บทที่ 5

กระบวนการแปรรูปขั้นต้นของอาหาร

(Minimal Processing of Foods)

บทนำ

จากการที่พฤติกรรมของผู้บริโภคมีการเปลี่ยนแปลง โดยผู้บริโภคมีความต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง มีความสด (fresh) หรือใกล้เคียงของสด (fresh like) มากที่สุด ทำให้อุตสาหกรรมการผลิตอาหารมีการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงกระบวนการผลิตหรือเทคโนโลยี รวมทั้งมีการใช้เทคนิคและวิธีการต่างๆ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคมากที่สุด โดยที่ยังคงคุณลักษณะคุณภาพสูงและง่ายต่อการนำไปบริโภคหรือนำไปเป็นส่วนประกอบอาหารอื่นๆ เป็นผลให้เกิดการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่ผ่านกระบวนการแปรรูปขั้นต้น (minimal processing) อย่างต่อเนื่อง นอกจากนั้นจากการที่วัตถุดิบอาหารบางประเภทให้ผลผลิตได้เพียงในช่วงระยะเวลาหนึ่ง กำลังการซื้อของผู้บริโภคและความนิยมของผลิตภัณฑ์แปรรูปขั้นต้นที่เพิ่มสูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงรูปแบบของชีวิต (lifestyles) ซึ่งในปัจจุบันจะต้องปรับตัวให้เข้ากับสังคมที่รีบเร่ง การที่ผู้บริโภคให้ความใส่ใจด้านสุขภาพและความปลอดภัยของอาหารเพิ่มมากขึ้น ทำให้ความต้องการบริโภคของผลิตภัณฑ์แปรรูปขั้นต้น (minimally processed products) เพิ่มสูงขึ้น (Weliti – Chanes et al., 1997) Shewfelt (1987) รายงานว่าแนวคิดของผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปขั้นต้นนั้น เริ่มจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ แต่ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาพบว่าส่วนใหญ่มีการวิจัยและพัฒนาซึ่งเน้นไปที่ผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้แปรรูปขั้นต้น

Alzamora และคณะ (2000) รายงานว่าผักและผลไม้แปรรูปขั้นต้น (minimally processed fruits and vegetables) ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากเป็นที่ทราบของผู้บริโภคโดยทั่วไปว่าการบริโภคผักและผลไม้สดจะให้ประโยชน์แก่ร่างกายและช่วยทำให้ร่างกายแข็งแรง อุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้แปรรูปขั้นต้นนั้น เริ่มต้นจากการเตรียมผักและผลไม้สดไว้ใช้ในโรงแรม

ภัตตาคารและธุรกิจการประกอบอาหารอื่นๆ และเกิดการขยายตัวมาถึงร้านจำหน่ายปลีกเพื่อนำผลิตภัณฑ์เหล่านี้ไปบริโภคในครัวเรือน โดยในปี ค.ศ. 1998 มีรายงานว่าปริมาณการจำหน่ายผักและผลไม้แปรรูปขั้นต้นในประเทศสหรัฐอเมริกามีมูลค่าประมาณ 6 ล้านเหรียญสหรัฐ และคาดว่าจะเพิ่มขึ้นจนถึงประมาณ 20 ล้านเหรียญสหรัฐ ในช่วง 3 - 5 ปีถัดมา นอกจากนั้นยังมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวในตลาดกลุ่มประเทศยุโรปและญี่ปุ่น ทำให้ประเทศผู้ผลิตวัตถุดิบอาหารสดที่มาจากต่างประเทศ ได้เริ่มตระหนักถึงศักยภาพของผลิตภัณฑ์แปรรูปขั้นต้นจากของสดเหล่านี้ จากการขยายตัวของผลิตภัณฑ์แปรรูปขั้นต้น ทำให้เกิดโจทย์การวิจัยเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นมีความคงตัว สามารถยืดอายุการเก็บรักษาและมีความปลอดภัยต่อการบริโภค เนื่องจากมีช่วงเวลาระหว่างการผลิตและการนำไปบริโภคที่เพิ่มขึ้น อาจทำให้เสี่ยงต่ออันตรายจากจุลินทรีย์รวมทั้งอันตรายทางเคมีและกายภาพ ซึ่งในผักและผลไม้แปรรูปขั้นต้นพร้อมรับประทานนั้นจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับอันตรายเนื่องจากจุลินทรีย์ โดยเฉพาะ *Listeria monocytogenes Salmonella Shigella E. coli* สายพันธุ์ที่ก่อให้เกิดโรคทางเดินอาหาร และไวรัส hepatitis A (Nguyen – The และ Carlin,1994) ซึ่งแหล่งที่ปนเปื้อนเชื้อเหล่านี้มาจากผักและผลไม้ที่เป็นวัตถุดิบ พนักงานที่ทำการผลิตและจากสภาพแวดล้อมของกระบวนการผลิต เมื่อนำผักและผลไม้มาผ่านกระบวนการต่างๆ เช่นการปอก ตัดหรือเฉือน จะทำให้ของเหลวภายในเซลล์ไหลออกมา จึงเป็นแหล่งอาหารสำหรับการเจริญของจุลินทรีย์และ/หรือการสร้างสารพิษ (toxin) และจากการที่ผักและผลไม้มีความซื้นค่อนข้างสูงและยังขาดวิธีการแปรรูปที่เหมาะสมที่สามารถทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคได้ รวมทั้งผลจากอุณหภูมิในการเก็บรักษาในระหว่างการเตรียม การขนส่งและจำหน่ายที่ค่อนข้างแปรปรวน ทำให้มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคอาหารเป็นพิษเนื่องจากจุลินทรีย์ค่อนข้างสูง จึงได้มีการพัฒนาและวิจัยผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ขึ้น ทั้งจากสถานศึกษาและหน่วยงานเอกชน รวมทั้งในส่วนของภาคอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง ซึ่งช่วยทำให้เกิดความปลอดภัยในการบริโภคผลิตภัณฑ์ประเภทนี้มากยิ่งขึ้น

อาหารแปรรูปขั้นต้น (minimally processed foods)

อาหารแปรรูปขั้นต้น หมายถึงอาหารที่มีลักษณะใกล้เคียงของสด และผลิตขึ้นเพื่อสนองความต้องการของผู้บริโภคบางส่วน รวมทั้งเป็นอาหารที่มีคุณภาพสูง (high quality foods) ซึ่งเกี่ยวเนื่องกับวิถีชีวิตของผู้คนหรือผู้บริโภคในสังคมปัจจุบันที่เปลี่ยนแปลงและเป็นผลให้พฤติกรรมของผู้บริโภคเปลี่ยนแปลงไปด้วย นอกจากนั้นยังรวมไปถึงความต้องการเฉพาะของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ในอุตสาหกรรมบริการหรืออุตสาหกรรมอาหาร (Alzamora et al.,2000) คำศัพท์หรือเทอมที่ใช้ซึ่งมีความหมายเดียวกับอาหารแปรรูปขั้นต้น ได้แก่ partially processed foods

high moisture shelf stable foods partial preservation treatment และ invisible processing (Weliti – Chanes et al., 1997) ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่มีชื่อเรียกและมีรูปแบบหรือลักษณะที่แตกต่างกันนี้สามารถจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันได้ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ต่างๆ เหล่านี้อาศัยเทคโนโลยีเฮอร์เดิล (hurdle technology) ในการยืดอายุการเก็บรักษา (Tapia et al., 1996) อย่างไรก็ตาม คำจำกัดความของอาหารแปรรูปขั้นต้น ได้มีวิวัฒนาการมาอย่างต่อเนื่อง โดยมีผู้ให้คำจำกัดความเรียงตามลำดับเวลาดังนี้ Roll และ Chism (1987) รายงานว่าอาหารแปรรูปขั้นต้นหมายถึงอาหารที่ผ่านการปฏิบัติต่างๆ เช่น การล้าง (washing) การคัดเลือก (selection) การปอก (peeling) การฝาน (slicing) หรือกระบวนการอื่นๆ ซึ่งกระทำก่อนที่จะนำมาผ่านกระบวนการลวก (blanching) ในสายการผลิตของกระบวนการแปรรูปอาหารแบบวิธีดั้งเดิมและทำให้อาหารยังคงมีเนื้อเยื่อที่มีชีวิต

Shewfelt (1987) รายงานว่าอาหารแปรรูปขั้นต้นหมายถึงผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์สด (meat and fresh products) และกระบวนการใดๆ ซึ่งได้ทำการเพิ่มคุณค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการแปรรูปอาหารแบบดั้งเดิม (เช่น การสับ (chopping) การสีเปลือก (husking) การเจาะแกน (coring) การฉายรังสีปริมาณต่ำ (low level irradiation) และการบรรจุแยกชิ้น (individual packaging) ส่วน Huxoll และ Bolin (1989) ให้คำจำกัดความของอาหารแปรรูปขั้นต้นไว้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ยังคงคุณลักษณะและคุณภาพที่ใกล้เคียงกับของสด และในบางกรณีผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปขั้นต้นอาจเป็นอาหารดิบ (raw) ที่เซลล์เนื้อเยื่อยังคงมีชีวิต แต่คุณลักษณะนี้อาจไม่จำเป็นต้องมีถ้ายังสามารถรักษาความสดของอาหาร (food freshness) ไว้ได้

Wiley (1994a) อาหารแปรรูปขั้นต้นหมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ยังคงมีเนื้อเยื่อที่มีชีวิตหรือเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีสภาพของความสดซึ่งเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย (slight modifications) แต่ยังคงรักษาคุณภาพและลักษณะใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์สด และ Ohlsson (1994) รายงานว่าอาหารแปรรูปขั้นต้น หมายถึงอาหารที่ผ่านวิธีการต่างๆ ที่ทำให้คุณภาพของอาหารเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย (ยังคงลักษณะของความสดไว้) แต่ในขณะเดียวกันก็สามารถที่จะยืดอายุการเก็บรักษาได้ในช่วงระหว่างสถานที่ผลิตไปจนถึงมือผู้บริโภค

จากคำจำกัดความต่างๆ ของอาหารแปรรูปขั้นต้นที่มีผู้เสนอไว้นั้น Welti-Chanes et al. (1997) รายงานว่า Rolle และ Chism ได้นำเสนอโดยเน้นกระบวนการพื้นฐานและสภาพของเนื้อเยื่อที่ยังมีชีวิต ในขณะที่ Shewfelt ได้เพิ่มเติมการฉายรังสีปริมาณต่ำและการบรรจุแยกชิ้น ซึ่งเป็นปัจจัยของการเก็บรักษาที่สามารถคงระดับคุณภาพที่ผู้บริโภคต้องการไว้เช่น แท่งผัก (vegetable sticks)

พีชครึ่งผลแช่เย็น (chilled peach halves) สับปะรดทั้งผลปอกเปลือกเจาะแกน (peeled and cored whole pineapple cylinders) ถั่วสดแกะเปลือก (shelled fresh legumes) และอาหารเย็นและเครื่องดื่มที่เตรียมและเก็บรักษาโดยการแช่เย็น และนักวิจัยท่านนี้ได้รวมกระบวนการแช่เย็น (refrigeration) ซึ่งเป็นการถนอมรักษาอาหารวิธีหนึ่งเข้ามาด้วย โดยจะเห็นได้จากผลิตภัณฑ์แปรรูปขั้นต้นที่วางจำหน่ายในปัจจุบัน ในส่วนของ Huxoll และ Bolin นั้นได้เน้นถึงจุดที่สำคัญได้แก่ การที่อาหารแปรรูปขั้นต้นนั้นไม่จำเป็นต้องเป็นเนื้อเยื่อที่ยังมีชีวิต แต่ให้ความสำคัญต่อการรักษาความสดของอาหารไว้ นอกจากนั้นอาหารประเภทนี้ไม่จำเป็นต้องนำมาใช้รับประทานโดยตรงทันที แต่อาจเป็นอาหารแปรรูปที่ยังคงลักษณะของความสดและนำไปเปลี่ยนแปลงหรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปอื่นๆ ต่อไปโดยใช้กระบวนการแปรรูปอาหารแบบดั้งเดิมต่างๆ ในส่วนคำจำกัดความของ Wiley ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ได้กับผักและผลไม้แปรรูปขั้นต้นนั้น ได้ให้ความสำคัญในด้านคุณลักษณะความสดเช่นเดียวกับ Huxoll และ Bolin นอกจากนั้นยังได้นำเสนอการใช้ความเย็น การดัดแปลงและควบคุมบรรยากาศในภาชนะบรรจุ เพื่อเป็นปัจจัยของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ และในส่วนของ Ohlsson นั้นได้เพิ่มเติมส่วนที่สำคัญและจำเป็นในกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์เพื่อให้สามารถรักษาคุณภาพไว้ได้ในระหว่างการเก็บรักษาไปจนถึงมือผู้บริโภค

จากที่กล่าวมาแล้วเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปขั้นต้น เป็นผลให้บรรดาผู้ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตอาหารได้เกิดความคิดเกี่ยวกับกระบวนการแปรรูปขั้นต้น (minimal processing) โดยมีการนำเทคโนโลยีแบบต่างๆ รวมทั้งการนำหลายเทคโนโลยีมาใช้ร่วมกันเพื่อทำการผลิตอาหารประเภทนี้ให้เกิดความหลากหลายมากขึ้น ได้แก่ วิธีการใช้ความร้อนร่วมกับการบรรจุโดยการลดปริมาณอากาศและการแช่เย็น การบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศร่วมกับการแช่เย็น กระบวนการใช้ความร้อนสูงและเวลาสั้น (high temperature and short time processes) และการฉายรังสีภายหลังการบรรจุ (Ronk et al., 1989) นอกจากนั้นยังได้มีการนำเทคโนโลยีใหม่มาประยุกต์ใช้ เช่น กระบวนการแปรรูปอาหารโดยไม่ใช้ความร้อน (nonthermal processes) และเทคโนโลยีเฮอร์เดิล (hurdle technology) ซึ่ง Knorr (1993) รายงานว่าการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารประเภทนี้ทั้งปัจจุบันและในอนาคตจะต้องใช้ปัจจัยหรือวิธีการต่างๆ ที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษา (preservation factors) ร่วมกัน ทั้งที่เป็นวิธีการดั้งเดิม เช่น การใช้ความเย็นหรือการใช้ความดันสูง (high pressure) และ Wiley (1994a) ได้เพิ่มคำว่าแช่เย็น (refrigeration หรือ chilling) โดยเพิ่มเติมจากคำเรียกผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่เดิมกลายเป็นผักและผลไม้แปรรูปขั้นต้นแช่เย็น (minimally processed refrigerated fruits and vegetables) โดยให้เหตุผลว่าการแช่เย็นเป็นกระบวนการยืดอายุการเก็บรักษาที่จำเป็นต้องกระทำเพื่อรักษาคุณภาพ และความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์

ประเภทนี้และได้เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้แปรรูปขั้นต้นแช่เย็นและผลิตภัณฑ์แปรรูปแบบดั้งเดิม แสดงดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างผักและผลไม้แปรรูปขั้นต้นและผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปแบบดั้งเดิม

ชนิดของอาหารแปรรูป	**อาหารสด**	**อาหารแปรรูปขั้นต้น**	**อาหารแช่เย็น**	**อาหารฉายรังสี**	**อาหารทำแห้ง**	**อาหารที่ใช้ความร้อนในการยืดอายุการเก็บรักษา**
คุณภาพผลิตภัณฑ์	สด	ใกล้เคียงของสด	เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย	เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย	เปลี่ยนแปลงเล็กน้อยถึงมาก	เปลี่ยนแปลงมาก
กระบวนการและวิธีการ	มักจะไม่มีขั้นตอนหรือกระบวนการ	ผ่านการแปรรูปขั้นต้นและใช้วิธีการต่างๆในการยืดอายุการเก็บรักษา	ผ่านการแปรรูปและใช้ความเย็น	ผ่านการแปรรูปและฉายรังสี	ผ่านการแปรรูปและทำแห้งหรือลดปริมาณน้ำ	ผ่านการแปรรูปและใช้ความร้อน
การเก็บรักษาและอายุการเก็บรักษา	ไม่ใช้ความเย็นและอาจไม่มีอายุการเก็บรักษา	ต้องใช้การแช่เย็น	ต้องใช้การแช่เย็นหรือแช่เยือกแข็ง	ต้องใช้การแช่เย็นหรืออาจเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิห้อง	มักเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอายุการเก็บนาน	เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและมีอายุการเก็บรักษานาน
ภาชนะบรรจุ	อาจใช้หรือไม่ใช้ภาชนะบรรจุ	ต้องใช้ภาชนะบรรจุ	ต้องใช้ภาชนะบรรจุ	ต้องใช้ภาชนะบรรจุ	ต้องใช้ภาชนะบรรจุ	ต้องใช้ภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

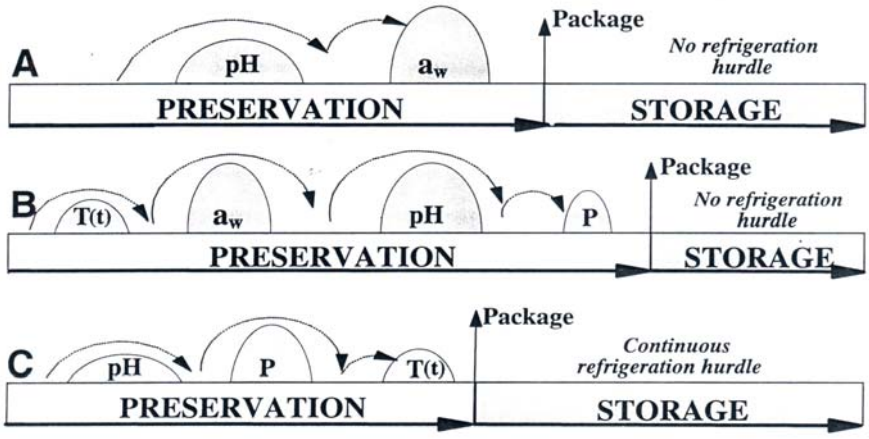
ที่มา : Wiley (1994a)

นอกจากนั้น Tapia และคณะ (1996) ได้ขยายความคำจำกัดความของกระบวนการแปรรูปขั้นต้นโดยใช้ข้อมูลจากกลุ่มวิจัยทางด้านผลิตภัณฑ์ผลไม้แปรรูปขั้นต้นแสดงดังตารางที่ 5.2 จากตารางจะเห็นว่ามีผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ที่เรียกว่าผลิตภัณฑ์ผลไม้ความชื้นสูง (high moisture fruit products, HMFP) ซึ่งนอกเหนือจากผ่านขั้นตอนการแปรรูปขั้นต้นแล้วยังรวมไปถึงการควบคุมค่า A_w และความชื้น รวมทั้งการเติมสารเจือปนอาหาร จากตารางดังกล่าวยังระบุความแตกต่างของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดได้แก่ ผลไม้ที่มีความชื้นปานกลาง (intermediate moisture fruits, IMF) ผลไม้แปรรูปขั้นต้นแช่เย็น (minimally processed refrigerated fruits, MPRF) และผลไม้ความชื้นสูงแปรรูปขั้นต้น (high moisture fruits product, HMFP) ไว้อย่างละเอียด โดยเฉพาะค่า

ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างระบบการยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้ตามลักษณะของกระบวนการและผลิตภัณฑ์

กระบวนการ/เทคโนโลยี	A_w	คุณภาพโดยรวม	ความคงตัวของผลิตภัณฑ์	การเติมสารกันเสีย	กระบวนการและวิธีการแปรรูป	การลวก	การบรรจุ
ผลไม้ที่มีความชื้นปานกลาง (IMF)	0.75 – 0.92	เปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจนถึงมาก	มักจะเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิห้อง	ซัลไฟต์ ซอร์บิก ซิตริก แอสคอร์บิก	ปอก เจาะ แกน ฝาน จุ่มในสารละลาย และทำแห้ง	ส่วนใหญ่ต้องกระทำ	ต้องการการบรรจุ
ผลไม้แปรรูปขั้นต้นแช่เย็น (MPRF)	0.97 – 0.99	ใกล้เคียงของสด	ต้องใช้การแช่เย็น	อาจใช้ (เช่น แอสคอร์บิก)	ปอก เจาะ แกน ฝาน จุ่มในสารละลาย และทำแห้ง	อาจกระทำ	ต้องการการบรรจุแบบดัดแปลงหรือควบคุมบรรยากาศ
ผลไม้ความชื้นสูงแปรรูปขั้นต้น (HMFP)	0.93 – 0.98	ใกล้เคียงของสดถึงเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย	เก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิห้อง	ซัลไฟต์ ซอร์บิก ซิตริก แอสคอร์บิก	ปอก เจาะ แกน ฝาน จุ่มในสารละลาย และทำแห้ง	ส่วนใหญ่กระทำ	ต้องการการบรรจุ

ที่มา : Tapia et al. (1994)



ภาพที่ 5.1 การใช้เฮอร์เดิลในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ (A –ผลไม้ความชื้นปานกลาง (IMF) B- ผลไม้ความชื้นสูง (high moisture fruits) และ C – ผลไม้แปรรูปขั้นต้นแช่เย็น)

ที่มา : Welti-Chanes et al. (1997)

A_w และรวมทั้งการประยุกต์ใช้ปัจจัยหรือเฮอร์เดิล (hurdle) ต่างๆ ในการยืดอายุการเก็บรักษาซึ่งแสดงดังภาพที่ 5.1

จากภาพที่ 5.1 จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นปานกลางซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของความสดไปมากเนื่องจากค่า A_w มีการเปลี่ยนแปลง โดยมีการลดจากเดิมลงไปมาก นอกจากนั้นยังได้ได้มีการใช้ปัจจัยอื่นๆ ร่วมกันในการยืดอายุการเก็บรักษาเช่น การใช้ความร้อนในระดับต่ำ [T(t)] การปรับลดค่า pH และการเติมสารเจือปน (P หรือการแช่เย็น) ซึ่งทำให้ลดระดับความเข้มของเฮอร์เดิลเดิมลงจนกลายเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเฉพาะดังกล่าวในที่สุด

Ohlsson (1994) ได้รวบรวมวิธีการขั้นต้นที่นำมาประยุกต์ใช้ในขั้นตอนต่างๆ ในห่วงโซ่ของการผลิตอาหาร ตั้งแต่การเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตรไปจนถึงการบรรจุและการแปรรูปผลิตภัณฑ์พร้อมรับประทาน (ready to eat product) และการประยุกต์ใช้รวมทั้งกลไกของวิธีการแปรรูปขั้นต้นในกระบวนการต่างๆ แสดงดังตารางที่ 5.3 และต่อมา Welti – Chanes et al. (1997) ได้เพิ่มเติมวิธีการ การประยุกต์ใช้กับอาหาร รวมทั้งกลไกที่เกิดขึ้น เช่น การใช้เอนไซม์ในผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มเพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ การใช้สารยับยั้งจุลินทรีย์จากธรรมชาติ (natural antimicrobials) ในผลิตภัณฑ์ผลไม้แปรรูปขั้นต้นในการยับยั้งเชื้อราและยีสต์ การใช้วิธีการต่างๆ ร่วมกัน (combined methods) เช่น ใช้ความร้อนในระดับต่ำร่วมกับการควบคุมค่า pH และการใช้สารกันเสีย (preservatives) ในผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้สดหรือบด (puree) เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นและลดกิจกรรมของเอนไซม์ ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และการเสื่อมเสียและป้องกันการเปลี่ยนแปลงของสี รวมทั้งเนื้อสัมผัสและการแช่เย็นในผลิตภัณฑ์ของสดส่วนใหญ่เพื่อชะลอการเสื่อมเสียของอาหารทางด้านต่างๆ

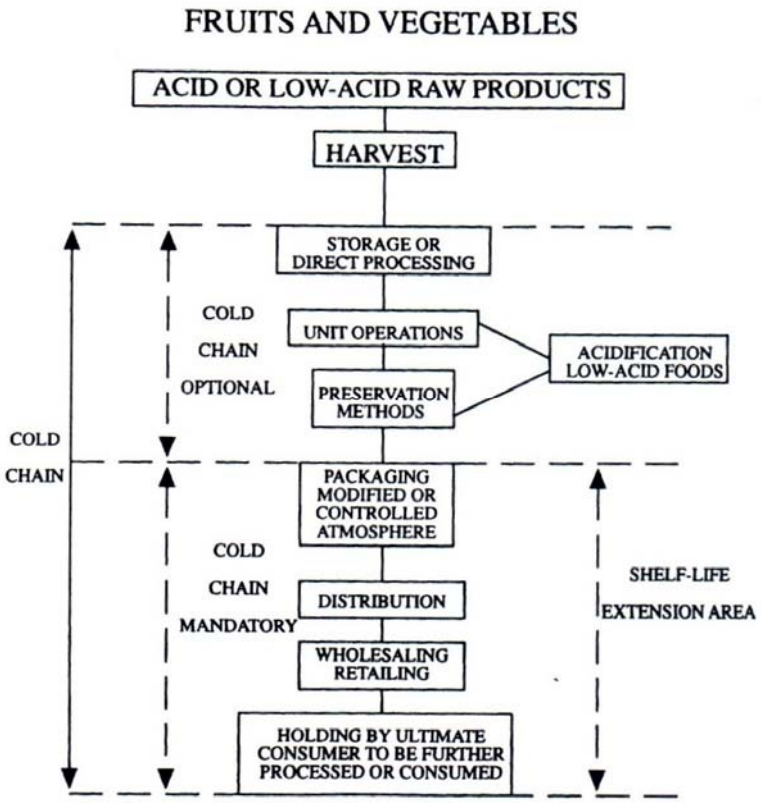
ผักและผลไม้แปรรูปขั้นต้น (minimally processed fruits and vegetables)

ในปัจจุบันผักและผลไม้แปรรูปขั้นต้นเป็นผลิตภัณฑ์ที่สำคัญประเภทหนึ่งในผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปขั้นต้นซึ่งกำลังเป็นที่นิยมมากขึ้นและมีการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (Wiley, 1994a) โดยทำให้เกิดความสะดวกต่อผู้บริโภคและมีการผลิตกันมากในประเทศแถบยุโรปตะวันตก ญี่ปุ่น และสหรัฐอเมริกา ดังที่ได้กล่าวมาบ้างแล้วเกี่ยวกับลักษณะของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ในตอนต้น สำหรับกระบวนการผลิตผักและผลไม้แปรรูปขั้นต้นแช่เย็นโดยทั่วไปแสดงดังภาพที่ 5.2 จากภาพแสดงขั้นตอนของการผลิตผลิตภัณฑ์โดยเริ่มตั้งแต่การเก็บเกี่ยวจนถึงมือผู้บริโภค กระบวนการผลิต

ตารางที่ 5.3 กระบวนการ การประยุกต์ใช้และกลไกต่างๆ ของวิธีการแปรรูปขั้นต้น

กระบวนการ	การประยุกต์ใช้	กลไก
การควบคุมบรรยากาศขณะเก็บรักษา	การเก็บรักษาผักและผลไม้สดปริมาณมาก	ยับยั้งจุลินทรีย์ (ชนิดใช้หรือไม่ใช้อากาศ) ลดอัตราการหายใจ
การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว	ผักสด	
การใช้คลอรีนในน้ำล้าง		ยับยั้งจุลินทรีย์
การใช้สารรีดิวส์		ป้องกันการออกซิเดชัน
การใช้สารกันเสีย		ยับยั้งจุลินทรีย์
การใช้ divalent ions		ปรับปรุงเนื้อสัมผัส
เทคโนโลยี clean room	เนื้อสัตว์และปลา	ลดปริมาณจุลินทรีย์ปนเปื้อน
การใช้จุลินทรีย์ (แบคทีเรียแลกติก)	ผลิตภัณฑ์นม ไส้กรอก	สารแบคทีริโอซินจากจุลินทรีย์ช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์อื่นๆ
กระบวนการไม่ใช้ความร้อน		
การใช้ความดันสูง	ผลิตภัณฑ์ต่างๆ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์จากผลไม้	ทำลายจุลินทรีย์เนื่องจากความดันสูง
การฉายรังสี	ผลิตภัณฑ์ต่างๆ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์จากผลไม้ สัตว์ปีกและเครื่องเทศ	ลดการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์
การใช้สนามไฟฟ้าแรงสูงแบบจังหวะ	ผลิตภัณฑ์ต่างๆ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์จากผลไม้	ทำลายจุลินทรีย์เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของประจุไฟฟ้า
กระบวนการใช้ความร้อนแบบใหม่	ผลิตภัณฑ์ต่างๆ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปหรือพร้อมรับประทาน	การใช้ระบบการให้ความร้อนแบบใหม่ช่วยลดจุลินทรีย์ รวมทั้งคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น รักษากลิ่นรสหรือรสชาติ
โอมมิค		
การใช้คลื่นความถี่สูง		
การใช้ไมโครเวฟ		
เทคโนโลยี sous vide		
การใช้เทคโนโลยีการบรรจุแบบใหม่		
การบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศ	เนื้อสัตว์และปลา อาหารพร้อมรับประทาน	ยับยั้งจุลินทรีย์ (ชนิดใช้หรือไม่ใช้อากาศ) ลดอัตราการหายใจ
การใช้ active packaging	ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ผักและผลไม้สด	
สารเคลือบที่รับประทานได้	อาหารแห้ง อาหารแช่เยือกแข็งและอาหารที่มีความชื้นปานกลาง	ป้องกันออกซิเจน การสูญเสียความชื้นและกลิ่นรส

ที่มา : Ohlsson (1994)

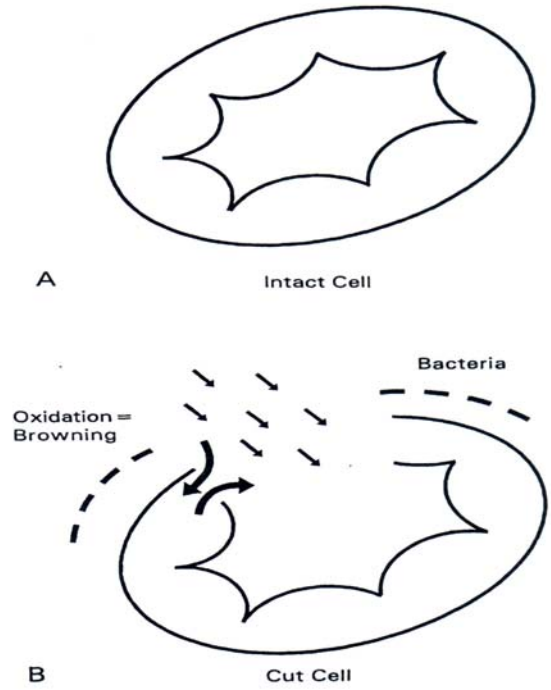


ภาพที่ 5.2 กระบวนการผลิตผักและผลไม้แปรรูปขั้นต้นแช่เย็น

ที่มา : Wiley (1994a)

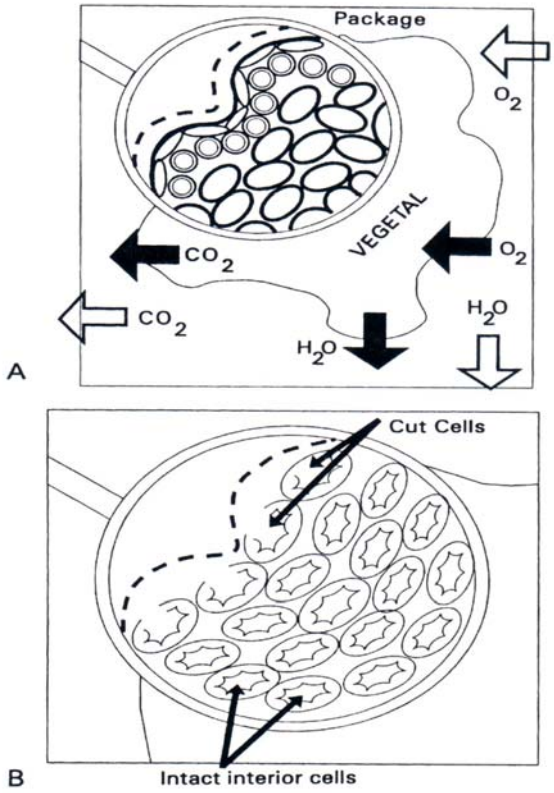
ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมักกระทำที่อุณหภูมิต่ำโดยอาศัยความเย็นตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการผลิต ช่วงระหว่างกระบวนการผลิตและระหว่างการขนส่งและการเก็บรักษาเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่เสื่อมเสียง่าย โดยเนื้อเยื่อของผักและผลไม้ยังคงมีชีวิตและมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น เนื่องจากผ่านการปอก ตัดแต่งและกระบวนการขั้นต้นอื่นๆ เป็นผลให้เกิดเซลล์ฉีกขาด (cut cell) แสดงดังภาพที่ 5.3

จากภาพที่ 5.3 จะเห็นว่าเซลล์ปกติจะทนทานต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ได้ดีกว่าเซลล์ฉีกขาดและภาพที่ 5.4 แสดงเซลล์ของผักแปรรูปขั้นต้นที่บรรจุในภาชนะบรรจุ ทั้งที่เป็นเซลล์ปกติ (A) และเซลล์ฉีกขาด (B) ซึ่งทำให้มีผลกระทบต่อการแลกเปลี่ยนแก๊ส (gas exchange) ระหว่างภายในและภายนอกภาชนะบรรจุ โดยส่วนใหญ่แล้วผักและผลไม้สด (fresh raw intact fruits and vegetables) อาจใช้หรือไม่ใช้ความเย็น (refrigeration) และการบรรจุ (packaging) ในการเก็บรักษาแต่สำหรับผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้แปรรูปขั้นต้นแล้วจำเป็น ต้องใช้วิธีการทั้งสองวิธีเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและคงสภาพความสดไว้



ภาพที่ 5.3 เซลล์ของผักและผลไม้ (A – เซลล์ปกติ (intact cell) และ B - เซลล์ฉีกขาด (cut cell))

ที่มา : Wiley (1994a)



ภาพที่ 5.4 เซลล์ของผักแปรรูปขั้นต้นที่บรรจุในภาชนะบรรจุ (A – เซลล์ผักปกติ (intact cell) ภายในภาชนะบรรจุ และ B - เซลล์ผักฉีกขาด (cut cell) บางส่วน)

ที่มา : Wiley (1994a)

Wiley (1994a) รายงานว่าเป็นการยากในการแบ่งแยกความแตกต่างระหว่างผักและผลไม้สดและผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้แปรรูปขั้นต้น โดยยกตัวอย่างแอปเปิ้ลทั้งผลที่เก็บรักษาโดยการควบคุมบรรยากาศ (CA storage) อาจไม่จัดว่าเป็นผลิตภัณฑ์ผลไม้แปรรูปขั้นต้น ในขณะที่ชิ้นแอปเปิ้ลที่ยืดอายุการเก็บรักษาโดยใช้กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) และเกลือแคลเซียม (calcium salts) และนำไปแช่เย็นถือว่าเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทนี้หรือในกรณีแตงกวาทั้งผลที่ทำความสะอาดและนำมาเคลือบผิว (waxed) ซึ่งอาจจัดว่าไม่เข้าข่ายเป็นผักแปรรูปขั้นต้น เนื่องจากไม่มีเซลล์ผักที่ฉีกขาดถึงแม้ว่าจะมีการใช้การบรรจุก็ตาม ในขณะที่ชิ้นแตงกวา (slices) ซึ่งมีอายุการเก็บรักษาที่สั้นกว่ามากจัดว่าเป็นผักแปรรูปขั้นต้น ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้แปรรูปขั้นต้นไม่ควรรวมถึงผักหรือผลไม้ที่มีลักษณะเป็นเซลล์ปกติหรือไม่ฉีกขาด ที่อาจผ่านกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การคัดขนาด การล้าง การเคลือบผิว การเก็บรักษาโดยการควบคุมหรือดัดแปลงบรรยากาศ เป็นต้น

Yildiz (1994) รายงานว่าผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้แปรรูปขั้นต้นโดยส่วนใหญ่มักผลิตจากผลผลิตที่ออกตามฤดูกาลและแหล่งของวัตถุดิบมักจะอยู่ห่างจากเขตที่มีการบริโภค (consumption areas) ซึ่งเป็นเขตที่มีลักษณะทางภูมิศาสตร์เฉพาะ ซึ่งทำให้สามารถผลิตวัตถุดิบในปริมาณมากและมีคุณภาพที่ดีขึ้นกว่าเดิม ในปัจจุบันระบบการผลิตผักและผลไม้สด การเก็บรักษา กระบวนการผลิต กระบวนการบรรจุและเทคโนโลยีสมัยใหม่ ทำให้สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตที่เป็นวัตถุดิบส่วนใหญ่ได้ตลอดปีและกระบวนการแปรรูปผักและผลไม้ขั้นต้นที่เหมาะสมจะช่วยทำให้ลดพลังงาน ลดปัญหาทางสิ่งแวดล้อม รวมทั้งต้นทุนการผลิต ในขณะที่จะช่วยทำให้คุณภาพผลิตภัณฑ์ทางด้านต่างๆ โดยรวมสูงสุด ผักและผลไม้ส่วนใหญ่ที่มนุษย์นำมาใช้บริโภคมีประมาณ 200 สปีชีส์ ซึ่งจะมีความแตกต่างทางด้านคุณภาพและอายุการเก็บรักษาที่ขึ้นอยู่กับสภาวะต่างๆ ได้แก่ สภาวะก่อนการเก็บเกี่ยว (preharvest) ระหว่างการเก็บเกี่ยว (harvest) และหลังการเก็บเกี่ยว (postharvest) โดยแบ่งเป็นหัวข้อต่างๆ ได้ดังนี้

1) ปัจจัยที่ควบคุมพันธุกรรม (genetically controlled factors) ได้แก่ cultivar และ strain
2) สภาพอากาศ (climatic conditions) เช่น แสงแดด อุณหภูมิ ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) กระแสลม ปริมาณน้ำฝน และอื่นๆ
3) สภาพดิน (soil conditions) ได้แก่ ชนิด ค่า pH ปริมาณความชื้น ปริมาณจุลินทรีย์ องค์ประกอบของแร่ธาตุ และอื่นๆ

4) ทักษะทางการเกษตร (agricultural practices) เช่น การใช้ปุ๋ย สารกำจัดแมลง สารควบคุมการเจริญของต้นไม้ การชลประทาน (irrigation) และการผสมเกสรดอกไม้ เป็นต้น
5) การเก็บเกี่ยว (harvesting) เช่น การใช้เครื่องมือในการเก็บเกี่ยว การเก็บเกี่ยวด้วยมือ อุณหภูมิขณะเก็บเกี่ยว เป็นต้น

ก่อนกระทำการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้เพื่อนำมาใช้บริโภคหรือแปรรูปนั้น Wills และคณะ (1998) ; Yildiz (1994) ; จริงแท้ (2544) ได้รายงานถึงดัชนีความบริบูรณ์ (maturity index) ของผลผลิตโดยทั่วไป ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละชนิดของผักและผลไม้ ดังนี้

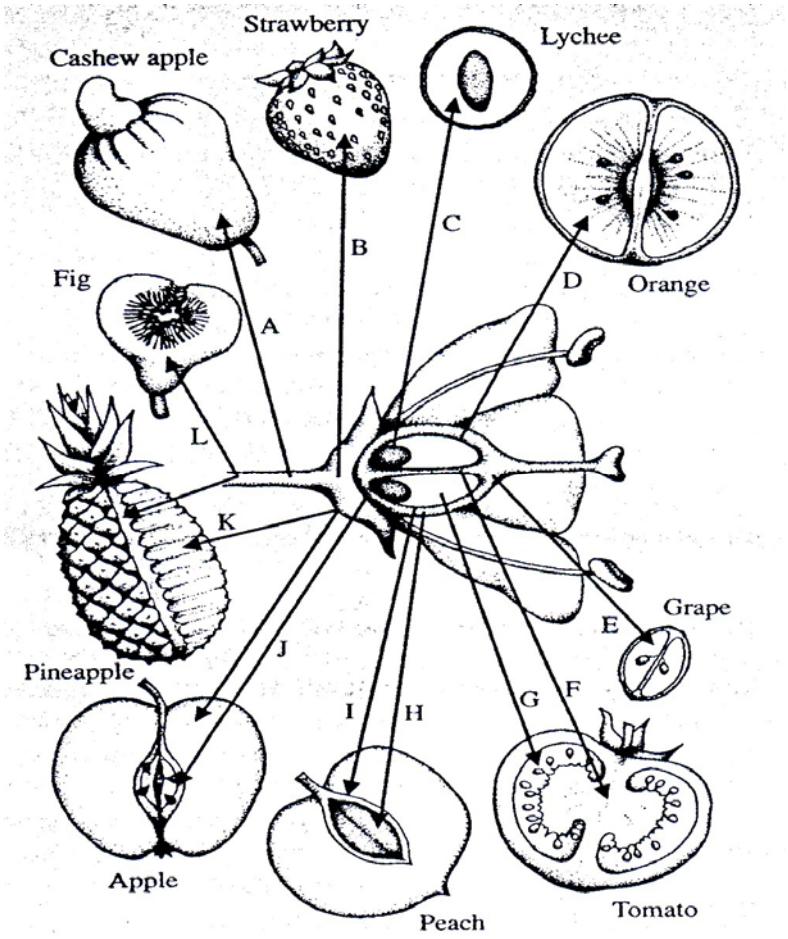
1) การเปลี่ยนแปลงของสี (color break)
2) ปริมาณน้ำคั้นที่น้อยที่สุด (minimum juice content) โดยปริมาณน้ำสะสมในแวคิวโอล (vacuole) จะเพิ่มขึ้นตามอายุของผลไม้ ซึ่งเห็นได้ชัดเจนในผลไม้ประเภทส้ม
3) ปริมาณกรดน้อยที่สุด (minimum acid content) โดยที่ผลไม้ส่วนใหญ่มักมีรสเปรี้ยวเนื่องจากการสะสมของกรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ ในแวคิวโอล เมื่อผลพัฒนาสู่ระยะบริบูรณ์ ปริมาณกรดจะลดลง ซึ่งใช้เป็นดัชนีความบริบูรณ์ได้
4) ปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้น้อยที่สุด (minimum percentage of total soluble solids) ซึ่งเป็นปริมาณรวมของแข็งที่ละลายน้ำได้ รวมทั้งกรดอินทรีย์ต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นน้ำตาล แต่สำหรับผลไม้ที่มีรสเปรี้ยวมีกรดสะสมอยู่มาก การวัดปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้อาจให้ค่าที่ไม่ถูกต้องนัก
5) อัตราส่วนระหว่างบริกซ์และปริมาณกรด (Brix/acid ratio) เนื่องจากการใช้ปริมาณกรดอย่างเดียวหรือน้ำตาลเพียงอย่างเดียวเป็นดัชนีระยะบริบูรณ์อาจมีความสอดคล้องกับวัยไม่ดีนัก โดยมีการศึกษาในพืชหลายชนิดพบว่าการใช้อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำตาลกับกรด (sugar/acid ratio)มีความสัมพันธ์กับวัยของผลไม้มากกว่า โดยเฉพาะในผลไม้ที่มีการสะสมของน้ำตาลและกรดในปริมาณที่สูง
6) รสชาติที่พอเหมาะ (optimum flavor development) โดยการทดสอบชิม
7) การหลุดร่วงออกจากต้น (abscission) โดยผลไม้หลายชนิดจะสร้างเนื้อเยื่อพิเศษ (เรียกว่า abscission tissue หรือ abscission layer) บริเวณรอยต่อระหว่างผลกับกิ่งเมื่อถึงระยะบริบูรณ์ ซึ่งเนื้อเยื่อบริเวณนี้มักบอบบางและยึดเกาะกันอย่างหลวมๆ ทำให้ผลหลุดจากกิ่งได้ง่ายเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำ

8) การเกิดไข (wax) บนผิวของผลไม้ โดยอาจเห็นเป็นนวลหรือไขมากขึ้นเมื่อผลบริบูรณ์
9) การอ่อนนุ่มของผล เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบเพคติก (pectic substances)
10) ขนาด (size) และรูปร่าง (shape) ของผล โดยผลไม้หลายชนิดมีรูปร่างเปลี่ยนแปลงระหว่างการเจริญเติบโต เมื่อถึงระยะบริบูรณ์จะสามารถสังเกตเห็นรูปร่างลักษณะเฉพาะได้ ส่วนขนาดนั้นพบว่าในผลไม้ เป็นดัชนีที่ไม่ดีนักเพราะขนาดผล ขึ้นกับความสมบูรณ์ของต้นและปริมาณการติดผล ในส่วนของผักพบว่าขนาดมักใช้เป็นดัชนี โดยขนาดที่เหมาะสมต้องไม่เล็กเกินไป จนทำให้ผลผลิตที่ได้ต่ำลงและไม่ใหญ่เกินไปจนทำให้คุณภาพในการบริโภคลดลง
11) Heat units เป็นการคำนวณโดยอาศัยการนับเวลาการเจริญของพืชหรือส่วนของพืชร่วมกับการใช้อุณหภูมิระหว่างการเจริญเติบโต โดยการคำนวณปริมาณความร้อนสะสม (accumulated heat unit) ซึ่งมีสมมุติฐานว่าพืชหรือส่วนของพืชนั้นจะเจริญเติบโตเฉพาะในช่วงที่มีอุณหภูมิเหมาะสม ดังนั้นพืชจะเจริญถึงช่วงบริบูรณ์ได้ จะต้องผ่านช่วงอุณหภูมิดังกล่าวเป็นระยะเวลาหนึ่ง

ทั้งนี้ดัชนีที่กล่าวมาแล้วส่วนใหญ่ใช้กับผลไม้ เพราะการเก็บเกี่ยวผลไม้มักจะกระทำก่อนที่ผลไม้จะนำมาบริโภคได้ ส่วนผักมักเก็บเกี่ยวในระยะที่บริโภคได้แล้วและลักษณะต่างๆ เห็นได้ชัดเจนแล้วจึงมีดัชนีไม่มาก (จริงแท้, 2544) ในส่วนของความแตกต่างระหว่างผักหรือผลไม้ อาจจำแนกได้หลายทางโดยมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการเก็บรักษาภายหลังการเก็บเกี่ยว (postharvest storage) และการปฏิบัติในกระบวนการแปรรูป (processing operations) โดย Wills และคณะ (1998) ได้แสดงผลไม้ชนิดต่างๆ ที่เจริญมาจากส่วนต่างๆ ของดอกไม้ดังภาพที่ 5.5 และผักชนิดต่างๆ ที่เจริญมาจากส่วนต่างๆ ของลำต้นดังภาพที่ 5.6 ตามลำดับ

จากภาพที่ 5.5 จะเห็นว่าผลไม้แต่ละชนิดเจริญและพัฒนามาจากเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของดอก ทำให้เห็นโครงสร้างของผลเมื่อเจริญเต็มที่แตกต่างกัน การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวและการตอบ สนองต่อการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวก็แตกต่างกันด้วย ส่วนภาพที่ 5.6 แสดงให้เห็นว่าผักชนิดต่างๆ มีการเจริญและพัฒนามาจากเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของต้นพืชแตกต่างกันไปมากกว่าผลไม้ การเปลี่ยนแปลงตลอดจนการปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวของผักแต่ละชนิดจึงแตกต่างกันไปมากกว่าผลไม้ ในการแปรรูปผักและผลไม้ขั้นต้นหรือผลไม้สดพร้อมบริโภคนั้น ผลผลิตที่เหมาะกับการแปรรูปพร้อมบริโภคได้แก่ผลที่มีขนาดใหญ่ทำให้ไม่สะดวกเวลาซื้อ ผลผลิตที่มีราคาสูงและถ้า

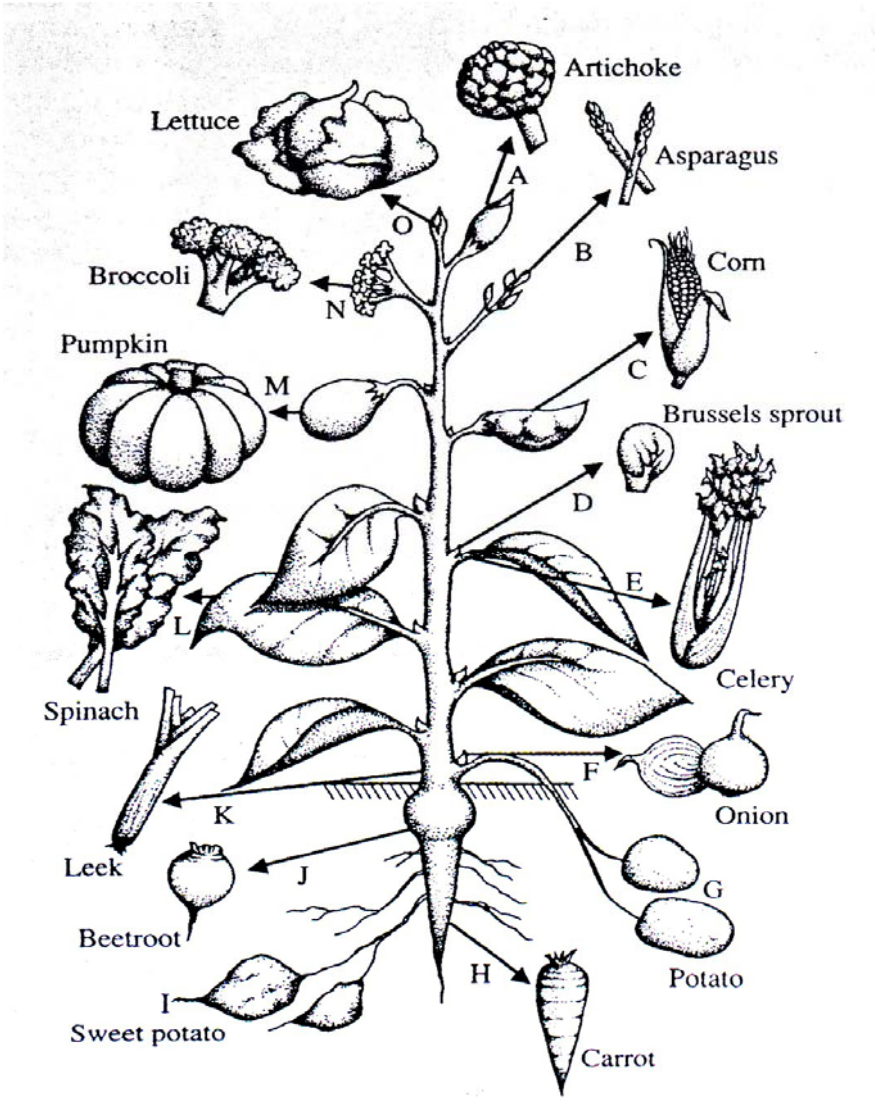
มีขนาดใหญ่ทำให้มีผลเสียในการดึงดูดความสนใจของลูกค้า ผลไม้ที่ตรวจสอบคุณภาพภายในยากหรือตรวจสอบคุณภาพไม่ได้จากภายนอก ผลผลิตที่มีความยากในการปอก ผลผลิตที่มีส่วนเปลือกหรือส่วนที่รับประทานไม่ได้มีปริมาณมาก รวมทั้งผลผลิตหลายอย่างที่มีปัญหาเรื่องการเข้าทำลายของแมลงวันผลไม้ ทำให้ส่งจำหน่ายต่างประเทศไม่ได้ การแปรรูปผักและผลไม้สดพร้อมบริโภคจึงอาจช่วยแก้ปัญหานี้ (จริงแท้, 2544)



ภาพที่ 5.5 ผลไม้ชนิดต่างๆ ที่เจริญมาจากส่วนต่างๆ ของดอกไม้

ที่มา : Wills et al. (1998)

พรทิพย์ (2540) รายงานถึงกระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นในผลผลิตสดภายหลังการเก็บเกี่ยวซึ่งจากการที่ผลผลิตเหล่านี้ยังมีชีวิตอยู่ จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางสรีรวิทยาและชีวเคมีเพื่อนำไปสู่ระยะบริบูรณ์ (maturity) และการชราภาพ (senescence) ซึ่งอัตราเร็วของการสูญเสียผลผลิตแต่ละชนิดจะแปรผันตามธรรมชาติของกระบวนการต่างๆ ได้แก่



ภาพที่ 5.6 ผักชนิดต่างๆ ที่เจริญมาจากส่วนต่างๆ ของลำต้น

ที่มา : Wills et al. (1998)

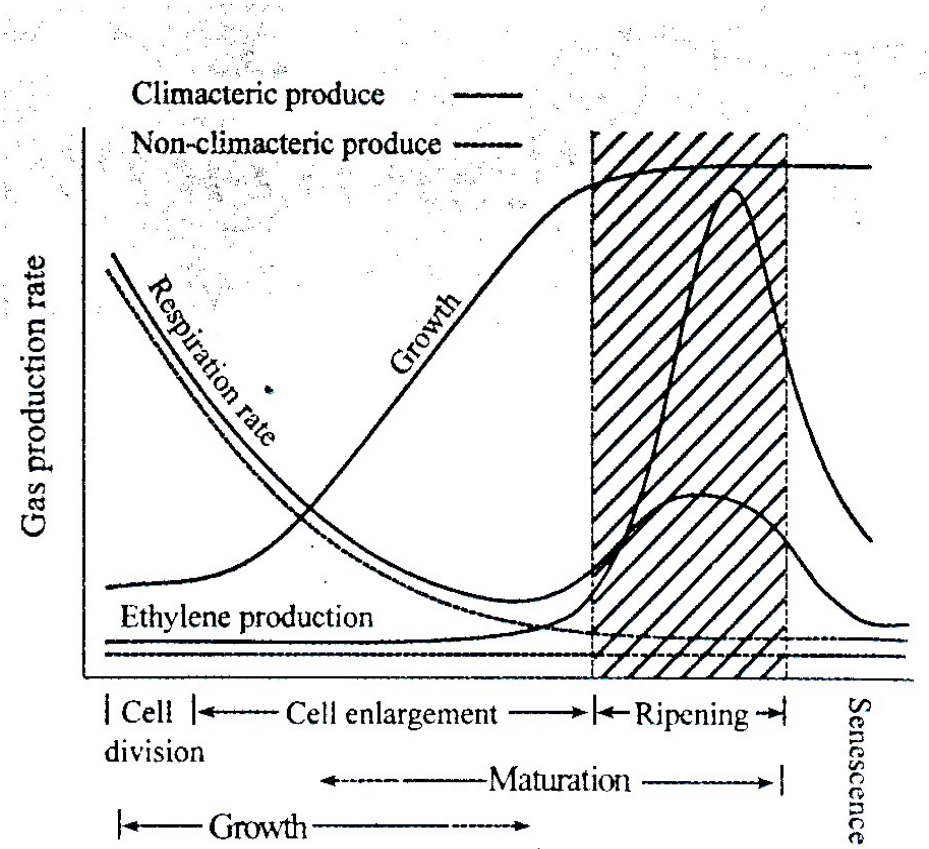
1) กระบวนการหายใจ ซึ่งเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงของชีวโมเลกุลต่างๆ โดยการใช้ออกซิเจนและปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ผลผลิตภายหลังการเก็บเกี่ยวจึงสูญเสียสารอาหารที่สะสมไว้ ทำให้ปริมาณและคุณภาพลดลง

2) การผลิตแก๊สเอทธิลีน แก๊สเอทธิลีนมีคุณสมบัติเป็นฮอร์โมนพืชและทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการต่างๆ ทางสรีรวิทยา เช่นการเจริญเติบโตและการพัฒนาของต้นพืช การออกดอก การเร่งการงอกของราก การเร่งการบานของดอกไม้และการเร่งการออกผล โดยปกติแก๊สเอทธิลีนจะถูกสังเคราะห์เพิ่มขึ้นเมื่อผลผลิตนั้นมีอายุแก่จัด หรืออยู่ใน

สภาวะเครียด เช่น มีบาดแผล มีเชื้อโรคหรือมีอุณหภูมิสูงขึ้น การลดปริมาณเอทธิลีนสามารถกระทำได้หลายวิธี เช่น การใช้สารดูดเอทธิลีน การลดอุณหภูมิและการควบคุมองค์ประกอบของบรรยากาศขณะเก็บรักษา

3) การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบ เช่น การเปลี่ยนแปลงของกลิ่นรสและรสชาติซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของผลผลิตและเกิดเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงชนิดและปริมาณน้ำตาล กรดอินทรีย์ สารประกอบฟีนอลิกและสารระเหยบางชนิด โดยปกติปริมาณกรดจะลดลงในขณะที่ผลผลิตเริ่มสุกเนื่องจากมีการใช้เพื่อการหายใจ ส่วนปริมาณน้ำตาลจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากการสลายตัวของแป้ง สำหรับสารประกอบฟีนอลิก เช่น แทนนิน (tannin) ซึ่งละลายน้ำได้ มีคุณสมบัติจับกับโปรตีนในน้ำลายแล้วเกิดสารประกอบที่มีรสฝาด เมื่อผลไม้สุกคาดว่าแทนนินจะเกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชัน (polymerization) ทำให้ได้สารประกอบใหม่ที่ไม่ละลายน้ำจึงทำให้รสฝาดหายไป นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารตั้งต้นที่ก่อให้เกิดสีน้ำตาลเมื่อทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ เช่น โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenoloxidase, PPO) ส่วนสารระเหยที่เป็นกลิ่นรสเฉพาะของผลไม้แต่ละชนิด ส่วนใหญ่เป็นสารแอลกอฮอล์ (alcohols) อัลดีไฮด์ (aldehydes) และเอสเทอร์ (esters) ที่ได้จากเมตาโบลิซึมต่างๆ ในส่วนของการเปลี่ยนแปลงของสีนั้น เกิดจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) ที่มีสีเขียวทำให้สีอื่นๆที่เคยถูกบดบังไว้ปรากฏขึ้น เช่น สีเหลือง หรือเกิดการสังเคราะห์รงควัตถุอื่นๆ เช่น แอนโธไซยานิน (anthocyanins) ที่มีสีแดงและน้ำเงิน และในด้านการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสจะเกิดการเปลี่ยนแปลงจากกลไก 3 ประการ ได้แก่ การคายน้ำ (transpiration) การสลายตัวของแป้งและการสลายตัวของผนังเซลล์ การคายน้ำทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักและเกิดลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ เช่นอาการเหี่ยวเฉาและสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ การสลายตัวของแป้งในผลผลิตที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบสูง เช่น กล้วย จะทำให้เกิดความนุ่มเนื้ออย่างมาก โดยแป้งในกล้วยจะเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาล แต่โดยปกติแล้วความแน่นเนื้อที่ลดลงส่วนใหญ่เกิดจากการสลายตัวของผนังเซลล์ โดยโครงสร้างของผนังเซลล์เกิดการเปลี่ยนแปลง เช่น สารประกอบเพคตินที่อยู่บริเวณช่องว่างระหว่างเซลล์ จะสลายตัวทำให้สามารถละลายน้ำได้ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากเอนไซม์ต่างๆ เช่น เพคตินเมทิลเอสเทอเรส (pectin methylesterase) และโพลีกาแลกตูโรเนส (polygalacturonase) เป็นต้น

จากการที่ผักและผลไม้มีกระบวนการหายใจซึ่งเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญและทำให้เกิดพลังงานที่สามารถนำไปใช้สำหรับกิจกรรมต่างๆ ได้ทันที ในส่วนของผลผลิตที่เก็บเกี่ยวมาแล้วนั้น อาหารสะสมมีจำกัด ถ้าถูกนำไปใช้จนหมดจะทำให้ความมีชีวิตหมดสิ้นลงไปด้วย การหายใจจึงมีผลต่ออายุการเก็บรักษาและคุณภาพของผลผลิตเป็นอย่างมาก ผลผลิตที่กำลังเจริญเติบโตจะมีอัตราการหายใจที่สูงเนื่องจากต้องนำพลังงานไปใช้ในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ และมีการลดต่ำลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเข้าสู่ระยะบริบูรณ์ แต่ผลผลิตที่อยู่ระหว่างพักตัวจะมีอัตราการหายใจที่ต่ำมาก การแบ่งประเภทของผลไม้ตามลักษณะหรือรูปแบบของการหายใจ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ climacteric และ non climacteric แสดงดังภาพที่ 5.7



ภาพที่ 5.7 การหายใจของผักและผลไม้และการเปลี่ยนแปลงด้านต่างๆ (เส้นประ – ผลผลิตที่เป็น non climacteric และเส้นทึบ – ผลผลิตที่เป็น climacteric)

ที่มา : Wills et al. (1998)

จากภาพที่ 5.7 จะเห็นว่าอัตราการหายใจของผลไม้ประเภท climacteric จะมีการลดลงอย่างต่อเนื่อง แต่เมื่อเข้าระยะการสุก (ripening) อัตราการหายใจจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจน ในขณะที่ผลไม้ประเภท non – climacteric พบว่าอัตราการหายใจไม่มีการเพิ่มขึ้นในระยะดังกล่าว นอกจากนั้นการสร้างแก๊สเอทิลีน (ethylene) ของผลไม้ประเภท climacteric จะเพิ่มขึ้นอย่างมาก

ในระยะการสุกเช่นเดียวกัน Yildiz (1994) รายงานว่าผักทุกชนิดและเครื่องเทศสด (fresh herbs) จัดว่าเป็นผลผลิตประเภท non – climacteric โดยทั่วไปผลไม้ส่วนใหญ่และผลไม้ประเภท non – climacteric บางชนิด เช่น สับปะรด จะเข้าสู่ระยะการสุกหลังจากแยกมาจากต้นและผลไม้พวก non – climacteric ส่วนใหญ่จะไม่สุกหลังจากการเก็บเกี่ยว เช่น แอปเปิ้ล เบอร์รี่ (berries) เชอร์รี่ (cherries) เกรปฟรุ๊ต (grapefruit) องุ่น (grapes) เลมอน (lemons) ไลม์ (limes) ส้ม (oranges) สตรอเบอร์รี่ (strawberries) และแตงโม (watermelon) และผลผลิตที่เป็น non – climacteric นั้น จะทำการเก็บเกี่ยวเมื่อถึงระยะที่มีคุณภาพที่เหมาะสม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำให้เกิดการสูญเสียคุณภาพให้น้อยที่สุด การเปลี่ยนแปลงของผักและผลไม้ในระหว่างการเก็บเกี่ยว (harvesting) การเตรียม (preparation) และการลำเลียงขนส่ง (handling) มีดังนี้

1) กระบวนการหายใจ เมตาโบลิซึม (metabolism) และกิจกรรมของเอนไซม์ เช่น การเกิดความร้อนสะสมเนื่องมาจากการหายใจ การเข้าสู่ระยะ climacteric หลังจากการเก็บเกี่ยวหรือการดำเนินเมตาโบลิซึมของผลผลิตประเภท non – climacteric การสร้างแก๊สเอทธิลีน การลดปริมาณออกซิเจนหรือการเพิ่มปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งทำให้เกิดการเสื่อมสลายทางสรีรวิทยา (physiological disorders) และการบาดเจ็บเนื่องจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 injury) กระบวนการหายใจที่เกิดขึ้นอาจเป็นการหายใจแบบไม่ใช้อากาศ (anaerobic respiration) ซึ่งทำให้เกิดการสะสมของเอทธานอล (ethanol) และอะซีตัลดีไฮด์ (acetaldehyde) เป็นผลให้เกิดรสชาติและกลิ่นรสที่ผิดปกติ (off flavor/odor) หรือเกิดการหมักกรดแลกติก (lactic acid fermentation) ในสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำในผลผลิตที่มีเซลล์ฉีกขาด เป็นต้น

   นอกจากนั้นกิจกรรมของเอนไซม์ชนิดต่างๆ เช่น โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidases) เซลลูเลส (cellulases) เอนไซม์ที่ย่อยสลายเพกติน (pectolytic enzymes) อะไมเลส (amylase) และเพอร์ออกซิเดส (peroxidases) จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสี (discoloration) เกิดการนุ่ม (softening) กลิ่นรสและรสชาติผิดปกติ เป็นต้น

2) การคายน้ำ (transpiration) ทำให้เกิดการสูญเสียความชื้น (moisture loss) และสูญเสียน้ำหนัก (weight loss) สูญเสียความเต่ง (turgidity loss) ทำให้ผักใบเกิดการเหี่ยว

3) การเจริญเติบโต เช่น การงอก (sprouting) การเจริญของราก การเกิดลิกนิน (lignification) ซึ่งทำให้เกิดเส้นใยหยาบเพิ่มขึ้น การสุก การชราภาพ (senescense)

เกิดการเปลี่ยนแปลงของสี การยืดตัว (elongation) ของลำต้น เกิดการลอกของผิว (sloughing) เกิดการรักษาหรือสมานบาดแผล (wound healing) หรือเกิดเม็ดหรือปุ่ม (warts) เป็นต้น

4) การเสื่อมเสียเนื่องจากแมลง จุลินทรีย์และอื่นๆ เช่นไส้เดือน แบคทีเรีย ยีสต์ เชื้อราและไวรัสเป็นผลให้เกิดการเสื่อมเสียทางสรีรวิทยา

5) การเสื่อมเสียเนื่องจากอุณหภูมิ เช่น เกิดอาการสะท้านหนาว (chill injury) ผลผลิตเสื่อมเสียเนื่องจากการแช่เยือกแข็ง การสัมผัสกับอุณหภูมิที่สูงเกินไปหรือเกิดการไหม้เกรียมเนื่องจากแสงแดด (solar injury)

6) การเสื่อมเสียเนื่องจากแรงกระแทก ทำให้เกิดบาดแผล ช้ำ รอยแตก ยอดหัก เกิดสีน้ำตาลที่ผิวหน้าหรือเกิดรอยฉีกขาด

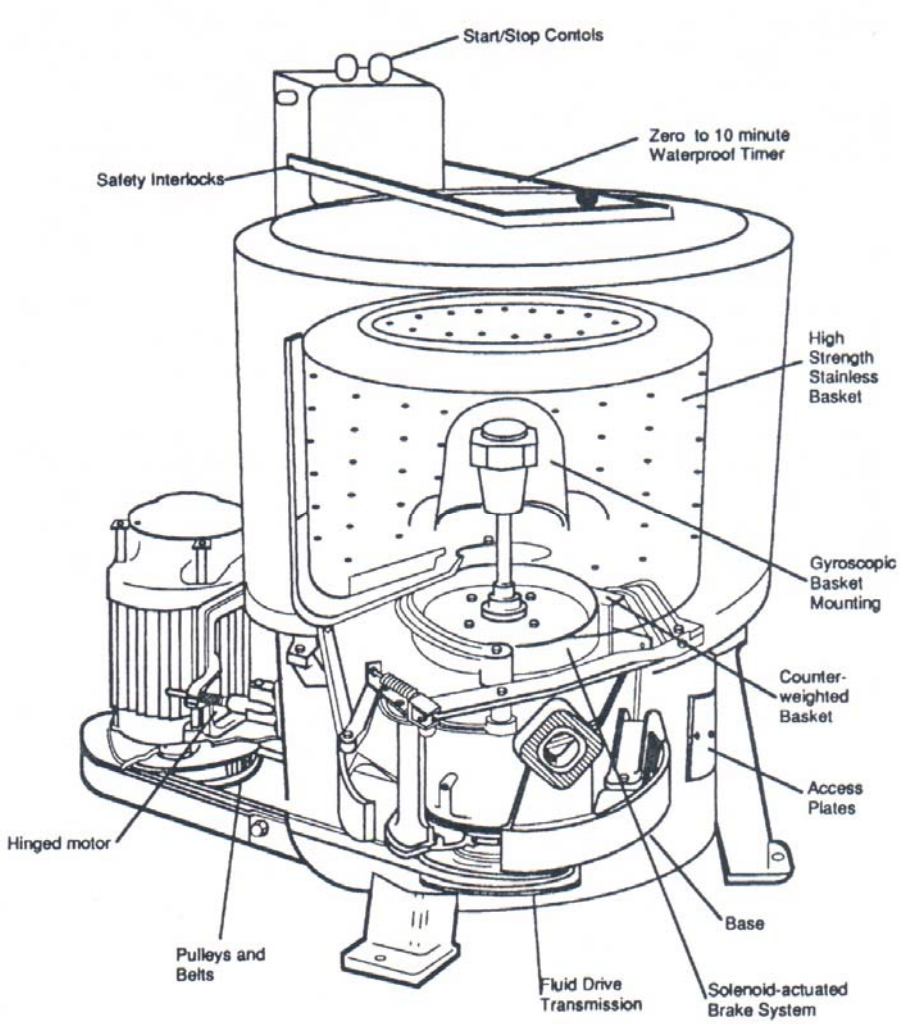
จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่ออัตราการหายใจ เมตาโบลิซึมและกิจกรรมของเอนไซม์ การคายน้ำรวมทั้งการเจริญของสัตว์ที่ทำให้เสื่อมเสียและจุลินทรีย์ ซึ่งการควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้แปรรูปขั้นต้น อาจไปกระตุ้นหรือยับยั้งกระบวนการที่ทำให้เกิดผลเสียทางสรีรวิทยา (physiological defects) ได้ เช่นในการเกิดการบาดเจ็บจากอาการสะท้านหนาว (chill injury) ซึ่งอุณหภูมิต่ำทำให้สถานะของไขมันที่เมมเบรนเกิดการเปลี่ยนแปลง เป็นผลให้เซลล์เมมเบรนสูญเสียสภาพและทำให้เกิดอาการที่แสดงออกมาทางกายภาพได้ เป็นต้น ดังนั้นจึงต้องทราบธรรมชาติของผักและผลไม้ รวมทั้งผลจากกระบวนการต่างๆ เพื่อที่จะสามารถคงสภาพความสดได้จนถึงผู้บริโภค หน่วยปฏิบัติการ (unit operations) ต่างๆ ที่สำคัญในการแปรรูปผักและผลไม้แปรรูปขั้นต้น แสดงดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 หน่วยปฏิบัติการที่สำคัญในการแปรรูปผักและผลไม้แปรรูปขั้นต้น

A. การลำเลียงขนส่งวัตถุดิบ (Material handling operations) 1) การเก็บเกี่ยว (harvesting) 2) กระบวนการในแปลง (field processing) 3) การขนส่ง (transportation) 4) การรับวัตถุดิบ (receiving)
B. การเตรียม (Preparation operations) 1) การแยก (separation) เช่น การคัดขนาด (grading) การแยกผ่านตะแกรง (screening) การแยกโดยใช้น้ำเกลือ (brine separation) การทำความสะอาด (cleaning) การเซ็นตริฟิวจ์ (centrifugation) การแกะเมล็ด (destining) การสี (husking) การตัดยอด (topping) การแกะเปลือก (shelling) การลอกเปลือก (skinning) การเล็ม (trimming) การเจาะแกน (coring) การปอกเปลือก (peeling) การคว้านเมล็ด (pitting) เป็นต้น 2) การลดขนาด (size reduction) เช่น การสับ (chopping) การตัด (cutting) การตัดให้เป็นแผ่น (strip cut) การตัดเป็นคลื่น (crinkle cut) การผ่าครึ่ง (halving) การเฉือน (slicing) การหั่นลูกเต๋า (dicing) การบด (mashing) การคั้นน้ำ (juicing) เป็นต้น
C. การกระจายสินค้าและการนำไปใช้ (distribution/ utilization operations) การเก็บรักษาและการควบคุมปัจจัยต่างๆ (ปริมาตร น้ำหนัก อุณหภูมิ เวลา ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณแก๊สต่างๆ (ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจน คาร์บอนมอนอกไซด์ เอทธิลีน ไอน้ำ) ทั้งการจำหน่ายส่งและปลีก การติดฉลาก (labeling) การบริการอาหาร และการสื่อสารภายในเครือข่าย

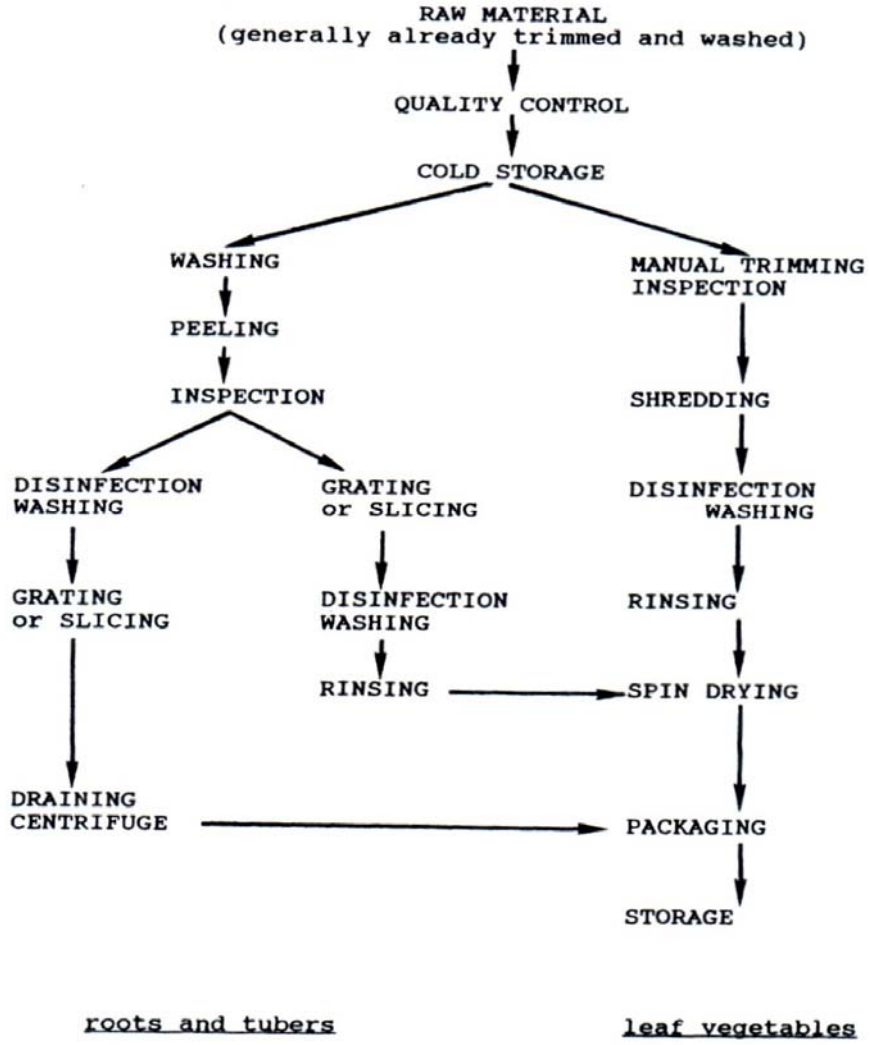
ที่มา : ดัดแปลงจาก Yildiz (1994)

ในส่วนของหน่วยปฏิบัติการต่างๆ ที่กล่าวมานั้นมีขั้นตอนที่สำคัญ ได้แก่การทำความสะอาดและการล้างและการฆ่าเชื้อ ซึ่งน้ำที่นำมาใช้จะต้องเป็นน้ำที่สะอาด หลังจากที่ผ่านการล้างขั้นต้นแล้วจึงใช้น้ำที่ผสมคลอรีนเพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ โดยปริมาณคลอรีนที่อนุญาตให้ใช้ในการล้างผลิตภัณฑ์ในขั้นสุดท้าย ในประเทศสหรัฐอเมริกาใช้ความเข้มข้นไม่เกิน 200 ส่วนในล้านส่วน (ppm) โดยส่วนใหญ่นิยมใช้ในรูปเกลือแคลเซียมหรือโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (calcium/sodium hypochlorites) หลังจากผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ที่ถูกตัดแต่งผ่านกระบวนการล้างแล้ว ต้องนำมาสะเด็ดน้ำหรือทำให้แห้งโดยใช้เครื่องหมุนเหวี่ยงหรือเซ็นตริฟิวจ์แสดงดังภาพที่ 5.8 ซึ่งการใช้เวลาและความเร็วที่เหมาะสมของเครื่องขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของผักและผลไม้แปรรูปขั้นต้น และโดยส่วนใหญ่แล้วใช้เวลาประมาณ 2 – 3 นาที สายการผลิตผลิตภัณฑ์ผักแปรรูปขั้นต้นโดยทั่วไปแสดงดังภาพที่ 5.9



ภาพที่ 5.8 เครื่องเซ็นตริฟิวจ์ที่ใช้ในการสะเด็ดน้ำออกจากผักและผลไม้ตัดแต่งที่ผ่านการล้าง
ที่มา : Yildiz (1994)

Ahvenainen (1996) รายงานว่าการแปรรูปผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ขั้นต้น มีวัตถุประสงค์ที่สำคัญ 2 ประการ ได้แก่ ประการแรกคือการทำให้ผักและผลไม้นั้นคงความสดและสะดวกต่อการนำไปบริโภคโดยไม่ทำให้สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ ประการที่สองคือยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่เพียงพอเพื่อให้ถึงมือผู้บริโภคภายในบริเวณที่มีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ ซึ่งอายุการเก็บรักษาทางจุลินทรีย์ ประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการของผักและผลไม้แปรรูปขั้นต้น ไม่ควรต่ำกว่า 4 -7 วัน แต่อาจนานกว่านี้จนถึง 21 วัน ขึ้นอยู่กับตลาด นอกจากนั้นยังได้สรุปสิ่งที่สำคัญในกระบวนการแปรรูปผักและผลไม้แปรรูปขั้นต้นได้แก่



ภาพที่ 5.9 สายการผลิตผลิตภัณฑ์ผักแปรรูปขั้นต้น

ที่มา : Varaquaux and Wiley (1994)

1) การเลือกใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพดี (เช่นสายพันธุ์ สภาวะการเพาะปลูก การเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษา)
2) การปฏิบัติตามเกณฑ์สุขลักษณะที่ดีอย่างเข้มงวดและใช้หลักการวิเคราะห์อันตรายและจุดควบคุมวิกฤติ
3) ใช้อุณหภูมิต่ำในระหว่างกระบวนการแปรรูป
4) ล้างหรือทำความสะอาดวัตถุดิบเป็นอย่างดีก่อนหรือหลังการปอกเปลือก
5) ใช้น้ำที่มีคุณภาพดีในการล้าง (ทั้งทางประสาทสัมผัส จุลินทรีย์และค่า pH)
6) ใช้สารเคมีหรือวัตถุเจือปนอาหารในปริมาณน้อยแต่มีประสิทธิภาพเพียงพอในน้ำที่ใช้สำหรับล้าง เพื่อกำจัดเชื้อโรคและป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล

7) สลัดน้ำออกจากอาหารให้มากที่สุดหลังจากการล้างแต่ต้องกระทำอย่างอ่อนโยน
8) ปอกโดยไม่ให้ช้ำ
9) ตัด เฉือนหรือสับโดยใช้มีดที่คมโดยไม่ให้ช้ำ
10) เลือกใช้วัสดุที่เป็นภาชนะบรรจุอย่างถูกต้องและใช้วิธีการที่เหมาะสม
11) ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในระหว่างการลำเลียงขนส่งและการจำหน่าย

ในกระบวนการแปรรูปขั้นต้นนั้น จะต้องใช้วิธีการหรือปัจจัยในการถนอมอาหารร่วมกัน ซึ่งจะทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้นานที่สุดเท่าที่จะทำได้ ตัวอย่างของแนวทางสำหรับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์แครอทหั่นฝอย (grated carrot) แสดงดังตารางที่ 5.5

จริงแท้ (2544) รายงานเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นในการเตรียมผลผลิตพร้อมบริโภค ได้แก่ การแปรรูป ซึ่งผลผลิตจะผ่านกระบวนการหรือขั้นตอนต่างๆ ทำให้เซลล์ของผลผลิตถูกทำลาย สารต่างๆ รั่วไหลออกมา รวมทั้งสารประกอบฟีนอลิกซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนจากบรรยากาศทำให้เกิดออกซิเดชันเป็นผลให้เกิดสีน้ำตาล ในส่วนของน้ำตาลและกรดที่ออกมาจากเซลล์ด้วยจะกลายเป็นอาหารของจุลินทรีย์ต่างๆที่ปนเปื้อน ซึ่งต้องถูกล้างออกด้วยน้ำสะอาดและใช้คลอรีนความเข้มข้น 200 – 300 ppm และต้องกำจัดน้ำที่ใช้ล้างให้เหลือติดค้างน้อยที่สุดด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงโดยกระทำอย่างระมัดระวังและหลีกเลี่ยงการทำให้บอบช้ำและจากการเปลี่ยนแปลงภายในของผลผลิตต่างๆ ทำให้การหายใจและการสร้างเอทธิลีนมักสูงขึ้นซึ่งจะถูกกระตุ้นขึ้นโดยการเกิดบาดแผล มีดที่ใช้ควรเป็นมีดที่คม ในการศึกษาของ Bolin และคณะ (1977) พบว่าในการหั่นผักกาดหอมห่อโดยการเปรียบเทียบลักษณะของการหั่นและความคมของมีดที่ใช้ตัดพบว่ามีดที่ไม่คมและการสับ (chopping) จะทำให้ผักชนิดนี้เสื่อมเสียได้รวดเร็วกว่าและการใช้มีดที่คมและการหั่นแบบเฉือน (slicing) จะทำให้ผักชนิดนี้มีอายุการเก็บรักษามากที่สุดดังแสดงในภาพที่ 5.10

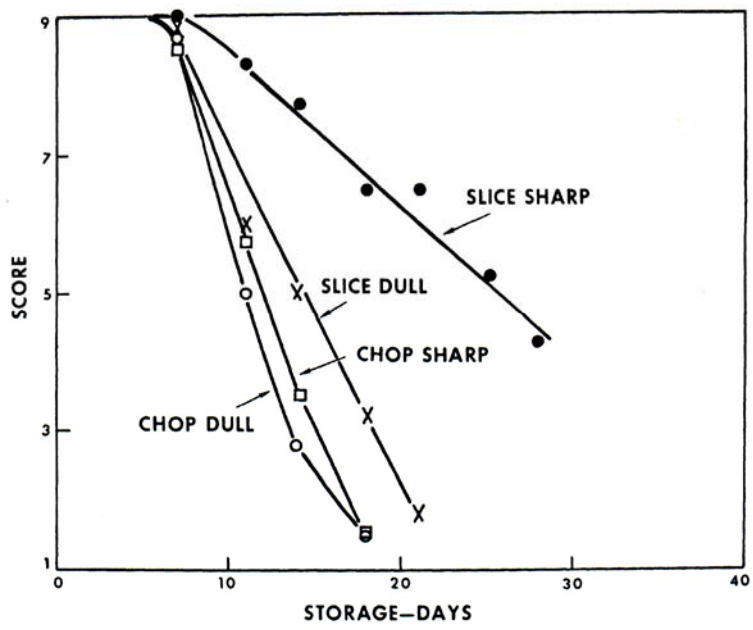
นอกจากนั้นปัญหาที่สำคัญอีกประการหนึ่งได้แก่การเกิดสีน้ำตาลของผลผลิต ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในผลผลิตเนื่องจากเอนไซม์แสดงดังภาพที่ 5.11 จากภาพ Laurila et al. (1998) รายงานว่าการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ต้องประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 4 ประการ ได้แก่ ออกซิเจน เอนไซม์ ทองแดง (copper) และสารตั้งต้น (substrate) โดยเอนไซม์ที่สำคัญที่สุดในกระบวนการผลิตผักและผลไม้แปรรูปขั้นต้น ได้แก่โพลีฟีนอลออกซิเดส ซึ่งเป็นกลุ่มของเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิก ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีสีน้ำตาลบนผิวหน้าของผักหรือผลไม้ที่ถูกตัด ซึ่งอาจเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วภายในเวลา 30 นาที โดยปัจจัยสำคัญที่มีผล

ตารางที่ 5.5 แนวทางสำหรับการผลิตแครอทหั่นฝอย

อุณหภูมิที่ใช้ขณะผลิต	0 – 5 องศาเซลเซียส
วัตถุดิบ (raw material)	ใช้สายพันธุ์ที่เหมาะสมหรือคัดเลือกแต่ละรุ่น (lot) โดยการใช้ rapid storage test ที่อุณหภูมิห้อง
การปฏิบัติก่อน (pretreatment)	ต้องล้างแครอทเป็นอย่างดีก่อนที่จะนำมาปอกเปลือก ตัดส่วนของลำต้น ส่วนที่ช้ำหรือส่วนที่เกิดโรค และแยกส่วนที่เสียออก
การปอก (peeling)	ปอกด้วยมีดที่คมหรือเครื่อง carborumdum
การล้าง (washing)	กระทำทันทีหลังจากปอกเปลือก อุณหภูมิที่ใช้ล้าง 0 – 5 องศาเซลเซียส โดยใช้น้ำ 3 ลิตรต่อกิโลกรัม เวลาล้าง 1 นาที ต้องตรวจคุณภาพทางจุลชีววิทยาของน้ำที่ใช้ล้างให้แน่ใจว่ามีคุณภาพตามเกณฑ์ อาจใช้ active chloride 0.01% หรือกรดซิตริก 0.5% เติมในน้ำล้าง
การหั่นฝอย (grating)	อายุการเก็บรักษาของแครอทหั่นฝอย ถ้ายิ่งหั่นละเอียดมาก จะมีอายุการเก็บรักษาสั้นลง ขนาดที่หั่นควรอยู่ระหว่าง 3 – 5 มิลลิเมตร
การสะเด็ดน้ำโดยเครื่องเซ็นตริฟิวจ์	กระทำทันทีหลังจากการหั่น โดยขณะหั่นฝอยอาจพ่นน้ำเล็กน้อยก่อนนำเข้าเครื่อง อัตราการหมุนและเวลาจะต้องเหมาะสมโดยที่สามารถแยกเฉพาะน้ำส่วนเกินออกจากผลิตภัณฑ์และไม่ทำให้แครอทหั่นฝอยช้ำ
การบรรจุ (packaging)	กระทำทันทีหลังจากการการสะเด็ดน้ำโดยเครื่องเซ็นตริฟิวจ์ ใช้อากาศปกติและปริมาตร head space เท่ากับ 2 ลิตรต่อกิโลกรัม ค่า oxygen permeability ของฟิล์มที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ระหว่าง 1,200 - 5,800 โดยควรใช้ที่ 5,200 – 5,800 cm^3/m^3 24 hr 101.3 kPa, 23 °C,RH 0% การเจาะรูฟิล์ม (perforation) (1 รู/ 150 cm^3) โดยเจาะรูให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 มิลลิเมตร จะช่วยยืดอายุการเก็บให้นานขึ้น
การเก็บรักษา (storage)	0 – 5 องศาเซลเซียส ควรเก็บในที่มืด
อื่นๆ	ต้องปฏิบัติตามหลัก GMP
อายุการเก็บรักษา (shelf life)	7 – 8 วันที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

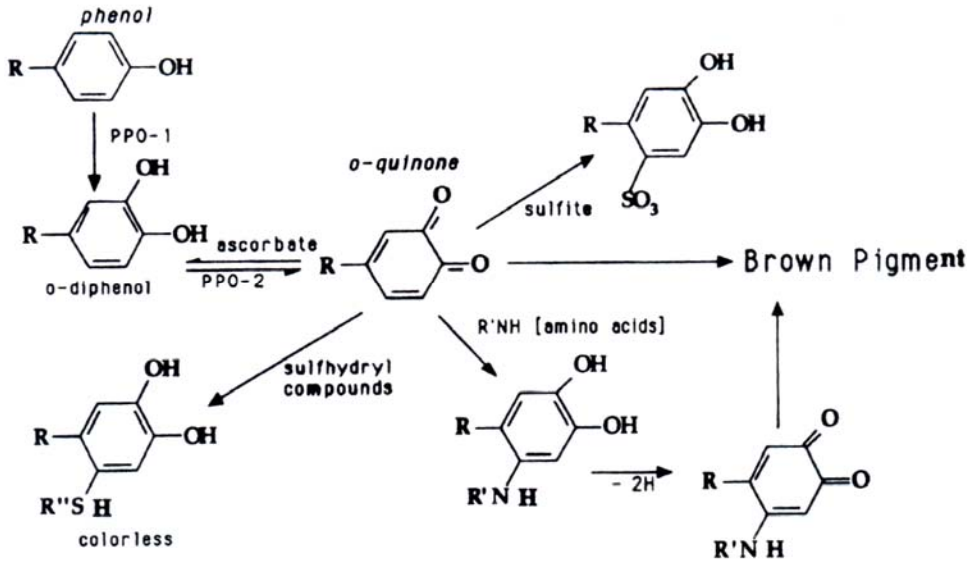
ที่มา : Ahvenainen (1996)

ต่อการเกิดสีน้ำตาลในผักและผลไม้ ได้แก่ ความเข้มข้นของทั้งเอนไซม์และสารประกอบฟีนอลิก อุณหภูมิ ค่า pH และปริมาณออกซิเจนที่มีภายในเนื้อเยื่อ โดยทั่วไปเอนไซม์นี้ไม่เสถียรต่อความร้อนและถูกทำลายที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นอกจากนั้นการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์อาจใช้สารเคมี เช่น สารประกอบซัลไฟต์ กรดแอสคอร์บิกหรือสารเคมีอื่นๆ ซึ่งในปัจจุบันมีการศึกษาการใช้สารเคมีชนิดต่างๆ กันอย่างกว้างขวาง ทั้งที่มีการใช้แล้วในทางการค้าและอยู่ในระหว่างการศึกษา ในด้านของการบรรจุนั้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะต้องได้รับการปกป้องเป็นอย่างดี โดยทั่วไปมักบรรจุในภาชนะ เช่น ถาดพลาสติกหรือถาดโฟมแล้วห่อด้วยฟิล์มใส ซึ่งจะต้องทำให้ผลิตภัณฑ์เย็นก่อนการบรรจุเพื่อป้องกันการเกิดการควบแน่นเป็นหยดน้ำใต้ฟิล์ม วัสดุที่นำ



ภาพที่ 5.10 อายุการเก็บรักษาและการยอมรับของผักกาดหอมห่อเปรียบเทียบลักษณะการหั่นและความคมของมีดที่ใช้ตัด

ที่มา : Bolin et al. (1977)



ภาพที่ 5.11 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์

ที่มา : Laurila et al. (1998)

มาใช้บรรจุควรยอมให้มีการแลกเปลี่ยนแก๊สต่างๆ มากพอที่จะทำให้กระบวนการหายใจแบบใช้ออกซิเจน (aerobic respiration) อยู่ในระดับต่ำที่สุด โดยไม่ทำให้เกิดกระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration) ขึ้น ส่วนการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นั้น ปัจจัยที่สำคัญได้แก่อุณหภูมิ ซึ่งจะต้องเป็นอุณหภูมิที่ต่ำที่สุดที่จะไม่ทำให้เกิดอาการสะท้านหนาว (จริงแท้, 2544) โดยจำเป็นต้องมีการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้แปรรูปขั้นต้นแต่ละชนิดซึ่งมีความแตกต่างกันออกไป ก่อนที่จะนำสภาวะที่เหมาะสมนั้นมาใช้ปฏิบัติในทางการค้า

ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปขั้นต้น วิธีการที่สำคัญที่นิยมใช้วิธีการหนึ่งคือการใช้ความร้อนในระดับต่ำ ซึ่งความร้อนที่ใช้จะมีผลในการยับยั้งจุลินทรีย์และเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียบางชนิดได้ อย่างไรก็ตามความร้อนอาจมีผลต่ออาหารสดบางประเภท โดยเฉพาะผักและผลไม้แปรรูปขั้นต้น ซึ่งอาจทำให้เกิดการสูญเสียคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส รวมทั้งคุณค่าทางโภชนาการ การให้ความร้อนระดับต่ำแก่อาหารอาจกระทำได้หลายวิธี เช่น การใช้ไอน้ำ น้ำร้อน อากาศหรือแก๊สร้อนและการฉายรังสีอิออไนส์ เช่นรังสีอินฟราเรด (infrared) และไมโครเวฟ (microwave) (Wiley, 1994b)

ในส่วนของประเภทของการให้ความร้อนนั้น The National Advisory Committee on the Microbiological Criteria for Foods ของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งอ้างโดย Wiley (1994b) ได้แบ่งประเภทของการให้ความร้อนสำหรับอาหารที่ผลิตจากเนื้อสัตว์หรือสัตว์ปีกแช่เย็นไว้ 3 ประเภทตามความเสี่ยงเนื่องจากจุลินทรีย์ก่อนหรือหลังจากกระบวนการแปรรูป ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กับผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้แปรรูปขั้นต้น ได้แก่

ประเภทที่ 1 ผสมและทำให้สุก (assembled and cooked) โดยนำอาหารที่เตรียมไว้มาผสมรวมกัน จากนั้นจึงนำไปบรรจุและให้ความร้อนเพื่อทำลายเชื้อโรคที่ไม่สร้างสปอร์และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสีย การให้ความร้อนประเภทนี้ไม่สามารถทำลายจุลินทรีย์พวกที่สร้างสปอร์ได้ ซึ่งในประเภทที่ 1 นี้จะรวมไปถึงผลิตภัณฑ์ sous vide และผลิตภัณฑ์ cook-in-bag ซึ่งเป็นการนำอาหารสดหรือดิบหรือส่วนประกอบอาหารที่ทำให้สุกบางส่วนมาผสมรวมกัน นำไปบรรจุและแช่เย็น

ประเภทที่ 2 ทำให้สุกและผสม (cooked and assembled) โดยนำส่วนประกอบต่างๆ ของอาหาร (ingredients) มาทำให้สุกก่อนแล้วจึงนำมาผสมและบรรจุในภาชนะบรรจุโดยไม่มีการให้

ความร้อนอีกต่อไป ซึ่งปริมาณจุลินทรีย์ขึ้นอยู่กับจุลินทรีย์เริ่มต้นในส่วนประกอบของอาหารและที่ปนเปื้อนในระหว่างการบรรจุและในภาชนะบรรจุและอาจพบจุลินทรีย์ที่สร้างสปอร์ทุกชนิด

ประเภทที่ 3 ผสมระหว่างส่วนประกอบที่สุกและดิบ (assembled with cooked and raw ingredients) โดยนำส่วนประกอบของอาหารแต่ละชนิดมาทำให้สุกแยกกันและนำมาผสมกับส่วนประกอบที่ดิบ จากนั้นจึงนำมาผสมกันและบรรจุในภาชนะบรรจุ โดยการใส่ส่วนประกอบที่ดิบเข้าไปก่อนการบรรจุ อาจทำให้อาหารปนเปื้อนจากเชื้อโรคได้ ซึ่งอาหารประเภทนี้อาจจะไม่ได้ให้ความร้อนก่อนการขนส่งและจำหน่าย

ประเภทที่ 4 (เพิ่มเติมโดย Wiley (1994b)) ผสมระหว่างส่วนประกอบที่ดิบ (assembled with raw ingredients) เช่นส่วนประกอบของผักหรือผลไม้สดที่ไม่ได้ผ่านการให้ความร้อนแต่ใช้สารเคมี เช่น สารป้องกันการเกิดออกซิเดชัน (antioxidant) แล้วจึงนำมาผสมและบรรจุ โดยผลิตภัณฑ์อาจปนเปื้อนจากเชื้อโรคจากคนหรือพืช รวมทั้งเกิดการเสื่อมเสียจากกิจกรรมของเอนไซม์ ซึ่งแม้ว่าประเภทนี้จะไม่เกี่ยวข้องกับการใช้ความร้อนแต่จัดได้ว่าผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้แปรรูปขั้นต้นจัดอยู่ในประเภทนี้

ผลิตภัณฑ์ Sous vide หรือผลิตภัณฑ์อาหารที่ทำให้สุกและแช่เย็น (cook chilled products) เป็นผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปขั้นต้นประเภทหนึ่งที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากการเปลี่ยนวิถีชีวิตของผู้บริโภคในยุคปัจจุบันดังที่ได้กล่าวมาแล้ว หลักการทั่วไปของการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารประเภทนี้คือการนำอาหารที่ทำให้สุกโดยอาจบรรจุในภาชนะบรรจุก่อนหรือหลังจากการให้ความร้อนและนำไปเก็บรักษาโดยการแช่เย็น ผลิตภัณฑ์อาหารประเภทนี้จะมีอายุการเก็บรักษาสั้นประมาณ 2 – 3 วัน ที่อุณหภูมิการเก็บรักษาต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส (Church, 1998) เนื่องจากการใช้ความร้อนในระดับต่ำหรือระดับพาสเจอร์ไรเซชันทำให้ไม่สามารถทำลายจุลินทรีย์ชนิดที่สร้างสปอร์ได้

การประยุกต์ใช้วิธีการถนอมอาหารหรือปัจจัยต่าง ๆ ในกระบวนการแปรรูปขั้นต้น

การเก็บรักษาโดยการควบคุมบรรยากาศ (controlled atmosphere storage)

การเก็บรักษาโดยการดัดแปลงองค์ประกอบของบรรยากาศสามารถชะลอหรือยับยั้งกิจกรรมทางชีวภาพที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียที่อาจก่อให้เกิดอันตรายหรือที่ทำให้คุณภาพลดลงได้ ในการเก็บ

รักษาผักและผลไม้ Ohlsson (1994) รายงานว่าการเพิ่มความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จนถึง 10% พบว่าสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้และการลดปริมาณออกซิเจนเหลือ 3 – 5% จะช่วยชะลอการหายใจและยืดอายุการเก็บรักษาได้โดยจะต้องมีการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ในบางครั้งการเก็บรักษาผักและผลไม้สดอาจใช้การลดความดัน (hypobaric storage) ร่วมกับการดัดแปลงปริมาณของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนเพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น

การใช้วิธีปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว (postharvest treatment)

การใช้วิธีปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมจะช่วยชะลอการเสื่อมสลายของผักและผลไม้ที่ถูกเก็บเกี่ยวมาแล้วจากกิจกรรมทางสรีร วิทยารวมทั้งจากจุลินทรีย์ ทำให้มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น ตัวอย่างเช่น การจุ่มผักหรือผลไม้ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกหรือสารละลายซัลไฟต์ หรือการใช้สารเคมี เช่น เกลือซอร์เบท (sorbate) หรือเบนโซเอท (benzoate) รวมทั้งอิออนแคลเซียม (Ca^{2+}) ที่ช่วยปรับปรุงทางด้านเนื้อสัมผัสให้แข็งแรงขึ้น และพบว่าการใช้อุณหภูมิต่ำและการปฏิบัติตามสุขลักษณะที่ดี เช่น การใช้สารละลายคลอรีนจะช่วยทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น

การใช้เทคโนโลยีห้องสะอาด (clean room technologies)

เทคโนโลยีนี้กระทำเพื่อลดการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ที่มาจากทั้งคนและหรือสภาพแวดล้อมต่างๆ โดยมีการนำเครื่องจักรเข้ามาแทนที่มากที่สุด โดยมีการฆ่าเชื้อทั้งตัวเครื่องจักรและในสภาพแวดล้อมเป็นอย่างดีก่อนการผลิต มีการใช้ม่านอากาศ (air curtain) และการใช้อากาศบริสุทธิ์ในสายกระบวนการผลิตโดยผลิตจากเครื่องกรองอากาศ ในส่วนของพนักงานมีการใช้เสื้อผ้าที่สะอาดและป้องกันการปนเปื้อนจาก จุลินทรีย์ที่มาจากพนักงานและอากาศ เทคโนโลยีนี้โดยส่วนใหญ่ใช้กับกระบวนการผลิตเนื้อสัตว์และสัตว์น้ำ เช่นในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ sous vide เป็นต้น

การใช้จุลินทรีย์ (protective microbiological treatment)

วิธีนี้เป็นที่รู้จักกันดีโดยมีจุลินทรีย์หลายชนิดที่สร้างสารยับยั้งจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ เช่น แบคทีเรียแลกติก (lactic acid bacteria) ซึ่งสร้างสารแบคทีริโอซิน (bacteriocins) ที่สามารถยับยั้งการเจริญ

ของแบคทีเรียแกรมบวกที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียได้ โดยอาจใส่แบคทีเรียแลกติกสายพันธุ์ที่คัดเลือกได้ลงไปบริเวณผิวหน้าของอาหารเพื่อควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ได้

การใช้วิธีการร่วมกัน (combination methods)

ในการลดปริมาณการใช้เกลือ น้ำตาลหรือกรดในอาหารเป็นผลทำให้โอกาสในการเสื่อมเสียของอาหารเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้หลายวิธีการร่วมกันเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหารให้นานขึ้นซึ่งเป็นแนวคิดเฮอร์เดิล โดยการใช้ปัจจัยหรือวิธีการต่างๆ ร่วมกันในการถนอมอาหาร เช่น การใช้การแช่เย็นในการเก็บรักษา การปรับลดค่า pH และเพิ่มปริมาณของเกลือเป็นต้น การเลือกใช้ปัจจัยหรือเฮอร์เดิลต่างๆ ที่เหมาะสมจะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาอาหารได้นานยิ่งขึ้น

การใช้กระบวนการที่ไม่ใช้ความร้อน (non thermal processing) ได้แก่

การใช้ความดันสูง (high pressure) ซึ่งเป็นผลให้ผนังเซลล์ของจุลินทรีย์เกิดการฉีกขาด รวมทั้งมีผลต่อองค์ประกอบเคมีภายในเซลล์ ทำให้สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์และจุลินทรีย์ได้ นอกจากนั้นความดันสูงยังสามารถเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของอาหาร เช่น การทำให้โปรตีนเกิดการตกตะกอน (coagulate) หรือสตาร์ชเกิดการพอง (swell) เทคโนโลยีนี้มีใช้ในทางการค้าในประเทศญี่ปุ่น โดยใช้กับผลิตภัณฑ์จากผลไม้และมีการวิจัยเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ความดันสูงในการถนอมอาหารกันมากขึ้นในปัจจุบัน

การฉายรังสี (irradiation) พบว่าอาหารฉายรังสีในปัจจุบันได้มีการรับรองในหลายประเทศเกี่ยวกับความปลอดภัยในการบริโภค โดยอาหารจะได้รับการฉายรังสีแกมมาที่ได้จากธาตุ โคบอลท์ - 60 หรือจากเครื่องเร่งอิเลคตรอน (electron accelerators) อย่างไรก็ตามในทางการค้าพบว่ายังมีข้อจำกัดอยู่มาก เนื่องจากการยอมรับของผู้บริโภคและกฎข้อบังคับของแต่ละประเทศ การฉายรังสีโดยเฉพาะกับผักและผลไม้ในประเทศแถบยุโรปและสหรัฐอเมริกาพบว่ามีเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยมีการประยุกต์ใช้กับผลไม้สด เนื้อสัตว์ปีกและเครื่องเทศ

การใช้กระแสไฟฟ้าแบบจังหวะ (electric pulse) เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าแบบจังหวะขนาด 10 – 20 กิโลโวลต์/เซนติเมตร ไปยังเซลล์ จะทำให้เซลล์เมมเบรนเกิดการฉีกขาดเนื่องจากการกระจายของประจุไฟฟ้า (electrical charges) ที่ไม่สม่ำเสมอระหว่างภายในและภายนอกของเซลล์เมมเบรน และการแตกของผนังเซลล์เป็นผลให้จุลินทรีย์ถูกทำลาย ซึ่งวิธีนี้พบว่ามีประสิทธิภาพดีขึ้นเมื่อใช้

กับจุลินทรีย์ที่มีเซลล์ขนาดใหญ่ เช่น ยีสต์ จึงอาจเป็นไปได้ในอนาคตสำหรับการประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์จากผลไม้ โดยในปัจจุบันมีการวิจัยและทดลองใช้กระแสไฟฟ้าแบบจังหวะอย่างแพร่หลายในประเทศแถบยุโรปและสหรัฐอเมริกา

การใช้กระบวนการให้ความร้อน (thermal processing) ได้แก่

การใช้ความร้อนในระดับต่ำ (mild heat) โดยมีการศึกษาและวิจัยการใช้ความร้อนในระดับที่ไม่สูงเกินไปจนทำให้คุณภาพของอาหารทางด้านต่างๆ เกิดการสูญเสีย โดยอุณหภูมิจะมีผลอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงของอาหาร ยกตัวอย่างเช่น อุณหภูมิที่มีความแตกต่างกันเพียง 5 องศาเซลเซียส จะมีผลต่อการสูญเสียปริมาณของน้ำในผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์และปลา อย่างไรก็ตามอุณหภูมิที่ใช้จะต้องสูงพอที่จะทำลายเชื้อโรคในอาหารได้ การพัฒนากระบวนการให้ความร้อนแก่อาหารในปัจจุบันโดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย ทำให้สามารถเกิดความร้อนในระดับต่ำที่มีประสิทธิภาพ เช่น วิธีการทำให้เกิดความร้อนในตัวอาหารโดยตรง ได้แก่ การทำให้เกิดความร้อนเนื่องจากความต้านทานของกระแสไฟฟ้า (electric resistance) หรือกระบวนการโอมมิค (ohmic heating) การเกิดความร้อนเนื่องจากคลื่นรังสีความถี่สูง (high frequency heating) และการให้ความร้อนจากคลื่นไมโครเวฟ (microwave heating) ซึ่งกระบวนการเหล่านี้สามารถทำให้เกิดความร้อนได้ในเวลาที่รวดเร็ว

เทคโนโลยี sous vide สำหรับการทำให้สุกแบบ sous vide นี้มีวิธีการโดยนำอาหารสด หรือดิบมาบรรจุแบบสุญญากาศ (vacuum packaging) (เรียกว่า sous vide) ภายใต้สภาวะที่ถูกสุขลักษณะ จากนั้นนำไปให้ความร้อนในระดับต่ำโดยทำให้อุณหภูมิใจกลางของอาหารถึงระดับที่กำหนดไว้และหลีกเลี่ยงการให้ความร้อนที่สูงจนเกินไปเพื่อไม่ให้สูญเสียน้ำในอาหารและคงความฉ่ำ (juiciness) จากการใช้อุณหภูมิระดับพาสเจอไรส์อาหารทำให้อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชนิดนี้อยู่ระหว่าง 6 – 20 วันที่อุณหภูมิแช่เย็น

การใช้ภาชนะบรรจุ (packaging) ได้แก่

การบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศ (modified atmosphere packaging) การดัดแปลงบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุ เช่น ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์และปลา อาหารพร้อมรับประทานและผลิตภัณฑ์ขนมอบต่างๆ ที่บรรจุโดยใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูง ซึ่งจะต้องเลือกวัสดุหรือฟิล์มที่ใช้ในการยอมให้ซึมผ่านของคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อควบคุมปริมาณของแก๊สชนิดนี้

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีคุณสมบัติทั้งในการยับยั้งแบคทีเรีย (bacteriostatic) และยับยั้งเชื้อรา (fungiostatic) ดังนั้นการเพิ่มความเข้มข้นของของแก๊สชนิดนี้ จะสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ตราบเท่าที่มีปริมาณของแก๊สนี้ในบรรยากาศเหนืออาหารสูงพอ โดยความเข้มข้นของแก๊สที่ใช้อยู่ระหว่าง 20 – 100% ในส่วนของแก๊สออกซิเจนมักจะจำกัดให้มีปริมาณต่ำหรือน้อยมาก ยกเว้นในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ยอมให้มีได้บ้างเพื่อทำให้เกิดสีแดง ในส่วนของผักและผลไม้ ซึ่งยังมีการหายใจ ทำให้ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนอาจถึงระดับที่ทำให้มีผลเสียต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ ดังนั้นจึงมีการเจาะรูขนาดเล็ก (microperforations) ที่ฟิล์มหรือภาชนะบรรจุเพื่อระบายให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการหายใจออกมาสู่ภายนอก

การใช้ active packaging โดยวิธีการนี้ครอบคลุมไปถึงวิธีการบรรจุ (packaging methods) และการใช้สารเคมี (agents) ที่มีผลอย่างมากต่ออายุการเก็บรักษาของอาหารในช่วงระหว่างการเก็บรักษา ตัวอย่างเช่น การใช้สารดูดซับออกซิเจน (oxygen adsorbers หรือ scavengers) ซึ่งจะช่วยลดปริมาณของแก๊สออกซิเจนในบรรยากาศบริเวณผิวหน้าของอาหาร (headspace) โดยสารเคมีเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นอิออนเฟอร์รัส (Fe^{3+}) ที่ถูกออกซิไดส์และมีจำหน่ายในลักษณะที่เป็นเม็ด (tablets) หรือบรรจุในซองขนาดเล็ก (sachets) ที่นำไปใส่ในภาชนะบรรจุอีกครั้งหนึ่ง การลดปริมาณออกซิเจนจะช่วยลดปฏิกิริยาการหืน (rancidity) รวมทั้งยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์บางชนิดที่ใช้ออกซิเจน เช่น พวกเชื้อรา เป็นต้น ตัวอย่างที่ดีของ active packaging อีกตัวอย่างหนึ่งได้แก่ การใช้ระบบที่ปล่อยไอระเหยของเอทธานอล (ethanol vapour generators) โดยเอทธานอลที่ถูกดูดซับบนผงซิลิคอนไดออกไซด์ (silicon dioxide powder) ซึ่งบรรจุอยู่ในถุงกระดาษขนาดเล็ก จะค่อยๆระเหยออกมาและช่วยป้องกันการเจริญของเชื้อราได้ซึ่งโดยส่วนใหญ่ใช้ระบบนี้กับผลิตภัณฑ์ขนมอบ (bakery products)

การเคลือบสารที่รับประทานได้ (edible coatings) การพัฒนาฟิล์มที่ย่อยสลายได้เพื่อใช้กับภาชนะบรรจุในปัจจุบันมีความก้าวหน้าไปมาก ทำให้สามารถใช้ฟิล์มที่ผลิตขึ้นได้โดยตรงกับอาหาร ฟิล์มที่ผลิตจากสารเคลือบที่รับประทานได้อาจผลิตจากโปรตีน สตาร์ชหรือไข (waxes) ซึ่งจะช่วยปกป้องผลิตภัณฑ์ในด้านต่างๆ เช่น การสูญเสียกลิ่นรสและความชื้น รวมทั้งช่วยลดปริมาณการใช้ภาชนะบรรจุ โดยทั่วไปฟิล์มส่วนใหญ่จะไม่ทนต่อความชื้นทำให้มีข้อจำกัดในการประยุกต์ใช้กับอาหารแห้ง อาหารแช่เยือกแข็งและอาหารที่มีความชื้นปานกลาง

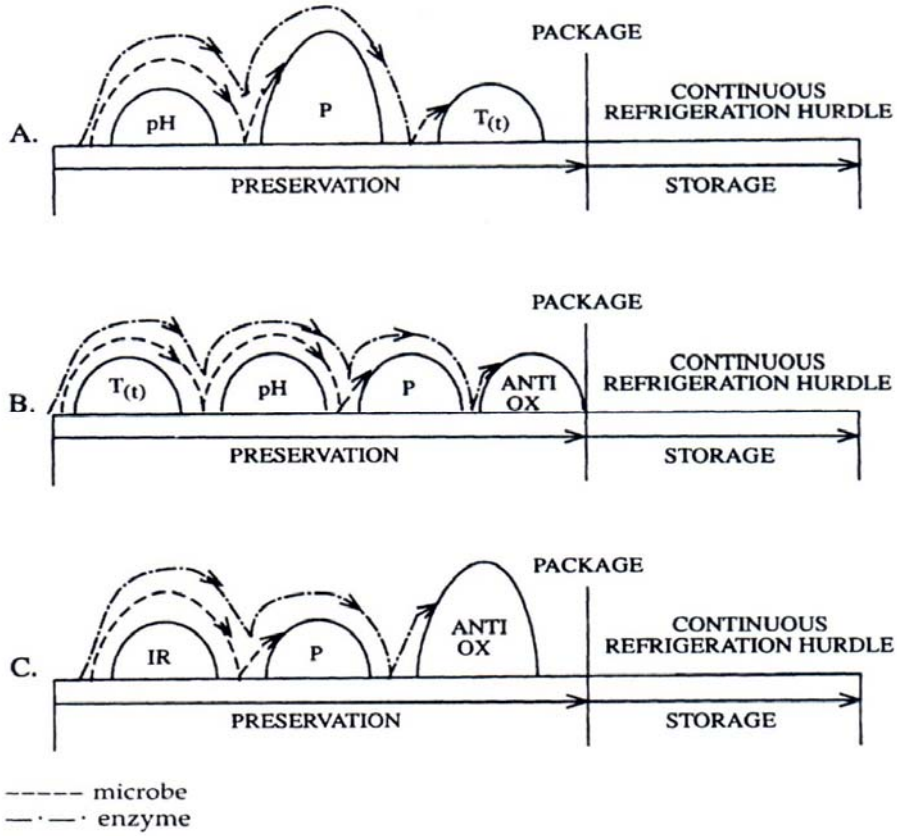
เทคโนโลยีเฮอร์เดิลและอาหารแปรรูปขั้นต้น

กระบวนการแปรรูปขั้นต้น (mininally processings) ครอบคลุมถึงวิธีการหรือเทคโนโลยีต่างๆ ในการยืดอายุการเก็บรักษาอาหารและมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดในด้านลักษณะคุณภาพความสดของผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะผักและผลไม้แปรรูปขั้นต้น ที่ผ่านกระบวนการต่างๆ ในการยืดอายุการเก็บรักษาและใช้ความเย็น ทั้งนี้เพื่อนำมาใช้บริโภคได้ทันทีหรือใช้ประกอบเป็นอาหารชนิดอื่นๆ ต่อไป Ohlsson (1994) รายงานว่าอาหารแปรรูปขั้นต้นนี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะ “ลด (reduced) และเบา (light)” กล่าวคือผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมบริโภคเพื่อลดต้องการพลังงานทั้งในเรื่องของการลดปริมาณไขมัน น้ำตาลหรือเกลือในอาหารและลดปริมาณหรือไม่ใช้วัตถุเจือปนในอาหาร (food additives) โดยใช้สารจากธรรมชาติมาแทนที่ เพื่อทำให้อาหารคงความสดหรือใกล้เคียงกับของสด อาหารประเภทนี้จะเสื่อมเสียได้อย่างรวดเร็วกว่าอาหารที่ยังไม่ผ่านกระบวนการแปรรูป (Leistner,1995) อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องเน้นในด้านความปลอดภัยและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานไม่ได้เป็นจุดขาย (selling point) ที่สำคัญอีกต่อไป ในขณะที่การใช้เทคนิคหรือวิธีการเพื่อถนอมอาหารและทำให้อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดของคุณภาพของอาหารเป็นจุดประสงค์หลัก ทั้งนี้เพื่อสนองความต้องการของผู้บริโภคยุคปัจจุบันที่นิยมผลิตภัณฑ์อาหารสดหรือใกล้เคียงของสดแต่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาและมีความปลอดภัย

เทคโนโลยีเฮอร์เดิลเป็นการนำเทคนิคหรือวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาอาหารต่างๆ ทั้งแบบดั้งเดิม (traditional) หรือวิธีการใหม่ (novel) หลายวิธีการมาใช้ร่วมกัน เพื่อเป็นการประกันว่าสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในอาหารได้ (Leistner, 1995) จากแนวคิดนี้ทำให้เกิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลไม้ความชื้นสูง (high moisture fruit products) ที่มีอายุการเก็บรักษานานหลายชนิดตามที่ได้กล่าวไว้แล้วในตอนต้น ซึ่งความคงตัวของผลิตภัณฑ์ผลไม้ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปขั้นต้นและใช้เทคโนโลยีเฮอร์เดิลเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา สามารถประเมินได้จากปริมาณจุลินทรีย์ประเภทต่างๆ ได้แก่ ยีสต์และเชื้อรา จุลินทรีย์ที่เจริญที่อุณหภูมิปานกลาง (mesophilic) หรือเจริญที่อุณหภูมิสูง (thermophilic microorganisms) ในผลไม้และในน้ำเชื่อมหรือไซรัป (syrups) ในระหว่างกระบวนการผลิตและการเก็บรักษา ซึ่งพบว่ามีปริมาณเชื้อดังกล่าวต่ำในขั้นตอนการทำให้สมดุล (equilibration stage) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลของความร้อนต่ำที่ใช้ โดย Barbosa-Canovas และคณะ (1998) รายงานว่าการลวก (blanching) จะสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ได้ถึง 60 – 99% จึงทำให้พบจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ดังกล่าวในระดับต่ำและพบว่าผลิตภัณฑ์ผลไม้แปรรูปขั้นต้นที่มีความชื้นสูงนั้น จะมีอายุการเก็บรักษาได้ไม่ต่ำกว่า 3 เดือน

ที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ต้องแช่เย็น อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ผลไม้ดังกล่าวอาจมีความหวานเพิ่มขึ้น หรือมีรสชาติและกลิ่นรสของกรดและมีการใช้สารเคมีบางชนิด เช่น สารประกอบซัลไฟต์ ซึ่งบางประเทศห้ามไม่ให้ใช้ ดังนั้นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลไม้แปรรูปขั้นต้นโดยใช้แนวคิดเฮอร์เดิลนั้น จะต้องลดปริมาณสารเคมีที่ใช้ให้น้อยลงมากที่สุดและคัดเลือกวิธีการหรือเทคนิคต่างๆ ในการยืดอายุการเก็บรักษาเพื่อใช้ร่วมกัน เช่นการใช้ความเย็น การใช้ความร้อนในระดับต่ำหรือกระบวนการที่ไม่ใช้ความร้อน รวมทั้งการใช้สารยับยั้งจุลินทรีย์จากธรรมชาติ (natural antimicrobials)

การประยุกต์ใช้เฮอร์เดิลในการควบคุมจุลินทรีย์และเอนไซม์ในผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้แปรรูปขั้นต้นแสดงดังภาพที่ 5.12 Wiley (1994b) รายงานว่าจากการที่เนื้อเยื่อของผักและผลไม้แปรรูปขั้นต้นส่วนใหญ่ยังกระบวนการหายใจ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้วิธีหรือการปฏิบัติต่างๆ ที่จะช่วยลดกิจกรรมของเอนไซม์ ร่วมกับการใช้แนวคิดเฮอร์เดิลเพื่อยับยั้งจุลินทรีย์ด้วย ในภาพที่ 5.12A แสดงให้เห็นถึงผลิตภัณฑ์ผลไม้ที่มีกรดตามธรรมชาติหรือกรดที่เติมเข้าไปในระหว่างการแปรรูปเพื่อให้มีค่า pH ต่ำกว่า 4.6 ซึ่งจะช่วยลดการเจริญของจุลินทรีย์และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพสารยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เติม เมื่อเติมสารยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น กรดแอสคอร์บิกเพื่อหยุดปฏิกิริยาเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส แต่สารนี้อาจไม่มีผลต่อเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ อย่างไรก็ตามตราบใดที่มีกรดแอสคอร์บิกในสารละลายที่เป็นกรดจะพบว่าการเกิดสีน้ำตาลยังคงเกิดขึ้นเล็กน้อย ในขั้นตอนสุดท้ายโดยการใช้ความร้อนในระดับต่ำจะช่วยลดกิจกรรมของเอนไซม์ รวมทั้งช่วยลดปริมาณของจุลินทรีย์ต่างๆ เช่น ยีสต์ เชื้อราและแบคทีเรีย ซึ่งผลิตภัณฑ์นี้จะถูกบรรจุและใช้ความเย็นในระหว่างการเก็บรักษา การขนส่งและการจำหน่าย โดยแนวคิดเฮอร์เดิลนี้ได้ใช้อุณหภูมิสองระดับในการควบคุมจุลินทรีย์และเอนไซม์ ได้แก่ การใช้ความร้อนในระดับต่ำขณะเริ่มต้นในเวลาที่จำกัดและการใช้อุณหภูมิต่ำในการเก็บรักษาไปจนถึงมือผู้บริโภค



ภาพที่ 5.12 การประยุกต์ใช้เฮอร์เดิลในการควบคุมจุลินทรีย์และเอนไซม์ในผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้แปรรูปขั้นต้น

ที่มา : Wiley (1994b)

ภาพที่ 5.12 B แสดงตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ผักที่ได้รับความร้อนในระดับต่ำในระยะเวลาสั้นๆ และมีการปรับลดค่า pH โดยการเติมกรด มีการใช้สารกันเสียในการลดปริมาณจุลินทรีย์และใช้สารยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันเพื่อลดการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์และนำไปเก็บรักษาโดยการแช่เย็นซึ่งเป็นปัจจัยกีดขวางหรือเฮอร์เดิลขั้นสุดท้าย หรือตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่อาจมีการบรรจุโดยการดัดแปลงบรรยากาศ แสดงดังภาพที่ 5.12 C โดยมีการฉายรังสีปริมาณต่ำ (low dosage) ให้แก่ผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ตามระดับที่กำหนดไว้ การใช้สารกันเสียเพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ การใช้สารยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันเพื่อลดการเกิดสีน้ำตาลและมีการเก็บรักษาโดยการแช่เย็นซึ่งเป็นวิธีการขั้นสุดท้ายในการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2544. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 4. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กทม.

ดนัย บุณยเกียรติ. 2536. สารเคลือบผิวที่บริโภคได้. ข่าวสารชมรมพืชสวนหลังการเก็บเกี่ยว 3(1-2) : 9 -10.

พรทิพย์ ชัยมณี. 2540. ชีวเคมีกับการยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยว. ว. วิทยาศาสตร์ 51(3) : 189 – 193.

ไพรัตน์ โสภโณดร วิคเนตร พระพุทธ และสุทธวัฒน์ เบญจกุล. 2536. การใช้ไคโตแซนเป็นสารเคลือบผิวเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามะนาว. ว. สงขลานครินทร์ 15(3) : 259 – 267.

มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด. 2535. ฟิล์มและสารเคลือบที่รับประทานได้. อาหาร 22(1) : 1 – 6.

Ahvenainen, R. 1996. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruits and vegetables. Trends Food Sci. & Technol. 7 : 179 – 187.

Alzamora, S. M., L. N. Gerschenson, S. L. Vidales and A. Nieto. 1997. Structural changes in the minimal processing of fruits : some effects of blanching and sugar impregnation. pp. 117 – 140. *In* "Food Engineering 2000". P. Fito, E. Ortega-Rodriquez and G.V. Barbosa-Canovas (eds.). Chapman & Hall, New York.

Ahvenainen, R. 2000. Minimal processing of fresh produce. pp. 277 – 290. *In* "Minimally Processed Fruits and Vegetables". S. M. Alzamora, M. S. Tapia and A. Lopez-Malo (eds.). Aspen Publishers, Inc. Maryland.

Alzamora, S. M., M. S. Tapia and A. Lopez-Malo. 2000. Minimally Processed Fruits and Vegetables. Aspen Publishers, Inc. Maryland.

Akbudak, B. and A. Eris. 2004. Physical and chemical changes in peaches and nectarines during the modified atmosphere storage. Food Control 15 : 307 – 313.

Barbosa – Canovas, G. V., U. R. Pothakamury, E. Palou and B. G. Swanson. 1988. Nonthermal Preservation of Foods. Marcel Dekker, Inc. New York.

Beuchat, L. R. and D. A. Golden. 1989. Antimicrobials occurring naturally in foods. Food Technol. 43 (1) : 134 – 142.

Bolin, H. R., A. E. Stafford, A. D. Junior King and C. C. Huxoll. 1977. Factors affecting the storage stability of shredded lettuce. J. Food Sci. 42 : 1319 – 1321.

Castro, A. J., G. V. Barbosa-Canovas and B. G. Swanson. 1993. Microbial inactivation of foods by pulsed electric fields. J. Food Proc. Pres. 17 : 47 – 73.

Church, I. 1998. The sensory quality, microbiological safety and shelf life of packaged foods. pp. 190 – 205. *In* "Sous vide and cook chill processing for the food industry". S. Ghazala (ed.). Aspen Publishers, Inc., Maryland.

Farr, D. 1990. High pressure technology in the food industry. Trends Food Sci. & Technol. 1 : 14 – 16.

Garcia, E. and D. M. Barrett. 2005. Preservative treatments for fresh cut fruits and vegetables. http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/Pubs/FinalChapterIX-Technomic-Garcia.pdf retrieved on May 22, 2005.

Ghazala, S. 1998. Sous Vide and Cook Chill Processing for the Food Industry. Aspen Publishers, Inc., Maryland.

Glorris, L. G. M. and B. Tauscher. 1999. Quality and safety aspects of novel minimal processing technologies. pp. 325 – 339. *In* " Processing Foods". A. R. Oliviera and J. C. Oliviera (eds.). CRC Press LLC, Florida.

Gonzalez-Aguilar, G.A., S. Ruiz-Cruz, R. Cruz-Valenzuela, A. Rodriguez-Felix and C. Y. Wang. 2004. Physiological and quality changes of fresh cut pineapple treated with antibrowning agents. Lebensm.-Wiss. U. Technol. 37 : 369 – 376.

Gould, G. W. 1999. Sous vide foods : conclusions of an ECFF Botulinum working party. Food Control 10 : 47 – 51.

Hoover, D.G. 1993. Pressure effects on biological systems. Food Technol. 47(6) : 150 -155.

Hoover, D.G., C. Metrick, A. M. Papineau, D. F. Farkas and D. Knorr. 1993. Biological effects of high hydrostatic pressure on food microorganisms. Food Technol. 43(3) : 99 – 107.

Huesheger, H., J. Potel and E.G. Niemann. 1983. Electric field effects on bacteria and yeast cells. Radiation Environ. Biophys. 22 : 149 – 162.

Huxsoll, C. C. and H. R. Bolin. 1989. Processing and distribution alternatives for minimally processed fruits and vegetables. Food Technol. 43 : 132 – 135.

Jay, M. J. and G. M. Rivers. 1984. Antimicrobial activity of some food flavoring compound. J. Food Safety 6 : 129 – 139.

Jacxsens, L., F. Devlieghere, P. Ragaert , E. Vanneste and J. Debevere. 2003. Relation between microbiological quality, metabolite production and sensory quality of equilibrium modified atmosphere packages fresh cut produce. Int. J. Food Microbiol. 83 : 263 – 380.

Kader, A. A., D. Zagory and E. L. Kerbel. 1989. Modified atmosphere of fruits and vegetables. Crit. Rev. Food Sci. Nutri. 28 (10) : 1 – 30.

King, A.D. and H. R. Bolin. 1989. Physiological and microbiological storage stability of minimally processed fruits and vegetables. Food Technol. 2 : 132 – 135.

Knorr, D. 1993. Effects of high hydrostatic pressure processes on food safety and quality. Food Technol. 47(6) : 156 – 161.

Krochta, J. M., E. A. Baldwin and M. O. Nisperos-Carriedo. 1994. Edible Coatings and Films to Improve Food Quality. Technomic Publishing Company, Inc., Pennsylvania.

Laurila, E., R. Kervinen and R. Ahvenainen. 1998. The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. Postharv. News and Info. 9(4) : 53N-66N.

Lee, C. Y. and J. R. Whitaker. 1995. Enzymatic Browning and its Prevention. American Chemical Society, Washington, D.C.

Leistner, L. 1992. Food preservation by combined methods. Food Res. Int. 25 : 151 – 158.

Leistner, L. 1994. Further development in the utilization of hurdle technology for food preservation. J. Food Eng. 22 : 421 – 432.

Leistner, L. 1995. Principles and application of hurdle technology. pp. 1 – 21. *In* "New Methods of Food Preservation". G. W. Gould (ed.). Blackie Academic and Professional, Glasgow.

Leistner, L. 2000. Basic aspects of food preservation by hurdle technology. Int. J. Food Microbiol. 55 : 181 – 186.

Lopez-Malo, A. , E. Palou, J. Welti, P. Corte and A. Argaiz. 1994. Shelf stable high moisture papaya minimally processed by combined methods. Food Res. Int. 27 : 545 – 553.

Mertens, B. and D. Knorr. 1992. Developments of nonthermal processes for food preservation. Food Technol. 46(5) : 124 – 133.

Myers, R. A. 1989. Packaging considerations for minimally processed fruits and vegetables. Food Technol. 43 (2) : 129 – 131.

Nguyen – The, C. and F. Carlin. 1994. The microbiological of minimally processed fresh fruits and vegetables. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 34 : 371 – 401.

Ohlsson, T. 1994. Minimal processing preservation methods of the future : an overview. Trends Food Sci. & Technol. 5 : 341 – 344.

Ohlsson, T. 2000. Minimally processed of foods with thermal methods. pp. 141 – 148. *In* "Innovations in Food Processing". G.V. Barbosa-Canovas and G. W. Gould (eds.). Technomic Publishing Company, Inc. , Pennsylvania.

Roever, C. D. 1998. Microbiological safety evaluations and recommendations on fresh produce. Food Control 9 (6) : 321 – 347.

Rolle, R. S. and G. W. Chism. 1987. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. J. Food Qual. 10 : 157 – 177.

Ronk, R. J., K. L. Carson and P. Thompson. 1989. Processing, packaging and regulation of minimally processed fruits and vegetables. Food Technol. 42(2) : 136 – 139.

Shelef, L. A. 1983. Antimicrobial effects of spices. J. Food Safety 6 : 29 – 44.

Shewfelt, R. L. 1987. Quality of minimally processed fruits and vegetables. J. Food Qual. 10 : 143 – 156.

Shewfelt, R. L. 1990. Quality of fruits and vegetables. Food Technol. 44 : 99 -106.

Singh, R. P. and F. A. R. Oliviera. 1994. Minimal Processing of Foods and Process Optimization. An Interface. CRC Press, Florida.

Soliva-Fortuny, R. C. and O. Martin-Belloso. 2003. New advances in extending the shelf life of fresh cut fruits : a review. Trends Food Sci. & Technol. 14 : 341 – 353.

Tapia de Daza, M. S. , S. M. Alzamora and J. Welti-Chanes. 1996. Combination of preservation factors applied to minimal processing of foods. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 36 : 629 – 659.

Tapia de Daza, M. S. , S. M. Alzamora and J. Welti-Chanes. 1997. Minimally processed high moisture fruit products by combined methods : results of multinational projects. pp. 161 – 180. *In* "Food Engineering 2000". P. Fito, E. Ortega-Rodriquez and G.V. Barbosa-Canovas (eds.). Chapman & Hall, New York.

Varaquaux, P. and R. C. Wiley .1994. Biological and biochemical changes in minimally processed refrigerated fruits and vegetables. pp. 226 – 260. *In* "Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables". R. C. Wiley (ed.). Chapman & Hall, New York.

Watada, A. E., K. Abe and N. Yamuchi. 1990. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. Food Technol. 44(5) : 116 – 122.

Watada, A.E., P.K. Nathanee and D. A. Minott. 1996. Factors affecting quality of fresh cut horticultural products. Postharv. Biol. Technol. 9 : 115 – 125.

Watada, A. E. and Q. Ling. 1999. Quality of fresh cut produce. Postharv. Biol. Technol. 15 : 201 – 205.

Weichmann, J. 1987. Postharvest Physiology of Vegetables. Marcel Dekker, Inc. New York.

Welti-Chanes, J., F. Vergara-Balderas and A. Lopez-Malo. 1997. Minimally processed foods – State of the art. pp. 181 – 212. *In* "Food Engineering 2000". P. Fito, E. Ortega-Rodriquez and G.V. Barbosa-Canovas (eds.). Chapman & Hall, New York.

Welti-Chanes, J., F. S. T. Alzamora and A. Lopez-Malo and M. S. Tapia. 2000. Minimally processed fruits using hurdle technology. pp. 123 – 140. *In* "Innovations in Food Processing". G.V. Barbosa-Canovas and G. W. Gould (eds.). Technomic Publishing Company, Inc. , Pennsylvania.

Wiley, R. C. 1994a. Introduction to minimally processed refrigerated fruits and vegetables. pp. 1 - 14. *In* "Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables". R. C. Wiley (ed.). Chapman & Hall, New York.

Wiley, R. C. 1994b. Preservation methods for Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables. pp. 66 - 134. *In* "Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables". R. C. Wiley (ed.). Chapman & Hall, New York.

Wills, R., B. McGlasson, D. Graham and D. Joyce. 1998. Postharvest. 4th ed. University of New South Wales Press, Ltd., Sydney.

Yildiz, F. 1994. Initial preparation, handling and distribution of minimally processed refrigerated fruits and vegetables. pp. 15 – 65. *In* "Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables". R. C. Wiley (ed.). Chapman & Hall, New York.

Zagory, D. and A.A. Kader. 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. Food Technol. 41(9) : 70 – 77.

Zwietering, M. H. 2002. Quantification of microbial quality and safety in minimally processed foods. Int. Dairy J. 12 : 263 – 271.