บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

ลิ้นจี่

ลิ้นจี่ (*Litchi chinensis* Sonn.) เป็นไม้ผลกึ่งเมืองร้อน (subtropical fruit) จัดอยู่ในตระกูล Sapindaceae ลิ้นจี่มีชื่อสามัญที่ใช้เรียกหลายชื่อ เช่น ลิตฉิ (litchi), ลิชี (lichee), ลีชี (leechee), ลิซี (lici), ไลชี (laici) ชาวจีนเรียกว่า เลชิ (ly-chee) หรือลีจือ (leejue) ชาวอินเดียเรียกว่าลิตจี (leetjee) และคนไทยแถบภาคตะวันออกเรียก สีรามัญ (ศรีมูล, 2528) คำว่า lychee เป็นคำที่นิยมใช้กันมากที่สุด ลิ้นจี่เป็นไม้ผลยืนต้นที่ปลูกมากในเขตอบอุ่น ใบมีสีเขียวตลอดทั้งปี มีถิ่นกำเนิดมาอยู่ในประเทศจีน และปลูกในจีนมาแล้วนานกว่า 40 ศตวรรษ โดยเฉพาะที่เมืองกวางตุ้งและฟูเกียน ประเทศที่ปลูกรองลงมาจีน คือ อินเดีย (นิธิยาและคนัย, 2533) ส่วนในประเทศไทยสามารถปลูกได้ดีในเขตที่มีอากาศหนาวเย็น เช่น ในแถบจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แต่ก็มีพันธุ์ที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพอากาศที่อบอุ่นกว่า เช่น จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรสงคราม (ศรีมูล, 2531)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์และพันธุ์ของลิ้นจี่

1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของลิ้นจี่

กลุ่มเกษตรสัญจร (2542) กล่าวถึงลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของลิ้นจี่ ดังนี้

ลำต้น ลิ้นจี่เป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ มีความสูง 35-40 ฟุต ลำต้นแข็งแรง แตกกิ่งก้านสาขากว้างมากไม่ผลัดใบ ทรงพุ่มค่อนข้างทึบ เปลือกลำต้นสีน้ำตาลอมเทา ผิวเปลือกไม่ขรุขระ (ลำต้นลำไยขรุขระมากกว่า) มีการเจริญเติบโตช้า แต่ค่อนข้างเจริญเติบโตสม่ำเสมอ

ใบ ใบลิ้นจี่จัดเป็นใบประกอบ (pinnately compound leaves) มีใบย่อยแตกออกเป็นคู่ๆ ตั้งแต่ 2-4 คู่ ใบย่อยรูปหอกหรือรี แบบขนนก โคนใบและปลายใบค่อนข้างแหลม สีเขียวเข้มเป็นมัน ที่ท้องใบสีเขียวอมเทา แต่ถ้าเป็นใบอ่อนที่แตกออกใหม่สีจะค่อนข้างแดง

ดอก ลิ้นจี่มีดอกเป็นช่อ แบบช่อแยกแขนง (panicle) เกิดดอกที่ปลายกิ่งหรือปลายยอด ช่อดอกอาจจะยาวถึง 1 ฟุต สีเหลืองอมเขียวอ่อน ดอกย่อยสีเหลืองอมเขียวอ่อน กลีบเลี้ยง 4-7 กลีบ คล้ายถ้วยขนาดเล็ก แต่ไม่มีกลีบดอกซ้อนอยู่ชั้นใน เกสรตัวผู้มีอยู่ 5-8 อัน ประกอบด้วยก้านเกสรตัวผู้และอับเรณู ถัดจากนั้นเป็นเกสรตัวเมีย ที่ยอดเกสรตัวเมียเป็นรอยหยัก ออกดอกราวๆ ต้นเดือนมกราคม

ผล ลิ้นจี่ออกผลเป็นพวงห้อย (เป็นช่อๆ) โดยแต่ละช่ออาจจะมีผลตั้งแต่ 2-30 ผล นิธิยา และดนัย (2533) กล่าวว่าลักษณะของผลจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ มีรูปร่างตั้งแต่กลมไปจนถึงกลมรี บางพันธุ์มีรูปร่างคล้ายรูปหัวใจ ผลอ่อนมีสีเขียว ผลเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่ผลแก่และเริ่มสุก เปลือกผลจะบาง แข็ง ขรุขระ เนื่องจากมีปุ่มหนามเล็กๆ ซึ่งลักษณะของผิวเปลือกผลจะผันแปรไปตามชนิดของพันธุ์ เมื่อผลสุกสีผิวจะค่อยๆ เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเขียวอ่อน และเริ่มมีสีแดงหรือสีชมพู ซึ่งสีจะค่อยๆ เข้มขึ้นเรื่อยๆ จนสีเขียวหายไปหมด หรือเกือบหมด ผลลิ้นจี่สุกมีสีชมพู ชมพูอมแดง แดงสด หรือแดงคล้ำ ผลมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5-4.0 เซนติเมตร เปลือกของผลสุกเปราะและแตกง่าย ทำให้สะดวกในการปอกเปลือกออกขณะบริโภค

เนื้อผล เกิดมาจากเนื้อเยื่อของก้านเมล็ดและเยื่อหุ้มรังไข่ชั้นนอก เนื้อสีขาวขุ่นหรือขาวนวล มีทั้งเนื้อหนาและบาง เนื้อล่อนไม่ติดเมล็ด เนื้ออาจจะแห้งกรอบหรือแฉะน้ำ รสชาติขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และการบำรุงรักษา มีทั้งรสหวานหอม หวานอมเปรี้ยว เปรี้ยวหรือหวานอมฝาด นิธิยาและดนัย (2533) กล่าวว่า ลิ้นจี่มีเนื้อสัมผัสคล้ายเนื้ออุ่น กลิ่นหอม มีรสหวานอมเปรี้ยว แต่ถ้าเป็นผลดิบหรือยังไม่สุกจะมีรสเปรี้ยว และเนื้อของลิ้นจี่บริเวณใกล้ขั้วมีความหนามากที่สุดและค่อยๆ บางลงจนถึงด้านล่าง ซึ่งบางที่สุด

เมล็ด สีน้ำตาลดำเป็นมัน ในลิ้นจี่ผลหนึ่งจะมีเพียงเมล็ดเดียวเท่านั้น อาจมีรูปร่างทั้งกลมหรือรี แต่มีอยู่บ้างเหมือนกันที่เมล็ดลีบ โดยเฉพาะลิ้นจี่พันธุ์ค่อมพบได้บ่อยมาก แต่มักพบว่าผลลิ้นจี่ที่ไม่มีเมล็ดนั้นผลจะเล็กมาก

2. พันธุ์ของลิ้นจี่

นิธิยาและดนัย (2533) ได้แบ่งกลุ่มลิ้นจี่ออกเป็น 2 กลุ่มได้แก่

2.1. กลุ่มพันธุ์ลิ้นจี่ที่ปลูกและเจริญเติบโตให้ผลดีในเขตที่มีอากาศร้อน ได้แก่ พันธุ์กระโหลก ช่อระกำ แห้ว ค่อม เขียวหวาน สำเภาแก้ว ลำเจียก และสาแหรกทอง เป็นพันธุ์ลิ้นจี่ที่ปลูกในจังหวัดสมุทรสาคร และสมุทรสงคราม ให้ผลลิ้นจี่ที่มีคุณภาพค่อนข้างต่ำ เนื้อมีน้ำมาก และไม่ค่อยมีกลิ่นหอม พันธุ์เหล่านี้เมื่อนำไปปลูกทางภาคเหนือจะให้ผลดกและคุณภาพผลไม่ดีเช่นเดียวกัน คือ มีรสเปรี้ยว และเนื้อแฉะ เช่นพันธุ์ค่อม

2.2. กลุ่มพันธุ์ที่ปลูกและเจริญดีเติบโตให้ผลดีในเขตที่มีอากาศหนาว ได้แก่ พันธุ์หมอหม่อง (ฮงฮวย) โอเฮียะ กิมเจง กิมจี๊ และจักรพรรดิ ลิ้นจี่พันธุ์เหล่านี้ส่วนใหญ่จะมีรสชาติดี รสหวาน หรือหวานอมเปรี้ยว กลิ่นหอม และเนื้อแห้ง ลิ้นจี่พันธุ์ดังกล่าวเมื่อนำไปปลูกทางภาคกลางจะเจริญเติบโตได้ แต่มักไม่ติดผล

กลุ่มเกษตรสัญจร (2530) ได้กล่าวไว้ว่า สายพันธุ์ลิ้นจี่ที่นิยมปลูกกันมากในภาคเหนือ ได้แก่ พันธุ์ฮงฮวย โอเฮียะ กิมเจง และจักรพรรดิ ซึ่งเป็นพันธุ์เศรษฐกิจมีรายละเอียดดังนี้

พันธุ์ฮงฮวย เป็นพันธุ์ที่ปลูกมากที่สุดทางภาคเหนือเนื่องจากมีลักษณะเด่นเฉพาะตัว คือ สามารถติดผลได้เกือบทุกปี ทรงพุ่มกว้างใหญ่ แตกกิ่งห่าง ผิวเปลือกของต้นออกสีหม่น ตกกระสีขาว มีเปลือกบาง ใบใหญ่ยาวรี โคนใบกว้าง ขอบใบเป็นคลื่น ปลายใบไม่แหลมมากนัก ดอกบานประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ ผลแก่ประมาณกลางเดือนถึงสิ้นเดือนพฤษภาคม ผลสีแดงอมชมพู ผลกลม รี รูปไข่ ไหล่กว้าง ผลขนาดผลใหญ่ปานกลางใน 1 กิโลกรัม มี 30-40 ผล หนามผลห่าง เมื่อแก่จัดหนามเป็นตุ่มสั้นกว่าผลที่ยังไม่แก่ เนื้อหนาสีขาวขุ่น เนื้อตรงส่วนที่สัมผัสกับเมล็ดเป็นเยื่อหุ้มสีน้ำตาล เป็นเส้น มีกลิ่นหอม เมล็ดมีขนาดใหญ่ ยาว หัวจุกโตปานกลาง

พันธุ์โอเฮียะ เป็นอีกพันธุ์หนึ่งที่นิยมปลูกกันมากทางภาคเหนือ รองลงมาจากพันธุ์ฮงฮวย เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่สูงที่มีอากาศหนาว ลักษณะประจำพันธุ์มีทรงพุ่มเตี้ยจนเกือบกลม แผ่กิ่งสาขากว้าง กิ่งเปราะและหักง่าย ใบมีขนาดความยาวปานกลาง รูปทรงคล้ายขนมเปียกปน ปลายใบแหลมเล็ก หน้าใบเป็นมันสีเข้มจัดจนเกือบเป็นสีดำ มักออกดอกประมาณกลางเดือนมกราคม ลิ้นจี่พันธุ์โอเฮียะมักออกดอกได้มากเต็มต้นและมีแมลงชอบแต่ติดผลน้อย ผลแก่เริ่มประมาณปลายเดือนพฤษภาคม มีขนาดใหญ่ปานกลาง เนื้อหนา เปลือกสีแดงเข้ม สีเปลือกด้านที่ถูกแดดมากจะมีสีแดงสดสวยงาม ส่วนผลที่อยู่ในร่ม ถึงแม้แก่จัดมีสีแดงแกมเหลืองอมเขียว ลักษณะภายในมีเนื้อนิ่มและน้ำมาก กลิ่นหอม ใน 1 กิโลกรัม มี 40-50 ผล ในผลที่มีขนาดเล็กมักพบเมล็ดลีบ

พันธุ์กิมเจง เป็นพันธุ์ที่ปลูกกันมาช้านานในภาคเหนือแต่ไม่ค่อยจะแพร่หลายมากนัก เพราะมักออกดอกไม่สม่ำเสมอทั้งปี เนื่องจากปลูกกันในระดับที่ไม่สูงกว่าระดับน้ำทะเลมากพอ ลักษณะประจำพันธุ์ มีพุ่มเตี้ยจนเกือบแบน กิ่งก้านสาขาสั้น แต่กิ่งค่อนข้างเหนียวไม่เปราะและหักง่าย เปลือกมีสีน้ำตาล เติบโตช้ากว่าพันธุ์ฮงฮวย ใบมีสีเขียวเข้ม สั้น ขอบใบด้านข้างมักงอ ปลายใบแหลม มักออกดอกประมาณปลายเดือนกุมภาพันธ์และผลเริ่มแก่ประมาณกลางเดือนมิถุนายน จึงทำให้มีราคาดี เพราะในช่วงนี้ผลลิ้นจี่พันธุ์อื่นเก็บเกี่ยวหมดไปแล้ว ลักษณะผลเป็นรูปหัวใจ เปลือกมีสีแดง ขนาดผลค่อนข้างเล็ก ใน 1 กิโลกรัม มี 40-50 ผล เนื้อนิ่มแต่ไม่เละ เมล็ดมักลีบหรือมีสีน้ำตาลอ่อน

พันธุ์จักรพรรดิ เป็นอีกพันธุ์ที่ปลูกกันมากทางภาคเหนือ ลักษณะประจำพันธุ์ ลำต้นตรง ค่อนข้างแผ่กิ่งก้านยาว มีใบหนา ใบมีขนาดเล็กยาวและแคบ ปลายใบแหลม ใบอ่อนมีม่วงแดง เมื่อแก่มีสีเขียวเข้ม ขอบใบตั้งและหยักเล็กน้อย ออกดอกช้ากว่าพันธุ์อื่นๆ ผลมีขนาดใหญ่ 1 ผล จะมีน้ำหนัก 28-32 กรัม รูปร่างคล้ายรูปหัวใจแต่ไหล่ผลกลมอ้วน ปลายผลค่อนข้างกลม เมื่อผลแก่เปลือกมีสีแดงเข้ม อาจมีสีเหลืองปนเล็กน้อย หนามผลห่าง เป็นปุ่มนูนไม่แหลม ลักษณะภายในมีเนื้อ

นิ่มและมีน้ำมาก เมล็ดค่อนข้างใหญ่ เมื่อผลแก่รสชาติไม่หวานจัด และค่อนข้างเปรี้ยวเล็กน้อย ศิริพงษ์ (2531) กล่าวว่า ผลจะเก็บเกี่ยวได้ช้าที่สุดคือประมาณปลายเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม

การเก็บเกี่ยวผลลิ้นจี่

ลิ้นจี่จัดเป็นผลไม้ประเภทบ่มไม่สุก (non-climacteric) หรืออีกนัยหนึ่งเรียกว่าเป็นผลไม้ที่ไม่สามารถบ่มให้สุกได้ ดังนั้นการเก็บเกี่ยวลิ้นจี่จึงควรเก็บเกี่ยวในระยะผลแก่พอดี เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ ซึ่งดัชนีการเก็บเกี่ยวโดยทั่วไปเกษตรกรใช้การเปลี่ยนของสีเปลือกเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ อีกลักษณะหนึ่งที่ใช้ประกอบในการตัดสินใจ คือ การดูหนามของผล โดยมีเกณฑ์ว่าลิ้นจี่ที่มีผลแก่ หนามบนผิวจะห่างออกจากกัน(นพดล และคณะ, 2543) ผลลิ้นจี่แต่ละพันธุ์แก่ไม่พร้อมกัน เนื่องจากพันธุ์ฮงฮวยจะออกดอกก่อน ตามด้วยพันธุ์โอเฮียะ และกิมเจงจะออกดอกล่าสุด ส่วนการสุกแก่ของผล พันธุ์ฮงฮวยจะสุกและเก็บเกี่ยวผลได้ก่อน การสุกของผลลิ้นจี่ในแต่ละต้นจะสุกไม่พร้อมกัน การเก็บจึงต้องทยอยเก็บเกี่ยว 20-25 วัน จึงจะหมด (กลุ่มเกษตรสัญจร, 2542)

สายชล (2538) กล่าวถึงการเก็บเกี่ยวผลลิ้นจี่ว่า เก็บเกี่ยวเมื่อผลแก่ ผลที่แก่ผิวของผลจะมีสีแดงเพิ่มมากขึ้น ร่องระหว่างหนามแยกออก ความแหลมของหนามลดลง เมื่อใช้มือลูบผิวนอกของผลจะทราบถึงความแตกต่างระหว่างผลอ่อนและผลแก่

คีรี (2540) กล่าวว่าการเก็บเกี่ยวผลนับตั้งแต่ห่อผลจนเก็บเกี่ยวผลใช้เวลา 20-25 วัน สังเกตได้จากผลลิ้นจี่มีสีแดงเข้ม แดงปนชมพู และร่องหนามแยกออกจากกัน หรือชาวสวนเรียกว่าร่องขาด จึงเก็บเกี่ยวผลได้ การเก็บเกี่ยวผลควรเก็บในเวลา 09.00-10.00 น. เพื่อให้น้ำค้างที่ติดผลอยู่แห้งไปให้หมดเสียก่อน วิธีการเก็บเกี่ยวโดยใช้บันไดหรือพะองพาดกิ่งขึ้นไป แล้วใช้กรรไกรตัดช่อผลให้ห่างจากโคนช่อผลประมาณ 1 ฟุต โดยให้ตัดทั้งช่อพร้อมทั้งถุงที่ห่อ ไม่ควรใช้มือหักช่อผล เพราะจะทำให้กิ่งมีรอยฉีกหัก อย่าวางผลทับกันหลายชั้น ผลจะช้ำเน่าได้ ภาชนะที่ใส่ควรโปร่งและระบายอากาศได้ดี

สุภมนตรี (2531) ได้ศึกษาดัชนีการเก็บเกี่ยวของลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย พบว่าแบบแผนการเติบโตของลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย โดยการเปลี่ยนแปลงขนาด น้ำหนัก และปริมาตร เป็นแบบ single sigmoid curve ผิวเปลือกของผลเริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวแกมเหลืองเป็นสีแดงเมื่ออายุได้ประมาณ 8 สัปดาห์หลังติดผล และใช้เวลาอีก 4 สัปดาห์จึงจะเปลี่ยนเป็นสีแดงทั้งผล ปริมาณน้ำตาลและวิตามินซีจะเพิ่มขึ้นและมีปริมาณสูงสุดในสัปดาห์ที่ 11 หลังติดผล เช่นเดียวกัน ในขณะที่ปริมาณกรดลดลงอย่างมาก การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลและปริมาณกรด มีความสัมพันธ์สูงกับการเจริญเติบโตของผล จึงเสนอว่า ควรใช้ค่าทั้งสองนี้เป็นดัชนีความแก่หรือดัชนีการเก็บเกี่ยวของลิ้นจี่ได้

องค์ประกอบและลักษณะทางสรีรวิทยาที่สำคัญบางลักษณะของผลลิ้นจี่ที่สุกแก่แล้ว ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบและลักษณะทางสรีรวิทยาที่สำคัญบางลักษณะของผลลิ้นจี่ที่สุกแก่แล้ว

องค์ประกอบ/ลักษณะทางสรีรวิทยา	ความเข้มข้น/ปฏิกิริยา
คลอโรฟิลล์ที่ผิวเปลือก	
คลอโรฟิลล์ เอ	25 μg. 100 mg^{-1}
คลอโรฟิลล์ บี	14 μg. 100 mg^{-1}
น้ำตาลในเนื้อ	
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้	13-20 ^{o}Brix
ฟรุคโตส	1.6-3.1 g. 100 g^{-1} น้ำหนักสด
กลูโคส	5.0 g. 100 g^{-1} น้ำหนักสด
ซูโครส	8.5 g. 100 g^{-1} น้ำหนักสด
กรดแอสคอบิก (Ascorbic acid)	40-50 g. 100 g^{-1} น้ำหนักสด
การสร้างเอธิลีน (C_2H_4)	1-5 μl.kg^{-1}.h^{-1} ที่ 25 องศาเซลเซียส
อัตราการหายใจ (CO_2)	20 μl.kg^{-1}.h^{-1} ที่ 25 องศาเซลเซียส

(ที่มา : นพดล และคณะ, 2543)

ลิ้นจี่แต่ละพันธุ์จะมีส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อแตกต่างกัน นอกจากนั้นยังอาจผันแปรเนื่องจากภูมิประเทศ ฤดูกาล และการจัดการระหว่างการปลูกด้วย เนื่องจากลิ้นจี่เป็นผลไม้บ่มไม่สุก จึงทำให้มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้นภายหลังการเก็บเกี่ยว นิธิยาและดนัย (2533) กล่าวถึงส่วนประกอบทางเคมีในผลลิ้นจี่ มีดังนี้

1. ความชื้น หรือปริมาณน้ำ ผลลิ้นจี่มีน้ำเป็นส่วนประกอบภายในผล 77-87 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์

2. โปรตีน ผลลิ้นจี่มีโปรตีนเล็กน้อยคือ 0.8-0.9 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณสูงที่สุดที่เคยมีรายงานไว้ประมาณ 1.5 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนที่พบมักอยู่ในรูปของเอนไซม์มากกว่ารูปอื่นๆ

3. ไขมัน ลิ้นจี่มีไขมันน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีน้อยมากเมื่อเทียบกับอะโวกาโดและมะกอก ซึ่งมีไขมันประมาณ 20 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไขมันส่วนใหญ่จะเป็นส่วนประกอบในเยื่อหุ้มเซลล์และไขมันเคลือบผิว

4. ปริมาณน้ำตาล เป็นส่วนประกอบทางเคมีที่มีอยู่ 20-60 เปอร์เซ็นต์ โดยอยู่ในรูปของน้ำตาลซูโครส และน้ำตาลรีดิวซิง (reducing sugar) คาร์โบไฮเดรตในผลลิ้นจี่ ประกอบด้วยน้ำ

ตาลทั้งหมด 15.3 เปอร์เซ็นต์ เป็นน้ำตาลรีดิวซิง 81.7 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลซูโครส 18.3 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

5. กรด ชนิดของกรดที่พบมากในลิ้นจี่คือ กรดมาลิก และรองลงมาคือ กรดซิตริก กรดซัคซินิก กรดฟอสฟอริก กรดกลูตามิก กรดมาโลนิก และกรดแลคติก (ตารางที่ 2) ปริมาณกรดในผลลิ้นจี่จะผันแปรไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ภูมิประเทศและอุณหภูมิ เป็นต้น ปริมาณกรดในผลลิ้นจี่จะลดลงเมื่อผลสุกและระหว่างการเก็บรักษา อัตราส่วนขององศาบริกซ์ต่อปริมาณกรดจะเพิ่มขึ้นระหว่างการสุกและการเก็บรักษา โดยมีอัตราส่วนเป็น 80:1 ก่อนที่ผลลิ้นจี่จะเน่าเสีย

6. วิตามินและเกลือแร่ วิตามินที่พบมากในผลลิ้นจี่คือ วิตามินซี ส่วนวิตามินบีหนึ่งและวิตามินบีสิบสองมีน้อยมาก สมโภชน์ (2528) พบว่า การเก็บรักษาผลลิ้นจี่ในสภาพเปิด ที่อุณหภูมิห้องปริมาณวิตามินซีในเนื้อของผลลิ้นจี่จะลดลงอย่างรวดเร็วคือ จาก 59.35 เป็น 39.46 และ 34.37 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด เมื่อเก็บรักษาได้ 2 และ 3 วัน ตามลำดับ ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียล โดยบรรจุถุง และเปิดปากถุงปริมาณวิตามินซีในเนื้อของผลลิ้นจี่ลดลงจาก 59.35 เป็น 40.90, 39.41 และ 36.96 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด เมื่อนำไปเก็บรักษานาน 5, 10, 15 วัน ตามลำดับ

ปริมาณเกลือแร่ในผลลิ้นจี่ พบว่าโพแตสเซียมมีปริมาณมากที่สุด ส่วนแคลเซียม แมกนีเซียม และฟอสฟอรัส มีปริมาณไม่แตกต่างกัน

7. สารที่ระเหยได้ การวัดสารที่ระเหยในผลลิ้นจี่ โดยใช้ก๊าซโครมาโตกราฟี (gaschromatography) และ แมสส์สเป็คโตมิทรี่(mass spectrometry) พบว่า มีสารที่ระเหยได้ 42 ชนิด สารที่มีมากได้แก่ เบต้า-ฟีเนทธิลแอลกอฮอล์และอนุพันธ์ และสารพวกเทอร์ปีนอยด์

8. รงควัตถุ ผลลิ้นจี่มีสีเขียวในช่วงระยะแรกของการเจริญเติบโต เนื่องจากมีคลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุหลักในคลอโรพลาสต์ ทำหน้าที่ในการสังเคราะห์แสง และมีคุณสมบัติในการดูดแสง ผลลิ้นจี่ยังมีรงควัตถุอีกชนิดหนึ่งคือ ฟลาโวนอยด์ ได้แก่ แอนโธไซยานิน เป็นสารที่ละลายได้ในน้ำให้สีแดง ซึ่งสีเขียวของคลอโรฟิลล์จะบังสีของแอนโธไซยานินไว้ เมื่อผลแก่หรือสุกคลอโรฟิลล์จะสลายตัว สีของแอนโธไซยานินจะปรากฏชัดขึ้น แอนโธไซยานินมีมากที่เปลือกผล และเมื่อเก็บรักษาผลลิ้นจี่ไว้ที่อุณหภูมิห้องแอนโธไซยานินจะลดลง

9. เพกติน ผลลิ้นจี่มีเพกตินเพียงเล็กน้อยประมาณ 0.42 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2 ปริมาณกรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่พบในผลลิ้นจี่

ชนิดของกรดอินทรีย์	ปริมาณในรูปของ Methyl ester (มิลลิสมมูลย์ต่อ100 กรัม)	ในรูปอนุพันธ์ของ Trimethylsylil (มิลลิสมมูลย์ต่อ 100 กรัม)
กรดมาลิก	4.16	3.57
กรดซิตริก	0.52	0.04
กรดซัคซินิก	0.04	0.25
กรดฟอสฟอริก	-	0.20
กรดกลูตาริก	-	0.04
กรดมาโลนิก	0.02	-
กรดแลคติก	0.02	-
กรดเลวูลินิก	0.10	น้อยมาก
วิตามินซี	0.28	0.28
กรดระเหย	0.13	0.13
ปริมาณกรดทั้งหมด	5.18	4.51
ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรต	4.60	4.60

(ที่มา : นิธิยา และคนัย, 2533)

การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาลิ้นจี่

ผลลิ้นจี่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ สรีรวิทยา และเคมี เป็นสาเหตุทำให้มีการสูญเสียอย่างรวดเร็วภายหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การสูญเสียน้ำหนักของผล การเกิดสีน้ำตาลของเปลือก และการเน่าเสีย ซึ่งเป็นผลทำให้ผลลิ้นจี่มีอายุการเก็บรักษาสั้นลง การเปลี่ยนแปลงของผลลิ้นจี่มีดังนี้

1. การสูญเสียน้ำหนักของผล

ผลิตผลสดต่างๆ ต้องคายน้ำอยู่ตลอดเวลาเพื่อระบายความร้อนที่เกิดจากการหายใจ ซึ่งการหายใจเป็นกระบวนการที่พืชใช้พลังงานที่สะสมไว้ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ เช่น คาร์โบไฮเดรต ไปใช้ในการดำรงชีวิตและปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำออกมา ดังนั้นการหายใจจึงเป็นการดึงเอาอาหารสะสมออกไปจากผลิตผลตลอดเวลา ในขณะเดียวกันปริมาณความชื้นภายในผลิตผลมักมีอยู่สูงกว่าความชื้นของอากาศภายนอก น้ำภายในผลิตผลจึงมีการสูญเสียออกจากผลิตผลอยู่ตลอดเวลา การสูญเสียน้ำของผลิตผลจึงทำให้น้ำหนักของผลิตผลลดลงด้วย(จริงแท้, 2541)

Hotton *et al.* (1966) ได้ทำการทดลองขนส่งผลลิ้นจี่สดพันธุ์ Brewster โดยบรรจุกล่องกระดาษลูกฟูกและถุงพลาสติกโพลีเอทธีลีนจากรัฐฟลอริดาไปยังรัฐนิวยอร์ก ซึ่งขนส่งโดยใช้รถห้องเย็นและเครื่องบิน พบว่าผลลิ้นจี่ที่บรรจุในถุงโพลีเอทธีลีนไม่เกิดการสูญเสียน้ำหนัก ในขณะที่การบรรจุผลในกล่องกระดาษลูกฟูกเมื่อขนส่งทางรถห้องเย็นและทางเครื่องบินมีการสูญเสียน้ำหนัก 1.7-7.0 และ 3.3-5.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2. การเกิดสีน้ำตาลของเปลือก

ผลลิ้นจี่โดยทั่วไปเป็นสีแดงซึ่งเกิดจากรงควัตถุชนิดแอนโธไซยานิน แอนโธไซยานินที่มีอยู่ในพืชนั้นไม่ค่อยเสถียร เมื่อโครงสร้างเปลี่ยนแปลงไปจะทำให้สีเปลี่ยนไปด้วย สีและการเปลี่ยนแปลงของแอนโธไซยานินขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น แสง ออกซิเจน ความร้อน สภาพความเป็นกรด-เบส เอนไซม์เปอร์ออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นต้น การเกิดสีน้ำตาลของผลิตผลเกิดจากแอนโธไซยานินถูกออกซิไดซ์ด้วยเอนไซม์ polyphenol oxidase ที่มีอยู่ในเซลล์ โดยเฉพาะเมื่อผลิตผลถูกกระทบกระเทือน (จริงแท้, 2541) Underhill (1990) ได้กล่าวถึงการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผลลิ้นจี่ว่าเกิดจากการสูญเสียน้ำของเปลือกผล ทำให้เอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (POD) และเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) ไปกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงแอนโธไซยานินในสภาพที่มีออกซิเจนจนเกิดเป็นสีน้ำตาลขึ้น

สัณห์ (2538) ได้ศึกษาผลของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำต่อคุณภาพและสีผิวของลิ้นจี่ พบว่าวิธีการควบคุมการเปลี่ยนสีผิวและการรักษาสีผิวของผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย ที่ให้ได้ผลดีที่สุด คือ การรมด้วยก๊าซ SO_2 เข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ นาน 25 นาที แล้วแช่ในกรด HCl เข้มข้น 1.0 นอร์มอล นาน 15 นาที สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลและรักษาสีแดงของเปลือกได้นาน 49 วัน

Jiang *et al.* (1997) ได้ทำการศึกษาการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของผลลิ้นจี่ภายหลังการเก็บเกี่ยวด้วยสารละลาย $NaHSO_3$ และกรด HCl พบว่า เมื่อนำผลลิ้นจี่มาแช่ในสารละลาย $NaHSO_3$ เข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ตามด้วยกรด HCl เข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ นาน 8 นาที สามารถรักษาสีแดงของเปลือกและคุณภาพของผลลิ้นจี่ได้ดีที่สุด

บุญส่ง (2543) ได้ศึกษาวิธีรักษาสีเปลือกที่เหมาะสมของผลลิ้นจี่ที่แช่แข็งพันธุ์ฮงฮวยและกิมเจง พบว่าการแช่ผลในสารละลายผสมของกรดซิตริกเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลซูโครส 10 เปอร์เซ็นต์ และกรดแอสคอร์บิก 1 เปอร์เซ็นต์ นาน 30 นาที ก่อนการแช่แข็งให้ผลดีที่สุด โดยสามารถรักษาสีแดงและชะลอการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลได้ดี รวมทั้งมีผลให้แอคติวิตีของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (POD) และเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) มีค่าต่ำลงหลังละลายน้ำแข็ง และ กัลปพฤกษ์ (2534) พบว่า การใช้พลาสติก PE, PP และ PVC ห่อผลลิ้นจี่พันธุ์จีนร่วมกับ

การใช้สารละลายบอเรต 50 มก./ล และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4.5 ^{0}ซ มีการสูญเสียน้ำหนักและการเกิดสีน้ำตาลของผลน้อยที่สุด

3. การเน่าเสีย

ลิ้นจี่เป็นผลไม้ที่เกิดการเน่าเสียจากโรคได้ง่ายที่สุด ผลลิ้นจี่ที่เน่าภายหลังระยะการเก็บเกี่ยวผลไปแล้วสาเหตุเกิดจากเชื้อรา *Penicillium expansum, Aspergillus niger, Rhizopus nigricans* สปอร์ของเชื้อราเหล่านี้จะปลิวฟุ้งกระจายไปทั่ว แล้วเข้าทำลายผลอื่นที่อยู่ใกล้เคียงต่อไปเมื่อได้รับความชื้นและอุณหภูมิพอเหมาะ (ชลอ, 2539) ลักษณะอาการ เชื้อราจะเข้าทำลายผลทำให้ผิวเปลือกผลเป็นสีน้ำตาลดำ โดยทั่วไปมักจะมีของเหลวไหลออกมาอยู่บนเปลือกของผลนั้น เมื่อปอกเปลือกออกดูเนื้อเยื่อภายในจะพบว่าเนื้อเยื่อของผลเปลี่ยนจากลักษณะใสมาเป็นลักษณะขุ่นเหมือนกระจกฝ้า อ่อนนุ่ม ฉ่ำน้ำ มีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว แพร่ระบาดลุกลามอย่างรวดเร็วไปยังผลใกล้เคียง (ดีรี, 2540)

อรรณพ และคณะ (2530) ทดลองแช่ผลลิ้นจี่ และลำไย ในสารละลาย เข้มข้น 0-1000 สตล เป็นเวลา 1, 2 และ 4 นาที ที่ อุณหภูมิ 48, 52 และ 56 ^{0}ซ ก่อนนำมาห่อด้วยพลาสติก พบว่าน้ำยา benomyl ที่ความเข้มข้นสูงกว่า จะป้องกันการเน่าเสียได้ดีกว่า อย่างชัดเจน

โรคที่ผลลิ้นจี่ระยะหลังการเก็บเกี่ยว

นิพนธ์ (2542) ได้กล่าวไว้ว่าผลลิ้นจี่ที่เป็นโรคภายหลังการเก็บเกี่ยวเกิดจากเชื้อราหลายชนิดดังนี้คือ

1. *Aspergillus flavus* ex Fr. A. *niger* ทำให้ผลเน่าสีน้ำตาล และมีกลุ่มราสีดำเจริญฟู
2. *Lasiodiplodia theobromae* (*Botryodiplodia theobromae*) ทำให้ผลเน่าดำ มีเส้นใยสีดำเจริญคลุมผลอย่างหนาแน่น
3. *Colletotrichum gloeosporioides* ทำให้เกิดจุดนิ่มบนผล และมีเมือกสีชมพูบนผิวเปลือก
4. *Cylindrocarpon tonkinense Bugn.* ทำให้เกิดจุดดำบนผล
5. *Pestalotia* spp. ผลมีราสีขาวปกคลุม และมีหยดน้ำสีดำแทรกปะปนกับเส้นใย
6. *Curvularia* sp. ผลมีสีคล้ำ มีเส้นใยสีเทาคลุมผลทำให้เนื้อเละ
7. *Fusarium* sp. ผลมีราสีขาวแกมเหลืองคลุมผล
8. *Rhizopus* sp. ผลคล้ำดำ ผลเน่าเละ
9. *Mucor* sp. ผลเน่าฝ่อแฟบ
10. *Nigrospora* sp. ผลเกิดจุดสีน้ำตาลบนผล

การป้องกันความเสียหายภายหลังการเก็บเกี่ยวของผลลิ้นจี่

1. การใช้โอโซน(O_3)

1.1 หลักการทั่วไปของโอโซน

โอโซนมีสถานะทางกายภาพเป็นก๊าซไม่มีสี น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 48 จุดหลอมเหลวเท่ากับ-192.1 ^{0}ซ จุดเดือด-112 ^{0}ซ และความหนาแน่นของไอเท่ากับ 1.65 (air = 1) (ชมภูศักดิ์และเทพนม, 2540) โอโซนเป็นก๊าซธรรมชาติ อยู่ในชั้นบรรยากาศ stratosphere ทำหน้าที่ช่วยกรองรังสีอุลตราไวโอเลตที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่า 240 นาโนเมตร โอโซนเกิดจากการแตกตัวของโมเลกุลออกซิเจน(O_2) ได้ออกซิเจนอะตอมเดี่ยว 2 อะตอม เมื่ออะตอมเดี่ยวของออกซิเจนมารวมกับโมเลกุลออกซิเจน(O_2) จะเกิดเป็นโอโซน(ดังสมการ) (Parson, 1997) โอโซนเป็นก๊าซที่ไวต่อปฏิกิริยาเคมีและไม่คงเสถียรภาพ โอโซนประกอบไปด้วยออกซิเจน 3 อะตอม รวมกันเป็นโมเลกุลในขณะที่ออกซิเจนมี 2 อะตอม โอโซนสามารถถูกสังเคราะห์มาจากออกซิเจนในอากาศทั่วไป หรือจากออกซิเจนที่ได้มาจากการจัดเตรียมขึ้นมาเฉพาะ แต่ในที่สุดโอโซนก็สามารถแตกตัวกลับไปเป็นโมเลกุลของออกซิเจนได้ (สมศักดิ์, ไม่ระบุปีที่พิมพ์)

$$O_2 \longrightarrow O^0 + O^0$$

ก๊าซออกซิเจน อะตอม อะตอม

$$O_2 + O^0 \longrightarrow O_3$$

ก๊าซโอโซน

1.2 การสลายตัวและระดับที่ยอมให้สัมผัสได้

ก๊าซโอโซนเป็นก๊าซไม่คงที่สามารถเปลี่ยนแปลงไปเป็นออกซิเจนได้ในช่วงระยะเวลาสั้นๆ จะแตกสลายให้ ก๊าซออกซิเจน(O_2) และออกซิเจนอะตอม (O^0) ภายใน 15-20 นาที จะมีโอโซนเหลืออยู่เพียงครึ่งเดียว และส่วนที่เหลือก็สลายไปเรื่อยๆ จนหมดในที่สุด (ชุดา และคณะ, 2541) สมาคมนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมแห่งประเทศญี่ปุ่น ได้กำหนดระดับสูงสุดของก๊าซโอโซนที่มนุษย์สัมผัสได้ไว้เท่ากับ 0.1 สตล สำหรับการทำงาน 8 ชั่วโมง ซึ่งมาตรฐานนี้เท่ากับมาตรฐานที่สมาคม American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดไว้ นอกจากนั้นยังได้มีมาตรฐานสำหรับช่วงระยะเวลาสั้นๆ คือ อนุญาตให้สัมผัสได้ 0.3 สตล ในช่วงเวลา 15 นาที (ชมภูศักดิ์และเทพนม, 2540) โดยแหล่งที่พบผลของโอโซนที่เกิดขึ้นแสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระดับโอโซนและผลที่เกิดขึ้น (ข้อมูลจาก IOA :International Ozone Association)

ความเข้มข้นของโอโซน (ppm : part per million)	แหล่งที่พบ/ผลที่เกิด
0.001-0.125	ระดับที่พบในชั้นบรรยากาศ ค่านี้แปรผันตามตำแหน่งและสภาพบรรยากาศแวดล้อม
0.05	ระดับสูงสุดที่ผลิตจาก Electronic air cleaner และอุปกรณ์ในบ้าน
0.1	ระดับสูงสุดที่ยอมให้มีในบรรยากาศบริเวณอุตสาหกรรมและที่สาธารณะ
0.3	เริ่มปรากฏผลต่อสิ่งมีชีวิตที่สัมผัสโดยตรง ในพืชเกิดจุดสีดำ สีซีด มีใบตาย ในสัตว์เกิดการระคายเคืองต่อทางเดินหายใจ
0.5	เกิดอาการปวดศรีษะ ปอดถูกทำลาย ติดเชื้อทางเดินหายใจ
1.00-2.00	ในการทดสอบ การสูดดมเป็นเวลา 2 ชั่วโมงเกิดอาการป่วยคือ ปวดศรีษะ ปวดหน้าอก และทางเดินหายใจแห้งผาก
1.4-5.6	การทดสอบกับต้นถั่วพบว่าใน 70 วินาที ใบถั่วเกิดอาการป่วยรุนแรง
25 up	เป็นอันตรายเฉียบพลันต่อสิ่งมีชีวิต ในการทดสอบกับสัตว์พบอาการป่วยซึ่งน่าจะเป็นขั้นสุดท้ายแล้ว

(ที่มา พรพิมล, 2543)

1.3 ประโยชน์ของโอโซน

ด้วยคุณสมบัติในการออกซิไดซ์ โอโซนจึงมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อที่เหนือกว่าสารเคมีจำพวกคลอรีน คลอรีนไดออกไซด์ โพแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต และ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ชมภูศักดิ์ และ เทพนม (2540) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของโอโซนดังนี้

1.3.1 การควบคุมสาหร่าย ในช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงของอากาศตามฤดูกาล การเจริญเติบโตของสาหร่ายจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากการปนเปื้อนของสารอาหารในน้ำอยู่ในระดับที่เหมาะสม ทำให้เกิดการเจริญเติบโตของสาหร่าย โอโซนจะช่วยยับยั้งระบบการเผาผลาญอาหารของสาหร่ายหลายชนิด โดยทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่นกับส่วนประกอบของสารอินทรีย์นั้นๆ

1.3.2 การควบคุมกลิ่นและรสชาติ โดยปกติส่วนประกอบของรสและกลิ่นเป็นสารอินทรีย์ธรรมชาติ แม้ว่าจะมีการปะปนของสารอนินทรีย์บางตัวเป็นพวกซัลไฟด์ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นอย่างรุนแรง สารประกอบอินทรีย์หลายชนิดก่อให้เกิดรสชาติที่ไม่สามารถยอมรับได้ โอโซนสามารถ

ใช้ลดกลิ่นดังกล่าวได้ เช่นเดียวกับกลิ่นซึ่งเกิดการสะสมจากการเน่าเปื่อยของบรรดาพืชผักในธรรมชาติ

1.3.3 ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่มีต่อธาตุเหล็กที่ละลายน้ำได้และแมงกานีส ธาตุเหล็กจะถูกทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่นอย่างรวดเร็ว โดยโอโซนในสภาพความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ปกติจนกลายเป็นประจุธาตุเหล็ก ซึ่งจะรวมตัวและตกตะกอนได้เช่นเดียวกัน สารแมงกานีสจะถูกออกซิไดซ์เป็น Manganese ion ซึ่งสามารถแตกตัวเป็นสารแมงกานีสไดออกไซด์ และมีผลในการทำให้เกิดการตกตะกอนและสามารถกรองได้ง่าย

1.3.4 การสกัดสารแขวนลอย ตะกอนต่างๆ เกิดขึ้นจากการรวมตัวของสารแขวนลอยที่มีอนุภาคเล็กและมีพื้นที่ผิวมาก ตะกอนเหล่านี้มีประจุไฟฟ้าจำนวนมาก และด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้เกิดการสะสมของปริมาณสารแขวนลอยเพิ่มขึ้น ดังนั้นเมื่อตะกอนเหล่านี้ผ่านขั้นตอนในการกรองจึงไม่สามารถกักเก็บไว้ได้ ก๊าซโอโซนสามารถเปลี่ยนประจุพื้นผิว และช่วยให้สารแขวนลอยและตะกอนรวมตัวได้ดีกว่า และสามารถกรองทิ้งได้ง่าย เช่น เมื่อมีประจุของธาตุเหล็กเกิดขึ้น โอโซนจะทำหน้าที่ออกซิไดซ์ให้กลับเป็นธาตุเหล็กดังเดิม ดังที่กล่าวมาแล้วเบื้องต้น เมื่อมีการรวมตัวของประจุซึ่งถูกแยกระเหยออกไป ตะกอนเหล่านี้ก็จะรวมตัวกับตะกอนตัวอื่นๆ และสามารถกำจัดโดยวิธีการกรองได้ง่าย

1.3.5 การกำจัดกลิ่นและอากาศเสีย โมเลกุลของโอโซนมีความไวก่อนข้างสูง ทำให้มีความสามารถในการทำความสะอาดได้เป็นอย่างดีประมาณ 99 เปอร์เซ็นต์ของอากาศเสีย กลิ่นอันไม่พึงประสงค์ และก๊าซต่างๆ นั้นเกิดขึ้นจากโมเลกุลที่ไม่อิ่มตัว โมเลกุลที่ไม่อิ่มตัวนี้มีความต้องการที่จะจับโมเลกุลหรืออะตอมหรือประจุไฟฟ้าเพื่อให้อิ่มตัว เช่นเดียวกับโมเลกุลโอโซนซึ่งมีความไวสูงโดยธรรมชาติ ก็ต้องการที่จะรวมตัวกับโมเลกุลอื่นๆ ดังนั้นเมื่อโมเลกุลของอากาศเสียถูกจับโดยโอโซนความไม่อิ่มตัวของโมเลกุลนั้นๆ ก็จะถูกแยกย่อยและถูกทำลายไปในที่สุด

1.3.6 การกำจัดเชื้อโรค แบคทีเรียเป็นบ่อเกิดของกลิ่นอันไม่พึงประสงค์หลายชนิด รวมถึงเชื้อราต่างๆ สัตว์เลี้ยงและอาหารแบคทีเรียเหล่านี้จะถูกกำจัดให้หมดไป เมื่อเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของโอโซนซึ่งเป็นวิธีเดียวกับการทำลายมลพิษ ผนังห่อหุ้มแบคทีเรีย ประกอบไปด้วยโมเลกุลที่ไม่อิ่มตัว เรียกว่า "เยื่อหุ้มหล่อเลี้ยง" เพื่อส่งผ่านอาหารไปให้เชื้อแบคทีเรีย โอโซนทำหน้าที่ในการทำลายผนังห่อหุ้มนี้ และทำให้แบคทีเรียไม่สามารถมีชีวิตต่อไปได้ และสิ่งที่หลงเหลืออยู่ก็จะกลายเป็นเพียงส่วนประกอบธรรมชาติของแร่ธาตุออกซิเจน ชุดาและคณะ (2541) กล่าวว่า โอโซนกำจัดและทำลายเชื้อโรค รวมทั้งเชื้อรา ไวรัส แบคทรีเรียทั้งชนิดหายใจโดยไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic bacteria) และชนิดหายใจโดยใช้ออกซิเจน(aerobic bacteria) ทำให้ไม่สามารถเจริญเติบโตและสืบพันธุ์ได้

Barth *et al.* (1995) ได้ศึกษาผลของโอโซนต่อความเข้มข้นของแอนโธไซยานิน และการเจริญเติบโตของเชื้อราในแบลคเบอรี่ โดยใช้โอโซนที่ความเข้มข้น 0.0, 0.1 หรือ 0.3 สตล เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน แล้วหาค่าปริมาณแอนโธไซยานิน สีผิว การลดลงของเชื้อรา และกิจกรรมของ peroxidase (POD) พบว่าโอโซนสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่พบความเสียหายที่เกิดจากโอโซนเมื่อเทียบกับชุดควบคุม เชื้อราส่วนใหญ่ที่พบเป็นสายพันธุ์ *Botrytis cinerea* ความเข้มข้นของปริมาณแอนโธไซยานินเมื่อเก็บรักษาแล้ว 12 วันไม่แตกต่างกันกับระดับในวันแรกของทุกการทดลอง ด้านสีผิวพบว่าผลที่เก็บรักษาในโอโซนเข้มข้น 0.3 สตล มีสีผิวที่ดีกว่า 0.0 และ 0.1 สตล และกิจกรรมของ peroxidase (POD) พบว่าเกิดขึ้นในผลที่เก็บรักษาไว้ในโอโซนเข้มข้น 0.0 และ 0.1 สตล มากกว่า 0.3 สตล

Mkhitaryan (1984) ได้ศึกษาถึงประโยชน์ของโอโซนในการเก็บรักษาแอปเปิ้ลพันธุ์ Jonathan โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0.1-1.0 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 92-95 เปอร์เซ็นต์ ในตู้ทำความเย็น แล้วปล่อยโอโซนเข้มข้น 5-6 mg/m^3 ระยะเวลา 1.5 ชั่วโมง ทุกๆ 10 วัน และชุดควบคุมไม่ปล่อยโอโซน ระยะ 2 เดือนแรกยังไม่สามารถเห็นความแตกต่าง จากนั้นโอโซนจะช่วยลดการเน่าเสียและความเสียหายทั้งหมด โดยลดลงถึง 7 เปอร์เซ็นต์ และคุณภาพของผลที่ได้รับโอโซนดีกว่าที่ไม่ได้รับโอโซน

Sarig *et al.* (1996) ได้ศึกษาผลของโอโซนต่อการควบคุมการเน่าเสียที่เกิดขึ้นโดยมีสาเหตุจาก *Rhizopus stolonifer* ภายหลังการเก็บเกี่ยวของผลองุ่น พบว่าเมื่อให้โอโซนที่อัตรา 8 มิลลิกรัม/นาที เป็นเวลา 20 นาที ทำให้ปริมาณของเชื้อรา ยีสต์ และแบคทีเรียที่ผิวองุ่นลดน้อยลง ทำให้ลดการเกิดอาการเน่าเสียภายหลังการเก็บเกี่ยวที่เกิดจากเชื้อราลงได้ จึงเป็นการยืดอายุการเก็บรักษาผลองุ่นให้ยาวนานขึ้น ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แต่พบว่าโอโซนไม่เป็นพิษต่อผลองุ่น

Chiam and Robert (1994) ได้ศึกษาผลของโอโซนและอุณหภูมิในการเก็บรักษาแครอต (*Daucus carota* L.) และเชื้อสาเหตุสองชนิดที่เกิดหลังจากการเก็บรักษา คือ *Botrytis cinerea* Pers. และ *Sclerotinia sclerotiorum* de Bary พบว่าจากการใช้โอโซนที่ความเข้มข้น 0, 7.5, 15, 30 และ 60 ไมโครลิตร/ลิตร โดยให้ไหลผ่านเข้าไปในห้องที่เก็บรักษาแครอตอยู่ในอัตราเร็ว 0.5 ลิตร/นาที วันละ 8 ชั่วโมงนาน 28 วัน ใช้อุณหภูมิในการเก็บรักษาที่ 2 , 8 และ 16 องศาเซลเซียส พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของโอโซนสูงสุด อัตราการเจริญของเชื้อสาเหตุจะลดลงถึง 50 เปอร์เซ็นต์ และสีผิวของแครอตที่ความเข้มข้นทุกระดับของโอโซนมีสีที่สว่างกว่าชุดควบคุมอีกด้วย

Tomash (1983) ได้ศึกษาผลของโอโซนต่อการเก็บรักษาผลสาลี่ พันธุ์ Beurre Bosc และ Beurre d'Hardenpont เก็บรักษาโดยให้โอโซน 5, 10, 15 หรือ 20 mg/m^3 นาน 10 นาที ทุกวัน

นาน 10 วัน พบว่าการให้โอโซน 5 mg/m^3 ทำปฏิกริยารุนแรงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา และอายุการเก็บรักษาของผลสั้นลง ที่ 20 mg/m^3 ทำให้เกิด scald ที่ผิวของพันธุ์ Beurre Bosc ส่วนการให้โอโซนที่ 10-15 mg/m^3 ชักนำให้เพิ่มคุณภาพของผลตลอดอายุการเก็บรักษาเมื่อเทียบกับที่ไม่ใช้โอโซน

Kazak and Kanishchev (1983) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของโอโซนในการเก็บรักษาคุณภาพของแอปเปิลพันธุ์ Golden Delicious และ Starkrimson แล้วเก็บรักษาแบบ Free access of air (FAA), control atmosphere (CA) และ ให้โอโซน พบว่า การให้โอโซน 20 mg/m^3 ทุกๆ 3 วัน แล้วเก็บรักษาแบบ FAA ทำให้คุณภาพต่ำลงและมีความสูญเสียทางการค้า แต่การเก็บรักษาที่ให้ผลดีคือการให้โอโซนความเข้มข้นดังกล่าวแล้วเก็บรักษาแบบ CA

Huang and Wang (1992) ได้ศึกษาผลของโอโซนต่อการเก็บรักษาท้อและแอปเปิล โดยได้รับโอโซน 0.1, 0.2 หรือ 0.3 สตล เปิดทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง เดือนละครั้ง ชุดที่ให้โอโซน 0.3 ลดอัตราการหายใจของผลและการสูญเสียน้ำตาลในผล ส่วนปริมาณการเน่าเสียของท้อและแอปเปิลการสูญเสียทางการค้าลดลงถึง 13.88 เปอร์เซ็นต์ และ 14.6 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในทุกชุดการทดลองจะสามารถชะลอการอ่อนตัวของเนื้อผล และยืดอายุการเก็บรักษาได้

2. การใช้สารเคมี

การใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดโรคภายหลังการเก็บเกี่ยวนั้น อาจจะช่วยปรับปรุงในแง่ความสะอาดของผลิตผล ป้องกันผลิตผลจากการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ หรือระงับการเจริญของเชื้อสาเหตุ (ดนัย, 2534) สารเคมีที่ใช้ เช่น

2.1. โพแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต (potassium permaganate)

โพแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตมีสูตรโมเลกุลคือ $KMnO_4$ น้ำหนักโมเลกุล 158.03 ส่วนประกอบของธาตุโดยน้ำหนักประกอบด้วย K 24.74%, Mn 34.76%, O 40.05% เกลือของกรดเปอร์แมงกาเนต (permanganic salt) มีลักษณะทางกายภาพดังนี้ มีรูปผลึกเป็นรอมบิก (rhombic prism) สีม่วงเข้ม ไม่มีกลิ่น เป็นผลึกที่ทึบแสง รสหวานอมฝาด เสถียรในอากาศ สลายตัวที่อุณหภูมิมากกว่า 240 ^{0}ซ โดยจะสลายตัวให้ก๊าซออกซิเจน และความหนาแน่น 2.703 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (Windholz *et al.*, 1983)

ประโยชน์ของโพแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต คือ ใช้เป็นสารฟอกเรซิน(resin) แวกซ์ (waxes) ไขมัน(fat) ฟาง(straw) ฝ้าย(cotton) ไหม(silk) ไฟเบอร์(fibers) หนังอูฐ(carmois) ใช้เป็นสีย้อมผ้า (printting fabrics) ใช้กำจัด CO_2 ในน้ำแร่ ใช้ในทางเภสัชกรรม ใช้ในการถ่ายภาพ (photography) และสำหรับการฆ่าเชื้อโรค (ธเนศ, 2541) Katole *et al.* (1992) ได้ศึกษาผลการรักษา

คุณภาพภายหลังการเก็บเกี่ยวจากผลกระทบของเชื้อราในผลส้ม mandarin พบว่า การใช้โพแตสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ความเข้มข้น 10 สตล ตามด้วย carbendasim 0.1% สามารถลดเขม่าของเชื้อราในผลส้ม mandarin ได้โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพผล

2.2. แคลเซียมไฮโปคลอไรต์ (calcium hypochlorite)

แคลเซียมไฮโปคลอไรต์มีสูตรโมเลกุลคือ $CaCl_2O_2$ หรือ $Ca(OCl)_2$ น้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 142.99 ส่วนประกอบของธาตุโดยน้ำหนักประกอบด้วย Ca 28.03 %, Cl 49.59%, O 22.38% ไม่สามารถอยู่ในรูปของสารละลายบริสุทธิ์ $Ca(OCl)_2$ ทางการค้ามีความเข้มข้นอยู่ที่ 50 เปอร์เซ็นต์หรือมากกว่า ในรูปของแข็ง $Ca(OCl)_2$ มีความเข้มข้นอยู่ที่ 90-94 เปอร์เซ็นต์ ถ้าอยู่ในรูปของสารละลายที่ไม่บริสุทธิ์ประกอบด้วย $Ca(ClO_4)_2$, $CaCl_2$, $CaCO_3$, $Ca(OH)_2$ และน้ำ

ประโยชน์ของแคลเซียมไฮโปคลอไรต์คือ ใช้เป็นสารกำจัดสาหร่าย (algicide) ใช้ในการกำจัดกลิ่น (deodorant) เป็นยาฆ่าเชื้อบนพื้นผิววัตถุ (disinfectant) กำจัดเชื้อรา(fungicide)ในการทำน้ำตาลบริสุทธิ์ เป็นตัวออกซิไดซ์ (oxidizing agent) และเป็นสารฟอกขาว (Windholz *et al.*, 1983) คลอรีนและไฮโปคลอไรต์ เป็นสารเคมีที่ใช้ได้ผลดีในการฆ่าสปอร์และชิ้นส่วนของเชื้อราและแบคทีเรียที่ติดมากับผลิตผล รวมทั้งใช้ในการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการคัดบรรจุผลิตผล สปอร์ของเชื้อจุลินทรีย์ที่ผนังขาวใส (hyaline) จะถูกทำลายด้วยคลอรีน คลอรีนทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ผิวของผลิตผลในน้ำล้างหรือที่อยู่ตามเครื่องมือต่างๆ ได้ (จริงแท้, 2541)

Behrsing *et al.* (2000) ได้ศึกษาผลของแคลเซียมไฮโปคลอไรต์ต่อการควบคุมการเจริญของเชื้อ *Escherichia coli* ในผักกาดหอมห่อและบล็อกโคลี พบว่าการจุ่มสารละลายไฮโปคลอไรต์ที่ความเข้มข้น 50 สตล นาน 30 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อ *E. coli* ได้ 1.9-2.8 $\log_{10}$CFU/g จากจำนวนเชื้อทั้งหมด 6.8 $\log_{10}$CFU/g ส่วนในบล็อกโคลีสามารถลดปริมาณเชื้อได้ 1.7-2.5 $\log_{10}$CFU/g ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาและความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ สำหรับการผักกาดหอมห่อและบล็อกโคลีที่จุ่มน้ำเปล่าสามารถลดจำนวนเชื้อได้ 1.5-1.8 $\log_{10}$CFU/g และเมื่อจุ่มบล็อกโคลีในสารละลายคลอรีนที่ความเข้มข้น 100 สตล เป็นเวลา 2 นาที ที่อุณหภูมิระหว่าง 4 และ 5 ^{0}ซ สามารถลดจำนวนเชื้อ *E. coli* ได้ 2.4 $\log_{10}$CFU/g

2.3. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide)

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีสูตรโมเลกุลคือ H_2O_2 มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 34.02 มีส่วนประกอบโดยน้ำหนักประกอบด้วย H 5.94% และ O 94.06% รายงานการใช้ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1818 สังเคราะห์จาก barium peroxide กับกรด เป็นสารเคมีที่ใช้ในระดับอุตสาหกรรม โรงงาน

หัตถกรรม ใช้กันแพร่หลายในรูปของสารอนินทรีย์ เป็นสารไม่มีสี รูปร่างค่อนข้างไม่แน่นอน เมื่อสัมผัสโดนสารจะรู้สึกแสบร้อน และกัดผิว ทางการตลาดใช้ความเข้มข้นในรูปของสารละลายอยู่ 3-90 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก มีการนำมาใช้เป็นสารฟอกขาว และเป็นตัวออกซิไดซ์รุนแรง (Windholz *et al.*, 1983)

Rij and Forney (1995) ได้ศึกษาถึงลักษณะอาการของการพ่นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อผลองุ่น Thompson Seedless และสปอร์ของเชื้อ *Botrytis cinerea* พบว่า การพ่นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้นและอุณหภูมิต่างๆ อัตราการงอกของสปอร์ *Botrytis cinerea* ลดลงเมื่อพ่นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ 0.27 และ 0.55 สตล ที่อุณหภูมิ 20 และ 30 ^{0}ซ ตามลำดับ โดยพ่นนาน 10.5 และ 5.7 นาที ฆ่าสปอร์ได้ 99 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่พบความเสียหายในผลองุ่น และผลองุ่นสามารถทนต่อการพ่นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.27 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 40^{0}ซ นาน 24 ชั่วโมง โดยไม่พบความเสียหาย

Fallix *et al.* (1994) ได้ศึกษาถึงการป้องกันความเสียหายภายหลังการเก็บเกี่ยวโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ใน eggplant และ sweet red pepper โดยใช้ Sanosil-25 (48% H_2O_2) ในการยับยั้งการเกิดสปอร์ของ *Botrytis cinerea* และ *Alternaria alternata* ซึ่งความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งการงอกอยู่ที่ 0.5 และ 0.7 เปอร์เซ็นต์ ส่วนความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งการเกิดเส้นใยอยู่ที่ 0.6 และ 0.7 เปอร์เซ็นต์ แต่ความเข้มข้นที่ 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเกิดสปอร์ได้อย่างสมบูรณ์ ใน *Botrytis cinerea* และ *Alternaria alternata* ตามลำดับ ทางการค้าภายหลังการเก็บเกี่ยวการจุ่มที่ 0.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดการเสื่อมสภาพและยืดอายุการเก็บรักษาอยู่ในระดับที่ผู้บริโภคยอมรับมากกว่าเมื่อเทียบกับชุดที่ไม่ได้รับสาร