลังงานทางเลือกของโลกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้เกิดการขยายตัวของอุตสาหกรรมเชื้อเพลิงชีวภาพ ทั้งนี้ยังมีการคาดการณ์ว่าความต้องการเชื้อเพลิงชีวภาพจะเพิ่มขึ้นถึง 38 ล้านลูกบาศก์เมตรในระหว่างปี 2023-2028 (International Energy Agency, 2024) ซึ่งเชื้อเพลิงชีวภาพที่ผลิตจากชีวมวลคือพลังงานที่ผลิตได้จากการนำวัสดุชีวมวลหรือสารอินทรีย์ทุกรูปแบบที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติ เช่น ชยะอินทรีย์ เศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร กากจากกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม มูลสัตว์ พืชเชื้อเพลิง เช่น แกลบ ฟางข้าว ชานอ้อย ใบและยอดอ้อย ไม้ เศษไม้ เส้นใย และกะลาปาล์ม กากมันสำปะหลัง ชังข้าวโพด กาบและกะลามะพร้าว มาผ่านกระบวนการแปรรูป เช่น การหมัก (Fermentation) การเผา (Combustion) การผลิตก๊าซ (Gasification) หรือกรรมวิธีอื่นๆ จนได้เป็นความร้อนหรือก๊าซเพื่อนำไปใช้ประโยชน์หรือแปรรูปเป็นพลังงานไฟฟ้า (UAC GLOBAL PUBLIC COMPANY LIMITED, 2021) โดยข้อดีของพลังงานชีวภาพและพลังงานชีวมวลผลิตได้จากวัตถุดิบที่หลากหลายและสามารถนำไปใช้งานได้หลากหลายรูปแบบเป็นพลังงานหมุนเวียนที่สามารถผลิตได้อย่างไม่จำกัดและไม่หมดไปเหมือนพลังงานฟอสซิล รวมถึงไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเหมือนพลังงานฟอสซิลช่วยลดปริมาณขยะและขยะชีวภาพที่เกิดขึ้นในครัวเรือน และอุตสาหกรรม พร้อมช่วยลดการฝังกลบขยะ มีราคาถูกกว่าเมื่อเทียบกับการใช้งานพลังงานฟอสซิลเหมาะสำหรับประเทศเกษตรกรรม เนื่องจากการเพิ่มมูลค่าให้กับของเหลือใช้ทางการเกษตร และเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร เป็นการช่วยพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากผลผลิตที่เหลือจากกระบวนการผลิตสามารถนำไปทำเป็นปุ๋ยและน้ำหมักอินทรีย์ เพื่อนำกลับไปในเชิงเกษตรกรรมได้จึงนำมาเป็นทางเลือกในการลดปัญหาด้านพลังงานในหลายประเทศทั่วโลก แหล่งพลังงานหมุนเวียน เช่น น้ำมันและก๊าซธรรมชาติ (Olleik et al., 2022) อย่างไรก็ตาม การเติบโตของอุตสาหกรรมเชื้อเพลิงชีวภาพยังคงเผชิญกับความท้าทายหลายประการ โดยเฉพาะการขยายพื้นที่เพาะปลูกพืชพลังงาน เช่น ปาล์ม น้ำมัน ซึ่งถือเป็นหนึ่งในวัตถุดิบหลักที่สำคัญของอุตสาหกรรมดังกล่าว (Kaniapan et al., 2021) แม้ว่าน้ำมันปาล์มจะมีบทบาทสำคัญต่อการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ แต่การขยายพื้นที่เพาะปลูกเพื่อรองรับความต้องการที่เพิ่มขึ้นอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การลดลงของความหลากหลายทางชีวภาพและการทำลายระบบนิเวศป่าไม้ (Núñez et al., 2021) ดังนั้น การพัฒนาอุตสาหกรรมเชื้อเพลิงชีวภาพจำเป็นต้องดำเนินไปควบคู่กับการวางแผนและการจัดการที่มีประสิทธิภาพ เพื่อให้มั่นใจว่ากระบวนการผลิตสามารถเติบโตได้อย่างยั่งยืน ทั้งในด้านสิ่งแวดล้อม

และด้านเศรษฐกิจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องดำเนินการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันปาล์ม เพื่อให้มั่นใจว่าการพัฒนาอุตสาหกรรมนี้สามารถดำเนินไปอย่างยั่งยืนโดยไม่ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและระบบนิเวศ จากบริบทและความสำคัญของปัญหาข้างต้น แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากอุตสาหกรรมเชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันปาล์ม ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการศึกษาอย่างละเอียดเครื่องมือที่ได้รับความนิยมในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิงชีวภาพ ได้แก่ การวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุ (Material Flow Analysis; MFA) และการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment; LCA) ซึ่งสามารถใช้ในการวิเคราะห์และอธิบายผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมเชื้อเพลิงชีวภาพในด้านต่างๆ ได้ โดยงานวิจัยที่ผ่านมาได้ให้ความสำคัญกับการศึกษาคุณสมบัติและสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาสูตรเชื้อเพลิงที่หลากหลาย เช่น เชื้อเพลิงดีเซลผสมแอลกอฮอล์ เชื้อเพลิงไบโอดีเซลผสมแอลกอฮอล์ เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว รวมถึงเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มร่วมกับ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม (นาตยา โมรรารรณ, 2561) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยยังไม่ได้มีการศึกษาถึงผลกระทบของเชื้อเพลิงดังกล่าวต่อสิ่งแวดล้อมอย่างชัดเจน ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุ และการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยเน้นการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบผังการไหลของวัสดุ และประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิงที่มีองค์ประกอบแตกต่างกัน ทั้งนี้ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพเป็นทางเลือกทดแทนเชื้อเพลิงพื้นฐาน ได้แก่ เชื้อเพลิงดีเซล และเชื้อเพลิงไบโอดีเซล ในอนาคตผลจากการศึกษานี้คาดว่าจะ成为ข้อมูลสำคัญที่สามารถนำไปใช้ในการพิจารณาเลือกใช้เชื้อเพลิงทดแทนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และส่งเสริมการพัฒนานโยบายพลังงานที่ยั่งยืนต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบผังการไหลของวัสดุของเชื้อเพลิง 4 ชนิด ได้แก่ เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม เชื้อเพลิงดีเซล และเชื้อเพลิงไบโอดีเซล

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิง 4 ชนิด ได้แก่ เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม เชื้อเพลิงดีเซล และเชื้อเพลิงไบโอดีเซล

1.3 ขอบเขตการศึกษา

งานวิจัยนี้ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล ณ ห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยขอบเขตของการศึกษาในครั้งนี้มุ่งเน้นไปที่การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิงชีวภาพที่ผลิตจากน้ำมันปาล์ม ขอบเขตแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ดังต่อไปนี้

1.3.1 การวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุ (MFA)

การวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุเพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับผังการไหลของวัสดุจากการผลิตและใช้งาน เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว และเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม เชื้อเพลิงดีเซล และเชื้อเพลิงไบโอดีเซล ด้วยโปรแกรม STAN 2.6

1.3.2 การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (LCA)

ประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์เพื่อศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการผลิตและการใช้เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว และเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม เชื้อเพลิงดีเซล และเชื้อเพลิงไบโอดีเซล โดยกำหนดหน่วยการทำงาน (Functional Unit) ในการประเมิน คือ การขับเคลื่อนเครื่องยนต์ดีเซลด้วยเชื้อเพลิงชีวภาพในระยะเวลา 1 ชั่วโมงและมีภาระโหลด 2.0 กิโลวัตต์ ด้วยโปรแกรม SimaPro 9.0 และเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมระหว่างเชื้อเพลิงชีวภาพแต่ละชนิด

1.4 ขั้นตอนดำเนินการศึกษา

- 1.4.1 ศึกษาและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง
- 1.4.2 กำหนดขอบเขตของการศึกษา
- 1.4.3 วางแผนและออกแบบวิธีการดำเนินการ
- 1.4.4 ศึกษาและจัดเตรียมข้อมูลการผลิตและการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ
- 1.4.5 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ทางสิ่งแวดล้อม
- 1.4.6 อภิปรายผลการวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการผลิตและการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพที่ผลิตจากน้ำมันปาล์ม

1.5.2 สามารถนำผลการศึกษาในครั้งนี้ไปพิจารณาประกอบการเลือกใช้เชื้อเพลิงทดแทนที่ผลิตจากน้ำมันปาล์ม

1.5.3 สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยใช้เป็นส่วนหนึ่งในข้อมูลสนับสนุนต่อนโยบายภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำมันปาล์มเพื่ออำนวยความสะดวกในการกำกับดูแลกฎระเบียบที่ยั่งยืนมากขึ้น

1.5.4 สามารถเพิ่มความตระหนักรู้ของสาธารณชนเกี่ยวกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการผลิตและใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วรรณกรรมปริทัศน์

งานวิจัยนี้ดำเนินการศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุและการประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิง 4 ชนิด ได้แก่ เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว และเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม เชื้อเพลิงดีเซล และเชื้อเพลิงไบโอดีเซล ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาและทบทวนวรรณกรรมจากวารสาร วิทยานิพนธ์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ ซึ่งมีเนื้อหาประกอบด้วย เชื้อเพลิงชีวภาพ น้ำมันปาล์ม เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชัน ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้เชื้อเพลิง การวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุ และการประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิง ดังนี้

2.1 เชื้อเพลิงชีวภาพ

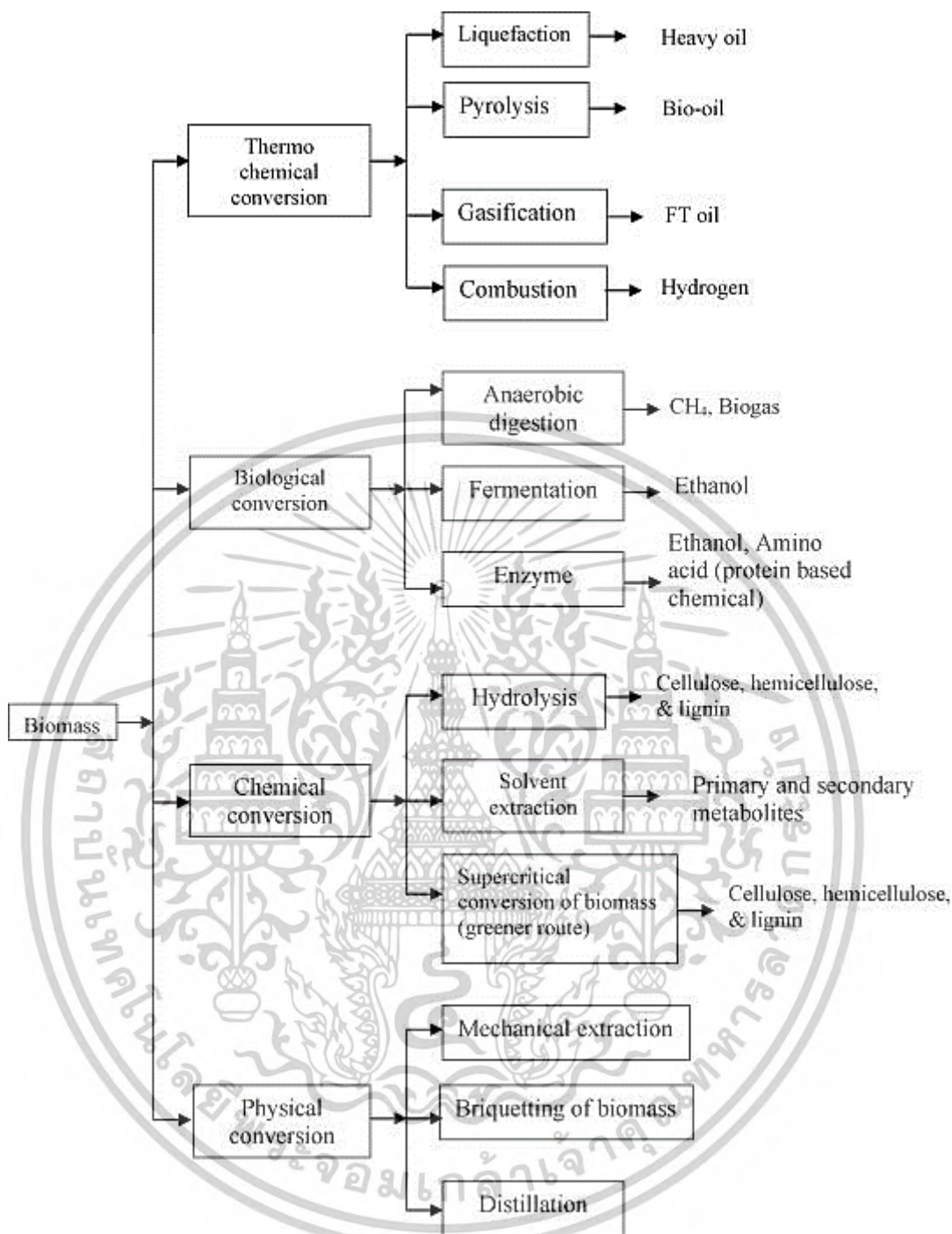
ด้วยจำนวนประชากรที่เพิ่มมากขึ้นทำให้มีการเติบโตทางด้านอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้มีความต้องการในการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นทั่วโลก ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเพิ่มขึ้นอย่างมาก จากข้อมูลรายงานการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของสำนักงานสารสนเทศด้านพลังงานของสหรัฐอเมริกา การใช้พลังงานทั่วโลกในช่วง 20 ปีที่ผ่านมาเพิ่มขึ้นจาก 355 (Quadrillion british thermal units, QBTU) ในปี ค.ศ. 1990 เป็น 510 QBTU ในปี ค.ศ. 2010 ซึ่งเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 44 EIA คาดการณ์ว่าจะเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 60 ในอีก 20 ปีข้างหน้า (Energy Information Administration, 2005) ความต้องการพลังงานส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล (ปิโตรเลียม ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน) ซึ่งใช้งานง่าย ให้ความหนาแน่นของพลังงานสูง และมีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งพลังงานทางเลือก อย่างไรก็ตาม ไม่แนะนำให้ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากการเร่งการสะสมของก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas, GHG) มลพิษทางอากาศที่เพิ่มขึ้น และการผลิตฝนกรด นอกจากนี้ การสูญเสียทรัพยากรเชื้อเพลิงฟอสซิลจะทำให้การใช้งานไม่ยั่งยืนในระยะยาว (Hook and Tang, 2013)

ในช่วงที่ผ่านมา นักวิทยาศาสตร์ทั่วโลกคำนึงถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและภาวะโลกร้อน ซึ่งส่วนหนึ่งมีสาเหตุสำคัญมาจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลปริมาณสูงในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมา ตั้งแต่การปฏิวัติอุตสาหกรรม จึงได้มีการวิจัยจำนวนมากโดยมีเป้าหมายเพื่อค้นหาแหล่งพลังงานหมุนเวียนใหม่ๆ ที่ยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ในบรรดาทางเลือกอื่น พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานไฟฟ้าพลังน้ำ และเชื้อเพลิงชีวภาพ ได้รับความสนใจในวิจัยและการใช้ประโยชน์จำนวนมาก เชื้อเพลิงชีวภาพรุ่นแรกผลิตจากพืชอาหารหรือพืชอื่นๆ ที่ต้องการพื้นที่เพาะปลูกคุณภาพดีและมีน้ำจืดปริมาณมาก (Kikuchi et al., 2009) นอกจากนี้ สมดุล

พลังงานสุทธิ (Negative Energy Balance, NEB) สำหรับเอทานอลชีวภาพจากข้าวโพดและ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่ไปยังประโยชน์ด้านการศึกษา
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไบโอดีเซลจากถั่วเหลืองยังมีน้อยมาก (Hill et al., 2006) เชื้อเพลิงชีวภาพได้มาจากชีวมวลซึ่งประกอบด้วยวัสดุอินทรีย์จากพืชและสัตว์ที่ดักจับและกักเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ผ่านการสังเคราะห์แสง กระบวนการทางธรรมชาตินี้ทำให้พืชสามารถเปลี่ยนแสงแดดให้เป็นพลังงานเคมีได้ เมื่อมนุษย์หรือสัตว์กินพืชเหล่านี้จะได้รับสารประกอบอินทรีย์ที่มีประโยชน์ซึ่งช่วยบำรุงร่างกาย ชีวมวล หมายถึงสิ่งมีชีวิตทุกชนิด และเมื่อผ่านกระบวนการอย่างถูกต้อง วัสดุอินทรีย์เหล่านี้สามารถเปลี่ยนเป็นแหล่งพลังงานได้ เชื้อเพลิงชีวภาพถือเป็นเชื้อเพลิงหมุนเวียนซึ่งแตกต่างจากเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ไม่หมุนเวียน เช่น ถ่านหินและปิโตรเลียม สามารถทำได้ตราบใดที่เรารักษาสสมดุลระหว่างการเก็บเกี่ยวและการปลูกพืชทดแทน ประโยชน์ที่สำคัญอย่างหนึ่งของเชื้อเพลิงชีวภาพ คือความสามารถรอบด้านที่สามารถอยู่ในรูปของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซ ทำให้เหมาะสำหรับการใช้งานที่หลากหลาย นอกจากนี้เมื่อเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวภาพไม่ได้มีส่วนทำให้ระดับคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิเพิ่มขึ้น และพวกมันปล่อยก๊าซที่เป็นอันตรายน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงทั่วไปหลายชนิด (พงษ์ศักดิ์ โพธิ์ศรีทอง, 2553)

ในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ ชีวมวลหลายประเภทที่มาจากพืชหรือสัตว์จะถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้น โดยสามารถดัดแปลงได้หลายวิธีเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายที่ต้องการ แม้ว่าชีวมวลจะสามารถเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายชนิดดังแสดงในรูปที่ 2.1 (Naik et al., 2010) แต่ความสนใจของเชื้อเพลิงเหลวยังคงเป็นที่ต้องการอย่างมาก การกลั่นทางเคมีชีวภาพถูกนำมาใช้เพื่อผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพและสารเคมีเทียบเท่ากับโรงกลั่นปิโตรเลียม เพื่อแก้ปัญหาความต้องการพลังงานที่เพิ่มขึ้นในปัจจุบัน การพัฒนาหรือการตรวจสอบเทคโนโลยีใหม่สำหรับการกลั่นทางเคมีชีวภาพมีส่วนทำให้เกิดกระบวนการใหม่สำหรับการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ โดยประเภทของเชื้อเพลิงชีวภาพสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 รุ่น ซึ่งรายละเอียดของแต่ละรุ่นได้แสดงไว้ดังนี้



รูปที่ 2.1 การแปลงชีวมวลเพื่อผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ (Naik et al., 2010)

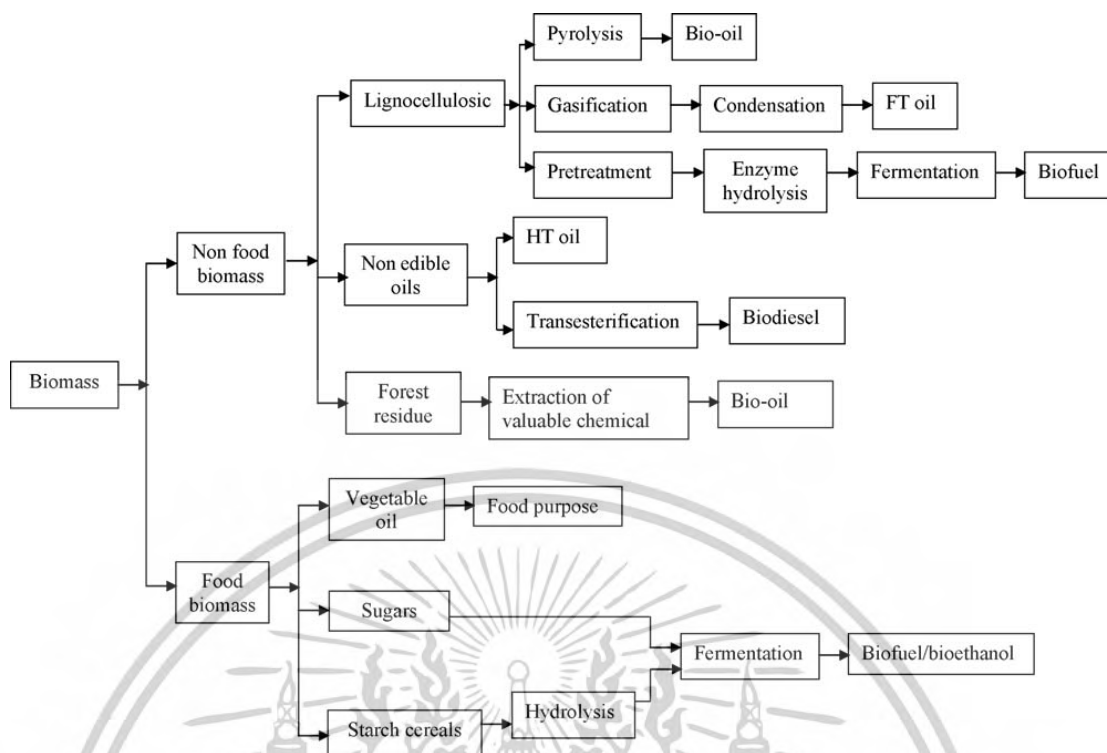
1) เชื้อเพลิงชีวภาพรุ่นที่ 1 (First-generation biofuels) ในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพรุ่นแรก โดยพืชที่กินได้หรือพืชผลมักจะใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพในรุ่นนี้ เช่น น้ำมันปาล์ม อ้อย และมันสำปะหลัง (Dahman et al., 2019; Fokaides & Christoforou, 2016) ไบโอดีเซลผลิตจากน้ำมันพืชหรือน้ำมันบริโภค เช่น ถั่วเหลือง ปาล์ม และทานตะวัน แม้ว่ากระบวนการผลิตไบโอดีเซลแบบเดิมส่วนใหญ่จะใช้พืชที่กินได้เป็นวัตถุดิบ แต่การเติบโตของประชากรยังคงเพิ่มขึ้นทุกปี ทำให้มีการบริโภคอาหารที่เพิ่มขึ้น การผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพจากพืชที่กินได้อาจเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งผลต่อแหล่งอาหาร (Saha et al., 2019) เชื้อเพลิงชีวภาพรุ่นแรกยังส่งผลกระทบต่อพื้นที่ดินซึ่งจำเป็นต้องใช้ในการเก็บเกี่ยวพืชผลและทำให้พืชชนิดอื่นสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ (Elshout et al., 2019)

2) เชื้อเพลิงชีวภาพรุ่นที่ 2 (Second-generation biofuels) ปัญหาในเชื้อเพลิงชีวภาพรุ่นแรก คือ แหล่งที่มาของวัตถุดิบส่วนใหญ่มาจากพืชที่กินได้ซึ่งอาจส่งผลต่อการจัดหาอาหารในเชื้อเพลิงชีวภาพรุ่นที่สอง คือ พืชที่ไม่สามารถบริโภคได้ เช่น พืชที่อุดมไปด้วยลิกโนเซลลูโลส หรือของเสียที่มาจากผลิตภัณฑ์จากสัตว์หรือเศษซากพืช เช่น เศษไม้ น้ำมันปรุงอาหารที่ใช้แล้ว และไขมันสัตว์ จะถูกใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ ยุคนี้มีความยั่งยืนมากกว่าเชื้อเพลิงทั่วไปที่มาจากเชื้อเพลิงฟอสซิลเมื่อเปรียบเทียบในแง่ของการปล่อยก๊าซคาร์บอนระหว่างกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ (Garlapati et al., 2019) อีกทั้งปริมาณวัตถุดิบในการผลิตรุ่นนี้ก็ยังมีมากพอที่จะรองรับความต้องการในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ ขณะที่มืออยู่มากมายเหล่านี้จึงมีมูลค่ามากขึ้นและสามารถลดปริมาณขยะที่มาจากเกษตรและชุมชน การแปลงชีวมวลในรุ่นที่สองเมื่อเปรียบเทียบกับรุ่นแรก วัตถุดิบในรุ่นที่สองจำเป็นต้องปรับสภาพก่อนใช้ในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ ส่วนประกอบหลักในวัตถุดิบตั้งต้น คือ ลิกโนเซลลูโลส ดังแสดงในรูปที่ 2.2 (Naik et al., 2010) แม้ว่าความซับซ้อนในวัตถุดิบตั้งต้นรุ่นที่สองจะสูงกว่าวัตถุดิบตั้งต้นรุ่นแรก แต่เทคโนโลยีเพื่อสนับสนุนผู้ผลิตวัตถุดิบกำลังได้รับการปรับปรุงให้ทันสมัย วัตถุดิบเหล่านี้ยังคงให้ผลิตภัณฑ์ประเภทใหม่หรือเพิ่มปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการขึ้นอยู่กับวิธีการกระบวนการ (Uyan et al., 2020)

3) เชื้อเพลิงชีวภาพรุ่นที่ 3 (Third-generation biofuels) ปัจจุบันความต้องการเชื้อเพลิงชีวภาพเหลวยังคงมีสูง ส่งผลให้การผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพเหลวจากวัตถุดิบในการผลิตสาหร่ายขนาดเล็กเป็นวัตถุดิบทางเลือกในรุ่นนี้เนื่องจากมีคุณสมบัติในด้านปริมาณไขมันสูง อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็กนั้นรวดเร็วกว่าพืชชนิดอื่น วัตถุดิบตั้งต้นนี้ต้องการพื้นที่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดิบตั้งต้นรุ่นแรกและรุ่นที่สอง สาหร่ายขนาดเล็กมีผลต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าเชื้อเพลิงชีวภาพรุ่นก่อนๆ (Garlapati et al., 2019; Alam et al., 2015) แม้ว่าสาหร่ายขนาดเล็กดูเหมือนจะเป็นวัตถุดิบตั้งต้นที่มีแนวโน้มสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพในอนาคต แต่วัตถุดิบตั้งต้นนี้ยังคงต้องการเทคโนโลยีเพิ่มเติมเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสำหรับ ส่วนการสกัดน้ำมันจากสาหร่ายขนาดเล็กที่เพาะเลี้ยงถือเป็นส่วนที่มีปัญหาเมื่อเปรียบเทียบกับขั้นตอนอื่นในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Dutta et al., 2016)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 การแปลงชีวมวลที่เป็นอาหารและไม่ใช่อาหารไปเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพและเคมีชีวภาพ

(Naik et al., 2010)

เชื้อเพลิงชีวภาพมีความได้เปรียบด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และภูมิรัฐศาสตร์มากมาย ในฐานะที่เป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียน มีความโดดเด่นจากการได้มาจากพืชและวัสดุเหลือใช้ที่สามารถปลูกหรือทำซ้ำได้ตลอดไป เพื่อให้มั่นใจว่ามีการจัดหาพลังงานอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน การใช้ประโยชน์มีส่วนโดยตรงในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เนื่องจากเมื่อเชื้อเพลิงชีวภาพถูกเผาไหม้จะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชดูดซับไว้ในระหว่างวงจรการเจริญเติบโตเท่านั้น ทำให้เกิดวงจรคาร์บอนที่สมดุล (Fairley, 2011) นอกจากนี้ยังส่งผลให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงฟอสซิลแบบดั้งเดิม ซึ่งปล่อยคาร์บอนที่ถูกกักเก็บมานานหลายล้านปี ในด้านภูมิรัฐศาสตร์ เชื้อเพลิงชีวภาพช่วยเพิ่มความมั่นคงด้านพลังงาน เนื่องจากเป็นโอกาสให้ประเทศต่าง ๆ ลดการพึ่งพาการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศ ต่อมาจึงส่งเสริมความเป็นอิสระด้านพลังงานที่มากขึ้นและความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงของอุปทานหรือความผันผวนของราคา (Lima, 2012) ในเชิงเศรษฐกิจ ภาคเชื้อเพลิงชีวภาพที่กำลังขยายตัวเป็นประโยชน์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับเศรษฐกิจเกษตรกรรม สร้างโอกาสทางเศรษฐกิจมากมายโดยการสร้างงาน โดยเฉพาะในพื้นที่ชนบทที่มีการเพาะปลูกและการแปรรูปวัตถุดิบ ทำให้เกิดโครงสร้างทางเศรษฐกิจที่หลากหลายและแข็งแกร่งมากขึ้น (Rajagopal & Zilberman, 2008) นอกจากนี้ อุตสาหกรรมเชื้อเพลิงชีวภาพยังเน้นย้ำหลักการเศรษฐกิจหมุนเวียนโดยใช้ประโยชน์จากการใช้ของเสียให้เกิดประโยชน์สูงสุด เชื้อเพลิงชีวภาพหลายชนิดมาจากของเสีย ไม่ว่าจะเป็นของเหลือจากการเกษตร น้ำมันปรุงอาหารที่ใช้แล้ว หรือแม้แต่ขยะมูลฝอยในชุมชน โดยเปลี่ยนสิ่งที่อาจเป็นมลพิษหรือวัสดุฝังกลบให้กลายเป็นแหล่งพลังงานอันมีค่าได้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างมีประสิทธิภาพ แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ทางชีวภาพระหว่างการจัดการของเสียและการผลิตพลังงาน

อย่างไรก็ตาม แม้เชื้อเพลิงชีวภาพจะมีประโยชน์แต่ก็มาพร้อมกับความท้าทายและข้อกังวลที่ต้องพิจารณาอย่างรอบคอบ ประเด็นหลักประการหนึ่ง คือ การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงไปสู่การเพาะปลูกพืชผลขนาดใหญ่เพื่อใช้ผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพสามารถนำไปสู่การตัดไม้ทำลายป่าอย่างมีนัยสำคัญหรือเปลี่ยนที่ดินจากการทำงานที่สำคัญอื่นๆ ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ และบางครั้งอาจทำให้ดินเสื่อมโทรม (Gasparatos et al., 2013) ในทางกลับกันสามารถขยายปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนได้เนื่องจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนที่สะสมอยู่ในป่าและดิน นอกจากนี้การถกเถียงระหว่างการเป็นอาหารกับเชื้อเพลิง เป็นอีกหนึ่งประเด็นสำคัญที่การเพาะปลูกเชื้อเพลิงชีวภาพรุ่นที่ 1 ที่ได้มาจากพืชอาหาร เช่น ข้าวโพดและอ้อย สามารถนำไปสู่การแข่งขันแย่งชิงพื้นที่เกษตรกรรมได้ สิ่งนี้มีศักยภาพที่จะสร้างความตึงเครียดให้กับแหล่งอาหารทั่วโลก ซึ่งอาจส่งผลให้ราคาสูงขึ้น และทำให้อาหารหลักของประชากรกลุ่มเปราะบาง (Thompson, 2012) นอกจากนี้รอยเท้า น้ำ (water footprint) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดปริมาณการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อมของเชื้อเพลิงชีวภาพก็ไม่สามารถละเลยได้ พืชเชื้อเพลิงชีวภาพบางชนิดมีความกระหายน้ำเป็นพิเศษและอาจทำให้ทรัพยากรน้ำในท้องถิ่นหมดลง ส่งผลกระทบต่อชุมชนและความพยายามทางการเกษตรอื่นๆ (Dominguez-Faus et al., 2009) ในแง่ของสมดุลพลังงานสุทธิ เชื้อเพลิงชีวภาพไม่ได้ถูกสร้างขึ้นเท่ากันทั้งหมด บางชนิดโดยเฉพาะรุ่นแรกมีกระบวนการผลิตที่ใช้พลังงานมาก ซึ่งบางครั้งก็เป็นพลังงานที่เป็นกลาง ซึ่งหมายความว่าผลผลิตพลังงานเกือบจะเทียบเท่ากับพลังงานที่ป้อน ความหลากหลายทางชีวภาพก็มีความเสี่ยงเช่นกัน เกษตรกรรมเชิงเดี่ยวขนาดใหญ่ ซึ่งบางครั้งนิยมใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ สามารถลดความหลากหลายของชีวิตพืชในพื้นที่ที่กำหนดได้อย่างมาก โดยมีผลกระทบต่อสัตว์ในท้องถิ่นและส่งผลกระทบต่อสุขภาพของระบบนิเวศ (Fletcher et al., 211) จากมุมมองทางเศรษฐกิจ เชื้อเพลิงชีวภาพหากไม่มีการอุดหนุนจากรัฐบาลหรือนโยบายเชิงกลยุทธ์ อาจไม่สามารถแข่งขันด้านต้นทุนได้เสมอไป และบางครั้งก็ทำให้มีราคาแพงกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิล ความท้าทายทางเศรษฐกิจนี้อาจขัดขวางการยอมรับเชื้อเพลิงชีวภาพ และทำให้เชื้อเพลิงชีวภาพเข้าสู่ตลาดพลังงานหลักได้ยากหากไม่ได้รับการสนับสนุนจากนโยบายที่สำคัญ

2.2 น้ำมันปาล์ม

น้ำมันปาล์มเป็นหนึ่งในน้ำมันที่ผลิตและบริโภคมากที่สุดในโลก การใช้น้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบตั้งต้นเชื้อเพลิงชีวภาพทำให้เกิดการถกเถียงอย่างมากเนื่องจากอาจเกิดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจสังคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ลักษณะของน้ำมันปาล์ม

น้ำมันปาล์มมีความโดดเด่นในกลุ่มน้ำมันพืชเนื่องจากมีคุณสมบัติที่แตกต่าง โดยการผลิตน้ำมันปาล์มให้ผลตอบแทนสูง ปาล์มน้ำมันมีประสิทธิภาพมากกว่าพืชน้ำมันอื่นๆ ในด้านของผลผลิตต่อขนาดพื้นที่ เนื่องจากแม้จะใช้พื้นที่เพาะปลูกเพียงร้อยละ 10 ของพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดที่กำหนดไว้สำหรับพืชน้ำมัน แต่น้ำมันปาล์มก็สามารถรองรับความต้องการน้ำมันพืชทั่วโลกได้ร้อยละ 35 (Dey et al., 2021) องค์ประกอบของน้ำมันปาล์มมีส่วนผสมของกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวอย่างสมดุล โดยประมาณร้อยละ 50 เป็นไขมันอิ่มตัว ไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวร้อยละ 40 และส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 10 เป็นไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน จึงทำให้น้ำมันชนิดนี้มีคุณสมบัติทางความร้อนและการออกซิเดชันที่เสถียร ลักษณะดังกล่าวไม่เพียงแต่ทำให้น้ำมันปาล์มเป็นส่วนผสมในการทำอาหารที่หลากหลาย แต่ยังเหมาะสำหรับการผลิตไบโอดีเซลอีกด้วย (Sabahannur et al., 2022) อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของน้ำมันปาล์มมาพร้อมกับความท้าทายที่สำคัญ น้ำมันปาล์มมีจุดขุ่นต่ำซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ผลึกไขมันเริ่มก่อตัวในน้ำมัน หมายความว่าในสภาพอากาศที่เย็นกว่า น้ำมันปาล์มอาจเผชิญกับปัญหาการไหลของความเย็น อาจทำให้เครื่องยนต์หรือท่อส่งน้ำมันติดเป็นกาวได้ (Ali et al., 2012) นอกจากนี้ น้ำมันปาล์มยังอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติ โดยเฉพาะ tocotrienols ซึ่งเป็นอนุพันธ์วิตามินอีชนิดหนึ่ง ซึ่งไม่เพียงช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ แต่ยังทำหน้าที่เป็นสารกันบูดตามธรรมชาติอีกด้วย (Damanik & Murkovic, 2018) เป็นผลให้ผลิตภัณฑ์จากน้ำมันปาล์มมีแนวโน้มที่จะมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น ลดของเสีย และยืดอายุของสินค้าได้

2.2.2 กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันปาล์ม

กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพได้รับการพัฒนาโดยการนำวิธีการต่างๆ มากมายมาใช้เพื่อเพิ่มคุณภาพและประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงชีวภาพ มีการสำรวจแนวทางต่างๆ ตั้งแต่การประยุกต์ใช้โดยตรงไปจนถึงเทคนิคการผสม วิธีการต่างๆ เช่น ไมโครอิมัลชัน (Microemulsion) ไพโรไลซิส (Pyrolysis) และทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน วิธีทรานส์เอสเทอริฟิเคชันมีความโดดเด่นเนื่องจากมีผลผลิตสูงและความคุ้มค่าในการผลิตมากที่สุด (Knothe & Razon, 2017)

1) ไพโรไลซิส (Pyrolysis)

ไพโรไลซิสคือการเปลี่ยนแปลงทางเคมีซึ่งสารจะเกิดการเปลี่ยนแปลงภายใต้อิทธิพลของความร้อน โดยทั่วไปกระบวนการนี้จะดำเนินการที่อุณหภูมิสูงตั้งแต่ 500-850 องศาเซลเซียส การสลายตัวด้วยความร้อนนี้จะถูกเร่งหรือควบคุมโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเฉพาะเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งในระหว่างกระบวนการไพโรไลซิส เพื่อรักษาสภาพแวดล้อมที่มีออกซิเจนต่ำ เนื่องจากออกซิเจนที่มากเกินไปสามารถนำไปสู่การเผาไหม้ที่สมบูรณ์ แทนที่จะสลายวัสดุให้เป็นส่วนประกอบที่มีคุณค่า ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการไพโรไลซิสของน้ำมันปาล์มมักจะมีโครงสร้างโมเลกุลที่เล็ก ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีคุณค่าในแง่ของการใช้งานที่หลากหลาย เช่น การใช้เป็นสารเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นฐานในอุตสาหกรรม การผลิตพลังงาน หรือการใช้งานในกระบวนการทางเคมีอื่น ๆ เนื่องจากโมเลกุลที่เล็กมักจะมีประสิทธิภาพในการระเหยได้ดีและสามารถปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีแนวโน้มที่จะมีคุณสมบัติคล้ายกับสารประกอบอะโรมาติกเช่นเบนซีนมากกว่าน้ำมันดีเซลทั่วไป ความแตกต่างในคุณสมบัตินี้สามารถเป็นประโยชน์ในการใช้งานบางอย่าง แต่ยังคงต้องมีการผสมผสานอื่นๆเพิ่มเติมเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานน้ำมันดีเซล มีวัตถุดิบหลากหลายสามารถใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นสำหรับไพโรไลซิสได้ ซึ่งรวมถึงน้ำมันพืช เช่น น้ำมันปาล์ม ไขมันสัตว์ กรดไขมันธรรมชาติ และกรดไขมันเมทิลเอสเทอร์ ไพโรไลซิสคือ อีกหนึ่งทางเลือกในการผลิตเชื้อเพลิงที่อาจมีประสิทธิภาพและคุณลักษณะด้านสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการผลิตไบโอดีเซลแบบดั้งเดิม อย่างไรก็ตามการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการและการรับรองคุณภาพเชื้อเพลิงที่ยังคงเป็นความท้าทายสำหรับการดำเนินการเชิงพาณิชย์ (อัจฉราพร มีมงคล, 2562)

2) ปฏิกิริยาที่ใช้เมทานอลในสภาวะที่เหนือจุดวิกฤต (Supercritical Methanol Reaction)

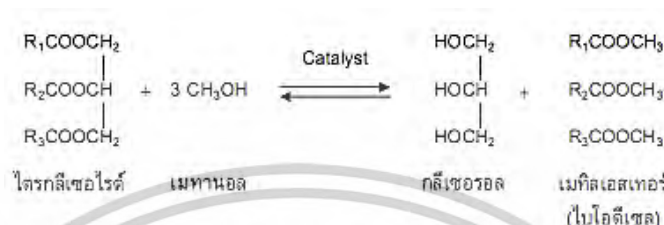
วิธีการนี้เป็นทางเลือกที่น่าสนใจที่ใช้ทดแทนกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันแบบดั้งเดิมสำหรับการผลิตไบโอดีเซล โดยไม่จำเป็นต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา กระบวนการนี้เกี่ยวข้องกับการทำปฏิกิริยาน้ำมันปาล์มดิบกับแอลกอฮอล์ โดยทั่วไปคือเมทานอลหรือเอทานอล โดยใช้คุณสมบัติเฉพาะตัวของสารในสถานะวิกฤตยิ่งยวดภายใต้สภาวะที่มีอุณหภูมิและความดันสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมทานอลจะมีสถานะวิกฤตยิ่งยวดที่อุณหภูมิ 239 องศาเซลเซียส และความดัน 8.09 เมกะปาสคาล ในขณะที่เอทานอลมีสถานะวิกฤตยิ่งยวดที่อุณหภูมิ 243 องศาเซลเซียส และความดัน 6.38 เมกะปาสคาล เมื่อแอลกอฮอล์เหล่านี้อยู่ในสถานะวิกฤตยิ่งยวด แอลกอฮอล์จะแสดงคุณสมบัติทั้งของเหลวและแก๊ส ทำให้มีอัตราการละลายและการแพร่กระจายเพิ่มขึ้น นำไปสู่ปฏิกิริยาที่รวดเร็วขึ้น ส่งผลให้การผลิตไบโอดีเซลด้วยวิธีนี้ทำได้เร็วกว่าวิธีทั่วไปอย่างมาก นอกจากนี้ ไบโอดีเซลที่ได้มักจะแสดงระดับความบริสุทธิ์สูง ซึ่งช่วยลดความจำเป็นในการกลั่นหรือแปรรูปเพิ่มเติม อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์และเงื่อนไขที่จำเป็นในการรักษาสถานะวิกฤตยิ่งยวดอาจทำให้ต้นทุนการดำเนินงานและการใช้พลังงานสูงขึ้น วิธีการนี้เป็นการผลิตไบโอดีเซลที่มีประสิทธิภาพและทำให้น้ำมันปาล์มมีคุณภาพสูง (Sawangkeaw et al., 2011; Shahid & Jamal, 2011)

3) ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน (Transesterification)

กระบวนการหนึ่งที่พบบ่อยที่สุดสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ คือ ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน ซึ่งเป็นปฏิกิริยาของสารประกอบอินทรีย์ โดยเฉพาะไตรกลีเซอไรด์ที่เป็นส่วนประกอบหลักของน้ำมันพืช เช่น น้ำมันปาล์มกับแอลกอฮอล์ โดยทั่วไปปฏิกิริยานี้ต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งมักเป็นสารที่เป็นด่าง เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ผลิตภัณฑ์

หลักของปฏิกิริยานี้ คือ เอสเทอร์ หรือที่เรียกกันทั่วไปว่าไบโอดีเซล และกลีเซอรอลซึ่งเป็นผลพลอยได้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำมาใช้เพื่อประโยชน์ทางการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเฉพาะของไบโอดีเซลมักบ่งบอกถึงประเภทของแอลกอฮอล์ที่ใช้ ตัวอย่างเช่น เมื่อใช้เมทานอล ผลิตภัณฑ์จะเรียกว่าเมทิลเอสเทอร์ ในขณะที่เอทานอลเรียกว่าเอทิลเอสเทอร์ กระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชันช่วยลดความหนืดของน้ำมันปาล์มได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ไบโอดีเซลที่ได้มีความเหมาะสมมากขึ้นสำหรับใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลทั่วไป (Knothe & Razon, 2017) รูปที่ 2.3 จะแสดงรายละเอียดขั้นตอนเฉพาะและปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการนี้



รูปที่ 2.3 ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันระหว่างไตรกลีเซอไรด์กับแอลกอฮอล์

(Knothe & Razon, 2017)

4) ไมโครอิมัลชัน (Microemulsion)

หนึ่งในปัญหาหลักในการใช้น้ำมันปาล์มเป็นไบโอดีเซล คือ น้ำมันปาล์มมีความหนืดสูง ซึ่งสามารถขัดขวางกระบวนการแยกเป็นอะตอมของเชื้อเพลิงและการเผาไหม้ได้อย่างเหมาะสมเมื่อใช้ในเครื่องยนต์ วิธีไมโครอิมัลชันจัดการกับปัญหานี้โดยการลดความหนืดของน้ำมันปาล์มอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งทำได้โดยการสร้างส่วนผสมที่เสถียรเรียกว่า ไมโครอิมัลชัน ของน้ำมันปาล์มด้วยตัวทำละลาย เช่น เมทานอลหรือเอทานอล อย่างไรก็ตาม แม้ว่าแนวทางนี้สามารถปรับปรุงคุณสมบัติการไหลของเชื้อเพลิงได้ แต่ก็ไม่ได้ปราศจากข้อเสียแต่อย่างใด เมื่อไบโอดีเซลที่ผลิตโดยใช้วิธีไมโครอิมัลชันถูกเผาไหม้ในเครื่องยนต์ จะเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์นี้อาจนำไปสู่การสะสมของสารประกอบคาร์บอน ส่งผลให้เกิดคราบสะสมรอบๆ ส่วนประกอบสำคัญของเครื่องยนต์ เช่น หัวฉีดและวาล์ว คราบสกปรกเหล่านี้สามารถขัดขวางประสิทธิภาพของเครื่องยนต์เมื่อใช้งานในอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีความต้องการการบำรุงรักษาที่เพิ่มขึ้น และอาจส่งผลให้อายุการใช้งานของเครื่องยนต์สั้นลง ดังนั้น แม้ว่าวิธีการไมโครอิมัลชันจะช่วยเพิ่มความหนืดของไบโอดีเซล แต่ก็ทำให้เกิดปัญหาอื่นๆ ที่ต้องได้รับการแก้ไขเพื่อนำไปใช้ในภาคการขนส่งในวงกว้าง (Anwar et al, 2018; Shahid & Jamal, 2011)

2.3 เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชัน

2.3.1 พื้นฐานของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชัน

ไมโครอิมัลชัน (Microemulsion) เป็นการผสมกันระหว่างของเหลวสามชนิดคือ น้ำ, น้ำมัน และสารลดแรงตึงผิว (surfactant) ที่มีลักษณะเป็นของเหลวที่มีความเสถียรและมีขนาดของหยดที่เล็กมาก ซึ่งสามารถผสมกันได้อย่างเป็นเนื้อเดียวกัน แม้ว่าปกติแล้วน้ำและน้ำมันจะไม่สามารถเอกละอองนี้ เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผสมกันได้ดี ไมโครอิมัลชันเป็นส่วนผสมที่ใส เสถียร และเป็นไอโซโทรปิกของน้ำ น้ำมัน และสารลดแรงตึงผิว โดยมักใช้ร่วมกับสารลดแรงตึงผิวร่วม ต่างจากอิมัลชันทั่วไปซึ่งโดยทั่วไปจะแยกออกเป็นเฟสที่แตกต่างกันเมื่อเวลาผ่านไป ไมโครอิมัลชันยังคงความเสถียรเนื่องจากหยดที่กระจายตัวมีขนาดเล็ก ซึ่งมักจะอยู่ในช่วง 10-100 นาโนเมตร ความเสถียรเป็นผลมาจากความสามารถของสารลดแรงตึงผิวในการลดแรงตึงผิวระหว่างเฟสของน้ำมันและน้ำให้ใกล้ศูนย์ (Panomsuk et al., 2020) ความเสถียรนี้ช่วยให้กระบวนการเผาไหม้สม่ำเสมอเมื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง ในบริบทของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชัน นำเสนอวิธีการรวมน้ำเข้าไปในเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอน ปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ และลดการปล่อยมลพิษบางอย่าง นอกจากนี้ยังยอมให้มีการรวมตัวของเชื้อเพลิงหรือสารเติมแต่งที่ไม่ผสมกันเข้าในเฟสที่เป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งอาจช่วยกระจายแหล่งเชื้อเพลิงและเพิ่มคุณสมบัติของเชื้อเพลิง (Abrar et al., 2021) โครงสร้างและประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันสามารถปรับแต่งได้โดยการปรับอัตราส่วนของส่วนประกอบที่เป็นส่วนประกอบ และการเลือกใช้สารลดแรงตึงผิวและสารลดแรงตึงผิวร่วมที่เฉพาะเจาะจง

2.3.2 ส่วนประกอบของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชัน

เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันเป็นการผสมระหว่างน้ำมัน และสารลดแรงตึงผิว (surfactant) และสารเพิ่มประสิทธิภาพ (Co-surfactant) โดยการจัดสัดส่วนของส่วนประกอบเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ต้องการผลิตและคุณสมบัติที่ต้องการ เช่น ความสามารถในการละลาย ความเสถียร และประสิทธิภาพในการเผาไหม้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) เชื้อเพลิงพื้นฐาน (Base oil)

เชื้อเพลิงพื้นฐาน หรือที่เรียกว่า Base oil คือ ส่วนประกอบหลักในการผลิตเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชัน ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่มีความสำคัญในการกำหนดคุณสมบัติและประสิทธิภาพของส่วนผสมเชื้อเพลิงโดยรวม ส่วนใหญ่แล้วเชื้อเพลิงพื้นฐานประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอนทั่วไป เช่น ดีเซล น้ำมันเบนซิน หรือไบโอดีเซล ซึ่งเป็นตัวเลือกหลักในการพิจารณาด้านพลังงาน ประสิทธิภาพการเผาไหม้ และความเข้ากันได้กับเครื่องยนต์สันดาป (Szekeres et al, 2006) การเลือกเชื้อเพลิงพื้นฐานนั้นจำเป็นต้องพิจารณาอย่างละเอียดถี่ถ้วนในด้านคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเชื้อเพลิง เช่น ความหนืด การระเหย ค่าความร้อน และความยาวของโซ่คาร์บอน ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้มีผลต่อประสิทธิภาพและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเมื่อเผาไหม้ (Zhang et al, 2022; Kobayashi et al, 2005; Jafarighighi et al, 2021) เชื้อเพลิงพื้นฐานจึงเป็นตัวกำหนดที่สำคัญในกระบวนการกำหนดสูตรของไมโครอิมัลชัน โดยมีอิทธิพลต่อความเสถียรและคุณลักษณะด้านประสิทธิภาพของไมโครอิมัลชัน ดีเซลเป็นเชื้อเพลิงพื้นฐานที่มักถูกนำมาใช้ในไมโครอิมัลชันเนื่องจากมีความหนาแน่นของพลังงานสูงและคุณสมบัติการเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพ เหมาะสำหรับการใช้งานหนักที่เห็นประสิทธิภาพใช้พลังงานเป็นสิ่งสำคัญ (Kayali et al, 2016) แต่ในทางตรงกันข้ามอิมัลชันที่มี

ส่วนประกอบหลักเป็นน้ำมันเบนซินอาจได้เปรียบในสถานการณ์ที่ต้องการความหนืดต่ำกว่าและมีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความผันผวนสูงกว่า เช่น ในเครื่องยนต์ของยานยนต์ที่ใช้งานเบา (Ding et al, 2007) นอกจากนี้การใช้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงพื้นฐานก่อให้เกิดทางเลือกที่หมุนเวียนได้และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า โดยปริมาณออกซิเจนโดยธรรมชาติของไบโอดีเซลและคุณสมบัติที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้มีส่วนช่วยให้การเผาไหม้สะอาดขึ้นและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Khan et al, 2013)

2) แอลกอฮอล์ (Alcohol)

แอลกอฮอล์เป็นสารประกอบที่มีกลุ่มฟังก์ชัน -OH เรียกว่ากลุ่มไฮดรอกซิล ซึ่งทำให้สารมีคุณสมบัติทางเคมีพิเศษ เช่น การละลายได้ดีในน้ำและในสารอินทรีย์หลายชนิด ในบริบทของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชัน แอลกอฮอล์มีบทบาทสำคัญในฐานะส่วนประกอบหนึ่งที่จะช่วยให้เกิดการผสมผสานระหว่างน้ำและน้ำมันได้อย่างลงตัว เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นตัวกลางที่สามารถละลายได้ทั้งในสารละลายของน้ำและน้ำมัน การใช้แอลกอฮอล์ในเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันสามารถปรับปรุงคุณสมบัติต่างๆ ของเชื้อเพลิงได้ดังนี้ (Abrar & Bhaskarwar, 2020)

2.1) ลดอุณหภูมิจุดเยือกแข็ง (Freezing point) ช่วยให้เชื้อเพลิงไม่เยือกแข็งในอุณหภูมิต่ำ

2.2) เพิ่มความเสถียรทางเคมี ช่วยให้เชื้อเพลิงมีความเสถียรมากขึ้น ลดการแยกชั้นของส่วนผสม

2.3) เพิ่มอัตราการเผาไหม้ ช่วยให้เชื้อเพลิงเผาไหม้ได้ครบถ้วนมากขึ้น ลดการปล่อยสารมลพิษ

ประเภทของแอลกอฮอล์ที่ใช้ในเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันอาจรวมถึงเมทานอล เอทานอล หรือแอลกอฮอล์ชนิดอื่นๆ ซึ่งแต่ละชนิดมีลักษณะทางเคมีและคุณสมบัติที่แตกต่างกัน การเลือกใช้แอลกอฮอล์จะเลือกตามความต้องการเฉพาะของการใช้งานและคุณสมบัติที่ต้องการให้เชื้อเพลิงมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

3) สารลดแรงตึงผิว (Surfactant)

สารลดแรงตึงผิวหรือสารออกฤทธิ์ที่พื้นผิวมีบทบาทสำคัญในการก่อตัวของไมโครอิมัลชันโดยการลดแรงตึงผิวระหว่างของเหลวที่ผสมไม่ได้ ซึ่งโดยทั่วไปคือ น้ำมันและน้ำ พวกเขามีลักษณะที่เป็นคู่ ส่วนหนึ่งของโมเลกุล คือ ส่วนหัวที่ชอบน้ำถูกดึงดูดโดยน้ำ ในขณะที่อีกส่วนหนึ่งเป็นส่วนหางที่ไม่ชอบน้ำจะถูกผลักออกไป โดยเลือกที่จะทำปฏิกิริยากับน้ำมัน คุณสมบัติของสารลดแรงตึงผิวนี้นี้ช่วยให้สารลดแรงตึงผิวอยู่ในตำแหน่งจุดเชื่อมต่อระหว่างน้ำมันกับน้ำ ทำให้หยดเล็กๆในไมโครอิมัลชันมีความเสถียรโดยการป้องกันการแยกตัวกัน (Abrar & Bhaskarwar, 2022; Gadhave & Waghmare, 2014) ในทางกลับกัน สารลดแรงตึงผิวร่วมจะช่วยในการรักษาเสถียรภาพของระบบ โดยการได้ต่อกับสารลดแรงตึงผิวปฐมภูมิ สารลดแรงตึงผิวร่วมจะช่วยเพิ่มความสามารถของสารลดแรงตึงผิวเอกสารนี้ เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงตึงผิวในการลดแรงตึงของผิวและให้ความยืดหยุ่นแก่ฟิล์มที่ติดผิว ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการก่อตัวของไมโครอิมัลชันที่มีความเสถียรทางอุณหพลศาสตร์ ผลการทำงานร่วมกันระหว่างสารลดแรงตึงผิวและสารลดแรงตึงผิวร่วมส่งผลให้ม็องค์ประกอบของน้ำมันและน้ำที่หลากหลายขึ้น ซึ่งสามารถสร้างไมโครอิมัลชันที่เสถียรได้ นอกจากนี้ ตัวเลือกและความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวและสารลดแรงตึงผิวร่วมสามารถกำหนดประเภทของไมโครอิมัลชันที่เกิดขึ้นได้ ได้แก่ น้ำมันในน้ำ (O/W) โดยที่หยดน้ำมันจะกระจายตัวในระยะน้ำต่อเนื่อง น้ำในน้ำมัน (W/O) โดยที่หยดน้ำกระจายตัวอยู่ในระยะน้ำมันต่อเนื่องหรือต่อเนื่องสองทาง โดยที่ทั้งระยะน้ำมันและน้ำแทรกซึมกัน การเลือกและการปรับสมดุลส่วนประกอบเหล่านี้ยิ่งเหมาะสมถือเป็นสิ่งสำคัญในการปรับแต่งคุณสมบัติของไมโครอิมัลชันให้เหมาะกับการใช้งานเฉพาะหรือข้อกำหนดด้านประสิทธิภาพ (Nguyen et al., 2010) ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญที่ช่วยให้สารเหล่านี้สามารถลดแรงตึงผิวของน้ำและช่วยให้สารที่มีความแตกต่างกันสามารถผสมกันได้ (Rosen, 2004) สารลดแรงตึงผิวสามารถจำแนกตามประจุที่มีอยู่บนส่วนที่ชอบน้ำได้ 4 ประเภท ได้แก่ (Gonçalves et al., 2023)

3.1) สารลดแรงตึงผิวประจุบวก (Cationic surfactant) ประกอบด้วยสารที่มีประจุบวกบนส่วนหัว ทำให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานจำกัดในสภาพแวดล้อมที่มีความเป็นด่างสูง เนื่องจากประจุบวกอาจสูญเสียไปและทำให้เกิดการตกตะกอน

3.2) สารลดแรงตึงผิวประจุลบ (Anionic surfactant) มีโครงสร้างที่มีประจุลบบนส่วนหัว ทำให้เหมาะสำหรับใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีความเป็นกรดต่ำ ($\text{pH} < 7$) เนื่องจากอาจไม่เสถียรในสภาวะดังกล่าว

3.3) สารลดแรงตึงผิวที่มีทั้งประจุลบและประจุบวก (Zwitterionic surfactant) โครงสร้างนี้มีทั้งประจุบวกและลบในโมเลกุลเดียวกัน ซึ่งการแสดงออกของประจุจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม อาจเปลี่ยนไปตามค่าความเป็นกรดต่าง

3.4) สารลดแรงตึงผิวที่ไม่มีประจุ (Nonionic surfactant) ไม่มีประจุบนส่วนหัว ทำให้สามารถใช้งานได้ดีในสภาวะแวดล้อมที่หลากหลาย ไม่ว่าจะมีการนำไฟฟ้าหรือไม่ก็ตาม

สารลดแรงตึงผิวมีบทบาทสำคัญในหลายๆ กระบวนการอุตสาหกรรม โดยเฉพาะในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพและการสร้างไมโครอิมัลชัน ซึ่งช่วยให้สารที่ไม่สามารถผสมกันได้สามารถอยู่ร่วมกันในรูปแบบเดียวกันได้อำนวยความสะดวกในการขนส่งและการใช้งาน

4) สารเติมแต่ง (Additives)

สารเติมแต่ง (Additives) เป็นสารที่เติมเข้าไปในเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันเพื่อปรับปรุงหรือเพิ่มคุณภาพและประสิทธิภาพของเชื้อเพลิง เช่น การเพิ่มความเสถียรภาพทางเคมี การลดการสลายตัว การป้องกันการกัดกร่อน และการเพิ่มประสิทธิภาพในการเผาไหม้ สารเติมแต่งเหล่านี้มีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทบาทสำคัญในการพัฒนาเชื้อเพลิงให้เหมาะสมกับความต้องการของเครื่องยนต์สมัยใหม่ ซึ่งมีความต้องการเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพสูงและสามารถลดการปล่อยมลพิษ (Zheng & Cho, 2024; El Nagy & Abd El-Aziz Mohamed, 2024) ประเภทของสารเติมแต่งในเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชัน ได้แก่

4.1) สารป้องกันการกัดกร่อน (Corrosion inhibitors) เพิ่มความทนทานของเครื่องยนต์และระบบเชื้อเพลิงต่อการกัดกร่อน ช่วยยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์

4.2) สารป้องกันการเกิดตะกอน (Detergents) ช่วยลดการสะสมของตะกอนภายในเครื่องยนต์ ทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและลดการสึกหรอ

4.3) สารเพิ่มความเสถียรภาพ (Stabilizers) ช่วยป้องกันการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของเชื้อเพลิงเมื่อเก็บรักษาไว้ในระยะเวลานาน ทำให้เชื้อเพลิงมีอายุการเก็บรักษาที่ยืนยาวขึ้น

4.4) สารปรับปรุงจุดเผาไหม้ (Octane boosters or Cetane improvers) เพิ่มจุดไหม้ของเชื้อเพลิง ทำให้เชื้อเพลิงเผาไหม้ได้ดีขึ้น ลดการปล่อยมลพิษและเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้

การเลือกใช้สารเติมแต่งในเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันต้องคำนึงถึงความสามารถในการผสมผสานกับส่วนประกอบอื่นๆ และผลลัพธ์ที่ต้องการจากเชื้อเพลิง เช่น การเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ การลดการปล่อยมลพิษ และการป้องกันการกัดกร่อนและการสร้างตะกอนในเครื่องยนต์ การพัฒนาสูตรเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่เหมาะสมจึงต้องพิจารณาถึงการผสมผสานของสารเติมแต่งเหล่านี้ อย่างละเอียดและเหมาะสม

2.3.3 ปฏิริยาไมโครอิมัลชันซีพีเคชัน

การลดความหนืดของเชื้อเพลิงด้วยการใช้ไมโครอิมัลชันซีพีเคชันเป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพสูงและสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งประหยัดทั้งเวลาและทรัพยากร การเกิดปฏิริยาไม่จำเป็นต้องใช้ความร้อนและไม่มีผลิตภัณฑ์พลอยได้ที่ต้องการการกำจัดเพิ่มเติม วิธีนี้ใช้พลังงานน้อยลงเมื่อเทียบกับเทคนิคอื่นๆ และได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นในแวดวงการศึกษาวิจัยและพัฒนา (Bora et al., 2015) หลักการ คือ การนำของเหลวที่ไม่สามารถผสมเข้ากันได้ให้เกิดการผสมผสานด้วยสารลดแรงตึงผิวและสารลดแรงตึงผิวร่วม โดยไมโครอิมัลชันเป็นระบบคอลลอยด์ที่มีอนุภาคกระจายตัวอยู่ในช่วง 1-150 นาโนเมตร ช่วยลดความหนืดในน้ำมันพืชผ่านการใช้อัลกอฮอล์สายสั้น เช่น เมทานอล เอทานอล และ 1-บิวทานอล (Srivastava and Prasad, 1999) ผลลัพธ์ คือ น้ำมันที่มีคุณสมบัติความหนืดใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงดีเซลแต่มีค่าความร้อนที่ต่ำกว่า (Attaphong and Sabatini, 2013)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครอิมัลชันแตกต่างจากอิมัลชันแบบดั้งเดิม (Macroemulsion) ในเรื่องขนาดของอนุภาคที่กระจายตัวอยู่ซึ่งเล็กกว่า ทำให้ไมโครอิมัลชันมีลักษณะโปร่งใสและมีความเสถียรสูง ไม่เกิดการแยกชั้นหลังจากเวลาผ่านไป การผลิตเชื้อเพลิงแบบไมโครอิมัลชันต้องการสารลดแรงตึงผิวและสารลดแรงตึงผิวร่วมในปริมาณที่มากกว่าเทคนิคอิมัลชันแบบดั้งเดิมเพื่อรักษาความเสถียรรูปที่อุณหภูมิต่างๆ (Rakshit and Moulik, 2008; Uson et al., 2004) โดยสารเหล่านี้จะทำหน้าที่เชื่อมต่อส่วนที่ไม่สามารถผสมกันอย่างน้ำมันและน้ำให้เป็นหนึ่งเดียว ด้วยการมีส่วนที่มีขั้วและไม่มีขั้วที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมทั้งสองได้ (Ismail et al., 2011)

การสร้างไมโครอิมัลชันเป็นกระบวนการที่ไม่จำเป็นต้องใช้พลังงานจากภายนอก เช่น ความร้อน เพื่อกระตุ้นปฏิกิริยาระหว่างน้ำ น้ำมัน สารลดแรงตึงผิว และสารลดแรงตึงผิวร่วม ขึ้นอยู่กับค่าความชอบน้ำของสารลดแรงตึงผิว (Hydrophilic-Lipophilic Balance; HLB) ระบบไมโครอิมัลชันสามารถจำแนกตามประเภทต่างๆ ได้ดังนี้ (Rakshit and Moulik, 2008; Attaphong and Sabatini, 2013)

1) ประเภท Winsor I (Oil in Water, O/W) สภาพสมดุลเกิดขึ้นเมื่อค่า HLB ของสารลดแรงตึงผิวมีค่ามากกว่า 7 ในสภาวะนี้น้ำมันจะละลายในน้ำภายใต้การเชื่อมโยงของสารลดแรงตึงผิวที่ละลายอยู่ในชั้นน้ำ ส่งผลให้เกิดไมเซลล์ปกติที่มีวัฏภาคน้ำมันเกินพอ

2) ประเภท Winsor II (Water in Oil, W/O) สภาพสมดุลเกิดขึ้นเมื่อค่า HLB ของสารลดแรงตึงผิวน้อยกว่า 7 ในสภาวะนี้น้ำจะละลายอยู่ในน้ำมันและสารลดแรงตึงผิวจะอยู่ในชั้นน้ำมัน ทำให้เกิดไมเซลล์แบบกลับด้านที่มีวัฏภาคน้ำเกินพอ

3) ประเภท Winsor III (middle phase) เกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าความชอบน้ำของสารลดแรงตึงผิว เป็นการเปลี่ยนจากรูปที่สารลดแรงตึงผิวมีขั้วไปสู่สภาวะที่ไม่มีขั้ว โดยเฉพาะเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิสำหรับสารลดแรงตึงผิวแบบไม่มีประจุ หรือเพิ่มเกลือสำหรับสารลดแรงตึงผิวแบบมีประจุ สภาวะนี้ทำให้เกิดการแบ่งชั้นสามชั้น โดยชั้นกลางประกอบด้วยส่วนผสมของน้ำ น้ำมัน และสารลดแรงตึงผิว

4) ประเภท Winsor IV (single phase) เกิดจากการเพิ่มปริมาณสารลดแรงตึงผิวจนทำให้ปริมาณชั้นกลางในประเภท Winsor III เพิ่มขึ้นจนวัฏภาคน้ำและน้ำมันละลายเข้าด้วยกัน ระบบนี้ไม่อยู่ในสภาพสมดุลและสามารถเป็นได้ทั้งไมโครอิมัลชันประเภทน้ำในน้ำมัน (ประเภทที่ 1) หรือน้ำมันในน้ำ (ประเภทที่ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชัน

เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชัน (Microemulsion fuel) มีคุณสมบัติหลายประการที่ทำให้มันมีความน่าสนใจในด้านการใช้เชื้อเพลิงและการพัฒนาเทคโนโลยีเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพ ต่อไปนี้คือคุณสมบัติหลัก ๆ ของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชัน

1) ความเสถียรสูง ไมโครอิมัลชันมีความเสถียรสูงเมื่อเปรียบเทียบกับ การละลายธรรมดาของน้ำและน้ำมัน ซึ่งทำให้สามารถเก็บรักษาและจัดเก็บได้ง่าย โดยไม่ต้องกังวลเกี่ยวกับการแยกชั้น

2) ขนาดของหยดเล็ก เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันมีขนาดของหยดเล็กมาก ซึ่งช่วยให้การกระจายตัวของน้ำมันในเชื้อเพลิงดีขึ้น ทำให้สามารถเผาไหม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3) การเผาไหม้ที่ดี การมีขนาดหยดเล็กช่วยให้กระบวนการเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น ซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้และลดการปล่อยสารพิษ

4) การลดแรงตึงผิว สารลดแรงตึงผิวในไมโครอิมัลชันช่วยลดแรงตึงผิวระหว่างน้ำและน้ำมัน ทำให้สามารถรวมกันได้ดีขึ้นและช่วยให้การใช้งานในเครื่องยนต์หรือระบบเชื้อเพลิงเป็นไปอย่างราบรื่น

5) การซึมผ่านและการกระจายตัวดี คุณสมบัติเหล่านี้ทำให้เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันมีความสามารถในการซึมผ่านและกระจายตัวได้ดีในเครื่องยนต์และระบบเชื้อเพลิงต่าง ๆ

6) ความสามารถในการลดการปล่อยสารพิษ การเผาไหม้ที่ดีขึ้นสามารถช่วยลดการปล่อยสารพิษและมลพิษต่าง ๆ เช่น ไอเสียที่เป็นพิษ

7) การประหยัดพลังงาน เนื่องจากการเผาไหม้มีประสิทธิภาพสูงกว่า เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันอาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและลดการใช้เชื้อเพลิง

เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจในการพัฒนาเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

2.4 การวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุ

2.4.1 ความหมายและหลักการของการวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุ

การวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุ (Material flow analysis, MFA) เป็นเครื่องมือการประเมินอย่างเป็นระบบที่ใช้ในการวัดปริมาณการไหลและปริมาณของวัสดุภายในระบบที่กำหนดในช่วงเวลาที่กำหนด มีพื้นฐานมาจากหลักการของความสมดุลของมวลและการอนุรักษ์สสาร ซึ่งหมายความว่าวัสดุที่เข้าสู่ระบบ ลบส่วนที่ออกไป จะสะสมหรือหมดสิ้นภายในระบบนั้น วัตถุประสงค์

หลักของผังการไหลของวัสดุ คือ การทำความเข้าใจและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร ลดของเสีย เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้โดยไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบ (Laner et al., 2014) การวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุ เกี่ยวข้องกับการระบุปัจจัยนำเข้า การสะสม การแปลง และปัจจัยนำออกทั้งหมดของวัสดุที่กำหนด จากนั้นจะแสดงข้อมูลการไหลเป็นแผนภาพโดยใช้แผนภูมิการไหลหรือแผนภาพ Sankey ด้วยการติดตามวัสดุตั้งแต่แหล่งที่มาจนถึงสิ้นอายุการใช้งาน (Bai, 2016) การวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุจะ ให้มุมมองที่ครอบคลุมเกี่ยวกับรูปแบบการบริโภค การสูญเสีย อัตราการรีไซเคิล และการสะสม โดย ช่วยในการระบุความรู้ประสิทธิภาพ ปัญหาคอขวดที่อาจเกิดขึ้น หรือส่วนที่มีผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อมอย่างมีนัยสำคัญ หลักการพื้นฐานที่รองรับการวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุ ได้แก่ การ กำหนดขอบเขตของระบบ การสร้างช่วงเวลาอ้างอิง การจัดหมวดหมู่ของการไหลและการสะสมใน ระบบ และการรับรองความสอดคล้องและการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลตลอดการวิเคราะห์ (Brunner & Rechberger, 2016)

2.4.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุ

ในการวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุสำหรับการผลิตและการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ จำเป็นต้องมี แนวทางที่เป็นระบบเพื่อให้มั่นใจในความถูกต้อง ประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของ การศึกษา จากกรอบการทำงานของ Brunner & Rechberger (2005) ขั้นตอนในการดำเนินการ วิเคราะห์การไหลของวัสดุ ในภาคเชื้อเพลิงชีวภาพสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

1) เลือกเนื้อหาที่สนใจ เริ่มต้นด้วยการระบุวัสดุหรือสารสำคัญในการผลิตเชื้อเพลิง ชีวภาพที่จะนำมาวิเคราะห์ การคัดเลือกนี้ควรสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษา โดยพิจารณา ปัจจัยต่างๆ เช่น ความเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ ความพร้อมของข้อมูล ข้อจำกัด ด้านงบประมาณ และความเชี่ยวชาญของบุคลากรที่เกี่ยวข้อง สารทั่วไปที่น่าสนใจอาจรวมถึงประเภท ชีวมวล ผลผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ และผลพลอยได้จากการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ

2) ระบุขอบเขตการศึกษา กำหนดพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ ระยะเวลา และกระบวนการ หรือขั้นตอนเฉพาะของการผลิตและการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพที่จะตรวจสอบ ขั้นตอนนี้ช่วยให้แน่ใจว่า การวิเคราะห์ยังคงมุ่งเน้นและเกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์ ขอบเขตอาจมีตั้งแต่ระดับท้องถิ่นไปจนถึง ระดับโลก ซึ่งจะขึ้นอยู่กับคำถามในการวิจัยและทรัพยากรที่มีอยู่

3) หลักการมวลสมดุลตามกฎสมดุลมวล ใช้กฎสมดุลมวลกับสารที่เลือกภายใน ขอบเขตที่กำหนดเพื่อระบุช่องว่างในระบบ โดยมีสมการที่ 1 คือ

$$\sum m_{\text{input}} = \sum m_{\text{output}} + \sum m_{\text{storage}} \quad (1)$$

โดย $\sum m_{\text{input}}$ คือผลรวมของมวลทั้งหมดที่เข้ามาในระบบ

$\sum m_{\text{output}}$ คือผลรวมของมวลทั้งหมดที่ออกจากระบบ

$\sum m_{\text{storage}}$ คือผลรวมของมวลทั้งหมดที่เก็บไว้ในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งในการทำความเข้าใจเส้นทางการไหล การสะสมของสาร และกระบวนการที่เกี่ยวข้องในการผลิตและการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ

4) รวบรวมและจัดการข้อมูล รวบรวมข้อมูลจากแหล่งที่มาโดยตรงและผ่านการคำนวณทางอ้อม ซึ่งอาจรวมถึงข้อมูลทางสถิติ ข้อมูลจากอุตสาหกรรมเชื้อเพลิงชีวภาพ หน่วยงานกำกับดูแล การให้คำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญ และวรรณกรรมทางวิชาการ สมมติฐานที่เกิดขึ้นระหว่างการรวบรวมข้อมูลควรได้รับการตรวจสอบและเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลที่มีอยู่และการศึกษาที่คล้ายกัน เพื่อให้มั่นใจถึงความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูล

5) ประเมินการไหลสุทธิและปริมาตรสะสม หาปริมาณความสมดุลของวัสดุหรือสารโดยพิจารณาการไหลของผลิตภัณฑ์และความเข้มข้นของสารที่น่าสนใจภายในการไหลเหล่านั้น ดังสมการที่ 2

$$X_{ij} = \dot{m}_i \cdot C_{ij} \quad (2)$$

โดย X_{ij} คือ มวลหรือปริมาณของวัสดุที่ไหลจากจุด i ไปยัง j

\dot{m}_i คือ อัตราการไหลของมวลจากจุด i (มวลที่เข้าออกจากจุด i ต่อหน่วยเวลา)

C_{ij} คือ ปริมาณที่บ่งบอกถึงความเข้มข้นหรือความสัมพันธ์ของวัสดุที่ถูกส่งผ่านจากจุด i ไปยังจุด j

ปรับปรุงความสมดุลนี้เพิ่มเติมด้วยกฎสมดุลมวลเพื่อระบุความคลาดเคลื่อน กระบวนการที่ขาดหายไป หรือเส้นทางการไหลสะสมในช่วงเวลาหนึ่งสามารถได้ดังสมการที่ 3

$$m_{\text{stock}}(t) = \int_{t_0}^t \dot{m}_{(\text{input})}(\tau) d\tau - \int_{t_0}^t \dot{m}_{(\text{output})}(\tau) d\tau + m_{\text{stock}}(t_0) \quad (3)$$

โดย $m_{\text{stock}}(t)$ คือ มวลของวัสดุที่สะสมอยู่ในระบบ ณ เวลา t

$\dot{m}_{(\text{input})}(\tau)$ คือ อัตราการไหลของมวลที่เข้าสู่ระบบ ณ เวลา τ

$\dot{m}_{(\text{output})}(\tau)$ คือ อัตราการไหลของมวลที่ออกจากระบบ ณ เวลา τ

$m_{\text{stock}}(t_0)$ คือ มวลของวัสดุที่สะสมอยู่ในระบบ ณ เวลาเริ่มต้น t_0

6) ตีความและนำเสนอผลลัพธ์ แสดงให้เห็นการค้นพบโดยใช้แผนภาพการไหลที่แสดงให้เห็นการไหลของวัสดุผ่านระบบการผลิตและการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพอย่างชัดเจน นำเสนอที่มาของการศึกษา เอกสารที่เกี่ยวข้อง วัตถุประสงค์ วิธีการ และบทสรุปของการค้นพบเพื่อให้เข้าถึงและเข้าใจผลการวิจัยแก่ผู้ชมในวงกว้างรวมถึงผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในอุตสาหกรรมเชื้อเพลิงชีวภาพผู้กำหนดนโยบาย และนักวิชาการ

2.4.3 การประยุกต์การวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุด้านเชื้อเพลิงชีวภาพ

ภาคพลังงานซึ่งมีเครือข่ายการจัดหาวัตถุดิบ การผลิต การจัดจำหน่าย และการบริโภคที่ซับซ้อน ได้รับประโยชน์อย่างมากจากการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์การไหลของวัสดุ ในบริบทของเชื้อเพลิงชีวภาพ การวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุกลายเป็นเครื่องมืออันล้ำค่าในการทำความเข้าใจเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรชีวิตทั้งหมดของการผลิตและการใช้พลังงานชีวภาพ ตั้งแต่การจัดการชีวมวล เช่น พืชผลทางการเกษตรหรือสารตกค้าง ผ่านการแปรรูป การแปลงสภาพ และการใช้งานขั้นสุดท้ายในเครื่องยนต์สันดาปการวิเคราะห์ฟังก์ชันการไหลของวัสดุ สามารถติดตามและระบุปริมาณการไหลของทั้งชีวมวลและปัจจัยการผลิตที่เกี่ยวข้อง เช่น น้ำ สารอาหาร และสารเคมี (Haas et al., 2015)

ในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ การวิเคราะห์ฟังก์ชันการไหลของวัสดุช่วยระบุความไร้ประสิทธิภาพ ความสูญเสีย และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน ตัวอย่างเช่น ในระหว่างขั้นตอนการเพาะปลูกพืชพลังงาน เช่น ข้าวโพดหรืออ้อยสำหรับเอทานอล การวิเคราะห์ฟังก์ชันการไหลของวัสดุสามารถติดตามการใช้น้ำ การไหลของสารอาหาร และการคืนอินทรีย์วัตถุลงสู่ดิน (López-Díaz et al., 2018) ในทำนองเดียวกัน ในระหว่างการแปลงพืชผลเหล่านี้เป็นเชื้อเพลิงชีวภาพ การวิเคราะห์ฟังก์ชันการไหลของวัสดุสามารถวัดปริมาณประสิทธิภาพของผลผลิต การสร้างผลพลอยได้ เช่น ก๊าซชีวภาพในการผลิตไบโอดีเซล และกระแสของเสีย นอกจากนี้ การวิเคราะห์ฟังก์ชันการไหลของวัสดุยังให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับผลกระทบในวงกว้างของการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพในภาคอื่นๆ เช่น การผลิตอาหารและการใช้ที่ดิน ด้วยการเปิดเผยการแข่งขันเพื่อแย่งชิงทรัพยากรหรือการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นในรูปแบบการใช้ที่ดิน (Hertwich, 2010) การวิเคราะห์ฟังก์ชันการไหลของวัสดุช่วยในการประเมินความยั่งยืนและวัฏจักรชีวิตในระยะยาวของเส้นทางเชื้อเพลิงชีวภาพ ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งในการถกเถียงเรื่องเชื้อเพลิงชีวภาพรุ่นแรกกับรุ่นที่สองหรือสาม ซึ่งมีข้อกังวลเกี่ยวกับความขัดแย้งด้านอาหารและเชื้อเพลิง ความเสื่อมโทรมของที่ดิน หรือการตัดไม้ทำลายป่า

นอกจากนี้ การวิเคราะห์ฟังก์ชันการไหลของวัสดุในเชื้อเพลิงชีวภาพยังสามารถมุ่งไปสู่การประเมินสมดุลของคาร์บอนและก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases, GHG) ได้ด้วย โดยประเมินปริมาณคาร์บอนที่ถูกแยกออกในระหว่างการเจริญเติบโตของพืชเทียบกับที่ปล่อยออกมาระหว่างการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวภาพ สิ่งนี้ช่วยในการกำหนดผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมที่แท้จริงหรือผลกระทบของเส้นทางเชื้อเพลิงชีวภาพที่แตกต่างกัน นโยบายที่เป็นแนวทาง และการแทรกแซงทางเทคโนโลยีเพื่ออนาคตพลังงานที่ยั่งยืนมากขึ้น (DeCicco et al., 2016)

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา มีการศึกษาการวิเคราะห์ฟังก์ชันการไหลของวัสดุจำนวนมากเกี่ยวกับไบโอดีเซลและเชื้อเพลิงดีเซลทั่วไปเพื่อทำความเข้าใจผลกระทบต่อวงจรชีวิต ประสิทธิภาพ และศักยภาพในการปรับปรุงตามลำดับ สำหรับไบโอดีเซล การศึกษาการวิเคราะห์ฟังก์ชันการไหลของวัสดุมักเริ่มต้นจากขั้นตอนการเพาะปลูกพืชเมล็ดพืชน้ำมัน เช่น ถั่วเหลือง เรพซิด หรือน้ำมันปาล์ม การวิเคราะห์เหล่านี้จะเจาะลึกถึงปัจจัยการผลิต เช่น เมล็ดพันธุ์ น้ำ ปุ๋ย และยาฆ่าแมลง รวมถึงผลลัพธ์ผลผลิตพืชผล ภาคทางการเกษตร และการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หลังการเก็บเกี่ยว ขั้นตอนการประมวลผลจะได้รับการตรวจสอบอย่างมีวิจารณญาณ โดยมีการศึกษากระบวนการสกัดน้ำมันทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน และการทำให้บริสุทธิ์ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุและการสร้างของเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลผลิต เช่น กลีเซอรอลซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการผลิตไบโอดีเซล จะได้รับการประเมินสำหรับการใช้งานหรือผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วย (Khoobbakht et al., 2020)

การศึกษาการวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุเกี่ยวกับไบโอดีเซลหลายครั้งได้ระบุถึงพื้นที่ที่มีการใช้น้ำและสารอาหารอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งชี้ให้เห็นถึงโอกาสในการพัฒนาการเกษตรที่ยั่งยืนมากขึ้น นอกจากนี้ พวกเขายังได้ศึกษาถึงศักยภาพของหลักปฏิบัติเศรษฐกิจหมุนเวียน เช่น การใช้กลีเซอรอลเป็นวัตถุดิบตั้งต้นทางอุตสาหกรรม หรือการแปลงเศษเหลือทางการเกษตรให้เป็นพลังงาน สำหรับดีเซลทั่วไป (Amicarelli et al., 2023) การศึกษาการวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุโดยทั่วไปจะเน้นที่ขั้นตอนการสกัด การกลั่น การกระจาย และการเผาไหม้มากกว่า เริ่มต้นด้วยการสกัดน้ำมันดิบ การวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุจะประเมินวัสดุและพลังงานที่ต้องใช้ในการผลิตน้ำมันหนึ่งบาร์เรล รวมถึงของเสียและการปล่อยก๊าซที่เกี่ยวข้อง จากนั้นจะมีการประเมินกระบวนการกลั่นเพื่อทำความเข้าใจประสิทธิภาพในการเปลี่ยนน้ำมันดิบเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ รวมถึงน้ำมันดีเซล ระยะการกระจายและการเผาไหม้ ช่วยในการทำความเข้าใจการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้งานปลายทางและพื้นที่ที่มีศักยภาพในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงหรือลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

การศึกษาเปรียบเทียบการวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุระหว่างไบโอดีเซลกับดีเซลทั่วไปมีความกระจ่างแจ้งเป็นพิเศษ โดยให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวงจรชีวิตของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด ตั้งแต่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกไปจนถึงการใช้น้ำ การศึกษาดังกล่าวเป็นเครื่องมือในการกำหนดนโยบายพลังงาน ซึ่งแนะนำการวิจัยเกี่ยวกับวิธีการผลิตเชื้อเพลิงชีวรูปที่ยั่งยืนมากขึ้น และทำความเข้าใจถึงการแลกเปลี่ยนด้านสิ่งแวดล้อมที่แท้จริงระหว่างเชื้อเพลิงดีเซลจากชีวภาพและจากฟอสซิล

2.5 การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment; LCA) สำหรับเชื้อเพลิงชีวภาพเป็นเครื่องมือสำคัญในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตและการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพตลอดวงจรชีวิตทั้งหมด ตั้งแต่การเพาะเลี้ยงวัตถุดิบตั้งต้นไปจนถึงการสิ้นสุดการเผาไหม้ในยานพาหนะ การวิเคราะห์เชื้อเพลิงชีวภาพ ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางการเกษตร เทคโนโลยีการแปลงสภาพ และการเผาไหม้เพื่อการใช้งานปลายทาง จำเป็นต้องมีวิธีการวิเคราะห์ที่ครอบคลุม และการประเมินวัฏจักรชีวิต ตอบสนองจุดประสงค์นี้โดยการนำเสนอภาพรวมแบบองค์รวม ตัวอย่างเช่น แม้ว่าเชื้อเพลิงชีวภาพอาจลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากการเผาไหม้เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงฟอสซิล การเพาะปลูกพืชสำหรับเชื้อเพลิงเหล่านี้อาจเกี่ยวข้องกับการใช้น้ำอย่างมีนัยสำคัญ การเปลี่ยนแปลงที่ดิน และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินโดยอ้อมที่อาจเกิดขึ้น ซึ่งนำไปสู่การตัดไม้ทำลายป่าหรือการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ นอกจากนี้ พลังงานที่ใช้ระหว่างขั้นตอนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมวลผล การกลั่น และการขนส่งของการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพยังสามารถส่งผลกระทบต่อผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมโดยรวมอีกด้วย (อรพรรณ บุญพร้อม, 2552)

เมื่อพิจารณาถึงแหล่งเชื้อเพลิงชีวภาพที่แตกต่างกัน เช่น ข้าวโพด อ้อย สาหร่าย หรือวัตถุดิบตั้งต้นจากของเสีย แต่ละแหล่งมีข้อดีข้อเสียด้านสิ่งแวดล้อมที่เป็นเอกลักษณ์ซึ่ง การประเมินวัฏจักรชีวิต สามารถเน้นย้ำได้ ตัวอย่างเช่น แม้ว่าเชื้อเพลิงชีวภาพจากสาหร่ายอาจมีผลกระทบต่อการใช้ที่ดินน้อยกว่า แต่อาจมีการใช้น้ำสูงกว่า ในทางกลับกัน เชื้อเพลิงชีวภาพจากของเสียอาจมีผลกระทบต่อผืนดินและน้ำเล็กน้อย นอกจากนี้การประเมินวัฏจักรชีวิต ยังช่วยในการเปรียบเทียบความยั่งยืนของวิธีการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพแบบต่างๆ และวิธีที่พวกมันเทียบกับเชื้อเพลิงฟอสซิลแบบดั้งเดิมสามารถช่วยให้ผู้กำหนดนโยบาย นักวิจัย และอุตสาหกรรมต่างๆ ตัดสินใจได้อย่างรอบรู้เกี่ยวกับเส้นทางเชื้อเพลิงชีวภาพที่ควรลงทุน วิธีเพิ่มประสิทธิภาพเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และทำความเข้าใจถึงข้อดีข้อเสียระหว่างการนำเชื้อเพลิงชีวภาพมาใช้กับเป้าหมายทางนิเวศน์หรือสังคมอื่นๆ ด้วยการนำเสนอมุมมองจากมุมมองของห่วงโซ่การผลิต-การบริโภคทั้งหมด การประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงชีวภาพทำให้มั่นใจได้ว่าเราไม่เพียงแต่เปลี่ยนปัญหาจากขั้นตอนหนึ่งไปอีกขั้นหนึ่งเท่านั้น แต่ยังมีมุ่งสู่นาคตพลังงานที่ยั่งยืนมากขึ้นอย่างแท้จริง

2.5.1 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิต เป็นกระบวนการที่ใช้วิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์หรือบริการตั้งแต่การเริ่มต้น เช่น การสกัดวัตถุดิบ ไปจนถึงจุดสิ้นสุด เช่น การทิ้งหรือการรีไซเคิล ขั้นตอนนี้ช่วยให้ผู้ผลิต นักออกแบบ และผู้บริโภคตระหนักถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในทุกขั้นตอนของชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยปกติการประเมินวัฏจักรชีวิตจะประกอบด้วยขั้นตอนหลักๆ 4 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดขอบเขตและเป้าหมาย การจัดทำบัญชีรายการวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และการตีความผลลัพธ์การปรับปรุง เป้าหมายหลักของการประเมินวัฏจักรชีวิตคือเพื่อเพิ่มความเข้าใจและช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการผลิตและการบริโภคสินค้าและบริการ โดยมีรายละเอียดดังนี้ (อรพรรณ บุญพร้อม, 2552)

1) การกำหนดเป้าหมาย (Goal and scope definition)

การกำหนดขอบเขตและเป้าหมายเป็นขั้นตอนแรกและเป็นหนึ่งในขั้นตอนสำคัญที่สุดในกระบวนการประเมินวัฏจักรชีวิต ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดเป้าหมายของการศึกษาขอบเขตของการวิเคราะห์ และเงื่อนไขเบื้องต้นที่จะถูกใช้ตลอดการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตช่วยให้ผู้ศึกษาสามารถเน้นการวิเคราะห์ไปที่ส่วนที่สำคัญที่สุดของวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์หรือบริการ อีกทั้งยังช่วยให้สามารถจำกัดข้อมูลที่จำเป็นต้องรวบรวมและวิเคราะห์ได้อย่างเหมาะสม โดยมีขั้นตอนย่อยดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1) การกำหนดสิ่งที่จะศึกษา (Goal) เป็นขั้นตอนแรกเพื่ออธิบายวัตถุประสงค์ของการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตอย่างชัดเจน วัตถุประสงค์นี้อาจรวมถึงการเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์หรือบริการต่างๆ การประเมินประสิทธิภาพสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ใหม่ หรือการหาแนวทางเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในกระบวนการผลิตหรือใช้งาน

1.2) หน้าที่ของผลิตภัณฑ์ (Product function) เป็นการใช้งานหลักหรือฟังก์ชันหลักของผลิตภัณฑ์ที่ถูกวิเคราะห์ การระบุหน้าที่นี้ช่วยให้ผู้ทำการศึกษาสามารถเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์หรือบริการที่มีฟังก์ชันเดียวกันได้อย่างชัดเจนและเที่ยงตรง

1.3) หน่วยการทำงาน (Functional unit) เป็นการวัดหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ที่ช่วยให้การเปรียบเทียบเป็นไปได้และเป็นมาตรฐาน หน่วยนี้กำหนดความสามารถหรือการใช้งานที่เฉพาะเจาะจงของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำหรับการประเมินวัฏจักรชีวิต

1.4) ขอบเขตของระบบ (System boundary) กำหนดขอบเขตทางกายภาพและขั้นตอนที่จะรวมอยู่ในการประเมินวัฏจักรชีวิต ขอบเขตนี้อาจจำกัดเฉพาะขั้นตอนการผลิต หรือขยายไปถึงขั้นตอนการใช้งานและการจัดการสิ้นสุดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ การกำหนดขอบเขตของระบบช่วยให้การวิเคราะห์มีความเฉพาะเจาะจงและชัดเจน โดยทำให้ผู้ทำการศึกษาสามารถจัดการกับข้อมูลและทรัพยากรที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2) การจัดทำบัญชีรายการวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Inventory analysis) การจัดทำบัญชีรายการวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Inventory analysis) เป็นขั้นตอนที่สองในกระบวนการประเมินวัฏจักรชีวิต หลังจากการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา ขั้นตอนนี้เน้นไปที่การรวบรวมข้อมูลและการคำนวณเกี่ยวกับการปล่อยมลพิษและการใช้ทรัพยากรที่เกี่ยวข้องกับทุกขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์หรือบริการ ตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งาน จนถึงการจัดการสิ้นสุดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ เช่น การรีไซเคิลหรือการทิ้ง โดยมีขั้นตอนย่อยดังนี้

2.1) การรวบรวมข้อมูล การจัดทำบัญชีรายการวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์เริ่มต้นด้วยการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ทรัพยากร เช่น วัตถุดิบ น้ำ พลังงาน และการปล่อยสารมลพิษในแต่ละขั้นตอนของวัฏจักรชีวิต ข้อมูลนี้อาจมาจากการศึกษาเฉพาะ ฐานข้อมูลอุตสาหกรรม หรือการวิเคราะห์โดยตรงจากกระบวนการผลิต

2.2) การคำนวณ หลังจากรวบรวมข้อมูลทั้งหมดแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือการคำนวณปริมาณการใช้ทรัพยากรและการปล่อยสารมลพิษในแต่ละขั้นตอนของวัฏจักรชีวิต การคำนวณนี้ช่วยให้เห็นภาพรวมของผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากผลิตภัณฑ์หรือบริการ

2.3) การประเมิน การจัดทำบัญชีรายการวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ไม่เพียงแต่รวบรวมและคำนวณข้อมูลเท่านั้น แต่ยังรวมถึงการประเมินผลกระทบของข้อมูลที่ได้ต่อสิ่งแวดล้อม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อคุณเห็นได้เห็นใบนี้ในการศึกษา ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประเมินนี้อาจรวมถึงการวิเคราะห์การใช้พลังงานทั้งหมด การปล่อยก๊าซเรือนกระจก การใช้น้ำ และผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพ

2.4) การรายงาน ผลลัพธ์จากการจัดทำบัญชีรายการวัฏจักรชีวิตต้องถูกรายงานอย่างชัดเจนและโปร่งใส เพื่อให้สามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจได้ การรายงานควรรวมถึงข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการรวบรวมข้อมูล การคำนวณ และการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

3) การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Impact assessment)

การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกระบวนการประเมินวัฏจักรชีวิตประกอบด้วยขั้นตอนย่อยหลายขั้นตอนที่ช่วยให้สามารถวิเคราะห์และประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้ทรัพยากรและการปล่อยมลพิษในแต่ละขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์หรือบริการได้อย่างเป็นระบบ

3.1) การจำแนกประเภทข้อมูลเป็นกลุ่มผลกระทบ (Classification) ขั้นตอนนี้เกี่ยวข้องกับการจำแนกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยสารและการใช้ทรัพยากรเข้าสู่กลุ่มผลกระทบต่างๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การใช้ทรัพยากรน้ำ มลพิษทางอากาศ เป็นต้น การจำแนกประเภทนี้ช่วยให้สามารถระบุและจัดเรียงข้อมูลตามประเภทของผลกระทบที่เกิดขึ้น

3.2) การกำหนดบทบาท (Characterization) หลังจากจำแนกข้อมูลเป็นกลุ่มผลกระทบแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการกำหนดบทบาทของแต่ละการปล่อยหรือการใช้ทรัพยากรในกลุ่มผลกระทบนั้นๆ การกำหนดบทบาทเป็นการแปลงข้อมูลเกี่ยวกับการปล่อยและการใช้ทรัพยากรเป็นเลขค่าผลกระทบต่อหน่วย เช่น กรัมของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

3.3) การประเมินขนาดของผลกระทบ (Normalization) ขั้นตอนนี้เกี่ยวข้องกับการประเมินขนาดของผลกระทบโดยการเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิงหรือข้อมูลปกติ เพื่อให้เห็นความสำคัญของผลกระทบนั้นๆ ในบริบทที่กว้างขึ้น การประเมินขนาดช่วยให้สามารถเห็นความสัมพันธ์และความสำคัญระหว่างกลุ่มผลกระทบต่างๆ

3.4) การจัดกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Grouping) เป็นการแบ่งกลุ่มผลกระทบตามลักษณะหรือความสำคัญ เช่น การจำแนกเป็นกลุ่มผลกระทบที่มีความสำคัญสูง ปานกลาง หรือต่ำ การจัดกลุ่มช่วยให้ผู้ทำการวิเคราะห์สามารถตัดสินใจได้ง่ายขึ้นเกี่ยวกับการจัดการและการดำเนินการลดผลกระทบ

3.5) การให้น้ำหนัก (Weighting) เป็นการประเมินความสำคัญสัมพันธ์ของกลุ่มผลกระทบต่างๆ โดยอาจพิจารณาจากมุมมองทางสังคม วัฒนธรรม หรือนโยบาย การให้น้ำหนักช่วยให้สามารถเปรียบเทียบและรวมผลกระทบที่หลากหลายเข้าด้วยกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6) การวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูล (Data quality analysis) ขั้นตอนนี้เป็นการประเมินคุณภาพของข้อมูลที่ใช้ในการประเมินผลกระทบ โดยพิจารณาจากความเที่ยงตรง ความสมบูรณ์ และความเกี่ยวข้องของข้อมูล การวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูลช่วยให้เข้าใจถึงข้อจำกัดและระดับความเชื่อมั่นของผลการวิเคราะห์

4) การตีความผลลัพธ์การปรับปรุง (Interpretation) การตีความผลลัพธ์การปรับปรุง (Interpretation) เป็นขั้นตอนสุดท้ายในกระบวนการประเมินวัฏจักรชีวิต ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ทำการวิเคราะห์และประเมินข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้านี้ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสรุปและแนะนำทางเลือกหรือการปรับปรุงที่เป็นไปได้ การตีความผลลัพธ์ช่วยให้ผู้ทำการศึกษาและผู้ที่มีส่วนได้เสียเข้าใจผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์หรือบริการอย่างชัดเจน และช่วยในการตัดสินใจที่ดีที่สุดเพื่อลดผลกระทบเหล่านั้น

2.5.2 การประยุกต์ใช้การประเมินวัฏจักรชีวิตกับเชื้อเพลิงชีวภาพ

การประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงชีวภาพครอบคลุมวัฏจักรตั้งแต่ต้นและกระบวนการผลิตที่หลากหลาย ซึ่งแต่ละรายการมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในตัวเอง โดยทั่วไป เชื้อเพลิงชีวภาพได้มาจากพืชผล เช่น ข้าวโพด อ้อย ถั่วเหลือง หรือแม้แต่จากแหล่งที่ไม่ใช่อาหาร เช่น สาหร่าย ไม้ และชีวมวลของเสีย ในการวิเคราะห์วงจรชีวิตทั้งหมด จะมีการตรวจสอบที่ดิน น้ำ และทรัพยากรที่จำเป็นสำหรับการเพาะปลูก การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยและยาฆ่าแมลง พลังงานที่ใช้ในการเก็บเกี่ยว การแปรรูป และการกลั่น ก๊าซเรือนกระจกและการปล่อยก๊าซอื่นๆ ระหว่างการเผาไหม้ และประโยชน์ที่เป็นไปได้จากกากพืชและผลพลอยได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันปาล์ม ได้รับความสนใจอย่างมาก เนื่องจากมีผลกระทบที่ซับซ้อนต่อสิ่งแวดล้อมและสังคมในด้านบวก น้ำมันปาล์มเป็นพืชผลที่มีประสิทธิภาพสูงในแง่ของผลผลิตน้ำมันต่อเฮกตาร์ ซึ่งสามารถแปลงเป็นพื้นที่ขนาดเล็กกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดิบตั้งต้นเชื้อเพลิงชีวภาพอื่นๆ นอกจากนี้ เขตร้อนที่มีการปลูกปาล์มมักจะอนุญาตให้มีการเพาะปลูกได้ตลอดทั้งปี ซึ่งจะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ตาม การประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันปาล์มยังเผยให้เห็นความท้าทายที่สำคัญบางประการอีกด้วย ในอดีตการขยายตัวของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันมีความเชื่อมโยงกับการตัดไม้ทำลายป่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภูมิภาค เช่น อินโดนีเซียและมาเลเซีย การตัดไม้ทำลายป่าไม่เพียงแต่ทำลายแหล่งที่อยู่อาศัยและความหลากหลายทางชีวภาพเท่านั้น แต่ยังปล่อยก๊าซคาร์บอนที่สะสมไว้จำนวนมากเมื่อมีการถางป่า สิ่งนี้สามารถหักล้างการประหยัดคาร์บอนที่เกิดจากการใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลได้ นอกจากนี้ มลพิษทางน้ำจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและปุ๋ยที่ไหลบ่า ตลอดจนความท้าทายทางสังคม เช่น ความขัดแย้งด้านสิทธิในที่ดินและปัญหาด้านแรงงาน ล้วนเป็นข้อพิจารณาเพิ่มเติมใน การประเมินวัฏจักรชีวิตของไบโอดีเซลน้ำมันปาล์ม นอกจากนี้ ขั้นตอนการประมวลผลจากน้ำมันปาล์มเป็นไบโอดีเซล ซึ่งเกี่ยวข้องกับเมทิลเลชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเอสเทอร์ฟิเคชัน มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นของตัวเอง โดยหลักๆ จะเกี่ยวข้องกับสารเคมี และพลังงานที่ใช้

การเปรียบเทียบการประเมินวัฏจักรชีวิตของไบโอดีเซลน้ำมันปาล์มกับเชื้อเพลิงชีวภาพอื่นๆ และน้ำมันดีเซลสามารถช่วยแยกแยะประโยชน์และความท้าทายที่เกี่ยวข้องได้ การวิเคราะห์ที่ครอบคลุมดังกล่าวมีความสำคัญสำหรับผู้กำหนดนโยบายในการพิจารณาความยั่งยืนที่แท้จริงของน้ำมันปาล์มในฐานะวัตถุดิบเชื้อเพลิงชีวภาพ

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นาตยา โมรวารรณ (2561) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพจากน้ำมันปาล์มโดยใช้วิธีไมโครอิมัลชัน รวมถึงการวิเคราะห์ภูมิภาค เสถียรภาพ คุณสมบัติสมรรถนะของเชื้อเพลิง การปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ และการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง โดยทำการเปรียบเทียบ เชื้อเพลิงดีเซลผสมแอลกอฮอล์ เชื้อเพลิงไบโอดีเซลผสมแอลกอฮอล์ เชื้อเพลิง

ไมโครอิมัลชันจากน้ำมันปาล์ม กับเชื้อเพลิงพื้นฐาน ได้แก่ เชื้อเพลิงดีเซลและเชื้อเพลิงไบโอดีเซล ภายใต้การทดสอบในโหลดที่แตกต่างกัน จากผลการทดลองพบว่า เชื้อเพลิงดีเซลผสมแอลกอฮอล์ และเชื้อเพลิงไบโอดีเซลผสมแอลกอฮอล์ ไม่สามารถใช้งานกับเครื่องยนต์ดีเซลได้ครบทุกโหลด ในขณะที่เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว และเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนได้ โดยที่เชื้อเพลิงชีวภาพมีภูมิภาค เสถียรภาพ และคุณสมบัติใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงพื้นฐาน ได้แก่ เชื้อเพลิงดีเซล และเชื้อเพลิงไบโอดีเซล อีกทั้งสามารถนำไปใช้งานกับเครื่องยนต์ดีเซลได้จริง ในด้านสมรรถนะของเชื้อเพลิงและมลพิษทางอากาศ พบว่าเชื้อเพลิงทดสอบทุกชนิดมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ และอนุภาคของไอเสียเพิ่มขึ้นตามระดับโหลด ขณะที่การปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ลดลงเมื่อโหลดเพิ่มขึ้น โดยเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันปล่อยก๊าซไนโตรเจนออกไซด์น้อยกว่า และมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงพื้นฐาน อย่างไรก็ตาม เชื้อเพลิงชีวภาพมีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบต่ำกว่าเชื้อเพลิงพื้นฐานเล็กน้อย แต่ยังคงเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถใช้ทดแทนเชื้อเพลิงดีเซลได้ ด้านต้นทุนการผลิตพบว่าเชื้อเพลิงชีวภาพมีราคาสูงกว่าเชื้อเพลิงดีเซล อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาในด้านภูมิภาค เสถียรภาพ คุณสมบัติสมรรถนะของเชื้อเพลิง การปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และต้นทุน พบว่าเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิวเพียงอย่างเดียวมีความเหมาะสมมากกว่าชนิดที่ใช้ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม เนื่องจากมีปริมาณการปล่อยก๊าซใกล้เคียงกัน แต่มีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้อยกว่าและมีต้นทุนต่ำกว่า ส่งผลให้มีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cavalett & Ortega (2010) ได้ทำการศึกษาเรื่องการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของการผลิตไบโอดีเซลจากถั่วเหลืองในบราซิล โดยใช้ตัวชี้วัดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากการบัญชีพลังงานเข้าสู่ระบบ (Energy Input, EA) การวิเคราะห์พลังงานที่ประกอบ (Energy Embodied Analysis, EEA) และการจัดทำบัญชีผังการไหลของวัสดุ (MFA) โดยผลการศึกษาพบว่าหนึ่งลิตรของไบโอดีเซลจะมีการสูญเสียผิวน้ำดิน 8.8 กิโลกรัมจากการชะล้าง ในขณะที่การผลิตปุ๋ย 0.2 กิโลกรัม จะมีต้นทุนของพื้นที่ประมาณ 5.2 ตารางเมตรของพื้นที่เพาะปลูก โดยใช้วัสดุอินทรีย์ 7.33 กิโลกรัม ปริมาณน้ำ 9.0 ตัน และใช้อากาศ 0.66 กิโลกรัม รวมถึงการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 0.86 กิโลกรัม ต้องใช้พลังงานเทียบเท่าน้ำมันดิบประมาณ 0.27 กิโลกรัมเพื่อผลิตไบโอดีเซลหนึ่งลิตร ซึ่งหมายถึงการคืนพลังงาน 2.48 จูลของไบโอดีเซลต่อจูลของเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ลงทุน

Nazir & Setyaningsih (2010) ได้ทำการศึกษาเรื่องการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มและน้ำมันสบู่ดำในอินโดนีเซีย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาฐานข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิตและวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยใช้แนวคิดของการประเมินวัฏจักรชีวิตวิธีดำเนินการวิจัยได้แก่การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา การประเมินวัฏจักรชีวิต การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และการตีความผล โดยใช้กรอบแนวคิดตามมาตรฐาน ISO 14040 ผลการวิจัยพบว่า กระบวนการเพาะปลูกมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดเมื่อเทียบกับขั้นตอนอื่นๆ ในวัฏจักรชีวิต และการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มใช้พลังงานฟอสซิลสูงกว่าน้ำมันสบู่ดำ โดยจะมีการใช้พลังงานฟอสซิลสูงสุดอยู่ในกระบวนการทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชันตามด้วยการเพาะปลูกและการสกัดน้ำมัน

Liang et al (2013) ได้ทำการศึกษาเรื่องการประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลในประเทศจีน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลกระทบทางพลังงาน เศรษฐกิจ และทางสิ่งแวดล้อมของการผลิตไบโอดีเซลจากวัตถุดิบ 7 ประเภท ด้วยวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต โดยทำการรวบรวมข้อมูลสำหรับกระบวนการผลิตทั้ง 5 ขั้นตอน ตั้งแต่การปลูกพืช การสกัดน้ำมันจากชีวมวล การผลิตไบโอดีเซล การขนส่งวัตถุดิบ และการเผาไหม้ไบโอดีเซล ผลการวิจัยพบว่า วัตถุดิบที่ต่างกันมีประสิทธิผลทางสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน ซึ่งให้เห็นถึงปัญหาการเปลี่ยนแปลงทางสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้น นอกจากนี้ ยังได้ระบุกระบวนการสำคัญที่ควรปรับปรุงเทคโนโลยีในการผลิตไบโอดีเซลในอนาคต และแนะนำมาตรการสนับสนุนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการพัฒนาไบโอดีเซลของจีน

Soraya et al (2014) ได้ทำการศึกษาเรื่องการประเมินวงจรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มในอินโดนีเซีย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มในอินโดนีเซียโดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ วิธีดำเนินการวิจัยประกอบด้วยกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา การสร้างฐานข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิตจากการปลูกปาล์ม น้ำมัน การผลิตน้ำมันปาล์ม และกระบวนการผลิตไบโอดีเซล รวมถึงการขนส่งใน

แต่ละขั้นตอน ผลการวิจัยพบว่า ผลกระทบต่อโลกร้อนส่วนใหญ่มาจากการใช้ปุ๋ยและยาฆ่าแมลงในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษาไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการปลูก และการใช้ไฟฟ้าในโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มและโรงงานผลิตไบโอดีเซล เนื่องจากไฟฟ้าที่ซื้อมาจากการไฟฟ้าแห่งชาติของอินโดนีเซียนั้นส่วนใหญ่พึ่งพาโรงไฟฟ้าถ่านหินเป็นหลัก นอกจากนี้การขนส่งยังมีส่วนสำคัญต่อผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเช่นเดียวกัน

Zain et al (2017) ได้ทำการศึกษาเรื่องการวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุคาร์บอนในโรงงานปาล์มน้ำมันและไร่ปาล์มน้ำมัน สู่อุตสาหกรรมคาร์บอนต่ำ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเก็บสะสมและวัฏจักรของคาร์บอนในอุตสาหกรรมและไร่ปาล์มน้ำมันที่ถูกคัดเลือกในปีค.ศ. 2016 โดยใช้การวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุ (MFA) และเพื่อเสนอมาตรการบรรเทาผลกระทบของคาร์บอนต่อสิ่งแวดล้อม ผลการวิจัยพบว่า การเก็บสะสมคาร์บอนในไร่ปาล์มน้ำมันมีปริมาณ 9,122,241.92 และ 1,364,899.82 เมตริกตันคาร์บอนต่อปีตามลำดับ ในขณะที่ตัวแทนจำหน่ายไบโอแก๊สและสนามปุ๋ยหมักมีการปล่อยคาร์บอนเป็นลบคือ -170,294.17 และ -259,402.22 เมตริกตันคาร์บอนต่อปีตามลำดับ ในการสูญเสียคาร์บอนในกระบวนการที่เกี่ยวข้องการจัดการน้ำมันปาล์มในระบบชีวภาพ การรีไซเคิลผลไม้เปล่าที่เหลือจากการผลิตน้ำมันปาล์ม (Empty Fruit Bunches, EFB) และการรีไซเคิลน้ำเสียจากโรงงานปาล์มน้ำมัน (Palm Oil Mill Effluent, POME) ถือเป็นมาตรการบรรเทาที่ดีที่สุด

López-Díaz et al. (2018) ได้ทำการศึกษาเรื่องการประเมินผลการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพผ่านกรอบการทำงานของน้ำ-พลังงาน-แหล่งอาหาร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบระบบการกลั่นเชื้อเพลิงชีวภาพที่คำนึงถึงการมีปฏิสัมพันธ์กับแหล่งน้ำโดยรอบโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุผ่านการออกแบบห่วงโซ่อุปทานที่มีประสิทธิภาพสำหรับการผลิตและการจำหน่ายวัตถุดิบ ฝักรูป และเชื้อเพลิงชีวภาพ โดยพิจารณาถึงความต้องการน้ำและที่ดิน แบบจำลองที่นำเสนอจัดการกับความไม่แน่นอนที่เกี่ยวข้องในโครงการ เช่น ราคาของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ ความต้องการเชื้อเพลิงชีวภาพ และปริมาณฝนในลุ่มน้ำ เป็นต้น แบบจำลองที่นำเสนอได้พิจารณาถึงเป้าหมายทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมพร้อมกัน นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังแสดงให้เห็นถึงเป้าหมายที่พิจารณาและผลกระทบต่อความไม่แน่นอน

Ana Arias et al. (2024) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการลดผลกระทบของคาร์บอนจากที่ใช้ในภาคการเดินเรือและภาคการบิน โดยเน้นไปที่การใช้เชื้อเพลิงชีวภาพทางเลือกเพื่อเป็นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากการเติบโตของประชากรที่เพิ่มมากขึ้น โดยเน้นไปที่การประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงชีวภาพ มีการจัดการด้านเทคนิค คือ การปรับปรุงเทคโนโลยีให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เงื่อนไขการทำงาน คือ อุณหภูมิการเผาไหม้ การใช้เชื้อเพลิงที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โดยผลการวิจัยพบว่าการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่เพื่อผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพที่ยั่งยืนถือเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในการลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิล อย่างไรก็ตามเพื่อประเมินศักยภาพในอนาคตจำเป็นต้องพัฒนาการประเมินความยั่งยืนแบบคาดการณ์ล่วงหน้า วิธีการ

นี้เปิดโอกาสให้สามารถยกระดับสถานการณ์ปัจจุบันของห่วงโซ่คุณค่าไปสู่สถานการณ์ในอนาคตที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตให้ถือว่าผิดกฎหมาย

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาดการณ์ได้ซึ่งจะต้องประเมินสถานการณ์และผลที่ตามมาโดยต้องคำนึงถึงข้อจำกัดที่คาดว่าจะเกิดขึ้นเกี่ยวกับระดับการปล่อยมลพิษตลอดจนการเปลี่ยนแปลงในห่วงโซ่อุปทาน ความผันผวนทางเศรษฐกิจ ความต้องการของผู้บริโภคสำหรับผลิตภัณฑ์และบริการและเหตุการณ์อื่นๆ ที่อาจเกิดขึ้นซึ่งอาจส่งผลกระทบต่ออย่างมีนัยสำคัญต่อการพัฒนาเทคโนโลยี ในทางกลับกันสิ่งสำคัญคือต้องเน้นย้ำถึงบทบาทของนโยบายในการพัฒนาเทคโนโลยีเชื้อเพลิงชีวภาพใหม่



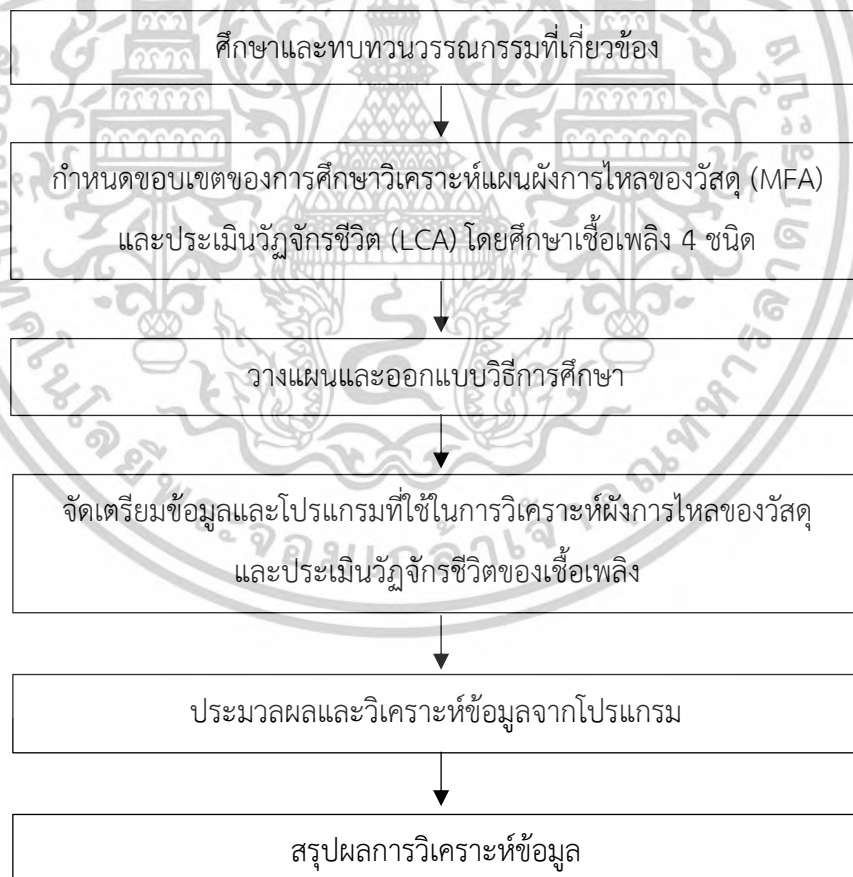
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำจากการศึกษาและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับเชื้อเพลิง เพื่อทำการวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุ (Material Flow Analysis; MFA) และประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment; LCA) โดยทำการเปรียบเทียบผังการไหลและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิงพัฒนา กับเชื้อเพลิงพื้นฐาน ซึ่งเชื้อเพลิงพัฒนาที่นำมาวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้มี 2 ชนิด ได้แก่ เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว และเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิวและ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม และเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงพื้นฐาน ได้แก่ เชื้อเพลิงดีเซล และเชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยแสดงดังรูปที่ 3.1

3.1 แผนผังการดำเนินการวิจัย



รูปที่ 3.1 แผนผังการดำเนินการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 แนวคิดในการออกแบบวิธีการทดลอง

ในการทดลองนี้ผู้วิจัยทำการออกแบบวิธีการทดลองโดยการวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุ (Material Flow Analysis; MFA) ด้วยโปรแกรม STAN เวอร์ชัน 2.6 และการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment; LCA) ด้วยโปรแกรม SimaPro เวอร์ชัน 9.0 โดยอ้างอิงการวิเคราะห์จากงานวิจัยของ วริษฐา พงษ์หิรัญ (2562) ที่ทำการวิเคราะห์ผังการไหลและการประเมินวัฏจักรชีวิตของทองคำจากกระบวนการรีไซเคิลซากแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของคอมพิวเตอร์เป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัย เพื่อที่จะนำผลการวิจัยไปวิเคราะห์ผลกระทบของเชื้อเพลิงต่อสิ่งแวดล้อมต่อไป

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. โปรแกรม STAN เวอร์ชัน 2.6 สำหรับการวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุ (Material flow analysis; MFA)
2. โปรแกรม SimaPro เวอร์ชัน 9.0 สำหรับการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle assessment; LCA)

3.4 วิธีวางแผนและออกแบบวิธีการศึกษา

3.4.1 วิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุ (Material flow analysis)

ทำการวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุของเชื้อเพลิงชีวภาพกับเชื้อเพลิงพื้นฐาน 4 ชนิด ได้แก่

- 1) เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว ซึ่งมีสัดส่วนเอทานอลร้อยละ 25 ผสมกับไบโอดีเซลที่ทำหน้าที่เป็นสารลดแรงตึงผิวร้อยละ 5 (ME-B 25/5)
- 2) เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิวและ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวรวม โดยมีสัดส่วนเอทานอลร้อยละ 25 ผสมกับไบโอดีเซลและ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลในสัดส่วนร้อยละ 3 (ME-B/EHOH 25/3)
- 3) เชื้อเพลิงพื้นฐานดีเซล (เกรดการค้า)
- 4) เชื้อเพลิงพื้นฐานไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม (เกรดการค้า)

หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลเชื้อเพลิงทั้ง 4 ชนิดมาวิเคราะห์การผังไหลของวัสดุ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน 4 ขั้นตอนดังนี้

- 1) เตรียมข้อมูลที่ผ่านการคำนวณให้อยู่ในหน่วยที่เหมาะสมต่อการนำไปวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุจากวรรณกรรมที่ศึกษา คือ หน่วยกรัมต่อชั่วโมง (g/h)
- 2) ร่างผังการไหลของวัสดุของเชื้อเพลิง 4 ชนิด โดยใช้โปรแกรม STAN เวอร์ชัน 2.6 ในแง่ขอบเขตของการสร้างกรณีศึกษาออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ถึง 3.5 โดยอ้างอิงข้อมูลขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยจากวรรณกรรมที่ศึกษา ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1) ขั้นตอนการเตรียมเชื้อเพลิง (Formulation)

เป็นการป้อนวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการเตรียมเชื้อเพลิง โดยมีวัตถุดิบหลัก ได้แก่ น้ำมันดีเซล (diesel) น้ำมันปาล์ม (palm oil) เอทานอล (ethanol; EtOH) ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม (biodiesel) เป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอล (2-ethyl-1-hexanol; EHOH) ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม โดยแต่ละเชื้อเพลิงที่ทำการศึกษามีอัตราส่วนของส่วนผสมที่แตกต่างกันออกไป

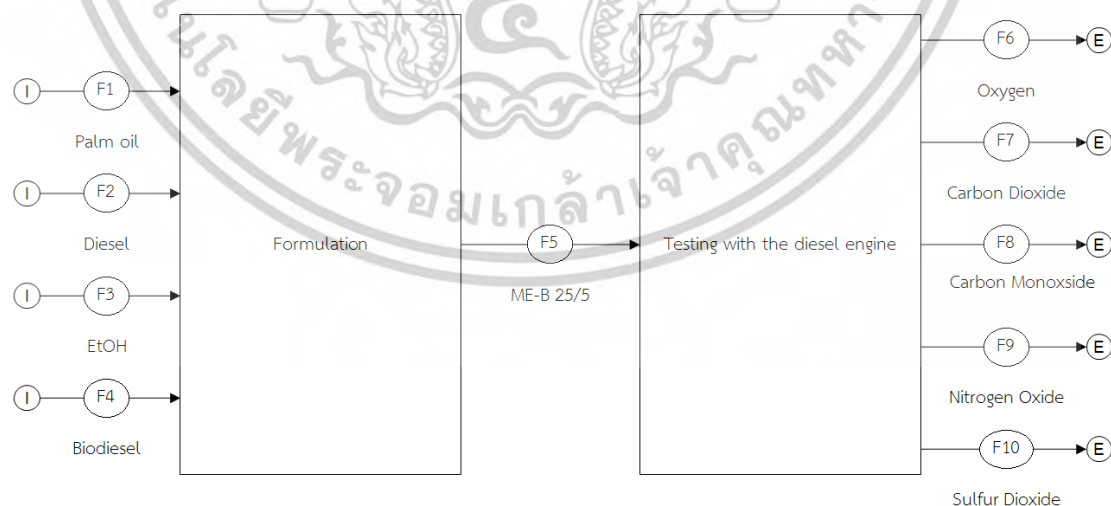
2.2) ขั้นตอนการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซล (Testing with the diesel engine)

ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อเพลิงทั้ง 4 ชนิด โดยการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง พร้อมกับบันทึกการปริมาณก๊าซต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ ได้แก่ ก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

3) ป้อนข้อมูลของเชื้อเพลิงชีวภาพและเชื้อเพลิงพื้นฐานจากวรรณกรรมที่ศึกษาลงในโปรแกรม STAN เวอร์ชัน 2.6 ได้แก่ วัตถุดิบ สารเคมี และมลพิษทางอากาศที่วัดจากท่อของเครื่องยนต์ดีเซล

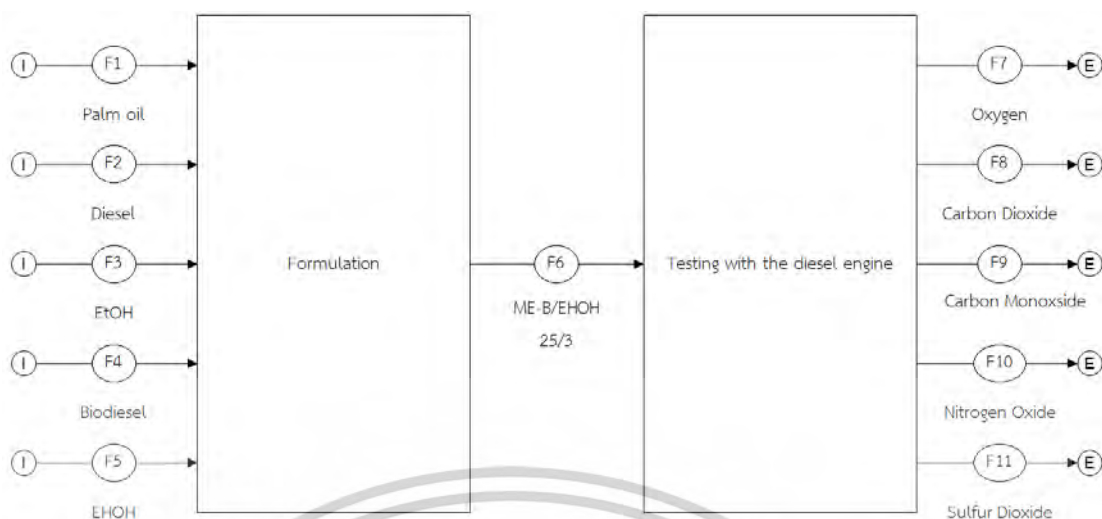
4) คำนวณปริมาณสารขาเข้าและขาออกและจัดทำเป็นผังการไหลของวัสดุโดยใช้โปรแกรม STAN เวอร์ชัน 2.6

5) วิเคราะห์ข้อมูลจากผังการไหลของเชื้อเพลิงชีวภาพเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงพื้นฐาน

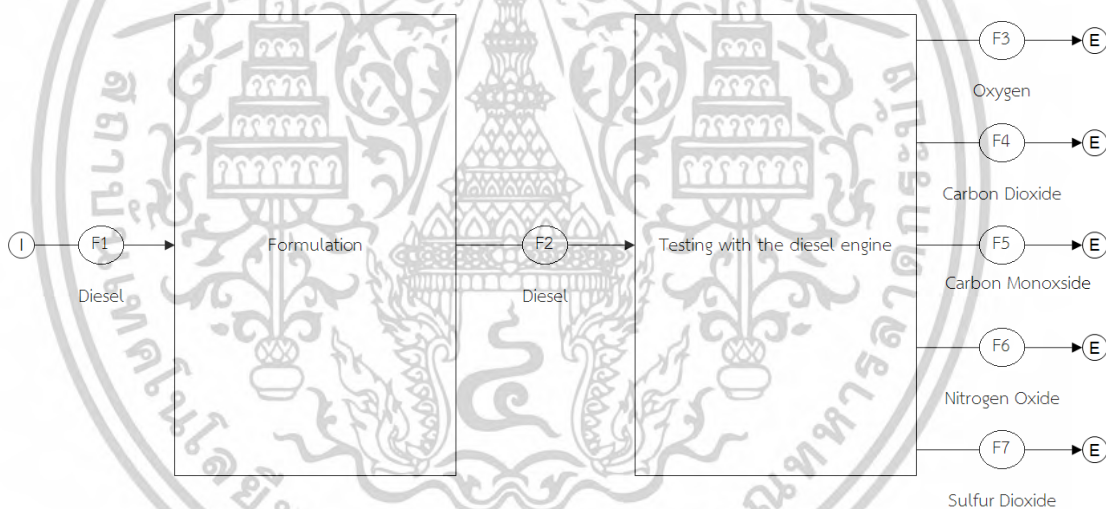


รูปที่ 3.2 ผังการไหลของวัสดุของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

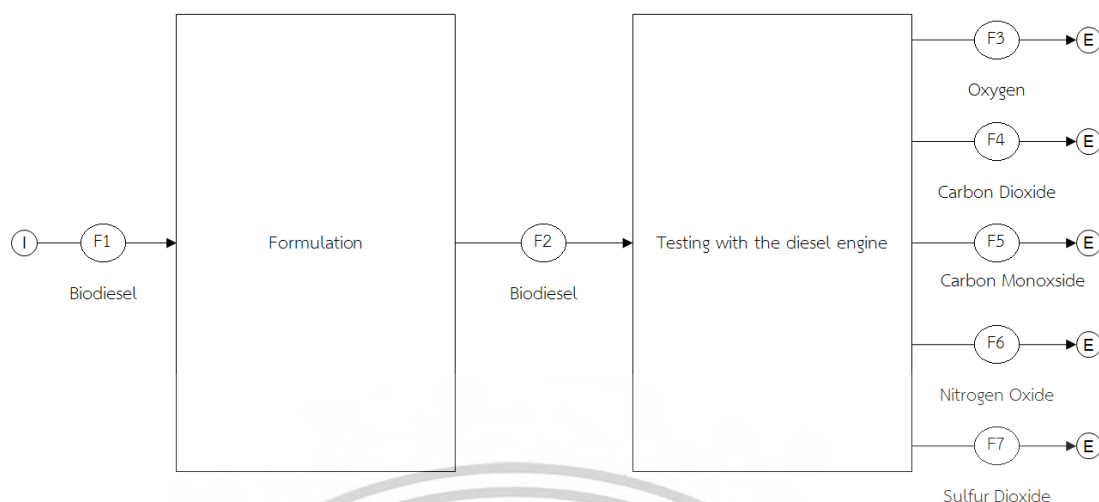


รูปที่ 3.3 ผังการไหลของวัสดุของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม เป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม



รูปที่ 3.4 ผังการไหลของวัสดุของเชื้อเพลิงดีเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



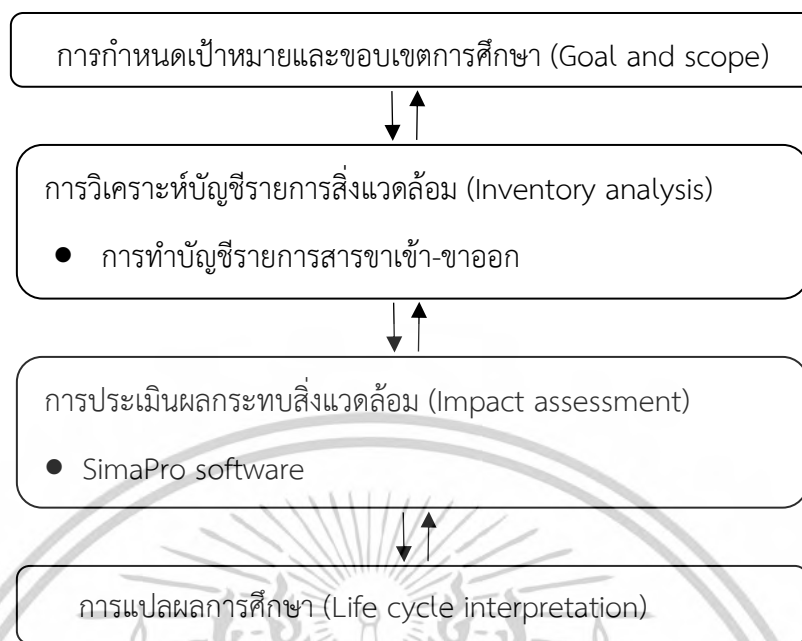
รูปที่ 3.5 ผังการไหลของวัสดุของเชื้อเพลิงไบโอดีเซล

3.4.2 การประเมินวัฏจักรชีวิต

ผู้วิจัยใช้ระเบียบวิธีวิจัยตามชุดมาตรฐาน ISO 14040 การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (ISO 2006) ซึ่งประกอบด้วย การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and scope definition – ISO 14040) การวิเคราะห์เพื่อทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life cycle inventory analysis – ISO 14041) การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Life cycle impact assessment – ISO 14042) และการแปลผล (Life cycle interpretation – ISO 14043) โดยจะกำหนดการทำงานและขอบเขตของการประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 3.6 ดังนี้

1) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and scope definition) คือการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของระบบ โดยงานวิจัยชิ้นนี้กำหนดขอบเขตแบบ Gate-to-Gate ตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมเชื้อเพลิงจนถึงขั้นตอนการทดสอบเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซล โดยกำหนดหน่วยการทำงาน (functional unit) คือ ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบกับเครื่องยนต์เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

2) การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Inventory analysis) คือ การเก็บรวบรวม คำนวณ ข้อมูลและหาปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออกจากเชื้อเพลิง โดยจะพิจารณาถึงวัตถุดิบและมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้น การวิเคราะห์ถูกดำเนินการตามมาตรฐาน ISO 14041 โดยขอบเขตของการศึกษาเป็นแบบ Gate-to-Gate ซึ่งเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมเชื้อเพลิงจนถึงขั้นตอนการทดสอบเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซล ที่ทำการวัดการปล่อยมลพิษทางอากาศระหว่างการเผาไหม้เชื้อเพลิง โดยนำผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงชีวภาพทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว และเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิวและ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม เปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงพื้นฐาน ได้แก่ ดีเซลและไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม โดยมีการจัดทำบัญชีรายการดังตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างบัญชีรายการสาขาเข้าและสาขาออก

รายละเอียด	ปริมาณ	หน่วย	เอกสารอ้างอิง
สาขาเข้า (Inputs)			
วัตถุดิบ			
ดีเซล (diesel)		กรัม	
ไบโอดีเซล (biodiesel)		กรัม	
น้ำมันปาล์ม (palm oil)		กรัม	
เอทานอล (EtOH)		กรัม	
2-เอทิล-1-เฮกซานอล (EHOH)		กรัม	
สาขาออก (Outputs)			
มลพิษทางอากาศ			
ก๊าซออกซิเจน (oxygen)		กรัม	
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide)		กรัม	
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide)		กรัม	
ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (Nitrogen oxide)		กรัม	
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide)		กรัม	

3) การประเมินผลกระทบ (Impact assessment) คือมีการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยการนำบัญชีรายการสาขาเข้าและขาออก วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SimaPro เวอร์ชัน 9.0 โดยใช้ฐานข้อมูล Ecoinvent 3 และวิธีการวิเคราะห์ ReCipe 2016 midpoint ซึ่งเป็นฐานข้อมูลและวิธีวิเคราะห์ที่นิยมใช้สำหรับการประเมินวัฏจักรชีวิต เพื่อเป็นพื้นฐานข้อมูลของการคำนวณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ จากการใช้วัตถุดิบและการปล่อยมลพิษที่เกิดขึ้นในขอบเขตการศึกษา การวิเคราะห์ถูกดำเนินการตามมาตรฐาน ISO 14041 โดยขอบเขตของการศึกษาเป็นแบบ Gate-to-Gate ซึ่งเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมเชื้อเพลิง จนจบขั้นตอนการทดสอบเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซล ที่ทำการวัดการปล่อยมลพิษทางอากาศระหว่างการเผาไหม้เชื้อเพลิง โดยนำผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงชีวภาพทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว และเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิวและ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวรวม เปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงพื้นฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้แก่ ดีเซลและไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม โดยผลการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจะแสดงผลกระทบในด้านต่างๆ จำนวน 18 ด้าน ดังนี้

- 3.1) ผลกระทบด้านการเกิดภาวะโลกร้อน (Global warming potential; GWP)
- 3.2) ผลกระทบด้านการลดลงของโอโซนในชั้นสตราโทสเฟียร์ (Stratospheric ozone depletion; SOD)
- 3.3) ผลกระทบด้านการก่อให้เกิดรังสีไอออน (Ionizing radiation; IR)
- 3.4) ผลกระทบด้านการเพิ่มขึ้นของโอโซนที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ (Ozone formation, Human health; OFH)
- 3.5) ผลกระทบด้านการเกิดฝุ่นขนาดเล็ก (Fine particulate matter formation; FPMF)
- 3.6) ผลกระทบด้านการเพิ่มขึ้นของโอโซนที่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศบนบก (Ozone formation, Terrestrial ecosystems; OFTE)
- 3.7) ผลกระทบด้านสภาวะความเป็นกรดในดิน (Terrestrial acidification; TA)
- 3.8) ผลกระทบด้านการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในแหล่งน้ำจืด (Freshwater eutrophication; FU)
- 3.9) ผลกระทบด้านการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในทะเล (Marine eutrophication; MU)
- 3.10) ผลกระทบด้านความเป็นพิษในดิน (Terrestrial ecotoxicity; TE)
- 3.11) ผลกระทบด้านความเป็นพิษในแหล่งน้ำจืด (Freshwater ecotoxicity; FE)
- 3.12) ผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางทะเล (Marine ecotoxicity; ME)
- 3.13) ผลกระทบด้านความเป็นพิษที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งในมนุษย์ (Human carcinogenic toxicity; HT)
- 3.14) ผลกระทบด้านความเป็นพิษที่ไม่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งในมนุษย์ (Human non-carcinogenic toxicity; HTNC)
- 3.15) ผลกระทบด้านการลดลงของพื้นที่ (Land use; LU)
- 3.16) ผลกระทบด้านการลดลงของแหล่งแร่ (Mineral resource scarcity; MRS)
- 3.17) ผลกระทบด้านการลดลงของแหล่งฟอสซิล (Fossil resource scarcity; FRS)
- 3.18) ผลกระทบด้านการใช้น้ำ (Water consumption; WC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การแปลผลการศึกษา (Life cycle interpretation) เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลที่ได้จากขั้นตอนการประเมินผลกระทบและนำมาสรุปเพื่อให้ข้อเสนอแนะที่ชัดเจนสำหรับการตัดสินใจโดยมีการดำเนินการหลักทั้งหมด 4 ขั้นตอน ดังนี้

4.1) การระบุประเด็นสำคัญ เป็นการวิเคราะห์และชี้ประเด็นที่มีนัยสำคัญจากผลการศึกษาทั้งในแง่ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการใช้ทรัพยากร

4.2) การประเมินความสมบูรณ์ ตรวจสอบความครบถ้วนของข้อมูลและระเบียบวิธีที่ใช้ พร้อมระบุข้อจำกัดต่างๆ

4.3) การวิเคราะห์ความอ่อนไหว ประเมินผลกระทบของสมมติฐานและวิธีการที่เลือกใช้ เพื่อทดสอบความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์

4.4) การสรุปและให้ข้อเสนอแนะ นำเสนอข้อสรุปที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การศึกษา พร้อมให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาปรับปรุง

ผลลัพธ์จากการแปลผลการศึกษาจะช่วยให้เข้าใจผลกระทบสิ่งแวดล้อม สามารถตัดสินใจเลือกแนวทางปรับปรุงที่เหมาะสม และกำหนดกลยุทธ์การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์ผล

ผู้วิจัยได้ทำจากการศึกษาและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับเชื้อเพลิง และทำการวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุ (Material Flow Analysis; MFA) และประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment; LCA) โดยทำการเปรียบเทียบผังการไหลและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิงพัฒนา กับเชื้อเพลิงพื้นฐาน ซึ่งเชื้อเพลิงพัฒนาที่นำมาวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้มี 2 ชนิด ได้แก่ เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว และเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิวและ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวรวม และเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงพื้นฐาน ได้แก่ เชื้อเพลิงดีเซล และเชื้อเพลิงไบโอดีเซล โดยมีผลการดำเนินงานดังนี้

4.1 วิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุและอภิปรายผล

หลังจากดำเนินการรวบรวมข้อมูลของเชื้อเพลิงชีวภาพและเชื้อเพลิงพื้นฐานทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว และเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิวและ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวรวม เชื้อเพลิงดีเซล และเชื้อเพลิงไบโอดีเซลแล้วนั้น จึงนำข้อมูลเชื้อเพลิงทั้ง 4 ชนิด มาวิเคราะห์การไหลของวัสดุ (MFA) เพื่อติดตามปริมาณสารขาเข้าของวัสดุ และสารมลพิษที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน ตั้งแต่การป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่เครื่องยนต์ การเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ ไปจนถึงการปล่อยมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อม โดยมีผลการวิเคราะห์ดังนี้

4.1.1 วิเคราะห์ผังการไหลของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว (ME-B 25/5)

จากข้อมูลปริมาณของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว (ME-B 25/5) นำข้อมูลมาพิจารณาเชื้อเพลิงโดยหน่วยเป็นปริมาณกรัมต่อชั่วโมง โดยจะนำข้อมูลมาจัดทำผังการไหลของเชื้อเพลิงเพื่อนำการวิเคราะห์ปริมาณการไหลของวัสดุ (Material Flow Analysis) ว่าเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว (ME-B 25/5) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารขาเข้าวัสดุ และสารมลพิษที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนตั้งแต่ การป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่เครื่องยนต์ การเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ ไปจนถึงการปล่อยมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อม โดยการศึกษาเน้นการเตรียมและทดสอบเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว (ME-B 25/5) โดยกระบวนการดำเนินงานแบ่งออกเป็นสองส่วนหลัก ได้แก่ การเตรียมเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว (ME-B 25/5) และการทดสอบเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) การเตรียมเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว (ME-B 25/5)

เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันถูกเตรียมขึ้นโดยใช้สารขาเข้าหลัก ได้แก่ น้ำมันปาล์ม (palm oil) ดีเซล (diesel) เอทานอล (EtOH) และไบโอดีเซล (biodiesel) โดยมีรายละเอียดของปริมาณสารที่ใช้ในการเตรียมดังแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่ามีการใช้วัตถุดิบในการเตรียมเชื้อเพลิง ประกอบด้วย น้ำมันปาล์ม 496.35 กรัมต่อชั่วโมง เชื้อเพลิงดีเซล 474.04 กรัมต่อชั่วโมง เอทานอล 223.08 กรัมต่อชั่วโมง และเชื้อเพลิงไบโอดีเซล 48.52 กรัมต่อชั่วโมง เมื่อกระบวนการเตรียมเชื้อเพลิงเสร็จสิ้นจะได้ น้ำมันเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว (ME-B 25/5) ที่มีปริมาณ 1,232.5 กรัมต่อชั่วโมง

ตารางที่ 4.1 ปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกในการเตรียมเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว (ME-B 25/5)

วัสดุ	ปริมาณ (กรัมต่อชั่วโมง)
สารขาเข้า	
น้ำมันปาล์ม (palm oil)	496.35
น้ำมันดีเซล (diesel)	474.04
เอทานอล (EtOH)	223.08
ไบโอดีเซล (biodiesel)	48.52
สารขาออก	
เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว (ME-B 25/5)	1,232.50

2) การทดสอบเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซล

หลังจากเตรียมเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว (ME-B 25/5) สำเร็จแล้ว เชื้อเพลิงนี้ถูกนำไปทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อวิเคราะห์มลพิษทางอากาศ โดยพิจารณาปริมาณก๊าซที่ปล่อยออกมา ซึ่งประกอบด้วยก๊าซออกซิเจน (Oxygen) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide) ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (Nitrogen oxide) และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide) ดังแสดงในตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลแสดงให้เห็นถึงการปล่อยมลพิษในรูปแบบต่างๆ โดยมีปริมาณออกซิเจนสูงที่สุดที่ 42.05 กรัมต่อชั่วโมง รองลงมา คือ คาร์บอนไดออกไซด์ที่ 8.64 กรัมต่อชั่วโมง ส่วนมลพิษอื่นๆ มีค่าต่ำมาก ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ 0.05 กรัมต่อชั่วโมง และไนโตรเจนออกไซด์ 0.01 กรัมต่อชั่วโมง และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.00 กรัมต่อชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกในจากการทดสอบเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซลของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม เป็นสารลดแรงตึงผิว (ME-B 25/5)

วัสดุ	ปริมาณ (กรัมต่อชั่วโมง)
สารขาเข้า	
เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม เป็นสารลดแรงตึงผิว (ME-B 25/5)	1,232.50
สารขาออก	
ก๊าซออกซิเจน (Oxygen)	42.05
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide)	4.64
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide)	0.05
ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (Nitrogen oxide)	0.02
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide)	0.00

เมื่อทำการวิเคราะห์ผังการไหลของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว มีสัดส่วนของเอทานอลร้อยละ 25 ผสมกับเชื้อเพลิงไบโอดีเซลร้อยละ 5 ดังรูปที่ 4.1 โดยผลการทดสอบนี้แสดงให้เห็นว่าสูตรน้ำมันเชื้อเพลิงที่พัฒนาขึ้นมี ประสิทธิภาพในการเผาไหม้ที่ดี สังเกตได้จากปริมาณออกซิเจนที่เหลือจากการเผาไหม้ค่อนข้างสูง และการปล่อยมลพิษทางอากาศ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ อยู่ในระดับต่ำมาก ดังนั้นการผสมผสานระหว่างน้ำมันปาล์ม (palm oil) ดีเซล (diesel) เอทานอล (EtOH) และไบโอดีเซล (biodiesel) ในสัดส่วนที่เหมาะสมส่งผลให้ได้เชื้อเพลิงที่มีคุณสมบัติการเผาไหม้ที่ดี โดยสมมูลมวลในขั้นตอนนี้ มวลขาเข้า เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม เป็นสารลดแรงตึงผิว (ME-B 25/5) 1,232.50 กรัมต่อชั่วโมง มวลขาออก ก๊าซต่างๆ รวมเป็น 46.76 กรัมต่อชั่วโมง ในการทดสอบการเผาไหม้เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว (ME-B 25/5) ในเครื่องยนต์ดีเซล พบว่ามีมวลที่ไม่ได้ถูกบันทึกหรือหายไป ประมาณ 1,185.74 กรัมต่อชั่วโมง ซึ่งคิดเป็นประมาณร้อยละ 96 ของมวลสารขาเข้า มวลที่หายไปนี้ สามารถอธิบายได้จากปัจจัยหลักดังต่อไปนี้

1) การปล่อยก๊าซที่ไม่ได้ตรวจวัดหรือบันทึก อาจเกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลผลิตก๊าซหลายชนิด เช่น ไอน้ำ (H_2O) ไฮโดรคาร์บอนที่ไม่เผาไหม้สมบูรณ์ (UHCs) และสารประกอบอื่นๆ ที่อาจไม่ได้ถูกวัดหรือบันทึกในการทดลองนี้ ซึ่งงานวิจัยหลายฉบับระบุว่า การเผาไหม้ไบโอดีเซลสามารถลดการปล่อยไฮโดรคาร์บอนที่ไม่เผาไหม้สมบูรณ์ได้ แต่อาจยังมีการปล่อยก๊าซอื่นๆ ที่อาจไม่ได้รับการวัดอย่างครบถ้วน (Demirbas, 2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

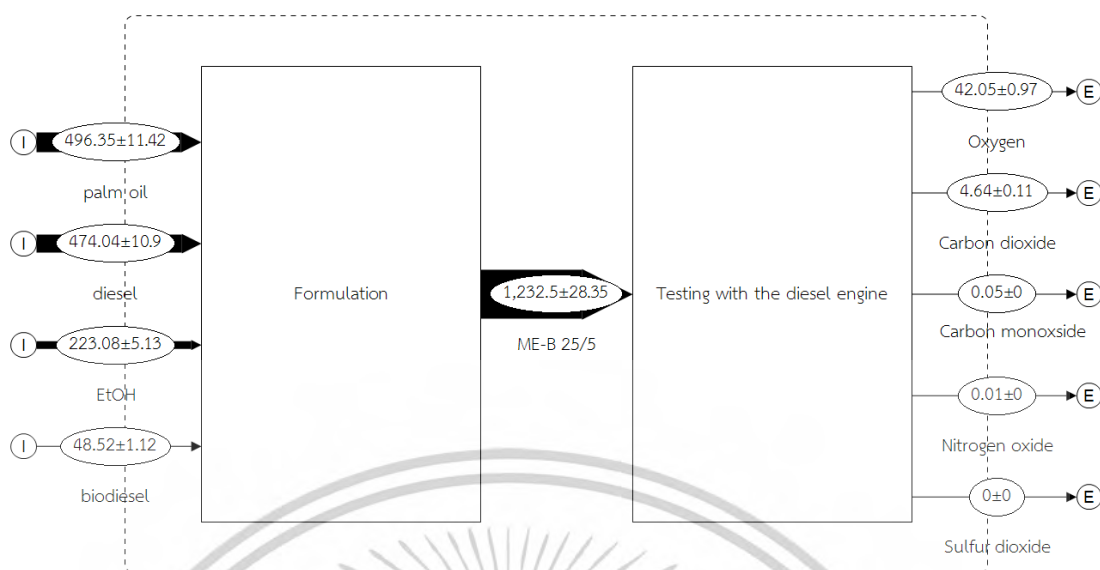
2) การสะสมของสารตกค้างภายในเครื่องยนต์

ในกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิง โดยเฉพาะในเครื่องยนต์ดีเซล อาจมีการเกิดเขม่า (soot) และสารตกค้างอื่น ๆ เช่น เถ้า (ash) หรือคาร์บอน ซึ่งสามารถสะสมอยู่ในห้องเผาไหม้ ท่อไอเสีย หรือชิ้นส่วนอื่นของเครื่องยนต์ แม้ว่าไบโอดีเซลจะมีคุณสมบัติเผาไหม้สะอาดกว่าเชื้อเพลิงดีเซลทั่วไป และสามารถลดการเกิดเขม่าได้ในระดับหนึ่ง แต่ก็ยังไม่สามารถหลีกเลี่ยงการเกิดสารตกค้างได้ทั้งหมด สารเหล่านี้มีสถานะเป็นของแข็งหรือกึ่งแข็ง ทำให้ไม่สามารถถูกตรวจวัดได้ในรูปแบบของมวลก๊าซที่ปล่อยออกมา จึงมักไม่ถูกนำมารวมในการคำนวณสมดุลมวล ส่งผลให้เกิดช่องว่างของมวลที่หายไปในการวิเคราะห์ (Rahman, 2010)

3) การสูญเสียความร้อนและพลังงานในระบบเครื่องยนต์

ในการเผาไหม้เชื้อเพลิง พลังงานเคมีในเชื้อเพลิงจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานกลเพื่อขับเคลื่อนเครื่องยนต์ อย่างไรก็ตาม ไม่ใช่พลังงานทั้งหมดจะถูกแปลงเป็นงานได้อย่างสมบูรณ์ ส่วนหนึ่งของพลังงานจะสูญเสียไปในรูปของความร้อน ผ่านระบบระบายความร้อนของเครื่องยนต์และไอเสีย ความร้อนที่สูญเสียเหล่านี้ไม่ได้อยู่ในรูปของมวลที่สามารถตรวจวัดได้โดยตรง จึงไม่ปรากฏในการวิเคราะห์สมดุลมวล แม้ว่าจะไม่ได้ส่งผลต่อปริมาณมวลโดยตรง แต่ก็ส่งผลต่อการวิเคราะห์ในแง่ของสมดุลพลังงานของระบบ (Rahman, 2010)

การวิเคราะห์สมดุลมวลให้ถูกต้องและครบถ้วนจำเป็นต้องคำนึงถึงองค์ประกอบที่อาจถูกมองข้าม เช่น การปล่อยก๊าซที่ไม่ได้วัด การสะสมของสารตกค้างภายในเครื่องยนต์ และการสูญเสียพลังงานในรูปของความร้อน ซึ่งล้วนมีผลต่อการประเมินปริมาณมวลโดยรวม หากไม่ถูกรวมอยู่ในการวิเคราะห์ อาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนหรือมวลที่หายไป ดังนั้น การใช้เทคโนโลยีการวัดที่ทันสมัย และแม่นยำยิ่งขึ้น รวมถึงการศึกษาเพิ่มเติมในด้านพฤติกรรมของสารระหว่างการเผาไหม้ จะช่วยให้สามารถอธิบายและติดตามการเปลี่ยนแปลงของมวลในระบบได้อย่างรอบด้านมากขึ้น (Zhang et al., 2003)



รูปที่ 4.1 ผังการไหลของวัสดุของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม เป็นสารลดแรงตึงผิว (ME-B 25/5)

4.1.2 วิเคราะห์ผังการไหลของจากเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม เป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม (ME-B/EHOH 25/3)

จากข้อมูลปริมาณของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม เป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม (ME-B/EHOH 25/3) นำข้อมูลมาพิจารณาเชื้อเพลิงโดยหน่วยเป็นปริมาณกรัมต่อชั่วโมง โดยจะนำข้อมูลมาจัดทำผังการไหลเพื่อนำการวิเคราะห์ปริมาณการไหลของวัสดุ (Material Flow Analysis) ว่าเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม เป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม (ME-B/EHOH 25/3) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารเข้าวัสดุ และสารมลพิษที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนตั้งแต่ การป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่เครื่องยนต์ การเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ ไปจนถึงการปล่อยมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อม โดยการศึกษาเน้นการเตรียมและทดสอบเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม (ME-B/EHOH 25/3) โดยกระบวนการดำเนินงานแบ่งออกเป็นสองส่วนหลัก ได้แก่ การเตรียมเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม (ME-B/EHOH 25/3) และการทดสอบเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซล

1) การเตรียมเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม (ME-B/EHOH 25/3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อเพลิงที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว ถูกเตรียมขึ้นโดยใช้สารขาเข้าหลัก ได้แก่ น้ำมันปาล์ม (palm oil) น้ำมันดีเซล (diesel) เอทานอล (EtOH) ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม (biodiesel) และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม (EHOH) โดยมีรายละเอียดของปริมาณสารที่ใช้ในการเตรียมดังแสดงในตารางที่ 4.3 พบว่ามีการใช้วัตถุดิบในการเตรียมเชื้อเพลิงประกอบด้วย น้ำมันปาล์มปริมาณ 521.48 กรัมต่อชั่วโมง เชื้อเพลิงดีเซล 498.05 กรัมต่อชั่วโมง เอทานอล 234.38 กรัมต่อชั่วโมง เชื้อเพลิงไบโอดีเซล 1.84 กรัมต่อชั่วโมง และเอทิลเฮกซานอล 27.53 กรัมต่อชั่วโมง เมื่อนำวัตถุดิบทั้งหมดผ่านกระบวนการเตรียมเชื้อเพลิงได้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีปริมาณ 1,245 กรัมต่อชั่วโมง

ตารางที่ 4.3 ปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกในการเตรียมเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม (ME-B/EHOH 25/3)

วัสดุ	ปริมาณ (กรัมต่อชั่วโมง)
สารขาเข้า	
น้ำมันปาล์ม (palm oil)	521.48
ดีเซล (diesel)	498.05
เอทานอล (EtOH)	234.38
ไบโอดีเซล (biodiesel)	1.84
เอทิลเฮกซานอล (EHOH)	27.53
สารขาออก	
เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิวและ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม (ME-B EHOH 25/3)	1,245.00

2) การทดสอบเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซล

หลังจากเตรียมเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม (ME-B/EHOH 25/3) สำเร็จแล้ว เชื้อเพลิงนี้ถูกนำไปทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบต่อมลพิษทางอากาศ โดยพิจารณาปริมาณก๊าซที่ปล่อยออกมา ซึ่งประกอบด้วยก๊าซออกซิเจน (Oxygen) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide) ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (Nitrogen oxide) และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide) ดังในตารางที่ 4.4 ซึ่งเมื่อนำไปทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซล พบการปล่อยมลพิษในรูปแบบต่างๆ โดยมีการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปล่อยออกซิเจน 40.14 กรัมต่อชั่วโมง คาร์บอนไดออกไซด์ 6.93 กรัมต่อชั่วโมง คาร์บอนมอนอกไซด์ 0.05 กรัมต่อชั่วโมง ไนโตรเจนออกไซด์ 0.02 กรัมต่อชั่วโมง และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.00 กรัมต่อชั่วโมง

ตารางที่ 4.4 ปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกในจากการทดสอบเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซลของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม เป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม (ME-B/EHOH 25/3)

วัสดุ	ปริมาณ (กรัมต่อชั่วโมง)
สารขาเข้า	
เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม (ME-B/EHOH 25/3)	1,245.00
สารขาออก	
ก๊าซออกซิเจน (Oxygen)	40.14
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide)	6.93
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide)	0.05
ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (Nitrogen oxide)	0.02
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide)	0.00

เมื่อทำการวิเคราะห์ห้วงการไหลของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิวและ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม (ME-B/EHOH 25/3) ดังรูปที่ 4.2 จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าสูตรเชื้อเพลิงนี้มีประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ดี โดยสังเกตได้จากปริมาณออกซิเจนที่เหลือจากการเผาไหม้มีค่าสูง ในขณะที่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าค่อนข้างต่ำ (Portillo, 2024) นอกจากนี้ มลพิษอันตรายอื่นๆ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ไนโตรเจนออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีค่าต่ำมาก การเพิ่มสัดส่วนของเอทานอลเป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม จะช่วยเพิ่มเสถียรภาพให้กับเชื้อเพลิงชีวภาพนี้ ส่งผลให้เชื้อเพลิงมีการผสมเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้นซึ่งอาจส่งผลให้การเผาไหม้มีความสมบูรณ์และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สะท้อนให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาเชื้อเพลิงทางเลือกที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืน โดยการผสมสัดส่วนจากไบโอดีเซล และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม ในสัดส่วนที่เหมาะสม โดยสมดุลมวลในขั้นตอนนี้ มวลขาเข้าเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม (ME-B/EHOH 25/3) 1,245 กรัม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อชั่วโมง มวลขาออก ก๊าซต่างๆ รวมเป็น 47.14 กรัมต่อชั่วโมง ในการทดสอบการเผาไหม้เชื้อเพลิง กับ เครื่องยนต์ดีเซลของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม (ME-B/EHOH 25/3) ในเครื่องยนต์ดีเซล พบว่ามีมวลที่ไม่ได้ถูกบันทึกหรือหายไปประมาณ 1,185.74 กรัมต่อชั่วโมง ซึ่งคิดเป็นประมาณร้อยละ 96.21 ของมวลสารขาเข้า ซึ่งมวลที่หายไปนี้สามารถอธิบายได้จากปัจจัยหลักดังต่อไปนี้

1) การปล่อยก๊าซที่ไม่ได้ตรวจวัดและบันทึก

ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล โดยเฉพาะเชื้อเพลิงที่มีส่วนประกอบของเอทานอลหรือไบโอดีเซล อาจมีการปล่อยก๊าซหรือสารประกอบอื่นที่ไม่ได้ถูกวัดหรือบันทึกในการทดลอง เช่น ไอน้ำ (H_2O) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการเผาไหม้ของเอทานอลและไฮโดรคาร์บอน รวมถึงไฮโดรคาร์บอนที่ไม่เผาไหม้สมบูรณ์ (UHCs) ที่หลุดรอดออกมาพร้อมไอเสีย นอกจากนี้ยังอาจมีการปล่อยสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายที่เกิดจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ เช่น ฟORMALดีไฮด์ (formaldehyde) อะซีตัลดีไฮด์ (acetaldehyde) และกลุ่มสารพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs) ซึ่งมีสถานะเป็นสารพิษหรือก่อมะเร็ง สารเหล่านี้อาจมีปริมาณน้อยและตรวจวัดได้ยาก แต่ก็เป็นส่วนหนึ่งของมวลที่หายไป หากไม่มีการวัดหรือบันทึกไว้ในการทดลอง (Demirbas, 2007)

2) การสะสมของสารตกค้างภายในเครื่องยนต์

ระหว่างกระบวนการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซล อาจเกิดการสร้างของแข็ง เช่น เขม่า (soot) หรือสารตกค้างอื่นๆ ที่ไม่เผาไหม้สมบูรณ์ ซึ่งสามารถเกาะสะสมอยู่ตามผนังของระบบไอเสีย ห้องเผาไหม้ หรือหัวฉีดเชื้อเพลิง การสะสมเหล่านี้ไม่สามารถเก็บรวบรวมและชั่งน้ำหนักได้โดยตรง จึงอาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดมวลที่หายไป จากการคำนวณสมดุลมวล โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่เชื้อเพลิงมีการเติมสารลดแรงตึงผิวร่วม (co-surfactant) เช่น 2-เอทิล-1-เฮกซานอล (EHOH) ซึ่งอาจส่งผลต่อลักษณะการกระจายตัวของอนุภาคน้ำมันในเชื้อเพลิง และเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเผาไหม้ภายในเครื่องยนต์ อาจทำให้เกิดอนุภาคละเอียดหรือเขม่าที่มีลักษณะแตกต่างจากเชื้อเพลิงทั่วไป ส่งผลให้เกิดการสะสมของมวลบางส่วนในระบบโดยไม่สามารถตรวจวัดได้โดยตรง (Rahman, 2010)

3) การสูญเสียความร้อนและพลังงานในระบบเครื่องยนต์

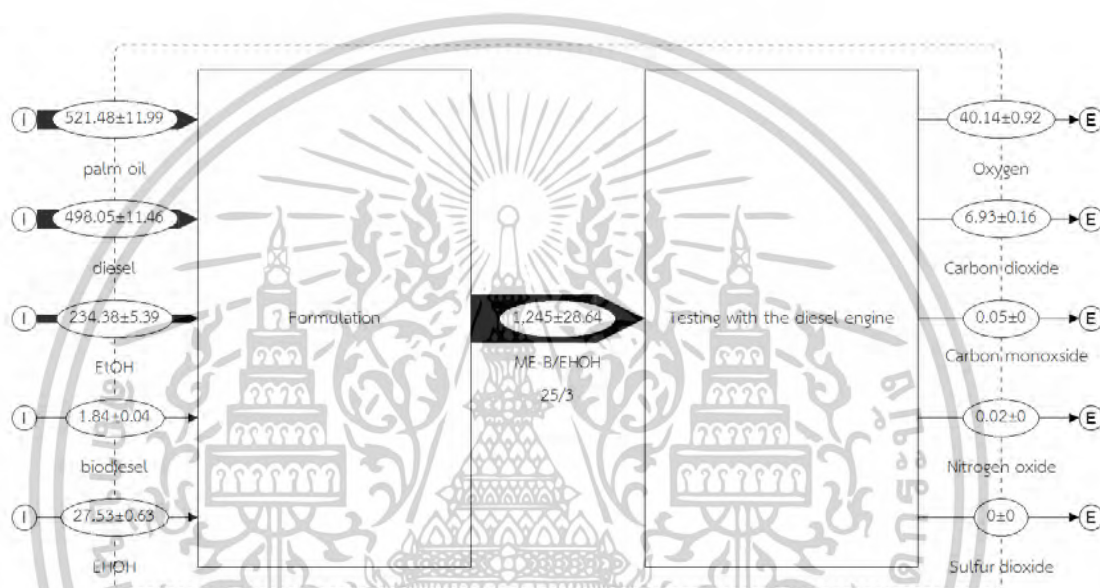
เมื่อเชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ ความร้อนจำนวนมากจะถูกปลดปล่อยออกจากระบบในหลายทิศทาง เช่น ผ่านผนังห้องเผาไหม้ สารหล่อเย็นในระบบระบายความร้อน และไอเสียที่มีอุณหภูมิสูง ความร้อนเหล่านี้ไม่สามารถตรวจวัดได้ในรูปของมวลโดยตรง เพราะเป็นพลังงาน ไม่ใช่วัตถุที่มีน้ำหนัก ส่งผลให้ไม่ถูกนับรวมในสมดุลมวลของระบบ แม้ความร้อนจะเป็นผลพลอยได้ สำคัญของการเผาไหม้ และมีบทบาทในการขับเคลื่อนเครื่องยนต์ แต่ในการคำนวณสมดุลมวลที่เน้น วัดสารทางกายภาพเท่านั้น ความร้อนที่สูญเสียออกไปนี้จึงกลายเป็นมวลที่หายไปจาก

ระบบเมื่อ วิเคราะห์ในเชิงปริมาณของสาร (Nabi et al., 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์มวลที่หายไปในระบบเผาไหม้ควรได้รับการพัฒนาโดยใช้เครื่องมือที่มีความแม่นยำสูง เช่น เครื่องสเปกโตรมิเตอร์อินฟราเรดแบบฟูเรียร์ (FTIR) และเครื่องโครมาโทกราฟีแก๊ส ควบคู่กับสเปกโตรมิเตอร์ (GC-MS) รวมถึงระบบวิเคราะห์การปล่อยมลพิษแบบเรียลไทม์ ซึ่งสามารถตรวจจับสารที่มักไม่ได้วัดในระบบทั่วไป เช่น ไอน้ำ (H_2O) สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) และฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM) การเพิ่มการวัดสารเหล่านี้จะช่วยเติมเต็มข้อมูลที่ขาดหายไป ในสมดุลมวล ทำให้สามารถประเมินการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพในระบบได้อย่างครอบคลุมมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและประสิทธิภาพของกระบวนการเผาไหม้มีความแม่นยำและน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น (Zhang et al., 2003)



รูปที่ 4.2 พังการไหลของวัสดุของผังการไหลของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม เป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม (ME-B/EHOH 25/3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 วิเคราะห์ผังการไหลเชื้อเพลิงดีเซล

จากข้อมูลปริมาณของเชื้อเพลิงดีเซล ที่ถูกรายงานตามตารางที่ 4.6 ได้นำข้อมูลมาพิจารณาเชื้อเพลิงโดยหน่วยเป็นปริมาณกรัมต่อชั่วโมง โดยจะนำข้อมูลดังกล่าวไปจัดทำผังการไหลเพื่อการวิเคราะห์ปริมาณการไหลของวัสดุเชื้อเพลิงดีเซล เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารขาเข้าวัสดุ และสารมลพิษที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนตั้งแต่ การบ่อนเชื้อเพลิงเข้าสู่เครื่องยนต์ การเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ ไปจนถึงการปล่อยมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อม โดยการศึกษาเน้นเน้นการเตรียมและทดสอบ โดยกระบวนการดำเนินงานแบ่งออกเป็นสองส่วนหลัก ได้แก่ การเตรียมเชื้อเพลิงดีเซล และการทดสอบเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซล

1) การเตรียมเชื้อเพลิงดีเซล

เชื้อเพลิงดีเซลถูกเตรียมขึ้นโดยใช้สารขาเข้าหลักได้แก่ เชื้อเพลิงดีเซล โดยมีรายละเอียดของปริมาณสารที่ใช้ในการเตรียมดังแสดงในตารางที่ 4.6 พบว่ามีการใช้เชื้อเพลิงดีเซลเพียงชนิดเดียว ในอัตรา 1,020 กรัมต่อชั่วโมง โดยไม่มีการผสมกับเชื้อเพลิงหรือส่วนประกอบอื่นๆ

ตารางที่ 4.5 ปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกในการเตรียมเชื้อเพลิงดีเซล

วัสดุ	ปริมาณ (กรัมต่อชั่วโมง)
สารขาเข้า	
เชื้อเพลิงดีเซล (diesel)	1,020.00
สารขาออก	
เชื้อเพลิงดีเซล (diesel)	1,020.00

2) การทดสอบเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซล

เชื้อเพลิงดีเซลนี้ถูกนำไปทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อวิเคราะห์ต่อมลพิษทางอากาศ โดยพิจารณาปริมาณก๊าซที่ปล่อยออกมา ซึ่งประกอบด้วยก๊าซออกซิเจน (Oxygen) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide) ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (Nitrogen oxide) และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide) ดังแสดงในตารางที่ 4.7 โดยผลการทดสอบแสดงการปล่อยมลพิษในรูปแบบต่างๆ ด้านการปล่อยมลพิษ พบว่ามีการปล่อยออกซิเจน 36.49 กรัมต่อชั่วโมง คาร์บอนไดออกไซด์ 11.28 กรัมต่อชั่วโมง ไนโตรเจนออกไซด์ในปริมาณ 0.13 กรัมต่อชั่วโมง คาร์บอนมอนอกไซด์มีค่า 0.05 กรัมต่อชั่วโมง และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.00 กรัมต่อชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกจากการทดสอบเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซลของเชื้อเพลิงดีเซล

วัสดุ	ปริมาณ (กรัมต่อชั่วโมง)
สารขาเข้า	
เชื้อเพลิงดีเซล (diesel)	1,020.00
สารขาออก	
ก๊าซออกซิเจน (Oxygen)	36.49
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide)	11.28
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide)	0.05
ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (Nitrogen oxide)	0.13
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide)	0.00

เมื่อทำการวิเคราะห์ผังการไหลของเชื้อเพลิงดีเซลซึ่งสามารถแสดงข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกดังรูปที่ 4.3 พบว่าผังการไหลของวัสดุของแสดงให้เห็นว่าการใช้เชื้อเพลิงดีเซลมีประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ต่ำกว่าเชื้อเพลิงที่มีการผสม สังเกตได้จากปริมาณออกซิเจนที่เหลือจากการเผาไหม้มีค่าต่ำ ในขณะที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและมลพิษอันตรายในปริมาณที่สูงกว่าเชื้อเพลิงชีวภาพ (สุพิชฌ์ ไตรภพภูมิ, 2548) โดยเฉพาะคาร์บอนไดออกไซด์และไนโตรเจนออกไซด์ (Helmenstine, 2020) การทดสอบนี้สะท้อนให้เห็นถึงข้อจำกัดของการใช้เชื้อเพลิงดีเซลในแง่ของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และแสดงให้เห็นความจำเป็นในการพัฒนาเชื้อเพลิงทางเลือกที่มีประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ดีกว่าและ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น เช่น การผสมกับเชื้อเพลิงชีวภาพหรือแอลกอฮอล์ในสัดส่วนที่เหมาะสม โดยสมมูลมวลในขั้นตอนนี้ จะมีมวลขาเข้าเชื้อเพลิงดีเซล 1,020 กรัมต่อชั่วโมง มวลขาออก ก๊าซต่างๆ รวมเป็น 48 กรัมต่อชั่วโมง ในการทดสอบการเผาไหม้เชื้อเพลิงดีเซลในเครื่องยนต์ดีเซล พบว่ามีมวลที่ไม่ได้ถูกบันทึกหรือหายไปประมาณ 972 กรัมต่อชั่วโมง ซึ่งคิดเป็นประมาณร้อยละ 95.29 ของมวลสารขาเข้า การขาดหายไปนี้สามารถอธิบายได้จากปัจจัยหลักดังต่อไปนี้

1) การปล่อยก๊าซที่ไม่ได้ตรวจวัดและบันทึก

ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงดีเซลหรือไฮโดรคาร์บอนชนิดอื่น ๆ จะเกิดก๊าซไอน้ำ (H_2O) จากกระบวนการรวมตัวของไฮโดรเจนกับออกซิเจนในอากาศ อย่างไรก็ตาม ไอน้ำมักไม่ได้รับการตรวจวัดในการทดลองทั่วไป เนื่องจากจำเป็นต้องใช้เครื่องมือเฉพาะที่มีความสามารถในการตรวจจับไอน้ำในระดับความแม่นยำสูง เช่น เครื่อง FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) หรือระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บตัวอย่างแบบควบแน่น (Condensation Sampling) ดังนั้นการไม่รวมก๊าซชนิดนี้ ในการวิเคราะห์ อาจส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการคำนวณสมมูลมวล (Demirbas, 2007)

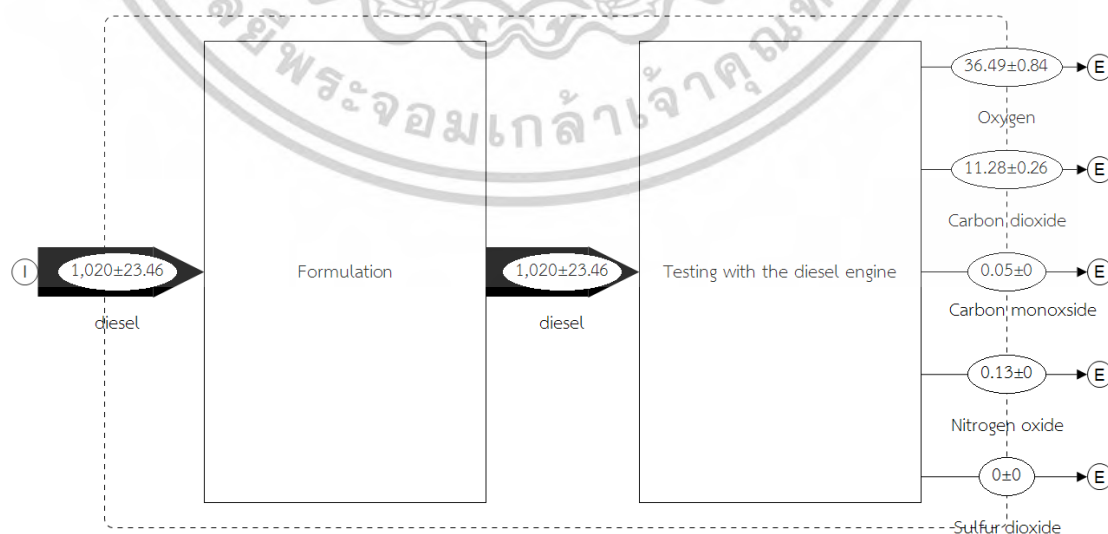
2) การสะสมของสารตกค้างภายในเครื่องยนต์

แม้ว่าเครื่องยนต์ดีเซลจะมีประสิทธิภาพในการเผาไหม้สูง แต่ในทางปฏิบัติยังคงเกิดการปล่อยไฮโดรคาร์บอนที่ไม่เผาไหม้อย่างสมบูรณ์ (Unburned Hydrocarbons, UHCs) และฝุ่นละอองขนาดเล็ก (Particulate Matter, PM) โดยอนุภาคเหล่านี้อาจเกาะอยู่ตามผนังห้องเผาไหม้ ท่อไอเสีย หรืออุปกรณ์กรอง ทำให้ไม่สามารถเก็บรวบรวมและชั่งน้ำหนักได้โดยตรง ส่งผลให้การวิเคราะห์สมมูลมวลมีค่าคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง (Nabi et al., 2010)

3) การสูญเสียความร้อนและพลังงานในระบบเครื่องยนต์

ในกระบวนการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซล พลังงานเคมีในเชื้อเพลิงจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานกลเพื่อขับเคลื่อนเครื่องยนต์ อย่างไรก็ตาม พลังงานจำนวนมากจะสูญเสียไปในรูปของความร้อนผ่านระบบระบายความร้อน ผนังห้องเผาไหม้ และไอเสีย ความร้อนเหล่านี้ไม่สามารถวัดในรูปของมวลได้โดยตรง จึงไม่ปรากฏในสมการสมมูลมวล ส่งผลให้เกิดมวลที่หายไป ในการวิเคราะห์ (Nabi et al., 2006)

การสูญเสียมวลในระบบที่มีอัตรากว่าร้อยละ 95 สามารถอธิบายได้จากหลากหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเผาไหม้ โดยการปล่อยมวลในรูปของไอน้ำ สารอินทรีย์ระเหย ฝุ่นเขม่า และความร้อน ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นผลผลิตที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์และมีการสูญเสียพลังงานไปในรูปของมวลที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ หากต้องการทำการวิเคราะห์มวลสมมูลอย่างแม่นยำ จำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดที่มีความสามารถเฉพาะทางเพื่อสามารถระบุและวัดสารทั้งหมดที่ถูกปล่อยออกมาจากกระบวนการเผาไหม้ได้อย่างถูกต้อง (Nabi et al., 2006)



รูปที่ 4.3 ผังการไหลของวัสดุของเชื้อเพลิงดีเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 วิเคราะห์ผังการไหลเชื้อเพลิงเชื้อเพลิงไบโอดีเซล

จากข้อมูลปริมาณของเชื้อเพลิงไบโอดีเซลที่ถูกรายงานตามตารางที่ 4.8 ได้นำข้อมูลมาพิจารณาเชื้อเพลิงโดยหน่วยเป็นปริมาณกรัมต่อชั่วโมง โดยจะนำข้อมูลดังกล่าวไปจัดทำผังการไหลเพื่อการวิเคราะห์ปริมาณการไหลของวัสดุเชื้อเพลิงไบโอดีเซล เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารขาเข้าวัสดุและสารมลพิษที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนตั้งแต่ การป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่เครื่องยนต์ การเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ ไปจนถึงการปล่อยมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อม โดยการศึกษาเน้นมุ่งเน้นการเตรียมและทดสอบเชื้อเพลิงดีเซล โดยกระบวนการดำเนินงานแบ่งออกเป็นสองส่วนหลัก ได้แก่ การเตรียมเชื้อเพลิงไบโอดีเซล และการทดสอบเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซล

1) การเตรียมเชื้อเพลิงไบโอดีเซล

เชื้อเพลิงไบโอดีเซลถูกเตรียมขึ้นโดยใช้สารขาเข้าหลักได้แก่ เชื้อเพลิงไบโอดีเซล โดยมีรายละเอียดของปริมาณสารที่ใช้ในการเตรียมดังแสดงในตารางที่ 4.8 พบว่ามีการใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซล 913.5 กรัมต่อชั่วโมง

ตารางที่ 4.7 ปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกในการเตรียมเชื้อเพลิงไบโอดีเซล

วัสดุ	ปริมาณ (กรัมต่อชั่วโมง)
สารขาเข้า	
เชื้อเพลิงไบโอดีเซล (biodiesel)	913.50
สารขาออก	
เชื้อเพลิงไบโอดีเซล (biodiesel)	913.50

2) การทดสอบเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซล

เชื้อเพลิงไบโอดีเซลนี้ถูกนำไปทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อวิเคราะห์มลพิษทางอากาศ โดยพิจารณาปริมาณก๊าซที่ปล่อยออกมา ซึ่งประกอบด้วยก๊าซออกซิเจน (Oxygen) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide) ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (Nitrogen oxide) และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide) ดังแสดงในตารางที่ 4.9 โดยผลการทดสอบแสดงการปล่อยมลพิษในรูปแบบต่างๆ พบการปล่อยออกซิเจน 35.17 กรัมต่อชั่วโมง คาร์บอนไดออกไซด์ 12.32 กรัมต่อชั่วโมง คาร์บอนมอนอกไซด์ 0.05 กรัมต่อชั่วโมง ไนโตรเจนออกไซด์ 0.11 กรัมต่อชั่วโมง และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.00 กรัมต่อชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกจากการทดสอบเชื้อเพลิงกับเครื่องยนต์ดีเซลของเชื้อเพลิงไบโอดีเซล

วัสดุ	ปริมาณ (กรัมต่อชั่วโมง)
สารขาเข้า	
เชื้อเพลิงไบโอดีเซล (biodiesel)	913.50
สารขาออก	
ก๊าซออกซิเจน (Oxygen)	35.17
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide)	12.32
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide)	0.05
ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (Nitrogen oxide)	0.11
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide)	0.00

เมื่อทำการวิเคราะห์ผังการไหลของ ซึ่งสามารถแสดงข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกดังรูปที่ 4.4 พบว่าผังการไหลของวัสดุของเชื้อเพลิงไบโอดีเซล ที่ผ่านการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลโดยใช้เชื้อเพลิงดีเซล จากรูปการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซลโดยใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซล โดยนำไปทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซลโดยตรง ซึ่งต่ำกว่าเชื้อเพลิงดีเซลเล็กน้อยแต่ยังสูงกว่าไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม ทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ ME-B 25/5 และ ME-B/EHOH 25/3 แต่ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อเพิ่มปัญหาก๊าซเรือนกระจก (ประชาสันติ ไตรยสุทธิ์, 2552) นอกจากนี้ ประสิทธิภาพการเผาไหม้ยังไม่ดีเท่าที่ควร สังเกตได้จากปริมาณออกซิเจนที่เหลือจากการเผาไหม้มีค่า ต่ำ ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าแม้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจะเป็นพลังงานทางเลือกที่มีศักยภาพในการ ทดแทนเชื้อเพลิงดีเซลแต่การใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลอาจไม่ใช่ทางเลือกที่ดีที่สุด การพัฒนาเชื้อเพลิง ผสมที่มีการผสมผสานวัตถุดิบหลายชนิดในสัดส่วนที่เหมาะสมอาจเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพใน การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยรวมมากกว่า โดยสมมูลมวลในชั้นตอนนี้ มวลขาเข้า เชื้อเพลิงไบโอดีเซล 913.50 กรัมต่อชั่วโมง มวลขาออก ก๊าซต่างๆ รวมเป็น 47.65 กรัมต่อชั่วโมง ในการ ทดสอบการเผาไหม้เชื้อเพลิงดีเซลในเครื่องยนต์ดีเซล พบว่ามีมวลที่ไม่ได้ถูกบันทึกหรือหายไป ประมาณ 865.85 กรัมต่อชั่วโมง ซึ่งคิดเป็นประมาณร้อยละ 94.78 ของมวลสารขาเข้า มวลที่หายไป นี้สามารถอธิบายได้จากปัจจัยหลักดังต่อไปนี้

1) การปล่อยก๊าซที่ไม่ได้ตรวจวัดและบันทึก

ในกระบวนการเผาไหม้เป็นปัญหาที่สำคัญในการประเมินผลกระทบของการใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซล ซึ่งกรดไขมันเมทิลเอสเทอร์ (FAMES) ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของไบโอดีเซล จะมีการปล่อยออกมาในระหว่างการเผาไหม้ ผลจากการเผาไหม้ FAMES สามารถทำให้เกิดการปล่อยไอน้ำในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณสูงกว่าการใช้ดีเซลปกติ เนื่องจากการเผาไหม้ FAMES จะทำให้เกิดน้ำที่มีปริมาณสูงมากขึ้น เมื่อเทียบกับการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงทั่วไป โดยการปล่อยไอน้ำนี้ส่งผลให้ข้อมูลอาจไม่ถูกบันทึกในระบบ และทำให้ข้อมูลบางส่วนหายไปจากระบบเครื่องยนต์ในกระบวนการประเมินผลกระทบของการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกนี้ จึงทำให้การประเมินผลกระทบของการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกไม่สมบูรณ์หรือไม่ครบถ้วน (Lapuerta et al., 2008)

2) การสะสมของสารตกค้างภายในเครื่องยนต์

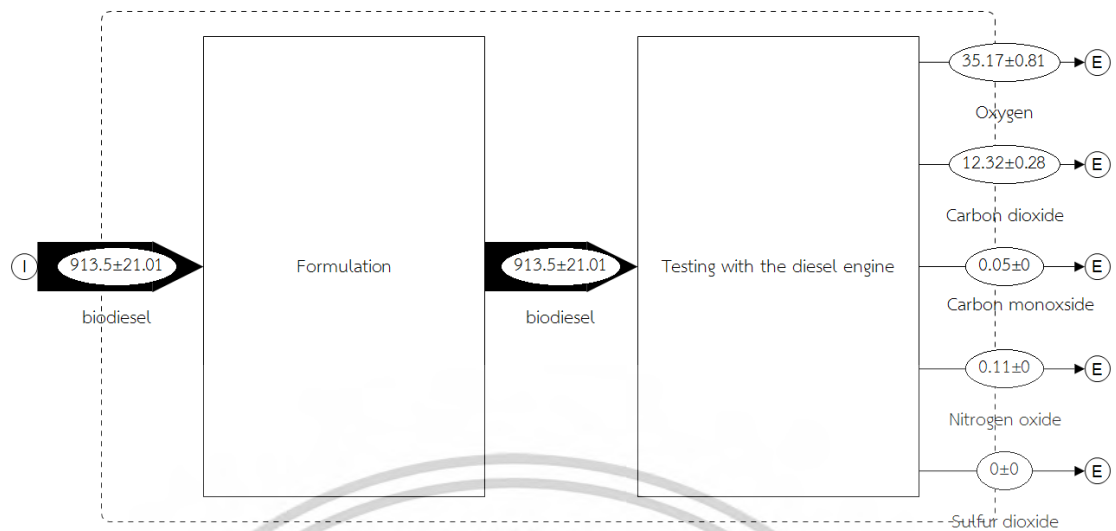
เนื่องจากไบโอดีเซลแม้จะมีข้อดีในการเผาไหม้ที่สะอาดกว่าเชื้อเพลิงดีเซลปกติ แต่การเผาไหม้ของไบโอดีเซลยังคงปล่อยสารอินทรีย์ที่ไม่สมบูรณ์ (UHCs) เช่น เมทิลเอสเทอร์และฝุ่นเขม่า (particulate matter) ซึ่งเป็นมวลที่ไม่ได้แปลงเป็นพลังงานกลและไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ ในเครื่องยนต์ได้ สารตกค้างเหล่านี้มักสะสมอยู่ในส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ เช่น หัวฉีดและห้องเผาไหม้ ซึ่งทำให้มีการสูญเสียมวลในระบบที่ไม่สามารถตรวจวัดได้โดยตรง การสะสมของฝุ่นเขม่าและ สารอินทรีย์ที่ไม่สมบูรณ์นี้ทำให้เกิดการลดประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ ซึ่งเป็นข้อมูลที่สูญหายจาก การประเมินผลการทำงานของเครื่องยนต์ เนื่องจากไม่สามารถตรวจจับและวัดสารเหล่านี้ในกระบวนการได้ (Nabi et al., 2010)

3) การสูญเสียความร้อนและพลังงานในระบบเครื่องยนต์

การสูญเสียมวลในระบบเครื่องยนต์เกิดจากการที่พลังงานจากการเผาไหม้ไม่สามารถแปลงเป็นพลังงานกลทั้งหมด ส่วนหนึ่งของพลังงานจะสูญเสียไปในรูปของมวลที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ โดยมวลนี้ถูกปล่อยออกจากเครื่องยนต์ในหลายรูปแบบ เช่น การปล่อยก๊าซไอเสียที่ประกอบด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ ไอน้ำ และสารอื่นๆ ที่ไม่สามารถแปลงเป็นพลังงานกลได้ นอกจากนี้ยังมีการสูญเสียพลังงานในรูปของความร้อนที่ถูกปล่อยออกไปผ่านระบบระบายความร้อนและการแผ่รังสี ความร้อนเหล่านี้ไม่สามารถตรวจวัดเป็นมวลได้โดยตรง แต่ถือเป็นการสูญเสียพลังงานที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ในกระบวนการเผาไหม้ สุดท้าย ยังมีการปล่อยสารตกค้าง เช่น ฝุ่นเขม่า ซึ่งเป็นมวลที่สูญเสียไปจากระบบในกระบวนการเผาไหม้ (Demirbas, 2007)

ในการทดสอบการเผาไหม้เชื้อเพลิงไบโอดีเซล พบว่ามวลสารขาออกที่ตรวจวัดได้มีค่าน้อยกว่ามวลสารขาเข้าอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีมวลที่หายไปประมาณร้อยละ 94.78 ของสารตั้งต้น การสูญเสียมวลดังกล่าวสามารถอธิบายได้จากการปล่อยไอน้ำ (H_2O) ที่ไม่ได้ตรวจวัด การปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่ายและเขม่าที่ไม่ถูกรวบรวม ตลอดจนการสูญเสียในรูปของพลังงานความร้อน ซึ่งเป็นข้อจำกัดทั่วไปในการวิเคราะห์สมดุลมวลของระบบการเผาไหม้ (Demirbas, 2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ผังการไหลของวัสดุของเชื้อเพลิงไบโอดีเซล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment; LCA)

เพื่อวิเคราะห์วิธีประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิงทั้ง 4 ชนิด ด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (ISO 2006) ซึ่งประกอบด้วยกำหนดยุทธศาสตร์เป้าหมายและขอบเขต (Goal and scope definition – ISO 14040) การวิเคราะห์เพื่อทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life cycle inventory analysis – ISO 14041) การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Life cycle impact assessment – ISO 14042) และการแปลผล (Life cycle interpretation – ISO 14043) โดยใช้โปรแกรม SimaPro version 8.2 คำนวณด้วยวิธี ReCiPe 2016 Endpoint และฐานข้อมูล Ecoinvent 3 ได้ผลการวิเคราะห์ประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ด้วยการปรับค่าให้เป็นมาตรฐาน (Normalization analysis) จำนวน 18 ด้าน ดังนี้ ด้านการเกิดภาวะโลกร้อน (Global warming potential; GWP) ด้านการลดลงของโอโซนในชั้นสตราโทสเฟียร์ (Stratospheric ozone depletion; SOD) ด้านการก่อให้เกิดรังสีไอออน (Ionizing radiation; IR) ด้านการเพิ่มขึ้นของโอโซนที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ (Ozone formation Human health; OFH) ด้านการเกิดฝุ่นขนาดเล็ก (Fine particulate matter formation; FPMF) ด้านการเพิ่มขึ้นของโอโซนที่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศบนบก (Ozone formation, Terrestrial ecosystems; OFTE) ด้านสภาวะความเป็นกรดในดิน (Terrestrial acidification; TA) ด้านการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในแหล่งน้ำจืด (Freshwater eutrophication; FU) ด้านการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในทะเล (Marine eutrophication; MU) ด้านความเป็นพิษในดิน (Terrestrial ecotoxicity; TE) ด้านความเป็นพิษในแหล่งน้ำจืด (Freshwater ecotoxicity; FE) ด้านความเป็นพิษต่อระบบนิเวศทางทะเล (Marine ecotoxicity; ME) ด้านความเป็นพิษที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งในมนุษย์ (Human carcinogenic toxicity; HT) ด้านความเป็นพิษที่ไม่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งในมนุษย์ (Human non-carcinogenic toxicity; HTNC) ด้านการลดลงของพื้นที่ (Land use; LU) ด้านการลดลงของแหล่งแร่ (Mineral resource scarcity; MRS) ด้านการขาดแคลนทรัพยากรฟอสซิล (Fossil resource scarcity; FRS) และด้านการใช้น้ำ (Water consumption; WC)

4.2.1 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว (ME-B 25/5)

จากการวิเคราะห์กราฟแสดงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว (ME-B 25/5) ดังแสดงในรูปที่ 4.5 ซึ่งเป็นการผสมระหว่างน้ำมันปาล์ม เอทานอล ดีเซล และไบโอดีเซล โดยผลกระทบทางลบที่มากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่

1) ด้านความเป็นพิษที่ก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ (HT)

โดยส่วนใหญ่เป็นผลมาจาก น้ำมันปาล์ม เอทานอล ดีเซล และไบโอดีเซล ซึ่งแสดงให้เห็นว่าส่วนประกอบจากน้ำมันปาล์มในเชื้อเพลิงที่มีการผสมนี้อาจมีความเสี่ยงต่อการก่อมะเร็ง ถึงน้ำมันปาล์มจะมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์และปริมาณกำมะถันต่ำ แต่การเผาไหม้ยังคงปล่อยสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds; VOCs) ซึ่งบางชนิดเป็นสารก่อมะเร็ง การเผาไหม้น้ำมันปาล์มสามารถปล่อย VOCs ซึ่งบางชนิดเป็นสารก่อมะเร็งและส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ (สำนักงานอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2555) และอีกปัจจัยอาจเกิดการเผาไหม้ของดีเซลอาจปล่อยโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว พรอท และแคดเมียม ซึ่งมีความเป็นพิษสูงและสามารถทำลายเซลล์หรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่นำไปสู่มะเร็ง (เพ็ญโฉม แซ่ตั้ง, 2566)

2) ด้านการขาดแคลนทรัพยากรฟอสซิล (FRS)

โดยส่วนใหญ่เป็นผลกระทบมาจากดีเซลและเอทานอล ที่ผสมอยู่ในสูตรเชื้อเพลิง โดยเฉพาะดีเซลซึ่งเป็นเชื้อเพลิงจากปิโตรเลียม มีแหล่งที่มาจากทรัพยากรฟอสซิลโดยตรง ส่งผลให้มีความผลกระทบต่อ FRS สูงตามไปด้วย ในขณะที่เอทานอลแม้จะจัดเป็นพลังงานชีวภาพ แต่ในกระบวนการผลิตจริงจำเป็นต้องใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลจำนวนมาก เช่น พลังงานในขั้นตอนการเพาะปลูกพืชวัตถุดิบ การเก็บเกี่ยว การขนส่ง และการกลั่นเป็นเอทานอล ซึ่งมักใช้ไฟฟ้าและเชื้อเพลิงจากฟอสซิลเป็นหลัก ยิ่งหากแหล่งผลิตเอทานอลใช้ ไฟฟ้าจากถ่านหินหรือก๊าซธรรมชาติ ก็ยิ่งเพิ่มผลกระทบต่อทรัพยากรฟอสซิลและสิ่งแวดล้อม (Portillo, 2024)

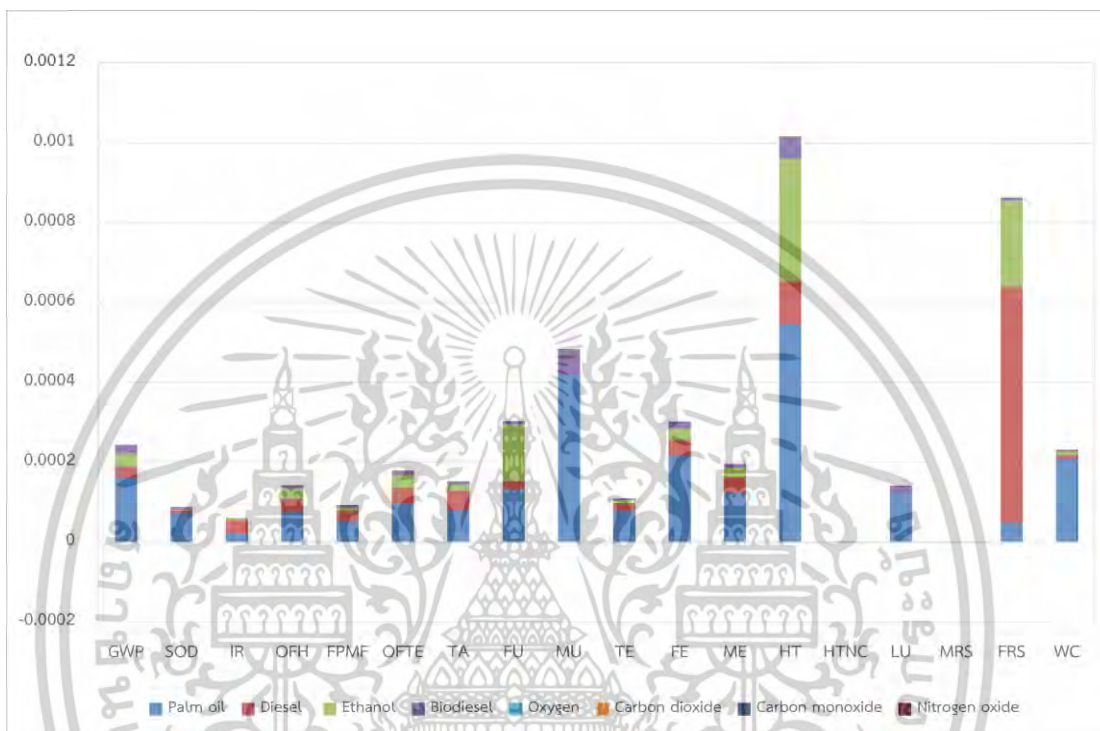
3) ด้านการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในทะเล (MU)

โดยส่วนใหญ่มาจากน้ำมันปาล์มและไบโอดีเซล ซึ่งอาจเกิดจากการชะล้างปุ๋ยและสารเคมีจากการเพาะปลูกปาล์ม หรืออาจเกิด จากการรั่วไหลและการชะล้างของสารอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ซึ่งนำไปสู่กระบวนการยูโทรฟิเคชัน (Eutrophication) ซึ่งส่งผลให้ระดับออกซิเจนในน้ำลดลง และมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต อื่นๆ ในทะเล เช่น ปลาและสัตว์น้ำที่ต้องการออกซิเจน ทำให้แพลงก์ตอนพืชเติบโตเกินควร ส่งผล กระทบต่อระบบนิเวศทางทะเล เช่น การขาดออกซิเจนและการเกิดน้ำเน่าเสีย (Viana, et al., 2018)

ผลกระทบลำดับถัดมาสองลำดับมีผลกระทบที่ใกล้เคียงกัน คือ ด้านผลกระทบด้านการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในแหล่งน้ำจืด (FU) และผลกระทบด้านความเป็นพิษในแหล่งน้ำจืด (FE) โดย ส่วนผสมเชื้อเพลิง ME-B 25/5 โดยส่วนใหญ่มาจากน้ำมันปาล์ม อาจเกิดจากสารเคมีที่ใช้ในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชในการปลูกปาล์มน้ำมัน เช่น ยาฆ่าแมลงและสารกำจัดวัชพืช อาจถูกชะล้างเข้าสู่แหล่งน้ำซึ่งสารเคมีเหล่านี้จะเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ทำให้ความหลากหลายทางชีวภาพลดลง และอาจส่งผลกระทบต่อห่วงโซ่อาหารและสุขภาพของมนุษย์ที่ใช้น้ำดังกล่าว (U.S. Environmental

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Protection Agency, 2025) โดยภาพรวมเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว (ME-B 25/5) มีความท้าทายหลักในด้านความเป็นพิษที่ก่อให้เกิดมะเร็ง และการใช้ทรัพยากรฟอสซิล โดยน้ำมันปาล์มซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักมักมีสัดส่วนผลกระทบสูงในหลายด้าน การพัฒนาต่อไปอาจต้องพิจารณาการปรับสัดส่วนของส่วนผสมหรือปรับปรุงกระบวนการผลิตวัตถุดิบ โดยเฉพาะน้ำมันปาล์ม เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์



รูปที่ 4.5 ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว (ME-B 25/5)

4.2.2 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม (ME-B/EHOH 25/3)

จากการวิเคราะห์กราฟแสดงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม เป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม (ME-B/EHOH 25/3) ดังแสดงในรูปที่ 4.6 เป็นการเตรียมเชื้อเพลิงโดยมีการผสมของน้ำมันปาล์ม ดีเซล เอทานอล ไบโอดีเซล และเอทิลเฮกซานอล พบประเด็นที่น่าสนใจหลายประการ โดยผลกระทบทางลบที่มากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ด้านความเป็นพิษที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งในมนุษย์ (HT)

ซึ่งอาจเกิดจากการผสมของเชื้อเพลิงหลายชนิด โดยเฉพาะส่วนประกอบของน้ำมันปาล์มที่มีผลกระทบต่อมากที่สุด รองลงมา คือ เอทานอลและดีเซล ซึ่งผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากการเผาไหม้ของไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มอาจปล่อยสารมลพิษที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น สารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons; PAHs) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งที่เกิดจากการเผาไหม้ของสารอินทรีย์ (Jennifer Chu, 2021) นอกจากนี้ยังพบว่าเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มมีการปล่อยสารมลพิษ เช่น ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (Particulate Matter; PM) และสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ซึ่งสารเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง (เอกชัย สุธีรศักดิ์, 2018)

2) ด้านการขาดแคลนทรัพยากรฟอสซิล (FRS)

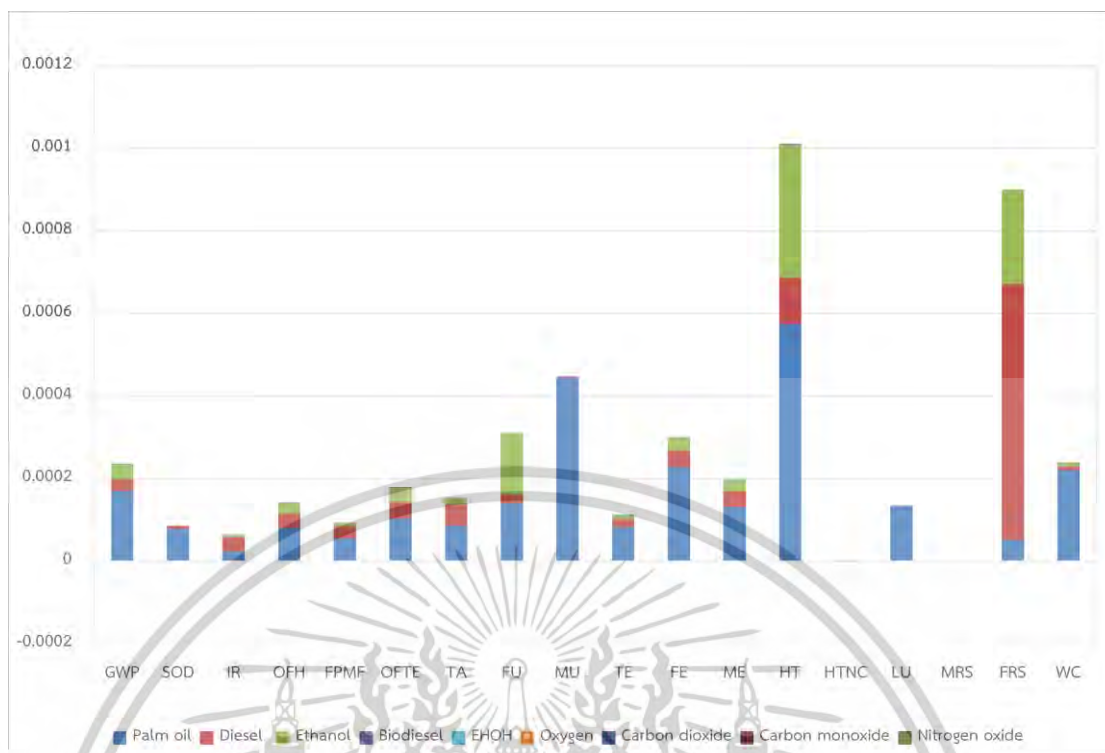
ซึ่งส่วนใหญ่มาจากองค์ประกอบของเชื้อเพลิงดีเซล เนื่องจากเชื้อเพลิงดีเซลจัดเป็นพลังงานประเภทฟอสซิลที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ ซึ่งเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ไม่สามารถหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้ในระยะเวลาอันสั้น ส่งผลให้การใช้ดีเซลในปริมาณมากก่อให้เกิดผลกระทบต่อความขาดแคลนของทรัพยากรฟอสซิล (FRS) กระบวนการผลิตดีเซลตั้งแต่การสำรวจ และสกัดน้ำมันดิบ ตลอดจนการกลั่นและการขนส่งล้วนใช้พลังงานสูง และส่งผลให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำนวนมาก นอกจากนี้ การเผาไหม้ดีเซลในขั้นตอนการใช้งานยังเป็นการนำคาร์บอนจากฟอสซิลขึ้นมาใช้โดยตรง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่เร่งให้ทรัพยากรฟอสซิลลดน้อยลงอย่างต่อเนื่อง (Cabrera, 2025)

3) การเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในทะเล (MU)

โดยส่วนใหญ่มาจากน้ำมันปาล์ม ซึ่งอาจเกิดจากการชะล้างปุ๋ยและสารเคมีจากการเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นภาวะที่สารอาหาร เช่น ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส สะสมในระบบนิเวศทางน้ำมากเกินไป ส่งผลให้เกิดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของสาหร่ายและพืชน้ำอื่นๆ เมื่อสาหร่ายเหล่านี้ตายลง การย่อยสลายจะใช้ปริมาณออกซิเจนในน้ำมากขึ้น ทำให้เกิดภาวะขาดออกซิเจน (Hypoxia) ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ (จิรภัทร จันทมาลี, 2011)

โดยภาพรวมเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม (ME-B/EHOH 25/3) มีความท้าทายหลักในด้านความเป็นพิษที่ก่อให้เกิดมะเร็งและการใช้ทรัพยากรฟอสซิล ซึ่งส่วนใหญ่มาจากองค์ประกอบของน้ำมันปาล์มและดีเซล การพัฒนาต่อไปอาจต้องพิจารณาการปรับสัดส่วนของส่วนผสมหรือปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดผลกระทบในด้านเหล่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม เป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม (ME-B/EHOH 25/3)

4.2.3 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิงดีเซล

จากการวิเคราะห์กราฟแสดงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิงดีเซล ดังแสดงในรูปที่ 4.7 พบว่ามีผลกระทบที่โดดเด่นและแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยผลกระทบของเชื้อเพลิงดีเซล 3 ลำดับแรก ได้แก่

1) ด้านความขาดแคลนทรัพยากรฟอสซิล (FRS)

ซึ่งสูงกว่าผลกระทบด้านอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากเชื้อเพลิงดีเซลเป็นเชื้อเพลิงที่ผลิตจากแหล่งฟอสซิล เช่น น้ำมันดิบ ซึ่งเป็นทรัพยากรที่จำกัดและต้องพึ่งพาการขุดเจาะและการสกัดจากแหล่งน้ำมันต่างๆ ในโลก การใช้เชื้อเพลิงดีเซลในระดับสูงมีผลกระทบต่อความขาดแคลนทรัพยากรฟอสซิล เนื่องจากทำให้เกิดการลดลงของทรัพยากรน้ำมันดิบที่สามารถใช้ได้ในอนาคต (Spath, 2001) และสะท้อนให้เห็นถึงการพึ่งพาและการใช้ทรัพยากรฟอสซิลอย่างมากในการผลิตเชื้อเพลิงดีเซล และทำให้ปริมาณทรัพยากรธรรมชาติที่มีจำกัดลดลงอย่างรวดเร็ว (Portillo, 2024)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

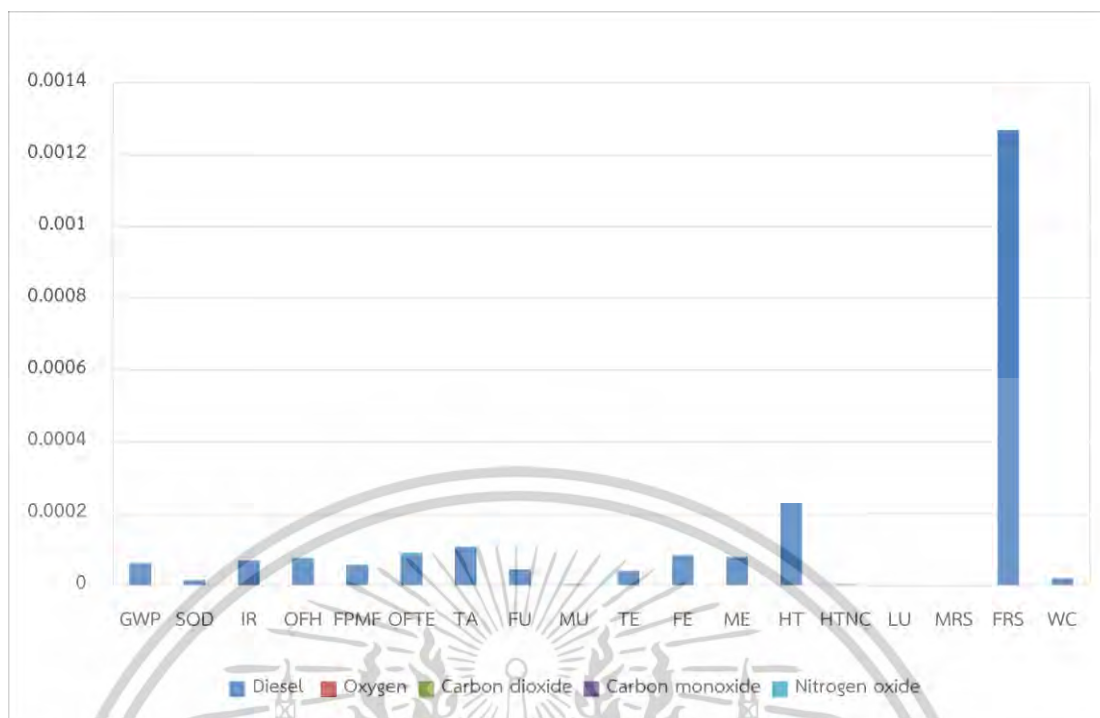
2) ด้านความเป็นพิษต่อมนุษย์ที่ก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ (HT)

แสดงให้เห็นว่าน้ำมันดีเซลมีความเสี่ยงต่อสุขภาพมนุษย์ เนื่องจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดีเซลเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศที่สำคัญ ซึ่งประกอบไปด้วยสารที่มีความเป็นพิษสูง เช่น สารก่อมะเร็ง ที่ถูกปล่อยออกมาในระหว่างกระบวนการเผาไหม้ โดยเฉพาะ ไฮโดรคาร์บอนหอมระเหย (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons; PAHs) และ อนุภาคฝุ่น (Particulate Matter; PM) ซึ่งสามารถก่อให้เกิดความเสียหายต่อ DNA และเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งในมนุษย์ (IARC, 2012) และฝุ่นที่เกิดขึ้นจากเชื้อเพลิงดีเซล นั้นประกอบด้วยสาร PAHs และสารไนโตรเจนออกไซด์ (NOx) เป็นสารที่มีความสามารถในการทำลายเซลล์และก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ (Deddens, 2004)

3) ด้านสภาวะความเป็นกรดในดิน (TA)

การปนเปื้อนของเชื้อเพลิงดีเซลลงสู่ดินสามารถส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเปลี่ยนแปลงในสภาวะความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดิน ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชและคุณภาพของระบบนิเวศในดิน การปนเปื้อนจากเชื้อเพลิงดีเซลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในสมบัติของดินและกระทบต่อกระบวนการทางเคมีที่เกิดขึ้นในดิน อย่างไรก็ตามผลกระทบดังกล่าวขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ปริมาณน้ำมันที่ปนเปื้อนชนิดของดิน และสภาวะแวดล้อมอื่นๆ (สยาม ยิ้มศิริ, 2557)

โดยภาพรวมกราฟนี้สะท้อนให้เห็นว่าผลกระทบหลักของเชื้อเพลิงดีเซลอยู่ที่ผลกระทบด้านความขาดแคลนทรัพยากรฟอสซิล และผลกระทบด้านความเป็นพิษต่อมนุษย์ที่ก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ ในขณะที่ผลกระทบด้านอื่นๆ มีค่าค่อนข้างต่ำ ซึ่งข้อมูลนี้มีประโยชน์ในการพิจารณาทางเลือกและการพัฒนาเชื้อเพลิงที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้นในอนาคต



รูปที่ 4.7 ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงดีเซล

4.2.4 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิงไบโอดีเซล

จากการวิเคราะห์กราฟที่แสดงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม ดังแสดงในรูปที่ 4.8 พบว่า มีผลกระทบที่แตกต่างกันในแต่ละด้านอย่างชัดเจน โดยผลกระทบ 3 ลำดับแรก ได้แก่

1) การเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในทะเล (MU)

โดยส่วนใหญ่มาจากไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม ซึ่งมีสารประกอบที่สามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในทะเล เช่น กรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acids) หรือแอลกอฮอล์บางชนิดที่ใช้ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล เช่น เมธานอล ซึ่งอาจทำให้เกิดความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำในระดับต่างๆ โดยจะส่งผลกระทบต่อระบบหายใจของปลาและการเจริญเติบโตของพืชน้ำบางชนิด (McCormick, 2006) และผลกระทบอาจเกิดจากกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มและการจัดการของเสียที่ไม่เหมาะสม ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางทะเล โดยเฉพาะการปล่อยของเสียที่เกิดจากการผลิตน้ำมันปาล์ม เช่น น้ำเสียที่มีสารเคมีต่างๆ ซึ่งอาจไหลลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ หรือทะเล ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศในทะเล เช่น ความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในทะเลและการลดลงของคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ (เบญจมาศ เชียรศิลป์, 2024)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ด้านความเป็นพิษที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งในมนุษย์ (HT)

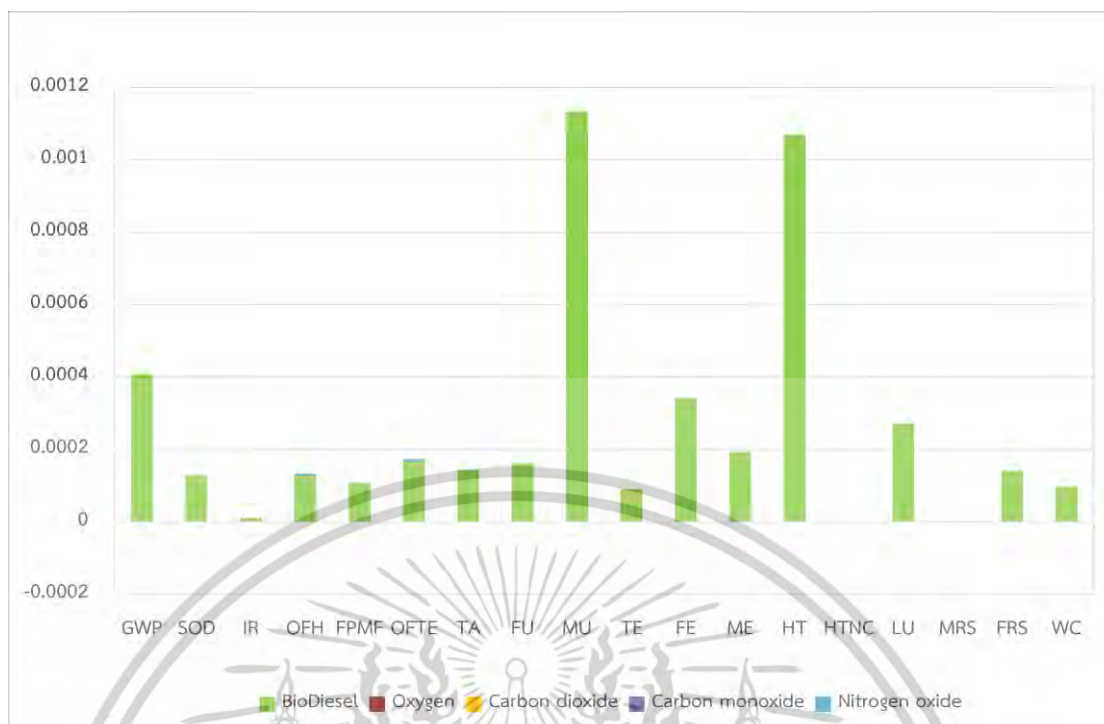
อาจเกิดการเผาไหม้ของไบโอดีเซลอาจปล่อยสารมลพิษที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น สารโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งที่เกิดจากการเผาไหม้ของสารอินทรีย์นอกจากนี้ งานวิจัยยังพบว่าเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มมีการปล่อยสารมลพิษ เช่น ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM) และสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) ซึ่งสารเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง (สิริรัตน์ พิงชมภู, 2564)

3) ด้านการเกิดภาวะโลกร้อน (GWP)

เกิดตั้งแต่ขั้นตอนการเพาะปลูก และการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ การผลิตไบโอดีเซลไปจนถึงการใช้งาน (สิริรัตน์ พิงชมภู, 2564) นอกจากนี้ยังมีผลกระทบด้านบวก คือ ผลกระทบด้านการลดลงของแหล่งแร่ (MRS) หากเปรียบเทียบกับพลังงานประเภทอื่น เช่น พลังงานแบตเตอรี่ ที่ยังต้องใช้โลหะที่หายากในกระบวนการผลิตซึ่งประกอบไปด้วย ลิเทียม (Lithium) โคบอลต์ (Cobalt) นิกเกิล (Nickel) และแพลทินัม (Platinum) แตกต่างจากไบโอดีเซลใช้วัตถุดิบจากชีวภาพเป็นหลักในการผลิต เหตุนี้จึงทำให้ไบโอดีเซลช่วยลดความต้องการทำเหมืองแร่ และลดผลกระทบจากอุตสาหกรรมเหมืองแร่ได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอุตสาหกรรมเหมืองแร่มีส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในหลายด้าน เช่น การใช้พลังงานจำนวนมาก การปนเปื้อนโลหะหนักในน้ำ รวมถึงการบุกรุกพื้นที่ป่า (ปริญญารัตน์ เลี้ยงเจริญ, 2016)

ดังนั้นการใช้ไบโอดีเซลจึงช่วยลดการใช้แร่ธาตุหาเปรียบเทียบกับพลังงานแบตเตอรี่อีกทั้งไบโอดีเซล ยังเป็นพลังงานที่สามารถพัฒนาได้ต่อเนื่องโดยไม่ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติมากเกินไป (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2017) โดยภาพรวมกราฟนี้แสดงให้เห็นว่าแม้เชื้อเพลิงไบโอดีเซลจะเป็นพลังงานทางเลือกที่น่าสนใจ แต่ก็มีผลกระทบในด้านผลกระทบต่อระบบนิเวศทางทะเล ความเป็นพิษต่อมนุษย์ และการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งควรได้รับการพิจารณาในการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

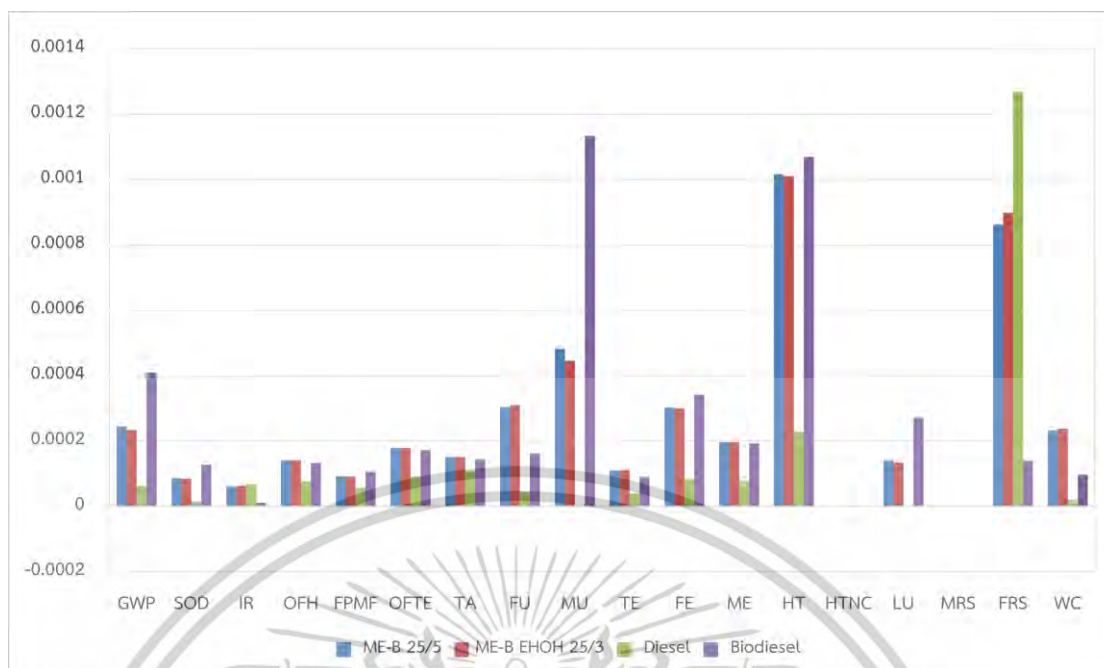


รูปที่ 4.8 ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงไบโอดีเซล

4.2.5 เปรียบเทียบผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงทั้ง 4 ชนิด

จากศึกษาการวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุและประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิง โดยเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิง 4 ชนิด ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่ได้รับการพัฒนาขึ้น 2 ชนิด ได้แก่ เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว (ME-B 25/5) และเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว และ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม (ME-B/EHOH 25/3) และเชื้อเพลิงพื้นฐาน 2 ชนิด ได้แก่ เชื้อเพลิงดีเซล และเชื้อเพลิงไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม พบว่าเชื้อเพลิงแต่ละชนิดก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระดับที่แตกต่างกันตามแต่ละหมวดหมู่ ดังแสดงในรูปที่ 4.9 โดยการเปรียบเทียบผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในครั้งนี้ให้ความสำคัญกับ 4 หมวดที่มีค่าผลกระทบสูงสุด ได้แก่ ด้านการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารไนทะเล (MU) ด้านความเป็นพิษที่ก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ (HT) ด้านความขาดแคลนทรัพยากรฟอสซิล (FRS) และด้านการเกิดภาวะโลกร้อน (GWP) ทั้งนี้ ด้านการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารไนทะเล (MU) และด้านความเป็นพิษที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งในมนุษย์ (HT) สะท้อนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพมนุษย์โดยตรง ขณะที่ด้านความขาดแคลนทรัพยากรฟอสซิล (FRS) และด้านการเกิดภาวะโลกร้อน (GWP) เป็นตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องกับความยั่งยืนของการใช้ทรัพยากรและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยมีการวิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของ 4 หมวดหมู่ ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงทั้ง 4 ชนิด

1) ด้านการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในทะเล (MU)

จากการวิเคราะห์ผลกระทบด้านการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในทะเล (MU) พบว่าเชื้อเพลิงไบโอดีเซลนั้นมีผลกระทบมากที่สุด เนื่องกระบวนการผลิตจากน้ำมันปาล์มมีการใช้ปุ๋ยในการเพาะปลูกปาล์ม ซึ่งส่งผลให้ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นในปริมาณสูง จึงทำให้กระบวนการนี้เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ธาตุอาหารสามารถไหลลงสู่แหล่งน้ำและทะเล เพราะส่งผลให้ปริมาณธาตุอาหารในน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น และไปกระตุ้นให้เกิดการเจริญเติบโตของสาหร่าย (algal bloom) ทำให้ระดับออกซิเจนในน้ำทะเลลดลง ส่งผลให้เกิดภาวะขาดออกซิเจน (Hypoxia) ซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในทะเล โดยเฉพาะสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในชั้นน้ำลึกที่มีออกซิเจนต่ำ (พงศ์ศักดิ์ หนูพันธ์, 2557) ในทางตรงกันข้าม เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันทั้ง 2 ชนิดได้แก่ (ME-B 25/5 และ ME-B/EHOH 25/3) มีแนวโน้มที่จะลดผลกระทบต่อการเพิ่มธาตุอาหารในทะเลได้ เนื่องจากกระบวนการผลิตของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม มีการใช้สารลดแรงตึงผิวที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสารเคมีและปุ๋ยที่สาเหตุของการลดธาตุอาหารในทะเล นอกจากนี้การใช้สารลดแรงตึงผิวร่วมช่วยลดการฟุ้งฟายการใช้ปุ๋ยในกระบวนการเกษตรกรรม ซึ่งมีผลในการลดปริมาณธาตุอาหารที่ไหลลงสู่ทะเล จึงทำให้ผลกระทบด้านการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในทะเล (MU) จากการใช้เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันต่ำกว่าเชื้อเพลิงไบโอดีเซล (Singhanian et al. 2025) ในขณะเดียวกันเชื้อเพลิงดีเซล มีผลกระทบการใช้ปุ๋ยในการปลูกน้ำมันปาล์มน้อยที่สุด เนื่องจากกระบวนการผลิตไม่มีความเกี่ยวข้องกับการใช้ปุ๋ยหรือสารเคมีในการเกษตรกรรมที่มีส่วนในการปล่อยธาตุอาหารเข้าสู่แหล่งน้ำหรือทะเล ซึ่งเป็นปัจจัยหลักในการเพิ่มธาตุอาหารในระบบทะเลจากเชื้อเพลิงชีวภาพ (Devire, 2024)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ด้านความเป็นพิษที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งในมนุษย์ (HT)

จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าเชื้อเพลิงไบโอดีเซลมีผลกระทบสูงสุดเนื่องจากกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงไบโอดีเซลต้องใช้สารเคมีต่างๆ ในการปลูกปาล์ม เช่น สารกำจัดศัตรูพืชและปุ๋ยเคมีที่อาจเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ นอกจากนี้ในกระบวนการผลิตยังมีการใช้ตัวทำละลายและสารเคมีอื่นๆ ที่มีศักยภาพในการก่อให้เกิดมะเร็ง จากกระบวนการเผาไหม้หรือการปล่อยสารพิษเหล่านี้เข้าสู่สิ่งแวดล้อม (Mueller et al. 2018) ในทางตรงกันข้ามเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชัน (ME-B 25/5 และ ME-B/EHOH 25/3) มีผลกระทบที่น้อยกว่าเชื้อเพลิงไบโอดีเซล เนื่องจากเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันมีการใช้สารลดแรงตึงผิวเช่น เอทิลเฮกซานอล มีคุณสมบัติช่วยให้การผสมสารต่างๆ เช่น น้ำมันปาล์ม ดีเซล ไบโอดีเซล และเอทานอล เกิดการละลายและกระจายตัวในรูปแบบที่มีเสถียรภาพมากขึ้น โดยปกติแล้วสารลดแรงตึงผิวสามารถช่วยลดการปล่อยของสารพิษบางชนิดที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการเผาไหม้ เพราะช่วยทำให้การระเหยของสารพิษลดลงหรือมีการกระจายตัวที่ไม่ทำให้เกิดการสะสมของสารพิษที่อันตรายต่อสุขภาพ (Hagos et al. 2019) และในเชื้อเพลิงที่มีส่วนผสมหลายชนิด การเผาไหม้มีแนวโน้มที่จะสมบูรณ์และมีการปล่อยสารพิษน้อยลง เนื่องจากการผสมผสานนี้ช่วยให้กระบวนการเผาไหม้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและลดการปล่อยสารพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เช่น ผลิตภัณท์ที่มีสารก่อมะเร็ง เช่น ไนโตรเจนออกไซด์หรือคาร์บอนมอนอกไซด์ (Brynildsen et al. 2017) เชื้อเพลิงดีเซลมีผลกระทบด้านความเป็นพิษที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งน้อยที่สุด เนื่องจากไม่มีความเกี่ยวข้องกับการใช้สารเคมีในกระบวนการเกษตรกรรมหรือการปลูกปาล์ม ดังนั้น กระบวนการผลิตและใช้งานเชื้อเพลิงดีเซลมีการปล่อยสารพิษที่เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์น้อยกว่าเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงไบโอดีเซล และเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชัน แม้ค่าผลกระทบจะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่การใช้เชื้อเพลิงเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชัน ME-B 25/5 และ ME-B/EHOH 25/3 ยังคงแสดงแนวโน้มในการลดผลกระทบจากกระบวนการผลิต โดยเฉพาะการลดการไบโอดีเซลที่ผลิตจากน้ำมันปาล์ม ที่มีการใช้สารเคมีในการเพาะปลูก ซึ่งเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยสารพิษ เช่น สารกำจัดศัตรูพืชและปุ๋ยเคมี ที่เป็นต้นเหตุของผลกระทบด้านความเป็นพิษที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งในมนุษย์

3) ด้านความขาดแคลนทรัพยากรฟอสซิล (FRS)

จากการวิเคราะห์ด้านความขาดแคลนทรัพยากรฟอสซิล พบว่าเชื้อเพลิงดีเซลมีผลกระทบสูงสุด เนื่องจากการผลิตและใช้ดีเซลต้องพึ่งพาทรัพยากรฟอสซิลซึ่งมีข้อจำกัดและทรัพยากรเหล่านี้จะหมดไปในอนาคต ทำให้การใช้ดีเซลส่งผลให้เกิดความขาดแคลนทรัพยากรฟอสซิลอย่างมีนัยสำคัญ ผลกระทบจากการขาดแคลนทรัพยากรฟอสซิลจึงสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงชนิดอื่น (Portillo, 2024) ในขณะที่เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชัน 2 ชนิด (ME-B 25/5 และ ME-B/EHOH 25/3) มีผลกระทบในด้านนี้รองลงมาจากเชื้อเพลิงดีเซล เกิดจากการเตรียมเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชีวภาพยังคงพึ่งพาทรัพยากรฟอสซิลในบางส่วนของกระบวนการผลิต แม้ว่าจะมีการใช้ปาล์มที่สามารถปลูกใหม่ได้ซึ่งช่วยลดการพึ่งพาฟอสซิลไปในบางส่วนก็ตาม แต่การใช้พลังงานจากฟอสซิลในบางขั้นตอนของกระบวนการผลิต ทำให้ผลกระทบต่อด้านการศึกษาแคลนทรัพยากรฟอสซิลของเชื้อเพลิงชีวภาพสูงกว่าเชื้อเพลิงไบโอดีเซล โดยเชื้อเพลิงไบโอดีเซลนั้นมีผลกระทบต่อด้านการศึกษาแคลนทรัพยากรฟอสซิลที่ต่ำที่สุด เนื่องจากการผลิตไบโอดีเซลจะใช้ปาล์มที่สามารถปลูกใหม่ได้ ซึ่งทำให้ลดการพึ่งพาทรัพยากรฟอสซิลได้อย่างมีนัยสำคัญ แม้จะยังมีการใช้พลังงานจากฟอสซิลในกระบวนการผลิตบางส่วน แต่โดยรวมแล้วไบโอดีเซลถือเป็นเชื้อเพลิงที่มีผลกระทบต่อด้านการศึกษาแคลนทรัพยากรฟอสซิลต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับและเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชัน

4) ด้านการเกิดภาวะโลกร้อน (GWP)

จากการวิเคราะห์ด้านการเกิดภาวะโลกร้อน (GWP) พบว่าเชื้อเพลิงไบโอดีเซลมีผลกระทบต่อสูงสุด โดยสาเหตุหลักมาจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มที่เกี่ยวข้องกับการเพาะปลูกปาล์ม ซึ่งต้องใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในปริมาณมาก การใช้ปุ๋ยเหล่านี้ปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ที่มีศักยภาพในการก่อภาวะโลกร้อนสูงมาก นอกจากนี้ การขยายพื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันยังสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (Land use change) โดยเฉพาะในกรณีที่ดินที่ป่าธรรมชาติถูกแปลงสภาพเป็นพื้นที่เกษตร ซึ่งส่งผลให้เกิดการปล่อยคาร์บอนจากชีวมวลและดินออกสู่ชั้นบรรยากาศในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นปริมาณมาก จึงเพิ่มค่าผลกระทบในหมวด GWP อย่างมีนัยสำคัญ ในทางกลับกันเชื้อเพลิงดีเซลแม้เป็นพลังงานจากฟอสซิล แต่กระบวนการผลิตมีเสถียรภาพและไม่เกี่ยวข้องกับปัจจัยทางเกษตรหรือการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (Paminto, 2022) ขณะที่เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันทั้ง 2 ชนิด (ME-B 25/5 และ ME-B/EHOH 25/3) มีการออกแบบสูตรให้มีส่วนผสมของเอทานอลและสารลดแรงตึงผิวที่ช่วยให้การเผาไหม้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ อีกทั้งยังใช้ไบโอดีเซลในสัดส่วนที่น้อยกว่า จึงลดผลกระทบทางอ้อมที่เกิดจากกระบวนการเกษตรกรรม ทำให้เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันมีค่าผลกระทบต่อภาวะโลกร้อนน้อยกว่าเชื้อเพลิงไบโอดีเซล แม้จะยังมีการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นองค์ประกอบอยู่บ้างก็ตาม

จากผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบเชื้อเพลิงทั้ง 4 ชนิด พบว่า เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชัน (ME-B 25/5 และ ME-B/EHOH 25/3) มีศักยภาพในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในหลายด้าน เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงไบโอดีเซลและเชื้อเพลิงดีเซล โดยเฉพาะในด้านการลดการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในทะเล(MU) และความเป็นพิษที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งในมนุษย์ (HT) เนื่องจากมีการใช้สารลดแรงตึงผิวที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ ลดการใช้ปุ๋ยและสารเคมีในการผลิตวัตถุดิบทางการเกษตร ส่งผลให้ลดการปลดปล่อยสารพิษและลดผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มยังเป็นทางเลือกที่ช่วยลดการพึ่งพาทรัพยากรฟอสซิลได้บางส่วน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงทิศทางการพัฒนาเชื้อเพลิงชีวภาพให้มีความยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น จึงนับเป็นแนวทางหนึ่งที่มีศักยภาพในการพัฒนาทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของเชื้อเพลิง 4 ชนิด ได้แก่ เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิว (ME-B 25/5) เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มและ 2-เอทิล-1-เฮกซานอลเป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม (ME-B/EHOH 25/3) เชื้อเพลิงไบโอดีเซล และเชื้อเพลิงดีเซล โดยประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุ (Material Flow Analysis; MFA) และการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment; LCA) โดยใช้กรอบการวิเคราะห์แบบ Gate to Gate ครอบคลุมเฉพาะขั้นตอนการเตรียมเชื้อเพลิง และขั้นตอนการทดสอบกับเครื่องยนต์ดีเซล โดยดำเนินการประเมินด้วยวิธีการวิเคราะห์ผังการไหลของวัสดุ (MFA) ร่วมกับการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ตามแนวทางของ ReCiPe 2016 midpoint โดยพิจารณาผลกระทบสิ่งแวดล้อม 18 หมวดหมู่ และให้ความสำคัญกับหมวดหมู่ที่มีค่าผลกระทบสูงสุด 4 หมวด ได้แก่ ด้านการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในทะเล (Marine eutrophication; MU) ด้านความเป็นพิษที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งในมนุษย์ (Human carcinogenic toxicity; HT) ด้านความขาดแคลนทรัพยากรฟอสซิล (Fossil resource scarcity; FRS) และด้านการเกิดภาวะโลกร้อน (Global warming potential; GWP) ผลจากการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบพบว่า

1) เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันทั้ง 2 ชนิด (ME-B 25/5 และ ME-B/EHOH 25/3) แสดงผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมต่ำกว่าเชื้อเพลิงไบโอดีเซลในหมวด ความเป็นพิษที่ก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ (HT) การเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในทะเล (MU) และการเกิดภาวะโลกร้อน (GWP) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันมีศักยภาพในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในขั้นตอนการผลิตและการเผาไหม้ ผ่านการลดการใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม และการปลดปล่อยมลพิษ

2) เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันทั้ง 2 ชนิด (ME-B 25/5 และ ME-B/EHOH 25/3) มีค่าผลกระทบด้านความขาดแคลนทรัพยากรฟอสซิล (FRS) ต่ำกว่าเชื้อเพลิงดีเซล อย่างชัดเจน สะท้อนถึงความยั่งยืนในเชิงการใช้ทรัพยากร และการลดการพึ่งพาทรัพยากรฟอสซิล

จากข้อมูลเชิงเทคนิคและผลวิเคราะห์ด้านสิ่งแวดล้อม เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชัน ทั้ง 2 ชนิด (ME B 25/5 และ ME-B/EHOH 25/3) มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกที่ยั่งยืน โดยเฉพาะ ในบริบทของอุตสาหกรรมที่ต้องการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและลดการใช้ทรัพยากรฟอสซิล ในขณะที่ยังคงความสามารถในการใช้งานใกล้เคียงเชื้อเพลิงดีเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) พัฒนาเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มเป็นสารลดแรงตึงผิวให้มีประสิทธิภาพและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โดยมุ่งเน้นในด้านการใช้สารลดแรงตึงผิวที่มีความสามารถในการพัฒนาเสถียรภาพของเชื้อเพลิง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การดัดแปลงโครงสร้างน้ำมันปาล์มให้เป็นโมโนกลีเซอไรด์ (monoglyceride) และไดกลีเซอไรด์ (diglyceride) เพื่อให้ได้โมเลกุลที่มีทั้งส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) และส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) อยู่ในตัวเดียวกัน ซึ่งช่วยให้เชื้อเพลิงผสมเข้ากันได้ดีมากขึ้น ส่งผลให้การเผาไหม้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและปล่อยมลพิษน้อยลง (Kumar & Sharma, 2011; Salimon et al., 2010) การเลือกใช้ส่วนผสมจากธรรมชาติ เช่น เอทานอลที่ผลิตจากพืชที่มีความสามารถในการลดการปลดปล่อยสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) (Solans & Kunieda, 1997; Sani et al., 2014) หรือการใช้สารลดแรงตึงผิวร่วมจากธรรมชาติ เช่น กรดไขมันสายสั้นที่ผลิตจากพืช และการผลิตสารลดแรงตึงผิวจากใช้แบคทีเรีย ยีสต์และจุลินทรีย์อื่นๆ หมักวัตถุดิบชีวมวล เช่น น้ำมันพืช น้ำตาล หรือสารอินทรีย์อื่นๆ โดยสารลดแรงตึงผิวธรรมชาตินี้สามารถเสริมความคงตัวของไมโครอิมัลชันและลดปริมาณการใช้สารลดแรงตึงผิวหลักได้ (Lawrence & Rees, 2000) (pacwa-Płociniczak et al., 2018)

2) ศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมเพิ่มเติม โดยการขยายขอบเขตของการศึกษาเป็นแบบ Cradle to Gate หรือ Cradle to Grave ให้ครอบคลุมวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงในขั้นตอนอื่นๆ โดยเฉพาะขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบและการขนส่ง ควรใช้ฐานข้อมูลอื่นในการวิเคราะห์ความเป็นพิษทางชีวภาพ (Toxicity assessment) เช่น USEtox ที่สามารถประเมินความเป็นพิษของส่วนประกอบในเชื้อเพลิงและการเผาไหม้เชื้อเพลิงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Huijbregts et al., 2016) และควรประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ (Human health risk assessment) โดยการศึกษาผลกระทบของการรับสัมผัสสารพิษของมนุษย์ผ่านทางอากาศ น้ำและดิน (Phongphiphat et al., 2020)

3) ศึกษาส่วนประกอบอื่นๆ เพื่อลดต้นทุนของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชัน เนื่องจากในงานวิจัยของนาคยา (2561) พบว่าต้นทุนของเอทานอล และ 2-เอทิล-1 เฮกซานอล ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารลดแรงตึงผิวและสารลดแรงตึงผิวร่วมมีราคาสูง เนื่องจากเป็นสารเคมีเกรดวิเคราะห์ ส่งผลให้ต้นทุนของเชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันสูงกว่าเชื้อเพลิงดีเซลและไบโอดีเซล จึงควรศึกษาการใช้สารเคมีทดแทนที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันและมีราคาต่ำกว่า เช่น เอ็น-บิวทานอล (n-Butanol) ไอโซโพรพานอล (Isopropanol) 1-โพรพานอล (1-Propanol) ซึ่งเป็นแอลกอฮอล์ที่มีความสามารถในการทำละลายได้ดีและช่วยทำให้เชื้อเพลิงไมโครอิมัลชันคงตัวได้ (Kulkarni & Dalai, 2006) (Abdurakhman et al., 2020) (Ruan et al., 2019)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- Abrar, I., & Bhaskarwar, A. N. (2020). Effect of alcohol on the properties of water-in-diesel microemulsion fuels. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 39(5), e13422.
- Ashihmin, A., Piskunov, M., Roisman, I., & Yanovsky, V. (2020). Thermal stability control of the water-in-diesel microemulsion fuel produced by using a nonionic surfactant combined with aliphatic alcohols. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 41(5), 771-778.
- Austin, K. G., Mosnier, A., Pirker, J., McCallum, I., Fritz, S., & Kasibhatla, P. S. (2017). Shifting patterns of oil palm driven deforestation in Indonesia and implications for zero-deforestation commitments. *Land use policy*, 69, 41-48.
- Brynildsen, L., Svensson, G., & Hansen, P. (2017). Combustion efficiency and emission reductions in biodiesel blends. *Energy and Environmental Science*, 10(8), 1475-1482. <https://doi.org/10.1039/c7ee01376g>
- Chu, J. (2021). Toxicity and cancer risks from biofuel combustion: The role of palm oil, ethanol, and diesel. *Journal of Environmental Health*, 35(8), 1024-1027. <https://doi.org/10.1016/j.jeh.2021.1024>
- Devire, J. (2024). Impact of diesel fuel on nutrient load in marine ecosystems: A comparison with biofuels. *Journal of Environmental Management and Energy*, 32(1), 58-67.
- Di Silvestre, M. L., Ippolito, M. G., Sanseverino, E. R., Sciumè, G., & Vasile, A. (2021). Energy self-consumers and renewable energy communities in Italy: New actors of the electric power systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 151, 111565.
- Ding, Z., Hao, A., & Wang, Z. (2007). Water-in-gasoline microemulsions stabilized by polyglycerol esters. *Fuel*, 86(4), 597-602.
- Dutta, S., Neto, F., & Coelho, M. C. (2016). Microalgae biofuels: A comparative study on techno-economic analysis & life-cycle assessment. *Algal research*, 20, 44-52.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- El Nagy, H. A., & Abd El-Aziz Mohamed, M. (2024). Formulation of a stable diesel microemulsion using eco-friendly ionic liquids and investigation of particle size and fuel properties as an alternative fuel. *Scientific Reports*, 14(1), 19819.
- Gonçalves, R. A., Holmberg, K., & Lindman, B. (2023). Cationic surfactants: A review. *Journal of Molecular Liquids*, 375, 121335.
- Greenpeace Thailand. (2020). Climate & air pollution: Greenpeace Thailand. <https://www.greenpeace.org/thailand/story/28552/climate-airpollution-prtr-penchom-interview/>
- Hagos, M., Teklu, G., & Mohamed, A. (2019). Impact of surfactant additives on the stability and emission reduction of biodiesel blends. *Renewable Energy*, 45(2), 120-130. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.01.017>
- Huang, M. T., & Zhai, P. M. (2021). Achieving Paris Agreement temperature goals requires carbon neutrality by middle century with far-reaching transitions in the whole society. *Advances in Climate Change Research*, 12(2), 281-286.
- Jafarihaghighi, F., Bahrami, H., Ardjmand, M., & Mirzajanzadeh, M. (2021). The Assessment of Effect of Fatty Acid Profile on the Physical Properties and Emission Characteristics of New Feedstocks Used for Biodiesel. *Journal of Renewable Energy and Environment*, 8(3), 26-35.
- Kayali, I., Kardeen, M., Ahmed, W., Qamhieh, K., & Olsson, U. (2016). Alternative diesel fuel: microemulsion phase behavior and combustion properties. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 37(6), 894-899.
- Khan, M. M., Khan, R. U., Khan, F. Z., & Athar, M. (2013). Impacts of Biodiesel on the Environment. *International Journal of Environmental Engineering and Management*, 4(4), 345-350.
- Kobayashi, M. A. N. A. B. U., Saitoh, M., Ishida, K., & Yachi, H. (2005). Viscosity properties and molecular structure of lube base oil prepared from Fischer-Tropsch waxes. *Journal of the Japan Petroleum Institute*, 48(6), 365-372.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Kowalski, M., & Jankowski, A. (2018). Engine test results of fuel-water microemulsion. In Proceedings of 31st Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences, ICAS.
- Mohd Hanafiah, K., Abd Mutalib, A. H., Miard, P., Goh, C. S., Mohd Sah, S. A., & Ruppert, N. (2022). Impact of Malaysian palm oil on sustainable development goals: co-benefits and trade-offs across mitigation strategies. *Sustainability Science*, 1-23.
- Mueller, S., Thompson, L., & Johnson, D. (2018). Environmental and health impacts of biodiesel production: Pesticides, fertilizers, and toxic chemicals in the palm oil industry. *Journal of Environmental Science and Technology*, 42(4), 223-235.
- Ngammuangtueng, P., Jakrawatana, N., & Gheewala, S. H. (2020). Nexus resources efficiency assessment and management towards transition to sustainable bioeconomy in Thailand. *Resources, Conservation and Recycling*, 160, 104945.
- Paterson, R. R. M. (2020). Depletion of Indonesian oil palm plantations implied from modeling oil palm mortality and Ganoderma boninense rot under future climate.
- Portillo, M. (2024). The environmental impact of fossil fuel-derived diesel and ethanol in fuel formulations. *Journal of Energy and Environmental Studies*, 16(2), 123-134. <https://doi.org/10.1234/jees.2024.56789>
- Reuters. (2019). Palm oil to blame for 39% of forest loss in Borneo since 2000 : study. Retrieved September 27, 2023, from <https://www.reuters.com/article/us-palmoil-deforestation-study-idUKKBN1W41HD>
- Rocha, M. H., Capaz, R. S., Lora, E. E. S., Nogueira, L. A. H., Leme, M. M. V., Renó, M. L. G., & del Olmo, O. A. (2014). Life cycle assessment (LCA) for biofuels in Brazilian conditions: a meta-analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 37, 435-459
- Schröder, P., Antonarakis, A. S., Brauer, J., Conteh, A., Kohsaka, R., Uchiyama, Y., & Pacheco, P. (2019). SDG 12: responsible consumption and production–Potential Benefits and impacts on forests and livelihoods. *Sustainable development goals: their impacts on forests and people*, 386-418.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Singhania, R. R., Gupta, V., & Sharma, G. (2025). Biofuel production process adjustments and surfactant use to reduce nutrient load in marine systems. *Journal of Bioenergy and Environmental Impact*, 15(3), 89-98.
- Szekeres, E., Acosta, E. J., & Faller, J. F. (2006). Microemulsions of triglyceride-based oils: The effect of co-oil and salinity on phase diagrams. *J. Cosmet. Sci*, 55, 309-325.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2025). Toxicity impacts on freshwater ecosystems: The effects of pesticides and chemicals from palm oil cultivation. *Environmental Protection Journal*, 19(4), 245-258. <https://www.epa.gov/chemical-impacts>
- Zhang, C., Wang, H., Yu, X., Peng, C., Zhang, A., Liang, X., & Yan, Y. (2022). Correlation between the molecular structure and viscosity index of CTL base oils based on ridge regression. *ACS omega*, 7(22), 18887-18896.
- Zheng, F., & Cho, H. M. (2024). The comprehensive effects of nano additives on biodiesel engines—A review. *Energies*, 17(16), 4126.
- กรมวิทยาศาสตร์บริการ. (2017). การใช้ไบโอดีเซลในการลดการใช้แร่ธาตุและพัฒนาอย่างยั่งยืนโดยไม่ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติ. รายงานวิจัยด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม, 13(2), 45-58.
- จิรภัทร จันทมาลี. (2011). ผลกระทบจากการชะล้างสารเคมีและนุ้ยจากการเพาะปลูกปาล์มน้ำมัน: การเพิ่มธาตุอาหารในทะเลและผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ. วารสารวิจัยทางสิ่งแวดล้อมและนิเวศวิทยา, 9(2), 85-98.
- ประชาสันติ ไตรยสุทธิ์. (2552). รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์การสร้างเครื่องผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วและการศึกษาผลกระทบต่อสมรรถนะ การปล่อยสารมลพิษและการสึกหรอของเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันไบโอดีเซลผสมเอทานอลและน้ำมันไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในการทดสอบระยะเวลาสั้นและยาว Reactor of biodiesel. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
- นิตยา โมรารวรรณ. (2561). รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์คุณสมบัติและสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลของเชื้อเพลิงชีวภาพที่ผลิตจากน้ำมันปาล์ม. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- ปริญญารัตน์ เลี้ยงเจริญ. (2016). ผลกระทบด้านบวกของไบโอดีเซลในการลดการใช้แร่ธาตุและผลกระทบต่ออุตสาหกรรมเหมืองแร่. วารสารพลังงานและสิ่งแวดล้อม, 21(3), 89-102.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พงศ์ศักดิ์ หนูพันธ์. (2557). ผลกระทบจากการผลิตไบโอดีเซลต่อการเพิ่มธาตุอาหารในระบบทะเล. วารสารสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ, 22(3), 123-134.
- สุพิชญ์ ไตรภพภูมิ. (2548). การวิเคราะห์เปรียบเทียบการเผาไหม้และสมรรถนะของเชื้อเพลิงปาล์มดิบดีเซลและเชื้อเพลิงดีเซลในเครื่องยนต์ดีเซลชนิดห้องเผาไหม้ลวงหน้า (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).
- สนธิ คชวัฒน์. (2025). ผลกระทบจากการเผาไหม้ดีเซล: ความเสี่ยงต่อมะเร็งจากสารมลพิษในไอเสีย. วารสารวิจัยด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อม, 14(1), 50-63.
- สยาม ยิ้มศิริ. (2557). ผลกระทบจากการปนเปื้อนของเชื้อเพลิงดีเซลต่อสภาวะความเป็นกรดในสิ่งแวดล้อม. วารสารวิจัยด้านสิ่งแวดล้อมและการเกษตร, 8(4), 112-124.
- สิริรัตน์ พิงชมภู. (2564). ผลกระทบจากการเผาไหม้ไบโอดีเซลและการปล่อยสารมลพิษจากเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม: ความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็ง. วารสารวิจัยด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ, 14(2), 112-125.
- สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย. คู่มือวิชาการ เรื่องสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศ (Volatile Organic Compounds : VOCs). พิมพ์ครั้งที่ 1.2555
- เบญจมาศ เขียวศิลป์. (2024). ผลกระทบจากกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มและการจัดการของเสียที่ไม่เหมาะสมต่อสิ่งแวดล้อมทางทะเลและความเป็นพิษที่ก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์. วารสารวิจัยด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ, 16(3), 78-92.
- เอกชัย สุธีรศักดิ์. (2018). ผลกระทบจากการใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มในเครื่องยนต์ดีเซล: การปล่อยสารมลพิษและความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็ง. วารสารวิจัยด้านสิ่งแวดล้อมและพลังงาน, 12(3), 45-59.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวญาณิศา สว่างสุข
วัน เดือน ปีเกิด 21 พฤศจิกายน 2540
ที่อยู่ 16/123 หมู่บ้านศรีสุนทร ถนนสุขุมวิท ตำบลเนินพระ อำเภอเมือง
จังหวัดระยอง รหัสไปรษณีย์ 21000

ประวัติการศึกษา

2557 - 2559 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเซนต์โยเซฟระยอง
2562 วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีสิ่งแวดล้อม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย

2562 ญาณิศา สว่างสุข, จิตติยา แสสนนาใต้ และ ภัทราวดี วงศ์สุวรรณ. 2562.
“การบำบัดน้ำเสียจากการผลิตเลนส์สายตาด้วยวิธีสร้าง-รวมตะกอน และ
วิธีเฟนตัน Treatment of wastewater from the production of
optical lenses by coagulation-flocculation process and fenton
process”
2564 - ปัจจุบัน นักวิชาการสรรพากร กรมสรรพากร สำนักงานใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้