

การประยุกต์ใช้ของเสียจากอุตสาหกรรมเส้นใยเรยอนผสมกับเส้นใยุ่นเพื่อเป็นวัสดุดูดซับน้ำมัน

นายจิรายุ มั่งสุวรรณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)

are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

APPLICATION OF WASTE FROM RAYON FIBERS INDUSTRY MIXED WITH
KAPOK FIBERS AS OIL ADSORBENT.

MR.CHIRAYU MANGSUWAN

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Environmental Engineering

Department of Environmental Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การประยุกต์ใช้ของเสียจากอุตสาหกรรมเส้นใยเรยอนผสม
กับเส้นใยุ่นเพื่อเป็นวัสดุดูดซับน้ำมัน

โดย

นายจิรายุ มั่งสุวรรณ

สาขาวิชา

วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ ดร.สุธา ขาวเขียว

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศศิริวงษ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. เพ็ชรพร เขาวกิจเจริญ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุธา ขาวเขียว)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิบูลย์ลักษณะณ์ พึ่งรัศมี)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เขมรัฐ โอสถาปนธ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ดร. เอมมา อาสนจินดา)

จรรยา มั่งสุวรรณ : การประยุกต์ใช้ของเสียจากอุตสาหกรรมเส้นใยเรยอนผสมกับเส้นใยนุ่มเพื่อเป็นวัสดุดูดซับน้ำมัน. (APPLICATION OF WASTE FROM RAYON FIBERS INDUSTRY MIXED WITH KAPOK FIBERS AS OIL ADSORBENT.)
อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร.สุธา ขาวเขียว, 117 หน้า.

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเส้นใยเรยอน โดยนำมาผสมกับเส้นใยนุ่มเป็นตัวกลางเพื่อเตรียมขึ้นเป็นตัวดูดซับ การศึกษานี้มีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของการผสมเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยนุ่มจำนวน 6 อัตราส่วน ได้แก่ 1:0, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 และ 0:1 โดยน้ำหนัก และเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของผสมหนืดวิสโคสออกเป็น 4 อัตราส่วน คือ อัตราส่วนระหว่างของผสมหนืดวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1:1, 1:2, 1:3 และ 1:4 โดยน้ำหนัก กำหนดอัตราส่วนของปริมาณของผสมหนืดวิสโคสต่อเส้นใยตัวกลาง คือ 10 : 1 โดยน้ำหนัก เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับน้ำมัน โดยทำการทดสอบการดูดซับในน้ำมัน 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันดีเซล น้ำมันเครื่องรถยนต์ และน้ำมันเตา ซึ่งมีความแตกต่างกันในค่าความหนืดและความหนาแน่น โดยทำการทดสอบดูดซับน้ำมันจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลา 15 นาที และ 24 ชั่วโมง โดยทดสอบตามวิธีการมาตรฐานการทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำมันสำหรับวัสดุดูดซับของสมาคมเพื่อการทดสอบวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (ASTM: F726-99) ผลการทดลองพบว่า ตัวดูดซับที่เตรียมขึ้นจากของเสียนั้น เมื่อทดสอบดูดซับในน้ำมันดีเซล น้ำมันเครื่อง และน้ำมันเตา ตัวดูดซับมีความสามารถในการดูดซับน้ำมันเท่ากับ 0.32 ถึง 0.45, 0.32 ถึง 0.45 และ 0.80 ถึง 0.96 กรัม/น้ำมันต่อกรัมตัวดูดซับ ตามลำดับ ซึ่งตัวดูดซับที่สามารถดูดซับได้มากที่สุดหลังจากดูดซับ 15 นาทีและ 24 ชั่วโมง คือ ตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยนุ่มในอัตราส่วน 1:3 ซึ่งมีอัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:4 โดยน้ำหนักผสมอยู่ มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 125 และตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยนุ่มในอัตราส่วน 1:1 ซึ่งมีอัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:4 โดยน้ำหนักผสมอยู่ มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 162 ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม ค่าความสามารถในการดูดซับน้ำมันของตัวดูดซับดังกล่าวนี้มีค่าน้อยกว่าความสามารถในการดูดซับของวัสดุดูดซับสังเคราะห์ชนิดโพลีโพรพิลีนมาก จึงไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานและการนำกลับมาใช้ซ้ำ

ภาควิชา.....วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม..... ลายมือชื่อนิติ.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
ปีการศึกษา..... 2554.....:

5170707021 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEYWORDS : ADSORBENT / EFFICIENCY OIL ADSORPTION / RAYON FIBER /
 KAPOK FIBER

CHIRAYU MANGSUWAN : (APPLICATION OF WASTE FROM RAYON
 FIBERS INDUSTRY MIXED WITH KAPOK FIBERS AS OIL ADSORBENT).

ADVISOR : ASSOC. PROF. SUTHA KHAODHIAR, Ph.D. 117 pp.

The purposes of this research were to apply the waste generated during manufacturing of rayon fibers, i.e., rayon fibers and viscose mixture, by mixing with kapok fibers to form an oil adsorbent material. The study investigated the effect of the ratio of mixtures by varying the ratio between rayon fibers and kapok fibers to 6 ratios; 1:0, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 and 0:1 by weight. The ratio between viscose mixture and sodium hydroxide was varied to 4 ratios; 1:1, 1:2, 1:3 and 1:4 by weight. The ratio between mixed viscose mixture and mixed fibers was fixed at 10:1 by weight. The oil adsorption efficiency was tested by 3 types of oil; diesel oil, engine oil and bunker C oil which were different in their viscosity and density. The adsorption time in this study was 15 minutes for short term study and 24 hours for long term study according to the guidelines of the standard.(Standard Test Method for Sorbent Performance of Adsorbent ;ASTM : F726-99). The results showed that the efficiency of the oil adsorbent increased with increasing oil viscosity and density and contact time. The range of efficiency of oil adsorbents were between 0.32 – 0.45, 0.54 – 0.68 and 0.80 – 0.96 gram oil per gram adsorbent for diesel oil, engine oil and bunker C oil, respectively. The most efficiency adsorbent were the adsorbent mixed at the ratio between rayon fibers and kapok fibers of 1:3 by weight and the ratio between viscose mixture and sodium hydroxide of 1:4 by weight. The adsorbent weight was increased by 125% for short term study (15 minutes) and the adsorbent mixed at the ratio between rayon fibers and kapok fibers of 1:1 by weight and the ratio between viscose mixture and sodium hydroxide of 1:4 by weight. The adsorbent weight was increased by 162% for long term study (24 hours) However, this range of oil adsorption efficiency was lower than that of the synthetic adsorbent product (Polypropylene). Therefore, it is inappropriate to use or reuse.

Department : Environmental Engineering Student's Signature

Field of Study : Environmental Engineering Advisor's Signature

Academic Year : 2011

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ รศ.ดร.สุธา ชาวเถียร ผู้ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เล่มนี้ที่ได้ให้โอกาสแก่ผู้วิจัยในการทำการทดลอง พร้อมให้ความรู้และคำแนะนำ อันมีประโยชน์ยิ่งต่อแนวทางการศึกษา และการทำวิทยานิพนธ์ อันเป็นแนวทางที่ทำให้ผู้วิจัยสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ นอกจากนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. เพ็ชรพร เขาวกิจเจริญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิบูลย์ลักษณ์ พึ่งรัมย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เขมรัฐ โอสถาปนิก และอาจารย์ ดร. เหมมา อาสนจินดา ที่ได้กรุณาตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนแล้วเสร็จสมบูรณ์ทุกประการ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิต แก่ผู้ทำวิจัยในการทำวิทยานิพนธ์นี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ครูบาอาจารย์ ทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัยตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับโอกาสทางการศึกษาสำหรับข้าพเจ้า

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้การสนับสนุนเป็นอย่างดีในทุกๆ เรื่อง แก่ผู้วิจัยจนกระทั่งสำเร็จการศึกษานี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บริษัทไทยเรยอนและคูนเซาวลิต เสนานุรักษ์วรกุล ที่ได้ให้แนวคิดสำหรับการดำเนินการวิจัยให้คำแนะนำในการทดลองและให้การสนับสนุนตัวอย่างของผสมหนีดวิสโคสแก่ผู้วิจัยจนกระทั่งสำเร็จการศึกษานี้

ผู้วิจัยขอขอบใจเพื่อนๆ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม และบุคลากรห้องปฏิบัติการของเสียอันตราย คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับคำปรึกษาอันล้ำค่า และอุปกรณ์ จนถึงห้องปฏิบัติการในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

สารบัญ

| | หน้า |
|---|----------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | จ |
| กิตติกรรมประกาศ..... | ฉ |
| สารบัญ..... | ช |
| สารบัญตาราง..... | ฎ |
| สารบัญภาพ..... | ฐ |
| | |
| บทที่ 1 บทนำ..... | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์..... | 2 |
| 1.3 ขอบเขตการวิจัย..... | 2 |
| 1.4 สมมุติฐาน..... | 3 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 3 |
| | |
| บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 4 |
| 2.1 น้ำมัน..... | 4 |
| 2.1.1 ประเภทของน้ำมัน..... | 4 |
| 2.1.1.1 ไฮโดรคาร์บอนชนิดเบา (Light Hydrocarbon)..... | 4 |
| 2.1.1.2 ไฮโดรคาร์บอนชนิดกลาง (Medium Hydrocarbon)..... | 5 |
| 2.1.1.3 ไฮโดรคาร์บอนชนิดหนัก (Heavy Hydrocarbon)..... | 5 |
| 2.1.2 คุณสมบัติของน้ำมัน..... | 5 |
| 2.1.2.1 มวลโมเลกุล (Molecular Weight)..... | 5 |
| 2.1.2.2 ความสามารถในการละลายน้ำ (Water Solubility)..... | 5 |
| 2.1.2.3 ความเป็นขั้ว (Polarity)..... | 6 |
| 2.1.2.4 ความถ่วงจำเพาะ (Specific Density)..... | 6 |
| 2.1.2.5 ความดันไอ (Vapor Pressure)..... | 6 |
| 2.1.3 น้ำมันกับสิ่งแวดล้อม..... | 6 |
| 2.1.4 สาเหตุการปนเปื้อนของน้ำมันในสิ่งแวดล้อม..... | 7 |

| | หน้า |
|---|------|
| 2.1.5 ผลกระทบของน้ำมันต่อสิ่งแวดล้อม..... | 7 |
| 2.1.5.1 ผลกระทบทางด้านกายภาพ..... | 7 |
| 2.1.5.2 ผลกระทบทางด้านชีวภาพ..... | 8 |
| 2.1.5.3 ผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจและสังคม..... | 8 |
| 2.1.6 การกำจัดน้ำมัน..... | 9 |
| 2.2 เส้นใย..... | 10 |
| 2.2.1 คุณสมบัติของเส้นใย..... | 10 |
| 2.2.2 ประเภทของเส้นใย..... | 11 |
| 2.2.2.1 เส้นใยธรรมชาติ..... | 11 |
| 2.2.2.2 เส้นใยสังเคราะห์..... | 11 |
| 2.2.3 เส้นใยนุ่น..... | 11 |
| 2.2.4 เส้นใยเรยอน..... | 13 |
| 2.3 ของผสมเหนียวโคส..... | 15 |
| 2.3.1 กระบวนการเตรียมของผสมเหนียวโคส..... | 16 |
| 2.3.2 ของเสี่ยอุตสาหกรรมผลิตเส้นใยเรยอน..... | 19 |
| 2.4 การดูดซับ..... | 19 |
| 2.4.1 กลไกการดูดซับ..... | 20 |
| 2.4.2 ลักษณะของการดูดซับ..... | 20 |
| 2.4.2.1 การดูดซับทางกายภาพ (Physical adsorption)..... | 20 |
| 2.4.2.2 การดูดซับทางเคมี (Chemical adsorption)..... | 20 |
| 2.5 วัสดุดูดซับ..... | 21 |
| 2.5.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ..... | 22 |
| 2.5.1.1 ความหนาแน่น (Density)..... | 22 |
| 2.5.1.2 ความเป็นรูพรุน (Lumen)..... | 22 |
| 2.5.1.3 การเลือกดูดซับ (Selectivity)..... | 22 |
| 2.5.1.4 การเก็บรักษาของเหลว (Retention)..... | 22 |
| 2.5.2 คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุดูดซับที่ดี..... | 23 |
| 2.6 วัสดุดูดซับน้ำมันโพลิโพรพิลีน..... | 23 |
| 2.7 มาตรฐานการทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำมันของวัสดุดูดซับ..... | 24 |
| 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 25 |

| | |
|--|-----------|
| บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการวิจัย..... | 35 |
| 3.1 แผนการดำเนินงานวิจัย..... | 35 |
| 3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย..... | 35 |
| 3.2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง..... | 35 |
| 3.2.2 วัตถุประสงค์และสารเคมี..... | 36 |
| 3.2.3 การเตรียมตัวดูดซับ..... | 36 |
| 3.2.3.1 การเตรียมเส้นใย..... | 36 |
| 3.2.3.2 การเตรียมของผสมเหนียววิสโคส..... | 37 |
| 3.3 ขั้นตอนการเตรียมตัวดูดซับ..... | 38 |
| 3.4 แผนผังกระบวนการเตรียมตัวอย่าง..... | 39 |
| 3.5 จำนวนตัวอย่างในการทดลอง..... | 40 |
| 3.6 การทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำมัน..... | 40 |
| 3.6.1 น้ำมันที่ใช้ในการทดลอง..... | 40 |
| 3.6.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการดูดซับ..... | 40 |
| 3.6.3 ขั้นตอนในการดูดซับน้ำมัน..... | 41 |
| 3.6.4 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา..... | 41 |
| 3.6.5 การตรวจวิเคราะห์..... | 42 |
| 3.6.6 การคำนวณ..... | 43 |
| บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์..... | 44 |
| 4.1 ผลการประยุกต์ใช้ของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตเส้นใยเรยอน..... | 44 |
| 4.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของตัวดูดซับที่เตรียมขึ้น..... | 45 |
| 4.2.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของตัวดูดซับที่เตรียมขึ้น..... | 45 |
| 4.2.2 ผลการวิเคราะห์จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของตัวดูดซับที่เตรียมขึ้น.. | 49 |
| 4.2.2.1 ผลการวิเคราะห์จากอัตราส่วนของความเข้มข้นวิสโคส..... | 49 |
| 4.2.2.2 ผลการวิเคราะห์จากอัตราส่วนของเส้นใย..... | 53 |
| 4.2.3 ผลการวิเคราะห์หุ้มนุ่มฟังก์ชันด้วยเทคนิคการกระตุ้นสารด้วยพลังงานแสง ในช่วงแสงอินฟราเรด..... | 56 |

| | หน้า |
|---|-----------|
| 4.3 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับน้ำมันของตัวดูดซับที่เตรียมขึ้น..... | 59 |
| 4.3.1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับน้ำมันดีเซล..... | 60 |
| 4.3.2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับน้ำมันเครื่อง..... | 67 |
| 4.3.3 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับน้ำมันเตา..... | 74 |
| 4.3.4 สรุปผลการวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน..... | 81 |
| 4.4 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับน้ำมันของตัวดูดซับ ที่เตรียมขึ้นกับตัวดูดซับสังเคราะห์..... | 84 |
| 4.5 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุดูดซับที่ดีกับตัวดูดซับที่เตรียมขึ้น..... | 85 |
| 4.6 การเลือกตัวดูดซับในอัตราส่วนที่มีประสิทธิภาพในการดูดน้ำมันสูงสุด..... | 86 |
| | |
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ..... | 87 |
| 5.1 สรุปผลการทดลอง..... | 87 |
| 5.1.1 การเตรียมตัวดูดซับ..... | 87 |
| 5.1.2 ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน..... | 90 |
| 5.2 อภิปรายผล..... | 91 |
| 5.3 ข้อเสนอแนะการวิจัย..... | 92 |
| รายการอ้างอิง..... | 94 |
| ภาคผนวก..... | 99 |
| ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... | 117 |
| การเผยแพร่วิทยานิพนธ์..... | 117 |

สารบัญตาราง

| | | หน้า |
|---------------|---|------|
| ตารางที่ 2.1 | ชนิดของน้ำมันและตัวอย่างน้ำมัน..... | 5 |
| ตารางที่ 2.2 | คุณสมบัติของเส้นใยนุ่น..... | 12 |
| ตารางที่ 2.3 | คุณสมบัติของเส้นใยเรยอน..... | 13 |
| ตารางที่ 2.4 | องค์ประกอบทางเคมีของของผสมหนืดวิสโคส..... | 15 |
| ตารางที่ 2.5 | เปรียบเทียบการดูดซับทางเคมีกับการดูดซับทางกายภาพ..... | 21 |
| ตารางที่ 2.6 | ตารางแสดงคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุดูดซับที่ดี..... | 23 |
| ตารางที่ 3.1 | ตารางเปรียบเทียบความแตกต่างของน้ำมันที่ใช้ในการทดลอง..... | 40 |
| ตารางที่ 3.2 | ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาและช่วงทำการควบคุม..... | 41 |
| ตารางที่ 4.1 | ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายของตัวอย่างตัวดูดซับที่เตรียมขึ้น..... | 46 |
| ตารางที่ 4.2 | น้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับก่อนดูดซับน้ำมันดีเซล..... | 60 |
| ตารางที่ 4.3 | น้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับหลังดูดซับ 15 นาทีในการดูดซับน้ำมันดีเซล... | 61 |
| ตารางที่ 4.4 | น้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับหลังดูดซับ 24 ชั่วโมงในการดูดซับน้ำมันดีเซล. | 62 |
| ตารางที่ 4.5 | ค่าร้อยละของน้ำหนักของตัวดูดซับที่เพิ่มในการดูดซับน้ำมันดีเซล..... | 64 |
| ตารางที่ 4.6 | น้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับก่อนการดูดซับน้ำมันเครื่อง..... | 67 |
| ตารางที่ 4.7 | น้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับหลังดูดซับ 15 นาทีในการดูดซับน้ำมันเครื่อง... | 68 |
| ตารางที่ 4.8 | น้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับหลังดูดซับ 24 ชั่วโมงในการดูดซับน้ำมันเครื่อง | 69 |
| ตารางที่ 4.9 | ค่าร้อยละของน้ำหนักของตัวดูดซับที่เพิ่มในการดูดซับน้ำมันเครื่อง..... | 71 |
| ตารางที่ 4.10 | น้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับก่อนการดูดซับน้ำมันเตา..... | 74 |
| ตารางที่ 4.11 | น้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับหลังดูดซับ 15 นาทีในการดูดซับน้ำมันเตา..... | 75 |
| ตารางที่ 4.12 | น้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับหลังดูดซับ 24 ชั่วโมงในการดูดซับน้ำมันเตา... | 76 |
| ตารางที่ 4.13 | ค่าร้อยละของน้ำหนักของตัวดูดซับที่เพิ่มในการดูดซับน้ำมันเตา..... | 78 |
| ตารางที่ 4.14 | ค่าร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของตัวดูดซับในอัตราส่วนวิสโคสต่อ โซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:4 โดยมีน้ำหนัก..... | 82 |
| ตารางที่ 4.15 | การเปรียบเทียบร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของตัวดูดซับ 15 นาที..... | 84 |
| ตารางที่ 4.16 | การเปรียบเทียบร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของตัวดูดซับ 24 ชั่วโมง..... | 84 |
| ตารางที่ 4.17 | การเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุดูดซับที่ดีกับตัวดูดซับที่เตรียมขึ้น..... | 85 |

| | หน้า |
|--------------|--|
| ตารางที่ ก.1 | น้ำหนักของตัวดูดซับก่อนดูดซับน้ำมันดีเซล..... 101 |
| ตารางที่ ก.2 | น้ำหนักของตัวดูดซับหลังดูดซับน้ำมันดีเซล 15 นาที..... 102 |
| ตารางที่ ก.3 | น้ำหนักของตัวดูดซับหลังดูดซับน้ำมันดีเซล 24 ชั่วโมง..... 103 |
| ตารางที่ ข.1 | น้ำหนักของตัวดูดซับก่อนดูดซับน้ำมันเครื่อง..... 105 |
| ตารางที่ ข.2 | น้ำหนักของตัวดูดซับหลังดูดซับน้ำมันเครื่อง 15 นาที..... 106 |
| ตารางที่ ข.3 | น้ำหนักของตัวดูดซับหลังดูดซับน้ำมันเครื่อง 24 ชั่วโมง..... 107 |
| ตารางที่ ค.1 | น้ำหนักของตัวดูดซับก่อนดูดซับน้ำมันเตา..... 109 |
| ตารางที่ ค.2 | น้ำหนักของตัวดูดซับหลังดูดซับน้ำมันเตา 15 นาที..... 110 |
| ตารางที่ ค.3 | น้ำหนักของตัวดูดซับหลังดูดซับน้ำมันเตา 24 ชั่วโมง..... 111 |

สารบัญภาพ

| | | หน้า |
|-------------|---|------|
| ภาพที่ 2.1 | ตัวอย่าง (ก) เส้นใยนุ่มนวล (ข) ลักษณะโครงสร้างเส้นใยนุ่มนวล..... | 12 |
| ภาพที่ 2.2 | แผนผังกระบวนการผลิตเส้นใยเรยอน..... | 14 |
| ภาพที่ 2.3 | ตัวอย่าง (ก) เส้นใยเรยอน (ข) ลักษณะโครงสร้างเส้นใยเรยอน..... | 14 |
| ภาพที่ 2.4 | ตัวอย่างของผสมหนืดวิสโคส..... | 15 |
| ภาพที่ 2.5 | กระบวนการเตรียมสารละลายวิสโคส..... | 18 |
| ภาพที่ 3.1 | ตัวอย่างเส้นใยนุ่มนวล (ซ้าย) และเส้นใยเรยอน (ขวา) ที่ใช้ในการทดลอง..... | 36 |
| ภาพที่ 3.2 | ตัวอย่างของผสมหนืดวิสโคสในอัตราส่วนต่างๆ..... | 37 |
| ภาพที่ 4.1 | ตัวอย่างของตัวดูดซับที่เตรียมขึ้น (ก่อนอบแห้ง)..... | 44 |
| ภาพที่ 4.2 | ตัวอย่างของตัวดูดซับที่เตรียมขึ้น (หลังอบแห้ง)..... | 45 |
| ภาพที่ 4.3 | แผนภูมิแสดงค่าความเค้นแรงดึง..... | 48 |
| ภาพที่ 4.4 | แผนภูมิแสดงค่าแรงดึงต่อน้ำหนัก..... | 48 |
| ภาพที่ 4.5 | แผนภูมิแสดงค่าร้อยละของการยืดตัว..... | 48 |
| ภาพที่ 4.6 | ตัวอย่างตัวดูดซับที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์ผ่านกล้องจุลทรรศน์ อิเล็กตรอน..... | 49 |
| ภาพที่ 4.7 | แสดงลักษณะทางกายภาพของเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยนุ่มนวล 1:4 และผสม วิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:1 | 50 |
| ภาพที่ 4.8 | แสดงลักษณะทางกายภาพของเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยนุ่มนวล 1:4 และผสม วิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:4 | 50 |
| ภาพที่ 4.9 | แสดงลักษณะทางกายภาพของเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยนุ่มนวล 1:2 และผสม วิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:2 | 51 |
| ภาพที่ 4.10 | แสดงลักษณะทางกายภาพของเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยนุ่มนวล 1:2 และผสม วิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:3 | 51 |
| ภาพที่ 4.11 | แสดงลักษณะทางกายภาพของเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยนุ่มนวล 1:3 และผสม วิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:1 | 52 |
| ภาพที่ 4.12 | แสดงลักษณะทางกายภาพของเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยนุ่มนวล 1:3 และผสม วิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:4 | 52 |
| ภาพที่ 4.13 | แสดงลักษณะทางกายภาพของเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยนุ่มนวล 1:0 และผสม วิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:1 | 53 |

| | | |
|-------------|---|----|
| ภาพที่ 4.14 | แสดงลักษณะทางกายภาพของเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยนุ่น 0:1 และผสม วิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:1 | 53 |
| ภาพที่ 4.15 | แสดงลักษณะทางกายภาพของเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยนุ่น 1:0 และผสม วิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:4 | 54 |
| ภาพที่ 4.16 | แสดงลักษณะทางกายภาพของเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยนุ่น 0:1 และผสม วิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:4 | 54 |
| ภาพที่ 4.17 | แสดงลักษณะทางกายภาพของเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยนุ่น 1:1 และผสม วิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:2 | 55 |
| ภาพที่ 4.18 | แสดงลักษณะทางกายภาพของเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยนุ่น 1:2 และผสม วิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:2 | 55 |
| ภาพที่ 4.19 | ผลการตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอินฟราเรดของกลุ่มตัวอย่างที่อัตราส่วน วิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์อัตราส่วน 1:1..... | 57 |
| ภาพที่ 4.20 | ผลการตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอินฟราเรดของกลุ่มตัวอย่างที่อัตราส่วน วิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์อัตราส่วน 1:2..... | 57 |
| ภาพที่ 4.21 | ผลการตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอินฟราเรดของกลุ่มตัวอย่างที่อัตราส่วน วิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์อัตราส่วน 1:3..... | 58 |
| ภาพที่ 4.22 | ผลการตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอินฟราเรดของกลุ่มตัวอย่างที่อัตราส่วน วิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์อัตราส่วน 1:4..... | 58 |
| ภาพที่ 4.23 | แผนภูมิแสดงค่าน้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับก่อนดูดซับน้ำมันดีเซล..... | 63 |
| ภาพที่ 4.24 | แผนภูมิแสดงค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นเมื่อดูดซับน้ำมันดีเซล 15 นาที..... | 63 |
| ภาพที่ 4.25 | แผนภูมิแสดงค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นเมื่อดูดซับน้ำมันดีเซล 24 ชั่วโมง... | 63 |
| ภาพที่ 4.26 | แผนภูมิแสดงค่าร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อดูดซับน้ำมันดีเซล 15 นาที..... | 65 |
| ภาพที่ 4.27 | แผนภูมิแสดงค่าร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อดูดซับน้ำมันดีเซล 24 ชั่วโมง..... | 65 |
| ภาพที่ 4.28 | แผนภูมิแสดงค่าน้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับก่อนดูดซับน้ำมันเครื่อง..... | 70 |
| ภาพที่ 4.29 | แผนภูมิแสดงค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นเมื่อดูดซับน้ำมันเครื่อง 15 นาที..... | 70 |
| ภาพที่ 4.30 | แผนภูมิแสดงค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นเมื่อดูดซับน้ำมันเครื่อง 24 ชั่วโมง... | 70 |
| ภาพที่ 4.31 | แผนภูมิแสดงค่าร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อดูดซับน้ำมันเครื่อง 15 นาที..... | 72 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| ภาพที่ 4.32 | แผนภูมิแสดงค่าร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อดูดซับน้ำมันเครื่อง 24 ชั่วโมง..... | 72 |
| ภาพที่ 4.33 | แผนภูมิแสดงค่าน้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับก่อนดูดซับน้ำมันเตา..... | 77 |
| ภาพที่ 4.34 | แผนภูมิแสดงค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นเมื่อดูดซับน้ำมันเตา 15 นาที..... | 77 |
| ภาพที่ 4.35 | แผนภูมิแสดงค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นเมื่อดูดซับน้ำมันเตา 24 ชั่วโมง..... | 77 |
| ภาพที่ 4.36 | แผนภูมิแสดงค่าร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อดูดซับน้ำมันเตา 15 นาที. | 79 |
| ภาพที่ 4.37 | แผนภูมิแสดงค่าร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อดูดซับน้ำมันเตา 24 ชั่วโมง..... | 79 |
| ภาพที่ 4.38 | แผนภูมิแสดงค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นเมื่อดูดซับน้ำมันดีเซล..... | 83 |
| ภาพที่ 4.39 | แผนภูมิแสดงค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นเมื่อดูดซับน้ำมันเครื่อง..... | 83 |
| ภาพที่ 4.40 | แผนภูมิแสดงค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นเมื่อดูดซับน้ำมันเตา..... | 83 |
| ภาพที่ ง.1 | ตัวอย่างการปั่นผสมวัสดุดิบ..... | 113 |
| ภาพที่ ง.2 | ถาดเซรามิกเพื่อใช้ในการขึ้นรูปตัวอย่าง..... | 113 |
| ภาพที่ ง.3 | การเกลี่ยตัวอย่างให้เสมอกันทั่วทั้งถาดเซรามิก..... | 114 |
| ภาพที่ ง.4 | การแช่ตัวอย่างในสารละลายกรดซัลฟิวริก..... | 114 |
| ภาพที่ ง.5 | ตัวอย่างวัสดุดูดซับที่เตรียมขึ้น..... | 115 |
| ภาพที่ ง.6 | ตัวอย่างลักษณะการทดลองดูดซับน้ำมัน..... | 115 |
| ภาพที่ ง.7 | ตัวอย่างการเตรียมตัวอย่างวัสดุดูดซับ..... | 116 |
| ภาพที่ ง.8 | ตู้อบที่ใช้ในการอบตัวอย่าง..... | 116 |
| ภาพที่ ง.9 | ตัวอย่างตัวดูดซับที่อบนานเกินเวลาที่กำหนดไว้..... | 116 |

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

น้ำมันหรือผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมนั้นถือเป็นแหล่งพลังงานและวัตถุดิบที่สำคัญ สำหรับการ
ผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในปัจจุบัน และปัจจุบันยังมีความต้องการน้ำมันที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงมี
โอกาสที่น้ำมันนั้นจะเกิดการรั่วไหลและปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งการ
รั่วไหลและปนเปื้อนของน้ำมันในสิ่งแวดล้อมนั้น ถือเป็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่มีความสำคัญ
มากอย่างหนึ่ง เนื่องจากน้ำมันเป็นสารที่ถูกย่อยสลายได้ยากโดยวิธีทางชีวภาพ เมื่อน้ำมัน
ปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำจะก่อให้เกิดเป็นชั้นฟิล์มปกคลุมแหล่งน้ำ ซึ่งชั้นฟิล์มดังกล่าวนั้นจะเป็นตัว
ปิดกั้นการแพร่ของออกซิเจนลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้แหล่งน้ำไม่มีออกซิเจนที่เพียงพอต่อสิ่งมีชีวิตใน
แหล่งน้ำนั้นๆ ก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศน์และธรรมชาติโดยรอบ

ทั้งนี้การดูดซับนั้นถือว่าเป็นวิธีการกำจัดน้ำมันที่ได้รับความนิยมมากในการกำจัดน้ำมันที่
รั่วไหลหรือปนเปื้อน เนื่องจากการดูดซับนั้นสามารถกำจัดน้ำมันได้ในปริมาณมาก ใช้ระยะเวลาไม่
นาน และมีขั้นตอนในการกำจัดที่ไม่ซับซ้อน จึงทำให้สะดวกในการใช้กำจัดน้ำมันมากกว่าวิธีการ
กำจัดอื่นๆ ส่วนวัสดุที่ใช้ในการดูดซับนั้นจะใช้วัสดุดูดซับสังเคราะห์ เช่น โพลียูรีเทน โพลีเอทิลีน
โพลิโพรพิลีน ซึ่งวัสดุดูดซับสังเคราะห์นั้นมีราคาแพงและบางชนิดจะต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ
ทำให้ต้นทุนในการกำจัดน้ำมันนั้นเพิ่มสูงขึ้นอีกด้วย

อุตสาหกรรมเส้นใยเรยอนเป็นอุตสาหกรรมที่ผลิตเส้นใยกึ่งสังเคราะห์เพื่อเป็นวัตถุดิบ
ทดแทนเส้นใยฝ้ายธรรมชาติในการผลิตผลิตภัณฑ์สิ่งทอต่างๆ ซึ่งกระบวนการผลิตเส้นใยเรยอนนั้นทำ
ให้เกิดของเสียขึ้นจำนวนมาก อาทิ เศษเส้นใยเรยอน ของผสมหนืดวิสโคส เป็นต้น โดยทางโรงงาน
อุตสาหกรรมนั้นจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดการของเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมด ทั้งการจับเก็บ
การขนส่ง ตลอดจนการกำจัด หากสามารถนำของเสียดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ได้
นั้น จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการจัดการของเสีย อีกทั้งยังสามารถช่วยลดมลพิษที่เกิดขึ้นใน
สิ่งแวดล้อมได้อีกทางหนึ่ง

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเส้นใยเรยอน โดยนำมาผสมกับเส้นใยนุ่นธรรมชาติ เป็นตัวกลางเพื่อเตรียมขึ้นเป็นวัสดุดูดซับ โดยมีอัตราส่วนผสมและองค์ประกอบของตัวกลางที่แตกต่างกัน และนำวัสดุดูดซับที่เตรียมขึ้นดังกล่าวไปทดสอบตามวิธีการมาตรฐานการทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำมันสำหรับวัสดุดูดซับ จากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับน้ำมันระหว่างวัสดุดูดซับที่เตรียมขึ้นกับวัสดุดูดซับสังเคราะห์ชนิดโพลิโพรพิลีน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อประยุกต์ใช้ของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตเส้นใยเรยอน ซึ่งได้แก่ เส้นใยเรยอนและของผสมหนืดวิสโคส ผสมกับเส้นใยนุ่นธรรมชาติเป็นตัวกลางในการดูดซับน้ำมันเตรียมขึ้นเป็นวัสดุดูดซับ
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับน้ำมันในด้านลักษณะทางกายภาพ อัตราส่วนผสม และองค์ประกอบของตัวกลางของวัสดุดูดซับที่เตรียมขึ้น
3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับน้ำมันระหว่างวัสดุดูดซับที่เตรียมขึ้นกับวัสดุดูดซับสังเคราะห์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ของเสียที่ใช้ในการทำงานวิจัยมาจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเส้นใยเรยอน บริษัทไทยเรยอน จำกัด (มหาชน) ได้แก่ เส้นใยเรยอน ของผสมหนืดวิสโคส
2. เส้นใยนุ่นที่ใช้ในการทำการวิจัยเป็นเส้นใยที่หาซื้อได้ในท้องตลาดทั่วไป
3. ดำเนินการวิจัย ณ ห้องปฏิบัติการวิจัย โรงงานอุตสาหกรรม บริษัทไทยเรยอน จำกัด (มหาชน) และห้องปฏิบัติการวิจัย ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยควบคุมอุณหภูมิของห้องปฏิบัติการและอุณหภูมิของน้ำมันที่ 25 องศาเซลเซียส
4. น้ำมันที่ใช้ในการทำงานวิจัย ได้แก่ น้ำมันดีเซล(น้ำมันเบา) น้ำมันเครื่องรถยนต์ (น้ำมันกลาง) และน้ำมันเตา(น้ำมันหนัก)

5. ทำการทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำมันตามวิธีการมาตรฐานของสมาคมเพื่อการทดสอบวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (American Society for Testing and Materials ; ASTM F726-99)
6. เปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพและความสามารถในการดูดซับน้ำมันระหว่างตัวดูดซับที่เตรียมขึ้นกับวัสดุดูดซับสังเคราะห์ชนิดโพลีโพรพิลีน (Polypropylene) โดยวิธีการอ้างอิงจากงานวิจัยเรื่อง “การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันของเยื่อกระดาษและตัวดูดซับชนิดโพลีโพรพิลีน” (เซาวลิต เสนานุรักษ์วรกุล, 2549)
7. เลือกตัวดูดซับในอัตราส่วนที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันสูงสุด มาทำการรีดน้ำมันออกโดยวิธีบีบอัดด้วยแผ่นโลหะ แล้วนำไปทำการทดสอบดูดซับน้ำมันเพื่อหาประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันอีกครั้ง

1.4 สมมุติฐาน

1. ปัจจัยในด้านลักษณะทางกาย อัตราส่วนผสม และองค์ประกอบของตัวกลางนั้น จะมีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการดูดซับน้ำมันของวัสดุดูดซับที่เตรียมขึ้น
2. ชนิดของน้ำมันที่มีความแตกต่างกันในค่าความหนืดและความหนาแน่นนั้น จะมีผลต่อความสามารถในการดูดซับน้ำมันของวัสดุดูดซับที่เตรียมขึ้น

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางในการผลิตวัสดุดูดซับน้ำมันจากทรัพยากรธรรมชาติเพื่อใช้ทดแทนวัสดุดูดซับสังเคราะห์
2. เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ของเสียจากอุตสาหกรรมผลิตเส้นใยเรยอนมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตวัสดุดูดซับน้ำมัน
3. เข้าใจกลไกการดูดซับและทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับน้ำมัน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของวัสดุดูดซับต่อไป

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 น้ำมัน

น้ำมัน หมายถึง ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมที่เกิดจากการทับถม และแปรสภาพของซากสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ยุคก่อนประวัติศาสตร์ในชั้นหินใต้พื้นผิวโลกที่ถูกทับถมด้วยชั้นกรวด หินทราย และโคลนตมสลับกันเป็นชั้นๆ เป็นเวลานาน เมื่อชั้นตะกอนต่างๆ ถูกทับถมมากขึ้นจนหนาขึ้น จึงเกิดน้ำหนักกดทับกลายเป็นชั้นหินต่างๆ เช่น ชั้นหินทราย ชั้นหินปูน และชั้นหินดินดาน ความกดดันจากชั้นหินเหล่านี้กับความร้อนใต้พื้นผิวโลก และการสลายตัวของอินทรีย์สารโดยแบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศ ทำให้ซากพืชและสัตว์สลายตัวกลายเป็นหยดน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติหรือปิโตรเลียม โดยมีธาตุไฮโดรเจนและธาตุคาร์บอนซึ่งได้จากการสลายตัวของอินทรีย์สารเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ น้ำมันดิบที่เกิดขึ้นนี้ เมื่อถูกบีบอัดจากน้ำหนักของชั้นหินที่กดทับก็จะเคลื่อนที่เข้าไปตามช่องว่างระหว่างเม็ดทรายหรือชั้นหินที่มีรูพรุน โดยมีชั้นหินเนื้อแน่นปิดทับอยู่ โดยทั่วไปน้ำมันหรือปิโตรเลียมนั้น จะมีธาตุหลักเป็นองค์ประกอบดังนี้ คาร์บอนร้อยละ 82 ถึง 87 ไฮโดรเจนร้อยละ 11 ถึง 15 กำมะถันร้อยละ 0.1 ถึง 6 ไนโตรเจนร้อยละ 0.01 ถึง 3 ซึ่งน้ำมันที่นำมาใช้ประโยชน์กันในปัจจุบันนั้น ได้จากการนำน้ำมันดิบมาผ่านกระบวนการกลั่นลำดับส่วนเพื่อผลิตเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ซึ่งน้ำมันดิบนั้นสามารถนำไปผลิตให้เป็นผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงได้หลายชนิด ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมชนิดต่างๆ ออกมา เช่น ก๊าซปิโตรเลียม น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา เป็นต้น

2.1.1 ประเภทของน้ำมัน

2.1.1.1 ไฮโดรคาร์บอนชนิดเบา (Light Hydrocarbon) น้ำมันและไขมันประเภทนี้ ได้แก่ น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดเบาต่างๆ เช่น น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด น้ำมันเครื่องบิน รวมทั้งสารทำละลายต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น เฮกเซน (Hexane) คลอโรฟอร์ม (Chloroform) เป็นต้น ไฮโดรคาร์บอนชนิดเบาในน้ำเสียอาจทำให้การกำจัดไฮโดรคาร์บอนชนิดหนักทำได้ยากขึ้น น้ำมันประเภทนี้จะมีค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 0.820 ถึง 0.870 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร (g/cm^3) และมีค่าความหนืดอยู่ในช่วง 1 ถึง 10 เซนติพอยส์ (cP)

2.1.1.2 ไฮโดรคาร์บอนชนิดกลาง (Medium Hydrocarbon) น้ำมันและไขมันประเภทนี้ ได้แก่ น้ำมันดิบ น้ำมันเครื่องรถยนต์ เป็นต้น น้ำมันประเภทนี้จะมีค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 0.860 ถึง 0.930 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร (g/cm^3) และมีค่าความหนืดอยู่ในช่วง 200 ถึง 400 เซนติพอยส์ (cP)

2.1.1.3 ไฮโดรคาร์บอนชนิดหนัก (Heavy Hydrocarbon) น้ำมันและไขมันประเภทนี้ ได้แก่ น้ำมันเตา น้ำมันเดินเรือ รวมทั้งตะกอนน้ำมัน และน้ำมันแอสฟัลท์ที่ใช้ลาดถนน น้ำมันประเภทนี้จะมีค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วง 0.930 ถึง 1.000 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร (g/cm^3) และมีค่าความหนืดอยู่ในช่วง 1,500 ถึง 2,500 เซนติพอยส์ (cP)

ส่วนกากน้ำมันหรือกากตะกอนน้ำมันที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมปิโตรเลียมหรือปิโตรเคมีบางชนิดนั้น มีค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วงเดียวกับน้ำมันไฮโดรคาร์บอนชนิดหนัก แต่จะมีค่าความหนืดสูงกว่าอยู่ในช่วง 8,000 ถึง 10,000 เซนติพอยส์ (cP)

ตารางที่ 2.1 ชนิดของน้ำมันและตัวอย่างน้ำมัน

| ชนิดของน้ำมัน | ค่าความหนืด (เซนติพอยส์) | ค่าความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) | ตัวอย่างน้ำมัน |
|---------------|-----------------------------|--|---------------------|
| น้ำมันเบา | 1 - 10 | 0.820 - 0.870 | น้ำมันดีเซล |
| น้ำมันกลาง | 200 - 400 | 0.860 - 0.930 | น้ำมันเครื่องรถยนต์ |
| น้ำมันหนัก | 1,500 - 2,500 | 0.930 - 1.000 | น้ำมันเตา ยางมะตอย |
| กากน้ำมัน | 8,000 - 10,000 | 0.930 - 1.000 | ตะกอนน้ำมัน |

ที่มา : เซาวลิต เสนานุรักษ์วรกุล, 2549

2.1.2 คุณสมบัติของน้ำมัน

2.1.2.1 มวลโมเลกุล (Molecular Weight) มวลโมเลกุลของสารประกอบนั้นจะเป็นคุณสมบัติหนึ่งที่บ่งบอกได้ว่าน้ำมันสามารถละลายน้ำได้มากน้อยอย่างไร เช่น ถ้ามวลโมเลกุลมาก ความสามารถในการละลายน้ำจะน้อย เป็นต้น

2.1.2.2 ความสามารถในการละลายน้ำ (Water Solubility) การละลายน้ำขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสาร และสารต่างชนิดกันจะละลายน้ำได้ที่อุณหภูมิต่างกันไปตามชนิดของ

องค์ประกอบ ความสามารถในการละลายน้ำนั้นเป็นตัวการสำคัญที่จะทำให้มลภาวะเคลื่อนที่กระจายลงสู่ดินและน้ำใต้ดิน

2.1.2.3 ความเป็นขั้ว (Polarity) สารใดๆ จะมีสภาพขั้วเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัว บางชนิดจะมีความเป็นขั้วโดยมีประจุบวกและประจุลบอยู่ทางด้านปลายของโครงสร้างโมเลกุล พวกโมเลกุลที่มีขั้วนี้จะมีความสามารถในการละลายน้ำได้ เพราะน้ำเป็นโมเลกุลที่มีขั้วเช่นกัน ส่วนพวกที่ไม่มีขั้วนั้น จะเป็นพวกไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) จะไม่มีความสามารถดึงดูดโมเลกุลของน้ำได้หรือไม่สามารถละลายน้ำได้นั่นเอง น้ำมันเบนซินเป็นตัวอย่างหนึ่งในองค์ประกอบของน้ำมันที่เป็นโมเลกุลไม่มีขั้ว เพราะองค์ประกอบของเบนซินทั้งหมดเป็นโมเลกุลไม่มีขั้วแต่ องค์ประกอบในน้ำมันมิได้เป็นโมเลกุลไม่มีขั้วทั้งหมด น้ำมันจึงมีความสามารถในการละลายน้ำได้บางส่วน

2.1.2.4 ความถ่วงจำเพาะ (Specific Density) เป็นอัตราส่วนความหนาแน่นขององค์ประกอบต่อความหนาแน่นของน้ำ ความถ่วงจำเพาะของน้ำมันมีค่าน้อยกว่าน้ำจึงทำให้ลอยเหนือน้ำ แต่น้ำมันที่มีความหนาแน่นสูงอันเนื่องมาจากการระเหย การละลาย การรวมกันของอนุภาคที่กระจายอยู่ในน้ำ การดูดซึมและดูดซับไฮโดรคาร์บอนของอนุภาคแขวนลอย สารที่เหลือนจะมีลักษณะเป็นของแข็งหรือตะกอนดินน้ำมันลอยอยู่ที่ผิวน้ำ และบางส่วนแตกตัวจมลงสู่ท้องน้ำ

2.1.2.5 ความดันไอ (Vapor Pressure) ความดันไอของของเหลวเป็นความดันในสภาวะสมดุลของสารในสถานะก๊าซ ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของของเหลวหรือของแข็งด้วย ความดันไอของสารประกอบจะแสดงถึงแนวโน้มของการระเหย และความสามารถในการละลายของตัวทำละลายอินทรีย์ในรูปของก๊าซ ความดันไอสูงก็หมายถึงความสามารถที่จะระเหยออกจากสารละลายได้มาก

2.1.3 น้ำมันกับสิ่งแวดล้อม

น้ำมันหรือผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมนั้นมีประโยชน์มากมาย คือ เป็นเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขับเคลื่อนยานพาหนะต่างๆ ทั้งบนบก ในทะเล และในอากาศ ใช้ในเครื่องทำความร้อนเป็นวัตถุดิบเพื่อใช้ในการผลิต ผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ยา และพลาสติก ทำให้ชีวิตประจำวันของเรามีความสุขสบาย และมีความเป็นอยู่ที่ย่างขึ้น แต่อย่างไรก็ตามในการสำรวจ การผลิต การขนส่ง และการ

นำมาใช้งานนั้นก็ยังมีส่วนในการสร้างปัญหาแก่สภาพแวดล้อมทั้งทางอากาศ และทางน้ำเป็นอย่างมากด้วยเช่นกันตลอดหลายปีที่ผ่านมาได้มีการนำเทคโนโลยี และกฎหมายมาช่วยลดปัญหาที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมได้มากขึ้น เช่นเดียวกันกับในอุตสาหกรรมด้านอื่นๆ โดยรัฐบาลของประเทศต่างๆ ได้เข้ามามีมาตรการเพื่อควบคุม ตรวจสอบ บังคับ การผลิตน้ำมัน การกลั่น การกักเก็บน้ำมัน การขนส่งไปยังตลาดและผู้บริโภค ทำให้สามารถลดมลภาวะลงได้บ้าง ทั้งนี้ ตั้งแต่ปัจจุบันได้มีการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันเบนซิน และน้ำมันดีเซลให้มีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

2.1.4 สาเหตุการปนเปื้อนของน้ำมันในสิ่งแวดล้อม (เฉลิมเกียรติ ดุลสัมพันธ์, 2542)

สามารถจำแนกสาเหตุการปนเปื้อนของน้ำมันในสิ่งแวดล้อมออกได้เป็น 4 สาเหตุหลักๆ ดังนี้

1. การปนเปื้อนตามธรรมชาติ เช่น การรั่วไหลของน้ำมันจากใต้พื้นทะเลตามธรรมชาติ เป็นต้น
2. การปนเปื้อนจากกิจกรรมในชีวิตประจำวันของมนุษย์ เช่น น้ำมันเหลือทิ้งจากการทำอาหาร น้ำมันจากการทำความสะอาดร่างกาย การใช้น้ำในการล้างภาชนะ การล้างยานพาหนะ เป็นต้น
3. การปนเปื้อนน้ำมันจากการบริการอื่นๆ เช่น การสถานบริการน้ำมัน การบริการด้านคมนาคม สถานประกอบการโรงแรม ร้านอาหาร เป็นต้น
4. การปนเปื้อนน้ำมันที่เกิดจากอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมผลิตอาหาร อุตสาหกรรม การกลั่น อุตสาหกรรมการผลิตน้ำมัน เป็นต้น

2.1.5 ผลกระทบของน้ำมันต่อสิ่งแวดล้อม

เมื่อกรณีน้ำมันรั่วไหลลงสู่แหล่งน้ำ ผลกระทบของน้ำมันต่อสิ่งแวดล้อม สามารถจำแนกออกได้ดังนี้

2.1.5.1 ผลกระทบทางด้านกายภาพ เป็นผลกระทบจากการที่คราบน้ำมันกระจายอยู่บนผิวน้ำ จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบด้านกายภาพของแหล่งน้ำได้ ทั้งนี้เนื่องจากการที่คราบน้ำมันลอยอยู่บนผิวน้ำจะมีผลต่อการกั้นแสงแดดไม่ให้ส่องผ่านสู่ใต้น้ำได้

สะดวก ทำให้พืชน้ำไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ตามปกติ เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำ โดยจะทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น นอกจากนี้การปกคลุมของคราบน้ำมันบนผิวน้ำทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซหรือการละลายของก๊าซ เช่น ออกซิเจนลงสู่แหล่งน้ำได้ยากขึ้น เป็นต้น

น้ำมันที่ลอยอยู่ที่ผิวน้ำของแหล่งน้ำจะทำให้เกิดผลกระทบต่อการสังเคราะห์แสงของพืช โดยบริเวณที่มีน้ำมันปกคลุมหนาเกิน 1 มิลลิเมตร จะมีการสังเคราะห์แสงของพืชลดลงร้อยละ 1 ถึง 10 นอกจากนี้ยังทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลงร้อยละ 27

น้ำมันที่มีสีทึบ เช่น น้ำมันดิบ จะทำให้อุณหภูมิในแหล่งน้ำสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว จากการเปรียบเทียบเมื่อใส่น้ำมันเบนซินลงไปใบบ่อทดลองในสภาวะเดียวกัน พบว่าใบบ่อที่มีน้ำมันดิบ อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 37 องศาเซลเซียส เป็น 45 องศาเซลเซียส ภายในเวลา 4 ชั่วโมง แต่ใบบ่อที่มีน้ำมันเบนซินอุณหภูมิไม่แตกต่างจากเดิมมากนัก

2.1.5.2 ผลกระทบทางด้านชีวภาพ หากพิจารณาถึงผลกระทบของน้ำมันต่อด้านกายภาพของแหล่งน้ำแล้วจะเห็นได้ว่าผลจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพ เป็นปัจจัยหลักของการเปลี่ยนแปลงด้านชีวภาพของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ การทำลายห่วงโซ่อาหารมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตทั้งหลาย ตั้งแต่เซลล์เดี่ยวตลอดจน พืช สัตว์ ขนาดใหญ่ แม้กระทั่งมนุษย์

2.1.5.3 ผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจและสังคม เป็นผลอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพและชีวภาพของแหล่งน้ำ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อแหล่งเพาะเลี้ยงชายฝั่ง ทำให้เกิดผลผลิตต่ำลงตลอดจนถึงการไม่สามารถดำรงชีพอยู่ได้ของสัตว์เศรษฐกิจในแหล่งน้ำธรรมชาติก่อให้เกิดการขาดแคลน และสูญเสียผลทางเศรษฐกิจ นอกจากนี้หากเกิดขึ้นในบริเวณแหล่งท่องเที่ยวก็必将ทำลายทัศนียภาพอันสวยงามมีผลต่ออุตสาหกรรมการท่องเที่ยวด้วย

ไฮโดรคาร์บอนจากน้ำมันที่ลอยอยู่ในน้ำสามารถทำลายสิ่งมีชีวิตในน้ำได้หลายชนิด ดังนั้นผลกระทบต่อระบบนิเวศจึงขึ้นอยู่กับชนิดของสิ่งมีชีวิตที่ถูกทำลายและปริมาณที่ถูกทำลาย หากสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำ เช่น แพลงตอนถูกทำลายเป็นจำนวนมากจะเป็นอันตรายต่อระบบชีววิทยา เนื่องจากห่วงโซ่อาหารต้องการแพลงตอนปริมาณมากเป็นฐาน ส่วนมากน้ำมันที่รั่วไหลลงสู่แหล่งน้ำจะทำลายแพลงตอนและสิ่งมีชีวิตชั้นสูง หากการทำลายไม่รุนแรง ระบบนิเวศนั้นๆ จะสามารถฟื้นตัวเข้าสู่สมดุลของธรรมชาติเดิมได้ในระยะเวลาสั้น

เมื่อพิจารณาห่วงโซ่อาหารที่แพลงตอนได้รับไฮโดรคาร์บอนจากน้ำมัน อาจเกิดปฏิกิริยาภายในเซลล์ของแพลงตอนได้ผลิตภัณฑ์หรือสารประกอบตัวใหม่ เมื่อแพลงตอนกลายเป็นอาหารของปลาเล็ก และปลาเล็กเป็นอาหารของปลาใหญ่ไปจนถึงมนุษย์ตามกระบวนการของห่วงโซ่อาหาร ไฮโดรคาร์บอนจากน้ำมันที่พบในเนื้อเยื่อร่างกายมนุษย์จะมีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นภายในเนื้อเยื่อ อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นผลิตภัณฑ์ตัวใหม่ซึ่งอาจเป็นพิษ เช่น พาราฟินไฮโดรคาร์บอน (Parafin Hydrocarbons) ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ แต่เมื่อเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารแล้วสามารถเปลี่ยนรูปเป็นสารประกอบที่เป็นอันตราย เช่น โพลินิวเคลียร์ อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polynuclear Aromatic Hydrocarbons) ซึ่งอาจกลายเป็นสารก่อมะเร็งได้ภายใต้บางสภาวะนอกจากนี้อาจส่งผลให้สิ่งมีชีวิตมีพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น นิธิยในการกินอาหาร อัตราการหายใจ อัตราการสืบพันธุ์ ทั้งนี้ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตจะรุนแรงหรือไม่ขึ้นกับปริมาณน้ำมัน ชนิดของน้ำมัน ความเข้มข้นของน้ำมันและระยะเวลาการสัมผัสน้ำมัน (ธิดา วิเชียรเพชร, 2545)

2.1.6 การกำจัดน้ำมัน

การกำจัดคาร์บอนเปื้อนของน้ำมันมีหลายวิธีซึ่งสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 วิธีการหลักๆ ดังนี้

1. วิธีทางกายภาพ มีหลายวิธี เช่น การใช้ทุบกันน้ำมัน การใช้วัสดุดูดซับหรือจับน้ำมัน ซึ่งวัสดุจะเป็นตัวกลางจำพวกสารสังเคราะห์หรือโลหะบางชนิดคอยดูดซับหรือจับน้ำมันที่ลอยอยู่เหนือผิวน้ำแล้วถูกส่งผ่านไปรีดออกด้วยแผ่นรีดน้ำมันก่อนสูบไปเก็บยังถังเก็บ การใช้เครื่องที่ใช้หลักการทำงานโดยให้น้ำมันที่ลอยเหนือผิวน้ำผ่านเชือกด้วยแรงโน้มถ่วงเข้าสู่ถังแยกน้ำมันออกจากน้ำก่อนที่จะถูกสูบไปเก็บยังถังเก็บน้ำมัน ใช้เครื่องมือในการดูดหรือสูบน้ำมันมีหลักการทำงานโดยใช้ปลายท่อของเครื่องให้ลอยอยู่ในตำแหน่งที่ระดับผิวน้ำ จากนั้นใช้เครื่องสูบ สูบเอาคราบน้ำมันที่ลอยอยู่เหนือน้ำเข้าไปยังถังแยกน้ำมัน
2. วิธีทางเคมี ได้แก่ การใช้สารเคมีในการกำจัดน้ำมัน โดยการนำสารเคมีไปฉีดในบริเวณที่มีการปนเปื้อนเพื่อให้แรงตึงผิวของน้ำมันลดลงจนน้ำมันแตกตัวและแพร่กระจายในน้ำ ซึ่งสารเคมีที่ใช้เป็นสารเคมีที่ประกอบด้วยสารประกอบหลัก คือ

สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ดังนั้นวิธีนี้จึงมีส่วนทำให้เกิดความเป็นพิษหลงเหลืออยู่ในสิ่งแวดล้อมต่อไปอีก

3. วิธีทางชีวภาพ ได้แก่ การย่อยสลายน้ำมันหรือสารปิโตรเลียมโดยจุลินทรีย์ในธรรมชาติ (Biodegradation) จุลินทรีย์ที่มีอยู่ในธรรมชาติ โดยเฉพาะในบริเวณที่มีการปนเปื้อนปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนมักจะมีความสามารถในการย่อยสลายน้ำมันได้ อย่างไรก็ตามการย่อยสลายตามธรรมชาติมักเกิดขึ้นได้ค่อนข้างช้า ในปัจจุบันจึงได้มีการกระตุ้นหรือการเร่งเพื่อช่วยให้ขบวนการย่อยสลายเกิดได้เร็วขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้น การย่อยสลายโดยวิธีเร่งธรรมชาติ (Bioremediation) กระทำได้โดยการเติมธาตุอาหารหรือตัวกระตุ้น (Inducer) เพื่อช่วยในการย่อยสลายสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโดยจุลินทรีย์

2.2 เส้นใย

เส้นใย หมายถึง วัสดุหรือสารใดๆ ทั้งที่เกิดจากธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้น ที่มีอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับหรือมากกว่า 100 สามารถขึ้นรูปเป็นผ้าได้ และต้องเป็นองค์ประกอบที่เล็กที่สุดของผ้า ไม่สามารถแยกย่อยในเชิงกลได้อีก

2.2.1 คุณสมบัติของเส้นใย

คุณสมบัติของเส้นใยมีผลโดยตรงต่อสมบัติของวัสดุที่ทำขึ้นจากเส้นใยนั้นๆ วัสดุที่ทำจากเส้นใยที่แข็งแรงก็จะมีความแข็งแรงทนทานด้วย หรือเส้นใยที่สามารถดูดซับน้ำได้ดีจะส่งผลให้ผ้าสามารถดูดซับน้ำและความชื้นได้ดี เหมาะสำหรับการนำไปใช้ในส่วนที่มีการสัมผัสกับผิวและดูดซับ ความแตกต่างของเส้นใยขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และการเรียงตัวของโมเลกุล ซึ่งส่วนผสมและความแตกต่างในปัจจัยทั้งสามนี้ ทำให้เส้นใยมีสมบัติที่หลากหลายและแตกต่างกัน ซึ่งสมบัติของเส้นใยก็จะมีผลต่อสมบัติของผ้าหรือผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากเส้นใยนั้น ทั้งในส่วนที่เป็นที่ต้องการและไม่ต้องการต่อการนำไปใช้งาน

2.2.2 ประเภทของเส้นใย

เส้นใยสามารถแยกประเภทได้หลายแบบขึ้นอยู่กับลักษณะการแบ่ง ซึ่งหากแบ่งตามแหล่งกำเนิดของเส้นใยซึ่งจะแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่

2.2.2.1 เส้นใยธรรมชาติ คือ เส้นใยที่มาจากพืช จากสัตว์ และจากแร่ เช่น ฝ้าย ลินิน ปอ ป่าน หนุ่น ขนสัตว์ ไยไหม เส้นผม แร่ใยหิน เป็นต้น

2.2.2.2 เส้นใยสังเคราะห์ คือ เส้นใยที่ประดิษฐ์จากธรรมชาติ เส้นใยสังเคราะห์ และเส้นใยที่ประดิษฐ์จากวัสดุอื่นๆ เช่น เรยอน อะซิเตต ไตรอะซิเตต โอลีฟินส์ โพลีเอสเตอร์ โพลีเอทิลีน ไนลอน โลหะ แก้ว เซรามิก กราไฟต์ เป็นต้น

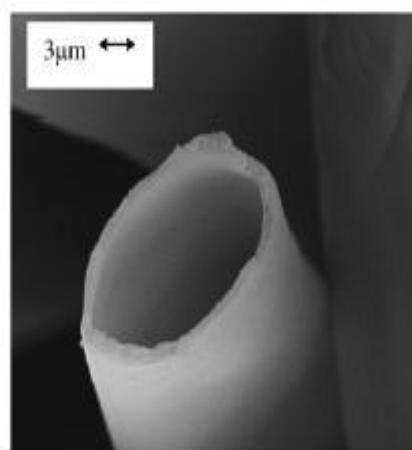
2.2.3 เส้นใยหนุ่น

หนุ่นเป็นพืชที่ให้ผลผลิตเป็นเส้นใยธรรมชาติ เส้นใยหนุ่นเกิดจากผนังด้านในของเปลือกเส้นใยแต่ละเส้นเป็นเซลล์เดี่ยวๆ อยู่ในกระเปาะล้อมรอบเมล็ดหนุ่น เส้นใยหนุ่นมีสีขาวอมเหลืองหรือสีน้ำตาล ยาว 8 ถึง 30 มิลลิเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.02 ถึง 0.03 มิลลิเมตร รูปทรงกระบอกกลวงผนังบาง เรียบและเปราะ จึงไม่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ เนื่องจากเส้นใยหนุ่นนั้นมีลักษณะที่ฟูและมีน้ำหนักน้อยมาก อีกทั้งเส้นใยหนุ่นไม่มีลักษณะหยิกหรือหยักที่จะช่วยให้เส้นใยจับตัวกันได้เมื่อปั่นหรือปั่นเป็นเส้นด้าย มีน้ำหนักเบามาก (8 เท่าของเส้นใยฝ้าย) มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 14 เท่าของน้ำ มีความยืดหยุ่นดี ไวไฟมาก เส้นใยประกอบด้วย เซลลูโลสร้อยละ 64 และ ลิกนินร้อยละ 13 และน้ำมัน (แว็กซ์) ร้อยละ 20 ถึง 25 (จินดา จันทรอ่อน, 2550)

เส้นใยหนุ่นนั้นมีคุณสมบัติที่แตกต่างจากเส้นใยธรรมชาติชนิดอื่นๆ คือ ผนังของเส้นใยหนุ่นนั้นมีคุณสมบัติไม่ดูดซับน้ำ (Hydrophobic) จึงทำให้น้ำซึมผ่านไม่ได้ ในขณะที่น้ำมันนั้นสามารถซึมผ่านได้ (Lim และ Huang, 2007)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2.1 ตัวอย่าง (ก) เส้นใยนุ่ม (ข) ลักษณะโครงสร้างเส้นใยนุ่ม

ที่มา : Lim และ Huang, 2007

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติของเส้นใยนุ่ม

| พารามิเตอร์ | หน่วย | ปริมาณ |
|--------------------------|--------------------------|----------------|
| เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก | ไมโครเมตร | 16.5 ± 2.4 |
| เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน | ไมโครเมตร | 14.5 ± 2.4 |
| โครงสร้างที่กลวง (Lumen) | ร้อยละ | 77 |
| ความหนาแน่น | กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร | 1.31 |
| ความชื้น | ร้อยละ | < 1 |
| ปริมาณเถ้า | ร้อยละ | 0.78 |

ที่มา : Lim และ Huang, 2007

2.2.4 เส้นใยเรยอน

เรยอน คือ เส้นใยประดิษฐ์ที่ประกอบด้วยเซลลูโลสที่นำกลับมาใช้ใหม่หรือ เป็นเส้นใยประดิษฐ์ที่ประกอบด้วยเซลลูโลสที่นำกลับมาใช้ใหม่ซึ่งถูกแทนที่ด้วยสารอื่นไม่เกินร้อยละ 15 ของไฮโดรเจนที่อยู่ในหมู่ไฮดรอกซิล (วิระศักดิ์ อุดมกิจเดชา, 2543)

เรยอนมีลักษณะเส้นใยเป็นขีดยาวตลอดเรียกว่า สตรีชัน (Striations) ซึ่งเกิดจากการแช่เส้นใยในอ่างน้ำยา มีความมันและความยาวของเส้นใยหลากหลาย เส้นใยเรยอนชนิดมาตรฐานมีค่าความยาวเส้นใย 32-120 มิลลิเมตร ความหนาแน่นเชิงเส้น (Linear density) เท่ากับ 0.9-5.5 ดีเนียร์ (Denier) ความทนต่อแรงดึง (Tenacity) 0.7-2.6 กรัม ต่อ ดีเนียร์ ความถ่วงจำเพาะ 1.50 - 1.52 สามารถดูดซึมน้ำได้ดี หากเส้นใยได้รับความร้อนถึง 150 องศาเซลเซียส จะเริ่มมีผลต่อความแข็งแรง ถ้าเกิน 177 องศาเซลเซียส จะเริ่มสลายตัว (Gericke และ Pol, 2010)

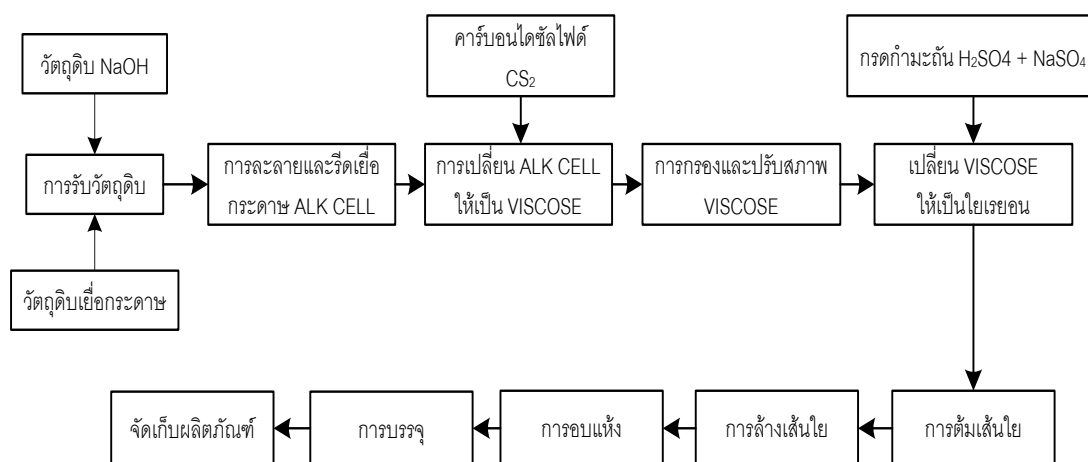
ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติของเส้นใยเรยอน

| พารามิเตอร์ | หน่วย | ปริมาณ |
|--------------------------------------|-----------------|--------|
| ความหนาแน่นเชิงเส้น (Linear density) | ดีเนียร์ | 1.2 |
| ความยาวเส้นใย | มิลลิเมตร | 38± 2 |
| ความทนต่อแรงดึง (Tenacity) | กรัมต่อดีเนียร์ | < 2.7 |
| ความชื้น | ร้อยละ | 13 |
| การดูดซึมน้ำ | ร้อยละ | < 0.20 |

ที่มา : บริษัท ไทยเรยอน จำกัด (มหาชน), 2554

กระบวนการโดยสังเขปของอุตสาหกรรมผลิตเส้นใยจะมีกระบวนการผลิต โดยเริ่มต้นจากการนำเยื่อเซลลูโลสซึ่งอยู่ในรูปแผ่นกระดาษมาผสมกับด่างโซดาไฟในถังกวน เพื่อทำเป็นเยื่อต่าง (Alkali Cellulose) แล้วส่งไปยังเครื่องรีดโซดาไฟส่วนเกินออก เพื่อให้ได้เยื่อต่างที่มีอัตราส่วนของด่างโซดาไฟที่เหมาะสม เยื่อต่างจะถูกส่งต่อไปยังถังหมักเพื่อทำให้โมเลกุลของเซลลูโลสสั้นลงได้ตามที่ต้องการ จากนั้นเยื่อต่างจะถูกส่งไปทำปฏิกิริยากับสารคาร์บอนไดซัลไฟด์ (CS₂) ภายใต้สภาวะสุญญากาศเพื่อเปลี่ยนจากเซลลูโลสเป็นเซลลูโลสแซนเทต (Cellulose Xanthate) และจะถูกนำไปทำละลายต่อด้วยสารละลายด่างโซดาไฟ เกิดเป็นของผสมหนืดที่เรียกว่า “วิสโคส” (Viscose) สารละลายวิสโคสนี้จะถูกนำไปกรองเพื่อนำส่วนที่ไม่ละลายออก พร้อมกับผ่าน

กระบวนการดูดฟองอากาศ จากนั้นสารละลายวิสโคสจะถูกบีบไปยังบ่อในสารละลายผสมที่ประกอบไปด้วย กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) โซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) และสังกะสีซัลเฟต ($ZnSO_4$) โดยสารละลายวิสโคสและสารละลายผสมจะถูกฉีดเป็นเส้นใยที่มีความยาวต่อเนื่องเป็นจำนวนมาก เส้นใยที่ได้นี้จะถูกนำไปตัดแล้วต้มให้ร้อนเพื่อให้เส้นใยเกิดการเปิดตัวได้ดี จากนั้นจะนำเส้นใยไปล้างสารเคมีก่อนที่จะเข้าสู่การอบแห้งเพื่ออัดเป็นก้อน และส่งจำหน่ายต่อไปดังแสดงในภาพที่ 2.2 (สหรัฐ เซาวิรูปดี, 2552)



ภาพที่ 2.2 แผนผังกระบวนการผลิตเส้นใยเรยอน

ที่มา : สหรัฐ เซาวิรูปดี, 2552



ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างเส้นใยเรยอน

ที่มา : บริษัท ไทยเรยอน จำกัด (มหาชน), 2554

2.3 ของผสมหนืดวิสโคส (Viscose Mixture)

วิสโคส หมายถึง ของผสมหนืดที่ได้จากนำเซลลูโลสของเยื่อไม้หรือเส้นใยฝ้าย มาทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และคาร์บอนไดซัลไฟด์ เกิดเป็นเซลลูโลสแซนเทต จากนั้นละลายเซลลูโลสแซนเทตที่ได้ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือจางอีกครั้งจะได้เป็นของผสมหนืดวิสโคส ของผสมหนืดวิสโคสมีลักษณะเป็นของเหลว หนืด สีส้ม มีกลิ่นเล็กน้อย มีค่าความหนืดหลากหลาย มีองค์ประกอบหลักทางเคมีได้แก่ โซดาไฟ คาร์บอนไดซัลไฟด์ น้ำ และเซลลูโลส ค่ามาตรฐานองค์ประกอบทางเคมีของของผสมหนืดวิสโคสจากบริษัทไทยเรยอน จำกัด (มหาชน) แสดงได้ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบทางเคมีของของผสมหนืดวิสโคส

| องค์ประกอบทางเคมี | ร้อยละ |
|-------------------------------------|--------|
| โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) | 5.3 |
| คาร์บอนไดซัลไฟด์ (CS ₂) | 3 |
| เซลลูโลส (Cellulose) | 9.4 |
| น้ำ (H ₂ O) | 82.3 |

ที่มา : บริษัท ไทยเรยอน จำกัด (มหาชน), 2554



ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างของผสมหนืดวิสโคส

ที่มา : บริษัท ไทยเรยอน จำกัด (มหาชน), 2554

2.3.1 กระบวนการเตรียมของผสมหนืดวิสโคส (Edward และ Charles, 1997)

กระบวนการเตรียมของผสมหนืดวิสโคสสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 บดเซลลูโลส เป็นชิ้นเล็กๆ เพื่อให้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์สามารถซึบผ่านได้ โซเดียมไอออน (Na^+) จะเข้าไปแทนที่ตรงตำแหน่งไฮโดรเจนของหมู่ไฮดรอกซิล ทำให้โครงร่างผลึกเกิดการบวมตัว



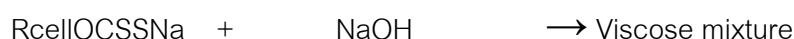
ขั้นที่ 2 นำเซลลูโลสที่เกิดการบวมตัวมาบ่มเพื่อทำลายพันธะของโพลิเมอร์ (Depolymerize Anhydroglucose Chain) เนื่องจากมีโซเดียมไอออนแทรกอยู่ระหว่างสายโซ่โมเลกุลของเซลลูโลสทำให้ออกซิเจนในบรรยากาศสามารถผ่านไปที่ตำแหน่ง Beta-1, 4-Glucosidic Oxygen Bonds ได้ระยะเวลาในการบ่มมีผลต่อความหนืดของสารละลายวิสโคส ถ้าระยะเวลาในการบ่มนานจะยิ่งเป็นการลดพันธะลง (Depolymerize) ทำให้ได้สารละลายวิสโคสที่มีความหนืดต่ำ แต่ถ้าระยะเวลาในการบ่มน้อยเกินไปจะได้สารละลายวิสโคสที่มีความหนืดสูง



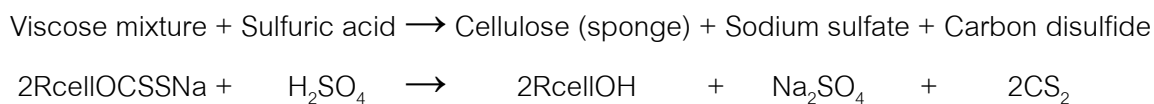
ขั้นที่ 3 คาร์บอนไดซัลไฟด์จะไปแทนที่โซเดียมไอออนในขั้นที่ 1



ขั้นที่ 4 เจือจางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 4 จะได้สารละลายวิสโคส (viscose mixture) ซึ่งเป็นของผสมระหว่างเซลลูโลสแซนเทต เซลลูโลสที่ไม่ทำปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์และน้ำ

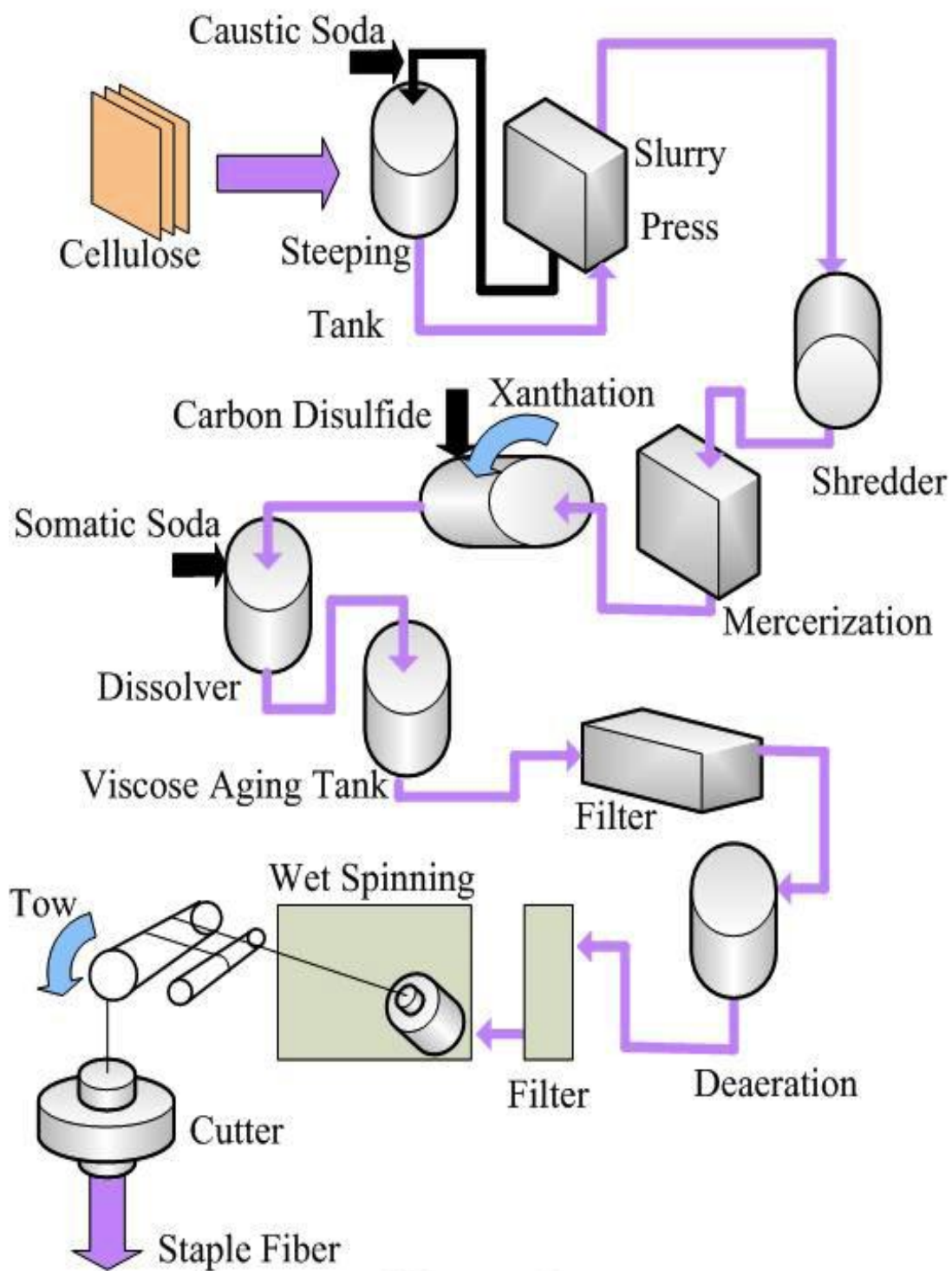


ขั้นที่ 5 สำหรับการทำฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติ สามารถทำได้โดยใช้ผลึกเกลือโซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) ผสมกับสารละลายวิสโคสที่ได้ซึ่งมีองค์ประกอบหลักคือเซลลูโลสแซนเทต แล้วขึ้นรูปด้วยกรดซัลฟิวริก ผลึกโซเดียมซัลเฟตจะถูกละลายด้วยกรดซัลฟิวริก ทำให้ส่วนที่หายไปของเกลือโซเดียมซัลเฟตกลายเป็นรูปพูน



กระบวนการเตรียมของผสมหนืดวิสโคสเป็นกระบวนการที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมการผลิตเส้นใยเรยอน ซึ่งได้จากการผ่านของผสมหนืดวิสโคสเข้าไปในแม่พิมพ์แบบรูเปิด แล้วลงสู่สารละลายกรดเพื่อขึ้นรูป จะได้เส้นใยเรยอนตามแบบของแม่พิมพ์รูเปิดนั้นๆ ดังแสดงในภาพที่ 2.5

แม้ว่าปัจจุบันจะมีกระบวนการผลิตเส้นใยเรยอนด้วยวิธีอื่นๆ แต่กระบวนการเตรียมของผสมหนืดวิสโคส ซึ่งค้นพบครั้งแรกโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษชื่อชาร์ลส์ เฟรดเดอริก ครอส (Charles Frederick Cross) เมื่อปี พ.ศ. 2435 ยังคงเป็นที่นิยม



Viscose Process

ภาพที่ 2.5 กระบวนการเตรียมสารละลายวิสโคส (Viscose Process)

ที่มา : <http://www.fibersource.com/f-tutor/rayon.htm> (May 15, 2002)

2.3.2 ของเสียอุตสาหกรรมเส้นใยเรยอน

ของเสียที่เกิดขึ้นจากอุตสาหกรรมผลิตเส้นใยเรยอน ได้แก่ ของผสมหนืดวิสโคสแข็งตัว (Coagulated Viscose) เศษเส้นใยเรยอน (Fiber Waste) ตะกอนสลัดจ์ต่างๆ (Sludge) และขี้เถ้า (Ash) ซึ่งกระบวนการที่ทำให้เกิดของผสมหนืดวิสโคสของเสียนั้น ได้แก่ การเปลี่ยนเยื่อเซลลูโลสเป็นของผสมหนืดวิสโคส การกรองและปรับสภาพของผสมหนืดวิสโคส และการเปลี่ยนของผสมหนืดวิสโคสเป็นเส้นใยเรยอน ส่วนกระบวนการที่ทำให้เกิดเศษเส้นใยเรยอนนั้น ได้แก่ การต้มเส้นใย การล้างเส้นใย การอบแห้ง การบรรจุ และการจัดผลิตภัณฑ์

ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมมีวิธีการกำจัดของเสียที่เกิดขึ้นโดยการรวบรวมของผสมหนืดวิสโคสไว้ในถังเก็บ และรอให้สารละลายวิสโคสแข็งตัว จากนั้นจึงรวบรวมนำไปฝังกลบในหลุมขยักรวมกับตะกอนสลัดจ์และขี้เถ้า ส่วนเศษเส้นใยเรยอนจะถูกเก็บรวบรวมเพื่อขายต่อให้อุตสาหกรรมอื่นต่อไป

2.4 การดูดซับ (ไชยยันต์ ไชยยะ, 2542)

การดูดซับเป็นกระบวนการที่ใช้แยกองค์ประกอบที่ต้องการออกจากสารละลายหรือก๊าซ โดยให้เกิดการสัมผัสกันระหว่างสารที่ถูกดูดซับ (Adsorbate) กับสารดูดซับ (Adsorbent) ซึ่งโดยทั่วไปมีกลไกของการดูดซับแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

1. การแพร่ภายนอก (External diffusion) การแพร่ภายนอกเป็นกลไกที่โมเลกุลของตัวถูกดูดซับเข้าถึงสารดูดซับ ซึ่งพื้นผิวของสารดูดซับมีของเหลวห่อหุ้ม โดยโมเลกุลของตัวถูกดูดซับแทรกตัวผ่านชั้นของของเหลวเข้าถึงผิวหน้าสารดูดซับ
2. การแพร่ภายใน (Internal diffusion) เป็นกลไกที่ตัวถูกดูดซับแรกตัวเข้าถึงช่องว่างของสารดูดซับ เพื่อให้เกิดการดูดติดผิว
3. ปฏิกิริยาพื้นผิว (Surface reaction) ปฏิกิริยาพื้นผิวเป็นกลไกซึ่งโมเลกุลของตัวถูกดูดซับดูดติดที่ผิวของสารดูดติดผิว ซึ่งเป็นกระบวนการที่รวดเร็วมาก

2.4.1 กลไกการดูดซับ

กลไกการดูดซับเริ่มจากของเหลวถูกดึงเข้าไปภายในรูพรุนของวัสดุดูดซับด้วยความดันคาปิลารี (capillary pressure) ในขณะเดียวกันก็ถูกต้านทานโดยอากาศภายในรูพรุนเมื่อความดันคาปิลารีเท่ากับความดันของอากาศภายในรูพรุน ของเหลวจะไม่ถูกดึงเข้าไปอีก จากนั้นอากาศภายในรูพรุนจะละลายและแพร่ไปทั่วรูพรุน ทำให้ของเหลวสามารถแพร่เข้าไปแทนที่อากาศได้อีก จนกว่าอากาศจะละลายหมด โดยองค์ประกอบแต่ละชนิดในสารละลายมีความสามารถในการกระจายตัวบนผิวและเกิดแรงดึงดูดกับผิวได้แตกต่างกัน (Iveson และ Rutherford, 2001)

2.4.2 ลักษณะของการดูดซับ

สามารถแบ่งลักษณะของการดูดซับออกได้เป็น 2 ลักษณะ ได้แก่

2.4.2.1 การดูดซับทางกายภาพ (Physical adsorption) เป็นการดูดซับที่ไม่เกิดการใช้อิเลคตรอนร่วมกันและไม่มีการถ่ายเทอิเลคตรอน แต่การดูดซับเกิดขึ้นจากการสัมผัสกันเฉพาะตัว (Individuality of interacting species) ทำให้เกิดแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลอย่างเบาบางคือแรง “แวน เดอ วาลส์” (Van der waals forces) การดูดซับทางกายภาพบางครั้งเรียกว่า Van der waal's adsorption (ศิริวัฒน์ ศรีเกษเพชร, 2543) ซึ่งประกอบด้วยแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล (Intermolecular cohesion) และแรงไฟฟ้าสถิต (Electrostatic forces) นั่นเอง การดึงดูดกันด้วยแรงที่อ่อนจึงทำให้การดูดซับประเภทนี้มีพลังงานการคายความร้อนค่อนข้างน้อย อยู่ในช่วง 0.5 – 5 กิโลแคลอรีต่อโมล และเกิดการผันกลับของกระบวนการได้ทั้งหมด นั่นก็คือการหลุดออก (Desorption) ของสารที่ถูกดูดซับจากสารดูดซับ นอกจากนี้การดูดซับทางกายภาพนี้จะไม่มีการจำเพาะ (Specific site) กล่าวคือโมเลกุลของสารดูดซับจะมีความอิสระที่จะถูกดูดซับบนตำแหน่งใด ๆ ก็ได้บนผิวสารดูดซับ

2.4.2.1 การดูดซับทางเคมี (Chemical adsorption) เป็นการดูดซับที่มีการถ่ายเทอิเลคตรอนไปมาระหว่างโมเลกุลสารที่ถูกดูดซับ กับพื้นผิวของสารดูดซับ ทำให้เกิดการสร้างพันธะเคมีขึ้นมา โดยโมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับจะเลือกบริเวณที่เกิดการดูดซับได้และจะเกิดในลักษณะ Monolayer เท่านั้น ทำให้เกิดการคายความร้อนในปริมาณสูง คือในช่วง 5-100 กิโลแคลอรีต่อโมล หมายความว่า การหลุดออก (Desorption) ของการดูดซับประเภทนี้เกิดขึ้นได้น้อยมาก ๆ จึงถือว่า

เป็นกระบวนการที่ผันกลับไม่ได้ (Irreversible Interaction) ซึ่งโดยปกติเมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ระบบจะทำให้อัตราการดูดซับเพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดจากการเปรียบเทียบการดูดซับทั้งสองชนิดดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบการดูดซับทางเคมีกับการดูดซับทางกายภาพ

| การดูดซับทางเคมี | การดูดซับทางกายภาพ |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| คายพลังงาน 5-100 กิโลแคลอรีต่อโมล | คายพลังงาน 0.5-5 กิโลแคลอรีต่อโมล |
| เกิดสารประกอบทางเคมี | ปฏิกิริยาระหว่างขั้วไฟฟ้า |
| การหลุดออกยาก | การหลุดออกง่าย |
| ปฏิกิริยาผันกลับไม่ได้ | ปฏิกิริยาผันกลับได้ |

ที่มา : ไชยยันต์ ไชยยะ, 2542

2.5 วัสดุดูดซับ

วัสดุที่สามารถกักเก็บของเหลวไว้ในโครงสร้างได้ประมาณร้อยละ 50 หรือมากกว่า ทำให้เกิดการรวมตัวและสามารถเก็บรักษาของเหลวไว้ได้เรียกว่าวัสดุดูดซับ วัสดุดูดซับสามารถแบ่งตามรูปร่างได้ 3 ชนิด ได้แก่

1. วัสดุดูดซับที่มีรูปร่างไม่แน่นอน คือ วัสดุดูดซับที่ไม่สามารถขึ้นรูปให้มีรูปร่างแบบใดแบบหนึ่งได้ วัสดุดูดซับชนิดนี้มักจะถูกผสมกับวัสดุชนิดอื่น เช่น โพลีเมอร์ เพื่อประยุกต์ใช้ในงานเฉพาะทาง
2. วัสดุดูดซับที่มีรูปร่างแน่นอน คือ มีลักษณะเป็นแผ่น หรือเป็นก้อน วัสดุดูดซับประเภทนี้มีความแข็งแรงมากพอที่จะเก็บรักษาและอิมมัลชันของเหลวโดยไม่เกิดการฉีกขาดหรือเสียรูปร่าง
3. วัสดุดูดซับชนิดที่มีรูปร่างเป็นท่อนยาว คือ มีความยาวโดดเด่นกว่าความกว้างและความสูง วัสดุดูดซับประเภทนี้มักใช้งานร่วมกับประเภทที่มีรูปร่างแน่นอน โดยการใช้เป็นตัวยึด

2.5.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ (มันลิน ตันทุลเวศม์, 2538)

2.5.1.1 ความหนาแน่น (Density) ความหนาแน่นมักถูกพิจารณาในรูปของความหนาแน่นแท้จริง (true density) และความหนาแน่นรวม (bulk density) โดยความหนาแน่นแท้จริงคือ ความหนาแน่นของวัสดุโดยไม่คำนึงถึงรูพรุนภายในหรือกล่าวได้ว่า ความหนาแน่นแท้จริงเป็นค่าคงที่เฉพาะของวัสดุชนิดนั้นๆ ในทางตรงกันข้ามความหนาแน่นรวม คือ ความหนาแน่นของวัสดุที่พิจารณารูพรุนรวมด้วย ค่าความหนาแน่นรวมจะมีค่าไม่แน่นอน ขึ้นกับการจับตัวของวัสดุนั้นๆ โดยทั่วไปวัสดุที่มีลักษณะเป็นเส้นใยมักรายงานค่าความหนาแน่นในรูปของความหนาแน่นรวม

2.5.1.2 ความเป็นรูพรุน (Lumen) ปริมาตรช่องว่างหรือรูพรุนภายในวัสดุมีค่าไม่แน่นอน ขึ้นกับการจับตัวของวัสดุเช่นเดียวกับความหนาแน่นรวม โดยส่วนใหญ่ปริมาตรที่ดูดซับได้จะน้อยกว่าปริมาตรของรูพรุนเสมอ วัสดุที่มีลักษณะเป็นเส้นใยมีค่าความเป็นรูพรุนประมาณร้อยละ 90 ถึง 95 สำหรับวัสดุที่ขึ้นรูปเป็นเม็ด มีค่าความเป็นรูพรุนน้อยกว่าร้อยละ 40

2.5.1.3 การเลือกดูดซับ (Selectivity) เป็นความสามารถในการเลือกดูดซับสารชนิดใดชนิดหนึ่งมากกว่าสารอื่น ความสามารถในการเลือกดูดซับนี้ขึ้นกับ ขนาดของรูพรุนของวัสดุ และความดันคาปิลารี

2.5.1.4 การเก็บรักษาของเหลว (Retention) เป็นความสามารถในการเก็บรักษาของเหลวที่ถูกดูดซับให้คงอยู่ในโครงสร้างของวัสดุ ในการใช้งานทั่วไปวัสดุดูดซับจะถูกเคลื่อนย้ายหรือขนส่งจากสถานที่ทำการดูดซับไปกำจัดทิ้งที่อื่น ดังนั้นค่าเก็บรักษาของเหลวจึงมีความสำคัญมาก วัสดุที่มีค่าเก็บรักษาของเหลวสูงจะสามารถถ่ายเทของเหลวได้มาก

2.5.2 คุณสมบัติของตัวดูดซับที่ดี

1. โครงสร้างของวัสดุดูดซับ ควรมีโพรงหรือรูพรุนขนาดใหญ่เพียงพอ เพื่อให้สารที่ต้องการดูดซับสามารถแทรกเข้าไปสู่โพรงหรือรูพรุนได้สะดวก วัสดุที่เป็นเส้นใยมีค่าความเป็นรูพรุนประมาณร้อยละ 90-95
2. วัสดุดูดซับต้องสามารถเลือกดูดซับสารประกอบที่ต้องการแยกออกจากของผสมนั้นได้มากกว่าหรือเร็วกว่าการดูดซับสารประกอบอื่นๆ ในของผสมนั้น
3. วัสดุดูดซับต้องไม่เกิดปฏิกิริยาเคมีกับสารประกอบใดๆ ในของผสม ณ คุณสมบัติของการดูดซับและคุณสมบัติของการปรับสภาพตัวดูดซับ

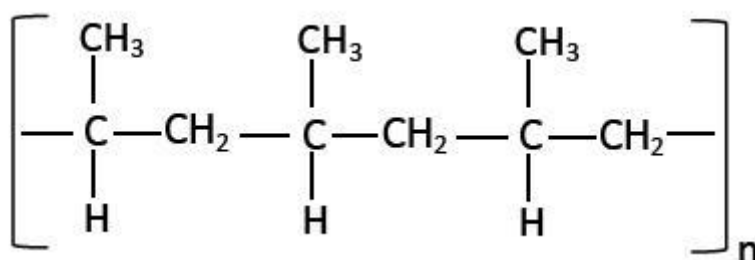
ตารางที่ 2.6 ตารางแสดงคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุดูดซับที่ดี

| พารามิเตอร์ | วัสดุดูดซับที่ดี |
|-------------------------------------|------------------|
| ความแข็งแรงดึง (นิวตัน/มม.) | 1.20 |
| แรงดึงต่อน้ำหนัก (นิวตัน.เมตร/กรัม) | 35 - 40 |
| ร้อยละของการยืดตัว (%) | 5 - 7 |

ที่มา : Adebajo และคณะ, 2003

2.6 วัสดุดูดซับน้ำมันโพลีโพรพิลีน

โพลีโพรพิลีน (Polypropylene : PP) เป็นเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) ประกอบด้วยพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างเป็นเส้นตรงเกิดจากโมโนเมอร์ของโพรพิลีน (C_3H_6) หลายๆ ตัว เกิด ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นสารประกอบพวกโลหะ เช่น ไทเทเนียม คลอไรด์ มีสูตรโครงสร้างทางเคมีคือ $(C_3H_6)_n$ ดังที่แสดงในภาพที่ 2.6 มีลักษณะเป็นของแข็ง ไม่มีสี มีทั้งโปร่งใสและโปร่งแสง ผิวมันเงา ทนกรด เบส และสารเคมีต่างๆ ได้ดี ยกเว้นไฮโดรคาร์บอน และคลอรีเนตไฮโดรคาร์บอน มีน้ำหนักเบา มีความหนาแน่นเท่ากับ 0.855 – 0.949 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร คุณสมบัติในการหลอมเหลว 130 – 171 องศาเซลเซียส และมีคุณสมบัติไม่มีขั้ว (Adebajo และคณะ, 2003)



ภาพที่ 2.6 สูตรโครงสร้างทางเคมีของโพลีโพรพิลีน

ที่มา : Adebajo และคณะ, 2003

โพลีโพรพิลีนสามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ก่องเครื่องมือ กระเป๋า ปกแฟ้ม เอกสาร เครื่องใช้ในครัวเรือน อุปกรณ์ของรถยนต์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ของเล่น กระสอบข้าว ถู บรรจุน้ำมัน ใยไหมเทียม พรม ผ้าใบกันน้ำ เชือก ถูร้อน ขวดใส่เครื่องดื่ม ซองขนม และวัสดุดูดซับน้ำมัน เป็นต้น

วัสดุดูดซับน้ำมันโพลีโพรพิลีน เป็นวัสดุดูดซับน้ำมันที่มีจำหน่ายในท้องตลาด และได้รับความนิยมใช้ในการกำจัดคราบน้ำมันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถใช้งานได้หลายลักษณะ เช่น แผ่นดูดซับ ทุ่นดูดซับ หมอนดูดซับ หรือผอง สามารถนำกลับมาใช้น้ำได้หลายครั้ง มีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมัน 4 – 10 เท่าของน้ำหนักวัสดุดูดซับ (Adebajo และคณะ, 2003)

2.7 มาตรฐานการทดสอบประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันสำหรับวัสดุดูดซับ

สมาคมเพื่อการทดสอบวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (American Society for Testing and Materials; ASTM) เป็นสมาคมวิชาชีพทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่กำหนดและจัดทำมาตรฐาน ซึ่งเป็นที่นิยมใช้และเป็นที่ยอมรับทั่วโลก สมาคมเพื่อการทดสอบวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา จัดตั้งขึ้นในสหรัฐอเมริกา เมื่อปี ค.ศ. 1989 ทำหน้าที่ส่งเสริมสนับสนุนทางด้านวิชาการเพื่อเป็นการช่วยเหลืออุตสาหกรรม หน่วยงานของรัฐ และสาธารณชนทั่วไป โดยการพัฒนามาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับลักษณะและการทำงานของวัสดุ ผลิตภัณฑ์ การบริการ ระบบการใช้งาน

มาตรฐาน ASTM ในรหัส F726-99 คือ มาตรฐานการทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำมันของวัสดุดูดซับ (Standard Test Method for Sorbent Performance of Adsorbents; ASTM F726-99) โดยมาตรฐานการทดสอบวัสดุดูดซับนี้จัดทำขึ้นเพื่อทดสอบปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับของวัสดุดูดซับ เช่น ความสามารถในการดูดซับในการดูดซับน้ำมัน หรือดูดซับน้ำ การลอยตัว รวมถึงประสิทธิภาพของวัสดุหลังทำการดูดซับอีกด้วย

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Loonberg และคณะ (1995) ได้ศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดของสารละลายวิสโคส ซึ่งเตรียมจากเส้นใยธรรมชาติ เนื่องจากสมบัติบางอย่างของฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติ สามารถวัดได้จากความหนืดของสารละลายวิสโคส ในการเตรียมฟองน้ำความหนืดของสารละลายวิสโคสจะเป็นตัวกำหนดการไหลของตัวมันเองไปรอบๆ โครงร่างผลึกและเส้นใยที่ผสมกับตัวมันเพื่อเกิดเป็นรูพรุนและเป็นตัวกำหนดความแข็งแรงของรีเจนเนอเรตเซลลูโลส (regenerated cellulose) สารละลายวิสโคสที่มีค่าความหนืดสูงจะทำให้การไหลไปรอบๆ โครงร่างผลึกไม่มีประสิทธิภาพ และจะทำให้เกิดรูพรุนเปิดมากเกินไปส่งผลให้มีความแข็งแรงและความยืดหยุ่นต่ำ ในทางกลับกันสารละลายวิสโคสที่มีค่าความหนืดต่ำจะมีการไหลอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ผนังของฟองน้ำมีโครงสร้างภายในที่ต่อเนื่อง และมีโครงสร้างที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้งานต่อไป การทดลองเริ่มจากการทดสอบความหนืดของสารละลายวิสโคส ซึ่งเตรียมได้จากกระบวนการเตรียมสารละลายวิสโคส โดยใช้เครื่องรีโอมิเตอร์ (Rheometer) จากผลการทดลองพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดได้แก่ การปมโดยธาตุอัลคาไล (Alkali) ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ระยะเวลาการปมในขั้นตอน xanthogenate และอุณหภูมิการปมโดยอัลคาไล (ในขั้นตอนของ viscose process) มีผลต่อองค์ประกอบเป็นโพลิเมอร์โดยการปมจะทำให้องค์ประกอบเป็นโพลิเมอร์มีค่าลดลง และองค์ประกอบเป็นโพลิเมอร์เป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าความหนืดของสารละลายวิสโคส นั่นคือหากองค์ประกอบเป็นโพลิเมอร์มีค่าต่ำ ความหนืดของสารละลายวิสโคสก็จะมีค่าต่ำ หรือหากองค์ประกอบเป็นโพลิเมอร์มีค่าสูง ความหนืดของสารละลายวิสโคสก็จะมีค่าสูงตามไปด้วย ในกรณีหลังเป็นเพราะมีอนุภาคขนาดใหญ่อยู่ในสารละลายวิสโคสความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ไม่มีผลต่อความหนืดมากนัก เนื่องจากเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ ค่าความหนืดที่วัดได้ไม่มีค่าแตกต่างกันมากนักการปมในขั้นตอน xanthogenate มีผลต่อความหนืดอย่างมีนัยสำคัญนั่นคือ เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการปมค่าความหนืดจะลดลงในช่วงแรก (ประมาณชั่วโมงที่ 20) จากนั้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นค่าความหนืดจะเพิ่มขึ้นจนเท่ากับค่าความหนืดเริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการ desubstitution และ resubstitution ของ xanthate group ปัจจัยสุดท้ายที่ได้ศึกษาได้แก่อุณหภูมิพบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิค่าความหนืดของสารละลายวิสโคสจะลดลง

นนท์ ผลารักษ์ และสุวฤทธิ์ จันทรดาประดิษฐ์ (2540) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการดูดซับน้ำมันของวัสดุต่างๆ เพื่อใช้เป็นวัสดุกรองของระบบบำบัดน้ำทิ้งที่มีการปนเปื้อนของ

น้ำมัน (Oil) ซึ่งอาศัยน้ำเสียสังเคราะห์เป็นน้ำเสียที่นำเข้าระบบบำบัดจำลอง ซึ่งการทดลองได้เลือกใช้ กาบมะพร้าว แกลบเผา และซีลี้อย เป็นวัสดุกรอง และใช้ค่าพีเอช ค่าซีไอดี ค่าของแข็งแขวนลอย และ ค่าไขมัน เป็นตัววัดลักษณะของน้ำเสีย จากผลการทดลองพบว่า วัสดุที่ใช้ได้คือ กาบมะพร้าวและแกลบเผา ซึ่งใช้ร่วมกันสามารถลดค่าซีไอดี ค่าของแข็งแขวนลอย และ ค่าไขมัน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ กล่าวคือสามารถลดค่าซีไอดีได้ต่ำกว่า 120 มิลลิกรัมต่อลิตร (ร้อยละ 70.80-91.77) ลดค่าของแข็งแขวนลอยได้ร้อยละ 80 และลดค่าไขมันได้ต่ำกว่า 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของกระทรวงอุตสาหกรรม

ศิริพร พงษ์สันติสุข (2541) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุดูดซับ 4 ชนิด คือ ฝ้ายขนไก่ กาบมะพร้าว และฟางข้าว ในน้ำมัน 2 ชนิดคือ น้ำมันเตาประเภทเบา และน้ำมันดีเซล ในความเข้มข้นของคราบน้ำมันในน้ำมี 5 ระดับ คือ 50 10 20 40 และ 80 กรัมต่อลิตร โดยวิธีการชั่งน้ำหนัก พบว่า ในการดูดซับคราบน้ำมันเตาและดีเซลในน้ำ ฝ้ายมีประสิทธิภาพในการดูดซับมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ขนไก่ กาบมะพร้าว และฟางข้าวตามลำดับ ซึ่งชุดการทดลองที่ใช้ฝ้ายเป็นวัสดุดูดซับ คราบน้ำมันเตาที่มีความเข้มข้นเริ่มต้น 20 กรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพในการกำจัดดีที่สุด คือ ร้อยละ 99.42 และน้ำมันดีเซลที่มีความเข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการกำจัดร้อยละ 97.72 นอกจากนี้ยังพบว่าฝ้ายมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นวัสดุดูดซับมากที่สุด เนื่องจากสามารถดูดซับคราบน้ำมันได้มากกว่า 10 กรัม น้ำมันต่อฝ้าย 1 กรัม รองลงมาได้แก่ขนไก่ สำหรับกากบมะพร้าวและฟางข้าวไม่มีความเหมาะสมที่จะนำมาเป็นวัสดุดูดซับ เพราะมีความสามารถในการดูดซับคราบน้ำมันประมาณ 3-5 กรัม น้ำมันต่อวัสดุดูดซับ 1 กรัม ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกำจัดไม่ถึงร้อยละ 50

Hori และคณะ (1999) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของเส้นใยนุ่นพบว่า พบว่าเส้นใยนุ่นประกอบด้วย เซลลูโลสร้อยละ 35 ไซแลน ร้อยละ 22 และลิกนิน ร้อยละ 21 มีโครงสร้างเป็นทอกลวง และมีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) จึงทำให้ไม่เปียกแฉะ และจากการทดสอบการใช้เส้นใยนุ่นเป็นสารดูดซับน้ำมันพบว่า มีความสามารถในการดูดซับน้ำมันได้ถึง 40 กรัม น้ำมันต่อเส้นใยนุ่น 1 กรัม จากการดูดซับน้ำมันที่ปนเปื้อนลงในน้ำจืดและน้ำทะเล และยังแนะนำว่าสามารถใช้ในการดูดซับน้ำมันที่รั่วไหลปนเปื้อนลงในน้ำทะเลได้ด้วย

Teas และคณะ (2001) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการดูดซับน้ำมันของวัสดุดูดซับ 5 ชนิดซึ่งใช้เป็นวัสดุในการกำจัดคราบน้ำมันที่รั่วไหล วัสดุดูดซับที่ได้ศึกษา ได้แก่ วัสดุเส้นใย

ธรรมชาติที่ใช้ในทางการค้าโดยผลิตจากเส้นใยไม้ เส้นใยสังเคราะห์โพลีโพรพิลีน และเพอร์ไลท์ 3 ชนิดจากเกาะไมลอส (milos) ความสามารถในการดูดซับน้ำมันของวัสดุดังกล่าวได้ถูกศึกษาทั้งในสถานะที่มีน้ำอยู่ในระบบและไม่มีน้ำอยู่ในระบบ โดยดูดซับผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมที่แตกต่างกันซึ่งเป็นน้ำมันที่มักจะเกิดการรั่วไหลลงสู่ทะเล ได้แก่ Light cycle oil (LCO), Light gas oil (LGO) และ Iranian heavy crude oil (CRU) การทดลองเริ่มจากนำน้ำทะเล 500 มิลลิลิตรเทลงในบีกเกอร์ขนาด 800 มิลลิลิตร เติมน้ำมันที่ต้องการทดสอบลงไปในแต่ละบีกเกอร์ให้มีปริมาณ 10 20 30 40 และ 50 กรัมตามลำดับ จากนั้น นำเข้าเครื่องเขย่าเพื่อให้เกิดการผสมกันระหว่างน้ำกับน้ำมัน นำวัสดุดูดซับจำนวน 1 กรัมใส่ลงในบีกเกอร์แล้วนำเข้าเครื่องเขย่าโดยใช้ความเร็วรอบ 98 รอบต่อนาที เมื่อครบ 10 นาทีนำวัสดุดูดซับขึ้นมาพักไว้บนตะแกรงลวด 1 นาทีแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก หาปริมาณน้ำในวัสดุดูดซับโดยการกลั่นตามวิธีการของ ASTM D95 ปริมาณของน้ำมันที่ถูกดูดซับคำนวณได้จากลบปริมาณน้ำในวัสดุดูดซับและน้ำหนักวัสดุดูดซับขณะแห้งออกจากน้ำหนักที่ชั่งได้หลังจากดูดซับแล้วนอกจากนี้ยังได้ทำการทดลองในสถานะที่ไม่มีน้ำอยู่ในระบบมีเพียงแต่น้ำมันเท่านั้น โดยทำการทดลองตามวิธีการข้างต้นแต่ใช้น้ำมัน 100 มิลลิลิตร แทนของผสมระหว่างน้ำกับน้ำมัน คำนวณหาปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับได้โดยนำน้ำหนักวัสดุหลังจากดูดซับลบด้วยน้ำหนักวัสดุดูดซับขณะแห้ง ผลการทดลองพบว่าในสถานะที่มีน้ำอยู่ในระบบโพลีโพรพิลีน และเส้นใยธรรมชาติมีความสามารถในการดูดซับน้ำมันได้ดี เส้นใยธรรมชาติสามารถดูดซับน้ำมันดิบได้ดีที่สุดโดยสามารถดูดซับได้ทั้งหมด อาจเป็นเพราะเส้นใยธรรมชาติมีขี้ผึ้งซึ่งมีสมบัติชอบน้ำมัน และอาจเกิดแรงวานเดอร์วาลส์ (Van Der Waals) ระหว่างเส้นใยธรรมชาติกับน้ำมัน แม้ว่าน้ำมันดิบจะมีความหนืดสูงซึ่งส่งผลให้อัตราการดูดซับน้ำมันเข้าไปในรูพรุนของวัสดุดูดซับต่ำ แต่น้ำมันดิบสามารถยึดเกาะกับผิวของวัสดุภายในรูพรุนได้ดีโดยไม่มี การย้อนกลับออกมาสำหรับในสถานะที่ไม่มีน้ำอยู่ในระบบโพลีโพรพิลีนมีความสามารถในการดูดซับน้ำมันได้ดีที่สุดในขณะที่วัสดุดูดซับที่เหลือทุกชนิดสามารถดูดซับน้ำมันได้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน

ปิยวรา มีไชโย และศิริวดี สวรรณรงค์ (2544) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำมัน โดยใช้วัสดุดูดซับธรรมชาติเป็นตัวดูดซับโดยทำการศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ผักตบชวาในการบำบัดน้ำมันในน้ำ ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำมันพีชแตกต่างกัน คือ 5 10 15 20 และ 25 กรัมน้ำมันต่อวัสดุดูดซับ 1 กรัม ตามลำดับและขนาดของผักตบชวาที่ใช้ดูดซับมี 2 ขนาด คือ 1 เซนติเมตรกับ 1 นิ้ว และทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับทำการทดลองแบบทีละเท ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำมัน พบว่า ความสามารถในการดูดซับคราบน้ำมันของผักตบชวาขนาด 1 เซนติเมตร ที่ระดับความเข้มข้น 5 10 15 20 และ 25 กรัมต่อลิตร ได้

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.724 6.363 8.718 8.108 และ 8.852 กรัมต่อลิตรตามลำดับ ซึ่งเปรียบเทียบเป็นประสิทธิภาพในการดูดซับคราบน้ำมันในน้ำ คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 74.48 63.63 58.12 40.54 และ 35.41 ตามลำดับ และเมื่อใช้ผักตบชวาขนาด 1 นิ้วที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.950 5.098 5.824 4.952 และ 5.518 กรัมต่อลิตรตามลำดับ ซึ่งเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับคราบน้ำมันคิดเป็นร้อยละ 59.00 50.98 38.82 24.76 และ 22.07 ตามลำดับ และเมื่อใช้ผักตบชวาเป็นวัสดุดูดซับคราบน้ำมันซึ่งมีขนาดแตกต่างกันคือขนาด 1 เซนติเมตร กับขนาด 1 นิ้ว ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำมันช่วงที่ดีที่สุดคือช่วงความเข้มข้นที่ 5 ทั้ง 2 ขนาดและประสิทธิภาพในการบำบัดคราบน้ำมันของผักตบชวา ขนาด 1 เซนติเมตร จะดีกว่าขนาด 1 นิ้ว เพราะพื้นที่ผิวผักตบชวาขนาด 1 เซนติเมตร มีพื้นที่สัมผัสคราบน้ำมันได้เป็นบริเวณที่กว้างกว่าผักตบชวาขนาด 1 นิ้ว ในปริมาณผักตบชวาที่ใช้น้ำหนัก 1 กรัม

บิณฑสันต์ ขวัญข้าว และธีระวัฒน์ รุ่งเมือง (2544) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเยื่อกระดาษชานอ้อยมาผลิตเป็นเส้นใย ในการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเยื่อกระดาษชานอ้อยมาผลิตเป็นเส้นใยเรยอน ได้ทำการทดลองตีเยื่อกระดาษชานอ้อยที่แช่อยู่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 15 โดยปริมาตร นาน 10 นาที เยื่อกระดาษชานอ้อยจะเกิดการพองตัวมากที่สุด จากนั้นบีบเอาสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ออกเหลือแต่โซดาเซลลูโลสที่ได้มาย่อยเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วมาตั้งทิ้งไว้ให้สัมผัสกับออกซิเจนในอากาศเป็นเวลา 1 วัน หลังจากนั้นจะนำโซดาเซลลูโลสมาแช่ในสารคาร์บอนไดออกไซด์ที่อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักโซดาเซลลูโลส 1 กรัมต่อปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ 2 มิลลิลิตร เป็นเวลา 120 นาที เพื่อเปลี่ยนโซดาเซลลูโลสเป็นโซดาเซลลูโลสแซนเรตที่มีลักษณะเหนียวสีส้มและจับตัวกันเป็นก้อน โซดาเซลลูโลสแซนเรตที่ได้จะถูกนำมาละลายในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 3 โดยปริมาตร ซึ่งอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักโซดาเซลลูโลสแซนเรต 1 กรัมต่อปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 มิลลิลิตร จะได้เป็นสารละลายที่มีความหนืดที่เรียกว่า สารละลายวิสโคส มีลักษณะและสีคล้ายน้ำผึ้ง แล้วนำสารละลายวิสโคสที่ได้มาฉีดด้วยเครื่องฉีดเส้นใยขนาดทดลองโดยใช้ Spinneret ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางของรูเท่ากับ 100 ไมครอนฉีดผ่านกรดซัลฟิวริกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตร และมีอัตราเร็วของวิสโคสเมื่อออกจาก Spinneret เท่ากับ 48.4 เมตรต่อวินาที ความเร็วในการม้วนเก็บเส้นใยประมาณ 20 เมตรต่อวินาที แล้วนำเส้นใยที่ได้ไปทดสอบหาค่าความหนาแน่นเชิงเส้นของเส้นใย (Liner Density) มีค่าเท่ากับ 9.40 Denier มีค่าความแข็งแรงของเส้นใยเฉลี่ยสูงสุด (Tenacity) 1.16 กรัมต่อหน่วยความหนาแน่น และมีอัตราการยืดตัวก่อนขาดของเส้นใย (Elongation) ร้อยละ 20.5

ธัญลักษณ์ ราชวรภัคดี (2545) ได้ศึกษาการโดยใช้วัสดุดูดซับ 14 ชนิด ที่เป็นวัสดุธรรมชาติจากพืชซึ่งมีราคาถูกและย่อยสลายได้ง่ายกว่าวัสดุสังเคราะห์สำหรับดูดซับน้ำมันในน้ำระบายจากสถานีบริการน้ำมัน งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการโดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ การทดลองแบบแบตช์ แบบคอลัมน์ และแบบวางระบายน้ำ เพื่อหาประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันของวัสดุจากพืช เปรียบเทียบกับวัสดุสังเคราะห์ จากการทดลองแบบแบตช์โดยใช้น้ำตัวอย่างที่มีน้ำมันในรูปของอิมัลชันเชิงกลพบว่า น้ำมันส่วนใหญ่ติดอยู่ที่ผนังขวดที่ทำการทดลองมากกว่าจะถูกดูดซับโดยวัสดุดูดซับ สำหรับน้ำตัวอย่างที่มีน้ำมันในรูปอิมัลชันเชิงเคมีพบว่าน้ำมันถูกดูดซับได้น้อยมาก นอกจากนั้นผลการทดลองแบบคอลัมน์ยืนยันว่าน้ำมันที่อยู่ในรูปอิมัลชันเชิงเคมีไม่สามารถที่จะกำจัดได้แม้ว่าเป็นวัสดุจากพืชหรือวัสดุสังเคราะห์ สำหรับการทดลองแบบวางระบายน้ำสามารถแบ่งย่อยได้เป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการดูดซับน้ำมัน และขั้นตอนการชะน้ำมันออกจากวัสดุที่ดูดซับแล้ว ผลการทดลองขั้นตอนการดูดซับน้ำมันพบว่าพบว่ามีวัสดุจากธรรมชาติจำพวก เส้นใยขนุน และเส้นใยกล้วยนั้น มีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันได้มากกว่าร้อยละ 80 ซึ่งมีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันใกล้เคียงกับสารดูดซับสังเคราะห์

นพดล วีระเดช และคณะ (2546) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการปั่นเส้นใยอะคริลิกผสมเส้นใยเรยอนด้วยเครื่องปั่นด้ายแบบวงแหวน ปัจจุบันมีการคิดค้นการปั่นด้ายผสมขึ้นมามากมาย โดยมีจุดประสงค์เพื่อทำให้คุณสมบัติของเส้นด้ายที่ปั่นผสมนั้นดีขึ้นกว่าเดิม เหมาะสมที่จะนำเส้นด้ายผสมนั้นไปใช้ถักหรือทอเป็นผืนผ้า ซึ่งเส้นใยอะคริลิกมีคุณสมบัติที่ดี คือ มีความพองฟูและคงรูปได้ดี และเส้นใยเรยอนมีคุณสมบัติที่ดีคือ มีความคงทนสูงและดูดซับความชื้นได้ดี จึงมีแนวคิดที่จะทำการปั่นเส้นใยอะคริลิกผสมเส้นใยเรยอน เป็นเส้นด้ายด้วยเครื่องปั่นด้ายแบบวงแหวนขึ้น พบว่าสามารถปั่นผสมกันได้ในอัตราส่วน 25:75 50:50 และ 75:25 โดยเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นด้ายอะคริลิก และเส้นด้ายเรยอนร้อยละ 100 เบอร์ด้ายเดียวกัน พบว่าเมื่อปั่นผสมแล้วที่อัตราส่วน 25:75 เส้นด้ายที่ปั่นผสมได้นั้นมีคุณสมบัติที่ดีขึ้นกว่าเดิม

Wei และคณะ (2003) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำกลับมาใช้น้ำมันที่รั่วไหลในทะเลโดยใช้วัสดุดูดซับน้ำมันที่เป็นพอลิพรอพิลีนชนิดไม่ถักทอ (nonwoven polypropylene oil sorbent) การนำกลับมาใช้น้ำมันเชิงกลโดยวัสดุดูดซับน้ำมันถือเป็นการแสดงความรับผิดชอบต่อภาวะน้ำมันรั่วไหลลงสู่ทะเล พอลิพรอพิลีนถูกนำมาใช้ในกรณีนี้เนื่องจากมีความหนาแน่นต่ำ ดูดซับน้ำได้น้อย และทนต่อสารเคมี รูปร่างและโครงสร้างที่แตกต่างกันของพอลิพรอพิลีนชนิดไม่ถักทอได้ถูกศึกษา

เกี่ยวกับความสามารถในการดูดซับน้ำมันและค่าคงตัวของน้ำมัน (oil retention properties) ในงานวิจัยนี้พบว่าปัจจัยสำคัญที่มีต่อประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันของโพลีโพรพิลีนชนิดไม่ถักทอ ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย ความพรุน และสมบัติของน้ำมันที่ถูกดูดซับ การทดลองเริ่มจากตัดโพลีโพรพิลีนเป็นชิ้นขนาด 13 x 13 ตารางเซนติเมตร นำมาชั่งน้ำหนักและใส่ลงในภาชนะที่บรรจุน้ำทะเลสูง 80 มิลลิเมตรซึ่งปกคลุมผิวหน้าด้วยน้ำมันที่ต้องการทดสอบโดยมีความสูง 5 มิลลิเมตร ทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำชิ้นมาชั่งน้ำหนักและบันทึกที่เวลา 0 10 30 60 120 300 600 และ 1800 วินาทีหลังจากนำขึ้นจากภาชนะตามลำดับ น้ำมันที่ใช้ในการทดลองได้แก่ น้ำมันจากทะเลเหนือ (North Sea) โดยแบ่งเป็นน้ำมันดิบ (Crude Oil) ตะกอนน้ำมันร้อยละ 25 (25 % Weathered oil) และตะกอนน้ำมันร้อยละ 50 (50% Weathered oil) รวมทั้งสิ้น 3 ชนิด โดยมีค่าความหนืดเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก ผลการทดลองพบว่าความสามารถในการดูดซับน้ำมันและค่าการคงตัวของน้ำมันขึ้นกับความแตกต่างของวัสดุที่ใช้ในการดูดซับ วัสดุดูดซับที่มีความพรุนสูงมีแนวโน้มที่จะดูดซับน้ำมันดิบและตะกอนน้ำมันร้อยละ 25 ได้มาก และสำหรับน้ำมัน 2 ชนิดนี้ยิ่งความหนาแน่นของน้ำมันมีค่ามากจะยิ่งสามารถถูกดูดซับด้วยวัสดุดูดซับได้ดี สำหรับตะกอนน้ำมันร้อยละ 50 พบว่าวัสดุดูดซับที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยเล็ก มีความสามารถในการดูดซับน้ำมันที่มีความหนืดสูงไม่ค่อยดีนักในกรณีของค่าคงตัวของน้ำมันมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน ในวัสดุดูดซับทุกรูปร่างและโครงสร้าง นั่นคือมีแนวโน้มลดลงในช่วง 300 วินาทีแรก จากนั้นจะคงที่จนถึงเวลา 1800 วินาทีที่ทำการทดลอง การพิจารณาค่าการคงตัวของน้ำมันในวัสดุดูดซับสามารถแบ่งได้เป็น 3 ช่วง ช่วงที่ 1 เป็นช่วงที่เริ่มมีการปลดปล่อยน้ำมันออกจากวัสดุดูดซับ ช่วงนี้จะเกิดประมาณนาทีที่ 1 หลังจากนำขึ้นจากภาชนะ อัตราการปลดปล่อยน้ำมันในช่วงนี้มีค่าสูง ช่วงที่ 2 คือช่วงการเปลี่ยนแปลง เกิดที่เวลานาทีที่ 1 ถึงนาทีที่ 5 อัตราการปลดปล่อยน้ำมันในช่วงนี้จะลงไปอย่างช้าๆ เมื่อเทียบกับช่วงที่ 1 และมีอัตราเร็วที่ต่ำกว่า ช่วงสุดท้ายคือช่วงที่เสถียร วัสดุดูดซับมีค่าการคงตัวของน้ำมันที่ค่อนข้างคงที่ เมื่อเวลาผ่านไปน้ำมันที่ถูกปลดปล่อยออกมามีปริมาณน้อยมาก และพบด้วยว่าน้ำมันเบา (light oil) มีแนวโน้มที่ถูกปลดปล่อยออกจากวัสดุดูดซับด้วยอัตราเร็วที่สูงกว่าน้ำมันหนัก (heavy oil) นอกจากนี้ โครงสร้างของวัสดุดูดซับก็มีบทบาทสำคัญต่อความสามารถในการคงตัวของน้ำมัน วัสดุดูดซับที่มีความพรุนสูงจะมีความสามารถในการดูดซับน้ำมันสูงแต่ค่าการคงตัวของน้ำมันต่ำ และหากโครงสร้างของวัสดุดูดซับเป็นเส้นใยขนาดเล็ก อัตราการปลดปล่อยน้ำมันจะลดลง

พรนภา อ่วมน้อย และอมรรัตน์ ศรีปรีเปรม (2547) ได้ทำการศึกษาการผลิตฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าวเพื่อใช้ดูดซับน้ำมันในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง ได้ศึกษา ปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณสารละลายคาร์บอนไดออกไซด์ อุณหภูมิ และอัตราส่วนระหว่างสารละลายวิสโคสกับผงโซเดียมซัลเฟต กระบวนการผลิตฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าวทำโดยนำฟางข้าวที่บดแล้วผสมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ หลังจากนั้นจึงนำมากรองและแยกกากมาบ่มที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นเติมสารละลายคาร์บอนไดออกไซด์ และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วนำมาบ่มที่อุณหภูมิห้องจะได้สารละลายวิสโคส จากนั้นนำสารละลายวิสโคสผสมกับผงโซเดียมซัลเฟตแล้วจึงนำมาแช่ในกรดซัลฟิวริกพบว่า ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณสารละลายคาร์บอนไดออกไซด์ อุณหภูมิและอัตราส่วนระหว่างสารละลายวิสโคสกับผงโซเดียมซัลเฟตจะมีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันของฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าว จะพบว่าสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 18 ปริมาณสารละลายคาร์บอนไดออกไซด์ 45 มิลลิลิตร อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และอัตราส่วนระหว่างสารละลายวิสโคสกับผงโซเดียมซัลเฟตที่ 1:2 จะสามารถผลิตฟองน้ำให้มีประสิทธิภาพที่สุด

นฤมล ศรีวิฑูรย์ (2548) ได้ทำการศึกษาการผลิตฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้เป็นวัสดุดูดซับสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี โดยผ่านกระบวนการเตรียมสารละลายวิสโคสเริ่มจากนำขานอ้อยซึ่งมีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลักมาบด แล้วแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อทำให้องศาการเกิดโพลีเมอร์ของเซลลูโลสต่ำลง จากนั้นกรองเอาแต่น้ำแล้วบ่มทิ้งไว้ จากนั้นทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์แล้วนำมาทำปฏิกิริยาอีกครั้งกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือจางเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก นำวิสโคสผสมกับเกลือโซเดียมซัลเฟตอัตราส่วนร้อยละ 50 แล้วขึ้นรูปในสภาวะกรดได้เป็นฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติได้ดีที่สุด

จตุรงค์ สุตรวม และคณะ (2549) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกระดาษมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ ได้ทำการทดลองโดยการนำกระดาษเหลือใช้มาทำการรีไซเคิลโดยศึกษาสมบัติทางกลของกระดาษ เพื่อนำกระดาษมาใช้เป็นตัวเสริมแรงในวัสดุคอมโพสิตโดยจะทำการศึกษาการสร้างเส้นใยที่เรียกว่า เรยอน โดยกรรมวิธีวิสโคสเรยอน และคิวพวอมโมเนีย เรยอน ซึ่งจากการทดลองพบว่า เส้นใยที่ได้ไม่สามารถนำมาเสริมแรงได้ ส่วนอีกวิธี คือการนำกระดาษมาเสริมแรงวัสดุคอมโพสิตแบบลามิเนต โดยศึกษาสมบัติทางกลของกระดาษ 3 ชนิดคือ กระดาษเปล่า

กระดาษปั้น และกระดาษปั้นผสมโซดาไฟที่ ร้อยละ 6 ร้อยละ 13 และร้อยละ 20 ซึ่งจากการทดลองพบว่ากระดาษแผ่นธรรมดาที่ร้อยละ 20 มีค่า Ultimate Tensile Strength สูงสุดที่ 28.966 เมกะปาสคาล กระดาษปั้นผสมโซดาไฟที่ร้อยละ 6 มีค่า Modulus of Elasticity สูงสุดที่ 22.61 ปาสคาล และกระดาษปั้นผสมโซดาไฟที่ร้อยละ 13 มีค่า Percent Elongation สูงสุดที่ร้อยละ 0.81 ในการสร้างโต๊ะญี่ปุ่น เลือกใช้กระดาษเปล่าที่ร้อยละ 20 ซึ่งให้ความต้านทานแรงดึงดีที่สุด โดยโต๊ะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 60 เซนติเมตร ความหนา 10 มิลลิเมตร และสามารถรับน้ำหนักได้ 35 กิโลกรัม

ชาวลิต เสนานุรักษ์วรกุล (2549) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันของเยื่อกระดาษและตัวดูดซับชนิดโพลีโพรพิลีน โดยได้การทดสอบดูดซับน้ำมัน 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันเบน น้ำมันหนักปานกลาง และน้ำมันหนัก ซึ่งมีความแตกต่างในค่าความหนืดและความหนาแน่น การทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำมันจะวัดค่าความสามารถในหน่วยกรัม น้ำมันต่อกรัมตัวดูดซับ ในสภาวะคงที่ โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาสั้น 15 นาที และช่วงยาว 24 ชั่วโมง พบว่าเยื่อกระดาษมีความสามารถในการดูดซับน้ำมันทั้ง 3 ชนิด น้อยกว่าตัวดูดซับชนิดโพลีโพรพิลีน ซึ่งตัวดูดซับจะมีความสามารถในการดูดซับมากขึ้นเมื่อน้ำมันที่มีความหนาแน่นและความหนืดสูงขึ้น และมีเวลามากขึ้น

สุวรรณ ละเอียดอินทร์ (2551) ผลิตฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติเพื่อใช้เป็นวัสดุปลูกพืชแทนการใช้ดินโดยการเตรียมของผสมหนืดวิสโคส จากฟางข้าว นำของผสมหนืดวิสโคสที่เตรียมได้ผสมกับเกลือโซเดียมซัลเฟต ในอัตราส่วน 1:1 และ 1:2 และเติมเส้นใยฝ้ายยาว 5 มิลลิเมตรร้อยละ 1-2 โดยน้ำหนักเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักของผสมหนืดวิสโคสเพื่อเพิ่มความแข็งแรง จากนั้นขึ้นรูปเป็นฟองน้ำด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้นร้อยละ 10

Lim และ Huang (2007) ศึกษาโครงสร้างของนุ่นที่มีผลต่อการดูดซับน้ำมันเมื่อเปรียบเทียบกับโพลีโพรพิลีน โดยใช้นุ่นผง (Loose) เป็นนุ่นตามธรรมชาติ และนุ่นอัดแน่น ดูดซับน้ำมันดีเซล น้ำมันไฮโดรลิก (AWS46) และน้ำมันเครื่อง (HD40) โดยใช้คอลัมน์กรองน้ำมันในระบบสุญญากาศ พบว่านุ่นอัดแน่นมีประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันทั้ง 3 ชนิดสูงกว่านุ่นผง เมื่อนำนุ่นอัดแน่นดังกล่าวมาใช้ซ้ำ 4 ครั้ง พบว่าประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันลดลงร้อยละ 30 นุ่นสามารถดูดซับน้ำมันได้ดีกว่าโพลีโพรพิลีน เพราะบริเวณผิวหน้าของเส้นใยนุ่นมีแว็กซ์ (Wax) เคลือบทำให้มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ โครงสร้างเส้นใยประกอบด้วยรูขนาดใหญ่ มีเส้นผ่าน

ศูนย์กลางกายนอกภูเท่ากับ 16.5 ± 2.4 ไมโครเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายในภูเท่ากับ 14.5 ± 2.4 ไมโครเมตร ทำให้เส้นใยนุ่มมีประสิทธิภาพในการดูดซับ และค่าการกักเก็บสูง (Retention Capacity) กลไกการซับเริ่มจากเกิดการดึงดูดด้วยแรงวาลเดอรัวาล์ว ระหว่างน้ำมัน และ แวกที่บริเวณผิวหน้าของเส้นใยนุ่ม น้ำมันรวมกันเป็นกลุ่มและซึมเข้าไปในแคปิลลารี

ชาญชัย สิริเกษมเลิศ (2554) นำเส้นใยเรยอนผสมกับเส้นใยลูกตาลในอัตราส่วน 85 :15 ด้วยกระบวนการปั่นด้ายแบบปลายเปิด (Open-end spinning) เพื่อนำเส้นด้ายผสมไปผลิตเป็นผืนผ้า จากนั้นนำเส้นด้ายผสมมาทดสอบสมบัติทางกายภาพพบว่า เส้นด้ายผสมมีความหนาแน่นเชิงเส้น เท่ากับ 708.30 ดีเนียร์ มีค่าความทนต่อแรงดึง 0.97 กรัมต่อดีเนียร์ และมีอัตราส่วนการยืดตัวก่อนขาด (Elongation) ร้อยละ 11.23

Abdullah และคณะ (2010) ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันดีเซล และน้ำมันเครื่องยนต์ ของเส้นใยนุ่มโดยนำเส้นใยนุ่มมาแช่ในคลอโรฟอร์ม และต่าง เป็นเวลา 8 ชั่วโมง นำไปอัดแน่น (Packed) ในเซลล์ทดสอบ พบว่านุ่มที่แช่ในคลอโรฟอร์มมีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันได้ดีกว่านุ่มที่แช่ในต่าง เพราะการแช่ด้วยต่างทำให้โครงสร้างที่เป็นทอกลวง (Hollow) ลดลงรูปร่างเปลี่ยนเป็นแบนเรียบ แต่การแช่ด้วยคลอโรฟอร์มไม่มีผลต่อโครงสร้าง และสามารถนำตัวดูดซับมาใช้ซ้ำได้ถึง 15 ครั้ง ประสิทธิภาพการดูดซับลดลงเพียงร้อยละ 30 และจากการวิเคราะห์โครงสร้างของนุ่มพบว่าบริเวณ ทอกลวงของนุ่มประกอบด้วยลิกโนเซลลูลอส (Lignocellulosic) และเคลือบด้วยขี้ผึ้ง (Wax) ทำให้มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำและดูดซับน้ำมัน

Gahlor และ Pant (2011) ได้นำเส้นใยเรยอนมาผสมกับเส้นใยไหม เพื่อปรับปรุงคุณภาพของเส้นใยไหม เนื่องจากเส้นใยเรยอนมีความคงทนและดูดซับความชื้นได้ดี จากการทดลองพบว่า อัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยไหมร้อยละ 35:65 เป็นสัดส่วนที่ได้เส้นด้ายผสมที่มีคุณสมบัติดีกว่าเดิม

Rengasamy และคณะ (2011) ศึกษาพฤติกรรมการดูดซับน้ำมันดีเซล และน้ำมันที่มีความหนืดสูง (High density oil) ของเส้นใยโพลีโพรไพลีน นุ่ม และมิลควีด (Milkweed) พบว่าเส้นใย โพลีโพรไพลีน มีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันทั้งสองชนิดได้ดีกว่า เส้นใยนุ่มและมิลควีด ประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันมีผลมาจากรูพรุนขนาดใหญ่ ทำให้น้ำมันสามารถแพร่เข้าไปใน

แคปปิลารีได้ดี แต่รูพรุนที่มีขนาดใหญ่มากแรงดันแคปปิลารีอาจไม่เพียงพอที่จะทำให้น้ำมันไหลเข้าไปด้านในซึ่งอาจทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันน้อยลง

สรุปการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อุตสาหกรรมเส้นใยเรยอนเป็นอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดของเสียเป็นจำนวนมาก ซึ่งกระบวนการกำจัดของเสียดังกล่าวนั้นยังคงใช้วิธีฝังกลบและเสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูง ปัจจุบันจึงมีงานวิจัยที่มีวัตถุประสงค์ในการประยุกต์ใช้ของเสียดังกล่าวให้เกิดประโยชน์เพิ่มมากขึ้น การนำของเสียกลับมาใช้ร่วมกับการนำวัสดุจากธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ให้เป็นประโยชน์สูงสุด จึงเป็นสิ่งที่เหมาะสมในการทำวิจัย

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า คุณบัติขององค์ประกอบต่างๆ ที่ใช้เป็นตัวกลางในการเตรียมตัวดูดซับ มีความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้ของเสียให้เกิดประโยชน์ และเป็นแนวทางในการนำของเสียกลับมาใช้เป็นวัสดุดิบทดแทนวัสดุสังเคราะห์ที่มีราคาแพง

ในงานวิจัยนี้จึงเป็นการประยุกต์ใช้ของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตเส้นใยเรยอนจากอุตสาหกรรมเส้นใยเรยอน ซึ่งได้แก่ ของผสมหนืดวิสโคส เส้นใยเรยอน ร่วมกับเส้นใยพูนมาใช้เป็นวัสดุดูดซับน้ำมัน โดยมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนต่างๆ ขององค์ประกอบที่ใช้เป็นตัวกลางในการเตรียมตัวดูดซับ และทำการทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำมันตามวิธีการมาตรฐาน เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับน้ำมันระหว่างตัวดูดซับที่เตรียมขึ้นกับวัสดุดูดซับสังเคราะห์ชนิดโพลีโพรพิลีน

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

3.1 แผนการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้ของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเส้นใยเรยอน ซึ่งได้แก่ เส้นใยเรยอนและของผสมหนืดวิสโคส ผสมกับเส้นใยนุ่มธรรมชาติเป็นตัวกลางในการดูดซับน้ำมัน เพื่อเตรียมขึ้นเป็นวัสดุดูดซับ โดยมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนผสมและองค์ประกอบของตัวกลาง เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับน้ำมัน และทำการเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับน้ำมันระหว่างวัสดุดูดซับที่เตรียมขึ้นกับวัสดุดูดซับสังเคราะห์ชนิดโพลีโพรพิลีน

ตัวกลางที่ใช้ในการเตรียมตัวดูดซับซึ่งได้แก่ ของผสมหนืดวิสโคส จะทำหน้าที่เป็นตัวกลางประสานเพื่อขึ้นรูปตัวดูดซับให้มีลักษณะคล้ายแผ่นฟองน้ำ โดยจะมีเส้นใยเรยอนและเส้นใยนุ่มเป็นตัวกลางทำหน้าที่ดูดซับน้ำมัน

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. ปีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร
2. กระจกตวงขนาด 10 และ 100 มิลลิลิตร
3. ขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตร
4. ขวดพลาสติกขนาด 1000 มิลลิลิตร
5. แท่งแก้ว
6. คีมจับ
7. ถาดเซรามิกขนาด 15 x 15 ตารางเซนติเมตร
8. ถาดอลูมิเนียมขนาด 30 x 45 x 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร
9. ตะแกรงอลูมิเนียม
10. เครื่องชั่งสาร ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
11. เครื่องปั่นผสม
12. ตู้อบ (Oven)

3.2.2 วัตถุดิบและสารเคมี

1. เส้นใยนุ่ม (Kapok Fiber) เป็นเส้นใยนุ่มที่หาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป (ภาพที่ 3.1)
2. เส้นใยเรยอน (Rayon Fiber) เป็นของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเส้นใยเรยอน (ภาพที่ 3.1)
3. ของผสมหนืดวิสโคส (Viscose Mixture) เป็นของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเส้นใยเรยอน (ภาพที่ 3.2)
4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก
5. สารละลายกรดซัลฟิวริกร้อยละ 10 โดยปริมาตร
6. น้ำกลั่น
7. น้ำมันดีเซล (Diesel Oil) เป็นน้ำมันที่ได้จากสถานีบริการน้ำมัน ปตท.
8. น้ำมันเครื่องรถยนต์ (Engine Oil) เป็นผลิตภัณฑ์น้ำมันเครื่องยี่ห้อ ปตท. รุ่น ไดนามิค พรีเมียร์ SAE 15W-40
9. น้ำมันเตา (Bunker C Oil) เป็นผลิตภัณฑ์น้ำมันจากบริษัท สยามออยล์ จำกัด

3.2.3 การเตรียมตัวดูดซับ

3.2.3.1 การเตรียมเส้นใย

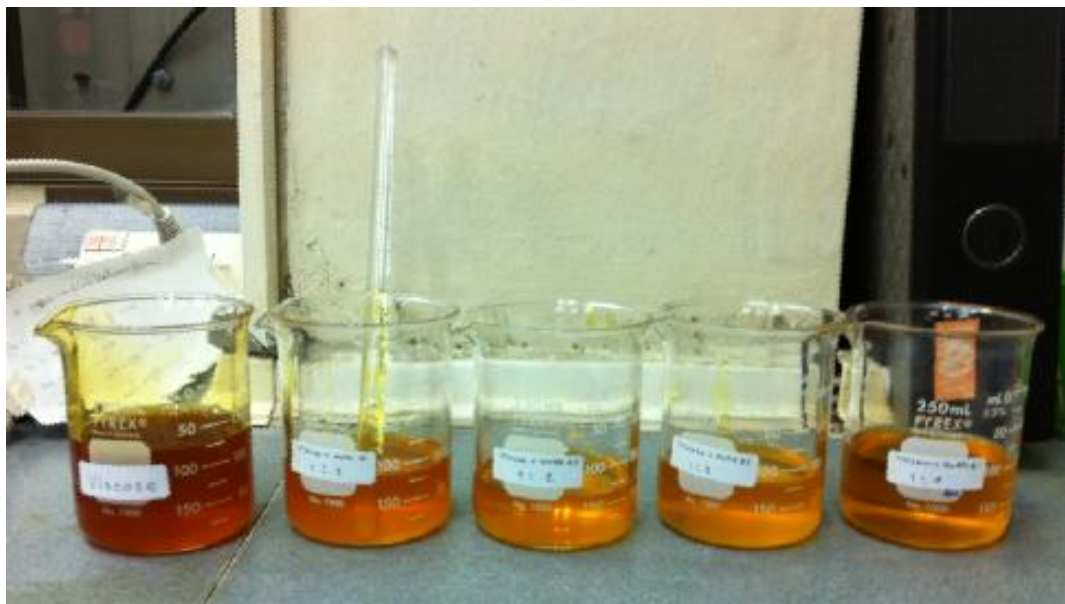
1. ทำความสะอาดเส้นใยเรยอนและเส้นใยนุ่มให้สะอาด
2. ตัดเส้นใยเรยอนและเส้นใยนุ่มให้มีความยาวสั้นลงจนละเอียดพอที่จะไม่ฟุ้งกระจาย



ภาพที่ 3.1 ตัวอย่างเส้นใยที่ใช้ในการทดลอง เส้นใยนุ่ม (ซ้าย) และเส้นใยเรยอน (ขวา)

3.2.3.2 การเตรียมของผสมเหนียววิสโคส

1. เตรียมของผสมเหนียววิสโคสผสมลงในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แยกออกเป็น 4 อัตราส่วนโดยน้ำหนัก คือ อัตราส่วนระหว่างของผสมเหนียววิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1:1, 1:2, 1:3 และ 1:4 ลงในบีกเกอร์ตามลำดับ (ควรมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 360 กรัมในทุกอัตราส่วน)
2. ใช้แท่งแก้วคนให้ของผสมเหนียววิสโคสผสมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์จนเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นเทวิสโคสที่ผสมแล้วลงในขวดพลาสติกของแต่ละอัตราส่วน



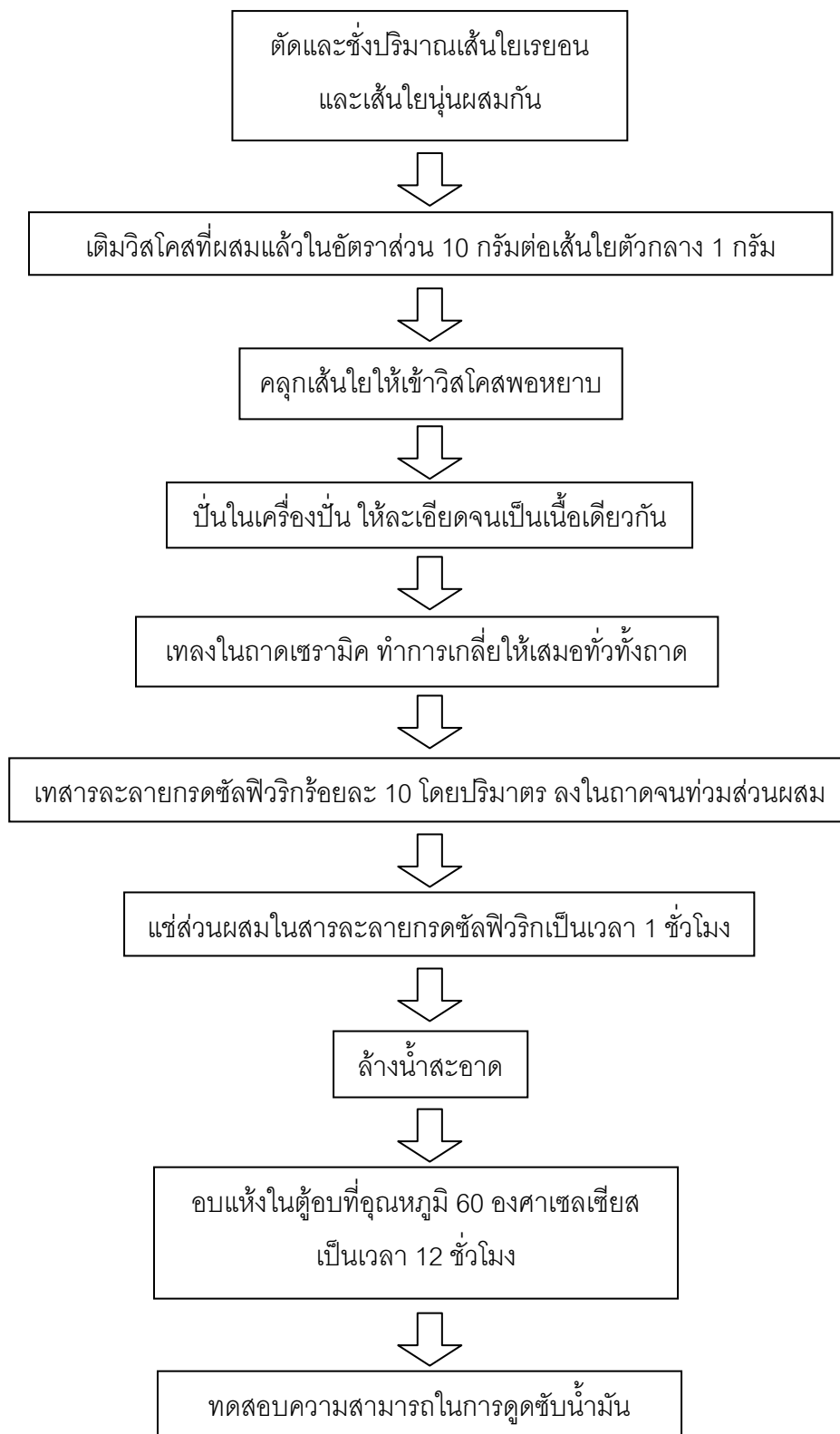
ภาพที่ 3.2 ตัวอย่างของผสมเหนียววิสโคสในอัตราส่วนต่างๆ

3.3 ขั้นตอนการเตรียมตัวดูดซับ

1. ชั่งปริมาณเส้นใยเรยอนและเส้นใยนุ่น แยกออกเป็น 6 อัตราส่วน คือ อัตราส่วนระหว่างเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยนุ่น 1:0, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 และ 0:1 โดยน้ำหนัก ลงในปีกเกอร์ตามลำดับ ให้มีน้ำหนักรวมเท่ากับ 6 กรัมในทุกอัตราส่วน
2. เติมวิสโคสที่ผสมแล้วในอัตราส่วน 1:1 ปริมาณ 60 กรัม ลงในปีกเกอร์ที่เตรียมเส้นใยไว้แล้วในข้อ 1.
3. คลุกเส้นใยให้เข้าวิสโคสพอหยาบ
4. นำส่วนผสมที่ได้ไปปั่นในเครื่องปั่น ให้ละเอียดจนเป็นเนื้อเดียวกัน (ภาพที่ ง.1)
5. นำส่วนผสมที่ปั่นแล้ว มาเทลงในถาดเซรามิค ทำการเกลี่ยให้เสมอกว่ทั้งถาด (ภาพที่ ง.1 และ ง.2)
6. เทสารละลายกรดซัลฟิวริกร้อยละ 10 โดยปริมาตร ลงในถาดจนท่วมส่วนผสม
7. แช่ส่วนผสมในสารละลายกรดซัลฟิวริกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อขึ้นรูปตัวอย่าง (ภาพที่ ง.4)
8. นำตัวอย่างที่ได้ (ภาพที่ ง.5) ไปล้างน้ำสะอาด
9. นำตัวอย่างไปอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง* (ภาพที่ ง.8)
10. ทำการเตรียมตัวอย่างจากข้อ 1. ถึง ข้อ 9. ในอัตราส่วนวิสโคส 1:2, 1:3 และ 1:4
11. นำตัวอย่างที่เตรียมขึ้นไปทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำมันต่อไป (ภาพที่ ง.6)

หมายเหตุ: *ตัวอย่างตัวดูดซับที่อบนานเกินกว่าเวลาที่กำหนดไว้ จะเกิดการไหม้ แห่งกรอบ และไม่สามารถขึ้นรูปได้ดังแสดงในภาพที่ ง.9

3.4 แผนผังกระบวนการเตรียมตัวอย่าง



3.5 จำนวนตัวอย่างในการทดลอง

ตัวอย่างในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 4 ชุดการทดลอง (ตามอัตราส่วนของวัสดุ) โดยแต่ละชุดการทดลองนั้นจะประกอบไปด้วยตัวอย่างจำนวน 6 ตัวอย่าง (ตามอัตราส่วนผสมของเส้นใย) ทำให้มีตัวอย่างเท่ากับ 24 ตัวอย่าง (ภาพที่ ง.7)

เนื่องจากการทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำมัน ใช้น้ำมันทั้งหมด 3 ชนิด โดยน้ำมันแต่ละชนิดจะทำการทดสอบกับตัวอย่างทั้ง 24 ตัวอย่าง จึงมีจำนวนตัวอย่างในการทดลองเท่ากับ 72 ตัวอย่าง และทำการทดลองซ้ำ 3 ซ้ำเพื่อหาค่าเฉลี่ยในแต่ละตัวอย่างอีกด้วย ดังนั้นจึงมีจำนวนตัวอย่างทั้งหมดเท่ากับ 216 ตัวอย่าง

3.6 การทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำมัน

3.6.1 น้ำมันที่ใช้ในการทดลอง

น้ำมันที่ใช้ในการทดสอบความสามารถในการดูดซับแบ่งเป็น 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันดีเซล น้ำมันเครื่องรถยนต์ และน้ำมันเตา ซึ่งมีความแตกต่างกันในค่าความหนืดและความหนาแน่นดังที่แสดงในตาราง 3.1

ตารางที่ 3.1 ตารางเปรียบเทียบความแตกต่างของน้ำมันที่ใช้ในการทดลอง

| ชนิดของน้ำมัน | น้ำมันที่ใช้ทดลอง | ค่าความหนืด (เซนติพอยส์) | ค่าความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) |
|---------------|---------------------|-----------------------------|--|
| น้ำมันเบา | น้ำมันดีเซล | 4 | 0.824 |
| น้ำมันกลาง | น้ำมันเครื่องรถยนต์ | 210 | 0.875 |
| น้ำมันหนัก | น้ำมันเตา | 1500 | 0.943 |

ที่มา : ชาวลิต เสนานุรักษ์วรกุล, 2549

3.6.2 ระยะเวลาในการดูดซับน้ำมัน

การทดสอบดูดซับน้ำมันแบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลา คือ การทดสอบดูดซับช่วงสั้น 15 นาที และการทดสอบดูดซับช่วงยาว 24 ชั่วโมง

3.6.3 ขั้นตอนการทดสอบดูดซับน้ำมัน

1. เทน้ำมันลงในภาควัดความหนืด โดยให้มีความลึกของน้ำมันอย่างน้อย 2.5 เซนติเมตร
2. นำตัวอย่างวางลงในภาคน้ำมัน
3. จับเวลาในการดูดซับ 15 นาทีสำหรับการทดสอบดูดซับช่วงสั้น และ 24 ชั่วโมง สำหรับการทดสอบดูดซับช่วงยาว
4. นำตัวอย่างที่ดูดซับน้ำมันแล้วไปวางบนตะแกรงเพื่อระบายน้ำมันเป็นเวลา 30 วินาที สำหรับการทดสอบดูดซับน้ำมันดีเซลและน้ำมันเครื่องรถยนต์ และ 2 นาทีสำหรับการทดสอบดูดซับน้ำมันเตา
5. นำตัวอย่างไปชั่งน้ำหนักและบันทึก

3.6.4 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

ตารางที่ 3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาและช่วงทำการควบคุม

| ตัวแปรคงที่ | ช่วงที่ทำการควบคุม |
|---|------------------------|
| 1. ขนาดของตัวอย่างวัสดุดูดซับ | 15 × 15 ตารางเซนติเมตร |
| 2. สารละลายที่ใช้เจือจางของผสมหนืดวิสโคส | โซเดียมไฮดรอกไซด์ |
| 3. ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ | ร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก |
| 4. ปริมาณของวิสโคสผสมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้เป็นส่วนผสมของวัตถุดิบ | 60 กรัม |
| 5. น้ำหนักรวมของเส้นใยเรยอนผสมเส้นใยหนูที่ใช้เป็นส่วนผสมของวัตถุดิบ | 6 กรัม |
| 6. ชนิดของสารละลายกรดที่ใช้ขึ้นรูปตัวอย่าง | สารละลายกรดซัลฟิวริก |
| 7. ความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟิวริก | ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก |
| 8. ระยะเวลาที่ใช้แช่ส่วนผสมในสารละลายกรดซัลฟิวริก เพื่อขึ้นรูปตัวอย่างวัสดุดูดซับ | 1 ชั่วโมง |
| 9. อุณหภูมิที่ใช้ในการอบตัวอย่างวัสดุดูดซับ | 60 องศาเซลเซียส |
| 10. เวลาที่ใช้ในการอบตัวอย่างวัสดุดูดซับ | 12 ชั่วโมง |
| 11. เวลาที่ใช้ในการทดสอบการดูดซับน้ำมันช่วงสั้น | 15 นาที |
| 12. เวลาที่ใช้ในการทดสอบการดูดซับน้ำมันช่วงยาว | 24 ชั่วโมง |

ตารางที่ 3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาและช่วงทำการควบคุม (ต่อ)

| ตัวแปรอิสระ | ช่วงที่ทำการควบคุม |
|---|---|
| 1. อัตราส่วนผสมระหว่างเส้นใยเรยอนกับเส้นใยนุ่น | อัตราส่วน 1:0, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 และ 0:1 โดยน้ำหนัก |
| 2. อัตราส่วนผสมระหว่างของผสมเหนียวโคสกับสารละลายไซเดียมไฮดรอกไซด์ | อัตราส่วน 1:1, 1:2, 1:3 และ 1:4 โดยน้ำหนัก |
| 3. ชนิดของน้ำมันที่ใช้ในทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำมัน | น้ำมันดีเซล น้ำมันเครื่องรถยนต์ และน้ำมันเตา |
| ตัวแปรตาม | ค่าที่ทำการวัด |
| 1. ประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันของตัวอย่างวัสดุดูดซับ | ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน |
| 2. ลักษณะและคุณสมบัติทางกายของตัวดูดซับ | ค่าความเค้นแรงดึงสูงสุด ค่าแรงดึงต่อน้ำหนัก และค่าร้อยละของการยืดตัว หมู่ฟังก์ชันของตัวดูดซับ |

3.6.5 การตรวจวิเคราะห์

ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายของตัวอย่างตัวดูดซับที่เตรียมขึ้น จากเครื่องมือทดสอบ Universal Testing Machine ยี่ห้อ Hounsfield รุ่น H10KM เพื่อวิเคราะห์หา ค่าความเค้นแรงดึงสูงสุด (Tensile Strength) ค่าแรงดึงต่อน้ำหนัก และค่าร้อยละของการยืดตัว (%Elongation)

ทำการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการกระตุ้นสารด้วยพลังงานแสงช่วงแสงอินฟราเรด (Infrared Light) เพื่อหาหมู่ฟังก์ชันของโครงสร้างของสารอินทรีย์จากเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy ยี่ห้อ PerkinElmer รุ่น Spectrum One

ทำการวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวและพื้นผิวน้ำตัด โดยการวิเคราะห์จากภาพถ่ายที่ได้จากการถ่ายภาพผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope; SEM) รุ่น JSM 6400 ที่มีกำลังขยายเท่ากับ 100 ไมโครเมตร และค่าศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 15 กิโลโวลต์

ทำการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับไว้ในตัวอย่างวัสดุดูดซับ โดยวิธีการทดสอบความสามารถในการดูดซับตามมาตรฐานของสมาคมเพื่อการทดสอบวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (American Society for Testing and Materials; ASTM: F726-99)

3.6.6 การคำนวณ

คำนวณหาค่าความสามารถในการดูดซับน้ำมัน โดยคำนวณจากค่าน้ำหนักของตัวอย่างก่อนทำการดูดซับน้ำมัน และค่าน้ำหนักของตัวอย่างหลังทำการดูดซับน้ำมัน ซึ่งจะคำนวณค่าความสามารถในการดูดซับน้ำมันในหน่วยกรัมน้ำมันต่อกรัมวัสดุดูดซับ ดังสมการที่ 3-1

$$\text{ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน} = S_s / S_0 \text{ (หน่วย กรัมน้ำมันต่อกรัมตัวดูดซับ)} \quad (3-1)$$

โดยที่

| | |
|----------|---|
| S_0 | หมายถึง น้ำหนักของตัวอย่างก่อนทำการดูดซับน้ำมัน |
| S_{ST} | หมายถึง น้ำหนักของตัวอย่างหลังทำการดูดซับน้ำมัน |
| S_s | หมายถึง ปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับ ซึ่งคำนวณได้จาก $S_s = S_{ST} - S_0$ |

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเส้นใยเรยอน โดยนำมาผสมกับเส้นใยุ่นเป็นตัวกลางเพื่อเตรียมขึ้นเป็นตัวดูดซับ การศึกษานี้มีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของการผสมเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นจำนวน 6 อัตราส่วน ได้แก่ 1:0, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 และ 0:1 โดยน้ำหนัก และเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของของผสมหนืดวิสโคสออกเป็น 4 อัตราส่วน คือ อัตราส่วนระหว่างของผสมหนืดวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1:1, 1:2, 1:3 และ 1:4 โดยน้ำหนัก แต่จะกำหนดอัตราส่วนของปริมาณของผสมหนืดวิสโคสต่อเส้นใยตัวกลางคือ 10 : 1 โดยน้ำหนัก เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับน้ำมัน โดยทำการทดสอบการดูดซับในน้ำมัน 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันดีเซล น้ำมันเครื่องรถยนต์ และน้ำมันเตา ซึ่งมีความแตกต่างกันในค่าความหนืดและความหนาแน่น โดยการทดสอบดูดซับน้ำมันจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลา คือ การทดสอบดูดซับช่วงสั้น 15 นาที และการทดสอบดูดซับช่วงยาว 24 ชั่วโมง

4.1 ผลการประยุกต์ใช้ของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตเส้นใยเรยอน

ผลการเตรียมตัวดูดซับที่ใช้ในการทดลองโดยเตรียมด้วยวิธีการดังที่กล่าวไว้ใน บทที่ 3 ซึ่งมีอัตราส่วนของเส้นใยมีน้ำหนักรวมเท่ากับ 6 กรัม และน้ำหนักของอัตราส่วนของวิสโคสที่ผสมโซเดียมไฮดรอกไซด์แล้ว 60 กรัม เมื่อผ่านกระบวนการขึ้นรูปและอบจนแห้งแล้วพบว่า ตัวดูดซับที่เตรียมขึ้นได้นั้น มีลักษณะเป็นแผ่นสีเหลืองและมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 22.06 กรัม ดังที่แสดงในภาพที่ 4.1 และภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.1 ตัวอย่างของตัวดูดซับที่เตรียมขึ้น (ก่อนอบแห้ง)



ภาพที่ 4.2 ตัวอย่างของตัวดูดซับที่เตรียมขึ้น (หลังอบแห้ง)

จากผลการทดลองการเตรียมตัวดูดทำให้ได้ตัวดูดซับซึ่งมีของผสมเหนียวโคสทำหน้าที่เป็นตัวประสานเส้นใยตัวกลางที่ทำหน้าที่ในการดูดซับให้สามารถคงรูปอยู่ในลักษณะแผ่นฟองน้ำที่มีขนาดดังที่ได้กำหนดไว้ในบทที่ 3 จากนั้นจึงนำแผ่นตัวอย่างตัวดูดซับที่เตรียมได้มาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ คำนวณหาร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น เพื่อหาค่าความสามารถในการดูดซับน้ำมัน และเปรียบเทียบกับวัสดุดูดซับสังเคราะห์ชนิดโพลีโพรพิลีนต่อไป

4.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของตัวดูดซับที่เตรียมขึ้น

4.2.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายของตัวอย่างตัวดูดซับที่เตรียมขึ้น

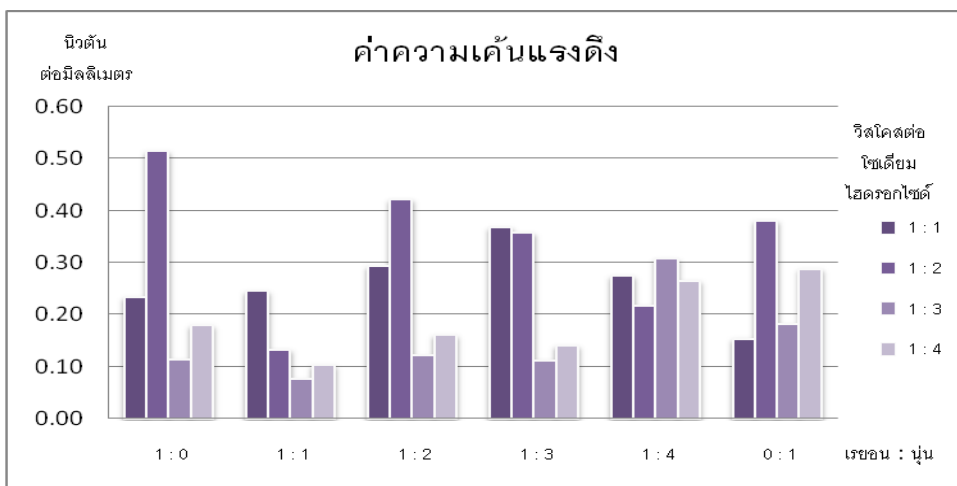
ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายของตัวอย่างตัวดูดซับที่เตรียมขึ้น จากเครื่องมือทดสอบ Universal Testing Machine ยี่ห้อ Hounsfield รุ่น H10KM พบว่า ค่าความเค้นแรงดึงสูงสุด (Tensile Strength) ค่าแรงดึงต่อน้ำหนัก และค่าร้อยละของการยืดตัว (%Elongation) ได้ผลการตรวจวิเคราะห์ดังที่แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายของตัวอย่างตัวดูดซับที่เตรียมขึ้น

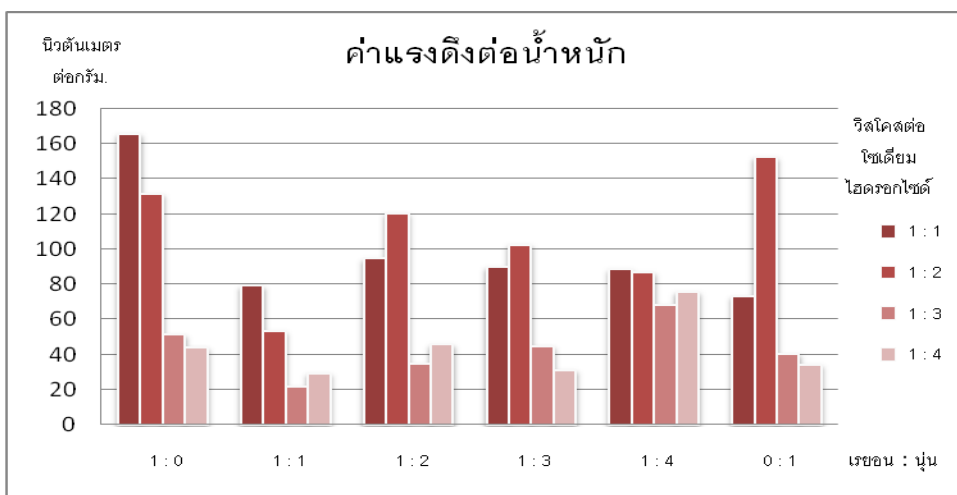
| อัตราส่วนวิสโคสต่อ ไซเดียมไฮดรอกไซด์ | อัตราส่วน เส้นใยเรยอน ต่อเส้นใยนู่น | ความเค้น แรงดึง (นิวตัน/มม.) | แรงดึงต่อน้ำหนัก (นิวตัน.เมตร/กรัม) | ร้อยละของ การยืดตัว |
|---|---|------------------------------------|--|------------------------|
| 1 : 1 | 1 : 0 | 0.2342 | 166.00 | 1.776 |
| | 1 : 1 | 0.2456 | 79.20 | 1.586 |
| | 1 : 2 | 0.2938 | 94.80 | 2.606 |
| | 1 : 3 | 0.3685 | 89.90 | 1.231 |
| | 1 : 4 | 0.2752 | 88.80 | 2.040 |
| | 0 : 1 | 0.1542 | 73.40 | 1.980 |
| 1 : 2 | 1 : 0 | 0.5150 | 131.77 | 1.660 |
| | 1 : 1 | 0.1332 | 53.30 | 2.286 |
| | 1 : 2 | 0.4225 | 120.70 | 1.760 |
| | 1 : 3 | 0.3577 | 102.70 | 2.314 |
| | 1 : 4 | 0.2176 | 87.00 | 0.997 |
| | 0 : 1 | 0.3815 | 152.60 | 2.646 |
| 1 : 3 | 1 : 0 | 0.1135 | 51.40 | 1.538 |
| | 1 : 1 | 0.0758 | 21.66 | 1.723 |
| | 1 : 2 | 0.1220 | 34.85 | 1.434 |
| | 1 : 3 | 0.1125 | 44.99 | 1.971 |
| | 1 : 4 | 0.3078 | 68.40 | 2.340 |
| | 0 : 1 | 0.1823 | 40.52 | 2.391 |
| 1 : 4 | 1 : 0 | 0.1797 | 44.36 | 1.446 |
| | 1 : 1 | 0.1030 | 29.44 | 5.090 |
| | 1 : 2 | 0.1608 | 45.93 | 2.694 |
| | 1 : 3 | 0.1407 | 31.27 | 4.857 |
| | 1 : 4 | 0.2658 | 75.90 | 4.114 |
| | 0 : 1 | 0.2883 | 34.36 | 2.717 |

จากตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายของตัวอย่างตัวดูดซับที่เตรียมขึ้นพบว่า ค่าความเค้นแรงดึงจะแสดงถึงค่าความหนาแน่นของวัสดุดูดซับ ความเป็นรูพรุนและเป็นโพรงของวัสดุดูดซับ กล่าวคือ วัสดุดูดซับที่มีค่าความเค้นแรงดึงมาก เส้นใยมีลักษณะทางกายภาพของตัวดูดซับที่มีความหนาแน่นมาก จะทำให้มีความเป็นรูพรุนและเป็นโพรงน้อยนั่นเอง ส่วนค่าแรงดึงต่อน้ำหนักจะแสดงถึงค่าที่บ่งบอกลักษณะการเรียงตัวของโครงสร้างเส้นใยภายในตัวดูดซับ กล่าวคือ เมื่อตัวดูดซับมีการเรียงตัวของเส้นใยกันอย่างเป็นระเบียบ จะทำให้ตัวดูดซับมีความแข็งแรง ทนทาน ค่าแรงดึงต่อน้ำหนักจะมีค่ามากขึ้นตามไปด้วย และค่าร้อยละของการยืดตัวจะแสดงถึงค่าความสามารถในการคงรูปลักษณะเดิมของวัสดุดูดซับนั้นๆ กล่าวคือ เมื่อวัสดุดูดซับมีค่าร้อยละของการยืดตัวมาก จะทำให้ตัวดูดซับจะมีความยืดหยุ่น สามารถคงรูปอยู่ได้ในลักษณะเดิมได้ดี โดยค่าร้อยละของการยืดนี้จะบ่งบอกถึงลักษณะทางกายภาพของตัวดูดซับที่มีการยืดติดกันของเส้นใยนั่นเอง (Leonard และ Elias, 1999)

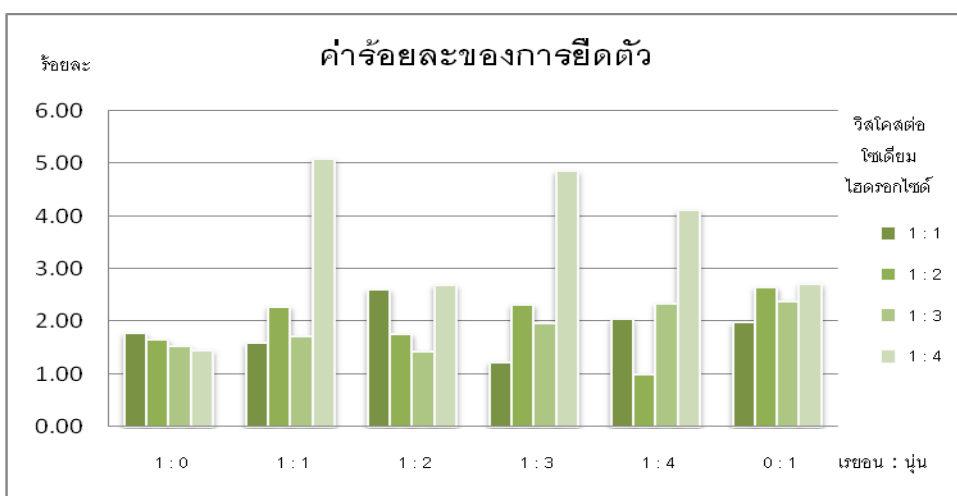
เมื่อนำผลการตรวจวิเคราะห์ค่าความเค้นแรงดึงสูงสุด ค่าแรงดึงต่อน้ำหนัก และค่าร้อยละของการยืดตัวที่ได้มาเขียนกราฟเพื่อวิเคราะห์หาความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของตัวอย่างในแต่ละอัตราส่วนพบว่า ตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนของเส้นใย 1:0 นั้นจะมีความแข็งแรง ทนทานมากที่สุด เนื่องจากมีค่าความเค้นแรงดึง และค่าแรงดึงต่อน้ำหนักสูงที่สุด แต่อัตราส่วนดังกล่าวนี้มีค่าร้อยละของการยืดตัวต่ำที่สุด จึงทำให้ไม่สามารถคงรูปในลักษณะเดิมได้ ซึ่งตัวดูดซับที่มีอัตราส่วน 0:1 มีค่าความเค้นแรงดึงและค่าแรงดึงต่อน้ำหนักใกล้เคียงกับอัตราส่วน 1:0 แต่มีค่าร้อยละของการยืดตัวที่สูงกว่า จึงทำให้สามารถคงรูปในลักษณะเดิมได้ดีกว่า ดังที่แสดงในภาพที่ 4.3 4.4 และ 4.5



ภาพที่ 4.3 แผนภูมิแสดงค่าความเค้นแรงดึง



ภาพที่ 4.4 แผนภูมิแสดงค่าแรงดึงต่อน้ำหนัก



ภาพที่ 4.5 แผนภูมิแสดงค่าร้อยละของการยืดตัว

จากภาพที่ 4.3 4.4 และ 4.5 สามารถสรุปได้ว่า เมื่อพิจารณาจากอัตราส่วนวิสโคสที่เปลี่ยนแปลงอัตราส่วนที่มีความเข้มข้นของวิสโคสมากพบว่า มีค่าความเค้นแรงดึงและค่าแรงดึงต่อน้ำหนักมาก แต่จะมีค่าร้อยละของการยืดตัวน้อย และเมื่อพิจารณาจากอัตราส่วนของเส้นใยที่เปลี่ยนแปลงพบว่า ตัวดูดซับมีอัตราส่วนของเส้นใยใหม่ที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่าความเค้นแรงดึงและค่าแรงดึงต่อน้ำหนักรวมถึงค่าของการยืดตัวเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

4.2.2 ผลการวิเคราะห์จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope; SEM) ของตัวดูดซับที่เตรียมขึ้น

การวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของตัวดูดซับที่เกิดขึ้นจากการแปรค่าลักษณะวัสดุจากกระบวนการผลิตเส้นใยเรยอนกับเส้นใยถั่ว ด้วยการวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวและพื้นผิวน้ำตัด จากภาพถ่ายที่ได้จากการถ่ายภาพผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning Electron Microscope; SEM) รุ่น JSM 6400 ที่มีกำลังขยายเท่ากับ 100,000 เท่า และค่าศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 15 กิโลโวลต์ ของตัวอย่างทั้งหมด 24 ตัวอย่าง ซึ่งได้ผลการตรวจวิเคราะห์ดังนี้



(ก)



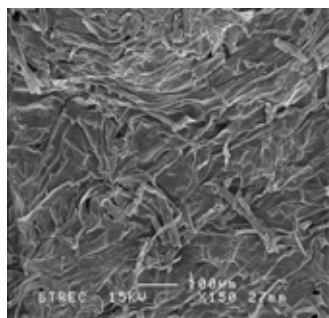
(ข)

ภาพที่ 4.6 ตัวอย่างตัวดูดซับที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์ผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

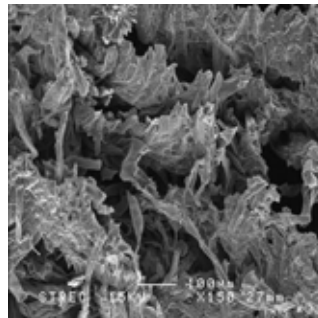
(ก) ตัวอย่างวิเคราะห์พื้นผิว (ข) ตัวอย่างวิเคราะห์พื้นผิวน้ำตัด

4.2.2.1 ผลการวิเคราะห์จากอัตราส่วนความเข้มข้นของวิสโคสที่เปลี่ยนแปลงของตัวดูดซับที่เตรียมขึ้น เมื่อพิจารณาจากอัตราส่วนความเข้มข้นของวิสโคสที่เปลี่ยนแปลงของตัวดูดซับที่เตรียมขึ้นจากผลการวิเคราะห์จากค่าความเค้นแรงดึงสูงสุด ค่าแรงดึงต่อน้ำหนักและค่าร้อยละของการยืดตัว แล้วนำมาเปรียบเทียบกับภาพถ่ายที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

พบว่าตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนของความเข้มข้นของวิสโคสมาก มีค่าความเค้นแรงดึงสูงสุดมากกว่า ตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนของความเข้มข้นของวิสโคสน้อย กล่าวคือ ตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนของความเข้มข้นของวิสโคสมาก จะมีความแข็งแรงคงทนมากกว่าตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนของความเข้มข้นของวิสโคสน้อย เนื่องจากค่าความเค้นแรงดึงสูงสุดที่มากนั้นบ่งบอกถึงลักษณะทางกายภาพของตัวดูดซับว่ามีความหนาแน่นมาก ทำให้มีความเป็นรูพรุนและเป็นโพรงน้อยกว่าตัวดูดซับที่มีค่าความเค้นแรงดึงสูงสุดน้อย ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากภาพที่ 4.7 และภาพที่ 4.8 มีอัตราส่วนของเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นที่เท่ากัน แต่มีอัตราส่วนของความเข้มข้นของวิสโคสที่แตกต่างกัน พบว่าภาพที่ 4.7 จะมีลักษณะความเป็นรูพรุนหรือมีช่องว่างที่น้อยกว่าภาพที่ 4.8 เนื่องจากเส้นใยมีลักษณะแบนและหนาแน่นมากกว่า

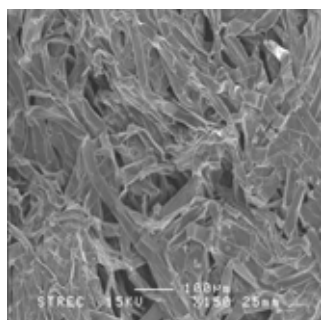


(ก)

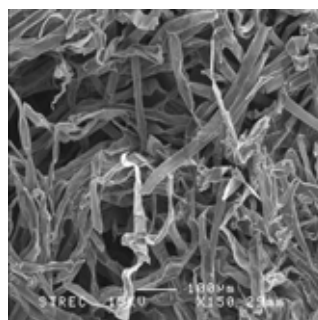


(ข)

ภาพที่ 4.7 แสดงลักษณะทางกายภาพของเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่น 1:4 และผสมวิสโคสต่อไซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:1 (ก) พื้นผิว (ข) พื้นผิวน้ำตัด



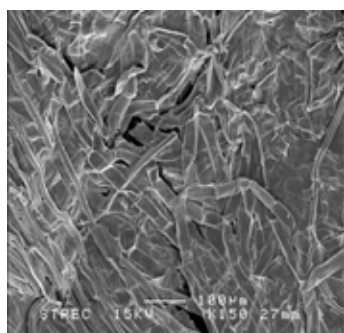
(ก)



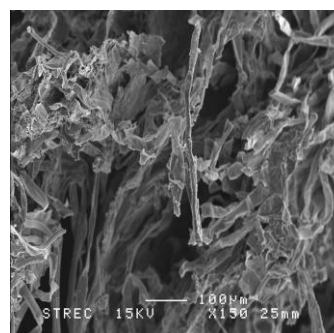
(ข)

ภาพที่ 4.8 แสดงลักษณะทางกายภาพของเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่น 1:4 และผสมวิสโคสต่อไซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:4 (ก) พื้นผิว (ข) พื้นผิวน้ำตัด

ตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนของความเข้มข้นของวิสโคสมากนั้น มีค่าแรงดึงต่อน้ำหนักมากกว่า ตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนของความเข้มข้นของวิสโคสน้อยเช่นกัน กล่าวคือ ตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนของความเข้มข้นของวิสโคสมาก จะมีความแข็งแรงทนทานมากกว่าตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนของความเข้มข้นของวิสโคสน้อย เนื่องจากค่าแรงดึงต่อน้ำหนักที่มากนั้นบ่งบอกถึงลักษณะทางกายของตัวดูดซับว่าเส้นใยมีลักษณะแบน มีการเรียงตัวของเส้นใยกันอย่างเป็นระเบียบ ทำให้มีความเป็นรูพรุนและเป็นโพรงน้อยกว่าตัวดูดซับที่มีค่าแรงดึงต่อน้ำหนักน้อย ซึ่งสอดคล้องกับค่าความเค้นแรงดึงสูงสุด สามารถพิจารณาได้จากภาพที่ 4.9 และภาพที่ 4.10 มีอัตราส่วนของเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยนุ่นที่เท่ากัน แต่มีอัตราส่วนของความเข้มข้นของวิสโคสที่แตกต่างกันพบว่า ภาพที่ 4.9 มีลักษณะการเรียงตัวของเส้นใยอย่างเป็นระเบียบมากกว่าภาพที่ 4.10

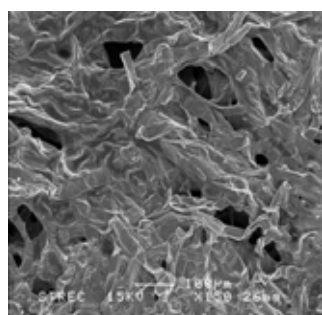


(ก)

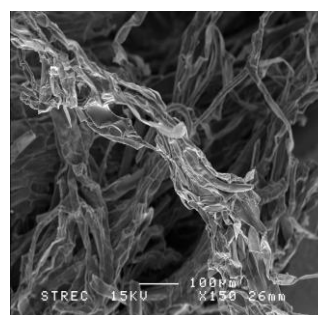


(ข)

ภาพที่ 4.9 แสดงลักษณะทางกายภาพของเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยนุ่น 1:2 และผสมวิสโคสต่อไซเตียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:2 (ก) พื้นผิว (ข) พื้นผิวหน้าตัด



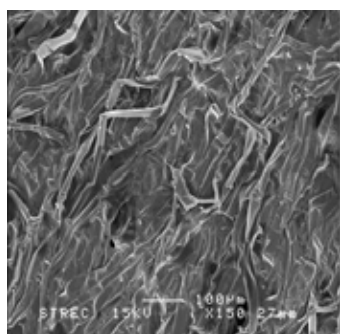
(ก)



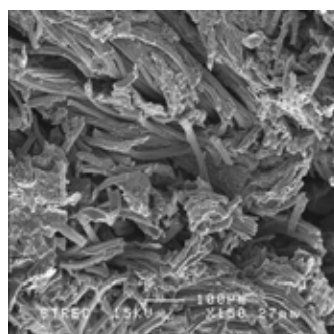
(ข)

ภาพที่ 4.10 แสดงลักษณะทางกายภาพของเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยนุ่น 1:2 และผสมวิสโคสต่อไซเตียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:3 (ก) พื้นผิว (ข) พื้นผิวหน้าตัด

แต่ตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนของความเข้มข้นของวิสโคสมากนั้น มีค่าร้อยละของการยึดตัวน้อยอัตราส่วนของความเข้มข้นของวิสโคสน้อย ซึ่งค่าร้อยละของการยึดบ่งบอกถึงลักษณะทางกายภาพของตัวดูดซับที่มีการยึดติดกันของเส้นใยที่ดี กล่าวคือ ตัวดูดซับที่มีค่าร้อยละของการยึดตัวที่สูงนั้น จะทำให้ตัวดูดซับนั้นๆ มีความยืดหยุ่น สามารถคงรูปอยู่ในลักษณะเดิมได้ดีนั่นเอง สามารถพิจารณาได้จากภาพที่ 4.11 และภาพที่ 4.12 มีอัตราส่วนของเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยนุ่นที่เท่ากัน แต่มีอัตราส่วนของความเข้มข้นของวิสโคสที่แตกต่างกัน พบว่า ภาพที่ 4.12 เส้นใยจะมีความยาวและมีลักษณะยึดติดกันมากกว่าภาพที่ 4.11

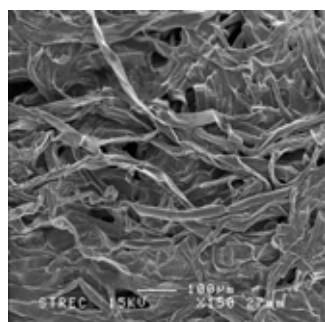


(ก)

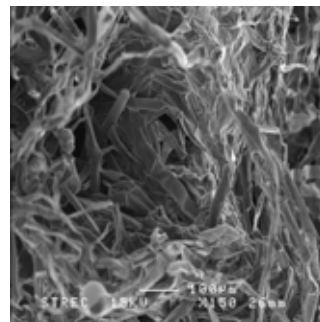


(ข)

ภาพที่ 4.11 แสดงลักษณะทางกายภาพของเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยนุ่น 1:3 และผสมวิสโคสต่อไซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:1 (ก) พื้นผิว (ข) พื้นผิวหน้าตัด



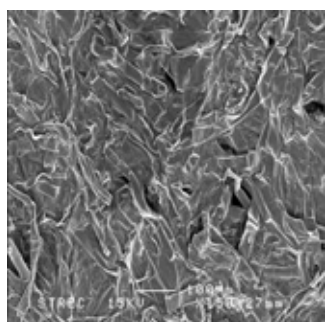
(ก)



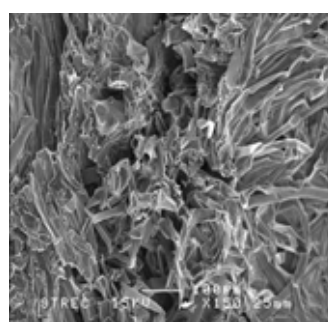
(ข)

ภาพที่ 4.12 แสดงลักษณะทางกายภาพของเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยนุ่น 1:3 และผสมวิสโคสต่อไซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:4 (ก) พื้นผิว (ข) พื้นผิวหน้าตัด

4.2.2.2 ผลการวิเคราะห์จากอัตราส่วนของเส้นใยที่เปลี่ยนแปลงของตัวดูดซับที่เตรียมขึ้น ผลการวิเคราะห์จากค่าความเค้นแรงดึงสูงสุด ค่าแรงดึงต่อน้ำหนัก และค่าร้อยละของการยืดตัว เมื่อพิจารณาจากอัตราส่วนของเส้นใยที่เปลี่ยนแปลงของตัวดูดซับที่เตรียมขึ้นแล้วนำมาเปรียบเทียบกับภาพถ่ายที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนได้ผลดังนี้พบว่า ตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนของเส้นใยนุ่มที่มาก มีค่าความเค้นแรงดึงน้อยกว่าอัตราส่วนของเส้นใยนุ่มน้อย บ่งบอกถึงลักษณะทางกายภาพของตัวดูดซับที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า มีความเป็นรูพรุนมาก และมีโพรงมากกว่า พิจารณาได้จากภาพที่ 4.13 และภาพที่ 4.14 ที่มีอัตราส่วนของเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยนุ่มที่แตกต่างกัน แต่มีอัตราส่วนของความเข้มข้นของวิสโคสเท่ากัน ส่วนค่าแรงดึงต่อน้ำหนักของตัวดูดซับนั้นมีความสอดคล้องกับค่าความเค้นแรงดึง กล่าวคือ ตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนของเส้นใยนุ่มที่มากนั้น จะมีค่าแรงดึงต่อน้ำหนักน้อยเช่นกัน

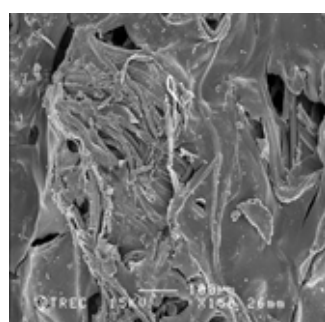


(ก)

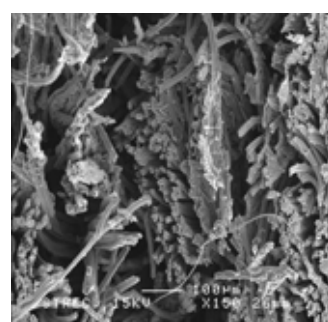


(ข)

ภาพที่ 4.13 แสดงลักษณะทางกายภาพของเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยนุ่ม 1:0 และผสมวิสโคสต่อไซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:1 (ก) พื้นผิว (ข) พื้นผิวหน้าตัด



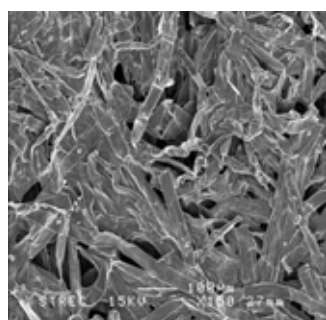
(ก)



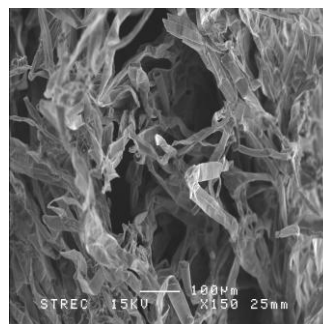
(ข)

ภาพที่ 4.14 แสดงลักษณะทางกายภาพของเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยนุ่ม 0:1 และผสมวิสโคสต่อไซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:1 (ก) พื้นผิว (ข) พื้นผิวหน้าตัด

เนื่องจากค่าแรงดึงต่อน้ำหนักนั้นบ่งบอกถึงลักษณะทางกายของตัวดูดซับว่ามีการเรียงตัวของเส้นใยเป็นอย่างไร กล่าวคือ ตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนของเส้นใยนุ่มที่มากขึ้นนั้น เส้นใยจะมีการเรียงมันกันอย่างไม่เป็นระเบียบ ทำให้ตัวดูดซับมีความเป็นรูพรุนและเป็นโพรงมากขึ้น ตัวดูดซับจึงมีค่าแรงดึงต่อน้ำหนักน้อยนั่นเอง พิจารณาได้จากภาพที่ 4.15 และภาพที่ 4.16 ที่มีอัตราส่วนของเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยนุ่มที่แตกต่างกัน แต่มีอัตราส่วนของความเข้มข้นของวิสโคสเท่ากัน

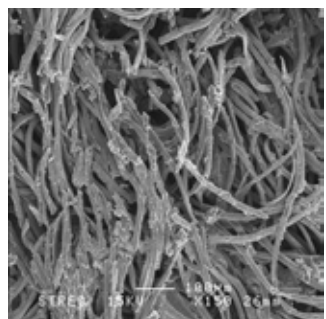


(ก)

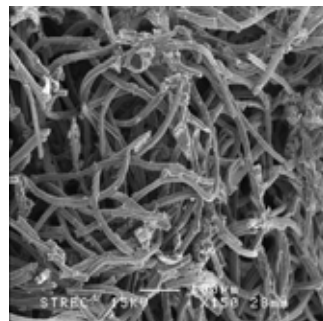


(ข)

ภาพที่ 4.15 แสดงลักษณะทางกายภาพของเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยนุ่ม 1:0 และผสมวิสโคสต่อไซเตียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:4 (ก) พื้นผิว (ข) พื้นผิวหน้าตัด



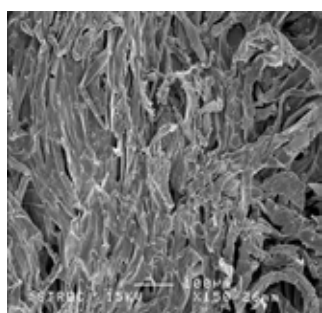
(ก)



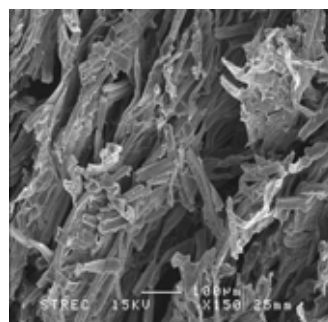
(ข)

ภาพที่ 4.16 แสดงลักษณะทางกายภาพของเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยนุ่ม 0:1 และผสมวิสโคสต่อไซเตียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:4 (ก) พื้นผิว (ข) พื้นผิวหน้าตัด

ส่วนตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนของเส้นใยุ่นที่เพิ่มมากขึ้นนั้น มีค่าร้อยละของการยึดตัวที่น้อย เนื่องจากเส้นใยุ่นที่เพิ่มมากขึ้นนั้น ทำให้ตัวดูดซับมีความเป็นรูพรุนและเป็นโพรงที่มากขึ้น ซึ่งค่าร้อยละของการยึดตัวที่น้อยนั้น บ่งบอกถึงลักษณะทางกายภาพของตัวดูดซับที่มีการยึดติดกันของเส้นใยที่ไม่ดี มีความยืดหยุ่นต่ำ สามารถคงรูปอยู่ในลักษณะเดิมไม่ได้ดีนั่นเอง พิจารณาได้จากภาพที่ 4.17 และภาพที่ 4.18 ที่มีอัตราส่วนของเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นที่แตกต่างกัน แต่มีอัตราส่วนของความเข้มข้นของวิสโคสเท่ากัน

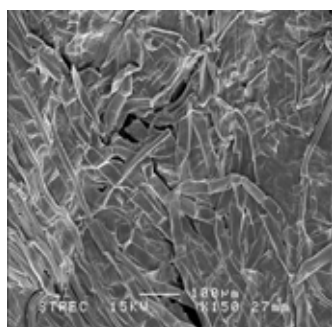


(ก)

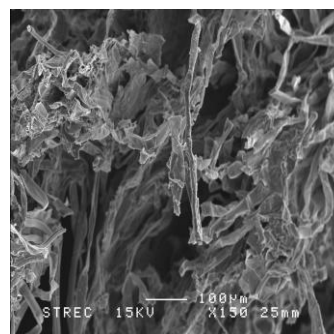


(ข)

ภาพที่ 4.17 แสดงลักษณะทางกายภาพของเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่น 1:1 และผสมวิสโคสต่อไซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:2 (ก) พื้นผิว (ข) พื้นผิวนำตัด



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.18 แสดงลักษณะทางกายภาพของเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่น 1:2 และผสมวิสโคสต่อไซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:2 (ก) พื้นผิว (ข) พื้นผิวนำตัด

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพจากภาพถ่ายที่ได้จากการถ่ายภาพผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนนั้น แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของการเรียงตัวและการยึดติดกันของเส้นใยนั้น มีผลต่อค่าความแข็งแรงทนทานของตัวดูดซับเท่านั้น ไม่สามารถระบุถึงความเป็นรูพรุนของตัวอย่างได้ ซึ่งค่าความเป็นรูพรุนนั้นจะต้องทำการตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิค BET (Brunauer

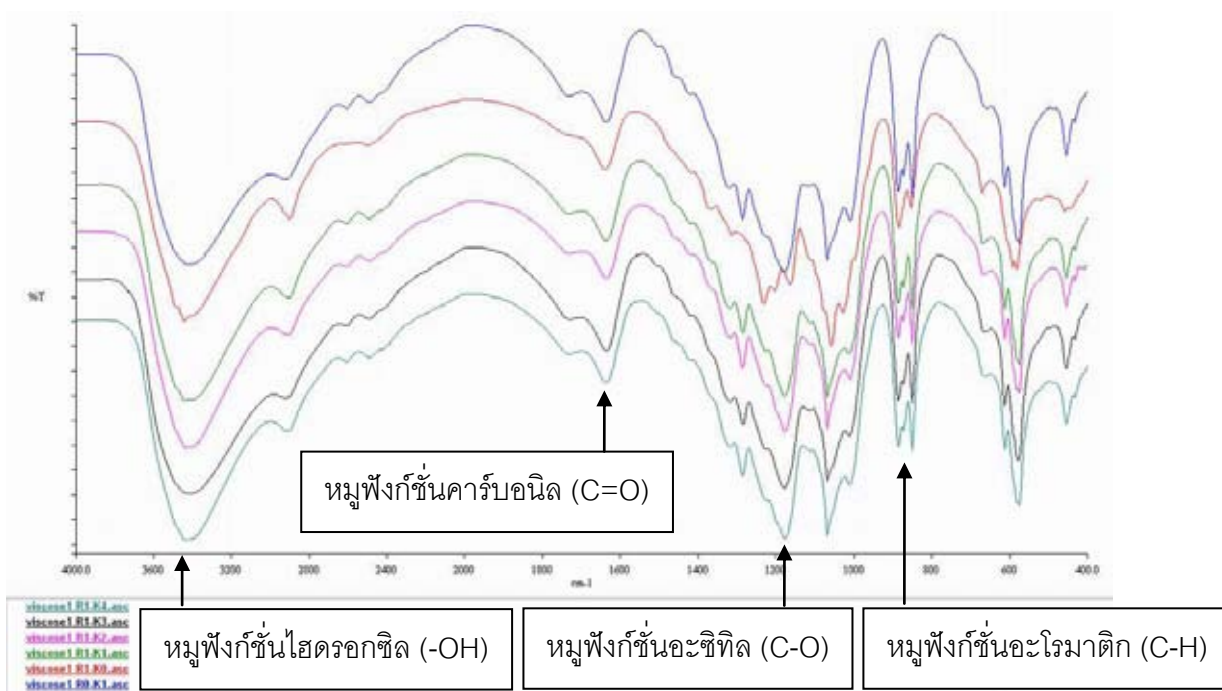
Emmett Teller) ส่วนความสามารถในการดูดซับน้ำมันของตัวดูดซับที่เตรียมขึ้นนั้นจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของความเข้มข้นของของผสมหนึ่งดิวสโคส กล่าวคือ เมื่อของผสมหนึ่งดิวสโคสมีความเข้มข้นมากจะทำให้ไขมันไม่สามารถแทรกซึมเข้าสู่เส้นใยตัวกลางที่ทำหน้าที่ในการดูดซับได้นั่นเอง

4.2.3 ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของตัวดูดซับด้วยเทคนิคการกระตุ้นสารด้วยพลังงานแสงในช่วงแสงอินฟราเรด (Fourier Transform Infrared Spectroscopy; FT-IR)

การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของตัวดูดซับที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเส้นใย เรยอนกับเส้นใยนุ่ม โดยใช้เทคนิคการกระตุ้นสารด้วยพลังงานแสงในช่วงแสงอินฟราเรด (Infrared Light) เพื่อหาหมู่ฟังก์ชันของโครงสร้างของสารอินทรีย์ จากเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy ยี่ห้อ PerkinElmer รุ่น Spectrum One โดยแยกผลการตรวจวิเคราะห์เป็น 4 กลุ่มตัวอย่างตามความเข้มข้นของของผสมหนึ่งดิวสโคส เพื่อวิเคราะห์หาความเปลี่ยนแปลงของตัวอย่างในแต่ละอัตราส่วน

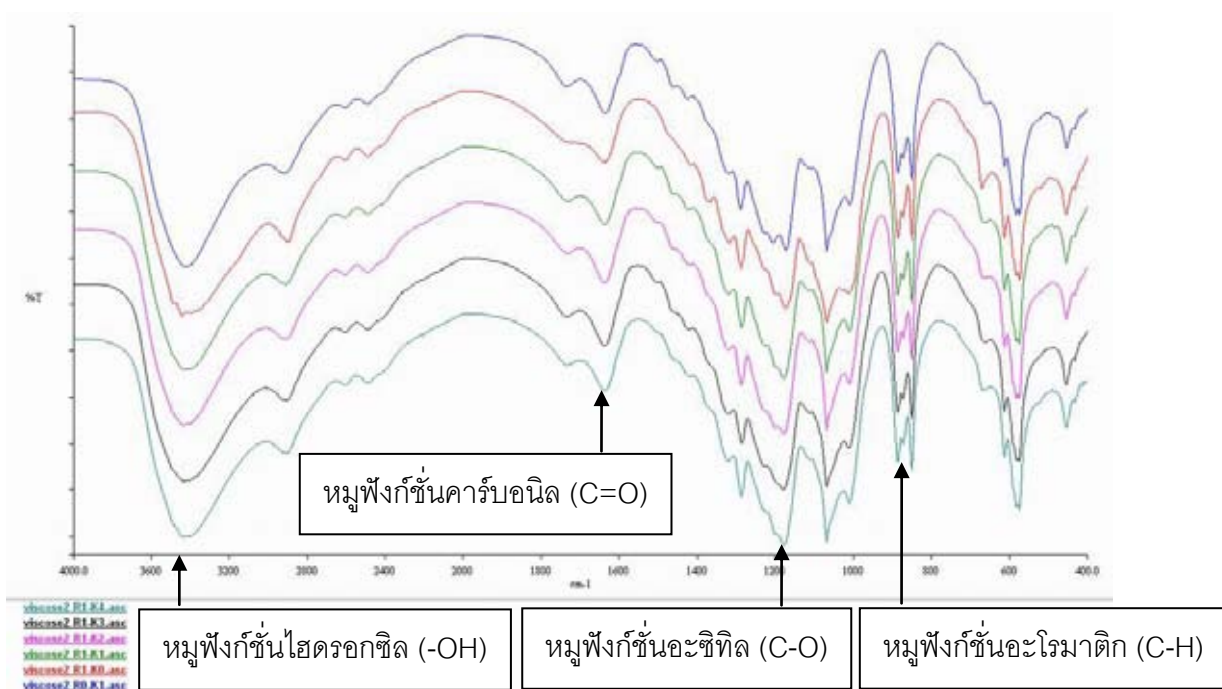
ผลการวิเคราะห์จากการนำตัวดูดซับทั้ง 4 กลุ่มตัวอย่างตามความเข้มข้นของของผสมหนึ่งดิวสโคสมาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพด้วยเทคนิคการกระตุ้นสารด้วยพลังงานแสงช่วงแสงอินฟราเรด พบว่า สเปกตรัมของตัวดูดซับทั้ง 4 กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งแบ่งกลุ่มตามความเข้มข้นของของผสมหนึ่งดิวสโคส มีความคล้ายคลึงกันมาก แต่จะแสดงหมู่ฟังก์ชันที่สำคัญบ่งชี้ให้เห็นข้อแตกต่างได้ชัดเจนซึ่งสามารถแยกออกได้ 4 กลุ่ม ได้แก่ สเปกตรัมของหมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิล (-OH) หมู่ฟังก์ชันคาร์บอนิล (C=O) หมู่ฟังก์ชันอะซิทิล (C-O) และหมู่ฟังก์ชันอะโรมาติก (C-H)

ค่าของเส้นสเปกตรัมของตัวดูดซับที่ $3650 - 3584 \text{ cm}^{-1}$ เป็น บ่งชี้ถึงความเปลี่ยนแปลง Reduced hydroxyl group เช่น fatty acid on surface ของตัวดูดซับ ค่าของเส้นสเปกตรัมของตัวดูดซับที่ $1750 - 1690 \text{ cm}^{-1}$ เป็นหมู่ฟังก์ชันคาร์บอนิลจะบ่งชี้ถึงความเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงของพันธะที่ทำให้ตัวดูดซับมีความทนทาน ค่าของเส้นสเปกตรัมของตัวดูดซับที่ $1252 - 1247 \text{ cm}^{-1}$ หมู่ฟังก์ชันอะซิทิลจะบ่งชี้ถึงความเปลี่ยนแปลงของการยึดติดกันของลิกนินและไซเลน ค่าของเส้นสเปกตรัมของตัวดูดซับที่ $898 - 897 \text{ cm}^{-1}$ เป็นหมู่ฟังก์ชันอะโรมาติก (C-H) บ่งชี้ถึงความเปลี่ยนแปลงของพันธะในเซลล์ลูโลสซึ่งส่งผลต่อความยืดหยุ่นของตัวดูดซับ ซึ่งผลของการวิเคราะห์ของตัวอย่างตัวดูดซับได้ผลการวิเคราะห์ ดังที่แสดงในภาพที่ 4.19 4.20 4.21 และ 4.22



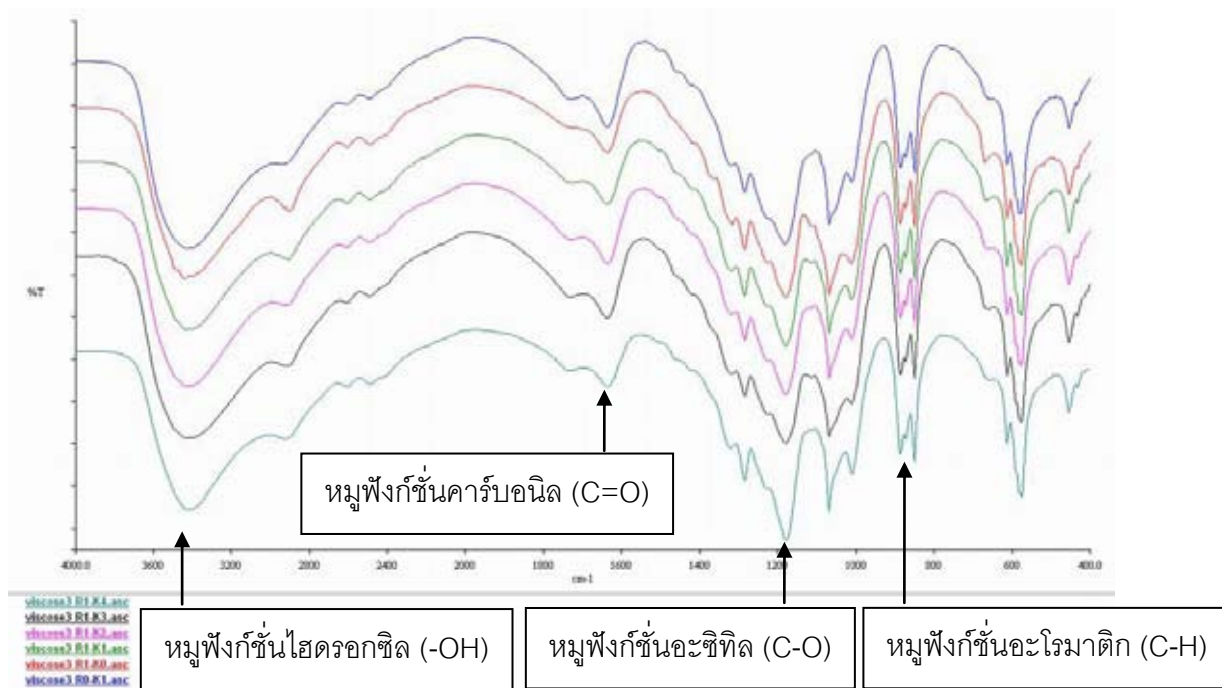
ภาพที่ 4.19 ผลการตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอินฟราเรด

กลุ่มตัวอย่างที่อัตราส่วนโมลต่อไฮเดียมไฮดรอกไซด์อัตราส่วน 1:1



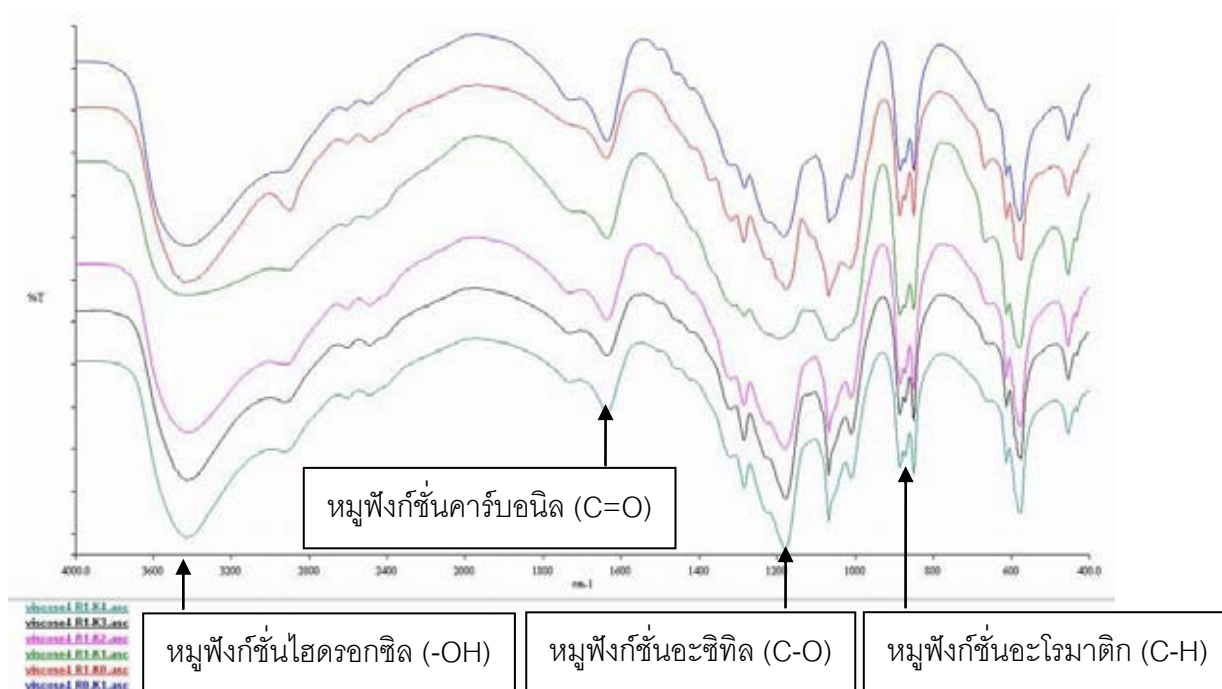
ภาพที่ 4.20 ผลการตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอินฟราเรด

กลุ่มตัวอย่างที่อัตราส่วนโมลต่อไฮเดียมไฮดรอกไซด์อัตราส่วน 1:2



ภาพที่ 4.21 ผลการตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอินฟราเรด

กลุ่มตัวอย่างที่อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์อัตราส่วน 1:3



ภาพที่ 4.22 ผลการตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอินฟราเรด

กลุ่มตัวอย่างที่อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์อัตราส่วน 1:4

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพด้วยเทคนิคการกระตุ้นสารด้วยพลังงานแสงช่วงแสงอินฟราเรดได้แสดงให้เห็นถึงหมู่ฟังก์ชันซึ่งเป็นองค์ประกอบของตัวดูดซับเพียงเท่านั้น ซึ่งองค์ประกอบของฟังก์ชันดังกล่าวไม่ได้ส่งผลถึงความสามารถในการดูดซับน้ำมันของตัวดูดซับที่เตรียมขึ้นแต่อย่างใด

4.3 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับน้ำมันของตัวดูดซับที่เตรียมขึ้น

จากที่ได้กล่าวมาแล้ว ในบทที่ 3 การทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำมันของตัวดูดซับที่เตรียมได้ ดำเนินการโดยทำการทดสอบการดูดซับในน้ำมัน 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันดีเซล น้ำมันเครื่องรถยนต์ และน้ำมันเตา ซึ่งมีความแตกต่างกันในค่าความหนืดและความหนาแน่น โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ช่วงเวลา คือช่วงสั้นใช้เวลา 15 นาที และช่วงยาวใช้เวลา 24 ชั่วโมง ตามแนวทางของมาตรฐานการทดสอบความสามารถในการดูดซับน้ำมันของวัสดุดูดซับ ASTM F726-99

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับน้ำมันของตัวดูดซับ สามารถคำนวณได้จากค่าน้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับก่อนการดูดซับ หลังดูดซับน้ำมัน 15 นาที และหลังดูดซับน้ำมัน 24 ชั่วโมง ซึ่งจะรายงานผลความสามารถในการดูดซับน้ำมันในรูปแบบตารางและแผนภูมิแท่งของค่าน้ำหนักของตัวดูดซับและค่าร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นในแต่ละอัตราส่วนของตัวดูดซับ ดังที่แสดงในตารางต่อไปนี้

4.3.1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับน้ำมันดีเซล (ภาคผนวก ก)

ตารางที่ 4.2 น้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับก่อนดูดซับน้ำมันดีเซล

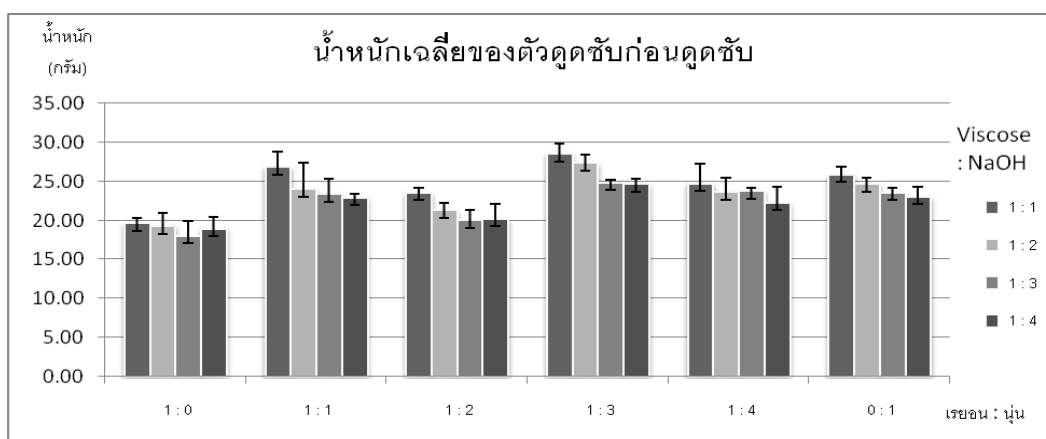
| อัตราส่วนวัสดุคอสตอ โซเดียมไฮดรอกไซด์ | อัตราส่วนเส้น ใยเรยอนต่อ เส้นใยนู่น | ปริมาณเส้นใย (กรัม) | | น้ำหนักของตัวดูดซับ ค่าเฉลี่ยก่อนดูดซับ น้ำมัน (กรัม) | ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน |
|--|---|------------------------|------|---|-------------------------|
| | | เรยอน | นู่น | | |
| 1 : 1 | 1 : 0 | 6 | - | 19.69 | 0.64 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 26.84 | 1.95 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 23.61 | 0.53 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 28.57 | 1.22 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 24.76 | 2.48 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 25.89 | 0.92 |
| 1 : 2 | 1 : 0 | 6 | - | 19.31 | 1.69 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 24.01 | 3.33 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 21.32 | 0.88 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 27.38 | 1.09 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 23.68 | 1.81 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 24.66 | 0.73 |
| 1 : 3 | 1 : 0 | 6 | - | 18.07 | 1.87 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 23.40 | 1.89 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 20.05 | 1.30 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 24.88 | 0.28 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 23.78 | 0.40 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 23.60 | 0.55 |
| 1 : 4 | 1 : 0 | 6 | - | 18.96 | 1.47 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 22.97 | 0.44 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 20.24 | 1.88 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 24.65 | 0.73 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 22.28 | 2.00 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 23.06 | 1.25 |

ตารางที่ 4.3 น้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับหลังดูดซับ 15 นาทีในการดูดซับน้ำมันดีเซล

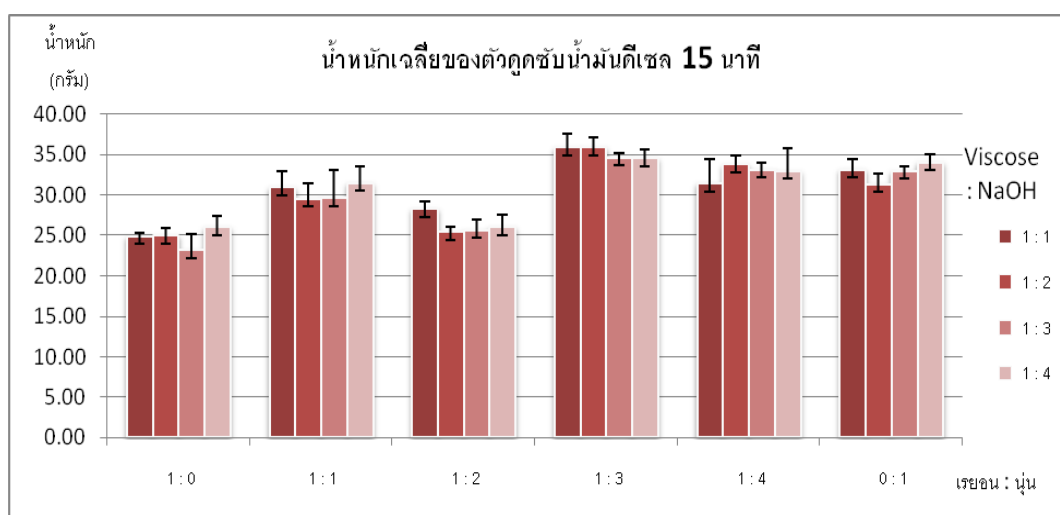
| อัตราส่วนวิสโคสต่อ โซเดียมไฮดรอกไซด์ | อัตราส่วน เรยอนต่อนุ่น | ปริมาณเส้นใย (กรัม) | | น้ำหนักของตัวดูดซับ ค่าเฉลี่ยหลังดูดซับน้ำมัน 15 นาที (กรัม) | ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน |
|---|---------------------------|------------------------|------|--|-------------------------|
| | | เรยอน | นุ่น | | |
| 1 : 1 | 1 : 0 | 6 | - | 24.90 | 0.35 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 30.98 | 1.96 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 28.32 | 0.88 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 35.91 | 1.69 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 31.47 | 2.94 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 33.19 | 1.19 |
| 1 : 2 | 1 : 0 | 6 | - | 25.03 | 0.82 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 29.57 | 1.94 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 25.46 | 0.67 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 35.93 | 1.13 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 33.80 | 1.09 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 31.37 | 1.28 |
| 1 : 3 | 1 : 0 | 6 | - | 23.20 | 1.95 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 29.68 | 3.44 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 25.69 | 1.26 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 34.68 | 0.52 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 33.17 | 0.84 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 32.98 | 0.49 |
| 1 : 4 | 1 : 0 | 6 | - | 26.07 | 1.35 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 31.52 | 2.02 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 26.08 | 1.55 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 34.61 | 1.03 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 32.98 | 2.80 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 34.09 | 0.95 |

ตารางที่ 4.4 น้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับหลังดูด 24 ชั่วโมงในการดูดซับน้ำมันดีเซล

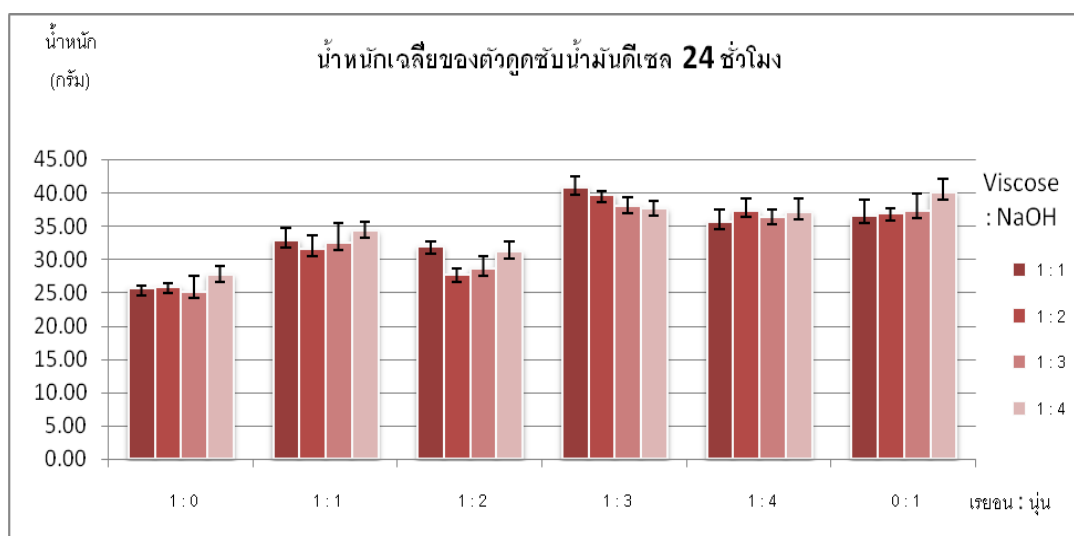
| อัตราส่วนวิสโคสต่อ โซเดียมไฮดรอกไซด์ | อัตราส่วน เส้น ใยเรยอนต่อ เส้นใยนุ่น | ปริมาณเส้นใย (กรัม) | | น้ำหนักของตัวดูดซับ ค่าเฉลี่ยหลังดูดซับน้ำมัน 24 ชั่วโมง (กรัม) | ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน |
|---|--|------------------------|------|---|-------------------------|
| | | เรยอน | นุ่น | | |
| 1 : 1 | 1 : 0 | 6 | - | 25.62 | 0.45 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 32.85 | 1.81 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 31.84 | 0.85 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 40.78 | 1.78 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 35.55 | 1.93 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 36.44 | 2.48 |
| 1 : 2 | 1 : 0 | 6 | - | 25.90 | 0.57 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 31.46 | 2.19 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 27.64 | 1.02 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 39.66 | 0.62 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 37.33 | 1.85 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 36.83 | 0.89 |
| 1 : 3 | 1 : 0 | 6 | - | 25.14 | 2.30 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 32.47 | 2.91 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 28.59 | 1.81 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 38.00 | 1.24 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 36.35 | 1.22 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 37.19 | 2.78 |
| 1 : 4 | 1 : 0 | 6 | - | 27.69 | 1.34 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 34.23 | 1.38 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 31.14 | 1.60 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 37.62 | 1.09 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 36.98 | 2.10 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 40.05 | 1.99 |



ภาพที่ 4.23 แผนภูมิแสดงค่าน้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับก่อนดูดซับน้ำมันดีเซล



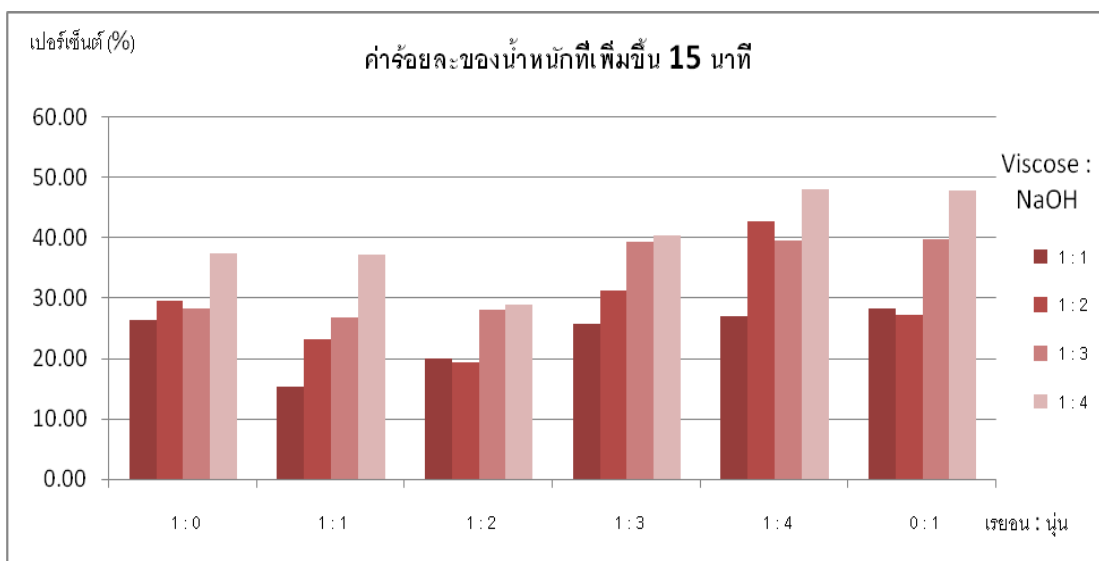
ภาพที่ 4.24 แผนภูมิแสดงค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นเมื่อดูดซับน้ำมันดีเซล 15 นาที



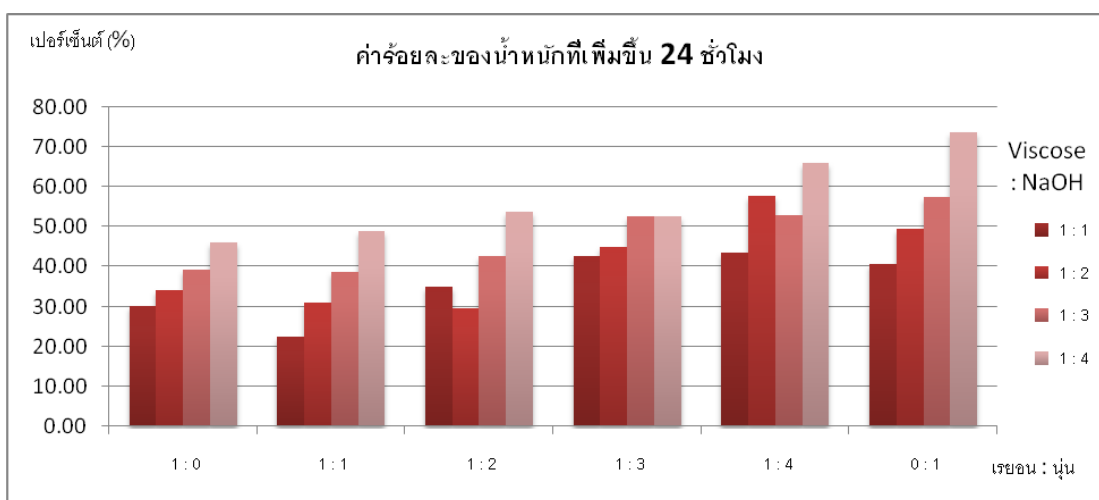
ภาพที่ 4.25 แผนภูมิแสดงค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นเมื่อดูดซับน้ำมันดีเซล 24 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.5 ค่าร้อยละของน้ำหนักของตัวดูดซับที่เพิ่มในการดูดซับน้ำมันดีเซล

| อัตราส่วนวิสโคสต่อ โซเดียมไฮดรอกไซด์ | อัตราส่วน เส้นใยเรยอน ต่อเส้นใยนุ่น | ปริมาณเส้นใย (กรัม) | | ค่าร้อยละของน้ำหนัก ที่เพิ่มขึ้น (%) | | ค่าร้อยละของ ความแตกต่าง ที่เพิ่มขึ้น |
|---|---|------------------------|------|---|------------|---|
| | | เรยอน | นุ่น | 15 นาที | 24 ชั่วโมง | |
| 1 : 1 | 1 : 0 | 6 | - | 26.46 | 30.12 | 3.66 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 15.42 | 22.39 | 6.97 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 19.95 | 34.86 | 14.91 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 25.69 | 42.74 | 17.05 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 27.10 | 43.58 | 16.48 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 28.20 | 40.75 | 12.55 |
| 1 : 2 | 1 : 0 | 6 | - | 29.62 | 34.13 | 4.51 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 23.16 | 31.03 | 7.87 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 19.42 | 29.64 | 10.22 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 31.23 | 44.85 | 13.62 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 42.74 | 57.64 | 14.90 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 27.21 | 49.35 | 22.14 |
| 1 : 3 | 1 : 0 | 6 | - | 28.39 | 39.13 | 10.74 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 26.84 | 38.76 | 11.92 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 28.13 | 42.59 | 14.46 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 39.39 | 52.73 | 13.34 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 39.49 | 52.86 | 13.37 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 39.75 | 57.58 | 17.83 |
| 1 : 4 | 1 : 0 | 6 | - | 37.50 | 46.04 | 8.54 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 37.22 | 49.02 | 11.80 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 28.85 | 53.85 | 25.00 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 40.41 | 52.62 | 12.21 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 48.03 | 65.98 | 17.95 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 47.83 | 73.68 | 25.85 |



ภาพที่ 4.26 แผนภูมิแสดงค่าร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อดูดซับน้ำมันดีเซล 15 นาที



ภาพที่ 4.27 แผนภูมิแสดงค่าร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อดูดซับน้ำมันดีเซล 24 ชั่วโมง

จากภาพที่ 4.26 และภาพที่ 4.27 พบว่าค่าร้อยละของน้ำหนักของตัวดูดซับ จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของเส้นใยนุ่นที่เพิ่มนุ่นของตัวอย่างตัวดูดซับ และเมื่อพิจารณาอัตราส่วนของความเข้มข้นของของผสมหนีดวิสโคสพบว่า ค่าร้อยละของน้ำหนักของตัวดูดซับ จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อตัวอย่างตัวดูดซับมีอัตราส่วนของของผสมหนีดวิสโคสที่ลดลง

จากตารางที่ 4.2, 4.3, และ 4.4 สามารถการคำนวณความสามารถในการดูดซับน้ำมันของตัวดูดซับที่เตรียมขึ้น เมื่อทดสอบดูดซับในน้ำมันดีเซลพบว่า ตัวดูดซับมีค่าความสามารถในการดูดซับน้ำมันเท่ากับ 0.32 ถึง 0.45 กรัมไขมันต่อกรัมตัวดูดซับ

จากตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์น้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับในการดูดซับน้ำมันดีเซลพบว่า น้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับที่เพิ่มขึ้นหลังจากดูดซับไป 15 นาที พบว่า อัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นในอัตราส่วน 0:1 อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอัตราส่วน 1:1 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 28.20 อัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นในอัตราส่วน 1:4 อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอัตราส่วน 1:2 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 42.74 อัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นในอัตราส่วน 0:1 อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอัตราส่วน 1:3 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 39.75 อัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นในอัตราส่วน 1:4 อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอัตราส่วน 1:4 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 48.83 โดยภาพรวมตัวดูดซับที่มีน้ำหนักหลังการดูดซับไป 15 นาที มากที่สุด คือตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นในอัตราส่วน 1:4 อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอัตราส่วน 1:4

น้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับที่เพิ่มขึ้นหลังจากดูดซับไป 24 ชั่วโมง พบว่า อัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นในอัตราส่วน 1:4 อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอัตราส่วน 1:1 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 43.58 อัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นในอัตราส่วน 1:4 อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอัตราส่วน 1:2 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 57.64 อัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นในอัตราส่วน 0:1 อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอัตราส่วน 1:3 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 57.58 อัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นในอัตราส่วน 0:1 อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอัตราส่วน 1:4 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 73.68 โดยภาพรวมตัวดูดซับที่มีน้ำหนักหลังการดูดซับไป 24 ชั่วโมงมากที่สุด คือตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นในอัตราส่วน 0:1 อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอัตราส่วน 1:4

4.3.2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับน้ำมันเครื่อง (ภาคผนวก ข)

ตารางที่ 4.6 น้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับก่อนการดูดซับน้ำมันเครื่อง

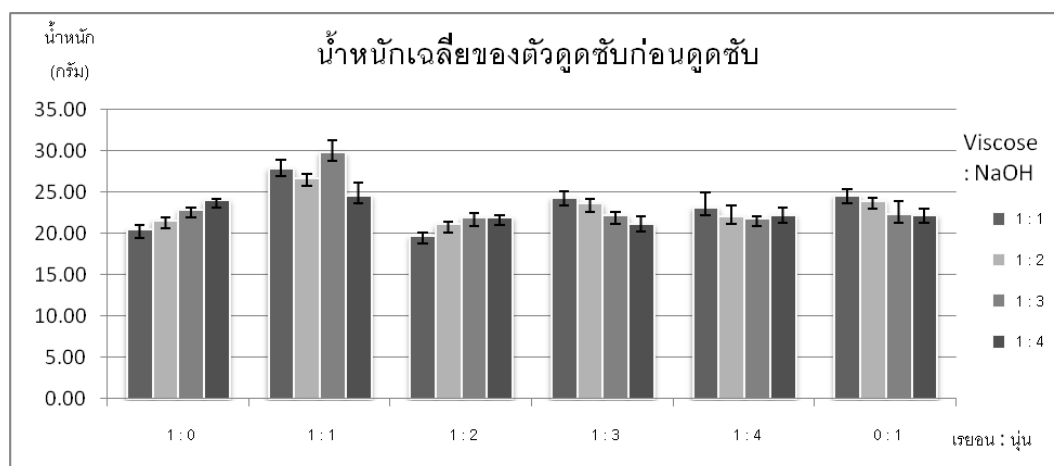
| อัตราส่วนวัสดุทดสอบต่อ โซเดียมไฮดรอกไซด์ | อัตราส่วนเส้นใย เรยอนต่อเส้นใย นุ่น | ปริมาณเส้นใย (กรัม) | | ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของ ตัวดูดซับก่อนดูดซับ น้ำมัน (กรัม) | ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน |
|---|---|------------------------|------|---|-------------------------|
| | | เรยอน | นุ่น | | |
| 1 : 1 | 1 : 0 | 6 | - | 20.50 | 0.55 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 27.93 | 0.93 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 19.73 | 0.39 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 24.35 | 0.70 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 23.19 | 1.83 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 24.65 | 0.66 |
| 1 : 2 | 1 : 0 | 6 | - | 21.64 | 0.36 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 26.76 | 0.45 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 21.17 | 0.26 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 23.64 | 0.50 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 22.14 | 1.32 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 23.99 | 0.39 |
| 1 : 3 | 1 : 0 | 6 | - | 22.93 | 0.22 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 29.84 | 1.49 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 21.96 | 0.57 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 22.19 | 0.40 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 21.91 | 0.20 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 22.35 | 1.63 |
| 1 : 4 | 1 : 0 | 6 | - | 24.07 | 0.14 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 24.66 | 1.52 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 21.97 | 0.21 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 21.22 | 0.80 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 22.30 | 0.88 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 22.23 | 0.80 |

ตารางที่ 4.7 น้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับหลังดูดซับ 15 นาทีในการดูดซับน้ำมันเครื่อง

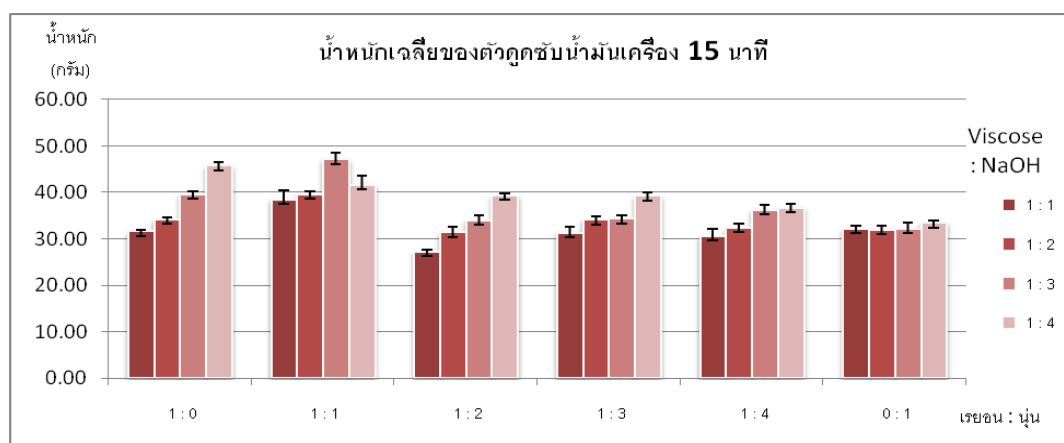
| อัตราส่วนวิสโคสต่อ โซเดียมไฮดรอกไซด์ | อัตราส่วน เส้นใยเรยอน ต่อเส้นใยนุ่น | ปริมาณเส้นใย (กรัม) | | ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของตัว ดูดซับ หลังดูดซับน้ำมัน 15 นาที (กรัม) | ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน |
|---|---|------------------------|------|---|-------------------------|
| | | เรยอน | นุ่น | | |
| 1 : 1 | 1 : 0 | 6 | - | 31.63 | 0.22 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 38.54 | 1.91 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 27.27 | 0.32 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 31.39 | 1.31 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 30.60 | 1.49 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 32.26 | 0.56 |
| 1 : 2 | 1 : 0 | 6 | - | 34.24 | 0.40 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 39.62 | 0.69 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 31.43 | 1.14 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 34.13 | 0.69 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 32.43 | 0.91 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 31.96 | 0.86 |
| 1 : 3 | 1 : 0 | 6 | - | 39.58 | 0.56 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 47.11 | 1.38 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 34.05 | 0.96 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 34.36 | 0.81 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 36.33 | 0.87 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 32.29 | 1.19 |
| 1 : 4 | 1 : 0 | 6 | - | 45.76 | 0.78 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 41.71 | 1.98 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 39.38 | 0.37 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 39.26 | 0.70 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 36.76 | 0.82 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 33.46 | 0.50 |

ตารางที่ 4.8 น้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับหลังดูดซับ 24 ชั่วโมงในการดูดซับน้ำมันเครื่อง

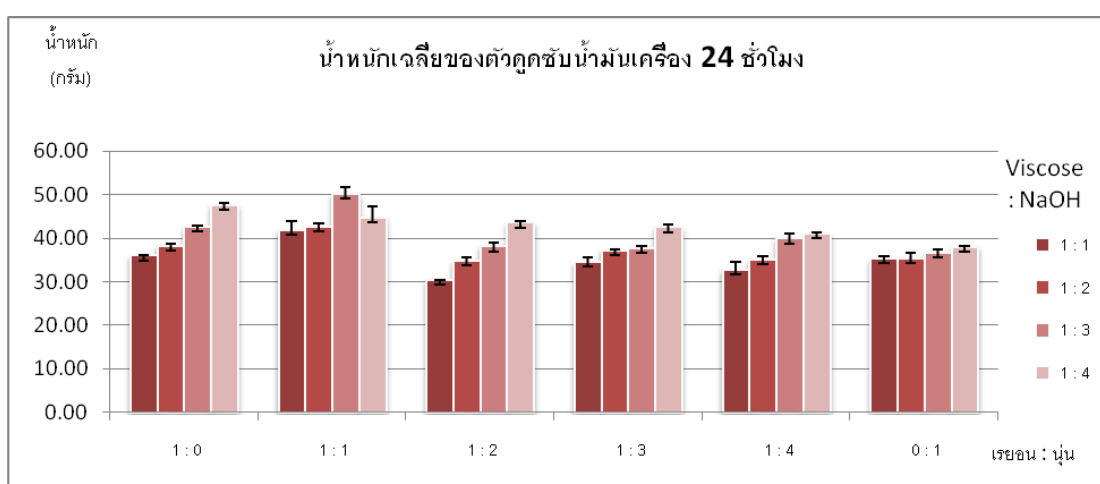
| อัตราส่วนวิสโคสต่อ โซเดียมไฮดรอกไซด์ | อัตราส่วน เส้นใยเรยอน ต่อเส้นใยนุ่น | ปริมาณเส้นใย (กรัม) | | ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของตัว ดูดซับหลังดูดซับน้ำมัน 24 ชั่วโมง (กรัม) | ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน |
|---|---|------------------------|------|---|-------------------------|
| | | เรยอน | นุ่น | | |
| 1 : 1 | 1 : 0 | 6 | - | 35.94 | 0.27 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 41.76 | 2.22 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 30.23 | 0.23 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 34.47 | 1.12 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 32.75 | 1.68 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 35.19 | 0.61 |
| 1 : 2 | 1 : 0 | 6 | - | 38.18 | 0.55 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 42.67 | 0.79 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 34.64 | 0.93 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 37.19 | 0.24 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 35.12 | 0.62 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 35.33 | 1.30 |
| 1 : 3 | 1 : 0 | 6 | - | 42.49 | 0.33 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 50.12 | 1.58 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 38.01 | 1.02 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 37.64 | 0.46 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 39.83 | 1.27 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 36.61 | 0.84 |
| 1 : 4 | 1 : 0 | 6 | - | 47.54 | 0.46 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 44.71 | 2.56 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 43.49 | 0.38 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 42.45 | 0.73 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 40.96 | 0.30 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 37.87 | 0.29 |



ภาพที่ 4.28 แผนภูมิแสดงค่าน้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับก่อนดูดซับน้ำมันเครื่อง



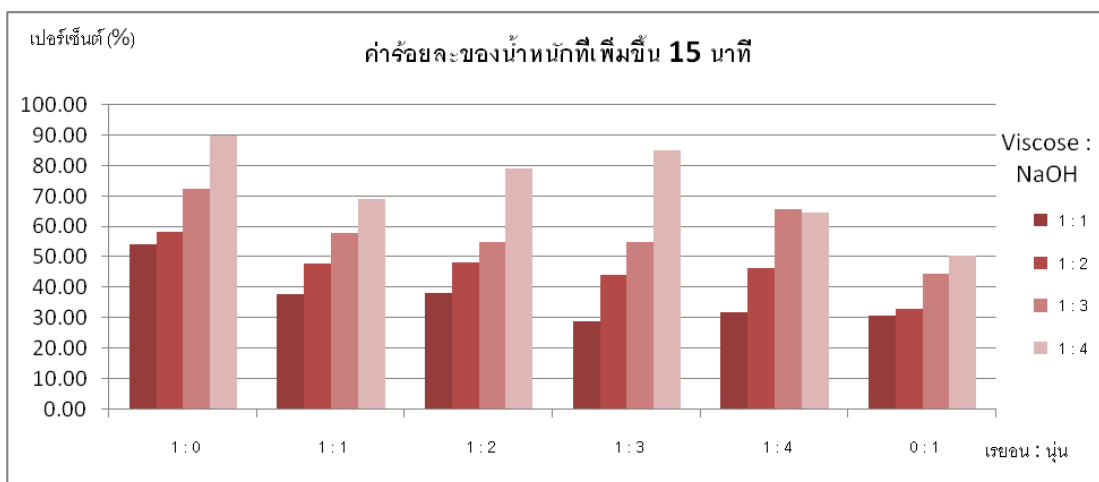
ภาพที่ 4.29 แผนภูมิแสดงค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นเมื่อดูดซับน้ำมันเครื่อง 15 นาที



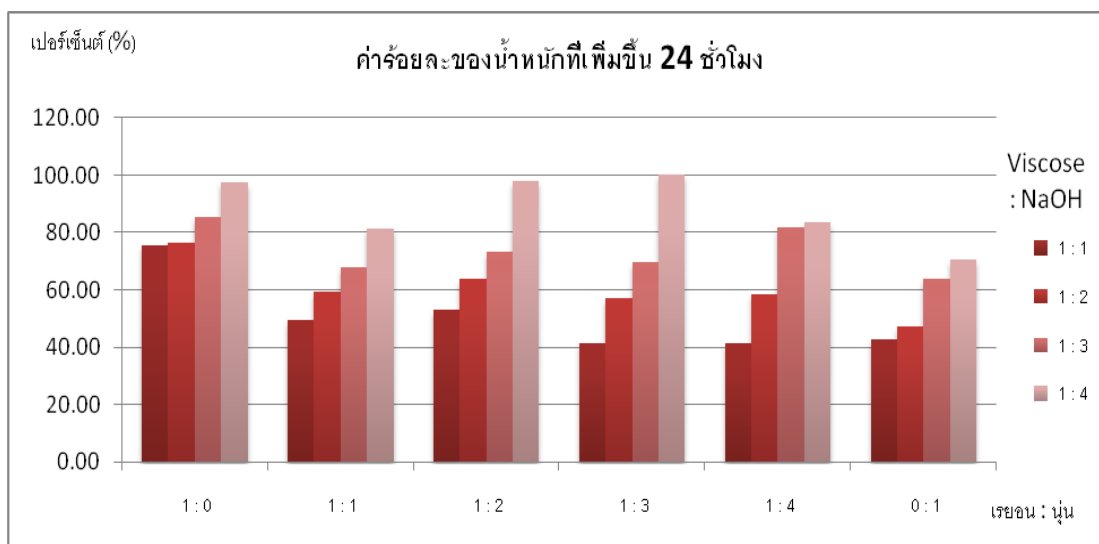
ภาพที่ 4.30 แผนภูมิแสดงค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นเมื่อดูดซับน้ำมันเครื่อง 24 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.9 ค่าร้อยละของน้ำหนักของตัวดูดซับที่เพิ่มในการดูดซับน้ำมันเครื่อง

| อัตราส่วนวิสโคสต่อ โซเดียมไฮดรอกไซด์ | อัตราส่วน เส้นใยเรยอน ต่อเส้นใยนุ่น | ปริมาณเส้นใย (กรัม) | | ค่าร้อยละของน้ำหนัก ที่เพิ่มขึ้น | | ค่าร้อยละของ ความแตกต่าง ที่เพิ่มขึ้น |
|---|---|------------------------|------|-------------------------------------|------------|---|
| | | เรยอน | นุ่น | 15 นาที | 24 ชั่วโมง | |
| | | | | | | |
| 1 : 1 | 1 : 0 | 6 | - | 54.29 | 75.32 | 21.03 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 37.99 | 49.52 | 11.53 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 38.22 | 53.22 | 15.00 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 28.91 | 41.56 | 12.65 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 31.95 | 41.22 | 9.27 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 30.87 | 42.76 | 11.89 |
| 1 : 2 | 1 : 0 | 6 | - | 58.23 | 76.43 | 18.20 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 48.06 | 59.45 | 11.39 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 48.46 | 63.63 | 15.17 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 44.37 | 57.32 | 12.95 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 46.48 | 58.63 | 12.15 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 33.22 | 47.27 | 14.05 |
| 1 : 3 | 1 : 0 | 6 | - | 72.61 | 85.30 | 12.69 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 57.88 | 67.96 | 10.08 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 55.05 | 73.09 | 18.04 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 54.84 | 69.63 | 14.79 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 65.81 | 81.79 | 15.98 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 44.47 | 63.80 | 19.33 |
| 1 : 4 | 1 : 0 | 6 | - | 90.11 | 97.51 | 7.40 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 69.14 | 81.31 | 12.17 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 79.24 | 97.95 | 18.71 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 85.01 | 100.05 | 15.04 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 64.84 | 83.68 | 18.84 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 50.52 | 70.36 | 19.84 |



ภาพที่ 4.31 แผนภูมิแสดงค่าร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อดูดซับน้ำมันเครื่อง 15 นาที



ภาพที่ 4.32 แผนภูมิแสดงค่าร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อดูดซับน้ำมันเครื่อง 24 ชั่วโมง

จากภาพที่ 4.31 และภาพที่ 4.32 พบว่าค่าร้อยละของน้ำหนักของตัวดูดซับ จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของเส้นใยนุ่นที่เพิ่มนุ่นของตัวอย่างตัวดูดซับ และเมื่อพิจารณาอัตราส่วนของความเข้มข้นของของผสมหนีดวิสโคสพบว่า ค่าร้อยละของน้ำหนักของตัวดูดซับ จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อตัวอย่างตัวดูดซับมีอัตราส่วนของของผสมหนีดวิสโคสที่ลดลง

จากตารางที่ 4.6 4.7 และ 4.8 สามารถการคำนวณความสามารถในการดูดซับน้ำมันของตัวดูดซับที่เตรียมขึ้น เมื่อทดสอบดูดซับในน้ำมันเครื่องพบว่า ตัวดูดซับมีค่าความสามารถในการดูดซับน้ำมันเท่ากับ 0.54 ถึง 0.68 กรัม น้ำมันต่อกรัมตัวดูดซับ

จากตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์น้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับในการดูดซับน้ำมันเครื่องพบว่า น้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับที่เพิ่มขึ้นหลังจากดูดซับไป 15 นาที พบว่า อัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นในอัตราส่วน 1:0 อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอัตราส่วน 1:1 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 54.92 อัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นในอัตราส่วน 1:0 อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอัตราส่วน 1:2 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 58.23 อัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นในอัตราส่วน 1:0 อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอัตราส่วน 1:3 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 72.62 อัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นในอัตราส่วน 1:0 อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอัตราส่วน 1:4 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 90.11 โดยภาพรวมตัวดูดซับที่มีน้ำหนักหลังการดูดซับไป 15 นาที มากที่สุด คือตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นในอัตราส่วน 1:0 อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอัตราส่วน 1:4

น้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับที่เพิ่มขึ้นหลังจากดูดซับไป 24 ชั่วโมง พบว่า อัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นในอัตราส่วน 1:0 อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอัตราส่วน 1:1 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 75.32 อัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นในอัตราส่วน 1:0 อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอัตราส่วน 1:2 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 67.43 อัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นในอัตราส่วน 1:0 อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอัตราส่วน 1:3 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 85.30 อัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นในอัตราส่วน 1:3 อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอัตราส่วน 1:4 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 100.05 โดยภาพรวมตัวดูดซับที่มีน้ำหนักหลังการดูดซับไป 24 ชั่วโมง มากที่สุด คือตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นในอัตราส่วน 1:3 อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอัตราส่วน 1:4

4.3.3 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับน้ำมันเตา (ภาคผนวก ค)

ตารางที่ 4.10 น้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับในการดูดซับน้ำมันเตา

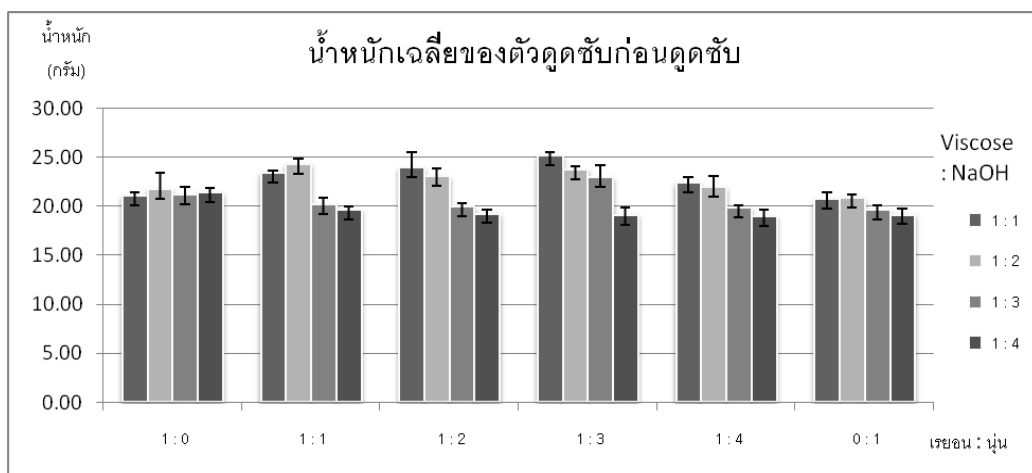
| อัตราส่วนวัสดุทดสอบต่อ โซเดียมไฮดรอกไซด์ | อัตราส่วน เส้น ใยเรยอนต่อ เส้นใยนุ่น | ปริมาณเส้นใย (กรัม) | | น้ำหนักของตัวดูดซับ ค่าเฉลี่ยก่อนดูดซับน้ำมัน (กรัม) | ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน |
|---|--|------------------------|------|--|-------------------------|
| | | เรยอน | นุ่น | | |
| 1 : 1 | 1 : 0 | 6 | - | 21.12 | 0.35 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 23.44 | 0.24 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 23.96 | 1.59 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 25.20 | 0.38 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 22.43 | 0.57 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 20.77 | 0.69 |
| 1 : 2 | 1 : 0 | 6 | - | 21.79 | 1.59 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 24.34 | 0.48 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 23.08 | 0.76 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 23.82 | 0.23 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 21.98 | 1.17 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 20.87 | 0.38 |
| 1 : 3 | 1 : 0 | 6 | - | 21.27 | 0.67 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 20.27 | 0.56 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 20.00 | 0.30 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 22.98 | 1.24 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 19.93 | 0.22 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 19.69 | 0.39 |
| 1 : 4 | 1 : 0 | 6 | - | 21.42 | 0.50 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 19.70 | 0.35 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 19.28 | 0.41 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 19.14 | 0.75 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 19.02 | 0.64 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 19.18 | 0.57 |

ตารางที่ 4.11 น้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับหลังดูดซับ 15 นาทีในการดูดซับน้ำมันเตา

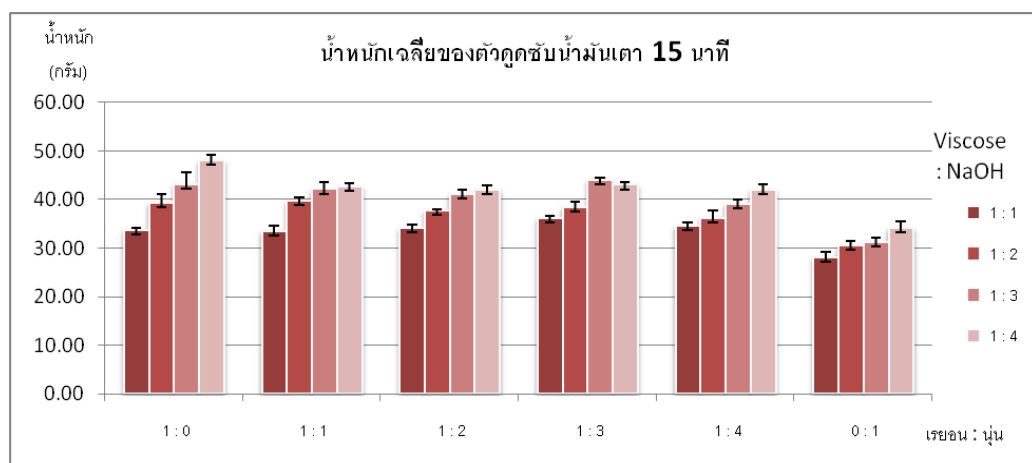
| อัตราส่วนวิสโคสต่อ โซเดียมไฮดรอกไซด์ | อัตราส่วนเส้น ใยเรยอนต่อ เส้นใยนุ่น | ปริมาณเส้นใย (กรัม) | | ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของตัว ดูดซับ หลังดูดซับน้ำมัน 15 นาที (กรัม) | ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน |
|---|---|------------------------|------|---|-------------------------|
| | | เรยอน | นุ่น | | |
| 1 : 1 | 1 : 0 | 6 | - | 33.83 | 0.38 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 33.64 | 1.03 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 34.16 | 0.70 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 36.24 | 0.38 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 34.62 | 0.56 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 28.25 | 0.99 |
| 1 : 2 | 1 : 0 | 6 | - | 39.35 | 1.66 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 39.86 | 0.61 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 37.81 | 0.26 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 38.57 | 0.98 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 36.30 | 1.46 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 30.61 | 0.80 |
| 1 : 3 | 1 : 0 | 6 | - | 43.24 | 2.46 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 42.18 | 1.34 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 41.11 | 0.87 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 44.15 | 0.43 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 39.25 | 0.85 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 31.33 | 0.74 |
| 1 : 4 | 1 : 0 | 6 | - | 48.11 | 1.10 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 42.74 | 0.55 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 42.12 | 0.79 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 43.09 | 0.46 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 42.05 | 1.02 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 34.18 | 1.29 |

ตารางที่ 4.12 น้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับหลังดูดซับ 24 ชั่วโมงในการดูดซับน้ำมันเตา

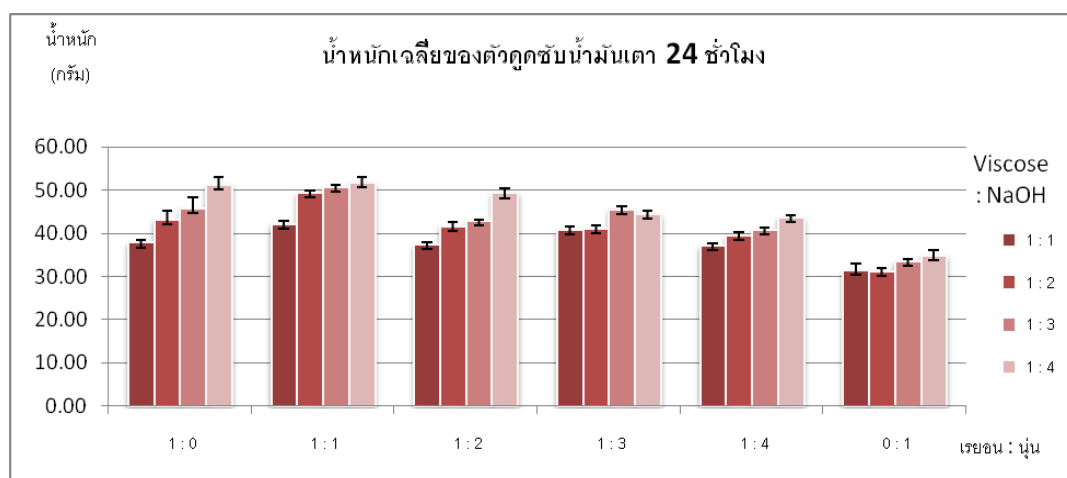
| อัตราส่วนวิสโคสต่อ โซเดียมไฮดรอกไซด์ | อัตราส่วน เส้น ใยเรยอนต่อ เส้นใยนุ่น | ปริมาณเส้นใย (กรัม) | | น้ำหนักของตัวดูดซับ หลังดูดซับน้ำมัน 24 ชั่วโมง (กรัม) | ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน |
|---|--|------------------------|------|--|-------------------------|
| | | เรยอน | นุ่น | | |
| 1 : 1 | 1 : 0 | 6 | - | 37.76 | 0.67 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 42.16 | 0.68 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 37.47 | 0.46 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 40.67 | 0.89 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 37.01 | 0.77 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 31.40 | 1.56 |
| 1 : 2 | 1 : 0 | 6 | - | 43.07 | 2.26 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 49.39 | 0.54 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 41.53 | 1.10 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 40.97 | 0.91 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 39.34 | 0.95 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 31.06 | 0.76 |
| 1 : 3 | 1 : 0 | 6 | - | 45.72 | 2.68 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 50.71 | 0.52 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 42.78 | 0.28 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 45.43 | 0.73 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 40.83 | 0.47 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 33.47 | 0.61 |
| 1 : 4 | 1 : 0 | 6 | - | 51.24 | 1.68 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 51.62 | 1.32 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 49.20 | 1.15 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 44.33 | 0.87 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 43.60 | 0.67 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 34.84 | 1.26 |



ภาพที่ 4.33 แผนภูมิแสดงค่าน้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับก่อนดูดซับน้ำมันเตา



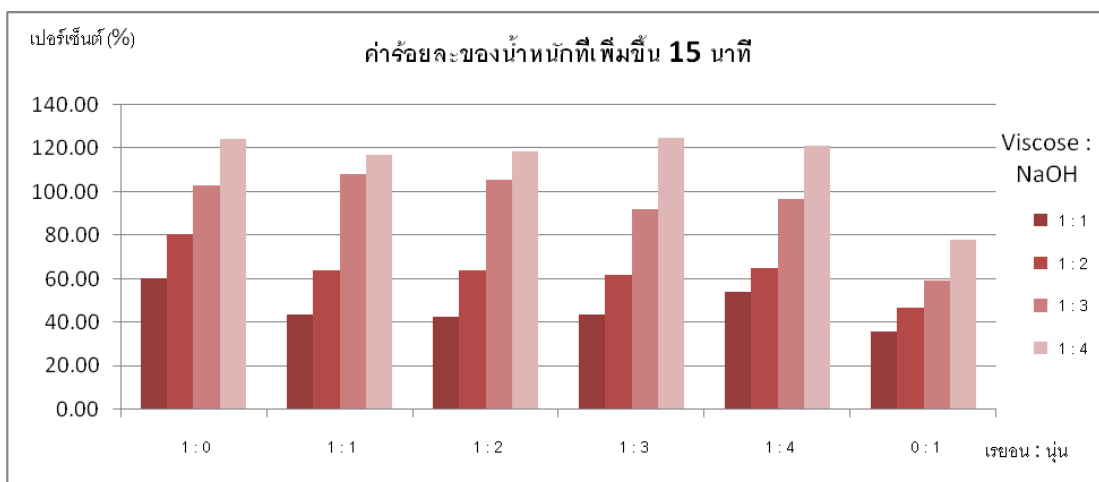
ภาพที่ 4.34 แผนภูมิแสดงค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นเมื่อดูดซับน้ำมันเตา 15 นาที



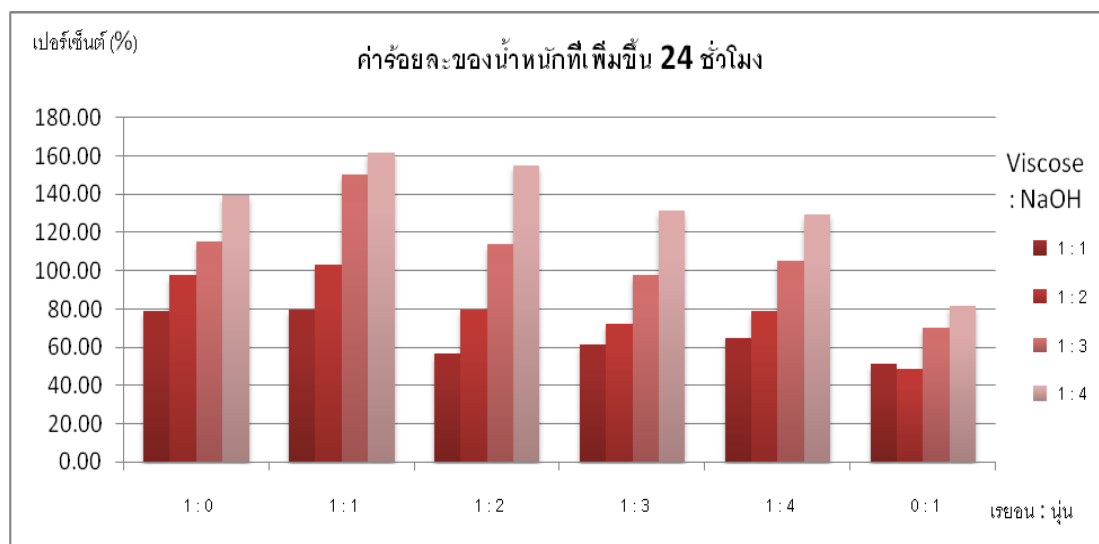
ภาพที่ 4.35 แผนภูมิแสดงค่าน้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นเมื่อดูดซับน้ำมันเตา 24 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.13 ค่าร้อยละของน้ำหนักของตัวดูดซับที่เพิ่มในการดูดซับน้ำมันเตา

| อัตราส่วนวิสโคสต่อ โซเดียมไฮดรอกไซด์ | อัตราส่วน เส้นใยเรยอน ต่อเส้นใยนุ่น | ปริมาณเส้นใย (กรัม) | | ค่าร้อยละของน้ำหนัก ที่เพิ่มขึ้น | | ค่าร้อยละของความ แตกต่างที่เพิ่มขึ้น |
|---|---|------------------------|------|-------------------------------------|------------|---|
| | | เรยอน | นุ่น | 15 นาที | 24 ชั่วโมง | |
| | | | | | | |
| 1 : 1 | 1 : 0 | 6 | - | 60.18 | 78.79 | 18.61 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 43.52 | 79.86 | 36.34 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 42.57 | 56.39 | 13.82 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 43.81 | 61.39 | 17.58 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 54.35 | 65.00 | 10.65 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 36.01 | 51.18 | 15.17 |
| 1 : 2 | 1 : 0 | 6 | - | 80.59 | 97.66 | 17.07 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 63.76 | 102.92 | 39.16 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 63.82 | 79.94 | 16.12 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 61.92 | 72.00 | 10.08 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 65.15 | 78.98 | 13.83 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 46.67 | 48.83 | 2.16 |
| 1 : 3 | 1 : 0 | 6 | - | 103.29 | 114.95 | 11.66 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 108.09 | 150.17 | 42.08 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 105.55 | 113.90 | 8.35 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 92.12 | 97.69 | 5.57 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 96.94 | 104.87 | 7.93 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 59.12 | 69.98 | 10.86 |
| 1 : 4 | 1 : 0 | 6 | - | 124.60 | 139.22 | 14.62 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 116.95 | 162.03 | 45.08 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 118.46 | 155.19 | 36.73 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 125.13 | 131.61 | 6.48 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 121.08 | 129.23 | 8.15 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 78.21 | 81.65 | 3.44 |



ภาพที่ 4.36 แผนภูมิแสดงค่าร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อดูดซับน้ำมันเตา 15 นาที



ภาพที่ 4.37 แผนภูมิแสดงค่าร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อดูดซับน้ำมันเตา 24 ชั่วโมง

จากภาพที่ 4.36 และภาพที่ 4.37 พบว่าค่าร้อยละของน้ำหนักของตัวอย่างตัวดูดซับ จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของเส้นใยนุ่นที่เพิ่มนุ่นของตัวอย่างตัวดูดซับ และเมื่อพิจารณาอัตราส่วนของความเข้มข้นของของผสมหนีดวิสโคสพบว่า ค่าร้อยละของน้ำหนักของตัวอย่างตัวดูดซับ จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อตัวอย่างตัวดูดซับมีอัตราส่วนของของผสมหนีดวิสโคสที่ลดลง

จากตารางที่ 4.10 4.11 และ 4.12 สามารถการคำนวณความสามารถในการดูดซับน้ำมันของตัวดูดซับที่เตรียมขึ้น เมื่อทดสอบดูดซับในน้ำมันเตาพบว่า ตัวดูดซับมีค่าความสามารถในการดูดซับน้ำมันเท่ากับ 0.80 ถึง 0.96 กรัมน้ำมันต่อกรัมตัวดูดซับ

จากตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์น้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับในการดูดซับน้ำมันเตาพบว่า น้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับที่เพิ่มขึ้นหลังจากดูดซับไป 15 นาที พบว่า อัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นในอัตราส่วน 1:0 อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอัตราส่วน 1:1 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 60.18 อัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นในอัตราส่วน 1:0 อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอัตราส่วน 1:2 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 80.59 อัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นในอัตราส่วน 1:1 อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอัตราส่วน 1:3 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 108.09 อัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นในอัตราส่วน 1:3 อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอัตราส่วน 1:4 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 125.13 โดยภาพรวมตัวดูดซับที่มีน้ำหนักหลังการดูดซับไป 15 นาที มากที่สุด คือตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นในอัตราส่วน 1:3 อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอัตราส่วน 1:4

น้ำหนักเฉลี่ยของตัวดูดซับที่เพิ่มขึ้นหลังจากดูดซับไป 24 ชั่วโมง พบว่า อัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นในอัตราส่วน 1:1 อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอัตราส่วน 1:1 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 79.86 อัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นในอัตราส่วน 1:1 อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอัตราส่วน 1:2 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 102.92 อัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นในอัตราส่วน 1:1 อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอัตราส่วน 1:3 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 150.17 อัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นในอัตราส่วน 1:1 อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอัตราส่วน 1:4 มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 162.03 โดยภาพรวมตัวดูดซับที่มีน้ำหนักหลังการดูดซับไป 24 ชั่วโมง มากที่สุด คือตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นในอัตราส่วน 1:1 อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอัตราส่วน 1:4

4.3.4 สรุปผลการวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน

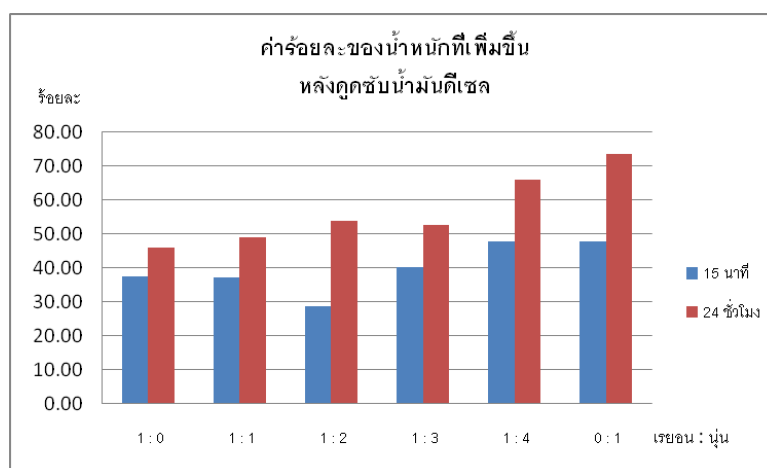
ความสามารถในการดูดซับน้ำมันของตัวดูดซับที่เตรียมขึ้น เมื่อทดสอบดูดซับในน้ำมันดีเซล น้ำมันเครื่อง และน้ำมันเตาพบว่า ตัวดูดซับมีค่าความสามารถในการดูดซับน้ำมันเท่ากับ 0.32 ถึง 0.45, 0.32 ถึง 0.45 และ 0.80 ถึง 0.96 กรัมน้ำมันต่อกรัมตัวดูดซับ ตามลำดับ

ตัวดูดซับที่สามารถดูดซับได้มากที่สุดคือ ตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นในอัตราส่วน 1:3 และอัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:4 โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 125 หลังจากดูดซับ 15 นาที และตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยุ่นในอัตราส่วน 1:1 และอัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:4 โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 162 หลังจากดูดซับ 24 ชั่วโมง เนื่องจากตัวดูดซับดังกล่าวมีความเป็นรูพรุนและเป็นโพรงมากกว่าตัวดูดซับในอัตราส่วนอื่นๆ ดังที่กล่าวมาในข้างต้น จึงสามารถดูดซับน้ำมันไว้ภายในได้มากกว่าตัวดูดซับในอัตราส่วนอื่นๆ

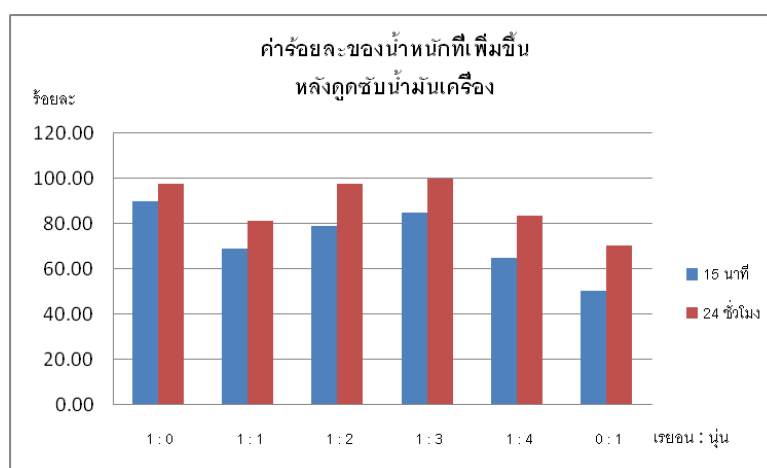
จากค่าร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของตัวดูดซับน้ำมันพบว่า ตัวดูดซับสามารถดูดซับน้ำมันเตาได้มากที่สุด เนื่องจากน้ำมันเตานั้นมีค่าความหนืดและความหนาแน่นสูงกว่าน้ำมันเครื่องและน้ำมันดีเซล จึงทำให้น้ำมันเตาสามารถยึดติดกับตัวดูดซับได้มากกว่าน้ำมันชนิดอื่นๆ และค่าร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของตัวดูดซับในอัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:4 โดยมีน้ำหนักนั้น มีแนวโน้มของค่าความสามารถในการดูดซับที่เพิ่มขึ้นได้อย่างชัดเจน เมื่อนำอัตราส่วนดังกล่าวมาพิจารณาแนวโน้มของค่าความสามารถในการดูดซับ จะได้ผลดังที่แสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ค่าร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของตัวดูดซับในอัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:4 โดยมีน้ำหนัก

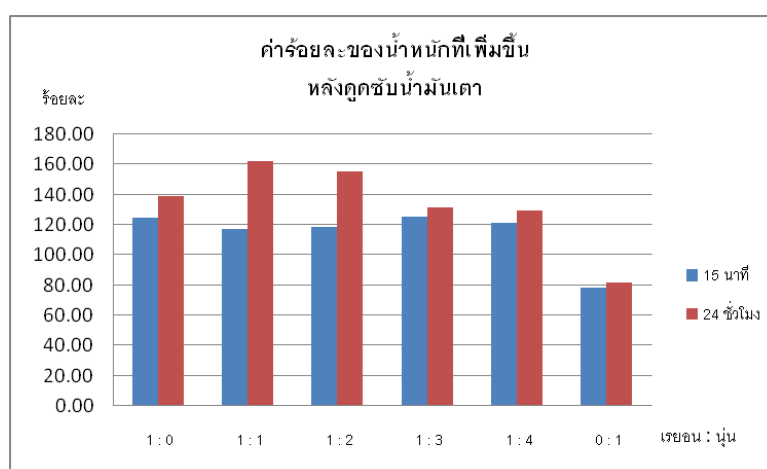
| ชนิดของน้ำมัน | อัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ | อัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยนุ่น | ปริมาณเส้นใย (กรัม) | | ค่าร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (%) | | |
|---------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|------|-------------------------------------|------------|-------------------------|
| | | | เรยอน | นุ่น | 15 นาที | 24 ชั่วโมง | ค่าร้อยละของความแตกต่าง |
| น้ำมันดีเซล | 1 : 4 | 1 : 0 | 6.0 | - | 37.50 | 46.04 | 8.54 |
| | | 1 : 1 | 3.0 | 3.0 | 37.22 | 49.02 | 11.80 |
| | | 1 : 2 | 2.0 | 4.0 | 28.85 | 53.85 | 25.00 |
| | | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 40.41 | 52.62 | 12.21 |
| | | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 48.03 | 65.98 | 17.95 |
| | | 0 : 1 | - | 6.0 | 47.83 | 73.68 | 25.85 |
| น้ำมันเครื่อง | 1 : 4 | 1 : 0 | 6.0 | - | 90.11 | 97.51 | 7.40 |
| | | 1 : 1 | 3.0 | 3.0 | 69.14 | 81.31 | 12.17 |
| | | 1 : 2 | 2.0 | 4.0 | 79.24 | 97.95 | 18.71 |
| | | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 85.01 | 100.05 | 15.04 |
| | | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 64.84 | 83.68 | 18.84 |
| | | 0 : 1 | - | 6.0 | 50.52 | 70.36 | 19.84 |
| น้ำมันเตา | 1 : 4 | 1 : 0 | 6.0 | - | 124.60 | 139.22 | 14.62 |
| | | 1 : 1 | 3.0 | 3.0 | 116.95 | 162.03 | 45.08 |
| | | 1 : 2 | 2.0 | 4.0 | 118.46 | 155.19 | 36.73 |
| | | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 125.13 | 131.61 | 6.48 |
| | | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 121.08 | 129.23 | 8.15 |
| | | 0 : 1 | - | 6.0 | 78.21 | 81.65 | 3.44 |



ภาพที่ 4.38 แผนภูมิแสดงค่าร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อดูดซับน้ำมันดีเซล



ภาพที่ 4.39 แผนภูมิแสดงค่าร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อดูดซับน้ำมันเครื่อง



ภาพที่ 4.40 แผนภูมิแสดงค่าร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อดูดซับน้ำมันเตา

จากภาพที่ 4.38 4.39 และ 4.40 สามารถสรุปได้ว่า เนื่องจากตัวดูดซับในอัตราส่วนวิสโคสต่อไฮเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:4 โดยมีน้ำหนักนั้น มีค่าร้อยละของการยึดตัวเฉลี่ยใกล้เคียงกับค่าร้อยละของการยึดตัวของวัสดุดูดซับที่ดี จึงทำให้มีแนวโน้มของค่าความสามารถในการดูดซับที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน

4.4 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับน้ำมันของตัวดูดซับที่เตรียมขึ้นกับตัวดูดซับสังเคราะห์

จากการเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับน้ำมันของตัวดูดซับที่เตรียมขึ้นในช่วงเวลา 15 นาทีและ 24 ชั่วโมง เทียบกับผลการวิเคราะห์ความสามารถของวัสดุดูดซับสังเคราะห์ชนิดโพลีโพรพิลีน (เซาวาลิต เสนานุรักษ์วรกุล, 2549) ได้ผลการวิเคราะห์ดังที่แสดงในตารางที่ 4.15 และ 4.16 ดังนี้

ตารางที่ 4.15 การเปรียบเทียบร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของตัวดูดซับ 15 นาที

| ประเภทน้ำมัน | ตัวดูดซับเส้นใยเรยอน กับเส้นใยนุ่น | วัสดุดูดซับสังเคราะห์ โพลีโพรพิลีน |
|---------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| น้ำมันดีเซล | 48.83 | 901 |
| น้ำมันเครื่องรถยนต์ | 90.11 | 924 |
| น้ำมันเตา | 125.13 | 803 |

ตารางที่ 4.16 การเปรียบเทียบร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของตัวดูดซับดูดซับ 24 ชั่วโมง

| ประเภทน้ำมัน | ตัวดูดซับเส้นใยเรยอน กับเส้นใยนุ่น | วัสดุดูดซับสังเคราะห์ โพลีโพรพิลีน |
|---------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| น้ำมันดีเซล | 73.68 | 979 |
| น้ำมันเครื่องรถยนต์ | 100.05 | 1083 |
| น้ำมันเตา | 162.03 | 1179 |

สรุปการเปรียบเทียบร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของตัวดูดซับเส้นใยเรยอนกับเส้นใยนุ่น และเส้นใยสังเคราะห์โพลีโพรพิลีนโดยใช้เวลาดูดซับ 15 นาทีและ 24 ชั่วโมงพบว่า ค่าร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของเส้นใยวัสดุสังเคราะห์โพลีโพรพิลีนมีการดูดซับที่สูงกว่าตัวดูดซับเส้นใยเรยอนกับเส้นใยนุ่น

4.5 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุดูดซับที่ดีกับตัวดูดซับที่เตรียมขึ้น

เมื่อทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุดูดซับที่ดีจากหัวข้อ 2.5.2 กับตัวดูดซับที่เตรียมขึ้นพบว่า ตัวดูดซับที่เตรียมขึ้นนั้นมีค่าแรงดึงต่อน้ำหนักที่มากกว่าค่าของวัสดุดูดซับที่ดี ค่าดังกล่าวนี้บ่งชี้ถึงการเรียงตัวของเส้นใยภายในตัวดูดซับ ซึ่งส่งผลทำให้ตัวดูดซับที่เตรียมขึ้นนี้มีค่าความสามารถในการดูดซับน้ำมันที่ต่ำ เนื่องจากวัสดุที่เตรียมขึ้นนั้น มีการใช้ของผสมชนิดวิสโคสเป็นตัวกลางทำหน้าที่ประสานเส้นใยจึงทำให้มีของผสมชนิดวิสโคสนี้แทรกซึมเข้าไปอยู่ภายในของโครงสร้างของเส้นใยตัวกลางจึงทำให้ตัวดูดซับมีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น ส่วนค่าความเค้นแรงดึงและค่าร้อยละของการยืดตัวนั้นส่งผลต่อความแข็งแรงทนทานของตัวดูดซับที่เป็นคุณสมบัติทางกายภาพของตัวดูดซับ ซึ่งไม่ส่งผลต่อค่าความสามารถในการดูดซับมากนัก

ตารางที่ 4.17 ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุดูดซับที่ดีกับตัวดูดซับที่เตรียมขึ้น

| พารามิเตอร์ | วัสดุดูดซับที่ดี | ตัวดูดซับที่เตรียมขึ้น(ค่าเฉลี่ย) |
|--|------------------|-----------------------------------|
| ความเค้นแรงดึง (นิวตัน/มม.) | 1.20 | 0.24 |
| แรงดึงต่อน้ำหนัก (นิวตัน.เมตร/กรัม) | 35.00-40.00 | 73.47 |
| ร้อยละของการยืดตัว (%) | 5.00-7.00 | 2.30 |

ที่มา : Adebajo และคณะ, 2003

4.6 การเลือกตัวดูดซับในอัตราส่วนที่มีประสิทธิภาพในการดูดน้ำมันสูงสุด เพื่อการนำไปใช้งานจริงและการนำกลับมาใช้ซ้ำอีกครั้ง

จากผลการศึกษาความสามารถในการดูดซับน้ำมันพบว่า ตัวดูดซับที่เตรียมขึ้นจากของเสียนั้น เมื่อทดสอบดูดซับในน้ำมันดีเซล น้ำมันเครื่อง และน้ำมันเตา ตัวดูดซับมีค่าความสามารถในการดูดซับน้ำมันเท่ากับ 0.32 ถึง 0.45, 0.32 ถึง 0.45 และ 0.80 ถึง 0.96 กรัมน้ำมันต่อกรัมตัวดูดซับ ตามลำดับ ซึ่งค่าความสามารถในการดูดซับน้ำมันของตัวดูดซับดังกล่าวนี้มีค่าน้อยกว่าความสามารถในการดูดซับของวัสดุดูดซับสังเคราะห์ชนิดโพลีโพรพิลีนมาก จึงไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานจริงและการนำกลับมาใช้ซ้ำอีกครั้ง

ดังนั้นจึงไม่ได้ดำเนินการเลือกตัวดูดซับที่เตรียมขึ้นในอัตราส่วนที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันสูงสุดมาทดสอบการรีดน้ำมันออก โดยวิธีบีบอัดด้วยแผ่นโลหะ เพื่อนำมาทดสอบประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันอีกครั้ง ดังที่ได้กล่าวไว้ใน หัวข้อ 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย ข้อ. 7 (หน้า 3) ของวิทยานิพนธ์

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การเตรียมตัวดูดซับ (การขึ้นรูป)

จากการประยุกต์ใช้ของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตเส้นใยเรยอน ซึ่งได้แก่ เส้นใยเรยอนและของผสมหนืดวิสโคส ผสมกับเส้นใยอนุกรมชาติเป็นตัวกลางในการดูดซับน้ำมันเตรียมขึ้นเป็นวัสดุดูดซับ พบว่า สามารถเตรียมตัวดูดซับได้ในลักษณะแผ่นที่มีขนาดและน้ำหนักอยู่ในเกณฑ์ของมาตรฐานวัสดุดูดซับได้ โดยการเตรียมอัตราส่วนของเส้นใยที่มีน้ำหนักรวมเท่ากับ 6 กรัม และน้ำหนักของอัตราส่วนของวิสโคสที่ผสมโซเดียมไฮดรอกไซด์แล้ว 60 กรัม ซึ่งเมื่อผ่านกระบวนการขึ้นรูปและอบจนแห้งแล้ว ตัวดูดซับที่เตรียมขึ้นจะมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 22.06 กรัม

ค่าความเค้นแรงดึงจะแสดงถึงค่าความหนาแน่นของวัสดุดูดซับ ความเป็นรูพรุนและเป็นโพรงของวัสดุดูดซับ กล่าวคือ วัสดุดูดซับที่มีค่าความเค้นแรงดึงมาก เส้นใยมีลักษณะทางกายภาพของตัวดูดซับที่มีความหนาแน่นมาก เนื่องจากมีความเป็นรูพรุนและเป็นโพรงน้อยนั่นเอง ส่วนค่าแรงดึงต่อน้ำหนักจะแสดงถึงค่าที่บ่งบอกลักษณะการเรียงตัวของโครงสร้างเส้นใยภายในตัวดูดซับ กล่าวคือ เมื่อตัวดูดซับมีการเรียงตัวของเส้นใยกันอย่างเป็นระเบียบ จะทำให้ตัวดูดซับมีความแข็งแรง ทนทาน ค่าแรงดึงต่อน้ำหนักจะมีค่ามากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งค่าแรงดึงต่อน้ำหนักของวัสดุดูดซับในท้องตลาดนั้นจะมีค่าอยู่ในช่วง 35-40 นิวตันเมตรต่อกรัม ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าที่ตรวจวัดได้ของตัวดูดซับที่เตรียมขึ้น ส่วนค่าร้อยละของการยืดตัวจะแสดงถึงค่าความสามารถในการคงรูปลักษณะเดิมของวัสดุดูดซับนั้นๆ กล่าวคือ เมื่อวัสดุดูดซับมีค่าร้อยละของการยืดตัวมาก จะทำให้ตัวดูดซับจะมีความยืดหยุ่น คงรูปอยู่ในลักษณะเดิมได้ดี ซึ่งค่าร้อยละของการยืดจะบ่งบอกถึงลักษณะทางกายภาพของตัวดูดซับที่มีการยืดติดกันของเส้นใยนั่นเอง

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายของตัวอย่างตัวดูดซับที่เตรียมขึ้น พบว่า ตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนของเส้นใย 1:0 นั้นจะมีความแข็งแรง ทนทานมากที่สุด เนื่องจากมีค่าความเค้นแรงดึงและค่าแรงดึงต่อน้ำหนักสูงที่สุด แต่อัตราส่วนดังกล่าวนี้มีค่าร้อยละของการยืดตัวต่ำที่สุด จึงทำให้ไม่สามารถคงรูปในลักษณะเดิมได้ ซึ่งตัวดูดซับที่มีอัตราส่วน 0:1 มีค่าความเค้นแรงดึงและ

ค่าแรงดึงต่อน้ำหนักใกล้เคียงกับอัตราส่วน 1:0 แต่มีค่าร้อยละของการยืดตัวที่สูงกว่า จึงทำให้สามารถคงรูปในลักษณะเดิมได้ดีกว่า

ตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนของความเข้มข้นของวิสโคสมาค มีค่าความเค้นแรงดึงสูงสุดมากกว่าตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนของความเข้มข้นของวิสโคสน้อย กล่าวคือ ตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนของความเข้มข้นของวิสโคสมาค จะมีความแข็งแรงคงทนมากกว่าตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนของความเข้มข้นของวิสโคสน้อย เนื่องจากค่าความเค้นแรงดึงสูงสุดที่มากนั้นบ่งบอกถึงลักษณะทางกายภาพของตัวดูดซับว่ามีความหนาแน่นมาก ทำให้มีความเป็นรูพรุนและเป็นโพรงน้อยกว่าตัวดูดซับที่มีค่าความเค้นแรงดึงสูงสุดน้อย ตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนของความเข้มข้นของวิสโคสมาค นั้น มีค่าแรงดึงต่อน้ำหนักมากกว่าตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนของความเข้มข้นของวิสโคสน้อยเช่นกัน กล่าวคือ ตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนของความเข้มข้นของวิสโคสมาค จะมีความแข็งแรงทนทานมากกว่าตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนของความเข้มข้นของวิสโคสน้อย เนื่องจากค่าแรงดึงต่อน้ำหนักที่มากนั้นบ่งบอกถึงลักษณะทางกายภาพของตัวดูดซับว่าเส้นใยมีลักษณะแบน มีการเรียงตัวของเส้นใยกันอย่างเป็นระเบียบ ทำให้มีความเป็นรูพรุนและเป็นโพรงน้อยกว่าตัวดูดซับที่มีค่าแรงดึงต่อน้ำหนักน้อย แต่ตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนของความเข้มข้นของวิสโคสมาค นั้น มีค่าร้อยละของการยืดตัวน้อยอัตราส่วนของความเข้มข้นของวิสโคสน้อย ซึ่งค่าร้อยละของการยืดบ่งบอกถึงลักษณะทางกายภาพของตัวดูดซับที่มีการยึดติดกันของเส้นใยที่ดี กล่าวคือ ตัวดูดซับที่มีค่าร้อยละของการยืดตัวที่สูงนั้น จะทำให้ตัวดูดซับนั้นๆ มีความยืดหยุ่น สามารถคงรูปอยู่ในลักษณะเดิมได้ดี

ตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนของเส้นใยนุ่มที่มาก มีค่าความเค้นแรงดึงน้อยกว่าอัตราส่วนของเส้นใยนุ่มน้อย บ่งบอกถึงลักษณะทางกายภาพของตัวดูดซับที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า มีความเป็นรูพรุนมาก และมีโพรงมากกว่า ส่วนค่าแรงดึงต่อน้ำหนักของตัวดูดซับนั้นมีความสอดคล้องกับค่าความเค้นแรงดึง กล่าวคือ ตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนของเส้นใยนุ่มที่มากนั้น จะมีค่าแรงดึงต่อน้ำหนักน้อยเช่นกัน เนื่องจากค่าแรงดึงต่อน้ำหนักนั้นบ่งบอกถึงลักษณะทางกายภาพของตัวดูดซับว่าการเรียงตัวของเส้นใยเป็นอย่างไร กล่าวคือ ตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนของเส้นใยนุ่มที่มากนั้น เส้นใยจะมีการเรียงกันอย่างไม่เป็นระเบียบ ทำให้ตัวดูดซับมีความเป็นรูพรุนและเป็นโพรงมากขึ้น ตัวดูดซับจึงมีค่าแรงดึงต่อน้ำหนักน้อย ส่วนตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนของเส้นใยนุ่มที่เพิ่มมากขึ้นนั้น มีค่าร้อยละของการยืดตัวที่น้อย เนื่องจากเส้นใยนุ่มที่เพิ่มมากขึ้นนั้น ทำให้ตัวดูดซับมีความเป็นรูพรุนและเป็นโพรงที่มากขึ้น ซึ่งค่าร้อยละของการยืดตัวที่น้อยนั้น บ่งบอกถึงลักษณะทางกายภาพ

ของตัวดูดซับที่มีการยึดติดกันของเส้นใยที่ไม่ดี มีความยืดหยุ่นต่ำ สามารถคงรูปอยู่ในลักษณะเดิมไม่ได้ดีนั่นเอง

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพจากภาพถ่ายที่ได้จากการถ่ายภาพผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนนั้น แสดงให้เห็นโครงสร้างลักษณะที่เปลี่ยนแปลงภายในของตัวดูดซับ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของการเรียงตัวและการยึดติดกันของเส้นใยนั้นมีผลต่อค่าความแข็งแรงทนทานของตัวดูดซับเท่านั้น ไม่สามารถระบุถึงความเป็นรูพรุนของตัวอย่างได้ ซึ่งค่าความเป็นรูพรุนนั้นจะต้องทำการตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิค BET (Brunauer Emmett Teller)

ส่วนความสามารถในการดูดซับน้ำมันของตัวดูดซับที่เตรียมขึ้นนั้นจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของความเข้มข้นของของผสมหนืดวิสโคส เนื่องจากของผสมหนืดวิสโคสนั้นทำหน้าที่ประสานเส้นใยตัวกลางให้คงรูปตัวดูดซับให้อยู่ในสภาพเดิมได้ กล่าวคือ เมื่อของผสมหนืดวิสโคสมีความเข้มข้นมากจะทำให้ไขมันไม่สามารถแทรกซึมเข้าสู่เส้นใยตัวกลางที่ทำหน้าที่ในการดูดซับได้นั่นเอง

ผลการวิเคราะห์จากการนำตัวดูดซับทั้ง 4 กลุ่มตัวอย่างตามความเข้มข้นของของผสมหนืดวิสโคสมาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพด้วยเทคนิคการกระตุ้นสารด้วยพลังงานแสงช่วงแสงอินฟราเรด พบว่า สเปกตรัมของตัวดูดซับทั้ง 4 กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งแบ่งกลุ่มตามความเข้มข้นของของผสมหนืดวิสโคส มีความคล้ายคลึงกันมาก แต่จะแสดงหมู่ฟังก์ชันที่สำคัญบ่งชี้ให้เห็นข้อแตกต่างได้ชัดเจนซึ่งสามารถแยกออกได้ 4 กลุ่ม ได้แก่ สเปกตรัมของหมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิล (-OH) หมู่ฟังก์ชันคาร์บอนิล (C=O) หมู่ฟังก์ชันอะซิทิล (C-O) และหมู่ฟังก์ชันอะโรมาติก (C-H) โดยค่าของเส้นสเปกตรัมของตัวดูดซับที่ $3650 - 3584 \text{ cm}^{-1}$ เป็นหมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิล (-OH) จะบ่งชี้ถึงความเปลี่ยนแปลง Reduced hydroxyl group เช่น fatty acid on surface ของตัวดูดซับ ค่าของเส้นสเปกตรัมของตัวดูดซับที่ $1750 - 1690 \text{ cm}^{-1}$ เป็นหมู่ฟังก์ชันคาร์บอนิลจะบ่งชี้ถึงความเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงของพันธะที่ทำให้ตัวดูดซับมีความทนทาน ค่าของเส้นสเปกตรัมของตัวดูดซับที่ $1252 - 1247 \text{ cm}^{-1}$ หมู่ฟังก์ชันอะซิทิลจะบ่งชี้ถึงความเปลี่ยนแปลงของการยึดติดกันของลิกนินและไซเลน ค่าของเส้นสเปกตรัมของตัวดูดซับที่ $898 - 897 \text{ cm}^{-1}$ เป็นหมู่ฟังก์ชันอะโรมาติก (C-H) บ่งชี้ถึงความเปลี่ยนแปลงของพันธะในเซลล์ลูโลสซึ่งส่งผลต่อความยืดหยุ่นของตัวดูดซับ

5.1.2 ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน

ความสามารถในการดูดซับน้ำมันของตัวดูดซับที่เตรียมขึ้น เมื่อทดสอบดูดซับในน้ำมันดีเซล น้ำมันเครื่อง และน้ำมันเตาพบว่า ตัวดูดซับมีค่าความสามารถในการดูดซับน้ำมันเท่ากับ 0.32 ถึง 0.45, 0.32 ถึง 0.45 และ 0.80 ถึง 0.96 กรัมน้ำมันต่อกรัมตัวดูดซับ ตามลำดับ

ค่าร้อยละของน้ำหนักของตัวดูดซับ จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของเส้นใยพู่กันที่เพิ่มส่วนของตัวอย่างตัวดูดซับ และเมื่อพิจารณาอัตราส่วนของความเข้มข้นของของผสมหนืดวิสโคสพบว่า ค่าร้อยละของน้ำหนักของตัวดูดซับ จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อตัวอย่างตัวดูดซับมีอัตราส่วนของของผสมหนืดวิสโคสที่ลดลง และพบว่าตัวดูดซับสามารถดูดซับน้ำมันเตาได้มากที่สุด เนื่องจากน้ำมันเตานั้นมีค่าความหนืดและความหนาแน่นสูงกว่าน้ำมันเครื่องและน้ำมันดีเซล จึงทำให้น้ำมันเตาสามารถยึดติดกับตัวดูดซับได้มากกว่าน้ำมันชนิดอื่นๆ

ตัวดูดซับที่สามารถดูดซับได้มากที่สุดคือ ตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยพู่กันในอัตราส่วน 1:3 และอัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:4 โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 125 หลังจากดูดซับ 15 นาที และตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนเส้นใยเรยอนต่อเส้นใยพู่กันในอัตราส่วน 1:1 และอัตราส่วนวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:4 โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 162 หลังจากดูดซับ 24 ชั่วโมง

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพจากภาพถ่ายที่ได้จากการถ่ายภาพผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนนั้น แสดงให้เห็นโครงสร้างลักษณะที่เปลี่ยนแปลงภายในของตัวดูดซับ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของการเรียงตัวและการยึดติดกันของเส้นใยนั้นมีผลต่อค่าความแข็งแรงทนทานของตัวดูดซับเท่านั้น ส่วนความสามารถในการดูดซับน้ำมันของตัวดูดซับที่เตรียมขึ้นนั้นจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของความเข้มข้นของของผสมหนืดวิสโคส เนื่องจากของผสมหนืดวิสโคสนั้นทำหน้าที่ประสานเส้นใยตัวกลางให้คงรูปตัวดูดซับให้อยู่ในสภาพเดิมได้ กล่าวคือ เมื่อของผสมหนืดวิสโคสมีความเข้มข้นมากจะทำให้น้ำมันไม่สามารถแทรกซึมเข้าสู่เส้นใยตัวกลางที่ทำหน้าที่ในการดูดซับได้นั่นเอง

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพด้วยเทคนิคการกระตุ้นสารด้วยพลังงานแสงช่วงแสงอินฟราเรดได้แสดงให้เห็นถึงหมู่ฟังก์ชันซึ่งเป็นองค์ประกอบของตัวดูดซับเพียงเท่านั้น ซึ่งองค์ประกอบของฟังก์ชันดังกล่าวไม่ได้ส่งผลถึงความสามารถในการดูดซับน้ำมันของตัวดูดซับที่เตรียมขึ้นแต่อย่างใด

การเปรียบเทียบร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของตัวดูดซับเส้นใยเรยอนกับเส้นใยนุ่นและเส้นใยสังเคราะห์โพลีโพรพิลีนโดยใช้เวลาดูดซับ 15 นาทีและ 24 ชั่วโมงพบว่า ค่าร้อยละของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของเส้นใยวัสดุสังเคราะห์โพลีโพรพิลีนมีการดูดซับที่สูงกว่าตัวดูดซับเส้นใยเรยอนกับเส้นใยนุ่น

5.2 อภิปรายผล

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับน้ำมันในด้านลักษณะทางกายภาพของวัสดุดูดซับที่เตรียมขึ้นพบว่า วัสดุดูดซับที่มีค่าความเค้นแรงดึงมาก เส้นใยมีลักษณะทางกายภาพของตัวดูดซับที่มีความหนาแน่นมาก เนื่องจากมีความเป็นรูพรุนและเป็นโพรงน้อยนั่นเอง ส่วนค่าแรงดึงต่อน้ำหนักจะแสดงถึงค่าที่บ่งบอกลักษณะการเรียงตัวของโครงสร้างเส้นใยภายในตัวดูดซับ กล่าวคือ เมื่อตัวดูดซับมีการเรียงตัวของเส้นใยกันอย่างเป็นระเบียบ จะทำให้ตัวดูดซับมีความแข็งแรง ทนทาน ค่าแรงดึงต่อน้ำหนักจะมีค่ามากขึ้นตามไปด้วย และค่าร้อยละของการยืดตัวจะแสดงถึงค่าความสามารถในการคงรูปลักษณะเดิมของวัสดุดูดซับนั้นๆ กล่าวคือ เมื่อวัสดุดูดซับมีค่าร้อยละของการยืดตัวมาก จะทำให้ตัวดูดซับจะมีความยืดหยุ่น คงรูปอยู่ได้ในลักษณะเดิมได้ดี ซึ่งค่าร้อยละของการยืดจะบ่งบอกถึงลักษณะทางกายภาพของตัวดูดซับที่มีการยึดติดกันของเส้นใย และพบว่าปัจจัยด้านอัตราส่วนผสม และองค์ประกอบของตัวกลางมีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการดูดซับน้ำมันของวัสดุดูดซับที่เตรียมขึ้น กล่าวคือ เมื่อตัวดูดซับมีอัตราส่วนของความเข้มข้นของวัสดุของวัสดุต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์น้อยลง จะทำให้มีความสามารถในการดูดซับน้ำมันสูงขึ้น และตัวดูดซับที่มีอัตราส่วนของเส้นใยนุ่นที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้มีค่าความสามารถในการดูดซับมากขึ้นตามไปด้วย

ชนิดของน้ำมันที่มีความแตกต่างกันในค่าความหนืดและความหนาแน่นนั้นมีผลต่อความสามารถในการดูดซับน้ำมัน กล่าวคือ ค่าความสามารถในการดูดซับน้ำมันจะมีค่ามากขึ้นเมื่อน้ำมันมีค่าความหนืดและค่าความหนาแน่นที่สูงขึ้น และพบว่า ตัวดูดซับมีความสามารถในการ

การดูดซับได้ดีที่สุดคือน้ำมันเตา ซึ่งเป็นน้ำมันที่มีความหนาแน่นและความหนืดมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากความหนาแน่นและความหนืดทำให้น้ำมันสามารถจัดตัวอยู่ในตัวดูดซับได้ดีกว่าน้ำมันที่มีความหนืดน้อยนั่นเอง

เวลาที่ใช้ในการดูดซับนั้นมีผลต่อความสามารถในการดูดซับน้ำมัน กล่าวคือความสามารถในการดูดซับน้ำมันจะมีค่ามากขึ้น เมื่อมีเวลาในการดูดซับมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามความสามารถในการดูดซับน้ำมันนั้น ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันที่ทำการดูดซับด้วยเช่นกัน

เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับน้ำมันระหว่างวัสดุดูดซับที่เตรียมขึ้นกับวัสดุดูดซับสังเคราะห์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดพบว่า ตัวดูดซับที่เตรียมขึ้นนั้นมีความสามารถในการดูดซับน้ำมันน้อยกว่าวัสดุดูดซับสังเคราะห์ เนื่องจากตัวดูดซับที่เตรียมขึ้นนั้นมีลักษณะทางกายภาพของเส้นใยมีลักษณะเรียงซ้อนทับกันยาวและตัน วางซ้อนทับสลับกันไปมาค่อนข้างแน่น พื้นที่หน้าตัดมีความเป็นรูพรุนหรือความเป็นโพรงน้อย จึงทำให้ช่องว่างและพื้นผิวสัมผัสที่น้อย ซึ่งทำให้มีความสามารถในการดูดซับน้อยกว่าวัสดุดูดซับสังเคราะห์

5.3 ข้อเสนอแนะ

เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ของเสียจากอุตสาหกรรมผลิตเส้นใยเรยอนมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตวัสดุดูดซับน้ำมัน และเป็นแนวทางในการผลิตวัสดุดูดซับน้ำมันจากทรัพยากรธรรมชาติเพื่อใช้ทดแทนวัสดุดูดซับสังเคราะห์

ควรทำการทดลองการขึ้นรูปตัวดูดซับโดยใช้ปริมาณของอัตราส่วนของผสมหนืดวิสโคสต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่น้อยกว่า 60 กรัม ซึ่งจะช่วยให้มีปริมาณของผสมหนืดวิสโคสที่แทรกตัวอยู่ในเส้นใยน้อยลง จะทำให้ตัวดูดซับมีความเป็นรูพรุนที่มากขึ้น

ควรศึกษาการเตรียมตัวดูดซับเส้นใยเรยอนกับเส้นใยนุ่นในลักษณะอื่นๆ เช่น ตัวดูดซับที่มีลักษณะเป็นผง เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของตัวดูดซับ

ควรศึกษาวิธีในการเพิ่มช่องว่างและเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสของตัวดูดซับ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของตัวดูดซับให้มากขึ้น เช่น การเติมสารประกอบโซเดียมซัลเฟตในกระบวนการขึ้นรูปตัวดูดซับ เป็นต้น

ควรทำการตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิค BET (Brunauer Emmett Teller) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ความเป็นรูพรุนของตัวอย่างที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับของตัวดูดซับ

ควรศึกษาการประยุกต์ใช้ของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตเส้นใยเรยอนกับเส้นใยธรรมชาติชนิดอื่นๆ เช่น ฟางข้าว ในการเตรียมขึ้นเป็นวัสดุดูดซับ เพื่อใช้ทรัพยากรธรรมชาติเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตวัสดุดูดซับน้ำมันทดแทนวัสดุดูดซับสังเคราะห์ต่อไป

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- จตุรงค์ สุตธรรม, ธิติวัฒน์ เหมือนเงิน และศักดิ์ชาย บำรุงสุข. 2549. การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกระดาษมาทำเป็นผลิตภัณฑ์. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, ภาควิชาเทคโนโลยี การผลิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- จินดา จันทร์อ่อน. 2550. ความก้าวหน้าในการปรับปรุงพันธุ์ฝ้าย-นุ่น. การปรับปรุงพันธุ์พืชไร่. กรุงเทพฯ : หน้า 136-143.
- เฉลิมเกียรติ ดุลสัมพันธ์. 2542. เคมีเกี่ยวกับน้ำมันเชื้อเพลิง. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม.
- เชาวลิต เสนานุรักษ์วรกุล. 2549. การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันของเยื่อกระดาษและตัวดูดซับชนิดโพลีโพรพิลีน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, ภาควิชาอุตสาหกรรมและวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ไชยยันต์ ไชยยะ. 2542. การพัฒนาออกแบบเม็ดดูดซับเซรามิกซ์ผลิตจากกาแฟ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ชาญชัย สิริเกษมเลิศ. 2554. เส้นใยลูกตาลเส้นใยรักษ์โลก. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.ttistextiledigest.com/articles/textile-insighttrend/item/3134-tan-fiber-ball-fiber-to-save-the-world.html> [2554, เมษายน 25]
- ธัญลักษณ์ ราษฎร์ภักดี. 2545. การกำจัดน้ำมันในน้ำเสียสังเคราะห์ของสถานีบริการน้ำมันโดยใช้วัสดุจากพืชในท้องถิ่นเป็นตัวดูดซับ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธิดา วิเชียรเพชร. 2545. ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำมันในน้ำเสียชุมชนโดยใช้ดอกกุฎี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นนท์ ผลารักษ์ และสุรฤทธิ จันทร์ดาประดิษฐ์. 2540. การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำทิ้งจากสถานีบริการน้ำมันมาใช้ให้เกิดประโยชน์. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

- นพดล วีระเดช อนุวัฒน์ โสมนัส และอัมพร ชุนชิต. 2546. การศึกษาความเป็นไปได้ในการปั่นเส้นใยอะคริลิคผสมเส้นใยเรยอนด้วยเครื่องปั่นด้ายแบบวงแหวน. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- นฤมล ศรีวิฑูรย์. 2548. การผลิตฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติจากชานอ้อยเพื่อเป็นวัสดุดูดซับน้ำมันปนเปื้อนในทะเล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บริษัท ไทยเรยอน จำกัด. 2554. เว็บไซต์บริษัทไทยเรยอน. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: www.thairayon.com [2554, เมษายน 25]
- ปิณฑสันต์ ขวัญข้าว และธีระวัฒน์ รุ่งเมือง. 2544. การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเยื่อกระดาษชานอ้อยมาผลิตเป็นเส้นใยเรยอน. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งทอ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- ปิยะวรา มีไชโย และศิริวดี สวรรณรงค์. 2544. การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำมันโดยใช้วัสดุดูดซับธรรมชาติเป็นตัวดูดซับ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.
- พรนภา อ่วมน้อย และอมรรัตน์ ศรีปรีเปรม. 2547. การผลิตฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าวเพื่อใช้เป็นตัวดูดซับน้ำมันในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางค์. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มันสิน ต้นทูลเวศม์. 2538. วิศวกรรมกระดาษ เล่ม 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา. 2543. วิทยาศาสตร์เส้นใย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริรัตน์ ศรีเกษเพชร. 2543. การดูดซับสารละลายโลหะหนักด้วยดินเหนียวและดินเหนียวปรับปรุง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, ภาควิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ศิริพร พงษ์สันติสุข. 2541. การกำจัดคราบน้ำมันในน้ำโดยใช้วัสดุธรรมชาติเป็นตัวดูดซับ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

สหรัฐ เซารัฐปดี. 2552. การกำจัดสิ่งกะสึจากน้ำเสี่ยโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเส้นใยเรยอน โดย
กระบวนการตกตะกอนทางเคมี และกระบวนการทางไฟฟ้าเคมี. วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.

สุวรรณ ละเอียดินทร์. 2551. นวัตกรรมการผลิตฟองน้ำเส้นใยธรรมชาติจากฟางข้าวเพื่อใช้เป็น
วัสดุปลูกพืชแทนการใช้ดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาษาอังกฤษ

- American Society for Testing and Materials. ASTM : F726-99. Standard Test Method for Sorbent Performance of Adsorbent. Annual Book of ASTM Standards. 168-170.
- Abdullah, M.A., Rahmah, A. and Man, Z. 2010. Physicochemical and sorption characteristics of Malaysian *Ceiba pentandra*(L.) Gaertn. As a natural oil sorbent. Journal of Hazardous Material. 177 : 683-691
- Adebajo, M.O., Frost, R.L., Kloprogge, J.T., Carmody, O. and Kokot, S. 2003. Porous materials for oil spill cleanup:a review of synthesis and absorbing properties. Journal of Porous Materials. 10 : 159-170
- Edward, D. and Chales, A. 1997. Conversion of Old Newspaper and Other Post consumer Recycled Paper to Regenerated Cellulose. Journal of Solid Waste Technology and Management. 6.
- Gahlor, M. and Pant, S. 2011. Properties of oak tasar/viscose blended yarns. Indian Journal of Fibre and Textile Research. 36 : 187-189
- Gericke, A. and Pol, J.V.D. 2010. A comparative study of regenerated bamboo, cotton and viscose rayon fabrics. Part 1 : selected comfort properties. Journal of Family Ecology and Consumer Science. 38 :63-73
- Hori, K., Maxima, E.F., Kuga, S., Lam, T.B.T. and Iiyamal, K. 1999. Excellent Oil Absorbent Kapok [*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn,] Fiber: Fiber Structure. Chemical Characteristics and Application.
- Iveson, S.M. and Rutherford, K.F. 2001. Liquid penetration rate into submerged porous particles ; theory, experimental validation and implications for iron ore granulation and sintering. Mineral Processing and Extractive Metallurgy ; Transactions of the Institute of Mining and Metallurgy. 133-143.
- Lim, T. and Huang, X. 2007. Evaluation of kapok (*Ceiba pentrada* (L.) Gaertn.) as a natural hollow hydrophobic-oleophilic fibrous sorbent for oil spill cleanup. Chemosphere. 66:955-963
- Loonberg, B., Burr, R. C. and William, W. M., 1995. Oil Absorbency of Graft Copolymers from Softwood Pulp. Polymer Science Technology. 33: 107-114.

- Leonard Y. M. and Elias T. N. B. 1999. The Performance of Cotton-Kapok Fiber-Polyester Composites. Polymer Testing. 18: 181-198.
- Rengasamy, R.S., Das, D. and Karan, C. 2011. Study of oil sorption behavior of filled and structured fiber assemblies made from polypropylene, kapok and milkweed fibers. Journal of Hazardous Materials. 186:526-553
- Teas, Ch., Kalligeros, S., Zanikos, F., Stournas, S., Lois, E., and Anastopoulos, G. 2001. Investigation of the effectiveness of absorbent materials in oil spills clean up. Desalination. 140 (3): 259-264.
- Viscose Process. Available Source: <http://www.fibersource.com/f-tutor/rayon.htm>, May 15, 2002.
- Wei, Q.F., Mather, R.R., Fotheringham, A.F., and Yang, R.D. 2003. Evaluation of Nonwoven Polypropylene Oil Sorbents in Marine Oil-Spill Recovery. Marine Pollution Bulletin. 780-783.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ผลการทดลองความสามารถในการดูดซับน้ำมันดีเซล

ตารางที่ ก.1 น้ำหนักของตัวดูดซับก่อนดูดซับน้ำมันดีเซล

| อัตราส่วน วิสโคส ต่อไซเดียม ไฮดรอกไซด์ | อัตราส่วน เส้นใยเรยอน ต่อเส้นใยนุ่น | ปริมาณเส้นใย (กรัม) | | น้ำหนักของตัวดูดซับ ก่อนดูดซับน้ำมัน (กรัม) | | | | ค่า เบี่ยงเบน มาตรฐาน |
|---|---|------------------------|------|--|---------------|---------------|-----------|-----------------------------|
| | | เรยอน | นุ่น | ตัวอย่าง 1 | ตัวอย่าง 2 | ตัวอย่าง 3 | ค่าเฉลี่ย | |
| | | | | | | | | |
| 1 : 1 | 1 : 0 | 6 | - | 20.34 | 19.66 | 19.07 | 19.69 | 0.64 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 25.21 | 29.00 | 26.32 | 26.84 | 1.95 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 23.21 | 23.42 | 24.21 | 23.61 | 0.53 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 29.76 | 28.61 | 27.33 | 28.57 | 1.22 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 22.53 | 27.43 | 24.32 | 24.76 | 2.48 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 26.91 | 25.13 | 25.62 | 25.89 | 0.92 |
| 1 : 2 | 1 : 0 | 6 | - | 17.80 | 18.99 | 21.14 | 19.31 | 1.69 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 20.35 | 24.83 | 26.85 | 24.01 | 3.33 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 21.93 | 20.32 | 21.72 | 21.32 | 0.88 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 26.71 | 28.64 | 26.80 | 27.38 | 1.09 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 23.91 | 21.77 | 25.37 | 23.68 | 1.81 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 25.45 | 24.02 | 24.52 | 24.66 | 0.73 |
| 1 : 3 | 1 : 0 | 6 | - | 20.15 | 16.54 | 17.51 | 18.07 | 1.87 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 25.42 | 23.11 | 21.68 | 23.40 | 1.89 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 20.54 | 21.03 | 18.57 | 20.05 | 1.30 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 24.62 | 25.17 | 24.86 | 24.88 | 0.28 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 24.20 | 23.73 | 23.41 | 23.78 | 0.40 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 24.12 | 23.67 | 23.02 | 23.60 | 0.55 |
| 1 : 4 | 1 : 0 | 6 | - | 17.32 | 20.18 | 19.37 | 18.96 | 1.47 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 23.47 | 22.64 | 22.80 | 22.97 | 0.44 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 20.53 | 18.23 | 21.96 | 20.24 | 1.88 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 24.05 | 24.44 | 25.46 | 24.65 | 0.73 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 24.55 | 20.78 | 21.50 | 22.28 | 2.00 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 24.50 | 22.43 | 22.26 | 23.06 | 1.25 |

ตารางที่ ก.2 น้ำหนักของตัวดูดซับหลังดูดซับน้ำมันดีเซล 15 นาที

| อัตราส่วน วิสโคสต่อ โซเดียม ไฮดรอกไซด์ | อัตราส่วน เส้นใยเรยอน ต่อเส้นใยนุ่น | ปริมาณเส้นใย (กรัม) | | น้ำหนักของตัวดูดซับ หลังดูดซับน้ำมัน 15 นาที (กรัม) | | | | ค่า เบี่ยงเบน มาตรฐาน |
|---|---|------------------------|------|--|----------|----------|-----------|-----------------------------|
| | | เรยอน | นุ่น | ตัวอย่าง | ตัวอย่าง | ตัวอย่าง | ค่าเฉลี่ย | |
| | | | | 1 | 2 | 3 | | |
| 1 : 1 | 1 : 0 | 6 | - | 24.62 | 24.79 | 25.30 | 24.90 | 0.35 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 29.10 | 33.01 | 30.82 | 30.98 | 1.96 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 27.48 | 28.23 | 29.24 | 28.32 | 0.88 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 37.50 | 36.11 | 34.13 | 35.91 | 1.69 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 29.73 | 34.86 | 29.82 | 31.47 | 2.94 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 34.01 | 31.83 | 33.74 | 33.19 | 1.19 |
| 1 : 2 | 1 : 0 | 6 | - | 24.67 | 24.45 | 25.96 | 25.03 | 0.82 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 27.35 | 30.42 | 30.94 | 29.57 | 1.94 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 26.11 | 25.49 | 24.77 | 25.46 | 0.67 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 35.74 | 37.14 | 34.90 | 35.93 | 1.13 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 32.88 | 33.52 | 35.00 | 33.80 | 1.09 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 32.00 | 29.89 | 32.21 | 31.37 | 1.28 |
| 1 : 3 | 1 : 0 | 6 | - | 25.35 | 22.68 | 21.56 | 23.20 | 1.95 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 33.62 | 28.10 | 27.31 | 29.68 | 3.44 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 24.93 | 27.14 | 25.00 | 25.69 | 1.26 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 34.19 | 35.22 | 34.63 | 34.68 | 0.52 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 34.13 | 32.77 | 32.60 | 33.17 | 0.84 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 33.54 | 32.60 | 32.81 | 32.98 | 0.49 |
| 1 : 4 | 1 : 0 | 6 | - | 24.75 | 26.02 | 27.45 | 26.07 | 1.35 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 30.20 | 30.52 | 33.84 | 31.52 | 2.02 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 26.93 | 24.29 | 27.02 | 26.08 | 1.55 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 33.60 | 34.56 | 35.66 | 34.61 | 1.03 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 36.21 | 31.50 | 31.24 | 32.98 | 2.80 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 35.16 | 33.33 | 33.79 | 34.09 | 0.95 |

ตารางที่ ก.3 น้ำหนักของตัวดูดซับหลังดูดซับน้ำมันดีเซล 24 ชั่วโมง

| อัตราส่วน วิสโคสต่อ โซเดียม ไฮดรอกไซด์ | อัตราส่วน เส้นใยเรยอน ต่อเส้นใยนุ่น | ปริมาณเส้นใย (กรัม) | | น้ำหนักของตัวดูดซับ หลังดูดซับน้ำมัน 24 ชั่วโมง (กรัม) | | | | ค่า เบี่ยงเบน มาตรฐาน |
|---|---|------------------------|------|---|----------|----------|-----------|-----------------------------|
| | | เรยอน | นุ่น | ตัวอย่าง | ตัวอย่าง | ตัวอย่าง | ค่าเฉลี่ย | |
| | | | | 1 | 2 | 3 | | |
| 1 : 1 | 1 : 0 | 6 | - | 25.31 | 25.42 | 26.14 | 25.62 | 0.45 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 31.46 | 34.89 | 32.19 | 32.85 | 1.81 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 30.89 | 32.53 | 32.11 | 31.84 | 0.85 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 41.05 | 42.41 | 38.89 | 40.78 | 1.78 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 33.86 | 37.65 | 35.13 | 35.55 | 1.93 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 38.24 | 37.47 | 33.61 | 36.44 | 2.48 |
| 1 : 2 | 1 : 0 | 6 | - | 25.90 | 25.33 | 26.46 | 25.90 | 0.57 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 29.01 | 33.21 | 32.17 | 31.46 | 2.19 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 28.78 | 27.30 | 26.83 | 27.64 | 1.02 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 38.99 | 40.21 | 39.78 | 39.66 | 0.62 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 36.25 | 36.28 | 39.47 | 37.33 | 1.85 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 37.85 | 36.43 | 36.22 | 36.83 | 0.89 |
| 1 : 3 | 1 : 0 | 6 | - | 27.61 | 24.75 | 23.07 | 25.14 | 2.30 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 35.80 | 31.18 | 30.42 | 32.47 | 2.91 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 26.57 | 30.07 | 29.14 | 28.59 | 1.81 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 36.67 | 38.23 | 39.11 | 38.00 | 1.24 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 37.73 | 35.89 | 35.42 | 36.35 | 1.22 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 39.25 | 38.29 | 34.03 | 37.19 | 2.78 |
| 1 : 4 | 1 : 0 | 6 | - | 26.29 | 27.83 | 28.96 | 27.69 | 1.34 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 33.06 | 33.89 | 35.75 | 34.23 | 1.38 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 31.25 | 29.49 | 32.68 | 31.14 | 1.60 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 36.87 | 37.13 | 38.87 | 37.62 | 1.09 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 39.31 | 36.41 | 35.23 | 36.98 | 2.10 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 41.97 | 37.99 | 40.19 | 40.05 | 1.99 |

ภาคผนวก ข

ผลการทดลองความสามารถในการดูดซับน้ำมันเครื่อง

ตารางที่ ข.1 น้ำหนักของตัวดูดซับก่อนดูดซับน้ำมันเครื่อง

| อัตราส่วน วัสดุคอสตอ โซเดียม ไฮดรอกไซด์ | อัตราส่วน เส้นใยเรยอน ต่อเส้นใยนุ่น | ปริมาณเส้นใย (กรัม) | | น้ำหนักของตัวดูดซับ ก่อนดูดซับน้ำมัน (กรัม) | | | | ค่า เบี่ยงเบน มาตรฐาน |
|--|---|------------------------|------|--|----------|----------|-----------|-----------------------------|
| | | เรยอน | นุ่น | ตัวอย่าง | ตัวอย่าง | ตัวอย่าง | ค่าเฉลี่ย | |
| | | | | 1 | 2 | 3 | | |
| 1 : 1 | 1 : 0 | 6 | - | 20.55 | 19.93 | 21.03 | 20.50 | 0.55 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 28.64 | 28.27 | 26.88 | 27.93 | 0.93 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 19.77 | 19.32 | 20.10 | 19.73 | 0.39 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 24.23 | 25.10 | 23.73 | 24.35 | 0.70 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 21.13 | 24.65 | 23.78 | 23.19 | 1.83 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 23.89 | 24.96 | 25.10 | 24.65 | 0.66 |
| 1 : 2 | 1 : 0 | 6 | - | 21.34 | 22.04 | 21.53 | 21.64 | 0.36 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 27.09 | 26.94 | 26.25 | 26.76 | 0.45 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 20.89 | 21.41 | 21.20 | 21.17 | 0.26 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 24.00 | 23.86 | 23.07 | 23.64 | 0.50 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 20.65 | 23.13 | 22.65 | 22.14 | 1.32 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 24.12 | 23.55 | 24.30 | 23.99 | 0.39 |
| 1 : 3 | 1 : 0 | 6 | - | 23.18 | 22.79 | 22.81 | 22.93 | 0.22 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 31.29 | 28.31 | 29.91 | 29.84 | 1.49 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 21.38 | 22.52 | 21.98 | 21.96 | 0.57 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 22.36 | 22.48 | 21.73 | 22.19 | 0.40 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 21.92 | 22.10 | 21.71 | 21.91 | 0.20 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 23.67 | 20.53 | 22.86 | 22.35 | 1.63 |
| 1 : 4 | 1 : 0 | 6 | - | 23.96 | 24.23 | 24.02 | 24.07 | 0.14 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 22.95 | 25.85 | 25.19 | 24.66 | 1.52 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 22.03 | 22.15 | 21.74 | 21.97 | 0.21 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 21.90 | 20.34 | 21.42 | 21.22 | 0.80 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 23.15 | 21.40 | 22.36 | 22.30 | 0.88 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 22.27 | 21.42 | 23.01 | 22.23 | 0.80 |

ตารางที่ ข.2 น้ำหนักของตัวดูดซับหลังดูดซับน้ำมันเครื่อง 15 นาที

| อัตราส่วน วัสดุคอสตอ โซเดียม ไฮดรอกไซด์ | อัตราส่วน เส้นใยเรยอน ต่อเส้นใยนุ่น | ปริมาณเส้นใย (กรัม) | | น้ำหนักของตัวดูดซับ หลังดูดซับน้ำมัน 15 นาที(กรัม) | | | | ค่า เบี่ยงเบน มาตรฐาน |
|--|---|------------------------|------|---|----------|----------|-----------|-----------------------------|
| | | เรยอน | นุ่น | ตัวอย่าง | ตัวอย่าง | ตัวอย่าง | ค่าเฉลี่ย | |
| | | | | 1 | 2 | 3 | | |
| 1 : 1 | 1 : 0 | 6 | - | 31.39 | 31.67 | 31.83 | 31.63 | 0.22 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 40.02 | 39.21 | 36.38 | 38.54 | 1.91 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 26.96 | 27.24 | 27.6 | 27.27 | 0.32 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 30.75 | 32.9 | 30.52 | 31.39 | 1.31 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 29.18 | 32.16 | 30.47 | 30.6 | 1.49 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 31.63 | 32.42 | 32.72 | 32.26 | 0.56 |
| 1 : 2 | 1 : 0 | 6 | - | 33.82 | 34.28 | 34.61 | 34.24 | 0.40 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 40.29 | 38.91 | 39.66 | 39.62 | 0.69 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 30.12 | 32.24 | 31.92 | 31.43 | 1.14 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 34.87 | 33.5 | 34.03 | 34.13 | 0.69 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 31.42 | 32.69 | 33.18 | 32.43 | 0.91 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 32.61 | 30.98 | 32.29 | 31.96 | 0.86 |
| 1 : 3 | 1 : 0 | 6 | - | 39.42 | 39.12 | 40.21 | 39.58 | 0.56 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 48.53 | 45.77 | 47.03 | 47.11 | 1.38 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 32.99 | 34.84 | 34.33 | 34.05 | 0.96 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 33.8 | 33.98 | 35.29 | 34.36 | 0.81 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 35.72 | 37.32 | 35.94 | 36.33 | 0.87 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 33.17 | 30.93 | 32.77 | 32.29 | 1.19 |
| 1 : 4 | 1 : 0 | 6 | - | 46.38 | 44.89 | 46.01 | 45.76 | 0.78 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 39.45 | 42.58 | 43.11 | 41.71 | 1.98 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 38.99 | 39.73 | 39.41 | 39.38 | 0.37 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 39.17 | 38.61 | 40 | 39.26 | 0.70 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 37.63 | 36 | 36.66 | 36.76 | 0.82 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 33.85 | 32.89 | 33.63 | 33.46 | 0.50 |

ตารางที่ ข.3 น้ำหนักของตัวดูดซับหลังดูดซับน้ำมันเครื่อง 24 ชั่วโมง

| อัตราส่วน วิสโคสต่อ โซเดียม ไฮดรอกไซด์ | อัตราส่วน เส้นใยเรยอน ต่อเส้นใยนุ่น | ปริมาณเส้นใย (กรัม) | | น้ำหนักของตัวดูดซับ หลังดูดซับน้ำมัน 24 ชั่วโมง (กรัม) | | | | ค่า เบี่ยงเบน มาตรฐาน |
|---|---|------------------------|------|---|----------|----------|-----------|-----------------------------|
| | | เรยอน | นุ่น | ตัวอย่าง | ตัวอย่าง | ตัวอย่าง | ค่าเฉลี่ย | |
| | | | | 1 | 2 | 3 | | |
| 1 : 1 | 1 : 0 | 6 | - | 36.13 | 35.63 | 36.07 | 35.94 | 0.27 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 43.16 | 42.93 | 39.2 | 41.76 | 2.22 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 30.01 | 30.2 | 30.47 | 30.23 | 0.23 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 33.64 | 35.74 | 34.02 | 34.47 | 1.12 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 31.27 | 34.57 | 32.4 | 32.75 | 1.68 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 34.49 | 35.51 | 35.58 | 35.19 | 0.61 |
| 1 : 2 | 1 : 0 | 6 | - | 37.55 | 38.41 | 38.58 | 38.18 | 0.55 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 43.02 | 41.77 | 43.22 | 42.67 | 0.79 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 33.76 | 35.61 | 34.56 | 34.64 | 0.93 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 37.42 | 36.94 | 37.22 | 37.19 | 0.24 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 34.46 | 35.19 | 35.7 | 35.12 | 0.62 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 36.73 | 34.16 | 35.11 | 35.33 | 1.30 |
| 1 : 3 | 1 : 0 | 6 | - | 42.73 | 42.11 | 42.63 | 42.49 | 0.33 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 51.48 | 48.39 | 50.5 | 50.12 | 1.58 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 36.85 | 38.41 | 38.77 | 38.01 | 1.02 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 37.52 | 37.25 | 38.14 | 37.64 | 0.46 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 39.17 | 41.29 | 39.03 | 39.83 | 1.27 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 37.24 | 35.66 | 36.92 | 36.61 | 0.84 |
| 1 : 4 | 1 : 0 | 6 | - | 47.97 | 47.05 | 47.6 | 47.54 | 0.46 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 41.89 | 45.38 | 46.87 | 44.71 | 2.56 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 43.05 | 43.69 | 43.72 | 43.49 | 0.38 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 41.88 | 42.19 | 43.27 | 42.45 | 0.73 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 41.09 | 41.17 | 40.61 | 40.96 | 0.30 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 38.02 | 37.54 | 38.06 | 37.87 | 0.29 |

ภาคผนวก ค

ผลการทดลองความสามารถในการดูดซับน้ำมันเตา

ตารางที่ ค.1 น้ำหนักของตัวดูดซับก่อนดูดซับน้ำมันเตา

| อัตราส่วน วิสโคสต่อ โซเดียม ไฮดรอกไซด์ | อัตราส่วน เส้นใยเรยอน ต่อเส้นใยนุ่น | ปริมาณเส้นใย (กรัม) | | น้ำหนักของตัวดูดซับ ก่อนดูดซับน้ำมัน (กรัม) | | | | ค่า เบี่ยงเบน มาตรฐาน |
|---|---|------------------------|------|--|---------------|---------------|-----------|-----------------------------|
| | | เรยอน | นุ่น | ตัวอย่าง 1 | ตัวอย่าง 2 | ตัวอย่าง 3 | ค่าเฉลี่ย | |
| | | | | | | | | |
| 1 : 1 | 1 : 0 | 6 | - | 21.46 | 20.76 | 21.13 | 21.12 | 0.35 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 23.41 | 23.69 | 23.22 | 23.44 | 0.24 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 22.16 | 25.16 | 24.55 | 23.96 | 1.59 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 25.61 | 24.87 | 25.11 | 25.20 | 0.38 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 22.94 | 22.53 | 21.82 | 22.43 | 0.57 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 20.41 | 20.34 | 21.57 | 20.77 | 0.69 |
| 1 : 2 | 1 : 0 | 6 | - | 23.62 | 20.75 | 21.01 | 21.79 | 1.59 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 24.76 | 23.81 | 24.44 | 24.34 | 0.48 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 23.65 | 22.22 | 23.36 | 23.08 | 0.76 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 24.01 | 23.56 | 23.88 | 23.82 | 0.23 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 22.70 | 20.63 | 22.60 | 21.98 | 1.17 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 21.30 | 20.59 | 20.73 | 20.87 | 0.38 |
| 1 : 3 | 1 : 0 | 6 | - | 21.85 | 21.42 | 20.53 | 21.27 | 0.67 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 20.25 | 20.57 | 19.99 | 20.27 | 0.56 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 19.66 | 20.21 | 20.12 | 20.00 | 0.30 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 24.40 | 22.41 | 22.13 | 22.98 | 1.24 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 19.73 | 19.89 | 20.16 | 19.93 | 0.22 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 19.65 | 20.10 | 19.33 | 19.69 | 0.39 |
| 1 : 4 | 1 : 0 | 6 | - | 21.84 | 21.56 | 20.87 | 21.42 | 0.50 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 19.41 | 20.06 | 19.64 | 19.70 | 0.35 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 19.47 | 18.81 | 19.56 | 19.28 | 0.41 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 18.28 | 19.47 | 19.66 | 19.14 | 0.75 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 19.76 | 18.71 | 18.60 | 19.02 | 0.64 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 19.15 | 19.76 | 18.62 | 19.18 | 0.57 |

ตารางที่ ค.2 น้ำหนักของตัวดูดซับหลังดูดซับน้ำมันเตา 15 นาที

| อัตราส่วน วิสโคสต่อ โซเดียม ไฮดรอกไซด์ | อัตราส่วน เส้นใยเรยอน ต่อเส้นใยนุ่น | ปริมาณเส้นใย (กรัม) | | น้ำหนักของตัวดูดซับ หลังดูดซับน้ำมัน 15 นาที (กรัม) | | | | ค่า เบี่ยงเบน มาตรฐาน |
|---|---|------------------------|------|--|----------|----------|-----------|-----------------------------|
| | | เรยอน | นุ่น | ตัวอย่าง | ตัวอย่าง | ตัวอย่าง | ค่าเฉลี่ย | |
| | | | | 1 | 2 | 3 | | |
| 1 : 1 | 1 : 0 | 6 | - | 34.21 | 33.46 | 33.82 | 33.83 | 0.38 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 34.82 | 33.17 | 32.94 | 33.64 | 1.03 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 34.93 | 33.98 | 33.57 | 34.16 | 0.70 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 36.50 | 35.81 | 36.42 | 36.24 | 0.38 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 35.22 | 34.53 | 34.12 | 34.62 | 0.56 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 27.60 | 27.77 | 29.39 | 28.25 | 0.99 |
| 1 : 2 | 1 : 0 | 6 | - | 40.83 | 37.55 | 39.68 | 39.35 | 1.66 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 40.41 | 39.21 | 39.97 | 39.86 | 0.61 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 38.03 | 37.53 | 37.87 | 37.81 | 0.26 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 39.67 | 37.80 | 38.25 | 38.57 | 0.98 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 37.44 | 34.66 | 36.80 | 36.30 | 1.46 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 31.26 | 30.86 | 29.71 | 30.61 | 0.80 |
| 1 : 3 | 1 : 0 | 6 | - | 40.53 | 43.86 | 45.33 | 43.24 | 2.46 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 43.51 | 40.84 | 42.18 | 42.18 | 1.34 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 40.16 | 41.85 | 41.33 | 41.11 | 0.87 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 44.52 | 43.68 | 44.24 | 44.15 | 0.43 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 40.21 | 38.59 | 38.94 | 39.25 | 0.85 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 30.48 | 31.66 | 31.85 | 31.33 | 0.74 |
| 1 : 4 | 1 : 0 | 6 | - | 49.36 | 47.68 | 47.30 | 48.11 | 1.10 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 42.82 | 43.25 | 42.16 | 42.74 | 0.55 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 41.24 | 42.77 | 42.36 | 42.12 | 0.79 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 43.56 | 42.64 | 43.06 | 43.09 | 0.46 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 42.68 | 40.88 | 42.60 | 42.05 | 1.02 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 35.63 | 33.76 | 33.15 | 34.18 | 1.29 |

ตารางที่ ค.3 น้ำหนักของตัวดูดซับหลังดูดซับน้ำมันเตา 24 ชั่วโมง

| อัตราส่วน วิสโคสต่อ โซเดียม ไฮดรอกไซด์ | อัตราส่วน เส้นใยเรยอน ต่อเส้นใยนุ่น | ปริมาณเส้นใย (กรัม) | | น้ำหนักของตัวดูดซับ หลังดูดซับน้ำมัน 24 ชั่วโมง (กรัม) | | | | ค่า เบี่ยงเบน มาตรฐาน |
|---|---|------------------------|------|---|----------|----------|-----------|-----------------------------|
| | | เรยอน | นุ่น | ตัวอย่าง | ตัวอย่าง | ตัวอย่าง | ค่าเฉลี่ย | |
| | | | | 1 | 2 | 3 | | |
| 1 : 1 | 1 : 0 | 6 | - | 38.52 | 37.24 | 37.52 | 37.76 | 0.67 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 42.94 | 41.67 | 41.88 | 42.16 | 0.68 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 37.66 | 37.81 | 36.95 | 37.47 | 0.46 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 40.49 | 39.88 | 41.63 | 40.67 | 0.89 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 37.88 | 36.72 | 36.43 | 37.01 | 0.77 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 30.83 | 30.20 | 33.16 | 31.40 | 1.56 |
| 1 : 2 | 1 : 0 | 6 | - | 45.51 | 41.04 | 42.66 | 43.07 | 2.26 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 50.00 | 49.17 | 48.99 | 49.39 | 0.54 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 42.74 | 40.61 | 41.23 | 41.53 | 1.10 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 39.97 | 41.20 | 41.75 | 40.97 | 0.91 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 38.84 | 38.74 | 40.43 | 39.34 | 0.95 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 31.69 | 31.28 | 30.22 | 31.06 | 0.76 |
| 1 : 3 | 1 : 0 | 6 | - | 42.70 | 47.81 | 46.65 | 45.72 | 2.68 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 50.18 | 51.22 | 50.73 | 50.71 | 0.52 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 42.56 | 43.10 | 42.68 | 42.78 | 0.28 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 46.23 | 44.79 | 45.26 | 45.43 | 0.73 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 41.31 | 40.37 | 40.81 | 40.83 | 0.47 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 32.82 | 34.02 | 33.58 | 33.47 | 0.61 |
| 1 : 4 | 1 : 0 | 6 | - | 53.14 | 50.63 | 49.95 | 51.24 | 1.68 |
| | 1 : 1 | 3 | 3 | 50.10 | 52.46 | 52.30 | 51.62 | 1.32 |
| | 1 : 2 | 2 | 4 | 47.94 | 50.19 | 49.47 | 49.20 | 1.15 |
| | 1 : 3 | 1.5 | 4.5 | 44.23 | 43.51 | 45.25 | 44.33 | 0.87 |
| | 1 : 4 | 1.2 | 4.8 | 43.52 | 42.98 | 44.31 | 43.60 | 0.67 |
| | 0 : 1 | - | 6 | 36.28 | 34.30 | 33.93 | 34.84 | 1.26 |

ภาคผนวก ง

ภาพตัวอย่างผลการทดลองความสามารถในการดูดซับน้ำมัน

ภาพตัวอย่างการเตรียมตัวอย่างตัวดูดซับ



ภาพที่ ง.1 ตัวอย่างการปั่นผสมวัสดุดิบ



ภาพที่ ง.2 ถาดเซรามิกเพื่อใช้ในการขึ้นรูปตัวอย่าง



ภาพที่ ง.3 การเกลี่ยตัวอย่างให้เสมอกันทั่วทั้งถาดเซรามิก



(ก)

(ข)

ภาพที่ ง.4 การแช่ตัวอย่างในสารละลายกรดซัลฟิวริก

(ก) การใช้สารละลายซัลฟิวริก (ข) การแช่สารละลายซัลฟิวริก



(ก)

(ข)

ภาพที่ ๓.๕ ตัวอย่างวัสดุดูดซับที่เตรียมขึ้น

(ก) ตัวอย่างในภาดเซรามิก (ข) ตัวอย่างวัสดุดูดซับที่เตรียมขึ้น



ภาพที่ ๓.๖ ตัวอย่างลักษณะการทดลองดูดซับน้ำมัน



ภาพที่ ง.7 ตัวอย่างการเตรียมตัวอย่างวัสดุดูดซับ



ภาพที่ ง.8 ตู้อบที่ใช้ในการอบตัวอย่าง



ภาพที่ ง.9 ตัวอย่างวัสดุดูดซับที่อบนานเกินเวลาที่กำหนดไว้

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายจิรายุ มั่งสุวรรณ์ เกิดเมื่อวันที่ 4 กันยายน พ.ศ. 2526 สถานที่เกิดจังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษาระดับวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปี พ.ศ. 2550 และเข้าศึกษาต่อในระดับวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ.2551

การเผยแพร่วิทยานิพนธ์

จิรายุ มั่งสุวรรณ์ และ สุธา ขาวเขียว. (2554) การประยุกต์ใช้ของเสียจากอุตสาหกรรมเส้นใย เรยอนผสมกับเส้นใยนุ่นเพื่อเป็นวัสดุดูดซับน้ำมัน. **บทความวิชาการประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 22**, รหัสบทความ O-E&T054, หน้า 130, จัดทำโดยบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ณ อาคารวชิราวุธธรรม คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร, วันที่ 6 – 7 ตุลาคม 2554 (นำเสนอผลงานแบบบรรยาย)