บทที่ 2
การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีดังนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวข้อง
   1.1 ลักษณะและการเปลี่ยนแปลงของสินค้าเกษตรประเภทพืชอาหาร
   1.2 การเสื่อมสภาพของสินค้าเกษตรประเภทพืชอาหาร
   1.3 การเก็บเกี่ยวสินค้าเกษตรประเภทพืชอาหารและการปฏิบัติหลังเก็บเกี่ยว
   1.4 การปฏิบัติหลังเก็บเกี่ยวที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาสินค้าเกษตรประเภทพืชอาหาร
   1.5 สภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่อการเก็บรักษาสินค้าเกษตรประเภทพืชอาหาร
   1.6 โครงสร้างของบรรจุภัณฑ์
   1.7 ประเภทของบรรจุภัณฑ์
   1.8 หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์
   1.9 การออกแบบโครงสร้างและกราฟิกของบรรจุภัณฑ์
   1.10 ขั้นตอนการออกแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์
   1.11 เกณฑ์การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสื่อในการเรียนรู้ด้านการเกษตรของ YSF
   2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะและสรีรวิทยาของสินค้าเกษตรประเภทพืชอาหารและบรรจุภัณฑ์
   2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ ความพึงพอใจ และการตัดสินใจซื้อสินค้าที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์
   2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาและจัดทำฐานข้อมูล
   2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบและเกณฑ์ในการเลือกบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมกับสินค้า

1. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

1.1 ลักษณะและการเปลี่ยนแปลงของสินค้าเกษตรประเภทพืชอาหาร

1.1.1 ลักษณะและการเปลี่ยนแปลงของสินค้าเกษตรประเภทพืชอาหารที่เป็นผลิตผลสด พืชผักผลไม้สดทางการเกษตรที่เป็นพืชอาหาร ได้แก่ ผัก ผลไม้ เห็ด และธัญพืช หลังการเก็บเกี่ยวออกจากต้นแล้ว ยังคงมีชีวิตอยู่ มีการหายใจ การคายน้ำ การผลิตก๊าซเอทิลีน และเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาอย่างต่อเนื่อง มีผลทำให้คุณภาพด้านต่าง ๆ ของพืชผักผลไม้สด เช่น สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส รวมทั้งคุณค่าทางโภชนาการเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง เซลล์พืชซึ่งยังมีชีวิตและมีการหายใจอยู่ การหายใจแบบใช้ออกซิเจนของพืช (aerobic respiration) จะรับก๊าซออกซิเจนจากสิ่งแวดล้อม เข้าไปเพื่อเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตที่สะสมไว้ในเซลล์พืชในรูปของแป้งและน้ำตาล ได้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงานในรูปของความร้อน ผลิตผลพืชผักผลไม้สดจึงมีการคายน้ำ (transpiration) อยู่ตลอดเวลา เพื่อระบายความร้อนจากการหายใจ น้ำและความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะไปกระตุ้น

การเปลี่ยนแปลงอื่น ๆ ให้เกิดได้รวดเร็วขึ้น ทำให้ผลิตผลเสื่อมคุณภาพเร็วขึ้น เน่าเสียได้ง่าย พืชที่มีอัตราการหายใจสูงจะปล่อยความร้อนออกมามากกว่าพืชที่มีอัตราการหายใจต่ำ จึงเสื่อมคุณภาพเร็วกว่า และมีอายุการเก็บรักษาที่สั้นกว่า อัตราการหายใจวัดจากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชปล่อยออกมาที่อุณหภูมิต่ำ ตัวอย่างเช่น ที่ 5 °C ค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชปล่อยออกมาที่ < 5, 5 –10, 10–20, 20–40, 40–60 และ > 60 mg.CO_2/kg-hr. มีความสัมพันธ์กับอัตราการหายใจในระดับต่ำมาก ต่ำ ปานกลาง สูง สูงมาก สูงมากที่สุด ตามลำดับ (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2560)

พืชแต่ละชนิดมีอัตราการหายใจแตกต่างกัน ตั้งแต่ในระดับต่ำ ปานกลาง สูง หรือสูงมาก ผลิตผลจากธัญพืชที่มีเมล็ดเป็นอาหาร เช่น ข้าว และถั่ว มีอัตราการหายใจต่ำมาก ต่ำกว่าผักผลไม้ กะหล่ำปลีมีอัตราการหายใจต่ำ เงาะ มังคุด มะเขือเทศ มะเขือยาว ผักกาดขาว มีอัตราการหายใจปานกลาง ผักคะน้า ผักบุ้งจีน มีอัตราการหายใจสูง และข้าวโพดฝักอ่อน ถั่วฝักยาว เห็ด ทุเรียน มีอัตราการหายใจสูงมาก ผลิตผลที่มีอัตราการหายใจสูง จะเสื่อมสภาพเร็ว อายุการเก็บรักษาสั้น ผักผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวจึงเสื่อมสภาพเร็วกว่าธัญพืช นอกจากนี้ส่วนต่าง ๆ ของพืชมีอัตราการหายใจที่ต่างกัน ส่วนของพืชที่กำลังเจริญเติบโต เช่น ยอดอ่อน จะมีอัตราการหายใจสูง แต่ส่วนที่อยู่ระหว่างการพักตัว เช่น หัวมันเทศ มันฝรั่ง เมล็ดธัญพืชต่าง ๆ จะมีอัตราการหายใจต่ำ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2541)

1.1.2 ลักษณะและการเปลี่ยนแปลงของสินค้าเกษตรประเภทพืชอาหารที่เป็นผลิตภัณฑ์แปรรูป การแปรรูปผลิตผลสดเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูป เป็นวิธีเปลี่ยนแปลงสภาพของผลิตผลสดให้มีรูปร่างลักษณะ สี เนื้อสัมผัส และรสชาติแตกต่างไปจากเดิม ผลิตภัณฑ์แปรรูปช่วยถนอมรักษาคุณภาพพืชอาหารแปรรูป ทำให้มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น เพิ่มมูลค่าของผลผลิตสด แก้ปัญหาผลผลิตสดล้นตลาด เพิ่มความสะดวกในการบริโภค การขนส่ง และการเก็บรักษา การแปรรูปให้ได้เป็นผลิตภัณฑ์ลักษณะต่าง ๆ มีหลายวิธี เช่น การอบแห้ง การแช่อิ่ม การหมัก การดอง การกวน การเชื่อม การทำให้เข้มข้น การต้มเป็นเครื่องดื่ม การรมควัน การสเตอริไรซ์ การพาสเจอไรซ์ การแช่เยือกแข็ง (แช่แข็ง) และการใส่วัตถุปรุงแต่งกลิ่นรส เป็นต้น (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2560)

1.1.3 การเปลี่ยนแปลงของสินค้าเกษตรประเภทพืชอาหาร (ผลิตผลสด) ที่เกิดจากกระบวนการหายใจ การหายใจของพืชมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ทางสรีรวิทยา และคุณภาพของพืชผักผลไม้สดหลายประการ (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2560) ดังนี้

1) การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลไม้ที่มีความแน่นของเนื้อลดลง ทำให้ผลไม้นิ่ม เพราะมีการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล และเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุลของสารกลุ่มเพกทินซึ่งเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์

2) การเปลี่ยนสีผิวและเนื้อของผักและผลไม้บางชนิด เนื่องจากมีการสูญเสียคลอโรฟิลล์ซึ่งมีสีเขียว ทำให้ผักและผลไม้เปลี่ยนเป็นสีเหลือง ส้ม หรือแดง เพราะเกิดแคโรทีนอยด์ที่เป็นรงควัตถุสีเหลืองและสีส้มในผลไม้สุก เช่น มะม่วง กล้วย มะละกอ ส้ม และเกิดไลโคปีนที่มีสีแดงของในผลมะเขือเทศสุกและแตงโม เป็นต้น

3) การเปลี่ยนแปลงของกลิ่นและรส โดยทั่วไป ผลไม้สุกมีรสหวานขึ้นเมื่อแป้งสลายตัวเป็นน้ำตาลกลูโคสและมีความเปรี้ยวลดลงเพราะกรดอินทรีย์ลดลง มีการเกิดสารหอมระเหยบางชนิดที่เป็นกลิ่นเฉพาะของผลไม้ เช่น กลิ่นหอมของกล้วยสุก กลิ่นหอมของแอปเปิล หรือหากพืชผักผลไม้อยู่ในสภาพที่ขาดก๊าซออกซิเจนหรือมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากเกินไป จะเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้เกิดกระบวนการหมักที่สร้างเอทิลแอลกอฮอล์ เกิดกรดแล็กทิก หรือสารอื่น ที่ทำให้พืชผักผลไม้สดมีสภาพ รสชาติ หรือกลิ่นที่ผิดไปจากปกติ

4) การสูญเสียน้ำหนัก สาเหตุสำคัญเนื่องจากการหายใจและการคายน้ำควบคู่กัน

5) การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการ สูญเสียวิตามิน โดยเฉพาะวิตามินซี

6) การผลิตก๊าซเอทิลีนของผลไม้ที่กำลังสุก เอทิลีนทำให้คลอโรฟิลล์เสื่อมสลาย ผลสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ใบ ขั้ว ดอกร่วง เนื้อสัมผัส สี รสชาติ ของผลไม้เปลี่ยนแปลง (จริงแท้ ศิริพานิช, 2541)

จริงแท้ ศิริพานิช (2541) จำแนกผักผลไม้ตามอัตราการหายใจและการผลิตก๊าซเอทิลีนเป็น 2 ประเภท คือ

1) ผักผลไม้ที่มีอัตราการหายใจสูง มีการผลิตเอทิลีนมาก (climacteric fruit) เป็นผลที่บ่มให้สุกได้ ปริมาณเอทิลีนจะเพิ่มขึ้นพร้อมกับการสุก มีผลเร่งให้ผลสุกเร็วขึ้น ผลประเภทนี้ต้องเก็บมาจากต้นตอนผลแก่จัด แล้วจึงปล่อยให้สุกต่อ หรือบ่มให้สุกได้โดยใช้เอทิลีน เมื่อผลเริ่มสุก อัตราการหายใจจะค่อย ๆ ลดลง และเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภายใน เช่น มีการเปลี่ยนสีของเปลือก การเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาล ทำให้ผลสุกมีรสหวาน เนื้อนิ่ม กลิ่นหอมมากกว่าผลไม้ดิบ ตัวอย่างผลที่บ่มให้สุกได้ เช่น ทุเรียน ฝรั่ง กล้วย มะเขือเทศ

2) ผักผลไม้ที่มีอัตราการหายใจต่ำ มีการผลิตเอทิลีนน้อย (non-climacteric fruit) เป็นผลที่บ่มให้สุกไม่ได้ เมื่อเก็บเกี่ยวมาจากต้นแล้ว ผลจะไม่สุกต่อ จึงควรเก็บเกี่ยวเมื่อผลสุกเต็มที่พร้อมบริโภค เมื่อผลสุก อัตราการหายใจจะไม่เพิ่มขึ้น ตัวอย่างผักผลไม้ที่บ่มให้สุกไม่ได้ เช่น แตงกวา พริก มะนาว องุ่น เงาะ มังคุด ลองกอง

1.1.4 การเปลี่ยนแปลงของสินค้าเกษตรประเภทพืชอาหาร (ผลิตผลสดและผลิตภัณฑ์แปรรูป) ที่เกิดจากความชื้น ปริมาณน้ำหรือความชื้นในสินค้าเกษตรประเภทพืชอาหารมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสินค้าและทำให้เกิดการเสื่อมเสีย อาหารที่มีปริมาณน้ำหรือความชื้นสูงเป็นอาหารที่เสื่อมเสียง่าย เนื่องจากมีสภาวะเหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ และรา การบ่งบอกการเสื่อมเสีย อายุการเก็บรักษา ความปลอดภัยของอาหาร ใช้ค่า water activity (a_w) ที่มีค่าตั้งแต่ 0–1 ในการจำแนกอาหารเป็น 3 ประเภท ได้แก่ อาหารสด (อาหารที่มีความชื้นสูงมาก, $a_w > 0.85$) เช่น ผักผลไม้สด อาหารกึ่งแห้ง (อาหารที่มีความชื้นปานกลาง, a_w ระหว่าง 0.6–0.85) เช่น ผักผลไม้แช่อิ่ม ผลไม้กวน และอาหารแห้ง (อาหารที่มีความชื้นต่ำ, $a_w < 0.6$) เช่น แป้งเมล็ดธัญพืช ผักหรือผลไม้ผง เป็นต้น (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2560)

1.2 การเสื่อมสภาพของสินค้าเกษตรประเภทพืชอาหาร หมายถึง การเสื่อมเสียหรือการมีคุณภาพลดลงของสินค้าเกษตรประเภทพืชอาหาร เช่น เกิดการเปลี่ยนแปลงของสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และมีการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ เป็นต้น ทำให้อายุการเก็บรักษาหรืออายุการวางจำหน่าย (shelf life) สั้นลง การเสื่อมสภาพของสินค้า (product damage) อาจเป็นการเสื่อมสภาพที่เกิดจากความเสียหายทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ (จีรานุช บุดดีจีน, 2558; พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2560) ดังต่อไปนี้

– การเสื่อมสภาพทางกายภาพ อาทิ สินค้าเสียรูปทรง แตกหัก เนื้อช้ำ ผิวถลอก เกิดบาดแผล จากแรงเชิงกล เช่น การตกกระแทก การสั่นสะเทือน การกดทับ การขัดถูเสียดสี หรือจากการกัดกินของแมลง

– การเสื่อมเสียทางเคมี อาทิ อาหารไขมันเหม็นหืนจากการเกิดออกซิเดชัน กลิ่นและรสชาติเปลี่ยนจากความเป็นกรดหรือด่าง สีเปลี่ยนและการเสื่อมเสียจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ ซึ่งมักพบในพืชผักผลไม้ที่มีการปอกเปลือกและตัดแต่ง ทำให้บริเวณรอยตัดสัมผัสกับก๊าซออกซิเจนและเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลด้วยเอนไซม์ (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2560) สรวิศ แจ่มจำรูญ (2560) แนะนำให้ใช้สารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) เพื่อป้องกันปัญหาสีน้ำตาล

ทั้งนี้ยังมีปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (non-enzymatic browning reaction) ซึ่งไม่ได้เป็นสาเหตุของการเสื่อมสภาพทางเคมีของสินค้า คือ ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) สีน้ำตาลที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากการแปรรูปอาหารด้วยความร้อน เช่น การอบ การทอด การกวน การคั่ว เป็นต้น โดยอาจทำให้เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลพร้อมกับกลิ่นหอมที่พึงประสงค์ เช่น การคั่วเมล็ดกาแฟ หรือทำให้เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มที่ไม่พึงประสงค์ เช่น ทุเรียนกวน เป็นต้น (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2560)

– การเสื่อมเสียทางชีวภาพ เช่น การหมัก การขึ้นรา เน่า บูด ที่เกิดจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ผลไม้สุกเร็วและสุกมากเกินไป จนเนื้อสัมผัสนิ่ม เละ เน่าเสีย เกิดจากอัตราการหายใจสูงและปล่อยเอทิลีนมาก ผิวและเนื้อผักผลไม้เสียหายจากอาการสะท้านหนาวเนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเกินไป และผักเน่าเสียจากไอน้ำหรือความชื้นภายในบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น

แนวทางในการป้องกันการเสื่อมสภาพเร็วเกินไปของสินค้าเกษตรประเภทพืชอาหาร คือ การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีโครงสร้างและทำจากวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับสินค้า เพื่อให้สามารถทำหน้าที่ปกป้อง คุ้มครอง และเก็บรักษาสินค้าไม่ให้เสื่อมสภาพได้นานที่สุด (จีรานุช บุดดีจีน, 2558)

1.3 การเก็บเกี่ยวสินค้าเกษตรประเภทพืชอาหารและการปฏิบัติหลังเก็บเกี่ยว การเก็บเกี่ยว เป็นวิธีการที่มนุษย์ใช้แยกส่วนของพืชที่ใช้บริโภคเป็นอาหารออกจากต้น เช่น การตัด การปลิด การเด็ด เป็นต้น จากนั้นจึงนำส่วนของพืชที่เป็นผลผลิตสดและเก็บเกี่ยวแล้วไปเข้าสู่ขั้นตอนการปฏิบัติหลังเก็บเกี่ยว ได้แก่ การทำความสะอาดวัตถุดิบ (raw material cleaning) การล้าง (washing) การปอกเปลือก (peeling) การคัดแยก (sorting) การคัดขนาด (sizing) การคัดเกรด (grading) การลดขนาด (size reduction) และการเก็บในสภาพอุณหภูมิต่ำด้วยการการลดอุณหภูมิหลังการเก็บเกี่ยว (pre-cooling) และการแช่เย็นผักและผลไม้ (cold storage) เพื่อดึงความร้อนที่สะสมอยู่ในพืชจากแปลงปลูก (field heat) ระหว่างการเก็บเกี่ยว ช่วยลดอัตราการหายใจ ลดอัตราการคายน้ำ ลดการสูญเสียน้ำ และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น อุณหภูมิการแช่เย็นพืชอาหารที่เป็นผลิตผลสด ต้องไม่ทำให้เกิดอาการสะท้านหนาว (chilling injury) เช่น เกิดรอยแผล ฉ่ำน้ำ เปลือกหรือเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือสีดำ ผักและผลไม้แต่ละชนิดจะเกิดอาการสะท้านหนาวที่อุณหภูมิแตกต่างกัน วิธีการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังเก็บเกี่ยวที่ไม่เหมาะสมมีผลทำให้สินค้าเกิดการเสื่อมเสีย คุณภาพลดลง และอายุการเก็บรักษาสั้นลง (จริงแท้ ศิริพานิช, 2541)

1.4 การปฏิบัติหลังเก็บเกี่ยวที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาสินค้าเกษตรประเภทพืชอาหาร การปฏิบัติหลังเก็บเกี่ยวอาศัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาพืชผักผลไม้สด มีหลักการสำคัญ คือ การควบคุมอัตราการหายใจของพืชผักผลไม้สดและกระบวนการต่าง ๆ ทางสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวให้เกิดขึ้นในอัตราที่ช้าลงและเกิดขึ้นน้อยที่สุดด้วยการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และการปรับสภาพบรรยากาศทั้งในห้องเก็บรักษาและในบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะกับชนิดและอายุของพืชผักผลไม้สด (จริงแท้ ศิริพานิช, 2541 และ สรวิศ แจ่มจำรูญ, 2560) เนื่องจากภายในพืชผักผลไม้สดต่างชนิดกัน มีอัตราการหายใจและกระบวนการต่าง ๆ ไม่เท่ากัน ผลิตผลอ่อนมีอัตราการหายใจและกระบวนการต่าง ๆ ภายในผลิตผลต่ำกว่าผลิตผลแก่ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2541)

1.4.1 การควบคุมอุณหภูมิและความชื้น การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้เหมาะสมกับพืชผักผลไม้สดแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ความร้อนในพืชผักผลไม้สดที่มาจากการหายใจ แปลงปลูก บรรจุภัณฑ์ และอากาศรอบ ๆ มีผลให้พืชผักผลไม้สดเสื่อมคุณภาพและมีอายุการเก็บรักษาสั้นลง ดังนั้น การทำให้พืชผักผลไม้สดเย็นลงด้วยการ

ลดอุณหภูมิหรือลดความร้อนในพืชผักผลไม้สด เช่น การนำไปแช่เย็นในตู้เย็นหรือห้องเย็น การปล่อยลมเย็นพัดผ่าน การแช่น้ำแข็ง จะช่วยรักษาคุณภาพของพืชผักผลไม้สด ลดอัตราการสูญเสียน้ำ ลดการเน่าเสียเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ ลดผลของก๊าซเอทิลีนที่เร่งการสุก และยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น ทั้งนี้อุณหภูมิต่ำสุดในสภาพเก็บรักษาต้องไม่ทำให้พืชผักผลไม้สดเกิดการเสื่อมสภาพ เช่น เกิดอาการสะท้านหนาว (จริงแท้ ศิริพานิช, 2541) การลดอุณหภูมิที่ทำให้พืชผักผลไม้สดเย็นลงภายในห้องเก็บรักษาและบรรจุภัณฑ์ต้องทำร่วมกับการควบคุมปริมาณความชื้นให้เหมาะสม เพื่อป้องกันไม่ให้ผลิตผลเหี่ยวเนื่องจากสูญเสียน้ำและป้องกันไม่ให้เกิดเชื้อราซึ่งทำให้ผลิตผลเน่าเสีย การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องเก็บรักษาสัมพันธ์กับการควบคุมความเร็วลมและการหมุนเวียนของอากาศให้เหมาะสมกับการถ่ายเทความร้อนจากการหายใจของผลิตผล (สรวิศ แจ่มจำรูญ, 2560)

ช่วงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะกับการเก็บรักษาพืชผักผลไม้สดชนิดต่าง ๆ ในกลุ่มผัก ผลไม้ และเห็ด ที่เป็นสินค้าเกษตรประเภทพืชอาหารชนิดต่าง ๆ ของกลุ่มตัวอย่าง YSF พร้อมอายุการเก็บรักษาในสภาวะนั้น ๆเทียบเคียงกับข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และอายุการเก็บรักษาพืชผักผลไม้สดหลายชนิดที่รวบรวมโดย จริงแท้ ศิริพานิช (2541), เบญจมาส รัตนชินกร และคณะ (2554), พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์ (2560) สรุปเป็นภาพรวมได้ดังนี้

กลุ่มสินค้า	อุณหภูมิ	ความชื้นสัมพัทธ์	ความชื้นสัมพัทธ์
ผัก	0–15 °C	85–100%	ตั้งแต่ 5 วัน ถึง 6 เดือน
ผลไม้	0–18 °C	80–95%	ตั้งแต่ 4 วัน ถึง 6 เดือน
เห็ด	0–10 °C	90–95%	3–5 วัน

1.4.2 การปรับสภาพบรรยากาศ เป็นการปรับจากสภาพบรรยากาศปกติที่มีรายงานการวิจัย21% และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.03% เป็นสภาพบรรยากาศใหม่ที่ควบคุมให้สัดส่วนปริมาณของก๊าซต่าง ๆ อยู่ในระดับที่สามารถชะลอกระบวนการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ภายในผลิตผลให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด ทำให้เก็บรักษาผลิตผลได้นานขึ้น การควบคุมสัดส่วนของก๊าซอาจทำได้โดยการเติมก๊าซเข้าหรือดูดก๊าซออกจากที่เก็บรักษา วิธีการปรับสภาพบรรยากาศต้องลงทุนมากขึ้นและมีวิธีปฏิบัติที่มากกว่าการแช่เย็น ทำได้ 2 วิธี (จริงแท้ ศิริพานิช, 2541) คือ

1) การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุม (controlled atmosphere, CA) เป็นวิธีการควบคุมสภาพบรรยากาศที่เก็บรักษาพืชผักผลไม้สดให้มีสัดส่วนของก๊าซที่ต่างไปจากสภาพบรรยากาศปกติ โดยการควบคุมปริมาณก๊าซออกซิเจนให้ต่ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงตามต้องการในสัดส่วนคงที่ให้เหมาะกับชนิดและอายุของพืชผักผลไม้สดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา สรวิศ แจ่มจำรูญ (2560) เสนอข้อควรระวังเกี่ยวกับการลดปริมาณก๊าซออกซิเจนและการเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศรอบ ๆ พืชผักผลไม้สด ว่ามีผลทั้งต่อการชะลอหรือเร่งการเน่าเสีย ขึ้นกับชนิดและอายุของผลิตผล อุณหภูมิ/ปริมาณก๊าซออกซิเจน/ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกที่เก็บรักษา และระยะเวลาเก็บรักษา ทั้งนี้การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุมควรทำควบคู่กับการแช่เย็น เพราะจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลให้นานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการให้คำจำกัดความโดยพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์ (2560) ว่า “การเก็บรักษาแบบควบคุมบรรยากาศ เป็นวิธีการเก็บรักษาผักและผลไม้ในสภาวะแช่เย็นร่วมกับควบคุมสัดส่วนบรรยากาศ คือ ปริมาณของก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซไนโตรเจน ให้เหมาะสมและคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาสินค้า”

2) การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (modified atmosphere, MA) เป็นวิธีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศที่เก็บรักษาพืชผักผลไม้สดให้มีสัดส่วนของก๊าซที่ต่างไปจากสภาพบรรยากาศปกติ โดยสัดส่วนของก๊าซไม่คงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ใช้หลักการลดอัตราการหายใจของพืชผักผลไม้สด ทำให้มีปริมาณก๊าซออกซิเจนต่ำกว่า 10% และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่า 2% สัดส่วนก๊าซต่าง ๆ ในสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่ไม่คงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยต่อไปนี้ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2541)

- ชนิดของผลิตผล ผลิตผลต่างชนิดกัน มีอัตราการหายใจและกระบวนการต่าง ๆ ภายในผลิตผลไม่เท่ากัน
- อายุของผลิตผล ผลิตผลอ่อนมีอัตราการหายใจและกระบวนการต่าง ๆ ภายในผลิตผลต่ำกว่าผลิตผลแก่
- ปริมาณบรรจุผลิตผล ถ้าบรรจุมาก ก๊าซออกซิเจนหมดเร็ว ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมมากขึ้น
- อุณหภูมิในการเก็บรักษา อุณหภูมิสูงขึ้น อัตราการหายใจและกระบวนการต่าง ๆ ภายในผลิตผลสูงขึ้น
- คุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์ในการยอมให้อากาศผ่านเข้าออก ออกเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อสัดส่วนปริมาณก๊าซในบรรจุภัณฑ์ประเภทปรับสภาพบรรยากาศ การถ่ายเทอากาศระหว่างบรรจุภัณฑ์กับห้องเก็บรักษา หรือบรรจุภัณฑ์กับบรรยากาศภายนอกห้องเก็บรักษา มีผลต่อความสด คุณภาพด้านอื่น ๆ และอายุการเก็บรักษาพืชผักผลไม้สด ถ้าบรรจุภัณฑ์ยอมให้ผ่านเข้าออกและการถ่ายเทอากาศได้ง่าย ความเข้มข้นของก๊าซต่าง ๆ ภายในบรรจุภัณฑ์จะใกล้เคียงกับสภาพบรรยากาศปกติ

การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุมแตกต่างจากสภาพบรรยากาศดัดแปลงตรงที่ระดับการควบคุมองค์ประกอบของบรรยากาศให้คงที่หรือไม่คงที่เท่านั้น ทั้งนี้การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุมถือเป็นการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงแบบหนึ่ง ตัวอย่างสภาวะการเก็บรักษาพืชผักผลไม้สดบางชนิดในสภาพบรรยากาศดัดแปลงและสภาพบรรยากาศควบคุม ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างสภาวะการเก็บรักษาผักและผลไม้ในสภาพบรรยากาศดัดแปลงและสภาพบรรยากาศควบคุม

ชนิดผลิตผล	อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณ O_2 (%)	ปริมาณ CO_2 (%)
ผัก กระเจี๊ยบเขียว แตงกวา	8–12	3–5	0
กะหล่ำปลี	0–5	2–3	3–6
กะหล่ำดอก	0–5	2–3	2–5
ข้าวโพดหวาน	0–5	2–4	5–10
ผักกาดหอม	0–5	1–3	0
เห็ด	0–5	เท่ากับปริมาณ O_2 ในอากาศ	10–15
กล้วยหอม	12–15	2–5	2–5
องุ่น	0–5	5–10	5–20
มะเขือเทศ	12–20	3–5	0–3

ที่มา: จริงแท้ ศิริพานิช. (2541). สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. กรุงเทพ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง ช่วยรักษาคุณภาพของผลิตผลให้คงเดิม ลดอาการผิดปกติทางสรีรวิทยา เช่น อาการสะท้านหนาว ลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ แมลง ทำให้สามารถขนส่งผลิตผลได้เป็นระยะ

ทางไกล ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการใช้ฟิล์มพลาสติกห่อผลิตผลหรือใช้บรรจุภัณฑ์ในการบรรจุผลิตผล ที่ทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าเดิม 2-5 เท่า โดยรสชาติ กลิ่น และคุณค่าทางโภชนาการไม่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากเป็นฟิล์มพลาสติกและบรรจุภัณฑ์ที่สามารถชะลอการหายใจ การคายน้ำ การเสื่อมสภาพของผลิตผล และดัดแปลงสภาพบรรยากาศภายในฟิล์มห่อและบรรจุภัณฑ์ให้เป็นสภาวะสมดุล (equilibrium modified atmosphere, EMA) โดยใช้วิธีการนี้ร่วมกับการแช่เย็น (สรวิศ แจ่มจำรูญ, 2560)

1.5 สภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่อการเก็บรักษาสินค้าเกษตรประเภทพืชอาหาร สภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ประกอบด้วยก๊าซต่าง ๆ ความชื้นหรือไอน้ำ และอุณหภูมิ การปรับสภาพบรรยากาศให้เหมาะสมกับการเก็บรักษาสินค้าเกษตรประเภทพืชผักผลไม้สด เป็นการปรับจากสภาพบรรยากาศปกติที่มีก๊าซออกซิเจน 21% และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.03% ให้เป็นสภาพบรรยากาศใหม่ที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาพืชผักผลไม้สดได้นานขึ้น ควรใช้เป็นวิธีการเสริมร่วมกับการแช่เย็นหรือการใช้อุณหภูมิต่ำ (บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์, 2560 และ พีรเดช ทองอำไพ, 2557) สภาวะการเก็บรักษาพืชผักผลไม้สดที่มีอุณหภูมิเหมาะสม มีปริมาณก๊าซต่าง ๆ และความชื้นในสัดส่วนที่เหมาะสม ซึ่งช่วยชะลอการหายใจ ลดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาภายในผลิตผลให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด และมีผลต่อการรักษาความสดของผลิตผลนั้น ๆ เรียกว่า สภาวะรักษาความสด (fresh-care condition) ซึ่งเป็นสภาวะที่มีก๊าซออกซิเจนต่ำกว่า 21% และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่า 0.03% สภาวะรักษาความสดภายในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับผลิตผลพืชผักผลไม้สดทั่วไปประกอบด้วยก๊าซออกซิเจนที่อยู่ในช่วง 2-10% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วง 5-15% อุณหภูมิการเก็บรักษา 4-13°C ความชื้นสัมพัทธ์ 90-99% (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2559) ซึ่งสอดคล้องกับการควบคุมให้มีสัดส่วนก๊าซออกซิเจน 5% และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5% แต่ปริมาณก๊าซออกซิเจนต้องไม่ต่ำเกินไป และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต้องไม่สูงเกินไป จนผลิตผลเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ส่งผลให้เกิดสี กลิ่น และรสชาติที่ไม่พึงประสงค์ (บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์, 2560) และสอดคล้องกับหลักการลดอัตราการหายใจของพืชผักผลไม้สดโดยทำให้มีปริมาณก๊าซออกซิเจนต่ำกว่า 10% และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่า 2% สัดส่วนของก๊าซทั้งสองในการดัดแปลงสภาพบรรยากาศขึ้นชนิดของพืชผักผลไม้สด (สรวิศ แจ่มจำรูญ, 2560)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บรักษาสินค้าเกษตรประเภทพืชอาหารจำพวกพืชผักผลไม้สด ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นหรือไอน้ำ และปริมาณก๊าซต่าง ๆ (บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์, 2560 และพีรเดช ทองอำไพ, 2557)

- อุณหภูมิ หากอุณหภูมิการเก็บรักษาสูง พืชผักผลไม้สดต่าง ๆ จะมีอัตราการหายใจเร็วขึ้น อุณหภูมิที่เหมาะกับการเก็บรักษาพืชผักเมืองหนาวอยู่ที่อุณหภูมิใกล้ 0 °C ขณะที่พืชผักผลไม้เขตร้อน ควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิประมาณ 10-13 °C เหตุผลที่ไม่ควรเก็บผักผลไม้เขตร้อนไว้ที่อุณหภูมิต่ำเกินไป ก็เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดอาการสะท้านหนาว (chilling injury) ซึ่งเป็นอาการที่ผักและผลไม้เกิดความเสียหาย พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์ (2560) อธิบายว่าอาการสะท้านหนาวมีหลายลักษณะ เช่น รอยแผล รอยบุ๋มลึกลงไปในผิว ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ได้ง่าย เนื้อผลไม้นิ่มลง ฉ่ำน้ำ สุกไม่สม่ำเสมอ กลิ่นและรสชาติผิดปกติ นอกจากนี้เปลือกผิวนอก หรือเนื้อในของผักผลไม้ เกิดการเปลี่ยนสี (discoloration) เป็นสีน้ำตาลหรือสีดำ พืชผักผลไม้แต่ละชนิดเกิดอาการสะท้านหนาวที่อุณหภูมิต่างกัน พืชผักผลไม้เขตร้อนเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 12-15 °C มักเกิดอาการสะท้านหนาว ตัวอย่างสภาวะการเก็บรักษาพืชผักผลไม้สดที่สรุปจากจริงแท้ ศิริพานิช (2541) เบญจมาส รัตนชินกร

และคณะ (2554) พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์ (2560) มีดังนี้ สภาวะการเก็บรักษาผักสด: อยู่ในช่วงอุณหภูมิ 0–15 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 85–100% อายุการเก็บรักษา 5 วัน ถึง 6 เดือน ขึ้นกับชนิดผัก สภาวะการเก็บรักษาผลไม้: อุณหภูมิ 0–18 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 80–95% อายุการเก็บรักษาตั้งแต่ 4 วัน ถึง 6 เดือน ขึ้นกับชนิดผลไม้ สภาวะการเก็บรักษาเห็ด: อุณหภูมิ 0–10 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 90–95% อายุการเก็บรักษาตั้งแต่ 3–5 วัน ขึ้นกับชนิดเห็ด การควบคุมสภาวะการเก็บรักษาให้เหมาะสม จะช่วยยืดอายุพืชผักผลไม้สดได้

– ความชื้นหรือไอน้ำ การหายใจของพืชผักผลไม้สด ทำให้เกิดความชื้นหรือไอน้ำภายในบรรจุภัณฑ์ ซึ่งสามารถควบแน่นเป็นหยดน้ำในระหว่างเก็บรักษา ขนส่ง และวางขาย แล้วมีผลต่ออายุการเก็บรักษาผลิตผลพืชผักผลไม้สด เพราะเชื้อราและจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ดี ทำให้พืชผักผลไม้สดนั้นเสื่อมคุณภาพและเน่าเสีย

– ปริมาณก๊าซ สัดส่วนปริมาณก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์มีผลต่อการเก็บรักษาพืชผักผลไม้สด ดังนี้

- ก๊าซออกซิเจน ระดับปริมาณก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศทั่วไป เป็นระดับที่พืชผักผลไม้สดและจุลินทรีย์ใช้ในการหายใจปกติ แต่เป็นระดับที่มากเกินไปสำหรับพืชผักผลไม้สด เพราะทำให้เหี่ยวง่ายและเอื้อต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดที่ทำลายผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว
- ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การควบคุมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกระบวนการหายใจให้มีปริมาณเหมาะสมในบรรจุภัณฑ์ จะช่วยถนอมความสดของพืชผักผลไม้ เพราะทำให้เกิดสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการแพร่พันธุ์ของจุลินทรีย์ การเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์ให้มากขึ้น ทำให้หายใจน้อยลง ซึ่งมีผลลดอัตราการสร้างเอทิลีนด้วย
- ก๊าซเอทิลีน เป็นก๊าซที่ผลไม้ปล่อยออกมาแล้วทำให้ผลไม้สุก การชะลอเวลาสุกงอม การเหี่ยว และการเน่าเสียด้วยการใส่สารดูดซับเอทิลีนรวมอยู่ในบรรจุภัณฑ์หรือใช้สารนั้นเป็นองค์ประกอบในวัสดุบรรจุภัณฑ์ เพื่อดูดซับเอทิลีนที่ผลไม้ปล่อยออกมาร่วมกับการเก็บผลไม้ดิบไว้ในที่มีอุณหภูมิต่ำ จะช่วยชะลอการหายใจและการสร้างเอทิลีน ซึ่งมีผลชะลอการสุกของผลไม้ การที่ผลไม้เกิดบาดแผล รอยช้ำ หรือมีตำหนิจากการเข้าทำลายโดยโรคและแมลง ทำให้มีการสร้างก๊าซเอทิลีนมากกว่าปกติ ส่งผลให้สุกเร็วกว่าปกติและอายุการเก็บรักษาผลไม้นั้นจะสั้นลง

เมื่อเปรียบเทียบสภาวะเก็บรักษาพืชผักผลไม้สดของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (2559) พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์ (2560) และ จริงแท้ ศิริพานิช (2541) ข้างต้น กับสภาวะการเก็บรักษาที่เหมาะสมกับพืชผักผลไม้สดและการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ในประเทศเดนมาร์ก จะเห็นได้ว่าใกล้เคียงกัน การควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และสภาพบรรยากาศดัดแปลงในการเก็บรักษาผักและผลไม้สดที่ทำให้เกิดสภาพที่เหมาะสมภายในบรรจุภัณฑ์ มีผลต่อสภาพทางสรีรวิทยาของพืชผักผลไม้สด ช่วยชะลอการแก่รวมทั้งยืดอายุการเก็บรักษาได้ดีขึ้นตั้งแต่ 300% ถึง 800% ตัวอย่างภาพรวมของสภาวะการเก็บรักษาที่เหมาะสมกับพืชผักผลไม้เมืองหนาวหลายชนิด ในประเทศเดนมาร์ก คือ อุณหภูมิในช่วง 0–20 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 85–100% ก๊าซออกซิเจน 2–10% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0–15% และปริมาณก๊าซเอทิลีนที่ค่าต่าง ๆ กันตามชนิดของพืชผักผลไม้สด เนื่องจากพืชผักผลไม้สดบางชนิดเท่านั้นที่ปล่อยเอทิลีนและแต่ละชนิดไวต่อการตอบสนองต่อ เอทิลีนที่ความเข้มข้นต่างกัน ดังนั้น การใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมควบคู่กับการเก็บในสภาวะการเก็บรักษาที่เหมาะสม จะช่วยคงคุณภาพและยืดอายุพืชผักผลไม้สดได้ (Danish Technological Institute Packaging and Transport, 2008)

บรรจุภัณฑ์ที่ถ่ายเทอากาศได้และสภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ สภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ที่ควบคุมหรือดัดแปลงให้มีปริมาณก๊าซในสัดส่วนที่เหมาะสมกับชนิดพืชผักผลไม้สดตลอดระยะการเก็บรักษา โดยทำ

ให้มีปริมาณก๊าซออกซิเจนต่ำ เพื่อลดการหายใจของพืชผักผลไม้สด แต่ยังคงหายใจแบบใช้ออกซิเจนได้ และมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ ในระดับที่ไม่ทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน แต่ขัดขวางการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ เช่น สัดส่วนก๊าซออกซิเจน 5% เท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้รักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาได้ (บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์, 2560) สภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ดังกล่าวเกิดจากโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ที่ถ่ายเทอากาศได้ เช่น บรรจุภัณฑ์ที่ไม่ปิดสนิทมาก มีรูเจาะ มีรูพรุน มีรูเจาะระดับไมครอน ทำจากวัสดุที่ระบายอากาศได้ หรือบรรจุภัณฑ์ MAP ที่ดัดแปลงสภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะกับชนิดสินค้า ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์ที่ถ่ายเทอากาศได้และนิยมใช้บรรจุสินค้าเกษตร คือ บรรจุภัณฑ์ที่ทำจากฟิล์มพลาสติกทั่วไป ฟิล์มพลาสติกเจาะรู และฟิล์มพลาสติกดัดแปลงบรรยากาศ

– บรรจุภัณฑ์ที่ทำจากฟิล์มพลาสติกทั่วไป เป็นบรรจุภัณฑ์ที่สกัดกั้นก๊าซและไอน้ำได้ดี ก๊าซและไอน้ำซึมผ่านได้น้อย ทำให้พืชผักผลไม้สดภายในบรรจุภัณฑ์อาจใช้ก๊าซออกซิเจนในการหายใจจนหมด เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมมากขึ้นจากการหายใจ เพราะซึมผ่านออกไปภายนอกไม่ได้ สภาวะบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์จึงมีปริมาณก๊าซออกซิเจนต่ำเกินไป และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงเกินไป เช่น มีสัดส่วนก๊าซออกซิเจนประมาณ 0% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 21% เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ส่งผลให้ผลิตผลมีสี กลิ่น รสชาติที่ไม่พึงประสงค์และผิดปกติไปจากเดิม (บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์, 2560)

– บรรจุภัณฑ์ที่ทำจากฟิล์มพลาสติกเจาะรู จำแนกเป็น 3 ประเภทตามขนาดรูเจาะ ดังนี้

● บรรจุภัณฑ์ที่ทำจากฟิล์มพลาสติกเจาะรูทั่วไป เป็นบรรจุภัณฑ์ที่ยอมให้ก๊าซและไอน้ำซึมผ่านได้มาก ถ้าจำนวนรูเจาะมากและขนาดรูใหญ่ ก๊าซและไอน้ำจะซึมผ่านบรรจุภัณฑ์มากเกินไป ทำให้สภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์เทียบเท่าสภาพบรรยากาศปกติที่มีสัดส่วนก๊าซออกซิเจน 21% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.03% พืชผักผลไม้สดจึงหายใจแบบใช้ออกซิเจนและคายน้ำอย่างต่อเนื่อง ทำให้เสื่อมสภาพ สูญเสียน้ำมาก เหี่ยวเร็ว จึงไม่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษา (บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์, 2560) เมื่อเปรียบเทียบกับบรรจุภัณฑ์ที่ปิดผนึกสนิท ไม่มีรูถ่ายเทอากาศไม่ได้ จึงระบายไอน้ำออกจากถุงไม่ได้ เกิดฝ้าไอน้ำภายในถุง พืชผักผลไม้สดขึ้นรา เน่าเสียได้ง่าย

บรรจุภัณฑ์ที่ถ่ายเทอากาศได้
ถุงพลาสติก BOPP ป้องกันการเกิดฝ้าไอน้ำภายในถุง
ไอน้ำภายในถุงระบายออกจากถุงได้

บรรจุภัณฑ์ที่ถ่ายเทอากาศไม่ได้
ถุงพลาสติก PP ปิดผนึกสนิท ไม่เจาะรู
ระบายไอน้ำไม่ได้ เกิดฝ้าไอน้ำภายในถุง

ภาพที่ 2.1 บรรจุภัณฑ์ที่ถ่ายเทอากาศได้กับบรรจุภัณฑ์ที่ถ่ายเทอากาศไม่ได้

ที่มา: https://www.mundo.co.th/bopp-anti-fogging-vegetable-bag.html

- บรรจุภัณฑ์ที่ทำจากฟิล์มพลาสติกเจาะรูพรุน (porous film หรือ perforated film) เป็นบรรจุภัณฑ์ที่ยอมให้ก๊าซและไอน้ำซึมผ่านได้ ป้องกันการเกิดฝ้าไอน้ำ ลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ จำนวนและขนาดของรูเจาะขึ้นกับชนิดและอัตราการหายใจของพืชผักผลไม้สด (บริษัท มุนโดะ จำกัด, 2560)

ภาพที่ 2.2 ถุงพลาสติกชนิด BOPP มีรูพรุน ป้องกันการเกิดฝ้าไอน้ำภายในถุง

ที่มา: https://www.mundo.co.th/bopp-anti-fogging-vegetable-bag.html

- บรรจุภัณฑ์ที่ทำจากฟิล์มพลาสติกเจาะรูระดับไมครอน (micro-perforated film) เป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีรูเจาะขนาดเล็กระดับไมครอน เจาะด้วยเลเซอร์ เส้นผ่านศูนย์กลางของรูเจาะอยู่ในช่วง 40-50 ไมครอน สามารถควบคุมการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำได้ อัตราการซึมผ่านขึ้นอยู่กับการออกแบบจำนวนและขนาดของรูเจาะตามชนิดและอัตราการหายใจของพืชผักผลไม้สด จึงปรับสภาวะบรรยากาศให้สมดุลภายในบรรจุภัณฑ์ระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้ไม่เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ชะลอการเปลี่ยนแปลงของพืชผักผลไม้สด ฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอนด้วยเลเซอร์ที่พัฒนาสำหรับพืชผักผลไม้สดมูลค่าสูงหลายชนิดของไทย มีสมบัติการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนเป็นช่วงกว้างหรือมีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (oxygen transmission rate, OTR) ในช่วง 3,000-25,000 cc/m^2.day โดยอัตราการซึมผ่านของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อก๊าซออกซิเจน (permeability ratio, PCO_2)/PO_2, b) ที่มีค่าในช่วงประมาณ 0.8-1 ทำให้ยืดอายุและรักษาคุณภาพของพืชผักผลไม้สดได้นานกว่าปกติ 2-5 เท่า มีต้นทุนการผลิตลดลงอย่างน้อย 3-4 เท่า ข้อดีอื่น ๆ ของฟิล์มเจาะรูขนาดไมครอน คือ ใส แข็งแรง และไม่เกิดฝ้าไอน้ำ (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2559)

- บรรจุภัณฑ์ที่ทำจากฟิล์มพลาสติกดัดแปลงสภาพบรรยากาศ (modified atmosphere packaging, MAP) เป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศรอบพืชผักผลไม้สดภายในบรรจุภัณฑ์ให้เป็นสภาวะสมดุล (Equilibrium Modified Atmosphere, EMA) เพื่อชะลอการหายใจและควบคุมองค์ประกอบของสภาพบรรยากาศ (O_2, CO_2 และความชื้น) ภายในบรรจุภัณฑ์ ให้เหมาะกับความต้องการของพืชผักผลไม้สดแต่ละชนิด สัดส่วนของก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์ MAP ต่างจากสภาพบรรยากาศปกติ (O_2 21%, CO_2 0.03% และ N_2 78% อุณหภูมิ 25-35 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 40-60%) ซึ่งเป็นผลมาจาก 1) การดึงอากาศออกจากถุง ใส่ก๊าซในสัดส่วนที่ต้องการลงไปในถุงก่อนปิดผนึก หรือใส่สารดูดซับก๊าซเข้าไปในถุงหรือผสมในเนื้อพลาสติก 2) อัตราการหายใจของพืชผักผลไม้สดที่บรรจุ และ 3) สมบัติของบรรจุภัณฑ์ที่ยอมให้ก๊าซซึมผ่านหรือสกัดกั้นก๊าซ โดยเฉพาะก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซเอทิลีน และ ไอน้ำ ที่มีผลต่อการหายใจและการเสื่อมสภาพของผลิตผล และอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ส่งผลต่อการดัดแปลงและรักษาสภาวะสมดุลในบรรจุภัณฑ์

ตามความต้องการที่ต่างกันของพืชผักผลไม้สดแต่ละชนิด ประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์ MAP ในการยืดอายุการเก็บรักษาพืชผักผลไม้สด คือ การเก็บรักษาในสภาวะอุณหภูมิต่ำหรือแช่เย็น ผลงานวิจัยและพัฒนาฟิล์มพลาสติกที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติร่วมกับ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีการยื่นจดสิทธิบัตรในหัวข้อ “ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศเพื่อยืดอายุและรักษาคุณภาพของผลิตผลสด” ในปี พ.ศ. 2548 และได้มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อให้สิทธิ์แก่เอกชนเพื่อใช้ประโยชน์เพื่อเชิงพาณิชย์ตั้งแต่ปี 2549 ภายใต้ชื่อ “Active PAK^{TM}” (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2559)

ถุง MAP ที่ผลิตจำหน่ายในท้องตลาด ส่วนใหญ่ใช้เป็นถุงยืดอายุพืชผักผลไม้สด ทำจากพลาสติกที่มีโครงสร้างเป็นรูพรุนเล็ก ๆ ที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่าจำนวนมาก มีคุณสมบัติยอมให้ก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซเอทิลีน และไอน้ำหรือความชื้น ซึมผ่านได้ในอัตราที่เหมาะสมกับชนิดพืชผักผลไม้สด จึงเรียกว่าเป็น “ถุงหายใจได้” เกิดสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่ทำให้พืชผักผลไม้สดมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานกว่าการบรรจุในถุงพลาสติกทั่วไปประมาณ 2–5 เท่า ตัวอย่างเช่น ถุง MAP Active PAK^{TM} (บริษัท เซฟเฟอร์ แพค (ประเทศไทย), 2561) จำกัด และถุง MAP (Fresh®&Fresh) (บริษัท ทานตะวันอุตสาหกรรม จำกัด (มหาชน), 2561)

ถุง MAP: Active PAK^{TM} ก **ถุง MAP: Fresh®&Fresh**

ภาพที่ 2.3 ถุง MAP ที่เป็นถุงยืดอายุพืชผักผลไม้สด

ที่มา: https://www.saferpac.co.th/our-products/ถุงยืดอายุ-ถุงหายใจได้-activepak/ และ http://www.thantawan.com/thai/map.php

1.6 โครงสร้างของบรรจุภัณฑ์ ประกอบด้วยรูปแบบ รูปทรง ขนาด และวัสดุบรรจุภัณฑ์ รูปแบบ เช่น กล่อง ขวด กระป๋อง ถุง ซอง ถ้วย ถาด เป็นต้น รูปทรง เช่น ทรงสี่เหลี่ยม ทรงสามเหลี่ยม ทรงหกเหลี่ยม ทรงกระบอก ทรงกลม และทรงแบนราบ ทรงวางตั้งได้ เป็นต้น (มยุรี ภาคลำเจียก, 2558) สำหรับขนาดของบรรจุภัณฑ์ขายปลีกมีความสัมพันธ์กับมิติของบรรจุภัณฑ์ที่ประกอบด้วยมิติด้านในที่สัมพันธ์กับปริมาณสินค้าที่บรรจุรวมกับปริมาตรช่องว่าง (head space) ในบรรจุภัณฑ์ ส่วนมิติด้านนอกของบรรจุภัณฑ์จะสัมพันธ์การพื้นที่การจัดเก็บ จัดวางบนชั้นจำหน่าย จัดวางในบรรจุภัณฑ์ขนส่ง บนพาเลต หรือพาหนะขนส่งสินค้า วัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ขายปลีกมี 6 ประเภทหลัก ได้แก่ กระดาษ พลาสติก โลหะ แก้ว ไม้ และวัสดุประสม ซึ่งวัสดุแต่ละประเภทมีสมบัติแตกต่างกัน สมบัติที่สำคัญ อาทิ ความแข็งแรง ความยืดหยุ่น ความทนทาน อัตราการซึมผ่านไอน้ำ (water vapor transmission rate, WVTR) และอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน (oxygen transmission rate, OTR) ทำให้มีข้อดีและข้อด้อยต่อโครงสร้างและการทำหน้าที่ของบรรจุภัณฑ์แตกต่างกันด้วย โครงสร้างบรรจุภัณฑ์มีผลต่อความคงรูป (rigidity) หรือความคงตัวของรูปทรงบรรจุภัณฑ์ เมื่อมีสินค้าบรรจุอยู่ภายใน บรรจุภัณฑ์ที่ทำจากวัสดุแข็ง จะสามารถคงรูปและมีความแข็งแรงมากกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากวัสดุอ่อนตัว (ศุภณี เรียบเลิศหิรัญ, 2556)

1.7 ประเภทของบรรจุภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์จำแนกได้หลายประเภทขึ้นกับเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนก ได้แก่ วัตถุประสงค์ในการใช้งาน วัสดุบรรจุภัณฑ์ ความคงรูป และวิธีบรรจุและวิธีการขนถ่าย ศุภณี เรียบเลิศหิรัญ (2556) สรุปเรื่องประเภทของบรรจุภัณฑ์ ไว้ดังนี้

1.7.1 บรรจุภัณฑ์จำแนกตามวัตถุประสงค์ในการใช้งาน มี 2 ประเภท คือ บรรจุภัณฑ์ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อการใช้งานทั่วไปและบรรจุภัณฑ์ที่พัฒนาเพื่อวัตถุประสงค์พิเศษ

1) บรรจุภัณฑ์ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อการใช้งานทั่วไป ได้แก่ บรรจุภัณฑ์ขายปลีก (retail packaging) และบรรจุภัณฑ์ขนส่ง (shipping หรือ transportation packaging)

(1) บรรจุภัณฑ์ขายปลีก หมายถึง บรรจุภัณฑ์ที่ทำหน้าที่หลักในการในการบรรจุ ห่อหุ้ม รองรับ คุ้มครอง ป้องกันสินค้าและรักษาคุณภาพสินค้า แสดงตัวสินค้าได้ดีเมื่ออยู่บนชั้นวางขาย และให้ข้อมูลสินค้าได้ครบถ้วน เป็นข้อมูลที่สอดคล้องกับกฎระเบียบด้านบรรจุภัณฑ์ของประเทศที่ขายสินค้า และเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ผู้บริโภคทิ้งไปหลังจากใช้สินค้าแล้ว บรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่ดีควรมีการออกแบบด้านโครงสร้างและกราฟิกที่สอดคล้องกับตัวสินค้า สภาพการขนส่ง และการตลาด เพื่อให้ได้ภาพลักษณ์ของบรรจุภัณฑ์ที่ช่วยเพิ่มมูลค่าสินค้า สามารถโฆษณาและแสดงตัวสินค้าเพื่อดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค โดยออกแบบโครงสร้างให้มีรูปแบบ รูปทรง และขนาดที่เหมาะสมกับการใช้งานของผู้บริโภค สะดวกในการใช้งาน อาทิ เปิดปิด หิ้วถือ เท ริน มีขนาดเหมาะสมกับปริมาณบรรจุเพื่อการขายปลีก และจัดวางเรียงได้พอดีในกล่องขนส่งขนาดมาตรฐาน หากต้องการส่งออก

บรรจุภัณฑ์ขายปลีกจำแนกตามลักษณะการบรรจุได้ 2 ประเภท คือ

– บรรจุภัณฑ์ขายปลีกเฉพาะหน่วย ใช้บรรจุสินค้าเพื่อขายเป็นชิ้นเดี่ยว ๆ จัดเป็นบรรจุภัณฑ์ชั้นที่ 1 เพราะสัมผัสกับตัวสินค้าโดยตรง สิ่งสำคัญสำหรับการออกแบบและผลิต คือ ต้องมีการทดสอบก่อนให้มั่นใจว่าสินค้าและบรรจุภัณฑ์ที่เข้ากันได้ (compatibility) ไม่ทำปฏิกิริยาต่อกัน ไม่เกิดเคลื่อนย้าย (migration) สารจากวัสดุบรรจุภัณฑ์เข้าไปปนเปื้อนในสินค้าโดยเฉพาะอาหาร หรือไม่ทำให้บรรจุภัณฑ์เสียรูปทรงไป นอกเหนือจากความเข้ากันได้ของอาหารและบรรจุภัณฑ์แล้ว

– บรรจุภัณฑ์ขายปลีกแบบรวมหน่วย ทำหน้าที่รวบรวมจำนวนบรรจุภัณฑ์ขายปลีกเฉพาะหน่วยไว้ด้วยกันที่จำนวนตั้งแต่ 2 ชิ้นขึ้นไป เพื่อจำหน่ายเป็นชุดในขนาดที่ใหญ่ขึ้น อาจเป็นบรรจุภัณฑ์ชั้นที่ 1 (ชั้นใน) ที่ห่อหุ้มหรือบรรจุสินค้า หรือเป็นบรรจุภัณฑ์ชั้นที่ 2 (ชั้นนอก) ซึ่งห่อหุ้มบรรจุภัณฑ์ชั้นที่ 1 ที่บรรจุสินค้าแล้วก็ได้ จึงเพิ่มความสะดวกในการขายและเพิ่มปริมาณจำหน่ายสินค้า บรรจุภัณฑ์เพื่อการขายปลีกแบบรวมหน่วยยังมีวัตถุประสงค์เพื่อให้บรรจุสินค้าลงบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง และกระจายสินค้าออกสู่ตลาดได้อย่างรวดเร็ว และเพื่อกระตุ้นความต้องการซื้อ ณ จุดขายด้วยราคาต่อหน่วยที่ต่ำกว่าเมื่อซื้อในปริมาณมากขึ้น รูปแบบของบรรจุภัณฑ์ขายปลีกแบบรวมหน่วยที่ผลิตได้รวดเร็ว คือ การห่อรัดรูปด้วยฟิล์มหด ไม่มีการพิมพ์ นิยมใช้กับสินค้าจำพวกน้ำดื่ม น้ำผลไม้ และอาหารกระป๋อง บรรจุภัณฑ์แบบนี้ยังทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายจากน้ำ ความชื้น ความร้อน แสงแดด การกระทบกระเทือนที่อาจเกิดกับสินค้า อำนวยความสะดวกในการขนส่ง สามารถออกแบบด้านกราฟิกให้สวยงาม ด้านโครงสร้างให้แข็งแรง เหมาะกับสินค้าที่บรรจุ ช่วยโฆษณาและแสดงตัวสินค้าบนชั้นวางจำหน่ายที่สื่อถึงภาพลักษณ์ของสินค้าเพื่อดึงดูดใจผู้ซื้อ และออกแบบให้ลดต้นทุนการผลิต อาทิ ลดจำนวนสีที่พิมพ์

(2) บรรจุภัณฑ์ขนส่ง หมายถึง บรรจุภัณฑ์ที่ทำหน้าที่ขนส่งและคุ้มครองสินค้าไม่ให้เสียหายโดยห่อหุ้มบรรจุภัณฑ์ขายปลีกให้เป็นหน่วยใหญ่ขึ้นในขนาดที่อำนวยความสะดวกในการเก็บรักษา ลำเลียง และขนส่งสินค้าให้ถึงที่หมายหรือถึงมือผู้บริโภคอย่างปลอดภัย บรรจุภัณฑ์ขนส่งเป็นบรรจุภัณฑ์ชั้นนอกสุด (outer packaging) หรือบรรจุภัณฑ์ชั้นที่ 3 ที่ใช้รองรับหรือห่อหุ้มบรรจุภัณฑ์ขายปลีกเฉพาะหน่วยหรือรวมหน่วยเข้าด้วยกัน การออกแบบบรรจุภัณฑ์ขนส่งควรออกแบบให้มีรูปแบบ รูปทรงแน่นอน ได้ขนาดตามมาตรฐานการผลิตในระบบอุตสาหกรรมกับระบบการขนส่ง สามารถบรรจุเพื่อขนส่งได้คราวละมาก ๆ จัดวางเรียงซ้อนบนแท่นรองรับสินค้า/พาเลต (pallet) และตู้ขนส่งได้พอดี เน้นการออกแบบด้านโครงสร้างที่แข็งแรง คุ้มครองสินค้าได้ ใช้งานสะดวก อาทิ เปิดปิดง่าย นำสินค้าออกมาได้สะดวกและรวดเร็ว การออกแบบกราฟิก ไม่เน้นความสวยงาม แต่ต้องแสดงข้อมูลที่จำเป็นต่อการขนส่งสินค้าให้ถึงผู้รับได้อย่างปลอดภัย อาทิ ภาพเครื่องหมาย (pictorial marking) รหัสสินค้า (code) เลขที่ (number) ตราสินค้า และสถานที่ส่ง แต่หากต้องการให้ทำหน้าที่เป็นชั้นวางจำหน่ายและโฆษณาสินค้าด้วย อาจออกแบบกราฟิกให้สวยงามได้ รูปแบบบรรจุภัณฑ์ขนส่งที่นิยมใช้ คือ ลัง และกล่องลูกฟูก

2) บรรจุภัณฑ์ที่พัฒนาเพื่อวัตถุประสงค์พิเศษ เป็นนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบและผลิตให้มีวัตถุประสงค์พิเศษในการใช้งานเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในด้านต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น

(1) บรรจุภัณฑ์แอกทิฟ (active packaging) เป็นบรรจุภัณฑ์ที่ช่วยรักษาคุณภาพความสดใหม่ของผลิตผลการเกษตรและอาหารให้คงอยู่ในสภาพเดิมได้นานทั้งทางด้านเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาให้ยาวนานขึ้น รวมทั้งทำให้ปลอดภัยต่อการบริโภค โดยอาศัยเทคโนโลยีการบรรจุที่ควบคุมหรือปรับสภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ให้เปลี่ยนแปลงไปอย่างเหมาะสมกับผลิตผลทางการเกษตรและอาหารแต่ละชนิด ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์แอกทิฟที่สำคัญ คือ บรรจุภัณฑ์ดัดแปลงสภาพบรรยากาศ (Modified Atmosphere packaging, MAP) ซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ยืดอายุการเก็บรักษาพืชผักผลไม้สด ภายใต้สภาวะบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ที่มีสัดส่วนของก๊าซที่ไม่คงที่และต่างจากบรรยากาศปกติ สัดส่วนของก๊าซขึ้นกับชนิด อายุ และสรีรวิทยาของพืชผักผลไม้สด รวมทั้งคุณสมบัติการสกัดกั้นก๊าซและไอน้ำของบรรจุภัณฑ์

(2) บรรจุภัณฑ์อัจฉริยะ (intelligent packaging) หรือบรรจุภัณฑ์ฉลาด (smart packaging) เป็นบรรจุภัณฑ์ที่สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสินค้าและสิ่งแวดล้อมพร้อมทั้งให้ข้อมูลที่แสดงให้ทราบถึงคุณภาพของสินค้าอาหารที่เปลี่ยนแปลงไประหว่างเก็บรักษา ขนส่ง และวางจำหน่าย โดยสามารถตรวจหา บันทึก สืบค้น สื่อสารข้อมูลบนบรรจุภัณฑ์เพื่ออำนวยความสะดวกในการเฝ้าระวังหรือตรวจติดตามสภาวะ คุณภาพ และความปลอดภัยของอาหารที่ถูกบรรจุอยู่ภายในบรรจุภัณฑ์นั้น ทำให้ผู้บริโภครับรู้ถึงคุณภาพหรือการเปลี่ยนแปลงของสินค้าอาหารภายในโดยผ่านตัวชี้วัดคุณภาพสินค้าในรูปแบบต่าง ๆ ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์อัจฉริยะ เช่น ฉลากที่สามารถเปลี่ยนสีได้ตามสภาพสินค้าที่เปลี่ยนไป อาทิ การสุกของผลไม้ ความเป็นกรดหรือความเปรี้ยวของแหนม

นอกจากประเภทของบรรจุภัณฑ์ดังกล่าว ยังมีวัสดุหลายประเภทที่ช่วยในการบรรจุและปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ ซึ่งจัดเป็นส่วนประกอบหนึ่งของบรรจุภัณฑ์ ตัวอย่างเช่น

- ฝาปิด/แผ่นรองฝาปิด หน้าที่ปิดปากบรรจุภัณฑ์เพื่อป้องกันไม่ให้สินค้าที่บรรจุอยู่ภายในไหลหรือหล่นออกมา ส่วนใหญ่ทำจากโลหะหรือพลาสติก และมีรูปแบบที่หลากหลาย การออกแบบและผลิตให้เป็นฝาที่ทิ้งร่องรอยไว้เมื่อถูกเปิด (tamper–evident, TE) จะเหมาะกับสินค้าประเภทอาหาร เครื่องดื่ม ยา และเครื่องสำอาง

- สายรัดใช้รัดกล่องสินค้าเดี่ยว ๆ หรือรัดเพื่อรวมหน่วยของสินค้าและบรรจุภัณฑ์เข้าด้วยกันให้เป็นหน่วยใหญ่ สายรัดส่วนใหญ่ที่ใช้กับบรรจุภัณฑ์เป็นสายรัดแถบแบนที่ทำจากพลาสติก PP, PET หรือไนลอน และสายรัดเหล็ก มีลักษณะทั้งที่เป็นแถบแบนและเป็นเส้นลวดกลม สายรัดพลาสติกมีสมบัติในการยืดตัวหรือหดตัวให้เข้ากับสินค้าดีกว่าสายรัดเหล็กและมีราคาถูกกว่า แต่ไม่ทนทานเท่าสายรัดเหล็ก

- เทปปิดเป็นเทปที่มีการเคลือบกาวไว้ด้านหลัง นิยมใช้ปิดกล่อง ปิดรัดปากถุงพลาสติก

- วัสดุที่ใช้รัดหรือปิดปากถุงตาข่ายพลาสติก ที่มีหลายรูปแบบ อาทิ คลิปพลาสติก คิสโคบิพ (kisco bip) แถบพลาสติก (plastic band) และ สายรัดพลาสติก (plastic tie)

1.7.2 บรรจุภัณฑ์จำแนกตามวัสดุบรรจุภัณฑ์ *มี 6 ประเภทหลัก* ได้แก่ บรรจุภัณฑ์กระดาษ บรรจุภัณฑ์พลาสติก บรรจุภัณฑ์โลหะ บรรจุภัณฑ์แก้ว บรรจุภัณฑ์ไม้ และบรรจุภัณฑ์วัสดุประสม วัสดุบรรจุภัณฑ์จัดเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ การเลือกใช้วัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ ต้องเลือกให้เหมาะสมกับตัวสินค้า มีโครงสร้างและสมบัติที่สามารถปกป้องสินค้าได้ ทำให้สินค้าคงอยู่ในสภาพเดิมและคงคุณภาพอยู่ได้ก่อนลูกค้าเปิดใช้สินค้า การเลือกใช้วัสดุต้องให้คุ้มค่ากับต้นทุนในการผลิตที่ต้องเพิ่มเข้าไปกับตัวสินค้าด้วย หากใช้วัสดุที่มีต้นทุนสูงเกินความจำเป็นในการบรรจุผลิตภัณฑ์ ก็จะทำให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น และที่สำคัญควรจะรู้ว่าวัสดุแต่ละชนิดมีข้อดีและข้อจำกัดอย่างไรในการผลิต การบรรจุ และการใช้งานบรรจุภัณฑ์ เพื่อเป็นข้อมูลในการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์จำแนกตามวัสดุบรรจุภัณฑ์ทั้งหกประเภท (ศุภณี เรียบเลิศหิรัญ, 2556) มีรายละเอียดดังนี้

1) บรรจุภัณฑ์กระดาษ ที่นิยมใช้ ได้แก่ กระดาษห่อ ถุง ซอง กล่อง ถ้วย ถาด กระป๋อง และเยื่อกระดาษขึ้นรูป ชนิดกระดาษที่ใช้มาก คือ กระดาษแข็ง (paperboard) ซึ่งมีความหนามากกว่า 0.012 นิ้ว และกระดาษลูกฟูก (corrugated fiberboard) ที่มีโครงสร้างหลายชั้น ทำจากกระดาษเหนียวหรือกระดาษคราฟต์ประกอบด้วยกระดาษผิวหน้าและกระดาษลอนลูกฟูกเรียงประกบติดสลับชั้นกัน ถ้าใช้บรรจุอาหารควรเลือกใช้กระดาษไม่ฟอกขาว หรือมีการเคลือบหรือลามิเนตด้านในที่เป็นสัมผัสอาหารด้วยวัสดุพลาสติกชีวภาพซึ่งปลอดภัยและสลายตัวได้ในธรรมชาติ

2) บรรจุภัณฑ์พลาสติก จำแนกตามชนิดพลาสติกมี 2 ประเภท คือ (1) เทอร์มอพลาสติก (thermoplastic) ซึ่งเป็นพลาสติกที่เมื่อหลอมแล้ว เมื่อทิ้งไว้ให้เย็น จะแข็งตัว และหลอมได้ใหม่หลังการแข็งตัวแต่ละครั้ง และ (2) เทอร์มอเซตพลาสติก (thermoset plastic) ซึ่งเป็นพลาสติกแข็ง เมื่อหลอมเป็นรูปร่างแล้ว จะนำไปหลอมใหม่อีกไม่ได้ บรรจุภัณฑ์พลาสติกเกือบทั้งหมดเป็นแบบเทอร์มอพลาสติก ส่วนที่เป็นเทอร์มอเซตมีน้อยมาก มีใช้บ้างในการทำฝาปิดขวดยาหรือเวชภัณฑ์บางชนิดเท่านั้น ถ้าจำแนกตามรูปแบบบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ ถุง/ซอง (ซองขนาดเล็กหรือซาเช่ต์ (sachet) ถุงแบน ถุงจีบ ถุงขยายข้าง ถุงซิป ถุงตั้ง ถุงตาข่าย และถุงกระสอบ) ขวด (ขวดปากแคบและขวดปากกว้าง) กล่อง (กล่องแบบฝาครอบที่ตัวกล่องและฝาไม่ติดกัน ฝาเลื่อน แบบแคลมเชลล์ที่ตัวกล่องและฝาติดกันแบบฝาเลื่อน) ถ้วย ชาม ถาด และฟิล์มห่อ (ห่อทั่วไป ห่อรัดด้วยฟิล์มหดและฟิล์มยืด) พลาสติกชนิดที่นำมาใช้มากในการทำบรรจุภัณฑ์ คือ พอลิเอทิลีน (polyethylene, PE) พอลิโพรพิลีน (polypropylene, PP) พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (polyethylene terephthalate, PET) พอลิไวนิลคลอไรด์ (polyvinylcloride, PVC) พอลิสไตรีน (polystyrene, PS) และพอลิแลกติกแอซิด (polylactic acid, PLA) ซึ่งเป็นพลาสติกชีวภาพ (bioplastic) พลาสติกแต่ละชนิดมีสมบัติที่แตกต่างกัน เช่น ความทนทานต่อความร้อน ความเย็น ความชื้น การแช่แข็ง, ความทนทานต่อสารเคมี อาทิ กรด ด่าง ตัวทำละลาย แอลกอฮอล์, ความทนทานต่อแรงเชิงกล อาทิ การทิ่มทะลุ การดันทะลุ การฉีกขาด การเสียดสี, สมบัติ

ด้านสกัดกั้นความชื้น ก๊าซ น้ำมัน/ไขมัน และแสง, สมบัติเชิงโครงสร้าง อาทิ น้ำหนักเบา ความคงรูป ความแข็งแรง เนื้อนิ่ม เหนียว เปราะ ยืดหยุ่น, ความสามารถในการปิดผนึกด้วยความร้อน, ความสามารถในการเก็บกลิ่น และลักษณะปรากฏ อาทิ มันวาว ใส ใสขุ่น ทึบ เป็นต้น ซึ่งมีผลต่อการใช้งานบรรจุภัณฑ์

พิฑูร ตรีวิจิตรเกษม (2554) ได้วิเคราะห์ถึงทิศทางและแนวโน้มการใช้พลาสติกชีวภาพ ซึ่งเป็นพลาสติกที่มีสมบัติการสลายตัวได้ทางชีวภาพในกระบวนการหมักปุ๋ยหรือเป็นพลาสติกที่เกิดจากนำวัสดุชีวมวลที่สามารถผลิตทดแทนได้ เป็นการพัฒนาวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่อนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ในประเทศไทยได้พัฒนาและผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพหลายรูปแบบ เช่น ถุง/ซอง ถาด กล่อง ถุงตาข่าย สำหรับบรรจุอาหาร เนื้อสัตว์ ผัก และผลไม้ เป็นต้น การพัฒนาถุงพลาสติกชีวภาพที่ช่วยชะลอการสุกของพืชผักผลไม้และยืดอายุการจัดเก็บได้นานกว่าถุงธรรมดา 2-5 เท่า เหมาะสำหรับการใช้งานแบบใช้ครั้งเดียวทิ้ง โดยจะย่อยสลายในกระบวนการหมักปุ๋ยภายใน 6 เดือน

3) บรรจุภัณฑ์โลหะ รูปแบบที่นิยมใช้ ได้แก่ กระป๋อง ปี๊บ บรรจุภัณฑ์ฟอยล์อะลูมิเนียมและบรรจุภัณฑ์เมทัลไลซ์อะลูมิเนียม (บรรจุภัณฑ์อาบไออะลูมิเนียม) ที่ใช้เป็นแผ่นห่อสินค้าและขึ้นรูปเป็นถุง ถาด ถ้วย และอื่น ๆ

4) บรรจุภัณฑ์แก้ว มีการใช้งานน้อยกว่าบรรจุภัณฑ์กระดาษ พลาสติก และโลหะ ทั้งนี้เพราะบรรจุภัณฑ์แก้วมีข้อจำกัด คือ มีน้ำหนักมาก เปราะ และแตกง่าย ทำให้เกิดความเสียหายง่ายในระหว่างการขนส่ง การพิมพ์โดยตรงบนขวดทำได้ยากเนื่องจากมีผิวโค้ง ถ้าต้องการงานพิมพ์ที่สวยงามนิยมใช้วิธีติดฉลากฟิล์มหดแทน ประกอบกับบรรจุภัณฑ์แก้วที่นิยมใช้มาก คือ ขวดแก้ว ทั้งแบบขวดแก้วปากแคบ (bottle) และขวดแก้วปากกว้าง (jar) ถูกทดแทนโดยขวดพลาสติก PET ขวดแก้วจึงสูญเสียส่วนแบ่งการตลาดในหลายอุตสาหกรรม อาทิ อุตสาหกรรมน้ำผลไม้ น้ำอัดลม และเครื่องปรุงรส อย่างไรก็ตามบรรจุภัณฑ์แก้วเองก็มีข้อดีหลายประการ เช่น มีความเป็นกลางและไม่ทำปฏิกิริยาใด ๆ กับสินค้าที่บรรจุอยู่ภายใน มีความใส จึงสามารถมองเห็นของที่บรรจุอยู่ภายในได้ และทำเป็นสีต่าง ๆ ได้ มีความคงรูป คงทนถาวร ทนความร้อนได้สูงมาก ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซได้ดี ช่วยรักษาคุณภาพสินค้าได้เป็นระยะเวลานาน และ เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพราะสามารถนำกลับมาใช้ได้หลายครั้งและสะดวกในการนำมาผลิตใหม่และบรรจุใหม่ ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม ขวดแก้วสามารถเก็บความเย็นได้ดีกว่าขวดพลาสติกและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่า

5) บรรจุภัณฑ์ไม้ ไม้เป็นวัสดุที่นำมาใช้ทำบรรจุภัณฑ์น้อยกว่าวัสดุชนิดอื่น เพราะมีกระแสรณรงค์เรื่องการไม่ควรตัดไม้ทำลายป่า ประกอบกับสามารถหาวัสดุบรรจุภัณฑ์ประเภทอื่นได้ง่ายกว่า ราคาถูกกว่า ขึ้นรูปง่ายกว่า อาทิ พลาสติก จึงใช้ทำบรรจุภัณฑ์ทดแทนไม้ได้ บรรจุภัณฑ์ไม้ที่ยังมีใช้อยู่ได้แก่ กล่องไม้ (box) ลังไม้ (crate) และเข่งไม้ไผ่ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นบรรจุภัณฑ์ขนส่ง แต่ถ้าทำให้มีขนาดเล็กลง ก็ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ขายปลีกได้ ชนิดของไม้ที่ใช้มากในการทำบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ ไม้ไผ่ หวาย ไม้แผ่น (sawn wood) ไม้อัด (plywood) แผ่นเส้นใยไม้อัด (fiber board) แผ่นชิ้นไม้อัด (particle board) นอกจากนี้ยังมีการออกแบบบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่ทำจากไม้จักสานหรือส่วนของพืชที่เป็นเส้นหรือแถบยาว ๆ อาทิ ชะลอม หลัว ตะกร้า หมุก ซึ่งมีภาพลักษณ์ที่เข้ากันได้ดีกับสินค้าเกษตร

6) บรรจุภัณฑ์วัสดุประสม เป็นบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากวัสดุมากกว่าหนึ่งชนิดมาประกบกัน เรียกว่า วัสดุประสมหรือวัสดุคอมโพสิต (composite material) ที่นิยมใช้ คือ กระป๋องคอมโพสิต (composite can) ที่ทำจากวัสดุแผ่นบางหลายชนิด อาทิ กระดาษ ฟิล์มพลาสติก ฟอยล์อะลูมิเนียม และ ฟิล์มเมทัลไลซ์ (metallized film) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นฟิล์มเมทัลไลซ์อะลูมิเนียม ประกบติดกันเป็นโครงสร้างหลายชั้นของกระป๋อง ส่วนฝากระป๋องด้านหนึ่งหรือ

ทั้งสองด้านทำด้วยโลหะหรือพลาสติก นอกจากนี้ยังมีถุงและซองที่เป็นบรรจุภัณฑ์อ่อนตัวและบรรจุภัณฑ์กึ่งคงรูปที่ผลิตจากการนำแผ่นฟอยล์อะลูมิเนียมหรือฟิล์มเมทัลไลซ์ ไปลามิเนตกับวัสดุอื่น และ บรรจุภัณฑ์ฟิล์มเมทัลไลซ์ที่ผลิตจากฟิล์มเมทัลไลซ์อะลูมิเนียม ที่เป็นกระดาษหรือฟิล์มพลาสติกอาบผิวด้วยไออะลูมิเนียมในสภาวะสุญญากาศ ซึ่งนิยมใช้แพร่หลายในการบรรจุขนมขบเคี้ยวต่าง ๆ นอกจากนี้ยังมีบรรจุภัณฑ์กล่อง ถ้วย ถาดที่ทำจากกระดาษแข็งลามิเนตด้วยฟิล์มพลาสติกชีวภาพที่เป็นวัสดุปลอดภัยเมื่อสัมผัสอาหาร (ศุภณี เรียบเลิศหิรัญ, 2556)

จากโครงสร้างและวัสดุของบรรจุภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ ข้างต้น ถุงพลาสติกเป็นบรรจุภัณฑ์ขายปลีกชั้นที่ 1 ที่ได้รับความนิยมสูงสุดในการใช้บรรจุอาหาร เมื่อต้องสัมผัสกับอาหาร จึงต้องมีความปลอดภัย สามารถคุ้มครองและยืดอายุการเก็บของอาหารได้ รูปแบบของถุงมาตรฐานที่นิยมใช้บรรจุอาหารมี 4 แบบ คือ ถุงแบน ตะเข็บกลาง ถุงแบน ตะเข็บ 3 ด้าน ถุงตั้ง ไม่มีซิป และ ถุงตั้ง มีซิป ถุงพลาสติกจำแนกตามโครงสร้างและวัสดุที่ใช้ทำถุงได้เป็นถุงพลาสติกชั้นเดียวและถุงพลาสติกหลายชั้นหรือถุงลามิเนต ตัวอย่างถุงพลาสติกชั้นเดียว คือ ถุงที่ทำจากพอลิโพรพิลีนชนิดอัดรีด (cast polypropylene, CPP) มีลักษณะใส เรียกทั่วไปว่า “ฟิล์มแก้ว” มีสมบัติป้องกันไอน้ำดีพอสมควร มีค่า WVTR ประมาณ 7 กรัม/ตารางเมตร/วัน (g/m^2/day) ค่า OTR ประมาณ 3,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ตารางเมตร/วัน (cc/m^2/day) จึงทำให้อาหารที่มีส่วนไขมันและเครื่องเทศเสื่อมคุณภาพเร็ว มีอายุการเก็บสั้น ถุงลามิเนตมีโครงสร้างเป็นวัสดุประกบกันมากกว่า 1 ชั้น ความสามารถในการคุ้มครองสินค้าขึ้นกับชนิด ความหนา และจำนวนชั้นของวัสดุ ไม่นิยมพิมพ์บนถุงลามิเนตโดยตรง เพราะต้นทุนค่าพิมพ์สูง จึงนิยมพิมพ์เป็นสติกเกอร์ติดบนถุงแทน ปัญหาสำคัญที่พบในการใช้ถุงพลาสติก เช่น การเลือกใช้ถุงพลาสติกที่ทำจากวัสดุที่มีสมบัติไม่เหมาะสมกับสินค้าที่บรรจุ การซื้อจากแหล่งซื้อที่ขายถุงที่มีคุณภาพไม่แน่นอนและไม่มีมาตรฐาน และการปิดผนึกถุงไม่เหมาะสม อาทิ ใช้ลวดเย็บ ใช้เครื่องหรืออุปกรณ์ปิดผนึกด้วยความร้อนที่มีการตั้งค่าอุณหภูมิ แรงกด และเวลาไม่เหมาะสม ทำให้เกิดการรั่วซึม สินค้าจึงเสื่อมคุณภาพ ถุงพลาสติกที่เหมาะกับสินค้าอาหารของกลุ่ม SMEs มี 2 แบบ คือ 1) ถุงลามิเนตแบบแบนและแบบตั้งที่ปิดผนึกด้วยความร้อน ถุงลามิเนตแบบตั้งแสดงตัวสินค้า ณ จุดขายได้ดีกว่าถุงแบบแบน ถ้ามีการติดซิป จะช่วยอำนวยความสะดวกในการเปิดปิดและช่วยยกระดับสินค้า และ 2) ถุงลามิเนตแบบแบนที่ปิดผนึกด้วยความร้อน ไม่มีการพิมพ์ แล้วนำไปบรรจุในบรรจุภัณฑ์ชั้นที่ 2 ที่พิมพ์สวยงาม แสดงตัวสินค้าได้ดี ณ จุดขาย และช่วยยกระดับสินค้า ถุงพลาสติกทั้งสองแบบคุ้มครองสินค้าได้ดี มีหลายโครงสร้างให้เลือกใช้ ขึ้นกับอายุการเก็บสินค้าที่ต้องการ และต้นทุนบรรจุภัณฑ์ไม่สูงเกินไป (มยุรี ภาคลำเจียก, 2560)

1.7.3 บรรจุภัณฑ์จำแนกตามความคงรูป (rigidity) ความคงรูปของบรรจุภัณฑ์ หมายถึง ความคงตัวของรูปทรงบรรจุภัณฑ์เมื่อมีสินค้าบรรจุอยู่ภายใน บรรจุภัณฑ์ที่ทำจากวัสดุที่แข็ง จะคงรูปและมีความแข็งแรงมากกว่าบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากวัสดุอ่อน บรรจุภัณฑ์จำแนกตามความคงรูปได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) บรรจุภัณฑ์อ่อนตัว (flexible packaging) หมายถึง บรรจุภัณฑ์ที่มีโครงสร้างทำจากวัสดุอ่อนตัวที่เป็นแผ่นบาง อาทิ กระดาษบาง ฟิล์มพลาสติก แผ่นเปลวอะลูมิเนียม หรือวัสดุประสม บรรจุภัณฑ์อ่อนตัวมีลักษณะไม่คงรูป มีการเปลี่ยนแปลงรูปทรงตามสินค้าที่บรรจุอยู่ และไม่ทนต่อความดันจากภายนอก จึงยุบได้ง่าย

2) บรรจุภัณฑ์กึ่งคงรูป (semi-rigid packaging) หมายถึง บรรจุภัณฑ์ที่มีความคงรูปได้ปานกลาง เมื่อมีสินค้าบรรจุอยู่ และไม่เปลี่ยนรูปทรงตามสินค้า ภายใต้ความดันบรรยากาศและอุณหภูมิปกติ แต่จะเปลี่ยนรูปทรงได้ต่อเมื่อได้รับความดันจากภายนอกมากระทำต่อบรรจุภัณฑ์หรือกดที่บรรจุภัณฑ์ ที่ความดันน้อยกว่า 10 ปอนด์ต่อ

ตารางนิ้ว หรือ 0.7 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งเทียบเท่าความดันปกติที่เกิดจากการการกดด้วยนิ้วมือ ที่ความดันดังกล่าว จึงมีผลให้บรรจุภัณฑ์กึ่งคงรูปยุบหรือเสียรูป

3) บรรจุภัณฑ์คงรูป (rigid packaging) หมายถึง บรรจุภัณฑ์ที่มีความคงรูปได้ดีไม่ว่าจะมีหรือไม่มีสินค้าบรรจุอยู่ จึงไม่เปลี่ยนรูปทรงตามสินค้า ภายใต้ความดันบรรยากาศและอุณหภูมิปกติ สามารถรับความดันหรือแรงกระทำจากภายนอกได้ในระดับหนึ่ง และจะเปลี่ยนรูปทรงต่อเมื่อได้รับความดันจากภายนอกมากระทำต่อบรรจุภัณฑ์หรือกดที่บรรจุภัณฑ์ ที่ความดันถึง 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือ 0.7 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

1.8 หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์มีหน้าที่พื้นฐาน 4 ประการ ได้แก่ 1) บรรจุ รองรับ ห่อหุ้ม รวบรวมสินค้าไว้ด้วยกันเพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการเก็บ ขนย้าย จำหน่าย (containment) 2) ถนอมรักษา (preservation) และคุ้มครองป้องกันสินค้า (protection) 3) การใช้งานและอำนวยความสะดวก (utility and convenience) 4) สื่อสารและให้ข้อมูลสินค้าแก่ผู้บริโภค (communication and information) โดยหน้าที่ในข้อที่ 1–3 เกี่ยวข้องกับโครงสร้างของบรรจุภัณฑ์ ส่วนหน้าที่ในข้อที่ 4 เกี่ยวข้องกับกราฟิกบนบรรจุภัณฑ์ นอกจากนี้บรรจุภัณฑ์ยังมีหน้าที่รองอื่น ๆ อีกหลายประการ อาทิ 1) ดึงดูดใจผู้บริโภคให้ซื้อสินค้า (motivation) 2) แสดงเอกลักษณ์ของสินค้า (identity) 3) ทนทานต่อกระบวนการผลิต (processibility) 4) ป้องกันการปลอมปนสินค้าหรือการแอบเปิดก่อน (tamperproof) เช่น ฝาขวดแบบมีห่วงดึง ฝาขวดแบบมีฟิล์มพลาสติกหุ้ม ถ้าถูกเปิดจะปรากฏร่องรอยให้เห็น คือ ห่วงหรือฟิล์มพลาสติกที่หุ้มจะขาด 5) ป้องกันการลักขโมยสินค้า (pilferproof) 6) ป้องกันอันตรายให้เด็ก (childproof) (งามทิพย์ ภู่วโรดม 2558) 7) สร้างความจดจำในตัวสินค้า เพิ่มมูลค่าให้สินค้า และส่งเสริมการขายสินค้า (อนุสรา มูลป้อม และ แพรรวี เคหะสุวรรณ, 2557) และ 8) เพิ่มปริมาณขาย ด้วยการรวมบรรจุภัณฑ์ขายปลีกชิ้นเดี่ยวหลายชิ้นบรรจุในบรรจุภัณฑ์ขายปลีกแบบรวมหน่วยอีกชั้นหนึ่ง (สมพร คงเกียรติเจริญ, 2556)

1.9 การออกแบบโครงสร้างและกราฟิกของบรรจุภัณฑ์ ประกอบด้วยการออกแบบโครงสร้าง (structural design) และการออกแบบกราฟิก (graphic design หรือ visual design) ซึ่งสัมพันธ์กัน โดยเริ่มจากการออกแบบโครงสร้างก่อน แล้วนำไปทดสอบสมบัติ หน้าที่ และการใช้งานบรรจุสินค้า เมื่อใช้ได้แล้ว จึงนำไปออกแบบกราฟิก ทดสอบด้านการผลิตและการตลาด จึงจะได้เป็นบรรจุภัณฑ์ที่สมบูรณ์ พร้อมผลิตจริง ข้อสำคัญ คือ ต้องออกแบบให้ผลิตได้โดยไม่ให้เกิดปัญหาการบรรจุดีเกินไป (over-packaging) ซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตสูงเกินความจำเป็น หรือการบรรจุด้อยเกินไป (under-packaging) ที่ทำให้บรรจุภัณฑ์ไม่สามารถทำหน้าที่ได้อย่างสมบูรณ์

1.9.1 การออกแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ หมายถึง การกำหนดแบบของบรรจุภัณฑ์ในด้านรูปแบบรูปทรง ขนาด วัสดุ สมบัติ วิธีการบรรจุ หน้าที่เฉพาะที่ต้องการ วิธีการผลิต และการควบคุมคุณภาพ ให้สอดคล้องกัน เพื่อให้บรรจุภัณฑ์นั้นสามารถทำหน้าที่บรรจุ คุ้มครองสินค้า และอำนวยความสะดวกในการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด การออกแบบด้านนี้ต้องอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งมีกระบวนการวิจัยและทดสอบอย่างเป็นระบบ เพื่อให้บรรจุภัณฑ์มีสมบัติในการคุ้มครองผลิตภัณฑ์ ให้สัมผัสกับผลิตภัณฑ์ (ถ้าเป็นอาหาร) ได้อย่างปลอดภัย สามารถผลิตได้ในเชิงอุตสาหกรรมอย่างมีประสิทธิภาพ เหมาะสมต่อการลำเลียงขนส่งและใช้งานตลอดจนมีราคาต้นทุนการผลิตที่เหมาะสม สามารถแข่งขันทางการตลาดได้ (มยุรี ภาคลำเจียก, 2558) การออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับสินค้าชนิดใดชนิดหนึ่งต้องออกแบบให้สอดคล้องกับตัวสินค้า สภาพการขนส่งสินค้าและการตลาด โดยต้องคำนึงถึงหน้าที่พื้นฐานของบรรจุภัณฑ์เป็นหลักก่อน

ในการออกแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ ควรคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับหน้าที่พื้นฐานของบรรจุภัณฑ์ 3 ด้าน ได้แก่ 1) หน้าที่บรรจุหรือรองรับสินค้า (containment) ต้องมีความแข็งแรงเพียงพอ เหมาะสมในการใช้งาน ประหยัดต้นทุนและเวลาในการเก็บและขนส่ง 2) หน้าที่คุ้มครองป้องกัน (protection) ซึ่งต้องคำนึงถึงลักษณะของสินค้าและการเสื่อมสภาพที่อาจเกิดขึ้น เพื่อกำหนดรูปแบบ รูปทรง ขนาด และวัสดุให้เหมาะสมกับตำแหน่งการวางจำหน่ายและช่องทางจำหน่ายสินค้า รวมทั้งสามารถคุ้มครองป้องกันสินค้า ยืดอายุการเก็บรักษาสินค้า และคงคุณภาพของสินค้าไว้ได้จนถึงมือผู้บริโภค และ 3) หน้าที่อำนวยความสะดวกในการใช้งาน (convenience) อาทิ จับ ถือ หิ้ว (handling) ฉีก เท ริน เปิด–ปิดใช้งานง่าย และเปิด–ปิดซ้ำได้หลายครั้ง และไม่ทำให้ผู้บริโภคเกิดอันตราย (มยุรี ภาคลำเจียก, 2558) สมพร คงเจริญเกียรติ (2556) เห็นว่าโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ยังมีความสัมพันธ์กับอีกหน้าที่หนึ่ง คือ การเพิ่มปริมาณขาย ด้วยการใช้บรรจุภัณฑ์ขายปลีกแบบรวมหลายหน่วย

การออกแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ที่ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ในการออกแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ มีแนวโน้มในการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในด้านต่อไปนี้ ความสวยงามเมื่อวางขาย ด้านความสะดวกในการใช้งาน การเจาะจงกลุ่มเป้าหมาย การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และการออกแบบยูนิเวอร์ซัล (Universal Design, UD) หรือที่เรียกสั้น ๆ ว่า การออกแบบ UD ซึ่งหมายถึง การออกแบบที่เป็นมิตรกับคนทุกสถานภาพและทุกช่วงวัย ดังนี้ 1) บอกชนิดสินค้าได้ง่าย 2) จับถือถนัด 3) เปิดใช้ง่าย 4) หยิบสินค้าออกมาได้ง่าย 5) เข้าใจข้อมูลสินค้าได้ง่าย 6) ใช้งานง่าย 7) เก็บรักษาได้ง่าย 8) กำจัดทิ้งได้ง่าย 9) ป้องกันการเกิดอันตราย (มยุรี ภาคลำเจียก 2556) จะเห็นได้ว่าแนวโน้มในการออกแบบส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการออกแบบโครงสร้าง ยกเว้นด้านความสวยงามเมื่อวางขาย ซึ่งการออกแบบ UD ในข้อ 1) และ 5) เกี่ยวข้องโดยตรงกับการออกแบบกราฟิก

แพรรวี เคหะสุวรรณ และ อนุสรา มูลป้อม (2557) เสนอแนวทางการออกแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ ดังนี้ ออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะกับการบรรจุสินค้า ปกป้องสินค้าได้ เหมาะกับภาพลักษณ์ของสินค้า เมื่อวางบนชั้นวางขาย บรรจุภัณฑ์ต้องดูโดดเด่น ส่งเสริมการขายสินค้า นำสินค้าออกมาใช้ได้ง่ายและสะดวก ซึ่งตรงกับข้อ 4) และเก็บบรรจุภัณฑ์ได้สะดวก ซึ่งตรงกับข้อ 7) ของหลักการออกแบบ UD

ดวงฤทัย ธำรงโชติ (2550) เสนอแนวทางการออกแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์หลายประการ ได้แก่ 1) การเลือกใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์แข็งแรง เหนียว ไม่ฉีกขาดง่าย ไม่เปราะแตกง่าย ปิดผนึกได้ ทนทานต่อวิธีการบรรจุและสามารถใช้กับการบรรจุด้วยเครื่องจักรได้สะดวก รวดเร็ว ไม่เกิดปัญหา 2) ขนาดบรรจุ ควรเหมาะกับการแบ่งบริโภคของลูกค้า และลดการใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่เกินความจำเป็น 3) ความสะดวกในการใช้งานของบรรจุภัณฑ์ เช่น ขวดพลาสติกมีน้ำหนักเบา ไม่แตกง่าย จึงใช้งานสะดวกกว่าขวดแก้ว สำหรับแนวทางการออกแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์สำหรับสินค้าอาหาร ควรพิจารณาความต้องการทางการบรรจุ ความสามารถในการคุ้มครองสินค้า และการส่งเสริมการขายทางการตลาด บรรจุภัณฑ์อาหารที่ดีต้องช่วยป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารได้ บรรจุภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวต้องป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ ก๊าซ กลิ่น แสง ปิดผนึกได้ด้วยความร้อนได้ บรรจุภัณฑ์อาหารที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่ความร้อนสูง ต้องทนร้อนที่อุณหภูมิฆ่าเชื้อได้ โดยไม่ทำให้อาหารเปลี่ยนรสชาติ กลิ่น สี

ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ (2541) เสนอแนวทางการออกแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ที่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อม ในด้านการใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ อาทิ 1) ลดการใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ ใช้เท่าที่จำเป็น เพื่อให้มีของเสียน้อยที่สุด 2) เลือกใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่นำกลับมาใช้งานใหม่หรือผลิตใหม่ได้ เพราะช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมและลด

พลังงานในการผลิตมากกว่าใช้วัสดุใหม่ (virgin material) 3) ลดการใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์หลายชนิดประกบกัน เพื่อให้กำจัดทิ้งง่าย 4) ใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ได้จากธรรมชาติ สามารถย่อยสลายได้ในธรรมชาติ กำจัดทิ้งได้ง่าย 5) ลดการใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่พิมพ์สี 6) ใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ทานได้ไปพร้อมกับสินค้าอาหาร ในด้านโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ ใช้แนวทางออกแบบต่อไปนี้ 1) ลดการใช้บรรจุภัณฑ์หลายชั้น หรือใช้ส่วนประกอบของบรรจุภัณฑ์ให้น้อยที่สุด 2) เพิ่มความเข้มข้นหรือเพิ่มปริมาณสินค้า ช่วยให้ผู้บริโภคแบ่งใช้ที่ปริมาณน้อยลง ทำให้ใช้บรรจุภัณฑ์ที่ขนาดบรรจุเล็กลง ซึ่งเท่ากับลดปริมาณวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ 3) รวมกลุ่มสินค้าต่อหน่วยบรรจุภัณฑ์ ช่วยลดต้นทุนบรรจุภัณฑ์ เหมาะกับสินค้าที่ใช้งานในปริมาณหรือจำนวนมากและไม่ต้องการการปกป้องมากนัก 4) การออกแบบโดยไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ สินค้าบางชนิดอาจไม่จำเป็นต้องใช้บรรจุภัณฑ์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางออกแบบที่เสนอโดยแพรรวี เคหะสุวรรณ และ อนุสรา มูลป้อม (2557) ได้แก่ 1) ใช้วัสดุย่อยสลายได้หรือนำกลับมารีไซเคิลได้ เช่น พลาสติกชีวภาพ กระดาษ 2) ทำให้บรรจุภัณฑ์มีน้ำหนักเบา แต่ยังคงปกป้องสินค้าได้ เช่น ลดความหนาผนังขวด/ผนังกระป๋อง 3) ลดส่วนประกอบที่เกินความจำเป็น เช่น ลดการใช้บรรจุภัณฑ์หลายชั้น 4) ใช้บรรจุภัณฑ์ที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้

1.9.2 การออกแบบกราฟิก หมายถึง การออกแบบที่สื่อสารให้ผู้บริโภคเป้าหมายทราบเกี่ยวกับสินค้าด้วยการนำองค์ประกอบของรูปภาพ ลวดลาย สัญลักษณ์ ตัวอักษร สี และ รูปแบบ รูปทรงของบรรจุภัณฑ์มาสร้างภาพลักษณ์ภายนอกของบรรจุภัณฑ์ โดยอาศัยความรู้ทางพาณิชย์ศิลป์ เพื่อให้บรรจุภัณฑ์มีความสวยงามและมีรูปลักษณ์ที่โดดเด่นเมื่อเทียบกับบรรจุภัณฑ์อื่น ๆ ที่เป็นทางเลือกบนชั้นวางจำหน่ายสามารถดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค และหยิบออกมาเพื่อพิจารณาข้อมูลสินค้า ความสะดวกในการใช้งาน ราคาจำหน่าย และก่อนตัดสินใจซื้อ นอกจากนี้ช่วยให้ผู้บริโภคทราบถึงสรรพคุณและประโยชน์ของสินค้าช่วยกระตุ้นให้ผู้บริโภคเกิดความทรงจำในผลิตภัณฑ์และตราสินค้า (brand) ตลอดจนสร้างความเชื่อถือและช่วยยกระดับสินค้า (มยุรี ภาคลำเจียก, 2558) การออกแบบด้านกราฟิกเกี่ยวข้องกับคุณภาพของการพิมพ์ การตกแต่งองค์ประกอบด้านต่าง ๆ เพื่อให้บรรจุภัณฑ์นั้นมีความสวยงาม สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้า และช่วยส่งเสริมการขาย (ศุภณี เรียบเลิศหิรัญ, 2556)

ในการออกแบบกราฟิก ควรคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างกราฟิกที่ออกแบบกับหน้าที่พื้นฐานของบรรจุภัณฑ์ 2 ด้าน ได้แก่ 1) หน้าที่ให้ข้อมูล (information) เพื่อสื่อสารข้อมูลสินค้าทั้งภาพและข้อความต่าง ๆ ไปยังผู้บริโภค สำหรับสินค้าเกษตรที่จำหน่าย ณ ตลาดเกษตรกร มีข้อกำหนดเกี่ยวกับการรับรองด้านระบบคุณภาพมาตรฐาน และความปลอดภัย เช่น การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (Good Agricultural Practice: GAP) การปฏิบัติทางการผลิตที่ดี (Good Manufacturing Practice: GMP) และมาตรฐานสินค้าเกษตรอินทรีย์ เป็นต้น 2) หน้าที่ส่งเสริมการขาย (promotion) ที่เป็นตัวแทนขายเงียบ (silent salesman) เพื่อประชาสัมพันธ์สินค้าให้ตรงกับตำแหน่งการวางสินค้า (positioning) ช่วยให้ผู้บริโภคจดจำสินค้าได้ และตัดสินใจซื้อ/ซื้อซ้ำ การออกแบบกราฟิกที่เลือกใช้สี โลโก้ตราสินค้า และภาพประกอบที่ตรงกับความต้องการผู้บริโภคในแต่ละพื้นที่ จะช่วยให้บรรจุภัณฑ์ทำหน้าที่ส่งเสริมการขายได้อย่างสมบูรณ์ (สมพร คงเกียรติเจริญ 2556) สำหรับข้อมูลด้านกราฟิกบนด้านนอกของบรรจุภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ ขนาดและปริมาณบรรจุ วิธีการบริโภคหรือใช้สินค้า วันหมดอายุหรือวันที่ควรบริโภคก่อน การออกแบบควรส่งเสริมการสร้างภาพลักษณ์ของแบรนด์/สินค้าให้ลูกค้าจดจำได้โดยสร้างจุดจดจำบนบรรจุภัณฑ์ สร้างความแตกต่าง/ความแปลกใหม่ในเชิงการตลาด สร้างตำนาน/เรื่องเล่า การวางตำแหน่งของสินค้า การสร้างตลาดสำหรับกลุ่มเฉพาะ อาทิ กลุ่มรักสุขภาพ (ชัยรัตน์ ชวางกูร, 2548)

1.10 ขั้นตอนการออกแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ เนื่องด้วยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาฐานข้อมูลแนวทางเลือกบรรจุภัณฑ์สำหรับสินค้าเกษตรประเภทพืชอาหารตามความต้องการของ YSF จังหวัดตรัง ที่กำหนดขอบเขตการวิจัยไว้ว่าเป็นการพัฒนาและจัดทำเป็นฐานข้อมูลเพื่อใช้เป็นแนวทางเลือกที่เน้นโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ขายปลีกที่เหมาะสำหรับสินค้าเกษตรประเภทพืชอาหาร โดยไม่เกี่ยวกับการออกแบบกราฟิก ซึ่งในการออกแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์มี 5 ขั้นตอน ดังที่มยุรี ภาคลำเจียก (2558) ระบุไว้

1) การรวบรวมและศึกษาข้อมูลที่ต้องการในการออกแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ 5 ด้าน ได้แก่

(1) ข้อมูลด้านสินค้า อาทิ ลักษณะทางกายภาพ อาทิ ผง เม็ด ก่อน แท่ง แผ่น เหลว หนืด มีส่วนแหลมคม ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับสมบัติทางเคมี อาทิ ปริมาณไขมัน ปริมาณน้ำ ความเป็นกรดเป็นเบส และลักษณะที่เกี่ยวข้องกับสรีรวิทยาของสินค้า อาทิ การหายใจ การคายน้ำ และการปล่อยก๊าซ ของสินค้าเกษตรประเภทพืชผักผลไม้สด การทราบข้อมูลเกี่ยวกับสินค้า จะช่วยในการออกแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ที่รวมถึงวัสดุบรรจุภัณฑ์และขนาดบรรจุให้เหมาะกับสินค้า เลือกใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ทำปฏิกิริยากับสินค้า และให้ความปลอดภัยแก่ผู้บริโภค

(2) ข้อมูลด้านการผลิต อาทิ วิธีการเก็บเกี่ยว/หลังเก็บเกี่ยว การเตรียมสินค้า/แปรรูปสินค้าเบื้องต้นก่อนบรรจุ และการบรรจุสินค้าในบรรจุภัณฑ์และการติดฉลาก การทราบข้อมูลการผลิตเกี่ยวกับสินค้า จะช่วยให้ได้บรรจุภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการผลิต แปรรูป บรรจุสินค้า ได้อย่างสะดวก รวดเร็ว มีประสิทธิภาพ และไม่เกิดปัญหา

(3) ข้อมูลด้านการตลาด อาทิ ขนาดบรรจุ ตำแหน่งการขายของสินค้า (product positioning) แหล่ง/ช่องทางการจำหน่ายสินค้า พฤติกรรมและความชอบของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย ข้อดีและข้อด้อยของสินค้าและบรรจุภัณฑ์ ข้อมูลสินค้าและบรรจุภัณฑ์ของสินค้าคู่แข่ง การทราบข้อมูลการตลาดของสินค้า จะช่วยให้ได้บรรจุภัณฑ์ที่มีโครงสร้างทั้งรูปแบบ รูปทรง ขนาด (มิติ) ขนาดบรรจุ ชนิดวัสดุ และการใช้งานที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย

(4) ข้อมูลด้านกฎระเบียบและข้อบังคับเกี่ยวกับสินค้าและบรรจุภัณฑ์ อาทิ ในกรณีส่งออก สินค้าและบรรจุภัณฑ์ต้องสอดคล้องและไม่ผิดกฎระเบียบและข้อบังคับเกี่ยวกับสินค้าและบรรจุภัณฑ์ ที่จะวางจำหน่ายในประเทศนั้น ในกรณีสินค้าเกษตรที่จำหน่ายที่ตลาดเกษตรกร มีข้อกำหนดว่าควรผ่านการรับรองด้านมาตรฐานคุณภาพและความปลอดภัยระบบต่าง ๆ เช่น การผลิตการเกษตรที่ดี (Good Agricultural Practice: GAP) และการแปรรูปที่ดี (Good Manufacturing Practice: GMP) เป็นต้น

(5) ข้อมูลด้านการจัดหาบรรจุภัณฑ์จากผู้ผลิตบรรจุภัณฑ์ เพื่อให้มั่นใจว่าจะได้บรรจุภัณฑ์ตามรูปแบบ ปริมาณ คุณภาพ และราคาตามที่ผู้ผลิตสินค้าต้องการ รวมทั้งการจัดส่งและบริการหลังการขาย

2) การออกแบบและออกข้อกำหนดด้านโครงสร้างของบรรจุภัณฑ์ ประกอบด้วยข้อมูล 2 ด้าน ได้แก่

(1) การกำหนดรูปแบบ รูปทรง และมิติของบรรจุภัณฑ์ตามขนาดบรรจุที่ต้องการ ตัวอย่างรูปแบบของบรรจุภัณฑ์ อาทิ กล่อง ขวด กระป๋อง ถุง ถ้วย ตัวอย่างรูปทรงของบรรจุภัณฑ์ อาทิ ทรงสี่เหลี่ยม ทรงสามเหลี่ยม ทรงหกเหลี่ยม ทรงกระบอก ทรงกลม ซึ่งเป็นรูปทรงเรขาคณิต มิติของบรรจุภัณฑ์ มีทั้งมิติด้านในบรรจุภัณฑ์และมิติด้านนอกบรรจุภัณฑ์ มิติด้านในสัมพันธ์กับปริมาณบรรจุสินค้าที่รวมปริมาตรช่องว่าง (head space) ในบรรจุภัณฑ์ ในการกำหนดรูปแบบ รูปทรง และมิติของบรรจุภัณฑ์ตามขนาดบรรจุที่ต้องการนี้ ยังต้องคำนึงถึงลักษณะทางกายภาพของสินค้า วิธีการบรรจุ และเครื่องจักรที่บรรจุ

(2) การกำหนดวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์ตามรูปแบบ รูปทรง และมิติที่ต้องการ ต้องกำหนดทั้งชนิดและสมบัติของวัสดุบรรจุภัณฑ์ให้สอดคล้องกับบทบาทหน้าที่ของบรรจุภัณฑ์ที่ต้องการในการยืดอายุการเก็บ/การวางจำหน่าย การป้องกันการแตกหักหรือเสื่อมสภาพของสินค้า และการทนทานต่อสภาวะการผลิตและการใช้งาน อาทิ ใช้พลาสติกที่มีค่าอัตราการซึมผ่านไอน้ำ (WVTR) ต่ำ เพื่อป้องกันสินค้าไม่ให้ชื้น ใช้พลาสติกที่มีค่าอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน (OTR) ต่ำ เพื่อป้องกันสินค้าไม่ให้ทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจน แล้วเกิดเหม็นหืนหรือเกิดปัญหาอื่น ใช้กระดาษที่มีค่าความแข็งตึงสูง เพื่อให้คงรูปได้ดี ไม่ยุบง่าย ช่วยปกป้องสินค้า ทำให้ไม่แตกหัก ใช้วัสดุที่ทนความเย็นได้ถึงอุณหภูมิ –30 °C สำหรับผลิตบรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุอาหารแช่แข็ง ใช้วัสดุที่ทนความร้อนได้ไม่ต่ำกว่าอุณหภูมิ 121 °C สำหรับผลิตบรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุอาหารที่ฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่ 121 °C และ ใช้วัสดุที่ทนความร้อนได้สูงถึงอุณหภูมิ 100 °C สำหรับผลิตบรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุอาหารที่อุ่นร้อนในน้ำเดือด

3) การจัดทำต้นแบบบรรจุภัณฑ์ มี 3 ขั้นตอน คือ เสนอแบบร่าง (sketch) หลาย ๆ แบบ เลือกแบบร่างที่ต้องการพร้อมจัดทำภาพวาด (drawing) ที่ระบุมิติของบรรจุภัณฑ์และชนิดวัสดุบรรจุภัณฑ์ และจัดทำต้นแบบ 3 มิติ (mock up) ที่ออกแบบโครงสร้างและกราฟิกแล้ว มีลักษณะใกล้เคียงบรรจุภัณฑ์จริงที่ต้องการ เพื่อนำไปใช้ทดสอบการผลิต การบรรจุ และการตลาด

4) การประเมินและการเลือกต้นแบบบรรจุภัณฑ์ ต้องมีการศึกษาและทดสอบต่อไปนี้

(1) ศึกษาอายุการเก็บของสินค้าที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ต้นแบบและความเข้ากันได้ระหว่างสินค้ากับบรรจุภัณฑ์ต้นแบบ (product–packaging compatibility) เพื่อให้มั่นใจว่าบรรจุภัณฑ์และวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่เลือกใช้สามารถคุ้มครองสินค้าได้ตลอดอายุการเก็บที่ต้องการ

(2) ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายโดยใช้บรรจุภัณฑ์ต้นแบบทั้งด้านรูปแบบ รูปทรง ขนาด วัสดุ และความสะดวกในการใช้งาน

(3) ทดสอบกับกระบวนการผลิตและการบรรจุ เพื่อให้มั่นใจว่าจะได้บรรจุภัณฑ์ที่ผลิตและบรรจุสินค้าได้สะดวก รวดเร็ว สูญเสียน้อย ทั้งแบบทดสอบการผลิตและการบรรจุกับเครื่องจักร และการบรรจุด้วยแรงงานคน

(4) ทดสอบสมบัติของบรรจุภัณฑ์ โดยใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการและวิธีทดสอบมาตรฐาน

(5) ประเมินด้านราคา ความสามารถในการผลิตบรรจุภัณฑ์ และคุณภาพบรรจุภัณฑ์จากผู้ผลิตบรรจุภัณฑ์หลาย ๆ ราย เพื่อเลือกผู้ผลิตบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม

(6) สรุปผลการประเมินบรรจุภัณฑ์ต้นแบบทุกแบบจากข้อมูลที่รวบรวมได้โดยฝ่ายต่าง ๆ

5) การออกข้อกำหนดที่สมบูรณ์ด้านโครงสร้างของบรรจุภัณฑ์ ต้องชัดเจนทั้งด้านรูปแบบ รูปทรง ขนาด วัสดุที่เป็นส่วนประกอบแต่ละชิ้นของบรรจุภัณฑ์ การผลิต/ขึ้นรูป การบรรจุ การปิดหลังบรรจุ สมบัติของวัสดุและบรรจุภัณฑ์ พร้อมระบุวิธีทดสอบ ข้อบกพร่องและเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เพื่อควบคุมคุณภาพบรรจุภัณฑ์ที่ผลิต

1.11 เกณฑ์การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ มีปัจจัยสำคัญที่ควรคำนึงถึง 7 ปัจจัย ได้แก่ ลักษณะของสินค้า การเก็บรักษาและการขนส่ง การตลาดและการขายสินค้า การนำสินค้าไปใช้งาน กฎหมายและข้อกำหนด ผลกระทบทางสังคมและสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากบรรจุภัณฑ์ (จีรานุช บุดดีจีน, 2558) และราคาบรรจุภัณฑ์ (ดวงฤทัย ธำรงโชติ, 2550 และ B.M. McGregor, 1989)

1.11.1 ลักษณะของสินค้า จีรานุช บุดดีจีน (2558) อธิบายลักษณะของสินค้าที่มีผลต่อการเลือกบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม ดังนี้

1) ลักษณะทางกายภาพ อาทิ ผง เมล็ด เม็ด แผ่น ชิ้น ก้อน เหลว หนืด ข้น ก๊าซ รวมทั้งขนาด รูปทรง รูปร่าง อาทิ ทรงกลม ทรงสี่เหลี่ยม ทรงพุ่ม ทรงยาว ทรงรี เป็นพวง ซึ่งมีผลต่อการหกและการไหลของสินค้า

2) ลักษณะทางเคมีและทางชีวภาพ อาทิ ความชื้นมีผลต่อความกรอบและการเกิดเชื้อรา การมีไขมัน ทำให้เหม็นหืน การเป็นกรด-ด่าง ทำให้เกิดการกัดกร่อน การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส และสีของสินค้า

3) การเสื่อมสภาพของสินค้า อาจเป็นการเสื่อมสภาพหรือความเสียหายทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ บรรจุภัณฑ์ที่มีโครงสร้างและเลือกใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับสินค้า จะทำหน้าที่ในการปกป้อง คุ้มครอง และเก็บรักษาสินค้าไม่ให้เสื่อมสภาพได้

คำอธิบายดังกล่าวสอดคล้องกับแพรรวี เคหะสุวรรณ และ อนุสรา มูลป้อม (2557) ที่ระบุว่าความเสียหายของสินค้าและแนวทางการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันตามลักษณะสินค้าที่อาจเกิดความเสียหายได้แตกต่างกัน เพื่อให้คุ้มครองสินค้าได้ และสอดคล้องกับดวงฤทัย ธำรงโชติ (2550) ที่เสนอว่า ความเสียหายของสินค้าทางกายภาพ เช่น แตกหัก ยุบตัว ฉีกขาดของสินค้าจากแรงกระแทกของพาหนะระหว่างขนส่ง เคลื่อนย้าย เก็บรักษา และขาย และความเสียหายทางเคมี และชีวภาพ เช่น บูดเน่า ขึ้นรา เกิดกลิ่นเหม็น หืน การเปลี่ยนแปลงของสี ความกรอบ เนื้อสัมผัส และรสชาติ มีแนวทางเก็บรักษาสินค้าให้อยู่ในสภาพที่ต้องการและป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายก่อนเวลาที่กำหนด อาทิ แตกหัก เน่าเสีย จึงต้องเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ให้เหมาะกับลักษณะของสินค้าที่อาจเกิดความเสียหายได้แตกต่างกัน และต้องการใช้บรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันเพื่อให้คุ้มครองสินค้าได้ ตัวอย่างเช่น

- อาหารแห้งที่มีลักษณะเป็นผง ก้อน ชิ้น บรรจุภัณฑ์ควรป้องกันการดูดกลับความชื้นจากอากาศรอบ ๆ ป้องกันก๊าซออกซิเจนที่จะทำให้อาหารเกิดกลิ่นหืน อาจใช้สารดูดซับก๊าซออกซิเจน บรรจุภัณฑ์ต้องทนต่อการกดหรือกระแทก เพื่อไม่ให้ชิ้นอาหารแห้งแตกหักเสียหาย

- สินค้าพืชผักผลไม้สด มีลักษณะบอบบาง ช้ำ เน่าเสียง่าย ควรใช้บรรจุภัณฑ์ที่คงรูป แข็งแรง เพื่อปกป้องไม่ให้ช้ำ และบรรจุภัณฑ์ที่ถ่ายเทอากาศได้ ทำให้ผักผลไม้สดเย็นลงได้ ตัวอย่างเช่น ถุงหรือกล่องที่มีรูระบายอากาศ พืชผักผลไม้สดหายใจและคายน้ำได้ ทำให้มีไอน้ำในบรรจุภัณฑ์ที่ส่งผลให้เน่าเสียเร็ว บรรจุภัณฑ์ที่ปกป้องผลิตผลที่มีผิวบางไม่ให้เกิดบาดแผล เช่น ตะกร้าไม้ไผ่ที่รองผลิตผลด้วยใบตอง เพื่อไม่ให้ตอกไม้ไผ่บาดผลิตผล บรรจุภัณฑ์ที่บรรจุผลิตผลขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก ต้องรองรับน้ำหนักได้ วางเรียงซ้อนได้ โดยไม่ล้ม ประหยัดพื้นที่ และขนส่งง่าย การเลือกบรรจุภัณฑ์ยังต้องคำนึงถึงสภาวะการเก็บรักษา อาทิ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้วย เพื่อช่วยให้บรรจุภัณฑ์สามารถรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาพืชผักผลไม้สดได้นานขึ้น

- สินค้าที่เป็นน้ำหรือของเหลว ควรใช้บรรจุภัณฑ์ที่ทนน้ำ/ความชื้น เมื่อโดนน้ำหรือความชื้นแล้ว ไม่รั่วซึม
- สินค้าที่เป็นกรดหรือด่าง ควรใช้บรรจุภัณฑ์ที่ทนกรดหรือทนด่าง

1.11.2 การเก็บรักษาและการขนส่ง จีรานุช บุดดีจีน (2558) เสนอปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1) อายุการเก็บรักษาสินค้า (shelf life) หมายถึง ระยะเวลาในการเก็บรักษาสินค้านั้นไว้ไม่ให้เสื่อมสภาพ เป็นข้อพิจารณาในการออกแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ เลือกใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม ร่วมกับการจัดเก็บที่อุณหภูมิควบคุมให้เหมาะกับชนิดสินค้า ซึ่งช่วยยืดอายุการเก็บรักษาสินค้าได้

2) สินค้ารับแรงได้มากหรือน้อย ตัวอย่างสินค้าที่รับแรงได้มาก อาทิ ข้าวสาร พริกไทย ตัวอย่างสินค้าที่รับแรงไม่ได้ อาทิ ขนมเค้ก ผักสด

3) ระยะทางในการขนส่ง ขึ้นกับพื้นที่ขายสินค้าว่าอยู่ใกล้หรือไกลจากแหล่งผลิต/แปรรูป เช่น ขายใน ในชุมชนใกล้บ้านของผู้ผลิตหรือสวนของเกษตรกร การส่งไปขายนอกชุมชนพื้นที่ตั้งของบ้านและสวน อาทิ ส่งออกไปขายต่างจังหวัด

4) วิธีการขนส่งและพาหนะที่ใช้ อาทิ วิธีการจัดเรียงสินค้าในรถยนต์ รถไฟ รถบรรทุก เรือ หรือเครื่องบิน มีผลต่อการสั่นสะเทือนและการกระแทกของสินค้า รวมทั้งความรวดเร็วในการจัดส่งสินค้า

แพรรวี เคหะสุวรรณ และ อนุสรา มูลป้อม (2557) เสนอว่าปัจจัยหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงในการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมกับสินค้า คือ การเก็บรักษา ได้แก่ วิธีการเก็บรักษา ระยะเวลาในการเก็บรักษา สภาวะการเก็บรักษา (อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์) และการขนส่ง ได้แก่ วิธีการจัดเรียง/วางซ้อนสินค้า แรงกระแทกจากพาหนะในระหว่างขนส่งที่อาจทำให้สินค้าเสียหายได้ ดังนั้น บรรจุภัณฑ์ควรรักษาคุณภาพของสินค้าและยืดอายุการเก็บรักษาให้ได้ภายในระยะเวลาที่กำหนดทั้งในสถานที่เก็บรักษาและตลอดระยะทางที่มีการเคลื่อนย้ายขนส่งสินค้า

1.11.3 การตลาดและการขายสินค้า การออกแบบและการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ต้องคำนึงถึงการตลาดและรูปแบบการขายสินค้า จีรานุช บุดดีจีน (2558) เสนอปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1) การตลาด ควรคำนึงถึงการวางตำแหน่งของสินค้าหรือระดับการขายของสินค้า (product positioning) และ วงจรชีวิตของสินค้า (product life cycle)

– การวางตำแหน่งของสินค้าหรือระดับการขายของสินค้า ขึ้นกับตลาดเป้าหมาย หากการจำหน่ายสินค้าเป็นระดับล่าง อาทิ ขายที่ตลาดชุมชน ราคาจำหน่ายไม่สูงมากนัก ควรเลือกใช้บรรจุภัณฑ์แบบเรียบง่าย ต้นทุนการผลิตไม่สูงมากนัก หากการจัดระดับการขายสินค้าเป็นระดับบน อาทิ ห้างสรรพสินค้า สินค้ามีราคาจำหน่ายที่สูง ควรพิจารณาเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่สร้างความโดดเด่น น่าสนใจ และสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับสินค้า ขายที่ตลาดเฉพาะกลุ่ม เช่น กลุ่มอนุรักษ์ธรรมชาติ ควรพิจารณาเลือกใช้บรรจุภัณฑ์รักษ์สิ่งแวดล้อม การคำนึงถึงประเภทของบรรจุภัณฑ์ว่าเป็นบรรจุภัณฑ์ชั้นที่ 1 2 หรือ 3 และขนาดของบรรจุภัณฑ์แบบองค์รวมตลอดทั้งห่วงโซ่อุปทาน อาทิ ขนาดของบรรจุภัณฑ์อื่นที่ต้องนำไปประกอบร่วม (assembly packaging dimension) เช่น กล่อง ถาด กระเป๋าชุดของขวัญ เป็นต้น ขนาดภายในของกล่องลูกฟูกเพื่อการขนส่งจากโรงงานผู้ผลิตไปยังร้านค้า (inside carton dimension) ขนาดของชั้นวางสินค้าเพื่อจัดจำหน่าย (shelf dimension) เหล่านี้ล้วนเป็นปัจจัยที่ต้องนำมาพิจารณาในการออกแบบโครงสร้างและขนาดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ให้เหมาะสมกับการวางตำแหน่งของสินค้า ดังตัวอย่างกรณีศึกษาบรรจุภัณฑ์สำหรับพืชผักในระบบโรงเรือน (ผักกางมุ้ง) ในเขตปฏิรูปที่ดิน ที่นำบรรจุภัณฑ์มาใช้เพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตร ยกระดับการขายสินค้าเป็นระดับบน เพื่อส่งเสริมการตลาด ทำให้ผักเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ดังนั้นบรรจุภัณฑ์จึงช่วยสร้างรายได้เพิ่มให้กับเกษตรกรได้ (อนุสรา มูลป้อม และแพรรวี เคหะสุวรรณ, 2557)

– วงจรชีวิตของสินค้า (product life cycle) มี 3 ช่วง การออกแบบบรรจุภัณฑ์และแนวทางการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ในวงจรชีวิตของสินค้าแต่ละช่วงมีความแตกต่างกันตามความต้องการของตลาดในช่วงขณะนั้น ดังนี้

(1) ช่วงเริ่มต้นของการแนะนำสินค้าใหม่เข้าสู่ตลาด (introduction) การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ให้ตลาดรู้จักสินค้าใหม่ ต้องสร้างความโดดเด่นและความแตกต่าง ซึ่งมักมีการลงทุนที่สูง เช่น การเปิดโมลด์แม่พิมพ์ใหม่ เป็นต้น

(2) ช่วงสินค้ามีการเจริญเติบโตสูง (growth) การตลาดมีการแข่งขันกันสูง เน้นการผลิตในปริมาณมาก (mass production) แนวทางในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ควรเน้นการลดต้นทุนในการผลิต เช่น เลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีต้นทุนต่ำ อาทิ รูปทรงที่ใช้แม่พิมพ์เดิมที่มีอยู่แล้ว เพื่อลดต้นทุนการผลิตลง ใช้บรรจุภัณฑ์เดียวกันทุกรุ่นสินค้า และใช้ฉลากสติกเกอร์บอกข้อมูลของสินค้าแต่ละชนิดปิดบนบรรจุภัณฑ์แทนการพิมพ์ลงบนบรรจุภัณฑ์โดยตรง

(3) ช่วงอิ่มตัวและช่วงสิ้นสุด (maturity and decline) เป็นช่วงที่สินค้าอยู่ในตลาดแล้วเป็นที่รู้จักแล้ว นักออกแบบต้องพัฒนาสินค้าขึ้นเพื่อสร้างความหลากหลายเพิ่มทางเลือกให้กับลูกค้า เป็นการรักษายอดขายในช่วงที่ตลาดอิ่มตัว ทั้งนี้การออกแบบบรรจุภัณฑ์ต้องให้มีเอกลักษณ์ชัดเจน เพื่อให้จดจำได้ง่าย การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในช่วงการอิ่มตัวนี้ นักออกแบบต้องพัฒนาสิ่งทดแทนหรือเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น

2) การขายสินค้า ควรเลือกบรรจุภัณฑ์ว่าเป็นบรรจุภัณฑ์ชั้นใดเพื่อให้เหมาะกับรูปแบบการขายสินค้า อาทิ ขายปลีก ขายส่ง ขนส่ง ขายเพื่อเพิ่มมูลค่าสินค้า ดังนี้

บรรจุภัณฑ์ชั้นที่ 1 (primary packaging) หรือบรรจุภัณฑ์ชั้นใน: บรรจุภัณฑ์ที่อยู่ติดกับตัวสินค้า ใช้ในการขายปลีก

บรรจุภัณฑ์ชั้นที่ 2 (secondary packaging) หรือบรรจุภัณฑ์ชั้นนอก: บรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุบรรจุภัณฑ์ชั้นที่ 1 มักใช้ในการรวมหน่วยเพื่อขายปลีก ขายส่ง และเพิ่มมูลค่าสินค้า

บรรจุภัณฑ์ชั้นที่ 3 (tertiary packaging): โดยทั่วไปเป็นบรรจุภัณฑ์เพื่อการขนส่ง

แพรรวี เคหะสุวรรณ และ อนุสรา มูลป้อม (2557) เสนอว่าการตลาดและการขายเป็นปัจจัยหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงในการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมกับสินค้า ซึ่งได้แก่ 1) ลักษณะของตลาดเป้าหมาย ลักษณะของสถานที่และบรรยากาศของการจำหน่าย ณ จุดขาย เช่น ตลาดสด ห้างสรรพสินค้า และ 2) รสนิยม พฤติกรรมการซื้อ ปริมาณที่ซื้อ วิธีการนำสินค้าไปใช้ วิธีการเก็บรักษาสินค้าในบรรจุภัณฑ์ของลูกค้ากลุ่มเป้าหมาย

1.11.4 การนำสินค้าไปใช้งาน การออกแบบโครงสร้างบรรจุภัณฑ์โดยคำนึงถึงลักษณะการนำสินค้าไปใช้งาน จีรานุช บุดดีจีน (2558) เสนอปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1) รูปแบบการใช้งาน

– สินค้าที่ใช้งานครั้งเดียว ควรใช้บรรจุภัณฑ์แบบใช้ครั้งเดียวทิ้ง (single use) สินค้าที่ใช้งานหลายครั้งหรือมีปริมาณในการบรรจุมาก ควรใช้บรรจุภัณฑ์แบบใช้ซ้ำหลายครั้ง (multi use) รูปแบบการใช้งานดังกล่าวมีผลต่อการกำหนดโครงสร้างบรรจุภัณฑ์และปริมาณในการบรรจุ เช่น สินค้าสำหรับพกพาแบบใช้ครั้งเดียวทิ้ง สินค้าปริมาณบรรจุ 5 กรัม สำหรับการใช้งาน 1–3 ครั้ง เป็นต้น

– การเปิดใช้งาน ควรใช้บรรจุภัณฑ์แบบที่เมื่อเปิดแล้ว สินค้าที่บรรจุต้องไม่ให้หก เสียหาย สินค้าที่และใช้งานมากกว่า 1 ครั้ง ควรเลือกบรรจุภัณฑ์แบบเปิดปิดซ้ำหลายครั้งได้

– การนำบรรจุภัณฑ์ไปใช้ในหน้าที่อื่น เช่น ตะกร้าใส่ผักที่ใช้ผักหมดแล้ว นำไปใช้ใส่ของอื่นต่อ เป็นต้น

แพรรวี เคหะสุวรรณ และ อนุสรา มูลป้อม (2557) เสนอว่าลักษณะการนำสินค้าไปใช้งานเป็นปัจจัยหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงในการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมกับสินค้า บรรจุภัณฑ์ควรใช้งานง่าย สะดวก ทั้งในด้านการเปิด–ปิด การ จัดเก็บ การหยิบจับมาใช้งาน

2) ผู้ใช้งาน (user) มีหลายกลุ่ม ผู้ใช้งานจำแนกตามวัย อาทิ เด็ก หนุ่มสาว ผู้สูงอายุ ผู้ใช้งานจำแนกตามอาชีพ อาทิ เกษตรกร พ่อค้าแม่ค้า พนักงานบริษัท ข้าราชการ เจ้าของกิจการ นอกจากนี้ยังมีผู้ใช้งานกลุ่มเฉพาะ อาทิ กลุ่มกรีน กลุ่มรักสุขภาพ การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อการใช้งานที่สะดวกและเน้นผู้ใช้งานเป็นสำคัญ ควรเลือกให้ผู้ใช้งานทุกกลุ่มใช้ประโยชน์ได้อย่างเท่าเทียม (universal design) เท่าที่จะเป็นไปได้ โดยคำนึงถึงความสะดวก ปลอดภัย การเปิดปิดที่สะดวก การใช้งานที่เข้าใจได้ง่าย การทำให้ผู้ใช้รับรู้ถึงการคุ้มครองผู้บริโภค และวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ใช้เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาสินค้า ซึ่งจะนำไปสู่การตัดสินใจซื้อต่อไป

1.11.5 กฎหมายและข้อกำหนด จีรานุช บุดดีจีน (2558) เสนอตัวอย่าง ดังนี้

1) วัสดุบรรจุภัณฑ์ มีข้อควรคำนึงถึง ดังนี้

– วัสดุสัมผัสอาหาร (Food Contact Materials: FCM) เกี่ยวข้องกับวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ใช้ในกระบวนการผลิตหรือสัมผัสอาหาร

– วัสดุสำหรับการปกป้อง เช่น วัสดุลามิเนต เสริมข้อด้อยของพลาสติก และเพิ่มคุณสมบัติของพลาสติก เช่น การปิดผนึกที่ต้องใช้พลาสติกที่หลอมเหลวที่อุณหภูมิต่ำ เช่น พลาสติกชนิด LDPE เป็นต้น

– วัสดุที่ใช้กับระบบเครื่องจักรเฉพาะ เช่น ถุงสุญญากาศ ต้องทำจากพลาสติกไนลอนเพราะมีความเหนียวและยืดหยุ่น เป็นต้น

2) ผลิตภัณฑ์อาหาร เลือกใช้วัสดุเกรดสัมผัสอาหารได้ (food grade)

3) ตลาดเฉพาะ อาทิ ตลาดกรีน มีข้อกำหนดให้ใช้บรรจุภัณฑ์จากวัสดุธรรมชาติที่ย่อยสลายได้เท่านั้น

หากเป็นสินค้าส่งออกต่างประเทศ นักออกแบบบรรจุภัณฑ์ต้องคำนึงถึงกฎหมาย และกฎระเบียบที่เกี่ยวข้องกับการวางจำหน่ายสินค้านั้น ๆ ในแต่ละประเทศด้วย

1.11.6 ผลกระทบทางสังคมและสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากบรรจุภัณฑ์ การออกแบบบรรจุภัณฑ์ต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม หลักการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและสังคมอย่างยั่งยืน มีดังนี้

1) ลดการใช้วัสดุลามิเนตหรือเคลือบหลายชนิด/หลายชั้น แต่ยังคงรักษาคุณภาพ/คุ้มครองสินค้าได้

2) ลดจำนวนสีที่พิมพ์และวัสดุตกแต่งผิว เพื่อลดวัตถุดิบและพลังงานในกระบวนการผลิต

3) รวมทั้งลดปริมาณที่ต้องนำไปผ่านการกำจัดและการบำบัด

4) ลดพื้นที่เหลือภายในบรรจุภัณฑ์ (head space) โดยเลือกขนาดบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะกับปริมาณบรรจุและเครื่องจักรในการบรรจุ

5) ลดชิ้นส่วนที่ไม่จำเป็นหรือเกินความจำเป็นในการใช้งาน เพื่อลดขั้นตอนการผลิตและลดปริมาณขยะ

ในการเลือกใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ ควรเลือกชนิดและสมบัติของวัสดุให้เหมาะสมกับตัวสินค้า สามารถปกป้องสินค้า และไม่ทำให้สินค้าเสื่อมสภาพก่อนเปิดใช้สินค้า การเลือกใช้วัสดุต้องคุ้มค่ากับต้นทุนในการผลิตที่ต้องบวกเพิ่มกับต้นทุนสินค้า หากเลือกใช้วัสดุที่มีต้นทุนสูงเกินความจำเป็น จะทำให้ต้นทุนรวมเพิ่มขึ้น บรรจุภัณฑ์ที่ใช้วัสดุเป็นพลาสติกหลายชั้น หลังจากใช้สินค้าและทิ้งบรรจุภัณฑ์แล้ว การแยกชั้นพลาสติกเพื่อรีไซเคิลและนำกลับมาใช้ใหม่นั้นทำได้ยาก ซึ่งยังคงเป็นประเด็นสำคัญที่นักออกแบบบรรจุภัณฑ์ต้องนำมาพิจารณาในการเลือกใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมและไม่ส่งลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้น จึงควรศึกษาข้อดีและข้อด้อยของวัสดุแต่ละชนิดเพื่อเป็นข้อมูลในการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ให้มีความเหมาะสมที่สุด (จีรานุช บุดดีจีน, 2558)

1.11.7 ราคาบรรจุภัณฑ์ ราคาของบรรจุภัณฑ์ที่เจ้าของสินค้าซื้อมาเพื่อใช้บรรจุสินค้านั้น เป็นส่วนหนึ่งของต้นทุนที่บวกเข้าไปกับต้นทุนสินค้ารวมเป็นราคาขายสินค้า ซึ่งราคาบรรจุภัณฑ์จะสูงหรือต่ำ ขึ้นกับชนิดวัสดุบรรจุภัณฑ์ กระบวนการผลิต และประสิทธิภาพในการทำหน้าที่ของบรรจุภัณฑ์ โดยเฉพาะด้านการคุ้มครองและยืดอายุการเก็บรักษาสินค้า ทั้งนี้เจ้าของสินค้าควรเลือกราคาบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะกับการวางตำแหน่งของสินค้าหรือระดับการขายของสินค้าด้วย โดยสามารถใช้หลักการคำนวณหาราคาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมได้ดังนี้ ราคาทั่วไปของบรรจุภัณฑ์ที่เป็นต้นทุนไม่ควรเกิน 10% ของราคาสินค้า แต่ถ้าเป็นสินค้าที่ต้องการเพิ่มมูลค่า อาจลงทุนซื้อบรรจุภัณฑ์ที่มีราคาสูงขึ้นได้ โดยควรอยู่ในช่วง 15–25% ของราคาสินค้า (B.M. McGregor, 1989) ซึ่งเป็นช่วงราคาที่ใกล้เคียงกับที่ดวงฤทัย ธำรงโชติ (2550) เสนอว่า ต้นทุนบรรจุภัณฑ์ทั่วไปในภาคอุตสาหกรรม อยู่ในช่วงประมาณ 10–15% ของราคาสินค้า ทั้งนี้บรรจุภัณฑ์สามารถคุ้มครองสินค้าได้สูง จะมีราคาสูง ทำให้ต้องขายสินค้าในราคาสูงขึ้น อาจจะแข่งขันในตลาดไม่ได้ จึงควรเลือกบรรจุภัณฑ์ที่คุ้มครองสินค้าได้ มีต้นทุนที่ไม่สูงเกินไป และเหมาะสมกับสินค้า แนวทางหนึ่งที่ช่วยประหยัดต้นทุน คือ การซื้อที่ปริมาณมากเพื่อให้ต้นทุนต่อหน่วยลดลง เพราะราคาบรรจุภัณฑ์ต่อหน่วยขึ้นกับปริมาณสั่งซื้อ แต่ควรตรวจสอบคุณภาพกับผู้ผลิตและผู้จำหน่ายบรรจุภัณฑ์ก่อนสั่งซื้อทุกครั้ง ซึ่งสอดคล้องกับแพรรวี เคหะสุวรรณ และอนุสรา มูลป้อม (2557) ที่เสนอว่าราคาบรรจุภัณฑ์เป็นปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการเลือกบรรจุภัณฑ์ ควรเลือกราคาบรรจุภัณฑ์ที่ประหยัด เป็นต้นทุนที่เหมาะกับสินค้า แต่ต้องปกป้องสินค้าได้

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสื่อในการเรียนรู้ด้านการเกษตรของ YSF จากการศึกษาการเรียนรู้ด้านการเกษตรของ YSF แนวทางในการดำเนินงานเพื่อส่งเสริมและพัฒนากลุ่ม YSF แนวทางหนึ่งที่ให้สำนักงานเกษตรเขตและจังหวัดร่วมกันจัดทำสื่อการถ่ายทอดความรู้และเผยแพร่แก่เกษตรกรอื่น ๆ ในช่องทางหรือแหล่งข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ที่เป็นสื่อการเรียนรู้ด้านการเกษตร พบว่าในการเรียนรู้แบบมวลชน พบว่า มีการเรียนรู้จากเอกสารแจกของหน่วยงานต่าง ๆ นิทรรศการ หนังสือ คู่มือ วารสาร หนังสือพิมพ์ หอกระจายข่าว รายการโทรทัศน์ วิทยุกระจายเสียง และวิทยุชุมชน (พชรวลัย เอี่ยมอาภรณ์, 2557) ซึ่งสอดคล้องกับ นันทิยา ศรีทัดจันทา (2557) ที่สรุปว่าแหล่งสื่อการเรียนรู้ที่ YSF ได้รับมี 3 ประเภท ดังนี้ 1) ประเภทแหล่งสื่อกลุ่ม ได้แก่ การประชุมกลุ่ม การอบรม/สาธิต ศูนย์เรียนรู้ การฝึกปฏิบัติ การทัศนศึกษาดูงาน ประเภทแหล่งสื่อมวลชน ได้แก่ รายการโทรทัศน์ หนังสือพิมพ์ นิทรรศการ หอกระจายข่าว วิดีทัศน์ วิทยุกระจายเสียง และประเภทสื่อเทคโนโลยีสารสนเทศ ได้แก่ เฟสบุ๊ค อินเตอร์เน็ต เว็บไซต์ ไลน์ และโปรแกรม/แอพพลิเคชั่น ซึ่งจะเห็นได้ว่า แหล่งเรียนรู้ข้างต้นยังไม่มีการเรียนรู้จากแหล่งเรียนรู้หรือสื่อประเภทฐานข้อมูลที่จัดทำอย่างเป็นระบบและพร้อมใช้งาน แนวทางที่ช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าว คือ การที่กรมส่งเสริมการเกษตรมอบหมายให้สำนักงานเกษตรจังหวัดจัดหลักสูตรฝึกอบรมให้กลุ่ม YSF ตั้งแต่ปี 2555–2559 โดยมีหัวข้อการอบรมเกี่ยวกับการบรรจุและบรรจุภัณฑ์โดยตรงเพียง 2 หัวข้อจาก 9 หัวข้อ คือ การพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิต และหัวข้อการอบรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดการสินค้าเกษตรก่อนบรรจุ คือ การจัดการผลผลิตสินค้าเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิต (นันทิยา ศรีทัดจันทา, 2557) ซึ่งเป็นหัวข้อที่ให้ความรู้เกี่ยวกับการช่วยยืดอายุสินค้าเกษตรและเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าเกษตรของ YSF

จากผลการศึกษาข้างต้น จะเห็นได้ว่าสามารถนำต้นแบบฐานข้อมูลที่ได้จากผลการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาต้นแบบแนวทางเลือกบรรจุภัณฑ์สำหรับสินค้าเกษตรประเภทพืชอาหารของผู้ประกอบการรุ่นใหม่ด้านการเกษตร

จังหวัดตรัง" ไปใช้เป็นสื่อการฝึกอบรมเกี่ยวกับการพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อยืดอายุสินค้าเกษตรและเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าเกษตรให้แก่ กลุ่ม YSF เกษตรกรกลุ่มต่าง ๆ วิสาหกิจชุมชน และผู้ประกอบการผลิตสินค้าเกษตรทั่วไปได้ ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาเรื่องการยังขาดแหล่งเรียนรู้หรือสื่อรูปแบบฐานข้อมูลที่มีการจัดทำอย่างเป็นระบบและพร้อมใช้งาน

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะและสรีรวิทยาของสินค้าเกษตรประเภทพืชอาหารและบรรจุภัณฑ์

การศึกษาเกี่ยวกับประเภทบรรจุภัณฑ์ให้สอดคล้องกับลักษณะและสรีรวิทยาของสินค้าเกษตรประเภทพืชอาหาร การปฏิบัติหลังเก็บเกี่ยว เทคโนโลยีการบรรจุ สภาวะการเก็บรักษา และโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ เพื่อให้บรรจุภัณฑ์สามารถทำหน้าที่บรรจุ คุ้มครอง และยืดอายุสินค้าได้อย่างเหมาะสม วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ใช้มากที่สุด คือ พลาสติก ได้แก่ พอลิโพรพิลีน (PP) พอลิเอทิลีน (PE) พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (LDPE) พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (LLDPE) พอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (PET) พอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) พอลิสไตรีน (PS) พอลิเอไมด์ (PA) หรือไนลอน (nylon) และพอลิแล็กติกแอซิด PLA) ดังผลการศึกษาที่จำแนกตามกลุ่มสินค้าเกษตรประเภทพืชอาหารต่อไปนี้

กลุ่มผักสด บรรจุภัณฑ์ที่ใช้มีดังนี้ ถุงพลาสติก ถาดพลาสติกสอดในถุงพลาสติก ถาดพลาสติกหุ้มฟิล์มยืด ฟิล์มยืดหุ้มผักโดยตรง และกล่องพลาสติก โดยมีการใช้ถุงพลาสติกมากที่สุด ดังผลการศึกษาต่อไปนี้

– ถุง PP ที่เป็นถุงแอกทิฟ และ ถุง PE เจาะรู (ชุดควบคุม) มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซแตกต่างกัน ใช้บรรจุ***พืชผักอินทรีย์ (ยอดชาโยเต้ กะหล่ำปลีรูปหัวใจ เบบี้ฮ่องเต้ เบบี้แครอต) และพืชสมุนไพรอินทรีย์ (ผักชีไทย ใบมะกรูด ข่า ขมิ้น)*** เก็บรักษาที่อุณหภูมิพอเหมาะกับพืชผักแต่ละชนิด พบว่า ถุง PP ยืดอายุการเก็บรักษาได้ดีกว่าถุง PE โดยเฉพาะถุง PP ที่มีอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจน 10,000–12,000 cc/m^2/day สามารถยืดอายุการเก็บรักษากะหล่ำปลีรูปหัวใจ ยอดชาโยเต้ เบบี้ฮ่องเต้ เบบี้แครอต ข่า และขมิ้น ได้นาน 27.8, 9.0, 19.4, 32.0, 20.0 และ 54.4 วัน ตามลำดับ และถุง PP ที่มีอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนที่สูงขึ้น คือ 12,000–14,000 cc/m^2/day ยืดอายุการเก็บรักษาเบบี้แครอต ผักชีไทย ข่า และขมิ้น ได้นาน 32.0, 12.0, 20.0 และ 54.2 วัน ตามลำดับ ส่วนใบมะกรูดอินทรีย์ที่บรรจุในถุง PP ที่ควบคุมให้มีปริมาณก๊าซออกซิเจนเริ่มต้นที่ 8% มีอายุการเก็บรักษา 15.6 วัน (ดนัย บุณยเกียรติ และคณะ, 2554)

– ถุงแก้ว (ถุง OPP) และถุงพลาสติกทั่วไป เป็นบรรจุภัณฑ์เดิมที่ใช้บรรจุ***ผักกางมุ้ง***ในเขตปฏิรูปที่ดิน อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา) ต่อมาทางศูนย์การเรียนรู้เพื่อการปฏิรูปที่ดินได้ใช้ถุงพลาสติกตรา YOUR FARM THAI เป็นบรรจุภัณฑ์แอกทิฟ (active packaging) ที่ใช้หลักการควบคุมสภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะกับความต้องการของพืชผักแต่ละชนิด ทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาผักได้นานขึ้น ผักกางมุ้งที่ใส่ถุง YOUR FARM THAI และแช่ในตู้เย็น สามารถเก็บรักษาความสดได้นาน 2 สัปดาห์ (อนุสรา มูลป้อม และแพรรวี เคหะสุวรรณ, 2557)

– ถุงพลาสติก FF3 ซึ่งเป็นถุง LDPE ที่ผลิตโดยบริษัททานตะวันอุตสาหกรรม จำกัด (มหาชน) เก็บรักษา***ผักสลัดไฮโดรโพนิกส์***ให้คงความสดดีกว่าถุงพลาสติกชนิด LDPE2 อุณหภูมิ 4 °C เก็บรักษาผักได้นานกว่า 10 °C ผักสลัดที่ตัดรากมีลักษณะทางกายภาพดีกว่าผักสลัดที่ไม่ได้ตัดราก (อุบลลักษณ์ เพ็ญพัธนกุล และรุจิรา ตาปราบ, 2554)

– ถาดพลาสติกสอดในถุงพลาสติก 6 แบบ ได้แก่ ถุง PP, ถุง PP เจาะรูเข็ม 2 รู, ถุง PE, ถุง PE เจาะรูเข็ม 2 รู, ถุง OPP, ถุง OPP เจาะรูเข็ม 2 รู และถาด PVC ใส พร้อมฝาปิด ถาด PET พร้อมฝาปิดรูปโดม และถาด PP สีดำ พร้อมฝาปิด ใช้บรรจุ***ผักสลัดรวมตัดแต่ง (กรีนคอส บัตเตอร์เฮด ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก เรดโอ๊ก เรดคอรัล และแครอต)*** เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 °C ถาดพลาสติกสอดในถุง OPP ทั้งแบบเจาะรูและไม่เจาะรู เก็บรักษาผักสลัดรวมตัดแต่งได้นาน 12 วัน ส่วนบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น เก็บรักษาได้นานเพียง 8 วัน (ปรางค์ทอง กวานห้อง และคณะ, 2558)

– ถุง PP, ถุง PE, ถุง OPP และถุง MD (Modified) ที่มีความหนาและอัตราการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำต่างกัน ใช้บรรจุ***ผักสลัดกรีนคอสและผักสลัดบัตเตอร์เฮต*** ที่ทำความสะอาดและตัดแต่งแล้ว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C พบว่า ผักสลัดกรีนคอสและผักสลัดบัตเตอร์เฮตในถุง OPP มีอายุการเก็บ 12 วัน และ 6 วัน ตามลำดับ โดยผักสลัดมีคุณภาพการยอมรับดีกว่า เกิดอาการใบเหลือง และเกิดสีน้ำตาลที่ขอบรอยตัดน้อยกว่าผักสลัดในถุงพลาสติกชนิดอื่น ทั้งนี้เพราะภายในถุง OPP มีปริมาณ O_2 ลดลงต่ำกว่า ปริมาณ CO_2 สะสมสูงกว่าถุงพลาสติกชนิดอื่น (ปรางค์ทอง กวานห้อง และคณะ, 2558)

– บรรจุภัณฑ์ 9 ชนิด ได้แก่ 1) ถุง PP 2) ถุง PP เจาะรูขนาดรูเข็ม 2 รู 3) ถุง PE 4) ถุง PE เจาะรูขนาดรูเข็ม 2 รู 5) ถุง OPP 6) ถุง OPP เจาะรูขนาดรูเข็ม 2 รู 7) ถาด PVC ใสพร้อมฝาปิด 8) ถาด PET แบบมีฝาปิดรูปโดม และ 9) ถาด PP สีดำพร้อมฝาปิด ใช้บรรจุ***ผักสลัดตัดแต่งพร้อมบริโภค***ที่ผ่านการคัดคุณภาพ ล้างทำความสะอาด หั่นเป็นชิ้นหรือหั่นฝอย แช่ในน้ำเกลือความเข้มข้น 1% เพื่อลดการเกิดอาการสีน้ำตาลตรงรอยตัดที่มีสาเหตุมาจากเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 °C เป็นเวลา 12 วัน พบว่า ผักสลัดตัดแต่งในถุง OPP เจาะรูขนาดรูเข็ม 2 รู มีคะแนนการยอมรับคุณภาพภายนอกสูงกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ แต่มีปริมาณจุลินทรีย์เกินกว่ามาตรฐานที่กำหนด ผลประเมินคุณภาพภายนอกของผักสลัดในบรรจุภัณฑ์ทุกชนิดยังเป็นที่ยอมรับหลังเก็บรักษา 8 วัน (ปรางค์ทอง กวานห้อง และจตุพร สิงโต, 2559)

– ถุงพลาสติก ไม่เจาะรู ปิดผนึกด้วยความร้อน 4 ชนิด ใช้บรรจุ***ผักกาดหอมตัดแต่ง*** เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7±1 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 90±5% พบว่า ถุง PLAM (modified polylactic acid) ที่ย่อยสลายตามธรรมชาติภายใน 10 สัปดาห์ เก็บรักษาผักกาดหอมตัดแต่งได้นาน 20 วัน ถุง OPP ถุง PLA และถุง LDPE เก็บได้นาน 18, 14 และ 12 วัน ตามลำดับ อายุการเก็บรักษาแบบไม่บรรจุถุง เก็บได้นานเพียง 4 วัน (นิตยา กาสกุล และคณะ, 2560)

– ฟิล์มพลาสติก 4 ชนิด ใช้ห่อหุ้ม***คะน้าฮ่องกง***ที่คัดคุณภาพโดยเลือกยอดที่มีขนาดสม่ำเสมอและไม่มีตำหนิ ลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 1 °C ก่อนหุ้มฟิล์มพลาสติก พบว่าฟิล์ม PE หนา 15 ไมครอน เก็บได้นานกว่าฟิล์ม LLDPE หนา 15 และ 25 ไมครอน และฟิล์ม PVC หนา 15 ไมครอน (ภูวนาท ฟักเกตุ และคณะ, 2548)

– ถุง PP และ ถุง MTEC–1 (ถุง PE พัฒนาโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ) บรรจุ***คะน้าปลอดสารพิษ*** ร่วมกับสภาวะดัดแปลงบรรยากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8±2 °C เป็นเวลา 13 วัน ช่วยรักษาคุณภาพของคะน้าได้ แต่ภายในถุง PP เกิดฝ้าไอน้ำ ทำให้ใบคะน้าเริ่มเหลือง เหี่ยวมากกว่า แต่ความแน่นเนื้อไม่ต่างกัน (กาญวิภา กลิ่นชู และคณะ, 2558)

– ถุงซิป LDPE หนา 80 ไมครอน ชะลอการสูญเสียไอน้ำ มีค่า OTR 1,600 ml/m^2 /day ใช้บรรจุ***ผักสลัด แตงกวา กระเจี๊ยบเขียว โหระพา มะเขือยาวสีม่วง และผักบุ้ง*** ที่จำหน่ายภายใต้ตราสินค้า “Safe Veggies” ก่อนบรรจุ มีการล้างคัดแยกส่วนเน่าเสียออก จุ่มก้านตรงรอยตัดในน้ำส้มสายชู 1.5% เป็นเวลา 5 นาที และเก็บรักษาแบบแช่เย็นที่อุณหภูมิ 10 °C เป็นเวลา 9 วัน พบว่ายังมีลักษณะสด แต่ผักชุดควบคุมที่ไม่ใส่ถุง ไม่จุ่มก้านในน้ำส้มสายชู และเก็บที่อุณหภูมิ 10 °C มีอาการเหี่ยวหลังจากเก็บรักษาเพียง 1 วัน (วีรเวทย์ อุทโธ และคณะ, 2559)

– ถุง PE แบบไม่เจาะรูและแบบเจาะรู 4 รู ใช้บรรจุ***ผักเหลียง*** ที่อุณหภูมิเก็บรักษาก่อนวางจำหน่าย 7 °C, 13 °C และ 20 °C พบว่าถุง PE ทั้งสองแบบ เก็บรักษาผักเหลียงได้นาน 15, 16.7 และ 11.7 วัน ตามลำดับ เมื่อนำไปวางจำหน่ายต่อที่อุณหภูมิห้อง (29±1.3 °C) พบว่า ผักเหลียงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 °C และ 13 °C ก่อนวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้อง มีอายุนานที่สุด คือ 7 วัน แต่ที่อุณหภูมิ 20 °C มีอายุสั้นที่สุด คือ 4 วัน (กนกพร บุญญะอติชาติ, 2560)

– ถุง PP ใช้บรรจุ***ใบตำลึง*** ปดผนึกดวยความรอน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C และ 13 °C ไดนาน 4 วัน และ 8 วัน ตามลำดับ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 5 °C และ 13 °C ชวยชะลอการเปลี่ยนแปลงสี กลิ่น การเกิดสีน้ำตาล การเหี่ยวเฉา และการเนาเสียของใบตำลึงได้ดีกว่าอุณหภูมิหอง 30 °C ซึ่งเก็บได้เพียง 1 วัน (พริมา พิริยางกูร, และคณะ, 2558)

– ถุง BOPP เจาะรูระดับไมครอน 19 รู และ 58 รู ขนาดรู 50 ไมครอน และถุง BOPP เจาะรูทางการค้าที่ใชทั่วไป 8 รู ขนาดรู 8 มิลลิเมตร ใช้บรรจุ***ผักสลัดกรีนโอ๊ก***เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 16 วัน พบว่า ถุงเจาะรูระดับไมครอน 19 รู สูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าถุงเจาะรูระดับไมครอน 58 รู และถุง BOPP เจาะรู 8 รู ตามลำดับ โดยผักสลัดกรีนโอคในถุงเจาะรูระดับไมครอนยังคงคุณภาพที่ผูบริโภคยอมรับและมีสภาพเขียวสดได้ 14 วัน ส่วนผักสลัดกรีนโอคในถุงเจาะรู 8 รู สูญเสียน้ำหนักมากที่สุด หลังจากเก็บรักษาได้ 8 วัน (ชาริณี วิโนทพรรษ์ และคณะ, 2552)

– ถุง PP เก็บรักษา***ใบมะกรูด***ให้คงคุณภาพเป็นที่ยอมรับมากกว่าถุง PE ถุงซิป LDPE และถาดโฟมหุ้มฟิล์มยืด PVC โดยเก็บรักษาได้นานที่สุด 12 วัน ที่อุณหภูมิห้อง 22±2 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 67% (ทิตา สุนทรวิภาค, 2555)

– ถุงพลาสติกย่อยสลายได้ (ผลิตโดยภาควิชาวิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) และถุง LDPE สามารถคงคุณภาพด้านสี ความสด และกลิ่นหอมของ***ใบมะกรูดสด*** ได้นาน 15 วันเท่ากัน ที่อุณหภูมิ 7±1 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 90±5% จึงใช้ถุงพลาสติกย่อยสลายได้แทนถุง LDPE ได้ (บุญญรัตน์ กมขุนทด และคณะ, 2559)

– ถุง LDPE ใช้บรรจุ***ตะไคร้ตัดแต่งสด*** ที่ผ่านการแช่ในสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลร่วมกับสารเคลือบบริโภคได้ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 95±5% เป็นเวลา 15 วัน พบว่าการแช่ตะไคร้ตัดแต่งสดในสารดังกล่าวช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลบริเวณโคนต้นและปลายยอดและการสูญเสียน้ำหนักได้ (จิตติมา จิรโพธิธรรม และคณะ, 2558)

– ถุง LDPE ถุง LLDPE ดัดแปลงสภาพบรรยากาศโดยเติมก๊าซผสม 2 สัดส่วน คือ 10%CO_2+5%O_2 และ 5%CO_2+10%O_2 ถุง MTEC และถุง LDPE ที่ไม่มีการเติมก๊าซ (ชุดควบคุม) ใช้บรรจุ***ข้าวโพดฝักอ่อนตัดแต่ง*** เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±2 °C พบว่า ถุง LLDPE (10%CO_2+5%O_2) มีการเปลี่ยนแปลงค่าสี การสูญเสียน้ำ ความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 และเอทิลแอลกอฮอล์อยู่ในระดับปานกลาง จึงรักษาคุณภาพของข้าวโพดฝักอ่อนได้ดีที่สุด (ธนสินี พุกกะณะสุต และคณะ, 2552)

– ถาด PP ปิดผนึกด้วยฟิล์ม 4 ชนิด ที่มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซต่างกัน ใช้บรรจุ***ข้าวโพดฝักอ่อน***ที่ปอกเปลือก ลอกไหม หักก้านฝักออกจนเหลือแต่ฝัก และคัดคุณภาพ จำลองสภาวะการเก็บรักษาสำหรับการส่งออกทางเรือไปประเทศญี่ปุ่นที่อุณหภูมิขนส่ง 4 °C เป็นเวลา 12 วัน และเปลี่ยนอุณหภูมิขณะวางจำหน่ายที่ 8 °C เป็นเวลา 10 วัน รวมระยะเวลา 22 วัน พบว่า ข้าวโพดฝักอ่อน 80 กรัมบรรจุในถาด PP ปิดผนึกด้วยฟิล์ม MP–9 (ฟิล์ม BOPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 98,000 ml/m^2.day) คงคุณภาพด้านกายภาพและประสาทสัมผัสได้ดีที่สุดและเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนได้นานที่สุด 22 วัน รองลงมา คือ ฟิล์ม MP–10 (ฟิล์ม BOPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 110,000 ml/m^2.day) ฟิล์มยืด PVC (OTR 3,500 ml/m^2.day) และฟิล์ม BOPP ที่ไม่เจาะรู (OTR 3,500 ml/m^2.day) เก็บรักษาได้ 9 วัน ส่วนข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุ 200 กรัมในถาด PP ปิดผนึกด้วยฟิล์ม MP–12 (ฟิล์ม BOPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 130,000 ml/m^2.day) เก็บรักษาได้ 20 วัน โดยมีคุณภาพดีกว่าฟิล์ม MP–11 (ฟิล์ม BOPP เจาะรูขนาดไมครอน OTR 105,000 ml/m^2.day) (จิรัฐิติกาล บุณธนากร และคณะ, 2558)

– ถาด PVC หุ้มด้วยฟิล์มยืด PVC (ชุดควบคุม) ถุง LDPE ที่ดัดแปลงสภาพบรรยากาศปกติ ถุง LDPE ที่ดัดแปลงสภาพบรรยากาศให้มีก๊าซ O_2 เข้มข้น 5% ก๊าซ CO_2 เข้มข้น 5% และถุง LDPE ที่ดัดแปลงสภาพบรรยากาศให้มีก๊าซ O_2 เข้มข้น 5% ก๊าซ CO_2 เข้มข้น 10% ใช้บรรจุ***ข้าวโพดฝักอ่อน*** เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C พบว่าถุง LDPE (ก๊าซ O_2 เข้มข้น 5% ก๊าซ CO_2 เข้มข้น 5%) สามารถคงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุด 21 วัน (ภาณุมาศ โคตรพงศ์ และคณะ, 2561)

– ถาด PS หุ้มฟิล์ม PE ใช้บรรจุ***มะเขือเปราะตัดขั้ว***ที่จุ่มในน้ำกลั่น 15 °C ก่อนบรรจุ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C สามารถลดปัญหาการเกิดสีน้ำตาลและรักษาคุณภาพมะเขือเปราะตัดขั้วได้นาน 20 วัน โดยรักษาคุณภาพได้ดีกว่าถาด PS หุ้มฟิล์ม PVC, ถาด PP หุ้มฟิล์ม PE และ ถาด PP หุ้มฟิล์ม PVC (เนตรา สมบูรณ์แก้ว และคณะ, 2554)

– ถุงพลาสติก 4 ชนิด ได้แก่ ถุง PE, ถุง PP เจาะรูขนาดรูเข็ม จำนวน 8 รู ถุง PP เจาะรูขนาด 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู และ ถุง P–plus ใช้บรรจุ***มะเขือเปราะ***ที่ทำความสะอาดและตัดแต่งขั้วผลแล้ว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C พบว่า ถุง PE เก็บรักษามะเขือเปราะได้นาน 16 วัน โดยกลีบเลี้ยงเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลช้ากว่า ถุง PP เจาะรูขนาดรูเข็ม และถุง PP เจาะรูขนาด 0.5 เซนติเมตร ซึ่งกลีบเลี้ยงเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลที่ 12 วัน ถ้าเป็นมะเขือเปราะที่ตัดแต่งกลีบเลี้ยงและขั้วผลออกก่อน พบว่า ถุง PE เก็บรักษามะเขือเปราะได้นาน 18 วัน ส่วนผลที่บรรจุในถุง PP เจาะรูขนาด 0.5 เซนติเมตร มีอายุการเก็บรักษาที่ 13 วัน (ปรางค์ทอง กวานห้อง และคณะ, 2558)

– ฟลมยืด PVC ถุง PE และกลอง PE ใช้บรรจุ***พริกขี้หนูแดง***ที่ผ่านการลดอุณหภูมิหลังการเก็บเกี่ยวแล้ว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C พบวา กลอง PE รักษาคุณภาพและลดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของพริกขี้หนูไดดีที่สุด การเก็บรักษาได้ 25 วัน ขณะที่ชุดควบคุม (ไม่ใส่บรรจุภัณฑ์) เก็บรักษาได้เพียง 15 วัน (อัจฉรา ทักษิณะมณี, 2548)

– ถุง OPP เจาะรูขนาดไมครอน และถาด PP ปิดผนึกด้วยฟิล์ม PE ใช้บรรจุ***พริกขี้หนู***ที่เด็ดขั้วและก้านพริกแล้ว เก็บรักษาที่ 13 °C 3 วัน และ 5 °C 25 วัน พบว่า พริกขี้หนูในถุง OPP เจาะรูขนาดไมครอนสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าและมีความแน่นเนื้อสูงกว่าพริกขี้หนูในถาด PP ปิดผนึกด้วยฟิล์ม PE (เนตรา สมบูรณ์แก้ว และคณะ, 2554).

– ถุง PE และ ฟิล์มยืด PVC ใช้บรรจุ***พริกขี้หนูแดง***ที่ลดอุณหภูมิหลังการเก็บเกี่ยวด้วยน้ำเย็น เก็บรักษาที่ 4 °C พบว่า ถุง PE รักษาคุณภาพและลดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของพริกขี้หนูได้ดีกว่าฟิล์มยืด PVC โดยมีอายุการเก็บรักษา 28 และ 20 วัน ตามลำดับ ส่วนชุดควบคุม (ไม่ใช้บรรจุภัณฑ์) เก็บได้ 16 วัน (พนิดา และคณะ, 2556)

– ถุง PE และ ถุง PE แอกทิฟ (Active PE) ใช้บรรจุ***พริกขี้หนู***ที่ผ่านการจุ่มน้ำกลั่น 50 °C นาน 4 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 76% พบว่า พริกขี้หนูในถุง PE แอกทิฟ สูญเสียน้ำหนักสดและเน่าเสียน้อยกว่าถุง PE (ชุดควบคุม บรรจุพริกขี้หนูจุ่มในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้อง) (วิรญา ครองยุติ และราเชนทร์ ดวงศรี, 2558)

– ถุง LDPE 4 ชนิด ได้แก่ ถุง LDPE ถุง CF1 ผลิตโดยภาควิชาวิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถุง FF3 และถุง FF5 ผลิตโดยบริษัททานตะวันอุตสาหกรรมจำกัด (มหาชน) ใช้บรรจุ***มะนาวพันธุ์แป้น*** เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±1 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 90±5% ได้นาน 8 สัปดาห์ ถุง LDPE ทั้งสี่ชนิดคงสีเขียวของเปลือกผลได้นาน 5 สัปดาห์ โดยมีผลประเมินด้านประสาทสัมผัสมีคะแนนความชอบในระดับคะแนนที่ยอมรับได้ (อภิตา บุญศิริ และคณะ, 2556)

– ถาดพลาสติกสีดำใช้บรรจุ***พริกหวานตัดแต่งพร้อมบริโภค***ที่คัดคุณภาพ ล้างทำความสะอาด หั่นเป็นวง แล้วหุ้มด้วยฟิล์มยืด PVC หรือสอดในถุง PE ถุง PP หรือ ถุง OPP เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 90–95% เป็นเวลา 10 วัน พบว่า ถุง OPP เก็บรักษาพริกหวานตัดแต่งได้ดีที่สุด เพราะชะลอการสูญเสียน้ำหนัก รักษาความสด มีคุณภาพภายนอกที่ดีกว่า และมีปริมาณจุลินทรีย์ต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์อื่น (ปรางค์ทอง กวานห้อง และคณะ, 2560)

กลุ่มผลไม้สด บรรจุภัณฑ์ที่ใช้มีดังนี้ ถุงพลาสติก (รวมถุงตาข่าย ถุงแอกทิฟ ถุง MAP) กล่องพลาสติกฝาพับ ถาดพลาสติกหุ้มฟิล์มยืด กลองกระดาษลูกฟูก กลองกระดาษ กลองโฟม โดยมีการใช้ถุงพลาสติกมากที่สุด ดังผลการศึกษาต่อไปนี้

– ถุง EA (ถุงพลาสติกที่มีตัวดูดซับเอทิลีน) ถุง HP (ถุง PP ที่มีช่องให้ซึมผ่านได้สูง: high permeability) และถุง PP เจาะรู ใช้บรรจุ***มะเขือเทศเชอรี่อินทรีย์*** เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 95% พบว่ามะเขือเทศในถุง EA และ

ถุง HP สูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด ถุง HP ชะลอการเปลี่ยนสีผลเป็นสีแดงได้ดีที่สุด ถุง EA ยืดอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุด กว่า 40 วัน มะเขือเทศที่ไม่บรรจุถุง เก็บได้ 35 วัน (ปวีณา จินดาเรือง และคณะ, 2556)

– ถุงตาข่าย กล่องพลาสติกฝาพับ (clam shell) ถุง PE และถาดโฟมหุ้มฟิล์มยืด PVC ใช้บรรจุ***เงาะ*** เก็บรักษา ขณะขนส่ง 4 วัน ที่อุณหภูมิ 13 °C และขณะจำหน่าย 3–5 วัน ที่อุณหภูมิ 25 °C พบว่า เงาะในถาดโฟมหุ้มฟิล์ม PVC ไม่พบการเน่าเสีย มีลักษณะปรากฏและความสดดีกว่าเงาะในบรรจุภัณฑ์อื่น เงาะในถุงพลาสติก PE สูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด เงาะในถุงตาข่ายสูญเสียน้ำหนักสดและเกิดโรคมากที่สุด (ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ และคณะ, 2553)

– ถุง LDPE เจาะรูขนาดใหญ่และถาดพลาสติกบรรจุ***เงาะ*** หุ้มด้วยฟิล์ม BOPP ไม่เจาะรูและเจาะรูขนาดไมครอนที่มีอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจน (OTR) ต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 90–95% พบว่า ฟิล์ม BOPP (OTR 3765 cc/m^2.day) ลดการสูญเสียน้ำหนักและชะลอการเกิดสีน้ำตาลของขนและผิวเปลือกของเงาะได ดีที่สุดโดยยังคงมีคุณภาพที่ยอมรับได้นาน 14 วัน รองลงมา คือ ฟิล์ม BOPP (OTR 2700 cc/m^2.day) และ ฟิล์ม BOPP (OTR 6400 cc/m^2.day) ที่เก็บรักษาเงาะได้นาน 12 และ 8 วัน ตามลำดับ ส่วนฟิล์ม BOPP ไม่เจาะรู ทำให้เงาะเริ่มมีกลิ่นหมักและมีรสชาติที่ผิดแปลกไปที่ 3 วัน และถุง LDPE เจาะรูขนาดใหญ่ เงาะเริ่มเน่าและขนเปลี่ยนสีที่ 9 วัน (ชาริณี วิโนทพรรษ์, และคณะ, 2553).

– ถุง PE เจาะรูขนาด 0.5 มิลลิเมตร (4, 8, 12 รู) และถุงแอกทิฟ ใช้บรรจุ***เงาะ*** เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 °C พบว่า เก็บได้นาน 15 วัน แต่คุณภาพเงาะในถุงแอกทิฟดีกว่าถุง PE เจาะรู สีขนเงาะเปลี่ยนช้ากว่าและสูญเสียน้ำหนักสดน้อยกว่า ส่วนเงาะที่ไม่บรรจุถุง เก็บได้ 9 วัน (ดุษฎี ทรัพย์บัว และคณะ, 2554)

– ถุง LDPE 4 ชนิด ได้แก่ ถุง LDPE ถุง CF1 (เติมสาร zeolite ดูดซับความชื้น) ถุง FF3 กับ ถุง FF5 (ถุงของบริษัท ทานตะวันอุตสาหกรรมจำกัด มหาชน) และถาดโฟมหุ้มฟิล์ม PVC ใช้บรรจุ***เงาะ*** เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12±1 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 90±5% พบว่า ถุง FF3 และ ถุง FF5 ยืดอายุเงาะได้นาน 3 สัปดาห์ โดยเงาะในถุง FF3 เน่าเสียน้อยที่สุด ถุง LDPE ถุง CF1 และถาดโฟมหุ้มด้วยฟิล์ม PVC เก็บรักษาเงาะได้ 2 สัปดาห์ (อภิตา บุญศิริ และคณะ, 2561)

– ถุง PE ถุง PEVAC (ถุง PE ปรับสภาพเป็นสุญญากาศ) หรือ ถุง MAP (ถุงดัดแปลงบรรยากาศ) ใช้บรรจุ***มังคุดสด***ที่ทำความสะอาดและรมกำจัดแมลงแล้ว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C พบว่า มังคุดในถุงทั้งสามชนิด เก็บได้ 9 วัน มังคุดที่ไม่บรรจุถุงเก็บได้ 6 วัน โดยที่สภาพภายนอกและคุณภาพการรับประทานยังยอมรับได้ (เบญจมาส รัตนชินกร และคณะ, 2552)

– ถุง ES (ถุงดูดซับเอทิลีน) ถุง PE ถุง LDPE และถุง LDPE ที่ใส่ซองผง 1–MCP ใช้บรรจุ***มังคุด*** เก็บรักษาที่ 13 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 95% นาน 30 วัน พบว่า ถุง LDPE ที่ใส่ซองผง 1–MCP เก็บรักษามังคุดได้ดีที่สุด โดยสีเปลือกไม่เปลี่ยน กลีบเลี้ยงไม่หลุด ผลเน่าน้อย และความแน่นเนื้อยังดี (Vo Thi Thuong และคณะ, 2557)

– ถุงตาข่าย ถุง PE เจาะรูใหญ่ 4 รู และถุง PP เจาะรูเล็ก ใช้บรรจุ***มังคุด***นำเข้าจากประเทศไทยไปออสเตรเลีย โดยย้ายมังคุดจากกล่องกระดาษลูกฟูก (บรรจุภัณฑ์ขนส่ง) มาใส่ในถุงข้างต้น พบว่ามังคุดในถุงตาข่ายสูญเสียน้ำหนักมากกว่ามังคุดในถุง PP เจาะรูใหญ่ และถุง PE เจาะรูเล็ก ตามลำดับ (ภาณุมาศ โคตรพงศ์ และคณะ, 2558)

– กลองกระดาษลูกฟูก ถาด PS ถุงพลาสติกเจาะรู และถุงพลาสติกไมเจาะรู ใช้บรรจุ***ช่อผลลองกอง*** รวมกับการใช้สารดูดซับเอทิลีน ใช้บรรจุชอผลลองกองในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 °C ความชื้นสัมพัทธ 95% พบวา กลองกระดาษลูกฟูกและถาด PS สามารถยืดอายุการเก็บรักษาช่อผลลองกองได้นาน 4 สัปดาห ส่วนถุงพลาสติกเจาะรูและถุงพลาสติกไมเจาะรู เก็บรักษาได้เพียง 2 สัปดาห (อภิตา บุญศิริ และคณะ, 2545)

– กลองกระดาษ กลองโฟม และถาดโฟมหุมฟลม PVC ใช้บรรจุ***ช่อผลลองกอง***ที่ผ่านการจุมกรดจิบเบอเรลลิก ก่อนบรรจุ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 °C ความชื้นสัมพัทธ 90–95% พบว่า กลองกระดาษชะลอการหลุดรวงของผลลองกองได้ดี

ที่สุด รองลงมา คือ กลองโฟมและชุดควบคุม (ไม่ใส่บรรจุภัณฑ์) ในถาดโฟมหุ้มฟล์ม PVC มีผลลองกองหลุดรวงมากที่สุดและสูญเสียน้ำหนักนอยที่สุด (เบญจมาพร มธุลาภรังสรรค์ และคณะ, 2551)

– กล่องกระดาษ และถุง Nylon/LLDPE ใส่ในกล่องกระดาษ ใช้บรรจุ***ลองกอง*** เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C เก็บรักษา 18 วัน ในวันที่ 18 พบว่า สีผิวเปลือกลองกองในถุง Nylon/LLDPE ที่ใส่ในกล่องกระดาษเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าลองกอง (ไม่ใส่ถุง)ในกล่องกระดาษ แต่ผลลองกองหลุดร่วงมากกว่า การส่งออกลองกองผลเดี่ยวจึงควรบรรจุในถุง Nylon/LLDPE ร่วมกับกล่องกระดาษ แต่การส่งออกช่อลองกอง ควรบรรจุเฉพาะในกล่องกระดาษ (ศรินญา สังขสัญญา และคณะ, 2553)

– ถุงพลาสติกขยายข้าง/ก้น (gusset bag) กล่องพลาสติกฝาพับ (clamshell box) ถาดโฟมหุ้มฟิล์ม PVC และถาดโฟมหุ้มฟิล์ม LDPE ใช้บรรจุ***ลองกอง*** เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C พบว่า ถาดโฟมหุ้มฟิล์ม PVC และถาดโฟมหุ้มฟิล์ม LDPE เก็บรักษาได้นาน 6 วัน ถุงพลาสติกและกล่องพลาสติก เก็บรักษาได้นาน 4 วัน ลองกองชุดควบคุม (ไม่ใส่บรรจุภัณฑ์) เก็บได้นาน 2 วัน ลองกองในถุงพลาสติกสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด ลองกองในถาดโฟมหุ้มฟิล์ม LDPE ชะลออัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน และการเกิดสีน้ำตาลได้ดีที่สุด (อินทิรา ลิจันทร์พร, และชัยรัตน์ เตชวุฒิพร, 2556)

– ถุงตาข่าย และถุง MAP (Fresh®&Fresh) เป็นถุง LDPE ที่ยืดอายุผักผลไม้ได้นานกว่าถุงทั่วไป 2–5 เท่า ใช้บรรจุ***ลองกอง*** เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 °C พบว่า ลองกองในถุง MAP ที่รมและไม่ได้รมด้วยสาร 1–MCP (มีสมบัติยับยั้งการทำงานของเอทิลีนที่ทำให้ผลสุกและร่วงเร็ว) แสดงอาการสะท้านหนาวในวันที่ 12 แต่ลองกองที่รมด้วย 1–MCP ผลหลุดร่วงจากช่อน้อยกว่าที่ไม่ได้รม ส่วนลองกองในถุงตาข่ายที่ไม่ได้รม แสดงอาการสะท้านหนาว (เปลือกเหี่ยว ผิวเปลือกเกิดสีน้ำตาล ผลหลุดร่วง) ในวันที่ 9 แต่ที่อุณหภูมิ 18 °C ไม่แสดงอาการสะท้านหนาว แต่พบผลเน่า ในวันที่ 12 ดังนั้น การใช้สาร 1–MCP ร่วมกับ ถุง MAP และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ให้ผลดีที่สุด (กุลวัชร วัฒนเชาวน์พิสุทธิ์ และอดิเรก รักคง, 2556)

– ถุง PE ถุง PP ถุง laminate (vacuum) และฟิล์ม PVC ที่ใสสารดูดซับเอทิลีนรวมกับสารดูดความชื้นและเติมก๊าซ CO_2 : O_2 ที่สัดส่วน 10 : 5 ปอนด์/ตารางนิ้ว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 16±2 °C ใช้บรรจุ***กล้วยหอมทอง*** พบว่า กล้วยหอมทองในถุง PE และถุง PP ยังมีลักษณะภายนอกที่ผูบริโภคยอมรับ ที่อายุการเก็บรักษา 100 วัน ส่วนฟิล์มยืด PVC และถุง laminate (vacuum) ยืดอายุได้ 85 และ 35 วัน ตามลำดับ (อุดมศักดิ์ ผ่องศรี, และสมชาย กล้าหาญ, 2553)

– ถุง BOPP ถุง LDPE ถุง EP (ถุงกำจัดเอทิลีน) และ ถุง PE–1 มีคาการซึมผานของกาซ O_2 และ CO_2 จากน้อยไปมาก (ถุง EP และ ถุง PE–1 พัฒนาโดยศูนยเทคโนโลยีโลหะและวัสดุแหงชาติ) ใช้บรรจุ***กล้วยหอม***ที่บ่มเพื่อกำจัดก๊าซเอทิลีนแล้ว พบว่า ถุง EP และ ถุง PE–1 ชะลอการสุกและเก็บรักษาได้นานที่สุด 14–17 วัน ถุง BOPP และ ถุง LDPE เก็บได้ 4 วัน ก่อนที่เปลือกกล้วยจะเป็นสีน้ำตาลและมีกลิ่นผิดปกติ กล้วยหอมที่ไม่ใส่ถุง เก็บได้ 5–8 วัน (ปิติรัตน์ กลิ่นธรรม และคณะ, 2553)

– ถุง PE ถุง LDPE และถุง PP ควบคุมให้มีอัตราการไหลของกาซ CO_2:O_2 5 ระดับ (0:0, 3:2, 5:4, 7:6, และ 9:8 PSI) ใช้บรรจุ***กล่วยเล็บมือนาง*** เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15±2 °C พบว่า ถุง PE (อัตราการไหลของกาซ CO_2:O_2 ที่ 0:0 PSI) เก็บรักษากลวยเล็บมือนางได้นานที่สุด 44.67 วัน โดยสูญเสียน้ำหนักสดน้อยกว่า ความแนนเนื้อ สีเปลือก สีเนื้อ และรสชาติเปลี่ยนแปลงน้อยกวาถุง PP และถุง LDPE (สมชาย กล้าหาญ และนิภาพร ยลสวัสดิ์, 2551)

– ถุงพลาสติก 6 ชนิด ได้แก่ 1) ถุง PP 2) ถุง PP เจาะรูขนาด Ø 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู 3) ถุง PE 4) ถุง PE ที่เจาะรูขนาดรูเข็ม จำนวน 32 รู 5) ถุง Active M2 และ 6) ถุง Active M4 ใช้บรรจุ***กล้วยหอมตัดแต่งแบบผ่าซีก*** ซีกละ 2–3 ผล เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 °C เป็นเวลา 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 วัน จากนั้นเก็บรักษาต่อจนผลสุกที่อุณหภูมิห้อง (25 °C) พบว่า ถุง PP ทั้งสองแบบชะลอการสุกและเก็บรักษากล้วยได้นานที่สุด 28 วัน โดยคุณภาพยังเป็นที่ยอมรับ ประกอบกับต้นทุนถุงต่ำ จึงเหมาะจะใช้ในเชิงพาณิชย์ (ปรางค์ทอง กวานห้อง และคณะ, 2558)

– บรรจุภัณฑ์พลาสติก 5 ชนิด ได้แก่ 1) ถาด PP หุ้มฟิล์มยืด PVC 2) ถาด PS สีดำ ฝาครอบ PVC ใส 3) ถาด PET ใส แบบมีฝาปิด 4) ถาด PP สอดในถุง PP และ 5) ถาด PP สอดในถุง PE ใช้บรรจุ***ทุเรียนหมอนทองตัดแต่ง*** ที่แกะเนื้อและคว้านเมล็ดออกก่อนบรรจุเป็นพู เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C พบว่าเก็บรักษาได้นาน 10 วันเท่ากัน โดยสภาพภายนอกและคุณภาพการรับประทานยังคงเป็นที่ยอมรับ (ปรางค์ทอง กวานห้อง และคณะ, 2558)

กลุ่มเห็ดสด บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ มีดังนี้ ถุงพลาสติก ถาดพลาสติกหุ้มฟิล์มยืด ถุงเคลือบกระดาษไข โดยมีการใช้ถุงพลาสติกมากที่สุด ดังผลการศึกษาต่อไปนี้

– ถุง BOPP–PP2 (ถุงเชิงประกอบพอลิโพรพิลีน) เก็บรักษา***เห็ดนางรมฮังการี***ได้นาน 8 วัน ซึ่งนานกว่าถุง PE–1 (4 วัน) และถุง BOPP ทั่วไป ที่เก็บรักษาได้ 2 วัน เท่ากัน (ปิติรัตน์ กลิ่นธรรม และคณะ, 2554)

– ถาดโฟม EPS หุมฟลม PVC หนา 11 ไมครอน ใช้บรรจุ***เห็ดแครง*** ทำให้ผูบริโภคพึงพอใจมากกว่ากล่อง PET ฝาพับ และ ถุง OPP เพราะไม่มีไอน้ำในบรรจุภัณฑ์ ทำให้มองเห็นเห็ดแครงภายในบรรจุภัณฑ์ไดชัดเจน (ศิริวรรณ์ ชลายน, 2554)

– ถาดโฟมหุ้มฟิล์มยืด เก็บรักษา***เห็ดนางฟ้าภูฏาน*** ที่อุณหภูมิ 5 °C ในสภาพบรรยากาศดัดแปลง สามารถยืดอายุการเก็บรักษาเห็ดนางฟ้าภูฏาน ได้นาน 9 วัน *เห็ดหูหนู* 15 วัน และ*เห็ดเป๋าฮื้อ* 15 วัน (สุพัตรา เปี่ยมวารี, 2556)

– ถุง PE บรรจุ***ดอกเห็ดโคนน้อย***ที่ผ่านการแช่ในน้ำเย็นอุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 5 นาที แล้วปล่อยให้แห้งก่อนบรรจุถุง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C สามารถยืดอายุดอกเห็ดโคนน้อยจาก 1 วัน เป็น 5 วัน (ปริญญา จันทรศรี, 2558)

– ถุง PE และถุงเคลือบกระดาษไข ใช้บรรจุ***เห็ดนางฟ้า*** พบว่า เห็ดนางฟ้าที่แช่เย็นก่อนบรรจุในถุง PE สามารถชะลอการเน่าเสียที่อุณหภูมิ 10 °C ได้ 6 วัน และสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าเห็ดในถุงเคลือบกระดาษไข (ศรัญญา วอขวา, 2558)

– ถุง LDPE เจาะรูเข็ม 16 รู และ ถุง H6 กับ ถุง H30 ที่เป็นถุงพลาสติกชีวภาพย่อยสลายได้ ใช้บรรจุ***เห็ดฟาง***ร่วมกับการใส่สารดูดซับความชื้น เก็บรักษาที่ 15±1 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 90+5% เป็นเวลา 6 วัน พบว่า เห็ดฟางในถุง LDPE และถุง H6 เก็บรักษาได้นาน 6 วันเท่ากัน เห็ดฟางในถุง H30 เก็บได้นาน 4 วัน และเห็ดฟางในถุง H6 และ ถุง H30 สูญเสียน้ำหนักมากกว่าเห็ดฟางในถุง LDPE (อภิตา บุญศิริ, 2558)

กลุ่มผลไม้อบแห้ง ผลไม้ทอด และเห็ดแห้ง บรรจุภัณฑ์ที่ใช้มีดังนี้ ถุงพลาสติก ถุงซิปตั้งเมทัลไลซ์ ถุงฟอยล์อะลูมิเนียมหรือถุงฟอยล์อะลูมิเนียมลามิเนต กระป๋องพลาสติก กล่องกระดาษ และบรรจุภัณฑ์พลาสติก 3 ชนิด โดยมีการใช้ถุงพลาสติกและถุงโลหะ (อะลูมิเนียม) เป็นส่วนใหญ่ ดังผลการศึกษาต่อไปนี้

– ถุงซิปตั้งเมทัลไลซ์ กระป๋องพลาสติก และกล่องกระดาษ ใช้บรรจุ***ทุเรียนอบกรอบ*** กลุ่มแม่บ้านผู้ขายทุเรียนอบกรอบพึงพอใจต่อถุงเมทัลไลซ์แบบซิปตั้งมากกว่ากระป๋องพลาสติกและกล่องกระดาษ เพราะเปิดปิดและพกพาได้สะดวก วัสดุบรรจุภัณฑ์มีความแข็งแรง (สุมาลี กรดกางกั้น, 2555)

– ถุง PP ถุง Vac (ถุงสุญญากาศ) และถุง AL (ถุงฟอยล์อะลูมิเนียม) ใช้บรรจุ***ลำไยอบแห้ง***เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 25–30 °C และอุณหภูมิต่ำ 4–8 °C พบว่า ถุง AL ชะลอการเกิดสีน้ำตาลไดดีกวาและทำให้ความชื้นเปลี่ยนแปลงนอยกว่าถุง Vac และถุง PP การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำให้ผลดีกว่าอุณหภูมิห้อง (จารุวรรณ์ รัตนสกุลธรรม และสนอง อมฤกษ์, 2558)

– บรรจุภัณฑ์พลาสติก 3 ชนิด ได้แก่ PET, OPP/CPP และ Nylon/LLDPE ใช้บรรจุ***กล้วยเล็บมือนางอบแห้ง*** เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C ในตู้เย็นและที่อุณหภูมิแวดล้อม เป็นเวลา 30 45 และ 60 วัน พบว่า บรรจุภัณฑ์ Nylon/LLDPE เก็บรักษาคุณภาพของกล้วยเล็บมือนางอบแห้งได้ดีที่สุด (ยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล และสุภาวรรณ ฏิระวณิย์กุล, 2560)

– ถุงฟอยล์อะลูมิเนียมลามิเนต และถุง PP ใส ใช้บรรจุ***ขนุนทอดและอบแห้ง***ที่ผ่านการอบแห้งเพื่อไล่น้ำมัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C และ 30 °C เป็นเวลา 1 เดือน พบว่า ถุงฟอยล์อะลูมิเนียมลามิเนตรักษาคุณภาพขนุนทอดและอบแห้งด้านลักษณะปรากฏ ความกรอบ และกลิ่นรสได้ดีกว่าถุง PP ใส (สิริมา ชินสาร และคณะ, 2561)

– ถุงฟอยล์อะลูมิเนียม ใช้บรรจุ***เห็ดเป๋าฮื้อก่านยาวอบแห้ง*** *พบว่า* เก็บรักษาได้นาน 9 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง 30±2 °C ซึ่งนานกว่าถุง PE ทั้งในสภาวะบรรจุแบบสุญญากาศและแบบไม่สุญญากาศ (สุพัตรา เปี่ยมวารี, 2554)

– ถุง LDPE ใช้บรรจุ***เห็ดแครงที่ตากแดดจนแหงและเห็ดแครง****อบแห้ง* การเก็บรักษาที่ 45 วัน ส่งผลให้กิจกรรมของสารตานอนุมูลอิสระลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ศิริวรรณ์ ชลายน, 2554)

จากผลการศึกษาเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์พืชผักผลไม้ข้างต้น ยังมีการใช้บรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพค่อนข้างน้อย การพัฒนาบรรจุภัณฑ์พลาสติกชีวภาพ ส่วนใหญ่เป็นถุงที่มีคุณสมบัติเด่นด้านการคงคุณภาพยืดอายุสินค้า และย่อยสลายได้โดยธรรมชาติ อนงค์นาฏ สมหวังธนโรจน์ (2556) ได้พัฒนาถุงหรือซองพลาสติกชีวภาพจากกรดพอลิแล็กทิก (polylactic acid, PLA) เป็นบรรจุภัณฑ์ดัดแปลงบรรยากาศที่สามารถคงความสดและคุณภาพผลิตผลสดและแปรรูป ไว้เหมือนเดิม และยืดอายุได้นานถึง 2–10 เท่า เช่น อายุการเก็บรักษาเห็ดฟางจากปกติ 1–4 วัน เป็น 6–7 วัน มะม่วงน้ำดอกไม้ที่ปกติสุกในเวลา 1–2 สัปดาห์ เป็นมากกว่า 4 สัปดาห์ รักษาความสดและรสชาติของกล้วยตากได้นาน 5 เดือนเท่ากับกล้วยตากที่เก็บในฟิล์มเมทัลไลซ์ แต่มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่า นอกจากนี้ยังไม่เกิดการหมักตลอดการเก็บรักษา การซึมผ่านของไอน้ำพอเหมาะที่จะไม่เกิดฝ้าไอน้ำภายในบรรจุภัณฑ์ และมีการดูดซับเอทิลีนออกจากบรรจุภัณฑ์ แนวคิดการพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อยืดอายุพืชผักผลไม้สดดังกล่าวสอดคล้องกับวรรณี ฉินศิริกุล และคณะ (2549) ที่พัฒนาบรรจุภัณฑ์ยืดอายุการเก็บรักษาคุณภาพผักและผลไม้สดไทย ที่เป็นความร่วมมือระหว่างศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติกับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จากความตระหนักถึงความสำคัญของมูลค่าสินค้ากลุ่มพืชผักของประเทศไทยที่กลายเป็นของเสียถึง 30–40% แต่เป็นการพัฒนาพัฒนาฟิล์มบรรจุภัณฑ์สำหรับการบรรจุผลิตผลสดการเกษตร คือ “Active PAK™ ถุงหายใจได้” ซึ่งมีสมบัติเด่นด้านการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนสูงกว่าฟิล์มพลาสติกทั่วไป จึงช่วยชะลอการหายใจของผัก ลดการคายน้ำ เกิดการชะลอการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้สดได้นานขึ้น 2–5 เท่า โดยยังคงมีคุณภาพและรสชาติที่ดี เช่น ทำให้ผักสามารถมีอายุความสดได้นานขึ้น จาก 3–5 วัน เป็น 7–8 วัน นอกจากนี้ถุงยังทำด้วยพลาสติกชนิดพิเศษที่มีลักษณะใสและไม่ทำให้เกิดฝ้าขณะเก็บรักษา/จำหน่าย สร้างความเชื่อมั่นด้านคุณภาพให้กับผู้บริโภค เพราะผู้บริโภคสามารถมองเห็นสินค้าได้ชัดเจน โดยมีการยื่นจดสิทธิบัตร “Active PAK™ ถุงหายใจได้ ” ในปี พ.ศ. 2548 และมีการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้สิทธิ์แก่เอกชนเพื่อใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์โดยทดลองนำถุงหายใจได้ไปใช้บรรจุผักใบแคบและผักใบกว้างเพื่อใช้แทนถุงพลาสติกเจาะรูระบายอากาศ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ 2559)

กลุ่มผลไม้แช่แข็ง บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ คือ ถุงพลาสติก ดังผลการศึกษาต่อไปนี้

– ถุง PP ถุงไนลอน (nylon) และถุงตั้งรีทอร์ต (retort pouch) ใช้บรรจุ***สับปะรดแช่เยือกแข็ง (แช่แข็ง)*** พบว่าสับปะรดแช่เยือกแข็งที่บรรจุในถุงตั้งรีทอร์ตมีกลิ่นมากกว่าที่บรรจุในถุง PP และ ถุง nylon ซึ่งให้กลิ่นไม่แตกต่างกัน ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 1 และ 30 วัน (ทิพย์ธิดา แก้วตาทิพย์, และสงวนศรี เจริญเหรียญ, 2551)

กลุ่มหน่อไม้ต้มและหน่อไม้ดอง บรรจุภัณฑ์ที่ใช้มีดังนี้ กระป๋องโลหะ ถุงพลาสติก (ถุงรีทอร์ต) และบรรจุภัณฑ์พลาสติก 3 ชนิด วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นพลาสติก ดังผลการศึกษาต่อไปนี้

– กระป๋องโลหะและถุงรีทอร์ตใช้บรรจุ***หน่อไม้ใบย่านางพร้อมปรุง*** ที่ทำจากหน่อไม้ไผ่รวก หั่นเป็นเส้นฝอย นำไปต้มในน้ำใบย่านาง บรรจุด้วยวิธีการฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลซ์ จึงปลอดภัยต่อการบริโภค (ชุติปภา สุวรรณกนิษฐ์ และคณะ, 2550)

– บรรจุภัณฑ์ V (บรรจุภัณฑ์ลามิเนต) บรรจุภัณฑ์ PP และบรรจุภัณฑ์ LDPE มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซ O_2 จากน้อยไปมาก ใช้บรรจุ***หน่อไม้ดอง*** พบว่าหน่อไม้ดองในบรรจุภัณฑ์ V มีสีเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด หน่อไม้ดองในบรรจุภัณฑ์ PP และบรรจุภัณฑ์ LDPE เกิดปัญหาสีน้ำตาลหลังสัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษา (จารุณี จึงสถาปัตย์ชัย และวรรณี จิรภาคย์, 2551)

กลุ่มข้าวสาร บรรจุภัณฑ์ที่ใช้มีดังนี้ ถุงพลาสติก (รวมถุงพลาสติกลามิเนต ถุงสุญญากาศ) และถุงกระสอบ ถุงฟอยล์อะลูมิเนียมหรือถุงฟอยล์อะลูมิเนียมลามิเนต โดยมีการใช้ถุงพลาสติกมากที่สุด ดังผลการศึกษาต่อไปนี้

– ถุงฟอยล์อะลูมิเนียม เก็บรักษา***ข้าวซ้อมมือ*** ได้นานกว่า 180 วัน ซึ่งนานกว่าถุง PVDC (150 วัน) ถุง PE (105 วัน) และถุง PP (105 วัน) ตามลำดับ (พรชัย ราชตนะพันธุ์ และ วิรงรอง ทองดีสุนทร, 2550)

– ถุงฟอยล์อะลูมิเนียมลามิเนตมีประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพความหอมของ*ข้าวสาร*และป้องกันการเกิดสารก่อเกิดกลิ่นหืนได้ดีกว่าถุงพลาสติกไนลอนลามิเนต (ไกรสีห์ พิสิษฐ์กุล และสุพัฒน์ ใต้เวชศาสตร์, 2554)

– ถุง PP และ ถุง PE ใช้บรรจุ***ข้าวสารเจ้าขาวผสมกับข้าวหอมมะลิ***ในอัตราส่วน 1:3 ที่ไม่รมก๊าซโอโซน พบว่าข้าวสารผสมในถุง PP มีจำนวนแมลงมากกว่า มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงกว่า และมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมากกว่าข้าวสารผสมในถุง PE แต่ถ้ารมด้วยก๊าซโอโซน ข้าวสารผสมในถุง PP และถุง PE มีจำนวนแมลงทั้งหมดไม่แตกต่างกัน และมีคุณภาพด้านกลิ่นหอมดีกว่าข้าวสารผสมที่ไม่ได้รมโอโซน (ขวัญทิพย์ วิทยารัตน์ และคณะ, 2559)

– ถุงพลาสติกสุญญากาศแบบขยายข้างและขยายก้น ใช้บรรจุ***เมล็ดข้าวสารไรซ์เบอรี*** ช่วยรักษาคุณภาพด้านปริมาณแอนโทไซยานิน (รงควัตถุสีแดง/น้ำเงิน/ม่วงของเมล็ดข้าวไรซ์เบอรี มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ) สูงกว่าข้าวสารที่บรรจุในถุงกระสอบ (ไชยภร เก็บเงิน และคณะ, 2561)

กลุ่มน้ำผลไม้ บรรจุภัณฑ์ที่ใช้มีดังนี้ กล่องกระดาษ ฝาเกลียว กล่องกระดาษพร้อมหลอด ขวดพลาสติก ถุงพลาสติกแบบถุงตั้ง ฝาเกลียว และถุงพลาสติกแบบถุงตั้งพร้อมหลอด ดังผลการศึกษาต่อไปนี้

– ภาชนะบรรจุ (บรรจุภัณฑ์) ได้แก่ 1) กล่องกระดาษ ฝาเกลียว 2) กล่องกระดาษพร้อมหลอด 3) ขวดพลาสติก ฝาเกลียว 4) ถุงพลาสติกแบบถุงตั้ง ฝาเกลียว 5) ถุงพลาสติกแบบถุงตั้งพร้อมหลอด ใช้บรรจุ***น้ำผลไม้ 6 ชนิด*** พบว่าคุณลักษณะด้านประเภทของบรรจุภัณฑ์มีผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคมากที่สุด รองลงมา คือ รูปทรงรวม ลักษณะการใช้งาน และภาพลักษณ์ทางเทคโนโลยี ตามลำดับ โดยรูปทรงถุงพลาสติกแบบมีฝาเกลียว เป็นระดับที่มีคุณประโยชน์มากที่สุดและมีภาพลักษณ์ทางเทคโนโลยีของบรรจุภัณฑ์เป็นแบบใหม่ (เกตน์พิสิษฐ์ อนวัชชสุข และคณะ, 2552)

– ขวดปากแคบ PP ขนาดความจุ 180 มิลลิลิตร ใช้บรรจุ***เครื่องดื่มน้ำผลไม้ที่เป็นกรดสูง*** (น้ำมะม่วง น้ำเสาวรส น้ำมะม่วงผสมเสาวรส น้ำมะขาม น้ำกระเจี๊ยบ) ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีบรรจุร้อนและวิธีพาสเจอร์ไรซ์ทั้งขวด และ***เครื่องดื่มน้ำสมุนไพรที่เป็นกรดต่ำ*** (น้ำมะตูม น้ำเก๊กฮวย น้ำตะไคร้ผสมใบเตย น้ำขิง และน้ำลำไย) ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีสเตอริไลซ์ พบว่า การใช้ขวดปากแคบ PP บรรจุเครื่องดื่มด้วยกรรมวิธีดังกล่าวผ่านการทดสอบตามเกณฑ์ข้อกำหนดมาตรฐานความปลอดภัย ไม่เป็นอันตรายต่อการบริโภค แต่เครื่องดื่มมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง น้ำผลไม้ที่ฆ่าเชื้อด้วยวิธีบรรจุร้อน น้ำผลไม้ที่ฆ่าเชื้อด้วยวิธีพาสเจอร์ไรซ์ทั้งขวด และน้ำสมุนไพรที่ฆ่าเชื้อด้วยวิธีสเตอริไลซ์ มีการเปลี่ยนแปลงด้านสี กลิ่น รส หลังจากบรรจุและเก็บรักษาประมาณ 3 สัปดาห์ 1 เดือน และ 2 เดือนตามลำดับ หลังจากนี้คุณภาพน้ำผลไม้และน้ำสมุนไพรจะไม่ปลอดภัยต่อการบริโภค (มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด และคณะ, 2558)

กลุ่มน้ำพริก พริกแกง บรรจุภัณฑ์ที่ใช้มีดังนี้ ขวดแก้ว ปากกว้าง ฝาเกลียวล็อก และถุงพลาสติก (รวมถุงพลาสติกลามิเนต ถุงสุญญากาศ และถุงรีทอร์ต) ถุงฟอยล์อะลูมิเนียม กระปุกพลาสติก โดยส่วนใหญ่ใช้ถุงพลาสติก ดังผลการศึกษาต่อไปนี้

– ขวดแก้ว กลม ปากกว้าง ฝาเกลียวล็อก และถุงพลาสติก เป็นบรรจุภัณฑ์บรรจุ***น้ำพริกแกงพะแนง*** พบว่ากลุ่มตัวอย่างผู้ทดสอบส่วนใหญ่ยอมรับบรรจุภัณฑ์แบบขวดแก้วมากกว่าถุงพลาสติก (จริยา เดชกุญชร, 2550)

– ถุง PP ถุงฟอยล์อะลูมิเนียม และถุง Nylon/LDPE (ถุงสุญญากาศ) และกระปุก PS ใช้บรรจุ***เครื่องแกงคั่วกลิ้งและเครื่องแกงส้ม***ที่ยืดอายุด้วยเกลือและการนึ่ง พบว่า ถุงฟอยล์อะลูมิเนียมมีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสมากกว่าถุง PP และถุง Nylon/LDPE ตามลำดับ เครื่องแกงกึ่งสำเร็จรูปแบบผงในถุงฟอยล์อะลูมิเนียมเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 3 เดือน มีปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี และจำนวนจุลินทรีย์น้อยกว่ากระปุก PS และถุง PP เครื่องแกงชนิดก้อนในถุง Nylon/LDPE เปลี่ยนแปลงคุณภาพน้อยกว่าถุง PP (ชมพูนุช โสมาลีย์ และคณะ, 2551)

– ถุง Nylon/LLDPE (ถุงพลาสติกลามิเนต) และกระปุก PP ใช้บรรจุ***น้ำพริกน้ำเงี้ยว*** พบว่า กระปุก PP มีการซึมผ่านของก๊าซ O_2 สูงกว่าถุง Nylon/LLDPE ทำให้สีของน้ำพริกคล้ำลงมากกว่า น้ำพริกน้ำเงี้ยวในถุง Nylon/LLDPE มีการลดลงของค่าวอเตอร์แอกทิวิตีช้ากว่าในกระปุก PP ดังนั้น เพื่อให้เก็บน้ำพริกน้ำเงี้ยวได้นาน ควรบรรจุในถุง Nylon/LLDPE และใส่ในซองทึบแสงอีกชั้นหนึ่ง ที่อุณหภูมิเก็บรักษาไม่เกิน 30 °C (ศรายุทธ การีมี และคณะ, 2551)

– ถุงรีทอร์ตใช้บรรจุ***น้ำพริกสวรรค์หอยนางรมและน้ำพริกตะลิงปลิง*** ปิดผนึกถุงด้วยระบบสุญญากาศ ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 30นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า ถุงรีทอร์ตเป็นบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการบรรจุผลิตภัณฑ์น้ำพริกทั้งสองชนิด เพราะผลการทดสอบคุณภาพน้ำพริกด้านประสาทสัมผัส ไม่พบการเปลี่ยนแปลงทางด้านสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ทั้งนี้ผู้บริโภคส่วนใหญ่สนใจบรรจุภัณฑ์น้ำพริกที่บริโภคได้ครั้งเดียว (1 มื้อ) เพราะสะดวกในการบริโภค (สุภาพร อภิรัตนานุสรณ์, และกฤตภาส จินาภาค, 2556)

– ขวดแก้ว ปากกว้าง ฝาเกลียวล็อก 3 รูปแบบ ได้แก่ 1) ขวดสี่เหลี่ยม ขนาด 6 ออนซ์ ฝาดำ 2) ขวดกลม ขนาด 7 ออนซ์ ฝาขาว และ 3) ขวดกลม ขนาด 4 ออนซ์ ฝาดำ สำหรับบรรจุ***น้ำพริกกุ้งเสียบ*** กลุ่มตัวอย่าง (กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านปริงและนักพัฒนาชุมชนองค์การบริหารส่วนตำบลบ้านปริง) พึงพอใจต่อขวดสี่เหลี่ยม ขนาด 6 ออนซ์ ฝาดำ มากที่สุด เพราะจับถือได้สะดวกกว่าขวดกลม และเห็นว่าขวดแก้ว ฝาเกลียวล็อก สามารถกันความชื้นได้ดีกว่ากระปุก PS ฝาเกลียว ซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์เดิมที่กลุ่มแม่บ้านใช้บรรจุน้ำพริกกุ้งเสียบ (ดรุณี มูเก็ม, 2560)

กลุ่มกาแฟ ชา บรรจุภัณฑ์ที่ใช้มีดังนี้ ถุงพลาสติก (รวมถุงพลาสติกลามิเนต และถุงสุญญากาศ) ถุงฟอยล์อะลูมิเนียม บรรจุภัณฑ์แอกทิฟ (ไม่ระบุรูปแบบ/รูปทรงของโครงสร้างบรรจุภัณฑ์) โดยส่วนใหญ่มีการใช้ถุงพลาสติกและถุงฟอยล์อะลูมิเนียม ดังผลการศึกษาต่อไปนี้

– ถุงฟอยล์อะลูมิเนียมพร้อมซองบรรจุสารดูดซับก๊าซ O_2 สามารถเก็บรักษา***กาแฟคั่วบด***ได้นาน 24 สัปดาห์ ถุงฟอยล์อะลูมิเนียมเจาะรูและปิดทับรูด้วยสติกเกอร์ใสไม่ช่วยระบายก๊าซ CO_2 ที่ปล่อยออกมาจากกาแฟคั่วบด ควรเลือกใช้บรรจุภัณฑ์อื่นที่ทนทานต่อแรงดันของก๊าซ CO_2 และระบายก๊าซ CO_2 ได้ (พัตรเพ็ญ เพ็ญจำรัส, 2549)

– ถุง 5 ชนิด ได้แก่ ถุง PP ถุง PA (nylon) กับ ถุง AL (ฟอยล์อะลูมิเนียม) ที่บรรจุภายใต้บรรยากาศปกติ และถุง V–PA และถุง V–AL ที่บรรจุภายใต้ภาวะสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 70% เป็นเวลา 12 เดือน ใช้บรรจุ***ชาเขียวใบหม่อน*** ประเมินผลทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนทางด้าน สี และกลิ่น และของน้ำชา ทางด้าน สี กลิ่น และรสชาติ ทุก 30 วัน พบว่า ถุงที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ชาเขียวใบหม่อนเรียงลำดับจากมากที่สุดไปน้อยที่สุด คือ V–AL > AL > V–PA = PA > PP โดยมีอายุการเก็บรักษาชาเขียวใบหม่อนตามลำดับ ดังนี้ 12, 10, 7, 7, และ 5 เดือน (อุบลรัตน์ สิริภัทราวรรณ และคณะ, 2550)

– บรรจุภัณฑ์แอกทิฟที่ใส่ตัวดูดซับออกซิเจน และถุง PA กับ ถุง PE ที่เป็นถุงสุญญากาศ ใช้บรรจุ***ชาอบแห้ง*** พบว่า บรรจุภัณฑ์แอกทิฟเหมาะกับการเก็บรักษาชาอบแห้งมากกว่าถุง PA และ ถุง PE เพราะชะลอการเสื่อมสลายของสารต้านอนุมูลอิสระในชาอบแห้งและยืดอายุการเก็บรักษาได้ดีกว่า (สุชาดา เลาหศิลป์สมจิตร์, 2561)

กลุ่มขนม ของว่าง บรรจุภัณฑ์ที่ใช้มีดังนี้ ถุงพลาสติก กล่องกระดาษ บรรจุภัณฑ์วัสดุธรรมชาติ (แผ่นห่อ กระทง สายรัด) ดังผลการศึกษาต่อไปนี้

– บรรจุภัณฑ์ 3 ชนิด ได้แก่ 1) ถุงพลาสติกขยายข้าง/ก้น (ถุงแก้ว) 2) กล่องกระดาษ กล่องพับได้ ทรงเตี้ย (กล่องขนมเค้ก) เจาะช่องหน้าต่างใส และ 3) กล่องกระดาษ ทรงกระบอกสูง เจาะช่องหน้าต่างใส เป็นบรรจุภัณฑ์ที่กลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคให้ความสำคัญในระดับมากและเห็นว่าเหมาะจะใช้บรรจุ***ขนมอบประเภทเบเกอรี่***ของกลุ่มแม่บ้านชุมชนบ้านเชือก โดยกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภค ร้อยละ 53.33 เลือกต้นทุนบรรจุภัณฑ์ที่ซื้อได้ คือ ไม่เกิน 3 บาทต่อชิ้น และร้อยละ 46.67 เลือกที่ต้นทุน 4–5 บาทต่อชิ้น (บุญส่ง วงษ์ฤทธิ์ และนพปฎล ขิงทอง, 2557)

– ผลการสำรวจบรรจุภัณฑ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นจังหวัดเพชรบูรณ์ที่ใช้บรรจุ***ขนมและอาหารพื้นบ้าน*** พบว่า วัสดุธรรมชาติที่ใช้ห่อสินค้ามากที่สุด คือ ใบตอง ใช้ห่อขนมเทียน ขนมสอดไส้ ข้าวต้มมัด แหนม ห่อหมกปลา ห่อหมกหน่อไม้ สังขยา โดยห่อแบบทรงเตี้ย ห่อทรงสูง ห่อแบบข้าวต้มมัด ทำเป็นกระทงสองมุมท้องแบน รองลงมา คือ ใบเตยทำเป็นกระทงใส่ขนมลืมกลืน กาบกล้วยใช้ห่อมัดผักสด/ห่อรัดผักสด ใบจำปีห่อดอกไม้และทำเป็นกระทงมุมเดียว ใบมะพร้าวห่อรัดขนมสอดไส้ เมี่ยงคำ ใบบัวใช้ห่อข้าว และตอกไม้ไผ่ใช้เป็นสายรัด ทั้งนี้มีการพัฒนาบรรจุภัณฑ์มะขามหวานของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนจังหวัดเพชรบูรณ์เป็นกล่องกระดาษพับได้ มีหูหิ้ว มีช่องล็อกด้านข้างทั้งซ้ายและขวา ที่ใช้แนวคิดใบตองห่อขนมสอดไส้ ใช้ใบมะพร้าวมาปิดด้านหน้าและด้านหลังยาวขึ้นมาด้านบนเป็นที่จับ ทำให้หยิบจับได้สะดวก และเพิ่มความสวยงามให้กับบรรจุภัณฑ์ (ขุนแผน ตุ้มทองคำ และคณะ, 2559)

กลุ่มเครื่องปรุงข้าวยำ (พริกป่น และปลาป่น) บรรจุภัณฑ์ที่ใช้มีดังนี้ ถุงพลาสติก (รวมถุงพลาสติกลามิเนตและถุงสุญญากาศ) ถุงฟอยล์อะลูมิเนียม ถุงกระดาษลามิเนต ถาดพลาสติก ถ้วยพลาสติก กล่องพลาสติก ขวดแก้ว และกล่องกระดาษแข็ง ดังผลการศึกษาต่อไปนี้

– ถุง PP และถุงฟอยล์อะลูมิเนียม ใช้บรรจุ***พริกป่น*** พบว่า ที่อุณหภูมิห้อง 30±2 °C มีอายุการเก็บรักษา 70 วัน และมากกว่า 84 วัน (รัตนาภรณ์ มะโนกิจ 2546)

– บรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุ***ปลาป่น*** มีดังนี้ 1) ถุง ได้แก่ ถุง PE ถุง PP ถุงฟอยล์ลามิเนต ถุงกระดาษลามิเนต ถุงพลาสติกลามิเนต ถุงสุญญากาศ 2) ถาด ถ้วย และกล่องที่ทำจากพลาสติก PE และ PP อาจมีหรือไม่มีฝาปิด หรือห่อรัดด้วยฟิล์มยืด PVC 3) ขวดแก้ว และ 4) กล่องกระดาษแข็ง ที่ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ชั้นนอก (กองวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ, 2558)

กลุ่มน้ำส้มสายชู บรรจุภัณฑ์ที่ใช้มีดังนี้ ขวดปากแคบ ไม่ระบุว่าเป็นขวดแก้วหรือขวดพลาสติกและบรรจุภัณฑ์ชั้นนอกแบบรวมหน่วย ไม่ระบุโครงสร้าง (รูปแบบ รูปทรง วัสดุ) ของบรรจุภัณฑ์ ดังผลการศึกษาต่อไปนี้

– จากความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม (ผู้เชี่ยวชาญด้านบรรจุภัณฑ์ อาจารย์ทางด้านการตลาด และผู้ที่บริโภคผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมัก) เห็นว่า บรรจุภัณฑ์***น้ำส้มสายชูหมักจากดอกกระเจี๊ยบแดง*** ควรเป็นขวดปากแคบ ทรงสูง ตรงกลางลำตัวขวดเป็นแบบป่อง กันลื่นขณะหยิบจับ พกพาสะดวก ฝาเกลียว เปิดปิดซ้ำได้ เลือกขนาดบรรจุภัณฑ์ที่มองดูโดดเด่นในระดับสายตาเมื่อวางบนชั้นจำหน่าย บรรจุภัณฑ์ชั้นนอกควรเป็นแบบแพ็ครวมหน่วย มีหูหิ้ว เพื่อให้พกพาง่าย จำหน่ายได้ง่าย และช่วยเพิ่มมูลค่าสินค้า (กรวิทย์ ต่ายกระทึก, 2561)

จากผลการศึกษาดังกล่าว พบว่าบรรจุภัณฑ์ที่ใช้กับสินค้าเกษตรประเภทพืชอาหารมากที่สุด คือ ถุงพลาสติก

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ ความพึงพอใจ และการตัดสินใจซื้อสินค้าที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์

องค์ประกอบด้านโครงสร้างของบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่อการรับรู้ ความพึงพอใจ และการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค เนื่องจากผู้บริโภคมองเห็นได้ง่าย ได้แก่ รูปแบบ รูปทรง ขนาดของบรรจุภัณฑ์ และวัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ จากการศึกษาองค์ประกอบด้านโครงสร้างของบรรจุภัณฑ์ข้าว 8 ชนิด ได้แก่ 1) ถุง PP 2) กระป๋องโลหะ 3) ถุงพลาสติก 4) ขวดพลาสติกปากกว้าง 5) ขวดแกลลอนพลาสติก 6) ถุงกระดาษ 7) ถุงผ้าฝ้าย และ 8) ถุงผ้าปอกระเจา และกำหนดขนาดบรรจุเป็น 3 ขนาด คือ 3, 4 และ 5 กิโลกรัม) พบว่าผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่ศูนย์การค้า 3 แห่งในกรุงเตหะราน ประเทศอิหร่าน ให้ความสำคัญกับโครงสร้างด้านรูปแบบ รูปทรง และวัสดุมากกว่าขนาดบรรจุ โดยมีความพึงพอใจและเลือกที่จะตัดสินใจซื้อบรรจุภัณฑ์ข้าวที่เป็นขวดพลาสติกมากที่สุด (53.19%) รองลงมา คือ ถุงผ้าฝ้าย (47.32%) ถุง PP (43.49%) กระป๋องโลหะ (38.96%) ถุงผ้าปอกระเจา (29.77%) ถุงพลาสติก (22.48%) ถุงกระดาษ (19.57%) และขวดแกลลอนพลาสติก (14.41%) ตามลำดับ ส่วนขนาดบรรจุทั้งสามขนาดนั้น ผู้บริโภคไม่เห็นว่าแตกต่างกัน จึงไม่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อ (Dadras, 2015)

จากการศึกษาผลของโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ที่สัมพันธ์กับหน้าที่ของบรรจุภัณฑ์ต่อการรับรู้และตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคชาวปากีสถาน พบว่าผู้บริโภคเชื่อว่าคุณภาพของวัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์สามารถช่วยคุ้มครองและปกป้องไม่ให้เกิดความเสียหายกับสินค้าได้ ทั้งยังช่วยส่งเสริมการขายโดยดึงดูดความสนใจของลูกค้าให้รับรู้และมีทัศนคติที่ดีต่อสินค้า ส่วนรูปแบบกับรูปทรงของบรรจุภัณฑ์ ช่วยส่งเสริมให้ลูกค้าให้ความสนใจกับสินค้า ซึ่งจะเห็นได้ว่าองค์ประกอบด้านโครงสร้างของบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ วัสดุ รูปแบบ และ รูปทรง ต่างก็มีผลต่อการรับรู้และตัดสินใจซื้อสินค้าของผู้บริโภค (Hussain et al, 2015) และสอดคล้องกับการศึกษาผลขององค์ประกอบของโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ วัสดุ ขนาด รูปแบบการห่อ และความเป็นนวัตกรรมต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาในกรุงการาจี ประเทศปากีสถาน ที่พบว่า องค์ประกอบของบรรจุภัณฑ์ส่วนที่ดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคในระดับมากและทำให้เกิดการตัดสินใจซื้อ คือ ขนาดของบรรจุภัณฑ์และวัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ ซึ่งเป็นส่วนที่ผู้บริโภคมองเห็นได้ง่ายและรับรู้ว่าเกี่ยวข้องกับหน้าที่ด้านการบรรจุหรือหีบห่อ และคุ้มครองป้องกันสินค้า ในขณะที่รูปแบบการห่อมีผลต่อการดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค สำหรับความเป็นนวัตกรรม ช่วยเพิ่มมูลค่าบรรจุภัณฑ์ด้านหน้าที่เสริมต่าง ๆ ได้ ถ้าตรงตามความต้องการของผู้บริโภค เช่น อำนวยความสะดวกในการใช้งาน อาทิ ใช้ง่าย เปิดง่าย เก็บง่าย จับ ถือ พกพาง่าย ไม่แตกหักง่าย รีไซเคิลได้ ป้องกันการแอบเปิดก่อน (tamper-proofing) และป้องกันไม่ให้เด็กเปิดง่าย (child-proofing) (Ahmed, 2014) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาหน้าที่ของบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่อการรับรู้ตัวสินค้าของผู้บริโภค ณ จุดขาย หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์ที่ศึกษามี 5 ด้าน ได้แก่ คุ้มครองป้องกันสินค้า ส่งเสริมการขายสินค้า อำนวยความสะดวกในการใช้งานและการเก็บรักษา การนำมารีไซเคิลและการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้บริโภคจาก 3 เมือง ในประเทศจอร์แดน ผลการศึกษาพบว่าผู้บริโภค ให้ความสำคัญกับหน้าที่คุ้มครองป้องกันสินค้าให้คงคุณภาพ ไม่เสื่อมสภาพ หรือหกเสียหาย และ การอำนวยความสะดวกในการใช้งาน ซึ่งผู้บริโภคเชื่อมโยงได้ว่าหน้าที่ดังกล่าวสัมพันธ์กับโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ ซึ่งสามารถรับรู้ได้จากการมองเห็นรูปแบบ รูปทรง และ ขนาดของบรรจุภัณฑ์ (Abdalkrim, 2013)

จากผลการศึกษาข้างต้น จะเห็นได้ว่าโครงสร้างและหน้าที่ของบรรจุภัณฑ์มีผลต่อการรับรู้และตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค สอดคล้องกับผลการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาต้นแบบแนวทางเลือกบรรจุภัณฑ์สำหรับสินค้าเกษตรประเภท

พืชอาหารของผู้ประกอบการรุ่นใหม่ด้านการเกษตร จังหวัดตรัง” ที่จะจัดทำเป็นฐานข้อมูล ซึ่งจะมีการนำผลประเมินการใช้งานบรรจุภัณฑ์ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคมาใช้ประกอบการจัดทำต้นแบบฐานข้อมูลนี้ด้วย เพื่อช่วยให้กลุ่ม YSF เกษตรกรกลุ่มต่าง ๆ วิสาหกิจชุมชน และผู้ประกอบการผลิตสินค้าเกษตรทั่วไป สามารถเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ได้หลากหลายประเภท โดยสามารถเลือกโครงสร้างบรรจุภัณฑ์ที่ทำหน้าที่ได้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย ทำให้เกิดการรับรู้และพึงพอใจต่อสินค้าและบรรจุภัณฑ์ จนกระตุ้นให้เกิดการตัดสินใจซื้อ

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและพัฒนาฐานข้อมูล

ศิริพร ไชยวิรุณรักษ์ (2543) พัฒนาระบบฐานข้อมูลรายละเอียดบรรจุภัณฑ์ของบริษัทผู้ผลิตบรรจุภัณฑ์ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟท์แอกเซส 97 โดยใช้หลักการวงจรของการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) ขั้นตอนการพัฒนาระบบฐานข้อมูล มี 7 ขั้นตอน ดังนี้ การนิยามปัญหา การวิเคราะห์ การออกแบบ การพัฒนา การทดสอบระบบ การนำไปใช้งาน และการบำรุงรักษาระบบ บริษัทได้รับประโยชน์ด้านการสนับสนุนการจัดเก็บ ค้นหา และรวบรวมข้อมูลในการทำงานวิจัยและพัฒนาบรรจุภัณฑ์

สมศักดิ์ ฉินเฉิดฉาย และ อรรถกร เก่งพล (2547) ออกแบบระบบฐานข้อมูลการหมุนเวียนใช้บรรจุภัณฑ์ระหว่างโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อแก้ปัญหาภาวะขาดแคลนบรรจุภัณฑ์ที่หมุนเวียนส่งกลับเข้ามาบรรจุสินค้าในกระบวนการผลิตไม่ทัน เนื่องจากไม่มีระบบฐานข้อมูลจำนวนบรรจุภัณฑ์ทั้งหมดที่จะใช้ในการควบคุมจำนวนบรรจุภัณฑ์ชนิดหมุนเวียนและติดตามการนำกลับคืนในห่วงโซ่อุปทาน โดยมีขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาระบบฐานข้อมูล 9 ขั้นตอน ดังนี้ การเตรียมการ วิเคราะห์ความต้องการ กำหนดแนวคิด กำหนดรูปแบบทางตรรกะ ประยุกต์ไปสู่การออกแบบจริง ติดตั้งเพื่อใช้งานจริง บันทึกข้อมูลเริ่มต้น ทดสอบเพื่อหาข้อผิดพลาด และบำรุงรักษาระบบ ระบบฐานข้อมูลนี้ออกแบบให้สอดคล้องกับการปฏิบัติงานของพนักงานที่เกี่ยวข้องมากที่สุด โดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์แอกเซส 97 ประโยชน์ที่ทางโรงงานได้รับ คือ ช่วยลดอัตราการหยุดของเครื่องจักรเพื่อรอบรรจุภัณฑ์ที่ขนส่งกลับมาจากลูกค้า ทำให้ผลิตได้อย่างต่อเนื่อง และวางแผนการผลิตได้ตามปริมาณและกำหนดส่งที่ต้องการ

กิตติพงษ์ จั่นเพชร (2554) พัฒนาระบบฐานข้อมูลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดจำนวนเศษการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ในโรงงาน จากเดิมที่ใช้วิธีการบันทึกข้อมูลปัญหาในการจัดเก็บและสืบค้นงานแบบจดลงสมุดบันทึก ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบฐานข้อมูลเพื่อเก็บข้อมูลของงานเศษที่ได้จากการผลิตให้ถูกต้อง แม่นยำ และสะดวกในการค้นหา โดยใช้โปรแกรมมายเอสคิวแอล (MySQL) เว็บแอปพลิเคชั่น พีเอชพีมายแอดมิน (phpMyAdmin) โดยมีขั้นตอนการพัฒนาระบบฐานข้อมูล 7 ขั้นตอน ดังนี้ การกำหนดปัญหา การวิเคราะห์ปัญหา การออกแบบระบบฐานข้อมูล การพัฒนาโปรแกรม การทดสอบระบบ การติดตั้งและการประเมินผล การปรับปรุงแก้ไขและบำรุงรักษาระบบ ขั้นตอนการออกแบบระบบฐานข้อมูลประกอบด้วยการออกแบบส่วนอุปกรณ์เทคโนโลยีและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การออกแบบจำลองข้อมูล การออกแบบรายงาน การออกแบบจอภาพที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน การออกแบบข้อมูลนำเข้าและรูปแบบการรับข้อมูล การออกแบบผังระบบ การออกแบบฐานข้อมูล และการจัดทำพจนานุกรมข้อมูล ประโยชน์ที่โรงงานได้รับ คือ ได้ระบบงานใหม่ที่เป็นฐานข้อมูลการลดจำนวนเศษการผลิตที่มีการบันทึกข้อมูลอย่างเป็นระบบ มีประสิทธิภาพแทนวิธีการบันทึกในสมุด ช่วยให้จำนวนเศษการผลิตลดลงกว่า 60%

สมเดช เฉยไสย และ สุธาสินีน์ บุรีคำพันธุ์ (2554) พัฒนาบรรจุภัณฑ์สินค้าหัตถกรรมชุมชนจังหวัดชัยนาทเพื่อเพิ่มมูลค่าและพัฒนาโปรแกรมระบบฐานข้อมูลการจัดเก็บบรรจุภัณฑ์และสินค้าหัตถกรรมชุมชนในการสืบค้นที่

ยั่งยืนผ่านเว็บเพจบนระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต และจัดทำคู่มือการใช้โปรแกรมระบบฐานข้อมูล วิธีการดำเนินงานวิจัยเริ่มจากการศึกษาแหล่งข้อมูลโดยสอบถามผู้ซื้อและสัมภาษณ์ผู้ผลิต ทดลองออกแบบและพัฒนาในด้านวัสดุบรรจุภัณฑ์ โครงสร้างบรรจุภัณฑ์ ความสวยงาม ความเป็นเอกลักษณ์ การถอดประกอบ ความง่ายในการผลิต/ขนส่ง โดยใช้โปรแกรมระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ โปรแกรมดาต้าเบสเซิร์ฟเวอร์ของมายเอสคิวแอล (MySQL) เว็บแอปพลิเคชั่น โดยมีขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมระบบฐานข้อมูล ดังนี้ ออกแบบ ทดลอง ประเมินการใช้ ปรับปรุงและพัฒนาโปรแกรมระบบฐานข้อมูล ประโยชน์ที่ได้รับ คือ ได้แบบร่างบรรจุภัณฑ์ที่ช่วยเพิ่มมูลค่าสินค้าตามที่ผู้ผลิตสินค้าหัตถกรรมชุมชนต้องการ และได้ช่องทางใหม่ในการจำหน่ายสินค้าหัตถกรรมชุมชนที่ช่วยให้ผู้ผลิตกับลูกค้าสามารถสืบค้นข้อมูลบรรจุภัณฑ์กับสินค้าหัตถกรรมชุมชนและติดต่อกันเองได้อย่างรวดเร็ว

กองพัฒนาสหกรณ์ภาคการเกษตรและกลุ่มเกษตรกร (2561) พัฒนาโปรแกรมฐานข้อมูลบรรจุภัณฑ์และสินค้าจากข้อมูลที่เก็บรวบรวมไว้ โดยแบ่งเป็น 4 เมนู ดังนี้ 1) ข้อมูลผู้ผลิตบรรจุภัณฑ์ สืบค้นจากการเลือกประเภทบรรจุภัณฑ์ หรือใส่ชื่อบริษัทผู้ผลิต ผู้จำหน่าย ผู้ออกแบบบรรจุภัณฑ์ ผลการสืบค้นจะได้ที่อยู่ เบอร์โทรศัพท์ เว็บไซต์ และลักษณะงานที่ทำ 2) ข้อมูลสินค้าและบรรจุภัณฑ์ของสหกรณ์ สามารถสืบค้นสินค้าที่สหกรณ์/กลุ่มเกษตรกร/กลุ่มอาชีพผลิตตามประเภทสินค้า ระบบฐานข้อมูลจะแสดงผลเป็นชื่อกลุ่ม จังหวัด สหกรณ์ต้นสังกัด ราคาสินค้าต่อหน่วย ยอดขายของสินค้า มาตรฐานที่ได้รับ ข้อมูลบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ และสามารถสืบค้นบรรจุภัณฑ์ที่แสดงผลเป็นชื่อบรรจุภัณฑ์ กลุ่มอาชีพที่ใช้บรรจุภัณฑ์ ประเภทบรรจุภัณฑ์ ภาพบรรจุภัณฑ์ ชื่อผู้ผลิตบรรจุภัณฑ์ และจำนวนการสั่งต่อครั้ง และยังสามารถเชื่อมโยงไปสู่ข้อมูลชื่อบริษัทผู้ผลิต ที่ตั้ง เบอร์โทรศัพท์ และเว็บไซต์ 3) ความรู้ด้านการออกแบบบรรจุภัณฑ์พร้อมโครงร่างบรรจุภัณฑ์ และ 4) รายงานสถิติข้อมูลการเข้าใช้โปรแกรม

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม และภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุและวัสดุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2561) ได้ร่วมกันจัดทำโครงการพัฒนาฐานข้อมูลเชิงลึกอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ (Intelligent Packaging System) เพื่อประโยชน์ในการสืบค้นข้อมูลข่าวสารความเคลื่อนไหวต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ทางออนไลน์ ใน 7 ฐานข้อมูลแยกตามประเภทบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ 1) รายชื่อผู้ประกอบการ ผู้ผลิตและจำหน่ายบรรจุภัณฑ์ 2) ผลงานออกแบบบรรจุภัณฑ์ 3) ปริมาณการผลิตและการจำหน่ายบรรจุภัณฑ์ 4) การนำเข้า/ส่งออกบรรจุภัณฑ์ 5) มาตรฐาน ข้อตกลง กฎระเบียบ และข้อกำหนดเกี่ยวกับวัสดุสัมผัสอาหาร กฎหมายสิ่งแวดล้อม และการขนส่ง 6) รายชื่อผู้ประกอบการในโซ่อุปทาน ซึ่งเป็นข้อมูลชื่อบริษัท ที่ตั้ง หมายเลขทะเบียนโรงงาน ประเภทบรรจุภัณฑ์ที่ผลิต พร้อมชนิดสินค้าบรรจุ และ 7) เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์

จากผลงานวิจัยข้างต้น การออกแบบและพัฒนาระบบฐานข้อมูลส่วนใหญ่มีขั้นตอนหลักใกล้เคียงกัน ได้แก่ การกำหนดปัญหา การวิเคราะห์ปัญหา การออกแบบระบบ การพัฒนาโปรแกรม การทดสอบระบบ การประเมินผล การปรับปรุงแก้ไข การนำไปใช้งาน และการบำรุงรักษาระบบ สำหรับโปรแกรมหลักที่ใช้ในการออกแบบและพัฒนาฐานข้อมูล คือ โปรแกรมไมโครซอฟท์แอกเซส และโปรแกรมมายเอสคิวแอล (MySQL) แล้วนำข้อมูลไปออกแบบและพัฒนาการแสดงผลหน้าจอและการใช้งานฐานข้อมูลเมนูต่าง ๆ หรือฐานข้อมูลย่อย แสดงผลเป็นข้อความและภาพไอคอนให้เลือก ประโยชน์ของฐานข้อมูลที่พัฒนาขึ้น คือ ได้ระบบงานใหม่ที่ช่วยปรับปรุงและสนับสนุนการทำงานให้ดีขึ้น ตอบสนองความต้องการของผู้ประกอบการ ผู้ผลิตสินค้า ผู้บริโภค และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียมากขึ้น เช่น การจัดเก็บข้อมูลในแบบที่ใช้การจดบันทึกลงสมุดร่วมกับการใช้ประสบการณ์และความชำนาญส่วนบุคคล อาจ

ทำให้ล่าช้า เกิดข้อผิดพลาด แต่การพัฒนาการจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบในรูปแบบฐานข้อมูล จะช่วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผลข้อมูลและการแสดงผลที่ถูกต้อง แม่นยำ สะดวก รวดเร็ว และลดข้อผิดพลาด

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบและเกณฑ์ในการเลือกบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมกับสินค้า

Guillard et al. (2015) พัฒนาระบบการเลือกบรรจุภัณฑ์ถุงพลาสติกแบบดัดแปรบรรยากาศ (MAP) สำหรับผักและผลไม้สด โดยใช้ปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย คือ คุณลักษณะของผักและผลไม้สดด้านการเน่าเสียและคุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์ MAP ด้านอัตราการแพร่ผ่านของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และปัจจัยเสริม 4 ปัจจัย คือ ต้นทุน ความเป็นไปได้ในการจัดหาวัตถุดิบ ความเป็นไปได้ในการผลิต การจัดการบรรจุภัณฑ์หลังหมดอายุ โดยได้พัฒนาระบบการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ในการเลือกบรรจุภัณฑ์ (Multi Criteria Decision Support System: MCDSS) ที่ใช้การให้คะแนนในแต่ละเกณฑ์ เพื่อจัดลำดับบรรจุภัณฑ์ MAP ที่เหมะสมให้กับผักและผลไม้สด

Yun et al. (2018) พัฒนาระบบแนวทางเลือกบนความขัดแย้งของบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมสำหรับผลไม้สด โดยนำความต้องการของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ได้แก่ ผู้ผลิตบรรจุภัณฑ์ ผู้บริโภค ผู้รับผิดชอบด้านการจัดการขยะบรรจุภัณฑ์ นักโภชนาการด้านอาหารปลอดภัย เป็นข้อมูลขาเข้า จากนั้นจึงพัฒนาโปรแกรมช่วยตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์บนฐานความต้องการที่ขัดแย้งกัน (Multi Criteria Decision Support System– Argumentation System: MCDSS–AS) และแสดงผลขาออกเป็นลำดับบรรจุภัณฑ์ที่ตอบสนองความต้องการของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

Tamani et al. (2015) พัฒนาระบบการตัดสินใจที่ขัดแย้งกันในการเลือกวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม งานวิจัยได้นำความต้องการของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ได้แก่ ผู้ผลิตอาหาร ผู้ผลิตบรรจุภัณฑ์ ผู้บริโภค ผู้รับผิดชอบด้านการจัดการขยะบรรจุภัณฑ์ นักโภชนาการด้านอาหารปลอดภัย มาเป็นข้อมูลขาเข้าของระบบ จากนั้นจึงพัฒนาระบบการตัดสินใจที่ขัดแย้งกัน (Argumentation System) โดยมีเกณฑ์การพิจารณา 3 ปัจจัย คือ ความสามารถในการรีไซเคิล ความสามารถในการสลายตัวได้ ความสามารถในการย่อยสลายได้ทางชีวภาพและแสดงผลขาออกเป็นลำดับของวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ตอบสนองกับความต้องการของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

McGregor (1989) นำเสนอข้อมูลการออกแบบบรรจุภัณฑ์เชิงเศรษฐศาสตร์อย่างยั่งยืน (economic sustainability) โดยพิจารณาด้านต้นทุนของผู้ผลิตสินค้า ที่ใช้เกณฑ์เรื่องราคาบรรจุภัณฑ์ในการเลือกบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมกับสินค้า ดังนี้ บรรจุภัณฑ์ควรมีต้นทุนประมาณ 10% ของราคาสินค้าทั่วไป สำหรับการเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าจากการออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์ ราคาบรรจุภัณฑ์ควรอยู่ในช่วง 15–25% ของราคาสินค้า หากเป็นกลุ่มสินค้าที่ต้องการเพิ่มมูลค่า อาทิ อาหารเสริม อาหารและเครื่องดื่มที่จัดเป็นชุดเซตรวมกัน หรือกลุ่มสินค้าฟุ่มเฟือย อาทิ น้ำหอม เครื่องสำอาง เครื่องประดับ เป็นต้น ราคาบรรจุภัณฑ์จะเพิ่มสูงขึ้น 50% ของราคาสินค้า

จากผลงานวิจัยข้างต้น มีข้อพิจารณาที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ คือ ลักษณะของสินค้า คุณลักษณะของบรรจุภัณฑ์ วัสดุบรรจุภัณฑ์ ราคา/ต้นทุนบรรจุภัณฑ์ การจัดการขยะบรรจุภัณฑ์ ผลกระทบของบรรจุภัณฑ์ต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม โดยคำนึงถึงความต้องการของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกลุ่มต่าง ๆ อาทิ ผู้ผลิตสินค้า ผู้ผลิตบรรจุภัณฑ์ ผู้บริโภค ผู้รับผิดชอบการจัดการขยะบรรจุภัณฑ์ นักโภชนาการด้านอาหารปลอดภัย