

ผลของโลหะทรานซิชันต่อวัสดุคาร์บอนจากชีวมวลที่หลากหลาย

ด้วยกระบวนการไฮโดรเทอร์มัลคาร์บอนไนเซชัน

EFFECT OF TRANSITION METALS ON CARBON MATERIALS FROM VARIOUS
BIOMASS VIA HYDROTHERMAL CARBONIZATION



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมวัสดุนาโน

วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECT OF TRANSITION METALS ON CARBON MATERIALS FROM VARIOUS
BIOMASS VIA HYDROTHERMAL CARBONIZATION



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING
IN NANOMATERIAL ENGINEERING
COLLEGE OF NANOTECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2017

COLLEGE OF NANOTECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชานาโนวิทยาและนาโนเทคโนโลยี
วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
โครงการพิเศษ

หัวข้อโครงการพิเศษ ผลของโลหะทรานซิชันต่อวัสดุคาร์บอนจากชีวมวลที่หลากหลาย
ด้วยกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนไนเซชัน

Special Project Title Effect of transition metals on carbon materials from various biomass via hydrothermal carbonization

นักศึกษา นางสาวปิระนุช แสงจำรัส
รหัสประจำตัว 57110035
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา นาโนวิทยาและนาโนเทคโนโลยี
สาขาวิชา วิศวกรรมวัสดุนาโน
ปีการศึกษา 2560
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. อภิลักษณ์ เอียดเอื้อ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผศ.ดร. สุธี ชูดีไพจิตร

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ		ลายมือชื่อ
ดร. ชัดติยา	ชลาลัยพัฒน์	
ผศ.ดร. กนกนันทน์	ภาชีรักษ์	
ผศ.ดร. อภิลักษณ์	เอียดเอื้อ	
ผศ.ดร. สุธี	ชูดีไพจิตร	

ภาควิชานาโนวิทยาและนาโนเทคโนโลยี วิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบังอนุมัติให้
โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมวัสดุนาโน
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRBANG



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการ (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดารินี พรหมโยธิน) ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและ
วันที่... 22 ... เดือน... มี.ย. ... พ.ศ. 2561

หัวข้อโครงการพิเศษ

ผลของโลหะทรานซิชันต่อวัสดุคาร์บอนจาก
ชีวมวลที่หลากหลายด้วยกระบวนการไฮโดร
เทอมัลคาร์บอนไนเซชัน

นักศึกษา

นางสาวพีระนุช แสงจำรัส

รหัสประจำตัว

57110035

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขา

วิศวกรรมวัสดุนาโน

พ.ศ.

2560

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. อภิลักษณ์ เอียดเอื้อ

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ผศ.ดร. สุธี ชูดีไพจิตร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโลหะทรานซิชัน (Transition metal) ด้วยกระบวนการไฮโดรเทอมัลคาร์บอนไนเซชัน โดยคัดเลือกชีวมวลจากเกษตรกรรมซึ่งเป็นเพิ่มมูลค่าจากวัตถุดิบเหลือใช้ โดยจะทำการทดลองดังนี้ คัดเลือกชีวมวลทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ เปลือกข้าวโพด เปลือกยูคาลิปตัส จุกสับปะรด กาบมะพร้าว เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาหรือตัวรองรับ โดยปัจจัยที่ทำการศึกษาได้แก่ ความเข้มข้นของโลหะทรานซิชันทั้ง 8 ชนิด ได้แก่ คอปเปอร์ไนเตรต ไอร์รอนไนเตรต นิกเกิลไนเตรต แคลเซียมไนเตรต แบเรียมไนเตรต บิสมัทไนเตรต เลดไนเตรต และซิงค์ไนเตรต จากนั้นทำการเปรียบเทียบผลของโลหะทรานซิชันแต่ละเงื่อนไข จากนั้นนำชีวมวลมาผสมกับสารละลายโลหะทรานซิชัน และใส่ลงในถังปฏิกรณ์ (Autoclave) เพื่อทำการไฮโดรเทอร์มัลที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ด้วยเงื่อนไขความเข้มข้นของสารละลายโลหะทรานซิชัน 1,3 และ 5% ตามลำดับ เมื่อทำการไฮโดรเทอร์มัลเสร็จ นำชีวมวลดังกล่าวไปอบให้แห้งและนำไปทำปฏิกิริยาคาร์บอนไนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เปรียบเทียบความเป็นคาร์บอนจากโลหะทรานซิชันที่ใส่ลงไป จากนั้นศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาโดยเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ศึกษาหมู่ฟังก์ชันบนพื้นผิวของตัวอย่างจากเครื่องฟูเรียร์ทรานฟอร์ม ผลที่มุ่งหวังคือโลหะทรานซิชันจะส่งผลต่อผลิตภัณฑ์และโครงสร้างของคาร์บอนด้วยวิธีไฮโดรเทอมัลคาร์บอนไนเซชัน จากการทดลองเงื่อนไขที่ดีที่สุดคือชีวมวลที่เติมสารละลายโลหะทรานซิชันของแคลเซียมไนเตรต

คำสำคัญ : ไฮโดรเทอมัลคาร์บอนไนเซชัน, วัตถุดิบเหลือใช้จากเกษตรกรรม, โลหะทรานซิชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Effect of transition metals on carbon materials from various biomass via Hydrothermal Carbonization
Student	Miss. Peeranuch Sangjumras
Student ID	57110035
Degree	Bachelor of Engineer
Program	Nanomaterial Engineering
Year	2016
Special Project advisor	Asst.Prof.Dr. Apiluck Eiad-ua
Co-Special Project advisor	Asst.Prof.Dr. Sutee Chutipijit

Abstract

This research aims to study the effect of transition metals from the agriculture waste through hydrothermal carbonization process (HTC). In this study, the biomass was hydrothermally treated at 200 °C for 8 hours with the presence of transition metal as catalyst. Vast types of metal-salt solutions comprising of $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, BiN_3O_9 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ and $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ with variety concentration of 1,3 and 5 wt% during HTC and carbonization at 200 °C for 2 hours and carbonization at 700 °C for 2 hours. Biochar were investigated its effects on surface functional characteristics and morphological appearance of synthesized carbon, which were demonstrated by using FT-IR, and SEM micrograph analyses. On the other hand, the remaining metal on synthesized carbon surface is sufficient for the catalytic applications. Thus, HTC of agriculture by-products added transition metals would be an effective preparation technique.

Keywords: Hydrothermal carbonization, Agricultural waste, Transition metal.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้จบลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. อภิลักษณ์ เอียดเอื้อ และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผศ.ดร.สุธี ชูติไพจิตร สำหรับแนวทางในการดำเนินโครงการพิเศษ ตลอดจนวิธีแก้ไขปรับปรุงความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระหว่างดำเนินโครงการ ขอขอบคุณอีกครั้งสำหรับความเมตตากรุณาที่มอบให้แก่ผู้ดำเนินโครงการ ขอขอบคุณประธานกรรมการสอบและกรรมการสอบ ดร.ชัตติยา ขลาพัฒน์ และ ผศ.ดร.กนกนันท์ ภาชีรักษ์ ขอขอบคุณผู้ผลิตงานวิจัยวรรณกรรม สื่อ เว็บไซต์ต่างๆที่ผลิตผลงานคุณภาพดีที่ทำให้ข้าพเจ้าได้เข้าใจเรื่องราวต่างๆจนทำให้โครงการพิเศษนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณวิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบังที่อำนวยความสะดวกทั้งเครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆในการดำเนินโครงการ

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่า โครงการพิเศษของข้าพเจ้าจะเป็นประโยชน์ให้แก่บุคคลที่สนใจต่อไป

พีระนุช แสงจำรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญรูป.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
บทที่ 1	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 แผนการดำเนินงานวิจัย.....	3
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2	5
2.1 ชีวมวล.....	5
2.2 ข้าวโพด.....	6
2.3 ยูคาลิปตัส.....	8
2.4 มะพร้าว.....	10
2.5 สับปะรด.....	12
2.6 กระบวนการไฮโดรเทอร์มอลคาร์บอนไนเซชัน.....	14
2.7 กระบวนการคาร์บอนไนเซชัน (Carbonization).....	14
2.8 การกระตุ้น (Activation).....	15
2.9 การกระตุ้นทางเคมี.....	15
2.10 โลหะทรานซิชัน.....	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและตีพิมพ์อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.11 คอปเปอร์ไนเตรต.....	17
2.12 ไอร์รอนไนเตรต.....	18
2.13 นิกเกิลไนเตรต.....	19
2.14 แคดเมียมไนเตรต.....	20
2.15 แบเรียมไนเตรต.....	20
2.16 บิสมัทไนเตรต.....	21
2.17 เลดไนเตรต.....	22
2.18 ซิงค์ไนเตรต.....	23
2.19 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	24
2.20 เทคนิคและเครื่องมือวัด.....	30
บทที่ 3.....	34
3.1 การศึกษาคุณสมบัติของคาร์บอนชีวมวลหลากหลายชนิด.....	34
3.3 การเตรียมชีวมวลต่างๆ.....	39
3.4 การเตรียมกระบวนการไฮโดรเทอมัลจากชีวมวลหลากหลายชนิด.....	39
3.5 การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ.....	40
บทที่ 4.....	48
4.1 ร้อยละผลได้ของชีวมวลหลังจากกระบวนการไฮโดรเทอมัล.....	48
4.2 ร้อยละผลได้ของโลหะทรานซิชันหลังจากกระบวนการไฮโดรเทอมัล.....	50
4.3 FT-IR spectrum ของชีวมวลหลังจากกระบวนการไฮโดรเทอมัล.....	51
4.4 กราฟเชิงปริมาตรของโลหะทรานซิชันของความเข้มข้นทั้งหมด.....	64
4.5 การศึกษาสัณฐานวิทยาของชีวมวลหลังจากกระบวนการไฮโดรเทอมัล.....	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและตีพิมพ์อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5.....	81
บรรณานุกรม.....	82
ประวัติผู้เขียน.....	86



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและตัวอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบของสับปรด.....	21
2.2 ลักษณะของคอปเปอร์ไนเตรต.....	26
2.3 โครงสร้างทางเคมีของคอปเปอร์ไนเตรต.....	26
2.4 ลักษณะของไอร์รอนไนเตรต.....	27
2.5 โครงสร้างทางเคมีของไอร์รอนไนเตรต.....	27
2.6 ลักษณะของนิกเกิลไนเตรต.....	28
2.7 โครงสร้างทางเคมีของนิกเกิลไนเตรต.....	28
2.8 ลักษณะของแคดเมียมไนเตรต.....	29
2.9 โครงสร้างทางเคมีของแคดเมียมไนเตรต.....	29
2.10 ลักษณะของแบเรียมไนเตรต.....	30
2.11 โครงสร้างทางเคมีของแบเรียมไนเตรต.....	30
2.12 ลักษณะของบิสมัทไนเตรต.....	31
2.13 โครงสร้างทางเคมีของบิสมัทไนเตรต.....	31
2.14 ลักษณะของเลดไนเตรต.....	32
2.15 โครงสร้างทางเคมีของเลดไนเตรต.....	32
2.16 ลักษณะของซิงค์ไนเตรต.....	33
2.17 โครงสร้างทางเคมีของซิงค์ไนเตรต.....	33
2.18 แสดงการวิเคราะห์จากเครื่อง SEM.....	35
2.19 แสดงองค์ประกอบของไฮโดรซาร์จากสารอาหาร.....	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและตัวอักษรอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.20 หลักการทำงานของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด.....	41
2.21 การทำงานของเครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโคปี.....	42
3.1 คอปเปอร์ไนเตรต (Copper nitrate, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$).....	43
3.2 ไอร์รอนไนเตรต (Iron nitrate , $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$).....	44
3.3 นิกเกิลไนเตรต (Nickel nitrate, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$).....	44
3.4 แคดเมียมไนเตรต (Cadmium nitrate, $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$).....	44
3.5 แบเรียมไนเตรต (Barium nitrate, $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$).....	45
3.6 บิสมัทไนเตรต (Bismuth nitrate, $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$).....	45
3.7 เลดไนเตรต (Lead nitrate , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$).....	45
3.8 ซิงค์ไนเตรต (Zinc nitrate, $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$).....	46
3.9 น้ำปลอดประจุ (De-ionization water).....	46
3.10 เตาอบความร้อน.....	46
3.11 หม้อนึ่งบดความดันไอ (autoclave).....	47
3.12 เครื่องซังสาร.....	47
3.13 เตาเผา.....	47
3.14 ตู้อบไล่ความชื้น.....	48
3.15 ผงชีวมวลหลังจากกระบวนการไฮโดรเทอร์มัล.....	49
3.16 เครื่องเครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์ม.....	50

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่

หน้า

4.1 มวลของซีวมวลต่างๆที่ผสมด้วยโลหะทรานซิชัน 8 ชนิดในความเข้มข้น.....50

4.2 FT-IR spectrum ของโลหะทรานซิชันทั้ง 8 ชนิด A) Copper nitrate B) Iron nitrate C) Nickel nitrate D) Barium nitrate E) Zinc nitrate F) Lead nitrate G) Bismuth nitrate H) Cadmium nitrate52

4.3 FT-IR spectrum ของโลหะทรานซิชันทั้ง 8 ชนิด A) Copper nitrate B) Iron nitrate C) Nickel nitrate D) Barium nitrate E) Zinc nitrate F) Lead nitrate G) Bismuth nitrate H) Cadmium nitrate60

4.4 FT-IR spectrum ของโลหะทรานซิชันทั้ง 8 ชนิด A) Copper nitrate B) Iron nitrate C) Nickel nitrate D) Barium nitrate E) Zinc nitrate F) Lead nitrate G) Bismuth nitrate H) Cadmium nitrate64

4.5 กราฟเปรียบเทียบเชิงปริมาตรของโลหะทรานซิชัน A) ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์จากความเข้มข้นทั้งหมด B) ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์จากความเข้มข้นทั้งหมด C) ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์จากความเข้มข้นทั้งหมด.....66

4.6 ภาพ SEM (กำลังขยาย 500X) เปลือกข้าวโพดหลังจากกระบวนการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง (A) Copper nitrate (B) Cadmium nitrate (C) Barium nitrate (D) Iron nitrate (E) Nickel nitrate (F) Bismuth nitrate (G) Lead nitrate (H) Zinc nitrate.....68

4.7 ภาพ SEM (กำลังขยาย 500X) เปลือกยูคาลิปตัสหลังจากกระบวนการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง (A) Copper nitrate (B) Cadmium nitrate (C) Barium nitrate (D) Iron nitrate (E) Nickel nitrate (F) Bismuth nitrate (G) Lead nitrate (H) Zinc nitrate.....69

4.8 ภาพ SEM (กำลังขยาย 500X) กาบมะพร้าวหลังจากกระบวนการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง (A) Copper nitrate (B) Cadmium nitrate (C) Barium nitrate (D) Iron nitrate (E) Nickel nitrate (F) Bismuth nitrate (G) Lead nitrate (H) Zinc nitrate..70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและตัวอักษรอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่

หน้า

4.9 ภาพ SEM (กำลังขยาย 500X) จุกสับปรดหลังจากกระบวนการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง (A) Copper nitrate (B) Cadmium nitrate (C) Barium nitrate (D) Iron nitrate (E) Nickel nitrate (F) Bismuth nitrate (G) Lead nitrate (H) Zinc nitrate..71

4.10 ภาพ SEM (กำลังขยาย 500X) เปลือกข้าวโพดหลังจากกระบวนการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง (A) Copper nitrate (B) Cadmium nitrate (C) Barium nitrate (D) Iron nitrate (E) Nickel nitrate (F) Bismuth nitrate (G) Lead nitrate (H) Zinc nitrate.....72

4.11 ภาพ SEM (กำลังขยาย 500X) เปลือกยูคาลิปตัสหลังจากกระบวนการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง (A) Copper nitrate (B) Cadmium nitrate (C) Barium nitrate (D) Iron nitrate (E) Nickel nitrate (F) Bismuth nitrate (G) Lead nitrate (H) Zinc nitrate.....73

4.12 ภาพ SEM (กำลังขยาย 500X) กาบมะพร้าวหลังจากกระบวนการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง (A) Copper nitrate (B) Cadmium nitrate (C) Barium nitrate (D) Iron nitrate (E) Nickel nitrate (F) Bismuth nitrate (G) Lead nitrate (H) Zinc nitrate.....74

4.13 ภาพ SEM (กำลังขยาย 500X) จุกสับปรดหลังจากกระบวนการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง (A) Copper nitrate (B) Cadmium nitrate (C) Barium nitrate (D) Iron nitrate (E) Nickel nitrate (F) Bismuth nitrate (G) Lead nitrate (H) Zinc nitrate 76

4.14 ภาพ SEM (กำลังขยาย 500X) เปลือกข้าวโพดหลังจากกระบวนการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง (A) Copper nitrate (B) Cadmium nitrate (C) Barium nitrate (D) Iron nitrate (E) Nickel nitrate (F) Bismuth nitrate (G) Lead nitrate (H) Zinc nitrate.....77

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่

หน้า

4.15 ภาพ SEM (กำลังขยาย 500X) เปลือกยุคาลิปต์หลังจากกระบวนการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง (A) Copper nitrate (B) Cadmium nitrate (C) Barium nitrate (D) Iron nitrate (E) Nickel nitrate (F) Bismuth nitrate (G) Lead nitrate (H) Zinc nitrate.....	78
4.16 ภาพ SEM (กำลังขยาย 500X) ภาพมะพร้าวหลังจากกระบวนการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง (A) Copper nitrate (B) Cadmium nitrate (C) Barium nitrate (D) Iron nitrate (E) Nickel nitrate (F) Bismuth nitrate (G) Lead nitrate (H) Zinc nitrate.....	80
4.17 ภาพ SEM (กำลังขยาย 500X) จุกสับปรดหลังจากกระบวนการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง (A) Copper nitrate (B) Cadmium nitrate (C) Barium nitrate (D) Iron nitrate (E) Nickel nitrate (F) Bismuth nitrate (G) Lead nitrate (H) Zinc nitrate	81

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงานวิจัย.....	3
1.2 การเตรียมเงื่อนไขในกระบวนการไฮโดรเทอร์มัล.....	4
4.1 เปรียบเทียบโลหะทรานซิชัน 8 ชนิดในเปลือกยุคาลิปต์สในความเข้มข้น 1,3 และ 5เปอร์เซ็นต์ จากความเข้มข้นทั้งหมด หลังจากกระบวนการไฮโดรเทอร์มัล.....	51



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ครึ่งหนึ่งของประชากรไทยมีอาชีพเกษตรกรรม ส่งผลให้ประเทศไทยมีจำนวนประชากรในภาคเกษตรไม่น้อยกว่าสามสิบล้านคน ดังนั้นการพัฒนาการเกษตรจึงเป็นการพัฒนาที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะประเทศไทยเป็นประเทศส่งออกตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เช่น สับปะรด, ข้าวโพด และอื่นๆ ก่อให้เกิดของเหลือใช้ทางเกษตรกรรม ซึ่งปัจจุบันทำเป็นปุ๋ย จึงมีแนวคิดนำมาทำให้เกิดประโยชน์มากขึ้น ได้แก่ วัสดุคาร์บอน ในงานวิจัยนี้นำชีวมวลที่ได้ทั่วไปตามท้องตลาดมาแปรรูป เช่น เปลือกข้าวโพด เปลือกยูคาลิปตัส กาบมะพร้าว และจุกสับปะรด มาผ่านกระบวนการไฮโดรเทอมัลคาร์บอนไนเซชัน

กระบวนการแยกสลายด้วยความร้อน (Pyrolysis) เป็นกระบวนการที่ทำให้สารประกอบอินทรีย์ขนาดใหญ่ที่ต่อกันเป็นโซ่ยาวแตกออกเป็นโมเลกุลที่มีขนาดเล็กลง โดยถูกย่อยสลายทางเคมีด้วยความร้อน ณ อุณหภูมิสูงในที่อับจากออกซิเจน อุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการนี้อยู่ในช่วง 400-700 องศาเซลเซียส ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นสารประกอบที่มีคุณค่ามาก ประกอบด้วย ผลิตภัณฑ์แก๊ส, ผลิตภัณฑ์ของเหลว และผลิตภัณฑ์ของแข็ง ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้กระบวนการไฮโดรเทอมัลคาร์บอนไนเซชัน (Hydrothermal carbonization) เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ง่าย ใช้อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาที่ต่ำ ราคาถูก และเป็นวิธีที่แพร่หลายในการแปรรูปชีวมวลให้เป็นไฮโดรชาร์ (Hydrochar) รวมถึงเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ในสถานะที่ใช้อุณหภูมิ และความดันสูง ในตัวทำละลายที่เป็นน้ำ โดยมีกลไกในการทำปฏิกิริยาทำให้โมเลกุลของน้ำ (H_2O) และความร้อน เข้าไปทำลายพันธะ (Break bond) ของลิกนิน, เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสซึ่งเป็นส่วนประกอบของชีวมวล เนื่องจากปัจจุบันตัวเร่งปฏิกิริยามีราคาแพง งานวิจัยนี้จะทำการประยุกต์ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจากโลหะทรานซิชัน (Transition metal) ที่มาจากตำแหน่งในตารางธาตุทั้ง 4 คาบ ธาตุเหล่านี้จะแทนการเพิ่มจำนวนอิเล็กตรอนเข้าไปอยู่ในวงโคจร atomic orbital มีจำนวน 40 ตัว รวมไปถึงธาตุในบล็อก-d (d-block) โดยจะมีคุณสมบัติความเป็นโลหะและนำไฟฟ้าได้ดี ธาตุเหล่านี้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (catalysts) ที่ดี จึงถูกนำมาใส่ระหว่างกระบวนการไฮโดรเทอมัลเพื่อเปรียบเทียบว่าธาตุใดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ดีที่สุดจึงจะสามารถนำมาต่อยอดให้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้ ซึ่งส่วนใหญ่ตัวเร่งปฏิกิริยาจะอยู่ในพวกโลหะ ในงานวิจัยนี้จะเป็นการต่อยอดหรือประยุกต์ใช้ชีวมวลจากการที่ใส่สารละลายที่ประกอบด้วยหมู่โลหะ

ทรานซิชันต่างๆลงไปและศึกษาการเปลี่ยนแปลงทั้งกายภาพและการเปลี่ยนแปลงทางเคมี จากนั้นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบความเป็นคาร์บอนที่เกิดขึ้นหลังจากกระบวนการไฮโดรเทอมัลคาร์บอนในเซชันด้วย อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการไฮโดรเทอมัลคาร์บอนใน เซชันเนื่องจากเป็นวิธีที่ให้ความร้อนแก่ตัวทำปฏิกิริยาพวกเกลือของโลหะออกไซด์หรือพวกโลหะต่างๆ โดยจะให้ความร้อนและความดันที่สูง ซึ่งภายใต้สภาวะดังกล่าวจะต้องทำให้เกิดผงที่ปราศจากน้ำ จึง ต้องเตรียมการในหม้อหนึ่งอัดความดันไอ (Autoclave) โลหะทรานซิชั่นแต่ละชนิดจะให้ความเป็น คาร์บอนได้แตกต่างกัน ซึ่งจะส่งผลต่อการนำมาประยุกต์ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาหรือตัวรองรับที่ดี เพราะฉะนั้นจึงต้องมีการกำหนดสัดส่วนในการใส่โลหะทรานซิชั่นเข้าไประหว่างทำการไฮโดรเทอมัล เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างธาตุเดียวกัน ในการศึกษาเมื่อนำพื้นฐานความรู้ด้าน เทคโนโลยีนาโนมาประยุกต์จะทำการทดลองโดยวิธีการไฮโดรเทอมัลในเงื่อนไขอุณหภูมิ 200 องศา เซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปทำปฏิกิริยาคาร์บอนในเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศา เซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างภายในและลักษณะทาง กายภาพ โดยระหว่างทำการไฮโดรเทอมัลจะใส่โลหะทรานซิชั่นจำนวน 8 ชนิดลงไปเพื่อศึกษาความ แตกต่างระหว่างความเป็นคาร์บอนที่เกิดขึ้นจากชีวมวลที่แตกต่างกันและการนำไปประยุกต์ใช้เป็น ตัวเร่งปฏิกิริยา

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 ศึกษากระบวนการสังเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นของคาร์บอนชีวมวลหลากหลายชนิด และเปรียบเทียบความเป็นคาร์บอนที่ได้จากหมู่โลหะทรานซิชั่นต่างๆ
- 1.2.2 ศึกษาโลหะทรานซิชั่นต่างๆที่มีผลต่อความเป็นคาร์บอนจากชีวมวลหลากหลาย ชนิดโดยอาศัยกระบวนการไฮโดรเทอมัล
- 1.2.3 เพื่อเพิ่มมูลค่าวัตถุดิบจากสิ่งที่เหลือใช้ด้านเกษตรกรรม
- 1.2.4 ศึกษาการวิเคราะห์สมบัติทางโครงสร้าง ทางเคมี และสัณฐานวิทยาของผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 แผนการดำเนินงานวิจัย

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงานวิจัย

กิจกรรม	เดือน									
	ส.ค.		ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย
1. ศึกษาค้นคว้าข้อมูลงานวิจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับ การนำชีวมวลมาทำปฏิกิริยาไฮโดรเทอร์มัลคาร์บอนไนเซชัน										
2. วางแผนดำเนินงานวิจัยในการศึกษาตัวแปรต่างๆ เช่น การเติมโลหะทรานซิชันแต่ละชนิดลงไปชีวมวล										
3. ทำการทดลองโดยการเติมโลหะทรานซิชันลงไปชีวมวล โดยผ่านกระบวนการไฮโดรเทอร์มัลคาร์บอนไนเซชัน										
4. วิเคราะห์ชีวมวลแต่ละชนิดที่ผ่านกระบวนการไฮโดรเทอร์มัลคาร์บอนไนเซชันด้วยเครื่องวิเคราะห์ต่างๆ										
5. เขียนรายงาน										

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.1 ทำการไฮโดรเทอมัลและใส่สายละลายที่มีส่วนผสมของความเข้มข้นของหมู่โลหะทรานซิชั่นด้วยปัจจัยต่างๆ ดังนี้

- ความเข้มข้นของสายละลายหมู่โลหะทรานซิชั่นที่ใส่ลงไปในช่วงมวลหลากหลายชนิด

1.3.2 การวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างผลึก โครงสร้างพันธะเคมี และสัณฐานวิทยาของผลิตภัณฑ์

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคนิคการไฮโดรเทอมัลคาร์บอนนาโนเช็น

1.4.2 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับชีวมวลและหมู่โลหะทรานซิชั่น

1.4.3 ทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อความเป็นคาร์บอนหลังจากการผ่านกระบวนการไฮโดรเทอมัลคาร์บอนไซชั่นและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในหลังจากใส่หมู่โลหะทรานซิชั่นลงไป

1.4.4 ทราบถึงกระบวนการวิเคราะห์ผลทางโครงสร้างทางพันธะ เคมีและสัณฐานวิทยาด้วยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ได้แก่ เครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

1.4.5 ทราบถึงองค์ประกอบของสารที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นข้อมูลที่ไว้สำหรับวิจัยและพัฒนาต่อไป

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชีวมวล

ชีวมวล (Biomass) คือ สารที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตพลังงานได้ ซึ่งเป็นสารอินทรีย์และเป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติ ส่วนใหญ่ได้มาจากพืชและสัตว์ต่างๆ การใช้งานชีวมวลเพื่อผลิตพลังงานทำได้โดยนำมาเผาไหม้เพื่อนำพลังงานความร้อนที่ได้ไปใช้ ชีวมวลเหล่านี้มีแหล่งที่มาต่าง ๆ กัน อาทิ พืชผลทางการเกษตร (agricultural crops) เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร (agricultural residues) ประเทศไทยมีแหล่งพลังงานอยู่มาก หากรู้จักนำมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ เราจะสามารถลดการใช้พลังงานด้านอื่น อาทิ พลังงานจากน้ำมัน ไฟฟ้า แก๊ส ถ่านหิน ฯลฯ ซึ่งจะช่วยลดการใช้พลังงานที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และช่วยลดการสูญเสียเงินตราของประเทศ ดังนั้นการคิดค้นและพัฒนาการนำชีวมวลมาใช้เป็นพลังงานทดแทนในรูปแบบต่าง ๆ จึงเป็นการแสวงหาหนทางใหม่ในการใช้พลังงานเพื่ออนาคต ในขณะเดียวกันก็ ลดความสูญเสียและเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานด้วยเช่นกัน [1]

2.1.1 การนำไปใช้งาน [2]

มนุษย์ได้รู้จักนำชีวมวลมาใช้เป็นพลังงานตั้งแต่สมัยโบราณแล้ว จนต่อมาได้มีการพัฒนาเจริญมากขึ้นจึงได้นำเชื้อเพลิงเช่นน้ำมันดิบ ถ่านหินและก๊าซธรรมชาติมาทดแทน ทำให้พลังงานจากชีวมวลมีบทบาทน้อยลงมากในปัจจุบันนี้ การนำชีวมวลมาเป็นเชื้อเพลิงมีข้อดีหลายประการ คือ

- 1) การเผาชีวมวลไม่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก (Carbon Offset) เนื่องจากการเผาไหม้สารทุกชนิดจะเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งล่องลอยไปในอากาศและห่อหุ้มโลกไว้ เมื่อแสงอาทิตย์ส่องลงมายังโลก รังสีบางส่วนไม่สามารถสะท้อนกลับออกไปได้ทำให้โลกร้อนขึ้น จึงเรียกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ว่าเป็นก๊าซเรือนกระจก (Green House Gas) แต่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาชีวมวลจะถูกหมุนเวียนกลับไปใช้โดยพืชเพื่อสังเคราะห์แสง

- 2) การนำชีวมวลมาใช้ไม่ทำให้เกิดก๊าซมีเทนซึ่งถือเป็นก๊าซเรือนกระจก เนื่องจากการปล่อยให้อยู่สลายตามธรรมชาติ เช่น มูลสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การนำชีวมวลมาเผาไหม้จะไม่สร้างปัญหาฝนกรด เนื่องจากชีวมวลจะมีกำมะถันหรือซัลเฟอร์ไม่เกิน 0.2 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ปัญหาเรื่องฝนกรดจะมีปริมาณกำมะถัน 2 เปอร์เซ็นต์

3) ช่วยลดภาระในการกำจัดเข่น นำไปฝังกลบและเผาทิ้งเป็นต้น

2.1.2 องค์ประกอบของชีวมวล (Biomass Compositions) [2]

องค์ประกอบของชีวมวลแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักคือ

- ส่วนที่เผาไหม้ได้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ สารระเหย (Volatiles Matter) และคาร์บอนคงที่ (Fixed Carbon)
- ส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ หรือขี้เถ้า
- ส่วนที่มีความชื้น หรือปริมาณน้ำที่สะสมอยู่ในชีวมวล

2.1.3 องค์ประกอบทั่วไปของสารชีวมวล [2]

องค์ประกอบเบื้องต้นของสารชีวมวลได้แก่ เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน แป้ง โปรตีน และเซลลูโลส ภายในสารชีวมวลแต่ละชนิดจะมีองค์ประกอบต่างกัน เนื่องจากมีโครงสร้างเคมีที่แตกต่างกัน

- 1) เฮมิเซลลูโลส สามารถละลายได้ในสายละลายเบส เฮมิเซลลูโลสทั่วไปคือไซแลน ประกอบด้วยไซโลสพันธะ 1,4 ส่วนมากขึ้นอยู่กับชนิดและส่วนของพืช
- 2) ลิกนิน ประกอบด้วย ยูนิตฟีนิลโพรเพนและอนุพันธ์ มีโครงสร้างซับซ้อนและยังไม่มีปฏิกิริยาเข้าใจอย่างแท้จริง ส่วนใหญ่เฮมิเซลลูโลสและลิกนินถูกพบในสารชีวมวลต่างๆ
- 3) แป้ง เป็นโพลีแซคคาไรด์ที่ประกอบด้วยยูนิตของดิกลูโคส แป้งถูกพบในเมล็ด ราก และลำต้น ซึ่งถือเป็นอาหาร
- 4) โปรตีน เป็นสารประกอบโมเลกุลขนาดใหญ่ ซึ่งกรดอะมิโนหลายตัวถูกโพลีเมอร์ไรซ์เข้ากัน คุณสมบัติที่พบต่างกัน ขึ้นกับชนิดของกรดอะมิโน แต่โปรตีนไม่ใช่สารประกอบพื้นฐานของสารชีวมวล จึงมีสัดส่วนน้อยกว่าสารข้างต้นที่กล่าวมา
- 5) สารอินทรีย์และอนินทรีย์ ปริมาณที่พบมีหลายชนิด สารอินทรีย์ที่พบได้มาก ได้แก่ กาลีเซอรอล ซูโครส สารอนินทรีย์ที่พบ ได้แก่ ขี้เถ้าจำนวนน้อย ธาตุโลหะพื้นฐาน ได้แก่ แคลเซียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ข้าวโพด

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Zea mays* Linn. หรือ สาลิ (เหนื่อ) คง (กระบี่) โปด (ใต้) เป็นพืชตระกูลเดียวกับ
หญ้าม้าลำต้นสูง โดยเฉลี่ย 2.2 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น 0.5-2.0 นิ้ว [3]

ข้าวโพด ชื่อสามัญ Corn, Indian corn, Maize

การจำแนกชั้นทางวิทยาศาสตร์

อาณาจักร: Plantae

หมวด: Magnoliophyta

ชั้น: Liliopsida

อันดับ: Poales

สกุล: Zea

วงศ์: Poaceae

2.2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าวโพด [3]

ข้าวโพดเป็นพืชจำพวกไผ่ หรือเรียกว่า รากข้าวคราว หลังจากข้าวโพดมีการเจริญเติบโตได้
ประมาณ 7 – 10 วัน รากของข้าวโพดถาวรจะงอกขึ้นรอบๆ ในระดับใต้พื้นดินประมาณ 1-2 นิ้ว เมื่อ
รากข้าวโพดถาวรเจริญเติบโตเต็มที่ จะแผ่ออกไปโดยรอบประมาณ 100 เซนติเมตร รากของข้าวโพด
เป็นระบบรากฝอย (fibrous root system) นอกจากรากที่อาศัยอยู่ใต้ดินแล้ว ยังมีรากยึดเหนี่ยว
(brace root) ซึ่งเกิดขึ้นรอบๆ ข้อที่อยู่ใกล้ผิวดิน มีส่วนลำต้นที่ตั้งตรงและแข็งแรง ลำต้นมีข้อ (node)
รวมไปถึงปล้อง (internode) ที่อยู่ในดินและใกล้ผิวดินสั้น และบริเวณนั้นจะค่อยๆ ยาวขึ้นไปทางด้าน
ปลาย ปล้องที่อยู่เหนือพื้นดินจะมีจำนวนประมาณ 8-20 ปล้อง ลำต้นสดมีสีเขียว ใบ ยาวรี เป็น
เส้นตรงปลายแหลม ยาวประมาณ 30-100 ซม. เส้นกลางของใบจะเห็นได้ชัด ตรงขอบใบมีขนอ่อนๆ
มีสีเขียว ใบ ลักษณะของใบรวมทั้งสีของใบแตกต่างกันไป แล้วแต่ชนิดของพันธุ์ บางพันธุ์ใบสีเขียว บาง
พันธุ์ใบสีม่วงและบางพันธุ์ใบลาย จำนวนใบก็เช่นเดียวกันอาจมีตั้งแต่ 8-48 ใบ ดอกตัวผู้และดอกตัว
เมียอยู่ในต้นเดียวกัน ข้อดอกตัวผู้อยู่ส่วนยอดของลำต้น ข้อดอกตัวเมียอยู่ต่ำลงมาอยู่ระหว่างกาบของ
ใบ และลำต้น ข้อดอกตัวผู้ (tassel) อยู่ตอนบนสุดของลำต้น ดอกตัวผู้ดอกหนึ่งจะมีอับเกสร (anther)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 อับ ส่วนดอกตัวเมียอยู่รวมกันเป็นช่อ เกิดขึ้นตอนช่อกลาง ๆ ลำต้น ฝักเกิดจากดอกตัวเมียที่เจริญเติบโตแล้ว ฝักอ่อนจะมีสีเขียว พอแก่เป็นสีนวล

2.2.2 ลักษณะทางกายภาพของข้าวโพด [3]

1) ต้นข้าวโพด จัดเป็นไม้ล้มลุกจำพวกหญ้า มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาใต้ ในปัจจุบันมีการปลูกทั่วไปในเขตร้อนและเขตอบอุ่นทั่วโลก ลำต้นนั้นมีลักษณะอวบกลมและตั้งตรงแข็งแรง มีความสูงของต้นประมาณ 1-4 เมตร ผิวต้นเรียบ เนื้อภายในพามคล้ายกับฟองน้ำ ขยายพันธุ์ด้วยวิธีการเพาะเมล็ด

2) ใบข้าวโพด ใบเป็นใบเดี่ยวออกเรียงสลับ ใบมีลักษณะเรียวยาวเป็นรูปขอบขนาน ปลายใบแหลม โคนใบมน ส่วนขอบใบมนและมีขนอ่อน ๆ สีขาว เส้นกลางใบมองเห็นได้ชัดเจน ใบมีขนาดกว้างประมาณ 2-10 เซนติเมตรและยาวประมาณ 30-100 เซนติเมตร ส่วนก้านใบเป็นกาบหุ้มลำต้น

3) ดอกข้าวโพด ออกดอกเป็นช่อ ดอกเพศผู้และดอกเพศเมียจะอยู่ในต้นเดียวกัน โดยดอกเพศผู้จะออกดอกเป็นช่อและออกที่ปลายยอด ส่วนดอกเพศเมียจะอยู่ต่ำถัดลงมา ออกระหว่างกาบของใบและลำต้น เรียงเป็น 2 แถว มีประมาณ 8-18 ดอก ดอกย่อยจะมีก้านเกสรเพศผู้จำนวน 9-10 ก้าน และมีอับเรณูสีเหลืองส้ม ยาวประมาณ 5 มิลลิเมตร ส่วนยอดเกสรเพศเมียเป็นเส้นบาง ๆ ยื่นออกมาเป็นจำนวนมาก คล้ายกับเส้นไหมจำนวนมาก (บ้างก็เรียกว่าหนวดข้าวโพด) โดยจะอยู่ระหว่างกาบใบและลำต้น และดอกเพศเมียเมื่อเจริญเติบโตแล้วก็จะออกเป็นฝักหรือเรียกว่าผล

4) ผลข้าวโพด ออกผลเป็นฝัก ผลถูกหุ้มไปด้วยกาบบาง ๆ หลายชั้น ฝักอ่อนเป็นสีเขียว เมื่อแก่แล้วจะเปลี่ยนเป็นสีนวล เรียกว่าเปลือกข้าวโพด ฝักมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก ในหนึ่งฝักจะมีเมล็ดอยู่รอบฝักเรียงเป็นระเบียบรอบแกนกลางของฝัก เมล็ดจะเกาะอยู่เป็นแถวประมาณ 8 แถว แต่ละแถวจะมีประมาณ 30 เมล็ดและมีสีต่าง ๆ กัน เช่น สีนวล เหลือง ขาว หรือสีม่วงดำ

2.2.3 ประโยชน์ของข้าวโพด [4]

1) ชังข้าวโพด สามารถนำมาเผาเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงหรือถ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ยอดเกสรตัวเมีย (ไหมข้าวโพด) ใช้แห้งประมาณ 30-60 กรัม นำมาต้มน้ำกินหรือเผาเป็นเถา บด ผสมกิน หรือใช้ภายนอก ใช้สุบหรือรมควัน มีรสขม ช่วยขับปัสสาวะขับน้ำดี บำรุงตับ รักษาตับอักเสบเป็นดีซ่าน ไตอักเสบบวม น้ำ ความดันเลือดสูง

3) แป้งข้าวโพดเปียกใช้เป็นอาหารที่ดีสำหรับบุคคลที่ฟื้นจากการเป็นไข้ แป้งข้าวโพดเป็นแป้งย่อยง่าย เชื่อกันว่าขนมปังที่ทำจากแป้งข้าวโพดมีคุณค่าทางอาหารมากกว่าขนมปังที่ทำมาจากแป้งสาลี สมควรใช้กับบุคคลที่เป็นโรคเกี่ยวกับตับและไต

4) น้ำมัน ประกอบด้วยกรดไขมันคือ กรดโอเลอิก (oleic) ร้อยละ 37, กรดลิโนเลอิก (linoleic) ร้อยละ 50, กรดปาล์มิติก (palmitic) ร้อยละ 10 และกรดสเตียริก (stearic) ร้อยละ 3 น้ำมันข้าวโพดสามารถนำมาประกอบอาหาร ใช้เป็นตัวทำละลายของสาร ergosterol เอามาเติมไฮโดรเจน (Hydrogenated) น้ำมันจะแข็งขึ้นนำมาทำเป็นเนยเทียมใช้ทำขนมเค้กตามที่ต้องการให้เป็นมัน

2.3 ยูคาลิปตัส

ยูคาลิปตัส ชื่อสามัญ Eucalyptus

ยูคาลิปตัส ชื่อวิทยาศาสตร์ *Eucalyptus globulus* Labill. (ชื่อพ้องวิทยาศาสตร์ *Eucalyptus gigantea* Dehnh., *Eucalyptus glauca* A. Cunn. ex DC., *Eucalyptus globulosus* St.-Lag., *Eucalyptus globulus* subsp. *globulus*, *Eucalyptus maidenii* subsp. *globulus* (Labill.) J.B. Kirkp., *Eucalyptus perfoliata* Desf., *Eucalyptus pulverulenta* Link) จัดอยู่ในวงศ์ชมพู่ (MYRTACEAE) [5]

การจำแนกชั้นทางวิทยาศาสตร์

อาณาจักร: Plantae

หมวด: Magnoliophyta

ชั้น: Magnoliopsida

อันดับ: Myrtales

วงศ์: Myrtaceae

สกุล: Eucalyptus

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ [5]

1) ลำต้น จัดเป็นไม้ยืนต้น ลำต้นตั้งตรงมีความสูงได้ประมาณ 10-25 เมตร เรือนยอดเป็นพุ่มหนาที่ค่อนข้างกลม แตกกิ่งก้านมาก เปลือกต้นบางเรียบเป็นมันและลอกออกง่าย เปลือกต้นเป็นสีน้ำตาลอ่อนปนขาว หรือมีสีเทาสลับสีขาวและสีน้ำตาลแดงเป็นบางแห่ง เปลือกนอกจะแตกออกเป็นแผ่นๆ และหลุดออกจากผิวของลำต้น เมื่อแห้งจะลอกได้ง่าย กิ่งก้านเล็กเป็นเหลี่ยม มีจุดตากลม

2) ใบ เป็นใบเดี่ยว ออกเรียงสลับเป็นคู่ ใบห้อยลง ลักษณะของใบเป็นรูปหอก ปลายใบแหลม ใบมีขนาดกว้างประมาณ 2-7 เซนติเมตร และยาวประมาณ 12-30 เซนติเมตร แผ่นใบหนาเป็นสีเขียวอมสีน้ำตาลเงิน มีผงคล้ายแปงปกคลุม เส้นใบมองเห็นได้ชัดเจน ก้านใบสั้น ก้านใบยาวประมาณ 2 เซนติเมตร

3) ดอก ออกดอกเดี่ยวหรือออกเป็นกระจุกตามง่ามใบ มีดอกประมาณ 2-3 ดอก ดอกเป็นสีขาวหรือสีเหลืองอ่อน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4 เซนติเมตร ดอกมีเกสรเพศผู้หลายอัน ดอกเป็นพู่เล็กๆ เหมือนดอกกระถิน เมื่อขยี้ใบ ดมดูจะมีกลิ่นฉุน ออกดอกเกือบตลอดทั้งปี

4) ผล มีลักษณะเป็นรูปครึ่งวงกลมหรือคล้ายรูปถ้วย ปลายผลแหลม ผลอ่อนเป็นสีเขียว และจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเมื่อแก่ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.8-2 เซนติเมตร เปลือกผลหนา มีรอยเส้นสีเหลี่ยม 4 เส้น เมื่อผลแก่ปลายผลจะแยกออก

2.3.2 ประโยชน์ของยูคาลิปตัส [5]

1) ในใบยูคาลิปตัสพบน้ำมันหอมระเหยประมาณ 0.92-2.89% Oleum Eucalypti ประกอบด้วยสาร เช่น Aromadendrene, Cineole, Pinene, Pinocarvon, Pinocarveol, Cuminaldehyde, 1-Acely 1-4 isopropylide-necyclopentene, Quercitrinm Quercetin Rutin ใบพบ Eucalyptin, Tannin และ Guaiacol Globulol.

2) สาร Oleum Eucalypti ความเข้มข้นอยู่ที่ 6% จะสามารถช่วยยับยั้งเชื้อวัณโรค H37 ได้

3) สารที่สกัดได้จากยูคาลิปตัสมีฤทธิ์ขับพยาธิปากขอได้

4) สารสกัดจากยูคาลิปตัส สามารถยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus* ได้ โดยฤทธิ์ที่ยับยั้งเชื้อได้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) สารสกัดจากยูคาลิปตัส สามารถดับพิษจากเชื้อบาดทะยักและเชื้อคอตีบได้ โดยนำสารที่สกัดได้มาทำเป็นยาฉีดให้กระต่ายที่ติดเชื้อบาดทะยักหรือเชื้อคอตีบ ในอัตราส่วน 0.2 มิลลิกรัมต่อ 1 กิโลกรัม พบว่ามีฤทธิ์ช่วยยับยั้งการติดเชื้อมากกว่าได้ และไม่มีอาการแสดงพิษของเชื้อที่ติดอยู่ในร่างกายเป็นเวลานานถึง 2 สัปดาห์

6) เนื้อไม้ยูคาลิปตัสสามารถนำมาใช้ทำกระดาษ ใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง ทำเสาเข็ม สร้างบ้าน ทำเครื่องเรือน เฟอร์นิเจอร์ เครื่องใช้สอยต่าง ๆ ทำรั้ว ทำเสา คอกเลี้ยงสัตว์ นั่งร้านในการก่อสร้าง (แต่ต้องมีการอาบน้ำยาเพื่อรักษาเนื้อไม้ไว้ก่อนถึงจะยืดอายุการใช้งานได้นานยิ่งขึ้น) ฯลฯ

7) เปลือกไม้นำมาบดให้ละเอียดผสมกับซีลี้อยและกาว ใช้ทำเป็นรูป และผสมกำมะถัน ใช้ทำเป็นยากันยุงได้ดี

8) นำมาใช้เผาถ่าน โดยพินจากไม้ยูคาลิปตัสจะให้พลังงานความร้อนสูงถึง 4,800 แคลอรีต่อกรัม ส่วนถ่านไม้ยูคาลิปตัสจะให้พลังงานความร้อน 7,400 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งมีความใกล้เคียงกับไม้โกงกางซึ่งเป็นถ่านไม้ชั้นดีที่สุด ฯลฯ

2.4 มะพร้าว

มะพร้าว ชื่อสามัญ Coconut

มะพร้าว ชื่อวิทยาศาสตร์ *Cocos nucifera* L. จัดอยู่ในวงศ์ปาล์ม (ARECACEAE) ซึ่งแต่เดิมใช้ชื่อวงศ์ว่า PALMAE หรือ PALMACEAE [6]

การจำแนกชั้นทางวิทยาศาสตร์

อาณาจักร: Plantae

อันดับ: Arecales

วงศ์: Arecaceae

วงศ์ย่อย: Arecoideae

เผ่า: Cocoeae

สกุล: Cocos

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ [6]

มะพร้าว เป็นพืชยืนต้น ใบมีลักษณะเป็นใบประกอบแบบขนนก ผลประกอบด้วยเอพิคาร์ป (epicarp) คือเปลือกนอก ถัดไปข้างในจะเป็นมีโซคาร์ป (mesocarp) หรือใยมะพร้าว ถัดไปข้างในเป็นส่วนเอนโดคาร์ป (endocarp) หรือกะลามะพร้าว ซึ่งจะมีรูสีคล้ำอยู่ 3 รู สำหรับงอก ถัดจากส่วนเอนโดคาร์ปเข้าไปจะเป็นส่วนเอนโดสเปิร์ม หรือที่เรียกว่าเนื้อมะพร้าว ภายในมะพร้าวจะมีน้ำมะพร้าวซึ่งน้ำมะพร้าวเกิดจากเอนโดสเปิร์มของมะพร้าวซึ่งจะมีเอนโดสเปิร์มทั้งของแข็งและของเหลว คือ เอนโดสเปิร์มของแข็งจะเป็นเนื้อมะพร้าว และเอนโดสเปิร์มทั้งของเหลวจะเป็นน้ำมะพร้าว ซึ่งเมื่อมะพร้าวแก่ เอนโดสเปิร์มก็จะดูดเอาน้ำมะพร้าวไปหมด ขณะที่มะพร้าวยังอ่อน ชั้นเอนโดสเปิร์ม (เนื้อมะพร้าว) ภายในผลมีลักษณะบางและอ่อนนุ่ม ภายในมีน้ำมะพร้าว ซึ่งในระยะนี้เรามักสอยเอามะพร้าวลงมารับประทานน้ำและเนื้อ เมื่อมะพร้าวแก่ ซึ่งสังเกตได้จากการที่เปลือกนอกเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ชั้นเอนโดสเปิร์มก็จะหนาและแข็งขึ้น จนในที่สุดมะพร้าวหล่นลงจากต้น

- 1) ลำต้น มีลำต้นเดี่ยว ไม่แตกแขนง มีรอยแผลจากการหลุดร่วงของใบตลอดลำต้น สามารถคำนวณอายุของต้นมะพร้าวได้จากรอยแผลนี้ คือ ในปีหนึ่งมะพร้าวจะสร้างใบประมาณ 12- 14 ใบ ดังนั้นใน 1 ปี จะมีรอยแผลที่ลำต้น 12 – 14 รอยแผล
- 2) ใบ เป็นใบประกอบ ออกอยู่ตามส่วนของลำต้น ประกอบด้วยก้านทาง (rachis) มีขนาดใหญ่และยาว และมีใบย่อย (leaflet) บนก้านทางประมาณ 200 – 250 ใบ
- 3) ดอก ออกเป็นช่อชนิดพานิคิล มีทั้งดอกตัวผู้และดอกตัวเมีย อยู่ในช่อเดียวกัน ดอกมีกลีบดอก 6 กลีบ สีครีมหรือสีเหลืองนวล ไม่มีก้านดอกย่อยดอกตัวเมียจะมีกลีบดอกหนาและแข็งกว่ากลีบดอกตัวผู้
- 4) ผล มะพร้าวเป็นชนิดไฟบรัสตรูป (fibrous drupe) เรียกว่า นัท (nut) มีเปลือก 3 ชั้นคือ
 1. เปลือกชั้นนอก (exocarp) เป็นเส้นใยที่เหนียวและแข็ง เมื่อแก่อาจมีสีเขียว แดง เหลืองหรือน้ำตาล
 2. เปลือกชั้นกลาง (mesocarp) มีลักษณะเป็นเส้นใย มีความหนาพอประมาณ
 3. เปลือกชั้นใน (endocarp) มีลักษณะแข็งหรือที่เรียกกันว่า กะลา (shell)
- 5) เมล็ด (seed of kernel) คือ เนื้อมะพร้าว ภายในเมล็ดเป็นช่อกลางขณะผลอ่อนจะมีน้ำอยู่เต็ม ผลแก่น้ำมะพร้าวจะแห้งไปบางส่วน

2.4.2 ประโยชน์ของมะพร้าว [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มะพร้าวเป็นพืชที่มีความผูกพันกับ วัฒนธรรมความเป็นอยู่ของคนไทยมาช้านาน คุณสมบัติที่ดีของมะพร้าว คือ ส่วนต่างๆ ของมะพร้าวสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่า และสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ หลากหลาย ตั้งแต่ ลำต้น ใบ ก้าน ผล กะลา รากมะพร้าว กาบมะพร้าว รากมะพร้าวประเภทของรูปแบบผลิตภัณฑ์มะพร้าว เฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานหัตถกรรม มีมากมายหลายชนิด ขึ้นอยู่กับวัสดุที่มาจากส่วนต่างๆ ของมะพร้าว เช่น

- 1) กาบมะพร้าวหรือเปลือกมะพร้าว มีคุณสมบัติแข็งแรง คงทนต่อน้ำและน้ำทะเล มีความยืดหยุ่น และสปริงดี กาบมะพร้าวซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ที่คนส่วนใหญ่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ นอกจากเผาทิ้งหรือทำเป็นเชื้อเพลิง นอกจากนั้นยังสามารถนำมาทำเชือก ทำพรม กระสอบ แปรงชนิดต่างๆ อวน ไม้กวาด เส้นใบสั้นใช้อัดไส้ของที่นอน เบาะรถยนต์ เป็นต้น
- 2) ใบมะพร้าว ใช้สานเป็นภาชนะใส่ของชั่วคราว ห่อขนม สานหมวกกันแดด สานเป็นเครื่องเล่นเด็ก และผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกรูปสัตว์ต่างๆ ของที่ระลึกประดับตกแต่ง
- 3) รากมะพร้าว เป็นเส้นยาว เหนียวมาก ใช้สานเป็นผลิตภัณฑ์ใช้สอย จำพวกตะกร้า ถาด ภาชนะสำหรับดอกไม้หรือใส่ของต่างๆ ประดิษฐ์เป็นหัตถกรรมของที่ระลึก
- 4) รากมะพร้าว หรือเยื่อหุ้มคอมะพร้าว ลักษณะเป็นแผ่นใยหยาบบางๆ ยืดหยุ่นได้ แต่แยกขาดง่าย ใช้ผลิตหัตถกรรมประเภท กระเป๋า หมวก รองเท้าแตะ กล่องใส่ของ ดอกไม้ ประดิษฐ์ เป็นต้น

2.5 สับปะรด

สับปะรด ชื่อสามัญ Pineapple (ถ้าเป็นพายสับปะรดจะใช้คำว่า Pineapple Pie)

สับปะรด ชื่อวิทยาศาสตร์ *Ananas comosus* (L.) Merr. จัดอยู่ในวงศ์สับปะรด (*BROMELIACEAE*) และอยู่ในวงศ์ย่อย *BROMELIOIDEAE* [7]

การจำแนกชั้นทางวิทยาศาสตร์

อาณาจักร: พืช (Plantae)

หมวด: พืชดอก (Magnoliophyta)

ชั้น: พืชใบเลี้ยงเดี่ยว (Liliopsida)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อันดับ: Poales

วงศ์: Bromeliaceae

วงศ์ย่อย: Bromelioideae

สกุล: Ananas

สปีชีส์: *A. comosus*

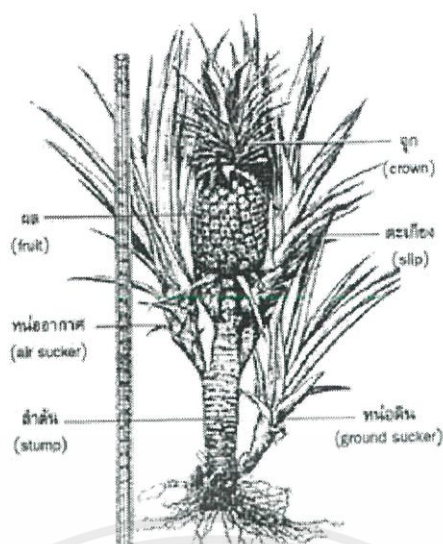
2.5.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ [7]

รูปลักษณะ ไม้ล้มลุกอายุหลายปี สูง 90-100 ซม. มีลำต้นอยู่ใต้ดิน ใบเดี่ยวเรียงสลับ ซ้อนกัน ถึมากรอบต้น กว้าง 6.5 ซม. ยาวได้ถึง 1 เมตร ไม่มีก้านใบ ดอกช่อออกจากกลางต้น มีดอกย่อยจำนวนมาก ผลเป็นผลรวม รูปทรงระบอบ มีใบเป็นกระจุกที่ปลาย สับปะรดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ เมื่อเจริญเป็นผลแล้วจะเจริญต่อไปโดยตาที่ลำต้นจะเติบโตเป็นต้นใหม่ได้อีก และสามารถตัดแปลงเป็นไม้ประดับได้อีกด้วย สับปะรดแบ่งออกตามลักษณะความเป็นอยู่ได้ 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือพวกที่มีระบบรากหาอาหารอยู่ในดิน หรือเรียกว่าไม้ดิน, พวกอาศัยอยู่ตามคาบไม้หรือลำต้นไม้ใหญ่ ได้แก่ ไม้อากาศต่าง ๆ ที่ไม่แย่งอาหารจากต้นไม้มันเกาะอาศัยอยู่ พวกนี้ส่วนใหญ่จะเป็นไม้ประดับ, และพวกที่เจริญเติบโตบนผาหินหรือโขดหิน ส่วนสับปะรดที่เราใช้บริโภคจัดเป็นไม้ดิน แต่ยังมีลักษณะบางประการของไม้อากาศเอาไว้ คือ สามารถเก็บน้ำไว้ตามซอกใบได้เล็กน้อยมีเซลล์พิเศษสำหรับเก็บน้ำเอาไว้ในใบ ทำให้ทนทานในช่วงแล้งได้

2.5.2 ประโยชน์ของสับปะรดทางกายภาพ [7]

1) ผลสับปะรด ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่เป็นเนื้อและน้ำนั้น มีประโยชน์มากมาย ตั้งแต่การบริโภคผลสด รวมถึงเป็นสินค้าส่งออกต่างประเทศ นอกจากนี้ยังนำส่วนเนื้อสับปะรดมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ สับปะรดกวน, สับปะรดอบแห้ง, สับปะรดในน้ำเชื่อม(บรรจุกระป๋อง)และแยม สับปะรด เป็นต้น ในส่วนน้ำสับปะรดที่คั้นได้ก็สามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ เครื่องดื่ม น้ำสับปะรด,ไวน์ และน้ำส้มสายชู เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของสับปะรด

(ที่มา : <https://www.gotoknow.org/posts/148587>)

2) จุกและหน่อสับปะรดหน่อสับปะรด คือส่วนที่แตกขยายออกจากลำต้นเดิมจุกสับปะรด คือส่วนที่อยู่บนยอดผลสับปะรดทั้งหน่อและจุกสับปะรด สามารถใช้ประโยชน์ในการขยายพันธุ์ได้ เช่นเดียวกัน ชาวไร่สับปะรดส่วนใหญ่นิยมใช้หน่อพันธุ์ เนื่องจากต้นโตไว ได้ผลผลิตเร็วกว่าการใช้จุกขยายพันธุ์ ลำต้นหรือเหง้า สับปะรด คืออีกส่วนหนึ่งที่มีมูลค่า ไม่น้อยไปกว่าผลสับปะรด เนื่องจากเหง้าสับปะรดสามารถนำมาสกัดสารโบรมิเลน เพื่อใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ รวมทั้งนำมาเข้าเครื่องยาสมุนไพรเพื่อทำยารักษาโรคได้

3) ใบสับปะรด ปกติชาวไร่สับปะรดจะฟันใบสับปะรดในช่วงก่อนบังคับ การออกดอก ซึ่งเศษใบที่ฟันนั้นมีประโยชน์ในการคลุมหน้าดินและย่อยสลายเป็นปุ๋ยในแปลงสับปะรดต่อไป นอกจากนี้แล้วปัจจุบันใบสับปะรดเป็นเศษวัสดุที่มีมูลค่าเนื่องจากมีการนำ ใบสับปะรดมาแปรรูปเป็นผ้าใยสับปะรดเป็นผ้าพื้นเมืองของประเทศฟิลิปปินส์ และกระดาษใบสับปะรด ซึ่งกำลังเป็นที่ต้องการของตลาดเพราะสามารถนำไปประดิษฐ์เป็นสิ่งของเครื่องใช้อื่นๆ ได้อีกมากมาย

2.6 กระบวนการไฮโดรเทอมัลคาร์บอนไนเซชัน

2.6.1 ทฤษฎีเบื้องต้น [8-9]

กระบวนการไฮโดรเทอมัล (Hydrothermal Carbonization) เป็นวิธีที่แพร่หลายในการแปลงชีวมวล เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มันมีศักยภาพในการผลิตความหนาแน่นสูงตามการผลิตและคุณภาพของเชื้อเพลิงจากการไฮโดรเทอมัลขึ้นอยู่กับหลายพารามิเตอร์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ, ชนิดอาหาร, เวลาที่อยู่อาศัยความดันและตัวเร่งปฏิกิริยา ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาหลาย ชั่วโมง ในความดันประมาณ 10 บาร์ ในกระบวนการไฮโดรเทอมัลประกอบด้วยปฏิกิริยาต่อไปนี้

- ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis)

หมายถึงปฏิกิริยาของสารกับน้ำ เป็นการให้โมเลกุลของน้ำ (H_2O) ไปทำปฏิกิริยากับชีวมวล โดยน้ำจะเข้าไปทำลายพันธะของลิกนิน, เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ซึ่งเป็นส่วนประกอบภายในของชีวมวล ในการทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสจะทำให้เกิดกลายเป็นโมเลกุลที่มีขนาดเล็กลง

- ปฏิกิริยาดีไฮเดรชัน (Dehydration)

เป็นกระบวนการกำจัดออกซิเจนในรูปของน้ำ ทำให้ปริมาณคาร์บอน (%C) มากขึ้น

- ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน (Polymerization)

เป็นการรวมตัวกันของโมเลกุลที่มีขนาดเล็กเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ที่มีความเสถียรมากขึ้น

2.7 กระบวนการคาร์บอนไนเซชัน (Carbonization)

เป็นกระบวนการที่ทำการเผาวัตถุดิบในที่ปราศจากอากาศในอุณหภูมิต่ำกว่า 1000 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นกระบวนการทางไพโรไลซิส (Pyrolysis) ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ 3 ประเภท ได้แก่ ส่วนที่เป็นของเหลวเรียกว่าทาร์ (Tar) ถ่านที่มีลักษณะสีดำเรียกว่า ชาร์ (Char) และส่วนที่เป็นแก๊ส โดยในขณะการทำกระบวนการคาร์บอนไนเซชัน ธาตุและองค์ประกอบต่างๆที่ไม่ใช่คาร์บอนจะถูกกำจัดออกจากโครงสร้างของวัตถุดิบในรูปของน้ำมันทาร์และแก๊ส จึงได้ชาร์ โดยมีตัวแปรในการทำปฏิกิริยา คาร์บอนไนเซชัน ดังนี้ [10]

2.7.1 อุณหภูมิ

เป็นตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณผลิตภัณฑ์มากที่สุด ปริมาณของชาร์, น้ำมันทาร์และแก๊สจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น คุณสมบัติของน้ำมันทาร์จะมีโครงสร้างเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิ เป็นการเพิ่มพลังงานในการทำลายพันธะภายในโครงสร้างของวัตถุดิบ

2.7.2 ตัวกลางของปฏิกิริยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีผลกระทบต่อปฏิกิริยา ถ้าแก๊สและไอที่เกิดระหว่างการไพโรไลซิสถูกพาออกไปอย่างรวดเร็ว ถ้าตัวกลางเป็นแก๊สที่ได้จากการเผาไหม้ ปริมาณคาร์บอนที่ได้จะน้อยกว่าตัวกลางที่เป็นแก๊สไนโตรเจน แต่จะมีความว่องไวในการทำปฏิกิริยากับตัวกระตุ้นสูงกว่า

2.7.3 อัตราความร้อน

มีผลต่อปริมาณของน้ำมันทาร์และสารระเหยและมีผลต่อคุณสมบัติ การเพิ่มอัตราการให้ความร้อนอย่างรวดเร็วจะมีผลทำให้ปริมาณสารระเหยถูกปลดปล่อยอย่างรวดเร็วทำให้คาร์บอนที่ได้มีรูพรุนขนาดใหญ่ ความว่องไวในการทำปฏิกิริยาสูงกว่าคาร์บอนที่ได้จากการให้ความร้อนด้วยอัตราที่ต่ำกว่าเพราะคาร์บอนที่ได้จากการทำปฏิกิริยาคาร์บอนไนเซชันด้วยอัตราการเพิ่มอุณหภูมิสูง คาร์บอนจะเรียงตัวเป็นระเบียบน้อยกว่า สารกระตุ้นจะเข้าไปทำปฏิกิริยาได้ง่าย

2.7.4 ธรรมชาติของวัตถุดิบ

วัตถุดิบแต่ละชนิดจะมีวิธีการกระตุ้นที่แตกต่างกัน เพื่อให้ได้คาร์บอนที่มีคุณภาพที่ดีที่สุด ซึ่งเหมาะแก่การนำไปใช้งานในระบบที่เหมาะสมต่อไป

2.8 การกระตุ้น (Activation)

เป็นกระบวนการที่ทำให้คาร์บอนมีความสามารถในการดูดซับสูงขึ้น เพื่อให้คาร์บอนมีความว่องไวมากขึ้นและเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิว ความหมายของการกระตุ้นมี 3 ลักษณะ [11] คือ

- เป็นการเพิ่มความว่องไวในการดูดซับให้กับผิวที่มีอยู่แล้ว ซึ่งจะทำให้อะตอมของคาร์บอนมีพลังงานศักย์สูงขึ้น โดยจัดเปลี่ยนโครงสร้างใหม่เพื่อให้มีความว่องไวในการดูดซับสูงขึ้น
- เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวว่องไว (Active surface area) โดยเกิดปฏิกิริยาเคมีทำให้โมเลกุลบางกลุ่มหลุดออกไป และส่วนที่มีอำนาจดูดซับขึ้นมาแทน
- เป็นการกำจัดสารอินทรีย์วัตถุหรืออนินทรีย์วัตถุต่างๆ ซึ่งเป็นสารปนเปื้อนออกจากบริเวณที่ทำหน้าที่ดูดซับ (Active center)

2.9 การกระตุ้นทางเคมี

เป็นการทำปฏิกิริยาคาร์บอนไนเซชันวัตถุดิบที่ผสมกับสารกระตุ้นโดยใช้สารเคมี ทำในอุณหภูมิ 500-900 องศาเซลเซียส สารเคมีที่ใช้เป็นสารกระตุ้นโดยทั่วไปเป็นสารประเภทอัลลาไลน์ โลหะอัลลาไลน์ โลหะหนัก สารประกอบเบสและกรดบางชนิด เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเคมีที่ใช้ในการกระตุ้น เมื่อเติมลงไปจะช่วยทำลายโครงสร้างของวัตถุดิบและจะเกิดการสลายตัวของสารอินทรีย์ในวัตถุดิบในระหว่างการทำปฏิกิริยาคาร์บอนไนเซชัน และเกิดการเชื่อมไขว้กัน (Cross-link) ของโครงสร้างทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดรูพรุนขึ้น สารระเหยบางตัวในโครงสร้างของวัตถุดิบไม่สามารถหลุดออกไปได้ เนื่องจากเกิดการเชื่อมไขว้กันนี้ทำให้ปริมาณคาร์บอนที่ได้เพิ่มขึ้น และการเกิดทาร์ลดลง การเชื่อมไขว้กัน ประกอบกับสารเคมีที่ใช้มีความคงทนต่อการสลายตัวที่อุณหภูมิสูงๆ จึงยังคงสภาพหุ้มอยู่รอบๆ และแทรกตัวอยู่ภายใน ทำให้เกิดการหดตัวน้อย เมื่อนำชาร์ที่ได้มาล้างสารเคมีออกด้วยน้ำหรือกรดจะเกิดช่องว่างหรือรูพรุนเพิ่มขึ้น

วิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้อุณหภูมิไม่สูงมากจึงมีข้อเสียคือมีสารตกค้างในเครื่องมือที่ต้องใช้เป็นชนิดพิเศษที่ต้องสามารถทนการกัดกร่อนได้ เพราะสารเคมีบางชนิดเป็นสารกัดกร่อน ตัวแปรที่มีผลต่อการกระตุ้นด้วยวิธีทางเคมี ได้แก่ ชนิดและปริมาณขององค์ประกอบที่มีอยู่ในวัตถุดิบ ชนิดของสารเคมี อัตราส่วนของสารเคมีต่อวัตถุดิบ อุณหภูมิและเวลา

2.10 โลหะทรานซิชัน

หมายถึงธาตุในบล็อก-d (d-block) ของตารางธาตุซึ่งประกอบด้วยสังกะสี (Zn) และสแกนเดียม (Sc) ซึ่งหมายรวมถึงธาตุทั้งหมดในตารางธาตุหมู่ที่ 3 ถึง 12 โลหะทรานซิชันมีธาตุทั้งหมด 40 ตัว จะประกอบด้วยธาตุที่มีเลขอะตอมดังนี้ 21 ถึง 30, 39 ถึง 48, 71 ถึง 80 และ 103 ถึง 112 ชื่อ "ทรานซิชัน" มาจากตำแหน่งของมันในตารางธาตุทั้ง 4 คาบที่มันอยู่ ธาตุเหล่านี้จะแทนการเพิ่มจำนวนอิเล็กตรอนเข้าไปอยู่ในวงโคจร ดี ของอะตอม (atomic orbital) ด้วยเหตุนี้ โลหะทรานซิชันจึงมีความหมายถึงการส่งผ่าน (transition) ของธาตุหมู่ 2 และหมู่ 13 [12]

สมบัติของโลหะทรานซิชัน

- 1) โลหะทรานซิชันทุกธาตุจะเป็นโลหะ แต่มีความเป็นโลหะน้อยกว่าธาตุหมู่ IA และ IIA
- 2) มีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ยกเว้นปรอทที่เป็นของเหลว
- 3) มีจุดหลอมเหลว จุดเดือด และความหนาแน่นสูง
- 4) นำไฟฟ้าได้ดี ซึ่งในโลหะทรานซิชัน ธาตุที่นำไฟฟ้าได้ดีที่สุดคือ เงิน (คาบ 5) และรองลงมาคือ ทอง
- 5) นำความร้อนได้ดี
- 6) ธาตุทรานซิชันทั้งหมดมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 2 ยกเว้นธาตุโครเมียม และทองแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเป็น 1

7) มีพลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 และอิเล็กโตรเนกาติวิตีต่ำ

8) ขนาดอะตอม จะมีขนาดไม่แตกต่างกันมากโดยที่ ในคาบเดียวกันจะเล็กจากซ้ายไปขวา

ในหมู่เดียวกันจะใหญ่จากบนลงล่าง

9) ธาตุเหล่านี้มีหลายออกซิเดชันสเตตส์ (oxidation states)

10) ธาตุเหล่านี้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (catalysts) ที่ดี

11) ธาตุเหล่านี้มีสีฟ้า-เงินที่อุณหภูมิห้อง (ยกเว้นทองคำและทองแดง)

12) สารประกอบของธาตุเหล่านี้สามารถจำแนกโดยการวิเคราะห์ผลึก

2.11 คอปเปอร์ไนเตรต

คอปเปอร์ไนเตรต (Copper(II) nitrate, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$) หรือเรียกอีกชื่อว่า Cupric nitrate เป็นสารประกอบอนินทรีย์ที่เป็นของแข็งผลึกสีฟ้า รูปแบบเป็นผลึกสีฟ้าเขียวและเจือจางในสุญญากาศที่อุณหภูมิ 150-200 องศาเซลเซียส ส่วนมากมีลักษณะเป็นทั้ง trihydrate และ hexahydrate วัสดุเหล่านี้พบได้ทั่วไปในการพาณิชย์มากกว่าในห้องปฏิบัติการ [13]

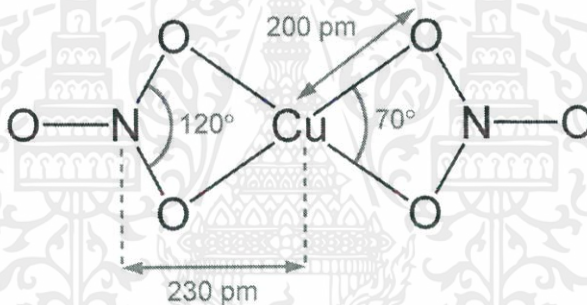
2.11.1 ลักษณะทางกายภาพ

คอปเปอร์ไนเตรตเป็นของแข็งผลึกสีฟ้า มวลโมเลกุล 187.5558 กรัมต่อโมล ความหนาแน่น 3.05 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีจุดหลอมเหลวอยู่ที่ 256 องศาเซลเซียส มีจุดเดือดอยู่ที่ 170 องศาเซลเซียส ละลายได้ดีในเอทานอล แอมโมเนีย และน้ำ คอปเปอร์ไนเตรตพบการใช้งานที่หลากหลายซึ่งสามารถใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับกระบวนการเคมีอินทรีย์ได้



รูปที่ 2.2 ลักษณะของคอปเปอร์ไนเตรต

(ที่มา : <https://thai.alibaba.com/product-detail/Industrial-grade-Copper-sulfate-pentahydrate-price-60451888129.html>)



รูปที่ 2.3 โครงสร้างทางเคมีของคอปเปอร์ไนเตรต

(ที่มา : [https://en.wikipedia.org/wiki/Copper\(II\)_nitrate](https://en.wikipedia.org/wiki/Copper(II)_nitrate))

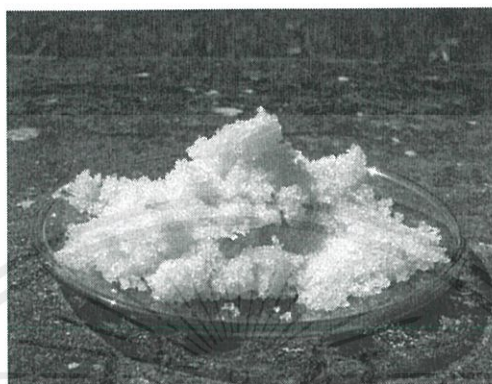
2.12 ไอร์รอนไนเตรต

ไอร์รอนไนเตรต (Iron nitrate , $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$) หรือเรียกอีกชื่อว่า ferric nitrate มักจะพบในฟอร์มของ $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ เป็นผลึกของแข็งสีขาว ไม่ลุกไหม้ แต่จะเร่งการเผาไหม้ของวัสดุที่ติดไฟได้ ถ้ามีปริมาณมากอาจทำให้เกิดการระเบิดได้ การได้รับสารเป็นเวลานานในการดื่บเพลิงหรือความร้อนอาจทำให้เกิดการระเบิดได้ ส่วนมากใช้สำหรับย้อมสีและฟอกหนังในการวิเคราะห์ทางเคมีและในทางการแพทย์ [14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

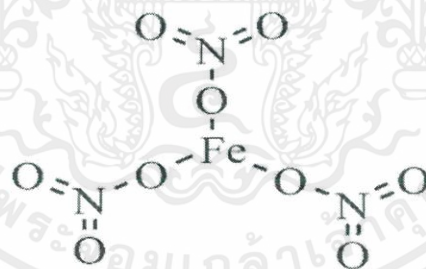
2.12.1 ลักษณะทางกายภาพ

ไอร์รอนไนเตรต เป็นผลึกของแข็งสีม่วงอ่อน มวลโมเลกุล 241.86 กรัมต่อโมล ความหนาแน่น 1.68 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีจุดหลอมเหลวอยู่ที่ 47.2 องศาเซลเซียส จุดเดือดอยู่ที่ 125 องศาเซลเซียส ละลายได้ดีในแอลกอฮอล์และอะซิโตน



รูปที่ 2.4 ลักษณะของไอร์รอนไนเตรต

(ที่มา : [https://en.wikipedia.org/wiki/Iron\(III\)_nitrate](https://en.wikipedia.org/wiki/Iron(III)_nitrate))



รูปที่ 2.5 โครงสร้างทางเคมีของไอร์รอนไนเตรต

(ที่มา : <https://www.coleparmer.com/p/iron-iii-nitrate-nonahydrate/35837>)

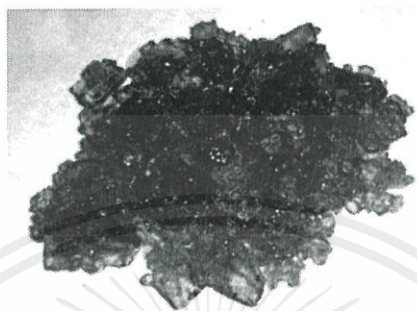
2.13 นิกเกิลไนเตรต

นิกเกิลไนเตรต (Nickel nitrate, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$) เป็นสารอนินทรีย์หรือไฮเดรตใดๆ สำหรับสูตรทางเคมีถูกเขียนขึ้นในสองวิธี $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และอีกนัยหนึ่งคือ $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6](\text{NO}_3)_2$ นิกเกิลไนเตรตเป็นสารก่อมะเร็งพร้อมกับสารประกอบนิกเกิลอื่นๆ [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

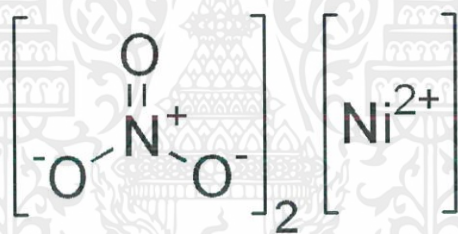
2.13.1 ลักษณะทางกายภาพ

นิกเกิลไนเตรต มีลักษณะสีผลึกสีเขียว มวลโมเลกุล 182.703 กรัมต่อโมล มีความหนาแน่น 2.05 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีจุดหลอมเหลว 56.7 องศาเซลเซียส จุดเดือดอยู่ที่ 136.7 องศาเซลเซียส ละลายง่ายในน้ำ แอมโมเนียเหลว เอทานอล เล็กน้อย ละลายได้ในอะซิโตน น้ำกรด



รูปที่ 2.6 ลักษณะของนิกเกิลไนเตรต

(ที่มา : [https://en.wikipedia.org/wiki/Nickel\(II\)_nitrate](https://en.wikipedia.org/wiki/Nickel(II)_nitrate))



รูปที่ 2.7 โครงสร้างทางเคมีของนิกเกิลไนเตรต

(ที่มา : [https://en.wikipedia.org/wiki/Nickel\(II\)_nitrate](https://en.wikipedia.org/wiki/Nickel(II)_nitrate))

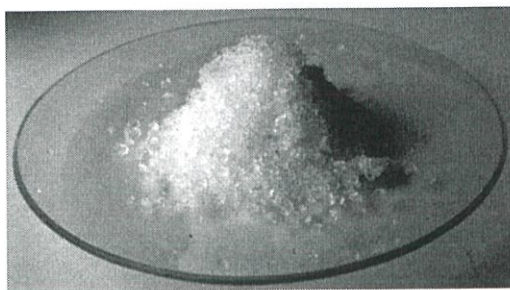
2.14 แคดเมียมไนเตรต

แคดเมียมไนเตรต (Cadmium nitrate , $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$) เป็นสารประกอบอนินทรีย์ ทั้งหมดเป็นของแข็งไม่มีสี สารประกอบแคดเมียมเป็นที่รู้จักกันว่าเป็นสารก่อมะเร็ง [16]

2.14.1 ลักษณะทางกายภาพ

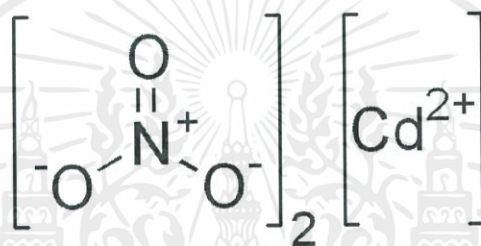
แคดเมียมไนเตรต ภายนอกเป็นผลึกสีขาว มวลโมเลกุล 236.42 กรัมต่อโมล ความหนาแน่น 3.6 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จุดหลอมเหลวอยู่ที่ 360 องศาเซลเซียส จุดเดือดอยู่ที่ 132 องศาเซลเซียส ละลายได้ในกรด แอมโมเนีย แอลกอฮอล์ และอะซิโตน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ลักษณะของแคดเมียมไนเตรต

(ที่มา : <https://www.indiamart.com/proddetail/cadmium-nitrate-8016474855.html>)



รูปที่ 2.9 โครงสร้างทางเคมีของแคดเมียมไนเตรต

(ที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/Cadmium_nitrate)

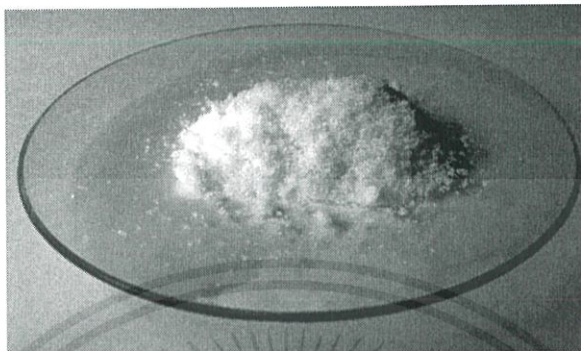
2.15 แบเรียมไนเตรต

แบเรียมไนเตรต (Barium nitrate, $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$) เป็นผลึกสีขาวหรือสีเทาที่ละลายในน้ำ และกรดซัลฟิวริกที่เข้มข้น ไม่ละลายในแอลกอฮอล์และกรดไนตริกที่เข้มข้น แบเรียมไนเตรตถูกให้ความร้อนเพื่อย่อยสลายและปล่อยออกซิเจนและการสัมผัสกับสารอินทรีย์แรงเสียดทานหรือผลกระทบอาจทำให้เกิดการเผาไหม้หรือการระเบิดได้ เช่นเดียวกับแบเรียมไนเตรตอื่น ๆ ที่ละลายได้ เป็นพิษและต้องสังเกตเมื่อใช้ แบเรียมไนเตรตถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายสาขาในอุตสาหกรรมอนินทรีย์สำหรับการผลิตเกลือแบเรียมต่างๆ แบเรียมไนเตรตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตโดยหนึ่งในสองกระบวนการ ครั้งแรกเกี่ยวข้องกับการละลายชิ้นเล็ก ๆ ของแบเรียมคาร์บอเนตในกรดไนตริกเพื่อให้สิ่งเจือปนในเหล็กตกตะกอนกรองแล้วระเหยและตกผลึก ประการที่สองต้องใช้แบเรียมคลอไรด์ร่วมกับสารละลายโซเดียมไนเตรตซึ่งทำให้เกิดผลึกแบเรียมไนเตรตแยกออกจากส่วนผสม [18]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

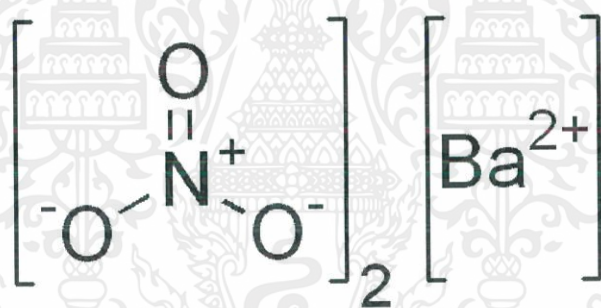
2.15.1 ลักษณะทางกายภาพ

แบเรียมไนเตรตเป็นผลึกสีขาวหรือสีขาว มวลโมเลกุล 261.337 กรัมต่อโมล ความหนาแน่น 3.24 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จุดหลอมเหลวอยู่ที่ 592 องศาเซลเซียส ละลายได้ในน้ำ



รูปที่ 2.10 ลักษณะของแบเรียมไนเตรต

(ที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/Barium_nitrate)



รูปที่ 2.11 โครงสร้างทางเคมีของแบเรียมไนเตรต

(ที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/Barium_nitrate)

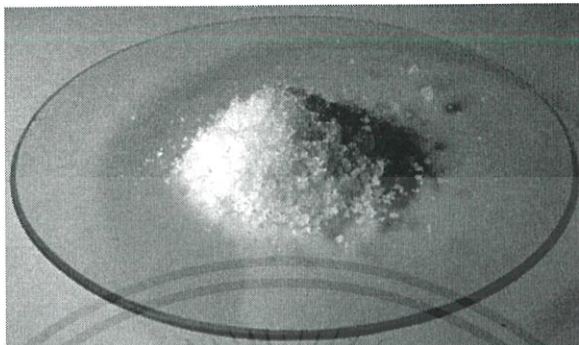
2.16 บิสมัทไนเตรต

บิสมัทไนเตรต (Bismuth nitrate , $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) ย่อยสลายได้ง่ายในการผลิตบิสมัทไนเตรตขั้นพื้นฐานมันสามารถละลายได้ในอะซิโตนกรดอะซิติกน้ำแข็งกลีเซอรินและกรดอนินทรีย์ , ไม่ละลายในเอทานอล สามารถนำมาประยุกต์ใช้สำหรับเซรามิกส์อิเล็กทรอนิกส์, สีเรืองแสง, ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีบิสมัท, ยา ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

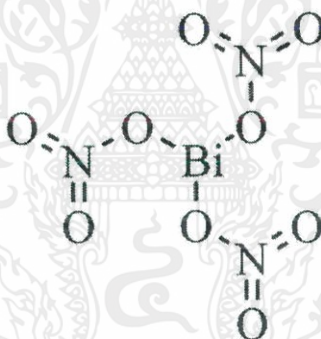
2.16.1 ลักษณะทางกายภาพ

บิสมัทไนเตรต เป็นผลึกห้าสี มวลโมเลกุล 485.07 กรัมต่อโมล ความหนาแน่น 2.90 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จุดหลอมเหลว 75-80 องศาเซลเซียส ไม่ละลายในเอทานอล [18]



รูปที่ 2.12 ลักษณะของบิสมัทไนเตรต

(ที่มา : [https://en.wikipedia.org/wiki/Bismuth\(III\)_nitrate](https://en.wikipedia.org/wiki/Bismuth(III)_nitrate))



รูปที่ 2.13 โครงสร้างทางเคมีของบิสมัทไนเตรต

(ที่มา : <https://www.coleparmer.com/i/acros-organics-ac402615000-bismuth-iii-nitrate-pentahydrate-98-500g/8834034>)

2.17 เลดไนเตรต

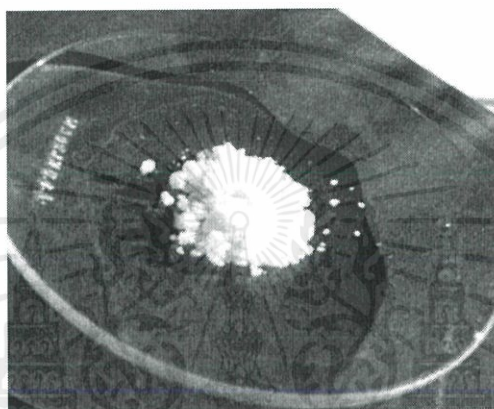
เลดไนเตรต (Lead nitrate , $Pb(NO_3)_2$) เป็นสารประกอบอนินทรีย์ มักเกิดขึ้นเป็นผลึกสีหรือผงสีขาวและแตกต่างจากเกลืออื่นๆ โดยเลดไนเตรตเป็นพิษ เป็นตัวออกซิไดซ์และจัดเป็นสารก่อมะเร็งต่อมนุษย์โดยองค์การระหว่างประเทศเพื่อการวิจัยมะเร็ง ดังนั้นจึงต้องมีการจัดการและจัดเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยความระมัดระวังเพื่อป้องกันการสูดดมการกลืนกินและการสัมผัสกับผิวหนัง สารนี้อยู่ภายใต้การตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง [19]

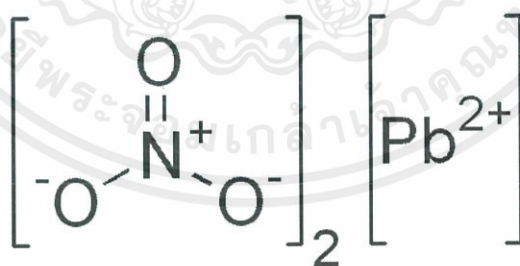
2.17.1 ลักษณะทางกายภาพ

เลดไนเตรต มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว มวลโมเลกุล 331.2 กรัมต่อโมล ความหนาแน่น 4.53 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จุดหลอมเหลวอยู่ที่ 470 องศาเซลเซียส ละลายได้ในกรดไนตริก เอทานอล และเมทานอล



รูปที่ 2.14 ลักษณะของเลดไนเตรต

(ที่มา : [https://en.wikipedia.org/wiki/Lead\(II\)_nitrate](https://en.wikipedia.org/wiki/Lead(II)_nitrate))



รูปที่ 2.15 โครงสร้างทางเคมีของเลดไนเตรต

(ที่มา : [https://en.wikipedia.org/wiki/Lead\(II\)_nitrate](https://en.wikipedia.org/wiki/Lead(II)_nitrate))

2.18 ซิงค์ไนเตรต

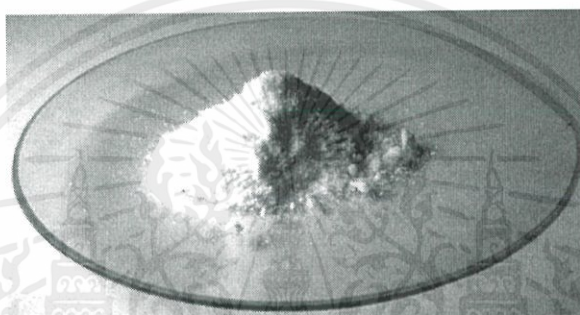
ซิงค์ไนเตรต (Zinc nitrate, $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$) เป็นสารประกอบอนินทรีย์ เป็นของแข็งผลึกสีขาวเป็นจำนวนมาก และมักพบเป็น $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ สามารถละลายได้ทั้งในน้ำและแอลกอฮอล์ ซิงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไนเตรต ไม่มีการประยุกต์ขนาดใหญ่ แต่ใช้ในห้องปฏิบัติการเพื่อสังเคราะห์โพลีเมอร์ การสลายตัวที่ถูกควบคุมด้วยสัณฐานวิทยาของไนเตรตยังถูกนำมาใช้ในการสร้างโครงสร้างพื้นฐานของ ZnO ต่างๆรวมทั้งทางด้านนาโน [20]

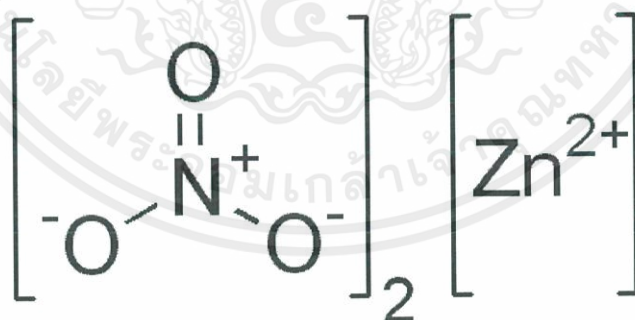
2.18.1 ลักษณะทางกายภาพ

ซิงค์ไนเตรต เป็นของแข็งผลึกสีขาว มวลโมเลกุล 189.36 กรัมต่อโมล ความหนาแน่น 2.065 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จุดหลอมเหลวอยู่ที่ 110 องศาเซลเซียส จุดเดือดอยู่ที่ 125 องศาเซลเซียส



รูปที่ 2.16 ลักษณะของซิงค์ไนเตรต

(ที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/Zinc_nitrate)



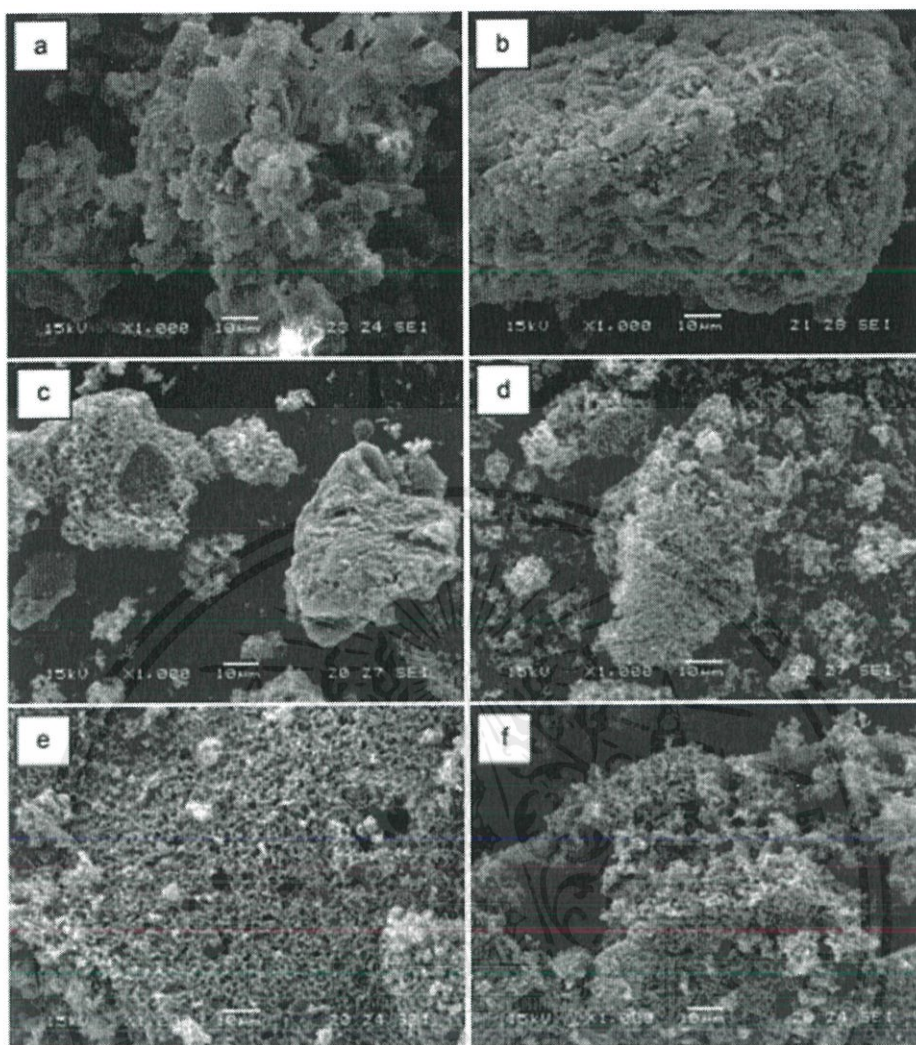
รูปที่ 2.17 โครงสร้างทางเคมีของซิงค์ไนเตรต

(ที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/Zinc_nitrate)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.19 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Monica และคณะ [21] งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เกี่ยวข้องกับกระบวนการไฮโดรเทอร์มัลคาร์บอนไนเซชัน (Hydrothermal Carbonization) จากของเสียที่ได้จากชีวมวลต่างๆ เช่น ของเสียจากธรรมชาติ และ ของเสียในรูปที่เป็นของแข็ง ในการศึกษาวิจัยนี้มีจุดประสงค์ที่จะประเมินการใช้ไฮโดรคาร์ (Hydrochar) เป็นตัว activated carbon หลังจากการกระตุ้นทางเคมีด้วย KOH กระบวนการกระตุ้นจะมีเงื่อนไขที่แตกต่างกัน ความแตกต่างระหว่างสัดส่วนของ KOH/Char จะมีการกำหนดเวลาและอุณหภูมิของการทำความร้อน ที่ทำให้ตัว activated carbon มีพื้นที่ผิวสัมผัสสูง ผลจากการตรวจวัดตัวอย่างจะถูกวิเคราะห์โดยลักษณะทางสัณฐานวิทยา ,ทางความร้อน และการวิเคราะห์การดูดซับจากการใช้ methylene blue และไอโอดีน ในการตรวจวัดพื้นที่ผิวสัมผัสและการวัดความพรุน ในการทดลองไฮโดรคาร์แบ่งเป็น 2 ชนิดโดยจะมีความแตกต่างกัน จากนั้นนำไปเข้ากระบวนการไฮโดรเทอร์มัลโดยที่ตัวอย่างจะต้องทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็น 24 ชั่วโมง และทิ้งไว้ 3 ชั่วโมง ขนาดอนุภาคจะเล็กลงถึง 75 μm . โพลีเอทิลีนไครดโรกไซด์จะถูกใช้เป็นสารกระตุ้น ตัวอย่างจะถูกวิเคราะห์ด้วย thermogravimetric analysis โดยใช้เครื่องมือ TA Q-500 thermobalance การดำเนินการจะทำภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน (100 mL/นาที่) ในอุณหภูมิห้องในช่วง 30 °C ถึง 900 °C โดยที่กำหนดอัตราการให้ความร้อน 20 °C/นาที่ จากนั้นตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 800°C และเปลี่ยนจาก flow ไนโตรเจนเป็น flow ในอากาศ เพื่อที่จะวิเคราะห์ตัวอย่างนั้น การวิเคราะห์ที่ดีที่สุดจะทำได้โดย LECO TruSpec CHN Elemental Analyzer ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสารตั้งต้นและตัวกระตุ้น char จะถูกวิเคราะห์ได้จากเครื่อง JEOL 5600LV Scanning Electron Microscope (SEM) ตัวอย่างจะถูกเคลือบโดย Au จากการที่เครื่อง SEM เคลือบลงไป จึงทำให้เกิดการนำไฟฟ้าขึ้นมา ผิวของตัวอย่างที่ได้จะชั้นเป็น homogeneous ของโลหะ ความหนาประมาณ 5-6 nm ผลจาก SEM ของ hydrochars และ activated chars ถูกรายงานผ่านรูปที่ 2.18 รูปจาก SEM บ่งบอกว่า ทั้งตัวอย่างสารตั้งต้น ทั้งตัวอย่างที่มี KOH กระตุ้น นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของสัณฐานวิทยา การพัฒนาโครงสร้างความเป็นรูพรุนจะมีมากขึ้นถ้าหากเพิ่มอัตราส่วนของ KOH/char



รูปที่ 2.18 แสดงการวิเคราะห์จากเครื่อง SEM

ในรูปที่ 1c และ 1d แสดงให้เห็นว่าเป็นการที่มีความไม่สมบูรณ์ และการพัฒนาตัวอย่างที่มีการกระตุ้นด้วยอัตราส่วน KOH/char 1:1 ด้วยอนุภาคที่มีโครงสร้างคล้ายกัน ส่วนในรูป 1e และ 1f ตัวอย่างจะเริ่มมีการเรียงตัวกันเป็นโครงสร้างรูพรุน ในตัวอย่างของชีวมวลที่มาจากของแข็งบอกได้ว่า ยังไม่ใช่ตัวกระตุ้นที่ดีของไฮโดรคาร์และ การเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนระหว่าง KOH/char จะทำให้กระบวนการกระตุ้นมีประสิทธิภาพมากขึ้น อัตราส่วน KOH/char มีผลกระทบต่อคุณสมบัติการดูดซับ ทั้ง methylene blue และ iodine แสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติการดูดซับ พื้นที่ผิวสัมผัสและความเป็นรูพรุนของตัว activated carbon ในส่วนของ iodine จะระบุถึงจำนวน micropores เนื่องจากมีขนาดที่เล็กมาก (พื้นที่ผิวสัมผัสของไอโอดีนมีค่า 0.40 nm ในส่วนของ methylene blue จะเป็นโมเลกุลค่อนข้างใหญ่(พื้นที่ผิวสัมผัสมีค่า 2.08 nm และจะระบุถึงจำนวน mesopores ของตัวเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

activated carbon สรุปได้ว่า Activated carbons จากชีวมวลที่มาจากของแข็งแสดงคุณสมบัติที่ต่ำกว่า

Liang Li และคณะ [22] งานวิจัยนี้เป็นกระบวนการคาร์บอนไนเซชัน (Carbonization) ของกากของเสียซึ่งจะถูกรวบรวมมาและจะถูกนำมาเผาในอุณหภูมิต่าง (225, 250 และ 275 องศาเซลเซียส) การทำการทดลองจะถูกดำเนินการจากของเสียที่ได้มาจากอาหารโดยการคาร์บอนไนเซชัน ผลของมันจะบ่งชี้ถึงความเป็นคาร์บอนและเฟสของแข็งในอุณหภูมิต่างๆรวมถึงการตอบสนองในอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปอีกด้วย ในช่วงเริ่มต้น ของแข็งจะมีความเป็นคาร์บอนที่ค่อนข้างกระจายเพราะว่าสารประกอบจะเริ่มๆเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปฏิกิริยาขณะที่กำลังทำอุณหภูมิมีผลต่อการเกิดความเป็นคาร์บอน ผลการทดลองพบว่าคาร์บอนไนเซชัน ของกากของเสียจากอาหารส่วนใหญ่ของคาร์บอนเริ่มต้นที่เหลืออยู่ภายในของแข็งเฟส (> 70% ของคาร์บอนในปัจจุบันเริ่มแรก) มีเศษเล็กเศษน้อยที่เหลืออยู่ในของเหลวและก๊าซ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่พบได้มากที่สุด ความเข้มข้นของแข็งเริ่มต้น (หรือความชื้น)มีอิทธิพลต่อการกระจายคาร์บอนเนื่องจากเนื่องจากปริมาณของเหลวเริ่มต้นเพิ่มขึ้น พลังงานที่ได้ (รวมถึงมวลของของแข็ง) ที่ดีที่สุดหลังจากการทดลองจะอยู่ที่ความเข้มข้น 32% (น้ำหนักแห้ง) และ 250 องศาเซลเซียส การปรากฏตัวของวัสดุบรรจุภัณฑ์มีอิทธิพลอย่างมากเกี่ยวกับปริมาณพลังงานของของแข็งที่ถูกนำกลับคืนมา เป็นสัดส่วนของวัสดุบรรจุภัณฑ์เพิ่มขึ้นปริมาณพลังงานของของแข็งที่ถูกคืนได้ลดลงเนื่องจากมีการเก็บสะสมพลังที่ต่ำด้วยวัสดุบรรจุภัณฑ์ ผลจากการทดลองเหล่านี้สามารถประมาณโดยใช้ผลจากการทดลองที่ดำเนินการกับอาหารและบรรจุภัณฑ์เท่านั้นแนะนำว่าไม่มี synergisticปฏิสัมพันธ์ระหว่างไฮโดรเทอร์มัลของวัสดุเหล่านี้ การไฮโดรเทอร์มัลที่ดีที่สุดจะอยู่ที่เมื่อได้รับเศษอาหาร (ของแข็ง 32%, น้ำหนักเปียก) และที่ 275 องศาเซลเซียส เนื่องจากเศษวัสดุบรรจุภัณฑ์เพิ่มขึ้น ความแตกต่างระหว่างกระบวนการไฮโดรเทอร์มัลกับการคาร์บอนไนเซชันด้วยเช่นกัน

M. Toufiq Reza และคณะ [23] งานวิจัยนี้เป็นการทำปฏิกิริยาไฮโดรเทอร์มัลเพื่อผลิตไฮโดรชาร์ จากชีวมวลต่างๆด้วยเงื่อนไขที่แตกต่างกัน สำหรับการไฮโดรเทอร์มัลของฟางข้าวสาลีที่อุณหภูมิใกล้ 200 องศาเซลเซียส เซลลูโลสและลิกนินยังคงอยู่ในผลิตภัณฑ์ที่เป็นของแข็ง ปริมาณเฮมิเซลลูโลสที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ที่เป็นของแข็งแตกต่างกันไปจาก 70% เป็น 30% เนื่องจากอุณหภูมิและเวลาเพิ่มขึ้นจาก 185 °C ถึง 205 °C และจาก 6 ถึง 12 นาที ฟางข้าวที่ผ่านการหมักแล้วที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 120 นาทีให้ผลผลิตเฉลี่ย 75% Reza และคณะ (2013) ได้ตรวจสอบผลกระทบของการไฮโดรเทอร์มัลต่อกากข้าวโพดที่เหลือทางการเกษตรและเปลือกหอยที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ 200- 260 องศาเซลเซียสโดยใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 5 นาทีและให้ผลผลิตมวลรวม 75-90% พวกเขาอ้างรายงานว่าที่อุณหภูมิปฏิกิริยาสูงกว่าข้าวโพดมีลักษณะคล้ายคลึงกับหญ้าสวาน เมื่อ Chen et al. (2012) ดำเนินการ HTC กับขานอ้อยที่ 180 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาทีอัตราผลผลิตมวลรวมอยู่ที่ 70% ถึง 61% แต่การไฮโดรเทอร์มัลมีผลต่อการสร้างความหนาแน่นของพลังงานน้อยกว่า 110% โดยสรุปแล้วรูปแบบต่างๆของเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรทำให้พวกเขาอยากที่จะสรุป อย่างไรก็ตามเมื่อดำเนินการกับเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจะทำหน้าที่คล้ายคลึงกับมวลชีวภาพที่มีน้ำหนักมากกว่าวัสดุชีวมวลที่เป็นไม้ ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของปฏิกิริยามีความสำคัญ ผลผลิตมวลชีวภาพเหล่านี้มีแนวโน้มลดลงโดยเฉพาะที่อุณหภูมิสูงกว่า สารตกค้างในการเกษตรยังมีความคล้ายคลึงกับมวลชีวภาพที่มีหญ้ามากเนื่องจากมีปริมาณอนินทรีย์สูงกว่าถ้าหากโดยรวมแล้วไม้เนื้ออ่อนจะให้ผลเหมือนกันอุณหภูมิที่สูงขึ้นจำเป็นต้องใช้ในการกำจัดลิกนินจำนวนมาก ค่า pH สุดท้ายของน้ำจะลดลงเป็น 3 ถึง 4 เนื่องจากการสร้างกรดอินทรีย์ แม้ว่าจะมีชี้้้สูงกว่าสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ของชีวมวล แต่มวลชีวภาพที่มีน้ำหนักมากจะตอบสนองในลักษณะเดียวกันยกเว้นว่าจะทำให้ผลผลิตมวลรวมลดลงด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับหญ้าสวาน

ตารางที่ 2 แสดง องค์ประกอบของไฮโดรซาร์จากสารอาหาร

Feedstock	HTC Hardwood		HTC Softwood		HTC Grass		HTC Agricultural residue		cellulose		Lignite	
	Before	after	Before	after	Before	after	Before	after	Before	After		
Elemental analysis (%)	C	50-55	61-71	48-54	55-70	46-51	48-70.1	45-51	55-72	40	64-68	61.6
	H	5.0-6.0	4.8-6.0	5.0-6.5	5.0-6.0	6.0-7.0	4.3-6.2	6.2-7.0	5.0-6.0	6.6	4.1-4.5	5.7
	O	39-44	19-31	40-45	21-34	41-46	21.3-31.8	41-47	16-30	53.3	25-30	30.1
	N	0.1-0.2	1.2-1.6	0.2-0.3	0.1-0.2	0.4-1.0	0.4-1.0	0.2-1.3	0.5-2.0	<0.1	<0.1	1.7
	S	0-0.1	0-0.1	0-0.1	0-0.1	<0.02	<0.002	0.3-0.5	0.2-0.5	<0.1	<0.1	0.77
Ash (%)	0.1-5.0	0.1-6.0	0.1-4.0	0.1-4.0	2.0-7.0	2.5-9.0	4.6-21	4.6-23	<0.1	<0.1	1.1	
Volatile fractions (db, %)	70-90	40-60	70-90	41-65	75-83	45-70	70-85	43-70	-	-	48.8	
Fixed carbon (%)	10-15	20-30	10-15	15-28	8-15	14-21	8-20	15-25	-	-	41.0	
Moisture (%)	5.0-20	NA	5.0-20	NA	10.0-50.0	-	5.0-40.0	NA	<1.0	NA	NA	
HHV, daf (MJ · kg ⁻¹)	19-22	23-29	19-21	22.5-29.0	16-18.7	21-26.6	15-18.0	19-26.3	15.8	15.8-26.4	25	
Water Extractives (%)	2-5	NM	2-5	20-32	7-15	28-35	5-27	23-33	-	NM	NM	
Hemicellulose (%)	15-27	NM	12-31	0-8	25-34	0-5	10-25	0-5	-	NM	NM	
Cellulose (%)	40-50	NM	40-45	30-48	30-44	40-50	25-45	40-51	100	NM	NM	
Lignin (%)	20-30	NM	15-26	20-50	8-15	9-40	8-24	8-30	-	NM	NM	
HTC Temp. (°C)	200-300		180-280		150-260		185-260		200-280			
References	[12,44,45]		[7,11,12,43,46,47, [12,37,48,49,56]				[12,34,37,49-52,56]		[32,34]		[60,70]	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sabzoi Nizamuddina และคณะ [24] งานวิจัยนี้ศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรที่มีต่อการผลิตเชื้อเพลิงแข็งระหว่างการใช้ไฮโดรเทอร์มัลรวมไปถึงการวิเคราะห์ชีวมวล รวมไปถึงการทดลองต่างๆในวรรณกรรมนี้ ข้อมูลรวมทั้งองค์ประกอบทางเคมี ค่าความร้อนการวิเคราะห์ใกล้เคียงและสุดท้ายการวิเคราะห์หาชนิดต่อหน่วยพื้นที่ต่างๆจะถูกรวบรวมและวิเคราะห์ในวรรณกรรมนี้ พบว่าปฏิกิริยาดังกล่าว อุณหภูมิและประเภทของวัตถุดิบอาหารสัตว์เป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการของการไฮโดรเทอร์มัลที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีกากต่ำ ปริมาณคาร์บอนเพิ่มขึ้น ในขณะที่ไฮโดรเจนและปริมาณออกซิเจนลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณลิกนินที่สูงขึ้นในสิ่งมีชีวิตต่อหน่วยพื้นที่นำไปสู่การเพิ่มขึ้นในการผลิตเชื้อเพลิงแข็ง อย่างไรก็ตาม การผลิตพลังงานจากชีวมวลได้เปลี่ยนไปอย่างรวดเร็วด้วยเชื้อเพลิงฟอสซิลพร้อมกับการยอมรับที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้เชื้อเพลิงฟอสซิลยังเป็นต้นทุนที่มีประสิทธิภาพและมีความเป็นไปได้ที่จะเป็นทางเลือกสำหรับโลกใบนี้ ส่วนที่ใหญ่ที่สุดของมวลชีวภาพคือเซลลูโลสซึ่งเป็น 35-50% ของมวลชีวภาพโดยน้ำหนัก เฮมิเซลลูโลสประกอบด้วย 20-35% ของชีวมวลโดยน้ำหนักน้ำหนักลิกนินประมาณ 15-20% ของน้ำหนักชีวมวล ส่วนที่เหลืออีก 15-20% ประกอบด้วยโปรตีนไขมันสารสกัดและเถ้า วรรณกรรมนี้ให้ข้อมูลโดยละเอียดเกี่ยวกับรายละเอียดต่อการสังเคราะห์ถ่านโดยใช้กระบวนการไฮโดรเทอร์มัลคาร์บอนในเซชัน การคายน้ำ ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและควบแน่น พบว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุดในการไฮโดรเทอร์มัล อุณหภูมิมีผลต่อลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ ที่อุณหภูมิสูงกว่าปริมาณคาร์บอนไฮโดรเจนและออกซิเจนต่ำกว่า ส่งผลให้ค่า HHV ของ biochar เพิ่มขึ้น ผลกระทบของวัตถุดิบที่เป็นอาหารสัตว์ในการไฮโดรเทอร์มัล คือสังเกตได้จากโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตต่อหน่วยพื้นที่ เซลลูโลสหรือเฮมิเซลลูโลสจะทำให้เกิดเชื้อเพลิงน้อยกว่า ชีวมวลที่มีปริมาณลิกนินสูงจะทำให้เกิดเชื้อเพลิงแข็งมากขึ้น ความดันมีผลในทางบวก ความหนาแน่นของตัวทำละลายจะนำไปสู่ความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น

Xuefei Cao และคณะ [25] ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษามรรณะของตัวเร่งปฏิกิริยาของไฮโดรกลูโคสและเซลลูโลสในสภาวะความร้อนที่แตกต่างกัน (Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} และ Zn^{2+}) การเปลี่ยนสถานะโลหะส่วนใหญ่จะช่วยเร่งการย่อยสลายของไฮโดรและกลูโคสในองศาที่แตกต่างกันและส่งเสริมการก่อตัวของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากการเผาผลาญไขมัน ตัวเร่งปฏิกิริยา Zn^{2+} และ Ni^{2+} มีประสิทธิภาพในการแปลงไฮโดร, กลูโคส และเซลลูโลสขณะที่ Cu^{2+} และ Fe^{3+} มีประสิทธิภาพสูงในการแปลงน้ำตาลกลูโคสและเซลลูโลส ที่อุณหภูมิสูง นอกจากนี้ Cu^{2+} และ Fe^{3+} ยังมีฤทธิ์ในการเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสเซลลูโลสเป็นน้ำตาลกลูโคสที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างไฮโดร กลูโคสและเซลลูโลส ที่ทำให้เกิดสภาวะการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตกตะกอนและตัวเร่งปฏิกิริยา งานนี้เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับการปรับตัวของตัวเร่งปฏิกิริยาชีวมวล

Masa Knez Hrcic และคณะ [26] งานวิจัยนี้จะนำเสนอภาพรวมของกระบวนการที่มีความดันสูงในปัจจุบันสำหรับการบำบัดชีวมวลเพื่อการผลิตพลังงานและสารเคมี และศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการไพโรไลซิสในการทำน้ำมันชีวภาพ จากผลการทดลองพบว่า การทำให้น้ำมันมีเสถียรภาพ (และอนุญาตให้ผลิตไฮโดรคาร์บอน) โดยการบำบัดน้ำ เมื่อไฮโดรเจนถูกป้อนผ่านตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมกับน้ำมันไปโอดีเซลที่อุณหภูมิสูงถึง 673 K และแรงดันใกล้ 20.0 MPa เป็นเงื่อนไขที่ดีที่สุดและทำให้น้ำมันมีเสถียรภาพมากที่สุด อย่างไรก็ตามแม้จะมีการตรวจสอบอย่างละเอียดเกี่ยวกับปฏิกิริยาทางเคมี ในน้ำ ในทางปฏิบัติยังมี "อุปสรรค" ระหว่างการวิจัยและการประยุกต์ใช้

Zhengang Liu และคณะ [27] ในการศึกษานี้ได้มีการนำกระบวนการไฮโดรเทอมัลคาร์บอนไนเซชันไปใช้ปรับปรุงมวลชีวภาพของเสี้ยวและเพิ่มความหนาแน่นของพลังงานที่อุณหภูมิตั้งแต่ 150 ถึง 375 องศาเซลเซียสและเวลา 30 นาที ผลผลิตชีวภาพที่ผลิตได้มีลักษณะและคุณภาพของเชื้อเพลิงอยู่ในเกณฑ์ดี การประเมินผล พบว่าชีวภาพมีความเหมาะสมสำหรับการเผาไหม้โดยตรง / การเผาไหม้ร่วมที่มีค่าต่ำ สำหรับการผลิตความร้อน การวิเคราะห์ทางเคมีแสดงให้เห็นว่าชีวมวลที่ผ่านการบำบัดแล้วมีการปรับปรุงเชื้อเพลิงเมื่อเทียบกับมวลชีวภาพดิบเช่นสารระเหยที่ลดลง อัตราส่วนปริมาณคาร์บอนที่เพิ่มขึ้นและปริมาณเถ้าต่ำลง ความหนาแน่นของพลังงานของไบโอชาร์เพิ่มขึ้นด้วยเพิ่มอุณหภูมิความร้อนด้วยอุณหภูมิความร้อนที่สูงขึ้นใกล้เคียงกับลิกไนต์ เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลสถูกย่อยสลายที่อุณหภูมิต่ำกว่า 250 องศาเซลเซียสในขณะที่การย่อยสลายลิกนินเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น จำนวนของ lignin ยังคงอยู่ในไบโอชาร์ หลังจากการบำบัดด้วยน้ำ มีอุณหภูมิการเผาไหม้เพิ่มขึ้นและอุณหภูมิการเผาไหม้สูงกว่าวัสดุดิบชีวมวล พบอุณหภูมิที่อุณหภูมิต่ำสุด 250 องศาเซลเซียส ของเสี้ยวชีวมวลสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพสำหรับการผลิตความร้อน ผลการศึกษาพบว่า การลดคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยไฮโดรเทอมอลทำให้ความแตกต่างของคุณสมบัติของเชื้อเพลิงในวัสดุชีวมวลต่างกัน

Jun Hu และคณะ [28] เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการทำปฏิกิริยาไฮโดรเทอมัลของลิกนินที่อุณหภูมิ 280-365 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และศึกษากลไกการก่อตัวของชาร์ (Char), โครงสร้างผลึก, หมู่ฟังก์ชันด้วยเครื่องวิเคราะห์ดังนี้ SEM, FTIR และ XED จากการศึกษาพบว่าค่า yield ของชาร์เป็น 16.8% ที่อุณหภูมิ 310 องศาเซลเซียส เมื่อเพิ่มอุณหภูมิมากขึ้นเป็น 365 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลเซียส ค่า yield เป็น 26.77% จากภาพ SEM พบว่าการสลายตัวของลิกนินจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา ส่งผลให้พื้นผิวของชาร์จะมีลักษณะที่ขรุขระ ที่อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาเป็น 330 องศาเซลเซียสจะมีพื้นผิวมากที่สุด และมีปริมาตรรูพรุนมากที่สุด จากสเปกตรัม XRD แสดงให้เห็นว่า การเตรียมชาร์ในอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาสูงจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีโครงสร้างที่เป็นผลึกสูง ที่อุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียสจะมีหมู่ฟังก์ชันมากที่สุด ยกเว้นหมู่ไฮดรอกซิล

Kiyoshi okada และคณะ [29] ศึกษาผลของตัวที่ใช้ในการกระตุ้นคาร์บอน ได้แก่ Na_2CO_3 , K_2CO_3 , Rb_2CO_3 และ Li_2CO_3 ซึ่งจะส่งผลต่อค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ โดยปัจจัยที่ทำให้เกิดความแตกต่างนั้นคือ ขนาดรัศมีของไอออนโลหะอัลคาไล ขนาดอะตอม จุดหลอมเหลว จากผลการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติทางกายภาพของไอออนโลหะอัลคาไลมีผลต่อค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ โดยเกลือของโพแทสเซียม (K) จะทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นที่ดีกว่าตัวกระตุ้นอื่นๆ

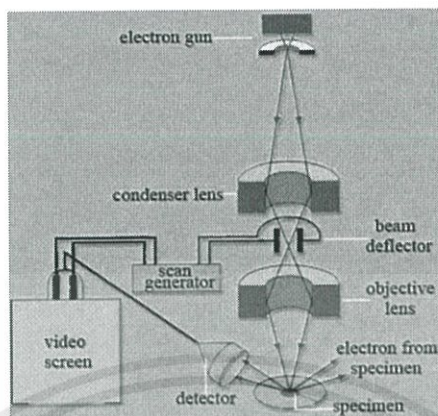
Gustan Pari และคณะ [30] งานวิจัยนี้เป็นการสังเคราะห์ Activated carbon ที่มีรูปร่างเป็นทรงกลมจากมันสำปะหลังและแป้งมันสำปะหลังโดยใช้กระบวนการไฮโดรเทอร์มัลคาร์บอนในเซชันที่อุณหภูมิสูงสุด 250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง และกระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะถูกวิเคราะห์ด้วย SEM, XRD และ BET จากการศึกษาพบว่า การใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบตั้งต้นนั้นยากที่จะเกิดการก่อตัวเป็น Carbon sphere เงื่อนไขที่นำไฮโดรคาร์ที่ได้จากแป้งมันสำปะหลังผสมกับสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 3:1 และให้อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง Activated carbon ที่ได้จะมีรูปร่างเป็นทรงกลม

2.20 เทคนิคและเครื่องมือวัด

2.11.1 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM) เป็นกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่มีกำลังขยายประมาณ 10 นาโนเมตร ตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ควรจะนำไฟฟ้า หรือหากไม่นำไฟฟ้าต้องนำไปเคลือบทองเพื่อให้มีไฟฟ้าเสียก่อน ภาพที่ได้ออกมาจะเป็นสามมิติ ทำให้เห็นลักษณะพื้นผิวและรายละเอียดพื้นหลัง ลักษณะการวางตัวของตัวอย่างได้ชัดเจน [33]

หลักการการทำงานของกล้องชนิดนี้จะใช้หลักการวัดอิเล็กตรอนทุติยภูมิ (Secondary Electron) โดยเริ่มจากแหล่งกำเนิดอิเล็กตรอนปล่อยอิเล็กตรอนออกมา จากนั้นจะถูกเร่งด้วยสนามไฟฟ้า ผ่านเลนส์รวมรังสี (Condenser lens) เพื่อปรับขนาดลำอิเล็กตรอนให้เหมาะกับการวิเคราะห์ตัวอย่าง เมื่อลำอิเล็กตรอนส่องลงบนชิ้นงาน จะเกิดอิเล็กตรอนทุติยภูมิซึ่งเกิดจากอิเล็กตรอนเข้าไปแทนที่ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิเล็กตรอนในตัวอย่าง อิเล็กตรอนทุติยภูมิจะถูกแปลงสัญญาณออกมาเป็นภาพปรากฏขึ้นบนจอคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2.19 หลักการทำงานของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

(ที่มา : <https://kanokwan09.wordpress.com/nano/sem/>)

2.11.2 การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันโดยวิธีฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโคปี

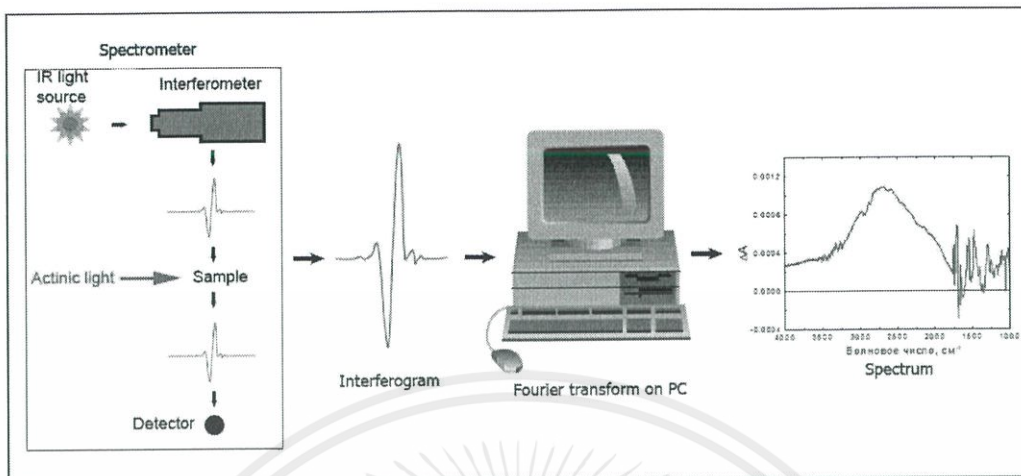
FT-IR spectroscopy ย่อมาจาก Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) เป็นเทคนิคการกระตุ่นสารด้วยพลังงานแสงช่วงแสงอินฟราเรด (infrared light) ที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ เป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่สามารถบอกหมู่ฟังก์ชันคร่าว ๆ ในสารที่ไม่ทราบว่าเป็นสาร แต่ถ้าจะใช้เทคนิคนี้ในการระบุว่าเป็นสารชนิดใด ต้องนำผลที่ได้ซึ่งเป็นสเปกตรัม (spectrum) ของสารนั้นไปเทียบกับสเปกตรัมของสารที่ทราบอยู่แล้ว (reference) ถ้ามีสเปกตรัมเหมือนกันก็จะเป็นสารเดียวกัน เปรียบเหมือนลักษณะการเปรียบเทียบลายนิ้วมือ

ช่วงของอินฟราเรดแบ่งได้เป็น 3 ช่วง คือ [34]

- ช่วงใกล้อินฟราเรด (Near IR region) พบแถบการดูดกลืนที่ค่อนข้างต่ำ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์สารประกอบอะโรมาติก
- ช่วงกลางอินฟราเรด (Near IR region) สเปกตรัมที่ได้ในช่วงนี้ได้จากพวกหมู่ฟังก์ชัน (Functional groups) แต่ไม่ให้โครงสร้างของโมเลกุล Finger print region อยู่ระหว่าง $1300-200\text{ cm}^{-1}$ การวิเคราะห์จึงต้องใช้วิธีเปรียบเทียบกับสเปกตรัมของสารที่ทราบโครงสร้างแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ช่วงไกลอินฟราเรด (Far IR region) ไม่ค่อยใช้ในการวิเคราะห์เนื่องจากสเปกตรัมช่วงนี้ มักจะเกิดจากการสั่นของโครงสร้าง ช่วงนี้อยู่ระหว่าง $200-10\text{ cm}^{-1}$



รูปที่ 2.23 การทำงานของเครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโคปี (FTIR)

(ที่มา : <https://photobioschool.ru/en/methods-en/ftir-spectroscopy/>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะศึกษาคุณสมบัติของคาร์บอนชีวมวลหลากหลายชนิดด้วยวิธีไฮโดรเทอมัลคาร์บอนไนเซชัน โดยคัดเลือกชีวมวลจากเกษตรกรรมซึ่งเป็นเพิ่มมูลค่าจากวัตถุดิบเหลือใช้ ได้แก่ เปลือกข้าวโพด เปลือกยูคาลิปตัส กาบมะพร้าว จุกสับปะรด และมีการไฮโดรเทอมัลที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยขณะทำการไฮโดรเทอมัลจะใส่โลหะทรานซิชัน 8 ชนิด ได้แก่ คอปเปอร์ไนเตรต ไอร์รอนไนเตรต นิกเกิลไนเตรต แคลเมียมไนเตรต แบเรียมไนเตรต บิสมัทไนเตรต เลดไนเตรต และซิงค์ไนเตรต โดยวางเงื่อนไขความเข้มข้น 1,3 และ 5 เปอร์เซ็นต์จากความเข้มข้นทั้งหมด จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการคาร์บอนไนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมงและเปรียบเทียบความเป็นคาร์บอนจากโลหะทรานซิชันที่ใส่ลงไป พร้อมกับนำไปวิเคราะห์ผลด้วยอุปกรณ์และเครื่องมือทางด้านโครงสร้างทางเคมี โครงสร้างผลึกและสัณฐานวิทยา เพื่อนำผลที่ได้มาสรุปและอภิปราย

3.1 การศึกษาคุณสมบัติของคาร์บอนชีวมวลหลากหลายชนิด

การศึกษาคุณสมบัติของคาร์บอนชีวมวลหลากหลายชนิด (เปลือกข้าวโพด, จุกสับปะรด, กาบมะพร้าว, เปลือกยูคาลิปตัส) ที่ได้จากการทำปฏิกิริยาไฮโดรเทอมัลและคาร์บอนไนเซชัน นำไปทดสอบ วิเคราะห์หาสมบัติต่างๆ ดังนี้

1. ศึกษาร้อยละผลได้ (% yield) ของตัวอย่างหลังจากกระบวนการไฮโดรเทอมัล
2. ศึกษาสัณฐานวิทยา (Morphology) ของตัวอย่างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscopy, SEM)
3. ศึกษาหมู่ฟังก์ชัน (Functional group) บนพื้นผิวของตัวอย่างโดยเครื่อง Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR)
- 4.

3.2 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 สารเคมี

- คอปเปอร์ไนเตรต (Copper nitrate, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



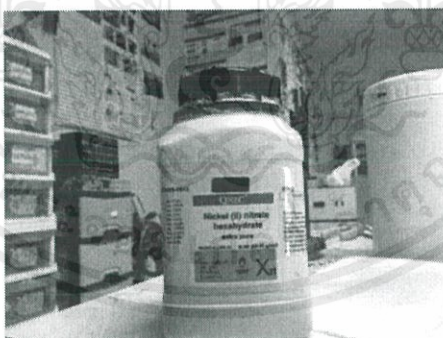
รูปที่ 3.1 คอปเปอร์ไนเตรต (Copper nitrate, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$)

-ไอร์รอนไนเตรต (Iron nitrate , $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$)



รูปที่ 3.2 ไอร์รอนไนเตรต (Iron nitrate , $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$)

- นิกเกิลไนเตรต (Nickel nitrate, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$)



รูปที่ 3.3 นิกเกิลไนเตรต (Nickel nitrate, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แคดเมียมไนเตรต (Cadmium nitrate , $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$)



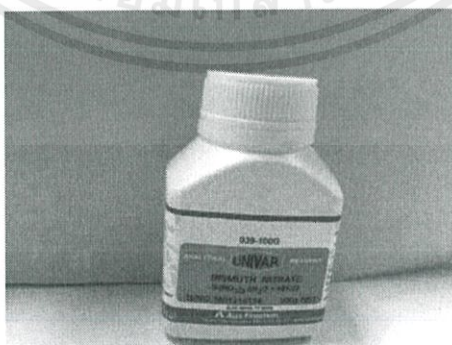
รูปที่ 3.4 แคดเมียมไนเตรต (Cadmium nitrate, $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$)

- แบเรียมไนเตรต (Barium nitrate, $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$)



รูปที่ 3.5 แบเรียมไนเตรต (Barium nitrate, $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$)

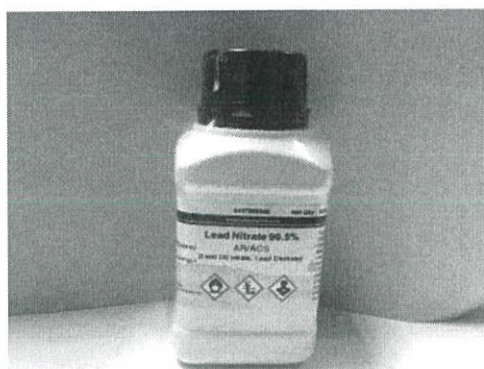
- บิสมัทไนเตรต (Bismuth nitrate , $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)



รูปที่ 3.6 บิสมัทไนเตรต (Bismuth nitrate, $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)

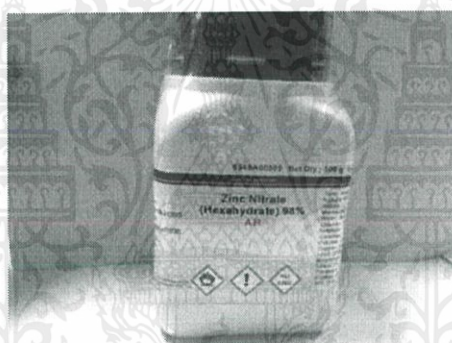
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เลดไนเตรต (Lead nitrate , $Pb(NO_3)_2$)



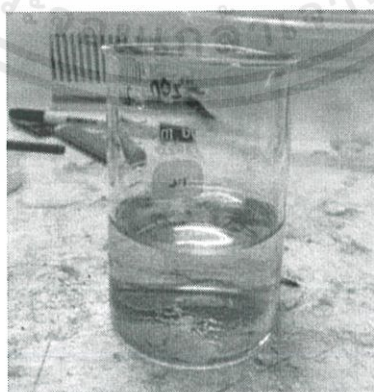
รูปที่ 3.7 เลดไนเตรต (Lead nitrate , $Pb(NO_3)_2$)

- ซิงค์ไนเตรต (Zinc nitrate, $Zn(NO_3)_2$)



รูปที่ 3.8 ซิงค์ไนเตรต (Zinc nitrate, $Zn(NO_3)_2$)

- น้ำปลอดประจุ (De-ionization water)



รูปที่ 3.9 น้ำปลอดประจุ (De-ionization water)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เตาอบความร้อน



รูปที่ 3.10 เตาอบความร้อน

- หม้อนึ่งบดความดันไอ (autoclave)



รูปที่ 3.11 หม้อนึ่งบดความดันไอ (autoclave)

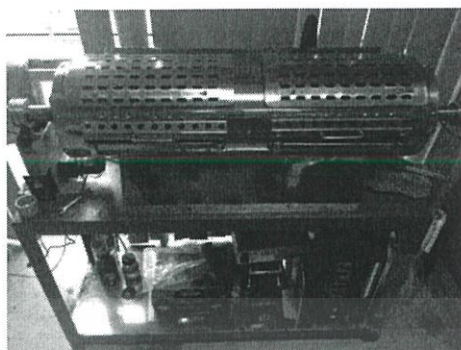
- เครื่องชั่งสาร



รูปที่ 3.12 เครื่องชั่งสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เต่าเผาสาร



รูปที่ 3.13 เต่าเผา

3.3 การเตรียมชีวมวลต่างๆ

3.3.1 คัดเลือก เปลือกข้าวโพด จุกสับปะรด กาบมะพร้าว เปลือกยูคาลิปตัส จากท้องตลาด และนำมาผ่านกระบวนการปั่นและบดเพื่อทำให้เกิดเป็นผง

3.3.2 นำผงชีวมวลดังกล่าวไปทำให้แห้งหรืออบไล่ความชื้นโดยการนำเข้าสู่ตู้อบ ในอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง



รูปที่ 3.14 ตู้อบไล่ความชื้น

3.4 การเตรียมกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลจากชีวมวลหลากหลายชนิด

การศึกษาคุณสมบัติความเป็นคาร์บอนจากชีวมวลหลากหลายชนิด อาศัย 2 กระบวนการ คือ กระบวนการไฮโดรเทอร์มอล และกระบวนการคาร์บอนเซชัน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 ศึกษาคุณสมบัติความเป็นคาร์บอนจากชีวมวลหลากหลายชนิดโดยเติมหมู่โลหะทรานซิชันลงไปขณะทำการกระบวนการไฮโดรเทอมัล

1. ชั่งชีวมวลที่ทำการอบไล่ความชื้นแล้ว 30 กรัม
2. ชั่งสารเคมีโลหะทรานซิชันในความเข้มข้นตามเงื่อนไขที่กำหนด (1%, 3% และ 5%) ผสมกับน้ำที่ปราศจากไอออน (De-ionized water) 40 มิลลิลิตร
3. นำชีวมวลที่ชั่งไว้ 30 กรัม ผสมกับสารละลายหมู่โลหะทรานซิชันและบรรจุใส่ autoclave เพื่อเตรียมเข้าตู้อบในเงื่อนไขอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส
4. จากนั้นนำ autoclave ใส่ลงในตู้อบในเงื่อนไขอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
5. นำชีวมวลที่ผ่านการไฮโดรเทอมัลแล้วใส่ลงในภาชนะ จากนั้นไล่ความชื้นโดยการนำใส่ในตู้อบที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักหลังจากกระบวนการไฮโดรเทอมัล จากนั้นเก็บตัวอย่างใส่ในภาชนะปิด

รูปที่ 3.15 ผงชีวมวลหลังจากกระบวนการไฮโดรเทอมัล

6. นำชีวมวลที่ผ่านกระบวนการไฮโดรเทอมัลมาผ่านกระบวนการคาร์บอนเซชันที่เงื่อนไขอุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง
7. นำเข้าเตาเผาในอุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
8. เก็บตัวอย่างไฮโดรชาร์ที่ผ่านกระบวนการคาร์บอนเซชันใส่ในภาชนะปิด

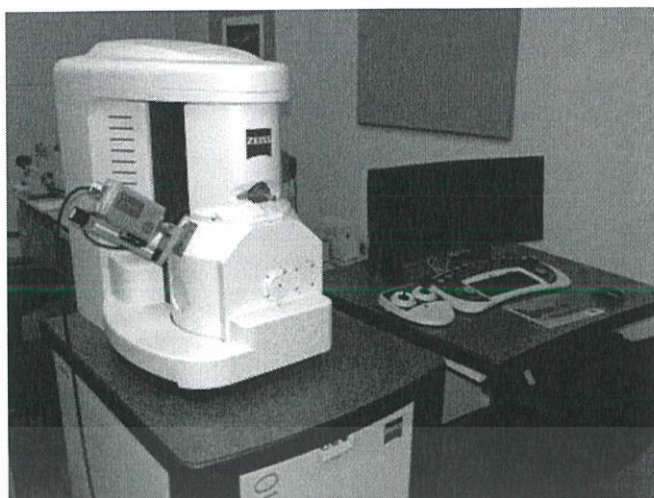
3.5 การตรวจวัดและวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ

หลังจากผ่านกระบวนการไฮโดรเทอมัลและคาร์บอนเซชัน นำตัวอย่างมาตรวจวัดและวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆด้วยเครื่องมือดังต่อไปนี้

3.5.1 การศึกษาสัณฐานวิทยา (Morphology) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscopy, SEM)

ดำเนินการด้วยเครื่อง SEM ยี่ห้อ Hitachi, รุ่น s3400N ตัวอย่างต้องนำไฟฟ้าโดยต้องนำไปเคลือบด้วย Au โดนาการ sputtering โดยจะใช้กำลังขยาย 500X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่ใช้ (Scanning Election microscope : Zeiss EVO MA10)

3.5.2 การศึกษาหมู่ฟังก์ชัน (Functional group) บนพื้นผิวของตัวอย่างโดยเครื่อง Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR)

วิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันที่ได้จากกระบวนการไฮโดรเทอมัล ดำเนินการด้วยเครื่อง เครื่อง Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) ยี่ห้อเครื่อง NICOLET 6700 โดยจะใช้โหมด ATR ในการวิเคราะห์ ในช่วงระหว่างคลื่นที่ 400 cm^{-1} ถึง 4000 cm^{-1}



รูปที่ 3.18 เครื่องเครื่องฟูเรียร์ทรานฟอร์ม (Fourier transform infrared spectroscopy : NICOLET 6700)

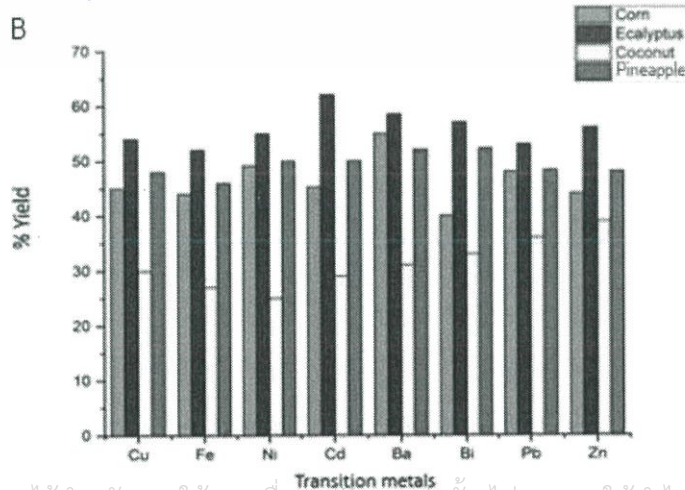
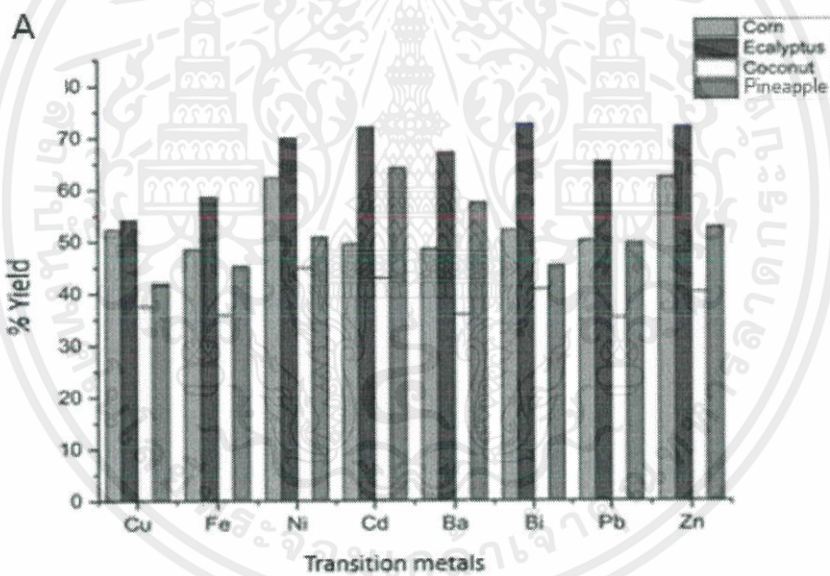
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

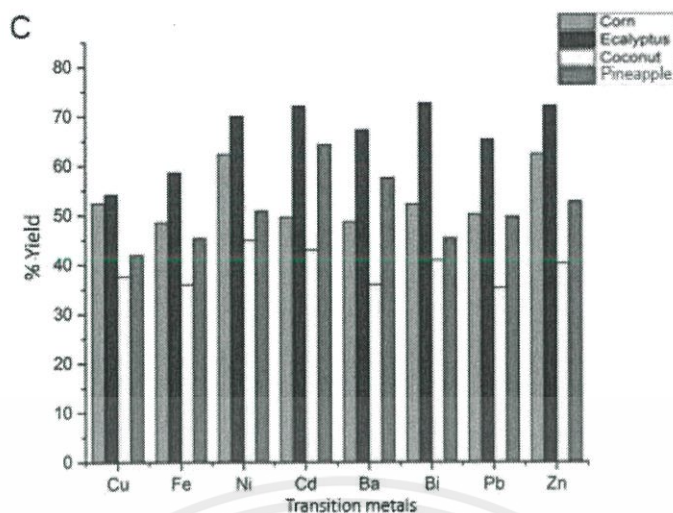
ผลและการอภิปรายผลการทดลอง

4.1 ผลของร้อยละผลได้ของชีวมวลหลังจากกระบวนการไฮโดรเทอร์มัล

จากรูปที่ 4.1 มวลของเปลือกข้าวโพด เปลือกยูคาลิปตัส กาบมะพร้าว และจุกสับปะรด ที่ผ่านกระบวนการไฮโดรเทอร์มัลจะขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 อย่างคือ ชนิดของโลหะทรานซิชันและชนิดของชีวมวล เมื่อเปรียบเทียบชีวมวลทั้ง 4 ชนิด พบว่าเปลือกยูคาลิปตัสให้ร้อยละผลได้ที่มากที่สุด เนื่องจากระหว่างกระบวนการไฮโดรเทอร์มัลมีการทำปฏิกิริยากับชีวมวล โดยน้ำจะเข้าไปทำลายพันธะของลิกนิน, เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ซึ่งเป็นส่วนประกอบภายในของชีวมวล ซึ่งยูคาลิปตัสมีโครงสร้างที่แข็งแรง เมื่อเปรียบเทียบกับชีวมวลอื่นๆในการทดลอง พันธะลิกนิน, เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส จึงไม่สามารถแตกตัวได้ดีเท่าเปลือกข้าวโพด, กาบมะพร้าว และจุกสับปะรด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 มวลของชีวมวลต่างๆที่ผสมด้วยโลหะทรานซิชัน 8 ชนิดในความเข้มข้น B) 3 เปอร์เซ็นต์จากความเข้มข้นทั้งหมด C) 5 เปอร์เซ็นต์จากความเข้มข้นทั้งหมด

4.2 ผลของร้อยละผลได้ของโลหะทรานซิชันหลังจากกระบวนการไฮโดรเทอร์มัล

จากตารางที่ 4.1 เมื่อนำเปลือกยูคาลิปตัสมาทำการเปรียบเทียบระหว่างโลหะทรานซิชัน 8 ชนิด พบว่าแคดเมียมไนเตรตให้ร้อยละผลได้ (% yield) ที่มากที่สุด เนื่องจากแคดเมียมไนเตรตสามารถเข้าไปในปฏิกิริยากับเปลือกยูคาลิปตัสได้ดี และเปลือกยูคาลิปตัสมีโครงสร้างที่แข็งแรงมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชีวมวลต่างๆจึงสามารถให้ร้อยละผลได้ (% yield) ได้ดี ปัจจัยหลักที่ทำให้แคดเมียมไนเตรตเกิดปฏิกิริยาได้ดีกว่าโลหะทรานซิชันตัวอื่นคือ เมื่อนำแคดเมียมไนเตรตมาผ่านกระบวนการไฮโดรเทอร์มัลในอุณหภูมิที่เหมาะสมจะเกิดปรากฏการณ์ “crystal shattering” ที่มีการจัดเรียงตัวใหม่ของไนเตรตระหว่างการสลายตัวกับออกไซด์ จึงทำให้แคดเมียมไนเตรตทำปฏิกิริยาได้ดีในการทดลองนี้

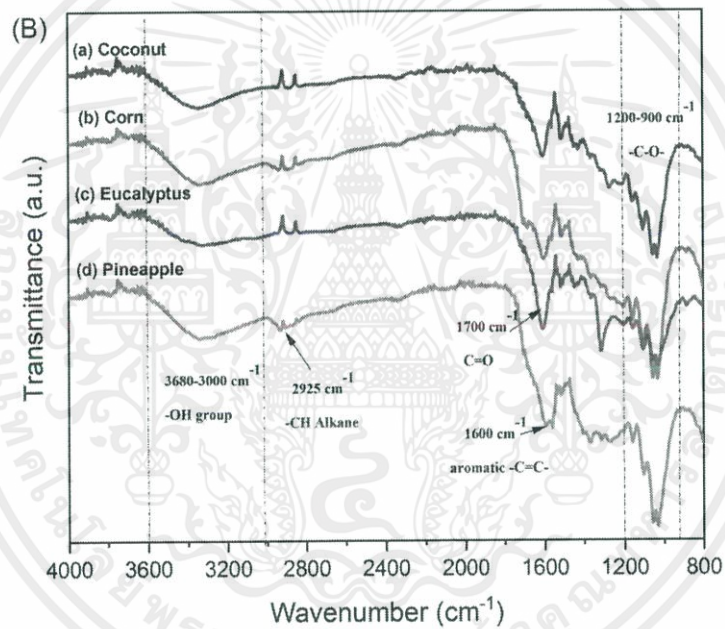
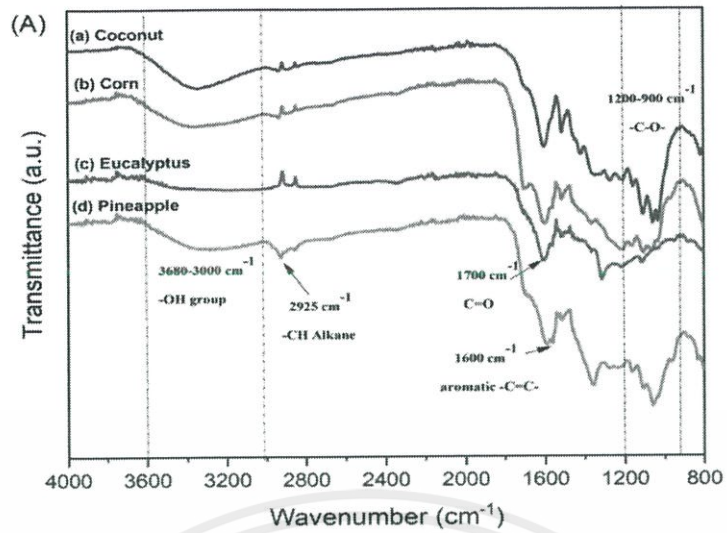
ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบโลหะทรานซิชัน 8 ชนิดในเปลือกยูคาลิปตัสในความเข้มข้น 1,3 และ 5 เปอร์เซ็นต์จากความเข้มข้นทั้งหมด หลังจากกระบวนการไฮโดรเทอมัล

Transition metals	1%	2%	3%
Copper nitrate	54.16	54.12	54.18
Iron nitrate	58.62	52.27	58.74
Nickel nitrate	69.94	55.02	70.15
Cadmium nitrate	72.94	62.00	73.00
Barium nitrate	67.17	58.45	68.25
Bismuth nitrate	62.05	57.25	72.05
Lead nitrate	68.59	53.00	68.59
Zinc nitrate	70.03	56.15	72.03

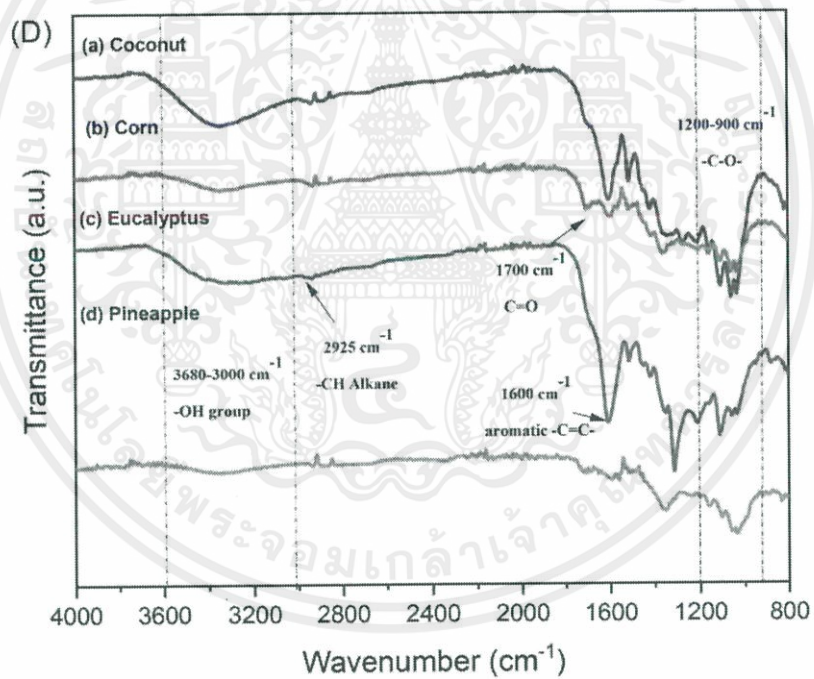
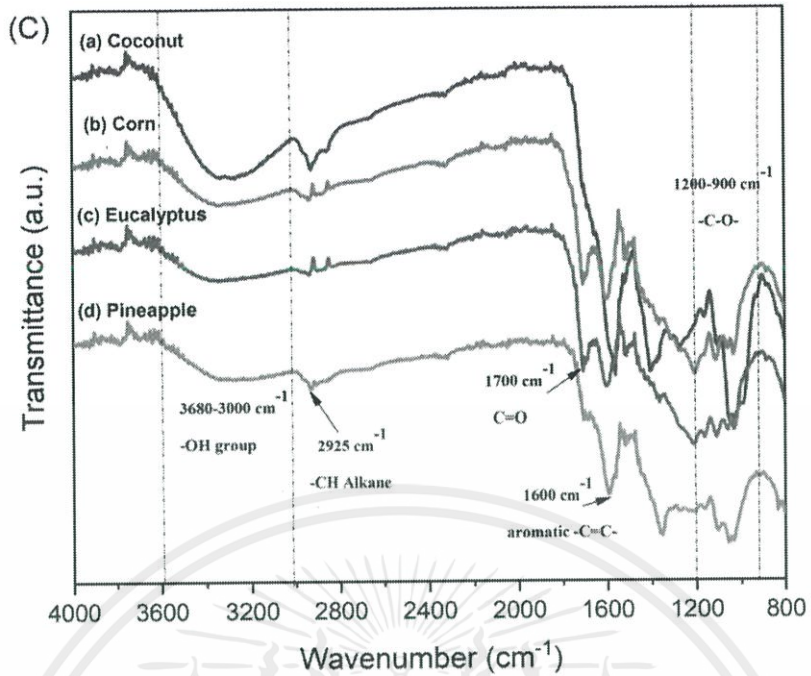
4.3 FT-IR spectrum ของชีวมวลหลังจากกระบวนการไฮโดรเทอมัล

จากรูปที่ 4.2 แสดงผลจาก FT-IR spectrum โดยโลหะทรานซิชันทั้ง 8 ชนิด แสดงให้เห็นว่า เกิดพีค broad band ในช่วง $3680-3000\text{ cm}^{-1}$ ซึ่งเป็น หมู่ -OH stretching ในหมู่ไฮดรอกซิลหรือคาร์บอนิล [40] พีคที่ 2925 cm^{-1} และ 2850 cm^{-1} เป็นหมู่ C-H stretching ในพอลิแซ็กคาไรด์ ประกอบด้วยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส [40] พีคที่ 1740 cm^{-1} เป็นหมู่เอสเทอร์ของเฮมิเซลลูโลสหรือคาร์บอกซิลิกของลิกนินและเฮมิเซลลูโลส พีคที่ 1600 cm^{-1} และ 1512 cm^{-1} เป็นหมู่ aromatic -C=C- stretching เป็นวงอะโรมาติก (aromatic ring) ของลิกนิน พีคที่ 1460 cm^{-1} เป็นหมู่ -CH₂- bending พีคที่ $1380-1240\text{ cm}^{-1}$ เป็นหมู่ G lignin และ S lignin และพีคในช่วง $1200-950\text{ cm}^{-1}$ เป็นหมู่ -C-O จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า เมื่อเติมโลหะทรานซิชันที่ต่างชนิดกันโดยผ่านกระบวนการไฮโดรเทอมัลที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ทำให้มีปริมาณ -OH stretching หมู่-C-O หมู่aromatic -C=C- stretching และหมู่ -CH₂ - bending ที่แตกต่างกันเนื่องจากส่วนประกอบของโครงสร้างลิกนิน,เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ของชีวมวล เมื่อผ่านกระบวนการไฮโดรเทอมัล เปลือกยูคาลิปตัสพบพีค 1740 cm^{-1} ซึ่งเป็นหมู่เอสเทอร์ของเฮมิเซลลูโลสหรือคาร์บอกซิลิกของลิกนินและเฮมิเซลลูโลสชัดที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชีวมวลอื่นๆ เนื่องจากมีปริมาณของลิกนินและเฮมิเซลลูโลสที่มากกว่าชีวมวลอื่นๆ

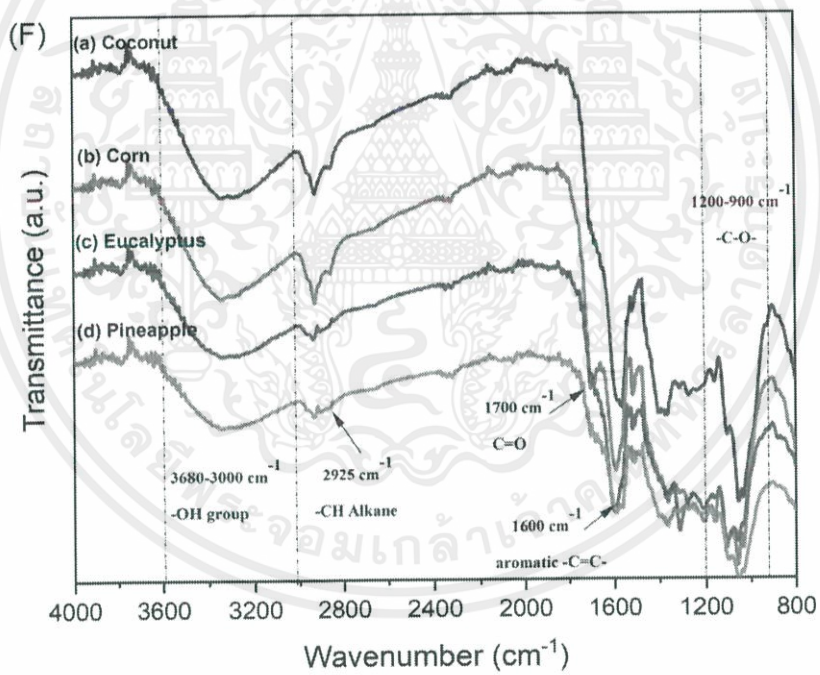
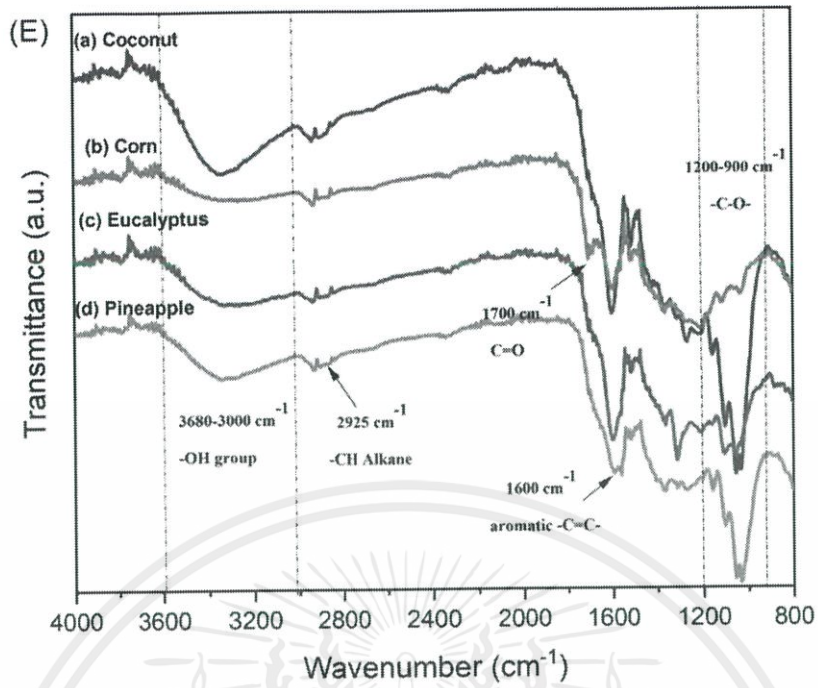
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



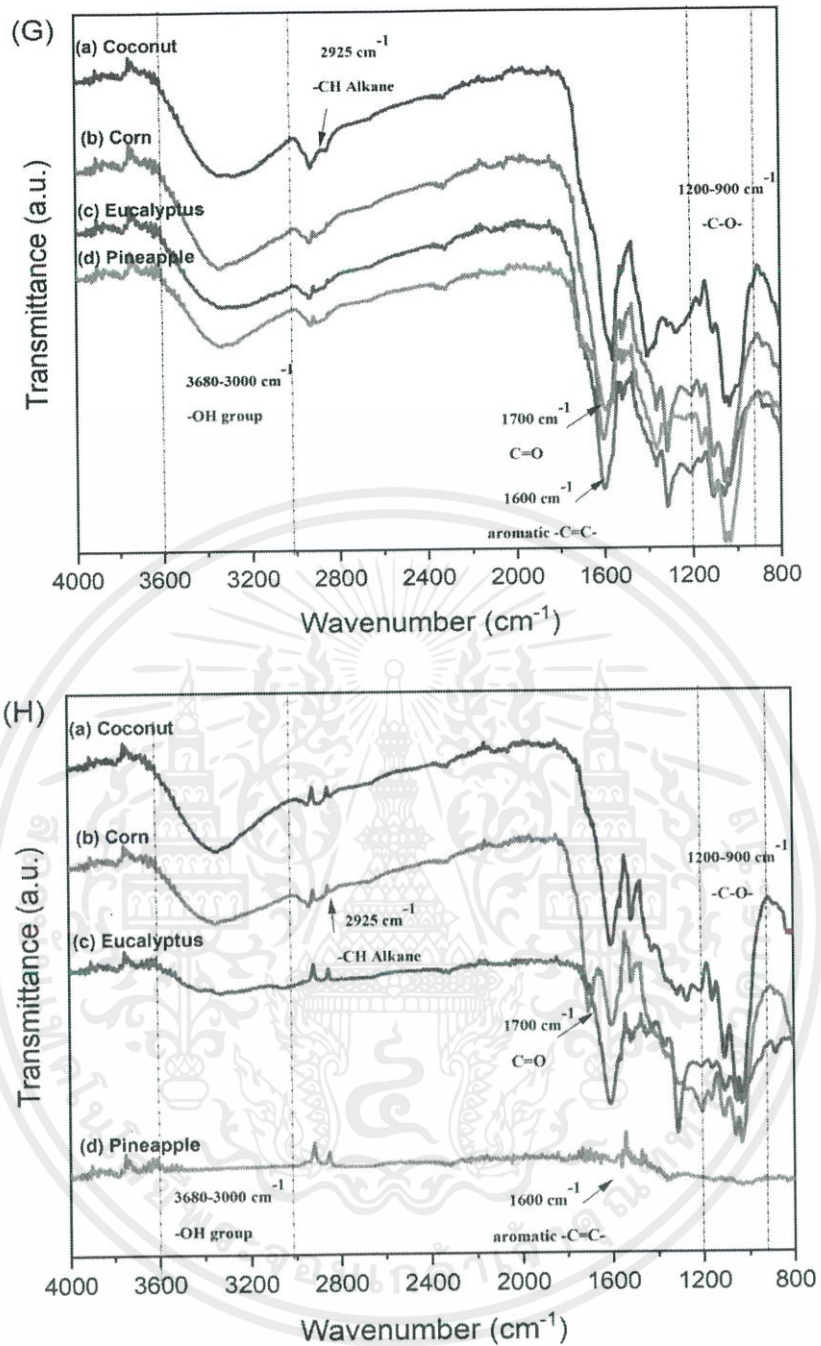
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

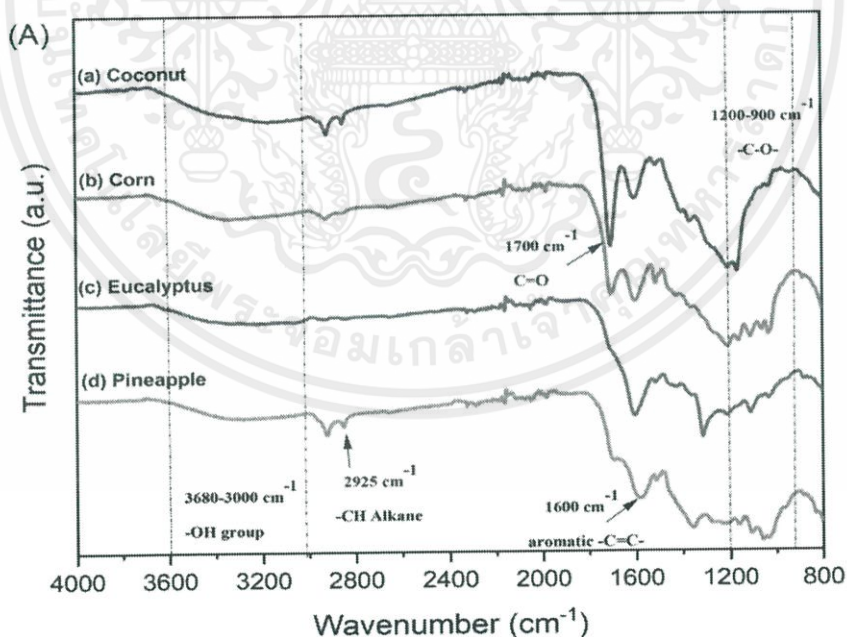


รูปที่ 4.2 FT-IR spectrum ของโลหะทรานซิชันทั้ง 8 ชนิด A) Copper nitrate B) Iron nitrate
 C) Nickel nitrate D) Barium nitrate E) Zinc nitrate F) Lead nitrate
 G) Bismuth nitrate H) Cadmium nitrate

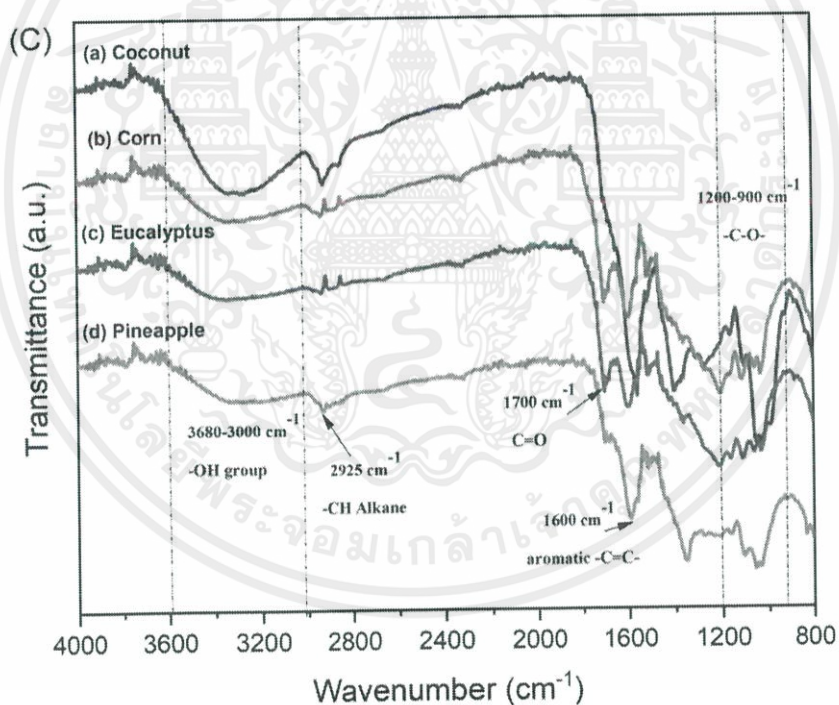
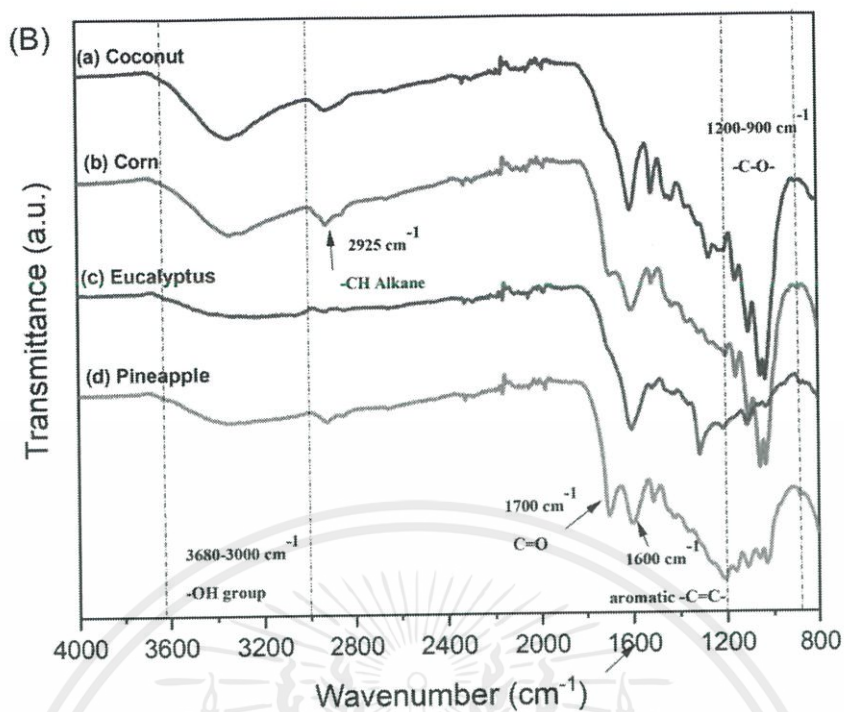
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 FT-IR spectrum ของโลหะทรานซิชัน 8 ชนิดในความเข้มข้น 3 % เปอร์เซนต์จากความเข้มข้นทั้งหมดหลังจากกระบวนการไฮโดรทอมัล

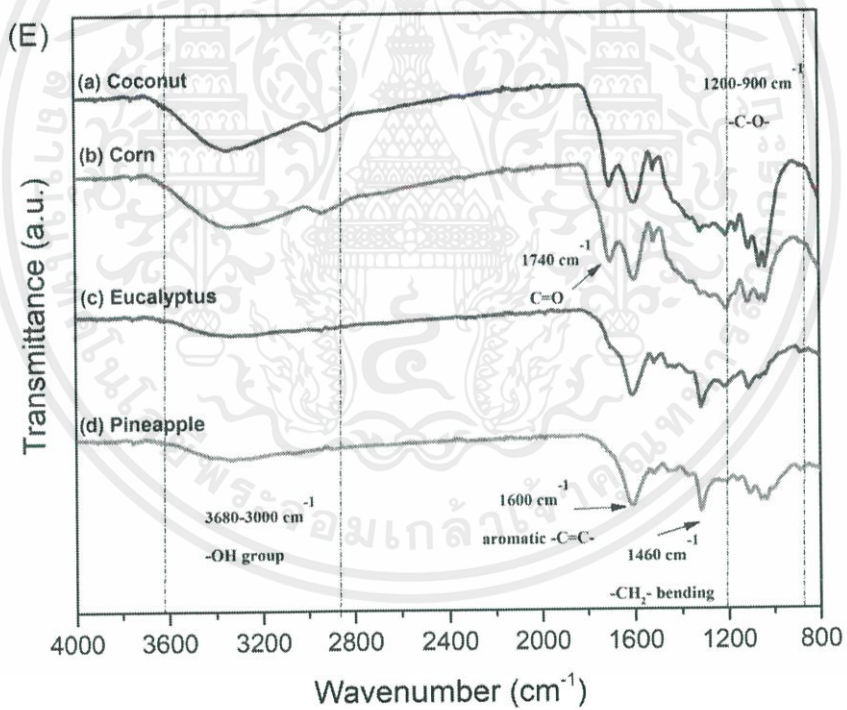
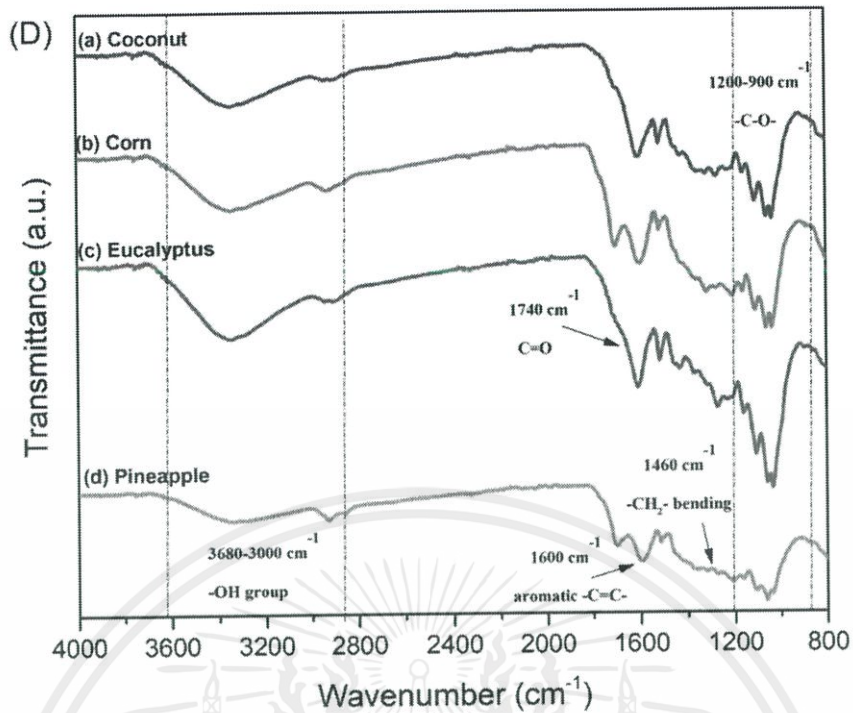
จากรูปที่ 4.3 แสดงผลจาก FT-IR spectrum โดยโลหะทรานซิชันทั้ง 8 ชนิด แสดงให้เห็นว่า เกิดพีค broad band ในช่วง $3680-3000\text{ cm}^{-1}$ ซึ่งเป็น หมู่ -OH stretching ในหมู่ไฮดรอกซิลหรือคาร์บอนิล [40] พีคที่ 2925 cm^{-1} และ 2850 cm^{-1} เป็นหมู่ C-H stretching ในพอลิแซ็กคาไรด์ ประกอบด้วยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส [40] พีคที่ 1740 cm^{-1} เป็นหมู่เอสเทอร์ของเฮมิเซลลูโลสหรือคาร์บอกซิลิกของลิกนินและเฮมิเซลลูโลส พีคที่ 1600 cm^{-1} และ 1512 cm^{-1} เป็นหมู่ aromatic -C=C- stretching เป็นวงอะโรมาติก (aromatic ring) ของลิกนิน พีคที่ 1460 cm^{-1} เป็นหมู่ -CH₂- bending พีคที่ $1380-1240\text{ cm}^{-1}$ เป็นหมู่ G lignin และ S lignin และพีคในช่วง $1200-950\text{ cm}^{-1}$ เป็นหมู่ -C-O จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า เมื่อถูกกระตุ้นด้วยโลหะทรานซิชันก็จะเกิดพีคในปริมาณที่แตกต่างกัน ซึ่งชีวมวลโดยส่วนมากที่ถูกกระตุ้นด้วยโลหะทรานซิชันทั้ง 8 ชนิดจะเกิดพีคที่ 1600 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีคของ aromatic -C=C- stretching เป็นวงอะโรมาติก แต่ปริมาณพีคของความเข้มข้นที่ 3 เปอร์เซนต์จะแตกต่างกับความเข้มข้นที่ 1 เปอร์เซนต์ เนื่องจกสัดส่วนในการเติมโลหะทรานซิชันที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดพีคที่แตกต่างเช่นกัน



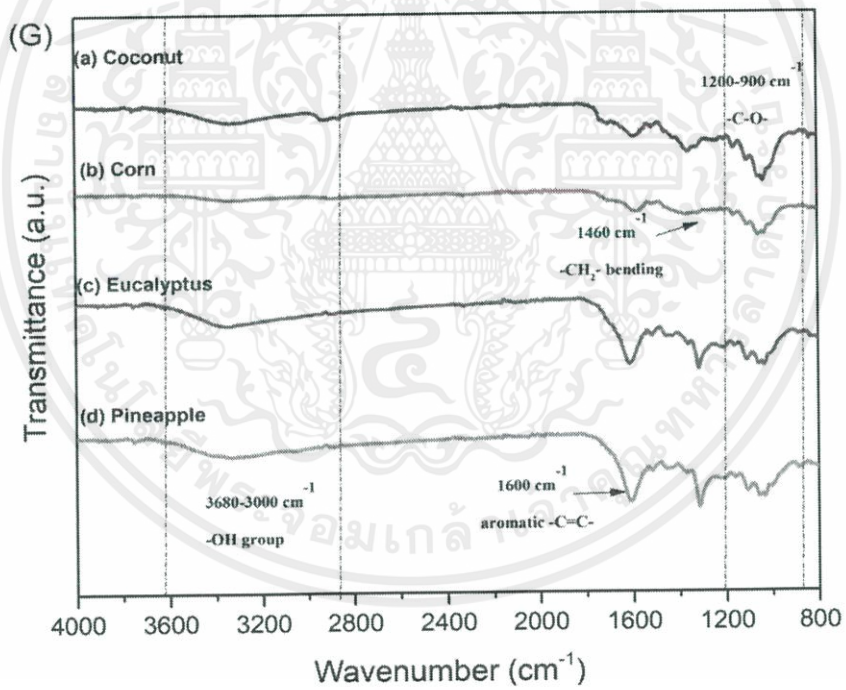
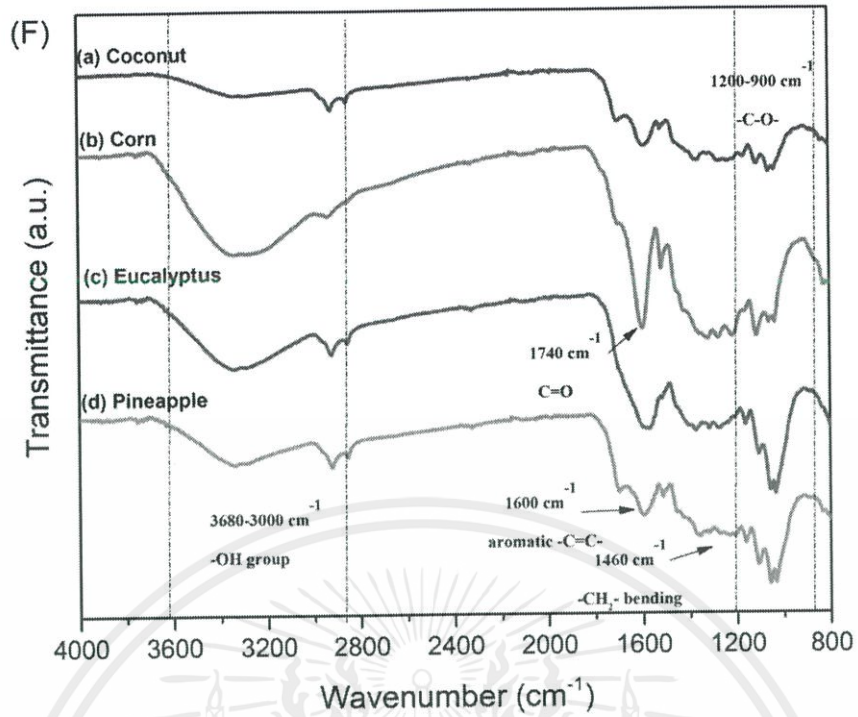
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



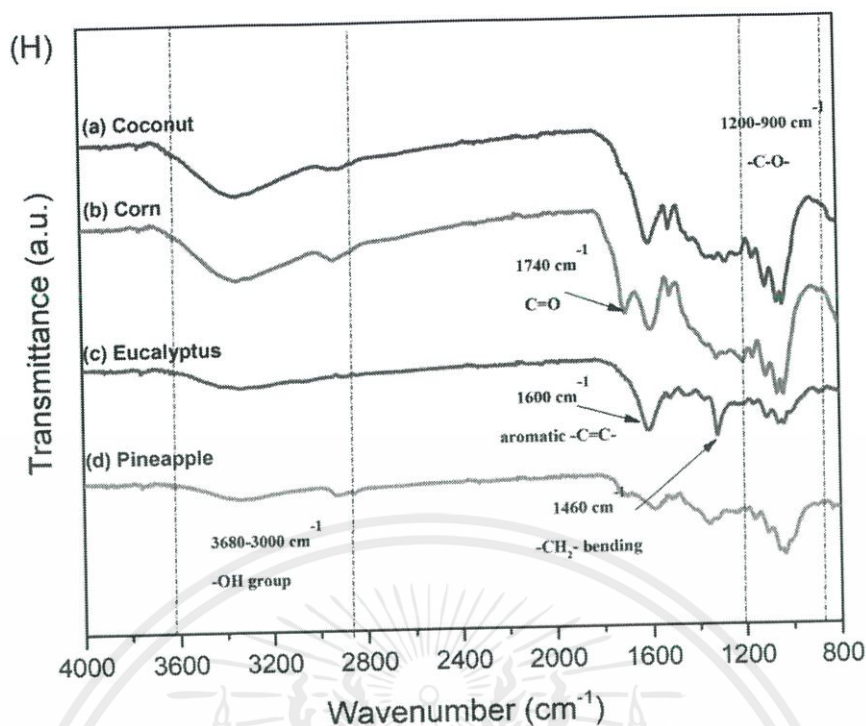
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

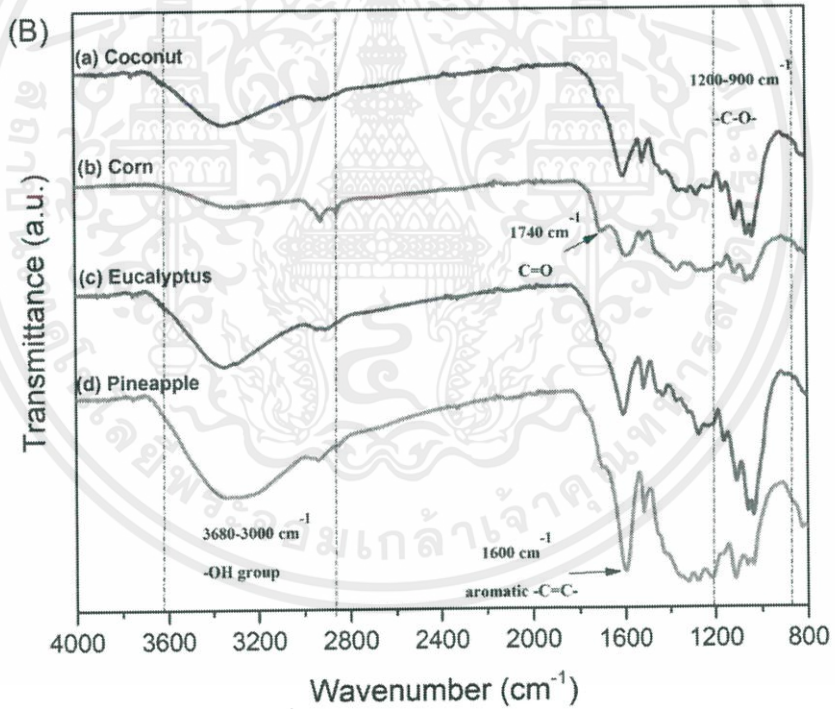
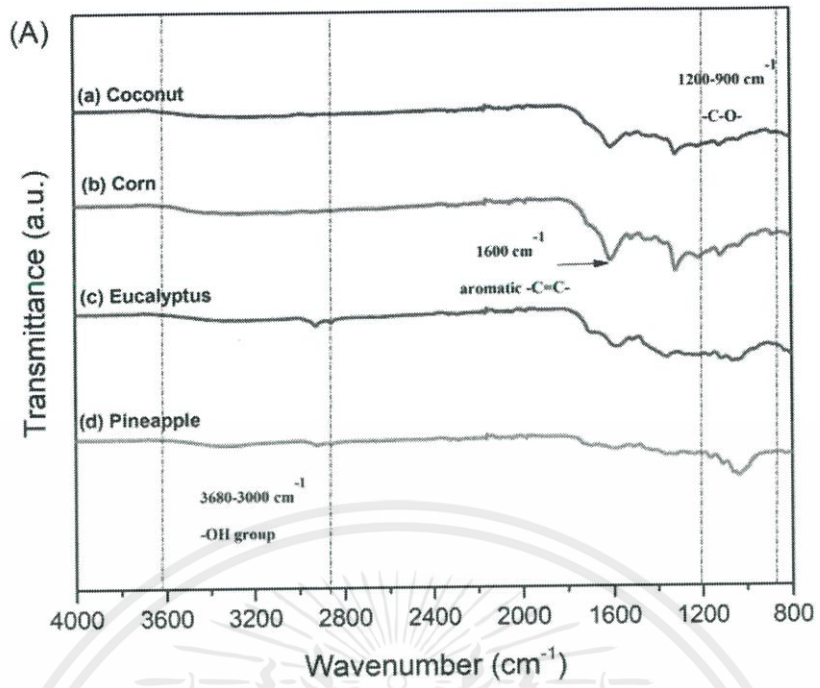


รูปที่ 4.3 FT-IR spectrum ของโลหะทรานซิซันทั้ง 8 ชนิด A) Copper nitrate B) Iron nitrate
C) Nickel nitrate D) Barium nitrate E) Zinc nitrate F) Lead nitrate G) Bismuth nitrate
H) Cadmium nitrate

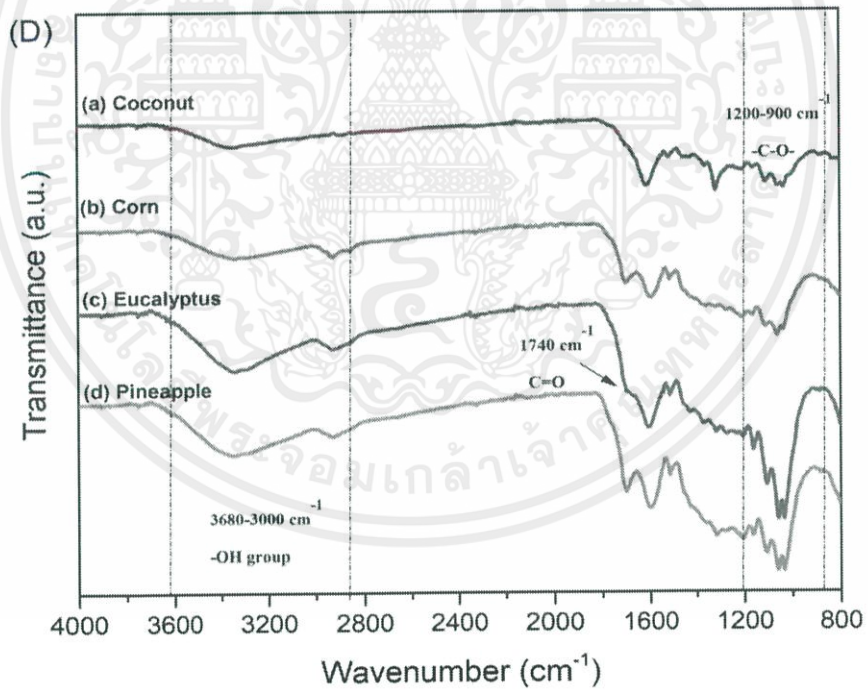
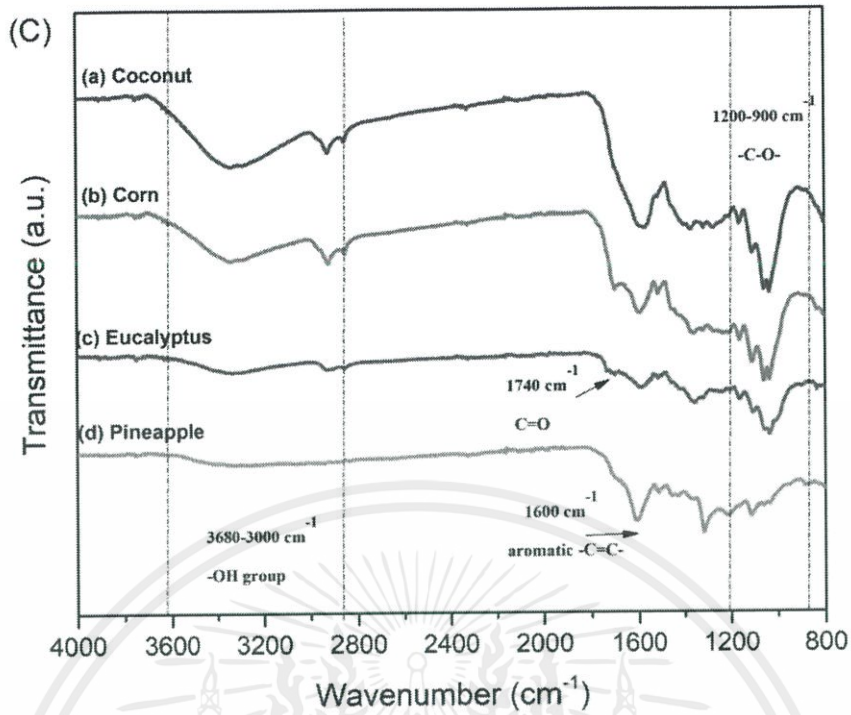
รูปที่ 4.4 FT-IR spectrum ของโลหะทรานซิซัน 8 ชนิดในความเข้มข้น 5 % เปอร์เซนต์จากความเข้มข้นทั้งหมดหลังจากกระบวนการไฮโดรทอมัส

จากรูปที่ 4.4 แสดงผลจาก FT-IR spectrum โดยโลหะทรานซิซันทั้ง 8 ชนิด แสดงให้เห็นว่าเกิดพีก broad band ในช่วง $3680-3000\text{ cm}^{-1}$ ซึ่งเป็น หมู่ -OH stretching ในหมู่ไฮดรอกซิลหรือคาร์บอนิล [35] พีกที่ 2925 cm^{-1} และ 2850 cm^{-1} เป็นหมู่ C-H stretching ในพอลิแซ็กคาไรด์ ประกอบด้วยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส [35] พีกที่ 1740 cm^{-1} เป็นหมู่เอสเทอร์ของเฮมิเซลลูโลสหรือคาร์บอกซิลิกของลิกนินและเฮมิเซลลูโลส พีกที่ 1600 cm^{-1} และ 1512 cm^{-1} เป็นหมู่ aromatic -C=C- stretching เป็นวงอะโรมาติก (aromatic ring) ของลิกนิน พีกที่ 1460 cm^{-1} เป็นหมู่ -CH₂- bending พีกที่ $1380-1240\text{ cm}^{-1}$ เป็นหมู่ G lignin และ S lignin และพีกในช่วง $1200-950\text{ cm}^{-1}$ เป็นหมู่ -C-O จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า พบพีกต่างๆน้อยลงกว่าความเข้มข้นที่ 1 และ 3 เปอร์เซนต์ เนื่องจากยิ่งความเข้มข้นของโลหะทรานซิซันเพิ่มขึ้นจะส่งต่อหมู่ฟังก์ชันต่างๆส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงของคาร์บอน

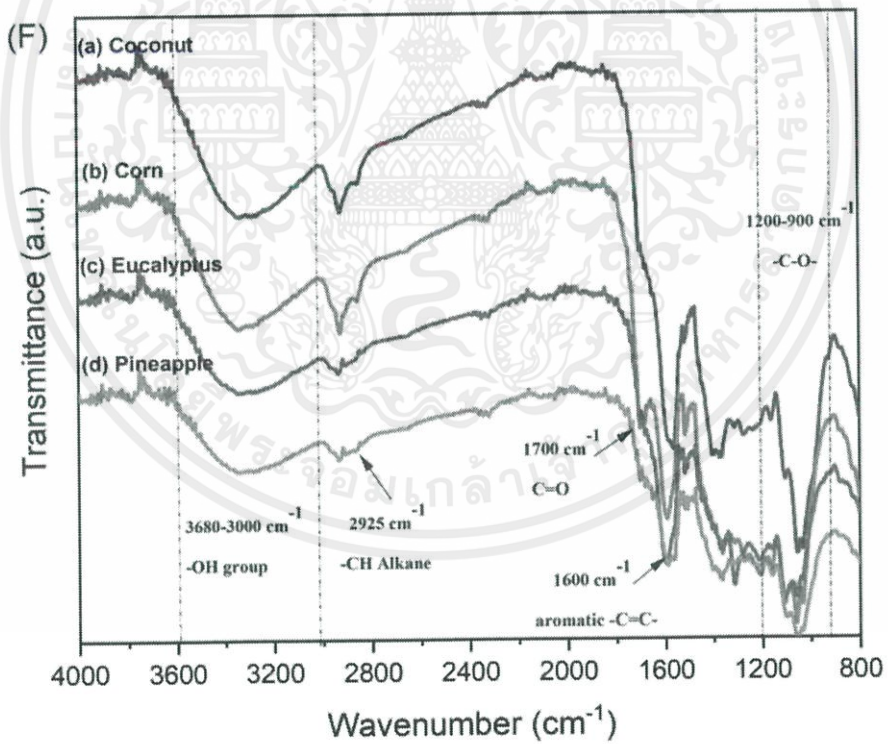
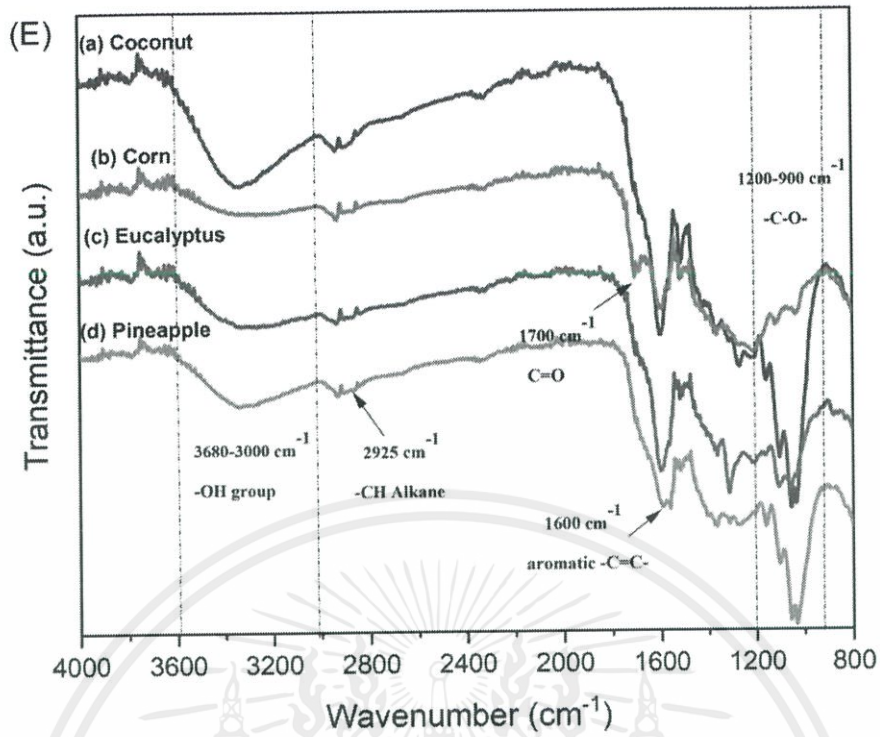
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



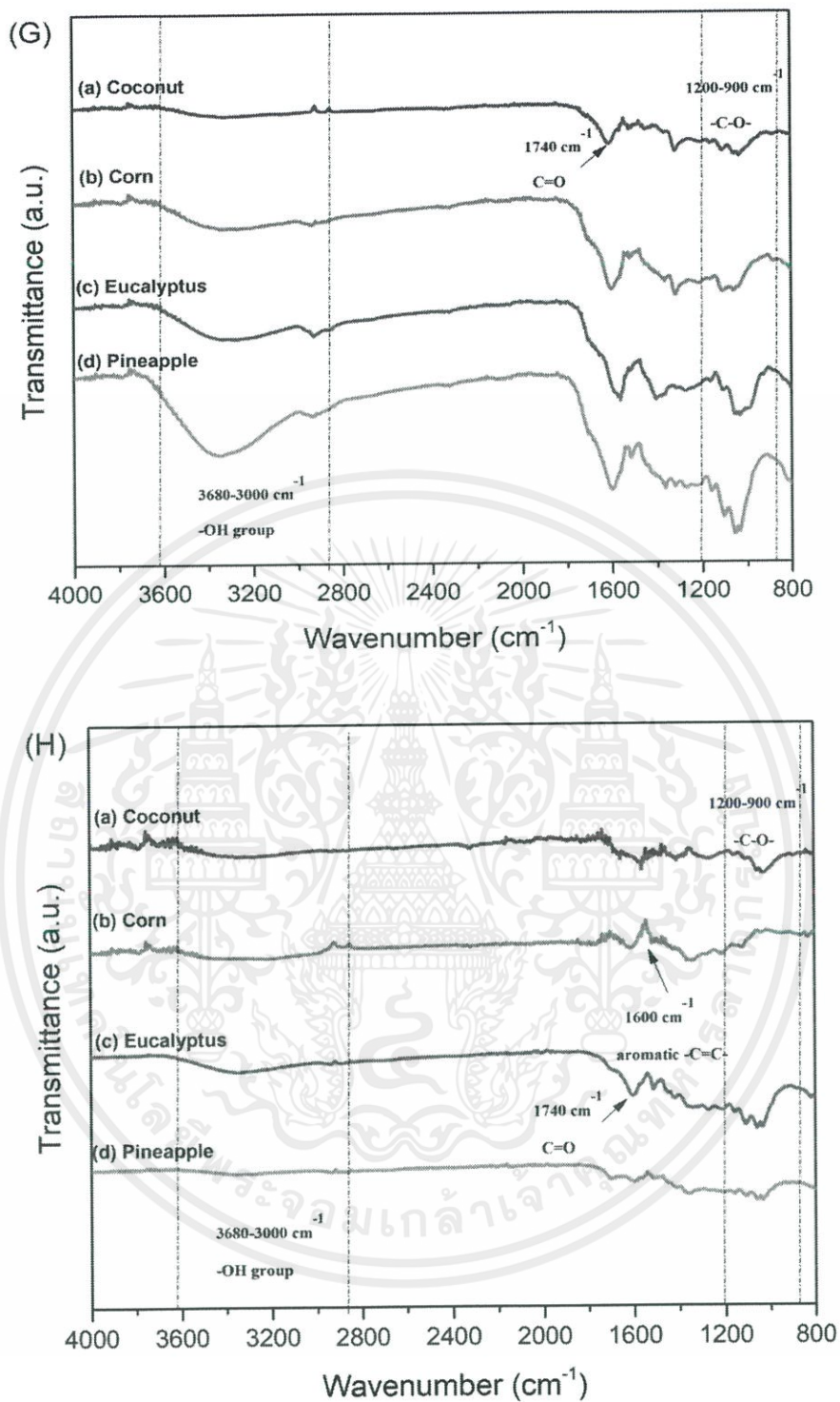
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

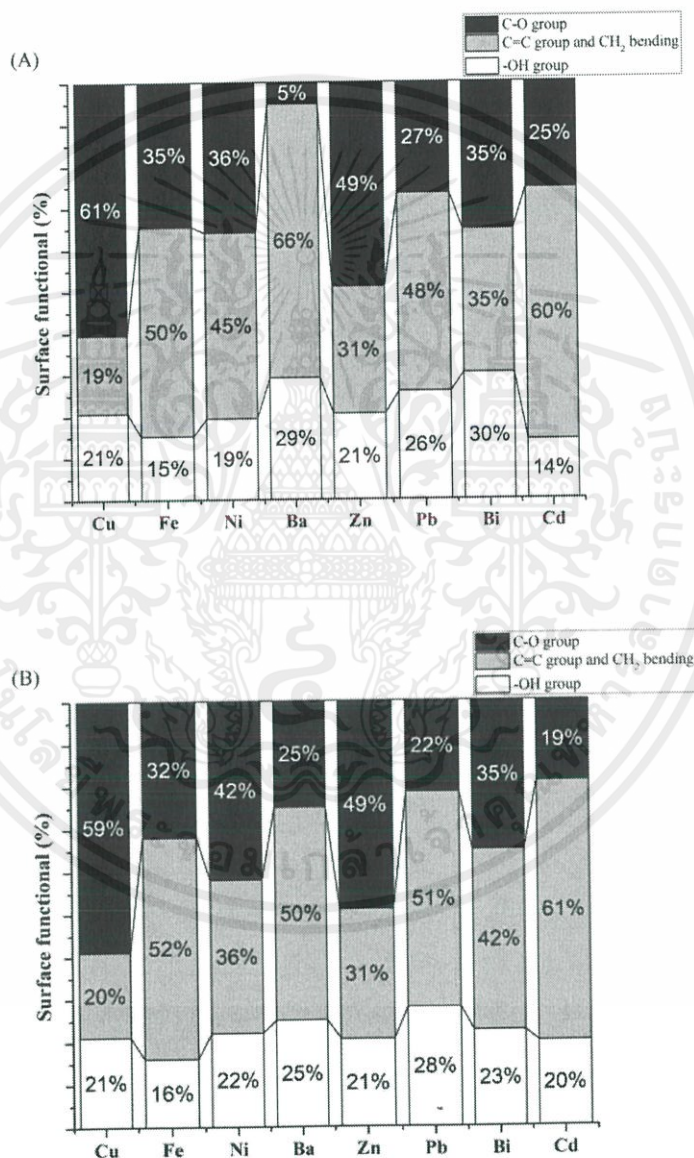


รูปที่ 4.4 FT-IR spectrum ของโลหะทรานซิชันทั้ง 8 ชนิด A) Copper nitrate B) Iron nitrate C) Nickel nitrate D) Barium nitrate E) Zinc nitrate F) Lead nitrate G) Bismuth nitrate H) Cadmium nitrate

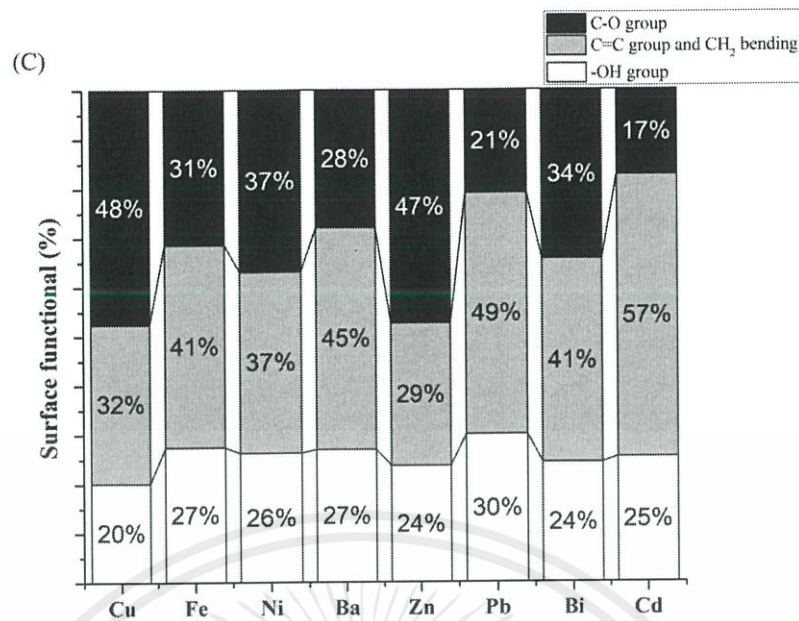
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 กราฟเชิงปริมาณที่โลหะทรานซิชันความเข้มข้น 1,3 และ 5 เปอร์เซ็นต์จากความเข้มข้นทั้งหมด

จากรูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่ามีปริมาณของ C=O group, C=C and CH₂ bending และ -OH group ที่แตกต่างกันแต่ละโลหะทรานซิชัน ซึ่งจะแสดงในหมู่ไฮดรอกซิลหรือคาร์บอนิลและหมู่ G lignin และ S lignin จากรูปที่ 4.5 A), 4.5 B) และ 4.5 C) พบว่าแคดเมียมไนเตรตให้ปริมาณ C=C and CH₂ bending ที่มากกว่าโลหะทรานซิชันอื่นๆ เนื่องจากปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิที่เหมาะสมกับโครงสร้างของแคดเมียมไนเตรตที่สามารถเข้าไปทำปฏิกิริยาระหว่างกระบวนการไฮโดรเทอมัล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



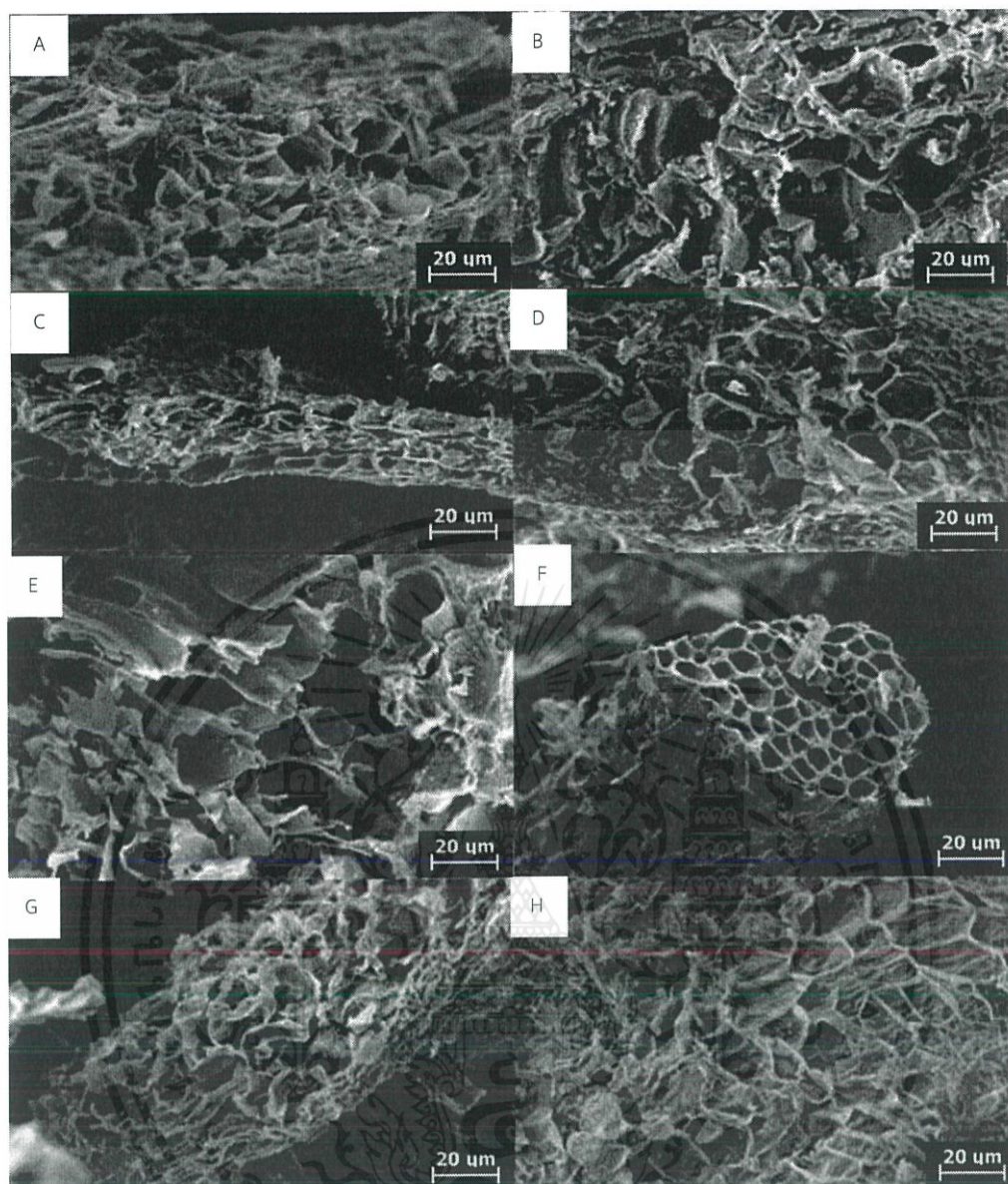
รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบเชิงปริมาณของโลหะทรานซิชัน A) ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์จากความเข้มข้นทั้งหมด B) ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์จากความเข้มข้นทั้งหมด C) ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์จากความเข้มข้นทั้งหมด

4.6 การศึกษาสัณฐานวิทยา ด้วยเครื่อง SEM ของชีวมวลหลังจากกระบวนการไฮโดรเทอร์มอล

การวิเคราะห์สัณฐานวิทยา (Morphology) ด้วย SEM จากโลหะทรานซิชันด้วยความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์จากความเข้มข้นทั้งหมด

จากรูป 4.6 แสดงให้เห็นว่า หลังจากการคาร์บอนเซชัน เปลือกข้าวโพดที่มีการเติมโลหะทรานซิชันทั้ง 8 ชนิด มีการแตกตัวภายในโครงสร้างที่แตกต่างกัน จากรูปที่ 4.5B เปลือกข้าวโพดที่มีการเติมแคดเมียมไนเตรตจะเห็นโครงสร้างผนังและรอยต่อของผนังเซลล์อย่างเห็นได้ชัด มีความเป็นรูพรุนมากกว่าเปลือกข้าวโพดที่มีการเติมโลหะทรานซิชันธาตุอื่น แตกต่างจากเปลือกข้าวโพดที่มีการเติมโลหะทรานซิชันอื่นๆ จึงสรุปได้ว่าเมื่อเติมแคดเมียมไนเตรตลงไปเปลือกข้าวโพด สามารถให้ความเป็นคาร์บอนได้ดีกว่าโลหะทรานซิชันอื่นๆ เนื่องจากแคดเมียมไนเตรตไปแทรกตัวและจับกับหมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิล จึงให้เส้นใยนาโนคาร์บอนมีรูพรุนที่สูง

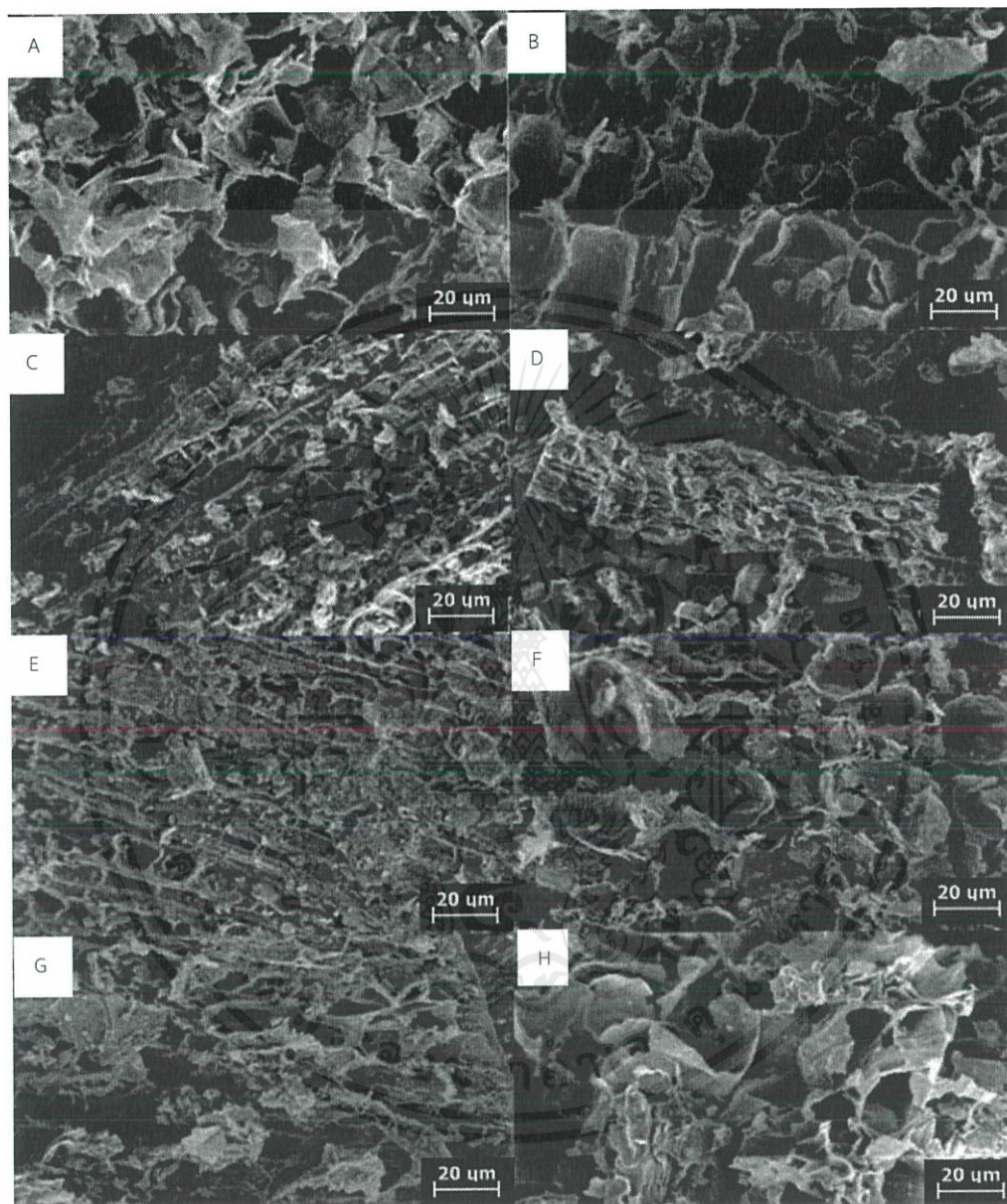
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 ภาพ SEM (กำลังขยาย 500X) เปลือกข้าวโพดหลังจากกระบวนการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง (A) Copper nitrate (B) Cadmium nitrate (C) Barium nitrate (D) Iron nitrate (E) Nickel nitrate (F) Bismuth nitrate (G) Lead nitrate (H) Zinc nitrate

จากรูป 4.7 แสดงให้เห็นว่า หลังจากกระบวนการคาร์บอนเซชัน เมื่อเติมโลหะทรานซิชันทั้ง 8 ชนิดลงไปในการเปลือยกุญคาลิปตัส จะเห็นได้ว่าโครงสร้างมีการแตกตัวเล็กน้อย และเมื่อเปรียบเทียบกับเปลือกข้าวโพด เปลือกกุญคาลิปตัสค่อนข้างให้ความชัดเจนได้น้อยกว่า จากรูป 4.6 B เมื่อเติมแคดเมียมไนเตรตในเปลือยกุญคาลิปตัส พบว่าเริ่มมองเห็นโครงสร้างเห็นผนังเซลล์ และรอยต่อของผนังเซลล์ที่อยู่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

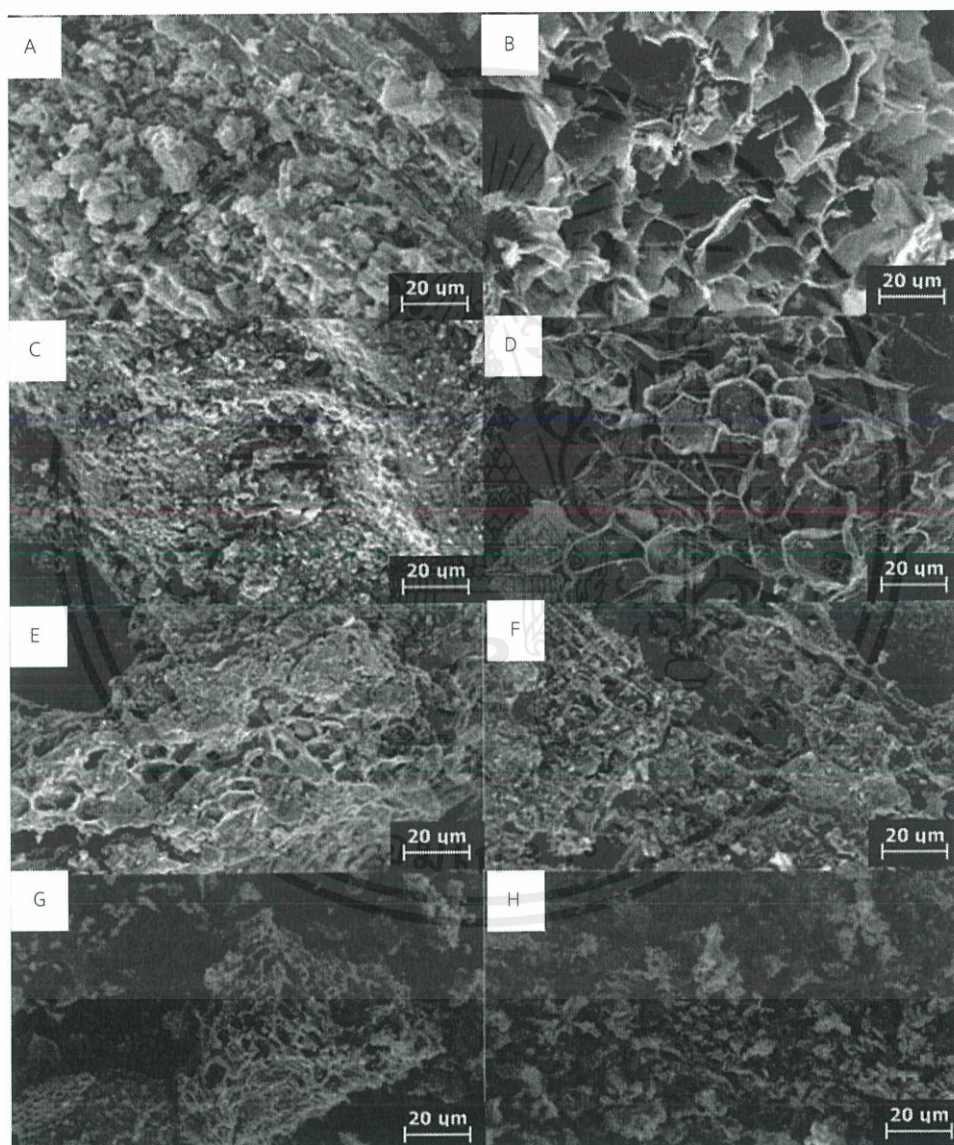
ภายใต้เส้นใยรอยแตกที่ชัดเจนขึ้นกว่าโลหะทรานซิซันตัวอื่น จึงทำให้มีความเป็นคาร์บอนที่มากที่สุด จึงสรุปได้ว่า เมื่อมีการเติมแคดเมียมไนเตรตลงไปในเปลือกยุคาลิปตัส สามารถให้ความเป็นคาร์บอน และความเป็นรูพรุนที่มากกว่าโลหะทรานซิซันตัวอื่น



รูปที่ 4.7 ภาพ SEM (กำลังขยาย 500X) เปลือกยุคาลิปตัสหลังจากกระบวนการคาร์บอนไฮเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง (A) Copper nitrate (B) Cadmium nitrate (C) Barium nitrate (D) Iron nitrate (E) Nickel nitrate (F) Bismuth nitrate (G) Lead nitrate (H) Zinc nitrate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

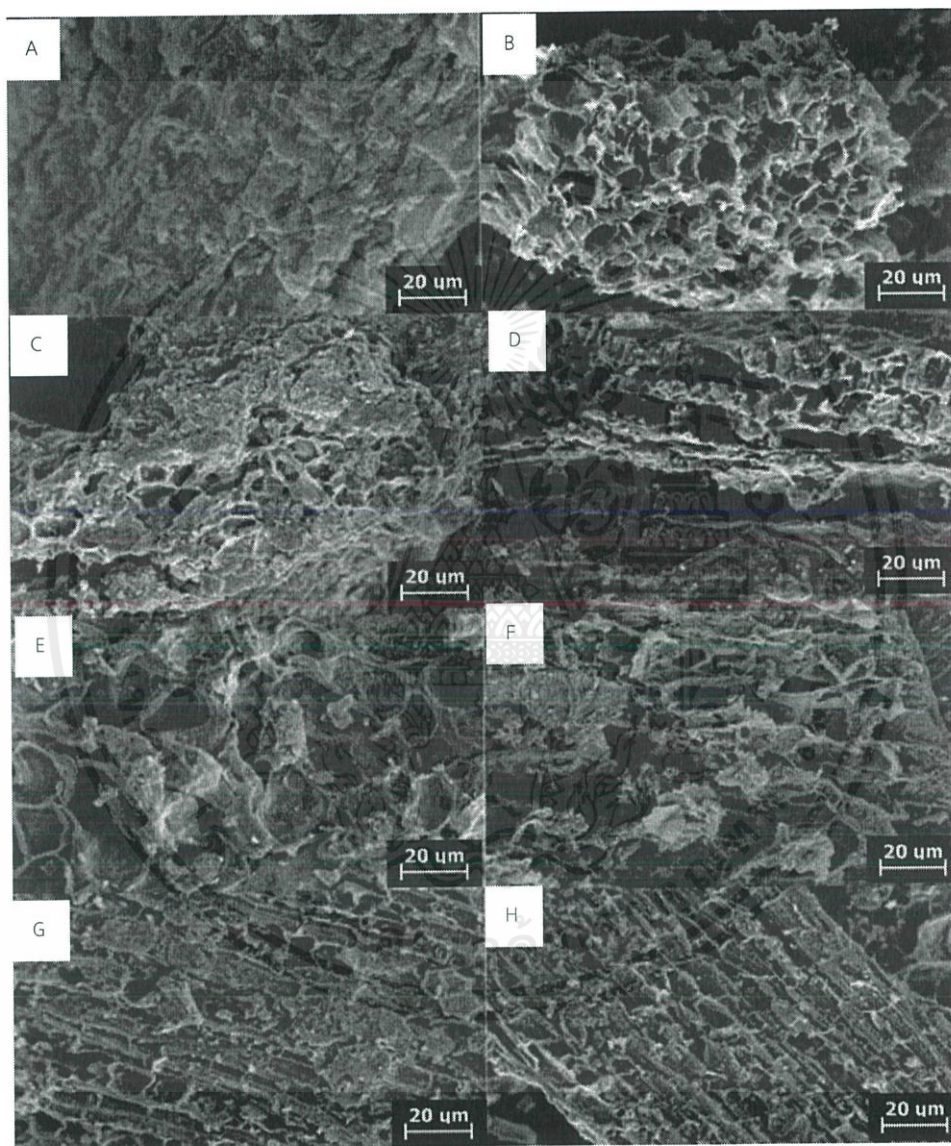
จากรูป 4.8 แสดงให้เห็นว่า หลังจากกระบวนการคาร์บอนไนเซชัน เมื่อเติมโลหะทรานซิชันทั้ง 8 ชนิดลงไปในกลุ่มมะพร้าว จะเห็นได้ว่าโครงสร้างภายในแยกออกจากกันและแตกตัวเป็นชิ้นเล็ก จะมีลักษณะขรุขระ จากรูป 4.8B พบว่า เริ่มมองเห็นโครงสร้างเห็นผนังเซลล์ และรอยต่อของผนังเซลล์ที่อยู่ภายใต้เส้นใย รอยแตกที่ชัดเจนขึ้น มีรูพรุนทรงกลม ศูนย์กลางประมาณ $2 \mu\text{m}$ จึงสรุปได้ว่า เมื่อเติมแคดเมียมไนเตรดลงไปในกลุ่มมะพร้าวจะให้ความชัดเจนของรูพรุนมากกว่าโลหะทรานซิชันตัวอื่น



รูปที่ 4.8 ภาพ SEM (กำลังขยาย 500X) กาบมะพร้าวหลังจากกระบวนการคาร์บอนไนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง (A) Copper nitrate (B) Cadmium nitrate (C) Barium nitrate (D) Iron nitrate (E) Nickel nitrate (F) Bismuth nitrate (G) Lead nitrate (H) Zinc nitrate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 4.9 แสดงให้เห็นว่า หลังจากกระบวนการคาร์บอนเซชัน เมื่อเติมโลหะทรานซิชันทั้ง 8 ชนิดลงไป ในจุดสับปะรด จะเห็นได้ว่าโครงสร้างภายในแยกออกจากกันและแตกตัวเป็นชิ้นเล็ก จะมีลักษณะขรุขระ จากรูป 4.9B จะเห็นได้ชัดว่าโครงสร้างเริ่มแตกตัวเป็นรูพรุนที่ชัดเจนมากที่สุด ศูนย์กลางประมาณ $2.1 \mu\text{m}$ และส่งผลให้มีความเป็นรูพรุนที่สูงขึ้น จึงสรุปได้ว่า แคดเมียมไนเตรตให้ ความเป็นรูพรุนที่ชัดเจนมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับโลหะทรานซิชันตัวอื่น



รูปที่ 4.9 ภาพ SEM (กำลังขยาย 500X) จุดสับปะรดหลังจากกระบวนการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง (A) Copper nitrate (B) Cadmium nitrate (C) Barium nitrate (D) Iron nitrate (E) Nickel nitrate (F) Bismuth nitrate (G) Lead nitrate (H) Zinc nitrate

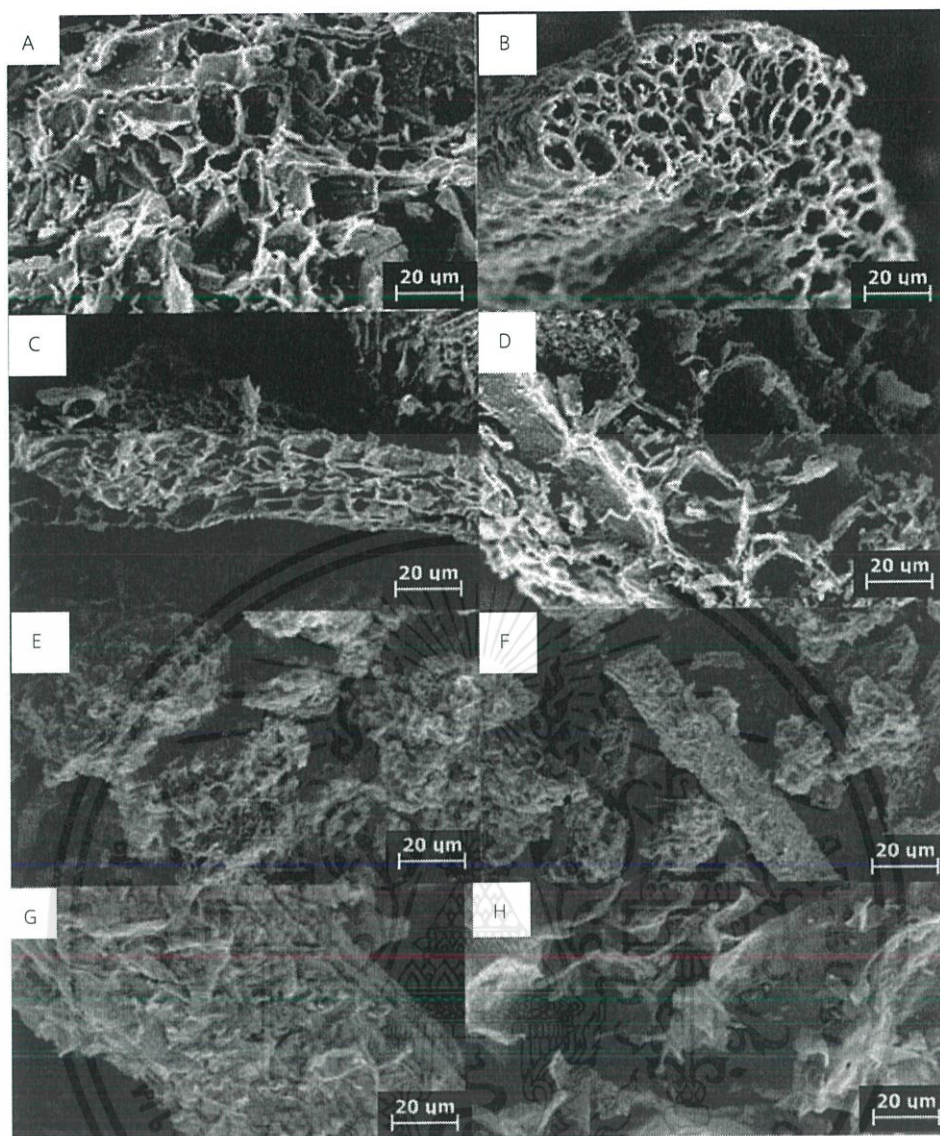
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์สัณฐานวิทยา (Morphology) ด้วย SEM จากโลหะทรานซิชันด้วยความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์จากความเข้มข้นทั้งหมด

จากรูป 4.10 แสดงให้เห็นโครงสร้างที่มีการแตกตัวหลังจากผ่านกระบวนการคาร์บอนในเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส จากรูป 4.10(A-D) มีการแตกตัวของโครงสร้างได้ชัดเจนและเห็นถึงโครงสร้างของผนังเซลล์ โครงสร้างเริ่มแยกออกจากกันและแตกตัวเป็นชิ้นเล็ก เห็นถึงรอยต่อของผนังเซลล์ที่อยู่ภายใต้เส้นใย จากรูป 4.9 B จะเห็นได้ว่ามีรูพรุนทรงกลม ศูนย์กลางประมาณ $2.2 \mu\text{m}$ เส้นใยนาโนคาร์บอนที่เติมแคดเมียมไนเตรดในความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์จะเข้าไปทำให้เส้นใยนาโนคาร์บอนมีการแตกตัวที่พื้นผิวมากขึ้น จึงสรุปได้ว่า เมื่อเติมแคดเมียมไนเตรดลงไปเพื่อปลูกข้าวโพด จะทำให้มีความเป็นรูพรุนที่สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับโลหะทรานซิชันอื่นๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

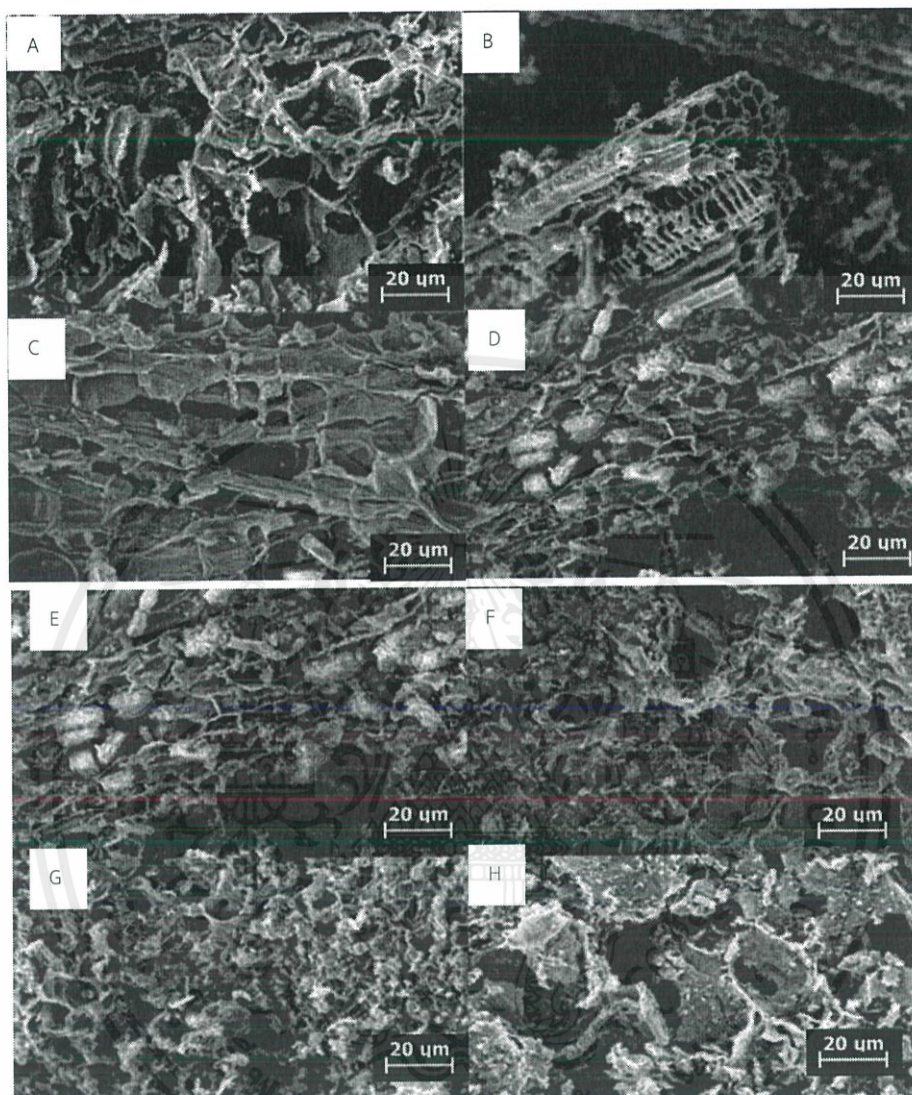


รูปที่ 4.10 ภาพ SEM (กำลังขยาย 500X) เปลือกข้าวโพดหลังจากกระบวนการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง (A) Copper nitrate (B) Cadmium nitrate (C) Barium nitrate (D) Iron nitrate (E) Nickel nitrate (F) Bismuth nitrate (G) Lead nitrate (H) Zinc nitrate

จากรูป 4.11 แสดงให้เห็นถึงลักษณะสัณฐานวิทยาหลังจากกระบวนการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส จะพบว่าเมื่อเติมโลหะทรานซิชันลงไป เปลือกยุคาลิปตัสจะทำให้โครงสร้างเกิดการแตกตัว และเริ่มมองเห็นโครงสร้างผนังเซลล์และรอยต่อผนังเซลล์ที่อยู่ภายใน จากรูป 4.11 B) จะเห็นได้ชัดว่าโครงสร้างมีการแตกตัวเป็นรูพรุนอย่างชัดเจน มีเส้นผ่านศูนย์กลาง $10.5 \mu\text{m}$ และส่งผลให้มีความเป็นคาร์บอน (%C) ที่สูงขึ้น จึงสรุปได้ว่า เมื่อเติมแคดเมียมไนเตรดลงไปยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลือกยูคาลิปตัสจะทำให้โครงสร้างภายในแตกตัวอย่างชัดเจนและมีรูพรุนมากกว่าโลหะทรานซิชันตัวอื่น

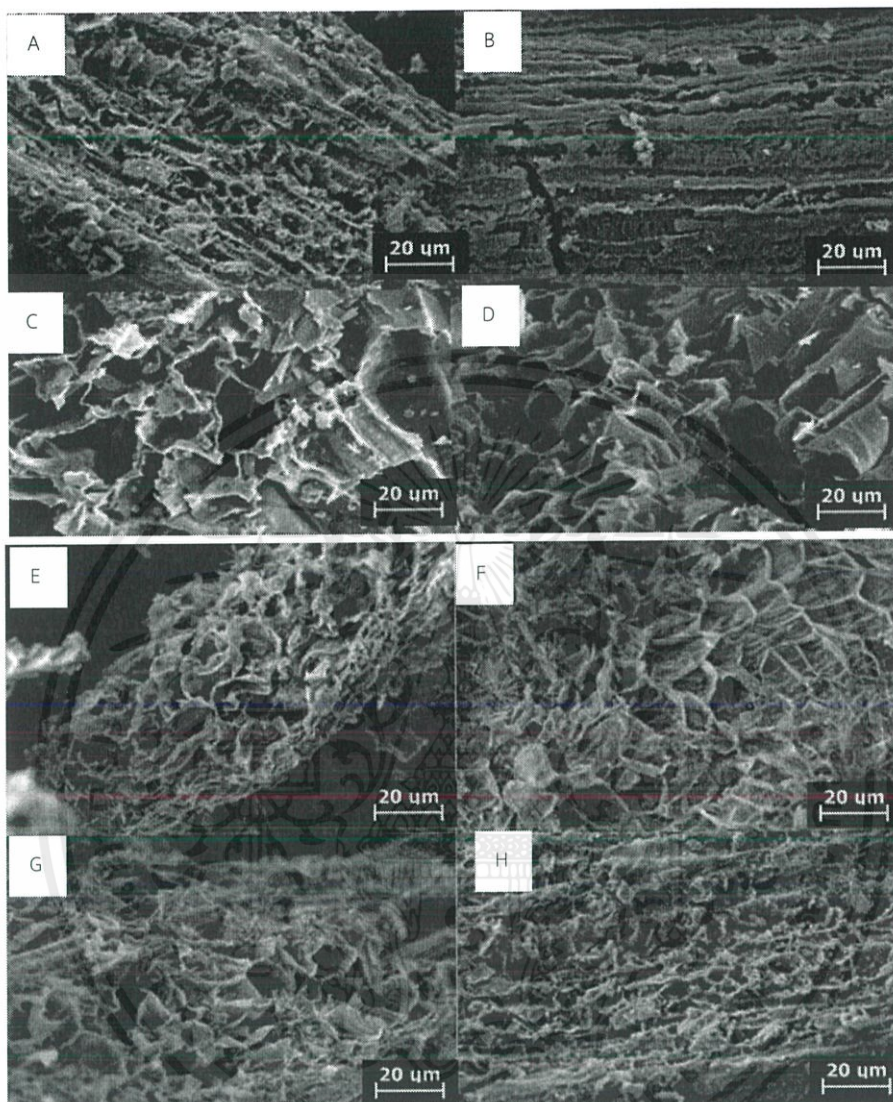


รูปที่ 4.11 ภาพ SEM (กำลังขยาย 500X) เปลือกยูคาลิปตัสหลังจากกระบวนการคาร์บอนไนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง A) Copper nitrate (B) Cadmium nitrate (C) Barium nitrate (D) Iron nitrate (E) Nickel nitrate (F) Bismuth nitrate (G) Lead nitrate (H) Zinc nitrate

จากรูป 4.12 แสดงให้เห็นถึงลักษณะสัณฐานวิทยาหลังจากกระบวนการคาร์บอนไนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส พบว่า โครงสร้างภายในเมื่อมีการเติมโลหะทรานซิชันทั้ง 8 ชนิด ทำให้มีการแตกตัวภายในโครงสร้าง เส้นใยที่มีขนาดใหญ่จะเกิดการแตกหักและแยกออก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กลงเริ่มมองเห็นรอยต่อผนังเซลล์ดูชัดเจน ส่งผลถึงขนาดความเป็นรูพรุน แต่เมื่อมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การโลหะทรานซิชันทั้ง 8 ชนิดลงไปในกาบมะพร้าวยังพบว่าได้โครงสร้างที่มีขนาดที่ใกล้เคียงกันและยังไม่เห็นถึงรูพรุนที่ชัดเจน

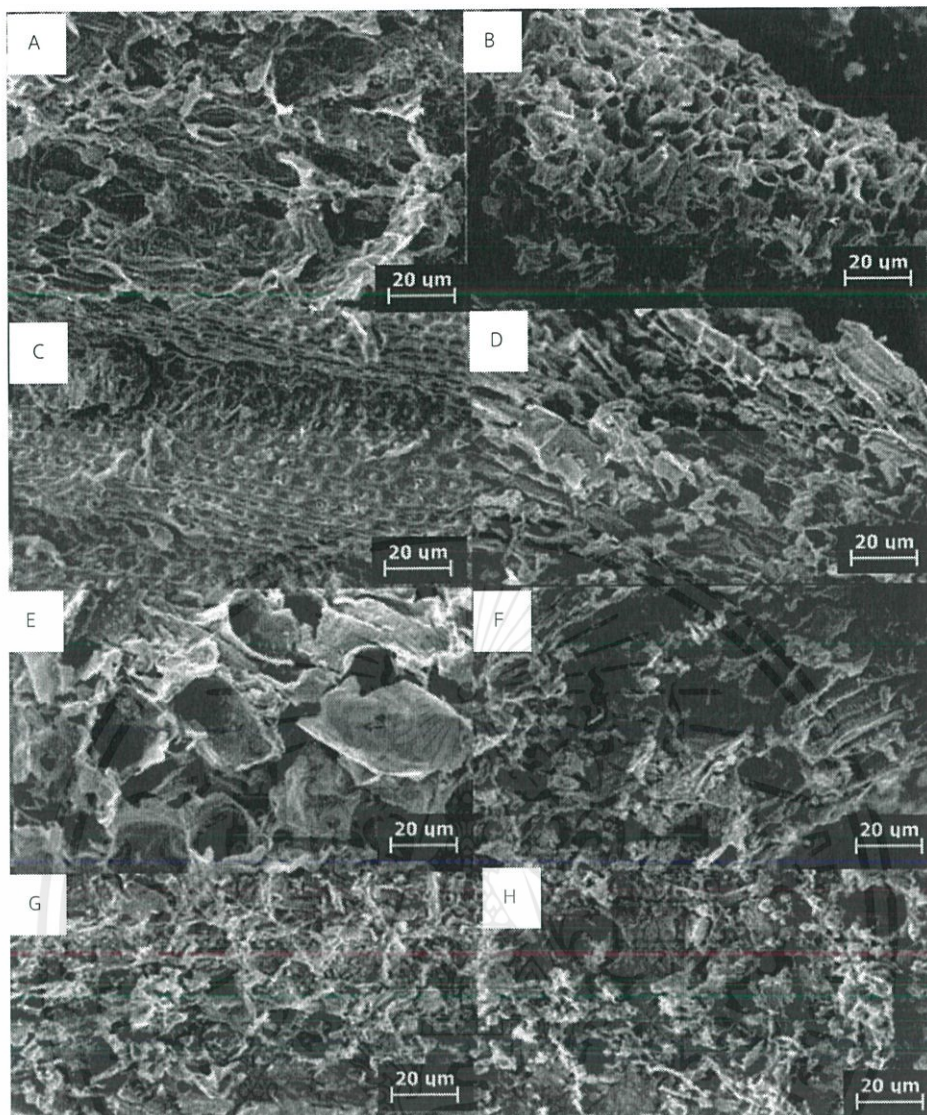


รูปที่ 4.12 ภาพ SEM (กำลังขยาย 500X) กาบมะพร้าวหลังจากกระบวนการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง (A) Copper nitrate (B) Cadmium nitrate (C) Barium nitrate (D) Iron nitrate (E) Nickel nitrate (F) Bismuth nitrate (G) Lead nitrate (H) Zinc nitrate

จากรูป 4.13 แสดงให้เห็นถึงลักษณะสัณฐานวิทยาหลังจากกระบวนการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในโดยการมีการแตกตัวที่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับโลหะทรานซิชันทั้ง 8 ชนิด จากรูป 4.13 B) พบว่าเริ่มมองเห็นรอยต่อผนังเซลล์ชัดเจน รูพรุนเพิ่มขึ้น จึงสรุปได้ว่าเมื่อมีการเติมแคดเมียมไนเตรดลงไปในจุดสับปะรด

ทำให้โครงสร้างมีความเป็นรูพรุนมากกว่าการเติมโลหะทรานซิชันอื่นลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



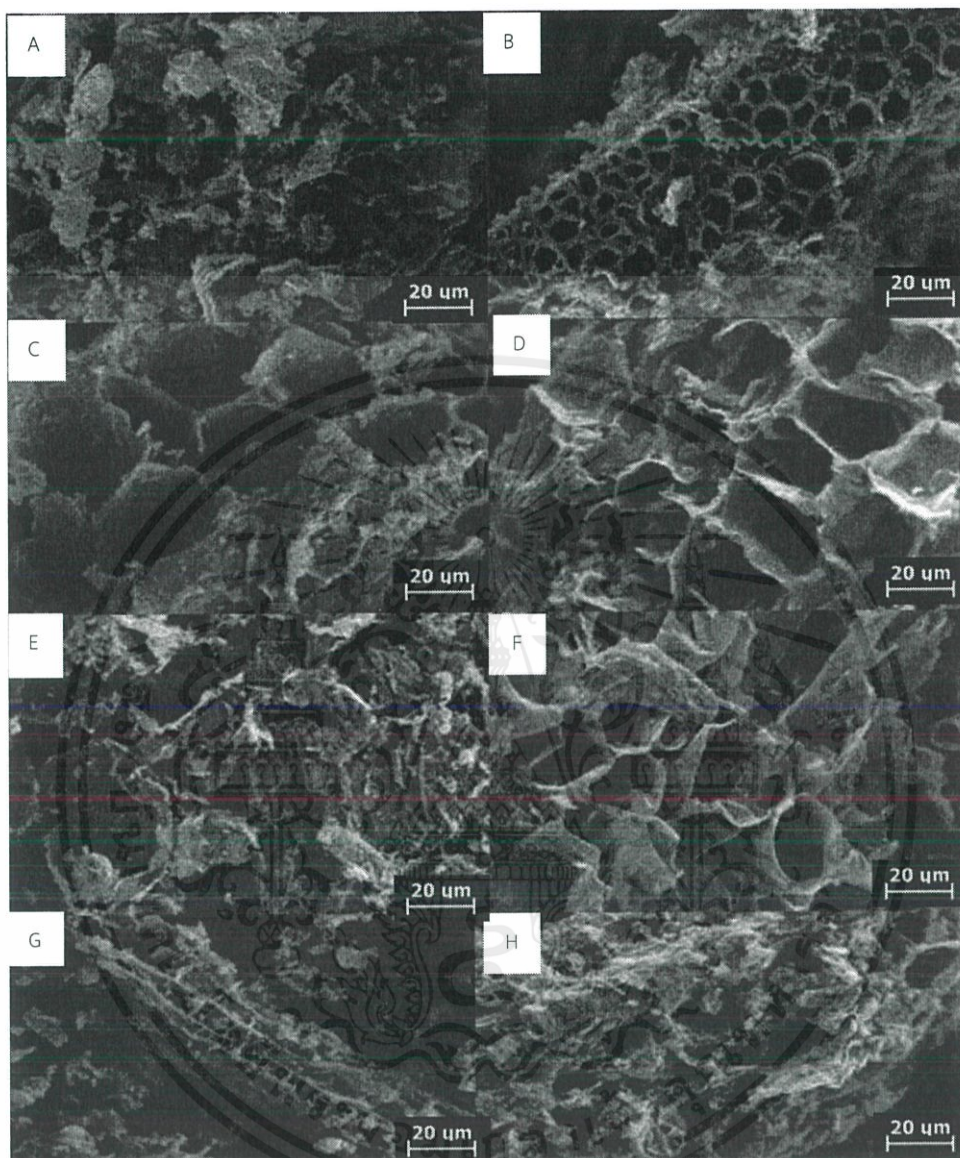
รูปที่ 4.13 ภาพ SEM (กำลังขยาย 500X) จุกสับปรดหลังจากกระบวนการคาร์บอนไอเซนที่ อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง (A) Copper nitrate (B) Cadmium nitrate (C) Barium nitrate (D) Iron nitrate (E) Nickel nitrate (F) Bismuth nitrate (G) Lead nitrate (H) Zinc nitrate

การวิเคราะห์สัณฐานวิทยา (Morphology) ด้วย SEM จากโลหะทรานซิชันด้วยความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์จากความเข้มข้นทั้งหมด

จากรูป 4.14 แสดงให้เห็นว่า รูปที่ 4.43B มี มีการแตกตัวภายในโครงสร้างและเห็นโครงสร้างผนังและรอยต่อของผนังเซลล์อย่างเห็นชัดเจน เมื่อมีการเติมแคดเมียมไนเตรดลงไปยังเปลือกข้าวโพด โครงสร้างภายในจะมีลักษณะแยกออกจากกันเป็นชิ้นเล็ก เริ่มรวมตัวกัน จากชิ้นเล็กรวมเป็นเส้นใย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โน เริ่มรวมตัวกันอย่างเห็นได้ชัดเพิ่มขึ้น ส่งผลถึงความเป็นคาร์บอน (%C) ที่สูง เมื่อเปรียบเทียบกับโลหะทรานซิชันตัวอื่น แคดเมียมไนเตรตจึงให้ความเป็นรูพรุนที่มากที่สุด

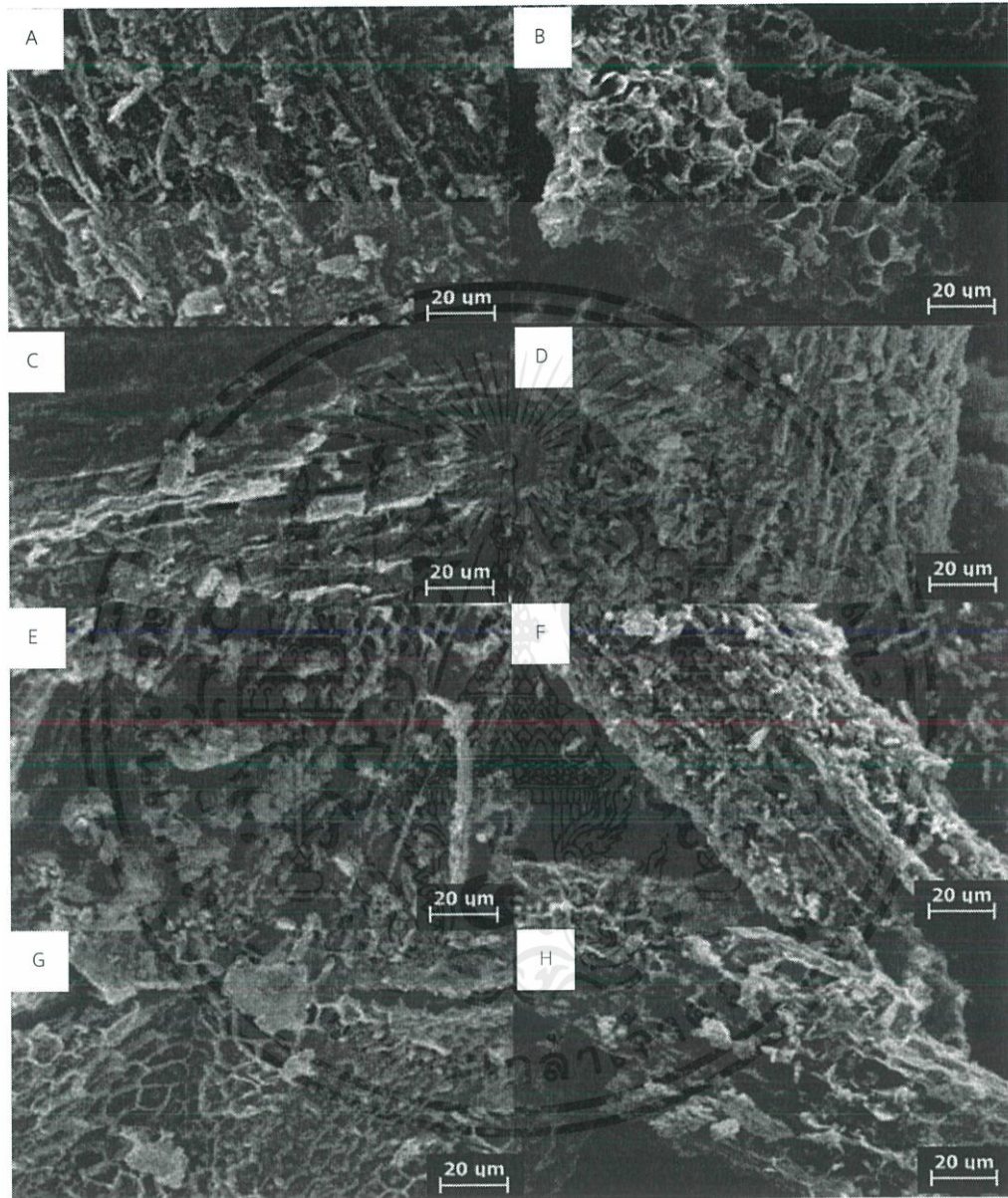


รูปที่ 4.14 ภาพ SEM (กำลังขยาย 500X) เปลือกข้าวโพดหลังจากกระบวนการคาร์บอนไนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง (A) Copper nitrate (B) Cadmium nitrate (C) Barium nitrate (D) Iron nitrate (E) Nickel nitrate (F) Bismuth nitrate (G) Lead nitrate (H) Zinc nitrate

จากรูป 4.15 แสดงให้เห็นถึงลักษณะสัณฐานวิทยาหลังจากกระบวนการคาร์บอนไนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส พบว่ามีการแตกตัวภายในโครงสร้างที่ชัดเจนในรูป 4.15 B) และยังเห็นถึงความเป็นรูพรุนได้ชัดกว่าการเติมโลหะทรานซิชันตัวอื่นๆ เริ่มมองเห็นโครงสร้าง เห็นผนังเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

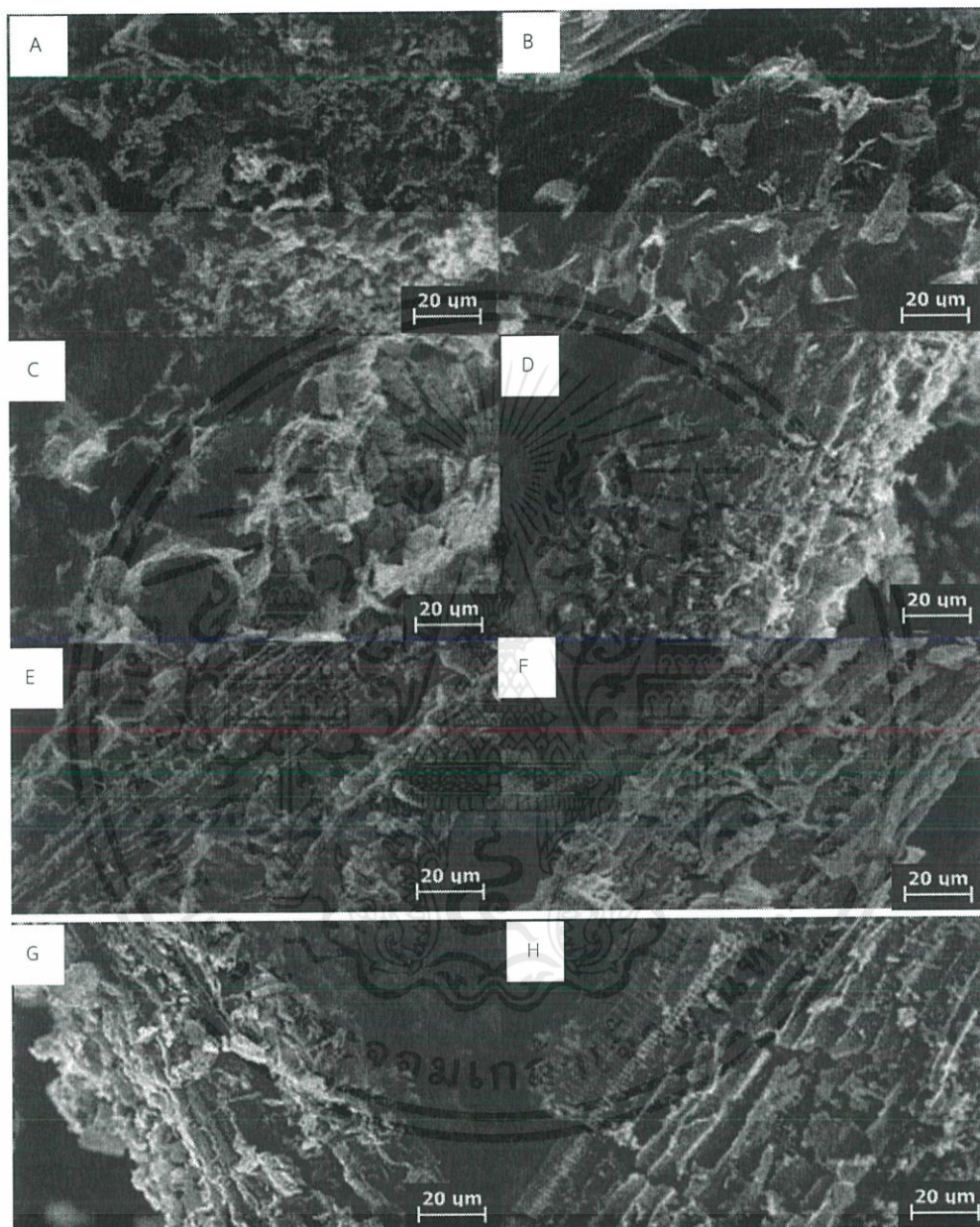
และรอยต่อของผนังเซลล์ที่อยู่ภายใต้เส้นใยรอยแตกที่ชัดเจนขึ้น มีรูพรุนทรงกลม ศูนย์กลางประมาณ $2 \mu\text{m}$ ส่งผลถึงความเป็นคาร์บอน (%C) ที่สูง จึงสรุปได้ว่า เมื่อมีการเติมแคดเมียมไนเตรตลงไปยังเปลือกกัญชาลิปตัส จะให้โครงสร้างที่มีความเป็นรูพรุนมากกว่าโลหะทรานซิชันตัวอื่น



รูปที่ 4.15 ภาพ SEM (กำลังขยาย 500X) เปลือกกัญชาลิปตัสหลังจากกระบวนการคาร์บอนไนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง (A) Copper nitrate (B) Cadmium nitrate (C) Barium nitrate (D) Iron nitrate (E) Nickel nitrate (F) Bismuth nitrate (G) Lead nitrate (H) Zinc nitrate

จากรูป 4.16 แสดงให้เห็นถึงลักษณะสัณฐานวิทยาหลังจากกระบวนการคาร์บอนไนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส พบว่าโครงสร้างภายในยังเห็นการแตกตัวได้ไม่ชัดเจน และมีลักษณะเอกสารเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

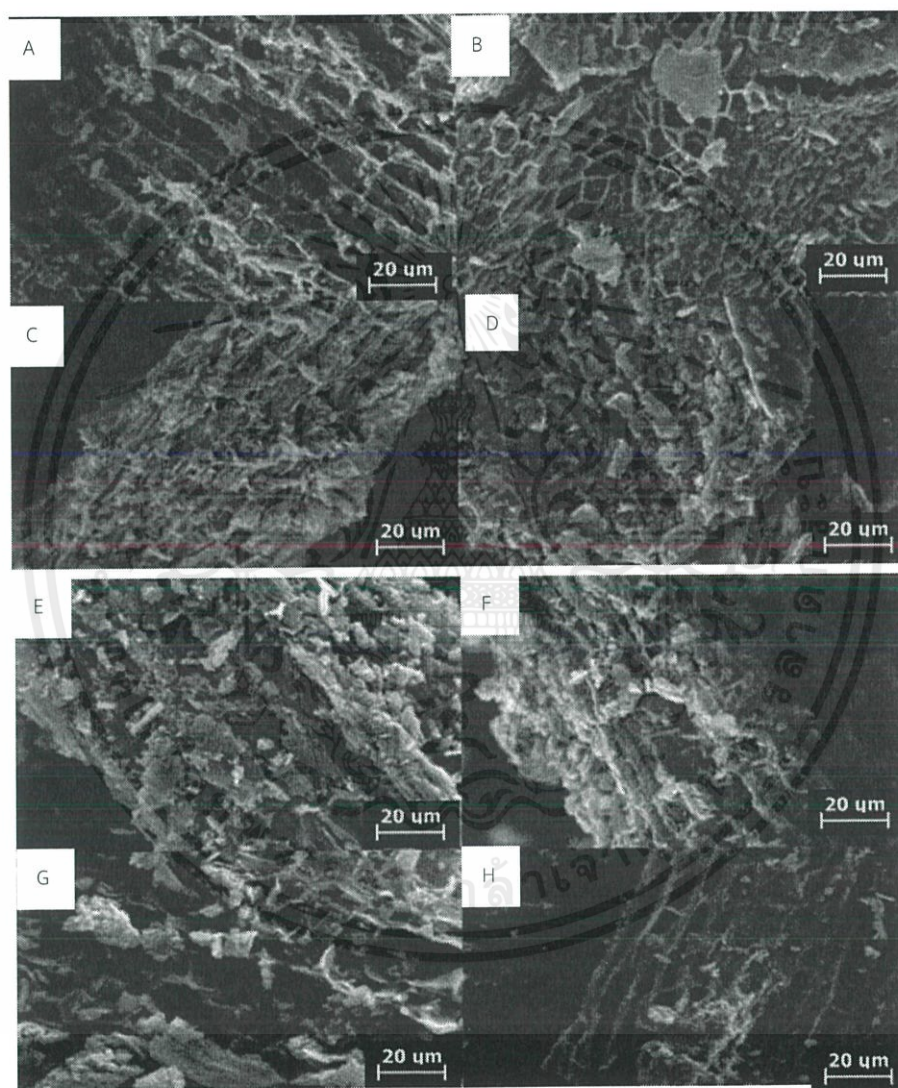
ขรุขระ ภายในโครงสร้างเมื่อเติมโลหะทรานซิชันทั้ง 8 ชนิดยังอยู่ในระหว่างการแตกตัว และยังให้ความเป็นรูพรุนได้ไม่ชัดเจน จึงสรุปได้ว่าโลหะทรานซิชันทั้ง 8 ชนิดในความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ยังไม่สามารถให้ความเป็นรูพรุนได้ดีกับจุกสับปะรด



รูปที่ 4.16 ภาพ SEM (กำลังขยาย 500X) ภาพมะพร้าวหลังจากกระบวนการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง (A) Copper nitrate (B) Cadmium nitrate (C) Barium nitrate (D) Iron nitrate (E) Nickel nitrate (F) Bismuth nitrate (G) Lead nitrate (H) Zinc nitrate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 4.17 แสดงให้เห็นถึงลักษณะสัณฐานวิทยาหลังจากกระบวนการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสพบว่า เมื่อมีการเติมแคดเมียมไนเตรต (รูป 4.17 B) ทำให้โครงสร้างเริ่มมองเห็นโครงสร้างเห็นผนังเซลล์ และรอยต่อของผนังเซลล์ที่อยู่ภายใต้เส้นใย รอยแตกที่ชัดเจนขึ้น ส่งผลถึงความเป็นคาร์บอน (%C) ที่มีมากกว่าโลหะทรานซิชันตัวอื่นที่อาจจะเห็นการแตกตัวได้อย่างไม่ชัดเจน จึงสรุปได้ว่า เมื่อมีการเติมแคดเมียมไนเตรตลงไปยังจุกสับประรด ทำให้โครงสร้างภายในเริ่มเห็นรอยแตกที่ชัดเจนกว่าโลหะทรานซิชันตัวอื่น และมีความเป็นคาร์บอน (%C) มากที่สุด



รูปที่ 4.17 ภาพ SEM (กำลังขยาย 500X) จุกสับประรดหลังจากกระบวนการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง (A) Copper nitrate (B) Cadmium nitrate (C) Barium nitrate (D) Iron nitrate (E) Nickel nitrate (F) Bismuth nitrate (G) Lead nitrate (H) Zinc nitrate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลองและแนวทางการพัฒนา

5.1 สรุปผลการทดลอง

เมื่อชีวมวลทำปฏิกิริยาไฮโดรเทอร์มัลที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและกระบวนการคาร์บอนไนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง พบว่าเปลือกยูคาลิปตัสให้ร้อยละผลที่ได้ (%yield) มากที่สุด และกาบมะพร้าวให้ร้อยละผลที่ได้ (%yield) น้อยที่สุด เนื่องจากปริมาณลิกนิน, เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ที่เป็นส่วนประกอบของชีวมวล ซึ่งเปลือกยูคาลิปตัสมีสัดส่วนของลิกนิน, เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ที่มากกว่ากาบมะพร้าว เมื่อผ่านกระบวนการไฮโดรเทอร์มัลโดยจะให้น้ำ (H_2O) ความดันและความร้อน เข้าไปทำลายพันธะ (Break bond) ของลิกนิน, เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสซึ่งเป็นส่วนประกอบชีวมวลของชีวมวล เปลือกยูคาลิปตัสจึงเหลือร้อยละผลที่ได้ (%yield) ที่มากที่สุด ในกระบวนการไฮโดรเทอร์มัลจะเกิด 3 ปฏิกิริยา คือ ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ปฏิกิริยาดีไฮเดรชัน ปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันทำให้มีปริมาณคาร์บอนมากขึ้น และในขณะเดียวกันโครงสร้างน้ำจะเข้าไปเปิดรูพรุน (Pore) ในชีวมวล ทำให้พื้นที่ผิว (Surface area) มากขึ้นเมื่อเทียบกับชีวมวลก่อนกระบวนการไฮโดรเทอร์มัล สรุปได้ว่าโครงสร้างของชีวมวลและปริมาณของลิกนิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส มีผลต่อการทำปฏิกิริยาไฮโดรเทอร์มัลจะส่งผลต่อปริมาณคาร์บอน

การเติมโลหะทรานซิชั่น เมื่อเติมโลหะทรานซิชั่นทั้ง 8 ชนิด โดยกำหนดสัดส่วนความเข้มข้น 1%, 3% และ 5% ลงไปขณะทำกระบวนการไฮโดรเทอร์มัล ส่งผลให้มีความเป็นคาร์บอน (%C) ที่สูงขึ้น เนื่องจากโลหะทรานซิชั่นที่ใส่ลงไปพร้อมกับโมเลกุล ของน้ำ, ความดัน และความร้อน จะเข้าไปทำลายพันธะ (Break bond) ของลิกนิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสซึ่งเป็นส่วนประกอบชีวมวลต่างๆและในขณะเดียวกันโลหะทรานซิชั่นก็จะช่วยเปิดรูพรุน (Pore) มีปริมาณคาร์บอนในตัวชีวมวลที่มากขึ้น สัดส่วนความเข้มข้นของโลหะทรานซิชั่นมีผลต่อความเป็นคาร์บอน สัดส่วนที่พอเหมาะส่งผลต่อความเป็นรูพรุน (Pore) ที่ได้หลังจากกระบวนการคาร์บอนไนเซชัน จากการทดลองนี้พบว่า แคดเมียมไนเตรดให้ความเป็นคาร์บอนได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับโลหะทรานซิชั่นทั้ง 8 ชนิด ซึ่งเกิดจากปรากฏการณ์ “crystal shattering” ที่มีการจัดเรียงตัวใหม่ของไนเตรดระหว่างการสลายตัวกับออกไซด์ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงนี้อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้แคดเมียมไนเตรดให้ความเป็นรูพรุน (Pore) ที่มากที่สุดเมื่อผ่านกระบวนการคาร์บอนไนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส

5.2 แนวทางการพัฒนา

5.2.1 ควรศึกษากระบวนการไฮโดรเทอร์มัลคาร์บอนไนเซชันที่อุณหภูมิอื่นๆเพื่อมาเปรียบเทียบกับปริมาณคาร์บอนที่ได้และความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] Available URL <http://www.energyvision.co.th/14424507/พลังงานชีวมวล>
- [2] Available URL <http://www.ku.ac.th/e-magazine/jun51/know/know4.htm>
- [3] อุดมแก้ว, อารีย์ลักษณ์ (2012). หงสาภินันท์, ทวีศักดิ์, ed. การปลูกข้าวโพดในประเทศไทย. ประเทศไทย: Something to read Co. p. 3. ISBN 978-616-241-212-7.
- [4] Somtrakoon, K., W. Chouychai, H. Lee. Comparing Anthracene and Fluorene Degradation in Anthracene and Fluorene-Contaminated Soil by Single and Mixed Plant Cultivation International Journal of Phytoremediation. 2014. 16: 415-428. DOI: 10.1080/15226514.2013.803024
- [5] ภาณุมาศ จันทรสุวรรณ,วารสาร อวพช. มีนาคม 2551, หน้า 40
- [6] Hahn, William J. (1997). Arecanae: The palms. Retrieved April 4, 2011 from the Tree of Life Web Project website.
- [7] Available URL http://www.tungsong.com/drug/60_Pineapple/pineapple.htm
- [8] Friedrich Carl Rudolf Bergius: Anwendung hoher Drucke bei chemischen Vorgängen und die Nachbildung des Entstehungsprozesses der Steinkohle. W. Knapp, Halle a.S. 1913, OCLC 250146190
- [9] <https://reanooanirut.wordpress.com/เนื้อหาบทเรียน/ปฏิกิริยาของกรดและเบส/ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส>
- [10] Zhao, Wu (1987). "A study of wool carbonizing"
- [11] Available URL <http://addictedbio.exteen.com/20110803/ea>
- [12] Available URL <https://th.wikipedia.org/w/index.โลหะทรานซิชัน>
- [13] Available URL [https://th.wikipedia.org/wiki/คอปเปอร์\(II\)_คาร์บอเนต](https://th.wikipedia.org/wiki/คอปเปอร์(II)_คาร์บอเนต)
- [14] Cornélis, A. Laszlo, P.; Zettler, M. W. "Iron(III) Nitrate–K10 Montmorillonite Clay" in Encyclopedia of Reagents for Organic Synthesis (Ed: L. Paquette) 2004, J. Wiley & Sons, New York. doi:10.1002/047084289
- [15] Keith Lascelles, Lindsay G. Morgan, David Nicholls, Detmar Beyersmann, "Nickel Compounds" in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry Wiley-VCH, Weinheim, 2005. doi:10.1002/14356007.a17_235.pub2
- [16] ขนิษฐา สมตระกูล และ วราภรณ์ ฉวยฉาย. 2554. การฟื้นฟูดินที่มีการปนเปื้อนร่วมกันระหว่างสารประกอบพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนกับโลหะหนักด้วยวิธีทางชีวภาพ. วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. ปีที่ 3 (1), 79 – 89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [17] Available URL https://en.wikipedia.org/wiki/Barium_nitrate
- [18] Available URL <https://thai.alibaba.com/g/bismuth-nitrate.html>
- [19] Patnaik, Pradyot (2003). Handbook of Inorganic Chemical Compounds. McGraw-Hill. p. 475. ISBN 0-07-049439-8.
- [20] Available URL https://en.wikipedia.org/wiki/Zinc_nitrate
- [21] Sauro Pierucci, Jiř Jaromír Klemeř, Laura Piazza, Serafim Bakalis
Copyright © 2017, AIDIC Servizi S.r.l.
ISBN 978-88-95608- 48-8; ISSN 2283-9216
- [22] Liang Li, Ryan Diederick, Joseph R.V. Flora, Nicole D. Berge. (2013)
“Hydrothermal carbonization of food waste and associated packaging materials for energy source generation” Waste Management 33 (2013) 2478–2492
- [23] M. Toufiq Reza, Janet Andert, Benjamin Wirth, Daniela Busch, Judith Pielert, Joan G.Lynam, Jan Mumme(2014) “Hydrothermal Carbonization of Biomass for Energy and Crop Production” DOI: 10.2478/apbi-2014-0001
- [33] Available URL <http://web2.mfu.ac.th/center/stic/micro-analysis-in>
- [24] Sabzoi Nizamuddina, Humair Ahmed Baloch, G.J. Griffna, N.M. Mubarak, Abdu Waheed, Bhuttob, Rashid Abrod, Shaukat Ali Mazarib, Brahim Si Alie (2017) “An overview of effect of process parameters on hydrothermal carbonization of biomass” Renewable and Sustainable Energy Reviews 73 (2017) 1289-1299
- [25] Xuefei Cao, Xinwen Peng, Shaoni Sun, Linxin Zhong, Wei Chen, Sha Wang, Run-Cang Sun (2015) “Hydrothermal conversion of xylose, glucose, and cellulose under the catalysis of transition metal sulfates” Carbohydrate Polymers 118 (2015) 44–51
- [26] Masa Knez Hrncic, Gregor Kravanja, Zeljko Knez (2015) “Hydrothermal treatment of biomass for energy and chemicals” Energy xxx (2016) 1-11
- [27] Zhengang Liu a, Augustine Quek a, S. Kent Hoekman b, R. Balasubramanian (2013) “Production of solid biochar fuel from waste biomass by hydrothermal carbonization” Fuel 103 (2013) 943-949
- [28] Jun Hu, Lu Zhana, Yong Sik Ok, Bin Gao (2017) “Minireview of potential applications of hydrochar derived from hydrothermal carbonization of biomass” Journal of Industrial and Engineering Chemistry xxx (2017)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [29] Kiyoshi Okada, Nobuo Yamamoto, Yoshikazu Kameshima, and Atsuo Yasumori (2002) “Porous properties of activated carbons from waste newspaper prepared by chemical and physical activation” *Journal of Colloid and Interface Science* 262 (2003) 179–193
- [30] GustanParia, SaptadiDarmawanb, Bambang, Prihandokoc (2014) “Porous Carbon Spheres from Hydrothermal Carbonization and KOH Activation on Cassava and Tapioca Flour Raw Material” *Procedia Environmental Sciences* Volume 20, 2014, Pages 342-351
- [31] Available URL <http://www.spectralinstrument.com/13954262/raman-Spectrometer>
- [32] Available URL <http://science.kmutt.ac.th/sic/index.php/physics/16-x-ray-diffractonstrument-menu/item/96-scanning-electron-microscope.html>
- [34] Available URL <https://th.wikipedia.org/wiki/อินฟราเรด>
- [35] Y. Huang, E. Ma and G. Zhao, “Thermal and structure analysis on reaction mechanisms during the preparation of activated carbon fibers by KOH activation from liquefied wood-based fibers *Industrial Crops and Products*, vol. 69, pp. 447-455, 2015.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



Name: Peeranuch Sangjumrus
ชื่อ-นามสกุล นางสาวพีระนุช แสงจำรัส
Date of Birth March 8, 1996
วัน เดือน ปีเกิด 8 มีนาคม 2539
Address 422/112, Sand Saeb sub-district, Minburi district, Bangkok 10510
ที่อยู่ 422/112 ต.แสนแสบ อ.มีนบุรี จ.กรุงเทพฯ 10510
E-mail address peachybubu@outlook.com
ประวัติการศึกษา ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ เตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า จังหวัดกรุงเทพฯ
ประวัติการฝึกงาน ห้องปฏิบัติการพลังงานทดแทน ศูนย์เทคโนโลยีโลหะแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)
WORK EXPERIENCES: National Metal and Materials Technology Center(MTEC), 130 Phaholyothin Rd. , Klong, Klong Luang, Pathumthani 12120, Thailand

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้