บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ลักษณะทั่วไปและแหล่งปลูกเงาะ

เงาะ (rambutan) จัดอยู่ใน Order Spindales Family Sapindaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Nephelium lappaceum* L. เป็นพืชในเขตร้อนชื้น (Humid-Tropical fruit crop) ต้องการอุณหภูมิในการเจริญเติบโตค่อนข้างสูงตลอดปี มีที่ปลูกบริเวณระหว่างเส้นรุ้งที่ 15 องศาเหนือ ถึง 15 องศาใต้ (สุเมษ เกตุวราภรณ์, 2537) มีถิ่นกำเนิดอยู่ทางตะวันตกของประเทศมาเลเซียและสุมาตรา (Valmayor *et al*., 1970) แล้วมีการแพร่ขยายไปยังกลุ่มประเทศในเอเชียตะวันตกเฉียงใต้ ศรีลังกา ออสเตรเลีย และอเมริกากลาง (O'Hare, 1997) ปัจจุบันนิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยเฉพาะในประเทศไทย ซึ่งเป็นผู้นำในการผลิตผลเงาะมากเป็นอันดับหนึ่งของโลก (Lam and Kosiyachinda, 1987) โดยมีแหล่งปลูก 2 พื้นที่ คือ ภาคตะวันออกและภาคใต้ เนื่องจากมีสภาพดินฟ้าอากาศที่เหมาะสมในการปลูกเงาะคือ ลักษณะดินร่วนปนทราย มีความชื้นของดินและในอากาศสูง มีฝนตกกระจายตลอดทั้งปี (กองเศรษฐกิจการตลาด, 2537) ผลผลิตเงาะที่ได้จาก 2 ภาคนี้ มีประมาณร้อยละ 99.5 ของผลผลิตเงาะทั้งหมด ในภาคตะวันออกปลูกมากที่จังหวัดระยอง จันทบุรี ตราด และปราจีนบุรี ส่วนทางภาคใต้ปลูกมากที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี ชุมพร นราธิวาส และนครศรีธรรมราช (มนตรี วงศ์รักพาณิชย์ และวันทนา บัวทรัพย์, 2538; Lam and Kosiyachinda, 1987) พันธุ์เงาะที่มีการปลูกมากที่สุดในประเทศไทย คือ เงาะพันธุ์โรงเรียน *Nephelium lappaceum* L. cv. RONGRIAN และเงาะพันธุ์สีชมพู *Nephelium lappaceum* L. cv. SRI-CHOMPHOO (มนตรี วงศ์รักพาณิชย์ และวันทนา บัวทรัพย์, 2536)

ผลเงาะมีลักษณะค่อนข้างกลมรี มีสีต่างๆ กัน เช่น เหลือง แดง เหลืองปนแดง เป็นต้น ขนาดของผลไม่ใหญ่มากนัก มีความยาวประมาณ 3.5-8 เซนติเมตร กว้าง 2.5 เซนติเมตร บริเวณรอบๆ ผลจะมีขนยาวบ้างสั้นบ้างขึ้นอยู่ ขนยาวประมาณ 0.5-1.8 เซนติเมตร มีสีเดียวกับสีของผิวผล เปลือกหนาพอสมควร เนื้อในของเงาะจะอ่อนนุ่ม สีขาวใสหรือมีสีอมเหลืองอ่อน มีกลิ่นเฉพาะตัว รสหวาน หวานอมเปรี้ยว หรือเปรี้ยวอมหวานแตกต่างกันไปตามพันธุ์ เมล็ดมีลักษณะแบนยาวรีสีน้ำตาลอ่อน บางพันธุ์ก็ติดแน่นกับเนื้อ บางพันธุ์ก็ไม่ติด (ฝ่ายข้อมูลวารสารเคหการเกษตร, 2537)

เงาะจัดเป็นผลไม้ประเภท non-climacteric (Mendoza, Pantastico and Javier, 1972; Leong, 1982) มีอัตราการหายใจในส่วนที่กำลังเจริญเติบโตสูงมากและลดต่ำลงเรื่อยๆ เมื่อส่วนนั้นเจริญเข้าสู่ความบริบูรณ์ทางสรีรวิทยา ภายหลังการเก็บเกี่ยวอัตราการหายใจจะลดลงเรื่อยๆ (Mendoza, Pantastico and Javier, 1972) โดยลดลงอย่างรวดเร็วในส่วนที่เป็น vegetative tissue หรือในผลที่ยังอ่อน และลดลงช้าในส่วนที่เป็นแหล่งสะสมอาหาร เงาะจัดเป็นผลไม้ที่มีอัตราการหายใจในระดับปานกลาง โดยมีอัตราการหายใจสูงสุดที่ 25 องศาเซลเซียส ประมาณ 20-100 mg CO_2 / kg hr. ซึ่งมีอัตราการหายใจใกล้เคียงกับมังคุด มะละกอ มะเขือเทศ มะเขือยาว และผักกาดเขียวปลี (จริงแท้ ศิริพาณิช, 2541)

เงาะเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ผลผลิตส่วนใหญ่ใช้บริโภคภายในประเทศ ในส่วนที่มีการจำหน่ายไปยังต่างประเทศมีทั้งในรูปแบบผลสดและการบรรจุกระป๋อง (ตารางที่ 1) แต่การส่งออกในรูปผลสดยังคงมีน้อยกว่าเงาะแปรรูปถึง 10 เท่า (Lam and Kosiyachinda, 1987) เนื่องจากผลสดเน่าเสียง่าย

ตารางที่ 1 มูลค่าการส่งออกในตลาดการส่งออกผลเงาะที่สำคัญของไทย (มูลค่า : ล้านบาท)

ปี	2538	2539	2540	2541	2542	2543	2544	2545	2546	2547
มูลค่ารวม	118.6	336.4	327.0	78.87	111.87	85.79	93.10	49.98	73.35	25.82

ที่มา : กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์, 2547

พันธุ์และลักษณะประจำพันธุ์ของเงาะที่มีการเพาะปลูกในประเทศไทย

เงาะพันธุ์สีนวล เป็นเงาะที่มีขนาดผลใหญ่ ยาวรี สีเหลืองนวลอมแดงเรื่อๆ มองดูคล้ายสีชมพูอ่อนๆ ขนยาวสีเขียวนวล ไม่ถี่มากนัก เปลือกของผลอ่อนบางไม่หนามากนัก เนื้อหนา สีขาวขุ่น กรอบล่อน รสชาติหวานอร่อย เมล็ดเรียวจากฐานมาทางหัว เมล็ดยาวมาก มีเยื่อหุ้มเมล็ดหนามากติดที่เนื้อด้านใน

เงาะพันธุ์บางยี่ขัน มีต้นขนาดใหญ่ กิ่งเหนียว ปลูกง่าย ผลมีขนาดค่อนข้างยาวแบน ด้านหัวท้ายกว้างเกือบเท่าๆ กัน มีโหนกใกล้ขั้วผล จำนวนผลต่อต้นน้อย ขนมีลักษณะเรียวเล็กสั้น สีแดง หรือเหลืองที่โคนแล้วเขียวที่ปลาย เนื้อมีรสหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย ไม่แฉะแต่ก็ไม่กรอบ เมล็ดยาวรีจากท้ายถึงหัว ค่อนข้างแบน

เงาะพันธุ์อากร เป็นพันธุ์ที่ปลูกง่าย ผลขนาดใหญ่ มีขนสีแดงสดสวยงาม เนื้อล่อน มีรสหวานขืด แฉะ แต่จำนวนผลต่อต้นน้อย ไม่ค่อยนิยมปลูกกัน

เงาะพันธุ์ยาวยอ เป็นพันธุ์ที่นำมาจากเมืองยะลาหรืออินโดนีเซีย ผลมีลักษณะกลม โตปานกลาง เปลือกสีแดงเลือดนกเข้มมีขนห่างยาวเล็กน้อยสีเดียวกับเปลือก ปลายขนสีเขียวอ่อน เนื้อเต็มผล กรอบล่อน สีน้ำผึ้งหรือขาวอมเหลือง เมล็ดเล็ก

เงาะพันธุ์เจ๊ะมงใบเล็ก ผลขนาดปานกลางค่อนข้างรี ปกคลุมด้วยขนสีแดงสด เนื้อหนามาก สีขาวอมเหลืองแบบสีน้ำตาลกรวด มีรสหวานแหลม ฉ่ำ กรอบมาก ล่อน เมล็ดมีขนาดปานกลางแต่ยาว เยื่อหุ้มเมล็ดหนาพอควร

เงาะพันธุ์เจ๊ะมงใบใหญ่ ขนาดของผลใกล้เคียงกับพันธุ์เจ๊ะมงใบเล็ก สีแดงอมแสด มีขนเล็กเรียวแหลม ห่างกันพอประมาณ ปลายขนสีเขียวอ่อน ทรงผลยาวรีแบนเล็กน้อย เปลือกหนาไม่มากนัก แต่แข็งเหนียว เนื้อหนากรอบ แบนและโค้งเล็กน้อย นิยมปลูกมากทางจังหวัดนราธิวาส การออกผลจะสุกช้ากว่าพันธุ์อื่น

เงาะพันธุ์เจ๊ะแหม้ เป็นเงาะที่มีลักษณะของผลยาวรีรูปไข่ มีขนาดใกล้เคียงกับพันธุ์เจ๊ะมง สีเลือดหมูคล้ำออกสีม่วงเล็กน้อย เปลือกหนาเหนียว ขนห่าง ปลายขนเป็นสีเขียวอ่อน ถ้าแก่จัดจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูเรื่อๆ เนื้อสีน้ำตาลกรวด (ขาวอมเหลือง) หนากรอบล่อน เมล็ดมีขนาดใหญ่ รูปรีคล้ายฟองไข่ที่ค่อนข้างยาว

เงาะพันธุ์โรงเรียน หรือที่เรียกกันอีกชื่อว่า เงาะนาสาร เพราะมีถิ่นกำเนิดอยู่ในอำเภอนาสาร จังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นเงาะที่มีคุณภาพดี เป็นที่นิยมของผู้บริโภคและเป็นที่ต้องการของตลาดมากที่สุด มีราคาสูงกว่าเงาะพันธุ์อื่นๆ ลักษณะประจำพันธุ์ คือ มีใบเล็กค่อนข้างสั้นกลมและบาง ปลายใบงอนเล็กน้อย ขั้วใบเล็กกว่าเงาะพันธุ์อื่นๆ ผลเงาะเมื่อแก่เต็มที่มีสีแดงสด ขนบริเวณโคนสีแดง แต่ปลายขนมีสีเขียว ขนยาวประมาณ 1.8 เซนติเมตร ระยะห่างกัน 1 ถึง 5 มิลลิเมตร เปลือกผลบาง เนื้อหนาแห้ง ไม่เละ และล่อนออกจากเมล็ดได้ง่าย มีรสหวานอร่อย เป็นที่นิยมของผู้บริโภคมาก (สายชล เกตุษา, 2538) ขนาดผลโดยเฉลี่ยยาว 4.7 เซนติเมตร กว้าง 3.8 เซนติเมตร และผลหนา 3.2 เซนติเมตร และผลหนักประมาณ 32 กรัมต่อผล มีเนื้อประมาณร้อยละ 45 ของน้ำหนักสด (วิจิตร วังใน, 2526) ข้อเสียของเงาะพันธุ์โรงเรียนก็คือ ไม่ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ มีความอ่อนแอต่อโรคจุดสนิม (ฝ่ายข้อมูลวารสารเคหการเกษตร, 2537) หากขาดน้ำในช่วงที่ติดผลอ่อน จะทำให้ผลแตกและร่วงหล่นเสียหายมากกว่าเงาะพันธุ์สีชมพู เงาะพันธุ์โรงเรียนปลูกกันมากในจังหวัดสุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช และจังหวัดอื่นๆ ทางภาคใต้ ส่วนทางภาคตะวันออกก็มีการปลูกเงาะพันธุ์นี้เช่นกัน (กรมวิชาการเกษตร, 2531)

เงาะพันธุ์สีชมพู เป็นพันธุ์ที่ปลูกกันมากในจังหวัดจันทบุรีและจังหวัดระยอง ลักษณะประจำพันธุ์ คือ เป็นพันธุ์ที่ปลูกง่าย มีการเจริญเติบโตดี ดูแลรักษาง่าย โรคแมลงรบกวนน้อยมาก ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศได้ดี เป็นพันธุ์ที่ให้ผลดกมาก มีผลขนาดกลางถึงค่อนข้างใหญ่ น้ำหนักเฉลี่ยผลละ 37.12 กรัม เมื่อผลยังไม่แก่จัดจะเป็นสีเหลือง สีผิวของผลเมื่อสุกจัดเป็นสีชมพูแดง ผิวเปลือกเป็นมันสดใส มีขนยาว เนื้อหนา มีลักษณะแห้งไม่แฉะ ล่อน รสชาติหวานกรอบ (สายชล เกตุษา, 2538) แต่เงาะพันธุ์นี้มีข้อเสียคือ เปลือกและขนอ่อนบอบช้ำได้ง่าย ไม่ทนต่อการขนส่งและยังอ่อนแอต่อโรคราแป้ง และราคาค่อนข้างต่ำเนื่องจากไม่เป็นที่ต้องการของตลาด (Laksmi et al., 1987)

ข้อแตกต่างของเงาะทั้งสองพันธุ์ที่สำคัญ คือ เงาะพันธุ์สีชมพูมีการติดอยู่บนช่อของผลที่เปลี่ยนสีแล้วดีกว่าเงาะพันธุ์โรงเรียน คือเมื่อผลแรกในช่อเปลี่ยนสีแล้วสามารถติดอยู่บนช่อต่อไปจนกระทั่งผลสุดท้ายในช่อเดียวกันเปลี่ยนสีและสามารถเก็บเกี่ยวพร้อมกันได้ทั้งช่อ แต่ในเงาะพันธุ์โรงเรียนผลที่เปลี่ยนสีก่อนนั้นจะหลุดร่วงไปจากช่อ ขณะที่ผลที่อายุน้อยกว่าเปลี่ยนสีตามมา จึงไม่สามารถเก็บเกี่ยวพร้อมกันทั้งช่อได้ (วิจิตร วังใน, 2526) อย่างไรก็ตาม เงาะพันธุ์โรงเรียนมีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูงกว่าเงาะพันธุ์สีชมพู

คุณค่าทางอาหารของผลเงาะ

ผลเงาะมีองค์ประกอบทางเคมีต่อ 100 กรัมของส่วนที่กินได้โดยประมาณดังนี้ (Lam et al., 1984)

น้ำ	82.1	กรัม	แคลเซียม	15.0	มิลลิกรัม
โปรตีน	0.9	กรัม	เหล็ก	0.1-2.5	มิลลิกรัม
เถ้า	0.3	กรัม	โพแทสเซียม	140.0	มิลลิกรัม
ไขมัน	0.3	กรัม	โซเดียม	2.0	มิลลิกรัม
กลูโครส	2.8	กรัม	แมกนีเซียม	10.0	มิลลิกรัม
ฟรุคโตส	3.0	กรัม	วิตามินบี 1	0.01	มิลลิกรัม
ซูโครส	9.9	กรัม	วิตามินบี 2	0.07	มิลลิกรัม
ใยอาหาร	2.8	กรัม	ไนอาซีน	0.5	มิลลิกรัม
กรดมาลิก	0.05	กรัม	วิตามินซี	70.0	มิลลิกรัม
กรดซิตริก	0.31	กรัม	พลังงาน	297.0	กิโลจูล

มีรายงานว่า พบไทอามีนอยู่ด้วยแต่ในปริมาณน้อย มีคาร์บอน 3 มิลลิกรัม ไฟเบอร์ 1.1 กรัม วิตามินเอ 4 I.U. และมีความชื้น ร้อยละ 82.9 (กรมวิชาการเกษตร, 2530)

ดัชนีการเก็บเกี่ยวผลเงาะ

การเก็บเกี่ยวเงาะในประเทศไทยจะเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนสิงหาคมโดยเงาะจากจังหวัดทางภาคตะวันออกจะออกสู่ตลาดก่อนในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม ในขณะที่เงาะจากทางจังหวัดภาคใต้จะออกสู่ตลาดในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม ดัชนีในการเก็บเกี่ยวเงาะในประเทศไทยนั้นสามารถใช้ได้หลายวิธีดังนี้

1. การนับจำนวนวันหลังจากดอกบานเต็มที่ โดยจะเก็บเกี่ยวในวันที่ 100-120 (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2534)

2. การสังเกตจากสีเปลือก สำหรับเงาะพันธุ์โรงเรียนนั้นดูจากสีของผลเปลี่ยนเป็นสีแดงส้ม ส่วนพันธุ์สีชมพูสังเกตจากผลเริ่มมีสีชมพู อายุของเงาะมีความสำคัญมากต่อคุณภาพของอายุการเก็บรักษาและอายุการขายทั้งในและต่างประเทศ โดยทั่วไปอายุของเงาะในช่วงผลเริ่มแก่จนผลแก่เกินไปแบ่งออกเป็น 8 ระยะ ในเงาะพันธุ์โรงเรียนจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นเหลือง แดง และแดงคล้ำ ผลที่มีสีเขียวมากในระยะที่ 1-2 มีคุณภาพด้อย ผลระยะที่ 8 มีรสหวานมาก ผลเงาะที่มีรสชาติอร่อยคือระยะที่ 3-7 ส่วนผลเงาะที่เหมาะสมสำหรับการส่งออกควรเป็นระยะที่ 3-7 (สุรพงษ์ โกสิยะจินดา, 2532) ผลเงาะที่เหมาะแก่การเก็บเกี่ยวควรมีน้ำหนักผลเฉลี่ยอยู่ในช่วง 20-60 กรัม โดยผลเงาะพันธุ์สีชมพูหลังจากเริ่มเปลี่ยนสีได้ 16 วัน เป็นผลที่อยู่ในเกณฑ์ดี เมื่อผลมีอายุ 19-22 วันหลังจากเปลี่ยนสี ผลมีคุณภาพดีมากทั้งสีและรสชาติเหมาะสำหรับการส่งออกซึ่งผลเงาะพันธุ์โรงเรียนสามารถใช้เกณฑ์เดียวกันกับเงาะพันธุ์สีชมพู (Wanichkul and Kosiyachinda, 1982)

3. การดูจากองค์ประกอบทางเคมีของผลเงาะ (Lam and Kosoyachonda, 1987)

องค์ประกอบทางเคมีของเงาะพันธุ์โรงเรียนประกอบด้วย

- Total soluble solidsร้อยละ 20
- Titratable acidity ร้อยละ 0.3
- pH 4.26

องค์ประกอบทางเคมีของเงาะพันธุ์สีชมพูประกอบด้วย

- Total soluble solidsร้อยละ 19
- Titratable acidity ร้อยละ 0.18
- pH 4.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการเก็บเกี่ยวผลเงาะ

วิธีการเก็บเกี่ยวผลเงาะสำหรับการส่งไปขายยังต่างประเทศนั้นเป็นขั้นตอนที่สำคัญ วิธีการเก็บเกี่ยวที่ถูกต้องมีดังนี้ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2534; จิรา ณ หนองคาย, 2531)

1. ใช้กรรไกรตัดในระดับที่มือเอื้อมถึง

2. ใช้บันไดอะลูมิเนียมหรือม้านั่งที่สูงหรือปีนต้นตัดโดยตรง ตัดผลเงาะทั้งช่อใส่เข่ง แล้วหย่อนเชือกลงมา หรือปล่อยให้ช่อผลตกลงบนตาข่ายที่ขึงรองรับไว้ หรือตกลงมาใส่ในสวิงที่มีคนถือคอยรับใต้ต้น

3. ใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยวเงาะที่ออกแบบและพัฒนาโดยกองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ซึ่งสามารถเลือกเก็บเกี่ยวโดยไม่ทำให้ผลเงาะที่อยู่ใกล้เคียงเสียหาย ผลเงาะที่ได้ไม่ช้ำ ปริมาณขนหักน้อย

การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยว

การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา

ผลเงาะภายหลังการเก็บเกี่ยวที่อุณหภูมิห้อง ผลเงาะมีอายุการเก็บรักษาไม่เกิน 3-4 วัน (สุรพงษ์ โกสิยะจินดา, 2532) สาเหตุสำคัญที่ทำให้ผลเงาะเสื่อมคุณภาพอย่างเห็นได้ชัดคือ ลักษณะการเหี่ยวแห้งของเปลือกและขนจนเป็นสีดำซึ่งเกิดจากการคายน้ำ การสูญเสียน้ำของผลผลิตภายหลังการเก็บเกี่ยวนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ลักษณะโครงสร้างของพืช สารเคลือบผิว รอยแผล อุณหภูมิ ความชื้น การเคลื่อนที่ของอากาศและความดันบรรยากาศ (สายชล เกตุษา, 2538) เนื่องจากเงาะเป็นผลไม้ที่มีโครงสร้างของผิวเปลือกด้านนอกที่คล้ายกับ trichome ที่เรียกว่า spintern ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อที่เจริญมาจากชั้นของ epidermis มาเป็นขนเงาะ ทำให้เพิ่มพื้นที่ผิวในการคายน้ำออกจากผลผลิตได้มาก (จริงแท้ ศิริพาณิช, 2537) เปลือกและขนยังเป็นส่วนอวบน้ำทำให้มีการสูญเสียน้ำหลังการเก็บเกี่ยวมาก นอกจากนี้ขนของเงาะจะมีปากใบ (stomata) มากกว่าบนผิวผลถึง 5 เท่า จึงทำให้สูญเสียน้ำจากผลได้มากขึ้น (สายชล เกตุษา, 2538) การสูญเสียน้ำของผลเงาะจึงเกิดขึ้นที่บริเวณปลายขนเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นผลมาจากการเกิดชั้น boundary layer ของไอน้ำรอบๆ ผล ขนเงาะที่มีการสูญเสียน้ำออกไปจะมีการดึงน้ำจากส่วนเปลือกมาแทนที่เพราะระบบลำเลียงน้ำและอาหารของขนและเปลือกต่อเนื่องกัน แต่ไม่เชื่อมต่อกันกับส่วนเนื้อผล (Margaret, 1996) โดยลักษณะที่สังเกตได้ คือ การเปลี่ยนแปลงสีของขนไปเป็นสี

น้ำตาล โดยเริ่มจากส่วนปลายขนไปยังส่วนโคนขน ส่วนการสูญเสียน้ำของเนื้อผลเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (Agravante, 1982)

ปัจจัยสำคัญในระหว่างการเก็บรักษาที่ต้องคำนึงถึง ได้แก่ อุณหภูมิและความชื้น โดยผลิตผลที่เก็บรักษาในสภาวะที่มีความชื้นในบรรยากาศสูงอัตราการคายน้ำจะเกิดขึ้นน้อย แต่ถ้าความชื้นในบรรยากาศต่ำและอุณหภูมิสูง การคายน้ำจะเกิดขึ้นมาก (จริงแท้ ศิริพาณิช, 2537) การศึกษาที่ผ่านมาพบว่าผลเงาะมีอัตราการสูญเสียน้ำหนักเร็วมากถึงร้อยละ 4 ต่อวัน ที่อุณหภูมิห้องและเพิ่มขึ้นเมื่อผลมีความแก่มากขึ้น (Pantastico and Cosico, 1975) ภายหลังการเก็บเกี่ยวที่อุณหภูมิห้อง เปลือกและขนเงาะเปลี่ยนเป็นสีคล้ำจนดำอย่างรวดเร็วภายใน 3 วัน (สุรพงษ์ โกสิยะจินดา, 2529)

Mendoza และคณะ (1972) รายงานว่าเมื่อเก็บรักษาผลเงาะที่อุณหภูมิ 21.1 องศาเซลเซียส ปริมาณกรด ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นตามจำนวนวันที่เก็บรักษา ในขณะที่ปริมาณแป้งลดลง

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพ

สภาพแวดล้อมในการเก็บรักษา คือ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ใช้ในระหว่างการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลเงาะ และยังรวมถึงการเคลื่อนที่ของอากาศและความดันบรรยากาศ จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า การสูญเสียน้ำออกไปจากผลผลิตสดเพียงร้อยละ 5 จะเป็นสาเหตุให้ผลิตผลเหี่ยวและถ้าเก็บภายใต้สภาวะที่แห้งจะมีการสูญเสียน้ำภายในไม่กี่ชั่วโมง และยังทำให้สูญเสียความกรอบและเกิดการเปลี่ยนแปลงสีอีกด้วย (Will *et al*., 1987) สำหรับเงาะพันธุ์ Seematjan ซึ่งปลูกในประเทศฟิลิปปินส์ เมื่อเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิห้อง จะสูญเสียน้ำหนักมากกว่าร้อยละ 17 ภายใน 1 วันหลังจากการเก็บเกี่ยว (Lam and Kosiyachinda, 1987) ส่วนการเก็บรักษาเงาะพันธุ์ Maharlika จะสูญเสียน้ำหนักถึงร้อยละ 46 ในวันที่ 6 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 31 องศาเซลเซียส ในขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักเพียงร้อยละ 28 ปัญหาการสูญเสียน้ำของผลเงาะเป็นปัญหาที่สำคัญในการจำหน่ายเงาะทั้งในประเทศและต่างประเทศ อัตราการสูญเสียน้ำสามารถลดลงได้โดยการควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการสูญเสียน้ำ เพื่อให้ผลิตผลกับสภาพบรรยากาศมีความแตกต่างของความดันไอน้ำน้อยที่สุด โดยเริ่มตั้งแต่การเก็บเกี่ยวต้องระมัดระวังมิให้เกิดบาดแผล แล้วทำให้เย็นลง

อย่างรวดเร็ว จากนั้นจึงเก็บไว้ในที่ที่มีความชื้นสูงและอุณหภูมิต่ำ (จริงแท้ ศิริพาณิช, 2537) ความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาเงาะเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำหนักคือ ร้อยละ 95 (Mendoza, Pantastico and Javier, 1972) และกรมส่งเสริมการเกษตร (2534) แนะนำสภาพการเก็บรักษาเงาะที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิประมาณ 12-13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90-95 จะเก็บรักษาผลเงาะสดได้นาน 14 วัน และการป้องกันการสูญเสียความชื้นอาจทำได้โดยการเก็บไว้ในภาชนะบรรจุที่ป้องกันการสูญเสียน้ำ (สายชล เกตุษา, 2528) นอกจากนี้ยังสามารถใช้สภาวะที่มีการดัดแปลงสภาพบรรยากาศรอบผลิตผล ซึ่งจะช่วยลดอัตราการหายใจของผลเงาะ (Wills *et al*., 1981) ทำให้ลดการสูญเสียน้ำลงได้และทำให้อายุการเก็บรักษายาวนานขึ้น

การเก็บรักษาผลเงาะหลังการเก็บเกี่ยว

การเก็บรักษาโดยใช้อุณหภูมิต่ำ

เนื่องจากเงาะเป็นผลไม้ที่สูญเสียน้ำได้อย่างรวดเร็ว งานทดลองทางด้านการใช้อุณหภูมิต่ำและการควบคุมความชื้นจึงเข้ามามีบทบาท (ยศวดี สมบูรณ์, 2527) มีการศึกษาการใช้อุณหภูมิต่ำที่มีผลต่อการเก็บรักษาเงาะกันอย่างกว้างขวาง เพราะอุณหภูมิต่ำทำให้กระบวนการต่างๆ ทางชีวภาพช้าลง เช่น ลดอัตราการหายใจ ชะลอการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสและลดการสูญเสียของวิตามินซี นอกจากนั้นยังชะลอการเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และถ้าอุณหภูมิต่ำเพียงพอจะสามารถยับยั้งการงอกสปอร์ของเชื้อราได้ อุณหภูมิต่ำสามารถชะลอการเสื่อมสลายของผลไม้พวก non-climacteric fruit แต่สำหรับพวก climacteric fruit สามารถชะลอการสุกได้ และยังมีผลต่อการลดอัตราการผลิตและลดการตอบสนองของเนื้อเยื่อต่อก๊าซเอทิลีน (Wills *et al*., 1981)

จากการทดลองเก็บรักษาผลเงาะไว้ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส จะแสดงอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาที่เรียกว่า chilling injury (CL) ในวันที่ 6 ขณะที่ผลเงาะที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จะแสดงอาการ CL ในวันที่ 8 โดยขนและผิวเปลือกของเงาะจะเปลี่ยนไปเป็นสีน้ำตาลและดำในที่สุด (สายชล เกตุษา และอรษา แกล้วเกษตรกรณ์, 2537) ถ้าเก็บรักษาเงาะพันธุ์โรงเรียนและพันธุ์สีชมพู ที่อุณหภูมิ 5, 10 และ 15 องศาเซลเซียส พบว่า หลังจากการเก็บรักษาได้นาน 3 วัน ผลเงาะที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส จะเกิดอาการ CL โดยที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ผลเงาะทั้ง 2 พันธุ์ ยังคงมีสภาพภายนอกเหมาะสมต่อการซื้อขายนาน

ที่สุด 9 วัน ขณะที่เงาะที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส จะมีการเน่าเสีย และการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด (ยศวดี สมบูรณ์, 2527)

การเก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ

การนำผลผลิตสดมาเก็บรักษาไว้ในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ (Modified atmosphere, MA) สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว โดยทำได้หลายวิธี เช่น การห่อด้วยฟิล์มพลาสติก การเก็บรักษาในถุงพลาสติก และการเคลือบผิว ผลิตผลที่เก็บรักษาในสภาวะนี้จะมีการใช้ออกซิเจน และผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ออกซิเจนที่มีอยู่ในปริมาณที่จำกัดในภาชนะเหลือน้อยลง และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต้องมีระดับที่เหมาะสมที่สามารถทำให้เกิดอัตราการหายใจที่ต่ำที่สุด ซึ่งช่วยลดการสูญเสียผลิตผลสดได้ทั้งปริมาณและคุณภาพ โดยมีความเกี่ยวข้องกับการลดกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและสรีรวิทยา ทั้งนี้การควบคุมสภาพบรรยากาศ ต้องปรับให้เหมาะสมต่อพืชผลสดแต่ละชนิด (Isenberg, 1979; Kader, 1994) การเก็บรักษาผลเงาะโดยการลดความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนและเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถชะลอการเกิดอาการ CL ได้ (Lyons, 1973; Ketsa and Wongs-aree, 1996) จากการศึกษาการเก็บรักษาผลเงาะพันธุ์ Jitlee ในถุง Polyethylene (PE) มีความหนา 0.023 มิลลิเมตร และ 0.056 มิลลิเมตร ที่ปิดสนิท ผลิตผลสามารถคงความสดได้นาน 7 วัน หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ในขณะที่ผลเงาะที่ไม่ได้บรรจุในถุงสูญเสียน้ำไปตั้งแต่วันแรกของการเก็บรักษา (Lee and Leong, 1982) การเก็บรักษาผลเงาะในถุง PE เจาะรู 1 รู ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เก็บได้นาน 18 วัน และชะลอการเกิด CL ได้ ขณะที่ผลเงาะที่ไม่ได้เก็บรักษาในถุงมีอายุการเก็บรักษาเพียง 7.7 วัน (อรษา แกล้วเกษตรกรณ์, 2536)

แคลเซียม

แคลเซียม มีน้ำหนักโมเลกุล 40.08 กรัม เป็นโลหะ alkaline ที่มีอยู่ในธรรมชาติ เป็นสารที่พบทั่วไปในพืชและสัตว์ แคลเซียมที่พืชสามารถดูดซึมไปใช้ได้อยู่ในรูปของไดวาเลนท์แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) (Lurie and Klien, 1992) และเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายยาก ดังนั้นเมื่อ Ca^{2+} อยู่ในเนื้อเยื่อพืชจะไม่ค่อยเคลื่อนย้ายไปยังส่วนอื่น โดยเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ ในรูปแบบของแคลเซียมเพคเทต (calcium pectate) ซึ่งเกิดจากแคลเซียมไอออน ทำปฏิกิริยากับกรดเพคติก

(pectic acid) ใน middle lamella ของผนังเซลล์ทำให้เกิด Ca^{2+} bridge เนื้อเยื่อพืชจึงเกิดความแข็งแรง ทั้งยังเกี่ยวข้องกับขบวนการเมตาบอลิซึม (metabolism) ตลอดจนการแบ่งเซลล์และการขยายตัวของเซลล์ ช่วยทำให้เมมเบรนของเซลล์มีโครงสร้างและหน้าที่สมบูรณ์โดยเกี่ยวข้องกับการควบคุมการเข้าออกของสารบางชนิดในเซลล์ (permeability) (สมบุญ เตชะภิญญาวัตน์, 2538) ทำหน้าที่เป็นเสมือน secondary messenger ในการตอบสนองของพืชต่อสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป หรือในระหว่างกระบวนการสุก ซึ่งสามารถส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิด และพันธุ์ของผลิตผล สิ่งกระตุ้นและระดับความเข้มข้นของแคลเซียมภายในเซลล์ (Palta, 1997) ซึ่งในบางครั้งการให้แคลเซียมกับผลไม้ที่มากเกินไปอาจทำให้เกิดบาดแผลบริเวณผิวของผลไม้ได้ (Conway *et al*., 1994; Sams, 1992)

แคลเซียมมีบทบาทสำคัญในการควบคุมอัตราการหายใจ จากความสามารถในการควบคุมการผ่านเข้าออกของสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ (permeability) (Ferguson, Watkins and Harman, 1983; Klien *et al*., 1997) หรือควบคุมการผ่านเข้าออกของสารพวก phosphate หรือวัตถุดิบที่ใช้ในการหายใจ เช่น malate ไม่ให้ผ่านเข้าไปใน tonoplast และ plasmalemma ได้ จึงลดการเกิดอัตราการหายใจสูงสุด (climacteric rise) ของผลผลิตได้ (Ferguson, 1984; Garcia, Herrera and Morilla, 1996) และจากการศึกษาของ Faurt และ Shear (1972) พบว่าเมื่อปริมาณแคลเซียมในเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น อัตราการหายใจลดลง เนื่องจากแคลเซียมสามารถยับยั้งการทำงานของไมโตคอนเดรีย เพราะกระบวนการหายใจเกิดขึ้นใน Kreb's cycle และในขั้นตอนของการเกิด electron transport เกิดขึ้นที่ไมโตคอนเดรีย (Wills and Rigncy, 1979) นอกจากนี้แคลเซียมยังช่วยลดการแพร่ของออกซิเจนจากภายนอกเข้าสู่เนื้อเยื่อ ทำให้ออกซิเจนภายในผลลดลง ส่งผลให้พืชมีอัตราการหายใจลดลง ถ้าขาดออกซิเจน หรือมีออกซิเจนต่ำ ทำให้การส่งผ่านอิเล็กตรอนจาก NADH เกิดขึ้นไม่ได้ หรือเกิดขึ้นได้น้อย (จริงแท้ ศิริพาณิช, 2538) การให้แคลเซียมจากภายนอก เพื่อช่วยรักษาสภาพของเซลล์สามารถทำให้อัตราการหายใจลดลงได้เช่นกัน ทำให้ระดับของแคลเซียมภายในเซลล์เพิ่มสูงขึ้น และรักษาความสมบูรณ์ของเยื่อหุ้ม (membrane integrity) การทำ pressure infiltration ของสารละลายแคลเซียมคลอไรด์กับผลแอปเปิล พบว่า อัตราการหายใจมีความสัมพันธ์ผกผันกับความเข้มข้นของแคลเซียมในเนื้อเยื่อระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 20 องศาเซลเซียส (Song and Bangerth, 1993) นอกจากนี้ยังพบว่า การให้แคลเซียมคลอไรด์จากภายนอกสามารถลดอัตราการหายใจในผลแพร์ (Sams and Conway, 1984) และอะโวกาโด (Tingwa and Young, 1974) ได้อีกด้วย ซึ่งคาดว่าการควบคุมการหายใจของแคลเซียม มาจากความสามารถในการควบคุมการเข้าออกของสารผ่าน

เยื่อหุ้มต่างๆ (Ferguson, Watkins and Harman, 1983; Klien et al., 1997) จึงลดอัตราการหายใจสูงสุด (climacteric rise) ของผลิตผลได้ (Ferguson, 1984; Garcia, Herrera and Morilla, 1996) แต่การให้แคลเซียมกับชิ้นของผลที่สมบูรณ์ พบว่า การแช่ชิ้นของผลมะเขือเทศในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้น 5 mM ชิ้นมะเขือเทศมีอัตราการหายใจไม่แตกต่างจากชิ้นที่ไม่ได้แช่ แต่ที่ความเข้มข้น 10 และ 20 mM ชิ้นมะเขือเทศกลับมีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งคาดว่าความเข้มข้นของแคลเซียมในเนื้อเยื่อของมะเขือเทศที่เพิ่มสูงขึ้นอาจทำให้เกิด salt toxicity การหายใจจึงเพิ่มสูงขึ้น (Burn and Evenson, 1986)

นอกจากนี้ แคลเซียมจากภายนอกยังมีผลต่อการผลิตเอทิลีนอีกด้วย โดยพบว่าผลแอปเปิล และผลท้อที่จุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ มีการผลิตเอทิลีนลดลง (Conway et al., 1994; Conway and Sams, 1987) เนื่องจากแคลเซียมสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ethylene forming enzyme (EFE) หรือ ACC oxidase enzyme ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยน 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) ให้เปลี่ยนไปเป็นเอทิลีน (Njoroge, Kerbel and Briskin, 1998) และสามารถไปยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ ACC synthase ในกระบวนการผลิตเอทิลีนได้ ซึ่งพบในเนื้อเยื่อมันฝรั่งที่แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (Tawfik and Palta, 1992) แคลเซียมยังมีผลในการลดการแพร่ของออกซิเจนเข้าสู่เนื้อเยื่อ ทำให้ออกซิเจนภายในผลลดลง ซึ่งในขั้นตอนสุดท้ายของการผลิตเอทิลีนที่เปลี่ยน ACC ไปเป็นเอทิลีนด้วยเอนไซม์ EFE (จริงแท้ ศิริพาณิช, 2538) แคลเซียมยังสามารถลดการผลิตเอทิลีนได้จากคุณสมบัติในการช่วยรักษาโครงสร้างของเมมเบรน และป้องกันการเสื่อมสลาย (Ferguson, 1984; Lieberman and Wang, 1982; Poovaiah, Glenn and Reddy, 1988)

แคลเซียมมีความสำคัญต่อโครงสร้างและหน้าที่ของผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ (Palta, 1997) ในการอ่อนตัวของผลิตผลนั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของเซลล์ โดยการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ ได้แก่ polygalacturonase (PG) pectin methylesterase (PME) และ cell wall dehydrolase อื่นๆ เกิดการสลายตัวของคาร์โบไฮเดรตที่อยู่ในรูปโพลิเมอร์ โดยเฉพาะสารประกอบเพคตินในรูปที่ไม่ละลายน้ำในผนังเซลล์ชั้นต้น (primary cell wall) และ middle lamella ซึ่งพบในผลไม้ที่ยังไม่สุกเปลี่ยนไปเป็นเพคตินที่ละลายน้ำได้เมื่อเริ่มสุก ทำให้ผนังเซลล์อ่อนตัวลง และแรงยึดระหว่างเซลล์ลดลง โดยทั่วไปแล้วแคลเซียมเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์จะอยู่ในรูปของ calcium pactate ซึ่งเกิดจาก Ca^{2+} ทำปฏิกิริยากับ pectic acid ใน middle lamella ของผนังเซลล์ทำให้เกิด Ca^{2+} bridge ทำให้เนื้อเยื่อพืชมีโครงสร้างที่แข็งแรง โดยแคลเซียม

ที่ให้จากภายนอก สามารถเพิ่มความแข็งแรง และรักษาสมรรถภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ได้ โดยช่วยลดความหนืด (microviscosity) ของเยื่อหุ้มเซลล์ได้ จึงช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของเนื้อเยื่อพืชได้ (Ben-Arie, Lurie and Matto, 1982; Lieberman and Wang, 1982) การแช่ผลิตผลในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ทำให้ Ca^{2+} จากภายนอกแทรกซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อผลิตผล พบว่าปริมาณแคลเซียมในเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลให้มีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นด้วย จึงสามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น (Ferguson, 1984; Scott and Will, 1975; Poovaiah, 1979) ในการทดลองแช่แคนตาลูปที่เจาะและหั่นเป็นชิ้น (disk) ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 0.04 M สามารถรักษาระดับของคลอโรฟิลล์ และ phospholipid ในเยื่อหุ้มเซลล์ได้ (Paliyath *et al.*, 1984) จากการทดลองนำผลเงาะมาแช่ในสารละลาย GA_3 20 ppm และน้ำปูนใส ($Ca(OH)_2$) ร้อยละ 2 พบว่า ทั้งสารละลาย GA_3 และน้ำปูนใส ช่วยให้ผลเงาะคงคุณภาพในการวางจำหน่ายได้นาน 3 วัน ที่อุณหภูมิห้อง ในขณะที่ผลเงาะที่ไม่ใช้สารละลายจะหมดสภาพตั้งแต่วันแรกของการเก็บรักษา (เสริมสุข สลักเพชร, 2529)

Beavers และคณะ (1994) พบว่าการให้แคลเซียมจากภายนอกเข้าสู่ผลแอปเปิลพันธุ์ Golden Delicious สามารถลดการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อทั้งก่อนและหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 20 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความแน่นเนื้อของแพร์ (Gerasopoulos and Richardson, 1997) แครอทหั่นฝอย (Picchioni *et al.*, 1996) และผลกีวี (Abbott, Conway and Sams, 1989) เป็นต้น โดยการให้แคลเซียมจะทำให้เกิด cell wall bound Ca^{2+} ขึ้นทันที ทำให้ผนังเซลล์แข็งแรงขึ้น สามารถควบคุมการนิ่มของผลได้ (Stow, 1993) และลดกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเสื่อมสลายของเซลล์ เช่น β-galactosidase (Siddiqui and Bangerth, 1993) polyphenol oxidase และ pectin methyl esterase (PME) (Sams and Conway, 1993) ซึ่งคาดว่าอาจเนื่องมาจากการเปลี่ยน pH ของผนังเซลล์ หรือส่งเอนไซม์ β-galactosidase ออกมานอกเซลล์บริเวณ middle lamella ไม่ได้ (Brady, 1987; Izumi and Watada, 1994)

แคลเซียมเป็นองค์ประกอบของส่วนหนึ่งของผนังเซลล์พืช ซึ่งควบคุมการผ่านเข้าออกของสารผ่านผนังเซลล์ (Conway *et al.*, 1994) ในสภาพปกติความเข้มข้นของแคลเซียมอิสระในcytosol จะอยู่ในระดับต่ำประมาณ 0.1 μM ซึ่งเพียงพอต่อการทำหน้าที่อย่างปกติของเซลล์ แต่เมื่อเกิดการกระตุ้นจากภายนอก แล้วส่งผลให้แคลเซียมที่สะสมอยู่ในแหล่งเก็บภายในเซลล์ คือ vacuole endoplasmic reticulum (ER) เคลื่อนที่ออกสู่ภายนอกเซลล์ ทำให้ระดับแคลเซียมภายนอกเซลล์เพิ่มสูงขึ้นถึงระดับหนึ่ง ทำให้เกิดการจับกันกับ calmodulin ซึ่งเป็นโปรตีนชนิดหนึ่ง

ที่มีสภาพเป็น tetrameric Ca^{2+} และไม่ active ใน cytosol กลายเป็น Ca^{2+}: calmodulin complex หลังจากนั้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงขนาด รูปร่างของ complex มาอยู่ในรูปที่ active Ca^{2+}: calmodulin complex ซึ่งสามารถจับกับ inactive enzyme บางชนิด เกิดเป็น Ca^{2+}: calmodulin sensitive enzyme ซึ่งมีบทบาทต่อการเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ภายในเซลล์ (Cheung, 1980; McAish, Brownlee and Hetherington, 1997) เช่น การตอบสนองของพืชต่อฮอร์โมน abscisic acid (ABA) สามารถกระตุ้นให้ปากใบปิด โดยกระตุ้นทำให้เกิดการปลดปล่อยแคลเซียมออกสู่ภายนอกเซลล์ ซึ่งเป็นส่วนของ guard cell ทำให้ระดับแคลเซียมใน guard cell เพิ่มสูงขึ้น และเกิดการเคลื่อนที่ของ K^+ H^+ และ anion ต่าง ๆ ออกจาก guard cell ทำให้ความเต่งของส่วน guard cell ลดลง และส่งผลให้ปากใบปิด (Muir and Sanders, 1997)

การใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในผลไม้หลายชนิด มีจุดประสงค์เพื่อช่วยเพิ่มความต้านทานจากการเข้าทำลายของเชื้อโรค โดยเฉพาะเชื้อรา เมื่อใช้แคลเซียมก่อนหรือหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลสด มีผลทำให้ระดับของแคลเซียมภายในเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น และพบว่าผลิตผลมีความต้านทานโรคดีขึ้น จากการที่มีคุณสมบัติเป็น divalent ion พบว่า สามารถลดการเน่าเสียได้ เช่น การใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ infiltration กับผลแอปเปิลพันธุ์ Golden Delicious พบว่า มีความต้านทานต่อเชื้อ *Penicilium expansum* ที่ทำการปลูกเชื้อได้เป็นอย่างดี เนื่องจาก Ca^{2+} จากสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับผนังเซลล์ อีกทั้งยังยับยั้งเอนไซม์ PG ในผลแอปเปิลและทำให้เชื้อ *P. expansum* ไม่สามารถเจริญผ่านผนังเซลล์ของแอปเปิลได้ (Conway and Sams, 1984) การฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมให้กับต้นแอปเปิลและสาลี่ หรือการแช่ผลแอปเปิลและสาลี่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ทำให้ผลแอปเปิลมีความต้านทานต่อเชื้อ *P. expansum* (Conway *et al.*, 1991; Sugar, Power and Hiltion, 1991) และต้านทานต่อเชื้อ *Phialophora malarum* ได้มากขึ้น (Conway, Greene and Hickey, 1987) ในผลท้อสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Minilinia fructivola* (McGuire and Kelman, 1984) เมื่อความเข้มข้นของแคลเซียมในเนื้อมันฝรั่งเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความรุนแรงของอาการโรคเน่า (soft rot) จากเชื้อ *Erwinia* sp. ลดลง (Bretty and Waldron, 1990)

ในบางครั้งการให้แคลเซียมกับผลไม้มากเกินไปอาจทำให้เกิดแผลบริเวณผิวผลได้ (Conway *et al.*, 1994; Conway *et al.*, 1992) การลดความเข้มข้นของแคลเซียมให้ต่ำลงสามารถลดการเกิดบาดแผลได้ แต่ไม่สามารถรักษาคุณภาพของผลิตผลได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการใช้สารหรือวิธีการอื่นๆ ร่วมกับการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์เพื่อชะลอการเปลี่ยนแปลง

ทางสรีรวิทยา เช่น การใช้สารฆ่าเชื้อราร่วมกับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ในผลแอปเปิล สามารถควบคุมการเจริญของ *P. expansum* Link หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ นาน 3 ถึง 6 เดือน ได้ดีกว่าการใช้แคลเซียมหรือสารต่อต้านการเข้าทำลายของเชื้อราเพียงอย่างเดียว (Janisiewiez *et al*., 1998)

ไคโตซาน

ไคติน (chitin) มาจากภาษากรีก "chiton" ซึ่งหมายถึง การเคลือบเกราะอ่อน แรกเริ่มมีการสกัดสารนี้จาก king crab และต่อมามีการสกัดสารนี้จากพวก crustacean อื่นๆ เช่น หมึก กุ้ง และปูอื่นๆ รวมทั้ง cuticle ของแมลงและจากเชื้อรา (ธวัชชัย แพชมัด, 2545)

ไคติน เป็นสารประกอบเชิงซ้อน (high polymer) ของ β-1, 4-N-acetyl-D-glucosamine จัดเป็นสารอินทรีย์พวกโมเลกุลใหญ่ยาว (linear macro-molecular biopolymer) ที่มีโครงสร้างคล้ายเซลลูโลส สูตรโครงสร้างของไคตินต่างจากเซลลูโลสที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 เป็นหมู่อะซิทาไมด์ ($NH\text{-}CO\text{-}CH_3$) แทนที่จะเป็นหมู่ไฮดรอกซิล (OH) ส่วนไคโตซาน (chitosan) เป็นอนุพันธ์ (derivative) ของไคติน ที่ได้จากการนำหมู่อะเซทิล ($CO\text{-}CH_3$) ออกไปจากไคติน (จิราภรณ์ เชาวลิตสุขุมาวารี, 2544)

ไคติน มีสูตรทางเคมีของโมโนเมอร์ (monomer) ประกอบด้วย คาร์บอนร้อยละ 47.29 ออกซิเจนร้อยละ 39.37 ไนโตรเจนร้อยละ 6.89 และไฮโดรเจนร้อยละ 6.45 (วิสิฐ จะวะสิต และ ลูกจันทร์ ภัครัชพันธุ์, 2543) ไคตินเชื่อมอยู่กับคาร์โบไฮเดรตด้วยพันธะโควาเลนต์ในรูปของโปรตีน และอาจพบรวมอยู่กับเกลือแคลเซียมคาร์บอเนตในเปลือกของสัตว์พวกกุ้ง ปู ในพืช พบไคตินอยู่รวมกับเซลลูโลส ส่วนในสัตว์อยู่รวมกับคอลลาเจน (จิราภรณ์ เชาวลิตสุขุมาวารี, 2544)

ไคติน เป็นสารอินทรีย์ที่เกิดตามธรรมชาติ มีปริมาณมากเป็นที่สองของโลกรองจากเซลลูโลส พบไคตินได้ในผนังเซลล์ของพืชบางชนิด สัตว์ และจุลินทรีย์หลายชนิด เช่น ในไดอะตอม ในผนังเซลล์ของพวกยีสต์ที่ใช้ทำเบียร์และรา ในสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น แมลง ตัวไหม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสัตว์ที่มีเปลือกและกระดอง เช่น หอย กุ้ง แกนหมึก และปู สามารถพบไคตินได้ทั้งบนบก ทะเล และน้ำจืด (จิราภรณ์ เชาวลิตสุขุมาวารี, 2544) ไคตินที่พบจะมีโครงสร้างต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับแหล่งที่พบ สายของไคตินจะมีการจัดเรียงตัวได้หลายแบบซึ่งให้ความ

แข็งแรงแตกต่างกันออกไป สามารถจัดลักษณะโครงสร้างของไคตินในธรรมชาติออกได้ 3 ประเภท ได้แก่ แอลฟาไคติน (α-chitin) เบต้าไคติน (β-chitin) และแกมมาไคติน (γ-chitin) โดยแอลฟาไคติน มีเส้นใยที่เรียงตัวกลับไปมา ซ้อนกัน เส้นใยเรียงตัวได้แน่น และมีความแข็งแรงสูงสุด พบได้ในเปลือกกุ้ง กระดองปู และผนังเซลล์ของเห็ดรา ส่วนเบต้าไคติน มีเส้นใยเรียงตัวในทิศทางเดียวกัน เส้นใยเรียงตัวได้ไม่แน่นมาก พบในแกน หรือกระดองหมึก และแกมมาไคติน เส้นใยเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ เป็นไปในทิศทางเดียวกัน กลับทิศทางกันบ้าง พบในรังไหมดิบ (cocoon) (ภาวดี เมธะคานนท์, 2544) ในการจัดเรียงตัวของโครงสร้างตามธรรมชาติพบว่าแอลฟาไคตินมีความเสถียรภาพทางเคมีสูงกว่าเบต้าไคติน (Sanford, 1989)

ไคตินเป็นสารโมเลกุลยาวที่ไร้ประจุ (non-electrolytic polymer) (Allan, Fox and Kong, 1978) ซึ่งทำให้ไม่สามารถละลายในน้ำหรือสารละลายทั่วๆ ไป เช่น สารละลายอินทรีย์ ได้โดยง่าย แต่หากแยกเอาหมู่อะเซทิลออกมา โดยการทำปฏิกิริยาไคตินในภาวะที่เป็นด่างเข้มข้น เรียกว่า ปฏิกิริยาดิอิซิทิเลชัน (deacetylation) ได้สารที่ชื่อว่า ไคโตซาน สามารถละลายน้ำและตัวทำละลายหลายชนิดได้ดี เพราะมีประจุบวกบนหมู่อะมิโน (จิราภรณ์ เชาวลิตสุขุมาวารี, 2544) โดยปฏิกิริยานี้ทำให้หมู่อะซิทาไมด์ที่คาร์บอนอะตอม ตำแหน่งที่สองในวงแหวนไพราโนส (pyronose ring) ของไคตินถูกเปลี่ยนเป็นหมู่อะมิโน การดึงหรือตัดเอาหมู่อะซิทิลออกจากไคตินนั้น สามารถดึงออกได้เพียงบางส่วนหรือเกือบทั้งหมด ทำให้สมบัติหลายประการของไคตินนั้นเปลี่ยนแปลงไป โดยทั่วไปค่าเปอร์เซ็นต์ของการเกิดปฏิกิริยาดิอิซิทิเลชัน จะมีค่าประมาณร้อยละ 75-85 เนื่องจากหมู่อะซิทาไมด์ที่เหลือไม่สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับด่างได้โดยง่ายถ้าไม่ใช้ภาวะในการทำปฏิกิริยาที่รุนแรง ทำให้ไคตินหรือไคโตซานที่ผลิตได้จะอยู่ในรูปสายโซ่ที่มีหน่วยของไคตินและไคโตซานผสมกันอยู่สลับหน่วยกันไปเป็นโคโพลีเมอร์ โดยเป็นที่เข้าใจกันว่าสายโซ่ที่มีหน่วยของไคโตซานเกินกว่าร้อยละ 70-75 ขึ้นไป เรียกว่า ไคโตซาน หรืออาจระบุถึงเปอร์เซ็นต์ DD (Degree of Deacetylation) ซึ่งแสดงถึงเปอร์เซ็นต์ของยูนิตไคโตซานนั่นเอง (จิราภรณ์ เชาวลิตสุขุมาวารี, 2544)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ไคโตซาน (chitosan) มีชื่อทางเคมีว่า poly-β-(1-4)-2-amino-2-deoxy-D-glucose มีคุณสมบัติที่แตกต่างจากโพลีแซคคาไรค์ หรือสารไฮโดรคอลลอยด์ ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงอื่นๆ คือ ไคโตซานมีคุณสมบัติเป็น cationic polyetectrolyte เนื่องจากไคโตซานมีหมู่อะมิโนอิสระ ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 (Jianming, Hiroshi and Shuichi, 1998) ปกติไคโตซานละลายได้ดีในกรดอินทรีย์ เช่น กรดอะซิติก กรดโพรพานิก กรดแลคติก เป็นต้น

เนื่องจากไคโตซานมีความหลากหลายและโดดเด่นในทางเคมี โดยเฉพาะอย่างยิ่งประสิทธิภาพของการเกิดปฏิกิริยาเคมีกับสารที่มีประจุลบ และสามารถเกิดการดูดซับอิออนของโลหะหนักด้วยกรรมวิธีเคมีเชิงซ้อน ทำให้มีการนำเอาไคโตซานมาใช้ในการจับและดูดซับเพื่อแยกสิ่งปฏิกูลต่างๆ ที่ละลายในน้ำเสียโดยสามารถแยกตะกอน แล้วนำกลับมาใช้ประโยชน์ในทางอื่นๆ อีกได้ เช่น อาหารสัตว์ และปุ๋ยชีวภาพ เป็นต้น ในการประยุกต์ใช้สารไคโตซานในผลิตภัณฑ์และอุตสาหกรรมต่างๆ อาจแบ่งได้ดังนี้

ด้านอาหาร ในหลายประเทศได้ขึ้นทะเบียนไคโตซาน เป็นสารที่ใช้เติมในอาหารและยาได้ โดยเฉพาะในประเทศญี่ปุ่นได้มีผลิตภัณฑ์อาหารที่ผสมไคโตซานเป็นจำนวนมากออกวางขายในท้องตลาดเป็นเวลานานแล้ว จากสมบัติที่สามารถต่อต้านจุลินทรีย์และเชื้อราบางชนิด จึงมีการใช้ไคโตซานเป็นสารกันบูด สารปรุงแต่งเพื่อความคงรูปและคงสีในอาหารต่างๆ สารเคลือบอาหารและผักผลไม้

ด้านการแพทย์และเภสัชกรรม ปัจจุบัน มีรายงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์สนับสนุนในการลดสารไขมันบางชนิด เช่น คอเลสเตอรอล ทำให้ไคโตซานมีบทบาทในอาหารเสริมที่ใช้ลดไขมันและลดน้ำหนัก การใช้เป็นผิวหนังเทียม การรักษาแผลไฟไหม้และน้ำร้อนลวก การใช้รักษาเหงือกและฟัน การใช้ปลดปล่อยยา การใช้รักษาและเสริมสร้างสุขภาพของกระดูกอ่อน การใช้เป็นสารหล่อลื่นในเยื่อเมือก ตลอดจนเลนส์ตา การช่วยให้เลือดแข็งตัวเร็วขึ้น เป็นต้น

ด้านเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์บำรุงผิว ไคโตซานมีสมบัติโดดเด่นในการอุ้มน้ำและเป็นตาข่ายคลุมผิวหนัง ตลอดจนการต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ได้ จึงใช้เป็นสารเติมแต่ง และสารพื้นฐานของเครื่องสำอางหลายประเภท เช่น ผสมเป็นแป้งทาหน้า ทั้งแบบแป้งแข็งและแป้งฝุ่น เพื่อความชุ่มชื้นและป้องกันเชื้อโรค เป็นส่วนประกอบของแชมพู ครีม และสบู่ทุกรูปแบบ ผสมโลชั่นสำหรับเคลือบเพื่อป้องกัน ตลอดจนบำรุงผิวและเส้นผม

ด้านอุตสาหกรรมสิ่งทอและกระดาษ ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพทางเศรษฐกิจของประเทศสูงมากในยุคปัจจุบัน การใช้ไคโตซานผสมในเส้นใยเพื่อพัฒนาเสื้อผ้าและสิ่งทอที่สามารถป้องกันและต้านทานเชื้อโรคได้ ซึ่งถือว่าเป็นเทคโนโลยีใหม่ในอนาคตอันใกล้นี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสหรัฐอเมริกาได้วางนโยบายระดับชาติในด้านสิ่งทอที่ป้องกันการติดเชื้อได้เป็นเวลานานมาแล้วและได้ดำเนินการมาตลอดเพื่อการเป็นผู้นำในเทคโนโลยีใหม่นี้ นอกจากนี้ ไคโตซานยังมีสมบัติโดดเด่นในการเสริมสร้างความเหนียว และแข็งแรงให้แก่เส้นใยและเยื่อกระดาษ ซึ่งสามารถนำมาใช้เพื่อเพิ่มคุณภาพให้แก่กระดาษและพัฒนาผลิตภัณฑ์กระดาษชนิดพิเศษเพื่อใช้ในด้านการพิมพ์ด้วยเทคโนโลยีใหม่ที่ทันสมัย

ด้านเทคโนโลยีชีวภาพ จากสมบัติของการเป็นเส้นใยและพลาสติกที่ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติของไคโตซาน ทำให้ไคโตซานถูกนำมาใช้เพื่อทำเป็นสารห่อหุ้มเอนไซม์และเซลล์ต่างๆ ได้ด้วยเทคนิคอิมโมบิลไลเซชั่น การใช้เป็นตัวแยกสารโดยวิธีโครมาโตกราฟฟี การใช้ทำขั้วไฟฟ้าทางชีวภาพเพื่อการวิเคราะห์และตรวจสอบสารต่างๆ

ด้านการแยกทางชีวภาพ จากลักษณะที่โดดเด่นเฉพาะตัวของไคโตซานซึ่งสามารถขึ้นรูปได้หลากหลายรูปแบบ ทำให้ไคโตซานถูกนำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นเยื่อบางเพื่อใช้ในการกรองด้วยเทคนิคต่างๆ เช่น ไดอะไลซีส อุลตร้าฟิลเตชั่น นาโนฟิลเตชั่น และรีเวอร์สออสโมซีส เป็นต้น การใช้ไคโตซานย่อมปราศจากสารตกค้างและสามารถย่อยสลายโดยธรรมชาติไปเป็นปุ๋ยให้กับสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังปลอดมลพิษและสารที่แยกได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ได้ในด้านชีวภาพ การขึ้นรูปเป็นเม็ดไคโตซานสามารถนำมาแยกสารชีวภาพ เช่น โปรตีน ซึ่งถูกนำกลับมาใช้เป็นอาหารทั้งของคนและสัตว์ได้ การใช้ไคโตซานในกระบวนการแยกทางชีวภาพสามารถนำสารกลับมาใช้ใหม่ได้ ทั้งสารที่ถูกแยกและสารที่ใช้แยก จึงเป็นกระบวนการที่เกิดการหมุนเวียนทางชีวภาพ ซึ่งนำไปสู่การพิทักษ์รักษาคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อมเพื่อการพัฒนาแบบยั่งยืน

ด้านการเกษตร ไคโตซานมีองค์ประกอบของไนโตรเจนอยู่ด้วย จึงมีบทบาทสำคัญในด้านปุ๋ยชีวภาพ และสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชในเทคนิคใหม่ๆ ของการเพาะปลูก การให้ปุ๋ยแก่พืชทางใบและทางลำต้น การใช้เป็นยาฆ่าแมลง (Insecticide) โดยถูกใช้ในกระบวนการผลิตเอนไซม์ไคติเนส โดยเอนไซม์ไคติเนสจะย่อยสลายไคตินซึ่งเป็นองค์ประกอบของเปลือกหุ้มตัวของแมลงศัตรูพืช การใช้เคลือบเมล็ดพันธุ์พืช (Seed treatment) องค์กร EPA รับรองว่า เมื่อนำไคโตซานไปเคลือบเมล็ดพันธุ์มีผลในการป้องกันโรค ป้องกันเชื้อจุลินทรีย์ และราบางชนิด เพื่อยืดอายุ

การเก็บและทำให้อัตราการงอกของเมล็ดและผลผลิตที่ได้สูงขึ้นในข้าวประมาณ 30-40 % การใช้ไคโตซานต่อต้านเชื้อรา ไวรัส และแบคทีเรียบางชนิด มีผลต่อการต้านทานและกำจัดเชื้อราและแบคทีเรียบางประเภทได้อย่างกว้างขวางหลายชนิด เช่น โรครากเน่า-โคนเน่า ราน้ำค้าง ราขาว โรคแคงเคอร์ โรคใบติด โรคใบจุดและอื่นๆ ซึ่งเกิดจากโครงสร้างทางประจุและสร้างเอนไซม์ ซึ่งทำให้ย่อยสลายและทำลายเชื้อราโรคพืชได้อย่างดี พบว่า ไคโตซานสามารถเข้าสู่เซลล์เชื้อรา และทำให้เกิดการยับยั้งการสร้างและสะสมของ RNA จึงทำให้เชื้อราถูกยับยั้งการเจริญเติบโต หลักการที่สำคัญอย่างหนึ่งก็คือ การที่มีประจุบวกที่ตำแหน่งคาร์บอนตัวที่ 2 ของ glucosamine monomer ที่ pH ต่ำกว่า 6 และปฏิกิริยาระหว่างประจุบวกบนโมเลกุลของไคโตซานกับประจุลบบนเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ ซึ่งนำไปสู่การแตกของผนังเซลล์ที่องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นสารพวกโปรตีน จึงทำให้จุลินทรีย์เหล่านั้นตาย นอกจากนี้ไคโตซานยังเป็นสารพวก chelating agent ที่สามารถเกาะติดกับโลหะที่จำเป็นในเซลล์ของจุลินทรีย์ ซึ่งนำไปสู่การขัดขวางการผลิตสารพิษและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เหล่านั้น (สุวลี จันทร์กระจ่าง, 2543) แต่ในเชื้อราบางประเภทและแบคทีเรียบางชนิดที่มีประโยชน์จะมีการเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว เมื่อใช้ไคโตซาน เช่น ในเห็ด ไคโตซานช่วยสร้างภูมิต้านทานโรค (Disease resistance response genes) โดยการไปกระตุ้น DNA ในนิวเคลียสพืชในการสร้างยีนซึ่งควบคุมระบบภูมิคุ้มกันโรคและมีผลต่อการสร้างสารลิกนิน (lignin) ในพืชซึ่งจะพบเห็นด้วยตาเปล่าจากแว็กซ์ (wax) ที่เคลือบบนใบพืช การนำไคโตซานเคลือบบนผิวของผักและผลไม้ จะมีลักษณะเป็นฟิล์มบางๆ ใส ปราศจากสีและกลิ่น ช่วยลดอัตราการหายใจ การผลิตก๊าซเอทิลีน การรบกวนของแมลงและเชื้อรา ทำให้บรรยากาศภายในมีการเปลี่ยนแปลงน้อย และผลผลิตจะทนทานต่อสภาวะกรดได้ดีขึ้น การเปลี่ยนแปลงสีจะช้าลง

มีการใช้ไคโตซานเป็นสารเคลือบผิวก่อนการเก็บรักษาเพื่อชะลอการเสื่อมสภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลภายหลังการเก็บเกี่ยวในผักและผลไม้หลายชนิด โดยคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภคเป็นสำคัญ มีรายงานว่าการใช้ไคโตซานก่อนการเก็บรักษามีส่วนช่วยชะลอการเสื่อมสภาพ และลดการเกิดโรคของผลไม้หลายชนิด เช่น ในผลเงาะที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษานาน 14-16 วัน โดยลดการสูญเสียน้ำหนัก และชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลได้ (พูนทรัพย์ พาติกะบุตร, 2544)

พบว่า การเคลือบผิวมะม่วงพันธุ์มหาชนกด้วยไคโตซาน ที่ระดับความเข้มข้น 0.5-1.0 % สามารถลดการสูญเสียน้ำหนัก และชะลอการสุกได้ (วิทวัส ศาสนนันทน์, วิชชา สอาดสุด และอุราภรณ์ สอาดสุด, 2544) ในประเทศเวียดนาม มีการเคลือบผิวส้มด้วยไคโตซานที่ความหนา

ประมาณ 30-35 ไมครอน สามารถเก็บรักษาส้มได้นานถึง 35-40 วัน โดยคุณภาพ เช่น สีของผิว เปลือกไม่เปลี่ยนแปลง (Dien and Binh, 1996)

เพ็ญวิภา วาสนาส่ง (2539) ได้ทำการทดลองใช้ไคโตซานที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1.25 เคลือบผิวมะนาวที่ผ่านการทำความสะอาดด้วยน้ำผสมสารฆ่าเชื้อรา ช่วยให้สามารถยืดอายุ การเปลี่ยนแปลงสีผิวมะนาวได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นเวลา 24 วัน ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80

การใช้ไคโตซานเคลือบผิวมะเขือเทศ แตงกวา และพริกหยวก พบว่า สามารถลดอัตราการหายใจ ลดการสูญเสียน้ำหนักจากการคายน้ำ และลดอัตราการผลิตเอทิลีนได้ อีกทั้งไคโตซานยังจำกัดการผ่านเข้าออกของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ผักและผลไม้คงความกรอบ ผิวไม่เหี่ยวย่น สีผิวไม่เปลี่ยนแปลง และยังสามารถเคลือบบนเครื่องเทศ เพื่อรักษาและป้องกันการสูญเสียกลิ่นของเครื่องเทศจากการสเตอริไรซ์ด้วยไอน้ำ (El Ghaouth, 1991)

นอกจากนี้ ไคโตซานยังมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยวอีกด้วย โดยลดอัตราการเจริญของเชื้อรา ซึ่งมีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพดีกว่ายาฆ่าเชื้อราบางชนิด จากการทดลองในมะเขือเทศด้วยไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 2 พบว่ามีการลดลงของเชื้อ *Botrytis cinerea* (El Ghaouth, Arul and Asselin,1991) และยับยั้งการเจริญของ *B. cinerea* ในแอปเปิ้ลพันธุ์ Jonagold ได้ (Jianming, Hiroshi and Shuichi, 1998) อีกทั้งยังสามารถควบคุมการเน่าเสียที่เกิดขึ้นในลูกพีช (Yu, 2001) แพร์ กีวี และสตรอเบอรี่ (Shahidi, Arachchi, and Jeon, 1999) ได้ดี

ในผลสตรอเบอรี่สดที่เคลือบด้วยไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 1.0 และ 1.5 พบว่าสามารถยับยั้งโรคจากเชื้อราที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียสได้ไม่แตกต่างจาก Rovral ซึ่งเป็นสารยับยั้งเชื้อรา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพราะหลังจาก 21 วันแล้ว Rovral จะเกิดอาการเป็นพิษ (phytotoxicity) ต่อผลสตรอเบอรี่ มีอาการฉ่ำน้ำ (watersoaked areas) ก่อให้เกิดโรคมากกว่าไคโตซาน และไคโตซานเองยังเป็นสารยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้โดยตรง ทั้งยังเหนี่ยวนำให้เกิด enzyme chitinase มาย่อยผนังเซลล์ของเชื้อรา และกระตุ้นการสร้างสารต่อต้านเชื้อรา (phytoalexins) ของสตรอเบอรี่อีกด้วย (El Ghaouth, 1992)

ในแอปเปิล ไคโตซานสามารถยับยั้งการงอกของ conidia และการเจริญของ hyphae ในเชื้อ *B. cinerea* ได้ เนื่องจาก เกิด phytoalexins และเอนไซม์บางตัวซึ่งถูกกระตุ้นโดยไคโตซาน ไปยับยั้งการงอกของ conidia และลักษณะผิวผลที่ตึง เรียบ ไม่มีรอยแตกของผลแอปเปิลที่เคลือบด้วยไคโตซาน ดังนั้นจึงเกิดการเจริญของเส้นใยได้ยาก (Jianming *et al*, 1998)

การใช้ไคโตซานในการควบคุมการเกิด enzymatic browning ในระหว่างการขนย้ายหรือภายหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต อาจเกิดรอยช้ำหรือบาดแผลซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดรอยช้ำสีน้ำตาลหรือ enzymatic browning เกิดขึ้น ซึ่งเป็นการทำงานของ enzyme polyphenol oxidase (PPO) กับสารประกอบฟีนอลเป็นผลให้เกิดสีเข้มของ O-quinones ที่เป็นผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยานี้ ส่งผลต่อรูปลักษณ์ รสชาติ และคุณค่าทางอาหารของผลไม้ ในอดีตมีการใช้สารพวก sulfer ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล แต่อาจทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้ มีการทดลองใช้แผ่นฟิล์มไคโตซานเคลือบผลลิ้นจี่ พบว่า สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาล การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโธไซยานิน ฟลาโวนอยด์ ในเปลือกได้ อีกทั้งยังทำให้การทำงานของ enzyme PPO ลดลงอีกด้วย (Zhang and Quantick, 1997) ส่วนในลำไย พบว่า สามารถลดกิจกรรมของ enzyme PPO ลง ทำให้ยืดอายุการขายได้นานขึ้น (Jiang and Li, 2001)

อย่างไรก็ตาม การใช้ไคโตซานเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา ส่วนใหญ่ใช้ความเข้มข้นสูงในการเคลือบผิว แต่การใช้ไคโตซานในความเข้มข้นที่ต่ำลงอาจจะมีผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษาของผลเงาะ เนื่องจากกลไกทางสรีรวิทยาอื่นๆ ดังนั้น การใช้ไคโตซาน จึงอาจเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผลเงาะได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย