



ไส้กรองน้ำเซรามิกจากเถ้าอุตสาหกรรมเพื่อบำบัดน้ำเสียฟอกย้อม  
Ceramic Membrane Filtration  
from Industrial Ashes for Dyeing Wastewater Treatment

สุนิสตา ละอองทอง  
สุนิดา ละอองทอง  
พุทธรักษา ไหวใจ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



ไส้กรองน้ำเซรามิกจากเถ้าอุตสาหกรรมเพื่อบำบัดน้ำเสียฟอกย้อม  
Ceramic Membrane Filtration  
from Industrial Ashes for Dyeing Wastewater Treatment

สุนิสตา ละอองทอง  
สุนิดา ละอองทอง  
พุทธรักษา ไหวใจ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2561

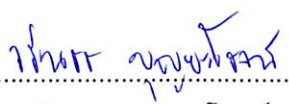
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อปริญญาบัตร	ใส่กรองน้ำเซรามิกจากแก๊วอุตสาหกรรมเพื่อบำบัดน้ำเสียฟอกย้อม
ชื่อ นามสกุล	สุนิสา ละอองทอง สุนิดา ละอองทอง พุทธรักษา ไหวใจ
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
คณะ	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.วรินทร์ บุญยะโรจน์

คณะกรรมการสอบได้ให้ความเห็นชอบปริญญาบัตรฉบับนี้แล้ว

  
..... ประธานกรรมการ  
(ดร. ภัทริกา สูงสมบัติ)

  
..... กรรมการ  
(ผศ. ณัฐชัมย์ ลักษณอำนวยพร)

  
..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา  
(ดร. วรินทร์ บุญยะโรจน์)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
อนุมัติให้รับปริญญาบัตรฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ  
วันที่ ๓๐ เดือน พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๖๖

ชื่อปริญญาบัตร	ใส่กรองน้ำเซรามิกจากถ้ำอุตสาหกรรมเพื่อบำบัดน้ำเสียฟอกย้อม
ชื่อ นามสกุล	สุนิสา ละอองทอง สุนิดา ละอองทอง พุทธรักษา ไหวใจ
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
คณะ	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ปีการศึกษา	2561

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาประสิทธิภาพของใส่กรองน้ำเซรามิกจากถ้ำอุตสาหกรรมเพื่อบำบัดน้ำเสียฟอกย้อม ด้วยการขึ้นรูปใส่กรองน้ำเซรามิกให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร ความสูง 2 เซนติเมตร และใช้การเผาที่อุณหภูมิ 700 800 และ 900 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง โดยสัดส่วนที่เหมาะสมสำหรับผลิตใส่กรองน้ำเซรามิก (ถ้ำอุตสาหกรรม:ดินขาว:สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ผสมกับสารละลายโซเดียมซิลิเกต) คือ 46:18:36 เผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส จากการวิเคราะห์คุณสมบัติของใส่กรองน้ำเซรามิกจากถ้ำอุตสาหกรรมพบว่า มีค่าการหดตัวร้อยละ 3 ค่าความต้านการอัด 0.6 กิโลนิวตันต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าความหนาแน่น 1.93 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 45 ค่าความสามารถในการยอมให้น้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมไหลผ่าน 8.61 มิลลิลิตรต่อตารางเซนติเมตรต่อนาที่ การวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า ใส่กรองน้ำเซรามิกมีขนาดรูพรุนที่เรียงชิดติดกัน นอกจากนี้การตกตะกอนน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมด้วยถ้ำอุตสาหกรรมจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมของใส่กรองน้ำเซรามิก มีประสิทธิภาพการกรองร้อยละ 94 ในขณะที่น้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมที่ไม่ได้ตกตะกอนด้วยถ้ำอุตสาหกรรมนั้นมีประสิทธิภาพการกรองเพียงร้อยละ 69 งานวิจัยนี้จึงเป็นการนำเสนอทางเลือกใหม่ในการใช้ประโยชน์จากของเสียทางอุตสาหกรรมอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : ใส่กรองน้ำเซรามิก ดินขาว น้ำเสียสังเคราะห์ ถ้ำอุตสาหกรรม

<b>Thesis title</b>	Ceramic Membrane Filtration from Industrial Ashes for Dyeing Wastewater Treatment
<b>Author</b>	Sunisa Laongthong Sunida Laongthong Phuttharaksa Wajjai
<b>Degree</b>	Bachelor of Science
<b>Major program</b>	Environmental Science and Natural Resources Faculty of Science and Technology
<b>Academic Year</b>	2018

## ABSTRACT

This research studied the efficiencies of ceramic membrane filtration from industrial asphalt for dyeing wastewater treatment by forming a ceramic membrane in a diameter of 6 cm, height of 2 cm. An appropriate proportion of industrial ashes: kaolin: sodium hydroxide solution mixed with sodium silicate solution was 46:18:36 at 800 ° C. For the properties analysis of ceramic membrane made from industrial ashes found that a shrinkage value, compression resistance, and density, water absorption value, and permeate flux were found 3 percents, 0.6 Kilonewtons per cubic centimeter, and 1.93 grams per cubic centimeter, 45 percents, 8.61 milliliters per square centimeter per minute, respectively. Structural surface by a scanning electron microscopy was found that the porous inside of material was closely aligned together. Moreover, precipitation of synthetic wastewater by using industrial ashes could help to increase the efficiencies of dyeing wastewater treatment. From the experiment, it was found that the precipitation of synthetic wastewater with industrial ash was 94 percent filtration efficiency. On the other hand, the efficiencies of synthetic wastewater treatment without precipitating of industrial ashes found only 69 percent. Moreover, this research offers a new option for industrial wastes utilization.

**Keywords :** Ceramic Membrane Filtration    Kaolin  
Synthetic wastewater                      Industrial Ashes

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีจากความกรุณาของอาจารย์หลายท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร.วรินทร์ บุญยะโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ ดร. ภัทริกา สูงสมบัติ ประธานกรรมการสอบปริญญาานิพนธ์ และ ผศ. ณัฐชัมย์ ลักษณะอำนวยพร กรรมการสอบปริญญาานิพนธ์ที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำ ตลอดจนให้คำปรึกษาและช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณอาจารย์มานิช หลักฐานดี หัวหน้าสาขาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ คณะอาจารย์และเจ้าหน้าที่ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทำวิจัยตลอดจนให้ความรู้ทางวิชาการและวิชาชีพแก่คณะผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนทุนสำหรับการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบค่าความแข็งแรงของไส้กรองน้ำเซรามิก

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่เมตตา อบรมสั่งสอนและช่วยสนับสนุนในทุก ๆ ด้าน รวมถึงเพื่อน ๆ สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการศึกษาวิจัย จนปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

สุนิสา	ละอองทอง
สุนิดา	ละอองทอง
พุทธรักษา	ไหวใจ

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 ระยะเวลาการดำเนินงาน	3
1.5 กรอบแนวความคิด	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.7 นิยามศัพท์	5
1.8 คำสำคัญ	5
<b>บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>6</b>
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเซรามิค	6
2.2 แก้วอุตสาหกรรม	10
2.3 ความรู้เกี่ยวกับน้ำเสียฟอกย้อม	10
2.4 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)	22
2.5 หมู่ฟังก์ชันของสารประกอบอินทรีย์ (FT-IR)	22
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	24
<b>บทที่ 3 วิธีดำเนินการ</b>	<b>29</b>
3.1 เครื่องมือที่ใช้	29
3.2 วิธีการดำเนินงาน	30
3.3 การทดสอบคุณสมบัติไส้กรองน้ำเซรามิค	33
3.4 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์	37
<b>บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล</b>	<b>39</b>
4.1 ผลการวิเคราะห์ไส้กรองน้ำเซรามิคจากแก้วอุตสาหกรรมและดินขาว	39
4.2 ผลการวิเคราะห์ไส้กรองน้ำเซรามิคจากแก้วอุตสาหกรรมจำนวน 10 สูตร	40

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 ผลการวิเคราะห์ไส้กรองน้ำเซรามิคจากถ้ำอุตสาหกรรม สูตรที่ 7	45
<b>บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ</b>	64
5.1 สรุปผลการทดลอง	64
5.2 ข้อเสนอแนะ	65
เอกสารอ้างอิง	66
ภาคผนวก	69
ภาคผนวก ก ผลการทดลอง	70
ภาคผนวก ข วิธีการวิเคราะห์	84
ประวัติการศึกษา	91





## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 แผนการดำเนินการ	3
2.1 ลักษณะน้ำเสียอุตสาหกรรมฟอกย้อม	20
2.2 โทษของน้ำเสียฟอกย้อม	21
2.3 อินฟราเรดสเปกตรัม	23
3.1 อัตราส่วนวัตถุติดต่อสารละลายโซเดียมซัลเฟตผสมโซเดียมไฮดรอกไซด์	32
3.2 อัตราส่วนวัตถุติดต่อสารละลายโซเดียมซัลเฟตผสมโซเดียมไฮดรอกไซด์ จำนวน 10 สูตร	32
4.1 ลักษณะของไส้กรองน้ำเซรามิกที่ผสมด้วยอัตราส่วนวัตถุติด ต่อสารละลายโซเดียมซัลเฟตผสมโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่แตกต่างกัน	39
4.2 ลักษณะของไส้กรองน้ำเซรามิกจากถ้ำอุตสาหกรรมจำนวน 10 สูตร	40
4.3 ลักษณะของไส้กรองน้ำเซรามิกจากถ้ำอุตสาหกรรม สูตรที่ 7	46
4.4 ลักษณะของน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมก่อนและหลังการกรอง	54
4.5 ลักษณะของน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมจากการตกตะกอนน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อม ด้วยถ้ำอุตสาหกรรมก่อนและหลังการกรอง	58
<b>ตารางภาคผนวก</b>	
ตารางภาคผนวก ก1 การขึ้นรูปไส้กรองน้ำเซรามิกจากถ้ำอุตสาหกรรม	71
ตารางภาคผนวก ก2 การขึ้นรูปไส้กรองน้ำเซรามิกจากดินขาว	71
ตารางภาคผนวก ก3 การขึ้นรูปไส้กรองน้ำเซรามิกจากถ้ำอุตสาหกรรม จำนวน 10 สูตร	72
ตารางภาคผนวก ก4 การขึ้นรูปไส้กรองน้ำเซรามิกจากถ้ำอุตสาหกรรม สูตรที่ 7	73
ตารางภาคผนวก ก5 ค่าการหดตัวของไส้กรองน้ำเซรามิกจากถ้ำอุตสาหกรรม จำนวน 10 สูตร	74
ตารางภาคผนวก ก6 ค่าการหดตัวของไส้กรองน้ำเซรามิกจากถ้ำอุตสาหกรรม สูตรที่ 7	75
ตารางภาคผนวก ก7 ค่าความต้านการอัดของไส้กรองน้ำเซรามิก จากถ้ำอุตสาหกรรม สูตรที่ 7	76
ตารางภาคผนวก ก8 ค่าความหนาแน่นของไส้กรองน้ำเซรามิก จากถ้ำอุตสาหกรรม สูตรที่ 7	77
ตารางภาคผนวก ก9 ค่าการดูดซึมน้ำของไส้กรองน้ำเซรามิก จากถ้ำอุตสาหกรรมจำนวน 10 สูตร	78
ตารางภาคผนวก ก10 ค่าการดูดซึมน้ำของไส้กรองน้ำเซรามิก จากถ้ำอุตสาหกรรม สูตรที่ 7	79
ตารางภาคผนวก ก11 ค่าความสามารถในการยอมให้น้ำไหลผ่าน	80

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ตารางภาคผนวก ก12 ค่าความสามารถในการยอมให้น้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมไหลผ่าน	81
ตารางภาคผนวก ก13 ค่าความสามารถในการยอมให้น้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมจากการ ตกตะกอนน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมด้วยเถ้าอุตสาหกรรมไหลผ่าน	81
ตารางภาคผนวก ก14 ลักษณะของน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมก่อนการกรอง	82
ตารางภาคผนวก ก15 ลักษณะของน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมหลังการกรอง	82
ตารางภาคผนวก ก16 ลักษณะของน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมจากการตกตะกอน น้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมด้วยเถ้าอุตสาหกรรมก่อนการกรอง	83
ตารางภาคผนวก ก17 ลักษณะของน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมจากการตกตะกอน น้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมด้วยเถ้าอุตสาหกรรมหลังการกรอง	83
ตารางภาคผนวก ก18 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม	89



## สารบัญญภาพ

ภาพ	หน้า
1.1 กรอบแนวคิดของงานวิจัยในการทำไส้กรองน้ำเซรามิค	4
2.1 ตัวอย่างวัตถุดิบและของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการพอกย้อมเส้นใย	14
2.2 ตัวอย่างวัตถุดิบและของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการพอกย้อมผ้าฝืน	16
2.3 ตัวอย่างวัตถุดิบและของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการพอกย้อมผ้าถัก	17
2.4 ตัวอย่างวัตถุดิบและของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการพอกย้อมผ้ายีนส์	18
3.1 แก้วอุตสาหกรรม	30
3.2 ดินขาว	30
3.3 การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	31
3.4 การผสมสารละลายโซเดียมซิลิเกตและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	31
3.5 การหาค่าการหดตัว	33
3.6 การทดสอบหาความต้านการอัด	34
3.7 การหาค่าการดูดซึมน้ำ	35
3.8 ชุดทดลองการกรอง	36
3.9 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์พอกย้อม	37
3.10 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์พอกย้อมจากการตกตะกอนน้ำเสียสังเคราะห์พอกย้อมด้วยแก้วอุตสาหกรรม	38
4.1 ค่าเฉลี่ยการหดตัวของไส้กรองน้ำเซรามิคจากแก้วอุตสาหกรรมจำนวน 10 สูตร	43
4.2 ค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำของไส้กรองน้ำเซรามิคจากแก้วอุตสาหกรรมจำนวน 10 สูตร	44
4.3 ค่าเฉลี่ยการหดตัวของไส้กรองน้ำเซรามิคจากแก้วอุตสาหกรรม สูตรที่ 7	47
4.4 ค่าเฉลี่ยความต้านการอัดของไส้กรองน้ำเซรามิคจากแก้วอุตสาหกรรม สูตรที่ 7	48
4.5 ค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำของไส้กรองน้ำเซรามิคจากแก้วอุตสาหกรรม สูตรที่ 7	49
4.6 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นขอไส้กรองน้ำเซรามิคจากแก้วอุตสาหกรรม สูตรที่ 7	50
4.7 ค่าเฉลี่ยความสามารถในการยอมให้น้ำไหลผ่าน	51
4.8 ค่าเฉลี่ยความสามารถในการยอมให้น้ำเสียสังเคราะห์พอกย้อมไหลผ่าน	52
4.9 ค่าความสามารถในการยอมให้น้ำเสียสังเคราะห์พอกย้อมจากการตกตะกอนน้ำเสียสังเคราะห์พอกย้อมด้วยแก้วอุตสาหกรรมไหลผ่าน	53
4.10 ค่าเฉลี่ย pH ในน้ำเสียสังเคราะห์พอกย้อมก่อนและหลังการกรอง	55
4.11 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในน้ำเสียสังเคราะห์พอกย้อมก่อนและหลังการกรอง	56
4.12 ค่าเฉลี่ยของแข็งละลายน้ำในน้ำเสียสังเคราะห์พอกย้อมก่อนและหลังการกรอง	56
4.13 ค่าเฉลี่ยของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียสังเคราะห์พอกย้อมก่อนและหลังการกรอง	57
4.14 ค่า pH ในน้ำเสียสังเคราะห์พอกย้อมจากการตกตะกอนน้ำเสียสังเคราะห์พอกย้อมด้วยแก้วอุตสาหกรรมก่อนและหลังการกรอง	59

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
4.15 ค่าอุณหภูมิในน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมจากการตกตะกอน น้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมด้วยเถ้าอุตสาหกรรมก่อนและหลังการกรอง	59
4.16 ค่าของแข็งละลายน้ำในน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมจากการตกตะกอน น้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมด้วยเถ้าอุตสาหกรรมก่อนและหลังการกรอง	60
4.17 ค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมจากการตกตะกอน น้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมด้วยเถ้าอุตสาหกรรมก่อนและหลังการกรอง	61
4.18 การวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	62
4.19 ผลการวิเคราะห์ FT-IR	63



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยมีโรงงานอุตสาหกรรมอยู่จำนวนมาก เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำ เพราะสารเคมีอันตรายที่ใช้ในกระบวนการผลิตไม่ได้ก่อให้เกิดน้ำเสียทั่วไปเหมือนน้ำเสียจากบ้านเรือน แต่สารพิษอันตรายนี้เมื่อถูกปล่อยออกมาแล้วไม่สามารถกำจัดได้ เพราะมีคุณสมบัติตกค้างยาวนานไม่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาโครงสร้างอุตสาหกรรมสิ่งทอทั้งระบบแล้ว จะเห็นได้ชัดว่าปัญหาการใช้น้ำและการบำบัดน้ำเสียในโรงงานฟอกย้อม การพิมพ์ และการตกแต่งสำเร็จ เป็นปัญหาหลักด้านสิ่งแวดล้อมที่ควรได้รับการแก้ไขและพัฒนาอย่างเร่งด่วน ปัญหานี้เกิดขึ้นเนื่องจากกระบวนการผลิตที่ใช้ปริมาณน้ำมาก ตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมผ้า การใช้สี และการตกแต่งสำเร็จ ซึ่งน้ำเสียที่เกิดจากทุกกระบวนการภายในโรงงานจะต้องผ่านระบบบำบัดของโรงงานเพื่อให้ได้มาตรฐานก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะต่อไป

นอกจากนั้นแล้วน้ำเสียที่ปล่อยมาจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม ประกอบด้วย สารแขวนลอย (Suspended Solids) และสารอินทรีย์จากกระบวนการย้อมในปริมาณสูง ได้แก่ แป้ง สี ย้อม กรดอะซิติก และเส้นใย เส้นด้ายที่ปนเปื้อนออกมาจากกระบวนการผลิต โดยน้ำเสียจากการฟอกย้อมมีลักษณะสำคัญ คือ การมีสีของน้ำทิ้ง และมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่อนข้างสูง หากปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ อาจก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ อนุภาคสีอาจขัดขวางการส่องผ่านของแสงลงสู่แหล่งน้ำ ส่งผลให้พืชน้ำและสาหร่ายไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ แหล่งน้ำขาดออกซิเจน ทำให้มีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ รวมถึงสีของน้ำทิ้งที่ปล่อยออกมาทำให้แหล่งน้ำเป็นที่น่ารังเกียจของผู้พบเห็น (ฐานข้อมูลส่งเสริมและยกระดับคุณภาพสินค้า OTOP, 2019)

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เห็นถึงความสำคัญของปัญหามลพิษทางน้ำที่มาจากโรงงานฟอกย้อมที่เกิดขึ้นในสิ่งแวดล้อม ได้เลือกใช้ถ้ำอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นของเหลือทิ้งจากโรงงานฟอกย้อมที่ต้องนำไปกำจัดมาเป็นวัตถุดิบของไส้กรองน้ำเซรามิกเพื่อใช้ในการกรองน้ำเสียฟอกย้อม เป็นการใช้ถ้ำอุตสาหกรรมให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยศึกษาคุณสมบัติของไส้กรองน้ำเซรามิกและประสิทธิภาพการกรองให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์

## 1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษาอัตราส่วนของแก้วอุตสาหกรรมและดินขาวที่เหมาะสมสำหรับขึ้นรูปไส้กรองน้ำเซรามิก
- 1.2.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติของไส้กรองน้ำเซรามิกจากแก้วอุตสาหกรรมและดินขาว
- 1.2.3 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของไส้กรองน้ำเซรามิกจากแก้วอุตสาหกรรมในการบำบัดน้ำเสียฟอกย้อม

## 1.3 ขอบเขตของการศึกษา

- 1.3.1 สถานที่ทำการวิจัยห้องปฏิบัติการสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- 1.3.2 ดินขาว จากบริษัท เซล่าวัล ชัพพลาย จำกัด
- 1.3.3 แก้วอุตสาหกรรม จากโรงงานพัฒนาฟอกย้อม เลขที่ 92 ตำบลบ้านใหม่ อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม 73110
- 1.3.4 ไส้กรองน้ำเซรามิก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 cm ความสูง 2 cm
- 1.3.5 น้ำเสียสังเคราะห์จากผงย้อมผ้า

## 1.4 ระยะเวลาการดำเนินงาน

ระยะเวลาการดำเนินการเริ่ม เดือนตุลาคม พ.ศ. 2561- เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2562

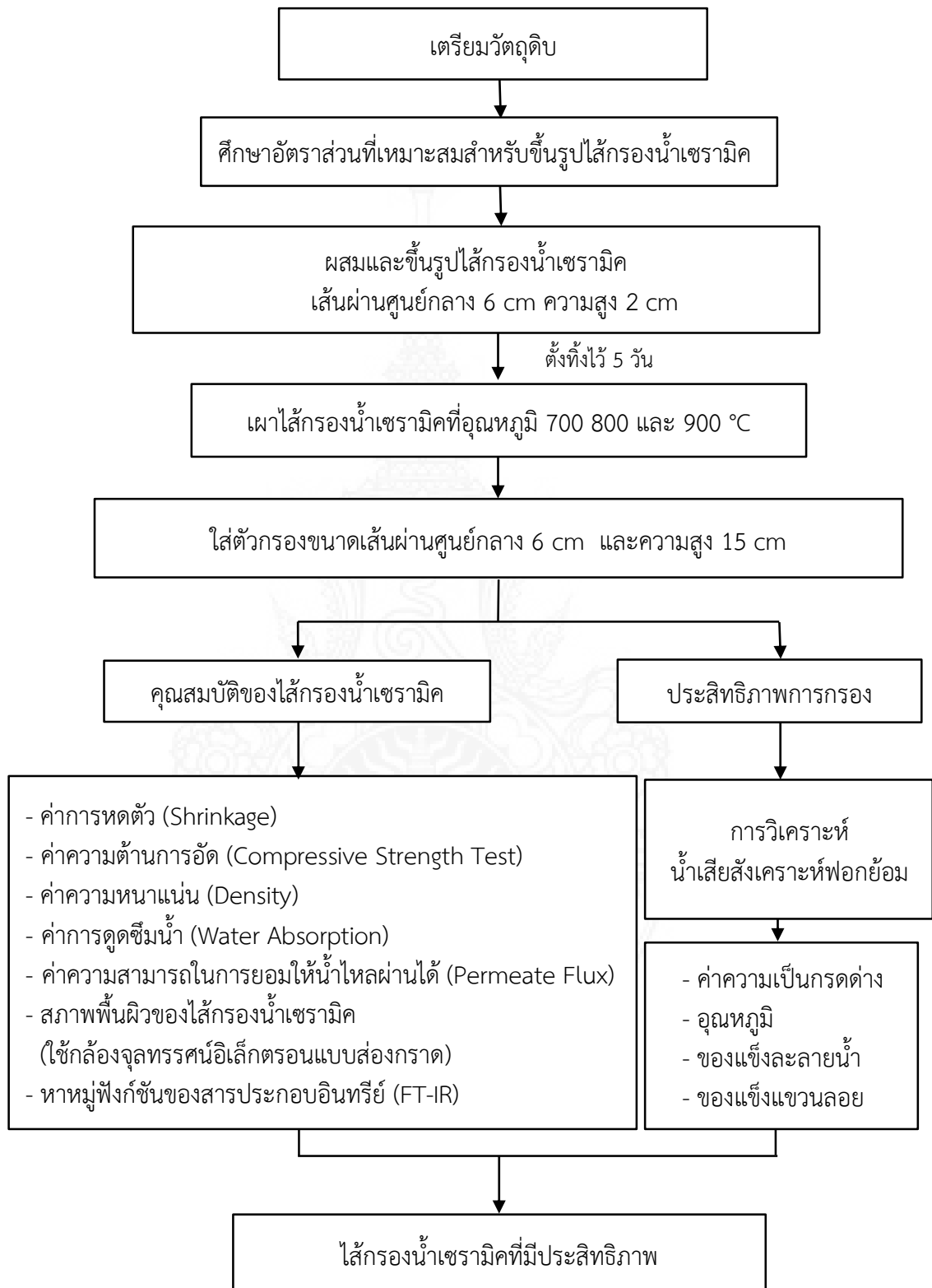
ตาราง 1.1 แผนการดำเนินงาน

แผนการดำเนินงาน		2561			2562				
		ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. ศึกษารวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	P	←	→						
	A	←	→						
2. เตรียมทำแม่พิมพ์และเครื่องกรอง	P		←	→					
	A		←	→					
3. ขึ้นรูป	P			←	→				
	A			←	→				
4. ทดสอบประสิทธิภาพการกรอง	P			←	→				
	A			←	→				
5. สรุปผลการทดลองจัดพิมพ์รูปเล่ม	P				←	→			
	A				←	→			
6. จัดทำรูปเล่มและเผยแพร่	P						←	→	
	A						←	→	

หมายเหตุ P หมายถึง แผนการดำเนินงาน

A หมายถึง การดำเนินการ

## 1.5 กรอบแนวความคิด



ภาพ 1.1 กรอบแนวคิดของงานวิจัย



## 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.6.1 ทราบอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปไส้กรองน้ำเซรามิก
- 1.6.2 ทราบคุณสมบัติของไส้กรองน้ำเซรามิก
- 1.6.3 ทราบประสิทธิภาพของไส้กรองน้ำเซรามิกในการบำบัดน้ำเสียฟอกย้อม

## 1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.7.1 ถ้ำอุตสาหกรรม เป็นของเสียที่เหลือทิ้งจากการใช้ไม้เป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อนในกระบวนการต่าง ๆ ของโรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อม ไม่ว่าจะ เป็นกระบวนการย้อมและกระบวนการอบผ้า

1.7.2 ดินขาว เป็นดินจากจังหวัดลำปางที่มีความเหนียวใช้ทำส่วนผสมผลิตภัณฑ์เซรามิกสามารถทนต่อความร้อน มีความแข็งแรงและการหดตัวได้น้อยกว่าดินชนิดอื่น

1.7.3 ไส้กรองน้ำเซรามิก หมายถึง ถ้ำที่เกิดจากการเผาไหม้เพื่อให้ความร้อนในการย้อมผ้า ซึ่งเป็นของเสียที่ทางอุตสาหกรรมต้องส่งไปกำจัดและเป็นองค์ประกอบหลักเพื่อประสานกับดินขาว

1.7.4 ชุดทดสอบการกรอง เป็นชุดทดสอบที่ทำจากท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 cm สูง 15 cm มีข้อต่อตรงที่ทำด้วยทองเหลืองทั้งหัวและท้าย

1.7.5 น้ำเสียฟอกย้อม เป็นน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการต่าง ๆ ของโรงงานฟอกย้อม เช่น การย้อมสีผ้า การอบและการฟอกย้อม

## 1.8 คำสำคัญ

ภาษาไทย : ไส้กรองน้ำเซรามิก ดินขาว น้ำเสียสังเคราะห์ และถ้ำอุตสาหกรรม

English : Ceramic Membrane Filtration, Kaolin, Synthetic Wastewater, Industrial Ashes

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้เถ้าอุตสาหกรรมเพื่อบำบัดน้ำเสียฟอกย้อม คณะผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

#### 2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเซรามิก

คำว่า “เซรามิก (Ceramic)” มีรากศัพท์มาจากภาษากรีกว่า Keramos มีความหมายว่า ความร้อน คำจำกัดความของคำว่าเซรามิก คือ วัสดุที่เกิดจากการรวมกันของสารอนินทรีย์ (Inorganic) ที่อุณหภูมิสูง และสำหรับคำจำกัดความของ American Society for Testing and Materials (ASTM) คือ วัสดุที่เริ่มต้นจากสารอนินทรีย์มาประกอบกันทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูง เกิดการ Sintering และทำให้โครงสร้างผลึกเปลี่ยนไปจากเดิม (Sintering หมายถึง การที่อนุภาคของวัสดุเกิดการรวมชิดติดกันจนเกิดเป็นอนุภาคขนาดเปลี่ยนไปหรือเกิดเฟสใหม่ขึ้น)

เมื่อกล่าวถึงเซรามิก คนทั่วไปส่วนใหญ่จะนึกถึงผลิตภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ ที่ใช้ในชีวิตประจำวันของเรา เช่น ผลิตภัณฑ์บนโต๊ะอาหาร ได้แก่ ถ้วยกาแฟ จานชาม เขยือก สุขภัณฑ์ อ่างล้างหน้า ที่ใส่สบู่ แก้วน้ำ กระเบื้องปูพื้น กระเบื้องหลังคาเซรามิก โถง กระจก และของตกแต่งต่าง ๆ แต่ในความเป็นจริงแล้วจากนิยามของคำว่าเซรามิกเราจะพบว่าผลิตภัณฑ์เซรามิกนั้นมีมากกว่าที่กล่าวมาแล้วข้างต้น หลายคนคงไม่นึกว่าสิ่งของที่เรานำมาใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เช่น โทรศัพท์มือถือ โทรทัศน์ วิทยุ รถยนต์ อุปกรณ์ในเครื่องจักรต่าง ๆ อุปกรณ์ทางการแพทย์ กระดุกเทียม ฟันปลอมจะมีส่วนที่เป็นเซรามิกประกอบอยู่ด้วยเกือบทั้งสิ้น เซรามิกแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

เซรามิกแบบดั้งเดิม (Traditional Ceramics) ได้แก่ ถ้วย จานชาม สุขภัณฑ์ ลูกถ้วยไฟฟ้า กระเบื้องปูพื้น กระเบื้องหลังคา วัสดุทนไฟ แผ่นรองเผาในเตา อิฐก่อสร้าง กระจกตันไม้ โถง กระจกแก้ว ปูนซีเมนต์ ยิปซัม และปูนปลาสเตอร์ เป็นต้น ซึ่งทำมาจากวัสดุหลักคือ ดินดำ ดินขาว ดินแดง หินฟันม้า ทราาย หินปูน หินผุ ควอตซ์ และแร่อื่น ๆ

เซรามิกสมัยใหม่ (Fine Ceramics/ New Ceramics/ Advanced Ceramics) คือ เซรามิกที่ต้องใช้วัตถุดิบที่ผ่านกระบวนการมาแล้วเพื่อให้มีความบริสุทธิ์สูง ได้รับการควบคุมองค์ประกอบทางเคมีและโครงสร้างจุลภาค (Microstructure) อย่างแม่นยำ โดยเซรามิกสมัยใหม่อาจแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ ได้แก่ เซรามิกสำหรับงานโครงสร้าง อิเล็กทรอนิกส์ และเซรามิกสำหรับงานทางการแพทย์ (คชินท์, 2008)

##### 2.1.1 วัตถุดิบประเภทดิน

ดิน หรือ Clay มีสูตรทางเคมีคือ  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$  ซึ่งเป็นสารประกอบไฮดรอกไซด์ อลูมินัส ซิลิเกต (Hydrous Aluminous Silicate) ที่มีส่วนประกอบและโครงสร้างของผลึกแน่นอน โดยทฤษฎีแล้วจะมีซิลิกอนไดออกไซด์ ( $SiO_2$ ) ร้อยละ 47 อลูมิเนียมออกไซด์ ( $Al_2O_3$ )

ร้อยละ 40 และน้ำ ( $H_2O$ ) ร้อยละ 14 เมื่อนำดินมาผสมกับน้ำจะทำให้เกิดความเหนียวขึ้น และสามารถปั้นให้เป็นรูปต่าง ๆ ได้ ถ้าปล่อยให้แห้งจะยังคงรักษารูปร่างเดิมไว้ และมีความแข็งแรงดีตั้งแต่ค่อนข้างเปราะ ถ้าเผาแล้วจะทำให้แกร่งมากขึ้นและเมื่อผสมกับน้ำจะไม่ทำให้ความเหนียวกลับคืนมา

ดินเกิดจากการผุพังของหินแกรนิตเกิดเป็นดินทับถมอยู่ที่แหล่งเดิมเรียกว่า ดินปฐมภูมิ (Primary Clay หรือ Residual Clay) เช่น ดินขาว จึงมักมีหินเดิมปะปน เช่น หินฟันม้า หินเขียวหนุมาน เป็นต้น เมื่อเวลาผ่านไป ดินจะถูกกระแสน้ำ กระแสลมพัดพาทำให้แหล่งดินเคลื่อนย้ายออกไปจากแหล่งดินเดิม น้ำได้ช่วยแยกเอาส่วนที่เป็นหินออกไป ทำให้เม็ดดินละเอียดขึ้น และตกตะกอนสะสมในบริเวณน้ำนิ่งเรียกดินชนิดนี้ว่าดินทุติยภูมิ (Secondary Clay หรือ Sedimentary Clay) เช่น ดินดำ ดินแดง

#### 2.1.1.1 ดินขาว

ดินขาว หมายถึง ดินที่มีสีขาวหรือสีซีดจางทั้งในสภาพที่ยังไม่ได้เผาและเผาแล้ว ดินขาว หรือเกาลิน (Kaolin) หรือ China Clay โดยคำว่า “เกาลิน” มาจากภาษาจีนแปลว่า ภูเขาสูง ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของดินขาวในประเทศจีน ดินขาวมีหลายชนิด แตกต่างกันไปตามแหล่งที่อยู่บนผิวโลก ดินขาวส่วนใหญ่เป็นดินที่เกิดอยู่ในแหล่งผุพังของหินเดิม (Residual Clay) เป็นดินที่มีขนาดเม็ดหยาบจึงมีความเหนียวน้อย ประกอบด้วยแร่เกาลินไนท์ (Kaolinite) มากกว่าดินชนิดอื่น ๆ โดยดินขาวที่ขุดขึ้นมาใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มี 3 ชนิด คือ

1) ดินขาวที่มีความบริสุทธิ์และมีความทนไฟสูง สามารถนำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกได้

2) ดินขาวเกรดฟิลเลอร์ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ ทำสี ยาง ยาฆ่าแมลง ปูนและอื่น ๆ โดยใช้ดินขาวที่มีเนื้อสีขาวบริสุทธิ์ตามผลวิเคราะห์ทางเคมีแต่ไม่ได้นำไปเผาผ่านความร้อนในกระบวนการผลิต

3) ดินขาวที่เป็นดินสอพอง ซึ่งไม่ใช่ดินขาวแต่เป็นปูนขาวชอล์ก (Chalk) หรือแคลเซียมคาร์บอเนต ( $CaCO_3$ ) เกิดจากผลึกของหินปูนตามธรรมชาติ มีลักษณะเป็นผลึกละเอียดสีขาว บางครั้งเป็นสีอมชมพูและสีน้ำตาลอ่อน ในงานเซรามิกใช้ปริมาณน้อยในส่วนผสมของเคลือบ และเนื้อดินปั้น นอกจากนี้ใช้ผสมทำปูนซีเมนต์

ดินขาวที่มีความบริสุทธิ์สูงเผาแล้วได้สีขาว นิยมนำมาทำผลิตภัณฑ์เซรามิกชนิดปอร์ซเลน (Porcelain) โบนไชน่า (Bone China) และผลิตภัณฑ์เซรามิกที่มีเนื้อสีขาวทุกชนิด ดังนั้นสีดินภายหลังการเผาเป็นสิ่งสำคัญมาก ขณะที่โรงงานผลิตกระเบื้องปูพื้นใช้ดินที่มี ราคาถูก หดตัวน้อย และมีปริมาณคาร์บอนต่ำ สามารถอัดเป็นแผ่นได้ง่ายโดยไม่บิ่นหรือแตกร้าว สีดินจะเป็นสีเหลืองนวล หรือออกสีแดงเล็กน้อย ไม่เป็นปัญหา ส่วนโรงงานสุกภัณฑ์ที่ขึ้นรูปด้วยการหล่อน้ำดิน จะเลือกใช้ดินคุณภาพดี เพื่อผสมเนื้อดินปั้นเพื่อการหล่อสำหรับผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ ๆ ให้ถอดพิมพ์ได้ง่าย มีออกไซด์ของเหล็ก และไทเทเนียมอยู่ในปริมาณน้อย

ดินขาวในประเทศไทยมีแหล่งต่าง ๆ หลากหลาย เช่น จังหวัดเชียงราย ลำปาง อุตรดิตถ์ ปราจีนบุรี ระนอง ชุมพร และจังหวัดนครราชสีมา ดินขาวมีหลายเกรด หลายคุณภาพ บางแหล่งไม่สามารถนำมาทำเซรามิกได้ โดยแหล่งดินขาวในเขตภาคใต้ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก

ได้แก่ ดินขาว จังหวัดระนอง ชุมพร และจังหวัดนราธิวาส เป็นดินขาวคุณภาพปานกลาง ซึ่งเป็นแร่กาอลินไนท์ที่มีความบริสุทธิ์ (Medium Ordered Kaolinite) และมีความขาวมากกว่า ดินขาวลำปาง เนื่องจากดินขาวลำปางเป็น ดินขาวเซอร์ไซท์ (Sericite) มีแร่ไมกาเป็นส่วนประกอบหลัก มีแร่กาอลินไนท์ประกอบอยู่เป็นส่วนน้อยหรือแร่กาอลินไนท์คุณภาพต่ำ (Disordered Kaolinite) แร่เซอร์ไซท์เกิดจากการผุพังของหินแกรนิต ซึ่งกลายเป็นหินฟันม้า (Feldspar) ก่อนที่จะกลายเป็นแร่กาอลินไนท์จึงเป็นแร่กาอลินไนท์ที่ไม่สมบูรณ์ แหล่งดินขาวที่พบในประเทศไทย เช่น

1) ดินขาวจังหวัดระนอง บ้านบางริน อำเภอมือง และบ้านบางพระเหนือ กิ่งอำเภอละอุ่น ดินขาวระนองมีสีขาวถึงเหลืองอ่อน เนื้อดินหยาบเมื่อล้างจะจมตัวเร็ว เนื้อดินหลังเผา มีความขาวสูงไม่เหมาะกับการอุตสาหกรรมกระดาษ จึงใช้ในงานเซรามิกเท่านั้น

2) ดินขาวจังหวัดลำปาง บ้านปางค่า อำเภอน้ำหนาว และที่อำเภอมะทะ ดินขาวลำปางมีเนื้อดินแน่นสีไม่ขาว แต่เมื่อเผาแล้วจะได้สีขาวฟาง เนื้อดินสุกตัวเร็วและหล่อได้ดีกว่าดินแหล่งอื่น เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก

3) ดินขาวจังหวัดปราจีนบุรี บ้านหนองใหญ่ อำเภอมือง ดินขาวปราจีนบุรี มีเนื้อดินขาวเหนียวแต่สีไม่ขาวจัด เมื่อผ่านการล้างแต่งแร่แล้วเนื้อดินจะมีความละเอียดและเหนียวมากใกล้เคียงกับดินนราธิวาส เหมาะสำหรับใช้เป็นส่วนผสมในอุตสาหกรรมวัสดุทนไฟ เซรามิกและทำปุ๋ยเคมีเม็ด

4) ดินขาวจังหวัดนราธิวาส บ้านโต๊ะเต็ง อำเภอสู่หงส์ปาดิ และอำเภอยิ่งอ ดินขาวนราธิวาสมีเนื้อดินสีขาวละเอียดกว่าดินระนอง หลังล้างหรือแต่งแร่แล้วจะได้เนื้อดินมากกว่าส่วนใหญ่เป็น ดินขาวฟิลเลอร์ส่งโรงงานกระดาษที่บางปะอิน และใช้ในงานเซรามิก

5) ดินขาวจังหวัดอุดรดิตถ์ บ้านวังยาง อำเภอมือง ดินขาวอุดรดิตถ์เป็นดินมีสิ่งเจือปนน้อยและมีสีขาวมาก แต่หลังเผาแล้วสีไม่ขาว จึงไม่เหมาะกับการอุตสาหกรรมเซรามิก นิยมใช้ในอุตสาหกรรมสีปู ยาง และยาฆ่าแมลง

6) ดินขาวจังหวัดเชียงราย อำเภอยางป่าเป้า

7) ดินขาวพะโต๊ะ อำเภอมือง จังหวัดชุมพร

#### 2.1.1.2 ดินดำ

ดินดำ (Ball Clay) เป็นดินเหนียวที่เกิดจากการตกตะกอนทับถมกันของดินขาว ประกอบด้วยแร่คาโอลินไนต์เป็นส่วนประกอบสำคัญ บางครั้งจะพบแร่ดินชนิดอื่นปะปนอยู่ ดินดำมีลักษณะพิเศษ คือ มีสารอินทรีย์ปะปนอยู่ด้วยเสมอ ในธรรมชาติจึงอาจมีสีต่าง ๆ เช่น สีขาว สีเทาเหลือง และสีดำ เป็นดินที่มีความละเอียดสูง มีความเหนียวดีเมื่อแห้งหรือหลังเผาจะมีความแข็งแรงสูง หลังจากผ่านการเผาแล้วจะให้สีครีม หรือสีขาว ดินดำหลายชนิด มีช่วงการเปลี่ยนแปลงสภาพของเนื้อดินไปเป็นเนื้อแก้วขณะให้ความร้อนค่อนข้างนาน ซึ่งจะเป็นประโยชน์คือ ช่วยปรับปรุงผลิตภัณฑ์หลังเผาให้ดีขึ้น โดยดินดำมีคุณสมบัติทางกายภาพดังต่อไปนี้

1) ขนาดเม็ดดิน ดินดำจะมีความละเอียดมาก ซึ่งความละเอียดมากหรือน้อย แตกต่างกันขึ้นกับแหล่งที่พบแต่โดยมากแล้วดินดำจะละเอียดกว่าดินขาว

2) ความเหนียว ดินดำจะมีความเหนียวสูงกว่าดินขาว การผสมดินดำลงไป ในเนื้อ ดินปั้นจะช่วยให้การขึ้นรูปที่ใช้ความเหนียวง่ายขึ้น

3) การหดตัวของเนื้อแห้ง ดินดำมีการหดตัวมากน้อยต่างกันตามแหล่งที่พบ ถ้าเป็นดินดำแหล่งที่มีปริมาณซิลิกาสูงแทบไม่มีการหดตัวเลย แต่ถ้ามีอินทรียสารสูงจะมีการหดตัวประมาณร้อยละ 15

4) ความแข็งแรงเมื่อแห้ง ดินดำมีความแข็งแรงเมื่อแห้งมากกว่าดินขาว เมื่อผสมดินดำในเนื้อดินปั้นจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงเมื่อแห้งสูงขึ้น

5) สมบัติหลังเผา ขึ้นอยู่กับว่าหลังเผาแล้วดินมีสีอย่างไร เนื้อดินดีหรือไม่ ดินดำบางชนิดมีไมกาประกอบอยู่ด้วย เมื่อผสมในเนื้อดินปั้นแล้วเผาไมกาจะทำหน้าที่เป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยา ในเนื้อดินปั้นให้เนื้อผลิตภัณฑ์แน่นและเนียนมากขึ้น (ชลัย, 2539)

### 2.1.2 โซเดียมซิลิเกต

โซเดียมซิลิเกต ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) เป็นสารประกอบโซเดียมออกไซด์ ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) และมีซิลิกาขึ้นอยู่กับสัดส่วนต่าง ๆ กัน แล้วแต่ชนิดและการนำไปใช้ ได้แก่ โซเดียมออร์โทซิลิเกต ( $\text{Na}_4\text{SiO}_4$ ) โซเดียมเมตาซิลิเกต ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) โซเดียมพอลิซิลิเกต ( $\text{Na}_2\text{Si}_3$ )<sub>n</sub> โซเดียมไพโรซิลิเกต ( $\text{Na}_6\text{Si}_2\text{O}_7$ ) และอื่น ๆ ที่มีคุณสมบัติคล้ายแก้วใสไม่มีสี สามารถละลายน้ำได้ โซเดียมซิลิเกตเกิดจากการหลอมส่วนผสมระหว่างโซเดียมคาร์บอเนตหรือโซดาแอช ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) กับทรายแก้ว เมื่อหลอมเพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีแล้วจะได้โซเดียมซิลิเกตและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โซเดียมซิลิเกตเป็นสารที่สามารถละลายได้ในน้ำ สารละลายโซเดียมซิลิเกตมีชื่อเรียกอีกอย่างว่า Waterglass ใช้เป็นสารเคมีสำหรับอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมผงซักฟอก อุตสาหกรรมฟอกสี อุตสาหกรรมสารทำความสะอาด เป็นต้น (มยุรี และคณะ, 2561)

### 2.1.3 โซเดียมไฮดรอกไซด์

โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide) สูตรโมเลกุล NaOH ลักษณะทางกายภาพ เป็นของแข็งสีขาว ไม่มีกลิ่น อาจอยู่ในรูปเม็ดกลม หรือเกล็ดเล็ก ๆ ละลายน้ำได้ดีมาก (ความร้อนของการละลายสูงมาก อาจเกิดการเดือดอย่างรุนแรงได้) จุดเดือด  $1,390\text{ }^{\circ}\text{C}$  จุดหลอมเหลว  $318\text{ }^{\circ}\text{C}$  pH 13-14 ที่  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  ไม่ติดไฟ เมื่อผสมกับโลหะเบา ก่อให้เกิดแก๊สไฮโดรเจน ซึ่งอาจระเบิดได้ การใช้ประโยชน์ ความเสี่ยงในการสัมผัส ใช้ปรับสภาพกรดให้เป็นกลาง ผลิตเกลือโซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมเพื่อนำไปผลิตสบู่ และตกตะกอนโลหะ ใช้ในกระบวนการกลั่นน้ำมัน กระบวนการผลิตเรยอน และการปรับปรุงยาง และใช้ในการทำความสะอาดโลหะ ชุบโลหะด้วยไฟฟ้า การผลิตสิ่งทอ และกระบวนการฟอกขาว อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง เช่น การกลั่นปิโตรเลียม การชุบเคลือบโลหะด้วยไฟฟ้า การทำความสะอาดโลหะด้วยกรดและด่าง การทำสี ย้อมสี หรือตกแต่งสิ่งทอ การผลิตสารกึ่งตัวนำ การผลิตสิ่งทอ (ฐานความรู้เรื่องความปลอดภัยด้านสารเคมี, 2561)

### 2.1.4 การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกมีหลายวิธีด้วยกัน ดังต่อไปนี้

1) การเทแบบ โดยผสมดินกับน้ำจนได้ที่แล้วเทลงในแบบซึ่งมีรูปร่างต่าง ๆ ปล่อยให้จนแห้งตัวจากนั้นจึงแกะแบบและตกแต่งผลิตภัณฑ์ให้เรียบร้อย การขึ้นรูปด้วยวิธีนี้ ใช้ในการผลิตแจกัน ขวดและเครื่องสุขภัณฑ์ต่าง ๆ

2) การใช้แป้นหมุน จะปั้นได้เฉพาะภาชนะที่มีลักษณะกลม ทรงกลมหรือทรงกระบอก เช่น การปั้นไห โอ่ง อ่าง กระจ่าง แจกัน การปั้นต้องใช้ความชำนาญเป็นพิเศษจึงจะได้เป็นรูปทรงตามต้องการ

3) การหลอมเหลว จากนั้นปล่อยให้เย็นตัวลง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีเนื้อแน่นมากและทนต่อการกัดกร่อนสูง

4) การอัดเนื้อดินผ่านหัวแบบ เป็นวิธีการขึ้นรูปที่นิยมใช้ในระบบอุตสาหกรรม เช่น การทำผลิตภัณฑ์วัสดุทนไฟ กระเบื้อง

5) การอัดผงเนื้อดินลงในแบบโลหะ เป็นวิธีการขึ้นรูปที่นิยมใช้ในระบบอุตสาหกรรม เช่นเดียวกัน (อุตสาหกรรมเซรามิก, 2561)

## 2.2 เถ้าอุตสาหกรรม

เถ้าชีวมวลเป็นเถ้าที่เหลือจากวัสดุทางการเกษตรที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าและต้องนำไปกำจัดทิ้งเพราะมีปริมาณมาก ซึ่งอาจเป็นการทิ้งเพื่อถมที่หรือทิ้งในบ่อทิ้งที่เตรียมไว้ นอกจากการนำไปทิ้งแล้ว เถ้าชีวมวลบางชนิดสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานคอนกรีต เถ้าชีวมวลที่มีศักยภาพที่จะนำไปใช้ในงานคอนกรีตได้ ต้องมีลักษณะดังนี้ คือ เป็นเถ้าที่มีออกไซด์ของซิลิกาหรือซิลิกา และอลูมินาออกไซด์สูงซึ่งโดยทั่วไปควรมากกว่าร้อยละ 50 ของทั้งหมด มีความละเอียดสูงหรือสามารถทำให้มีความละเอียดสูงได้ และไม่เป็นผลึก คือ สามารถทำปฏิกิริยากับด่าง (แคลเซียมไฮดรอกไซด์) ได้ ซึ่งเถ้าชีวมวลที่เข้าข่ายในลักษณะข้างต้น ได้แก่ เถ้าจากการเผากากปาล์มน้ำมัน (Palm Oil Fuel Ash) เถ้าจากการเผาแกลบ (Rice Husk Ash) หรือเถ้าจากการเผาแกลบร่วมกับเปลือกไม้ (Rice Husk-Bark Ash) และเถ้าจากการเผาขานอ้อย (Bagasse Ash) (ชัย, 2536)

เถ้าอุตสาหกรรมที่กล่าวถึงในงานวิจัยนี้เป็นเถ้าที่ได้มาจากไม้แดง ไม้ประดู่ ฯลฯ ซึ่งนำมาใช้ในการให้ความร้อนในกระบวนการต่าง ๆ ที่ต้องมีการใช้น้ำร้อนภายในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น กระบวนการอบ กระบวนการย้อม เป็นต้น

## 2.3 ความรู้เกี่ยวกับน้ำเสียฟอกย้อม

### 2.3.1 ความหมายของน้ำเสียฟอกย้อม

อุตสาหกรรมฟอกย้อม มีกระบวนการผลิตที่มีการใช้น้ำปริมาณมากตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมผ้า การย้อม การพิมพ์ผ้า การตกแต่งสำเร็จ น้ำจากการล้างอุปกรณ์เครื่องจักร จึงทำให้เกิดปริมาณน้ำเสียมากด้วย นอกจากนั้นน้ำเสียที่เกิดขึ้นมักมีสารเคมีปนเปื้อนอยู่ด้วย เช่น สารช่วยย้อม

สารฟอกขาว สารเคมีที่ใช้ในการตกแต่ง กรด-ด่าง ซึ่งน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนของสารเคมีเหล่านี้ ในปริมาณที่สูง หากบำบัด ไม่ถูกวิธีก็จะทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและแหล่งน้ำได้ (กรมโรงงานอุตสาหกรรมกระทรวงอุตสาหกรรมและสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2545)

### 2.3.2 ประเภทของสีย้อม

ประเภทของสีย้อมสามารถแบ่งบอกลักษณะของน้ำเสีย เช่น มีการปนเปื้อนสารละลายที่มีประจุลบ ความสามารถในการละลายน้ำ อุณหภูมิในการย้อมสี และสภาพความเป็นกรด-ด่างที่ทำให้ สีดัดผ้าได้ดี เป็นต้น ประเภทของสีที่นิยมใช้ในการฟอกย้อมมีดังนี้

#### 2.3.2.1 ประเภทสีย้อม

##### 1) สีไตรงัท (Direct Dye)

เป็นสารประกอบอะโซที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มีหมู่กรดซัลโฟนิคที่ทำให้ตัวสีสามารถละลายน้ำได้ มีประจุลบ นิยมใช้ย้อมเส้นใยเซลลูโลส สีจะติดเส้นใยได้โดยโมเลกุลของสีจะจัดเรียงตัวแทรกอยู่ในระหว่างโมเลกุลเส้นใย และยึดจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจน สีไม่ทนต่อการซักน้ำ ตกง่าย และทนแสง

##### 2) สีรีแอกทีฟ (Reactive Dye)

เป็นสีที่ละลายน้ำได้ มีประจุลบ เมื่ออยู่ในน้ำจะมีสมบัติเป็นต่าง สีย้อมชนิดนี้เหมาะกับการย้อมเส้นใยเซลลูโลสมากที่สุด โมเลกุลของสีจะยึดจับกับหมู่ไฮดรอกไซด์ (OH) ของเซลลูโลส และเชื่อมโยงติดกันด้วยพันธะโควาเลนต์ในสถานะที่เป็นต่าง กลายเป็นสารประกอบเคมีชนิดใหม่กับเซลลูโลส สีรีแอกทีฟมี 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ย้อมติดที่อุณหภูมิสูง 70-75 °C และกลุ่มที่ย้อมติดที่อุณหภูมิต่ำ สีรีแอกทีฟให้สีที่สดใส ทุกสีติดทนในทุกสภาวะ

##### 3) สีดิสเพอร์ส (Disperse Dye)

เป็นสีที่ไม่ละลายน้ำแต่มีสมบัติกระจายได้ดี สามารถย้อมเส้นใยอะซิเตท เส้นใยโพลีเอสเตอร์ ไนลอน และอะคริลิกได้ดี การย้อมจะใช้สารพา (Carrier) เพื่อช่วยเร่งอัตราการดูดซึมของสีเข้าไปในเส้นใยหรือย้อมโดยใช้อุณหภูมิ และความดันสูง สีดิสเพอร์สเป็นสีที่ทนแสงและการซักฟอกค่อนข้างดี แต่สีจะซีดถ้าถูกควันทันหรือแก๊สบางชนิด เช่น แก๊สไนโตรซอกไซด์ สีดิสเพอร์ส แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม โดยพิจารณาจากหมู่เคมีในตัวสีย้อม ได้แก่ สีย้อมอะโซ (Azo Dyes) และสีย้อมแอมมิโน แอนทราควิโนน (Amino Anthraquinone) ซึ่งทั้ง 2 กลุ่ม ประกอบด้วยอนุพันธ์ของเอทราโนลามีน (Ethanalamine;  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2$ ) หรืออนุพันธ์ที่คล้ายคลึงกัน

##### 4) สีเอซิด (Acid Dye)

เป็นสีที่เกิดจากสารประกอบอินทรีย์ มีประจุลบ ละลายน้ำได้ดี ส่วนใหญ่เป็นเกลือของกรดกำมะถัน กลไกในการติดสีเกิดเป็นพันธะไอออนิก ใช้ย้อมเส้นใยโปรตีน ในน้ำย้อมที่มีสภาพเป็นกรดเจือจาง สีเอซิดบางตัวสามารถนำไปใช้ย้อมเส้นใยเซลลูโลสบริสุทธิ์ได้ เช่น ปอ ป่าน ไนลอน โยขนแกะ ไหม และอะคริลิก ได้ดี วิธีการใช้จะนำสีย้อมที่เกิดจากสารประกอบอินทรีย์ไปละลายน้ำย้อมที่เป็นกรดหรือเป็นกลาง สีเอซิดไม่ทนการซัก ไม่ทนเหงื่อ

### 5) สีแคว้ต (Vat Dye)

เป็นสีที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ เมื่อทำการย้อมต้องเตรียมน้ำย้อมให้สีแคว้ตละลายน้ำโดยให้ทำปฏิกิริยากับสารรีดิวซ์และโซเดียมไฮดรอกไซด์ สีแคว้ตจะถูกรีดิวซ์ให้กลายเป็นเกลือจึงซึมเข้าไปในเส้นใยได้ เมื่อนำผ้าไปผึ่งในอากาศสีในเส้นใยจะถูกออกซิไดส์เป็นสีแคว้ต สีย้อมชนิดนี้มีส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญอยู่ 2 ชนิด คือ สีอินดิโก (Indigoid) และสีแอนทราควินอยด์ (Antraquinoid)

### 6) สีเบสิก (Basic or Cationic Dye)

เป็นสีที่เป็นเกลือของเบสอินทรีย์ (Organic Base) ให้ประจุลบละลายน้ำได้ นิยมใช้ย้อมเส้นใยโปรตีน ไนลอนและใยอะคริลิกได้ดี ในขณะที่ย้อมโมเลกุลของสีส่วนที่มีประจุลบจะยึดจับกับโมเลกุลของเส้นใย เป็นสีที่ติดทนไม่ควรใช้ย้อมเส้นใยธรรมชาติเพราะจะไม่ทนการซักและแสง

### 7) สีซัลเฟอร์ (Sulfur Dye)

เป็นสีที่ไม่ละลายน้ำ เมื่อทำการย้อมต้องรีดิวซ์สี เพื่อให้โมเลกุลอยู่ในสภาพที่ละลายน้ำได้แต่สีซัลเฟอร์บางชนิดที่ผลิตออกมาจำหน่ายในรูปที่ถูกรีดิวซ์จะละลายน้ำได้ นิยมนำสีซัลเฟอร์มาย้อมฝ้าย สีจะติดทน และยังเป็นสีที่มีราคาถูกแต่สีที่อ่อนจะไม่ทนต่อการซัก

### 8) สีมอร์แดนต์ หรือโครม (Mordant or Chrome Dye)

เป็นสีที่ต้องใช้สารช่วยติดเข้าไปช่วยเพื่อให้เกิดการติดสีบนเส้นใย สารที่ช่วยติดที่ใช้ คือ สารประกอบออกไซด์ของโลหะ เช่น โครเมียม ดีบุก เหล็ก อะลูมิเนียม เป็นต้น สีมอร์แดนต์เป็นสีที่มีโมเลกุลใหญ่ซึ่งเกิดจากสีมอร์แดนต์หลายโมเลกุลจับกับโลหะแล้วละลายน้ำได้ จึงทำให้ย้อมได้ง่ายซึ่งใช้ย้อมเส้นใยโปรตีนและเส้นใยพอลิเอไมด์ได้ดี

### 9) สีอะโซอิก (Azoic Dye)

เป็นสีที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ การที่สีจะก่อรูปเป็นเส้นใยได้ต้องย้อมด้วยสารประกอบฟีนอลซึ่งละลายน้ำได้ก่อน ซึ่งเป็นกระบวนการทำให้รวมตัวเป็นสี (Coupling) แล้วย้อมทับด้วยสารไดอะโซคอมโปเนนท์จึงจะเกิดเป็นสีได้ สีอะโซอิกใช้ย้อมเส้นใยได้ทั้งเซลลูโลส ไนลอนหรืออะซิเตท สีอะโซอิกเป็นสีที่ทนต่อการซักแต่ไม่ทนต่อการขัดถู

#### 2.3.2.2 สารเคมีที่ใช้ในการฟอกย้อม

สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการฟอกย้อม สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

#### 1) สารเคมีที่ใช้ในการขจัดสิ่งสกปรก

ก) โซดาไฟ (Sodium Hydroxide: NaOH) ทำปฏิกิริยากับไขมันโดยเปลี่ยนไขมันเป็นสบู่ที่ละลายน้ำได้ นอกจากนี้ยังทำให้เส้นใยขยายตัว สิ่งสกปรกต่าง ๆ ถูกขจัดออกง่ายขึ้น ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงนี้ ได้แก่ ความร้อน นอกจากนี้ต่างยังช่วยกำจัดสารอื่น ๆ เช่น โปรตีน เพกทิน สารลงแป้งที่ตกค้าง เกลือแร่ต่าง ๆ ให้ละลายหลุดออกมา

ข) น้ำสบู่ (Detergent) ทำหน้าที่กำจัดไขมันในลักษณะที่ทำให้เกิดอิมัลชัน (Emulsion) การกำจัดสิ่งสกปรกอื่น ๆ ออกจากวัสดุรวมทั้งป้องกันมิให้ย้อนกลับไปติดบนวัสดุอีก น้ำสบู่แบ่งออกเป็น 4 ชนิด ได้แก่ พวกไม่มีประจุไฟฟ้า พวกมีประจุลบ พวกมีประจุบวก



และพวกมีทั้งประจุบวกและประจุลบ แต่ละกลุ่มจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไป ได้แก่ ความสามารถในการแทรกซึม ความสามารถในการซึกล้าง ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน

ค) สารจับโลหะ (Complexing Agent) เป็นพวกลิแกนด์ หรือคีเลต สารนี้สามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับไอออนของโลหะ เช่น  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  เป็นสารที่ละลายน้ำได้ในสภาวะต่าง ไอออนเหล่านี้จะเกิดตะกอนไฮดรอกไซด์ที่ไม่ละลายน้ำ ในสภาวะต่างปกติ ตะกอนไฮดรอกไซด์เหล่านี้มีผลเสียต่อการฟอกผ้าด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ไอออนเหล่านี้นอกจากจะพบในน้ำแล้วยังพบว่ามาจากวัสดุด้วย เช่น ฝ้าย เป็นต้น

## 2) สารเคมีที่ใช้ในการฟอกขาว

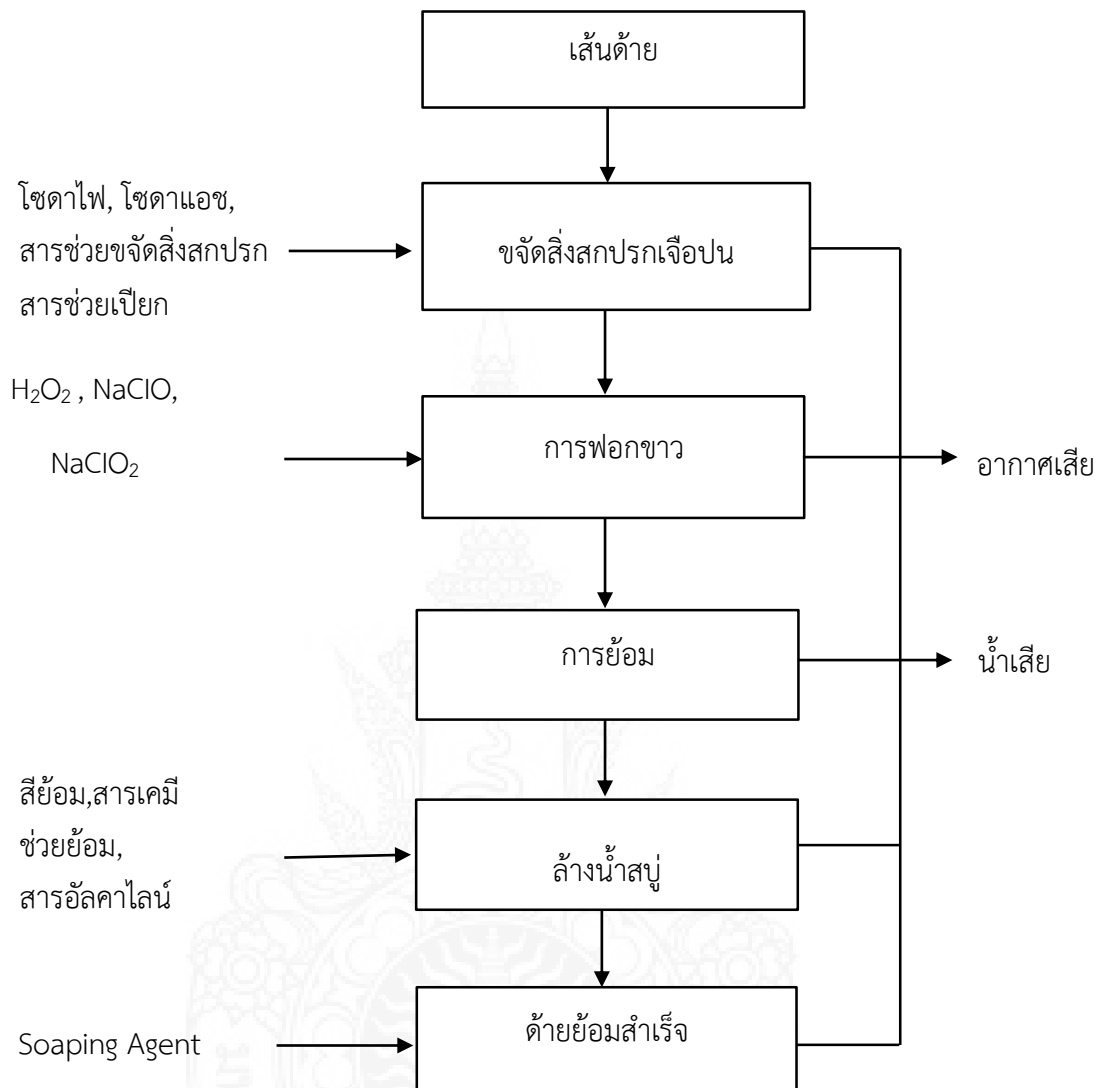
ก) สารออกซิไดซ์ เป็นสารที่ทำให้สารอื่นเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ได้แก่ สารประกอบเปอร์ออกไซด์ เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) โซเดียมเปอร์ออกไซด์ ( $\text{Na}_2\text{O}_2$ ) เป็นต้น สารประกอบไฮโปคลอไรท์ เช่น โซเดียมไฮโปคลอไรท์ ( $\text{NaClO}$ ) และแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ ( $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ) เป็นต้น สารประกอบคลอไรท์ เช่น โซเดียมคลอไรท์ ( $\text{NaClO}_2$ ) เป็นต้น

ข) สารรีดิวซ์ เป็นสารที่ทำให้สารอื่นเกิดปฏิกิริยารีดักชัน ได้แก่ โซเดียมไฮโดรซัลไฟท์ ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ) โซเดียมเมทาไบซัลไฟท์ ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_6$ ) โซเดียมฟอร์แมลดีไฮด์ซัลฟอกซิเลต ( $\text{HCHOHSO}_2\text{Na}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )

## 2.3.3 กรรมวิธีการผลิต

### 2.3.3.1 การฟอกย้อมสีเส้นใยหรือเส้นด้าย

วัตถุประสงค์ คือ เส้นใยหรือเส้นด้ายที่มีลักษณะเป็นม้วนด้ายหรือเช็ดด้าย การย้อมเส้นใยหรือเส้นด้ายต้องทำให้สีซึมเข้าไปติดเส้นด้ายอย่างสม่ำเสมอ โดยทุกขั้นตอนจะทำได้ในเครื่องย้อมเส้นใย หรือเส้นด้าย ขั้นตอนในเครื่องย้อมเริ่มตั้งแต่ การขจัดสิ่งสกปรก การฟอกขาว การล้างด้วยสารซักล้างก่อนการย้อม จากนั้นจึงนำไปผ่านกระบวนการย้อม และทำการล้างด้ายด้วยน้ำสบู่ แล้วจึงนำไปทำการตกแต่งเข้าเครื่องอบแห้ง และกรอด้ยกลับเข้าหลอดพลาสติกเหมือนเดิม เพื่อเตรียมบรรจุส่งให้ลูกค้า น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการฟอกย้อมเส้นใยหรือเส้นด้าย ดังภาพ 2.1



ภาพ 2.1 ตัวอย่างวัตถุดิบและของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการฟอกย้อมเส้นใย

### 2.3.3.2 การฟอกย้อมสีสิ่งทอ

วัตถุดิบ คือ ผ้าผืนที่ทอเรียบร้อยแล้ว เป็นการย้อมสีผ้าทั้งผืนให้เป็นสีเดียวกัน โดยขั้นตอนการย้อมสีผ้าทอ ประกอบด้วย

1) การเตรียมผ้าก่อนการย้อมสี เป็นขั้นตอนการนำผ้าเข้าเครื่องคลี่ผ้า การเผาขนก่อนที่จะนำไปเข้าเครื่องทำความสะอาด เพื่อทำการลอกแป้งและการกำจัดสิ่งสกปรกที่ติดมากับผ้า แล้วจึงนำไปผ่านการฟอกขาวและการซุบมัน

2) การย้อมสีหลังจากผ่านขั้นตอนการเตรียมผ้ามาแล้ว จะนำผ้าเข้าเครื่องย้อม ได้แก่ เครื่องย้อมเจ็ท เครื่องย้อมจิ๊ก และเครื่องย้อมวินซ์

3) การอบแห้งและตากแต่งสำเร็จ ผ้าที่ออกจากเครื่องย้อมจะถูกนำไปเข้าเครื่องคลี่ผ้าอีกครั้งก่อนที่จะเข้าเครื่องอบแห้ง แล้วจึงนำไปทำการตากแต่งสำเร็จและตรวจสอบคุณภาพน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการฟอกย้อมสีผ้าทอ

### 2.3.3.3 การพิมพ์สิ่งทอ

การพิมพ์ผ้าเป็นกรรมวิธีทำให้เกิดสีเฉพาะที่โดยใช้แม่พิมพ์และสีพิมพ์ มีการใช้เทคโนโลยีและกระบวนการพิมพ์ ปัจจุบันโรงงานพิมพ์ผ้าส่วนใหญ่ มีการใช้เทคโนโลยีแบบการพิมพ์โดยตรง (Direct Printing) โดยมีขั้นตอนดังนี้

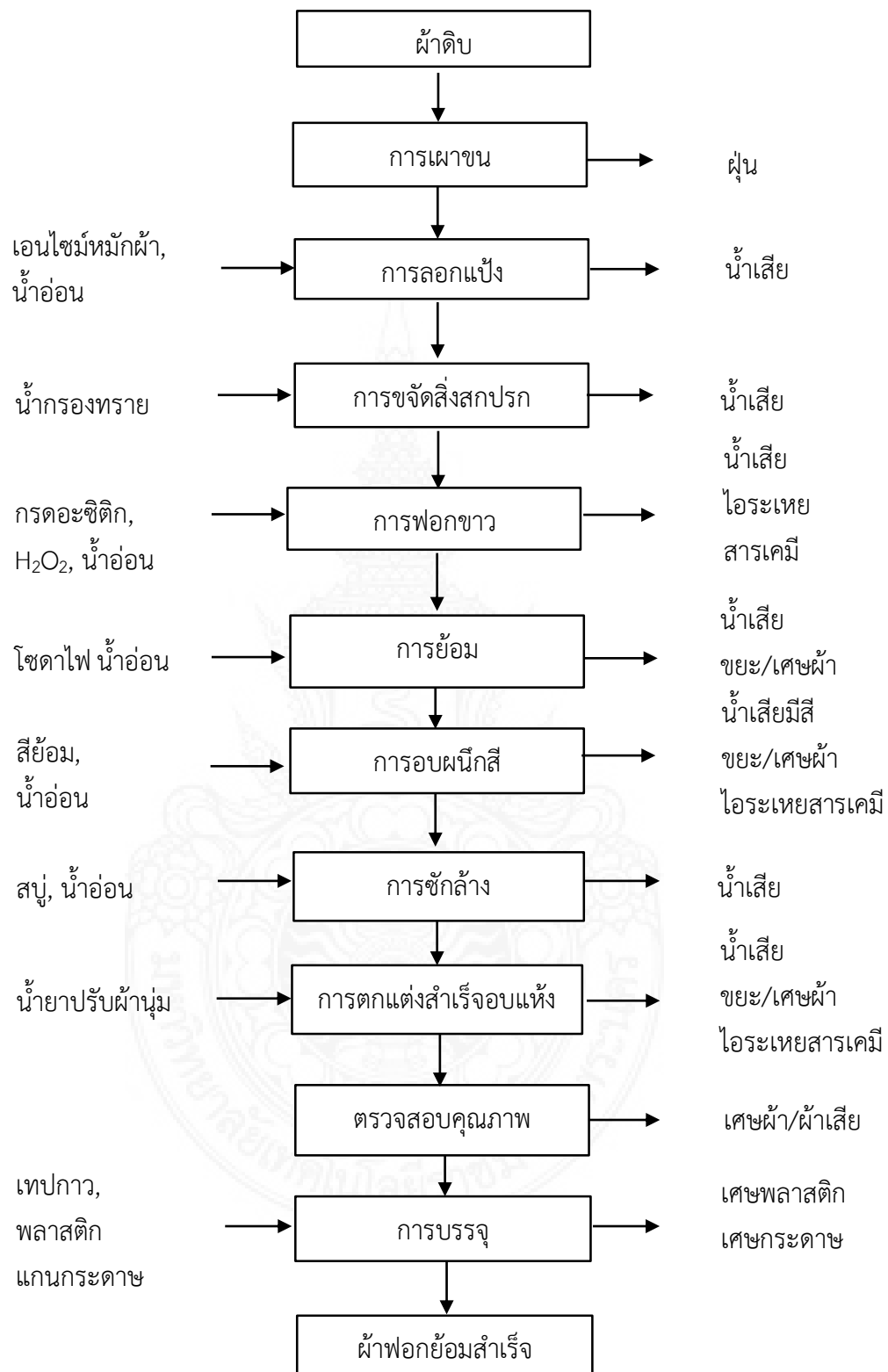
1) การออกแบบลายผ้าพิมพ์และการกำหนดวิธีพิมพ์ โดยการกำหนดสีกำหนดหน่วย พิมพ์และการแยกสีในแบบเพื่อจะนำไปทำแม่พิมพ์ และกำหนดเทคนิคการพิมพ์ผ้าตามลวดลายที่ออกแบบไว้

2) การเตรียมสีพิมพ์ สีพิมพ์ประกอบด้วยสีผสม และแป้งพิมพ์ (Paste)

3) การเตรียมผ้าพิมพ์ ขั้นตอนที่สำคัญในการเตรียมผ้าพิมพ์ คือ การกำจัดสิ่งสกปรกที่มีตามธรรมชาติ เช่น ไขมัน สีตามธรรมชาติของเส้นใยผ้า สิ่งสกปรกและสารตกแต่ง เช่น แป้ง น้ำมันหล่อลื่น นอกจากนี้ผ้าที่ต้องการนำมาพิมพ์จะต้องมีการนำมาผ่านการฟอกขาว

4) การพิมพ์สีลงบนผ้า เป็นขั้นตอนการนำสีพิมพ์ที่เตรียมแล้วมาพิมพ์เพื่อให้เกิดลวดลายบนผ้า โดยเลือกใช้เทคโนโลยีการพิมพ์และเครื่องจักรในการพิมพ์ที่เหมาะสม แล้วนำผ้าที่พิมพ์แล้วมาผืนสีพิมพ์ให้แห้งด้วยความร้อน (จากไอน้ำหรือลมร้อน)

5) การซักล้างและการแต่งสำเร็จ ผ้าที่พิมพ์แล้วจะถูกนำมาซักล้างในน้ำที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ แล้วตามด้วยการซักล้างด้วยสบู่ (โซเดียมคาร์บอเนต) ที่ต้มเดือด แต่ขั้นตอนนี้ไม่จำเป็นสำหรับกระบวนการพิมพ์ผ้าด้วยสีฟิสิกเมนต์ แล้วนำมาตรวจสอบคุณภาพและบรรจุ  
 ดังภาพ 2.2



ภาพ 2.2 ตัวอย่างวัตถุดิบและของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการฟอกย้อมผ้าฝ้าย

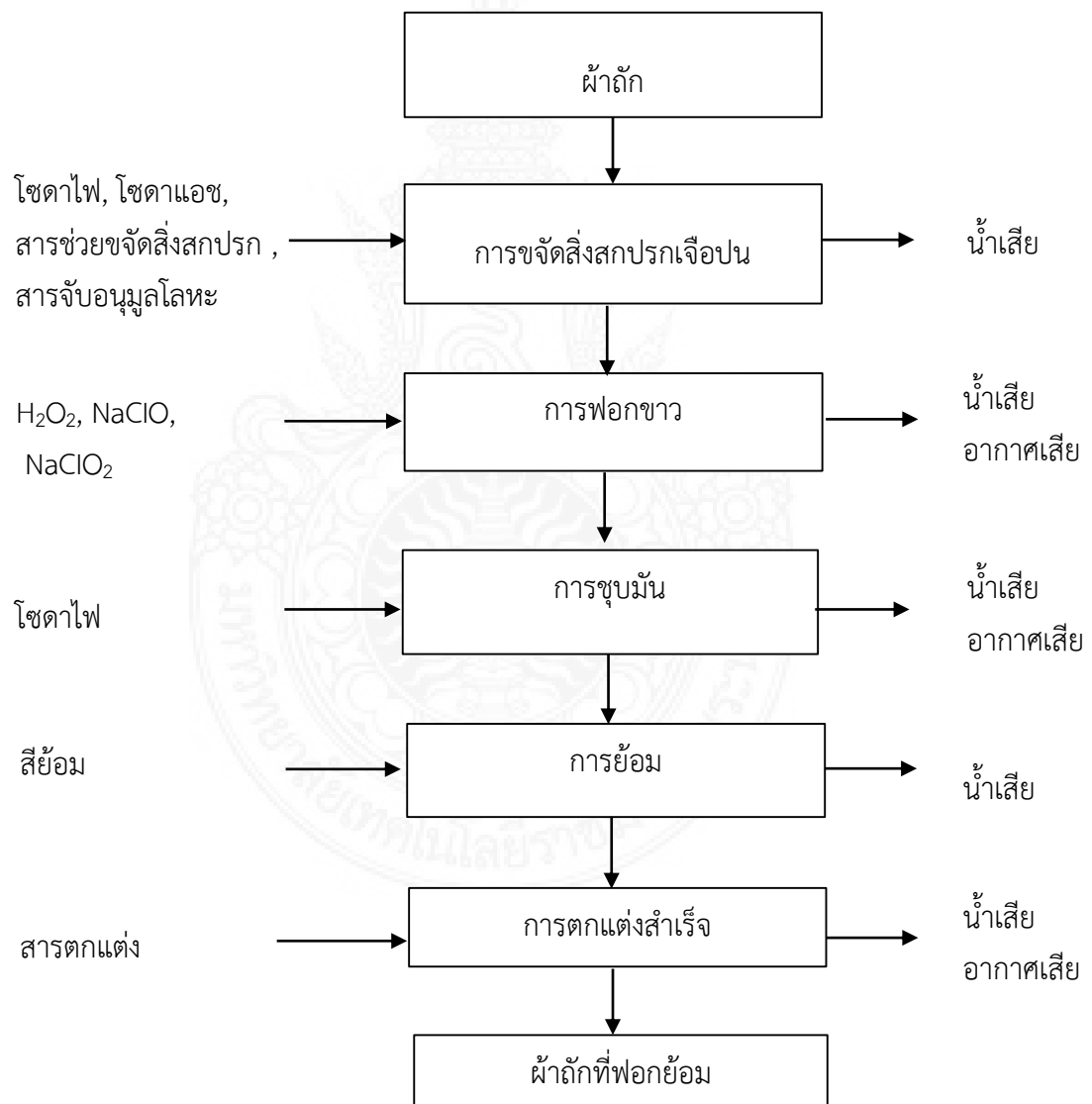
### 2.3.3.4 ฟอกย้อมผ้าถัก

กระบวนการฟอกย้อมผ้าถักมีดังนี้

1) การเตรียมผ้าก่อนการย้อมสี คือ ขั้นตอนการชุบมันเพื่อให้ผ้าเกิดความมันเงา และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการติดสี

2) การย้อมสี หลังจากผ่านขั้นตอนการชุบมันมาแล้ว จากนั้นจึงนำไปผ่านกระบวนการย้อมสี โดยนำผ้าเข้าเครื่องย้อมแบบเจ็ท (Rapid Jet) ซึ่งในเครื่องจะมีการฟอกผ้าให้ขาวขึ้น แล้วจึงย้อมสีได้

3) การอบแห้งและตกแต่งสำเร็จ ทำเช่นเดียวกับการย้อมผ้าทอ น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการฟอกย้อมสีผ้าถัก ดังภาพ 2.3



ภาพ 2.3 ตัวอย่างวัตถุดิบและของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการฟอกย้อมผ้าถัก

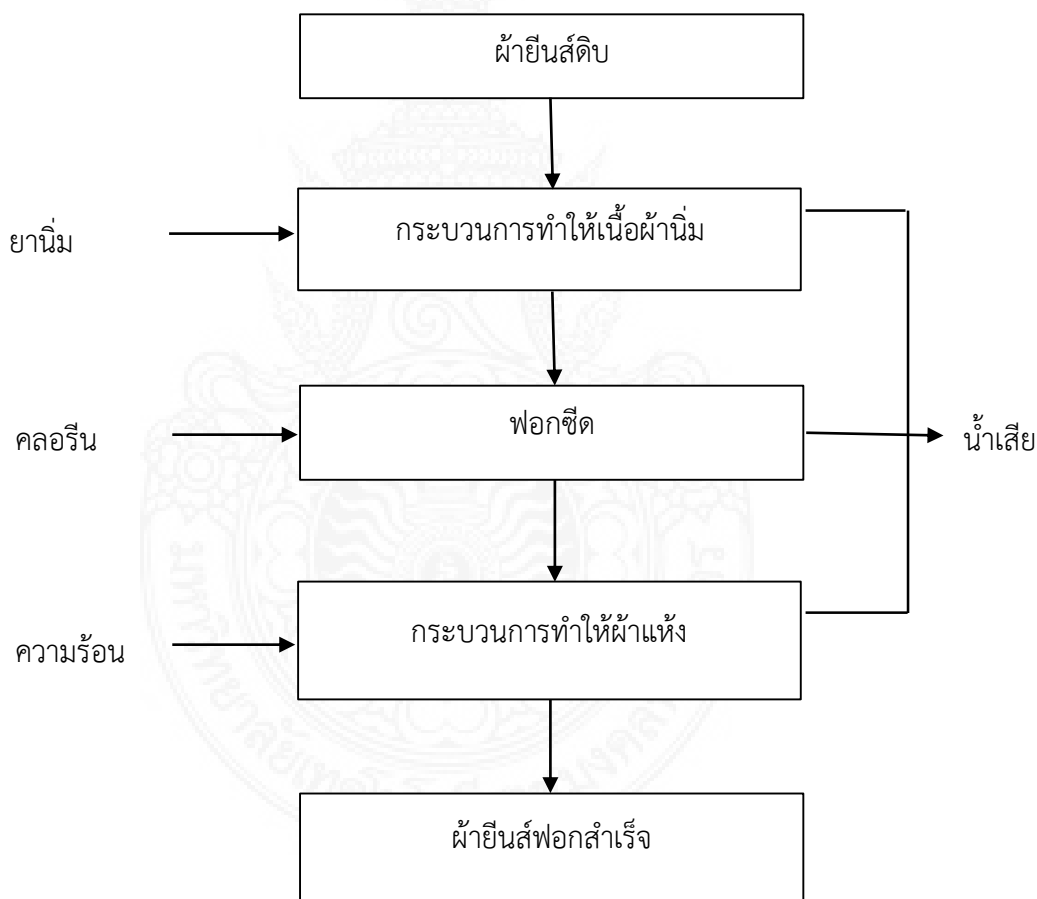
### 2.3.3.5 การชักฟอกเครื่องนุ่งห่ม

#### กระบวนการฟอกผ้ายีนส์

1) การทำฟ้านิมเป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการชักฟอกผ้ายีนส์ เพื่อปรับสภาพของเนื้อผ้ายีนส์ให้มีเนื้อผ้าที่นิ่มขึ้น ลดความกระด้างลง โดยในขั้นตอนนี้จะนำผ้ายีนส์ดิบมาปั่นกับน้ำยานิม

2) การฟอกซีด เป็นขั้นตอนการทำให้สีของผ้ายีนส์ซีดลงโดยใช้คลอรีน เป็นสารในการช่วยฟอกความซีดของผ้ายีนส์ในแต่ละครั้งขึ้นกับความต้องการของลูกค้า

3) การทำให้ผ้าแห้งเป็นการขั้นตอนสุดท้ายของการฟอกผ้ายีนส์ก่อนนำไปให้ลูกค้าต่อไป ซึ่งในขั้นตอนการทำแห้งนี้ประกอบด้วยสามขั้นตอนหลัก คือ การปั่น การตาก และการอบ (ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2561) ดังภาพ 2.4



ภาพ 2.4 ตัวอย่างวัตถุดิบและของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการชักฟอกผ้ายีนส์

### 2.3.4 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์น้ำเสียฟอกย้อม

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์น้ำเสียนั้น มี 4 พารามิเตอร์ ได้แก่ ค่า pH ค่าอุณหภูมิ ค่าของแข็งละลายน้ำ และค่าของแข็งแขวนลอย

#### 2.3.4.1 ค่า pH

ค่า pH สามารถวัดได้ง่ายและมีบทบาทสำคัญไม่มากนักน้อยต่อกระบวนการต่าง ๆ ทั้งทางด้านน้ำดีและน้ำเสีย ทางปฏิบัติถือว่าค่า pH ของน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 14 น้ำที่เป็นกลางถือว่ามีค่า pH เท่ากับ 7 น้ำที่เป็นกรดและด่างถือว่ามีค่า pH น้อยกว่าหรือมากกว่า 7 ตามลำดับ น้ำธรรมชาติมักมีค่า pH ในช่วง 6.5 – 7.5 เช่นเดียวกับน้ำใต้ดิน แต่น้ำใต้ดินอาจมีค่า pH เป็นกรด เช่น ต่ำกว่า 6 เป็นต้น เนื่องจากมีคาร์บอนไดออกไซด์ละลายน้ำใต้ดินอยู่ในปริมาณสูง น้ำในบ่อหรืออ่างเก็บน้ำอาจมีค่า pH ได้ถึง 9 หรือมากกว่า ถ้ามีสาหร่ายหรือแอลจีสีเขียวเจริญเติบโต และทำการสังเคราะห์แสงภายในแหล่งน้ำนั้น (มันสิน, 2547)

#### 2.3.4.2 ค่าอุณหภูมิ

ค่าอุณหภูมิเป็นสิ่งที่แสดงความเข้มของความร้อนในสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ความร้อนจะไหลจากสิ่งที่มีความร้อนสูงกว่าไปยังสิ่งที่มีความร้อนต่ำกว่า การวัดอุณหภูมิกระทำได้โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบของเหลวซึ่งมักจะเป็นแอลกอฮอล์หรือปรอทโดยอุณหภูมิเป็นคุณลักษณะทางกายภาพของน้ำอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญ เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำจะมีผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยาของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำโดยจะมีผลกระทบโดยตรงต่ออัตราการเติบโตของพืชน้ำและจุลินทรีย์รวมทั้งสัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ นอกจากนี้อุณหภูมียังมีผลในเชิงลบต่อปริมาณการละลายของก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศลงไปในน้ำ กล่าวคือ ถ้าอุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen; DO) จะลดน้อยลงและในทางกลับกันถ้าอุณหภูมิของน้ำต่ำก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศจะสามารถละลายลงไปในน้ำได้มากขึ้นทำให้มีปริมาณออกซิเจนละลายเพิ่มสูงขึ้นซึ่งมีผลให้พืชน้ำและจุลินทรีย์รวมทั้งสัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ ดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างดี นอกจากนี้อุณหภูมียังมีผลต่ออัตราการเร่งปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นในน้ำและมีผลต่อกลิ่นรวมทั้งรสของน้ำด้วย (ไพฑูรย์, 2525)

#### 2.3.4.3 ของแข็งละลายน้ำ

ของแข็งละลายน้ำ หมายถึง ปริมาณสารที่เหลือค้างอยู่ในสารละลายหลังจากการกรองน้ำตัวอย่างผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter) และทำการระเหยน้ำตัวอย่างออกจากถ้วยระเหย แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 103 – 105 °C แล้วนำไปปล่อยให้เย็นในตู้ดูดความชื้น รอให้แห้ง แล้วชั่งหาน้ำหนักของถ้วยระเหยอีกครั้ง น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น คือ ปริมาณสารที่ละลายได้ต่อปริมาตรตัวอย่างน้ำตัวอย่างที่ตวงมาระเหย

#### 2.3.4.4 ของแข็งแขวนลอย

ของแข็งแขวนลอย หมายถึง ปริมาณสารที่เหลือค้างอยู่บนกระดาษหลังจากการกรองน้ำตัวอย่างผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter) และทำการระเหยน้ำออกจากกระดาษกรองใยแก้วแล้ว (Evaporation) ขั้นตอนการกรองอาจเกิดข้อผิดพลาดง่าย ถ้าใช้ตัวอย่างน้อย ดังนั้น ควรใช้ตัวอย่างในการกรองให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ สารแขวนลอยมีประโยชน์มากสำหรับการวิเคราะห์น้ำไฮโครก เป็นค่าหนึ่งที่จะบอกถึงความสกปรกของน้ำเสียนั้น ตลอดจนบอกถึง

ประสิทธิภาพของหน่วยกำจัดน้ำเสียต่าง ๆ ค่าของของแข็งแขวนลอยจะเพิ่มขึ้นตามความสกปรกของน้ำนั้น (ปฏิบัติการอนามัยสิ่งแวดล้อม, 2557)

สุภาภรณ์ และเทอดพงษ์ (2552) ได้ศึกษาลักษณะน้ำเสียของอุตสาหกรรมฟอกย้อม มีปริมาณสารอินทรีย์สูงมีสาเหตุมาจากมีสีย้อม เส้นด้ายเส้นใย มีสภาพการเป็นกรด-ด่างและมีของแข็งละลายน้ำสูงเนื่องจากมีโซเดียมคลอไรด์ โซเดียมคาร์บอเนต มีการปนเปื้อนของสารเคมีแล้วแต่ชนิดที่ใช้ ซึ่งสรุปสมบัติของน้ำเสียโรงงานฟอกย้อมไว้ดังนี้

ตาราง 2.1 ลักษณะน้ำเสียอุตสาหกรรมฟอกย้อม

พารามิเตอร์	ช่วงค่า
COD	229 – 476 mg/L
BOD	89.3 – 202 mg/L
SS	24 – 55 mg/L
pH	7.95 – 9.76
ความเข้มข้นสี	17.8 – 379 mg/L as Pt-Co

#### 2.3.4.5 โทษของน้ำเสียฟอกย้อม

จรียา (2557) ได้ศึกษาคุณสมบัติของน้ำเสียฟอกย้อม เนื่องจากโรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อม ต้องใช้น้ำในปริมาณที่มาก หากน้ำเสียที่ผ่านการใช้งานจากโรงงานฟอกย้อมนั้นรั่วไหลออกสู่สิ่งแวดล้อม จะก่อให้เกิดอันตรายต่าง ๆ ดังตาราง 2.2



ตาราง 2.2 โทษของน้ำเสียฟอกย้อม

ผลของน้ำเสีย	ผลกระทบที่เกิดขึ้น
ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลง	<ul style="list-style-type: none"> <li>- สิ่งมีชีวิตในน้ำตายเนื่องจากขาดออกซิเจน</li> <li>- แหล่งน้ำไม่สามารถฟอกตัวเองได้ (Self Purification)</li> <li>- เกิดกลิ่นรบกวน</li> <li>- ไม่สามารถใช้แหล่งน้ำนั้นเพื่อประโยชน์ทางเศรษฐกิจได้</li> </ul>
สารเคมีบางตัวเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ</li> <li>- เกิดการสะสมในระบบนิเวศ (Bioaccumulation) หากสารนั้นเป็นสารที่ย่อยสลายยาก</li> <li>- เป็นอันตรายต่อชีวิตมนุษย์ในกรณีที่ได้รับสารโดยตรง หากบริโภคสัตว์น้ำที่ได้รับพิษเข้าไป และได้รับทางอ้อม</li> </ul>
pH	<ul style="list-style-type: none"> <li>- น้ำเสียที่มีค่า pH สูง หากปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยตรงจะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ โดยทั่วไปสิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีพอยู่ได้ในน้ำที่มีสภาวะเป็นกลาง</li> </ul>
อุณหภูมิ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ</li> <li>- ทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลง</li> <li>- เพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์</li> </ul>
ของแข็งละลายน้ำ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ของแข็งละลายน้ำได้บางตัวจะทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำเป็นโรคได้</li> <li>- ทำให้ไม่สามารถใช้แหล่งน้ำเพื่อประโยชน์ทางเศรษฐกิจได้</li> </ul>
สี	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ทำลายทัศนียภาพของแหล่งน้ำ</li> <li>- ทำให้ปริมาณแสงที่ส่องผ่านลงสู่แหล่งน้ำลดน้อยลง ส่งผลให้พืชน้ำไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง</li> </ul>
โลหะหนัก	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำเกิดโรค</li> <li>- โลหะหนักสะสมอยู่ในระบบนิเวศ</li> <li>- เป็นอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์</li> </ul>
ของแข็งแขวนลอย	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เพิ่มปริมาณสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำ</li> <li>- สามารถตกตะกอนทำให้แหล่งน้ำตื้นเขินได้</li> <li>- ทำลายทัศนียภาพแหล่งน้ำ</li> </ul>

## 2.4 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) เป็นกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่มีกำลังขยายสูงสุดประมาณ 10 nm การเตรียมตัวอย่างเพื่อที่จะดูด้วยเครื่อง SEM ทำได้โดยการตรึงตัวอย่างอิเล็กตรอนที่สะท้อนจากพื้นผิวหน้าของตัวอย่างที่ทำการสำรวจ เป็นภาพลักษณะของ 3 มิติ ดังนั้น เครื่อง SEM จึงถูกนำมาใช้ในการศึกษาสัณฐานและรายละเอียดของลักษณะพื้นผิวของตัวอย่าง เช่น ลักษณะพื้นผิวด้านนอกของเนื้อเยื่อและเซลล์ หน้าตัดของโลหะและวัสดุ เป็นต้น

ข้อดีของเครื่อง SEM คือภาพโครงสร้างที่เห็นจากเครื่อง SEM จะเป็นภาพลักษณะ 3 มิติ อีกทั้งวิธีการใช้งานเครื่อง SEM จะมีความรวดเร็วและใช้งานง่ายกว่าเครื่อง TEM มาก

### 2.4.1 หลักการทำงานของเครื่อง SEM

เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) จะประกอบด้วยแหล่งกำเนิดอิเล็กตรอนซึ่งทำหน้าที่ผลิตอิเล็กตรอนเพื่อป้อนให้กับระบบ โดยกลุ่มอิเล็กตรอนที่ได้จากแหล่งกำเนิดจะถูกเร่งด้วยสนามไฟฟ้า จากนั้นกลุ่มอิเล็กตรอนจะผ่านเลนส์รวบรวมรังสี (Condenser Lens) เพื่อให้กลุ่มอิเล็กตรอนกลายเป็นลำอิเล็กตรอน ซึ่งสามารถปรับให้ขนาดของลำอิเล็กตรอนใหญ่หรือเล็กได้ตามต้องการ หากต้องการภาพที่มีความคมชัดจะปรับให้ลำอิเล็กตรอนมีขนาดเล็ก หลังจากนั้นลำอิเล็กตรอนจะถูกปรับระยะโฟกัสโดยเลนส์ใกล้วัตถุ (Objective lens) ลงไปบนผิวชิ้นงานที่ต้องการศึกษา หลังจากลำอิเล็กตรอนถูกกราดลงบนชิ้นงานจะทำให้เกิดอิเล็กตรอนทุติยภูมิ (Secondary Electron) ขึ้น ซึ่งสัญญาณจากอิเล็กตรอนทุติยภูมินี้จะถูกบันทึก และแปลงไปเป็นสัญญาณทางอิเล็กทรอนิกส์และถูกนำไปสร้างเป็นภาพบนจอโทรทัศน์ต่อไป และสามารถบันทึกภาพจากหน้าจอโทรทัศน์ได้เลย (สถาบันนวัตกรรมและพัฒนาระบบการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2545)

## 2.5 หมู่ฟังก์ชันของสารประกอบอินทรีย์ (FT-IR)

เบญจพร (2556) ได้ศึกษาหลักการของเทคนิค Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้วิเคราะห์เพื่อตรวจสอบและศึกษาโครงสร้างของโมเลกุลของสารได้ทั้งในสถานะของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส โดยศึกษาแทรนซิชันของการสั่นหรือการหมุนของหมู่มฟังก์ชันของโมเลกุลของสารนั้น ๆ โดยเทคนิคนี้เกิดจากกระบวนการดูดกลืนช่วงคลื่นอินฟราเรดของโมเลกุล จึงเป็นการวัดการดูดกลืนคลื่นอินฟราเรดที่ทำให้เกิดการแทรนซิชันของการสั่นของโมเลกุลและมีผลต่อการสั่น (Vibration) ของพันธะภายในโมเลกุล เช่น เกิดการยืด-หดของพันธะ (Stretching Vibrations) หรือการโค้งงอของพันธะ (Bending Vibrations)

อินฟราเรดสเปกตรัมเป็นสเปกตรัมที่พล็อตระหว่างเลขคลื่น (Wave Number) ซึ่งมีหน่วยเป็น  $\text{cm}^{-1}$  กับค่าการดูดกลืนคลื่นอินฟราเรด หรือ %T ในการวิเคราะห์อินฟราเรดสเปกตรัมของสารตัวอย่าง การตรวจหาแถบการสั่นหรือพีคของหมู่มฟังก์ชันหลักในโครงสร้างของสารประกอบ

ที่อาจปรากฏในสเปกตรัมเป็นสิ่งสำคัญที่สุด พันธะต่างชนิดกันจะเกิดการ stretching ในช่วงความถี่ที่ต่างกัน ดังตาราง 2.3

ตาราง 2.3 อินฟราเรดสเปกตรัม

ชนิดของสารประกอบ	ช่วง wave number, $\text{cm}^{-1}$
Alkanes	2960-2850(s) stretch 1470-1350(v) scissoring และ bending
$\text{CH}_3$ Umbrella Deformation	1380(m-w)-doublet-isopropyl, t-butyl
Alkanes	3080-3020(m) stretch 1000-675(s) bend
Aromatic Rings	3100-3000(m) stretch
Phenyl Ring Substitution Bonds	870-675(s) bend
Phenyl Ring Substitution Overtones	2000-1600(w) – fingerprint region
Alkynes	3333-3267(s) stretch 700-610(b) bend
Alkenes	1680-1640(m,w) stretch
Alkynes	2260-2100(w,sh) stretch
Aromatic Rings	1600, 1500(w) stretch
Aldehyde. Ethers, Carboxylic Acids, Esters	1260-1000(s) stretch
Monomeric Alcohols, Phenols	3640-3160(s,br) stretch
Hydrogen Bonded Alcohols, Phenols	3600-3200(b) stretch
Carboxylic Acids	3000-2500(b) stretch
Amines	3500-3300(m) stretch 1650-1580(m) bend
Amines	1340-1020(m) stretch
Nitriles	2260-2220(v) stretch

## 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาสมบัติไส้กรองน้ำเซรามิกจากเถ้าอุตสาหกรรมเพื่อการบำบัดน้ำเสียฟอกย้อมมีการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

จิตติรัตน์ นูรมานี และนุรไอนี (2559) ได้ทำการวิจัยเรื่องสมบัติไส้กรองน้ำเซรามิกจากซีเถ้าไมยางพารา-ซีเถ้ากาบมะพร้าว การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาสมบัติของซีเถ้ากาบมะพร้าวและซีเถ้าไมยางพารา ที่มีผลต่อการเกิดรูพรุนของขึ้นตัวอย่างไส้กรองน้ำเซรามิก ซึ่งส่งผลต่ออัตราการกรองของน้ำ โดยเผาอบผนึกที่อุณหภูมิ 800 °C ขึ้นรูปขึ้นตัวอย่าง ด้วยวิธีการอัดลงในบล็อกตันแบบเป็นรูปทรงกระบอกให้มีขนาดความหนา 25.4 mm และเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 mm ทำการขึ้นรูป ไส้กรองน้ำโดยมีสัดส่วนของซีเถ้ากาบมะพร้าวหรือซีเถ้าไมยางพาราที่แตกต่างกัน 4 สูตร ร้อยละ 0, 20, 50 และ 80 ตามลำดับ และตรวจสอบคุณภาพของน้ำที่ผ่านการกรองจากไส้กรองน้ำจากซีเถ้ากาบมะพร้าวหรือซีเถ้าไมยางพาราพบว่าไส้กรองน้ำที่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสมนำมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ คือ ไส้กรองน้ำจากซีเถ้ากาบมะพร้าวที่มีสัดส่วนปริมาณของซีเถ้ากาบมะพร้าวที่ร้อยละ 50 และไส้กรองน้ำจากซีเถ้าไมยางพาราที่มีสัดส่วนปริมาณของซีเถ้าไมยางพาราที่ร้อยละ 80 ซึ่งน้ำที่ผ่านการกรองจากไส้กรองน้ำทั้ง 2 ชนิด มีคุณภาพของน้ำตามเกณฑ์มาตรฐาน เหมาะสำหรันำมาใช้เป็นไส้กรองน้ำสำหรับอุปโภคและบริโภค

ทนารัช (2557) ได้ทำการวิจัยเรื่องซีเถ้าแกลบแทนซิลิกาสำหรับการผลิตเซรามิก การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาอัตราส่วนผสมของซีเถ้าแกลบให้สามารถนำมาใช้แทนซิลิกาในขบวนการผลิตน้ำเคลือบ และเนื้อดินปั้นสำหรับการผลิตเซรามิก โดยกำหนดอัตราส่วนผสมเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 หาอัตราส่วนผสมของน้ำเคลือบจากการสุ่มจำนวนวัตถุดิบจากซีเถ้าแกลบ ดินขาวระนอง และหินฟันม้า จำนวน 36 อัตราส่วนผสม กลุ่มที่ 2 หาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นจากการสุ่มจำนวนวัตถุดิบจากซีเถ้าแกลบ ดินขาวระนอง หินเขียวหนุমানและหินฟันม้า จำนวน 16 อัตราส่วนผสม นำอัตราส่วนผสมทั้ง 2 กลุ่ม เผาที่อุณหภูมิ 1,200 °C กลุ่มที่ 2 คือ อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น เผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชั่น ศึกษาความสามารถในการขึ้นรูปและทดสอบคุณสมบัติหลังเผา ได้แก่ การหดตัว ความแข็งแรง การดูดซึมน้ำ ความหนาแน่น โดยพบว่า อัตราส่วนผสมที่ 1 เป็นอัตราส่วนผสมที่ดีที่สุด คือ สามารถขึ้นรูปโดยวิธีการหล่อแบบได้ดี มีความแข็งแรงสูงสุด 180.25 kg/cm<sup>2</sup> มีความหนาแน่นสูงสุด 2.24 g/cm<sup>3</sup> และมีการดูดซึมน้ำต่ำร้อยละ 1 นำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์โดยในการวิจัยครั้งนี้ ได้นำเคลือบที่เลือกจากกลุ่มที่ 1 ไปเคลือบเนื้อดินปั้นที่เลือกจากกลุ่มที่ 2 นอกจากนั้นยังได้นำเคลือบดังกล่าวไปทดลองเคลือบกับดินสำเร็จรูป พบว่า เคลือบสามารถเข้ากันได้ดีกับทั้งเนื้อดินปั้นที่ศึกษา และเนื้อดินปั้นสำเร็จรูป

สนิท (2557) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาไส้กรองน้ำเซรามิกจากเถ้าแกลบสำหรับใช้ประโยชน์ในครัวเรือน การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดลองสูตรส่วนผสมเนื้อดินไส้กรองน้ำเซรามิก โดยใช้เถ้าแกลบเป็นส่วนผสมและเพื่อทดลองผลิตไส้กรองน้ำเซรามิกสำหรับใช้ประโยชน์ในครัวเรือน โดยเผาทดลองที่อุณหภูมิ 1,050 °C ขึ้นรูปขึ้นงานด้วยวิธีการหล่อแบบพิมพ์ สูตรส่วนผสมคำนวณจาก

ตารางสี่เหลี่ยม ใช้วัตถุดิบ 4 ชนิด คือ เถ้าแกลบ ดินขาวลำปาง อะลูมินาและโดโลไมต์ ได้ส่วนผสมจำนวน 41 ตัวอย่าง ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน ก่อนเผาและหลังเผา ได้แก่ ความสามารถในการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบพิมพ์ การหดตัว ความแข็งแรง ความทนไฟ การดูดซึมน้ำ และสีของเนื้อดิน ผลการวิจัยพบว่าเถ้าแกลบมีคุณสมบัติเหมาะสม ใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินใส่กรองน้ำเซรามิกได้ ส่วนผสมที่เหมาะสม ได้แก่ สูตรที่ 26 ในส่วนผสมมีเถ้าแกลบร้อยละ 20 ดินขาวลำปางร้อยละ 30 โดโลไมต์ร้อยละ 30 อะลูมินาร้อยละ 20 เนื้อดินขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อแบบพิมพ์ได้ดี การหดตัวก่อนเผาเฉลี่ยร้อยละ 0.67 การหดตัวหลังเผาเฉลี่ยร้อยละ 1.22 ความแข็งแรงก่อนเผาเฉลี่ย  $1.90 \text{ kg/cm}^2$  ความแข็งแรงหลังเผาเฉลี่ย  $5.77 \text{ kg/cm}^2$  การดูดซึมน้ำเฉลี่ยร้อยละ 48 มีสีครีม สามารถทนไฟที่อุณหภูมิ  $1,050 \text{ }^\circ\text{C}$

อาปีเต็ง และคณะ (2560) ได้ทำการวิจัยเรื่องสมบัติวัสดุประสานจีโอพอลิเมอร์ดินขาวเผา เพื่องานซ่อมแซมผิวทางคอนกรีต การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาจีโอพอลิเมอร์มอร์ตาร์ที่เตรียมจากดินขาวเผา โซเดียมซิลิเกต ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) และโซเดียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{NaOH}$ ) เพื่อใช้เป็นวัสดุประสานในงานซ่อมแซมผิวทางคอนกรีต ที่ต้องการการแข็งตัวที่รวดเร็ว ให้สามารถเปิดใช้งานได้ภายในระยะเวลา 2.5 ชม. โดยทำการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ การทดสอบกำลังอัด การหดตัวแบบแห้ง และการขยายตัวเมื่อแช่ในสารละลายโซเดียมและแมกนีเซียมซัลเฟต ใช้อัตราส่วนน้ำต่อดินขาวเผาเท่ากับ 0.45, 0.55 และ 0.65 โดยน้ำหนัก และบ่มร้อนเป็นเวลานาน 0.5, 1, 2 และ 4 ชม. ที่อุณหภูมิ  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  ตัวอย่างทดสอบกำลังอัดบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2, 6, 24 ชม. 7 และ 28 วัน จากการทดสอบพบว่าจีโอพอลิเมอร์มอร์ตาร์ที่อัตราส่วนน้ำต่อดินขาวเผาเท่ากับ 0.45 อายุ 2.5 ชม. (บ่มร้อน 0.5 ชม. และบ่มที่อุณหภูมิห้อง 2 ชม.) ให้ค่ากำลังอัดเท่ากับ 37 เมกะพาสคัล

อัศนีย์ (2551) ได้ทำการวิจัยเรื่องคุณภาพดินเพื่ออุตสาหกรรมเซรามิก พบว่าในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินขาวจากจังหวัดกาญจนบุรี เชียงราย นราธิวาส ปราจีนบุรี ระนอง ลำปาง สุราษฎร์ธานี อุตรธานี อุตรดิตถ์ และจังหวัดอุทัยธานี พบว่าดินขาวจากจังหวัดลำปาง ระนอง นราธิวาส และจังหวัดสุราษฎร์ธานี มีปริมาณร้อยละขององค์ประกอบดังนี้  $\text{SiO}_2$  44.07-76.76  $\text{Al}_2\text{O}_3$  13.89-39.68 และ  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0.21-3.57 สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกที่ต้องการความขาวได้ ดินขาวจากจังหวัดกาญจนบุรี อุตรดิตถ์ และจังหวัดอุทัยธานี มีปริมาณร้อยละขององค์ประกอบ ดังนี้  $\text{SiO}_2$  51.41-77.56  $\text{Al}_2\text{O}_3$  12.26-32.26 และ  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0.54-3.77 สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องปูพื้นและบุผนัง ดินขาวจากจังหวัดเชียงราย มีปริมาณร้อยละขององค์ประกอบดังนี้  $\text{SiO}_2$  44.72-55.30  $\text{Al}_2\text{O}_3$  29.88-38.91 และ  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0.69-3.52 สามารถนำไปใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นในการทำเครื่องเคลือบดินเผาที่ต้องการความขาว

ฤดี (2555) ได้ทำการวิจัยเรื่องอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและเคลือบที่เหมาะสมต่อการผลิตของที่ระลึกเพื่อส่งเสริมคุณค่าการท่องเที่ยวของจังหวัดระนอง ผลการศึกษาพบว่าการทดลองอัตราส่วนผสมของเคลือบ พบว่า อัตราส่วนผสมของเคลือบที่เหมาะสมกับเนื้อดินปั้นมีอัตราส่วนผสมของดินขาวจังหวัดระนองร้อยละ 10 หินฟันม้าจังหวัดนครศรีธรรมราชร้อยละ 40 ทรายขาวจังหวัดสงขลาร้อยละ 30 หินปูนจังหวัดระนองร้อยละ 20 และใช้ซิงค์ออกไซด์ร้อยละ 10

เป็นวัตถุดิบเพิ่ม ภายหลังจากเผาที่อุณหภูมิ 1,230 °C บรรยากาศแบบ Oxidation พบว่าเคลือบมีลักษณะเป็นเคลือบใส ลักษณะผิวเคลือบมันแวววาว มีตำหนิชนิดเคลือบราน และรูเข็มเล็กน้อย

ภัทรา ศิริประภา และกลิ่นประทุม (2556) ได้ทำการวิจัยเรื่องการใช้สิ่งเศษเหลือทิ้งสำหรับบำบัดน้ำทิ้งสีย้อม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการศึกษาการดูดติดสีของน้ำทิ้งประเภทน้ำสีโดยใช้วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร 4 ประเภท คือ เศษกิ่งและเศษใบลำไยแห้ง เศษกิ่งและเศษใบมะม่วงแห้ง โดยเลือกทำการศึกษา 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาลักษณะสมบัติของวัสดุดูดซับ ขั้นตอนที่ 2 ทำการศึกษาหาระยะเวลา และปริมาณที่เหมาะสมต่อการดูดติดผิวของวัสดุดูดซับ ส่วนขั้นตอนที่ 3 คือ การหาประสิทธิภาพของวัสดุดูดซับ โดยเปรียบเทียบระหว่างไอโซเทอมแบบฟรุนดลิช และไอโซเทอมแบบแลงเมียร์ จากการศึกษาพบว่าวัสดุดูดซับทั้ง 4 ประเภท มีค่า pH และค่าร้อยละของคาร์บอนใกล้เคียงกัน คือ 5.7 – 6.8 และ 46.13 – 50.66 ระยะเวลาที่เหมาะสมในการดูดติดสีคือ 60, 90, 30 และ 90 นาที ตามลำดับ ค่าร้อยละของการกำจัดสีเฉลี่ย พบว่า มีค่าเท่ากับ 32, 41, 48 และ 56 ตามลำดับ ส่วนการหาประสิทธิภาพในการดูดติดสี พบว่า เศษกิ่งลำไยแห้ง เศษใบลำไยแห้ง และเศษกิ่งมะม่วงแห้งจะใช้ไอโซเทอมการดูดซับแบบแลงเมียร์อธิบายผลได้ดีกว่า ในขณะที่เศษใบมะม่วงแห้งใช้ไอโซเทอมการดูดซับแบบฟรุนดลิช อธิบายผลได้ดีกว่า ในส่วนประสิทธิภาพในการดูดซับสีน้ำทิ้งประเภทน้ำสี โดยพบว่าเศษใบมะม่วงแห้งจะมีประสิทธิภาพในการดูดซับสีดีกว่าวัสดุดูดซับประเภทอื่นที่ความเข้มข้นของสีสังเคราะห์ที่ 300 mg/L

นิวัตร (2545) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาดินแหล่งวัดตาปะขาวหาย เพื่อผลิตเครื่องปั้นดินเผา การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของดินจากแหล่งดินวัดตาปะขาวหาย จังหวัดพิษณุโลก เพื่อทดลองหาอัตราส่วนผสมระหว่าง ดินวัดตาปะขาวหายกับดินขาวลำปาง และเฟลด์สปาร์โดยศึกษาสมบัติทางกายภาพหลังการเผาที่อุณหภูมิ 800, 900, 1,000, 1,200 และ 1,250 °C และเพื่อทดลองขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาจากเนื้อดินปั้นที่อัตราส่วนผสมเหมาะสมที่สุด เผาที่อุณหภูมิ 800, 900, 1,000, 1,100, 1,200 หรือ 1,250 °C กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ เนื้อดินปั้นที่เกิดจากส่วนผสมของดินวัดตาปะขาวหายและดินขาวลำปาง และเฟลด์สปาร์ จำนวน 10 ส่วนผสม โดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง ผลการวิจัยพบว่าสมบัติทางกายภาพของดินวัดตาปะขาวหายก่อนการเผาค่าการหดตัวร้อยละ 5 ค่าความแข็งแรง 25.50 kg/cm<sup>2</sup> ภายหลังจากเผาค่าการหดตัว 800 °C มีค่าการหดตัวร้อยละ 6.00 และที่อุณหภูมิ 1,250 °C มีค่าการหดตัวร้อยละ 13.00 ที่อุณหภูมิ 800 °C ค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 20.50 ที่อุณหภูมิ 1,250 °C ค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 0.10 ที่อุณหภูมิ 800 °C ค่าความแข็งแรง 30.30 kg/cm<sup>2</sup> ที่อุณหภูมิ 1,250 °C มีค่าความแข็งแรง 165.40 kg/cm<sup>2</sup> สีภายหลังจากเผา เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นสีของเนื้อดินปั้นจะเข้มขึ้นโดยการเกิดสีตั้งแต่ น้ำตาลส้ม-น้ำตาลดำ และสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้น ภายหลังจากเผา ปรากฏว่าในอุณหภูมิ 800 °C ค่าการหดตัวร้อยละ 6.00-7.00 อุณหภูมิ 1,250 °C มีค่าการหดตัวร้อยละ 14.80-15.00 การดูดซึมน้ำที่อุณหภูมิ 800 °C ค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 18.30-20.40 ที่อุณหภูมิ 1,250 °C ค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 0.00-0.06 ค่าความแข็งแรงที่อุณหภูมิ 800 °C 32.92-37.38 kg/cm<sup>2</sup> ที่อุณหภูมิ 1,250 °C มีค่าความแข็งแรง 190-214 kg/cm<sup>2</sup>

สีภายหลังการเผา เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นสีของเนื้อดินปั้นจะเข้มขึ้นโดยการเกิดสีตั้งแต่น้ำตาลส้ม-น้ำตาลดำ ความเหมาะสมกับการขึ้นรูปทั้งวิธีหล่อและแป้นหมุนอยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก

ธิติมา (2554) ได้ทำการวิจัยเรื่องเนื้อดินสำหรับเตรียมอุปกรณ์กรองน้ำเซรามิกเพื่อกรองน้ำบริโภคโดยใช้กากดินรวมเป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มรูพรุนในเนื้อดิน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดลองเนื้อดินสำหรับเตรียมอุปกรณ์กรองน้ำเซรามิก เพื่อกรองน้ำบริโภค โดยใช้กากดินรวมเป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มรูพรุนในเนื้อดิน ที่อุณหภูมิ 700 °C ปริมาณกากดินรวมที่ผสมในเนื้อดิน คือ ร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 รวม 4 อัตราส่วนผสม ขึ้นรูปด้วยมือ จากการวิจัย พบว่า เนื้อดินจำนวน 4 อัตราส่วนผสม ทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพ 4 ด้าน คือ การหดตัว ความพรุนตัว การดูดซึมน้ำ และความแข็งแรง จากการทดสอบทางกายภาพ ผู้วิจัยคัดเลือกเนื้อดินที่มีค่าการดูดซึมน้ำของเนื้อดินที่มีค่ามากกว่าร้อยละ 20 และความพรุนตัวของเนื้อดินที่มีค่ามากกว่าร้อยละ 35 คือ อัตราส่วนผสมที่ 3 และ 4 และผู้วิจัยได้ทำการทดสอบ สมบัติทางกายภาพของเนื้อดินที่คัดเลือกเพิ่ม 1 ด้าน คือ ทดสอบอัตราการไหลของน้ำ จากการทดสอบ พบว่าอัตราส่วนผสมที่ 3 มีอัตราการไหลของน้ำเฉลี่ย 0.57 mm ในเวลา 7 ชั่วโมง และอัตรา ส่วนผสมที่ 4 มีอัตราการไหลของน้ำเฉลี่ย 0.71 mm ในเวลา 7 ชั่วโมง ผู้วิจัยได้แนวทางในการพัฒนาเนื้อดินจากการวิจัยครั้งนี้ เพื่อให้สามารถใช้งานในการกรองน้ำได้ 2 แนวทาง คือ การปรับสมบัติความพรุนตัวให้เพิ่มขึ้นในเนื้อดิน อัตราส่วนผสม 3 และ 4 โดยการเติมวัสดุที่สามารถเผาไหม้ได้ในกระบวนการเผาหรือการลดอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา จะสามารถปรับสมบัติความพรุนตัวของเนื้อดินให้เพิ่มขึ้นได้ และมีแนวโน้มที่สามารถเพิ่มอัตราการไหลของน้ำจากเนื้อดินที่ใช้ขึ้นรูปอุปกรณ์กรองน้ำเซรามิกได้

วุฒิ (2540) ได้ทำการวิจัยเรื่องการใช้สารเคมีเพนตันกำจัดสีและสารอินทรีย์ในน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม การวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงประสิทธิภาพของสารเคมีเพนตัน (ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ + เหล็ก) ในการกำจัดสีและสารอินทรีย์จากน้ำเสียจริงที่มีสีรีแอกทีฟจากโรงงานฟอกย้อมผ้าและด้ายฝ้าย การทดลองนี้มี 2 ขั้นตอน คือ การศึกษาการบำบัดน้ำเสียทางเคมีและการศึกษาการย่อยสลายด้วยกระบวนการทางชีวภาพ ในการศึกษาการบำบัดน้ำเสียทางเคมีพารามิเตอร์ที่ทำการศึกษา ได้แก่ ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 5 ระดับ คือ 0 (ชุดควบคุม), 200, 500, 800 และ 1200 mg/L อัตราส่วนโดยมวล (R) ระหว่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับเหล็ก 3 ระดับ คือ R = 5:1, R = 10:1, R = 20:1 และเวลาสัมผัส 3 ระดับคือ 60, 120, 180 นาที น้ำเสียที่นำมาใช้ในการทดลองมี 4 โทนสี คือ โทนสีดำ, โทนสีม่วง, โทนสีแดง, และโทนสีน้ำตาลอ่อน ซึ่งได้รับการเตรียมให้มีค่าซีโอดีประมาณ 600 mg/L เท่ากันทุกโทนสีจากการทดลองพบว่า เมื่อใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ปริมาณ 200 mg/L ที่อัตราส่วน R = 5:1 ในการบำบัดน้ำเสียโทนสีดำ, โทนสีแดง, โทนสีน้ำตาลอ่อน และที่อัตราส่วน R = 10:1 ในการบำบัดน้ำเสียโทนสีม่วง จะสามารถกำจัดสีได้สูงกว่าร้อยละ 80 และพบว่าเวลา 1 ชั่วโมง เพียงพอต่อการเกิดปฏิกิริยา

สุภาภรณ์ และเทอดพงศ์ (2015) ได้ทำการวิจัยเรื่องการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียปนเปื้อนสีสังเคราะห์จากโรงงานฟอกย้อมโดยใช้ระบบเยื่อกรองชีวภาพร่วมกับถ่านกัมมันต์ การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยใช้สีสังเคราะห์ที่มีลักษณะคล้ายน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมและใช้ชุดทดลองระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างระบบ MBR และ

MBR-PAC รวมถึงเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการเติม PAC แบบเติมครั้งเดียวและแบบต่อเนื่อง โดยทำการทดลอง 4 ชุดการทดลอง ได้แก่ 1) ไม่เติม PAC, 2) เติม PAC แบบเติมครั้งเดียวความเข้มข้น 1,000 mg/L, 3) เติม PAC แบบเติมครั้งเดียว ความเข้มข้น 2,000 mg/L และ 4) ทำการเติม PAC แบบต่อเนื่องลงในถังปฏิกรณ์ที่ 3 โดยควบคุมอายุ PAC เท่ากับ 50 วัน สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้ การเติม PAC ช่วยทำให้ประสิทธิภาพการบำบัด COD ซึ่งพบว่ามีประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับ 87.42 ( $\pm 9.14$ ), 91.23 ( $\pm 3.41$ ) และ 96.51 ( $\pm 1.59$ ) สำหรับระบบ MBR และ MBR-PAC ที่มีการเติม PAC 1,000 และ 2,000 mg/L ตามลำดับ สำหรับการบำบัดสีในการเดินระบบระยะยาวพบว่า การเติม PAC 2,000 mg/L มีประสิทธิภาพในการบำบัดสี 74.99 ( $\pm 6.04$ ) % ซึ่งได้ดีกว่ากรณีเติม PAC 1,000 mg/L และ ระบบ MBR ที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดสี 52.11 ( $\pm 6.94$ ) และ 47.61 ( $\pm 8.40$ ) % ตามลำดับ

อภิสิทธิ์ และสิริรัตน์ (2560) ได้ทำการวิจัยเรื่องการศึกษาระสิทธิภาพของวัสดุกรองจากถั่วเปลือกไข่ในการบำบัดสาร BHT และ BPA งานวิจัยนี้ได้ศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุกรองจากถั่วเปลือกไข่สำหรับการบำบัดสารบิวทิลไฮดรอกซี โทลูอิน และสารบิสฟีนอลเอ ด้วยการขึ้นรูปวัสดุกรองให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 47 mm ความหนา 5 mm และใช้อุณหภูมิในการเผา 750 °C ระยะเวลา 3 ชั่วโมง โดยสัดส่วนที่เหมาะสมสำหรับผลิตวัสดุกรอง (ดินเหนียว:ถั่วเปลือกไข่:น้ำ) คือ 47:47:6 43:51:6 และ 39:55:6 ตามลำดับ ซึ่งจากการวิเคราะห์คุณสมบัติของวัสดุกรองจากถั่วเปลือกไข่ เช่น การหดตัวของวัสดุกรองหลังการเผา ความสามารถในการยอมให้น้ำไหลผ่านได้ การดูดซึมน้ำ ความแข็งแรงและความหนาแน่นของวัสดุกรอง พบว่า วัสดุกรองจากถั่วเปลือกไข่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการเป็นวัสดุกรองส่วนการศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุกรองจากถั่วเปลือกไข่ในการบำบัดสารบิวทิลไฮดรอกซี โทลูอิน และสารบิสฟีนอลเอ โดยนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรมิเตอร์ (GC-MS) พบว่า วัสดุกรองจากถั่วเปลือกไข่สามารถบำบัดสารบิวทิลไฮดรอกซี โทลูอิน และสารบิสฟีนอลเอได้ประมาณร้อยละ 50 และร้อยละ 84 ตามลำดับ

ทัศนีย์ และจุฑามาศ (2560) ได้ทำการวิจัยเรื่องการศึกษาวัดดุจีโอพอลิเมอร์จากถั่วเปลือกไข่ไก่และถั่วไม่ยงพาราเพื่อใช้ในการบำบัดสาร BPA และ BHT งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาวัดดุจีโอพอลิเมอร์ที่ผลิตจากถั่วเปลือกไข่ไก่ และถั่วไม่ยงพาราเพื่อใช้บำบัดสารบิสฟีนอลเอ และบิวทิล ไฮดรอกซี โทลูอิน ในการศึกษาครั้งนี้ใช้สารละลายต่างเป็นสารเร่งปฏิกิริยา โดยใช้อัตราส่วนของของแข็งต่อสารละลายเท่ากับ 70:30 สำหรับอัตราส่วนของของแข็งต่อสารละลายที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ อัตราส่วน 88:12 อัตราส่วน 89:11 และอัตราส่วน 90:10 ตามลำดับ วัดดุจีโอพอลิเมอร์ถูกขึ้นรูปในแม่พิมพ์แบบกลม ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เท่ากับ 43 mm และใช้ระยะเวลาบ่ม 7 วัน การทดสอบวัดดุจีโอพอลิเมอร์จะทดสอบเกี่ยวกับ ค่าการดูดซึมน้ำ ค่าความหนาแน่น ค่าความสามารถในการยอมให้สารละลายไหลผ่าน และวิเคราะห์การบำบัดสารด้วยเครื่อง (GC-MS) ผลการศึกษา พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปวัดดุจีโอพอลิเมอร์จากถั่วเปลือกไข่ไก่และถั่วไม่ยงพารา คือ อัตราส่วน 88:12 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดสารบิสฟีนอลเอ และบิวทิล ไฮดรอกซี โทลูอิน มากที่สุด



## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการ

รูปแบบการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบทดลอง เพื่อศึกษาไส้กรองน้ำเซรามิคจาก ถ้ำอุตสาหกรรมเพื่อการบำบัดน้ำเสียฟอกย้อม ความสามารถในการกรองน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อม โดยศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมและประสิทธิภาพในการผลิตไส้กรองน้ำเซรามิคด้วยถ้ำอุตสาหกรรม ที่ผ่านการเผาขึ้นขั้นตอนการศึกษาดังนี้

#### 3.1 เครื่องมือที่ใช้

##### 3.1.1 วัสดุอุปกรณ์

- 3.1.1.1 ถ้ำอุตสาหกรรม
- 3.1.1.2 ดินขาว
- 3.1.1.3 สารละลายโซเดียมซิลิเกต ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ )
- 3.1.1.4 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{NaOH}$ )
- 3.1.1.5 น้ำเสียสังเคราะห์

##### 3.1.2 เครื่องมือ

- 3.1.2.1 เครื่องชั่งดิจิตอล 4 ตำแหน่ง
- 3.1.2.2 ตะแกรงร่อน
- 3.1.2.3 อุปกรณ์เครื่องแก้ว
- 3.1.2.4 เครื่องแกว่งสาร (Jar Test)
- 3.1.2.5 ชุดขึ้นรูป ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 cm ความสูง 6 cm
- 3.1.2.6 ชุดตัวกรอง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 cm ความสูง 15 cm
- 3.1.2.7 แม่แรงไฮดรอลิค 10 บาร์
- 3.1.2.8 เตาเผา
- 3.1.2.9 pH meter
- 3.1.2.10 TDS meter

## 3.2 วิธีการดำเนินงาน

### 3.2.1 การเตรียมอัตราส่วนการขึ้นรูปไส้กรองน้ำเซรามิค

#### 3.2.1.1 การเตรียมเถ้าอุตสาหกรรม

- 1) บดเถ้าอุตสาหกรรมและร่อนตะแกรงเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน
- 2) อบเถ้าอุตสาหกรรมที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ดังภาพ 3.1



ภาพ 3.1 เถ้าอุตสาหกรรม

#### 3.2.1.2 การเตรียมดินขาว

- 1) บดและร่อนดินขาวผ่านตะแกรงเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน
- 2) อบดินขาวที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ดังภาพ 3.2



ภาพ 3.2 ดินขาว

### 3.2.2 การเตรียมสารละลาย

- 1) ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 10 โมลาร์ 160 g ปรับปริมาตรเป็น 400 mL ดังภาพ 3.3
- 2) นำไปผสมในสารละลายโซเดียมซัลเฟต ปริมาตร 600 mL
- 3) จากนั้นกวนผสมสารโดยเครื่องแกว่งสารให้เข้ากันเป็นระยะเวลา 20 นาที และทิ้งไว้ให้สารทำปฏิกิริยาเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปใช้งาน ดังภาพ 3.4



ภาพ 3.3 การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์



ภาพ 3.4 การผสมสารละลายโซเดียมซัลเฟตและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

### 3.2.3 การเตรียมวัตถุดิบ

นำแก้วอุตสาหกรรมและดินขาวผสมสารละลายที่เตรียมไว้ ตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ ดังตาราง 3.1 และตาราง 3.2

ตาราง 3.1 อัตราส่วนวัตถุดิบต่อสารละลายโซเดียมซิลิเกตผสมโซเดียมไฮดรอกไซด์

วัตถุดิบ	อัตราส่วน
แก้วอุตสาหกรรม (g) : สารละลาย $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ผสม $\text{NaOH}$ (mL)	64 : 36
ดินขาว (g) : สารละลาย $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ผสม $\text{NaOH}$ (mL)	74 : 26

ตาราง 3.2 อัตราส่วนวัตถุดิบต่อสารละลายโซเดียมซิลิเกตผสมโซเดียมไฮดรอกไซด์จำนวน 10 สูตร

แก้วอุตสาหกรรม (g)	ดินขาว (g)	สารละลาย $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ผสม $\text{NaOH}$ (mL)
52	12	36
51	13	36
50	14	36
49	15	36
48	16	36
47	17	36
46	18	36
45	19	36
44	20	36
43	21	36

### 3.2.4 วิธีการเตรียมชิ้นรูปใส่กรองน้ำเซรามิก

เตรียมแก้วอุตสาหกรรมและดินขาว ผสมสารละลายที่เตรียมไว้ตามอัตราส่วนที่ได้ กำหนดไว้ กวนผสมให้เข้ากันเป็นระยะเวลา 5 นาทีจนเป็นเนื้อเดียวกันและทำการขึ้นรูปใส่กรองด้วย ชุดขึ้นรูป ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 cm ความสูง 5 cm ใช้ท่อ PVC สำหรับอัดจำนวน 10 ครั้ง ใช้แม่แรงไฮดรอลิก 10 บาร์ อัดขึ้นรูปให้มีความแน่น จากนั้นนำใส่กรองเซรามิกตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 5 วันและเผาที่อุณหภูมิ 700 800 และ 900 °C ตามลำดับ

### 3.3 การทดสอบคุณสมบัติไส้กรองน้ำเซรามิก

#### 3.3.1 การหาค่าการหดตัว (Shrinkage)

วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไส้กรองน้ำเซรามิกเผาที่อุณหภูมิ 700 800 และ 900 °C ตามลำดับ แล้วบันทึกผล คำนวณหาปริมาตรของไส้กรองน้ำเซรามิก (ธิติมา, 2555) คำนวณได้จากสมการ 3.1

$$\text{ค่าการหดตัว (\%)} = \frac{\text{เส้นผ่านศูนย์กลางก่อนการเผา} - \text{เส้นผ่านศูนย์กลางหลังการเผา}}{\text{เส้นผ่านศูนย์กลางก่อนการเผา}} \times 100 \quad (3.1)$$



ภาพ 3.5 การหาค่าการหดตัว

### 3.3.2 การทดสอบความต้านการอัด (Compressive Strength Test)

นำไส้กรองน้ำเซรามิก เเผาที่อุณหภูมิ 700 800 และ 900 °C ไปทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความต้านการอัด แล้วบันทึกผลการทดลอง (Tang Ali and Chow, 2014) คำนวณได้จากสมการ 3.2

$$\text{ค่าความต้านการอัด (KN/cm}^3\text{)} = \frac{\text{น้ำหนักแรงกด (KN)}}{\text{พื้นที่หน้าตัด (cm}^3\text{)}} \quad (3.2)$$



ภาพ 3.6 การทดสอบหาความต้านการอัด

### 3.3.3 การหาค่าการดูดซึมน้ำ (Water Adsorption)

อบไส้กรองด้วยอุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมงและชั่งน้ำหนักของไส้กรองน้ำเซรามิกหลังอบ จดบันทึกค่าที่ได้ หลังจากนั้นทำการแช่ไส้กรองน้ำเซรามิกในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำไส้กรองน้ำเซรามิกขึ้นจากน้ำ ใช้กระดาษทิชชูซับน้ำที่ผิวของไส้กรองและทำการชั่งน้ำหนักอีกครั้ง จดบันทึกค่าที่ได้ (ธิติมา, 2555) คำนวณได้จากสมการ 3.3

$$\text{ค่าการดูดซึมน้ำ (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักเปียก} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักแห้ง}} \times 100 \quad (3.3)$$



ภาพ 3.7 การหาค่าการดูดซึมน้ำ

### 3.3.4 การหาค่าความหนาแน่น (Density)

หาน้ำหนักของไส้กรองน้ำเซรามิกและบันทึกผล (อิติมา, 2555) คำนวณค่าความหนาแน่นได้จากสมการ 3.4

หาปริมาตรของไส้กรองน้ำเซรามิกโดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของไส้กรองน้ำเซรามิก คำนวณได้จากสมการ 3.5

$$D = M / V \quad (3.4)$$

เมื่อ  $D$  = ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)  
 $M$  = น้ำหนักของชิ้นงาน (กรัม)  
 $V$  = ปริมาตรรวมชิ้นงาน (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

$$V = \pi r^2 h \quad (3.5)$$

เมื่อ  $V$  = ปริมาตรรวมของชิ้นงาน (ลูกบาศก์เซนติเมตร)  
 $r$  = รัศมี (เซนติเมตร)  
 $h$  = ความสูง (เซนติเมตร)

### 3.3.5 การหาความสามารถในการยอมให้น้ำไหลผ่านได้ (Permeate Flux)

นำไส้กรองน้ำเซรามิคทดสอบการกรองโดยใช้กรองน้ำและน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมที่ปริมาตร 1,000 และ 200 mL พร้อมจับเวลาในการไหลของน้ำ (อิติมา, 2555) คำนวณได้จากสมการ 3.6

$$J = V / AT \quad (3.6)$$

เมื่อ  $V$  = ปริมาณน้ำที่ผ่านการกรอง (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

$A$  = พื้นที่ตัวกรอง (ตารางเซนติเมตร)

$T$  = เวลา (นาที)



ภาพ 3.8 ชุดทดสอบการกรอง



### 3.4 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์

#### 3.4.1 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อม

- 1) ชั่งผงย้อมผ้า 2.5 g
- 2) ผสมด้วยน้ำร้อนให้ผงย้อมผ้าละลายและปรับปริมาตรเป็น 1,000 mL ดังภาพ 3.9



ก) การปรับปริมาตร



ข) น้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อม

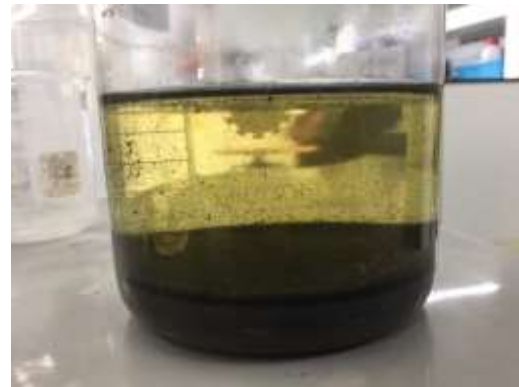
ภาพ 3.9 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อม

#### 3.4.2 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมจากการตกตะกอนโดยเก้าอุตสาหกรรม

- 1) เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อม ตามวิธีการใน 3.4.1
- 2) ชั่งเก้าอุตสาหกรรม 50 g
- 3) นำน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อม 1,000 mL ผสมเก้าอุตสาหกรรม 50 g
- 4) จากนั้นใช้เครื่องแกว่งสาร (Jar Test) กวนเร็ว 100 รอบ/นาที และกวนช้า 50 รอบ/นาที จากนั้นรอตตะกอน ดังภาพ 3.10



ก) การกรอง



ข) การตกตะกอน

ภาพ 3.10 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมจากการตกตะกอน  
น้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมด้วยเถ้าอุตสาหกรรม



## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

#### 4.1 ผลการวิเคราะห์ไส้กรองน้ำเซรามิคจากเถ้าอุตสาหกรรมและดินขาว

ผลจากการขึ้นรูปไส้กรองน้ำเซรามิคจากเถ้าอุตสาหกรรมโดยเผาที่อุณหภูมิ 700 °C เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง จากการสังเกตพบว่า เถ้าอุตสาหกรรม (g): $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{NaOH}$  (mL) ในอัตราส่วน 64 : 36 ชิ้นงานมีลักษณะแตกเป็นผงละเอียด ไม่สามารถกรองน้ำได้ และผลจากการขึ้นรูปไส้กรองน้ำเซรามิคจากดินขาวโดยเผาที่อุณหภูมิ 700 °C เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง จากการสังเกตพบว่า ดินขาว (g) :  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{NaOH}$  (mL) ในอัตราส่วน 74 : 26 ตัวชิ้นงานมีลักษณะพอง เกิดการปะทุขึ้นทำให้เกิดการแตกหัก ดังตาราง 4.1

ตาราง 4.1 ลักษณะของไส้กรองน้ำเซรามิคที่ผสมด้วยอัตราส่วนวัตถุดิบต่อสารละลายโซเดียมซิลิเกตผสมโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่แตกต่างกัน

สูตร	ลักษณะทางกายภาพ	ผลการสังเกต
เถ้าอุตสาหกรรม (g) : $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{NaOH}$ (mL)  64 : 36	มีลักษณะแตกเป็น ผงละเอียด ไม่สามารถกรองน้ำได้	
ดินขาว (g) : $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{NaOH}$ (mL)  74 : 26	มีลักษณะพองเกิดการปะทุ ทำให้เกิดการแตกหัก	

## 4.2 ผลการวิเคราะห์ไส้กรองน้ำเซรามิกจากถ้ำอุตสาหกรรมจำนวน 10 สูตร

ผลจากการขึ้นรูปไส้กรองน้ำเซรามิกจากถ้ำอุตสาหกรรมจำนวน 10 สูตร เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปไส้กรองน้ำเซรามิกจากถ้ำอุตสาหกรรม เผาที่อุณหภูมิ 700 °C เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมงและทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

### 4.2.1 ลักษณะของไส้กรองน้ำเซรามิก

#### 4.2.2 ค่าการหดตัว

#### 4.2.3 ค่าการดูดซึมน้ำ






### 4.2.1 ลักษณะของไส้กรองน้ำเซรามิก

ผลจากการขึ้นรูปไส้กรองน้ำเซรามิกจากถ้ำอุตสาหกรรมจำนวน 10 สูตร สังเกตพบว่า สูตรที่ 1-4 มีอัตราส่วนถ้ำอุตสาหกรรม ร้อยละ 49-52 มีอัตราส่วนดินขาวร้อยละ 12-15 ขึ้นงานเกิดการแตกร้าว ตัวขึ้นงานมีสีชมพู สูตรที่ 5-7 มีอัตราส่วนถ้ำอุตสาหกรรมร้อยละ 46-48 มีอัตราส่วนดินขาวร้อยละ 16-18 ตัวขึ้นงานเกิดการแตกร้าวเพียงเล็กน้อย บางชิ้นไม่มีรอยร้าว ตัวขึ้นงานมีสีขาวเหลืองและสูตรที่ 8-10 มีอัตราส่วนถ้ำอุตสาหกรรมร้อยละ 43-45 มีอัตราส่วนดินขาวร้อยละ 19-21 ตัวขึ้นงานเกิดรอยร้าวและมีรอยแตกบริเวณผิวหน้าและขอบของชิ้นงาน ดังตาราง 4.2


ตาราง 4.2 ลักษณะของไส้กรองน้ำเซรามิกจากถ้ำอุตสาหกรรมจำนวน 10 สูตร

สูตร ถ้ำอุตสาหกรรม (g) : ดินขาว (g) : Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> + NaOH (mL)	การสังเกต	ลักษณะทางกายภาพ
52:12:36	เกิดรอยร้าว มีสีชมพู	
51:13:36	เกิดรอยร้าว มีสีชมพู	

ตาราง 4.2 ลักษณะของไส้กรองน้ำเซรามิคจากเถ้าอุตสาหกรรมจำนวน 10 สูตร (ต่อ)

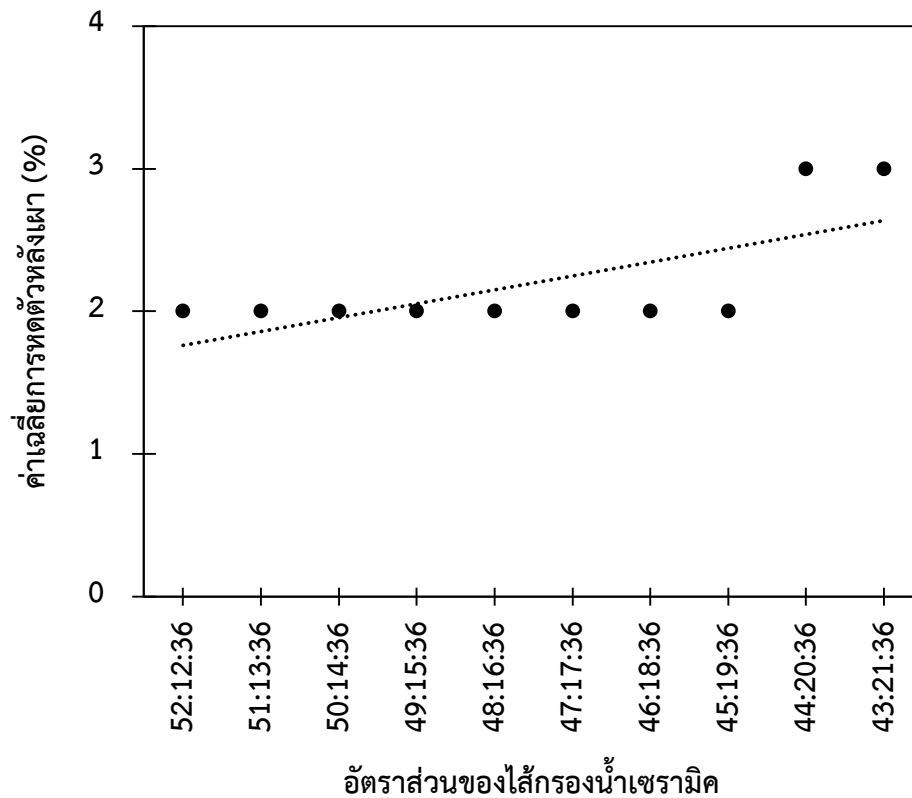
สูตร เถ้าอุตสาหกรรม (g) : ดินขาว (g) : $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ + NaOH (mL)	การสังเกต	ลักษณะทางกายภาพ
50:14:36	เกิดรอยร้าว มีสีชมพู	
49:15:36	เกิดรอยร้าว มีสีชมพู	
48:16:36	เกิดรอยร้าว มีสีขาวเหลือง	
47:17:36	เกิดรอยร้าวเล็กน้อย มีสีขาวเหลือง	
46:18:36	ไม่เกิดรอยร้าว มีสีขาวเหลือง	

ตาราง 4.2 ลักษณะของไส้กรองน้ำเซรามิคจากเถ้าอุตสาหกรรมจำนวน 10 สูตร (ต่อ)

สูตร เถ้าอุตสาหกรรม (g) : ดินขาว (g) : $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ + NaOH (mL)	การสังเกต	ลักษณะทางกายภาพ
45:19:36	เกิดรอยร้าว มีสีขาวเหลือง	
44:20:36	เกิดรอยร้าวเล็กน้อย มีสีขาวเหลือง	
43:21:36	เกิดรอยร้าวเล็กน้อย มีสีขาวเหลือง	

#### 4.2.2 ค่าการหดตัว

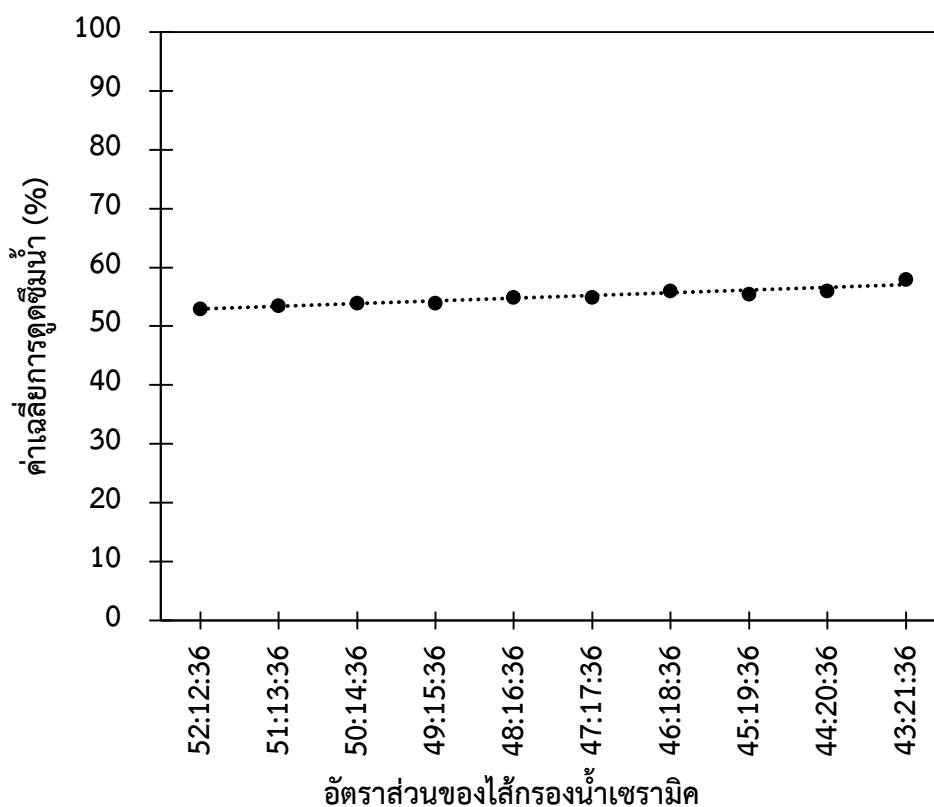
จากการศึกษาค่าการหดตัวของไส้กรองน้ำเซรามิคจากถ้ำอุตสาหกรรม พบว่า ภายหลังจากเผาที่อุณหภูมิ 700 °C เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง สูตรที่ 1-8 มีค่าการหดตัวเฉลี่ยร้อยละ 2 ส่วนสูตรที่ 9-10 มีค่าการหดตัวเฉลี่ยร้อยละ 3 มีเส้นแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ดังภาพ 4.1



ภาพ 4.1 ค่าเฉลี่ยการหดตัวของไส้กรองน้ำเซรามิคจากถ้ำอุตสาหกรรมจำนวน 10 สูตร

### 4.2.3 ค่าการดูดซึมน้ำ

จากการศึกษาค่าการดูดซึมน้ำของไส้กรองน้ำเซรามิกจากเก้าอุตสาหกรรม พบว่า สูตรที่ 1-3 มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยน้อยที่สุดร้อยละ 53-54 สูตรที่ 4-8 มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยปานกลางร้อยละ 55-56 และสูตรที่ 9-10 มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยสูงสุดร้อยละ 58 ดังภาพ 4.2



ภาพ 4.2 ค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำของไส้กรองน้ำเซรามิกจากเก้าอุตสาหกรรมจำนวน 10 สูตร

ผลจากการขึ้นรูปของไส้กรองน้ำเซรามิกจากเก้าอุตสาหกรรมจำนวน 10 สูตร สังเกตพบว่า สูตรที่ 7 คือ เก้าอุตสาหกรรม (g) : ดินขาว (g) :  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  + NaOH (mL) มีอัตราส่วน 46:18:36 ลักษณะของไส้กรองเซรามิก ไม่เกิดรอยร้าว มีสีขาวเหลือง จึงเกิดรูพรุนขนาดเล็ก มีค่าการหดตัวเฉลี่ยร้อยละ 2 และค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยปานกลางร้อยละ 56 โดยค่าการหดตัวหลังการเผาที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณวัตถุดิบในอัตราส่วนผสมของไส้กรองน้ำเซรามิกจากเก้าอุตสาหกรรม คือ เมื่อปริมาณดินขาวมาก ค่าการหดตัวของไส้กรองน้ำเซรามิกจะสูงสอดคล้องกับการดูดซึมน้ำ เมื่อค่าการหดตัวสูงจะส่งผลให้การดูดซึมน้ำต่ำ เนื่องจากอนุภาคไส้กรองน้ำเซรามิกจากเก้าอุตสาหกรรมเรียงตัวกันแน่น ส่งผลให้มีค่าความหนาแน่นสูงและมีค่าความต้านการอัดสูง จึงคัดเลือกสูตรที่ 7 เพื่อนำไปเผาที่อุณหภูมิ 700 800 และ 900 °C เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมงและทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ



### 4.3 ผลการวิเคราะห์ไส้กรองน้ำเซรามิกจากถ้ำอุตสาหกรรม สูตรที่ 7

ผลจากการขึ้นรูปไส้กรองน้ำเซรามิกจากถ้ำอุตสาหกรรม สูตรที่ 7 เเผาที่อุณหภูมิ 700 800 และ 900 °C เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมงและทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

#### 4.3.1 ลักษณะของไส้กรองน้ำเซรามิก

#### 4.3.2 ค่าการหดตัว

#### 4.3.3 ค่าความต้านการอัด

#### 4.3.4 ค่าการดูดซึมน้ำ

#### 4.3.5 ค่าความหนาแน่น

#### 4.3.6 ค่าความสามารถในการยอมให้น้ำไหลผ่าน

#### 4.3.7 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ




4.3.8 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

#### 4.3.9 ผลการวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบอินทรีย์ (FT-IR)

#### 4.3.1 ลักษณะของไส้กรองน้ำเซรามิก

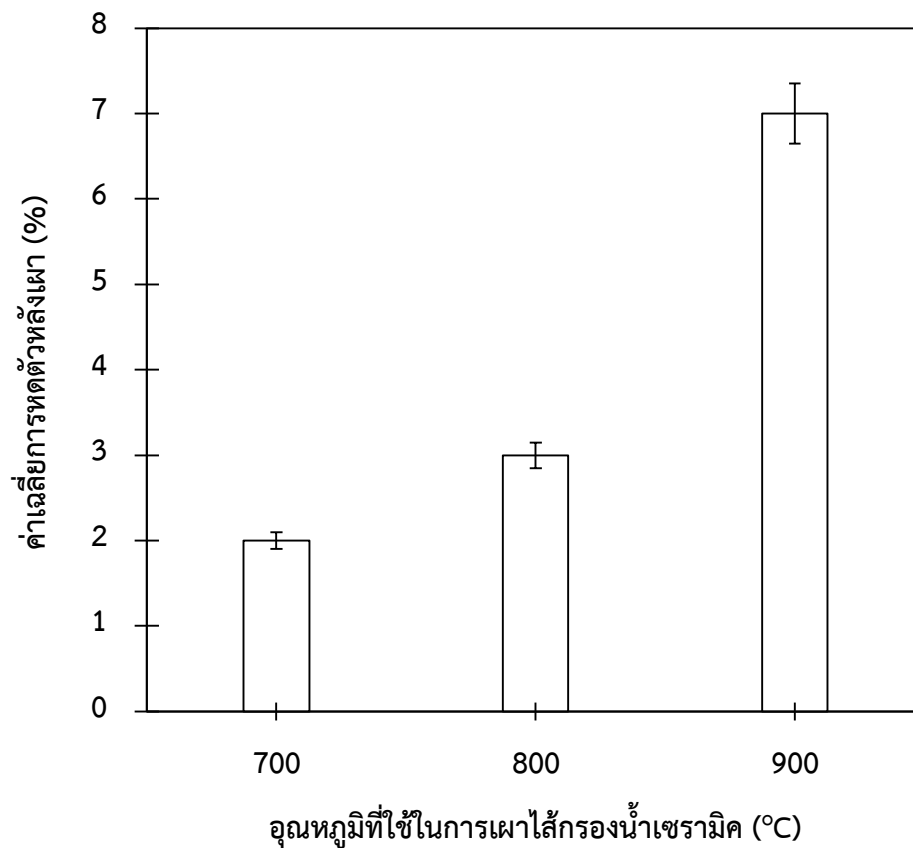
ผลจากการขึ้นรูปไส้กรองน้ำเซรามิกจากถ้ำอุตสาหกรรมสูตรที่ 7 ถ้ำอุตสาหกรรม (g) : ดินขาว (g) :  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  + NaOH (mL) ในอัตราส่วน 46:18:36 โดยเผาที่อุณหภูมิ 700 800 และ 900 °C เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง จากการสังเกตพบว่า เเผาที่อุณหภูมิ 700 °C ขึ้นงานมีลักษณะไม่เกิดรอยร้าว มีสีเหลือง เเผาที่อุณหภูมิ 800 °C ขึ้นงานมีลักษณะไม่เกิดรอยร้าว มีสีขาว และเผาที่อุณหภูมิ 900 °C ขึ้นงานมีลักษณะไม่เกิดรอยร้าว มีสีน้ำตาลอ่อน ดังตาราง 4.3

ตาราง 4.3 ลักษณะของไส้กรองน้ำเซรามิคจากเถ้าอุตสาหกรรม สูตรที่ 7

สูตร เถ้าอุตสาหกรรม (g) : ดินขาว (g) : Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> + NaOH (mL)	อุณหภูมิของการเผา ไส้กรองน้ำเซรามิค (°C)	การสังเกต	ลักษณะทางกายภาพ
46:18:36	700	ไม่เกิดรอยร้าว มีสีขาวยืด	
46:18:36	800	ไม่เกิดรอยร้าว มีสีขาว	
46:18:36	900	ไม่เกิดรอยร้าว มีสีน้ำตาลอ่อน	

#### 4.3.2 ค่าการหดตัว

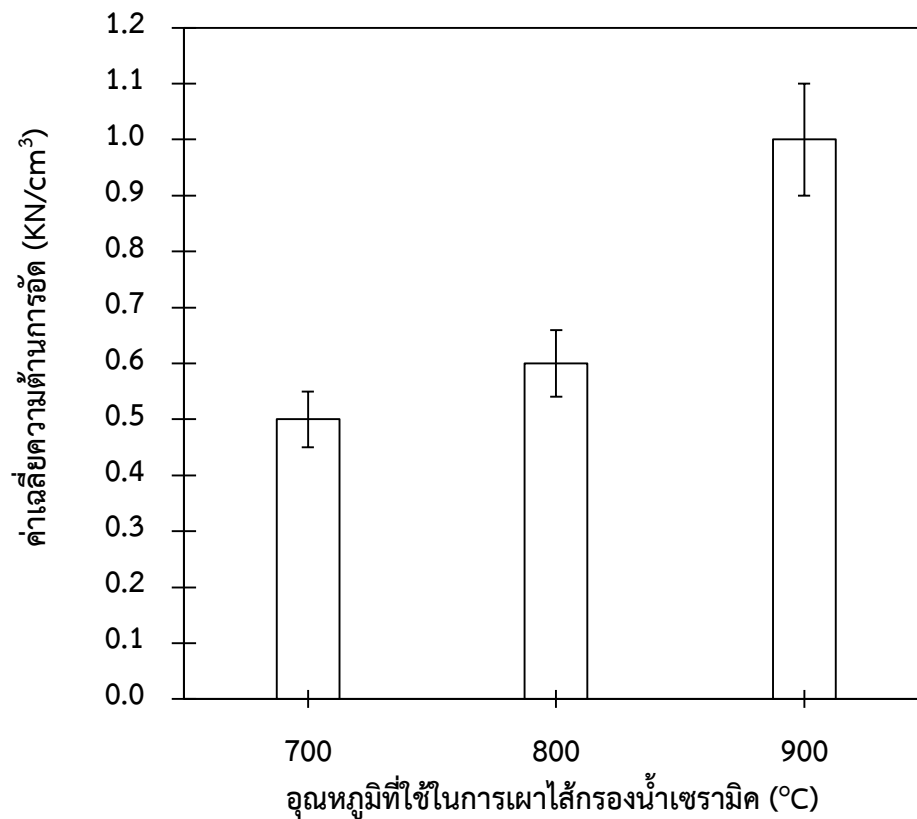
จากการศึกษาค่าการหดตัวของไส้กรองน้ำเซรามิกจากถ้ำอุตสาหกรรม พบว่า ภายหลังจากเผาที่อุณหภูมิ 700 °C มีค่าการหดตัวเฉลี่ยน้อยที่สุดที่ร้อยละ 2 เเผาที่อุณหภูมิ 800 °C มีค่าการหดตัวเฉลี่ยปานกลางที่ร้อยละ 3 และเผาที่อุณหภูมิ 900 °C มีค่าการหดตัวเฉลี่ยมากที่สุดที่ร้อยละ 7 ตามลำดับ ดังภาพ 4.3



ภาพ 4.3 ค่าเฉลี่ยการหดตัวของไส้กรองน้ำเซรามิกจากถ้ำอุตสาหกรรม สูตรที่ 7

### 4.3.3 ค่าความต้านการอัด

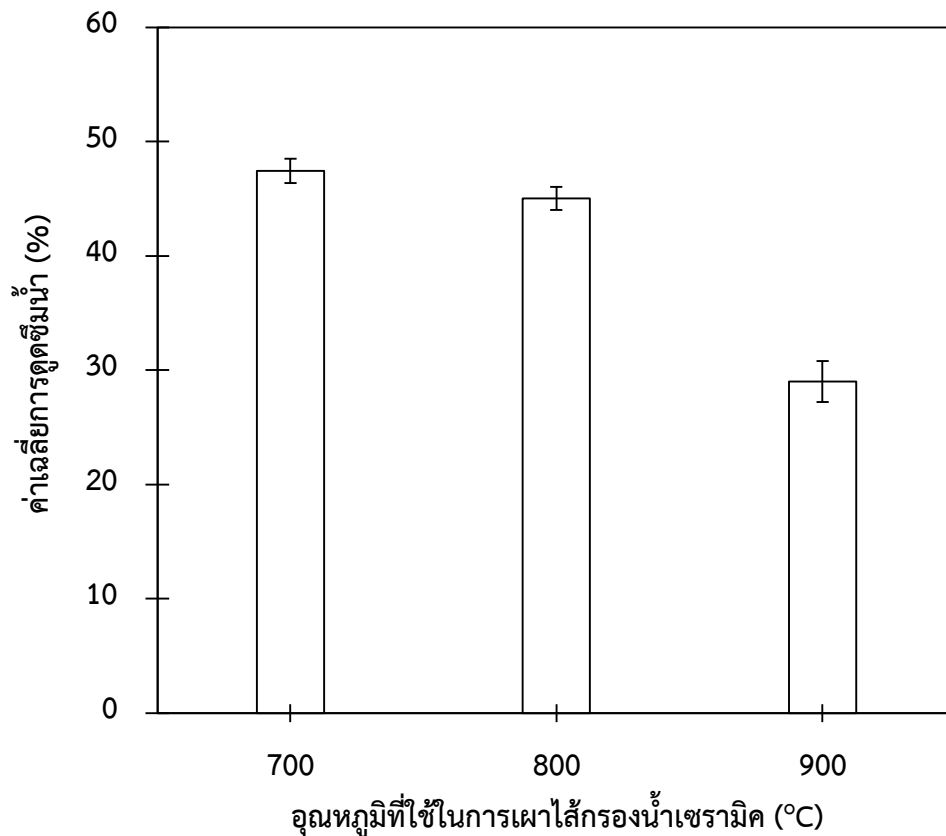
จากการศึกษาค่าความต้านการอัดของไส้กรองน้ำเซรามิกจากถ้ำอุตสาหกรรม สูตรที่ 7 พบว่า เเผที่อุณหภูมิ 700 °C มีค่าเฉลี่ยความต้านการอัดน้อยสุด 0.5 KN/cm<sup>3</sup> เเผที่อุณหภูมิ 800 °C มีค่าเฉลี่ยความต้านการอัดปานกลาง 0.6 KN/cm<sup>3</sup> และเเผที่อุณหภูมิ 900 °C มีค่าเฉลี่ยความต้านการอัดมากที่สุด 1 KN/cm<sup>3</sup> ตามลำดับ ดังภาพ 4.4



ภาพ 4.4 ค่าเฉลี่ยความต้านการอัดของไส้กรองน้ำเซรามิกจากถ้ำอุตสาหกรรม สูตรที่ 7

#### 4.3.4 ค่าการดูดซึมน้ำ

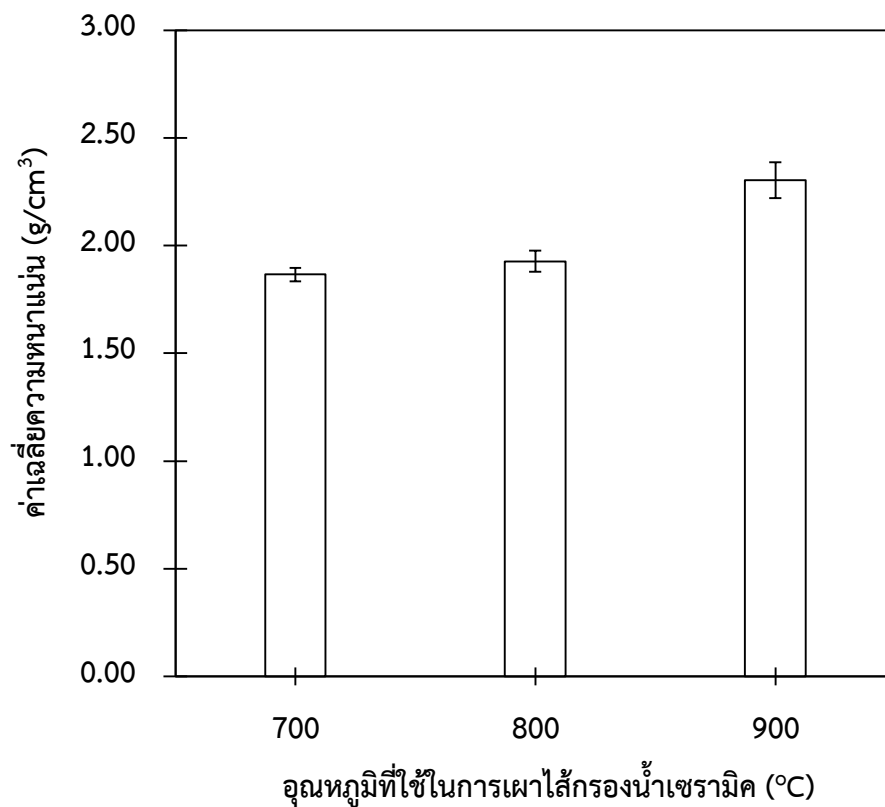
จากการศึกษาค่าการดูดซึมน้ำของไส้กรองน้ำเซรามิกจากถ้ำอุตสาหกรรม พบว่า เเผที่อุณหภูมิ 700 °C มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยมากที่สุดร้อยละ 47 รองมาคือ เเผที่อุณหภูมิ 800 °C มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยปานกลางร้อยละ 45 และเเผที่อุณหภูมิ 900 °C มีค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ยน้อยที่สุดร้อยละ 29 ดังภาพ 4.5



ภาพ 4.5 ค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำของไส้กรองน้ำเซรามิกจากถ้ำอุตสาหกรรม สูตรที่ 7

#### 4.3.5 ค่าความหนาแน่น

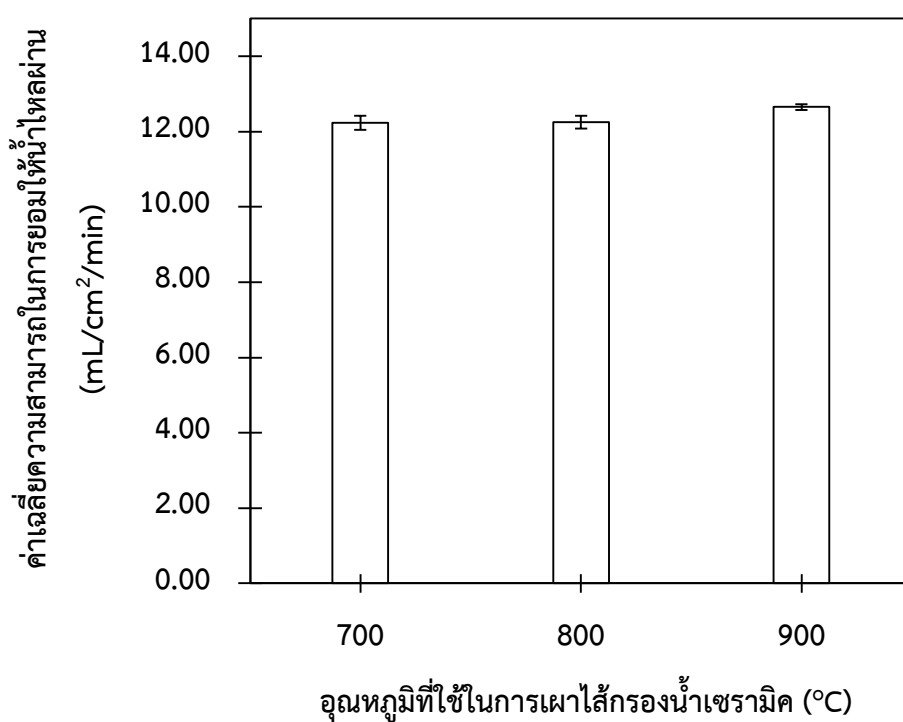
จากการศึกษาค่าความหนาแน่นของไส้กรองน้ำเซรามิกจากถ้ำอุตสาหกรรม พบว่า เเผที่อุณหภูมิ 900 °C มีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นมากที่สุด 2.30 g/cm<sup>3</sup> เเผที่อุณหภูมิ 800 °C มีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นปานกลาง 1.93 g/cm<sup>3</sup> และเเผที่อุณหภูมิ 700 °C มีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นน้อยที่สุด 1.87 g/cm<sup>3</sup> ดังภาพ 4.6



ภาพ 4.6 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของไส้กรองน้ำเซรามิกจากถ้ำอุตสาหกรรม สูตรที่ 7

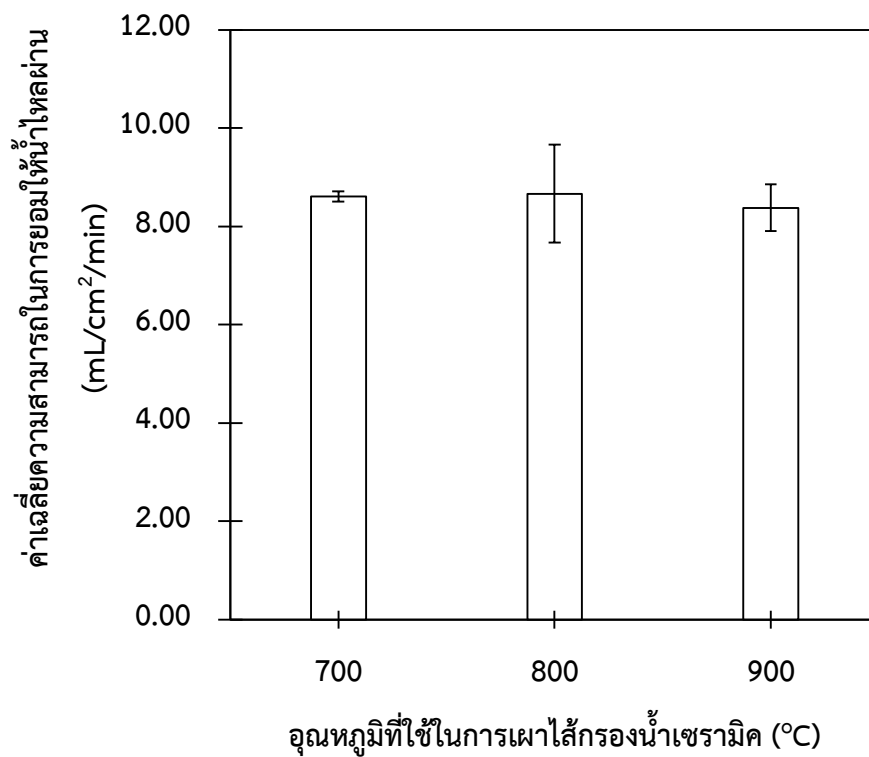
#### 4.3.6 ค่าความสามารถในการยอมให้น้ำไหลผ่าน

จากการศึกษาค่าความสามารถในการยอมให้น้ำไหลผ่านของไส้กรองน้ำเซรามิกจาก ถ้ำอุตสาหกรรม กรองด้วยน้ำ ปริมาตร 1,000 mL พบว่า การเผาที่อุณหภูมิ 700 °C มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดร้อยละ 12.24 mL/cm<sup>2</sup>/min ส่วนการเผาที่อุณหภูมิ 800 °C มีค่าเฉลี่ยปานกลางที่ร้อยละ 12.25 mL/cm<sup>2</sup>/min และการเผาที่อุณหภูมิ 900 °C มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ร้อยละ 12.66 mL/cm<sup>2</sup>/min ดังภาพ 4.7



ภาพ 4.7 ค่าเฉลี่ยความสามารถในการยอมให้น้ำไหลผ่าน

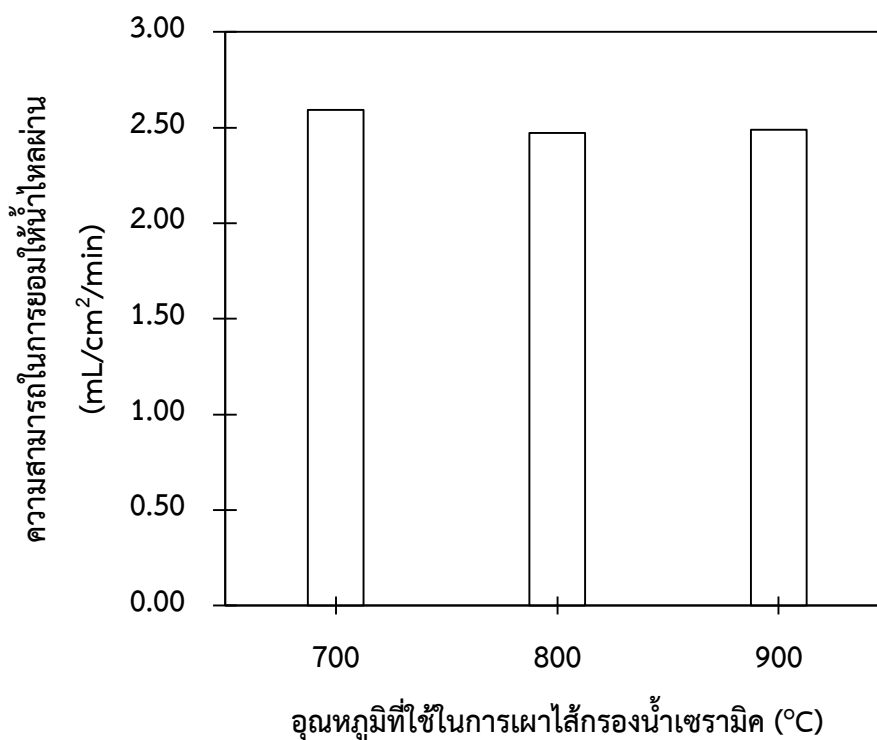
จากการศึกษาค่าความสามารถในการยอมให้น้ำเสียสังเคราะห์พอกยอมไหลผ่านของไส้กรองน้ำเซรามิกจากถ้ำอุตสาหกรรม พบว่า การเผาที่อุณหภูมิ 900 °C มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดร้อยละ 8.38 mL/cm<sup>2</sup>/min ส่วนการเผาที่อุณหภูมิ 800 °C มีค่าเฉลี่ยปานกลางร้อยละ 8.61 mL/cm<sup>2</sup>/min และการเผาที่อุณหภูมิ 700 °C มีเฉลี่ยมากที่สุดร้อยละ 8.67 mL/cm<sup>2</sup>/min ดังภาพ 4.8



ภาพ 4.8 ค่าเฉลี่ยความสามารถในการยอมให้น้ำเสียสังเคราะห์พอกยอมไหลผ่าน



จากการศึกษาค่าความสามารถในการยอมให้น้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมจากการตกตะกอน น้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมด้วยเถ้าอุตสาหกรรมไหลผ่านไส้กรองน้ำเซรามิคจากเถ้าอุตสาหกรรม พบว่า การเผาที่อุณหภูมิ 700 °C มีค่ามากที่สุดร้อยละ 2.59 mL/cm<sup>2</sup>/min ส่วนการเผาที่อุณหภูมิ 800 °C มีค่าปานกลางร้อยละ 2.47 mL/cm<sup>2</sup>/min และการเผาที่อุณหภูมิ 900 °C มีค่าน้อยที่สุด ร้อยละ 2.49 mL/cm<sup>2</sup>/min ดังภาพ 4.9



ภาพ 4.9 ค่าความสามารถในการยอมให้น้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อม จากการตกตะกอนน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมด้วยเถ้าอุตสาหกรรมไหลผ่าน

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติของไส้กรองน้ำเซรามิคจากเถ้าอุตสาหกรรม สูตรที่ 7 เผาที่อุณหภูมิ 800 °C พบว่า มีค่าการหดตัวเฉลี่ยปานกลางร้อยละ 3 ค่าเฉลี่ยความต้านการอัด ปานกลาง 0.6 KN/cm<sup>3</sup> ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยปานกลาง 1.93 g/cm<sup>3</sup> ค่าการดูดซึมน้ำเฉลี่ย ปานกลางร้อยละ 45 ค่าความสามารถในการยอมให้น้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมไหลผ่าน ค่าเฉลี่ยปานกลางที่ร้อยละ 8.61 mL/cm<sup>2</sup>/min และค่าความสามารถในการยอมให้น้ำเสียสังเคราะห์ ฟอกย้อมจากการตกตะกอนน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมด้วยเถ้าอุตสาหกรรมไหลผ่าน ไส้กรองน้ำเซรามิคจากเถ้าอุตสาหกรรม มีค่าปานกลางร้อยละ 2.47 mL/cm<sup>2</sup>/min ดังนั้นจึงสรุป ได้ว่าไส้กรองน้ำเซรามิคจากเถ้าอุตสาหกรรม สูตรที่ 7 เผาที่อุณหภูมิ 800 °C มีประสิทธิภาพดีที่สุด สำหรับบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อม

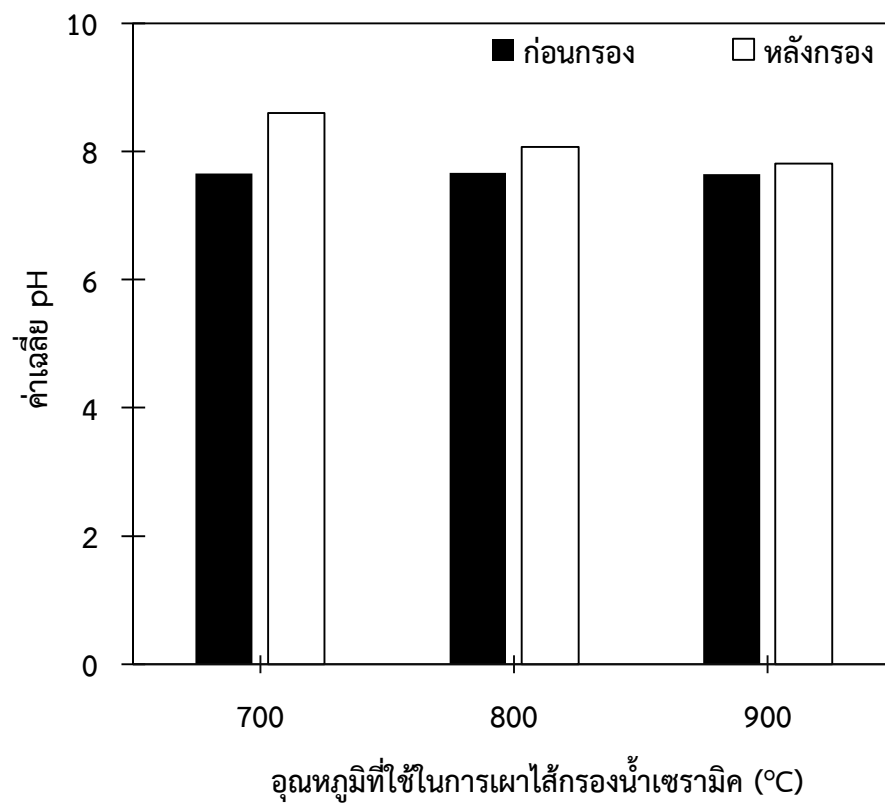
#### 4.3.7 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

จากการนำน้ำเสียสังเคราะห์พอกย้อมผ่านไส้กรองน้ำเซรามิคจากถ้ำอุตสาหกรรม ทั้ง 3 อุณหภูมิ คือ 700 800 และ 900 °C ปริมาตร 200 mL พบว่า ค่าเฉลี่ย pH ก่อนการกรอง 7.7 หลังการกรอง 8.1 ดังภาพ 4.10 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ก่อนการกรอง 41.1 °C หลังการกรอง 28.3 °C ดังภาพ 4.11 ค่าเฉลี่ยของแข็งละลายน้ำ (TDS) ก่อนการกรอง 235.6 mg/L หลังการกรอง 105.7 mg/L ดังภาพ 4.12 และค่าเฉลี่ยของแข็งแขวนลอย (SS) ก่อนการกรอง 41.1 mg/L หลังการกรอง 28.3 mg/L ดังภาพ 4.13 ดังตาราง 4.4

จากลักษณะสีของน้ำเสียสังเคราะห์พอกย้อมก่อนกรองที่มีสีดำ เมื่อผ่านไส้กรองน้ำเซรามิค จากถ้ำอุตสาหกรรมมีสีค่อนข้างใส และไส้กรองน้ำเซรามิคจากถ้ำอุตสาหกรรม เผาที่อุณหภูมิ 800 °C มีประสิทธิภาพในการกรองดีที่สุด เนื่องจากค่าเฉลี่ยของแข็งแขวนลอยก่อนการกรอง 21.7 mg/L หลังการกรอง 6.7 mg/L คิดเป็นประสิทธิภาพการกรองร้อยละ 69

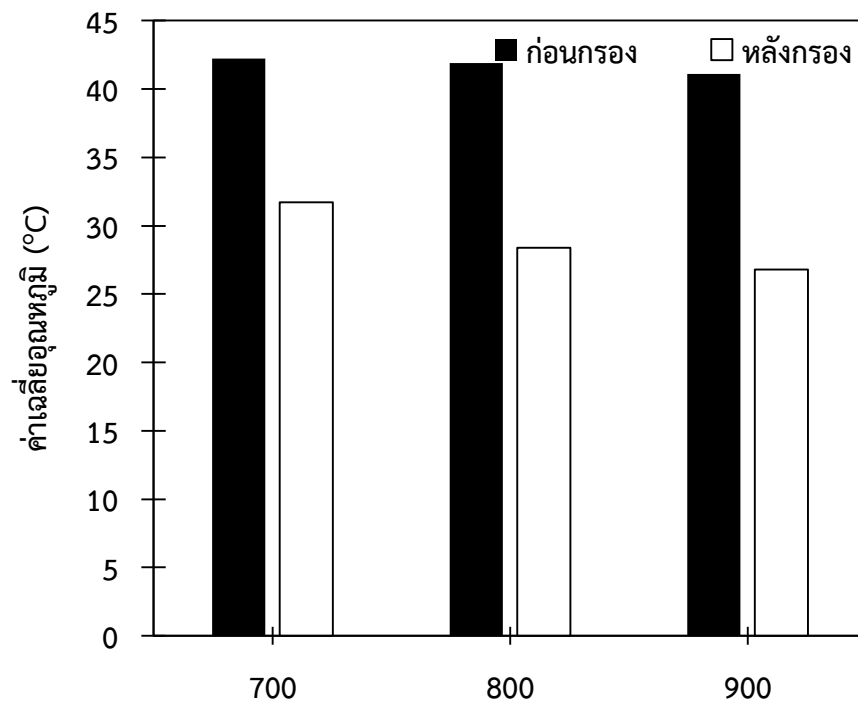
ตารางที่ 4.4 ลักษณะของน้ำเสียสังเคราะห์พอกย้อมก่อนและหลังการกรอง

Parameters	วิธีการวิเคราะห์	หน่วย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
			ก่อนการกรอง	หลังการกรอง
pH	pH meter	-	7.7	8.1
Temperature	Thermometer	°C	41.1	28.3
TDS (Total Dissolved Solid)	TDS meter	mg/L	235.6	105.7
SS (Suspended Solid)	Dried at 103-105°C	mg/L	41.1	28.3



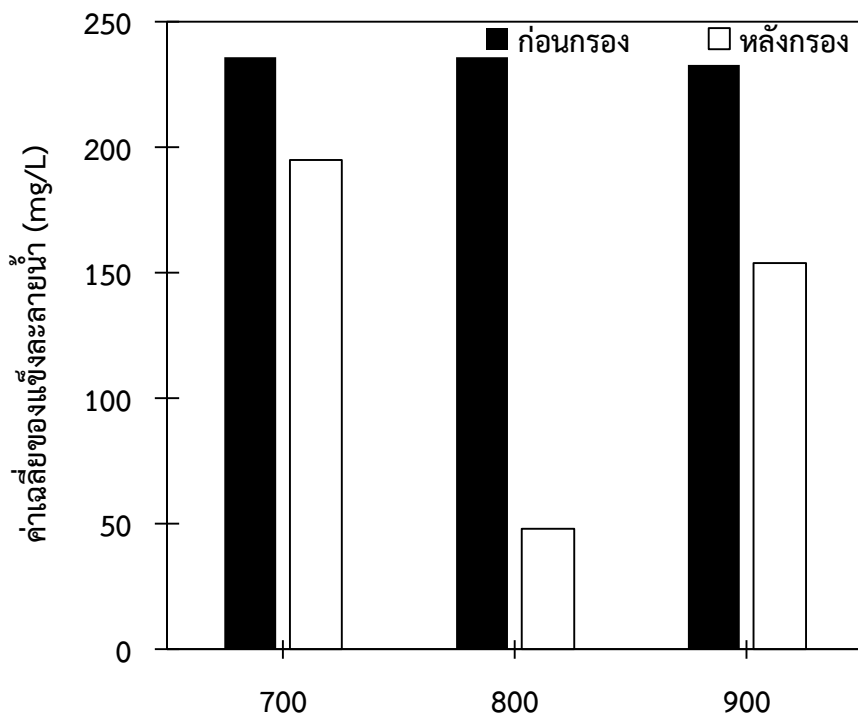
ภาพ 4.10 ค่าเฉลี่ย pH ในน้ำเสียสังเคราะห์พอกย์้อมก่อนและหลังการกรอง





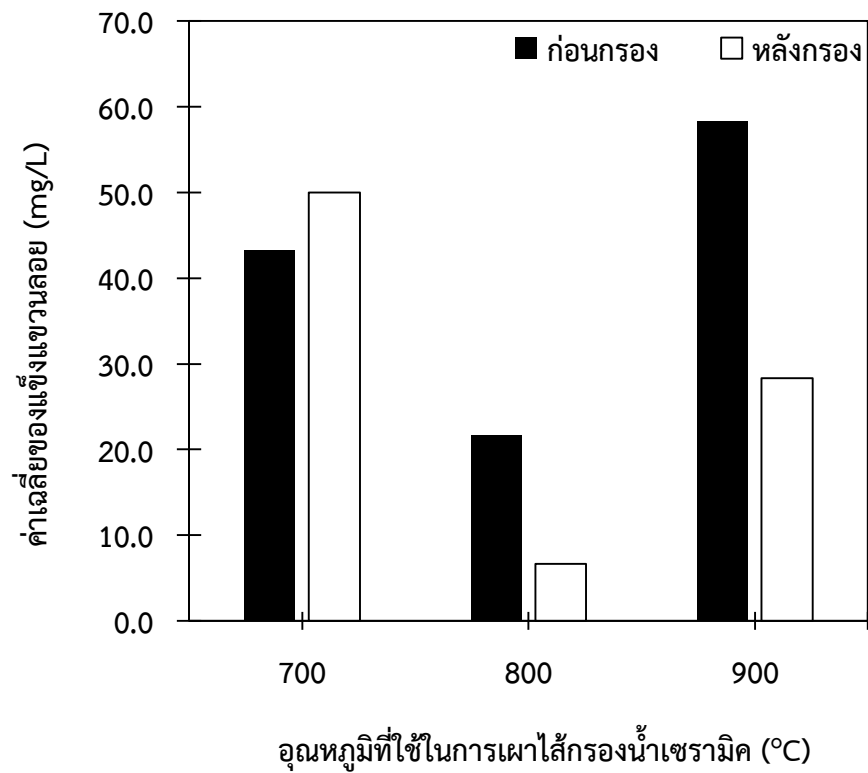
อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาไส้กรองน้ำเซรามิค (°C)

ภาพ 4.11 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในน้ำเสียสังเคราะห์พอกย้อมก่อนและหลังการกรอง



อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาไส้กรองน้ำเซรามิค (°C)

ภาพ 4.12 ค่าเฉลี่ยของแข็งละลายน้ำในน้ำเสียสังเคราะห์พอกย้อมก่อนและหลังการกรอง



ภาพ 4.13 ค่าเฉลี่ยของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียสังเคราะห์พอกย้อมก่อนและหลังการกรอง

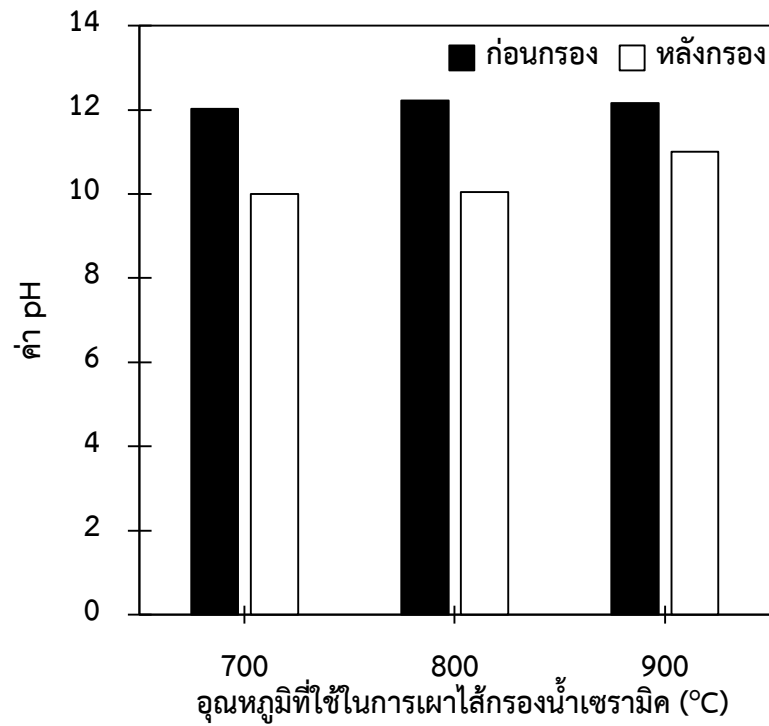


จากการนำน้ำเสียสังเคราะห์พอกย้อมจากการตกตะกอนน้ำเสียสังเคราะห์พอกย้อมด้วยถ้ำอุตสาหกรรมไหลผ่านไส้กรองน้ำเซรามิกจากถ้ำอุตสาหกรรม ทั้ง 3 อุณหภูมิ คือ 700 800 และ 900 °C ปริมาตร 200 mL พบว่า ค่า pH ก่อนการกรอง 12.1 หลังการกรอง 10.3 ดังภาพ 4.14 ค่าอุณหภูมิ ก่อนการกรอง 27.2 °C หลังการกรอง 25.7 °C ดังภาพ 4.15 ค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) ก่อนการกรอง 473.3 mg/L หลังการกรอง 125.0 mg/L ดังภาพ 4.16 และค่าของแข็งแขวนลอย (SS) ก่อนการกรอง 86.7 mg/L หลังการกรอง 36.7 mg/L ดังภาพ 4.17 ดังตาราง 4.5

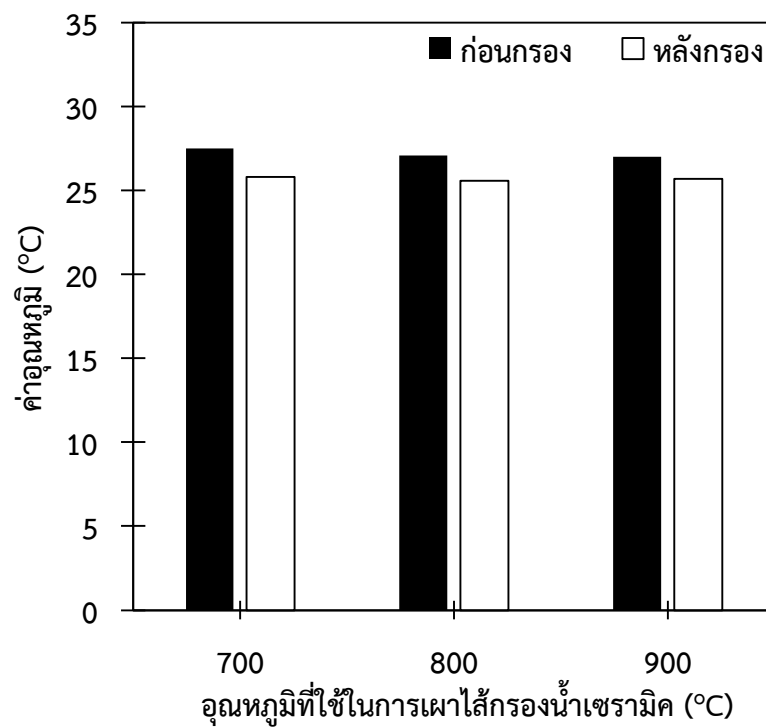
จากลักษณะสีของน้ำเสียสังเคราะห์พอกย้อมก่อนการตกตะกอนโดยถ้ำอุตสาหกรรมที่มีสีดำ หลังตกตะกอน สีของน้ำเสียสังเคราะห์พอกย้อมมีสีเหลือง จากนั้นนำไปกรองด้วยไส้กรองน้ำเซรามิกจากถ้ำอุตสาหกรรม หลังการกรองมีสีค่อนข้างใสและไส้กรองน้ำเซรามิกจากถ้ำอุตสาหกรรมเผาที่อุณหภูมิ 800 °C มีประสิทธิภาพในการกรองที่ดีที่สุด เนื่องจากค่าของแข็งแขวนลอย (SS) ก่อนการกรอง 85 mg/L หลังการกรอง 5 mg/L คิดเป็นประสิทธิภาพการกรองร้อยละ 94

**ตารางที่ 4.5** ลักษณะของน้ำเสียสังเคราะห์พอกย้อมจากการตกตะกอนน้ำเสียสังเคราะห์พอกย้อมด้วยถ้ำอุตสาหกรรมก่อนและหลังการกรอง

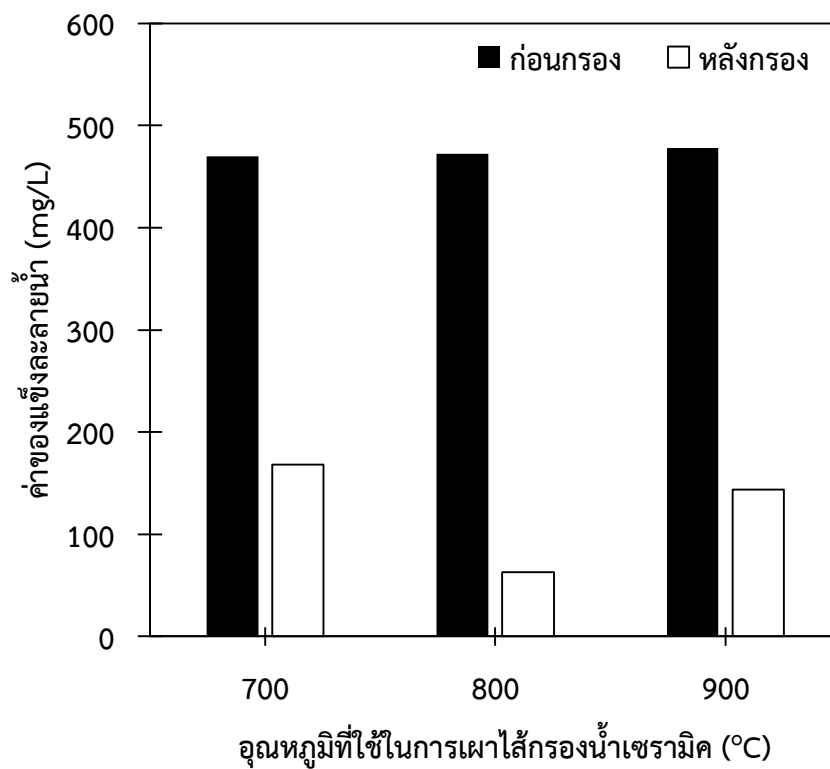
Parameters	วิธีการวิเคราะห์	หน่วย	ค่าก่อนการกรอง	ค่าหลังการกรอง
pH	pH meter	-	12.1	10.3
Temperature	Thermometer	°C	27.2	25.7
TDS (Total Dissolved Solid)	TDS meter	mg/L	473.3	125.0
SS (Suspended Solid)	Dried at 103-105 °C	mg/L	86.7	36.7



ภาพ 4.14 ค่า pH ในน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมจากการตกตะกอนน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมด้วยเถ้าอุตสาหกรรมก่อนและหลังการกรอง



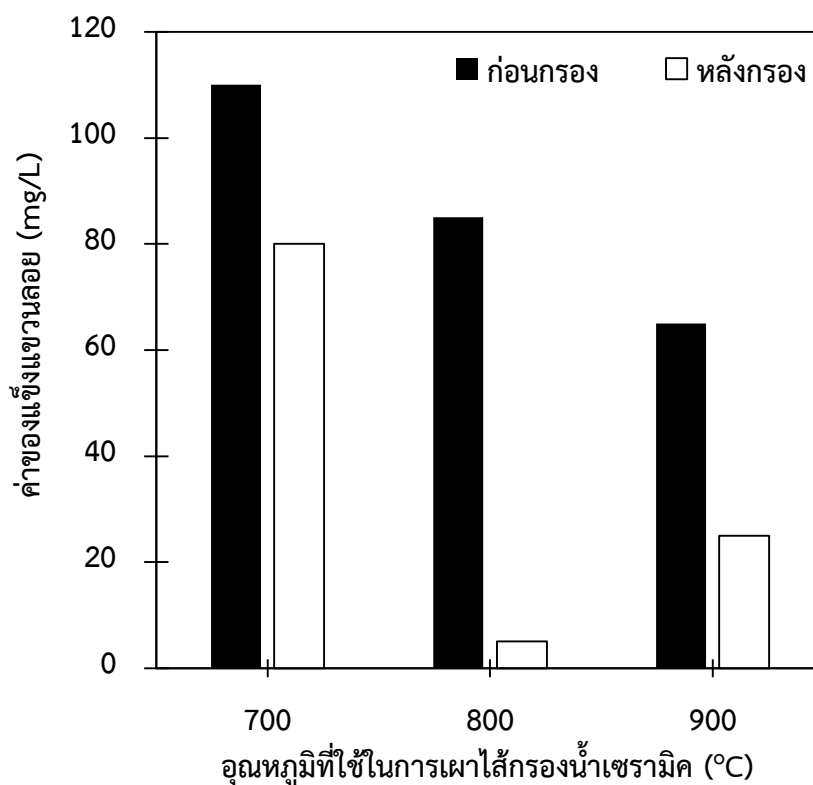
ภาพ 4.15 ค่าอุณหภูมิในน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมจากการตกตะกอนน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมด้วยเถ้าอุตสาหกรรมก่อนและหลังการกรอง



ภาพ 4.16 ค่าของแข็งละลายน้ำในน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมจากการตกตะกอน น้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมด้วยเถ้าอุตสาหกรรมก่อนและหลังการกรอง



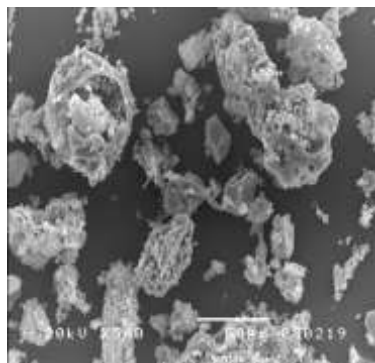




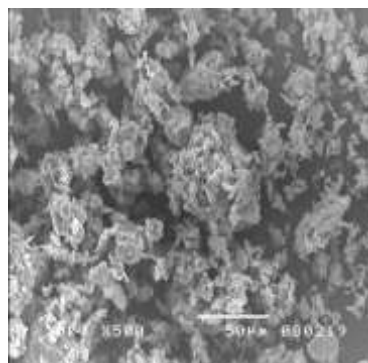
ภาพ 4.17 ค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมจากการตกตะกอนน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมด้วยถ้ำอุตสาหกรรมก่อนและหลังการกรอง

#### 4.3.8 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

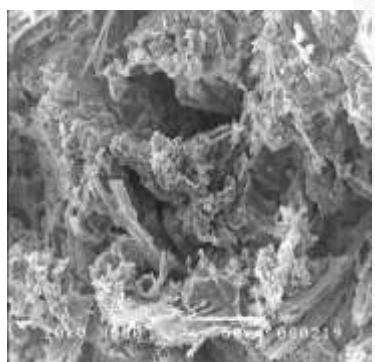
การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เครื่องรุ่น JSM-5410LV กำลังขยาย 500 เท่า ขนาด 1 mm พบว่า ลักษณะพื้นผิวของถ้ำอุตสาหกรรมมีรูพรุนที่ชัดเจนกว่าดินขาว เมื่อเทียบกับไส้กรองน้ำเซรามิคเผาที่อุณหภูมิ 700 °C มีขนาดรูพรุนที่เล็ก ไส้กรองน้ำเซรามิคเผาที่อุณหภูมิ 800 °C มีขนาดรูพรุนปานกลางและไส้กรองน้ำเซรามิคเผาที่อุณหภูมิ 900 °C มีลักษณะรูพรุนที่ใหญ่ที่สุด เนื่องจากเกิดการหดตัวสูงจึงทำให้โครงสร้างภายในมีการแยกตัวออกจากกัน ซึ่งรูพรุนจะมีผลต่อประสิทธิภาพการกรอง หากรูพรุนมีขนาดเล็กจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการกรองสูง เนื่องจากรูพรุนจะช่วยให้ประสิทธิภาพมากขึ้น หากรูพรุนมีขนาดใหญ่จะส่งผลให้ประสิทธิภาพการกรองต่ำลง ทำให้ของแข็งละลายน้ำ (TDS) ของแข็งแขวนลอย (SS) ผ่านรูพรุนของไส้กรองน้ำเซรามิคโดยไม่ผ่านการกรอง (ชิตติมา, 2555)



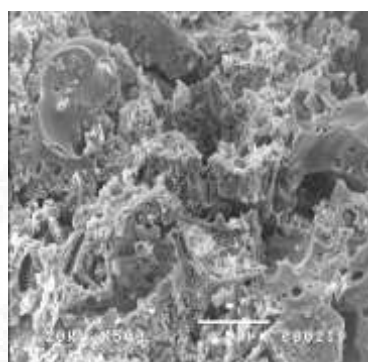
ก) พื้นผิวของเส้นใยอุตสาหกรรม



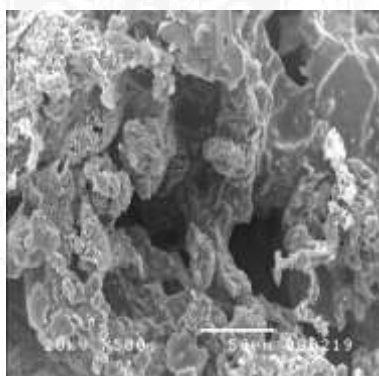
ข) พื้นผิวของดินขาว



ค) พื้นผิวของเส้นใยกรองน้ำเซรามิก  
เผาที่อุณหภูมิ 700 °C



ง) พื้นผิวของเส้นใยกรองน้ำเซรามิก  
เผาที่อุณหภูมิ 800 °C

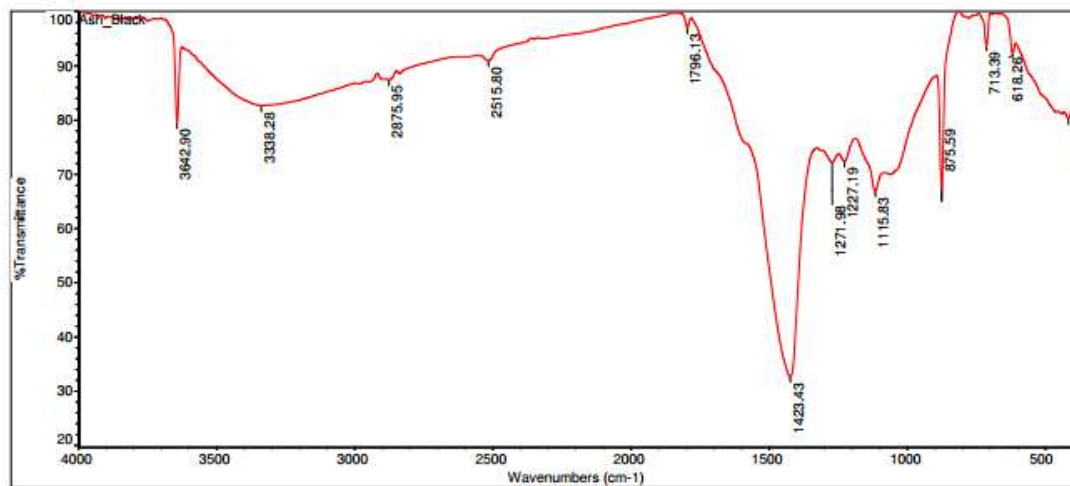


จ) พื้นผิวของเส้นใยกรองน้ำเซรามิก  
เผาที่อุณหภูมิ 900 °C

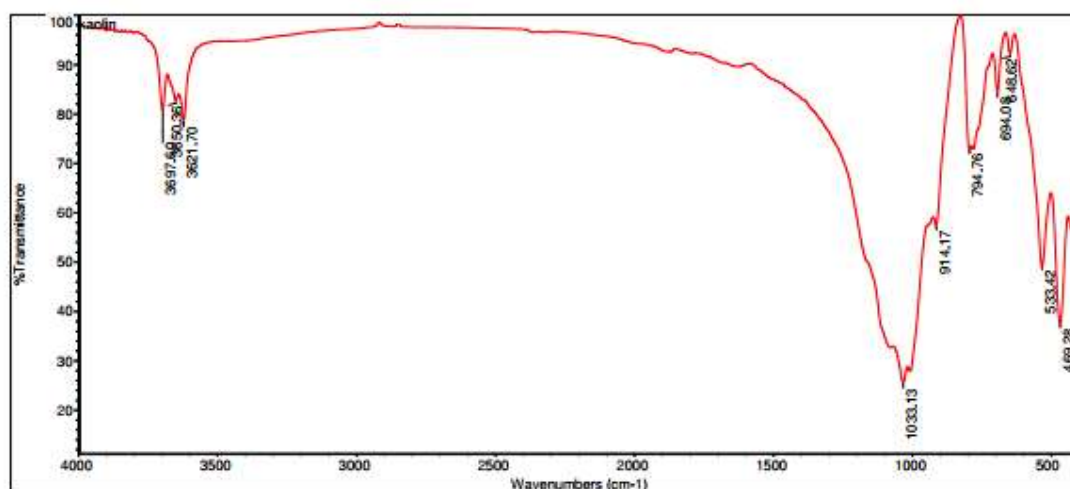
ภาพ 4.18 การวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

#### 4.3.9 ผลการวิเคราะห์หาหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบอินทรีย์ (FT-IR)

จากผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FT-IR, Nicolet6700, Thermo Scientific, USA วิเคราะห์ Transmission ทำการวิเคราะห์เพื่อศึกษาหมู่ฟังก์ชันของโมเลกุล พบว่าเก้าอุตสาหกรรมปรากฏเลขคลื่นที่สำคัญที่  $1,423.43 \text{ cm}^{-1}$  มี Calcium Carbonate และ Sodium Hydroxide in Bar ซึ่ง Calcium Carbonate จะพบได้ในหินหรือแร่ซึ่งอาจปะปนมาขณะทำการเผาไม้เพื่อให้ความร้อน ในส่วนของ Sodium Hydroxide in Bar โรงงานอุตสาหกรรมพอกย้อมมักใช้ Sodium Hydroxide ในการปรับสภาพเส้นใยให้สามารถดูดซับสีย้อมได้ดีขึ้น จึงอาจปะปนมาขณะทำการเผาไม้เพื่อให้ความร้อนในการย้อมเส้นใย และดินขาวปรากฏเลขคลื่นที่สำคัญที่  $1,033.13 \text{ cm}^{-1}$  มี Cellophane ซึ่งเกิดจาก Cellulose ซึ่งอยู่ในไม้หรือพืชเส้นใยต่าง ๆ ในดิน



ก) เก้าอุตสาหกรรม



ข) ดินขาว

ภาพ 4.19 ผลการวิเคราะห์ FT-IR

## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตไส้กรองน้ำเซรามิคจากแก้วอุตสาหกรรมและการศึกษาประสิทธิภาพของไส้กรองน้ำเซรามิคจากแก้วอุตสาหกรรมในการบำบัดน้ำเสียฟอกย้อม โดยมีการวิเคราะห์ คือ ค่าการหดตัว ค่าความต้านการอัด ค่าการดูดซึมน้ำ ค่าความหนาแน่น ค่าความสามารถในการยอมให้น้ำไหลผ่านได้ ค่าการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด การหาหมู่ฟังก์ชันของสารประกอบอินทรีย์ และพารามิเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพน้ำ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์โดยสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะได้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

ผลการวิจัยนี้ พบว่า การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตไส้กรองน้ำเซรามิคจากแก้วอุตสาหกรรมและการศึกษาประสิทธิภาพของไส้กรองน้ำเซรามิคจากแก้วอุตสาหกรรมในการบำบัดน้ำเสียฟอกย้อม จากการเตรียมส่วนผสมของไส้กรองน้ำเซรามิคจากแก้วอุตสาหกรรม อัตราส่วนแก้วอุตสาหกรรมต่อดินขาวต่อสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 10 โมลาร์ผสมกับสารละลายโซเดียมซิลิเกต ตามสูตรที่ 7 อัตราส่วน คือ 46:18:36

อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดต่อการขึ้นรูปของไส้กรองน้ำเซรามิคจากแก้วอุตสาหกรรมโดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 cm ความสูง 2 cm เผาที่อุณหภูมิ 800 °C ระยะเวลา 1 ชั่วโมง สามารถนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติของไส้กรองน้ำเซรามิคจากแก้วอุตสาหกรรม โดยค่าการหดตัวหลังการเผาที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณวัตถุดิบในอัตราส่วนผสมของไส้กรองน้ำเซรามิคจากแก้วอุตสาหกรรม คือ เมื่อปริมาณดินขาวมาก ค่าการหดตัวของไส้กรองน้ำเซรามิคจะสูงสอดคล้องกับการดูดซึมน้ำ เมื่อค่าการหดตัวสูงจะส่งผลให้การดูดซึมน้ำต่ำ เนื่องจากอนุภาคไส้กรองน้ำเซรามิคจากแก้วอุตสาหกรรมเรียงตัวกันแน่น ส่งผลให้มีค่าความหนาแน่นสูง และมีค่าความต้านการอัดสูง ทำให้ความสามารถในการยอมให้น้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมไหลผ่านไส้กรองน้ำเซรามิคจากแก้วอุตสาหกรรมได้ดี และจากการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อม สูตรที่ 7 เผาที่อุณหภูมิ 800 °C พบว่า น้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมจากการตกตะกอนด้วยแก้วอุตสาหกรรมมีประสิทธิภาพการกรองที่ร้อยละ 94 มีประสิทธิภาพดีกว่าน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมที่ไม่ได้ตกตะกอนด้วยแก้วอุตสาหกรรมซึ่งมีประสิทธิภาพการกรองที่ร้อยละ 69 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปไส้กรองน้ำเซรามิคจากการบำบัดน้ำเสียฟอกย้อมเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

เพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตวัสดุกรองจาก  
ถ้ำอุตสาหกรรมในครั้งนี้ มีดังนี้

### 5.2.1 การเตรียมสารละลาย

ควรเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ผสมกับสารละลายโซเดียมซัลเฟตก่อน  
การใช้งาน 1 คืน ไม่ควรเตรียมทิ้งไว้เกิน 5 วัน เพราะทำให้สารละลายเหลวเกินไปขึ้นรูปไม่ได้

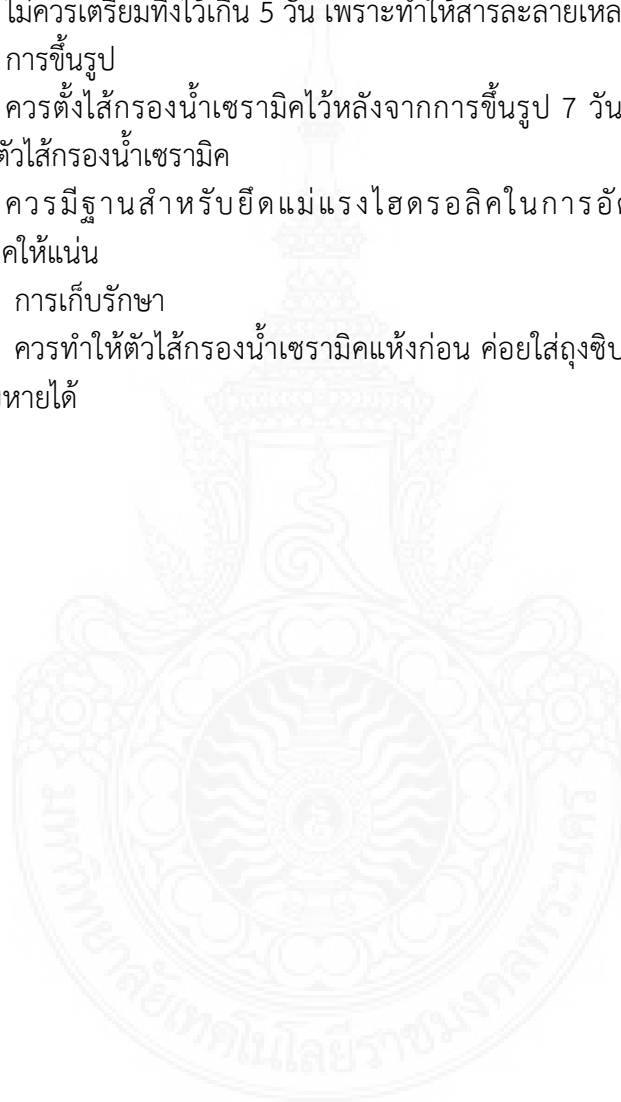
### 5.2.2 การขึ้นรูป

ควรตั้งไส้กรองน้ำเซรามิกไว้หลังจากการขึ้นรูป 7 วันก่อนนำไปเผาเพื่อป้องกันการ  
แตกร้าวของตัวไส้กรองน้ำเซรามิก

ควรมีฐานสำหรับยึดแม่แรงไฮดรอลิกในการอัดดินเพื่อง่ายต่อการอัด  
ไส้กรองน้ำเซรามิกให้แน่น

### 5.2.3 การเก็บรักษา

ควรทำให้ตัวไส้กรองน้ำเซรามิกแห้งก่อน ค่อยใส่ถุงซิปล็อคเพื่อป้องกันเชื้อรา ซึ่งอาจ  
ทำให้ไส้กรองเสียหายได้



## เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2561. **มาตรฐานคุณภาพน้ำ**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : [http://www.pcd.go.th/info\\_serv/reg\\_std\\_water04.html?fbclid=IwAR0\\_vnD42Xm1tHV0Mop449gDclfp2PA1Xu\\_q08z2PTYGZTwR2f592UXtks8](http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water04.html?fbclid=IwAR0_vnD42Xm1tHV0Mop449gDclfp2PA1Xu_q08z2PTYGZTwR2f592UXtks8), 15 ธันวาคม 2561.
- กรมโรงงานอุตสาหกรรมกระทรวงอุตสาหกรรมและสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. 2545. **ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ**. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ. คชินท์ สายอินทวงศ์. 2008. **เซรามิค Ceramic**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : [http://www.thaiceramicsociety.com/ab\\_cer.php?fbclid=IwAR0aYfH82Tv\\_E6MyQWPECdFHaLHn1BN7bXsJRV9Mf\\_isAUJi2BzirTseC6w](http://www.thaiceramicsociety.com/ab_cer.php?fbclid=IwAR0aYfH82Tv_E6MyQWPECdFHaLHn1BN7bXsJRV9Mf_isAUJi2BzirTseC6w), 8 มีนาคม 2562.
- จรียา ยิ้มรัตนบวร. 2557. “การคาดการณ์อายุการใช้งานระบบพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบไหลใต้ผิวดิน ตัวกลางหินดินดานในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกย้อม.” (ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม). วิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ชัย จาตุรพิทักษ์กุล. 2536. “ถ้าชีวมวลจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม : ปัญหา ข้อจำกัด และการนำไปใช้งาน.” **วารสารคอนกรีต**. 260 (ธันวาคม) : 59-64.
- ชลัย ศรีสุข. 2539. “ดินบอลเคลย์เพื่ออุตสาหกรรมเซรามิค.” **วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ**. 44, 142 (กันยายน) : 33-35
- ฐานข้อมูลส่งเสริมและยกระดับคุณภาพสินค้า OTOP**. 2562. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <http://otop.dss.go.th/index.php/en/2014-09-18-13-16-47/cloth>, 13 มีนาคม 2562.
- ฐานความรู้เรื่องความปลอดภัยด้านสารเคมี. 2561. **Sodium hydroxide**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <http://www.chemtrack.org/Chem-Detail.asp?ID=01863>, 17 ธันวาคม 2561.
- ฐิติรัตน์ นิลวิจิตร นุรmani ตากะดีและนุรไอนี มานี. 2559. “สมบัติไส้กรองน้ำเซรามิคจากขี้เถ้าไม้ยางพารา-ขี้เถ้ากาบมะพร้าว.” งานวิจัยได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษาประจำปี 2559. มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- ทนาร์ตน์ จิตชาญวิชัย. 2557. “ขี้เถ้าแกลบแทนซิลิกาสำหรับการผลิตเซรามิค.” งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พ.ศ. 2557. มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.
- ทัศนีย์ ภัคดีเสนา และ จุฑามาศ อุทกะเสน. 2560. “การศึกษาวัสดุจีโอพอลิเมอร์จากเถ้าเปลือกไข่ไก่และเถ้าไม้ยางพาราเพื่อใช้ในการบำบัดสาร BPA และ BHT.” **ปริญญาวิทยาสตรบัณฑิต**. (วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ). วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

## เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- ธิติมา คุณยศยิ่ง. 2555. “เนื้อดินสำหรับเตรียมอุปกรณ์กรองน้ำเซรามิกเพื่อกรองน้ำบริโภคโดยใช้กากดินรวมเป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มรูพรุนในเนื้อดิน.” วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. 4, 2 (ตุลาคม) : 69-75.
- นิวัตร พัฒนะ. 2545. “การพัฒนาดินแหล่งวัดตาปะขาวหายเพื่อผลิตเครื่องปั้นดินเผา.” หนังสือการพัฒนาดินแหล่งวัดตาปะขาวหาย เพื่อผลิตเครื่องปั้นดินเผา. สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม.
- ปฏิบัติการอนามัยสิ่งแวดล้อม. 2557.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :  
[https://labenvi.blogspot.com/2014/08/6-solids.html?fbclid=IwAR3iEAAufNp5DMlBE7zKZWQ5l7UhWjICYNN5rTn16li5x\\_iods\\_R0g2C3eA](https://labenvi.blogspot.com/2014/08/6-solids.html?fbclid=IwAR3iEAAufNp5DMlBE7zKZWQ5l7UhWjICYNN5rTn16li5x_iods_R0g2C3eA), 8 มีนาคม 2562.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงษ์. 2019. **Membrane filtration / การกรองด้วยเยื่อ.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0819/membrane-filtration>, 16 ธันวาคม 2561.
- ภัทรา วงษ์พันธกมล ศิริประภา ชัยเนตร และ กลิ่นประทุม ปัญญาปิง. 2556. “การใช้สิ่งเศษเหลือทิ้งสำหรับบำบัดน้ำทิ้งสีย้อม.” ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. (ภาคพายัพ). วิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.
- มยุรี ปาลวงศ์ และคณะ. 2561. **ทรายแก้วเป็นสารเคมีได้อย่างไร.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <file:///C:/Users/Acer/Downloads/000001190865115.pdf>, 17 ธันวาคม 2561.
- มันสิน ตันตุลเวศม์. 2547. **พีเอช (pH).** พิมพ์ครั้งที่2. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ฤดี นิยมรัตน์. 2555. “อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและเคลือบที่เหมาะสมต่อการผลิตของที่ระลึกเพื่อส่งเสริมคุณค่าการท่องเที่ยวของจังหวัดระนอง.” ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. เทคโนโลยีอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- วุฒิ วิพันธ์พงษ์. 2540. “การใช้สารเคมีเพนตันกำจัดสีและสารอินทรีย์ในน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม.” ปริญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2561. **คู่มือแนวทางการจัดการสีน้ำทิ้งของโรงงานฟอกย้อมสิ่งทอ.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : [http://www.diw.go.th/hawk/job/1\\_8.pdf](http://www.diw.go.th/hawk/job/1_8.pdf), 16 ธันวาคม 2561.

## เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- สถาบันนวัตกรรมและพัฒนาระบบการเรียนรู้ออนไลน์มหาวิทยาลัยมหิดล. 2545. SEM Scanning Electron Microscope. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : [https://il.mahidol.ac.th/e-media/nano/Page/Unit45.html?fbclid=IwAR0YsTVBqgrwo9c0oPFb0LTL\\_6m5FC\\_VDHSB0GZWZ9Exohr3GHhhRfGCG-4](https://il.mahidol.ac.th/e-media/nano/Page/Unit45.html?fbclid=IwAR0YsTVBqgrwo9c0oPFb0LTL_6m5FC_VDHSB0GZWZ9Exohr3GHhhRfGCG-4), 8 มีนาคม 2562.
- สนิท ปิ่นสกุล. 2557. “การพัฒนาไส้กรองน้ำเซรามิกจากเถ้าแกลบสำหรับใช้ประโยชน์ในครัวเรือน.” งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พ.ศ. 2557. มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.
- สุภาภรณ์ ทิวาวรรณ และ เทอดพงศ์ ศรีสุขพันธ์. 2552. “การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียปนเปื้อนสีสังเคราะห์จากโรงงานฟอกย้อมโดยใช้ระบบเยื่อกรองชีวภาพร่วมกับถ่านกัมมันต์.” ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ.
- อภิสิทธิ์ เพ็ญ และ สิริรัตน์ เพรศพรธรราย. 2560. “การศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุกรองจากเถ้าเปลือกไข่ในการบำบัดสาร BHT และ BPA.” ปรินญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต. (วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ). วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- อัศนีย์ ฉายากุล. 2551. “คุณภาพดินเพื่ออุตสาหกรรมเซรามิก.” กองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี. กรมทรัพยากรธรณี.
- อาบีเต็ง ฮาวา และคณะ. 2556. “สมบัติวัสดุประสานจีโอพอลิเมอร์ดินขาวเผาเพื่องานซ่อมแซมผิวทางคอนกรีต.” มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์.
- อุตสาหกรรมเซรามิก. 2561. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <https://sites.google.com/site/chemeeci/xutsahkrm-se-ra-mik>, 13 ธันวาคม 2561.
- เบญจพร พรหมลี. 2556. “การศึกษาคุณสมบัติพลาสติกที่ใช้บรรจุยาเสพติดด้วยเทคนิค ATR-FTIR และ TGA.” วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. (ภาควิชานิติวิทยาศาสตร์). คณะนิติวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ไพฑูรย์ หมายมั่นสมสุข. 2525. อุณหภูมิและความเป็นกรดและด่าง. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <http://www2.diw.go.th/Research/%E0%B9%80%E0%B8%AD%E0%B8%81%E0%B8%AA%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%80%E0%B8%9C%E0%B8%A2%E0%B9%81%E0%B8%9E%E0%B8%A3%E0%B9%88/3-Temp-pH-w.pdf>, 8 มีนาคม 2562.
- Tang, Z, Ali, M, Chouw, N. 2014. “Residual compressive and shear strengths of novel coconut-fibre-reinforced-concrete interlocking blocks.” Construction and Building Materials. 66: 533-540.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

ผลการทดลอง



ตารางภาคผนวก ก1 การขึ้นรูปไส้กรองน้ำเซรามิกจากแก้วอุตสาหกรรม

อุณหภูมิที่เผา (°C)	แก้วอุตสาหกรรม (g) Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> + NaOH (mL)	น้ำหนักก่อนเผา (g)	น้ำหนักหลังเผา (g)	ผลการสังเกต
700	64: 36	108.4463	-	แตกเป็นผง
	64: 36	107.7365	-	แตกเป็นผง
	64: 36	107.0474	-	แตกเป็นผง

ตารางภาคผนวก ก2 การขึ้นรูปไส้กรองน้ำเซรามิกจากดินขาว

อุณหภูมิที่เผา (°C)	ดินขาว (g) Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> + NaOH (mL)	น้ำหนักก่อนเผา (g)	น้ำหนักหลังเผา (g)	ผลการสังเกต
700	74: 26	90.6687	-	เกิดการปะทุ แตก
	74: 26	91.0422	-	เกิดการปะทุ แตก
	74 : 26	91.5594	-	เกิดการปะทุ แตก

ตารางภาคผนวก ก3 การขึ้นรูปไส้กรองน้ำเซรามิกจากแก้วอุตสาหกรรมจำนวน 10 สูตร

แก้วอุตสาหกรรม (g) ดินขาว (g) Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> + NaOH (mL)	น้ำหนักก่อนเผา (g)	น้ำหนักหลังเผา (g)	ผลการสังเกต
52 : 12 : 36	107.1542	63.7303	เกิดรอยร้าว มีสีชมพู
51 : 13 : 36	108.4762	70.2481	เกิดรอยร้าว มีสีชมพู
50 : 14 : 36	107.4798	69.7120	เกิดรอยร้าว มีสีชมพู
49 : 15 : 36	108.6854	70.0176	เกิดรอยร้าว มีสีชมพู
48 : 16 : 36	107.3451	68.2028	เกิดรอยร้าว มีสีขาวเหลือง
47 : 17 : 36	107.0112	64.3087	เกิดรอยร้าว เล็กน้อย มีสีขาวเหลือง
46 : 18 : 36	108.0045	69.0298	ไม่เกิดรอยร้าว มีสีขาวเหลือง
45 : 19 : 36	108.6532	69.9429	เกิดรอยร้าว เล็กน้อย มีสีขาวเหลือง
44 : 20 : 36	106.7760	66.2113	เกิดรอยร้าว เล็กน้อย มีสีขาวเหลือง
43 : 21 : 36	107.3870	68.9347	เกิดรอยร้าว เล็กน้อย มีสีขาวเหลือง

ตารางภาคผนวก ก4 การขึ้นรูปไส้กรองน้ำเซรามิกจากเถ้าอุตสาหกรรม สูตรที่ 7

อุณหภูมิที่เผา (°C)	เถ้าอุตสาหกรรม (g) ดินขาว (g) Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> + NaOH (mL)	น้ำหนักก่อน เผา (g)	น้ำหนักหลังเผา (g)	ผลการสังเกต
700	46 : 18 : 36	98.6318	63.1840	มีสีครีม
	46 : 18 : 36	104.9960	66.4171	มีสีครีม
	46 : 18 : 36	99.8171	64.5313	มีสีครีม
	46 : 18 : 36	107.1391	63.7694	มีสีครีม
	46 : 18 : 36	107.9565	64.4592	มีสีครีม
800	46 : 18 : 36	102.6457	65.8138	มีสีขาว
	46 : 18 : 36	102.6872	64.7422	มีสีขาว
	46 : 18 : 36	102.6261	66.1424	มีสีขาว
	46 : 18 : 36	107.9639	63.8015	มีสีขาว
	46 : 18 : 36	108.5503	63.8005	มีสีขาว
900	46 : 18 : 36	103.0341	65.7297	มีสีน้ำตาลเข้ม
	46 : 18 : 36	103.0095	66.1908	มีสีน้ำตาลเข้ม
	46 : 18 : 36	102.5768	65.7795	มีสีน้ำตาลเข้ม
	46 : 18 : 36	107.7606	63.0955	มีสีน้ำตาลเข้ม
	46 : 18 : 36	105.8205	64.0906	มีสีน้ำตาลเข้ม

ตารางภาคผนวก ก5 ค่าการหดตัวของไส้กรองน้ำเซรามิกจากเก้าอุตสาหกรรมจำนวน 10 สูตร

เก้าอุตสาหกรรม (g) ดินขาว (g) $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{NaOH}$ (mL)	เส้นผ่าน ศูนย์กลางของ ไส้กรองน้ำ เซรามิกก่อนเผา (cm)	เส้นผ่าน ศูนย์กลางของ ไส้กรองน้ำ เซรามิกหลังเผา (cm)	การหดตัว หลังเผา (%)	ค่าเฉลี่ย การหดตัว หลังเผา (%)
52:12:36	6	5.9	2	$2 \pm 0$
	6	5.9	2	
51:13:36	6	5.9	2	$2 \pm 0$
	6	5.9	2	
50:14:36	6	5.9	2	$2 \pm 0$
	6	5.9	2	
49:15:36	6	5.9	2	$2 \pm 0$
	6	5.9	2	
48:16:36	6	5.9	2	$2 \pm 0$
	6	5.9	2	
47:17:36	6	5.9	2	$2 \pm 0$
	6	5.9	2	
46:18:36	6	5.9	2	$2 \pm 0$
	6	5.9	2	
45:19:36	6	5.9	2	$2 \pm 0$
	6	5.9	2	
44:20:36	6	5.8	3	$3 \pm 0$
	6	5.8	3	
43:21:36	6	5.8	3	$3 \pm 0$
	6	5.8	3	

ตารางภาคผนวก ก6 ค่าการหดตัวของไส้กรองน้ำเซรามิกจากเถ้าอุตสาหกรรม สูตรที่ 7

อุณหภูมิ ที่เผา (°C)	เถ้าอุตสาหกรรม (g) ดินขาว (g) Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> + NaOH (mL)	เส้นผ่าน ศูนย์กลางของ ไส้กรองน้ำ เซรามิก ก่อนเผา (cm)	เส้นผ่าน ศูนย์กลางของ ไส้กรองน้ำ เซรามิก หลังเผา (cm)	การหดตัว หลังเผา (%)	ค่าเฉลี่ย การหดตัว หลังเผา (%)
700	46:18:36	6	5.9	2	2 ± 0
	46:18:36	6	5.9	2	
	46:18:36	6	5.9	2	
800	46:18:36	6	5.8	3	3 ± 0
	46:18:36	6	5.8	3	
	46:18:36	6	5.8	3	
900	46:18:36	6	5.5	8	7 ± 0
	46:18:36	6	5.6	7	
	46:18:36	6	5.5	8	

ตารางภาคผนวก ก7 ค่าความต้านการอัดของไส้กรองน้ำเซรามิคจากเถ้าอุตสาหกรรม สูตรที่ 7

อุณหภูมิ ที่เผา (°C)	เถ้าอุตสาหกรรม(g) ดินขาว (g) Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> + NaOH (mL)	รัศมี (cm)	พื้นที่หน้าตัด (cm <sup>3</sup> )	น้ำหนัก แรงกด (KN)	ความต้าน การอัด (KN/cm <sup>3</sup> )	ค่าเฉลี่ย ความต้าน การอัด (KN/cm <sup>3</sup> )
700	46:18:36	3	28.29	21.2	0.75	
	46:18:36	3	28.29	8.7	0.31	0.46 ± 0.25
	46:18:36	3	28.29	9.4	0.33	
800	46:18:36	3	28.29	33.2	1.17	
	46:18:36	3	28.29	14.1	0.50	0.64 ± 0.48
	46:18:36	3	28.29	6.8	0.24	
900	46:18:36	3	28.29	25.3	0.89	
	46:18:36	3	28.29	32.2	1.14	1.00 ± 0.13
	46:18:36	3	28.29	27	0.95	



ตารางภาคผนวก ก8 ค่าความหนาแน่นของไส้กรองน้ำเซรามิกจากถ้ำอุตสาหกรรม สูตรที่ 7

อุณหภูมิ ที่เผา (°C)	เส้นผ่าน ศูนย์กลาง หลังเผา (cm)	ความสูง (cm)	น้ำหนัก ของ ไส้กรองน้ำ เซรามิก (g)	ปริมาตรรวม ของ ไส้กรองน้ำ เซรามิก (cm <sup>3</sup> )	ความ หนาแน่น (g/cm <sup>3</sup> )	ค่าเฉลี่ย ความ หนาแน่น (g/cm <sup>3</sup> )
700	5.9	1.9	66.97	35.23	1.9009	
	5.9	1.9	65.23	35.23	1.8515	1.87 ± 0.03
	5.9	1.9	64.93	35.23	1.8430	
800	5.8	1.9	64.90	34.63	1.8739	
	5.8	1.8	64.69	32.81	1.9716	1.93 ± 0.05
	5.8	1.8	63.49	32.81	1.9350	
900	5.5	1.6	62.03	27.66	2.2428	
	5.6	1.6	63.95	28.16	2.2710	2.30 ± 0.08
	5.5	1.5	62.20	25.93	2.3989	

ตารางภาคผนวก ก9 ค่าการดูดซึมน้ำของไส้กรองน้ำเซรามิคจากแก้วอุตสาหกรรมจำนวน 10 สูตร

แก้วอุตสาหกรรม (g) ดินขาว (g) Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> + NaOH (mL)	น้ำหนักแห้ง (g)	น้ำหนักเปียก (g)	ค่าการดูดซึมน้ำ (%)	ค่าเฉลี่ย ค่าการดูดซึมน้ำ (%)
52:12:36	70.73	108.15	53	53 ± 0.00
	70.71	108.15	53	
51:13:36	70.24	108.47	54	54 ± 0.00
	70.25	108.48	54	
50:14:36	69.71	107.47	54	54 ± 0.00
	69.69	107.46	54	
49:15:36	70.01	107.68	54	55 ± 1.41
	69.03	107.7	56	
48:16:36	69.20	107.34	55	55 ± 0.00
	69.21	107.36	55	
47:17:36	69.30	107.01	54	55 ± 0.00
	68.80	107.04	56	
46:18:36	69.02	108.00	56	56 ± 0.00
	69.05	108.01	56	
45:19:36	68.94	107.65	56	56 ± 0.00
	68.95	107.71	56	
44:20:36	67.74	106.71	58	58 ± 0.00
	67.77	106.98	58	
43:21:36	67.93	107.38	58	58 ± 0.00
	67.94	107.39	58	

ตารางภาคผนวก ก10 ค่าการดูดซึมน้ำของไส้กรองน้ำเซรามิคจากเถ้าอุตสาหกรรม สูตรที่ 7

อุณหภูมิ ที่เผา (°C)	เถ้าอุตสาหกรรม (g) ดินขาว (g) Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> + NaOH (mL)	น้ำหนัก แห้ง (g)	น้ำหนัก เปียก (g)	ค่าการ ดูดซึมน้ำ (%)	ค่าเฉลี่ย ค่าการ ดูดซึมน้ำ (%)
700	46:18:36	66.97	97.9643	46	
	46:18:36	65.23	96.7425	48	47 ± 1.15
	46:18:36	64.93	95.8944	48	
800	46:18:36	64.90	93.9633	45	
	46:18:36	64.69	93.2271	44	45 ± 1.00
	46:18:36	63.49	92.7525	46	
900	46:18:36	62.03	80.8481	30	
	46:18:36	63.95	81.1852	27	29 ± 1.73
	46:18:36	62.21	80.6772	30	

ตารางภาคผนวก ก11 ค่าความสามารถในการยอมให้น้ำไหลผ่าน

อุณหภูมิ ที่เผา (°C)	ปริมาตร (mL)	เวลา (min)	เส้นผ่าน ศูนย์กลาง (cm)	ความ สูง (cm)	ความสามารถ ในการยอมให้ น้ำไหลผ่าน (mL/cm <sup>2</sup> /min)	ค่าเฉลี่ย ความสามารถ ในการยอมให้ น้ำไหลผ่าน (mL/cm <sup>2</sup> /min)
700	1,000	04:32	5.9	1.9	12.45	
	1,000	04:46	5.9	1.9	12.09	12.24 ± 0.19
	1,000	04:43	5.9	1.9	12.17	
800	1,000	04:38	5.9	1.8	12.31	
	1,000	04:46	5.9	1.8	12.06	12.25 ± 0.17
	1,000	04:43	5.8	1.8	12.38	
900	1,000	04:49	5.6	1.7	12.63	
	1,000	04:46	5.6	1.6	12.74	12.65 ± 0.07
	1,000	04:12	5.6	1.7	12.60	

ตารางภาคผนวก ก12 ค่าความสามารถในการยอมให้น้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมไหลผ่าน

อุณหภูมิ ที่เผา (°C)	ปริมาตร (mL)	เวลา (min)	เส้นผ่าน ศูนย์กลาง (cm)	ความ สูง (cm)	ความสามารถใน การยอมให้น้ำ ไหลผ่าน (mL/cm <sup>2</sup> /min)	ค่าเฉลี่ย ความสามารถใน การยอมให้น้ำ ไหลผ่าน (mL/cm <sup>2</sup> /min)
700	200	1.25	5.9	1.9	8.63	8.61 ± 0.10
	200	1.24	5.9	1.9	8.70	
	200	1.27	5.9	1.9	8.49	
800	200	1.13	5.8	1.8	9.71	8.67 ± 1.00
	200	1.26	5.9	1.8	8.56	
	200	1.42	5.8	1.8	7.73	
900	200	1.33	5.5	1.7	8.70	8.38 ± 0.47
	200	1.32	5.6	1.7	8.61	
	200	1.45	5.6	1.6	7.84	

ตารางภาคผนวก ก13 ค่าความสามารถในการยอมให้น้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมจากการตกตะกอน  
น้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมด้วยเก้าอุตสาหกรรมไหลผ่าน

อุณหภูมิ ที่เผา (°C)	ปริมาตร (mL)	เวลา (min)	เส้นผ่าน ศูนย์กลาง (cm)	ความสูง (cm)	ความสามารถในการ ยอมให้น้ำไหลผ่าน (mL/cm <sup>2</sup> /min)
700	200	4.16	5.9	1.9	2.59
800	200	4.44	5.8	1.8	2.47
900	200	4.65	5.5	1.7	2.49

ตารางภาคผนวก ก14 ลักษณะของน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมก่อนการกรอง

อุณหภูมิ ที่เผา (°C)	น้ำหนักของแข็ง (g)	SS (mg/L)	Temp (°C)	pH	TDS (mg/L)
700	0.0015	75	42.2	7.65	236
	0.0008	40	42.7	7.66	230
	0.0003	15	43.7	7.66	231
ค่าเฉลี่ย	0.0009±0.0006	43.3±30.14	42.9±0.76	7.66±0.01	232±3.21
800	0.0001	5	41.9	7.66	236
	0.0009	45	41.8	7.66	243
	0.0003	15	41.7	7.65	236
ค่าเฉลี่ย	0.0004±0.0004	21.7±20.82	41.8±0.10	7.66±0.01	238±4.04
900	0.0012	60	41.1	7.64	233
	0.0014	70	37.7	7.65	236
	0.0009	45	37.2	7.65	238
ค่าเฉลี่ย	0.0012±0.0003	58.3±12.58	38.7±2.12	7.65±0.01	236±2.52

ตารางภาคผนวก ก15 ลักษณะของน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมหลังการกรอง

อุณหภูมิ ที่เผา (°C)	น้ำหนักของแข็ง (g)	SS (mg/L)	Temp (°C)	pH	TDS (mg/L)
700	0.0011	55	31.7	8.60	195
	0.0010	50	30.4	8.53	209
	0.0009	45	29.4	8.43	56
ค่าเฉลี่ย	0.0010±0.0001	50.0±5.00	30.5±1.15	8.52±0.09	153±84.58
800	0.0002	10	28.4	8.07	48
	0.0001	5	27.7	8.10	36
	0.0001	5	27.2	7.91	58
ค่าเฉลี่ย	0.0001±0.0001	6.7±2.89	27.8±0.60	8.03±0.10	47.3±11.02
900	0.0008	40	26.8	7.81	154
	0.0008	40	26.6	7.71	161
	0.0001	5	26.2	7.66	34
ค่าเฉลี่ย	0.0006±0.0006	28.3±20.21	26.5±0.31	7.73±0.08	116.3±71.39

ตารางภาคผนวก ก16 ลักษณะของน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมจากการตกตะกอนน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมด้วยเถ้าอุตสาหกรรมก่อนกรอง

อุณหภูมิที่เผา (°C)	น้ำหนัก ของแข็ง (g)	SS (mg/L)	Temp (°C)	pH	TDS (mg/L)
700	0.0022	110	27.5	12.02	470
800	0.0017	85	27.1	12.23	470
900	0.0013	65	27.2	12.14	478

ตารางภาคผนวก ก17 ลักษณะของน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมจากการตกตะกอนน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมด้วยเถ้าอุตสาหกรรมหลังกรอง

อุณหภูมิที่เผา (°C)	น้ำหนัก ของแข็ง (g)	SS (mg/L)	Temp (°C)	pH	TDS (mg/L)
700	0.0016	80	25.8	10.00	168
800	0.0001	5	25.6	10.04	63
900	0.0005	25	25.7	11.00	144

ภาคผนวก ข  
วิธีการวิเคราะห์





## 1. การวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids : SS)

### หลักการ

การหาปริมาณของแข็งแขวนลอยโดยวิเคราะห์การกรองน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมผ่านกระดาษกรอง GF/C (Glass Fiber Filter) ที่ทราบน้ำหนักคงที่แล้วนำกระดาษที่ผ่านการกรองแล้วเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 103 -105 องศาเซลเซียส จากนั้นเข้าตู้ดูดความชื้นจนได้น้ำหนักคงที่โดยน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น คือ ปริมาณของแข็งแขวนลอย

### อุปกรณ์และเครื่องมือ

- 1) ขวดรูปชมพู (Suction Flask) ขนาด 200 mL
- 2) กระจกตวง (Cylinder) ขนาด 100 mL
- 3) กระดาษกรอง GF/C (Glass Fiber Filter)
- 4) กรวยบุชเนอร์
- 5) เครื่องดูดสุญญากาศ (Vacuum Pump)
- 6) ตู้ดูดความชื้น (Dessicator)
- 7) ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven)
- 8) เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 9) ที่คีบ (Forceps)

### วิธีการวิเคราะห์ทดสอบ

- 1) นำกระดาษกรองเข้าไปในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 103-105 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
- 2) นำเข้าตู้ดูดความชื้น 1 ชั่วโมง
- 3) ชั่งกระดาษกรองและจดบันทึกเป็นค่า A (ก่อนการทดลอง)
- 4) นำขวดรูปชมพูต่อเข้ากับเครื่องสุญญากาศ
- 5) กระดาษกรองที่ชั่งแล้ววางกรวยบุชเนอร์ เเทน้ำเสียสังเคราะห์ฟอกย้อมลง กระจกตวง 20 mL ผ่านกระดาษกรอง GF/C
- 6) จากนั้นคีบกระดาษกรองลงแผ่นถ้วยระเหย เข้าตู้อบลมร้อน 1 ชั่วโมง
- 7) เข้าตู้ดูดความชื้น 1 ชั่วโมง

8) นำกระดาษกรอง GF/C ที่ทำการวิเคราะห์แล้ว ไปชั่งน้ำหนักหลังกรองและบันทึกผลเป็นค่า B (หลังทำการทดลอง)

**การคำนวณ**

$$\text{SS (mg/L)} = \frac{(B - A) \times 10^6}{\text{Volume (mL)}}$$

A = น้ำหนักกระดาษกรอง GF/C ก่อนทำการทดลอง

B = น้ำหนักกระดาษกรอง GF/C หลังทำการทดลอง

Volume Sample = ปริมาณน้ำตัวอย่างที่ใช้ (mL)



## 2. การทดสอบหาหมู่ฟังก์ชัน โดยวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FT - IR

### การเตรียมตัวอย่าง

- 1) ทำการเตรียมตัวอย่างที่ต้องการตรวจ เช่น เถ้า ดินขาว เตรียมอย่างละประมาณ 1 g
- 2) ชั่ง Blank 100 mg ซึ่ง Blank คือ Potassium Bromide
- 3) จากนั้นนำ Blank มาบดให้ละเอียด นำตัวอย่างที่บดแล้วใส่ลงในแม่พิมพ์ จากนั้นนำแท่งเหล็กใส่ลงไปและหมุนเกลียว เพื่อให้ผิวหน้าของ Blank นั้นเรียบ
- 4) นำแม่พิมพ์ไปอัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิคนขนาด 10 ตัน ทิ้งไว้ 15 วินาที
- 5) ถอดตัวประกบแม่พิมพ์ออก ตัวอย่างจะติดอยู่ที่แม่พิมพ์ มีลักษณะเป็นวงกลมใส
- 6) นำเข้าเครื่อง FT-IR เพื่อใช้เป็น Blank
- 7) นำ Blank ออก และนำ Potassium Bromide ไปชั่ง 99.50 mg และชั่งเถ้า 0.50 mg
- 8) นำ Potassium Bromide และเถ้ามาผสมและบดให้เข้ากัน จากนั้นนำตัวอย่างที่บดแล้วใส่ลงในแม่พิมพ์ จากนั้นนำแท่งเหล็กใส่ลงไปและหมุนเกลียว เพื่อให้ผิวหน้าของตัวอย่างเรียบ
- 9) นำแม่พิมพ์ไปอัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิคนขนาด 10 ตัน ทิ้งไว้ 15 วินาที
- 10) ถอดตัวประกบแม่พิมพ์ออก ตัวอย่างจะติดอยู่ที่แม่พิมพ์ มีลักษณะเป็นวงกลมใส
- 11) นำเข้าเครื่อง FT-IR เพื่อให้ได้กราฟออกมา
- 12) นำ Potassium Bromide ไปชั่ง 99.50 mg และชั่งดินขาว 0.50 mg
- 13) ทำวิธีเดียวกันกับที่ใช้ในการวิเคราะห์เถ้า

### การเปิดเครื่อง

เปิดสวิทซ์ที่ตัวเครื่อง FT-IR

### การใช้ซอฟต์แวร์และการวัดตัวอย่าง

- 1) Double Click ที่ Spectrum เลือก Login : admin กด Instrument : 2.spectrum GX FT-IR แล้วกด OK
- 2) เข้ามาที่หน้า Spectrum กด Monitor เพื่อตรวจสอบค่าความเข้มของแสงเครื่องจะถามว่า Initialization หรือเปล่า กด Yes หากขึ้น Not Complete Alignment ให้กด OK และจะต้องทำ Alignment ก่อน เข้าเมนู Instrument Setup กด Align และตรวจสอบว่าไม่มีตัวอย่าง

หรือสิ่งอื่น ๆ ปิดกั้นทางเดินแสง กด OK รอจนกระทั่งเครื่อง Align เสร็จจะมีค่า Factor ขึ้นมา กด OK และ Update กด Monitor เพื่อตรวจสอบค่าความเข้มแสงใหม่อีกครั้งหนึ่ง

3) รอจนกระทั่งเข้ามาที่หน้า Monitor คลิกเลือก Energy Mode กด OK หากขึ้น Not Complete Alignment ให้กด OK พิจารณาค่า Energy รอให้คงที่ประมาณ Energy จะอยู่ที่ประมาณ 3000 แสดงว่าเครื่องพร้อมที่จะทำงาน หากต่ำกว่านี้มากๆ เช่น Energy เหลือประมาณ 1,000 เป็นไปได้ว่า

- มีสิ่งกีดขวางทางเดินแสงในส่วนของที่ใส่ตัวอย่าง

- ที่มีการเปลี่ยนแปลงค่า Resolution ให้ปรับแก้เป็น  $4 \text{ cm}^{-1}$  หากแก้ไขไม่ได้ให้ติดต่อเจ้าหน้าที่ทางเดินแสงยังไม่ทำการ หลังจากตรวจสอบค่า Energy แล้ว ให้ปิดหน้าต่าง Energy

4) การ Scan Background ก่อน Scan Background ให้เลือก Directory ที่ต้องการ บันทึกข้อมูลก่อน โดยไปที่เมนู Setup, Option, File, Spectra แล้ว Browse เลือก Directory ที่ต้องการ แล้วกด OK และ OK อีกครั้งหนึ่ง การ Scan Background เลือกเมนู Instrument, Scan Background ตั้งชื่อไฟล์ เลือก Single Beam ใส่ค่า Parameter ประกอบด้วย ช่วงเลขคลื่น จำนวนครั้งที่ต้องการ Scan ค่า Resolution และค่า Interval ให้ป้อนค่า Default คือ 4 และ 1 ตามลำดับ กด OK หากเครื่องขึ้น Could Not Complete Align ให้กด OK เพื่อปิดหน้าต่าง รอจนกระทั่ง เครื่อง Scan เสร็จ จะได้ Spectrum ของ Background จากนั้นก็สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้

5) ไปที่เมนู Instrument, Scan Sample, ตั้งชื่อไฟล์ เลือก Ratio ที่ช่อง Unit ปกติ เลือก %T ส่วน Scan Parameter ใช้เหมือนกับ Background ไม่ต้องเปลี่ยนค่า จากนั้นใส่ตัวอย่างที่เตรียมไว้แล้วลงไปเครื่อง กด OK เครื่องจะทำการ Scan จนกระทั่งได้ Spectrum ออกมา

### 3. มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

ตารางภาคผนวก ก18 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีการวิเคราะห์
ความเป็นกรดและด่าง (pH)	5.5-9.0	pH Meter ที่มีค่าความละเอียดไม่ต่ำกว่า 0.1 หน่วย
อุณหภูมิ (Temperature)	ไม่เกิน 40 °C	เครื่องวัดอุณหภูมิขณะทำการเก็บตัวอย่าง
สี (Color)	300 เอดีเอ็มไอ	ADMI Method
ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solids)	ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร	กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว และอบแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 °C เป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง
ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids หรือ TDS)	(1) กรณีระบายลงแหล่งน้ำ ต้องไม่เกิน 3,000 mg/L (2) กรณีระบายลงแหล่งน้ำที่มีค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดเกินกว่า 3,000 mg/L ค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดในน้ำทิ้งที่จะระบายได้ต้องมีค่าเกินกว่าค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดที่มีอยู่ในแหล่งน้ำนั้นไม่เกิน 5,000 mg/L	ระเหยตัวอย่างที่กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว และอบแห้งที่อุณหภูมิ 180 °C เป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง

ตารางภาคผนวก ก18 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีการวิเคราะห์
บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand)	ไม่เกิน 20 mg/L	บ่มตัวอย่างที่อุณหภูมิ 20 °C เป็นเวลา 5 วัน ติดต่อกัน และหาค่า ออกซิเจนละลายด้วย วิธีเอไซด์โมดิฟิเคชัน หรือวิธีเมมเบรนอิเล็กโทรด
ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand)	ไม่เกิน 120 mg/L	ย่อยสลายด้วยโพแทสเซียม ไดโครเมต

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2561)

## ประวัติการศึกษา



ชื่อ นามสกุล นางสาวสุนิสา ละอองทอง  
วัน เดือน ปีเกิด 23 สิงหาคม พ.ศ. 2539  
ภูมิลำเนา อำเภอมะนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

### ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	ชื่อสถาบัน	ปีการศึกษา
ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2561
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนดอนเมืองจาตุรจินดา	2557
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนศรีธรรมราชศึกษา	2554

### ที่อยู่ปัจจุบัน

46/12 หมู่ 10 ซอยวัดกำแพง ถนนพิบูลสงคราม ตำบลสวนใหญ่ อำเภอมะนัง  
จังหวัดนนทบุรี 11000

## ประวัติการศึกษา



ชื่อ นามสกุล นางสาวสุนิดา ละอองทอง  
 วัน เดือน ปีเกิด 23 สิงหาคม พ.ศ. 2539  
 ภูมิลำเนา อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช

## ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	ชื่อสถาบัน	ปีการศึกษา
ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2561
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนดอนเมืองจาตุรจินดา	2557
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนศรีธรรมราชศึกษา	2554

## ที่อยู่ปัจจุบัน

46/12 หมู่ 10 ซอยวัดกำแพง ถนนพิบูลสงคราม ตำบลสวนใหญ่ อำเภอเมือง  
 จังหวัดนนทบุรี 11000



## ประวัติการศึกษา



ชื่อ นามสกุล นางสาวพุทธรักษา ไหวใจ  
 วัน เดือน ปีเกิด 13 มิถุนายน พ.ศ. 2539  
 ภูมิลำเนา อำเภอสสามพราน จังหวัดนครปฐม

### ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	ชื่อสถาบัน	ปีการศึกษา
ปริญญาตรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2561
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนบ้านปล่องเหล็ก	2557
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนบ้านปล่องเหล็ก	2554

### ที่อยู่ปัจจุบัน

40/145 หมู่ 2 ตำบลบ้านใหม่ อำเภอสสามพราน จังหวัดนครปฐม 73110