

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่อง การใช้ประโยชน์จากเส้นใยของเปลือกและลำต้นหอมแดงเพื่อผลิตกระดาษ และบรรจุภัณฑ์ ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร ตำรา หนังสือ รวมทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ นำมาเรียบเรียงได้ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

หอมแดง (Shallot)

1. ข้อมูลทั่วไปของหอมแดง
2. ลักษณะของเปลือกและลำต้นหอมแดง

เซลลูโลส (Cellulose)

1. ความหมายและโครงสร้างของเซลลูโลส
2. คุณสมบัติของเซลลูโลส
3. การผลิตเซลลูโลส

เฮมิเซลลูโลส (Hemi-cellulose)

ลิกนิน (Lignin)

ไคโตซาน (Chitosan)

กระดาษ (Paper)

1. ความหมายและประเภทของกระดาษ
2. คุณสมบัติของกระดาษ
3. องค์ประกอบของกระดาษ
4. การจัดกลุ่มอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ

กระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ

1. กระบวนการผลิตเยื่อกระดาษในเชิงอุตสาหกรรม
2. กระบวนการผลิตเยื่อกระดาษในเชิงหัตถกรรม

การวิเคราะห์คุณสมบัติของกระดาษ (Paper properties analysis)

1. คุณสมบัติทางด้านกายภาพ (Physical properties)
2. ทิศสมบัติ (Optical properties)
3. คุณสมบัติทางด้านความแข็งแรง (Strength properties)

4. คุณสมบัติด้านการกีดขวาง (Barrier properties)

การวิเคราะห์ตัวอย่าง (Sample analysis)

1. การวิเคราะห์หาเยื่อใยหยาบ (Crude fiber, CF)
2. การวิเคราะห์หาปริมาณ (Neutral detergent fiber, NDF)
3. การวิเคราะห์หาปริมาณ (Acid detergent fiber, ADF)
4. การวิเคราะห์หาปริมาณ (Acid detergent lignin, ADL)
5. การหาปริมาณความชื้น (Moisture, AOAC, 1990)
6. การหาปริมาณเถ้า (Ash, AOAC, 1990)

ค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีเขียวแดง (a^*) และค่าความเป็นสีน้ำเงินเหลือง (b^*)

บรรจุภัณฑ์ (Packaging)

1. ความหมายและความสำคัญของบรรจุภัณฑ์
2. ประเภทของบรรจุภัณฑ์
3. หลักการผลิตบรรจุภัณฑ์จากกระดาษ

หลักการออกแบบบรรจุภัณฑ์ (Packaging design principle)

1. ความหมายและความสำคัญของการออกแบบบรรจุภัณฑ์
2. หลักและขั้นตอนการออกแบบบรรจุภัณฑ์
3. การออกแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์

ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุภัณฑ์จากวัสดุเหลือทิ้ง

1. ความหมายและความสำคัญของความพึงพอใจ
2. ทฤษฎีความพึงพอใจของผู้บริโภค
3. ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจและพฤติกรรมของผู้บริโภค

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

หอมแดง (Shallot)

1. ข้อมูลทั่วไปของหอมแดง

หอมแดง (Shallots) มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Allium ascalonicum* Linn จัดอยู่ในวงศ์พืชที่มีชื่อว่า *Maryllidaceae* (เพียว พรมพันธุ์, 2558) มีชื่อเรียกอื่น เช่น หอมไทย หอมหัว หอมเล็ก หอมบัว หัวหอมแดง ปะเซะซ่า ปะเซอก้อ เป็นต้น (ฐานัน พิมพลักษณ์, 2548) จัดเป็นพืชเศรษฐกิจระดับท้องถิ่นที่นิยมปลูกเพื่อบริโภคในส่วนที่เรียกว่าหัวสะสมอาหาร (bulb) ซึ่งมีลักษณะกลมโตเป็นข้อปล้องหดสั้นอัดกันแน่นจนเป็นแผ่นแข็ง จากกาบใบนอกสีแดงเข้มจะเรียงตัวเป็นชั้นๆ เข้าไปด้านในที่เป็นกาบใบสีขาวอมม่วง ส่วนของลำ ต้นเหนือดินและใบนั้นตั้งตรง ซึ่งลักษณะใบเป็นใบเดี่ยวรูปหอกทรงกระบอกกลวง สีเขียวเข้ม ผิวใบเรียบไม่มีขน จำนวนประมาณ 3-8 ใบต่อดัน ปลายใบมีความสูงจากผิวดิน ประมาณ 3 เซนติเมตร และด้านบนมีจุดเจริญของใบ มีช่อดอกเป็นครึ่งทรงกลม คล้ายร่ม มีก้านช่อดอกที่ยาวสูงชูดอกขึ้นเหนือบริเวณโคนใบเล็กน้อย เป็นดอกสมบูรณ์เพศที่กลีบดอกจำนวน 6 กลีบ แยกออกจากกันอย่างชัดเจน บริเวณดอกมีสีเขียว แต่เส้นกลางกลีบมีสีขาว มีเกสรเพศผู้จำนวน 6 อัน ที่มีก้านชูเกสรเพศผู้สีขาวและงอกอยู่ระหว่างโคนของกลีบดอกกับรังไข่ มีอับสปอร์สีเขียวจำนวน 2 พู เกสรเพศเมีย 1 อัน ที่ประกอบด้วย 3 คาร์เพล (carpel) โดยแต่ละคาร์เพลมี 2 ออวูล ซึ่งดอกนี้จะสามารถแตกกอได้ 5-10 หัวต่อกอ ส่วนผลอ่อนมีสีเขียวแต่เมื่อแก่จะมีสีเขียวปนขาว มีลักษณะเป็นพู่จำนวน 3 พู เมื่อแห้งจะเกิดรอยแตกเป็นร่องกลางพู่ โดยแต่ละพู่มี 1-2 เมล็ด ที่มีรอยย่นและสีดำสนิท สามารถนำไปใช้ในการขยายพันธุ์ได้ โดยสามารถเจริญเติบโตในดินเกือบทุกชนิด แต่ดีที่สุดคือ ดินร่วนที่ค่าความเป็นกรดต่ำ (pH) ประมาณ 5.0 - 6.5 และมีความชื้นในดินระดับสูง ซึ่งเหมาะสมในช่วงเวลาของการเจริญเติบโต แต่ถ้าอยู่ในช่วงเจริญเติบโตเต็มที่ที่หัวเริ่มแก่พร้อมที่จะเก็บผลผลิตนั้นแล้ว พื้นดินและสภาพอากาศบริเวณที่ปลูกต้องมีความชื้นต่ำ ช่วงเวลาที่เหมาะสมต่อการปลูกหอมแดง คือ ช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนมีนาคม ของทุกปี นอกจากนี้ยังจัดเป็นพืชที่สามารถทนทานต่อโรคเน่าในแปลงได้ดีอีกด้วย (สงวนศักดิ์ ศรีสุธรรม, 2558)

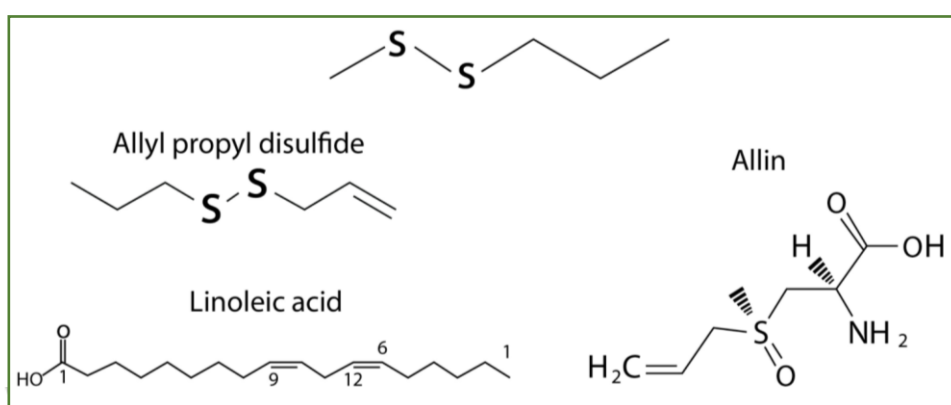


ภาพที่ 2.1 ลักษณะต้นหอมแดง

ที่มา : เว็บเพื่อพืชเกษตรไทย. (2558)

ทางด้านสรรพคุณของหอมแดงจะใช้ในการรักษาโรคเลือดแข็งตัวในเส้นเลือดแดงได้เป็นอย่างดี ใช้เป็นยาบำรุงธาตุ แก้มวิงเวียนศีรษะ แก้อีก ลดเสมหะ แก้ไข้ และพืชต่าง ๆ ใช้ขับลม มีส่วนช่วยในการกระตุ้นระบบย่อยอาหาร และระบบขับถ่าย บำรุงเส้นผมให้ดำ แก้มารวม เมื่อบดหรือตำสามารถนำไปประคบที่กระหม่อมเด็ก ช่วยลดอาการปวดศีรษะในเด็ก รวมทั้งน้ำมูลไหล

ตัวร้อน มือและเท้าเย็น เมื่อนำหัวหอมสดทุบให้แตก แล้วนำไปต้มน้ำร้อนแล้วดื่ม หรือทุบให้แตก นำมาสูดดมจะมีส่วนช่วยป้องกันการติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจได้ดี เช่น โรคคอ และหลอดลมอักเสบ สามารถใช้ทารักษากลากเกลื้อนได้ ใช้ต้มน้ำดื่มช่วยเป็นยาขับปัสสาวะหรือใช้เป็นยาปลูกกำหนัด (Aphrodisiac) หรือเสริมสมรรถภาพทางเพศ รวมทั้งดื่มเพื่อฆ่าพยาธิได้ รับประทานสดหรือปรุงอาหาร จะช่วยรักษาโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด ลดระดับคอเลสเตอรอลในเส้นเลือด เพราะในหัวหอมมีกรดไลโนเลอิก (Linoleic acid) ซึ่งเป็นสารที่ช่วยลดปริมาณไขมันในเลือด ช่วยขยายเส้นเลือดทำให้เลือดไหลเวียนไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ได้สะดวกขึ้น น้ำสกัดจากหัวหอมจึงสามารถช่วยรักษาโรคเบาหวาน ลดระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดได้ดีกว่ากระเทียม (เว็บให้ความรู้สุขภาพ, 2560)



ภาพที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของหอมแดง
ที่มา : เว็บให้ความรู้สุขภาพ. (2560)

ในหัวหอมจะมีน้ำมันที่มีสมบัติระเหยง่ายซึ่งมีกำมะถัน Diallyl disulfide เป็นองค์ประกอบร่วมกับสารอื่นๆ อีกเช่น Ethanol, Acetone, Methyl, Methyl Ethyl, Methyl Disulfide, Methyl trisulfide, Methyl I-propyl trisulfide, I-propyl trisulfide, Ketone, I-propanol, 2-propanol, Methanol, I-butanol, Hydrogen Sulfide, I-propanethiol, I-propyl disulfide, Thio-alkanal-S-oxide, di-n-propyl disulfide, n-propyl-allyl disulfide, dithiocarbonate และ Thiuram sulfide, Linoleic, flavonoid glycoside, pectin และ Alliin ดังแสดงโครงสร้างในภาพที่ 2.2 สารที่ทำให้เกิดกลิ่นในหัวหอมมีอยู่ 3 ชนิด คือ Dipropyl trisulfide Methyl propyl disulfide และ methyl propyl trisulfide (เว็บให้ความรู้สุขภาพ, 2560)

2. ลักษณะของเปลือกและลำต้นหอมแดง

เปลือกหอมแดง (Shallot skin) คือส่วนที่ห่อหุ้มด้านนอกของหัวหอม ซึ่งเป็นลักษณะของเปลือกกาบใบหลาย ๆ ชั้นห่อหุ้มหัวอ่อนที่อยู่ด้านใน ถ้าเป็นหัวหอมแก่จะมีส่วนเปลือกที่หุ้มมีลักษณะแห้งและมีสีแดงหรือสีแดงอมม่วง เปลือกหอมแดงนั้นเป็นส่วนประกอบที่เมื่อนำหัวหอมมาประกอบอาหารเพื่อรับประทาน จำเป็นต้องลอกส่วนเปลือกนี้ทิ้ง เนื่องจากเป็นสิ่งที่รับประทานไม่ได้ (thai-thaifood, 2560) เปลือกหัวหอมด้านนอกเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ เส้นใยอาหาร และฟลาโวนอยด์ ซึ่งช่วยบำรุงให้ผิวพรรณอ่อนเยาว์ และสุขภาพแข็งแรง นอกจากนี้เปลือกหัวหอมยังมีสารที่ชื่อว่า เควอร์ซีทิน Quercetin ซึ่งเป็นสารที่ช่วยป้องกันหลอดเลือดแดงอุดตัน ความดันโลหิตสูง มีคุณสมบัติในการระงับอาการทางประสาท และช่วยบรรเทาอาการนอนไม่หลับ นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติในการยับยั้งแบคทีเรียต่อต้านสารอนุมูลอิสระ และต่อต้านเซลล์มะเร็ง โดยเควอร์ซีทินในเปลือกหัวหอมจะอุดมไปด้วยฟลาโวนอยด์ และสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งจะมีหน้าที่ในการทำลายสารก่อเกิดโรคมะเร็ง และอนุมูลอิสระต่างๆ มีผลการศึกษาที่พบว่า เปลือกหัวหอมมีเส้นใยอาหารชนิดที่ไม่ละลายในน้ำ ซึ่งเส้นใยอาหารชนิดนี้จะช่วยลดการบีบตัวของเส้นเลือดใหญ่ ทำให้ระบบย่อยอาหารทำงานได้สะดวกขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยขจัดสารพิษในลำไส้เล็ก รักษาสมดุลของค่า pH และป้องกันไม่ให้เซลล์มะเร็งเกิดขึ้น (Thuy, et al., 2020) กล่าวโดยสรุปก็คือ เปลือกของหัวหอมจะช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคต่างๆ เช่น เบาหวาน โรคหัวใจและหลอดเลือด ปัญหาเกี่ยวกับกระเพาะอาหารและลำไส้ โรคอ้วน และมะเร็งลำไส้ใหญ่ ดังนั้นในการประกอบอาหาร สามารถนำเปลือกหัวหอมไปปรุงเป็นซุป หรือสตูว์ต่าง ๆ อีกทั้งยังนำไปสกัดเป็นชาสำหรับดื่มก่อนนอนได้อีกด้วย



ภาพที่ 2.3 เปลือกและลำต้นหอมแดง
ที่มา : Cylburn Association Blog. (2020)

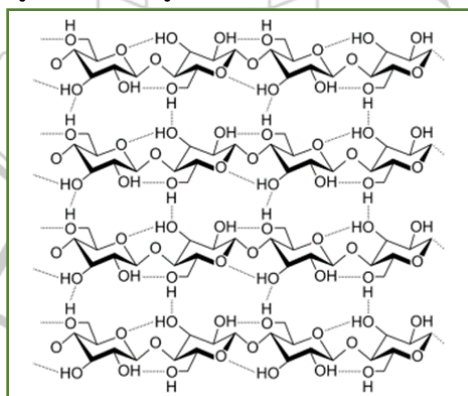
ลำต้นหอมแดง (Shallot tree) เป็นส่วนที่เชื่อมระหว่างหัวและใบของหอมแดง ซึ่งถ้าหอมแดงเริ่มแก่แล้วจะสามารถสังเกตได้ใบและลำต้นจะมีสีเขียวที่ซีดจางลง บริเวณปลายใบเริ่มเหลืองและใบมักจะงอออก ลำต้นจะเอนล้มลงมากขึ้น บริเวณโคนใบหรือลำต้นที่ต่อกับหัวหอมจะอ่อนนิ่ม โดยการเก็บเกี่ยวจะสามารถถอนมาทั้งต้น หลังจากนั้นจำเป็นต้องนำต้นหอมแดงมาฝังลงในที่ร่มให้ใบและลำต้นเหี่ยวแห้ง จากนั้นจึงจะทำการมัดเป็นจุก คัดขนาดและทำความสะอาด คัดพันธุ์แล้วนำไปแขวนไว้ในที่ร่ม เช่น ใต้ถุนบ้านที่มีลมโกรกตลอดเวลา เพื่อระบายความชื้นจากหัวใบ และลำต้นของหอมแดง โดยจะไม่ให้ถูกแดด ฝน หรือน้ำค้าง (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, ม.ป.ป.) ดังนั้นแล้วโดยปกติเปลือกและลำต้นของหอมแดงหลังเก็บเกี่ยวจะถูกทำให้แห้ง เนื่องจากกรรมวิธีการเก็บเกี่ยวดังที่กล่าวมาแล้ว แต่หากเก็บไว้ในอากาศอบอ้าวจะเกิดโรคราสีดำและเน่าเสียหาย ลักษณะเนื้อเยื่อจะเปื่อยยุ่ยและมีกลิ่นเหม็น (จี.ไอ.บี. เทรตดิง, 2559)

เซลลูโลส (Cellulose)

เหรียญทอง สิ่งทอสูงศักดิ์ และคณะ (2553) ได้รวบรวมองค์ความรู้ และอธิบายเกี่ยวกับความหมาย โครงสร้าง และคุณสมบัติของเซลลูโลส ไว้ดังต่อไปนี้

1. ความหมายและโครงสร้างของเซลลูโลส

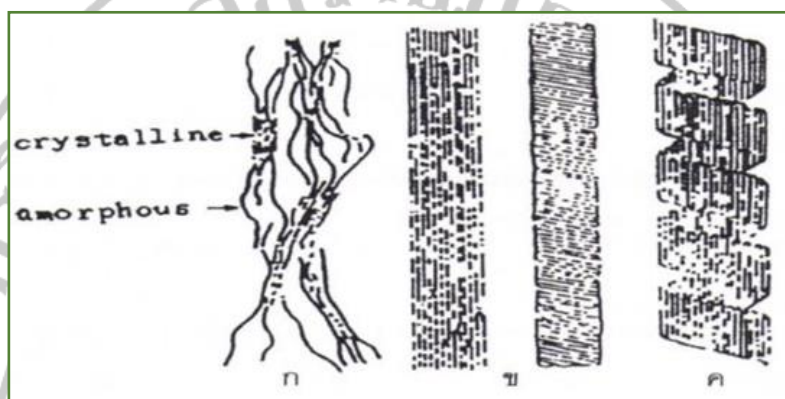
เซลลูโลส มีสูตรโมเลกุลคือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ คือ พอลิเมอร์ชีวภาพที่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ ซึ่งประกอบด้วยสารคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) ประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) ชนิดโฮโมพอลิแซ็กคาไรด์ (Homopolysaccharide) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ซึ่งโครงสร้างของเซลลูโลสประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคส (Glucose) ที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl-group) เป็นหมู่หลัก มาเรียงต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ (Glycosidic bond) ที่ตำแหน่งปีต้า-1,4 (β (1-4 glycosidic bond)) ได้เป็นสายยาวที่ประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคสกว่า 1,000 - 10,000 โมเลกุล ที่มีการจัดเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ ดังแสดงในภาพที่ 2.4 เซลลูโลสมีหน่วยซ้ำที่เรียกว่า เซลโลไบโอส (Cellobiose) และทุก ๆ หน่วยที่สองของกลูโคสที่ต่อกันในโมเลกุลของเซลลูโลสจะสามารถหมุนได้ 180 องศา เกิดเป็นพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลในโมเลกุลกลูโคส ทำให้เซลลูโลสมีความแข็งแรง มีอุณหภูมิการหลอมสูง และไม่สามารถละลายได้ในสารละลายอินทรีย์ทั่วไป



ภาพที่ 2.4 ลักษณะการจัดเรียงตัวของโมเลกุลของเซลลูโลส

ที่มา : wikipedia. (2020)

เซลลูโลสจะประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคส (D-Glucose) ตั้งแต่ 15 - 40,000 หน่วยต่อกันเป็นเส้นตรง (Linear homopolymer) ด้วยพันธะเบต้า-ไกลโคซิดิก ที่คาร์บอนอะตอมตำแหน่งที่ 1 และ 4 มีสูตรโมเลกุลเป็น $(C_6H_{10}O_5)_n$ มีชื่อทางเคมีว่า β -1,4-Glucan มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ระหว่าง 300,000-500,000 ดาลตัน โครงสร้างของเซลลูโลส ในผนังเซลล์พืชมี 3 แบบ ดังแสดงในภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 โครงสร้างของเซลลูโลสในผนังเซลล์พืช

ที่มา : เจริญทอง สิงห์จามรงค์ และคณะ (2553)

จากภาพที่ 2.5 ในส่วน ก) คือ Fringe micelle เป็นส่วนที่ประกอบด้วยส่วนที่เป็นผลึก (Crystalline) และส่วนที่เป็นอสัณฐาน (Amorphous) ส่วน ข) โครงสร้างของเซลลูโลสที่ม้วนหรือพับไปตามแกนของเส้นใยเซลลูโลส และ ค) โครงสร้างที่มีลักษณะเป็นแบบริบบิ้นและม้วนเป็นเกลียว ซึ่งโครงสร้างที่แตกต่างกันถึง 3 แบบ รวมทั้งมีช่องว่างระหว่างโมเลกุลโดยตลอด จึงทำให้เซลลูโลสที่เกิดขึ้นในธรรมชาติไม่อยู่ในรูปบริสุทธิ์ ส่วนมากมักจับกับแป้ง เพกติน ลิกนิน และเฮมิเซลลูโลส นอกจากนี้ยังมีพวกพอลิแซ็กคาไรด์ที่ไม่ใช่เซลลูโลส โปรตีน และแร่ธาตุอื่น ๆ บางชนิดในปริมาณน้อย ทั้งนี้โมเลกุลของเซลลูโลสเป็นสายยาวและอยู่รวมกันเป็นมัด โดยจะมีแรงยึดกัน ด้วยพันธะไฮโดรเจน ระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลที่อยู่ใกล้กัน การจัดเรียงตัวของโมเลกุลค่อนข้างที่จะสม่ำเสมอ จากการศึกษาดูด้วย X-ray diffraction พบว่าเส้นใยของเซลลูโลสประกอบด้วยส่วนที่เป็นผลึกซึ่งเป็นระเบียบ และส่วนที่ไม่เป็นระเบียบ สำหรับส่วนที่เป็นผลึกในเส้นใยของเซลลูโลสนั้นโมเลกุลจะจัดตัวขนานกันและกัน และยึดติดกันอย่างมีระเบียบโดยพันธะไฮโดรเจน แต่สำหรับส่วนที่ไม่เป็นระเบียบนั้นจะมีจำนวนของหมู่ไฮดรอกซิลอิสระมากกว่าส่วนที่เป็นระเบียบ ดังนั้น ส่วนที่เป็นระเบียบจะเป็นส่วนที่ให้ความแข็งแรงในขณะที่ส่วนที่ไม่เป็นระเบียบเป็นส่วนที่ให้ความยืดหยุ่นดี

2. คุณสมบัติของเซลลูโลส

เซลลูโลสเป็นเส้นใยชนิดไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber, IDF) ไม่ทำปฏิกิริยากับสารอื่น ไม่ละลายในน้ำและตัวทำละลายเป็นส่วนใหญ่ ถึงแม้ว่าเซลลูโลสไม่สามารถละลายน้ำได้ แต่สามารถดูดซับน้ำไว้ได้ จึงทำให้ที่บริเวณผิวเกิดการพองตัวเมื่อมีการดูดซับน้ำ เนื่องจากเส้นใย

เซลลูโลสจับตัวหนาหีบเป็นเส้นหยาบ ซึ่งมีทั้งโมเลกุลที่เรียงตัวไปในทิศทางเดียวกันและสวนทางกัน ทำให้เส้นใยแข็งแรงไม่เปราะง่าย แต่มีบางส่วนที่โมเลกุลเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ จับกันไม่แน่น ส่วนนี้เองที่สามารถดูดซับน้ำได้จึงเกิดการพองตัวดังที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งความสามารถในการพองตัวทั้งในน้ำ และสารละลายจะแตกต่างกันไป เมื่อเรียงลำดับตามความสามารถในการพองตัวของเซลลูโลสในสารละลาย สามารถเรียงลำดับจากน้อยไปมาก คือ ตัวทำละลายอินทรีย์ < น้ำ < เกลือ < กรด < ต่าง

3. การผลิตเซลลูโลส

สริมา และกฤษณะ ชินสาร (2558) ได้อธิบายว่า การผลิตเซลลูโลสมักจะคำนึงถึงทั้งคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของเซลลูโลส ได้แก่ ความเหนียวและความขรุขระเป็นหลัก แต่การผลิตเยื่อเซลลูโลสเพื่อทำอเนกประสงค์นั้น สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นประการสำคัญก็คือ ความบริสุทธิ์ของเซลลูโลส ซึ่งจะพิจารณาจากปริมาณแอลฟาเซลลูโลสเป็นสำคัญ ดังนั้นเพื่อให้ได้เยื่อเซลลูโลสที่มีคุณภาพสูงการเตรียมเซลลูโลสจึงต้องผ่านขั้นตอนที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

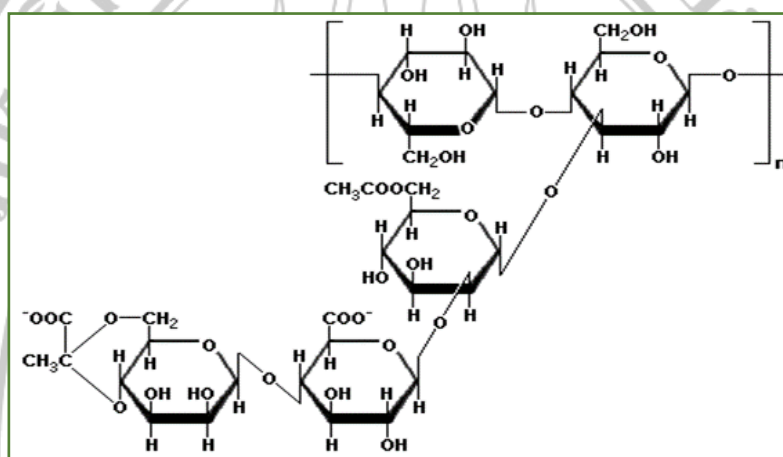
3.1 กรรมวิธีพรีไฮโดรไลซิส (Prehydrolysis) เป็นขั้นตอนการนำวัตถุดิบมาต้มกับน้ำ หรืออาจเติมสารละลายกรดเจือจาง (กรดไฮโดรคลอริก หรือกรดซัลฟูริก) ลงไปด้วยเล็กน้อย กรดดังกล่าวจะไปไฮโดรไลซ์โมเลกุลเฮมิเซลลูโลสให้กลายเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก และละลายไปกับน้ำ ซึ่งอ้างอิงการรายงานของ จิตต์ ศรีวรรณวิทย์ และดวงใจ วิบุรย์ธนกันท์ (2521) ว่าปริมาณของกรดที่เติมจะน้อยลงถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น เช่น ที่ 105°C ใช้กรดความเข้มข้นร้อยละ 1.20 แต่ที่ 130°C ใช้กรดเพียงความเข้มข้นร้อยละ 0.10 โดยกรดที่เติมลงไปจะไปทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซ์ เฮมิเซลลูโลสให้กลายเป็นสารประเภทน้ำตาลและ Uronic acid

3.2 กรรมวิธีคราฟ (Kraft) หรือกรรมวิธีโซดา (Soda process) เป็นขั้นตอนการนำเยื่อมาต้มกับสารละลายด่าง (Alkali boiling) ได้เซลลูโลสที่มีความบริสุทธิ์สูง เหมาะแก่การใช้ทำอเนกประสงค์ได้ดีมาก เช่น สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยวิธีการนี้จะมีการเติมสารอื่น ๆ เช่น โซเดียมซัลเฟต โซเดียมคาร์บอเนต และโซเดียมซัลไฟต์ลงไปด้วย การต้มเซลลูโลสในขั้นนี้จะสิ้นเปลืองสารเคมีน้อยลง เนื่องจากเฮมิเซลลูโลสและคาร์โบไฮเดรตตัวอื่น ๆ ถูกกำจัดออกไปในปริมาณมากแล้วในขั้นพรีไฮโดรไลซิส นอกจากนี้เซลลูโลสที่ได้ยังมีแอลฟาเซลลูโลสในปริมาณที่สูง และมีความว่องไวต่อปฏิกิริยาดี จึงเหมาะแก่การเตรียมเป็นอเนกประสงค์ต่อไป

เฮมิเซลลูโลส (Hemi-cellulose)

เฮมิเซลลูโลส เป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ประเภทเฮเทอโรโพลิแซ็กคาไรด์ (Heterogeneous polysaccharide) ที่ประกอบด้วยน้ำตาลโมโนแซ็กคาไรด์อยู่หลายชนิด ประกอบอยู่ในโมเลกุลเดียวกัน (มหาวิทยาลัยแม่โจ้, ม.ป.ป.) จึงถือได้ว่าเฮมิเซลลูโลสเป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) ประกอบด้วยน้ำตาลหลายชนิด มีน้ำตาลไซโลส (Xylose) ที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ (Glycosidic bond) ที่ตำแหน่ง ปีตา (1-4) เป็นไซหลัก อาจมีน้ำตาลแมนโนส (Mannose) กาแล็กโทส (Galactose) หรือกลูโคส (Glucose) มาต่อ

กันเป็นโซ่หลักด้วย และมีน้ำตาลชนิดอื่นมาต่อกันเป็นโซ่สาขาหรือโซ่แขนง ได้แก่ น้ำตาลอะราบินอส (Arabinose) กรดกลูคูโรนิก (Glucuronic acid) ดังแสดงโครงสร้างในภาพที่ 2.6 ทั้งนี้เฮมิเซลลูโลส จัดเป็นเส้นใยอาหาร (Dietary fiber) ที่ไม่ละลายน้ำ ไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์และสัตว์กระเพาะเดี่ยว สามารถละลายได้ในสารละลายต่างเจือจาง สมบัติทางกายภาพที่สำคัญคือ มีความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity) และแลกเปลี่ยนไอออนประจุบวก (Cation exchange) เมื่ออยู่ในกระเพาะอาหารและลำไส้ของมนุษย์แหล่งของเฮมิเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบในผนังเซลล์ของพืชที่อยู่ร่วมกับเซลลูโลส ทั้งนี้จะพบมากในผักและผลไม้ (พืชมัพีเพีย พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนปนนท์, 2563)

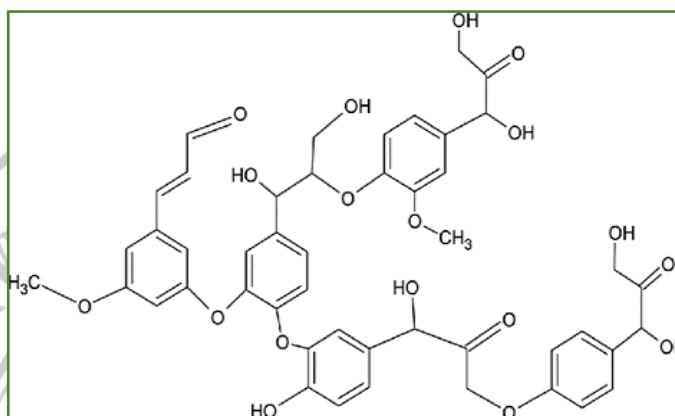


ภาพที่ 2.6 โครงสร้างของเอมิเซลล์ลูโลส
ที่มา : พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนাপนนท์ (2563)

ลิกนิน (Lignin)

ลิกนิน เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงระหว่าง 1,000-4,500 ดาลตัน โดยจัดเป็นคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) ประเภทใยอาหาร (Dietary fiber) ที่ไม่ให้พลังงาน มีโครงสร้างโมเลกุลเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ ซึ่งประกอบด้วยโซ่โมเลกุลของออกซิเจนเตเตฟีนิลโพรเพน (Oxygenated phenyl propane) สังกะหร่ห้จากอนุพันธ์ของแอลกอฮอล์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ คูมาริล (Coumaryl) โคนิเฟอริล (Coniferyl) และไซนาปิล (Sinapyl) มีคุณสมบัติไม่สลายทั้งในกรดและด่างแก่ ทั้งนี้ลิกนินเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเนื้อเยื่อพืช โดยพบในส่วนของผนังเซลล์ มีหน้าที่ทำให้ผนังเซลล์พืชแข็งแรง ซึ่งอยู่ร่วมกับเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส เป็นส่วนประกอบของเปลือก ห้ง หรือส่วนที่เป็นเยื่อใยของราก ลำต้น และจะถูกร่สร้างจากส่วนโคนต้นสู่ยอด เมื่อพืชมีอายุมากขึ้นปริมาณลิกนินจะเพิ่มมากขึ้นด้วย พบมากในผลไม้สุกมากกว่าผลไม้ดิบ รวมทั้งพบในการย่อยในทางเดินอาหารของมนุษย์และสัตว์ ลิกนินเป็นสารที่ไม่สามารถถูกย่อยได้ในร่างกายมนุษย์ และไม่มีสัตว์ชนิดใดใช้ประโยชน์ได้เลย และยังส่งผลทำให้การย่อยได้ของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสลดลงด้วย ดังนั้นปริมาณลิกนินจึงมีความสำคัญต่อการประเมินคุณภาพของพืชและอาหารสัตว์ ที่ใช้สำหรับเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น ม้า วัว และกระต่าย เป็นต้น ลิกนินมี

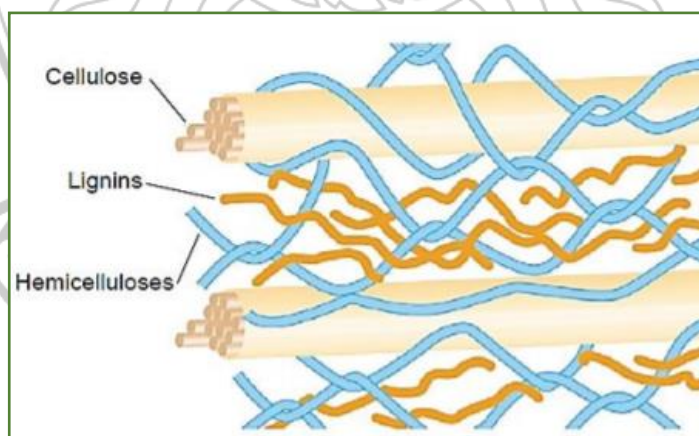
คุณสมบัติที่สามารถดูดซับน้ำดี (Bile acid) ได้ดี และอาจมีผลชะลอการดูดซึมสารอาหารบางชนิดในลำไส้เล็กอีกด้วย (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนานนท์, 2563)



ภาพที่ 2.7 โครงสร้างของลิกนิน

ที่มา : พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานนท์ (2563)

นอกจากนี้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (ม.ป.ป.) ได้อธิบายว่า ลิกนินเป็นสารประกอบที่มีอยู่ในเซลล์พืชประมาณร้อยละ 20-30 ซึ่งมีปริมาณรองลงมาจากเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลส โดยส่วนใหญ่สามารถพบลิกนินบริเวณผนังเซลล์ชั้นที่สองและระหว่างชั้นเส้นใย (Middle lamella) ดังภาพที่ 2.8 ซึ่งนอกจากลิกนินจะมีหน้าที่เชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลของเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลสให้ติดกันเพื่อเพิ่มความแข็งแรงแล้ว ยังช่วยลดการระเหยของน้ำที่อยู่ระหว่างเนื้อเยื่อไซเลมและผนังเซลล์เพื่อป้องกันการถูกทำลายเนื้อเยื่อของพืชจากจุลินทรีย์ได้ด้วย ลิกนินยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในเนื้อไม้ โดยเฉพาะไม้ยืนต้น ซึ่งจะช่วยให้ต้นไม้มีความแข็งแรงและทำให้ผนังเซลล์กันน้ำและมีสมบัติป้องกันโรคได้

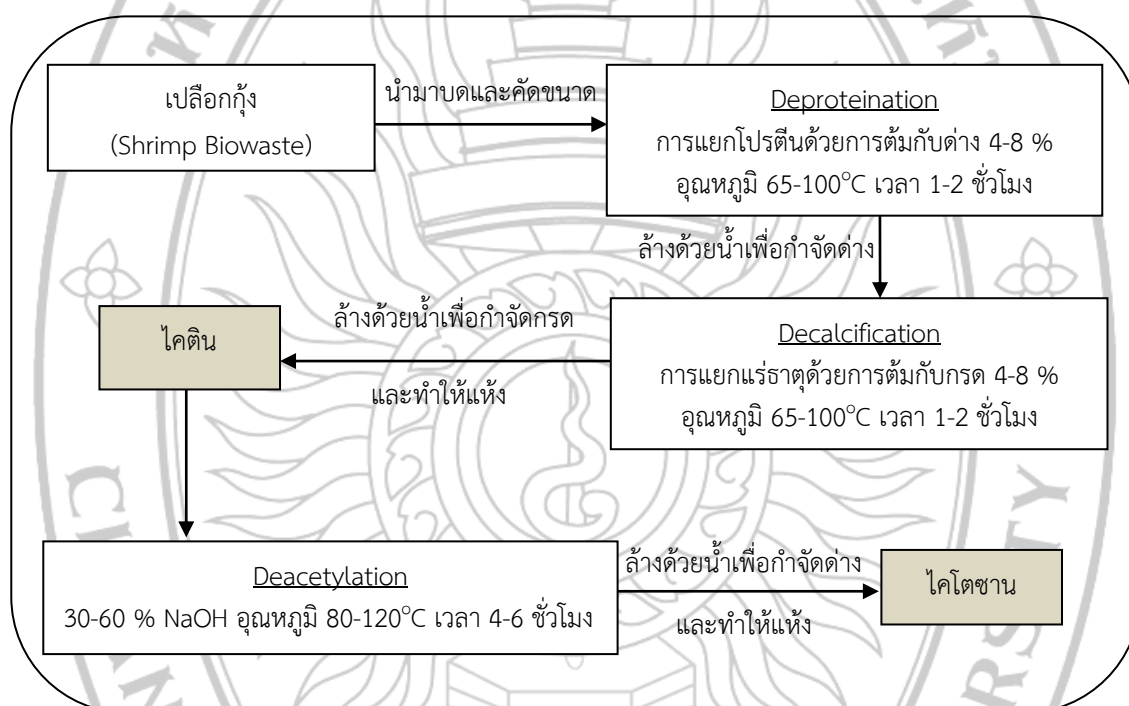


ภาพที่ 2.8 ลิกนิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ที่เป็นองค์ภายในผนังเซลล์

ที่มา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (ม.ป.ป.)

ไคโตซาน (Chitosan)

ไคโตซานเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติ (Biopolymer) ที่เป็นผลพลอยได้จากการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารทะเล ซึ่งได้รับความนิยมแพร่หลายโดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหาร ได้มีงานวิจัยนำไคโตซานมาใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ด้านเชื้อจุลินทรีย์และคงสภาพของอาหารไว้ได้ นอกจากนี้บรรจุภัณฑ์จากไคโตซานยังสามารถฝกกลับและย่อยสลายเองได้ในธรรมชาติ จึงถือได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Suyatma et al. 2004) ไคโตซานเป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติจากไคติน ซึ่งเป็นสารประกอบพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีอยู่ในเปลือกของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น กุ้ง ปู หรือเชื้อรา โดยไคตินมีองค์ประกอบของหน่วยย่อยเป็นอนุพันธ์ของน้ำตาลกลูโคสที่มีชื่อว่า N-acetyl glucosamine ซึ่งเป็นสารที่ละลายยากหรือไม่ค่อยละลาย ดังนั้นจึงไม่สะดวกต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ จึงมีการเปลี่ยนไคตินให้เป็นไคโตซาน ซึ่งมีกระบวนการผลิตดังแสดงในภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 กระบวนการผลิตไคตินและไคโตซานจากเปลือกกุ้ง

ที่มา : จิราพร ชุมชิต (2558)

กระบวนการลดหมู่อะมิโนหรือที่เรียกว่า Deacetylation เป็นปฏิกิริยาที่รุนแรง โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น เกล็ดไคตินจะถูกกวนในสารละลาย NaOH (30-60%) ที่อุณหภูมิ 80-120°C เป็นเวลา 4-6 ชั่วโมงโดยต้องทำซ้ำมากกว่า 1 ครั้งเพื่อให้เกิดเป็นไคโตซานได้มากที่สุด เมื่อได้ไคโตซานแล้วจะทำให้การนำไปใช้งานนั้นง่ายขึ้น เนื่องจากในสายโซ่โมเลกุลของไคโตซานนั้นมีจำนวนหมู่อะมิโน (NH_2) ที่เข้ามาแทนที่หมู่อะซิติกในไคตินเพิ่มมากขึ้น หมู่ NH_2 มีสมบัติเป็นเบสจึงมีความสามารถในการรับโปรตอน (H^+) ในสารละลายกรดได้ ทำให้ไคโตซานสามารถละลายได้ดีในกรดต่าง ๆ เช่น กรดแอสติค กรดซิตริก และกรดอินทรีย์อื่น ๆ เป็นต้น โดยสารละลายไคโตซานนั้นจะมีความหนืดสูงและเกิดเป็นฟิล์มที่ดีมาก (นฤมล ศิริทรงธรรม, 2554)

กระดาษ (Paper)

1. ความหมายและชนิดของกระดาษ

กระดาษ (Paper) คือ วัสดุชนิดหนึ่งซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นบาง สามารถผลิตได้จากเส้นใย (Fiber) ผสมกับสารเติมแต่ง (Additive) ชนิดต่างๆ หนึ่งชนิดขึ้นไป ซึ่งสารนี้อาจทำการเติมก่อนการขึ้นรูปเป็นแผ่นกระดาษ (Sheet format) หรือหลังจากการขึ้นแผ่นกระดาษแล้วก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตว่าต้องการกระดาษที่มีคุณสมบัติแบบใด และกระดาษที่ผลิตโดยทั่วไปจะมีขนาดน้ำหนักมาตรฐานตั้งแต่ระดับสูงกว่า 35-225 กรัมต่อตารางเมตร ซึ่งกระดาษแข็งคือกระดาษที่ผลิตระดับสูงกว่า 225 กรัมต่อตารางเมตรขึ้นไป (ขยาภาส ทับทอง, 2549) ทั้งนี้กระดาษถือเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเยื่อไม้ ถูกใช้งานกันอย่างแพร่หลายทั้งในด้านการพิมพ์ การถ่ายเอกสาร การทำบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น ชนิดของกระดาษแบ่งตามการใช้งานได้ ดังนี้

1.1 กระดาษหีบห่อ (Packaging Paper) หมายถึง กระดาษที่ผลิตขึ้นสำหรับการทำบรรจุภัณฑ์หรือห่อสิ่งของ หรือทำกล่องกระดาษนั่นเอง ซึ่งมักจะเป็นแผ่นบาง ๆ สีน้ำตาลขนาดกว้างประมาณ 1 เมตร ก่อนจะนำเข้าสู่กระบวนการผลิตกล่องกระดาษ

1.2 กระดาษเขียนหรือกระดาษพิมพ์ (Printing or Writing Paper) เป็นกระดาษที่ถูกใช้มากที่สุดในปัจจุบันทั้งในการศึกษา และจัดพิมพ์เอกสารในทางด้านธุรกิจ กระดาษเหล่านี้ ซึ่งมักผลิตออกมาในรูปแบบกระดาษบาง ๆ สีขาวหรือสีน้ำตาล มีหลายขนาด เช่น A4 A3 เป็นต้น กระดาษเหล่านี้ ได้แก่ สมุดเขียน กระดาษอาร์ต และกระดาษถ่ายเอกสาร เป็นต้น

1.3 กระดาษทิชชู (Tissue Paper) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่ากระดาษชำระ ซึ่งเป็นกระดาษที่มีลักษณะเป็นแผ่นบาง ๆ แผ่นกระดาษจะพองตัวและมีน้ำหนักเบา สามารถซับน้ำได้ดี และมีคุณสมบัติฉีกให้ขาดได้ง่าย

1.4 กระดาษชนิดพิเศษ คือกระดาษที่นิยมทำขึ้นสำหรับกระบวนการพิมพ์ที่มีคุณภาพสูงหรือเป็นกระดาษที่ปลอมแปลงหรือเสื่อมสภาพได้ยาก อาทิ กระดาษพิมพ์ธนบัตร กระดาษทำฝาผนัง เป็นต้น (เว็บเพื่อพิชเกษตรไทย, 2557)

2. คุณสมบัติของกระดาษ

ขยาภาส ทับทอง (2549) ได้อธิบายถึงคุณสมบัติของกระดาษซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 4 ด้าน ดังต่อไปนี้

2.1 คุณสมบัติตามลักษณะโครงสร้างของกระดาษ เป็นตัวบ่งชี้การจัดเรียงตัวขององค์ประกอบต่าง ๆ ภายในเนื้อกระดาษ เนื่องจากโครงสร้างเกิดขึ้นจากการสานตัวของเส้นใยและอุดช่องว่างระหว่างเส้นใยด้วยสารเติมแต่งที่ใส่ลงไปในการบวนการผลิต ตัวอย่างการจัดเรียงองค์ประกอบนั้น ได้แก่ การกระจายตัวของเส้นใย ทิศทางการเรียงตัวในแนวขนานของเส้นใย ซึ่งจะมีผลต่อคุณสมบัติอื่น ๆ ของกระดาษด้วย ลักษณะโครงสร้างของเส้นใยนี้ ได้แก่ น้ำหนักมาตรฐาน (Basic weight หรือ Grammage) ความสม่ำเสมอของเนื้อกระดาษ (Formation) ความหนา ทิศทางของเส้นใย (Directionality) ความ

แตกต่างของผิวกระดาศทั้งสองด้าน (Two-sidedness) ความพรุน (Porosity) และความเรียบของผิวกระดาศ (Smoothness) กระดาศ ซึ่งสามารถวัดออกมาได้ในรูปแบบของสมบัติเชิงกล ได้แก่ การต้านแรงดึงและการยืดตัว การต้านแรงทะลุ การต้านแรงฉีกขาด การทนต่อการพัวขาด และความเป็นทรงรูป เป็นต้น ซึ่งถือได้ว่าเป็นตัวบ่งชี้ถึงศักยภาพของการใช้งานของกระดาศ

2.2 คุณสมบัติทางเชิงกลของกระดาศ คือ ความสามารถในการทนทานต่อการใช้งาน (Durability) และทนต่อแรงที่มากระทำทำให้โค้งงอ เป็นแรงที่ได้รับตั้งแต่กระบวนการผลิต กระบวนการแปรรูป รวมทั้งกระบวนการใช้งาน โดยกระดาศจะตอบสนองแรงที่มากระทำมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของของกระดาศนั่นเอง

2.3 คุณสมบัติด้านทัศนศาสตร์ของกระดาศ เป็นสมบัติทางแสงของกระดาศที่ปรากฏต่อสายตา ซึ่งได้แก่ ความขาวสว่าง (Brightness) ความทึบแสง (Opacity) ความขาว ความมันวาว (Gloss) ซึ่งสมบัติเหล่านี้จะต้องอาศัยทั้งหลักการทางฟิสิกส์และหลักการทางจิตวิทยาร่วมด้วย เพื่อให้สอดคล้องกับการมองเห็นของสายตามนุษย์ซึ่งต้องอาศัยดวงตาในการสังเกตและสมองที่จะตัดสินใจรับรู้จากที่มองเห็นอีกครั้ง ดังนั้นการวัดค่าสมบัติด้านนี้จึงต้องประกอบด้วย 3 ส่วนที่สำคัญ ได้แก่ แหล่งกำเนิดแสง กระดาศที่ถูกส่องสว่าง และดวงตามนุษย์ หรือเครื่องวัดแสงที่ทำหน้าที่สังเกตการณ์และแปลผลของการสะท้อนแสง หรือการส่องผ่านของแสงที่กระทำต่อกระดาศ

2.4 คุณสมบัติด้านการกีดกันและด้านทานของกระดาศ สมบัติด้านการกีดกันคือความสามารถของกระดาศในการป้องกันการซึ่งทะลุผ่านของสารใดๆ เข้าไปในเนื้อกระดาศ ส่วนสมบัติด้านการต้านทาน คือ ความสามารถของกระดาศในการต้านทานการซึ่งทะลุผ่านของสารใดๆ เข้าไปในเนื้อกระดาศ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่จำเป็นต้องมีในกระดาศชนิดที่ใช้เพื่อการสื่อสารและบรรจุภัณฑ์ เช่น กระดาศอ็อพเซิต กระดาศทำถุง จำเป็นต้องมีความต้านทานการซึมน้ำสูง และกระดาศกันไขมัน ที่ต้องมีความต้านทานการดูดซึมไขมันสูง และสำหรับกระดาศที่ผลิตบรรจุภัณฑ์นั้น จะต้องมียสมบัติด้านการกีดกันสูงต่อของเหลว ไขมัน อากาศ ไขมันและออกซิเจน เพื่อเป็นการป้องกันสินค้าที่บรรจุอยู่ภายในบรรจุภัณฑ์เกิดความเสียหายได้

3. องค์ประกอบของกระดาศ

Supremeprin (2563) ได้อธิบายข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบของกระดาศไว้ดังนี้

3.1 องค์ประกอบที่เป็นเส้นใย

กระดาศสามารถยืดตัวเป็นแผ่นได้เกิดจากเส้นใยเป็นจำนวนมากสานกันอย่างไม่เป็นระเบียบ เส้นใยดังกล่าวโดยทั่วไปจะใช้เส้นใยธรรมชาติจากพืช อาจมีการใช้เส้นใยจากสัตว์หรือจากแร่ก็ได้ นอกจากนี้ยังมีการใช้เส้นใยสังเคราะห์ เช่น พอลิเอไมด์ (Polyamide) ซึ่งช่วยทดแทนการใช้เส้นใยจากธรรมชาติ และเพื่อเป็นการใช้ทรัพยากรได้คุ้มค่า ประกอบกับการลดต้นทุนของกระดาศ ได้มีการนำกระดาศใช้แล้วมาใช้ในการผลิตกระดาศอีกครั้ง

หนึ่ง เยื่อที่ได้จากกระดาษที่ใช้แล้วจะมีความขาวและความแข็งแรงลดลง เนื่องจากต้องผ่านขบวนการจัดสิ่งที่ปนเปื้อนมาด้วย

เส้นใยจากพืชที่เป็นตัวหลักของแผ่นกระดาษ ทำมาจากไม้เนื้ออ่อน เช่น ต้นสน ต้นยูคาลิปตัส เป็นต้น ซึ่งมีเส้นใยยาวช่วยให้กระดาษมีความแข็งแรงและเหนียว และมีการนำไม้เนื้อแข็งจำพวก ต้นโอ๊ก และต้นเมเปิล มาใช้ทำเส้นใย ซึ่งจะได้เส้นใยที่สั้นกว่าแต่ช่วยทำให้ผิวกระดาษเรียบและทึบแสงมากขึ้น นอกจากนี้ยังมีการนำพืชล้มลุก เช่น ต้นกก ต้นปอกระเจา อ้อย ฝ้าย ต้นกล้วย และเปลือกข้าวโพด เป็นต้น มาใช้ทำเยื่อกระดาษอีกด้วย

เส้นใยจะประกอบด้วยเซลลูโลส ซึ่งเป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีโครงสร้างโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสมาเรียงต่อกันกับเฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) ซึ่งเป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีโครงสร้างโมเลกุลของกลูโคสและน้ำตาลอื่น ๆ เช่น แมนโนส (Mannose) ฟุกโคส (Fucose) ไซโลส (Xylose) มาต่อกัน เส้นใยยังมีส่วนที่เป็นลิกนิน (Lignin) ซึ่งทำหน้าที่เชื่อมเส้นใยให้อยู่ด้วยกัน ในขบวนการผลิตกระดาษ ลิกนินจะถูกขจัดออกจากเยื่อกระดาษ หากมีลิกนินหลงเหลืออยู่ในกระดาษ จะทำให้กระดาษเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อได้รับแสง

3.2 องค์ประกอบที่ไม่ใช่เส้นใย

องค์ประกอบที่ไม่ใช่เส้นใยจะเป็นสารเติมแต่งหรือแอดดิทีฟ (Additives) ที่เติมเข้าไประหว่างการผลิตกระดาษเพื่อช่วยให้กระดาษที่ได้ออกมามีคุณสมบัติเหมาะสมกับการใช้งานที่ต้องการได้ดียิ่งขึ้น สารเติมแต่งมีมากมายแล้วแต่กรรมวิธีการผลิตของแต่ละโรงงาน แต่ที่ใช้กันมากมี ดังนี้

3.2.1 ฟิวเลอร์ (Filler) ใช้เพื่อให้กระดาษมีความขาวขึ้นเรียบขึ้น ทึบแสงมากขึ้น รับหมึกดีขึ้น ตลอดจนลดการซึมผ่านของหมึกพิมพ์สารที่ใช้เติมเข้าไปมี ปูนขาว ดินเหนียว ไททาเนียมไดออกไซด์ เป็นต้น สารเหล่านี้ยังช่วยทำให้น้ำหนักกระดาษมากขึ้น เป็นการลดต้นทุนในการใช้เยื่อกระดาษได้

3.2.2 สารยึดติด (Adhesive) เป็นสารที่ช่วยให้เส้นใยและส่วนผสมอื่น ๆ ยึดติดกันได้ดี อีกทั้งช่วยให้ผิวหน้ายึดติดกับเนื้อกระดาษ สารยึดติดมีทั้งสารที่ทำมาจากธรรมชาติ เช่น แป้งข้าวโพด แป้งมัน โปรตีนที่มีอยู่ในนม และสารที่สังเคราะห์ขึ้น เช่น อากริลิก (Acrylic) สารจำพวกโพลีไวนิล (Polyvinyl) เป็นต้น

3.2.3 สารกั้นซึม (Sizing agent) เป็นสารที่ใช้เติมลงในน้ำเยื่อเพื่อช่วยลดการซึมของของเหลวเข้าไปในเนื้อกระดาษ กระดาษที่ใช้ในการพิมพ์ด้วยระบบออฟเซต จำเป็นต้องเติมสารประเภทนี้ สารกั้นซึมที่ใช้มีทั้งสารที่ทำจากธรรมชาติและสารที่สังเคราะห์ขึ้น

3.2.4 สารเพิ่มความแข็งแรงของผิว (Surface sizing) เป็นสารที่ถูกเคลือบบนผิวกระดาษในขั้นตอนการผลิตที่กระดาษที่เป็นแผ่นแล้ว เพื่อช่วยให้เส้นใยที่ผิวมีการยึดเกาะกับเส้นใยชั้นถัดลงไปได้ดีขึ้น ทำให้ผิวมีความแข็งแรงทนต่อการขูดขีด แรงดึง

แรงกดทะลุ การถอนของผิว สารเพิ่มความแข็งแรงของผิวที่ใช้กันมากและราคาไม่สูง คือ แป้งอย่างละเอียด (Starch)

4. การจัดกลุ่มอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (ม.ป.ป) ได้แบ่งและจัดกลุ่มอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษตามลักษณะของผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต เป็น 3 ประเภทดังต่อไปนี้

4.1 อุตสาหกรรมกระดาษขั้นต้น เป็นอุตสาหกรรมเริ่มต้นที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเยื่อกระดาษที่เป็นเยื่อบริสุทธิ์ ที่ต่อไปจะเป็นวัตถุดิบหลักสำคัญในการผลิตกระดาษประเภทต่าง ๆ ของอุตสาหกรรมกระดาษขั้นกลาง โดยครอบคลุมไปถึงการปลูกป่าเอกชนเพื่อนำไม้มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษด้วย โดยวัตถุดิบหลักที่สำคัญซึ่งนำมาใช้ในการผลิตเยื่อกระดาษได้แก่ ไม้ ในประเทศไทยไม้ที่นิยมนำมาใช้ คือ ไม้ยูคาลิปตัส นอกจากนี้ยังมีการนำวัสดุประเภทอื่น เช่น ชานอ้อย มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษด้วยเช่นกัน

4.2 อุตสาหกรรมขั้นกลาง เป็นอุตสาหกรรมที่ต่อเนื่องจากอุตสาหกรรมขั้นต้น โดยการนำเอาเยื่อกระดาษที่เป็นเยื่อบริสุทธิ์มาเข้ากระบวนการผลิตเพื่อเป็นกระดาษในรูปแบบต่างๆ เพื่อเตรียมนำไปใช้งานต่อไป ซึ่งจะครอบคลุมกระบวนการผลิตกระดาษแต่ละประเภทด้วย โดยจะนำมาผสมกับเยื่อที่ได้จากกระดาษรีไซเคิล และเยื่อใยยาวที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ เนื่องจากประเทศไทยยังไม่สามารถผลิตเยื่อใยยาวได้ ตัวอย่างกระดาษในอุตสาหกรรมขั้นนี้ มีดังต่อไปนี้

4.2.1 กระดาษคราฟท์ (Kraft Paper) ส่วนใหญ่กระดาษประเภทนี้จะมีเนื้อที่หยาบ และมีสีน้ำตาลตามสีของเนื้อไม้ที่นำมาผลิตเยื่อในอุตสาหกรรมขั้นต้น แต่ถ้าใช้เยื่อที่ผ่านกระบวนการฟอกขาวหรือย้อมเยื่อด้วยสีอื่น ๆ กระดาษคราฟท์ก็จะมีสีน้ำตาลไปด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตและความต้องการของตลาด มีคุณสมบัติเหนียวและแข็งแรงกว่ากระดาษธรรมดาอื่นๆ โดยมีความสามารถป้องกันแรงอัด และการถูกทิ่มแทงจากการกระแทกหรือแรงภายนอกได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ ยังมีคุณสมบัติในการต้านทานการเปียกน้ำ ต้านทานการเปราะน้ำมัน ต้านทานการเสียดสี เป็นกระดาษที่ค่อนข้างน้ำหนักหนา และมีความเรียบสม่ำเสมอ สามารถติดกาวได้ดีและเหมาะสำหรับงานด้านการพิมพ์ ซึ่งการผลิตกระดาษชนิดนี้จะมีทั้งการใช้เยื่อกระดาษรีไซเคิล และเยื่อใหม่ (Virgin pulp) ที่ไม่ผ่านการฟอกซึ่งจะมีสีน้ำตาล โดยขั้นตอนการผลิตนั้นเริ่มจาก เยื่อจะถูกป้อนเข้าถังตีเยื่อ (Pulper) เพื่อแยกสิ่งเจือปนและสิ่งสกปรกออก แล้วจะผ่านไปยังเครื่องบดเยื่อ (Refiner) ให้เยื่อแตกเป็นเส้นใยและให้ความแข็งแรงเพิ่มขึ้น จากนั้นจะถูกส่งไปพักไว้ยังถังเก็บเพื่อเตรียมป้อนเข้าเครื่องทำกระดาษ โดยผ่านทางถังจ่ายเยื่อ (Headbox) ซึ่งน้ำเยื่อจะถูกจ่ายลงบนตะแกรงลวดเดินแผ่น (Wire section) เพื่อให้วางตัวและขึ้นรูปเป็นแผ่น โดยมีเยื่อใหม่อยู่ชั้นบนสุดของเนื้อกระดาษ ชั้นกลางและชั้นล่างเป็นเยื่อเก่าที่มาจากกระดาษรีไซเคิล 100 % เมื่อผ่านชุดทำแผ่น กระดาษจะมีความชื้นสูง จึงต้องทำการรีดน้ำออก (Pressing) ใน

ส่วนน้ำจะถูกรีดออกไปประมาณ 50% ส่วนของน้ำที่เหลือจะถูกกำจัดออกไปโดยการอบแห้ง (Drying) หลังจากนั้นกระดาษจะผ่านไปยังเครื่องขัดผิว (Calendering) ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการผลิตกระดาษ กระดาษที่ได้จะถูกส่งไปกรอเป็นม้วน และถูกตัดแบ่งให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ

4.2.2 กระดาษดูเพล็กซ์ (Duplex paper) เป็นกระดาษที่ใช้สำหรับนำมาผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ ที่มีการพิมพ์ลวดลายไว้ด้านนอก เช่น กล่องสบู่ กล่องยาสีฟัน กล่องเครื่องสำอาง และกล่องเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น ผลิตได้จากเครื่องจักรแบบตะแกรงกลม (Cylinder mould) โครงสร้างกระดาษจะประกอบด้วยชั้นของเยื่อประเภทต่างๆ 4 ประเภท ได้แก่ เยื่อบริสุทธิ์ฟอกขาว เยื่อจากเศษกระดาษหนังสือพิมพ์สะอาดทั้งที่พิมพ์และไม่พิมพ์ เยื่อจากกระดาษกล่องและหนังสือพิมพ์ที่ใช้แล้ว และเยื่อจากกระดาษกล่องชนิดพิเศษที่ใช้แล้ว ซึ่งปิดด้านหน้ากระดาษด้วยการเคลือบขาวขัดเรียบ ซึ่งกระดาษชนิดนี้จะมีคุณสมบัติทรงรูปสูง สามารถต้านทานแรงดันทะลุสูง มีความแกร่ง ความเรียบ ไม่ซับหลัง ไม่ยืดหด ไม่นิ่ม ไม่มีขุย และมีสมบัติการพิมพ์ที่ดี โดยวัตถุดิบหลักที่ใช้ในกระบวนการผลิตจะเป็นการนำกระดาษที่ใช้แล้วมาผ่านกระบวนการแปรสภาพเพื่อนำมาใช้ใหม่ (Recycle) และขั้นตอนการผลิตเหมือนกระดาษทั่วไป คือ เริ่มจากการเตรียมเยื่อ การทำแผ่นกระดาษ การเคลือบผิว และการแปรรูป และการบรรจุหีบห่อ ตามลำดับ

4.2.3 กระดาษพิมพ์เขียน (Printing and Writing paper) เป็นกระดาษที่ผลิตจากเยื่อที่ผ่านการฟอกขาวแล้ว ซึ่งจะถูกแปรสภาพเป็นน้ำเยื่อด้วยการเติมสารเคมีและน้ำก่อนจะตีให้แตกเป็นเส้นใย น้ำเยื่อจะถูกปล่อยผ่านหัวปล่อย ค่อยๆ เคลื่อนไปสู่ตะแกรงลวดเดินแผ่น (Wire section) เกิดลักษณะเป็นแผ่นกระดาษ ซึ่งจะถูกลงไปยังส่วนกดรีดน้ำ (Press section) เพื่อทำการกดรีดน้ำออก น้ำที่ยังเหลืออยู่ในกระดาษจะถูกกำจัดออกไปโดยการอบแห้งโดยใช้ลูกอบ (Dryer) ซึ่งกระดาษที่ผ่านการอบแห้งจะถูกส่งต่อไปอบผิวกระดาษ (Size-press section) เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับผิวกระดาษ หลังจากนั้นกระดาษที่ผ่านการเคลือบแล้วจะถูกส่งไปอบแห้งอีกครั้ง และเข้าสู่กระบวนการขัดผิว (Calendering section) เพื่อให้กระดาษบางลง มีความเรียบมากขึ้น และมีความหนาสม่ำเสมอขึ้น กระดาษที่ผ่านการขัดผิวแล้ว จะได้เป็นกระดาษไม่เคลือบผิวม้วนใหญ่ (Uncoated jumbo reel) หากต้องการปรับปรุงคุณภาพของผิวกระดาษให้มีความเรียบเพิ่มขึ้น เพื่อเพิ่มความสามารถในการพิมพ์ และเพิ่มความแข็งแรงขึ้น ก็สามารถนำกระดาษดังกล่าวไปทำการเคลือบผิว โดยผ่านเข้าเครื่องเคลือบผิว (coater) ซึ่งทำหน้าที่นำสารเคลือบผิวซึ่งมีโพลิเมอร์กับแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารเคมีหลัก และมีส่วนผสมของดินขาว หินปูน และลาเทกซ์ในปริมาณน้อยไปเคลือบที่ผิวกระดาษ การเคลือบผิวอาจเป็นแบบ “เคลือบด้านเดียว” หรือ “เคลือบสองด้าน” ของกระดาษ และอาจจะ “เคลือบด้าน” หรือ “เคลือบมัน” ก็ได้ ทั้งนี้การเคลือบด้านหรือเคลือบมันขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของสารเคลือบผิวที่ใช้ รวมถึงความมันวาวของกระดาษที่นำมาเคลือบผิว และวิธีการที่ใช้ในการเคลือบผิวเป็นสำคัญ ทั้งนี้อุปกรณ์ที่ใช้ในการเคลือบผิวกระดาษอาจเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องผลิต

กระดาษ หรือแยกออกมาต่างหากก็ได้ กระดาษที่ผ่านการรีดผิว และ/ หรือเคลือบผิว มาแล้วเป็นกระดาษที่มีความเรียบและความมันวาวในระดับหนึ่ง หากต้องการเพิ่มความมันวาวของกระดาษให้มีมากขึ้น จะต้องนำกระดาษไปขัดผิวอีกครั้งหนึ่งโดยใช้ อุปกรณ์ที่เรียกว่า “Supercalender” ซึ่งจะสามารถเพิ่มความมันวาวของกระดาษให้มีมากขึ้นตามจำนวนครั้งที่กระดาษได้รับการขัดผิว

4.2.4 กระดาษอนามัย (Sanitary Paper) เป็นกระดาษที่ขึ้นอยู่กับประเภทของการใช้งาน เช่น กระดาษเช็ดหน้า (Facial tissues) กระดาษเช็ดปาก (Table napkins) และกระดาษชำระ (Toilet tissues) รวมทั้งกระดาษเอนกประสงค์ที่ใช้เช็ดมือและใช้ในครัว โดยมีคุณสมบัติด้านความนุ่มและดูดซับของเหลวได้ดีให้เหมาะกับการใช้ทำความสะอาดร่างกาย หรือของใช้ต่างๆ ขั้นตอนการผลิตเหมือนกับการผลิตกระดาษทั่วไป โดยส่วนใหญ่จะใช้เยื่อกระดาษรีไซเคิล โดยมีการผสมเยื่อบริสุทธิ์ในปริมาณเล็กน้อยเพื่อเพิ่มคุณภาพของกระดาษให้ดีขึ้น ซึ่งขั้นตอนในการผลิตเริ่มจากการแยกหมึกออกจากกระดาษรีไซเคิลแล้วจึงนำไปฟอกให้ขาว ซึ่งมี 2 ส่วน คือ การฟอกเพื่อขจัดลิกนินออก และการฟอกเพื่อเปลี่ยนสีของลิกนินได้เยื่อสุดท้ายที่ความขาวสว่าง (Brightness) ร้อยละ 80-95 การเตรียมน้ำเยื่อทำเพื่อเพิ่มศักยภาพของเส้นใย โดยการบดเยื่อและปรับปรุงคุณสมบัติของกระดาษตามชนิดของกระดาษ เช่น เติมน้ำเพิ่มความแข็งแรงเมื่อเปียกในกระดาษเช็ดหน้า หรือการเพิ่มเยื่อใหม่เพื่อเพิ่มความอ่อนนุ่ม การดูดซึมน้ำ เป็นต้น แล้วจึงควบคุมความชื้นของน้ำเยื่อ การทำแผ่นกระดาษเป็นการนำน้ำเยื่อที่เตรียมไว้มาขึ้นเป็นแผ่นกระดาษอนามัย โดยใช้เครื่องจักร ซึ่งทั่วไปจะเป็นแบบโฟลดิเนียร์และแบบไซลินเดอร์ ซึ่งประกอบด้วยการแยกน้ำ การกดน้ำออกและการอบกระดาษให้เหลือความชื้นสุดท้าย ประมาณ ร้อยละ 10 พร้อมสำหรับนำไปแปรรูปต่อไป

4.2.5 กระดาษหนังสือพิมพ์ (Newsprint paper) จะมีการผลิตที่ใช้ทั้งเยื่อใยสั้น เยื่อใยยาว และเยื่อจากกระดาษรีไซเคิล โดยถ้าทำจากเยื่อใยสั้นจะมีการผลิตแบบเชิงกล ทำให้เยื่อที่ได้มีลักษณะค่อนข้างหยาบกระด้าง เส้นใยที่ได้ส่วนใหญ่ไม่สมบูรณ์ มีการขาดและตัดเป็นท่อนๆ สำหรับเยื่อจากกระดาษรีไซเคิลนั้นจะใช้เยื่อที่ได้จากกระดาษหนังสือพิมพ์เก่า โดยมีการนำเยื่อใยยาวไปผสมกับเยื่อทั้งสองชนิดข้างต้น เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกระดาษ โดยมีการผสมเยื่อใยยาวเข้าไปในสัดส่วนประมาณ 10% ของปริมาณกระดาษทั้งหมด การผลิตกระดาษหนังสือพิมพ์จะใช้เครื่องจักรผลิตกระดาษโฟลดิเนียร์แบบทวินไวร์ (Twin wire) ซึ่งเครื่องผลิตกระดาษชนิดนี้จะมีตะแกรงลวดเดินแผ่นสองชั้น สามารถวิ่งได้เร็วกว่าเครื่องผลิตกระดาษโฟลดิเนียร์แบบปกติ เยื่อกระดาษที่ได้จะมีความสม่ำเสมอ และมีผิวที่เหมาะสมกับการพิมพ์ทั้งสองด้าน ซึ่งการปรับปรุงผิวกระดาษจะใช้วิธีการฉาบผิวด้วยแป้ง บนเครื่องที่ใช้ฉาบผิว (Size press) และจะไม่มีการเติมน้ำขึ้นใหม่ ดังนั้นคุณสมบัติของกระดาษจะมีน้ำหนักมาตรฐานต่ำ ความทึบแสงสูง ดูดซึมน้ำได้ดี อายุการใช้งานสั้นและเปลี่ยนสีง่าย และคุณภาพของกระดาษก็แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับคุณภาพของเยื่อ และวิธีการผลิต โดยบางชนิดมีสีคล้ำมาก บางชนิดมีสีค่อนข้างขาวและมีความเรียบต่างกัน

4.3 อุตสาหกรรมกระดาษชั้นปลาย เป็นอุตสาหกรรมที่นำเอาผลผลิตจากอุตสาหกรรมกระดาษชั้นกลาง มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทกล่องและบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ซึ่งเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับกระดาษได้ เช่น การผลิตกระดาษลูกฟูก (Corrugating) ที่เป็นการนำเอากระดาษทำผิวกล่องและกระดาษทำลอนมาประกบกันโดยใช้เครื่องทำแผ่นลูกฟูกที่เป็นแผ่นลูกฟูกชนิด 3 ชั้น (Single wall) เป็นลอน B ลอน C หรือแผ่นลูกฟูกชนิด 5 ชั้น เป็นลอน BC เพื่อนำไปผลิตขึ้นรูปเป็นกล่องลูกฟูก (Converting) ต่อไป ซึ่งมีการผลิตตามชนิดของกล่องและการเชื่อมรอยต่อ (Manufacture's joint) กล่าวคือ แผ่นลูกฟูกที่ออกมาจากเครื่องลูกฟูก ที่มีการทำเส้นพับผ่าที่ Slitter scorer จะใส่ไปที่ Feed unit ของเครื่องพิมพ์ โดยจะป้อนแผ่นลูกฟูกเข้าไปที่ละแผ่นเข้าไปยังส่วนพิมพ์ (Printing section) เพื่อทำการพิมพ์บนกล่อง ที่มีจำนวนตู้สีและแม่พิมพ์ของแต่ละสีแยกออกจากกัน แผ่นลูกฟูกจะผ่านเข้ามายังตู้สีแล้วทำการพิมพ์ที่ละสีจนครบตามต้องการ ซึ่งระบบการพิมพ์ที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นแบบ Flexography โดยใช้หมึกแบบน้ำ (Water based ink) และโดยทั่วไปการผลิตเป็นกล่องนั้น สามารถแบ่งประเภทของกล่องได้เป็น 3 ประเภท คือ (1) กล่องแบบลวดเย็บ ที่ส่วนมากจะมีขนาดใหญ่ บรรจุสินค้าที่มีน้ำหนักมากหรือกล่องที่มีรอยต่อค่อนข้างยาว ทำการทากาวไม่สะดวก ซึ่งกระบวนการผลิตจะใช้เครื่อง Printer Slotter แล้วนำไปทำการตอกที่เครื่องตอก (2) กล่องแบบติดกาว ซึ่งเป็นกล่องที่ผลิตได้รวดเร็ว ใช้งานกับสินค้าทั่วไป ผลิตด้วยเครื่อง Flexo folder gluer ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่รวม Printer Slotter และ Folder Gluer เข้าด้วยกัน แผ่นลูกฟูกจะมีการพิมพ์ทำเส้นพับและเจาะร่อง จากนั้น Folder Gluer จะทำการทากาว และพับประกบรอยต่อด้านที่ 1 และ 4 เข้าด้วยกันเป็นกล่อง แล้วจึงผ่านเครื่องนับจำนวนแล้วมัดเชือกตามจำนวนที่กำหนดไว้ และ (3) กล่องไดคัท เป็นกล่องที่มีรูปแบบแตกต่างจากแบบอื่นๆ ขึ้นอยู่กับการออกแบบเพื่อความสวยงาม เช่น กล่องรูปเหลี่ยม หรือเพื่อความสะดวกต่อการใช้งานเช่น กล่องขดลือก กล่องหิ้ว การผลิตนั้นจะมีการทำเพลทตัด (Cutting die) โดยวาดรูปแบบกล่องลงบนไม้อัด แล้วทำการเลื่อยและฝังใบมีดเป็นรูปแบบตามที่ต้องการ เพลทนี้จะถูกนำเข้าเครื่องแผ่นคลี่ ซึ่งกล่องบางประเภทจะมีการนำไปเชื่อมรอยต่อโดยการทากาวหรือเย็บลวดก่อนส่งให้ลูกค้า

กระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ

1. กระบวนการผลิตเยื่อกระดาษในเชิงอุตสาหกรรม

พินิจกานต์ อาริวงค์ และ วรณิษา นาคแกมทอง (2555) อ้างถึง มะลิวัลย์ (2542) ได้กล่าวว่า กระบวนการผลิตกระดาษเชิงอุตสาหกรรมจำเป็นต้องใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ ผลผลิตที่ได้มีปริมาณมากและมีประสิทธิภาพสูง โดยแบ่งเป็น 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 ขั้นตอนการทำเยื่อกระดาษ (Pulping) เป็นขั้นตอนการเปลี่ยนรูปวัตถุดิบจากวัตถุดิบเริ่มต้น เช่น ชี้นไม้ที่มีขนาดใหญ่ให้กลายเป็นเยื่อไม้ที่มีขนาดเล็กลง เพื่อเตรียมพร้อมสู่กระบวนการถัดไป สามารถทำได้ 3 วิธี โดยวิธีแรกเป็นการนำชี้นไม้ไปบดโดยใช้พลังงานจากเครื่องหินบดหรือจานบด เยื่อที่ได้จะสั้นและขาดเป็นท่อนส่งผลให้

กระดาษที่ผลิตได้มีความแข็งแรงต่ำ แต่มีความทึบสูงและดูดความชื้นได้ดี จึงนิยมผลิตเพื่อนำไปทำเป็นสิ่งพิมพ์ประเภทหนังสือพิมพ์ เยื่อที่ได้จากวิธีนี้เรียกว่า เยื่อเชิงกลหรือเยื่อบด (Mechanical pulp) วิธีที่สอง เป็นวิธีที่ใช้สารเคมีและความร้อนในการแยกเยื่อและขจัดลิกนินในเนื้อไม้ ซึ่งเยื่อที่ผลิตจากวิธีนี้จะมีคุณภาพดีกว่าชนิดแรก แต่ปริมาณผลผลิตจะน้อยกว่า และราคาสูงกว่า เช่น เยื่อซัลเฟต (Sulfate pulp) ได้จากการใช้สารซัลเฟต ลักษณะเยื่อนี้จะเหนียวและมีสีคล้ำอมน้ำตาล จึงนิยมใช้งานทางด้านถุงและบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ที่ให้คุณสมบัติเป็นกระดาษเหนียว (Kraft paper) หรือเยื่อซัลไฟต์ (Sulfite pulp) ที่ผลิตได้จากการใช้ซัลไฟต์ โดยเยื่อที่ได้จะมีความแข็งแรงน้อยกว่าเยื่อซัลเฟต จึงนิยมนำไปฟอกขาวเพื่อใช้เป็นกระดาษสำหรับงานเขียนและงานพิมพ์ เยื่อที่ได้จากวิธีนี้เรียกว่า เยื่อเคมี (Chemical pulp) และวิธีที่สาม เป็นวิธีการที่ทำให้เยื่อแยกออกจากกันง่ายขึ้น รวมถึงเพื่อละลายสารลิกนินในเนื้อไม้ ที่จะส่งผลให้กระดาษมีสีเหลืองเมื่อได้รับแสง โดยการนำชิ้นไม้มาต้มในสารเคมีก่อน จากนั้นจึงนำเยื่อไปบดด้วยจานบด วิธีนี้จะทำให้ได้เยื่อที่มีคุณภาพดีกว่าเยื่อบดและได้ผลผลิตมากกว่าเยื่อเคมี จึงนิยมใช้ในการผลิตกระดาษเพื่อเป็นบรรจุภัณฑ์ เยื่อชนิดนี้เรียกว่า เยื่อกึ่งเคมี (Semi-chemical pulp)

1.2 ขั้นตอนการเตรียมน้ำเยื่อ (Stock preparation) เป็นขั้นตอนการทำให้เยื่อจากขั้นตอนแรกกระจายตัวไม่จับตัวเป็นก้อนเพื่อเตรียมขึ้นรูปเป็นแผ่นเยื่อกระดาษ โดยการตีเยื่อในน้ำเยื่อให้กระจายสม่ำเสมอ แล้วนำไปบดให้เส้นใยแตกเป็นขลุ่ยเพื่อเพิ่มสมบัติการยึดเกาะระหว่างกันดีขึ้น หรือสามารถนำสารปรับแต่งชนิดต่างๆ เติมน้ำเยื่อเพื่อเพิ่มคุณสมบัติของกระดาษตามต้องการได้ รวมไปถึงมีการปรับความเข้มข้นของน้ำเยื่อก่อนเข้าสู่กระบวนการทำแผ่นได้

1.3 ขั้นตอนการทำแผ่น (Sheet formation) เป็นขั้นตอนการขึ้นรูปกระดาษเป็นแผ่น โดยการนำเยื่อที่ได้จากขั้นตอนการเตรียมน้ำเยื่อลงในถังจ่ายน้ำเยื่อ ซึ่งจะถูกลอยลงบนสายพานตะแกรง น้ำส่วนใหญ่จะรอดผ่านช่องของตะแกรง ส่งผลให้เยื่อที่ไม่สามารถลอดผ่านตะแกรงเริ่มเป็นรูปร่างแบบแผ่นกระดาษ จากนั้นสายพานจะนำพาเยื่อกระดาษเข้าสู่ส่วนที่เป็นลูกกลิ้ง เพื่อที่จะรีดน้ำออกจากเยื่อกระดาษ และกดทับเพื่อให้เยื่อประสานติดกันแน่นยิ่งขึ้น จากนั้นนำเข้าสู่กระบวนการอบโดยผ่านลูกกลิ้งร้อนหลายๆ ลูก จนกระทั่งเยื่อกระดาษเหลือน้ำที่อยู่ในปริมาณที่น้อยมาก ประมาณร้อยละ 4-6 โดยน้ำหนัก

1.4 ขั้นตอนการตกแต่งผิว (Finishing) เป็นขั้นตอนการตกแต่งสำเร็จเพื่อเพิ่มคุณสมบัติด้านต่างๆ ให้กระดาษตามความต้องการ ซึ่งโดยทั่วไปจะนิยมตกแต่งผิวกระดาษเพื่อเพิ่มความเงามันหรือความด้าน เรียกว่า การขัดผิว (Calendering) กระดาษที่ผ่านขั้นตอนการตกแต่งผิวสำเร็จแล้วจะถูกนำไปเก็บเป็นม้วน เมื่อมีการจัดจำหน่ายจะนิยมตัดเป็นม้วนขนาดเล็กลง หรือตัดเป็นแผ่นๆ ตามขนาดที่ต้องการ จากนั้นห่อเป็นรีม รีมละ 500 แผ่น

2. กระบวนการผลิตเยื่อกระดาษในเชิงหัตถกรรม

สุญา ฤทธิศร และคณะ (2554) อธิบายว่าเป็นกระบวนการผลิตกระดาษจากวัตถุดิบในท้องถิ่นที่เป็นต้นไม้หรือพืชที่ให้เส้นใยและสามารถเปื่อยง่ายได้ด้วยการต้มให้ความร้อน เช่น ปอสา ปอแก้ว ใบสับปะรด ฟางข้าว หญ้าคา เปลือกข้าวโพด ต้นกล้วย ผักตบชวา เป็นต้น โดยหลักการเลือกวัตถุดิบนั้นจะพิจารณาถึงสมบัติของกระดาษตามความต้องการ เนื่องจากสมบัติของกระดาษขึ้นอยู่กับชนิดของเส้นใยเป็นหลัก กระบวนการนี้เป็นการผลิตกระดาษด้วยมือโดยอาศัยวิธีการผลิตจากภูมิปัญญาชาวบ้าน ซึ่งสามารถแบ่งขั้นตอนการผลิตได้เป็น 4 ขั้นตอนต่อไปนี้

2.1 การเตรียมในขั้นแรก เป็นขั้นตอนการเตรียมเยื่อโดยเริ่มจากคัดแยกเยื่อจากส่วนอื่นๆ ของพืชที่เลือกออกจากกัน หรือเป็นการแยกความอ่อนแก่ของพืช เพื่อคำนวณอัตราส่วนของปริมาณระหว่างพืชและสารที่จะใช้ในการต้มได้ถูกต้อง โดยทั่วไปจะนิยมนำพืชที่คัดแยกแล้วไปต้มกับโซดาไฟหรือน้ำด่างจากขี้เถ้า จนกระทั่งพืชนั้นเปื่อยและเส้นใยแยกออกจากกัน หลังจากนั้นนำเยื่อไปล้างน้ำเพื่อกำจัดด่างออกให้หมดเพื่อเข้าสู่ขั้นตอนการทำให้เป็นเยื่อกระดาษต่อไป

2.2 การทำให้เป็นเยื่อกระดาษ เป็นขั้นตอนที่ทำให้เยื่อจากขั้นต้นแรกนั้นละเอียดสามารถยึดเกาะกันเป็นแผ่นได้ โดยสามารถทำได้ 2 วิธี คือ วิธีแรกเป็นการทำเยื่อด้วยมือ ซึ่งเป็นภูมิปัญญาชาวบ้านที่มีมาตั้งแต่อดีต โดยการใช้แรงคนยกไม้ซุงเพื่อทุบเยื่อให้ละเอียด สามารถตรวจสอบความละเอียดได้ด้วยการนำเยื่อนั้นไปละลายน้ำ ถ้าเยื่อกระจายเป็นเส้นคล้ายปุยสำลี สังเกตเห็นเส้นใยมีขนาดเล็กและไม่ปะปนด้วยเส้นใยขนาดใหญ่ รวมไปถึงเป็นเส้นใยที่ยังไม่มีการเกาะติดกัน แสดงว่าเป็นเยื่อที่พร้อมจะเข้าสู่กระบวนการทำเป็นแผ่นกระดาษ วิธีที่สองเป็นการทำเยื่อด้วยเครื่องจักร โดยใช้เครื่องจักรหรือเครื่องทุ่นแรงในการทุบพืชให้ละเอียด วิธีการนี้จะสามารถตีเยื่อให้ละเอียดได้ในเวลาที่รวดเร็วกว่าวิธีแรก จึงเป็นที่นิยมมากในปัจจุบัน

2.3 การทำแผ่นกระดาษ โดยอาศัยอุปกรณ์ทำแผ่นกระดาษที่เรียกว่า ถังช้อนกระดาษ ซึ่งเป็นถังสี่เหลี่ยมและตะแกรงช้อนแผ่นกระดาษ ซึ่งเป็นตะแกรงสี่เหลี่ยมที่เป็นกรอบไม้และซี่ด้วยตาข่ายไนลอนหรือลวดมุ้งตาถี่ วิธีการเริ่มจากการใส่เยื่อลงในถังช้อนกระดาษ จากนั้นนำตะแกรงช้อนแผ่นกระดาษ ช้อนเยื่อในถังขึ้นมาด้วยการช้อนเข้าหาตัว และยกตะแกรงขึ้นให้พ่นน้ำพร้อมเทน้ำออกจากตะแกรง จากนั้นนำตะแกรงที่มีเยื่อไปตากแดด ในขั้นตอนนี้ถ้าต้องการให้ได้กระดาษที่หนาจำเป็นต้องใส่เยื่อลงในถังช้อนกระดาษในจำนวนที่มากพอ ถ้าเยื่อยังหลงเหลืออยู่ในถังช้อนกระดาษอีกก็สามารถนำตะแกรงมาช้อนได้อีกครั้งจนกว่าเยื่อจะหมด หรือสามารถเติมเยื่อลงในถังช้อนกระดาษได้อีกตามความต้องการของผู้ผลิต

2.4 กรรมวิธีขั้นสุดท้าย เป็นขั้นตอนการตากและลอกกระดาษ โดยนำตะแกรงช้อนกระดาษไปตากแดดกลางแจ้งในลักษณะเฉียง 45 องศา หรือพียงกับกับตะแกรงช้อนกระดาษชิ้นอื่น จนกว่ากระดาษจะแห้งสนิท จากนั้นจึงนำกระดาษมาลอกจากบริเวณด้านใดด้านหนึ่งอย่างระมัดระวัง และนำกระดาษที่ลอกไปม้วนเก็บเพื่อนำไปใช้งานต่อไป

นอกจากนี้ Puechkaset (2558) ยังได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตกระดาศ โดยทั่วไป ซึ่งมีรายละเอียดต่อไปนี้

1) การคัดเลือกพืชและการย่อยเยื่อ เป็นขั้นตอนที่เริ่มจากการคัดเลือกพืชที่เป็นไม้เนื้ออ่อน ซึ่งส่วนมากจะใช้พืชที่มีเปลือกหรือลำต้นอ่อน และหาได้ง่าย เช่น ปอสา ชานอ้อย ต้นกล้วย และกากสับปะรด เป็นต้น หลังจากนั้น จะนำพืชเหล่านั้นมาตัดหรือสับเป็นชิ้นๆ และนำมาต้มน้ำเดือด ซึ่งมักจะเติมโซดาไฟหรือด่างชนิดอื่น ๆ ลงต้มด้วยเพื่อให้เนื้อไม้หรือเปลือกไม้เปื่อยยุ่ยง่าย อัตราส่วนของด่างที่เติมจะประมาณ 1 ใน 10 ของวัตถุดิบที่ใช้ เช่น หากใช้ปอสา 10 กิโลกรัม จะใช้โซดาไฟประมาณ 1 กิโลกรัม ซึ่งขั้นตอนการต้มนี้ นอกจากจะช่วยย่อยเส้นใยให้เปื่อยแล้ว ยังเป็นการฟอกสีเยื่อไม่ให้เป็นเยื่อสีขาวด้วย

2) การแยกเยื่อกระดาศ เป็นขั้นตอนที่ต้องใช้แรงหรือเครื่องจักรสำหรับทุบหรือบดเนื้อไม้หรือเปลือกไม้ให้แตกย่อยออกเป็นเส้นใยละเอียดหรือกลายเป็นเยื่อกระดาศนั่นเอง ซึ่งสมัยโบราณจะใช้วิธีการทุบด้วยค้อนไม้ โดยมีแผ่นไม้รองเป็นหลัก หลังจากนั้น จะนำเยื่อที่ทุบแล้วลงตีหรือกวนในน้ำ ซึ่งต้องใช้เวลานานหลายชั่วโมง แต่ปัจจุบันมักใช้เครื่องบด ซึ่งช่วยทุ่นแรง และประหยัดเวลาได้มาก ทั้งนี้ จะต้องตรวจสอบก่อนว่าเยื่อกระดาศมีขนาดละเอียดหรือยัง โดยนำเยื่อหรือเส้นใยหลังทุบหรือบดแล้วมาแช่น้ำ หากเยื่อกระดาศลอยฟุ้งกระจายเป็นเส้นเล็ก ๆ คล้ายสำลี ก็แสดงว่าพร้อมที่จะใช้ทำแผ่นกระดาศได้

3) การฟอกสี เป็นขั้นตอนที่อาจทำหรือไม่ทำก็ได้หากการต้มเยื่อในขั้นตอนแรกทำให้เยื่อมีสีขาวแล้ว แต่หากต้องการให้มีสีขาวมากขึ้นก็ต้องฟอกสีซ้ำอีกรอบ สารที่ใช้ฟอกจะเป็นโซดาไฟหรือแคลเซียมไฮเพอร์คลอไรด์ ในอัตราส่วน 1 ใน 10 ของเยื่อกระดาศ ซึ่งจะใช้เวลาต้มฟอกสีนาน 2-3 ชั่วโมง ก่อนล้างน้ำให้สะอาด และนำไปทำแผ่นกระดาศต่อ

4) การย้อมสี ซึ่งเป็นขั้นตอนที่อาจทำหลังขั้นตอนที่ 2 หลังการแยกเยื่อกระดาศแล้ว ซึ่งเยื่อส่วนมากมักมีสีขาวบ้างแล้ว และหากต้องการให้เกิดสีก็สามารถนำมาต้มย้อมกับสีที่ต้องการได้เลย หรือหากเยื่อยังมีสีเดิมของต้นพืชมากก็ต้องผ่านขั้นตอนการฟอกสีอีกครั้งก่อน หรือหากต้องการให้กระดาศมีสีขาวเนียนหรือเป็นมันมากขึ้นก็ต้องเติมสารเพิ่มสีขาวอีก อาทิ ปูนขาว และขี้ผึ้งเพื่อเพิ่มความมันวาว

5) การทำแผ่นกระดาศขั้นตอนนี้จะต้องใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า ถังซ้อนกระดาศ มีลักษณะเป็นถังสี่เหลี่ยม สามารถขังน้ำไม่ให้รั่วได้ และอีกอุปกรณ์ คือ ตะแกรงซ้อนกระดาศ มีลักษณะโครงเป็นสี่เหลี่ยมตามขนาดกว้างยาวของกระดาศที่ต้องการ ขอบหรือโครงของตะแกรงจะทำด้วยไม้ ส่วนตรงกลางจะขึงด้วยผ้าขาวหรือผ้าไนลอนตาถี่ที่สามารถรองเยื่อกระดาศไว้ได้ การทำแผ่นกระดาศเริ่มจากนำเยื่อกระดาศลงใส่ในถัง และเติมน้ำเกือบเต็ม แล้วใช้ไม้กวนเยื่อกระดาศให้ลอยกระจายทั่วถัง จากนั้น นำตะแกรงซ้อนกระดาศลงตักเยื่อกระดาศ แล้วรีบนำขึ้นมา และค่อยรินน้ำที่ค้างในตะแกรงออกให้หมด ทั้งนี้ แผ่นกระดาศจะหนาหรือบางจะขึ้นอยู่กับปริมาณของเยื่อกระดาศที่ใส่ลงในถังซ้อนกระดาศ ก่อนจะนำไปตากแดดให้แห้ง ซึ่งจะต้องตากในลักษณะเอียงเป็นมุม 45 องศา อีกวิธีสำหรับการทำแผ่นกระดาศ คือ การใช้มือตักเยื่อกระดาศขึ้นมา และเกลี่ยใส่ตะแกรง พร้อมใช้ไม้แบนๆ หรือมือเกลี่ยตะแกรงให้เรียบสม่ำเสมอ แล้วนำไปตากแดด ทั้งนี้ วิธีการทำแผ่นด้วยมือตะแกรงมักได้กระดาศที่หนา และไม่สม่ำเสมอ ซึ่งจะสู่วิธีการตักไม่ได้

6) การตกแต่ง เป็นขั้นสำหรับผู้ที่ต้องการให้เกิดลวดลายบนกระดาษ ซึ่งหลังจากตัดหรือเกลี่ยกระดาษให้สม่ำเสมอแล้ว อาจนำสีย้อมมาสเปรย์พ่นเป็นลวดลายหรือใช้กลีบดอกไม้ ใบไม้ มาวางบนแผ่นเยื่อ ซึ่งจะต้องวางแปะทับด้วยเยื่อกระดาษคลุมบาง ๆ เฉพาะบริเวณกลีบดอกไม้หรือใบไม้ อีกรอบ ก่อนนำตะแกรงไปตากแดด ทั้งนี้ จะต้องทำให้เสร็จโดยเร็วหรือเตรียมน้ำใส่ขวดคอยสเปรย์พรมแผ่นเยื่อกระดาษด้วย เพราะอาจทำให้เยื่อบางส่วนแห้งก่อนได้

7) การลอกกระดาษ ซึ่งหลังจากที่ตากแผ่นกระดาษจนแห้งแล้ว ให้นำตะแกรงมาลอกแผ่นกระดาษออก โดยจะเริ่มลอกแผ่นกระดาษจากขอบด้านใดด้านหนึ่ง แล้วค่อยดึงออกจนถึงขอบอีกด้านหนึ่ง สุดท้ายจะได้เป็นแผ่นกระดาษบาง ๆ

การวิเคราะห์คุณสมบัติของกระดาษ (Paper properties analysis)

สลิลดา บุตรกีนรี (2552) ได้อธิบายเกี่ยวกับคุณสมบัติด้านต่าง ๆ ของกระดาษไว้ดังนี้

1. คุณสมบัติทางด้านกายภาพ (Physical properties)

1.1 น้ำหนักมาตรฐาน (Basis weight หรือ Grammage) หมายถึง น้ำหนักกระดาษเป็นกรัมต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร คุณสมบัตินี้ใช้กำหนดราคาซื้อขายได้และมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของกระดาษ

1.2 ความหนา (Thickness) หมายถึง ระยะทางตั้งฉากระหว่างผิวหน้าทั้งสองกระดาษเป็นไมครอนหรือมิลลิเมตร ความหนาของกระดาษนี้บางครั้งก็เรียกว่า คาลิเปอร์ (Caliper) จะมีส่วนสัมพันธ์กับสมบัติที่เกี่ยวกับความเหนียว การโค้งงอและความคงรูป รวมทั้งราคา และกรรมวิธีต่าง ๆ ในการแปรรูปเป็นภาชนะบรรจุ

1.3 ปริมาณความชื้น (Moisture content) หมายถึง ปริมาณของน้ำในกระดาษคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักเดิม สมบัตินี้มีความสัมพันธ์ต่อการพิมพ์ การประกบ การเคลือบ การตัด การทากาว และกรรมวิธีอื่น ๆ ในการทำเป็นภาชนะบรรจุ ซึ่งความชื้นยังคงมีอิทธิพลอย่างมากต่อสมบัติเชิงกลของกระดาษ

1.4 ทิศทางของเส้นใย (Directionality) หมายถึง แนวหรือทิศทางการเรียงตัวของเส้นใยเซลลูโลสในกระดาษ โดยถ้าพิจารณาจากกระบวนการผลิตกระดาษพบว่า เส้นใยเซลลูโลสส่วนมากมีการเรียงตัวไปในทิศทางการไหลและการเคลื่อนที่ของตะแกรงบนเครื่องผลิตกระดาษดังนั้นแนวการเรียงตัวของเส้นใย หรือแนวเส้นใยของกระดาษจึงอยู่ใน “แนวขนานเครื่อง” (Machine direction, MD) หรือแนวเกรน (Grain direction) มากกว่า ส่วนแนวของกระดาษที่ตั้งฉากกับแนวขนานเครื่องซึ่งเรียกว่า “แนวขวางเครื่อง” (Cross direction, CD) หรือแนวขวางเกรน (Crossgrain direction) เนื่องจากการเรียงตัวของเส้นใย ในกระดาษทั้งสองแนวมีความแตกต่างกัน จึงมีผลให้สมบัติของกระดาษทั้งสองแนวแตกต่างกันด้วย จากการที่ทิศทางของเส้นใยเรียงตัวในแนวขนานเครื่องมากกว่าแนวขวางเครื่องทำให้สมบัติทางเชิงกลของกระดาษทั้งสองแนวแตกต่างกัน การตรวจสอบแนวเกรนของกระดาษมีความสำคัญมากในขั้นตอนการนำกระดาษไปสู่กระบวนการผลิต ยกตัวอย่างเช่น การหักพับ เซาะร่อง สามารถทำได้ง่ายในแนวขนานเครื่อง และค่าความคง

รูปในแนวนอนเครื่องที่สูงกว่า ซึ่งจะมีประโยชน์ในการออกแบบแฟ้ม หรือบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ

1.5 ความเรียบ (Smoothness) ความเรียบของกระดาษสัมพันธ์กับความเหมาะสมในการพิมพ์ กล่าวคือ ถ้ากระดาษมีผิวเรียบจะช่วยให้คุณภาพการพิมพ์ดีขึ้น

2. ทศสมบัติ (Optical properties)

2.1 ความสว่าง (Brightness) หมายถึง ค่าการสะท้อนแสงของแสงสีน้ำเงินที่ความยาวคลื่น 457 นาโนเมตร เยื่อกระดาษที่ไม่ได้ฟอกส่วนมากจะมีสีน้ำตาลเข้มถึงเหลืองอ่อนเนื่องจากลิกนินดูดซับแสงสีน้ำเงินไว้ แต่เมื่อนำเยื่อไปฟอกแล้ว ค่าการสะท้อนแสงสีน้ำเงินจะสูงขึ้น ทำให้มองเห็นกระดาษขาวสว่างมากขึ้น ความสว่างของกระดาษมีความสำคัญมาก โดยเฉพาะสำหรับกระดาษที่ต้องนำไปใช้ในกระบวนการพิมพ์

2.2 ความทึบแสง (Opacity) เป็นคุณสมบัติที่จำเป็นสำหรับกระดาษพิมพ์เขียน กระดาษจะต้องทึบแสงพอที่จะบังภาพหรืออักษรที่อยู่ด้านหลังไม่ให้ปรากฏจนเกิดปัญหาในการอ่านและความชัดเจนของสิ่งที่พิมพ์ ความทึบแสงสามารถวัดได้โดยเปรียบเทียบค่าการสะท้อนแสงสีเขียวที่ช่วงคลื่น 557 นาโนเมตร ระหว่างกระดาษแผ่นเดียวที่รองหลังด้วยพื้นดำสนิท กับกระดาษที่วางซ้อนกันหนาจนแสงไม่ผ่านทะลุ ความทึบแสงและความสว่างต่างขึ้นกับปัจจัยสำคัญ 2 ประการ คือ การกระเจิงแสงและการดูดซับแสง กระดาษที่ใช้เยื่อที่มีความขาวสว่างสูงมาก อาจมีปัญหาด้านความทึบแสง เพราะเยื่อจะมีความทึบแสงน้อยลง การใช้ตัวเติมจะช่วยให้การกระเจิงแสงในเนื้อกระดาษซึ่งจะช่วยปรับปรุงความทึบแสงให้ดีขึ้นได้

3. คุณสมบัติทางด้านความแข็งแรง (Strength properties)

3.1 ความต้านทานการฉีกขาด (Tear resistance) หมายถึง ความสามารถของกระดาษที่จะต้านแรงซึ่งทำให้ฉีกทดสอบขาด มีหน่วยเป็นมิลลินิวตันหรือกรัมแรง สมบัตินี้บอกลถึงความแข็งแรงของกระดาษ

3.2 ความต้านทานแรงดึงขาดและการยืดตัว (Tensile strength and elongation) หมายถึง ความสามารถของกระดาษที่จะต้านแรงดึงซึ่งกระทำที่ปลายข้างใดข้างหนึ่งของชิ้นทดสอบที่มีความกว้างคงที่จนชิ้นทดสอบนั้นขาด มีหน่วยเป็นนิวตันต่อความกว้างเป็นเมตร ส่วนการยืดตัวหมายถึงระยะที่ชิ้นทดสอบยืดตัวออกจนขาด มีหน่วยเป็นร้อยละของความยาวเดิมของชิ้นทดสอบ

3.3 ความต้านทานต่อการพับ (Folding endurance) หมายถึง จำนวนครั้งของการพับไปมา (Double folds) ที่ทำให้กระดาษขาดจากกัน เมื่อใช้แรงดึงที่กำหนด สมบัตินี้มีความสำคัญกับกระดาษที่การใช้งานที่มีลักษณะต้องมีการพับไปพับมา

3.4 ความต้านทานการขัดสี (Abrasion resistance) หมายถึง ความสามารถของกระดาษที่จะทนต่อการเสียดสีระหว่างการขนส่ง หรือระหว่างแผ่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีวัสดุแปลกปลอม เช่น ทรายอยู่ระหว่างชั้นของกระดาษ ซึ่งอาจทำให้เกิดการแยกระหว่างชั้น

3.5 ความต้านแรงกดวงแหวน (Ring crush test) หมายถึง ความสามารถของ กระดาษที่จะต้านแรงที่มากดทับในแนวดิ่งกับกระดาษจนขอบกระดาษหักพับ มีหน่วยเป็น นิวตัน หรือกิโลกรัมแรง ค่านี้มีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงในการเรียงซ้อนของภาชนะ บรรจุกระดาษและถังกระดาษ เครื่องมือที่ใช้คือ Crush tester หรือ Compression tester ในการทดสอบมักต้องอาศัยที่จับขึ้นทดสอบ (Ring crush holder)

3.6 ความต้านแรงดันทะลุ (Bursting strength) หมายถึงความสามารถของ กระดาษที่จะต้านแรงดันที่กระทำบนผิวขึ้นทดสอบด้วยอัตราที่เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ จน ทำให้ขึ้นทดสอบนั้นขาดทะลุ มีหน่วยเป็นกิโลปาสกาล (kPa) หรือกิโลกรัมแรงต่อตาราง เซนติเมตร (kgf/cm^2) หรือปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) สมบัตินี้มีความสัมพันธ์กับความต้าน แรงดึงขาดและความต้านทานการฉีกขาด

3.7 ความแข็งตึง (Stiffness) หมายถึง ความต้านทานของกระดาษต่อการโค้งที่เกิด จากน้ำหนักของตัวเอง หรือแรงอื่นที่กระทำต่อกระดาษนั้น ทั้งนี้กระดาษมีความ แข็งตึงในแนวนานเครื่องมากกว่ากระดาษในแนวขวางเครื่อง ความแข็งตึงของกระดาษมี ความสำคัญต่อการป้อนและรับกระดาษบนเครื่องพิมพ์ โดยปกติในการป้อนกระดาษเข้า พิมพ์มักป้อนกระดาษในแนวนานเครื่องเข้าพิมพ์โดยให้มีทิศทางเดียวกับทิศทางการเดิน แผ่นของเครื่องพิมพ์ เนื่องจากกระดาษในแนวนานเครื่องมีความแข็งตึงมากกว่า ทำให้ การเดินแผ่นกระดาษไม่เกิดการติดขัดการเพิ่มความแข็งตึงของกระดาษทำได้โดยเพิ่ม ปริมาณการบดเยื่อ แต่การบดเยื่อมากเกินไปอาจมีผลทำให้ความแข็งตึงของกระดาษลดลง เนื่องจากการบดเยื่อทำให้เส้นใยมีความยาวน้อยลงนอกจากนี้ พบว่าความแข็งตึงของ กระดาษลดลงตามปริมาณของตัวเติมที่เติมในกระบวนการผลิตกระดาษ ปริมาณความชื้น ในกระดาษ และปริมาณการรีดกระดาษที่เพิ่มขึ้น

4. คุณสมบัติด้านการกีดขวาง (Barrier properties)

4.1 ค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำ (Contact angle test) เป็นการทดสอบความสามารถ ในการต้านทานน้ำของวัสดุ โดยอาศัยหลักการที่ว่า ถ้าค่าพลังงานที่ผิว (Surface energy) ของวัสดุมีค่ามากกว่าพลังงานของของเหลว วัสดุนั้นจะดูดซึมของเหลวไว้ได้ ซึ่งคำว่า Contact angle จะหมายถึงมุมที่ของเหลวทำกับผิวของวัสดุ โดยทั่วไปนิยมใช้น้ำกลั่นเป็น ของเหลวในการทดสอบ การวัดค่ามุมนี้เป็นพื้นฐานของการวัดสมบัติการเปียก (Wettability) ของผิววัสดุ ซึ่งกระดาษที่ดูดซึมน้ำได้ดี จะมีค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำที่ต่ำ

4.2 การดูดซึมน้ำ (Water absorption) หมายถึง ปริมาณของน้ำเป็นกรัมที่ กระดาษซึ่งมีพื้นที่ 1 ตารางเมตร สามารถดูดซึมได้ภายในเวลาที่กำหนดให้ สมบัตินี้ สามารถใช้ในการทดสอบความสามารถในการดูดซึมของเหลวในกระดาษ วิธีการทดสอบที่ มักใช้ เช่น “คอบบี้ เทส” (Cobb test)

4.3 เวลาในการดูดซึมน้ำ (Absorption time) เป็นการทดสอบสมบัติการดูดซึม ของเหลวของวัสดุ โดยการหยดของเหลวที่มีปริมาตรคงที่ลงบนผิววัสดุ และจับเวลาในการ ที่หยดของเหลวหนึ่งหยดใช้ในการซึมผ่านลงไปในวัสดุนั้น ซึ่งเวลาที่ได้เป็นตัวบ่งชี้

ความสามารถในการดูดซับของเหลวของวัสดุ อย่างไรก็ตาม ในกรณีของน้ำ เวลาที่ใช้ในการดูดซับน้ำหนึ่งหยดจะถูกกำหนดไว้สูงสุดที่ 200 นาที เนื่องจากที่ระยะเวลานานกว่านี้ จะพิจารณาว่าปริมาตรของหยดน้ำหายไปเนื่องจากการระเหย

4.4 การต้านการซึมผ่านของน้ำมัน และไขมัน (Oil and grease resistance)

เป็นการทดสอบที่ใช้กับกระดาษหลายประเภททั้งกระดาษที่พิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ที่มีส่วนประกอบของน้ำมันและกระดาษที่ใช้สำหรับบรรจุอาหารโดยในการทดสอบจะวัดอัตราการซึมผ่านของน้ำมันสน (Turpentine) ผ่านกระดาษเคลือบจากด้านบนไปยังด้านล่างของแผ่นกระดาษ

4.5 การต้านการซึมผ่านของแก๊ส (Air resistance) สามารถทดสอบได้โดยการวัด

ปริมาตรของอากาศที่ซึมผ่านตัวอย่างกระดาษ ซึ่งค่าที่ได้จะขึ้นอยู่กับโครงสร้างภายในพื้นผิวของกระดาษ องค์ประกอบของสารเคมีที่เติมลงในเยื่อกระดาษ และชนิดของสารเคลือบกระดาษ

การวิเคราะห์ตัวอย่าง (Sample analysis)

1. การวิเคราะห์หาเยื่อใยหยาบ (Crude fiber, CF)

การวิเคราะห์หา Crude fiber ในอาหารสัตว์ทำได้โดยนำอาหารมาต้มกับกรดและด่างอย่าง อ่อน ซึ่งสารอินทรีย์จำพวกโปรตีน แป้ง น้ำตาล และคาร์โบไฮเดรตบางอย่างจะละลายในกรดและด่าง ส่วนสารอินทรีย์ที่เหลือจากสารสกัดเรียกว่า Crude fiber ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วย cellulose นอกจากนี้ยังมี Hemicelluloses และ Lignin รวมอยู่ด้วยเล็กน้อย แต่การวิเคราะห์หาเยื่อใยหยาบไม่ได้บ่งบอกถึงองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตที่ถูกต้องนัก เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้าง (Structural carbohydrate) เช่น Hemicelluloses และ Lignin บางส่วนสามารถละลายได้ในขั้นตอนการวิเคราะห์ ทั้งนี้การคำนวณปริมาณ % Crude fiber จากสูตรดังต่อไปนี้

$$\% \text{ Crude fiber} = (M_{\text{dry}} - M_{\text{ash}} - (B_{\text{dry}} - B_{\text{ash}})) / M_{\text{sample}} \times 100$$

เมื่อกำหนดให้

M_{dry}	=	น้ำหนักสารที่ได้หลังจากการอบ (กรัม)
M_{ash}	=	น้ำหนักสารที่ได้หลังจากการเผา (กรัม)
B_{dry}	=	Blank หลังจากการอบ (กรัม)
B_{ash}	=	Blank หลังจากการเผา (กรัม)
M_{sample}	=	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

2. การวิเคราะห์หาปริมาณ (Neutral detergent fiber, NDF)

เป็นการต้มตัวอย่างในสารฟอกที่เป็นกลาง ซึ่งส่วนประกอบภายในเซลล์จะถูกละลายออกมา อยู่ในสารละลาย ขณะที่ส่วนที่เป็นเยื่อใย (Cell wall) จะไม่ถูกย่อยละลายได้ ซึ่งเรียกส่วนนี้ว่า NDF ซึ่งประกอบด้วย Cellulose, Hemicelluloses และ Lignin โดยการคำนวณปริมาณ Neutral detergent fiber (%NDF) จากสูตรดังต่อไปนี้

$$\% \text{ NDF} = (M_{\text{dry}} - M_{\text{tare}} - (B_{\text{dry}} - B_{\text{tare}})) / M_{\text{sample}} \times 100$$

เมื่อกำหนดให้

M_{dry} = น้ำหนักสารที่ได้หลังจากการอบ (กรัม)
 M_{tare} = น้ำหนัก Crucible (กรัม)
 B_{dry} = Blank หลังจากการอบ (กรัม)
 B_{tare} = Blank น้ำหนัก Crucible (กรัม)
 M_{sample} = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

หมายเหตุ - การหาปริมาณ Neutral detergent Solubles (%NDS) = 100 - %NDF

- นำตัวอย่างที่เหลือจากการวิเคราะห์ ไปใช้ในการวิเคราะห์ %ADF ต่อไป

3. การวิเคราะห์หาปริมาณ (Acid detergent fiber, ADF)

การวิเคราะห์นี้เป็นการย่อย NDF ออกโดย Hemicelluloses จะละลายอยู่ในสารฟอกที่เป็นกรด ส่วนที่เหลือที่ไม่ละลาย ได้แก่ โปรตีน Cellulose Lignin และ Bound nitrogen ซึ่งการคำนวณปริมาณ Neutral detergent fiber (%ADF) จากสูตรดังต่อไปนี้

$$\% \text{ ADF} = (M_{\text{dry}} - M_{\text{tare}} - (B_{\text{dry}} - B_{\text{tare}})) / M_{\text{sample}} \times 100$$

เมื่อกำหนดให้

M_{dry} = น้ำหนักสารที่ได้หลังจากการอบ (กรัม)
 M_{tare} = น้ำหนัก Crucible (กรัม)
 B_{dry} = Blank หลังจากการอบ (กรัม)
 B_{tare} = Blank น้ำหนัก Crucible (กรัม)
 M_{sample} = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

หมายเหตุ - นำตัวอย่างที่เหลือจากการวิเคราะห์ ไปใช้ในการวิเคราะห์ %ADL ต่อไป

4. การวิเคราะห์หาปริมาณ (Acid detergent lignin, ADL)

การหาปริมาณ Lignin ใน ADF โดยใช้กรดซัลฟูริก ละลาย Celluloses ออกจาก Lignin แต่อาจมี Cutin และ Bond nitrogen (เกิดจาก Milard reaction) รวมถึงปริมาณ Silica การคำนวณปริมาณ Neutral detergent fiber (%ADL) จากสูตรดังต่อไปนี้

$$\% \text{ ADL} = (M_{\text{dry}} - M_{\text{ash}} - (B_{\text{dry}} - B_{\text{ash}})) / M_{\text{sample}} \times 100$$

เมื่อกำหนดให้

M_{dry} = น้ำหนักสารที่ได้หลังจากการอบ (กรัม)

M_{ash} = น้ำหนักสารที่ได้หลังจากการเผา (กรัม)

M_{sample} = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

M_{tare} = น้ำหนัก Crucible (กรัม)

B_{dry} = Blank หลังจากการอบ (กรัม)

B_{ash} = Blank หลังจากการเผา (กรัม)

คำนวณปริมาณ %Ash จากสูตรดังต่อไปนี้

$$\% \text{ Ash} = ((M_{\text{ash}} - M_{\text{tare}}) / M_{\text{sample}}) \times 100$$

เมื่อกำหนดให้

M_{ash} = น้ำหนักสารที่ได้หลังจากการเผา (กรัม)

M_{sample} = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

M_{tare} = น้ำหนัก Crucible (กรัม)

5. การหาปริมาณความชื้น (Moisture, AOAC, 1990)

ปริมาณสารที่ระเหยได้ทั้งหมด ซึ่งเรามักเข้าใจว่า คือ น้ำ ส่วนของแข็งที่เหลืออยู่เรียกว่า ของแข็งทั้งหมด (Total solid) น้ำที่มีอยู่ในอาหารมีอยู่ 3 รูปได้แก่ Bound water, Adsorbed water และ Free water การให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์อาหารในการวิเคราะห์หา ค่า Moisture content น้ำที่สูญเสียไปจะเป็น Free water ส่วน Bound water และ Adsorbed water จะเกาะติดกับโมเลกุลของอาหารซึ่งยากที่จะแยกออกจากอาหาร อย่างไรก็ตามปัจจุบันมีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีก็ทำให้เรามีเครื่องมือในการวิเคราะห์ค่า Moisture content ที่มีประสิทธิภาพสูงในการดึงน้ำออกจากโมเลกุลของอาหาร ปัจจัยที่มีผลต่อการระเหยของน้ำในอาหารได้แก่ ระดับอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อน นอกจากนี้การเลือกสถานะการระเหยน้ำควรคำนึงถึงการสลายตัว (Decomposition) ของผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิดด้วย (Food Chemistry, 2559)

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น ได้จากสูตร

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{M2 - M0}{M1} \times 100$$

เมื่อกำหนดให้

M0	=	น้ำหนัก Crucible (กรัม)
M1	=	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)
M2	=	น้ำหนักหลังอบที่น้ำหนักคงที่ (กรัม)

6. การหาปริมาณเถ้า (Ash, AOAC, 1990)

เถ้า หมายถึง ส่วนของสารอนินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหาร ซึ่งเหลืออยู่ภายหลังจากการเผาไหม้ หรือ เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันอย่างสมบูรณ์ของสารประกอบอินทรีย์ต่าง ๆ ในอาหารกับออกซิเจนที่อุณหภูมิสูง (500-600 องศาเซลเซียส) ได้เป็นสารประกอบออกไซด์ที่ระเหยได้ เถ้าที่เหลืออยู่เป็นออกไซด์ของแร่ธาตุต่าง ๆ ที่ระเหยไม่ได้ เถ้าเป็นสารประกอบอนินทรีย์ที่เหลืออยู่หลังจากการเผา (ที่อุณหภูมิ) เพื่อให้สารประกอบ อินทรีย์สลายจนหมด จนกลายเป็นสารอนินทรีย์หรือธาตุที่มีขนาดเล็ก เช่น คลอไรด์ซัลเฟต เป็นต้น (ภษมา ชารีโคตร, 2559)

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น ได้จากสูตร

$$\% \text{ เถ้า} = \frac{Ah2 - Ah0}{Ah1} \times 100$$

เมื่อกำหนดให้

Ah0	=	น้ำหนัก Crucible (กรัม)
Ah1	=	น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)
Ah2	=	น้ำหนักเถ้าหลังเผา (กรัม)

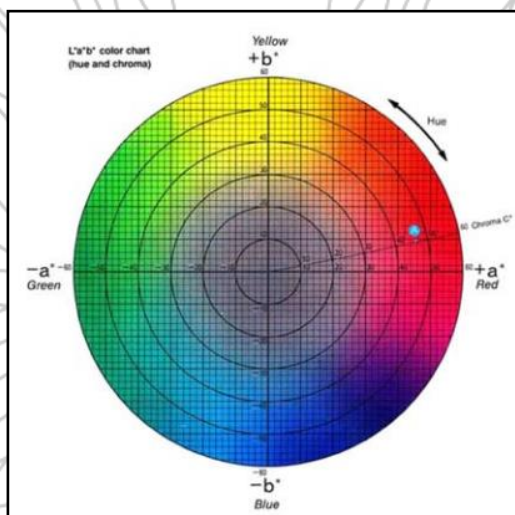
ค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีเขียวแดง (a*) และค่าความเป็นสีน้ำเงินเหลือง (b*)

ค่า L* a* และ b* เป็นค่าที่ใช้ในการจัดลำดับสีตามระบบของ CIE Lab ซึ่งเป็นระบบที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยองค์กรที่มีบทบาทสำคัญในการกำหนดมาตรฐานด้านสี คือ Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) ที่ได้พัฒนาระบบของการวัดสีในรูปแบบของ Objective ที่ไม่ต้องการอาศัยประสบการณ์หรือความคิดมนุษย์ในการวัดค่าสี โดยวัดออกมาเป็นตัวเลขสามารถนำไปคำนวณและทำนายสูตรสีผสม (ภักดิ์ ทงทิมพร, 2550) ระบบ CIE Lab หรือระบบ L* a* b* เป็นระบบการบรรยายสีแบบสามมิติที่มีแกน L* บรรยายความสว่าง (lightness) แกน a* บรรยายแกนสีจากสีเขียวจนถึงสีแดง และแกน b* บรรยายแกนสีจากสีน้ำเงินจนถึงสีเหลือง โดยแต่ละค่าสามารถอธิบายเพิ่มเติมได้ดังนี้

1. **ค่าความสว่าง (Lightness) หรือ L^*** คือค่าที่บอกความมืดไปจนถึงความสว่าง หรือบอกค่าสีดำถึงค่าสีขาว (0-100) ถ้าค่าสีเข้าใกล้เลข 0 แสดงว่าสีนั้นเข้าใกล้สีดำ หรือสีมีความมืด แต่ถ้าค่าสีเข้าใกล้เลข 100 แสดงว่าสีนั้นเข้าใกล้ค่าสีขาว หรือสีมีความสว่างนั่นเอง

2. **ค่าความเป็นสีเขียวแดง (a^*)** คือค่าที่บอกกว่าสีของวัตถุนั้นเข้าใกล้ระหว่างความเป็นสีเขียวจนถึงความเป็นสีแดง ซึ่งถ้าค่า a^* เป็นลบ ($-a^*$) แสดงว่าวัตถุนั้นมีค่าสีเข้าใกล้ความเป็นสีเขียว ยิ่งค่าติดลบมากเท่าไรยิ่งใกล้เท่านั้น แต่ถ้าค่า a^* เป็นบวก ($+a^*$) แสดงว่าวัตถุนั้นมีค่าเข้าใกล้ความเป็นสีแดง ยิ่งค่าเป็นบวกมากเท่าไรยิ่งใกล้เท่านั้น

3. **ค่าความเป็นสีน้ำเงินเหลือง (b^*)** คือค่าที่บอกกว่าสีของวัตถุนั้นเข้าใกล้ระหว่างความเป็นสีน้ำเงินจนถึงความเป็นสีเหลือง ซึ่งถ้าค่า b^* เป็นลบ ($-b^*$) แสดงว่าวัตถุนั้นมีค่าสีเข้าใกล้ความเป็นสีน้ำเงิน ยิ่งค่าติดลบมากเท่าไรยิ่งใกล้เท่านั้น แต่ถ้าค่า b^* เป็นบวก ($+b^*$) แสดงว่าวัตถุนั้นมีค่าเข้าใกล้ความเป็นสีเหลือง ยิ่งค่าเป็นบวกมากเท่าไรยิ่งใกล้เท่านั้น ซึ่งทั้งค่า L^* a^* และ b^* สามารถทราบแนวโน้มของค่าสีต่าง ๆ จากภาพที่ 2.10 (เจริญชัย เหลืองอ่อน, 2553, น.9)



ภาพที่ 2.10 การบรรยายสีในระบบ CIE Lab
ที่มา เจริญชัย เหลืองอ่อน. (2553)

บรรจุภัณฑ์ (Package)

1. ความหมายและความสำคัญของบรรจุภัณฑ์

บรรจุภัณฑ์ หมายถึง วัสดุใด ๆ ที่นำมาใช้สำหรับการบรรจุ ห่อหุ้ม ป้องกัน ลำเลียง จัดส่ง หรือนำเสนอสินค้า (มหาวิทยาลัยทักษิณ, ม.ป.ป.) บรรจุภัณฑ์นั้นเป็นทั้งศาสตร์ทั้งศิลป์ที่ใช้ในการบรรจุสินค้าในการจัดจำหน่ายเพื่อสนองความต้องการของผู้ซื้อหรือผู้บริโภคด้วยต้นทุนที่เหมาะสม ดังนั้นจึงต้องใช้ความรู้ในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่หลากหลายสาขาเข้ามาประยุกต์ใช้ อาทิเช่น บรรจุภัณฑ์อาหารต้องใช้ความรู้ทางด้านเทคโนโลยีอาหารเฉพาะทาง เช่น อาหารที่เป็นแปรรูป หรืออาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ เป็นต้น เพื่อนำมาวิเคราะห์การเกิดปฏิกิริยาระหว่างอาหารและบรรจุภัณฑ์ วิธีการถนอมรักษาอาหารให้ได้ตามกำหนดเวลาที่ต้องการ (Shelf-life) ด้านการตลาดและการขนส่ง ที่ต้องนำมากำหนดอายุไขของอาหารเพื่อประเมินเวลาที่อาหารจะอยู่ในตลาดและสามารถบริโภคได้หมด

ก่อนอาหารแปลงสภาพจนกระทั่งไม่สามารถบริโภคได้ รวมไปถึงการออกแบบของบรรจุภัณฑ์เพื่อให้ตรงตามกลุ่มเป้าหมายที่การตลาดได้ระบุไว้ เพื่อให้บรรจุภัณฑ์เหล่านั้นได้รับการยอมรับและซื้อซ้ำหลายครั้งจนเป็นที่นิยมในกลุ่มเป้าหมายที่กำหนดไว้ (อโนทัย เพ็ชรสุวรรณ, 2549 อ้างถึง ปุ่น และสมพร คงเจริญเกียรติ, 2541) ทั้งนี้เมื่อกล่าวในภาพรวมจะเรียกว่า การบรรจุภัณฑ์ (Packaging) เนื่องจากเป็นระบบรวมในการเตรียมสินค้าสำหรับการขนส่ง จัดจำหน่าย เก็บรักษา และตลาด โดยใช้ค่าใช้จ่ายที่เหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้สินค้าอาจบรรจุในบรรจุภัณฑ์ตั้งแต่หนึ่งหรือหลายชนิด โดยบรรจุภัณฑ์ที่ใช้มีตั้งแต่ ขวด หลอด กระจ่าง ห่อ ถุง กล่อง ถ้วย และลัง เป็นต้น โดยทำมาจากวัสดุที่หลากหลายและแตกต่างกันไป เช่น กระดาษ พลาสติก แก้ว โลหะ และไม้ เป็นต้น (อมรรตน์ สวัสดิ์ทิต, 2545) อาจกล่าวได้ว่าเป็นกิจกรรมในการออกแบบและผลิตภาชนะบรรจุหรือสิ่งห่อหุ้มสินค้า ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับป้ายฉลาก เนื่องจากป้ายฉลากจะเป็นสิ่งที่ปรากฏบนบรรจุภัณฑ์และเพิ่มความน่าสนใจให้แก่บรรจุภัณฑ์นั่นเอง (ศิริวรรณ เสรีรัตน์ , 2539) กล่าวคือ เป็นสิ่งที่ส่งผลให้เป็นที่สะดุดตาและดึงดูดให้ผู้ซื้อสนใจในตัวสินค้าต่าง ๆ ทั้งนี้ ผู้ซื้อและผู้บริโภคในนิยามของบรรจุภัณฑ์ ณ จุดขายมีสินค้าหลายประเภทที่ผู้ซื้อไม่จำเป็นต้องเป็นผู้บริโภคเสมอไป เช่น ของขวัญในช่วงเทศกาล สินค้าสำหรับเด็กทารก หรือสัตว์เลี้ยง เป็นต้น ซึ่งการออกแบบบรรจุภัณฑ์จำเป็นต้องสร้างสิ่งจูงใจและความมั่นใจต่อผู้ซื้อว่าสินค้าจะก่อให้เกิดอรรถประโยชน์สูงสุด ด้วยเหตุนี้การออกแบบบรรจุภัณฑ์เหล่านี้จะเน้นในการสร้างภาพแห่งความพอใจแทนที่จะเน้นเรื่องคุณสมบัติของตัวสินค้าที่ใช้ในการออกแบบทั่วไป และมีต้นทุนที่เหมาะสม เพราะในแง่ธุรกิจ การผลิตสินค้าเพื่อการจัดจำหน่ายย่อมต้องการสินค้าที่มีต้นทุนต่ำเท่าที่จะทำได้ ดังนั้นถ้าพัฒนาบรรจุภัณฑ์จากการเลือกใช้วัสดุที่มีต้นทุนต่ำอย่างเดียวอาจจะก่อให้เกิดความเสียหายให้แก่บรรจุภัณฑ์ได้ง่าย ทำให้บรรจุภัณฑ์ไม่สามารถทำหน้าที่อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นจึงต้องคิดถึงผลกระทบของค่าใช้จ่ายที่อาจจะเกิดขึ้นทั่วทั้งระบบ (อโนทัย เพ็ชรสุวรรณ, 2549 อ้างถึง ปุ่น และสมพร คงเจริญเกียรติ, 2541)

บรรจุภัณฑ์ถือได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญ เนื่องมาจากบรรจุภัณฑ์มีหน้าที่ทั้งในด้านเทคนิค และด้านการตลาด ตามที่ ปุ่น และสมพร คงเจริญเกียรติ (2541) ได้อธิบายถึงการทำหน้าที่ของบรรจุภัณฑ์ ซึ่งกล่าวและบรรยายไว้สรุปได้เป็นหัวข้อดังนี้

- 1) ใช้บรรจุใส่ได้แก่ การใส่หรือห่อสินค้า ด้วยการขึง ตวง วัด และนับ
- 2) ปกป้องคุ้มครอง ได้แก่ ป้องกันไม่ให้สินค้าเสียรูป แตกหัก หรือไหลซึม
- 3) รักษาคุณภาพอาหาร ได้แก่ การใช้วัสดุที่ป้องกันอากาศซึมผ่าน ป้องกันแสง ป้องกันก๊าซเฉื่อยที่ฉีดเข้าไปชะลอปฏิกิริยาชีวภาพ รวมทั้งการป้องกันความชื้นจากภายนอก
- 4) การทำหน้าที่ขนส่ง ได้แก่ กล่องลูกฟูก ลังพลาสติก ซึ่งบรรจุสินค้าหลายห่อหรือหลายหน่วย เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและขนส่งสินค้าไปยังแหล่งผลิตหรือแหล่งขายต่าง ๆ
- 5) การวางจำหน่าย คือ การนำบรรจุภัณฑ์ที่มีสินค้าอาหารแปรรูปอยู่ในวางจำหน่ายได้โดยไม่จำเป็นต้องให้เห็นสินค้า สามารถวางแนวนอนหรือแนวตั้งได้โดยสินค้าไม่ได้รับความเสียหาย ซึ่งควรคำนึงถึงขนาดที่เหมาะสมกับชั้นวางสินค้าด้วย
- 6) การรักษาสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ให้ปริมาณขยะน้อย เป็นวัสดุที่ย่อยสลายได้ง่าย ในกระบวนการผลิตจะไม่ใช้สารที่ทำลายชั้นบรรยากาศ เป็นต้น

หรือนำบรรจุภัณฑ์เวียนมาใช้ใหม่หรือใช้ประโยชน์อื่นได้ เช่น ขวดเหล้า แก้วใส่แยม เป็นต้น และหมุนเวียนนำกลับมาผลิตใหม่ คือ นำบรรจุภัณฑ์ที่ใช้แล้วไปหลอมหรือย่อยสลายเป็นวัตถุดิบสำหรับใช้ผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์หรือสินค้าอื่นได้

- 7) ทำหน้าที่ส่งเสริมการขาย ซึ่งบรรจุภัณฑ์ที่ถูกออกแบบสวยงามสามารถใช้เป็นสื่อโฆษณาได้ด้วยตนเอง รวมถึงการออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อใช้เฉพาะกาล เช่น มีการแนบของแถมไปกับตัวบรรจุภัณฑ์ การนำรูปภาพตรา เครื่องหมายกึ่งาที่ได้รับคามนิยมมาพิมพ์บนบรรจุภัณฑ์ จะเป็นแนวทางหนึ่งในการเรียกคามนิยมของสินค้า
- 8) ทำหน้าที่เป็นฉลากแสดงข้อมูลของอาหารแปรรูป ได้แก่ ข้อมูลทางดานโภชนาการ ส่วนประกอบของอาหาร วันที่ผลิต วันที่หมดอายุ คำแนะนำ และเครื่องหมายเลขทะเบียนหรือเลขอนุญาตจากคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) ดานเทคนิค ดานการตลาดการบรรจุใส่ การส่งเสริมการขายการปกป้องคุ้มครอง การแสดงข้อมูลอาหารการรักษาคุณภาพอาหาร การตั้งราคาขายได้สูงชันการขนส่ง การเพิ่มปริมาณขายการวางจำหน่าย ให้ความถูกต้องรวดเร็วการรักษาสิ่งแวดล้อม การรณรงค์
- 9) ทำให้ตั้งราคาขายได้สูงชันเนื่องจากบรรจุภัณฑ์ที่สวยงามจะสร้างมูลค่าเพิ่มให้สินค้าสร้างคามนิยมในสินค้า จากตราและเครื่องหมายการค้าทำให้เกิดความภักดีในตัวสินค้า ส่งผลให้ขายราคาที่สูงชันได้ หรือเรียกว่าสินค้าแบรนด์เนม
- 10) การเพิ่มปริมาณขายด้วยการรวมหน่วยขายปลีกในบรรจุภัณฑ์อีกชันหนึ่ง เช่น นมกล่อง 1 โหล ในกล่องกระดาษลูกฟูกที่มีหูหิ้ว หรือการขายขวดน้ำยาทำความสะอาดพร้อมกับซองน้ำยาทำความสะอาด เพื่อใช้เติมใส่ในขวดเมื่อใช้น้ำยาในขวดหมดแล้ว เป็นต้น
- 11) ให้ความถูกต้องรวดเร็วในการขาย โดยการพิมพ์บาร์โค้ดบนบรรจุภัณฑ์ทำให้คนคิดเงินไม่จำเป็นต้องอ่านป้ายราคาบนบรรจุภัณฑ์แล้วกดเงินที่ต้องจ่าย แต่ให้เครื่องอ่านบาร์โค้ดทำหน้าที่แทนทำให้รวดเร็วและถูกต้อง
- 12) ร่วมมีบทบาทในการรณรงค์เรื่องต่างๆ เช่น สัญลักษณ์รีไซเคิล ฉลากเขียว กีฬาท่องเที่ยวกินของไทยใช้ของไทย เป็นต้น

2. ประเภทของบรรจุภัณฑ์

จอมพล กรูป (ม.ป.ป.) ได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับประเภทของบรรจุภัณฑ์ว่า สามารถแบ่งได้หลายประเภทตามหลักเกณฑ์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.1 แบ่งตามวิธีบรรจุและวิธีการขนถ่าย สามารถแบ่งได้ 3 ประเภท

2.1.1 บรรจุภัณฑ์เฉพาะหน่วย (Individual package) คือ บรรจุภัณฑ์ที่สัมผัสอยู่กัผลิตภัณฑ์ชันแรก เป็นสิ่งที่บรรจุผลิตภัณฑ์เอาไว้เฉพาะหน่วย โดยมีวัตถุประสงค์ชันแรกคือ เพิ่มคุณค่าในเชิงพาณิชย์ เช่น การกำหนดให้มีลักษณะพิเศษเฉพาะหรือทำให้มีรูปร่างที่เหมาะสมแก่การจับถือ และอำนวยความสะดวกต่อการใช้ผลิตภัณฑ์ภายใน พร้อมทั้งทำหน้าที่ให้ความปกป้องแก่ผลิตภัณฑ์โดยตรงอีกด้วย

2.1.2 บรรจุภัณฑ์ชั้นใน (Inner package) คือ บรรจุภัณฑ์ที่อยู่ติดออกมาเป็นชั้นที่สอง มีหน้าที่รวบรวมบรรจุภัณฑ์ชั้นแรกเข้าไว้ด้วยกันเป็นชุด ในการจำหน่ายรวมตั้งแต่ 2 – 24 ชิ้นขึ้นไป โดยมีวัตถุประสงค์ชั้นแรก คือ การป้องกันรักษาผลิตภัณฑ์จากความชื้น ความร้อน แสง แรงกระแทกกระเทือน และอำนวยความสะดวกแก่การขายปลีกย่อย เป็นต้น ตัวอย่างของบรรจุภัณฑ์ประเภทนี้ ได้แก่ กล่องกระดาษแข็งที่บรรจุเครื่องดื่มจำนวน 1 โหล และ สบู 1 โหล เป็นต้น

2.1.3 บรรจุภัณฑ์ชั้นนอกสุด (Out Package) คือ บรรจุภัณฑ์ที่เป็นหน่วยรวมขนาดใหญ่ที่ใช้ในการขนส่ง โดยปกติแล้วผู้ซื้อจะไม่ได้เห็นบรรจุภัณฑ์ประเภทนี้มากนัก เนื่องจากทำหน้าที่ป้องกันผลิตภัณฑ์ในระหว่างการขนส่งเท่านั้น ลักษณะของบรรจุภัณฑ์ประเภทนี้ ได้แก่ หีบ ไม้ ลัง กล่องกระดาษขนาดใหญ่ที่บรรจุสินค้าไว้ใน ภายในนอกจะบอกเพียงข้อมูลที่จำเป็นต่อการขนส่งเท่านั้น เช่น รหัสสินค้า (Code) เลขที่ (Number) ตราสินค้า สถานที่ส่ง เป็นต้น

2.2 แบ่งตามวัตถุประสงค์ของการใช้ ได้แก่ 1) บรรจุภัณฑ์เพื่อการขายปลีก (Consumer package) ซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ผู้บริโภคซื้อไปใช้ไป อาจมีชั้นเดียวหรือหลายชั้นก็ได้ ซึ่งอาจเป็น Primary Package หรือ Secondary Package ก็ได้ และ 2) บรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง (Shopping หรือ Transportation Package) ซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ใช้รองรับหรือห่อหุ้มบรรจุภัณฑ์ชั้นสุดท้าย ทำหน้าที่รวบรวมเอาบรรจุภัณฑ์ขายปลีกเข้าด้วยกัน ให้เป็นหน่วยใหญ่ เพื่อความปลอดภัยและความสะดวกในการเก็บรักษาและการขนส่ง เช่น กล่องกระดาษลูกฟูกที่ใช้บรรจุยาสีฟันกล่องละ 3 โหล เป็นต้น

2.3 การแบ่งตามความคงรูป

2.3.1 บรรจุภัณฑ์ประเภทรูปทรงแข็งตัว (Rigid forms) ได้แก่ เครื่องแก้ว (Glass ware) เซรามิกส์ (Ceramic) พลาสติกจำพวก Thermosetting ขวดพลาสติก ส่วนมากเป็นพลาสติกฉีด เครื่องปั้นดินเผา ไม้ และโลหะ เป็นต้น มีคุณสมบัติแข็งแรงทนทาน เอื้ออำนวยต่อการใช้งาน และป้องกันผลิตภัณฑ์จากสภาพแวดล้อมภายนอกได้ดี

2.3.2 บรรจุภัณฑ์ประเภทรูปทรงกึ่งแข็งตัว (Semirigid forms) ได้แก่ บรรจุภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติกอ่อน กระดาษแข็งและอลูมิเนียมบาง คุณสมบัติทั้งด้านราคา น้ำหนัก และการป้องกันผลิตภัณฑ์จะอยู่ในระดับปานกลาง

2.3.3 บรรจุภัณฑ์ประเภทรูปทรงยืดหยุ่น (Flexible forms) ได้แก่ บรรจุภัณฑ์ที่ทำจากวัสดุอ่อนตัว มีลักษณะเป็นแผ่นบาง ได้รับความนิยมสูงมากเนื่องจากมีราคาถูก (หากใช้ในปริมาณมากและระยะเวลานาน) น้ำหนักน้อย มีรูปแบบและโครงสร้างมากมาย

2.4 แบ่งตามวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ การจัดแบ่งและเรียกชื่อบรรจุภัณฑ์ในทรรศนะของผู้ออกแบบ ผู้ผลิต หรือนักการตลาด จะแตกต่างกันออกไป บรรจุภัณฑ์แต่ละประเภทก็ตั้งอยู่ภายใต้วัตถุประสงค์หลักใหญ่ที่คล้ายกันคือ เพื่อป้องกันผลิตภัณฑ์ (To protect products) เพื่อจำหน่ายผลิตภัณฑ์ (To distribute products) รวมทั้งเพื่อโฆษณาประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ (To promote products)

3. หลักการผลิตบรรจุภัณฑ์จากกระดาษ

บรรจุภัณฑ์กระดาษ เป็นบรรจุภัณฑ์ที่นิยมใช้มากที่สุด กระดาษที่นำมาใช้ทำบรรจุภัณฑ์มีหลายชนิด โดยมากจะเป็นกระดาษลูกฟูก (Corrugated paper) กระดาษแข็ง (Card board) และกระดาษเหนียว (Kraft paper) เนื่องจากกระดาษเป็นวัสดุที่เหมาะสมในการนำไปทำบรรจุภัณฑ์ เช่น ขึ้นรูปได้ง่าย พิมพ์ลวดลายได้สวยงาม และราคาถูก ที่สำคัญคือ สามารถนำกลับมาผลิตใหม่ได้ (Recycle) ซึ่งมีส่วนช่วยการรักษาสภาพแวดล้อมและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ ถึงแม้ว่ากระดาษจะเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงค่อนข้างต่ำ ไม่ทนต่อแรงกระแทก มีสมบัติฉีกขาดง่าย และเปื่อยยุ่ยเมื่อน้ำหรือความชื้นสูง ๆ แต่ก็ยังคงเป็นที่นิยมอยู่ในปัจจุบัน โดยกระดาษที่นำมาทำเป็นบรรจุภัณฑ์ แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ 1) กระดาษชนิดอ่อนตัว (Paper) ได้แก่ กระดาษคราฟท์ที่มีเนื้อเหนียว แข็งแรงทนทาน กระดาษ Grease proof และ glassine ซึ่งสามารถป้องกันการซึมของไขมันและน้ำฝน และ 2) กระดาษชนิดแข็ง (Board) ใช้ทำกล่องซึ่งมีหลายเกรด โดยถ้าใช้ทำบรรจุภัณฑ์เกรดต่ำ เช่น plain chip board, cream line chip board และ white line chip board และถ้าใช้ทำบรรจุภัณฑ์เกรดสูง ได้แก่ sulphite board และ clay board โดยสามารถใช้ตั้งแสดงได้ (Display) วัสดุกระดาษที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์จึงมีความหลากหลาย แต่ละชนิดก็จะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ดังนั้น การเลือกใช้จำเป็นต้องพิจารณาอย่างรอบคอบ เพื่อเลือกชนิดให้มีความเหมาะสมกับสินค้าที่จะบรรจุ เช่น บริษัทขนส่งต้องการบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากกระดาษซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้ในจำนวนมากและราคาต่อหน่วยก็ไม่จำเป็นต้องสูงมากเกินไป ส่วนใหญ่ที่นิยมกระดาษลูกฟูกเพื่อเหมาะสมต่อการขนส่ง (อโนทัย เพ็ชรสุวรรณ, 2549)

หลักการออกแบบบรรจุภัณฑ์ (Packaging design principle)

1. ความหมายและความสำคัญของการออกแบบบรรจุภัณฑ์

ศิริพรณ์ ปีเตอร์ (2550) ได้อธิบายความหมายของการออกแบบ (Design) ว่าเป็นการสร้างสรรค์สิ่งใดสิ่งหนึ่งเพื่อที่จะนำไปผลิตจริงในอนาคต โดยผู้ออกแบบจำเป็นต้องศึกษาด้านปรัชญา หลักการ และกระบวนการการออกแบบ เพื่อให้เกิดการวางแผน การวาดภาพที่สามารถดำเนินการผลิตได้ในระดับอุตสาหกรรม ส่วนการออกแบบผลิตภัณฑ์ (Product design) หมายถึง การสร้างสรรคงานอย่างใดอย่างหนึ่งซึ่งทั้งจับต้องได้และไม่ได้ โดยมุ่งเน้นพัฒนาแนวคิดตามความต้องการของตลาด สอดคล้องกับขนาดสัดส่วนของมนุษย์และพฤติกรรมในการใช้งานตามหลักกายศาสตร์ โดยคำนึงถึงวัสดุและเทคโนโลยีการผลิตที่สามารถนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ในระบบอุตสาหกรรมได้ เรียกว่า การออกแบบอุตสาหกรรม (Industrial design) ที่จำเป็นต้องคำนึงถึงการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งาน รวมไปถึงการลดต้นทุนในระบบการผลิตด้วย ซึ่งทั้งสองขั้นของการออกแบบนี้ จะมีหลักแนวคิดในการออกแบบที่คล้ายกัน คือ 1) ความงาม 2) ประโยชน์ใช้สอย และ 3) กายศาสตร์

ทรงวุฒิ เอกภูมิจวงศา (2562) ได้กล่าวว่า “การออกแบบเป็นการถ่ายทอดความคิดจินตนาการของมนุษย์แล้วถ่ายทอดออกมาเป็นชิ้นงาน ด้วยการดำเนินการอย่างเป็นขั้นตอน เพื่อให้ผู้อื่นสามารถมองเห็น รับรู้และสัมผัสได้ มีความเข้าใจในผลงานร่วมกัน กล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า การออกแบบ คือการเรียงลำดับทางความคิดที่อาศัยความคิดสร้างสรรค์ในรูปแบบต่าง ๆ อย่างเป็น

กระบวนการ เพื่อจุดมุ่งหมายในการตอบสนองความต้องการของมนุษย์” ส่วนด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ หมายถึง กระบวนการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ในเชิงอุตสาหกรรมที่มีการออกแบบ และผลิตขึ้นด้วยกรรมวิธีในระบบอุตสาหกรรม โดยอาศัยปัจจัยทางการผลิตด้วยวิธีการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่ส่งผลกระทบต่ออุปลักษณะ ประโยชน์ใช้สอย ความต้องการของผู้บริโภค เพื่อนำผลการรวบรวมข้อมูลที่ได้มาปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพื่อการผลิตคราวละจำนวนมากเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคและตลาด

ประเสริฐ ศีลรัตน์ (2538) กล่าวว่า การออกแบบ หมายถึง การสร้างสรรค์สิ่งแปลกใหม่หรือการปรับปรุงของเดิมที่อยู่ให้มีความแปลกใหม่เพิ่มขึ้น ดังเช่นการออกแบบลวดลาย ย่อมหมายถึง การสร้างสรรค์ลวดลายใหม่ๆ หรือการปรับปรุงลวดลายเดิมที่มีอยู่เดิมให้มีความแปลกใหม่มากยิ่งขึ้น ซึ่งแนวคิดในการออกแบบ ได้จากการสัมผัสรับรู้รูปแบบที่มีอยู่ในธรรมชาติ หรือรูปแบบที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้นมา แล้วจึงนำเอารูปแบบที่ได้พบเห็นนั้นมาเป็นข้อมูลในการออกแบบ ซึ่งเกิดเป็นกระบวนการทางด้านการคิด และนำเอาผลสรุปจากความคิดมาถ่ายทอดเป็นพฤติกรรมทางกรกระทำ โดยทั่วไปการคิดที่มีผลต่อการถ่ายทอดสร้างงานนั้น ได้แก่ ความคิดเห็น ความคิดสร้างสรรค์ และการคิดหาเหตุผล

การออกแบบมีความสำคัญและมีคุณค่าต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างมาก ทั้งทางด้านร่างกาย อารมณ์และทัศนคติ เนื่องจากถือว่าการออกแบบเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้มนุษย์สามารถดำรงชีวิตอย่างสะดวกสบาย และเหมาะสมกับการดำรงชีวิตตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน เป็นการตอบสนองความต้องการของมนุษย์ (ปัญหา) โดยอาศัยกระบวนการตอบสนองความต้องการ (แก้ปัญหา) ด้วยแนวทางต่าง ๆ ให้สามารถแก้ไขปัญหามนุษย์ได้อย่างเหมาะสม ซึ่งผลของการออกแบบพบได้ทั่วไปในสภาพแวดล้อมรอบตัว อาทิ จักรยานยนต์ รถยนต์ ตึก อาคาร ที่พักอาศัย เครื่องบินและเรือ ฯลฯ (ทรงวุฒิ เอกวุฒิศาสตร์, 2562)

2. หลักและขั้นตอนการออกแบบบรรจุภัณฑ์

ทรงวุฒิ เอกวุฒิศาสตร์ (2562) ได้เสนอกระบวนการออกแบบเพื่อตอบสนองผู้บริโภคว่ามี 4 ขั้นตอน คือ

1) ขั้นตอนทำความเข้าใจ เป็นขั้นของการเริ่มต้นออกแบบที่จะต้องค้นหาข้อมูลต่าง ๆ จากแหล่งข้อมูลทั้ง ฐานข้อมูลอินเทอร์เน็ต ตำรา หนังสือ หรือเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง หรือการสัมภาษณ์ผู้รู้ ทั้งการสัมภาษณ์เชิงลึก หรือการสอบถามด้วยแบบสอบถามออนไลน์ เพื่อค้นหาองค์ความรู้ต่าง ๆ หรือให้เห็นถึงสภาพปัญหาอย่างแท้จริง และบันทึกเพื่อนำกลับมาวิเคราะห์ หรือผู้ออกแบบอาจจะทดลองหรือลงมือกระทำสิ่งๆ นั้นด้วยตนเอง

2) ขั้นตอนตีความปัญหา เป็นขั้นตอนที่ต้องนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษา สังเกต และทดลองจากขั้นตอนแรก มาวิเคราะห์เพื่อค้นหาประเด็นหรือสิ่งที่สนใจ เพื่อทำการเลือกหรือทราบถึงสิ่งที่จะต้องทำเป็นลำดับต่อไป จากนั้นทำการวิเคราะห์ปัญหาอย่างละเอียดถึงข้อบ่งชี้ผลิตภัณฑ์ รวมทั้งแยกแยะปัญหาแต่ละประเด็นออกให้ชัดเจน เพื่อทราบถึงแนวทางในการออกแบบต่อไป

3) ขั้นตอนเสนอมุมมองและคิดเชิงสร้างสรรค์ โดยเริ่มจากสรุปเนื้อหาจากการศึกษาที่เป็นข้อมูลที่เข้าใจง่าย เพื่อใช้ในการประกอบการออกแบบ แล้วนำเนื้อหามาสรุปลงด้วยการวาดภาพหรือสร้างแผนภาพ ทำความเข้าใจในด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ จากนั้นจึงนำมาออกแบบเพื่อพัฒนา

ให้ตอบสนองการใช้งาน ทำการ Sketch design คือ นำแนวคิดมาพัฒนาเป็นงานต้นแบบผลิตภัณฑ์ นำเสนอต่อผู้ใช้งานเพื่อรับคำแนะนำเพิ่มเติม

4) ขั้นตอนพัฒนาต้นแบบแนวคิด เป็นการลงมือสร้างหุ่นจำลอง (Model) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของสัดส่วน แกะไขการออกแบบและผลิตจริง จากนั้นจึงทำการขึ้นต้นแบบผลิตภัณฑ์ ที่ตรงตามสัดส่วนของการออกแบบให้สามารถใช้งานได้จริง

ศิริพรรณ ปีเตอร์ (2550) ได้สรุปว่า การออกแบบผลิตภัณฑ์ควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1) ประโยชน์ใช้สอย (Function) ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบมาแล้วควรมีประโยชน์ใช้สอยที่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ มีความคงทนต่อการใช้งาน กระบวนการใช้งาน และสะดวกต่อการใช้งาน ง่ายต่อการบำรุงรักษา และมีประสิทธิภาพในการทำงานของผลิตภัณฑ์

2) โครงสร้างของรูปลักษณ์ภายนอก (Layout) ที่มีรูปสอดคล้องกับระบบภายในและขนาดสัดส่วนของมนุษย์ และสามารถผลิตได้ในระบบอุตสาหกรรมด้วยต้นทุนที่เหมาะสม

3) ความปลอดภัย (Safety) ทั้งนี้รวมไปถึงความปลอดภัยของมนุษย์และของระบบภายในของผลิตภัณฑ์ขณะใช้งานผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ซึ่งนักออกแบบผลิตภัณฑ์จะละเลยจุดนี้ไม่ได้เด็ดขาด

4) คุณภาพ (Quality) ของผลิตภัณฑ์ เป็นสิ่งสำคัญในการสร้างการยอมรับและไว้วางใจผู้บริโภค หรือผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ในประสิทธิภาพการทำงานของผลิตภัณฑ์ ซึ่งบางบริษัทได้ใช้เป็นจุดขายและสร้างความพึงพอใจให้ผู้ใช้ผลิตภัณฑ์

5) การผลิตในระบบอุตสาหกรรม (Manufacturing) การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่สามารถผลิตได้ในระบบอุตสาหกรรมภายในประเทศ ด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับต้นทุน ถือได้ว่าเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อการออกแบบเพื่อการแข่งขันในตลาดปัจจุบัน

6) ระยะเวลา (Schedule) การเลือกเวลาในการผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อจำหน่ายสู่ตลาดในช่วงระยะเวลาที่ตลาดกำลังต้องการผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ก่อนคู่แข่ง ถือว่าเป็นกลยุทธ์สำคัญยิ่งในการแข่งขันในตลาดปัจจุบัน กรเป็นผู้นำทางด้านการออกแบบสามารถสร้างความประทับใจและความน่าเชื่อถือให้กับผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ได้เป็นอย่างดี

7) ราคา (Cost) หมายถึง ราคาต้นทุน และราคาขาย ซึ่งสามารถแข่งขันได้และสร้างกำไรให้แก่ผู้ผลิต เป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาอันดับแรกก่อนการลงทุน

8) ความสวยงามทางรูปลักษณ์และรูปทรงของผลิตภัณฑ์ (Industrial design) เป็นหัวใจสำคัญในการออกแบบอุตสาหกรรม เพราะในการออกแบบอุตสาหกรรมจะมุ่งเน้นการสร้างสรรคผลิตภัณฑ์เพื่อตอบสนองความต้องการทางด้านความงามของรูปลักษณ์และรูปทรงของผลิตภัณฑ์เป็นหลัก

9) สิ่งแวดล้อม (Environment) ปัจจุบันการออกแบบในอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการจำหน่ายในประเทศสหภาพยุโรปได้ถูกกำหนดให้มีการผลิตด้วยวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และถูกควบคุมให้มีการผ่านการตรวจสอบและรับรองโดยใช้สัญลักษณ์ CE marking เป็นสำคัญจึงจะสามารถนำผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าเข้าไปจำหน่ายในประเทศดังกล่าวได้

10) วงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life cycle) ที่นักออกแบบจำเป็นต้องคำนึงถึงในการออกแบบผลิตภัณฑ์ตั้งแต่จุดกำเนิดจนถึงจุดสิ้นสุดหลังการใช้งาน ตลอดจนผลกระทบที่เกิดขึ้นขณะทำ

การผลิต เพราะปัจจุบันสังคมโลกเราเต็มไปด้วยขยะทางด้านเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องใช้พลังงานที่สิ้นเปลืองสูงในการกำจัดหลังการใช้งานหรือหลังการผลิต หรือเมื่อทำลายไม่ถูกต้อง อาจก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษได้ ดังนั้นจึงเป็นหน้าที่สำคัญของนักออกแบบผลิตภัณฑ์ที่จะต้องตระหนักในการเลือกใช้วัสดุที่สามารถทดแทน หรือใช้วัสดุอย่างประหยัด และใช้วัสดุที่ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษจากกระบวนการผลิตหรือหลังการใช้งาน

11) กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เช่น มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และกฎหมายที่ว่าด้วยทรัพย์สินทางปัญญา เช่น สิทธิบัตร และเครื่องหมายการค้าเพื่อหลีกเลี่ยงข้อพิพาททางกฎหมายที่อาจเกิดขึ้นได้

งานออกแบบถือได้ว่าเป็นผลรวมขั้นสุดท้ายจากกระบวนการทำงานของฝ่ายต่าง ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องร่วมกัน ยิ่งเมื่อมีการประสานงานที่ดีจากทุก ๆ ฝ่าย จะส่งผลให้เกิดความรอบครอบในการรวบรวมข้อมูล การแยกแยะ และจัดลำดับความสำคัญของปัญหาได้อย่างถูกต้อง ตลอดจนความสามารถในการเชื่อมโยงองค์ประกอบต่าง ๆ ในการออกแบบเข้าด้วยกันได้เป็นอย่างดีจนทำให้เหลือปัญหาดค้างอยู่น้อยที่สุด ซึ่งหลักเกณฑ์ในการพิจารณางานออกแบบโดยทั่วไปมักมาจากการพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบนั้น ๆ ทั้งปัจจัยภายนอกและภายใน อาทิ ออกแบบเพื่อประโยชน์ใช้สอย ความสวยงามของรูปลักษณ์ภายนอกผลิตภัณฑ์ มีการเลือกใช้วัสดุที่มีคุณภาพมาผลิต มีความเหมาะสมทางการตลาด มีความถูกต้องตามกฎระเบียบ และมีการคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม เป็นต้น (นวลน้อย บุญวงศ์, 2542)

การสร้างแนวความคิดในการออกแบบ (Concept design) เป็นการแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เพื่อสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค ทั้งด้านประโยชน์ใช้สอย (Function) และความพึงพอใจทางด้านความสวยงาม (Aesthetic) โดยการสร้างแนวความคิดในการออกแบบ มี 2 ขั้นตอน ได้แก่ 1) แนวความคิดในการออกแบบจากโปรแกรม (Programmatic concept) จะเกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางด้านประโยชน์ใช้สอยและการจัดการตามวัตถุประสงค์ขององค์กร และ 2) แนวความคิดในการออกแบบเชิงสร้างสรรค์ (Design concept) จะเกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางด้านกายภาพออกมาเป็นรูปธรรม โดยเป็นการสานต่อแนวคิดจากโปรแกรม กล่าวได้ว่า แนวคิดเช่นนี้เป็นความคิดที่ตอบสนองอย่างเป็นรูปธรรมทางกายภาพ โดยแสดงเป็นทางเลือกต่าง ๆ เชื่อมต่อแนวความคิดที่ขัดแย้งกันด้วยการใช้แก่นสารเรื่องราว (Theme) เป็นตัวควบคุม (อโนทัย เพ็ชรสุวรรณ, 2549)

3. การออกแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์

ประชิด ทิณบุตร (2531) ได้อธิบายเกี่ยวกับ การออกแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ว่า หมายถึง การกำหนดลักษณะรูปร่าง รูปทรง ขนาด ปริมาตรส่วน ปริมาณอื่น ๆ ของวัสดุที่จะนำมาผลิตและประกอบเป็นภาชนะ บรรจุให้เหมาะสมกับหน้าที่ใช้สอย ตลอดจนกรรมวิธีการผลิต การบรรจุ การเก็บรักษาและการขนส่ง ผู้ออกแบบจะมีบทบาทสร้างสรรค์บรรจุภัณฑ์ประเภท Individual package และ Inner package ที่สัมผัสอยู่กับผลิตภัณฑ์ชั้นแรกและชั้นที่ 2 เป็นส่วนใหญ่ แต่จะมีรูปร่างลักษณะอย่างไรนั้นก็ขึ้นอยู่กับประเภทของผลิตภัณฑ์ ซึ่งผู้ออกแบบจะต้องศึกษาข้อมูลของผลิตภัณฑ์ที่จะต้องบรรจุและออกแบบโครงสร้าง เพื่อรองรับการบรรจุให้เหมาะสม อาจจะกำหนดให้มีลักษณะพิเศษเฉพาะหรือทำให้มีรูปร่างที่เหมาะสมแก่การจับ ถือ หิ้ว และอำนวยความสะดวกต่อการนำเอาผลิตภัณฑ์ภายในออกมาใช้ พร้อมทั้งทำหน้าที่ให้ความปกป้องคุ้มครองผลิตภัณฑ์โดยตรงอีก

ด้วย เช่น กำหนด Individual package ครีมนิยมสำหรับชงกาแฟบรรจุในซองอลูมิเนียมฟอยล์ แล้วบรรจุในกล่องกระดาษแข็งแบบพับรูปสี่เหลี่ยมอีกชั้นหนึ่ง ทั้งนี้ก็เพราะว่าเนื้อผลิตภัณฑ์เป็นผง จึงต้องการวัสดุสำหรับการบรรจุที่สามารถกันความชื้นได้ดี การใช้แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์บรรจุก็เพื่อให้ป้องกันความชื้นได้ดี สามารถพิมพ์ลวดลายหรือข้อความบนผิวได้ดีกว่าถุงพลาสติก อีกทั้งยังเสริมสร้างภาพพจน์พึงพอใจในผลิตภัณฑ์ให้เกิดแก่ผู้ใช้และเกิดความน่าเชื่อถือในผู้ผลิต การบรรจุในกล่องกระดาษแข็งอีกชั้นหนึ่งก็เพราะว่า บรรจุภัณฑ์ขั้นแรกเป็นวัสดุประเภทอ่อนตัว มีความอ่อนแอด้านการป้องกันผลิตภัณฑ์จากการกระทบกระแทก ทะลุ ในระหว่างการขนย้าย ตลอดจนยากแก่การวางจำหน่ายหรือตั้งโชว์ จึงต้องอาศัยบรรจุภัณฑ์ขั้นที่ 2 เข้ามาช่วย เพื่อกระทำหน้าที่ประการหลังดังกล่าว

ผู้ออกแบบจะต้องอาศัยความรู้และข้อมูลตลอดจนปัจจัยต่าง ๆ เข้ามาพิจารณาตัดสินใจร่วมในกระบวนการออกแบบ เช่น ราคาสู้ การผลิต เครื่องจักร การขนส่ง และการตลาด เป็นต้น ที่จะต้องพิจารณาว่ามีความคุ้มค่า หรือเป็นไปได้ในระบบการผลิตและจำหน่ายเพียงใด แล้วจึงจะมากำหนดเป็นรูปร่าง รูปทรง ของบรรจุภัณฑ์อีกครั้งหนึ่งว่าบรรจุภัณฑ์ควรจะออกแบบมาในลักษณะอย่างไร ซึ่งรูปร่างทางเรขาคณิต รูปทรงอิสระก็มีทั้งข้อดีและข้อเสียในการบรรจุหรือการใช้เนื้อที่ในบรรจุภัณฑ์ และมีความเหมาะสมกับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันไป วัสดุแต่ละชนิดมีข้อจำกัดและสามารถดัดแปลงประโยชน์ได้เพียงใด หรือใช้วัสดุใดมาประกอบจึงจะเหมาะสมดีกว่า หรือลดต้นทุนในการผลิตได้มากที่สุด สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้คือสิ่งที่ผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาประกอบด้วย

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าในขั้นตอนของการออกแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ นักออกแบบมิใช่ว่าจะสร้างสรรค์ได้ตามอำเภอใจ แต่กลับต้องใช้ความรู้และข้อมูลจากหลาย ๆ ด้านมาประกอบกัน จึงจะทำให้ผลงานออกแบบมีความสมบูรณ์และสำเร็จได้ ในขั้นของการออกแบบโครงสร้างนี้ผู้ออกแบบจะต้องเริ่มที่การสร้างแบบด้วยใช้การสังเกตแนวความคิดของรูปร่างบรรจุภัณฑ์และสร้างภาพประกอบรายละเอียดด้วยการเขียนแบบ แสดงรายละเอียด มาตรฐานที่กำหนดแน่นอนเพื่อแสดงให้ผู้ผลิตผู้เกี่ยวข้องเข้าใจอ่านแบบได้ การใช้ทักษะทางศิลปะในการออกแบบ ก็คือเครื่องมือที่ผู้ออกแบบจะต้องกระทำขึ้นมาเพื่อเป็นการนำเสนอต่อเจ้าของงานหรือผู้ว่าจ้าง ตลอดจนผู้เกี่ยวข้องให้ช่วยพิจารณาปรับปรุงเพื่อให้ได้ผลงานที่จะสำเร็จออกมามีประสิทธิภาพในการใช้งานจริง ส่วนการออกแบบโครงสร้างของบรรจุภัณฑ์ ขั้นที่ 3 (Outer package) ที่ส่วนใหญ่จะเป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีรูปแบบค่อนข้างแน่นอน และเป็นสากลอยู่แล้วตามมาตรฐานการผลิตในระบบอุตสาหกรรมที่สอดคล้องกัน ระบบการขนส่งที่เน้นการบรรจุและการบรรจุทุกเพื่อขนส่งได้คราวละมาก ๆ โดยเป็นบรรจุภัณฑ์ขนาดใหญ่หรือขนาดกลาง เช่น การขนส่งทางบก ทางเรือ ทางอากาศเพื่อการส่งออกหรือภายในประเทศ และการเก็บรักษาในคลังสินค้า ซึ่งจะต้องนำบรรจุภัณฑ์ประเภท Outer package จึงไม่นิยมออกแบบให้มีรูปร่างแปลก ๆ มากนัก ส่วนใหญ่จะเน้นประโยชน์ใช้สอย ประหยัดที่สามารถปกป้องผลิตภัณฑ์จากแรงกระแทก การรับน้ำหนัก การวางซ้อน การต้านทานแรงดันทะลุ หรือป้องกันจากความเปียกชื้นจากไอน้ำ และสภาวะอากาศ เป็นต้น การออกแบบรูปร่าง รูปทรงภายนอกจึงมีลักษณะไม่แตกต่างกันนัก แต่อาจจะต่างกันที่การออกแบบกราฟิกภายนอกบรรจุภัณฑ์เพื่อแสดงความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของผู้ผลิตและผลิตภัณฑ์

กลวิธีของการออกแบบสร้างบรรจุภัณฑ์ประเภทนี้จึงเน้นการออกแบบเพื่อให้มีโครงสร้างที่สามารถเอื้ออำนวยประโยชน์และประหยัดเวลาในการประกอบให้มากที่สุด เช่น การประกอบเป็นรูปทรงด้วย ลวดเย็บ เทปกาวย สลัก ลื่นพับ ซ้อนกันหรือตามแบบให้มีโครงสร้างภายในช่วยปกป้องผลิตภัณฑ์หรือถ่ายแรงรับน้ำหนัก ด้วยการใช้ Interior packing devices ทำให้เปิดปิดง่าย นำเอาผลิตภัณฑ์ภายในออกมาได้ไว และยังใช้วางจำหน่าย จัดโชว์ และประชาสัมพันธ์การขายได้ทันทีที่ถึงจุดหมาย ซึ่งกลยุทธ์ทางการตลาดเหล่านี้กำลังเป็นที่นิยมและเห็นความสำคัญกันมาก โดยเฉพาะในภาวะการแข่งขันทางการค้า เช่น ในสภาพปัจจุบันนี้ นักออกแบบจำเป็นต้องเป็นผู้ที่มีความรู้กว้างขวาง และต้องติดตามกระแสก้าวหน้าทางเทคโนโลยีหรือข้อมูลความรู้ที่ใหม่อยู่เสมอ และที่สำคัญก็คือการศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ด้านต่าง ๆ อย่างละเอียดรอบคอบ เพื่อที่จะสามารถจัดหาวัสดุมาสร้างสรรค์ รูปร่าง รูปทรง และหน้าที่ (To create form & function) ของบรรจุภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และนอกจากนี้ผู้ออกแบบก็ต้องทราบถึงภาวะลักษณะตลาดทั่วไป ทักษะคติ อุปนิสัย และพฤติกรรมของผู้บริโภค ตลอดจน เพศ อายุ ฐานะ การศึกษา ประสบการณ์ต่าง ๆ ในอันที่จะมีผลต่อการพิจารณาเลือกใช้ผลิตภัณฑ์นั้น ๆ สภาพลักษณะของคู่แข่งที่มีอยู่ในวงการตลาดว่าเป็นอย่างไร มียุทธวิธีการจัดและจำหน่ายแบบไหน ได้ผลมาแล้วอย่างไร เป็นต้น ซึ่งการศึกษาขั้นพื้นฐานนี้ก็เพื่อจะได้นำข้อมูลมาวางแผนวางนโยบาย หรือให้ข้อได้เปรียบในเชิงการค้าดีกว่าคู่แข่งเมื่อผลิตภัณฑ์สำเร็จออกมา

การออกแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ จำเป็นต้องคำนึงถึงการทดลองบรรจุผลิตภัณฑ์ในด้านที่เกี่ยวกับการใช้พื้นที่ภายในกล่องบรรจุ การวางเรียงผลิตภัณฑ์ในทิศทางที่สามารถบรรจุได้จำนวนมากที่สุดรวมทั้งจำเป็นจะต้องศึกษาถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้

1) การศึกษาถึงความเป็นไปได้ของบรรจุภัณฑ์ (Feasibility study) เมื่อได้ศึกษาข้อมูลต่าง ๆ แล้วก็เริ่มศึกษาความเป็นไปได้ของบรรจุภัณฑ์ด้วยการสเก็ตซ์ (Sketch design) ภาพแสดงถึงรูปร่าง ลักษณะและส่วนประกอบของโครงสร้าง 2-3 มิติ หรืออาจใช้วิธีการอื่น ๆ ขึ้นรูปลักษณะ 3 มิติ ก็สามารถกระทำได้ ในขั้นตอนนี้จึงเป็นการเสนอแนวความคิดสร้างสรรค์ขั้นต้นหลาย ๆ แบบ (Preliminary ideas) เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในเทคนิควิธีการบรรจุและการคำนวณเบื้องต้น ตลอดจนเงินทุน งบประมาณดำเนินงานและเพื่อการพิจารณาคัดเลือกแบบร่างไว้เพื่อพัฒนาให้สมบูรณ์ในขั้นตอนต่อไป

2) การพัฒนาและแก้ไขแบบ (Design refinement) ในขั้นตอนนี้ผู้ออกแบบจะต้องขยายรายละเอียด โดยเตรียมเอกสารหรือข้อมูลประกอบ มีการกำหนดเทคนิคและวิธีการผลิต การบรรจุ วัสดุการประมาณราคา ตลอดจนการทดสอบทดลองบรรจุ เพื่อหารูปร่างรูปทรงหรือส่วนประกอบต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับหน้าที่ของบรรจุภัณฑ์ที่อาศัยการสร้างรูปจำลองง่าย ๆ (Mock up) ขึ้นมา ดังนั้นผู้ออกแบบจึงต้องจัดเตรียมสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้อย่างละเอียดรอบคอบเพื่อการนำเสนอ (Presentation) ต่อลูกค้าและผู้ที่เกี่ยวข้องให้เกิดความเข้าใจเพื่อพิจารณาให้ความคิดเห็นสนับสนุนยอมรับหรือเปลี่ยนแปลงแก้ไขเพิ่มเติมในรายละเอียดที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

3) การพัฒนาต้นแบบจริง (Prototype development) เมื่อแบบโครงสร้างได้รับการแก้ไข และพัฒนาผ่านการยอมรับแล้ว ลำดับต่อมาผู้ออกแบบต้องทำหน้าที่เขียนแบบ (Mechanical drawing) เพื่อกำหนดขนาด รูปร่าง และสัดส่วนจริงด้วยการเขียนภาพประกอบแสดงรายละเอียดของรูปแปลน (Plan) รูปด้านต่าง ๆ (Elevations) ทศนิยมภาพ (Perspective) หรือภาพแสดงการ

ประกอบ (Assembly) ของส่วนประกอบต่าง ๆ มีการกำหนดมาตราส่วน (Scale) บวกชนิด และประเภทวัสดุที่ใช้มีข้อความคำสั่งที่สื่อสารความเข้าใจกันได้ในขบวนการผลิตเป็นบรรจุกฎของจริง แต่การที่จะได้มาซึ่งรายละเอียดเพื่อนำไปผลิตจริงดังกล่าวนี้ ผู้ออกแบบจะต้องสร้างต้นแบบจำลองที่สมบูรณ์ขึ้นมาก่อนเพื่อวิเคราะห์ (Analysis) โครงสร้างและจำแนกแยกแยะส่วนประกอบต่าง ๆ ออกมาศึกษา ดังนั้น Prototype ที่จัดทำขึ้นมาในขั้นนี้จึงควรสร้างด้วยวัสดุที่สามารถให้ลักษณะและรายละเอียดใกล้เคียงกับบรรจุกฎของจริงให้มากที่สุดเท่าที่จะกระทำได้เช่นอาจจะ ทำด้วยปูนปลาสเตอร์ ดินเหนียว กระดาษ ฯลฯ และในขั้นนี้การทดลองออกแบบกราฟฟิกบนบรรจุกฎ ควรได้รับการพิจารณาร่วมกันอย่างใกล้ชิดกับลักษณะของโครงสร้างเพื่อสามารถนำผลงานในขั้นนี้มาคัดเลือกพิจารณาความมีประสิทธิภาพของรูปลักษณ์บรรจุกฎที่สมบูรณ์

4) การผลิตจริง (Production) สำหรับขั้นตอนนี้ส่วนใหญ่จะเป็นหน้าที่รับผิดชอบของฝ่ายผลิตในโรงงาน ที่จะต้องดำเนินงานตามแบบแปลนที่นักออกแบบให้ไว้ซึ่งทางฝ่ายผลิตจะต้องจัดเตรียมแบบแม่พิมพ์ของบรรจุกฎให้เป็นไปตามกำหนด และจะต้องสร้างบรรจุกฎให้เป็นไปตามกำหนดและจะต้องสร้างบรรจุกฎจริงออกมาก่อนจำนวนหนึ่งเพื่อเป็นตัวอย่าง (Pre-production prototypes) สำหรับการทดสอบ ทดลองและวิเคราะห์เป็นครั้งสุดท้าย หากพบว่ามีความบกพร่องควรรับดำเนินการแก้ไขให้เป็นที่ยอมรับแล้วจึงดำเนินการผลิตเพื่อนำไปบรรจุและจำหน่ายในลำดับต่อไป

ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุกฎจากวัสดุเหลือทิ้งและบรรจุกฎที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

1. ความหมายและความสำคัญของความพึงพอใจ

อลิษา จิตนิมานะกุล (2558) ได้รวบรวมเกี่ยวกับความหมายของความพึงพอใจของผู้บริโภค ว่า ความพึงพอใจของผู้บริโภค (Consumer satisfaction) คือ การตัดสินใจของลูกค้าหลังการใช้สินค้าหรือบริการ ซึ่งเป็นผลจากการเปรียบเทียบระหว่างการรับรู้ต่อการปฏิบัติของผู้ให้บริการ หรือประสิทธิภาพของสินค้า กับ ความคาดหวังของลูกค้า (Expected performance) โดยถ้าสินค้าและบริการสร้างความพึงพอใจได้มากกว่าที่ลูกค้าคาดหวังจะทำให้เกิดความประทับใจ (Delighted customer) แต่ถ้าผลที่ได้จากสินค้าและบริการต่ำกว่าที่ลูกค้าคาดหวังจะทำให้ลูกค้าเกิดความไม่พอใจ (Satisfaction customer) ระดับความพึงพอใจของลูกค้าแต่ละรายจะมีระดับแตกต่างกันเกิดจากผลประโยชน์จากสินค้าและบริการและความคาดหวังของบุคคล (Expectation) ที่เกิดจากการรับรู้ผ่านประสบการณ์ในอดีตของผู้ซื้อเองหรือจากคนใกล้ชิด ทั้งนี้สิ่งสำคัญที่ทำให้ผู้ประกอบการประสบความสำเร็จคือ การเสนอผลิตภัณฑ์ที่มีการสร้างมูลค่าเพิ่ม (Value added) ซึ่งเกิดจากการผลิต (Manufacturing) และการตลาด (Marketing) ให้สอดคล้องกับความคาดหวังของลูกค้าโดยยึดหลักการสร้างความพึงพอใจรวมสำหรับลูกค้า (Total customer satisfaction)

ผู้บริโภคจะเกิดความพึงพอใจหรือไม่ จะส่งผลต่อการรับรู้คุณภาพการบริการ (Service quality) โดยจะส่งผลต่อการซื้อซ้ำ การบอกต่อ และความภักดีของลูกค้า และถ้าเมื่อใดที่ลูกค้าเกิดความไม่พึงพอใจในการบริการ ผู้ให้บริการจำต้องให้ความสำคัญกับปัญหาและดำเนินการแก้ไข เพราะปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้อาจจะนำไปสู่ความภักดีที่แปรเปลี่ยนของลูกค้า ซึ่งจะส่งผลในด้านลบต่อองค์กรเป็นอย่างมาก กล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่า ความพึงพอใจเป็นการจัดอันดับตราสินค้าจาก

ประสบการณ์ที่ผ่านมาของผู้บริโภค เป็นความรู้สึกของลูกค้าที่แสดงออกมาเมื่อสินค้าหรือบริการเป็นไปตามการคาดหวังของลูกค้า และใช้ในการตัดสินใจว่าคุณลักษณะของสินค้าและบริการ หรือตัวสินค้าและบริการเองนั้น สามารถที่จะทำให้ลูกค้าพอใจได้ระดับใด ซึ่งรวมไปถึงระดับที่ต่ำหรือสูงกว่าเป้าหมายที่วางไว้ (Shin & Kim (2008); Oliver (2010) อ้างถึงใน อลิษา ฐิติมานะกุล, 2558)

2. ทฤษฎีความพึงพอใจของผู้บริโภค

ชุมชนออนไลน์เพื่อจัดการองค์ความรู้ (2555) ได้รวบรวมความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีความพึงพอใจของมนุษย์ ที่ได้จากการอ้างอิงงานของ Kotler and Armstrong (2002) ที่กล่าวว่า พฤติกรรมของมนุษย์เกิดขึ้นต้องมีสิ่งจูงใจ (Motive) หรือแรงขับเคลื่อน (Drive) เป็นความต้องการที่กดดันจนมากพอที่จะจูงใจให้บุคคลเกิดพฤติกรรมเพื่อตอบสนองความต้องการของตนเอง ความต้องการของแต่ละคนย่อมแตกต่างกัน โดยความต้องการบางอย่างเป็นความต้องการทางชีววิทยา (Biological) เกิดขึ้นจากสภาวะตึงเครียด เช่น ความหิวกระหายหรือความลำบาก บางอย่างเป็นความต้องการทางจิตวิทยา (Psychological) เกิดจากความต้องการการยอมรับ (Recognition) การยกย่อง (Esteem) หรือการเป็นเจ้าของทรัพย์สิน (Belonging) ความต้องการส่วนใหญ่อาจไม่มากพอที่จะจูงใจให้บุคคลกระทำในช่วงเวลานั้น แต่สามารถกลายเป็นสิ่งจูงใจได้ก็ต่อเมื่อได้รับการกระตุ้นอย่างเพียงพอจนเกิดความตึงเครียด ทฤษฎีที่ได้รับความนิยมมากที่สุดสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีแรงจูงใจของมาสโลว์

อับราฮัม มาสโลว์ (A.H.Maslow) ได้ค้นหาวิธีที่จะอธิบายว่าทำไมมนุษย์จึงถูกผลักดันโดยความต้องการบางอย่าง ณ เวลาหนึ่ง ทำไมคนหนึ่งจึงทุ่มเทเวลาและพลังงานอย่างมากเพื่อให้ได้มาซึ่งความปลอดภัยของตนเอง แต่อีกคนหนึ่งกลับทำสิ่งเหล่านั้นเพื่อให้ได้รับการยกย่องนับถือจากผู้อื่น คำตอบของมาสโลว์ คือ ความต้องการของมนุษย์จะถูกเรียงตามลำดับจากสิ่งที่กดดันมากที่สุดไปจนถึงน้อยที่สุด ทฤษฎีของมาสโลว์ได้จัดลำดับความต้องการตามความสำคัญ ออกเป็น 5 ชั้น ได้แก่ 1) ความต้องการทางกาย (Physiological needs) คือความต้องการพื้นฐาน ได้แก่ อาหาร ที่พัก อากาศ และยารักษาโรค 2) ความต้องการความปลอดภัย (Safety needs) คือความต้องการที่เหนือกว่าความต้องการเพื่อความอยู่รอด เป็นความต้องการในด้านความปลอดภัยจากอันตราย 3) ความต้องการทางสังคม (social needs) คือการต้องการการยอมรับจากเพื่อน 4) ความต้องการการยกย่อง (Esteem needs) เป็นความต้องการการยกย่องส่วนตัว ความนับถือและสถานะทางสังคมและ 5) ความต้องการให้ตนประสบความสำเร็จ (Self – actualization needs) เป็นความต้องการสูงสุดของแต่ละบุคคล หรือความต้องการทำทุกสิ่งทุกอย่างได้สำเร็จ

บุคคลพยายามสร้างความพึงพอใจให้กับความต้องการที่สำคัญที่สุดเป็นอันดับแรกก่อน เมื่อความต้องการนั้นได้รับความพึงพอใจ ความต้องการนั้นก็จะหมดลงและเป็นตัวกระตุ้นให้บุคคลพยายามสร้างความพึงพอใจให้กับความต้องการที่สำคัญในลำดับต่อไป เช่น คนที่อดอยาก (ความต้องการทางกาย) จะไม่สนใจต่องานศิลปะชิ้นล่าสุด (ความต้องการสูงสุด) หรือไม่ต้องการยกย่องจากผู้อื่น หรือไม่ต้องการแม่แต่

อากาศที่บริสุทธิ์ (ความปลอดภัย) แต่เมื่อความต้องการแต่ละขั้นได้รับความพึงพอใจแล้วก็จะมีความต้องการในขั้นลำดับต่อไป

2.2 ทฤษฎีแรงจูงใจของ فروยด์

ซิกมันด์ فروยด์ (S. M. Freud) ตั้งสมมุติฐานว่าบุคคลมักไม่รู้ตัวมากนักว่าพลังทางจิตวิทยามีส่วนช่วยสร้างให้เกิดพฤติกรรม فروยด์พบว่าบุคคลเพิ่มและควบคุมสิ่งเร้าหลายอย่าง สิ่งเร้าเหล่านี้อยู่นอกเหนือการควบคุมอย่างสิ้นเชิง บุคคลจึงมีความฝันพูดคำที่ไม่ตั้งใจพูด มีอารมณ์อยู่เหนือเหตุผลและมีพฤติกรรมหลอกหลอนหรือเกิดอาการวิตกกังวลอย่างมาก

ซารินี เดชจินดา (2535) ได้เสนอทฤษฎีการแสวงหาความพึงพอใจไว้ว่า บุคคลพอใจจะกระทำการสิ่งใด ๆ ที่ให้มีความสุขและจะหลีกเลี่ยงไม่กระทำในสิ่งที่เขาจะได้รับความทุกข์หรือความยากลำบาก โดยอาจแบ่งประเภทความพอใจกรณีนี้ได้ 3 ประเภท คือ 1) ความพอใจด้านจิตวิทยา (Psychological hedonism) เป็นธรรมชาติของความพอใจว่า มนุษย์โดยธรรมชาติจะมีความสุขแสวงหาความสุขส่วนตัวหรือหลีกเลี่ยงจากความทุกข์ใด ๆ 2) ความพอใจเกี่ยวกับตนเอง (Egoistic hedonism) เป็นธรรมชาติของความพอใจว่ามนุษย์จะพยายามแสวงหาความสุขส่วนตัว แต่ไม่จำเป็นว่าการแสวงหาความสุขต้องเป็นธรรมชาติของมนุษย์เสมอไป และ 3) ความพอใจเกี่ยวกับจริยธรรม (Ethical hedonism) ธรรมชาตินี้ถือว่ามนุษย์แสวงหาความสุข เพื่อผลประโยชน์ของมวลมนุษย์หรือสังคมที่ตนเป็นสมาชิกอยู่และเป็นผู้ได้รับผลประโยชน์ผู้หนึ่งด้วย

3. ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจและพฤติกรรมของผู้บริโภค

การวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภค ที่นักการตลาดจำเป็นต้องศึกษาและวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภคด้วยเหตุผล 2 ประการ ดังต่อไปนี้ ประกอบด้วย 1) พฤติกรรมผู้บริโภคที่มีผลต่อกลยุทธ์ทางการตลาดและมีผลให้ธุรกิจประสบความสำเร็จถ้ากลยุทธ์ทางการตลาดที่สามารถตอบสนองความพึงพอใจของผู้บริโภคได้ และ 2) เพื่อให้สอดคล้องกับแนวคิดทางการตลาดที่ว่า ทำให้ลูกค้าพอใจด้วย เหตุนี้จึงต้องศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคเพื่อจัดสิ่งกระตุ้นหรือกลยุทธ์ทางการตลาดเพื่อตอบสนองความพึงพอใจของผู้บริโภค ซึ่งอาจสรุปได้ว่าการวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภคเป็นการค้นหาหรือวิจัยเกี่ยวกับพฤติกรรม การซื้อ และการใช้ของผู้บริโภคเพื่อทราบถึงลักษณะความต้องการ และพฤติกรรมการซื้อและการใช้ของผู้บริโภคคำตอบที่ได้จะช่วยให้นักการตลาดสามารถจัดกลยุทธ์การตลาด ที่สามารถตอบสนองความต้องการความพึงพอใจของผู้บริโภคได้อย่างเหมาะสม ดังนั้นความพึงพอใจย่อมเป็นเหตุให้ผู้บริโภคมีการแสดงพฤติกรรม (พิราอร อำนวยพรสกุล, 2557)

สุนิสา จันทรเลขา (2546) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมผู้บริโภคว่า เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวันและมีอิทธิต่อพฤติกรรมการซื้อ ประกอบไปด้วย 5 ด้าน ดังต่อไปนี้

1) ด้านวัฒนธรรมและประเพณี ถือเป็นปัจจัยที่หล่อหลอมพฤติกรรมในการเลือกซื้อของแต่ละบุคคล จะแปรเปลี่ยนเป็นค่านิยมในการเลือกซื้อสินค้าและบริการ และเป็นปัจจัยขั้นพื้นฐานที่สุดในการกำหนดความต้องการและพฤติกรรมของมนุษย์ ได้แก่ ชนชั้นทางสังคม เช่น เศรษฐี นักธุรกิจ ผู้บริหาร พนักงานบริษัท และกรรมกร เป็นต้น บุคคลที่อยู่ในชนชั้นทางสังคมเดียวกัน ย่อมจะมีแนวโน้มที่จะแสดงพฤติกรรมการซื้อที่เหมือนกันตามไปด้วย และศาสนา เนื่องจากการสื่อสารทำให้ทั่ว

โลกมีการติดต่อทั่วถึงกันได้ จึงมีการให้ความสำคัญต่อความเชื่อทางศาสนาที่แตกต่างกันซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการเลือกเครื่องแต่งกายเพื่อให้สอดคล้องกับความเชื่อทางศาสนาเหล่านั้น

2) ด้านสังคม เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวันและมีอิทธิพลต่อพฤติกรรม การซื้อ ได้แก่ (1) กลุ่มอ้างอิงที่จะมีอิทธิพลต่อความคิดของสังคมใดสังคมหนึ่ง เช่น ครอบครัว เพื่อนสนิท เป็นต้น แต่กลุ่มเหล่านี้จะมีข้อจำกัดในเรื่อง อาชีพ ระดับชั้นทางสังคม และช่วงอายุ (2) ครอบครัวจะมีอิทธิพลทางความคิดของผู้บริโภคมากที่สุด เพราะผู้บริโภคจะรับฟังความคิดเห็นของคนในครอบครัวเพื่อการตัดสินใจก่อนเสมอ (3) สถานภาพคู่ครอง ถ้าเป็นโสดจะมีความสนใจทางด้านแฟชั่นมากกว่า ผู้บริโภคที่แต่งงานแล้ว อีกทั้งความกล้าในการทดลองการแต่งตัวที่แปลกใหม่ยังมีสูงกว่าผู้บริโภคที่แต่งงานแล้ว ผู้บริโภคที่แต่งงานแล้วมักคำนึงถึงความสะดวกในด้านความต้องการและทรัพยากรของครอบครัวก่อน อีกทั้งการแต่งกายที่เรียบง่ายกว่าขนาดของครอบครัว (4) ขนาดของครอบครัว มีผลกระทบต่อเงินที่จะใช้จ่ายสำหรับผลิตภัณฑ์อย่างใดอย่างหนึ่ง รวมทั้งช่วงอายุของบุตรก็มีอิทธิพลต่อการใช้จ่ายอีกด้วย โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ผลิตตามแนวโน้มแฟชั่น (5) บทบาทและสถานะของผู้ซื้อ หรือสถานะภาพทางสังคมที่ผู้บริโภคดำรงอยู่ เพราะบางบทบาทและสถานะภาพอาจเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาอาชีพ และการใช้ชีวิตของผู้บริโภค (6) วัฏจักรชีวิตของครอบครัว ซึ่งเป็นลำดับขั้นตอนที่ผู้บริโภคดำเนินผ่านและมีทัศนคติและพฤติกรรมตามขั้นตอนนั้น ผู้ทำการตลาดมักกล่าวถึงกลุ่มเป้าหมายโดยระบุเป็นช่วงชีวิตของครอบครัวเช่น แต่งงานแล้วยังไม่มีลูกบุตร แต่งงานและมีบุตรแล้ว หรือเป็นโสด เป็นต้น คนโสดมักใช้เงินกับผลิตภัณฑ์บางอย่างมากกว่าคนที่แต่งงานและผู้ที่มีบุตร โดยจะใช้เงินกับผลิตภัณฑ์ประเภทอาหาร เทคโนโลยีเครื่องแต่งกาย สิ่งบันเทิง การรักษาสุขภาพและความงาม (7) ความคิดต่อตนเอง เป็นการที่ผู้บริโภครับรู้ทั้งตนเองและความคิดต่อตนเอง รวมถึงทัศนคติการรับรู้ ความเชื่อ และการประเมินตนเอง ถึงแม้ว่าความคิดต่อตนเองจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างช้า คนแต่ละคนมีเอกลักษณ์ของตนเองจากความคิดต่อตนเอง มีทั้งภาพลักษณ์ที่เราต้องการ (Ideal Self Image) ซึ่งเป็นภาพลักษณ์ที่เราต้องการให้เป็นและภาพลักษณ์ที่เป็นจริง (Real Self Image) ซึ่งที่เรารับรู้ตัวเองจริง โดยทั่วไปเราพยายามยกระดับภาพลักษณ์ของตนเองให้ถึงระดับภาพลักษณ์ที่ต้องการ และ (8) บุคลิกภาพ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งของความคิดต่อตนเอง คือ ภาพลักษณ์รูปร่าง (Body Image) ซึ่งหมายถึง การรับรู้ในเรื่องความงามของรูปร่างหน้าตาคนที่มี การรับรู้ในเรื่องภาพลักษณ์ของรูปร่าง

3) ด้านส่วนบุคคล ซึ่งได้แก่ (1) เชื้อชาติ กลุ่มคนที่มีเชื้อชาติต่างกันมีความนิยมบริโภคสินค้าที่ต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นในด้านของโทนสี ลวดลาย และโครงสร้างอันเนื่องมาจากประสบการณ์และการเลี้ยงดูตั้งแต่เล็กจนเติบโต (2) อายุและระยะเวลาของช่วงชีวิต พฤติกรรมของผู้บริโภคนั้นหากอยู่ในช่วงอายุเดียวกันก็จะมีพฤติกรรมในการเลือกซื้อที่เหมือนหรือคล้ายกัน ซึ่งช่วงอายุที่แตกต่างกันจะมีความชอบหรือความต้องการแตกต่างกันไป อายุของผู้บริโภคมีผลต่อพฤติกรรมผู้บริโภค คณะได้ว่าผู้บริโภคจะซื้อผลิตภัณฑ์อะไรโดยดูที่อายุ อายุสัมพันธ์กับรสนิยมของผู้บริโภค ในเรื่องอาหาร เสื้อผ้า รถยนต์เฟอร์นิเจอร์ และการพักผ่อนหย่อนใจ รวมถึงรายการโทรทัศน์ที่ชอบในแต่ละช่วงอายุ คนต่างวัยจะมีวิธีการดำเนินชีวิตที่ต่างกัน เช่น อาชีพ (Occupation) บุคลิกภาพ (Attitude) ความเป็นอยู่ (Taste of Living) และกิจกรรม (Leisure) (3) เพศ ซึ่งเพศชายและเพศหญิงมีความแตกต่างกันทางสรีระ ทำให้มีความต้องการผลิตภัณฑ์ต่างกัน แต่ละเพศมีบทบาททางสังคม วัฒนธรรม และเศรษฐกิจแตกต่างกัน ชายและหญิงมีอุปนิสัยการซื้อสินค้าต่างกัน ชอบสถานที่

ที่ไปซื้อของและมองราคาสินค้าไม่เหมือนกัน บทบาทของผู้หญิงที่เปลี่ยนไปในปัจจุบันทำให้บริษัทต้องมิกลยุทธ์ใหม่และสร้างผลิตภัณฑ์ที่มุ่งกลุ่มผู้บริโภคผู้หญิงมากขึ้น การตัดสินใจของผู้หญิงมักเกี่ยวข้องกับทางเลือกมากกว่า โดยผู้หญิงมองว่าการเลือกซื้อสินค้าเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ทำให้ได้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่มีให้เลือก และเกณฑ์การเลือกที่เพิ่มขึ้นได้ตลอด (4) การศึกษา การศึกษาของแต่ละบุคคลส่งผลต่อรายได้ อาชีพ วิธีชีวิตความเป็นอยู่และรสนิยมในการเลือกซื้อสินค้าต่าง ๆ ได้ (5) อาชีพ ลักษณะอาชีพมีผลต่อพฤติกรรมผู้บริโภคเช่นกัน ลักษณะอาชีพที่แตกต่างกันก็จะทำให้มีความต้องการที่แตกต่างกัน (6) ฐานะทางเศรษฐกิจ รายรับรายจ่ายมีกระทบผลและมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อ ซึ่งหากผู้บริโภคมีรายจ่ายมากกว่ารายรับ ก็จะทำให้ผู้ซื้อเกิดการตัดสินใจที่เข้มงวดมากขึ้น และ (7) รูปแบบการใช้ชีวิต วิธีการใช้ชีวิตซึ่งเห็นได้จากกิจกรรมการใช้ชีวิตความสนใจและความคิดเห็นของคนหนึ่งๆ รูปแบบการใช้ชีวิตสะท้อนบุคลิกภาพและความคิดต่อตนเองการวิเคราะห์ลักษณะทางจิตวิทยา (Psychographics) จะทำให้ทราบว่าผู้บริโภคมีรูปแบบการใช้ชีวิตอย่างไร และสามารถแบ่งผู้บริโภคเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ กล่าวคือเมื่อผู้ทำการตลาดได้ข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบการใช้ชีวิตก็จะสามารถแบ่งตลาดเป็นตลาดย่อย และเจาะกลุ่มผู้บริโภคได้ถูกต้อง

4) ด้านจิตวิทยา ซึ่งประกอบด้วย (1) การจูงใจ พฤติกรรมในการเลือกซื้อจะอยู่ที่การสร้างแรงจูงใจให้แก่ผู้บริโภค ดังนั้นคุณจะต้องพิจารณาว่าสินค้าของคุณสามารถสร้างแรงจูงใจให้แก่ผู้บริโภคได้มากน้อยเพียงใด และสิ่งใดคือแรงจูงใจ เช่น ราคารูปแบบ สีกลิ่น และคุณลักษณะ เป็นต้น (2) การรับรู้ พฤติกรรมผู้บริโภคขึ้นอยู่กับการรับรู้ของผู้บริโภคเอง ซึ่งแต่ละคนมีการรับรู้ไม่เท่าเทียมกัน (3) การเรียนรู้ พฤติกรรมผู้บริโภคแต่ละบุคคลคนในการบริโภคสินค้านั้น ย่อมจะต้องมีการเรียนรู้ก่อนเพื่อการใช้ประโยชน์จากสินค้า ซึ่งผู้บริโภคที่ใช้สินค้าเดียวกันอาจจะเรียนรู้การใช้ประโยชน์กันคนละด้าน และ (4) ความเชื่อและทัศนคติส่วนบุคคล ผู้บริโภคมักใช้ความเชื่อและทัศนคติส่วนบุคคลในการตัดสินใจซื้อเสมอ

4. แนวคิดเกี่ยวกับการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภค

ซูสิกร เทพบุร และคณะ (2562) อ้างถึง Graphic buffet (2017) ที่ได้อธิบายและให้ข้อมูลเกี่ยวกับการสร้างสรรค์บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม ว่าบรรจุภัณฑ์นอกเหนือจากการทำหน้าที่ปกป้องสินค้า สร้างความสะดวกสบาย และสื่อสารทางการตลาดแล้วนั้น ถ้าผู้ประกอบการภาคธุรกิจหลาย ๆ แห่ง หันมาสนใจผลิตและใช้บรรจุภัณฑ์สีเขียวเพื่อส่งมอบความสวยที่เป็นมิตรกับโลกและสิ่งแวดล้อม ด้วยแนวโน้มใส่ใจอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ก็คงส่งผลให้มีส่วนผลักดันผู้บริโภคขั้นสุดท้ายทั่วไป ใส่ใจและหันกลับมาใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น เพื่อให้จิตสำนึกในการให้ความสำคัญกับการช่วยดูแลรักษาโลกและมีส่วนให้ลดมลภาวะต่าง ๆ เกิดความตระหนักในสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นบรรจุภัณฑ์ในปัจจุบันต้องพัฒนาและปรับเปลี่ยนไปตามเทรนด์บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมนี้ด้วย นอกจากนี้ยังอ้างถึง Fastboxs (2018) ที่กล่าวว่าบรรจุภัณฑ์สีเขียวเป็นทางเลือกใหม่เพื่อสิ่งแวดล้อม นอกจากการทำหน้าที่ปกป้องสินค้าที่อยู่ภายในแล้ว ยังเป็นสื่อกลางในการสื่อสารทางการตลาดอีกด้วย เนื่องจากสินค้าทุก ๆ ชนิดจำเป็นต้องมีบรรจุภัณฑ์ ซึ่งในอดีตนั้นเป็นเพียงสิ่งที่ห่อหุ้มและปกป้องผลิตภัณฑ์เท่านั้น แต่ปัจจุบันกล่องบรรจุภัณฑ์ได้กลายมาเป็นช่องทางในการโฆษณาประชาสัมพันธ์ที่สามารถให้ข้อมูลต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ได้ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการออกแบบที่สวยงาม โดดเด่น สะดุดตา และคำนึงถึงความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ตั้งแต่เรื่องของการ

เลือกใช้วัตถุดิบ ซึ่งครอบคลุมถึงเรื่องของขนาดและน้ำหนัก ตลอดจนกระบวนการผลิต ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จนกระทั่งถึงกระบวนการกำจัดทิ้งทำลาย เมื่อหมดอายุการใช้งานตามวัฏจักร

จะเห็นว่าแนวคิดการใช้บรรจภัณฑ์จากเศษวัสดุเหลือทิ้งจากธรรมชาติ ก็เป็นส่วนหนึ่งของการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้เช่นเดียวกัน สิริพัฒน์ญ ชินเศรษฐพงศ์ (2561) ได้ศึกษาและรวบรวมข้อมูลด้านแนวคิดเกี่ยวกับพฤติกรรมของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จากนักวิจัย นักวิชาการ หรือนักจิตวิทยาหลาย ๆ ท่าน ซึ่งสามารถสรุปได้ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1) แนวคิดเกี่ยวกับความตั้งใจซื้อสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Intention to purchase green product) โดยการที่ผู้บริโภคหันมาสนใจซื้อสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น เนื่องมาจากผู้บริโภคเริ่มจะคำนึงถึงการใช้ชีวิตประจำวันและอุปนิสัยของตนเองที่สามารถส่งผลต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งผู้บริโภคกลุ่มนี้จะเรียกร้องและต่อต้านองค์กรที่ผลิตหรือจำหน่ายสินค้าที่ไม่ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม แต่ผู้บริโภคจะยอมรับสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมนั้น ๆ ก็ต่อเมื่อสินค้านั้นตรงกับความต้องการของผู้บริโภคทั้งด้านการใช้งาน คุณภาพ ความสะดวกในการใช้ และราคาที่ยอมรับได้ รวมทั้งเมื่อได้รับรู้ว่าสินค้านั้นช่วยแก้ปัญหาในเรื่องของสิ่งแวดล้อม โดยการซื้อสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคจะหมายถึง การบริโภคสินค้าที่เป็นประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ หรือสามารถนำไปผลิตเป็นสินค้าอื่น ๆ ได้อย่างไม่มีที่สิ้นสุด และกระบวนการผลิตมีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะทำให้ผู้บริโภคคิดว่าตนได้ตระหนักและมีส่วนช่วยในการรักษาผลกระทบของระบบนิเวศบนโลกได้ (Krause, 1993; Bridget & Antonis, 1995; Fergus, 1991; Mostafa, 2007; อ้างถึงใน สิริพัฒน์ญ ชินเศรษฐพงศ์, 2561, น.11-12)

2) แนวคิดเกี่ยวกับการตัดสินใจซื้อสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Green product purchase decisions) ถือว่าเป็นหัวข้อหลักในการศึกษาเรื่องพฤติกรรมของผู้บริโภคที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากจะทำให้ทราบถึงกลุ่มผู้บริโภคที่มีความสนใจในพฤติกรรมผู้บริโภคของตนเองที่จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและพร้อมที่จะปรับเปลี่ยนพฤติกรรมผู้บริโภคของตนเองเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การตัดสินใจซื้อในกรณีนี้ย่อมส่งผลให้เกิดการสนับสนุนของบริษัทให้มีภาพลักษณ์ที่เป็นองค์กรอนุรักษ์ต่อสิ่งแวดล้อม การเลือกซื้อสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมีมากขึ้น การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมเพื่อการบริโภคอย่างยั่งยืน รวมไปถึงสัดส่วนของการซื้อสินค้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่เพิ่มขึ้นอีกด้วย ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของผู้บริโภคที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ได้แก่ (1) ปัจจัยภายใน เช่น การตระหนักรู้ถึงความรับผิดชอบของตนเองที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ความอยากรู้อยากเห็น การทำเพื่อผลประโยชน์ต่อตนเอง และความตั้งใจที่จะลดผลกระทบต่อทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดและต่อสิ่งแวดล้อม (2) ปัจจัยภายนอก เช่น ภาพลักษณ์ของสินค้าประเภทนั้น ๆ หรือคุณลักษณะต่าง ๆ ของสินค้า (คุณภาพ ความปลอดภัย ความมีประสิทธิภาพ ราคา รายการส่งเสริมการขาย และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม) ซึ่งพฤติกรรมที่แท้จริงนั้นเกิดขึ้นมาจากนิสัยส่วนตัวของผู้บริโภค และความรู้เรื่องสินค้าของผู้บริโภค รวมไปถึงสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นขณะนั้น เช่น รายการส่งเสริมการขาย เป็นต้น (Albayrak et al., 2013; Schlegelmilch et al., 1996; Gadenne et al., 2011; Essovssi & Linton, 2010; Vermeir & Verbeke, 2004 อ้างถึงใน สิริพัฒน์ญ ชินเศรษฐพงศ์, 2561, น.12)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาการผลิตกระดาษ

จุฑามาส เรืองยศจันทนา และรัชฎา บุญเต็ม (2560) ได้ศึกษาการสกัดเซลลูโลสและการทำกระดาษจากเปลือกข่อย พบว่าเยื่อข่อยถูกสกัดด้วยเบส 3 ชนิดคือ แคลเซียมคาร์บอเนต แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมไฮดรอกไซด์ เยื่อที่ได้ถูกนำไปขึ้นรูปเป็นกระดาษโดยปรับจากวิธีโบราณ เยื่อก่อนและหลังการสกัดด้วยเบสถูกนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FTIR การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์และการวิเคราะห์เชิงความร้อน สเปกตรัมอินฟราเรดของเยื่อก่อนการสกัดแสดงพีคของลิกนินและเฮมิเซลลูโลสที่ 1733 และ 1522 cm^{-1} เยื่อที่สกัดด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตยังปรากฏพีคของลิกนินและเฮมิเซลลูโลสที่ 1743 และ 1522 cm^{-1} XRD ของกระดาษข่อยที่ผ่านการสกัดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์มีความเป็นผลึกสูงที่สุด จากข้อมูล TGA ความเสถียรของเซลลูโลสมากขึ้นเมื่อใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในการสกัด เนื่องจากสายของเซลลูโลสเข้ามาใกล้กันมากขึ้นเมื่อเยื่อปราศจากลิกนินและเฮมิเซลลูโลส

โสธรญา สัมเชียวหวาน (2557) ได้ศึกษาความเป็นไปได้การผลิตกระดาษอย่างง่ายจากเปลือกกล้วยสดและจากผลผลิตเหลือทิ้งหลังการหมักเอทานอล งานวิจัยนี้ศึกษาการสร้างมูลค่า และลดของเสียในกระบวนการผลิตเอทานอลด้วยการนำผลผลิตส่วนของแข็งเหลือทิ้งหลังขั้นตอนการหมักเอทานอลจากเปลือกกล้วยน้ำว้า มาผลิตเป็นกระดาษอย่างง่าย โดยศึกษาเปรียบเทียบการทำแผ่นเยื่อกระดาษที่แตกต่าง 3 แบบ คือ เยื่อที่ได้จากเปลือกกล้วยสดผ่านวิธีการผลิตเยื่อแบบดั้งเดิมด้วยกระบวนการโซดา และเยื่อที่ได้จากของแข็งเหลือทิ้งหลังการผลิตเอทานอลด้วยวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือ การผลิตด้วยการย่อยให้ความร้อนโดยอ่างควบคุมอุณหภูมิ และไม่โคเวฟซึ่งเยื่อสำหรับทำแผ่นกระดาษทั้ง 3 แบบ ให้ปริมาณเซลลูโลสที่ต่างกัน คือ เยื่อจากเปลือกกล้วยที่ผ่านกระบวนการโซดา ทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมด้วยวิธี Response Surface Methodology (RSM) พบว่าสภาวะที่ให้ปริมาณเซลลูโลสสูงที่สุดเป็นร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก คือ การใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 3 โมลต่อลิตร ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 110°C เวลา 40 นาที เยื่อจากของแข็งเหลือทิ้งหลังการผลิตเอทานอลที่ผ่านการย่อยด้วยสารละลายน้ำส้มสายชู ให้ความร้อนด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 90°C เป็นเวลา 40 นาที ให้ปริมาณเซลลูโลส ร้อยละ 7 โดยน้ำหนัก และเยื่อจากของแข็งที่ผ่านการย่อยด้วยสารละลายน้ำส้มสายชู ให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟด้วยกำลังไฟฟ้า 465 วัตต์ เป็นเวลา 20 นาที ให้เซลลูโลสร้อยละ 11 โดยน้ำหนัก จากนั้นนำเยื่อทั้ง 3 แบบ มาศึกษาการทำแผ่นกระดาษแบบพื้นบ้าน และวัดคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นเยื่อที่ผลิตโดยเปรียบเทียบกับกระดาษสา กระดาษห่อพัสดุ กระดาษห่อของขวัญ และกระดาษ A4 คือ ค่าน้ำหนักมาตรฐาน ค่าการดูดซึมน้ำ ค่าความหนา และความต้านทานแรงดึง โดยเลือกปรับปรุงคุณสมบัติที่สำคัญที่สุด คือ ความต้านทานการซึมผ่าน ด้วยการเติมสารส้มและชันสน พบว่า สภาวะที่เหมาะสมที่สุด คือ แผ่นเยื่อกระดาษที่ได้จากเยื่อโซดา โดยใช้อัตราส่วนเยื่อต่อสารส้มและชันสน 3:1:1 ได้แผ่นเยื่อกระดาษที่มีความต้านทานการซึมผ่านใกล้เคียงกับกระดาษห่อพัสดุ และเยื่อกระดาษที่ได้จากของแข็งเหลือทิ้งหลังกระบวนการหมักเอทานอลโดยการย่อยให้ความร้อนทั้ง 2 วิธี ที่ไม่มีการเติมสารส้มมีความต้านทานการซึมผ่านใกล้เคียงกับกระดาษ A4

พินิจกานต์ อาริวงษ์ และ วรณิษา แกมนาคทอง (2555) ได้ศึกษาการผลิตเยื่อกระดาษจากฟางข้าวด้วยวิธีทางชีวภาพร่วมกับกรรมวิธีโซดา การทดลองเริ่มจากการเตรียมฟางข้าวด้วยการตัดให้มีขนาดกว้าง 3 เซนติเมตร ยาว 5 เซนติเมตร โดยตัดส่วนของข้อฟางข้าวออก จากนั้นทำการเพาะเลี้ยงเชื้อรา *T.viride* ลงบนอาหาร PAD (Potato dextrose agar) ด้วยสภาวะที่เหมาะสม จนกระทั่งเกิดเป็นรูนอาหารที่มีเชื้อรา *T.viride* แล้วจึงตัดชิ้นรูนนั้นใส่ลงไปในขวดแก้วที่บรรจุฟางข้าวที่เตรียมไว้และนำไปบ่มจนกระทั่งกลายเป็นเยื่อ จากนั้นจึงนำเยื่อที่ได้ไปต้ให้เส้นใยกระจายตัวและละลายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เพื่อนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่น เรียกกรรมวิธีนี้ว่าการผลิตเยื่อกระดาษจากฟางข้าวด้วยวิธีทางชีวภาพร่วมกับกรรมวิธีโซดา เนื่องจากเป็น การใช้ประโยชน์จากทั้งเชื้อราที่เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก มาช่วยในการย่อยสลายหรือกำจัดสารประกอบที่อยู่ในฟางข้าวและการใช้สารเคมีคือ NaOH ที่นำมาย่อยเส้นใยให้สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นกระดาษได้ รวมไปถึงอีกหนึ่งสภาวะของการผลิตเยื่อกระดาษคือ นำเชื้อรา *T.viride* ที่เพาะเลี้ยงไปผสมข้าวฟ่าง ก่อนแล้วจึงนำไปใส่ลงในขวดแก้วที่บรรจุฟางข้าว นำผลการทดลองไปเปรียบเทียบกับการผลิตเยื่อกระดาษจากฟางข้าวด้วยกรรมวิธีทางโซดาเพียงอย่างเดียว ซึ่งเป็นวิธีผลิตที่ไม่มีเชื้อรา *T.viride* เข้ามาเกี่ยวข้อง แต่วิธีการและสภาวะอื่นๆ ในการขึ้นรูปแผ่นกระดาษจะเหมือนกับวิธีทางชีวภาพร่วมกับโซดา โดยการขึ้นรูปเยื่อกระดาษของงานวิจัยนี้ หลังจากนำเยื่อมาตีกระจายแล้วละลายด้วยด้วย NaOH แล้วนั้น จะนำเยื่อมาขึ้นแผ่นกระดาษด้วยตะแกรงในถังซ้อนกระดาษคล้ายการผลิตเยื่อกระดาษจากต้นปอสา ซึ่งผลการศึกษาพบว่าฟางข้าวที่เพาะเลี้ยงด้วยเชื้อรา *T.viride* ที่ผสมข้าวฟ่าง มีค่า Kappa number เหลือน้อยกว่าฟางข้าวที่เพาะเลี้ยงด้วยเชื้อรา *T.viride* ที่ไม่ผสมข้าวฟ่าง ในทุกระยะเวลาของการหมัก ด้าน NaOH ที่นำมาใช้ในการต้มเยื่อของการผลิตด้วยวิธีโซดาอย่างเดียว นั้น พบว่า ความเข้มข้นของ NaOH ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ ค่า kappa number และผลผลิตเยื่อที่ได้ลดลง แต่ก็ยังมากกว่าการผลิตเยื่อด้วยวิธีชีวภาพและวิธีโซดาผสมกัน ส่วนผลทางด้านคุณสมบัติของเยื่อกระดาษที่ผลิตได้พบว่า การผลิตเยื่อกระดาษทั้ง 2 วิธีนี้ เมื่อกำหนดสภาวะความเข้มข้นของ NaOH เพิ่มขึ้นจะมีผลให้ความต้านทานแรงฉีกขาดลดลง แต่มีค่าความขาวเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับทุกระดับความเข้มข้นของ NaOH นั้น พบว่า เยื่อกระดาษที่ผลิตด้วยวิธีทางชีวภาพร่วมกับกรรมวิธีทางโซดานั้น มีคุณสมบัติต้านแรงฉีกขาดได้มากกว่ากระดาษที่ผลิตจากกรรมวิธีทางโซดาเพียงอย่างเดียว แต่มีค่าความขาวน้อยกว่า

วุฒินันท์ คงทัด และคณะ (2555) ได้ศึกษาการปรับปรุงสมบัติเชิงกลของกระดาษแกนตะวันโดยการเคลือบด้วยไคโตซาน งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อจะศึกษาการใช้ประโยชน์ของต้นแกนตะวันพันธุ์ HEL 66 ที่เก็บผลผลิตแล้วโดยนำมาผลิตเป็นกระดาษด้วยมือแล้วปรับปรุงสมบัติเชิงกลของกระดาษโดยการเคลือบด้วยไคโตซาน เพื่อให้ได้กระดาษที่สามารถใช้กับงานหัตถกรรมได้ การเตรียมกระดาษทำโดยนำเยื่อแกนตะวันที่ต้มด้วยสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 35 ของน้ำหนักต้นอบแห้ง โดยใช้หม้อต้มความดัน อุณหภูมิ 170°C เวลา 3 ชั่วโมง แล้วพอกเยื่อด้วยสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 20 ของน้ำหนักเยื่ออบแห้ง ผสมกับเยื่อปอสา ในอัตราส่วนเยื่อแกนตะวันต่อเยื่อปอสา 70:30 โดยน้ำหนัก ทำกระดาษด้วยมือแบบไทย แล้วเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 และ 1.2 ของสารละลาย แล้วทดสอบสมบัติเชิงกลของกระดาษตามวิธีมาตรฐานของ TAPPI ปรากฏว่ากระดาษแกนตะวันที่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.6 มีสมบัติเชิงกลที่ดีและเหมาะสมที่จะใช้กับงานหัตถกรรมได้

ชยาภาส ทับทอง (2549) ได้ทำการศึกษาการผลิตกระดาษทำมือจากต้นกล้วย โดยเริ่มจากการเตรียมแช่กาบกล้วยแห้งในสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 25% เป็นเวลา 17 ชั่วโมง โดยมีอัตราส่วนของสารละลาย KOH 25% ต่อน้ำหนักแห้งของกาบกล้วยเท่ากับ 25:1 จากนั้นทำการต้มที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และฟอกสีกาบกล้วยด้วยวิธี CEDED เมื่อได้กระดาษจากกาบกล้วยจึงทดสอบหาค่าดัชนีความต้านแรงดึง (Tensile Index) มีค่าเท่ากับ 64.86 kN.m/kg ค่าดัชนีความต้านทานแรงทะลุ (Burst Index) เท่ากับ 2.76 kPa.m²/g และดัชนีความต้านทานแรงฉีกขาด (Tearing Index) มีค่าเท่ากับ 15.22 mN.m²/g

นิภาพร พันทอง และชัชวาล ศรีกำพล (2546) ได้ศึกษาการผลิตกระดาษจากลำต้นเปลือก และซังข้าวโพด โดยการต้มน้ำด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยใช้ระยะเวลาในการต้มนาน 10 15 และ 20 นาที พบว่า เยื่อกระดาษที่ได้จากลำต้นข้าวโพดจะมีปริมาณเยื่อมากกว่าที่ได้จากเปลือกข้าวโพด ส่วนในซังข้าวโพดนั้นไม่สามารถทำให้เป็นแผ่นกระดาษได้ และผลการตรวจสอบความเหนียว และความสามารถในการซึมผ่านของกระดาษ พบว่า เยื่อที่ได้จากส่วนของลำต้นมีความเหนียว และซึมผ่านได้ยากกว่าเยื่อที่ได้จากเปลือกข้าวโพด โดยเยื่อกระดาษที่ได้จากลำต้นข้าวโพดมีความละเอียดมากที่สุดเมื่อใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2 โมลต่อลิตร และใช้เวลาในการต้มเยื่อ 10 นาที ส่วนเยื่อกระดาษที่ได้จากเปลือกข้าวโพดจะมีลักษณะเยื่อที่ละเอียดถ้าใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 โมลต่อลิตร และใช้เวลาในการต้มนาน 15 นาที

วิวัฒน์ อรรณพานุรักษ์ และ ประเทือง พุฒซอน (ม.ป.ป.) ศึกษาการผลิตเยื่อกระดาษฟอกขาวจากเปลือกในปอสาด้วยกรรมวิธีต่างกับออกซิเจน ซึ่งวิธีการเตรียมเปลือกในปอสาทำได้โดยนำมาตัดให้มีขนาดความยาว 5 มิลลิเมตร นำมาหาค่าความชื้นแล้วจึงบรรจุเป็นตัวอย่างใส่ถุงพลาสติกปริมาณ 200 กรัมของน้ำหนักอบแห้งต่อถุง จากนั้นนำมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี โดยทำการแยกเปลือกเป็นเซลล์ตามวิธีการของแฟรงคลิน (Franklin, G. L. 1937) และสุ่มตัวอย่าง 50 เซลล์เพื่อวัดขนาดต่าง ๆ ของผนังเซลล์และลูเมน ด้านการวิเคราะห์ทางเคมีนั้นจะเป็นไปตามมาตรฐาน TAPPI (Anonymous, 2002-2003) ที่สามารถทำได้โดยบดเปลือกเป็นผงขี้เลื่อยด้วยเครื่องบดแล้วร่อนผ่านตะแกรง 40 mesh และค้างอยู่บนตะแกรง 60 mesh จากนั้นนำเปลือกในปอสาที่เตรียมไว้มาแช่ในสารละลาย NaOH ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 ของน้ำหนักเปลือกในปอสาอบแห้ง อัตราส่วนของสารละลายต่อวัสดุเท่ากับ 4:1 เป็นเวลา 12 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง นำเปลือกในปอสาที่อิมตัวมาบีบเอาสารละลายออก แล้วจึงนำไปต้มกับสารละลาย NaOH ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0-10 ของเปลือก และอัดกาซออกซิเจนที่ความดัน 0-7 kg/cm² ตมที่อุณหภูมิสูงสุด 105°C เวลา 0-60 นาที พบว่า สมบัติการต้มที่เพิ่ม NaOH 5% กับ MgSO₄ 0.1% ที่อัดกาซออกซิเจน 3 kg/cm² เป็นเวลา 60 นาที นั้นเป็นวิธีที่ให้ผลที่สุด ซึ่งให้ผลผลิตที่เป็นเยื่อ 48.36 % ที่ไม่เปื่อย 2 % ตัวเลขค่าป้า 10.91 ความขาวสว่าง 62.02 % ความหนืด 88.01 cPs และระดับพอลิเมอร์ 2,404 เมื่อนำเยื่อไปฟอกด้วยวิธีการที่ต่างกัน ได้แก่ 1) ฟอกด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 4% 2) ฟอกด้วยกรดอะซิติก 2% และไฮโดรเปอร์ออกไซด์ 2% และ 3) ฟอกด้วยคลอรีนไดออกไซด์ 10% ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1% คลอรีนไดออกไซด์ 0.2% และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1% พบว่า การฟอกด้วยวิธีการเหล่านี้ที่แตกต่างกันมีผลต่อสมบัติของเยื่อ และมีความแตกต่างกันระหว่างวิธีการฟอก

ในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เยื่อที่ได้จากการฟอกทั้งสามวิธีการสามารถทำกระดาษพิมพ์และกระดาษเขียนได้

ธิดารัตน์ กาญจนธนาเลิศ (ม.ป.ป.) ได้ทำการศึกษาหาสารเคมีที่เหมาะสมในการผลิตเยื่อเชิงเคมีจากกากมันสำปะหลังที่เอาเปลือกออก เพราะแปงที่อยู่ภายในกากมันสำปะหลังส่งผลต่อคุณภาพของเส้นใยในการขึ้นรูปแผ่นกระดาษ โดยเริ่มจากการคัดขนาดกากของมันสำปะหลังและสกัดเปลือกด้วยแอลฟาอะไมเลส จากนั้นทำการผลิตเยื่อเชิงเคมีด้วยสารเคมี 3 ชนิด คือ 1) โซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณร้อยละ 20 ต่อน้ำหนักแห้ง 2) โซเดียมไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 25 ต่อปริมาตร และ 3) เอทานอล 100% โดยสภาวะที่ใช้คือ อุณหภูมิ 120°C เป็นเวลา 120 นาที แล้วจึงนำกากมันสำปะหลังที่ได้ ซึ่งรวมทั้งกากมันที่ไม่ผ่านการต้มเยื่อ (Control) ไปผสมกับเยื่อใยสั้น (HW) ซึ่งเป็นเยื่อเยื่อคัลบัสฟอกขาว โดยสัดส่วนกากมันสำปะหลังนั้นมีร้อยละ 5 และ 10 ของน้ำหนักกระดาษ เพื่อขึ้นแผ่นกระดาษที่มีน้ำหนักมาตรฐาน 75 กรัม/ตารางเมตร โดยใช้เครื่องขึ้นแผ่นแบบ Rapid-Kothen (PTI, Austria) ตามมาตรฐาน ISO 5269-2 และทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพของกระดาษ ได้แก่ ความเรียบ ความแข็งแรงตอแรงดึง ความแข็งแรงตอแรงดันทะลุ และความต้านทานแรงฉีกตามมาตรฐาน TAPPI ซึ่งผลการทดลองพบว่า กากมันสำปะหลังส่งผลให้ความแข็งแรงตอแรงดึงและแรงดันทะลุของกระดาษลดลง แต่การนำกากไปต้มด้วยสารเคมีจะช่วยปรับปรุงความแข็งแรงของกระดาษให้ดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์

2. งานวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบบรรจุภัณฑ์

เจนยูทธ ศรีหิรัญ (2560) ได้ทำงานวิจัยเพื่อออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่นทอดกรอบให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแห่งหนึ่งที่ ต. หนองตูม อ. กงไกรลาศ จ. สุโขทัย เพื่อการส่งออกสู่สาธารณรัฐประชาชนจีน โดยได้ทำการสัมภาษณ์กลุ่มผู้ประกอบการเกี่ยวกับการผลิตกล้วยแปรรูปเพื่อรับทราบความต้องการของชุมชน จากนั้นจึงทำการสรุปแนวคิดที่ได้จากการลงพื้นที่เพื่อออกแบบบรรจุภัณฑ์กล้วยแผ่นทอดกรอบ โดยได้สร้างบรรจุภัณฑ์แบบร่างครั้งที่ 1 แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพของแบบร่างและจึงทำการแก้ไขตามข้อเสนอแนะเป็นแบบร่างครั้งที่ 2 จึงสร้างเป็นต้นแบบบรรจุภัณฑ์จริง นำต้นแบบไปสอบถามความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมายคือผู้บริโภคชาวสาธารณรัฐประชาชนจีน ผลการศึกษาพบว่า ได้ออกแบบด้านโครงสร้างใช้ถุงลามิเนตตั้งได้แบบมีชิปล็อกทึบ 2 ด้าน (stand up pouch) ขนาด 6 x 9 นิ้ว 4 ซึ่งเหมาะสำหรับสินค้าที่ต้องการเก็บรูปลักษณะของสินค้า โดยเฉพาะขนมกรุบกรอบ ทั้งทำให้สินค้าดูน่าสนใจโดดเด่น โดยวัสดุทำจากฟิล์มพลาสติกโพรลีนโฟฟิลินประกบกับอลูมิเนียมฟอยล์และโพรลีนเอทิลีน (BOPP/AL/LDPE) ในด้านกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ใช้ระบบการพิมพ์เฟล็กโซกราฟิกลบนบรรจุภัณฑ์โดยตรง เพื่อให้เกิดสีสันที่สดใส นำรับประทาน นอกจากนี้ในด้านความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุภัณฑ์ พบว่า ในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.46$) ซึ่งการใช้งานสามารถเปิดบริโภคและจัดเก็บส่วนที่เหลือได้สะดวกอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.55$) เพราะถุงชิปล็อกที่ทำให้ผู้บริโภคเมื่อรับประทานกล้วยแผ่นทอดกรอบไม่หมดก็สามารถปิดแล้วถ้าต้องการรับประทานต่อก็เปิดรับประทานใหม่ได้ทั้งหมด โดยมีความพึงพอใจในประสิทธิภาพในการรักษารสชาติอาหารอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.43$)

ประทุมทอง ไตรรัตน์ (2560) ได้ศึกษาเพื่อพัฒนาการใช้วัสดุเหลือทิ้งจากการเก็บเกี่ยวภาคการเกษตรและวัชพืช ได้แก่ เยื่อจากต้นกุหลาบ และเยื่อจากต้นเฮลิโคเนีย เพื่อเป็นเยื่อในการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่ลดการเกิดเชื้อราและยืดอายุผลไม้ 2 ชนิดได้แก่มะม่วงมะละกอ รวมทั้งศึกษาเพื่อทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดการเกิดเชื้อราของสมุนไพรไทย คือ สารสกัดจากใบขี้เหล็ก ใบมะกูด ข่า และใบพลู ซึ่งใช้เป็นส่วนผสมในเยื่อที่ใช้ผลิตบรรจุภัณฑ์และส่วนของสารพ่น ผลการวิจัยพบว่า เครื่องบดสามารถบดส่วนของพืชได้ดีในพืชสดที่มีลำต้นอ่อนและมีการหั่นหรือสับ และทำการแช่ก่อนนำมาบด และเครื่องตีก็สามารถตีออกเป็นเยื่อสำหรับการขึ้นรูปเป็นกระดาษได้ ในส่วนพืชที่มีความแข็งก็จะสับก่อนที่จะนำเข้ามาบด ด้านการออกแบบนั้น รูปแบบบรรจุภัณฑ์จะเป็นไปตามรูปทรงของผลไม้แต่ละชนิด จำนวน 3 ขนาด พบว่า ผู้จำหน่ายเห็นว่ามีความน่าสนใจว่าสามารถใส่ผลไม้ลงไปแต่ละลูกและนำจัดวางลงกล่องและยึดด้วยกระดาษเพื่อป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นระหว่างการขนส่ง และเวลานำมาจัดวางก็สามารถเปิดออกได้ด้านใดด้านหนึ่งที่ทำให้ลดการสัมผัสโดยตรงที่ผลไม้ ซึ่งอาจทำให้เกิดความเสียหายได้ในการทดสอบ ด้านการขนส่งพบว่าผลไม้ยังคงสภาพดีไม่เกิดการเสียหายระหว่างการขนส่งและการยืดอายุและป้องกันการเกิดโรคจากสารสกัดใบขี้เหล็ก ใบมะกูด ข่า และสารสกัดใบพลู ที่ผสมลงในเยื่อและฉีดยามีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคที่เกิดได้ดีที่สุดคือใบขี้เหล็ก และรองลงมาคือใบพลู ข่า และใบมะกูด ตามลำดับ

ทินวงษ์ รักอิสระกุล (2557) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับแนวคิดการสร้างมูลค่าเพิ่มของบรรจุภัณฑ์จากเศษวัสดุเหลือใช้ภายใต้แนวคิดเศรษฐกิจสร้างสรรค์ โดยได้ดำเนินงานวิจัยจากการนำขึ้นรูปแผ่นกระดาษแข็งคล้ายแผ่นไม้จากเปลือกเมล็ดพืชนานาชนิดที่เป็นเศษเหลือทิ้งจากเกษตรกร จากนั้นนำแผ่นไม้ไปทดสอบคุณสมบัติด้านต่าง ๆ แล้วจึงนำแผ่นไม้มาขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ประเภทกล่องไม้บรรจุของ จากนั้นนำต้นแบบบรรจุภัณฑ์ที่ได้ไปสอบถามนักออกแบบบรรจุภัณฑ์ของสถานประกอบการ จำนวน 20 คน และนักวิชาการผู้ซึ่งเชี่ยวชาญเกี่ยวกับการออกแบบบรรจุภัณฑ์ในอุตสาหกรรมภาคผลิตและหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง ผลการศึกษานี้พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความต้องการให้บรรจุภัณฑ์นี้สามารถป้องกันสินค้าจากความเสียหาย มีเอกลักษณ์เฉพาะตัวและมีความน่าสนใจ และเมื่อผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างบรรจุภัณฑ์แล้ว ก็พบว่าโครงสร้างของบรรจุภัณฑ์สามารถป้องกันสินค้าไม่ให้เกิดความเสียหาย ดึงดูดความสนใจ และมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว ซึ่งจะเห็นได้ว่างานวิจัยครั้งนี้เป็นการค้นหาและศึกษาความต้องการของกลุ่มตัวอย่างก่อนแล้วค่อยนำผลที่ได้ไปออกแบบและสร้างสรรค์เป็นบรรจุภัณฑ์ตัวจริง จึงส่งผลให้บรรจุภัณฑ์มีความเป็นไปได้ในการผลิตจริงในเชิงอุตสาหกรรม แต่ยังคงไม่มีการนำไปสอบถามตลาดผู้ใช้สินค้าเหล่านี้จริง ๆ ว่า เมื่อผลิตสินค้ารูปแบบเช่นนี้แล้ว ผู้บริโภคตัวจริงคิดเห็นเป็นเช่นไร

บุษรา สร้อยระย้า และคณะ (2554) ได้ศึกษาและพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมจากเส้นใยกล้วยสำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูป ซึ่งได้ดำเนินการออกแบบด้วยการจัดทำแบบร่างบรรจุภัณฑ์ ตรวจสอบและปรับปรุงแบบร่าง แล้วจึงขึ้นรูปต้นแบบบรรจุภัณฑ์จริง ได้แก่ ซอง (Stand-up pouch) กล่องกระดาษ (Paper box) ถ้วยกระดาษ (Paper cup) และถุงกระดาษ (Zip lock bag) ผลการศึกษพบว่า ความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างโดยภาพรวมอยู่ในระดับดี บรรจุภัณฑ์ทุกรูปแบบสื่อถึงอัตลักษณ์ในการออกแบบทั้งทางด้านโครงสร้างและกราฟิก โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านโครงสร้างการออกแบบที่กลุ่มตัวอย่างเห็นว่าบรรจุภัณฑ์มีรูปแบบสวยงาม โดยเด่น มีเอกลักษณ์เหมาะสมสำหรับนำไปเป็นผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์ และเหมาะกับการมอบเป็นของขวัญที่ระลึก ที่กลุ่ม

ตัวอย่างเห็นว่าอยู่ในระดับดีมาก แต่ในส่วนของโครงสร้างเหมาะสมสำหรับการเก็บรักษา กลุ่มตัวอย่างจะมีความเห็นอยู่ในระดับปานกลาง เพราะบรรจุภัณฑ์ทำมาจากใยกล้วยจึงมีความคิดเห็นว่าเป็นวัสดุที่สามารถย่อยสลายตามธรรมชาติได้ จึงมีความเห็นอยู่ในค่าเฉลี่ยที่น้อยที่สุด ทั้งนี้ในด้านกราฟฟิกของบรรจุภัณฑ์ กลุ่มตัวอย่างก็ยังคงเห็นว่าอยู่ในระดับดีมาก และเห็นว่าตัวอักษรของตราสินค้ามีความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะ และสามารถสร้างความจดจำได้ง่าย แต่อย่างไรก็ตามยังมีข้อจำกัดคือ แผ่นกระดาษจากใยกล้วยนี้ เป็นการสร้างสรรค์ขึ้นด้วยวิธีเชิงหัตถกรรม มีความเรียบของกระดาษน้อย จึงส่งผลให้การสกรีนน้ำหมึกสีไม่สม่ำเสมอ และเกิดรอยต่างบนผิวกระดาษ แม้จะมีการผสมเยื่อปอสาบกับใยกล้วยแล้วก็ตาม ก็ยังคงเกิดปัญหาเช่นนี้อยู่ ส่งผลให้ยากต่อการผลิตกระดาษในเชิงอุตสาหกรรม รวมทั้งกระดาษไม่คงทนต่อสารเคมีทั้งกรดและด่าง เพราะว่าวัสดุธรรมชาติจะดูดความชื้นและทำปฏิกิริยากับสารเคมี ส่งผลให้โครงสร้างของบรรจุภัณฑ์ไม่แข็งแรง จึงทำให้ไม่มีความสามารถรักษาคุณภาพของกระดาษและปกป้องตัวสินค้าได้อย่างมีคุณภาพ

3. งานวิจัยเกี่ยวกับพฤติกรรมผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

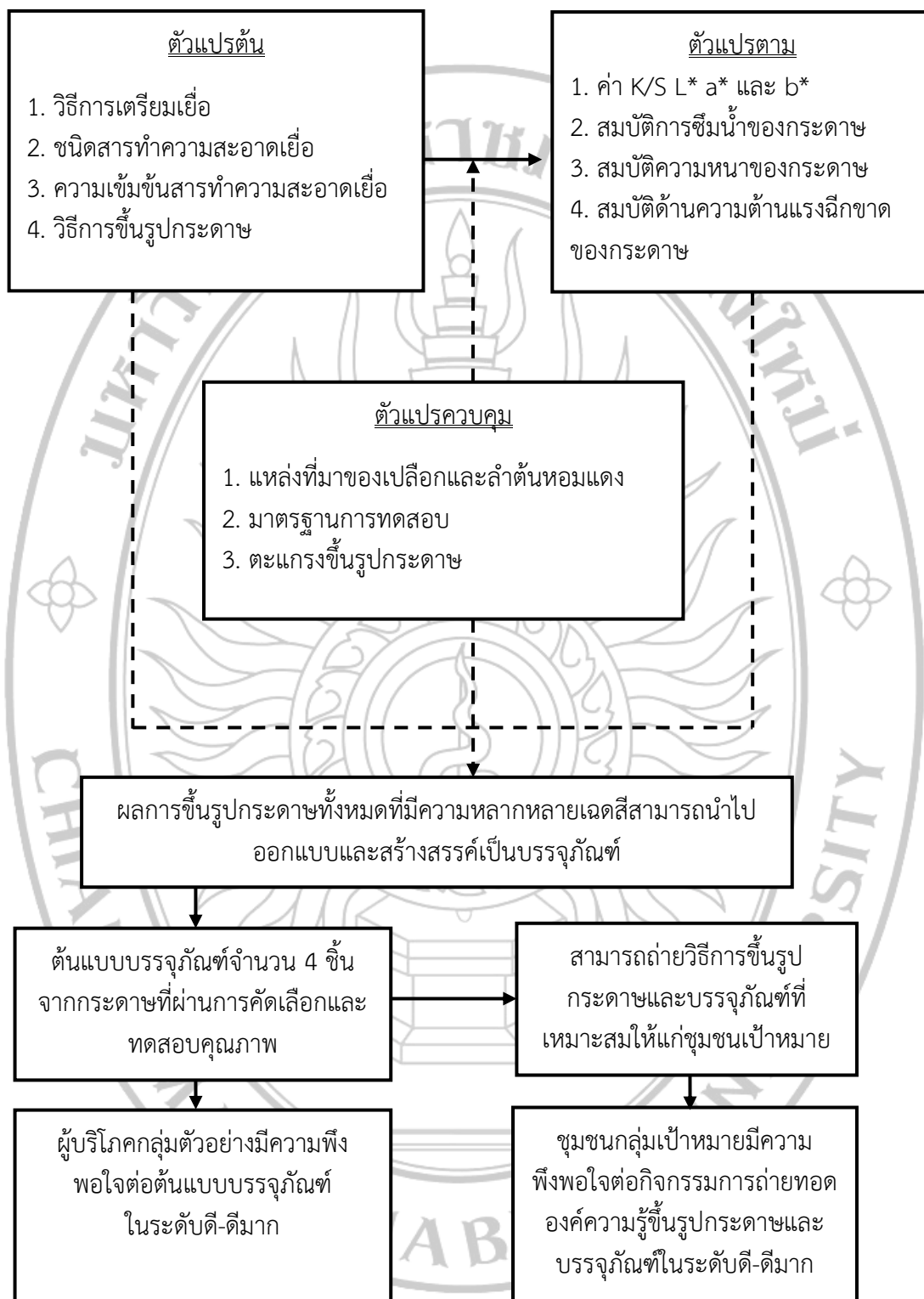
ซูสิกร เทพบุร (2562) ได้ศึกษาความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม และการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้ประกอบการรายย่อย ซึ่งเป็นการวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) พบว่า ระดับความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.17$) และผู้บริโภคมีการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.01$) เช่นกัน ส่วนปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ พบว่า อายุ รายได้ ระดับการศึกษาที่แตกต่างกัน มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้ประกอบการรายย่อยแตกต่างกัน และการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้ประกอบการรายย่อย โดยผู้ประกอบการรายย่อยมีความต้องการใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม ที่เห็นว่าควรมีการส่งเสริมเรื่องคุณสมบัติและข้อดีให้ผู้ประกอบการได้รับรู้เพิ่มมากขึ้น และพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีความน่าสนใจ เพื่อดึงดูดให้หันมาเลือกใช้ และควรเพิ่มช่องทางการจัดจำหน่าย ซึ่งถ้าผู้ประกอบการรายย่อยใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้นนั้น ก็จะเป็นแนวทางในการสร้างสรรค์บรรจุภัณฑ์ที่ช่วยลดภาวะโลกร้อนได้อีกแนวทางหนึ่ง

ปทุมรส กาญจนอุดม และคณะ (2562) ได้ศึกษาการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์อาหารชานอ้อยของผู้ประกอบการร้านอาหารใน จำนวน 274 ร้าน ตัวอย่างที่ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างด้วยวิธีแบบหลายขั้นตอน (Multi-Stage Sampling) และใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับสถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการวิเคราะห์แปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูล ทั้งนี้ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยด้านผู้ประกอบการ ด้านประเภทร้านอาหาร ด้านตราสินค้าที่เลือกใช้ และด้านประเภทของบรรจุภัณฑ์ที่เลือกใช้ที่แตกต่างกันมีผลต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์ใส่อาหารด้วยวัสดุจากชานอ้อยแตกต่างกันด้วย รวมไปถึงความตระหนักถึงสถานการณ์สิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์ใส่อาหารด้วยวัสดุจากชานอ้อยที่ทำให้มีสัดส่วนปริมาณการใช้ผลิตภัณฑ์บรรจุอาหารชานอ้อยสูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จริยา ศรีจรูญ (2559) ได้ศึกษา การรับรู้และความตระหนักของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครเกี่ยวกับการเลือกใช้บริการฉุกเฉินเพื่อสิ่งแวดล้อม ของประชาชนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในเขตกรุงเทพมหานครที่มีการซื้อการใช้หรือเคยใช้บริการฉุกเฉินเพื่อสิ่งแวดล้อม 400 คน ทำการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติไคสแควร์ ผลการศึกษา พบว่าผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครที่มีการซื้อ การใช้หรือเคยใช้บริการฉุกเฉินเพื่อสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่ มีการรับรู้ว่าการเลือกใช้บริการฉุกเฉินเพื่อสิ่งแวดล้อมช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมให้ดีขึ้น และรับรู้ว่าการเลือกใช้บริการฉุกเฉินเพื่อสิ่งแวดล้อมช่วยลดปริมาณขยะ แต่ไม่ทราบว่าการออกแบบบริการฉุกเฉินให้มีการรวมห่อหลายชิ้นเป็นวิธีการหนึ่งของการพัฒนาบริการฉุกเฉินเพื่อสิ่งแวดล้อม และไม่ทราบว่าการเลือกซื้อหรือใช้บริการฉุกเฉินเพื่อสิ่งแวดล้อมต้องไปซื้อที่ร้านขายเฉพาะเท่านั้นไม่สามารถซื้อได้ทั่วไป อย่างไรก็ตามผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครที่มีการซื้อ การใช้หรือเคยใช้บริการฉุกเฉินเพื่อสิ่งแวดล้อมมีความตระหนักต่อการเลือกใช้บริการฉุกเฉินเพื่อสิ่งแวดล้อมในระดับมากด้านที่ตระหนักมากที่สุด คือ รัฐบาลควรให้การส่งเสริมและสนับสนุนทั้งผู้ผลิตสินค้าต่าง ๆ ที่มีการใช้บริการฉุกเฉินเพื่อสิ่งแวดล้อม และส่งเสริมและสนับสนุนผู้ผลิตบริการฉุกเฉินเพื่อสิ่งแวดล้อมด้วย เช่นลดหย่อนยกเว้นภาษีนำเข้าวัตถุดิบสำหรับผลิตบริการฉุกเฉินเพื่อสิ่งแวดล้อมด้วย สำหรับความสัมพันธ์ของการรับรู้และความตระหนักต่อการเลือกใช้บริการฉุกเฉินเพื่อสิ่งแวดล้อม พบว่ามีความสัมพันธ์กัน ยกเว้นการรับรู้ว่าการนำบริการฉุกเฉินกลับมาใช้ซ้ำเป็นวิธีหนึ่งของกลยุทธ์บริการฉุกเฉินเพื่อสิ่งแวดล้อม และการรับรู้ว่าการเลือกซื้อหรือใช้บริการฉุกเฉินเพื่อสิ่งแวดล้อมต้องไปซื้อที่ร้านขายเฉพาะเท่านั้นไม่สามารถซื้อได้ทั่วไป ที่ไม่สัมพันธ์กับความตระหนักต่อการเลือกใช้บริการฉุกเฉินเพื่อสิ่งแวดล้อม



กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 2.11 กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

1. เปลือกและลำต้นหอมแดงสามารถนำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นกระดาษด้วยทั้งวิธีเชิงหัตถกรรม และวิธีเชิงปฏิบัติการทางเคมีได้
2. กระดาษที่ผลิตจากเปลือกและลำต้นหอมแดงสามารถนำมาผสมกับสารธรรมชาติแล้วส่งผลให้กระดาษมีคุณภาพในการกั้นน้ำหรือการซึมน้ำมากยิ่งขึ้น
3. กระดาษที่ผลิตจากเปลือกและลำต้นหอมแดงสามารถนำมาขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ได้
4. ต้นแบบบรรจุภัณฑ์ที่สร้างจากกระดาษจากเปลือกและลำต้นหอมแดง สามารถทำให้กลุ่มเป้าหมายที่เป็นกลุ่มผู้บริโภคทั่วไปมีความพึงพอใจต่อต้นแบบบรรจุภัณฑ์อยู่ในระดับดี - ดีมาก
5. การถ่ายทอดองค์ความรู้เรื่องการผลิตกระดาษและบรรจุภัณฑ์จากเปลือกและลำต้นหอมแดง สามารถทำให้กลุ่มชุมชนวิสาหกิจเป้าหมายมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมอยู่ในระดับดี - ดีมาก