



การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชี้นางพาราด้วยการไพโรไลซิส

วิทยานิพนธ์

ของ

ศรลักษณ์ พวงใบดี

เสนอต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์

เมษายน 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชี้นางพาราด้วยการไพโรไลซิส

วิทยานิพนธ์
ของ
ศรลักษณ์ พวงใบดี

เสนอต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์
เมษายน 2568
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

THE FUEL PRODUCTION FROM PARA RUBBER WASTE BY PYROLYSIS

BY

SONLAK PUANGBAIDEE

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
The Doctor of Philosophy Degree in Engineering
at Sakon Nakhon Rajabhat University

April 2025

All Rights Reserved by Sakon Nakhon Rajabhat University



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชื้อยางพาราด้วยการไพโรไลซิส
ชื่อผู้ทำวิทยานิพนธ์ ศรลักษณ์ พวงใบดี

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เกษม ดวงอุปมา)

..... กรรมการสอบและ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไวรุจน์ อิ่มโพ) ประธานที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์

..... กรรมการสอบ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สรวิชัย บุญเกิดรัมย์)

..... กรรมการสอบ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาคร อินทะชัย)

..... กรรมการสอบ
(ดร.ณัฐพันธ์ พรหมสำเนา)

คณะกรรมการบริหารหลักสูตรรับรองแล้ว

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.สรวิชัย บุญเกิดรัมย์)
ประธานหลักสูตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ แสนทวีสุข)
ผู้อำนวยการบัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

เมื่อวันที่ 26 เดือน เมษายน พ.ศ. 2568
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษางานวิจัยเรื่อง “การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลพาราด้วยการไพโรไลซิส” ได้รับการสนับสนุนจาก มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ได้รับการเอื้อเฟื้อพื้นที่ประโยชน์จากคณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม รองศาสตราจารย์ ดร.สรวิชัย บุญเกิดรัมย์ คณาจารย์เจ้าหน้าที่ ตลอดจนศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันวิจัยและพัฒนาที่ให้ความช่วยเหลือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไวโรจน์ อิมโพ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาคร อินทะชัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยให้คำแนะนำช่วยเหลือด้านการทำวิจัย และช่วยเหลือด้านงานวิจัย เพื่อให้วิจัยนี้สามารถปฏิบัติไปได้อย่างลุล่วง นอกจากนี้งานวิจัยสำเร็จลงได้ด้วยดีเนื่องด้วยคำแนะนำและจากความอนุเคราะห์จากผู้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือที่ไม่ได้กล่าวนามมาได้ทั้งหมด ผู้วิจัยจึงขออภัยไว้ ณ ที่นี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร และส่วนเกี่ยวข้องในการสนับสนุนการวิจัย ที่ได้ให้คำแนะนำที่ดีในการจัดทำวิจัย สุดท้ายนี้ขอขอบคุณผู้ที่ให้การช่วยเหลือทุกท่าน และผู้ที่ไม่ได้เอ่ยนาม ที่ช่วยเหลือให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ศรลักษณ์ พวงใบดี

ชื่อเรื่อง	การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิส
ผู้วิจัย	ศรลักษณ์ พวงใบดี
กรรมการที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไวรุจน์ อิ่มโพ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาคร อินทะชัย
ปริญญา	ปร.ด (วิศวกรรมศาสตร์)
สถาบัน	มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ปีที่พิมพ์	2568

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างหน่วยไพโรไลซิสสำหรับผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิส และศึกษาปริมาณและสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง โดยระบบไพโรไลซิสที่สร้างขึ้นประกอบด้วยเครื่องปฏิกรณ์แบบคงที่พร้อมตัวกรองอากาศร้อน และชุดควบแน่นที่ใช้สารทำความเย็น R134a ร่วมกับคอนเดนเซอร์ โดยให้อุณหภูมิเตาเผา 300 องศาเซลเซียส ใช้ตัวกลางกรองไอร้อน 6 ชนิด และอุณหภูมิควบแน่น 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส จากการทดลองพบว่า อุณหภูมิควบแน่นและตัวกลางกรองไอร้อนมีผลต่อปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง โดยกรองเปล่าให้ปริมาณน้ำมันสูงสุดแต่มีปริมาณเถ้าสูง โดโลไมท์ช่วยเร่งปฏิกิริยาการแตกตัวของสารอินทรีย์ทำให้เกิดแก๊สมากขึ้นแต่ลดผลผลิตน้ำมัน ส่วนถ่านไม้อัดแท่งและเกลบอัดแท่งให้ผลผลิตน้ำมันสูงสุดและลดของเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ การวิเคราะห์สมบัติน้ำมันเชื้อเพลิงพบว่าค่าความร้อนแตกต่างกันตามตัวกลางกรอง โดยโดโลไมท์ให้ค่าความร้อนสูงสุด ขณะที่น้ำมันจากกรองเปล่ามีความหนาแน่นสูงแต่มีความเป็นกรดมากกว่า มาตรฐานน้ำมันเชื้อเพลิงแสดงให้เห็นว่าสมบัติน้ำมันไพโรไลซิสมีแนวโน้มใกล้เคียงกับดีเซลและไบโอดีเซล ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการเลือกตัวกลางกรองไอร้อนและอุณหภูมิควบแน่นมีผลต่อสมดุลของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการไพโรไลซิส ซึ่งเป็นแนวทางสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

คำสำคัญ น้ำมันเชื้อเพลิง เศษชีอย่างพารา ไพโรไลซิส

TITLE	The Fuel Production from Para Rubber Waste by Pyrolysis
AUTHOR	Sonlak Puangbaidee
ADVISORS	Asst. Prof. Wairut Impho Asst. Prof. Sakorn Intachai
DEGREE	Ph.d. (Engineering)
INSTITUTION	Sakon Nakhon Rajabhat University
YEAR	2025

ABSTRACT

This research aims to design and construct a pyrolysis unit for fuel production, from rubber waste by using pyrolysis, and to study the quantity and properties of the produced fuel. The developed pyrolysis system consisted of a fixed-reactor, a hot gas filtering media, a condensation unit utilizing R134a refrigerant, and a condenser. The pyrolysis process was conducted at 300°C by using six types of hot gas filtering media, with condensation temperatures at 10°C, 20°C and 30°C. Experimental results indicated that condensation temperatures and hot gas filtering media effected to produced fuel quantity. The empty filtering media produced the highest fuel quantity but contained a high amount of ash. Dolomite acted as a catalyst and enhanced the decomposition of organic compounds. This led the increase of gas production but reduced the produced fuel quantity. Charcoal briquettes and compressed rice husk provided the highest produced fuel quantity while they effectively minimized waste. Analysis of the fuel properties revealed that heating values varied based on the filtering media types. Dolomite provided the highest heating value. Meanwhile, fuel obtained from the empty filtering media exhibited high density but it had higher acidity. The fuel standards suggested that the pyrolysis fuel properties were comparable to those of diesel and biodiesel. Research findings highlighted that selecting an appropriate hot gas filtering media and condensation temperature resulted a crucial role in balancing products of the pyrolysis process. This was the significant leading to increase efficiency of fuel production from agricultural waste.

Keywords Fuel, Para rubber waste, Pyrolysis

สารบัญ

บทที่	หน้า
1	1
บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย	2
สมมติฐานการวิจัย	2
ความสำคัญของการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	3
กรอบแนวคิดของการวิจัย	3
นิยามศัพท์เฉพาะ	4
2	5
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
น้ำมันเชื้อเพลิง	5
น้ำมันดิบ	6
ประเภทของน้ำมันดิบ	6
คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันดิบ	7
องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันดิบ	8
กระบวนการกลั่นน้ำมัน	8
น้ำมันชีวภาพ	10
การผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ	10
รูปแบบของเชื้อเพลิงชีวภาพ	10
ทฤษฎีการวิเคราะห์สมบัติน้ำมันเชื้อเพลิง	12
ยางพาราและเศษขี้ยางพารา	15
ยางพารา	15
ประโยชน์และสรรพคุณของยางพารา	16
เศษขี้ยางพารา	16
กระบวนการไพโรไลซิส	17
ประเภทของการไพโรไลซิส	17

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ปัจจัยที่ต้องพิจารณาในกระบวนการไพโรไลซิสเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ	17
เครื่องปฏิกรณ์ที่นิยมใช้ในกระบวนการไพโรไลซิส	18
ตัวเร่งปฏิกิริยา	24
ตัวเร่งปฏิกิริยาไดโลไมท์	25
ตัวเร่งปฏิกิริยาถ่านไม้	25
ตัวเร่งปฏิกิริยาถ่านไม้อัดแท่ง	26
ตัวเร่งปฏิกิริยาแคลบ	26
ตัวเร่งปฏิกิริยาแคลบอัดก้อน	27
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	27
3 วิธีดำเนินการวิจัย	49
ออกแบบเครื่องผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลด้วยการไพโรไลซิส..	49
สร้างเครื่องผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลด้วยการไพโรไลซิส	50
การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลด้วยการไพโรไลซิส	51
ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลด้วยการไพโรไลซิส ผ่านชนิดกรองไอร้อน 6 ชนิด อุณหภูมิควมแน่น 10	
20 และ 30 องศาเซลเซียส	52
การตรวจสอบน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลด้วยการไพโรไลซิส	59
การหาค่าความเป็นกรดของน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลด้วยการไพโรไลซิส	62
การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลด้วยการไพโรไลซิส	63
การเก็บรวบรวมข้อมูล	65
วิเคราะห์ข้อมูล สรุปและอภิปรายผล	65

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	66
ผลการออกแบบและสร้างหน่วยไพโรไลซิสสำหรับผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง	66
ผลการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลด้วยการไพโรไลซิส	67
ผลการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลด้วยการไพโรไลซิส	
อุณหภูมิความดัน 10 องศาเซลเซียส	67
ผลการทดลองการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวล	
ด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิความดัน 20 องศาเซลเซียส	70
ผลการทดลองการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวล	
ด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิความดัน 30 องศาเซลเซียส	72
ผลการเปรียบเทียบการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลด้วยการ	
ไพโรไลซิสที่อุณหภูมิความดัน 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส	75
ผลการศึกษาวิเคราะห์สมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง	77
ผลการศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวล	
ด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิความดัน 10 องศาเซลเซียส	77
ผลการศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวล	
ด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิความดัน 20 องศาเซลเซียส	79
ผลการศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวล	
ด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิความดัน 30 องศาเซลเซียส	81
ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวล	
ด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิความดัน 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส....	84
ผลการวิเคราะห์ปริมาณ % CHNSO น้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวล	
ด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิความดัน 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส....	86

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5	
สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ	91
สรุปผล อภิปรายผลการออกแบบและสร้างหน่วยไฟโรไลซิส	91
สรุปผล อภิปรายผลการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชี้นางพารา	92
สรุปผล อภิปรายผลการศึกษาวิเคราะห์สมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง	92
ข้อเสนอแนะ	93
บรรณานุกรม	94
ภาคผนวก	100
ภาคผนวก ก รูปภาพขั้นตอนการทดลอง	101
ภาคผนวก ข ผลการทดสอบน้ำมันเชื้อเพลิง	102
ภาคผนวก ค ตารางผลการทดลอง	112
ภาคผนวก ง บทความที่ตีพิมพ์	120
ประวัติย่อของผู้วิจัย	122

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ผลการศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง 10 องศาเซลเซียส	77
2 ผลการศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง 20 องศาเซลเซียส	80
3 ผลการศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง 30 องศาเซลเซียส	82
4 ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติน้ำมันเชื้อเพลิง 10 20 30 องศาเซลเซียส และน้ำมันเชื้อเพลิงมาตรฐาน	84
5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ % CHNSO 10 องศาเซลเซียส	87
6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ % CHNSO 10 องศาเซลเซียส	88
7 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ % CHNSO 10 องศาเซลเซียส	89

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดของการวิจัย	3
2 เศษชีอย่างพารา	16
3 แผนภาพเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดคงที่	18
4 แผนภาพเครื่องปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไคซ์เบด	19
5 เตาปฏิกรณ์ฟลูอิดไคซ์เบดแบบฟอง	19
6 เตาปฏิกรณ์ฟลูอิดไคซ์เบดแบบหมุนเวียน	20
7 เตาปฏิกรณ์แบบกรวยหมุน	21
8 เตาปฏิกรณ์แบบเสียดละลาย	21
9 เตาปฏิกรณ์แบบสุญญากาศ	22
10 เตาปฏิกรณ์แบบสกรูลำเลียง	23
11 เตาปฏิกรณ์แบบไมโครเวฟ	23
12 ตัวเร่งปฏิกิริยาไดโลไมท์	25
13 ตัวเร่งปฏิกิริยาถ่านไม้	26
14 ตัวเร่งปฏิกิริยาถ่านไม้อัดแท่ง	26
15 ตัวเร่งปฏิกิริยาเคลือบ	27
16 ตัวเร่งปฏิกิริยาเคลือบอัดแท่ง	27
17 แบบเครื่องผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิส	50
18 เครื่องผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิสด้านหน้า...	51
19 เครื่องผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิสด้านหลัง...	52
20 การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิส	52
21 ผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร้อนกรองเปล่า อุณหภูมิควบแน่น 10 องศาเซลเซียส	52
22 ผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร้อนไดโลไมท์อุณหภูมิควบแน่น 10 องศาเซลเซียส	53

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
23 ผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร่อนถ่านไม้คุณภาพมาตรฐาน 10 องศาเซลเซียส	53
24 ผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร่อนถ่านไม้อัดแท่งคุณภาพมาตรฐาน 10 องศาเซลเซียส	54
25 ผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร่อนเกลบคุณภาพมาตรฐาน 10 องศาเซลเซียส	54
26 ผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร่อนเกลบอัดแท่งคุณภาพมาตรฐาน 10 องศาเซลเซียส	54
27 ผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร่อนกรองเปล่าคุณภาพมาตรฐาน 20 องศาเซลเซียส	55
28 ผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร่อนโคโลไมท์คุณภาพมาตรฐาน 20 องศาเซลเซียส	55
29 ผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร่อนถ่านไม้คุณภาพมาตรฐาน 20 องศาเซลเซียส	56
30 ผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร่อนถ่านไม้อัดแท่งคุณภาพมาตรฐาน 20 องศาเซลเซียส	56
31 ผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร่อนเกลบคุณภาพมาตรฐาน 20 องศาเซลเซียส	56
32 ผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร่อนเกลบอัดแท่งคุณภาพมาตรฐาน 20 องศาเซลเซียส	57
33 ผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร่อนกรองเปล่าคุณภาพมาตรฐาน 30 องศาเซลเซียส	57
34 ผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร่อนโคโลไมท์คุณภาพมาตรฐาน 30 องศาเซลเซียส	58
35 ผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร่อนถ่านไม้คุณภาพมาตรฐาน 30 องศาเซลเซียส	58

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
36 ผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองโอไรอนถ่านไม้อัดแท่งอุณหภูมิควบแน่น 30 องศาเซลเซียส	58
37 ผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองโอไรอนเกลบอุณหภูมิควบแน่น 30 องศาเซลเซียส	59
38 ผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองโอไรอนเกลบอัดแท่งอุณหภูมิควบแน่น 30 องศาเซลเซียส	59
39 การหาค่าความหนาแน่น การหาค่าความร้อนของน้ำมันเชื้อเพลิง	60
40 การหาค่าจุดวาบไฟและจุดติดไฟของน้ำมันเชื้อเพลิง	61
41 การหาค่าความหนืดของน้ำมันเชื้อเพลิง	61
42 การหาค่าความเป็นกรดของน้ำมันเชื้อเพลิง	62
43 การหาค่า % CHNSO ของน้ำมันเชื้อเพลิง	64
44 แบบเครื่องไพโรไลซิสสำหรับผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง	67
45 หน่วยไพโรไลซิสสำหรับผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง	67
46 ผลการทดลองการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชี้อย่างพาราด้วยการ ไพโรไลซิสที่อุณหภูมิควบแน่น 10 องศาเซลเซียส	68
47 ผลการทดลองการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชี้อย่างพาราด้วยการ ไพโรไลซิสที่อุณหภูมิควบแน่น 20 องศาเซลเซียส	70
48 ผลการทดลองการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชี้อย่างพาราด้วยการ ไพโรไลซิสที่อุณหภูมิควบแน่น 30 องศาเซลเซียส	73
49 ผลการเปรียบเทียบการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชี้อย่างพาราด้วยการ ไพโรไลซิสที่อุณหภูมิควบแน่น 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส	76
50 หั่นเศษชี้อย่างพารา	102
51 ชั่งน้ำหนักเศษชี้อย่างพารา	102
52 ใส่เศษชี้อย่างพาราลงในเตาเผา	103
53 ปิดเตาเผา	103

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
54 ใส่ชนิดกรองไอร้อน	104
55 ชั่งน้ำหนักชนิดกรองไอร้อน	104
56 ปิดกรองไอร้อน	105
57 ทำการทดลอง	105
58 เช็ควัดอุณหภูมิทั้งสามตัวควบคุม	106
59 น้ำมันเริ่มออกมา	106
60 น้ำมันที่ได้ผ่านกรองชนิดต่าง ๆ	107
61 ผลการตรวจกรด	111
62 หนังสือตอบรับบทความ	121

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ในประเทศไทยยางพารามีการปลูกกันอย่างแพร่หลายในทางภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นไม้เศรษฐกิจ ลักษณะทั่วไป เป็นไม้ต้นขนาดกลาง สูง 10-20 เมตร ผลัดใบ เรือนยอดรูปไข่ ค่อนข้างกลมหรือรูปกรวย หรือทรงกระบอก ทรงพุ่มไม้แน่นทึบ เนื้อไม้อ่อน ลำต้นเปลาตรง มีน้ำยางข้นคล้ายน้ำมัน เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่มีความชื้นพอเพียง เป็นไม้โตเร็วและเป็นไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ประโยชน์ที่ได้รับจากน้ำยางดิบที่ได้จากต้นยางพาราประกอบด้วยสารที่ช่วยต่อต้านแบคทีเรีย (Antibacterial) ซึ่งเป็นคุณสมบัติพิเศษเมื่อผลิตเป็นหินอ่อนยางพารา ผลิตภัณฑ์ที่ยางรถยนต์ สินค้าสำเร็จรูปต่าง ๆ ประเทศไทยสามารถผลิตยางพาราได้ร้อยละ 50 ของการผลิตยางพาราทั่วโลก และที่สกลนครเองมีกลุ่มเกษตรกรทำสวนยางพาราเพื่อการแปรรูป บ้านโนนสุวรรณ ตำบลสุวรรณคาม อำเภอโนนน้ำอูน จังหวัดสกลนคร มีการแปรรูปยางพาราทำยางแผ่น ฉะนั้นในช่วงกระบวนการทำยางแผ่นเพื่อแปรรูป จะมีเศษขี้ยางเหลือจำนวนหนึ่งซึ่งจะเอานำไปใช้ประโยชน์ต่อไม่ค่อยได้และยากต่อการจัดเก็บเมื่อมีปริมาณมาก ๆ แม้กระทั่งนำไปขายก็ราคาต่ำมาก

ดังนั้นผู้วิจัยเลยเห็นความสำคัญเรื่องการเพิ่มมูลค่าของเศษขี้ยางพารา และเพื่อหาแนวทางเพิ่มมูลค่าของเศษขี้ยางพารา ผู้วิจัยจึงศึกษาวิธีการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยกระบวนการไพโรไลซิส จากงานวิจัยของ เกตุร ดวงอุปมา (2562) ซึ่งการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยการไพโรไลซิสแบบเร็ว โดยเฉพาะช่วงนี้ภาวะราคาน้ำมันเชื้อเพลิงมีราคาแพง ด้วยเหตุนี้จึงเป็นโอกาสสำหรับผู้วิจัยที่จะทบทวนนโยบายทั้งด้านการเกษตรและอุตสาหกรรมเพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำมันเชื้อเพลิงหรือราคาน้ำมันเชื้อเพลิงที่เพิ่มสูงขึ้น ตามที่กระทรวงพลังงานของประเทศไทยแผนพัฒนาพลังงานหมุนเวียน 15 ปี (พ.ศ. 2551-2565) คือการเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานหมุนเวียนเป็น 20% ของการใช้พลังงานทั้งประเทศภายในปี (กระทรวงพลังงาน, 2564) เพื่อจะลดน้ำมันต้นทุนเชื้อเพลิงที่สูงขึ้นในการประกอบอาชีพเกษตรกรรม ทางผู้วิจัยจึงเกิดแนวความคิดนำเอาเศษขี้ยางพารามาเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยกระบวนการไพโรไลซิส

โดยใช้อุณหภูมิควมแน่นที่ 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส เพื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์น้ำมันเชื้อเพลิง แก๊ส และสมบัติน้ำมันเชื้อเพลิงที่ผ่านกรองไอร้อนแต่ละชนิด

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดความมุ่งหมายของการวิจัยไว้ ดังนี้

1. เพื่อออกแบบและสร้างหน่วยไพโรไลซิสสำหรับผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง
2. เพื่อผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลพาราด้วยการไพโรไลซิส
3. ศึกษาปริมาณและสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง

สมมติฐานของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานของการวิจัยไว้ ดังนี้

1. ได้แบบและได้เครื่องผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยการไพโรไลซิส
2. ได้น้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลพาราด้วยการไพโรไลซิส
3. สมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากเครื่องผลิตน้ำมันด้วยการไพโรไลซิส

อยู่ในระดับเกณฑ์ใกล้เคียงมาตรฐานปิโตรเลียม

ความสำคัญของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับไว้

1. ได้เครื่องต้นแบบผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยการไพโรไลซิส
2. เศษชีวมวลพาราสามารถผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงได้
3. ทราบถึงสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากเครื่องผลิตน้ำมันด้วยการไพโรไลซิส

การไพโรไลซิส

4. เกษตรกรได้น้ำมันเชื้อเพลิงราคาถูกมาใช้กับเครื่องยนต์
5. สามารถเพิ่มมูลค่าเศษชีวมวลพารา โดยการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง

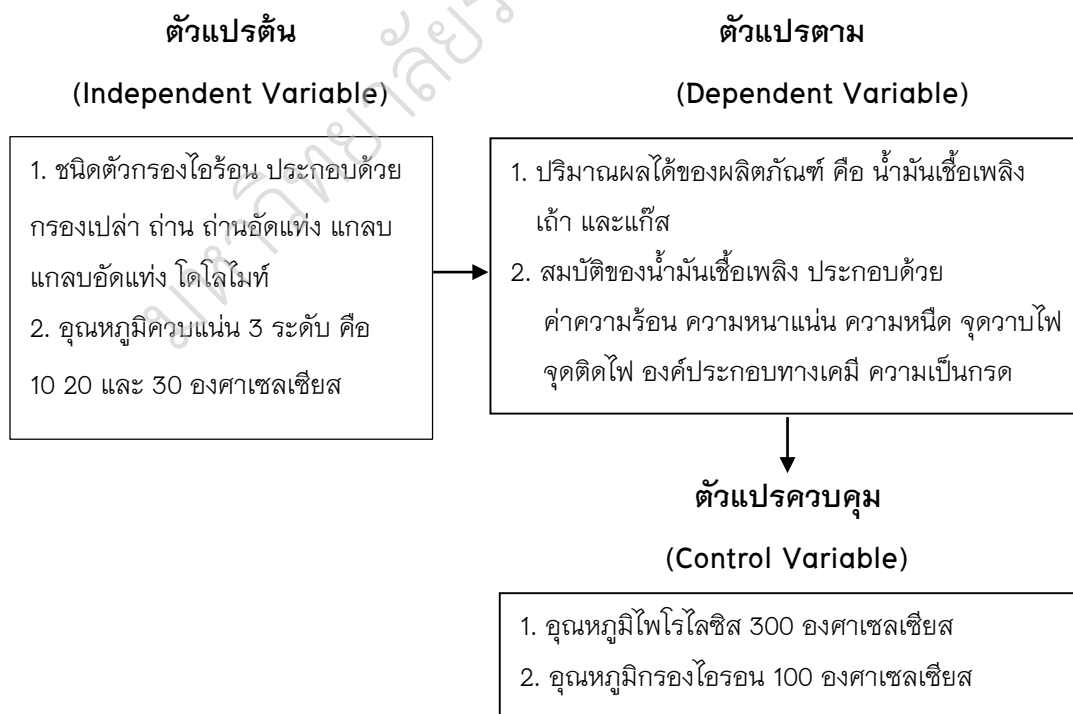
ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา

- 1.1 ออกแบบและสร้างเครื่องผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิส
- 1.2 ผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิส
- 1.3 ศึกษาสมบัติของน้ำมันที่ผลิตจากจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิส ได้แก่ ค่าความหนืด ความถ่วงจำเพาะ ค่าความร้อนจุดวาบไฟ จุดติดไฟ องค์ประกอบทางเคมี ความเป็นกรด

กรอบแนวคิดของการวิจัย

ในการวิจัยการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิสโดยได้ปรับใช้กรอบแนวคิดของผู้วิจัยจึงสรุปเป็นกรอบแนวคิดของการวิจัยดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นิยามศัพท์เฉพาะ ไว้ดังนี้

1. เศษขี้ยางพารา (Rubber Waste) หมายถึง เศษยางพาราที่ที่ตามรอยกรีด และตามที่ได้ตัดเศษออกจากยางแผ่น

2. ไพโรไลซิส (Pyrolysis) หมายถึง กระบวนการย่อยสลายโมเลกุลด้วยความร้อนในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนเพื่อเปลี่ยนชีวมวลซึ่งมีองค์ประกอบหลักคือ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ให้กลายเป็นก๊าซที่เผาไหม้ได้ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซไฮโดรเจน (H_2) และก๊าซมีเทน (CH_4) โดยกระบวนการดังกล่าวเป็นการเผาไหม้ อินทรีย์สารแบบจำกัดปริมาณออกซิเจน ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เพื่อผลิตก๊าซ และน้ำมัน กระบวนการนี้คือการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของเศษขี้ยางพารา โดยให้ผ่านความร้อนระดับสูงมาก ๆ ในสภาวะที่เราควบคุมอากาศ หรือว่า ไร้อากาศ ซึ่งพอเศษขี้ยางพาราได้รับอุณหภูมิสูง ๆ แบบนี้ องค์ประกอบทางเคมีของเศษขี้ยางพารา เริ่มระเหิด ซึ่งจะกลายเป็นก๊าซ และถ้าเราเอามันไปทำควบแน่น มันก็จะกลายเป็น้ำมัน

3. อุณหภูมิไพโรไลซิส (Pyrolysis temperature) หมายถึง อุณหภูมิในกระบวนการไพโรไลซิสไม่เกิน 300 องศาเซลเซียส

4. อุณหภูมิกรองไอร้อน (Filter temperature) หมายถึง อุณหภูมิในกระบวนการไพโรไลซิสไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส

5. อุณหภูมิควบแน่น (Condenser temperature) หมายถึง อุณหภูมิที่ควบแน่น หรือระบายความร้อนไอร้อน อุณหภูมิควบแน่นที่ 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส

6. น้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel) หมายถึง เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากเครื่องผลิตน้ำมันด้วยการไพโรไลซิสที่สร้างขึ้น

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวม ทฤษฎี และบททวนงานวิจัยเกี่ยวกับการวิจัยเกี่ยวกับน้ำมันเชื้อเพลิง น้ำมันชีวภาพ ยางพาราและเศษชีเยางพารากะบวนการไพโรไลซิส ตัวเร่งปฏิกิริยา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. น้ำมันเชื้อเพลิง

น้ำมันเชื้อเพลิง ได้จาก ถ่านหิน หินน้ำมัน ทราายน้ำมัน โดยทั้งหมด คือ ซากพืชและซากสัตว์ที่ตายมานานนับเป็นล้านปี และทับถมสะสมกันจนจมอยู่ใต้ดิน แล้วเปลี่ยนรูปเป็นสิ่งที่เรียกว่า ฟอสซิล ระหว่างนั้นก็มีการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติจนซากพืชและซากสัตว์หรือฟอสซิลนั้นกลายเป็นน้ำมันดิบ ถ่านหินก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น เราจึงเรียกเชื้อเพลิงประเภทนี้ว่าเชื้อเพลิงฟอสซิลจากการศึกษาวิจัยพบว่าเมื่อสัตว์และพืชตายแล้ว จะถูกชะล้างโดยน้ำฝนซึ่งจะไหลจมลงสู่ก้นทะเลและทะเลสาบต่าง ๆ โดยจะถูกทับถมโดยชั้นของตะกอนต่าง ๆ (Sediment) สิ่งที่ถูกทับถมกันลงมา เช่น ซากพืช ซากสัตว์ หิน ดิน และทราย) จากกระบวนการนี้จะเกิดขึ้นก่อนที่ซากเหล่านี้จะสามารถย่อยสลายไปในอากาศ Anaerobic bacteria (แบคทีเรียซึ่งสามารถมีชีวิตอยู่ได้โดยไม่ใช้ออกซิเจน) จะเริ่มกระบวนการย่อยสลายสารพวกนี้ให้กลายเป็นน้ำมันดิบ และก๊าซธรรมชาติ โดยคาดว่ามันจะมีกระบวนการทางเคมีที่เกี่ยวข้องกันระหว่างซากสิ่งมีชีวิต เกลือที่อยู่ในดินโคลนและน้ำที่อยู่รอบ ๆ ตัว เพราะเหมือนว่าจะมีวิธีการแตกต่างกันในการเกิดเป็นน้ำมัน ในขณะที่ซากของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ถูกย่อยสลาย ก็จะถูกทับถมโดยตะกอนต่าง ๆ มากขึ้น จากน้ำขึ้นและน้ำลงของทะเล และโคลนทรายที่แม่น้ำพัดลงมาโดยกระบวนการเหล่านี้จะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ เป็นล้าน ๆ ปี แต่ในที่สุดสารต่าง ๆ ก็จะถูกเปลี่ยนให้เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) ซึ่งใช้สร้างน้ำมันและก๊าซโดยมีส่วนผสมของทรายและดินเหนียวเข้ามาเจือปน และเมื่อชั้นของสารอินทรีย์ต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้นค่าความดันและอุณหภูมิซึ่งเป็นปัจจัยของกระบวนการเพิ่มมากขึ้นซึ่งจะส่งผลให้กระบวนการเกิดขึ้นได้เร็ว และยังมีอีกสิ่งหนึ่งคือสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่ได้สร้างทะเลน้ำมันไว้ใต้ดินอย่างที่เข้าใจโดยซากพืชซากสัตว์จะถูกผสมเข้ากับน้ำและทรายซึ่งซึมผ่านเข้ามาทางชั้นรูพรุนของหินทราย

(Sandstone) หินที่มีส่วนผสมของทรายหรือแร่ควอตซ์กับดินเหนียว แคลเซียมคาร์บอเนต และไอออนออกไซด์ หรือ หินปูน (limestone) หินที่ประกอบด้วยสารแคลเซียมคาร์บอเนต (Ca CO_3) พร้อมกับฟองอากาศของก๊าซ โดยปกติแล้วความดันจะช่วยบังคับให้เกิดการผสมกันระหว่างหินเหล่านี้โดยน้ำมันและก๊าซจะถูกกักอยู่ระหว่างช่องว่างของหินตะกอน (sedimentary rock) หินที่เกิดจากการทับถมกันของตะกอนต่าง ๆ ในทะเลโบราณ เหมือนกับน้ำในฟองน้ำ และในที่สุดน้ำมันและก๊าซก็จะพบกับชั้นของหินซึ่งไม่สามารถผ่านไปได้ (หินที่ไม่มีรูพรุน) และพวกซากพืชซากสัตว์ก็จะถูกกัก (trap) อยู่ในนั้นพืชที่เกิดขึ้นมา ในธรรมชาติส่วนใหญ่ล้วนแต่มีสารประกอบจำพวกไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) รวมอยู่ แล้วทั้งสิ้นแต่จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิด สายพันธุ์และองค์ประกอบทางภูมิศาสตร์ของแต่ละพื้นที่ (วศกร ตรีเดช, 2553)

1.1 น้ำมันดิบ คือสารประกอบของไฮโดรคาร์บอนชนิดต่าง ๆ จำนวนคาร์บอนในโมเลกุลไม่เท่ากันน้ำหนักโมเลกุลต่างกับสารเคมีอื่น ๆ จำนวนเล็กน้อย เช่น สารประกอบกำมะถันไนโตรเจน และออกซิเจน การที่จะนำสารต่าง ๆ เหล่านี้ไปใช้ได้ พวกมันจะต้องถูกแยกออกจากกันเสียก่อน กระบวนการแยกเรียกว่า การกลั่น (Refining) แหล่งน้ำมันดิบที่สำคัญของโลก ในปัจจุบันพบแหล่งน้ำมันดิบประมาณ 3 แสนแหล่ง แต่จะมีเพียงประมาณร้อยละห้าของแหล่งเท่านั้นที่จัดเป็นแหล่งน้ำมันขนาดใหญ่ ซึ่งมีปริมาณน้ำมันดิบสำรองมากกว่า 500 ล้านบาร์เรลขึ้นไป ได้แก่ ที่รอบอ่าวเปอร์เซียในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รอบอ่าวเม็กซิโกในอเมริกาเหนือติดต่อกับอเมริกาใต้ ประเทศรัสเซียบริเวณไซบีเรีย ตะวันตก นอกจากนี้ก็มีประเทศลิเบีย อัลจีเรีย ไนจีเรีย เวเนซุเอล่าในอเมริกาใต้ทะเลเหนือของทวีปยุโรปซึ่งเป็นประเทศอังกฤษและนอร์เวย์ รัฐอลาสกาในอเมริกาและแคนาดา ประเทศจีนและหมู่เกาะเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ อินโดนีเซีย มาเลเซีย และบรูไน แหล่งน้ำมันดิบที่ค้นพบมากในโลก คือ บริเวณอ่าวเปอร์เซียหรือตะวันออกกลางประมาณ 55 % ของน้ำมันสำรองทั่วโลก รองลงมาคือบริเวณอ่าวเม็กซิโกสำหรับประเทศไทย มีการขุดเจาะน้ำมันที่อำเภอฟาง จังหวัดเชียงใหม่ และที่ลานกระบือจังหวัดกำแพงเพชร แก๊สธรรมชาติที่บริเวณอ่าวไทย และที่อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น

1.2 ประเภทของน้ำมันดิบ แบ่งเป็น 4 ประเภทใหญ่ๆ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่

1.2.1 Paraffinic Base ซึ่งให้ผลผลิตเป็นน้ำมันแก๊สโซลีน (Gasoline) ที่มีคุณภาพไม่ค่อยดี แต่จะให้น้ำมันก๊าด (Kerosene) น้ำมันเครื่องบิน น้ำมันดีเซล (Gasoline) ที่มีคุณภาพดี

1.2.2 Naphtenic Base เมื่อกลั่นมาแล้วจะได้แก๊สโซลีนที่มีคุณภาพดี แต่ให้น้ำมันก๊าด และน้ำมันดีเซลที่มีคุณภาพไม่ค่อยดี น้ำมันดิบประเภทนี้มีในประเทศอินโดนีเซีย และมาเลเซีย

1.2.3 Asphaltic Base จะให้ผลผลิตยางมะตอย (Asphalt) ที่มีคุณภาพดี น้ำมันประเภทนี้มีอยู่ในตะวันออกกลาง เช่น ซาอุดีอาระเบีย คูเวต อิหร่าน

1.2.4 Mixed base เป็นน้ำมันดิบที่ไม่มีผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่มีคุณภาพเด่นเหมือนน้ำมันดิบทั้ง 3 ประเภทนอกจากประเภทของน้ำมันดิบที่แบ่งตามคุณภาพของผลิตภัณฑ์แล้วยังสามารถแบ่งตามชนิดของผลิตภัณฑ์ที่กลั่นได้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ

1.2.4.1 Light Crude Oil คือ น้ำมันดิบที่ให้ผลิตภัณฑ์ประเภทน้ำมันเบา

1.2.4.1 Medium Crude Oil คือ น้ำมันดิบที่ให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นน้ำมันเบา และน้ำมันหนักอย่างละเท่า ๆ กัน

1.2.4.3 Heavy Crude Oil คือ น้ำมันดิบที่ให้ผลิตภัณฑ์น้ำมันหนักมาก ตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไป

1.2.4.4 Extra Base คือ น้ำมันดิบที่ให้ผลิตภัณฑ์น้ำมันเบามากเป็นพิเศษ

1.3 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำมันดิบ ได้แก่

1.3.1 สี (Color) ทัว้น้ำมันดิบจะมีสีดำหรือสีน้ำตาลขึ้นอยู่กับแหล่งที่ขุดพบ

1.3.2 ความหนืด (Viscosity) น้ำมันดิบแต่ละชนิดจะมีค่าความหนืดแตกต่างกัน ซึ่งขึ้นกับคุณภาพของน้ำมัน

1.3.4 กลิ่น (Smell) น้ำมันดิบทัว้นไปจะมีกลิ่นเหมือนแก๊สโซลีน ซึ่งเป็นกลิ่นของสารประกอบไฮโดรเจนซัลไฟด์

1.3.5 จุดไหลเท (Pour Point) หมายถึง ปริมาณของไข (Wax) ซึ่งเจือปนอยู่ในน้ำมันดิบ น้ำมันดิบที่มีไขมากจะแข็งตัวได้ง่าย ทำให้การถ่ายเทไม่สะดวก

1.3.6 ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) หมายถึง คืออัตราส่วนระหว่างความหนาแน่นของสารหนึ่ง ๆ ต่อความหนาแน่นของน้ำ เมื่อทั้งสองอย่างมีอุณหภูมิเท่ากัน ความถ่วงจำเพาะจึงเป็นปริมาณที่ไร้มิติ ไม่มีหน่วย

1.4 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันดิบ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

1.4.1 Openchain หรือ Aliphatic Compound ได้แก่ n-paraffin Series (C_nH_{2n+2}) Isoparaffin Series (C_nH_{2n+2}) Olefin Series (C_nH_{2n})

1.4.2 Ring หรือ Cyclic Compound ได้แก่ Naphthalene Series ($C_{10}H_8$) Aromatic or Benzene series (C_nH_{2n-6})

1.4.3 ยางมะตอย (Asphalts) ได้แก่ Asphaltenes เป็นของแข็งสีน้ำตาลดำที่ละลายอยู่ในสารประกอบอะโรแมติก (Aromatic) Resin เป็นสารที่มีความเหนียวมาก มีสีน้ำตาล มีองค์ประกอบของกำมะถัน ออกซิเจน ไนโตรเจน และคาร์บอน

1.5 กระบวนการกลั่นน้ำมัน เป็นการแปรสภาพน้ำมันดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป กระบวนการกลั่นของแต่ละโรงงานจะต่างกันบ้างขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของน้ำมันดิบ และคุณภาพของน้ำมันที่ต้องการ กระบวนการผลิตน้ำมันสามารถแบ่งออกเป็นหน่วยใหญ่ๆ 2 หน่วย ได้แก่

1.5.1 หน่วยของการกลั่นแยก (Separation by Distillation) ซึ่งประกอบด้วยหน่วยกลั่นสุญญากาศและหน่วยกลั่นบรรยากาศ การกลั่นจะใช้แบบลำดับส่วน ซึ่งภายในหอกลั่นจะมีการเรียง เป็นชั้น ๆ เรียกว่า ถาด (Tray) โดยอาศัยหลักว่า จุดเดือดของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดต่าง ๆ ที่รวมกันอยู่ในน้ำมันดิบ จะมีระดับแตกต่างกัน ทำให้สามารถแยกออกมาได้ตามอุณหภูมิที่ต่างกันในการกลั่นลำดับส่วน น้ำมันดิบจะถูกส่งผ่านเข้าไปในท่อเหล็ก ซึ่งเรียงเป็นแถวอุณหภูมิ 315 – 371 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการสลายตัวของน้ำมัน ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพไม่ดี ในการกลั่นสารประกอบที่มีจุดเดือดต่ำก็จะกลายเป็นไอก่อนจะลอยขึ้นไปบนหอกลั่น และเมื่อได้รับความเย็นจะเกิดการควบแน่นเป็นของเหลวลงในถาดชั้นต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับช่วงจุดเดือดของน้ำมันส่วนนั้น ชั้นบนสุดของหอกลั่นซึ่งมีอุณหภูมิต่ำสุด การกลั่นลำดับส่วนจะได้ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ออกมาดังตัวอย่างต่อไปนี้

1.5.1.1 ก๊าซปิโตรเลียม เป็นผลิตภัณฑ์ที่เบาที่สุดที่ได้จากการกระบวนการกลั่น มีความสะดวกในการขนส่ง และเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ปราศจากเขม่าควัน ไม่มีสีและกลิ่น ปัจจุบันมีการนำก๊าซปิโตรเลียมมาใช้กันในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ก๊าซหุงต้ม ก๊าซเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมเชื้อเพลิงสำหรับยานพาหนะ เป็นต้น

1.5.1.2 น้ำมันเบนซิน เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์เบนซิน ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ เบนซินธรรมดา เบนซินพิเศษและเบนซินไร้สารตะกั่ว น้ำมันเบนซินเป็นน้ำมันที่ทำให้เกิดการระเหยได้ง่าย

1.5.1.3 น้ำมันก๊าดเป็นน้ำมันที่เผาไหม้ได้ง่าย สะอาดและมีกำมะถันต่ำ

1.5.1.4 น้ำมันดีเซลเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล เตาเผาบางชนิดหรือเครื่องปั้นไฟขนาดใหญ่ น้ำมันดีเซลสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ดีเซลหมุนช้า และดีเซลหมุนเร็ว น้ำมันดีเซลจะมีความหนืดสูงกว่าน้ำมันเบนซิน เาเผาไหม้ได้ยากกว่าให้เกิดเขม่าและควันดำ

1.5.1.5 น้ำมันเตาเป็นส่วนของการกลั่นน้ำมันที่เหลือจากการกลั่น มีสิ่งตกค้างต่าง ๆ ปะปนอยู่มากมาย น้ำมันเตาจะมีความหนืดสูงมาก ราคาถูก ทำการเผาไหม้ได้ยากและมีเขม่าควันเกิดขึ้นเนื่องจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์

1.5.1.6 ยางมะตอยเป็นส่วนของการกลั่นน้ำมันดิบที่หนักที่สุด มีความหนืดสูงมากลักษณะเป็นของเหลวสีดำข้น

1.5.2 หน่วยเปลี่ยนแปลงสภาพโมเลกุล (Conversion) เป็นการเปลี่ยนแปลงโมเลกุลหรือโครงสร้างทางเคมี เพื่อให้น้ำมันมีคุณภาพที่เหมาะสมกับความต้องการในการใช้ประโยชน์ ซึ่งกรรมวิธีมีหลายอย่างดังนี้

1.5.2.1 การทำให้โมเลกุลของน้ำมันแตกตัวเป็นน้ำมันเบา (Cracking) ซึ่งมี 3 วิธี

1. การใช้ความร้อน (Thermal Cracking) จุดประสงค์เพื่อเพิ่มปริมาณแก๊สโซลีน ทำให้น้ำมันมีคุณภาพดีขึ้น โดยการทำให้โมเลกุลที่มีขนาดใหญ่เกิดการแตกตัวโดยเกิดที่อุณหภูมิประมาณ 400-5000 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเป็นการแตกของพันธะคาร์บอน-คาร์บอน หรือพันธะคาร์บอน-ไฮโดรเจน

2. การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic Cracking) อาศัยตัวเร่งปฏิกิริยาช่วยให้โมเลกุลที่มีขนาดใหญ่เกิดการแตกตัวจุดประสงค์เพื่อเพิ่มค่าออกเทนให้กับผลิตภัณฑ์

3. การทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจน (Hydrocracking) ใช้ไฮโดรเจนช่วยในการเกิดปฏิกิริยาการแตกตัว วิธีนี้จะช่วยเพิ่มปริมาณแก๊สโซลีน

4. รวมโมเลกุลเบาให้เป็นโมเลกุลที่ใหญ่ขึ้น (Polymerization)

5. การทำให้โมเลกุลที่มีพันธะคู่รวมตัวกันเป็นโมเลกุลที่ไม่มีพันธะคู่ได้โมเลกุลที่ใหญ่ขึ้น และไม่มีพันธะคู่ (Alkylation) วิธีนี้เป็นการเพิ่มค่าออกเทนในน้ำมัน

6. การจัดโมเลกุลใหม่ (Reforming) เป็นการเพิ่มค่าออกเทนน้ำมัน
7. การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของอะตอมในโมเลกุล (Isomerization) เป็นการเพิ่มค่าออกเทนให้สูงขึ้น

2. น้ำมันชีวภาพ

เชื้อเพลิงชีวภาพ (Biofuel) คือ เชื้อเพลิงชนิดหนึ่งที่ได้จากชีวมวล (Biomass) หรือของเสียชีวภาพ (Biowaste) ซึ่งเป็นสารที่ได้จากสิ่งมีชีวิตหรือจากการสร้างและสลายของสิ่งมีชีวิต เช่น สาหร่าย มูลสัตว์ และพืช อาทิ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวสาลี ถั่วเหลือง ทานตะวัน และมันสำปะหลัง ตลอดจนขยะเชิงพาณิชย์ การเกษตร อุตสาหกรรม และของเสียในครัวเรือน เชื้อเพลิงชีวภาพถือเป็นพลังงานทดแทน (Alternative Energy) และเป็นพลังงานสะอาด (Clean Energy) ไม่เหมือนพลังงานจากแหล่งธรรมชาติอื่น เช่น ปิโตรเลียม ถ่านหิน และเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ที่ผลิตได้โดยกระบวนการทางธรณีวิทยา (เชื้อเพลิงชีวภาพ, 2564)

2.1 การผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ

เชื้อเพลิงชีวภาพสามารถผลิตได้หลายวิธี แต่โดยทั่วไปจะใช้ปฏิกิริยาเคมี การหมัก และความร้อนเพื่อย่อยสลายสารชีวโมเลกุล เช่น แป้ง น้ำตาล โปรตีน และไขมัน ในพืชหรือวัตถุดิบที่นำมาผลิต จากนั้นจึงนำไปผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพเพื่อเติมแต่งหรือปรับปรุงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสำหรับการนำไปใช้งานต่อไป

2.2 รูปแบบของเชื้อเพลิงชีวภาพ

2.2.1 ของแข็ง

2.2.1.1 ไม้ (Wood) เป็นเชื้อเพลิงชีวภาพที่ได้มาจากอินทรีย์วัตถุ ซึ่งได้แก่ ต้นไม้และพืช โดยจะให้ชีวมวลในรูปของฟืน ชี้เลื่อย เศษไม้ ถ่าน และไม้อัดเม็ดที่สามารถเผาไหม้ได้และให้เป็นพลังงานความร้อน

2.2.1.2 พืช (Agricultural Wastes) พืช เช่น ชังข้าวโพด ชานอ้อย แกลบ ข้าวฟ้าย กากถั่วลิสง หญ้าเนเปียร์ และสิ่งปฏิกูลที่ได้จากสัตว์ เช่น มูลสัตว์ หนัสด์ ฯลฯ สามารถให้เป็นพลังงานความร้อนและสามารถนำไปผลิตไฟฟ้าได้

2.2.2 ของเหลว

2.2.2.1 ไบโอดีเซล (Biodiesel) เป็นเชื้อเพลิงชีวภาพที่ผลิตได้จากไขมัน สัตว์ สาหร่ายขนาดเล็ก และน้ำมันจากพืช โดยพืชส่วนใหญ่นิยมผลิต ได้แก่ ทานตะวันและ

ปาล์มน้ำมัน ไบโอดีเซลเกิดขึ้นจากการรวมกันของไขมันและน้ำมันจากสัตว์และพืชตามลำดับ จากนั้นจึงนำมาปรับปรุงคุณภาพด้วยกระบวนการทางเคมี เช่น กระบวนการทรานเอสเทอริฟิเคชัน (Transesterification) ภายใต้ภาวะอุณหภูมิสูง และได้เป็นไบโอดีเซลที่มีคุณสมบัติการเผาไหม้คล้ายกับดีเซลจากปิโตรเลียมและสามารถใช้ทดแทนกันได้ และที่สำคัญ คือ สามารถย่อยสลายได้เองตามกระบวนการชีวภาพในธรรมชาติและไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม

2.2.2.2 เอทานอล (Ethanol) เป็นเชื้อเพลิงหมุนเวียนในธรรมชาติที่มีลักษณะใส ไม่มีสี และผลิตได้จากชีวมวล (Biomass) ทั้งพืชและสัตว์ อาทิ ข้าวโพด ข้าวสาลี มันสำปะหลัง ฟาง ต้นหลิว ชี้อ้อย ข้าวฟ่าง และหญ้า เป็นต้น เอทานอลเป็นแอลกอฮอล์ที่ผลิตขึ้นโดยผ่านกระบวนการหมักชีวมวลที่มีคาร์บอนสูง โดยสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์ และใช้เป็นสารผสมกับน้ำมันเบนซินเพื่อเพิ่มค่าออกเทนและลดคาร์บอนมอนอกไซด์และการปล่อยควัน

2.2.2.3 เมทานอล (Methanol) เมทานอลเป็นเชื้อเพลิงเหลวที่เป็นแอลกอฮอล์เช่นเดียวกับเอทานอล สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์ของยานพาหนะต่าง ๆ โดยเฉพาะรถแข่ง เมทานอลมีในองค์ประกอบทางเคมีที่มีความคล้ายคลึงกับมีเทนอย่างมาก ความแตกต่างเพียงประการเดียวคือมีเทนเป็นก๊าซ ในขณะที่เมทานอลเป็นของเหลว โดยชีวมวลจะถูกแปลงเป็นเมทานอลผ่านการแปรสภาพเป็นก๊าซผ่านกระบวนการทางเคมีต่าง ๆ เช่น กระบวนการรีฟอร์มมิงมีเทน (CH_4 Reforming) กระบวนการแปรสภาพเป็นก๊าซ (Gasification) เพื่อผลิตเป็นเมทานอลชีวภาพที่เผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ โดยไม่มีเขม่าและให้เปลวไฟสีฟ้า

2.2.2.4 บิวทานอล (Butanol) เป็นแอลกอฮอล์ที่เป็นเชื้อเพลิงชีวภาพอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งเกิดขึ้นจากกระบวนการหมักสาหร่ายหรือแบคทีเรีย วิธีที่ใช้กันมากที่สุดในการผลิตบิวทานอลคือการหมักน้ำตาลที่พบในวัตถุดิบชีวมวล โดยบิวทานอลจะมีปริมาณพลังงานต่อหน่วยสูงกว่าเอทานอลและเมทานอล แต่มีโครงสร้างและประสิทธิภาพทางเคมีคล้ายกับน้ำมันเบนซิน สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ได้โดยตรงโดยไม่ต้องผ่านการดัดแปลงใด ๆ อีกทั้งสามารถลดการปล่อยคาร์บอนได้อย่างมีนัยสำคัญถึง 85% เมื่อเทียบกับน้ำมันเบนซิน

2.2.3 ก๊าซชีวภาพ (Biogas) เป็นเชื้อเพลิงชีวภาพในรูปของก๊าซที่มีคุณสมบัติคล้ายก๊าซธรรมชาติ ซึ่งได้จากกระบวนการสลายชีวมวลทั้งพืชและสัตว์ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน

ออกซิเจน โดยมีองค์ประกอบหลักคือก๊าซมีเทน ปัจจุบันนิยมนำมาบรรจุในถังก๊าซสำหรับใช้ในครัวเรือนความสำคัญของเชื้อเพลิงชีวภาพเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่สะอาดและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมลดการนำเข้าเชื้อเพลิงฟอสซิล สร้างความมั่นคงด้านพลังงานและเสถียรภาพทางเศรษฐกิจต้นทุนต่ำ ผลิตได้ง่าย และมีราคาถูกกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิลเผาไหม้ได้ดีกว่าปิโตรเลียมและดีเซล ลดการสร้างมลพิษทางอากาศ ฝนกรด และก๊าซเรือนกระจกเพิ่มอัตราการจ้างงานในท้องถิ่น และช่วยส่งเสริมการเกษตรและมูลค่าเพิ่มในภาคเกษตรกรรมได้เป็นอย่างดีสถานการณ์การผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพในประเทศไทยประเทศไทยเป็นประเทศแรกในกลุ่มอาเซียนที่มีนโยบายการสนับสนุนการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพเพื่อลดการพึ่งพาน้ำมันจากต่างประเทศและสร้างมูลค่าเพิ่มแก่วัตถุดิบทางการเกษตร สำหรับประเทศไทยแล้ว เชื้อเพลิงชีวภาพถือเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกที่มีความน่าสนใจเป็นอย่างมากเนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีศักยภาพทางการผลิตวัตถุดิบสำหรับเชื้อเพลิงชีวภาพสูงมาก อีกทั้งการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพในประเทศไทยยังส่งผลดีต่อเศรษฐกิจการจ้างงานในภาคเกษตรกรรม การสร้างมูลค่าจากผลผลิตทางการเกษตรของไทย รวมไปถึงประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยปัจจุบันเชื้อเพลิงชีวภาพที่ดำเนินการผลิตเชิงพาณิชย์และจำหน่ายอยู่ในประเทศไทยนั้น ได้แก่ เอทานอล น้ำมันแก๊สโซฮอล์ น้ำมันดีเซล ปาล์ม (บริสุทธิ์) และไบโอดีเซล โดยทางภาครัฐได้ออกแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558–2579 (Alternative Energy Development Plan: AEDP2015) ซึ่งมีเนื้อหาครอบคลุมถึงการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งไบโอดีเซล สิทธิพิเศษทางภาษีจากคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) การให้การสนับสนุนทางด้านการวิจัยและพัฒนา รวมไปถึงการให้ความรู้ทางด้านเชื้อเพลิงชีวภาพแก่ประชาชนเพื่อให้มั่นใจว่าประเทศไทยสามารถบรรลุเป้าหมายการผลิตและการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพอันจะนำไปสู่การพัฒนาเศรษฐกิจแบบยั่งยืนได้อย่างมั่นคง

2.3 ทฤษฎีการวิเคราะห์สมบัติน้ำมันเชื้อเพลิง

2.3.1 ค่าความร้อน สมบัติทางความร้อนของชีวมวล คือ ค่าความร้อนสูง (Higher heating value, HHV) และค่าความร้อนต่ำ (Lower heating value, LHV) ซึ่งค่าความร้อนสูงคำนวณได้จากปริมาณธาตุในชีวมวล หรือวิเคราะห์ด้วยเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ ขณะที่ค่าความร้อนต่ำคำนวณได้หลังจากทราบค่าความร้อนสูงตามรายละเอียดของสมการต่อไปนี้

2.3.1.1 สมการค่าความร้อนสูงจากการคำนวณปริมาณธาตุ

□□□

$$\square\square\square = -\square.\square\square\square\square + \square.\square\square\square\square\square + \square.\square\square\square\square\square + \square.\square\square\square\square$$

□

เมื่อ HHVdry = ค่าความร้อนสูงฐานแห้ง (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)

C = ร้อยละคาร์บอน

H = ร้อยละไฮโดรเจน

O = ร้อยละออกซิเจน

2.3.1.2 สมการค่าความร้อนสูงจากเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์

$$\square\square\square\square\square = \frac{(\square \times \Delta\square) - \square\square}{\square}$$

เมื่อ HHVwet = ค่าความร้อนสูงฐานเปียก (Mj/kg)

C = ความจุความร้อน (Mj/°C)

ΔT = ความแตกต่างของอุณหภูมิ (°C)

Qi = ค่าความร้อนจากการเผาไหม้ (Mj)

m = มวลของชีวมวล (kg)

ค่าความร้อนสูงฐานเปียกจากผลวิเคราะห์ด้วยเครื่องบอมบ์แคลอริมิเตอร์ สามารถเปลี่ยนเป็นค่าความร้อนสูงฐานแห้งโดยคำนวณตามสมการต่อไปนี้

$$\square\square\square\square\square = \square\square\square\square\square \times \left(\square - \% \frac{\square\square\square\square\square\square\square}{\square\square\square} \right)$$

เมื่อ HHVdry = ค่าความร้อนสูงฐานแห้ง (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)

Moisture = ความชื้นของชีวมวล (ร้อยละโดยน้ำหนัก)

2.3.1.3 สมการค่าความร้อนต่ำ

$$\square\square\square\square\square = \square\square\square\square\square - \square \times \frac{(\square\square)}{\square\square\square}$$

เมื่อ LHVdry = ค่าความร้อนต่ำฐานแห้ง (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)

α = ค่าความร้อนแฝงของน้ำที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

มีค่าเท่ากับ 2.430 เมกะจูลต่อกิโลกรัม

β = มวลของน้ำที่เกิดจากการเผาไหม้ไฮโดรเจน 1 กิโลกรัม

คือ 8.936 กิโลกรัม

H = ร้อยละของไฮโดรเจนจากการวิเคราะห์แบบแยกธาตุ
(ฐานแห้ง)

2.3.2 ความหนาแน่น ความหนาแน่นแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

ความหนาแน่นรวมและความหนาแน่นอนุภาคโดยความหนาแน่นรวมวิเคราะห์จากการชั่งน้ำหนักเทียบกับปริมาตรของบีกเกอร์ที่อุณหภูมิประมาณ 15 องศาเซลเซียส ซึ่งบีกเกอร์ที่ใช้มีปริมาตร 10 ml เริ่มต้นด้วยการใส่ชีวมวลให้ได้ปริมาตร 5 ml แล้วอ่านน้ำหนักเปรียบเทียบกับปริมาตรบีกเกอร์จะทราบความหนาแน่นรวมความหนาแน่นอนุภาควิเคราะห์ได้หลังจากการวิเคราะห์ความหนาแน่นรวม เพราะชีวมวล 5 ml ที่อยู่ในบีกเกอร์ปริมาตร 10 ml จะถูกเทน้ำเปล่า 5 ml ลงไปในบีกเกอร์ดังกล่าวแล้วชั่งน้ำหนักเทียบกับปริมาตรของบีกเกอร์จะทราบความหนาแน่นอนุภาค

2.3.3 ความหนืด ความหนืดของไบโอดีเซลวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM

D445 ด้วย Cannon-Fenske opaque viscometer โดยใส่ไบโอดีเซลประมาณ 10 กรัมลงในหลอดแก้ว ที่อุณหภูมิเครื่อง 40 องศาเซลเซียส เวลาการไหลของไบโอดีเซลในหลอดแก้วจะถูกนำไปคูณกับแฟคเตอร์ของหลอด ซึ่งเป็นแฟคเตอร์ของการปรับเทียบกับของเหลวมาตรฐาน

2.3.4 จุดวาบไฟ – จุดติดไฟ วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D93

ด้วยเครื่องยี่ห้อ Art 750/BIS-Digital Electric Pensky – martens การวิเคราะห์จุดติดไฟเป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ต่อจากการวิเคราะห์จุดวาบไฟ หลังจากพบอุณหภูมิจุดวาบไฟแล้วให้จุดไฟที่อุณหภูมิน้ำมันชีวภาพเปลี่ยนแปลงทุก 1 องศาเซลเซียส จนกระทั่งพบว่าการลุกไหม้ของเปลวไฟนาน 3-5 วินาที ติดต่อกันนั้น คือ จุดติดไฟอ่านและจดบันทึกค่าอุณหภูมิขณะเกิดจุดติดไฟ

2.3.5 การวิเคราะห์กรดของน้ำมัน ค่าความเป็นกรด (acid value)

เป็นค่าที่บ่งชี้คุณภาพของน้ำมันและไขมัน โดยเป็นค่าที่บ่งชี้ว่าไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ที่เป็นส่วนประกอบหลักในไขมันและน้ำมัน ถูกย่อยสลายด้วยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) โดยมีเอนไซม์ไลเปส (lipase) และความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้ผลิตภัณฑ์ คือ

กลีเซอรอล และกรดไขมันอิสระ ซึ่งทำให้น้ำมันและไขมันมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น จะบอกผลออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์

2.3.6 การวิเคราะห์ธาตุ CHNSO การวิเคราะห์ธาตุ CHNSO หรือที่เรียกว่าการวิเคราะห์ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์หรือจุลวิเคราะห์ธาตุ คือการระบุปริมาณของคาร์บอน (C), ไฮโดรเจน (H), ไนโตรเจน (N), ซัลเฟอร์ (S) และออกซิเจน (O) ที่อยู่ในตัวอย่าง การวิเคราะห์ดังกล่าวนี้เป็นเทคนิคที่มีความน่าเชื่อถือและความคุ้มค่าซึ่งใช้ในการประเมินความบริสุทธิ์และองค์ประกอบทางเคมีของสารประกอบต่าง ๆ และสามารถนำไปใช้กับตัวอย่างต่าง ๆ ได้หลากหลายประเภท เช่น สารที่เป็นของแข็ง ของเหลว สารระเหย และสารที่มีความหนืด ทั้งนี้ การทราบองค์ประกอบในธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ยังช่วยให้นักวิเคราะห์ระบุโครงสร้างของสารตัวอย่างได้อีกด้วย โดยสามารถนำลักษณะเฉพาะทางเคมีของสารประกอบอินทรีย์ไปใช้ในการวิจัยรวมถึงการควบคุมคุณภาพ (QC) ได้ด้วย การวิเคราะห์ธาตุเป็นเทคนิคในการวิเคราะห์ที่เชื่อถือได้อย่างมาก โดยมีการนำไปใช้งานในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มากมาย เทคนิคที่พบได้บ่อยที่สุดของการวิเคราะห์ธาตุ CHNSO จะอิงตามการเผาไหม้ของตัวอย่าง ซึ่งสามารถดำเนินการได้ในเครื่องมือเฉพาะทางที่เรียกว่าเครื่องวิเคราะห์ธาตุ เมื่อมีการเผาไหม้ ตัวอย่างจะสร้างแก๊สที่มีองค์ประกอบของธาตุ C, H, N และ S ที่มีลักษณะเป็นแบบเดียวกัน โดยผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้เหล่านี้ (เช่น CO_2 , H_2O , NO_2 และอื่น ๆ) จะได้รับการตรวจวัดโดยใช้เทคนิคโครมาโตกราฟีแก๊ส จากนั้นจะมีการกำหนดอัตราส่วนขององค์ประกอบในตัวอย่างดั้งเดิม โดยสามารถกำหนด C, H, N และ S ทั้งหมดพร้อมกันได้ ในขณะที่ O อาจวิเคราะห์ได้ในขั้นตอนที่ 2 โดยวิธีการไพโรไลซิส

3. ยางพาราและเศษชี้นยางพารา (สถาบันวิจัยยางพารา ระดับภูมิภาค)

3.1. ยางพารา

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ เพราะกว่าหนึ่งล้านครอบครัวในประเทศไทยนั้น ต่างปลูกยางพาราเพื่อทำเป็นรายได้หลักให้กับครอบครัวทั้งสิ้น ซึ่งในแต่ละปีประเทศไทยนั้นมีการส่งออกยางพารากว่าหลายล้านตัน ซึ่งสามารถสร้างรายได้ให้กับประเทศไทย โดยเฉพาะน้ำยาง ซึ่งเป็นผลผลิตของต้นยางพาราที่ได้มาจากท่อลำเลียงอาหารที่อยู่ภายในเปลือกของต้นยางพารา ซึ่งสามารถนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ยางชนิดต่าง ๆ ได้นั่นเอง

3.2 ประโยชน์และสรรพคุณของยางพารา

ตัวน้ำยางที่ออกมาจากเปลือกของต้นยางพารานั้นสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ของใช้ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้

3.2.1 ยางยานพาหนะ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าการส่งออกสูงสุดทั้งล้อรถยนต์ ล้อเครื่องบิน ล้อรถจักรยานยนต์ ล้อรถจักรยาน และล้ออื่น ๆ ทั้งยางนอกและยาง ใน รวมถึงยางอะไหล่รถยนต์

3.2.2 ถุงมือยางทางการแพทย์ ถุงมือยางที่ผลิตในประเทศไทย ประกอบด้วย ถุงมือตรวจโรค และถุงมือผ่าตัด

3.2.3 รองเท้าและอุปกรณ์กีฬา รองเท้ายางและพื้นรองเท้าที่ทำจากยางธรรมชาติรวมทั้งอุปกรณ์กีฬาบางชนิด มี ส่วนผสมที่เป็นยางธรรมชาติและผลิตในประเทศไทยปีหนึ่งจำนวนไม่น้อย

3.2.4 ยางยืดและยางรัดของ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ยางธรรมชาติจำนวนมากในส่วนผสมยางยืดใช้ใน อุตสาหกรรมตัดเย็บ เสื้อผ้าต่าง ๆ

3.3 เศษขี้ยางพารา

เศษขี้ยางพารา หมายถึง ยางที่ติดตามรอยกรีด ยางก้นถ้วย ยางที่ตกตามพื้นดิน ตามภาชนะบรรจุ จากบ่อบำบัดน้ำเสีย ยางที่เหลือจากการแปรรูปยางแผ่นดิบ ยางฟอง ยางแผ่นรมควัน น้ำยางข้น ยางแท่ง หรือยางก้อนถ้วยคุณภาพต่ำที่มีขี้เปลือก เศษดิน เศษไม้ ติดอยู่ก็สามารถจัดเป็นเศษยางได้ เศษยางจึงใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตยางแท่ง เครื่องหรือยางแท่งคุณภาพต่ำ ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 เศษขี้ยางพารา

4. กระบวนการไพโรไลซิส

กระบวนการไพโรไลซิส เป็นการให้ความร้อนกับยางที่อุณหภูมิประมาณ 450–700 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่ปราศจาก ออกซิเจน (หรือมีออกซิเจนน้อย) ความร้อนจะทำให้สายโซ่โมเลกุลยางเกิดการแตกตัว ทำให้สายโซ่โมเลกุลยางสั้นลง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการนี้ประกอบด้วยก๊าซ น้ำมัน และของแข็ง (เขม่าดำ ถ่านชาร์) เช่น ขั้นตอนการไพโรไลซิส เริ่มจากการนำเศษยางมาตัดให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ถ้าเป็นยางล้อเก่าควรที่จะแยก ลวดเหล็กออกจากกระบวนการนี้ประกอบด้วยก๊าซ น้ำมัน และของแข็ง (เขม่าดำ ถ่านชาร์) ขั้นตอนการไพโรไลซิส เริ่มจากการนำเศษยางมาตัดให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ถ้าเป็นยางล้อเก่าควรที่จะแยก ลวดเหล็กออกจาก ยางก่อนเพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นภายในเครื่องปฏิกรณ์ แล้วนำเศษยางชิ้นเล็ก ๆ หรือยางผงป้อนเข้าเครื่องปฏิกรณ์ ให้ความร้อนในระบบ และทำการควบคุมความเร็วในการให้ความร้อน หลังจากนั้นสารที่ได้จากการเผาไหม้ในเครื่องปฏิกรณ์จะผ่านระบบหล่อเย็นเพื่อแยกน้ำมันและก๊าซ

4.1 ประเภทของการไพโรไลซิส

4.1.1 ไพโรไลซิสแบบช้า (Slow Pyrolysis) คือ การไพโรไลซิสที่ใช้ความเร็วในการให้ความร้อนไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส/วินาที อุณหภูมิที่ใช้ในช่วง 400–600 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นของแข็ง (เขม่าดำ ถ่านชาร์) ในปริมาณสูงและให้น้ำมันและก๊าซในปริมาณน้อย

4.1.2 ไพโรไลซิสแบบเร็ว (Fast Pyrolysis) คือ การไพโรไลซิสที่ใช้ความเร็วในการให้ความร้อน 10–100 องศาเซลเซียส/วินาที อุณหภูมิที่ใช้ในช่วง 600–650 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นน้ำมัน 50–60% ของแข็ง 25–30% และก๊าซ 15–20%

4.1.3 ไพโรไลซิสแบบเร็วมาก (Lash Pyrolysis) คือ การไพโรไลซิสที่ใช้ความเร็วในการให้ความร้อนมากกว่า 100 องศาเซลเซียส/วินาที อุณหภูมิที่ใช้สูงถึง 1,000 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นก๊าซ

4.2 ปัจจัยที่ต้องพิจารณาในกระบวนการไพโรไลซิสเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ

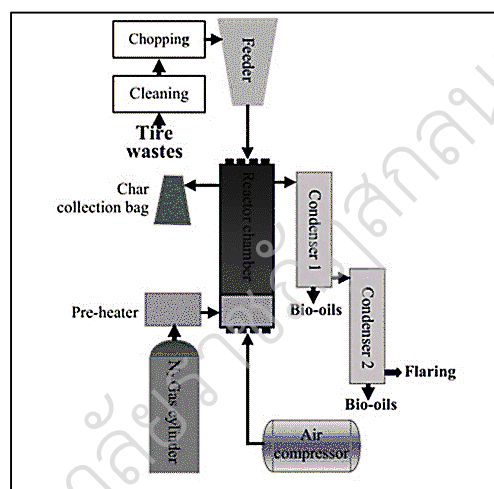
4.2.1 ขนาดและองค์ประกอบของวัตถุดิบ

4.2.2 ชนิดของเครื่องปฏิกรณ์ เนื่องจากเครื่องปฏิกรณ์แต่ละชนิดจะใช้ ความร้อนและความเร็วในการให้ความร้อนต่างกัน

4.2.3 สภาพที่ใช้ในการไพโรไลซิส เช่น อุณหภูมิ ความดัน ความเร็วในการให้ความร้อน และเวลาที่ใช้ในกระบวนการไพโรไลซิส

4.3 เครื่องปฏิกรณ์ที่นิยมใช้ในกระบวนการไพโรไลซิส

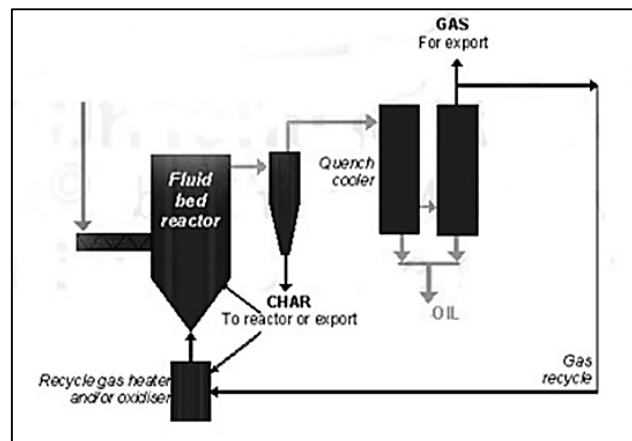
4.3.1 เครื่องปฏิกรณ์แบบเบดคงที่ (Fixed-bed reactor) หลักการคือ เมื่อบ้อนวัตถุดิบ (เศษยาง/ยางพง) เข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์ วัตถุดิบจะไม่มีการเคลื่อนที่ เมื่อให้ความร้อนวัตถุดิบจะเกิดปฏิกิริยาในเครื่องปฏิกรณ์ได้ของผสมระหว่างก๊าซและไอระเหย จากนั้นก๊าซตัวพา' (carier gas) จะนำของผสมที่ได้ออกจากกระบอก ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 แผนภาพเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดคงที่ (Fixed-bed reactor)

ที่มา : สถาบันพลาสติกและเทคโนโลยีการยาง

4.3.2 เครื่องปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไคซ์เบด (Fluidized bed reactor) หลักการคือ เมื่อบ้อนวัตถุดิบ (เศษยาง/ยางพง) เข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์ ซึ่งจะมีก๊าซตัวพา (camier sas) อยู่ด้านล่างของเครื่องปฏิกรณ์ เมื่อให้ความร้อนจะทำให้วัตถุดิบเคลื่อนที่ภายในตัวเครื่อง และเกิดการแตกตัวทั้งหมด หลังจากนั้นของเหลวและก๊าซจะถูกแยกออกจากถังปฏิกรณ์ ดังภาพประกอบ 4

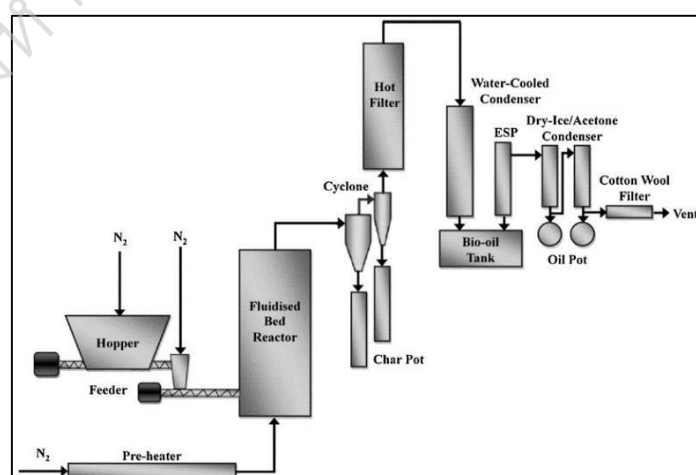


ภาพประกอบ 4 แผนภาพเครื่องปฏิกรณ์แบบฟลูอิไดซ์เบด (Fluidized bed reactor)

ที่มา : สถาบันพลาสติกและเทคโนโลยีการยาง

4.3.3 เตาปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบดแบบฟอง (Bubbling fluidised-bed reactor)

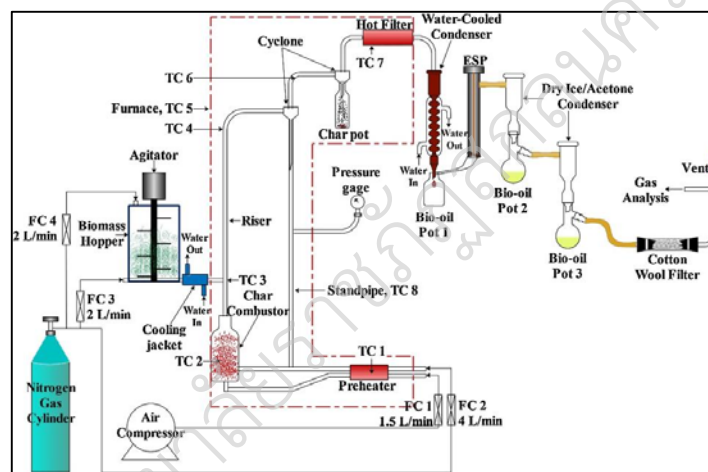
เตาปฏิกรณ์นี้เริ่มต้นสร้างที่มหาวิทยาลัยวอเตอร์ลูของประเทศแคนาดา และถูกนำมาพัฒนาต่อที่สถาบันเคมีทางไม้ของประเทศเยอรมนี เป็นเตาปฏิกรณ์ที่มีลักษณะทรงกระบอกสูงให้ความร้อนภายนอกเตาปฏิกรณ์โดยระบบฮีตเตอร์ไฟฟ้าด้านล่างของเครื่องปฏิกรณ์มีทางเข้าสำหรับแก๊สเฉื่อยซึ่งส่วนใหญ่ใช้แก๊สไนโตรเจนเพื่อสร้างชั้นการกระจายของตัวกลางถ่ายโอนความร้อน ซึ่งเตาปฏิกรณ์ชนิดนี้ทำงานร่วมกับไซโคลนเพื่อแยกถ่านชาร์ออกจากไอลไฟโรไลซิส จากนั้นไอลไฟโรไลซิสจะถูกควบแน่นด้วยน้ำและไฟฟ้าสถิตอย่างรวดเร็วเพื่อให้ได้ของเหลวสูงถึง 70–75 wt% ดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 เตาปฏิกรณ์ฟลูอิไดซ์เบดแบบฟอง

ที่มา : Pattiya และ Suttibak, 2012

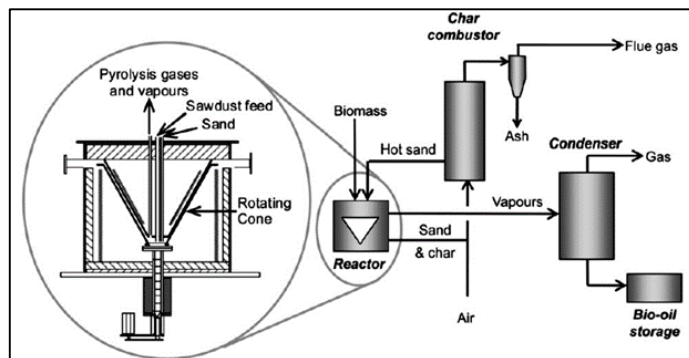
4.3.4 เตาปฏิกรณ์ฟลูอิดไคซ์เบดแบบหมุนเวียน (Circulating fluidised-bed reactor) เตาปฏิกรณ์ชนิดนี้ได้รับการพัฒนาในประเทศอิตาลีโดยบริษัท Ensyn ต่อมาบริษัท Red Arrow ในวิสคอนซินของสหรัฐอเมริกาได้นำไปใช้เชิงพาณิชย์ โดยระบบการทำงานของเตาปฏิกรณ์ชนิดนี้ถูกออกแบบให้แตกต่างจากการทำงานของเตาปฏิกรณ์ฟลูอิดไคซ์เบดแบบพอง คือ เพิ่มห้องเผาไหม้ถ่านชาร์ดังแสดงในภาพที่ 2 เพื่อกำจัดถ่านชาร์ที่ได้จากการตัดแยกที่ไซโคลนและถ่านชาร์ที่เคลือบบนตัวกลางถ่ายโอนความร้อนก่อนนำตัวกลางถ่ายโอนความร้อนกลับไปใช้แลกเปลี่ยนความร้อนในระบบอีกครั้ง ซึ่งเตาปฏิกรณ์ชนิดนี้สามารถผลิตของเหลวได้สูงถึง 70 wt% ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 เตาปฏิกรณ์ฟลูอิดไคซ์เบดแบบหมุนเวียน

ที่มา : Duanguppama และคณะ, 2016

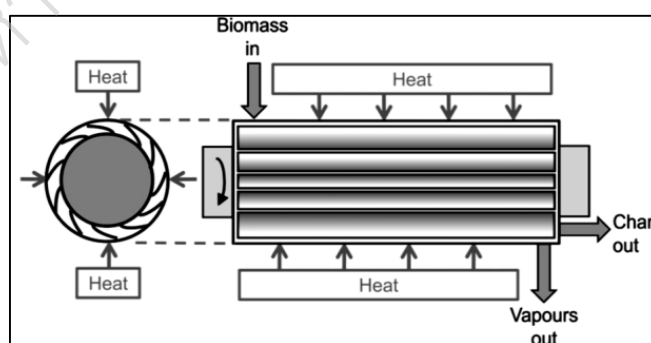
4.3.5 เตาปฏิกรณ์แบบกรวยหมุน (Rotating cone reactor) เตาปฏิกรณ์นี้มีที่มาจากมหาวิทยาลัยเวเนเตของ ประเทศเนเธอร์แลนด์ และได้รับการพัฒนาโดย BTG (Biomass Technology Group) ซึ่งเตาปฏิกรณ์ชนิดนี้ที่มีรูปแบบการทำงานด้วยการส่งถ่ายแรงเหวี่ยง โดยวัตถุดิบและทรายร้อนจะถูกป้อนเข้ากรวยด้านบนเพื่อไพโรไลซิสและสร้างแรงเหวี่ยงด้านข้างเตา จากนั้นจะส่งผ่านไโอไพโรไลซิสเพื่อควบแน่นและปล่อยแก๊สที่ไม่สามารถควบแน่นได้ที่ ส่วนด้านล่างเตาปฏิกรณ์จะส่งผ่านทรายร้อนและถ่านชาร์เผาในห้องเผาไหม้ก่อนนำทรายร้อนกลับมาใช้ในระบบอีกครั้งการไพโรไลซิสด้วยเตาปฏิกรณ์ชนิดนี้มีปริมาณผลได้ของเหลว 60–70 wt% ดังภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 เตาปฏิกรณ์แบบกรวยหมุน

ที่มา : Bridgwater, 2012

4.3.6 เตาปฏิกรณ์แบบเสียดละลาย (Ablative reactor) เตาปฏิกรณ์ชนิดนี้เริ่มต้นสร้างจากห้องวิจัย (CNRS) แนนซีของประเทศฝรั่งเศส เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความดัน การเคลื่อนที่ และอุณหภูมิ ที่ส่งผลต่อเตาปฏิกรณ์ ต่อมาห้องปฏิบัติการวิจัยพลังงานหมุนเวียนแห่งชาติโคโลราโดของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ศึกษาการป้อนวัตถุดิบเพื่อให้เกิดความดันสูงภายในกระบอกลูกสูบและได้ของเหลวร้อยละ 60-65 โดยน้ำหนัก จากนั้นมหาวิทยาลัยแอตแลนติกของประเทศอังกฤษได้พัฒนาแผ่นเพลตเพื่อใช้กับเตาปฏิกรณ์และศึกษาความดันร่วมกับกำการเคลื่อนที่พบว่า เมื่อไพโรไลซิสวัตถุดิบแบบเร็วได้ของเหลวสูงถึงร้อยละ 70-75 โดยน้ำหนัก โดยเตาปฏิกรณ์ชนิดนี้มีแผ่นเพลตความร้อนใช้กักวัตถุดิบด้วยความดันสูงลงบนผิวร้อนด้านล่างซึ่งควบคุมอุณหภูมิไว้ไม่เกิน 600 องศาเซลเซียส ซึ่งส่วนประกอบของเตาปฏิกรณ์ชนิดนี้ ดังภาพประกอบ 8

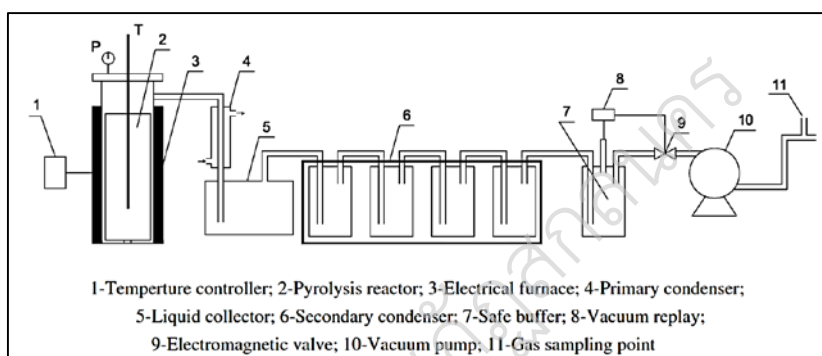


ภาพประกอบ 8 เตาปฏิกรณ์แบบเสียดละลาย

ที่มา : Bridgwater, 2012

4.3.7 เตาปฏิกรณ์แบบสุญญากาศ (Vacuum reactor) เตาปฏิกรณ์ชนิดนี้พัฒนาขึ้นในประเทศแคนาดาโดยมหาวิทยาลัยลิวอลและบริษัทไพโรแวก ซึ่งวัตถุดิบจะ

ถูกลบให้มีขนาดเล็กก่อนถูกบ้อนเข้าด้านบนลงสู่ภายในเตาปฏิกรณ์เพื่อทำปฏิกิริยากับสารตัวกลางที่อุณหภูมิไพโรไลซิสประมาณ 450 องศาเซลเซียส โดยสารจะรับความร้อนจากการเผาไหม้แก๊สที่ไม่สามารถควบแน่นได้ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการความร้อนเข้าเตาปฏิกรณ์อีกครั้ง เพราะฉะนั้นภายในเตาปฏิกรณ์จึงถูกควบคุมให้เป็นสภาวะอากาศที่มีความประมาณ 100 KPa อย่างไรก็ตามปริมาณของเหลวที่ได้จากการไพโรไลซิสด้วยชนิดนี้มีเพียง 35–50 wt% ดังภาพประกอบ 9

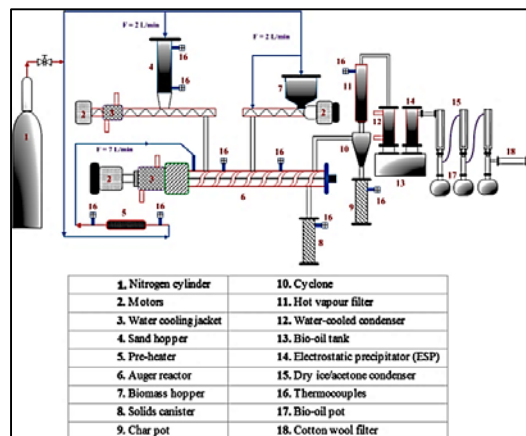


ภาพประกอบ 9 เตาปฏิกรณ์แบบสุญญากาศ

ที่มา : Xu และคณะ, 2009

4.3.8 เตาปฏิกรณ์แบบสกรูลำเลียง (Auger reactor)

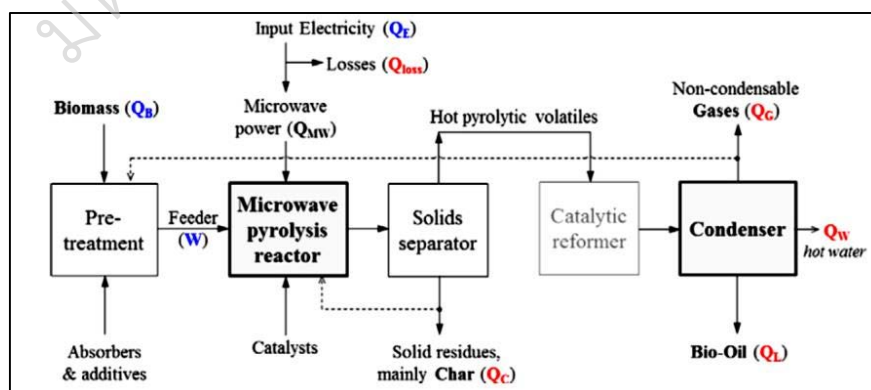
เตาปฏิกรณ์ชนิดนี้มีลักษณะเป็นทรงกระบอกวางแนวนอนภายในมีสกรูลำเลียงใช้มอเตอร์ช่วยขับเคลื่อนและให้ความร้อนด้วยขดลวดไฟฟ้า โดยมีทรายร้อนทำหน้าที่แลกเปลี่ยนความร้อนกับวัตถุดิบที่ป้อนเข้าไปผสมกันภายในเครื่องที่มีสกรูลำเลียงซึ่งทำงานด้วยความเร็วรอบสูงจนเกิดปฏิกิริยาไพโรไลซิส จากนั้นของแข็งและทรายจะถูกเก็บไว้ที่ถังเก็บถ่านชาร์ ขณะที่ไอน์ไพโรไลซิสและของแข็งบางส่วนถูกแยกด้วยไซโคลนเพื่อคัดแยกถ่านชาร์ออก จากนั้นไอน์ไพโรไลซิสจะควบแน่นด้วยชุดควบแน่นด้วยน้ำและเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตอย่างรวดเร็วและไอบางส่วนที่ไม่สามารถควบแน่นได้จะถูกควบแน่นด้วยชุดควบแน่นด้วยน้ำแข็งแห้งและแอซิโตน ซึ่งส่วนประกอบเตาปฏิกรณ์แสดงในภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 10 เตาปฏิกิริยาแบบสกรูลำเลียง

ที่มา : Sirijanusorn และคณะ, 2013

4.3.9 เตาปฏิกิริยาแบบไมโครเวฟ (Microwave reactor) เตาปฏิกิริยาชนิดนี้ทำงานโดยอาศัยความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ ซึ่งเป็นเทคนิคที่แตกต่างจากเตาปฏิกิริยาชนิดอื่นที่อาศัยความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อน ซึ่งการทำงานของเครื่องเริ่มต้นจากป้อนวัตถุดิบเข้าทำปฏิกิริยากับคลื่นไมโครเวฟ เมื่อวัตถุดิบสัมผัสกับคลื่นไมโครเวฟจะเกิดปฏิกิริยา ไพโรไลซิสทำให้น้ำและสารระเหยในในวัตถุดิบถูกขับออกอย่างรวดเร็ว จากนั้นไฮโดรคาร์บอนจะถูกแยกออกจากของแข็งและพาไปด้วยแก๊สเฉื่อยเพื่อควบแน่นเป็นของเหลวที่คอนเดนเซอร์อย่างรวดเร็วโดยปริมาณของเหลวที่ได้ประมาณ 50 wt% ดังภาพประกอบ 11



ภาพประกอบ 11 เตาปฏิกิริยาแบบไมโครเวฟ

ที่มา : Yin, 2012

4.3.10 ชุดกรองไอร้อน และชุดควบแน่น

4.3.10.1 ชุดกรองไอร้อน

ชุดกรองไอร้อนทำหน้าที่ดักจับของแข็งที่มีขนาดเล็กก่อนควบแน่นไอน้ำให้เป็นของเหลว ซึ่งหากขาดชุดกรองไอร้อนจะทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้มีปริมาณของแข็งปริมาณต่ำ และความหนืดสูง ส่งผลให้เสียสภาพในการเก็บรักษาของน้ำมันเชื้อเพลิงลดลง นอกจากนี้ชุดกรองไอร้อนยังสามารถตั้งตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อเร่งปฏิกิริยาการสลายตัวของโครงสร้างทางเคมีของไอดี โดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่ติดตั้งในตำแหน่งนี้ต้องมีคุณสมบัติปฏิกิริยาที่เหมาะสมเพื่อให้ไอดีที่ไหลผ่านถูกตัดด้วยความร้อนให้มีโครงสร้างทางเคมีคล้ายกับโครงสร้างรูปพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับชุดกรองไอร้อนประมาณ 500 องศาเซลเซียส

4.2.10.2 ชุดควบแน่น

ชุดควบแน่น ทำหน้าที่ควบแน่นไอน้ำมันหมูให้กลายเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ออกแบบชุดควบแน่นนี้ด้วยการทำความเข้าใจของระบบคอมเพรสเซอร์ เพื่อความแม่นยำในการควบคุมอุณหภูมิและประสิทธิภาพในการควบแน่นไอดีให้ได้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงสูงสุด

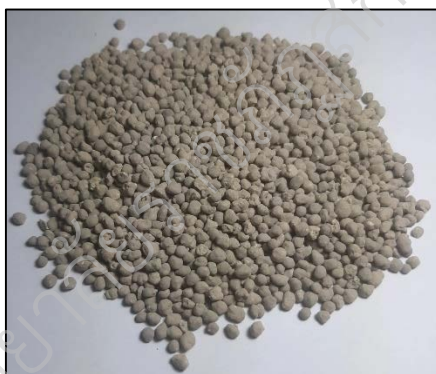
5. ตัวเร่งปฏิกิริยา

ทฤษฎีการเร่งปฏิกิริยา รูปแบบการเร่งปฏิกิริยาแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ การเร่งปฏิกิริยาแบบเอกพันธ์ (Homogeneous catalysis) และการเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธ์ (Heterogeneous Catalysis) ซึ่งการเร่งปฏิกิริยาทั้งสองประเภทมีลักษณะที่แตกต่างกัน คือ การเร่งปฏิกิริยาแบบเอกพันธ์จะนำตัวเร่งปฏิกิริยาที่อยู่ในรูปของของแข็งไปใช้แทนตัวกลางถ่ายโอนจึงทำให้พื้นที่ผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนความร้อนกับวัตถุดิบโดยตรง เมื่อเศษขี้เถ้าพาราสลายตัวกลายเป็นไอดีจะไหลผ่านโครงสร้างรูปพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้โมเลกุลของไอดีที่ไหลผ่านเปลี่ยนรูปเหมือนกับโครงสร้างรูปพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยา ชนิดนั้น ขณะที่การเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธ์ คือ การนำตัวเร่งปฏิกิริยาที่อยู่ในรูปของของแข็งไปไว้ในตำแหน่งที่ไอดีไหลผ่าน เช่น ชุดกรองไอร้อน โดยการเร่งปฏิกิริยาในตำแหน่งนี้ไอดีที่ไหลผ่านที่เกิดจากการสลายตัวของเศษขี้เถ้าพาราบางส่วนสัมผัสกับพื้นที่ผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้เกิดเป็นสารเคมีหรือแก๊สชนิดต่าง ๆ และบางส่วนไหลผ่านรูปพรุนของตัวเร่ง

ปฏิกิริยาและเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโมเลกุลของไอให้มีโครงสร้างเหมือนกับรูปพรุนของตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดนั้น

5.1 ตัวเร่งปฏิกิริยาโดโลไมท์ Dolomite

องค์ประกอบหลักของตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดนี้ คือ แคลเซียมและแมกนีเซียม โดยแคลเซียมและแมกนีเซียมจะมีปริมาณที่แตกต่างกันไปตามแหล่งที่พบ ซึ่งประเทศไทยพบโดโลไมท์ได้มากที่จังหวัดกาญจนบุรีและจังหวัดสุราษฎร์ธานี โดโลไมท์มีโครงสร้างรูปผลึกสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนซึ่งผิวหน้าของผลึกมีลักษณะโค้งคล้ายอานม้าและมีสูตรทางเคมีคือ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ เมื่อเผาที่อุณหภูมิสูงจะทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สลายตัวเกิดเป็นรูปพรุน ซึ่งรูปพรุนนี้จะช่วยให้โดโลไมท์ทนต่ออุณหภูมิสูงและช่วยเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมีของสารที่ไหลผ่านทำให้สารนั้นมีองค์ประกอบทางเคมีที่ดีขึ้น ดังภาพประกอบ 12



ภาพประกอบ 12 ตัวเร่งปฏิกิริยาโดโลไมท์

5.2 ตัวเร่งปฏิกิริยาถ่านไม้ Activated carbon

ถ่านไม้หรือคาร์บอนกัมมันต์ มีชื่อเรียกภาษาอังกฤษคือ activated carbon หรือ activated charcoal คือถ่านที่ต้องนำไปผ่านกระบวนการกระตุ้นด้วยสารเคมีหรือวิธีทางกายภาพก่อน เพื่อให้โครงสร้างทางกายภาพของถ่านเกิดรูปพรุนหรือรอยแตกขนาดเล็กในระดับนาโนเมตรจำนวนมาก โดยขนาดรูพรุนของถ่านกัมมันต์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการดูดซับ เมื่อมีรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมากทำให้การดูดซับของโมเลกุลขนาดเล็กเพิ่มมากขึ้น ดังภาพประกอบ 13



ภาพประกอบ 13 ตัวเร่งปฏิกิริยาถ่านไม้

5.3 ตัวเร่งปฏิกิริยาถ่านไม้อัดแท่ง Extruded activated carbon

ถ่านกัมมันต์แบบอัดแท่ง (extruded activated carbon) เป็นถ่านที่นำมาขึ้นรูปลักษณะรูปทรงกระบอก มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.8 ถึง 45 mm เหมาะสำหรับการกรองดูดซับก๊าซเพราะมีความแข็งแรงเชิงกลสูงและมีปริมาณฝุ่นละอองต่ำ ถ่านกัมมันต์เคลือบอนุภาค (impregnated carbon) เป็นถ่านกัมมันต์ชนิดพิโมเลกุลสาร อินทรีย์ลงไปในโครงสร้าง เช่น โลหะเงิน ไอโอดีน ไอออนบวก จำพวก อะลูมิเนียม ดังภาพประกอบ 14



ภาพประกอบ 14 ตัวเร่งปฏิกิริยาถ่านไม้อัดแท่ง

5.4 ตัวเร่งปฏิกิริยาแกลบ Husk

แกลบนั้นจะประกอบด้วยสามส่วนคือ ส่วนของอินทรีย์ประเภทเซลลูโลส ซิลิกาและสารประกอบออกไซด์ โดยสารประกอบออกไซด์เหล่านี้ เมื่อทำปฏิกิริยากับกรด จะสามารถเกิดสารประกอบของโลหะช่วยในการละลายโลหะออกไซด์ได้ ดังภาพประกอบ



ภาพประกอบ 15 ตัวเร่งปฏิกิริยาแกลบ

5.5 ตัวเร่งปฏิกิริยาแกลบอัดก้อน Rice husk briquettes

โดยทั่วไปแล้วองค์ประกอบในแกลบนั้นจะประกอบด้วยสามส่วน คือ ส่วนของอินทรีย์ประเภทเซลลูโลส ซิลิกาและ สารประกอบออกไซด์ โดยสารประกอบออกไซด์เหล่านี้ เมื่อทำปฏิกิริยากับกรดจะสามารถเกิดสารประกอบของโลหะช่วยในการละลายโลหะออกไซด์ได้ และเพื่อใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยากำจัดไนโตรเจนออกไซด์ที่เป็นก๊าซพิษ ดังภาพประกอบ 16



ภาพประกอบ 16 ตัวเร่งปฏิกิริยาแกลบอัดแท่ง

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณัฐดนัย พรณูเจริญวงษ์ และคณะ (2567) การศึกษาผลของชนิดและตำแหน่งติดตั้งตัวเร่งปฏิกิริยาต่อปริมาณและสมบัติของน้ำมันชีวภาพมีวัตถุประสงค์เพื่อไพโรไลซิสแบบเร็วของชี้เสื่อยด้วย ตัวเร่งปฏิกิริยา 3 ชนิด คือดินขาวเคโอลิน โดโลไมต์ และหินภูเขาไฟ ตัวเร่งปฏิกิริยาถูกติดตั้ง 2 ตำแหน่ง คือ เครื่องปฏิกรณ์และกรองไอร้อน

เงื่อนไขการทดลองอุณหภูมิไพโรไลซิส 500 องศาเซลเซียสที่เลื่อย 1 กิโลกรัม และ Weight Hourly Space Velocity (WHSV) ของน้ำมันตัวเร่งปฏิกิริยาต่ออัตราการป้อนชีวมวล คือ 2 น้ำมันชีวภาพแบ่งออกเป็น 2 ส่วนน้ำมันชีวภาพหนักได้จากชุดควบแน่นด้วยน้ำหล่อเย็นและชุดควบแน่นด้วยเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตย์มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ น้ำมันชีวภาพเบาจากชุดควบแน่นด้วยน้ำแข็งผสมเกลือมีความหนาแน่นเท่ากับน้ำ น้ำมันชีวภาพหนัก คือ ผลิตภัณฑ์หลักที่นำไปวิเคราะห์สมบัติ ผลการวิจัย พบว่า การติดตั้งตัวเร่งปฏิกิริยาดินขาวเคโอสินที่เครื่องปฏิกรณ์ได้ปริมาณน้ำมันชีวภาพสูงสุดร้อยละ 50.5 โดยน้ำหนัก แต่เมื่อติดตั้งตัวเร่งปฏิกิริยาโดโลไมต์และหินภูเขาไฟปริมาณน้ำมันชีวภาพลดลงและมีปริมาณแก๊สเพิ่มขึ้นสูงถึงร้อยละ 56.7 โดยน้ำหนัก ผลวิเคราะห์สมบัติของน้ำมันชีวภาพหนัก พบว่า การติดตั้งตัวเร่งปฏิกิริยาโดโลไมต์ที่เครื่องปฏิกรณ์ช่วยเพิ่มค่าความร้อนสูงสุดเป็น 36.8 เมกะจูลต่อกิโลกรัม และมีความหนืดต่ำสุด 42.4 เซนติสโตรก จึงสรุปได้ว่าการติดตั้งตัวเร่งปฏิกิริยาดินขาวเคโอสินที่ตำแหน่งเครื่องปฏิกรณ์ ช่วยผลิตน้ำมันชีวภาพได้สูงสุด ขณะที่การติดตั้งตัวเร่งปฏิกิริยาโดโลไมต์ที่ตำแหน่งเครื่องปฏิกรณ์ช่วยปรับปรุงสมบัติของน้ำมันชีวภาพได้ดี

ชินภัทร อรุณการ (2023) การผลิตน้ำมันชีวภาพด้วยการไพโรไลซิสแบบเร็วของชีวมวลเพื่อทดสอบใช้งานในเครื่องยนต์ มีวัตถุประสงค์เพื่อไพโรไลซิสแบบเร็วของชี้อเลื่อยปนเปื้อนในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไคด์เบดที่อัตราการป้อนชีวมวล 1 กิโลกรัม/ชั่วโมง และอุณหภูมิปฏิกิริยา 500 องศาเซลเซียส อัตราการให้ความร้อน 50 องศาเซลเซียสต่อวินาที เมื่อสิ้นสุดการทดลองสมมูลมวลเพื่อหาปริมาณผลได้ของน้ำมันชีวภาพ และนำน้ำมันชีวภาพไปวิเคราะห์ค่าความร้อน ความหนืด ความหนาแน่น จุดวาบไฟ-จุดติดไฟ และปริมาณเถ้า จากนั้นนำน้ำมันชีวภาพที่เลือกไปผสมดีเซลที่อัตราส่วนร้อยละ 100:0 80:20 60:40 40:60 20:80 และ 0:100 โดยน้ำหนัก ผลการวิจัย พบว่า มีปริมาณผลได้ของน้ำมันชีวภาพร้อยละ 61.8 โดยน้ำหนัก โดยน้ำมันชีวภาพหลักที่ได้มาจากชุดควบแน่นด้วยน้ำหล่อเย็นร้อยละ 45.3 โดยน้ำหนัก ผลวิเคราะห์สมบัติ พบว่า น้ำมันชีวภาพนี้มีค่าความร้อน 32.6 เมกะจูล/กิโลกรัม ความหนืด 7.9 เซนติสโตรกส์ ติดไฟที่อุณหภูมิ 26.2 องศาเซลเซียส เมื่อนำน้ำมันชีวภาพนี้ไปผสมกับดีเซลในอัตราส่วนที่ลดลงร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ค่าความร้อนและอุณหภูมิติดไฟเพิ่มขึ้น ขณะที่ความหนืดลดลงอย่างต่อเนื่อง ผลการทดสอบน้ำมันชีวภาพในเครื่องยนต์ พบว่า ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้ภายในห้องเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ส่งผลให้ปริมาณไฮโดรคาร์บอนและคาร์บอนมอนอกไซด์ลดลงอย่างชัดเจน จึงควร

ต่อยอดงานวิจัยนี้เพื่อประยุกต์ใช้น้ำมันชีวภาพในเครื่องยนต์เพื่อศึกษาสมรรถนะในระยะยาวต่อไป

Rueangsak K, Heman A, Kraisoda P, Tasarod H, Duanguppama K, Morris J. (2022) การไพโรไลซิสของชีวมวลเสียเพื่อผลิตพลังงานที่สามารถนำมาใช้ได้นั้น มีศักยภาพในการบรรเทาการใช้ทรัพยากรเชื้อเพลิงฟอสซิลที่มีอยู่อย่างจำกัดได้บางส่วน เราอธิบายการผลิตไบโอออยล์โดยใช้การไพโรไลซิสอย่างรวดเร็วของเศษซากมันสำปะหลัง ซึ่งเป็นผลพลอยได้ส่วนใหญ่ที่เสียไปจากพืชมันสำปะหลัง ชีวมวลเสียถูกผสมกับสารเติมแต่งสองชนิดที่หาได้ง่าย ได้แก่ หินภูเขาไฟและเอทานอล ในเครื่องปฏิกรณ์แบบตกอิสระ เพื่อสร้างไบโอออยล์ ชาร์ และก๊าซสังเคราะห์ โดยใช้ลำต้นมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบ เราได้ทดสอบอุณหภูมิปฏิกิริยาไพโรไลซิสในช่วง 450–500 °C ในเครื่องปฏิกรณ์แบบตกอิสระ โดยใช้การไหลของ N₂ การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ไพโรไลซิสควรมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในช่วงนี้ ดังนั้นจึงทดสอบผลกระทบของเอทานอลและหินภูเขาไฟในฐานะสารเติมแต่งที่อุณหภูมิ 500 °C ผลผลิตไบโอออยล์อยู่ระหว่าง 58 ถึง 60% ชาร์คิดเป็น 17–19% และก๊าซคิดเป็น 21–24% เมื่อใช้หินภูเขาไฟ ค่าความร้อนที่สูงขึ้นจะสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ 23.6 MJ/kg เมื่อเทียบกับ ~19 MJ/kg เมื่อใช้มันสำปะหลังเพียงอย่างเดียวหรือเอทานอลที่เติมเข้าไป ซีโอไลต์ที่พบได้ทั่วไป ราคาไม่แพง และเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติในหินภูเขาไฟ ทำให้ชีวมวลย่อยสลายเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญภายใต้สภาวะการทดลองเดียวกัน ซึ่งนำไปสู่การปรับปรุงนี้

เกษร ดวงอุปมา (2562) ได้ศึกษาการแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยการไพโรไลซิสแบบเร็ว โดยขยะพลาสติกที่ใช้ในการทดลองมี 3 ชนิด ได้แก่ ถุงพลาสติก ขวดพลาสติก และพลาสติกฟิวซีอุณหภูมิไพโรไลซิส 5 ระดับ คือ 400 450 500 550 และ 600 องศาเซลเซียส และตัวเร่งปฏิกิริยา 3 ชนิด คือ ZSM-5, Dolomite และ Kadlin ที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณผลได้ของผลิตภัณฑ์ สมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง แรงม้าเบรก เครื่องยนต์ และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ผลการทดลอง พบว่า เมื่อไพโรไลซิสแบบเร็วขยะถุงพลาสติกที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส สามารถผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงได้สูงสุด 65.7 wt% น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้นี้มีค่าความร้อนสูงสุด 42.7 MJ/kg มีค่าความหนาแน่น 9375 Kg/m³ และมีความหนืด 1.3 cSt เมื่อไพโรไลซิสแบบเร็วขยะถุงพลาสติกนี้ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา 75M-5 พบว่า ปริมาณผลได้ของน้ำมันเชื้อเพลิงลดลงเป็นร้อยละ 57.8 โดยน้ำหนัก แต่น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้นี้มีค่าความร้อนเพิ่มขึ้นสูงสุดเป็น 43.2 MJ/kg มีค่า

ความหนาแน่นลดลงเป็น 892.3 Kg/m³ และมีความหนืดลดลงเป็น 1.0 cSt ผลการทดสอบ น้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลแบบสูบเดี่ยว พบว่า น้ำมันเชื้อเพลิงจากขยะถุงพลาสติก มีแรงม้าเบรก 1 1.4 hp และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 1.4 l/h แต่ น้ำมันเชื้อเพลิง จากขยะถุงพลาสติกกรณีใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM-5 มีแรงม้าเบรกเพิ่มขึ้นเป็น 11.9 hp และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 1.3 l/h

พิชามณัฐ สมบัติทวี (2562) โครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาการผลิตน้ำมัน จากยางรถยนต์ใช้แล้วโดยกระบวนการไพโรไลซิส มีวัตถุประสงค์เพื่อมุ่งเน้นที่จะศึกษา กระบวนการผลิต และผลผลิตจากกระบวนการไพโรไลซิส โดยใช้วัตถุดิบจากยางรถยนต์ ใช้แล้วซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมากมาทำให้เป็นเชื้อเพลิงที่ให้พลังงานเทียบเท่าหรือทดแทน พลังงานจากฟอสซิล จากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลของผู้วิจัยพบว่า ในปัจจุบันประเทศไทยปริมาณยางรถยนต์ใช้แล้วที่ต้องการจัดในปี พ.ศ. 2561 มากถึง 10 ล้านเส้น หรือเทียบ ได้กับ 190,491 ton หากสามารถนำมาผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงโดยกระบวนการไพโรไลซิส โดยวิเคราะห์จากการนำผลกรณีศึกษา ณ โรงงานแห่งหนึ่ง พบว่าสามารถผลิตปริมาณ น้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งมีคุณภาพเทียบเท่าน้ำมันเตาประมาณ 96 ล้านลิตร คิดเป็นมูลค่า ประมาณ 867 ล้านบาท สำหรับผลผลิตอื่น ๆ ได้แก่ (1) พงถ่านที่มีค่าพลังงานความร้อน 7,069 kcal/kg ซึ่งสามารถที่จะจำหน่ายเป็นเชื้อเพลิงทดแทนสำหรับใช้ในโรงงานปูนซีเมนต์ ทำเชื้อเพลิงผสม เชื้อเพลิงตรงสำหรับหม้อน้ำ จะได้ปริมาณพงถ่านประมาณ 66,672 ton คิดเป็นมูลค่า 133 ล้านบาท (2) ลวดเหล็ก จะได้ปริมาณประมาณ 19,049 ton คิดเป็น มูลค่าประมาณ 51 ล้านบาท และ (3) ก๊าซที่มีค่าความร้อน (lower heating value, LHV) ประมาณ 15 MJ/Nm³ สามารถนำกลับมาเป็นเชื้อเพลิง (process recover) รวมแล้วจาก กระบวนการดังกล่าวสามารถกำจัดยางรถยนต์ใช้แล้วและสร้างเงินหมุนเวียนในระบบ มากมายถึง 918 ล้านบาท ดังนั้นนอกจากจะเป็นการนำวัตถุดิบที่ไม่ได้ใช้แล้ว มาก่อให้เกิด ประโยชน์ยังเป็นการพัฒนาพลังงานทดแทนเพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการส่งเสริมความมั่นคง ด้านพลังงานรวมทั้งยังเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มและลดสถานะที่กระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้ปริมาณการใช้พลังงานต่อหน่วยผลิตที่กล่าวอ้างในโรงงานที่ศึกษา ทำให้ลดลงได้โดย การประหยัดพลังงาน 3 วิธีการหลัก ๆ คือเอาไอเสียมาอบแห้งไม้พินทุมนวนเตาปฏิกรณ์ และเปลี่ยนเชื้อเพลิงเป็นปึกไม้และเปลือกไม้ที่ราคาต่ำกว่า

เกษียร ดวงอุปมา (2560) การไพโรไลซิสแบบเร็วของชีวมวลโดยใช้ตัวเร่ง ปฏิกิริยาในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไคซ์เบดแบบหมุนเวียนสำหรับการผลิตไบโอออยล์ เริ่มจาก

การสร้างและทดสอบหน่วยไพโรไลซิสแบบเร็วที่อัตราการป้อนชีวมวล 100 Kg/h หลังจากนั้นหน่วยไพโรไลซิสถูกใช้ศึกษาผลของการปนเปื้อนของแข็งและน้ำมันในการไพโรไลซิสแบบเร็วของซีเลื่อยปนเปื้อนโดยไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา สุดท้ายศึกษาผลของการไพโรไลซิสแบบเร็วของซีเลื่อยปนเปื้อนและเห้งน้ำมันสำหรับหลัง โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้มี 4 ชนิด ประกอบด้วย ZSM-5 โคโลไมต์ เปลือกหอยเชอรี่ และดินขาวเคโอลิน โดยตัวเร่งปฏิกิริยาจะถูกติดตั้งในเครื่องปฏิกรณ์ กรองไอร้อน หรือทั้งสองส่วนผลทดสอบหน่วยไพโรไลซิสที่สร้างขึ้นใหม่ พบว่า อุณหภูมิไพโรไลซิส 500 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณผลได้ของไบโอออยล์สูงสุด 69 wt% ซึ่งประกอบด้วยไบโอออยล์หนัก 55 wt% และไบโอออยล์เบา 12 wt% โดยไบโอออยล์หนักมีปริมาณน้ำ 12 wt% ค่าความร้อนสูง 23 MJ/kg และความหนืดจลน์ 54 cSt การศึกษาผลของการปนเปื้อนในชีวมวล พบว่า น้ำมันที่ปนเปื้อนช่วยเพิ่มปริมาณผลได้ของไบโอออยล์อินทรีย์ ลดปริมาณน้ำที่เกิดจากปฏิกิริยาและเพิ่มค่าความร้อนของแก๊ส การปนเปื้อนของแข็งทำให้ปริมาณผลได้ของไบโอออยล์ลดลง 24 wt% สำหรับการปนเปื้อนทั้งน้ำมันและของแข็งไม่ส่งผลกระทบต่อฟิเอช ปริมาณของแข็งและเถ้าในไบโอออยล์ แต่เพิ่มความหนืดและค่าความร้อนอีกทั้งทำให้ค่าความร้อนของถ่านชาร์ลดลง การไพโรไลซิสแบบเร็วของซีเลื่อยปนเปื้อนด้วยโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM-5 ให้ปริมาณผลได้ของไบโอออยล์หนักต่ำสุด 39 wt% ไบโอออยล์นี้มีออกซิเจน 2.5 wt% คาร์บอน 84.4 wt% ส่งผลให้มีค่าความร้อนต่ำฐานเปียกสูงสุด 39.5 MJ/kg การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM-5 ยังให้ปริมาณผลได้ของไบโอออยล์เบาส่วนที่เป็นน้ำมัน 4.5 wt% ซึ่งมีค่าความร้อนต่ำฐานเปียก 42.7 MJ/kg การไพโรไลซิสแบบเร็วของเห้งน้ำมันสำหรับหลังโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM-5 ให้ปริมาณผลได้ของไบโอออยล์หนักต่ำสุด 32 wt% ไบโอออยล์นี้มีออกซิเจน 8.8 wt% คาร์บอน 77.9 wt% และค่าความร้อนต่ำฐานเปียก 32.5 MJ/kg การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM-5 ยังให้ปริมาณผลได้ของไบโอออยล์เบาส่วนที่เป็นน้ำมัน 3.8 wt% ซึ่งมีค่าความร้อนต่ำฐานเปียก 41.6 MJ/kg

Duanguppama K, Rueangsan K, kraisoda P, Turakan C. (2017) การไพโรไลซิสแบบเร็วของไม้กระถินยักษ์ในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไคด์เบด มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาต่อค่าความร้อนและปริมาณพลังงาน โดยทราซซิลิกาติดตั้งอยู่ในเครื่องปฏิกรณ์และใยแก้วติดตั้งอยู่ในกรองไอร้อนกรณีไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ขณะที่ซีโอไลต์ธรรมชาติและโคโลไมต์ติดตั้งอยู่ในเครื่องปฏิกรณ์และกรองไอร้อนกรณีใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งทั้งหมดทดลองที่อุณหภูมิไพโรไลซิส 500 องศาเซลเซียส ผลวิจัยพบว่ากรณีไม่

ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาไบโอออยล์หนักจากเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิตมีค่าความร้อนต่ำ 26.7 เมกะจูลต่อกิโลกรัม เมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ธรรมชาติไบโอออยล์นี้มีค่าความร้อนต่ำเพิ่มขึ้นสูงสุดเป็น 35.2 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ส่งผลให้ปริมาณพลังงานที่ได้จากการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ธรรมชาติสูงสุดร้อยละ 90.4 โดยน้ำหนัก

Suttibak S. (2017) รายงานฉบับนี้รายงานผลการศึกษาการผลิตน้ำมันไพโรไลซิสจากเศษอ้อย ได้แก่ ชานอ้อย ใบอ้อย และยอดอ้อย โดยงานวิจัยนี้ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิปฏิกิริยาต่อผลิตภัณฑ์ไพโรไลซิสของเศษอ้อยเหล่านี้ โดยทำการศึกษาลักษณะเฉพาะของตัวอย่างน้ำมันไพโรไลซิส โดยศึกษาองค์ประกอบธาตุ ความหนาแน่น ค่า pH ความหนืด และค่าความร้อน ตลอดจนปริมาณน้ำ ของแข็ง และเถ้า พบว่าอุณหภูมิปฏิกิริยาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับไพโรไลซิสของ SB, SL และ ST คือ 499°C, 403°C และ 402°C ซึ่งให้ผลผลิตน้ำมันสูงสุดที่ 64.6, 53.4 และ 52.2% เมื่อพิจารณาจากชีวมวลแห้ง ตามลำดับ

Pattiya A, Suttibak S. (2017) กากอ้อยและใบอ้อย (SL) และยอดอ้อย (ST) จากประเทศไทยถูกไพโรไลซิสในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไชน์เบดที่มีตัวกรองร้อน วัตถุประสงค์คือเพื่อศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิปฏิกิริยาและการกรองร้อนต่อผลิตภัณฑ์ไพโรไลซิสไบโอออยล์มีลักษณะเฉพาะคือ ปริมาณน้ำ ของแข็ง และเถ้า ความหนาแน่น ค่าความร้อน ค่า pH ความหนืด และความเสถียร อุณหภูมิไพโรไลซิสที่เหมาะสมสำหรับ SL และ ST คือ 429 องศาเซลเซียสและ 403 องศาเซลเซียส ซึ่งให้ผลผลิตไบโอออยล์สูงสุดที่ 52.5% และ 59.0% ตามลำดับการใช้ตัวกรองร้อนทำให้ผลผลิตไบโอออยล์ลดลง 78% อย่างไรก็ตามไบโอออยล์ที่ผ่านการกรองมีความหนืด ปริมาณของแข็งและเถ้า และความเสถียรที่ดีกว่า Duanguppama K, Pattiya A. (2015) เป็นไม้ยืนต้นที่เติบโตเร็วซึ่งได้รับการส่งเสริมให้เป็นพืชพลังงานในประเทศไทย ชีวมวลไม้ของต้นไม้ชนิดนี้มีเถ้า 2% โดยน้ำหนัก และมีค่าความร้อน (LHV) ต่ำกว่าที่ 17 MJ/kg ต้นไม้ชนิดนี้ถูกไพโรไลซิสอย่างรวดเร็วในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไชน์เบดแบบหมุนเวียน (CFB) ขนาดมาตรฐานที่อุณหภูมิ 450–550°C มีการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิปฏิกิริยาต่อผลผลิตและคุณสมบัติของผลผลิต ผลิตภัณฑ์ไพโรไลซิส ได้แก่ ไบโอออยล์ ถ่านไม้ และก๊าซ ผลผลิตไบโอออยล์ได้รับการติดตามด้วยวิธีการสองวิธี (1) เศษส่วนหนักและเศษส่วนเบา และ (2) น้ำอินทรีย์และน้ำในเครื่องปฏิกรณ์ คุณสมบัติของไบโอออยล์ที่ทดสอบ ได้แก่ ปริมาณน้ำ ค่า pH ความหนืด และค่าความร้อนที่สูงขึ้น ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าไบโอออยล์ทั้งหมดเกือบ 69% โดยน้ำหนักถูกผลิตขึ้นที่

อุณหภูมิไพโรไลซิสที่ควบคุมไว้ที่ 500°C ผลผลิตไบโอออยล์นี้สามารถแยกได้เป็นเศษส่วนหนัก 55% และเศษส่วนเบา 14% หรืออินทรีย์ 46% และน้ำปฏิกิริยา 23% จากการวิเคราะห์ไบโอออยล์ พบว่าไบโอออยล์หนักมีปริมาณน้ำต่ำ (12–20%) ในขณะที่ไบโอออยล์เบามีปริมาณน้ำสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (76–89%) ค่า pH ของไบโอออยล์หนักและเบาแตกต่างกันเล็กน้อยในช่วง 2.6–3.3 ไบโอออยล์หนักมีความหนืดที่วัดได้ที่อุณหภูมิ 40°C ที่ 27–56 cSt และค่าความร้อนที่สูงขึ้น (HHV) ที่ 20–23 MJ/kg (ตามน้ำหนักเปียก) และ 24–26 MJ/kg (ตามน้ำหนักแห้ง) การวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิไพโรไลซิสส่งผลให้ผลผลิตถ่านลดลง ผลผลิตก๊าซเพิ่มขึ้น รวมทั้ง HHV และความหนืดของไบโอออยล์หนักเพิ่มขึ้น

สุพัตรา บุตรเสรีชัย (2559) งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการไพโรไลซิสพลาสติกที่ใช้แล้วชนิด พอลิโพรพิลีน (PP) พอลิสไตรีน (PS) พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE) และพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) ซึ่งเป็นขยะ ให้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิง โดยให้ทำการศึกษาชนิดของพลาสติก อุณหภูมิ และเวลา พบว่าการไพโรไลซิสพลาสติกที่ใช้แล้วชนิด พอลิโพรพิลีน (PP) พอลิสไตรีน (PS) พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE) และพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) ได้น้ำมัน และสามารถจุดติดไฟได้ เมื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการไพโรไลซิส พบว่า สภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ปริมาณน้ำมันสูงที่สุด คือที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เวลา 10 min โดยน้ำมันที่ได้มีค่าความร้อนต่ำกว่าน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 และน้ำมันดีเซลเล็กน้อย คืออยู่ในช่วงระหว่าง 43,290.40 ถึง 43,795.60 kJ/kg สำหรับ พอลิสไตรีน (PS) มีองค์ประกอบของน้ำมันจากการวิเคราะห์ด้วยวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR เหมือนกันกับน้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 ส่วนพอลิโพรพิลีน (PP) พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE) และพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) มีองค์ประกอบคล้ายกันกับน้ำมันดีเซล และมีความหนืดใกล้เคียงกันกับน้ำมันดีเซล ดังนั้นพลาสติกที่ใช้แล้วชนิด พอลิโพรพิลีน (PP) พอลิสไตรีน (PS) พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE) และพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) สามารถผลิตให้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงได้โดยผ่านกระบวนการไพโรไลซิส

ทรงสุตา วิจารณ์ และ พนิดา สีมารูธ (2015) งานวิจัยนี้ได้พยายามนำยางก้อนถ้วยหรือขี้ยางมาใช้ในการผลิตพลังงานประเภทเชื้อเพลิงเหลวด้วยกระบวนการไพโรไลซิส เตาปฏิกรณ์ไพโรไลซิสชนิดช้าแบบเบดคงที่ได้ถูกออกแบบเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิขณะไพโรไลซิสและขนาดของวัสดุ ต่อปริมาณและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยทำการทดลองที่

อุณหภูมิไพโรไลซิส 300 – 350, 350 – 400 และ 400 – 450 องศาเซลเซียส ขนาดของวัสดุทดสอบเท่ากับ 0.5 x 0.5 เซนติเมตร และ 1.0 x 1.0 เซนติเมตรการบ้อนวัสดุเป็นแบบกะในปริมาณ 0.5 กิโลกรัม ระยะเวลาการทำไพโรไลซิส 45 นาที การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและขนาดของวัสดุมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่เป็นสถานะของแข็งน้อยมาก แต่การเพิ่มอุณหภูมิไพโรไลซิส และการลดขนาดของวัสดุทดสอบทำให้เกิดการแตกตัวของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีขนาดเล็กมากขึ้น นอกจากนี้การควบแน่นของสารโมเลกุลขนาดเล็กดังกล่าวยังเป็นผลิตภัณฑ์ของเหลวที่เกิดขึ้นได้น้อยลง ดังนั้นจึงพบว่าปริมาณผลิตภัณฑ์ส่วนที่เป็นก๊าซเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ปริมาณผลิตภัณฑ์ส่วนที่เป็นของเหลวลดลงผลิตภัณฑ์ของเหลวที่เกิดขึ้นสามารถจุดติดไฟ และถูกนำมาวิเคราะห์หาค่าความร้อน ค่าความถ่วงจำเพาะ ค่าความหนืดเปรียบเทียบกับน้ำมันเบนซินและดีเซลพบว่าค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเหลวที่ได้ต่ำกว่าของน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซล แต่ค่าความถ่วงจำเพาะและค่าความหนืดอยู่ในช่วงที่พบได้ในน้ำมันดีเซล ผลการวิเคราะห์หามุมฟังก์ชันสารประกอบของผลิตภัณฑ์เหลวด้วยเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) พบสารประกอบจำพวกอัลเคน อัลคีน และอะโรมาติก ซึ่งเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่พบอยู่ในน้ำมันเชื้อเพลิงทั่วไป

Suttibak S, Sriprateep K, Pattiya A. (2015) บทควมนี้รายงานผลการทดลองการไพโรไลซิสอย่างรวดเร็วของชี้เลี้ยงสนในโรงงานขนาดตั้งโต๊ะที่ติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไคซ์เบดและหน่วยกรองไอร้อนเป็นหลัก อิทธิพลของอุณหภูมิการไพโรไลซิสต่อการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์ได้รับการตรวจสอบ ในแต่ละการทดลอง สมดุลมวลได้รับการจัดทำขึ้นและตรวจสอบลักษณะทางเคมีและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ การทดลองไพโรไลซิสอย่างรวดเร็วดำเนินการในช่วงอุณหภูมิ 400–500°C โดยใช้ขนาดอนุภาคชีวมวล 250–425 μm ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิปฏิกิริยาที่เหมาะสมสำหรับไบโอออยล์

Khanita Kamwilaisak and Mallika Thabuot (2013) ปฏิกริยาคงที่ของยางธรรมชาติที่เหลือสำหรับการผลิตน้ำมันโดยกระบวนการไพโรไลซิส วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือการใช้ปฏิกิริยาไพโรไลซิสเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์น้ำมัน เชื้อเพลิงหรือวัตถุดิบทางเคมีเครื่องปฏิกรณ์แบบเตียงคงที่ถูกใช้เป็นระบบไพโรไลซิส ปฏิกริยาไพโรไลซิสของยางพาราที่เหลือดำเนินการโดยไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยาสภาวะการทำงาน เช่น ขนาดอนุภาค (0.5 และ 1.0 ซม.) และอุณหภูมิไพโรไลซิส (500, 550 และ 600 องศาเซลเซียส) ได้รับการศึกษาภายใต้สภาวะ N_2 และระยะเวลาการคงอยู่ 90 นาที ผลการทดลองแสดงให้เห็น

ว่ายางพาราขนาด 1.0 ซม³ สามารถผลิตเฟสของเหลวได้มากกว่ายางพาราขนาด 0.5 ซม³ สภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่มีผลผลิตน้ำมันสูงสุดคือที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส โดยยางมีขนาด 1.0 ซม³ เปอร์เซ็นต์ของผลิตภัณฑ์คือ 60% ของของเหลว 35% ของก๊าซ และ 5% ของของแข็ง

Pasikallio V, Agblevor F, Oasmaa A, Lehto J and Lehtonen J. (2013)

ในการศึกษานี้ ดำเนินการไพโรไลซิสอย่างรวดเร็วแบบไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาและตัวเร่งปฏิกิริยาของปาล์มที่บางลงได้ดำเนินการในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดเบดแบบพองขนาดตั้งโต๊ะโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM-5 เซิงพาณิชย์สองตัว หลังจากการทดลองเปรียบเทียบเริ่มต้นที่ 475 องศาเซลเซียส ตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งแสดงกิจกรรมที่สูงกว่าอย่างชัดเจนได้รับการทดสอบเพิ่มเติมที่อุณหภูมิปฏิกิริยาที่ 400 และ 550 องศาเซลเซียส ผลผลิตของของเหลวอินทรีย์ซึ่งอยู่ที่ 39 wt% ในการทดลองแบบไม่เร่งปฏิกิริยา ลดลงเหลือ 14-24 wt% ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของปฏิกิริยา การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของปฏิกิริยาในขณะที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM-5 ยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในองค์ประกอบองค์ประกอบความหนืด และค่า pH ตลอดจนองค์ประกอบทางเคมีของไบโอออยล์ โดยทั่วไป การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้น้ำมันชีวภาพที่มีความหนืดน้อยลงโดยมีปริมาณออกซิเจนต่ำถึง 19 wt% น้ำมันชีวภาพที่ผลิตด้วยตัวเร่งปฏิกิริยามีผลิตภัณฑ์ที่ย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตน้อยลงและมีสารประกอบอะโรมาติกมากขึ้น จากผลการวิเคราะห์ลักษณะทางเคมี 13 องศาเซลเซียส นิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรสโกปี, แก๊สโครมาโตกราฟี-เฟลมไอออไนเซชันตรวจจับ, แก๊สโครมาโตกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี, และการแยกส่วนของตัวทำละลาย) ที่ได้รับในการศึกษานี้ แนะนำให้ใช้ขั้นตอนเสริมใหม่สำหรับวิธีการแยกส่วนของตัวทำละลายที่มีอยู่ เป็นเครื่องมือคัดกรองเบื้องต้นสำหรับปริมาณอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในตัวอย่างไบโอออยล์ ในขั้นตอนนี้ เศษส่วนไดคลอโรมีเทนที่ไม่ละลายน้ำและละลายน้ำได้ซึ่งมีสารประกอบลิพิดโมเลกุลต่ำและอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนจะถูกแยกออกก่อนโดยใช้การแยกส่วนด้วยตัวทำละลาย เมื่อไดคลอโรมีเทนถูกปล่อยให้ระเหยที่อุณหภูมิห้อง การสูญเสียมวลที่ตามมาของผลิตภัณฑ์ไพโรไลซิสจะแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับปริมาณของอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในน้ำมันชีวภาพซึ่งหาปริมาณด้วยวิธีแก๊สโครมาโตกราฟี

Chaiya, C. Reubroycharoen, P. (2013) เปลือกเมล็ดยางพาราและเศษซาก

พืชถูกแยกออกมาเป็นไบโอออยล์โดยกระบวนการไพโรไลซิส มีการศึกษาพารามิเตอร์

โดยพบว่าอนุภาคเปลือกเมล็ดมีขนาดแตกต่างกัน 2 ขนาด คือ 2.18 มม. และ 1.13 มม. อุณหภูมิการไพโรไลซิสคือ 300, 350, 400 และ 450 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของไนโตรเจนคือ 50, 100 และ 200 ml/min ที่สภาวะของเปลือกเมล็ดพีชขนาดอนุภาค 2.18 มม. อุณหภูมิไพโรไลซิส 450 องศาเซลเซียส และอัตราการไหลของไนโตรเจน 50 ml/min ผลการทดลองแสดงผลผลิตไบโอออยล์สูงสุดที่ 38.22 ค่าไบโอออยล์สังเคราะห์ 22.11 MJ/kg ความหนืด 2.071 cSt ค่า pH 2.36 และจุดวาบไฟ 70 องศาเซลเซียส กากยางพาราเพิ่มเติมแสดงผลผลิตไบโอออยล์สูงสุดที่ 34.35 ในขณะที่ผลผลิตถ่านและน้ำมันดิน 20.90 และ 18.15 ค่าความร้อนของไบโอออยล์สังเคราะห์จากกากคือ 37.76 MJ/kg ความหนืด 23.175 cSt ค่า pH 7.88 และจุดวาบไฟ 87 องศาเซลเซียส

Adrados (2012) ทำการศึกษาการไพโรไลซิสเพื่อใช้ประโยชน์จากของเสียของโรงงานแยกขยะพลาสติกและบรรจุภัณฑ์พลาสติก ของเสียเหล่านั้นประกอบไปด้วยส่วนประกอบต่าง ๆ เช่น Polyethylene (PE), Polypropylene (PP), Polystyrene (PS), Polyvinyl chloride (PVC), Polyethylene Terephthalate (PET), Acrylonitrile Butadienestyrene (ABS), Aluminum, Tetra-Brik, และ Film สำหรับการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้พลาสติกจำลองหลายชนิด และของเสียจริงจากโรงงานแยกขยะ ของเสียเหล่านี้จะถูกนำไปไพโรไลซิส ด้วยเตาปฏิกรณ์แบบกึ่งกะโดยไม่ใช้ใบกวน ซึ่งจะใช้โคลนแดงซึ่งเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมอลูมิเนียมมาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ถึงแม้ว่าตัวอย่างที่ใช้จะมีปริมาณใกล้เคียงกับวัสดุจริง หลังจากผ่านการทำไพโรไลซิสมีอัตราผลิตแก๊สและของแข็งสูงและผลิตของเหลวได้น้อย ดังนั้นจึงมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดในส่วนประกอบของผลิตผลเมื่อได้นำมาเปรียบเทียบกัน

Pattiya, A. Suttibak, S. (2012) การผลิตไบโอออยล์ด้วยกระบวนการไพโรไลซิสอย่างรวดเร็วของเศษเหลือทางการเกษตรจากไร่มันสำปะหลังในเครื่องปฏิกรณ์แบบพลูอิโดซ์เบดพร้อมหน่วยกรองไอร้อน เพื่อศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิปฏิกิริยา ขนาดอนุภาคชีวมวล และการใช้การกรองไอร้อนอย่างง่ายต่อผลิตภัณฑ์ไพโรไลซิส ผลผลิตและคุณสมบัติ ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิไพโรไลซิสที่เหมาะสมสำหรับ CR และ CS คือ 475 องศาเซลเซียส และ 469 องศาเซลเซียส ซึ่งให้ผลผลิตน้ำมันชีวภาพสูงสุด 69.1 wt% โดยน้ำหนักและ 61.4 wt% บนเกณฑ์ชีวมวลแห้งตามลำดับ ขนาดอนุภาคที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไบโอออยล์ในการศึกษานี้คือ 250–425 μ m การใช้ความร้อนตัวกรองทำให้

ผลผลิตไบโอออยล์ลดลง 6–7 wt% อย่างไรก็ตามไบโอออยล์ที่ผ่านการกรองแล้วพบว่ามีคุณภาพดีขึ้นทั้งในด้านความหนืดเริ่มต้น ปริมาณของแข็ง ปริมาณเถ้า และความเสถียร Pattiya,A. Suttibak,S (2012) ไพโรไลซิสอย่างรวดเร็วของเศษเหลือทางการเกษตรจากไร้อ้อยและมันสำปะหลังได้ดำเนินการในเครื่องปฏิกรณ์แบบตกอิสระในระดับห้องปฏิบัติการ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของประเภทมวลชีวภาพและสภาวะไพโรไลซิส เช่น อุณหภูมิเครื่องปฏิกรณ์ อุณหภูมิการควบแน่น ไนโตรเจน อัตราการไหลและระยะเวลาดำเนินการ การกระจายผลิตภัณฑ์ไพโรไลซิส ตลอดจนศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ ผลการวิจัยพบว่าพารามิเตอร์ทั้งหมดส่งผลต่อการกระจายผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิเครื่องปฏิกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มผลผลิตน้ำมันชีวภาพสูงสุดอยู่ในช่วง 350–450 องศาเซลเซียส ผลผลิตน้ำมันชีวภาพประมาณ 70 wt% สามารถหาได้จากกระบวนการไพโรไลซิสของก้านมันสำปะหลังที่อุณหภูมิเครื่องปฏิกรณ์ 450 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิควบแน่นปฐมภูมิ 10 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการไหลของไนโตรเจนขั้นต่ำเพื่อให้ได้ผลผลิตน้ำมันชีวภาพสูงคือ 1.5 l/min ลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์แสดงให้เห็นว่าไบโอออยล์และถ่านที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรด้วยเครื่องปฏิกรณ์แบบตกอิสระนั้นมีความคล้ายคลึงกับที่ผลิตจากชีวมวลต่างชนิดกันกับเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสต่างชนิดกันในระดับหนึ่งการกำหนดค่า

Muhammad,S. Abu Bakar. James,O. Titiloye (2012) การเร่งปฏิกิริยาไพโรไลซิสของแกลบเพื่อการผลิตไบโอออยล์ วัตถุประสงค์เพื่อการเร่งปฏิกิริยาไพโรไลซิสของแกลบเพื่อการผลิตไบโอออยล์ และเพื่อเปรียบเทียบและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของไบโอออย จากการทดลองเร่งปฏิกิริยาไพโรไลซิสกับแกลบบรูไน (BRH) เพื่อให้ได้น้ำมันชีวภาพโดยใช้แทนชุดเจาะไพโรไลซิสแบบคงที่ ZSM-5, Al-MCM-41, Al-MSU-F และแกลบบรูไน (BRHA) ถูกนำมาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับการทดลองไพโรไลซิสของตัวเร่งปฏิกิริยาและการเปรียบเทียบทำขึ้นเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงในคุณสมบัติและผลผลิตของไบโอออยล์ วิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมันชีวภาพที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแบบเหลวและแบบไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาทั้งในด้านปริมาณน้ำ ค่า pH จำนวนกรด ความหนืด ความหนาแน่น และค่าความร้อน เคมีภัณฑ์ไบโอออยล์องค์ประกอบแสดงให้เห็นว่า ZSM-5 เพิ่มการผลิตอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนและฟีนอลเบาในขณะที่ Al-MCM-41 ลดการผลิตกรดอะซิติก การทำงานของตัวเร่งปฏิกิริยาจะเพิ่มค่าความร้อนและปริมาณน้ำในไบโอออยล์ ในขณะที่ความหนืด ความหนาแน่น และจำนวนกรดลดลง

Mante OD, Agblevor FA, McClung R. (2011) การแตกร้าวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาของน้ำมัน/ไอระเหยจากไพโรไลซิสช่วยให้สามารถผลิตไบโอออยล์ได้ ซึ่งอาจนำไปแปรรูปร่วมกับวัตถุดิบปิโตรเลียมในโรงกลั่นน้ำมันในปัจจุบันเพื่อผลิตเชื้อเพลิงสำหรับการขนส่งและสารเคมี คุณสมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยาและสภาวะของกระบวนการมีความสำคัญอย่างยิ่งในการผลิตและเพิ่มผลผลิตตามที่ต้องการ ในการศึกษาของเรา เราได้ศึกษาเมทริกซ์ตัวเร่งปฏิกิริยา (ดินขาว) และตัวเร่งปฏิกิริยาการแตกร้าวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาของไหล (FCC) เชิงพาณิชย์ 2 ตัว ได้แก่ FCC-H และ FCC-L ที่มีปริมาณ Y-ซีโอไลต์ต่างกัน การแตกร้าวด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาของไม้ป้อปลาร์ถูกผสมดำเนินการในเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสแบบฟลูอิดไคซ์เบดที่มีฟองอากาศขนาด 50 มม. ที่อุณหภูมิ 465°C โดยมีความเร็วของพื้นที่ต่อชั่วโมงโดยน้ำหนัก 1.5 ชั่วโมงต่อชม. ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าผลผลิตและคุณภาพของไบโอออยล์ขึ้นอยู่กับปริมาณ Y-ซีโอไลต์ของตัวเร่งปฏิกิริยา ผลผลิตถ่านได้สูงสุดสำหรับตัวเร่งปฏิกิริยา Y-zeolite ที่สูงขึ้น ผลผลิตของเหลวอินทรีย์ลดลงในทางตรงกันข้ามกับปริมาณซีโอไลต์ที่เพิ่มขึ้นของตัวเร่งปฏิกิริยา ในขณะที่ผลผลิตน้ำและก๊าซเพิ่มขึ้น การวิเคราะห์น้ำมันโดยใช้อินฟราเรดแบบแปลงฟูเรียร์และเรโซแนนซ์แม่เหล็กนิวเคลียร์ ^{13}C ระบุว่าตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีปริมาณซีโอไลต์สูงขึ้น (FCC-H) มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารประกอบเช่นเลโวกลูโคแซน กรดคาร์บอกซิลิก และการแปลงฟีนอลที่ถูกเมทอกซิเลตเป็นฟีนอลทดแทนและเบนซีนไดออล การแตกร้าวของผลิตภัณฑ์ไพโรไลซิสด้วยดินขาวแสดงให้เห็นว่ากิจกรรมของตัวเร่งปฏิกิริยา FCC ในไอระเหยของไพโรไลซิสของชีวมวลสามารถอธิบายได้จากทั้ง Y-zeolite และเมทริกซ์ ตัวเร่งปฏิกิริยา FCC-H ผลิตน้ำมันได้ดีขึ้นมาก น้ำมันมีปริมาณออกซิเจนต่ำ (22.67 wt.%) มีพลังงานสูง (29.79 MJ/kg) และค่อนข้างเสถียรตลอดระยะเวลาการจัดเก็บ 12 เดือน

Heo, H.S. Park, H.J. Park, Y.-K. Ryu, C. Suh, D.J. Suh, Y.-W. Yim, J.-H. and Kim, S.-S. (2010) จำนวนขยะเฟอร์นิเจอร์ที่เกิดขึ้นในเกาหลีมีมากกว่า 2.4 ล้านตันในช่วง 3 ปีที่ผ่านมา ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นพลังงานหมุนเวียนหรือเชื้อเพลิงในการผลิตวัตถุดิบไพโรไลซิสแบบเร็วมีไว้สำหรับการเปลี่ยนเศษไม้โดยวิธีเทอร์โมเคมีซึ่งส่วนใหญ่เป็นไบโอออยล์ ในงานนี้ ได้ทำการตรวจสอบไพโรไลซิสอย่างรวดเร็วของซีเลื่อยเฟอร์นิเจอร์ภายใต้สภาวะปฏิกิริยาต่าง ๆ (อุณหภูมิไพโรไลซิส ขนาดอนุภาค อัตราการป้อน และอัตราการไหลของตัวกลางฟลูอิดไคซ์) ในเครื่องปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไคซ์เบด อุณหภูมิไพโรไลซิสที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเพิ่มผลผลิตของไบโอออยล์คือ 450 องศาเซลเซียส ขนาดพืดที่

เล็กหรือใหญ่ขึ้นมากเกินไปส่งผลเสียต่อการผลิตไบโอดีเซล อัตราการไหลและการป้อนที่สูงขึ้นมีประสิทธิภาพมากขึ้นสำหรับการผลิตไบโอดีเซล แต่ไม่ได้ส่งผลกระทบอย่างมากต่อผลผลิตของไบโอดีเซลในช่วงที่ทดสอบ การใช้ก๊าซผลิตภัณฑ์เป็นตัวกลางในการทำให้เป็นฟลูอิดเคมีคัลภาพในการเพิ่มผลผลิตของไบโอดีเซล

พงศ์ธร อรชร และคณะ (2555) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิไพโรไลซิส 400, 450, 500 และ 550 องศาเซลเซียส ต่อปริมาณและสมบัติของไบโอดีเซลที่ได้จากการไพโรไลซิสแบบเร็วของไม้กระถินยักษ์ในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไคด์แบบพองที่อัตราป้อนชีวมวลประมาณ 100 g/h และขนาดอนุภาคชีวมวล 250–500 μm รายงานว่า อุณหภูมิไพโรไลซิส 500 องศาเซลเซียส ปริมาณผลได้ของไบโอดีเซลสูงสุด 65.5 wt% และไบโอดีเซลที่ได้มีค่าความร้อนสูง 20.3 เมกะจูลต่อกิโลกรัม และปี 2556 Payornhorm และคณะ ได้ปรับปรุงคุณภาพของไบโอดีเซลจากการไพโรไลซิสไม้กระถินยักษ์โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาแพลทินัมอะลูมินา รายงานว่า การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา 10 wt% ความดันไนโตรเจนภายใน 4 บาร์ อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส และเวลาทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง ทำให้อัตราส่วนออกซิเจน/คาร์บอนลดลงต่ำสุดเป็น 0.14

Lopez (2011) ศึกษาการไพโรไลซิสโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ZSM-5 Zeolite ในพลาสติกที่เป็นของเสียจากโรงงาน ซึ่งได้ HHV Gases และของเหลวที่สามารถเป็นเชื้อเพลิงหรือวัตถุดิบทางกระบวนการเคมี การใช้ ZSM-5 Zeolite มีผลต่อผลิต ทำให้ได้ของเหลวที่ประกอบด้วยสารประกอบอะโรมาติกและก๊าซที่ประกอบด้วย $\text{C}_3 - \text{C}_4$ โดยการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยานี้จะทำให้ได้ของเหลวเพิ่มขึ้นและลดการเกิด CO และ CO_2 ที่เกิดในปฏิกิริยา Lin และคณะ (2010) ทำการศึกษาการไพโรไลซิสพลาสติกที่มีส่วนผสมของโพลีเอทิลีน/โพรพิลีน/สไตรีน (PE/PP/PS) กับโพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC) ที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาในการแตกตัวในเครื่องปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไคด์ที่อุณหภูมิคงที่และที่ความดันบรรยากาศ โดยศึกษาชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยา เงื่อนไขการเกิดปฏิกิริยา อุณหภูมิ อัตราส่วนของตัวเร่งปฏิกิริยาต่อพลาสติก อัตราการไหลเข้าของสารตั้งต้นและขนาดของตัวเร่งปฏิกิริยา การทดลองด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาต่าง ๆ ให้ผลผลิตของไฮโดรคาร์บอนที่มีคุณสมบัติต่างกันของผลิตภัณฑ์ ซึ่งขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของปฏิกิริยา

Meesuk, S. Cao, J.-P. Sato, K. Ogawa, Y. and Takarada, T. (2011) ไพโรไลซิสของแกลบดำเนินการในเครื่องปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไคด์ที่ความดันบรรยากาศ ศึกษาผลกระทบของพารามิเตอร์ไพโรไลซิส เช่น บรรยากาศก๊าซและตัวเร่งปฏิกิริยา ต่อการ

เปลี่ยนแปลงคาร์บอนของแกลบและองค์ประกอบของน้ำมันชีวภาพ การทดลองโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาภายใต้บรรยากาศไฮโดรเจนเพื่อผลิตน้ำมันชีวภาพที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำกว่ามากเมื่อเทียบกับการทดลองภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน ผลการวิจัยพบว่าปริมาณออกซิเจนของน้ำมันชีวภาพลดลงอย่างชัดเจนเนื่องจากไฮโดรคาร์บอนที่มีออกซิเจนถูกไฮโดรคาร์บอนทำให้เกิดการก่อตัวของ H_2O , CO และ CO_2 เมื่อมีการแนะนำตัวเร่งปฏิกิริยาภายใต้บรรยากาศไนโตรเจนและลดลงมากยิ่งขึ้นภายใต้บรรยากาศก๊าซไฮโดรเจน (ไฮโดรไฟโรไลซิส) ปริมาณออกซิเจนของไบโอดีเซลภายใต้บรรยากาศไฮโดรเจนลดลงจากกว่า 31.1% โดยไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยาเป็น 25.91, 20.51, 26.51 และ 10.1% ด้วย Ni/Al_2O_3 , Ni/LY , โดโลไมต์ และ $COMO/Al_2O_3$ ตามลำดับ การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา $COMO/Al_2O_3$ และ Ni/LY ภายใต้บรรยากาศไฮโดรเจนแสดงให้เห็นถึงกิจกรรมระดับสูงในการลดปริมาณออกซิเจน ซึ่งนำไปสู่ค่าความร้อนที่สูงขึ้นและอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนมากขึ้น การทดลองเหล่านี้บ่งชี้ว่าปฏิกิริยาไฮโดรไฟโรไลซิสแบบเร่งปฏิกิริยาเหมาะสำหรับการผลิตน้ำมันชีวภาพที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำและไฮโดรคาร์บอนอะโรมาติกสูง ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงเหลวและวัตถุดิบทางเคมีที่มีศักยภาพ

Pattiya, A. (2554) ได้ไฟโรไลซิสแบบเร็วของเหง้าและลำต้นมันสำปะหลังในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไชน์เบดแบบพองขนาดอัตราการป้อนชีวมวล 100 kg/h โดยทรายซิลิกาเป็นตัวกลางถ่ายโอนความร้อน เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณผลได้และสมบัติของผลิตภัณฑ์ พบว่า อุณหภูมิไฟโรไลซิส 437–537 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณผลได้ของไบโอดีเซลแตกต่างกันระหว่าง 59–65 wt% และไบโอดีเซลมีค่าความร้อนสูงแตกต่างกันอยู่ในช่วง 18–23 MJ/kg กรัม จากนั้นในปี พ.ศ. 2555 Pattiya และคณะ ได้ไฟโรไลซิสแบบเร็วของเหง้าและลำต้นมันสำปะหลังในเครื่องปฏิกรณ์แบบตกอิสระ พบว่า อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณผลได้ของไบโอดีเซลสูงสุด 52.3 wt% แต่เมื่อลดอุณหภูมิของเครื่องควบแน่นระบายความร้อนด้วยน้ำเป็น 10 องศาเซลเซียส ปริมาณผลได้ของไบโอดีเซลเพิ่มขึ้นเป็น 70 wt% อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มระยะเวลาทดลองเป็น 3 hr ปริมาณผลได้ของไบโอดีเซลลดลงเป็น 39.7 wt% ปีเดียวกัน Pattiya และ Suttibak ยังได้ศึกษาการไฟโรไลซิสแบบเร็วเหง้าและลำต้นมันสำปะหลังในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไชน์เบดแบบพอง พบว่า หากไม่ใช้ชุดกรองไอร้อนและใช้อุณหภูมิไฟโรไลซิส 472 องศาเซลเซียส ปริมาณผลได้ของไบโอดีเซลสูงถึง 69.09 wt% แต่เมื่อใช้ชุดกรองไอร้อนทำให้ปริมาณผลได้ของไบโอดีเซลลดลงเป็น 63.23 wt%

Su Shiung Lam, Alan, D. Russell. Chern Leing, Lee. Su Ki Lam. Howard, A. Chase (2011) การผลิตไฮโดรเจนและไฮโดรคาร์บอนเบาเป็นเชื้อเพลิงก๊าซที่มีศักยภาพจากไพโรไลซิสด้วยความร้อนไมโครเวฟของน้ำมันเครื่องรถยนต์เหลือทิ้ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตไฮโดรเจนและไฮโดรคาร์บอนเบาเป็นเชื้อเพลิงก๊าซที่มีศักยภาพจากไพโรไลซิสด้วยความร้อนไมโครเวฟของน้ำมันเครื่องรถยนต์เหลือทิ้ง ผลสรุปได้ว่าการใช้ไมโครเวฟ-Heated ของอนุภาค - Carbon แสดงให้เห็นถึงข้อดีในการเปลี่ยนน้ำมันเสียให้เป็นก๊าซที่มีคุณค่า ดังนั้นวัสดุเหลือใช้ที่ไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมสามารถเปลี่ยนเป็นทรัพยากรที่มีประโยชน์และทำหน้าที่เป็นแหล่งทางเลือกของพลังงานไฮโดรเจนหรือไฮโดรคาร์บอน

Stals (2553) ได้ศึกษาการไพโรไลซิสแบบเร็วของชีวมวลที่ปนเปื้อนโลหะหนัก พบว่า อุณหภูมิไพโรไลซิส 450 องศาเซลเซียส ปริมาณผลได้ของไบโอออยล์สูงถึง 49 wt% และไบโอออยล์ที่ได้มีปริมาณน้ำ 35 wt% และค่าความร้อนสูง 15.8 MJ/kg ต่อมาในปีเดียวกัน Heo และคณะ ได้ศึกษาการไพโรไลซิสแบบเร็วของชี้อยู่เพอร์นิเจอร์ที่ปนเปื้อนดินและทรายในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดเบดแบบพองที่อุณหภูมิไพโรไลซิส 400–550 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณผลได้ของไบโอออยล์อยู่ในช่วง 42–58 wt% ถ่านชาร์อยู่ในช่วง 20–38 wt% และแก๊สอยู่ในช่วง 15–38 wt% นอกจากนี้งานวิจัยทั้งสองยังแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิไพโรไลซิสมีอิทธิพลอย่างมากต่อปริมาณผลได้ของไบโอออยล์ แต่งานวิจัยของ Stals และ Heo และคณะ ยังไม่ได้ให้ความสำคัญในการศึกษาผลกระทบของสารที่ปนเปื้อนต่อปริมาณผลได้และสมบัติของผลิตภัณฑ์ อีกทั้งชีวมวลที่ใช้ในงานวิจัยของ Stals และคณะ และ Heo และคณะ เป็นเพียงการปนเปื้อนของแข็ง ซึ่งแตกต่างจากชี้อยู่ปนเปื้อนที่ใช้ในงานวิจัย

Bridgwater AV (2012) บทความนี้นำเสนอการทบทวนล่าสุดเกี่ยวกับการไพโรไลซิสอย่างรวดเร็วของมวลชีวภาพสำหรับการผลิตของเหลวที่มักเรียกว่าไบโอออยล์ มีการอธิบายถึงเทคโนโลยีของไพโรไลซิสอย่างรวดเร็ว รวมถึงระบบปฏิกิริยาที่สำคัญ ผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวปฏิกิริยามีลักษณะเฉพาะโดยอ้างอิงถึงคุณสมบัติมากมายที่ส่งผลต่อการใช้งาน คุณสมบัติเหล่านี้ทำให้เกิดการวิจัยที่กว้างขวางมากขึ้นเพื่อดำเนินการกับคุณสมบัติที่ต้องการการปรับเปลี่ยน และส่วนนี้ได้รับการทบทวนในแง่ของการอัปเดตทางกายภาพ ตัวเร่งปฏิกิริยา และทางเคมี สิ่งที่น่าสังเกตเป็นพิเศษคือความหลากหลายของวิธีการและตัวเร่งปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้น และโดยเฉพาะอย่างยิ่งความซับซ้อนและความ

ซับซ้อนของระบบตัวเร่งปฏิกิริยาแบบหลายฟังก์ชัน สิ่งสำคัญคือต้องเห็นบริษัทจำนวนมาก
ขึ้นที่เกี่ยวข้องในด้านเทคโนโลยีนี้ และรับเอากระบวนการอัพเกรดที่มีการพัฒนาเพิ่มขึ้น
มาใช้

Viriya-empikul, N. Krasae, P. Nualpaeng, W. Yoosuk, B. and
Faungnawakij (2012) ตัวเร่งปฏิกิริยาออกไซด์ที่เป็นของแข็งที่ได้จากเปลือกของเสีย
อุตสาหกรรมของไข่ หอยทากแอปเปิ้ลสีทอง และเมอริทริกซ์วินัส ถูกนำมาใช้เป็นตัวเร่ง
ปฏิกิริยาในการผลิตไบโอดีเซล กิจกรรมการเร่งปฏิกิริยาในการเปลี่ยนสถานะของน้ำมัน
ปาล์มโอเลอินและคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ (โดย TG/DTA, EDX, SEM, การดูดซับ N₂,
CO₂-TPD และ XRD) ได้รับการตรวจสอบอย่างเป็นระบบ ของเสียเผาในอากาศด้วยสภาวะ
ที่เหมาะสม (อุณหภูมิ 800 °C เวลา 2–4 ชั่วโมง) เปลี่ยนชนิดของแคลเซียมในเปลือกหอย
ให้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา CaO ที่ใช้งานอยู่ กิจกรรมของตัวเร่งปฏิกิริยาสอดคล้องกับปริมาณ
พื้นฐานของตำแหน่งฐานที่แข็งแรง พื้นที่ผิว และเฟสผลึกในตัวเร่งปฏิกิริยา ตัวเร่งปฏิกิริยา
ทั้งหมดที่ได้จากเปลือกไข่และหอยที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ให้ฤทธิ์สูง (>90% ของ
กรดไขมันเมทิลเอสเทอร์ (FAME) ใน 2 ชั่วโมง) ของเสียที่มีอยู่มากมายเหล่านี้มีศักยภาพ
ที่ดีที่จะใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการผลิตไบโอดีเซล

Chen, T. Deng, C. and Liu, R. (2010) เพื่อเพิ่มการควบคุมแบบเลือกเฟ้น
ของสารอินทรีย์ที่มีมูลค่าเชิงพาณิชย์สูงกว่า และเพื่อตรวจสอบผลกระทบของการควบคุม
แบบเลือกที่มีต่อคุณลักษณะของไบโอดีเซล ซีลีเยอไพน์ถูกไฟโรไลซ์ในเครื่องปฏิกรณ์พลูอิ
ไดซ์เบดขนาดตั้งโต๊ะ 1–5 kg/h ในการทดลอง ใช้คอนเดนเซอร์แบบเลือกได้และเครื่อง
ตกตะกอนไฟฟ้าสถิตเพื่อควบคุมไอระเหยของไฟโรไลซิส นอกจากนี้ยังศึกษาคุณลักษณะ
ของไบโอดีเซล ก๊าซ และถ่านชีวภาพ ผลการศึกษาพบว่าผลผลิตน้ำมันชีวภาพ ก๊าซ และ
ถ่านรวมเท่ากับ 41.5 43.3 และ 15.2 wt% ตามลำดับ และไอน้ำ 86.2 wt% ถูกควบคุม
ในเครื่องควบคุม 1 น้ำมันชีวภาพที่ควบคุมในเครื่องควบแน่นรุ่นหลังมีค่าต่ำกว่า ปริมาณ
น้ำ ค่า pH ที่สูงขึ้น ค่าความร้อนที่สูงขึ้น และความหนืดจลนพลศาสตร์ที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับ
ค่าแรก การวิเคราะห์ไบโอดีเซลหมายเลข 1, 4 และ 5 ด้วยแก๊สโครมาโตกราฟี –
แมสสเปกโตรเมทรี (GC-MS) พบว่าตรวจพบสารประกอบทางเคมี 102 ชนิด และ
สารประกอบส่วนใหญ่ถูกควบคุมที่คอนเดนเซอร์ที่แตกต่างกัน ดังนั้น การควบคุมแบบ
เลือกจึงมีประโยชน์ในการแยกน้ำและสารประกอบทางเคมีออกจากไบโอดีเซลเมื่อเทียบกับ
การควบคุมแบบสัมผัสโดยตรง ผลิตภัณฑ์ก๊าซส่วนใหญ่เป็น CO, H₂, CO₂, CH₄ และ

C₂-C₄ คุณสมบัติของถ่านถูกกำหนดโดยการวิเคราะห์ขั้นสูง สเปกโตรเมทรีฟูเรียร์ ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรด (FTIR) และวิธีกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบพันธะจำนวนมากเช่น -NH-, -CH-, -CdC-, -CH₃ และ -C-O-C- ในตัวอย่างถ่าน สังเกตได้ว่าลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพื้นผิวของอนุภาคสนเปลี่ยนไปหลังจากไพโรไลซิส และมันก็บางลงและหดตัวลง การสลายตัวด้วยความร้อนของพันธะเคมีและการหลอมละลายของสารประกอบบางชนิดสามารถทำลายพันธะเคมีของวัสดุตั้งเดิมได้

Pattiya (2010) กากรมวลชีวภาพจากต้นมันสำปะหลัง ได้แก่ ต้นมันสำปะหลัง และเหง้ามันสำปะหลัง ถูกนำไปไพโรไลซิสในเครื่องปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไคซ์เบดเพื่อผลิตน้ำมันชีวภาพ จุดมุ่งหมายของงานนี้คือเพื่อตรวจสอบผลผลิตและคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ไพโรไลซิสที่ผลิตจากวัตถุดิบตั้งต้นทั้งสองชนิด รวมทั้งระบุอุณหภูมิไพโรไลซิสที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลผลิตน้ำมันชีวภาพอินทรีย์สูงสุด ผลการวิจัยพบว่าผลผลิตสูงสุดของไบโอออยล์เหลวที่ได้จากลำต้นและเหง้าคือ 62 wt% โดยน้ำหนักและ 65 wt% โดยน้ำหนักบนแบบแห้ง ตามลำดับ อุณหภูมิไพโรไลซิสที่ให้ผลผลิตไบโอออยล์สูงสุดสำหรับวัตถุดิบทั้งสองอยู่ในช่วง 475–510 องศาเซลเซียส จากการวิเคราะห์คุณสมบัติของไบโอออยล์พบว่าไบโอออยล์ที่ได้จากเหง้ามันสำปะหลังมีคุณภาพดีกว่าที่ได้จากมันสำปะหลัง เนื่องจากก้านดอกเดิมมีปริมาณออกซิเจนต่ำกว่า ค่าความร้อนสูงกว่า และมีความคงตัวในการเก็บรักษาดีกว่า

Abu Bakar MS, Titiloye JO. (2010) มีการทดลองไพโรไลซิสด้วยตัวเร่งปฏิกิริยากับแคลบรูไน (BRH) เพื่อให้ได้น้ำมันชีวภาพโดยใช้แทนไพโรไลซิสแบบเบดคงที่ ZSM-5, Al-MCM-41, Al-MSU-F และซีเถ้าแคลบรูไน (BRHA) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับการทดลองไพโรไลซิสด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาและทำการเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติและผลผลิตของน้ำมันชีวภาพ วิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมันชีวภาพที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแบบเหลวและแบบไม่เร่งปฏิกิริยาในแง่ของปริมาณน้ำ ค่า pH จำนวนกรด ความหนืด ความหนาแน่น และค่าความร้อน องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันชีวภาพแสดงให้เห็นว่า ZSM-5 เพิ่มการผลิตอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนและฟีนอลเบา ในขณะที่ Al-MCM-41 ช่วยลดการผลิตกรดอะซิติก การทำงานของตัวเร่งปฏิกิริยาจะเพิ่มค่าความร้อนและปริมาณน้ำในน้ำมันชีวภาพ ในขณะที่ความหนืด ความหนาแน่น และจำนวนกรดจะลดลง

MgO, Ersan Putun (2010) การเร่งปฏิกิริยาไพโรไลซิสของชีวมวลผลกระทบบของอุณหภูมิไพโรไลซิส อัตราการไหลของก๊าซ และตัวเร่งปฏิกิริยา เมล็ดฝ้ายซึ่งเป็นแหล่งชีวมวลจะถูกไพโรไลซิสในเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่งเบดแบบท่อภายใต้อัตราการไหลแบบกวาดก๊าซ (N_2) ที่อุณหภูมิไพโรไลซิสต่างกัน ในงานที่ไม่เร่งปฏิกิริยา ผลผลิตน้ำมันชีวภาพสูงสุดอยู่ที่ 48.30 % ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราการไหลของก๊าซกวาดที่ 200 ml/min ในสภาวะที่เหมาะสม ดำเนินการไพโรไลซิสด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาของตัวอย่างมวลชีวภาพด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา MgO ในปริมาณต่าง ๆ 5, 10, 15 และ 20 wt% การเติมตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้ปริมาณน้ำมันชีวภาพลดลง แต่เพิ่มคุณภาพของน้ำมันชีวภาพในแง่ของค่าความร้อน การกระจายตัวของไฮโดรคาร์บอน และการกำจัดกลุ่มออกซิเจน พบว่าการเพิ่มปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ทำให้ผลผลิตน้ำมันลดลงในขณะที่ผลผลิตของก๊าซและถ่านเพิ่มขึ้น น้ำมันชีวภาพที่ได้จากสภาวะที่เหมาะสมถูกแยกออกเป็นเศษส่วนย่อยอะลิฟาติก อะโรมาติก และโพลาร์ หลังจากการใช้คอลัมน์โครมาโตกราฟี น้ำมันชีวภาพจะถูกนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบ FT-IR และ ^1H NMR วิเคราะห์เศษส่วนย่อยของอะลิฟาติกของน้ำมันชีวภาพโดย GCeMS สรุปได้ว่าเชื้อเพลิงที่ได้จากการเร่งปฏิกิริยาไพโรไลซิสส่วนใหญ่ประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอนที่มีน้ำหนักต่ำกว่าในกลุ่มน้ำมันดีเซล ในที่สุด ผลลัพธ์ที่ได้จะถูกเปรียบเทียบกับเศษส่วนปิโตรเลียมและประเมินว่าเป็นแหล่งที่มีศักยภาพสำหรับเชื้อเพลิงเหลว

Abdullah, N. Gerhauser, H. Sulaiman, F. (2009) ไพโรไลซิสอย่างรวดเร็วของพวงผลไม้เป่า การสื่อสารสั้นๆ นี้อธิบายถึงการประเมินพฤติกรรมไพโรไลซิสอย่างรวดเร็วของทะลายเป่า (EFB) ซึ่งเป็นหนึ่งในขยะมูลฝอยของอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มที่กำลังขยายตัวอย่างรวดเร็ว หน่วยไพโรไลซิสแบบเร็วสำหรับเครื่องซึ่งแบบฟลูอิไดซ์เบด 150 kg/h ใช้เพื่อศึกษาผลกระทบของตัวแปรสำคัญต่อไปนี้ อุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ ในช่วง 400–600 องศาเซลเซียส เวลาพักในช่วง 0.79–1.32 Sec และช่วงขนาดอนุภาค (พร้อมเปอร์เซ็นต์ของปริมาณเก่า) ที่ได้จากการกรอง <150 l/min (8.49%), 150–250 ลูเมน (7.46%), 250–300 ลูเมน (6.70%) และ 355–500 ลูเมน (4.83%) ผลลัพธ์ยืนยันรูปร่างของเส้นอัตราผลตอบแทนสำหรับ EFB และระบุความแตกต่างที่มีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับวรรณกรรมสำหรับอัตราผลตอบแทนกับผลลัพธ์ที่ได้รับในการศึกษานี้ พร้อมกับระบบที่ใช้

Sevgi, S. & Dilek, A. (2008) ได้ทำการทดลองกระบวนการไพโรไลซิสของ ดอกคำฝอยโดยใช้เตาปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง (Fixed bed reactor) โดยใช้อากาศและก๊าซ ไนโตรเจนเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนที่ความดัน 1 บรรยากาศ อุณหภูมิห้อง เเผาไหม้คงที่ที่ 500 องศาเซลเซียส และอัตราการไหลของก๊าซที่ $100 \text{ cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ ในการ ทดลองนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบว่าการใช้ตัวกลางชนิดใดในการถ่ายเทความร้อนสู่ชีว มวลที่ทำให้ผลผลิตที่ได้ออกมามีค่าคุณสมบัติ และปริมาณสัดส่วนที่ดีที่สุดโดยมีการ กำหนดอัตราการเพิ่มอุณหภูมิในช่วง $10 \text{ องศาเซลเซียส} \cdot \text{min}^{-1}$, $20 \text{ องศาเซลเซียส} \cdot \text{min}^{-1}$ และ $50 \text{ องศาเซลเซียส} \cdot \text{min}^{-1}$ ซึ่งผลการทดลองพบว่าการใช้ก๊าซไนโตรเจนเป็นตัวกลาง ในการถ่ายเทความร้อนทำให้ได้ปริมาณน้ำมันคิดเป็นสัดส่วนที่น้อยกว่าอากาศ แต่ได้น้ำมัน ชีวภาพที่มีค่าความร้อนสูงกว่าตัวกลางที่เป็นอากาศมากเนื่องจาก อากาศเป็นสารประกอบ ที่มีสัดส่วนของธาตุออกซิเจนสูง (มีค่าความชื้นสูง) ทำให้เมื่อเกิดปฏิกิริยาธาตุออกซิเจนไป รวมตัวกับก๊าซร้อนแล้วเกิดการกลั่นตัวมากขึ้นจนกลายเป็นของเหลวที่มีส่วนผสมของน้ำ เกิดขึ้น ทำให้ค่าความร้อนที่ออกมาคือน้ำมันชีวภาพ มีค่าต่ำลงแต่สามารถทำให้น้ำมัน ชีวภาพที่ออกมามีค่าความเป็นของไหล (ความหนืด) และค่าความเป็นกลาง (pH) ดีกว่า น้ำมันชีวภาพที่ได้จากตัวกลางการถ่ายเทความร้อนที่ได้จากก๊าซไนโตรเจน อย่างไรก็ตาม ค่าความหนืดและค่าความเป็นกลางมีระดับความแตกต่างกันที่มีค่าห่างไม่มากนัก

Zheng, J. I. (2007) ได้ทำการทดลองการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพจาก กระบวนการไพโรไลซิสแบบรวดเร็วจากแกลบโดยใช้เตาปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไดซ์เบด ใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้าอุ่นก๊าซไนโตรเจนให้ร้อนก่อน และใช้ก๊าซไนโตรเจนเป็นตัวกลางในการ ถ่ายเทความร้อนสู่แกลบ มีอัตราการป้อนแกลบเข้าสู่เตาปฏิกรณ์ที่ $7.32 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ ที่ความดัน คงที่ที่ 1 บรรยากาศ โดยทำการทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อวิเคราะห์ว่าอุณหภูมิเตาปฏิกรณ์ มีผลกระทบต่อปริมาณน้ำมันชีวภาพที่ได้มากน้อยเพียงใดจากผลการทดลองพบว่า สามารถผลิตน้ำมันได้สูงสุดที่ปริมาณ $56 \text{ wt\% Yield}$ ที่อุณหภูมิห้องเผาไหม้ 465 องศาเซลเซียส โดยการทดลองนี้ Zheng J. I. ได้สรุปว่าในการเผาไหม้โดยใช้เตาปฏิกรณ์แบบ ฟลูอิดไดซ์เบด ซึ่งใช้ก๊าซไนโตรเจนร้อนในการถ่ายเทความร้อนสู่แกลบ และใช้ฮีตเตอร์ ไฟฟ้าอุ่นก๊าซไนโตรเจนให้ร้อนก่อนเข้าสู่เตาปฏิกรณ์ เมื่ออุณหภูมิเตาปฏิกรณ์สูงขึ้น มากกว่า 465 องศาเซลเซียส จะทำให้ได้ปริมาณก๊าซที่ไม่กลั่นตัวสูงขึ้น แต่เมื่อ อุณหภูมิห้องเผาไหม้ลดต่ำลงน้อยกว่า 465 องศาเซลเซียส จะได้ปริมาณถ่านชาร์สูง

Ozlem, O. (2007) ได้ทำการทดลองผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพด้วย กระบวนการไพโรไลซิสแบบรวดเร็วจากดอกคั่วฝอย โดยใช้เตาแบบเบดนิ่ง (Fixed bed reactor) พบว่าสามารถให้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพสูงสุดที่ 54 wt% Yield ที่เพิ่ม อุณหภูมิเตาปฏิกรณ์ 600 °C ที่อัตราการไหลก๊าซไนโตรเจน 100 cm³.min⁻¹ ที่ความดัน 1 บรรยากาศ และอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 300°C.min⁻¹ จากการวิเคราะห์ผลการทดลอง พบว่าอุณหภูมิเตาปฏิกรณ์ อัตราการไหลก๊าซไนโตรเจนและอัตราการเพิ่มอุณหภูมิจะมีผล ต่อปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงชีวภาพที่ออกมาทั้งสิ้น การไพโรไลซิสเชิงเร่งปฏิกิริยาของชีวมวล สนับสนุนการในเครื่องปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไรซ์เบดที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส

Aho, A. Kumar, N. Eranen, K. Salmi, T. Hupa, M. and Murzin, D. Y. (2007) ตัวเร่งปฏิกิริยากรดที่ใช้เป็นวัสดุเบดในเครื่องปฏิกรณ์คือซีโอไลต์เบดที่มีอัตราส่วน ซิลิกาต่ออะลูมินาแตกต่างกัน จึงมีความเข้มข้นของกรดต่างกัน ในการทดลองแบบไม่เป็น ตัวเร่งปฏิกิริยา ทราบควอตซ์ถูกใช้เป็นวัสดุเบด ผลผลิตของเฟสผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้รับ อิทธิพลอย่างชัดเจนจากความเป็นกรดของซีโอไลต์ องค์ประกอบทางเคมีของไบโอออยล์ ขึ้นอยู่กับตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ที่มีความเป็นกรดสูงกว่าจะก่อให้เกิดน้ำมันอินทรีย์น้อย กว่า และมีน้ำและโพลีอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนมากกว่าตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับซี โอไลต์ที่มีความเป็นกรดน้อยกว่า

Demirbas (2004) ได้ทำงานวิจัยเกี่ยวกับการไพโรไลซิสของเสียพลาสติก แบบไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้พลาสติกสามชนิด คือ Polystyrene (PS), Polyethylene (PE) and Polypropylene (PP) ภายใต้เงื่อนไขของการไพโรไลซิส ซึ่งพลาสติก เสียเหล่านี้สามารถย่อยสลายได้เป็นสามองค์ประกอบคือ แก๊ส ของเหลว และของแข็ง โดย ผลิตภัณฑ์ที่ได้ส่วนใหญ่จะเป็นไฮโดรคาร์บอนจุดเดือดสูง เพื่อให้ได้น้ำมันแก๊สโซลีน จากการไพโรไลซิสน้ำมันซึ่งเป็นสัดส่วนที่ต้องการสำหรับการกลั่นแยกผลิตภัณฑ์ มีคุณค่า วัตถุดิบทางเคมีมากขึ้นรวมทั้ง เบนซีน โทลูอิน และอะโรเมติกอื่น ๆ อาจเกิดได้โดยการ กลั่นของไพโรไลซิสน้ำมัน ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองนั้นแสดงให้เห็นว่า PS ให้ของเหลว สูง ส่วน PP และ PE มีสัดส่วนของผลิตภัณฑ์แก๊สที่สูง โดยองค์ประกอบเด่นของผลิตภัณฑ์ ของเหลวจากการไพโรไลซิส คือ สไตรีน

Bridgwater, A. V. Meier, D. Radlein, D. (1999) ระบบไพโรไลซิสแบบเร็ว ของชีวมวลได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในยุโรป เนื่องจากมองว่ามีข้อได้เปรียบ ด้านลอจิสติกส์และเศรษฐกิจที่สำคัญเหนือกระบวนการแปลงความร้อนอื่น ๆ เนื่องจาก

สามารถจัดเก็บผลิตภัณฑ์ของเหลวได้จนกว่าจะจำเป็นหรือขนส่งไปยังที่ที่สามารถใช้งานได้
อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด วัตถุประสงค์ของเอกสารฉบับนี้คือการทบทวนข้อควรพิจารณา
ในการออกแบบที่ผู้พัฒนาระบบไพโรไลซิสแบบเร็ว การอัฟเกรด และการใช้ประโยชน์ต้อง
เผชิญ เพื่อนำเทคโนโลยีดังกล่าวไปใช้ได้อย่างประสบความสำเร็จ ด้านต่าง ๆ ของการ
ออกแบบระบบไพโรไลซิสแบบเร็ว ได้แก่ การอบแห้งอาหาร ขนาดของอนุภาค การบำบัด
เบื้องต้น การกำหนดค่าเครื่องปฏิกรณ์ การจ่ายความร้อน การถ่ายเทความร้อน อัตราการ
ให้ความร้อน อุณหภูมิปฏิกิริยา เวลาที่ไอระเหยอยู่ การแตกตัวของ การแยกถ่าน การ
แยกเถ้า การรวบรวมของเหลว แต่ละด้านจะได้รับการทบทวนและอภิปราย กรณีศึกษา
แสดงให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีกับไม้เหลือทิ้ง และแนวทางนี้ช่วยให้ควบคุมสาร
ปนเปื้อนได้ดีมาก ในที่สุด ปัญหาการรั่วไหลก็ได้รับการแก้ไขโดยใช้การทดสอบการหายใจ
ด้วยไบโอออยล์ โดยสรุปผลจากการที่กระบวนการไพโรไลซิสอย่างรวดเร็วมีส่วนทำให้เกิด
ภาวะโลกร้อนได้

Williams, P. T. & Horne, P. A. (1994) ชีวมวลในรูปของไม้สนถูกไพโรไลซิส
ในเครื่องปฏิกรณ์ไพโรไลซิสแบบฟลูอิดไคด์เบดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.5 ซม. และสูง 100
ซม. ที่ได้รับความร้อนจากภายนอก โดยมีไนโตรเจนเป็นก๊าซฟลูอิดไคด์ ส่วนของผนังกันของ
เครื่องปฏิกรณ์ถูกบรรจุด้วยซีโอไลต์ ZSM-5 ตัวเร่งปฏิกิริยา น้ำมันไพโรไลซิสก่อนและ
หลังการเร่งปฏิกิริยาถูกเก็บรวบรวมในชุดคอนเดนเซอร์และกับดักความเย็น นอกจากนี้
ก๊าซยังถูกวิเคราะห์แบบออฟไลน์ด้วยโครมาโทกราฟีแก๊สแบบคอลัมน์อัดแน่น
องค์ประกอบของน้ำมันและก๊าซถูกกำหนดโดยสัมพันธ์กับชั้นฟลูอิดไคด์หลักและหลังจาก
การเร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิชั้นตัวเร่งปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้นจาก 400 เป็น 550°C น้ำมันได้รับ
การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคต่าง ๆ มากมายเพื่อกำหนดองค์ประกอบ รวมถึงโครมาโทกราฟี
ของเหลวโครมาโทกราฟีก๊าซ/แมสสเปกโตรเมตรี ฟลูอิดทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตร
สโคปี และโครมาโทกราฟีการแยกตามขนาดผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าน้ำมันก่อนการ
เร่งปฏิกิริยามีออกซิเจนสูง หลังจากเร่งปฏิกิริยา น้ำมันจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดในสปีชีส์ที่มี
ออกซิเจน โดยเพิ่มขึ้นในสปีชีส์อะโรมาติกและโพลีไซคลิกอะโรมาติก ก๊าซที่เกิดจากการ
ไพโรไลซิสของชั้นฟลูอิดไคด์ของชีวมวล ได้แก่ CO, CO₂, H₂, CH₄, C₂H₄, C₂H₆, และความ
เข้มข้นเล็กน้อยของก๊าซไฮโดรคาร์บอนอื่นๆ หลังจากการเร่งปฏิกิริยา ความเข้มข้นของ
CO* และ CO จะเพิ่มขึ้น การแปลงสารประกอบที่มีออกซิเจนส่วนใหญ่เป็น H₂O ที่อุณหภูมิ
ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ต่ำกว่าและ CO CO₂ ที่อุณหภูมิตัวเร่งปฏิกิริยาสูง การวิเคราะห์น้ำมันอย่าง

ละเอียดแสดงให้เห็นว่ามีสารอะโรมาติกโพลีไซคลิกที่ทำงานทางชีวภาพในความเข้มข้นสูง
ในน้ำมันตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิของตัวเร่งปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้น สารประกอบ
ออกซิเจนในน้ำมันที่ไม่ได้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาส่วนใหญ่เป็นฟีนอลและกรดคาร์บอกซิลิก
หลังจากการเร่งปฏิกิริยา ความเข้มข้นของสารเหล่านี้จะลดลงตามอุณหภูมิของตัวเร่ง
ปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

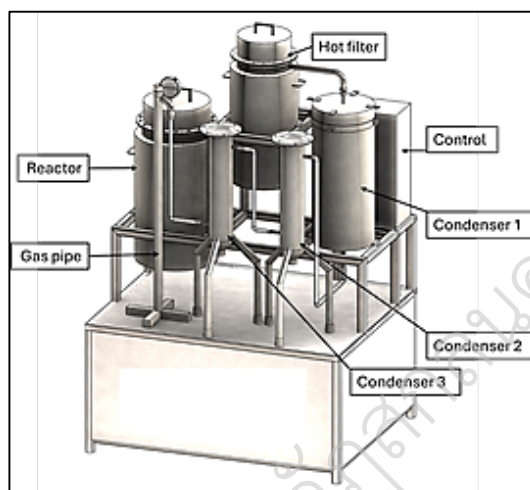
การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลทางการเกษตรด้วยการไพโรไลซิส ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยดังนี้

1. ออกแบบเครื่องผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลทางการเกษตรด้วยการไพโรไลซิส
2. สร้างเครื่องผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลทางการเกษตรด้วยการไพโรไลซิส
3. ผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลทางการเกษตรด้วยการไพโรไลซิส
4. ผลิตถ่านที่ได้จากผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลทางการเกษตรด้วยการไพโรไลซิส ผ่านชนิดกรองไอร้อน 6 ชนิด อุณหภูมิควบคุม 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส
5. การตรวจสอบสมบัติน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลทางการเกษตรด้วยการไพโรไลซิส
6. การหาค่าความเป็นกรดของน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลทางการเกษตรด้วยการไพโรไลซิส
7. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลทางการเกษตรด้วยการไพโรไลซิส
8. เก็บรวบรวมข้อมูล
9. วิเคราะห์ข้อมูล สรุปและอภิปรายผล

1. ออกแบบเครื่องผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลทางการเกษตรด้วยการไพโรไลซิส

ผู้วิจัยได้ออกแบบระบบไพโรไลซิสที่ใช้สำหรับการแปรรูปเศษชีวมวลทางการเกษตรติดตั้งประกอบด้วยเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดคงที่มีตัวกรองอากาศร้อน คอนเดนเซอร์หลักที่ทำงานด้วยสารทำความเย็น R134a และคอนเดนเซอร์เพิ่มเติมอีกสองตัว คอนเดนเซอร์ 2 และ 3 ที่ทำงานด้วยอากาศเย็น ระบบทั้งหมดติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งรวมถึงเซ็นเซอร์สำหรับการวัดและกลไกด้านความปลอดภัย ไดอะแกรมยังแสดงภาพจริงของอุปกรณ์ที่ใช้ เครื่องปฏิกรณ์มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 300 mm และสูง 500 mm ตัวกรองอากาศร้อนมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 mm และสูง 600 mm คอนเดนเซอร์หลักมี

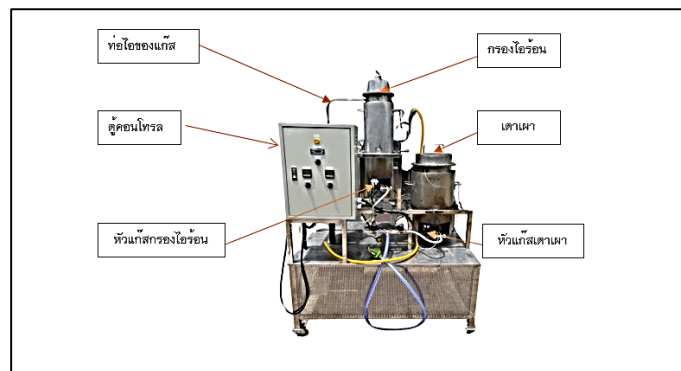
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 200 mm และสูง 300 mm คอนเดนเซอร์ที่สองและที่สามได้รับการออกแบบเป็นหน่วยทรงกระบอก โดยแต่ละตัวมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 mm และสูง 500 mm ส่วนประกอบทั้งหมดทำจากสแตนเลสโดยเฉพาะเกรด 304 ทนต่อการกัดกร่อน ดังภาพประกอบ 17



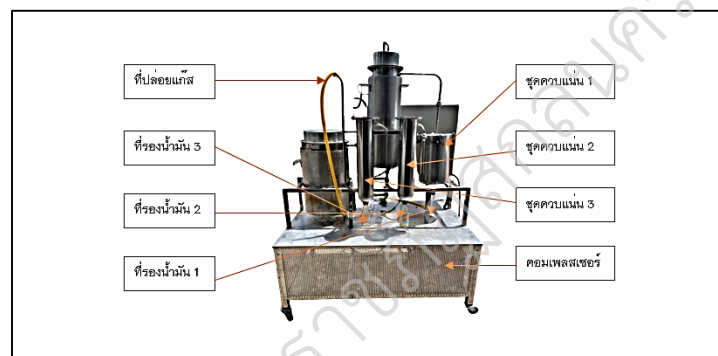
ภาพประกอบ 17 แบบเครื่องผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิส

2. สร้างเครื่องผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิส

ผู้วิจัยได้สร้างระบบไพโรไลซิสที่ใช้สำหรับการแปรรูปเศษชีอย่างพารา การสร้างและติดตั้งประกอบด้วยเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดคงที่ ติดตั้งตัวกรองอากาศร้อน ติดตั้งคอนเดนเซอร์หลักที่ทำงานด้วยสารทำความเย็น R134a และติดตั้งคอนเดนเซอร์เพิ่มเติมอีกสองตัว คือคอนเดนเซอร์ 2 และ 3 ที่ทำงานด้วยอากาศเย็น ติดตั้งหัวแก๊สเตาเผาและกรองไอร้อน ใส่ท่อที่ปล่อยแก๊ส พร้อมใส่ขวดรอน้ำมันเชื้อเพลิงทั้ง 3 อัน ชุดระบบทั้งหมดติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติไว้ในตู้คอนโทรล ซึ่งรวมถึงเซ็นเซอร์สำหรับการวัดและกลไกด้านความปลอดภัย โดยทั้งหมดจะวางอยู่บนชุดแท่นเครื่องไพโรไลซิส ไดอะแกรมยังแสดงภาพจริงของอุปกรณ์ที่ใช้ ดังแสดงภาพประกอบ 18 และ 19



ภาพประกอบ 18 เครื่องผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิสด้านหน้า



ภาพประกอบ 19 เครื่องผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิสด้านหลัง

3. การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิส

ขั้นตอนที่ 1 เตรียมวัสดุเศษชีอย่างพารา มาสับเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาด 2-3 cm น้ำหนัก 1 kg แต่ละรอบการทดลอง และเริ่มต้นจากชนิดกรองไฮดรอนกรองเปล่า โดโลไมต์ ถ่าน ถ่านอัดเม็ด แกลบ แกลบอัดเม็ด ตามลำดับการทดลอง

ขั้นตอนที่ 2 นำเศษยาพาราใส่ในเตาเผา (Reactor) แล้วปิดฝาชั้นน็อตให้แน่น

ขั้นตอนที่ 3 เสียบปลั๊กเปิดสวิตซ์ตัวคอนโทรล ปรับอุณหภูมิเตาเผา (Reactor) ที่ 300 องศาเซลเซียส ปรับอุณหภูมิกรองไฮดรอน ที่ 100 องศาเซลเซียส ปรับอุณหภูมิชุดควบแน่น 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส ตามลำดับการทดลอง

ขั้นตอนที่ 4 เปิดแก๊สรันเครื่องเตาเผา (Reactor) จับเวลาทุก ๆ 10 นาที จนครบ 2 ชั่วโมง ปิดเครื่อง และวัดปริมาณน้ำมันที่ได้ ปริมาณแก๊สที่ปล่อยออกไป ปริมาณเถ้าที่เหลือ

ขั้นตอนที่ 5 นำน้ำมันที่ได้วัดปริมาณน้ำมัน วัดสมบัติน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าความร้อน ค่าความหนาแน่น ค่าความหนืด จุดวาบไฟ จุดติดไฟ ความเป็นกรดของน้ำมัน เชื้อเพลิงแต่ละรอบการทดลอง องค์ประกอบทางเคมี ดังแสดงภาพประกอบ 20



ภาพประกอบ 20 การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิส

4. ผลลัพธ์ที่ได้จากผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิส ผ่านชนิดกรองไอร้อน 6 ชนิด อุณหภูมิควบแน่น 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส

ผลผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิส โดยผ่านชนิดกรองไอร้อนกรองเปล่า ดังภาพประกอบ 21 ก. อุณหภูมิควบแน่น 10 องศาเซลเซียส ผลลัพธ์ที่ได้คือน้ำมันเชื้อเพลิง ดังภาพประกอบ 21 ข. และเถ้า ดังภาพประกอบ 21 ค.



ก. กรองเปล่า



ข. น้ำมันเชื้อเพลิง



ค. เถ้า

ภาพประกอบ 21 ผลลัพธ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร้อนกรองเปล่า

อุณหภูมิควบแน่น 10 องศาเซลเซียส

ผลผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิส โดยผ่านชนิด
กรองไอร้อนไดโลไมท์ ดังภาพประกอบ 22 ก. อุณหภูมิควบแน่น 10 องศาเซลเซียส
ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือน้ำมันเชื้อเพลิง ดังภาพประกอบ 22 ข. และถ่าน ดังภาพประกอบ 22 ค.



ก. ไดโลไมท์



ข. น้ำมันเชื้อเพลิง



ค. ถ่าน

ภาพประกอบ 22 ผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร้อนไดโลไมท์
อุณหภูมิควบแน่น 10 องศาเซลเซียส

ผลผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิส โดยผ่านชนิด
กรองไอร้อนถ่านไม้ ดังภาพประกอบ 23 ก. อุณหภูมิควบแน่น 10 องศาเซลเซียส
ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือน้ำมันเชื้อเพลิง ดังภาพประกอบ 23 ข. และถ่าน ดังภาพประกอบ 23 ค.



ก. ถ่านไม้



ข. น้ำมันเชื้อเพลิง



ค. ถ่าน

ภาพประกอบ 23 ผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร้อนถ่านไม้
อุณหภูมิควบแน่น 10 องศาเซลเซียส

ผลผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิส โดยผ่านชนิด
กรองไอร้อนถ่านไม้อัดแท่ง ดังภาพประกอบ 24 ก. อุณหภูมิควบแน่น 10 องศาเซลเซียส
ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือน้ำมันเชื้อเพลิง ดังภาพประกอบ 24 ข. และถ่าน ดังภาพประกอบ 24 ค.



ก. ถ่านไม้อัดแท่ง



ข. น้ำมันเชื้อเพลิง



ค. เถ้า

ภาพประกอบ 24 ผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร้อนถ่านไม้อัดแท่ง

อุณหภูมิความดัน 10 องศาเซลเซียส

ผลผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษขี้เถ้าจากการไพโรไลซิส โดยผ่านชนิดกรองไอร้อนแกลบ ดังภาพประกอบ 25 ก. อุณหภูมิความดัน 10 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือน้ำมันเชื้อเพลิง ดังภาพประกอบ 25 ข. และเถ้า ดังภาพประกอบ 25 ค.



ก. แกลบ



ข. น้ำมันเชื้อเพลิง



ค. เถ้า

ภาพประกอบ 25 ผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร้อนแกลบ

อุณหภูมิความดัน 10 องศาเซลเซียส

ผลผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษขี้เถ้าจากการไพโรไลซิส โดยผ่านชนิดกรองไอร้อนแกลบอัดแท่ง ดังภาพประกอบ 26 ก. อุณหภูมิความดัน 10 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือน้ำมันเชื้อเพลิง ดังภาพประกอบ 26 ข. และเถ้า ดังภาพประกอบ 26 ค.



ก. แกลบอัดแท่ง



ข. น้ำมันเชื้อเพลิง



ค. เถ้า

ภาพประกอบ 26 ผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร้อนแกลบอัดแท่ง

อุณหภูมิความดัน 10 องศาเซลเซียส

ผลผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษขี้ยางพาราด้วยการไพโรไลซิส โดยผ่านชนิด
กรองไอร้อนกรองเปล่า ดังภาพประกอบ 27 ก. อุณหภูมิควบแน่น 20 องศาเซลเซียส
ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือน้ำมันเชื้อเพลิง ดังภาพประกอบ 27 ข. และเถ้า ดังภาพประกอบ 27 ค.



ก. กรองเปล่า



ข. น้ำมันเชื้อเพลิง



ค. เถ้า

ภาพประกอบ 27 ผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร้อนกรองเปล่า
อุณหภูมิควบแน่น 20 องศาเซลเซียส

ผลผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษขี้ยางพาราด้วยการไพโรไลซิส โดยผ่านชนิด
กรองไอร้อนโดโลไมท์ ดังภาพประกอบ 28 ก. อุณหภูมิควบแน่น 20 องศาเซลเซียส
ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือน้ำมันเชื้อเพลิง ดังภาพประกอบ 28 ข. และเถ้า ดังภาพประกอบ 28 ค.



ก. โดโลไมท์



ข. น้ำมันเชื้อเพลิง



ค. เถ้า

ภาพประกอบ 28 ผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร้อนโดโลไมท์
อุณหภูมิควบแน่น 20 องศาเซลเซียส

ผลผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษขี้ยางพาราด้วยการไพโรไลซิส โดยผ่านชนิด
กรองไอร้อนถ่านไม้ ดังภาพประกอบ 29 ก. อุณหภูมิควบแน่น 20 องศาเซลเซียส
ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือน้ำมันเชื้อเพลิง ดังภาพประกอบ 29 ข. และเถ้า ดังภาพประกอบ 29 ค.



ก. ถ่านไม้



ข. น้ำมันเชื้อเพลิง



ค. เถ้า

ภาพประกอบ 29 ผลิตรภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร้อนถ่านไม้

อุณหภูมิความดัน 20 องศาเซลเซียส

ผลผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิส โดยผ่านชนิดกรองไอร้อนถ่านไม้อัดแท่ง ดังภาพประกอบ 30 ก. อุณหภูมิความดัน 20 องศาเซลเซียส ผลิตรภัณฑ์ที่ได้คือน้ำมันเชื้อเพลิง ดังภาพประกอบ 30 ข. และเถ้า ดังภาพประกอบ 30 ค.



ก. ถ่านไม้อัดแท่ง



ข. น้ำมันเชื้อเพลิง



ค. เถ้า

ภาพประกอบ 30 ผลิตรภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร้อนถ่านไม้อัดแท่ง

อุณหภูมิความดัน 20 องศาเซลเซียส

ผลผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิส โดยผ่านชนิดกรองไอร้อนแกลบ ดังภาพประกอบ 31 ก. อุณหภูมิความดัน 20 องศาเซลเซียส ผลิตรภัณฑ์ที่ได้คือน้ำมันเชื้อเพลิง ดังภาพประกอบ 31 ข. และเถ้า ดังภาพประกอบ 31 ค.



ก. แกลบ



ข. น้ำมันเชื้อเพลิง



ค. เถ้า

ภาพประกอบ 31 ผลิตรภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร้อนแกลบ

อุณหภูมิความดัน 20 องศาเซลเซียส

ผลผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิส โดยผ่านชนิด
กรองไอร้อนเกลบอัดแท่ง ดังภาพประกอบ 32 ก. อุณหภูมิควบแน่น 20 องศาเซลเซียส
ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือน้ำมันเชื้อเพลิง ดังภาพประกอบ 32 ข. และเถ้า ดังภาพประกอบ 32 ค.



ก. แกลบอัดแท่ง



ข. น้ำมันเชื้อเพลิง



ค. เถ้า

ภาพประกอบ 32 ผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร้อนเกลบอัดแท่ง
อุณหภูมิควบแน่น 20 องศาเซลเซียส

ผลผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิส โดยผ่านชนิด
กรองไอร้อนกรองเปล่า ดังภาพประกอบ 33 ก. อุณหภูมิควบแน่น 30 องศาเซลเซียส
ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือน้ำมันเชื้อเพลิง ดังภาพประกอบ 33 ข. และเถ้า ดังภาพประกอบ 33 ค.



ก. กรองเปล่า



ข. น้ำมันเชื้อเพลิง



ค. เถ้า

ภาพประกอบ 33 ผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร้อนกรองเปล่า
อุณหภูมิควบแน่น 30 องศาเซลเซียส

ผลผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิส โดยผ่านชนิด
กรองไอร้อนโดโลไมท์ ดังภาพประกอบ 34 ก. อุณหภูมิควบแน่น 30 องศาเซลเซียส
ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือน้ำมันเชื้อเพลิง ดังภาพประกอบ 34 ข. และเถ้า ดังภาพประกอบ 34 ค.



ก. โดโลไมท์



ข. น้ำมันเชื้อเพลิง



ค. ถ่าน

ภาพประกอบ 34 ผลิตรภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร้อนโดโลไมท์

อุณหภูมิความดัน 30 องศาเซลเซียส

ผลผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีงาพาราด้วยการไพโรไลซิส โดยผ่านชนิดกรองไอร้อนถ่านไม้ ดังภาพประกอบ 35 ก. อุณหภูมิความดัน 30 องศาเซลเซียส ผลิตรภัณฑ์ที่ได้คือน้ำมันเชื้อเพลิง ดังภาพประกอบ 35 ข. และถ่าน ดังภาพประกอบ 35 ค.



ก. ถ่านไม้



ข. น้ำมันเชื้อเพลิง



ค. ถ่าน

ภาพประกอบ 35 ผลิตรภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร้อนถ่านไม้

อุณหภูมิความดัน 30 องศาเซลเซียส

ผลผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีงาพาราด้วยการไพโรไลซิส โดยผ่านชนิดกรองไอร้อนถ่านไม้อัดแท่ง ดังภาพประกอบ 36 ก. อุณหภูมิความดัน 30 องศาเซลเซียส ผลิตรภัณฑ์ที่ได้คือน้ำมันเชื้อเพลิง ดังภาพประกอบ 36 ข. และถ่าน ดังภาพประกอบ 36 ค.



ก. ถ่านไม้อัดแท่ง



ข. น้ำมันเชื้อเพลิง



ค. ถ่าน

ภาพประกอบ 36 ผลิตรภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร้อนถ่านไม้อัดแท่ง

อุณหภูมิความดัน 30 องศาเซลเซียส

ผลผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิส โดยผ่านชนิดกรองไอร้อนเกลบ ดังภาพประกอบ 37 ก. อุณหภูมิควบแน่น 30 องศาเซลเซียส ผลิตรภัณฑ์ที่ได้คือน้ำมันเชื้อเพลิง ดังภาพประกอบ 37 ข. และเถ้า ดังภาพประกอบ 37 ค.



ก. เกลบ



ข. น้ำมันเชื้อเพลิง



ค. เถ้า

ภาพประกอบ 37 ผลิตรภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร้อนเกลบ
อุณหภูมิควบแน่น 30 องศาเซลเซียส

ผลผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิส โดยผ่านชนิดกรองไอร้อนเกลบอัดแท่ง ดังภาพประกอบ 38 ก. อุณหภูมิควบแน่น 30 องศาเซลเซียส ผลิตรภัณฑ์ที่ได้คือน้ำมันเชื้อเพลิง ดังภาพประกอบ 38 ข. และเถ้า ดังภาพประกอบ 38 ค.



ก. เกลบอัดแท่ง



ข. น้ำมันเชื้อเพลิง



ค. เถ้า

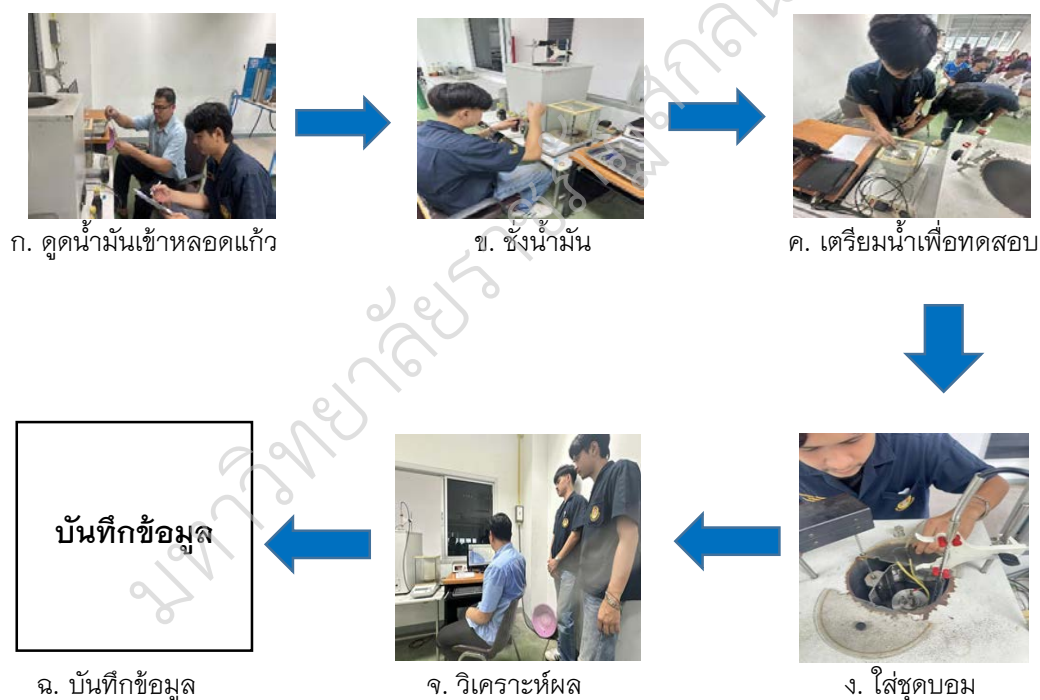
ภาพประกอบ 38 ผลิตรภัณฑ์ที่ได้ผ่านชนิดกรองไอร้อนเกลบอัดแท่ง
อุณหภูมิควบแน่น 30 องศาเซลเซียส

5. การตรวจสอบบัติน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิส

ความหนาแน่นของน้ำมันวิเคราะห์โดยชั่งน้ำหนักน้ำมันบนเครื่องชั่งดิจิทัล Mettler Toledo AL104 ค่าอ่านความละเอียด ± 0.0001 กรัม พิกัดน้ำหนักสูงสุด 110 กรัม เทียบกับปริมาตรของปิ๊กเกอร์ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ตามมาตรฐาน ASTM D4052 ซึ่งปิ๊กเกอร์ที่ใช้งานวิจัยครั้งนี้มีปริมาตร 10 มิลลิลิตร เริ่มต้นการวิเคราะห์ด้วยการเทน้ำมันลงในปิ๊กเกอร์ 5 มิลลิลิตร จากนั้นอ่านน้ำหนักเปรียบเทียบกับปริมาตรปิ๊กเกอร์จะทราบความหนาแน่นของน้ำมัน ดังภาพประกอบ 38

การหาค่าความร้อนน้ำมันวิเคราะห์ด้วยวิธีบอมป์แคลอรีมิเตอร์ตามมาตรฐาน ASTM D240 D4809 ด้วยเครื่อง S.M.D. Torino บอมป์แคลอรีมิเตอร์ รุ่น Art.2060/2070 ค่าอ่านความละเอียด ± 1 เมกะจูลต่อกิโลกรัม เริ่มจากชั่งน้ำหนักของน้ำมันตัวอย่าง ประมาณ 1 กรัมใส่ลงในถ้วยเผาไหม้แล้ววางลงในถ้วยบอมป์พร้อมบรรจุออกซิเจน จากนั้นประกอบถ้วยบอมป์เข้ากับเครื่องบอมป์แคลอรีมิเตอร์แล้วจุดระเบิดน้ำมันตัวอย่างด้วยเส้นลวดไฟฟ้า หลังการเผาไหม้จะเกิดความร้อนขึ้นภายในถ้วยบอมป์และถ่ายเทความร้อนนี้ไปยังน้ำ 2000 มิลลิลิตรที่ถ้วยบอมป์แช่อยู่ เมื่ออุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้นเปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจากการเผาไหม้สารมาตรฐานจะทราบค่าความร้อนของน้ำมันชีวภาพ

ดงภาพประกอบ 39



ภาพประกอบ 39 การหาค่าความหนาแน่น การหาค่าความร้อน ของน้ำมันเชื้อเพลิง

การหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟ เครื่องมือใช้เครื่องทดสอบแบบถ้วยปิดด้วย โดยมีขั้นตอนทดสอบแบบนี้ด้วยเปิดใส่ตัวอย่างน้ำมันลงในถ้วยเปิดแล้วให้ความร้อนอย่างช้า ๆ ถ้วยปิดใส่ตัวอย่างน้ำมันลงในถ้วยปิดแล้วให้ความร้อน การทดสอบเมื่ออุณหภูมิถึงจุดวาบไฟ จะสังเกตเห็นการกะพริบของเปลวไฟเมื่อมีแหล่งกำเนิดไฟ จุดติดไฟเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงจุดติดไฟ จะเห็นว่าเปลวไฟติดและลุกไหม้ต่อเนื่องอย่างน้อย

5 วินาทีเมื่อไม่มีแหล่งกำเนิดไฟ แล้วทำการบันทึกบันทึกอุณหภูมิที่จุดวาบไฟและจุดติดไฟอย่างแม่นยำ ดังภาพประกอบ 40



ภาพประกอบ 40 การหาค่าจุดวาบไฟและจุดติดไฟของน้ำมันเชื้อเพลิง

การหาค่าความหนืดของน้ำมันซึ่งความหนืดของน้ำมันสามารถวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D445 ด้วยหลอดวัดความหนืด Cannon–Fenske opaque viscometer เบอร์ 350 ค่าความแม่นยำร้อยละ ± 0.3 โดย เหน้ำมัน 15 มิลลิลิตร ลงในหลอดวัดความหนืดแล้วจับเวลาที่น้ำมันไหลในหลอดซึ่งแช่ในน้ำอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จากนั้นนำเวลาที่ได้ออกมาคูณกับแฟคเตอร์ของหลอดคือ 0.344 เซนติสโตกส์ ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบกับของเหลวมาตรฐาน ดังภาพประกอบ 41



ก. ใส่น้ำมัน

ข. เปิดเครื่องตั้งอุณหภูมิ

ค. ดูปริมาณการไหล

ง. จับเวลา

ภาพประกอบ 41 การหาค่าความหนืดของน้ำมันเชื้อเพลิง

6. การหาค่าความเป็นกรดของน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษขี้ยางพาราด้วยการไทโรไลซิส

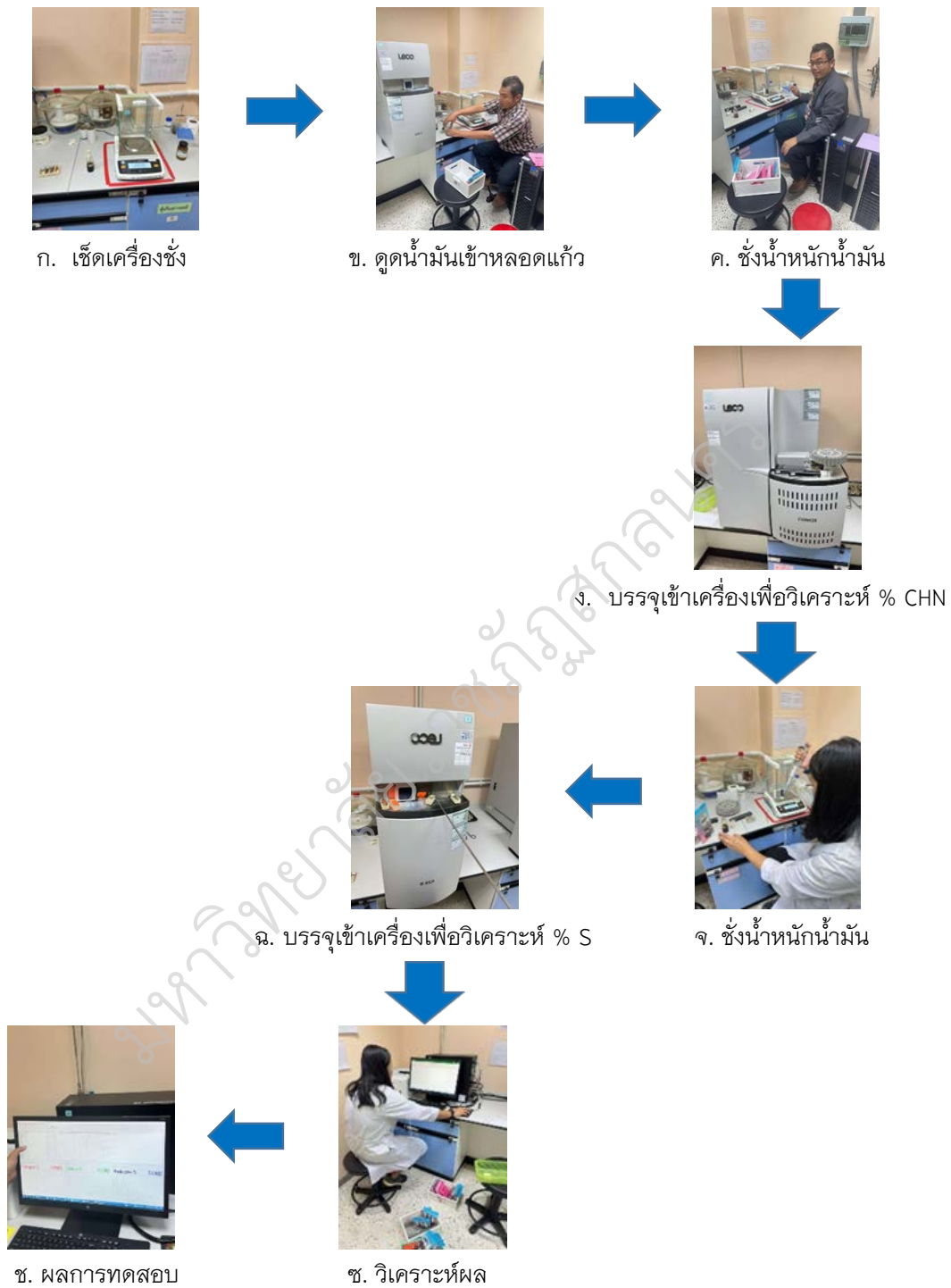
การวัดค่าความเป็นกรดของน้ำมันเชื้อเพลิง (Acid Value หรือ TAN) สามารถทำได้โดยการไทเทรตตัวอย่างน้ำมันด้วยสารละลายเบส (เช่น โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ KOH) แล้ววัดปริมาณเบสที่ใช้ไป ค่าที่ได้จะแสดงเป็นมิลลิกรัม KOH ที่ใช้ทำให้ตัวอย่างน้ำมัน 1 g เป็นกลางรายละเอียดเพิ่มเติม การเตรียมตัวอย่างน้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกละลายในตัวทำละลายที่เหมาะสม (เช่น โทลูอีน ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ และน้ำ) การไทเทรตสารละลายเบส (KOH) จะถูกเติมเข้าไปในตัวอย่างน้ำมันทีละน้อยจนถึงจุดที่แสดงว่าความเป็นกรดถูกทำให้เป็นกลาง การคำนวณปริมาณ KOH ที่ใช้ในการไทเทรตจะถูกใช้ในการคำนวณค่าความเป็นกรดของน้ำมันเชื้อเพลิง การวัดค่า pH ค่า pH ของน้ำมันเชื้อเพลิงสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ระดับความเป็นกรด-ด่างได้ ค่า pH ปกติของน้ำมันดีเซลควรอยู่ระหว่าง 5.5 ถึง 8.0 ค่าความเป็นกรดในน้ำมันเชื้อเพลิงมีความสำคัญต่อค่าความเป็นกรดของน้ำมันควรต่ำกว่า 0.50 มก. KOH/ก. ในมาตรฐาน EN 14214 และ ASTM D6751 ดังภาพประกอบ 42



ภาพประกอบ 42 การหาค่าความเป็นกรดของน้ำมันเชื้อเพลิง

7. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษ ชีयाพาราด้วยการไพโรไลซิส

การวิเคราะห์ธาตุ CHNSO หรือที่เรียกว่าการวิเคราะห์ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์หรือจุลวิเคราะห์ธาตุ คือการระบุปริมาณของคาร์บอน (C), ไฮโดรเจน (H), ไนโตรเจน (N), ซัลเฟอร์ (S) และออกซิเจน (O) ที่อยู่ในตัวอย่าง การวิเคราะห์ดังกล่าวนี้เป็นเทคนิคที่มีความน่าเชื่อถือและความคุ้มค่าซึ่งใช้ในการประเมินความบริสุทธิ์และองค์ประกอบทางเคมีของสารประกอบต่าง ๆ การวิเคราะห์ธาตุเป็นเทคนิคในการวิเคราะห์ที่เชื่อถือได้อย่างมาก โดยมีการนำไปใช้งานในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มากมาย เทคนิคที่พบได้บ่อยที่สุดของการวิเคราะห์ธาตุ CHNSO จะอิงตามการเผาไหม้ของตัวอย่าง ซึ่งสามารถดำเนินการได้ในเครื่องมือเฉพาะทางที่เรียกว่าเครื่องวิเคราะห์ธาตุ เมื่อมีการเผาไหม้ตัวอย่างจะสร้างแก๊สที่มีองค์ประกอบของธาตุ C, H, N และ S ที่มีลักษณะเป็นแบบเดียวกันโดยผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้เหล่านี้ (เช่น CO₂, H₂O, NO₂ และอื่น ๆ) จะได้รับการตรวจวัดโดยใช้เทคนิคโครมาโตกราฟีแก๊ส จากนั้นจะมีการกำหนดอัตราส่วนขององค์ประกอบในตัวอย่างดั้งเดิม โดยสามารถกำหนด C, H, N และ S ทั้งหมดพร้อมกันได้ ในขณะที่ O อาจวิเคราะห์ได้ในขั้นตอนที่ 2 โดยวิธีการไพโรไลซิส หรือจากการคำนวณ การเตรียมตัวอย่างและการชั่งน้ำหนัก เตรียมเครื่องมือที่ต้องใช้ ได้แก่ ช้อนตักตัวอย่างและคีมหนีบ 2 อัน เตรียมภาชนะบรรจุชุดน้ำหนัก โดยภาชนะเหล่านี้อาจเป็นได้ทั้งถ้วยใส่ตัวอย่างดีบุกหรือเงินที่มีขนาดเล็กมากหรือแคปซูล ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของตัวอย่างและการใช้งาน นอกจากนี้ ภาชนะบรรจุชุดน้ำหนักต้องได้รับการทำความสะอาดไว้ล่วงหน้าและแห้งสนิทเพื่อเลี่ยงการปนเปื้อนแม้เพียงเล็กน้อยวางภาชนะบรรจุชุดน้ำหนักที่ว่างเปล่าลงบนเครื่องชั่งความละเอียดสูงและชั่งน้ำหนักภาชนะใช้ช้อนตักตัวอย่างเพื่อเติมตัวอย่างในภาชนะจนกว่าจะถึงช่วงน้ำหนักเป้าหมายที่กำหนดไว้ใช้คีมหนีบเพื่อนำภาชนะบรรจุชุดออกจากเครื่องชั่ง ใช้คีมหนีบอันที่สองเพื่อปิดด้านบนของภาชนะแล้วพับขอบลงสองรอบเพื่อให้แน่ใจว่าตัวอย่างได้รับการปิดผนึกไว้ภายในอย่างแน่นหนา แผลภาชนะแล้วกดเบา ๆ เพื่อทำให้เป็นรูปทรงกลมหรือทรงลูกบาศก์ ตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่มีตัวอย่างรั่วไหล จากนั้นเป็นกระบวนการการวิเคราะห์ในเครื่องวิเคราะห์ธาตุ โดยการนำตัวอย่างจำนวนมากเข้าไปในเครื่องวิเคราะห์ธาตุโดยใช้กระบวนการแบบอัตโนมัติ ผลลัพธ์และการรายงานซอฟต์แวร์เครื่องวิเคราะห์ธาตุจะคำนวณปริมาณแก๊สที่ได้เป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวอย่างแรกเริ่ม ผลลัพธ์ในรายงานจะแสดงเป็น %CHNSO ดังภาพประกอบ 43



ภาพประกอบ 43 การหาค่า % CHNSO ของน้ำมันเชื้อเพลิง

8. การเก็บรวบรวมข้อมูล

8.1 ทำตารางจัดบันทึก

8.2 บันทึกวิธีโอ

8.3 โปรแกรมสำเร็จรูป

9. วิเคราะห์ข้อมูล สรุปและอภิปรายผล

9.1 หาสมบัติน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าทดสอบแลปที่สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ และสถาบันวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏ สกลนคร

9.2 หาค่าประกอบทางเคมี % CHNSO ศูนย์วิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี

9.3 สรุปและอภิปรายผล

บทที่ 4

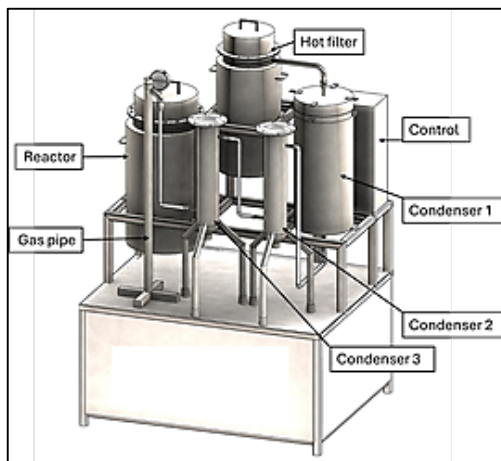
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลพาราด้วยการไพโรไลซิส ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. ผลการออกแบบและสร้างหน่วยไพโรไลซิส
2. ผลการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลพาราด้วยการไพโรไลซิส
3. ผลการศึกษาวเคราะห์สมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง

1. ผลการออกแบบและสร้างหน่วยไพโรไลซิสสำหรับผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง

ผู้วิจัยได้ออกแบบระบบไพโรไลซิสที่ใช้สำหรับการแปรรูปเศษชีวมวลพารา การติดตั้งประกอบด้วยเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดคงที่ มีตัวกรองอากาศร้อน คอนเดนเซอร์หลักที่ทำงานด้วยสารทำความเย็น R134a และคอนเดนเซอร์เพิ่มเติมอีกสองตัว คอนเดนเซอร์ 2 และ 3 ที่ทำงานด้วยอากาศเย็น ระบบทั้งหมดติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งรวมถึงเซ็นเซอร์สำหรับการวัดและกลไกด้านความปลอดภัย ไดอะแกรมยังแสดงภาพจริงของอุปกรณ์ที่ใช้ เครื่องปฏิกรณ์มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 300 mm และสูง 500 mm ตัวกรองอากาศร้อนมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 mm และสูง 600 mm คอนเดนเซอร์หลักมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 200 mm และสูง 300 mm คอนเดนเซอร์ที่สองและที่สามได้รับการออกแบบเป็นหน่วยทรงกระบอก โดยแต่ละตัวมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 mm และสูง 500 mm ส่วนประกอบทั้งหมดทำจากสแตนเลสโดยเฉพาะเกรด 304 เพื่อให้มีความทนทานและทนต่อการกัดกร่อน ทางผู้วิจัยได้สร้างเครื่องผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลพาราด้วยการไพโรไลซิสประจำหน่วยศูนย์ความเป็นทางวิศวกรรมและเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เพื่อคอยให้บริการการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยการไพโรไลซิส ดังภาพประกอบ 44 และ 45



ภาพประกอบ 44 แบบเครื่องไพโรไลซิสสำหรับผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง

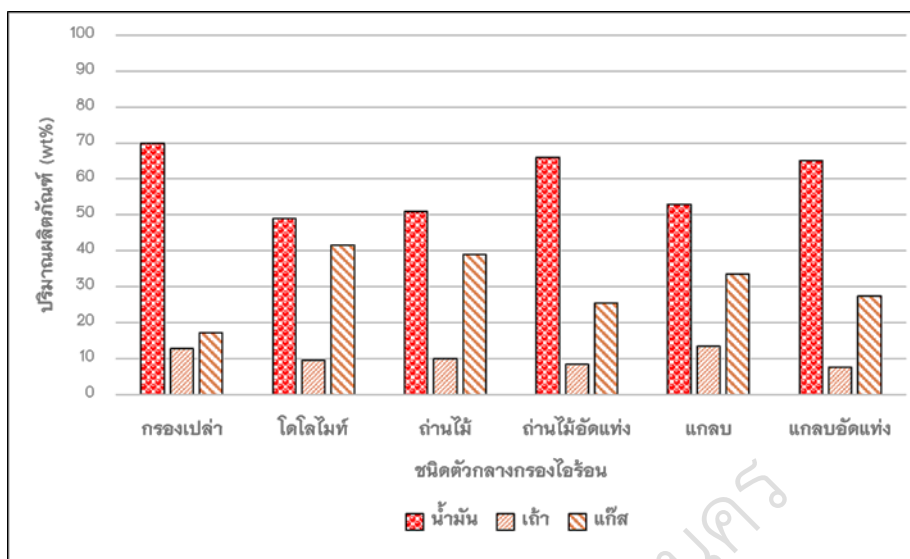


ภาพประกอบ 45 หน่วยไพโรไลซิสสำหรับผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง

2. ผลการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิส

2.1 ผลการทดลองการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิควบแน่น 10 องศาเซลเซียส

ผลการทดลองการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิควบแน่น 10 องศาเซลเซียส โดยเปรียบเทียบสัดส่วนน้ำมันเชื้อเพลิง แก๊สและแก๊สในกรณีใช้ตัวกลางกรองไอร้อนชนิดต่างๆ โดยมีการวิเคราะห์ผลข้อมูล ดังภาพประกอบ 46



ภาพประกอบ 46 ผลการทดลองการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชื้อยางพารา ด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิควบคุมแน่น 10 องศาเซลเซียส

จากภาพประกอบ 46 พบว่า ชนิดกรองไอร้อนกรองเปล่าผลิตน้ำมันได้มากที่สุดที่ 70.0 % แต่มีข้อเสียคือยังเหลือเถ้ามาก 12.9 % ส่วนแก๊สน้อยสุด 17.1 % เนื่องจากไม่มีสิ่งใดขัดขวางการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบน้ำมัน ทำให้ไอระเหยจากไพโรไลซิสสามารถควบแน่นเป็นของเหลวได้เต็มที่โดยไม่มีการกระจายตัวเป็นแก๊สมาก จึงทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงมีปริมาณสูงสุดแทน สอดคล้องกับงานวิจัยของ วชรพล พาณิษฐ์ และคณะ (2567) จากงานวิจัยมุ่งเน้นการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชื้อยางพาราด้วยการไพโรไลซิส โดยมิตัดอุปประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 300 350 และ 400 องศาเซลเซียส

ที่ส่งผลต่อปริมาณและสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง ผลวิจัย พบว่า อุณหภูมิไพโรไลซิส 300 องศาเซลเซียส มีปริมาณผลได้ของน้ำมันเชื้อเพลิงสูงสุดร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก ชนิดกรองไอร้อนโดโลไมท์ผลิตน้ำมันได้ต่ำที่สุดที่ประมาณ 49 % เถ้าลดลง 9.5 % แก๊สมากสุด 41.5 % เนื่องจากโดโลไมท์เป็นแร่ธาตุที่สามารถทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และมีคุณสมบัติขัดขวางการแปรสภาพของสารอินทรีย์ในไอร้อนในกระบวนการไพโรไลซิส ส่งผลให้โมเลกุลของสารอินทรีย์แตกตัวเป็นแก๊สมากขึ้น การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโดโลไมท์ในไพโรไลซิสผลการศึกษาที่แสดงว่าตัวกรองไอร้อนโดโลไมท์ช่วยเพิ่มการแตกตัวของโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนนั้น ชนิดกรองไอร้อนถ่านไม้ผลิตน้ำมันได้ที่ประมาณ 51 % เถ้า

ลดลง 10.0 % แก๊สยังมาก 39.0 % ถ่านไม้มีองค์ประกอบของคาร์บอนที่สามารถกระตุ้นการแตกตัวของสารไฮโดรคาร์บอนบางชนิด ส่งผลให้เกิดปริมาณแก๊สสูงขึ้น และมีแนวโน้มที่โมเลกุลของสารอินทรีย์จะแตกตัวเป็นสารระเหยมากกว่าการควบแน่นเป็นน้ำมัน เชื้อเพลิง ถ้าวัดลดลงจากกรณีไม่มีตัวกรอง 12.9 % เหลือเพียง 10.0 % ซึ่งอาจเป็นผลจากการดูดซับหรือแปรสภาพสารตกค้างบางชนิด

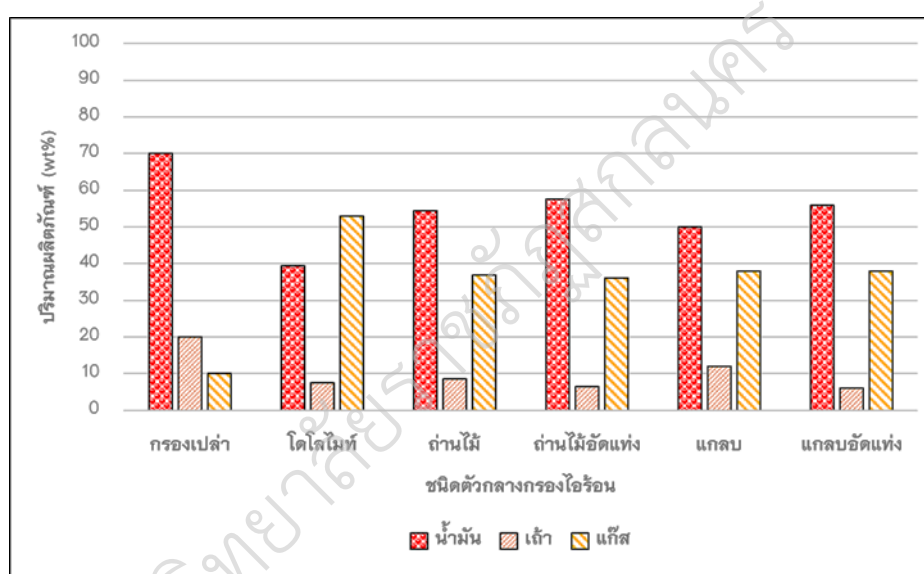
ชนิดกรองไอร้อนถ่านไม้อัดแท่งผลิตน้ำมันในระดับ 66.0 % ซึ่งถือว่าสูงมาก และสามารถลดปริมาณถ่านไม้ได้มากเหลือเพียง 8.5 % เนื่องจากถ่านไม้อัดแท่งสามารถกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบอินทรีย์ให้กลายเป็นน้ำมันอย่างมีประสิทธิภาพ ขณะเดียวกันช่วยลดปริมาณถ่านไม้ด้วย กรณีของถ่านไม้อัดแท่งนี้ พบว่าปริมาณแก๊สลดลงเหลือ 25.5 % ซึ่งต่ำกว่าถ่านไม้ทั่วไป การเปลี่ยนแปลงนี้บ่งบอกว่าถ่านไม้อัดแท่งอาจส่งผลให้เกิดการควบแน่นของไอระเหยที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ชนิดกรองไอร้อนแลกเปลี่ยนผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงได้ 53.0 % ซึ่งอยู่ในระดับปานกลางเมื่อเทียบกับตัวกลางอื่น ๆ ขณะที่ถ่านไม้มีปริมาณมากที่สุดที่ 13.4 % และแก๊สยังสูงถึง 33.6 % เนื่องจากปัจจัยต่อไปนี้เป็นกลไกที่มีรูพรุนและพื้นผิวที่สามารถดูดซับไอร้อนบางส่วน ทำให้ไอระเหยที่ควบแน่นกลายเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงลดลง การดูดซับนี้อาจทำให้โมเลกุลขนาดใหญ่ที่ควรควบแน่นเป็นน้ำมันเปลี่ยนไปเป็นสารที่แตกตัวเป็นแก๊สมากขึ้น แกลบประกอบด้วยซิลิกา และสารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ ที่ไม่สลายตัวง่ายส่งผลให้มีถ่านสะสมสูง ชนิดกรองไอร้อนแลกเปลี่ยนอัดแท่งให้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงสูงถึง 65.0 % ซึ่งใกล้เคียงกับถ่านไม้อัดแท่ง 66.0 % ขณะที่สามารถลดปริมาณถ่านไม้เหลือเพียง 7.6 % และแก๊สมีระดับปานกลางที่ 27.4 % ซึ่งเกิดจากกลไกอัดแท่งมีโครงสร้างที่อัดแน่นมากกว่าการใช้กลบธรรมดา ทำให้สามารถรักษาอุณหภูมิได้ดีขึ้นและควบคุมปฏิกิริยาไพโรไลซิสอย่างมีประสิทธิภาพส่งผลให้น้ำมันเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นมีสัดส่วนสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกลบธรรมดา แม้ว่ากลบจะมีซิลิกาสูง ซึ่งโดยทั่วไปจะทำให้เกิดเถ้ามาก แต่เมื่อผ่านกระบวนการอัดแท่งเถ้ากลับลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

สรุปโดยรวมแล้วการใช้ถ่านไม้อัดแท่ง และ แกลบอัดแท่ง ส่งผลให้ได้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูงขึ้น คุณสมบัติของตัวกรองถ่านไม้และกลบอัดแท่ง งานพบว่าถ่านไม้และกลบอัดแท่งช่วยปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันเชื้อเพลิงให้มีค่าสูงขึ้น ทั้งด้านพลังงานและความหนืด ขณะที่โดโลไมท์ช่วยลดปริมาณเถ้าแต่มีผลให้สัดส่วนน้ำมันเชื้อเพลิงลดลง

มาก การเลือกตัวกลางกรองไอร้อนจึงส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพและสมดุลของผลิตภัณฑ์ไพโรไลซิส

2.2 ผลการทดลองการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิควบแน่น 20 องศาเซลเซียส

ผลการทดลองการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิควบแน่น 20 องศาเซลเซียส โดยเปรียบเทียบสัดส่วนน้ำมันเชื้อเพลิง แก๊สและเถ้า ดังภาพประกอบ 47



ภาพประกอบ 47 ผลการทดลองการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิควบแน่น 20 องศาเซลเซียส

จากภาพประกอบ 47 พบว่า ในกรณีใช้ตัวกลางกรองไอร้อนชนิดต่าง ๆ โดยมีการวิเคราะห์ผลข้อมูลดังนี้ ชนิดกรองไอร้อนกรองเปล่าผลิตน้ำมันได้มากที่สุดที่ 70.0 % เนื่องจากไม่มีสิ่งใดขัดขวางการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบน้ำมัน เหลือเถ้ามากที่สุดที่ 20 % แต่มีปริมาณแก๊สน้อยสุด 10 % มีข้อเสียคือมีสิ่งเจือปนมากขึ้นในน้ำมันและเกิดเศษเถ้าสูง ชนิดกรองไอร้อนโดโลไมท์ได้น้ำมันเชื้อเพลิงน้อยสุด 39.5 % เหลือเถ้า 7.5 % แต่แก๊สมากที่สุด 53 % เนื่องจากคุณสมบัติทางเคมีของโดโลไมท์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ช่วยกระตุ้นการแตกตัวของโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนในไอร้อน กระบวนการนี้เรียกว่า Cracking ซึ่งทำให้เกิดก๊าซเชื้อเพลิงในปริมาณสูง แต่ลดผลผลิตน้ำมันลง การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโดโลไมท์ในไพโรไลซิสผลการศึกษาที่แสดงว่าตัวกรองไอร้อนโดโลไมต์ช่วยเพิ่ม

การแตกตัวของโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนนั้น เพราะโมเลกุลน้ำมันขนาดใหญ่ถูกแยกออกเป็นโมเลกุลเล็กที่อยู่ในรูปของก๊าซแทน และเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน Gasification โดโลไมท์ส่งเสริมการเปลี่ยนองค์ประกอบของเศษไอร้อนให้กลายเป็นก๊าซเชื้อเพลิงมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาวะการควบคุมที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ชนิดกรองไอร้อนถ่านไม้ได้น้ำมัน 54.5 % เหลือเล็กน้อย 8.5 % ได้แก๊ส 37 % เนื่องจากคุณสมบัติการดูดซับของถ่านไม้มีความสามารถในการดูดซับสารเจือปนบางส่วนจากไอร้อน โดยเฉพาะโมเลกุลหนัก เช่น เศษไฮโดรคาร์บอนที่อาจกลายเป็นแก๊สในกระบวนการ จึงช่วยลดเศษถ่านลงได้ รวมถึงการเปลี่ยนรูปของไอร้อนในกระบวนการไพโรไลซิส ถ่านไม้ช่วยกรองและทำให้ไอร้อนมีเสถียรภาพ ทำให้โมเลกุลขนาดใหญ่ในไอร้อนเปลี่ยนรูปไปเป็นก๊าซเชื้อเพลิงในปริมาณที่สมดุล 37 % และสัดส่วนของน้ำมันถ่านไม้ช่วยรักษาสัดส่วนของน้ำมันเชื้อเพลิงไว้ในระดับปานกลาง เนื่องจากมีการดูดซับบางส่วน แต่ไม่มากเกินไปจนลดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงลงอย่างมีนัยสำคัญ

ชนิดกรองไอร้อนถ่านไม้อัดแท่ง ได้น้ำมัน 57.5 % เหลือเล็กน้อยสุด 6.5 % ได้แก๊ส 36 % เนื่องจากความหนาแน่นและโครงสร้างของถ่านไม้อัดแท่ง โดยกระบวนการอัดแท่งเพิ่มความหนาแน่นของถ่านไม้ ซึ่งช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสและเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับสารเจือปนในไอร้อน ทำให้ไฮโดรคาร์บอนในไอร้อนไม่ถูกแตกตัวมากเกินไป จึงรักษาปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงไว้ในสัดส่วนสูง รวมถึงการดูดซับและกรองไอร้อน ถ่านไม้อัดแท่งมีความสามารถในการกรองสิ่งเจือปนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงลดปริมาณเศษถ่านที่เกิดจากกระบวนการไพโรไลซิสลงถึงระดับต่ำที่สุด แม้ว่าการกรองด้วยถ่านไม้อัดแท่งจะลดการแตกตัวของไฮโดรคาร์บอนลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับตัวกลางที่ส่งเสริมการแตกตัว เช่น โดโลไมท์ แต่ก็ยังสามารถผลิตแก๊สเชื้อเพลิงได้ในสัดส่วนที่เหมาะสม 36 % ซึ่งไม่ลดทอนคุณภาพของกระบวนการ โดยรวมแล้วถ่านไม้อัดแท่งจึงเหมาะสำหรับการเพิ่มผลผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงในกระบวนการไพโรไลซิส พร้อมลดของเสียอย่างมีประสิทธิภาพ

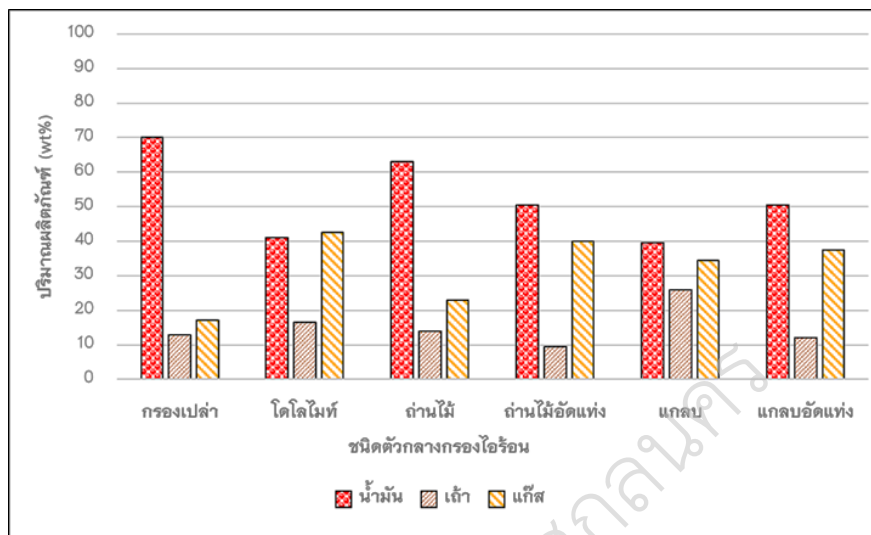
ชนิดกรองไอร้อนเกลบได้น้ำมัน 50 % เหลือเล็กน้อย 12 % ได้แก๊ส 38 % เนื่องจากโครงสร้าง เกลบมีความเบาและพรุนสูง ซึ่งช่วยกรองไอร้อนในระดับหนึ่งแต่ไม่สามารถควบคุมหรือดูดซับโมเลกุลขนาดใหญ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพเท่ากับตัวกรองที่หนาแน่นกว่า ทำให้ผลผลิตน้ำมันอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีความสามารถในการกรองสารเจือปนแม้ว่าเกลบจะช่วยลดเศษถ่านบางส่วนได้ แต่ความเบาของโครงสร้างทำให้ไม่สามารถกรองสิ่งเจือปนได้เท่ากับตัวกรองที่หนาแน่น เช่น ถ่านไม้อัดแท่งหรือเกลบอัดแท่ง

ในกระบวนการไพโรไลซิส แกลบช่วยสร้างสมดุลระหว่างการผลิตน้ำมันและก๊าซเชื้อเพลิง โดยได้ก๊าซ 38 % ซึ่งอยู่ในระดับใกล้เคียงกับตัวกลางอื่น ๆ อย่างถ่านไม้และแกลบอัดแท่ง ดังนั้นแกลบจึงถือเป็นตัวกรองไอร้อนที่ให้ผลลัพธ์ปานกลางในแง่ของน้ำมันเชื้อเพลิงและแก๊ส แต่ยังมีปริมาณเถ้าที่มากกว่าเมื่อเทียบกับตัวกรองที่มีความหนาแน่นสูงกว่า ชนิดกรองไอร้อนแกลบอัดแท่งได้น้ำมัน 56 % เหลือเถ้า 6 % ได้แก๊ส 38 % เนื่องจากโครงสร้างแกลบที่เพิ่มความหนาแน่นจากการอัดแท่ง การอัดแท่งช่วยเพิ่มความหนาแน่น และพื้นที่ผิวสัมผัส ทำให้แกลบอัดแท่งมีประสิทธิภาพในการกรองสิ่งเจือปนในไอร้อนและดูดซับสารที่ไม่ต้องการได้ดีขึ้น ส่งผลให้เศษเถ้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เหลือเพียง 6 % และปริมาณก๊าซเชื้อเพลิงอยู่ที่ 38 % ซึ่งเป็นสัดส่วนที่สมดุลเมื่อเทียบกับตัวกลางอื่น แกลบอัดแท่งมีจุดเด่นในด้านการลดของเสียในกระบวนการ โดยสามารถลดเศษเถ้าให้น้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับตัวกรองอื่น เช่น โดโลไมท์ และแกลบ

สรุปปริมาณผลิตภัณฑ์อุณหภูมิควบนั่น 20 องศาเซลเซียส โดยรวมและข้อสังเกต คือตัวกรองที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงมากที่สุดคือ ถ่านไม้อัดแท่ง และ แกลบอัดแท่ง ซึ่งให้ผลผลิตน้ำมันในสัดส่วนสูงและลดเศษเถ้าได้ดี หากเน้นผลิตแก๊สตัวกรองโดโลไมท์จะเหมาะสมที่สุด ส่วนชนิดกรองความร้อนกรองเปล่าให้ผลผลิตน้ำมันสูงสุดแต่คุณภาพอาจลดลงจากสิ่งเจือปน

2.3 ผลการทดลองการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิควบนั่น 30 องศาเซลเซียส

ผลการทดลองการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิควบนั่น 30 องศาเซลเซียส โดยเปรียบเทียบสัดส่วนน้ำมันเชื้อเพลิง เถ้า และแก๊ส ดังภาพประกอบ 48



ภาพประกอบ 48 ผลการทดลองการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชื้อียงพารา ด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิควบคุมแน่น 30 องศาเซลเซียส

จากภาพประกอบ 48 พบว่า ชนิดกรองไอรอนกรองเปล่าให้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงสูงสุดที่ 70.0 % เถ้าอยู่ที่ 12.9 % แต่มีแก๊สต่ำสุดที่ 17.1 % เนื่องจากตัวกลางกรองไอรอนกรองเปล่าให้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงสูงสุดที่ 70.0 % เนื่องจากไม่มีวัสดุที่ช่วยกระตุ้นการแตกตัวขององค์ประกอบเชื้อเพลิง ดังนั้นกระบวนการไพโรไลซิสเกิดขึ้นโดยอาศัยเฉพาะความร้อนโดยไม่มีปฏิกิริยาทางเคมีเพิ่มเติมที่ช่วยเร่งการเกิดแก๊สหรือเถ้า ปริมาณเถ้าอยู่ที่ 12.9 % อยู่ในระดับปานกลางเมื่อเทียบกับตัวกลางอื่น ๆ เนื่องจากไม่มีวัสดุที่มีส่วนทำให้เกิดเถ้ามากขึ้น เช่น แกลบซึ่งมีองค์ประกอบของซิลิกาสูงทำให้เกิดเถ้าจำนวนมากในการเผาไหม้ ส่วนปริมาณแก๊สต่ำสุดที่ 17.1 % เกิดจากการที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยาที่ช่วยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของไอรอะเหยเป็นแก๊สเพิ่มเติม ซึ่งตัวกลางบางชนิด เช่น โดโลไมท์และแกลบ จะช่วยเร่งการแตกตัวของสารประกอบที่ทำให้เกิดแก๊สมากขึ้น

ชนิดกรองไอรอนโดโลไมท์ลดสัดส่วนน้ำมันเชื้อเพลิงลงเหลือ 41.0 % เถ้าอยู่ที่ 16.5 % แต่เพิ่มปริมาณแก๊สขึ้นเป็น 42.5 % การลดสัดส่วนน้ำมันเชื้อเพลิงเนื่องจากปฏิกิริยาที่เกิดจากโดโลไมท์ช่วยกระตุ้นการแตกตัวของโมเลกุลขนาดใหญ่ น้ำมันเชื้อเพลิงจึงลดลงเพราะส่วนหนึ่งของสารประกอบถูกเปลี่ยนเป็นแก๊สแทนที่จะอยู่ในสถานะของเหลว โดโลไมท์ช่วยกระตุ้นการเปลี่ยนองค์ประกอบของเชื้อเพลิงให้กลายเป็นแก๊ส

มากขึ้น การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาไดโลไมท์ในไพโรไลซิสผลการศึกษาที่แสดงว่าตัวกรองไอร้อน ไดโลไมท์ช่วยเพิ่มการแตกตัวของโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนนั้น ทำให้เกิดแก๊สเชื้อเพลิงมากขึ้น พร้อมเพิ่มปริมาณเถ้าเนื่องจากกลไกปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับการแตกตัวของสารประกอบ และการตกตะกอนของของแข็งในกระบวนการไพโรไลซิส ชนิดกรองไอร้อนถ่านไม้มี ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงลดลงชนิดหนึ่ง 63.0 % มีเถ้า 14.0 % และมีแก๊ส 23.0 % ถ่านไม้มี โครงสร้างรูพรุนที่ช่วยให้เกิดปฏิกิริยาการแตกตัวของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนบางส่วน ส่งผลให้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงลดลงเล็กน้อย เนื่องจากบางส่วนของสารอินทรีย์ถูก เปลี่ยนเป็นแก๊สแทนที่จะคงอยู่ในสถานะของเหลว น้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากถ่านไม้ 63.0 % ยังอยู่ในระดับสูง ซึ่งบ่งบอกว่าถ่านไม้ช่วยรักษาสัดส่วนของเหลวไว้ดีกว่าไดโลไมท์หรือ แกลบ ถ่านไม้มีปริมาณเถ้า 14.0 % ต่ำกว่าหลายตัวกลางอื่น เช่น แกลบที่มีเถ้าสูงถึง 26.0 % เนื่องจากกระบวนการไพโรไลซิสของถ่านไม้มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนสารอินทรีย์ เป็นน้ำมันและแก๊สได้ดีกว่า พร้อมทั้งช่วยลดการเปลี่ยนสสารเป็นแก๊สไม่มากเกินไป อยู่ใน ระดับปานกลางเมื่อเทียบกับตัวกลางที่มีฤทธิ์เร่งสูง เช่น ไดโลไมท์หรือถ่านไม้อัดแท่ง

ชนิดกรองไอร้อนถ่านไม้อัดแท่งมีปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงลดลงเหลือ 50.5 % และมีเถ้าที่ต่ำที่สุด 9.5 % แต่มีแก๊สสูงขึ้น 40.0 % เนื่องจากคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีที่แตกต่างจากถ่านไม้ทั่วไป โดยมีสาเหตุหลักคือถ่านไม้อัดแท่งมักถูกผลิตด้วย แรงอัดสูงทำให้มีโครงสร้างที่หนาแน่นกว่าถ่านไม้ทั่วไป ซึ่งส่งผลให้ปฏิกิริยาแตกตัวของ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนในไพโรไลซิสมีแนวโน้มเกิดมากขึ้น ส่งผลให้มีแก๊สเพิ่มขึ้น 40.0 % และลักษณะของถ่านไม้อัดแท่งช่วยกระตุ้นให้เกิดการแตกตัวของโมเลกุลหนักให้ กลายเป็นโมเลกุลเล็ก ส่งผลให้มีการเกิดแก๊สในปริมาณมากขึ้น ทำให้สัดส่วนน้ำมันลดลง เหลือ 50.5 % ส่วนปริมาณเถ้าที่ลดลง ผลมาจากการผลิตถ่านไม้อัดแท่งมักใช้วัตถุดิบที่ ผ่านกระบวนการคัดสรร ทำให้มีสิ่งเจือปนและแร่ธาตุที่ก่อให้เกิดเถ้าน้อยลง เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุกรองอื่น เช่น แกลบ ที่มีเถ้าสูงถึง 26.0 %

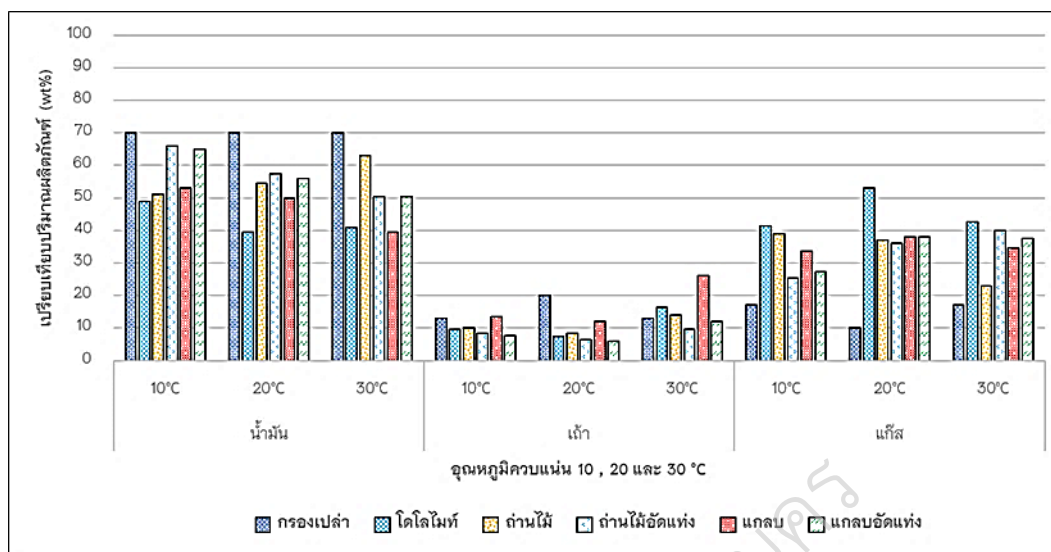
ชนิดกรองไอร้อนแกลบส่งผลให้มีปริมาณเถ้าสูงที่สุด 26.0 % และให้แก๊ส ในระดับปานกลาง 34.5 % ขณะที่น้ำมันเชื้อเพลิงลดลงเหลือ 39.5 % ปริมาณเถ้าสูงที่สุด 26.0 % เนื่องจากแกลบมีองค์ประกอบซิลิกาสูงซึ่งเป็นสารอนินทรีย์ที่ไม่สลายตัวใน กระบวนการไพโรไลซิส ทำให้เกิดปริมาณเถ้าสูงกว่าเมื่อเทียบกับวัสดุอื่น เช่น ถ่านไม้อัด แท่งที่มีเถ้าต่ำเพียง 9.5 % การเผาแกลบทำให้เกิดสารตกค้างที่ไม่สามารถเปลี่ยนเป็น เชื้อเพลิงได้ ส่งผลให้เกิดเถ้าเป็นสัดส่วนมาก แก๊สในระดับปานกลาง 34.5 % โครงสร้าง

ของแกลบทำให้เกิดการแตกตัวของสารอินทรีย์บางส่วนเป็นแก๊ส แต่ไม่ได้เร่งปฏิกิริยาจนเกิดแก๊สสูงสุดเช่นโดโลไมต์ 42.5 % ค่าการเกิดแก๊สปานกลางชี้ให้เห็นว่าแม่แกลบจะส่งผลต่อปฏิกิริยาไพโรไลซิส แต่ไม่ได้ทำให้เกิดการแตกตัวของโมเลกุลหนักมากนัก น้ำมันเชื้อเพลิงลดลงเป็นเพราะโครงสร้างของแกลบไม่ช่วยเพิ่มเสถียรภาพของน้ำมันเชื้อเพลิง ทำให้มีการเปลี่ยนสสารไปเป็นแก๊สมากขึ้นปริมาณน้ำมันที่ลดลงอาจเกิดจากการเร่งสลายของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเนื่องจากซิลิกาในแกลบมีผลต่อการแตกตัวของโมเลกุลชนิดกรองไอร้อนแกลบอัดแท่งให้ผลคล้ายกับแกลบแต่มีค่าต่ำลง 12.0 % และแก๊สเพิ่มขึ้นเป็น 37.5 % ส่วนน้ำมันเชื้อเพลิงอยู่ที่ 50.5 % ค่าต่ำลงเป็น 12.0 % เมื่อเทียบกับแกลบธรรมดา 26.0 % ปริมาณแกลบลดลง เนื่องจากแกลบอัดแท่งผ่านกระบวนการอัดและคัดกรองสิ่งเจือปน ทำให้มีแร่ธาตุอินทรีย์ เช่น ซิลิกา ลดลง ซึ่งช่วยลดการเกิดเถ้าในกระบวนการเผาไหม้ ความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นช่วยให้การเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์มากขึ้นและลดปริมาณสารตกค้างที่กลายเป็นเถ้า ส่วนแก๊สเพิ่มขึ้นเป็น 37.5 % เพราะโครงสร้างที่ถูกอัดแน่นช่วยให้เกิด การกระจายความร้อนที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าแกลบธรรมดา ส่งผลให้มีการแตกตัวของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนมากขึ้น เปลี่ยนสสารเป็นแก๊สมากกว่าเดิม

สรุปปริมาณผลิตภัณฑ์อุณหภูมิควมแน่น 30 องศาเซลเซียส โดยรวมและข้อสังเกตชนิดกรองไอร้อนเปล่าให้ผลผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงสูงสุด เนื่องจากไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดการแตกตัวของสารเป็นแก๊สเพิ่มเติม ชนิดกรองไอร้อนโดโลไมต์เร่งการแตกตัวของโมเลกุล ส่งผลให้แก๊สเพิ่มขึ้นมากแต่ลดสัดส่วนของน้ำมัน ชนิดกรองไอร้อนถ่านไม้รักษาสัดส่วนน้ำมันได้ดีพร้อมลดปริมาณเถ้า ชนิดกรองไอร้อนถ่านไม้อัดแท่งมีโครงสร้างหนาแน่นทำให้เกิดแก๊สมากขึ้นแต่ลดสัดส่วนน้ำมันเชื้อเพลิง ชนิดกรองไอร้อนแกลบ มีองค์ประกอบซิลิกาสูงทำให้เกิดเถ้าสูงสุด ชนิดกรองไอร้อนแกลบอัดแท่งลดเถ้าลงจากแกลบธรรมดา เนื่องจากผ่านกระบวนการอัดแน่นและคัดกรองสิ่งเจือปน

2.4 ผลการเปรียบเทียบการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชี้อย่างพาราด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิควมแน่น 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส

แสดงข้อมูลการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์น้ำมันเชื้อเพลิง เถ้า และแก๊สที่อุณหภูมิควมแน่นแตกต่างกัน 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส และผ่านชนิดตัวกลางกรองไอร้อนที่แตกต่างกัน ดังภาพประกอบ 49



ภาพประกอบ 49 ผลการเปรียบเทียบการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีงาพารา ด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิความดัน 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส

จากภาพประกอบ 49 พบว่า น้ำมันเชื้อเพลิงมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิความดันเพิ่มขึ้น ผลกระทบของอุณหภูมิความดันต่อสมมูลผลิตภัณฑ์ การเปรียบเทียบอุณหภูมิ 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันสูงสุด ส่วนแก๊สปริมาณแก๊สเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิความดันสูงขึ้น และถ้ามีแนวโน้มคงที่หรือเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบผลกระทบของตัวกลางกรองไอร้อน กรองเปล่าให้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงสูงสุดและมีแก๊สน้อยกว่าเมื่อเทียบกับตัวกรองอื่น โดโลไมท์ให้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงต่ำสุดและแก๊สมากที่สุดทั้งสามอุณหภูมิความดัน ถ่านไม้มีแนวโน้มเพิ่มปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อมีอุณหภูมิความดันสูงขึ้นและลดปริมาณแก๊สลง ถ่านไม้อัดแท่งสวนทางกันมีแนวโน้มลดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อมีอุณหภูมิความดันสูงขึ้นและปริมาณแก๊สเพิ่มขึ้น ปริมาณถ่านไม้ใกล้เคียงกัน แกลบบมีแนวโน้มลดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อมีอุณหภูมิความดันสูงขึ้น เพิ่มและลดปริมาณถ่านแก๊ส แกลบบอัดแท่งมีแนวโน้มลดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อมีอุณหภูมิความดันสูงขึ้น ปริมาณแก๊สเพิ่มมากขึ้น ปริมาณถ่านน้อยสุด

สรุปอุณหภูมิความดัน 10 องศาเซลเซียส มีผลให้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงมากกว่า ขณะที่อุณหภูมิความดันสูงขึ้นจะเพิ่มถ่าน การผลิตแก๊สมากขึ้นตามไปด้วย

3. ผลการศึกษาวิเคราะห์สมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง

3.1 ผลการศึกษาคูณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิควบแน่น 10 องศาเซลเซียส

จากการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิควบแน่น 10 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาวิเคราะห์สมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าความร้อน ความหนาแน่น ความหนืด จุดวาบไฟ-จุดติดไฟ และ ค่าความเป็นกรด ดังตาราง 1

ตาราง 1 ผลการศึกษาคูณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิควบแน่น 10 องศาเซลเซียส

สมบัติน้ำมัน เชื้อเพลิง	ชนิดตัวกลางกรองไอร้อน					
	กรองเปล่า	โดโลไมท์	ถ่านไม้	ถ่านไม้ อัดแท่ง	แกลป	แกลป อัดแท่ง
ค่าความร้อน (MJ/kg)	32.0±0.1	39.1±0.4	33.3±0.7	33.7±0.2	33.0±0.5	33.4±0.3
ความหนาแน่น (kg/m ³)	845.3	800.1	824.6	783.7	805.7	792.2
ความหนืด (cSt)	2.4	1.3	1.6	1.4	1.4	1.2
จุดวาบไฟ- จุดติดไฟ (°C)	25	25	25	25	25	25
ค่าความเป็นกรด mg KOH/g	1.48	0.03	0.14	0.12	1.36	0.12

จากตาราง 1 การวิเคราะห์สมบัติน้ำมันเชื้อเพลิง 10 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าความร้อนน้ำมันชนิดกรองไอร้อนโดโลไมท์ให้ค่าความร้อนสูงสุด 39.1±0.4 MJ/kg รองลงมาคือชนิดกรองไอร้อนถ่านไม้อัดแท่ง 33.7±0.2 MJ/kg และตัวกรองอื่น ๆ อยู่ในช่วง 32.0-33.4 MJ/kg สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชินภัทร ชูการ (2023) การผลิตน้ำมันชีวภาพด้วยการไพโรไลซิสแบบเร็วของชีวมวลเพื่อทดสอบใช้งานในเครื่องยนต์ มีวัตถุประสงค์เพื่อไพโรไลซิสแบบเร็วของชี้อยู่บนเบื่อนในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไคซ์เบด ที่อัตราการป้อนชีวมวล 1 กิโลกรัม/ชั่วโมง ให้ความร้อน 50 องศาเซลเซียสต่ออนาที่ เมื่อสิ้นสุดการทดลองสมดุผลมวลเพื่อหาปริมาณผลได้ของน้ำมันชีวภาพ และนำน้ำมันชีวภาพไป

วิเคราะห์ค่าความร้อน ความหนืด ความหนาแน่น จุดวาบไฟ-จุดติดไฟ และปริมาณเถ้า พบว่า น้ำมันชีวภาพนี้มีค่าความร้อน 32.6 MJ/kg ค่าความร้อน จุดวาบไฟ จุดติดไฟ 26.2 องศาเซลเซียส ซึ่งใกล้เคียงมาก

สรุปได้ว่าชนิดตัวกรองไอร้อนไดโกลไมท์อาจช่วยกักเก็บองค์ประกอบ เชื้อเพลิงที่ให้พลังงานสูง ส่วนถ่านไม้อัดแท่งอาจมีโครงสร้างเหมาะสมในการกรอง เชื้อเพลิงที่เสถียรทางพลังงาน

ค่าความหนาแน่น พบว่า น้ำมันชนิดตัวกรองไอร้อนกรองเปล่าให้ความ หนาแน่นสูงสุด 845.3 kg/m³ ขณะที่ชนิดตัวกรองไอร้อนถ่านไม้อัดแท่งมีค่าต่ำสุด 783.7 kg/m³

สรุปได้ว่าการที่กรองเปล่าไม่มีตัวกลางเสริม เช่น ไดโกลไมท์หรือวัสดุกรอง อื่น ๆ ที่ช่วยลดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของน้ำมันที่ผ่านการไพโรไลซิส ดังนั้น น้ำมันที่ได้จะยังคงมีสัดส่วนของโมเลกุลหนัก ที่มีความหนาแน่นสูง มากกว่าเมื่อเทียบกับการกรองผ่านตัวกลางอื่น กรองเปล่าช่วยให้กระบวนการกรองง่ายขึ้นโดยไม่เปลี่ยนแปลง โครงสร้างหรือองค์ประกอบของน้ำมันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเหมาะกับการผลิตน้ำมันที่ ต้องการความหนาแน่นสูง อย่างไรก็ตาม อาจส่งผลให้ขาดการควบคุมคุณสมบัติอื่น ๆ เช่น ความเป็นกรดหรือความหนืด

ค่าความหนืด พบว่า ค่าความหนืดน้ำมันสูงสุดในชนิดกรองไอร้อนกรองเปล่า 2.4 cSt และค่าความหนืดต่ำสุดในชนิดกรองไอร้อนแกลบอัดแท่ง 1.2 cSt และค่าความ หนืดกรองไอร้อนไดโกลไมท์ 1.3 cSt สอดคล้องกับงานวิจัยของ วัชรพล พาณิชย์ และคณะ (2567) จากงานวิจัยมุ่งเน้นการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีयाงพาราด้วยการไพโรไลซิส โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 300 350 และ 400 องศาเซลเซียส ที่ส่งผลต่อปริมาณและสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง ผลวิจัย พบว่า อุณหภูมิไพโรไลซิส 300 องศาเซลเซียส มีค่าความหนืด 1.3 cSt เท่ากับชนิดกรองไอร้อนไดโกลไมท์ ที่อุณหภูมิ ควบแน่น 10 องศาเซลเซียส

สรุปได้ว่าค่าความหนืดที่แตกต่างกันของน้ำมันเชื้อเพลิงผ่านตัวกรองไอร้อน ประเภทต่าง ๆ อาจอธิบายได้จากปัจจัยต่อไปนี้ องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันที่แตกต่าง กันในน้ำมัน

จุดวาบไฟ-จุดติดไฟ พบว่า ทุกตัวกรองไอร้อนให้ค่าจุดวาบไฟเท่ากัน 25 องศาเซลเซียส สรุปได้ว่าองค์ประกอบสารระเหยในน้ำมันมีความใกล้เคียงกันในทุกตัว

กรองไอร้อน ที่มีค่าจุดวาบไฟและติดไฟที่ใกล้เคียงกัน อาจขึ้นอยู่กับองค์ประกอบเชื้อเพลิง ที่มีปริมาณสารเบามากพอที่จะติดไฟได้ง่าย

ค่าความเป็นกรด พบว่า น้ำมันค่าความเป็นสูงสุดในชนิดกรองไอร้อน กรองเปล่า 1.48 mg KOH/g ต่ำสุดในชนิดกรองไอร้อนถ่านไม้อัดแท่งและเกลบอัดแท่ง 0.12 mg KOH/g

สรุปได้ว่าค่าความเป็นกรดที่แตกต่างกันจากตัวกรองไอร้อนชนิดต่าง ๆ อาจเกิดขึ้นจากหลายปัจจัย ดังนี้ องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันที่กรองออกมาชนิดไอร้อนกรองเปล่านั้นไม่ปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมีของไอน้ำมัน ทำให้สารที่มีคุณสมบัติเป็นกรด เช่น กรดไขมันหรือสารประกอบออกซิเจน ถูกปล่อยผ่านมากขึ้นในทั้งน้ำมัน ส่วนถ่านไม้อัดแท่งและเกลบอัดแท่งตัวกรองเหล่านี้มีคุณสมบัติในการดูดซับสารประกอบกรดหรือลดปฏิกิริยาที่ก่อให้เกิดความเป็นกรดในน้ำมัน ทำให้ค่ากรดลดลงในน้ำมัน

3.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชี้นางพารา ด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิควบแน่น 20 องศาเซลเซียส

จากการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชี้นางพาราด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิควบแน่น 20 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาวเคราะห์สมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าความร้อนความหนาแน่น ความหนืด จุดวาบไฟ-จุดติด และ ค่าความเป็นกรด ดังตาราง 2

ตาราง 2 ผลการศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษช่ียงพาราด้วยการไพโรไลซิส
ที่อุณหภูมิควบแน่น 20 องศาเซลเซียส

สมบัติน้ำมัน เชื้อเพลิง	ชนิดตัวกลางกรองไอร้อน					
	กรองเปล่า	โดโลไมท์	ถ่านไม้	ถ่านไม้ อัดแท่ง	แกลบ	แกลบ อัดแท่ง
ค่าความร้อน (MJ/kg)	33.0±0.1	40.1±0.4	34.3±0.7	34.7±0.2	34.0±0.5	34.4±0.3
ความหนาแน่น (kg/m ³)	793.5	798.5	789.4	951.7	826.3	816.9
ความหนืด (cSt)	1.0	0.7	0.7	0.7	0.7	1.0
จุดวาบไฟ-จุด ติดไฟ (°C)	25	25	25	25	25	25
ค่าความเป็นกรด mg KOH/g	0.07	1.89	0.03	0.10	0.10	0.10

จากตาราง 2 การวิเคราะห์สมบัติน้ำมันเชื้อเพลิงอุณหภูมิควบแน่น 20 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าความร้อนน้ำมันค่าความร้อนสูงสุดพบในน้ำมันที่ผ่าน โดโลไมท์ 40.1±0.4 MJ/kg รองลงมาคือ ถ่านไม้อัดแท่ง 34.7±0.2 MJ/kg และ ถ่านไม้ 34.3±0.7 MJ/kg

สรุปได้ว่าโดโลไมท์มีคุณสมบัติเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ช่วยเพิ่มการแตกตัวของสารไฮโดรคาร์บอน ทำให้ได้เชื้อเพลิงที่มีพลังงานสูงขึ้น และเป็นตัวกรองไอร้อนที่ให้ค่าความร้อนสูงสุด อาจเกิดจากกระบวนการสะสมพลังงานที่มีความเข้มข้นสูงขึ้นในน้ำมัน หากเป้าหมายคือการผลิตน้ำมันที่มีค่าความร้อนสูงสุด โดโลไมท์เป็นตัวเลือกที่ดีที่สุดตามข้อมูลในตาราง หากต้องการลดต้นทุนแต่ยังได้ค่าความร้อนที่สูง ถ่านไม้อัดแท่งเป็นทางเลือกรอง

ค่าความหนาแน่น พบว่า น้ำมันที่ผ่านชนิดกรองไอร้อนถ่านไม้อัดแท่ง 951.7 kg/m³ มีความหนาแน่นสูงสุด รองลงมาคือ ชนิดกรองไอร้อนแกลบ 826.3 kg/m³ และน้อยสุดคือชนิดกรองไอร้อนถ่านไม้ 789.4 kg/m³

สรุปได้ว่าน้ำมันที่ผ่านกรองไอร้อนถ่านไม้อัดแท่งมีความหนาแน่นสูงสุด 951.7 kg / m³ เนื่องจากกระบวนการกรองช่วยให้ได้องค์ประกอบที่มีโมเลกุลหนักมากขึ้น เช่น พวงสารไฮโดรคาร์บอนสายยาว และสารประกอบที่ตกค้างจากกระบวนการแตกตัว

ของยางพารา ในขณะที่น้ำมันที่ผ่านกรองไอร้อนถ่านไม้ 789.4 kg/m^3 มีค่าความหนาแน่นต่ำสุด อาจเป็นเพราะมีองค์ประกอบของสารไฮโดรคาร์บอนที่ระเหยได้มากกว่า ซึ่งตัวกลางกรองไอร้อนส่งผลโดยตรงต่อการกำจัดสารประกอบบางชนิดและการกระจายตัวของผลิตภัณฑ์

ค่าความหนืด พบว่า น้ำมันส่วนใหญ่มีค่าอยู่ที่ 0.7 cSt ยกเว้น ชนิดกรองไอร้อนกรองเปล่าและกรองไอร้อนแกลบอัดแท่ง 1.0 cSt ตัวกรองไอร้อนกรองเปล่าไม่มีวัสดุช่วยปรับโครงสร้างของไอน้ำมัน ทำให้ไอระเหยควบแน่นโดยไม่มีการปรับสมดุลของโมเลกุลส่งผลให้น้ำมันที่ได้อาจมีความหนืดสูงขึ้น ส่วนแกลบอัดแท่งมีโครงสร้างอัดแน่นกว่าแกลบทั่วไป ซึ่งสามารถส่งผลให้ไอระเหยในกระบวนการควบแน่นมีปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดน้ำมันที่มีความหนืดสูงขึ้น ตัวกรองที่แตกต่างกันสามารถมีผลต่อการกระจายตัวของโมเลกุลไฮโดรคาร์บอน ถ้ากรองเปล่าหรือใช้แกลบอัดแท่ง อาจทำให้ได้องค์ประกอบของน้ำมันที่มีโมเลกุลหนักมากขึ้นซึ่งจะเพิ่มค่าความหนืดของน้ำมันที่ได้

จุดวาบไฟ-จุดติดไฟ พบว่า ทุกตัวกรองไอร้อนให้ค่าจุดวาบไฟเท่ากัน 25 องศาเซลเซียส สรุปได้ว่าองค์ประกอบสารระเหยในน้ำมันมีความใกล้เคียงกันในทุกตัวกรองไอร้อน ที่มีค่าจุดวาบไฟและติดไฟที่ใกล้เคียงกัน อาจขึ้นอยู่กับองค์ประกอบเชื้อเพลิงที่มีปริมาณสารเบามากพอที่จะติดไฟได้ง่าย

ค่าความเป็นกรด พบว่า น้ำมันที่ผ่านจากชนิดกรองไอร้อนโดโลไมท์ มีค่าความเป็นกรดสูงสุด 1.89 mg KOH/g ส่วน ชนิดกรองไอร้อนถ่านไม้ต่ำที่สุด 0.03 mg KOH/g

สรุปได้ว่าตัวกรองไอร้อนโดโลไมท์ทำให้เกิดการแตกตัวของโมเลกุลมากขึ้น ส่งผลให้เกิดสารที่มีฤทธิ์เป็นกรดมากขึ้น น้ำมันที่ได้จึงมีค่าความเป็นกรดสูง ขณะที่ตัวกรองไอร้อนถ่านไม้มีคุณสมบัติช่วยดูดซับสารที่มีฤทธิ์เป็นกรด น้ำมันที่ได้จึงมีค่าความเป็นกรดต่ำ

3.3 ผลการศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษช้ำยางพาราด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิควบแน่น 30 องศาเซลเซียส

จากการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษช้ำยางพาราด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิควบแน่น 30 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาวิเคราะห์สมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าความร้อน ความหนาแน่น ความหนืด จุดวาบไฟ-จุดติด และ ค่าความเป็นกรด ดังตาราง 3

ตาราง 3 ผลการศึกษาคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีงาพาราด้วยการไพโรไลซิส
ที่อุณหภูมิความดัน 30 องศาเซลเซียส

สมบัติน้ำมัน เชื้อเพลิง	ชนิดตัวกลางกรองไอร้อน					
	กรองเปล่า	โดโลไมท์	ถ่านไม้	ถ่านไม้ อัดแท่ง	แกลบ	แกลบ อัดแท่ง
ค่าความร้อน (MJ/kg)	34.0±0.1	41.1±0.4	35.3±0.7	35.7±0.2	35.0±0.5	35.4±0.3
ความหนาแน่น (kg/m ³)	808.1	771.9	795.6	858.8	941.4	798.1
ความหนืด (cSt)	1.0	0.8	1.2	1.5	0.7	0.8
จุดวาบไฟ-จุด ติดไฟ (°C)	25	25	25	25	25	25
ค่าความเป็นกรด mg KOH/g	0.28	0.57	0.51	0.11	1.11	0.49

จากตาราง 3 การวิเคราะห์สมบัติน้ำมันเชื้อเพลิงอุณหภูมิความดัน 30 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าความร้อนน้ำมัน โดโลไมท์ให้ค่าความร้อนสูงสุด 41.1±0.4 MJ/kg ตามด้วยถ่านไม้อัดแท่ง 35.7±0.2 MJ/kg และกรองเปล่า 34.0±0.1 MJ/kg ซึ่งแสดงให้เห็นว่าตัวกลางมีผลต่อองค์ประกอบของเชื้อเพลิง

สรุปได้ว่าตัวกลางกรองไอร้อนส่งผลต่อโครงสร้างไฮโดรคาร์บอน โดยเฉพาะโดโลไมท์มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มค่าพลังงานของเชื้อเพลิง อาจเป็นผลมาจากปฏิกิริยาทางเคมีที่ช่วยเร่งการแตกตัวของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนทำให้เกิดองค์ประกอบที่มีพลังงานสูงขึ้น ถ่านไม้อัดแท่งให้ค่าพลังงานรองลงมา แม้จะมีค่าความร้อนต่ำกว่าโดโลไมท์แต่ยังอยู่ในระดับที่สูงกว่ากรองเปล่า ซึ่งแสดงถึงศักยภาพของถ่านไม้อัดแท่งในการช่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิง

ความหนาแน่น พบว่า แกลบมีค่าความหนาแน่นสูงสุด 941.4 kg/m³ และต่ำสุดคือโดโลไมท์ 771.9 kg/m³

สรุปได้ว่าแกลบให้ค่าความหนาแน่นสูงสุด 941.4 kg / m³ อาจเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีที่ส่งเสริมการเกิดสารประกอบหนัก เช่น สารไฮโดรคาร์บอนที่มีโครงสร้างซับซ้อนมากขึ้น ทำให้น้ำมันมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น โดโลไมท์ให้ค่าความหนาแน่นต่ำสุด

771.9 kg/m³ โดไลไมท์อาจเร่งกระบวนการแตกตัวของสารไฮโดรคาร์บอน ส่งผลให้น้ำมันมีองค์ประกอบที่เบากว่า ทำให้ความหนาแน่นลดลง

ความหนืดน้ำมัน พบว่า ส่วนบนถ่านไม้อัดแท่งมีค่าความหนืดสูงสุด 1.5 cSt ในขณะที่โดไลไมท์มีค่าต่ำสุด 0.8 cSt

สรุปความหนืดสะท้อนถึงความสามารถในการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีและโครงสร้างโมเลกุลของสารไฮโดรคาร์บอนที่มีอยู่ ถ่านไม้อัดแท่งให้ค่าความหนืดสูงสุด 1.5 cSt เป็นไปได้ว่าถ่านไม้อัดแท่งช่วยให้เกิดสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีโครงสร้างโมเลกุลซับซ้อนมากขึ้นส่งผลต่อการเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ทำให้ความหนืดสูงขึ้น ส่วนโดไลไมท์ให้ค่าความหนืดต่ำสุด 0.8 cSt โดไลไมท์อาจส่งเสริมกระบวนการแตกตัวของโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนทำให้น้ำมันมีองค์ประกอบที่เบากว่าส่งผลให้ความหนืดลดลง

จุดวาบไฟ - จุดติดไฟ พบว่า น้ำมันส่วนบนและส่วนล่าง: ทุกตัวกลางให้ค่า 25 องศาเซลเซียส สรุปได้ว่าองค์ประกอบสารระเหยในน้ำมันมีความใกล้เคียงกันในทุกตัวกรองไอรอน ที่มีค่าจุดวาบไฟและติดไฟที่ใกล้เคียงกันอาจขึ้นอยู่กับองค์ประกอบเชื้อเพลิงที่มีปริมาณสารเบามากพอที่จะติดไฟได้ง่าย สอดคล้องกับงานวิจัยของ วัชรพล พาณิษฐ์ และคณะ (2567) จากงานวิจัยมุ่งเน้นการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีयाพาราดด้วยการไพโรไลซิส โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 300 350 และ 400 องศาเซลเซียส ที่ส่งผลต่อปริมาณและสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง ผลวิจัย พบว่า อุณหภูมิไพโรไลซิส 300 องศาเซลเซียส ค่าจุดวาบไฟจุดติดไฟ 25±0.6 องศาเซลเซียส ซึ่งใกล้เคียงกันมาก

ค่าความเป็นกรด พบว่า โดไลไมท์ให้ค่าความเป็นกรดสูงสุด 0.57 mg KOH/g และถ่านไม้อัดแท่งให้ค่าต่ำสุด 0.11 mg KOH/g

สรุปได้ว่าค่าความเป็นกรดของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ผลิตผ่านตัวกลางกรองไอรอนแสดงให้เห็นว่าแต่ละตัวกลางมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันแตกต่างกัน น้ำมันส่วนบนโดไลไมท์ให้ค่าความเป็นกรดสูงสุด 0.57 mg KOH/g อาจเกิดจากองค์ประกอบของโดไลไมท์ที่มีแร่ธาตุบางชนิดช่วยเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือแตกตัวของสารประกอบที่มีฤทธิ์เป็นกรด เช่น กรดอินทรีย์หรือสารประกอบออกซิเจนในน้ำมัน ถ่านไม้อัดแท่งให้ค่าความเป็นกรดต่ำสุด 0.11 mg KOH/g เป็นไปได้ว่าถ่านไม้อัดแท่งทำหน้าที่เป็น

ตัวกลางที่ช่วยลดปริมาณสารออกซิเดชัน หรืออาจมีองค์ประกอบที่ช่วยทำให้สภาวะของน้ำมันมีความเสถียรขึ้น

3.4 ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิควบแน่น 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส

จากการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิสโดยการเปรียบเทียบอุณหภูมิควบแน่น 10 20 30 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาวิเคราะห์สมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าความร้อน ความหนาแน่น ความหนืด จุดวาบไฟ-จุดติด และ ค่าความเป็นกรด ดังตาราง 4

ตาราง 4 การเปรียบเทียบคุณสมบัติน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิควบแน่น 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส และน้ำมันเชื้อเพลิงมาตรฐาน

สมบัติน้ำมัน เชื้อเพลิง	อุณหภูมิ ควบแน่น	ชนิดตัวกลางกรองไอร้อน					
		กรอง เปล่า	โดโลไมท์	ถ่านไม้	ถ่านไม้ อัดแท่ง	แกลบ	แกลบ อัดแท่ง
ค่าความร้อน (MJ/kg)	10 องศา เซลเซียส	32.0±0.1	39.1±0.4	33.3±0.7	33.7±0.2	33.0±0.5	33.4±0.3
	20 องศา เซลเซียส	33.0±0.1	40.1±0.4	34.3±0.7	34.7±0.2	34.0±0.5	34.4±0.3
	30 องศา เซลเซียส	34.0±0.1	41.1±0.4	35.3±0.7	35.7±0.2	35.0±0.5	35.4±0.3
	น้ำมัน เชื้อเพลิง	ดีเซล	ไบโอดีเซล	แก๊สโซฮอล์ 91	แก๊สโซฮอล์ 95	E20	E85
	มาตรฐาน	36.42	33.32	32.50	31.50	30.60	24.80
ความหนาแน่น (kg/m ³)	10 องศา เซลเซียส	845.3	800.1	824.6	783.7	805.7	792.2
	20 องศา เซลเซียส	793.5	798.5	789.4	951.7	826.3	816.9
	30 องศา เซลเซียส	808.1	771.9	795.6	858.8	941.4	798.1
	น้ำมัน เชื้อเพลิง	ดีเซล	ไบโอดีเซล	แก๊สโซฮอล์ 91	แก๊สโซฮอล์ 95	E20	E85
	มาตรฐาน	801.2	801.2	708.1	708.5	708.1	761.1

ตาราง 4 (ต่อ)

สมบัติน้ำมัน เชื้อเพลิง	อุณหภูมิ ความหนืด	ชนิดตัวกลางกรองไอร้อน					
		กรอง เปล่า	โดโล ไมท์	ถ่านไม้	ถ่านไม้ อัดแท่ง	แกลบ	แกลบ อัดแท่ง
ความหนืด (cSt)	10 องศา เซลเซียส	2.4	1.3	1.6	1.4	1.4	1.2
	20 องศา เซลเซียส	1.0	0.7	0.7	0.7	0.7	1.0
	30 องศา เซลเซียส	1.0	0.8	1.2	1.5	0.7	0.8
	น้ำมัน เชื้อเพลิง	ดีเซล	ไบโอ ดีเซล	แก๊ส โซลฮอลล์ 91	แก๊ส โซลฮอลล์ 95	E20	E85
	มาตรฐาน	0.6	0.7	0.1	0.1	0.1	0.2
จุดวาบไฟ-จุด ติดไฟ (°C)	10 องศา เซลเซียส	25	25	25	25	25	25
	20 องศา เซลเซียส	25	25	25	25	25	25
	30 องศา เซลเซียส	25	25	25	25	25	25
	น้ำมัน เชื้อเพลิง	ดีเซล	ไบโอ ดีเซล	แก๊ส โซลฮอลล์ 91	แก๊ส โซลฮอลล์ 95	E20	E85
	มาตรฐาน	85-96	98-100	25-30	25-30	20-25	15-20
ค่าความเป็น กรด mg KOH/g	10 องศา เซลเซียส	1.48	0.03	0.14	0.12	1.36	0.12
	20 องศา เซลเซียส	0.07	1.89	0.03	0.10	0.10	0.10
	30 องศา เซลเซียส	0.28	0.57	0.51	0.11	1.11	0.49
	น้ำมัน เชื้อเพลิง	ดีเซล	ไบโอ ดีเซล	แก๊ส โซลฮอลล์ 91	แก๊ส โซลฮอลล์ 95	E20	E85
	มาตรฐาน	0.13	0.16	0.03	0.03	0.03	0.03

จากตาราง 4 ผลการเปรียบเทียบวิเคราะห์สมบัติน้ำมันเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิ
ความหนืด 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส และสมบัติน้ำมันเชื้อเพลิงมาตรฐานมีความ
แตกต่างกันในหลายด้าน เช่น ค่าความร้อน ความหนาแน่น ความหนืด จุดวาบไฟ-จุด

ติดไฟ และค่าความเป็นกรด ค่าความร้อนน้ำมันที่อุณหภูมิควบแน่น 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส มีค่าความร้อนใกล้เคียงกับดีเซลและไบโอดีเซลมากที่สุด ค่าความหนาแน่นน้ำมันที่อุณหภูมิควบแน่นมีค่าความหนาแน่นที่หลากหลาย แต่บางตัวอย่างใกล้เคียงกับดีเซลมาตรฐาน ค่าความหนืดน้ำมันที่อุณหภูมิควบแน่น 30 องศาเซลเซียส มีค่าความหนืดสูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงมาตรฐานเล็กน้อย สอดคล้องกับงานวิจัยของ ทรงสุตา วิจารณ์ และ พนิดา สีมารูธ (2015) งานวิจัยนี้ได้พยายามนำยางก้อนถ้วยหรือชื้ยางมาใช้ในการผลิตพลังงานประเภทเชื้อเพลิงเหลวด้วยกระบวนการไพโรไลซิส เตาปฏิกรณ์ไพโรไลซิสชนิดซ์แบบเบดคงที่ โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิไพโรไลซิส 300 – 350, 350 – 400 และ 400 – 450 องศาเซลเซียส ขนาดของวัสดุทดสอบเท่ากับ 0.5×0.5 เซนติเมตร และ 1.0×1.0 เซนติเมตร การป้อนวัสดุเป็นแบบกะในปริมาณ 0.5 กิโลกรัม ระยะเวลาการทำไพโรไลซิส 45 นาที พบว่าค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเหลวที่ได้ต่ำกว่าของน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซล แต่ค่าความถ่วงจำเพาะและค่าความหนืดอยู่ในช่วงที่พบได้ในน้ำมันดีเซล ส่วนในอุณหภูมิควบแน่น 10 และ 20 องศาเซลเซียส มีค่าความหนืดสูงกว่าเกือบเท่าตัวเมื่อกับน้ำมันดีเซลและไบโอดีเซล จุดวาบไฟจุดติดไฟน้ำมันที่อุณหภูมิควบแน่นมีค่าจุดวาบไฟที่คงที่ที่ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งใกล้เคียงกับแก๊สโซฮอล์ 91 และ E20 ค่าความเป็นกรดน้ำมันที่อุณหภูมิควบแน่นมีค่าความเป็นกรดที่สูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงมาตรฐาน

โดยรวมแล้วน้ำมันที่อุณหภูมิควบแน่น 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส มีสมบัติที่ใกล้เคียงกับดีเซลและไบโอดีเซลมากกว่าน้ำมันเบนซินหรือแก๊สโซฮอล์ แต่ยังมี ความแตกต่างในด้านค่าความเป็นกรดและความหนืดที่สูงกว่าอุณหภูมิควบแน่น 10 องศาเซลเซียส ที่ค่ากรดไม่ผ่านคือ กรองเปล่าและแกลบ 1.48 และ 1.36 mg KOH/g ส่วนอุณหภูมิควบแน่น 20 องศาเซลเซียส ค่ากรดไม่ผ่านคือโดโลไมท์ 1.89 mg KOH/g และอุณหภูมิควบแน่น 30 องศาเซลเซียส ค่ากรดไม่ผ่านคือโดโลไมท์และถ่านไม้ 0.57 และ 0.51 ซึ่งมีค่าความเป็นกรดมาตรฐานต้องน้อยกว่า 0.50 mg KOH/g

3.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ % CHNSO น้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษ

ชื้ยางพาราด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิควบแน่น 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส

จากการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชื้ยางพาราด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิควบแน่น 10 องศาเซลเซียส ผลการวิเคราะห์ปริมาณ % CHNO ดังตาราง 5

ตาราง 5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ % CHNO อุณหภูมิควบแน่น 10 องศาเซลเซียส

ชื่อตัวเร่ง	คาร์บอน (%)	ไฮโดรเจน (%)	ไนโตรเจน (%)	ออกซิเจน (%)
กรองเปล่า	71.97	9.25	0.14	18.16
โดโลไมท์	80.29	10.27	0.24	8.71
ถ่านไม้	85.22	11.90	0.35	2.81
ถ่านไม้อัดแท่ง	53.32	6.44	0.10	40.14
แกลบ	86.50	11.0	0.30	2.09
แกลบอัดแท่ง	77.11	9.66	0.17	13.04

จากตาราง 5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบ CHNSO คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ และออกซิเจน ในตัวอย่างน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษ ขี้ยางพาราที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิส โดยใช้อุณหภูมิควบแน่น 10 องศาเซลเซียส พบว่า ค่าปริมาณคาร์บอนสูงสุดพบในตัวกรองแกลบ 86.50% และถ่านไม้ 85.22% ซึ่งบ่งชี้ว่าตัวกรองเหล่านี้ช่วยรักษาองค์ประกอบคาร์บอนในน้ำมันเชื้อเพลิงได้ดี ค่าคาร์บอนต่ำสุดพบในถ่านไม้อัดแท่ง 53.32% ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากระบวนการไพโรไลซิส ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของสารอินทรีย์ในน้ำมัน ค่าปริมาณไฮโดรเจน สูงสุดอยู่ที่ถ่านไม้ 11.906% และแกลบ 11.07% ซึ่งอาจส่งผลต่อคุณสมบัติการเผาไหม้และ ประสิทธิภาพของน้ำมันปริมาณไฮโดรเจนต่ำสุดในถ่านไม้อัดแท่ง 6.44% บ่งบอกถึง กระบวนการเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์ที่ลดองค์ประกอบของไฮโดรเจนในผลิตภัณฑ์ ค่าปริมาณไนโตรเจนสูงสุดพบในถ่านไม้ 0.35% และ 0.18% ซึ่งอาจส่งผลต่อปฏิกิริยา การเผาไหม้และการปล่อยก๊าซที่เกี่ยวข้องปริมาณไนโตรเจนต่ำสุดในถ่านไม้อัดแท่ง 0.10% แสดงให้เห็นว่ากระบวนการไพโรไลซิสทำให้มีการลดทอนองค์ประกอบไนโตรเจนใน สารอินทรีย์

ปริมาณออกซิเจนสูงสุดพบในถ่านไม้อัดแท่ง 40.14 % ซึ่งแสดงถึง องค์ประกอบที่มีแนวโน้มเป็นสารออกซิไดซ์สูง และอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพการเผาไหม้ และอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพการเผาไหม้ ปริมาณออกซิเจนต่ำสุดพบในถ่านไม้ 2.81% ซึ่งสะท้อนว่าเกิดการลดออกซิเจนผ่านปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างไพโรไลซิส

สรุปได้ว่าถ่านไม้และแกลบมีปริมาณคาร์บอนและไฮโดรเจนสูง ซึ่งอาจ ส่งผลให้มีค่าความร้อนสูงในน้ำมันเชื้อเพลิงถ่านไม้อัดแท่งมีออกซิเจนสูงสุด ซึ่งอาจมีผลต่อ

ปฏิกิริยาการเผาไหม้และการปล่อยก๊าซปริมาณไนโตรเจนมีความแตกต่างกันในแต่ละตัวกรอง ซึ่งอาจส่งผลต่อคุณภาพของไอเสียเมื่อใช้เชื้อเพลิงโดยรวมแล้ว ตัวกรองต่าง ๆ มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากไพโรไลซิส

จากการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลพาราด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ผลการวิเคราะห์ปริมาณ % CHNO ดังตาราง 6

ตาราง 6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ % CHNO อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

ชื่อตัวเร่ง	คาร์บอน (%)	ไฮโดรเจน (%)	ไนโตรเจน (%)	ออกซิเจน (%)
กรองเปล่า	77.35	10.87	0.19	11.58
โดโลไมท์	75.36	16.01	0.19	8.43
ถ่านไม้	70.80	9.26	0.14	19.76
ถ่านไม้อัดแท่ง	86.87	11.87	0.19	1.05
แกลบ	84.51	10.93	0.21	4.33
แกลบอัดแท่ง	72.27	9.28	0.12	18.31

จากตาราง 7 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบ CHNSO คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ และออกซิเจนในตัวอย่างน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลพาราที่ผ่านกระบวนการไพโรไลซิส โดยใช้อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณคาร์บอนสูงสุดพบในถ่านไม้อัดแท่ง 86.87% ซึ่งบ่งบอกถึงความเข้มข้นของสารเชื้อเพลิง ถ่านไม้มีคาร์บอนอยู่ที่ 70.80% ซึ่งต่ำกว่าถ่านไม้อัดแท่ง แต่ยังสูงเมื่อเทียบกับวัสดุอื่น คาร์บอนต่ำสุดพบในแกลบอัดแท่ง 72.27% ซึ่งอาจเกิดจากโครงสร้างของวัสดุที่แตกตัวในกระบวนการ ปริมาณไฮโดรเจนสูงสุดพบในโดโลไมท์ 16.01% ซึ่งอาจส่งผลต่อความสามารถในการเผาไหม้ถ่านไม้อัดแท่งมีไฮโดรเจนในระดับสูง 11.87% ซึ่งช่วยเพิ่มพลังงานเชื้อเพลิงไฮโดรเจนต่ำสุดพบในถ่านไม้ 9.26% ซึ่งอาจเกิดจากการสลายตัวของโครงสร้างอินทรีย์ ปริมาณไนโตรเจนสูงสุดพบในแกลบ 0.21% ซึ่งอาจมีผลต่อการปล่อยก๊าซ ปริมาณไนโตรเจนต่ำสุดพบในถ่านไม้อัดแท่ง 0.12% ซึ่งอาจลดการปล่อยก๊าซ ไนโตรเจนออกไซด์ ปริมาณออกซิเจนสูงสุดพบในถ่านไม้ 19.76% และกรองเปล่า 11.58% ซึ่งอาจมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีออกซิเจนต่ำสุดพบในถ่านไม้อัดแท่ง 1.05% ซึ่งอาจช่วยเพิ่มค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

สรุปได้ว่าถ่านไม้อัดแท่งมีปริมาณคาร์บอนสูงที่สุด ซึ่งบ่งชี้ถึงศักยภาพในการใช้เป็นเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพ โดโลไมท์มีไฮโดรเจนสูงสุดซึ่งอาจทำให้เกิดพลังงานเชื้อเพลิงที่สูงขึ้น กรองเปล่า โดโลไมท์และแกลบมีไนโตรเจนสูงซึ่งอาจมีผลต่อการปล่อยก๊าซขณะเผาไหม้

จากการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชี้นางพาราด้วยการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิควบคุม 30 องศาเซลเซียส ผลการวิเคราะห์ปริมาณ % CHNO ดังตาราง 7

ตาราง 7 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ % CHNO อุณหภูมิควบคุม 30 องศาเซลเซียส

ชื่อตัวเร่ง	คาร์บอน (%)	ไฮโดรเจน (%)	ไนโตรเจน (%)	ออกซิเจน (%)
กรองเปล่า	60.49	6.60	1.05	31.78
โดโลไมท์	54.60	7.21	0.12	38.00
ถ่านไม้	84.02	11.27	0.19	4.49
ถ่านไม้อัดแท่ง	85.21	10.88	0.86	2.96
แกลบ	75.53	9.31	0.25	14.87
แกลบอัดแท่ง	69.96	9.82	0.18	19.99

จากตาราง 8 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ผลิตจากเศษชี้นางพาราด้วยกระบวนการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิควบคุม 30 องศาเซลเซียส โดยวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ และออกซิเจน พบว่า ปริมาณคาร์บอนสูงสุดอยู่ใน ถ่านไม้อัดแท่ง 85.21% และ ถ่านไม้ 84.02% ซึ่งแสดงถึงความเข้มข้นขององค์ประกอบเชื้อเพลิงที่สามารถให้พลังงานสูง คาร์บอนต่ำสุดพบใน โดโลไมท์ 54.60% ซึ่งอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ทำให้มีการสูญเสียคาร์บอนบางส่วนค่าไฮโดรเจนสูงสุดพบใน ถ่านไม้ 11.27% และถ่านไม้อัดแท่ง 10.88% ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในการเผาไหม้ไฮโดรเจนต่ำสุดอยู่ใน กรองเปล่า 6.60% และ โดโลไมท์ 7.21% ซึ่งอาจบ่งบอกว่ากระบวนการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิสูงมีผลให้เกิดการสูญเสียไฮโดรเจน ค่าปริมาณไนโตรเจนสูงสุดกรองเปล่า 1.05 % ซึ่งอาจมีผลต่อการเกิดไอเสียไนโตรเจนออกไซด์ปริมาณไนโตรเจนต่ำสุดพบใน โดโลไมท์ 0.12% ซึ่งอาจทำให้มีผลกระทบน้อยต่อการปล่อยก๊าซไนโตรเจน ค่าปริมาณออกซิเจนสูง กรองเปล่า

31.78% และโดโลไมท์ 38.00% ซึ่งอาจเป็นองค์ประกอบที่ช่วยเพิ่มปฏิกิริยาเผาไหม้ ออกซิเจนต่ำสุดพบในถ่านไม้อัดแท่ง 2.96% ซึ่งอาจช่วยเพิ่มค่าความร้อนของเชื้อเพลิง สรุปได้ว่าถ่านไม้อัดแท่ง และ ถ่านไม้มีปริมาณคาร์บอนและไฮโดรเจนสูงที่สุด ซึ่งส่งผลให้มีค่าความร้อนสูงและเป็นแหล่งเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพ ไนโตรเจนมีค่าต่างกันในแต่ละตัวกรองซึ่งอาจมีผลต่อคุณภาพของไอเสียและผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ออกซิเจนในระดับสูงของกรองเปล่าและโดโลไมท์อาจส่งผลต่อการเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น อุณหภูมิควมแน่น 30 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ปริมาณองค์ประกอบเปลี่ยนแปลง ซึ่งอาจมีผลต่อคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชี้นางพาราด้วยการไพโรไลซิสผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนในการสรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. สรุปผล อภิปรายผลการออกแบบและสร้างหน่วยไพโรไลซิส
2. สรุปผล อภิปรายผลการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชี้นางพาราด้วยการไพโรไลซิส
3. สรุปผล อภิปรายผลการศึกษาวิเคราะห์สมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง

1. สรุปผล อภิปรายผลการออกแบบและสร้างหน่วยไพโรไลซิส

การออกแบบระบบไพโรไลซิสนี้มีจุดเด่นที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแปรรูปเศษชี้นางพาราเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงได้อย่างมีคุณภาพ โดยเฉพาะการใช้คอนเดนเซอร์หลายขั้นตอนและตัวกรองอากาศร้อน อย่างไรก็ตาม ยังมีโอกาสปรับปรุงด้านวัสดุที่ใช้ในการควมแน่น รวมถึงทดสอบตัวกรองเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์

ทางผู้วิจัยได้สร้างเครื่องผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชี้นางพาราด้วยการไพโรไลซิส ประจำหน่วยศูนย์ความเป็นทางวิศวกรรมและเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร สอดคล้องกับงานวิจัย เกตุร ดวงอุปมา และคณะ (2562) ออกแบบและสร้างหน่วยไพโรไลซิสแบบเร็วของขยะพลาสติกเริ่มต้นการสร้างด้วยการออกแบบหน่วยไพโรไลซิสแบบเร็ว โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบภาพ 3 มิติ และกำหนดขนาดของอุปกรณ์และลงมือสร้าง เพื่อคอยให้ให้บริการการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยการไพโรไลซิส ผลจากการสร้างเครื่องผลิตน้ำมันไพโรไลซิสนี้ถือเป็นก้าวสำคัญในการเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือใช้ และช่วยสร้างแนวทางใหม่ในการผลิตพลังงานจากขยะอุตสาหกรรม ระบบที่พัฒนามีศักยภาพในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพ แต่ยังมีโอกาสปรับปรุงเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

2. สรุปผล อภิปรายผลการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชี้นางพารา

ผลสรุปและอภิปรายผลการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงภายใต้อุณหภูมิความดัน 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส พบแนวโน้มที่ชัดเจนว่า ปริมาณน้ำมันลดลงเมื่ออุณหภูมิความดันสูงขึ้น ขณะที่แก๊สมีปริมาณเพิ่มขึ้น และถ้ามีแนวโน้มคงที่หรือเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ผลกระทบของตัวกรองไอร้อนกรองเปล่าให้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงสูงสุดและแก๊สน้อยที่สุด โดโลไมท์ให้ปริมาณน้ำมันต่ำสุดแต่เพิ่มสัดส่วนแก๊สมากที่สุด ถ่านไม้ช่วยเพิ่มปริมาณน้ำมันเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและลดปริมาณแก๊สถ่านไม้อัดแท่งให้ผลตรงกันข้ามโดยลดน้ำมันและเพิ่มแก๊ส เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นแกลบลดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น และมีผลต่อปริมาณเถ้าและแก๊ส แกลบอัดแท่งลดน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แต่แก๊สเพิ่มขึ้นมากที่สุด โดยให้ปริมาณเถ้าต่ำสุด ข้อสรุปคืออุณหภูมิความดัน 10 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงสูงสุด ในขณะที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นลดน้ำมันเชื้อเพลิง แต่เพิ่มเถ้าและแก๊ส ดังนั้นการเลือกตัวกรองไอร้อนและการควบคุมอุณหภูมิความดันมีผลโดยตรงต่อสมดุลของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากไพโรไลซิส สอดคล้องกับงานวิจัยของ Adisak Pattiya (2554) พบว่า อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณผลได้ของไบโอออยล์สูงสุด 52.3 wt% แต่เมื่อลดอุณหภูมิของเครื่องความดันระบายความร้อนด้วยน้ำเป็น 10 องศาเซลเซียส ปริมาณผลได้ของไบโอออยล์เพิ่มขึ้นเป็น 70 wt% อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มระยะเวลาทดลองเป็น 3 hr ปริมาณผลได้ของไบโอออยล์ลดลงเป็น 39.7 wt% ปีเดียวกัน Pattiya และ Suttibak ยังได้ศึกษาการไพโรไลซิสแบบเร็วแห้งและลำต้นมันสำปะหลังในเครื่องปฏิกรณ์ฟลูอิดไบด์แบบฟอง พบว่า หากไม่ใช้ชุดกรองไอร้อนและใช้อุณหภูมิไพโรไลซิส 472 องศาเซลเซียส ปริมาณผลได้ของไบโอออยล์สูงถึง 69.09 wt% แต่เมื่อใช้ชุดกรองไอร้อนทำให้ปริมาณผลได้ของไบโอออยล์ลดลงเป็น 63.23 wt%

3. สรุปผล อภิปรายผลการศึกษาวิเคราะห์สมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิง

ผลสรุปและอภิปรายผลการวิเคราะห์สมบัติน้ำมันเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิความดัน 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส โดยรวมพบว่า มีความแตกต่างในหลายด้าน เช่น ค่าความร้อน ความหนาแน่น ความหนืด จุดวาบไฟ จุดติดไฟ และค่าความเป็นกรด โดยมีแนวโน้มดังนี้ ค่าความร้อนน้ำมันที่อุณหภูมิทั้งสามระดับมีค่าความร้อนใกล้เคียงกับดีเซลและไบโอดีเซลมากที่สุด ค่าความหนาแน่นมีความหลากหลายแต่บางตัวอย่างใกล้เคียงกับดีเซล

มาตรฐานค่าความหนืดน้ำมันที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีความหนืดสูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงมาตรฐานเล็กน้อย ในอุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส ความหนืดสูงกว่าน้ำมันดีเซลและไบโอดีเซลเกือบเท่าตัว จุดวาบไฟ-จุดติดไฟ คงที่ที่ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งใกล้เคียงกับแก๊สโซฮอล์ 91 และ E20 ค่าความเป็นกรด สูงกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงมาตรฐาน อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส กรองเปล่าและแอลบมีค่ากรดสูง 1.48 และ 1.36 mg KOH/g อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส โดโลไมท์ มีค่ากรดสูง 1.89 mg KOH/g อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โดโลไมท์และถ่านไม้มีค่ากรดสูง 0.57 และ 0.51 mg KOH/g ค่าความเป็นกรดมาตรฐานต้องต่ำกว่า 0.50 mg KOH/g ข้อสรุปโดยรวมแล้ว น้ำมันที่อุณหภูมิควบแน่น 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส มีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับดีเซลและไบโอดีเซลมากกว่าน้ำมันเบนซินหรือแก๊สโซฮอล์ แต่ยังคงมีความแตกต่างสำคัญด้านค่าความเป็นกรดและความหนืดที่สูงขึ้นโดยเฉพาะที่ 10 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการใช้งาน

ผลสรุปและอภิปรายผลโดยรวมผลการวิเคราะห์ปริมาณ % CHNSO ที่อุณหภูมิควบแน่น 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ให้ น้ำมันที่มีคาร์บอนและไฮโดรเจนสูง ในถ่านไม้และแอลบ ส่งผลให้มีค่าความร้อนสูงอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ทำให้ ถ่านไม้อัดแท่งมีคาร์บอนสูงสุด และ โดโลไมท์มีไฮโดรเจนสูงสุด ส่งผลให้พลังงานเชื้อเพลิงสูงขึ้นอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ทำให้ไนโตรเจนและซัลเฟอร์เพิ่มขึ้นในบางตัวกรอง โดยเฉพาะถ่านไม้อัดแท่งและโดโลไมท์ อาจส่งผลกระทบต่อโอกาสการเลือกตัวกรองและอุณหภูมิควบแน่นมีผลโดยตรงต่อองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้ หากต้องการค่าความร้อนสูง อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส กับตัวกรองที่เหมาะสมอาจเป็นทางเลือกที่ดี

4. ข้อเสนอแนะ

จากงานวิจัยทางด้านตัวเครื่องอาจลองปรับขนาดให้ใหญ่ขึ้น แล้วนำลงเป็นงานวิจัยร่วมกับชุมชนเพื่อเป็นการนำร่องการกำจัดขยะและเศษยางต่าง ๆ เพิ่มมูลค่า

บรรณานุกรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรญาณ

บรรณานุกรม

- กระทรวงพลังงาน. (2566). นโยบายพลังงานของประเทศไทย. เข้าถึงได้จาก
<https://energy.go.th/th/hot-news/30118> 7 พฤศจิกายน 2566.
- เกตุร ดงอุปมา และคณะ. (2566). การแปรรูปขยะพลาสติกเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยการ
 ไพโรไลซิสแบบเร็ว. กภาพสินธุ์: คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
 อุตสาหกรรม สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์.
- ชินภัทร ชูการ และคณะ. (2023). การผลิตน้ำมันชีวภาพด้วยการไพโรไลซิสแบบเร็ว
 ของชีวมวลเพื่อทดสอบใช้งานในเครื่องยนต์. วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยี
 อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, 1(6), 15–27. 10.14456/jeit.2023.24
- ณัฐดนัย พรรณเจริญวงษ์ และคณะ. (2567). ผลของชนิดและตำแหน่งติดตั้งตัวเร่ง
 ปฏิกิริยาสำหรับการไพโรไลซิสชีวมวลที่ส่งผลต่อปริมาณและสมบัติของ
 น้ำมันชีวภาพ. *Thai Journal of Mechanical Engineering*, 1(1), Paper No.
 TJME-24-01-003.
- ทรงสุตา วิจารณ์ และ พนิดา สีมารุช. (2015). การออกแบบและจัดทำเตาเผาไพโรไลซิส
 ขนาดเล็กสำหรับยางก้อนถ้วย. *Engineering Transaction*, 19(2), 59–63.
- พิชามัญข์ สมบัติทวี. (2562). การผลิตน้ำมันจากยางรถยนต์ใช้แล้วโดยกระบวนการ
 ไพโรไลซิส. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- พงศ์ธร อรชร, สุตสาคร อินธิเดช และอดิศักดิ์ ปัตติยะ. (2556). ผลของอุณหภูมิที่
 ทำปฏิกิริยาไพโรไลซิสที่มีต่อปริมาณและสมบัติของไบโอออยส์ที่ได้จากการ
 ไพโรไลซิสแบบเร็วของไม้กระถินยักษ์. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 32(4), 520–525.
- วศกร ตริเดช. (2553). สำนักถ่ายทอดและเผยแพร่เทคโนโลยี. (ม.ป.ป.). *การผลิต
 ไบโอดีเซล*. กรุงเทพฯ: กระทรวงพลังงาน
- วัชรพล พาณิษฐ์ และคณะ. (2567). การผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชี้นางพาราด้วยการ
 ไพโรไลซิส. *วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย
 กภาพสินธุ์*, 2(5), 11–12.
- สถาบันพลาสติกและเทคโนโลยีการยาง. (2562). เข้าถึงได้จาก
https://rubber.oie.go.th/box/Article/19953/3_pyrolysis_19953_1.pdf

- สถาบันวิจัยยางพารา ระดับภูมิภาค. (2562). เข้าถึงได้จาก
<https://km.raot.co.th/uploads/dip/userfiles/lam%20%20%E0%B8%9B%E0%B8%B5%20pdf.pdf>
- สำนักถ่ายทอดและเผยแพร่เทคโนโลยี. (2564). (ม.ป.ป.). เชื้อเพลิงชีวภาพ. เข้าถึงได้จาก
<https://shorturl.asia/ToZ6r>
- สุพัตรา บุตรเสรีชัย. (2559). การศึกษาสมบัติของน้ำมันที่ได้จากการไพโรไลซิสพลาสติคที่ใช้แล้ว. ชัยภูมิ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ.
- อิทธิพล แจ่มชัด. (2544). เอกสารประกอบการเรียนวิชาเทคโนโลยีการยาง, คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาเคมี. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง.
- Abdullah, N. Gerhauser, N. Sulaiman, F. (2009). Fast pyrolysis of empty fruit bunches. *journal homepage: www.elsevier.com/locate/fuel*.
- Adrados, A. Marco, I. Caballero, B. M. Lopez, A. Laresgoiti M. F., Torres A. (2012). Pyrolysis of plastic packing waste: A comparison of plastic Residuals from material recovery facilities with simulated plastic Waste. *Waste Management*, 32, 862–832.
- Aho, A. Kumar, N. Eranen, K. Salmi, T. Hupa, M. and Murzin, D. Y. (2007). *Catalytic Pyrolysis of Biomass in a Fluidized Bed Reactor: Influence of the Acidity of H-Beta Zeolite* Laboratory of Industrial Chemistry, Process Chemistry Centre, Abo Akademi University, Abo/Turku, Finland.
- Atutxa, A. Aguado, R. Gayubo, AG. Olazar, M. and Bilbao, J. (2005). Kinetic Description of the Catalytic Pyrolysis of Biomass in a Conical Spouted Bed Reactor. *Energy & Fuels*, 19(3), 765–774.
- Bridgwater, AV. (2012). Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading. *Biomass and Bioenergy*, 38(0), 68–94.

- Chaiya, C. Reubroycharoen, P. (2013). Production of Bio Oil from Para rubber seed using Pyrolysis Process. *Division of Chemical Engineering, Rajamangala University of Technology Krungthep, Center of excellence on petrochemical and materials technology, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand. Energy Procedia*, 34, 905 – 911.
- Chen, T. Deng, C. and Liu, R. (2010). Effect of Selective Condensation on the Characterization of Bio-oil from Pine Sawdust Fast Pyrolysis Using a Fluidized Bed Reactor. *Energy & Fuels*, 24(12), 6616–6623.
- Duangupama, K. (2017). *Fast pyrolysis of biomass using catalysts in a circulating fluidized bed reactor for bio-oil production*.
- Duangupama, K. Pattiya, A. (2015). Fast pyrolysis of *Leucaena leucocephala* in a circulating fluidised bed reactor. *European Biomass Conference and Exhibition*, 23rd 1206–1211.
- Duangupama, K. Rueangsarn, K. Kraisoda, P. Turakan, C. (2017). The effect of catalyst on the heating value and energy yield from the fast pyrolysis of *leucaena leucocephala*. *Udon thani rajabhat university journal of sciences and technology*, 5(1), 97–111.
- Heo, H.S. Park, H.J. Park, Y.-K. Ryu, C. Suh, D.J. Suh, Y.-W. Yim, J.-H. and Kim, S.-S. (2010). Bio-oil production from fast pyrolysis of waste furniture sawdust in a fluidized bed. *Bioresource Technology*, 101(1), S91–S96.
- Lopez, A. de Marco I. Caballero, B.M. Laresgoiti M.F., Adrados A. (2011). Influence of time and temperature on pyrolysis of plastic wastes in a semi-batch reactor. *Chemical Engineering Journal*, 173(1), 62–71.
- Mante, O.D. Agblevor, F.A. McClung, R. (2011). Fluid catalytic cracking of biomass pyrolysis vapors. *Biomass Conv Bioref*, 1(4), 189–201.
- Meesuk, S. Cao, J.-P. Sato, K. Ogawa, Y. and Takarada, T. (2011). Fast pyrolysis of rice husk in a fluidized bed: effects of the gas atmosphere and catalyst on bio-oil with a relatively low content of oxygen. *Energy & Fuels*, 25(9), 4113–4121.

- MgO. Ersan Pütün. (2010). Catalytic pyrolysis of rice husk for bio-oil production. *Journal homepage*, www.elsevier.com/locate/jaap
- Muhammad, S. Bakar, Abu. James, O. Titiloye. (2012). Catalytic pyrolysis of rice husk for bio-oil production. *Journal homepage*, Available from www.elsevier.com/locate/jaap
- Ozlem, O. (2007). Norms, standards, and legislation for fast pyrolysis bio-oils from lignocellulosic biomass. *Energy & Fuels*, 29(4), 2471–2484.
- Paasikallio, V. Agblevor, F. Oasmaa, A. Lehto J and Lehtonen J. (2013). Catalytic Pyrolysis of Forest Thinnings with ZSM-5 Catalysts: Effect of Reaction Temperature on Bio-oil Physical Properties and Chemical Composition. *Energy & Fuels*, 27(12), 7587–7601.
- Pattiya, A. and Suttibak, S. (2012). Production of bio-oil via fast pyrolysis of agricultural residues from cassava plantations in a fluidised-bed reactor with a hot vapour filtration unit. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 95, 227–235.
- Pattiya, A. Suttibak, S. (2017). Fast pyrolysis of sugarcane residues in a fluidised bed reactor with a hot vapour filter. *Journal of the Energy Institute*, 90(1), 110–9.
- Pattiya, A. Titiloye, JO. and Bridgwater, AV. (2006). Catalytic pyrolysis of cassava rhizome. The 2nd Joint International Conference on. *Sustainable Energy and Environment*, 2, 6–10.
- Rueangsan K, Heman A, Kraisoda P, Tasarod H, Duanguppama K, Morris J. (2022). Bio-oil production via fast pyrolysis of cassava residues combined with ethanol and volcanic rock in a free-fall reactor. *Cogent Engineering*, 10.
- Sevgi, S. & Dilek. (2008) Salehi, E. Abedi, J. and Harding, T. Bio-oil from sawdust: effect of operating parameters on the yield and quality of pyrolysis products. *Energy & Fuels*, 25(9), 4145–4154.
- Sevgi, S. & Dilek, A.(2008). Pyrolysis of safflower (*Charthamus tinctorius* L.) Seed presscake in a fixed-bed reactor: Part 2 Structural characterization of pyrolysis biooils. *Bioresource Technology*, 99, 5498–5504.

- Stals, M. Thijssen, E. Vangronsveld, J. Carleer, R. Schreurs, S. and Yperman, J. (2010). Flash pyrolysis of heavy metal contaminated biomass from phytoremediation: Influence of temperature, entrained flow and wood/leaves blended pyrolysis on the behaviour of heavy metals. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 87(1), 1–7.
- Su Shiung, Lam. Alan, D. Russell. Chern Leing, Lee. Su Ki, Lam. Howard, A. Chase. (2011). Production of hydrogen and light hydrocarbons as a potential gaseous fuel from microwave–heated pyrolysis of waste automotive engine oil. *journal homepage*, Available from www.elsevier.com/locate/he
- Suttibak, S. (2017) Influence of reaction temperature on yields of bio–oil from fast pyrolysis of sugarcane residues. *Engineering and Applied Science Research*, 44(3), 142–7.
- Viriya– empikul, N. Krasae, P. Nualpaeng, W. Yoosuk, B. and Faungnawakij, K. (2012). Biodiesel production over Ca– based solid catalysts derived from industrial wastes. *Fuel*, 92(1), 239–44.
- Williams, P. T., & Horne, P. A. (1994). Characterisation of oils from the fluidised bed pyrolysis of biomass with zeolite catalyst upgrading. *Biomass and Bioenergy*, 7(3), 223–236.
- Zheng, J.I. (2007). Bio–oil from fast pyrolysis of rice husk Yields and related Properties and improvement of the pyrolysis system. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 80, 30–35.

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

ภาคผนวก ก

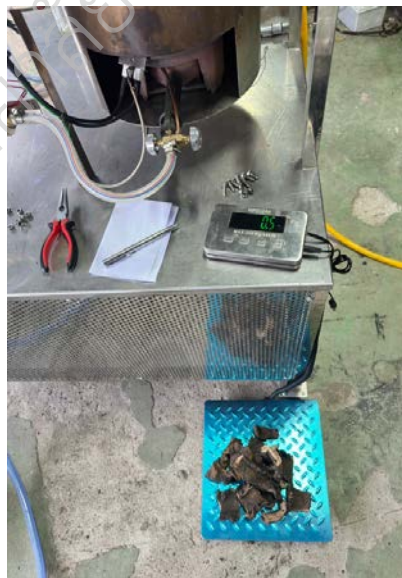
ขั้นตอนการทดลอง

หั่นเศษชี้อย่างพารา



ภาพประกอบ 50 หั่นเศษชี้อย่างพารา

ชั่งน้ำหนักเศษชี้อย่างพารา



ภาพประกอบ 51 ชั่งน้ำหนักเศษชี้อย่างพารา

ใส่เศษยางพาราลงในเตาเผา



ภาพประกอบ 52 ใส่เศษยางพาราลงในเตาเผา

ปิดเตาเผา



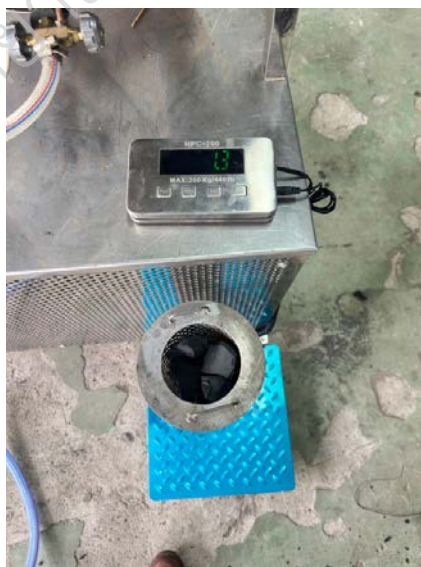
ภาพประกอบ 53 ปิดเตาเผา

ใส่ชนิดกรองไอร้อน



ภาพประกอบ 54 ใส่ชนิดกรองไอร้อน

ตั้งน้ำหนักชนิดกรองไอร้อน



ภาพประกอบ 55 ตั้งน้ำหนักชนิดกรองไอร้อน

ปิดกรองไอร้อน



ภาพประกอบ 56 ปิดกรองไอร้อน

ทำการทดลอง



ภาพประกอบ 57 ทำการทดลอง

เช็คอุณหภูมิทั้งสามตัวควบคุม



ภาพประกอบ 58 เช็คอุณหภูมิทั้งสามตัวควบคุม

น้ำมันเริ่มออกมา



ภาพประกอบ 59 น้ำมันเริ่มออกมา

น้ำมันที่ได้ผ่านกรองชนิดต่าง ๆ



ภาพประกอบ 60 น้ำมันที่ได้ผ่านกรองชนิดต่าง ๆ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

ภาคผนวก ข

ผลการทดสอบน้ำมันเชื้อเพลิง

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์

ตารางผลการวิเคราะห์ CHN

Name	Mass	Carbon%	Hydrogen%	Nitrogen%	Analysis Date
A10-1	0.0917	85.229	11.906	0.35923	10/2/2568 14:00:21
A10-2	0.2584	53.325	6.4469	0.10568	10/2/2568 14:04:34
A10-3	0.1374	86.503	11.078	0.30900	10/2/2568 14:08:21
A10-4	0.1849	77.114	9.6635	0.17383	10/2/2568 14:12:21
A10-5	0.1696	80.299	10.272	0.24647	10/2/2568 14:17:21
A10-6	0.1837	71.978	9.2506	0.14037	10/2/2568 14:21:21
A20-1	0.1737	70.809	9.2646	0.14422	10/2/2568 14:25:21
A20-2	0.1225	86.872	11.875	0.19717	10/2/2568 14:29:21
A20-3	0.1466	84.515	10.939	0.21196	10/2/2568 14:34:21
A20-4	0.1835	72.279	9.2893	0.12412	10/2/2568 14:38:21
A20-5	0.1155	125.08	16.016	0.19759	10/2/2568 14:42:21
A20-6	0.1308	77.352	10.877	0.19486	10/2/2568 14:46:21
A30-1	0.1303	84.025	11.270	0.19549	10/2/2568 14:50:21
A30-2	0.1076	104.44	13.837	0.25632	10/2/2568 14:55:21
A30-3	0.1010	87.459	12.512	0.25472	10/2/2568 14:59:21
A30-4	0.1233	69.969	9.8204	0.18180	10/2/2568 15:03:21
A30-5	0.1888	54.603	7.2148	0.12769	10/2/2568 15:07:21
A30-6	0.1300	123.81	15.028	0.30020	10/2/2568 15:11:21
Check EDTA	0.1223	40.178	7.0523	9.4724	10/2/2568 15:16:21
B10-1	0.1665	86.171	10.394	0.29595	10/2/2568 15:20:21
B 10-2	0.1158	2.3916	11.544	1.0511	10/2/2568 15:24:21
B 10-3	0.1022	83.887	11.690	0.31718	10/2/2568 15:28:21
B 10-4	0.1386	5.8671	10.389	15073	10/2/2568 15:32:21
B 10-5	0.1129	8.0506	10.942	2.0405	10/2/2568 15:37:21
B 10-6	0.1437	2.2271	10.077	1.1754	10/2/2568 15:41:21
B 20-1	0.1127	9.5561	11.348	0.98422	10/2/2568 15:45:21
B 20-2	0.1686	3.6843	10.048	0.85983	10/2/2568 15:49:21
B 20-3	0.1037	47.585	11.981	0.49185	10/2/2568 15:53:21
B 20-4	0.1747	2.9938	9.4242	0.58526	10/2/2568 15:57:21
B 20-5	0.1026	2.9655	11.635	1.1774	10/2/2568 16:02:21
B 20-6	0.1215	77.588	11.350	0.38058	10/2/2568 16:06:21
B 30-1	0.1194	84.871	11.546	0.18462	10/2/2568 16:10:21
B 30-2	0.1065	5.2194	10.883	0.86030	10/2/2568 16:14:21
B 30-3	0.1811	2.6917	9.3182	2.0854	10/2/2568 16:19:21
B 30-4	0.1036	1.9721	11.621	1.3595	10/2/2568 16:23:21
B 30-5	0.1737	1.4833	9.1690	1.5682	10/2/2568 16:27:21
B 30-6	0.1511	6.4944	10.329	1.0577	10/2/2568 16:31:21
Check EDTA	0.1345	39.743	6.6.71	9.4928	10/2/2568 16:35:21

ตารางผลการวิเคราะห์ S

Name	Mass	Sulfur%	Analysis Time	Anlysis Date
A10-1	0.1112	-0.02384	97	10/2/2568 14:02:26
A10-2	0.1193	0.01295	90	10/2/2568 14:04:40
A10-3	0.1101	0.00127	97	10/2/2568 14:07:17
A10-4	0.0998	-0.00564	98	10/2/2568 14:09:54
A10-5	0.1200	0.28749	167	10/2/2568 14:13:28
A10-6	0.1780	0.46670	1200	Aborted
A20-1	0.1127	0.01661	99	10/2/2568 14:42:56
A20-2	0.1642	0.00122	98	10/2/2568 14:46:08
A20-3	0.1081	-0.00282	96	10/2/2568 14:48:36
A20-4	0.1252	-0.01082	98	10/2/2568 14:51:08
A20-5	0.1287	-0.00752	96	10/2/2568 14:53:28
A20-6	0.1022	-0.00741	97	10/2/2568 14:55:45
A30-1	0.1073	0.01616	97	10/2/2568 14:58:10
A30-2	0.1109	0.06862	97	10/2/2568 15:00:20
A30-3	0.1114	0.01550	98	10/2/2568 15:02:43
A30-4	0.1262	0.02931	97	10/2/2568 15:04:58
A30-5	0.1039	0.05211	97	10/2/2568 15:07:19
A30-6	0.1216	0.02618	98	10/2/2568 15:09:18
B10-1	0.1200	0.02553	31	Aborted
B 10-2	0.1026	0.02749	97	10/2/2568 15:12:10
B 10-3	0.1024	0.02556	98	10/2/2568 15:14:29
B 10-4	0.1162	0.02894	98	10/2/2568 15:16:24
B 10-5	0.1258	0.0380	96	10/2/2568 15:18:58
B 10-6	0.1167	0.04368	97	10/2/2568 15:21:24
B 20-1	0.1679	0.11761	89	10/2/2568 15:23:39
B 20-2	0.1195	0.07854	89	10/2/2568 15:25:43
B 20-3	0.0990	-0.02738	97	Aborted
B 20-4	0.1032	0.00867	97	10/2/2568 16:06:22
B 20-5	0.1147	0.02471	96	10/2/2568 16:08:13
B 20-6	0.1047	0.07457	98	10/2/2568 16:10:27
B 30-1	0.1488	0.02183	97	10/2/2568 16:12:44
B 30-2	0.1001	0.05411	98	10/2/2568 16:15:04
B 30-3	0.1508	-0.14869	113	10/2/2568 16:17:12
B 30-4	0.1155	0.00428	98	10/2/2568 16:19:03
B 30-5	0.1324	-0.05982	97	10/2/2568 16:23:24
B 30-6	0.1094	0.07922	96	10/2/2568 16:25:23

ผลการตรวจกรด

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

ภาพประกอบ 61 ผลการตรวจกรด

ภาคผนวก ค

ตารางผลการทดลอง

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

ตารางผลปริมาณผลิตภัณฑ์อุณหภูมิชุดควบแน่น 10 องศาเซลเซียส

ปริมาณผลิตภัณฑ์ (wt%)							
การทดลอง ที่	อุณหภูมิไฟ โรไลซิส (°C)	อุณหภูมิ กรองไอ ร้อน (°C)	อุณหภูมิชุด ควบแน่น (°C)	ชนิดตัวกลาง กรองไอร้อน	น้ำมัน เชื้อเพลิง (%)	เถา (%)	แก๊ส (%)
1	174.0	96.5	12.4	กรองเปล่า	70.0	12.9	17.1
2	230.0	100.5	11.8	โดโลไมท์	49.0	9.5	41.5
3	245.0	99.4	13.3	ถ่านไม้	51.0	10.0	39.0
4	221.9	99.9	13.2	ถ่านไม้อัด แท่ง	66.0	8.5	25.5
5	219.3	102.8	11.9	แกลบ	53.0	13.4	33.6
6	243.7	89.1	11.8	แกลบอัดแท่ง	65.0	7.6	27.4

ตารางผลปริมาณผลิตภัณฑ์อุณหภูมิชุดควบแน่น 20 องศาเซลเซียส

ปริมาณผลิตภัณฑ์ (wt%)							
การทดลอง ที่	อุณหภูมิไฟ โรไลซิส (°C)	อุณหภูมิ กรองไอ ร้อน (°C)	อุณหภูมิชุด ควบแน่น (°C)	ชนิดตัวกลาง กรองไอร้อน	น้ำมัน เชื้อเพลิง (%)	เถา (%)	แก๊ส (%)
1	279.0	100.0	18.7	กรองเปล่า	70.0	20.0	10.0
2	270.0	100.0	21.9	โดโลไมท์	39.5	7.5	53.0
3	221.8	89.3	20.9	ถ่านไม้	54.5	8.5	37.0
4	221.9	99.9	13.2	ถ่านไม้อัด แท่ง	57.5	6.5	36.0
5	227	102	21.85	แกลบ	50.0	12.0	38.0
6	262.41	100.58	23.77	แกลบอัดแท่ง	56.0	6.0	38.0

ตารางผลปริมาณผลิตภัณฑ์อุณหภูมิชุดความดัน 30 องศาเซลเซียส

ปริมาณผลิตภัณฑ์ (wt%)							
การทดลอง ที่	อุณหภูมิ ไพโรไลซิส (°C)	อุณหภูมิ กรอง ไอร้อน (°C)	อุณหภูมิ ชุดความดัน (°C)	ชนิดตัวกลาง กรองไอร้อน	น้ำมัน เชื้อเพลิง (%)	เถา (%)	แก๊ส (%)
1	212.1	91.4	29.8	กรองเปล่า	70.0	12.9	17.1
2	197.4	100.3	30.5	โคลโคไมต์	41.0	16.5	42.5
3	227.7	86.7	28.6	ถ่านไม้	63.0	14.0	23.0
4	224.7	101.3	28.7	ถ่านไม้อัดแท่ง	50.5	9.5	40.0
5	247.0	91.3	52.0	แกลบ	39.5	26.0	34.5
6	217.2	100.1	28.2	แกลบอัดแท่ง	50.5	12.0	37.5

ตารางเปรียบเทียบการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีวมวลพาราด้วยการไพโรไลซิส
ที่อุณหภูมิความดัน 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส

ปริมาณผลิตภัณฑ์ (wt%)							
การทดลอง ที่	อุณหภูมิ ไพโรไลซิส (°C)	อุณหภูมิ กรอง ไอร้อน (°C)	อุณหภูมิ ชุดความดัน (°C)	ชนิดตัวกลาง กรองไอร้อน	น้ำมันเชื้อ เพลิง (%)	เถา (%)	แก๊ส (%)
4.1				ถ่านไม้อัดแท่ง			
4.2				ถ่านไม้อัดแท่ง			
4.3				ถ่านไม้อัดแท่ง			
5.1				แกลบ			
5.2				แกลบ			
5.3				แกลบ			
6.1				แกลบอัดแท่ง			
6.2				แกลบอัดแท่ง			
6.3				แกลบอัดแท่ง			

ตารางการหาสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชี้นางพาราที่ผลิตด้วยการไพโรไลซิส
ที่อุณหภูมิควบนั่น 10 องศาเซลเซียส

สมบัติน้ำมัน เชื้อเพลิง	ชนิดตัวกลางกรองไอร้อน					
	กรองเปล่า	ดิลไลต์	ถ่านไม้	ถ่านไม้อัด แท่ง	แกลบ	แกลบอัดแท่ง
ค่าความร้อน (Mj/kg)						
ความหนาแน่น (kg/m ³)						
ความหนืด (cSt)						
จุดวาบไฟ-จุดติด ไฟ (°C)						
ค่าความเป็นกรด mg KOH/g						

ตารางการหาสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชี้นางพาราที่ผลิตด้วยการไพโรไลซิส
ที่อุณหภูมิควบนั่น 20 องศาเซลเซียส

สมบัติน้ำมัน เชื้อเพลิง	ชนิดตัวกลางกรองไอร้อน					
	กรองเปล่า	ดิลไลต์	ถ่านไม้	ถ่านไม้อัด แท่ง	แกลบ	แกลบอัดแท่ง
ค่าความร้อน (Mj/kg)						
ความหนาแน่น (kg/m ³)						
ความหนืด (cSt)						
จุดวาบไฟ-จุดติด ไฟ (°C)						
ค่าความเป็นกรด mg KOH/g						

ตารางการหาสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชี้นางพาราที่ผลิตด้วยการไพโรไลซิส
ที่อุณหภูมิความดัน 30 องศาเซลเซียส

สมบัติน้ำมัน เชื้อเพลิง	ชนิดตัวกลางกรองไอร้อน					
	กรองเปล่า	โดโลไมต์	ถ่านไม้	ถ่านไม้อัด แท่ง	แกลบ	แกลบอัดแท่ง
ค่าความร้อน (MJ/kg)						
ความหนาแน่น (kg/m ³)						
ความหนืด (cSt)						
จุดวาบไฟ-จุดติด ไฟ (°C)						
ค่าความเป็นกรด mg KOH/g						

ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชี้นางพาราด้วยการไพโรไลซิส
ที่อุณหภูมิความดัน 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส และน้ำมันเชื้อเพลิงมาตรฐาน

สมบัติน้ำมัน เชื้อเพลิง	อุณหภูมิ ความดัน	ชนิดตัวกลางกรองไอร้อน					
		กรองเปล่า	โดโลไมต์	ถ่านไม้	ถ่านไม้อัด แท่ง	แกลบ	แกลบอัด แท่ง
ค่าความร้อน (MJ/kg)	10 °C						
	20 °C						
	30 °C						
	น้ำมัน เชื้อเพลิง มาตรฐาน	ดีเซล	ไบโอดีเซล	แก๊สโซฮอล์ 91	แก๊สโซฮอล์ 95	E20	E85

ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีงาพาราด้วยการไพโรไลซิส
ที่อุณหภูมิความดัน 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส และน้ำมันเชื้อเพลิงมาตรฐาน (ต่อ)

สมบัติน้ำมัน เชื้อเพลิง	อุณหภูมิ ความดัน	ชนิดตัวกลางกรองไอร้อน					
		กรองเปล่า	โคลโคไมต์	ถ่านไม้	ถ่านไม้อัด แท่ง	กลบ	กลบอัด แท่ง
ความ หนาแน่น (kg/m ³)	10 °C						
	20 °C						
	30 °C						
	น้ำมัน เชื้อเพลิง มาตรฐาน	ดีเซล	ไบโอดีเซล	แก๊สโซฮอล์ 91	แก๊สโซฮอล์ 95	E20	E85
ความหนืด (cSt)	10 °C						
	20 °C						
	30 °C						
	น้ำมัน เชื้อเพลิง มาตรฐาน	ดีเซล	ไบโอดีเซล	แก๊สโซฮอล์ 91	แก๊สโซฮอล์ 95	E20	E85
จุดวาบไฟ-จุด ติดไฟ (°C)	10 °C						
	20 °C						
	30 °C						
	น้ำมัน เชื้อเพลิง มาตรฐาน	ดีเซล	ไบโอดีเซล	แก๊สโซฮอล์ 91	แก๊สโซฮอล์ 95	E20	E85

ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติน้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีงาพาราด้วยการไพโรไลซิส
ที่อุณหภูมิความดัน 10 20 และ 30 องศาเซลเซียส และน้ำมันเชื้อเพลิงมาตรฐาน (ต่อ)

สมบัติน้ำมัน เชื้อเพลิง	อุณหภูมิ ความดัน	ชนิดตัวกลางกรองไอร้อน					
		กรองเปล่า	โดโลไมต์	ถ่านไม้	ถ่านไม้อัด แท่ง	แกลบ	แกลบอัด แท่ง
ค่าความเป็น กรด mg KOH/g	10 °C						
	20 °C						
	30 °C						
	น้ำมัน เชื้อเพลิง มาตรฐาน	ดีเซล	ไบโอดีเซล	แก๊สโซฮอล์ 91	แก๊สโซฮอล์ 95	E20	E85

ตารางวิเคราะห์ปริมาณ % CHNSO น้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีงาพาราด้วยการไพโรไลซิส
ที่อุณหภูมิความดัน 10 องศาเซลเซียส

ชนิดตัวกลาง กรองไอร้อน	มวล (mg)	คาร์บอน (%)	ไฮโดรเจน (%)	ไนโตรเจน (%)	มวล (mg)	ซัลเฟอร์ (%)	ออกซิเจน (%)
กรองเปล่า							
โดโลไมต์							
ถ่านไม้							
ถ่านไม้อัด แท่ง							
แกลบ							
แกลบอัดแท่ง							

ตารางวิเคราะห์ปริมาณ % CHNSO น้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิส
ที่อุณหภูมิความดัน 20 องศาเซลเซียส

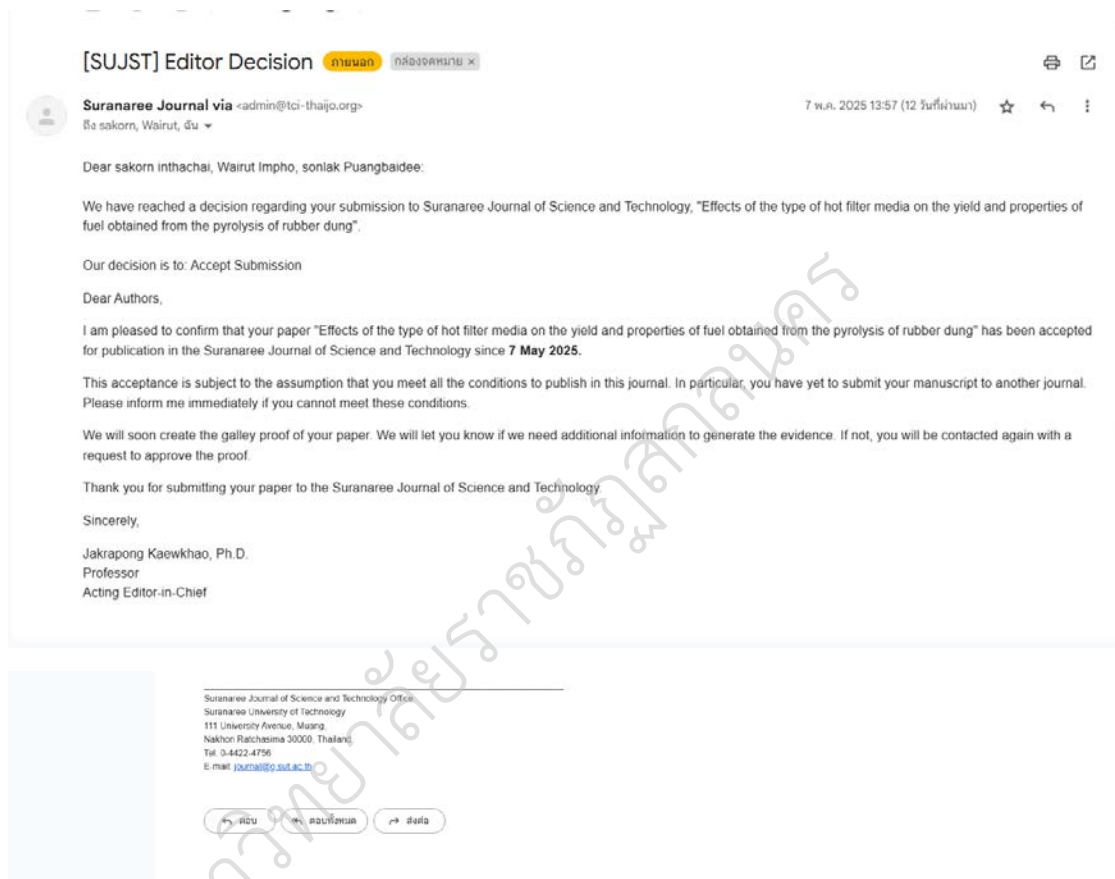
ชนิดตัวกลาง กรองไอรอน	มวล (mg)	คาร์บอน (%)	ไฮโดรเจน (%)	ไนโตรเจน (%)	มวล (mg)	ซัลเฟอร์ (%)	ออกซิเจน (%)
กรองเปล่า							
โดลิไมท์							
ถ่านไม้							
ถ่านไม้อัด แท่ง							
แคลบ							
แคลบอัดแท่ง							

ตารางวิเคราะห์ปริมาณ % CHNSO น้ำมันเชื้อเพลิงจากเศษชีอย่างพาราด้วยการไพโรไลซิส
ที่อุณหภูมิความดัน 30 องศาเซลเซียส

ชนิดตัวกลาง กรองไอรอน	มวล (mg)	คาร์บอน (%)	ไฮโดรเจน (%)	ไนโตรเจน (%)	มวล (mg)	ซัลเฟอร์ (%)	ออกซิเจน (%)
กรองเปล่า							
โดลิไมท์							
ถ่านไม้							
ถ่านไม้อัด แท่ง							
แคลบ							
แคลบอัดแท่ง							

ภาคผนวก ง
การเผยแพร่บทความ

หนังสือตอบรับบทความ



ภาพประกอบ 62 หนังสือตอบรับบทความ

ประวัติย่อของผู้วิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นายศรลักษณ์ พวงใบดี
 วัน เดือน ปีเกิด 26 เมษายน 2525
 สถานที่อยู่ปัจจุบัน 62 หมู่ 12 ตำบลโพนแพง อำเภอบางบาล จังหวัดสุพรรณบุรี รหัสไปรษณีย์ 47170
 ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
 สถานที่ทำงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุพรรณบุรี ตำบลลาดหญ้า อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี 47000

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2544 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนอากาศอำนวยศึกษา
 พ.ศ. 2546 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ช่างยนต์
 วิทยาลัยการอาชีพพรรณานิคม
 พ.ศ. 2548 อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต (อศ.บ.) เทคโนโลยีเครื่องกล
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสุพรรณบุรี
 พ.ศ. 2554 ครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต (ค.อ.ม.)
 วิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
 ธนบุรี
 พ.ศ. 2568 ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยราชภัฏสุพรรณบุรี

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2548 ครูจ้างสอน วิทยาลัยเทคโนโลยีบ้านม่วง จังหวัดสุพรรณบุรี
 พ.ศ. 2549 ครูจ้างสอน วิทยาลัยการอาชีพพรรณานิคม จังหวัดสุพรรณบุรี
 พ.ศ. 2550 ครูจ้างสอน วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี
 พ.ศ. 2553 อาจารย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี