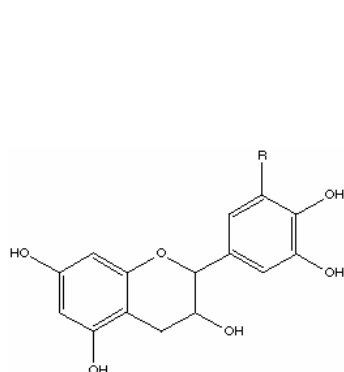
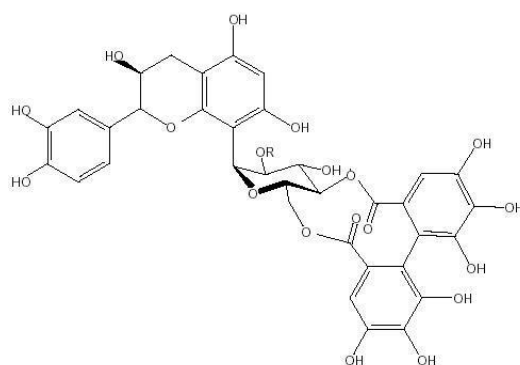




Catechin



Complex tannin

ภาพที่ 2 (ต่อ)

ที่มา: Ventanilla-callao (2000)

2. พิวเร่ (puree)

พิวเร่หรือเพส (paste) หมายถึง ส่วนของเนื้อและน้ำผลไม้ที่ทำให้เข้มข้นโดยวิธี การต่าง ๆ จนมีส่วนของของแข็ง (total solids) ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 25 (FAO, 1985) อาจมีการเติมสารแต่งสีและยีสต์อายุการเก็บด้วยการแช่แข็ง ใช้ความร้อน หรือสารกันเสีย และบรรจุในภาชนะที่เหมาะสม Dauthy (1995) อธิบายกระบวนการผลิตพิวเร่จากผลไม้ โดยคัดเลือกผลไม้ที่นิ่มและสุกงอม ล้างเด็ดก้าน แกะเมล็ด ผ่าครึ่งหรือผ่าเป็นสี่ส่วนแล้วแต่ชนิดของผลไม้ ต้มในน้ำเดือด หรือนึ่งจนนิ่ม จากนั้นแยกเอาเฉพาะเนื้อโดยวิธีการใดวิธีหนึ่งต่อไปนี้เป็นคือ ขูดหรือกดผ่านตะแกรง ใช้เครื่องบดปั่นหรือเครื่องตีปั่นและแยกกาก (pulper and finisher) กรอง แยกเอาเฉพาะเนื้อโดยใช้ตะแกรงขนาดรูตะแกรง 0.1 มิลลิเมตร จากนั้นยีสต์อายุการเก็บโดยเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งต่อไปนี้เป็นคือ ต้มเพื่อทำลายเอนไซม์ ที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส แช่แข็ง (-20 ถึง -30 °ซ) แล้วเก็บที่อุณหภูมิ -10 ถึง -18 องศาเซลเซียส หรือการใช้ความร้อนไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส บรรจุขณะร้อน และฆ่าเชื้อโดยการต้มเดือดอีกประมาณ 1 นาที ทำให้เย็น นอกจากนี้ ยังสามารถสเตอริไลส์ หรือใช้สารกันเสียที่นิยมใช้ได้แก่ สารประกอบซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และกรดซอร์บิกหรือเกลือซอร์เบต ไม่เกินร้อยละ 0.1 หรือการบรรจุในภาชนะปิดสนิท โดยอาจมีการปรับค่าพีเอชให้ต่ำลงประมาณ 4.0 หรือเติมน้ำตาลเพื่อช่วยปรับปรุงรสชาติ และสี หรือการใช้กระบวนการถนอมแบบ sous vide ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่เริ่มนิยมกันมาตั้งแต่ปี 2515 ซึ่งเป็นกรรมวิธีการยีสต์อายุของสดโดยการใช้ความร้อนต่ำในสถานะสุญญากาศนิยมใช้กับ อาหารประเภทเนื้อสัตว์ อาหารประเภทปลา อาหารทะเล ได้ีกรอก

และพิวเร่ (Armstrong, 2000) เพื่อเตรียมเป็นอาหารพร้อมบริโภค (ready meal) ผลไม้สุกที่นิยมนำมาทำพิวเร่ได้แก่ มะม่วง มะละกอ ฝรั่ง กล้วย ลูกพรุน อโวคาโด แอปเปิ้ล สับปะรด มะเขือเทศ เสาวรส สาลี่ แอปเปิ้ล และพลับพลา

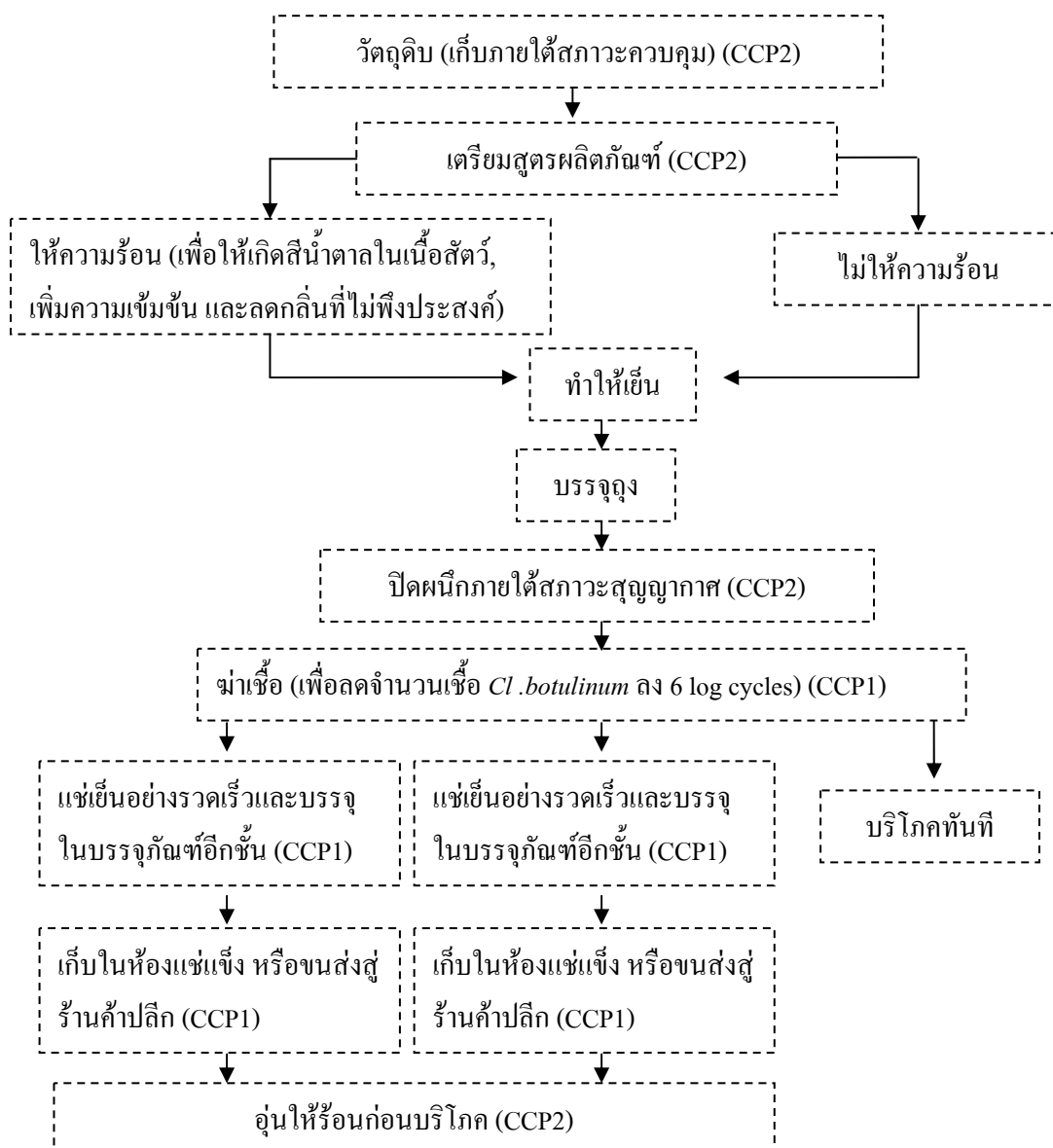
Dauthy (1995) รายงานว่า การศึกษาเกี่ยวกับการยืดอายุการเก็บพิวเร่ สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การบรรจุกระป๋อง การพาสเจอร์ไรซ์ การใช้สารกันเสีย หรือการแช่แข็ง ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมานาน และได้ยกตัวอย่างขั้นตอนการถนอมพิวเร่มะม่วง ดังนี้ ปอกเปลือกมะม่วงโดยใช้มีด หรือใช้ไอน้ำนาน 2-2.5 นาที หรือใช้เครื่องแยกกาก (power stirrer fitted with a saw-toothed propeller blade) หรือใช้คาง วิธีใดวิธีหนึ่ง จากนั้นป้อนผ่านตะแกรงขนาดรูตะแกรง 0.84 มิลลิเมตร เพื่อกรองเอาเมล็ดและกากออก ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส 1 นาที แล้วทำให้เย็นถึง 35 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน บรรจุขึ้นแรกด้วยถุงพอลิเอทิลีน (polyethylene, PE) และบรรจุในกระป๋องอีกชั้นหนึ่ง ก่อนนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -23.5 องศาเซลเซียส ส่วนการพาสเจอร์ไรซ์ นิยมปรับพีเอชให้ได้ 3.5 ด้วยกรดซิตริก ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส 1 นาที บรรจุขณะร้อนในถุงพอลิเอทิลีนขนาด 6 กิโลกรัมที่ผ่านการฆ่าเชื้อมาแล้ว ปิดผนึกและทำให้เย็น วิธีนี้ต้นทุนสูงกว่าบรรจุกระป๋อง ส่วนการใช้สารกันเสียนิยมปรับพีเอชให้ได้ 3.5 โดยเติมกรดซิตริก ร้อยละ 0.5-1.0 ต้มเดือดทันที แล้วเติมสารประกอบซัลเฟอร์ 1.0-1.5 กรัมต่อกิโลกรัม ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90-91 องศาเซลเซียส บรรจุขณะร้อนในกระป๋อง ปิดผนึกทำให้เย็นทันทีที่อุณหภูมิ 37-38 องศาเซลเซียส หรือจะแช่แข็งก็ได้

พิวเร่พลับพลาทำจากพลับพลาที่สุกงอมเต็มที่ ตัดแต่งเอาส่วนดำหนิออก ผ่าเป็นสี่ส่วนขูดเอาเฉพาะเนื้อหรือใช้วิธีคดขีผ่านตะแกรงเพื่อเอาเฉพาะเนื้อพลับเรียกว่า พิวเร่สด (fresh puree) สามารถนำไปแช่แข็ง ต้มให้ความร้อน หรือใช้สารกันเสียเพื่อยืดอายุการเก็บ อาจเติมน้ำตาล ปรับค่าพีเอชหรือเติมกรดแอสคอร์บิก 1/8 ช้อนชา (0.8 -1.0 กรัม) ต่อเนื้อพลับ 1 ลิตรเพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาล หรือนำไปทำพลับแผ่นโดยเกลี่ยลงบนกระดาษเคลือบ อบแห้ง ซ้อนทับกันหลาย ๆ ชั้นคล้ายขนมชั้น ตัดเป็นลูกบาศก์เล็ก ๆ รับประทานเป็นลูกกวาดผลไม้ ขนมขบเคี้ยวหรือใส่ผสมกับขนมอบแทนลูกเกด แม้ว่าการลดความฝาดในผลพลับจะมีหลายวิธีซึ่งได้กล่าวไว้แล้วในตอนต้น แต่สำหรับการลดรสฝาดในพิวเร่สามารถแก้ไขได้โดยใช้วิธีแตกต่างจากการลดความฝาดในผลพลับ ซึ่งได้แก่ การเติมเบคกิ้งโซดาก่อนส่วนผสมอื่น ๆ 1/2 – 1 ช้อนชา (1.5 – 3 กรัม) ต่อพิวเร่ 1 ถ้วย อุณหภูมิบนเตาร้อน ๆ ไม่ต้องเดือด (Pierce, 1988) การเติมน้ำมะนาว 1-2 ช้อนชา ต่อพิวเร่ 1 ถ้วย และยังมีงานวิจัยพบว่าการใช้สารละลายเพคตินเข้มข้นร้อยละ 0.1-2.0 และเติมน้ำตาล

เล็กน้อย จะช่วยลดรสฝาดติดลิ้นได้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากน้ำตาลมีส่วนเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการรวมตัวกันของแทนนินและเพคติน ทำให้การรับรู้ถึงรสฝาดได้น้อยลง และยังพบว่าปริมาณแทนนินที่ละลายได้ (soluble tannin) ลดน้อยลงเมื่อใช้เพคตินเพิ่มขึ้นถึงระดับร้อยละ 2 (Taira *et.al.*, 1997) พิวเร่พลัซที่ได้นำไปทำไอศกรีมเชอร์เบต สลัด ขนมปัง ลูกเกด เค้ก ใช้หมักเนื้อหมูหรือไก่ให้นุ่ม ใช้แทนแอปเปิ้ลซอส ทำพายชนิดต่าง ๆ สอดไส้ขนม ทำเครื่องดื่มน้ำที่มีชื่อเรียกว่า syllabub พุดคิง เจลลี่ผลไม้ ลูกกวาด แยม โยเกิร์ต ทอปปิงต่าง ๆ แต่งหน้าเค้ก เมอร์แรง ผลไม้แผ่น (fruit leather) หรือผลไม้แท่ง (fruit bar) ตลอดจนเป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ขนมอบ (King, 1999) พิวเร่พลัซเป็นแหล่งวิตามินเอที่ดีเยี่ยม กล่าวคือ พิวเร่พลัซ 100 กรัม ประกอบด้วย วิตามินเอ 2167 หน่วยสากล เยื่อใย 3.6 กรัม โปตัสเซียม 161 มิลลิกรัม วิตามินซี 7.5 มิลลิกรัม และโฟเลต 75 ไมโครกรัม (Berdanica, 2002)

3. กระบวนการถนอมแบบ sous vide

กระบวนการถนอมแบบ sous vide เป็นกระบวนการใช้ความร้อนต่ำ (65-95 องศาเซลเซียส) เพื่อฆ่าเชื้ออาหารที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศ แล้วเก็บที่อุณหภูมิ 0-3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่แนะนำให้ใช้เพื่อฆ่าเชื้อในอาหารเพื่อให้แน่ใจว่าปลอดจากเชื้อ *Clostridium botulinum* คือ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส 10 นาที (Armstrong, 2000) จุดประสงค์ของกระบวนการถนอมแบบ sous vide คือ ยืดอายุวัตถุดิบ ปรับปรุงคุณภาพทางประสาทสัมผัส และด้านโภชนาการ กระบวนการถนอมแบบ sous vide เป็นการเตรียมวัตถุดิบ สำหรับใช้ในธุรกิจด้านบริการอาหาร ตามโรงแรม ภัตตาคาร หรือเพื่อจัดงานเลี้ยง (catering) หรือเพื่อขายปลีก ถือว่าเป็นการปฏิวัติขนานใหญ่ในวงการเทคโนโลยีด้านอาหาร เมื่อประมาณ 25 ปีก่อน กระบวนการถนอมแบบ sous vide ทำกันง่าย ๆ ในครัวเรือน ปัจจุบันทำกันในระดับอุตสาหกรรม ทำให้มีมาตรฐานความปลอดภัยมากขึ้น เพิ่มความพอใจแก่ลูกค้า กลายเป็นธุรกิจบริการอาหารที่มีคุณภาพสูง มีโอกาสเติบโตสูงโดยเฉพาะในธุรกิจอาหารพร้อมบริโภค (ready to eat) เพราะได้ผ่านการเตรียมมาระดับหนึ่งแล้วทำให้ใช้เวลาน้อยในการปรุงเพื่อบริโภค ซึ่งสอดคล้องกับชีวิตประจำวันของคนในสังคมปัจจุบัน กระบวนการถนอมแบบ sous vide เป็นกระบวนการผลิตที่ถูกรวบรวมมาอย่างรัดกุม ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กระบวนการผลิตแบบ sous vide และจุดวิกฤต

หมายเหตุ CCP1 หมายถึงมีระดับอันตรายสูงและมีความเสี่ยง (critical control point, CCP) มากกว่า CCP2

ที่มา: ดัดแปลงจาก Armstrong (2000)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอายุการเก็บของอาหารที่ใช้กระบวนการถนอมแบบ sous vide ได้แก่ วัตถุดิบ สูตรและส่วนผสม การบรรจุและการปิดผนึก ความร้อนที่ใช้มาเชื้อ การทำให้เย็น การเก็บ และการขนส่งและ การอุ่นให้ความร้อนก่อนบริโภค (Armstrong, 2000)

(1) วัตถุดิบ เกี่ยวข้องกับจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้น หากวัตถุดิบมีจำนวนจุลินทรีย์ปนเปื้อนมาก อาจจะทำให้เสี่ยงต่อพิษของเชื้อ *Cl. botulinum* มากกว่าวัตถุดิบที่มีจำนวนจุลินทรีย์ปนเปื้อนน้อย เนื่องจากความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อเป็นความร้อนในระดับต่ำ คือที่อุณหภูมิ 65-95 องศาเซลเซียส จึงต้องควบคุมจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นให้เกิดการปนเปื้อนน้อยที่สุด

(2) สูตรและส่วนผสม องค์ประกอบของอาหาร ได้แก่ ค่าพีเอช ความชื้น เกลือ น้ำตาล เปลี่ยนแปลงไปตามส่วนประกอบที่ใช้ มีผลต่อความร้อนที่ใช้มาเชื้อ และอายุการเก็บ การพิจารณาเลือกใช้ส่วนผสม พิจารณาจากคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ต้องการ

(3) การบรรจุและการปิดผนึก ระดับของสุญญากาศที่ใช้ จะเป็นดัชนีชี้วัดอายุการเก็บ ถ้ามีระดับของสุญญากาศน้อย อายุการเก็บสั้น รอยตะเข็บต้องปิดสนิทและสมบูรณ์ การบรรจุขณะร้อนทำให้เกิดหยดน้ำ ซึ่งจะจำกัดความเป็นสุญญากาศภายในภาชนะบรรจุ

(4) ความร้อนที่ใช้มาเชื้อ ต้องเพียงพอที่จะลดจำนวนจุลินทรีย์ (*Cl. botulinum*) ลง 6 log cycle อายุการเก็บของอาหารที่ใช้กระบวนการถนอมแบบ sous vide ขึ้นกับความร้อนที่ใช้ และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ต้องการเป็นสำคัญ เช่น อาหารจำพวกเนื้อสัตว์ 21-40 วัน ปลา 7 วัน ผัก 7-20 วัน ที่อุณหภูมิ 0-3 องศาเซลเซียส ดังตารางที่ 3 อุณหภูมิและเวลาที่แนะนำให้ใช้ เพื่อยืดอายุการเก็บสำหรับอาหารที่ใช้กระบวนการถนอมแบบ sous vide โดยทั่วไปมีดังนี้ หากใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 100 นาที จะสามารถเก็บอาหารได้นานไม่ต่ำกว่า 10 วัน และ ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส 10 นาที จะเก็บอาหารได้นานไม่ต่ำกว่า 42 วัน โดยเก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่า 3 องศาเซลเซียส

(5) การทำให้เย็น จะใช้เวลามากหรือน้อยขึ้นกับขนาดบรรจุ และกรรมวิธีการทำให้เย็น ควรทำให้เย็นถึง 0-3 องศาเซลเซียส ภายในเวลา 30 นาที

(6) การเก็บและการขนส่ง ควรทำที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อป้องกันการเจริญและสร้างสปอร์พิษของเชื้อ *Cl. botulinum* ที่ต่ำกว่าอุณหภูมิ 3.3 องศาเซลเซียส

(7) การอุ่นให้ความร้อนก่อนบริโภค (reheating) หลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ควรอุ่นให้ความร้อนภายในเวลา 30 นาที และให้ความร้อนถึงใจกลางภาชนะบรรจุ 70 องศาเซลเซียส 2 นาที และบริโภคภายใน 15 นาที

ตารางที่ 3 อายุการเก็บของอาหารบางชนิดที่ใช้กระบวนการถนอมแบบ sous vide

ชนิดอาหาร	อายุการเก็บ (วัน) ที่ 0-3 °ซ
Bolognese meat sauce products	40
Meat based products	21-40
Poultry products	6-40
Roast beef	23
Vegetable products	7-20
Green bean puree	8
Fish products	7

ที่มา: Armstrong (2000) และ Knöchel *et. al.* (1997)

4. ผลไม้แผ่น (fruit leather)

ผลไม้แผ่นเป็นผลิตภัณฑ์จากผลไม้ที่ผ่านกระบวนการสกัดเอาเนื้อผลไม้ และอบแห้งจนมีความชื้นต่ำถึงปานกลาง (a_w 0.5-0.7) (ไพโรจน์, 2539) เก็บได้นานที่อุณหภูมิห้อง คุณภาพของผลิตภัณฑ์ขึ้นกับคุณภาพของวัตถุดิบเริ่มต้น กระบวนการต่าง ๆ ในขณะแปรรูป และสภาวะการเก็บรักษาก่อนบริโภค คำว่า “fruit leather” “fruit sheet” “fruit bar” หรือ “fruit slab” เป็นคำศัพท์ที่ใช้เรียกผลิตภัณฑ์ผลไม้แผ่นที่มีความหนาแตกต่างกัน สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2532) กำหนดมาตรฐานผลไม้แห้งไว้ดังนี้ ความชื้นไม่เกินร้อยละ 18 ของน้ำหนักตัวอย่างแห้ง น้ำตาลทั้งหมดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 65 จุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^2 โคโลนี / กรัมตัวอย่าง ยีสต์และราไม่เกิน 1×10^4 โคโลนี / กรัมตัวอย่าง Dauthy (1995) อธิบายการผลิตผลไม้แผ่นจากพืชรูปร่างว่า

เป็นการนำพื้หรือเนื้อผลไม้ เดมน้ำตาล เพื่อปรับให้ได้ 25 องศาบริกซ์ เดิมกรดซิตริก 2 กรัมต่อกิโลกรัม ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ทำให้เย็นทันที ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เดิมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 2 กรัมต่อกิโลกรัม เพื่อให้ได้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) 1,000 พีพีเอ็ม เทลงบนถาดที่รองด้วยพลาสติกหรือทากลิเซอริน อบแห้งที่อุณหภูมิ 55-70 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นร้อยละ 15-20 มีความหนา 3 มิลลิเมตร ตัดตัวอย่างขนาด 5x5 เซนติเมตร เรียงซ้อนกัน 3 ชั้น ห่อด้วยกระดาษเซลโลเฟน นำแต่ละห่อซ้อนกัน 2 ชั้น บรรจุถุงพลาสติกพอลิเอทิลีน สามารถเก็บที่อุณหภูมิห้องได้นานเป็นปี ผลไม้ที่นิยมทำผลไม้แผ่น เช่นเดียวกับผลไม้ที่ทำพื้ ได้แก่ แอปเปิ้ล ท้อ กล้วย เชอร์รี่ องุ่น แพร์ สาลี่ บ๊วย สับปะรด แบลคเคอแรนท์ พลัม พรุน ราสเบอร์รี่ สตรอเบอร์รี่ มะม่วง ฝรั่ง มะละกอ ขนุน มะเขือเทศ ส้มจีน (tangerine) พุทรา ทุเรียน ชิกู (ciku) นอกจากนี้ผักชนิดต่าง ๆ ถั่ว มันเทศ ก็นิยมเช่นกัน (Irwandi *et. al.*, 1998; Dauthy, 1995; Babalola *et. al.*, 2002; Che Man *et. al.*, 1992; Che Man and Taufik, 1995; Che Man *et. al.*, 1997; Che Man and Sin, 1997; Maskan *et. al.*, 2002; Vijayanand *et. al.*, 2000; Agrahari *et. al.*, 2004; Raab and Oehler, 2000; Huang and Hsieh, 2005) พลั้ก็เป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่นำมาทำผลไม้แผ่นได้ โดยเฉพาะพันธุ์ฝาด (Pierce, 1988)

Anonymous (2005a) รายงานว่า ผลไม้แผ่นจากมะม่วง เป็นการนำพื้มะม่วงเดมน้ำตาล ร้อยละ 10-15 น้ำมะนาว 2 ช้อนโต๊ะ (20 มิลลิลิตร) ต่อกิโลกรัม เพื่อให้ได้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 25 องศาบริกซ์ และความเป็นกรดร้อยละ 0.5 เดิมโปตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 2.0 กรัมต่อกิโลกรัม จากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที เกลี่ยลงบนถาดที่รองด้วยกลีเซอริน อบแห้งโดยใช้แสงแดด หรือตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส 10 ชั่วโมง และอบต่อที่ 70 องศาเซลเซียส 16 ชั่วโมง จนมีความชื้นร้อยละ 15-20 หรือมีอัตราส่วนวัตถุดิบต่อผลผลิต 12:1 นำผลไม้แผ่นที่ได้วางซ้อนกัน 2-3 ชั้น ตัดขนาด 4x4 เซนติเมตร ห่อด้วยกระดาษเซลโลเฟน บรรจุถุงพลาสติกพื้ การเติมเพคตินร้อยละ 0.5-0.75 จะช่วยปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส ส่วนกรรมวิธีการผลิตผลไม้แผ่นจากผลไม้ชนิดอื่นมีขั้นตอนการให้ความร้อนเพื่อทำลายเอนไซม์ และการอบแห้งคล้าย ๆ กัน ต่างกันที่วิธีการเตรียมพื้หรือวัตถุดิบ

4.1 ส่วนประกอบที่ใช้ในการผลิตผลไม้แผ่น

ส่วนประกอบที่ใช้ในการผลิตผลไม้แผ่น ประกอบด้วยน้ำตาล กรดแอสคอร์บิก กรดซิตริก กลูโคสไซรัป เพคตินชนิดเมท็อกซิลต่ำ (amidated low methyl ester pectin) และกลีเซอรอล

4.1.1 น้ำตาล น้ำตาลที่ใช้กันทั่วไปมีชื่อเรียกกันว่า ซูโครส สามารถสลายตัวด้วยกรดต่าง ความร้อนและเอนไซม์ได้เป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตส ซึ่งน้ำตาลทั้งสองรวมเรียกว่า น้ำตาลอินเวอร์ต สามารถเกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ ได้ จุดประสงค์ของการใช้น้ำตาลในอาหารนอกจากจะเพิ่มรสหวานแล้ว น้ำตาลยังเพิ่มความข้นหนืด ให้เนื้อแก่ผลิตภัณฑ์ เพิ่มความคงตัว ช่วยกระจายอนุภาคให้ไหลลื่นได้เนื่องจากน้ำตาลละลายได้ง่าย ทำให้การรับรสเร็วขึ้น ช่วยเก็บรักษากลิ่นรสของอาหารไว้ ทำให้เกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ และลดค่าออกซิเดชันแอกติวิตี (สุวรรณ, 2543) กรรมวิธีการผลิตอาหารแห้งหลายชนิดมีการใช้น้ำตาลเป็นส่วนประกอบ น้ำตาลอาจจะถูกสลายตัวเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ ทำให้มีลักษณะเยิ้มเหนียวติดภาชนะได้

4.1.2 กลูโคสไซรัป หมายถึงสารละลายแซคคาไรด์ที่ได้จากการย่อยแป้งและได้ผ่านกรรมวิธีการทำให้บริสุทธิ์และเข้มข้นแล้ว (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2521) มีลักษณะเหลวข้น มีรสหวาน ไม่มีสี หรือมีสีเหลืองอ่อน มีปริมาณของแข็งทั้งหมดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 มีสมมูลเด็กซ์โตรอส (Degree of Equivalent: DE) ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 20 มีพีเอช 4.8-5.5 กลูโคสไซรัปจัดเป็นแป้งคัดแปรทางเคมีชนิดหนึ่งโดยการลดขนาดโมเลกุลของแป้ง (dextrinization) หรือเปลี่ยนการจับเกาะ (depolymerization/transglycosylation) ด้วยความร้อน หรือใช้ความร้อนร่วมกับกรดหรือเอนไซม์เบต้าอไมเลส (β -amylase) เพื่อให้ได้ร้อยละโดยน้ำหนักของกลูโคสหรือมอลโตสสูง คือสูงกว่าร้อยละ 20 ถ้าทำการย่อยแป้งจนทำให้โมเลกุลของแป้งเป็นสายโซ่ตรงทั้งหมดเรียกว่าเด็กซ์ตริน มีค่า DE เป็น 0 ถ้าย่อยแป้งจนได้น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวทั้งหมดจะได้ผลผลิตที่มีค่า DE เป็น 100 ชนิดของกลูโคสไซรัป ขึ้นกับปริมาณน้ำตาลที่ย่อยได้ ซึ่งพอจะแบ่งตามค่า DE ได้ 5 ชนิด ดังนี้ คือ ชนิดที่มีค่า DE 20-38 เรียกว่า low conversion ชนิดที่มีค่า DE 38-48 เรียกว่า regular conversion ชนิดที่มีค่า DE 48-58 เรียกว่า intermediate conversion ชนิดที่มีค่า DE 58-68 เรียกว่า high conversion และชนิดที่มีค่า DE มากกว่า 68 เรียกว่า extra high conversion (สุวรรณ, 2543) กลูโคสไซรัปใช้เป็นสารยึดเกาะสามารถผสมกับส่วนผสมอื่น ๆ ได้ดี ทำให้มีเนื้อสัมผัสดีขึ้น ลดการสูญเสียเนื่องจากมีความสามารถในการดูดซับน้ำและเพิ่มความหนืด (กลั่นรงค์ และเกื้อกุล, 2543)

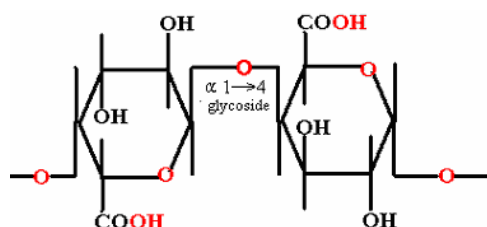
4.1.3 กลีเซอรอล ได้จากขบวนการไฮโดรไลซิสไขมันทั้งจากพืชและสัตว์ เป็นของเหลวในสถานะอุณหภูมิห้อง ใช้เป็นสารคงความชื้น (humectants) ลดค่าออกซิเดชันแอกติวิตี ซึ่งลดความเสี่ยงต่อการเจริญของเชื้อราและยีสต์ ทำให้อายุการเก็บนานขึ้น ป้องกันการตกผลึกของน้ำตาล ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะแห้ง ไม่เยิ้มเหนียว รับประทาน ใช้เป็นสารปรับปรุงเนื้อสัมผัส เพิ่มความยืดหยุ่น โดยจะทำหน้าที่เป็นสารพลาสติไซเซอร์ (plasticiser) (Emerton, 2003) มีการใช้

กลีเซอรอลเป็นสารพลาสติกไซเซอร์ในแผ่นฟิล์ม (biofilm) ทำให้แผ่นฟิล์มสามารถแผ่เป็นแผ่นได้ดี มีความยืดหยุ่นสูง ระพีพรรณ (2547) ใช้กลีเซอรอลในแคนดิมะม่วงร้อยละ 5 ทำให้มีค่าวอเตอร์ แอคติวิตีต่ำกว่า 0.6 ซึ่งจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญได้

4.1.4 เพคติน เป็นกลุ่มของสารประกอบเชิงซ้อนของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ โครงสร้างของเพคตินประกอบด้วย กรดกาแลกทูโรนิกหลาย ๆ หน่วยเชื่อมต่อกับหมู่เมทิลในพอลิเมอร์ของเพคตินที่ตำแหน่งพันธะ α 1,4- linkage (ภาพที่ 4) ซึ่งเป็นพันธะที่สลายตัวได้ง่าย ตำแหน่งที่กรดกาแลกทูโรนิกหลาย ๆ หน่วยจับกับหมู่เมทิลในพอลิเมอร์ของเพคตินด้วยพันธะ α 1,4- linkage อย่างสม่ำเสมอ เรียกว่า “smooth regions” (ภาพที่ 5) แต่ถ้ามีการจับสลับกันระหว่างพันธะ α 1,4- linkage และ α 1,2- linkage จะเรียกว่า “hairy regions” (ภาพที่ 6) ซึ่งเป็นส่วนที่มีความยืดหยุ่นสูง ชนิดของเพคตินแบ่งตามระดับการแทนที่ (degree of esterification, DE/ degree of methylation, DM) ได้ 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ชนิดเมท็อกซิลสูง (high methyl ester pectin) ประกอบด้วยกรดกาแลกทูโรนิก มากกว่าร้อยละ 50 ($DM \geq 50$) สกัดได้จากธรรมชาติ เกิดเจลได้ในสถานะที่มีน้ำตาลสูง ใช้ทำแยม เยลลี่ ดังภาพที่ 7 และชนิดเมท็อกซิลต่ำ (low methyl ester pectin) ประกอบด้วยกรดกาแลกทูโรนิกน้อยกว่าร้อยละ 50 ($DM < 50$) ใช้กรดในกรรมวิธีการสกัด ดังภาพที่ 8 และถ้ามีการใช้แอมโมเนียในการสกัดเพคติน จะได้เพคตินชนิดเมท็อกซิลต่ำที่มีหมู่เอไมด์ประกอบในโครงสร้าง ทำให้ละลายน้ำได้ง่าย เรียกเพคตินชนิดนี้ว่า เพคตินชนิดเมท็อกซิลต่ำมีหมู่เอไมด์ (amidated low methyl ester pectin) ดังภาพที่ 9 เพคตินชนิดเมท็อกซิลต่ำสามารถเกิดเจลได้โดยไม่ต้องใช้น้ำตาลมาก โดยกรดกาแลกทูโรนิกจับกับประจุของแคลเซียมหรือถ้าไม่มีแคลเซียมจะจับกันเองภายในโมเลกุลของเพคตินที่เรียกว่า “zipped association” เกิดเป็นเจลใสที่อุณหภูมิต่ำ (IPPA, 2001)

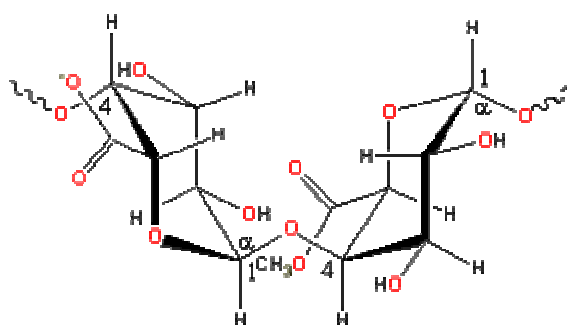
เพคตินนอกจากจะทำหน้าที่เป็นสารเกิดเจล (gelling agents) แล้ว ยังเป็นสารเพิ่มความข้นหนืด (thickener) สารที่ดูดซับน้ำ (water binder) และ สารคงตัว (stabilizer) อีกด้วย การเลือกใช้เพคตินมิใช่เพื่อเพิ่มความข้นหนืดเพียงอย่างเดียวเหมือนกับชนิดอื่น ๆ แต่ควรเลือกใช้กรณีต้องการปรับปรุงเนื้อสัมผัสเป็นหลัก และเพิ่มความข้นหนืดเพียงเล็กน้อย เพคตินสลายตัวได้ง่ายในสภาวะกรดและความร้อนสูง การใช้กลูโคสไซรัปจะช่วยเพิ่มอุณหภูมิในการเกิดเจล เจลจะคงตัวมากขึ้น ทำให้เนื้อสัมผัสมีลักษณะข้นหนืดและยืดหยุ่นมากขึ้น (IPPA, 2001) ในกรณีที่มีปริมาณของแข็งมากเกินไปร้อยละ 60 จำเป็นต้องใช้สารซีเควสตรานท์ (sequestrants) เช่น กรดซิตริก เพื่อลด

ประจุของแคลเซียมให้สมดุลกับของแข็งที่มีอยู่จึงจะเกิดเจลได้ และเนื่องจากเพคตินมีประจุเป็นบวกจึงสามารถจับกับประจุลบอื่น ๆ ได้เช่น โปรตีนและเจลาติน



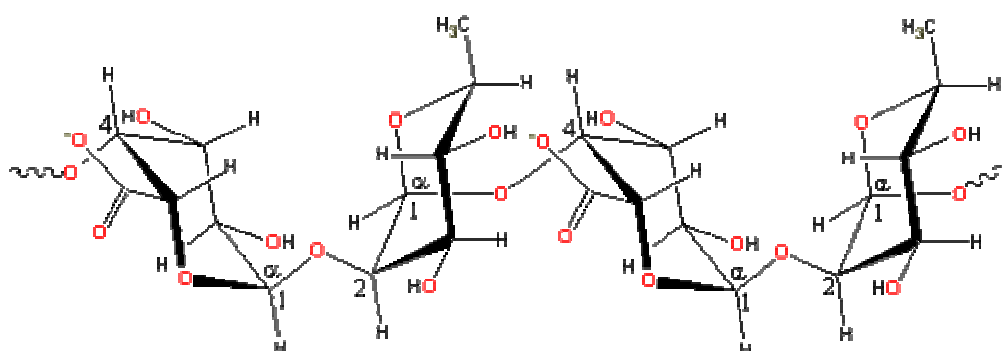
ภาพที่ 4 โครงสร้างหลักของเพคติน

ที่มา: IPPA (2001)



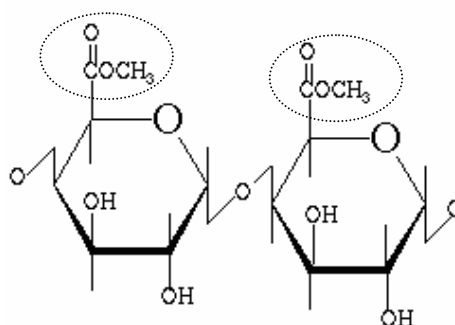
ภาพที่ 5 smooth regions ของเพคติน

ที่มา: Chaplin (2006)



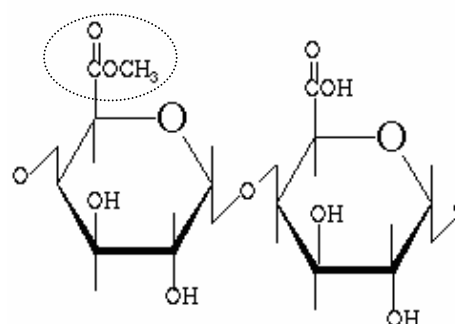
ภาพที่ 6 hairy regions ของเพคติน

ที่มา: Chaplin (2006)



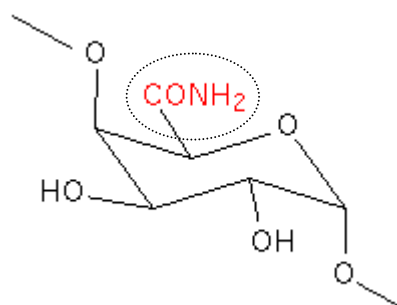
ภาพที่ 7 โครงสร้างทางเคมีของเพคตินชนิดเมท็อกซิลสูง

ที่มา: Anonymous (2005b)



ภาพที่ 8 โครงสร้างทางเคมีของเพคตินชนิดเมท็อกซิลต่ำ

ที่มา: Anonymous (2005b)



ภาพที่ 9 โครงสร้างทางเคมีของเพคตินชนิดเมท็อกซิลต่ำมีหมู่เอไมด์

ที่มา: Anonymous (n. d)

4.1.5 กรดแอสคอร์บิก เป็นสารป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มีประสิทธิภาพ ละลายน้ำได้ง่าย และนิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในรูปของเกลือโซเดียมแอสคอร์เบต หรือแคลเซียมแอสคอร์เบต หน้าที่สำคัญคือ ลดการเกิดสารสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาของเอนไซม์พอลิฟีนอล ออกซิเดส (polyphenol oxidase) ในผักและผลไม้ โดยจะทำปฏิกิริยากับสารออกซิโท-ควิโนน (O-quinone) ทำให้เกิดเป็นสารฟีนอล และกรดไฮโดรแอสคอร์บิก ซึ่งรักษาสีของผลไม้ไว้ได้ ไม่เกิดเป็นสารสีน้ำตาลที่รู้จักกันในชื่อ “เมลานิน” จึงเพิ่มความสดของสี และลดการเกิดสารไนโตรซามีนในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ใช้ร่วมกับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในไวน์และเบียร์เพื่อเพิ่มอายุการเก็บ เพิ่มปริมาณของขนมปังโดยช่วยเสริมสร้างกลูเตน (gluten) นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันการสูญเสียวิตามินซีในอาหารได้ด้วย (Emerton, 2003)

4.1.6 กรดซิตริก ใช้เพื่อปรับค่าพีเอช เป็นสารที่สามารถจับได้ดีกับอนุมูลของโลหะ ซึ่งเป็นสารเร่งปฏิกิริยา เพิ่มประสิทธิภาพของกรดแอสคอร์บิกในการต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน นิยมใช้ในรูปแบบ monohydrate เกลือโซเดียมซิเตรต หรือเกลือ โพตัสเซียมซิเตรต ทั้งที่เป็นสารละลายและผง ในอาหารหลายชนิด เช่น เครื่องดื่ม ลูกกวาด แยม เยลลี่ ซุป ซอส อาหารกระป๋อง อาหารแช่แข็ง ผักผลไม้ เป็นต้น (Emerton, 2003)

4.2 กรรมวิธีการทำแห้ง

การทำแห้ง อาศัยหลักการขจัดน้ำออกจากอาหารให้มีความชื้นลดลงจนพอเหมาะแก่อาหารแต่ละชนิดเพื่อให้สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น เมื่อให้ความร้อนแก่อาหารจะเกิดการถ่ายเทความร้อนจากผิวสู่ภายในเนื้ออาหาร ในส่วนที่ผิวของเซลล์จะเกิดการถ่ายเทแบบการนำความร้อน (conduction) ในส่วนที่เป็นช่องว่างจะถ่ายเทแบบการพาความร้อน (convection) น้ำในอาหารก็จะร้อนขึ้นเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ถ่ายเทจากโมเลกุลสู่โมเลกุล เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำไปที่ผิวนอก ลักษณะการเคลื่อนที่ของน้ำไปที่ผิวมี 2 ลักษณะคือ การเคลื่อนที่เนื่องจากแรงดันผ่านช่องแคบ ๆ อย่างต่อเนื่อง (capillary force) ซึ่งจะเกิดในช่วงแรกเนื่องจากมีน้ำในปริมาณมาก อัตราการทำแห้งจะสูง อีกลักษณะหนึ่งเป็นการเคลื่อนที่ของน้ำแบบซึมผ่านเซลล์ (diffusion) จะเกิดต่อจากลักษณะแรก เมื่อน้ำน้อยลงขาดความต่อเนื่องในการไหล อัตราการทำแห้งจึงเริ่มลดลง การสูญเสียทำให้ความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น มีผลกระทบต่อคุณภาพของอาหารหลายประการด้วยกัน เช่น โปรตีนเสียสภาพและเกาะกันเป็นก้อนทำให้เกิดลักษณะแข็งกระด้าง เกิดการหดตัวของชิ้นอาหาร ค่าพีเอช ความหนาแน่นเปลี่ยนไป เกิดสีน้ำตาลมากขึ้น กลิ่นรส และสารอาหารที่ละลายน้ำ

ได้ก็ถูกกำจัดออกไปด้วย อย่างไรก็ตามอาหารแห้งก็ยังมียุบพาทในวงการอุตสาหกรรมแม้จะน้อยกว่า อาหารแช่แข็งหรืออาหารกระป๋องก็ตาม เพราะมีน้ำหนักเบาสะดวกต่อการขนส่ง มีอายุการเก็บนาน กรรมวิธีการทำแห้งทำได้หลายวิธี สำหรับพิวเรเนียมใช้ แบบคาบินเนต (cabinet dryer) หรือ เครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ (Dauthy, 1995) เครื่องอบแห้งแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพในการอบแห้งไม่เท่ากัน จึงทำให้อาหารแห้งที่ได้มีคุณภาพแตกต่างกัน

วอเตอร์แอคทิวิตี (water activity) หมายถึง น้ำที่จำเป็นต่อการดำเนินกิจกรรมของจุลินทรีย์ เอนไซม์ หรือปฏิกิริยาทางเคมี เป็นปัจจัยที่สำคัญมากต่อการควบคุมการเสื่อมเสียของอาหาร การศึกษาเรื่องน้ำในอาหารเพียงอย่างเดียว ไม่เพียงพอที่จะคาดคะเนอายุการเก็บของอาหารได้ แบคทีเรียหลายชนิดไม่สามารถเติบโตได้ที่ค่าวอเตอร์แอคทิวิตีต่ำกว่า 0.91 ในขณะที่ราส่วนมากหยุดการเจริญเมื่อค่าวอเตอร์แอคทิวิตีต่ำกว่า 0.80 การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลสามารถเกิดได้ดีเมื่อค่าวอเตอร์แอคทิวิตีระหว่าง 0.6 -0.8 (Fellows, 2000) ค่าวอเตอร์แอคทิวิตีมีความสำคัญต่อความคงตัวของอาหาร อาหารที่มีความชื้นต่ำแต่ยังเสื่อมเสียได้ เนื่องจากมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีสูง ขณะเดียวกันอาหารที่มีความชื้นสูงแต่ยังคงตัวได้ไม่เสื่อมเสียเนื่องจากมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีต่ำ นอกจากนี้ ค่าวอเตอร์แอคทิวิตียังมีความสำคัญต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัส เช่น สี กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสของอาหาร เอนไซม์และโปรตีนเกือบทุกชนิดต้องรักษาสภาพธรรมชาติไว้เพื่อให้สามารถทำหน้าที่ได้ตามปกติ การรักษาระดับของค่าวอเตอร์แอคทิวิตี เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงสภาพของสารเหล่านั้น จึงมีความสำคัญต่อการควบคุมคุณภาพของอาหารเป็นอย่างมาก ปฏิกิริยาจากเอนไซม์สามารถเกิดขึ้นได้แม้อาหารจะมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีในระดับต่ำมาก ๆ ทำให้มีผลกระทบต่อกรยอมรับของผู้บริโภคได้ กระบวนการลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตีของอาหารสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ การทำแห้ง (dehydration) การระเหยน้ำ (evaporation) การทำแห้งแบบเยือกแข็ง (freezing drying) การทำให้เข้มข้นโดยแช่เยือกแข็ง (freezing concentration) รวมทั้งการเติมน้ำไว้แต่เพิ่มความเข้มข้นของสารละลายในอาหาร เช่น การใช้สารคงความชื้น ได้แก่ กลีเซอรอล น้ำตาล น้ำผึ้ง หรือมอลโตเด็คซทริน

4.3 การเสื่อมเสียของอาหารแห้ง

อาหารกึ่งแห้งและอาหารแห้งมักเสื่อมเสียได้ง่ายเนื่องจากปฏิกิริยาสีน้ำตาล ปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เกิดในอาหารมาจากหลายสาเหตุ คือ ปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (enzymatic oxidation browning หรือ phenolase browning) ปฏิกิริยาที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (non-

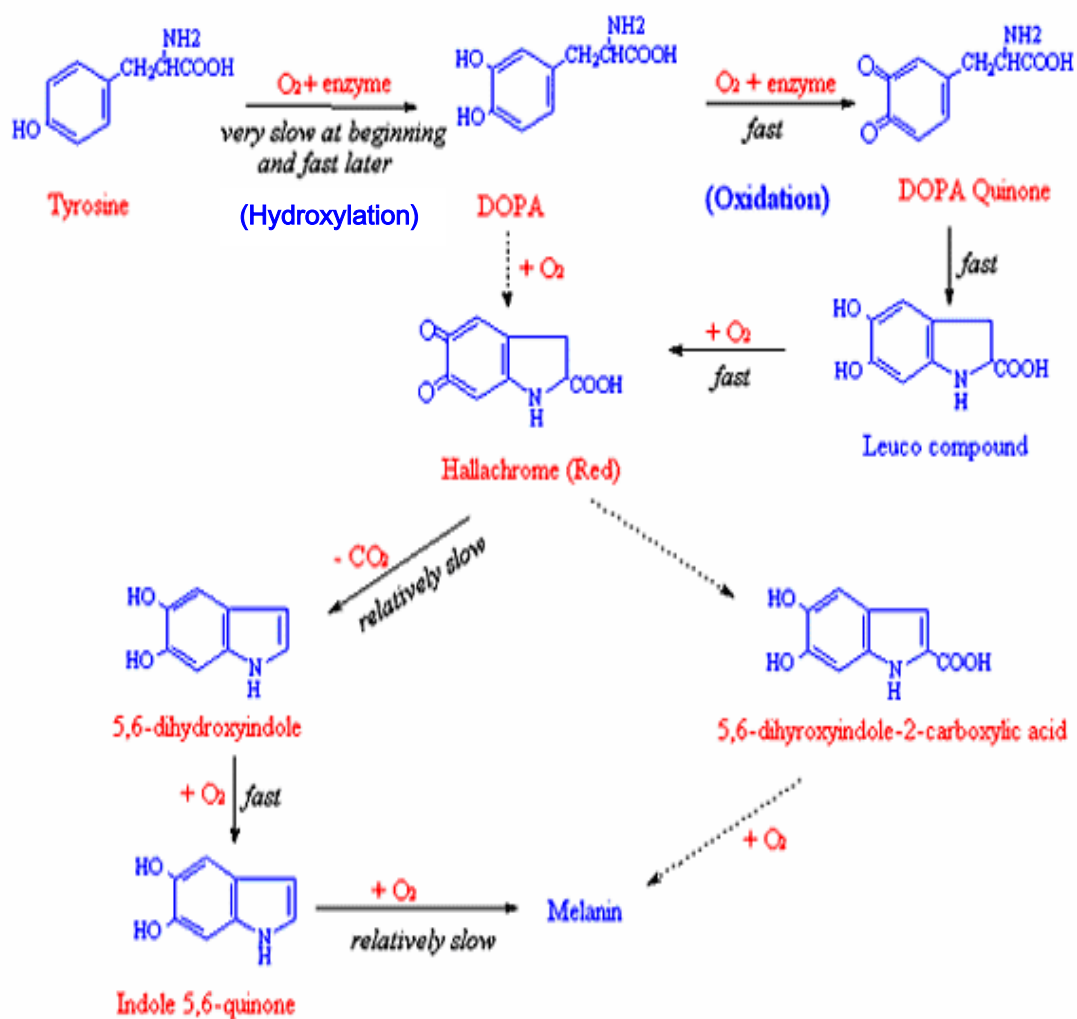
enzymatic oxidation browning) ซึ่งได้แก่ ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid oxidation) และปฏิกิริยาการ caramelization ของน้ำตาล (caramelization) (Zamora and Hidalgo, 2005 และ Francis, 2000d)

ปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิก โดยมีเอนไซม์ฟีนอลออกซิเดสเป็นคะตะลิสต์ ได้เป็นสารอโท-ควิโนน ซึ่งไม่เสถียรสามารถทำปฏิกิริยาได้ง่าย เช่น ทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรซ์กับสารไฮดรอกซีควิโนน (hydroxyl-quinone) หรือกับโปรตีนเช่น ไทโรซีน (tyrosine) และซิสเทอีน (cysteine) เกิดเป็นสารเมลานิน (melanins) ซึ่งมีสีน้ำตาลดำ และไม่ละลายน้ำ กลไกการเกิดปฏิกิริยาเริ่มจากฟีนอลทำปฏิกิริยากับไทโรซีนได้เป็นสารไดไฮดรอกซีฟีนิลอลานีน (dihydroxyphenylalanine; DOPA) ในสถานะที่มีออกซิเจนและเอนไซม์ จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นสารโดปาควิโนน (DOPA quinone) และถูกออกซิไดซ์เป็นสารประกอบลิวโค (leuco compounds) เกิดเป็นสารฮัลลาโครม (hallachrome) ซึ่งมีสีแดง แต่ถ้าไม่มีเอนไซม์ สารโดปาจะจับกับออกซิเจนโดยตรงได้เป็นสารฮัลลาโครมเช่นกัน จากนั้นสารฮัลลาโครมจะเกิดปฏิกิริยาจนได้สารเมลานิน 2 ลักษณะคือ ถูกออกซิไดซ์เป็นกรดไดไฮดรอกซีอินโดล คาร์บอกซิลิก (dihydroxyindole carboxylic acid) ก่อนที่จะจับกับออกซิเจนเป็นสารเมลานิน หรือเกิดปฏิกิริยาดีคาร์บอกซิเลชัน (decarboxylation) เป็นสารไดไฮดรอกซีอินโดล (dihydroxyindole) แล้วจับกับออกซิเจนอย่างรวดเร็วเป็นสารอินโดล-ควิโนน (indole-quinone) จากนั้นจะทำปฏิกิริยาอย่างช้า ๆ กับออกซิเจนเป็นสารเมลานิน ดังภาพที่ 10 (Francis, 2000d)

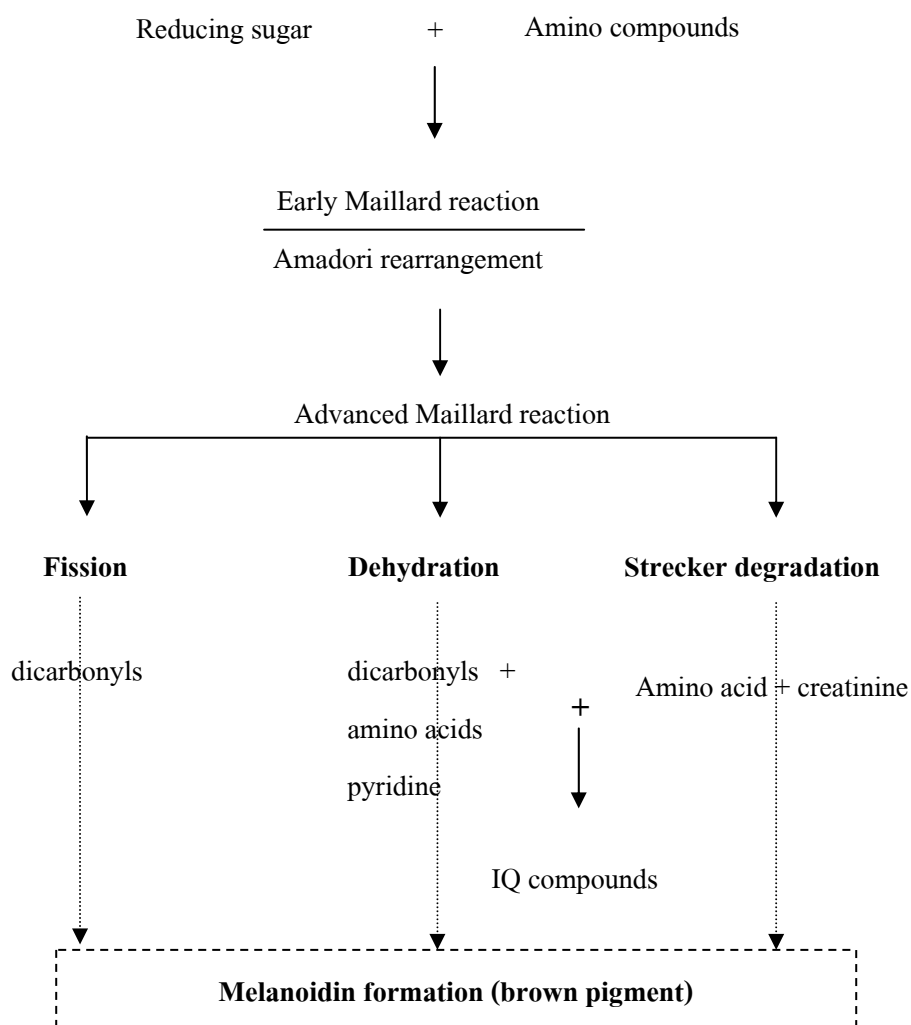
นอกจากนี้ สารอโท-ควิโนน ยังสามารถทำปฏิกิริยากับแอนโทไซยานิน ได้เป็นแอนโทไซยานินที่มีโครงสร้างเปลี่ยนไปจากเดิม (transformed anthocyanins) ซึ่งเป็นสารไม่มีสี (Alzamora *et.al.*, 2000) อาหารที่จะนำไปอบแห้งจึงนิยมลวกก่อน เพราะนอกจากจะทำลายเอนไซม์ที่ทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพแล้ว ยังช่วยรักษาสีโดยเฉพาะสีจากแคโรทีน ทำลายจุลินทรีย์บางส่วน และทำให้เวลาในการคั่วตัวของอาหารแห้งสั้นลง นอกจากนี้การเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน สามารถใช้กรดแอสคอร์บิก ซึ่งมีคุณสมบัติต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ โดยจับกับแทนนินเป็นสารประกอบคาเทโchol-แทนนิน (catechol-tannin) ทำให้ไม่เกิดเป็นสารสีน้ำตาล หรือทำปฏิกิริยากับสารอโท-ควิโนนแล้วได้เป็นสารฟีนอล และกรดแอสคอร์บิกที่อยู่ในรูปดีไฮโดรแอสคอร์บิก (dehydroascorbic acid) ซึ่งช่วยรักษาสีเดิมของอาหารไว้ได้ การใช้กรดแอสคอร์บิกเพื่อป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันมักใช้ร่วมกับกรดซิตริก ซึ่งจะทำหน้าที่จับกับอนุมูลโลหะ (chelating agents) เพิ่มประสิทธิภาพของกรดแอสคอร์บิกในการต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ปฏิกิริยาเมลลาร์ด เป็นปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ที่มีความสำคัญในวงการวิทยาศาสตร์อาหาร เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เช่น กลูโคส และ ฟรุกโตส น้ำตาลโมเลกุลคู่ เช่น มอลโตส และแลคโตส หรือน้ำตาลเพนโตส (reducing pentose) ทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนเช่น ฮิสทีดีน และไทโรซีน ได้เป็นโมโนเมอร์ แล้วเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรซ์ของสารโมโนเมอร์นั้น ได้เป็นสารเมลานอยดิน (melanoidins) ซึ่งมีสีน้ำตาลดำ และไม่ละลายน้ำ (Zamora and Hidalgo, 2005) กลไกของปฏิกิริยาก่อนข้างซับซ้อน แต่สามารถอธิบายได้ 3 ลักษณะ คือ เมื่อกรดอะมิโนทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซ์ จะได้สารอะมิโนออกซิซูการ์ (aminodeoxysugar) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารรีดิวซ์ที่มีประสิทธิภาพสูงและไวต่อปฏิกิริยามาก มีการจัดเรียงโมเลกุลได้หลายรูปแบบ เช่น จาก ดี-ฟอร์ม (D-form) เป็นแคตไอออนิก (cation of Schiff base) อีโนล (enol form) ออกโซ (oxo form) และไซคลิก (cyclic form) การจัดเรียงตัวดังกล่าวสามารถเปลี่ยนกลับไปมาได้และมีชื่อเรียกลักษณะการจัดเรียงโมเลกุลว่า อะมาโดรี (amadori rearrangement) (Davidek *et al.*, 1990) สารอะมิโนออกซิซูการ์ดังกล่าวจะเกิดปฏิกิริยาได้เป็นสารเมลานอยดิน โดยมีกลไก 3 แบบ คือ แบบแรกเกิดการแตกตัวเกิดเป็นสารไดคาร์บอนิล (dicarbonyls) แล้วทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรซ์เป็นสารเมลานอยดิน แบบที่สองเกิดปฏิกิริยาดีไฮเดรชัน (dehydration) ระหว่างไดคาร์บอนิล กับกรดอะมิโนไพริดีน (pyridine) ได้เป็นสารเมลานอยดิน และแบบที่สามเกิดการแตกตัวเนื่องจากสารออกซิไดซ์ (Strecker degradation) แล้วจับกับโปรตีน ครีเอตินีน (creatinine) ได้เป็นสารเมลานอยดิน ดังภาพที่ 11

ส่วนปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดแอสคอบิก ทำให้ได้สารดีไฮโดรแอสคอบิก ซึ่งสามารถออกซิไดซ์องค์ประกอบต่าง ๆ แล้วทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนเกิดเป็นสารสีน้ำตาล นอกจากนี้ การที่น้ำตาลได้รับความร้อนสูงจะทำให้สูญเสียน้ำออกจากโมเลกุล จนทำให้เกิดเป็นสีน้ำตาลเข้มที่เรียกว่า คาราเมล ก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อาหารมีสีน้ำตาลเช่นกัน การใช้สารประกอบซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จะช่วยลดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ได้ และจากคุณสมบัติการเป็นวัตถุกันหืนของซัลเฟอร์ไดออกไซด์นั้น จะช่วยลดการสูญเสียของกรดแอสคอบิก แคโรทีน และสารชีวภาพที่ออกซิไดซ์ได้ง่าย (ไพบูลย์, 2532)



ภาพที่ 10 กลไกการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์
ที่มา: Agricultural Science (n.d)



ภาพที่ 11 กลไกการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์
ที่มา: Agricultural Science (n.d)

4.4 บรรจุภัณฑ์สำหรับอาหารแห้ง

Dauthy (1995) รายงานว่าบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับอาหารแห้ง ได้แก่ เซลโลเฟน ฟิล์มพอลิเอทิลีนและฟิล์มลามิเนต เซลโลเฟนหรือกระดาษแก้ว เป็นบรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุอาหารอบแห้งโดยเฉพาะผลไม้แผ่น ฟิล์มพอลิเอทิลีนหรือฟิอี ซึ่งมีลักษณะอ่อนตัว ใส ทนอุณหภูมิต่ำได้ดี กันไอน้ำได้ดี ปิดผนึกด้วยความร้อนได้ เป็นบรรจุภัณฑ์ปฐมภูมิที่เหมาะสมกับอาหารแห้ง หากต้องการให้สามารถเก็บกลิ่นได้ดี ต้องประกบหรือเคลือบกับวัสดุอื่น ส่วนฟิล์มลามิเนต เป็นบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว ประกอบด้วยวัสดุหลายชั้น ได้แก่ กระดาษ ฟิล์มพลาสติกชนิด

ต่าง ๆ และชั้นบาง ๆ ของอูมิเนียม ประกอบกันด้วยกรรมวิธีเอ็กซทรูชัน (extrusion technique) โดยใช้กาวเชื่อมชนิดต่าง ๆ เป็นตัวเชื่อมประสาน เช่น กาวเหลว (wet adhesives) กาวเทอร์โมพลาสติก (thermoplastic adhesives) และ กาวหลอม (hot-melt lamination) ซึ่งฟิล์มลามิเนตที่ได้ มีคุณสมบัติแตกต่างกันตามความสามารถในการส่งผ่านไอน้ำ ออกซิเจน แสง และแรงเจาะทะลุ

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพิวเร่

Chen *et. al.* (1996) ศึกษาความคงตัวของแคโรทีนอยด์และวิตามิน เอ ของน้ำแครอทขณะเก็บ โดยนำแครอทล้าง หั่น และคั้นเอาเฉพาะน้ำ ปรับพีเอชเป็น 4.0 ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส 30 วินาที ด้วยเครื่องพาสเจอร์ไรส์ บรรจุขวดแก้ว เก็บในที่ที่มีความเข้มของแสง 1500 ลักซ์ และบรรจุถุงอูมิเนียมฟอยด์ เก็บในที่มืดที่อุณหภูมิ 4, 25, และ 35 องศาเซลเซียส นาน 12 สัปดาห์ พบว่า น้ำแครอทที่เก็บในที่สว่างพบแคโรทีนอยด์ในรูป 13-*cis*- ส่วนในที่มืดพบในรูป 9-*cis*- ซึ่งการเกิดปฏิกิริยาไอโซเมอไรส์ของแคโรทีนอยด์ดังกล่าว มีแสงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้สูญเสียวิตามินเอ

Knochel *et. al.* (1997) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของพิวเร่ที่เตรียมจากถั่ว (green bean) ที่ใช้กระบวนการถนอมแบบ sous vide โดยนำถั่วที่ผ่านการลวกและแช่แข็งแล้ว มาละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 22 ชั่วโมง เดิมเกลือ 7.5 กรัม / กิโลกรัม บรรจุถุงละ 2.5 กิโลกรัม ในถุงสุญญากาศ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 15-35 นาที และอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 15-30 นาที ทำให้เย็นทันทีถึงอุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส และเก็บที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส นาน 25 วัน พบว่า การใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส 25 นาที สามารถเก็บพิวเร่ถั่วที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส ได้ 25 วัน โดยที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส ค่าพีเอช จำนวนเชื้อ *Bacillus cereus* และการแยกชั้น (drip loss) อย่างชัดเจน แต่ทำให้สีเขียวของพิวเร่ซีดลงตั้งแต่สัปดาห์แรกที่เก็บ จึงถือว่าคุณภาพด้านสีเป็นปัจจัยที่กำหนดอายุการเก็บของพิวเร่ถั่ว ดังนั้น พิวเร่ถั่วจึงมีอายุการเก็บ 8 วัน ที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส

Ibarz *et. al.* (1999) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีของพิวเร่จากลูกแพร์ที่มีของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 11 องศาบริกซ์ โดยใช้ความร้อนแตกต่างกัน (80-98 องศาเซลเซียส) พบว่า เมื่อใช้

อุณหภูมิสูงขึ้น เวลามากขึ้น ค่า L^* ลดลง ค่า a^* เพิ่มขึ้น ค่า b^* ลดลงเล็กน้อย ทำให้ความเข้มของสีเหลืองของพืชร่วงลดลงเล็กน้อย มีสีแดงคล้ำมากขึ้น ซูโครสถูกไฮโดรไลซ์มากขึ้นเป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (first order reaction) ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ 420 นาโนเมตร ลดลงเป็นปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (zero order reaction)

Avila and Silva (1999) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีของพืชร่วงจากลูกพีช เนื่องจากความร้อนสูง โดยนำพืชร่วงที่ผ่านการปอกเปลือก แคะเมล็ด ตีปั่นให้เป็นพืชร่วง บรรจุถุงพลาสติกสีดำ แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส มาทำการละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิห้อง แล้วให้ความร้อน (110-135 องศาเซลเซียส) ทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วด้วยน้ำแข็งผสมน้ำ พบว่า ค่า L^* และ b^* ลดลง เนื่องจากเกิดการสลายตัวของแคโรทีนอยด์ ค่า a^* และ ΔE เพิ่มขึ้น ทำให้พืชร่วงมีสีแดงคล้ำมากขึ้น

Umme *et. al.* (2001) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีเนื่องจากการพาสเจอร์ไรซ์ของพืชร่วงจากผลไม้ตระกูลเดียวกันกับน้อยโหน่ง (soursop) ในระหว่างการเก็บที่สภาวะต่าง ๆ โดยนำผลสุกล้างปอกเปลือก แคะเมล็ด ตีปั่นให้ละเอียด เติมน้ำในอัตราส่วนน้ำต่อเนื้อ 2 ต่อ 1 ทำให้มีค่าพีเอช 3.7 ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 6.0 องศาบริกซ์ จากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 79 องศาเซลเซียส 69 วินาที ด้วยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (tubular heat exchanger) ทำให้เย็นทันทีที่อุณหภูมิ 9 องศาเซลเซียส บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ กระป๋อง และขวดพลาสติก เก็บที่อุณหภูมิ 15, 4, -20 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง นาน 12 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับพืชร่วงที่ไม่ได้ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ พบว่า ค่า b ลดลงเมื่อผ่านการให้ความร้อน ทำให้สีชาวครีมของพืชร่วงมีสีคล้ำมากขึ้น และผู้บริโภคให้คะแนนความชอบสูงสุด เมื่อเก็บพืชร่วงที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในถุงอลูมิเนียมฟอยด์

Soliva *et. al.* (2001) ศึกษาการเกิดสีน้ำตาลของพืชร่วงจากอโวคาโดที่ใช้กรรมวิธีการถนอมแบบผสมผสาน (Combination methods) โดยการปรับพีเอชของพืชร่วงเป็น 4.0 เติมกรดแอสคอบิก 200 พีพีเอ็ม กรดซอร์บิก 300 พีพีเอ็ม บรรจุถุงพลาสติกชนิดต่าง ๆ เช่น ภาชนะใสสภาวะก๊าซไนโตรเจน สูญญากาศ และบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 4 เดือน ในที่มีดพบว่า ค่า L^* (lightness) ลดลงตลอดการเก็บ ค่า ΔE เพิ่มขึ้น ค่า b^* มีแนวโน้มลดลง โดยเฉพาะการบรรจุในบรรยากาศปกติ ส่วนการบรรจุภายใต้สภาวะก๊าซไนโตรเจน ค่า L^* ลดลงน้อยที่สุด และคงสีเขียวของพืชร่วงไว้ได้มากที่สุด

Parpinello *et. al.* (2002) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีของพืชร่วงจากลูกแพร์และแอปเปิ้ล เนื่องจากการใช้เอนไซม์กลูโคสออกซิเดส โดยนำพืชร่วงให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที แล้วทำให้เย็นลงถึงอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เติมเอนไซม์กลูโคสออกซิเดส ไฮโมจิ ไนซ์ แล้วเก็บที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พบว่า การใช้เอนไซม์กลูโคสออกซิเดสร่วมกับกรด แอสคอร์บิก สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลได้ดี ในขณะที่พืชร่วงที่ไม่เติมเอนไซม์ มีค่า L^* ลดลง ค่า a^* เพิ่มขึ้นในระหว่างเก็บ ทำให้พืชร่วงมีสีแดงคล้ำมากขึ้น

Choi *et. al.* (2002) ศึกษาความคงตัวของเม็ดสีในน้ำส้มสีทับทิม (blood orange) โดยนำ น้ำส้มซึ่งมีค่าพีเอช 3.88 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 8.3 องศาบริกซ์ ปรับให้มีค่าพีเอช 3.37 บรรจุ ขวดพีอี ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส 90 วินาที ทำให้เย็นจัด แล้วเก็บที่อุณหภูมิ 4.5 องศาเซลเซียส นาน 7 สัปดาห์ พบว่า ค่า h , L^* , b^* และ ΔE เพิ่มขึ้น แต่ค่า C^* และ a^* ลดลง ทำให้สีแดงของน้ำส้มซีดจางหายไป เนื่องจากการสลายตัวของแอนโทไซยานิน และกรดแอสคอร์บิก ส่วนน้ำส้มที่ไม่ได้ปรับค่าพีเอชจะมีสีแดงเข้มและมีคัลล่า

Marx *et. al.* (2003) ศึกษาผลของความร้อนต่อความคงตัวของแคโรทีนในน้ำแครอท โดย นำแครอท ล้าง ลวกที่อุณหภูมิต่าง ๆ ตั้งแต่ 80 - 100 องศาเซลเซียส นาน 10 - 60 นาที บดและคั้น แยกเอาเฉพาะน้ำ บรรจุขวดแล้วให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ (121 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที) ในหม้อรีทอร์ต และอีกส่วนหนึ่งปรับพีเอชเป็น 4.4 แล้วให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ (95 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที) ด้วยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (plate heat exchanger) บรรจุแบบ ปิดดื้อในขวดแก้ว น้ำแครอททั้งหมดจะถูกเก็บไว้ที่ อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการ วิเคราะห์ ซึ่งพบว่า การให้ความร้อนในการลวกและพาสเจอร์ไรซ์ ทำให้แคโรทีนเปลี่ยนโครงสร้างจาก *tran-* เป็น 13 - *cis-* ในขณะที่ การสเตอริไลซ์จะพบแคโรทีนในรูปของ 9 - *cis-* แสดงให้เห็นว่าความร้อนทำให้แคโรทีนเกิดปฏิกิริยาไอโซเมอไรซ์

Liu *et. al.* (2003) ศึกษากลไกการเกิดสีน้ำตาลในแบบจำลองของพืชร่วงพลัม โดยลวกผล พลัม ในน้ำเดือด 2 นาที แยกเอาเฉพาะน้ำด้วยเครื่องตีปั่นและแยกกาก นำพืชร่วงที่ได้ผสมกับแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 40 ในอัตราส่วน 1 ต่อ 2 แช่ทิ้งไว้ค้างคืน แยกเอาเฉพาะของเหลวไปทำการทดลอง เช่น เติมกรดแอสคอร์บิก ฟรุคโตส กรดอะมิโนแอสปาราจีน (asparagine) และคาเทชิน ซึ่งพบว่า ปฏิกิริยาสีน้ำตาลส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นในแบบจำลองของพืชร่วงพลัม เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างแทนนินกับสารไฮดรอกซีเมทิลฟอฟูรัล (hydroxymethylfurfural) ที่ได้จากการแตกตัว

ของฟรุกโตสมากกว่าปฏิกิริยาเมลลาร์ด ปฏิกิริยาการแตกตัวของกรดแอสคอร์บิก หรือปฏิกิริยาการเมลไลเซชัน

Lin and Chen (2005) ศึกษาความคงตัวของแคโรทีนอยด์ของน้ำมะเขือเทศขณะเก็บที่สภาวะต่าง ๆ โดย บั่นมะเขือเทศให้เป็นเนื้อเดียวกัน ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ด้วยไอน้ำ กรองเอาเฉพาะน้ำ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 40 วินาที ด้วยเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน บรรจุในกระป๋องโลหะ ขวดแก้วใส และถุงอลูมิเนียมฟอยด์ เก็บที่อุณหภูมิ 4, 25, และ 35 องศาเซลเซียส นาน 12 สัปดาห์ ในที่มีแสงฟลูออเรสเซนซ์ 60 วัตต์ 6 หลอด และในที่มืด พบว่า น้ำมะเขือเทศเก็บในที่มืด อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบแคโรทีนในรูป 15-*cis*- ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบแคโรทีนในรูป 9-*cis*- และ 13-*cis*- ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส พบแคโรทีนในรูป 5-*cis*- และ 13-*cis*- ส่วนในที่ที่มีแสงสว่าง อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบแคโรทีนในรูป 13-*cis*- ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบแคโรทีนในรูป 15-*cis*- ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส พบแคโรทีนในรูป 9-*cis*- แสดงให้เห็นว่าความร้อน ทำให้แคโรทีนเกิดปฏิกิริยาไอโซเมอไรซ์ ไม่ว่าจะเก็บในที่มืดหรือสว่าง

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปลั๊บน้ํา

Nanjundaswamy *et. al.* (1976) ศึกษาอายุการเก็บ และปรับปรุงคุณภาพของผลไม้แผ่นจากมะม่วง พบว่าการเติมแป้งคัสแตร เพคติน เซลลูโลสออกซิเตด คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส (CMC) และโรยน้ำตาลไอซิ่ง ช่วยลดปัญหาความเหนียวเหนอะ (stickiness) ของผลไม้แผ่นจากมะม่วงได้ไม่มาก แต่การอบผลไม้แผ่นที่ตัดให้มีขนาดเล็กลงต่ออีก 2-3 ชั่วโมง จะช่วยให้ความเหนียวเหนอะลดลง และพบว่าการห่อด้วยกระดาษเซลโลเฟนและบรรจุในภาชนะปิดสนิทอีกชั้นหนึ่ง เช่นกระป๋องดีบุก จะเก็บได้ 6 เดือนที่อุณหภูมิห้อง โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงด้านสี กลิ่น รส และเนื้อสัมผัส ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายร้อยละ 16-32 น้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 60-70 และความชื้นร้อยละ 15-16

Che Man and Taufik (1995) ศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนุนแผ่น โดยการลวกขยงขนุน 3 นาที ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เติมกรดซอร์บิก 200 พีพีเอ็ม และ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 500 พีพีเอ็ม กวนที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส 16 ชั่วโมง เทใส่ถาดให้มีความหนา 18 มิลลิเมตร และอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ต่ออีก 3 ชั่วโมง เก็บในถุงพอลิพรอปิลีนหรือถุงพีพี ที่อุณหภูมิ

ห้อง พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับตลอดระยะเวลาที่เก็บนาน 2 เดือน และจำนวนจุลินทรีย์ลดลงเล็กน้อยในขณะที่เก็บ ผลึกภัณฑ์สุดท้ายมีความชื้นร้อยละ 16.48 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี 0.73-0.75 พีเอช 5.3-5.4

Vijayanand *et. al.* (2000) ศึกษาการยอมรับและอายุการเก็บของผลไม้แผ่นจากมะม่วง โดยการปรับผิวให้ได้น้ำ 25 องศาเซลเซียส เดิมไปดัดเชื่อมเมตาโบไลต์ไฟต์ 1,000 พีพีเอ็ม ผสมให้เข้ากัน แล้วเทบนถาดสเตนเลสที่รองพื้นด้วยกลีเซอริน ให้ได้ความหนาของมะม่วงแผ่นเท่ากับ 13 มิลลิเมตร อบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นร้อยละ 14-15 บรรจุในถุงฟิโอบี เก็บที่สถานะต่าง ๆ เป็นเวลา 90 วัน เปรียบเทียบกับการเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า มะม่วงแผ่นเก็บที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 92 มีค่า hardness ลดลงอย่างเห็นได้ชัด และสีเปลี่ยนเป็นสีส้มอมน้ำตาลภายในเวลา 2 เดือน ส่วนที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดขึ้นในเดือนที่ 3 และพบว่าค่าวอเตอร์แอกติวิตี 0.45 เป็นที่ยอมรับมากที่สุด ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 63-70 เป็นสถานะที่เหมาะสมในการเก็บ ซึ่งเก็บได้นาน 3 เดือน โดยปลอดภัยจากเชื้อรา และเกิดปฏิกิริยาน้ำตาลน้อยมาก นอกจากนี้พบว่า ฝรั่งแผ่นให้ผลเช่นเดียวกัน แต่แตกต่างที่สถานะการเก็บคือ ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 52-64

Tang and Chen (2000) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเม็คดีโนในแคโรทีนอยด์ผงที่ผ่านการทำแห้งแบบเยือกแข็งในระหว่างเก็บ โดยสกัดแคโรทีนอยด์จากกากแครอท ทำให้เข้มข้น 10 ต่อ 1 ผ่านการทำแห้งแบบเยือกแข็ง ที่ความดันสูญญากาศ 0.4 มิลลิเมตรปรอท นาน 24 ชั่วโมง เก็บในที่มืดและสว่างที่อุณหภูมิ 4, 25 และ 45 องศาเซลเซียส นาน 12 สัปดาห์ พบว่า ความเข้มของสีเหลืองลดลง และคล้ำมากขึ้น ทั้งที่เก็บในที่มืดและที่สว่าง เพราะค่าสี (L และ b) ลดลง เนื่องจากการสลายตัวของแคโรทีนอยด์ แล้วถูกเปลี่ยนโครงสร้างเป็น *cis*-มากขึ้น โดยเฉพาะการเก็บที่อุณหภูมิสูง ในที่สว่าง มีปริมาณแคโรทีนอยด์ และค่า L และ a น้อยที่สุด และผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ในที่มืด พบแคโรทีนอยด์ในรูป 13-*cis*- ส่วนในที่สว่างจะพบในรูป 9-*cis*- และ ในที่สว่างและมีอุณหภูมิสูงจะพบในรูป 13, 15-*cis*- สรุปได้ว่าปฏิกิริยาไอโซเมอไรซ์ของแคโรทีนอยด์จาก *trans*- เป็น *cis*- ในขณะที่เก็บส่งผลให้ความเข้มของสีเหลืองลดลง และคล้ำมากขึ้น

Babalola *et. al.* (2002) ศึกษาการยอมรับและอายุการเก็บผลไม้แผ่นจากฝรั่ง โดยการเติมน้ำเชื่อมเข้มข้นร้อยละ 20 กรดซิตริกร้อยละ 0.2 โซเดียมเบนโซเอตร้อยละ 0.1 ต้มเดือด เทใส่ถาด

ที่ทากลิเซอรอลรองพื้นถาด อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 8 ชั่วโมง พบว่า ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ที่เหมาะสมต่อการยอมรับมีค่า 0.61-0.64 พีเอชมีค่า 5.27-5.43 และสามารถเก็บได้นานอย่างน้อย 2 เดือน ในถุงพลาสติกที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส โดยยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

Maskan *et. al.* (2002) ศึกษากระบวนการทำแห้งอุณหภูมิลดลงแบบใช้ลมร้อน และการตากแดด โดยการต้มน้ำอุณหภูมิลดลงให้เข้มข้นถึง 40 องศาบริกซ์ แล้วเติมแป้งสาลี ต้มจนแป้งละลาย เทใส่ถาดให้มีความหนาแตกต่างกัน แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิแตกต่างกัน พบว่า อัตราการทำแห้งขึ้นกับความหนา อุณหภูมิและเวลาในการทำแห้ง ความหนาไม่ผลต่อคุณภาพของผลไม้แผ่นมากกว่าอุณหภูมิ และที่ความชื้นของผลิตภัณฑ์ต่ำกว่าร้อยละ 15 จะปลอดภัยจากจุลินทรีย์และไม่พบการเสื่อมเสียต่าง ๆ เช่น การตกผลึกของน้ำตาล ปฏิกริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ การสูญเสียกลิ่นรส และปฏิกริยาออกซิเดชันของไขมัน

เพ็ชรดา (2547) ศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์กล้วยแผ่น พบว่าความหนาที่ผู้บริโภคต้องการคือ 2 มิลลิเมตร ด้วยการเกลี่ยกล้วยที่ผ่านการกวน 30 นาที ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จำนวน 450-500 กรัม บนถาดขนาด 25x34 เซนติเมตร ซึ่งหลังจากอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 15 ชั่วโมง จะได้ความหนา 2.0-2.5 มิลลิเมตร และบรรจุถุงลามิเนต เก็บที่อุณหภูมิห้องได้นาน 240 วัน ขณะที่บรรจุถุงโอพีพี (OPP) เก็บได้นาน 125 วัน และพบว่า เมื่อความหนาของกล้วยแผ่นเพิ่มขึ้น แรงดึงมีค่าลดลง แต่ L^* , a^* และ b^* มีค่าเพิ่มขึ้น

Gujral and Brar (2003) ศึกษาผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อค่าสีและเนื้อสัมผัสของมะม่วงแผ่น โดยนำเนื้อมะม่วงให้ความร้อนที่ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที เติมน้ำตาลร้อยละ 20 เติมหิโดรคอลลอยด์ร้อยละ 1, 2 และ 3 ซึ่งได้แก่ กวักัม (guar gum) โซเดียมอัลจีเนต (sodium alginate) คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (carboxymethyl cellulose) กัมอะคาเซีย (gum acacia) และ เพคติน อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นร้อยละ 15 เปรียบเทียบกับมะม่วงแผ่นที่ไม่เติมหิโดรคอลลอยด์ พบว่า การเพิ่มปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ทำให้ค่าสีแดง (redness) และค่าสีเหลือง (yellowness) ลดลง และเนื้อสัมผัสนุ่มมากขึ้น เนื่องจากค่าการยืดตัว (extensibility) และค่าโมดูลัส (modulus) เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการเติมกวักัม โซเดียมอัลจีเนต และ เพคติน

Agrahari *et. al.* (2004) ศึกษาอายุการเก็บผลไม้แผ่นจากแอปเปิ้ลที่เสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง (ร้อยละ 3) โดยนำเนื้อแอปเปิ้ลที่บดละเอียด เติมน้ำตาลให้ได้ 30 องศาบริกซ์ เติมกรด

ซัตรีกร้อยละ 0.6 กรดแอสคอบิกร้อยละ 0.2 ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 92-95 องศาเซลเซียส 2 นาที เทใส่ถาดให้มีความหนา 18-20 มิลลิเมตร อบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 17-18 ชั่วโมง จนมีความชื้นร้อยละ 17.5 ห่อด้วยฟิล์มลามิเนต เก็บที่สภาวะต่าง ๆ พบว่า การเก็บที่อุณหภูมิห้องจะเกิดปฏิกิริยาน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ มากกว่าการเก็บในตู้เย็น พบการเจริญของเชื้อราและยีสต์ หลังจากเก็บที่อุณหภูมิห้องนาน 60 และ 120 วัน ตามลำดับ แต่การเก็บในตู้เย็น พบการเจริญของเชื้อราและยีสต์ หลังจากเก็บได้นาน 180 วัน แต่จำนวนของเชื้อราและยีสต์ดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย และผู้บริโภคยังคงให้คะแนนการยอมรับ

Huang and Hsieh (2005) ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลไม้แผ่นจากลูกแพร์ โดยใช้วิธี Descriptive analysis และ วิธี Texture profile analysis พบว่าการเติมน้ำร้อยละ 4-6 ทำให้ค่า cohesiveness สูงขึ้น สีสว่างขึ้น เพราะค่าสี (L) สูงขึ้น ผิวหน้าไม่แห้งกระด้างและเรียบมากขึ้น การเติมกลูโคสไซรัป (ร้อยละ 0-8) ทำให้ลูกแพร์แผ่นมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มมากขึ้นเนื่องจากค่า springiness ลดลง การเติมเพคตินชนิดที่มีเมท็อกซิลสูง (DE 85) ร้อยละ 16-20 ในผลไม้แผ่น ทำให้ค่า hardness, cohesiveness, springiness และ chewiness ที่ได้จากการวัดค่าเนื้อสัมผัสด้วยวิธี Texture profile analysis มีค่ามากขึ้น เนื่องจากปริมาณที่ใช้ค่อนข้างสูงและเป็นชนิดเมท็อกซิลสูง ซึ่งจะเกิดเจลกับสารประกอบอื่น ๆ ด้วยพันธะข้าม (cross-link) ทำให้เพิ่มแรงต้านการกดของหัววัด และยังพบอีกว่า ความชอบด้านเนื้อสัมผัสของผู้บริโภคมีความสัมพันธ์มากกับค่า cohesiveness, hardness, chewiness , และ springiness ที่ได้จากการวัดค่าเนื้อสัมผัสด้วยวิธี Descriptive analysis ($R=-0.94, -0.95, -0.91$ และ 0.86 ที่ $p \leq 0.01$ ตามลำดับ)

Andress (2005) ศึกษาคุณภาพและอายุการเก็บของผลไม้แผ่นที่เตรียมจากพืชมะม่วง โดยนำเนื้อมะม่วงบดละเอียด เติมน้ำมะนาว 2 ช้อนชา กรดแอสคอบิก 1/8 ช้อนชา (375 มิลลิกรัม) ต่อพืerve 2 ถ้วย เพื่อลดการเกิดสีน้ำตาล ป้องกันการตกผลึกของน้ำตาลโดยใช้ น้ำเชื่อมข้าวโพด (corn syrup) หรือน้ำผึ้ง 0.75-1.5 กรัมต่อพืerve 2 ถ้วย จากนั้นกวนเพื่อระเหยน้ำออกบางส่วนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เกลี่ยบนถาดให้หนา 5-6 มิลลิเมตร อบแห้งที่อุณหภูมิ 47-50 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นร้อยละ 15-17 ตัดขนาด 1-2 นิ้ว ม้วนบรรจุห่อพลาสติก ปิดขอบพลาสติกทั้ง 2 ด้านให้แน่น เก็บในถุงซิปล็อค ในที่แห้ง มีด และเย็น ได้นาน 1 ปี มีค่าคุณภาพทางเคมีดังนี้ ปริมาณกรดร้อยละ 1.37-3.0 ของแข็งที่ละลายได้ร้อยละ 80-82 และค่าออกเตอร์แอกติวิตี 0.50-0.64