

การตรวจเอกสาร

ข้อมูลทั่วไปของฝรั่ง

ฝรั่ง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Psidium guajava* Linn. อยู่ในวงศ์ Myrtaceae มีชื่อสามัญคือ Guava มีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบอเมริกาใต้ และทางตะวันออกของอินเดีย นอกจากนี้ยังพบในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อน ฝรั่งเป็นไม้ผลที่เจริญเติบโตได้ดีในทุกภาคของประเทศไทย และให้ผลผลิตตลอดทั้งปี ทนทานต่อสภาพความแห้งแล้งได้ดี สามารถเจริญได้ในดินทุกชนิด สภาพดินควรมีความสมบูรณ์มาก ระบายน้ำได้ดี ดินมีสภาพความเป็นกรดเป็นด่าง 4.5-8.2 มีปริมาณน้ำฝน 1,000-3,000 มิลลิเมตร/ปี ทรงพุ่มสูงประมาณ 3-5 เมตร จะเริ่มให้ผลเมื่อปลูกได้ประมาณ 1 ปี เริ่มออกดอกจนถึงเก็บผลใช้เวลาประมาณ 4-5 เดือน ผลผลิตประมาณ 170 ผล/ต้น/ไร่ น้ำหนักโดยเฉลี่ยผลละ 300-500 กรัม ฤดูกาลเก็บเกี่ยวปลูกคืออยู่ในช่วงเดือนมีนาคม-พฤษภาคม (มากที่สุด) แหล่งผลิตที่สำคัญอยู่ที่จังหวัดนครปฐม ราชบุรี สมุทรสาคร และชลบุรี พันธุ์ที่ส่งเสริมให้มีการผลิตในปัจจุบันได้แก่พันธุ์กลมสาละ และพันธุ์แป้นสีทอง ฝรั่งในปัจจุบันส่วนใหญ่จะเป็นการผลิตเพื่อบริโภคภายในประเทศ นอกจากนั้นยังสามารถนำไปแปรรูปเป็นน้ำผลไม้และแปรรูปเป็นฟรุทสลัดส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศได้ปีละหลายล้านบาท สำหรับฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองเป็นฝรั่งพันธุ์ยักษ์อีกสายพันธุ์หนึ่งที่เกิดจากการผสมพันธุ์ระหว่างพ่อพันธุ์กลมสาละกับแม่พันธุ์บางกอกแอปเปิ้ล แล้วเกิดการกลายพันธุ์ในลักษณะที่ดีกว่าพ่อแม่พันธุ์ สำหรับปัญหาและอุปสรรคในการผลิตฝรั่งได้แก่ ราคาผลผลิตมักตกต่ำในช่วงที่มีผลผลิตมาก ผลผลิตเน่าเสียง่าย การส่งออกและเทคโนโลยีด้านวิทยาการเก็บเกี่ยวยังมีน้อย (จุไรรัตน์, 2540; ณ ถลาง, 2545; ประเสริฐ, 2546ก, 2546ข, 2546ค; ไพบุญย์, 2539; หนึ่งฤทัย, 2541; Seymour *et al.*, 1993; Kader, 2002; Yavada, 1996)

ฝรั่งจัดเป็นผลไม้ประเภท climacteric fruit อัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนเกี่ยวข้องกับสายพันธุ์และระยะการสุกแก่ของผล โดยปกติอัตราการผลิตเอทิลีนที่อุณหภูมิ 20 °C. (68 องศาฟาเรนไฮต์) จะอยู่ในช่วง 1-10 $\mu\text{l/kg hr}$. อัตราการหายใจอยู่ในช่วง 70-150 $\text{mg CO}_2/\text{kg/hr}$. และมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำคิดเป็น 0.3 %/day/mbar ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในช่วง 7-9 % และมีปริมาณกรดอยู่ในช่วง 0.2-0.4 % การเก็บเกี่ยวผลฝรั่งจะเก็บในระยะ mature-green คือระยะที่ผลเปลี่ยนจากสีเขียวเข้มเป็นสีเขียวอ่อน ซึ่งสีของผลเป็นดัชนีชี้วัดความสุกแก่ของผลฝรั่งที่ดีสำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผลฝรั่งในระยะผลแก่สีเขียวคือ 8-10 °C. (46-50 องศาฟาเรนไฮต์) โดยสามารถเก็บรักษาได้นานประมาณ 2-3 สัปดาห์ ส่วนผลฝรั่งในระยะที่สุกเต็มที่แล้ว

สามารถเก็บรักษาได้นานประมาณ 1 สัปดาห์ที่ อุณหภูมิ 5-8 ซ. หรือ 41-46 ฟาเรนไฮต์ ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 90 % (Siriphanich, 2002; Kader, 2002; Jain *et al.* 2003) นอกจากนี้ฝรั่งยังเป็นผลไม้ที่มีปริมาณวิตามินซีสูง โดยเฉลี่ยมีปริมาณ 200-400 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักสด บางสายพันธุ์ยังมีปริมาณของวิตามินเอสูงอีกด้วย (ตารางที่ 1)

การปลูกฝรั่งมักมีปัญหาเรื่องโรคและแมลงศัตรูพืช สำหรับปัญหาเรื่องโรคมีทั้งโรคที่เข้าทำลายตั้งแต่ระยะปลูกและโรคภายหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งโรคที่พบภายหลังการเก็บเกี่ยวและทำให้ผลิตผลเสียหาย และด้อยคุณภาพ ได้แก่ Anthracnose, Aspergillus rot, Botryodiplodia rot, Canker, Choanephora rot, Curvularia rot, Cythrocycladium rot, Dothiorella rot, Fusarium rot, Macrophoma rot, Macrophomina rot, Mucor rot, Phoma rot, Phomopsis rot, Phyllosticta rot, Phytophthora rot, Rhizopus rot, Sclerotium rot และ Thielaviopsis rot (Salunkhe and Desai, 1984; Snowdon, 1990; Kader, 2002; Barkai-Golan, 2001; นิพนธ์, 2542ก, 2542ข)

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและการเข้าทำลายของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*

เชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. เป็นเชื้อราที่อยู่ใน Division Eumycota, Subdivision Deuteromycotina, Form-class Coelomycetes และ Form-order Melanconiales มีระยะ perfect state คือ *Glomerella cingulata* (Stonem.) Spauld & Schrenk ลักษณะสำคัญของเชื้อรา *C. gloeosporioides* จะมีการสร้าง conidium ใน fruiting body แบบ acervulus ซึ่งเป็น sporocarp รูปร่าง cushion-shaped ลักษณะกลมเป็นมันอยู่ใต้ชั้น epidermis ของพืช และมีการสร้าง sterile hypha สีเข้ม ขนาดใหญ่คล้ายหนาม เรียกว่า seta เกิดอยู่ที่บริเวณขอบของ acervulus หรือปะปนอยู่กับ conidiophore ส่วนสปอร์หรือ conidium เกิดบนก้าน conidiophore มีเซลล์เดียว ไม่มีสี รูปร่างยาวรี การแพร่กระจายสปอร์ตามธรรมชาติอาศัยฝน และแมลง (วิจิัย, 2546; นิพนธ์, 2542ข; ไพบูลย์ และคณะ, 2538)

เชื้อราชนิดนี้พบเป็นปัญหาทั้งในระยะก่อนเก็บเกี่ยวและหลังเก็บเกี่ยวของไม้ผลในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อนโดยเป็นสาเหตุของโรคแอนแทรคโนส (Anthracnose) เชื้อราชนิดนี้มีการเข้าทำลายแบบแฝง (quiescent infection) ซึ่งอาศัยอยู่บริเวณผิวหรือภายในผล นอกจากนี้ยังสามารถทำลายส่วนอื่นๆ ของพืชได้ด้วย เช่น ใบ ลำต้น และดอก เมื่อผลมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาหรือผล

ตารางที่ 1 ปริมาณสารอาหารและส่วนประกอบโดยประมาณของฝรั่ง (Salunkhe and Desai, 1984)

Composition	Average	Composition	Average
Moisture	74.00-87.00 %	Total pectin	0.50-1.80 %
Dry matter	13.00-26.00 %	Calcium	17.00 mg %
Ash	0.50-1.00 %	Phosphorus	28.40 mg %
Crude fat	0.40-0.70 %	Iron	1.82 mg %
Crude protein	0.80-1.50 %	Chlorophyll	0.67 mg %
Crude fiber	3.80	Vitamin A (beta-carotene)	250 (IU)
Reducing sugar	4.00 %	Carotene	0.69 mg %
Non-reducing sugar	2.90 %	Xanthophyll	0.13 mg %
Total sugars	6.80 %	Ascorbic acid	336.80 mg %
Total soluble solids	12.00 %	Thiamin	0.05 mg %
Sugar-acid ratio	4.00-25.00	Riboflavin	0.03 mg %
Brix-acid ratio	5.00-53.00	Niacin	1.18 mg %
Acidity (as citric acid)	0.33-0.99 %	Pantothenic acid	
PH	4.70-5.40	- white pulp	0.13 mg %
Alcohol-insoluble pectin	0.75 %	- red pulp	0.17 mg %
Pectic acid	0.51 %		

เริ่มเกิดกระบวนการสุก การพัฒนาของโรคจึงเกิดขึ้น (Coates and Gowanlock, 1993) สำหรับ อุณหภูมิต่ำที่สุดที่เชื้อราชนิดนี้สามารถเจริญได้คือ 9 ช. ซึ่งผลไม้ที่เป็นพืชอาศัยของเชื้อราชนิดนี้ไม่สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้เนื่องจากเกิดการสะท้อนหนาวได้ง่าย (Barkai-Golan, 2001) ใน ผลฝรั่งเชื้อรา *C. gloeosporioides* ทำให้ผลฝรั่งที่แก่หรือสุกแสดงอาการจุดสีน้ำตาลแดงเป็นแอ่งนูน และมีกลุ่มเมือกสีชมพูหรือสีส้มของเชื้อราปรากฏมากมาย ผลฝรั่งที่ถูกดูดกินโดยเพลี้ยไฟ หรือไรแดงจะเป็นโรคนี้ได้ง่าย และมักปรากฏอาการของจุดเชื่อมกันเป็นแผลโต หรือเป็นทางยาวล้อมรอบกันผล จากนั้นจะลุกลามทำให้ผลเน่าเสียอย่างรวดเร็ว (นิพนธ์, 2542ข; ไพบูลย์ และคณะ, 2538; Barkai-Golan, 2001) ในการศึกษาเกี่ยวกับผลอาโวคาโดที่ยังไม่เก็บเกี่ยว พบว่า เชื้อราสาเหตุ *C. gloeosporioides* มีการสร้างส่วนของ infection peg สั้นๆ ออกมาจากส่วน appressorium ซึ่งพบบริเวณผิวผลในส่วนของ cuticle (Coates and Gowanlock, 1993) นอกจากนี้ Podila *et al.* (1993) ได้ รายงานว่าส่วนของไขหรือ wax ที่ผิวของพืชอาศัยของเชื้อราใน Genus *Colletotrichum* สามารถชักนำให้เชื้อมีการสร้างส่วนของ appressorium ได้ แต่ในพืชซึ่งไม่ใช่พืชอาศัยจะไม่สามารถชักนำให้เชื้อสร้าง appressorium ได้

การป้องกันและควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้

การป้องกันและควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้ควรเริ่มตั้งแต่การดูแลและปฏิบัติ ในระหว่างการเก็บเกี่ยว และต้องทำด้วยความประณีตเพื่อไม่ให้เกิดบาดแผลอันเป็นสาเหตุทำให้เกิด การปนเปื้อนของเชื้อโรคขึ้นกับผลผลิต สำหรับการควบคุมโรคภายหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้ สามารถปฏิบัติได้ 3 วิธีการใหญ่ๆ คือ การควบคุมทางกายภาพ การใช้สารเคมี และการควบคุมโดยชีววิธี ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดเฉพาะหัวข้อย่อยที่เกี่ยวข้องกับการทดลองคือ การดัดแปลงบรรยากาศ การใช้อุณหภูมิต่ำ และการให้แคลเซียมกับผลผลิต (ไพบูลย์ และคณะ, 2538; กฤษณา และคณะ, 2539; จริงแท้, 2542; Snowdon, 1990; Kader, 2002)

การดัดแปลงบรรยากาศ (Modified atmosphere)

การดัดแปลงบรรยากาศนับว่าเป็นทางเลือกใหม่เพื่อลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลงเพื่อลดการสูญเสียของผลผลิตในระยะหลังเก็บเกี่ยว ในอดีตมีการนำไปใช้กับผลผลิตทางการเกษตรเพื่อยืดอายุการเก็บรักษามาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1970 ต่อมาใช้เพื่อรักษาคูณภาพและลดการสูญเสีย ภายหลังการเก็บเกี่ยวในระหว่างการขนส่งและการเก็บรักษา ซึ่งการดัดแปลงบรรยากาศเป็นการลด

ระดับความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนหรือเพิ่มระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศของห้องเย็นหรือใช้ทั้งสองกรณีร่วมกัน (Thompson, 1998)

การดัดแปลงบรรยากาศต่อชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้

การดัดแปลงบรรยากาศทำให้อายุการเก็บรักษาของผักและผลไม้ยาวนานมากขึ้น เนื่องจากในสภาพที่ปริมาณก๊าซออกซิเจนต่ำสามารถลดอัตราการหายใจของผลไม้ได้ (Young *et al.*, 1962) ดังเช่นการศึกษาของ Liu *et al.*, (2004) รายงานว่าการให้คาร์บอนไดออกไซด์กับผลกล้วยไปมีผลยับยั้งการหายใจของกล้วยได้โดยไปลดปริมาณ pyruvate 2-oxoglutarate และ malate นอกจากนี้ยังพบว่าการควบคุมสภาพบรรยากาศอาจกระตุ้นให้เกิดอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาได้ เช่น อาการไส้ดำของมันฝรั่ง แอปเปิล และสาลี่ การสุกที่ไม่สม่ำเสมอในกล้วย และสาลี่ซึ่งจะเกิดในกรณีที่ลดระดับของก๊าซออกซิเจนต่ำกว่า 2 % หรือเพิ่มระดับของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า 5 % การเกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติเมื่อมีระดับของก๊าซออกซิเจนต่ำ เป็นต้น (दनัย และนิธิยา, 2535) การศึกษาอื่นๆ เช่น Benito-Bautista and Mercado-Silva (1997) รายงานว่า การใช้คาร์บอนไดออกไซด์ 5 % ร่วมกับออกซิเจน 10 % เป็นระยะเวลานาน 24 ชั่วโมง สามารถเก็บรักษาฝรั่งได้นาน 3 สัปดาห์ โดยที่สีของผล ความแน่นเนื้อ รสชาติ และกลิ่นไม่เปลี่ยนแปลง ที่อุณหภูมิ 4 °C และ 10 °C.

วาริช (2540) รายงานว่า การเก็บรักษาผลเงาะพันธุ์โรงเรียนภายใต้สภาพบรรยากาศดัดแปลงที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 สามารถรักษาคุณภาพของผลเงาะได้นาน 18 วัน โดยสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีได้ดีกว่าการเก็บรักษาในสภาพที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้น 5 % และ 0.03 % ตามลำดับ แต่พบว่าการเก็บรักษาในสภาพที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูงมีผลทำให้เกิดการสลายตัวของวิตามินซีในระหว่างการเก็บรักษามากกว่าผลเงาะที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ ตัวแปรสำคัญที่กำหนดอายุการเก็บรักษาผลเงาะ คือ การพัฒนาของโรค โดยสามารถแยกเชื้อราจากผลเงาะที่เป็นโรคได้ 4 ชนิด คือ *Botryodiplodia* sp., *Phomopsis* sp., *Pestalotia* sp. และ *Aspergillus* sp.

Yahia (1997) รายงานว่า การปรับสภาพบรรยากาศที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษากล้วยควรอยู่ในช่วงที่มอดอกประกอบของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 2-5 % และมีก๊าซออกซิเจน 2-5 % เพราะที่ความเข้มข้นของก๊าซทั้งสองระดับนี้สามารถชะลอการสุกของกล้วยได้โดยไม่ทำให้

เกิดอาการผิดปกติใดๆ ขึ้น ส่วนกล้วยที่มีชุดโครโมโซมแบบ 2N หรือที่เรียกว่า apple banana มักจะ ใช้การขนส่งทางอากาศเนื่องจากกล้วยชนิดนี้มีอายุการเก็บรักษาสั้นซึ่งทำให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งค่อนข้างสูง เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งจึงได้มีการทดลองใช้การเก็บรักษาระหว่างขนส่งโดยการปรับสภาพบรรยากาศสำหรับการขนส่งทางทะเล ซึ่ง Quing and Thompson (1995) ได้ทดลองโดยใช้การเก็บรักษา apple banana ที่อุณหภูมิ 14 ช. และบรรจุโดยมีการห่อหุ้มด้วย polyethylene film พบว่าให้ผลใกล้เคียงกับการเก็บรักษาในทางการค้าของกล้วยในกลุ่ม Cavendish (*Musa AAA*) ซึ่งเป็นกล้วยที่ใช้ในการบริโภคทั่วไป โดยสามารถเก็บรักษาได้นานถึง 21-28 วัน อย่างไรก็ตามถ้ามีการเก็บเกี่ยวกล้วยในระยะที่ผลสุกแก่เต็มที่ที่จะทำให้รสชาติของผลเมื่อสุกดีกว่า แต่มีข้อเสียตรงที่ไม่สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน

การดัดแปลงบรรยากาศเพื่อการป้องกันและควบคุมโรค

การดัดแปลงบรรยากาศมีผลโดยตรงต่อเชื้อโรค เนื่องจากเชื้อโรคเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีการหายใจเช่นเดียวกัน ดังนั้นหากบรรยากาศในการเก็บรักษาผลิตผลมีองค์ประกอบเปลี่ยนแปลงไปย่อมส่งผลถึงการเจริญเติบโตของเชื้อและทำให้เกิดโรคบนผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวเปลี่ยนแปลงไปด้วย ซึ่งเชื้อโรคโดยส่วนใหญ่มีความต้องการออกซิเจนเพื่อใช้ในการหายใจ ดังนั้นเมื่อมีการลดปริมาณออกซิเจนลงจะมีผลต่อกระบวนการถ่ายทอดอิเล็กตรอนเพราะออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้ายของกระบวนการจึงมีผลทำให้กระบวนการหายใจผิดปกติไป ในเชื้อราส่วนใหญ่จะไม่สามารถเจริญได้ในสภาพที่ไม่มีก๊าซออกซิเจน เมื่อก๊าซออกซิเจนลดลงจึงสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อได้ (Amanatidou *et al.*, 1999; Ben-Yehoshua *et al.*, 1993; Kader, 1993; Barkai-Golan, 2001; จริงแท้, 2542) โดยในสภาพที่มีออกซิเจนต่ำสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ที่เชื้อโรคสร้างขึ้น เช่น pectin methyl esterase (PME), polygalacturonase (PG) และ cellulase (C_x) (Wells, 1968) นอกจากนี้ Wells and Uota (1970) รายงานว่า การงอกของสปอร์ของเชื้อรา *Rhizopus stolonifer* และเชื้อรา *Cladosporium herbarum* ลดต่ำลงในสภาพบรรยากาศที่มีออกซิเจน 1 % สำหรับเชื้อรา *Alternaria alternate*, *Botrytis cinerea* และ *Fusarium roseum* มีการงอกลดลงเมื่อลดออกซิเจนลงเหลือ 0.25 % หรือต่ำกว่านี้ แต่เมื่อย้ายเชื้อดังกล่าวมาเลี้ยงที่สภาพบรรยากาศปกติพบว่าเชื้อสามารถกลับมาเจริญได้ตามปกติ

สำหรับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นสูงมีผลโดยตรงในการยับยั้งการเจริญของเชื้อโรคโดยไปมีผลต่อกิจกรรมเมตาบอลิซึม เช่น การศึกษาโดย Wells and Uota (1970) ได้

รายงานว่าการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้น 16 % สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อรา *Rhizopus stolonifer*, *Cladosporium herbarum* และ *Botrytis cinerea* ได้มากกว่า 90 % ส่วนเชื้อรา *Fusarium roseum* มีการเจริญลดลง 50 % เมื่อในสภาพบรรยากาศมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 45 % Wells (1968) รายงานว่าที่ระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 10-20 % สามารถควบคุมเชื้อ *Botrytis* และ *Rhizopus* ในผลสตอเบอรี่หลังการเก็บเกี่ยวได้ อย่างไรก็ตามมีรายงานว่าในสภาพที่ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้นนี้อาจกระตุ้นให้โรคบางอย่างเจริญเติบโตได้มากขึ้นด้วย ดังนั้นการปรับสภาพบรรยากาศเพื่อการควบคุมโรคจึงค่อนข้างจะมีผลเฉพาะเจาะจงกับผลิตผลแต่ละชนิด (จริงแท้, 2542)

การใช้อุณหภูมิต่ำ

อุณหภูมิต่ำกับชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้

อุณหภูมิมีบทบาทสำคัญในการควบคุมการทำงานของเอนไซม์ ในที่อุณหภูมิเหมาะสมจะทำให้เอนไซม์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ถ้าอุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไปจะมีผลให้การทำงานของเอนไซม์ลดลง จึงกล่าวได้ว่าเมตาบอลิซึมของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเป็นสำคัญ (บัญญัติ, ม.ป.ป.) การใช้อุณหภูมิต่ำสำหรับการเก็บรักษาผักและผลไม้สามารถยับยั้งการหายใจและกระบวนการอื่นๆ ทำให้อายุการเก็บรักษานานขึ้น (สายชล, 2529) ดังการศึกษาของ Ali *et al.* (2004) ซึ่งรายงานว่าการเก็บรักษาผลมะเฟืองที่อุณหภูมิ 5 ช. และ 10 ช. สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของผลมะเฟืองและลดการสูญเสียน้ำได้ แต่ที่อุณหภูมิดังกล่าวสามารถชักนำให้เกิดอาการสะท้านหนาวได้เช่นกัน นอกจากนี้ที่อุณหภูมิ 5 ช. สามารถรักษาความแน่นเนื้อ และมีผลไปลดอัตราการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมของเอนไซม์ pectinesterase และ β -galactosidase

การใช้อุณหภูมิต่ำเพื่อป้องกันและควบคุมโรค

การใช้อุณหภูมิต่ำในการควบคุมเชื้อโรคมีทั้งการใช้อุณหภูมิต่ำสูงและต่ำ ในการควบคุมโรคโดยใช้อุณหภูมิต่ำมีผลต่อเชื้อโรคน้อยโดยวิธีนี้ทำลายเชื้อโรคได้เพียง 50-80 % ดังนั้นในการทำให้ปราศจากเชื้อจึงไม่นิยมใช้แต่จะใช้มากในการถนอมอาหารเพื่อให้เก็บไว้ได้นาน สำหรับกลไกในการยับยั้งหรือทำลายเชื้อโรคโดยใช้อุณหภูมิต่ำมีผลต่อเชื้อโรคคือ ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ทำให้เอนไซม์ทำงานช้าลงเป็นผลให้กิจกรรมของเซลล์ลดลง และทำให้โปรตีนภายในเซลล์มีความ

หนืดเพิ่มขึ้นจึงมีผลต่อภาวะคอลลอยด์ (colloidal state) ของโปรโตพลาสซึม ทำให้เมตาบอลิซึมของเซลล์ลดลงหรือถูกทำลาย ทำให้สารพิษที่เซลล์สร้างขึ้นมีสะสมในเซลล์จำนวนมาก เนื่องจากเซลล์ไม่สามารถขับสารพิษเหล่านี้ออกมาได้ จึงเป็นอันตรายต่อเซลล์ และทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งภายในเซลล์ ทำให้เซลล์เกิดการฉีกขาดและถูกทำลาย ซึ่งก็มีเชื้อราหลายชนิดที่สามารถเจริญได้ในที่มีอุณหภูมิต่ำ เช่น เชื้อรา *Cladosporium* และ *Sporotrichum* เจริญได้ที่อุณหภูมิ -6.7 °C. ส่วนเชื้อรา *Penicillium* และ *Monilia* เจริญได้ที่อุณหภูมิ -4 °C. (บัญญัติ, ม.ป.ป.) เชื้อรา *Alternaria alternata* และเชื้อรา *Rhizopus stolonifer* สามารถเข้าทำลายมะเขือเทศที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 8-12 °C. ได้ (Barkai-Golan, 2001)

การให้แคลเซียมกับผลิตผล

แคลเซียมกับชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้

การให้แคลเซียมสามารถลดการสูญเสียของผลิตผลในระหว่างเก็บรักษาได้ เช่น อาการ bitter pit และอาการ internal breakdown ของผลแอปเปิ้ล อาการ internal brown spot ของหัวมันฝรั่ง ซึ่งผลไม้ที่มีการศึกษากันมากเกี่ยวกับการนำแคลเซียมมาใช้ในการรักษาคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษา ได้แก่ ผลไม้ในเขตนาว เช่น แอปเปิ้ล ดังการศึกษาของ Saftner *et al.* (1998) รายงานว่า การใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) เข้มข้น 3 % กับผลแอปเปิ้ลพันธุ์ Golden Delicious สามารถรักษาความแน่นเนื้อ และลดการเน่าเสียเนื่องจากเชื้อราได้ โดยที่ผลแอปเปิ้ลไม่เกิดอาการ injury และการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น 2 % สามารถยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวแอปเปิ้ลได้ เมื่อเก็บในสภาพ cold storage นอกจากนี้ Saftner (1999) ได้รายงานว่าการให้แคลเซียมกับผลแอปเปิ้ลพันธุ์ Golden delicious ในระยะหลังการเก็บเกี่ยวสามารถเพิ่มปริมาณแคลเซียมให้กับผลแอปเปิ้ลได้ในระดับที่สามารถควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อที่เข้าทำลายในระยะหลังการเก็บเกี่ยวได้ โดยที่ยังคงมีคุณภาพของผลปกติเมื่อเก็บรักษาในสภาพ cold storage เป็นระยะเวลา 4 เดือน

สำหรับการศึกษาเกี่ยวกับการใช้แคลเซียมกับผลฝรั่ง ได้แก่ การศึกษาของ Botelho *et al.* (2002) ซึ่งศึกษาผลของการใช้สารละลาย CaCl_2 ต่ออายุการเก็บรักษาและคุณภาพของฝรั่งพันธุ์ Branca de Kumagai โดยการจุ่มผลฝรั่งในสารละลาย CaCl_2 ที่มีอุณหภูมิ 5 °C. พบว่า การใช้สารละลาย CaCl_2 เข้มข้น 0.5 % สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ 34.8 % และมีผลในการลดอัตรา

การหายใจ การสูญเสียน้ำหนัก นอกจากนี้ยังทำให้ปริมาณกรดที่ละลายได้เพิ่มขึ้นเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่าสารละลาย CaCl_2 ที่มีอุณหภูมิ 5 °C. มีผลต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของฝรั่ง และการศึกษาของ Bal and Chahal (2003) ซึ่งศึกษาการให้แคลเซียมแก่ผลฝรั่งโดยวิธี calcium infiltration ทั้งในระยะก่อนและหลังเก็บเกี่ยว พบว่า การให้ CaCl_2 เข้มข้น 3 % แก่ผลฝรั่งในระยะหลังเก็บเกี่ยวสามารถยืดอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้นานถึง 10 วัน ส่วนการให้ CaCl_2 เข้มข้น 2 % ในระยะก่อนเก็บเกี่ยวให้คุณภาพในระยะเก็บเกี่ยวของผลฝรั่งดีที่สุดและสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้นาน 10 วัน

Antunes *et al.* (2003a) รายงานว่า การจุ่มผล apricot ในสารละลาย CaCl_2 ที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ 3 % ขึ้นไป ทำให้เกิดความเสียหายกับผล apricot ได้ แต่ที่ CaCl_2 ความเข้มข้น 1 % สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้โดยที่ไม่เกิดความเสียหายกับผล apricot

Antunes *et al.* (2003b) ได้ศึกษาผลของการใช้อุณหภูมิสูงและการใช้ CaCl_2 กับผล fig โดยการแช่ผล fig ในสารละลาย CaCl_2 เข้มข้น 1 % ที่อุณหภูมิ 45 °C. และ 2 °C. เป็นเวลานาน 2 นาที พบว่า การแช่ผล fig ในสารละลาย CaCl_2 เข้มข้น 1 % สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผล fig ได้

Faroze *et al.* (n.d.) รายงานว่า การใช้สารละลาย CaCl_2 เข้มข้น 2 % ที่มีอุณหภูมิ 5 °C. ร่วมกับการเก็บรักษาผลมะม่วงที่อุณหภูมิ 13 °C. สามารถรักษาคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์ Spice ในระยะหลังการเก็บเกี่ยวได้ดีที่สุดโดยมีผลไปลดอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนของผลผลิต นอกจากนี้ยังมีผลทำให้การเน่าเสียระหว่างเก็บรักษาของผลผลิตลดลง ทั้งนี้เนื่องจากแคลเซียมทำให้ผนังเซลล์ของพืชแข็งแรงขึ้นจึงทำให้ผลมะม่วงมีความต้านทานต่อเอนไซม์ที่เชื้อราผลิตขึ้นมาย่อยสลายได้

Supapvanich *et al.* (2000) รายงานว่า การนำมะละกอยุ่มในสารละลาย CaCl_2 ที่ความเข้มข้น 0.5 % และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C. จะทำให้คุณภาพของผลมะละกอในระหว่างการเก็บรักษาดีที่สุด

Raese *et al.* (1994) ได้รายงานไว้ว่าการฉีดพ่น CaCl_2 ให้กับแพร์พันธุ์ Anjou สามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตได้ และยังลดการเกิดอาการ alfalfa greening และอาการ cork spot ได้ นอกจากนี้ Raese and Sugar (1994) รายงานว่าการฉีดพ่น CaCl_2 ให้กับผล Pear พันธุ์ Bartlett สามารถเพิ่ม

ผลผลิตและลดอาการ black end ได้ถึง 25-68 % นอกจากนี้พบว่าการใช้สารละลาย CaCl₂ 2 % สามารถยืดอายุการเก็บรักษาและลดอาการเน่าเสียได้ (Akl *et al.*, 1995) และมีการนำสารละลาย CaCl₂ มาฉีดพ่นบนผล pear เพื่อควบคุมอาการ brown core, cork spot และอาการ superficial scald (Raese and Drake, 2000)

Hanson *et al.* (1993) พบว่าการใช้ CaCl₂ กับผลบลูเบอร์รี่ในระยะหลังเก็บเกี่ยวสามารถเพิ่มความแน่นเนื้อของผลได้ และยังสามารถลดอาการเน่าในระยะหลังเก็บเกี่ยวของของผลองุ่นและผล grape fruit ได้ (Babalar *et al.*, 1999; Salem and El Koreiby, 1991)

อนันต์ และคณะ (2545) รายงานว่า การทำ Heat Treatment โดยการใช้อากาศร้อนที่อุณหภูมิ 40 ซ. เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง ร่วมกับการใช้สารละลาย CaCl₂ ความเข้มข้นร้อยละ 5 เป็นเวลา 30 นาที สามารถช่วยรักษาคุณภาพผลมะม่วงพันธุ์มรกต และลดการเกิด chilling injury ได้ดีที่สุด โดยมีผลในการลดอัตราการหายใจ การผลิตเอทิลีน การร่วงไหลของประจุ กิจกรรมของเอนไซม์ ACC oxidase และมีอายุการเก็บรักษาเท่ากับ 40 วัน

การแช่ผลเงาะพันธุ์โรงเรียนในสารละลาย CaCl₂ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1 แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ซ. สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลเงาะได้ดีกว่าทุกวิธีการเก็บรักษาโดยมีคะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคสูงสุด และมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลเงาะที่แช่ในสารละลาย CaCl₂ ร้อยละ 0, 2 และ 4 ตามลำดับ นอกจากนี้ CaCl₂ ที่ใช้ยังมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Botryodiplodia theobromae* ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคผลเน่า โดยมีประสิทธิภาพดีต่อผลเงาะที่เกิดบาดแผลภายหลังการแช่สารละลาย CaCl₂ แล้ว (ภาณุมาศ, 2543)

การใช้แคลเซียมเพื่อป้องกันและควบคุมโรค

วิธีการหนึ่งในการยับยั้งการเกิดโรคในระหว่างการเก็บรักษา หรือเพื่อให้ผลิตผลเกิดความต้านทานต่อเชื้อโรค ได้แก่ การเพิ่มปริมาณแคลเซียมให้กับผลิตผลเพราะแคลเซียมเป็นธาตุอาหารที่สำคัญที่มักพบในโครงสร้างของส่วนผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ (Barkai-Golan, 2001) และมีรายงานว่า การเพิ่มปริมาณของแคลเซียมในเนื้อเยื่อพืชสามารถลดการเน่าเสียที่เกิดจากเชื้อราและแบคทีเรียได้ นอกจากนี้การฉีดพ่นแคลเซียมให้กับพืชในระยะก่อนเก็บเกี่ยวยังสามารถลดการสูญเสียผลิตผลหลังเก็บเกี่ยวอันเนื่องมาจากเชื้อรา *Gloeosporium* spp. ในผลแอปเปิ้ล เชื้อรา

Botrytis และ *Geotrichum* ในผลองุ่นได้ ในขณะที่การให้แคลเซียมในระยะหลังเก็บเกี่ยวสามารถลดอัตราการเกิดโรค blue mold ที่เกิดจากเชื้อรา *Penicillium expansum* (Barkai-Golan, 2001; Yuen, 1993; White and Broadley, 2003) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Biggs (1999) รายงานว่า การใช้สารละลาย CaCl_2 และสารละลายแคลเซียมโพรพิโอเนต (calcium propionate) เพื่อยับยั้งการเกิดโรค apple bitter rot สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ germ tube ของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* และ *C. acutatum* ได้ 41 % และ 50 % ตามลำดับ

Tian *et al.* (2002) รายงานว่า การใช้สารละลาย CaCl_2 เข้มข้น 2 % (w/v) สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Rhizopus stolonifer* ได้โดยมีผลทำให้อัตราการงอกของ สปอร์และการเจริญของ germ tube ลดลง

วิชัย และชวลิต (2546) ได้ทดสอบสารบางชนิดต่อเชื้อสาเหตุโรคในสภาพอาหารเลี้ยงเชื้อพบว่า การทดสอบโดยวิธี Poisoned food technique บนอาหาร PDA ที่เติมสารละลาย CaCl_2 ความเข้มข้น 2-4 % สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Fusarium oxysporum* ได้ดีแต่ที่ความเข้มข้นต่ำจะกระตุ้นการเจริญของเชื้อเล็กน้อย