บทที่ 2
ข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การสำรวจเอกสารที่เกี่ยวข้อง

เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์ และ อรอุษา สรวารี (เสาวรจน์, 2532) การเสริมแรงยางธรรมชาติด้วยเส้นใยผักตบชวา กระทำโดยการบดผสมยางธรรมชาติ (ทีทีอาร์ 20) ให้เข้ากับเส้นใยผักตบชวาซึ่งผ่านการบดละเอียดแล้ว พร้อมกับสารเคมีต่างๆ ที่จำเป็นในการทำสารประกอบยาง โดยทำการศึกษาอิทธิพลของปริมาณ (5 และ 10 phr) และขนาดของเส้นใยผักตบชวา (ละเอียด ปานกลาง และหยาบ) ต่อสมบัติเชิงกล พบว่าความแข็งของชิ้นงานที่ใส่เส้นใย จะสูงกว่าชิ้นงานที่ไม่ได้ใส่เส้นใยผักตบชวา ซึ่งความแข็งจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณและขนาดของเส้นใยเพิ่มขึ้น แต่ค่าความต้านทานต่อแรงดึงจะต่ำลงเมื่อปริมาณและขนาดของเส้นใยเพิ่มขึ้น สำหรับค่า โมดูลัส (500) จะสูงขึ้น เมื่อปริมาณและขนาดของเส้นใยเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความต้านทานต่อการสึกหรอของชิ้นงานนั้นจะต่ำกว่าชิ้นงานที่ไม่ได้ใส่เส้นใยผักตบชวา ยิ่งปริมาณและขนาดของเส้นใยเพิ่มขึ้นค่าความต้านทานต่อการสึกหรอจะ น้อยลง การใช้สารเชื่อมประสารเพื่อเพิ่มแรงยึดเกาะระหว่างเส้นใยกับยางธรรมชาติจะช่วยเพิ่มสมบัติเชิงกลต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น

โรงเรียนสุราษฎร์พิทยา อำเภอเมืองสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี (พ.ศ.2533) ได้ศึกษาโครงงานเพื่อต้องการคัดเลือกเยื่อในการทำกระดาษจากผลของตาลโตนดมะพร้าว และหมาก พบว่าวิธีทางกล-เคมี คือการนำวิธีเคมีและวิธีกลใช้ร่วมกันผลปรากฏว่าเยื่อตาลโตนดจะมีเส้นใยแยกออกจากกัน และมีความนิ่มของเส้นใยดีกว่าเยื่อมะพร้าวและหมากเมื่อนำเอาเยื่อตาลโตนดทั้ง 3 ระยะ (อ่อน, แก่, สุก) มาทดสอบด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และกำหนดเวลา 30 นาที เท่ากัน จากผลการทดลองพบว่า ตาลโตนดแก่จะได้เยื่อที่มีความนิ่มและแตกเป็นเส้นเล็กๆ เหมาะสมต่อการนำมาทำกระดาษ เมื่อนำเปลือกของตาลแก่ไปต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์, แคลเซียมไฮดรอกไซด์, น้ำขี้เถ้า พบว่าการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จะได้เยื่อที่เหมาะสมต่อการทำกระดาษมากที่สุด หลังจากทดสอบความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน (2 %, 4 %, 6 %, 8 %, 10 %) ในเวลา 30 นาที จากการทดลองพบว่าใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 % ให้ผลการแยกเส้นใยได้ดีที่สุดในเวลาเท่ากันอีก 3 ครั้ง จากการศึกษาพบว่าการผลิตกระดาษจะต้องมีทั้งวิธีทางกลและวิธีทางเคมี ภายใต้เวลาที่เหมาะสมและความเข้มข้นของสารเคมีพอเหมาะจึงจะได้กระดาษที่มีประสิทธิภาพ การทดสอบประสิทธิภาพของกระดาษโดยการดูดซับน้ำพบว่าซึมซับน้ำได้ 4 แผ่นจาก 30 แผ่น ทดสอบแรงดึงพบว่าทนทานต่อแรงดึงโดยคิดจากค่าความเค้นดึงได้ 2.7×10^6 N/m^2 ทดสอบการเรียงตัวของเส้นใยจากกล้องจุลทรรศน์ ลักษณะเนื้อกระดาษมีช่องว่างน้อยระหว่างเส้นใย มีเส้นใยหลายขนาดส่วนมากจะมี

ขนาดเล็กเรียงสารกันไม่พบแป้ง กระดาษมีคุณสมบัติเป็นกลางทดสอบความทึบแสงของกระดาษโดยใช้หลอดไฟ 12 โวลต์ 25 วัตต์ ว่าแสงสามารถส่งผ่านได้ 32 แผ่น ตาลโตนด 1 ผล สามารถทำเยื่อกระดาษได้ 1,344 ตารางเซนติเมตร โดยใช้เงินทุน 2.64 บาท

โรงเรียนบางระจันวิทยา อำเภอบางระจัน สิงห์บุรี (พ.ศ. 2541) ได้ทำการศึกษาเพื่อที่จะนำเอาขยะที่เป็นกระดาษมารีไซเคิล โดยทำการทดลองใช้ส่วนต่าง ๆ ของกล้วยมาเป็นเยื่อประสาน ชนิดของกระดาษที่จะนำมารีไซเคิล ชนิดของแป้ง ปริมาณแป้งที่ใช้ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และปริมาณระหว่างเยื่อกระดาษรีไซเคิลกับเยื่อกระดาษจากกล้วย ผลการศึกษาพบว่า เยื่อกระดาษจากกาบกล้วยแห้งทำหน้าที่เป็นเยื่อประสานดีที่สุด และส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตกระดาษคือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.5 mol/dm^3 กระดาษรีไซเคิลจากกระดาษสาผสมเยื่อกล้วยปริมาณ 100 กรัม : 200 กรัม แป้งมัน 10 กรัม

สุนันท์ ลิ้มตระกูล และคณะ (สุนันท์, 2542) ทำการศึกษาการนำวัสดุปอแก้ว ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นเยื่อกระดาษด้วยกระบวนการโซดาและโซดาออกซิเจน ผลผลิตเยื่อที่ได้ของกระบวนการโซดาและโซดาออกซิเจนมีค่าประมาณ 50.6 เปอร์เซ็นต์ และ 48.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบผลตอบแทนระหว่างกระบวนการโซดาและโซดาออกซิเจน พบว่า การผลิตเยื่อกระดาษด้วยกระบวนการโซดาให้ผลตอบแทนสูงกว่ากระบวนการโซดาออกซิเจน

ปิยพล นาคเบญจพรและคณะ (ปิยพล, 2543)ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการต้มเยื่อจากเปลือกปอสาด้วยกระบวนการฟอร์มาเซล สารเคมีที่ใช้ในการต้มเยื่อ คือ กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก และน้ำในการทดสอบภาวะที่เหมาะสมในการต้มนั้นทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนสารเคมี และระยะเวลาโดยจะทำการต้มที่อุณหภูมิคงที่ 150 องศาเซลเซียส จนได้ภาวะที่ดีที่สุด โดยอัตราส่วนสารเคมีที่ใช้ได้แก่ความเข้มข้นกรดที่ 30 40 50 และ 60 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักตามลำดับ ระยะเวลา 1 1.5 และ 2 ชั่วโมงหลังจากนั้นจะนำเอาเยื่อที่ผ่านการต้มแล้วไปทำการทดสอบทางเคมี ซึ่งค่าที่ดีที่สุดเป็นเยื่อที่ได้จากความเข้มข้นกรด 50 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลา 1 ชั่วโมง

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตจตุจักร กรุงเทพฯ (พ.ศ. 2545) ได้ค้นคว้าเกี่ยวกับสารกระจายเยื่อที่จะช่วยให้เส้นใยกระจายอย่างสม่ำเสมอสารกระจายเยื่อนี้เป็นสิ่งที่มีความสำคัญและมีความจำเป็นมากในการทำแผ่นกระดาษแบบญี่ปุ่น ถ้าขาดสารนี้จะไม่สามารถทำแผ่นได้เลย สารกระจายเยื่อได้มาจากพืชและสารเคมี สารกระจายเยื่อมีคุณสมบัติดังนี้ 1. ช่วยให้เส้นใยกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในอ่างช้อนเยื่อ 2. เพิ่มความแข็งแรงให้กับกระดาษเพราะทำให้เส้นใยมีการเรียงตัวอย่าง

เป็นระเบียบในขณะช้อนแผ่น 3. สามารถผลิตกระดาษที่มีความบางมาก ๆ ได้ 4. ทำให้ได้แผ่นกระดาษที่ดีไม่เกิดรอยย่นบนแผ่นกระดาษ เส้นใยจะมีการประสานยึดเกาะกันมากยิ่งขึ้น ปริมาณของสารกระจายเยื่อที่ใช้ในการผลิตกระดาษคือ 5 g/l สารเคมีที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันนี้ มี 2 ชนิดคือ 1. สาร Acramin เป็นสารเคมีที่ใช้เป็นสารกระจายเยื่อที่มีขายอยู่ในปัจจุบัน 2. สาร PEO (Polyethylene oxide หรือ Anionic polyacrylamide) สารกระจายเยื่อได้มาจากพืช 1. สารกระจายเยื่อที่ได้จาก Tororo aoi (กระเจี๊ยบเขียว) ในฝักจะมีมิวซิเลจ หรือสารกระจายเยื่อจำนวนมาก และยังมีอยู่ในรากด้วย การนำสารกระจายเยื่อมาใช้ได้ทั้งฝัก และราก ถ้าเป็นฝักจะมีปัญหาตรงที่จะมีสีเขียวปนมาบ้าง อาจทำให้กระดาษมีสีเขียวอ่อน ๆ ได้ ในส่วนของรากจะไม่เป็นแต่สารจะ มากหรือน้อยก็ขึ้นกับขนาดของราก 2. สารกระจายเยื่อที่ได้จากว่านหางจระเข้ จะใช้ในส่วนที่เป็นเมือกของว่านหางจระเข้

ทรงพล เจริญรักษาและคณะ (ทรงพล, 2546) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการแยกเส้นใยจากหญ้าแฝกซึ่งโครงการนี้ศึกษาต้องการศึกษา 3 วิธี คือ 1. การขูดสด 2. หมักในน้ำในเวลาที่แตกต่างกัน 3. ต้มในโซดาไฟที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน เพื่อต้องการหาว่าวิธีใดสามารถแยกเส้นใยหญ้าแฝกออกจากต้นมากที่สุด จากการศึกษาพบว่าวิธีที่สามารถแยกเส้นใยหญ้าแฝกได้ง่ายที่สุดคือ วิธีการที่ต้มด้วยโซดาที่ความเข้มข้น 1.5 % ใช้เวลา 2 ชั่วโมงและอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสได้ปริมาณเส้นใยที่มากที่สุดเท่ากับ 1.35 กรัม วิธีการหมักในน้ำ 20 วันได้ประมาณเส้นใยเท่ากับ 0.48 กรัม และวิธีการแยกเส้นใยด้วยวิธีการขูดสดเป็นวิธีที่แยกเส้นใยได้น้อยที่สุดเท่ากับ 0.30 กรัม ลักษณะภาพตัดขวางของเส้นใยหญ้าแฝกจะมีลักษณะกลมๆ คล้ายเม็ดถั่วมีรูอยู่ตรงกลาง และภาพตามยาวเป็นทรงกระบอกกลมมีเส้นตรงกลางสีดำอยู่ภายในเส้นใยลักษณะเส้นใยลักษณะเส้นใยที่ได้มีเส้นใยที่ได้มีเส้นใยหลาย ๆ เส้นเกาะอยู่บนเส้นใย หญ้าแฝกพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ต้มด้วยโซดาไฟ 0.5% ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 3 ชั่วโมง มีความแข็งแรงมากที่สุดเท่ากับ 5.634 g/den เส้นใยหญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ที่หมักในน้ำ 20 วันนี้มีความยาวมากที่สุดเท่ากับ 21.4 เซนติเมตร ความละเอียดของเส้นใยหญ้าแฝกมีความละเอียดน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยปอ

นิศากร เจริญดี (นิศากร, 2546) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวการผลิตแผ่นไม้อัดจากผักตบชวา เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นไม้อัดจากผักตบชวา และเพื่อศึกษาสมบัติของแผ่นไม้อัดที่ผลิตจากผักตบชวารวมถึงสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล เป็นการเพิ่มมูลค่าของวัชพืชน้ำและลดปริมาณวัชพืชน้ำ ทำการทดลองโดยใช้สารเชื่อมติด คือ กาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ 10 เปอร์เซ็นต์ และกาวฟีนอล-ฟอร์มัลดีไฮด์ 5 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ผักตบชวาสามารถนำมาอัดเป็นแผ่นชิ้นไม้อัดได้ ซึ่งมีสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน มอก. 876-2532

จากการวิเคราะห์โดยใช้ค่ามาตรฐาน Z (Z–Score) พบว่า แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผลิตจากผักตบชวาผสมกาวยูเรีย-ฟอร์มัลดีไฮด์ ความหนาแน่น 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และสารพาราฟินอิมัลชัน 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นไม้แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผลิตจากผักตบชวาที่มีคุณภาพดีที่สุด

ปฏิญญ์ อิ่มกระจ่าง (ปฏิญญ์, 2546) ได้ทำการศึกษาของสมบัติของเส้นใยจากผักตบชวา และสามารถแบ่งการแยกเส้นใยได้ 3 วิธีคือ 1. การหมักที่เวลาต่างกัน 2. การแช่ในน้ำร้อนที่เวลาต่างกัน 3. การต้มด้วยสารละลายโซดาไฟ ที่ความเข้มข้นต่างกันและเวลาต่างกัน จากการทดลองพบว่าวิธีที่สามารถแยกเส้นใยได้ดีที่สุด คือการต้มด้วยสารละลายโซดาไฟ เพราะว่าสามารถที่จะกำจัดสิ่งสกปรกออกจากเส้นใยได้ดีกว่าการแยกเส้นใยชนิดอื่นๆ จึงทำให้มีสมบัติของเส้นใยดีขึ้น เช่น การดูดซึมความชื้นและการติดสี แต่ก็มีคุณสมบัติของเส้นใยลดลงเมื่อแยกเส้นใยด้วยการต้มด้วยโซดาไฟ คือ ความแข็งแรง ความยาวของเส้นใย เส้นใยจากกากปาล์มน้ำมันจะมีความหยาบมาก ภาพตัดขวางของเส้นใยจะมีลักษณะที่คล้ายกับเส้นใยฝ้าย ภาพตัดตามยาวของเส้นใยจะมีการบิดตัวคล้ายกับริบบิ้น

วิขัณฑ์ อรรณพานุรักษ์ (วิขัณฑ์, 2546) ได้ทำการศึกษาการผลิตเยื่อจากไม้ยูคาลิปตัสโดยใช้กรดอะซิติกกับกรดซัลฟุริกที่ความดันบรรยากาศ จากการศึกษาโดยการวัดขนาดเส้นใย องค์ประกอบทางเคมี และเยื่อเคมีของยูคาลิปตัส จำนวน12 ภาวะโดยการทดลองนำชิ้นไม้มาทำการต้มก่อนที่จุดเดือดด้วยกรดอะซิติก 70, 80 และ 90 เปอร์เซ็นต์ รวม 3 ระดับมีอัตราส่วนของเหลวต่อวัตถุดิบ 3, 5, 7 และ 10 เท่ารวม 4 ระดับเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทำการต้มครั้งหลังที่จุดเดือดด้วยกรดอะซิติกและอัตราส่วนเช่นเดียวกัน โดยมีการเติมกรดซัลฟุริก 0, 0.2, 0.3, 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ รวม 5 ระดับใช้เวลา 3, 4 และ 5 ชั่วโมง จะได้มวลยูคาลิปตัสที่มีการต้มครั้งแรกด้วยกรดอะซิติก 90 เปอร์เซ็นต์ และอัตราส่วนของเหลวต่อวัตถุดิบ 7 เท่า เป็นเวลา 1 ชั่วโมงแล้วต้มครั้งหลังด้วยกรดอะซิติกและอัตราส่วนเช่นเดียวกันโดยมีการเติมกรดซัลฟุริก 0.3 เปอรเซ็นต์ ใช้เวลา 4 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด โดยให้ส่วนที่เป็นเยื่อ 41.63 เปอร์เซ็นต์ และส่วนที่ไม่เป็นเยื่อ 1.91 เปอร์เซ็นต์ เมื่อผลิตกระดาษจะให้ดัชนีความต้านแรงดันทะลุ ความต้านต่อการหักพับ ดัชนีแรงดึง และความต้านแรงฉีกขาด มีค่า 2.28 กิโลปาสคาล.ตารางเมตร ต่อกรัม, 9.11, 43.68 นิวตันเมตรต่อกรัม และ 3.36 มิลลินิวตันตารางเมตรต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งเป็นสมบัติที่ใช้ในการพิมพ์และเขียนได้

ธนธร ทองสัมฤทธิ์และคณะ (ธนธร, 2548) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวการผลิตเยื่อและกระดาษจากต้นฐูปฤาษีให้เหมาะสมต่อการผลิตบรรจุภัณฑ์ประเภทเยื่อกระดาษขึ้นรูป เยื่อกระดาษได้จากการต้มใบฐูปฤาษีแบบระบบปิดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปรับปรุงสมบัติกระดาษโดยผสมสารเติมเต็ม สารเพิ่มความแข็งแรง และสารต้านการซึมน้ำ จากนั้นตรวจสอบสมบัติกระดาษและทดลองขึ้นรูปเยื่อ โดยเปรียบเทียบกับการใช้เยื่อคราฟท์ที่รีไซเคิลจากกระดาษ

ลูกฟูกร้อยละ 50 และ 100 พบว่าปริมาณโซเดียม-ไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 10 ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งทำให้กระดาษมีความต้านทานแรงดึงขาดและแรงดันทะลุดีที่สุด ปริมาณที่เหมาะสมของสารเติมเต็ม สารเพิ่มความแข็งแรง และสารต้านการซึมน้ำคือร้อยละ 0.1, 0.06 และ 0.15 ของน้ำหนักเยื่อแห้งตามลำดับ ส่วนบรรจุภัณฑ์ขึ้นรูปที่ได้จากการผสมเยื่อธูปฤาษีกับเยื่อกระดาษคราฟทรีไซเคิลที่อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 0:1 มีค่าความต้านทานแรงกดประมาณ 127, 294 และ 523 กิโลกรัมแรง ตามลำดับ

สุชปา เนตรประดิษฐ์ และคณะ (สุชปา, 2548) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวการ พัฒนากระดาษใบสับปะรดให้เหมาะสมต่อการพิมพ์บรรจุภัณฑ์สำหรับสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ โดยทำการผลิตเยื่อกระดาษด้วยการต้มวัตถุดิบแบบระบบเปิดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ นาน 4 ชั่วโมง และฟอกขาวด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ นาน 3.5 ชั่วโมง จากนั้นทำการปรับปรุงสมบัติกระดาษใบสับปะรดโดยผสมเยื่อต้นปอสาในอัตราส่วนร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 ของน้ำหนักแห้ง แล้วผสมสารเติมเต็ม สารเพิ่มความแข็งแรง และสารต้านการซึมน้ำร้อยละ 2, 1.2 และ 2 ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ เมื่อตรวจสอบสมบัติกระดาษ คุณภาพงานพิมพ์ และสมบัติการบรรจุหีบห่อ พบว่ากระดาษใบสับปะรดมีสมบัติทางกายภาพ เชิงกล และทัศนศาสตร์ดีขึ้นเมื่อผสมเยื่อปอสาในปริมาณมากขึ้น แต่ความเรียบและคุณภาพงานพิมพ์ด้อยลง อัตราส่วนของเยื่อใบสับปะรดต่อเยื่อปอสาที่เหมาะสม คือ 70 : 30 ซึ่งทำให้กระดาษเรียบและมีคุณภาพงานพิมพ์ดี

วิขัณฑ์ อรรณพานุรักษ์ และคณะ (วิขัณฑ์, 2552) ได้ทำการศึกษาการผลิตเยื่อคราฟท์จากหญ้าแฝก โดยศึกษาทางด้านสัณฐานเส้นใย องค์ประกอบทางเคมี และภาวะเพื่อการผลิตเยื่อเคมีจากหญ้าแฝกโดยกรรมวิธีคราฟท์ ซึ่งมีภาวะ sulfidity 25 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับ active alkali 9 - 19 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนวัตถุดิบต่อของเหลว 1 : 4 ที่อุณหภูมิ 165 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการต้มเยื่อ 3 ชั่วโมง ผลปรากฏว่า ภาวะการต้มเยื่อที่เหมาะสม คือ active alkali 12 เปอรเซ็นต์ ให้ผลผลิตเยื่อ 40.79 เปอรเซ็นต์ และค่า kappa number 18.96 สมบัติของเยื่อที่ได้อยู่ในช่วงของเยื่อคราฟท์ทั่วไปที่ใช้ในการผลิตกระดาษห่อของ เยื่อคราฟท์ฟอกขาวจากหญ้าแฝกโดยวิธี P-P มีความขาวที่ 73.92 เปอร์เซ็นต์ ISO และมีสมบัติดีเหมาะสำหรับผลิตกระดาษพิมพ์และเขียน

วิทยา ปั้นสุวรรณ (วิทยา, 2552) ทำการศึกษาการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของพืชที่ไม่ใช่ไม้ จำนวน 10 ชนิด คือ เปลือกในปอสา เปลือกในปอกระเจา เปลือกในปอแก้ว เปลือกในปอคิวบา เปลือกในหม่อน ใบสับปะรด ชานอ้อย ฟางข้าว กาบกล้วย กาบปาล์มน้ำมัน เพื่อหาข้อมูลเบื้องต้นที่เป็นประโยชน์ในการเลือกวัตถุดิบที่เหมาะสมในอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษของประเทศไทย โดยวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ปริมาณโฮโลเซลลูโลส ลิกนิน เถ้า

สารแทรกที่ละลายได้ในเอทานอลและเบนซินและแอลฟาเซลลูโลส ผลการวิเคราะห์พบว่าเปลือกในของปอทุกชนิด คือ ปอสา ปอแก้ว ปอกระเจา ปอคิวบา เหมาะสมที่จะใช้ทำเยื่อกระดาษ กาบกล้วยไม่เหมาะสม ส่วนเปลือกในของหม่อน ใบสับปะรด กาบปาล์มน้ำมันมีความเป็นไปได้ที่จะใช้ทำเยื่อกระดาษได้ เพราะมีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับชานอ้อยและซังข้าว ซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษในปัจจุบัน

วิทยาลัยประมงติณสูลานนท์ จังหวัดสงขลา (วิทยาลัยประมงติณสูลานนท์, 2552) ได้ศึกษาสภาวะการแยกเส้นใยและคุณภาพกระดาษจากต้นธูปฤาษี ต้นธูปฤาษีเป็นพืชตระกูลกกเจริญเติบโตตามพื้นที่รกร้างว่างเปล่าและมีหนองน้ำชื้นแฉะ การนำต้นธูปฤาษีมาใช้เป็นวัสดุทดแทนในการผลิตกระดาษ จึงเป็นทางเลือกที่ดี ช่วยลดต้นทุนการผลิตกระดาษ และเป็นการนำวัสดุธรรมชาติมาใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่ายิ่งขึ้น ปัจจุบันข้อมูลการแยกเส้นใยพืชจากต้นธูปฤาษีเพื่อการนำไปใช้ในการผลิตกระดาษยังมีน้อย ดังนั้นผู้ทดลองจึงต้องการศึกษาสภาวะของการแยกเส้นใยจากต้นธูปฤาษีและศึกษาคุณภาพกระดาษจากสภาวะต่างๆที่ทดลองโดยประยุกต์กระบวนการกึ่งเคมี และคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้สารเคมี เพื่อเป็นข้อมูลกระบวนการผลิตกระดาษจากต้นธูปฤาษีที่มีคุณภาพและการนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ต่อไปในเชิงพาณิชย์อีกทั้งเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมด้วย

2.2 ผักตบชวา

ผักตบชวา (Water Hyacinth) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Eichlornia crassipes* (Mart.) Solms อยู่ในวงศ์ Pontederiaceae และอันดับ Commelinales ผักตบชวาเป็นพืชที่เจริญอยู่บนผิวน้ำ จัดเป็นประเภทลอยน้ำ (Floating plant) โดยปกติรากจะไม่ยึดติดกับพื้นดิน จึงถูกกระแสลมหรือน้ำพัดพาไปได้ไกลๆ แต่ถ้าน้ำตื้นรากจะหยั่งยึดติดกับพื้นดินได้ ลักษณะทรงต้น ประกอบด้วยกลุ่มของใบเรียงกันเป็นกระจุก ในต้นหนึ่งๆ จะมีใบตั้งแต่สองใบขึ้นไป ที่โคนก้านใบจะมีกาบใบ (Sheath) ลักษณะเป็นเยื่อบางๆ สีขาวแกมเขียวอ่อนๆ แต่เมื่อมีอายุมากขึ้นก็จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล บริเวณของกาบใบ เป็นสีน้ำตาลแกมม่วง จะเชื่อมติดต่อกันโดยมีไหล ซึ่งเป็นลำต้นที่ทอดไปตามผิวน้ำช่วยในการขยายตัวของผักตบชวาให้เพิ่มขึ้น ต้นหนึ่งๆ ของผักตบชวาจะมีไหลแตกออกไปได้หลายอัน เมื่อไหลแตกออกไปแล้วก็จะเจริญขึ้นเป็นต้นใหม่แต่ยังติดกับต้นเดิมอยู่และเกิดเป็นกอขึ้นพร้อมทั้งมีรากเกิดขึ้น รากของผักตบชวาเป็นแบบรากฝอย (Fibrous root) มีรากย่อยๆ เป็นกระจุก ใบ เป็นแบบใบเดี่ยว (Simple leaf) ประกอบด้วย แผ่นใบ (Blade) และก้านใบ (Petiole) แผ่นใบมีลักษณะคล้ายรูปหัวใจ (Chordate) ขอบใบเรียบ ระบบเส้นใบ (Venation) ซึ่งทำหน้าที่ลำเลียงน้ำ

และอาหาร เป็นแบบเส้นใบขนาน ก้านใบมีลักษณะกลม เรียบ อวบน้ำ และพองออกเป็นทุ่นลอยน้ำ เรียกว่า Buoyancy leaf

ผักตบชวาขึ้นได้ทุกสภาพน้ำ เจริญเติบโตได้ดีที่ pH 4 - 10 และอุณหภูมิของน้ำไม่สูงกว่า 34 องศา-เซลเซียส และในลำต้นจะมีน้ำเฉลี่ยประมาณร้อยละ 95 (ในใบร้อยละ 89 และในก้านใบร้อยละ 96.7) ผักตบชวาช่วยในการบำบัดน้ำเสีย โดยอาศัยสมบัติทำหน้าที่เป็นตัวกรอง ผักตบชวาที่ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่น เปรียบได้กับการบรรจุวัสดุพรุน ซึ่งกรองน้ำที่ไหลผ่านกอผักตบชวาอย่างช้าๆ ทำให้ของแข็งแขวนลอยต่างๆ ที่ปนอยู่ในน้ำถูกสกัดกั้น นอกจากนี้ ระบบรากที่มีจำนวนมากสามารถช่วยกรองสารอินทรีย์ที่ละเอียดและจุลินทรีย์ที่อาศัยเกาะอยู่ที่รากจะช่วยดูดสารอินทรีย์ไว้ด้วยอีกทางหนึ่ง รากผักตบชวาจะดูดสารอาหารที่อยู่ในน้ำ ลำเลียงไปยังใบเพื่อสังเคราะห์แสง ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียจึงถูกกำจัดไป พบว่าผักตบชวาสามารถดูดไนโตรเจน ที่อยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์ได้สูงกว่าไนโตรเจนในรูปอื่นๆ ประมาณร้อยละ 95 แต่การใช้ผักตบชวาบำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูง จะส่งผลให้ผักตบชวาเจริญเร็วขึ้นและปกคลุมพื้นที่ผิวน้ำมากขึ้น เมื่อผักตบชวาตาย จะเน่าอยู่ในน้ำ ทำให้น้ำเสียนั้นมีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นอีก และสามารถบำบัดน้ำเสียได้โดยตรง แต่ถ้าน้ำเสียมีสารมลพิษอยู่ปริมาณสูงหรือน้ำเสียมีปริมาณมาก การใช้ผักตบชวาบำบัดน้ำเสียจะให้ผลช้าและน้ำอาจเน่าเสียได้ นอกจากนี้ผักตบชวายังใช้เป็นอาหารสัตว์ ในปัจจุบันมีการนำผักตบชวาไปแปรรูปเป็นอาหารสัตว์โดยการบดเอาน้ำออก อบให้แห้ง แล้วอัดเป็นเม็ดแบบเดียวกับมันสำปะหลังเม็ด ผักตบชวาแห้งมีโปรตีน 11.15 เปอร์เซ็นต์ นำไปถักเป็นเครื่องถักสาน เช่น กระเป๋า ที่รองแก้ว หมวก และใช้ผลิตก๊าซชีวภาพและปุ๋ยหมัก เป็นที่อยู่ของปลาและสัตว์น้ำสภาพใต้แพผักตบชวาเหมาะสำหรับการดำรงชีพของปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ ซึ่งเป็นอาหารบริบูรณ์

ลำดับพฤกษศาสตร์ของผักตบชวา

ชื่อสามัญ : Water Hyacinth

ชื่อทางวิทยาศาสตร์ : *Eichhornia Crassipes (Mart.) Solms.*

ชื่อวงศ์ (Family) : Pontederiaceae

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ภาพที่ 2.1 ผักตบชวา

ที่มา: www.vcharkarn.com, 2553

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของผักตบชวา

1.ราก โดยปกติรากจะไม่ยึดติดกับพื้นดิน จึงถูกกระแสลมหรือน้ำพัดพาไปได้ไกลๆ แต่ถ้าน้ำตื้นแล้ว รากจะหยั่งยึดติดกับพื้นดินได้ รากของผักตบชวาเป็นแบบรากฝอย (Fibrous root) คือ มีรากย่อยๆ เป็นกระจุก รากที่แทงออก จะมีลักษณะอวบ สีขาว เมื่อมีอายุมากขึ้นจึงจะมีรากขนอ่อน (Root hair) ที่มีสีน้ำตาลอ่อน และเมื่อแก่ รากขนอ่อนนี้จะเป็นสีน้ำตาลแก่จนถึงสีดำ ความยาวของรากจะแตกต่างกันไป บางเส้นก็ยาวเกือบถึงหนึ่งเมตร (60-90 ซม.)

2. ลำต้น สูงประมาณ 30-90 เซนติเมตร มีลำต้นสั้น รากแตกออกจากลำต้นบริเวณข้อ รากมักมีสีม่วงดำ ลำต้นมี 2 ชนิด คือลำต้นใต้ดินมีลักษณะสั้น ส่วนอีกชนิดคือลำต้นบนดิน จะชูเมื่อมีดอก ลักษณะกลมเรียวตั้งตรง ปลายสุดมีข้อให้กำเนิดใบและช่อดอก ยาวประมาณ 4-51 เซนติเมตร

3. ใบ ออกเป็นกลุ่มรอบลำต้น ใบกว้างใหญ่ มีรูปร่างค่อนข้างกลม ส่วนฐานใบเว้าเข้าหาก้านใบ มีหูใบ ส่วนของใบพองออก ภายในมีรูพรุนคล้ายฟองน้ำ ใบมี 2 ชนิด คือใบปรกติมีรูปร่างแบบรูปไข่ (Ovate) รูปหัวใจ (Cordate) กลมคล้ายใบบัว (Orbicular) หรือรูปไต (Reniform) ส่วนอีกชนิดเกิดบนช่อดอกเป็นใบขนาดเล็กรูปหัวใจ โคนก้านใบแผ่ออกเป็นกระเปาะหุ้มช่อดอก

4. ดอก ออกเป็นช่อแบบช่อเชิงลด (Spike) คือดอกย่อยเรียงอยู่บนแกนกลางอันเดียวไม่มีก้านดอกย่อย ช่อหนึ่งๆ มีดอกย่อยประมาณ 4-60 ดอก ก้านช่อดอกยาวประมาณ 15-30 เซนติเมตร ฐานกลีบดอกหลวมรวมกันเป็นรูปกรวย กลีบเลี้ยงและกลีบดอกหลอมรวมกันเป็นมีสีม่วง ดอกย่อยเป็นสมบูรณ์เพศแบบ Zygomorphic โคนกลีบดอกเป็นท่อ (Tube) ปลายกลีบแยกจากกันแต่เรียวซ้อนเหลี่ยมกัน สีม่วง กลีบตรงกลางขนาด 2.3x3.5 เซนติเมตร ส่วนกลีบอื่นๆ ขนาด

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 01 ต.ค. 2555
เลขทะเบียน 247344
เลขเรียกหนังสือ

1.2x3.5 เซนติเมตร เกสรตัวผู้ 6 อัน สั้น 3 อัน ยาวประมาณ 0.6 เซนติเมตร ส่วนเกสรตัวผู้ยาว 3 อัน มีความยาวประมาณ 2.5 เซนติเมตร ก้านเกสรตัวผู้มีขนตรงปลาย ขนพองกลม เกสรตัวเมีย มีรังไข่อยู่เหนือโคนกลีบ (Superrior ovary) มี 3 ห้อง ไข่อ่อนยึดติดแกนรังไข่ (Axial placentation) ก้านเกสรตัวเมียมีขนสั้นๆ ปลายขนพองกลม การพัฒนาของช่อดอกเกิดจากลำต้นโดยตรง ลำต้นเจริญชูสูงขึ้นตรงปลายมีแผ่นใบรูปหัวใจเล็กๆ มีกาบบางใสหุ้มรอบและมีกาบหนาหุ้มรอบส่วนนี้กับโคนก้านใกล้เคียง และบริเวณโคนก้านใบที่อยู่บนลำต้นนี้มีลักษณะป่องเล็กน้อย เป็นส่วนของกระเปาะที่เกิดของช่อดอก เมื่อช่อดอกเจริญ ลำต้น และก้านใบนี้ยืดยาวขึ้น ทำให้กาบใบที่หุ้มขาดออกจากกัน เมื่อช่อดอกเจริญมากขึ้นจะค่อยๆ แทงออกทำให้กระเปาะปริและดอกย่อยทยอยบานจากโคนช่อดอกย่อยแต่ละดอกบานเพียงวันเดียว และบานช่วงเช้าเมื่อได้รับแสงอาทิตย์ พอตกเย็นดอกย่อยจะหุบกลีบดอกขดเป็นเกลียว ช่อดอกจะโค้งงอลงสู่พื้นน้ำและพัฒนาเป็นผลต่อไป

ดอก ผักตบชวามีดอกสีม่วง ดอกออกเป็นช่อ ไม่มีก้านดอก ดอกแต่ละดอกประกอบด้วยกลีบดอก (Perianth) 6 กลีบ ปลายกลีบแยกเป็นแฉก มีขนาดแตกต่างกัน ส่วนโคนกลีบจะติดกันเป็นหลอด (Tube) มีสีเขียว มีเกสรตัวผู้ (Stamen) 6 อัน สั้น 3 ยาว 3 ติดอยู่ที่ตอนล่างของกลีบดอก อับเกสรตัวผู้ (Anther) มีสีเหลือง ส่วนเกสรตัวเมีย (Pistil) มีส่วนตรงปลายเรียกว่า Stigma มีสีม่วงอ่อน อยู่บนก้าน ต่อมากจากรังไข่ (Ovary) ซึ่งอยู่เหนือกลีบดอก (Superior ovary) รังไข่นี้เมื่อได้รับการผสมแล้ว จะเจริญขึ้นเป็นผล แต่ตามปกติแล้วในสภาพแวดล้อมในประเทศไทยมักจะไม่ค่อยพบว่า มีการผสมของดอกผักตบชวา จึงไม่ค่อยพบเมล็ด ผักตบชวา ในกรณีที่มีการผสมเมล็ดมีขนาดเล็กมาก สีน้ำตาลเข้ม หลังจากที่ดอกบานได้ 48 ชั่วโมง และไม่มีแมลงมาช่วยผสมเกสร จะเกิดการผสมตัวเอง หลังจากนั้น 3 สัปดาห์ เมล็ดเล็กๆ สีดำจะแก่ และก้านช่อดอกจะโค้งงอลงเบื้องล่าง เมื่อกระเปาะผลแตก เมล็ดก็จะหลุดลงสู่พื้นท้องน้ำ ในเนื้อที่ 1 ไร่ จะมีเมล็ดตกในโคลนตมใต้พื้นน้ำถึง 18 ล้านเมล็ด และสามารถรักษาความงอกอยู่ได้นานถึง 15 ปี เพราะฉะนั้นภายใต้พื้นน้ำของดินแดนต่างๆ ที่เคยมีผักตบชวาขึ้นอยู่อาจจะมีเมล็ดผักตบชวาสะสมอยู่นับเป็นพันล้านเมล็ด รอคอยที่จะงอกจากเมล็ดเป็นต้นอ่อนเมื่อถึงคราวจำเป็น

5. ผล แบบผลแห้งแตก (Capsule) แบ่งเป็น 3 พู เมื่อแก่แตกกลางพู (Loculicidal capsule) ลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก ฐานกลมขนาด 0.3 x 1.0 เซนติเมตร ปลายผลมีลักษณะแหลมยื่นออกมาจากเมล็ด มีเมล็ดเป็นจำนวนมาก เมล็ดกลมอยู่ภายในผล มีขนาด 0.25 x 1.17 มิลลิเมตร มีสันตามแนวยาวของเมล็ด 10 - 12 สัน การติดเมล็ดของผักตบชวาตามธรรมชาติมีเปอร์เซ็นต์ไม่สูงมากนักและปริมาณการติดเมล็ดจะแตกต่างกันไปในแต่ละท้องที่ เช่น อินเดีย มีรายงานการติดเมล็ด 35 เปอร์เซ็นต์ ญี่ปุ่น 16 - 25 เปอร์เซ็นต์ ไทย 9 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้ามีการช่วยผสมเกสรการติดเมล็ดจะสูงขึ้นคือประมาณ 20 - 91 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่ผักตบชวานั้นๆ ขึ้นอยู่จำนวนเมล็ด

ผักตบชวาในธรรมชาตินั้นได้มีรายงานว่าในพื้นที่ 1 ไร่ มีเมล็ดของผักตบชวาจมอยู่ในโคลน 18 ล้านเมล็ด และมีชีวิตอยู่ในดินได้นานถึง 15 ปี เมล็ดสามารถมีชีวิตอยู่ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 4 - 40 °C ปรกติเมล็ดงอกได้ในสภาพอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 22 °C และอยู่ในสภาพที่มีแสง

2.3 สับปะรด

เป็นพืชล้มลุกชนิดหนึ่งที่มีต้นกำเนิดมาจากแถวๆทวีปอเมริกาใต้ ลำต้นมีขนาดสูงประมาณ 80-100 เซนติเมตร การปลูกก็สามารถปลูกได้ง่ายโดยการใช้หน่อหรือที่เป็นส่วนยอดของผลที่เรียก ว่า จุก มาฝังกลบดินไว้ และออกเป็นผล เปลือกของผลสับปะรดภายนอกมีลักษณะคล้ายตาล้อมรอบผล (วิกิพีเดีย, 2554)

ลำดับพฤกษศาสตร์

ชื่อสามัญ : Pineapple

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Ananas comosus* (L.) Merr.

ชื่อวงศ์ (Family) : Bromeliaceae

ภาพที่ 2.2 สับปะรด

ที่มา : http://www.rakbankerd.com, 2553

ลักษณะทางพฤกษศาสต์ของสับปะรด

1. ราก ระบบรากเป็นแบบรากฝอย (Fibrous root system) รากที่เจริญจากลำต้นใต้ดิน เรียกว่า รากดิน (Soil root) สำหรับรากที่เกิดตามมุมใบบนส่วนของลำต้นที่อยู่เหนือผิวดิน เรียกว่า รากมุมใบ (Axillary root)

2. ลำต้น รูปร่างคล้ายทรงกระบอก มีลักษณะโค้งเล็กน้อย บริเวณส่วนกลางลำต้นมีขนาดใหญ่ ตามมุมใบของลำต้นที่อยู่เหนือผิวดินมีหน่ออากาศ (Air sucker) ส่วนหน่อที่เจริญมาจากตาบนลำต้นที่ระดับผิวดินหรือใต้ผิวดินเรียกว่า หน่อดิน (Ground sucker)

3. ใบ ใบเป็นใบเดี่ยว (Simple leaf) มีลักษณะเรียวยาวเป็นร่อง โค้งและปลายใบแหลม ใบมีขนเล็กๆ (Trichome) สีขาวลักษณะคล้ายร่มปกคลุมอยู่ทั่วไป เกิดเวียนรอบลำต้น (Spiral) มีการจัดเรียงตัว (Phyllotaxy) เท่ากับ 5/13

4. ดอก ช่อดอกเป็นแบบ Raceme มีดอกย่อย (Floret) และ Bract เชื่อมติดกันอยู่บนแกนกลางของช่อดอก (Rachis) ดอกย่อย ประกอบด้วย Bract กลีบเลี้ยง (Sepal) กลีบดอก (Petal) โคนกลีบดอกมีสีขาวและมีสีม่วงอมฟ้าที่ส่วนปลาย เกสรตัวผู้ (Stamen) เกสรตัวเมีย (Pistil) ยอดเกสรตัวเมีย (Stigma) และรังไข่ (Ovary) มีต่อมน้ำหวาน (Nectary gland) 3 ต่อมอยู่บนผนังรังไข่

5. ผล ผลเป็นแบบผลรวม (Multiple fruit) รูปร่างแบบกรวย (Cone) ทรงกระบอก (Cylinder) และทรงกลม (Sphear) มีหน่อเกิดขึ้นตามมุมใบเรียกว่าตะเกียง (Slip) และมีจุก (Crown) อยู่บนผลสับปะรด

2.4 กล้วย

กล้วย เป็นพืชล้มลุกขนาดใหญ่ จัดอยู่ในตระกูล Musaceae มีถิ่นกำเนิดในแถบตะวันออกเฉียงใต้ เจริญเติบโตได้ดีในดินแทบทุกชนิด โดยเฉพาะอากาศอบอุ่นและชุ่มชื้น เป็นพืชปลูกง่าย ไม่ยุ่งยากในการบำรุงรักษาและให้ผลผลิตตลอดปี (วิกิพีเดีย, 2554)

ลำดับพฤกษศาสตร์

ชื่อสามัญ : Banana

ชื่อวิทยาศาสตร์ *: Musa*

ชื่อวงศ์ (Family) : Musaceae

ภาพที่ 2.3 ต้นกล้วย

ที่มา : www.eco-agrotech.com, 2553

เนื่องจากกล้วยเป็นพืชอาหารที่มีประโยชน์ รสชาติดี และปลูกเลี้ยงง่าย ดังนั้น ประเทศไทยจึงมีการปลูกกล้วยเพื่อบริโภคอย่างแพร่หลาย ตั้งแต่ระดับครัวเรือนจนถึงการปลูกเพื่อการจำหน่ายในระดับอุตสาหกรรม จัดเป็นพืชเศรษฐกิจพืชหนึ่งที่สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรทั่วทุกภาคของประเทศ

ลักษณะทางพฤกษศาสต์ของกล้วย

1. ราก ต้นกล้วยเริ่มต้นจะมีรากแก้วสีขาว ต่อมารากแก้วก็จะเจริญเติบโตเป็นรากฝอย ซึ่งระยะต้นอ่อนจะเป็นรากฝอยสีขาว เมื่อต้นแก่ตัวก็จะกลายเป็นรากฝอยสีน้ำตาลประสานกันเป็นร่างแหกระจายอยู่ใต้ดินเป็นแพกว้าง

2. ลำต้นแท้ ลำต้นแท้ของต้นกล้วยเป็นลำต้นใต้ดินคือเหง้ากล้วยที่มีขนาดใหญ่ เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 30เซนติเมตร ลำต้นแท้ของกล้วยมีลักษณะเป็นหัวอยู่ใต้ดิน (Corm) ในกล้วยเกือบทุกชนิดการเจริญของหน่อ (Sucker) จะอยู่ขนาน กับพื้นดินและแทงขึ้นสู่อากาศซึ่งจะมองเห็นได้อย่างชัดเจน เมื่อมีการแทงหน่อมากขึ้น เราเรียกว่าการแตกกอ ในกล้วยส่วนใหญ่มีการแตกกอถี่และแน่น แต่บางชนิดมีการแตกกอห่างหรือกระจาย เช่น กล้วยหก และกล้วยบัวสีส้ม ซึ่งแตกกอห่างไกลจากต้นแม่มาก นอกจากนี้ยังพบว่ากล้วยในสกุลกล้วยผาไม่มีการแตกกอ และกล้วยสกุลนี้ต้องขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ดที่หัวหรือที่ลำต้นแท้ของกล้วยจะเห็นตา (Bud) เจริญอยู่ทางด้านข้าง ตานี้จะอยู่ระหว่างกึ่ง กลางของฐานใบและมีฐานกาบใบหุ้มอยู่ ดังนั้นจึงมองไม่ค่อยเห็น ในช่วงแรกของการเจริญของตาจะเห็นตาเป็นรูปห้าเหลี่ยม และเมื่อมีการเจริญขึ้นรูปร่างของตาจะค่อยๆ ขยายกลายเป็นสี่เหลี่ยมตาเหล่านี้จะเกิดรอบๆต้น เมื่อมีการเจริญเติบโตจะมีการแทงหน่อตั้งขึ้นและมีการเจริญอย่างรวดเร็วเมื่อผ่าหัวหรือลำต้นใต้ดิน (Corm) ดู จะพบว่าหัวแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนใจกลาง เรียกว่า Central cylinder และส่วนล้อมรอบของ Cortex โดยมีท่อน้ำท่ออาหาร

(Vascular bundle) จำนวนมากเป็นตัวเชื่อมระหว่างส่วนทั้ง 2 นั้นเนื้อเยื่อของลำต้นประกอบ ด้วยเซลพาเรนไคมา ซึ่งมีแป้งบรรจุอยู่ภายใน (Starchy parenchyma) เมื่อผ่าตามแนวยาวจะเห็นจุดเจริญเป็นรูสามเหลี่ยม และมีใบหุ้มซ้อนๆกันอยู่ ข้างล่างของจุดเจริญเป็นแคมเบี่ยม (Cambium) มีความหนาประมาณ 3 เซนติเมตร ที่จุดเจริญนี้มีการสร้างใบและลำต้นเทียม (Psuedostem) เหนือดิน สำหรับลำต้นใต้ดินเรียกว่า Corm และมีท่อน้ำท่ออาหารเป็นเซลล์เดี่ยว

3. หน่อกล้วย (Sucker) เมื่อตาเจริญเติบโตเป็นเหง้า เหง้าแทงยอดเป็นหน่อแล้ว หน่อเหล่านี้ก็คือต้นอ่อนของต้นกล้วย มี 4ประเภท คือ หน่ออ่อน (Peepers) คือหน่ออายุน้อย หน่อมีขนาดเล็ก ใบเป็นเกร็ด อยู่เหนือดินสูง 10 เซนติเมตร หน่อใบแคบหรือหน่อใบดาบ (Sword suckers) เป็นต้นกล้วยอ่อนที่แข็งแรง เกิดจากเหง้าที่สมบูรณ์อยู่ลึกใต้พื้นดิน ใบคลี่ยาวแคบๆเหมาะที่จะนำไปขยายพันธุ์ หน่อสูง 75 เซนติเมตร หน่อแก่ (Miden suckers) โตต่อจากหน่อใบดาบอายุต้นประมาณ 5 – 6 เดือน ตาดอกแก่แล้วพร้อมที่จะแทงหน่อออกช่อดอก และหน่อใบกว้าง (Water suckers) คือหน่อที่เกิดจากตาของเหง้าที่ไม่แข็งแรง และเกิดจากหน่อที่อยู่บนผิวดินลักษณะใบแผ่กว้างตั้งแต่หน่ออายุยังน้อย สูงประมาณ 75 เมตร ไม่เหมาะสมที่จะนำไปขยายพันธุ์

4. ลำต้นเทียม (Pseudostem) ลำต้นกล้วยเหนือดินที่เห็นอยู่ทั่วไป ลำต้นเทียมไม่ใช่ลำต้นกล้วย เป็นเพียงกาบใบกล้วยที่เข้ามาประกบกันแน่น ซ้อนๆ กันหลายๆ กาบ กาบใบแรกอยู่รอบนอกจะเป็นกาบใบแคบ กาบใบชั้นที่สองเป็นกาบใบกว้าง และกาบใบชั้นที่สามเป็นกาบใบแก่ ริมกาบใบที่ขนานกันมาเรื่อยๆ จะค่อยๆ เรียวเข้าหากันที่ปลาย ทำให้กาบใบแข็งแรงสามารถรองรับน้ำหนักก้านใบที่ใหญ่โต และค่อนข้างหนักของใบกล้วยได้

5. ใบกล้วย (Leaf) ใบกล้วยหรือที่เราเรียกกันว่าใบตอง มีลักษณะยาวรี ขนาดกว้าง 50 – 70 เซนติเมตร ใบยาว 1.5 – 4 เมตร ก้านใบ (Peduncle) คือส่วนของก้านถึงตัวใบ ยาวประมาณ 50 เมตร ลักษณะเส้นใบจะเรียงขนานกันทำมุมเกือบตั้งฉากกับก้านใบตรงกลาง เมื่ออายุต้นกล้วยมากขึ้นใบ จะค่อยๆ เรียวเล็กลงจนกระทั่งแห้งตายไป ใบใหม่จะออกมาทดแทนกันทุกๆ 7 – 10 วัน ต้นกล้วย หนึ่งต้นจะมีใบหมุนเวียนชั่วอายุขัยของมันประมาณ 35 – 50 ใบ

6. ช่อดอก ช่อดอกหรือปลีดอก เมื่อต้นกล้วยที่ปลูกด้วยหน่อเติบโตอายุได้ 7 – 8 เดือน ต้นกล้วย ต้นนี้ก็กลายเป็นหน่อแก่ แล้วช่อดอกก็จะเจริญเติบโต ซึ่งช่อดอกเกิดจากตาที่อยู่กลางเหง้า ต้นใต้ดินเจริญเติบโตทะลุเหง้า ผ่านกลางลำต้นเทียมขึ้นมาโผล่ที่กลางยอดต้นกล้วย ใช้เวลาแทงช่อดอกรวดเร็วมากเพียง 1 เดือนเท่านั้นก็จะปรากฏปลีให้เห็นกลางยอดต้นกล้วย ดอกกล้วยจะเป็นดอกประเภทมีเครือปลีที่ยาว ภายในปลีดอกประกอบไปด้วยช่อดอกที่แข็งแรงรองรับกลุ่มดอก ซึ่งมีดอกเรียงกันเป็นระเบียบ สับหว่างกันสองแถว ต่อไปจะเจริญเติบโตเป็นหวีกล้วย ช่อกลุ่มดอกมีหลายช่อช่อเหล่านี้เรียงเวียนสลับไปตลอดเครือกล้วย ในเครือดอกนั้นประกอบด้วยกลุ่ม

ดอกตัวเมียอยู่ช่วงบนของเครือ ช่วงกลางเป็นกลุ่มดอกกระเทยที่มีทั้งดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน และช่วงปลายของเครือคือกลุ่มดอกตัวผู้ทั้งหมด ซึ่งมักเป็นหมัน ก็คือหัวปลีที่อยู่ปลายเครือกล้วยนั่นเองเมื่อดอกกล้วยด้านบนของเครือติดผล ก้านเครือระหว่างหวีจะยืดห่างออกจากกัน

7. ผลกล้วย กล้วยที่ปลูกอยู่ตามบ้าน ผลกล้วยสามารถเจริญเติบโตจากรังไข่ของตัวเมียได้โดยไม่ต้องผสมพันธุ์ เพราะเป็นกล้วยแบบแตกกอ ถ้าเป็นกล้วยที่ปลูกด้วยเมล็ด ดอกตัวเมียจำเป็นต้องมีการผสมพันธุ์กันก่อนเติบโตเป็นผลกล้วยจากช่อดอกจนเป็นผลที่พร้อมจะนำไปกินได้ใช้เวลาเติบโต 90 วัน เนื้อกล้วยคือเนื้อเยื่อชั้นนอกระหว่างเกสรตัวเมียกับรังไข่เท่านั้น จุดเล็กๆ สีน้ำตาลที่ไส้กล้วยก็คือร่องรอยเกสรตัวเมียที่เป็นหมันไม่อาจผสมพันธุ์ได้

2.5 สารกระจายเยื่อ

สารกระจายเยื่อเป็นสารที่ช่วยในการกระจายเส้นใยหลายๆ เส้นหลุดออกจากกันเป็นเส้นใยเดี่ยวๆ มีหน้าที่ดังต่อไปนี้

1. ช่วยให้เส้นใยกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในอ่างช้อนเยื่อ

2. เพิ่มความแข็งแรงให้กับกระดาษเพราะทำให้เส้นใยมีการเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบใน ขณะช้อนแผ่น

3. สามารถผลิตกระดาษที่มีความบางมาก ๆได้

4. ทำให้ได้แผ่นกระดาษที่ดีไม่เกิดรอยย่นบนแผ่นกระดาษ เส้นใยจะมีการประสานยึดเกาะกันมากยิ่งขึ้น

5. จะทำให้ได้กระดาษที่มีลักษณะพิเศษคือ ผิวด้านบนจะเนียนไม่มีลักษณะเป็นเส้นและช่วยให้สามารถยกตะแกรง (Shito) ออกจากแผ่นกระดาษ หลังจากช้อนแผ่นได้และแยกกระดาษออกจากกันทีละแผ่น หลังจากผ่านการบีบน้ำ (Pressing) ออกไปแล้ว

6. ช่วยให้ผิวกระดาษมีความเป็นมันสะท้อนแสงมากขึ้น

7. ช่วยให้เส้นใยลอยตัวอยู่ในน้ำได้นาน

8. สารกระจายเยื่อไม่ใช่กาวและไม่ทำให้เส้นใยเหนียวติดกันด้วย แต่มันช่วยให้เส้นใยมีการเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบในขณะช้อนแผ่นกระดาษ

การใช้สารกระจายเยื่อควรจะใช้ในสภาพสด ๆ จะดีกว่าเมื่อปล่อยทิ้งไว้นาน เนื่องจากสารกระจายเยื่อหรือน้ำเมือกจะสลายตัวได้ง่ายเมื่อแห้ง ถูกความร้อนและสภาพของน้ำที่มีสภาพเป็นกรด หรือด่างเกินไป สารกระจายเยื่อที่ใช้ในการศึกษานี้ได้แก่

2.5.1. กระเจี๊ยบเขียว เป็นพืชล้มลุกมีอายุประมาณ 1 ปี เจริญเติบโตได้ดีในเขตอากาศกึ่งร้อน คือมีอุณหภูมิระหว่าง 18-35 องศาโดยประมาณ เป็นพืชที่สามารถนำมาเป็นสมุนไพร ได้ เพราะมีสรรพคุณทางยาที่ช่วยรักษาเกี่ยวกับโรคกระเพาะอาหาร (วิกิพีเดีย, 2554)

ลำดับพฤกษศาสตร์ของกระเจี๊ยบเขียว

ชื่อสามัญ : Okra, Gumbo

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench

ชื่อวงศ์ : Malvaceae

ภาพที่ 2.4 กระเจี๊ยบเขียว

ที่มา : www.thaiforestherb.blogspot.com, 2553

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ของกระเจี๊ยบเขียว

1. กระเจี๊ยบเขียว เป็นพืชผักยืนต้น อายุประมาณ 1 ปี มีความสูง 40 เซนติเมตร ถึง 2 เมตร ลำต้น มีขนสั้น ๆ มีหลายสี แตกต่างตามพันธุ์

2. ใบ มีลักษณะกว้างเป็นแฉกคล้ายใบละหุ่ง แต่ก้านใบจะสั้นกว่า ดอกมีสีเหลืองโคนดอกด้านในสีม่วง เมื่อบานคล้ายดอกผ้าย มีเกสรตัวผู้ตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกันใบเดี่ยวขนาดใหญ่ มักเว้าเป็น 3 แฉก ก้านใบยาว ใบ เป็นใบเดี่ยวรูปมือ เป็นแฉกลึกกว้าง 7 - 26 เซนติเมตร ยาว 10 - 30 เซนติเมตร

3. ฝัก มีรูปเรียวยาว ปลายฝักแหลม มีทั้งชนิด ฝักกลมและฝักเหลี่ยม ซึ่งมีเหลี่ยม 5 - 10 เหลี่ยม ขึ้นกับพันธุ์ในแต่ละฝักมีเมล็ด 80 - 200 เมล็ด เมล็ดมีลักษณะกลมรี ขนาดเดียว กับถั่วเขียว เมล็ดอ่อนมีสีขาว เมื่อแก่มีสีเทา ฝักแก่สีฝักจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และจะแตกออกตามแนว

รอยสัน เหลี่ยมทำให้เห็นเมล็ดที่อยู่ข้างในภายในฝักจะมีมิวซิเลจ หรือสารกระจายเยื่อจำนวนมาก และยังมีอยู่ในรากด้วย การนำสารกระจายเยื่อมาใช้ได้ทั้งฝัก และราก ถ้าเป็นฝักจะมีปัญหาตรงที่จะมีสีเขียวปนมาบ้าง อาจทำให้กระดาษมีสีเขียวอ่อน ๆ ได้ ในส่วนของรากจะไม่เป็นแต่สารจะมากหรือน้อยก็ขึ้นกับขนาดของราก การสกัดเหมือนกับ Tororo aoi

4. ลำต้น ต้นและกิ่งก้านสีเขียว บางครั้งมีจุดประสีม่วง ผิวเปลือกลำต้น มีขนอ่อนปกคลุมเช่น เดียวกับใบและผลลำต้นมีสีเขียวกลม เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 1-3 เซนติเมตร

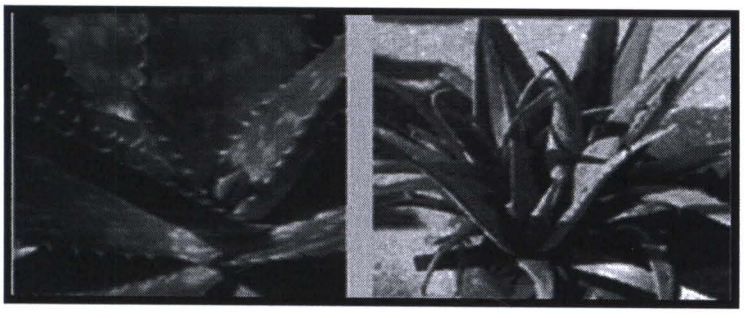
2.5.2 ว่านหางจระเข้ เป็นต้นพืชที่มีเนื้ออิ่มอวบ จัดอยู่ในตระกูลลิเลี่ยม(Lilium) แหล่งกำเนิดดั้งเดิมอยู่ในชายฝั่งทะเลเมดิเตอร์เรเนียนและบริเวณตอนใต้ของทวีปแอฟริกา พันธุ์ของว่านหางจระเข้มีมากมายกว่า 300 ชนิด ซึ่งมีทั้งพันธุ์ที่มีขนาดใหญ่มากจนไปถึงพันธุ์ที่มีขนาดเล็กกว่า 10 เซนติเมตร ลักษณะพิเศษของว่านหางจระเข้ก็คือ มีใบแหลมคล้ายกับเข็ม เนื้อหนา และเนื้อในมีน้ำเมือกเหนียว ว่านหางจระเข้ผลิดอกในช่วงฤดูหนาว ดอกจะมีสีต่างๆกัน เช่น เหลือง ขาว และแดง เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ของมัน

ลำดับพฤกษศาสตร์ของว่านหางจระเข้

ชื่อสามัญ: Star Cactus, Aloe, Aloin, Jafferabad, Barbados

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Aloe Vera* (L.) Burm.f.

ชื่อวงศ์: Asphodelaceae



ภาพที่ 2.5 ว่านหางจระเข้

ที่มา : www.e-busitrade.com, 2553

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของว่านหางจระเข้

ไม้ล้มลุกอายุหลายปี สูง 0.5 - 1 เมตร ลำต้นเป็นข้อปล้องสั้น ใบ เป็นใบเดี่ยว ออกเรียงเวียนรอบต้น ใบหนาและยาว โคนใบใหญ่ ส่วนปลายใบแหลม ขอบใบเป็นหนามแหลมห่าง

กัน แผ่นใบหนาสีเขียว มีจุดยาวสีเขียวอ่อน อวบน้ำ ข้างในเป็นวุ้นใสสีเขียวอ่อน ดอก ออกเป็นช่อกระจายที่ปลายยอด ก้านช่อดอกยาว ดอกสีแดงอมเหลือง โคนเชื่อมติดกันเป็นหลอด ปลายแยกเป็น 6 แฉก เรียงเป็น 2 ชั้น รูปแตร ผล เป็นผลแห้งรูปกระสวย

2.5.3 สารยึดเกาะ (Binder) ชนิด Acramin 3187 เป็นสารประกอบจำพวกพอลิเมอร์ (เทอร์โมพลาสติก) ลักษณะเป็นอิมัลชั่นสีขาวขุ่น ประจุลบอ่อนๆ ค่า pH ประมาณ 8.0 – 10.0 ความหนืด ประมาณ 10 MPa สามารถละลายน้ำได้ดี มีคุณสมบัติและการใช้งานดังนี้

- กำลังในการยึดเกาะสูง
- การพิมพ์ก่อให้เกิดผิวสัมผัสที่นุ่มมาก
- การพิมพ์ด้วย ACRAMIN ABC ให้ผลทางด้านความคงทนต่อการซักและการขัดถู
- ฟิล์มของสารยึดเกาะให้ผลทนต่อการซักแห้ง
- ไม่มีปัญหาการใช้งานกับการพิมพ์ทุกหน่วย
- มีคุณสมบัติในการทำงานได้ต่อเนื่อง

2.6 ถ่านกัมมันต์

ถ่านกัมมันต์ (ถ่านกรองประสิทธิภาพสูง) คือถ่านที่ได้จากการนำไม้หรือวัสดุใกล้เคียงอื่นๆ เช่น กะลา มะพร้าว มาผ่านกระบวนการคาร์บอไน โดยการเผาและอัดแรงดันที่อุณหภูมิสูงๆ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นถ่านซึ่งมีความพรุนสูงมาก มีการใช้ประโยชน์มากมายหลายด้าน เช่นในการใช้ดูดซับสารต่างๆ การกำจัดคลอรีน เป็นต้น การใช้งานแต่ละประเภท จะต้องการคุณสมบัติของถ่าน ที่แตกต่างกันออกไปในรายละเอียดเชิงเทคนิค ไม่ใช่ว่าถ่านก็คือถ่านเหมือนๆกันไปหมด จึงจำเป็นอย่างมาก ที่เราจะต้องสามารถเลือกซื้อถ่านกัมมันต์มาใช้งานได้ และตรงตามวัตถุประสงค์

2.6.1 ขั้นตอนการผลิตถ่านกัมมันต์ ถ่านกัมมันต์ผลิตได้จากวัสดุหลายๆอย่าง เป็นต้นว่าไม้ ถ่านหินลิกไนต์ หรือ กะลามะพร้าวเป็นต้นขั้นตอนหลักๆก็คือการนำมาให้ความร้อน เรียกกระบวนการนี้ว่า "คาร์บอนไนเซชั่น"จากนั้น จึงอัดด้วยไอน้ำร้อนยิ่งยวด (200 – 1600 oC) ภายใต้การควบคุมปริมาณออกซิเจนและคาร์- บอนไดออกไซด์ทำให้เกิดร่างแห รูพรุนภายในและร่างหมู่ฟังก์ชั่นบนพื้นผิวในแต่ละส่วน ดังนั้นกระบวนการผลิตจึงทำให้ถ่านกัมมันต์มีความสามารถในการกรองที่แตกต่าง ผลิตภัณฑ์อาจจะอยู่ในรูปเม็ดเล็กๆ (Granular activated carbon, GAC) อยู่ในรูปเป็นผง (Powder activated carbon, PAC) หรืออยู่ในรูปผงอัดเป็นแท่ง (Compressed PAC)

ถ่านกัมมันต์บางอย่างจะถูกล้างด้วยกรดฟอสฟอริก ซิงค์คลอไรด์ หรือโปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งถ่านกัมมันต์ที่ผ่านกระบวนการทาง เคมีเหล่านี้ โดยมากไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในระบบกรองของตู้เลี้ยงปลาทะเลเนื่องจากจะปลดปล่อยฟอสเฟส โลหะหนัก และทำให้ค่า pH แกว่งได้

2.6.2 กระบวนการดูด (ซึม/ซับ) ถ่านกัมมันต์กำจัดสารอินทรีย์ในน้ำโดยใช้หลักการดูดซับและดูดซึม การดูดซับจะเป็นการจับกันอย่างหลวมๆของสารอินทรีย์และคาร์บอนที่ผิวนอกของถ่านกัมมันต์โดยยึดกันด้วยแรงวัลเดอวาล์ว ในทางทฤษฎีสารที่ถูกดูดซับอาจจะถูกปล่อยกลับออกมาได้ แต่จากการสังเกต ทดลอง ได้แสดงให้เห็นว่าสภาวะการปล่อยกลับออกมานั้นเกิดขึ้นได้ยาก แบคทีเรียมักจะสร้างกลุ่มอยู่ที่ผิวของถ่านกัมมันต์และกินบางส่วนของสารอินทรีย์ที่ถูกดูดซับไว้ ซึ่งจะเป็นการช่วยคืนรูพรุนของถ่านกัมมันต์บางส่วนและป้องกันการหลุดกลับของสารอินทรีย์ที่ถูกดูดซับไว้ ส่วนกระบวนการดูดซึมนั้นจะอาศัยหลักการแพร่ของก๊าซหรือสารประกอบเข้าไปในร่าง แหรูพรุนภายในเม็ดถ่าน ซึ่งภายในจะเกิดปฏิกิริยาเคมี หรือเกิดการจับยึดโดยความเป็นร่างแหยึดเหนี่ยวไว้ ยกตัวอย่างการเกิด ปฏิกิริยาเคมี เช่นโอโซนถูกดูดซึมเข้าไปและถูกคาร์บอนรีดิวซ์เป็นออกซิเจน ซึ่งตัวโอโซนหรือออกซิเจนไม่ได้ไปสร้างหรือถูกจับไว้โดยถ่านกัมมันต์แต่อย่างใดส่วนกระบวนการดูดซึมอีกประเภทคือการถูกดูดซึมเข้าไปแล้วเกิด ปฏิกิริยาที่ย้อนกลับไม่ได้สร้างพันธะที่หนาแน่นกับคาร์บอนของถ่านกัมมันต์ โดยทั่วไปแล้ว สารที่มีโมเลกุลใหญ่จะถูกดูดซึม/ซับได้ช้ากว่าสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก นอกจากนี้อัตราการดูดซึม/ซับจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำ pH ความเค็ม แต่ปัจจัยเหล่านี้จะไม่กล่าวถึงเนื่องจากระบบตู้เลี้ยงปลาทะเลต้องการให้ปัจจัยเหล่านี้คงที่อยู่แล้ว

2.6.3 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณลักษณะของถ่านกัมมันต์ ถ่านกัมมันต์มีมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดก็เหมาะกับแต่ละงานไม่เหมือนกัน เบื้องต้นจำแนกออกเป็นใช้กับอากาศและใช้กับของเหลว พวกที่ใช้กับอากาศจะพบได้ในเครื่องปรับอากาศ ระบบฟอกอากาศ หน้ากากแก๊ส โดยทั่วไปพวกสาร Pollutant ในอากาศ มีโมเลกุลขนาดเล็ก ถ่าน กัมมันต์ที่เลือกใช้จึงควรมีรูพรุนขนาดเล็ก (จำพวก Microporous) ซึ่งจะเป็นตัวดูดซึม/ซับ ได้ดีที่สุด แต่ถ้านำถ่านกัมมันต์ชนิดนี้ไปใช้ในตู้เลี้ยงปลาทะเล จะกลับมีประสิทธิภาพที่ต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากรูขนาดเล็กประมาณ 15 อังสตรอม (1 อังสตรอม = 0.0000000001 เมตร) นั้นเล็กเกินที่จะดูดซับ "มลสารตู้ปลา" (Aquarium pollutant) ซึ่งโดยมากเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีโมเลกุลใหญ่ ส่วนถ่านกัมมันต์ที่มีรูพรุนขนาดใหญ่ (Macroporous) ประมาณ 30 อังสตรอม วัตถุดิบที่นำมาผลิตถ่านกัมมันต์ มีผลอย่างมากต่อขนาดรูพรุนที่เกิดขึ้น เช่น ถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว รูพรุนที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะมีขนาดเล็ก

(Microporous) ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวจะใช้ในการกำจัดคลอรีนในน้ำประปา ถ่านหินลิกไนต์ใช้ในการทำถ่านกัมมันต์ที่มีรูพรุนขนาดใหญ่ (Macroporous) ส่วนไม้หากนำมาทำจะให้รูพรุนขนาดเกือบๆใหญ่ (ประมาณ 25 อังสตรอม)

2.7 การผลิตกระดาษ

กระดาษเป็นวัสดุที่ผลิตมาจากเซลลูโลสที่มีอยู่ในเนื้อไม้ตามธรรมชาติและเป็นวัสดุภาชนะเพียงชนิดเดียว ที่สามารถปลูกทดแทนขึ้นมาใช้ใหม่ได้ ทำให้มีต้นทุนการผลิตต่ำ นอกจานั้นยังมีน้ำหนักเบา และสะดวกต่อการจัดพิมพ์ และสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

2.7.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกระดาษ มีหลายประเภทดังนี้

1. ไม้ เป็นแหล่งวัตถุดิบที่สำคัญที่สุดในอุตสาหกรรมกระดาษ แบ่งไม้เป็น 2 ประเภท ตามลักษณะของเส้นใย

- ไม้เนื้ออ่อน (Soft wood) จะเป็นไม้ที่มีเส้นใยยาว (ประมาณ 3 – 4 มิลลิเมตร) ส่วนใหญ่เป็นไม้ประเภทสน (Cone – bearing tree)

- ไม้เนื้อแข็ง (Hard wood) จะเป็นไม้ที่มีเส้นใยสั้น (ประมาณ 1 – 1.5 มิลลิเมตร) ส่วนใหญ่เป็นไม้ผลัดใบในฤดูใบไม้ร่วง (Deciduous tree)

2. พืชล้มลุก ที่สำคัญเช่น ปอ ป่าน ลินิน ฝ้ายและไผ่ เป็นต้น

3. ชานอ้อย เป็นวัตถุดิบสำคัญของอุตสาหกรรมผลิตเยื่อกระดาษในประเทศไทย

4. ฟางข้าว เป็นเยื่อธรรมชาติคุณภาพต่ำ ปริมาณเยื่อสูง อัตราการย่อยต่ำ

5. กระดาษใช้แล้ว องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของเยื่อกระดาษ และมีผลต่อคุณสมบัติของกระดาษ คือ

- เซลลูโลส (Cellulose) ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของเส้นใยและให้ความแข็งแรง

- เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ทำหน้าที่เป็นสารยึดเซลลูโลสไว้ด้วยกันและให้ความแข็งแรงกับเส้นใยด้วย

- ลิกนิน (Lignin) ทำหน้าที่เป็นสารยึดและให้ความแข็งแรงกับเนื้อเยื่อ (Tissue) ของไม้ในกระบวนการสกัดเยื่อกระดาษ จะต้องกำจัดลิกนินออกไป เนื่องจากเป็นสาเหตุทำให้กระดาษมีสีคล้ำและเยื่อมีความแข็งแรงต่ำ

2.7.2 กระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ

1. การทำเยื่อกระดาษ (Pulping) การสกัดเยื่อจากไม้ หรือวัตถุดิบประเภทอื่นๆ เพื่อทำเยื่อกระดาษ สามารถทำได้ 3 วิธี คือ

- กระบวนการทางกล (Mechanical pulping) : การบดเนื้อไม้ด้วยลูกกลิ้ง (Grinder or Grinding stone) ขนาดใหญ่ จนเนื้อไม้ละเอียดแล้วนำมาแยกเยื่อออกจากเศษไม้ขึ้นหยาบๆ เยื่อที่ได้จะมีลักษณะไม่สมบูรณ์ สั้นและขาดเป็นท่อน ทำให้กระดาษที่ได้มาไม่แข็งแรง อีกทั้งยังมีสารลิกนินคงเหลืออยู่ซึ่งเป็นสารที่ทำให้กระดาษเปลี่ยนเป็นสีเหลือง เมื่อได้รับแสง กระดาษที่ได้จากกรรมวิธีนี้มีความทึบสูง ดูดความชื้นได้ดี มีราคาถูก แต่ไม่แข็งแรงและดูเก่าเร็ว มักจะนำไปใช้ทำสิ่งพิมพ์ประเภทหนังสือพิมพ์ เพื่อพัฒนาเยื่อบดให้ดีขึ้น ได้มีการนำชิ้นไม้ไปอบด้วยความร้อนก่อนนำไปบด เพื่อให้เยื่อไม้กับลิกนินแยกออกจากกันได้ง่าย คุณภาพกระดาษที่ได้ก็จะดีขึ้นต้นทุนดำเนินการของกระบวนการนี้จะต่ำ

- กระบวนการทางเคมี (Chemical pulping) : การสกัดเยื่อโดยใช้สารเคมีและความร้อน เพื่อแยกเซลลูโลสและกำจัดลิกนินออก บางกรณีจะสกัดเฮมิเซลลูโลสออกไปด้วย เยื่อที่ได้จะมีความแข็งแรงสูง แต่ผลผลิตที่ต่ำกว่า เนื่องจากลิกนินส่วนใหญ่ถูกจำกัดออกไป วิธีนี้เหมาะกับการนำไปผลิตกระดาษคุณภาพชั้นดี แต่ต้นทุนดำเนินการสูง สารเคมีที่ใช้สกัดเยื่อจะแตกต่างกันออกไปขึ้นกับกระบวนการ เช่น กระบวนการโซดา (Soda process) จะใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) กระบวนการซัลเฟต (Sulphate process) จะใช้โซเดียมซัลไฟต์ (Sodium sulphite) กระบวนการนี้บางครั้งเรียก กระบวนการคราฟท์ (Kraft process) เยื่อที่ได้จากกระบวนการนี้จะมีสีคล้ำอมน้ำตาล มีความแข็งแรงสูง และกระดาษที่ผลิตจากเยื่อคราฟท์จะเรียก กระดาษคราฟท์ ใช้สำหรับทำถุงและบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ส่วนกระบวนการซัลไฟต์ (Sulphite process) จะใช้สารพวกไบซัลไฟต์ (Bisulphite) และ/หรือกรดซัลฟิวรัส (Sulphurous acid) เยื่อที่ได้ จะมีความแข็งแรงน้อยกว่าเยื่อซัลเฟต นิยมนำไปฟอกให้ขาวเพื่อใช้เป็นกระดาษสำหรับเขียนและกระดาษเพื่อใช้ในงานพิมพ์

- กระบวนการกึ่งเคมี (Semi-chemical pulping) : กระบวนการ 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกเป็นการใช้สารเคมีเพื่อทำให้สารที่ยึดเส้นใยอ่อนตัวลงทำให้สามารถสกัดเยื่อออกมาง่ายขึ้นและใช้พลังงานน้อยลง ขั้นตอนที่ 2 เป็นการบดเนื้อไม้หรือวัตถุดิบอื่นๆ ที่ผ่านการแช่สารเคมีมาแล้วเพื่อสกัดเยื่อออกมา เยื่อที่ได้จากวิธีนี้จะมีความแข็งแรงมากกว่าเยื่อที่สกัดโดยกระบวนการทางกล แต่ก็แข็งแรงน้อยกว่าเยื่อที่สกัดด้วยกระบวนการทางเคมี ผลที่ได้ต่ำกว่ากระบวนการทางกล เนื่องจากลิกนินบางส่วนถูกกำจัดออกไป เยื่อกระดาษที่ได้มักนำไปใช้ในการผลิตกระดาษสำหรับบรรจุภัณฑ์เป็นส่วนใหญ่

นอกจากนี้ยังมีการทำเยื่อจากกระดาษใช้แล้ว โดยนำมาปั่นเพื่อให้เยื่อกระจายออกจากกันและมีการผ่านขบวนการขจัดสิ่งที่ติดกระดาษมาด้วยเช่น หมึก กาว ฯลฯ เยื่อที่ได้นี้จะไม่สมบูรณ์ สั้น เส้นใยขาด จึงไม่มีความแข็งแรง การผลิตกระดาษจึงมักนำเยื่อบริสุทธิ์มาผสม เนื่องจากมีสารปนเปื้อนตกค้างไม่สมารถกำจัดได้หมด เยื่อจากกระดาษเก่ามักนำไปใช้ทำกระดาษหนา กระดาษกล่อง และมักจะมีสีคล้ำ

2. การเตรียมน้ำเยื่อ เป็นการทำให้เยื่อกระจายตัวและเติมส่วนผสมให้เหมาะกับการทำกระดาษประเภทที่ต้องการ การเตรียมน้ำเยื่ออาจมีการนำเยื่อไม้มากกว่า 1 ชนิดมาผสมเข้าด้วยกันเพื่อควบคุมต้นทุนให้เหมาะสมและเพิ่มสมบัติบางประการให้กับกระดาษที่จะผลิต การเตรียมน้ำเยื่อเริ่มจากการตีป่นเยื่อ (Beating) ให้กระจายอย่างสม่ำเสมอในน้ำเยื่อไม่จับเป็นก้อน (เยื่อที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ เรียก Pulp slurry) เพื่อให้เยื่อแยกออกจากกันให้ดียิ่งขึ้น ช่วยเพิ่มการเกาะยึดระหว่างกันดีขึ้น ทำให้กระดาษมีผิวเรียบขึ้น จากนั้นก็นำสารปรับแต่งต่างๆ เพื่อเพิ่มสมบัติของกระดาษตามที่ต้องการพร้อมกันนี้จะมีการปรับความเข้มข้นของน้ำเยื่อก่อนจะเข้าสู่ขั้นตอนการทำแผ่น

- การฟอกสี (Bleaching) เพื่อกำจัดลิกนินที่อยู่ในเยื่อกระดาษทำให้กระดาษมีสีขาวขึ้น แต่การฟอกสีจะทำให้ความแข็งแรงของเยื่อลดลงด้วย สารเคมีที่ใช้ฟอกสี เช่น คลอรีน (Chlorine) ไฮโป-คลอไรด์ (Hypochlorite) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) เป็นต้น

- การเติมสารแต่งเติม (Additives) นิยมเติมขณะตีป่นเยื่อ สารที่ใช้เติมสามารถแบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

❖ สารเพิ่มปริมาณ (Filler) ส่วนใหญ่เป็นสารอนินทรีย์ ใช้เพื่อเพิ่มปริมาณทำให้ได้กระดาษมากขึ้น ช่วยลดต้นทุนการผลิต เพื่อเพิ่มความขาว ความเรียบของกระดาษ และการดูดซับหมึกพิมพ์ สารที่ใช้ ช่น แคลเซียมคาร์บอเนต ติตาเนียมไดออกไซด์ และคาโอลิน (Kaolin) เป็นต้น

❖ Sizing agent ทำหน้าที่เพิ่มความต้านทานการซึมผ่านของของเหลว เช่น น้ำ หมึกพิมพ์ เป็นต้น กระดาษเขียนพิมพ์ (Writing paper) ต้องเติมสารนี้เสมอ ส่วนกระดาษซับหมึกไม่ต้องเติม สารที่ใช้เป็น Sizing agent เช่น โรซิน (Rosin) ขี้ผึ้ง (Wax) เจลาติน (Gelatin) และเรซินสังเคราะห์ (Synthetic resin) เป็นต้น

❖ สารช่วยยึด ทำหน้าที่เพิ่มความแข็งแรงให้กระดาษ เช่น ความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) ความต้านทานแรงดันทะลุ (Bursting strength) และความต้านทานแรงฉีกขาด (Tear resistance) สารที่ใช้เป็นสารช่วยยึด ได้แก่ แป้ง ยางจากพืช (Vegetable gum) เรซินสังเคราะห์ เป็นต้น

❖ สารแต่งเติมเบ็ดเตล็ด เช่น สารเพิ่มความขาว สารป้องกันการเกิดโฟม (Anti-foaming agent) และสารให้ความแข็งแรงขณะเปียก (Wet-strengthening) เป็นต้น

3. การทำแผ่นและการตกแต่งผิว

- การโรยเยื่อ เป็นการขึ้นรูปแผ่นกระดาษ เครื่องมือที่ใช้ในการโรยเยื่อมี 2 ประเภท คือ

❖ Fourdrinier machine ใช้กับการผลิตกระดาษบางและมักใช้เยื่อเพียงชนิดเดียวกัน

❖ Cylinder machine ใช้ในการผลิตกระดาษหนา มีชั้นของเยื่อกระดาษหลายชั้นซ้อนทับกัน และสามารถใช้เยื่อกระดาษสำหรับแต่ละชั้นแตกต่างกันได้ เช่น ผิวหน้าทั้งสองใช้เยื่อบริสุทธิ์ (Virgin Pulp) ส่วนชั้นกลางจะใช้เยื่อจากกระดาษเก่า (Reclaimed pulp) เป็นต้น

- การอัดรีด (Pressing) เพื่อรีดเอาน้ำส่วนใหญ่ออกไปก่อนนำกระดาษไปรีดแห้ง

- การรีดแห้ง (Drying) เพื่อกำจัดความชื้นแกจากแผ่นกระดาษ โดยความชื้นสุดท้ายของกระดาษควรมีค่าประมาณร้อยละ 4 - 8 กระดาษที่จะนำไปทำแห้งนี้อาจมีการพ่น Sizing agent ก่อนด้วย

- การรีดเรียบ (Calendering) เพื่อลบรอยที่เกิดจากสายพานหรือตะแกรงระหว่างขั้นตอนการขึ้นรูปแผ่นกระดาษ และยังทำให้กระดาษเนื้อแน่นและเรียบมากขึ้น การรีดเรียบจะใช้ลูกกลิ้งขนาดใหญ่ ลูกกลิ้งโลหะผิวเรียบจะใช้สำหรับรีดกระดาษให้ผิวเรียบ ส่วนลูกกลิ้งผิวหุ้มสักหลาดจะใช้เพื่อการขัดผิวกระดาษให้เรียบและมันวาว

2.7.3 ขั้นตอนการทำกระดาษ การเตรียมวัตถุดิบก่อนต้มจะมีความแตกต่างกันตามชนิดของวัตถุดิบซึ่งหลักการทั่วๆไปจะเหมือนกันคือ วัตถุดิบที่จะนำมาใช้ต้องผ่านการคัดเลือกมาอย่างดีแล้วโดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องสะอาด ไม่มีเชื้อราสิ่งสกปรกต่าง ๆ ติดมากับวัตถุดิบ นำวัตถุดิบมาตัดให้มีความยาวไม่เกินเส้นผ่าศูนย์กลางของหม้อต้มเยื่อเพื่อสะดวกต่อการปฏิบัติ งาน และคนพลิกเยื่อในขณะต้มได้จะทำให้การย่อยมีความสม่ำเสมอและทั่วถึง นำวัตถุดิบใส่ถังแช่ใส่น้ำให้ท่วม ถ้าวัตถุดิบเบาลอยน้ำควรหาวัสดุที่มีน้ำหนักทับวัตถุดิบเอาไว้ไม่ให้ลอย การแช่เยื่อในน้ำ 1 คืน เพื่อให้วัตถุดิบอ่อนตัว ชุ่มน้ำ จะทำให้น้ำยาเคมีซึมซับเข้าไปทั่วเส้นใยได้ดี และเร็วขึ้น ผลพลอยได้คือ ช่วยชะล้างเอาสิ่งสกปรก เช่น เศษดิน ฝุ่น และสิ่งแปลกปลอมอื่น ๆ ออกไปบ้าง เป็นการประหยัดน้ำยาเคมีในการต้มด้วย การแช่อาจจะแช่ในน้ำธรรมดาในถังแช่โดยให้น้ำขังหรือใช้วิธีให้

น้ำไหลเข้าและไหลออกไปอย่างช้า ๆ ก็ได้ วิธีนี้จะช่วยให้วัตถุดิบไม่มีกลิ่นเหม็นและสะอาดมากขึ้น และยังมีวิธีการแช่วัตถุดิบในน้ำด่างที่ยังไม่ได้ต้มโดยใส่ด่างลงในน้ำแช่วัตถุดิบเลยแช่ไว้ 1 คืน แล้วจึงต้มหรือใช้น้ำทีผ่านการต้มเยื่อมาแล้วแช่วัตถุดิบโดยใช้น้ำด่างต่อน้ำดีในอัตราส่วน 1 ต่อ 5 หรือไม่ต้องผสมน้ำดีใช้น้ำด่างที่ผ่านการต้มเยื่อมาแล้วทั้งหมดแต่ไม่ควรแช่เกิน 3ครั้ง เพราะสารสกัดต่าง ๆ ที่ออกมาเพิ่ม ขึ้นจะทำให้เยื่อสกปรก

2.7.4. การต้มเยื่อ วัตถุดิบที่แช่น้ำหรือสารละลายด่างแล้วจะต้มเป็นเยื่อได้ง่ายด้วยด่าง ซึ่งนิยมใช้โซดาไฟ โดยปกติ แล้วเส้นใยจะถูกยึดด้วยโพลิแซคคาไรด์ ที่เรียกว่าสารเพคตินและลิกนิน ซึ่งเป็นสารที่มีแรงยึดเหนี่ยวสูง เส้นใยของผักตบ ชวา มีปริมาณลิกนินอยู่น้อย เมื่อต้มด้วยด่างจึงกลายเป็นเส้นใยได้ง่าย อย่างไรก็ ตามการต้มเยื่อนี้ต้องใช้ความระมัด ระวัง เนื่องจากสารที่เป็นกาว (เฮมิเซลลูโลส) จะละลายในน้ำพร้อมกับการละลายสลายของสารยึดเหนี่ยวต่างๆ ระหว่างการต้มเฮมิเซลลูโลสนี้ถ้ายังเหลืออยู่ในเส้นใยจะทำให้เยื่อกระดาษจับตัวเป็นแผ่นเรียบและแน่นขึ้น การใช้ด่างแรงเกินไปจะทำให้การต้มเยื่อง่ายขึ้นก็จริงแต่จะทำให้เกิดการแตกตัวของเส้นใย (Depolymerization) และเฮมิ-เซลลูโลสด้วย ทดสอบได้โดยการจับดูหรือวัดแรงฉีกขาดของเส้นใย การเลือกสารเคมีในการต้มเยื่อของการผลิตกระดาษสาในญี่ปุ่นขึ้นอยู่กับความต้องการกระดาษสาคุณภาพใด สารเคมีที่จะใช้ได้แก่โซดาไฟ โซเดียมคาร์บอเนต และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ สารต้มเยื่อในประเทศไทยในระยะแรกจะใช้ขี้เถ้าผสมปูนขาวจะมีฤทธิ์เท่ากับโซเดียมคาร์บอเนต การลดปริมาณโซดาไฟลงจะช่วยให้ได้กระดาษที่แข็งแรง เรียบ และเนื้อแน่นขึ้น ผู้ใช้กระดาษสาในประเทศตะวันตกมักต้องการกระดาษที่ทนทาน ดังนั้นการเลือกสารเคมีที่ใช้ต้มเยื่อให้ตรงตามความต้องการของลูกค้าจึงเป็นสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงเป็นพิเศษ

การต้มผักตบชวาจะเหมือนกับการต้มวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ โดยเตรียมน้ำเปล่าใส่ลงในถังต้มเยื่อทำด้วยสแตนเลส ใช้อัตราส่วนระหว่างผักตบชวาสดต่อน้ำเท่ากับ 1:10 แล้วใส่โซดาไฟลงไปจำนวนที่ใช้ ร้อยละ 10 ของน้ำหนักผักตบชวาสด คนให้ละลายจนหมด จึงนำเปลือกสาที่ผ่านการแช่น้ำหรือสารละลายด่างลงไปคนให้ผักตบชวาคลุกเคล้ากับสารละลายด่างจนทั่ว ปิดฝาถังต้มเยื่อต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ปกติเพื่อไม่ให้สารละลายด่างล้นออกไปจากถังต้มและคนพลิกเยื่อที่ต้มเอาด้านล่างขึ้นบน บนลงล่างทุก ๆ 1 ชั่วโมง โดยจับเวลาหลังเดือดเป็นเวลา 3 ชั่วโมงแล้วจึงหยุดต้มทั้งนี้ให้พิจารณาใช้มือดึงด้านข้างและตามยาวเยื่อหลุดออกจากกันโดยง่าย หลังจากนั้นให้แช่เยื่อที่ต้มแล้วเอาไว้ในสารละลายด่างที่ต้มต่ออีก 1 คืน เพื่อให้เกิดการย่อยสลายที่สมบูรณ์และสะดวกต่อการปฏิบัติงานเมื่อเย็นลง แล้วล้างเอาด่างออกจากเยื่อด้วยน้ำ 3 ครั้งโดยดูจากเมือจับดูแล้วไม่มีความลื่นที่มือ น้ำด่างที่ผ่านการต้มแล้วสามารถนำไปแช่ผักตบชวาอีกได้

2.7.5 การฟอกขาว การฟอกขาวโดยใช้ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นสารเคมีที่ไม่มีคลอรีนเป็นส่วนประกอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นสารที่สลายตัวง่าย แม้เก็บไว้โดยมิได้ทำปฏิกิริยากับสารอื่น และจะไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไม่ใช่เป็นการกำจัดลิกนินที่เหลืออยู่ในเยื่อเช่นเดียวกับการฟอกด้วยคลอรีนเปอร์ออกไซด์เป็นเพียงออกซิไดส์กลุ่มคาร์บอนิลในคาร์โบไฮเดรตให้เปลี่ยนเป็นกลุ่มกรดคาร์บอกซิลิกเท่านั้น ซึ่งเป็นการทำให้สีของลิกนินที่เหลืออยู่ขาวขึ้นแต่จะกลับเป็นสีเหลืองได้ง่าย ปฏิกิริยาออกซิไดส์นี้จะทำให้การสลายตัวของคาร์โบไฮเดรตเกิดมากขึ้น ดังนั้นการใช้สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นสารฟอก นอกจากเป้าหมายของความขาวสว่างจะไม่สูงมากตามความต้องการแล้วยังต้องป้องกันการสลายตัวทั้งของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เองและของเยื่อด้วย นอกจากนี้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ยังมีราคาแพง ดังนั้นการนำมาใช้ฟอกเยื่อควรจะใช้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยการควบคุมสภาวะการฟอกเยื่อให้เหมาะ สม ใช้สารช่วยยับยั้งการสลายตัวทั้งของน้ำยาฟอกและเยื่อ รวมทั้งสารปรับความเป็นกรดด่าง เพื่อให้ปฏิกิริยาที่ต้องการเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ สภาวะฟอกเยื่อที่เหมาะสมควรใช้แมกนีเซียมซัลเฟตช่วยยับยั้งการสลายตัวของเยื่อเพื่อรักษาผลผลิตเยื่อฟอกไว้และเติมโซเดียมซิลิเกต เพื่อลดการสลายตัวที่รวดเร็วของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และลดการสูญเสียของน้ำยาไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์การใช้สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะฟอกเยื่อให้ขาวขึ้นกว่าเดิมได้ไม่เกินร้อยละ 12 ซึ่งอาจจะทำให้เยื่อสาฟอกมีความขาวได้ร้อยละ 70 ถ้าฟอกซ้ำอีกครั้งอาจจะขาวได้ถึงร้อยละ 75 แม้จะฟอกซ้ำอีกต่อไปก็เชื่อว่าความขาวจะไม่เพิ่มขึ้นแต่ถ้าใช้แคลเซียมไฮโปคลอไรต์ จะให้ความขาวสว่างประมาณร้อยละ 81

2.7.6 วิธีการฟอกเยื่อสาด้วยสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ มีดังนี้

1. ตวงน้ำใส่ถังฟอกเยื่อที่ตั้งอยู่บนเตาพร้อมที่จะฟอกในอัตราส่วนน้ำต่อเยื่อ 10:1
2. เตรียมสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 5 ของปริมาณเยื่อผักตบชวา
3. ปรับ pH ของสารละลายด้วยโซดาไฟให้อยู่ในช่วง 10.5 – 11.0
4. ใส่เยื่อที่จะฟอกลงไปคนให้เยื่อเปียกสารละลายปิดฝาถังฟอก
5. ต้มที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมงและคนทุก ๆ 30 นาที ทั้งนี้ ต้องควบคุมอุณหภูมิอย่าให้สูงมากจนเดือด ถ้าเดือดจะเกิดฟองล้นออกจากถังต้มได้
6. หลังฟอกขาวปล่อยให้เย็นลงก่อนจึงล้างด้วยน้ำสะอาดจนสภาพน้ำล้างเป็นกลางโดยปกติล้างประมาณ 3 ครั้ง สังเกตจากไม่ลื่นมือ

2.7.7 การคัดเลือกและทำความสะอาดเยื่อ ขั้นตอนนี้นับว่ามีความสำคัญมากและค่อนข้างจะต้องใช้เวลามากด้วยการคัดเลือกเยื่อที่ไม่ดีออกจากเยื่อดี เพื่อต้องการให้ได้กระดาษที่ดี มีคุณภาพ การคัดเลือกควรจะต้องเลือกเยื่อขึ้นมาทีละเส้นจนหมด สิ่งที่ต้องเลือกออกมีดังนี้

1. ส่วนที่แข็งต้มไม่เปื่อย เช่น เนื้อไม้
2. เยื่อที่ฟอกแล้วไม่ขาว อาจจะมีสีน้ำตาล หรือดำควรคัดทิ้งไป
3. ส่วนที่เป็นตา เปลือก
4. สิ่งปนเปื้อนอื่น ๆ ที่ติดมากับเยื่อควรคัดออกให้หมด
5. ล้างเยื่อด้วยน้ำสะอาดจนมีสภาพเป็นกลาง แล้วบีบหรือสลัดน้ำออกด้วยเครื่องสลัดน้ำให้ เหลือความชื้นน้อยที่สุดประมาณร้อยละ 30 เพื่อใช้ในคำนวณหาน้ำหนักแห้งในขั้นตอนต่อไปความชื้นนี้สามารถเก็บรักษาอยู่ได้นาน

2.7.8 การตีเยื่อ นำเยื่อผักตบชวา 70 % สับปะรด 10 % กล้วย 20 % สาร Acramin 5 g/l , ถ่านกัมมันต์ 5% Water proof 2 g/l ที่ได้มาทำการปั่นให้เข้ากัน จนเข้ากันอย่างละเอียด หลังจากนั้นนำเยื่อที่ได้ไปขึ้นรูปเป็นกระดาษในขั้นตอนต่อไป

2.7.9 การทำแผ่นกระดาษ ในการทำแผ่นกระดาษเป็นการเทเยื่อที่ได้จากการกระจายเยื่อดีแล้วลงไปในตะแกรงไนลอนที่ใช้ทำแผ่นกระดาษ ตะแกรงนี้จะลอยน้ำเมื่อเทเยื่อลงไปเยื่อก็จะลอยน้ำอยู่บนตะแกรงเราก็ทำการเกลี่ยเยื่อภายในตะแกรงให้มีความสม่ำเสมอกันทั้งแผ่น หรือที่ชาวบ้านเรียกกันว่า" แตะ" แต่ถ้านำเยื่อที่กระจายดีแล้วใส่ในอ่างผสมไปกับน้ำในปริมาณที่มากพอและเหมาะสม แล้วใช้ตะแกรงช้อนเยื่อขึ้นมา เรียกว่าวิธีการทำแผ่นกระดาษแบบ "ช้อนเยื่อ" ถ้าเยื่ออยู่บนตะแกรงมีความสม่ำเสมอดีก็แสดงว่าใช้ได้ และก็นำไปตากแดด เมื่อแห้งแล้วก็ค่อยๆ ลอกกระดาษออกจากตะแกรง

ในการตากแดดเส้นใยพืชบางชนิดจะมีการหดหรือย่นทำให้กระดาษที่ได้ออกมาไม่สวย เช่น เยื่อจากสับปะรด กล้วย ผักตบชวาเป็นต้น วิธีแก้ง่ายๆ ก็คือนำไปตากแดดพอหมาดๆ ก็นำเข้ามาตากในร่ม วิธีนี้ก็พอช่วยได้ และถ้าทำกระดาษแบบที่เห็นเป็นเส้นใยแบบหยาบแบบนี้ก็จะช่วยลดการหดหรือย่นได้

การทำกระดาษแบ่งออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

1. แบบช้อน มักใช้กับกระดาษชนิดบางสามารถทำได้เป็นจำนวนมาก วันละ 200 – 300แผ่นต่อคนต่อวัน แต่กระดาษที่ได้จะไม่ค่อยมีความสม่ำเสมอในแผ่น และแต่ละแผ่นน้ำหนักกระดาษ จะไม่เท่ากัน ถ้าจะให้เท่ากันคนช้อนแผ่นจะต้องมีความชำนาญมาก วิธีการ โดยนำน้ำใส่ใน

อ่างช้อนเยื่อใส่สารกระจายเยื่อที่เตรียมไว้ลงไปปริมาณมากน้อยตามความต้องการของแต่ละคน โดยทั่วไปจะใช้ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 ของสารละลายถ้าใส่น้อยการกระจายตัวของเยื่อก็จะไม่ดี ถ้าใส่มากเกินไปการไหลผ่านของน้ำออกจากตะแกรงก็ช้า ทำให้ต้องใช้เวลาและแรงยกมากขึ้น อาจจะทำให้เยื่อไหลกองรวมกันตรงกลางตะแกรง แผ่นกระดาษจะเสียได้ คนด้วยไม้ไผ่ให้สารกระจายเยื่อผสมกับน้ำช้อนเยื่อใส่เยื่อที่ตีแล้วลงไปในน้ำช้อนเยื่อคนให้กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอทั่วอ่าง นำตะแกรงจ้วงตักเยื่อจากจุดที่ห่างที่สุด แล้วลากเข้าหาตัวช้า ๆ โดยรักษาระดับตะแกรงให้ขนานกับผิวหน้าของน้ำเยื่อไว้ตลอดเวลาความลึกของการจ้วงแต่ละครั้งขึ้นกับความหนาบางของกระดาษที่ต้องการ ยกตะแกรงให้พ้นน้ำโดยเร็วในแนวดิ่ง รอจนน้ำหยดจากตะแกรงจนหมด จึงนำไปตากแดด

2. แบบแตะหรือทำแผ่นแบบหล่อ เป็นวิธีการทำแผ่นที่เราสามารถกำหนดความหนาของกระดาษได้ แต่การทำแผ่นจะช้ากว่าแบบช้อน กระดาษจะมีความสม่ำเสมอมากกว่า แบบแตะยังแบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ

- วิธีปั้นก้อนเปียก โดยชั่งเยื่อสาที่ผ่านการสลัดน้ำออกแล้ว เหลือความชื้นประมาณร้อยละ 30 ปั้นเป็นก้อนไว้แต่ละก้อนให้ได้น้ำหนักแห้งตามความต้องการ ตักน้ำในอ่างช้อนเยื่อที่มีสารกระจายเยื่อผสมอยู่ใส่ในถังเพื่อกระจายเยื่อ ประมาณ 10 ลิตร ใส่ก้อนเยื่อลงไปหนึ่งก้อนแล้วใช้มือตีเยื่อให้แตกกระจาย วางตะแกรงช้อนเยื่อในอ่าง ตักน้ำเยื่อเทลงบนตะแกรงให้ทั่วแล้วใช้ฝ่ามือแตะเยื่อให้กระจายทั่วตะแกรงแล้วยกตะแกรงขึ้นตรง ๆ รอจนน้ำหยุดไหลจึงนำไปตากแดด

- วิธีควบคุมปริมาณเยื่อต่อน้ำ (Consistency) วิธีนี้จะทำแผ่นได้เร็วกว่าวิธีปั้นก้อน กระดาษจะมีความสม่ำเสมอมากกว่า เนื่องจากการตีเยื่อให้แตกกระจายจะทำได้มากกว่าวิธีปั้นก้อน แต่ข้อสำคัญจะต้องควบคุมปริมาณน้ำต่อเยื่อให้ถูกต้อง และเวลาตวงน้ำเยื่อจะต้องกวนเยื่อให้กระจายอย่างสม่ำเสมอและตวงในปริมาตรที่ได้เยื่อแห้งตามต้องการ วิธีการใส่น้ำที่ผสมสารกระจายเยื่อแล้วลงในถังโดยรู้ปริมาณที่แน่นอนใส่เยื่อที่รู้น้ำหนักที่แน่นอนลงในน้ำคนด้วยไม้ไผ่แรง ๆ ให้เยื่อแตกกระจายอย่างสม่ำเสมอตวงน้ำเยื่อให้ได้ตามที่คำนวณไว้ เทลงบนตะแกรงแล้วยกขึ้นตรง ๆ รอจนน้ำหยุดไหลจึงนำไปตากแดด

2.7.10 การทำแห้งกระดาษ กระดาษสาไม่สามารถจะดึงเอาออกจากตะแกรงในขณะเปียกได้ ดังนั้นจำเป็นจะต้องทำให้กระดาษแห้งทั้งตะแกรง ซึ่งมีด้วยกัน 2 วิธีคือ

1. การตากแดด โดยอาศัยความร้อนจากแสงแดดซึ่งเป็นวิธีที่ประหยัดโดยนำตะแกรงที่น้ำไหล ออกจากเยื่อหมด แล้วตั้งเอียง 45 องศา หันด้านที่มีกระดาษเข้าหาแสงแดด ถ้าเป็นกระดาษที่ไม่ได้ย้อมสีแต่ถ้าเป็นกระดาษย้อมสีควรจะผึ่งให้แห้งในร่ม เพื่อสีจะได้ไม่ซีดแต่ถ้าไม่มี

พื้นที่จำเป็นจะต้องตากแดดให้หันด้านหลังตะแกรงเข้าหาแสงแดดจะช่วยลดการซีดของสีลงได้ กระดาษจะแห้งเร็วหรือช้าจะขึ้นกับสภาพของอากาศและความหนาของกระดาษด้วย โดยปกติจะแห้งในเวลา 2 – 3 ชั่วโมง

2. ใช้ตู้อบ สามารถที่จะอบกระดาษได้ตลอดเวลาโดยไม่มีปัญหาของสภาพอากาศ แต่การลงทุนค่อนข้างสูง แหล่งให้ความร้อนจะเป็นแก๊สหรือไฟฟ้าก็ได้ กระดาษที่จะนำเข้าไปจำเป็นต้องให้น้ำหยดจนหมดก่อนจึงนำเข้าอบโดยวางซ้อนกันตามความจุของตู้อุณหภูมิที่ใช้ประมาณ 40 – 45 °C ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้ตาข่ายไนล่อนหดตัวหลุดจากขอบตะแกรงได้ กระดาษจะแห้งประมาณ 1 ชั่วโมง ตู้อบสามารถใช้ได้ทั้งกระดาษขาวและกระดาษสี ส่วนกระดาษที่ใส่ดอกไม้และใบไม้เมื่อตัวกระดาษแห้งแล้วจำเป็นจะต้องหาที่แขวนกระดาษต่ออีก 1 -2 วัน

2.7.11 การทำให้ผิวหน้ากระดาษเรียบ โดยทั่วไปกระดาษสาไทยผิวหน้าของกระดาษจะไม่เรียบมีลักษณะย่น ขรุขระ เนื่องจากไม่สามารถนำออกจากตะแกรงเข้าเครื่องกดไล่น้ำ (Press) ทำให้แห้งบนผิวเรียบของแผ่นสแตนเลส(Stream dry) หรือแผ่นไม้ (Drying boards) ได้เหมือนกระดาษญี่ปุ่นหรือยุโรป ยิ่งกระดาษที่หนามากจะมีผิวหน้าขรุขระมากกว่ากระดาษบาง การจะทำให้ผิวหน้ากระดาษเรียบ สามารถทำได้ดังนี้

1. ครูดผิวหน้ากระดาษด้วยภาชนะขอบและผิวเรียบ การครูดผิวหน้ากระดาษนั้นจะต้องรอให้น้ำในแผ่น กระดาษระเหยออกไปประมาณร้อยละ 70 ก่อน ถ้าเข้าอบควรจะครูดผิวหน้าก่อนเข้าอบจะได้ไม่เสียเวลาเปิด เข้าออกในขณะตากแดดกระดาษจะมีความเหนียวขึ้น เวลาครูดผิวหน้าจะได้ไม่ขาด การครูดก็โดยใช้ฝ่ามือจับที่ก้นภาชนะเช่น ขันแล้วคว่ำขอบบนเข้าหาแผ่นกระดาษใช้ขอบครูดบนผิวกระดาษไปมาโดยค่อยเพิ่มน้ำหนักขึ้นทีละน้อย โดยดูจากผิวของกระดาษเป็นหลัก และไม่กดแรงเกินไป กระดาษอาจจะขาดหรือมีตำหนิได้การครูดผิวหน้า ไม่สามารถกระทำได้ในครั้งเดียวทั้งแผ่นเนื่องจากการระเหยของน้ำออกจากแผ่นไม่เท่ากัน ส่วนบนตะแกรงจะแห้งเร็วกว่าด้านล่าง ดังนั้นจึงต้องคอยครูดผิวหน้าจนหมดทั้งแผ่น กระดาษที่แห้งแล้วนำมาพ่นน้ำแล้วครูดผิวหน้าภาย หลังจะไม่เรียบเท่าการครูดในขณะตากหรือเปียกครั้งแรก

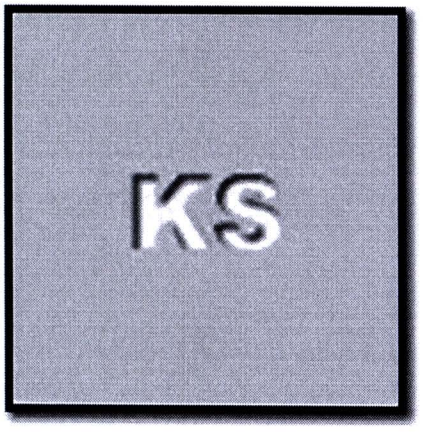
2. รีดด้วยเครื่องรีดกระดาษ (Calender) เครื่องรีดกระดาษประกอบด้วยลูกกลิ้งสองลูก ซ้อนกันแนวดิ่ง อาจ จะเป็นเหล็กเคลือบฮาดโครมหรือลูกกลิ้งยางก็ได้ แต่เคลือบฮาดโครมจะเรียบกว่า การรีดก็โดยใส่แผ่นกระดาษสาที่แห้งแล้วเข้าไประหว่างลูกกลิ้ง ถ้าต้องการเรียบมาก ๆ ก็เพิ่มน้ำหนักกดลงบนลูกกลิ้งตัวบนและรีดหลาย ๆ ครั้ง ลูกกลิ้งตัวล่างจะหมุนด้วยแรงดึงของสายพานที่ต่อมาจากมอเตอร์ทำให้ลูกกลิ้งตัวบนหมุนตามด้วย กระดาษที่ผ่านการรีดแล้วจะมีความเรียบที่สม่ำเสมอ มีความเหนียวและแข็งแรงเพิ่มขึ้นด้วย

2.7.12 การดึงกระดาษออกจากตะแกรง การดึงกระดาษออกจากตะแกรงหลังจากที่กระดาษแห้งแล้ว นับว่าเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการทำกระดาษและมีความสำคัญค่อนข้างมาก เนื่องจากคุณภาพของกระดาษจะต่ำลงเพราะกระดาษมีตำหนิ เช่น รอยฉีกขาดหรือหักพับจากการดึงกระดาษออกจากตะแกรงโดยไม่ระมัดระวัง การดึงกระดาษจะต้องนำตะแกรงมาตั้งเฉียงประมาณ 45 องศา ใช้นิ้วแกะขอบกระดาษด้านบนออกจากขอบตะแกรงให้ตลอดแนวบนใช้ทั้งสองมือจับขอบกระดาษด้าน บนให้ห่างเท่าๆกัน ดึงกระดาษเข้าหาตัวลักษณะยกขึ้นเล็กน้อย จนกระดาษหลุดออกจากตะแกรงทั้งแผ่นวิธีนี้อาจจะต้องหาที่ยึดขอบตะแกรงด้านบนไว้ มิฉะนั้นตะแกรงจะถูกดึงตามเข้ามาพร้อมกระดาษด้วย ถ้าไม่มีและไม่สะดวกจำเป็นต้องใช้มือข้างหนึ่งจับขอบตะแกรงบนไว้แล้วมืออีกข้างหนึ่งจับตรงกึ่งกลางขอบกระดาษด้านบน ดึงกระดาษออกจากตะแกรงเหมือนที่กล่าวต้องมีความระมัดระวังอย่าให้เกิดรอยหักพับของกระดาษในขณะดึง

2.8 กระดาษคราฟท์

กระดาษคราฟท์ที่เรานำมาทำแผ่นกระดาษลูกฟูก มีหลายประเภท หลากสีสัน และคุณภาพ การนำไปใช้งานก็แตกต่างกัน โดยหลักๆเกรดกระดาษที่ใช้ มีดังต่อไปนี้

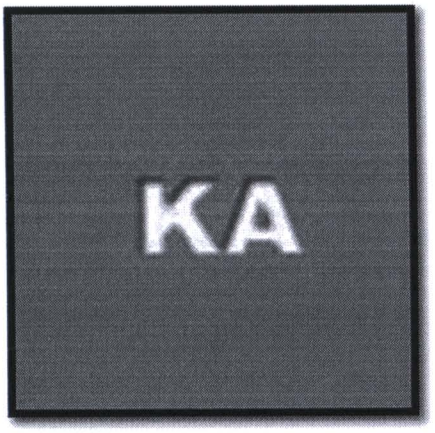
2.8.1 KS กระดาษคราฟท์สีขาวสำหรับทำผิวกล่อง มีความเรียบ สะอาด เหมาะสำหรับกล่องที่เน้นความสวยงาม และ ช่วยให้การพิมพ์ที่มีสีสันชัดเจน ดูโดดเด่น เพิ่มคุณค่าให้สินค้าที่บรรจุภายใน นอกจากนี้ กระดาษ KS ยังมีความแข็งแรงสูง สามารถปกป้องสินค้าได้ดี นิยมใช้สำหรับ กล่องเครื่องใช้ไฟฟ้า สินค้าเพื่อการส่งออก และกล่องอุปโภคบริโภค ที่ต้องการบ่งบอกถึงความมีระดับของสินค้า เป็นต้น น้ำหนักมาตรฐาน : 170 กรัม/ตารางเมตร



ภาพที่ 2.6 กระดาษคราฟท์ KS

ที่มา : http:// www.thaipaperbox.com, 2553

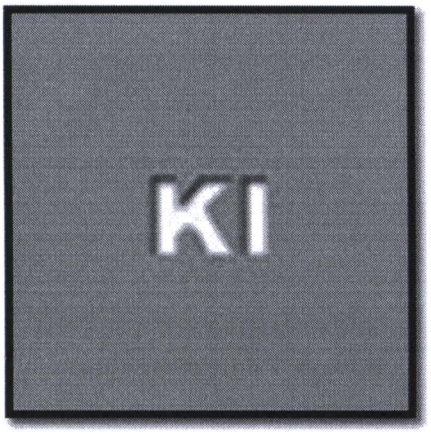
2.8.2 KA กระดาษคราฟท์สีเหลืองทองสำหรับทำผิวกล่อง มีความแข็งแรงทนทานเป็นพิเศษ สามารถรองรับน้ำหนักได้ดีเยี่ยม และเป็นสีที่นิยมใช้กันมากในประเทศ เหมาะสำหรับสินค้าอะไหล่ยนต์ อาหารกระป๋อง กล่องเฟอร์นิเจอร์ ที่ต้องการความมั่นใจในเรื่องความแข็งแรงทุกรูปแบบ ทั้งการเรียงซ้อน การฉีกขาดและ การป้องกันการกระแทก น้ำหนักมาตรฐาน : 125, 150, 185, 230 กรัม/ตารางเมตร



ภาพที่ 2.7 กระดาษคราฟท์ KA

ที่มา : http:// www.thaipaperbox.com, 2553

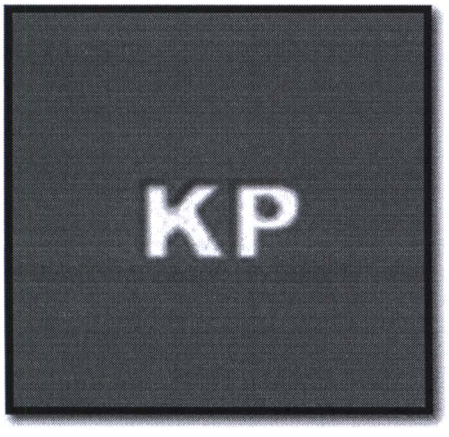
2.8.3 KI กระดาษคราฟท์สีน้ำตาลอ่อนสำหรับทำผิวกล่อง สีอ่อนสบายตา เหมาะกับงานพิมพ์ภาพหรือตัวหนังสือ ให้มีสีสวยงามด้านการพิมพ์เป็นรองเพียงกระดาษ KS เท่านั้น นิยมใช้กับสินค้าที่ไม่ต้องการความแข็งแรงมากเท่า KA เหมาะกับกล่องสินค้าทั่วไป เช่น กล่องอาหารสำเร็จรูป กล่องเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีการพิมพ์เป็นภาพสี เป็นต้น น้ำหนักมาตรฐาน: 125, 150, 185 กรัม/ตารางเมตร



ภาพที่ 2.8 กระดาษคราฟท์ KI

ที่มา : http:// www.thaipaperbox.com, 2553

2.8.4 KP กระดาษคราฟท์สีน้ำตาลสำหรับทำผิวกล่อง มีโทนสีที่ใกล้เคียงกับกระดาษจากต่างประเทศ เป็นที่ยอมรับกันในสากลเหมาะกับการใช้ผลิตกล่องสำหรับสินค้าส่งออกทุกชนิด น้ำหนักมาตรฐาน : 175, 275 กรัม/ตารางเมตร

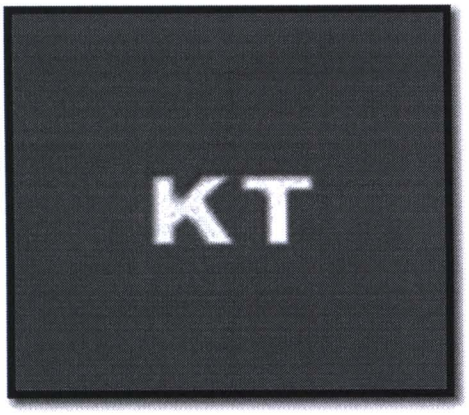


ภาพที่ 2.9 กระดาษคราฟท์ KP

ที่มา : http:// www.thaipaperbox.com, 2553

2.8.5 KT กระดาษคราฟท์สีน้ำตาลสำหรับทำผิวกล่อง ผลิตจากเยื่อ Recycled 100% เพื่อส่งเสริมด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมแต่ยังคงความสวยงามและความแข็งแกร่ง มี

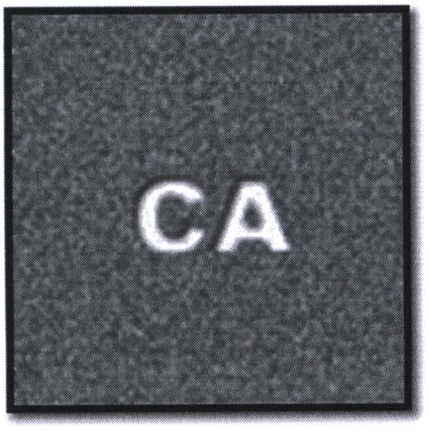
คุณสมบัติเด่นในเรื่องการวางเรียงซ้อนทับกันเหมาะกับสินค้าส่งออกที่ระบุให้ใช้กล่องที่ทำจากเยื่อ Recycled ทั้งหมดน้ำหนักมาตรฐาน : 125, 150 กรัม/ตารางเมตร



ภาพที่ 2.10 กระดาษคราฟท์ KT

ที่มา : http:// www.thaipaperbox.com, 2553

2.8.6 CA กระดาษคราฟท์สำหรับทำลอนลูกฟูก มีคุณสมบัติความแข็งแรงในการป้องกันแรงกระแทก สำหรับทำลอนลูกฟูกขนาดต่างๆได้ทุกลอนให้ได้คุณภาพสูง ความแข็งแรงสัมพันธ์กับน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษ นอกจากนี้ กระดาษ CA ยังนิยมนำมาใช้ทำเป็นกระดาษทำผิวกล่องด้านหลังเพื่อลดต้นทุนอีกด้วย น้ำหนักมาตรฐาน: 105, 125 กรัม/ตารางเมตร



ภาพที่ 2.11 กระดาษคราฟท์ CA

ที่มา : http:// www.thaipaperbox.com, 2553

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

2.9 บรรจุภัณฑ์

การบรรจุหีบห่อ (Packaging) มีความหมายว่าแนวความคิดรวมของระบบในการเตรียมสินค้าเพื่อการขนส่ง จัดจำหน่าย เก็บรักษาและการตลาด โดยให้สอดคล้องกับสมบัติของสินค้า รวมทั้งการใช้ต้นทุนที่เหมาะสม ในยุคปัจจุบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้มีบทบาทต่อชีวิตประจำวัน ของคนเรามากขึ้น การบรรจุหีบห่อจึงได้ทวีความสำคัญยิ่งขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการบรรจุหีบห่อเป็นปัจจัยที่สำคัญในการนำสินค้าจากแหล่งผลิตสู่มือผู้บริโภค

2.9.1 ประโยชน์ของบรรจุภัณฑ์

1. การป้องกัน (Protection) เช่น กันน้ำ กันความชื้น กันแสง กันแก๊ส เมื่ออุณหภูมิสูงหรือต่ำ ด้านทานมิให้ผลิตภัณฑ์แปรสภาพไม่แต่ไม่ฉีกขาดง่าย ปกป้องให้สินค้าอยู่ในสภาพใหม่สดอยู่ในสภาวะแวดล้อมของตลาดได้ในวงจรยาว โดยไม่แปรสภาพขนานแท้และดั้งเดิม

2. การจัดจำหน่ายและการกระจาย (Distribution) เหมาะสมต่อพฤติกรรมการซื้อขายเอื้ออำนวยการแยกขาย ส่งต่อ การตั้งโชว์ การกระจาย การส่งเสริมจูงใจในตัว ทนต่อการขนย้ายขนส่ง และการคลังสินค้า ด้วยต้นทุนสมเหตุสมผล ไม่เกิดรอยบุดขีด / ชำรุด ตั้งแต่จุดผลิตและบรรจุจนถึงมือผู้ซื้อ / ผู้ใช้ / ผู้บริโภค ทนทานต่อการเก็บไว้นานได้

3. การส่งเสริมการจำหน่าย (Promotion) เพื่อยึดพื้นที่แสดงจุดเด่น โชว์ตัวเองได้อย่างสะดุดตา สามารถระบุแจ้งเงื่อนไข แจ้งข้อมูลเกี่ยวกับการเสนอผลประโยชน์เพิ่มเติมเพื่อจูงใจผู้บริโภค เมื่อต้องการจัดรายการเพื่อเสริมพลังการแข่งขัน ก็สามารถเปลี่ยนแปลงและจัดทำได้สะดวก ควบคุมได้และประหยัด

4. การบรรจุภัณฑ์กลมกลืนกับสินค้า และกรรมวิธีการบรรจุ (Packaging) เหมาะสมทั้งในแง่การออกแบบ และเพื่อให้มีโครงสร้างเข้ากับขบวนการบรรจุ และเอื้ออำนวยความสะดวกในการหิ้ว – ถือกลับบ้าน ตลอดจนการใช้ได้กับเครื่องมือการบรรจุที่มีอยู่แล้ว หรือจัดหามาได้ ด้วยอัตราความเร็วในการผลิตที่ต้องการ ต้นทุนการบรรจุภัณฑ์ต่ำหรือสมเหตุสมผล ส่งเสริมจรรยาบรรณและรับผิดชอบต่อสังคม ไม่ก่อให้เกิดมลพิษและอยู่ในทำนองคลองธรรม ถูกต้องตามกฎหมายและพระราชบัญญัติต่าง ๆ

5. เพิ่มยอดขาย เนื่องจากในตลาดมีสินค้าและคู่แข่งเพิ่มขึ้นตลอดเวลา หากบรรจุภัณฑ์ของสินค้าใดได้รับการออกแบบเป็นอย่างดี จะสามารถดึงดูดตา ดึงดูดใจผู้บริโภคและก่อให้เกิดการซื้อในที่สุด รวมทั้งการลดต้นทุนการผลิต

<u>วัตถุประสงค์หลักของบรรจุภัณฑ์</u> (Objectives of package)

- ❖ เพื่อป้องกันผลิตภัณฑ์ (To protect products)
- ❖ เพื่อจำหน่ายผลิตภัณฑ์ (To distribute products)
- ❖ เพื่อโฆษณาประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ (To promote products)

2.9.2 ความหมายของบรรจุภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์หรือการบรรจุหีบห่อ หมายถึง ศาสตร์และศิลป์ที่ใช้ในการบรรจุสินค้าโดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพื่อการคุ้มครองปกป้องสินค้าจากผู้ผลิตจนถึงมือลูกค้าอย่างปลอดภัยด้วยต้นทุนการผลิตที่เหมาะสม จากความหมายพอสรุปได้ว่าบรรจุภัณฑ์นั้นหมายถึง เรื่องของวิทยาศาสตร์และเรื่องของศิลปะที่ใช้เพื่อการบรรจุสินค้าโดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยและทำให้เกิดความเสียหายกับสิ่งแวดล้อม และบรรจุภัณฑ์นั้นจะต้องปกป้องตัวสินค้าให้อยู่ในสภาพที่ดีจากแหล่งผลิตจนถึงมือลูกค้าโดยไม่ให้ได้รับความเสียหาย ทั้งนี้บรรจุภัณฑ์นั้น ๆ จะต้องมีต้นทุนของการผลิตที่ไม่สูงจนเกินไป จะเห็นได้ว่าการบรรจุภัณฑ์นั้นมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อผลผลิต ทั้งหลายซึ่งสามารถสรุปเป็นรายละเอียดเป็นข้อ ๆ ได้ ดังนี้

1. รักษาคุณภาพ และปกป้องตัวสินค้า เริ่มตั้งแต่การขนส่งการเก็บให้ผลผลิตหรือผลิตภัณฑ์เหล่านั้นมิให้เสียหายจากการปนเปื้อนจากฝุ่นละออง แมลง คน ความชื้น ความร้อน แสงแดด และการปลอมปน เป็นต้น

2. ให้ความสะดวกในเรื่องการขนส่ง การจัดเก็บ มีความรวดเร็วในการขนส่งเพราะสามารถรวมหน่วยของผลิตภัณฑ์เหล่านั้นเป็นหน่วยเดียวได้ เช่น ผลไม้หลายผลนำลงบรรจุในลังเดียว หรือเครื่องดื่มที่เป็นของเหลวสามารถบรรจุลงในกระป๋องหรือขวดได้ เป็นต้น

3. ส่งเสริมทางด้านการตลาด บรรจุภัณฑ์เพื่อการจัดจำหน่ายเป็นสิ่งแรกที่ผู้บริโภคเห็น ดังนั้นบรรจุภัณฑ์จะต้อง ทำหน้าที่บอกกล่าวสิ่งต่างๆของตัวผลิตภัณฑ์โดยการบอกข้อมูลที่จำเป็นทั้งหมดของตัวสินค้า

2.10 คุณภาพกระดาษที่มีความสำคัญต่อคุณภาพกล่อง

2.10.1 น้ำหนักมาตรฐาน (Basis weight) น้ำหนักมาตรฐาน หมายถึง น้ำหนักกระดาษต่อพื้นที่ ซึ่งมีหน่วยเป็น กรัมต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร หรือ ปอนด์ต่อพื้นที่ 1,000 ตารางฟุต น้ำหนักมาตรฐานมีความสัมพันธ์ต่อคุณสมบัติทางกายภาพของกระดาษ โดยเฉพาะความแข็งแรงของกระดาษ จะพบว่ากระดาษทุกประเภทจะต้องมีข้อกำหนดเกี่ยวข้องกับมาตรฐานถึงแม้ว่า

คุณสมบัตินี้ไม่ได้เป็นคุณสมบัติที่จะนำไปใช้ ความ สัมพันธ์งานโดยตรง แต่ก็มีกับคุณสมบัติอื่นๆ เป็นอย่างมาก กระดาษชนิดเดียวกันความแข็งแรงของกระดาษจะเพิ่มขึ้น เมื่อน้ำหนักมาตรฐานเพิ่มขึ้นจึงใช้ในการแบ่งชั้นคุณภาพของกระดาษหรือเกรดกระดาษการเลือกใช้กระดาษนั้นมักเปรียบเทียบกับคุณสมบัติ ที่ต้องการโดยใช้ระดับมาตรฐานเดียวกันเป็นเกณฑ์ตัดสินเสมอ ช่วงการวัด100-300 g/m^2 (กรัมต่อตารางเมตร) มาตรฐานที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ ISO 536 (กระดาษเหนียว), ASTM D 646, TAPPI T410. ISO3039 (กระดาษลูกฟูก)

2.10.2 การทดสอบความหนา (Thickness) นิยมใช้ตรวจคุณภาพของกระดาษวัสดุอ่อนตัวทั่วไปและภาชนะบรรจุเกือบทุกประเภท เป็นวิธีการทดสอบที่รวดเร็วและทำได้ง่าย นิยมใช้เครื่องวัดที่มีความละเอียดและแม่นยำสูง เช่น Dial type micrometer หน่วยความหนาที่ใช้ทั่วไป เช่น มิลลิเมตร ไมครอน หรือนิ้ว เป็นต้น

2.10.3 การดูดซึมน้ำ (Adsorption) การดูดซึมน้ำของกระดาษทำลูกฟูก หมายถึง เวลาที่กระดาษสามารถดูดซึมน้ำปริมาณ 0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ได้หมดมีหน่วย เป็น วินาทีต่อน้ำ 0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ค่านี้จะบอกถึงความสามารถในการดูดซึมน้ำของกระดาษทำลูกฟูก วิธีการทดสอบใช้มาตรฐาน มอก. 321 ซึ่งกำหนดให้ กระดาษลูกฟูกมีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ในช่วง 30 - 200 วินาทีต่อน้ำ 0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2.10.4 ความต้านทานแรงดันทะลุ (Bursting strength) ความต้านทานแรงดันทะลุ หมายถึง ความสามารถของกระดาษหรือแผ่นกระดาษลูกฟูกที่จะต้านแรงดันที่กระทำบนแผ่นทดสอบด้วยอัตราที่เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอจนทำให้แผ่นทดสอบนั้นขาดภายใต้สภาวะที่กำหนด มีหน่วยเป็น (kN/m^2) กิโลนิวตันต่อตารางเมตร โดยทั่วไปแล้วค่าความต้านแรงดันทะลุจะขึ้นอยู่กับชนิด สัดส่วน การเตรียมเส้นใยและปริมาณเส้นใยรวมทั้งสารแต่งเติมในแผ่นกระดาษ นอกจากนี้ความต้านทานแรงดันทะลุเป็นคุณสมบัติที่สำคัญสำหรับสินค้าที่ทำให้เกิด แรงดันภายในออกมาภายนอกกล่องเป็นบริเวณพื้นที่เล็กๆ เช่น สินค้าที่มีลักษณะแรงดันภายในออกมาภายนอกกล่องเป็นบริเวณพื้นที่เล็กๆ เช่น สินค้าที่มีลักษณะเป็นก้อน แท่งหรือกระป๋อง เป็นต้น มีความจำเป็นต้องใช้แผ่นกระดาษลูกฟูกที่มีค่าความต้านแรงดันทะลุสูงๆ เนื่องจากมีการกระทบระหว่างสินค้ากับกล่องบรรจุซึ่งจะบ่งบอกถึงความสามารถในการรองรับน้ำหนักบรรจุของสินค้าที่ ถ่วงลงบนผนังด้านล่าง

ของกล่องเมื่อมีการลำเลียงขนส่ง เครื่องมือที่ใช้คือ Mullen tester มาตราฐานที่ใช้ทดสอบได้แก่ มอก. 550-2528 ข้อ 9.5 และ ASTM D 786-01

2.10.5 ความต้านทานแรงกดรูปวงแหวน (Compression strength) ความต้านทานแรงกดของกล่องกระดาษลูกฟูก หมายถึง ความสามารถของกระดาษลูกฟูกในการต้านแรงกดที่กระทำบน กล่องจนกระดาษลูกฟูกนั้นเสียรูปหรือรับแรงกดต่อไปอีกไม่ได้ มีหน่วยเป็น นิวตัน (N) หรือกิโลกรัมแรง (kgf) วิธีการทดสอบนี้ ใช้สำหรับทดสอบกล่องกระดาษลูกฟูกด้วยอัตราความเร็วอย่างสม่ำเสมอกระดาษ ลูกฟูกเปล่าและกล่องกระดาษลูกฟูกที่บรรจุสินค้า ค่าความต้านทานแรงกดของกล่องกระดาษลูกฟูกนำมาใช้คำนวณหาจำนวนชั้นในการเรียง ซ้อนจริงของกล่องที่บรรจุสินค้าถึงแม้ว่าการทดสอบนี้จะมีความสัมพันธ์โดยตรง กับความแข็งแรงของกล่องกระดาษลูกฟูกเมื่อเรียงซ้อนก็ตาม แต่ค่าที่ได้ก็ไม่ได้บ่งบอกถึงน้ำหนักที่สามารถใช้ในการเรียงซ้อนตัวจริงๆ เพราะในทางปฏิบัติจำเป็นต้องมีตัวคูณเพื่อความปลอดภัย (Safety factor) มาเกี่ยวข้อง ซึ่งได้มีการเผื่อค่าความต้านแรงกดของกล่องที่อาจลดลง ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยต่างๆ ที่จะมีผลต่อค่าความ ต้านแรงกดของกล่องกระดาษลูกฟูกได้แก่ ปริมาณความชื้นในอากาศระยะเวลาในการเก็บ รูปแบบในการเรียงซ้อนกล่อง จำนวนครั้งในการเคลื่อนย้าย ลักษณะของการขนถ่าย เป็นต้น อย่างไรก็ดีคุณสมบัตินี้นับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งในการออกแบบและกำหนดคุณภาพของกล่องกระดาษลูกฟูกให้เหมาะสมกับสินค้า เครื่องมือที่ใช้คือ Compression tester มาตรฐานที่ใช้ทดสอบได้แก่ มอก.321-2530 ข้อ 7.5

2.10.6 ความคงทนต่อแรงฉีกขาด (Tearing strength) เป็นการทดสอบค่าเฉลี่ยที่ใช้ในการฉีกกระดาษที่มีรอยบากไว้แล้ว มีหน่วยเป็น mN มิลลินิวตัน การทดสอบนี้มีความสำคัญต่อการควบคุมคุณภาพของกระดาษ ถุงกระดาษและกล่องกระดาษแข็ง มีค่าอยู่ประมาณ 39-3,000 mN มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ คือ ASTM D 5734-95