บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 อัตราส่วนที่เหมาะสมของสารอิมัลชันและไคโตแซนที่ใช้เคลือบผิวผลสาลี่

1. อายุการเก็บรักษา

การศึกษาความเข้มข้นและอัตราส่วนของสารเคลือบผิวที่นำมาเคลือบผลสาลี่ ซึ่งมีผลต่ออายุการเก็บรักษา พบว่าไคโตแซนความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาของผลสาลี่ได้นานกว่ากรรมวิธีการเคลือบผิวอื่นๆ ที่อุณหภูมิห้อง ในขณะที่ไคโตแซนความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ ไม่สามารถชะลอการสุกของผลสาลี่ได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการรายงานของ EL-Ghaouth *et al.* (1991) ที่ใช้ไคโตแซนความเข้มข้น 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ เคลือบผิวผลสตรอเบอรี สามารถยับยั้งการเกิดโรคจากเชื้อราได้และมีอายุการเก็บรักษานานถึง 21 วัน และไคโตแซนความเข้มข้น 1.25 เปอร์เซ็นต์ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลมะนาวให้นานขึ้นโดยชะลอการเปลี่ยนสีผิวเปลือกของผลมะนาวจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองให้ช้าลงได้ (ไพรัตน์และคณะ, 2536) ไคโตแซนความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์นี้ช่วยรักษาความสดของผลสาลี่พันธุ์ Shinko (JianMirg *et al.*, 1997) และในทำนองเดียวกันไคโตแซนยังสามารถยืดอายุการเก็บรักษาและชะลอการสุกของมะเขือเทศ (EL-Ghaouth *et al.*, 1992) แอปเปิล (Yu and Dong, 1998 ; Savage and Savage, 1994) และลดการเกิดโรคในมะม่วงภายหลังการเก็บรักษาได้ (วิเชียร, 2541)

2. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

ลักษณะที่ปรากฏภายนอกของผลสาลี่และการเปลี่ยนแปลงสีผิวโดยใช้เครื่องวัดสีพบว่าการเคลือบผิวผลสาลี่ด้วยสารละลายอิมัลชันที่มีน้ำมันปาล์มเป็นส่วนผสมอยู่สูงนั้นทำให้ผลสาลี่มีสีผิวที่ผิดปกติ โดยการสังเกตลักษณะที่ปรากฏภายนอกเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น สีผิวผลสาลี่เปลี่ยนเป็นสีคล้ำลงและไม่สามารถสุกได้ตามปกติ เกิดการยุบตัวของผิวเปลือกที่บริเวณขั้วผล หรือด้านล่างของผล สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงสีผิวที่วัดจากเครื่องวัดสีที่พบว่ามีค่า a* สูงขึ้น และค่า L*, b*, Chroma และค่า Hue ต่ำลง เนื่องจากผลสาลี่ไม่สามารถเข้าสู่กระบวนการสุกได้อย่างปกติ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าสารเคลือบผิวที่ใช้ไปจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซทำให้เกิดการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลสูง ไปกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ Pyruvic dehydrogenase

และ Alcohol dehydrogenase ทำให้เกิดกระบวนการหมัก ส่งผลให้เกิดการสะสมของอะซิตัลดีไฮด์ และเอทิลแอลกอฮอล์ มีผลทำให้ผลสาลี่มีสีเปลือกคล้ำลง เกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติ (จริงแท้, 2538 ; คนัย, 2540 ; Ke *et al.* 1990) เช่นเดียวกับผลสาลี่พันธุ์ Yokoyama Wase ที่แสดงอาการผิดปกติเมื่อเคลือบผิวด้วยแวกซ์ (Sornsrivichi *et al.*,1990a) ลักษณะที่ปรากฏภายนอกของผลสาลี่ที่เคลือบผิวด้วยอิมัลชันคือผิวเปลือกมีสีคล้ำลงและแห้งเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยเฉพาะการใช้น้ำมันปาล์ม ซึ่งชินพันธ์ (2539) ได้ทดลองนำน้ำมันมาเคลือบผิวผลลิ้นจี่ทำให้แห้งช้า และผิวผลของลิ้นจี่มีลักษณะเป็นรอยไหม้ ผิวมีจุดสีน้ำตาลถึงดำมีลักษณะปรากฏไม่สวยงาม จึงไม่ควรใช้น้ำมันเพียงอย่างเดียวในการเคลือบผิว และการเคลือบผิวด้วยการทาทำให้ผิวเกิดสีน้ำตาลได้ง่าย อิมัลชันที่มีอัตราส่วนของน้ำมันต่ำเมื่อนำมาเคลือบผิวไม่มีผลต่อกระบวนการสุกของผลสาลี่ ซึ่งผลสาลี่ที่เคลือบผิวด้วยอิมัลชัน 1 : 9 และ 1 : 19 สีผิวเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทองและสุกเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เช่นเดียวกับกรรมวิธีที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซนทุกความเข้มข้น และค่า L*, b* และค่า Chroma มีแนวโน้มสูงขึ้นตามระยะเวลาของการเก็บรักษาที่นานขึ้น และจากลักษณะภายนอกของผลสาลี่ที่มีการเปลี่ยนสีผิวเป็นสีเหลืองเพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน แสดงว่าผลสาลี่เข้าสู่กระบวนการสุก ทั้งนี้เพราะมีการเพิ่มขึ้นของแคโรทีนอยด์ซึ่งประกอบด้วยเบต้าแคโรทีนที่มีมากในผล ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีผิว ผลสาลี่ที่มีอายุมากขึ้นสีเปลือกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองมากขึ้น (Montgomery and Petropakis, 1980) เช่น ผลสาลี่พันธุ์ Super Tr'evoux เปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อผลสุก (Gross, 1987)

สารเคลือบผิวที่เป็นน้ำมันปาล์มและอิมัลชันอัตราส่วน 1 : 4 และ 1 : 9 นั้นมีผลทำให้ผลสาลี่มีเนื้อภายในเป็นสีน้ำตาลสูง (ตาราง 9) อาจเนื่องมาจากสูตรของสารเคลือบผิวดังกล่าวมีสัดส่วนของน้ำมันเป็นส่วนผสมอยู่มาก อนุภาคของเม็ดน้ำมันจะไปปิดรูเปิดตามธรรมชาติของผิว ผลทำให้อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซลดลง มีการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลสูง (ดนัยและนิธิยา, 2543) ส่งผลให้เกิดความผิดปกติทางสรีรวิทยาขึ้นภายในผล เช่น อาการ CO_2 injury ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับผลการทดลองที่ได้ในครั้งนี้ ที่พบว่ามีการเกิดสีน้ำตาลบริเวณแกนกลางและเนื้อผล ซึ่ง Vettman and Schaik (1997) รายงานว่าอาการเนื้อสีน้ำตาล (flesh browning) และ hollow core ในผลสาลี่อาจเกิดจากสาเหตุต่างๆ ได้แก่ เก็บรักษาในสภาพมีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง และอาการจะยิ่งรุนแรงขึ้นหากปริมาณก๊าซออกซิเจนลดต่ำลงด้วย รวมถึงการเก็บเกี่ยวผลที่ช้ากว่ากำหนด เช่นเดียวกับผล Nectarines ที่อยู่ในสภาพมีออกซิเจนต่ำแสดงอาการเนื้อเป็นสีน้ำตาล มีปริมาณของเอทิลแอลกอฮอล์และอะซีตัลดีไฮด์สูง (Smilanick and Fouse, 1989) ซึ่งการสะสมของสารดังกล่าวเป็นพิษต่อเนื้อเยื่อและทำให้เกิดกลิ่นหมัก ส่งผลให้คุณภาพผลต่ำ (นิภา, 2540) ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลของผลไม้ (browning reaction) สามารถเกิดได้จาก 2 สาเหตุ

ได้แก่ เกิดเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ (enzymatic browning reaction) และเกิดจากปฏิกิริยาของสารอื่นที่มิใช่เอนไซม์ (nonenzymatic browning reaction) (Richardson and Hyslop, 1985) ที่มีผลกับสารประกอบฟีนอลที่มีอยู่ภายในผลสาลี่ทำให้เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล

ผลสาลี่มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยผลสาลี่ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลสาลี่ที่ไม่ได้เคลือบผิว ซึ่งนิภา (2540) รายงานว่าการใช้สารเคลือบผิวในปริมาณที่เหมาะสมนั้นสามารถลดการสูญเสียน้ำที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักได้ และยังลดอัตราการหายใจภายหลังการเก็บเกี่ยว สอดคล้องกับการรายงานของชลิต (2540) ที่ใช้น้ำมันปาล์ม น้ำมันข้าวโพด และน้ำมันถั่วลิสง สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักของผลกล้วยไข่ และการเคลือบผิวทุเรียนพันธุ์หมอนทองด้วยอิมัลชันอัตราส่วน 1 : 4 สามารถลดการสูญเสียน้ำออกจากผลิตผลได้ (ดนัยและนิธิยา, 2543) การเคลือบผิวผลสาลี่พันธุ์ Ankara ด้วย Semperfresh และ Johnfresh ความเข้มข้น 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ก็ชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ (Sumemnue and Bayindirli, 1994) และการเคลือบผิวผลสาลี่พันธุ์ Le Conte ด้วย Semperfresh (sucrose esters) สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส นาน 3 เดือน (Ismail, 1997) มะม่วงพันธุ์ Alphonso ที่เคลือบผิวด้วย Wax emulsion ความเข้มข้น 6.0 เปอร์เซ็นต์ และThiabendazole 100 ส่วน-ต่อล้านส่วน สูญเสียน้ำหนักและเน่าเสียลดลง (Reddy and Thimnaraju, 1989) ส่วนผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยที่เคลือบผิวด้วย Semperfresh ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ ชะลอการลดลงของน้ำหนักได้ดีกว่าที่ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (นิตยา, 2531) แต่การใช้ Semperfresh ที่ความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ไม่สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักผลมะม่วงเขียวเสวยได้ (วิเชียร, 2541) ส่วนผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซน ความเข้มข้น 0.75 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด (วิเชียร, 2541) การเคลือบผิวมะเขือเทศด้วยไคโตแซนความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ ชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าที่ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ (EL-Ghaouth *et al.*, 1992) ทั้งนี้เนื่องจากสารเคลือบผิวดังกล่าวนั้นไปปกคลุมและปิดช่องเปิดตามธรรมชาติของผลไม้ทำให้การสูญเสียน้ำลดลง (สายชล, 2528)

ความแน่นเนื้อของผลสาลี่ทุกกรรมวิธีลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ในวันที่ 9 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ผลสาลี่ที่เคลือบผิวมีความแน่นเนื้อสูงกว่าผลสาลี่ที่ไม่เคลือบผิว อาจเนื่องจากสารเคลือบผิวไปจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซ ทำให้มีปริมาณก๊าซออกซิเจนภายในผลต่ำยับยั้งการสังเคราะห์เอทธิลีนซึ่งเป็นก๊าซที่มีผลต่อกระบวนการสุกและการเสื่อมสภาพ ส่งผลให้ผลสาลี่ที่เคลือบผิวรักษาความแน่นเนื้อและความกรอบไว้ได้ (Yang, 1985) กล้วยไข่ที่เคลือบผิวมีความแน่นเนื้อสูงกว่ากล้วยไข่ที่ไม่ได้เคลือบผิว (ชลิต, 2540) และการเคลือบผิวผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

ที่เคลือบผิวด้วย Sta-fresh 30 % , Citrus shine 40 % ทำให้ผลมะม่วงมีความแน่นเนื้อสูงกว่าผลมะม่วงที่ไม่ได้เคลือบผิวเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 16 วันที่อุณหภูมิ 12.5 องศาเซลเซียส (ธรรมภรณ์, 2534) การใช้ TAL-Prolong เคลือบผิวผลแอปเปิลพันธุ์ McIntosh (Chu, 1986) และการใช้ ไคโตแซนความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ เคลือบผิวแอปเปิลพันธุ์ Rall's Janet (Yu and Dong, 1998) สามารถรักษาความแน่นเนื้อได้ดีกว่าผลแอปเปิลที่ไม่ได้เคลือบผิว ในทำนองเดียวกันการใช้ไคโตแซนเคลือบผิวผลสาลี่พันธุ์ Shinko (JianMing *et al.*, 1997) และการเคลือบผิวผลสาลี่พันธุ์ Le Conte ด้วย Semperfresh (sucrose esters) (Ismail, 1997) พบว่าสามารถชะลอการสูญเสียความแน่นเนื้อของผลได้เช่นกัน

3. การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

การเคลือบผิวผลสาลี่ในทุกกรรมวิธีมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพียงเล็กน้อย และของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงเมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลสาลี่ที่ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษานั้น เนื่องจากผลสาลี่เป็นผลไม้ประเภทบ่มสุก (climacteric fruit) มีการใช้น้ำตาลเป็นสารตั้งต้น (substrate) สำหรับการหายใจในระหว่างการเก็บรักษา (Matto *et al.*, 1975) ผลแอปเปิลที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซนและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 6, 9 และ 12 วันมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น (Savage and Savage, 1994) เช่นเดียวกับ Krishnamurthy and Subramanyam (1970) ที่พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และกรดของผลสาลี่มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น แต่การเคลือบผิวไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของกล้วยไข่ (ชลิต, 2540) เช่นเดียวกับสารเคลือบผิวไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลลิ้นจี่ (ชินพันธ์, 2539)

ปริมาณกรดในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มที่ลดลงตามระยะเวลาของการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ซึ่งภานุมาศ (2530) การลดลงของกรดในผลมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนั้น เนื่องมาจากมีกระบวนการหายใจและเมแทบอลิซึมสูง และคาดว่ามีการนำกรดไปใช้เป็นสารตั้งต้นในการหายใจด้วย จากผลการทดลองพบว่าผลสาลี่ที่เคลือบผิวด้วยอิมัลชันมีการลดลงของปริมาณกรดอย่างรวดเร็ว อาจเนื่องจากผลสาลี่ที่เคลือบผิวด้วยอิมัลชันนี้เกิดเนื้อภายในผลเป็นสีน้ำตาล ซึ่งเป็นความผิดปกติทางสรีรวิทยา ส่งผลให้มีกระบวนการทางชีวเคมีและอัตราการหายใจสูง เพื่อให้ได้พลังงานมาใช้ กรดจึงถูกนำมาใช้เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหายใจ มีผลทำให้มีปริมาณกรดลดลงต่ำกว่าผลสาลี่ที่ไม่ได้เคลือบผิว

ผลสาลี่ที่เคลือบผิวมีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าผลสาลี่ที่ไม่ได้เคลือบผิว และปริมาณวิตามินซีลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น การเคลือบผิวผลสาลี่พันธุ์ Ankara ด้วย Semperfresh และ Johnfresh ความเข้มข้น 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการลดลงของปริมาณวิตามินซีได้ (Sumemnue and Bayindirli, 1994) เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงทำให้สูญเสียวิตามินซีได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ (สายชล, 2528) นอกจากนี้ส่วนประกอบของบรรยากาศในการเก็บรักษาที่มีก๊าซออกซิเจนต่ำ จะลดการสูญเสียกรดแอสคอบิกได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ดังนั้นการเคลือบผิวเป็นการจำกัดการแลกเปลี่ยนของก๊าซทำให้มีก๊าซออกซิเจนภายในผลสาลี่น้อย จึงอาจช่วยชะลอการสูญเสียวิตามินซีได้ (Thompson, 1955)

4. การยอมรับของผู้ทดสอบชิม

ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับด้านรสชาติผลสาลี่ที่เคลือบผิวด้วยอิมัลชันน้อยกว่าผลสาลี่ที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซนและผลสาลี่ที่ไม่เคลือบผิว เพราะการเคลือบผิวด้วยอิมัลชันทำให้ผลสาลี่บางส่วนแสดงลักษณะผิดปกติ โดยเฉพาะการใช้น้ำมันปาล์ม อิมัลชันอัตราส่วน 1 : 4 และ 1 : 9 ซึ่งทำให้ผลสาลี่ไม่สามารถสุกได้ เนื้อภายในผลเกิดสีน้ำตาล และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นมีเกิดกลิ่นหมักด้วย ซึ่งเป็นไปได้ว่าการเคลือบผิวด้วยน้ำมันปาล์มและอิมัลชันอัตราส่วนดังกล่าวทำให้เกิดการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในผลสูง และมีก๊าซออกซิเจนลดลงทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้มีการสะสมอะซิตัลดีไฮด์และเอทิลแอลกอฮอล์ ทำให้มีกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติไป (ดนัย, 2540; นิภา, 2540) ส่วนการเคลือบผิวผลสาลี่ด้วยอิมัลชันอัตราส่วน 1 : 19 และไคโตแซนทุกความเข้มข้นและผลสาลี่ที่ไม่เคลือบผิวนั้นผลสาลี่สามารถสุกได้ตามปกติ โดยสอดคล้องกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ที่เพิ่มขึ้น และปริมาณกรดที่ลดลงทำให้ผลสาลี่มีรสหวานขึ้น (ตาราง 12)

ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับผลสาลี่ที่เคลือบผิวไม่แตกต่างจากผลสาลี่ที่ไม่ได้เคลือบผิว โดยความนิยมในการบริโภคผลสาลี่เอเชียนั้นนิยมบริโภคผลสาลี่ที่มีลักษณะเนื้อผลกรอบ (มารศรี, 2536) ซึ่งความกรอบของเนื้อผลสาลี่มีผลมาจากความแต่งของเซลล์ ดังนั้นภายหลังการเก็บเกี่ยวจึงควรรักษาความแต่งของเซลล์โดยลดการสูญเสียน้ำออกจากเซลล์ให้ต่ำที่สุด และการเคลือบผิวผลไม้เป็นการลดการสูญเสียน้ำได้วิธีหนึ่ง (สายชล, 2538) จากผลการทดลองผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับในระดับกรอบน้อยถึงนิ่ม แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอาจเนื่องมาจากเก็บรักษาผลิตผลไว้ที่อุณหภูมิสูงและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำทำให้สูญเสียน้ำออกจากเซลล์สูง ซึ่งส่งผลต่อเนื้อเยื่อของผลสาลี่ทำให้ความกรอบลดลงหรือเนื้อผลนิ่มมากขึ้น ได้สอดคล้อง

กับการสูญเสียน้ำหนักของผลสาลี่ (ตาราง 3) ที่เพิ่มขึ้นและไม่แตกต่างกันทางสถิติของทุกกรรมวิธีเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น

เมื่อพิจารณาคะแนนการยอมรับโดยรวมพบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับผลสาลี่ที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซนทุกความเข้มข้น และผลสาลี่ที่ไม่เคลือบผิวสูงกว่าผลสาลี่ที่เคลือบผิวด้วยน้ำมันปาล์มและอิมัลชัน เนื่องจากผลสาลี่ที่เคลือบผิวด้วยอิมัลชันเกิดมีสีน้ำตาลที่เนื้อภายในผลและมีกลิ่นหมักเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น

การทดลองที่ 2. ศึกษาอายุการเก็บรักษาและความผิดปกติที่เกิดขึ้นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

1. อายุการเก็บรักษา

เมื่อนำผลสาลี่ที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซนความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ผลสาลี่ที่ห่อด้วยพลาสติก PVC ผลสาลี่ที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซนแล้วห่อด้วยพลาสติก PVC และผลสาลี่ที่ไม่เคลือบผิวและไม่ห่อด้วยพลาสติก PVC มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 17 และที่อุณหภูมิห้อง พบว่าที่อุณหภูมิต่ำสามารถชะลอการสุกและยืดอายุการเก็บรักษาของผลสาลี่นานขึ้น โดยผลสาลี่ที่ห่อด้วยพลาสติก PVC มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด ซึ่งเนื่องจากการเก็บรักษาด้วยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศโดยใช้พลาสติกฟิล์มนี้สามารถชะลอการสุกของผลไม้ได้ โดยเพิ่มปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และลดก๊าซออกซิเจนที่มีผลชะลอกระบวนการเมแทบอลิซึม การหายใจและการผลิตเอทิลีนที่มีผลต่อการสุกและการเสื่อมสภาพ นอกจากนี้ยังลดอาการผิดปกติเนื่องจากอุณหภูมิต่ำ (chilling injury) ด้วย (Ryall and Liption, 1974) เช่นเดียวกับการเก็บรักษาผลส้ม Tangerine โดยการห่อผลด้วยพลาสติก PVC สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 2 สัปดาห์ที่อุณหภูมิห้อง และนาน 2 เดือนที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส (Sornsrivichai *et. al.*, 1990b) การเคลือบผิวสาลี่พันธุ์ Pien Pu และ Xiang Sui ด้วยแวกซ์ไม่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ แต่จะทำให้ผลสาลี่มีความกรอบและฉ่ำน้ำมากกว่าชุดควบคุม (ทองเจือ, 2530)

2. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

การห่อผลสาลี่ด้วยพลาสติก PVC และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถชะลอการสุกของผลและการเปลี่ยนสีผิวได้ โดยผิวผลมีความสดและเปลี่ยนไปเป็นสีเหลืองทองที่แสดงถึงการสุกของผลได้ช้ากว่ากรรมวิธีอื่น ขณะที่ผลสาลี่ที่เคลือบผิวด้วยกรรมอื่น และผลสาลี่ที่ไม่เคลือบผิวและไม่ห่อด้วยพลาสติก PVC ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 17 และอุณหภูมิห้อง สีผิวเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเร็วกว่า

สอดคล้องกับรายงานของ Sornsrivichai *et al.* (1990c) ที่ห่อผลสาลี่พันธุ์ Pien Pu ด้วยพลาสติก PVC แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 17 องศาเซลเซียส สามารถรักษาสีเขียวของผลสาลี่ไว้ได้ดีกว่าชุดควบคุม ขณะที่มารศรี (2536) ได้รายงานว่าสาลี่พันธุ์ Pathanak ที่เคลือบผิวและห่อด้วยพลาสติก PVC สีผิวเปลี่ยนเป็นสีเหลืองช้ากว่าชุดควบคุม และผลมะเขือเทศห่อด้วยพลาสติก PVC มีอัตราการพัฒนาสี (lycopene and beta-carotene) ต่ำกว่ามะเขือเทศที่ไม่ได้ห่อ หรือผลมะเขือเทศที่ห่อด้วย Polyolefin เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ (Ben-Yehoshua *et al.*, 1997) การห่อผลสาลี่ด้วยพลาสติก PVC จึงเป็นการดัดแปลงสภาพบรรยากาศ ทำให้สามารถชะลอการเปลี่ยนสีผิวของผลสาลี่ให้ช้าลงได้ และการใช้ร่วมกับอุณหภูมิต่ำระหว่างการเก็บรักษายิ่งให้ผลดีเนื่องจากอุณหภูมิต่ำจะไปชะลอกระบวนการเมแทบอลิซึม การสังเคราะห์และสะสมเอทิลีนของผลิตผลให้ต่ำลง ส่งผลให้ชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิว การสุก และการเสื่อมสภาพของผลสาลี่ได้ (Kader *et al.*, 1985 ; Wills *et al.*, 1981 ; Sornsrivichai *et al.*, 1990c)

ผลสาลี่ที่ห่อด้วยพลาสติก PVC แสดงอาการเนื้อผลเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลค่อนข้างต่ำอาจเป็นไปได้ว่าพลาสติก PVC ที่ใช่ห่อนั้นมีความเหมาะสมในการแลกเปลี่ยนก๊าซผ่านเข้าออกระหว่างภายในและภายนอกผลสาลี่ อาการเนื้อสีน้ำตาลในระยะแรกของการเก็บรักษาเกิดขึ้นต่ำ และเริ่มแสดงอาการรุนแรงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น อาจเกิดการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูง ทำให้เป็นอันตรายต่อเนื้อเยื่อได้ ดังที่มีรายงานว่าผลแอปเปิลมีความทนทานต่อปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่าผลสตรอเบอรี (งามทิพย์, 2540) การสะสมของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงและก๊าซออกซิเจนที่ต่ำเกินไปมีผลทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจนขึ้น มีการสะสมอะซิตัลดีไฮด์และเอทิลแอลกอฮอล์ขึ้นเป็นพิษต่อเนื้อเยื่อ ส่งผลให้เกิดลักษณะผิดปกติเป็นสีน้ำตาลและเกิดกลิ่นหมัก (นิภา, 2540) ซึ่ง Sornsrivichai *et al.* (1990b) รายงานว่าการเคลือบแวกซ์แล้วห่อด้วยพลาสติก PVC ทำให้เกิดลักษณะผิดปกติกับผลสาลี่พันธุ์ Yokoyama Wase Song Moe และ Pathanak คล้ายกับผลการทดลองที่ได้จากการศึกษานี้ ที่พบว่าผลสาลี่ที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซนความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ แล้วห่อด้วยพลาสติก PVC เนื้อผลเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและเกิดกลิ่นหมัก

ผลสาลี่ที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซนความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ หรือผลสาลี่ที่ห่อด้วยพลาสติก PVC มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักต่ำ เช่นเดียวกับการใช้พลาสติก PVC ห่อผลสาลี่พันธุ์ Pien Pu ที่เคลือบผิวด้วย Tal Pro-long 1.2 เปอร์เซ็นต์ ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักของผลสาลี่ได้ (Sornsrivichai *et al.*, 1990c) เช่นเดียวกับรายงานผลการทดลองของนภาพร (2531) ทั้งนี้เพราะสารที่ใช้เคลือบผิวหรือพลาสติกไปปกคลุมและปิดช่องเปิดต่างๆ ตามธรรมชาติ ป้องกันการระเหยของน้ำ เพราะการสูญเสียน้ำหนักเกิดจากการสูญเสียน้ำภายในผล ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างของ

ความดันไอน้ำระหว่างภายในกับภายนอกผล ไอน้ำจะเคลื่อนที่จากแหล่งที่มีความชื้นสูงภายในผลออกสู่ภายนอกที่มีความชื้นต่ำกว่า และที่อุณหภูมิสูงน้ำจะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นก๊าซได้ง่ายและรวดเร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำ (กนกมณฑล, 2526 ; สายชล, 2528 ; สุรพงษ์, 2530 ; จริงแท้, 2538) ดังนั้นผลสาลี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง จึงมีอัตราการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่าผลสาลี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

ผลการทดลองตาราง 9 ที่พบว่าความแน่นเนื้อของผลสาลี่มีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เป็นเพราะเกิดจากการสลายตัวของสารเพกติน ซึ่งขณะผลไม้ยังดิบสารเพกตินจะอยู่ในรูปของโปรโตเพกตินซึ่งไม่ละลายน้ำ เมื่อผลสุกสารเพกตินจะสลายตัวมาอยู่ในรูปกรดเพกติกที่สามารถละลายน้ำได้ โดยกิจกรรมของเอนไซม์โพลีกาแลกตูโรเนสและเพกตินเอสเตอเรส และประกอบกับในโปรโตเพกตินนั้นจะมีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบอยู่ในโครงสร้างทำให้ผลไม้มีความแน่นเนื้อสูง เมื่อผลสุกปริมาณแคลเซียมก็จะลดลงด้วย เป็นเหตุให้โครงสร้างเซลล์มีการยึดเกาะกันอย่างหลวมๆ ผลไม้จึงนิ่ม (ดนัย, 2540 ; Eskin, 1979 ; Buren, 1991) และจากการทดลองยังพบว่าการเก็บรักษาผลสาลี่ที่ระดับอุณหภูมิต่ำสามารถชะลอการลดลงของความแน่นเนื้อได้เล็กน้อย ซึ่งวิศักดิ์ (2529) ได้รายงานว่าผลสาลี่พันธุ์ Pein Pu ที่ห่อด้วยพลาสติก PVC และเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นกึ่งธรรมชาติที่อุณหภูมิ 17 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการลดลงของความแน่นเนื้อได้ในช่วงสุดท้ายของการเก็บรักษา การห่อผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยด้วยฟิล์ม Polypropylene (PP) และพลาสติก PVC ช่วยรักษาความสดไว้ได้นาน 16 วัน หลังจากนั้นมะม่วงบางผลแสดงอาการเริ่มสุก เนื้อด้านในยุ่ยและมีสีเหลือง (พรรณนิพา, 2540) สารเคลือบผิว Tal Prolong สามารถรักษาค่าความแน่นเนื้อของผลแอปเปิลพันธุ์ McIntosh ได้ดีกว่าผลแอปเปิลที่ไม่ได้เคลือบผิวตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Chu, 1986) และการเคลือบผิวผลสาลี่พันธุ์ Bartlett และ d'Anjou สามารถชะลอการลดลงของค่าความแน่นเนื้อได้ (Meheriuk, 1988) โดยพบว่าที่อุณหภูมิต่ำสามารถชะลอการลดลงของความแน่นเนื้อได้ดีกว่าที่อุณหภูมิสูง ผลสาลี่พันธุ์ d'Anjou ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีความแน่นเนื้อลดลงน้อยกว่าผลสาลี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส (Richardson, 1995) ซึ่ง Ahmed and Labovitch (1980) รายงานว่าในขณะที่บ่มผลสาลี่พันธุ์ Bartlett ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส กิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ α - galactosidase และ α - mannosidase โดยเฉพาะเอนไซม์โพลีกาแลคตูโรเนสและเพกตินเอสเตอเรสเพิ่มขึ้น ทำให้เนื้อผลสาลี่นิ่มลงเมื่อผลสุก

3. การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

ผลการทดลองในตาราง 27 แสดงให้เห็นว่าสารเคลือบผิวในทุกกรรมวิธีมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เล็กน้อย และลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Krishnamurthy and Subramanyam (1970) ที่รายงานว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลสาลี่ลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลสาลี่ที่เคลือบผิวด้วยแวกซ์แล้วห่อด้วยพลาสติก PVC ลดลงระหว่างการเก็บรักษา (Sornsrivichai *et al.*, 1990b) การห่อผลสาลี่ด้วยพลาสติก PVC และการเคลือบผิวด้วยไคโตแซนความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่าผลสาลี่ที่ไม่เคลือบผิวและไม่ห่อด้วยพลาสติก PVC และผลสาลี่ที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซนแล้วห่อด้วยพลาสติก PVC เมื่อทำการเก็บรักษาไว้นาน 15 วัน สอดคล้องกับรายงานของทองเจือ (2530) ที่พบว่าการเคลือบผิวผลสาลี่พันธุ์ Pien Pu ชะลอการลดลงของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และการเคลือบผิวผลมะม่วงด้วยไคโตแซนสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (วิเชียร, 2541) ซึ่งอาจเนื่องจากการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวหรือการห่อผลด้วยพลาสติก PVC เป็นการดัดแปลงสภาพบรรยากาศ ทำให้มีผลต่อการแลกเปลี่ยนก๊าซโดยจำกัดก๊าซออกซิเจนให้ลดลงและเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น ทำให้กระบวนการเมแทบอลิซึมเกิดขึ้นได้ช้า ส่งผลให้สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (สายชล, 2528; Ben-Yehoshua *et al.*, 1985)

ปริมาณกรดที่ไตเตรทคิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของกรดมาลิก ซึ่งเป็นกรดอินทรีย์ที่มีปริมาณมากในผลสาลี่ (Macrae *et al.*, 1992) มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น และผลสาลี่ที่ห่อด้วยพลาสติก PVC และผลสาลี่ที่ไม่เคลือบผิวและไม่ห่อด้วยพลาสติก PVC มีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้สูงกว่าผลสาลี่ที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซนความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์แล้วห่อด้วยพลาสติก PVC ซึ่งเป็นไปได้ว่าการเคลือบผิวแล้วห่อด้วยพลาสติก PVC ทำให้เกิดการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลสูง ซึ่งทำให้เนื้อเยื่อของผลสาลี่เกิดลักษณะผิดปกติ เช่น การเกิดสีน้ำตาลและเกิดกลิ่นหมัก ทำให้กรดถูกนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในเมแทบอลิซึม จึงมีปริมาณลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น (งามทิพย์, 2540 ; Krishnamurthy and Subramanyam, 1970) ผลสาลี่พันธุ์ Bartlett ก่อนการบ่มมีปริมาณกรด 6.0 มิลลิสมมูลต่อ 100 กรัม และเมื่อสิ้นสุดกระบวนการบ่ม ปริมาณกรดลดลงเหลือ 4.4 มิลลิสมมูลต่อ 100 กรัม สอดคล้องกับการรายงานของนิตยา (2531) และภานุมาศ (2530) ที่พบว่าปริมาณกรดในผลมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ลดลงเร็วกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส โดยให้เหตุผลว่าที่อุณหภูมิสูงมีกระบวนการหายใจและกระบวนการเมแทบอลิซึมสูง และคาดว่าจะมีการนำกรดไปใช้เป็นสารเริ่มต้นในการหายใจดังกล่าว สำหรับผลมะม่วงพันธุ์ Alphonso ขณะผลสุกมีการเพิ่มขึ้นของ

เอนไซม์ Citric lyase enzyme ทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับของ Glycolysis pathway ได้เป็นกรดออกซาลิก ซึ่งจะเปลี่ยนไปเป็นฟอสโฟอีนอลไพรูเวต หลังจากนั้นจะเปลี่ยนต่อไปเป็นน้ำตาลกลูโคสได้ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูง (Lakshminarayam, 1980) ซึ่งวิศักดิ์ (2529) และกาญจนา (2535) รายงานว่าปริมาณกรดมาลิกของผลสาลี่ลดลงในระหว่างการเก็บรักษา ดังนั้นผลสาลี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงจึงมีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ลดลง ซึ่งน่าจะเป็นผลดีเพราะทำให้ผลสาลี่มีรสหวานขึ้น จากการทดลองพบว่าการเก็บรักษาผลสาลี่ที่อุณหภูมิต่ำผลสาลี่มีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้สูงกว่าผลสาลี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงเล็กน้อย (ตาราง 28)

ผลสาลี่ที่ห่อด้วยพลาสติก PVC และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถชะลอการลดลงของวิตามินซีได้เล็กน้อย และปริมาณวิตามินซีมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น การห่อผลสาลี่ด้วยพลาสติก PVC เป็นการดัดแปลงสภาพบรรยากาศและจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซ ทำให้มีปริมาณก๊าซออกซิเจนต่ำ จึงลดการเกิดออกซิเดชันของกรดแอสคอร์บิก และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำทำให้กระบวนการเมแทบอลิซึมภายในผลสาลี่เกิดช้าด้วย จึงลดกิจกรรมของเอนไซม์หลายชนิด เช่น เอนไซม์แอสคอร์บิกออกซิเดส จึงทำให้วิตามินซีถูกออกซิไดซ์ไปได้ช้า เพราะปัจจัยหนึ่งที่เร่งให้วิตามินซีสูญเสียได้อย่างรวดเร็ว คือระดับอุณหภูมิที่สูง (สายชล, 2528 ; จริงแท้, 2541 ; Mapson, 1970) รวมถึงการสูญเสียน้ำออกจากผลิตผลก็มีผลต่อการสูญเสียวิตามินซีด้วยเช่นกัน ทั้งนี้มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาในการเก็บรักษาด้วย ถ้าระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณวิตามินซีก็จะยิ่งลดลงอย่างรวดเร็ว (Thompson, 1995) ผลสาลี่ที่เคลือบด้วยแวกซ์และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ปริมาณกรดแอสคอร์บิกจะลดลงอย่างช้าๆ (Sornsrivichai *et al.*, 1990b) ปริมาณวิตามินซีของผลสาลี่พันธุ์ Pathanak ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำลดลงช้ากว่าผลสาลี่ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง และลดลงตามระยะเวลาของการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น (วิศนี, 2540)

4. การยอมรับของผู้ทดสอบชิม

ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับรสชาติผลสาลี่ที่เคลือบผิวด้วยวิธีการต่างๆไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับการยอมรับในด้านเนื้อสัมผัส ทั้งนี้เนื่องจากผลสาลี่เกิดอาการผิดปกติโดยเฉพาะผลสาลี่ที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซนความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์แล้วห่อด้วยพลาสติก PVC ที่เนื้อภายในผลเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและเกิดกลิ่นหมักเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น และอาจเนื่องจากเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นผลสาลี่เข้าสู่กระบวนการสุก ซึ่งโมเลกุลของสารเพกตินที่อยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำเปลี่ยนมาอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ และมีการลดลงของแคลเซียมซึ่งเป็นสาเหตุทำให้โครงสร้างของเซลล์เปลี่ยนแปลงไป และมีการยึดเกาะกันอย่างหลวมๆ ดังนั้นเมื่อผลสาลี่มีอายุการเก็บรักษานานขึ้นลักษณะเนื้อของผลสาลี่จึงนิ่มลง สอดคล้องกับค่าความแน่นเนื้อที่วัดได้จาก

เครื่องวัดความแน่นเนื้อก็มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นด้วยเช่นเดียวกัน ซึ่ง กาญจนา (2535) รายงานว่ารสนิยมการบริโภคผลสาลี่ของคนไทยชอบผลสาลี่กรอบมากกว่าผลสาลี่สุกที่มีเนื้อนิ่ม จากการผลทดลองเมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับผลสาลี่ที่เคลือบผิวด้วยกรรมวิธีการต่างๆ ไม่แตกต่างกัน แต่ให้คะแนนการยอมรับผลสาลี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมากกว่าผลสาลี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง เช่นเดียวกับมารศรี (2536) ที่รายงานว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับผลสาลี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 17 องศาเซลเซียส สูงกว่าที่อุณหภูมิห้อง

5. การรั่วไหลของสารอีเล็กโทรไลต์

ปริมาณการรั่วไหลของสารอีเล็กโทรไลต์เพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น และการเคลือบผิวทุกกรรมวิธีมีการรั่วไหลของสารอีเล็กโทรไลต์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตาราง 33) ซึ่งธเนศวร์ (2540) รายงานว่าในผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์มีการรั่วไหลของสารอีเล็กโทรไลต์ซึ่งสามารถใช้บ่งชี้ความรุนแรงของการสะท้านหนาวได้ โดยการรั่วไหลของสารอีเล็กโทรไลต์ได้เพิ่มมากขึ้นเมื่อผลมะม่วงเกิดอาการสะท้านหนาว ปริมาณการรั่วไหลของสารอีเล็กโทรไลต์ของเปลือกและเนื้อของกล้วยแสดงถึงการเกิดสะท้านหนาวที่แตกต่างกัน โดยเปลือกแสดงการสะท้านหนาวเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 8 องศาเซลเซียส และ membrane permeability ของเนื้อผลมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่าหรือเท่ากับ 5 องศาเซลเซียส (Gemma *et al.*, 1994) แต่เพชรดา (2540) พบว่าการรั่วไหลของสารอีเล็กโทรไลต์ไม่สามารถบ่งชี้ความรุนแรงของอาการสะท้านหนาวของพริกหวานได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Furmanski and Buescher (1979) ที่รายงานว่าการรั่วไหลของสารอีเล็กโทรไลต์ไม่ได้เป็นผลเนื่องจากการสะท้านหนาวในผลท้อ เนื่องจากการรั่วไหลของสารอีเล็กโทรไลต์ไม่เพิ่มขึ้นระหว่างเกิดการสะท้านหนาว การรั่วไหลของสารอีเล็กโทร-ไลต์ที่เพิ่มขึ้นไม่เกี่ยวข้องกับการสะท้านหนาวของผลมะม่วงและผลอาโวคาโดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (2 - 5 และ 0 - 5 องศาเซลเซียส) แต่การรั่วไหลที่เพิ่มขึ้นนั้นมีความสัมพันธ์กับการสุกของผลไม้ (Fuchs *et al.*, 1989)

การทดลองที่ 3 การหาอัตราการหายใจของผลสาลี่

ผลสาลี่ที่ไม่เคลือบผิวและไม่ห่อด้วยพลาสติก PVC เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 17 องศาเซลเซียส มีอัตราการหายใจสูงกว่าผลสาลี่ที่เคลือบผิวด้วยกรรมวิธีต่างๆ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากการเคลือบผิวหรือการห่อผลสาลี่ด้วยพลาสติก PVC เป็นการดัดแปลงสภาพบรรยากาศและจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซต่างๆ มีผลทำให้ผลสาลี่อยู่ในสภาวะที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น และก๊าซออกซิเจนต่ำลงจึงชะลออัตราการหายใจและ

กระบวนการเมแทบอลิซึมของผลสาลี่ภายหลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษา (ดนัยและนิธิยา, 2535 ; จริงแท้, 2538 ; Hulme, 1971 ; Krochta *et al.*, 1994 ; Kader, 1985) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่พบว่าผลสาลี่ที่เคลือบผิวด้วยกรรมวิธีต่างๆ มีอัตราการหายใจต่ำกว่า ผลสาลี่ชุดควบคุม ชลิต (2540) รายงานว่ากล้วยไข่ที่ไม่ได้เคลือบผิวซึ่งเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีอัตราการหายใจสูงกว่ากล้วยไข่ที่เคลือบผิวด้วยน้ำมันถั่วลิสงและ Sta-fresh 7055 1 .0 เปอร์เซ็นต์ การเคลือบผิวผลแอปเปิลและผลสาลี่ด้วยไคโตแซนสามารถลดอัตราการหายใจได้ (Elson *et al.*, 1985) และผลมะเขือเทศที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซนแล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนต่ำ (EL-Ghaouth *et al.*, 1992) และจากผลการทดลองพบว่า ผลสาลี่ที่เคลือบผิวด้วยไคโตแซนความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการหายใจต่ำและค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 10 วัน และผลสาลี่ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีอัตราการหายใจต่ำกว่าที่อุณหภูมิ 17 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง อัตราการหายใจของผลไม้จะสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อกระบวนการชีวเคมีของผลไม้ (Pantastico, 1975)