

บทที่ 2

บทตรวจเอกสาร

2.1 การปนเปื้อนของน้ำมันในแหล่งน้ำ

ในกระบวนการผลิตย่อมมีเครื่องจักร มีการขนส่ง น้ำมันจึงมีโอกาสเกิดการรั่วไหลลงยังพื้นดินและนำไปสู่การกระจายตัวไปยังแหล่งน้ำได้ง่าย และเมื่อเกิดการปนเปื้อนของน้ำมันในแหล่งน้ำ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ซึ่งควรมีการป้องกันและบำบัด ซึ่งในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงแหล่งที่มาของการปนเปื้อนลักษณะของน้ำมันที่ปนเปื้อน ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงวิธีการบำบัดน้ำมันในแหล่งน้ำ

2.1.1 ที่มาของการปนเปื้อนของน้ำมัน

น้ำมันปิโตรเลียมใช้เป็นเชื้อเพลิงในยานพาหนะ เป็นแหล่งให้พลังงานสำหรับอุตสาหกรรมและบ้านเรือน เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้า รวมทั้งเป็นสารตั้งต้น (Feedstock) สำหรับอุตสาหกรรมเคมีต่อเนื่องอื่นๆ ทำให้มีความต้องการใช้น้ำมันเป็นอย่างมาก จึงได้มีการขนส่งน้ำมันจากแหล่งผลิตไปยังสถานที่ต่างๆ ในหลายขั้นตอนในระหว่างกระบวนการนับตั้งแต่กรรมวิธีการนำขึ้นมาใช้ การทำให้บริสุทธิ์ การขนส่ง การเก็บรักษา การเติมหรือถ่ายน้ำมัน การล้างทำความสะอาดอุปกรณ์ การใช้ประโยชน์ และการทิ้งน้ำมันหมดสภาพ ทำให้น้ำมันเกิดการรั่วไหลได้ นอกจากนี้อุบัติเหตุจากการขนส่งน้ำมันด้วยเรือบรรทุกน้ำมัน เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้น้ำมันรั่วไหลลงสู่แหล่งน้ำ

การรั่วไหลของน้ำมันลงสู่แหล่งน้ำในประเทศไทยจากสถิติน้ำมันรั่วไหล (Oil spill) กรมการขนส่งทางน้ำ และพาณิชยนาวีที่รวบรวมไว้ในช่วง พ.ศ. 2516-2547 พบว่ามีการรั่วไหลของน้ำมันจากกิจกรรมการขนถ่ายน้ำมันทางน้ำทั้งสิ้น 145 ครั้ง น้ำมันที่รั่วไหลสู่แหล่งน้ำในช่วง 31 ปีดังกล่าว ส่วนใหญ่เป็นน้ำมันดิบ และน้ำมันเตา นอกจากนี้ยังมีน้ำมันดีเซล น้ำมันเครื่องใช้แล้ว น้ำมันเบนซิน น้ำมันที่ปนมากับน้ำล้างเรือ และน้ำมันท้องเรือ สำหรับปริมาณการรั่วไหลนั้นโดยมากจะเป็นการรั่วไหลขนาดเล็ก ไม่เกิน 20 ตัน สาเหตุของการรั่วไหลเกิดจาก อุบัติเหตุ ความประมาทเลินเล่อระหว่างการขนถ่ายน้ำมันของผู้ปฏิบัติงาน การชำรุดของอุปกรณ์ขนถ่ายและกักเก็บน้ำมัน รวมถึงการลักลอบทิ้งน้ำมันสู่แหล่งน้ำ (กรมการขนส่งทางน้ำ และพาณิชยนาวี 2547)

นอกจากที่กล่าวมาแล้วนั้น การปนเปื้อนของน้ำมันยังเกิดขึ้นได้ทั้งในโรงงาน

อุตสาหกรรมและชุมชนซึ่งมีการใช้น้ำมัน การปนเปื้อนในอุตสาหกรรมสืบเนื่องมาจากกระบวนการผลิต คนงาน การล้างทำความสะอาด การปนเปื้อนของน้ำมันที่มาจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมอาหารทะเล จะมีการปนเปื้อนของไขมันสัตว์ ซึ่งเกิดจากการล้างผลิตภัณฑ์สัตว์ การชำระล้างร่างกายของคนงาน อุตสาหกรรมการผลิตน้ำมัน เช่น การบีบน้ำมันจากน้ำมันปาล์ม การสกัดน้ำมันจากรำข้าว จะมีการปนเปื้อนของน้ำมันในน้ำเสียซึ่งมาจากเครื่องทำความสะอาดน้ำมันหรือเครื่องแยกน้ำมัน (Separator) การรั่วซึมของน้ำมันจากเครื่องจักร การล้างทำความสะอาดภายในโรงงาน การล้างทำความสะอาดเครื่องจักร การปนเปื้อนของน้ำมันในชุมชนอาจมาจากครัวเรือน ร้านอาหาร ศูนย์การค้า ตลาด โรงแรม น้ำซักล้าง การเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่อง เป็นต้น

2.1.2 ลักษณะของน้ำมันที่ปนเปื้อน (มันดิน และมันรัศมี ดัชนีทุกเลข 2545)

น้ำมันหรือไขมันอาจลอยหรือจมน้ำก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น วิธีใช้ วิธีผลิต และอุณหภูมิของน้ำเสีย ลักษณะของน้ำมันที่ปนเปื้อนในน้ำสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. น้ำมันละลายน้ำ
2. น้ำมันที่อยู่ในรูปของอิมัลชัน ที่มีสารลดแรงตึงผิว (Surfactant)
3. น้ำมันที่อยู่ในรูปของอิมัลชัน ที่ไม่มีสารลดแรงตึงผิว
4. น้ำมันเป็นชั้นลอยอยู่เหนือน้ำ

ลักษณะของน้ำมันที่ปนเปื้อนในน้ำแต่ละประเภทที่เกิดขึ้น สามารถอธิบายได้เป็น 3 หัวข้อหลัก ดังนี้

2.1.2.1 น้ำมันละลายน้ำ

โดยทั่วไปมักคิดกันว่าน้ำมันไม่เข้ากับน้ำหรือน้ำมันไม่ละลายน้ำ แต่ที่จริงแล้วน้ำมันสามารถละลายน้ำได้ ความสามารถในการละลายน้ำขึ้นอยู่กับลักษณะสมบัติประจำตัวของน้ำมัน ไฮโดรคาร์บอนที่ระเหยได้ง่ายมักละลายน้ำได้ดี โมเลกุลที่ไม่อิ่มตัวโดยเฉพาะอย่างยิ่งไฮโดรคาร์บอนที่มีวงแหวนเบนซีนจะละลายน้ำได้ดี อาจสรุปได้ว่าไฮโดรคาร์บอนที่มีโพลาริตีสูงและน้ำหนักโมเลกุลต่ำละลายน้ำได้ดี น้ำมันละลายน้ำมักจะมองไม่เห็นด้วยตาเปล่าแต่อาจรู้ได้ด้วยการดมหรือชิม นอกจากนี้มักพบว่าน้ำมันละลายน้ำมักเป็นพิษและเป็นต้นเหตุของมะเร็ง

2.1.2.2 น้ำมันในรูปอิมัลชัน

น้ำมันในรูปอิมัลชันเป็นน้ำมันที่อยู่ในรูปอนุภาคขนาดเล็กคล้ายคอลลอยด์ ดังนั้นจึงมองเห็นเป็นความขุ่นในน้ำ น้ำมันละลายน้ำหรือลอยน้ำอาจกลายเป็นอิมัลชันได้เมื่อถูกกระทำด้วยแรงภายนอก เช่น ถูกบดอัด (เกิดขึ้นเมื่อน้ำมันถูกสูบด้วยเครื่องสูบลอยโข่ง) เป็นต้น ขนาดของเม็ดน้ำมันมีตั้งแต่เล็กกว่า 20 ไมครอนจนถึงขนาดใหญ่กว่า 100 ไมครอน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภท

ของไฮโดรคาร์บอน ไฮโดรคาร์บอนที่มีแรงตึงผิวสูงจะมีขนาดใหญ่ ส่วนเม็ดน้ำมันขนาดเล็กจะเป็นไฮโดรคาร์บอนที่มีแรงตึงผิวดำ ในกระบวนการกลั่นน้ำมัน จะพบได้ทั้งน้ำมันอิสระและน้ำมันอิมัลชัน

ในกรณีของน้ำมันละลายน้ำหรือเป็นฟิล์ม น้ำมันอิสระอาจกลายเป็นอิมัลชันเมื่อถูกสูบล้างผ่านเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง ใบพัดของเครื่องสูบล้างจะบดอัดน้ำมันทำให้เกิดอิมัลชัน จึงมักพบว่าน้ำเสียมีเม็ดน้ำมันแบบอิมัลชันเสมอ เนื่องจากมีการใช้เครื่องสูบน้ำ ณ ตำแหน่งต่างๆ ของโรงงานอุตสาหกรรม

ขนาดของเม็ดน้ำมันจะแปรผกผันกับแรงบดอัด และแปรตามกับแรงตึงผิวของเม็ดน้ำมัน ดังสมการที่ 2.1

$$d_E = \frac{6v\gamma_{o/w}}{W_A}$$

(2.1)

- โดยที่ d_E = ขนาดของเม็ดน้ำมัน (ตารางเซนติเมตร)
 v = ปริมาณน้ำมันที่แพร่กระจายในน้ำ (ลูกบาศก์เซนติเมตร)
 $\gamma_{o/w}$ = แรงตึงผิวของเม็ดน้ำมัน (เอิร์กต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)
 W_A = แรงบดอัด (เอิร์กต่อตารางเซนติเมตร หรือ ดายนต์ต่อตารางเซนติเมตร)

ในโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท มีการใช้สารซักฟอก หรือสารลดแรงตึงผิวในงานชำระล้างน้ำมัน ทำให้น้ำมันที่พบในน้ำมีลักษณะเป็นเม็ดน้ำมันอิมัลชันที่มีความคงตัวมาก ซึ่งทำให้แยกออกจากน้ำเสียได้ยาก สาเหตุที่อิมัลชันชนิดนี้มีความคงตัวมาก คือ สารซักฟอกทำให้เม็ดน้ำมันมีประจุชนิดเดียวกัน (อาจเป็นบวกหรือลบก็ได้) และลดแรงตึงผิวของเม็ดน้ำมัน ทำให้อนุภาคมีขนาดเล็กมาก (ส่วนใหญ่มีขนาดเล็กกว่า 20 ไมครอน) สารซักฟอกเหล่านี้มักเป็นโมเลกุลโพลาร์ขนาดใหญ่ ส่วนหนึ่งของโมเลกุลละลายได้ดีในน้ำ และอีกส่วนหนึ่งละลายได้ในน้ำมัน ส่วนที่ละลายน้ำมักเป็นกลุ่มคาร์บอกซิล กลุ่มซัลเฟต กลุ่มไฮดรอกซิล หรือกลุ่มซัลโฟเนต จะเห็นได้ว่าผงซักฟอกทำให้เม็ดน้ำมันมีประจุบวกที่ผิว ลักษณะเช่นนี้ทำให้เม็ดน้ำมันมีความคงตัว เนื่องจากประจุบวกจะผลักกันทำให้เม็ดน้ำมันไม่สามารถรวมตัวเป็นเม็ดใหญ่ซึ่งตกตะกอนได้ง่าย

2.1.2.3 น้ำมันลอยบนผิวน้ำ (เป็นฟิล์ม)

น้ำมันหรือไฮโดรคาร์บอนส่วนใหญ่มักมีความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำ จึงเป็นเรื่อง

ปกติที่จะพบว่าน้ำมันลอยอยู่เหนือน้ำเป็นฝ้าหรือฟิล์ม ซึ่งกั้นขวางการถ่ายออกซิเจนหรือบั้งแสง น้ำมันปริมาณเล็กน้อยก็สามารถสร้างฟิล์มปิดพื้นที่ผิวน้ำได้มากมาย เนื่องจากฟิล์มเหล่านี้มักเป็นโมเลกุลเดี่ยว โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำมันที่มีความหนืดต่ำ

น้ำเสียที่มีน้ำมันและไขมันเหล่านี้ เมื่อไหลลงสู่แหล่งน้ำไม่ว่าจะเป็นแม่น้ำหรือทะเล ย่อมก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำ ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

2.1.3 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (ชรัตัน รุ่งเรืองศิลป์ 2533)

การปนเปื้อนของน้ำมันในแหล่งน้ำ ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ และมีความรุนแรงมากกว่าผลกระทบที่เกิดจากการรั่วไหลลงดิน เนื่องจากแหล่งน้ำไม่ว่าจะเป็นน้ำจืดหรือน้ำทะเลจะมีทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งมีชีวิตเกี่ยวข้องอย่างมากมาย ผลกระทบที่เกิดขึ้นมีดังนี้

2.1.3.1 ผลกระทบด้านกายภาพ

1. แสงส่องผ่านลงสู่ท้องน้ำไม่ได้ น้ำมันที่ลอยอยู่เหนือน้ำจะบดบังหรือกั้นแสงอาทิตย์ไม่ให้ส่องผ่านลงไปใต้น้ำได้สะดวก ทำให้เกิดผลกระทบต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชใต้น้ำได้

2. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลง เนื่องจากน้ำมันจะทำหน้าที่คล้ายกับแผ่นหรือเกาะกำบังระหว่างน้ำกับอากาศ ซึ่งจะมีผลทำให้ก๊าซออกซิเจนจากอากาศไม่สามารถละลายลงสู่ใต้น้ำได้

3. ความร้อนของน้ำที่สูงขึ้น น้ำมันสามารถดูดซับความร้อนจากแสงอาทิตย์ไว้ ทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น

2.1.3.2 ผลกระทบด้านชีวภาพ

น้ำมันจะมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเป็นองค์ประกอบอยู่ ซึ่งเมื่อละลายลงสู่แหล่งน้ำก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำจำพวกพืชและสัตว์น้ำ ในรูปของการอุดตันของระบบหายใจ การสะสมสารก่อมะเร็ง (Carcinogen) ในเนื้อเยื่อ ทำให้ประสาทสัมผัสผิดปกติ อันก่อให้เกิดผลเสียต่อระบบการหาอาหาร การหลบภัย และการผสมพันธุ์ ไฮโดรคาร์บอนที่ละลายในน้ำปริมาณมากจะทำให้กระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชจำพวกสาหร่ายลดลง และกระทบต่อแหล่งเพาะฟักตัวอ่อน (Spawning ground) ซึ่งอาจทำลายเซลล์และทำให้ถึงตายได้

2.1.3.3 ผลกระทบด้านเศรษฐกิจสังคม

1. ผลกระทบต่อแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งเป็นผลจากมลพิษของน้ำมันที่ทำให้คุณภาพน้ำต่ำลง จนสัตว์น้ำจำพวกกุ้งและปลาไม่สามารถดำรงชีวิตและให้ผลผลิตต่อไปได้ หรืออาจจะให้ผลผลิตที่ได้จากแหล่งเพาะเลี้ยงลดลง

2. ผลกระทบเกี่ยวกับความเดือดร้อนรำคาญ จากทราบสกปรกของน้ำมันที่ลอยไปติดและก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินของมนุษย์

3. ผลกระทบด้านสุนทรียภาพและความงามของแหล่งท่องเที่ยว ทำให้ไม่เหมาะสมต่อการท่องเที่ยวหรือการพักผ่อน ซึ่งมีผลทางอ้อมต่อระบบเศรษฐกิจและรายได้ของประชาชนในท้องถิ่นนั้นและโดยส่วนรวมของประเทศ

2.1.3.4 ทรัพยากรสิ่งแวดล้อมชายฝั่งที่ควรป้องกันจากมลพิษของน้ำมัน

การรั่วไหลของน้ำมันลงสู่แหล่งน้ำ ก่อให้เกิดผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งมีชีวิต ซึ่งทรัพยากรสิ่งแวดล้อมที่ควรพิจารณาให้ความสำคัญในการอนุรักษ์และป้องกันไม่ให้เกิดผลกระทบเมื่อเกิดน้ำมันรั่วไหล ประกอบด้วย

1. ป่าชายเลนหรือป่าโกงกาง คือ บริเวณที่เป็นดินเลนติดกับชายฝั่งทะเลที่มีพืชขึ้นอยู่ โดยเป็นแหล่งอาหาร แหล่งเพาะพันธุ์สัตว์ และเจริญพันธุ์ของสัตว์น้ำนานาชนิด

2. แหล่งท่องเที่ยว ได้แก่ ชายหาดและอุทยานแห่งชาติทางทะเล ซึ่งประเทศไทยมีแหล่งท่องเที่ยวทั้งชายฝั่งทะเลอันดามันและอ่าวไทย

3. ปะการัง คือ พื้นที่ที่เป็นแหล่งรวมสิ่งมีชีวิตใต้ทะเล เป็นแหล่งที่พื้กออาศัยของปลาและสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ ซึ่งสำคัญต่อการประมงขนาดใหญ่และการประมงพื้นบ้าน เป็นแหล่งนันทนาการและการท่องเที่ยว นอกจากนี้ปะการังมีประโยชน์ในการป้องกันชายฝั่งจากพายุและเป็นแหล่งที่มาของทรายตามชายหาด

4. แหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ได้แก่ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อย เช่น กุ้งกุลาดำ ปลากระพง เป็นต้น ซึ่งมีปรากฏอยู่ในบริเวณที่มีป่าชายเลน

2.1.4 การบำบัดน้ำเสียที่ปนเปื้อนน้ำมัน

จากที่กล่าวมาแล้วนั้น การปนเปื้อนน้ำมันลงสู่แหล่งน้ำไม่ว่าจะเป็นทะเลหรือแม่น้ำก็ตาม จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จึงต้องมีการบำบัดเพื่อป้องกันผลกระทบที่จะเกิดขึ้น วิธีการในการควบคุมกำจัดและกวดเก็บน้ำมัน มีขั้นตอนพื้นฐาน 4 ขั้นตอนดังนี้

1. การระงับ (Limitation) เป็นขั้นตอนเริ่มแรกที่ต้องกระทำเมื่อทราบว่าเกิดการรั่วไหลของน้ำมัน คือ ก ำ ร หยุดหรือระงับการรั่วไหล โดยการปิดจุดรั่วไหล ปิดวาล์วท่อน้ำมัน หยุดการสูบลำน้ำมัน รวมถึงการแจ้งเตือนภัยแก่ผู้ที่เกี่ยวข้อง และการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์หรือวัสดุที่อาจก่อให้เกิดประกายไฟห่างจากจุดน้ำมันที่รั่วไหล

2. การควบคุม (Containment) คือ ขั้นตอนการควบคุมน้ำมันที่รั่วไหล ไม่ให้แพร่กระจายเป็นบริเวณกว้าง โดยใช้อุปกรณ์เครื่องมือจำพวกทุ่นค้ำน้ำมัน (Mechanical booms) แนวป้องกันลม (Pneumatic barriers) แนวป้องกันด้วยสารเคมี (Chemical barriers) คอยควบคุมซึ่ง

ปกตินิยมใช้พุน้ำมัน (Boom) เพราะมีความเป็นไปได้สูงในทางปฏิบัติ

3. การกำจัด (Removal) คือ การเคลื่อนย้ายน้ำมันออกจากพื้นที่ ซึ่งจะต้องคำนึงถึงความรวดเร็วเป็นสำคัญ มีวิธีการเคลื่อนย้าย เช่น การเก็บ (Skimming) การดูดซับ (Sorbing) การเผา (Burning) การแตกตัว (Dispersing) การจมตัว (Sinking) การย่อยสลายทางธรรมชาติ (Enhanced biological degradation) เป็นต้น ในบางกรณีการเคลื่อนย้ายน้ำมันอาจจำเป็นต้องใช้วิธีการหลายวิธีในลักษณะผสมผสานกัน เนื่องจากปัจจัยสภาพแวดล้อมไม่เอื้ออำนวยต่อการใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งเพียงอย่างเดียว

4. สุดท้ายในการกวาดเก็บน้ำมัน อย่างไรก็ตามการทำความสะอาด (Final clean-up) คือ การกำจัดและกวาดเก็บน้ำมัน ภายหลังจากผ่านขั้นตอนของการกำจัดแล้ว ซึ่งเป็นขั้นตอนตามกรณีที่ขั้นตอนการกำจัดสามารถเคลื่อนย้ายและเก็บกวาดน้ำมันในแหล่งน้ำได้หมด ก็ไม่จำเป็นต้องดำเนินการในขั้นตอนการทำความสะอาด

ขั้นตอนพื้นฐานในการควบคุม กำจัด และกวาดเก็บน้ำมันดังกล่าวข้างต้น จำเป็นต้องนำอุปกรณ์เครื่องมือแต่ละชนิดเข้าช่วยประกอบการทำงานในแต่ละขั้นตอน โดยเครื่องมือแต่ละชนิดมีหลักการและวิธีการแตกต่างกัน จำแนกได้เป็น 3 วิธีการดังนี้

2.1.4.1 วิธีการทางกายภาพ (Physical method)

วิธีการทางกายภาพเป็นวิธีการควบคุม กำจัดและกวาดเก็บน้ำมันด้วยกลวิธีหรือใช้อุปกรณ์เครื่องมือ ซึ่งอุปกรณ์แต่ละชนิดมีหลักการและประสิทธิภาพในการทำงานแตกต่างกัน ดังนี้

1. พุน้ำมัน (Boom) คือ เครื่องมือที่ใช้สำหรับควบคุมน้ำมัน หรือกักน้ำมันให้อยู่ภายในบริเวณพื้นที่ที่กำหนดหรือไม่ให้แพร่กระจายออกพื้นที่ควบคุม

2. เครื่องกวาดเก็บน้ำมัน (Oil spill recovery skimmer) คือ เครื่องมือที่ใช้สำหรับกวาดและดูดเก็บน้ำมัน โดยอาศัยหลักการความแตกต่างของความถ่วงจำเพาะระหว่างน้ำมันกับน้ำ ซึ่งปกติเครื่องเก็บน้ำมันจะลอยอยู่บนผิวน้ำและมีช่องทางเปิดเชื่อมต่อกับเครื่องดูดน้ำมัน (Suction pump) เพื่อให้สามารถลอยเข้าสู่ช่องทางได้สะดวก โดยที่ปลายช่องทางในตัวเครื่องจะมีการทำนบ (Weir) ขวางกั้น เพื่อทำหน้าที่แยกน้ำมันออกจากน้ำให้ไหลเข้าสู่เครื่องดูดน้ำมัน ส่วนน้ำจะถูกบังคับให้ไหลออกจากเครื่องเก็บน้ำมันอีกทางหนึ่ง อย่างไรก็ตามเครื่องเก็บน้ำมันบางชนิดก็ใช้หลักการให้วัสดุสังเคราะห์ทำการดูดซับหรือจับยึดน้ำมันขึ้นมาติดด้วยแผ่นรีดน้ำมัน ก่อนส่งเข้าไปเก็บยังถังเก็บต่อไป

3. วัสดุดูดซับ (Adsorbent) เป็นวัสดุดูดซับที่ถูกพัฒนามาจากการสังเคราะห์ หรือเส้นใยพืช มีวิธีการใช้ที่ง่ายและสะดวกรวดเร็วในการเคลื่อนย้ายน้ำมันออกจากพื้นที่ที่เกิดเหตุ และมีหลักการทำงานไม่ซับซ้อนเหมือนอุปกรณ์ชนิดอื่น วิธีการใช้ เพียงการจุ่มหรือหย่อนวัสดุดูดซับลงบน

ผิวน้ำมัน น้ำมันจะแทรกซึมเข้าไปอยู่ในบริเวณช่องว่างระหว่างเส้นใย หรือถูกดูดซับติดกับผิวของเส้นใยวัสดุ วัสดุดูดซับสังเคราะห์ ได้แก่ โพลีโพรพิลีน โพลีเอทิลีน และโพลียูรีเทน เป็นต้น ส่วนวัสดุดูดซับที่มาจากเส้นใยพืช ได้แก่ ฟางข้าว หญ้าแห้ง ต้นอ้อ เศษผ้า ขนไก่ กาบมะพร้าว เส้นใยปอ และชานอ้อย เป็นต้น โดยปกติการใช้วัสดุดูดซับน้ำมัน ไม่มีข้อจำกัดจะต้องใช้วัสดุชนิดใด เพียงแต่อาศัยหลักการที่ว่า วัสดุชนิดนั้นสามารถที่จะดูดซับน้ำมันขึ้นมาได้ วิธีการเลือกชนิดของวัสดุดูดซับน้ำมันที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสม พิจารณาจากคุณสมบัติดังนี้

- 1) สามารถลอยตัวอยู่บนน้ำหรือน้ำมันได้ตลอดเวลา (Payment buoyancy) ซึ่งวัสดุดังกล่าวเมื่อดูดซับน้ำมันจนอิ่มตัวควรลอยอยู่บนน้ำหรือน้ำมันตลอดเวลา เพื่อสะดวกต่อการกำจัดต่อไป
 - 2) ความหนาแน่นต่ำ (Low density) โดยวัสดุที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันจะแปรผันกับความหนาแน่นรวม (Bulk density) ของวัสดุนั้น
 - 3) สะดวกต่อการใช้งานและขั้นตอนการขนส่งไม่ยุ่งยาก
 - 4) ความเป็นพิษต่ำหรือมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด
 - 5) มีช่องว่างในวัสดุสูง เพื่อให้สามารถดูดซับน้ำมันได้รวดเร็ว
4. การใช้วัสดุดูดซับทำให้จมลง (Sinking) คือ หลักการทางกลวิธีที่ใช้วัสดุพิเศษที่มีอนุภาคขนาดเล็กโปรยหรือฉีกลงบนผิวน้ำมัน ทำให้เกาะติดหรือยึดกับมวลน้ำมัน แล้วจมตัวลงสู่พื้นท้องน้ำ ซึ่งวิธีการนี้จะมีประสิทธิภาพไม่ดีเพียงพอหากนำมาใช้กับน้ำมันที่มีความหนืดต่ำและมีปริมาณน้อย หรือชั้นน้ำมันที่มีความหนืดมาก วัสดุที่สามารถนำมาใช้กับวิธีการนี้มีหลายชนิด เช่น ทรายละเอียด ผงปูนขาว ขี้เถ้า ยิปซัม เป็นต้น
5. การใช้วัสดุกักจับ (Netting) เป็นวิธีการที่ใช้ตาข่ายหรือเน็ต (Net) ดักจับน้ำมันที่ลอยผิวน้ำซึ่งจะใช้วิธีนี้ได้ผลดีกับน้ำมันที่มีความหนืดสูงหรือพวกตะกอนน้ำมัน (Tar balls) บางครั้งเรียกวิธีการนี้ว่า การกักจับที่ผิวน้ำ (Surface nets) ก็ได้

2.1.4.2 วิธีทางเคมี (Chemical method)

วิธีทางเคมี คือ วิธีการควบคุมและกำจัดน้ำมันด้วยการใช้สารเคมี ซึ่งจะเกิดขึ้นภายหลังจากการควบคุม และเคลื่อนย้ายด้วยวิธีกลหรือวิธีการทางกายภาพไม่สามารถใช้ได้ผล ดังนี้

1. การใช้สารเคมีทำให้น้ำมันแตกตัว (Chemical dispersant) โดยการฉีด Dispersant (สารเคมีที่มีส่วนประกอบของสารลดแรงตึงผิว สารละลายปิโตรเลียมเบส (Petroleum-based solvent)) ที่ผสมน้ำให้มีความเข้มข้นตามอัตราส่วน (ส่วนผสมขึ้นกับผลากสินค้าแต่ละบริษัท) ลงบนน้ำมัน จะทำให้แรงตึงของผิวน้ำมันมีค่าใกล้เคียงกับแรงตึงผิวของน้ำมัน น้ำมันจะถูกคลื่นตีแตกกระจายเป็นหยดเล็กๆ แยกออกจากกัน

2. การใช้สารเคมีทำให้น้ำมันแข็งตัว (Chemical solidifier) โดยการฉีดลงบนน้ำมัน ซึ่งจะทำให้น้ำมันเปลี่ยนคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี เกิดการรวมตัวกันกลายเป็นก้อนตกลงสู่ท้องน้ำ มีการใช้ในเฉพาะบางประเทศเท่านั้น เนื่องจากมีราคาแพง

3. การเผา (Burning) โดยปกติวิธีการนี้มักจะไม่นิยมและไม่แนะนำให้ใช้ในเขตร้อนชื้นอย่างประเทศไทย เนื่องจากจะก่อให้เกิดผลเสียหลายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำและทรัพย์สินของมนุษย์ได้หากไม่สามารถคุมน้ำมันที่เผาให้อยู่ในบริเวณพื้นที่ที่กำหนด นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศ ทำให้อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น และสารตกค้างที่เหลือจากการเผาไหม้อาจมีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำและสิ่งมีชีวิต

2.1.4.3 วิธีทางชีวภาพ (Biological method)

วิธีทางชีวภาพ คือ วิธีการที่ใช้สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กต่างๆ เช่น จุลินทรีย์ ยีสต์ และเชื้อรา เข้าย่อยสลาย (Biological degradation) โดยสิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะใช้ไฮโดรคาร์บอนในกระบวนการเผาผลาญอาหาร (Metabolism) ของตัวมันเอง วิธีการนี้จะใช้เวลานานในการย่อยสลายน้ำมัน และเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าวิธีอื่นหรือเกือบไม่มีเลย

การปนเปื้อนของน้ำมันในแหล่งน้ำ สามารถเกิดขึ้นได้ 3 ลักษณะด้วยกันคือ น้ำมันละลายน้ำ น้ำมันลอยบนผิวน้ำ น้ำมันในรูปอิมัลชัน ดังที่กล่าวมาแล้ว การบำบัดน้ำมันในรูปอิมัลชันจะบำบัดได้ยากกว่าการบำบัดน้ำมันที่ลอยอยู่บนผิวน้ำ เนื่องจากน้ำมันในรูปอิมัลชันจะกระจายตัวเป็นหยดน้ำมันเล็กๆ ในแหล่งน้ำ ซึ่งอาศัยการบำบัดที่ต่างจากวิธีข้างต้น หัวข้อต่อไปจะกล่าวถึง ความหมาย ชนิดและลักษณะ การแยกตัว และการบำบัดอิมัลชันในแหล่งน้ำ

2.2 อิมัลชัน (Emulsion)

2.2.1 ความหมายของอิมัลชัน

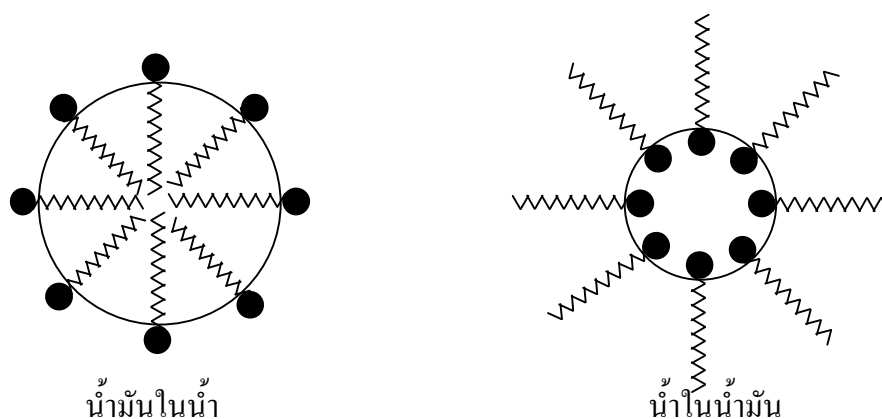
อิมัลชัน หมายถึง ลักษณะที่ของเหลวชนิดหนึ่งกระจายตัวเป็นหยดของเหลวเล็กๆ อยู่ในของเหลวอีกชนิดหนึ่งซึ่งไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ความคงตัวของอิมัลชันเกิดจากการมีองค์ประกอบชนิดที่สามอยู่ระหว่างผิวของของเหลวทั้งสอง องค์ประกอบชนิดที่สามนี้เรียกว่าสารอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) ของเหลวที่กระจายตัวเป็นหยดของเหลวเล็กๆ เรียกว่าส่วนอนุภาค (Dispersed phase) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.1-100 ไมครอน ส่วนของเหลวอีกชนิดหนึ่งที่หยดของเหลวเล็กๆ กระจายตัวอยู่เรียกว่าส่วนต่อเนื่อง (Continuous phase)

2.2.2 ชนิดและลักษณะอิมัลชัน

อิมัลชันส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับน้ำและน้ำมัน ชนิดของอิมัลชันแบ่งได้เป็น 2

ชนิด คือ

1. อิมัลชันน้ำมันในน้ำ (Oil-in-water หรือ o/w) อิมัลชันชนิดนี้จะมีน้ำเป็นส่วนต่อเนื่อง และน้ำมันเป็นส่วนอนุภาค ตัวอย่างเช่น นํ้านม มายองเนส และน้ำกะทิ เป็นต้น
2. อิมัลชันน้ำในน้ำมัน (Water-in-oil หรือ w/o) อิมัลชันชนิดนี้จะตรงข้ามกับชนิดแรก โดยจะมีน้ำมันเป็นส่วนต่อเนื่อง และมีน้ำเป็นส่วนอนุภาค ตัวอย่างเช่น เนย มาการีน เป็นต้น ชนิดและลักษณะอิมัลชันแสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ชนิดและลักษณะของอิมัลชัน
ที่มา: มั่นสิน และมรรักษ์ ตัณฑุเวชม์ 2545

2.2.3 การแยกตัวของอิมัลชัน

การแยกตัวของอิมัลชันเป็นการเปลี่ยนแปลง ที่เกิดเนื่องจากความไม่คงตัวของอิมัลชัน ทำให้ของเหลวที่เป็นส่วนอนุภาคแยกตัวออกมา ในกรณีที่เป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ น้ำมันจะเกิดการแยกตัวออกมา โดยในขั้นตอนแรกจะเกิดการรวมตัวของหยดน้ำมัน (Aggregation หรือ Flocculation) ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากดึงดูดซึ่งกันและกันของหยดน้ำมันเล็กๆ โดยแรง แวน เดอ วาลส์ (Van der Waals force) และรวมเป็นกลุ่ม (Clusters) โดยหยดน้ำมันแต่ละหยดนั้นยังคงรูปร่างเหมือนเดิม จากนั้นจะเกิดการแยกเป็นครีม (Creaming) โดยหยดน้ำมันที่รวมตัวเป็นกลุ่มจะลอยตัวขึ้นสู่ด้านบน เนื่องจากมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำแต่ยังคงสภาพเป็นอิมัลชันอยู่ การแยกเป็นครีมนี้เป็นกระบวนการแบบกลับคืนได้ (Reversible process) เพราะหยดของเหลวยังคงมีขนาดและรูปร่างเหมือนเดิม อัตราเร็วของการแยกเป็นครีมจะเป็นไปตามกฎของสโตก (Stoke's law) จากนั้นจะเกิดการเชื่อมกันของหยดน้ำมันจนมีขนาดใหญ่ขึ้น (Coalescence) และสุดท้ายเกิดการแยกตัวของน้ำและน้ำมัน (Breaking) ซึ่งเป็นกระบวนการแบบกลับคืนไม่ได้ (Irreversible process)

2.2.4 การบำบัดน้ำมันในรูปอิมัลชัน

2.2.4.1 การแยกโดยใช้เครื่องแยก (Decantation) เป็นการแยกน้ำมัน โดยอาศัยหลักการจากกฎของแรงโน้มถ่วง Stoke's law ซึ่งปล่อยให้แยกชั้นในถังตกตะกอน (Settling tank) ซึ่งในปัจจุบันได้ออกแบบถังตกตะกอนซึ่งมีการใช้แผ่นแยกเข้ามาร่วมด้วย เพื่อช่วยเพิ่มขนาดหยดน้ำมัน โดยอาศัยหลักการจากกฎของแรงโน้มถ่วง Stoke's law ซึ่งหมายถึง ขนาดของหยดน้ำมันแปรผันโดยตรงกับความเร็วของหยดน้ำมันที่ลอยขึ้น

2.2.4.2 การแยกโดยการทำให้ รวมตัว (Coalescence) ซึ่งอาศัยหลักการส่งผ่านหยดน้ำมันให้ผ่านช่องรวบรวมน้ำมันที่มีขนาดเล็ก เพื่อเพิ่มโอกาสการรวมตัวกันทำให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหยดน้ำมันใหญ่ขึ้นทำให้ความเร็วในการลอยตัวเพิ่มขึ้น เป็นการใช้อิมัลชันซึ่งไม่มีสารลดแรงตึงผิวผสมอยู่

2.2.4.3 การแยกโดยใช้การลอยตัว (Flotation) อาศัยกระบวนการเปลี่ยนแปลงคอลลอยด์หรืออิมัลชัน ให้รวมตัวกันเป็นก้อนและพองให้ลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ โดยแรงยกของฟองอากาศที่ติดกับอนุภาคนั้น ซึ่งวิธีการลอยตัวแบ่งออกเป็น 3 วิธีดังนี้ คือ

1. การลอยตัวด้วยอิเล็กโทรไลติก (Electrolytic flotation หรือ Electro flotation) เป็นการเติมฟองอากาศด้วยฟองของไฮโดรเจนและออกซิเจนในสารละลายที่เจือจาง โดยผ่านไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปในอิเล็กโทรดระหว่างชั้นอิเล็กโทรดสองขั้ว ฟองอากาศที่เกิดขึ้นจากวิธีนี้มีขนาดเล็กมาก อัตราการระเหยน้อยกว่า 13.3 ฟุตต่อชั่วโมง มักใช้ในระบบบำบัดขนาดเล็ก 50,000-1,000,000 gad และการทำสลัดจ์

2. การลอยตัวโดยใช้การละลายของอากาศ (Dissolved air flotation) เป็นระบบที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ให้ฟองอากาศจากการลดความดันน้ำที่อิ่มตัวไปด้วยอากาศ การลอยตัวโดยใช้การละลายอากาศ มี 3 วิธี คือ การลอยตัวภายใต้สูญญากาศ (Vacuum flotation) การลอยตัวภายใต้ความดัน (Pressure flotation) และการลอยตัวระดับไมโคร (Micro flotation) วิธีการลอยตัวภายใต้สูญญากาศ ทำได้โดยให้อากาศกับน้ำทิ้งด้วยหัวฟูหรือเครื่องกลเติมอากาศในระยะเวลาอันสั้น เช่น 30 วินาที แล้วลดความดันลงจนเกิดสูญญากาศเพื่อให้อากาศหนีออกจากน้ำพร้อมกับน้ำมัน วิธีการลอยตัวภายใต้ความดัน แตกต่างกันจากวิธีการลอยตัวภายใต้สูญญากาศ คือ เป็นการอัดอากาศเข้าไปในน้ำทิ้งภายใต้ความดันสูงกว่าบรรยากาศ เพื่อทำให้อากาศละลายน้ำได้มากขึ้น จากนั้นลดความดันลง อากาศจะละลายน้ำได้ลดลงจึงมีอากาศส่วนเกินหนีออกจากน้ำในรูปฟองเล็กๆ และพาน้ำมันลอยขึ้นสู่ผิวน้ำได้ อีกระบบคือ การลอยตัวระดับไมโคร ซึ่งจะให้อากาศที่มีขนาดเล็กมาก โดยทั่วไปไม่เกิน 80 ไมครอน และใช้ได้ดีกับระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็ก

3. การลอยตัวโดยใช้การกระจายตัวของอากาศ (Dispersed air flotation) เป็น

ระบบที่ง่ายที่สุด เป็นการเป่าฟองอากาศลงในน้ำทิ้งโดยตรงเพื่อให้ฟองอากาศพาน้ำมันขึ้นสู่ผิวน้ำ มี 2 แบบ คือ การลอยตัวแบบเป็นโฟม (Foam flotation) และ การลอยตัวแบบเป็นฟอง (Froth flotation) วิธีนี้สร้างฟองอากาศได้ 2 วิธี คือ ใช้แรงเฉือนจากใบพัดของเครื่องกลหรือแพร์ก้าชผ่านกลางตัวรูปุน ให้ฟองอากาศขนาดประมาณ 100 ไมครอน วิธีนี้เหมาะสำหรับแยกน้ำมันที่เบาและมีความโน้มเอียงที่จะลอยขึ้นสู่ผิวน้ำอยู่แล้ว

2.2.4.4 การแยกโดยใช้วิธีการปั่นออกจากศูนย์กลาง (Centrifugation) เป็นวิธีการแยกน้ำมันออกจากน้ำเสีย โดยอาศัยความแตกต่างของความหนาแน่นระหว่างน้ำมันกับน้ำด้วยวิธีการปั่นออกจากศูนย์กลาง เครื่องแยกน้ำมันชนิดนี้แบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ เครื่องแยกระบบไฮโดรไซโคลน (Hydrocyclone) และ เครื่องแยกระบบหมุนเหวี่ยง (Centrifugal) ซึ่งทั้งสองระบบใช้หลักการปั่นออกจากศูนย์กลางเช่นเดียวกัน

2.2.4.5 การแยกโดยใช้ความร้อน (Thermal processes) อาศัยหลักการที่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กับน้ำมันในรูปอิมัลชัน ความร้อนจะกระตุ้นการเคลื่อนที่แบบบราวเนียน (Brownian movement) ของหยดน้ำมันขนาดเล็กทำให้มีโอกาสชนกันและรวมตัวกันมากขึ้น ดังนั้นหยดน้ำมันจึงมีขนาดใหญ่ขึ้นและสามารถแยกออกจากน้ำได้

2.2.4.6 อัลตราฟิวเตรชัน (Ultra filtration) เป็นการแยกที่อาศัยหลักการกรองอิมัลชันผ่านเยื่อกรองโดยใช้ความดัน โดยที่หยดน้ำมันจะติดอยู่กับเยื่อกรองซึ่งมีขนาดเล็กกว่า

การบำบัดน้ำมันในแหล่งน้ำไม่ว่าวิธีการใดก็ตาม มีจุดประสงค์เพื่อกำจัดปริมาณน้ำมันหรือลดปริมาณน้ำมันให้เหลือน้อยที่สุด วิธีการบำบัดน้ำมันในรูปอิมัลชันนอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้วนั้น การดูดซับเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ในการบำบัดน้ำมันในรูปอิมัลชันที่มีน้ำมันปริมาณน้อย เพราะเป็นวิธีที่สะดวกและทำได้รวดเร็ว แต่วิธีการนี้ยังเป็นวิธีที่ต้องใช้ต้นทุนในการบำบัดหรือกำจัดสูง เนื่องมาจากราคาวัสดุดูดซับน้ำมันที่ใช้ สำหรับประเทศไทย เป็นประเทศเกษตรกรรม มีวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมากมาย เช่น เส้นใยจากทะเลสาบปล้ำมเปล่า ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุดูดซับน้ำมันที่มีราคาถูก ดังนั้นงานวิจัยนี้จะศึกษาความเป็นไปได้ในการนำวัสดุดูดซับธรรมชาติ อย่างเช่นเส้นใยทะเลสาบปล้ำมเปล่ามาใช้ดูดซับน้ำมัน ทดแทนวัสดุดูดซับสังเคราะห์ที่มีราคาแพง

2.3 วัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis*) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญที่ปลูกมากในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย จากการสำรวจของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พบว่าการปลูกปาล์มในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี ในปี 2547 มีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันประมาณ 1,935,000 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร 2547) ข้อมูลเนื้อที่ปลูกปาล์ม ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ภายในประเทศไทยในช่วงปี 2545-2547 แสดงดังตารางที่ 2.1 ปาล์มน้ำมันมีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง และเป็นวัตถุดิบเพื่อการอุตสาหกรรมแปรรูปเป็นน้ำมันปาล์มสำหรับอุปโภคบริโภค จึงทำให้มีของเสียและส่วนที่เหลือทิ้งจากส่วนต่างๆ วัสดุเหลือทิ้งปาล์มน้ำมัน จากโรงงานสกัดปาล์มน้ำมันที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตในแต่ละขั้นตอนจนกระทั่งได้น้ำมันปาล์มดิบที่สกัดออกมา สามารถแยกรายละเอียดส่วนของวัสดุเหลือใช้ของปาล์มน้ำมันจากกระบวนการผลิตได้ดังรูปที่ 2.2

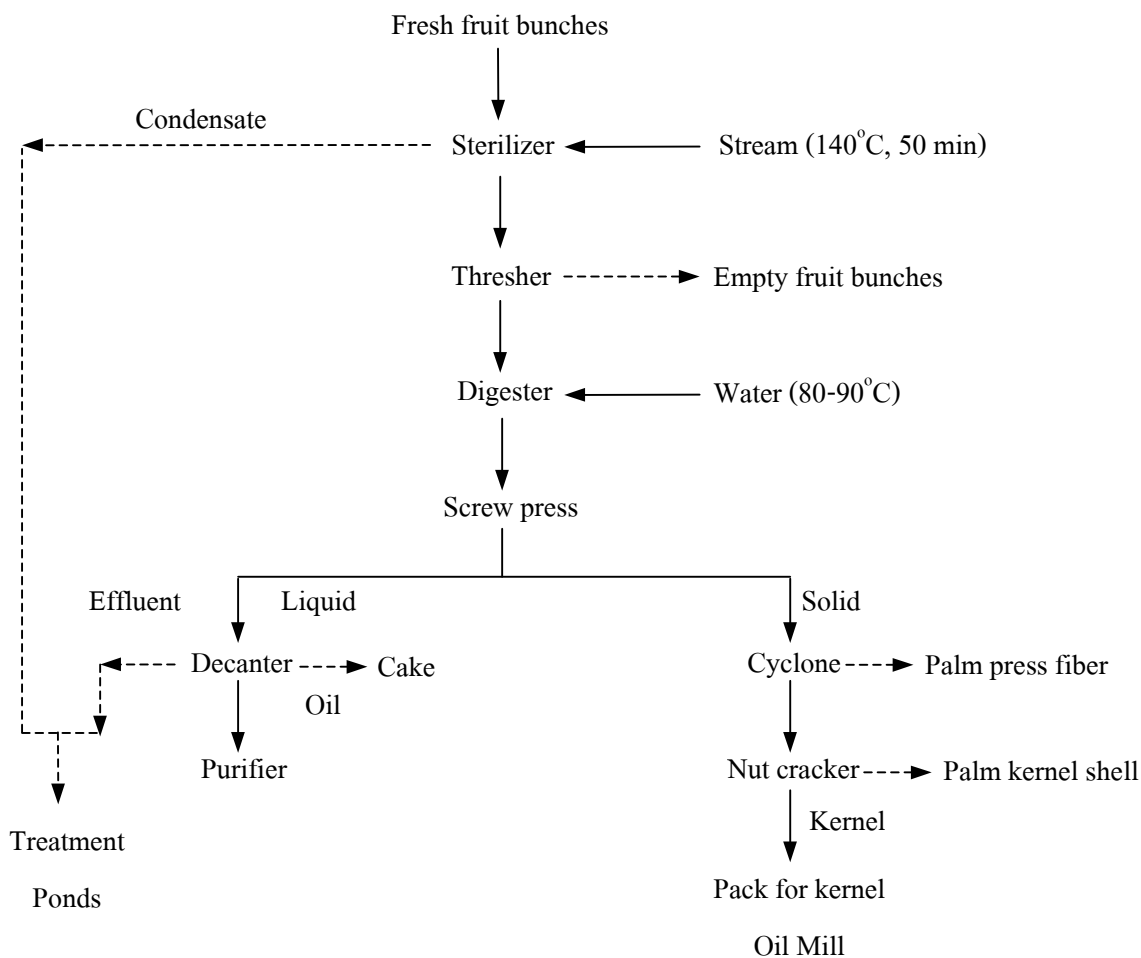
ตารางที่ 2.1 ปาล์มน้ำมัน : เนื้อที่ ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ทั้งประเทศ ปี 2545-2547

ปี	เนื้อที่ให้ผล (1,000 ไร่)	ผลผลิต (1,000 ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม)
2545	1,644	4,001	2,434
2546	1,799	4,903	2,735
2547	1,935	5,182	2,678

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร 2547

ทะลายปาล์มเปล่าเป็นส่วนที่ได้จากการตีสับแยกผลปาล์มสด เพื่อนำไปทำการสกัดน้ำมันปาล์ม ทะลายปาล์มเปล่าประกอบด้วยช่อทะลายย่อย และก้านทะลายปาล์ม มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 17.3 กิโลกรัมของทะลายปาล์มสด ทะลายเปล่า (สด) โรงงานไม่นิยมใช้เป็นเชื้อเพลิงเนื่องจากติดไฟยากและมีควันปริมาณมาก จะต้องทำให้แห้งก่อน ซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มมากขึ้น จึงทำการขนไปทิ้งเพื่อใช้คลุมดินในสวนปาล์ม ให้เกิดการย่อยสลายกลายเป็นปุ๋ยเพิ่มธาตุอาหารในดิน และควบคุมรักษาความชุ่มชื้นของดินโดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง ตลอดจนใช้ถมที่ในสวนปาล์ม ช่อทะลายย่อยบางส่วนสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้

ทะลายเปล่า 1 ตัน จะมีธาตุอาหาร ดังนี้ แอมโมเนียมซัลเฟต 17.6 กิโลกรัม หินฟอสเฟต 2.9 กิโลกรัม โพแทสเซียมคลอไรด์ 18.3 กิโลกรัม และคีเซอรีไรท์ 4.7 กิโลกรัม (วิชัย ปานสมุทร และคณะ 2546)



รูปที่ 2.2 กระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มและของเสียที่เกิดขึ้นในโรงงานปาล์มน้ำมัน

(—) กระบวนการผลิต (-----) ของเสีย

ที่มา: Prasertsan and Prasertsan, 1996

กากใยปาล์ม เป็นส่วนของเปลือกชั้นนอกที่ล้อมรอบกะลาปาล์มไว้ด้านใน มีสีเหลืองอมแดงชุ่มด้วยน้ำมันที่นำไปสกัดเป็นน้ำมันปาล์มดิบออกหมดแล้ว ลักษณะเป็นเส้นฝอยหรือขุยเล็กๆ ใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องจักรและหม้อไอน้ำในกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มได้เป็นอย่างดี เนื่องจากติดไฟได้ง่าย และมีความชื้นน้อย

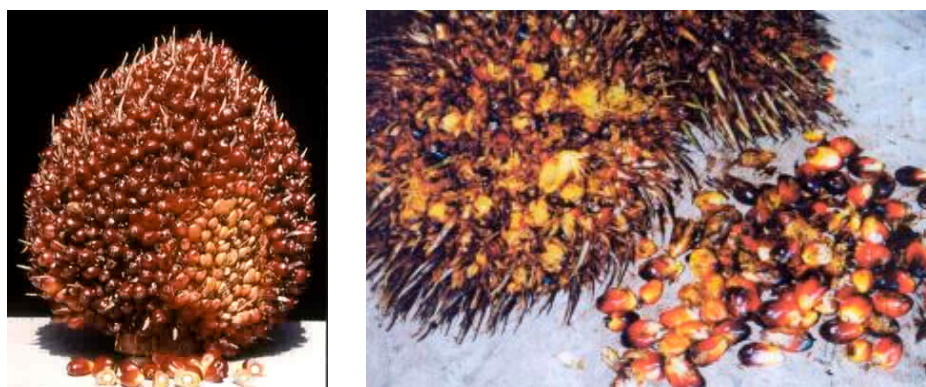
กะลาปาล์ม เป็นส่วนที่หุ้มเมล็ดในปาล์มลักษณะแข็งมาก แยกออกมาจากเปลือกนอกที่หีบน้ำมันออกแล้ว การใช้งานส่วนใหญ่จะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงเช่นเดียวกับกากใยปาล์ม บางส่วนนำไปขายให้โรงงานที่ทำการสกัดน้ำมันปาล์มจากเมล็ดในปาล์ม (ซึ่งอยู่ภายในกะลาปาล์ม) และเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานอีกครั้งหนึ่ง ส่วนใหญ่กะลาปาล์มจะเหลือจากโรงงานที่สกัด

น้ำมันปาล์มเฉพาะเปลือกอย่างเดียว ราคาจำหน่ายกะลาปาล์ม 70-500 บาทต่อตัน

กากปาล์ม จะประกอบด้วย กากใยปาล์ม กะลาปาล์ม และกากเมล็ดในปาล์ม รวมเป็นแผ่นเดียวกัน จะพบจากโรงงานที่ทำกรหีบและสกัดน้ำมันจากปาล์มน้ำมันโดยไม่มีการแยกกะลาและเมล็ดในปาล์ม ส่วนใหญ่จะเป็นโรงงานที่มีกำลังผลิตไม่สูงนัก กากปาล์มจะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงเป็นส่วนใหญ่ รองลงมาก็ขายให้แก่โรงงานอาหารสัตว์ และ โรงเผาอิฐ เพื่อทำอาหารสัตว์ เชื้อเพลิงและอื่นๆ ราคาจำหน่ายกากปาล์ม 80-1,000 บาทต่อตัน

น้ำเสียและของเสียจากกระบวนการผลิต จะประกอบด้วยน้ำที่ชะล้างสิ่งสกปรกที่ติดมากับผลปาล์มน้ำมันและน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งจะมีไขมันตลอดจนธาตุอาหารปะปนอยู่ ถูกนำไปสู่อบบำบัดน้ำเสีย

ในขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์มจากทะลายปาล์มสด (รูปที่ 2.3) 1 ตัน จะมีทะลายปาล์มเปล่าเป็นวัสดุเหลือทิ้งประมาณ 0.28 ตัน เส้นใย 0.12 ตัน และกะลาปาล์ม 0.08 ตัน (Prasertsan and Prasertsan, 1996) ปริมาณวัสดุเหลือทิ้งดังกล่าว จะมีทะลายปาล์มเปล่าเหลือทิ้งมากที่สุด ทะลายปาล์มเปล่าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้วนั้น แต่อย่างไรก็ตามยังมีทะลายปาล์มเปล่าเหลือทิ้งอีกเป็นจำนวนมาก ซึ่งส่วนที่เหลือจากการใช้ประโยชน์จะนำไปเผา ฟังกลบหรือทิ้งที่บริเวณสวนปาล์มหรือที่ดินของโรงงาน ตลอดจนสถานที่กำจัดขยะเทศบาล ตารางที่ 2.2 แสดงปริมาณและการใช้ประโยชน์จากทะลายปาล์มเปล่าของโรงงานปาล์มน้ำมัน



รูปที่ 2.3 ทะลายปาล์มสด (Fresh fruit bunch)

ตารางที่ 2.2 ปริมาณและการใช้ประโยชน์จากทะลายปาล์มเปล่าของโรงงานปาล์มน้ำมัน

ปริมาณและการใช้ประโยชน์จากทะลายปาล์มเปล่าของโรงงานปาล์มน้ำมัน (ตัน/ปี)					
จังหวัด	ทั้งหมด	กลุ่มคิน ปู๋	เชื้อเพลิง	ให้ชาวบ้าน	เหลือทิ้ง
กระบี่	243,754	98,823	-	40,000	104,931
สุราษฎร์ธานี	134,114	35,000	-	-	99,114
ชุมพร	38,300	19,800	1,800	-	16,700
สตูล	24,505	-	-	-	24,505
ตรัง	66,880	80	13,685	-	53,115
ชลบุรี	11,155	6,860	-	-	4,295
รวม	518,708	160,563	15,485	40,000	302,660
ร้อยละ	100	30.9	3.0	7.7	58.4

ที่มา: วิจัย ปานสมุทร และคณะ 2456

2.4 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยธรรมชาติ

เส้นใยธรรมชาติ หรือเส้นใยลิกโนเซลลูโลสติก (Lignocellulosic fiber) มีสารคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrates) เป็นองค์ประกอบหลักในผนังเซลล์ของพืช ร่วมกับลิกนิน โปรตีน แป้ง (Starch) และสารอินทรีย์อีกปริมาณเล็กน้อย กระจายตัวอยู่ทั่วผนังเซลล์ ซึ่งประกอบด้วยผนังชั้นปฐมภูมิ (Primary wall layer) และผนังชั้นทุติยภูมิ (Secondary wall layer) คาร์โบไฮเดรตประกอบด้วยสารโฮโลเซลลูโลส (Holocellulose : เซลลูโลสรวมกับเฮมิเซลลูโลส) เซลลูโลส (Cellulose) และเฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) องค์ประกอบทางเคมีเปลี่ยนแปลงตามชนิดของพืช และส่วนที่ต่างกันของพืชชนิดเดียวกัน นอกจากนี้องค์ประกอบทางเคมียังเปลี่ยนแปลงตามสภาพภูมิศาสตร์ อายุ ภูมิประเทศ และสภาพดิน อย่างไรก็ตามเส้นใยลิกโนเซลลูโลสติกส่วนใหญ่มีสมบัติใกล้เคียงกัน องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยพืชแสดงดังตารางที่ 2.3

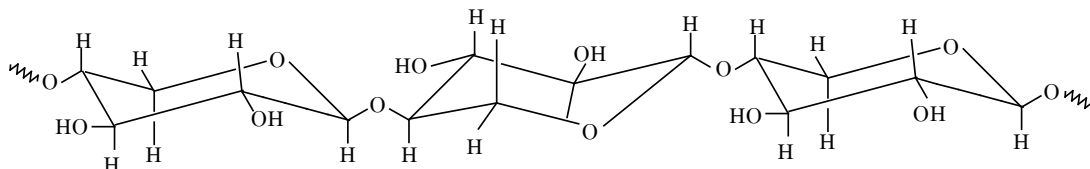
เส้นใยพืชมีโฮโลเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 65-70 ของน้ำหนักแห้งของพืช สารเหล่านี้ประกอบด้วยน้ำตาลธรรมดา (Simple sugars) โดยเฉพาะ D-glucose D-mannose D-galactose D-xylose L-arabinose D-glucuronic acid และน้ำตาลอื่นๆ อีกปริมาณเล็กน้อย เช่น L-rhamnose และ D-fucose สารเหล่านี้มีหมู่ไฮดรอกซิลจำนวนมาก ซึ่งส่งผลต่อการดูดซับความชื้นผ่านทางพันธะไฮโดรเจน เซลลูโลสในผนังเซลล์พืชเป็นสารอินทรีย์ที่มีปริมาณมาก

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยพืชบางชนิด (ร้อยละโดยน้ำหนัก)

ชนิดของเส้นใย	เซลลูโลส	ลิกนิน	เพนโตซาน	จีเอ็ม	ซิลิกา
ธัญพืช					
ข้าวเจ้า	28-48	12-16	23-28	15-20	9-14
ข้าวสาลี	29-51	16-21	26-32	4.5-9	3-7
ข้าวบาร์เลย์	31-45	14-15	24-29	5-7	3-6
ข้าวโอ๊ต	31-48	16-19	27-38	6-8	4-6.5
ข้าวไร	33-50	16-19	27-30	2-5	0.5-4
ไม้เปลือก					
ชานอ้อย	32-48	19-24	27-32	1.5-5	0.7-3.5
ไม้ไผ่	26-43	21-31	15-26	1.7-5	0.7
หญ้า					
กกเอสพาโต	33-38	17-19	27-32	6-8	-
Sabai	-	22	24	6	-
ไม้จำพวก กก อ้อ					
Phragmites	44-46	22-24	20	3	2
เปลือกไม้					
ลิกนิน (Seed flax)	46-47	21-23	24-26	5	-
ปอแก้ว	44-57	15-19	22-23	2-5	-
ปอกระเจา	45-63	21-26	18-21	0.5-2	-
กัญชง	57-77	9-13	14-17	0.8	-
Remie	87-91	-	5-8	-	-
แกนไม้					
ปอแก้ว	37-49	15-21	18-24	2-4	-
ปอกระเจา	41-48	21-24	18-22	0.8	-
ใบ					
ป่านมะนิลา	56-63	7-9	15-17	3	-
ป่านศรนารายณ์	47-62	7-9	21-24	0.6-1	-
เปลือกหุ้มเมล็ด					
ฝ้าย	85-90	0.7-1.6	1-3	0.8-2	-
เนื้อไม้					
ไม้สน	40-45	26-34	7-14	<1	-
ไม้ผลัดใบ	38-49	23-30	19-26	<1	-
ทะเลสาบป่าคัมเปล่า	35-42	21.97	-	6.82	1.52

ที่มา: Han and Rowell, 1997

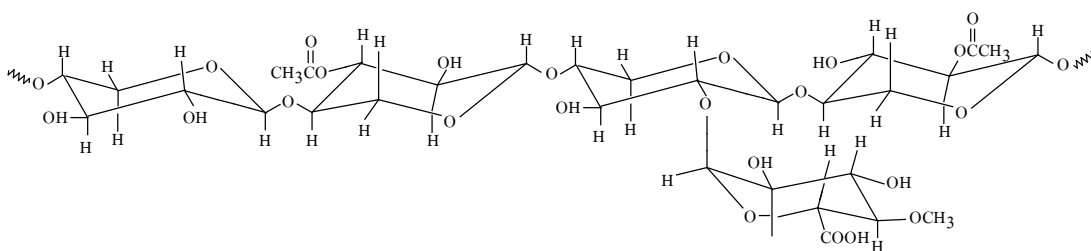
ประกอบด้วยกลูโคส (D-glucopyranose) เรียงตัวเป็นโซ่ยาวต่อกันด้วยพันธะ β -(1-4)-glucosidic (รูปที่ 2.4) เซลลูโลสในพืชส่วนใหญ่มีความเป็นผลึกสูง และมีบริเวณที่เป็นผลึกมากถึงร้อยละ 80 ส่วนที่เหลือเป็นบริเวณที่เป็นอสัณฐาน



รูปที่ 2.4 โครงสร้างบางส่วนของเซลลูโลส

ที่มา : Han and Rowell, 1997

พิจารณาบนฐานน้ำหนักแห้ง พืชส่วนใหญ่มีเซลลูโลสประมาณร้อยละ 45-50 เฮมิเซลลูโลสในพืชประกอบด้วยสารโพลีแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) และมีน้ำตาล D-xylopyranose D-glucopyranose D-galactopyranose L-arabinofuranose D-manopyranose และ D-glucopyranosyluronic acid เป็นส่วนประกอบหลัก กับน้ำตาลอื่นๆ อีกปริมาณเล็กน้อย (รูปที่ 2.5)

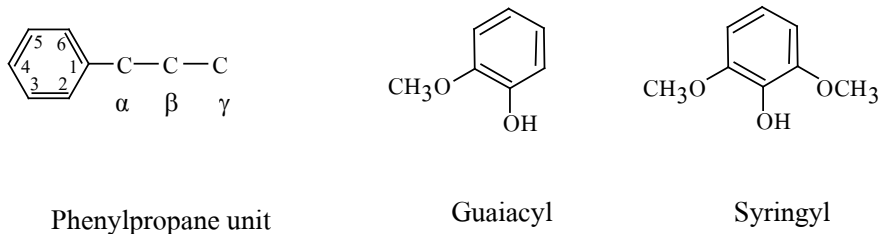


รูปที่ 2.5 โครงสร้างส่วนหนึ่งของ Glucuronoxylan hardwood hemicellulose

ที่มา : Han and Rowell, 1997

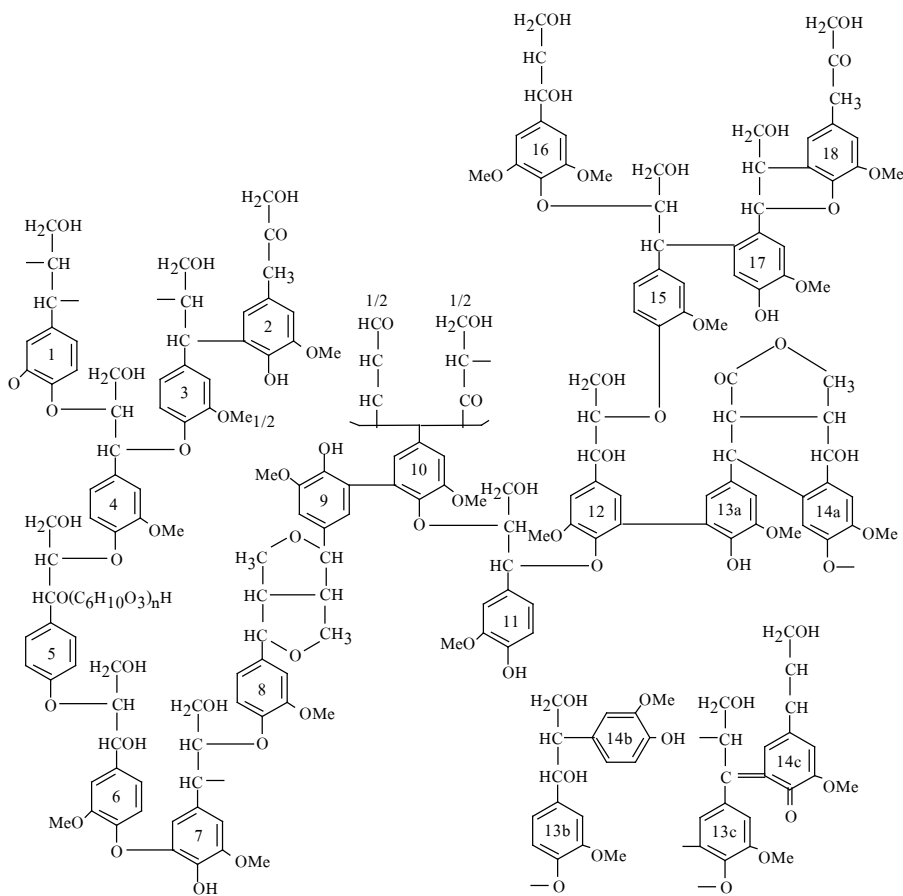
ลิกนินในพืชมีรูปร่างอสัณฐาน มีลักษณะที่ซับซ้อนอย่างมาก ประกอบด้วยสารอะโรมาติกเป็นส่วนใหญ่ และหน่วยของฟีนิลโพรเพน ลิกนินมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างสายพื้นฐาน

3 สาย คือ Guaiacyl Syringyl และ *p*-hydroxyphenyl (รูปที่ 2.6) ฟีนิลโพรเพนสามารถถูกแทนที่ที่ตำแหน่ง α β และ γ เพื่อเชื่อมต่อกัน (รูปที่ 2.7)



รูปที่ 2.6 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างสายของลิกนิน

ที่มา : Han and Rowell, 1997



รูปที่ 2.7 โครงสร้างส่วนหนึ่งของลิกนินชนิดหนึ่ง

ที่มา : Han and Rowell, 1997

เป็นที่ทราบกันแล้วว่าองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยพืชวัชวลิกโนเซลลูโลส มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลัก (ตารางที่ 2.3) ซึ่งเซลลูโลสมีหมู่ไฮดรอกซิลเป็นองค์ประกอบจำนวนมาก ส่งผลให้เส้นใยมีคุณสมบัติชอบน้ำ ตัวอย่างวัชวลิกโนเซลลูโลสแสดงดังรูปที่ 2.8 ในการใช้เส้นใยทะเลาะปาล์มเปล่าเพื่อดูดซับสารไม่มีขั้ว ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้น้ำมันดีเซล จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำการเพิ่มคุณสมบัติความไม่ชอบน้ำ เพื่อให้เส้นใยดูดซับน้ำได้น้อยลงและสามารถดูดซับน้ำมันได้มากขึ้น



รูปที่ 2.8 เส้นใยวัชวลิกโนเซลลูโลสที่ใช้เป็นวัสดุดูดซับน้ำมัน

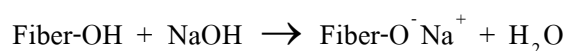
- ก) ปอ ข) ฝ้าย ค) ไม้ไผ่ ง) ชานอ้อย จ) กาบมะพร้าว
 ฉ) แกลบ (Rice husk) ช) *Salvinia* sp.

2.5 การปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมีของเส้นใยธรรมชาติ

วิธีการเพิ่มคุณสมบัติความไม่ชอบน้ำให้กับเส้นใยโดยวิธีทางเคมี สามารถทำได้หลายวิธี เช่น เมอร์เซอร์ไรเซชัน (Mercerization) ซิลิเลชัน (Silylation) อะซิทิเลชัน (Acetylation) และการปรับสภาพด้วยเปอร์ออกไซด์ (Peroxide treatment) เป็นต้น สามารถอธิบายได้ดังนี้

2.5.1 เมอร์เซอร์ไรเซชัน

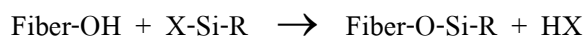
เมอร์เซอร์ไรเซชัน เป็นการปรับสภาพเส้นใยธรรมชาติโดยใช้ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) การปรับสภาพด้วยวิธีนี้ช่วยเพิ่มคุณลักษณะในการยึดติดพื้นผิวของเส้นใย โดยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จะช่วยกำจัดสิ่งสกปรกที่เกาะติดผิวเส้นใย ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นแสดงดังสมการที่ 2.2



(2.2)

2.5.2 ซิลิเลชัน

ซิลิเลชัน เป็นการปรับสภาพเส้นใยธรรมชาติโดยการแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลด้วยหมู่ซิลิล สารที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาได้แก่ ไตรเมทิลคลอโรซิลเลน (Trimethylchlorosilane) ไตรอิท็อกซีไวนิลซิลเลน (Triethoxyvinylsilane) ลักษณะปฏิกิริยาเป็นดังสมการที่ 2.3

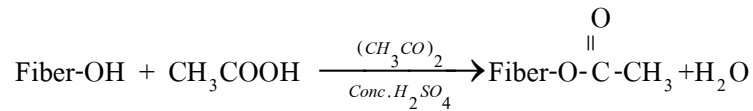


(2.3)

โดยที่ X แทนแฮโลเจน และ R แทนหมู่แอลคิล ซิลเลนที่เข้าทำปฏิกิริยาจะเกาะตัวบนพื้นผิวของเส้นใยและช่วยลดพื้นที่ในการดูดซับความชื้น นอกจากนี้การปรับสภาพเส้นใยด้วยกระบวนการซิลิเลชันยังทำให้เส้นใยมีความแข็งแรงทนต่อการดึง และมีความเสถียรทางความร้อนเพิ่มขึ้น

2.5.3 อะซิทิเลชัน

อะซิติกเลชัน เป็นการปรับสภาพเส้นใยธรรมชาติโดยใช้กรดอะซิติก (CH_3COOH) และปรับสภาพอีกครั้งด้วยอะซิติกแอนไฮไดรด์ โดยมีกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นแสดงดังสมการที่ 2.4

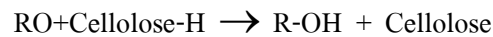
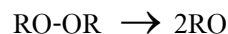


(2.4)

การปรับสภาพทำให้เกิดการแทนที่ตรงหมู่ไฮดรอกซิลบนเส้นใย ทำให้เส้นใยมีสมบัติความไม่ชอบน้ำเพิ่มมากขึ้น

2.5.4 การปรับสภาพด้วยเปอร์ออกไซด์

การปรับสภาพด้วยเปอร์ออกไซด์ จะทำการกระตุ้นเส้นใยธรรมชาติด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือที่เรียกว่าเมอร์เซอร์ไรเซชัน จากนั้นปรับสภาพด้วยสารละลายเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (Benzoyl peroxide) ในอะซิโตน ปฏิกิริยาแสดงดังสมการที่ 2.5



(2.5)

การปรับสภาพจะทำให้สมบัติเชิงกลของเส้นใยดีขึ้น ซึ่งสมบัติที่ดีสำหรับการใช้เป็นวัสดุผสมในเทอร์โมพลาสติก และมีสมบัติในการทนต่อแรงดึง (Tensile property) มากขึ้น

ได้มีการศึกษาการปรับสภาพเส้นใยธรรมชาติ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆ เช่น เตรียมเป็นวัสดุผสม (Composite material) ในพอลิเมอร์ เป็นวัสดุดูดซับ เป็นต้น การนำเส้นใยธรรมชาติไปใช้เป็นวัสดุผสมนั้นจะต้องทำให้เส้นใยดูดซับความชื้นและน้ำได้น้อยลง เนื่องจากน้ำจะไปรบกวนผิวสัมผัสระหว่างเส้นใยและพอลิเมอร์ ทำให้ความแข็งแรงลดลง ส่งผลต่อวัสดุผสมในความไม่เสถียรของขนาด รูปร่าง (Dimensional instability) การนำเส้นใยธรรมชาติมาใช้เป็นวัสดุดูดซับ สำหรับการบำบัดน้ำมันในน้ำ เป็นอีกวิธีหนึ่งซึ่งมีการใช้ทั่วไป แทนการใช้วัสดุดูดซับสังเคราะห์ที่มีราคาแพง และย่อยสลายได้ยาก การศึกษาการปรับสภาพเส้นใยธรรมชาติและการบำบัดน้ำมัน โดยใช้วัสดุธรรมชาติเป็นวัสดุดูดซับ ได้มีรายงานวิจัยดังสรุปแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 การศึกษาการปรับสภาพเส้นใยธรรมชาติและการบำบัดน้ำมัน โดยใช้เส้นใยธรรมชาติเป็นวัสดุดูดซับ

วัสดุ	ศึกษา	วิธี/สภาวะศึกษา	การทดลอง	ผลการทดลอง	อ้างอิง
เส้นใยทะเลลาย ปาล์มเปล่า	การปรับสภาพ เพื่อเตรียมเป็น วัสดุผสมใน พอลิเมอร์	1. สารละลายโซเดียมไฮดรอก- ไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดย น้ำหนัก เวลาในการทำปฏิกิริยา 48 ชั่วโมง (วิธีเมอร์เซอร์ไรเซชัน)	แช่เส้นใยในสาร ละลาย ที่อุณหภูมิห้อง	ช่วยเพิ่มคุณลักษณะในการยึดติดพื้น ผิวของเส้นใย โดยการกำจัดสิ่ง สกปรกที่เกาะติดผิวเส้นใย	Sreekala et al., 1997
		2. กรดอะซิติก เวลาในการทำ ปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง ใช้อะซิติก- แอนไฮไดรด์ และกรดซัลฟิวริก เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาอีก 5 นาที (วิธีอะซิทิเลชัน)	แช่เส้นใยในสาร ละลาย ที่อุณหภูมิห้อง	เกิดการแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลใน โมเลกุลของเซลลูโลส ทำให้เส้นใยมี สมบัติความไม่ชอบน้ำเพิ่มขึ้น	
		3. สารละลายไซเลน (Triethoxy vinylsilane) ใช้ของผสม ระหว่างน้ำและเอทานอลเท่ากับ 40:60 เป็นตัวทำละลาย ใช้เวลา ในการทำปฏิกิริยา 48 ชั่วโมง (วิธีซิลิเลชัน)	แช่เส้นใยในสาร ละลาย ที่อุณหภูมิห้อง	สารละลายไซเลนเกาะตัวบนผิวของ เส้นใย และลดบริเวณที่สามารถดูด ซับความชื้น ส่งผลให้เส้นใยมีสมบัติ ความไม่ชอบน้ำเพิ่มขึ้น เส้นใยมี ความเสถียรทางความร้อนเพิ่มขึ้น และทนต่อแรงดึงได้มากขึ้น	

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

วัสดุ	ศึกษา	วิธี/สภาวะศึกษา	การทดลอง	ผลการทดลอง	อ้างอิง
เส้นใยทะเลลาย ปาล์มเปล่า	การปรับสภาพ เส้นใยทะเลลาย ปาล์มเปล่าต่อ ความสามารถ ในการดูดซับน้ำ ซึ่งทดสอบการ ดูดซับโดยการ แช่เส้นใยลงใน น้ำกลั่นที่ อุณหภูมิ 30 50 70 และ 90°C 26	1. สารละลายโซเดียมไฮดรอก- ไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ใช้เวลาในการทำ ปฏิกิริยา 48 ชั่วโมง (วิธีเมอร์เซอร์ไรเซชัน)	แช่เส้นใยในสาร ละลาย ที่อุณหภูมิห้อง	การปรับสภาพจะชะเอาชั้นแวกซ์ที่ เคลือบอยู่ออกทำให้ดูดซับน้ำได้ลด ลง (เส้นใยมีความสามารถในการดูด ซับน้ำลดลงจากเดิมร้อยละ 46)	Sreekala and Thomas, 2002
		2. กาวยางพารา ที่มี Dry rubber content (DRC) ร้อยละ 10 (วิธีปรับสภาพ ด้วยการเคลือบ ด้วยลาเท็กซ์ : Latex coating)	ปรับสภาพขึ้นต้นด้วย โซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วแช่เส้นใยในกาว ยาง ที่อุณหภูมิห้อง	ลาเท็กซ์ที่เคลือบอยู่บนเส้นใย จะปก คลุมรูพรุนทำให้ดูดซับน้ำได้ลดลง (เส้นใยมีความสามารถในการดูดซับ น้ำลดลงจากเดิมร้อยละ 43)	
		3. สารละลายไซเลน (Triethoxy vinylsilane) ใช้ของผสม ระหว่างน้ำและเอทานอล อัตรา ส่วน 40:60 เป็นตัวทำละลาย ใช้ เวลาในการทำปฏิกิริยา 48 ชั่วโมง (วิธีซิลิเลชัน)	แช่เส้นใยในสาร ละลาย ที่อุณหภูมิห้อง	ไซเลนที่ใช้ทำปฏิกิริยาจะเกาะอยู่บน ผิวของเส้นใย ทำให้มีสมบัติความไม่ ชอบน้ำจึงดูดซับน้ำได้ลดลงร้อยละ 40	

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

วัสดุ	ศึกษา	วิธี/สภาวะศึกษา	การทดลอง	ผลการทดลอง	อ้างอิง
		4. กรดอะซิติค เวลาในการทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง ใช้อะซิติคแอนไฮไดรด์และกรดซัลฟิวริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาอีก 5 นาที (วิธีอะซิทิเลชัน)	แช่เส้นใยในสารละลายที่อุณหภูมิห้อง	การปรับสภาพจะไปกำจัดชั้นแว็กซ์บนผิวเส้นใย ทำให้เส้นใยไม่ชอบน้ำ ส่งผลให้ดูดซับน้ำได้ลดลงร้อยละ 44	
		5. เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (Benzoyl peroxide) โดยใช้อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย (การปรับสภาพด้วยเปอร์ออกไซด์หรือเบนโซอิลเลชัน)	ปรับสภาพขั้นต้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วแช่เส้นใยในสารละลายที่อุณหภูมิห้อง	การปรับสภาพจะไปชะแว็กซ์ยางไม้ (Gum) และสารเพคติน การปรับสภาพทำให้ดูดซับน้ำได้ลดลง โดยเส้นใยมีความสามารถในการดูดซับน้ำลดลงจากเดิมร้อยละ 44	
เส้นใยจากต้นแฟล็กซ์ (Flax)	ปรับสภาพเส้นใยเพื่อใช้เป็นวัสดุผสมในเทอร์โมพลาสติก	1. สารละลายไซเลน (Triethoxy vinylsilane) โดยใช้ของผสมระหว่างน้ำและเอทานอลอัตราส่วน 40:60 เป็นตัวทำละลาย (วิธีซิลิเลชัน)	ปรับสภาพขั้นต้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 30 นาทีแล้วแช่เส้นใยในสารละลาย	ไซเลนจะเคลือบอยู่บนผิวเส้นใยและภายในรูพรุน เมื่อผสมกับพอลิเมอร์แล้วดูดความชื้นและน้ำได้ลดลง และทนต่อแรงดึงได้มากขึ้น	Bei Wang, 2004

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

วัสดุ	ศึกษา	วิธี/สภาวะศึกษา	การทดลอง	ผลการทดลอง	อ้างอิง
		2. เบนโซอิลคลอไรด์ (Benzoyl chloride) ใช้เวลา 15 นาที (วิธีเบนโซอิลเลชัน)	ปรับสภาพขึ้นต้นด้วย โซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 18 เวลา 30 นาที แล้วแช่ เส้นใยลงในสารละลาย 15 นาที จากนั้นล้างด้วย เอทานอลและน้ำ	การปรับสภาพทำให้ผิวของเส้นใย เรียบ เมื่อผสมกับพอลิเมอร์แล้วดูด ความชื้นและน้ำลดลง	
		3. Dicumyl peroxide โดยใช้ อะซิโตนเป็นตัวทำละลาย ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 30 นาที (วิธีปรับ สภาพด้วยเปอร์ออกไซด์)	ปรับสภาพขึ้นต้นด้วย โซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 10 เวลา 30 นาที แล้วแช่ใน สารละลาย	การปรับสภาพจะชะเอาเว็กซ์และ สารเพคตินให้หลุดออก เมื่อผสมกับ พอลิเมอร์แล้วสามารถดูดความชื้น และน้ำได้ลดลง ทนต่อแรงดึงมากขึ้น	
ฝ้าย	วิธีกำจัดน้ำมัน ด้วยการดูดซับ บนใยฝ้ายที่ผ่าน การปรับสภาพ	ปรับสภาพด้วยวิธีอะซิโตนเลชัน	ใช้มีลชันความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร ป้อนผ่าน คอลัมน์แก้วที่อุณหภูมิ 20°C ด้วยอัตราการไหล	ฝ้ายสามารถดูดซับน้ำมันได้ถึง 20 กรัมน้ำมันต่อกรัมเส้นใย ซึ่งเส้นใย ฝ้ายมีความเสถียรเมื่ออยู่ในน้ำและ ย่อยสลายได้เอง	Deschamps et al., 2003

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

วัสดุ	ศึกษา	วิธี/สภาวะศึกษา	การทดลอง	ผลการทดลอง	อ้างอิง
	ให้มีสมบัติไม่ชอบน้ำ		95 มิลลิลิตรต่อนาที		
ฝ้าย	ศึกษาคุณสมบัติการดูดซับอิมัลชันของน้ำมันพืชและน้ำบนใยฝ้ายในทางไดนามิกส์	ปรับสภาพด้วยวิธีอะซิทธิเลชัน	ใช้อิมัลชันความเข้มข้น 5 กรัมต่อลิตร ป้อนอิมัลชันผ่านคอลัมน์แก้วที่อุณหภูมิ 20°C ด้วยอัตราการไหล 95 มิลลิลิตรต่อนาที	ความสามารถของใยฝ้ายต่อการดูดซับน้ำมันเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิต่ำ อัตราการไหลช้า ความสูงของใยฝ้ายที่อยู่ในคอลัมน์ และขนาดน้ำมันที่ใหญ่กว่า	Deschamps et al., 2003
เส้นใยปอแก้ว (Kenaf) จากส่วนเปลือกแกนและนุ่น	ทำการศึกษาคูดูดซับสารผสมอิมัลชันระหว่างน้ำมันและน้ำ 29	1. ความเข้มข้นของอิมัลชันน้ำมันในน้ำที่ใช้ทดสอบเป็น 80 กรัมต่อลิตร	แช่เส้นใยลงในอิมัลชัน เขย่าที่ความเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที	เส้นใยปอแก้วจากส่วนเปลือกสามารถดูดซับน้ำมันได้ 1.54 กรัม น้ำมันต่อกรัมวัสดุดูดซับ เส้นใยปอแก้วจากส่วนแกนดูดซับน้ำมันได้ 2.74 กรัม น้ำมันต่อกรัมวัสดุดูดซับ และนุ่นดูดซับได้ 8.07 กรัม น้ำมันต่อกรัมวัสดุดูดซับ	Lee et al., 1999

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

วัสดุ	ศึกษา	วิธี/สภาวะศึกษา	การทดลอง	ผลการทดลอง	อ้างอิง
		2. ดูดซับน้ำมัน	แช่เส้นใยลงน้ำมัน เขย่า ที่ความเร็ว 100 รอบต่อ นาที เป็นเวลา 10 นาที	เปลือก แกน ที่ได้จากปอแก้ว และ นุ่น ดูดซับน้ำมันได้ 7.08 7.16 และ 30.62 กรัม น้ำมันต่อกรัมวัสดุ ดูดซับ ตามลำดับ	
นุ่น เส้นใยพืชน้ำ (Cattail fiber) Salvinia sp. เศษไม้ แกลบ กาบมะพร้าว ชานอ้อย และเส้นใย โพลีเอสเตอร์	ศึกษาวิธีการ กำจัดน้ำมัน โดยใช้วัสดุ ดูด ซับธรรมชาติ เปรียบเทียบกับ วัสดุ ดูดซับ ใน เชิงพาณิชย์	ความเข้มข้นของอิมัลชันน้ำ มันในน้ำที่ใช้ทดสอบเป็น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร	ปล่อยให้กระแสน้ำมัน และน้ำผสมกันแล้วไหล ผ่านตัวดูดซับ ด้วย อัตราการไหล 20 มิลลิลิตรต่อ นาที	วัสดุ ดูดซับธรรมชาติทุกตัว ยกเว้น กาบมะพร้าว และชานอ้อย สามารถ ดูดซับน้ำมัน ได้มากกว่าร้อยละ 70 โดยเส้นใยพืชน้ำ (Cattail fiber) สามารถดูดซับน้ำมัน ได้ปริมาณมาก ที่สุด ร้อยละ 87 กาบมะพร้าว ดูดซับ น้ำมัน ได้ร้อยละ 32 ชานอ้อย ดูดซับ น้ำมัน ได้ร้อยละ 20 ส่วนเส้นใยโพลี เอสเตอร์ สามารถดูดซับน้ำมัน ได้สูง ถึงร้อยละ 94 และคายน้ำมัน ที่ดูดซับ ไว้ ได้มากกว่าวัสดุธรรมชาติ ประ มาณร้อยละ 4 ของน้ำมัน ที่ดูดซับไว้	Khan et al., 2004

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

วัสดุ	ศึกษา	วิธี/สภาวะศึกษา	การทดลอง	ผลการทดลอง	อ้างอิง
Salvinia sp. และ Peat Sorb	ศึกษาวิธีกำจัด น้ำมันในน้ำใน รูปอิมัลชัน โดย ใช้วัสดุดูดซับ ธรรมชาติ	1. ดูดซับน้ำมัน	ปล่อยน้ำมันผ่านตัวดูด ซับ ด้วยอัตราการไหล ประมาณ 30 มิลลิลิตร ต่อนาที	Salvinia sp. และ Peat Sorb สามารถ ดูดซับน้ำมันได้สูงสุด 11.6 และ 2.7 กรัม น้ำมันต่อกรัมเส้นใย ตามลำดับ	Ribeiro et al., 2000
		2. ดูดซับอิมัลชันน้ำมันในน้ำ	ปล่อยอิมัลชันผ่าน ตัวดูดซับ ด้วยอัตราการ ไหลประมาณ 30 มิลลิลิตรต่อนาที	Salvinia sp. สามารถดูดซับน้ำมันได้ 1.33 กรัม น้ำมันต่อกรัมเส้นใยและ Peat Sorb สามารถดูดซับน้ำมันได้ 0.26 กรัม น้ำมันต่อกรัมเส้นใย	
ฟางหญ้า (Reed canary grass) และ เส้นใยป่าน (Hemp fiber)	ศึกษาการดูดซับ น้ำมัน 31	1. ดูดซับน้ำมัน	ปล่อยน้ำมันผ่านตัวดูด ซับ	ฟางหญ้าและเส้นใยป่าน (เส้นผ่าน ศูนย์กลางน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร) สามารถดูดซับน้ำมันได้ 2-4 กรัม น้ำ มันต่อกรัมของตัวดูดซับ	Pasila, 2004

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

วัสดุ	ศึกษา	วิธี/สภาวะศึกษา	การทดลอง	ผลการทดลอง	อ้างอิง
		2. ดูดซับอิมัลชันน้ำมันในน้ำ	ปล่อยอิมัลชันผ่านตัวดูดซับ	ฟางหญ้าและเส้นใยป่าน (เส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร) สามารถดูดซับน้ำมันได้ 1-3 กรัม น้ำมันต่อกรัมของตัวดูดซับ	
ฝ้าย ขนไก่ กาบมะพร้าว และ ฟางข้าว	ศึกษาการกำจัดคราบน้ำมันในน้ำโดยใช้วัสดุดูดซับธรรมชาติ	ใช้น้ำมันเตาและดีเซล ความเข้มข้น 5 10 20 40 และ 80 กรัมต่อลิตร	แช่เส้นใยลงในน้ำตัวอย่าง เขย่าที่ความเร็ว 120 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที	พบว่าฝ้ายมีประสิทธิภาพในการกำจัดคราบน้ำมันในน้ำได้สูงสุด รองลงมาคือ ขนไก่ กาบมะพร้าว และ ฟางข้าว ตามลำดับ ความสามารถดูดซับน้ำมันได้เพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่งที่จุดอิ่มตัว และจะเริ่มดูดซับได้คงที่	กฤษณ์ เทียร ชม -ประสิทธิ์ และ ศิริพร พงศ์สันติสุข 2545