บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ละมุด

ละมุดมีชื่อสามัญว่า "ซาโปดิลล่า" (Sapodilla) ชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Achras sapota* Linn. อยู่ในตระกูลซาโปตาซิอี้ (*Sapotaceae*) เป็นผลไม้ในตระกูลเดียวกับละมุดสีดา ละมุดสวรรค์ โตมร สตราร์-แอปเปิ้ล ละมุดเป็นไม้ผลเมืองร้อนมีถิ่นกำเนิดในแถบอเมริกากลาง เม็กซิโกและเวสต์อินดิส เป็นสินค้าทางการเกษตรหรือผลิตผลทางการเกษตรอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญ มีลักษณะทรงพุ่ม หรือทรงต้นขนาดปานกลางสูงประมาณ 5-20 เมตร เป็นไม้ไม่ผลัดใบ มีสีเขียวชะอุ่มตลอดปี เจริญเติบโตรวดเร็วให้ผลผลิตตลอดปี เริ่มออกดอกติดผลหลังจากปลูกประมาณ 3-4 ปี ระยะเวลาตั้งแต่ออกดอกถึงเก็บเกี่ยวผลได้ใช้เวลาประมาณ 7 เดือน (สมศักดิ์ วรรณศิริ, 2534) ละมุดจะสุกภายใน 5 วันที่อุณหภูมิห้องหลังจากเก็บเกี่ยว เนื่องจากเป็นผลไม้ประเภท climacteric (Bautista-Banos, Diaz & Barrera, 1997) ละมุดเป็นไม้ผลที่มีการปลูกทั่วไปในประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

จากรายงานการเพาะปลูก ในปี พ.ศ. 2530 ฟิลิปปินส์มีเนื้อที่ปลูก 29,875 ไร่ ผลผลิต 11,900 ตัน และแหลมมลายูมีเนื้อที่ปลูก 6,250 ไร่ ผลผลิต 15,000 ตัน ผลผลิตละมุดในอินโดนีเซีย ในปี พ.ศ. 2529 มีประมาณ 54,800 ตัน สำหรับประเทศไทยมีเนื้อที่ปลูก 118,438 ไร่ ผลผลิต 53,650 ตัน (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2001) ซึ่งประเทศไทยมีดินฟ้าอากาศเหมาะสมที่จะส่งเสริมให้มีการเพาะปลูกเพื่อการบริโภคทั้งภายในประเทศและส่งเป็นสินค้าส่งออกไปยังต่างประเทศ จากข้อมูลการปลูกไม้ผลยืนต้นในปี พ.ศ. 2546 - 2547 พบว่า ละมุดให้ผลผลิตมากในเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนพฤษภาคม ปลูกมากที่จังหวัดสุโขทัย ลพบุรี ราชบุรี นครสวรรค์ นครศรีธรรมราช นครปฐม ได้มีการสำรวจในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2547 พบว่าจังหวัดสุโขทัยนั้นมีพื้นที่ในการเพาะปลูกละมุดทั้งสิ้น 7,510 ไร่ (สำนักงานเกษตรอำเภอสวรรคโลก, 2548. เว็บไซต์) พันธุ์ที่นิยมปลูกกันได้แก่พันธุ์มะกอก ผลเมื่อแก่มีรูปร่างคล้ายมะกอก ผลเล็กกว่าพันธุ์ไข่ห่าน เวลาสุกเนื้อในสีน้ำตาลแดง เนื้อละเอียดค่อนข้างกรอบ รสหวานหอม มีรสชาติหวาน หอม กรอบ ซึ่งให้ผลดกและมีผลตลอดทั้งปี (นพรัตน์ บำรุงรักษ์, 2537) และเมื่อไม่นานมานี้สำนักควบคุมคุณภาพและการตรวจสอบกักกันโรคแห่งสาธารณรัฐประชาชนจีน (Administration of Quality Supervision and Inspection and Quarantine : AQSIQ) ได้เพิ่มชื่อ

ผลไม้ไทยในบัญชีรายชื่อผลไม้จากประเทศไทยที่สามารถส่งออกไปจีนอีก 10 ชนิด รวมผลไม้ไทยที่จีนอนุญาตให้นำเข้าทั้งสิ้น 23 ชนิด ดังนี้ ทุเรียน ลำไย มังคุด กล้วย ลิ้นจี่ มะพร้าว มะละกอ มะเฟือง มะม่วง ฝรั่ง ชมพู่ เงาะ สับปะรด เสาวรส น้อยหน่า มะขาม ขนุน สละ ลองกอง ส้ม ส้มเขียวหวาน ส้มโอ และละมุด (กรมการค้าต่างประเทศ, 2548. เว็บไซต์)

ละมุดมีส่วนที่รับประทานได้ของผลมีอยู่ประมาณร้อยละ 84 องค์ประกอบใน 100 กรัม ของเนื้อผลประกอบด้วยน้ำ 74 กรัม, โปรตีน 0.5 กรัม, ไขมัน 0.9 กรัม, คาร์โบไฮเดรต 24 กรัม, เส้นใย 3.0 กรัม, เถ้า 0.4 กรัม, ฟอสฟอรัส 32 กรัม, แคลเซียม 9 มิลลิกรัม, เหล็ก 1 มิลลิกรัม, โซเดียม 5 มิลลิกรัม, โปตัสเซียม 198 มิลลิกรัม, วิตามินเอ 85 IU, ไทอะมีนและไรโบฟลาวิน 0.01 มิลลิกรัม, ไนอะซิน 0.3 มิลลิกรัม และวิตามินซี 26 มิลลิกรัม ค่าพลังงาน 400 KJ /100 กรัม เป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง (นพรัตน์ บำรุงรัตน์, 2537) นอกจากนี้ละมุดยังมีรสหวานหอม เนื้อแข็งกรอบอร่อยละมุดเป็นผลไม้ที่ผู้บริโภคนิยมรับประทานโดยผ่านกระบวนการแปรรูปขั้นต่ำ เช่น การล้าง การปอกเปลือก การตัดแต่งแล้วรับประทานได้ทันที หรือนำไปบรรจุในภาชนะปิดสนิทและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว

ผักและผลไม้เมื่อถูกเก็บเกี่ยวมาใหม่ ๆ โดยมากจะมีรสชาติดี หวานและกรอบ มีคุณค่าทางโภชนาการสูง แต่เมื่อถูกเก็บมาทิ้งไว้ระยะหนึ่ง จะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นหลายประการมีผลทำให้คุณภาพของผักและผลไม้เปลี่ยนแปลงได้ เช่น รูปร่าง เนื้อสัมผัส น้ำหนัก สี คุณค่าทางโภชนาการ เป็นต้น ทั้งนี้เพราะก่อนการเก็บเกี่ยวนั้น ผักและผลไม้ได้รับแร่ธาตุและสารอาหารต่าง ๆ ที่ส่งมาจากราก หรือจากขบวนการสังเคราะห์แสงที่ใบ หลังการเก็บเกี่ยวการส่งผ่านต่าง ๆ เหล่านี้ถูกตัดขาดจากลำต้นไม่ได้รับสารอาหารและน้ำอีกต่อไป แต่ทว่าการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีผักและผลไม้ยังคงดำรงความมีชีวิตอยู่ต่างจากสัตว์ซึ่งตายหลังการฆ่า ผักและผลไม้จึงมีการหายใจ คายน้ำ และดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ต่อไป โดยใช้อาหารที่ได้สะสมไว้ จึงทำให้มีการสูญเสียสารอาหารและน้ำไปเรื่อย ๆ มีผลทำให้คุณภาพลดลงอย่างช้า ๆ จนในที่สุดก็เสื่อมสลายไปโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์และเอนไซม์ที่ไม่พึงประสงค์ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2542)

ปัจจัยภายในที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผักและผลไม้

1.การคายน้ำ พืชและผลิตผลสดต่าง ๆ ต้องคายน้ำอยู่ตลอดเวลาเพื่อระบายความร้อนที่เกิดจากการหายใจในขณะเดียวกันปริมาณความชื้นภายในผลิตผลมักมีอยู่สูงกว่าความชื้นของ อากาศภายนอก น้ำภายในผลิตผลจึงมีศักยภาพที่จะสูญเสียออกจากผลิตผลอยู่ตลอดเวลาเพื่อถ่ายเทอากาศนำเอาออกซิเจนเข้าไปสำหรับการหายใจและระบายคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา การสูญเสียน้ำออกจากผลิตผลจึงเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ การสูญเสียน้ำออกจากผลิตผลนอกจากจะทำให้น้ำหนักที่ขายได้ลดลงแล้ว ยังทำให้รสชาติของผลิตผลลดลงด้วยโดยเฉพาะในแง่ของเนื้อสัมผัส (texture) และยังทำให้ผิวเหี่ยวย่นไม่ดึงดูดใจต่อผู้บริโภค

2.การหายใจ การหายใจเป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งในการดำรงอยู่ของสิ่งชีวิต เป็นกระบวนการที่พืชใช้พลังงานที่สะสมไว้ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ เช่น คาร์โบไฮเดรต ไปใช้ในการเจริญเติบโตหรือดำรงชีวิตเอาไว้และปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำออกมา ดังนั้นการหายใจจึงเป็นการดึงเอาอาหารสะสมออกไปจากผลิตผลตลอดเวลาคุณค่าทางอาหารของผลิตผลต่อผู้บริโภคจึงลดลงเรื่อย ๆ รสชาติก็อาจลดลงด้วย นอกจากนั้นแล้วการหายใจยังให้ความร้อนออกมา ซึ่งความร้อนนี้จะช่วยกระตุ้นให้อัตราการเปลี่ยนแปลงอื่น ๆ เกิดได้เร็วขึ้นทำให้ผลิตผลเสื่อมคุณภาพเร็วขึ้นด้วยผลไม้บางชนิดเมื่อสุกจะมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมากและอัตราการหายใจเพิ่มมากขึ้นด้วย เช่น กล้วย และมะม่วง ผลไม้ประเภทนี้จึงมีการสูญเสียมาก เก็บรักษาได้สั้นกว่าผลไม้ที่มีอัตราการหายใจต่ำและไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก เช่น ส้ม

3.การผลิตเอทิลีน แก๊สเอทิลีนเป็นฮอร์โมนพืชอย่างหนึ่งซึ่งมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของพืชและผลิตผลค่อนข้างมาก เนื้อเยื่อพืชทุกชนิดสร้างเอทิลีนได้ โดยปกติปริมาณการผลิตเอทิลีนจะมีน้อย แต่เมื่อผลไม้จะสุกหรือเมื่อผลิตผลถูกกระทบกระเทือนด้วยอะไรก็ตาม เช่น การเกิดบาดแผล การสัมผัสกับความเย็น จะมีการสร้างเอทิลีนขึ้นเป็นอันมากและเอทิลีนจะไปกระตุ้นกระบวนการต่าง ๆ ให้เกิดได้ เช่น กระบวนการสุก การสลายตัวคลอโรฟิลล์ เช่นเดียวกับ กนก มณฑล ศรศรีวิชัย (2523) รายงานว่า การสุกของผลไม้หลายชนิดมีความเกี่ยวพันกับปริมาณของ**แก๊สเอทิลีน เช่น มะม่วงเมื่อเริ่มสุกจะมีการสร้างแก๊สเอทิลีนเพิ่มขึ้นในเนื้อเยื่ออย่างรวดเร็วและกระตุ้นให้การสุกเกิดขึ้น อัตราการสังเคราะห์แก๊สเอทิลีนของผลไม้จะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิในการเก็บรักษา เมื่ออุณหภูมิการเก็บสูงขึ้น การสังเคราะห์แก๊สเอทิลีนจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว**

4.การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบเคมี มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การสร้าง หรือเสื่อมสลายตัวของสารสี การเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล การเพิ่มขึ้นของปริมาณลิกนิน (lignin) ในผลิตผลที่มีเส้นใยมาก เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ล้วนนำไปสู่การสูญเสียของผลิตผลทางใดทางหนึ่งด้วยกันทั้งสิ้น

ปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผักและผลไม้

1.อุณหภูมิ เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดต่อคุณภาพของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวเพราะอุณหภูมิมีอิทธิพลต่อกระบวนการต่าง ๆ ภายในผลิตผลทุกอย่าง และมีผลต่อปัจจัยอื่น ๆ ภายนอกด้วย ในด้านของผลิตผลเอง อุณหภูมิสูงจะเร่งปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ให้เกิดเร็วขึ้น ดังนั้นการหายใจและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอื่น ๆ ภายในผลิตผลก็จะเกิดขึ้นเร็ว ทำให้ผลิตผลเสียหายได้ง่าย ในทางตรงกันข้าม อุณหภูมิต่ำจะทำให้ผลิตผลสามารถเก็บรักษาไว้ในสภาพเดิมได้นานกว่า แต่ในบางกรณีอุณหภูมิต่ำก็อาจก่อให้เกิดอันตรายได้ โดยเฉพาะกับผลิตผลในเขตร้อนอาจเกิดผิดปกติที่เรียกว่า อาการสะท้านหนาว (chilling injury) ขึ้นได้ นอกจากนั้นอุณหภูมิยังมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนผลิตผล และปริมาณความชื้นของอากาศรอบผลิตผลด้วย ดังนั้นการควบคุมอุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษาผลิตผลจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะรักษาผลิตผลให้มีคุณภาพดีอยู่ได้นานที่สุด

2.ความชื้น ปริมาณไอน้ำในอากาศนอกจากจะเป็นตัวกำหนดอัตราการสูญเสียของผลิตผลแล้ว ยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอื่น ๆ ด้วย เช่น ในสภาพที่มีความชื้นสูงจะกระตุ้นให้เกิดเชื้อราชนิดต่างๆ ที่มีอยู่บนผิวของผลิตผลทำให้เกิดการเน่าเสียได้ง่าย การเก็บรักษาจึงต้องมีการควบคุมปริมาณความชื้นให้พอเหมาะไม่ให้มีการสูญเสียน้ำจากพืชมากเกินไปในขณะเดียวกันก็ต้องไม่ให้เหมาะกับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ

ผลไม้แปรรูปขั้นต่ำ

ผลไม้แปรรูปขั้นต่ำ หมายถึง การนำผลไม้สด ที่ผ่านการคัดเลือกคุณภาพมีความแก่-อ่อนที่เหมาะสมในการบริโภค มาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก เจาะแกนตัดแต่งตำหนิ ล้างทำความสะอาด หั่นเป็นชิ้นและบรรจุ จัดเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร ready-to-eat หรือ ready-to-use การแปรรูปอาหารขั้นต่ำจะครอบคลุมไปถึงการกระทำต่าง ๆ เช่นการตัดแต่ง การปอกเปลือก การหั่น การคั้น การล้าง การใช้สารฆ่าเชื้อโรค การลวก และการบรรจุ ซึ่งผลไม้แปรรูปขั้นต่ำนั้นถือว่ายังเป็นเนื้อเยื่อ

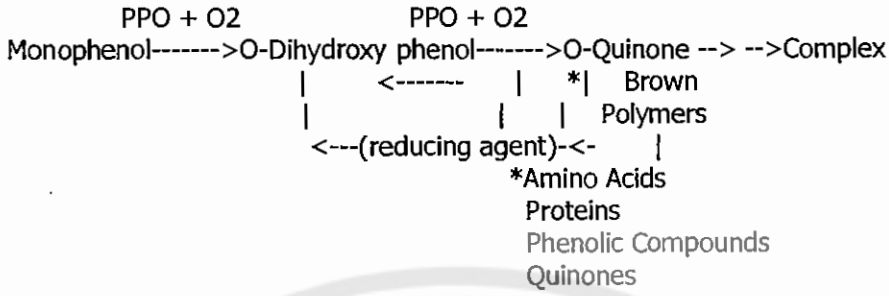
ที่มีชีวิตซึ่งยังคงกิจกรรมการมีชีวิตหรือมีปฏิกิริยาต่าง ๆ ภายในเซลล์เหมือนกับผลไม้สด เช่น มีการหายใจอยู่ตลอดเวลา จึงยังคงมีกระบวนการสุกตามธรรมชาติ (Greve & Labavitch, 1991) แต่เนื้อเยื่อของผลิตภัณฑ์มีความบอบบางมากขึ้น และมีโอกาสเสื่อมเสียได้เร็วกว่าปกติ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2542) บาดแผลหรือรอยตัดจะทำให้เซลล์ของพืชบางส่วนถูกทำลายทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นเกิดสีน้ำตาลได้ง่าย และเชื้อจุลินทรีย์มีโอกาสเข้าทำลายเนื้อเยื่อเหล่านี้ได้มาก (Wiley, 1994)

ปัญหาสำคัญของผลไม้แปรรูปขั้นต่ำ

ผลไม้แปรรูปขั้นต่ำเกิดการเน่าเสียได้ง่ายกว่าผลไม้ที่มีเปลือก เนื่องจากเปลือกเป็นโครงสร้างของพืชที่ช่วยป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์และความเสียหายของเนื้อเยื่อที่เกิดจากแรงกระแทกบริเวณส่วนที่เป็นรอยตัดที่เกิดจากการปอกเปลือก การตัดแต่งและหั่นให้เป็นชิ้น จะเป็นจุดเริ่มต้นที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยมีสาเหตุหลัก คือ การสูญเสียน้ำโดยกระบวนการหายใจและการคายน้ำเป็นผลให้ความดันเต่งภายในเซลล์ลดลง ซึ่งสามารถชะลอได้โดยการควบคุมอุณหภูมิของผลไม้แปรรูปขั้นต่ำให้ต่ำเพื่อลดการหายใจ การคายน้ำ และเนื้อเยื่อของผลไม้ที่เกิดการเสียหายหรือฉีกขาดจะเกิดปฏิกิริยาชีวเคมีต่าง ๆ มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ (รัชฎา ตั้งวงค์ไชย และ นัฏชรี ศรีบูรณศร, 2548) ดังนี้

1. การเกิดสีน้ำตาล

การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidase, PPO) เกิดขึ้นเมื่อเซลล์ถูกทำลายเช่น จากการปอกเปลือก การตัด การหั่น ทำให้เกิดการออกซิเดชั่นของสารประกอบไดฟีนอลิค (diphenolic compound) โดยมีเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) และสารประกอบฟีนอลิกที่อยู่ในเซลล์เป็นสับสเตรต (substrate) ในสภาวะที่มีอากาศเกิดเป็นสารออโธ-ไดฟินอล (o-diphenol) จากนั้นจะถูกออกซิไดซ์ต่อไปเป็นโอ-ควิโนน (o-quinone) แล้วจึงเกิดสารประกอบเชิงซ้อน (polymerization) ของสารควิโนนกับกรดอะมิโนหรือโปรตีนต่อได้เป็นสารสีน้ำตาลที่ไม่ละลายน้ำ (melanin) (ภาพ 1) การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ จะต้องการองค์ประกอบที่แตกต่างกัน 4 อย่างคือ ออกซิเจน เอนไซม์ สารประกอบคอปเปอร์และสับสเตรต (Laurila, Kervinen & Ahvenainen, 1998)



ภาพ 1 การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidase, PPO)

2. การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัส

การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของผลไม้แปรรูปขั้นต่ำเป็นปัญหาสำคัญปัญหาหนึ่งเนื่องจากลักษณะเนื้อสัมผัสสามารถบอกได้ถึงคุณภาพและส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค เพราะการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสารประกอบเพกตินที่ผนังเซลล์ในระหว่างกระบวนการสุกเป็นเหตุให้ผนังเซลล์อ่อนแอและไม่จับตัวกันแน่นเหมือนเดิม (Martin-Rodriguez, Orchard & Seymour, 2002) ส่วนประกอบสำคัญของผนังเซลล์พืชที่มีผลต่อเนื้อสัมผัส คือ กลูแคน กาแลกแตน และโปรโตเพกตินที่ไม่ละลายน้ำส่วนประกอบของผนังเซลล์มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อผลิตผลเริ่มแก่และสุก คือ โปรโตเพกตินที่ไม่ละลายน้ำจะเปลี่ยนเป็นเพกตินที่ละลายน้ำ ปริมาณของเซลลูโลสที่เป็นผลึกลดลง กรดกาแลกตูโลนิกลดลงปริมาตรของเซลล์ลดลงและผนังเซลล์บางลง เกิดการหดตัวของผนังเซลล์มีปริมาณของกรดยูโรนิกที่อยู่ร่วมกับผนังเซลล์ลดลงและเกิดยูโรไนด์ที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลทำให้ผักและผลไม้มีเนื้อสัมผัสนิ่มลง (Buren,1991) และการเกิดไฮโดรไลซ์สารประกอบเพกตินโดยเอนไซม์ pectin methylesterase และpolygalacturonase โดยเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิดนี้จะเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซ์สารประกอบเพกตินชนิดที่ไม่ละลายน้ำได้สารประกอบเพกตินชนิดที่ละลายน้ำได้ ทำให้ผนังเซลล์สลายตัว เมื่อผนังเซลล์ตัวสลายส่งผลทำให้เซลล์ที่อยู่ใกล้ชิดกันไม่สามารถเกาะเกี่ยวกันได้จึงสูญเสียลักษณะเนื้อสัมผัสมีผลทำให้ผักและผลไม้นิ่มลง (สายชล เกตุษา, 2528)

3. การเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์

ผลไม้ที่เก็บจากสวนจะมีจุลินทรีย์ปะปนอยู่เสมอไม่มากก็น้อย ผลไม้ที่มีรอยช้ำรอยแตก มีการปะปนของสิ่งสกปรกต่าง ๆ เช่น ดิน โคลน จะมีจุลินทรีย์ปนเปื้อนอยู่สูง ซึ่งผลไม้แปรรูปขั้นต่ำที่แปรรูปมาจากผลไม้สดที่มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์สูงนี้จะเก็บไว้ได้ไม่นาน เมื่อเปรียบเทียบกับผลไม้แปรรูปขั้นต่ำที่แปรรูปมาจากวัตถุดิบที่มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ต่ำ การ

ปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในระหว่างกระบวนการแปรรูปทำให้มีเชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโตเพิ่มจำนวนมากขึ้น หากเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคจะทำให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคและผลจากการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ยังทำให้มองเห็นความผิดปกติได้ชัดเจนและทำให้เกิดกลิ่นที่ผิดปกติซึ่งผู้บริโภคไม่ยอมรับ (King & Bolin, 1989) ดังนั้นในการแปรรูปขั้นต่ำผลไม้จึงต้องมีการจัดการแนวทางในการผลิตที่ดี (Good Manufacturing Practice) อย่างเคร่งครัด เช่น การล้างทำความสะอาดด้วยการเติมโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (Sodium hypochlorite) ในน้ำที่ใช้ล้างผลไม้ก่อนเข้าสู่กระบวนการแปรรูปขั้นต่ำ โดยทั่วไปใช้ความเข้มข้น 50 – 200 ppm ของคลอรีนอิสระและให้มีเวลาสัมผัสตั้งแต่ 3 – 30 นาที การลดปริมาณความเข้มข้นและเวลาที่ใช้ลงจะช่วยป้องกันการกัดกร่อนที่อาจเกิดขึ้นได้ (ศิวาพร ศิวเวชช, 2546) และมีการควบคุมอุณหภูมิในการแปรรูปเพื่อลดการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ นอกจากนั้นขั้นตอนต่าง ๆ ในกระบวนการแปรรูปควรจะเป็นกรรมวิธีที่ทำให้เนื้อเยื่อผลไม้เกิดการเสียหายน้อยที่สุด อุปกรณ์และเทคนิคในการตัดแต่งจึงจำเป็นที่ต้องใช้ใบมีดที่มีความคมมากเพื่อลดความเสียหายเนื่องจากรอยฉีกขาดของเนื้อเยื่อ และรักษาคุณภาพให้มีลักษณะความสดใกล้เคียงกับธรรมชาติมากที่สุด

<u>การยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้แปรรูปขั้นต่ำ</u>

โดยทั่วไปผลไม้แปรรูปขั้นต่ำจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดเจนกว่าผักแปรรูปขั้นต่ำ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่ผลไม้มีการตัดแต่งและรอยตัดมากกว่าจึงสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ชัดมากกว่า การเปลี่ยนแปลงของผลไม้แปรรูปขั้นต่ำที่สำคัญได้แก่ การเกิดสีน้ำตาลที่ผิวและการสูญเสียความกรอบไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคในที่สุด (Soliva-Fortuny & Martin-Belloso, 2003) ในการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผักและผลไม้แปรรูปขั้นต่ำจะใช้กรรมวิธีมากกว่าหนึ่งวิธีการร่วมกัน เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้สภาวะที่รุนแรงหรือมีความเข้มข้นสูงของปัจจัยที่ใช้ชะลอการเปลี่ยนแปลงหรือเรียกว่า Hurdle Technology

1. การใช้สารเคมีในการควบคุมคุณภาพของผลไม้

การใช้สารเคมีในผลไม้แปรรูปขั้นต่ำมีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมการเสื่อมเสีย ป้องกันการเกิดสีน้ำตาล รักษาคุณค่าทางโภชนาการและรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Wiley, 1994) ช่วยปรับปรุงคุณภาพด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และลักษณะปรากฏ ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะที่น่ารับประทานยิ่งขึ้น (Huxsoll & Bolin, 1989) โดยสารเคมีจะสามารถ

ควบคุมการเน่าเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ได้ เนื่องจากสารเคมีนั้นอาจไปมีผลต่อผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ การทำงานเอ็นไซม์ หรือกลไกทางพันธุกรรมของจุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถดำรงชีวิตต่อไปได้ การใช้สารเคมีเพื่อควบคุมการเน่าเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ให้ได้ประสิทธิภาพจะต้องพิจารณาถึงปัจจัยร่วมอื่นด้วย เช่น สายพันธุ์ของเชื้อจุลินทรีย์ ปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้น ความเป็นกรด-ด่างของอาหาร ค่า Aw และอุณหภูมิ เป็นต้น (Wiley, 1994)

1.1 กรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid)

กรดแอสคอร์บิกหรือวิตามินซี และอนุพันธุ์เป็นสารเคมีในกลุ่ม GRAS (generally recognized as safe) นิยมใช้ในผลไม้แปรรูปขั้นต่ำ สามารถใช้ป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในผัก ผลไม้ และน้ำผลไม้ได้อย่างปลอดภัย (Wiley, 1994) ใช้กันมากในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการในอาหาร โดยเติมลงในอาหารบางชนิดที่มีวิตามินซีต่ำหรือไม่มีเลย หรือเติมลงในอาหารเพื่อทดแทนปริมาณวิตามินซี ที่สูญเสียไปในระหว่างขั้นตอนการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหาร เพื่อให้อาหารนั้นมีปริมาณวิตามินซีอยู่ในเกณฑ์กำหนด และยังสามารถใช้เป็นสารแอนติออกซิแดนท์ (antioxidant) ในผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากวิตามินซีสามารถจับกับออกซิเจนได้ง่าย ดังนั้นจึงสามารถช่วยป้องกันไม่ให้ออกซิเจนเข้าทำปฏิกิริยากับอาหาร เป็นเหตุให้คุณภาพของอาหารทางด้านสี กลิ่น รสชาติ เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการเก็บ เช่น อาหารที่ผ่านการทอดน้ำมันต่างๆ นอกจากนั้นในบางกรณียังอาจช่วยให้ขั้นตอนการแปรรูปอาหารสะดวกและง่ายขึ้น รวมถึงใช้เป็นสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในผักผลไม้บางชนิด ผักผลไม้หลายชนิดเมื่อปอกเปลือกออกแล้วทิ้งไว้ให้ถูกอากาศ เนื้อเยื่อบริเวณผิวจะเกิดสีน้ำตาลขึ้น ทำให้ดูแล้วไม่สวยงาม เช่น มันฝรั่ง เห็ด กล้วยหอม มะพร้าว แอปเปิ้ล แต่ถ้าปอกเปลือกแล้วแช่ในสารละลายวิตามินซีก่อน ก็จะไม่มีสีน้ำตาลเกิดขึ้น นิยมใช้กับผลไม้ก่อนจะนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ รวมทั้งการนำไปแช่เยือกแข็ง วิตามินซีที่นำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารอาจอยู่ในรูปเป็นผงของกรดแอสคอร์บิก หรือเกลือโซเดียมแอสคอร์เบต (sodium ascorbate salt) หรืออยู่ในรูปของสารผสมระหว่างกรดแอสคอร์บิกกับสารตัวอื่นๆ เช่น แป้ง หรือเกลือแกง เพื่อช่วยให้วิตามินกระจายตัวในอาหารได้ดีเมื่อใช้ในปริมาณน้อย หรือในรูปของสารละลาย เพราะวิตามินซีละลายน้ำได้ดี สามารถฉีดพ่นไปบนอาหารได้โดยตรง (King & Bolin, 1989)

การนำสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลมาใช้ในอาหารนั้นมีการใช้มาตั้งแต่สมัยโบราณแล้ว ในปัจจุบันยังพบว่ามีการใช้กันอยู่ ตัวอย่างการใช้กรดแอสคอร์บิกแบบภูมิปัญญาชาวบ้านในประเทศไทย คือการจุ่มหัวปลีที่หั่นแล้วในน้ำมะนาว หรือใช้ผลมะนาวที่คั้นน้ำออกแล้ว

ทาหัวปลีที่ผ่าหรือหั่นแล้วพบว่าจะช่วยป้องกันการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นได้ (ศิวาพร ศิวเวชช, 2546) ทั้งนี้เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidase) ซึ่งจะมีผลทำให้บริเวณที่ถูกตัด หั่น หรือผ่าของผลไม้นั้นมีสีน้ำตาลคล้ำ โดยทั่วไปพบว่าผลไม้ที่มีความเป็นกรดต่ำมีปริมาณของกรดแอสคอร์บิกน้อยจะไวต่อปฏิกิริยาของเอ็นไซม์ชนิดนี้ ขั้นตอนการตัดแต่งผลไม้ให้มีขนาดและรูปร่างตามต้องการอาจทำให้เกิดการสูญเสียกรดแอสคอร์บิกซึ่งมีประสิทธิภาพในการเป็นสารที่สามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันและปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ดี โดยกรดแอสคอร์บิกจะรีดิวส์ควิโนนซึ่งเป็นสารที่ได้จากการออกซิเดชันของโพลีฟีนอล ที่มีเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสเป็นตัวเร่งกลับไปเป็นไดไฮดรอกซีโพลีฟีนอล (dihydroxy polyphenol) ถ้าหากไม่มีการสะสมของควิโนน (quinone) ปฏิกิริยาที่จะเกิดสีน้ำตาลก็จะไม่เกิดขึ้นแต่เมื่อปริมาณกรดแอสคอร์บิกที่มีอยู่ลดน้อยลงการสะสมของควิโนนก็จะเกิดขึ้นทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นได้ นอกจากนั้นอาจมีการใช้กรดอินทรีย์ เช่น กรดซิตริกและสารที่ช่วยให้คงตัว เช่น แคลเซียมคลอไรด์ร่วมด้วยทั้งนี้เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ดีขึ้น และช่วยกำจัดออกซิเจนรวมทั้งมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี

1.2 กรดซิตริก (Citric acid)

กรดซิตริกเป็นกรดอินทรีย์ที่พบมากตามธรรมชาติซึ่งเป็นสารต้านการเจริญของจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ (Ohlsson & Bengtsson, 2002) พบมากในผัก ผลไม้ เช่น ผลไม้ตระกูลส้ม สตรอเบอรี่ และมะเขือเทศ เป็นต้น จัดเป็นสารในกลุ่ม GRAS เช่นเดียวกับกรดแอสคอร์บิก เป็นกรดอินทรีย์ที่นิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเนื่องจากมีคุณสมบัติในการละลายน้ำที่ดี มีกลิ่นรสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค กรดซิตริกนิยมนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์ผักผลไม้สดพร้อมบริโภค เพื่อป้องกันการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งกลไกพื้นฐานในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์คือ การเกิด chelation กับอิออนของโลหะที่จำเป็น ต่อการเจริญของจุลินทรีย์ทำให้การดำรงชีวิตของเชื้อจุลินทรีย์หยุดชะงักลง นอกจากนี้กรดซิตริกจะยังสามารถช่วยปรับกรด-ด่างให้ผลิตภัณฑ์ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง ซึ่งสภาวะเช่นนี้จะมีผลต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ กรดซิตริกยังใช้ป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้ โดยเกิด chelation กับโมเลกุลของทองแดงที่เป็นองค์ประกอบของเอ็นไซม์ PPO ช่วยป้องกันการเกิดสีน้ำตาลได้ (Wiley, 1994) กฎหมายจะอนุญาตให้ใช้ในปริมาณที่เหมาะสมตามความจำเป็นและไม่ได้กำหนดหรือควบคุมปริมาณการใช้สูงสุดไว้แต่อย่างใด (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 84, 2537)

1.3 แคลเซียมคลอไรด์ (Calcium chloride)

แคลเซียมและเกลือของแคลเซียม มักใช้อยู่ในรูปของแคลเซียมคลอไรด์เพื่อปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ใช้ลดการอ่อนตัวของผักผลไม้สดพร้อมบริโภคหลายชนิด โดยแคลเซียมอิออนจะเกิด cross-link กับสารโพลิเมอร์ของกรดเพคตินในผนังเซลล์ เกิดเป็นแคลเซียมเพ็กเตทเชื่อมระหว่างผนังเซลล์ แคลเซียมจะช่วยรักษาสภาวะการซึมผ่านเข้า-ออกระหว่างผนังเซลล์ โดยการสร้างประจุไฟฟ้าขึ้นระหว่างผนังเซลล์ สามารถลดอัตราการหายใจและยังมีผลช่วยลดการผลิตก๊าซเอทธิลีนลงได้ ทำให้เนื้อเยื่อของผักผลไม้แข็งแรงขึ้น นอกจากนี้การจุ่มผลไม้ลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ยังสามารถยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ (Soliva-Fortuny & Martin-Belloso, 2003 ; Huxsoll & Bolin, 1989)

1.4 โปแตสเซียมซอร์เบต (Potassium sorbate)

เกลือซอร์เบตเป็นวัตถุกันเสียที่มีการนิยมใช้กันมากในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากเป็นสารประกอบที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และไม่มีรส เวลาใช้จึงไม่ทำให้กลิ่นรสและสีของอาหารเปลี่ยนแปลง เกลือโปแตสเซียมซอร์เบตละลายน้ำได้ร้อยละ 58.2 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตหรือทำลายจุลินทรีย์ได้ โดยไปมีผลต่อการทำงานของเอ็นไซม์ และผนังเซลล์ของจุลินทรีย์รวมทั้งยับยั้งการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์และยังสามารถยับยั้งการสร้างสปอร์ของเชื้อ *Clostridium botulinum* และ *Bacillus cereus* และ *Bacillus sp.* ได้ด้วย ดังแสดงในตาราง 1 สำหรับความปลอดภัยนั้นจัดว่าเป็นวัตถุกันเสียที่มีความปลอดภัยในการใช้ค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุกันเสียชนิดอื่น ๆ ซึ่งยังไม่พบอาการแพ้ที่เกิดกับผู้บริโภคที่บริโภคอาหารที่มีการใช้เกลือซอร์เบตเป็นวัตถุกันเสีย (Nas, 1982) กฎหมายจะอนุญาตให้ใช้ได้ปริมาณสูงสุดไม่เกิน 1,000 ppm (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 84, 2537) (ศิวาพร ศิวเวชช, 2546) มีรายงานการใช้โปแตสเซียมซอร์เบตเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ดังนี้

ตาราง 1 ประสิทธิภาพของกรดซอร์บิกหรือเกลือซอร์เบตในการยับยั้งการเจริญของยีสต์ รา และแบคทีเรีย

Organisms	pH	MIC* (ppm)
Yeasts		
Saccharomyces cerevisiae	3.0	25
Saccharomyces ellipsoids	3.5	50-200
Torula lypolytica	5.0	100-200
Candida krusei	3.4	100
Molds		
Aspergillus niger	2.5-4.0	100-500
Botrytis cinerea	3.6	120 -250
Penicillium digitatum	4.0	200
Rhizopus sp.	3.6	120
Bacteria		
Escherichia coli	5.2-5.6	50 -100
Bacillus sp.	5.5-6.3	50 -1,000
Clostridium sp.	6.7-6.8	100 -10,000
Salmonella sp.	5.0-5.3	50 – 1,000

*MIC = Minimal inhibition concentration

ที่มา : ดัดแปลงจาก Luck (1972, 1980, 1986)

1.5 การทบทวนเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้กรดแอสคอร์บิก กรดซิตริก และแคลเซียมคลอไรด์ เพียงชนิดใดชนิดหนึ่งและ/หรือมีการใช้ร่วมกัน ดังต่อไปนี้

Sapers & Miller (1992) ศึกษาประสิทธิภาพของกรดแอสคอร์บิกที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ เพื่อใช้ในการแช่ชิ้นแอปเปิ้ลและมันฝรั่ง นาน 3 นาที และทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ภายใน 20 นาที ชิ้นแอปเปิ้ลและมันฝรั่งที่แช่ในกรดแอสคอร์บิกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่าการใช้กรดแอสคอร์บิกที่ระดับความเข้มข้น

น้อยกว่าร้อยละ 1 ซึ่งสังเกตได้จากมีการพัฒนาการเกิดสีน้ำตาลบริเวณผิวของชิ้นแอปเปิ้ลและมันฝรั่งที่เพิ่มมากขึ้น โดยมีค่า L* ลดลง

Pao & Petracek (1996) พบว่า การเก็บรักษาผลไม้ตระกูลส้มโดยการพ่นด้วยสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.1 – 1.0 และเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 - 25 องศาเซลเซียสสามารถลดค่าพีเอชที่ผิวของส้ม ลดการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 10 วัน

Gunes & Lee (1997) พบว่า เมื่อใช้ L- cysteine เข้มข้นร้อยละ 0.5 และกรดซิตริกเข้มข้น ร้อยละ 2 ผสมกันในการแช่มันฝรั่งที่ผ่านการแปรรูปขั้นต่ำเป็นเวลานาน 3 นาที จะสามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยปอกที่ใช้วิธีการปอกเปลือกด้วยมือแล้วนำไปบรรจุในภาชนะที่มีการควบคุมบรรยากาศเพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาจึงทำให้สามารถเก็บรักษาได้นาน 3 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

Sapers & Miller (1998) ทดลองใช้กรดซิตริกร่วมกับกรดแอสคอร์บิกในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในมันฝรั่ง โดยนำมันฝรั่งที่ผ่านการแปรรูปขั้นต่ำแล้ว มาต้มในสารละลายกรดแอสคอร์บิกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1 ร่วมกับกรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 ที่อุณหภูมิ 45 – 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5 นาที สามารถป้องกันการเปลี่ยนแปลงของสีได้ 14 วัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในขณะที่การแช่ด้วยสารละลายกรดแอสคอร์บิกเพียงอย่างเดียวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีภายใน 3 – 6 วัน

Luna-Guzman, Cantwell & Barrett (1999) พบว่า เวลาที่ใช้ในการแช่ผลแคนตาลูปในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ไม่มีผลต่ออัตราการหายใจ การแช่แคนตาลูปที่ผ่านการแปรรูปขั้นต่ำในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 2.5 เป็นเวลานาน 1 นาที และนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส สามารถรักษาความแน่นเนื้อได้เช่นเดียวกับการนำไปแช่เป็นเวลานาน 5 นาที คือสามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลานาน 10 วัน

Dong, Wrolstad & Sugar (2000) ทดลองยืดอายุการเก็บรักษาผลแพร์แปรรูปขั้นต่ำโดยใช้สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้แก่กรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ร่วมกับเกลือแคลเซียมความเข้มข้นร้อยละ 1.0 เพื่อรักษาความแน่นเนื้อ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2-5 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 14 วัน

Son, Moon & Lee (2001) ศึกษาประสิทธิภาพของสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลทั้งหมด 36 ชนิด โดยนำชิ้นแอปเปิ้ลแช่ในสารละลาย นาน 3 นาที ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 ชั่วโมง พบว่า การใช้ร่วมกันของกรดแอสคอร์บิกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1 กรด

ซิตริกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1 และกรดออกซาลิกที่ระดับความเข้มข้นน้อยกว่าร้อยละ 0.02 มีผลทำให้การเปลี่ยนแปลงของสีน้ำตาลบริเวณผิวของชิ้นแอปเปิ้ลเกิดช้ากว่าการใช้สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเพียงชนิดเดียว

Gorny et al. (2002) รายงานว่า การบรรจุแบบควบคุมบรรยากาศเพียงอย่างเดียวนั้นไม่สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและลดการสูญเสียความแน่นเนื้อของผลแพร์ที่ผ่านการแปรรูปขั้นต่ำได้จึงต้องมีการใช้ร่วมกับสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล ได้แก่ กรดแอสคอร์บิกเข้มข้นร้อยละ 2 แคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 1 และซีสเทอีน (cysteine) เข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยแช่สารละลายที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5 นาที ทำให้ไม่เกิดการสูญเสียความแน่นเนื้อและยังสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลบริเวณผิวของรอยตัดของผลแพร์ได้ จึงสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 10 วัน ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส และจากการประเมินคุณภาพทางลักษณะปรากฏยังพบว่า ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษาผู้บริโภคยอมรับลักษณะปรากฏของผลแพร์ที่ผ่านการแปรรูปขั้นต่ำร้อยละ 93 และยอมรับรสชาติร้อยละ 75 แต่หลังจากเก็บไว้นาน 10 วัน ผู้บริโภคยอมรับลักษณะปรากฏของผลแพร์ที่ผ่านการแปรรูปขั้นต่ำเหลือร้อยละ 93 และยอมรับรสชาติเหลือร้อยละ 70

Lee et al. (2003) รายงานว่า การใช้กรดแอสคอร์บิกเข้มข้น 1 กรัม /100 มิลลิลิตร กรดซิตริกเข้มข้น 0.5 กรัม /100 มิลลิลิตร และกรดออกซาลิกเข้มข้น 0.02 กรัม /100 มิลลิลิตร ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1 กรัม /100 มิลลิลิตร สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลจากเอนไซม์ในผลแอปเปิ้ลได้ ลดการสูญเสียความแน่นเนื้อและเก็บรักษาได้นาน 2 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส การใช้กรดแอสคอร์บิกหรือกรดออกซาลิกเพียงอย่างเดียวโดยไม่ร่วมกับสารชนิดอื่น ๆ จะต้องใช้ความเข้มข้นสูงจึงจะสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้

Gonzalez (2004) ศึกษาประสิทธิภาพของสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในชิ้นสับปะรด ได้แก่ กรดไอโซแอสคอร์บิก (isoascorbic acid, IAA) ความเข้มข้น 0.1 โมล/ลิตร กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid, AA) ความเข้มข้น 0.05 โมล/ลิตร และอะเซติลซีสติน (acetyl cysteine, AC) ความเข้มข้น 0.05 โมล/ลิตร โดยนำชิ้นสับปะรดแช่ในสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลนาน 2 นาที บรรจุใส่ถาดแล้วปิดหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 14 วัน พบว่า IAA มีประสิทธิภาพดีที่สุดเมื่อเทียบกับ AC และ AA ตามลำดับ มีการเปลี่ยนแปลงของสีและความแน่นเนื้อน้อยที่สุด และเมื่อใช้กรดซิตริก ร่วมกับ AC พบว่ามีประสิทธิภาพในการลดการเกิดสีน้ำตาลได้ดีที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส และสามารถเก็บ

รักษาได้นาน 10 วัน การใช้ AA ร่วมกับ erythorbic acid สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในสับปะรดได้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน

Rocculi, Romani. & Ros (2004) พบว่า การยืดอายุการเก็บรักษาชิ้นแอปเปิ้ลสามารถทำได้โดยนำไปแช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 กรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.5 เป็นเวลา นาน 10 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำไปบรรจุในภาชนะปิดหุ้มด้วยฟิล์ม ทำให้ผลแอปเปิ้ลที่ผ่านการแปรรูปขั้นต่ำมีความสดเป็นที่ยอมรับในด้านคุณภาพและสามารถเก็บได้นาน 12 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยไม่มีความแตกต่างกันของค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ และการสูญเสียน้ำหนัก ในขณะที่ความแน่นเนื้อมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากการแช่แคลเซียมคลอไรด์ ก่อนการบรรจุ การเปลี่ยนแปลงของสีจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณก๊าซในภาชนะบรรจุ

Yueming, Litao & Jianrong (2004) พบว่า กรดซิตริกมีอิทธิพลต่อการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสที่ถูกสกัดมาจากผลเกาลัดที่ผ่านการแปรรูปขั้นต่ำ เมื่อใช้กรดซิตริกที่ระดับความเข้มข้นต่ำจะไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส แต่ถ้าใช้กรดซิตริกที่ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ หรือสูงกว่านี้จะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ดังกล่าว การใช้กรดซิตริก 0.1 โมลาร์ ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาและสามารถรักษาคุณภาพของผลเกาลัดที่ผ่านการแปรรูปขั้นต่ำได้โดยใช้วิธีการแช่สารละลายกรดซิตริก 0.1 โมลาร์ นาน 3 นาที และวางให้แห้งในอากาศ 30 นาที บรรจุใส่ถาดปิดด้วยฟิล์มเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ได้นาน 12 วัน สังเกตได้จากสีบริเวณผิวของผลเกาลัดในการเกิดสีน้ำตาล เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้แช่กรดซิตริกซึ่งมีการเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลหลังจากวันที่ 6 ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารโปแตสเซียมซอร์เบต ดังต่อไปนี้

Zhao, Doyle & Besser (1993) พบว่า การใช้สารถนอมอาหารร่วมกัน 2 ชนิด จะมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้เพียงลำพังชนิดเดียว ตัวอย่างเช่น การใช้โปแตสเซียมซอร์เบตความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ในน้ำแอปเปิ้ลเพื่อยับยั้ง *E.coli* 0157:H7 ปรากฏว่าเชื้อดังกล่าวสามารถอยู่รอดได้ถึง 15 -20 วัน ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส และ 1-3 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสแต่เมื่อมีการใช้ร่วมกันของโซเดียมเบนโซเอตเข้มข้นร้อยละ 0.1 และโปแตสเซียมซอร์ เบตเข้มข้นร้อยละ 0.1 *E.coli* 0157:H7 สามารถอยู่รอดได้นานเพียง 12 วัน ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสเท่านั้นจึงทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาน้ำแอปเปิ้ลได้นานขึ้น

Gonzalez, Wang & Buta (2000) พบว่า สารโปแตสเซียมซอร์เบต ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ ร่วมกับสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาล ได้แก่ 4 –hexylresorcinol ความเข้มข้น 0.001 โมลาร์ D-isoascorbic acid ความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาเมื่อใช้ร่วมกับการบรรจุแบบควบคุมบรรยากาศ ช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลและการเสื่อมเสียเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ในผลมะม่วงที่ผ่านการแปรรูปขั้นต่ำในระหว่างที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสได้ดี การใช้ร่วมกันมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้อย่างใดอย่างหนึ่งโดยลำพัง ไม่ทำให้คุณลักษณะทางรสชาติของผลมะม่วงที่ผ่านการแปรรูปขั้นต่ำมีการเปลี่ยนแปลงและลักษณะของชิ้นมะม่วงบริเวณผิวไม่แห้งเนื่องจากมีการบรรจุแบบควบคุมบรรยากาศ ทำให้สามารถเก็บได้นาน 14 วัน ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

Ukuku & Fett (2004) รายงานว่า การใช้สารล้างทำความสะอาดแคนตาลูปที่ผ่านการแปรรูปขั้นต่ำด้วยโซเดียมแลคเตทเข้มข้นร้อยละ 2 ไนซินเข้มข้น 50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และโปแตสเซียมซอร์เบตเข้มข้นร้อยละ 0.02 ร่วมกันแล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ปรากฏว่าสามารถลดปริมาณเชื้อซาลโมเนลลาได้ 2.02 $\log_{10}$CFU/g

2. การใช้เทคนิคไมโครเวฟในการควบคุมคุณภาพผลไม้

เมื่อไม่นานมานี้ประเทศไทยได้มีการนำพลังงานไมโครเวฟมาประยุกต์ใช้กับงานทางด้านอาหาร เนื่องจากพลังงานไมโครเวฟให้อัตราการความร้อนสูงและมีประสิทธิภาพที่ดี ความร้อนที่ได้สม่ำเสมอกันไม่ว่าอาหารจะมีลักษณะเนื้อและรูปร่างเป็นอย่างไร เช่น เป็นของเหลวข้นหรือเป็นรูพรุนคล้ายฟองน้ำมีรูปร่างแตกต่างกันก็จะได้รับความร้อนโดยสม่ำเสมอทั่วกันไม่มีความแตกต่างกันของความร้อนระหว่างที่ผิวหน้ากับภายในชิ้นอาหารจึงทำให้ลักษณะผิวอาหารไม่เปลี่ยนแปลงมีวิธีการใช้และควบคุมทำได้ง่าย ปลอดภัย ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545)

พลังงานจากรังสีไมโครเวฟเป็นพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ความถี่ของคลื่นเท่ากับ 2,450 เมกะเฮิร์ต การใช้ความร้อนด้วยตู้อบไมโครเวฟมีความแตกต่างจากการให้ความร้อนด้วยเครื่องอบธรรมดาคือเครื่องอบธรรมดาให้พลังงานความร้อนโดยเปลวไฟแบบเตาแก๊สหรือความร้อนจากขดลวดไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้อาหารสุกโดยการถ่ายเทความร้อน 3 วิธี คือการนำ การพาและการแผ่รังสี แต่ตู้อบไมโครเวฟทำให้อาหารสุกโดยคลื่นไมโครเวฟจะเปลี่ยนไปเป็นความร้อนโดยการทำให้อนุภาคหรือโมเลกุลที่มีขั้วเสียดสีกันและเกิดความร้อนขึ้น เมื่อคลื่นไมโครเวฟซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูงมากถึง 2,450 ล้านรอบต่อวินาทีพุ่งเข้าหาอาหารจากทุกทิศ

ทางโดยรอบของผนังตู้ด้านในแล้วแผ่กระจายไปยังอาหาร จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขั้วไฟฟ้า ทำให้เกิดการเสียดสีกันของโมเลกุลภายในอาหาร พลังงานจะเคลื่อนย้ายไปยังอิออนและอะตอม หรือโมเลกุลใกล้เคียงก่อให้เกิดความร้อนขึ้นและอาหารสุกอย่างรวดเร็วคล้ายกับการถูมือไปมาเร็ว ๆ จะทำให้รู้สึกร้อนขึ้นมาทันที นอกจากนั้นยังสามารถใช้พลังงานไมโครเวฟในกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ได้ด้วย สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้แต่ไม่เหมาะสำหรับในการใช้เพื่อให้อาหารปราศจากเชื้อ (sterilization) และข้อได้เปรียบของการใช้กระบวนการไมโครเวฟอีกอย่างหนึ่งคือสามารถพาสเจอร์ไรซ์อาหารหลังบรรจุและปิดผนึกในภาชนะได้ ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาอาหารจากหลายวันเป็นหลายเดือนได้ การพาสเจอร์ไรซ์จะช่วยลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในผลไม้สดโดยเฉพาะจุลินทรีย์บริเวณบนผิวหรือใต้ผิวผลไม้ ซึ่งมีผลช่วยยับยั้งการเน่าเสียระหว่างการเก็บรักษาได้ (วิไล รังสาดทอง, 2545) โดยคลื่นของไมโครเวฟสามารถแทรกผ่านเนื้อเยื่อของผลไม้ กระตุ้นให้เกิดการสั่นสะเทือนของโมเลกุลน้ำที่มีอยู่ ทำให้เกิดพลังงานความร้อนขึ้นและสามารถทำให้เนื้อเยื่อทุกส่วนของผลไม้ร้อนขึ้นได้พร้อมกัน การใช้ไมโครเวฟในผลไม้สามารถทำให้เกิดความเสียหายกับผลไม้ได้ ดังนั้นเมื่อเสร็จสิ้นการให้ความร้อน ควรทำให้ผลไม้เย็นลงอย่างรวดเร็วทันที (สินธนา สุคันธา, 2535)

2.1 การทบทวนเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Copson (1975) รายงานว่าการใช้ไมโครเวฟในการพาสเจอร์ไรซ์มันฝรั่งปอกที่ผ่านการบรรจุแล้วทำโดยการเพิ่มอุณหภูมิมันฝรั่งให้สูงถึง 85 องศาเซลเซียส แล้วทำให้เย็นลงทันทีเพื่อให้วัตถุดิบมีอายุการเก็บรักษานานถึง 6 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส หรืออาจมีการให้ความร้อนต่อโดยการใช้การนำไฟฟ้า เพื่อให้ผลิตภัณฑ์สุกเป็นบางส่วน

Najdovski, Draga & Kotnik (1991) พบว่า การใช้ไมโครเวฟความถี่ 2,450 เมกะเฮิร์ต ที่กำลังไฟ 325 วัตต์ 650 วัตต์ และ1,400 วัตต์ สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียสายพันธุ์ *Staphylococus aureus, Streptococus pyogenes* Group A, *E.coli, Pseudomonas aeruginosa* ได้ ในขณะที่การใช้ไมโครเวฟกำลังไฟ 1400 W เป็นเวลา 10-20 นาทีสามารถทำลายสปอร์แบคทีเรียได้

Kozempel et al. (1997) รายงานว่า สิ่งสำคัญในขบวนการผลิตเพื่อลดแบคทีเรียโดยใช้พลังงานไมโครเวฟทำได้โดยใช้การทำเย็นพร้อมกันหรือใช้ในเวลาเดียวกันภายในกระบวนการผลิตทำให้สามารถลดจำนวนเชื้อ *Pepdiococcus* sp. ในน้ำได้ 3 $\log_{10}$CFU/ml ส่วนในสารละลายน้ำตาลและน้ำเกลือปริมาณ 100 กรัม/ลิตร สามารถลดเชื้อจุลินทรีย์ได้ 2 $\log_{10}$ CFU/ml

Tajchakavit, Ramaswamy & Fustier (1998) ศึกษาการใช้ไมโครเวฟเพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียในน้ำแอปเปิ้ล 2 ชนิด คือ*Saccharomyces cerevisiae* และ *Lactobacillus plantarum* ด้วยการใช้ไมโครเวฟ 700 วัตต์ , 2450 เมกะเฮิร์ต อุณหภูมิที่ได้ 52.5 - 65 องศาเซลเซียส และการใช้ความร้อนแบบทั่วไปในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50-80 องศาเซลเซียส โดยมีการกวนของน้ำในอ่างน้ำร้อน จากการทดลองพบว่าการยับยั้งเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* ด้วยไมโครเวฟนั้นใช้เวลา 4.8, 2.1, และ 1.1 วินาที ที่อุณหภูมิ 52.5, 55, และ 57.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับและยับยั้ง *Lactobacillus plantarum* ใช้เวลา 14, 3.8 และ 0.79 วินาที ที่อุณหภูมิ 57.5, 60 ,และ 62.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ส่วนการใช้ความร้อนแบบทั่วไปในอ่างน้ำร้อนนั้นจะยับยั้งเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* ใช้เวลา 58, 25,10, 1.9 วินาที ที่อุณหภูมิ 50, 55, 60, 70 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และยับยั้ง *Lactobacillus plantarum* ใช้เวลา 52, 22, 8.4, 1.2 วินาที ที่อุณหภูมิ 55, 60, 70, 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการใช้ความร้อนจากไมโครเวฟใช้เวลาสั้น ที่อุณหภูมิในการทำลายเชื้อต่ำกว่าการใช้ความร้อนแบบทั่วไปในการยับยั้งเชื้อทั้ง 2 ชนิด

Begona de Ancos et al. (1999) พบว่าพลังงานจากไมโครเวฟสามารถใช้ประโยชน์ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในมะละกอ กีวี่ และสตรอเบอรี่ ได้โดยใช้กำลังไฟ 475 วัตต์ นาน 45 วินาที ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้ร้อยละ 75 ส่วนในผลกีวีและสตรอเบอรี่ ใช้กำลังไฟ 475 วัตต์ นาน 30 วินาที สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้ร้อยละ 32 และใช้กำลังไฟ 475 วัตต์ นาน 60 วินาที ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้ร้อยละ 70

Juan et al. (2002) พบว่าการใช้ไมโครเวฟที่ให้ความร้อนในระดับพาสเจอร์ไรซ์สามารถลดเชื้อ *E. coli* ในน้ำแอปเปิ้ลได้ และได้ศึกษาผลกระทบของคลื่นไมโครเวฟในระดับกำลังช่วง 270 -900 วัตต์ ความถี่ 2450 เมกะเฮิร์ต เพื่อเปรียบเทียบกับการพาสเจอร์ไรซ์แบบทั่วไป (83°C นาน 30 วินาที) ในการใช้ไมโครเวฟที่ 720-900 วัตต์ นาน 60-90 วินาที ทำให้เชื้อดังกล่าวลดลง 2-4 log

Karabulut & Baykal (2002) ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้คลื่นไมโครเวฟในการควบคุมจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในผลพืชเชื้อโรคที่พบคือ *Botrytis cinerea* และ *Penicillium expansum* โดยได้ใช้คลื่นไมโครเวฟความถี่ 2,450 เมกะเฮิร์ต นาน 2 นาที จะทำให้การติดเชื้อลดลง สามารถใช้ไมโครเวฟในการควบคุมการติดเชื้อโดยธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่ทำให้ผิวหน้าของผลไม้เกิดความเสียหายไม่ทำให้สีเปลือกและเนื้อของผลไม้มีการเปลี่ยนแปลงใน

ระหว่างการเก็บรักษาและไม่ทำให้ตัวแปรทางคุณภาพของผลไม้ลดลง เช่น ความแน่นเนื้อ ของแข็งที่สามารถละลายได้ในน้ำและสี

3. การใช้อุณหภูมิต่ำ

การใช้อุณหภูมิต่ำมีผลทำให้อัตราเร็วของเมตาบอลิสมช้าลง ชะลอการเสื่อมสลายของเนื้อเยื่อ เมื่ออุณหภูมิลดลงทุก 10 องศาเซลเซียส อัตราเร็วของปฏิกิริยาชีวเคมีภายในเซลล์สิ่งมีชีวิตจะลดลง 2-4 เท่า และการลดอุณหภูมิจาก 10 องศาเซลเซียสเหลือ 0 องศาเซลเซียส สามารถลดประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ลงครึ่งหนึ่ง (Wiley, 1994) อุณหภูมิต่ำจึงสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลไม้สดไว้ได้ เนื่องจากสามารถชะลออัตราการสุก การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี และการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ (Busta, 1994) รวมถึงช่วยลดอัตราการคายน้ำออกจากผลิตผลสู่บรรยากาศภายนอกลดลง (ดนัย บุณยเกียรติ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2533) แต่อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาจะต้องเหมาะสมกับชนิดของผลไม้นั้น ๆ โดยทั่วไปอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาที่ปลูกในเขตกึ่งร้อน คือ 5-10 องศาเซลเซียส (สายชล เกตุษา, 2528) มีงานวิจัยที่ใช้อุณหภูมิต่ำในการยืดอายุการเก็บผลไม้แปรรูปขั้นต่ำ ดังนี้

Yosof (1993) รายงานว่าฝรั่งทั้งผลสามารถเก็บรักษาได้นานถึง 2 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 0-10 องศาเซลเซียส แต่ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส จะเกิดการเสียหายเนื่องจากความเย็น ทำให้เนื้อฝรั่งช้ำและมีสีดำคล้ำขึ้น อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการเก็บรักษาฝรั่งทั้งผล คือ 7 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 80 โดยสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานถึง 3 สัปดาห์ ในขณะที่การเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 3.5 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดการเสียหายเนื่องจากความเย็นได้

O' Connor-shaw et al. (1994) ได้ศึกษาการใช้อุณหภูมิต่ำในการเก็บรักษาผลไม้แปรรูปขั้นต่ำ 5 ชนิด คือ ฮันนี่ดิว กีวี่ มะละกอสุก สับปะรด และแคนตาลูป ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า กีวี่และมะละกอสุกแปรรูปขั้นต่ำสามารถเก็บรักษาได้นาน 2 วัน แคนตาลูปได้ 4 วัน สับปะรดได้ 11 วัน และฮันนี่ดิวสามารถเก็บได้นาน 14 วัน ตัวบ่งชี้การเน่าเสียของผลไม้แปรรูปขั้นต่ำแต่ละชนิดจะแตกต่างกันเช่น สับปะรดเกิดสีน้ำตาลซึ่งผู้บริโภคไม่ยอมรับ กีวี่เกิดรสขม ส่วนมะละกอสุก สับปะรดและกีวี่เกิดการนิ่มมากขึ้นระหว่างการเก็บรักษา และผลการตรวจสอบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ พบว่า ฮันนี่ดิวมีเชื้อจุลินทรีย์น้อยที่สุด ส่วนมะละกอสุกมีเชื้อจุลินทรีย์มากที่สุด