บทที่ 5
วิจารณ์ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีของผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย กวางเจา จักรพรรดิ์ และกิมเจง ที่ระยะความแก่ 3 ระยะก่อนและหลังการแช่แข็ง

จากการเปรียบเทียบคุณภาพของผลลิ้นจี่ในเรื่องขนาด น้ำหนักผลและส่วนประกอบของผลที่ระยะความแก่ทั้ง 3 ระยะในแต่ละพันธุ์ทั้ง 4 พันธุ์ก่อนที่จะนำไปทำการแช่แข็งนั้น จะเห็นได้ว่าผลลิ้นจี่ทั้ง 3 ระยะความแก่ในแต่ละพันธุ์มีคุณภาพในเรื่องดังกล่าวใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามระยะความแก่ที่ 3 ของผลมีคุณภาพเหล่านี้ดีที่สุด รองลงมาคือระยะความแก่ที่ 2 และ 1 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากผลที่นำมาทดลองทั้ง 3 ระยะนั้นล้วนอยู่ในระยะที่แก่เต็มที่แล้วโดยผลจะมีการเติบโตเพิ่มขึ้นอีกเพียงเล็กน้อยหรือแทบไม่มีการเติบโตเลย (สุภมนตรี, 2531) ดังนั้นจึงมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในเรื่องขนาด น้ำหนักและส่วนประกอบของผลไม่มากนักในระหว่างระยะความแก่ทั้ง 3 ระยะ ซึ่งผลระยะความแก่ที่ 3 เป็นระยะที่มีการพัฒนาสูงที่สุดดังนั้นคุณภาพของผลจึงมีแนวโน้มสูงสุด นอกจากนี้พบการเกิดเมล็ดลีบในพันธุ์จักรพรรดิ์และกิมเจงซึ่งการเกิดเมล็ดลีบ (chicken tongue) เกิดจากลักษณะทางพันธุกรรมที่เรียกว่าอาการเป็นหมัน (sterility) เอมบริโอที่เจริญขึ้นมาได้ระยะหนึ่งแล้วเกิดอาการแห้งขึ้น ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคดังนั้นจึงทำให้มีเปอร์เซ็นต์เนื้อสูง (ศรีมูล, 2529) เช่นเดียวกับที่พบในผลลิ้นจี่พันธุ์ Groff และ Gui Wei (Paull *et al.*, 1984) เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีก่อนและหลังการแช่เข็งของผลลิ้นจี่ทั้ง 4 พันธุ์ที่ระยะความแก่ 3 ระยะให้ผลดังนี้

คุณภาพของผลหลังละลายน้ำแข็งมีค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นทุกพันธุ์ยกเว้นในพันธุ์จักรพรรดิ์ซึ่งมีค่าลดลงหลังละลายน้ำแข็ง โดยพบว่าค่าความแน่นเนื้อของผลทั้ง 3 ระยะความแก่ในแต่ละพันธุ์นั้นก่อนแช่แข็งมีค่าแตกต่างกัน แต่ความแน่นเนื้อของผลทั้ง 3 ระยะภายหลังการแช่แข็งมีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับการประเมินทางประสาทสัมผัสก็พบว่าผลลิ้นจี่พันธุ์กิมเจงทั้ง 3 ระยะและพันธุ์ฮงฮวยระยะที่ 1 และ 2 เท่านั้นที่มีคะแนนต่างกับผลสดก่อนแช่แข็ง ส่วนพันธุ์กวางเจาและจักรพรรดิ์มีคะแนนไม่ต่างกับผลสดก่อนแช่แข็ง แสดงให้เห็นว่ากระบวนการแช่แข็งด้วยวิธีไครโอเจ-นิกโดยใช้ไนโตเจนเหลวนี้สามารถรักษาคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของผลลิ้นจี่ได้ดีพอสมควรโดยมีคุณภาพใกล้เคียงกับผลลิ้นจี่สดก่อนแช่แข็งทั้งนี้เนื่องจากเป็นกระบวนการแช่แข็งแบบเร็ว การเกิดผลึกน้ำแข็งจะเกิดกระจายทั่วไปภายในเซลล์และมีขนาดเล็ก น้ำภายในเซลล์มีการเคลื่อนที่ออก

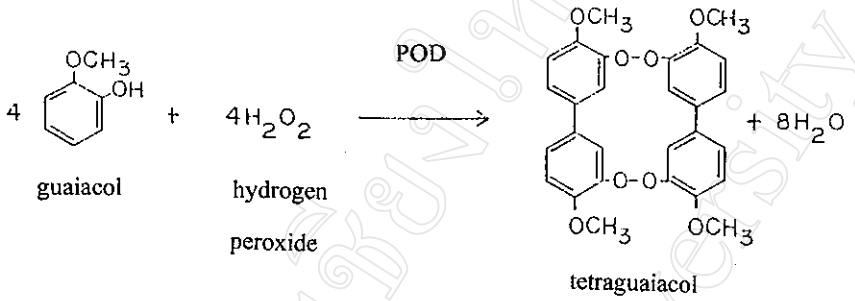
มาภายนอกเซลล์น้อย ทำให้ส่วนประกอบต่าง ๆ ภายในเซลล์ไม่เปลี่ยนตำแหน่งไปมาก ผลลิ้นจี่จึงมีเนื้อสัมผัสหลังละลายน้ำแข็งดี (สงวนศรี, 2536) เช่นเดียวกับงานวิจัยของศรีสุวรรณ (2534) ซึ่งพบว่าการแช่แข็งผลลิ้นจี่ทั้งเปลือกด้วยการแช่แข็งแบบเร็วด้วยวิธีใช้ลมเป่า (air blast freezing) และไครโอเจนิก (cryogenic freezing) มีผลช่วยให้ความแน่นเนื้อของผลลิ้นจี่หลังละลายน้ำแข็งของทั้ง 2 วิธีมีค่าไม่แตกต่างกันและมีค่าไม่ต่างจากผลสดก่อนแช่แข็ง

เมื่อพิจารณาจากคุณภาพด้านสีเปลือกของผลลิ้นจี่หลังละลายน้ำแข็งพบว่าผลลิ้นจี่พันธุ์กิมเจงมีสีแดงที่เปลือกผลมากที่สุด รองลงมาคือ จักรพรรดิ์ กวางเจา และฮงฮวยตามลำดับ โดยผลลิ้นจี่พันธุ์กิมเจงและจักรพรรดิ์ระยะความแก่ที่ 2 และ 3 จะมีสีแดงมากที่สุด ส่วนพันธุ์ฮงฮวยและกวางเจานั้นทั้ง 3 ระยะมีสีแดงไม่ต่างกัน สังเกตจากค่าสีแดง (a*) ของเปลือกผลลิ้นจี่พันธุ์กิมเจงและจักรพรรดิ์โดยเฉพาะในระยะที่ 2 และ 3 จะมีค่าสูงกว่าพันธุ์ฮงฮวยและกวางเจา ขณะที่พันธุ์ฮงฮวยและกวางเจามีค่า a* ทั้ง 3 ระยะความแก่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ผลลิ้นจี่ทั้ง 4 พันธุ์ทุกระยะความแก่จะมีค่า a* ลดลงหลังละลายน้ำแข็งเมื่อเปรียบเทียบกับผลสดก่อนแช่แข็ง และเมื่อปล่อยไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานานค่า a* จะลดลงมากขึ้นพร้อมกับการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผลเพิ่มขึ้นด้วย ทำให้สีเปลือกผลมีความสว่าง (L*) ลดลง เช่นเดียวกับในผลบลูเบอร์รีแช่แข็งเมื่อทำการละลายน้ำแข็งแล้วจะมีค่า L* ลดลงโดยมีสีคล้ำลงทุกพันธุ์ที่ทำการศึกษาเมื่อเทียบกับผลสด (Sapers *et al.*, 1984) และจากการประเมินการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลิ้นจี่ด้วยสายตาพบว่าเปลือกผลจะมีสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นเช่นกัน เมื่อทำการวัดปริมาณรงควัตถุแอนโทไซยานินในเปลือกผลลิ้นจี่ทั้ง 4 พันธุ์หลังละลายน้ำแข็งพบว่ามีค่าลดลงทุกระยะความแก่ โดยระยะที่ 3 มีค่าลดลงมากที่สุดและผลลิ้นจี่พันธุ์กิมเจงและจักรพรรดิ์มีปริมาณรงควัตถุแอนโทไซยานินลดลงมากเช่นกัน แต่ผลลิ้นจี่ดังกล่าวก็มีปริมาณรงควัตถุแอนโทไซยานินเหลืออยู่ในเปลือกผลสูง จะเห็นได้ว่าได้ว่าพันธุ์หรือระยะความแก่ของผลลิ้นจี่ที่มีการสะสมปริมาณแอนโทไซยานินอยู่เป็นปริมาณมากจะมีค่าลดลงหลังละลายน้ำแข็งอย่างชัดเจน การลดลงของปริมาณรงควัตถุแอนโทไซยานินในเปลือกผลลิ้นจี่จะเกิดขึ้นพร้อมกับการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นที่เปลือกผลลิ้นจี่หลังละลายน้ำแข็ง ซึ่งเป็นผลมาจากการเสื่อมสภาพโครงสร้างของรงควัตถุแอนโทไซยานิน เนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ใน oxidoreductase group ที่สำคัญได้แก่ เอนไซม์ POD และ PPO (Underhill, 1992) ในระหว่างการแช่แข็งการเกิดผลึกน้ำแข็งจะทำให้เกิดความเสียหายต่อเซลล์ เมื่อละลายน้ำแข็งสารละลายต่าง ๆ ที่อยู่ภายในเซลล์รวมทั้งรงควัตถุแอนโทไซยานินซึ่งพบอยู่ในแวคคิวโอลของ epidermal cell และ sub-epidermal cell จะรั่วไหลออกจากเซลล์และเกิดปฏิกิริยา oxidation กับเอนไซม์ที่เกี่ยวข้อง ทำให้มีปริมาณรงควัตถุแอนโทไซยานินลดลง แม้ว่าปริมาณแอนโทไซยานินในเปลือกผลลิ้นจี่จะลดลงพร้อมกับเกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นหลังละลายน้ำแข็งก็ตาม แต่พบว่าปริมาณรงค-

วัตถุแอนโทไซยานินยังเหลืออยู่ในปริมาณที่มากพอสมควรสอดคล้องกับงานทดลองของ Underhill and Critchley (1993b) ซึ่งพบว่าผลลิ้นจี่จะเกิดสีน้ำตาลทั้งผลหลังเก็บเกี่ยวผลมาได้ 48 ชั่วโมง และมีปริมาณรงควัตถุแอนโทไซยานินลดลงจาก 41 เป็น 30 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งปริมาณที่เหลืออยู่มีปริมาณมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณเริ่มต้น แม้ผลลิ้นจี่จะเกิดสีน้ำตาลขึ้นทั้งผลก็ตาม เช่นเดียวกับการทดลองของ Lin *et al.,* (1988) ซึ่งรายงานว่าปริมาณรงควัตถุแอนโทไซยานินลดลงเพียงเล็กน้อยขณะที่เกิดสีน้ำตาลขึ้นที่เปลือกของผลลิ้นจี่ แม้ว่าแอคติวิตีของเอนไซม์ PPO จะมีผลทำให้แอนโทไซยานินสลายตัว แต่การเกิดสีน้ำตาลในเปลือกผลลิ้นจี่ก็ดูคล้ายกับว่าเป็นผลมาจากการสลายตัวของสารประกอบอื่นมากกว่าแอนโทไซยานิน (Underhill and Critchley, 1993a)

ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในเปลือกผลลิ้นจี่มีค่าลดลงทุกระยะความแก่หลังละลายน้ำแข็ง แสดงว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลที่ลดลงนี้อาจถูกใช้ไปในปฏิกิริยา oxidation ของเอนไซม์ใน phenolase group ได้สารประกอบสุดท้ายสีน้ำตาล ซึ่งเอนไซม์กลุ่มนี้จะมีสับสเตรทที่สำคัญ คือ สารประกอบฟีนอล (McEvily *et al.,* 1992) ดังนั้นการเกิดสีน้ำตาลขึ้นที่เปลือกผลลิ้นจี่หลังละลายน้ำแข็งจึงเกิดพร้อมกับการลดลงของสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในเปลือก และเนื่องจากรงควัตถุแอนโทไซยานินก็เป็นสารประกอบฟีนอลตัวหนึ่งในเปลือกลิ้นจี่ เมื่อปริมาณรงควัตถุแอนโทไซยานินลดลงจึงทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้ลดลงตามไปด้วย

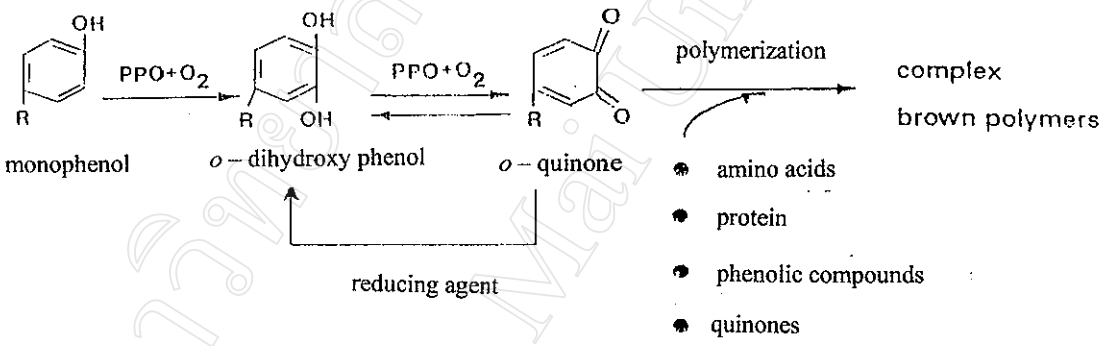
จากการทดลองวัดแอคติวิตีของเอนไซม์ POD ในเปลือกผลลิ้นจี่แช่แข็งทั้ง 4 พันธุ์พบว่าแอคติวิตีของเอนไซม์ POD มีค่าเพิ่มขึ้นในผลลิ้นจี่ระยะความแก่ที่ 1 เช่นเดียวกับในชิ้นมะละกอแช่แข็งที่มีรายงานว่าแอคติวิตีของเอนไซม์ POD เพิ่มขึ้น 13 % หลังแช่แข็ง (Cano *et al.,* 1998) ส่วนระยะความแก่ที่ 2 และ 3 แอคติวิตีของเอนไซม์ POD มีแนวโน้มลดลงหลังละลายน้ำแข็งพร้อมกับการเกิดสีน้ำตาลในเปลือกผล แสดงว่าเอนไซม์ POD อาจไม่ใช่เป็นตัวการสำคัญในการเกิดสีน้ำตาลในเปลือกผลลิ้นจี่หลังละลายน้ำแข็ง ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการทำงานของเอนไซม์อื่น ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดสีน้ำตาลซึ่งในผลไม้มีเอนไซม์นี้อยู่หลายชนิด หรือในอีกแง่หนึ่งอาจเป็นไปได้ที่ภายหลังการแช่แข็งในเปลือกผลยังคงมีปริมาณเอนไซม์ POD เพียงพอในการกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกได้ จึงทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นในเปลือกผลลิ้นจี่หลังละลายน้ำแข็งแม้ว่าแอคติวิตีของเอนไซม์ POD จะมีค่าลดลงก็ตาม การเกิดสีน้ำตาลขึ้นในเปลือกผลลิ้นจี่จากการทำงานของเอนไซม์ POD มีกลไกการทำงานคือ เอนไซม์ POD จะเข้าทำปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอลซึ่งเป็นสับสเตรทที่สำคัญเกิดเป็นปฏิกิริยาแบบ peroxidic โดยมีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เป็นตัวให้ไฮโดรเจนทำให้ได้สารประกอบที่มีสีน้ำตาล ดังตัวอย่างของปฏิกิริยาในภาพ 65



ภาพ 65 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจากแอคติวิตีของเอนไซม์ POD (ปราณี, 2535)

สำหรับแอคติวิตีของเอนไซม์ PPO ในเปลือกผลลิ้นจี่มีการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันไปตามพันธุ์ของผลลิ้นจี่ โดยพันธุ์ฮงฮวยและจักรพรรดิ์มีค่าเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานทดลองของ Cano *et al.* (1998) กระบวนการแช่แข็งมีผลทำให้แอคติวิตีของเอนไซม์ PPO และ POD เพิ่มขึ้นในชิ้นมะละกอหั่นแช่แข็งอย่างมีนัยสำคัญคือ PPO เพิ่มขึ้น 11 – 12 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลลิ้นจี่พันธุ์กวางเจาและกิมเจงมีแอคติวิติลดลงหลังละลายน้ำแข็งทุกระยะความแก่ จากการประเมินการเกิดสีน้ำตาลในเปลือกผลลิ้นจี่ด้วยการให้คะแนนพบว่าผลลิ้นจี่พันธุ์กวางเจาเกิดสีน้ำตาลได้เร็วที่สุด และพันธุ์จักรพรรดิ์เกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผลช้าที่สุด ซึ่งจากผลการทดลองให้ผลตรงกันข้ามกับการเปลี่ยนแปลงแอคติวิตีของเอนไซม์ PPO ที่พบในเปลือกผลลิ้นจี่ทั้ง 2 พันธุ์ นอกจากนี้ผลลิ้นจี่แต่ละพันธุ์ก็ยังมีการเปลี่ยนแปลงแอคติวิตีไม่เหมือนกันจึงทำให้ไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนว่าการเกิดสีน้ำตาลขึ้นที่เปลือกผลลิ้นจี่แช่แข็งหลังละลายน้ำแข็งนั้นมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปฏิกิริยาที่เกิดจากการทำงานของเอนไซม์ PPO ซึ่งมีรายงานในการศึกษากับผลท้อและผลเนคทารีน (nectarine) พบว่าแอคติวิตีของเอนไซม์ PPO มีค่าแปรผันตามพันธุ์ของผลไม้ทั้ง 2 ชนิด โดยมีค่าแอคติวิตีอยู่ในช่วงระหว่าง 4 – 11 unit/g dry weight . min และแอคติ-วิตีของเอนไซม์ PPO ไม่มีความสัมพันธ์กับการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้ทั้ง 2 ชนิด (Cheng and Crisosto, 1995)

การเกิดสีน้ำตาลอันเนื่องมาจากแอคติวิตีของเอนไซม์ PPO จะปรากฏให้เห็นเมื่อสารกลุ่ม monophenolic compounds ในผลไม้อยู่ในสภาพที่มีออกซิเจนและเอนไซม์ PPO เร่งให้เกิดปฏิกิริยาการเติมหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) หรือเรียกว่าปฏิกิริยา hydroxylation ได้สาร *o*-diphenols ซึ่งจะถูกออกซิไดซ์โดยปฏิกิริยา dehydrogenation ต่อไปเป็น *o*-quinones จากนั้นสาร *o*-quinone จะเปลี่ยนแปลงและทำปฏิกิริยาต่อไปกับสารประกอบฟีนอล กรดอะมิโนและสารอื่นๆ โดยไม่ใช้เอนไซม์ แล้วเกิดเป็นสารที่มีสีน้ำตาลและมีโครงสร้างซับซ้อนเรียกว่ากระบวนการ polymerization ดังภาพ 66



ภาพ 66 ปฏิริยาการเกิดสีน้ำตาลจากแอคติวิตีของเอนไซม์ PPO (McEvily *et al.*, 1992)

จากการประเมินทางประสาทสัมผัสเพื่อทดสอบคุณภาพและการยอมรับของผลลิ้นจี่ทั้ง 4 พันธุ์ พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนด้านสีเปลือกและความชอบสีเปลือกสอดคล้องกับสีแดงและปริมาณรงควัตถุแอนโทไซยานินของเปลือกผลลิ้นจี่หลังละลายน้ำแข็งคือ ผลลิ้นจี่ระยะความแก่ที่ 3 มีคะแนนสูงที่สุด รองลงมาคือระยะที่ 2 และ 1 ตามลำดับ และผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับด้านสีเปลือกของผลลิ้นจี่พันธุ์กิมเจงสูงที่สุด รองลงมาคือจักรพรรดิ์ กวางเจา และฮงฮวยตามลำดับ

สำหรับคุณภาพด้านรสชาติของผลลิ้นจี่หลังละลายน้ำแข็งเมื่อพิจารณาจากปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (TA) และอัตราส่วน TSS : TA พบว่าผลลิ้นจี่ทั้ง 4 พันธุ์มีปริมาณ TSS , TA และอัตราส่วน TSS : TA ในระยะความแก่ที่ 3 สูงกว่าระยะที่ 2 และ 1 ตามลำดับ และพันธุ์กิมเจงมีค่าสูงกว่าพันธุ์อื่น ๆ สอดคล้องกับการประเมินคะแนนการยอมรับด้านรส

ชาติโดยผู้ทดสอบชิม ซึ่งให้คะแนนด้านรสชาติของผลลิ้นจี่ระยะความแก่ที่ 3 ทั้ง 4 พันธุ์สูงที่สุด รองลงมาคือระยะที่ 2 และ 1 ตามลำดับ และพันธุ์กิมเจงก็มีคะแนนด้านรสชาติสูงที่สุดเช่นกัน นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณ TSS , TA และอัตราส่วน TSS : TA ของผลลิ้นจี่โดยส่วนใหญ่มีค่าไม่แตกต่างจากผลลิ้นจี่สดก่อนแช่แข็ง ยกเว้นในพันธุ์กิมเจงเท่านั้นที่มีอัตราส่วน TSS : TA ลดลงทุกระยะความแก่หลังละลายน้ำแข็ง แสดงว่าผลลิ้นจี่ที่ผ่านการแช่แข็งด้วยวิธีไครโอเจนิกนี้ มีคุณภาพในด้านรสชาติและการยอมรับหลังละลายน้ำแข็งไม่แตกต่างจากผลลิ้นจี่สด เนื่องจากเป็นการแช่แข็งที่มีอัตราการแช่แข็งแบบเร็วจึงสามารถรักษาสภาพของผลลิ้นจี่ได้ใกล้เคียงกับผลสด (สงวนศรี, 2536) เช่นเดียวกับในถั่วลันเตาที่แช่แข็งโดยใช้ไนโตรเจนเหลวจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสหลังละลายน้ำแข็งโดยพิจารณาจากค่าความแน่นเนื้อและคะแนนทดสอบชิมดีกว่าถั่วลันเตาที่แช่แข็งด้วยวิธีใช้ลมเย็นพ่นแบบรายหน่วย (Wolford and Brown, 1965)

จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและเคมีรวมทั้งการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย กวางเจา จักรพรรดิ์ และกิมเจง ทั้ง 3 ระยะความแก่ก่อนและหลังแช่แข็งพบว่าระยะความแก่ของผลลิ้นจี่เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพของลิ้นจี่แช่แข็ง ผลลิ้นจี่ที่เก็บเกี่ยวในระยะความแก่ที่เหมาะสมจะมีลักษณะและคุณภาพของผลลิ้นจี่แช่แข็งและหลังละลายน้ำแข็งที่ดีเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิม แม้ว่าผลลิ้นจี่ทั้ง 3 ระยะ จะอยู่ในระยะที่แก่บริบูรณ์แล้ว แต่การพัฒนาสีแดงที่เปลือกที่แตกต่างกันก็มีผลต่อคุณภาพการยอมรับของผู้ทดสอบชิม ซึ่งผลลิ้นจี่แช่แข็งที่ผู้ทดสอบยอมรับต้องมีเปลือกสีแดงสดใส กลิ่นรสใกล้เคียงผลสดมากที่สุด ซึ่งจากผลการทดลองสรุปได้ว่าผลลิ้นจี่ระยะความแก่ที่ 3 เหมาะสมที่สุดในการนำมาแช่แข็ง เพราะมีการพัฒนาสีเปลือกและองค์ประกอบทางกายภาพในผลสูงสุด รองลงมาคือระยะความแก่ที่ 2 ซึ่งการพัฒนาสีแดงของเปลือกประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งผล เมื่อพิจารณาความแตกต่างด้านสายพันธุ์ ผลลิ้นจี่ที่นำมาแช่แข็งแล้วมีคุณภาพดีที่สุดคือ ผลลิ้นจี่พันธุ์กิมเจง เพราะมีการพัฒนาลักษณะทางด้านกายภาพและเคมีดีกว่าพันธุ์อื่นๆ โดยเฉพาะสีผิวของเปลือกผลลิ้นจี่พบว่ามีค่าสีแดง (a*) สูงที่สุด องค์ประกอบทางด้านเคมีมีปริมาณ TSS และ อัตราส่วน TSS : TA สูงสุด ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้น้อยที่สุด มีปริมาณรงควัตถุแอนโทไซยานินสูงสุด ส่วนพันธุ์อื่น ๆ ที่มีคุณภาพรองลงมาคือพันธุ์จักรพรรดิ์ กวางเจา และฮงฮวย แม้ว่าผลลิ้นจี่พันธุ์กิมเจงจะเหมาะสมที่สุดในการนำมาแช่เข็ง แต่เมื่อเปรียบเทียบราคาของผลิตผลแล้วพบว่า ผลลิ้นจี่พันธุ์กิมเจงมีราคาสูง รองลงมาคือ จักรพรรดิ์ กวางเจาและฮงฮวย ดังนั้นเมื่อนำมาแช่แข็งจึงทำให้มีต้นทุนในการผลิตสูงอาจทำให้มูลค่าของผลิตภัณฑ์ในรูปลิ้นจี่แช่แข็งมีราคาสูง มีผลกระทบต่อความสามารถในการวางตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ แม้จะสามารถเก็บรักษาไว้จำหน่ายนอกฤดูกาลก็ตาม จากเหตุผลดังกล่าวจึงน่าจะใช้ผลลิ้นจี่

พันธุ์อื่นที่มีราคาต่ำกว่า เช่น พันธุ์จักรพรรดิ์ กวางเจา และฮงฮวย มาเป็นวัตถุดิบในการแช่แข็ง ซึ่งปัจจุบันผลลิ้นจี่ที่ทำเป็นการค้าคือพันธุ์ฮงฮวยเท่านั้น สำหรับผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิ์แม้จะมีคุณภาพผลดีรองจากพันธุ์กิมเจง แต่มีราคาค่อนข้างสูงและเป็นพันธุ์ที่มีปริมาณน้ำมากรสชาติไม่เด่นมาก ส่วนผลลิ้นจี่พันธุ์กวางเจาเป็นอีกพันธุ์หนึ่งที่น่าสนใจแม้จะมีคุณภาพในระดับปานกลาง แต่การพัฒนาสีแดงของเปลือกสม่ำเสมอกว่าพันธุ์ฮงฮวย มีกลิ่นรสที่เด่นและมีราคาต่ำเท่ากับพันธุ์ฮงฮวยเป็นไปได้ว่าสามารถนำมาแช่แข็งแล้วมีคุณภาพดีกว่าพันธุ์ฮงฮวย

ปัญหาที่พบของผลลิ้นจี่แช่แข็งคือความผิดปกติด้านสีเปลือก กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสหลังละลายน้ำแข็ง โดยเฉพาะการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผลลิ้นจี่ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งน่าจะเกิดจากสาเหตุหลายประการดังต่อไปนี้

1. การเกิดผลึกน้ำแข็งขณะแช่แข็งทำให้เอนไซม์กลุ่ม hydrolytic หรือ oxidative รั่วไหลออกจากเซลล์ที่อยู่แล้วทำปฏิกิริยากับสับสเตรทซึ่งเป็นสารกลุ่มฟีนอล เช่น แอนโทไซยานิน เป็นต้น ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีน้ำตาล ซึ่ง Cano *et al.* (1990) รายงานว่าการเกิดผลึกน้ำแข็งในเนื้อเยื่อของผลกล้วยขณะแช่แข็งจะทำลายความคงตัวของเซลล์เมมเบรน (cellular membrane) ทำให้เอนไซม์ POD และ PPO ถูกสกัดออกมาได้ง่าย โดยเฉพาะในเนื้อเยื่อมีปริมาณน้ำที่สามารถเปลี่ยนเป็นผลึกน้ำแข็งได้มาก เช่น กล้วยดิบ เป็นต้น

2. เนื่องจากสารประกอบฟีนอลและเอนไซม์ในกลุ่ม hydrolytic และ oxidative ในผลลิ้นจี่ซึ่งมีหลายชนิด ดังนั้นจึงอาจจะเป็นไปได้ว่าการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลิ้นจี่อาจจะเกิดจากการเสื่อมสภาพของสารประกอบฟีนอลชนิดอื่นที่ไม่ใช่แอนโทไซยานิน โดยกระบวนเร่งปฏิกิริยาจากเอนไซม์ชนิดอื่นที่ไม่ใช่ POD และ PPO ตรงกับรายงานของ Underhill and Critchley (1993b) ซึ่งพบว่าแอคติวิตีของเอนไซม์ PPO ลดลงอย่างรวดเร็วหลังเก็บเกี่ยวผลลิ้นจี่มาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องใน 24 ชั่วโมงแรก พร้อมกับการลดลงของแอนโทไซยานินและการเพิ่มขึ้นของสีน้ำตาลที่เปลือกผล เมื่อเปลือกผลเกิดสีน้ำตาลทั่วทั้งผลขณะที่มีปริมาณแอนโทไซยานินเหลืออยู่มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่า เอนไซม์ PPO อาจไม่ใช่ตัวการสำคัญในการเกิดการสลายตัวของแอนโทไซยานินและการเกิดสีน้ำตาล นอกจากนี้ยังพบว่าการเกิดสีน้ำตาลจะพบในชั้น epidermis และใน exocarp แต่ไม่พบในชั้น mesocarp ซึ่งเป็นชั้นเนื้อเยื่อที่มีการสะสมของแอนโทไซยานิน ดังนั้นการเกิดสีน้ำตาลอาจเกิดจากการสลายตัวของสารอื่น โดยเอนไซม์ PPO อาจมีผลต่อสารประกอบฟีนอลตัวอื่นหรืออาจเกิดจากเอนไซม์ตัวอื่น ๆ ที่ไม่ใช่เอนไซม์ POD และ PPO

3. กระบวนการ oxidation ของกรดแอสคอร์บิกในสภาพที่มีออกซิเจนได้โมเลกุลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ซึ่งจะเหนี่ยวนำให้โครงสร้างของรงควัตถุแอนโทไซยานินถูก

ทำลาย (Markakis, 1975) นอกจากนี้ยังเป็นสารที่สำคัญในการเกิดสีน้ำตาลโดยกระบวนการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ POD

ดังนั้นจากปัญหาการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลิ้นจี่จึงควรหาวิธีเสริมเพื่อรักษาคุณภาพของผลลิ้นจี่แช่แข็งและเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ เช่น การใช้กรรมวิธีรักษาสีแดงของเปลือกผลลิ้นจี่ก่อนการแช่แข็ง เป็นต้น

การทดลองที่ 2 การหากรรมวิธีรักษาสีเปลือกที่เหมาะสมสำหรับการแช่แข็งผลลิ้นจี่

กรรมวิธีรักษาสีเปลือกสามารถรักษาคุณภาพโดยรวมของผลลิ้นจี่ไว้ได้ดีหลังละลายน้ำแข็ง คือกรรมวิธีที่ 2 โดยการนำผลลิ้นจี่ไปแช่ในสารละลายผสมของกรดซิตริก 10 เปอร์เซ็นต์ กับน้ำตาลซูโครส 10 เปอร์เซ็นต์ และกรดแอสคอร์บิก 1 เปอร์เซ็นต์ก่อนแช่แข็งนาน 30 นาทีที่อุณหภูมิห้อง (29 องศาเซลเซียส) และจุ่มผลลิ้นจี่แช่แข็งในสารละลายอีกครั้งนาน 5 วินาทีหลังแช่แข็งทันที สามารถรักษาสีแดงของเปลือกและชะลอการสูญเสียปริมาณรงควัตถุแอนโทไซยานิน ปริมาณสารประกอบฟีนอลไว้ได้ดีและยับยั้งแอคติวิตีของเอนไซม์ POD และ PPO ได้ดีที่สุด แต่กรรมวิธีนี้สามารถปฏิบัติได้ค่อนข้างยุ่งยากในระดับอุตสาหกรรม นอกจากนี้การจุ่มผลลิ้นจี่ในสารละลาย 2 ครั้งทำให้สิ้นเปลืองปริมาณสารเคมีในการรักษาสีมาก ดังนั้นการทดลองนี้จึงได้ลดขั้นตอนการจุ่มผลลิ้นจี่หลังการแช่แข็งลงคือกรรมวิธีที่ 3 ซึ่งจากผลการทดลองก็พบว่าสามารถรักษาคุณภาพของผลลิ้นจี่หลังการแช่แข็งลงได้ใกล้เคียงกับผลสดและกรรมวิธีที่ 2 ทั้งด้านการรักษาสีแดงของเปลือกและการยับยั้งแอคติ-วิตีของเอนไซม์ POD และ PPO ในเปลือกผลลิ้นจี่แช่แข็ง สำหรับกรรมวิธีที่ 1 มีประสิทธิภาพต่ำกว่า 2 วิธีนี้ ขณะที่ชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการรักษาสีเปลือกมีการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและเกิดสีน้ำตาลทั้งผลเมื่อปล่อยไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาทีหลังละลายน้ำแข็งพร้อมกับการลดลงของปริมาณแอนโทไซยานินและปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในเปลือกผล รวมทั้งแอคติวิตีของเอนไซม์ POD และ PPO มีค่าเพิ่มสูงขึ้นด้วย ดังนั้นกรรมวิธีการรักษาสีเปลือกวิธีที่ 3 จึงเหมาะสมที่สุดสำหรับการแช่แข็งผลลิ้นจี่

ซึ่งจากการทดลองพบว่าผลลิ้นจี่ที่ผ่านการรักษาสีเปลือกก่อนแช่แข็งทั้ง 3 กรรมวิธี มีค่าความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์และมีค่าไม่แตกต่างกับผลลิ้นจี่สดก่อนแช่แข็งและผลลิ้นจี่ชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าการแช่แข็งด้วยวิธีไครโอเจนิกซึ่งเป็นวิธีการแช่แข็งแบบเร็ว สามารถรักษาสภาพความแน่นเนื้อของผลลิ้นจี่ไว้ได้หลังละลายน้ำแข็ง เนื่องจากการแช่แข็งแบบเร็วจะเกิดผลึกน้ำแข็งในเซลล์ผลไม้เกิดความเสีย

หายน้อยจากการทำลายของผลึกน้ำแข็ง เช่นเดียวกับการแช่แข็งผลลิ้นจี่ทั้งเปลือกด้วยการแช่แข็งแบบเร็วโดยวิธีการใช้ลมเย็นเป่า (air blast freezing) และไครโอเจนิกพบว่าความแน่นเนื้อหลังละลายน้ำแข็งของผลลิ้นจี่ที่แช่แข็งด้วยวิธีทั้งสองมีค่าไม่แตกต่างกัน และไม่ต่างจากผลสดก่อนแช่แข็ง (ศรีสุวรรณ , 2534)

สำหรับการรักษาสีแดงของเปลือกผลลิ้นจี่เมื่อสังเกตจากค่า L*, a* และ b* ของสีเปลือกพบว่าผลลิ้นจี่ชุดที่ผ่านการรักษาสีเปลือกทั้ง 3 กรรมวิธีมีค่าสีแดง (a*) ของเปลือกผลสูงที่สุด และทั้ง 3 กรรมวิธีมีค่า a* ไม่แตกต่างกับผลสดก่อนแช่แข็ง ขณะที่ผลชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการรักษาสีเปลือกมีค่าความสว่าง (L*) และค่าสีแดง (a*) ลดลง ส่วนผลลิ้นจี่ที่ผ่านการรักษาสีเปลือกผลมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีอย่างช้า ๆ เมื่อปล่อยไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยมีค่า L* และค่า a* ลดลง สำหรับผลลิ้นจี่ที่ผ่านการรักษาสีเปลือกด้วยกรรมวิธีที่ 2 มีค่า L* เพิ่มสูงขึ้น และมีค่า a* หลังละลายน้ำแข็งมากกว่าผลลิ้นจี่สดก่อนแช่แข็ง เนื่องมาจากการแช่ผลลิ้นจี่ในสารละลายผสมซึ่งมีค่าความเป็นกรดต่ำ มีค่า pH ประมาณ 2 เป็นเวลานาน 30 นาที มีผลทำให้โครงสร้างของแอนโทไซยานินอยู่ในสภาพที่มีสีแดงจึงมีค่า a* สูง เช่นเดียวกับงานทดลองของ Yang and Yang (1987) ซึ่งพบว่าน้ำบลูเบอร์รีเข้มข้นที่ปรับสภาพ pH เท่ากับ 3.0 มีค่า Hunter a สูงกว่าที่ปรับสภาพให้มี pH 3.4 และ 3.8 และ Meschter (1953) ก็พบเช่นเดียวกันคือน้ำบลูเบอร์รีเข้มข้นที่มี pH ต่ำกว่า 3.0 จะมีค่า Hunter a สูงกว่าที่มี pH สูง ซึ่งแสดงว่า pH ระดับนี้มีผลทำให้โครงสร้างของรงควัตถุแอนโทไซยานินมีความคงตัวมากขึ้นทั้งนี้จะสังเกตได้ว่าน้ำบลูเบอร์รีมีสีแดงเข้ม สำหรับในผลลิ้นจี่ สมโภชน์ (2528) รายงานว่าการแช่ผลลิ้นจี่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกเข้มข้น 250 – 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วยรักษาสีแดงของเปลือกผลลิ้นจี่ได้นานขึ้น นอกจากนี้ที่ระดับ pH ต่ำอาจมีผลทำเซลล์เปลือกผลลิ้นจี่เสียสภาพไปและเปลือกบางลงเนื่องจากฤทธิ์ของกรด (ภาคผนวกตาราง 34) รงควัตถุแอนโทไซยานินจึงถูกสกัดและรั่วไหลออกจากเซลล์และไหลออกมานอกผลลิ้นจี่เมื่อปล่อยไว้ที่อุณหภูมิห้องหลังละลายน้ำแข็ง สีแดงของเปลือกจึงซีดลงและมีความสว่างมากขึ้น และเมื่อทำการวัดปริมาณรงควัตถุแอนโทไซยานินและปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในเปลือกผลลิ้นจี่ทั้งพันธุ์ฮงฮวยและกิมเจงพบว่าผลลิ้นจี่ที่ผ่านการรักษาสีเปลือกด้วยกรรมวิธีที่ 2 และ 3 มีค่าสูงกว่ากรรมวิธีที่ 1 และชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่าใกล้เคียงกับผลสดมากที่สุด เช่นเดียวกับการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านสีเปลือก ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนสีเปลือกของผลลิ้นจี่ที่ผ่านการรักษาสีเปลือกสูงกว่าชุดควบคุมและให้คะแนนไม่ต่างกับผลลิ้นจี่สดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยเฉพาะผลที่รักษาสีเปลือกด้วยกรรมวิธีที่ 2 และ 3 และจากการประเมินการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลิ้นจี่หลังละลายน้ำแข็งก็ให้ผลเช่นเดียวกันคือ ผลลิ้นจี่ที่ผ่าน

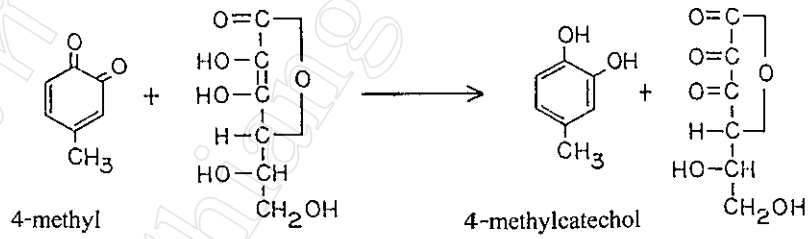
การรักษาสีเปลือกด้วยกรรมวิธีที่ 2 และ 3 มีอัตราการเกิดสีน้ำตาลช้ากว่าชุดควบคุมในผลลิ้นจี่ทั้ง 2 พันธุ์

คุณภาพด้านรสชาติของผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยและกิมเจงชุดที่ผ่านการรักษาสีเปลือกทั้ง 3 กรรมวิธีมีคุณภาพไม่แตกต่างกับผลสดก่อนแช่แข็งและชุดควบคุมมากนักโดยมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ใกล้เคียงกับผลลิ้นจี่สด ผลลิ้นจี่พันธุ์กิมเจงมีค่า TA ใกล้เคียงกันในทุกกรรมวิธีขณะที่พันธุ์ฮงฮวยกลับมีค่าลดลงเล็กน้อย การเพิ่มขึ้นของปริมาณ TA อาจเนื่องมาจากกรดซิตริก 10 เปอร์เซ็นต์ที่ใช้อาจซึมเข้าไปในผล ซึ่งสัณห์ (2538) ให้เหตุผลว่าอาจเนื่องมากจากการได้รับกรดในระดับความเข้มข้นสูงและระยะเวลาแช่นานเกินไป ทำให้กรดบางส่วนซึมผ่านรอยแตกขนาดเล็กบริเวณเปลือกหรือซึมเข้าทางขั้วผล ทำให้มีปริมาณกรดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้มีรายงานว่าปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ในชิ้นมะละกอแช่แข็ง และเก็บรักษาไว้ที่ – 18 องศาเซลเซียส นาน 30 วัน มีปริมาณเพิ่มขึ้นระหว่างเก็บรักษาเนื่องมาจากการทำงานของเอนไซม์ (Cano *et al.*, 1995) และเมื่อเปรียบเทียบกับการประเมินทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติพบว่าผลลิ้นจี่ชุดที่ผ่านการรักษาสีเปลือกด้วยกรรมวิธีที่ 2 และ 3 ทั้ง 2 พันธุ์มีคะแนนสูงที่สุดโดยเฉพาะในพันธุ์ฮงฮวยมีค่าแตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่ากรรมวิธีที่ใช้ในการรักษาสีเปลือกช่วยรักษาคุณภาพของผลลิ้นจี่แช่แข็งได้ดีกว่าชุดควบคุม

สารละลายผสมที่ใช้ในการรักษาสีเปลือกประกอบด้วยกรดซิตริก น้ำตาลซูโครส และกรดแอสคอร์บิกหรือวิตามินซี ซึ่งสารเหล่านี้มีผลช่วยรักษาคุณภาพของผลลิ้นจี่แช่แข็งไว้ได้ เนื่องจากเอนไซม์กลุ่ม phenolase จะมี copper เป็นองค์ประกอบโดยทำหน้าที่เป็นหมู่ prosthetic ซึ่งเป็น cofactor ช่วยในการทำงานของเอนไซม์ การให้สารกลุ่มคีเลต (chelating agent) มีผลทำให้เอนไซม์ทำงานได้ช้าลงและช่วยชะลอการเกิดน้ำตาลได้ เอนไซม์ phenloase จะทำงานได้ดีที่ pH 6.0 – 7.0 ดังนั้นการลด pH ลงให้ต่ำถึง 3.0 ทำให้เอนไซม์ถูกยับยั้งการทำงานได้ จากผลการทดลองพบว่าผลลิ้นจี่ชุดที่ผ่านการรักษาสีเปลือกทั้ง 3 กรรมวิธีมีแอคติวิตีของเอนไซม์ POD และ PPO ต่ำกว่าชุดควบคุมโดยเฉพาะกรรมวิธีที่ 2 และ 3 สามารถทำให้แอคติวิตีของเอนไซม์ในเปลือกผลลิ้นจี่ลดลงมากที่สุด เช่นเดียวกับการหาแอคติวิตีของเอนไซม์ PPO ในเปลือกผลลิ้นจี่พันธุ์ Mauritiusในสภาพที่มี pH ต่ำกว่า 4.2 แอคติวิตีของเอนไซม์จะมีค่าต่ำมาก (Yue – Ming *et al.*, 1997) กรดซิตริกมีคุณสมบัติ 2 อย่างคือ ลดระดับ pH และเป็นตัวคีเลตต่อ copper ในเอนไซม์ นอกจากนี้ยังป้องกันและชะลอกระบวนการ autooxidation ของกรดแอสคอร์บิก และนอกจากกรดซิตริกแล้ว ยังมีการใช้กรดชนิดอื่นช่วยรักษาสีในผลลิ้นจี่ เช่น กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) และกรดไฮโดรคลอริก (HCI) เป็นต้น เมื่อนำผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยและโอวเฮียะจุ่มในสารละลายกรดซัลฟูริกและกรดไฮโดรคลอริกก่อนและหลัง

เก็บรักษาที่ 5.5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ระดับ pH ที่ต่ำและเวลาในการจุ่มที่นานจะช่วยป้องกันการเกิดสีน้ำตาลได้ดีกว่า (Ketsa and Leelawatana, 1992) นอกจากนี้การลดระดับ pH ของน้ำแอปเปิ้ลลงมาที่ 2.0, 2.25 และ 2.5 ตามลำดับ ยังผลยับยั้งแอคติวิตีของเอนไซม์ PPO ได้ 98, 63 และ 34 เปอร์เซ็นต์จากเริ่มต้นตามลำดับ (Zemel *et al.*, 1990)

เนื่องจากการที่สารประกอบฟีนอลในผลไม้ทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ PPO แล้วได้เป็นสารพวก *o* – diphenol ซึ่งจะถูก oxidize เป็น *o* – quinone การเติมกรดแอสคอร์บิกจะช่วยเป็นตัวรีดิวซ์ป้องกันการสะสมหรือการเกิดกระบวนการสร้างสารที่ซับซ้อนของ *o* – quinone โดยจะไปรีดิวซ์ *o* – quinone ให้กลับไปเป็น *o* – phenol ทันทีที่ถูกสร้างขึ้นดังนั้นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในผลไม้จึงไม่เกิดขึ้น นอกจากนี้กรดแอสคอร์บิกจะเป็นตัวขจัดออกซิเจนด้วย (Langdon, 1987) ดังตัวอย่างของปฏิกิริยาในภาพ 67



ภาพ 67 ปฏิกิริยาการรีดิวซ์ *o* – quinone ให้กลับไปเป็น *o* – phenol โดยกรดแอสคอร์บิกเพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาล (ปราณี, 2535)

นอกจากนี้ยังมีรายงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้กรดแอสคอร์บิกในป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์อื่น เช่นการใส่กรดแอสคอร์บิกเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ลงในน้ำแอปเปิ้ลเข้มข้นที่บรรจุในถุงไนลอนหรือ LDPE และเก็บรักษาไว้ที่ –16.3 องศาเซลเซียส นาน 2 สัปดาห์ 1 เดือน และ 3 เดือน

โดยจุ่มน้ำแอปเปิ้ลที่มีสภาพเป็นน้ำแข็งในสารละลายกรดแอสคอร์บิกเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ ก่อนที่จะละลายน้ำแข็ง พบว่าหลังละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิห้องนาน 6 ชั่วโมง สามารถป้องกันการเปลี่ยนแปลงสีได้นาน 4 ชั่วโมง สำหรับน้ำแอปเปิ้ลที่เก็บรักษานาน 1 เดือน และ 2 ชั่วโมง สำหรับน้ำแอปเปิ้ลที่เก็บรักษานาน 3 เดือน (Pardede *et al.*, 1994) ซึ่งจากผลการทดลองก็พบว่าการเก็บผลลิ้นจี่แช่แข็งไว้นานๆ จะเร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกเป็นสีน้ำตาลได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ได้มีการศึกษาการใช้กรดแอสคอร์บิกในผักและผลไม้บางชนิด ซึ่งจากการใช้กรดแอสคอร์บิกในช่วงความเข้มข้น 2 - 170 ไมโครโมลลาร์ เพื่อยับยั้งแอคติวิตีของ POD พบว่าในผลกีวีใช้กรดแอสคอร์บิกพียง 2 ไมโครโมลลาร์ก็สามารถยับยั้งแอคติวิตีได้ ส่วนถั่ว (green bean) ต้องใช้ปริมาณความเข้มข้นสูงถึง 170 ไมโครโมลลาร์จึงจะยับยั้งได้ และเมื่อเติมกรดแอสคอร์บิกเพิ่มขึ้นจะสามารถชะลอแอคติวิตีของเอนไซม์ได้นานขึ้น (Préstamo and Manzano, 1993)

ในการทดลองนี้ใช้น้ำตาลเป็นส่วนผสมของสารละลายรักษาสีเปลือกผลลิ้นจี่ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าสามารถรักษาสีแดงและชะลอการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลิ้นจี่แช่แข็งได้ คาดว่าน้ำตาลอาจมีหน้าที่เป็นตัวป้องกันไม่ใช้ก๊าซออกซิเจนแพร่เข้าไปทำปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอลและเอนไซม์ PPO เป็นผลทำให้การลดการเกิดสีน้ำตาลลง นอกจากนี้ยังมีผลดีต่อรสชาติและเนื้อสัมผัสของผลไม้แช่แข็ง (สงวนศรี, 2536) ได้มีการแช่แข็งผลสตรอเบอร์รีแบบ IQF ในสภาพที่มีน้ำตาล 10, 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เก็บรักษาที่ –15 องศาเซลเซียส นาน 3 ปี พบว่าน้ำตาลสามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลได้ รักษาสภาพของแอนโทไซยานิน (Wrolstad *et al.*, 1990)

ดังนั้นการใช้สารผสมที่มีกรดซิตริก 10 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลซูโครส 10 เปอร์เซ็นต์และกรดแอสคอร์บิก 1 เปอร์เซ็นต์ในการรักษาสีเปลือกผลลิ้นจี่จึงเป็นการช่วยรักษาคุณภาพของผลลิ้นจี่แช่แข็งได้ดีโดยเฉพาะสีแดงของเปลือกผล ปริมาณรงควัตถุแอนโทไซยานินและคุณภาพด้านประสาทสัมผัส รวมทั้งช่วยลดแอคติวิตีของเอนไซม์ POD และ PPO ในเปลือกผลลิ้นจี่ลงได้

การทดลองที่ 3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีของผลลิ้นจี่แช่แข็งในระหว่างการเก็บรักษา

คุณภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลลิ้นจี่แช่แข็งพันธุ์ฮงฮวย กวางเจา จักรพรรดิ์และกิมเจงจะลดลงเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น โดยผลลิ้นจี่ชุดที่ผ่านการรักษาสีเปลือกผลจะมีคุณภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสดีกว่าชุดควบคุมหรือชุดที่ไม่ได้ผ่านการรักษาสีเปลือกผล นอกจากนี้ยังพบว่าผลลิ้นจี่พันธุ์กิมเจงสามารถเก็บรักษาได้นานโดยมีคุณภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสดีที่สุด ทั้งนี้เมื่อพิจารณาคุณภาพด้านสีเปลือกของผลลิ้นจี่แช่แข็งจะพบว่าผลลิ้นจี่ชุดที่

ผ่านการรักษาสีเปลือกมีค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*)ของสีเปลือกเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยและมีค่าสูงกว่าชุดควบคุมตลอดการเก็บรักษา ขณะที่ผลลิ้นจี่ชุดควบคุมมีค่าสี L* , a* และ b* ลดลงในระหว่างการเก็บรักษาซึ่งเช่นเดียวกับการเก็บรักษาผลลิ้นจี่สดไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก็พบว่าเมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้น ค่าสี L*, a* และ b* กลับมีค่าลดลง แสดงว่าผลลิ้นจี่มีสีคล้ำลง มีสีแดงและสีเหลืองลดลง (Huang *et al.,* 1990) และเมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณรงควัตถุแอนโทไซ-ยานินในเปลือกผลลิ้นจี่แช่แข็งในระหว่างการเก็บรักษาพบว่าปริมาณรงควัตถุแอนโทไซ-ยานินในเปลือกผลลิ้นจี่ชุดที่ผ่านการรักษาสีเปลือกมีค่าสูงกว่าชุดควบคุมตลอดการเก็บรักษา ดังนั้นผลลิ้นจี่จึงมีสีแดงมากกว่าชุดควบคุมเนื่องจากการนำผลลิ้นจี่ไปผ่านกรรมวิธีรักษาสีด้วยการแช่ในสารละลายผสมของกรดซิตริก 10 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลซูโครส 10 เปอร์เซ็นต์ และกรดแอสคอร์บิก 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถรักษาสีแดงของเปลือกผลลิ้นจี่และรักษาสภาพของแอนโทไซยานินในเปลือกผลไว้ได้ดี แต่อย่างไรก็ตามแม้จะผ่านการรักษาสีเปลือกก่อนการแช่แข็งผลลิ้นจี่ก็สามารถเกิดสีน้ำตาลขึ้นได้เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลานาน ซึ่งจากการทดลองพบว่าผลลิ้นจี่แช่แข็งทั้ง 4 พันธุ์ในระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ – 22 องศาเซลเซียสมีปริมาณรงควัตถุแอนโทไซยานินลดลงในช่วงแรกของการเก็บรักษาพร้อมกับการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผลเพิ่มขึ้น หลังจากนั้นในช่วงท้ายของการเก็บรักษาปริมาณรงควัตถุแอนโทไซยานินกลับมีค่าสูงกว่าในช่วงแรกซึ่งจากงานทดลองของ Underhill and Critchley (1993b) ก็ได้ผลเช่นเดียวกันคือเมื่อนำผลลิ้นจี่หลังเก็บเกี่ยวมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องพบว่าใน 24 ชั่วโมงแรกปริมาณรงควัตถุแอนโทไซยานินในเปลือกผลมีค่าลดลงพร้อมกับการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผลเพิ่มมากขึ้น และเมื่อเปลือกเกิดสีน้ำตาลทั่วทั้งผลปริมาณรงควัตถุแอนโทไซยานินก็ยังคงมีเหลืออยู่ในปริมาณมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณเริ่มต้น ปริมาณรงควัตถุแอนโทไซยานินที่มีมากในช่วงท้ายของการเก็บรักษาอาจเกิดจากเซลล์ของเปลือกผลลิ้นจี่ถูกทำลายหรือเสื่อมสภาพไปในระหว่างการเก็บรักษาซึ่งมีผลทำให้สามารถสกัดปริมาณรงควัตถุแอนโทไซยานินในเปลือกผลได้มากขึ้นในระยะเวลาการสกัดที่เท่ากันเมื่อเทียบกับเปลือกที่อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ โดยเฉพาะผลลิ้นจี่ชุดที่ผ่านการรักษาสีเปลือกจะมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงกว่าชุดควบคุม ซึ่งสันนิษฐานว่าอาจเกิดจากเซลล์เปลือกถูกทำลายจากสารละลายกรดที่ให้เพื่อรักษาสีเปลือกโดยพบว่าผลลิ้นจี่แช่แข็งพันธุ์ฮงฮวยและกิมเจงหลังจากเก็บรักษานาน 6 เดือน ชุดที่ผ่านการรักษาสีเปลือกมีความหนาของเปลือกน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และมีน้ำหนักเปลือกต่อพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตรน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน (ภาคผนวกตาราง 34) จึงอาจเป็นสาเหตุให้เมื่อวิเคราะห์หาปริมาณรงควัตถุแอนโทไซยานินในหน่วยมิลลิกรัมต่อน้ำหนักสด 100

กรัมของเปลือก จึงได้ค่าสูงกว่าชุดควบคุมเพราะน้ำหนักเปลือกที่ใช้ได้มาจากพื้นที่เปลือกที่ใช้สกัดต่างกัน

สำหรับการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลิ้นจี่อาจไม่ได้เกิดจากการสลายตัวของรงควัตถุแอน-โทไซยานินโดยมีเอนไซม์ PPO เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เพราะแม้ผลลิ้นจี่จะเกิดสีน้ำตาลทั้งผลแต่ปริมาณรงควัตถุแอนโทไซยานินก็ยังคงมีปริมาณสูง ซึ่ง Underhill and Critchley (1993b) กล่าวว่าการเกิดสีน้ำตาลพบในชั้น epidermis และใน exocarp แต่ไม่พบในชั้น mesocarp ซึ่งเป็นชั้นที่มีการสะสมของแอนโทไซยานิน ดังนั้นในการเกิดสีน้ำตาลแอนโทไซยานินอาจไม่ใช่สารประกอบสำคัญแต่อาจเป็นสารประกอบฟีนอลตัวอื่นที่มีเอนไซม์ PPO เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาหรืออาจเกิดจากเอนไซม์ตัวอื่น ๆ เช่น POD และ ascorbic acid oxidase เป็นต้น โดยกระบวนการ oxidation ของกรด-แอสคอร์บิกสามารถชักนำให้เกิดการสลายตัวของแอนโทไซยานินได้ ซึ่งกลไกการชักนำดังกล่าวยังไม่ทราบชัดเจนแต่พบว่ามีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เกิดขึ้นจากกระบวนการสลายตัวของกรดแอสคอร์บิก พร้อมกับการสลายตัวของแอนโทไซยานิน (Jurd, 1972) โมเลกุลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นสามารถเร่งให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยเอนไซม์ POD

จากผลการทดลองพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในเปลือกผลลิ้นจี่ลดลงในช่วงแรกของการเก็บรักษาและมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อยในช่วงท้ายของการเก็บรักษา การลดลงดังกล่าวเกิดขึ้นพร้อมกับการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผลลิ้นจี่ซึ่งน่าจะเกิดจากสารประกอบฟีนอลถูกใช้เป็นสับสเตรทของเอนไซม์ที่ทำให้เกิดสีน้ำตาล ซึ่งเมื่อเวลาเก็บรักษาผ่านไปปริมาณสารประกอบฟีนอลกลับมีปริมาณสูงแม้สีเปลือกของผลลิ้นจี่จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลทั้งผลก็ตาม อาจเป็นไปได้ว่าในการเกิดสีน้ำตาลปริมาณสารประกอบฟีนอลที่เข้าทำปฏิกิริยาต้องมีเพียงพอระดับหนึ่ง โดยสารประกอบฟีนอลจะเข้าทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วกับ *o* – quinone ที่เกิดขึ้นได้เป็นสารประกอบใหม่ที่มีค่า molar extinction coefficients สูงกว่า *o* – quinone มากหรือบางครั้งสูงกว่ากระบวนการสร้างสารประกอบเชิงซ้อนของ *o* – quinone มาก (ปราณี, 2535) แอคติวิตีของเอนไซม์ POD มีค่าเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาโดยเฉพาะผลลิ้นจี่ชุดควบคุม ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีแอคติวิตีอยู่ในระดับสูงกว่าชุดที่ผ่านการรักษาสีเปลือกตลอดระยะการเก็บรักษา โดยผลลิ้นจี่พันธุ์กวางเจามีแอคติวิตีสูงที่สุดตลอดระยะเวลาเก็บรักษา รองลงมาคือ พันธุ์ฮงฮวย กิมเจง และจักรพรรดิ์ Huang *et al.* (1990) พบว่าแอคติวิตีของเอนไซม์ POD ขณะเก็บเกี่ยวมีค่าต่ำ แต่จะเพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุดในช่วง 15 วันแรกของการเก็บรักษาผลลิ้นจี่ จากผลการทดลองที่ศึกษาครั้งนี้ได้ผลสอดคล้องกับงานทดลองของ Cano *et al.* (1995) ที่ศึกษาแอคติวิตีของเอนไซม์ POD ในชิ้นมะละกอแช่แข็งที่เก็บรักษาไว้ที่

อุณหภูมิ – 18 องศาเซลเซียสนาน 30 วัน พบว่าแอคติวิตีของเอนไซม์ POD มีค่าคงที่ในวันแรกของการเก็บรักษา หลังจากนั้นจึงมีแอคติวิตีเพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 30 ของการเก็บรักษา

แอคติวิตีของเอนไซม์ PPO จะเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาโดยผลลิ้นจี่ทั้ง 4 พันธุ์ในชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการรักษาสีเปลือกมีแอคติวิตีสูงกว่าชุดที่ผ่านการรักษาสีเปลือกตลอดระยะเวลาเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากการใช้สารผสมของกรดซิตริก น้ำตาลซูโครส และกรดแอสคอร์บิกแช่ผลลิ้นจี่เพื่อรักษาสีแดงของเปลือกผลก่อนแช่แข็งนั้นสามารถลดหรือยับยั้งแอคติวิตีของเอนไซม์ PPO ได้โดยในสภาพ pH ต่ำจะไปขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ และคุณสมบัติการเป็นตัวคีเลตของกรดซิตริกและการเป็นตัวรีดิวซ์ของกรดแอสคอร์บิกรวมทั้งคุณสมบัติป้องกันออกซิเจนของน้ำตาลซูโครสมีผลทำให้แอคติวิตีของเอนไซม์ PPO ลดลง (ปราณี, 2535 และสงวนศรี, 2536) ดังรายงานของ Zauberman *et al.* (1990) ซึ่งพบว่าเมื่อนำผลลิ้นจี่จุ่มในสารละลายของกรดไฮโดรคลอริกที่มี pH ต่ำแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ผลลิ้นจี่มีสีแดงทั้งผลตลอดระยะเวลาเก็บรักษาและไม่พบการเกิดสีน้ำตาลเกิดขึ้นที่เปลือกผลแสดงว่าที่ระดับ pH ต่ำมีผลไปรบกวนการทำงานของเอนไซม์ และมีรายงานว่าการใช้อนุพันธ์ของกรดแอสคอร์บิกคือ ascorbic – 2 – phosphate กับชิ้นแอปเปิ้ลสามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลอันเนื่องมาจากการทำงานของเอนไซม์ได้ดี (Saper *et al.*, 1989) ซึ่ง Hsu *et al.* (1988) อธิบายไว้ว่าการใช้กรดแอสคอร์บิกเพื่อยับยั้งแอคติวิตีของเอนไซม์ PPO นั้นกรดแอสคอร์บิกจะไปรีดิวซ์ Cu^{2+} ที่อยู่ในโครงสร้างของเอนไซม์ PPO ได้เป็น Cu^{+} ดังนั้นจึงมีผลไปลดแอคติวิตีของเอนไซม์ PPO ลงได้ จากการทดลองนี้เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างชุดที่ผ่านการรักษาสีเปลือก ผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยมีแอคติวิตีของ PPO เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องชัดเจนกว่าพันธุ์อื่น ๆ เช่นเดียวกับที่ Coseteng and Lee (1987) ศึกษาแอคติวิตีของเอนไซม์ PPO ในผลแอปเปิ้ลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส พบว่าผลแอปเปิ้ลต่างพันธุ์กันจะมีแอคติวิตีของเอนไซม์ที่ต่างกันด้วย เมื่อเก็บรักษาผลลิ้นจี่แช่แข็งไว้นานขึ้นแอคติวิตีของเอนไซม์ PPO ทั้งชุดควบคุมและชุดที่ผ่านการรักษาสีเปลือกจะเพิ่มขึ้นพร้อมกับเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกผลเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับรายงานของ Huang *et al.* (1990)

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษาผลลิ้นจี่ที่อุณหภูมิ – 22 องศาเซลเซียสมีผลต่อคุณภาพการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผลลิ้นจี่ โดยผู้ทดสอบให้คะแนนประเมินทางด้านประสาทสัมผัสลดลง เมื่อเก็บรักษานานขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากเกิดการเปลี่ยนแปลงภายในผลลิ้นจี่แช่แข็งอย่างช้า ๆ และจะเกิดมากขณะละลายน้ำแข็งซึ่งเป็นผลมาจากการเสื่อมสภาพของรงควัตถุแอนโทไซยานิน ปริมาณ TSS , TA และการทำงานของเอนไซม์ที่ทำให้เกิดสีน้ำตาล เช่น PPO และ POD เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบการการเกิดกลิ่นรสผิดปกติในผลไม้แช่แข็งมักเกิด

จากการทำงานของเอนไซม์ POD เป็นสำคัญ (Robinson *et al.*, 1991) สำหรับคุณภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลลิ้นจี่แช่แข็งทั้ง 4 พันธุ์นั้นมีผลทำให้ผลลิ้นจี่เก็บรักษาได้นานแตกต่างกัน โดยผลลิ้นจี่ชุดควบคุมหรือชุดที่ไม่ผ่านการรักษาสีเปลือกพันธุ์ฮงฮวยและกวางเจาไม่สามารถเก็บรักษาได้ เพราะจะมีสีน้ำตาลเกิดขึ้นและคุณภาพทางกายภาพและเคมีรวมถึงการยอมรับของผู้ทดสอบชิมต่ำ ส่วนพันธุ์จักรพรรดิ์สามารถเก็บรักษาได้นาน 2 เดือนคุณภาพจึงไม่เป็นที่ยอมรับ ส่วนพันธุ์กิมเจงสามารถเก็บรักษาได้ตลอด 6 เดือนเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิมแต่มีคุณภาพต่ำกว่าชุดที่ผ่านการรักษาสีเปลือก ส่วนผลลิ้นจี่ชุดที่ผ่านการรักษาสีเปลือกทั้ง 4 พันธุ์มีคุณภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิมตลอดทั้ง 6 เดือนที่เก็บรักษา โดยมีบางเดือนที่อาจมีคุณภาพต่ำทั้งนี้เนื่องจากความแปรปรวนของตัวอย่างผลลิ้นจี่ และอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือการสูญเสียความชื้นในระหว่างการเก็บรักษาทำให้ผลลิ้นจี่แช่แข็งมีคุณภาพด้อยลง ด้วยสาเหตุดังกล่าวศรีสุวรรณ (2534) กล่าวว่าการปิดเปิดห้องแช่แข็งจนทำให้อุณหภูมิของห้องแช่แข็งไม่คงที่ จะเกิด freeze – thaw – refreeze cycle ซึ่งเป็นกระบวนการเกิดการละลายและสร้างผลึกน้ำแข็งใหม่ในผลลิ้นจี่จึงส่งผลให้ผลลิ้นจี่มีคุณภาพด้อยลง นอกจากนี้ผลจากอุณหภูมิของห้องแช่แข็งที่ไม่คงที่ประกอบกับภาชนะบรรจุผลลิ้นจี่แช่แข็งที่ใช้ไม่แนบสนิทกับผลลิ้นจี่ การสูญเสียความชื้นของผลลิ้นจี่จะเกิดขึ้นตลอดเวลาในระหว่างเก็บรักษา โดยจะเกิดผลึกน้ำแข็งเป็นเกล็ดเล็ก ๆ เกาะอยู่ในภาชนะบรรจุ ซึ่งจากการทดลองในครั้งนี้พบว่ามีเกล็ดน้ำแข็งเกิดในถุงพลาสติก PE ที่ใช้บรรจุผลลิ้นจี่แช่แข็งในระหว่างเก็บรักษาเช่นกันและพบว่าเปลือกผลลิ้นจี่โดยเฉพาะพันธุ์ฮงฮวยและกวางเจามีการแตก แห้งกรอบเกิดขึ้นในระหว่างเก็บรักษา แสดงว่าผลลิ้นจี่มีการสูญเสียความชื้นเกิดขึ้นจึงส่งผลให้มีคุณภาพด้อยลง ซึ่ง Venning *et al.* (1989) ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพอของเนื้อผลกีวีแช่แข็งพบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อผลกีวีแช่แข็ง โดยการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ – 25 องศาเซลเซียสนาน 54 สัปดาห์ไม่พบการเกลี่ยนแปลงสี ในขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ – 18 และ – 9 องศาเซลเซียสมีการเปลี่ยนแปลงสีเกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้การเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้นจะมีผลต่อคุณภาพของผลไม้แช่แข็งโดย Fúster *et al.* (1994) พบว่าการเก็บรักษาชิ้นกีวีแช่แข็งที่บรรจุในถุง PE ไว้ที่อุณหภูมิ – 18 องศาเซลเซียสมีการรั่วไหลของของเหลวออกจากเนื้อเยื่อ (drip loss) เพิ่มขึ้นหลังจากเก็บรักษาไว้นาน 5 เดือน

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบคุณภาพและการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคต่อผลลิ้นจี่แช่แข็งทั้ง 4 พันธุ์รวมทั้งสภาพสีเปลือกและลักษณะภายนอกที่ศึกษา พบว่าผลลิ้นจี่พันธุ์กิมเจงมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคสูงที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา รองลงมาคือจักรพรรดิ์ กวางเจาและฮงฮวย ตามลำดับ โดยชุดที่ผ่านการรักษาสีเปลือกมีคุณภาพและการยอมรับโดยรวมดีกว่าชุดที่ไม่ผ่านการรักษาสีเปลือก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University