



ผลกระทบของการทอรรีแฟคชั่นแบบออกซิเดทีฟที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพ
ของชีวมวลอัดเม็ดจากเศษเหลือของยางพารา

EFFECT OF OXIDATIVE TORREFACTION ON PHYSICAL PROPERTIES OF
BIOMASS PELLET MADE FROM PARA-RUBBER RESIDUE

ณัฐกานต์ วังบุญคง

NATTAKAN VANGBOONKONG

ณัฐวุฒิ ปากว่าง

NATTAWUT PAKWANG

ทวีศักดิ์ แก้วเพชร

TAWEESAK KAEWPHET

รัชชานนท์ ด้วงเหมือน

RATCHANON DUANGMUEAN

ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลกระทบของการทอรรีแฟคชันแบบออกซิเดทีฟที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพ
ของชีวมวลอัดเม็ดจากเศษเหลือของยางพารา
EFFECT OF OXIDATIVE TORREFACTION ON PHYSICAL PROPERTIES OF
BIOMASS PELLETS MADE FROM PARA-RUBBER RESIDUE



นัฐกานต์ วังบุญคง
NATTAKAN VANGBOONKONG
นัฐวุฒิ ปากว้าง
NATTAWUT PAKWANG
ทวีศักดิ์ แก้วเพชร
TAWEESAK KAEWPHET
รัชชานนท์ ด้วงเหมือน
RATCHANON DUANGMUEAN

ปริญญาานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล
ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECT OF OXIDATIVE TORREFACTION ON PHYSICAL PROPERTIES OF
BIOMASS PELLET MADE FROM PARA-RUBBER RESIDUE



A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE
DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS

2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2023

DEPARTMENT OF ENGINEERING

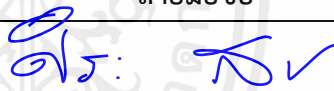




KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

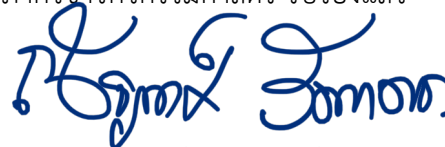
ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ ผลกระทบของการทอรรีแฟคชั่นแบบออกซิเดทีฟที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพ
ของชีวมวลอัดเม็ดจากเศษเหลือของยางพารา
PROJECT TITLE EFFECT OF OXIDATIVE TORREFACTION ON PHYSICAL PROPERTIES
OF BIOMASS PELLET MADE FROM PARA-RUBBER RESIDUE
ชื่อนักศึกษา ณัฐกานต์ ว่างบุญคง รหัสนักศึกษา 63201225
ณัฐวุฒิ ปากว่าง รหัสนักศึกษา 63201227
ทวีศักดิ์ แก้วเพชร รหัสนักศึกษา 63201229
รัชชานนท์ ดั่งเหมือน รหัสนักศึกษา 63201249
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.วราษชล วัฒนนะ
ปริญญาานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปริญญาานิพนธ์			ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ศิระ สายศร	กรรมการสอบ		
ผศ.ดร.อดิเรก สุริยะวงศ์	กรรมการสอบ		
รศ.วชร กาลาสี	กรรมการสอบ		
ดร.ศักรินทร์ ชินกุลพิทักษ์	กรรมการสอบ		
ผศ.วราษชล วัฒนนะ	อาจารย์ที่ปรึกษา		

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 13 มิถุนายน 2566 เวลา 9.00 - 18.00 น.
สถานที่สอบ ตึก A ห้อง 309

ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ รัตนเดช)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 16 มิถุนายน พ.ศ. 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ผลกระทบของการทอรีรีแฟคชั่นแบบออกซิเดทีฟที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพของชีวมวลอัดเม็ดจากเศษเหลือของยางพารา		
ชื่อนักศึกษา	ณัฐกานต์	วังบุญคง	รหัสนักศึกษา 63201225
	ณัฐวุฒิ	ปากว่าง	รหัสนักศึกษา 63201227
	ทวีศักดิ์	แก้วเพชร	รหัสนักศึกษา 63201229
	รัชชานนท์	ด้วงเหมือน	รหัสนักศึกษา 63201249
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.วรัชชล วัฒนะ		
ปริญญานิพนธ์			

บทคัดย่อ

ใบยางพาราและชีเลื่อยยางพาราเป็นวัตถุดิบที่เหลือใช้ทางเกษตรที่มีอยู่เป็นปริมาณมาก โดยเฉพาะพื้นที่ภาคใต้ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงนำใบยางพาราและชีเลื่อยยางพาราไปผ่านกระบวนการอัดเม็ดชีวมวล จากนั้นนำผ่านกระบวนการทอรีแฟคชั่น โดยทำการศึกษากการทอรีไฟล์ทั้งในบรรยากาศของไนโตรเจนและอากาศ เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของเม็ดชีวมวลจากใบยางพาราและชีเลื่อยยางพาราที่ได้ โดยมีเงื่อนไขในการอัดเม็ดชีวมวลดังนี้ ใช้อุณหภูมิในการอัดเม็ดชีวมวลที่ 100 110 120 องศาเซลเซียสและความดันในการอัดเม็ดชีวมวลที่ 300 350 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ส่วนเงื่อนไขในการคือ ทำการทอรีไฟด์ที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส ใน 3 ช่วงเวลา คือ 15 20 และ 25 นาที จากนั้นนำเม็ดชีวมวลที่ผ่านการทอรีไฟด์มาหาค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียมวล ค่าความหนาแน่นและค่าต้านทานแรงกดอัด จากผลการทดลองพบว่าก่อนการทอรีไฟด์และหลังการทอรีไฟด์นั้นมีความแตกต่างทางกายภาพอย่างชัดเจน ค่าความหนาแน่นในช่วงความดันในการอัดเม็ดที่ 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้วของใบยางพาราและชีเลื่อยยางพาราช่วงเวลา 15 นาที ทั้งในบรรยากาศไนโตรเจนและอากาศทำให้ชีวมวลอัดเม็ดที่ผ่านการทอรีไฟด์มีค่าความหนาแน่นมากที่สุด ค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียมวลเมื่อความดันในการอัดเม็ดเท่ากับ 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้วของใบยางพาราและชีเลื่อยยางพาราและใช้ช่วงเวลาในการทอรีไฟด์ที่ 15 นาที ทั้งบรรยากาศไนโตรเจนและอากาศมีค่าน้อยที่สุด ค่าต้านทานแรงกดอัดของชีวมวลอัดเม็ดที่ผ่านการทอรีไฟด์จากการอัดเม็ดที่ความดัน 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้วของใบยางพารา และมีช่วงเวลาในการทอรีไฟด์ที่ 15 และ 20 นาที ทั้งในบรรยากาศไนโตรเจนและอากาศ มีค่าความต้านทานแรงกดอัดมากที่สุด จากผลการทดลองทั้งหมดพบว่าแม้ว่าคุณสมบัติของชีวมวลอัดเม็ดที่ผ่านการทอรีไฟด์ในบรรยากาศไนโตรเจนจะมีค่าที่ดีกว่าการทอรีไฟด์ในบรรยากาศของอากาศ แต่พบว่ามีความแตกต่างกันไม่มาก ดังนั้นหากพิจารณาถึงต้นทุนการผลิตการเลือกทอรีไฟด์ชีวมวลในบรรยากาศอากาศก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ

คำสำคัญ : ใบยางพาราและชีเลื่อยยางพารา ประสิทธิภาพทางกายภาพของเม็ดชีวมวล การทอรีไฟด์ ก่อนและหลัง

Project Title	EFFECT OF OXIDATIVE TORREFACTION ON PHYSICAL PROPERTIES OF BIOMASS PELLETS MADE FROM PARA-RUBBER RESIDUE		
Student	Mr. Nattakan	Vangboonkong	Student ID 63201225
	Mr. Nattawut	Pakwang	Student ID 63201227
	Mr. Taweesak	Kaewphet	Student ID 63201229
	Mr. Ratchanon	Duangmuean	Student ID 63201249
Degree	Bachelor of Engineering		
Program	Mechanical Engineering		
Project Advisor	Asst.Prof. Wassachol Wattana		

ABSTRACT

Rubber leaves and rubber sawdust are agricultural byproducts that are abundantly available, particularly in the southern region. Consequently, this research aimed to densify rubber leaves and rubber sawdust into biomass pellets, followed by subjecting them to the torrefaction process in both nitrogen and air environments. A comparative analysis of the physical properties of biomass pellets derived from rubber leaves and rubber sawdust was conducted. The compression conditions for the biomass pellets encompassed temperatures of 100, 110, and 120 degrees Celsius, as well as pressures of 300, 350, and 400 psi. Additionally, the experimental conditions involved torrefaction at a temperature of 250°C for three distinct residence times of 15, 20, and 25 minutes. Subsequently, the torrefied biomass pellets were evaluated for mass yield, density, and compressive strength. The experimental results revealed distinct physical properties before and after torrefaction. Notably, the highest density after torrefaction was observed for both rubber leaf and rubber sawdust biomass pellets at a residence time of 15 minutes and a pressure range of 350 psi in both nitrogen and air atmospheres. Similarly, the lowest mass yield was observed for both rubber leaf and rubber sawdust biomass pellets at a pressure of 300 psi and a torrefaction residence time of 15 minutes in both nitrogen and air environments. Moreover, the torrefied biomass pellets exhibited the highest compressive strength when compressed at a pressure of 400 psi, with torrefaction residence times of 15 and 20 minutes, in both nitrogen and air atmospheres. While the nitrogen atmosphere demonstrated slightly superior properties for torrefied biomass pellets compared to the air atmosphere, the differences were not statistically significant based on the experimental results. Consequently, considering the cost-effectiveness aspect, the torrefaction of biomass in an air atmosphere emerges as an alternative worth considering.

Keywords: rubber leaves and rubber sawdust Physical performance of biomass pellets Torrefining before and after

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำโครงการขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรัชชล วัฒนะ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่เลือกโครงการดีๆ ให้และยังให้คำปรึกษาให้ข้อมูลคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการต่อ ยอดการทำงาน ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ มาโดยตลอด อีกทั้งยังสอนแนวทางที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโครงการได้เป็นอย่างดี

นอกจากนี้คณะผู้จัดทำโครงการขอขอบคุณ นายไชยรัตน์ เพชรสีรีและนพดล เกตุพิมล ตลอดจนเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติ ที่แนะนำแนวทางให้คำแนะนำตลอดจนสนับสนุนเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองทำให้โครงการสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร สนับสนุนสถานที่ในการดำเนินงาน

ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ ที่ร่วมงานทุกท่าน ที่ให้การช่วยเหลือข้าพเจ้าและสมาชิกในกลุ่มจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่สนับสนุนทรัพยากรในการศึกษาตลอดมา ข้าพเจ้าขอระลึกถึงพระคุณอันสูงสุดและกราบในพระคุณ ณ ที่นี้

ณัฐกานต์ วังบุญคง
ณัฐวุฒิ ปากกว้าง
ทวิศักดิ์ แก้วเพชร
รัชชานนท์ ดั่งเหมือน
มิถุนายน 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	IV
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	IV
กิตติกรรมประกาศ	IV
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	IV
สารบัญรูปภาพ	IV
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 สถานที่ในการทำการศึกษாதลอง	2
1.6 แผนการดำเนินการและระยะเวลาในการดำเนินการ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 พลังงานชีวมวล	4
2.2 การทอรีรีแฟคชั่น	9
2.3 สารประกอบที่ช่วยในการประสารของเม็ดเชื้อเพลิง	9
2.4 ปริมาณชีวมวลที่ใช้ในการทดลอง	9
2.5 ยางพารา (rubber tree)	10
2.6 การวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านชีวมวลเบื้องต้น	12
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	17
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	17
3.2 อุปกรณ์และขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบในการทดสอบ	18
3.3 ขั้นตอนการอัดเม็ดชีวมวลและการทอรีรีไฟด์	20
3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของถ่านชีวมวล	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผล	26
4.1 ลักษณะทางกายภาพของเม็ดชีวมวลเศษเหลือจากยางพาราที่ยังไม่ผ่านการ ทอรรีไฟต์และผ่านการทอรรีไฟต์ ในบรรยากาศไนโตรเจนและอากาศ	26
4.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติของเม็ดชีวมวลจากใบยางพาราและขี้เลื่อยยางพารา ที่ผ่านการทอรรีไฟต์	30
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	44
5.1 สรุปผลการทดลอง	44
5.2 ข้อเสนอแนะ	44
เอกสารอ้างอิง	45
ภาคผนวก	47
ภาคผนวก ก อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	48
ภาคผนวก ข ผลการทดลอง	56
ประวัติผู้เขียน	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
1.1	แผนการดำเนินการและระยะเวลาในการดำเนินการ	3
2.1	ประเภทและศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย (2550)	6
2.2	ศักยภาพทางพลังงานของชีวมวลในประเทศไทยในปี (2550)	6
2.3	พลังงานชีวมวลที่เกิดขึ้นในแต่ละปี	7
4.1	ลักษณะทางกายภาพของไບียงพาราก่อนทอร์รีไฟด์และหลังทอร์รีไฟด์ในโตรเจนและอากาศ 15 20 25 นาที	26
4.2	ลักษณะทางกายภาพของซีลื้อยงพาราก่อนทอร์รีไฟด์และหลังทอร์รีไฟด์ในโตรเจนและอากาศ 15 20 25 นาที	28
ข.1	ไບียงก่อนเผาอากาศ 15 นาที	57
ข.2	ไບียงก่อนเผาอากาศ 20 นาที	57
ข.3	ไບียงก่อนเผาอากาศ 25 นาที	58
ข.4	ไບียงก่อนเผาในโตรเจน 15 นาที	58
ข.5	ไບียงก่อนเผาในโตรเจน 20 นาที	59
ข.6	ไບียงก่อนเผาในโตรเจน 25 นาที	59
ข.7	ซีลื้อยงก่อนเผาอากาศ 15 นาที	60
ข.8	ซีลื้อยงก่อนเผาอากาศ 20 นาที	60
ข.9	ซีลื้อยงก่อนเผาอากาศ 25 นาที	61
ข.10	ซีลื้อยงก่อนเผาในโตรเจน 15 นาที	61
ข.11	ซีลื้อยงก่อนเผาในโตรเจน 20 นาที	62
ข.12	ซีลื้อยงก่อนเผาในโตรเจน 25 นาที	62
ข.13	ไບียงหลังทอร์รีไฟด์อากาศ 15 นาที	63
ข.14	ไບียงหลังทอร์รีไฟด์อากาศ 20 นาที	63
ข.15	ไບียงหลังทอร์รีไฟด์อากาศ 25 นาที	64
ข.16	ไບียงหลังทอร์รีไฟด์ในโตรเจน 15 นาที	64
ข.17	ไບียงหลังทอร์รีไฟด์ในโตรเจน 20 นาที	65
ข.18	ไບียงหลังทอร์รีไฟด์ในโตรเจน 25 นาที	65
ข.19	ซีลื้อยงหลังทอร์รีไฟด์อากาศ 15 นาที	66
ข.20	ซีลื้อยงหลังทอร์รีไฟด์อากาศ 20 นาที	66
ข.21	ซีลื้อยงหลังทอร์รีไฟด์อากาศ 25 นาที	67
ข.22	ซีลื้อยงหลังทอร์รีไฟด์ในโตรเจน 15 นาที	67
ข.23	ซีลื้อยงหลังทอร์รีไฟด์ในโตรเจน 20 นาที	68
ข.24	ซีลื้อยงหลังทอร์รีไฟด์ในโตรเจน 25 นาที	68
ข.25	ไບียงก่อนทอร์รีไฟด์อากาศ 15 นาที	69
ข.26	ไບียงก่อนทอร์รีไฟด์อากาศ 20 นาที	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข.27	70
ข.28	70
ข.29	71
ข.30	71
ข.31	72
ข.32	72
ข.33	73
ข.34	73
ข.35	74
ข.36	74
ข.37	75
ข.38	75
ข.39	76
ข.40	76
ข.41	77
ข.42	77
ข.43	78
ข.44	78
ข.45	79
ข.46	79
ข.47	80
ข.48	80
ข.49	81
ข.50	81
ข.51	82
ข.52	82
ข.53	83
ข.54	83
ข.55	84
ข.56	84
ข.57	85
ข.58	85
ข.59	86
ข.60	86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ข.61	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์ไนโตรเจน ซี้อย่างพารา T 100 เวลา 15 นาที	87
ข.62	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์ไนโตรเจน ซี้อย่างพารา T 110 เวลา 15 นาที	87
ข.63	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์ไนโตรเจน ซี้อย่างพารา T 110 เวลา 15 นาที	87
ข.64	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์ไนโตรเจน ซี้อย่างพารา T 100 เวลา 20 นาที	88
ข.65	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์ไนโตรเจน ซี้อย่างพารา T 110 เวลา 20 นาที	88
ข.66	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์ไนโตรเจน ซี้อย่างพารา T 120 เวลา 20 นาที	88
ข.67	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์ไนโตรเจน ซี้อย่างพารา T 100 เวลา 25 นาที	89
ข.68	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์ไนโตรเจน ซี้อย่างพารา T 110 เวลา 25 นาที	89
ข.69	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์ไนโตรเจน ซี้อย่างพารา T 120 เวลา 25 นาที	89
ข.70	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์ไนโตรเจน ไบยางพารา T 100 เวลา 15 นาที	90
ข.71	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์ไนโตรเจน ไบยางพารา T 110 เวลา 15 นาที	90
ข.72	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์ไนโตรเจน ไบยางพารา T 120 เวลา 15 นาที	90
ข.73	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์ไนโตรเจน ไบยางพารา T 100 เวลา 20 นาที	91
ข.74	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์ไนโตรเจน ไบยางพารา T 110 เวลา 20 นาที	91
ข.75	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์ไนโตรเจน ไบยางพารา T 120 เวลา 20 นาที	91
ข.76	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์ไนโตรเจน ไบยางพารา T 100 เวลา 25 นาที	92
ข.77	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์ไนโตรเจน ไบยางพารา T 110 เวลา 25 นาที	92
ข.78	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์ไนโตรเจน ไบยางพารา T 100 เวลา 25 นาที	92
ข.79	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์อากาศ ซี้อย่างพารา T 100 เวลา 15 นาที	93
ข.80	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์อากาศ ซี้อย่างพารา T 110 เวลา 15 นาที	93
ข.81	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์อากาศ ซี้อย่างพารา T 120 เวลา 15 นาที	93
ข.82	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์อากาศ ซี้อย่างพารา T 100 เวลา 20 นาที	94
ข.83	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์อากาศ ซี้อย่างพารา T 110 เวลา 20 นาที	94
ข.84	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์อากาศ ซี้อย่างพารา T 120 เวลา 20 นาที	94
ข.85	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์อากาศ ซี้อย่างพารา T 100 เวลา 25 นาที	95
ข.86	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์อากาศ ซี้อย่างพารา T 110 เวลา 25 นาที	95
ข.87	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์อากาศ ซี้อย่างพารา T 120 เวลา 25 นาที	95
ข.88	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์อากาศ ไบยางพารา T 100 เวลา 15 นาที	96
ข.89	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์อากาศ ไบยางพารา T 110 เวลา 15 นาที	96
ข.90	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์อากาศ ไบยางพารา T 120 เวลา 15 นาที	96
ข.91	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์อากาศ ไบยางพารา T 100 เวลา 20 นาที	97
ข.92	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์อากาศ ไบยางพารา T 110 เวลา 20 นาที	97
ข.93	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์อากาศ ไบยางพารา T 120 เวลา 20 นาที	97
ข.94	ต้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์อากาศ ไบยางพารา T 100 เวลา 25 นาที	98

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า	
ข.95	ด้านแรงกอดอัดหลังทอรรีไฟด์อากาศ ไบยางพารา T 110 เวลา 25 นาที	98
ข.96	ด้านแรงกอดอัดหลังทอรรีไฟด์อากาศ ไบยางพารา T 120 เวลา 25 นาที	98



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงโครงสร้างของสารลิกนิน	9
2.2	ยางพารา (rubber tree)	10
2.3	เปลือกต้นยางพารา	11
2.4	ใบยางพารา	11
2.5	ดอกยางพารา	12
2.6	ผลยางพารา	12
3.1	ขั้นตอนการดำเนินงาน	17
3.2	องค์ประกอบของเครื่องอัดเม็ดชีวมวล	18
3.3	องค์ประกอบของเตาปฏิกรณ์ที่ใช้ในการทอรีไฟต์	19
3.4	เครื่องอบ	20
3.5	เครื่องชั่งดิจิทัล 2 ตำแหน่ง	20
3.6	เกจบอกความดันในกระบอกไฮดรอลิกส์	21
3.7	เม็ดชีวมวลจากใบยางพารา	21
3.8	เม็ดชีวมวลจากขี้เลื่อยยางพารา	22
3.9	ฟิวส์เบรกเกอร์เปิด-ปิดเครื่อง	22
3.10	Pressure regulator	23
3.11	โรตารีเตอร์	23
3.12	ชีวมวลตัวอย่างของใบยางพารา	24
3.13	ชีวมวลตัวอย่างของขี้เลื่อยยางพารา	24
3.14	Free Body diagramค่าต้านทานแรงกด	25
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด	30
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด	31
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด	31
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด	32
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด	33
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด	33
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด	34
4.8	ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด	35
4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด	35
4.10	ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด	36
4.11	ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด	37
4.12	ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด	37
4.13	ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด	38
4.14	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานแรงกดอัดเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.15	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานแรงกดอัดเม็ดซีมวลกับความดันในการอัดเม็ด	39
4.16	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานแรงกดอัดเม็ดซีมวลกับความดันในการอัดเม็ด	40
4.17	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานแรงกดอัดเม็ดซีมวลกับความดันในการอัดเม็ด	41
4.18	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานแรงกดอัดเม็ดซีมวลกับความดันในการอัดเม็ด	41
4.19	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานแรงกดอัดเม็ดซีมวลกับความดันในการอัดเม็ด	42
4.20	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานแรงกดอัดเม็ดซีมวลกับความดันในการอัดเม็ด	43
ก.1	จัดหาซีมวล	49
ก.2	ทำการบดซีมวล	49
ก.3	ทำการชั่งซีมวล	50
ก.4	นำซีมวลที่ชั่งไปใส่ถู	50
ก.5	ทำการอัดเม็ดไปยังพารากับซี้อย่างพารา	51
ก.6	นำเม็ดซีมวลที่ได้ไปชั่งน้ำหนัก	51
ก.7	นำเม็ดซีมวลไปวัดความยาว	52
ก.8	นำเม็ดซีมวลไปวัดความกว้าง	52
ก.9	นำเม็ดซีมวลไปทอริไฟด์	53
ก.10	นำเม็ดซีมวลที่ได้จากการทอริไฟด์ไปชั่งน้ำหนัก	53
ก.11	นำเม็ดซีมวลที่ได้จากการทอริไฟด์วัดความยาว	54
ก.12	นำเม็ดซีมวลที่ได้จากการทอริไฟด์วัดความกว้าง	54
ก.13	การหาค่าความต้านทานแรงกด	55
ก.14	การเปรียบเทียบกายภาพเม็ดซีมวล	55

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ชีวมวลจัดเป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตพลังงานได้ โดยในปัจจุบันจัดเป็นแหล่งพลังงานที่มีบทบาทสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากเชื้อเพลิงชีวมวลมีความเหมาะสมต่อสถานการณ์ของการใช้พลังงานในยุคนี้ นั่นคือ ไม่ก่อมลภาวะที่ส่งผลให้เกิดภาวะเรือนกระจกเนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้จะถูกใช้ไปเพื่อการสังเคราะห์แสงของพืชในขั้นตอนของการปลูกทดแทนทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดการหมุนเวียนและไม่มีการปลดปล่อยเพิ่มเติมออกสู่ชั้นบรรยากาศ อีกทั้งเชื้อเพลิงชีวมวลยังมีราคาถูก สามารถผลิตทดแทนได้อย่างต่อเนื่องและผลิตได้ภายในประเทศซึ่งสามารถลดต้นทุนการขนส่งในการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ รวมถึงสามารถสร้างรายได้ให้แก่ชุมชนในท้องถิ่นได้อีกด้วยด้วยเหตุนี้ภาครัฐจึงได้เล็งเห็นถึงความสำคัญ และประโยชน์ของพลังงานจากชีวมวล จึงมีนโยบายในการส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจากชีวมวลเพื่อเสริมสร้างความมั่นคงทางด้านพลังงานให้กับประเทศ โดยได้บรรจุไว้เป็นส่วนหนึ่งของยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ.2560-2564) อีกทั้งยังได้กำหนดให้พลังงานทดแทนเป็นหนึ่งในยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติรายประเด็น (ปี 2560) เพื่อความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืนด้านพลังงานของไทย ส่งเสริมพึ่งพาตนเอง และสามารถพัฒนาพลังงานใหม่ได้

ประเทศไทยมีพืชเกษตรกรรมหลายอย่างที่สามารถนำมาใช้เป็นชีวมวลเพื่อการผลิตพลังงานได้ โดยในพื้นที่ภาคใต้จะมีปริมาณของมะพร้าว ซึ่งจะมีเศษวัสดุเหลือใช้จากการเก็บเกี่ยวหรือการแปรรูปที่สามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงาน โดยจากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลพบว่าใบยางพาราในชุมชนประทีวมีปริมาณมากและใช้ได้อย่างพาราเพราะชุมชนมี(สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร) ซึ่งจะมีศักยภาพมากพอในการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล อย่างไรก็ตาม ชีวมวลที่นิยมนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมยังมีปัญหาและข้อจำกัดในการใช้เป็นพลังงาน อยู่หลายประการ ได้แก่ ค่าความร้อนต่ำเนื่องจากปริมาณความชื้นสูง ความหนาแน่นของพลังงานและประสิทธิภาพในการเผาไหม้ต่ำ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องปรับปรุงคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงของชีวมวลเพื่อเพิ่มความเหมาะสมต่อการใช้งานมากยิ่งขึ้น

โดยกระบวนการที่น่าสนใจในการอัดเม็ดชีวมวลนั้น สามารถทำได้ด้วยการอัดเม็ดแล้วนำมาเผาด้วยเครื่องทอร์รีไฟด์ (torrefaction) ซึ่งเป็นกระบวนการปรับปรุงคุณภาพชีวมวล ที่ใช้ความร้อนในช่วงอุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส เผาในอากาศปกติ ไนโตรเจนจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพที่ดีขึ้น ความหนาแน่นและความชื้นต่ำ จึงสามารถทำให้ลดภาระค่าขนส่งระยะทางไกลๆ ได้ ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงมีแนวคิดในการนำใบยางพาราและชี้อย่างพารา มาทำการอัดเม็ดแล้วเผาด้วยวิธีการ torrefaction และทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางด้านเชื้อเพลิงอัดเม็ดที่ได้ เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตพลังงานทางเลือกเชื้อเพลิงอัดเม็ดไปใช้ทดแทนพลังงานในรูปแบบอื่นๆ เช่น น้ำมัน ก๊าซหุงต้ม และถ่านที่ทำจากไม้ ซึ่งเป็นอีกวิธีในการลดปัญหาสภาวะโลกร้อน และเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าให้แก่วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรอย่างคุ้มค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการอัดเม็ดเชื้อเพลิงจากไบโอยางพาราและซีลี้อย่างพาราเพื่อนำไปทอรีแฟคชั่นในระบบปิดด้วยอากาศและไนโตรเจน
2. เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของชีวมวลอัดเม็ดจากไบโอยางพาราและซีลี้อย่างพารา เมื่อนำไปทอรีแฟคชั่นในอากาศและเทียบกับทอรีแฟคชั่นในไนโตรเจน
3. เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของชีวมวลอัดเม็ดหลังจากการทอรีแฟคชั่น

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. วัตถุประสงค์ที่เลือกใช้ในการทดสอบคือของสิ่งของที่เหลือในพื้นที่ คือไบโอยางพาราและซีลี้อย่างพารา
2. เงื่อนไขที่ศึกษาในการอัดเม็ด ได้แก่ อุณหภูมิและช่วงเวลาในอัด 300 350 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้วโดยใช้ค่าความร้อนในการอัดเม็ด 100 110 120 องศาเซลเซียส
3. เงื่อนไขที่ศึกษาในการทอรีแฟคชั่นที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15 20 25 นาที
4. หาค่าความหนาแน่น การสูญเสียมวล ค่าต้านทานแรงกดอัดของชีวมวลอัดเม็ดก่อนทอรีไฟต์และหลังทอรีไฟต์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบอุณหภูมิและความดันที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงอัดเม็ด
2. สามารถนำเชื้อเพลิงอัดเม็ดไปใช้ทดแทนพลังงานในรูปแบบอื่นๆ เช่น น้ำมัน ก๊าซหุงต้ม และถ่านที่ทำจากไม้ ซึ่งเป็นอีกวิธีในการลดปัญหาสภาวะโลกร้อน
3. เป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าให้แก่วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรอย่างคั่วข้าว เนื่องจากทดลองนี้ได้นำเอาวัสดุเหลือใช้กลับมาสู่กระบวนการแปรรูปไปเป็นเม็ดชีวมวล

1.5 สถานที่ในการทำการศึกษาดทดลอง

อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมเกษตร สาขาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

1.6 แผนการดำเนินการและระยะเวลาในการดำเนินการ

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินการและระยะเวลาในการดำเนินการ

หัวข้อ	ระยะเวลาการดำเนินงาน									
	ส.ค. 65	ก.ย. 65	ต.ค. 65	พ.ย. 65	ธ.ค. 65	ม.ค. 66	ก.พ. 66	มี.ค. 66	เม.ย. 66	พ.ค. 66
1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการอัดเม็ดเชื้อเพลิง	←	→								
2. ศึกษาข้อมูลและคุณสมบัติต่างๆของไบอยางพาราและชีลื้อยยางพารา		←	→							
3. ศึกษาการทำงานของเครื่องอัดเม็ดและเครื่อง torrefaction			←	→						
4. จัดทำไบอยางพาราและชีลื้อยยางพารา				←	→					
5. อัดชีวมวลและเก็บตัวอย่าง						←	→			
6. ทำการทดสอบเครื่อง							←	→		
7. ทำการเก็บค่าผลการทดลอง									←	→
8. จัดทำเล่ม							←			→

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พลังงานชีวมวล

2.1.1 ความหมายของพลังงานชีวมวล

ชีวมวลเป็นการผสมคำระหว่าง ชีว หมายถึงสิ่งมีชีวิตกับ มวล ซึ่งหมายถึงปริมาณพลังงานที่ได้จากพืชและสัตว์โดยที่สามารถนำไปใช้ในรูปของพลังงานได้ [1] ชีวมวลเป็นพลังงานที่ได้จากพืช และสัตว์โดยกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีโดยใช้ความร้อนหรือกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี และสามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้เช่นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หรือกากจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมการเกษตร

ชีวมวลคือสารทุกรูปแบบที่ได้จากสิ่งมีชีวิต [2] ซึ่งรวมถึงการผลิตจากการเกษตร และป่าไม้ของเสียจากสัตว์เช่นมูลสัตว์และของเสียจากโรงงานแปรรูปทางการเกษตรขยะและน้ำเสียจาก [3] พลังงานชีวมวลหมายถึงพลังงานที่ได้มาจากชีวมวลโดยอาศัยกระบวนการที่ทำให้เกิดการแตกตัวของอินทรีย์สารที่อยู่ในชีวมวลและผลิตพลังงานออกมา

สรุปได้ว่าพลังงานชีวมวลหมายถึงพลังงานที่ได้จากพืช และซากสัตว์หรืออินทรีย์สารต่างๆโดยที่สามารถนำไปใช้ในรูปของพลังงานได้พลังงานที่

ปัจจุบัน ประเทศไทยเราจำเป็นต้องนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศอยู่มาก ไม่ว่าจะเป็นก๊าซธรรมชาติหรือน้ำมันดิบ ดังนั้น การผลิตพลังงานทางเลือกจะช่วยลดการพึ่งพาพลังงานจากภายนอกประเทศได้ส่วนหนึ่ง ซึ่งพลังงานชีวภาพและพลังงานชีวมวลถือเป็นพลังงานที่มีศักยภาพสูง สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายรูปแบบ สามารถช่วยกำจัดของเหลือจากภาคการเกษตรและภาคอุตสาหกรรมได้ดี โดยเฉพาะในภาคการเกษตร ซึ่งประเทศไทยนั้นเป็นประเทศเกษตรกรรมอยู่แต่เดิม ดังนั้นจึงมีวัสดุหรือผลิตผลเหลือใช้ทางการเกษตรมากมาย ซึ่งแต่เดิมนักมีการเผาทิ้งหรือปล่อยทิ้งไว้อย่างไม่มีมูลค่า แต่การผลิตพลังงานทางเลือกเหล่านี้จะช่วยสร้างมูลค่าจากของเสีย และเป็นการสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรและชุมชน อีกทั้งในกระบวนการผลิตพลังงานชีวภาพยังสามารถช่วยกำจัดขยะชีวภาพ เช่น มูลสัตว์และน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ อันเป็นปัญหาที่สำคัญในหลายพื้นที่ได้เป็นอย่างดี [3]

ชีวมวลสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานได้หลายรูปแบบ เช่นนำไม้มาทำฟืนหรือเผาถ่าน นำมาผลิตก๊าซชีวมวลเพื่อใช้กับเครื่องยนต์นำมูลสัตว์มาหมัก หรือย่อยสลายโดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดจากจุลินทรีย์เปลี่ยนเป็นก๊าซชีวภาพใช้ในการหุงต้มเดินเครื่องยนต์ หรือผลิตกระแสไฟฟ้าเราสามารถใช้พลังงานจากชีวมวลมาเป็นเวลานานแล้วจนถึงปัจจุบันก็ยังมี การนำมาใช้ประโยชน์ในสัดส่วนที่ไม่น้อยเลยโดยเฉพาะในประเทศที่กำลังพัฒนามตามชนบทก็ยังมี การใช้ฟืน หรือถ่านในการหุงหาอาหาร ชีวมวลเป็นอินทรีย์สารที่ได้จากพืช และสัตว์ต่างๆ เช่นเศษไม้ขยะวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญที่หาได้ในประเทศโดยเฉพาะประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีผลผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก อาทิ เช่น แกลบฟางข้าวชานอ้อยกาก ใบยางพารา ชี้อย่างพารา และ กะลาปาล์ม เป็นต้นซึ่งชีวมวลเหล่านี้สามารถนำมาเผาไหม้เพื่อนำพลังงานความร้อนที่ได้ไปใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 แหล่งกำเนิดพลังงานชีวมวล

ชีวมวลได้มาจากสิ่งมีชีวิตทั้งพืช และสัตว์พืชจัดว่าเป็นสิ่งมีชีวิตที่สร้างอาหารเองได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยนำเอาคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำมาสร้างเป็นสารประกอบอินทรีย์ (แป้ง+น้ำตาล) และออกซิเจนมีพลังงานแสงอาทิตย์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสารประกอบอินทรีย์ที่สร้างขึ้นพืชจะใช้ในการดำรงชีวิตบางส่วนที่เหลือจะเก็บสะสมไว้ในส่วนต่างๆ ได้แก่ รากลำต้นใบดอกผลและเมล็ดเช่นมันสำปะหลังเก็บสะสมแป้งไว้ที่รากอ้อยสะสมน้ำตาลไว้ที่ลำต้นเป็นต้นดังนั้นถ้าอินทรีย์สารที่พืชสะสมไว้มาทำให้แตกตัวออกก็จะได้พลังงานมาใช้ต่อไปแหล่งพลังงานที่ได้จากพืชที่สำคัญมีทั้งพืชบก และพืชน้ำดังนี้

1) พืชบก ได้แก่ ไม้ยืนต้นมีทั้งไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อนเช่นไม้โกงกางไม้ยูคาลิปตัสไม้ยางพาราไม้แสมพืชล้มลุกเช่นฟางข้าวหญ้าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากพืช เช่น น้ำมันเมล็ดทานตะวัน น้ำมันเมล็ดละหุ่ง น้ำมันสน น้ำมันเมล็ดสบู่ดำ วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรและอุตสาหกรรม เช่น แกลบ ชี้อ้อยเศษไม้ ยอดอ้อย ฟางข้าวเปลือกและซังข้าวโพด ชานอ้อย เปลือกผลไม้ กากน้ำตาล น้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปมันสำปะหลัง

2) พืชน้ำ ได้แก่ ผักตบชวาจอกแหนสับที่สับเป็นชิ้นเล็กๆผสมกับมูลสัตว์หมักทำก๊าซชีวภาพส่วนการสร้างชีวมวลของสัตว์นั้นสัตว์มีได้สร้างขึ้นโดยตรงเพียงแต่สัตว์กินพืชเป็นอาหารและได้รับการถ่ายทอดพลังงานจากพืชไปตามข่ายใยอาหาร (Food web) สัตว์จะนำสารอินทรีย์จากพืชไปใช้ประโยชน์ส่วนกากที่เหลือซึ่งสัตว์ไม่สามารถนำไปใช้ได้ก็จะถูกขับถ่ายออกมาเป็นมูลในการเผาผลาญอาหารของสัตว์นั้นมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำออกมาที่กระบวนการหายใจด้วยซึ่งพืชสามารถนำกลับไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงได้หากสัตว์ตายลงก็จะเน่าเปื่อยผสมกับซากพืชและมูลสัตว์กลายเป็นปุ๋ยให้พืชกลับมาใช้ได้อีกภาพประกอบ 2 จะเห็นว่าชีวมวลสามารถหมุนเวียนอยู่ได้โดยไม่มีวันหมดไปถ้าองค์ประกอบต่างๆในวงจรคงอยู่จึงกล่าวได้ว่าพลังงานจากชีวมวลเป็นพลังงานหมุนเวียน

2.1.3 วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหลักที่สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนได้แก่ แกลบและฟางข้าว, ชานอ้อย, กากและกะลาปาล์ม, กะลามะพร้าว ฯลฯ จากการประเมินศักยภาพของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจากพืช 10 ชนิดที่มีศักยภาพสูงได้แก่ อ้อย, ข้าว, น้ำมันปาล์ม, มะพร้าว, มันสำปะหลัง, ข้าวโพด, ถั่วลิสง, ฝ้าย, ถั่วเหลืองและข้าวฟ่างในปี พ.ศ. 2543 พบว่าปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรประมาณ 63 ล้านตันโดยถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงและใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆประมาณ 16 ล้านตันปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรส่วนที่ยังไม่ได้ใช้เท่ากับ 42 ล้านตันเทียบเท่าพลังงาน 604.82 เพตาจูล (6.04 X 10¹⁷ จูล) [4] กระบวนการผลิตทางการเกษตรของประเทศไทยอันได้มาซึ่งผลผลิตต่างๆที่ส่งออกไปยังต่างประเทศมีมูลค่าปีละหลายพันล้านบาทเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรสามารถนำมาผลิตพลังงานทดแทนยังได้จากอุตสาหกรรมเกษตร อาทิ เช่น แกลบจากโรงสีกากอ้อยจากโรงงานน้ำตาลกากปาล์มเปลือกปาล์มและกะลาปาล์มจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มกากและกะลามะพร้าวจากโรงงานแปรรูปเนื้อมะพร้าวชื้ออ้อยจากโรงงานแปรรูปไม้เป็นต้น

2.1.4 ศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย

ในปี 2550 กระทรวงพลังงานได้ประเมินศักยภาพของชีวมวลในประเทศไทยที่สามารถใช้ในการผลิตไฟฟ้าอยู่ที่ประมาณ 3,000 MW (ตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 ประเภทและศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย (2550)

ประเภทของชีวมวล	กำลังไฟฟ้า(MW)
แกลบ	700
ฟางข้าว	650
ชานอ้อย	900
ยอดและใบอ้อย	570
เส้นใยกะลาและทะลายปาล์มเปล่า	70
เศษไม้	40
เหง้ำมันสำปะหลัง	70
ซังข้าวโพด	70

ที่มา: สำนักนโยบายและแผนพลังงาน, (2550)

เนื่องจากที่ผ่านมามาภาครัฐได้มีการส่งเสริมให้เกิดโรงไฟฟ้าชีวมวลจำนวนหลายแห่งและส่วนใหญ่ต่างเลือกใช้แกลบและชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิง (ตารางที่ 2.2 และ ตารางที่ 2.3)

ตารางที่ 2.2 ศักยภาพทางพลังงานของชีวมวลในประเทศไทยในปี (2550)

ประเภทของชีวมวล	วัสดุที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง	ค่าความร้อน (MJ/kg)	ศักยภาพในการนำมาใช้เป็นพลังงาน (PJ)
อ้อย	ชานอ้อย	16.21	130-199
	ใบและชานอ้อย	16.15	
ข้าว	แกลบ	13.98	77-87
	ฟางข้าว	14.35	
ข้าวโพด	ซังข้าวโพด	16.12	6-8
	ใบ	15.05	
มันสำปะหลัง	เหง้ำมันสำปะหลัง	14.56	

หมายเหตุ: MJ = Mega joules คือ 1 ล้านจูล, PJ = Pet joules คือ 10¹⁵ หรือ 1 พันล้านล้านจูล

ที่มา: สำนักนโยบายและแผนพลังงาน, (2551)

ตารางที่ 2.3 พลังงานชีวมวลที่เกิดขึ้นในแต่ละปี

ลำดับ	ชีวมวล	ความชื้น %	ค่าความร้อน (MJ/kg)	อัตราส่วนชีวมวล ----- ต่อผลผลิต% ตัน/ไร่	ปริมาณ (ล้านตัน)	พลังงาน (GJ×106)
1	แกลบ	12.00	13.52	21.00	5.25	70.96
2	ฟางข้าว	10.00	12.33	49.00	12.25	151.04
3	ชานอ้อย	50.73	7.37	28.00	14.00	103.15
4	ใบและยอดอ้อย	9.20	15.48	17.00	8.50	131.47
5	ขี้เลื่อย	55.00	6.57	3	0.75	4.93
6	ปี้กไม้	55.00	6.57	12	3.00	19.71
7	ปลายไม้	55.00	6.57	12	3.00	19.71
8	รากไม้	55.00	6.57	5	1.25	8.21
9	ใยปาล์ม	38.50	11.40	19.00	0.95	10.83
10	กะลาปาล์ม	12.00	16.90	4.00	0.20	3.38
11	ทะลายเปล่า ปาล์ม	58.60	7.24	32.00	1.60	11.58
12	ทางปาล์ม	78.00	1.76	141.00	7.05	12.41
13	ลำต้นปาล์ม	48.40	7.54	10	0.10	0.75
14	เหง้ำมัน สำปะหลัง	59.40	5.49	20.00	3.40	18.68
15	ซังข้าวโพด	42.00	9.83	82.00	4.10	40.30
16	เปลือกไม้ยูคา ลิปตัส	63.00	4.92	3	1.80	8.85

ที่มา: ศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล, (2549)

2.1.5 ข้อดีและข้อเสียของชีวมวล

ข้อดี

- 1) ชีวมวลเป็นพลังงานที่มาจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ไม่มีวันหมดไป
- 2) ชีวมวลสามารถผลิตได้ภายในประเทศ เกษตรกรจะมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการจำหน่ายชีวมวลสู่ผู้ใช้และยังช่วยลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศได้อีกด้วย
- 3) การใช้ชีวมวลในการผลิตความร้อน หรือไฟฟ้าจะไม่เพิ่มปริมาณสุทธิของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศโลก

ข้อเสีย

- 1) ชีวมวลมีการเก็บรักษาและการขนส่งที่ยากและมีความเสี่ยงสูงในการจัดหา หรือรวบรวมปริมาณชีวมวลที่ต้องการใช้ให้คงที่ตลอดปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ชีวมวลที่มีอยู่บางประเภทมีจำกัดเพียงบางเดือน และชีวมวลทุกประเภทต่างต้องการพื้นที่ในการเก็บรักษาขนาดใหญ่กว่าเชื้อเพลิงฟอสซิล

3) หากต้องการได้ปริมาณความร้อนจากชีวมวลที่เท่ากับเชื้อเพลิงที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน จะต้องใช้ปริมาณชีวมวลที่มากกว่า

2.1.6 การผลิตชีวมวลในประเทศไทย

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีผลผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก เช่น ข้าว น้ำตาลยางพารา น้ำมันปาล์ม และมันสำปะหลัง เป็นต้น ผลผลิตส่วนหนึ่งส่งออกไปยังต่างประเทศมีมูลค่าปีละหลายพันล้านบาทอย่างไรก็ตามในการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรเหล่านี้จะมีวัสดุเหลือใช้ออกมาจำนวนหนึ่งด้วย (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. 2560: ออนไลน์)

1) ชีวมวลมีปริมาณที่ไม่แน่นอนเนื่องจากชีวมวลแต่ละชนิดปลูกตามฤดูกาลเท่านั้น และผลผลิตที่ได้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ เกษตรกรเปลี่ยนชนิดของผลผลิตไปตามความต้องการของตลาด พื้นที่การเกษตรลดลงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพไปสู่เมือง ชีวมวลมีอยู่มากแต่อยู่อย่างกระจัดกระจายทำให้รวบรวมได้ยากเช่นกะลามะพร้าวเศษไม้ซึ่งข้าวโพดยอดอ้อยที่อยู่ตามท้องไร่ท้องนาและแกลบตามโรงสีเล็กๆ

2) ปริมาณชีวมวลที่มีอยู่ในโรงงานและพื้นที่ใกล้เคียงมีไม่เพียงพอที่จะนำไปผลิตไฟฟ้าที่ให้ผลตอบแทนในการลงทุนดีพอ และเมื่อต้องหาชีวมวลประเภทอื่นหรือจากแหล่งอื่นมาเสริมก็จะมีปัญหาในเรื่อง ค่าขนส่งจากแหล่งชีวมวลมาสู่โรงงานถ้ายังอยู่ไกลพื้นที่ตั้งของโรงงานก็ยิ่งทำให้มีค่าใช้จ่ายสูงเทคโนโลยีที่สามารถใช้ได้กับเชื้อเพลิงชีวมวลหลายๆชนิดมีราคาแพงมีความเสี่ยงสูงในการรวบรวมชีวมวลจากแหล่งต่างๆให้ได้ปริมาณตามต้องการ

3) ค่าใช้จ่ายสูงที่จะลงทุนเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าระหว่างโรงงานสู่ระบบสายส่งของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เช่นค่าอุปกรณ์เชื่อมต่อค่าก่อสร้างระบบสายส่ง เป็นต้น

4) โรงงานขาดความเชื่อมั่นที่จะลงทุนเนื่องจาก ขาดการสนับสนุนการลงทุนจากสถาบันการเงินเนื่องจากความไม่แน่นอนของปริมาณชีวมวล ขาดความมั่นใจด้านเทคโนโลยีด้วยยังขาดการสาคิตเทคโนโลยีไม่มีผู้ให้คำปรึกษาทางเทคนิคทั้งราคารับซื้อ และราคาขายของไฟฟ้าที่ผลิตยังต่ำมาก เมื่อเทียบกับไฟฟ้าที่ได้จากชีวมวลจึงไม่เกิดแรงจูงใจในการผลิตแต่ถ้าราคาไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานลื่นเปลืองสูงขึ้นในอนาคตก็จะเป็นแรงจูงใจให้มีการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของโรงสีข้าวและโรงงานน้ำตาลจนทำให้มีไฟฟ้าเหลือมากพอจำหน่ายคืนเข้าระบบของการไฟฟ้าได้

2.1.7 พลังงานหมุนเวียนและพลังงานจากชีวมวลพลังงานหมุนเวียนในโลกนี้

สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทหลักดังนี้

1) พลังงานหมุนเวียนที่มาจากแสงอาทิตย์โดยตรงซึ่งคือพลังงานแสงอาทิตย์

2) พลังงานหมุนเวียนที่มาจากแสงอาทิตย์โดยอ้อมเช่นพลังงานลม, คลื่น, หรือชีวมวล

3) พลังงานหมุนเวียนที่ไม่เกี่ยวข้องกับแสงอาทิตย์เช่นพลังงานใต้พิภพ, น้ำขึ้น-น้ำลง

พลังงานทั้งสามประเภทต่างมีศักยภาพที่แตกต่างกันออกไปตามลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศสำหรับในประเทศไทยนั้นนอกเหนือจากพลังงานจากแสงอาทิตย์แล้วพลังงานชีวมวลจัดได้ว่าเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ และที่สำคัญคือมีศักยภาพสูงมากอีกด้วย

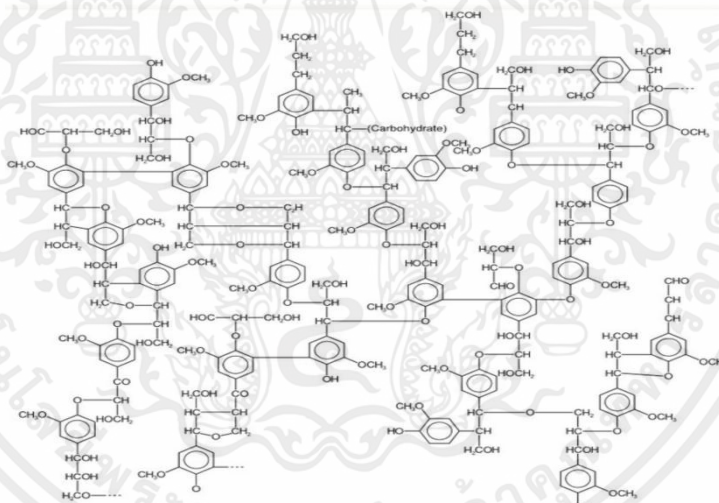
2.2 การทอรรีแฟคชัน

กระบวนการทอรรีแฟคชัน (Torrefaction) เป็นการปรับปรุงคุณภาพชีวมวล ด้วยให้ความร้อนแก่ชีวมวลในสภาวะไร้ออกซิเจนโดยใช้ไนโตรเจน ให้ความร้อนที่ 250 ระยะเวลาประมาณ 15-25 นาที ทำให้คุณสมบัติต่างๆ ของชีวมวลดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชีวมวลที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการทอรรีแฟคชันผลิตภัณฑ์หลักที่ได้จะมีสถานะเป็นของแข็ง

ในกระบวนการทอรรีแฟคชันจะมีการเปลี่ยนแปลงสภาพของชีวมวลตามช่วงอุณหภูมิซึ่งมี 5 ขั้นตอน (1) ช่วงให้ความร้อนเริ่มต้น (2) ช่วงระเหยความชื้น (3) ช่วงหลังระเหยความชื้นและเพิ่มอุณหภูมิ (4) ช่วงทอรรีแฟคชัน (5) ช่วงลดอุณหภูมิ

2.3 สารประกอบที่ช่วยในการประสารของเม็ดเชื้อเพลิง

ลิกนิน เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มักพบอยู่ร่วมกับเซลลูโลส ลิกนินเป็นสารที่ประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนรวมกันเป็นหน่วยย่อยหลายชนิดซึ่งเป็นสารอะโรมาติก ลิกนินไม่ละลายน้ำ ไม่มีสมบัติทางการยัดหุยน เพราะฉะนั้นจึงทำให้พืชที่มีลิกนินมากมีความแข็งแรงทนทาน เมื่อพืชตายลิกนินจะถูกย่อยด้วยเอนไซม์ลิกเนส หรือลิกนินเนส ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่สำคัญในเรา ตัวอย่างหน่วยที่ซ้ำกันของลิกนินแสดง ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของสารลิกนิน

ที่มา: www.digitalschool.club

2.4 ปริมาณชีวมวลที่ใช้ในการทดลอง

เนื่องจากใบยางพาราและขี้เลื่อยยางพารา มีสารลิกนินกับเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ จึงเหมาะสำหรับการศึกษาความเป็นไปได้ในการที่จะนำชีวมวลทั้ง 2 ชนิดนี้มาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ด ยิ่งชีวมวลชนิดใดมีสารลิกนินมาก เมื่อนำชีวมวลมาแปรรูปเป็นเม็ดเชื้อเพลิง ก็จะทำให้เม็ดเชื้อเพลิงมีความแข็งแรงสูง จากการสำรวจปริมาณพื้นที่ที่ใช้ในการปลูกของยางพาราเนื้อที่ 38,915 (ไร่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ยางพารา (rubber tree)

ยางพาราถือเป็นพืชไร่ที่เพาะปลูกแถบภาคใต้ปลูกและยังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญมากรองจากฝ้ายในการอุตสาหกรรม ยางมีคุณสมบัติพิเศษหลายอย่างที่มีความสำคัญต่อมนุษย์คือ มีความยืดหยุ่น [Elastic] กัน น้ำได้ เป็นฉนวนกันไฟได้ เก็บและพองลมได้ดี เป็นต้น ดังนั้นมนุษย์จึงยังจะต้องพึ่งยางต่อ ไปอีกนาน ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ยางพารา (rubber tree)

ที่มา: <https://www.prachachat.net/economy/news-801548>

2.5.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของยางพารา

ชื่อไทย	ยางพารา
ชื่ออื่น ๆ	กะเต๊าห้, ยาง
ชื่อสามัญ	Para Rubber
ชื่อวิทยาศาสตร์	<i>Hevea Brasiliensis</i> (Willd. ex A. Juss.) Muell. Arg
วงศ์	EUPHORBIACEAE

ลักษณะทั่วไปเป็นไม้ต้นขนาดกลาง สูง 10-20 เมตร ผลัดใบ เรือนยอดรูปไข่ ค่อนข้างกลมหรือรูปกรวย หรือทรงกระบอก ทรงพุ่มไม่แน่นทึบ เนื้อไม้อ่อน ลำต้นเปลาตรง มีน้ำยางชั้นคล้ายน้ำมัน เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่มีความชื้นพอเพียง เป็นไม้โตเร็วและเป็นไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย

เปลือกต้นอ่อนหรือขณะที่เป็นต้นกล้าสีเขียวอ่อน ผิวเรียบเป็นมันลอกออกง่าย ต้นที่มีอายุมากจะมีสีเทาอ่อนเทาดำหรือน้ำตาล เรียบไม่แตกสะเก็ด แต่จะพบไลเคนเจริญเติบโตเกาะติดอยู่ที่เปลือกเป็นดวงกลมๆ อยู่ทั่วไป ดังรูปที่ 2.3

ใบเป็นใบประกอบแบบนิ้วมือ ออกเรียงเวียนสลับ มีใบย่อย 3 ใบ รูปไข่กลับแกมขอบขนานหรือรูปรี กว้าง 2.5-5.5 เซนติเมตร ยาว 8-15 เซนติเมตร ปลายใบเรียวแหลม โคนใบสอบแคบ ขอบใบเรียบหรือเป็นคลื่นเล็กน้อย แผ่นใบเรียบเกลี้ยงสีเขียวเข้ม ก้านใบประกอบยาว 10-18 เซนติเมตร ก้านใบย่อยยาว 0.5-1.5 เซนติเมตร ใบอ่อนแตกเป็นชั้นๆ เรียกว่า “ฉัตรใบ” ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.3 เปลือกต้นยางพารา
ที่มา: <http://pnpanbest.com>



รูปที่ 2.4 ใบยางพารา
ที่มา: <https://www.istockphoto.com>

ดอกสีเหลืองอ่อนขนาดเล็ก ออกเป็นช่อแบบช่อแยกแขนง ตามซอกใบใกล้ปลายกิ่งและปลายกิ่ง ช่อดอกยาว 15-30 เซนติเมตร เป็นดอกไม่สมบูรณ์เพศ แต่อยู่ในต้นเดียวกัน กลีบดอกติดกันเป็นรูปกรวยหรือรูประฆัง ปลายแยกออกจากกันเป็น 5 กลีบ ดอกบานเต็มที่กว้าง 0.5-1.0 เซนติเมตร ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ดอกยางพารา

ที่มา: <http://botanykuszone1.weebly.com>

ผลเป็นผลแห้งแบบแคปซูล กลม แบน หรือทรงกระบอก แบ่งออกเป็น 3 พู กว้าง 5-7 เซนติเมตร ยาว 5-6 เซนติเมตร แต่ละพูมีเมล็ด 1 เมล็ด ผลอ่อนสีเขียว เมื่อแก่สีน้ำตาลอมเทา และแตกออก เปลือกแข็งและหนาเมล็ด ทรงกลมหรือทรงกระบอก กว้าง 1.5-2.0 เซนติเมตร ยาว 2.5-3.0 เซนติเมตร ขั้วและปลายบวมเล็กน้อย เปลือกหุ้มเมล็ดมีลวดลายสีน้ำตาลปนเทาอ่อน แข็งเรียบเป็นมัน คล้ายเมล็ดละหุ่งแต่มีขนาดใหญ่กว่าประโยชน์ เนื้อไม้ใช้ทำเครื่องเรือน และผลิตภัณฑ์ไม้ เช่น โต๊ะ เก้าอี้ เครื่องใช้ กรอบรูป รูปแกะสลัก ไม้แปรรูป ของเล่น ปาร์เก้ปูพื้น ทำฟืนและถ่าน ทำเยื่อกระดาษ น้ำยางสดจากต้น นำไปแปรรูปเป็นน้ำยางข้น ยางแห้ง ยางแผ่นดิบ ยางรมควัน และยางเครพ เพื่อนำไปใช้ประกอบเป็นวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรมรถยนต์และอื่นๆ ใบแก่นำไปต้มกับด่างให้เหลือแต่โครงร่างของเส้นใบ นำไปทำดอกไม้ประดิษฐ์และของชำร่วยต่างๆ ชาวพื้นเมืองในอเมริกากลางและอเมริกาใต้ เรียกยางพาราว่า คาอูท์ซูก (Caouthou) ซึ่งมีความหมายว่าต้นไม้อ้างให้ และพบว่ายางของต้นไม้นี้สามารถบรดยืดจนใสได้ จึงเรียกว่ายางลบ (Rubber) ต่อมานิยมปลูกยางกันมากขึ้น และได้มีการพัฒนาพันธุ์ยาง ตลอดจนมีศูนย์กลางซื้อขายยางอยู่ที่เมืองพารา (Para) บนฝั่งแม่น้ำอเมซอน ในประเทศบราซิล จึงให้ชื่อยางว่า “Para Rubber” ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ผลยางพารา

ที่มา: <https://www.swinethailand.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.5 คุณประโยชน์และสรรพคุณของยางพารา

ตัวน้ำยางที่ออกมาจากเปลือกของต้นยางพารานั้นสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ของใช้ต่างๆ ในชีวิตประจำวันได้

- 1) ยางยานพาหนะ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าการส่งออกสูงสุดทั้ง ล้อรถยนต์ ล้อเครื่องบิน ล้อรถจักรยานยนต์ ล้อรถจักรยาน และล้อรถอื่นๆ ทั้งยางนอกและยางใน รวมถึงยางอะไหล่รถยนต์
- 2) ถุงมือยางทางการแพทย์ ถุงมือยางที่ผลิตในประเทศไทย ประกอบด้วย ถุงมือตรวจโรค และถุงมือผ่าตัด
- 3) รองเท้าและอุปกรณ์กีฬา รองเท้ายางและพื้นรองเท้าที่ทำจากยางธรรมชาติรวมทั้งอุปกรณ์กีฬาบางชนิด มีส่วนผสมที่เป็นยางธรรมชาติและผลิตในประเทศไทยปีหนึ่งจำนวนไม่น้อย
- 4) ยางยืดและยางรัดของ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ยางธรรมชาติจำนวนมากในส่วนผสมยางยืดใช้ใน อุตสาหกรรมตัดเย็บ เสื้อผ้าต่างๆ

2.6 การวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านชีวมวลเบื้องต้น

การวิเคราะห์ของถ่านชีวมวลโดยการหาปริมาณของ ความหนาแน่น ความแข็งแรงหรือแรงกด ทั้งหมดนี้จะเป็นพลังงานทางเลือกที่สามารถนำไปใช้งานได้

2.6.1 ค่าความหนาแน่น

ค่าความหนาแน่นเป็นการวัดมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ยิ่งวัตถุมีความหนาแน่นมากขึ้น มวลต่อหน่วยปริมาตรก็ยิ่งมากขึ้นการทดลองนี้เป็นการหาค่าความหนาแน่นของเม็ดชีวมวลและหาค่าความหนาแน่นรวมของเม็ดชีวมวลสูตรคำนวณตามสมการที่ 2.1

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.1)$$

เมื่อ

ρ	คือ	ความหนาแน่นของวัตถุ (kg/m^3)
m	คือ	มวลรวมของวัตถุ (kg)
V	คือ	ปริมาตรรวมของวัตถุ (m^3)

โดยที่ปริมาตรของวัตถุทรงกระบอกหาได้จาก

$$V = \pi r^2 \times L \quad (2.2)$$

r	คือ	รัศมีของทรงกระบอก (m)
L	คือ	ความสูงของทรงกระบอก (m)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 การหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียความเป็นเม็ด

พิจารณาจากมวลที่ได้จากการอัดเม็ดชีวมวล ดังสมการที่ (2.3)

$$\%mass\ yield = \left(\frac{M_t}{M_0}\right) \times 100 \quad (2.3)$$

M_t คือ มวลของชีวมวลก่อนการทอร์รีไฟต์ มีหน่วยเป็น g

M_0 คือ มวลของชีวมวลหลังจากการทอร์รีไฟต์ มีหน่วยเป็น g

2.6.3 ค่าความต้านทานแรงกดอัด(Compressive Strength)

การทดสอบแรงจะการทดสอบอยู่ 2 แบบ คือการทดสอบแรงกดอัดและการทดสอบแรงดึง ซึ่งการทดสอบแรงดึงเป็นการทดสอบลักษณะการดึงยึดชิ้นงานทดสอบ ส่วนการทดสอบแรงอัด เป็นการทดสอบในลักษณะการกดอัดชิ้นงานทดสอบ โดยพิจารณาเลือกการทดสอบแรงกดอัดหรือการทดสอบแรงดึง ขึ้นอยู่กับประเภทของการนำไปใช้งานของวัสดุ

เครื่องมือ

1. เครื่องทดสอบ เครื่องกดเป็นแบบใดก็ได้ ที่ทำให้น้ำหนักกดได้สูงเพียงพออยู่ในช่วงใช้งานได้ และยอมให้ผิดพลาดได้ไม่เกินร้อยละ 1 เครื่องกดจะต้องสามารถเพิ่มแรงกดได้อย่างสม่ำเสมอและไม่กระตุก เครื่องทดสอบแบบหมุนเกลียว (SCREW-TYPE) จะต้องเป็นเครื่องที่หัวกดสามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วประมาณ 1.3 มิลลิเมตรต่อวินาที สำหรับเครื่องทดสอบแบบไฮดรอลิก ต้องเป็นเครื่องที่สามารถให้น้ำหนักด้วยอัตราคงที่ อยู่ในช่วง 1.43 ถึง 3.47 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที ส่วนที่ใช้กดของเครื่องทดสอบ จะต้องประกอบด้วยแผ่นเหล็กทดสอบ (STEEL BEARING LATE) 2 แผ่น ขนาดใหญ่กว่าขนาดของแท่นทดสอบไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตรแผ่นเหล็กตัวบนมีลักษณะเป็นแป้นก้นฐาน ครึ่งทรงกลม (SPHERICALLY SEATED BLOCK) แขนงยึดไว้กับเครื่อง เพื่อให้ขยับตัวได้ ส่วนแผ่นเหล็กตัวล่าง จะต้องยึดติดกับส่วนล่างของเครื่อง และต้องมีความหนาอย่างน้อย 50 มิลลิเมตร ในระยะทาง 150 มิลลิเมตร การเพิ่มแรงกดต้อง ทำให้อย่างต่อเนื่องไม่มีจังหวะหยุดหรือกระตุกในระหว่างการเพิ่มแรงกด (อ้างอิง:<https://research.drr.go.th/wpcontent>) [5]

2. เวอร์เนียคาลิเปอร์ มีความละเอียดถึง 0.1 มิลลิเมตร

3. เครื่องชั่งน้ำหนัก ซึ่งมีความละเอียดถึง 0.01 กรัม

การหาค่าต้านทานแรงกด คำนวณได้ ดังสมการที่ (2.4)

$$\sigma = \frac{2F}{\pi Dh} \quad (2.4)$$

เมื่อ

σ คือ ความต้านทานแรงกดอัด มีหน่วยเป็น MPa

F คือ แรงสูงสุดที่ใช้ในการทดสอบกำลังรับแรงกดอัด มีหน่วยเป็น N

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางเม็ด ที่มีหน่วยเป็น m

h คือ ความสูงของเม็ด มีหน่วยเป็น m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปี ค.ศ.2019 P.Brachi et al. [3] การศึกษาเชิงทดลองที่มุ่งตรวจสอบศักยภาพของการทำทอร์รีแฟกชันมวลชีวภาพโดยใช้อากาศแทนไนโตรเจนเป็นแก๊สพาหะ (Carrier gas) ซึ่งช่วยลดการดำเนินงานโดยการยกระดับชีวมวลโดยเฉพาะประสิทธิภาพของปฏิกิริยาออกซิเดชันและไม้ออกซิเดชันทอร์รีแฟกชันโดยการเปรียบเทียบกันโดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวลอัดเม็ดและกากมะกอกชีวมวลอัดเม็ดเป็นวัตถุดิบตั้งต้น ชุดการทดสอบทอร์รีแฟกชันในระดับ อุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 ระดับ (200, 230 และ 250°C) ได้ดำเนินการในเตาปฏิกรณ์ฟลูอิดไคซ์โดยกำหนดเวลาทำปฏิกิริยา 15 นาที ทำให้สามารถตรวจสอบผลกระทบของการทอร์รีแฟกชันอุณหภูมิและบรรยากาศต่อ 1.) การกระจายผลิตภัณฑ์ของกระบวนการทอร์รีแฟกชัน(ของแข็งที่ถูกทอร์รีไฟด์, สารระเหยที่ควบแน่นได้และก๊าซถาวร) 2.) คุณสมบัติของการเผาเชื้อเพลิงแล้วจึงนำมาอัดเป็นเม็ด(torrefied pellets) เป็นเชื้อเพลิง(องค์ประกอบเบื้องต้น, องค์ประกอบเชิงลึกและค่าความร้อน) 3.) ประสิทธิภาพของกระบวนการในแง่ของมวลและผลผลิตพลังงานและผลิตภัณฑ์ที่เป็นของแข็ง 4.) คุณภาพของชีวมวลที่ผ่านการทอร์รีไฟด์ในแง่ของมวลและความหนาแน่นของพลังงาน, ความทนทานและดัชนีความทนทานที่ไม่ได้มาตรฐาน นอกจากนี้การทดสอบเตาปฏิกรณ์ฟลูอิดไคซ์ทอร์รีแฟกชันโดยการวัดค่าเทอร์โมกราวิเมตริกที่อุณหภูมิที่ไม่คงที่ ในอากาศและบรรยากาศไนโตรเจน โดยผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าภายใต้สภาวะเดียวกัน ประสิทธิภาพของกระบวนการปฏิกิริยาออกซิเดชันแยกว่าของที่ไม่เกิดการออกซิเดชัน โดยเฉพาะในกรณีของกากมะกอกอัดเม็ด ผลส่วนใหญ่อัตราการย่อยสลายที่สูงขึ้นจะเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันในทางกลับกันคุณสมบัติทางกายภาพของการทอร์รีแฟกชันกากมะกอกชีวมวลอัดเม็ดภายใต้บรรยากาศออกซิเดชันดีกว่าการทอร์รีแฟกชันที่ไม่ผ่านการออกซิเดชัน อย่างไรก็ตามไม่พบกรณีของเชื้อเพลิงไม้สนอัดแท่ง เป็นการยืนยันว่าเตาปฏิกรณ์ฟลูอิดไคซ์ทอร์รีแฟกชันเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในกระบวนการที่ละเอียดอ่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งกากมะกอกอัดเม็ดที่ไม่ใช่เนื้อไม้สามารถเกิดการทอร์รีไฟด์ในสภาพแวดล้อมที่มีการออกซิเดชัน ในขณะที่เชื้อเพลิงไม้สนอัดเม็ดจะเหมาะสำหรับการทอร์รีแฟกชันที่ไม่มีการออกซิเดชัน [4]

ในปี ค.ศ. 2021 พรพนิตและคณะ เป็นการศึกษาเศษเหลือทิ้งจากมังคุดไปผ่านกระบวนการทอร์รีแฟกชัน หรือการทอร์รีไฟด์ เพื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงแข็งในเตาระดับครัวเรือน โดยทำการศึกษาอิทธิพลของขนาดเศษเหลือจากมังคุด อุณหภูมิและเวลาในการทอร์รีไฟด์ ซึ่งเริ่มจากเอาค้อนตีมังคุดให้แตกเพื่อแยกขนาดแล้วไปแช่น้ำ 10 นาทีก่อนนำมาลดความชื้น จากนั้นคัดแยก ขนาดใหญ่และขนาดเล็ก นำไปผ่านการทอร์รีไฟด์อุณหภูมิ 200 210 220 230 และ 240 องศาเซลเซียสตามลำดับ ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจนที่ความดัน 1 บาร์ อัตราการไหลที่ 10 ลิตร/ชั่วโมง กำหนดเวลาในการทอร์รีไฟด์ครั้งละ 30 นาทีและ 45 นาที [5]

ในปี ค.ศ. 2019 พัชรี อินธนูและคณะ งานวิจัยนี้ศึกษาผลของอุณหภูมิคาร์บอนไนซ์ในช่วง 300-500 องศาเซลเซียส และปริมาณกลีเซอรินในอัตราส่วนระหว่างร้อยละ 0 20 40 และ 60 โดยน้ำหนัก ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางความร้อนของเชื้อเพลิงแท่งจากการปาล์มสาคร จากการศึกษาพบว่าคุณสมบัติทางกายภาพของเชื้อเพลิงแท่งในรูปของดัชนีการแตกร่วนและความทนทานดีขึ้นเมื่ออุณหภูมิคาร์บอนไนซ์และปริมาณกลีเซอรินสูงขึ้น อีกทั้งอุณหภูมิคาร์บอนไนซ์และปริมาณคาร์บอนที่เพิ่มขึ้นยังส่งผลต่อคุณสมบัติทางความร้อนของเชื้อเพลิงแท่งสูงขึ้น เนื่องจากคาร์บอนเป็นองค์ประกอบที่สามารถเผาไหม้และให้พลังงานออกมาได้ ดังนั้นอุณหภูมิคาร์บอนไนซ์ที่

400 องศาเซลเซียส ในขณะที่ปริมาณกลีเซอรินที่เหมาะสมต่อการผลิตเชื้อเพลิงแท่งให้มีคุณสมบัติทางกายภาพและทางความร้อนสูงสุด คือ ร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก [6]

ในปี ค.ศ. 2019 Ke Miao Lu et al. [7] ได้ศึกษาการทอรีรีแฟคชั่น โดยใช้ชีวมวลจากเส้นใยปาล์มน้ำมัน เปรียบเทียบโดยใช้อากาศกับไนโตรเจนเป็นตัวพา ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการใช้อากาศในกระบวนการทอรีรีแฟคชั่น ทำให้ปริมาณคาร์บอนคงตัวลดลง ส่งผลให้ค่าความร้อนสูงสุดลดลงในขณะที่ปริมาณซีไธ้เพิ่มขึ้น ปริมาณสารระเหยลดลง และปริมาณผลิตภัณฑ์หลักที่ได้ลดลง เมื่อเทียบกับการใช้ก๊าซไนโตรเจนที่เงื่อนไขดำเนินการเดียวกันการลดลงของผลิตภัณฑ์และปริมาณสารระเหยรวมทั้งการเพิ่มขึ้นของปริมาณซีไธ้แสดงให้เห็นว่าชีวมวลและสารระเหยบางส่วนเกิด Peroxidation ในระหว่างทอรีรีแฟคชั่น [8]

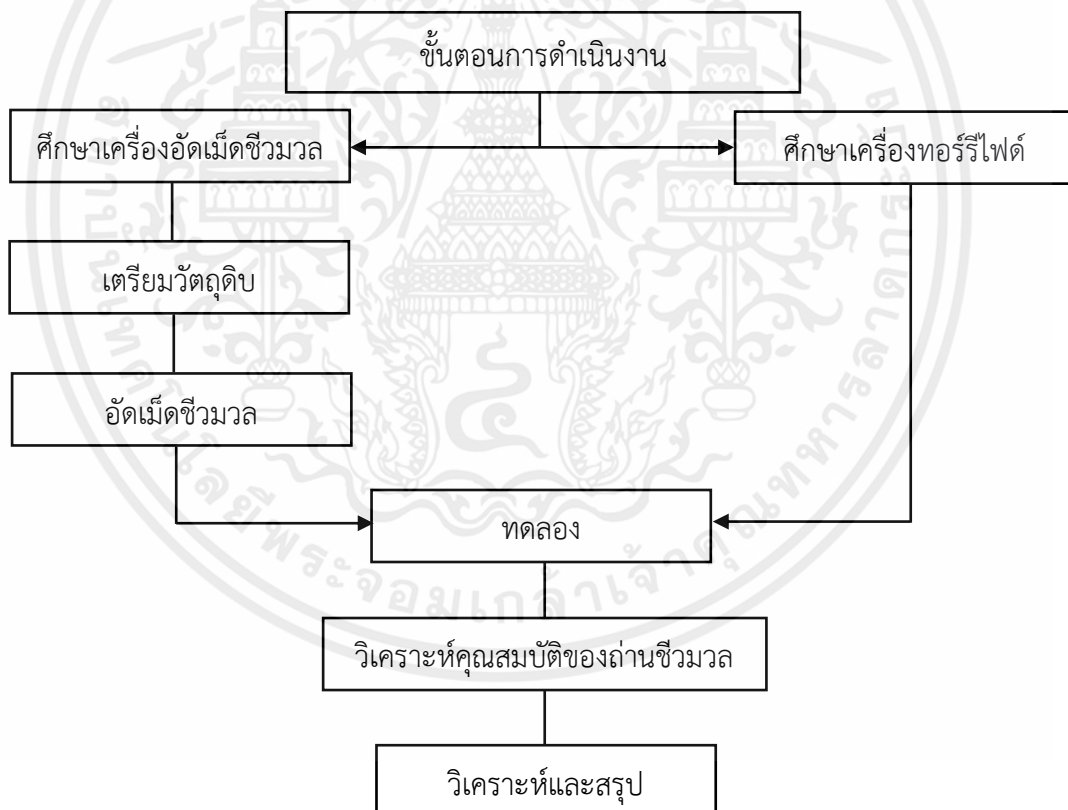
ในปี ค.ศ 2013 วรวัฒน์ สมประสงค์ และคณะกรรมการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาศักยภาพของเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ด ชีวมวลที่ใช้ในการศึกษา คือ เปลือกหมาก เปลือกมะพร้าว ใบสับปะรด โดยทำการศึกษาตามเงื่อนไขในการอัดเม็ดเชื้อเพลิง ดังนี้ การอัดเม็ดเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิของกระบอกที่ใช้ในการอัดที่ 90°C, 120°C และ 150°C และใช้ความดันในการอัดที่ 90 MPa, 120 MPa และ 150 MPa เงื่อนไขด้านความชื้นจะใช้น้ำเป็นการควบคุมความชื้นตั้งต้นโดยมีอัตราส่วนน้ำต่อชีวมวลคือ 0:1, 0.5:1 โดยมวล โดยอัดที่อุณหภูมิ 90°C และความดันที่ 90 MPa และเงื่อนไขการคัดแยกขนาดชีวมวล ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใช้คือ ขนาด 2 มิลลิเมตร 4 มิลลิเมตร และน้อยกว่า 4 มิลลิเมตร จากนั้นจึงนำเชื้อเพลิงที่ได้มาทดสอบคุณสมบัติทางด้านกายภาพและด้านเชื้อเพลิง จากผลการศึกษาพบว่าที่ทุกเงื่อนไขในการทดลองนั้นคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดเม็ดที่ได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน อุณหภูมิและความดันที่สามารถอัดเม็ดเชื้อเพลิงได้ดีที่สุดของชีวมวลแต่ละชนิดได้แก่ เปลือกหมากที่อุณหภูมิ 120°C และความดัน 90 MPa โดยเชื้อเพลิงอัดเม็ดจากเปลือกหมากที่ได้มีค่าปริมาณความร้อนสูงสุด เท่ากับ 18.5 MJ/kg เปลือกมะพร้าวที่อุณหภูมิ 120°C และความดัน 90 MPa โดยเชื้อเพลิงอัดเม็ดจากเปลือกมะพร้าวที่ได้มีค่าปริมาณความร้อนสูงสุดเท่ากับ 19.4MJ/kg ใบสับปะรดที่อุณหภูมิ 90 °C และความดัน 90MPa โดยเชื้อเพลิงอัดเม็ดจากใบสับปะรดที่ได้มีค่าปริมาณความร้อนสูงสุดเท่ากับ 18.7MJ/kg ขนาดของเศษชีวมวลในการอัดเม็ดเชื้อเพลิงที่ดีอยู่ที่ขนาดน้อยกว่า 4 มิลลิเมตร การนำน้ำมาผสมกับชีวมวลเพื่อเพิ่มความชื้นตั้งต้นนั้นไม่สามารถอัดขึ้นรูปเป็นเม็ดกระบอกได้ [9]

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเม็ดชีวมวลจากวัสดุที่เหลือจากยางพารา (ใบยางพาราและขี้เลื่อยยางพารา) เพื่อนำไปใช้เป็นถ่านชีวมวล โดยจะผ่านการอัดเม็ดที่อุณหภูมิ 100 110 120 องศาเซลเซียส โดยใช้ความดันที่ 300 350 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ช่วงเวลาการอัด 2-5 นาที ซึ่งจะต่างกันที่วัตถุดิบในการทดลอง จากนั้นนำชีวมวลอัดเม็ดมาผ่านการทอรีไฟต์ โดยใช้ไนโตรเจนและอากาศปกติ ตัวอุณหภูมิที่กำหนดไว้ 250 องศาเซลเซียส เวลาที่ทอรีไฟต์ 15 20 25 นาที เพื่อหาความแตกต่างจากนั้นทำการวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของถ่านชีวมวล เพื่อหาค่าความต้านแรงกดสูงสุด ค่าศูนย์เสียมวล ค่าความหนาแน่น ก่อนการทอรีไฟต์และหลังทอรีไฟต์ ดังรูปที่ 3.1

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 อุปกรณ์และขั้นตอนการเตรียมวัสดุดิบในการทดสอบ

3.2.1 อุปกรณ์หลัก

1. องค์ประกอบของเครื่องอัดเม็ดชีวมวล

การผลิตอัดเม็ดชีวมวลด้วยเครื่องอัดเม็ดชีวมวลนั้นจำเป็น ดังรูปที่ 3.2

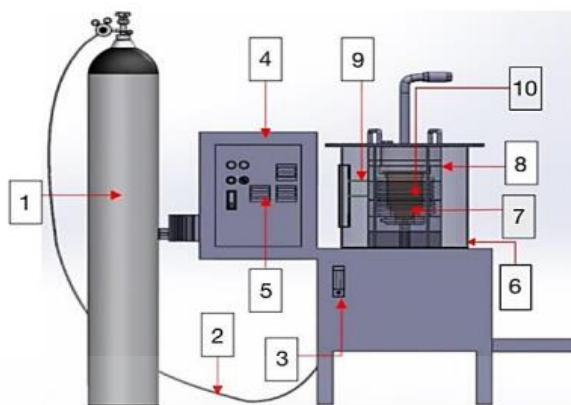


รูปที่ 3.2 องค์ประกอบของเครื่องอัดเม็ดชีวมวล

อุปกรณ์ของเครื่องอัดเม็ดชีวมวลที่ใช้ในอัดเม็ดชีวมวล

1. แม่พิมพ์ทรงกระบอก
 2. เกจวัดความดัน
 3. แทนอัดไฮดรอลิก
 4. แทงอัดแม่พิมพ์
 5. แผ่นรองฐานชีวมวลและแผ่นรองฐานอัดแม่พิมพ์
 6. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ
2. องค์ประกอบของเตาปฏิกรณ์ที่ใช้ในการทอร์รีไฟด์

การผลิตถ่านชีวมวลโดยการผ่านการทอร์รีไฟด์จำเป็นต้องใช้เตาที่มีรูปแบบปริมาณความร้อนรูปแบบเฉพาะ และเตาปฏิกรณ์จะต้องเป็นเตาแบบระบบปิดที่ทำการไล่ก๊าซออกซิเจนแล้วยังสามารถควบคุมอุณหภูมิที่อยู่ในช่วงตามที่ต้องการได้ เพื่อให้เห็นถึงการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในเตา ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 องค์ประกอบของเตาปฏิกรณ์ที่ใช้ในการทอรรีไฟต์

อุปกรณ์ของเตาปฏิกรณ์ที่ใช้ในการทอรรีไฟต์

1. ก๊าซไนโตรเจน เพื่อไล่ก๊าซออกซิเจนออกจากเตา
2. สายแก๊สไนโตรเจน ทำให้ไนโตรเจนไหลผ่านเข้าตัวเตาปฏิกรณ์ทางด้านล่าง
3. โรตاميเตอร์ (Rotameter) เพื่อควบคุมการไหลของก๊าซไนโตรเจน
4. ตู้ควบคุม
5. จอแสดงอุณหภูมิ (Temperature display) เพื่อแสดงค่าอุณหภูมิที่ได้จากเซนเซอร์
6. เตาปฏิกรณ์ (Reactor) เพื่อบรรจุและให้ความร้อนเศษชีวมวลไບียงพาราและซีลี้อย่างพารา
7. เตาชั้นใน เป็นส่วนที่ติดตั้งขดลวดเพื่อให้เกิดความร้อนแก่ชีวมวลไບียงพาราและซีลี้อย่างพารา
8. เตาชั้นนอก เป็นฉนวนในการป้องกันความร้อนไม่ให้ความร้อนเกิดการสูญเสียสู่บรรยากาศมากเกินไป ซึ่งมีตัวกันความร้อน 2 ตัว อิฐมวลเบาและใยแก้ว
9. เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (Thermocouple) เพื่อวัดอุณหภูมิในเตาปฏิกรณ์
10. ขดลวดความร้อน เพื่อเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 อุปกรณ์เตรียมวัสดุดิบ

- 1) เครื่องบด ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 เครื่องบด

- 2) เครื่องชั่งดิจิตอล 2 ตำแหน่ง ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 เครื่องชั่งดิจิตอล 2 ตำแหน่ง

ขั้นตอนการเตรียมวัสดุดิบ

1. นำใบยางพาราและซีลี้อย่างพารามาบดให้เป็นผงแล้วนำมาใส่ถุง
2. ชั่งมวลด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล 2 ตำแหน่ง ชั่งมวล 5 กรัม ทั้งใบยางพาราและซีลี้อย่างพารา
3. จากนั้นนำมามวลที่ชั่งใส่ถุง

3.3 ขั้นตอนการอัดเม็ดชีวมวลและการทอร์รี่ไฟต์

ส่วนของเครื่องชีวมวลอัดเม็ด

ในการทดลองการผลิตถ่านอัดเม็ดชีวมวลโดยใช้วัสดุดิบจากใบยางพาราและซีลี้อย่างพารา โดยใช้เครื่องอัดเม็ด แยกเป็นความดัน 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 100 110 120 องศาเซลเซียส แยกเป็นความดัน 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 100 110 120 องศาเซลเซียสและแยกเป็นความดัน 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 100 110 120 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. นำผงไบอยางพาราและผงซีลี้อย่างพาราที่ซั่งแล้วมาใส่ในแม่พิมพ์ทรงกระบอกที่ให้ความร้อนโดยจะมีเงื่อนไข 3 อุณหภูมิ 3 ความดัน คือ 100 110 120 องศาเซลเซียสและความดัน 300 350 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 เกจบอกความดันในกระบอกไฮดรอลิกส์

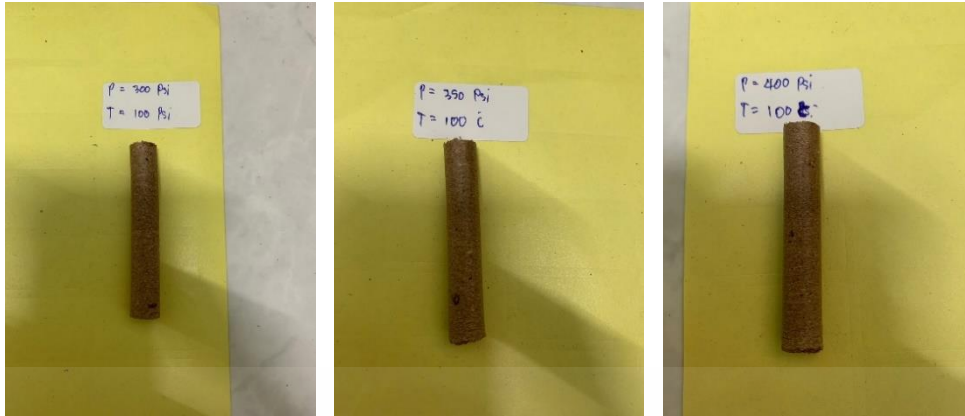
2. ทำเก็บตัวอย่างไบอยางพาราความร้อนที่มีเงื่อนไข 3 อุณหภูมิ 3 ความดัน คือ 100 110 120 องศาเซลเซียสและความดัน 300 350 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ตัวอย่างละ 10 เม็ด ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 เม็ดซีลีวมวลจากไบอยางพารา

3. ทำเก็บตัวอย่างไบอยางพาราความร้อนที่มีเงื่อนไข 3 อุณหภูมิ 3 ความดัน คือ 100 110 120 องศาเซลเซียสและความดัน 300 350 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ตัวอย่างละ 10 เม็ด ดังรูปที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



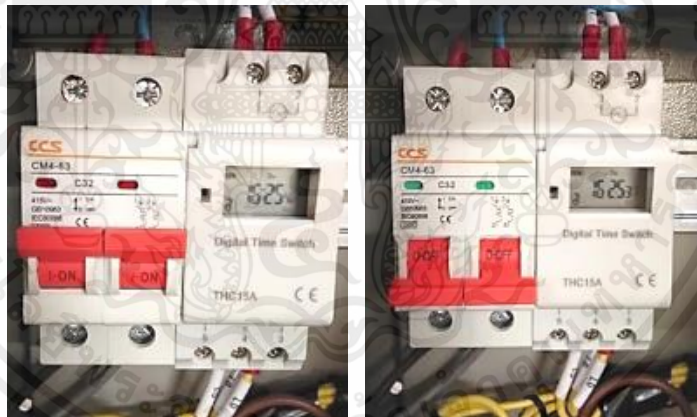
รูปที่ 3.8 เม็ดชีวมวลจากขี้เลื่อยยางพารา

4. นำเม็ดชีวมวลที่ได้เก็บใส่ถุงตัวอย่าง

หมายเหตุ ผงใบยางพาราใส่แม่พิมพ์ทรงกระบอกทิ้งไว้อัดทิ้งไว้ 1-2 นาที และผงขี้เลื่อยยางพาราใส่แม่พิมพ์ทรงกระบอกอัดทิ้งไว้ 4-5 นาที

ส่วนของเตาปฏิกรณ์ทอร์รีไฟต์

1. จากนั้นนำตัวอย่างที่จัดเก็บมาเข้าเตาปฏิกรณ์ทอร์รีไฟต์
2. เปิดสวิตช์พิวส์เบรกเกอร์ให้สวิตช์พิวส์เบรกเกอร์ขึ้น ON ภายในตู้ควบคุม แสดงดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 พิวส์เบรกเกอร์เปิด-ปิดเครื่อง

3. เปิดฝาเตาปฏิกรณ์นำชีวมวลใบยางพาราและขี้เลื่อยยางพาราที่ชั่งน้ำหนักแล้วใส่ลงในเตาปฏิกรณ์แล้วปิดฝาเตาปฏิกรณ์
4. เปิดวาล์วปล่อยก๊าซไนโตรเจน ดังรูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 Pressure regulator

- กำหนดแรงดันที่ 1 บาร์และทำการปรับอัตราการไหล 10 ลิตร/ชั่วโมง ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 โรตاميเตอร์

ขั้นตอนการทอร์รี่ไฟด์

- เปิดสวิตช์ระบบ (System) เพื่อให้เครื่องทำงานเมื่อความร้อนที่ถึง 250 องศาเซลเซียสพร้อมจับเวลา
- เมื่ออุณหภูมิถึงช่วงที่กำหนดทำการจับเวลาโดยมีเงื่อนไขเวลาที่ 15 20 25 นาที ใน 2 บรรยากาศคือ ไนโตรเจนและอากาศจากนั้นเก็บตัวอย่างออกทันที
- นำตัวอย่างใบยางพาราที่อุณหภูมิในการอัดเม็ดทั้ง 3 อุณหภูมิ 100 110 120 องศาเซลเซียส และ 3 ความดัน 300 350 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นำมาทอร์รี่ไฟด์ด้วยไนโตรเจนและอากาศที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส ใน 3 ช่วงเวลาที่ 15 20 25 นาทีและเก็บตัวอย่าง ดังรูปที่ 3.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 ซีมวลตัวอย่างของใบยางพารา

4. นำตัวอย่างซีลี้อย่างพาราที่อุณหภูมิในการอัดเม็ดทั้ง 3 อุณหภูมิ 100 110 120 องศาเซลเซียส และ 3 ความดัน 300 350 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นำมาทอรีไฟต์ด้วยไนโตรเจนและอากาศที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส ใน 3 ช่วงเวลาที่ 15 20 25 นาทีและเก็บตัวอย่าง ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 ซีมวลตัวอย่างของซีลี้อย่างพารา

3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของถ่านซีมวล

ขั้นตอนการวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของถ่านซีมวลได้ทำการวิเคราะห์ตาม มาตรฐาน ASTM E75

3.4.1 การค่าความหนาแน่นของเม็ดซีมวล

ความหนาแน่นของเม็ดซีมวลคือมวลของซีมวลเม็ดยางพาราและซีมวลเม็ดซีลี้อย่างพารามากน้อยเพียงใดเมื่อเทียบกับปริมาตรเม็ดนั้นๆ

คำนวณได้ตามมาตรฐาน ASTM D3174 ดังสมการที่ (2.1) และ (2.2)

$$\rho = \frac{m}{v}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ปริมาตรของวัตถุทรงกระบอกหาได้จาก

$$V = \pi r^2 \times L$$

3.4.2 การหาเปอร์เซ็นต์ความเป็นเม็ด

ค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียความเม็ดจะมีผลต่อปริมาณเม็ดเชื้อเพลิงชีวมวลที่ได้มาแต่จะไม่มีความเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติทางกายภาพ

คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียความเม็ดพิจารณาจากมวลที่ได้จากการอัดเม็ดตั้งสมการที่ (2.3)

$$\%mass\ yield = \left(\frac{M_t}{M_0} \right) \times 100$$

M_t คือ มวลของชีวมวลก่อนการทอรีไฟด์ มีหน่วยเป็น g

M_0 คือ มวลของชีวมวลหลังจากการทอรีไฟด์ มีหน่วยเป็น g

3.4.3 การหาค่าต้านทานแรงกด Compressive Strength (MPa)

ค่าความต้านทานแรงกด เป็นค่าความสามารถของเม็ดชีวมวลที่สามารถรับแรงกดในแนวตั้งคำนวณได้ ดังสมการที่ (2.4) [5]

$$\sigma = \frac{2F}{\pi Dh}$$

เมื่อ

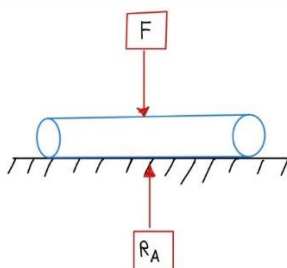
σ คือ ความต้านทานแรงกดอัด มีหน่วยเป็น MPa

F คือ แรงสูงสุดที่ใช้ในการทดสอบกำลังรับแรงกดอัด มีหน่วยเป็น N

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางเม็ด ที่มีหน่วยเป็น m

h คือ ความสูงของเม็ด มีหน่วยเป็น m

กำหนดแรง Load (N) แรงกดจากเครื่องที่ 5.6 N ความเร็วในการกดที่ 6 mm/min การเขียน Free Body diagram ค่าต้านทานแรงกด ดังรูปที่ 3.4.1



รูปที่ 3.14 Free Body diagram ค่าต้านทานแรงกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้










บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผล

การศึกษานี้เกี่ยวกับผลกระทบของการทอรีรีแพคชั้นแบบออกซิเดทีฟที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพของชีวมวลอัดเม็ดจากเศษเหลือของยางพารา เพื่อนำถ่านชีวมวล ก่อนเผาและหลังเผาโดยผ่านการทอรีรีไฟต์ ในบรรยากาศไนโตรเจนและอากาศ และนำถ่านมาหาค่าความหนาแน่น และความแข็งแรงหรือแรงกด เพื่อสามารถวิเคราะห์ความเป็นถ่านได้มากขึ้น

4.1 ลักษณะทางกายภาพของเม็ดชีวมวลจากใบยางพาราและขี้เลื่อยยางพาราที่ยังไม่ผ่านการทอรีรีไฟต์และหลังผ่านการทอรีรีไฟต์ในบรรยากาศไนโตรเจนและอากาศ














ลักษณะทางกายภาพที่สามารถมองเห็นได้จากภายนอก เช่น ขนาด สัดส่วน และสีปรากฏมาจากเศษเหลือยางพาราเพื่อให้เห็นถึงลักษณะทางกายภาพระหว่างใบยางพารา ขี้เลื่อยยางพาราที่ยังไม่ผ่านการทอรีรีไฟต์และผ่านการทอรีรีไฟต์แล้วระหว่างไนโตรเจนและอากาศ แสดงดังรูปตารางที่ 4.1 - 4.4

ตารางที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพของใบยางพาราก่อนทอรีรีไฟต์และหลังทอรีรีไฟต์ในบรรยากาศไนโตรเจนและอากาศ 15 20 25 นาที

ก่อนทอรีรีไฟต์	หลังทอรีรีไฟต์ไนโตรเจน			หลังทอรีรีไฟต์อากาศ		
อุณหภูมิเม็ดในการอัดเม็ด (°C)	เวลาในการทอรีรีไฟต์ (นาที)					
	15	20	25	15	20	25
T 100	ความดันในการอัดเม็ดที่ 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว					
						
T 100	ความดันในการอัดเม็ดที่ 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว					
						
T 100	ความดันในการอัดเม็ดที่ 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว					
						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพของใบยางพารา ก่อนทอรีไฟต์และหลังทอรีไฟต์ในบรรยากาศ ไนโตรเจนและอากาศ 15 20 25 นาที (ต่อ)

ก่อนทอรีไฟต์	หลังทอรีไฟต์ในโตรเจน			หลังทอรีไฟต์อากาศ		
อุณหภูมิเม็ด ในการอัดเม็ด (°C)	เวลาในการทอรีไฟต์ (นาที)					
	15	20	25	15	20	25
T 110	ความดันในการอัดเม็ดที่ 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว					
						
T 110	ความดันในการอัดเม็ดที่ 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว					
						
T 110	ความดันในการอัดเม็ดที่ 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว					
						
T 120	ความดันในการอัดเม็ดที่ 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว					
						
T 120	ความดันในการอัดเม็ดที่ 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว					
						
T 120	ความดันในการอัดเม็ดที่ 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว					
						


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ลักษณะทางกายภาพของซีลี้อย่างพาราก่อนทอรีไฟต์และหลังทอรีไฟต์ในบรรยากาศไนโตรเจนและอากาศ 15 20 25 นาที

ก่อนทอรีไฟต์	หลังทอรีไฟต์ไนโตรเจน			หลังทอรีไฟต์อากาศ		
อุณหภูมิเม็ด ในการอัดเม็ด (°C)	เวลาในการทอรีไฟต์ (นาที)					
	15	20	25	15	20	25
T 100	ความดันในการอัดเม็ดที่ 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว					
						
T 100	ความดันในการอัดเม็ดที่ 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว					
						
T 100	ความดันในการอัดเม็ดที่ 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว					
						
T 110	ความดันในการอัดเม็ดที่ 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว					
						
T 110	ความดันในการอัดเม็ดที่ 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว					
						
T 110	ความดันในการอัดเม็ดที่ 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว					
						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ลักษณะทางกายภาพของซีลี้อย่างพาราออกซอร์รีไฟด์และหลังทอร์รีไฟด์ในบรรยากาศไนโตรเจนและอากาศ 15 20 25 นาที (ต่อ)

ก่อนทอร์รีไฟด์	หลังทอร์รีไฟด์ไนโตรเจน			หลังทอร์รีไฟด์อากาศ		
อุณหภูมิเม็ดในการอัดเม็ด (°C)	เวลาในการทอร์รีไฟด์ (นาที)					
	15	20	25	15	20	25
T 120	ความดันในการอัดเม็ดที่ 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว					
						
T 120	ความดันในการอัดเม็ดที่ 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว					
						
T 120	ความดันในการอัดเม็ดที่ 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว					
						

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าไบยางพาราอัดเม็ดซีวมวลที่ยังไม่ผ่านการทอร์รีไฟด์และหลังการทอร์รีไฟด์ในบรรยากาศไนโตรเจนและอากาศ จะมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนด้วยขนาดของเม็ดก่อนทอร์รีไฟด์และหลังทอร์รีไฟด์ที่จะลดขนาดลง สีของเม็ดซีวมวลที่แตกต่างกันในการทอร์รีไฟด์ที่กำหนดเวลา 15 20 25 นาที

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าซีลี้อย่างพาราอัดเม็ดซีวมวลที่ยังไม่ผ่านการทอร์รีไฟด์และหลังการทอร์รีไฟด์ในบรรยากาศไนโตรเจนและอากาศ จะเห็นสีของเม็ดซีวมวลแตกต่างกันอย่างชัดเจนและขนาดของเม็ดซีวมวลที่แตกต่างกัน กำหนดเวลาในการทอร์รีไฟด์ที่ 15 20 25 นาที

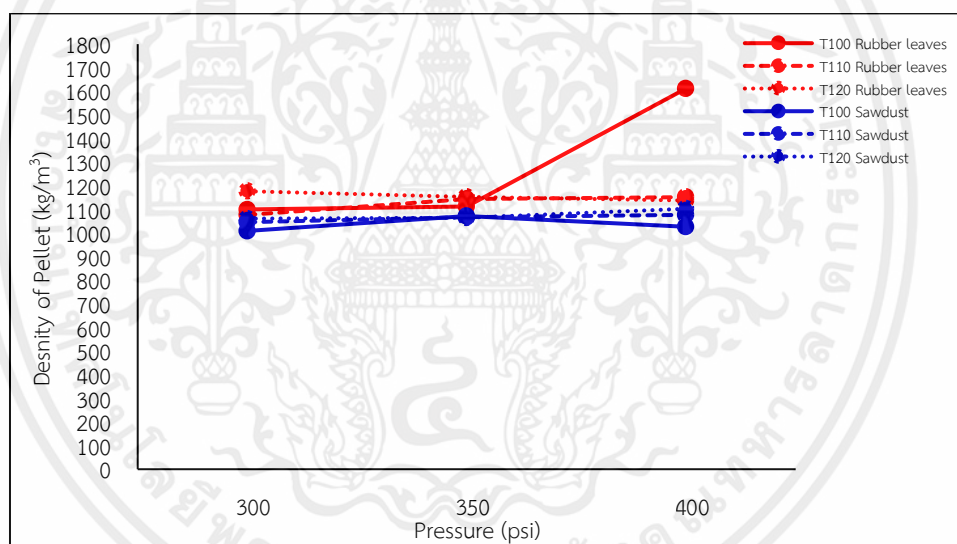
4.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติของชีวมวลจากใบยางพาราและขี้เลื่อยยางพารา ที่ผ่านการทอร์รีไฟต์

วิเคราะห์คุณสมบัติของใบยางพาราและขี้เลื่อยยางพาราก่อนทอร์รีไฟต์และหลังทอร์รีไฟต์ในบรรยากาศไนโตรเจนและอากาศเป็นการตรวจสอบความสามารถที่จะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง

4.2.1 การหาค่าความหนาแน่นของชีวมวลอัดเม็ดจากใบยางพาราและขี้เลื่อยยางพารา

ความหนาแน่นเป็นสมบัติเฉพาะของสารหรือสสารแต่ละชนิด มีความเกี่ยวข้องกับระหว่างมวลกับปริมาตรของสารนั้น หรืออาจกล่าวได้ว่า ความหนาแน่นก็คือ อัตราส่วนระหว่างมวลกับปริมาตรนั่นเอง หากสารนั้นมีปริมาตรเท่ากัน สสารที่มีความหนาแน่นมากกว่าย่อมมีมวลมากกว่า ซึ่งความหนาแน่นนี้ก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการลอยหรือจมของวัตถุด้วย โดยวัตถุที่มีความหนาแน่นน้อยมีแนวโน้มจะลอยอยู่บนวัตถุที่มีความหนาแน่นมากกว่า ก่อนทอร์รีไฟต์และหลังทอร์รีไฟต์ด้วยบรรยากาศไนโตรเจนและอากาศ โดยความดันและอุณหภูมิของการอัดเม็ดชีวมวลแสดงดังรูปที่ 4.1 - 4.7

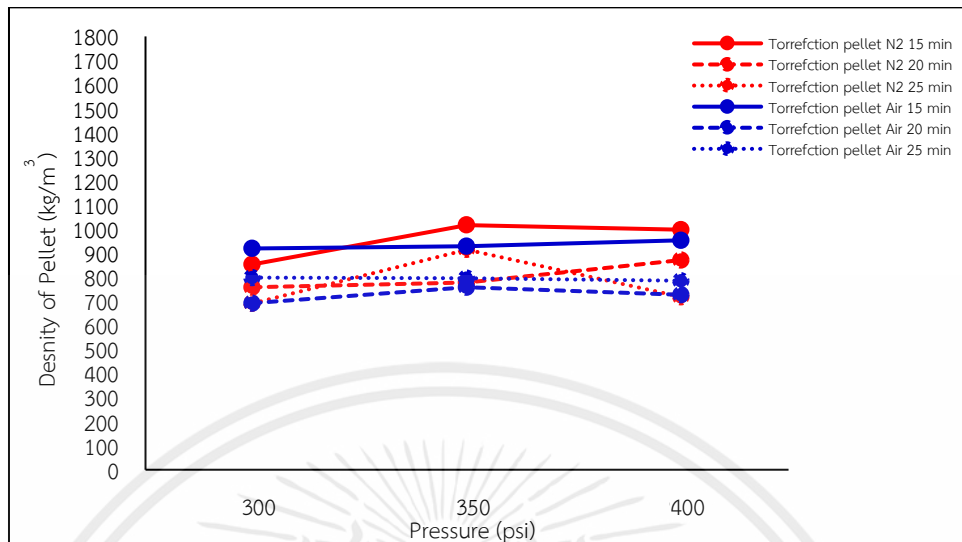
ความหนาแน่นก่อนทอร์รีไฟต์ของเม็ดชีวมวลใบยางพาราและขี้เลื่อยยางพาราที่อุณหภูมิ 100 110 120 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด

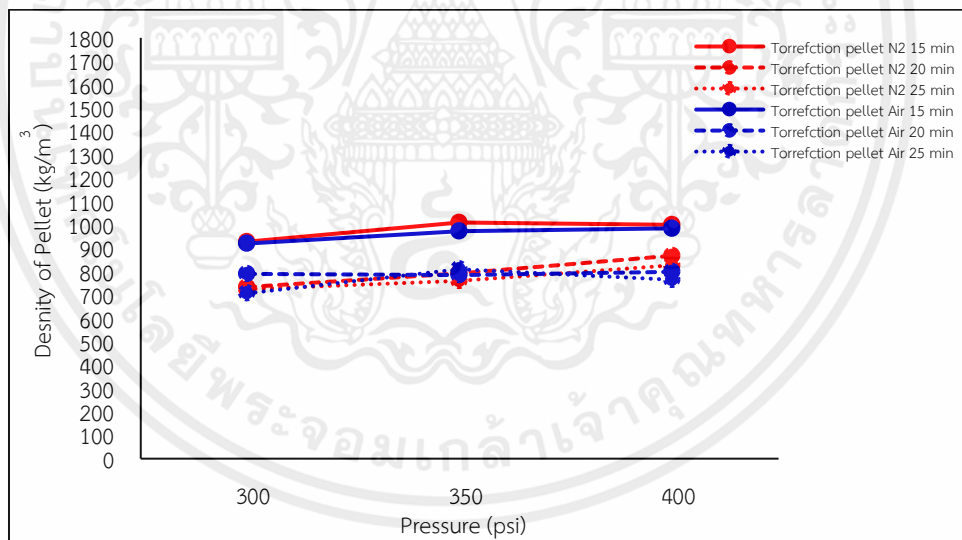
จากรูป 4.1 กราฟเส้นสีแดงจะเป็นอุณหภูมิของการเม็ดชีวมวลของใบยางพาราทั้ง 3 อุณหภูมิที่ 100 110 120 องศาเซลเซียส กราฟเส้นสีน้ำเงินจะเป็นอุณหภูมิของการอัดเม็ดขี้เลื่อยใบยางพารามีทั้งหมด 3 อุณหภูมิเช่นกัน จะเห็นว่าค่าความหนาแน่นของเม็ดชีวมวลของขี้เลื่อยยางพารามีค่าต่ำกว่าเม็ดชีวมวลของใบยางพารา จุดที่ความหนาแน่นสูงสุดของเม็ดชีวมวลของใบยางพารานั้นอยู่ที่ 1600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่ความดันในการอัดเม็ดที่ 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

1. หลังทอร์รีไฟต์ของเม็ดชีวมวลไບียงพาราที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด

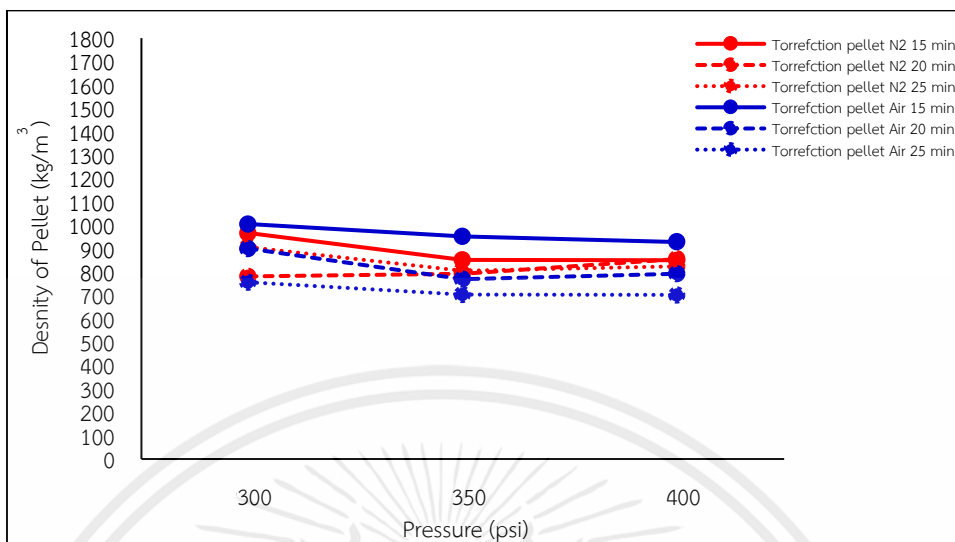
2. หลังทอร์รีไฟต์ของเม็ดชีวมวลไບียงพาราที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. หลังทอร์รีไฟต์ของเม็ดชีวมวลไບียงพาราที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส



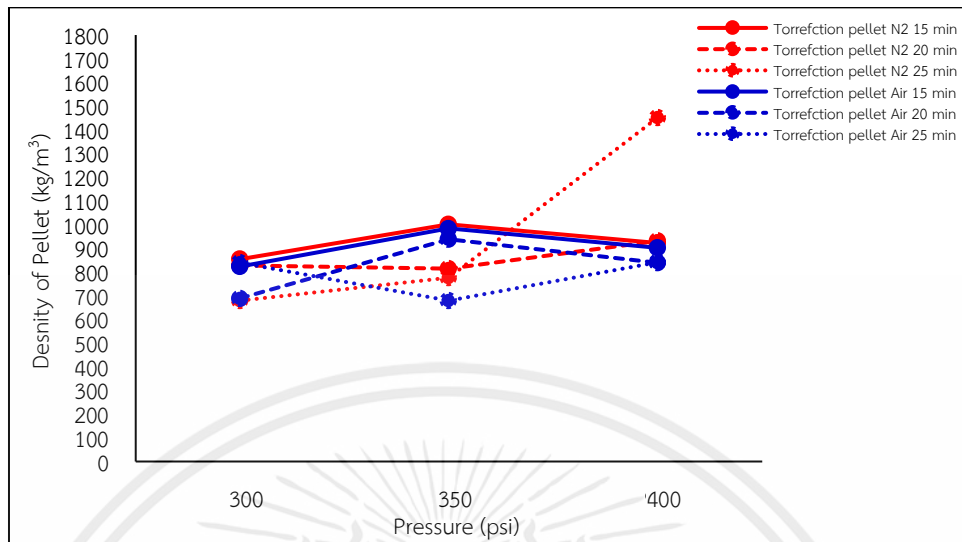
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด

จากรูป 4.2 กราฟเส้นสีแดงจะเป็นการทอร์รีไฟต์ด้วยบรรยากาศไนโตรเจนที่เวลา 15 20 25 นาที และกราฟเส้นสีน้ำเงินเป็นการทอร์รีไฟต์ด้วยบรรยากาศอากาศที่เวลา 15 20 25 นาที จะเห็นได้ว่าเมื่อความดันหลังทอร์รีไฟต์ของเม็ดชีวมวลไບียงพาราที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ในที่ความดันในการอัดเม็ดที่ 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศไนโตรเจนที่ 15 นาที จะมีความหนาแน่นมากที่สุดและความดันในการอัดเม็ดที่ 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศอากาศ 15 นาที มีความหนาแน่นมากที่สุด ส่วนของความดันในการอัดเม็ดที่ 300 350 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศไนโตรเจนและอากาศที่ 20 25 นาที จะเกาะกลุ่มกันซึ่งจะไม่แตกต่างกันมาก

จากรูป 4.3 กราฟเส้นสีแดงจะเป็นการทอร์รีไฟต์ด้วยบรรยากาศไนโตรเจนที่เวลา 15 20 25 นาที และกราฟเส้นสีน้ำเงินเป็นการทอร์รีไฟต์ด้วยบรรยากาศอากาศที่เวลา 15 20 25 นาที จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิในการอัดเม็ดหลังการทอร์รีไฟต์ของเม็ดชีวมวลไບียงพาราที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ที่ความดันในการอัดเม็ดที่ 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศไนโตรเจนที่ 15 นาที จะมีความหนาแน่นมากที่สุดและความดันในการอัดเม็ดที่ 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศอากาศที่ 15 นาที มีความหนาแน่นมากที่สุด ส่วนของความดันในการอัดเม็ดที่ 300 350 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศไนโตรเจนและอากาศที่ 20 25 นาที จะเกาะกลุ่มกัน

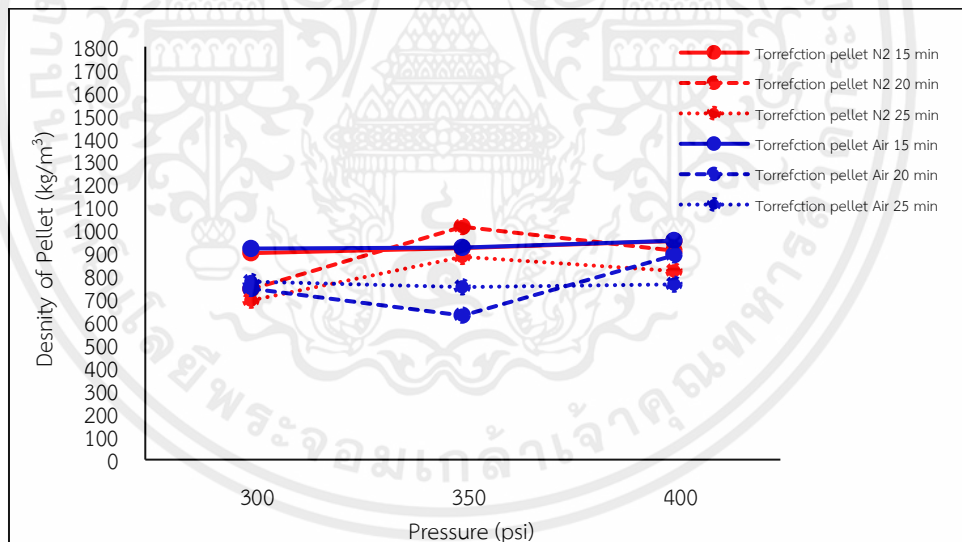
จากรูป 4.4 กราฟเส้นสีแดงจะเป็นการทอร์รีไฟต์ด้วยบรรยากาศไนโตรเจนที่เวลา 15 20 25 นาที และกราฟเส้นสีน้ำเงินเป็นการทอร์รีไฟต์ด้วยบรรยากาศอากาศที่เวลา 15 20 25 นาที จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิของเม็ดชีวมวลหลังทอร์รีไฟต์ของเม็ดชีวมวลไບียงพาราที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ในที่ความดันในการอัดเม็ดที่ 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศไนโตรเจนที่ 15 นาที จะมีความหนาแน่นมากที่สุดและความดันในการอัดเม็ดที่ 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศอากาศที่ 15 นาที มีความหนาแน่นมากที่สุด ส่วนของความดันในการอัดเม็ดที่ 300 350 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศไนโตรเจนและอากาศที่ 20 25 นาที จะเกาะกลุ่มกัน

4. หลังทอรรีไฟต์ของเม็ดชีวมวลซีเลื้อยอย่างพาราที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด

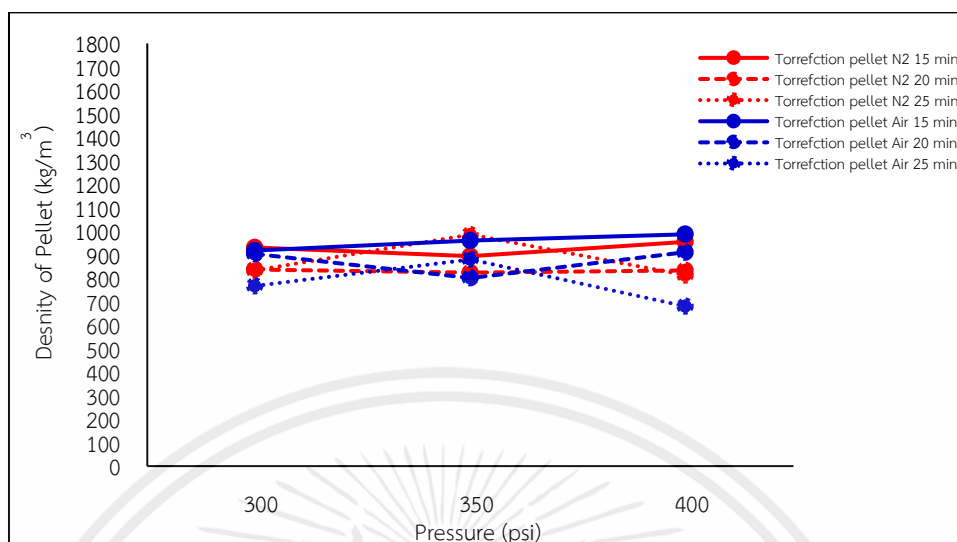
5. หลังทอรรีไฟต์ของเม็ดชีวมวลซีเลื้อยอย่างพาราที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. หลังทอร์รีไฟต์ของเม็ดชีวมวลซีเลื้อยงพาราที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด

จากรูป 4.5 กราฟเส้นสีแดงจะเป็นการทอร์รีไฟต์ด้วยบรรยากาศไนโตรเจนที่เวลา 15 20 25 นาที และกราฟเส้นสีน้ำเงินเป็นการทอร์รีไฟต์ด้วยบรรยากาศอากาศที่เวลา 15 20 25 นาที จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิหลังทอร์รีไฟต์ของเม็ดชีวมวลซีเลื้อยงพาราที่อุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส ในที่ความดันในการอัดเม็ดที่ 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศไนโตรเจนที่ 25 นาที จะมีความหนาแน่นมากที่สุดและความดันในการอัดเม็ดที่ 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศอากาศที่ 15 นาที มีความหนาแน่นมากที่สุด ส่วนของความดันในการอัดเม็ดที่ 300 350 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศไนโตรเจนที่ 15 20 นาที และอากาศที่ 20 25 นาที จะเกาะกลุ่มกัน

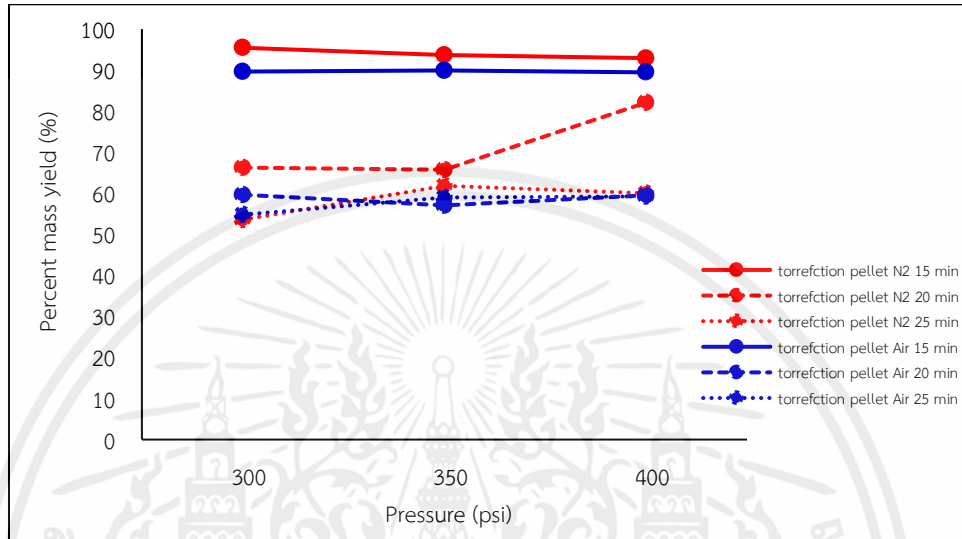
จากรูป 4.6 กราฟเส้นสีแดงจะเป็นการทอร์รีไฟต์ด้วยบรรยากาศไนโตรเจนที่เวลา 15 20 25 นาที และกราฟเส้นสีน้ำเงินเป็นการทอร์รีไฟต์ด้วยบรรยากาศอากาศที่เวลา 15 20 25 นาที จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิหลังทอร์รีไฟต์ของเม็ดชีวมวลซีเลื้อยงพาราที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ในที่ความดันในการอัดเม็ดที่ 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศไนโตรเจนที่ 20 นาที จะมีความหนาแน่นมากที่สุดและความดันในการอัดเม็ดที่ 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศอากาศที่ 15 นาที มีความหนาแน่นมากที่สุด ส่วนของความดันในการอัดเม็ดที่ 300 350 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศไนโตรเจนที่ 15 20 นาที และอากาศที่ 20 25 นาที จะเกาะกลุ่มกัน

จากรูป 4.7 กราฟเส้นสีแดงจะเป็นการทอร์รีไฟต์ด้วยบรรยากาศไนโตรเจนที่เวลา 15 20 25 นาที และกราฟเส้นสีน้ำเงินเป็นการทอร์รีไฟต์ด้วยบรรยากาศอากาศที่เวลา 15 20 25 นาที จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิหลังทอร์รีไฟต์ของเม็ดชีวมวลซีเลื้อยงพาราที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ในที่ความดันในการอัดที่ 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศไนโตรเจนที่ 25 นาที จะมีความหนาแน่นมากที่สุดและความดันในการอัดเม็ดที่ 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศอากาศ 15 นาที มีความหนาแน่นมากที่สุด ส่วนของความดันในการอัดเม็ดที่ 300 350 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศไนโตรเจนที่ 15 20 นาที และอากาศที่ 20 25 นาที จะเกาะกลุ่มกัน

4.2.2 เปอร์เซ็นต์ของการสูญเสียมวล

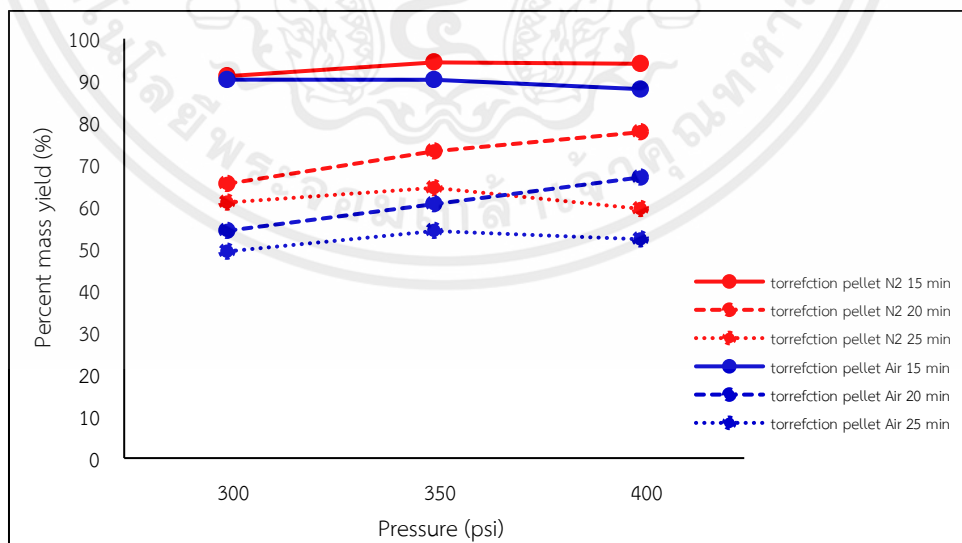
เป็นค่าความสามารถในการอัดเม็ดชีวมวลขึ้นอยู่กับก่อนทอร์รีไฟด์และหลังทอร์รีไฟด์ ซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณของมวลมีค่าลดลงและคุณสมบัติทางกายภาพของเม็ด แสดงดังรูปที่ 4.8 - 4.13

1. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียมวลของการทอร์รีไฟด์ด้วยไบบางพาราที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด

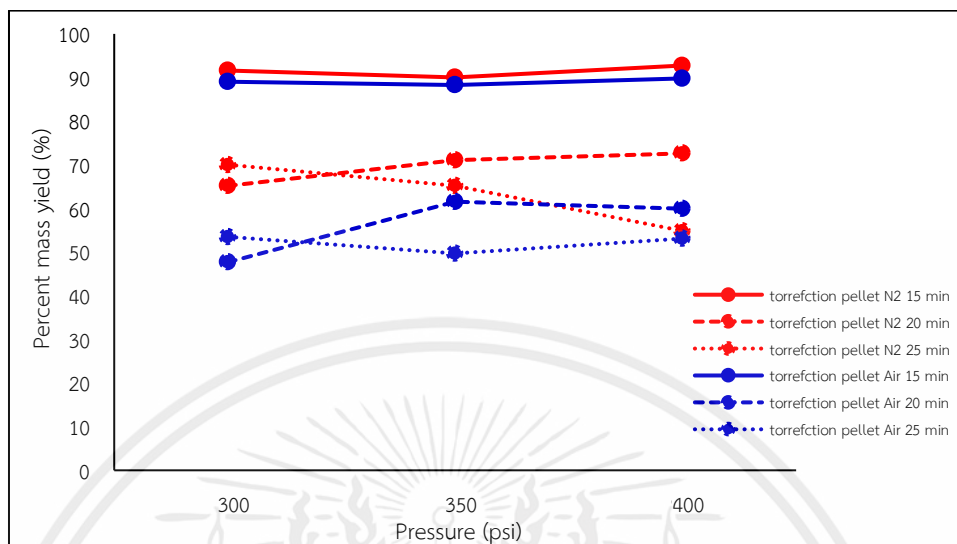
2. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียมวลของการทอร์รีไฟด์ด้วยไบบางพาราที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เเปอร์เซ็นต์การสูญเสียมวลของการทอร์รีไฟต์ด้วยไบบางพาราที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด

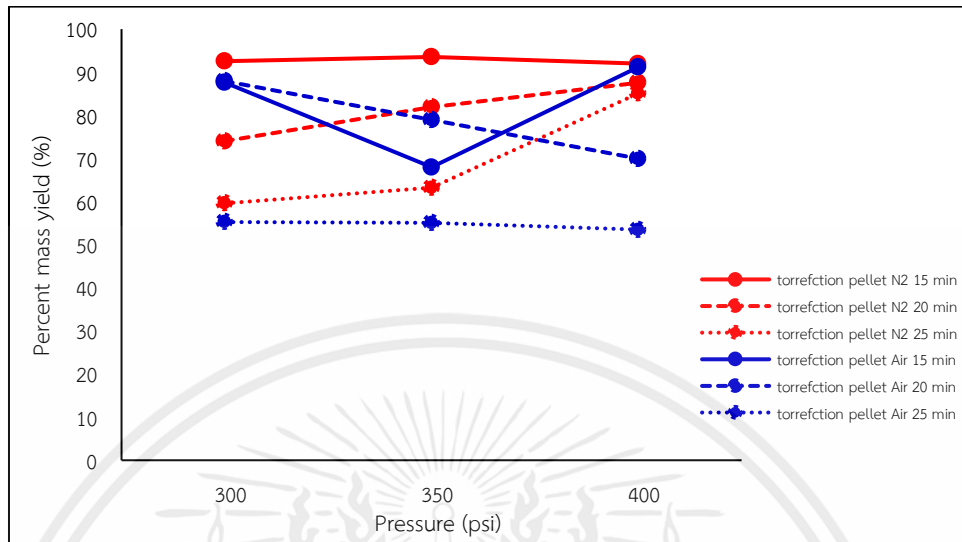
จากรูป 4.8 กราฟเส้นสีแดงจะเป็นการทอร์รีไฟต์ด้วยบรรยากาศไนโตรเจนที่เวลา 15 20 25 นาที และกราฟเส้นสีน้ำเงินเป็นการทอร์รีไฟต์ด้วยบรรยากาศอากาศที่เวลา 15 20 25 นาที จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียมวลไบบางพาราที่อุณหภูมิในการอัดเม็ดที่ 100 องศาเซลเซียส ในที่ความดันในการอัดเม็ดที่ 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศไนโตรเจนที่ 15 นาที จะการค่าเปอร์เซ็นต์สูญเสียมวลมากที่สุดและความดันในการอัดเม็ดที่ 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศอากาศ 15 นาที มีค่าการสูญเสียมวลมากที่สุด ส่วนของความดันในการอัดเม็ดที่ 300 350 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศไนโตรเจนและอากาศที่ 20 25 นาที จะเกาะกลุ่มกัน

จากรูป 4.9 กราฟเส้นสีแดงจะเป็นการทอร์รีไฟต์ด้วยบรรยากาศไนโตรเจนที่เวลา 15 20 25 นาที และกราฟเส้นสีน้ำเงินเป็นการทอร์รีไฟต์ด้วยบรรยากาศอากาศที่เวลา 15 20 25 นาที จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียมวลไบบางพาราที่อุณหภูมิในการอัดเม็ดที่ 110 องศาเซลเซียส ในที่ความดันในการอัดเม็ดที่ 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศไนโตรเจนที่ 15 นาที จะการค่าเปอร์เซ็นต์สูญเสียมวลมากที่สุดและความดันในการอัดเม็ดที่ 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศอากาศ 15 นาที มีค่าการสูญเสียมวลมากที่สุด ส่วนของความดันในการอัดเม็ดที่ 300 350 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศไนโตรเจนและอากาศที่ 20 25 นาที จะเกาะกลุ่มกัน

จากรูป 4.10 กราฟเส้นสีแดงจะเป็นการทอร์รีไฟต์ด้วยบรรยากาศไนโตรเจนที่เวลา 15 20 25 นาที และกราฟเส้นสีน้ำเงินเป็นการทอร์รีไฟต์ด้วยบรรยากาศอากาศที่เวลา 15 20 25 นาที จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียมวลไบบางพาราที่อุณหภูมิในการอัดเม็ดที่ 120 องศาเซลเซียส ในที่ความดันในการอัดเม็ดที่ 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศไนโตรเจนที่ 15 นาที จะการค่าเปอร์เซ็นต์สูญเสียมวลมากที่สุดและความดันในการอัดเม็ดที่ 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศอากาศ 15 นาที มีค่าการสูญเสียมวลมากที่สุด ส่วนของความดันในการอัดเม็ดที่ 300 350 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศไนโตรเจนและอากาศที่ 20 25 นาที มีความแตกต่างเล็กน้อย

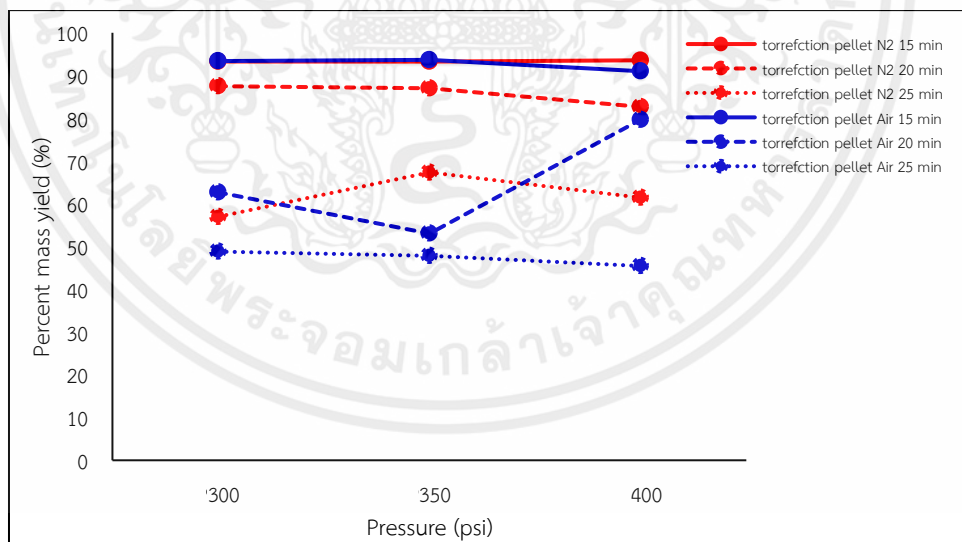
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เเปอร์เซ็นต์การสูญเสียมวลของการทอร์รีไฟด์ด้วยชี้เลี้ยงยงพาราที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด

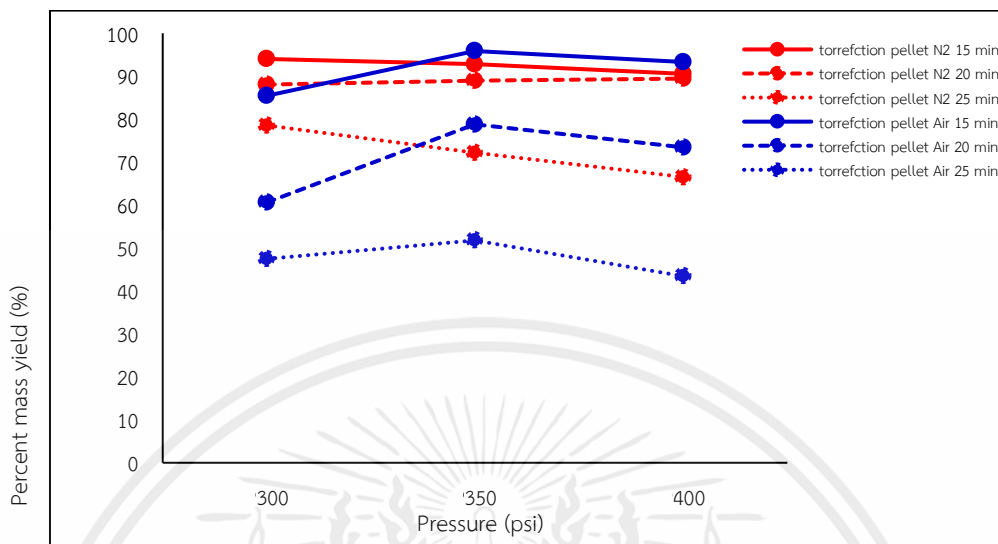
5. เเปอร์เซ็นต์การสูญเสียมวลของการทอร์รีไฟด์ด้วยชี้เลี้ยงยงพาราที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียมวลของการทอร์รีไฟต์ด้วยซีลี้อย่างพาราที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด

จากรูป 4.11 กราฟเส้นสีแดงจะเป็นการทอร์รีไฟต์ด้วยบรรยากาศไนโตรเจนที่เวลา 15 20 25 นาที และกราฟเส้นสีน้ำเงินเป็นการทอร์รีไฟต์ด้วยบรรยากาศอากาศที่เวลา 15 20 25 นาที จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียมวลซีลี้อย่างพาราที่อุณหภูมิในการอัดเม็ดที่ 100 องศาเซลเซียส ในที่ความดันในการอัดเม็ดที่ 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศไนโตรเจนที่ 15 นาที จะการค่าเปอร์เซ็นต์สูญเสียมวลมากที่สุดและความดันในการอัดเม็ดที่ 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศอากาศ 15 นาที มีค่าการสูญเสียมวลมากที่สุด ส่วนของความดันในการอัดเม็ดที่ 300 350 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศไนโตรเจนและอากาศที่ 20 25 นาที มีความแตกต่างกันเล็กน้อย

จากรูป 4.12 กราฟเส้นสีแดงจะเป็นการทอร์รีไฟต์ด้วยบรรยากาศไนโตรเจนที่เวลา 15 20 25 นาที และกราฟเส้นสีน้ำเงินเป็นการทอร์รีไฟต์ด้วยบรรยากาศอากาศที่เวลา 15 20 25 นาที จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียมวลโดย่างพาราที่อุณหภูมิในการอัดเม็ดที่ 110 องศาเซลเซียส ในที่ความดันในการอัดเม็ดที่ 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศไนโตรเจนที่ 15 นาที จะการค่าเปอร์เซ็นต์สูญเสียมวลมากที่สุดและความดันในการอัดเม็ดที่ 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศอากาศ 15 นาที มีค่าการสูญเสียมวลมากที่สุด ส่วนของความดันในการอัดเม็ดที่ 300 350 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศไนโตรเจนและอากาศที่ 20 25 นาที มีความแตกต่างกันเล็กน้อย

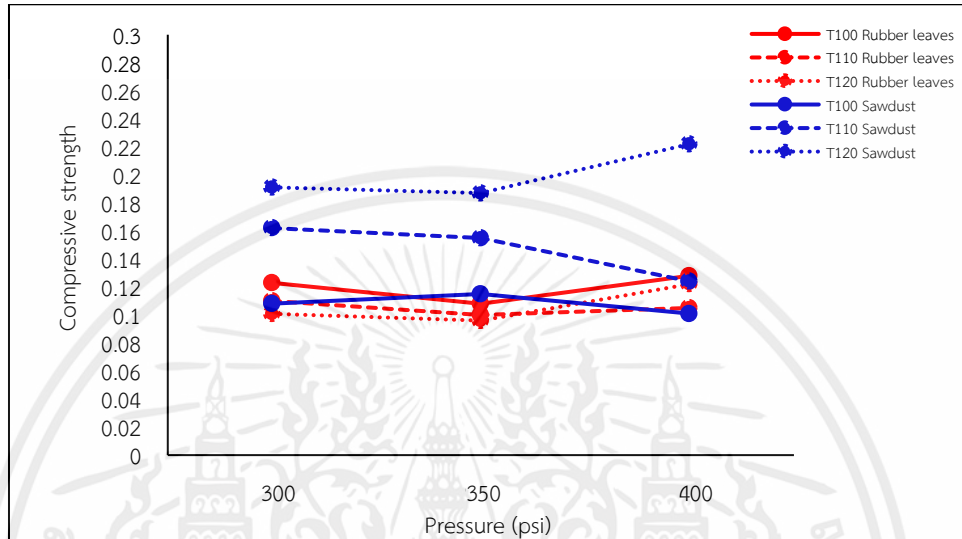
จากรูป 4.13 กราฟเส้นสีแดงจะเป็นการทอร์รีไฟต์ด้วยบรรยากาศไนโตรเจนที่เวลา 15 20 25 นาที และกราฟเส้นสีน้ำเงินเป็นการทอร์รีไฟต์ด้วยบรรยากาศอากาศที่เวลา 15 20 25 นาที จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียมวลโดย่างพาราที่อุณหภูมิในการอัดเม็ดที่ 120 องศาเซลเซียส ในที่ความดันในการอัดเม็ดที่ 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศไนโตรเจนที่ 15 นาที จะการค่าเปอร์เซ็นต์สูญเสียมวลมากที่สุดและความดันในการอัดเม็ดที่ 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศอากาศ 15 นาที มีค่าการสูญเสียมวลมากที่สุด ส่วนของความดันในการอัดเม็ดที่ 300 350 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศไนโตรเจนและอากาศที่ 20 25 นาที ความแตกต่างกันเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ค่าความต้านทานแรงกดอัด

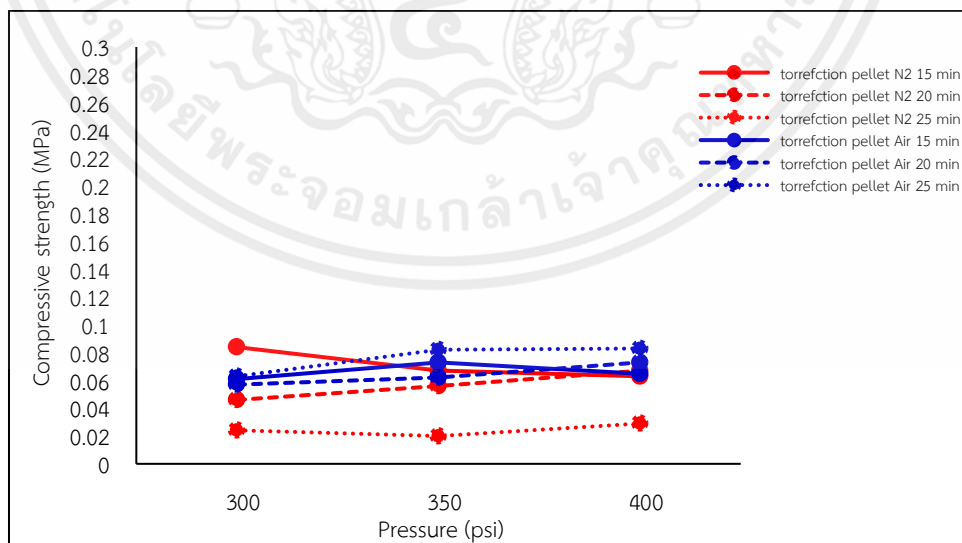
ค่าความแรงต้านทาน คือค่าความสามารถของเม็ดชีวมวลที่รับแรงกดในแนวตั้ง ซึ่งอุณหภูมิของเม็ดชีวมวลและความดันจะมีผลต่อความต้านทานแรงกดอัด แสดงดังรูปที่ 4.14 - 4.21

ค่าความต้านทานแรงกดอัดก่อนทอร์รีไฟต์ไบอยางพาราและซีลี้อย่างพาราอุณหภูมิในการอัดเม็ดที่ 100 110 120 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานแรงกดอัดเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด

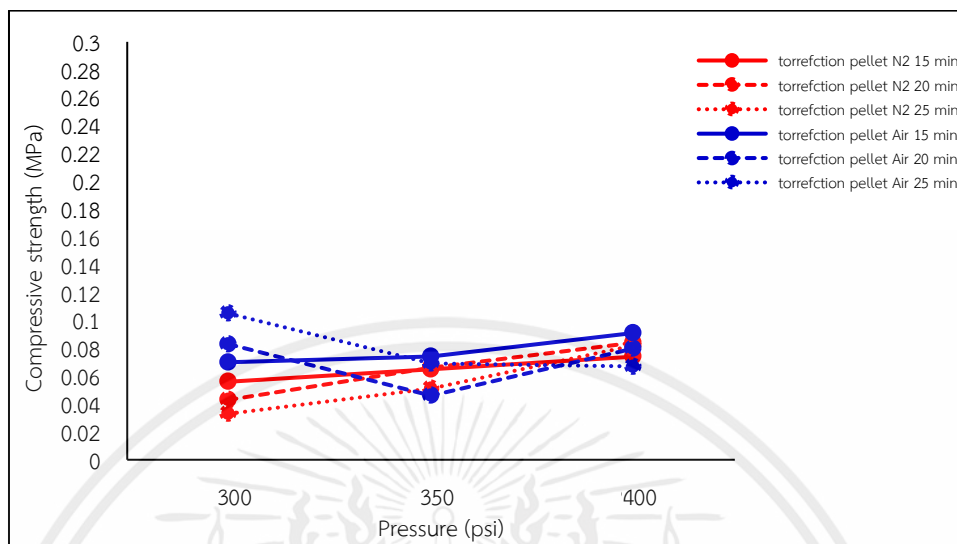
1. ค่าความต้านทานแรงกดอัดหลังทอร์รีไฟต์ไบอยางพาราอุณหภูมิในการอัดเม็ดที่ 100 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานแรงกดอัดเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ค่าความต้านทานแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์ไบบางพาราอุณหภูมิในการอัดเม็ด 110 องศาเซลเซียส



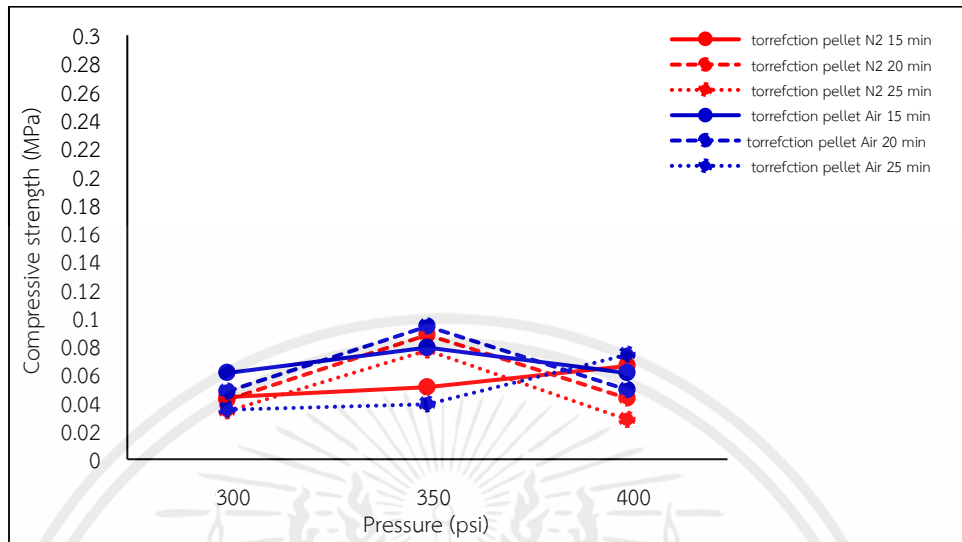
รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานแรงกดอัดเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด

จากรูป 4.14 จะเห็นได้ว่าค่าความต้านทานแรงกดอัดของไบบางพาราและซีลี้อย่างพารา ทั้ง 3 อุณหภูมิของการอัดเม็ดที่ 100 110 120 องศาเซลเซียส กราฟเส้นสีแดงแทนด้วยไบบางพารา กราฟเส้นสีน้ำเงินแทนด้วยซีลี้อย่างพารา จะเห็นว่าค่าต้านทานแรงกดอัดของซีลี้อย่างพาราที่อุณหภูมิในการอัดเม็ดที่ 120 องศาเซลเซียสที่ความดันในการอัดเม็ด 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว มีค่าต้านทานแรงกดอัดมากที่สุด ส่วนของไบบางพาราที่อุณหภูมิเม็ด 100 องศาเซลเซียส มีค่าต้านทานแรงกดอัดมากที่สุดของอุณหภูมิเม็ดชีวมวลของไบบางและซีลี้อย่างพาราที่อุณหภูมิ 100 110 120 องศาเซลเซียส ที่ความดันในการอัดเม็ด 300 350 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เกาะกลุ่มไม่ต่างกันมาก

จากรูป 4.15 จะเห็นได้ว่าค่าความต้านทานแรงกดอัดไบบางพาราที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ในที่ความดันที่ 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศไนโตรเจนที่ 15 นาที มองจากกราฟเส้นสีแดง จะการค่าความต้านทานแรงกดอัดมากที่สุดและความดันในการอัดเม็ดที่ 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศอากาศ 25 นาที มองจากกราฟเส้นสีน้ำเงิน มีค่าความต้านทานแรงกดมากที่สุด ส่วนของความดันในการอัดเม็ด 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศไนโตรเจนที่ 25 มีค่าต้านทานแรงกดน้อยที่สุด และความดันในการอัดเม็ดที่ 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของอากาศที่ 20 มีค่าน้อยที่สุด

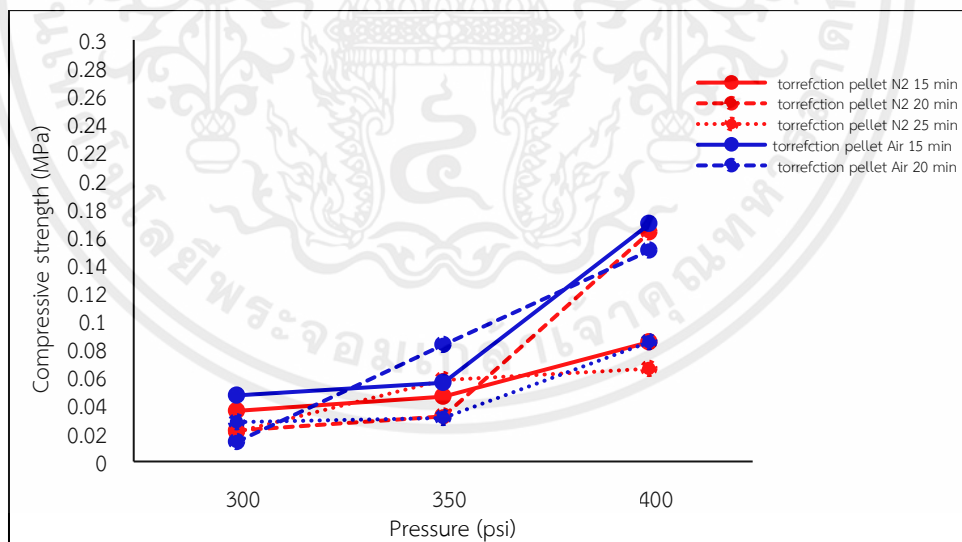
จากรูป 4.16 จะเห็นได้ว่าค่าความต้านทานแรงกดอัดไบบางพาราที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ในที่ความดันที่ในการอัดเม็ด 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศไนโตรเจนที่ 20 นาที มองจากกราฟเส้นสีแดงจะค่าความต้านทานแรงกดมากที่สุดและความดันที่ในการอัดเม็ด 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของอากาศ 25 นาที มองจากกราฟเส้นสีน้ำเงิน มีค่าความต้านทานแรงกดมากที่สุด ส่วนของความดันในการอัดเม็ด 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของบรรยากาศไนโตรเจนที่ 25 มีค่าต้านทานแรงกดน้อยที่สุด และความดันในการอัดเม็ดที่ 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของอากาศที่ 20 มีค่าน้อยที่สุด

3. ค่าความต้านทานแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์ไบอยางพาราอุณหภูมิในการอัดเม็ด 120 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานแรงกดอัดเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด

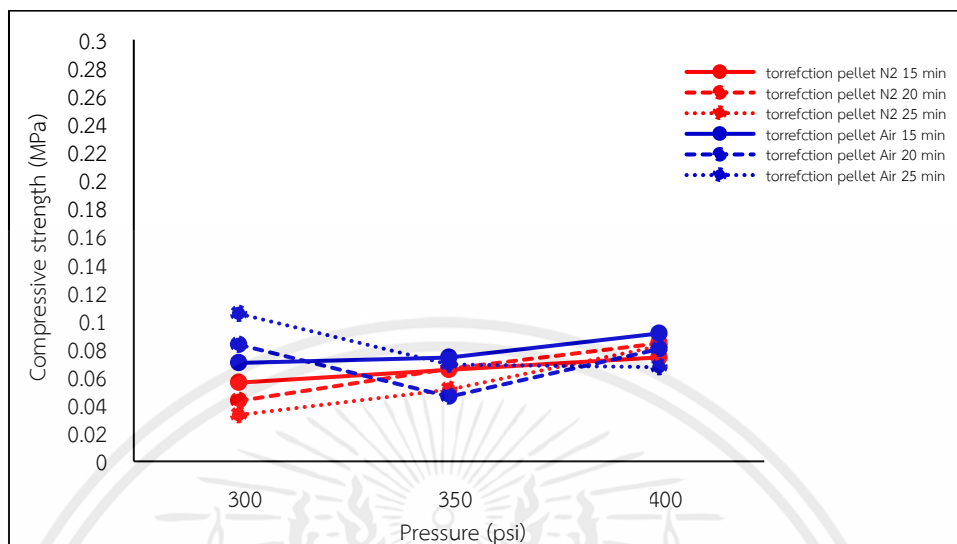
4. ค่าความต้านทานแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์ไบ้อย่างพาราอุณหภูมิในการอัดเม็ดที่ 100 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานแรงกดอัดเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ค่าความต้านทานแรงกดอัดหลังทอร์รีไฟต์ซีลี้อย่างพาราอุณหภูมิจนในการอัดเม็ดที่ 110 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานแรงกดอัดเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด

จากรูป 4.17 จะเห็นได้ว่าค่าความต้านทานแรงกดอัดโดย่างพาราอุณหภูมิจน 120 องศาเซลเซียส ในที่ความดันที่ 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของไนโตรเจนที่ 20 นาทีให้มองจากกราฟเส้นสีแดง จะการค่าความต้านทานแรงกดมากที่สุดและความดันที่ 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของอากาศ 20 นาทีให้มองจากกราฟเส้นสีน้ำเงิน มีค่าความต้านทานแรงกดมากที่สุด ส่วนของความดัน 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของไนโตรเจนที่ 15 นาที มีค่าต้านทานแรงกดน้อยที่สุด และความดันที่ 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของอากาศที่ 20 มีค่าน้อยที่สุด ไนโตรเจน 20 25 นาที ค่าความต้านทานแรงกดมาก อากาศ 20 นาที ค่าความต้านทานแรงกดมาก

จากรูป 4.18 จะเห็นความต้านแรงกดอัดเม็ดของซีลี้อย่างพาราอุณหภูมิจน 100 องศาเซลเซียสกราฟเส้นสีแดงแทนด้วยบรรยากาศไนโตรเจนค่าต้านทานแรงกดอัดจากความดันในการอัดเม็ด 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเกาะกลุ่มกันไม่ต่างกันมาก ความดันที่ในการอัดเม็ดที่ 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เกาะกลุ่มกัน ความดันในการอัดเม็ดที่ 400 ของ 20 นาที มีค่าสูงกว่า 15 นาที และ 25 นาที มีค่าต้านทานแรงกดต่ำสุด

กราฟเส้นน้ำเงินแทนด้วยอากาศค่าต้านแรงกดอัดจากความดันในการอัดเม็ด 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เวลา 20 25 นาที จะค่าต้านแรงกดอัดเกาะกลุ่มกันส่วน 15 นาที จะมีค่าต้านแรงกดอัดมากที่สุด ความดันในการอัดเม็ดที่ 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เวลา 20 25 นาที จะมีค่าต้านแรงกดอัดห่างกันไม่เยอะส่วน 15 นาที จะมีค่าแรงต้านแรงกดอัดเยอะที่สุดในความดันในการอัดเม็ด 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเวลา 20 นาที จะมีค่าต้านแรงกดอัดเยอะที่สุดรองลงมาเวลา 20 นาที และมีค่าน้อยที่สุดเวลา 25 นาที

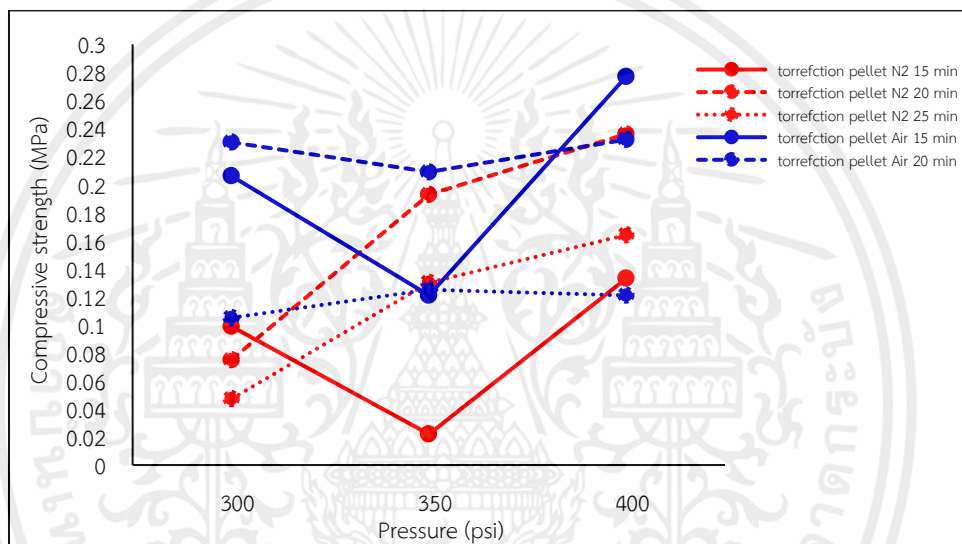
จากรูป 4.19 จะเห็นความต้านแรงกดอัดเม็ดของซีลี้อย่างพาราอุณหภูมิจน 110 องศาเซลเซียส กราฟเส้นสีแดงแทนด้วยบรรยากาศไนโตรเจนค่าต้านทานแรงกดอัดจากความดันในการอัดเม็ดที่ 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเกาะกลุ่มกันไม่ต่างกันมาก ความดันที่ในการอัดเม็ดที่ 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเกาะกลุ่มกันไม่ต่างกันมาก ความดันที่ในการอัดเม็ดที่ 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้วของอากาศ 20 นาทีให้มองจากกราฟเส้นสีน้ำเงิน มีค่าความต้านทานแรงกดมากที่สุด ส่วนของความดัน 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของไนโตรเจนที่ 15 นาที มีค่าต้านทานแรงกดน้อยที่สุด และความดันที่ 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของอากาศที่ 20 มีค่าน้อยที่สุด ไนโตรเจน 20 25 นาที ค่าความต้านทานแรงกดมาก อากาศ 20 นาที ค่าความต้านทานแรงกดมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อตารางนิ้ว เกาะกลุ่มกัน ความดันที่ในการอัดเม็ดที่ 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ของเวลาที่ 25 นาที มีค่าสูงกว่าที่เวลา 15 นาที และ 25 นาทีมีค่าต้านทานแรงกดต่ำสุด

กราฟเส้นน้ำเงินแทนด้วยอากาศค่าต้านแรงกดอัดจากความดันในการอัดเม็ดที่ 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เวลาที่ 20 25 นาที จะค่าต้านแรงกดอัดเกาะกลุ่มกันส่วนเวลาที่ 15 นาทีจะมีค่าต้านแรงกดอัดมากที่สุด ความดันที่ในการอัดเม็ด 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เวลาที่ 15 20 นาที จะมีค่าต้านแรงกดอัดต่างกันไม่เยอะมากส่วนเวลาที่ 25 นาที จะมีค่าแรงต้านแรงกดอัดเยอะที่สุดในความดันในการอัดเม็ด 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้วที่เวลา 20 นาที จะมีค่าต้านแรงกดอัดเยอะที่สุดรองลงมาที่เวลา 25 นาที และมีค่าน้อยที่สุดที่เวลา 15 นาที

6. ค่าความต้านทานแรงกดอัดหลังทอร์รี่ไฟด์ซีลี้อย่างพาราอุณหภูมิจากการอัดเม็ดที่ 120 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานแรงกดอัดเม็ดชีวมวลกับความดันในการอัดเม็ด

จากรูป 4.20 จะเห็นความต้านแรงกดอัดเม็ดของซีลี้อย่างพาราอุณหภูมิจากการอัดเม็ด 120 องศาเซลเซียส กราฟเส้นแดงแทนด้วยบรรยากาศไนโตรเจนค่าต้านแรงกดอัดจากความดันในการอัดเม็ด 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเกาะกลุ่มกันไม่ต่างกันมาก ความดันในการอัดเม็ดที่ 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เวลาที่ 25 นาที มีค่าต้านแรงกดอัดสูงสุด รองลงมาที่เวลา 20 นาที และเวลาที่ 15 นาที ค่าต้านแรงกดอัดต่ำสุดที่ ความดันในการอัดเม็ดที่ 400 ของเวลา 20 นาที มีค่าสูงกว่าเวลา 25 และเวลา 15 นาที มีค่าต้านทานแรงกดต่ำสุด

กราฟเส้นสีน้ำเงินแทนด้วยอากาศค่าต้านแรงกดอัดจากความดันในการอัดเม็ดที่ 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เวลา 15 20 นาที จะค่าต้านแรงกดอัดเกาะกลุ่มสูงมากส่วน 25 นาที จะมีค่าต้านแรงกดอัดต่ำสุด ความดันในการอัดเม็ดที่ 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เวลา 15 25 นาที จะมีค่าต้านแรงกดอัดต่างกันไม่เยอะมากส่วนเวลาที่ 20 นาที จะมีค่าแรงต้านแรงกดอัดเยอะที่สุดในความดันในการอัดเม็ดที่ 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเวลา 20 นาที จะมีค่าต้านแรงกดอัดเยอะที่สุดรองลงมาที่เวลา 15 นาที และมีค่าน้อยที่สุดในเวลา 25 นาที

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองนำเม็ดชีวมวลมาทอรีแฟคชั่นในอุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียสที่เวลา 15 20 25 นาที ทั้งในบรรยากาศอากาศและไนโตรเจนโดยความดันในการอัดเม็ดที่ 300 350 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ใช้อุณหภูมิ 100 110 120 องศาเซลเซียส ทั้งซีลี้อย่างพาราและไบยางพารา

1. ในการทดลองการทอรีแฟคชั่นเม็ดชีวมวลซีลี้อย่างพาราและไบยางพาราด้วยความดันที่ใช้ในการอัดเม็ด 350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิในการอัดเม็ด 100 องศาเซลเซียส โดยใช้ไนโตรเจนในทุกช่วงเวลา 15 20 25 นาที ปรากฏว่าค่าความหนาแน่นและเม็ด เปอร์เซ็นต์การสูญเสียมวล ที่มากกว่าการทอรีแฟคชั่นในอากาศ

2. ถ้าหากเม็ดชีวมวลอัดเม็ดด้วยอุณหภูมิที่สูงความหนาแน่นและ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียมวล จะลดน้อยลงตามอุณหภูมิในการอัดเม็ดชีวมวลที่เพิ่มมากขึ้น

3. ค่าความต้านทานแรงกดอัดของไบยางพาราและซีลี้อย่างพาราอัดเม็ดที่ทอรีแฟคชั่นที่อุณหภูมิของเม็ด 100 110 120 องศาเซลเซียส การทอรีแฟคชั่นของอากาศจะมีค่าต้านทานแรงกดอัดสูงกว่าไนโตรเจน

จากการทอรีแฟคชั่นไนโตรเจนกับอากาศจะมีความแตกต่างคุณสมบัติทางกายภาพเล็กน้อย หากมีต้นทุนน้อยสามารถเลือกการทอรีแฟคชั่นด้วยอากาศได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรปรับปรุงฐานยึดแม่พิมพ์โดยเปลี่ยนน็อตยึดแม่พิมพ์ใหม่
2. ควรปรับปรุงแผ่นรับเม็ดชีวมวลใหม่ให้สามารถดึงออกได้ง่าย
3. ควรตากซีลี้อย่างพาราให้แห้งสนิทก่อนนำไปอัดเพื่อไม่ให้มีความชื้นในซีลี้อย่างพาราจะอัดไม่ติดเป็นเม็ด
4. ควรมีเครื่องวัดความร้อนที่แม่พิมพ์เพื่อให้ความร้อนตรงกับ Heater ทำความร้อน
5. ควรนำเม็ดชีวมวลออกจากเตาปฏิกรณ์ทอรีไฟด์ตามเวลา
6. ควรทำฝาเตาปฏิกรณ์ให้สนิทเพื่อให้ควันไหลออกมา
7. เมื่อนำมวลออกจากเตาปฏิกรณ์ควรนำมวลมาใส่ภาชนะให้มิดชิดเพื่อไม่ให้ไฟลุกไหม้ชีวมวล

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.ปี 2560 พลังงานทดแทนแผนพัฒนาเศรษฐกิจ. และสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 หน้า 1-3
แหล่งที่เข้าถึง : <https://webkc.dede.go.th/testmax/node/4171>
- [2] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.ปี 2552 กรมพัฒนาและอนุรักษ์พลังงาน. พลังงานชีวมวลหมายถึงพลังงานที่ได้มาจากชีวมวลโดยอาศัยกระบวนการที่ทำให้เกิดการแตกตัวของอินทรีย์สารที่อยู่ในชีวมวลและผลิตพลังงานออกมา 12 หน้า 2-4
แหล่งที่เข้าถึง : http://berc.dede.go.th/?page_id=3981
- [3] (พลังงานชีวภาพ/ชีวมวล, 2564) การผลิตพลังงานทางเลือก.เหล่านี้จะช่วยสร้างมูลค่าจากของเสีย และเป็นการสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรและชุมชน หน้า 1-3
แหล่งที่เข้าถึง : <https://www.uac.co.th/th/knowledge-sharing/340/biomass-energy>
- [4] ประเภทและศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย (2550) กระทรวงพลังงาน.ได้ประเมินศักยภาพของชีวมวลในประเทศไทยที่สามารถใช้ในการผลิตไฟฟ้าอยู่ที่ประมาณ 3,000 MW หน้า 1-3
แหล่งที่เข้าถึง : <https://webkc.dede.go.th/testmax/node/2450>
- [5] (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. 2560) การผลิตชีวมวลในประเทศไทยประเทศไทย.เป็นประเทศเกษตรกรรมมีผลผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก เช่น ข้าวน้ำตาลทราย พารา น้ำมันปาล์ม และมันสำปะหลัง เป็นต้น หน้า 1-4
แหล่งที่เข้าถึง : <https://www.eppo.go.th/index.php/th/>
- [6] P.Brachi et al. ค.ศ.2019 **Powder Technology**. (abstract) Synchronized torrefaction and pelleting (STP) was developed as a laboratory scale process to produce torrefied pellets with a single biomass material loading. Two fuel upgrading actions (torrefaction and pelleting) happened simultaneously with the assistance of ultrasonic vibration. It was found that STP elevated biomass temperature to above 200 C page 1
- [7] พรพนิต และคณะ ในปี พ.ศ. 2564 เป็นการศึกษาเศษเหลือทิ้งจากมังคุดไปผ่านกระบวนการทอร์รีแฟคชัน. หรือการทอร์รีไฟด์ เพื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงแข็งในเตาระดับครัวเรือน โดยทำการศึกษาอิทธิพลของขนาดเศษเหลือจากมังคุด อุณหภูมิและเวลาในการทอร์รีไฟด์ หน้า 7
- [8] พัชรี อินธนู และคณะ ในปี พ.ศ. 2565 ผลของอุณหภูมิคาร์บอนไนซ์ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและทางความร้อนของเชื้อเพลิงแท่งจากกากปาล์มสาकुที่มีกลีเซอรินเป็นตัวเชื่อมประสาน.งานวิจัยนี้ศึกษาผลของอุณหภูมิคาร์บอนไนซ์ในช่วง 300 - 500 องศาเซลเซียส (°C) และปริมาณกลีเซอรินในอัตราส่วนระหว่างร้อยละ 0 20 40 และ 60 หน้า 25
- [9] วรวัฒน์ สมประสงค์ ในปี พ.ศ. 2556 การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาศักยภาพของเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. เพื่อเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ด ชีวมวลที่ใช้ในการศึกษา คือ เปลือกหมาก เปลือกมะพร้าว ใบสับปะรด หน้า 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [10] biomass-energy2564.พลังงานชีวภาพ/ชีวมวล แหล่งที่เข้าถึง
<https://www.uac.co.th/th/knowledge-sharing/340/biomass-energy>
- [11] วิกิพีเดียสารานุกรมเสรี2017. ชี้อย่างพาราและประวัติยงพารา แหล่งที่เข้าถึง
<http://botanykuszone1.weebly.com/3618363435913614363436193634.html>
- [12] Panida Thepkhun (Ph.D.), Researcher Thailand Institute of Scientific and Technological Research 2020. การปรับปรุงคุณภาพเชื้อเพลิงชีวมวลด้วยกระบวนการทอริแฟคชัน แหล่งที่เข้าถึง
<https://megatechthailand.com/saving-conservation-energy>
- [13] มาตรฐาน ASTM D3172 2014. แหล่งที่เข้าถึง
 Chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://lib3.dss.go.th/fulltext/Vichakran/vichakran_la_0003.pdf
- [14] วิกิพีเดียสารานุกรมเสรี 2565. ลิกนิน แหล่งที่เข้าถึง
<https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%81%E0%B8%99%E0%B8%B4%E0%B8%99>



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ ก.1 จัดหาชีวมวล

(ก) ไยยางพารา (ข) ชีลื้อยยางกาพารา



(ก)



(ข)

รูปที่ ก.2 ทำการบดชีวมวล

(ก) ไยยางพารา (ข) ชีลื้อยยางกาพารา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ ก.3 ทำการชั่งชีวมวล
(ก) ไบโอยางพารา (ข) ซีลี้อยางกาพารา



(ก)



(ข)

รูปที่ ก.4 นำชีวมวลที่ชั่งไปใส่ถุง
(ก) ไบโอยางพารา (ข) ซีลี้อยางกาพารา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.5 ทำการอัดเม็ดใบยาพารากับซีลี้อย่างพารา



(ก)



(ข)

รูปที่ ก.6 นำเม็ดซีมวลที่ได้ไปชั่งน้ำหนัก
(ก) ใบยาพารา (ข) ซีลี้อย่างกาพารา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ ก.7 นำเม็ดซิมาวัดไปวัดความยาว

(ก) ไຍ่างพารา (ข) ซีเล็อย่างกาพารา



(ก)



(ข)

รูปที่ ก.8 นำเม็ดซิมาวัดไปวัดความกว้าง

(ก) ไຍ่างพารา (ข) ซีเล็อย่างกาพารา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ ก.9 นำเม็ดซิมวลไปทอรีไฟต์
(ก) ไยยางพารา (ข) ซีลื้อยงกาพารา



(ก)



(ข)

รูปที่ ก.10 นำเม็ดซิมวลที่ได้จากการทอรีไฟร์ไปชั่งน้ำหนัก
(ก) ไยยางพารา (ข) ซีลื้อยงกาพารา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ ก.11 นำเม็ดซิมวลที่ได้จากทอรีไฟต์วัดความยาว
(ก) ไยยางพารา (ข) ซี้เลื้อยยางกาพารา



(ก)



(ข)

รูปที่ ก.12 นำเม็ดซิมวลที่ได้จากทอรีไฟต์วัดความกว้าง
(ก) ไยยางพารา (ข) ซี้เลื้อยยางกาพารา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.13 การหาค่าความต้านทานแรงกด




(ก)

(ข)

รูปที่ ก.14 การเปรียบเทียบกายภาพเม็ดชีวมวล
(ก) ไยยางพารา (ข) ซีลี้อย่างกาพารา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข
ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความหนาแน่น

ก่อนเผา

ตารางที่ ข.1 ไบยางก่อนเผาอากาศ 15 นาที

ไบยางพารา อากาศ 15 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าความหนาแน่น kg/m ³
P300	T100	1102	1098	1100	1100
P300	T110	1120	1034	1077	1077
P300	T120	1092	1262	1177	1177
P350	T100	1134	1092	1113	1113
P350	T110	1138	1149	1144	1144
P350	T120	1186	1118	1152	1152
P400	T100	1290	1933	1612	1612
P400	T110	1225	1079	1152	1152
P400	T120	1122	1153	1138	1138

ตารางที่ ข.2 ไบยางก่อนเผาอากาศ 20 นาที

ไบยางพารา อากาศ 20 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าความหนาแน่น kg/m ³
P300	T100	1150	1061	1106	1106
P300	T110	1025	1108	1067	1067
P300	T120	1050	1012	1031	1031
P350	T100	1150	1076	1113	1113
P350	T110	1138	1071	1105	1105
P350	T120	1099	1107	1103	1103
P400	T100	1139	1125	1132	1132
P400	T110	1192	1101	1147	1147
P400	T120	1180	1140	1160	1160

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 ไบยางก่อนเผาอากาศ 25 นาที

ไบยางพารา อากาศ 25 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าความหนาแน่น kg/m ³
P300	T100	1099	1098	1099	1099
P300	T110	1091	1070	1081	1081
P300	T120	1116	1144	1130	1130
P350	T100	1165	1016	1091	1091
P350	T110	1189	1160	1175	1175
P350	T120	1104	1119	1112	1112
P400	T100	1129	1133	1131	1131
P400	T110	1143	1152	1148	1148
P400	T120	1180	1167	1174	1174

ตารางที่ ข.4 ไบยางก่อนเผาไนโตรเจน 15 นาที

ไบยางพารา ไนโตรเจน 15 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและอุณหภูมิ การอัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าความหนาแน่น kg/m ³
P300	T100	1134	1060	1097	1097
P300	T110	1136	1053	1095	1095
P300	T120	1032	1143	1088	1088
P350	T100	1162	1116	1139	1139
P350	T110	1156	1119	1138	1138
P350	T120	1087	983	1035	1035
P400	T100	1165	1116	1141	1141
P400	T110	1158	1213	1186	1186
P400	T120	1128	1142	1135	1135

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.5 ไบยางก่อนเผาไนโตรเจน 20 นาที

ไบยางพารา ไนโตรเจน 20 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและอุณหภูมิ การอัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าความหนาแน่น kg/m ³
P300	T100	1120	1124	1122	1122
P300	T110	1132	1050	1091	1091
P300	T120	987	1160	1074	1074
P350	T100	1134	1079	1107	1107
P350	T110	1155	1144	1150	1150
P350	T120	1122	1179	1151	1151
P400	T100	1145	1118	1132	1132
P400	T110	1251	1213	1232	1232
P400	T120	1130	1103	1117	1117

ตารางที่ ข.6 ไบยางก่อนเผาไนโตรเจน 25 นาที

ไบยางพารา ไนโตรเจน 25 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและอุณหภูมิ การอัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าความหนาแน่น kg/m ³
P300	T100	1078	1061	1070	1070
P300	T110	1152	1071	1112	1112
P300	T120	1235	1262	1249	1249
P350	T100	1134	1118	1126	1126
P350	T110	1142	1076	1109	1109
P350	T120	1173	1117	1145	1145
P400	T100	1177	1133	1155	1155
P400	T110	1141	1128	1135	1135
P400	T120	1173	1078	1126	1126

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.7 ซี้ล้อยก่อนเผาอากาศ 15 นาที

ซี้ล้อย่างพารา อากาศ 15 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าความหนาแน่น kg/m ³
P300	T100	1047	970	1009	1009
P300	T110	1075	1023	1049	1049
P300	T120	1045	1077	1061	1061
P350	T100	1072	1072	1072	1072
P350	T110	1062	1071	1067	1067
P350	T120	1072	1058	1065	1065
P400	T100	1032	1019	1026	1026
P400	T110	1090	1064	1077	1077
P400	T120	1118	1088	1103	1103

ตารางที่ ข.8 ซี้ล้อยก่อนเผาอากาศ 20 นาที

ซี้ล้อย่างพารา อากาศ 20 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าความหนาแน่น kg/m ³
P300	T100	1006	1022	1014	1014
P300	T110	1029	1018	1024	1024
P300	T120	1066	1286	1176	1176
P350	T100	1027	1068	1048	1048
P350	T110	1062	1006	1034	1034
P350	T120	1078	1087	1083	1083
P400	T100	1004	1032	1018	1018
P400	T110	1100	1080	1090	1090
P400	T120	1073	1058	1069	1069

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.9 ซี้ล้อยก่อนเผาอากาศ 25 นาที

ซี้ล้อย่างพารา อากาศ 25 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าความหนาแน่น kg/m ³
P300	T100	1031	981	1006	1006
P300	T110	1023	972	998	998
P300	T120	1028	1029	1029	1029
P350	T100	1019	1002	1011	1011
P350	T110	1038	1052	1045	1045
P350	T120	1102	1070	1086	1086
P400	T100	1047	1064	1056	1056
P400	T110	1051	1050	1051	1051
P400	T120	1089	1057	1073	1073

ตารางที่ ข.10 ซี้ล้อยก่อนเผาไนโตรเจน 15 นาที

ซี้ล้อยพารา ไนโตรเจน 15 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าความหนาแน่น kg/m ³
P300	T100	1008	1043	1026	1026
P300	T110	1004	1004	1004	1004
P300	T120	1034	1043	1039	1039
P350	T100	1023	1050	1037	1037
P350	T110	1057	1062	1060	1060
P350	T120	1008	1081	1045	1045
P400	T100	918	1071	995	995
P400	T110	1086	1085	1086	1086
P400	T120	1089	1059	1072	1073

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.11 ซึ่ล้อยก่อนเผาไนโตรเจน 20 นาที

ซึ่ล้อยพารา ไนโตรเจน 20 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าความหนาแน่น kg/m ³
P300	T100	1006	1018	1012	1012
P300	T110	1032	962	997	997
P300	T120	1176	1067	1122	1122
P350	T100	1072	1039	1056	1056
P350	T110	1050	1067	1059	1059
P350	T120	1074	1085	1080	1080
P400	T100	1040	1075	1058	1058
P400	T110	918	1050	984	984
P400	T120	1082	1063	1073	1073

ตารางที่ ข.12 ซึ่ล้อยก่อนเผาไนโตรเจน 25 นาที

ซึ่ล้อยพารา ไนโตรเจน 25 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ค่าความหนาแน่น kg/m ³
P300	T100	1088	1008	1048	1048
P300	T110	1045	1008	1027	1027
P300	T120	1250	975	1113	1113
P350	T100	1041	1062	1052	1052
P350	T110	1042	1056	1049	1049
P350	T120	1099	1072	1086	1086
P400	T100	1043	940	992	992
P400	T110	1260	1073	1167	1167
P400	T120	1138	1104	1221	1221

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังเผา

ตารางที่ ข.13 ไบยางหลังทอรีไฟต์อากาศ 15 นาที

ไบยางพารา อากาศ 15 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าความหนาแน่น kg/m ³
P300	T100	869	968	919	919
P300	T110	953	887	920	920
P300	T120	897	1112	1005	1005
P350	T100	947	911	929	929
P350	T110	997	948	973	973
P350	T120	986	920	953	953
P400	T100	917	988	953	953
P400	T110	1014	956	985	985
P400	T120	942	914	928	928

ตารางที่ ข.14 ไบยางหลังทอรีไฟต์อากาศ 20 นาที

ไบยางพารา อากาศ 20 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าความหนาแน่น kg/m ³
P300	T100	777	606	692	692
P300	T110	792	787	790	790
P300	T120	687	1113	900	900
P350	T100	717	798	758	758
P350	T110	712	858	785	785
P350	T120	816	721	769	769
P400	T100	757	696	727	727
P400	T110	893	704	799	799
P400	T120	813	771	792	792

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.15 ไบยางหลังทอรีไฟด์อากาศ 25 นาที

ไบยางพารา อากาศ 25 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าความหนาแน่น kg/m ³
P300	T100	719	877	798	798
P300	T110	734	679	707	707
P300	T120	752	759	756	756
P350	T100	814	778	796	796
P350	T110	800	819	810	810
P350	T120	729	677	703	703
P400	T100	771	799	785	785
P400	T110	750	780	765	765
P400	T120	675	728	702	702

ตารางที่ ข.16 ไบยางหลังทอรีไฟด์ไนโตรเจน 15 นาที

ไบยางพารา ไนโตรเจน 15 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและอุณหภูมิ การอัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าความหนาแน่น kg/m ³
P300	T100	859	846	853	853
P300	T110	978	877	928	928
P300	T120	969	964	966.5	966.5
P350	T100	989	1043	1016	1016
P350	T110	945	1075	1010	1010
P350	T120	634	1068	851	851
P400	T100	1013	980	997	997
P400	T110	944	1056	1000	1000
P400	T120	759	941	850	850

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.17 ไบยางหลังทอรีไฟต์ไนโตรเจน 20 นาที่

ไบยางพารา ไนโตรเจน 20 นาที่ ความดันในการ อัดเม็ดและอุณหภูมิ การอัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าความหนาแน่น kg/m ³
P300	T100	756	759	758	758
P300	T110	714	753	734	734
P300	T120	657	905	781	781
P350	T100	733	823	778	778
P350	T110	783	800	792	792
P350	T120	732	990	861	861
P400	T100	809	932	871	871
P400	T110	857	879	868	868
P400	T120	777	932	855	855

ตารางที่ ข.18 ไบยางหลังทอรีไฟต์ไนโตรเจน 25 นาที่

ไบยางพารา ไนโตรเจน 25 นาที่ ความดันในการ อัดเม็ดและอุณหภูมิ การอัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าความหนาแน่น kg/m ³
P300	T100	682	700	691	691
P300	T110	663	786	725	725
P300	T120	753	1058	906	906
P350	T100	997	830	914	914
P350	T110	707	812	760	760
P350	T120	769	841	805	805
P400	T100	629	806	718	718
P400	T110	817	837	827	827
P400	T120	872	773	823	823

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.19 ซี้เลื่อยหลังทอรีไฟด์อากาศ 15 นาที

ซี้เลื่อยยาวพารา อากาศ 15 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าความหนาแน่น kg/m ³
P300	T100	925	720	823	823
P300	T110	952	887	920	920
P300	T120	899	937	918	918
P350	T100	1006	962	984	984
P350	T110	918	930	924	924
P350	T120	960	961	961	961
P400	T100	906	899	902.5	902.5
P400	T110	944	963	954	954
P400	T120	995	978	987	987

ตารางที่ ข.20 ซี้เลื่อยหลังทอรีไฟด์อากาศ 20 นาที

ซี้เลื่อยยาวพารา อากาศ 20 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าความหนาแน่น kg/m ³
P300	T100	663	714	689	689
P300	T110	789	703	746	746
P300	T120	939	868	904	904
P350	T100	808	1068	938	938
P350	T110	748	507	628	628
P350	T120	709	892	801	801
P400	T100	798	880	839	839
P400	T110	909	872	891	891
P400	T120	915	906	911	911

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.21 ขี้เถ้าหลังเทอร์รีไฟต์อากาศ 25 นาที

ขี้เถ้าอย่างพารา อากาศ 25 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าความหนาแน่น kg/m ³
P300	T100	703	974	839	839
P300	T110	811	741	776	776
P300	T120	756	778	767	767
P350	T100	670	687	679	679
P350	T110	900	603	752	752
P350	T120	885	874	880	880
P400	T100	787	894	841	841
P400	T110	857	670	764	764
P400	T120	756	604	680	680

ตารางที่ ข.22 ขี้เถ้าหลังเทอร์รีไฟต์ไนโตรเจน 15 นาที

ขี้เถ้าพารา ไนโตรเจน 15 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าความหนาแน่น kg/m ³
P300	T100	807	900	854	854
P300	T110	914	885	900	900
P300	T120	964	895	930	930
P350	T100	1112	890	1001	1001
P350	T110	886	960	923	923
P350	T120	807	980	894	894
P400	T100	915	927	921	921
P400	T110	971	934	953	953
P400	T120	983	927	955	955

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.23 ซี้เลื่อยหลังทอรีไฟต์ไนโตรเจน 20 นาที

ซี้เลื่อยพารา ไนโตรเจน 20 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าความหนาแน่น kg/m ³
P300	T100	780	874	827	827
P300	T110	780	705	743	743
P300	T120	784	889	837	837
P350	T100	800	827	814	814
P350	T110	949	1080	1015	1015
P350	T120	700	956	824	824
P400	T100	959	903	931	931
P400	T110	924	898	911	911
P400	T120	695	973	834	834

ตารางที่ ข.24 ซี้เลื่อยหลังทอรีไฟต์ไนโตรเจน 25 นาที

ซี้เลื่อยพารา ไนโตรเจน 25 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าความหนาแน่น kg/m ³
P300	T100	608	749	679	679
P300	T110	634	753	694	694
P300	T120	950	718	834	834
P350	T100	687	864	776	776
P350	T110	666	1101	884	884
P350	T120	888	1084	986	986
P400	T100	1570	1334	1452	1452
P400	T110	800	846	823	823
P400	T120	741	884	813	813

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียมวล

ก่อนเผา

ตารางที่ ข.25 ไบยางก่อนทอรีไฟด์อากาศ 15 นาที

ไบยางพาราอากาศ 15 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
P300	T100	4.84	5	4.92	4.91
P300	T110	4.83	4.79	4.81	4.81
P300	T120	4.71	5	4.85	4.85
P350	T100	4.81	4.71	4.76	4.76
P350	T110	5.0	5.0	5.00	5
P350	T120	4.84	5	4.92	4.92
P400	T100	4.87	4.82	4.84	4.84
P400	T110	4.89	4.91	4.9	4.9
P400	T120	4.84	4.76	4.8	4.8

ตารางที่ ข.26 ไบยางก่อนทอรีไฟด์อากาศ 20 นาที

ไบยางพาราอากาศ 20 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
P300	T100	4.96	5	4.98	4.98
P300	T110	4.75	5	4.87	4.87
P300	T120	4.78	5	4.95	4.95
P350	T100	4.83	4.81	4.82	4.82
P350	T110	5.0	4.79	4.89	4.89
P350	T120	4.74	4.86	4.76	4.76
P400	T100	4.74	4.85	4.79	4.79
P400	T110	4.96	4.79	4.87	4.87
P400	T120	4.72	4.96	4.84	4.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.27 ไบยางก่อนทอรีไฟด์อากาศ 25 นาที

ไบยางพาราอากาศ 25 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
P300	T100	4.87	5	4.93	4.93
P300	T110	4.79	5	4.89	4.89
P300	T120	4.99	5	4.99	4.99
P350	T100	4.85	4.94	4.89	4.89
P350	T110	4.90	5.0	4.95	4.95
P350	T120	4.76	4.79	4.77	4.77
P400	T100	4.79	4.85	4.81	4.81
P400	T110	4.85	4.84	4.75	4.75
P400	T120	4.72	4.81	4.76	4.76

ตารางที่ ข.28 ไบยางก่อนทอรีไฟด์ไนโตรเจน 15 นาที

ไบยางพารา ไนโตรเจน 15 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและอุณหภูมิ การอัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
P300	T100	4.98	4.74	4.8	4.84
P300	T110	4.82	4.96	4.92	4.92
P300	T120	4.78	4.93	4.88	4.88
P350	T100	4.93	4.9	4.89	4.89
P350	T110	4.90	5.0	4.96	4.96
P350	T120	4.86	4.66	5.00	5.00
P400	T100	4.85	4.90	4.80	4.80
P400	T110	4.96	5.0	4.85	4.85
P400	T120	4.93	4.72	4.86	4.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.29 ไบยางก่อนทอรีไฟด์ไนโตรเจน 20 นาที

ไบยางพารา ไนโตรเจน 20 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
P300	T100	4.83	4.89	4.86	4.86
P300	T110	4.88	4.78	4.83	4.83
P300	T120	4.88	5	4.94	4.94
P350	T100	4.98	5	4.99	4.99
P350	T110	4.98	4.9	4.73	4.73
P350	T120	4.76	5	4.88	4.88
P400	T100	5.35	4.82	5.08	5.08
P400	T110	4.88	5	4.94	4.94
P400	T120	4.75	4.89	4.82	4.82

ตารางที่ ข.30 ไบยางก่อนทอรีไฟด์ไนโตรเจน 25 นาที

ไบยางพารา ไนโตรเจน 25 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
P300	T100	4.82	5	4.91	4.91
P300	T110	4.84	4.79	4.81	4.81
P300	T120	4.94	5	4.97	4.97
P350	T100	4.99	4.91	4.95	4.95
P350	T110	4.8	4.76	4.78	4.78
P350	T120	4.93	4.86	4.89	4.89
P400	T100	4.90	4.85	4.75	4.75
P400	T110	4.84	4.83	4.83	4.83
P400	T120	4.88	4.82	4.85	4.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.31 ซึ่เล็ยก่อนทอรรีไฟด์อากาศ 15 นาที

ซึ่เล็ยยงพารากาศ15 นาที ควมตันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิกการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
P300	T100	4.85	4.87	4.92	4.92
P300	T110	4.89	4.74	4.79	4.79
P300	T120	4.84	4.86	5.29	5.29
P350	T100	4.88	4.71	4.84	4.84
P350	T110	4.92	4.79	4.89	4.89
P350	T120	5.0	4.86	4.80	4.80
P400	T100	4.70	4.68	4.76	4.76
P400	T110	4.70	4.8	4.89	4.89
P400	T120	5.0	4.9	4.81	4.81

ตารางที่ ข.32 ซึ่เล็ยก่อนทอรรีไฟด์อากาศ 20 นาที

ซึ่เล็ยยงพารากาศ20 นาที ควมตันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิกการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
P300	T100	4.82	4.90	4.76	4.76
P300	T110	4.81	4.84	4.79	4.79
P300	T120	4.94	5.80	4.95	4.95
P350	T100	4.80	4.86	4.90	4.90
P350	T110	4.75	4.78	4.79	4.79
P350	T120	4.89	4.86	4.81	4.81
P400	T100	4.73	4.78	4.86	4.86
P400	T110	4.83	4.83	4.82	4.82
P400	T120	4.80	4.9	4.85	4.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.33 ซึ่ล้อยก่อนทอรีไฟด์อากาศ 25 นาที

ซึ่ล้อย่างพารา อากาศ 25 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
P300	T100	4.86	4.66	4.76	4.76
P300	T110	4.74	4.80	4.79	4.79
P300	T120	4.76	4.91	4.95	4.95
P350	T100	4.80	4.95	4.90	4.90
P350	T110	4.81	4.83	4.79	4.79
P350	T120	4.93	4.87	4.81	4.81
P400	T100	4.85	4.93	4.86	4.86
P400	T110	4.87	4.8	4.82	4.82
P400	T120	4.87	4.98	4.85	4.85

ตารางที่ ข.34 ซึ่ล้อยก่อนทอรีไฟด์ไนโตรเจน 15 นาที

ซึ่ล้อยพารา ไนโตรเจน 15 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
P300	T100	4.9	4.44	4.86	4.86
P300	T110	4.79	4.41	4.76	4.76
P300	T120	4.86	4.53	4.84	4.84
P350	T100	4.82	4.43	4.80	4.80
P350	T110	4.81	4.41	4.78	4.78
P350	T120	4.83	4.54	4.87	4.87
P400	T100	4.78	4.33	4.75	4.75
P400	T110	4.77	4.58	4.81	4.81
P400	T120	5.0	4.33	4.97	4.97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.35 ซึ่ปล่อยก่อนทอรรีไฟต์ไนโตรเจน 20 นาที่

ซึ่ปล่อยพารา ไนโตรเจน 20 นาที่ ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
P300	T100	4.86	4.92	4.89	4.89
P300	T110	4.78	4.83	4.80	4.80
P300	T120	4.80	4.9	4.85	4.85
P350	T100	4.87	4.77	4.82	4.82
P350	T110	4.82	4.77	4.79	4.79
P350	T120	4.89	4.94	4.91	4.91
P400	T100	4.65	4.84	4.74	4.74
P400	T110	4.78	4.8	4.79	4.79
P400	T120	4.97	4.88	4.92	4.92

ตารางที่ ข.36 ซึ่ปล่อยก่อนทอรรีไฟต์ไนโตรเจน 25 นาที่

ซึ่ปล่อยพารา ไนโตรเจน 25 นาที่ ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
P300	T100	4.80	4.83	4.81	4.81
P300	T110	4.84	4.79	4.81	4.81
P300	T120	4.9	4.71	4.80	4.80
P350	T100	4.78	4.78	4.78	4.78
P350	T110	4.91	4.89	4.90	4.90
P350	T120	4.96	4.88	4.92	4.92
P400	T100	4.83	4.93	4.88	4.88
P400	T110	4.94	4.8	4.87	4.87
P400	T120	5.0	4.98	4.99	4.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังเผา

ตารางที่ ข.37 ไบยางหลังทอรีไฟด์อากาศ 15 นาที

ไบยางพารา อากาศ 15 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
P300	T100	4.88	4.56	4.40	4.40
P300	T110	4.87	4.35	4.34	4.34
P300	T120	4.99	4.63	4.32	4.32
P350	T100	4.35	4.22	4.28	4.28
P350	T110	4.47	4.56	4.51	4.51
P350	T120	4.33	4.41	4.37	4.37
P400	T100	4.32	4.34	4.33	4.33
P400	T110	4.43	4.2	4.31	4.31
P400	T120	4.25	4.38	4.31	4.31

ตารางที่ ข.38 ไบยางหลังทอรีไฟด์อากาศ 20 นาที

ยางพาราอากาศ 20 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
P300	T100	3.08	2.45	2.97	2.97
P300	T110	2.97	2.75	2.64	2.64
P300	T120	2.27	2.45	2.36	2.36
P350	T100	2.89	2.61	2.75	2.75
P350	T110	2.77	3.16	2.96	2.96
P350	T120	3.52	2.36	2.93	2.93
P400	T100	2.97	2.73	2.85	2.85
P400	T110	3.85	2.67	3.26	3.26
P400	T120	2.97	2.84	2.90	2.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.39 ไบยางหลังทอรีรีไฟด์อากาศ 25 นาที

ไบยางพาราอากาศ 25 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
P300	T100	4.87	2.87	2.7	2.7
P300	T110	4.79	2.31	2.41	2.41
P300	T120	4.99	2.88	2.67	2.67
P350	T100	4.85	2.57	2.87	2.87
P350	T110	4.90	2.68	2.68	2.68
P350	T120	4.76	2.35	2.37	2.37
P400	T100	4.79	2.63	2.85	2.85
P400	T110	4.85	2.45	2.48	2.48
P400	T120	4.72	2.5	2.53	2.53

ตารางที่ ข.40 ไบยางหลังทอรีรีไฟด์ไนโตรเจน 15 นาที

ไบยางพารา ไนโตรเจน 15 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
P300	T100	2.85	4.09	4.62	4.62
P300	T110	2.48	4.37	4.48	4.48
P300	T120	2.53	4.39	4.47	4.47
P350	T100	4.5	4.58	4.58	4.58
P350	T110	4.34	4.72	4.68	4.68
P350	T120	1.75	4.36	4.51	4.51
P400	T100	4.41	4.54	4.46	4.46
P400	T110	4.41	4.68	4.56	4.56
P400	T120	3.15	4.32	4.48	4.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.41 ไบยางหลังทอรีไฟต์ไนโตรเจน 20 นาที

ไบยางพารา ไนโตรเจน 20 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
P300	T100	3.13	3.32	3.22	3.22
P300	T110	2.83	3.49	3.16	3.16
P300	T120	2.30	4.14	3.22	3.22
P350	T100	2.78	3.78	3.28	3.28
P350	T110	3.41	3.74	3.46	3.46
P350	T120	2.76	4.18	3.47	3.47
P400	T100	3.52	4.28	4.17	4.17
P400	T110	3.44	4.25	3.84	3.84
P400	T120	2.72	4.28	3.50	3.50

ตารางที่ ข.42 ไบยางหลังทอรีไฟต์ไนโตรเจน 25 นาที

ไบยางพารา ไนโตรเจน 25 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ค่าเฉลี่ย
P300	T100	2.04	3.22	2.63	2.63
P300	T110	2.11	3.76	2.93	2.93
P300	T120	2.47	4.49	3.48	3.48
P350	T100	2.24	3.88	3.06	3.06
P350	T110	2.40	3.76	3.08	3.08
P350	T120	2.54	3.85	3.19	3.19
P400	T100	2.04	3.67	2.85	2.85
P400	T110	1.92	3.82	2.87	2.87
P400	T120	2.26	3.07	2.66	2.66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.43 ขี้เลื่อยหลังทอรีไฟด์อากาศ 15 นาที

ขี้เลื่อยอย่างพารา อากาศ 15 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและอุณหภูมิ การอัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
P300	T100	4.50	4.13	4.31	4.31
P300	T110	4.60	4.35	4.47	4.47
P300	T120	4.55	4.49	4.52	4.52
P350	T100	4.58	4.34	3.29	3.29
P350	T110	4.65	4.52	4.58	4.58
P350	T120	4.67	4.53	4.60	4.60
P400	T100	4.38	4.31	4.34	4.34
P400	T110	4.45	4.46	4.45	4.45
P400	T120	4.65	4.53	4.49	4.49

ตารางที่ ข.44 ขี้เลื่อยหลังทอรีไฟด์อากาศ 20 นาที

ขี้เลื่อยอย่างพารา อากาศ 20 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
P300	T100	2.11	3.11	3.90	3.90
P300	T110	4.24	3.2	3.00	3.00
P300	T120	4.05	3.88	3.00	3.00
P350	T100	3.03	4.86	3.87	3.87
P350	T110	4.23	2.31	2.54	2.54
P350	T120	3.82	4.06	3.79	3.79
P400	T100	3.32	3.83	3.40	3.40
P400	T110	4.42	3.83	3.84	3.84
P400	T120	4.02	4.16	3.56	3.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.45 ซีลี้อยหลังทอรัไฟด์อากาศ 25 นาที

ซีลี้อย่างพารา อากาศ 25 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
P300	T100	2.73	2.72	2.63	2.63
P300	T110	3.18	2.07	2.29	2.29
P300	T120	2.97	2.25	2.35	2.35
P350	T100	2.54	2.16	2.70	2.70
P350	T110	3.09	1.63	2.29	2.29
P350	T120	3.10	2.58	2.49	2.49
P400	T100	3.12	2.13	2.60	2.60
P400	T110	3.31	1.87	2.19	2.19
P400	T120	2.52	1.71	2.13	2.13

ตารางที่ ข.46 ซีลี้อยหลังทอรัไฟด์ไนโตรเจน 15 นาที

ซีลี้อย่างพารา ไนโตรเจน 15 นาที ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
P300	T100	4.56	4.44	4.50	4.50
P300	T110	4.48	4.41	4.44	4.44
P300	T120	4.58	4.53	4.55	4.55
P350	T100	4.56	4.43	4.49	4.49
P350	T110	4.52	4.41	4.46	4.46
P350	T120	4.50	4.54	4.52	4.52
P400	T100	4.42	4.33	4.37	4.37
P400	T110	4.42	4.58	4.50	4.50
P400	T120	4.67	4.33	4.50	4.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.47 ขี้เลื่อยหลังทอรีรีไฟด์ไนโตรเจน 20 นาที่

ขี้เลื่อยพารา ไนโตรเจน 20 นาที่ ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
P300	T100	2.85	4.39	3.62	3.62
P300	T110	3.98	4.43	4.20	4.20
P300	T120	4.19	4.36	4.27	4.27
P350	T100	3.82	4.09	3.95	3.95
P350	T110	3.64	4.71	4.17	4.17
P350	T120	4.36	4.39	4.37	4.37
P400	T100	3.98	4.33	4.15	4.15
P400	T110	3.59	4.34	3.96	3.96
P400	T120	4.43	4.37	4.40	4.40

ตารางที่ ข.48 ขี้เลื่อยหลังทอรีรีไฟด์ไนโตรเจน 25 นาที่

ขี้เลื่อยพารา ไนโตรเจน 25 นาที่ ความดันในการ อัดเม็ดและ อุณหภูมิการ อัดเม็ด		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
P300	T100	1.88	3.47	2.67	2.67
P300	T110	2	3.49	2.74	2.74
P300	T120	3.80	3.75	3.77	3.77
P350	T100	2.24	3.8	3.02	3.02
P350	T110	2.16	4.45	3.30	3.30
P350	T120	2.86	4.25	3.55	3.55
P400	T100	4.75	5.55	5.15	5.15
P400	T110	2.56	3.42	2.99	2.99
P400	T120	2.89	3.75	3.32	3.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนเผา

ตารางที่ ข.49 ไบยางทอรรีไฟด์อากาศ 15 นาที

ไบยางพาราอากาศ 15 นาที ความดันในการอัดเม็ดและ อุณหภูมิการอัดเม็ด		ค่าที่ได้ %My
P300	T100	89.61
P300	T110	90.23
P300	T120	89.07
P350	T100	89.92
P350	T110	90.20
P350	T120	88.28
P400	T100	89.46
P400	T110	87.96
P400	T120	89.79

ตารางที่ ข.50 ไบยางทอรรีไฟด์อากาศ 20 นาที

ไบยางพาราอากาศ 20 นาที ความดันในการอัดเม็ดและ อุณหภูมิการอัดเม็ด		ค่าที่ได้ %My
P300	T100	59.64
P300	T110	54.21
P300	T120	47.68
P350	T100	57.05
P350	T110	60.53
P350	T120	61.55
P400	T100	59.50
P400	T110	66.94
P400	T120	59.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข. 51 ไบยางทอร์รีไฟต์อากาศ 25 นาที

ไบยางพาราอากาศ 25 นาที ความดันในการอัดเม็ดและ อุณหภูมิการอัดเม็ด		ค่าที่ได้ %My
P300	T100	54.77
P300	T110	49.28
P300	T120	53.50
P350	T100	58.69
P350	T110	54.14
P350	T120	49.69
P400	T100	59.25
P400	T110	52.21
P400	T120	53.15

ตารางที่ ข.52 ไบยางทอร์รีไฟต์ไนโตรเจน 15 นาที

ไบยางพาราไนโตรเจน 15 นาที ความดันในการอัดเม็ดและ อุณหภูมิการอัดเม็ด		ค่าที่ได้ %My
P300	T100	95.45
P300	T110	91.06
P300	T120	91.60
P350	T100	93.66
P350	T110	94.35
P350	T120	90.02
P400	T100	92.92
P400	T110	94.02
P400	T120	92.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.53 ไบยางทอรรีไฟต์ไนโตรเจน 20 นาที

ไบยางพาราไนโตรเจน 20 นาทีความดันในการอัดเม็ด และอุณหภูมิการอัดเม็ด		ค่าที่ได้ %My
P300	T100	66.26
P300	T110	65.42
P300	T120	65.18
P350	T100	65.73
P350	T110	73.15
P350	T120	71.11
P400	T100	82.09
P400	T110	77.71
P400	T120	72.61

ตารางที่ ข.54 ไบยางทอรรีไฟต์ไนโตรเจน 25 นาที

เผาไบยางพาราไนโตรเจน 25 นาทีความดันในการอัดเม็ด และอุณหภูมิการอัดเม็ด		ค่าที่ได้ %My
P300	T100	53.56
P300	T110	60.91
P300	T120	70.02
P350	T100	61.82
P350	T110	64.44
P350	T120	65.24
P400	T100	60.00
P400	T110	59.42
P400	T120	54.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.55 ซีลี้อยทอรรีไฟด์อากาศ 15 นาที

ซีลี้อย่างพาราอากาศ 15 นาทีความดันในการอัดเม็ดและอุณหภูมิการอัดเม็ด		ค่าที่ได้ %My
P300	T100	87.60
P300	T110	93.32
P300	T120	85.44
P350	T100	67.98
P350	T110	93.66
P350	T120	95.85
P400	T100	91.18
P400	T110	91.00
P400	T120	93.35

ตารางที่ ข.56 ซีลี้อยทอรรีไฟด์อากาศ 20 นาที

ซีลี้อย่างพาราอากาศ 20 นาทีความดันในการอัดเม็ดและอุณหภูมิการอัดเม็ด		ค่าที่ได้ %My
P300	T100	81.93
P300	T110	62.63
P300	T120	60.61
P350	T100	78.98
P350	T110	53.03
P350	T120	78.79
P400	T100	69.96
P400	T110	79.67
P400	T120	73.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.57 ซีลี้อยทอรีไฟด์อากาศ 25 นาที

ซีลี้อยยงพาราอากาศ 25 นาทีความดันในการอัดเม็ด และอุณหภูมิการอัดเม็ด		ค่าที่ได้ %My
P300	T100	55.25
P300	T110	48.81
P300	T120	47.47
P350	T100	55.10
P350	T110	47.81
P350	T120	51.77
P400	T100	53.50
P400	T110	45.44
P400	T120	43.44

ตารางที่ ข.58 ซีลี้อยทอรีไฟด์ไนโตรเจน 15 นาที

ซีลี้อยพาราไนโตรเจน 15 นาทีความดันในการ อัดเม็ดและอุณหภูมิการอัดเม็ด		ค่าที่ได้ %My
P300	T100	92.60
P300	T110	93.28
P300	T120	94.01
P350	T100	93.54
P350	T110	93.31
P350	T120	92.81
P400	T100	92.00
P400	T110	93.56
P400	T120	90.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.59 ซีลี้อยทอรรีไฟด์ไนโตรเจน 20 นาที

ซีลี้อยพาราไนโตรเจน 20 นาทีความดันในการอัดเม็ด และอุณหภูมิการอัดเม็ด		ค่าที่ได้ %My
P300	T100	74.03
P300	T110	87.50
P300	T120	88.04
P350	T100	81.95
P350	T110	87.06
P350	T120	89.00
P400	T100	87.55
P400	T110	82.67
P400	T120	89.43

ตารางที่ ข.60 ซีลี้อยทอรรีไฟด์ไนโตรเจน 25 นาที

ซีลี้อยพาราไนโตรเจน 25 นาทีความดันในการอัดเม็ด และอุณหภูมิการอัดเม็ด		ค่าที่ได้ %My
P300	T100	59.59
P300	T110	56.96
P300	T120	78.54
P350	T100	63.17
P350	T110	67.34
P350	T120	72.15
P400	T100	85.08
P400	T110	61.39
P400	T120	66.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านทานแรงกดอัดซีลื้อย

ตารางที่ ข.61 ด้านแรงกดอัดหลังทอรีไฟต์ไนโตรเจน ซีลื้อยงพารา T 100 เวลา 15 นาที

หลังทอรีไฟต์ไนโตรเจน ซีลื้อยงพารา T 100 เวลา 15 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดซีวมวล (Mpa)
P300	15.0	14.0	56.0	28.4	0.036
P350	43.7	19.1	46.7	36.5	0.046
P400	66.8	52.8	81.7	67.1	0.085

ตารางที่ ข.62 ด้านแรงกดอัดหลังทอรีไฟต์ไนโตรเจน ซีลื้อยงพารา T 110 เวลา 15 นาที

หลังทอรีไฟต์ไนโตรเจน ซีลื้อยงพารา T 110 เวลา 15 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดซีวมวล (Mpa)
P300	101.9	25.1	61.2	62.7	0.079
P350	64.8	25.1	23.8	37.9	0.048
P400	55.6	121.2	104.7	93.8	0.119

ตารางที่ ข.63 ด้านแรงกดอัดหลังทอรีไฟต์ไนโตรเจน ซีลื้อยงพารา T 110 เวลา 15 นาที

หลังทอรีไฟต์ไนโตรเจน ซีลื้อยงพารา T 120 เวลา 15 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดซีวมวล (Mpa)
P300	85.2	100	50	78.4	0.099
P350	16.9	14.6	20.5	17.3	0.022
P400	72.69	67.64	173.9	104.7	0.133

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.64 ด้านแรงกดอัดหลังทอรีไฟต์ไนโตรเจน ซีล้อย่างพารา T 100 เวลา 20 นาที

หลังทอรีไฟต์ไนโตรเจน ซีล้อย่างพารา T 100 เวลา 20 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดซีวมวล (Mpa)
P300	13.8	14.0	24.9	17.6	0.022
P350	13.1	34.4	22.4	23.3	0.032
P400	115.4	93.7	138.0	115.7	0.163

ตารางที่ ข.65 ด้านแรงกดอัดหลังทอรีไฟต์ไนโตรเจน ซีล้อย่างพารา T 110 เวลา 20 นาที

หลังทอรีไฟต์ไนโตรเจน ซีล้อย่างพารา T 110 เวลา 20 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดซีวมวล (Mpa)
P300	81.6	48.5	25.9	52	0.073
P350	18.2	32.9	71.3	40.8	0.052
P400	110.1	57.9	78.7	82.2	0.116

ตารางที่ ข.66 ด้านแรงกดอัดหลังทอรีไฟต์ไนโตรเจน ซีล้อย่างพารา T 120 เวลา 20 นาที

หลังทอรีไฟต์ไนโตรเจน ซีล้อย่างพารา T 120 เวลา 20 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดซีวมวล (Mpa)
P300	112.2	14.2	29.8	52.2	0.075
P350	154.7	103.5	152.1	136.7	0.193
P400	186.2	271.8	100.1	186.0	0.236

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.67 ด้านแรงกดอัดหลังทอร์รีไฟต์ไนโตรเจน ชี้อย่างพารา T 100 เวลา 25 นาที

หลังทอร์รีไฟต์ไนโตรเจน ชี้อย่างพารา T 100 เวลา 25 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดซีวมวล (Mpa)
P300	17.9	17.9	14.6	16.7	0.021
P350	18.1	68.1	26.2	37.4	0.058
P400	24.8	28.9	16.5	23.4	0.036

ตารางที่ ข.68 ด้านแรงกดอัดหลังทอร์รีไฟต์ไนโตรเจน ชี้อย่างพารา T 110 เวลา 25 นาที

หลังทอร์รีไฟต์ไนโตรเจน ชี้อย่างพารา T 110 เวลา 25 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดซีวมวล (Mpa)
P300	32.1	33.4	19.5	28.3	0.044
P350	90.8	56.3	11.8	52.9	0.067
P400	74.3	52.6	45.3	54.7	0.036

ตารางที่ ข.69 ด้านแรงกดอัดหลังทอร์รีไฟต์ไนโตรเจน ชี้อย่างพารา T 120 เวลา 25 นาที

หลังทอร์รีไฟต์ไนโตรเจน ชี้อย่างพารา T 120 เวลา 25 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดซีวมวล (Mpa)
P300	91.1	92.1	99.2	94.1	0.147
P350	64.5	63.1	32.4	53.3	0.083
P400	172.4	148.9	66.8	129.4	0.164

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบบางโนโตรเจน

ตารางที่ ข.70 ด้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์โนโตรเจน ใบบางพารา T 100 เวลา 15 นาที

หลังทอรรีไฟต์โนโตรเจน ใบบางพารา T 100 เวลา 15 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดซีวมวล (Mpa)
P300	46.2	68.7	83.2	66	0.084
P350	61.2	54.5	44.1	53.2	0.067
P400	57.5	42.8	49.1	49.8	0.063

ตารางที่ ข.71 ด้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์โนโตรเจน ใบบางพารา T 110 เวลา 15 นาที

หลังทอรรีไฟต์โนโตรเจน ใบบางพารา T 110 เวลา 15 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดซีวมวล (Mpa)
P300	48.5	49.1	34.8	44.1	0.056
P350	50.6	43.3	59.5	51.1	0.065
P400	67.1	57.2	51.2	58.5	0.074

ตารางที่ ข.72 ด้านแรงกดอัดหลังทอรรีไฟต์โนโตรเจน ใบบางพารา T 120 เวลา 15 นาที

หลังทอรรีไฟต์โนโตรเจน ใบบางพารา T 120 เวลา 15 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดซีวมวล (Mpa)
P300	16.2	48.3	41.2	35.2	0.044
P350	14.7	19.2	39.5	24.4	0.031
P400	73.2	38.3	92.8	68.1	0.086

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.73 ต้านแรงกดอัดหลังทอรัรีไฟต์ไนโตรเจน ไบยางพารา T 100 เวลา 20 นาที

หลังทอรัรีไฟต์ไนโตรเจน ไบยางพารา T 100 เวลา 20 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดซีวมวล (Mpa)
P300	37	11.7	60.8	36.5	0.046
P350	39.1	38.2	43.2	40.1	0.056
P400	49.3	50.9	42.1	47.4	0.067

ตารางที่ ข.74 ต้านแรงกดอัดหลังทอรัรีไฟต์ไนโตรเจน ไบยางพารา T 110 เวลา 20 นาที

หลังทอรัรีไฟต์ไนโตรเจน ไบยางพารา T 110 เวลา 20 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดซีวมวล (Mpa)
P300	35.1	25.2	31.2	30.5	0.043
P350	54.6	37.4	63.4	51.8	0.066
P400	64.2	62.1	52.7	59.6	0.084

ตารางที่ ข.75 ต้านแรงกดอัดหลังทอรัรีไฟต์ไนโตรเจน ไบยางพารา T 120 เวลา 20 นาที

หลังทอรัรีไฟต์ไนโตรเจน ไบยางพารา T 120 เวลา 20 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดซีวมวล (Mpa)
P300	33.4	31.5	24.7	29.8	0.042
P350	80.3	48.6	58.1	62.3	0.088
P400	26.8	16.8	59.5	34.4	0.043

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.76 ด้านแรงกดอัดหลังทอรัรีไฟต์ไนโตรเจน ไบยางพารา T 100 เวลา 25 นาที

หลังทอรัรีไฟต์ไนโตรเจน ไบยางพารา T 100 เวลา 25 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดซีวมวล (Mpa)
P300	16.6	15.5	26.2	19.4	0.024
P350	16.1	9.3	14.1	13.1	0.020
P400	17.2	23.4	18.5	19.7	0.029

ตารางที่ ข.77 ด้านแรงกดอัดหลังทอรัรีไฟต์ไนโตรเจน ไบยางพารา T 110 เวลา 25 นาที

หลังทอรัรีไฟต์ไนโตรเจน ไบยางพารา T 110 เวลา 25 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดซีวมวล (Mpa)
P300	30.5	19.8	13.5	21.2	0.033
P350	30.8	48.3	40.3	39.8	0.050
P400	57.5	89.5	81.5	76.1	0.119

ตารางที่ ข.78 ด้านแรงกดอัดหลังทอรัรีไฟต์ไนโตรเจน ไบยางพารา T 100 เวลา 25 นาที

หลังทอรัรีไฟต์ไนโตรเจน ไบยางพารา T 100 เวลา 25 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดซีวมวล (Mpa)
P300	9.8	17.5	39.5	22.2	0.034
P350	39.5	82.7	25.7	49.2	0.077
P400	23.5	27.5	15.4	22.1	0.028

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศ ชี้เลื่อย

ตารางที่ ข.79 ด้านแรงกดอัดหลังทอร์รีไฟด์อากาศ ชี้เลื่อยยาวพารา T 100 เวลา 15 นาที

หลังทอร์รีไฟด์อากาศ ชี้เลื่อยยาวพารา T 100 เวลา 15 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดชีวมวล (Mpa)
P300	117.2	84.5	92.1	97.9	0.124
P350	249.5	170.3	230.8	216.8	0.276
P400	103.7	94.7	141.1	113.1	0.144

ตารางที่ ข.80 ด้านแรงกดอัดหลังทอร์รีไฟด์อากาศ ชี้เลื่อยยาวพารา T 110 เวลา 15 นาที

หลังทอร์รีไฟด์อากาศ ชี้เลื่อยยาวพารา T 110 เวลา 15 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดชีวมวล (Mpa)
P300	115.5	180.5	108.2	134.7	0.171
P350	32.3	26.4	43.9	34.2	0.043
P400	59.3	32.5	53.7	48.5	0.061

ตารางที่ ข.81 ด้านแรงกดอัดหลังทอร์รีไฟด์อากาศ ชี้เลื่อยยาวพารา T 120 เวลา 15 นาที

หลังทอร์รีไฟด์อากาศ ชี้เลื่อยยาวพารา T 120 เวลา 15 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดชีวมวล (Mpa)
P300	180.1	210.1	95.2	161.8	0.206
P350	115.2	110.5	59.5	95.0	0.120
P400	265.9	227.4	161.0	218.1	0.277

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.82 ด้านแรงกดอัดหลังทอร์รี่ไฟด์อากาศ ชี้อย่างพารา T 100 เวลา 20 นาที

หลังทอร์รี่ไฟด์อากาศ ชี้อย่างพารา T 100 เวลา 20 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดซีเมนต์ (Mpa)
P300	8.8	9.6	15.8	11.4	0.014
P350	66.7	37.8	73.2	59.2	0.083
P400	230.5	170.6	110.7	170.6	0.241

ตารางที่ ข.83 ด้านแรงกดอัดหลังทอร์รี่ไฟด์อากาศ ชี้อย่างพารา T 110 เวลา 20 นาที

หลังทอร์รี่ไฟด์อากาศ ชี้อย่างพารา T 110 เวลา 20 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดซีเมนต์ (Mpa)
P300	82.5	89.5	88.3	86.7	0.122
P350	13.3	31.3	47.5	30.7	0.039
P400	123.5	150.5	143.7	139.2	0.196

ตารางที่ ข.84 ด้านแรงกดอัดหลังทอร์รี่ไฟด์อากาศ ชี้อย่างพารา T 120 เวลา 20 นาที

หลังทอร์รี่ไฟด์อากาศ ชี้อย่างพารา T 120 เวลา 20 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดซีเมนต์ (Mpa)
P300	119.2	210.1	160.5	163.2	0.230
P350	210.1	295.2	150.5	218.6	0.309
P400	337.0	328.9	257.7	307.9	0.392

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.85 ด้านแรงกดอัดหลังทอร์รี่ไฟด์อากาศ ชี้อ้อยยางพารา T 100 เวลา 25 นาที

หลังทอร์รี่ไฟด์อากาศ ชี้อ้อยยางพารา T 100 เวลา 25 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดชีวมวล (Mpa)
P300	39.5	17.8	9.2	22.2	0.028
P350	15.1	13.2	31.2	19.8	0.031
P400	79.3	77.3	63.3	73.3	0.115

ตารางที่ ข.86 ด้านแรงกดอัดหลังทอร์รี่ไฟด์อากาศ ชี้อ้อยยางพารา T 110 เวลา 25 นาที

หลังทอร์รี่ไฟด์อากาศ ชี้อ้อยยางพารา T 110 เวลา 25 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดชีวมวล (Mpa)
P300	32.5	63.2	49.9	48.5	0.076
P350	57.4	49.5	135.9	80.9	0.103
P400	149.7	78.5	129.5	119.2	0.187

ตารางที่ ข.87 ด้านแรงกดอัดหลังทอร์รี่ไฟด์อากาศ ชี้อ้อยยางพารา T 120 เวลา 25 นาที

หลังทอร์รี่ไฟด์อากาศ ชี้อ้อยยางพารา T 120 เวลา 25 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดชีวมวล (Mpa)
P300	72.5	69.5	60.1	67.3	0.105
P350	121.8	91.7	79.5	97.6	0.153
P400	153.1	102.6	28.4	94.7	0.120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบยางอากาศ

ตารางที่ ข.88 ด้านแรงกดอัดหลังทอร์รีไฟต์อากาศ ใบยางพารา T 100 เวลา 15 นาที

หลังทอร์รีไฟต์อากาศ ใบยางพารา T 100 เวลา 15 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดซีวมวล (Mpa)
P300	59.7	49.1	36.1	48.3	0.061
P350	90.1	110.7	70.2	90.3	0.114
P400	51.2	51.3	45.3	51.2	0.065

ตารางที่ ข.89 ด้านแรงกดอัดหลังทอร์รีไฟต์อากาศ ใบยางพารา T 110 เวลา 15 นาที

หลังทอร์รีไฟต์อากาศ ใบยางพารา T 110 เวลา 15 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดซีวมวล (Mpa)
P300	55.3	64.9	45.9	55.3	0.070
P350	80.4	38.9	56.6	58.6	0.074
P400	92.4	90.1	60.2	80.9	0.103

ตารางที่ ข.90 ด้านแรงกดอัดหลังทอร์รีไฟต์อากาศ ใบยางพารา T 120 เวลา 15 นาที

หลังทอร์รีไฟต์อากาศ ใบยางพารา T 120 เวลา 15 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดซีวมวล (Mpa)
P300	67.3	78.2	73.4	72.9	0.092
P350	49.3	55.3	59.7	54.7	0.069
P400	37.3	40	68.6	48.6	0.061

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.91 ด้านแรงกดอัดหลังทอร์รี่ไฟต์อากาศ ไบยางพารา T 100 เวลา 20 นาที

หลังทอร์รี่ไฟต์อากาศ ไบยางพารา T 100 เวลา 20 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดซีวมวล (Mpa)
P300	73.9	73.9	71.6	73.1	0.093
P350	43.3	48.3	22.6	38	0.053
P400	51.2	48.2	56.2	51.8	0.073

ตารางที่ ข.92 ด้านแรงกดอัดหลังทอร์รี่ไฟต์อากาศ ไบยางพารา T 110 เวลา 20 นาที

หลังทอร์รี่ไฟต์อากาศ ไบยางพารา T 110 เวลา 20 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดซีวมวล (Mpa)
P300	52.1	65.2	59.3	58.8	0.083
P350	50.2	39.4	21.2	36.9	0.046
P400	82.4	102.7	75.3	86.8	0.122

ตารางที่ ข.93 ด้านแรงกดอัดหลังทอร์รี่ไฟต์อากาศ ไบยางพารา T 120 เวลา 20 นาที

หลังทอร์รี่ไฟต์อากาศ ไบยางพารา T 120 เวลา 20 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดซีวมวล (Mpa)
P300	52.1	32.1	18.7	34.3	0.048
P350	70.1	62.2	67.6	66.6	0.094
P400	60.4	26.4	30.3	39	0.049

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.94 ด้านแรงกดอัดหลังทอร์รี่ไฟต์อากาศ ไบยางพารา T 100 เวลา 25 นาที

หลังทอร์รี่ไฟต์อากาศ ไบยางพารา T 100 เวลา 25 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดซีวมวล (Mpa)
P300	51.1	62.8	35.0	49.6	0.063
P350	62.3	51.7	43.2	52.4	0.082
P400	47.2	63.2	48.5	52.9	0.083

ตารางที่ ข.95 ด้านแรงกดอัดหลังทอร์รี่ไฟต์อากาศ ไบยางพารา T 110 เวลา 25 นาที

หลังทอร์รี่ไฟต์อากาศ ไบยางพารา T 110 เวลา 25 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดซีวมวล (Mpa)
P300	52.5	49.2	98.7	66.8	0.105
P350	37.9	52.	74.5	54.8	0.069
P400	45.7	20.2	62.2	42.7	0.067

ตารางที่ ข.96 ด้านแรงกดอัดหลังทอร์รี่ไฟต์อากาศ ไบยางพารา T 120 เวลา 25 นาที

หลังทอร์รี่ไฟต์อากาศ ไบยางพารา T 120 เวลา 25 นาที			Load (N)		
ความดัน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 1	ค่าเฉลี่ย	ค่าความต้าน แรงกดของ เม็ดซีวมวล (Mpa)
P300	17.2	28.3	23.1	22.8	0.035
P350	26.4	27.9	21.2	25.1	0.039
P400	79.3	44.4	59.9	61.2	0.074

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ - นามสกุล นายณัฐกานต์ ว่างบุญคง
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 14 พฤษภาคม พ.ศ. 2542
 ภูมิลำเนา จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
 ที่อยู่ 176 หมู่ 7 ตำบลบึงนคร อำเภอหัวหิน
 จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
 E-mail 63201225@kmitl.ac.th

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวส.)
 ประเภทวิชา อุตสาหกรรม สาขาวิชา เทคนิคเครื่องกล
 สาขางานเทคนิคยานยนต์ ปีการศึกษา 2563
 จากวิทยาลัยเทคนิคทุ่งสง
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
 วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2566
 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานและกิจกรรม

- ผ่านการฝึกงาน บริษัท โตโยต้านครศรีธรรมราช จำกัด
 (สาขาทุ่งสง) ในส่วนของช่างซ่อมและงานบริการ ปี 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ - นามสกุล ณีรัฐติ ปากว่าง
 วัน เดือน ปีเกิด 14 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542
 ภูมิลำเนา จังหวัดนครศรีธรรมราช
 ที่อยู่ 4 หมู่ 1 ตำบลนาหลวงเสน อำเภอบึงสามพัน
 จังหวัดนครศรีธรรมราช
 E-mail 63201227@kmitl.ac.th

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวส.)
 ประเภทวิชา อุตสาหกรรม สาขาวิชา เทคนิคเครื่องกล
 สาขางานเทคนิคยานยนต์ ปีการศึกษา 2563
 จากวิทยาลัยเทคนิคทุ่งสง
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
 วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2566
 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานและกิจกรรม

- ผ่านการฝึกงาน บริษัท อีซูซุอันดามันเซลล์ สาขาทุ่งสง
 ในส่วนช่างซ่อมและงานบริการ ปี 2562
- เข้าอบรม ค่ายอีซูซุแคมป์ บริษัท ตรีเพชรอีซูซุเซลล์ (ประเทศไทย)
 จำกัด ปี 2563
- ผ่านการฝึกงาน เติยหอมอุตสาหกรรม จำกัด
 ดูแลงานสายงานการผลิต ปี 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ - นามสกุล ทวีศักดิ์ แก้วเพชร
 วัน เดือน ปีเกิด 27 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2542
 ภูมิลำเนา จังหวัดนครศรีธรรมราช
 ที่อยู่ 192/4 ถนนราชบริพาร ตำบลปากแพรก
 อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช
 E-mail 63201229@kmitl.ac.th

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวส.)
 ประเภทวิชา อุตสาหกรรม สาขาวิชา เทคนิคเครื่องกล
 สาขางานเทคนิคยานยนต์ ปีการศึกษา 2563
 จากวิทยาลัยเทคนิคทุ่งสง
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
 วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2566
 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานและกิจกรรม

- ผ่านการฝึกงาน หจก.หจก สยามเซอร์วิส 94
 ในส่วนของช่างซ่อมและงานบริการ ปี 2562
- เข้าอบรม ค่ายอีซูซุแคมป์ บริษัท ตรีเพชรอีซูซุเซลส์
 (ประเทศไทย) จำกัด ปี 2563
- ผ่านการฝึกงาน บริษัทเพาเวอร์ไลน์เอ็นจิเนียริง จำกัด (มหาชน)
 ในส่วนของงานระบบสุขาภิบาลและดับเพลิง ปี2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ - นามสกุล รัชชานนท์ ด้วงเหมือน
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 22 มีนาคม พ.ศ.2543
 ภูมิลำเนา จังหวัดพัทลุง
 ที่อยู่ 154 หมู่ 15 ตำบลตำนาน อำเภอเมือง
 จังหวัดพัทลุง
 E-mail 63201249@kmitl.ac.th

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวส.)
 ประเภทวิชา อุตสาหกรรม สาขาวิชา เทคนิคเครื่องกล
 สาขางานเทคนิคยานยนต์ ปีการศึกษา 2563
 จากวิทยาลัยเทคนิคพัทลุง
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
 วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล) ปีการศึกษา 2566
 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 วิทยาเขตชุมพรเขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผลงานและกิจกรรม

- ผ่านการฝึกงาน จาก หจก.ส.เซ็นเตอร์
 ในส่วนช่างซ่อมและงานบริการ ปี 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้