# การพัฒนาเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวาเพื่อดูดซับน้ำมันและไขมัน

# DEVELOPMENT OF CELLULOSE FIBER FROM WATER HYACINTH FOR GREASE AND OIL ABSORPTION


จุฑามาศ เกษมหา

ทิพวดี คำยันต์

วิสสุตา แก้วมะ


โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา

วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)


ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า


ปีการศึกษา 2566


ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# DEVELOPMENT OF CELLULOSE FIBER FROM WATER HYACINTH FOR GREASE AND OIL ABSORPTION

JUTHAMAS KASEMHA
THIPWADEE KHAMYAN
WISSUTA KAEWMA

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (ENVIRONMENTAL CHEMISTRY)
DEPARTMENT OF CHEMISTRY, SCHOOL OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2023

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**หัวข้อโครงงานพิเศษ** การพัฒนาเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวาเพื่อดูดซับน้ำมันและไขมัน

**ชื่อนักศึกษา** นางสาว จุฑามาศ เกษมหา รหัสนักศึกษา 63050313

นางสาว ทิพวดี คำยันต์ รหัสนักศึกษา 63050322

นางสาว วิสสุตา แก้วมะ รหัสนักศึกษา 63050352

**ปริญญา** วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)

**ภาควิชา** เคมี

**ปีการศึกษา** 2566

**อาจารย์ที่ปรึกษา** รศ.ดร. ชมพูนุท ไชยรักษ์

**อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม** ผศ.ดร.พงษ์เสริฐ ศรีพรหม

คณะวิทยาศาสตร์ สภาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม) ประจำปีการศึกษา 2566

| คณะกรรมการสอบ | ลายมือชื่อ |
|---|---|
| ดร.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์<br>ประธานกรรมการ | |
| ดร.ปิยาภรณ์ ศรีเจริญเวช<br>กรรมการ | |
| รศ.ดร.ชมพูนุท ไชยรักษ์<br>กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา | |
| ผศ.ดร.พงษ์เสริฐ ศรีพรหม<br>กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม | |

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

| | |
|---|---|
| **หัวข้อโครงงานพิเศษ** | การพัฒนาเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวาเพื่อดูดซับน้ำมันและไขมัน |
| **ชื่อนักศึกษา** | นางสาว จุฑามาศ เกษมหา รหัสนักศึกษา 63050313 |
| | นางสาว ทิพวดี คำยันต์ รหัสนักศึกษา 63050322 |
| | นางสาว วิสสุตา แก้วมะ รหัสนักศึกษา 63050352 |
| **ปริญญา** | วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม) |
| **ภาควิชา** | เคมี |
| **คณะ** | วิทยาศาสตร์ |
| **ปีการศึกษา** | 2566 |
| **อาจารย์ที่ปรึกษา** | รศ.ดร. ชมพูนุท ไชยรักษ์ |
| **อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม** | ผศ.ดร.พงษ์เสริฐ ศรีพรหม |

## บทคัดย่อ

ปัญหาพิเศษนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำผักตบชวามาเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตเส้นใยเซลลูโลส ที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียในโรงอาหารและน้ำเสียตามบ้านเรือนที่มีไขมันและน้ำมันสูง ก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ในงานวิจัยนี้ได้ทดลองสังเคราะห์เส้นใยด้วย 3 วิธีที่แตกต่างกัน วิธีที่ทำให้ได้เส้นใยที่เหมาะสมที่สุดคือการใช้สารละลาย 5% NaOH และ 4% $H_2O_2$ ซึ่งสามารถผลิตเส้นใยเซลลูโลสได้ร้อยละ 17.47 นำวิธีสังเคราะห์เส้นใยเซลลูโลสที่เหมาะสมมาทำการสังเคราะห์เส้นใยเซลลูโลสโดยแยกส่วนก้าน ส่วนใบ และส่วนผสมระหว่างก้านกับใบ เส้นใยที่สังเคราะห์ได้นำไปบำบัดน้ำเสียที่มีค่าซีโอดี ของแข็งแขวนลอย น้ำมันและไขมันเริ่มต้นเป็น 168.99 มิลลิกรัมต่อลิตร 139.17 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 155.99 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าเส้นใยเซลลูโลสผลิตจากส่วนก้านสามารถบำบัดน้ำเสียได้ดีที่สุดคือสามารถบำบัดค่าซีโอดี ของแข็งแขวนลอย น้ำมันและไขมันได้ร้อยละ 46.7 45.4 และ 57.1 ตามลำดับ น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมีคุณสมบัติผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งประเภทน้ำเสียจากร้านอาหาร

**คำสำคัญ** : การดูดซับ, ผักตบชวา, เซลลูโลส, ไขมัน, น้ำเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Special problem title** Development of cellulose fiber from water hyacinth for grease and oil absorption

**Student name** Juthamas Kasemha Student ID 63050313

Thipwadee Khamyan Student ID 63050322

Wissuta Kaewma Student ID 63050352

**Degree** Bachelor of Science (Environmental chemistry)

**Department** Chemisty

**Year** 2023

**Advisor** Chompoonut Chaiyaraksa

**Co-Advisor** Pongsert Sriprom

## ABSTRACT

This special issue focuses on utilizing water hyacinth as a primary material to produce cellulose fibers effective in treating cafeteria and household wastewater, particularly high-fat and high-oil content, prior to discharge into natural water sources. Three different methods were employed in the research to synthesize fibers. The most effective method for obtaining cellulose fibers involved using a solution comprising 5% NaOH and 4% $H_2O_2$, resulting in a 17.47% yield of cellulose fibers. The appropriate method for synthesizing cellulose fibers was utilized to produce fibers from the stem, leaf, and a combination of stem and leaf. These synthesized fibers were applied to treat wastewater initially characterized by COD, suspended solids, and oil and fat concentrations of 168.99 mg/L, 139.17 mg/L, and 155.99 mg/L, respectively. The findings revealed that cellulose fibers derived from the stem exhibited superior performance in wastewater treatment, effectively addressing 46.7%, 45.4%, and 57.1% of COD, suspended solids, and oil and fat, respectively. The treated wastewater met the standards specified for restaurant wastewater.

**Keyword:** adsorption, water hyacinth, cellulose, grease, wastewater

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษในหัวข้อเรื่อง การพัฒนาเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวาเพื่อดูดซับน้ำมันและไขมัน สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ชมพูนุท ไชยรักษ์ ที่ได้ให้การแนะนำ ช่วยปรับปรุงแก้ไข ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะ และติดตามความก้าวหน้าในการทำวิจัยนี้ ผู้วิจัยตระหนักถึงความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของอาจารย์ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.พงษ์เสริฐ ศรีพรหม ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ แนะนำ และดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณคณาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ทุกท่าน ที่คอยสั่งสอน ให้ความรู้แก่ผู้จัดทำตลอดระยะเวลาที่ได้ศึกษาอยู่ในคณะวิทยาศาสตร์ จนกระทั่งประสบความสำเร็จในวันนี้

รวมถึงขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการและนักวิทยาศาสตร์ประจำคณะวิทยาศาสตร์ทุกท่าน ที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และคอยอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือต่างๆ ตลอดจนบุคคลต่างๆ มากมาย ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ปัญหาพิเศษเล่มนี้จะมีประโยชน์อยู่ไม่น้อย ข้าพเจ้าในฐานะผู้จัดทำปัญหาพิเศษนี้ รู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและปรารถนาดีของทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง และขอขอบคุณทุกท่านที่ไม่สามารถกล่าวนามได้ครบ ที่ให้กำลังใจและช่วยเหลือเป็นอย่างดีตลอดเวลาในการทำปัญหาพิเศษนี้ จึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

จุฑามาศ เกษมหา
ทิพวดี คำยันต์
วิสสุตา แก้มมะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อ | ก |
| Abstract | ข |
| กิตติกรรมประกาศ | ค |
| สารบัญ | ง |
| สารบัญ (ต่อ) | จ |
| สารบัญตาราง | ฉ |
| สารบัญรูป | ช |
| คำย่อ/สัญลักษณ์ | ซ |
| **บทที่ 1 บทนำ** | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา | 2 |
| 1.3 ขอบเขตการศึกษา | 2 |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| **บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** | 3 |
| 2.1 ผักตบชวา | 3 |
| 2.1.1 องค์ประกอบเส้นใยของผักตบชวา | 4 |
| 2.2 เส้นใยเซลลูโลส | 4 |
| 2.3 การปรับสภาพวัตถุดิบ | 5 |
| 2.4 การดูดซับ | 5 |
| 2.4.1 ประเภทของการดูดซับ | 6 |
| 2.4.2 ขั้นตอนที่เกิดขึ้นในระหว่างการดูดซับ | 6 |
| 2.5 วัสดุดูดซับจากธรรมชาติ | 7 |
| 2.5.1 การเลือกชนิดของวัสดุดูดซับน้ำมันและไขมัน | 8 |
| 2.6 การวิเคราะห์น้ำเสียในครัวเรือน | 8 |
| 2.7 น้ำมันและไขมัน | 8 |
| 2.8 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ | 9 |
| 2.8.1 Scanning Electron Microscopy (SEM) | 9 |
| 2.8.2 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) | 10 |
| 2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 10 |
| 2.9.1 งานวิจัยภายในประเทศ | 10 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)

หน้า


2.9.2 งานวิจัยต่างประเทศ........ 11

**บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย**........ 13

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี........ 13

3.2 อุปกรณ์........ 13

3.3 วิธีดำเนินการทดลอง........ 14

3.3.1 การเตรียมเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวา........ 14

3.3.2 การวิเคราะห์คุณลักษณะของเส้นใยเซลลูโลส........ 17

3.3.3 การศึกษาคุณสมบัติน้ำเสียจากโรงอาหาร........ 18

3.3.4 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์และศึกษาคุณสมบัติของน้ำเสียสังเคราะห์........ 19

3.3.5 การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับ........ 19

**บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์**........ 22

4.1 คุณสมบัติของเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวา........ 22

4.1.1 องค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพ........ 22

4.2 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวา........ 23

4.2.1 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)........ 23

4.2.2 Scanning Electron Microscopy (SEM)........ 25

4.3 คุณสมบัติน้ำเสียจากโรงอาหาร........ 27

4.4 คุณสมบัติน้ำเสียสังเคราะห์........ 28

4.5 ประสิทธิภาพในการดูดซับ........ 28

**บทที่ 5 สรุปผลและเสนอแนะ**........ 30

5.1 สรุปผล........ 30

5.2 ข้อเสนอแนะ........ 30

บรรณานุกรม........ 31

ภาคผนวก........ 33

ภาคผนวก ก........ 34

ภาคผนวก ข........ 38

ภาคผนวก ค........ 42

ประวัติผู้วิจัย........ 47


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

**ตารางที่** **หน้า**

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวา.................... 21
ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวา.................... 22
ตารางที่ 4.2 ลักษณะน้ำเสียจากโรงอาหาร.................... 27
ตารางที่ 4.3 ลักษณะน้ำเสียสังเคราะห์ก่อนผ่านการดูดซับของเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวา.................... 27
ตารางที่ 4.4 ประสิทธิภาพน้ำเสียหลังผ่านการดูดซับของเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวา.................... 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

**รูปที่** **หน้า**

รูปที่ 2.1 ผักตบชวา ........ 3
รูปที่ 2.2 โครงสร้างของ เซลลูโลส ........ 5
รูปที่ 2.3 ละอองเรณูที่ได้จากการส่องด้วย SEM ........ 9
รูปที่ 2.4 ลักษณะการทำงานของเครื่อง FTIR Spectroscopy ........ 10
รูปที่ 3.1 ตัดผักตบชวา ........ 14
รูปที่ 3.2 อบแห้งแบบถาด (Tray dryer) ........ 15
รูปที่ 3.3 การกรองล้างสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ........ 15
รูปที่ 3.4 การนำเส้นใยเซลลูโลสมาผสมกับน้ำกลั่น ........ 16
รูปที่ 3.5 ถังปฏิกรณ์แรงสูง (Autoclave reactor) ........ 16
รูปที่ 3.6 การฟอกไฮโดรเจนเปอร์ออกๆไซด์ 4% ........ 17
รูปที่ 3.7 ตัวอย่างน้ำเสียจากโรงอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ ........ 17
รูปที่ 3.8 ตัวอย่างน้ำเสียที่เก็บจากโรงอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ ........ 18
รูปที่ 3.9 เส้นใยเซลลูโลสดูดซับไขมันและน้ำมัน ........ 19
รูปที่ 4.1 ผักตบชวาที่ผ่านการอบแห้ง ........ 22
รูปที่ 4.2 ผล FTIR ของเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวา
ส่วนก้าน+ใบ (Hydrothermal) และส่วนก้าน+ใบ (No hydrothermal) ........ 24
รูปที่ 4.3 ผล FTIR ของเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวา ส่วนก้าน, ส่วนใบ และส่วนก้าน+ใบ ........ 24
รูปที่ 4.4 ภาพถ่ายพื้นผิวของผักตบชวาจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่
กำลังขยาย 1,000x ........ 26
รูปที่ 4.5 ภาพถ่ายพื้นผิวเซลลูโลสของผักตบชวาจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่
กำลังขยาย 5,000x ........ 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# คำย่อ/สัญลักษณ์

| คำย่อ/สัญลักษณ์ | คำอธิบาย |
|---|---|
| $H_2SO_4$ | Sulfuric acid |
| NaOH | Sodium hydroxide |
| SEM | Scanning electron microscope |
| FTIR | Fourier transform infrared spectroscopy |
| EDS | Energy dispersive spectrometry |
| COD | Chemical oxygen demand |
| TSS | Total suspended solid |
| pH | ความเป็นกรดด่าง |
| $^{\circ}C$ | องศาเซลเซียส |
| N | นอร์มอล |
| Ml | มิลลิลิตร |
| มก./ล. | มิลลิกรัม/ลิตร |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ผักตบชวา (Water Hyacinth) มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ Eichhornia crassipes (Mart.) Solms อยู่ในวงศ์ Pontederiaceae ผักตบชวาได้ถูกกล่าวว่าเป็นวัชพืชน้ำที่ก่อให้เกิดปัญหามากมายจนกระทั่งได้มีการคิดค้นวิธีการป้องกันอย่างขนานใหญ่ แต่ในปัจจุบันนี้ ก็ยังไม่มีวิธีการจัดการที่ได้ผลอย่างเต็มที่ ตั้งแต่ผักตบชวาเริ่มระบาดไปในประเทศเขตร้อนและกึ่งร้อนกว่า 50 ประเทศทั่วทุกทวีป ในระยะเวลาไม่ถึง 100 ปีที่ผ่านมา ไม่มีประเทศไหนไม่ว่าจะเป็นประเทศที่ร่ำรวยมหาศาล เช่น สหรัฐอเมริกา หรือประเทศที่มีประชากรมากมาย เช่น อินเดีย บังคลาเทศ หรือ อินโดนีเซีย ที่ประสบความสำเร็จในการลดปริมาณผักตบชวาลงเนื่องจากผักตบชวาขยายพันธุ์อย่างรวดเร็วและที่สำคัญยังเป็นปัญหาทางด้านการคมนาคม (วิเชียร, 2532) ทั้งนี้การที่ผักตบมีการแพร่พันธุ์ไวจึงส่งผลเสียแก่แม่น้ำลำคลองทำให้เป็นอุปสรรคต่อการระบายน้ำเนื่องจากผักตบชวาไปลดการไหลของน้ำลงคิดเป็นร้อยละ 40 ผักตบชวาประกอบไปด้วยส่วนเนื้อก้านใบและส่วนของดอกโดยทั่วไปคนมักจะนำผักตบชวามาแปรรูปเป็นเครื่องใช้ต่างๆ เช่น เครื่องจักรสาน เปลญวน รองเท้าเตะ เอาเพียงแค่ส่วนก้านใบมาใช้ประโยชน์ ปัจจุบันมีการนำผักตบชวามาใช้ประโยชน์เพียงส่วนก้าน ทำให้ต้องกำจัดใบเหล่านี้ทิ้งโดยวิธีการต่างๆ รวมทั้งการใช้สารเคมีซึ่งก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม หากสามารถนำผักตบชวานี้มาใช้ต่อได้ ก็จะก่อให้เกิดประโยชน์ อีกทั้งยังเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบเหล่านี้อีกด้วย จากการศึกษาของ (Anjanabha และPawan, 2010) องค์ประกอบของผักตบชวาที่มีปริมาณมากที่สุดคือปริมาณเฮมิเซลลูโลสคือร้อยละ 48.70 ของ น้ำหนักเปียกและรองลงมาคือส่วนที่ไม่ใช่เส้นใย ปริมาณเซลลูโลสและปริมาณลิกนินคือร้อยละ 29.60 18.20 และ 3.50 ของน้ำหนักเปียกตามลำดับ จะเห็นได้ว่าผักตบชวา มีเซลลูโลสจำนวนมากเป็นองค์ประกอบของโครงสร้างผนังเซลล์พืช จึงเหมาะแก่การนำไปใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในกระบวนการเตรียมเส้นใยเซลลูโลส โดยเซลลูโลสมีประโยชน์ที่หลากหลาย เช่น สามารถนำเส้นใยเซลลูโลสไปดักจับไขมัน เพราะปัจจุบันน้ำมันและไขมันจะถูกพบบ่อยในน้ำเสียที่มาจากบ้านเรือนโดยเกิดจากการใช้น้ำมันในการประกอบอาหารจำนวนมากไม่ว่าจะเป็นน้ำมันจากพืชและจากสัตว์ เนื่องจากลักษณะทั่วไปของน้ำมันและไขมันเหล่านี้มีน้ำหนักเบาทำให้ลอยอยู่บนผิวน้ำ เป็นอินทรีย์สารที่มีเสถียรภาพและย่อยสลายโดยแบคทีเรียได้ยาก จึงเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่ถูกพบในน้ำเสียที่มาจากบ้านเรือน ก่อให้เกิดปัญหาน้ำมันและไขมันปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมจำนวนมาก โดยพื้นดินและแหล่งน้ำผิวดินจะได้รับการปนเปื้อนจากน้ำมันและไขมันโดยตรง และการขวางกั้นของน้ำมันและไขมันทำให้การซึมผ่านของออกซิเจนที่ลงสู่แหล่งน้ำลดน้อยลงส่งผลให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสีย จึงต้องมีการบำบัดน้ำเพื่อกำจัดน้ำมันและไขมันก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือท่อระบายน้ำทิ้ง โดยทั่วไปตามบ้านเรือนมักจะใช้ถังดักไขมันในการบำบัดน้ำเพื่อกำจัดไขมันซึ่งสามารถกำจัดไขมันได้ประมาณร้อยละ 60 (กรมควบคุมมลพิษ, 2546) ซึ่งถือได้ว่ายังคงมีน้ำมันและไขมันเปื้อนปนลงน้ำเสียที่ถูกระบายสู่แหล่งน้ำสาธารณะอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากปัญหาน้ำมันและไขมันในครัวเรือนที่ส่งผลเสียต่อคุณภาพน้ำนี้ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการแก้ไขปัญหาของน้ำมันและไขมันที่ถูกปล่อยจากบ้านเรือนโดยการศึกษาเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวาเพื่อนำไปเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันและไขมันก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะเพื่อไม่ให้เป็นมลพิษต่อแหล่งน้ำ และการใช้ผักตบชวาเป็นวัตถุดิบนั้นนอกจากจะเป็นการใช้วัสดุจากธรรมชาติเพื่อประหยัดต้นทุนแล้วยังสามารถเพิ่มแนวทางในการลดปริมาณผักตบชวาที่เป็นวัชพืชน้ำได้ เนื่องจากมีการแพร่พันธุ์อย่างรวดเร็วจึงส่งผลเสียแก่แม่น้ำลำคลองทำให้เป็นอุปสรรคต่อการระบายน้ำ ทั้งยังเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุจากธรรมชาติ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นในการเตรียมเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวาเพื่อนำไปดูดซับน้ำมันและไขมันในน้ำเสียจากบ้านเรือนเพื่อลดการปล่อยน้ำที่ปนเปื้อนน้ำมันและไขมันลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) เพื่อทำการสังเคราะห์เส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวา
2) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันและไขมันในน้ำเสียจากครัวเรือน

## 1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ศึกษาการเตรียมเส้นใยเซลลูโลสที่เหมาะสมในการผลิตเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวา นำเซลลูโลสจากผักตบชวาที่ได้มาประยุกต์ใช้ในการดูดซับน้ำมันและไขมันเพื่อหาประสิทธิภาพในการดูดซับด้วยวิธีแบบ Batch และวิเคราะห์คุณสมบัติของเส้นใยเซลลูโลสโดยใช้เทคนิค SEM, FTIR

ศึกษาน้ำเสียจากบ้านเรือนและโรงอาหารคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทำการสังเคราะห์น้ำเสียเพื่อให้ได้ค่าใกล้เคียงกับน้ำเสียจริงและวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำเสีย โดยมีการวิเคราะห์ ดังนี้ pH, Oil and grease, COD และ TSS ตามลำดับ

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้ผลิตภัณฑ์สำหรับดักจับไขมันที่สามารถใช้ประโยชน์ตามบ้านเรือน โรงอาหาร และชุมชนได้ในราคาประหยัด
2) เป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยลดปัญหามลพิษทางน้ำ
3) เป็นแนวทางในการนำผักตบชวาที่เป็นวัชพืชมาสร้างมูลค่าเพิ่มยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ผักตบชวา (Water Hyacinth)

ผักตบชวา เป็นพืชที่เจริญอยู่บนผิวน้ำ จัดเป็นประเภทลอยน้ำ (Floating plant) โดยปกติมักไม่ยึดติดกับพื้นดินและถูกกระแสน้ำหรือกระลมพัดพาไปได้ไกล แต่น้ำตื้นรากจะยึดติดกับพื้นดินได้ ลักษณะของต้นประกอบด้วยกลุ่มของใบเรียงกันเป็นกระจุก ในต้นๆหนึ่งจะมีใบตั้งแต่ 2 ใบขึ้นไป ที่โคนก้านใบจะมีกาบใบ (Sheath) ลักษณะจะเป็นเยื่อบางๆสีขาวแกมเขียวอ่อน แต่เมื่อมีอายุมากจะกลายเป็นสีน้ำตาล บริเวณของกาบใบจะมีมีน้ำตาลแกมม่วงจะเชื่อมติดกันกับไหล (Stolon) ซึ่งเป็นลำต้นที่ทอดออกไปตามผิวน้ำเพื่อช่วยในการขยายตัวของผักตบชวาให้เพิ่มขึ้น ในหนึ่งต้นของผักตบชวาจะมีไหลแตกออกได้หลายอัน เมื่อไหลแตกออกไปแล้วก็จะเจริญขึ้นเป็นต้นใหม่แต่ยังติดกับต้นเดิมอยู่และเกิดเป็นกอขึ้น พร้อมทั้งมีรากเกิดขึ้นด้วย รากของผักตบชวาเป็นแบบรากฝอย (Fibrous root) คือมีรากย่อยๆเป็นกระจุก รากที่แทงออกจะมีลักษณะอวบ สีขาว เมื่อมีอายุมากขึ้นจะมีรากขนอ่อน (Root hair) ที่มีสีน้ำตาลอ่อน และเมื่อแก่รากขนอ่อนนี้จะเป็นสีน้ำตาลแก้จนถึงสีดำ ความยาวของรากจะแตกต่างกันไปบางเส้นยาวจนถึงหนึ่งเมตร (60-90 ซม.) ส่วนใบ เป็นแบบใบเลี้ยงเดี่ยว (Simple leaf) ประกอบด้วยแผ่นใบและก้านใบ แผ่นใบมี ลักษณะคล้ายรูปไตหรือรูปหัวใจ มักมีความกว้างมากกว่าความยาวหรือเกือบจะเท่าๆกัน เมื่อยังอ่อนปลายใบมักจะมนแต่เมื่อมีอายุมากขึ้นปลายใบจะแหลม มีสีเข้มขึ้น ขอบใบเรียบ ระบบเส้นใบทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและอาหารเป็นแบบเส้นใบขนาน ก้านใบมีลักษณะกลมเรียบอวบน้ำ ถ้าต้นผักตบชวาเจริญอยู่ห่างกันลำต้นมักจะเล็กก้านใบจะพองออกเป็นหุ่นลอยน้ำลักษณะ เช่นนี้เรียกว่า Buoyancy left แต่ถ้าเจริญอยู่ในที่เบียดชิดกันมากโดยเฉพาะในน้ำนิ่งก้านใบจะไม่พองนอกจากนั้นก้านใบยังยาวมากบางแห่งพบว่ายาวถึงหนึ่งเมตร การเกิดใบอ่อนจะเกิดตรงกลางกอ โดยแผ่นใบของใบอ่อนจะม้วนหุ้มรอบโคนก้านใบใกล้เคียง และมีกาบใบบางใสหุ้มรอบอีกทีหนึ่ง ปลายกาบใบนี้จะมีลักษณะคอดแล้วบาน ขอบหยักเล็กน้อยเป็นเยื่อบางๆ เมื่อใบอ่อนโตขึ้นก้านใบก็จะยาวขึ้นดันกาบใบที่ห่อหุ้มนั้นออก แผ่นใบก็จะคลี่ออกเป็นอิสระจากโคนก้านใบเดิมในระยะแรกใบจะมีสีเขียวอ่อนต่อไปจะมีสีเขียวเข้มขึ้น กาบใบนั้นก็จะคงติดอยู่ตรงโคนก้านใบ (ดวงพร และรังสิต, 2544)

**รูปที่ 2.1** ผักตบชวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ที่มา https://medthai.com/ผักตบชวา

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

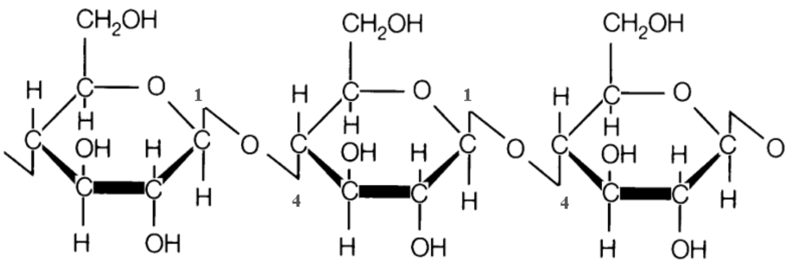
### 2.1.1 องค์ประกอบเส้นใยของผักตบชวา

องค์ประกอบเส้นใยของผักตบชวาที่มีปริมาณมากที่สุดคือ ปริมาณเฮมิเซลลูโลสคือร้อยละ 48.70 ของน้ำหนักเปียก และรองลงมาคือส่วนที่ไม่ใช่เส้นใย ปริมาณเซลลูโลส และปริมาณลิกนินคือ ร้อยละ 29.60 18.20 และ 3.50 ของน้ำหนักเปียกตามลำดับ ซึ่งการที่ปริมาณองค์ประกอบของเส้นใยของผักตบชวาที่แตกต่างกันนี้ขึ้นอยู่กับ ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมและสถานที่เก็บตัวอย่างผักตบชวา การที่พืชมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมนั้นๆ ส่งผลให้ให้ผักตบชวาในแต่ละสถานที่มีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน ดังนั้นผักตบชวาที่มาจากสถานที่และช่วงเวลาที่แตกต่างกันจะมีความแตกต่างกันในองค์ประกอบของเส้นใย ซึ่งหากเราเก็บในสถานที่เดียวกันก็มีความเป็นไปได้สูงที่จะมีปริมาณองค์ประกอบทางเคมีที่ใกล้เคียงกัน จะเห็นได้ว่าผักตบชวา มีเซลลูโลสจำนวนมาก เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างผนังเซลล์พืช จึงเหมาะแก่การนำไปใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในกระบวนการเตรียมเส้นใยเซลลูโลส แสดงองค์ประกอบทางเคมีของลำต้นผักตบชวาและเส้นใยที่ได้จากส่วนของลำต้นที่อายุ 4 เดือน จะพบว่า ปริมาณสารแทรกที่พบในเส้นใยผักตบชวามีปริมาณลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับลำต้นของ ผักตบชวา ในขณะที่ปริมาณแอลฟาเซลลูโลสมีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 53.84 % โดยมีปริมาณใกล้เคียงกับรายงาน ของ (Methacanon และคณะ, 2010) ที่พบในปริมาณ 52.20 % เนื่องจากวิธีการขูดเส้นใยด้วยเครื่องขูดเส้นใย มีการกำจัดเปลือกซึ่งมีปริมาณสารแทรกและสิ่งเจือปนอื่นออกไป และในกระบวนการล้างด้วยสบู่สามารถกำจัดสารเจือปนออกไปได้บ้าง

## 2.2 เส้นใยเซลลูโลส

เป็นกลุ่มเส้นใยที่ได้จาก พืช เช่น ฝ้าย ลินิน ป่าน ปอ โครงสร้างของโมเลกุลประกอบด้วยกลุ่ม แอนไฮโดรกลูโคสเกาะเกี่ยวกันเป็นสายโซ่ยาว โมเลกุลใหญ่ สายโมเลกุลนี้รวมกันจำนวนมากจะเกิดเป็นเส้นใยและยิ่งมีความยาวมากจะมีผลทำให้เซลลูโลสมีความเหนียวมากขึ้น โซ่โมเลกุลจะยาวมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ จำนวนโมเลกุลกลูโคส กลูโคสแต่ละหน่วยประกอบด้วยคาร์บอน 44.4 % ไฮโดรเจน 1.2 % และออกซิเจน 49.4 % (มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2019) การจัดเรียงตัวของโมเลกุลเซลลูโลสนั้นบางตอนก็ขนานกัน เป็นระเบียบเรียกว่า Crytalline บางตอนเรียงกันไม่เป็นระเบียบ พันกันสะเปะสะปะไปมาเรียกว่า Amophous การเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ ของโมเลกุลเซลลูโลสจะทำให้เกิดช่องว่างแทรกอยู่ระหว่างโมเลกุลกันละกันทำให้การยึดเกาะกันระหว่างโมเลกุล มีน้อย เส้นใยขาดความแข็งแรง ส่วนโมเลกุลเซลลูโลสที่เรียงตัวกันเป็นระเบียบ จะทำให้เส้นใย มีความแข็งดี ยืดตัวออกได้น้อย มีแรงยึดเกาะระหว่างโมเลกุลข้างเคียงด้วย Hydrogen bond ความยาวของหน่วยโมเลกุลเซลลูโลสที่ต่อกันขึ้นอยู่กับชนิดและพื้นฐานดั้งเดิมของเซลลูโลสจากโครงสร้างโมเลกุลกลูโคส ซึ่งยึดเกาะกันเป็นสายโมเลกุลเซลลูโลส จะเห็นว่าโมเลกุลกลูโคสจะมีหมู่ – OH อยู่หลายแห่ง ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดปฏิกิริยาเคมีกับเส้นใยได้ (รูปที่ 2.2 เช่น ปฏิกิริยากับสีย้อมสารตกแต่ง การดูดความชื้น โดยหมู่ – OH จะยึดจับกับโมเลกุลของน้ำที่ ผ่านเข้ามาในเส้นใยได้ดี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



cellulose (เซลลูโลส)

**รูปที่ 2.2** โครงสร้างของเซลลูโลส

ที่มา: Science learning hub (2011)

## 2.3 การปรับสถาพวัตถุดิบ

การปรับสภาพวัตถุดิบ (Pretreatment) เนื่องจากเซลลูโลสนั้น อยู่ในรูปของสารประกอบเชิงซ้อน (Complex) ร่วมกับลิกนิน และเฮมิเซลลูโลส ดังนั้น ขั้นแรกจึงต้องแยกลินนินและเฮมิเซลลูโลสออกจากโครงสร้างของวัตถุดิบก่อนเพื่อปรับโครงสร้างของเซลลูโลสให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยาการย่อยกับสารเคมีและเพื่อลดพลังงานที่ต้องใช้ในการสกัดนาโนเซลลูโลส โดยวิธีการปรับสภาพแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้ (สุภาวดี, 2556)

1. การปรับสภาพด้วยวิธีทางกายภาพ (Physical preatretment) เป็นการลดขนาดของวัตถุดิบและทำให้เส้นใยของเซลลูโลสแตกออกเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการเกิดปฏิกิริยาให้มากขึ้น เช่น การตัดให้เล็กลง การใช้ความร้อน
2. การปรับสภาพด้วยวิธีทางเคมีกายภาพ (Phisico-chemical preatreatment)
3. การปรับสภาพทางกายภาพร่วมเคมี (Physical pretreatment)
4. การปรับสภาพทางชีวภาพ (Biological peratreatment) เป็นวิธีที่ใช้วิธีทางกายภาพร่วมกับการใช้สารเคมี เช่น การใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับความร้อน

## 2.4 การดูดซับ

การดูดซับ (Adsorption) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารที่พื้นผิวของสารถูกดูดซับ (Adsorbate) ที่สัมผัสโดยตรงกับสารดูดซับ (Adsorbent) โดยสารที่มีพลังงานอิสระที่ผิว (Surface free energy) ต่ำจะถูกดูดซับได้ดี แต่สารที่มีพลังงานอิสระที่ผิวสูงจะไม่ถูกดูดซับ และกระบวนการดูดซับ เกิดขึ้นเมื่อสารถูกดูดซับกับสารดูดซับมีการสัมผัสกันโดยตรง และปริมาณการดูดซับขึ้นกับหลาย ปัจจัย เช่น ธรรมชาติของสารถูกดูดซับกับสารดูดซับ พื้นที่ผิวของตัวดูดซับ พลังงานกระตุ้นของตัวดูด ซับ และสภาวะการดูดซับ เช่น อุณหภูมิ ความเข้มข้น ความดัน และพลังงานศักย์ของอันตรกิริยา ระหว่างสารที่ถูกดูดซับอาจเป็นของแข็งของเหลวหรือแก๊ส กับสารดูดซับซึ่งอาจเป็นของเหลวหรือ ของแข็งดังนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความดันหรือความเข้มข้น และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะทำ ให้ปริมาณการดูดซับเปลี่ยนแปลง (เดชา, 2552)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.4.1 ประเภทของการดูดซับ**

การดูดซับแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามแรงการดูดซับ ได้แก่ การดูดซับทางกายภาพ (Physical adsorption) และการดูดซับทางเคมี (Chemical adsorption) ความแตกต่างของการดูดซับทั้งสองขึ้นกับแรงการดูดซับ

1. การดูดซับทางกายภาพ (Physical adsorption)

การดูดซับทางกายภาพ (Physical adsorption หรือ Physisorption) อาศัยแรงดึงดูดทางไฟฟ้าอย่างอ่อนๆ เรียกว่าแรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der wals) หรือพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) แรงดึงดูดระหว่างสารที่อยู่ในของเหลวกับสารดูดซับมีมากกว่าแรงดึงดูดระหว่างสารใน ของเหลวกับของเหลว ทำให้สารที่อยู่ในของเหลวเข้าติดอยู่ที่สารดูดซับแทน การดูดซับทางกายภาพไม่มีแรงกระตุ้น (Activation energy) มาเกี่ยวข้อง ความร้อนของการดูดซับมีค่าน้อยการกำจัดตัวถูกดูดซับออกจากผิวตัวดูดซับได้ง่ายและการดูดซับเกิดซ้อนกันได้หลายชั้น (Multilayer) โดยแต่ละชั้นจะซ้อนทับกันอยู่เหนือชั้นที่เกิดขึ้นก่อน โดยจำนวนชั้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของสารและเกิดขึ้นได้ไม่ดีที่อุณหภูมิต่ำ

2. การดูดซับทางเคมี (Chemical adsorption)

การดูดซับทางเคมี (Chemical adsorption หรือ chemisorption) เกิดขึ้นเมื่อตัวถูกดูดซับทำปฏิกิริยาเคมีกัน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจากตัวถูกดูดซับเดิม คือ มีการทำลายแรงยึด เหนี่ยวระหว่างอะตอมและกลุ่มอะตอมเดิม แล้วมีการจัดเรียงอะตอมขึ้นใหม่โดยมีพันธะเคมีที่แข็งแรง แรงที่ใช้ดูดซับเป็นพันธะโคเวเลนซ์ มักเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิวิกฤตของสารที่ถูกดูดซับ มีพลังงานกระตุ้น (Activation energy) เข้ามาเกี่ยวข้อง ความร้อนของการดูดซับมีค่าสูง การกำจัดตัวถูกดูดซับออกจากผิวตัวดูดซับได้ยากและการดูดซับเป็นแบบชั้นเดียว

**2.4.2 ขั้นตอนที่เกิดขึ้นในระหว่างการดูดซับ**

1. การเคลื่อนที่ของโมเลกุลของตัวถูกละลายเข้าหาสารดูดซับ โดยการเคลื่อนที่อาจเกิดจากมีการกวนน้ำจนทำให้เกิดการปั่นป่วน หรือเนื่องจากกลไกการเคลื่อนที่ในระดับโมเลกุลที่เกิดจากการแพร่กระจาย
2. โมเลกุลของตัวถูกละลายเข้ามาถึงตัวดูดซับซึ่งมีฟิล์มของน้ำห่อหุ้มอยู่โดยรอบคล้ายเยื่อบางๆ โมเลกุลต้องแทรกผ่านฟิล์มน้ำจึงจะเข้าไปถึงผิวของสารดูดซับได้
3. สารดูดซับมีพื้นที่ผิวลักษณะเป็นโพรงหรือช่องว่างภายในโมเลกุลของตัวถูกละลายต้องแทรกตัวเข้าถึงช่องว่างภายในสารดูดซับจึงจะเกิดการดูดติดผิว
4. โมเลกุลเกาะบนผิวของสารดูดซับโดยไม่หลุด การดูดซับเป็นการใช้วัสดุดูดซับทำการดูดซับสารปนเปื้อนในน้ำเสียในระยะเวลาหนึ่งซึ่งระยะเวลาจะยาวนานหรือสั้นขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารปนเปื้อนการสัมผัสระหว่างสารดูดซับกับ สารปนเปื้อน (จิราพร, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5 วัสดุดูดซับจากธรรมชาติ

วัสดุดูดซับจากธรรมชาติหมายถึง อุปกรณ์สำหรับดูดซับน้ำมันและไขมันซึ่งอาจได้มาจากพืช ได้แก่ ฝ้าย ผักตบชวา (ศิริพร, 2541) วัสดุดูดซับจากธรรมชาติหมายถึงวัสดุดูดซับที่หา ได้ในท้องถิ่นมาประยุกต์ใช้ในการดูดซับน้ำมัน (ธิดา, 2545) การใช้วัสดุในการดูดซับเป็นวิธีการหนึ่งในการกำจัดสารอนินทรีย์ปนเปื้อนในน้ำเสีย โดยทั่วไปจะใช้เรซินสังเคราะห์ เพราะกำจัดได้ทั้งสารอนินทรีย์และ สารอนินทรีย์ โดยการแปรรูปวัสดุต่างๆให้เป็นถ่าน วัสดุที่ใช้แปรรูปให้เป็นถ่านอาจมาจากขี้เลื่อยไม้ กะลามะพร้าวชานอ้อยซึ่งคุณสมบัติที่ได้จะต่างกัน การใช้วัสดุดูดซับจากธรรมชาติเป็นการนำเอาคุณสมบัติในการดูดซับน้ำมันและไขมันของของ พืชมาใช้ทดแทนหรือใช้ร่วมกันกับสารเคมีหรืออุปกรณ์ที่ใช้บำบัดน้ำเสียวัสดุดูดซับจากธรรมชาติมีด้วยกันหลายชนิด เช่น ผักตบชวา ฝ้าย ธูปฤาษี เป็นต้น ข้อดีของวัสดุดูดซับธรรมชาติ คือ สามารถที่จะดูดซับน้ำมัน และไขมันได้ไม่เป็นพิษ และสามารถใช้ร่วมกับวิธีการกำจัดอื่นได้ และสามารถพบได้ง่ายแล้วยังมีปริมาณที่มาก ง่ายต่อการกำจัดและไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม

วัสดุดูดซับจากธรรมชาติเป็นวัสดุที่ใช้ดูดซับน้ำมันและไขมันได้ไม่เป็นพิษแล้วยังสามารถหาได้ครั้งหนึ่งทีละมาก ๆ  ยกตัวอย่าง เช่น ผักตบชวา (Water hyacinth) เส้นใยจากผักตบชวาเป็นเส้นใยธรรมชาติประเภทเส้นใยเซลลูโลส ลักษณะของเส้นใยจะค่อนข้างหยาบคล้ายลินิน ในตัวเส้นใยประกอบด้วยเส้นใยกลวงเล็ก ๆ เกาะติดกัน มีคุณสมบัติเป็นเส้นใยธรรมชาติที่มีรูพรุนจึงมีสมบัติดูดความชื้นได้ดี โดยส่วนที่พบว่ามีปริมาณเส้นใยค่อนข้างมากจะเป็นในส่วนของลำต้น มีลักษณะเหนียว แข็งแรง เหมาะกับการผลิตเครื่องจักสานต่าง ๆ ผลิตเป็นกระดาษ ขึ้นรูปเป็นแผ่นผนังบุภายในบ้าน หรือบดให้เป็นผงละเอียดและผสมกับวัสดุต่าง ๆ เพื่อขึ้นรูปเป็นคอมพอสิตที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันตามความต้องการในการใช้งาน เช่น นำมาผสมกับแผ่นหลังคา (Chatveera and nimityongskul, 1994) เพื่อเสริมความแข็งแรงหรือผสมกับน้ำยางธรรมชาติเพื่อขึ้นรูป เป็นฉนวนกันความร้อน (Jaktorn  and jiajitsawat, 2014) นอกจากนี้ การนำเส้นใยผักตบชวามาทอร่วมกับเส้นด้ายฝ้าย เพื่อขึ้นรูปเป็นผืนผ้าทอ (Vasiri, 2015) และ ผลิตภัณฑ์เคหะสิ่งทอ

การกำจัดน้ำมัน และไขมันด้วยวิธีทางกายภาพโดยการใช้วัสดุดูดซับนั้นเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก เพราะเป็นวิธีที่สะดวกประหยัด (ศิริพร, 2541) โดยทั่วไปน้ำมันและไขมันมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และระบบบำบัดน้ำเสียโดยวิธีทางชีววิทยาอย่างมาก ดังนั้นจำเป็นต้องกำจัดพวกน้ำมันและไขมันในน้ำเสียก่อนที่จะปล่อยไหลทิ้งลงสู่ สาธารณะหรือแหล่งน้ำธรรมชาติ (เกรียงศักดิ์, 2535) ดังนั้นการกำจัดน้ำมัน และ ไขมันด้วยถังดักไขมันเป็นวิธีหนึ่งที่นำมาใช้ โดยในถังดักไขมันบรรจุตัวกลางหรือสารดูดซึมไว้ในถังดักไขมัน จากการที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา ค้นคว้าถึงความเหมาะสมแล้ว ผู้วิจัยได้เลือกนำเอาเส้นใยเซลลูโลสของผักตบชวาเป็นวัสดุดูดซับน้ำมันและไขมันเนื่องจากเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในแหล่ชุมชนเป็นวัชพืชที่ไม่มีประโยชน์ มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เป็นวัสดุที่หาง่ายในท้องถิ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.5.1 การเลือกชนิดของวัสดุดูดซับน้ำมันและไขมัน

การเลือกใช้วัสดุดูดซับน้ำมันและไขมันนั้นไม่จำกัดว่าต้องใช้วัสดุชนิดใดเพียงแต่อาศัยหลักการที่ว่าวัสดุชนิดนั้นสามารถที่จะดูดซับน้ำมันและไขมันได้ อาจเลือกวัสดุที่หาได้ในท้องถิ่นมาประยุกต์ใช้การเลือกวัสดุดูดซับน้ำมันและไขมันควรพิจารณาจากคุณสมบัติดังนี้

1. สามารถลอยตัวอยู่บนน้ำได้ตลอดเวลา ซึ่งวัสดุดังกล่าวเมื่อดูดซับน้ำมันและไขมันจนอิ่มตัวเต็มที่แล้วก็ยังคงลอยตัวอยู่ได้
2. มีความหนาต่ำวัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำจะมีความสามารถลอยตัวสูง
3. มีช่องว่างในตัววัสดุเพื่อสามารถดูดซับน้ำมันและไขมันได้รวดเร็ว
4. ราคาไม่สูงหรือหาได้ง่ายจากชุมชน

การใช้วัสดุดูดซับธรรมชาติเป็นวิธีทางกายภาพที่สะดวกประหยัดวัสดุที่ใช้หาได้ง่ายจากธรรมชาติเหมาะสมกับชุมชนที่ไม่มีงบประมาณมากนัก การใช้วัสดุดูดซับน้ำมันและไขมันไม่มีข้อจำกัดว่าจะต้องใช้วัสดุชนิดใดเพียงแต่อาศัยหลักการที่ว่าวัสดุชนิดนั้นสามารถที่จะดูดซับน้ำมัน และไขมันได้ลอยตัวบนน้ำได้มีความเป็นพิษต่ำและสะดวกต่อการใช้งาน มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย และหาใช้ได้ง่ายตามแหล่งชุมชน

## 2.6 วิเคราะห์น้ำเสียในครัวเรือน

การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของน้ำเสีย ได้แก่ ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) และลักษณะทางเคมีของน้ำเสีย ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณของออกซิเจนที่ใช้เพื่อทำให้สารปนเปื้อนในน้ำ (COD) น้ำมันและไขมัน (Oil and grease) โดยวิธีทดสอบลักษณะทางกายภาพและเคมีทำตามวิธีมาตรฐาน (Standard method) เพื่อให้แน่ใจว่าน้ำทิ้งสุดท้ายตรงตามมาตรฐานคุณภาพการปล่อยทิ้งน้ำเสียและเพื่อเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำโดยรวมหลังผ่านถังบำบัดไขมันและน้ำมัน

## 2.7 น้ำมันและไขมัน

น้ำมันและไขมันเป็นองค์ประกอบที่มีสะสมอยู่ในพืชและสัตว์โดยธรรมชาติ เมื่ออยู่ในสถานะของเหลว ที่ปกติเรียกว่าน้ำมัน แต่ถ้าอยู่ในสถานะที่เป็นของแข็งที่อุณหภูมิปกติเรียกว่าไขมันน้ำมันและไขมัน มีความคงตัวมากกว่าสารอินทรีย์อื่นๆ ทำให้ถูกย่อยสลายตามธรรมชาติได้ยาก น้ำมันและไขมันที่ปะปนมากับน้ำเสียจากร้านค้า ภัตตาคาร บ้านและอาคาร เป็นปัญหาสำคัญที่ก่อให้เกิดสภาพการเน่าเสียของแหล่งน้ำธรรมชาติ เพราะน้ำมันและไขมันมักจะลอยตัวอยู่ที่ผิวหน้าทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำลดลง ก่อให้เกิดความสกปรก ทำลายทัศนียภาพที่สวยงาม จึงจำเป็นต้องมีการกำจัดน้ำมันและไขมันออกจากน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ การกำจัดน้ำมันและไขมันที่ปนเปื้อนในน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจำเป็นต้องกระทำให้เกิดประสิทธิภาพดีพอที่จะไม่ทำให้แหล่งน้ำเกิดปัญหาภาวะมลพิษ เพื่อความสะดวกในการเลือกใช้วิธีการกำจัดน้ำมันและไขมันในน้ำเสียให้เกิดความเหมาะสม (บุญส่ง และคณะ, 2554) น้ำมันและไขมัน เป็นสารอาหารที่มีอยู่ในธรรมชาติ ได้มาจากพืชหรือสัตว์ ลักษณะทั่วไปของน้ำมันและไขมันจะมีน้ำหนักเบาและ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

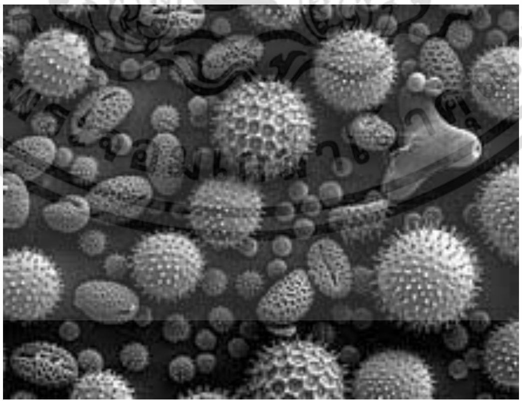
ลอยน้ำ น้ำมันและไขมันจะพบบ่อยในน้ำเสียที่มาจากการเตรียมและการประกอบอาหาร ไขมันต่างๆ เหล่านี้เป็นอินทรีย์สารที่มีเสถียรภาพและย่อยสลาย โดยแบคทีเรียได้ยาก และยังเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่พบในน้ำเสียชุมชน มีปริมาณร้อยละ 10 ของปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมด (กรมควบคุมมลพิษ, 2546) ดังนั้น น้ำเสียจากบ้านเรือนที่มีน้ำมันและไขมันปนเปื้อน ซึ่งส่วนใหญ่มาจากการประกอบอาหาร จึงได้ก่อให้เกิดปัญหาน้ำมันและไขมันปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมเป็นจำนวนมาก โดยอาจปนเปื้อนสู่ดินและแหล่งน้ำผิวดินโดยตรง ทำให้เกิดสภาพไม่น่าดู และขวางกั้นการซึมผ่านของออกซิเจนจากอากาศลงสู่แหล่งน้ำ ส่งผลให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสียตามมาได้

## 2.8 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

### 2.8.1 Scanning Electron Microscopy (SEM)

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เป็นกล้องจุลทรรศน์ที่ใช้ Electron เป็นแหล่งกำเนิดแสง ในศึกษาลักษณะสัณฐานของวัสดุในระดับจุลภาค ซึ่งมีรายละเอียดที่เล็กมากโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดมีกำลังขยายมากกว่า 40 -150,000 เท่า และสามารถแจกแจงรายละเอียดของภาพ อีกทั้งยังสามารถใช้งานร่วมกับเทคนิคการวิเคราะห์อื่น เช่น Energy dispersive spectrometry (EDS) และ Wavelength dispersive spectrometry (WDS) จึงทำให้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดเป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน (คณะวิทยาศาสตร์ สภาบันพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2020)

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด สามารถใช้ศึกษาผิวของเซลล์หรือผิวของวัตถุตัวอย่างโดยลำแสงอิเล็กตรอนจะส่องกราดไปบนผิวของวัตถุแล้วสะท้อนกลับมาจากนั้นลำแสงจะถูกแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าและแปลงเป็นภาพ ทำให้ได้ภาพซึ่งมีลักษณะ 3 มิติ (ดังแสดงในรูปที่ 2.3)



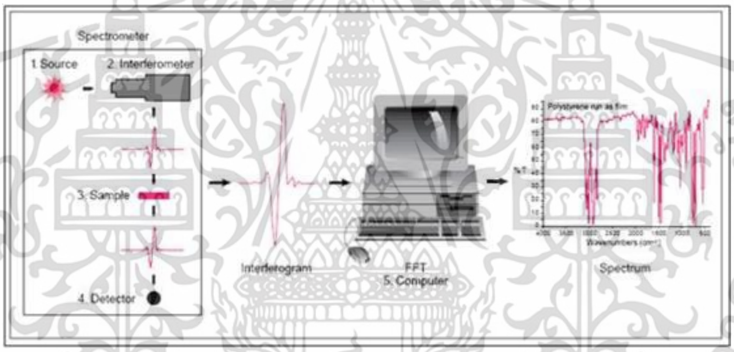
**รูปที่ 2.3** ละอองเรณูที่ได้จากการส่องด้วย SEM
ที่มา: Adam, (2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.8.2 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)

เป็นเทคนิคการกระตุ้นสารด้วยพลังงานแสงช่วงแสงอินฟราเรด (Infrared light) ที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ โดยอาศัยความแตกต่างในการตอบสนองต่อรังสี Infrared ของพันธะต่างๆ ในโมเลกุลของสารแต่ละชนิดโดย FT-IR (แสดงดังภาพที่ 2.4) เป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่สามารถบอกหมู่ฟังก์ชันในสารนิยมใช้เป็นเทคนิคสำหรับหาโครงสร้างของสารอินทรีย์ เช่น สารที่วิเคราะห์อาจจะมี หมู่ Hydroxyl (-OH), Methyl ($-CH_3$) หรือ Carbonyl (-CO) เป็น ต้น เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ ตรวจสอบ โครงสร้างของสาร โดยการวัดการดูดกลืนรังสีที่อยู่ในช่วงอินฟราเรด ที่อยู่ในช่วงเลขคลื่น (Wave number) ประมาณ 12800-10 $cm^{-1}$ สามารถ วิเคราะห์ตัวอย่างได้ทั้งของแข็ง ของเหลว และก๊าซ (ศูนย์วัตกรรมวัสดุ, 2555)
จะมีลักษณะของผลที่ได้ ดังนี้

1. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการส่องผ่านของแสง (% Transmittance) กับเลขคลื่น
2. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) กับเลขคลื่น (Wave number)




**รูปที่ 2.4** ลักษณะการทำงานของเครื่อง FT-IR Spectroscopy
ที่มา: ศูนย์วัตกรรมวัสดุ (2555)

## 2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.9.1 งานวิจัยภายในประเทศ

ธิดา (2545). ได้ศึกษาการใช้ดอกธูปฤาษีกรองน้ำมันที่ปนเปื้อนในน้ำเสียพบว่า ประสิทธิภาพในกาดูดซับน้ำมันและไขมัน จากผลการวิเคราะห์น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดพบว่ามีปริมาณน้ำมันลดลงเมื่อปริมาณดอกธูปฤาษีในระบบบำบัดมากขึ้นอย่างไรก็ตามจากการวิจัยเป็นไปตาม สมมติฐานของการวิจัยโดยการใช้ดอกย่อยของธูปฤาษีเป็นวัสดุดูดซับน้ำมันและไขมันในน้ำเสียได้

ปิยนุช (2542). ทำการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตวุ้นน้ำมะพร้าวโดยใช้ระบบเครื่องกรองไร้อากาศที่ทำจากท่อพีวีซีภายในบรรจุตัว กรองพลาสติกที่ ดัดแปลงมาจากจุกขวดน้ำปลาที่ตัดส่วนหัวออกผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพของเครื่องกรองไร้อากาศในการลดซีโอดีและของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียจากกระบวนการผลิตวุ้นมะพร้าวเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องกรองไร้

อากาศที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่าที่ระยะเวลากักเก็บน้ำเสีย 48 ชั่วโมง ประสิทธิภาพการลดซีโอดีและของแข็งแขวนลอยสูงกว่าที่ ระยะเวลา 24 ชั่วโมง

ผกาวดี และคณะ (2542). ได้ศึกษาประสิทธิภาพของการดูดซับโลหะหนักโดยใช้ยีสต์ (Saccharomyces cerevisiae) ร่วมกับกาบมะพร้าวในระบบเครื่องกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น โดยใช้วิธีทางชีวภาพเข้าร่วมด้วย โดยการทดลองได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ชุด มีความเข้มข้นของสังกะสีเป็น 20 และ 50 มิลลิลิตรต่อลิตร มีผลการทดลองดังนี้ เมื่อใช้กาบมะพร้าวเพียงอย่างเดียวระบบมี ประสิทธิภาพในการดูดซับสังกะสีไว้ได้ร้อยละ 31.57 และร้อยละ 24.11 ตามลำดับ และเมื่อใช้กาบมะพร้าวร่วมกับยีสต์พบว้าประสิทธิภาพในการกำจัดสังกะสีเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 38.14 และร้อยละ 31.89

ผดุง (2541). ได้ศึกษาผลของน้ำยาล้างภาชนะที่มีต่อประสิทธิภาพของถังดักไขมันในการบำบัดน้ำเสียจากร้านอาหารพบว่าการใช้น้ำยาล้างภาชนะที่ประกอบด้วยสารลดแรงตึงผิว แตกต่างกันมีผลทำให้ประสิทธิภาพของถังดักไขมันในการลดน้ำมันและไขมันแตกต่างกันแต่ไม่มีผล ต่อประสิทธิภาพในการลดของแข็งแขวนลอย

ศูนย์อนามัยสิ่งแวดล้อมเขต 1 นนทบุรี กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2541). ทำการวิจัยเรื่องโครงการศึกษารูปแบบการบำบัดน้ำเสียและเลือดจากการฆ่าสัตว์ศึกษากรณีบ้านชะไว ตำบลชะไว อำเภอไชโย จังหวัดอ่างทอง ทำการสำรวจ ออกแบบและก่อสร้างต้นแบบระบบบำบัดน้ำเสียได้ทำการก่อสร้างจำนวน 2 แห่ง คือระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับสถานที่ฆ่าไก่ และระบบบำบัดน้ำเสีย สำหรับสถานที่ฆ่า วัว ควาย ซึ่งใช้ตัวกลาง 2 ชนิด คือ เศษกระถางดินเผาและตัวกลางพลาสติก ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวกลางที่ใช้ พบว่าตัวกลางเศษกระถางดินเผาทำ ให้ระบบมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้ตัวกลางพลาสติก โดยลดบีโอดีลงร้อยละ 95.6 และ 92.2 ตามลำดับ

ศิริพร (2541). ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุดูดซับธรรมชาติในการกำจัด คราบน้ำมันในน้ำโดยใช้วัสดุดูดซับ 4 ชนิดมาทำการทดลองคือ ฝ้าย ขนไก่ กาบมะพร้าวและฟางข้าว ในการดูดซับน้ำมันเตาและน้ำมันดีเซล จากผลการทดลองพบว่า ฝ้ายมีประสิทธิภาพในการดูดซับ มากที่สุด รองลงมาได้แก่ ขนไก่กาบมะพร้าวและฟางข้าวตามลำดับ

**2.9.2 งานวิจัยต่างประเทศ**

Chot และ Cloud (2535). ได้ทำการศึกษาความสามารถการกำจัดคราบไขมันบนผิวน้ำของเส้นใยไร้โครงสร้างพบว่า Milkweed (Asclepias) fiber และเส้นใยฝ้าย (Cotton fiber) สามารถดูดซับน้ำมันดิบออกจากผิวน้ำทะเลสังเคราะห์ได้ในปริมาณที่มากกว่า Polypropylene fiber โดย Milkweed ดูดซับน้ำมันได้มากถึง 40 กรัมต่อ Milkweed 1 กรัม

Dan (2540). ได้ทำการวิจัยเปรียบเทียบ ระบบบำบัดน้ำเสียโดยวิธีชีวภาพ การใช้ยีสในการบำบัดน้ำเสียในระบบ Aerobic โดยใช้ Yeast membrane bioreactor (YMBR) ใน การบำบัดน้ำที่มีความเค็มสูง (30 g/L) โดยพบว่าระบบที่ใช้ยีสมีความสามารถในการลด COD ใน ปริมาณสูงสุดที่ 0.93 g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Khin (2547). ได้ทำการศึกษาความสามารถของระบบ APs ในการบำบัดน้ำเสียในบ่อพักได้ทำการศึกษาในช่วงตกตะกอนและเปลี่ยนสภาพสารอินทรีย์ โดยการแยกส่วนการตกตะกอนของน้ำเสียจากการทดลองกำหนดใช้เวลา 120 นาที ในการกำจัดสารแขวนลอย (SS) กำจัดได้ร้อยละ 90-95

จากการศึกษาจากงานเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าน้ำมันและไขมันที่ปนเปื้อนมากับน้ำทิ้งเป็นปัญหาหนึ่งที่สำคัญที่ก่อให้เกิดสภาพเน่าน้ำเสีย ของแหล่งน้ำธรรมชาติจึงจำเป็นต้องมีการบำบัดก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ และการกำจัดน้ำมันและไขมันในน้ำทิ้งด้วยวิธีการทิ้ง ด้วยวิธีทางกายภาพเป็นวิธีที่สามารถทำได้ง่ายรวดเร็วขั้นตอนไม่ซับซ้อน ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่ำและสามารถทำงานได้อย่าง มีประสิทธิภาพ โดยผู้วิจัยมีความสนใจที่นำผักตบชวามาเป็น ตัวดูดซับน้ำมันและไขมันร่วมกับถังดักไขมัน ซึ่งผักตบชวาเป็นวัสดุที่หาได้จากธรรมชาติและเป็นมลพิษต่อแหล่งน้ำ นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์โดยคุณสมบัติของผักตบชวาสามารถลอยตัวอยู่บนน้ำดูดซับน้ำมันและไขมันได้การนำไป ทำลายก็ไม่มีสารพิษตกค้างและสามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินงานวิจัย

## 3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

### 3.1.1 วัตถุดิบ

ผักตบชวา (Water hyacinth) จากคลองจระเข้ใหญ่ ตำบลศรีษะจระเข้ใหญ่ อำเภอบางเสาธง สมุทรปราการ ประเทศไทย

### 3.1.2 สารเคมี

1. โพแทสเซียมไดโครเมต (Potassium chromate: $K_2Cr_2O_7$) RPE grade บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
2. กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid: $H_2SO_4$) AR grade บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
3. ซิลเวอร์ซัลเฟต (Silver sulfate: $Ag_2O_4S$) AR grade บริษัท Controlled ประเทศนิวซีแลน
4. น้ำกลั่น (Distilled water, Better Syndicate) ประเทศไทย
5. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide: NaOH) AR grade บริษัท CARLO ERBA Thermo FisherScientific ประเทศออสเตรเลีย
6. เฮกเซน (Hexane: $C_6H_{14}$) AR grade บริษัท Anapure ประเทศจีน
7. โซเดียมซัลเฟต (Sodium sulfate: $Na_2SO_4$) AR grade, ประเทศจีน
8. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide: $H_2O_2$) AR grade บริษัท Merck ประเทศเยอรมนี
9. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide: NaOH) AR grade บริษัท Thermo Fisher Scientific ประเทศออสเตรเลีย
10. เอทานอล (Ethanol: $C_2H_6O$) AR grade บริษัท RCI Labscan ประเทศไทย

## 3.2 อุปกรณ์

1. เครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์ (Fourier transform infrared spectrometer) รุ่น Spectrum GX ยี่ห้อ Perkin Elmer บริษัท Perkin Elmer Inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา
2. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy) รุ่น Quanta 250 ยี่ห้อ FEL บริษัท Scince engineer international Co., LDT. ประเทศสหรัฐอเมริกา
3. เครื่องอบแห้งแบบถาด รุ่น Unitray8 ยี่ห้อ S.B.Panchal ประเทศอินเดีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ได้รับอนุญาตให้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เครื่องชั่ง 20 กิโลกรัม รุ่น TINY-20B ยี่ห้อ TINY ประเทศไทย
5. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง รุ่น SI-234 ยี่ห้อ Denver instrument ประเทศสหรัฐอเมริกา
6. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง รุ่น MS3002TS/00 ยี่ห้อ Mettler toiedo บริษัท Mettler toledo ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
7. เครื่องกวนสารให้ความร้อน รุ่น C-MAG HS10 ยี่ห้อ IKA ประเทศเยอรมนี
8. เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) รุ่น HI5222 ยี่ห้อ Hanna instruments ประเทศสหรัฐอเมริกา
9. ปั๊มสุญญากาศ รุ่น WJ-20 ยี่ห้อ Sibata ประเทศญี่ปุ่น
10. กรวยกรอง ยี่ห้อ Duran ประเทศเยอรมนี
11. กระดาษกรอง ยี่ห้อ Whatman No.1 ประเทศสหรัฐอเมริกา
12. กระบอกตวง ขนาด 25 mL ยี่ห้อ Duran ประเทศเยอรมนี
13. ขวดวัดปริมาตร ขนาด 500 mL ยี่ห้อ Duran ประเทศเยอรมนี
14. บีกเกอร์ ขนาด 600 mL ยี่ห้อ Duran ประเทศเยอรมนี
15. แท่งแก้วคนสาร ขนาด 8 cm ยี่ห้อ Pyrex ประเทศสหรัฐอเมริกา

**วิธีดำเนินการทดลอง**

**3.3.1 การเตรียมเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวา**

นำผักตบชวา (แสดงดังรูปที่ 3.1) ตัดรากทิ้งแล้วหั่นเป็นชิ้นเล็กประมาณ 3 เซนติเมตรจากนั้นนำไปผึ่งแดดประมาณ 3 วันหรือจนกว่าจะแห้ง ชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกผล

**รูปที่ 3.1** ตัดรากผักตบชวา

จากนั้นนำผักตบชวาที่ผึ่งแดดแล้วไปอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray dryer) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (แสดงดังรูปที่ 3.2) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จดน้ำหนักแล้วบันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**รูปที่ 3.2** อบแห้งแบบถาด (Tray dryer)

วิธีดำเนินการ การเตรียมเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวาโดยวิธีการสังเคราะห์เส้นใยเซลลูโลสและได้มีการศึกษาเปรียบเทียบ 3 วิธีดังต่อไปนี้

**วิธีที่ 1** นำผักตบชวาที่อบแห้งแล้วทั้งก้านและใบ ไปย่อยให้กลายเป็นเซลลูโลสโดยนำผักตบชวาที่อบแห้งปริมาณ 30 กรัม ไปต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% ปริมาตร 800 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมงเพื่อย่อยองค์ประกอบอื่นที่ไม่ใช่เซลลูโลส จากนั้นล้างโซเดียมไฮดรอกไซด์ ด้วยน้ำกลั่นโดยล้างผ่านเครื่องปั๊มสุญญากาศ (ดังรูปที่ 3.3) และนำไปล้างเอทานอล 95% แล้วจึงนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกผล

**รูปที่ 3.3** การกรองล้างสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

**วิธีที่ 2** นำผักตบชวาที่อบแห้งแล้วทั้งก้านและใบ ไปย่อยให้กลายเป็นเซลลูโลสโดยนำผักตบชวาที่อบแห้งปริมาณ 30 กรัม ไปต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% ปริมาตร 800 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมงเพื่อย่อยองค์ประกอบอื่นที่ไม่ใช่เซลลูโลส จากนั้นล้างโซเดียมไฮดรอกไซด์ ด้วยน้ำกลั่นโดยล้างผ่านเครื่องปั๊มสุญญากาศ และนำไปล้างเอทานอล 95% แล้วจึงนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

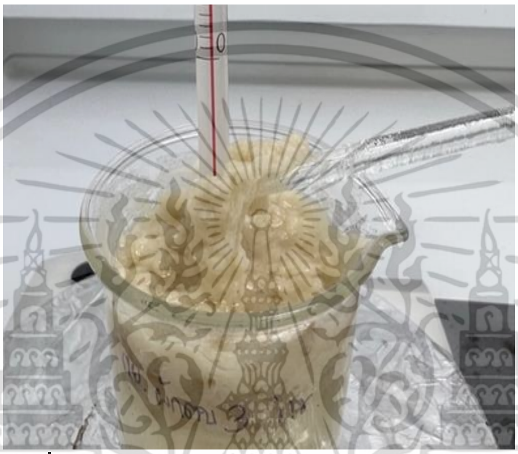
อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับสกัดเส้นใยนาโนเซลลูโลสจากผักตบชวาด้วยเทคนิค Hydrothermal ดำเนินการโดยการนำเส้นเซลลูโลสจากผักตบชวาจำนวน 5 กรัม มากวนให้เป็นเนื้อเดียวกับน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร (ดังรูปที่ 3.4) จากนั้นใส่ในถังปฏิกรณ์แรงดันสูง (Autoclave reactor) (ดังรูปที่ 3.5) โดยใช้อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บาร์ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกผล

**รูปที่ 3.4** การนำเส้นใยเซลลูโลสมาผสมกับน้ำกลั่น

**รูปที่ 3.5** ถังปฏิกรณ์แรงดันสูง (Autoclave reactor)

**วิธีที่ 3** นำผักตบชวาที่อบแห้งแล้วทั้งก้าน+ใบ ไปย่อยโดยนำผักตบชวาที่อบแห้งปริมาณ 30 กรัม ไปต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% ปริมาตร 800 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อย่อยองค์ประกอบอื่นที่ไม่ใช่เซลลูโลส จากนั้นล้างโซเดียมไฮดรอกไซด์ ด้วยน้ำกลั่นโดยล้างผ่านเครื่องปั๊มสุญญากาศตามด้วยล้างเอทานอล 95% แล้วจึงนำไปอบด้วยตูอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักและบันทึกผล จากการเตรียมเส้นใยที่เหมาะสมจากวิธีดังกล่าว จะเห็นได้ว่า **วิธีที่ 3** ได้เส้นใยเซลลูโลสที่เหมาะสมแก่การนำไปใช้บำบัดน้ำเสียโดยมีลักษณะรูพรุนที่ดีต่อการดูดซับ

น้ำมันและไขมันในน้ำเสีย เมื่อหาวิธีการที่เหมาะสมได้แล้ว ผู้วิจัยจึงนำขั้นตอนในการทำเส้นใยเซลลูโลสจาก **วิธีที่ 3** มาใช้ แต่จะแยกผักตบชวาออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนก้าน, ใบ และก้าน+ใบ หลังจากนำส่วนต่างไปทดลองตามวิธีที่ 3 แล้วจะนำเส้นใยเซลลูโลสที่ได้ไปฟอกด้วยวิธีดังต่อไปนี้ คือ การต้มด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 4% ปริมาตร 400 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง (ดังรูปที่ 3.6) จากนั้นกรองล้างด้วยน้ำกลั่น แล้วจึงนำไปอบให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นชั่งน้ำหนักและบันทึกผล **วิธีที่ 3** ในส่วนความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 4% และความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% ได้ศึกษามาจากงานวิจัยของ (กาญจนา, 2661) ที่ทางงานวิจัยนี้ได้ผลิตเส้นใยนาโนเซลลูโลสจากเปลือกหน่อไม้



**รูปที่ 3.6** การฟอกไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 4%

**3.3.2 การวิเคราะห์คุณลักษณะของเส้นใยเซลลูโลส**

ปัญหาพิเศษนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษากระบวนการสกัดเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวา เพื่อดูดซับน้ำมันและไขมัน และเพื่อยืนยันหมู่ฟังก์ชันและโครงสร้างของผักตบชวาเซลลูโลสที่สกัดได้ จึงทำการพิสูจน์เอกลักษณ์ โดยใช้เทคนิค Fourier transform infrared spectrometer (FTIR) และ Scanning electron microscopy (SEM)

**Fourier Transform Infrared Spectrometer (FTIR)**

จากการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค FTIR โดยสังเกตลักษณะของจุดพีคในแต่ละช่วงของเลขคลื่น ได้วิเคราะห์ผลของเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวา ทั้งหมด 5 ตัวอย่าง ดังตารางที่ 3.1

**ตารางที่ 3.1** ตัวอย่างเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวา

| ลำดับ | ตัวอย่าง |
|---|---|
| 1 | ก้าน |
| 2 | ใบ |
| 3 | ก้าน + ใบ |
| 4 | ก้าน + ใบ (Hydrothermal) |
| 5 | ก้าน + ใบ (No Hydrothermal) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

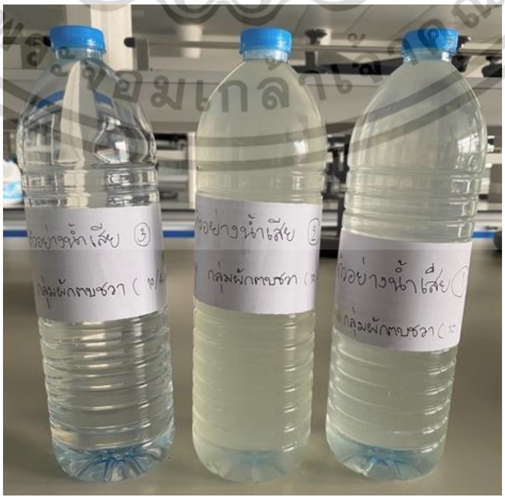
**Scanning Electron Microscopy (SEM)**

โดยใช้เส้นใยเซลลูโลสส่วนของก้านของผักตบชวาซึ่งมีสภาวะรูพรุนที่ดีที่สุดนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 1,000 เท่าและที่กำลังขยาย 5,000 เท่า

**3.3.3 การศึกษาคุณสมบัติน้ำเสียจากโรงอาหาร**

ในการสำรวจน้ำเสียจากโรงอาหาร พบว่าทางโรงอาหารได้ทำความสะอาดภาชนะใส่อาหารหลายช่วงเวลาและในช่วงเวลา 10:00 – 12:00 น. เป็นช่วงเวลาที่มีปริมาณภาชนะที่ใช้แล้วมากกว่าช่วงเวลาอื่น (ดังรูปที่ 3.7) ซึ่งบ่งบอกถึงการใช้น้ำที่มากกว่าปกติทำให้มีน้ำเสียมาก และพบว่าทางโรงอาหารได้มีขั้นตอนในการล้างภาชนะผ่านน้ำล้าง 3 ขั้นตอนคือ 1) ล้างน้ำสะอาดก่อนใช้น้ำยาล้างจาน 2) ใช้น้ำยาล้างจานล้าง 3) ล้างน้ำเปล่า จากการศึกษาช่วงเวลาและขั้นตอนในการทำความสะอาดแล้วผู้วิจัยจึงทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียทั้ง 3 ขั้นตอนในช่วงเวลาดังกล่าวมาอย่างละ 1 ลิตร (ดังรูปที่ 3.8) จากนั้นนำน้ำเสียทั้ง 3 ตัวอย่างมาผสมให้เข้ากันแล้วจึงนำมาวิเคราะห์ค่า pH, COD, TSS, Oil and grease

**รูปที่ 3.7** ตัวอย่างน้ำเสียจากโรงอาหาร คณะวิทยาศาสตร์



**รูปที่ 3.8** ตัวอย่างน้ำเสียที่เก็บจากโรงอาหาร คณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.4 การเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์และศึกษาคุณสมบัติของน้ำเสียสังเคราะห์

ในการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ผู้วิจัยได้ทำการสังเคราะห์น้ำเสียที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำเสียจริงที่ได้สำรวจและวิเคราะห์ในเบื้องต้น โดยมีวิธีการเตรียม ดังนี้ 1) เตรียมน้ำปริมาตร 3 ลิตร 2) เติมน้ำมันที่ใช้แล้ว 30 ml 3) เติมน้ำยาล้างจาน 20 ml จากนั้นผสมให้เข้ากัน แล้วจึงนำมาวิเคราะห์ค่า pH, COD, TSS, Oil and grease ให้คุณมีสมบัติที่ใกล้เคียงกับน้ำเสียจริงมากที่สุด

### 3.3.5 การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับ

ขั้นตอนการทดสอบการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ในการดูดซับน้ำมันและไขมันโดย เส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวาโดยวิธีแบบแบ๊ซโดยมีการศึกษาเปรียบเทียบ 3 วิธีดังต่อไปนี้ แยกเส้นใยเซลลูโลสของผักตบชวาออกเป็น 3 ส่วน ก้าน, ใบ และก้าน+ใบ โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่ได้จากวีเบื้อต้น มาวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

เตรียมน้ำเสียสังเคราะห์ปริมาตร 800 มิลลิลิตรใส่ในบีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร ชั่งเส้นใยเซลลูโลสแต่ละส่วนอย่างละ 5 กรัม แล้วใส่ลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำเสียสังเคราะห์ (ดังรูปที่ 3.9) ทำการเกลี่ยให้ทั่วตะแกรงในบีกเกอร์ และให้พื้นผิววัสดุสัมผัสน้ำมันให้มากที่สุดแล้ว จับเวลา 60 นาที เพื่อดูประสิทธิภาพในการดูดซับจากนั้นนำน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการดูดซับมาวิเคราะห์หาค่า pH, COD, TSS และ Oil and greases เพื่อหาความแตกต่างหลังผ่านการดูดซับจากเส้นใยเซลลูโลสของผักตบชวา ทั้งส่วนก้าน, ส่วนใบ, และส่วนก้าน+ใบ ตามลำดับ

**รูปที่ 3.9** เส้นใยเซลลูโลสดูดซับไขมันและน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การทดลองวิเคราะห์ COD**

การทดลองวิเคราะห์ COD มีการใช้วิธีการวิเคราะห์ ตามวิธีฟลักซ์แบบปิด (Closed reflux, Titrimetric method) โดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ดังนี้

1. ล้างหลอดแก้วและฝาด้วยกรดซัลฟิวริก 20% ก่อนใช้ทุกครั้ง เพื่อป้องกันการปนเปื้อน
2. เขย่าให้ตัวอย่างผสมกันดี แล้วนำมา 2.5 ml ใส่ในหลอดทดลอง 1 หลอด ต่อ 1 ตัวอย่างสำหรับ Blank ให้ใส่น้ำกลั่น หลอดละ 2.5 mL
3. นำมาเติมสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต เข้มข้น 0.1 N (Standard potassium solution)
4. เติมสารละลายผสมกรดซัลฟิวริกที่เติมซิลเวอร์ซัลเฟต (Sulfuric acid - Silver sulfate) จำนวน 3.5 ml ลงในทุกๆหลอดทดลอง โดยค่อยๆ ใส่ให้กรดไหลลงตามข้างหลอดไปอยู่ด้านล่างจำนวน 1.5 mL ทุก ๆ หลอดทดลอง เขย่าให้เข้ากัน
5. ปิดฝาหลอดให้สนิท ค่อยๆเขย่าเพื่อให้สารผสมเข้ากันดี
6. นำหลอดทดสอบใส่ลงใน Heating block หรือตู้อบที่ 150 องศาเซลเซียล แล้วต้มเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วนำหลอดแก้ววางลงในตะแกรง
7. เมื่อครบ 2 ชั่วโมง ให้นำหลอดทดลองออกจาก Heating block ทำให้เย็นเท่ากับอุณหภูมิห้อง
8. เปิดฝาหลอดแก้วเทใส่ขวดรูปชมพู่แล้วเติมเฟอร์โรอิน อินดิเคเตอร์ 1-2 หยดแล้วไทเทรตกับ FAS 0.10 N
9. เมื่อถึงจุดยุติ สารละลายจะเปลี่ยนจากเหลือง เป็นสีเขียวแกมน้ำเงินและจุดยุติคือสีน้ำตาลปนแดง
10. บันทึกปริมาตรของสารละลายมาตรฐานทุติยภูมิ FAS ที่ใช้ในการไทเทรต

**การทดลองวิเคราะห์ TSS**

การวิเคราะห์ TSS การหาปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด มีขั้นตอนในการวิเคราะห์ ดังนี้

1. นำกระดาษกรองไปอบแห้งที่ 103 - 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชม. ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นทำให้แห้ง ชั่งน้ำหนักบันทึกผล
2. วางกระดาษกรองลงใน Buchner funnel porcelain ที่ต่อเข้ากับเครื่องกรองแบบลดความดันด้วยแรงน้ำ
3. ตวงปริมาตรตัวอย่างน้ำประมาณ 50 - 100 mL (ควรให้มีค่าของแข็งที่ติดบนกระดาษกรองไม่เกิน 200 mg หรือต่ำกว่า 1 mg เทลงใน Buchner funnel porcelain และเปิดเครื่องกรองแบบลดความดันด้วยแรงจาก น้ำจนน้ำแห้ง ล้างด้วยน้ำกลั่น 10 ml เปิดเครื่องทิ้งไว้ 3 นาที
4. นำกระดาษกรองไปอบแห้งที่ 103 - 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชม. ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นทำแห้ง แล้วชั่งหาน้ำหนักจนได้น้ำหนักคงที่ แล้วบันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การทดลองวิเคราะห์ Oil and grease**

การวิเคราะห์ Oil and grease ตามวิธีสกัดด้วยกรวยแยก (Partition gravimetric method) มีขั้นตอนในการวิเคราะห์ ดังนี้

1. เทตัวอย่างน้ำที่ทราบปริมาตรหนึ่ง 500 mL ใส่ใน Beaker ขนาด 600 mL เติมกรดกำมะถันเข้มข้น จน pH น้อยกว่า 2
2. เทตัวอย่างน้ำจาก Beaker ใส่กรวยแยก เติม Hexane จำนวน 10-15 ml เขย่าอย่างแรงประมาณ 2 นาที ตั้งทิ้งไว้ สารผสมจะแยกชั้น ชั้น Hexane จะอยู่ส่วนบน ส่วนน้ำตัวอย่างจะอยู่ส่วนล่าง
3. ถ่ายชั้นน้ำตัวอย่างไว้ใน Beaker เพื่อนำมาสกัดอีกครั้ง
4. ถ่ายชั้นของ Hexane ซึ่งมีไขมันและน้ำมันละลายอยู่ ผ่านกรวยกรองที่มีโซเดียมซัลเฟต บนกระดาษกรองลงในถ้วยระเหยซึ่งถ้วยระเหยนี้ต้องไปอบให้แห้ง และมีน้ำหนักคงที่ และชั่งน้ำหนักของชามระเหยก่อนนำมาใช้ในการทำการทดลอง
5. ทำการสกัดซ้ำ ด้วยวิธีเดียวกันนี้ ประมาณ 3-4 ครั้ง จนกระทั่งไขมันและน้ำมันถูกสกัดออกจากตัวอย่างหมด
6. นำถ้วยระเหยซึ่งมี Hexane และไขมันและน้ำมันละลายอยู่ ไประเหยเอา Hexane ออกด้วยเครื่องอังไอน้ำจนแห้งปราศจากความชื้น แล้วปล่อยให้เย็น ประมาณ 30 นาที และนำไปอบให้แห้ง จึงนำมาชั่งน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# ผลการทดลองและอภิปราย

ปัญหาพิเศษนี้เป็นการพัฒนาเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวาเพื่อนำมาดูดซับน้ำมันและไขมัน และได้ทำการสังเคราะห์น้ำเสียเพื่อนำมาทดสอบการดูดซับของเส้นใยเซลลูโลสโดยจะวิเคราะห์ทั้งก่อนและหลังผ่านการดูดซับ และพารามิเตอร์ที่ผู้วิจัยทำการตรวจวัด ได้แก่ น้ำมันและไขมัน (Oil and greases) ซีโอดี (COD) ของแข็งแขวนลอย (TSS) และความเป็นกรด-ด่าง (pH) ซึ่งผลการศึกษาดังนี้

## 4.1 คุณสมบัติของเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวา

### 4.1.1 องค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพ

ผักตบชวามีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่เป็นจำนวนมาก โดยหลังจากการอบแห้ง ในทางกายภาพผักตบชวามีลักษณะเป็นสีน้ำตาลอมเขียว (ดังแสดงในรูปที่ 4.1) และมีองค์ประกอบทางเคมี (ดังแสดงในตารางที่ 4.1) เส้นใยของผักตบชวาหลังการอบแห้งมีลักษณะเหนียว สามารถลดขนาดได้โดยใช้การตัด แต่ไม่สามารถดึงขาดได้ด้วยมือเปล่า

**รูปที่ 4.1** ผักตบชวาที่ผ่านการอบแห้ง
ที่มา https://www.bioq-eco.com/news-yayawa

**ตารางที่ 4.1** องค์ประกอบเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวา

| องค์ประกอบ | ปริมาณ |
|---|---|
| เฮมิเซลลูโลส | 48.70% |
| ไม่ใช่เส้นใย | 29.60% |
| เซลลูโลส | 18.20% |
| ลิกนิน | 3.50% |

ที่มา http://nuir.lib.nu.ac.th/dspace/bitstream/123456789/905/1/Fulltext.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

จากผักตบชวาที่ผ่านกระบวนการการเตรียมเส้นใยโดยผ่านการย่อยด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% และฟอกโซเดียมเปอร์ออกไซด์ 4 % พบว่าผักตบชวาสามารถนำมาผลิตเป็นเส้นใยเซลลูโลสได้ และมีลักษณะที่ใกล้เคียงกันทั้ง 3 ส่วนโดยจะแยกลักษณะของเส้นใยเซลลูโลสของแต่ละส่วนได้ดังต่อไปนี้

1. ส่วนก้าน จากการทดสอบสภาวะเส้นใยเซลลูโลสของก้าน
   ปรากฏว่าในก้านของผักตบชวาที่นำมาทดสอบมีลักษณะที่เป็นเส้นใยมีความนุ่มเบา และมีผิวสัมผัสที่มีลักษณะคล้ายกับรูพรุนที่สามารถดูดซับน้ำเสียได้ดี เมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ 1 และ ตัวอย่างที่ 2 โดยมีสัดส่วนที่เหลือจากการเตรียมเส้นใยเพียงร้อยละ 17.20
2. ส่วนก้าน+ใบ จากการทดสอบสภาวะเส้นใยเซลลูโลส
   ปรากฏว่าก้าน+ใบของผักตบชวาที่นำมาทดสอบมีความแข็งแรงและมีเส้นใยที่มีลักษณะความพรุนในระดับปานกลางเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ 2 และ 3 โดยมีสัดส่วนที่เหลือจากการการเตรียมเส้นใยเพียงร้อยละ 9.36
3. ส่วนใบ จากการทดสอบสภาวะเส้นใยเซลลูโลสของใบ
   ปรากฏว่าในใบของผักตบชวาที่นำมาทดสอบมีเซลลูโลสน้อยทำให้ลักษณะที่ออกมาแข็งมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 3 โดยมีสัดส่วนที่เหลือจากการเตรียมเส้นใยเพียงร้อยละ 6.70

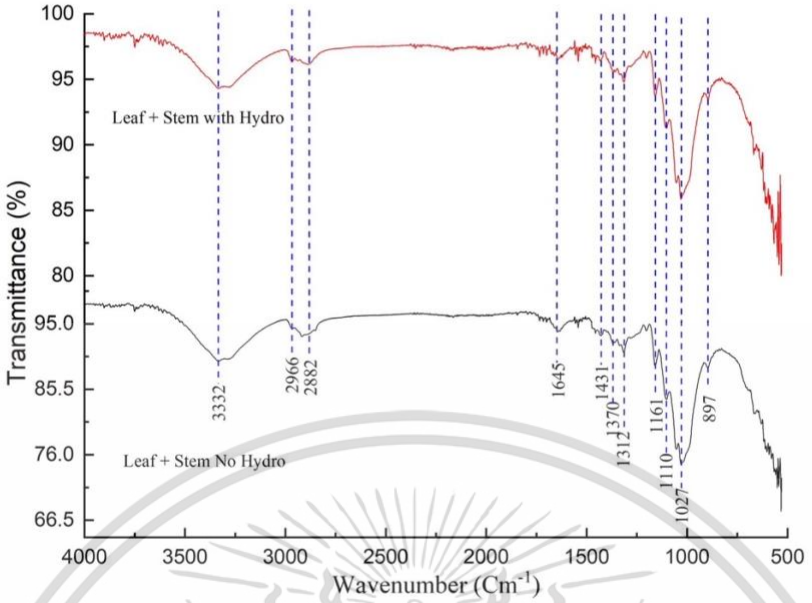
## 4.2 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวา

ปัญหาพิเศษนี้ได้ทำการศึกษากระบวนการสกัดเซลลูโลสจากผักตบชวาเพื่อดูดซับไขมัน และเพื่อยืนยันหมู่ฟังก์ชันและโครงสร้างของผักตบชวาเซลลูโลสที่สกัดได้ จึงทำการพิสูจน์เอกลักษณ์ โดยใช้เทคนิค Fourier transform infrared spectrometer (FTIR) และ Scanning electron microscopy (SEM)

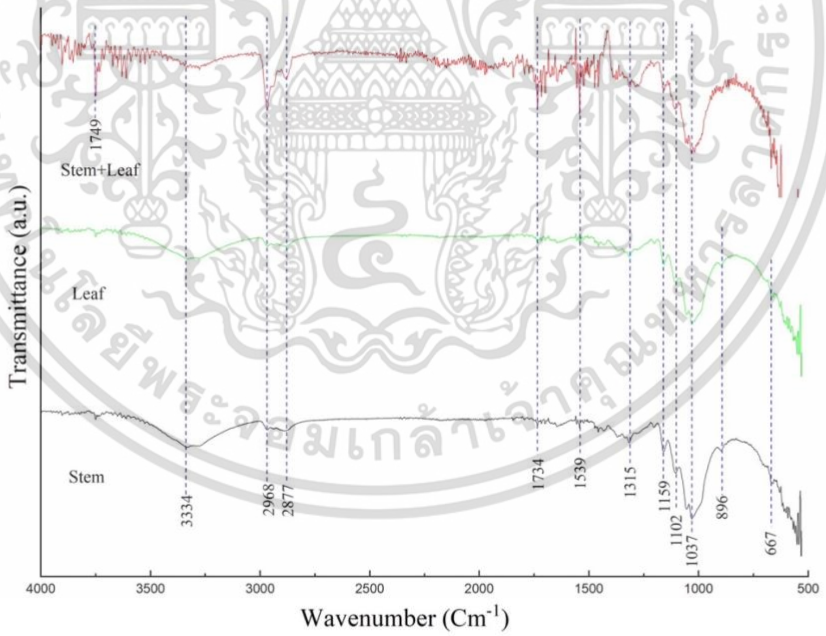
### 4.2.1 Fourier Transform Infrared Spectrometer (FTIR)

จากการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค FTIR โดยสังเกตลักษณะของจุดพีคในแต่ละช่วงของเลขคลื่น ได้ผลการวิเคราะห์ของผักตบชวาส่วนก้าน+ใบหลังผ่านการย่อยด้วยสารละลาย 5% NaOH และ 4% $H_2O_2$ (ให้เป็นเส้นใยเซลลูโลส) ซึ่งผ่านการใช้เทคนิค Hydrothermal และ No hydrothermal
ดังแสดงในรูปที่ 4.2 และได้ผลการวิเคราะห์ของผักตบชวาส่วนก้าน, ใบ, ก้าน+ใบ หลังผ่านการย่อยด้วยสารละลาย 5% NaOH และ 4% $H_2O_2$ ให้เป็นเส้นใยเซลลูโลส ดังแสดงในรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.2** FTIR ของเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวา ส่วนก้าน+ใบ (Hydrothermal) และส่วนก้าน+ใบ (No hydrothermal)




**รูปที่ 4.3** FTIR ของเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวา ส่วนก้าน, ส่วนใบ และส่วนก้าน+ใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

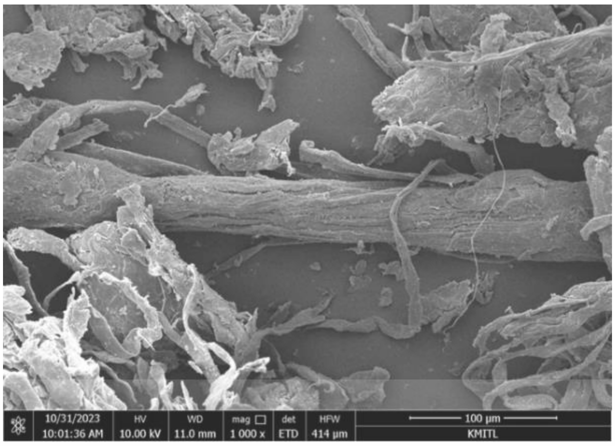
จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR ของเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวาที่ใช้เทคนิค Hydrothermal และ No hydrothermal (จากรูปที่ 4.2) พบว่าปรากฏพีคเลขคลื่นที่ 3332 $cm^{-1}$และ 2966-2882 $cm^{-1}$ แทนการยืดตัวของกลุ่มเซลลูโลส O-H group และ C-H Stretch ตามลำดับ, พีคโดดเด่นของเฮมิเซลลูโลสหรือลิกนินปรากฏที่ 1645 $cm^{-1}$ หรือ 1431 $cm^{-1}$, พีคที่ 1370 $cm^{-1}$แสดงการสั่นของ -CH rock ซึ่งเป็น Crystalline band ของเซลลูโลส, จากการยืดของพันธะ C-N stetch, พีคที่ 1027 $cm^{-1}$ จากการสั่นสะเทือนแบบยืดออกของการเชื่อมโยงกลไกลโคซิดิกของพันธะ C-O-C และ 897 $cm^{-1}$ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของเซลลูโลส จุดสูงสุดนี้บ่งบอกว่ามีเซลลูโลสอยู่ในเส้นใย ในสุดท้ายปัญหาพิเศษนี้เลือกใช้ แบบไม่ใช้เทคนิค Hydrothermal เพราะ การใช้เทคนิค Hydrothermal จะทำให้ได้ลักษณะของนาโนเซลลูโลส ซึ่งจะมีขนาดเป็นผงที่มีขนาดเล็กกว่าแบบ No hydrethermal

จากนั้นทำการศึกษาผลของเส้นใยเซลลูโลสโดยทำการแยกส่วนของผักตบชวา เป็นส่วน ก้าน ใบ และก้าน+ใบ (จากรูปที่ 4.3) พบว่าปรากฏพีคที่ 3334 $cm^{-1}$และ 2968-2877 $cm^{-1}$ แทนการยืดตัวของกลุ่มเซลลูโลส O-H group และ C-H Stretch ตามลำดับ, พีคโดดเด่นของเฮมิเซลลูโลสหรือลิกนินปรากฏที่ 1734 $cm^{-1}$ หรือ 1539 $cm^{-1}$, พีคที่ 1315 cm-1แสดงการสั่นของ -CH rock ซึ่งเป็น Crystalline band ของเซลลูโลส, จากการยืดของพันธะ C-N stetch, พีคที่ 1037 $cm^{-1}$ จากการสั่นสะเทือนแบบยืดออกของการเชื่อมโยงกลไกลโคซิดิกของพันธะ C-O-C และ 896 $cm^{-1}$ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของเซลลูโลส จุดสูงสุดนี้บงบอกว่ามีเซลลูโลสอยู่ในเส้นใย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (A. จากนั้นทำการศึกษาผลของเส้นใยเซลลูโลสโดยทำการแยกส่วนของผักตบชวา เป็นส่วน ก้าน ใบ และก้าน+ใบ (จากรูปที่ 4.3) พบว่าปรากฏพีคที่ 3334 $cm^{-1}$ และ 2968-2877 $cm^{-1}$ แทนการยืดตัวของกลุ่มเซลลูโลส O-H group และ C-H Stretch ตามลำดับ, พีคโดดเด่นของเฮมิเซลลูโลสหรือลิกนินปรากฏที่ 1734 $cm^{-1}$ หรือ 1539 $cm^{-1}$, พีคที่ 1315 cm-1 แสดงการสั่นของ -CH rock ซึ่งเป็น Crystalline band ของเซลลูโลส, จากการยืดของพันธะ C-N stetch, พีคที่ 1037 $cm^{-1}$ จากการสั่นสะเทือนแบบยืดออกของการเชื่อมโยงกลไกลโคซิดิกของพันธะ C-O-C และ 896 $cm^{-1}$ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของเซลลูโลส จุดสูงสุดนี้บ่งบอกว่ามีเซลลูโลสอยู่ในเส้นใย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sittinun และคณะ (2020) ที่กล่าวว่าเลขคลื่นที่เกิดขึ้น ได้ลักษณะของเส้นใยเซลลูโลส

### 4.2.2 Scanning Electron Microscopy (SEM)

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพโดยทำการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 1,000 และ 5,000 เท่า สเกล 30 ไมครอน ได้ผลโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาของเซลลูโลสผักตบชวา (ดังแสดงในรูปที่ 4.4) ที่กำลังขยาย 1,000 ซึ่งผลพบว่าตัวเส้นใยเซลลูโลสนี้มีลักษณะเป็นเส้นใยโดยผ่านการบวนการฟอกด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์และเปอร์ออกไซด์จะเห็นได้ว่าเกิดการฉีกขาดของเส้นใยเซลลูโลสทำให้เกิดการขยายตัวของเส้นใยเกิดขึ้น ทำให้มีความเป็นปุย ไม่จับตัวกันเป็นก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.4** ภาพถ่ายพื้นผิวเซลลูโลสของผักตบชวาจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 1,000x

จากนั้นทำการศึกษากำลังขยายที่มากขึ้น จากกำลังขยาย 1,000x เป็น กำลังขยาย 5,000x ในการศึกษากำลังขยายที่เพิ่มขึ้นนี้จะเห็นได้ว่าตัวเส้นใยมีลักษณะที่ไม่ยึดติดกันเป็นแผ่นและเกิดเป็นรูพรุน ตัวเส้นใยกระจายแยกออกจากกันเป็นเส้นใยเซลลูโลส (ดังรูปที่ 4.5)

**รูปที่ 4.5** ภาพถ่ายพื้นผิวเซลลูโลสของผักตบชวาจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 5,000x

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.3 คุณสมบัติน้ำเสียจากโรงอาหาร

จากการสำรวจน้ำเสียจากโรงอาหารแล้วได้นำมาวิเคราะห์โดยใช้พารามิเตอร์ดังนี้ น้ำมันและไขมัน ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย และความเป็นกรด-ด่าง มีผลการวิเคราะห์เป็นดังตารางที่ 4.2

**ตารางที่ 4.2** ลักษณะน้ำเสียจากโรงอาหาร

| ตัวอย่างน้ำ/ครั้งที่ | | กรด-ด่าง | ซีโอดี (มก./ล.) | ของเข็งแขวนลอย (มก./ล.) | น้ำมันและไขมัน (มก./ล.) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ครั้งที่1 | 6.66 | 189.2 | 124 | 153.1 |
| | ครั้งที่2 | 6.79 | 189.2 | 112 | 142.2 |
| | ครั้งที่3 | 6.95 | 168.8 | 118 | 152 |
| 2 | ครั้งที่1 | 6.75 | 129.32 | 180.82 | 146.71 |
| | ครั้งที่2 | 6.84 | 123.22 | 165.18 | 136.9 |
| | ครั้งที่3 | 6.64 | 121.46 | 164 | 142.12 |
| 3 | ครั้งที่1 | 6.68 | 182.48 | 159.6 | 161.66 |
| | ครั้งที่2 | 6.85 | 162.86 | 129.22 | 169.84 |
| | ครั้งที่3 | 6.64 | 159.87 | 167.2 | 149.1 |
| | เฉลี่ยSD | 6.69±0.11 | 157.64±9.62 | 147.66±8.02 | 152.60±7.77 |

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำเสียจากโรงอาหาร ดังตารางที่ 4.2 นี้พบว่ามีค่า COD เฉลี่ย 157.64 มก./ล., TSS เฉลี่ย 147.66 มก./ล., Oil and grease เฉลี่ย 152.60 มก./ล. ซึ่งเกินกว่าที่มาตรฐานน้ำทิ้งอาคารประเภท จ ที่กำหนดสูงสุดไว้ตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง มีเพียงค่า pH เฉลี่ย 6.69 ที่ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยมีกำหนดมาตรฐานน้ำทิ้งอาคารประเภท จ ดังตารางในภาคผนวก ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.4 คุณสมบัติน้ำเสียสังเคราะห์

ทำการสังเคราะห์น้ำเสียให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำเสียจริงโดยอ้างอิงค่า Oil and grease เป็นเกณฑ์ โดยน้ำเสียที่สังเคราะห์ขึ้นมานี้ได้ทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 3 ครั้ง ได้ผลดังตารางที่ 4.3

**ตารางที่ 4.3** ลักษณะน้ำเสียสังเคราะห์ก่อนผ่านการดูดซับของเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวา

| ตัวอย่างน้ำ/ครั้งที่ | | กรด-ด่าง | ซีโอดี (มก./ล.) | ของเข็งแขวนลอย (มก./ล.) | น้ำมันและไขมัน (มก./ล.) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ครั้งที่1 | 6.68 | 120.00 | 126.78 | 154.46 |
| | ครั้งที่2 | 6.73 | 118.20 | 113.10 | 142.34 |
| | ครั้งที่3 | 6.51 | 117.00 | 111.20 | 131.60 |
| 2 | ครั้งที่1 | 6.71 | 189.82 | 132.58 | 157.00 |
| | ครั้งที่2 | 6.63 | 178.84 | 152.00 | 144.97 |
| | ครั้งที่3 | 6.79 | 190.70 | 150.45 | 151.12 |
| 3 | ครั้งที่1 | 6.52 | 177.42 | 162.14 | 159.14 |
| | ครั้งที่2 | 6.56 | 178.84 | 155.24 | 156.94 |
| | ครั้งที่3 | 6.67 | 169.38 | 153.24 | 157.32 |
| | เฉลี่ยSD | 6.67±0.10 | 168.99±8.11 | 139.17±9.88 | 155.99±6.23 |

จากผลการวิเคราะห์น้ำเสียสังเคราะห์ให้มีค่าใกล้เคียงกับน้ำเสียจริงจากโรงอาหาร ส่งผลให้มีค่า COD เฉลี่ย 168.99 มก./ล., TSS เฉลี่ย 139.17 มก./ล., Oil and grease เฉลี่ย 155.99 มก./ล. โดยค่าเฉลี่ยทั้งหมดนี้มีค่าเกินมาตรฐานน้ำทิ้งอาคารประเภท จ และมีเพียงค่า pH เฉลี่ย 6.64 ที่ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เช่นเดียวกับผลการวิเคราะห์การอิงจากน้ำเสียจริง ตามข้อ 4.2

## 4.5 ประสิทธิภาพในการดูดซับ

ในการทดสอบประสิทธิภาพในการดูดซับได้นำเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวาทั้ง 3 ส่วน คือ ส่วนก้าน ส่วนใบ และส่วนก้านผสมส่วนใบ มาดูดซับน้ำมันและไขมันในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้วิธีการดูดซับแบบ Batch หลังจากผ่านการดูดซับ ได้นำน้ำเสียเคราะห์มาวิเคราะห์เพื่อนำมาเปรียบเทียบระหว่างก่อนการดูดซับและหลังการดูดซับเพื่อดูประสิทธิภาพในการดูดซับของเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวาในแต่ละส่วน ได้ผลดังตาราง 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.4** ประสิทธิภาพน้ำเสียหลังผ่านการดูดซับของเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวา

| ประเภทเส้นใย | ครั้งที่ | กรด-ด่าง | ซีโอดี (มก./ล.) | ของเข็งแขวนลอย (มก./ล.) | น้ำมันและไขมัน (มก./ล.) |
|---|---|---|---|---|---|
| ก้าน | ครั้งที่1 | 6.67 | 97.72 | 96 | 69.80 |
| | ครั้งที่2 | 6.45 | 85.62 | 97 | 67.00 |
| | ครั้งที่3 | 6.59 | 86.67 | 101 | 63.80 |
| | เฉลี่ยSD | 6.57±0.11 | 90.00±6.70 | 98.00±2.65 | 66.87±3.00 |
| ใบ | ครั้งที่1 | 6.47 | 102.51 | 87.53 | 104.80 |
| | ครั้งที่2 | 6.52 | 105.92 | 67.81 | 107.40 |
| | ครั้งที่3 | 6.39 | 97.67 | 72.67 | 104.20 |
| | เฉลี่ยSD | 6.46±0.07 | 102.03±4.15 | 76.00±10.28 | 105.47±1.70 |
| ก้าน+ใบ | ครั้งที่1 | 6.58 | 101.00 | 87.10 | 94.00 |
| | ครั้งที่2 | 6.76 | 98.00 | 89.82 | 93.40 |
| | ครั้งที่3 | 6.82 | 98.00 | 87.10 | 87.40 |
| | เฉลี่ยSD | 6.72±0.12 | 99.00±1.73 | 88.00±1.13 | 91.60±3.65 |

ผลการวิเคราะห์จากตัวอย่างน้ำเสียสังเคราะห์ที่อ้างอิงจากโรงอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยผ่านการดูดซับด้วยเส้นใยเซลลูโลสของผักตบชวา จากตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าในส่วนของก้านมีความสามารถในการดูดซับได้ดีที่สุด โดยจากการดูดซับไขมันพบว่ามีเปอร์เซ็นต์การดูดซับร้อยละ 57.1 โดยมีค่าที่ลดลงมากกว่าตัวอย่างที่เป็นส่วนก้าน+ใบและส่วนใบ เนื่องจากส่วนก้านของผักตบชวามีเซลลูโลสมากกว่าส่วนที่เป็นใบ จึงทำให้ส่วนก้านผักตบชวามีการดูดซับได้มากกว่าส่วนใบ และในการดูดซับทำให้ค่าของแข็งแขวนลอยลดลงโดยตัวก้านมีการลดลงน้อยกว่าส่วนใบและก้านผสมใบเนื่องจากอาจเกิดจากตัวก้านนั้นมีตะกอนแขวนลอยที่เกิดจากตัวอย่างตกลงไปทำให้เกิดของแข็งแขวนลอยที่มากกว่าส่วนอื่น และในการดูดซับค่าซีโอดีโดยตัวก้านมีการดูดซับได้ดีกว่าใบและใบผสมก้านจึงสอดคล้องกับการดูดซับไขมันและน้ำมันดังนั้นจะเห็นได้ว่าส่วนที่นำมาใช้ในการดูดซับที่ดีที่สุด คือ กลุ่มที่เป็นก้านโดยมีการดูดซับแล้วทำให้ค่าน้ำเสียมีค่าน้ำเสียที่ลดลงเป็นไปตามมาตรฐานของน้ำทิ้งอาคารประเภท จ ตามตารางในภาคผนวก ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปผลและข้อเสนอ

## 5.1 สรุปผล

จากการศึกษาการพัฒนาเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวาเพื่อนำมาดูดซับน้ำมันและไขมัน โดยใช้วิธีการเตรียมเส้นใยเซลลูโลสทั้งหมด 3 วิธีด้วยกัน พบว่าวิธีที่ 3 คือการนำผักตบชวาไปต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 ชั่วโมง จากนั้นนำไปฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 5 ชั่วโมง เป็นวิธีที่ดีที่สุดในการเตรียมเส้นใยเซลลูโลส และจากการแบ่งเส้นใยเซลลูโลสที่ได้จากผักตบชวาออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนก้าน ส่วนใบ และส่วนก้านผสมส่วนใบ พบว่าส่วนก้านของผักตบชวามีปริมาณเส้นใยเซลลูโลสมากกว่าส่วนใบ และส่วนก้านผสมส่วนใบ

ในการทดสอบประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันและไขมันโดยใช้เส้นใยเซลลูโลสจากทั้ง 3 ส่วน ได้ใช้วิธีการดูดซับแบบ Batch เพื่อเปรียบเทียบหาความสามารถในการบำบัด จึงได้เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการบำบัดตามพารามิเตอร์ดังนี้

1) น้ำมันและไขมัน ส่วนก้าน ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 57.1
   ส่วนก้านผสมส่วนใบ ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 41.1
   ส่วนใบ ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 32.4
2) ของแข็งแขวนลอย ส่วนก้าน ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 45.4
   ส่วนก้านผสมส่วนใบ ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 36.8
   ส่วนใบ ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 29.6
3) ซีโอดี ส่วนก้าน ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 46.7
   ส่วนก้านผสมส่วนใบ ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 41.4
   ส่วนใบ ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 39.7

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับ ทำให้เห็นได้ว่าเส้นใยเซลลูโลสจากส่วนก้านของผักตบชวาเป็นส่วนที่สามารถดูดซับน้ำมันและไขมันได้ดีที่สุด ส่งผลให้ค่าน้ำเสียมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น โดยมีค่า COD, TSS และ Oil and grease ที่ลดลงหลังผ่านการดูดซับ แสดงให้เห็นว่าเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวามีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันและไขมัน

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การกำจัดผักตบชวาที่ผ่านการดูดซับน้ำมันและไขมันแล้ว เราสามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิง หรือนำไปใช้เป็นประโยชน์อื่นๆต่อไป
2. ควรมีการศึกษาศักยภาพของเส้นใยนาโนเซลลูโลสจากผักตบชวาในการนำไปต่อยอด พัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ทำถังดักไขมัน ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง


กรมควบคุมมลพิษ. 2546. **คู่มือแนวทางการจัดการน้ำมันและไขมันจากบ่อดักไขมันและการนำไปในประโยชน์สำหรับบ้านเรือน.** กรุงเทพมหานคร. พิมพ์ที่ บริษัท ทีคิวพี จำกัด. [Online]. Available:https://www.pcd.go.th/publication/4393

กรมควบคุมมลพิษ. 2546. **คู่มือแนวทางการจัดการน้ำมัน และไขมันจากบ่อดักไขมัน.** [Online]. Available : https://www.pcd.go.th/wp-content/uploads/2020/05/pcdnew-2020-05-20_03-07-21_734988.pdf

กุลวดี ตรองพานิชย์. 2539. **การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่จากวุ้นน้ำมะพร้าวและส่วนที่เหลือจากการหมัก.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. กรุงเทพมหานคร. [Online]. Available :https://kukr.lib.ku.ac.th/kukr_es/index.php?/B KN/search_detail/result/2562

กาญจนา มานะมุ่งมงคล. 2561. กระบวนการผลิตเส้นใยเซลลูโลสจากเปลือกหน่อไม้. สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมอาหาร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ขนิษฐา วัชราภรณ์. 2549. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเส้นใยจากโครงการวิจัยและพัฒนาระบบผลิตฝ้ายในประเทศไทยในปี 2546-2547” มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. [Online]. Available : https://kukr.lib.ku.ac.th/kukr es/BKN AGRO/search detail/result/9614

คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2545. [Online]. Available : file:///C:/Users/user/Downloads/nantach,+Journal+manager,+vol26_no4_3.pdf

จิราพร ชยาภิวัฒน์. 2547. ทฤษฎีการดูดซับ (Theory of adsorption). [Online]. Available : http://nlrc.mol.go.th/research/IBISsr6/021BISsr6.pdf

ดุษฎี สุริยพรรณพงศ์ และคณะ. 2552. การสกัดและประเมินคุณลักษณะของเซลลูโลสจากชานอ้อย ผักตบชวา และธูปฤๅษี. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. [Online]. Available : https://ir.swu.ac.th

ตฤณ ดิษฐลำภู และ อารัญ วรรณะอานนท์. 2020. อัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้เส้นใยผักตบชวาสำหรับแผ่นใยอัดซีเมนต์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. [Online]. Available : https://teched.rmutp.ac.th.

ธิดา วิเชียรเพชร. 2545. ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำมันในน้ำเสียโยใช้ดอกธูปฤาษี. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ สาขาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร. [Online]. Available : https://kukr.lib.ku.ac.th/kukr es/index.php?/BKN/search detail/result/8625


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผกาวดี นารอง และคณะ. 2542 .ประสิทธิภาพของการดูดซับโลหะหนักโดยใช้ Saccharomyces cerevisiae ร่วมกับกาบมะพร้าวในระบบเครื่องกรองไร้อากาศแบบไหลขึ้น. ภาควิชา. เทคโนโลยีชีวภาพ

ผดุง นารอง และคณะ. 2541. ผลของน้ำยาล้างภาชนะที่มีผลต่อประสิทธิภาพของถังดักไขมันในการบำบัดน้ำเสียจากร้านอาหาร. มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพมหานคร. [Online]. Available : https://dric.nrct.go.th/index.php?/Search/SearchDetail/84629

รัชพล พะวงศ์รัตน์. 2011. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมไฮโดรไลเสทผักตบชวาโดย หม้อไอน้ำแรงดันสูงเพื่อผลิตเอทนอล”,สายวิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปะศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม. [Online]. Available : https://he02.tci-thaijo.org

วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม. 2552. คู่มือการจัดการน้ำเสียจากอาคารประเภทสถานศึกษา. [Online]. https://ej.eric.chula.ac.th

วารสารวิทยาศาสตร์. 2561. เกณฑ์การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเปอร์เซ็นการดูดซับและระดับคุณภาพการดูดซับ. [Online]. Available : https://science.srru.ac.th/kochasarn-files/files/4_161.pdf

ศิริพร พงศ์สันติสุข. 2541. การกำจัดคราบน้ำมันในน้ำโดยใช้วัสดุธรรมชาติเป็นตัวดูดซับ. มหาลัยมหิดล สำนักงานวิจัยแห่งชาติ (วช.). กรุงเทพมหานคร. [Online]. Available : https://dric.nrct.go.th/ListDoi/listDetail?Resolve DOI=10.14457/MU.the.1998.5

สุภาวดี ผลประเสริฐ. 2556. การปรับสภาพวัตถุดิบพวกลิกโนเซลลูโลสสำหรับการผลิตเอทานอล. ภาควิชาวิทยาศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ถนนราชวิถี เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร. [Online]. Available : https://li01.tci-thajio.org

สมพร วาสะสิริ.  2558. ผืนผ้าจากเส้นใยผักตบชวาผสมด้วยด้ายฝ้าย สาขาแฟชั่นและสิ่งทอ ภาควิชาออกแบบและเทคโนโลยี คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. [Online]. Available : https://www.repositort.rmutt.ac.th

อามีนา ตำหิ และ อุษาวดี ตันติวรานุรักษ์. 2018. การนำความร้อนของฉนวนความร้อนที่ผลิตจากเส้นใยใบเตยปะหนันและน้ำยางธรรมชาติ. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. [Online]. Available : https://li01.tci-thaijo.org

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก.
## ภาพประกอบในขั้นตอนการทดลอง

รูปที่ ก-1 นำผักตบชวาที่เก็บมาตัดรากทิ้ง

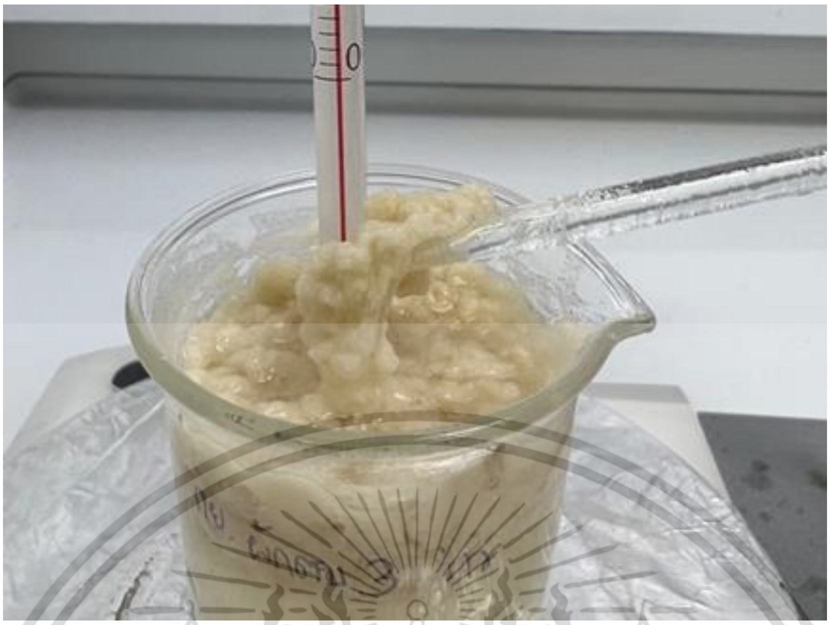
รูปที่ ก-2 นำผักตบชวาที่ตัดรากทิ้งแล้วผึ่งออกให้แห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก-3 นำผักตบชวาที่ผึ่งแดดจนแห้งแล้วไปอบให้แห้ง

รูปที่ ก-4 ย่อยผักตบชวาโดยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% เป็นอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียล เวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำไปอบให้แห้ง

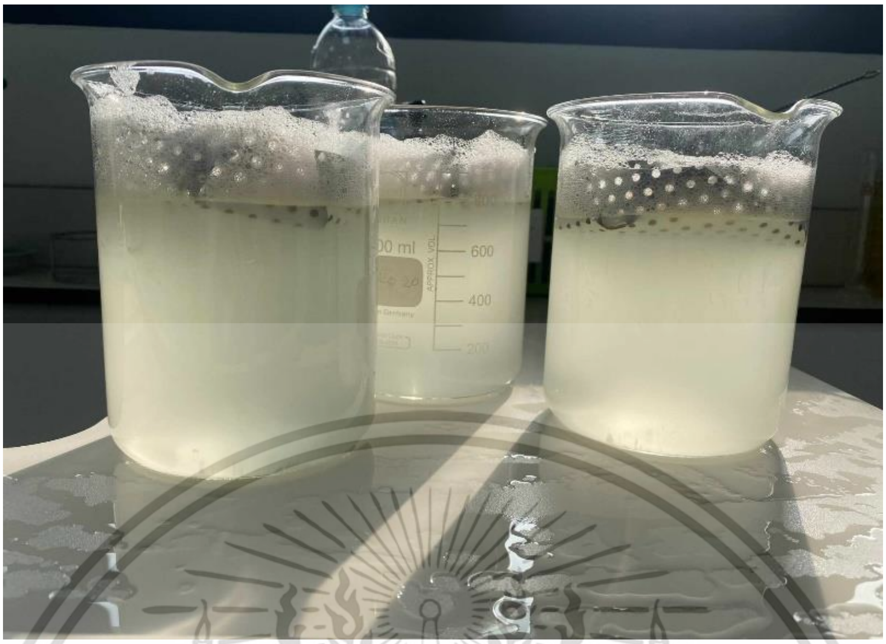
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-5 นำผักตบชาที่ได้จากการย่อยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5%  ไปฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 4%

รูปที่ ก-6 ชั่งเส้นใยเซลลูโลสส่วนก้าน,ส่วนใบและทั้งส่วนก้านผสมใบผสมของผักตบชวาที่เตรียมไว้มาอย่างละ 5 กรัม แล้วเทลงในบีกเกอร์ที่มีน้ำเสียสังเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-7 ตวงน้ำมันพืช 20 มิลลิลิตรและน้ำยาล้างจาน 20 มิลลิลิตร เทลงในภาชนะขนาดใหญ่ที่มีน้ำอยู่ปริมาตร 3,000 มิลลิลิตร

รูปที่ ก-8 เตรียมการวิเคราะห์การดูดซับของส้นใยโดยการตวงน้ำเสียสังเคราะห์ในปริมาตร 800 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร จำนวน 9 ใบ ทำการเกลี่ยให้ทั่วตะแกรงในบีกเกอร์ และให้พื้นผิววัสดุสัมผัสน้ำมันให้มากที่สุด จับเวลา 60 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

### ตัวอย่างการคำนวณ

#### ข.1 การวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH)

วิธีการทดลอง

1. ตวงน้ำตัวอย่าง ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร ใส่น้ำตัวอย่างไป 300 มิลลิลิตร
2. นำน้ำที่ตวงใส่บีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร ไปวัดค่า pH และบันทึกผลที่อ่านได้

### ตัวอย่างการคำนวณ

#### ข.2 การคำนวณหาปริมาณความชื้น ( Moisture content)

การคำนวณหาปริมาณความชื้น (moisture content) หาได้จากสมการดังต่อไปนี้

% moisture content = 100

ตัวอย่างการคำนวณ

หลังตัดรากผักตบชวาและทำความสะอาดแล้ว เมื่อทำการชั่งน้ำหนักเริ่มต้น พบว่าผักตบชวาหนัก 52.5 กิโลกรัม ให้เป็นน้ำหนักก่อนอบ หลังนำไปอบแห้งพบว่าผักตบชวาหนัก 24.3 กิโลกรัม

% Moisture content = 100

= 53.71 %

ดังนั้น ผักตบชวามีปริมาณความชื้นเท่ากับ 53.71 %

#### ข.3 การคำนวณหาปริมาณผลผลิตของเส้นใยนาโนเซลลูโลส

การคำนวณหาปริมาณผลผลิตของเส้นใยนาโนเซลลูโลสหาได้จากสมการดังต่อไปนี้ % Yield = 100

ตัวอย่างการคำนวณ

ชั่งเซลลูโลสมา 30 กรัม ต้มด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 % จนได้เส้นใยหลังต้มโซเดียมไฮดรอกไซด์เหลือน้ำหนัก 9.04 กรัม

% Yield = 100

= 59.10 %

ดังนั้น แสดงว่าที่สภาวะดังกล่าว ได้ปริมาณผลผลิตของเส้นใยเซลลูโลสเท่ากับ 59.1 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ไม่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และนำเส้นใยที่เหลือจากการต้มโซเดียมไฮดอกไซด์ 9.04 กรัม ต้มด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 4% จนได้เส้นใยน้ำหนัก 5.34 กรัม

% Yield = 100

= 17.75 %

ดังนั้น แสดงว่าที่สภาวะดังกล่าว ได้ปริมาณผลผลิตของเส้นใยเซลลูโลสเท่ากับ 17.75 %

**ข.4 การคำนวณสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 4%**

ต้องการสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 4% ปริมาตร 500 มล. จากไฮโดรเจนเปอร์-ออกไซด์เข้มข้น 30%

ตัวอย่างการคำนวณ

$C_1V_1 = C_2V_2$ $30 \times V_1 = 4 \times 500$

$V_1 = 4 \times \frac{500}{30}$

$V_1 = 66.67$

ดังนั้น ต้องใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 30% ปริมาณ 66 มล. ในการเตรียมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 4% 500 มล.

**ข.5 การคำนวณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5%**

ต้องการสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5% ปริมาตร 500 มล.

ตัวอย่างการคำนวณ

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5% หมายถึง มีปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 กรัม ในสารละลาย 100 มล. สามารถคำนวณปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ต้องใช้ ดังนี้

สารละลาย 100 มล. มีโซเดียมไฮดรอกไซด์อยู่ 5 กรัม แสดงว่าสารละลาย 500 มล.

จะมีโซเดียมไฮดรอกไซด์ $500 \times \frac{5}{100} = 25$ กรัม

ดังนั้น ต้องใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 25 กรัม ในการเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5% 500 ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ข.6 วิเคราะห์น้ำเสียด้วยการหา COD

วิธีการหาค่า COD คือ

1. การเตรียมตัวอย่างโดยทั่วไปครั้งปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ควรจะทำปริมาณของสารละลาย $KMnO_4$ (N/40)ที่เติมไปครั้งแรกเหลืออยู่ประมาณครึ่งหนึ่งหลังจาก 30นาทีของการให้ความร้อน กรณีตัวอย่างที่มีค่า $COD_{Mn}$ ต่ำกว่า 10 mg/l ให้ใช้ตัวอย่างนั้น 100 มล.แต่สามารถคำนวณหาปริมาตรของตัวอย่างที่เหมาะสม(V) จากสูตรนี้

$$V = 5 \times \frac{1000 \times 0.2}{\exp ectedCOD \left(\frac{mg}{l}\right)}$$

2. นำตัวอย่าง v มล. ใส่ลงใน Erlenmyer flask ขนาด 300 มล. ที่มีน้ำกลั่นอยู่ 100 มล. ในขณะที่เขย่าเติมสารละลาย $AgNO_3$(20%W/V)5 มล.และกรดซัลฟิวริก(1+2)10 มล.
3. เติมสารละลาย $KMnO_4$($N/40$) 10 มล.ลงไป เขย่าและนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 30 นาที
4. นำออกจากน้ำเดือดและเติมสารละลาย $Na_2C_2O_4$(N/40) 10 มล. ลงไป เขย่าและทิ้งสักพักเพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์
5. นำไปไตเตรทกับสารละลาย $KMnO_4$(N/40)จนกระทั่งเกิดสีแดงอ่อนภายใน 30 วินาที (ขณะไทเทรตให้ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 55-60℃) จดปริมาตรที่ใช้(a)
6. สำหรับ Blank ทำเช่นเดียวกันตั้งแต่ข้อ 2-5 โดยไม่ต้องเติมตัวอย่าง
7. คำนวณหา $COD_{Mn}$ (mg/l) จากสูตรต่อไปนี้

$$COD_{Mn} = (a - b) \times f \times \frac{100}{V} \times 0.2$$

## ข.7 วิเคราะห์น้ำเสียด้วยการหา TSS

วิธีการหาค่า TSS คือ

1. นำกระดาษกรองไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103-105 ℃ 1 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็น ชั่งหาน้ำหนัก
2. วางกระดาษกรองลงกรวยบุคเนอร์
3. ตวงน้ำตัวอย่าง 25 ml เทลงในกรวยบุคเนอร์ เปิดเครื่องกรองแบบลดความดัน จนแห้งล้างด้วยน้ำกลั่น 10 ml เปิดเครื่องทิ้งไว้ 3นาที
4. นำกระดาษกรองไปอบแห้ง 103-105 ℃ 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นและนำมาชั่งน้ำหนัก

สูตรคำนวณหา TSS

$$\text{ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด(mg/l)} = (A - B) \times \frac{100}{\text{ปริมาตรน้ำตัวอย่าง}(ml)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่ได้สำหรับบุคคลทั่วไปเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ข.8 วิเคราะห์น้ำเสียด้วยการหา Grease and oil

วิธีการหาค่าGrease and oil คือ การวิเคราะห์น้ำมัน และไขมัน ในการวิเคราะห์จะมีการตรวจสอบค่า pH ของตัวอย่าง และจะมีการทำให้สารละลายมีสภาวะ pH ต่ำกว่า 2 โดยจะทำการเติมกรดด้วยไฮโดรคลอริก (HCl) หรือกรดซัลฟิวริก ($H_2SO_4$) ตัวอย่างทั้งหมดต้องเก็บในที่เย็นหลังการเก็บ (≤6°C) Oil and grease ทั้งหมดที่ถูกเก็บมาจะถูกสกัดด้วย n-hexane หรือ ฟรีออน (Trichlorotrifluoroethane)

สูตรคำนวณหา ไขมันและน้ำมัน(Grease and oil)

$$\text{ไขมันและน้ำมัน}\left(\frac{mg}{l}\right) = (B - A) \times 10^6 / \text{ปริมาตรน้ำตัวอย่าง}(ml)$$

### ข. ส่วนเบียงเบนมาตรฐานของกล่มุ ตัวอย่าง (S หรือ S.D.)

$$\textbf{สูตร} \quad S.D. = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ค

## เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งอาคารประเภท จ

**ตารางที่ ค.1 เกณฑ์จำแนกความเหมาะสมของน้ำเสียสำหรับการปล่อยลงสู่คลองสาธารณะ**

**1. ความเป็นกรดด่าง (pH)**

| ระดับความเป็นกรดด่าง | ช่วงpH |
|---|---|
| กรดแรงที่สุด (Ultra acid) | < 3.5 |
| กรดรุนแรงมาก (Extremely acid) | 3.5 – 4.5 |
| กรดจัดมาก (Very strongly acid) | 4.6 – 5.0 |
| กรดจัด (Strongly acid) | 5.1 – 5.5 |
| กรดปานกลาง (Moderately acid) | 5.6 – 6.0 |
| กรดเล็กน้อย (Slightly acid) | 6.1 – 6.5 |
| เป็นกลาง (Neutral) | 6.6 – 7.3 |
| ด่างเล็กน้อย (Slightly alkaline) | 7.4 – 7.8 |
| ด่างปานกลาง (Moderately alkaline) | 7.9 – 8.4 |
| ด่างแก่ (Strongly alkaline) | 8.5 – 9.0 |
| ด่างแก่มาก (Very strongly alkaline) | > 9.0 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง/น้ำเสียจากอาคารตามประเภทและขนาดของอาคารตามประเภทและ ขนาดของอาคาร (ข้อมูลกรมควบคุมมลพิษ) พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535

ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด

ข้อที่ 4 อาคารประเภท ก. หมายความถึง อาคารดังต่อไปนี้

(1) อาคารชุดที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นอาคาร หรือกลุ่มอาคารตั้งแต่ 500 ห้องนอนขึ้นไป

(2) โรงแรมที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นห้องพักรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 200 ห้องขึ้นไป

(3) โรงพยาบาลของทางราชการ รัฐวิสาหกิจหรือสถานพยาบาล ตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาลที่มีเตียงสำหรับผู้ป่วยไว้ค้างคืนรวมกันทุกชั้นอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 30 เตียงขึ้นไป

(4) อาคารโรงเรียนเอกชน โรงเรียนของทางราชการ สถาบันอุดมศึกษาของเอกชน หรือสถาบันอุดมศึกษาของทางราชการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารตั้งแต่ 25,000 ตารางเมตรขึ้นไป

(5) อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การระหว่างประเทศ หรือของเอกชนที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 55,000 ตารางเมตรขึ้นไป

(6) อาคารของศูนย์การค้าหรือห้างสรรพสินค้าที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 25,000 ตารางเมตรขึ้นไป

(7) ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารตั้งแต่ 2,500 ตารางเมตรขึ้นไป

(8) ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 2,500 ตารางเมตรขึ้นไป

ข้อที่ 5 อาคารประเภท ข. หมายความถึง อาคารดังต่อไปนี้

(1) อาคารชุดที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 100 ห้องนอน แต่ไม่ถึง500 ห้องนอน

(2) โรงแรมที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นห้องพักรวมกันทุกชั้นอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 60 ห้อง แต่ไม่ถึง 200 ห้อง

(3) หอพักที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 250 ห้องขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) สถานบริการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 5,000 ตารางเมตาขึ้นไป

(5) โรงพยาบาลของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ หรือสถานพยาบาล ตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาล ที่มีเตียงสำหรับผู้ป่วยไว้ค้างคืนรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 10 เตียง แต่ไม่ถึง 30 เตียง

(6) อาคารโรงเรียนเอกชน โรงเรียนของทางราชการ สถาบันอุดมศึกษาของเอกชน หรือ สถาบันอุดมศึกษาของทางราชการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารตั้งแต่ 5,000ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 25,000 ตารางเมตร

(7) อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การระหว่างประเทศ หรือของเอกชนที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 10,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 55,000 ตารางเมตร

(8) อาคารของศูนย์การค้าหรือห้างสรรพสินค้าที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มตั้งแต่ 5,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 25,000 ตารางเมตร

(9) ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 1,500 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 2,500 ตารางเมตร

(10) ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 500 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 2,500 ตารางเมตร

ข้อที่ 6 อาคารประเภท ค. หมายความถึง อาคารดังต่อไปนี้

(1) อาคารชุดที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นอาคาร หรือกลุ่มของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารไม่ถึง 100 ห้องนอน

(2) โรงแรมที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นห้องพักรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารไม่ถึง 60 ห้อง

(3) หอพักที่มีจำนวนห้องสำหรับใช้เป็นที่อยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 50 ห้อง แต่ไม่ถึง 250 ห้อง

(4) สถานบริการที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 1,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 5,000 ตารางเมตร

(5) อาคารที่ทำการของทางราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การระหว่างประเทศ หรือของเอกชนที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกล่มของอาคารตั้งแต่ 5,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 10,000 ตารางเมตร

(6) ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 1,000 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 1,500 ตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(7) ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มอาหารตั้งแต่ 250 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 500 ตารางเมตร

ข้อที่ 7 อาคารประเภท ง. หมายความถึง อาคารดังต่อไปนี้

(1) หอพักที่มีจำนวนห้องสำหรับอยู่อาศัยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคาร ตั้งแต่ 10 ห้อง แต่ไม่ถึง 50 ห้อง

(2) ตลาดที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 500 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 1,000 ตารางเมตร

(3) ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นของอาคาร หรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 100 ตารางเมตร แต่ไม่ถึง 250 ตารางเมตร

ข้อ 8 อาคารประเภท จ. หมายความถึง ภัตตาคารหรือร้านอาหารที่มีพื้นที่ให้บริการรวมกันทุกชั้นไม่ถึง 100 ตารางเมตร

ข้อที่ 13 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท จ. ต้องมีค่าดังต่อไปนี้

(1) ความเป็นกรดและด่างต้องมีค่าระหว่าง 5-9

(2) บีโอดี ต้องมีค่าไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

(3) สารแขวนลอย ต้องมีค่าไม่เกิน60 มิลลิกรัมต่อลิตร

(4) น้ำมันและไขมัน ต้องมีค่าไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

| **ดัชนีคุณภาพน้ำ** | **หน่วย** | **เกณฑ์กำหนดสูงสุดตามประเภทมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง (ประเภท จ.)** |
|---|---|---|
| ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) | | 5-9 |
| บีโอดี (BOD) | มก./ล. | ไม่เกิน 200 |
| ปริมาณของแข็ง | | |
| -ค่าสารแขวนลอย (Suspended solides) | มก./ล. | ไม่เกิน 60 |
| -ค่าตะกอนหนัก (Settleabie solids) | มก./ล. | - |
| -ค่าสารที่ละลายได้ทั้งหมด (Tatal Dissolved Solid) | มก./ล. | - |
| ค่าซัลไฟต์ (Sulfide) | มก./ล. | - |
| ไนโตรเจน (Nitrogen) ในรูป ที เค เอ็น (TKN) | มก./ล. | - |
| น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and grease) | มก./ล. | ไม่เกิน 100 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามไม่ให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**เกณฑ์การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเปอร์เซ็นการดูดซับและระดับคุณภาพการดูดซับ**
(วารสารวิทยาศาสตร์, 2561)

| **การดูดซับ(%)** | **ระดับคุณภาพ** |
|---|---|
| 81-100 | ดีมาก |
| 61-80 | พอใช้ |
| 0-60 | น้อย |

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้วิจัย

**ประวัติผู้วิจัยคนที่ 1**


| | |
|---|---|
| ชื่อ-นามสกุล | นางสาวจุฑามาศ เกษมหา |
| วัน เดือน ปีเกิด | 24 พฤษภาคม 2545 |
| ประวัติการศึกษา | พ.ศ. 2559 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมตอนต้น<br>โรงเรียนวมินทราชินูทิศ เตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ<br>จังหวัดสมุทรปราการ<br>พ.ศ. 2562 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมตอนปลาย<br>โรงเรียนวมินทราชินูทิศ เตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ<br>จังหวัดสมุทรปราการ<br>สายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์<br>กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต<br>(วท.บ.) ชั้นปีที่ 4 คณะวิทยาศาสตร์ สาขา เคมีสิ่งแวดล้อม |
| ที่อยู่ปัจจุบัน | 522/49 ตำบล บางโฉลง อำเภอ บางพลี จังหวัด สมุทรปราการ |
| E-mail | jutamaska6286@gmail.com |
| เบอร์โทรศัพท์ | 0968276663 |


สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ประวัติผู้วิจัยคนที่ 2**

| | |
|---|---|
| ชื่อ-นามสกุล | นางสาวทิพวดี  คำยันต์ |
| วัน เดือน ปีเกิด | 14 สิงหาคม 2544 |
| ประวัติการศึกษา | พ.ศ. 2559 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมตอนต้น<br>โรงเรียนสีคิ้ว“สวัสดิ์ผดุงวิทยา” จังหวัด นครราชสีมา<br>สายภาษาไทย-อังกฤษ<br>พ.ศ. 2562 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมตอนปลาย<br>โรงเรียนเชียงกลางประชาพัฒนา จังหวัด น่าน<br>สายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์<br>กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) ชั้นปีที่ 4 คณะวิทยาศาสตร์ สาขา เคมีสิ่งแวดล้อม |
| ที่อยู่ปัจจุบัน | เลขที่ 5/512 หมู่ 11 ตำบลอ้อมน้อย อำเภอกระทุ่มแบน<br>จังหวัดสมุทรสาคร |
| E-mail | Thipwadeetk1@gmail.com |
| เบอร์โทรศัพท์ | 0613571331 |

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ประวัติผู้วิจัยคนที่ 3**

ชื่อ-นามสกุล นางสาววิสสุตา แก้วมะ
วัน เดือน ปีเกิด 3 เมษายน 2545
ประวัติการศึกษา พ.ศ.2559 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต จังหวัด กรุงเทพมหานคร
พ.ศ.2562 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาปลาย
โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต จังหวัด กรุงเทพมหานคร
สายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์
กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี
หลักสูตรการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต
(วท.บ.) ชั้นปีที่ 4 คณะวิทยาศาสตร์ สาขา เคมีสิ่งแวดล้อม

ที่อยู่ปัจจุบัน 95/64 ซอย3 หมู่บ้านลลิล ทาวน์ ต.ศรีษะจรเข้ใหญ่ อ.บางเสาธง
จ.สมุทรปราการ 10540
E-mail wissutakaewma@gmail.com
เบอร์โทรศัพท์ 0947101551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานทะเบียนคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คำรับรองเล่มโครงงานพิเศษ/ปัญหาพิเศษ/สหกิจศึกษา

วันที่ 27 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ 2566

ข้าพเจ้า นางสาว จุฑามาศ เกษมหา รหัสประจำตัว 63050313

นางสาว ทิพวดี คำยันต์ รหัสประจำตัว 63050322

นางสาว วิสสุตา แก้วมะ รหัสประจำตัว 63050352

นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา เคมีสิ่งแวดล้อม ภาควิชา เคมี

ขอรับรองว่าโครงงานพิเศษปัญหาพิเศษ เรื่อง

ชื่อภาษาไทย การพัฒนาเส้นใยเซลลูโลสจากผักตบชวาเพื่อดูดซับน้ำมันและไขมัน
ชื่อภาษาอังกฤษ Development of cellulose fiber from water hyacinth for grease and oil absorption
ปีการศึกษา 2566

เป็นผลงานวิจัยที่มิได้คัดลอกหรือละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้อื่นและได้ผ่านการตรวจสอบความซ้ำซ้อนเรียบร้อยแล้ว และได้แนบเอกสารการตรวจสอบการลอกเลียนงานวรรณกรรมที่ตรวจสอบจากเล่มปัญหาพิเศษฉบับสมบูรณ์แล้ว

โปรแกรมอักขราวิสุทธิ์....................8.05.....................% หรือโปรแกรม Turnitin.....................-....................%

ลงชื่อ...จุฑามาศ เกษมหา... ลงชื่อ...ทิพวดี คำยันต์... ลงชื่อ...วิสสุตา แก้วมะ...

( นางสาว จุฑามาศ เกษมหา ) ( นางสาว ทิพวดี คำยันต์ ) ( นางสาววิสสุตา แก้วมะ )

นักศึกษา นักศึกษา นักศึกษา

ข้าพเจ้า รศ.ดร. ชมพูนุท ไชยรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษได้ตรวจสอบปัญหาพิเศษของนักศึกษาข้างต้นแล้ว ขอรับรองว่าเป็นผลงานวิจัยของนักศึกษาจริงและมีเนื้อหาสมบูรณ์ จึงลงชื่อไว้เป็นหลักฐาน

ลงชื่อ................................................ ลงชื่อ................................................ ลงชื่อ..................................

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้