

ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี  
หลักสูตรการจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม

เรื่อง การดูดซับน้ำมันออกจากน้ำของเส้นใยมะพร้าว เส้นใยขนุน  
และเส้นใยสังเคราะห์  
Oil Removal from Water by Coconut fiber Cotton fiber  
and Polyester fiber

โดย นางสาวนิภาวรรณ แป้นสุวรรณ  
นางสาวสมฤดี รุ่งเรือง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ)

หลักสูตรการจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม รับรองแล้ว

ธำรงค์ เมฆโหรา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธำรงค์ เมฆโหรา)

ประธานสาขาวิชาพัฒนาการเกษตรและการจัดการทรัพยากร

วันที่ 11 เดือน เมษายน พ.ศ. 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

การดูดซับน้ำมันออกจากน้ำของเส้นใยมะพร้าว  
เส้นใยุ่น และเส้นใยสังเคราะห์

Oil Removal from Water by Coconut fiber  
Cotton fiber and Polyester fiber



T124645

โดย

นางสาวนิภาวรรณ แป้นสุวรรณ

นางสาวสมฤดี รุ่งเรือง

ร.พ.  
96627ก  
2554

เลขหมู่.....124645  
เลขทะเบียน.....  
วัน, เดือน, ปี 10 10 2556

12494598

เสนอ

หลักสูตรการจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม  
คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (การจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม)  
ปีการศึกษา 2554

## คำนิยาม

ปัญหาพิเศษนี้สามารถลุล่วงไปได้ด้วยดี สืบเนื่องมาจากความช่วยเหลือ และความกรุณาของ  
ทุกๆท่าน ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหา  
พิเศษ และอาจารย์ในหลักสูตรการจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อมทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำ  
และความรู้ต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ในการทำปัญหาพิเศษนี้

ขอขอบคุณ คุณณัฐกร อินทรวิชะ และคุณอภิชาติ ตั้งมั่น ที่กรุณาให้ความรู้เกี่ยวกับการ  
วิเคราะห์ข้อมูล ทำให้การศึกษาปัญหาพิเศษในครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณหลักสูตรการจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม ที่ได้อนุเคราะห์ให้ใช้เครื่องมือ  
และอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และบุคคลในครอบครัว ที่ให้ความรัก  
ความเข้าใจ และเป็นกำลังใจมาโดยตลอด รวมทั้งขอขอบคุณเพื่อนๆในหลักสูตรการจัดการทรัพยากร  
ดินและสิ่งแวดล้อม ที่คอยให้กำลังใจ และความช่วยเหลือเป็นอย่างดีตลอดการทำปัญหาพิเศษนี้

คณะผู้ศึกษาสำนึกในพระคุณของทุกๆท่าน และถือโอกาสนี้กราบขอบพระคุณทุกๆท่าน ที่ให้  
ความกรุณา ให้กำลังใจ ให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำที่ดีมาโดยตลอด ขอขอบพระคุณ ณ โอกาสนี้ด้วย

นางสาวนิภาวรรณ แป้นสุวรรณ

นางสาวสมฤดี รุ่งเรือง

มีนาคม 2555

|                  |  |
|------------------|--|
| ชื่อเรื่อง       | การดูดซับน้ำมันออกจากน้ำของเส้นใยมะพร้าว<br>เส้นใยุ่น และเส้นใยสังเคราะห์<br>Oil Removal from Water by Coconut fiber Cotton fiber<br>and Polyester fiber |
| โดย              | นางสาวนิภาวรรณ แป้นสุวรรณ<br>นางสาวสมฤติ รุ่งเรือง   |
| ชื่อปริญญา       | วิทยาศาสตร์บัณฑิต (การจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม)   |
| สาขาวิชา         | พัฒนาการเกษตรและการจัดการทรัพยากร  |
| หลักสูตร         | การจัดการทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม   |
| คณะ              | เทคโนโลยีการเกษตร  |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | รองศาสตราจารย์ ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ   |

### บทคัดย่อ

ปัจจุบันพบแหล่งน้ำที่มีน้ำมันปนเปื้อนอยู่ทั่วไป ไม่สามารถนำมาใช้อุปโภคและบริโภคได้ ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่างๆ โดยผู้ทำการศึกษาได้มีแนวความคิดในการจัดการน้ำมันที่ปนเปื้อนในน้ำ เพื่อลดปริมาณน้ำมันในน้ำ จึงได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุดูดซับ 3 ชนิด คือ เส้นใยมะพร้าว เส้นใยุ่น และเส้นใยสังเคราะห์ ในน้ำสังเคราะห์ 4 ชนิด คือ น้ำมันพืชในน้ำกลั่น น้ำมันเครื่องในน้ำกลั่น น้ำมันพืชในน้ำเกลือ และน้ำมันเครื่องในน้ำเกลือ ที่น้ำหนัก 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 กรัม ที่ระยะเวลา 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที โดยวิธีการชั่งน้ำหนัก

จากการศึกษาพบว่าเส้นใยุ่นมีความสามารถในการดูดซับน้ำมันพืชในน้ำกลั่น ได้มากที่สุด คือ 8.18 กรัม ที่น้ำหนัก 0.5 กรัม เส้นใยสังเคราะห์มีความสามารถในการดูดซับน้ำมันเครื่องในน้ำกลั่นได้มากที่สุด คือ 8.72 กรัม ที่น้ำหนัก 0.5 กรัม เส้นใยุ่นมีความสามารถในการดูดซับน้ำมันพืชในน้ำเกลือได้มากที่สุด คือ 8.32 กรัม ที่น้ำหนัก 0.5 กรัม เส้นใยสังเคราะห์มีความสามารถในการดูดซับน้ำมันเครื่องในน้ำกลั่นได้มากที่สุด คือ 8.93 กรัม ที่น้ำหนัก 0.5 กรัม ดังนั้นการดูดซับน้ำมันที่น้ำหนักของวัสดุดูดซับต่างกัน พบว่าเมื่อน้ำหนักของวัสดุดูดซับเพิ่มมากขึ้น ปริมาณการดูดซับจะเพิ่มมากขึ้น ส่วนเวลาที่ต่างกันในการดูดซับน้ำมันไม่มีผลต่อการศึกษา และน้ำมันเครื่องสามารถถูกกำจัดได้ดีกว่า น้ำมันพืช โดยที่ชนิดของน้ำกลั่น และน้ำเกลือไม่มีผลต่อการดูดซับ

## สารบัญ

## หน้า

|                        |    |
|------------------------|----|
| สารบัญ                 | ก  |
| สารบัญตาราง            | ข  |
| สารบัญภาพ              | ค  |
| คำนำ                   | 1  |
| วัตถุประสงค์           | 2  |
| การตรวจเอกสาร          | 3  |
| อุปกรณ์และวิธีการศึกษา | 28 |
| ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา | 30 |
| สรุปผลการศึกษา         | 40 |
| เอกสารอ้างอิง          | 41 |
| ภาคผนวก                | 42 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

| ตารางที่ |  | หน้า |
|----------|--|------|
| 1        | องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยมะพร้าว  | 9    |
| 2        | ลักษณะที่ต้องการของน้ำมันพืชเพื่อบริโภค ตามมาตรฐานของกระทรวง<br>อุตสาหกรรม | 13   |
| 3        | องค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์มโอเลอิน น้ำมันข้าวโพด     | 15   |
| 4        | การเรียกชื่อ โครงสร้างและจุดหลอมเหลวของกรดไขมันไม่อิ่มตัว                  | 16   |
| 5        | ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันพืชที่ดูดซับได้ในน้ำกลั่น                             | 30   |
| 6        | ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันเครื่องที่ดูดซับได้ในน้ำกลั่น                         | 31   |
| 7        | ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันพืชที่ดูดซับได้ในน้ำเกลือ                             | 32   |
| 8        | ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันเครื่องที่ดูดซับได้ในน้ำเกลือ                         | 33   |
| 9        | ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันพืชที่ดูดซับได้ในน้ำกลั่น                             | 34   |
| 10       | ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันเครื่องที่ดูดซับได้ในน้ำกลั่น                         | 35   |
| 11       | ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันพืชที่ดูดซับได้ในน้ำเกลือ                             | 35   |
| 12       | ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันเครื่องที่ดูดซับได้ในน้ำเกลือ                         | 36   |

## สารบัญภาพ

| ภาพที่     |  | หน้า |
|------------|--|------|
| 1          | แสดงสูตรโครงสร้างของเซลลูโลส   | 3    |
| 2          | แสดงลักษณะการจัดเรียงตัวของเส้นใยเซลลูโลส  | 3    |
| 3          | แสดงภาพตัดขวางของเส้นใยเซลลูโลส  | 4    |
| 4          | แสดงลักษณะการจัดเรียงตัวของโมเลกุลกลูโคสในเซลลูโลส   | 5    |
| 5          | แสดงสูตรโครงสร้างของเฮมิเซลลูโลส   | 7    |
| 6          | แสดงหน่วยที่ซ้ำกันของลิกนิน  | 7    |
| 7          | แสดงตัวอย่างโมเลกุลของลิกนิน   | 8    |
| 8          | แสดงการจัดเรียงตัวของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินในไม้  | 8    |
| 9          | แสดงสูตรโครงสร้างของกรดไขมัน (ก) oleic acid (ข) linoleic acid  | 16   |
| 10         | แสดงขั้นตอนการเคลื่อนย้ายโมเลกุลของสารดูดซับมายังสารดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์   | 24   |
| 11         | แสดงกราฟไอโซเทอม (isotherm)  | 24   |
| 12         | แสดงไอโซเทอมการดูดซับแบบพื้นฐาน  | 25   |
| 13         | แสดงกราฟการหาค่าคงที่ในสมการไอโซเทอมแบบต่างๆ   | 25   |
| 14         | แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณการดูดซับน้ำมันที่น้ำหนักเฉลี่ยของเส้นใยมะพร้าว เส้นใยุ่น และเส้นใยสังเคราะห์ที่อยู่ในน้ำมันพืชในน้ำกลั่น น้ำมันเครื่องในน้ำกลั่น น้ำมันพืชในน้ำเกลือ และน้ำมันเครื่องในน้ำเกลือ ที่เวลา 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที | 37   |
| 15         | แสดงปริมาณการดูดซับน้ำมันดีที่สุดในเส้นใยมะพร้าว เส้นใยุ่น และเส้นใยสังเคราะห์ที่อยู่ในน้ำมันพืชในน้ำกลั่น น้ำมันเครื่องในน้ำกลั่น น้ำมันพืชในน้ำเกลือ และน้ำมันเครื่องในน้ำเกลือ  | 38   |
| ภาพผนวกที่ |  |      |
| 1          | แสดงตัวอย่างน้ำมันพืชและน้ำมันเครื่อง  | 43   |
| 2          | แสดงเส้นใยสังเคราะห์ขณะจุ่มในน้ำมันพืช   | 43   |
| 3          | แสดงการคืบเส้นใยสังเคราะห์ 1 นาที  | 43   |
| 4          | แสดงการวางเส้นใยสังเคราะห์ทิ้งไว้ 24 ชม.   | 43   |

## คำนำ

ปัจจุบันพบแหล่งน้ำที่มีน้ำมันปนเปื้อนอยู่ทั่วไป น้ำลักษณะเช่นนี้ไม่สามารถนำมาใช้อุปโภค และบริโภคได้ ซึ่งน้ำที่มีน้ำมันปนเปื้อนเกิดจากการทำกิจกรรมต่างๆ เช่น การประกอบอาหาร การประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับแหล่งน้ำ เช่น การคมนาคม การเกษตร การประมง อาจมีสารเจือปนของน้ำมันปนเปื้อนหรือแพร่กระจายอยู่ในแหล่งน้ำ ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อที่เป็นอันตราย และความเสียหายอย่างมากต่อการประมง การเกษตร การสาธารณสุข การคมนาคม และทำลายธรรมชาติที่สวยงามแล้วยังมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆในน้ำ รวมทั้งสัตว์อื่นๆ และระบบการย่อยสลายทางธรรมชาติ

ซึ่งวิธีการบำบัดน้ำที่มีการปนเปื้อนของน้ำมันจะอาศัยหลักการทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ การบำบัดทางกายภาพ เช่น การแยกโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง การทำให้ลอยตัว การดูดซับ และการสกัดด้วยตัวทำละลาย เป็นต้น ส่วนการบำบัดทางเคมีใช้การออกซิเดชัน และการเผาไหม้ เป็นต้น และการบำบัดทางชีวภาพใช้จุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการย่อยสลายน้ำมันได้ ซึ่งวิธีการบำบัดที่นิยมมากคือ การใช้วัสดุอินทรีย์ หรือวัสดุอนินทรีย์หรือเส้นใยที่เตรียมขึ้นมาเพื่อดูดซับ โดยผู้ทำการศึกษาได้มีแนวความคิดในการจัดการกับน้ำมันที่ปนเปื้อนในน้ำ เพื่อลดปริมาณน้ำมันในน้ำก่อนนำไปบำบัดในขั้นต่อไปด้วยวิธีการอื่น เช่น การบำบัดด้วยจุลินทรีย์เฉพาะ หรือการบำบัดด้วยวิธีทางเคมีก่อนที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

ปัญหาพิเศษนี้จึงทำการศึกษาเปรียบเทียบวัสดุดูดซับที่เลือกใช้ ได้แก่ เส้นใยมะพร้าว เส้นใยนุ่น และเส้นใยสังเคราะห์ ซึ่งเป็นวัสดุที่มีเส้นใย หาได้ง่าย ราคาถูก และมีความปลอดภัย มาพัฒนาและศึกษาความเป็นไปได้ในการดูดซับน้ำมัน โดยทำการศึกษากับน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีน้ำมันพืชและน้ำมันเครื่องปนเปื้อนอยู่เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับของวัสดุแต่ละชนิดในการดูดซับน้ำมันออกจากน้ำ



## วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถของวัสดุดูดซับทั้ง 3 ชนิดในการดูดซับน้ำมันออกจากน้ำ โดยใช้เส้นใยมะพร้าว เส้นใยุ่น และเส้นใยสังเคราะห์ ที่เป็นวัสดุเหลือใช้นำมาใช้ประโยชน์ในการดูดซับน้ำมันออกจากน้ำ



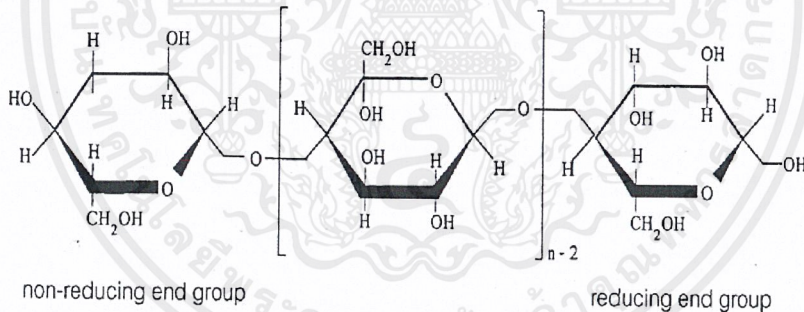
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การตรวจเอกสาร

### เส้นใยธรรมชาติ

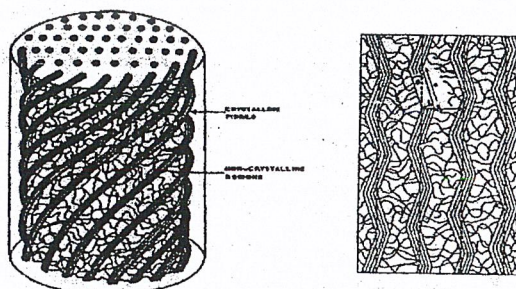
ปิยะวรรณ (2543) กล่าวว่า เส้นใยธรรมชาติ (natural fibers) เป็นอินทรีย์วัตถุที่สำคัญ ได้จากส่วนต่างๆของพืช เช่น ฝ้าย (cotton) ป่าน (flax) ปอกระเจา (jute) และป่านศรนารายณ์ (sisal) เป็นต้น หาได้ง่ายจากธรรมชาติ มีปริมาณมาก สามารถเกิดขึ้นได้ใหม่เรื่อยๆ และมีราคาถูกกว่าเส้นใยสังเคราะห์ จึงนิยมใช้เส้นใยธรรมชาติเป็นสารเติมแต่งในพลาสติก โดยอาจเป็นทั้งสารตัวเติม และสารเสริมแรง เพื่อเป็นการลดต้นทุน ช่วยเพิ่มปริมาณการผลิต ช่วยปรับปรุงสมบัติต่างๆของพอลิเมอร์ให้ดีขึ้น และเสริมแรงให้แก่ผลิตภัณฑ์ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของเส้นใยที่นำมาใช้ โครงสร้างโดยทั่วไปของเส้นใยธรรมชาติมีองค์ประกอบคือ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และสารประกอบอื่นๆ เช่น ส่วนที่ละลายน้ำได้ และไข เป็นต้น

เซลลูโลส (cellulose) เป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติที่มีมากที่สุดในโลก และพบโดยทั่วไปในธรรมชาติ เนื่องจากเป็นองค์ประกอบหลักของผนังเซลล์ของพืชทุกชนิด ส่วนปริมาณของเซลลูโลสในพืชต่างชนิดกันก็จะมีปริมาณที่ไม่เท่ากันด้วย เซลลูโลสเป็นสารประกอบของพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharides) เชิงเส้นตรงที่ประกอบด้วยกลูโคส (glucose) เป็นหน่วยซ้ำๆกัน มีสูตรโมเลกุลทั่วไปคือ  $(C_6H_{10}O_5)_n$  โดยสูตรโครงสร้างของเซลลูโลส แสดงดังภาพที่ 1 และลักษณะการจัดเรียงตัวของเส้นใยเซลลูโลส แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1 แสดงสูตรโครงสร้างของเซลลูโลส

ที่มา: ปิยะวรรณ (2543)



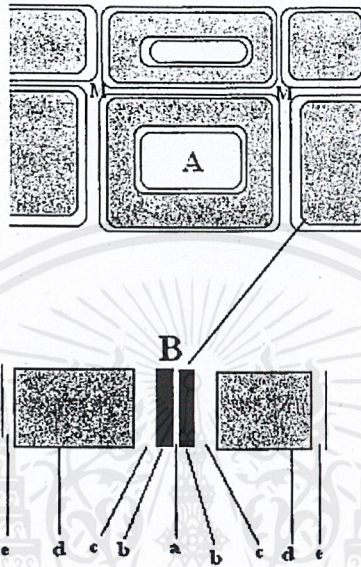
ภาพที่ 2 แสดงลักษณะการจัดเรียงตัวของเส้นใยเซลลูโลส

ที่มา: ปิยะวรรณ (2543)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1. โครงสร้างทางกายภาพของเซลลูโลส

ผนังเซลล์พืชมีเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ซึ่งเป็นหน่วยเล็กๆ ที่ประกอบรวมเป็นเนื้อเยื่อพืช ในเซลล์พืชมีโปรโตพลาสซึม (protoplasm) และสารหล่อเลี้ยงในเซลล์ (cell sap) โดยมีผนังบางๆที่ไม่มีสีเรียกว่า เซลล์เมมเบรน (cell membrane) ห่อหุ้มอยู่ ดังภาพที่ 3 ซึ่งแสดงภาพตัดขวางของเส้นใยเซลลูโลส (cellulose fiber) และลักษณะของเซลล์



ภาพที่ 3 แสดงภาพตัดขวางของเส้นใยเซลลูโลส

ที่มา: Martin (2011)

A แสดงเซลล์ที่ถูกล้อมรอบด้วยเซลล์อื่นๆ ซึ่งแยกออกจากกันโดยมีสารระหว่างเซลล์ (intercellular substance) ที่เรียกว่า มิลเดิลลาเมลลา (middle lamella)

M มิลเดิลลาเมลลา (middle lamella)

a เป็นส่วนผนังเซลล์ที่อยู่ติดกัน

b เป็นส่วนที่ติดกับผนังมิดเดิลลาเมลลา ซึ่งก็คือผนังเซลล์ชั้นแรก (primary cell wall) เรียกว่า P

c เป็นส่วนนอกสุดของผนังเซลล์ชั้นที่สอง (external layer of secondary cell wall) เรียกว่า  $S_1$

d เป็นส่วนกลางของผนังเซลล์ชั้นที่สอง (middle layer of secondary cell wall) เรียกว่า  $S_2$

e เป็นส่วนในสุดของผนังเซลล์ชั้นที่สอง (inner layer of secondary cell wall) เรียกว่า  $S_3$  ซึ่งส่วนนี้จะล้อมรอบช่องว่างภายในเซลล์เรียกว่า ลูเมน (lumen)

ในการพิจารณาว่าเซลลูโลสจะทำปฏิกิริยากับสารเคมีได้ดีหรือไม่ จะพิจารณาจากการที่สารเคมีสามารถกระจายเข้าไปในส่วนต่างๆ ของผนังเซลล์ได้ดีเพียงใด ซึ่งสัมพันธ์กับโครงสร้าง และส่วนประกอบต่างๆของเซลล์

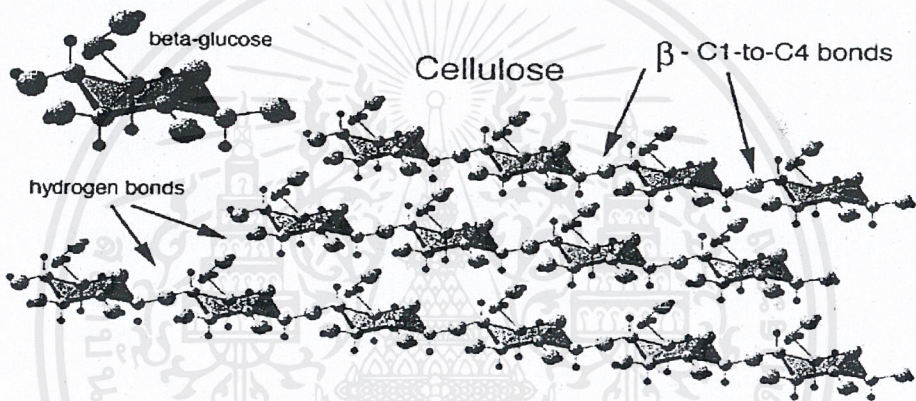
## 2. ส่วนประกอบทางเคมีของเซลลูโลส

โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส poly (-1,4-D-anhydroglucopyranose) โดยแต่ละหน่วยของเซลลูโลสเรียกว่า แอนไฮโดรกลูโคส (anhydroglucose ;  $C_6H_{12}O_5$ ) เพราะเกิดการขจัดน้ำออกจากกลูโคส เซลลูโลสธรรมชาติมีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยต่างกัน การกระจายน้ำหนักโมเลกุลของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลลูโลสมีความสำคัญต่อสมบัติทางกายภาพ ส่วนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะส่งผลให้น้ำหนักทางกายภาพไม่ดี ในทางอุตสาหกรรมจะหาน้ำหนักโมเลกุลโดยประมาณจากการวัดความหนืด เซลลูโลสมีหมู่ไฮดรอกซิลถึง 3 หมู่ จึงสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของกลูโคสจึงมีมาก และโครงสร้างของเซลลูโลสยังจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ ทำให้เซลลูโลสมีองศาความเป็นผลึก (degree of crystal linity) สูง คือ มีค่าประมาณร้อยละ 60-80 ส่งผลให้อุณหภูมิการหลอมตัวสูงมาก จึงเกิดการสลายตัวก่อนถึงอุณหภูมิหลอมตัว และมีความสามารถในการละลายต่ำ ทนต่อตัวทำละลายและสารเคมี โดยสารเคมีที่มีความสามารถในการละลาย

การจัดเรียงตัวของกลูโคสในเซลลูโลสจะอยู่เป็นโครงรูปแบบเก้าอี้ โมเลกุลของกลูโคสทุกหน่วยจะจัดเรียงตัวซ้ำๆกันในทิศทางที่กลับกัน 180 องศา ดังภาพที่ 4 และพบว่าโมเลกุลของกลูโคสในแป้งจะเชื่อมต่อกันโดย alpha linkages แต่โมเลกุลของกลูโคสในเซลลูโลสจะเชื่อมต่อกันด้วย beta linkages



ภาพที่ 4 แสดงลักษณะการจัดเรียงตัวของโมเลกุลกลูโคสในเซลลูโลส  
ที่มา: Martin (2011)

### 3. สมบัติทางกายภาพของเซลลูโลส

#### 3.1 การละลาย

เซลลูโลสไม่ละลายน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์ แต่จะละลายในกรดเข้มข้น เช่น 40% ของกรดไฮโดรคลอริก 72% ของกรดซัลฟิวริก โดยเซลลูโลสจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสอย่างรวดเร็วในสารละลายกรดที่อุณหภูมิห้อง แต่หยุดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิต่ำ เซลลูโลสสามารถบวมตัวในสารละลายเกลือเข้มข้นบางชนิด

#### 3.2 ความหนืด

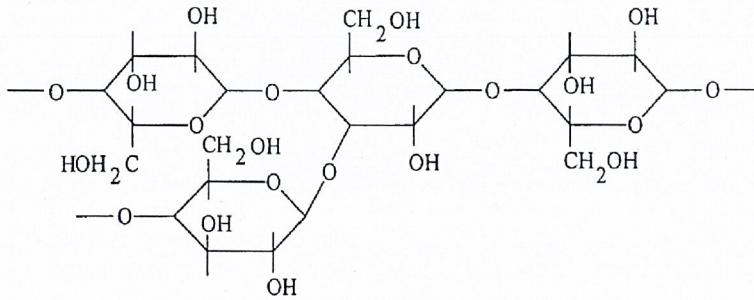
ความหนืดเป็นสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของเซลลูโลส ถ้ามีการเพิ่มความเข้มข้นของเซลลูโลส ความหนืดก็จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้มีสมบัติทางกายภาพดีขึ้น

#### 3.3 การดูดซับความชื้น

เซลลูโลสส่วนใหญ่จะมีการดูดซับ และมีการคายไอน้ำหรือของเหลวอื่นๆ ที่อยู่ในบรรยากาศ จนกระทั่งถึงจุดสมดุล โดยสมดุลความชื้นของเซลลูโลสจะแปรเปลี่ยนไปตามความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อื่นๆ เช่น ลิกนิน เซลลูโลส เป็นโครงสร้างของผนังเซลล์ พบมากในซึ่งข้าวโพด เฮกเซน สูตรทางเคมีคือ  $(C_6H_{12}O_5)_n$  โครงสร้างทางเคมี แสดงดังภาพที่ 5



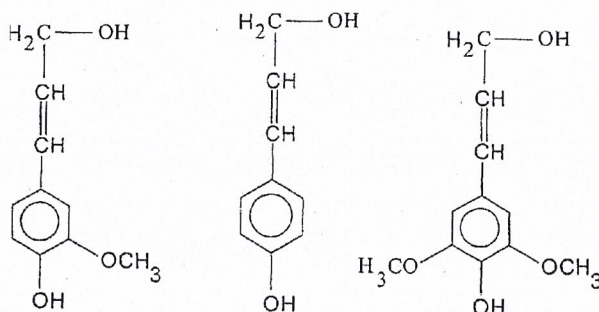
ภาพที่ 5 แสดงสูตรโครงสร้างของเฮมิเซลลูโลส

ที่มา: J.I.Kroschwitz *et al.* (1990)

ความแตกต่างระหว่างเฮมิเซลลูโลสกับเซลลูโลส มีดังนี้

1. เฮมิเซลลูโลสประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวหลายชนิด เช่น กลูโคส (glucose) กาแลกโตส (galactose) แมนโนส (mannose) ไชโลส (xylose) อะราบิโนส (arabinose) กรดกลูคูโรนิก (glucuronic acid) และกาแลกทูโรนิก (galacturonic acid) แต่เซลลูโลสจะประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเป็นกลูโคสอย่างเดียว
2. เฮมิเซลลูโลสจะมีลักษณะสายโซ่โมเลกุลเป็นโซ่กิ่ง (branch chain) แต่เซลลูโลสจะมีสายโซ่โมเลกุลเป็นเส้นตรง
3. องศาการเกิดพอลิเมอร์ (degree of polymerization) ของเซลลูโลสจะมีค่าสูงกว่าเฮมิเซลลูโลสประมาณ 10-100 เท่า

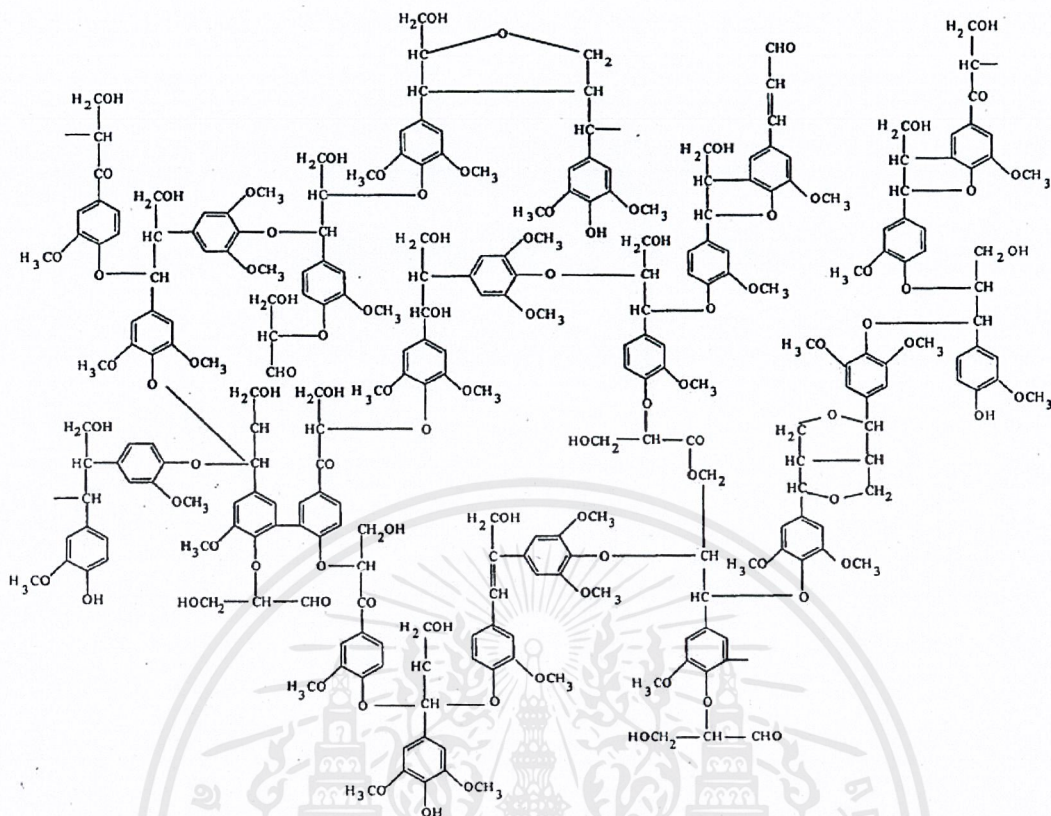
ลิกนิน (lignin) เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเชิงซ้อนของพอลิเมอร์ มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มักพบรวมอยู่กับเซลลูโลส ซึ่งจะมีทั้งอะลิฟาติก (aliphatic) และอะโรมาติก (aromatic) เป็นองค์ประกอบ ทำให้ลิกนินไม่ละลายน้ำและมีความแข็งสูง แต่ไม่มีสมบัติการยืดหยุ่น ซึ่งลิกนินนั้นยังช่วยยึดส่วนของเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสเข้าไว้ด้วยกัน ดังนั้นพืชที่มีปริมาณลิกนินมากก็จะมีความแข็งแรงทนทาน เมื่อพืชตายลิกนินจะถูกย่อยด้วยเอนไซม์ลิกเนส (lignase) หรือลิกนินเนส (ligninnase) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่สำคัญในเรา ตัวอย่างหน่วยที่ซ้ำกันของลิกนิน แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดงหน่วยที่ซ้ำกันของลิกนิน

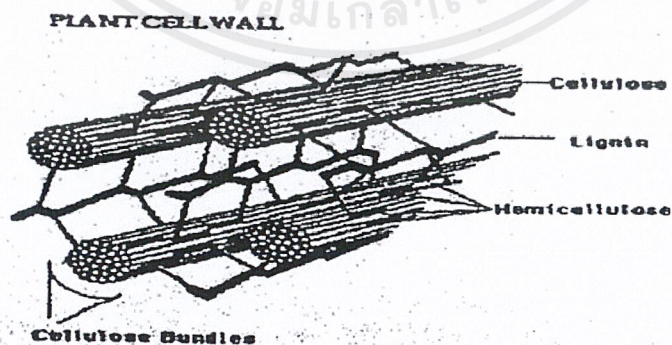
ที่มา: Banks *et al.* (1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 7 แสดงตัวอย่างโมเลกุลของลิกนิน  
ที่มา: Banks *et al.* (1994)

ไม้แต่ละชนิดจะมีอัตราส่วนระหว่างเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินไม่เท่ากันขึ้นกับชนิดและอายุของไม้ โดยไม้ที่มีลิกนินมากจะมีความแข็งสูง และในไม้ชนิดเดียวกันไม้ที่มีอายุมากจะมีปริมาณลิกนินมากเช่นเดียวกันกับการจัดเรียงตัวของเซลลูโลส การจัดเรียงตัวของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินในไม้ แสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 แสดงการจัดเรียงตัวของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินในไม้  
ที่มา: J.I, Kroschwitz *et al.* (1990)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### เส้นใยมะพร้าว (Coconut fiber or Coir)

มะพร้าวมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Cocos nucifera* L. เป็นพืชตระกูลปาล์ม ลำต้นกลม ฐานลำต้นกว้าง มีข้อปล้องตามลำต้น ใบเป็นใบประกอบเรียงขนานกันอยู่บนก้านใหญ่ ซึ่งเส้นใยแข็งที่ได้มาจากกาบมะพร้าว จะเรียกว่า “ใยมะพร้าว” ด้วยเส้นใยที่มีลักษณะเฉพาะทางธรรมชาติ เป็นเส้นใยที่ยืดหยุ่น เหนียว แข็งแรง ทนทาน มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติจึงสามารถทำลายหรือย่อยสลายได้ง่าย ดังนั้นเส้นใยมะพร้าวจึงถูกนำมาใช้ประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรม รวมทั้งเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน อาทิ เช่น

1. วัตถุดิบหลักในสินค้าประเภทที่นอนเพื่อสุขภาพ และเตียงนอนของโรงพยาบาล เนื่องจากมีสมบัติของการหมุนเวียนอากาศสูง
2. ผลิตเป็นวัสดุป้องกันการกระแทกเหมาะสำหรับสินค้าประเภทเฟอร์นิเจอร์ เช่น วัสดุภายในที่นั่งโดยสารบนเครื่องบิน และเบาะนั่งในรถยนต์
3. ใช้ในอุตสาหกรรมการเกษตร เช่น การใช้เป็นฐานรองพื้นเพื่อการยึดเกาะของต้นกล้า และต้นกล้วยไม้ หรือใช้แทนหญ้า และฟางคลุมดินเพื่อกักเก็บความชื้น
4. เศษเหลือจากการผลิตใยมะพร้าวที่เรียกว่า “ขุยมะพร้าว” สามารถนำมาเป็นส่วนประกอบในการทำปุ๋ยและเชื้อเพลิงชีวมวลได้เป็นอย่างดี

#### ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยมะพร้าว

| องค์ประกอบทางเคมี | ปริมาณ<br>(% น้ำหนักอบแห้ง) | มาตรฐาน                          |
|-------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| ซีลั้า            | 3.80                        | TAPP-T211-om-93                  |
| ไฮโลเซลลูโลส      | 59.66                       | Acid chlorite Methode of Browing |
| ลิกนิน            | 41.89                       | TAPP-T222-om-98                  |
| แอลฟาเซลลูโลส     | 49.20                       | TAPP-T203-om-93                  |
| แพนโตแซน          | 20.92                       | TAPP-T223-om-84                  |

ที่มา: ศักดิ์สิทธิ์ (2553)

### นุ่น (Cotton fibers)

**จินดา** (2553) กล่าวว่า นุ่นเป็นพืชเส้นใยชนิดหนึ่ง เส้นใยที่ได้จากผลหรือฝักมีน้ำหนักเบา อ่อนนุ่ม ใช้ในอุตสาหกรรมทำเบาะ ที่นอน วัสดุกันกระแทก เป็นฉนวนกันความร้อน ปุ๋ยนุ่นไม่ดูดซับน้ำแต่ดูดซับน้ำมัน จึงใช้เป็นส่วนประกอบของขนวนระเบิด ใช้บุผนังเรือบรรทุกน้ำมัน ถังน้ำมัน เครื่องบิน เสื้อชูชีพ น้ำมันในเมล็ดใช้ผสมน้ำมันพืชเพื่อใช้บริโภค ใช้เป็นน้ำมันหล่อลื่น ใช้ทำสบู่ กากที่เหลือจากการสกัดน้ำมันใช้เป็นอาหารสัตว์ ใส่นุ่น แขนงนุ่น และลำต้นใช้เพาะเห็ดได้ดี นุ่นมีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปแอฟริกา

นุ่นมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ceiba pentandra* (L.) Gaerth. อยู่ในตระกูล Bombaceae ลำต้นมีลักษณะสูงใหญ่ ลำต้นกลม ผิวเรียบ แตกกิ่งรอบลำต้นมักจะขนานกับพื้นดิน ใบมีลักษณะเป็นแฉก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปดอกหัยกลี 6-10 ซม. ใบนุ่นจะร่วงเมื่อนุ่นเริ่มออกดอก ส่วนดอกออกเป็นกระจุก มีสีขาวหรือขาวปนเหลืองเป็นดอกสมบูรณ์เพศ ดอกบานเต็มที่ขนาดกว้างประมาณ 5 ซม. และยาวประมาณ 5 ซม. กลีบดอกมี 5 กลีบ ดอกนุ่นจะบานในตอนเย็นและบานถึงตอนเช้ามีกลิ่นหอมผลหรือฝักมีความยาวตั้งแต่ 8-50 ซม. หัวท้ายเรียวยาวแหลม เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5-10 ซม. ผลอ่อนมีสีเขียว เมื่อแก่เต็มที่เปลือกมักจะแตกออกเห็นเส้นใยสีขาวหรือขาวอมเหลือง เมล็ดมีลักษณะกลมสีน้ำตาลหรือดำ

### เส้นใยสังเคราะห์

บุตรอด (2551) กล่าวว่า เส้นใยสังเคราะห์เป็นเส้นใยที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นจากสารอนินทรีย์หรือสารอินทรีย์ ประกอบด้วยโมเลกุลที่มีการเรียงตัวค่อนข้างเป็นระเบียบ และโมเลกุลส่วนใหญ่ต้องเรียงตัวตามแนวแกนของเส้นใย โดยทั่วไปความยาวของเส้นใยต้องไม่น้อยกว่า 100 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยนั้น ใช้ทดแทนเส้นใยจากธรรมชาติ แบ่งเป็น 4 ประเภท

1. เส้นใยพอลิเอสเตอร์ เช่น เทโทรลอน ใช้บรรจุในหมอน เพราะมีความฟู ยืดหยุ่น ไม่เป็นอันตรายต่อผิวหนัง สำหรับตาครอน (dacron) เป็นเส้นใยสังเคราะห์พอลิเอสเตอร์อีกชนิดหนึ่งซึ่งเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า mylar มีประโยชน์ทำเส้นใยทำเชือก และฟิล์ม

2. เส้นใยพอลิเอไมด์ เช่น ไนลอน (nylon) เป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์มีหลายชนิด เช่น ไนลอน 6,6 ไนลอน 6,10 ไนลอน 6 ซึ่งตัวเลขที่เขียนกำกับหลังชื่อจะแสดงจำนวนคาร์บอนอะตอมในมอนอเมอร์ของเอมีนและกรดคาร์บอกซิลิก ไนลอนจัดเป็นพวกเทอร์มอพลาสติกมีความแข็งมากกว่าพอลิเมอร์แบบเติมชนิดอื่น (เพราะมีแรงดึงดูดที่แข็งแรงของพันธะเพปไทด์) เป็นสารที่ติดไฟยาก เพราะไนลอนมีพันธะ C-H ในโมเลกุลน้อยกว่าพอลิเมอร์แบบเติมชนิดอื่น ไนลอนสามารถทดสอบโดยผสมโซดาลาม ( $\text{NaOH} + \text{Ca(OH)}_2$ ) หรือเผาจะให้ก๊าซแอมโมเนีย ประโยชน์ของไนลอน ใช้ในการทำเสื้อผ้า ถุงเท้า ถุงน่อง ขนแปรงต่างๆ สายกีตาร์ สายเอ็น ไม้เร็กเก็ต เป็นต้น

3. เส้นใยอะคริลิก เช่น อะคริลิกใช้ในการทำเสื้อผ้า ผ่านวม ผ้าขนแกะเทียม ร่มชายหาด หลังคากันแดด ผ้าม่าน พรหม เป็นต้น

4. เซลลูโลสอะซีเตต เป็นพอลิเมอร์ที่เตรียมได้จากการใช้เซลลูโลสทำปฏิกิริยากับกรดอะซีติกเข้มข้น โดยมีกรดซัลฟูริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา การใช้ประโยชน์จากเซลลูโลสอะซีเตต เช่น ผลิตเป็นเส้นใยอาร์แนล 60 ผลิตเป็นแผ่นพลาสติกที่ใช้ทำแผงสวิทช์และหุ้มสายไฟ

### น้ำมันเครื่อง

ชนิษฐา (2554) กล่าวว่า น้ำมันเครื่องใช้สำหรับเครื่องยนต์ของพาหนะหลายประเภท เช่น รถยนต์ รถสิบล้อ หรือรถแทรกเตอร์ ทำหน้าที่ปกป้องเครื่องยนต์ไม่ให้เกิดการสึกหรอ โดยลดการเสียดสีและความเสียดทานระหว่างลูกสูบกับผนังเครื่องยนต์ คงความสะอาดของเครื่องยนต์ และยืดอายุการใช้งานของเครื่องยนต์



### องค์ประกอบของน้ำมัน

ไฮโดรคาร์บอนในน้ำมันแบ่งเป็น 3 ชนิด ตามลักษณะโครงสร้างของโมเลกุล ดังนี้

1. อะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน ได้แก่ สารประกอบที่มีโครงสร้างเป็นโซ่เปิด ซึ่งเป็นโซ่ตรงหรือโซ่แขนง โดยมีอะตอมของคาร์บอนต่อกับคาร์บอนด้วยพันธะโคเวเลนต์ ชนิดพันธะเดี่ยว พันธะคู่ หรือพันธะสาม หรือปนกันก็ได้ เช่น บิวเทน เฮกเซน เป็นต้น
2. อะลิวัคลิกไฮโดรคาร์บอน ได้แก่ สารประกอบที่มีโครงสร้างเป็นวง โดยที่อะตอมของคาร์บอนต่อกับคาร์บอนด้วยพันธะเดี่ยวหรือพันธะคู่ ขนาดของวงมีตั้งแต่จำนวนคาร์บอน 3 คาร์บอน จนถึง 9 คาร์บอน หรือมากกว่า เช่น ไซโคลโพรเพน ไซโคลบิวเทน เป็นต้น
3. อะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน เป็นสารประกอบที่มีอะตอมของคาร์บอนต่อกันเป็นวงมี  $\pi$  อิเล็กตรอน จำนวน  $4n+2$  (เมื่อ  $n$  คือ เลขจำนวนเต็มบวกใดๆ เช่น 0, 1, 2,...) มีโครงสร้างเป็นรูปแบนราบ และ  $\pi$  อิเล็กตรอนนี้มีการเคลื่อนที่เป็วง และแต่ละอะตอมในวงมักเป็น  $sp^2$  ไฮบริไดซ์

### ผลกระทบของน้ำมัน

คราบน้ำมันที่เกิดขึ้นจากการรั่วไหลลงสู่ทะเล จะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและทางเคมี ซึ่งจะทำให้ปริมาณน้ำมันที่เปราะเป็อนลดน้อยลงดังนี้

1. การกระจายตัวของน้ำมัน น้ำมันที่จับเป็นแผ่นฟิล์มจะได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำและลม ทำให้แผ่นฟิล์มบางๆ แตกออกเป็นเม็ดเล็กๆ กระจายออกไปในน้ำ
2. การระเหยของน้ำมัน น้ำมันดิบมีองค์ประกอบที่มีจุดเดือดต่ำจะระเหยไปก่อนถ้ามีความเร็วลมเข้ามาช่วยก็จะทำให้การระเหยมีอัตราสูงขึ้น โดยจะระเหยไปในรูปของ aerosol น้ำมันที่มีจุดเดือดสูงระเหยได้น้อยจะรวมตัวกับน้ำมีลักษณะเป็นก้อนสีดำ
3. การเปลี่ยนแปลงทางเคมี มีอยู่ 2 ลักษณะ คือ
  - 3.1 atmospheric oxidation เกิดโดยการเติมออกซิเจนจากอากาศและจากน้ำลงในน้ำมัน
  - 3.2 การย่อยสลายโดยแบคทีเรีย มีแบคทีเรียหลายชนิดที่สามารถย่อยน้ำมันได้ อัตราการย่อยขึ้นอยู่กับส่วนประกอบสิ่งแวดล้อมหลายอย่าง เช่น ออกซิเจน อาหาร และอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า  $50^{\circ}\text{F}$  การย่อยสลายทางแบคทีเรียจะช้าลง
4. การกระจายที่ชายฝั่ง น้ำมันที่รั่วไหลจะถูกพัดพาเข้าหาฝั่ง ส่วนที่เบาจะมีการระเหยได้อีก ส่วนที่หนักก็จะอยู่ที่พื้นผสมกับสารอื่นๆ บางส่วนก็จะซึมลงไปดิน และทรายตามแนวเขตหาดทราย

นอกจากการเปลี่ยนแปลงของคราบน้ำมันตาม 4 หัวข้อที่ได้อธิบายแล้วนั้น ยังมีน้ำมันอีกส่วนหนึ่งที่อาจจะลอยตัวอยู่ในน้ำในรูปของ colloidal บางส่วนละลายอยู่ในน้ำ บางส่วนก็จะซึมลงสู่ก้นพื้นของแหล่งน้ำ และบางส่วนก็จะถูกดูดซับเข้าไปในสิ่งมีชีวิต

## น้ำมันพืช

อุตสาหกรรมน้ำมันพืชเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้ผลผลิตหรือวัตถุดิบจากการเกษตร เช่น รำข้าว ถังเหลือง ถั่วลิสง เมล็ดถั่ว เมล็ดฝ้าย เมล็ดดอกทานตะวัน เมล็ดดอกคำฝอย มะพร้าวแห้ง เมล็ด ละหุ่ง ผลปาล์ม เมล็ดปาล์ม และมะกอก ฯลฯ น้ำมันพืชนับเป็นสินค้าอุตสาหกรรมชั้นกลางที่มีการ ผลิตกันทั่วโลก

น้ำมันพืชเป็นสินค้าที่มีการใช้กันอย่างกว้างขวางทั่วโลกทั้งในด้านการใช้ประกอบอาหารใน ชีวิตประจำวัน และใช้เป็นวัตถุดิบด้านอุตสาหกรรมต่างๆอีกหลายประเภท และในบรรดาน้ำมันพืช ด้วยกัน หลายชนิดสามารถใช้แทนกันได้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้แทนน้ำมันสัตว์โดยน้ำมันพืชสามารถ แบ่งตามลักษณะการใช้ออกเป็น 3 ประเภท

1. น้ำมันพืชที่ใช้บริโภค เช่น น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันเมล็ดดอก คำฝอย เป็นต้น
2. น้ำมันที่ใช้ในอุตสาหกรรม เช่น น้ำมันละหุ่ง น้ำมันเมล็ดยาง เป็นต้น
3. น้ำมันที่ใช้ทั้งบริโภคและใช้ในอุตสาหกรรม เช่น น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม น้ำมัน ข้าวโพด เป็นต้น

การแบ่งประเภทตามคุณภาพและการแปรรูป แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ น้ำมันดิบ ซึ่งได้จาก การหีบขั้นต้น น้ำมันชนิดนี้ยังมีสี มีกลิ่น รส เศษผง กาก และน้ำมันบางชนิดอาจยังมีพิษต่อร่างกาย ซึ่งมีอยู่ในเมล็ดธรรมชาติ น้ำมันดิบไม่เหมาะสำหรับบริโภค ทั้งไว้นานจะมีกลิ่น เมื่ออุณหภูมิต่ำจะ เกาะตัวเป็นไข ส่วนน้ำมันบริสุทธิ์ซึ่งได้มาจากการกลั่นน้ำมันดิบโดยขบวนการทางเคมี น้ำมันชนิดนี้ ปราศจากสี กลิ่น และเศษเจือปน เหมาะสำหรับใช้ประกอบอาหารประจำวัน

การหีบหรือสกัดน้ำมันดิบ แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

1. วิธีบีบหรืออัด (mechanical pressing) เป็นวิธีการผลิตแบบเก่าที่ใช้เครื่องจักรบีบหรืออัด เอาน้ำมันออกจากเมล็ดพืชโดยตรง ยังไม่ได้ใช้สารเคมีเข้าช่วย
2. วิธีสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction) เป็นวิธีผลิตที่มีคุณภาพสูง โดยใช้เฮกเซน ซึ่งเป็นเคมีภัณฑ์ปิโตรเลียมเข้าสกัดน้ำมันพืชจากวัตถุดิบ โดยมีความร้อนเข้าช่วย เมื่อเฮกเซนระเหย ตัวออกไปจะเหลือแต่น้ำมันดิบแยกตัวออกจากกากน้ำมัน 2 กรรมวิธีจะนำมาถลุงกรองเป็นน้ำมัน บริสุทธิ์ต่อไป เพื่อให้เหมาะสมแก่การใช้งาน

การศึกษาคุณลักษณะ และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันพืช เพื่อพัฒนาอุตสาหกรรม เกษตร กรรมวิชาการเกษตร ได้แยกประเภทน้ำมันพืชตามคุณสมบัติและองค์ประกอบของน้ำมันพืชได้ ดังนี้

1. ประเภทน้ำมันซีกแห้ง (drying oil) ส่วนมากนำมาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ ทาง อุตสาหกรรม ยารักษาโรค เช่น ดอกคำฝอย เป็นต้น
2. ประเภทน้ำมันกึ่งซีกแห้ง (semi-drying oil) ส่วนมากนำมาใช้ประโยชน์ด้านการบริโภค อุตสาหกรรมอาหาร เช่น ข้าวโพด ถังเหลือง ทานตะวัน ฝ้าย รำข้าว เป็นต้น
3. ประเภทหล่อลื่น (non-drying oil) ใช้มากในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง และเครื่องอุปโภค ต่างๆ เช่น มะละกอ ละหุ่ง ปาล์ม เป็นต้น

น้ำมันพืชที่ใช้ในการบริโภคซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นต่อชีวิตประจำวันมากกว่าด้านอื่นๆ ควรมีคุณสมบัติทางเคมีด้านการผลิต ดังนี้

กรรมวิธีด้านการผลิตน้ำมันพืชหรือไขมันที่ใช้ผลิตอาหาร สามารถทำได้ตามมาตรฐานกรรมวิธีการผลิตได้ 2 วิธี ดังนี้

1. ธรรมชาติทำได้โดยการบีบอัด โดยใช้ความร้อน และทำให้สะอาดโดยการล้าง ตั้งให้ตกตะกอน การกรอง หรือการหมุนเหวี่ยง

2. ผ่านกรรมวิธีทำโดยนำน้ำมันและไขมันที่ได้จากวิธีธรรมชาติ หรือที่ได้จากการสกัดด้วยสารละลายตามที่ได้รับอนุญาต แล้วนำมาผ่านกรรมวิธีทำให้บริสุทธิ์อีกครั้งหนึ่ง

น้ำมันพืชที่ใช้บริโภคต้องมีคุณลักษณะสำคัญ ดังนี้ คือ

1. มีค่าของกรด (acid value) คิดเป็นมิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมัน หรือ ไขมัน 1 กรัม

1.1 ได้ไม่เกิน 4.0 สำหรับน้ำมันและไขมัน หรือไขมันผสมซึ่งสกัดโดยวิธีธรรมชาติ

1.2 ได้ไม่เกิน 0.6 สำหรับน้ำมันและไขมัน หรือไขมันผสมซึ่งสกัดโดยวิธีผ่านกรรมวิธี

1.3 ได้ไม่เกิน 1.0 สำหรับน้ำมันและไขมัน หรือไขมันผสมซึ่งสกัดโดยผ่านกรรมวิธีผสมกับน้ำมันและไขมัน ซึ่งทำโดยวิธีธรรมชาติ

2. มีค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value) คิดเป็นมิลลิกรัมสมมูลต่อน้ำมันหรือไขมัน 1 กก. ได้ไม่เกิน 10

3. มีน้ำและสิ่งที่ระเหยได้ (water and volatile matter) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ได้ไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนัก

4. มีปริมาณสบู่ (soap content) ได้ไม่เกินร้อยละ 0.005 ของน้ำหนัก

5. มีสิ่งอื่นที่ไม่ละลาย (insoluble impurities) ได้ไม่เกินร้อยละ 0.05 ของน้ำหนัก

6. มีกลิ่นและรสตามลักษณะเฉพาะของน้ำมันและไขมัน ยกเว้นไขมันและน้ำมันผสมลักษณะที่ต้องการของน้ำมันพืชเพื่อบริโภค ตามมาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรม ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะที่ต้องการของน้ำมันพืชเพื่อบริโภค ตามมาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรม ดังนี้

| รายการ | คุณลักษณะ  | เกณฑ์ที่กำหนด |
|--------|--|---------------|
| 1.     | ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (relative density) ที่ 25/25 องศาเซลเซียส                            | 0.918-0.926   |
| 2.     | ดัชนีหักเห (refractive index) ที่ nD 40 องศาเซลเซียส                                     | 1.466-1.458   |
| 3.     | ค่าสะaponนิฟิเคชัน (saponification value) มิลลิกรัมโพแทสเซียม ไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมัน 1 กรัม | 189-198       |
| 4.     | ค่าไอโอดีนแบบวิจัน (iodine value wijs)   | 99-119        |
| 5.     | สารที่สะaponนิฟายไม่ได้ (unsaponifiable matter) ไม่เกิน กรัมต่อน้ำมันหนึ่งกิโลกรัม       | 15            |
| 6.     | ค่าของกรด (โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมันหนึ่งกรัม)                                       | 0.6           |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ลักษณะที่ต้องการของน้ำมันพืชเพื่อบริโภค ตามมาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรม (ต่อ)

| รายการ | คุณลักษณะ  | เกณฑ์ที่กำหนด |
|--------|--|---------------|
| 7.     | ค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value) ไม่เกินมิลลิกรัมสมมูล<br>เปอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อน้ำมันหนึ่งกิโลกรัม | 10            |
| 8.     | น้ำและสิ่งที่ระเหยได้  | 0.2           |
| 9.     | สารที่ไม่ละลายน้ำ ไม่เกินร้อยละของน้ำหนัก  | 0.05          |
| 10.    | ปริมาณสบู่ (soap content) ไม่เกินร้อยละของน้ำหนัก  | 0.005         |
| 11.    | เหล็กไม่เกินมิลลิกรัมต่อน้ำมันหนึ่งกิโลกรัม  | 2.5           |
| 12.    | อาร์เซนิกไม่เกินมิลลิกรัมต่อน้ำมันหนึ่งกิโลกรัม  | 0.1           |
| 13.    | ทองแดงไม่เกินมิลลิกรัมต่อน้ำมันหนึ่งกิโลกรัม   | 0.1           |
| 14.    | ตะกั่วไม่เกินมิลลิกรัมต่อน้ำมันหนึ่งกิโลกรัม   | 0.1           |

ที่มา : ประเทืองศรี (2545)

#### ชนิดของน้ำมันพืช

น้ำมันพืชที่จำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง (soybean oil) น้ำมันปาล์มโอเลอิน (plam olein oil) น้ำมันข้าวโพด (corn oil) น้ำมันทานตะวัน (sunflower oil) และน้ำมันรำข้าว (rice bran oil) น้ำมันแต่ละชนิดมีลักษณะที่แตกต่างกัน คุณสมบัติที่แตกต่างกันนี้สามารถศึกษาได้จากองค์ประกอบของกรดไขมัน (fatty acid composition), sterol, สารโทโคฟีรอล (tocopherol) หรือวิตามินอี (vitamin E) ที่มีอยู่ในน้ำมันแต่ละชนิด

##### 1. น้ำมันถั่วเหลือง

น้ำมันถั่วเหลือง จัดเป็นน้ำมันราคาถูกที่มีคุณภาพสูงเมื่อเทียบกับน้ำมันข้าวโพด กล่าวคือน้ำมันถั่วเหลืองมีกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acids) อยู่ในปริมาณที่สูงประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะกรดลิโนเลอิก มีสูงถึงประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ กรดลิโนเลอิกนี้เป็น polyunsaturated fatty acid จะช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด รวมทั้งปริมาณโทโคฟีรอลหรือวิตามินอีที่มีอยู่ในน้ำมันถั่วเหลืองประมาณ 400 mg/kg. ซึ่งสารนี้ทำให้เกิดวิตามินอี และยังทำหน้าที่เป็นสารกันหืนโดยธรรมชาติ

##### 2. น้ำมันปาล์มโอเลอิน

น้ำมันปาล์มโอเลอิน เป็นน้ำมันปาล์มที่ได้จากการผ่านกรรมวิธีที่รู้จักและใช้กันอย่างแพร่หลาย น้ำมันปาล์มโอเลอินมีกรดไขมันไม่อิ่มตัว คือ กรดโอเลอิก อยู่ประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์ และกรดลิโนเลอิก 10 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันปาล์มเป็นแหล่งของวิตามินอี สารโทโคฟีรอล และโทโคไตรอีนอลมีในน้ำมันปาล์มโอเลอิน ประมาณ 500-600 mg/kg.

### 3. น้ำมันข้าวโพด

น้ำมันข้าวโพด เป็นแหล่งของกรดไขมันไม่อิ่มตัวคือ กรดโอเลอิกประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ และกรดลิโนเลอิกประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ นักวิจัยพบว่าน้ำมันข้าวโพดมีปริมาณคลอเรสเตอรอลในระดับต่ำเมื่อเทียบกับน้ำมันทานตะวัน น้ำมันปาล์ม และมีปริมาณคลอเรสเตอรอลใกล้เคียงกับในน้ำมันถั่วเหลือง ส่วนปริมาณโทโคฟีรอล พบว่าน้ำมันข้าวโพดมีปริมาณ 800 mg/kg.

### 4. น้ำมันทานตะวัน

น้ำมันทานตะวันเป็นน้ำมันที่สำคัญ 1 ใน 4 ของเมล็ดพืชน้ำมันในโลก น้ำมันถั่วเหลืองเป็นเมล็ดพืชที่สำคัญมากที่สุด รองลงมาคือ rapeseed, canola, cotton seed และทานตะวัน น้ำมันทานตะวันเป็นน้ำมันเพื่อสุขภาพชนิดหนึ่ง และถูกใช้อย่างแพร่หลาย ใช้เป็นน้ำมันสกัด ใช้ในขนมอบ และเป็นน้ำมันใช้ทอด น้ำมันทานตะวันเป็นน้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง โดยเฉพาะ polyunsaturated ที่ช่วยลดคลอเรสเตอรอล น้ำมันทานตะวันเป็นแหล่งของกรดไขมันไม่อิ่มตัว คือ กรดลิโนเลอิก ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายและมีสารโทโคฟีรอลสูง ประมาณ 350 mg/kg.

### 5. น้ำมันรำข้าว

น้ำมันรำข้าวสกัดได้จากข้าวที่มีคุณค่าทางอาหาร คือ อุดมไปด้วยไขมัน โปรตีน แร่ธาตุ และวิตามินต่างๆ โดยมีปริมาณน้ำมันประมาณ 17 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์

องค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์มโอเลอิน น้ำมันข้าวโพด น้ำมันทานตะวัน และน้ำมันรำข้าว ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 องค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์มโอเลอิน น้ำมันข้าวโพด น้ำมันทานตะวัน และน้ำมันรำข้าว

| น้ำมันพืช                    | น้ำมันถั่วเหลือง | น้ำมันปาล์มโอเลอิน | น้ำมันข้าวโพด | น้ำมันทานตะวัน | น้ำมันรำข้าว |
|------------------------------|------------------|--------------------|---------------|----------------|--------------|
| Lauric acid                  | -                | 0.35               | -             | -              | -            |
| Stearic acid                 | 3.20             | 3.10               | 1.80          | 3.13           | 1.77         |
| Behenic acid                 | -                | -                  | 1.33          | -              | -            |
| Oleic acid                   | 24.16            | 42.53              | 25.74         | 38.70          | 42.77        |
| Linoleic acid                | 57.06            | 10.68              | 61.26         | 52.17          | 35.84        |
| Linolenic acid               | 5.18             | -                  | -             | -              | 0.72         |
| Total saturated Fatty acid   | 13.57            | 46.79              | 13.00         | 9.13           | 20.67        |
| Total unsaturated Fatty acid | 86.43            | 53.21              | 87.00         | 90.87          | 79.33        |

ที่มา : วิไลศรี (2545)

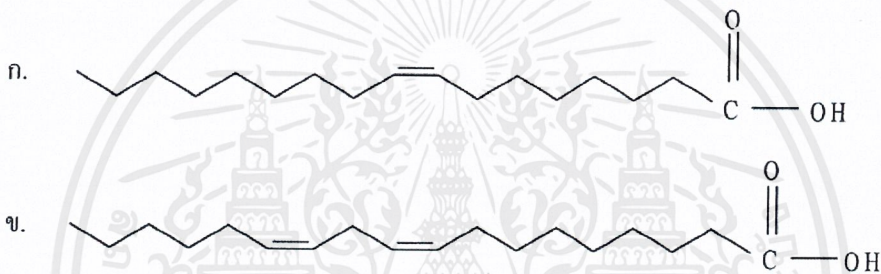
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันปาล์มโอเลอิน เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว ในน้ำมันพืชที่ศึกษาจะประกอบด้วยกรดโอเลอิน เป็นส่วนใหญ่และกรดไลโนเลอิก ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเรียกชื่อ โครงสร้างและจุดหลอมเหลวของกรดไขมันไม่อิ่มตัว

| ชื่อสามัญ     | ชื่อแบบระบบ               | โครงสร้าง   | จุด<br>หลอมเหลว<br>(°C) |
|---------------|---------------------------|---|-------------------------|
| Oleic acid    | 9-Octadecenoic acid       | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7$<br>$\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$         | 13.4                    |
| Linoleic acid | 9,12-Octadecadienoic acid | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4$<br>$(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_2(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$ | -5                      |

ที่มา : มนตรี (2530)



ภาพที่ 9 แสดงสูตรโครงสร้างของกรดไขมัน ก. oleic acid ข. linoleic acid

ที่มา: มนตรี (2530)

#### คุณสมบัติของกรดไขมัน

1. กรดไขมันที่พบในลิพิดของพืชและสัตว์ชั้นสูงมีจำนวนคาร์บอนอะตอมเป็นเลขคู่อยู่ระหว่าง 14-22 คาร์บอนอะตอม โดยเฉพาะ  $\text{C}_{16}$  และ  $\text{C}_{18}$  พบมากที่สุด และในไขมันเป็นกลางจะพบกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากกว่ากรดไขมันอิ่มตัว
2. ในสิ่งมีชีวิตชั้นสูง กรดไขมันไม่อิ่มตัวมีพันธะคู่ระหว่าง C อะตอมที่ 9 และ 10 ถ้ามีพันธะคู่มากกว่า 1 พันธะจะอยู่ระหว่าง C อะตอมที่ 10 กับปลายหมู่เมทิล (methyl group)
3. กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบมากในสิ่งมีชีวิตชั้นสูงได้แก่ กรดโอเลอิก (oleic acid) กรดไลโนเลอิก (linoleic acid) และกรดอะราคิโดนิก (arachidonic acid)
4. กรดไขมันไม่อิ่มตัวมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่ากรดไขมันอิ่มตัว
5. กรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวมีโครงสร้างต่างกัน เนื่องจากกรดไขมันอิ่มตัวมีพันธะเดี่ยวที่มีการหมุนเสรี ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัวมีพันธะคู่ จึงหมุนไม่ได้ทำให้สายโซ่ไฮโดรคาร์บอนแข็งแรงแรง
6. กรดไขมันที่สายโซ่ต่างๆ ( $\text{C}_{16}$ - $\text{C}_{18}$ ) ไม่สามารถละลายน้ำได้

สมบัติทางกายภาพของกรดไขมัน

1. จุดหลอมเหลว

1.1 ความยาวของโมเลกุล หรือจำนวนคาร์บอนอะตอมในโซ่ไฮโดรคาร์บอนมีผลโดยตรงกับจุดหลอมเหลว

1.2 จำนวนพันธะคู่ที่มีอยู่ในโมเลกุลจะเป็นปฏิภาคผกผันกับจุดหลอมเหลว

2. การละลาย

การละลายโดยอาศัยโครงสร้างของกรดไขมัน สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ละลายน้ำได้ ส่วนนี้เรียกว่า โพลาร์ ได้แก่ บริเวณหมู่คาร์บอกซิล และส่วนที่ไม่ละลายน้ำหรือเรียกว่า ส่วนไม่โพลาร์ เมื่อนำกรดไขมันมาเขย่ากับน้ำ กรดไขมันจะกระจายตัวเป็นหยดน้ำมันเล็กๆในน้ำ เรียกว่า ไมเซลล์ โดยหันเอาส่วนที่ไม่โพลาร์เข้าข้างใน และเอาส่วนโพลาร์มาสัมผัสกับน้ำ เนื่องจากส่วนโพลาร์ละลายน้ำได้ กรดไขมันละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์

น้ำมันและไขมัน หมายถึง ลิพิดที่เป็นเอสเทอร์ของกรดไขมัน (fatty acid) และกลีเซอรอล (glycerol) เรียกว่า กลีเซอไรด์ (glyceride) หรือเอซิลกลีเซอรอล (acyl-glycerol) กลีเซอรอลซึ่งเป็นส่วนประกอบของลิพิดกลุ่มนี้เป็นแอลกอฮอล์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (OH) 3 หมู่ ในกลีเซอรอลหนึ่งโมเลกุล อาจมีจำนวนกรดไขมัน 1, 2 หรือ 3 เรียกว่า โมโนกลีเซอไรด์ (monoglyceride) ไดกลีเซอไรด์ (diglyceride) และไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ตามลำดับ กลีเซอไรด์มีจุดหลอมเหลวต่างกันขึ้นอยู่กับจุดหลอมเหลวของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ ไตรกลีเซอไรด์ส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว ทำให้มีลักษณะหลอมเหลวที่อุณหภูมิห้อง เรียกว่าน้ำมัน เช่น ไตรกลีเซอไรด์ ที่สกัดได้จากเมล็ดพืช ส่วนไตรกลีเซอไรด์ที่มีกรดไขมันอิ่มตัวเป็นส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นของแข็ง เรียกว่า ไขมัน ไตรกลีเซอไรด์ไม่สามารถรวมตัวกับน้ำเป็นไมเซลล์ (micell) ได้เพราะโมเลกุลส่วนใหญ่มีแต่ส่วนที่ไม่ละลายน้ำ

กรดไขมันส่วนใหญ่ที่พบในธรรมชาติเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมเกิน 10 มีจุดหลอมเหลวสูงกว่าอุณหภูมิห้อง และจุดหลอมเหลวจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนคาร์บอนอะตอมที่มากขึ้น

วิธีการกำจัดกรปนเปื้อนคราบไขมัน

หลักการกำจัดน้ำมันที่ปนเปื้อนในน้ำทิ้ง

1. การรวมตัว (coagulation) คือ การทำให้อนุภาคคอลลอยด์ที่มีขนาดประมาณ  $10^{-5}$  -  $10^{-7}$  เซนติเมตร ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำเสียสามารถรวมตัวกันเป็นอนุภาคขนาดใหญ่ เนื่องจากประจุที่ล้อมรอบอนุภาค เช่น การเติมเฟอร์ริกคลอไรด์ (FeCl) และสารส้ม (alum) เป็นต้น

2. การดูดซับ (adsorption) สารอินทรีย์ในน้ำเสียสามารถกำจัดออกได้โดยใช้เทคนิคการดูดซับ ซึ่งสารอินทรีย์ในน้ำเสียจะถูกตัวกลางดูดซับเอาไว้บนพื้นผิว

สุโขทัย (2542) กล่าวว่า การขจัดสารปนเปื้อนออกจากสารละลายในกระบวนการดูดซับนี้จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางฟิสิกส์ และคุณสมบัติทางเคมี ความสามารถในการดูดซับจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติต่างๆของตัวดูดซับ (adsorbent) และชนิดของสารปนเปื้อน อัตราการดูดซับจะแปรผกผันกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวดูดซับ การเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของสารปนเปื้อน การเพิ่มขึ้น

124645

ของอนุภาคและการลดลงของประจุบนผิวหน้าของตัวดูดซับ นอกจากนี้อัตราการดูดซับยังขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่สัมผัสกับตัวดูดซับอีกด้วย

3. การลอยตัว (flotation) ใช้ในการกำจัดปริมาณสารแขวนลอยในน้ำ น้ำมันและไขมันในน้ำเสีย ซึ่งเป็นการแยกโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง ความสามารถในการลอยตัวขึ้นอยู่กับอากาศอย่างเหมาะสม

API gravity separator เป็นเทคนิคที่นิยมใช้กันมาหลายทศวรรษ แต่ยังไม่สามารถกำจัดอนุภาคน้ำมันที่มีขนาดเล็กได้อย่างสมบูรณ์ มีการรายงานว่าประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงกลั่นน้ำมันจะอยู่ในช่วง 50-90 เปอร์เซ็นต์ อัตราการไหลเข้าและปริมาณน้ำมันที่ปนเปื้อนในน้ำเสียเป็นปัจจัยสำคัญในการแยกน้ำมัน

วิธีการลอยตัวโดยใช้อากาศเป่า ปรับปรุงและพัฒนาขึ้นเป็นเทคนิคการแยกน้ำมันออกจากน้ำตามแบบ API gravity separation ที่ใช้ระบบหรือนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ อากาศจะถูกกระจายภายใต้ความดัน 2.8-4.9 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีการลดความดันผ่านวาล์วต่อไปยังบ่อน้ำเสีย อากาศผ่านเข้าไปและก่อตัวเป็นฟองอากาศผ่านขึ้นมาสู่ผิวน้ำทำให้น้ำมันลอยแผ่อยู่บนผิวน้ำ

4. การกรอง (filtration) ได้มีการศึกษาความเป็นไปได้ในการที่จะใช้เส้นใยสังเคราะห์ในการกำจัดน้ำมันปนเปื้อนในน้ำทิ้ง สารสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ ไนลอน เดครอน โพลีโพรพิลีน พอลิเอสเตอร์ และเส้นใยอะคริลิก ในขนาดต่างๆกัน พบว่าน้ำมันสามารถดูดซับบนเส้นใยได้ดี ผลที่ได้จากกระบวนการกรองเพื่อแยกน้ำมันออกจากกัน (oil in water, O/W) คือมีการแตกตัวของน้ำมันในระหว่างที่กรองผ่านตัวกลางทำให้เกิดการแยกชั้นขึ้น หากอนุภาคน้ำมันที่สามารถละลายน้ำได้และอนุภาคน้ำมันที่มีขนาดเล็กกว่า 4 มิลลิเมตร แสดงอยู่ในระดับที่มีนัยสำคัญ การเติมพอลิอิเล็กโทรไลต์ (polyelectrolytes) อาจช่วยในการบำบัดได้

5. เทคนิคการแยกน้ำมันโดยใช้แผ่นโลหะที่ลาดเอียง (tiled plate separation) เป็นเทคนิคที่พัฒนาขึ้นมาจากเทคนิค API separation โดยที่แผ่นโลหะถูกแบ่งเป็นช่องเท่าๆกัน และเอียงทำมุม 45 องศากับแนวระดับ ทำให้มีพื้นที่สัมผัสเพิ่มขึ้น ดังนั้นอัตราการไหลจึงลดลง น้ำมันที่สะสมอยู่บริเวณด้านล่างของแต่ละแผ่นโลหะ (plate) จะรวมตัวกัน และลอยแผ่อยู่บนผิวน้ำ ในทำนองเดียวกันสลัดจ์ที่สะสมอยู่ด้านบนของแผ่นโลหะจะเลื่อนลงสู่ด้านล่าง ประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำมันของเทคนิคการแยกน้ำมันโดยใช้แผ่นโลหะที่ลาดเอียงจะอยู่ในช่วง 55 - 65 เปอร์เซ็นต์

### วิธีการจัดการปนเปื้อนคราบน้ำมัน

#### 1. วิธีทางกายภาพ

เป็นวิธีการควบคุมกำจัดและกวาดน้ำมันโดยวิธีกลหรือใช้อุปกรณ์เครื่องมือ ซึ่งอุปกรณ์แต่ละชนิดมีหลักการและประสิทธิภาพการทำงานต่างกัน บางครั้งต้องใช้เครื่องมือมากกว่า 1 ชนิด ปฏิบัติงานในลักษณะต่อเนื่องหรือผสมผสานกันดังต่อไปนี้

1.1 ทุ่นน้ำมัน คือ เครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมหรือกักน้ำมันให้อยู่ในพื้นที่ที่กำหนด ขนาดของทุ่นกักน้ำมันในการใช้งานมักพิจารณาจากลักษณะการลอยตัวของน้ำมัน วัสดุที่ใช้ทำทุ่นกักน้ำมัน โดยทั่วไปจะมีความคงทนต่อการใช้งาน นั่นคือ ความคงทนต่อน้ำมัน น้ำ และแสงอัลตราไวโอเล็ต วัสดุที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือพลาสติกหรือแผ่นใยสังเคราะห์ เช่น ไนลอน พอลิเอสเตอร์ พีวีซีชนิดที่ทนน้ำมัน โพลียูรีเทน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1.2 เครื่องกวาดน้ำมัน เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับกวาดและดูดน้ำมัน โดยอาศัยหลักความแตกต่างของความถ่วงจำเพาะระหว่างน้ำกับน้ำมัน ซึ่งปกติเครื่องกวาดน้ำมันจะลอยอยู่บนผิวน้ำ และมีช่องทางเปิดเชื่อมติดต่อกับช่องทางเปิดของเครื่องกักน้ำมัน เพื่อให้ น้ำมันลอยเข้าสู่ช่องทางได้สะดวก โดยที่ปลายช่องทางในเครื่องจะมีทำนบขวางกัน เพื่อทำหน้าที่แยกน้ำมันออกจากน้ำให้ไหลเข้าสู่เครื่องกักน้ำมัน ส่วนน้ำจะถูกบังคับให้ไหลออกจากเครื่องกวาดน้ำมัน อย่างไรก็ตามเครื่องกวาดน้ำมันบางชนิดอาจใช้หลักการให้วัสดุสังเคราะห์ดูดซับหรือจับยึดน้ำมันแล้วนำขึ้นมาติดด้วยแผ่นรีดน้ำมันก่อนส่งเข้าถังเก็บต่อไป

1.3 วัสดุดูดซับ การดูดซับหรือการดูดติดผิว เป็นการดูดจับในลักษณะของสารตัวดูดซับกระทำต่อวัตถุตัวที่ถูกดูดซับ ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยเหตุผล 2 ประการ คือ

1.3.1) ความสามารถในการดูดซับ เนื่องจากตัวดูดซับมีความพรุนเป็น capillary tube จึงทำให้เกิดสถานะของ capillary action ทำให้ตัวดูดซับเกาะติดอยู่ได้

1.3.2) วัตถุตัวดูดซับมีประจุบนพื้นผิว (surface charge) สามารถจับกับวัตถุอื่นที่มีประจุตรงข้ามทำให้เกิดการเกาะติดได้ สภาพดังกล่าวนี้จึงคล้ายกับปรากฏการณ์ของการแลกเปลี่ยนไอออน

กล่าวอีกนัยหนึ่ง การดูดซับหรือการดูดติดผิวเป็นความสามารถของสารบางชนิดในการดึงโมเลกุลหรือคอลลอยด์ซึ่งอยู่ในของเหลวหรือก๊าซมาจับ และติดบนผิวของมัน ปรากฏการณ์เช่นนี้จัดเป็นการเคลื่อนย้ายสาร (mass transfer) ซึ่งการเกาะจับของโมเลกุลบนผิวสารอาจเกิดขึ้นด้วยแรงกายภาพ เช่น แรง van der waals force หรือด้วยแรงเคมี หรือทั้งสองอย่างร่วมกัน

การกำจัดคราบน้ำมันโดยการใช้วัสดุดูดซับ เป็นการกำจัดคราบน้ำมันโดยวิธีทางกายภาพ ซึ่งเป็นวิธีการที่ง่าย และสะดวกรวดเร็วในการกำจัดน้ำมันออกจากพื้นที่ที่เกิดเหตุ และมีหลักการทำงานไม่ซับซ้อนเหมือนอุปกรณ์ชนิดอื่น

วัสดุดูดซับคราบน้ำมันคืออุปกรณ์สำหรับดูดเก็บน้ำมัน โดยการใช้วัสดุที่เป็นสารสังเคราะห์หรือวัสดุจากธรรมชาติดูดซับน้ำมันไว้ที่ผิวหรือเก็บไว้ตามช่องว่างระหว่างเส้นใยของสารนั้นๆ

โดยปกติการใช้วัสดุดูดซับคราบน้ำมันไม่มีข้อจำกัดว่าต้องใช้วัสดุชนิดใด เพียงแต่อาศัยหลักการที่ว่าวัสดุชนิดนั้นสามารถที่จะดูดซับน้ำมันขึ้นมาได้ ดังนั้นกรณีที่เกิดอุบัติเหตุ น้ำมันรั่วไหลลงสู่แหล่งน้ำอาจเลือกวัสดุที่หาได้ในท้องถื่นมาประยุกต์ใช้ในการดูดซับน้ำมันก็ได้ เช่น ฟางข้าว กระจอบ ป่าน จูด เศษผ้า หรือหญ้าแห้ง เป็นต้น

คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ดูดซับเป็นสิ่งสำคัญมาก โดยทั่วไปควรมีคุณสมบัติดังนี้

1. สามารถลอยตัวอยู่บนน้ำหรือน้ำมันได้ตลอดเวลา (permanent buoyancy) เนื่องจากช่องว่างของอากาศในวัสดุดูดซับนั่นเอง ซึ่งวัสดุดังกล่าวเมื่อดูดซับน้ำมันจนอิ่มตัวแล้วหรือเต็มที่แล้วควรลอยตัวอยู่บนน้ำหรือน้ำมันตลอดเวลา ทั้งนี้เพื่อสะดวกต่อการเก็บขึ้นมากำจัดต่อไป

2. มีความหนาแน่นต่ำ (low density) ซึ่งความสามารถในการดูดซับคราบน้ำมันของวัสดุดูดซับจะแปรผกผันกับความหนาแน่นรวม (bulk density) ของวัสดุนั้น นอกจากนี้ความหนาแน่นยังมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการลอยตัวด้วย คือ ถ้าวัสดุมีความหนาแน่นต่ำจะมีความสามารถในการลอยตัวสูง

3. มีช่องว่างในตัววัสดุสูง เพื่อให้สามารถดูดซับน้ำมันได้รวดเร็ว

4. เป็นวัสดุที่ชอบไขมันมากกว่า (oleophilic) และไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) เพื่อใช้ในการดูดซับแล้วจะดูดน้ำมันขึ้นมามากกว่าดูดน้ำเอาไว้

5. มีความสามารถในการดูดซับคราบน้ำมันได้สูง คือ มีอัตราส่วนน้ำมัน : วัสดุดูดซับไม่ต่ำกว่า 5:1 และมีได้สูงกว่า 10:1 ได้จะดีมาก

6. ต้องเก็บน้ำมันไว้ในตัวได้นาน กล่าวคือ เมื่อนำน้ำมันขึ้นมาหลังจากดูดซับแล้วจะต้องมีน้ำมันหลุดออกมาน้อย

7. สะดวกต่อการใช้งานและขั้นตอนการขนส่งไม่ยุ่งยาก

8. มีความเป็นพิษต่ำหรือมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

9. มีราคาไม่สูงจนเกินไป

ชนิดของวัสดุดูดซับสามารถจำแนกได้ประเภทใหญ่ๆดังนี้ คือ

1. วัสดุดูดซับธรรมชาติ (natural products) ซึ่งได้มาจากพืช เช่น ฟางข้าว หญ้าแห้ง สาหร่ายทะเล ขี้เลื่อย เป็นต้น หรือได้จากสัตว์ เช่น ขนสัตว์ หรือขนนก เป็นต้น

2. วัสดุดัดแปลงจากธรรมชาติ (modified natural products) ได้แก่ วัสดุธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการทางเคมีแล้ว (chemical-treated natural product) เช่น การนำขี้เลื่อยมาเคลือบด้วยซิลิโคน เป็นต้น

3. วัสดุสังเคราะห์ (synthetic products) เป็นวัสดุที่สังเคราะห์ขึ้นมา เช่น พลาสติก ที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ โพลียูรีเทนโฟม หรือ โพลีโพรพิลีนโฟม

วัสดุดูดซับธรรมชาติ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่ประกอบไปด้วยเซลลูโลส เช่น พืชผักหรือเส้นใย และผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น ยาง การนำวัสดุมาใช้กำจัดคราบน้ำมันมีมานานหลายปีแล้ว แต่ข้อมูลการศึกษาความเป็นไปได้ของวัสดุธรรมชาติอื่นๆ ในการดูดซับน้ำมันควรจะเป็นสิ่งที่ต้องศึกษาให้มากขึ้น เนื่องจากมีราคาต่ำกว่าวัสดุสังเคราะห์ และมีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะสามารถนำมาใช้ทดแทนหรือใช้ร่วมกันได้

วัสดุธรรมชาติที่สามารถนำมาใช้ดูดซับคราบน้ำมันได้เนื่องจากคุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุดูดซับเอง เช่น มีความลอยตัวสูง น้ำมันสามารถที่จะเกาะติดกับผิวได้ และนอกจากนี้วัสดุเหล่านี้ยังสามารถกำจัดได้ง่าย และไม่เปื้อนพิษต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้น ข้อดีของวัสดุเหล่านี้คือสามารถที่จะกำจัดคราบน้ำมันได้รวดเร็วและไม่เป็นพิษสามารถใช้ร่วมกับการกำจัดวิธีอื่นๆ ได้ เช่น เครื่องกวาดน้ำมัน นอกจากนี้ยังมีราคาถูก และสามารถหาได้จำนวนมากเหมาะกับประเทศที่กำลังพัฒนา ส่วนข้อเสียคือในขณะนี้ยังไม่มีการศึกษาที่เป็นระบบแน่นอนของวัสดุเหล่านี้ ต้องอาศัยแรงงานคนจำนวนมากในการขนย้ายและการกำจัด นอกจากนี้การกำจัดไม่ถูกต้องจะเกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้

## 2. วิธีทางเคมี

การควบคุมและการกำจัดคราบน้ำมันด้วยวิธีทางเคมี มักนิยมใช้เมื่อมีการควบคุม และการเคลื่อนย้ายด้วยวิธีกลหรือทางกายภาพไม่ได้ผล ดังนั้นต้องคอยติดตามคราบน้ำมัน และพิจารณาว่าออกสู่ทรัพยากรที่มีคุณค่าอื่นๆหรือไม่ หากประเมินแล้วพบว่าจำเป็นต้องใช้วิธีทางเคมี ดังนี้

2.1 การใช้สารเคมีที่ทำให้ไขมันแตกตัว การที่น้ำมันเกาะตัวรวมกับน้ำได้ เนื่องจากน้ำมันส่วนที่หนักมีแรงตึงผิวสูงกว่าน้ำ การทำให้ไขมันแตกกระจายตัวออกไปจึงทำได้โดยลดความแตกต่างของแรงตึงผิวนี้นี้ด้วยการใช้สารเคมีชนิด dispersant

dispersant เป็นสารเคมีที่มีส่วนผสมของสารลดแรงตึงผิว สารละลายที่มีปิโตรเลียมเป็นองค์ประกอบ (petroleum-base solvent) และบางชนิดยังมีส่วนผสมของสารบางตัวที่สามารถควบคุมการแพร่กระจายของน้ำมันซึ่งส่วนประกอบของสารที่มีอยู่ใน dispersant แต่ละชนิดจะไม่เหมือนกันขึ้นอยู่กับการผลิต และพัฒนาของแต่ละบริษัท อย่างไรก็ตามคุณสมบัติโดยทั่วไปจะคล้ายคลึงกัน

การใช้ dispersant ทำลายคราบน้ำมันทำได้โดยการฉีด dispersant ที่ผสมน้ำตามอัตราส่วนความเข้มข้นลงไปใต้อผิวน้ำของน้ำมันจะทำให้แรงตึงผิวของน้ำมันมีความใกล้เคียงกับแรงตึงผิวของน้ำ คราบน้ำมันจะถูกคลื่นตีแตกกระจายกลายเป็นหยดเล็กๆ ออกจากกัน นอกจากนี้ dispersant ยังมีคุณสมบัติป้องกันไม่ให้เกิดคราบน้ำมันเล็กๆที่แตกกระจายไปรวมตัวกันมากขึ้นอีก อย่างไรก็ตามการใช้ dispersant ก็มีข้อจำกัดคือ อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำได้

2.2 การใช้สารเคมีทำให้น้ำมันรวมตัวกัน เป็นการใช้สารเคมีที่เรียกว่า solidify สารเคมีชนิดนี้เมื่อฉีดลงบนคราบน้ำมันจะทำให้น้ำมันเปลี่ยนแปลง คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี เกิดการรวมตัวเป็นก้อนตกลงสู่ท้องน้ำ อย่างไรก็ตามแนวคิดนี้เป็นสิ่งใหม่ เริ่มมีการใช้ solidify ในบางประเทศเนื่องจากมีราคาแพง

2.3 การเผา ปกติการกำจัดคราบน้ำมันโดยวิธีนี้เสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด แต่มักไม่นิยมและไม่แนะนำให้ใช้ในเขตร้อนชื้น เช่น ประเทศไทย เนื่องจากอาจก่อให้เกิดผลเสียต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำและทรัพย์สินของมนุษย์ได้ หากไม่สามารถควบคุมคราบน้ำมันที่จะเผาให้อยู่ในบริเวณที่กำหนด นอกจากนี้การเผาน้ำมันอาจก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศ อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นและสารที่เหลือหลังจากการเผาไหม้ก็อาจมีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำและสิ่งมีชีวิตได้

### 3. วิธีทางชีวภาพ

เป็นวิธีการหรือกระบวนการที่ใช้สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กต่างๆ เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ รา เข้าย่อยสลาย ขบวนการนี้ใช้เวลาในการย่อยสลายคราบน้ำมันนาน แต่จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดหรือไม่เกิดเลย

สำหรับประเทศไทย การศึกษาเกี่ยวกับการกำจัดคราบน้ำมัน ได้มุ่งเน้นไปที่การหาสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยสลายคราบน้ำมัน และนำมาพัฒนาสายพันธุ์ให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นจนสามารถย่อยสลายน้ำที่มีการปนเปื้อนน้ำมันเข้มข้นร้อยละ 1 (ปริมาตรน้ำมันต่อปริมาตรน้ำ) ได้หมดภายใน 7 วัน ลักษณะน้ำมันที่ย่อยได้จะสูญหายไปส่วนหนึ่ง เนื่องจากย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่เหลือจะแตกตัวกลายเป็นเม็ดเล็กๆรวมกับน้ำได้

## การดูดซับ

การดูดซับเป็นปรากฏการณ์ที่สำคัญของกระบวนการทางกายภาพ ชีวภาพ และเคมี การดูดซับได้ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในการบำบัดทั้งน้ำดี และน้ำเสีย การดูดซับเป็นความสามารถของสารในการดึงโมเลกุลหรือคอลลอยด์ที่อยู่ในของเหลวหรือแก๊สให้มาจับ และติดที่ผิวของมัน ซึ่งปรากฏการณ์เคลื่อนย้ายสารจากของเหลวหรือแก๊สมายังผิวของแข็งเป็นส่วนที่สำคัญของกระบวนการนี้โดยโมเลกุลหรือคอลลอยด์ที่เคลื่อนย้ายมา เรียกว่า ตัวถูกดูดซับ (adsorbate) ส่วนของแข็งที่มีผิวเป็นที่เกาะจับของตัวถูกดูดซับ เรียกว่า ตัวดูดซับ (adsorbent) คุณสมบัติที่สำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สุดของตัวดูดซับ คือ ความพรุน เพื่อเพิ่มพื้นที่สัมผัสภายใน นอกจากนี้คุณสมบัติอื่นๆ ของตัวดูดซับ เช่น โครงสร้าง การจัดเรียงตัว ขนาด และความสม่ำเสมอ ล้วนมีความสำคัญต่อประสิทธิภาพในการดูดซับ การเลือกตัวดูดซับที่เหมาะสม ทำให้สามารถแยกโมเลกุลที่เราต้องการออกมา โดยให้ถูกดูดซับบนตัวดูดซับนั้น เมื่อดูดซับจนอิ่มตัวแล้ว สามารถนำมาใส่เอาโมเลกุลที่ถูกดูดซับไว้ ออกโดยการเปลี่ยนสภาพสมดุล เช่น การเปลี่ยนอุณหภูมิ หรือเปลี่ยนความดัน ทำให้ตัวดูดซับกลับสู่สภาพเดิม และสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก

การดูดซับนั้นมีความสามารถในการกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำเสียที่เป็นสารอินทรีย์ และอนินทรีย์ โดยอาศัยกลไกทางกายภาพ เคมี สารที่สามารถใช้กระบวนการดูดซับในการกำจัดได้มีหลายชนิด เช่น สี กลิ่น บีโอดี ยาฆ่าแมลง เป็นต้น การดูดซับเป็นกระบวนการที่ง่ายต่อการควบคุมมีประสิทธิภาพดี และระบบมีความทนทานต่อสารพิษ ซึ่งมีผลกระทบต่อระบบชีวภาพ นอกจากนี้ยังมีข้อดีเมื่อเปรียบเทียบกับระบบชีวภาพ คือต้องการพื้นที่น้อย ไม่มีกลิ่นที่น่ารังเกียจ

### ลักษณะการดูดซับ

การดูดซับแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ (สุทธิ, 2545) คือ

1. การดูดซับทางกายภาพ (physisorption)
2. การดูดซับทางเคมี (chemisorption)

การดูดซับทั้ง 2 แบบนี้เกิดขึ้นเมื่อโมเลกุลในชั้นของเหลวเข้าใกล้ และยึดติดกับผิวของของแข็ง ซึ่งเป็นผลมาจากแรงดึงดูดที่ผิวของของแข็งสามารถเอาชนะพลังงานจลน์ของโมเลกุลของสารที่อยู่ในของเหลวได้

การดูดซับทางกายภาพ เป็นผลมาจากปฏิกิริยาของแรงวันเดอร์วาล์ว ซึ่งเกิดจากการรวมกันของแรง 2 ชนิด คือ แรงกระจาย (London dispersion force) และแรงไฟฟ้าสถิตย์ (electrostatic force) โมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับจะถูกยึดติดแบบกายภาพกับโมเลกุลของสารดูดซับ การดูดซับแบบนี้เป็นแบบหลายชั้น ซึ่งแต่ละชั้นของโมเลกุลจะติดอยู่บนชั้นโมเลกุลก่อนหน้านั้น โดยจำนวนชั้นเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นที่สูงขึ้นของตัวถูกละลาย ซึ่งจำนวนชั้นของโมเลกุลจะมากขึ้นตามความเข้มข้นที่สูงขึ้นของตัวถูกละลายในสารละลาย การดูดซับแบบกายภาพทั่วไปจะเกิดที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งการดูดซับมีพลังงานต่ำ การย้อนกลับของกระบวนการดูดซับทางกายภาพขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของแรงดูดซับระหว่างสารดูดซับ และสารถูกดูดซับ ถ้าแรงนี้มีค่าน้อยการหลุดออกของสารสามารถเกิดขึ้นได้

การดูดซับทางเคมีจะเกิดปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลของตัวดูดซับกับตัวถูกละลาย กลายเป็นสารประกอบเคมีใหม่ขึ้น ซึ่งเมื่อเกิดแล้วจะคงอยู่ในรูปนั้นจะแตกต่างจากการดูดซับแบบกายภาพ กระบวนการนี้มีความหนาของโมเลกุลเพียงชั้นเดียว (monolayer) และไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาผันกลับเองได้ (irreversible) แต่การดูดซับทางกายภาพสามารถผันกลับเองได้ (reversible) เนื่องจากมีการจับตัวทางเคมี สร้างสารประกอบใหม่ที่ผิวของสารดูดซับ การดูดซับทางเคมีจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีจะเกิดอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ความแข็งแรงของแรงดึงดูดสามารถวัดได้จากผลต่างของความร้อนที่เกิดขึ้นจากการดูดซับทางกายภาพจะให้พลังงานต่ำโดยทั่วไปประมาณ 2-10 กิโลแคลอรีต่อโมล ส่วนการดูดซับทางเคมีจะให้พลังงานสูง โดยจะให้พลังงานประมาณ 15-50 กิโลแคลอรีต่อโมล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารที่มีความสามารถในการดูดซับมีหลายชนิด อาจแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. สารอนินทรีย์ เช่น ดินเหนียวชนิดต่างๆ แมกนีเซียมออกไซด์ และแอกติเวตเตด ซิลิกา สารธรรมชาติมักมีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 50-200 ตารางเมตรต่อกรัม แต่สารสังเคราะห์อาจมีพื้นที่ผิวที่จำเพาะสูงมาก อย่างไรก็ตามข้อเสียคือจับโมเลกุลหรือคลอลอยด์ได้เพียงไม่กี่ชนิด ทำให้การใช้ประโยชน์จากสารดูดซับประเภทสารอนินทรีย์มีขีดจำกัดมาก
2. ถ่านกัมมันต์ เป็นสารดูดซับที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 600-1000 ตารางเมตรต่อกรัม
3. สารอินทรีย์สังเคราะห์ ได้แก่ สารแลกเปลี่ยนไอออนชนิดพิเศษที่สังเคราะห์ขึ้นเพื่อกำจัดสารอินทรีย์ต่างๆ สารเรซินเหล่านี้มีพื้นที่ผิวจำเพาะประมาณ 300-500 ตารางเมตรต่อกรัม

กลไกการดูดซับและอัตราการเคลื่อนย้ายโมเลกุล

#### 1. กลไกการดูดซับ

กลไกการดูดซับแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน (ซุติมา, 2544) คือ

1.1 การแพร่ภายนอก (external diffusion) การแพร่ภายนอกเป็นกลไกที่โมเลกุลของตัวถูกละลายเข้าถึงตัวดูดซับซึ่งพื้นผิวของสารดูดซับมีของเหลวห่อหุ้มโดยโมเลกุลแทรกตัวผ่านชั้นของเหลวเข้าถึงผิวหน้าสารดูดซับ

1.2 การแพร่ภายใน (internal diffusion) เป็นกลไกซึ่งโมเลกุลของตัวถูกละลายแทรกตัวเข้าถึงช่องว่างของสารดูดซับเพื่อให้เกิดการดูดซับ

1.3 ปฏิกิริยาพื้นผิว (surface reaction) ปฏิกิริยาพื้นผิวเป็นกลไกซึ่งเป็นโมเลกุลของตัวถูกละลายดูดซับที่ผิวของสารดูดซับเป็นกระบวนการที่รวดเร็วมาก เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการแพร่ ดังนั้นแรงต้านจากปฏิกิริยาพื้นผิวจึงเป็นสิ่งที่ต้องคำนึง

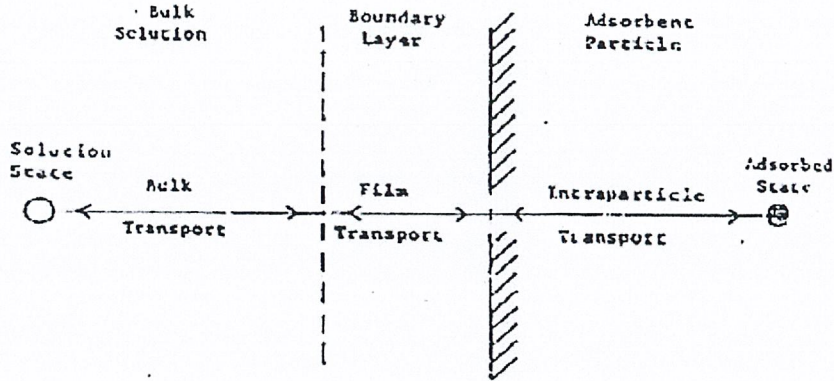
#### 2. อัตราเคลื่อนย้ายโมเลกุล (rate of molecule transfer)

อัตราการดูดซับมีความสำคัญมาก อัตราการดูดซับที่รวดเร็วจะทำให้ระบบเข้าสู่ภาวะสมดุลได้เร็วขึ้น อัตราการดูดซับจะถูกควบคุม โดยขั้นตอนที่มีความต้านทานมากที่สุดในการเคลื่อนย้ายโมเลกุล ซึ่งเป็นขั้นตอนที่จำกัดอัตราการดูดซับ ขั้นตอนในการดูดซับของสารจากสารละลาย 3 ขั้นตอน คือ

2.1 การขนส่งอนุภาค (bulk transport) เป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นเร็วที่สุด โมเลกุลของตัวถูกละลายในของเหลวถูกส่งไปที่ผิวหน้าของชั้นของเหลวบางๆ ที่ห่อหุ้มสารดูดซับ

2.2 การขนส่งชั้นฟิล์ม (film transport) เป็นขั้นตอนที่โมเลกุลที่ผิวหน้าของชั้นของเหลวบางแทรกตัวเข้าสู่ผิวหน้าของสารดูดซับ การขนส่งชั้นฟิล์มเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการแพร่ผ่านฟิล์ม จัดเป็นขั้นตอนที่จำกัดอัตราการดูดซับขั้นตอนหนึ่ง

2.3 การขนส่งภายในอนุภาค (intraparticle transport) เป็นการแพร่ของโมเลกุลตัวถูกละลายเข้าสู่โพรงหรือรูพรุนของสารดูดซับ (pore diffusion) และทำให้เกิดการดูดซับขึ้นภายใน ขั้นตอนนี้จัดเป็นขั้นตอนที่จำกัดอัตราการดูดซับเช่นเดียวกัน ขั้นตอนการเคลื่อนย้ายโมเลกุลของสารดูดซับมายังสารดูดซับ ดังภาพที่ 10

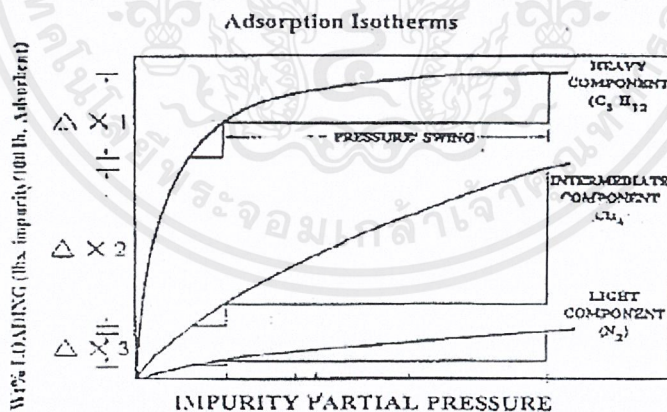


ภาพที่ 10 แสดงขั้นตอนการเคลื่อนย้ายโมเลกุลของสารดูดซับมายังสารดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์  
ที่มา: ชุตินา (2544)

ภายใต้สภาวะการทำงานหนึ่งๆ การขนส่งฟิล์มจัดเป็นขั้นตอนที่จำกัดอัตราการดูดซับ แต่ถ้าภายในระบบมีสภาพความปั่นป่วนเพียงพอ ขั้นตอนการขนส่งภายในอนุภาคจะเป็นขั้นตอนที่ควบคุมอัตราการดูดซับ

#### สมดุลการดูดซับ (adsorption equilibrium)

ความสามารถในการดูดซับนอกจากจะขึ้นอยู่กับลักษณะของตัวดูดซับเอง เช่น จำนวนช่องว่างหรือพื้นที่ผิวของตัวดูดซับแล้วยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และความดันของตัวดูดซับ โดยสภาวะการดูดซับนี้มีผลต่อสภาพสมดุลของการดูดซับซึ่งเป็นสภาวะการดูดซับที่จุดอิ่มตัว สภาพสมดุลของการดูดซับหาได้จากการทดลองโดยนิยมนำข้อมูลมาแสดงในลักษณะของไอโซเทอม (isotherm) โดยเป็นเส้นแสดงปริมาณการดูดซับ ตามการเปลี่ยนแปลงของความดัน ณ อุณหภูมิคงที่ ดังภาพที่ 11

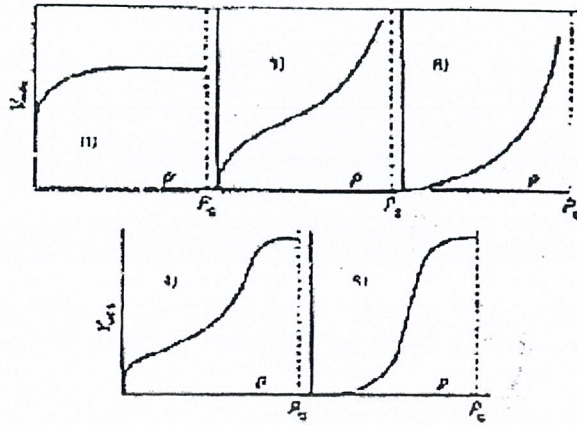


ภาพที่ 11 แสดงกราฟไอโซเทอม (isotherm)

ที่มา: สุทธิ (2545)

จะเห็นได้ว่าการดูดซับจะมากขึ้นเมื่อความดันสูง และจะลดลงเมื่อความดันต่ำลง ไอโซเทอมการดูดซับจะให้ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการดูดซับ และปริมาณของสารถูกดูดซับบนพื้นผิวของสารดูดซับ รูปแบบพื้นฐานของไอโซเทอมการดูดซับมี 5 แบบ ดังภาพที่ 12 ซึ่งไอโซเทอมภาพ ก เป็นระบบที่การดูดซับเกิดขึ้นเพียงขั้นเดียว ส่วนภาพ ข ถึง จ เป็นการดูดซับของโมเลกุลหลายชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



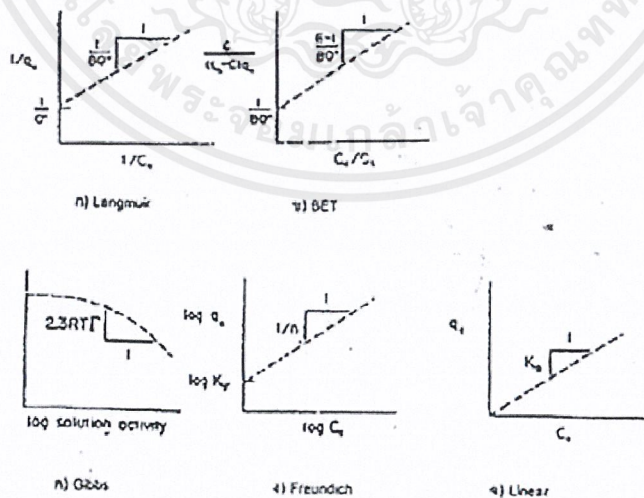
ภาพที่ 12 แสดงไอโซเทอมการดูดซับแบบพื้นฐาน  
ที่มา: ชูติมา (2544)

ไอโซเทอมการดูดซับแบบพื้นฐาน

1. ไอโซเทอมการดูดซับแบบแลงเมียร์ (langmuir adsorption isotherm) มีสมมติฐานพื้นฐานที่เรียกว่า ideal localized monolayer ดังนี้

- 1.1 เกิดการดูดซับแบบชั้นเดียว (monolayer) เท่านั้น
- 1.2 โมเลกุลที่ถูกดูดซับไม่สามารถเคลื่อนที่อย่างอิสระบนผิวของตัวดูดซับได้
- 1.3 เอนทัลปีของการดูดซับมีค่าเดียวสำหรับทุกๆโมเลกุล
- 1.4 พลังงานการดูดซับแต่ละบริเวณมีค่าเท่ากัน

2. สมการไอโซเทอมการดูดซับแบบฟรุนดิช (freundlich adsorption isotherm)  
ไอโซเทอมการดูดซับแบบ freundlich ใช้กันอย่างแพร่หลาย ในกรณีอธิบายการดูดซับในระบบของของเหลว



ภาพที่ 13 แสดงกราฟการหาค่าคงที่ในสมการไอโซเทอมแบบต่างๆ  
ที่มา: ชูติมา (2544)

### ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับ (ชุตินา, 2544)

1. ขนาดและพื้นที่ผิวของการดูดซับ (size and surface area) มีความสัมพันธ์โดยตรงกับพื้นที่ผิวจำเพาะ อัตราการดูดซับเป็นสัดส่วนผกผันกับขนาดของสารดูดซับ และพื้นที่ผิวของสารดูดซับมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการดูดซับ อัตราการดูดซับจะเป็นสัดส่วนผกผันกับเส้นผ่านศูนย์กลางในการดูดซับเมื่อสารดูดซับนั้นไม่มีรูพรุน แต่สำหรับสารดูดซับที่มีรูพรุน อัตราการเคลื่อนที่เข้าสู่สารภายในรูพรุนถูกควบคุมโดยความต้านทานภายนอกที่เรียกว่า การขนส่งชั้นฟิล์ม ดังนั้นอัตราการดูดซับจะเป็นสัดส่วนกับเส้นผ่านศูนย์กลางของสารดูดซับ

2. ลักษณะของสารดูดซับ (nature of adsorption) สิ่งสำคัญในการดูดซับตัวถูกละลายจากสารละลายอย่างหนึ่งคือ ความสามารถในการละลายน้ำของตัวถูกละลาย การดูดซับจะเพิ่มขึ้นเมื่อความสามารถในการละลายน้ำของตัวถูกละลายมีค่าลดลง เนื่องจากในการดูดซับตัวถูกละลายจะต้องถูกแยกออกจากตัวทำละลาย นอกจากนี้ขนาดของโมเลกุลตัวถูกละลายยังมีผลต่ออัตราการดูดซับด้วย เนื่องจากอัตราการเคลื่อนที่ภายในโพรงเป็นอัตราที่ควบคุมอัตราการดูดซับด้วยขนาดของโมเลกุลของตัวถูกละลายจะแปรผกผันกับอัตราการดูดซับ

3. อัตราการเร่งปั่นกววน (mixing speed) อัตราเร็วในการดูดซับขึ้นอยู่กับอัตราการขนส่งโมเลกุลของระบบ ซึ่งจัดว่าเป็นขั้นตอนที่จำกัดอัตราเร็วของการดูดซับ ขั้นตอนนี้ประกอบด้วย การแพร่ผ่านฟิล์ม และการแพร่เข้าสู่โพรง ซึ่งแล้วแต่การปั่นกววนของระบบ ถ้าน้ำที่การปั่นกววนต่ำ ฟิล์มน้ำซึ่งล้อมรอบด้วยสารดูดซับจะมีความหนามาก และเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลเข้าไปหาสารดูดซับ ในทางตรงกันข้ามถ้าน้ำมีการปั่นกววนสูงทำให้ความหนาของชั้นฟิล์มลดลง ทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่เข้าหาสารดูดซับได้เร็ว ดังนั้นการแพร่เข้าสู่โพรงจะเป็นปัจจัยกำหนดอัตราเร็วของสารดูดซับ

4. เวลาสัมผัส (contact time) เวลาสัมผัสเป็นพารามิเตอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการดูดซับ ในการบำบัดน้ำเสียระยะเวลาสัมผัสที่ใช้จะต้องเหมาะสมที่จะทำให้เกิดประสิทธิภาพในการกำจัดที่ดีที่สุด ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของสารดูดซับ และสารถูกดูดซับซึ่งระยะเวลาที่เหมาะสมต้องทำการศึกษาในระดับปฏิบัติการก่อนที่จะนำไปประยุกต์จริง

5. ค่าพีเอช (pH) พีเอชของสารละลายเป็นปัจจัยที่สำคัญของการดูดซับ เนื่องจากไฮโดรเจนไอออน และไฮดรอกซิลไอออนสามารถดูดติดผิวได้อย่างแข็งแรง ค่าพีเอชมีผลต่อการแตกตัวของไอออน และการละลายน้ำของสารต่างๆ ดังนั้นจึงมีผลต่อการดูดซับ

### วิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตัวอย่างของงานวิจัยและเอกสารอ้างอิงที่เกี่ยวข้องที่นำไปสู่การวิจัยฉบับนี้ ได้แก่

ศิริพร (2541) ศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุดูดซับ 4 ชนิด คือ ฝ้าย ขนไก่ กาบมะพร้าว และฟางข้าว ในน้ำมัน 2 ชนิดคือ น้ำมันเตาประเภทเบา และน้ำมันดีเซล ในความเข้มข้นของคราบน้ำมันในน้ำมี 5 ระดับ คือ 50, 10, 20, 40 และ 80 กรัม/ลิตร โดยวิธีการซึ่งน้ำหนัก พบว่าในการดูดซับคราบน้ำมันเตาและดีเซลในน้ำ ฝ้ายมีประสิทธิภาพในการดูดซับมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ขนไก่ กาบมะพร้าว และฟางข้าวตามลำดับ ซึ่งชุดการทดลองที่ใช้ฝ้ายเป็นวัสดุดูดซับคราบน้ำมันเตาที่มีความเข้มข้นเริ่มต้น 20 กรัม/ลิตร ประสิทธิภาพในการกำจัดที่ดีที่สุด คือ 99.42% และน้ำมันดีเซลที่มีความเข้มข้น 10 กรัม/ลิตร มีประสิทธิภาพในการกำจัด 97.72% นอกจากนี้ยังพบว่าฝ้ายมีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เหมาะสมที่จะใช้เป็นวัสดุดูดซับมากที่สุด เนื่องจากสามารถดูดซับคราบน้ำมันได้มากกว่า 10 กรัม น้ำมัน/ฝ้าย 1 กรัม รองลงมา ได้แก่ ขนไก่ สำหรับกบมะพร้าว และฟางข้าวไม่มีความเหมาะสมที่จะนำมาเป็นวัสดุดูดซับ เพราะมีความสามารถในการดูดซับคราบน้ำมันประมาณ 3-5 กรัม น้ำมัน/วัสดุดูดซับ 1 กรัม ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกำจัดไม่ถึง 50%

Hiroshi *et al.* (2009) ศึกษาการตรวจสอบการใช้ประโยชน์จากรังไหมเสีย เช่น รังไหมที่ถูกเจาะ หรือ รังไหมที่เปื้อนสี รังไหมเป็นวัสดุดูดซับสำหรับกำจัดน้ำมันเครื่อง และน้ำมันพืชออกจากน้ำ การดูดซับน้ำมันจะใช้ความจุ อัตรา และความสามารถในการนำไปใช้ของวัสดุในการประเมิน ผลที่ได้แสดงถึงความสามารถในการดูดซับได้สูงของการนำรังไหมที่เสียมาเป็นตัวดูดซับ (สำหรับน้ำมันเครื่อง 42-52  $g_{oil}/g_{sorbent}$  และสำหรับน้ำมันพืช 37-60  $g_{oil}/g_{sorbent}$ ) ตัวดูดซับจะดูดซับน้ำมันออกจากน้ำและน้ำมันจะถูกบีบออกมาจากตัวดูดซับ โดยในการดูดซับแต่ละครั้งนั้นสามารถดูดซับน้ำมันได้มากกว่า 15  $g_{oil}/g_{sorbent}$  ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าวัสดุที่นำมาใช้นั้นมีประสิทธิภาพสูง ค่าใช้จ่ายต่ำ และเป็นตัวดูดซับที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมสำหรับการกำจัดน้ำมันออกจากน้ำ



## อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

### อุปกรณ์

1. ตู้อบความร้อน (hot air oven)
2. เติลเคเตอร์
3. เครื่องเขย่า
4. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
5. ปีกเกอร์
6. กระจกตวงขนาด 10 มล. และ 1,000 มล.
7. จานอาหารเลี้ยงเชื้อ
8. ปากคืบ
9. ถุงพลาสติกใส่กันร้อน
10. น้ำมันพืช
11. น้ำมันเครื่อง
12. เกลือ

### วิธีการ

#### 1. การเตรียมวัสดุชุดขับ

##### 1. การเตรียมเส้นใยมะพร้าว

1.1 เลือกกาบมะพร้าวที่มีสีน้ำตาลมาใช้ในการศึกษา

1.2 ใช้แปรงขูดที่ด้านในของกาบมะพร้าวเพื่อแยกเอาเส้นใยมะพร้าวออกจากขุย

มะพร้าว

1.3 นำเส้นใยมะพร้าวไปอบในตู้อบความร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำเส้นใยมะพร้าวที่อบแล้วทิ้งให้เย็นในเตลิตเคเตอร์ แล้วนำมาชั่งด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง น้ำหนักที่ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 กรัม น้ำหนักละ 60 ตัวอย่าง จากนั้นจึงนำมาเก็บใส่ถุงพลาสติกเพื่อป้องกันความชื้น

##### 2. การเตรียมเส้นใยนุ่น

2.1 เลือกเส้นใยนุ่นที่ไม่ได้ใช้แล้วมาทำความสะอาด

2.2 นำเส้นใยนุ่นไปอบในตู้อบความร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำเส้นใยนุ่นที่อบแล้วทิ้งให้เย็นในเตลิตเคเตอร์ แล้วนำมาชั่งด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง น้ำหนักที่ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 กรัม น้ำหนักละ 60 ตัวอย่าง จากนั้นจึงนำมาเก็บใส่ถุงพลาสติกเพื่อป้องกันความชื้น

##### 3. การเตรียมเส้นใยสังเคราะห์

3.1 นำเส้นใยสังเคราะห์ที่ไม่ใช่แล้วมาทำความสะอาด

3.2 นำเส้นใยสังเคราะห์ไปอบในตู้อบความร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำเส้นใยสังเคราะห์ที่อบแล้วทิ้งให้เย็นในเตลิตเคเตอร์ แล้วนำมาชั่งด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง น้ำหนัก 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 กรัม น้ำหนักละ 60 ตัวอย่าง จากนั้นจึงนำมาเก็บใส่ถุงพลาสติกเพื่อป้องกันความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. การเตรียมตัวอย่างน้ำ

ตัวอย่างน้ำ 4 ชนิด ในการศึกษา

1. น้ำกลั่น ผสม น้ำมันพืช
2. น้ำกลั่น ผสม น้ำมันเครื่อง
3. น้ำเกลือ ผสม น้ำมันพืช
4. น้ำเกลือ ผสม น้ำมันเครื่อง

โดยมีวิธีการเตรียมตัวอย่างน้ำ ดังนี้

การเตรียมตัวอย่างน้ำเกลือ: ชั่งเกลือ 30 กรัม ต่อ น้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

การเตรียมตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการศึกษา

1. ใช้น้ำมันพืช 10 มิลลิลิตร ผสมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ใส่ในปิកเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วนำเข้าเครื่องเขย่า
2. ใช้น้ำมันเครื่อง 10 มิลลิลิตร ผสมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ใส่ในปิกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วนำเข้าเครื่องเขย่า

หมายเหตุ เปลี่ยนจากน้ำกลั่นเป็นน้ำเกลือ

## 3. วิธีการศึกษา

ศึกษาหาปริมาณและเวลาของวัสดุดูดซับ

1. นำเส้นใยมะพร้าวที่เตรียมไว้ น้ำหนัก 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 กรัม มาใส่ในปิกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่มีตัวอย่างน้ำอยู่ โดยใส่ 1 ตัวอย่าง ต่อ 1 ปิกเกอร์
2. แช่เส้นใยมะพร้าวทิ้งไว้ในตัวอย่างน้ำห่างกันตัวอย่างละ 2 นาที จึงใช้ปากคีบคีบเส้นใยมะพร้าวขึ้นมา จากนั้นคีบเส้นใยมะพร้าวทิ้งไว้ให้น้ำที่หยดอยู่ หยด 1 นาที ทำจนครบจำนวนตัวอย่าง
3. นำเส้นใยมะพร้าวที่คีบครบ 1 นาที วางใส่จานอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยจานอาหารเลี้ยงเชื้อต้องผ่านการชั่งน้ำหนัก
4. ทิ้งเส้นใยมะพร้าวให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง ( $26-30^{\circ}\text{C}$ ) 24 ชั่วโมง จากนั้นชั่งด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
5. ทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 3 ซ้ำ (ตามข้อ 1-4)
6. ทำการทดลองซ้ำ (ตามข้อ 1-5) แต่เปลี่ยนจากเส้นใยมะพร้าวเป็น เส้นใยุ่น และเส้นใยสังเคราะห์
7. ทำการทดลองซ้ำ (ตามข้อ 1-6) แต่เปลี่ยนจากน้ำมันพืชเป็นน้ำมันเครื่อง
8. ทำการทดลองซ้ำ (ตามข้อ 1-7) แต่เปลี่ยนตัวอย่างน้ำจากที่ผสมน้ำกลั่นเป็นน้ำเกลือ

## 4. การวางแผนการทดลอง

หาจุดอิมพัลส์ของการดูดซับน้ำมันบนผิวหน้าของวัสดุดูดซับ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างเชิงซ้อน (multiple comparison) และแบ่งกลุ่มด้วยวิธี Duncan ด้วยโปรแกรม SAS ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ

## ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

### ผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ เพื่อหาความสามารถในการดูดซับน้ำมันบนผิวหน้า ของวัสดุดูดซับ 3 ชนิด ได้แก่ เส้นใยมะพร้าว เส้นใยปอ และเส้นใยสังเคราะห์ ซึ่งน้ำมันที่ใช้มี 2 ชนิด คือ น้ำมันเครื่อง และน้ำมันพืช ทั้งที่อยู่ในน้ำกลั่น และน้ำเกลือ โดยทำการวัดด้วยวิธีการชั่งน้ำหนัก (ดัดแปลงจาก Hiroshi *et al.*, 2009) แล้วนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยโปรแกรม SAS เพื่อหาความสามารถในการดูดซับน้ำมัน ได้ผลศึกษาดังนี้

#### 1. ผลการดูดซับน้ำมันที่น้ำหนักของวัสดุดูดซับต่างกัน

1.1 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันพืชที่ดูดซับได้ในน้ำกลั่นของเส้นใยมะพร้าว เส้นใยปอ และเส้นใยสังเคราะห์ ที่เวลา 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที ดังตารางที่ 5  
ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันพืชที่ดูดซับได้ในน้ำกลั่น

| น้ำหนัก<br>ของเส้นใย (กรัม) | ชนิดเส้นใย    |          |                  |
|-----------------------------|---------------|----------|------------------|
|                             | เส้นใยมะพร้าว | เส้นใยปอ | เส้นใยสังเคราะห์ |
| 0.1                         | 0.60C         | 2.72E    | 1.61B            |
| 0.2                         | 0.97B         | 5.08D    | 1.99B            |
| 0.3                         | 1.92A         | 6.86C    | 3.33A            |
| 0.4                         | 1.67A         | 7.74B    | 3.49A            |
| 0.5                         | 1.88A         | 8.18A    | 4.00A            |
| เฉลี่ยน้ำหนัก (กรัม)        | 1.40          | 6.11     | 2.88             |
| F-test                      | *             | *        | *                |
| C.V. (%)                    | 30            | 4.73     | 37.08            |

หมายเหตุ <sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $P < 0.05$ )

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $P > 0.05$ )

จากตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันพืชที่ดูดซับได้ในน้ำกลั่นของเส้นใยมะพร้าว เส้นใยนุ่น และเส้นใยสังเคราะห์

พบว่าเส้นใยมะพร้าวที่น้ำหนัก 0.5, 0.4 และ 0.3 กรัม มีความสามารถในการดูดซับน้ำมันพืชในน้ำกลั่นได้มากที่สุด รองลงมาคือ น้ำหนักที่ 0.2 และ 0.1 กรัม ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

เส้นใยนุ่นที่น้ำหนัก 0.5 กรัม มีความสามารถในการดูดซับน้ำมันพืชในน้ำกลั่นได้มากที่สุด รองลงมาคือ น้ำหนักที่ 0.4, 0.3, 0.2 และ 0.1 กรัม ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

เส้นใยสังเคราะห์ที่น้ำหนัก 0.5, 0.4 และ 0.3 กรัม มีความสามารถในการดูดซับน้ำมันพืชในน้ำกลั่นได้มากที่สุด รองลงมาคือ น้ำหนักที่ 0.2 และ 0.1 กรัม ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

1.2 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันเครื่องที่ดูดซับได้ในน้ำกลั่นของเส้นใยมะพร้าว เส้นใยนุ่น และเส้นใยสังเคราะห์ ที่เวลา 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที ดังตารางที่ 6 ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันเครื่องที่ดูดซับได้ในน้ำกลั่น

| น้ำหนัก<br>ของเส้นใย (กรัม) | ชนิดเส้นใย    |            |                  |
|-----------------------------|---------------|------------|------------------|
|                             | เส้นใยมะพร้าว | เส้นใยนุ่น | เส้นใยสังเคราะห์ |
| 0.1                         | 0.96C         | 2.91E      | 2.32E            |
| 0.2                         | 1.22C         | 5.43B      | 5.18D            |
| 0.3                         | 2.24B         | 6.79C      | 6.69C            |
| 0.4                         | 2.70A         | 7.73B      | 8.08B            |
| 0.5                         | 2.11B         | 8.03A      | 8.72A            |
| เฉลี่ยน้ำหนัก (กรัม)        | 1.84          | 6.17       | 6.19             |
| F-test                      | *             | *          | *                |
| C.V. (%)                    | 21.07         | 5.12       | 13.42            |

หมายเหตุ <sup>1c</sup> = ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $P < 0.05$ )

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $P > 0.05$ )

จากตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันเครื่องที่ดูดซับได้ในน้ำกลั่นของเส้นใยมะพร้าว เส้นใยนุ่น และเส้นใยสังเคราะห์

พบว่าเส้นใยมะพร้าวที่น้ำหนัก 0.4 กรัม มีความสามารถในการดูดซับน้ำมันเครื่องในน้ำกลั่นได้มากที่สุด รองลงมาคือ น้ำหนักที่ 0.5, 0.3, 0.2 และ 0.1 กรัม ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

เส้นใยนุ่นที่น้ำหนัก 0.5 กรัม มีความสามารถในการดูดซับน้ำมันเครื่องในน้ำกลั่นได้มากที่สุด รองลงมาคือ น้ำหนักที่ 0.4, 0.3, 0.2 และ 0.1 กรัม ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

เส้นใยสังเคราะห์ที่น้ำหนัก 0.5 กรัม มีความสามารถในการดูดซับน้ำมันเครื่องในน้ำกลั่นได้มากที่สุด รองลงมาคือ น้ำหนักที่ 0.4, 0.3, 0.2 และ 0.1 กรัม ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

1.3 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันพืชที่ดูดซับได้ในน้ำเกลือของเส้นใยมะพร้าว เส้นใยนุ่น และเส้นใยสังเคราะห์ ที่เวลา 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันพืชที่ดูดซับได้ในน้ำเกลือ

| น้ำหนัก<br>ของเส้นใย (กรัม) | ชนิดเส้นใย    |            |                  |
|-----------------------------|---------------|------------|------------------|
|                             | เส้นใยมะพร้าว | เส้นใยนุ่น | เส้นใยสังเคราะห์ |
| 0.1                         | 0.80C         | 2.70D      | 2.41C            |
| 0.2                         | 1.38B         | 5.05C      | 2.94C            |
| 0.3                         | 1.11B         | 6.61B      | 3.84B            |
| 0.4                         | 1.67A         | 8.05A      | 5.60A            |
| 0.5                         | 1.89A         | 8.32A      | 6.24A            |
| เฉลี่ยน้ำหนัก (กรัม)        | 1.37          | 6.14       | 4.20             |
| F-test                      | *             | *          | *                |
| C.V. (%)                    | 28.28         | 6.06       | 26.21            |

หมายเหตุ <sup>1L</sup> = ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $P < 0.05$ )

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $P > 0.05$ )

จากตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันพืชที่ดูดซับได้ในน้ำเกลือของเส้นใยมะพร้าว เส้นใยนุ่น และเส้นใยสังเคราะห์

พบว่าเส้นใยมะพร้าวที่น้ำหนัก 0.5 และ 0.4 กรัม มีความสามารถในการดูดซับน้ำมันพืชในน้ำเกลือได้มากที่สุด รองลงมาคือ น้ำหนักที่ 0.3, 0.2 และ 0.1 กรัม ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

เส้นใยนุ่นที่น้ำหนัก 0.5 และ 0.4 กรัม มีความสามารถในการดูดซับน้ำมันเครื่องในน้ำกลั่นได้มากที่สุด รองลงมาคือ น้ำหนักที่ 0.3, 0.2 และ 0.1 กรัม ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

เส้นใยสังเคราะห์ที่น้ำหนัก 0.5 และ 0.4 กรัม มีความสามารถในการดูดซับน้ำมันเครื่องในน้ำกลั่นได้มากที่สุด รองลงมาคือ น้ำหนักที่ 0.3, 0.2 และ 0.1 กรัม ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

1.4 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันเครื่องที่ดูดซับได้ในน้ำเกลือของเส้นใยมะพร้าว เส้นใยนุ่น และเส้นใยสังเคราะห์ ที่เวลา 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันเครื่องที่ดูดซับได้ในน้ำเกลือ

| น้ำหนัก<br>ของเส้นใย (กรัม) | ชนิดเส้นใย    |            |                  |
|-----------------------------|---------------|------------|------------------|
|                             | เส้นใยมะพร้าว | เส้นใยนุ่น | เส้นใยสังเคราะห์ |
| 0.1                         | 0.80D         | 2.82D      | 2.41E            |
| 0.2                         | 1.48C         | 5.44C      | 4.17D            |
| 0.3                         | 1.24C         | 7.04B      | 5.90C            |
| 0.4                         | 1.87B         | 7.84A      | 7.48B            |
| 0.5                         | 2.32A         | 8.08A      | 8.93A            |
| เฉลี่ยน้ำหนัก (กรัม)        | 1.54          | 6.24       | 5.77             |
| F-test                      | *             | *          | *                |
| C.V. (%)                    | 24.39         | 5.65       | 14.78            |

หมายเหตุ <sup>1L</sup> = ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $P < 0.05$ )

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $P > 0.05$ )

จากตารางที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันเครื่องที่ดูดซับได้ในน้ำเกลือของเส้นใยมะพร้าว เส้นใยนุ่น และเส้นใยสังเคราะห์

พบว่าเส้นใยมะพร้าวที่น้ำหนัก 0.5 และ 0.4 กรัม มีความสามารถในการดูดซับน้ำมันพืชในน้ำเกลือได้มากที่สุด รองลงมาคือ น้ำหนักที่ 0.3, 0.2 และ 0.1 กรัม ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

เส้นใยนุ่นที่น้ำหนัก 0.5 และ 0.4 กรัม มีความสามารถในการดูดซับน้ำมันเครื่องในน้ำกลั่นได้มากที่สุด รองลงมาคือ น้ำหนักที่ 0.3, 0.2 และ 0.1 กรัม ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

เส้นใยสังเคราะห์ที่น้ำหนัก 0.5 กรัม มีความสามารถในการดูดซับน้ำมันเครื่องในน้ำกลั่นได้มากที่สุด รองลงมาคือ น้ำหนักที่ 0.4, 0.3, 0.2 และ 0.1 กรัม ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

## 2. ผลการดูดซับน้ำมันที่เวลาต่างกัน

2.1 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันพืชที่ดูดซับได้ในน้ำกลั่นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักที่ต่างกันคือ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 กรัม ที่เวลา 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที ดังตารางที่ 9 ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันพืชที่ดูดซับได้ในน้ำกลั่น

| เวลาที่ใช้ในการดูดซับ (นาที) | ชนิดเส้นใย <sup>1/</sup> |            |                  |
|------------------------------|--------------------------|------------|------------------|
|                              | เส้นใยมะพร้าว            | เส้นใยนุ่น | เส้นใยสังเคราะห์ |
| 2                            | 1.49                     | 6.05       | 2.91             |
| 4                            | 1.49                     | 6.17       | 3.18             |
| 6                            | 1.35                     | 6.01       | 2.72             |
| 8                            | 1.31                     | 6.27       | 2.86             |
| 10                           | 1.39                     | 6.08       | 2.76             |
| เฉลี่ยเวลา (นาที)            | 1.40                     | 6.11       | 2.88             |
| F-test                       | ns                       | ns         | ns               |
| C.V. (%)                     | 30                       | 4.73       | 37.08            |

หมายเหตุ <sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $P < 0.05$ )

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $P > 0.05$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2.2 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันเครื่องที่ดูดซับได้ในน้ำกลั่นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักที่ต่างกันคือ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 กรัม ที่เวลา 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที ดังตารางที่ 10 ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันเครื่องที่ดูดซับได้ในน้ำกลั่น

| เวลาที่ใช้ใน<br>การดูดซับ (นาที) | ชนิดเส้นใย <sup>1/</sup> |           |                  |
|----------------------------------|--------------------------|-----------|------------------|
|                                  | เส้นใยมะพร้าว            | เส้นใยุ่น | เส้นใยสังเคราะห์ |
| 2                                | 1.86                     | 6.06      | 6.25             |
| 4                                | 1.66                     | 6.08      | 6.46             |
| 6                                | 1.91                     | 6.28      | 6.02             |
| 8                                | 1.88                     | 6.15      | 6.23             |
| 10                               | 1.93                     | 6.31      | 6.04             |
| เฉลี่ยเวลา (นาที)                | 1.84                     | 6.17      | 6.20             |
| F-test                           | ns                       | ns        | ns               |
| C.V. (%)                         | 21.07                    | 5.12      | 13.42            |

หมายเหตุ <sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $P < 0.05$ )

ns = ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $P > 0.05$ )

2.3 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันพืชที่ดูดซับได้ในน้ำเกลือเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักที่ต่างกันคือ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 กรัม ที่เวลา 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที ดังตารางที่ 11 ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันพืชที่ดูดซับได้ในน้ำเกลือ

| เวลาที่ใช้ใน<br>การดูดซับ (นาที) | ชนิดเส้นใย <sup>1/</sup> |           |                  |
|----------------------------------|--------------------------|-----------|------------------|
|                                  | เส้นใยมะพร้าว            | เส้นใยุ่น | เส้นใยสังเคราะห์ |
| 2                                | 1.19                     | 5.96      | 4.30             |
| 4                                | 1.50                     | 6.21      | 4.28             |
| 6                                | 1.33                     | 6.24      | 4.03             |
| 8                                | 1.49                     | 6.18      | 4.23             |
| 10                               | 1.33                     | 6.14      | 4.19             |
| เฉลี่ยเวลา (นาที)                | 1.36                     | 6.14      | 4.20             |
| F-test                           | ns                       | ns        | ns               |
| C.V. (%)                         | 28.28                    | 6.06      | 26.21            |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ <sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $P < 0.05$ )

ns= ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $P > 0.05$ )

2.4 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันเครื่องที่ดูดซับได้ในน้ำเกลือเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักที่ต่างกันคือ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 กรัม ที่เวลา 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำมันเครื่องที่ดูดซับได้ในน้ำเกลือ

| เวลาที่ใช้ใน<br>การดูดซับ (นาที) | ชนิดเส้นใย <sup>1/</sup> |           |                  |
|----------------------------------|--------------------------|-----------|------------------|
|                                  | เส้นใยมะพร้าว            | เส้นใยุ่น | เส้นใยสังเคราะห์ |
| 2                                | 1.49                     | 6.10      | 5.63             |
| 4                                | 1.49                     | 6.21      | 5.81             |
| 6                                | 1.60                     | 6.34      | 5.66             |
| 8                                | 1.59                     | 6.28      | 6.03             |
| 10                               | 1.54                     | 6.30      | 5.76             |
| เฉลี่ยเวลา (นาที)                | 1.54                     | 6.24      | 5.77             |
| F-test                           | ns                       | ns        | ns               |
| C.V. (%)                         | 24.39                    | 5.65      | 14.78            |

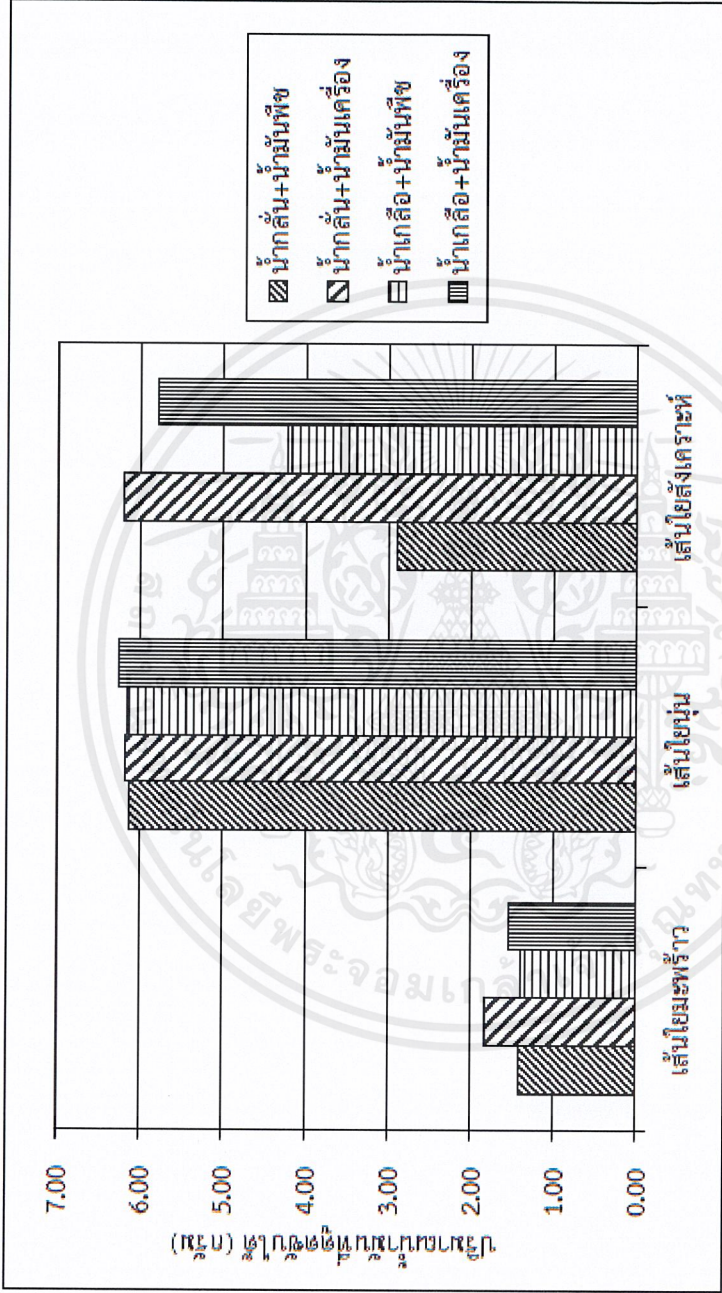
หมายเหตุ <sup>1/</sup> = ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

\* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $P < 0.05$ )

ns= ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $P > 0.05$ )

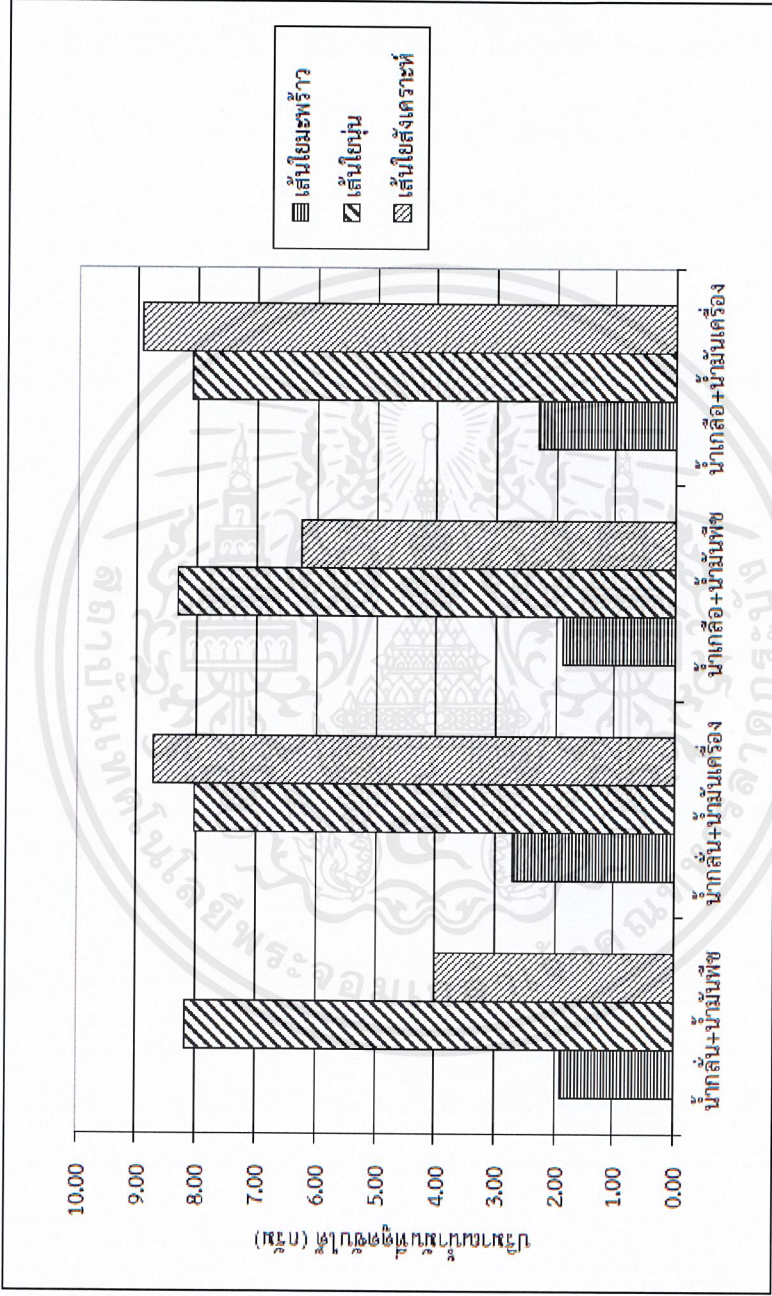
จากตารางที่ 9, 10, 11 และ 12 แสดงค่าเฉลี่ยของการดูดซับน้ำมันพืชในน้ำกลั่น น้ำมันเครื่องในน้ำกลั่น น้ำมันพืชในน้ำเกลือ และน้ำมันเครื่องในน้ำเกลือที่เวลาต่างกัน คือ 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักที่ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 กรัม พบว่าเวลาที่ใช้ในการศึกษาไม่มีผลต่อการดูดซับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณการดูดซับน้ำมันที่น้ำหนักเฉลี่ยของเส้นใยมะพร้าว เส้นใยุ่น และเส้นใยสังเคราะห์ที่อยู่ใต้น้ำมากขึ้น น้ำหนักเครื่องในน้ำกลั่น น้ำมันพืชในน้ำเกลือ และน้ำมันเครื่องในน้ำเกลือ ที่เวลา 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณการดูดซับน้ำมันที่น้ำหนักเฉลี่ยของเส้นใยมะพร้าว เส้นใยุ่น และเส้นใยสังเคราะห์ที่อยู่ใต้น้ำมากขึ้น น้ำหนักเครื่องในน้ำกลั่น น้ำมันพืชในน้ำเกลือ และน้ำมันเครื่องในน้ำเกลือ ที่เวลา 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที

แสดงปริมาณการดูดซับน้ำมันที่ดีที่สุดของเส้นใยมะพร้าว เส้นใยุ่น และเส้นใยสังเคราะห์ที่อยู่ในน้ำมันเครื่องในน้ำกลั่น น้ำมันพืช  
 ในน้ำเกลือ และน้ำมันเครื่องในน้ำเกลือ ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 แสดงปริมาณการดูดซับน้ำมันที่ดีที่สุดของเส้นใยมะพร้าว เส้นใยุ่น และเส้นใยสังเคราะห์ที่อยู่ในน้ำมันพืชในน้ำกลั่น น้ำมันเครื่องในน้ำกลั่น น้ำมัน  
 พืชในน้ำเกลือ และน้ำมันเครื่องในน้ำเกลือ

## วิจารณ์ผลการศึกษา

เส้นใยุ่นสามารถดูดซับน้ำมันพืชที่อยู่ในน้ำเกลือ และน้ำมันพืชในน้ำกลั่นได้ดีที่สุด (8.32 และ 8.18 กรัม ตามลำดับ) เมื่อเทียบกับเส้นใยมะพร้าว และเส้นใยสังเคราะห์ รองลงมา คือ เส้นใยสังเคราะห์ และเส้นใยมะพร้าว ตามลำดับ ส่วนเส้นใยสังเคราะห์สามารถดูดซับ น้ำมันเครื่องในน้ำเกลือ และน้ำมันเครื่องในน้ำกลั่นได้ดีที่สุด (8.93 และ 8.72 กรัม ตามลำดับ) เมื่อเทียบกับเส้นใยมะพร้าว และเส้นใยุ่น รองลงมาคือ เส้นใยุ่น และเส้นใยมะพร้าว เนื่องจาก คุณสมบัติของเส้นใยุ่นที่ชอบน้ำมันมากกว่าน้ำ (oleophilic) มีผลต่อการดูดซับน้ำมันมากกว่า และมีช่องว่างในตัวของวัสดุสูง จึงทำให้เส้นใยุ่นสามารถดูดซับน้ำมันได้มากกว่าเส้นใยมะพร้าว และเส้นใยสังเคราะห์ (สุโขทัย, 2542)

อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาถึงความสามารถในการดูดซับน้ำมันของวัสดุดูดซับทั้ง 3 ชนิด ในภาคสนามเพิ่มเติมว่าได้ผลแตกต่างจากการศึกษาในครั้งนี้หรือไม่



## สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษา สรุปได้ว่า เส้นใยุ่นมีความสามารถในการดูดซับน้ำมันพืชในน้ำกลั่นได้มากที่สุด คือ 8.18 กรัม ที่น้ำหนัก 0.5 กรัม เส้นใยสังเคราะห์มีความสามารถในการดูดซับน้ำมันเครื่องในน้ำกลั่นได้มากที่สุด คือ 8.72 กรัม ที่น้ำหนัก 0.5 กรัม เส้นใยุ่นมีความสามารถในการดูดซับน้ำมันพืชในน้ำเกลือได้มากที่สุด คือ 8.32 กรัม ที่น้ำหนัก 0.5 กรัม เส้นใยสังเคราะห์มีความสามารถในการดูดซับน้ำมันเครื่องในน้ำกลั่นได้มากที่สุด คือ 8.93 กรัม ที่น้ำหนัก 0.5 กรัม อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 ดังนั้นการดูดซับน้ำมันที่น้ำหนักของวัสดุดูดซับต่างกัน พบว่าเมื่อน้ำหนักของวัสดุดูดซับเพิ่มมากขึ้น ปริมาณการดูดซับจะเพิ่มมากขึ้น และน้ำหนักที่ 0.5 กรัม มีความสามารถในการดูดซับได้มากที่สุด ส่วนเวลาที่ต่างกันในการดูดซับน้ำมัน พบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการดูดซับไม่มีผลต่อการศึกษา เนื่องจากเมื่อใช้ระยะเวลาในการดูดซับเพิ่มมากขึ้น ปริมาณในการดูดซับของวัสดุดูดซับไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 และน้ำมันเครื่องสามารถถูกกำจัดได้ดีกว่าน้ำมันพืช โดยที่ชนิดของน้ำกลั่นและน้ำเกลือไม่มีผลต่อการดูดซับอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05

## เอกสารอ้างอิง

- ชนิษฐา มีวาสนา. น้ำมันเครื่อง (motor oil).[http://www.chemtrack.org/EnvForKids/content.asp?ID=107]. 13 มกราคม 2555.
- จินดา จันทร์อ่อน. นุ่น. [http://202.28.48.140/isaninfo/?p=164]. 8 มกราคม 2555.
- ชุติมา สันหมักดี และพรพิมล พัดภู. 2544. การดูดซับทองแดงและแคดเมียมในน้ำชะละลายจากกากตะกอนโดยใช้ไคโตซาน. ปรินิพนธ์ปริญาตรี. คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร, 8 หน้า.
- บุญรอด วงษ์สวาท. เส้นใยสังเคราะห์.[http://www.promma.ac.th/main/chemistry/boonrawd\_site/synthesi\_fiber.htm]. 9 มีนาคม 2555.
- บุญรอด สวัสดิ์พานิช. มปป. ประสิทธิภาพของระบบพีชน้ำในการบำบัดน้ำเสียชุมชน. ปรินิพนธ์ปริญาโท คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพมหานคร, 8 หน้า.
- ปิยะวรรณ เจียวก๊ก และพงศ์ศักดิ์ แสน้อย. 2543. การศึกษาพอลิเมอร์คอมโพสิตไม้เทียมจากพอลิพรอพิลีนและไม้อยูคาลิปตัส. ปรินิพนธ์ปริญาตรี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร, 8 หน้า.
- ประเทืองศรี สิ้นชัยศรี. คุณลักษณะสำคัญของน้ำมันพืช. [www.doa-vegetoil.com]. 22 ธันวาคม 2554.
- มนตรี จุฬาวัดนทล และคณะ. 2530. ชีวเคมี. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยมหิดล. 5 หน้า.
- วีไลศรี ลิ้มปะยอม. องค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์มโอเลอิน น้ำมันข้าวโพด น้ำมันทานตะวัน และน้ำมันรำข้าว. [www.doa-vegetoil.com]. 6 มกราคม 2555.
- สุโขทัย เตชะวณิช และอุบลวรรณ ยอดแสง. 2542. การนำน้ำเสียจากสถานีบริการน้ำมันกลับมาใช้ประโยชน์โดยบำบัดด้วย  $O_3/H_2O_2$ . ปรินิพนธ์ปริญาตรี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร, 6 หน้า.
- อัครเรศ แซ่โล้. 2544. การดูดซับคราบน้ำมันที่แขวนลอยบนผิวน้ำของ ขนเปิดเทศ รังไหม ขานอ้อย และก้านกล้วยแห้ง. ปรินิพนธ์ปริญาตรี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น, 16 หน้า.
- Banks, W.B.;Lawther, J.M. 1994. Derivatization of wood in composition, in Cellulose Polymer. Hanser Publishers. New York. 12 p.
- Hiroshi *et al.* 2009. Utilization of silkworm cocoon waste as a sorbent for the removal of oil from water. M.App.Sci. thesis. Shinshu University.Japan,5 p.
- J.I,Kroschwitz *et al.* 1990. Encyclopedia of Polymer Science and Engineering. John Wiley & Sons. New York. 655 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

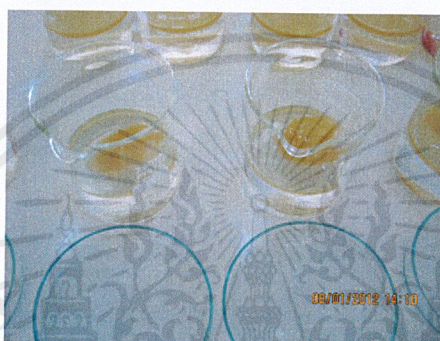


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

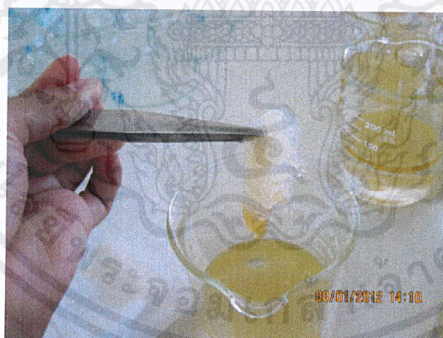




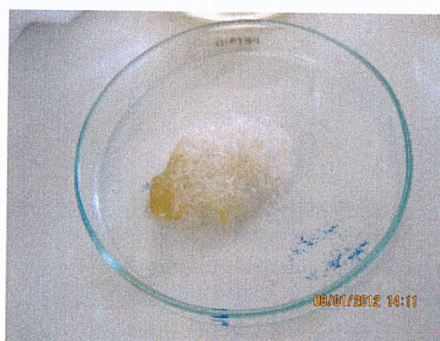
ภาพผนวกที่ 1 แสดงตัวอย่างน้ำมันพืชและน้ำมันเครื่อง



ภาพผนวกที่ 2 แสดงเส้นใยสังเคราะห์ที่ขุ่นในน้ำมันพืช



ภาพผนวกที่ 3 แสดงการคืบเส้นใยสังเคราะห์ 1 นาที



ภาพผนวกที่ 4 แสดงการวางเส้นใยสังเคราะห์ทิ้งไว้ 24 ชม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้