บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันที่เตรียม 4 ชนิด และสารเคลือบผิวทางการค้า 2 ชนิด ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ทางสรีรวิทยา และทางเคมีของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 31 วัน

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ทางสรีรวิทยา และทางเคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันที่เตรียมเอง 4 ชนิด ได้แก่ สารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 100% PE ที่มีส่วนผสมหลักคือ พอลิเอทิลีนแวกซ์ สารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 75% PE และ 60% PE ที่มีส่วนผสมหลักคือ พอลิเอทิลีนและแคนเดลิลลาแวกซ์ในอัตราส่วน 75:25 และ 60:40 และสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 0% PE ที่มีส่วนผสมหลักคือ แคนเดลิลลาแวกซ์ และสารเคลือบผิวทางการค้า 2 ชนิด ได้แก่ CITROSOL-AK ที่มีส่วนผสมหลักคือ คาร์นูบาร์แวกซ์และเรซิน และ ZIVDAR ที่มีส่วนผสมหลักคือ พอลิ-เอทิลีนแวกซ์และเชลแล็ก ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 31 วัน โดยใช้ผลส้มที่เก็บเกี่ยวในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2549 ได้ผลการทดลองดังนี้

4.1.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

ก. การเปลี่ยนแปลง ค่า L*, chroma และ hue angle

ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ เมื่อวัดสีเป็นค่า L*, chroma และ hue angle พบว่าเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาในวันที่ 1 ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีค่า L* ของสีเปลือกเท่ากับ 55.99 และผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 100% PE, 75% PE, 60% PE และ 0% PE และสารเคลือบผิวทางการค้า CITROSOL-AK และ ZIVDAR มีค่า L* เท่ากับ 55.09, 54.39, 55.69, 55.93, 56.73 และ 55.96 ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 16 วัน ค่า L* เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีค่า L* เท่ากับ 63.31 และผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบดังกล่าวข้างต้นมีค่า L* เท่ากับ 58.72, 57.28, 58.20, 59.61, 59.03 และ 59.79 ตามลำดับ (ภาพ 4.1 และตารางภาคผนวก 1)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาในวันที่ 1 ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีค่า chroma ของสีเปลือกเท่ากับ 44.10 และผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 100% PE, 75% PE, 60% PE และ 0% PE และสารเคลือบผิวทางการค้า CITROSOL-AK และ ZIVDAR มีค่า chroma เท่ากับ 43.49, 42.51, 42.62, 43.01, 44.67 และ 44.11 ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 16 วัน ค่า chroma เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีค่า chroma เท่ากับ 52.29 และผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวดังกล่าวข้างต้นมีค่า chroma เท่ากับ 45.98, 45.75, 45.93, 48.73, 48.26 และ 47.32 ตามลำดับ (ภาพ 4.2 และตารางภาคผนวก 2)

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาในวันที่ 1 ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีค่า hue angle ของสีเปลือกเท่ากับ 95.53 และผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบไมโครอิมัลชัน 100% PE, 75% PE, 60% PE และ 0% PE และสารเคลือบผิวทางการค้า CITROSOL-AK และ ZIVDAR มีค่า hue angle เท่ากับ 95.06, 97.49, 94.29, 94.55, 93.21 และ 94.60 ตามลำดับ เปลือกของผลส้มเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษามีค่า hue angle อยู่ในช่วง 93.21-97.49 แสดงว่าสีเปลือกของผลส้มมีสีเขียวอมเหลือง ภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 16 วัน ค่า hue angle ลดลงอย่างต่อเนื่อง ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีค่า hue angle เท่ากับ 85.11 และผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวดังกล่าวข้างต้น มีค่า hue angle เท่ากับ 93.15, 94.15, 93.58, 88.12, 88.93 และ 89.74 ตามลำดับ (ภาพ 4.3 และตารางภาคผนวก 3) เปลือกของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 100% PE, 75% PE และ 60% PE มีค่า hue angle อยู่ในช่วง 93.15-94.15 แสดงว่าสีเปลือกของผลส้มมีสีเขียวอมเหลืองใกล้เคียงกับเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษา แต่ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวและผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันของ 0% PE และสารเคลือบผิว CITROSOL-AK และ ZIVDAR มีค่า hue angle อยู่ในช่วง 86.41-88.93 แสดงว่าสีเปลือกของผลส้มเปลี่ยนเป็นสีส้มอมเหลือง (ภาพภาคผนวก 1)

เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นสีเปลือกของผลส้มมีสีส้มเข้มขึ้นสอดคล้องกับค่า chroma ที่เพิ่มขึ้นและค่า hue angle ที่ลดลง ผลส้มที่เคลือบผิวทุกการทดลองมีค่า L*, chroma และ hue angle แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว สีเปลือกของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ เมื่อเปรียบเทียบกับผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว แสดงว่าสารเคลือบผิวที่ใช้ในการทดลองทุกชนิดสามารถชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และ/หรือชะลอการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ของสีเปลือกผลส้มได้ โดยสารเคลือบผิวแต่ละชนิดชะลอการเปลี่ยนสีเปลือกของผลส้มได้ไม่เท่ากัน สีเปลือกของผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวเปลี่ยนจากสีเขียวอมเหลืองเป็นสีส้มอมเหลืองภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 11 วัน มีค่า hue angle เท่ากับ 89.00 ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

0% PE หรือแคนเดลิลลาแวกซ์ และสารเคลือบผิวทางการค้า CITROSOL-AK (คาร์นูบาร์แวกซ์ผสมกับเรซิน) และ ZIVDAR (พอลิเอทิลีนแวกซ์ผสมกับเชลแล็ก) ภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 16 วัน มีค่า hue angle เท่ากับ 88.12, 88.93 และ 89.74 ตามลำดับ และผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 100% PE หรือพอลิเอทิลีนแวกซ์ 75% PE และ 60% PE หรือพอลิเอทิลีนผสมกับแคนเดลิลลาแวกซ์ ภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 21 วัน มีค่า hue angle เท่ากับ 89.40, 89.97 และ 90.82 ตามลำดับ

ผลส้มเขียวหวานที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Stafresh 310 ความเข้มข้นต่างๆ แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 วัน พบว่าค่า L* และ chroma ของเปลือกผลส้มเพิ่มขึ้น และค่า hue angle ลดลง ผลส้มมีสีส้มเข้มขึ้นและสีเขียวจางลง โดยที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เกิดการขจัดสีเขียว ซึ่งทำให้ค่า L*, chroma และ hue angle เปลี่ยนแปลงรวดเร็วกว่าที่อุณหภูมิ 20 และ 15 องศาเซลเซียส (วิกันดา, 2541) ผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว carnauba 7.5%+ shellac 7.5%, carnauba 15%, shellac 15%, citrus shine 60%, ZIVDAR และ Johnson's wax และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง 21±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน สีเปลือกของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ค่า L*, chroma และ hue angle เปลี่ยนแปลงช้ากว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว (วงเดือน, 2546) การที่สีเปลือกของผลส้มมีค่า L* และ chroma เพิ่มขึ้น และค่า hue angle ลดลง เนื่องจากการเปลี่ยนสีของเปลือกผลส้มภายหลังการเก็บเกี่ยว โดยสีเขียวจะหายไปซึ่งเกิดจากการสลายตัวของสารสีคลอโรฟิลล์เป็นคลอโรรินหรือพอเพอริน (chlororin or purpurin) ซึ่งเป็นสารที่ไม่มีสี แล้วปรากฏสีเหลืองขึ้นมาแทน ทำให้เห็นสีของแคโรทีนอยด์ ซึ่งมีอยู่แล้วแต่ถูกสีเขียวของคลอโรฟิลล์บดบังไว้ พร้อมกับมีการสังเคราะห์สารแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้นด้วย(ดนัย, 2540; Gross, 1987)

อุณหภูมิมีผลต่อการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในเปลือกของผลส้ม โดยผลส้มพันธุ์ Shamouti ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกเร็วกว่าผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (Cohen *et. al.*, 1990) สารเคลือบผิวมีผลต่อการเปลี่ยนสีเปลือกของผลส้มเช่นกัน (Jahn, 1976) ตัวอย่างเช่น ผลส้มพันธุ์ Hamlin และ Dancy มีการพัฒนาสารสีแคโรทีนอยด์เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยในผลส้มที่เคลือบผิว เช่นเดียวกับการเคลือบผิวผลเกรฟฟรุ๊ตพันธุ์ Marsh ที่ชะลอการเปลี่ยนสีเปลือกได้ (Vakis, 1976) การที่สารเคลือบผิวสามารถจำกัดการผ่านเข้า-ออกของแก๊ส ทำให้ปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลส้มลดลงและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นนั้นจะชะลอกระบวนการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ได้ (Subramanyam *et. al.*, 1975)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวและผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทั้ง 6 ชนิด เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 16 วัน พบว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 10.92 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 100% PE, 75% PE, 60% PE และ 0% PE และสารเคลือบผิวทางการค้า CITROSOL-AK และ ZIVDAR ที่สูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 7.88, 5.66, 4.81, 3.19, 7.63 และ 6.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อกำหนดให้ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวดังกล่าวข้างต้นสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 72.17, 51.8, 44.01, 29.25, 69.90 และ 57.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงว่าสารเคลือบผิวทุกชนิดที่ใช้ในการทดลองสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักของผลส้มหลังการเก็บเกี่ยวได้

สารเคลือบผิวแต่ละชนิดที่ใช้ในการทดลองสามารถลดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลส้มได้ ไม่เท่ากันและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สารเคลือบผิวไมโคร-อิมัลชัน 0% PE หรือแคนเดลิลลาแวกซ์สามารถลดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักได้ดีที่สุด ในขณะที่สารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 100% PE หรือพอลิเอทิลีนแวกซ์ลดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลส้มได้น้อยที่สุด การผสมแคนเดลิลลาแวกซ์ลงในพอลิเอทิลีนแวกซ์สามารถลดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลส้มได้มากขึ้น โดยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE ที่มีแคนเด-ลิลลาแวกซ์อยู่ในส่วนผสม 40 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลส้มได้ดีกว่าสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 75% PE ที่มีแคนเดลิลลาแวกซ์อยู่ในส่วนผสม 25 เปอร์เซ็นต์ และสารเคลือบผิวทั้งสองชนิดสามารถลดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งได้ดีกว่าสารเคลือบผิวทางการค้า ZIVDAR (พอลิเอทิลีนแวกซ์ผสมกับเชลแล็ก) และ CITROSOL-AK (คาร์นูบาร์แวกซ์ผสมกับเรซิน) ผลส้มทุกการทดลองมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพ 4.4 และตารางภาคผนวก 4)

การสูญเสียน้ำของผลไม้เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้น้ำหนักของผลไม้ลดลง และยังทำให้เหี่ยวจนอาจขายไม่ได้ราคา (จริงแท้, 2541) ผลส้มพันธุ์ Valencia สูญเสียน้ำหนักมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ผลส้มเหี่ยวและเสียรูปทรง นอกจากนี้ยังทำให้เปลือกผลส้มบาง แข็ง ปอกยาก และวางจำหน่ายไม่ได้ทั้งๆ ที่คุณภาพภายในผลส้มยังเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก (Grierson and Wardowski, 1978; Wardowski *et. al.*, 1986) การใช้สารเคลือบผิวกับผลส้มมีวัตถุประสงค์เพื่อปิดรอยเปิดตามธรรมชาติต่างๆ รวมทั้งรอยแผลที่เกิดขึ้นหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อลดการสูญเสียน้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของผลส้ม แต่จะลดได้มากหรือน้อยนั้นยังขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารเคลือบผิวชนิดนั้นๆ ด้วย (ดนัยและนิธิยา, 2548; Kolattukudy, 2003)

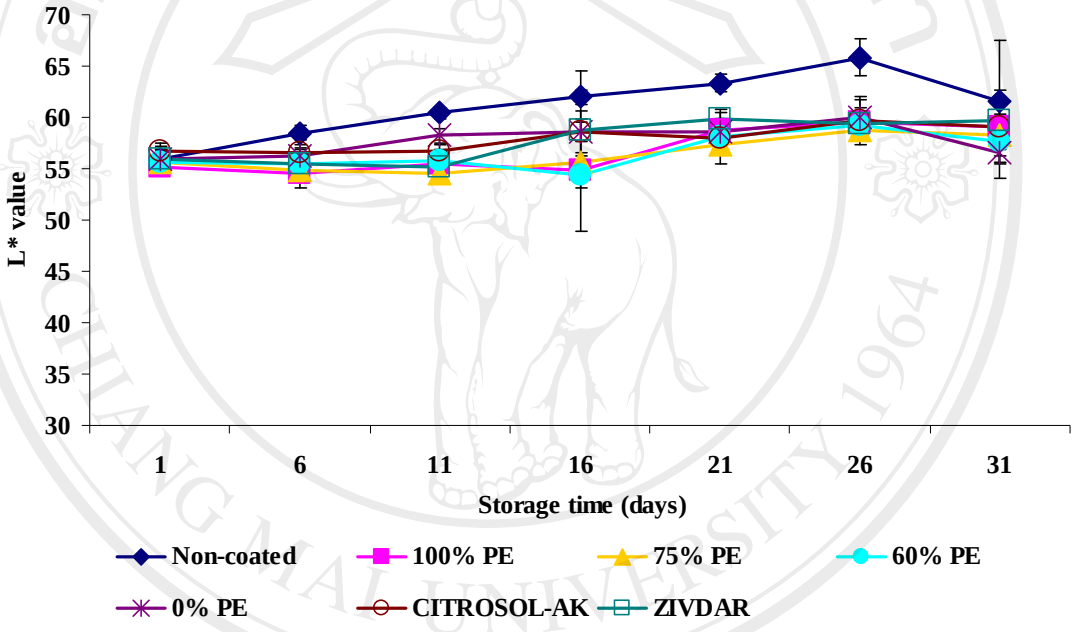
แวกซ์ที่เคลือบผิวผลไม้ตามธรรมชาติแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ แวกซ์ชนิดแข็งและแวกซ์ชนิดอ่อน ถ้าชั้นของคิวติเคิลประกอบด้วยแวกซ์ชนิดอ่อนมาก การสูญเสียน้ำจะน้อยลง (สายชล, 2528) สารเคลือบผิวที่มีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนประมาณ 40-50 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถลดการสูญเสียน้ำของผลไม้ได้ดี (Gassner *et. al.,* 1969) เนื่องจากการที่โมเลกุลของน้ำระเหยผ่านแผ่นฟิล์มของสารเคลือบผิวออกมาได้ต้องผ่านโมเลกุลของส่วนประกอบที่มีขั้ว ถ้าแวกซ์มีสารประกอบเอสเทอร์และไฮโดรคาร์บอนโซ่ยาวอยู่มาก แผ่นฟิล์มของสารเคลือบผิวจะมีความเป็นขั้วน้อย ทำให้น้ำซึมผ่านได้น้อย จึงสามารถลดการสูญเสียน้ำของผลไม้ได้ดี (Bonting and Pont, 1981)

ผลส้มพันธุ์ Valencia ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันของแคนเดลิลลาแวกซ์หรือพอลิเอทิลีนแวกซ์ แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พบว่าสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันของแคนเดลิลลาแวกซ์สามารถลดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลส้มได้ดีกว่าพอลิเอทิลีนแวกซ์ โดยผลส้มสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 25 และ 47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อกำหนดให้ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวสูญเสียน้ำหนัก 100 เปอร์เซ็นต์ (Hagenmaier and Baker, 1994a) และผลส้มพันธุ์ Valencia ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันของพอลิเอทิลีนผสมกับแคนเดลิลลาแวกซ์ และสารเคลือบผิวทางการค้า HIGLOSS ที่มีเชลแล็กเป็นส่วนผสมหลัก เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 0.25 และ 0.47 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ตามลำดับ (Hagenmaier, 2000)

การที่มีแวกซ์ผสมอยู่ในสารเคลือบผิวแต่ละชนิดมีผลต่อการลดการสูญเสียน้ำหนักผลส้ม โดยสามารถอธิบายได้จากสมบัติของแวกซ์ดังนี้ พอลิเอทิลีนแวกซ์เป็นแวกซ์ที่มีจุดหลอมเหลวสูงประมาณ 100-140 องศาเซลเซียส จึงเตรียมให้เป็นสารละลายไมโครอิมัลชันได้ยาก เมื่อนำไปเคลือบผิวผลส้มจะให้ความมันวาวสูง แต่การมีโครงสร้างสารเกาะตัวกันอย่างแน่นหนา ที่เรียกว่าแวกซ์ชนิดแข็ง ทำให้ลดการสูญเสียน้ำได้น้อย และยึดเกาะกับผิวของเปลือกผลส้มได้ไม่ดี จึงมักเกิดรอยแตกร้าวของสารเคลือบผิวขึ้นภายหลัง (Hagenmaier, 1998a) แคนเดลิลลาแวกซ์เป็นแวกซ์ที่มีจุดหลอมเหลวประมาณ 68-75 องศาเซลเซียส ประกอบด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนโซ่ยาวประมาณ 40-60 เปอร์เซ็นต์ เอสเทอร์ของกรดไขมันและแอลกอฮอล์โซ่ยาวประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ และสารประเภทเรซิน ประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ (SCOGS, 1981; Wolfmeier *et. al.,* 1996) ทำให้ในส่วนประกอบของแวกซ์มีส่วนที่ชอบไขมันอยู่มาก เมื่อนำไปเคลือบผิวสารเหล่านี้จะกลายเป็นชั้นไขมันบนผิวผลส้ม แคนเดลิลลาแวกซ์จึงสามารถลดการสูญเสียน้ำของผลส้มได้

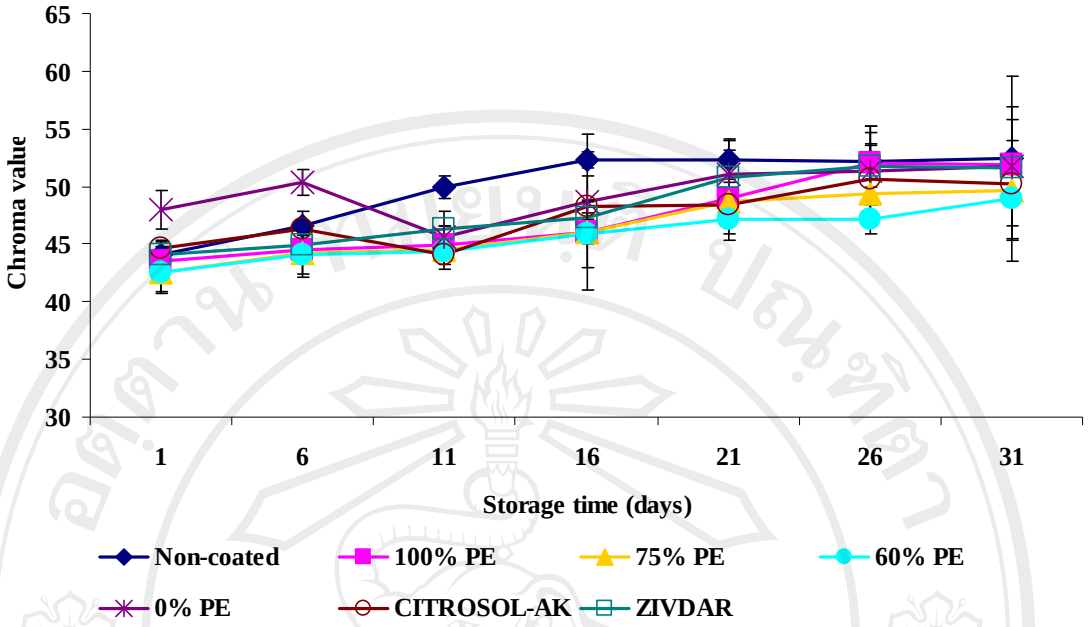
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดีกว่าพอลิเอทิลีนแวกซ์ นอกจากนี้การมีโครงสร้างของสารเกาะตัวกันไม่แน่นนัก ที่เรียกว่า แวกซ์ชนิดอ่อน (Kolattukudy, 2003) ทำให้แคนเดลิลลาแวกซ์สามารถลดการสูญเสียน้ำและยึดเกาะกับผิวของเปลือกผลส้มได้ดี แม้จะให้ความมันวาวได้ไม่ดีเท่ากับพอลิเอทิลีนแวกซ์ (Paredes-Lopez *et. al.*, 1974) การนำแคนเดลิลลาแวกซ์มาผสมกับพอลิเอทิลีนแวกซ์สามารถช่วยลดอุณหภูมิระหว่างผสมให้เป็นอิมัลชันลงได้ ทำให้เตรียมสารละลายไมโครอิมัลชันง่ายขึ้น ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักและเพิ่มการยึดเกาะระหว่างสารเคลือบผิวกับเปลือกผลส้มได้ดียิ่งขึ้น โดยไม่ทำให้ความมันวาวลดลง (Hagenmaier, 1998a)

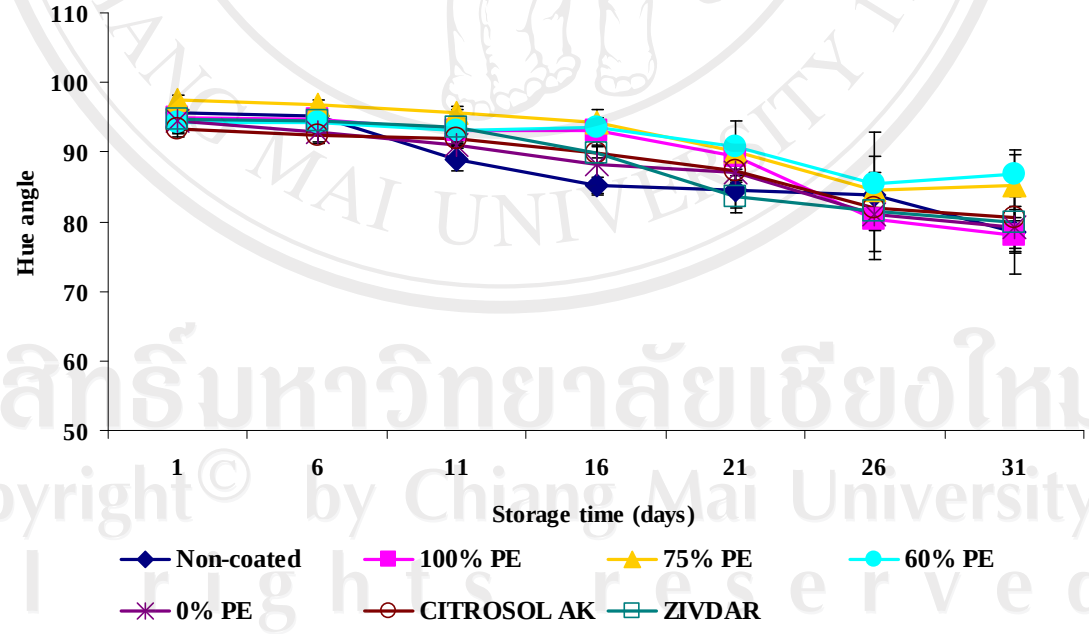


ภาพ 4.1 การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของสีเปลือกผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 31 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

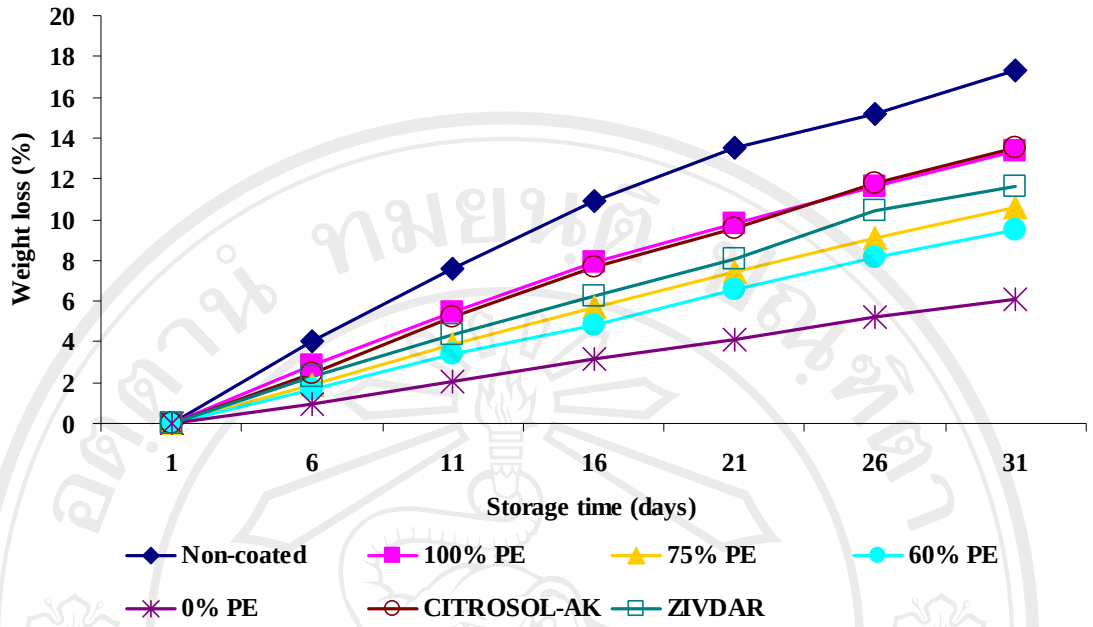


ภาพ 4.2 การเปลี่ยนแปลงค่า chroma ของสีเปลือกผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 31 วัน



ภาพ 4.3 การเปลี่ยนแปลงค่า hue angle ของสีเปลือกผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 31 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.4 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 31 วัน

4.1.2 การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา

ปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้ม

เมื่อเคลือบผิวผลส้มด้วยสารเคลือบผิวทั้ง 6 ชนิด แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาในวันที่ 1 ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลเท่ากับ 14.14 เปอร์เซ็นต์ และผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบไมโครอิมัลชัน 100% PE, 75% PE, 60% PE และ 0% PE และสารเคลือบผิวทางการค้า CITROSOL-AK และ ZIVDAR มีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลเท่ากับ 12.20, 11.23, 12.10, 10.69, 10.87 และ 10.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 16 วัน ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลเท่ากับ 14.08 เปอร์เซ็นต์ และผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบดังกล่าวข้างต้นมีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลเท่ากับ 9.13, 8.17, 8.52, 7.52, 6.25 และ 6.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้พบว่าปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวและผลส้มที่เคลือบผิวทุกการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

($p \leq 0.05$) ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลค่อนข้างคงที่ ในขณะที่ผลส้มที่เคลือบผิวทุกการทดลองมีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพ 4.5 และตารางภาคผนวก 5)

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาในวันที่ 1 ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลท่ากับ 5.11 เปอร์เซ็นต์ และผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบไมโครอิมัลชัน 100% PE, 75% PE, 60% PE และ 0% PE และสารเคลือบผิวทางการค้า CITROSOL-AK และ ZIVDAR มีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลเท่ากับ 5.13, 5.18, 5.11, 5.31, 5.56 และ 5.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 16 วัน ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลเท่ากับ 5.89 เปอร์เซ็นต์ และผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวดังกล่าวข้างต้นมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลเท่ากับ 6.43, 6.50, 6.47, 7.71, 8.43 และ 8.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้พบว่าปริมาณแก๊สคาร์บอนได-ออกไซด์ภายในผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวและผลส้มที่เคลือบผิวทุกการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผลส้มที่เคลือบผิวทุกการทดลองมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะที่ผลส้มที่ไม่เคลือบผิวมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจากวันเริ่มต้นทำการทดลอง (ภาพ 4.6 และตารางภาคผนวก 6)

ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลมากที่สุดและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุด การใช้สารเคลือบผิวทุกชนิดทำให้ผลส้มมีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลลดลงและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น โดยสารเคลือบผิวแต่ละชนิดทำให้ปริมาณแก๊สภายในผลส้มเปลี่ยนแปลงแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ พบว่าผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 100% PE หรือพอลิเอทิลีนแวกซ์มีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลส้มมากที่สุดและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุด ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 75% PE และ 60% PE หรือพอลิเอทิลีนผสมกับแคนเดลิลลาแวกซ์มีปริมาณแก๊สภายในผลส้มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีปริมาณแก๊สภายในผลใกล้เคียงกับผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 100% PE นอกจากนี้ยังพบว่าผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 100% PE, 75% PE และ 60% PE มีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลส้มสูงกว่าและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่าผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 0% PE หรือแคนเดลิลลาแวกซ์ และสารเคลือบผิวทางการค้า ZIVDAR (พอลิเอทิลีนแวกซ์ผสมกับเชลแล็ก) และ CITROSOL-AK (คาร์นูบาร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แวกซ์ผสมกับเรซิน) ซึ่งมีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลส้มน้อยที่สุดและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้สารเคลือบผิวทุกชนิดกับผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งทำให้ปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลส้มลดลงและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับผลการทดลองเคลือบผิวผลเกรฟฟรุ๊ต พันธุ์ Marsh ด้วยสารเคลือบ Brixtex และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน มีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลน้อยกว่าและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลมากกว่าผลเกรฟฟรุ๊ตที่ไม่ได้เคลือบผิว (Petracek *et. al*., 1998) การเคลือบผิวมีผลโดยตรงต่อการลดอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างบรรยากาศภายนอกกับภายในผลส้ม ทำให้ภายในผลส้มมีปริมาณแก๊สออกซิเจนลดลงเนื่องจากถูกใช้ไปในการหายใจ และมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สะสมมากขึ้น ถ้าภายในผลส้มมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สะสมอยู่มากเกินไปและมีแก๊สออกซิเจนไม่เพียงพอสำหรับการหายใจ จะทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนหรือการหมัก ซึ่งจะมีการสังเคราะห์แอซีทัลดีไฮด์และเอทานอลขึ้นภายในผลส้ม โดยสารเหล่านี้จะทำให้ผลส้มเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ การหมักที่เกิดขึ้นนั้นนอกจากจะสังเกตจากกลิ่นของแอลกอฮอล์ที่สะสมแล้ว ยังสังเกตได้จากอัตราการผลิตแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มสูงขึ้นเมื่อปริมาณแก๊สออกซิเจนลดต่ำลงมาก (จริงแท้, 2541; Cohen *et. al.*, 1990; Hagenmaier, 2000) การที่สารเคลือบผิวแต่ละชนิดมีสมบัติในการป้องกันการสูญเสียน้ำและควบคุมการผ่านเข้า-ออกของแก๊สได้ไม่เท่ากัน จึงจำเป็นต้องเลือกชนิดของสารเคลือบผิวและความเข้มข้นให้เหมาะสมกับผลไม้ด้วย (จริงแท้, 2541; Arthey, 1975)

ผลการทดลองครั้งนี้พบว่าสารเคลือบผิวแต่ละชนิดที่ใช้ในการทดลองมีผลต่อปริมาณแก๊สภายในผลและรสชาติของผลส้มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งเกิดจากสาเหตุดังนี้ 1) ลักษณะการปกคลุมบนเปลือกผลส้มของสารเคลือบผิวแต่ละชนิด 2) ชนิดของแวกซ์รวมถึงส่วนผสมอื่นๆ ที่อยู่ในสารเคลือบผิว และ 3) เทคนิคในการเตรียมสารเคลือบผิว ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวที่เตรียมด้วยเทคนิคไมโครอิมัลชัน ทำให้ภายในผลส้มมีปริมาณแก๊สออกซิเจนสูงและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ (Hagenmaier 2000; 2005) เนื่องจากสารเคลือบผิวที่อยู่ในรูปสารละลายไมโครอิมัลชัน ซึ่งเป็นการกระจายตัวของแวกซ์ในน้ำ เมื่อนำมาเคลือบผิวผลส้ม โครงสร้างของสารเคลือบผิวจะมีรูเล็กๆ เกิดขึ้น เนื่องจากอนุภาคหยดน้ำในอิมัลชันระเหยหายไปเมื่อผิวแห้ง จึงเป็นช่องทางให้แก๊สผ่านเข้า-ออกได้ (Prince, 1977; Hagenmaier and Baker, 1994a; Hagenmaier, 1998a) เมื่อเปรียบเทียบกับการเคลือบผิวผลส้มด้วยเชลแล็กหรือเรซินที่ลักษณะฟิล์มของสารเคลือบผิวจะปกคลุมทั่วบริเวณเปลือกผลส้มทำให้แก๊สผ่านเข้า-ออกได้น้อยมาก (Hagenmaier and Baker, 1995) ตัวอย่างเช่น ผลส้มพันธุ์ Valencia ที่เคลือบผิวด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันของพอลิเอทิลีนแวกซ์มีปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลใกล้เคียงกับผลที่ไม่ได้เคลือบผิว แต่ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวเชลแล็กหรือเรซิน มีปริมาณแก๊สออกซิเจนลดลงและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มมากขึ้น (Hagenmaier and Goodner, 2002)

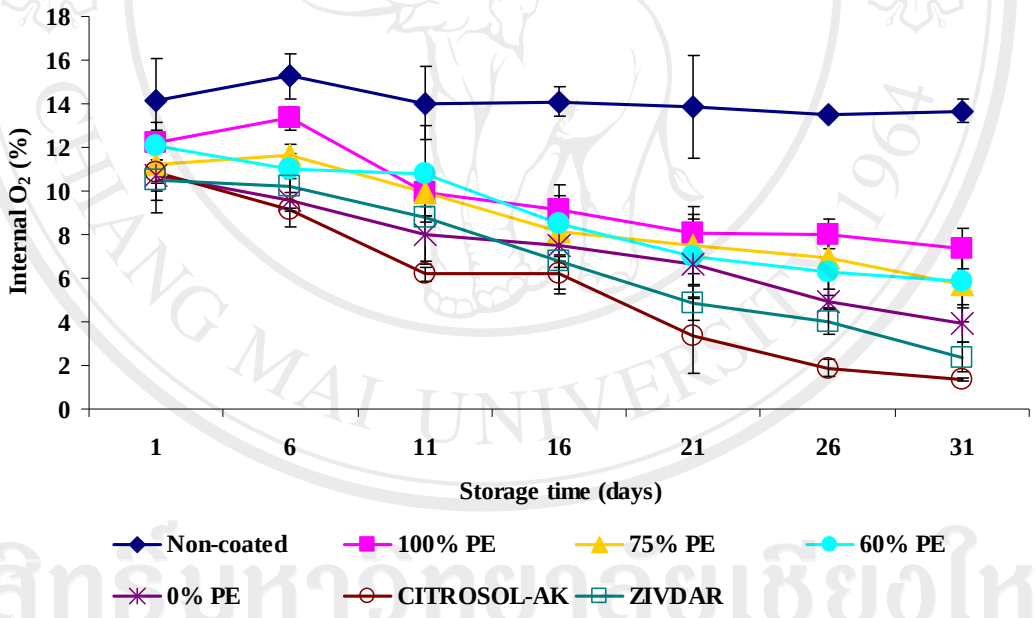
นอกจากลักษณะการปกคลุมบนเปลือกผลส้มแล้วชนิดของแวกซ์รวมถึงส่วนผสมอื่นๆ ที่อยู่ในสารเคลือบผิวก็มีผลต่อปริมาณแก๊สภายในผลส้มเช่นกัน (Hagenmaier, 2000; 2005) การยอมให้แก๊สผ่านเข้า-ออกได้ของสารเคลือบผิวสามารถวัดได้ด้วยค่า permeability (permeability value) ซึ่งค่านี้ชี้บ่งอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างภายในผลส้มกับสิ่งแวดล้อม (Hagenmaier and Baker, 1993) สารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันของพอลิเอทิลีนแวกซ์เมื่อนำมาเคลือบผิวผลส้มจะมีสมบัติในการยอมให้แก๊สผ่านเข้า-ออกได้ดี เนื่องจากมีค่า permeability สูง ทำให้ภายในผลส้มมีปริมาณแก๊สออกซิเจนสูงและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันของแคนเดลิลลาแวกซ์ที่ยอมให้แก๊สผ่านเข้า-ออกได้น้อยกว่า และมีค่า permeability ต่ำกว่าพอลิเอทิลีนแวกซ์ ทำให้ภายในผลส้มมีปริมาณแก๊สออกซิเจนต่ำและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูง ตัวอย่างเช่น ผลส้มพันธุ์ Valencia ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันของพอลิเอทิลีนหรือแคนเดลิลลาแวกซ์ แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน มีค่า CO_2 permeability เท่ากับ 0.24 และ 0.12 mol $m^{-2}s^{-1}Pa^{-1}$ มีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลเท่ากับ 9.0 และ 6.1 KPa และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 6.6 และ 8.5 KPa ตามลำดับ (Hagenmaier, 2005)

การผสมแคนเดลิลลาแวกซ์ลงในสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันของพอลิเอทิลีนแวกซ์ทำให้แก๊สผ่านเข้า-ออกได้น้อยลง เมื่อเปรียบเทียบกับการเคลือบผิวผลส้มด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันที่มีพอลิเอทิลีนแวกซ์ในส่วนผสมเพียงอย่างเดียว แต่ปริมาณแก๊สภายในผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทั้ง 2 ชนิด แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย และสามารถรักษาคุณภาพทางด้านรสชาติของผลส้มได้ใกล้เคียงกัน ตัวอย่างเช่น ผลส้มแมนดารินที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันของพอลิเอทิลีนแวกซ์หรือพอลิเอทิลีนผสมกับแคนเดลิลลาแวกซ์ แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน มีค่า O_2 permeability เท่ากับ 100 และ 54 $x10^{-16}$ mol m s^{-1} m^{-1} Pa^{-1} มีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลเท่ากับ 7.0 และ 10.4 KPa และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 5.7 และ 6.0 KPa ตามลำดับ (Hagenmaier, 2002)

การเคลือบผิวผลส้มด้วยเชลแล็กหรือเรซิน และสารเคลือบผิวที่มีเชลแล็กหรือเรซินเป็นส่วนผสม เช่น สารเคลือบผิวทางการค้า CITROSOL-AK และ ZIVDAR ซึ่งเป็นสารเคลือบผิวที่ยอมให้แก๊สผ่านเข้า-ออกได้น้อย จึงมักก่อให้เกิดภาวะขาดแก๊สออกซิเจนและสะสมแก๊ส

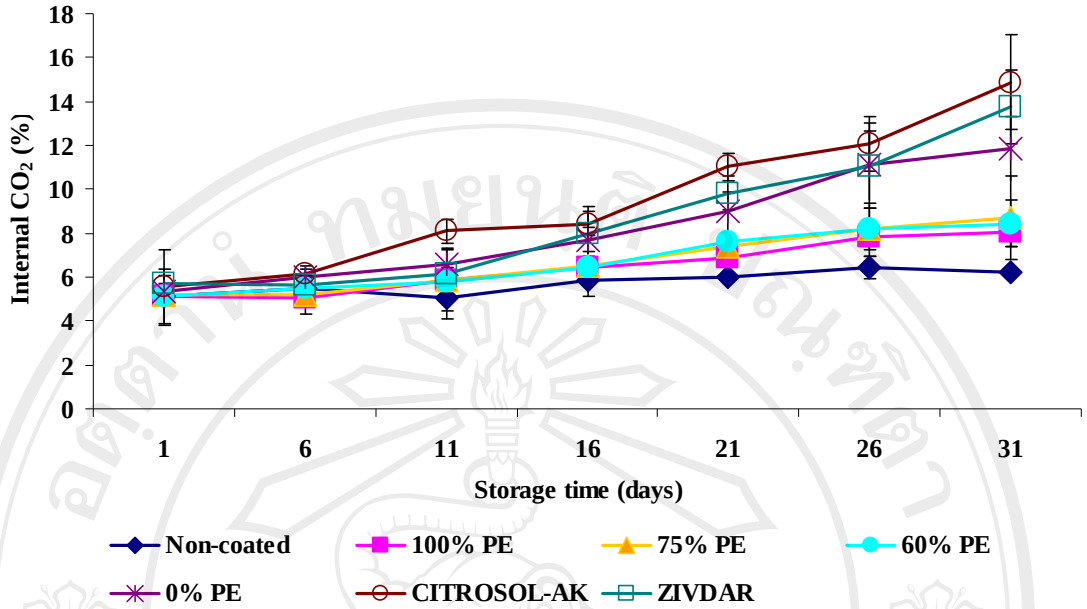
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้ม ทำให้ผลส้มเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ (Hagenmaier and Baker, 1995) ตัวอย่างเช่น ผลส้มพันธุ์ Valencia ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันของพอลิเอทิลีนแวกซ์ และสารเคลือบผิวทางการค้า 590HS (เชลแล็กและเรซิน) มีค่า CO_2 permeability เท่ากับ 0.24 และ 0.11 mmol $m^{-2}s^{-1}Pa^{-1}$ มีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลเท่ากับ 9.0 และ 0.2 KPa และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 6.6 และ 22.0 KPa ตามลำดับ (Hagenmaier, 2005) และผลส้มพันธุ์ Valencia ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันของพอลิเอทิลีนผสมกับแคนเดลิลลาแวกซ์ และสารเคลือบผิวทางการค้า HIGLOSS (เชลแล็กและเรซิน) แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9-16 วัน มีค่า O_2 permeability เท่ากับ $1.7x10^{-5}$ และ $0.07x10^{-5}$ mol $m\ s^{-1}\ m^{-1}\ Pa^{-1}$ มีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลเท่ากับ 8-11 และ 0.7-0.9 เปอร์เซ็นต์ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 5-7 และ 17-22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Hagenmaier, 2000)



ภาพ 4.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 31 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 31 วัน

4.1.3 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

ก. ปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้น

เมื่อเคลือบผิวผลส้มด้วยสารเคลือบผิวทั้ง 6 ชนิด แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาในวันที่ 1 ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นเท่ากับ 318.8 ppm และผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 100% PE, 75% PE, 60% PE และ 0% PE และสารเคลือบผิวทางการค้า CITROSOL-AK และ ZIVDAR มีปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นเท่ากับ 343.2, 334.3, 319.5, 338.7, 319.3 และ 308.6 ppm ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 16 วัน ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นเท่ากับ 678.0 ppm และผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบดังกล่าวข้างต้นมีปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นเท่ากับ 1076.5, 1281.4, 1345.9, 1975.6, 1732.4 และ 1577.4 ppm ตามลำดับ ทั้งนี้พบว่าปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นของผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวและผลส้มที่เคลือบผิวทุกการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผลส้มที่เคลือบผิวทุกการทดลองมีปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเก็บรักษา ในขณะที่ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยจากวันเริ่มต้นทำการทดลอง (ภาพ 4.7 และตารางภาคผนวก 7)

ผลส้มที่ไม่เคลือบผิวมีปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นน้อยที่สุด การใช้สารเคลือบผิวทุกชนิดกับผลส้มทำให้มีปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นเพิ่มขึ้น โดยสารเคลือบผิวแต่ละชนิดทำให้ปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นเพิ่มขึ้นไม่เท่ากัน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ พบว่าผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 100% PE หรือพอลิเอทิลีนแวกซ์มีปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE และ 75% PE หรือพอลิเอทิลีนผสมกับแคนเดลิลลาแวกซ์มีปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และมีปริมาณใกล้เคียงกับผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 100% PE และ ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 100% PE, 60% PE และ 75% PE มีปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นต่ำกว่าผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 0% PE หรือแคนเดลิลลาแวกซ์ และสารเคลือบผิวทางการค้า ZIVDAR (พอลิเอทิลีนแวกซ์ผสมกับเชลแล็ก) และ CITROSOL-AK (คาร์นูบาร์แวกซ์ผสมกับเรซิน)

ปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้ม เมื่อ plot กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นกับปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE (ภาพ 4.8) พบว่ามีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง $R^2=0.97$ โดยปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นแปรผกผันกับปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลส้ม ปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลส้มลดลง และเมื่อ plot กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นและปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE (ภาพ 4.9) พบว่ามีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง $R^2=0.95$ โดยปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นแปรผันตรงกับปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้ม ซึ่งปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้มเพิ่มขึ้น ผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งเริ่มเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ เมื่อมีปริมาณเอทานอลใน น้ำส้มคั้นประมาณ 1,500-1,600 ppm และมีปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้มประมาณ 7-8 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยบอกถึงคุณภาพด้านรสชาติของผลส้ม และมีความสัมพันธ์กับปริมาณแก๊สภายในผลส้ม (Hagenmaier, 2000) สารเคลือบผิวมีผลต่อการจำกัดการผ่านเข้า-ออกระหว่างภายในผลส้มกับสิ่งแวดล้อมภายนอก ถ้าภายในผลส้มมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สะสมอยู่มากเกินไป และมีแก๊สออกซิเจนภายในผลส้มลดลงจนไม่เพียงพอสำหรับการหายใจจะเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนหรือการหมัก ซึ่งในกระบวนการนี้จะมีการสังเคราะห์แอซีทัลดีไฮด์และเอทานอลขึ้นภายในผลส้ม ซึ่งสารเหล่านี้จะทำให้ผลส้มมีกลิ่นและรสชาติผิดปกติ (จริงแท้, 2541; Cohen *et. al.,* 1990; Hagenmaier, 2000)

ปริมาณเอทานอลที่เพิ่มขึ้นในน้ำส้มคั้นที่ทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติของผลส้มแต่ละพันธุ์แตกต่างกัน เช่น ผลส้มพันธุ์ Murcott เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติเมื่อมีปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นมากกว่า 1,900 ppm (Cohen *et. al.,* 1990) ในผลส้มพันธุ์ Valencia มากกว่า 1,500-2,000 ppm (Admad and Khan, 1987; Kader, 1985) ในผลส้มแมนดาริน ผลส้มพันธุ์ Valencia และผลเกรฟฟรุ๊ตพันธุ์ Marsh เท่ากับ 1,500 ppm (Hagenmaier 2002) ผลการทดลองในครั้งนี้พบว่าผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งเกิดรสชาติผิดปกติ เมื่อมีปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นมากกว่าหรือเท่ากับ 1,500-1,600 ppm

ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 0% PE และสารเคลือบผิว CITROSOL-AK ภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 11 วัน มีปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นเท่ากับ 1,453.66 และ 1,582.93 ppm ตามลำดับ ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR ภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 16 วัน มีปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นเท่ากับ 1,577.36 ppm และผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 100% PE, 75% PE และ 60% PE ภายหลังการเก็บรักษาผลส้มไว้เป็นเวลา 21 วัน มีปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นเท่ากับ 1,544.65, 1,649.55 และ 1,694.43 ppm ตามลำดับ

การใช้สารเคลือบผิวแต่ละชนิดกับผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งมีผลต่อปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นและรสชาติของผลส้มแตกต่างกัน ซึ่งเกิดจากชนิดของแวกซ์และส่วนผสมอื่นๆ ที่อยู่ในสารเคลือบผิว ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้แก๊สผ่านเข้า-ออกระหว่างภายในผลส้มกับสิ่งแวดล้อมภายนอกได้ไม่เท่ากัน ทำให้ผลส้มมีปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นเพิ่มขึ้นแตกต่างกัน (Hagenmaier, 2000; 2005)

การผสมแคนเดลิลลาแวกซ์ลงในสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันของพอลิเอทิลีนแวกซ์ทำให้ปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการเคลือบผิวผลส้มด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันที่มีพอลิเอทิลีนแวกซ์ในส่วนผสมเพียงอย่างเดียว ตัวอย่างเช่น ผลส้มแมนดารินที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันของพอลิเอทิลีนแวกซ์หรือพอลิเอทิลีนผสมกับแคนเดลิลลาแวกซ์ แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน มีปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลใกล้เคียงกัน จึงมีผลต่อการสังเคราะห์เอทานอลในน้ำส้มคั้นในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน โดยมีปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นเท่ากับ 434

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และ 769 ppm และได้คะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติไม่แตกต่างกัน คือ 9.2 และ 8.9 คะแนน ตามลำดับ จึงสามารถรักษาคุณภาพของผลส้มได้ดีเท่ากัน (Hagenmaier, 2002)

การเคลือบผิวผลส้มด้วยเชลแล็กหรือเรซิน และสารเคลือบผิวที่มีเชลแล็กหรือเรซินเป็นส่วนผสม ซึ่งเป็นสารเคลือบผิวที่ยอมให้แก๊สผ่านเข้า-ออกได้น้อย จึงมักก่อให้เกิดภาวะขาดแก๊สออกซิเจนภายในผลส้ม ส่งผลให้ผลส้มเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ (Hagenmaier and Baker, 1995) ตัวอย่างเช่น ผลส้มแมนดารินที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวที่ใช้ในทางการค้า 590HS (เชลแล็กและเรซิน) มีปริมาณเอทานอลเพิ่มขึ้นสูงมากและคะแนนด้านรสชาติต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันของพอลิเอทิลีนแวกซ์และพอลิเอทิลีนผสมกับแคนเดลิลลาแวกซ์ (Hagenmaier, 2002)

ข. ปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้ม

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาในวันที่ 1 เปลือกของผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีปริมาณความชื้นเท่ากับ 76.77 เปอร์เซ็นต์ และผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 100% PE, 75% PE, 60% PE และ 0% PE และสารเคลือบผิวทางการค้า CITROSOL-AK และ ZIVDAR มีปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้มเท่ากับ 77.25, 77.46, 78.77, 78.39, 77.47 และ 77.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 16 วัน ที่อุณหภูมิ 25±2 องศา-เซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเปลือกของผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีปริมาณความชื้นเท่ากับ 70.70 เปอร์เซ็นต์ และเปลือกของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวดังกล่าวข้างต้นมีปริมาณความชื้นเท่ากับ 72.91, 74.88, 75.63, 75.75, 72.66 และ 74.49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การใช้สารเคลือบผิวทุกชนิดสามารถรักษาปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้มได้ และเปลือกของผลส้มในทุกการทดลองมีปริมาณความชื้นลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพ 4.10 และตารางภาคผนวก 8)

ปริมาณความชื้นเปลือกมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลส้ม เมื่อ plot กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นเปลือกกับเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE (ภาพ 4.11) พบว่ามีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง $R^2=0.98$ โดยปริมาณความชื้นเปลือกแปรผกผันกับเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลส้ม ปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้มลดลงเมื่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลส้มเพิ่มขึ้น เพราะการสูญเสียน้ำหนักมีสาเหตุมาจากการสูญเสียปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้ม ซึ่งส่งผลให้เปลือกของผลส้ม มีลักษณะเหี่ยวหรือหดตัว (จริงแท้, 2541) การเคลือบผิวผลส้มสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำของผลส้มได้ (ดนัยและนิธิยา, 2548;

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Kolattukudy, 1976) ทำให้สามารถรักษาปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้มไว้ได้ (จริงแท้, 2541) นอกจากนี้การเก็บรักษาผลส้มในสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง 84-95 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการแห้งของเปลือกผลส้มลงได้ (Ben-Yehoshua *et. al.*, 1985) การทดลองครั้งนี้ได้เก็บรักษาผลส้มไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เปลือกของผลส้มสูญเสียความชื้นอย่างช้าๆ แม้จะเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงก็ตาม

ค. ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาในวันที่ 1 ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวและผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 100% PE, 75% PE, 60% PE และ 0% PE และสารเคลือบผิวทางการค้า CITROSOL-AK และ ZIVDAR มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 0.82, 0.76, 0.86, 0.83, 0.91, 0.78 และ 0.86 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 16 วัน ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ลดลงอย่างช้าๆ เหลือ 0.75, 0.57, 0.75, 0.60, 0.78, 0.59 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ภาพ 4.12 และตารางภาคผนวก 9) เช่นเดียวกับผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว carnauba 7.5%+ shellac 7.5%, carnauba 15%, shellac 15%, citrus shine 60%, ZIVDAR และ Johnson's wax และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง 21±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างกันอยู่ในช่วง 0.84-0.68 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณลดลงในระหว่างการเก็บรักษา (วงเดือน, 2546)

สารเคลือบผิวไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และอัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (Kader, 1985) ผลส้มแต่ละพันธุ์มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้แตกต่างกัน เมื่อนำผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง ฟรีมองต์ และสีทอง ที่ผ่านการเคลือบผิวแล้วมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน พบว่าผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งและฟรีมองต์ มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ใกล้เคียงกันและมากกว่าผลส้มพันธุ์สีทอง ซึ่งมีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 0.75, 0.80 และ 0.51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มทุกพันธุ์ลดลงอย่างช้าๆ ระหว่างการเก็บรักษา (วรวลัญช์และคณะ, 2549) การที่ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มลดลง เนื่องจากกรดถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ หรือกรดถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาล หรือใช้เป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยาต่างๆ (จริงแท้, 2541)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ง. ค่าพีเอช

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาในวันที่ 1 ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวและผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 100% PE, 75% PE, 60% PE และ 0% PE และสารเคลือบผิวทางการค้า CITROSOL-AK และ ZIVDAR มีค่าพีเอชเท่ากับ 3.58, 3.49, 3.71, 3.49, 3.56, 3.50 และ 3.55 ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 16 วัน ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ ผลส้มมีค่าพีเอชเท่ากับ 3.49, 3.73, 3.54, 3.79, 3.68, 3.73 และ 3.50 ตามลำดับ และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ภาพ 4.13 และตารางภาคผนวก 10) ผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง ฟรีมองต์ และสีทอง ที่ผ่านการเคลือบผิว เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน มีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ และค่าพีเอชของผลส้มแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ เช่น ผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง ฟรีมองต์ และสีทอง มีค่าพีเอชเท่ากับ 3.78, 3.40 และ 4.41 ตามลำดับ และค่าพีเอชที่เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับการลดลงของปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (วรวลัญช์และคณะ, 2549)

จ. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาในวันที่ 1 ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวและผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 100% PE, 75% PE, 60% PE และ 0% PE และสารเคลือบผิวทางการค้า CITROSOL-AK และ ZIVDAR มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 11.10, 11.23, 11.90, 10.97, 10.93, 10.83 และ 11.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 16 วัน ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ ผลส้มมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 11.70, 11.93, 11.03, 10.93, 11.50, 12.03 และ 11.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในระหว่างการเก็บรักษา (ภาพ 4.14 และตารางภาคผนวก 11) เช่นเดียวกับผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง และที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกันอยู่ในช่วง 8.80-13.07 เปอร์เซ็นต์ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา (ศรายุทธ์และพิชญา, 2545) ผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง ฟรีมองต์ และสีทอง ที่ผ่านการเคลือบผิว เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้น และแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ ผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากกว่าผลส้มพันธุ์ฟรีมองต์และสีทองเท่ากับ 11.75, 10.80 และ 10.51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (วรวลัญช์และคณะ, 2549) เนื่องจากผลส้มเป็นผลไม้ประเภท non-climacteric fruit

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มีการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาทางเคมีภายหลังการเก็บเกี่ยวเพียงเล็กน้อย การที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น อาจเนื่องจากมีการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาทำให้ความเข้มข้นของน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้นได้ (จริงแท้, 2541)

จ. อัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาในวันที่ 1 ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวและผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 100% PE, 75% PE, 60% PE และ 0% PE และสารเคลือบผิวทางการค้า CITROSOL-AK และ ZIVDAR มีอัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA) เท่ากับ 13.08, 12.40, 13.20, 12.71, 11.79, 13.48 และ 12.58 ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 16 วัน ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ ผลส้มมีอัตราส่วนของ TSS/TA เพิ่มขึ้นเป็น 15.88, 21.16, 14.88, 18.21, 14.97, 20.08 และ 15.15 ตามลำดับ และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ภาพ 4.15 และตารางภาคผนวก 12) เช่นเดียวกับผลส้มเขียวหวานที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Stafresh 310 ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 วัน พบว่าระดับความเข้มข้นที่ใช้ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของ TSS/TA โดยอัตราส่วนของ TSS/TA เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น (วิกันดา, 2541)

ทั้งปริมาณน้ำตาลและกรดอินทรีย์ในผลส้มเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดรสชาติของผลส้ม ผลการทดลองที่ได้มีอัตราส่วนของ TSS/TA ค่อนข้างสูงแสดงว่าผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งมีปริมาณกรดน้อย และมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ค่อนข้างสูง จึงทำให้ผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งมีรสหวานมากกว่าพันธุ์อื่น ผลส้มพันธุ์ Valencia ที่มีรสชาติดีต้องมีปริมาณน้ำตาลและกรดอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสม โดยอัตราส่วนของ TSS/TA ควรอยู่ระหว่าง 10-12 จึงถือได้ว่ามีรสชาติและคุณภาพเป็นที่ยอมรับ (Baldwin, 1993)

ช. ปริมาณวิตามินซี

ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีการไทเทรชัน

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาในวันที่ 1 ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวและผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 100% PE, 75% PE, 60% PE และ 0% PE และสารเคลือบผิวทางการค้า CITROSOL-AK และ ZIVDAR มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 22.99, 20.98, 22.68, 21.89, 21.85, 21.98 และ 22.08 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำส้มคั้น ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 16 วัน ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ ผลส้มมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 20.29, 18.17, 19.83, 20.65, 20.68, 21.65 และ 20.14 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำส้มคั้น ตามลำดับ ปริมาณวิตามินซีของผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวและผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทั้ง 6 ชนิดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และมีปริมาณลดลงเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น (ภาพ 4.16 และตารางภาคผนวก 13)

ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC

เมื่อนำน้ำส้มคั้นในตัวอย่างเดียวกับที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีโดยวิธีไทเทรชันมาวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาในวันที่ 1 ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวและผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 100% PE, 75% PE, 60% PE และ 0% PE และสารเคลือบผิวทางการค้า CITROSOL-AK และ ZIVDAR มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 24.81, 22.98, 24.26, 24.69, 23.73, 24.16 และ 24.41 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำส้มคั้น ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 16 วัน ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณวิตามินซีของผลส้มลดลงอย่างช้าๆ เหลือ 21.86, 19.79, 20.99, 21.14, 21.10, 22.39 และ 21.26 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำส้มคั้น ตามลำดับ ปริมาณวิตามินซีของ ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวและผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทั้ง 6 ชนิดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ภาพ 4.17 และตารางภาคผนวก 14)

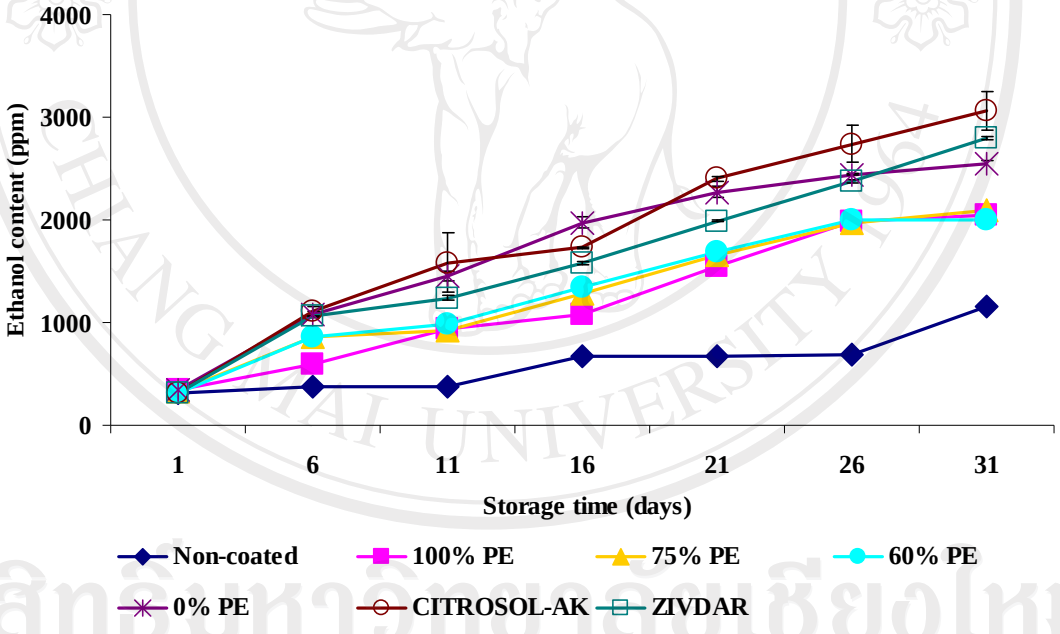
ผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว carnauba 7.5%+ shellac 7.5%, carnauba 15%, shellac 15%, citrus shine 60%, ZIVDAR และ Johnson's wax และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง 21±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน มีปริมาณวิตามินซีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (วงเดือน, 2546) ผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งฟรีมองต์ และสีทอง ที่ผ่านการเคลือบผิว เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน มีปริมาณวิตามินซีลดลงอย่างช้าๆ เมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น และผลส้มแต่ละสายพันธุ์มีปริมาณวิตามินซีแตกต่างกันไป ผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งมีปริมาณวิตามินซีมากกว่าผลส้มพันธุ์ฟรีมองต์และสีทอง ซึ่งมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 21.65, 19.80 และ 17.51 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำส้มคั้น ตามลำดับ (วรวลัญช์และคณะ, 2549)

ปริมาณวิตามินซีที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC ได้ค่ามากกว่าปริมาณวิตามินซีที่วิเคราะห์ด้วยวิธีไทเทรชันประมาณ 5-9 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับรายงานของ Silva (2005) ที่รายงานว่าปริมาณวิตามินซีที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC ได้ค่ามากกว่าการวิเคราะห์ด้วยวิธีไทรเทรชัน เนื่องจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีไทเทรชันจะวิเคราะห์ได้เฉพาะปริมาณวิตามินซีที่อยู่ในรูปกรดแอสคอร์บิกเท่านั้น แต่ไม่สามารถวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีที่อยู่ในรูป dehydroascorbic acid ได้ ซึ่ง dehydroascorbic acid เกิดจากการออกซิไดส์กรดแอสคอร์บิกไปอยู่ในรูป monohydro-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

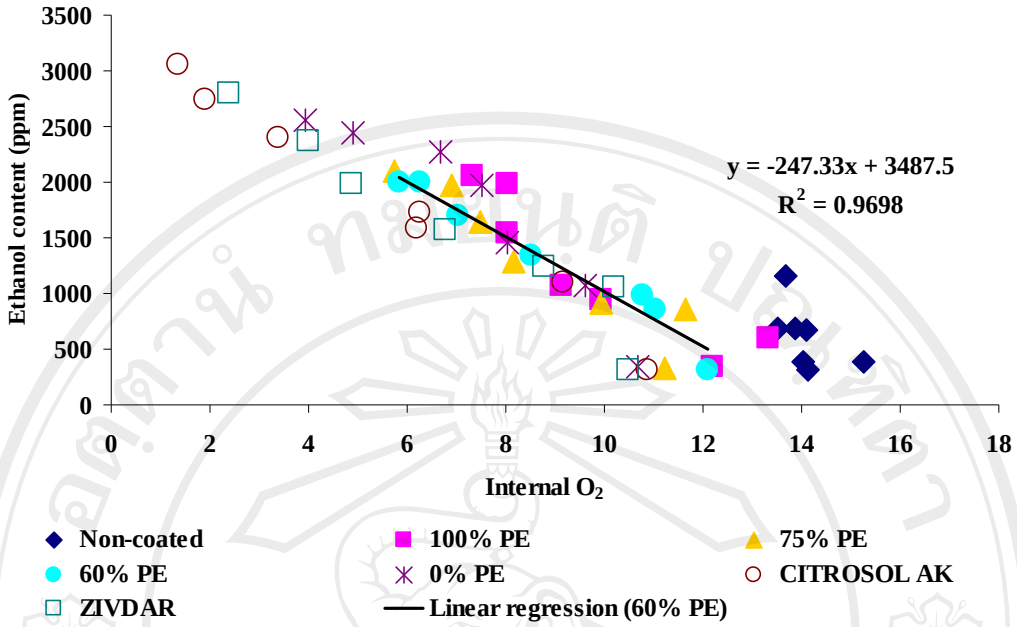
ascorbic acid ซึ่งเป็นรูปที่ไม่เสถียรและถูกเปลี่ยนต่อเป็นรูป dehydroascorbic acid และอาจถูกออกซิไดส์ต่อไปเป็น 2,3 deketogulonic acid ซึ่งไม่มีสมบัติของวิตามินซี (จริงแท้, 2541)

วิตามินซีในผลส้มซึ่งจะลดลงเรื่อยๆ ภายหลังการเก็บเกี่ยว โดยสภาพแวดล้อมระหว่างการเก็บรักษามีอิทธิพลอย่างมากต่อการสลายตัวของวิตามินซี ตัวอย่างเช่น การเก็บรักษาผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่อุณหภูมิสูงสูญเสียวิตามินซีเพิ่มมากขึ้น (ศรายุทธ์และพิชญา, 2545) นอกจากนี้การสูญเสียน้ำออกจากผลส้มทำให้สูญเสียวิตามินซีมากขึ้นเช่นกัน ดังนั้นการให้ความชื้นกับผลส้มระหว่างการเก็บรักษานอกจากจะช่วยรักษาความสดไว้แล้ว ยังช่วยรักษาคุณค่าทางโภชนาการของผลส้มไว้ด้วย (สายชล, 2528; จริงแท้, 2541; Sinclair, 1984) ปริมาณวิตามินซีในน้ำคั้นของผลส้มออเรนจ์มีประมาณ 40-70 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำส้มคั้น และในผลส้มแทนเจอรีนมีประมาณ 20-50 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำส้มคั้น. (Sinclair, 1984)

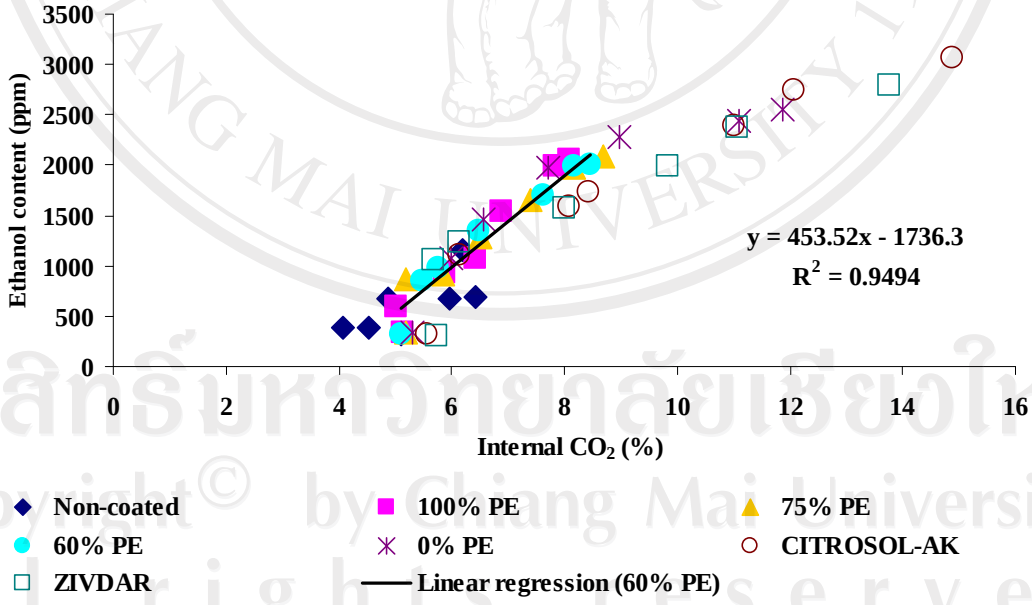


ภาพ 4.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 31 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

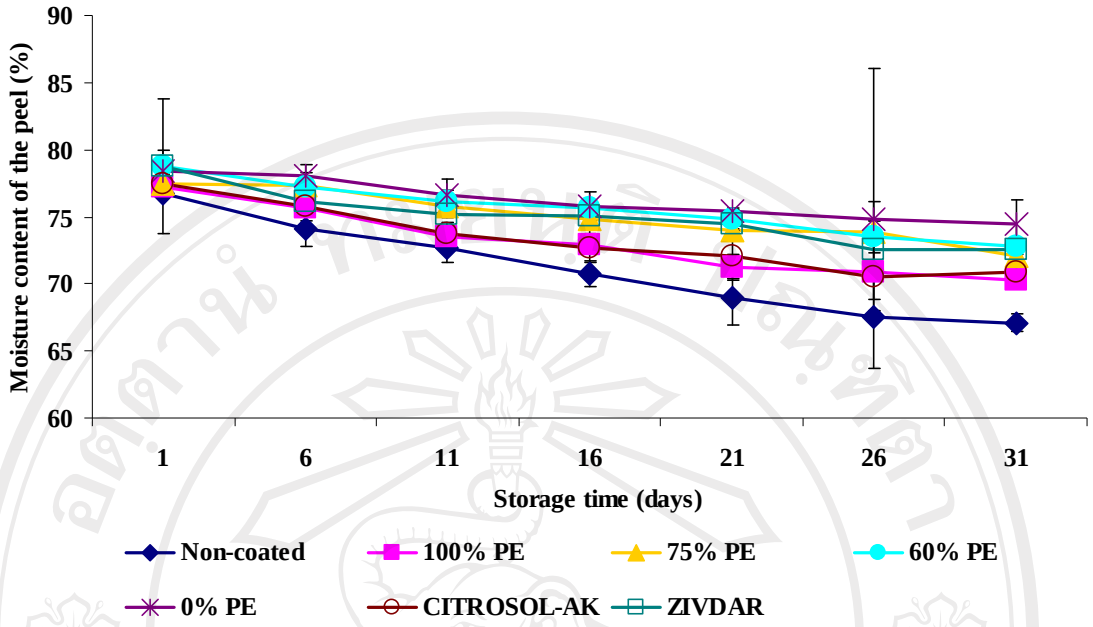


ภาพ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นและปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 31 วัน

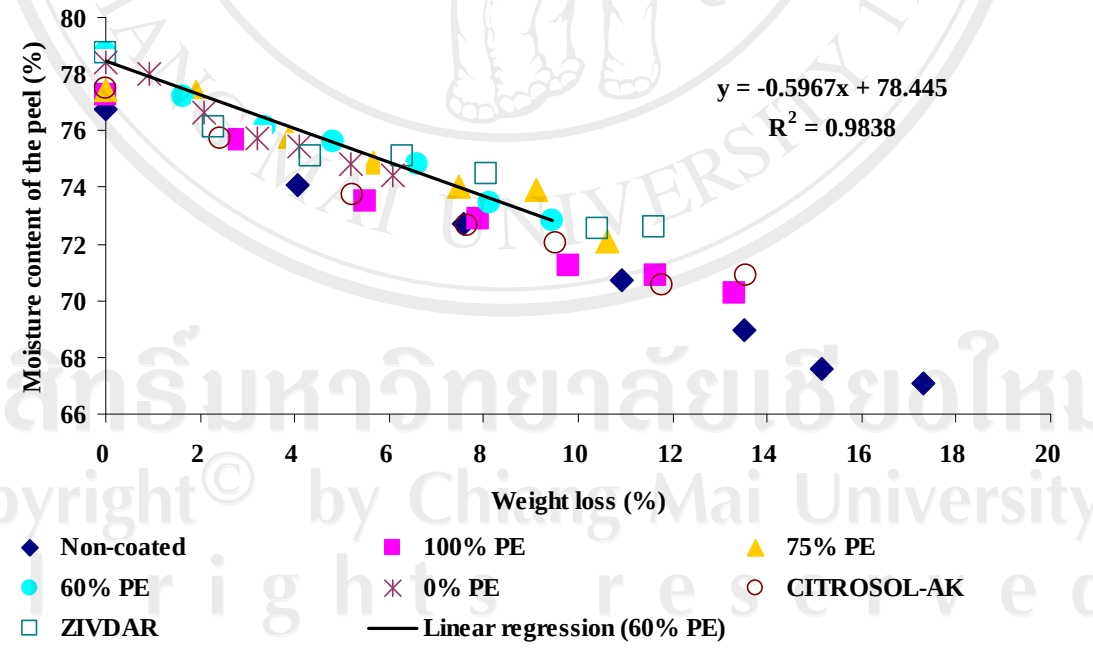


ภาพ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นและปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 31 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

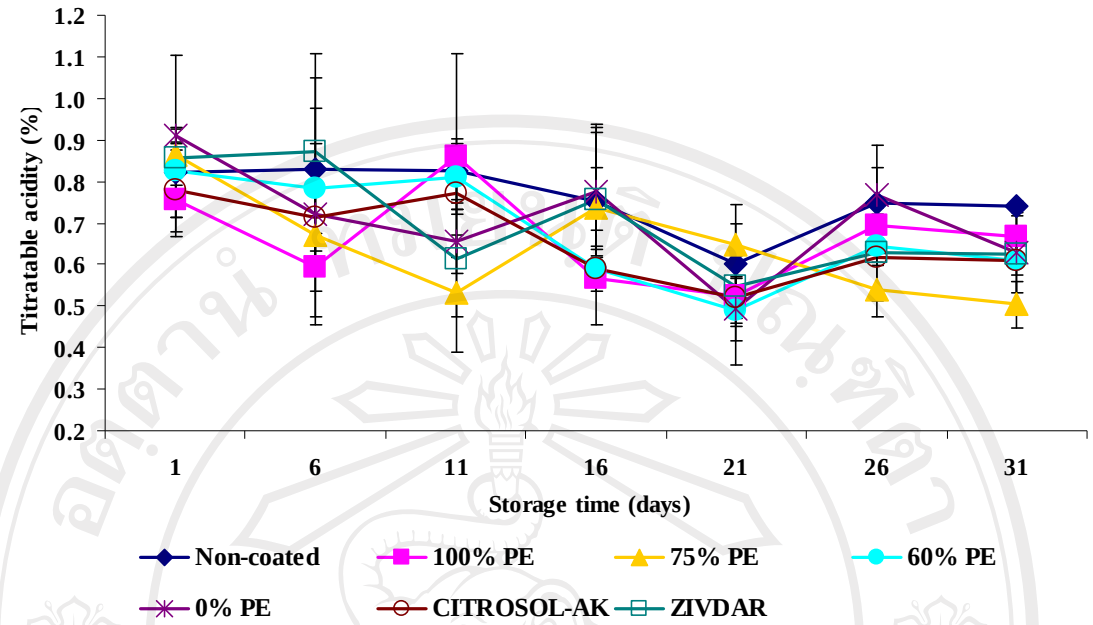


ภาพ 4.10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 31 วัน

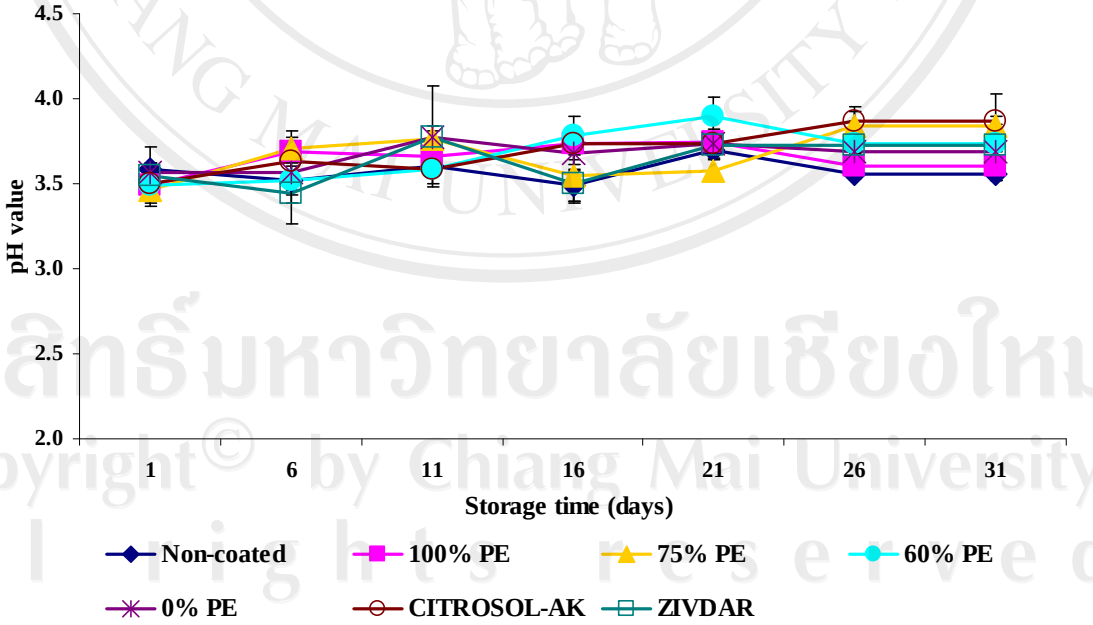


ภาพ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นเปลือกและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 31 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

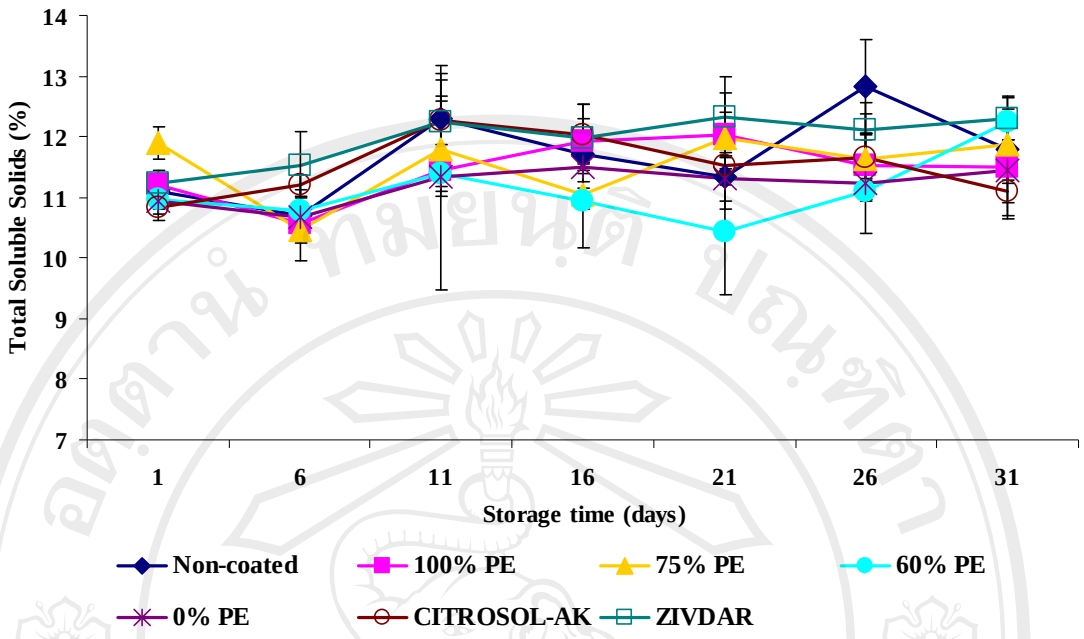


ภาพ 4.12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 31 วัน

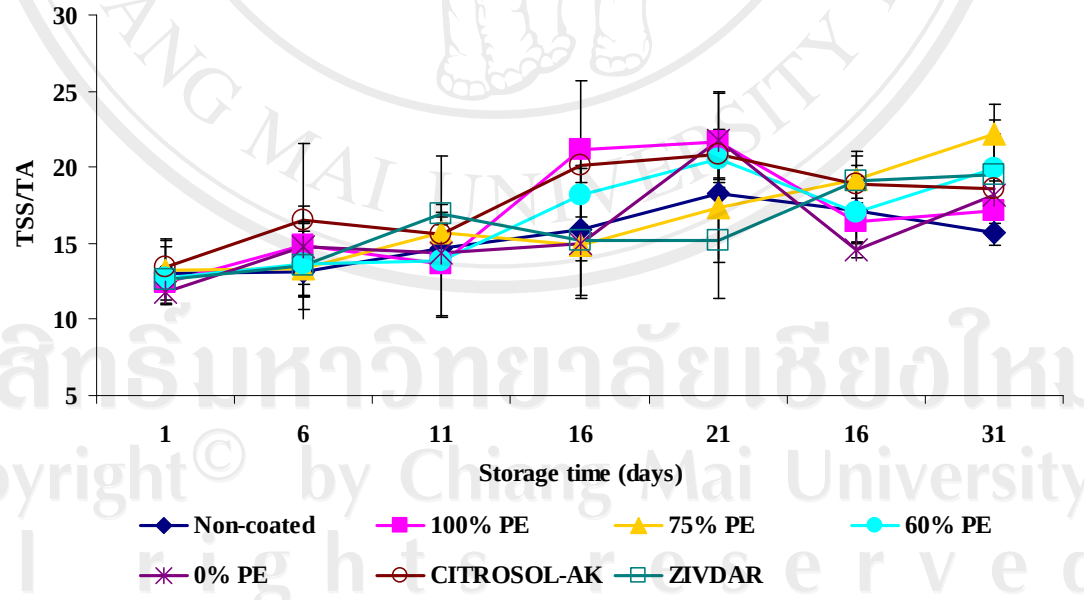


ภาพ 4.13 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 31 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

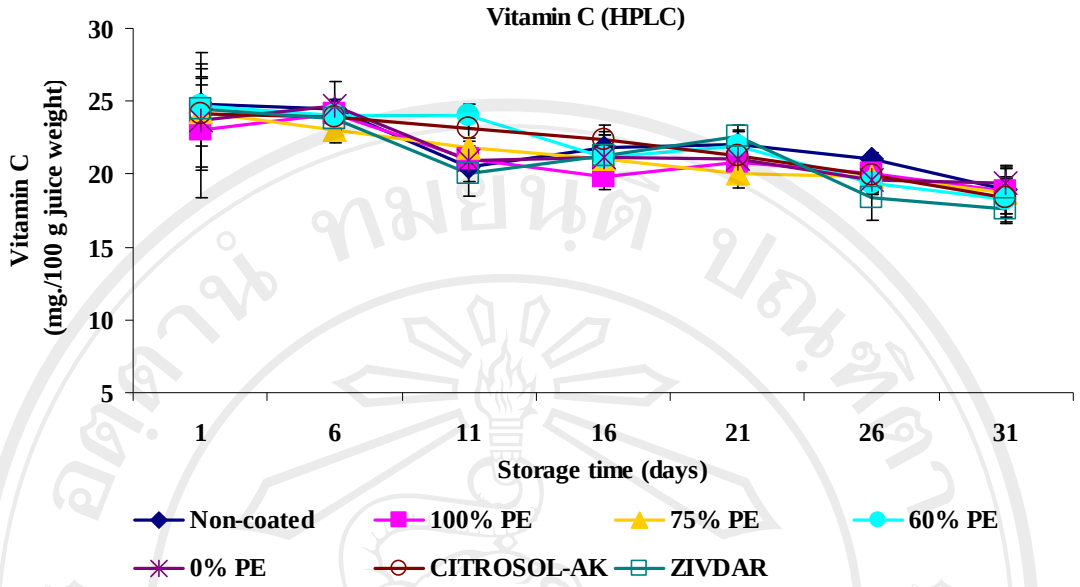


ภาพ 4.14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 31 วัน

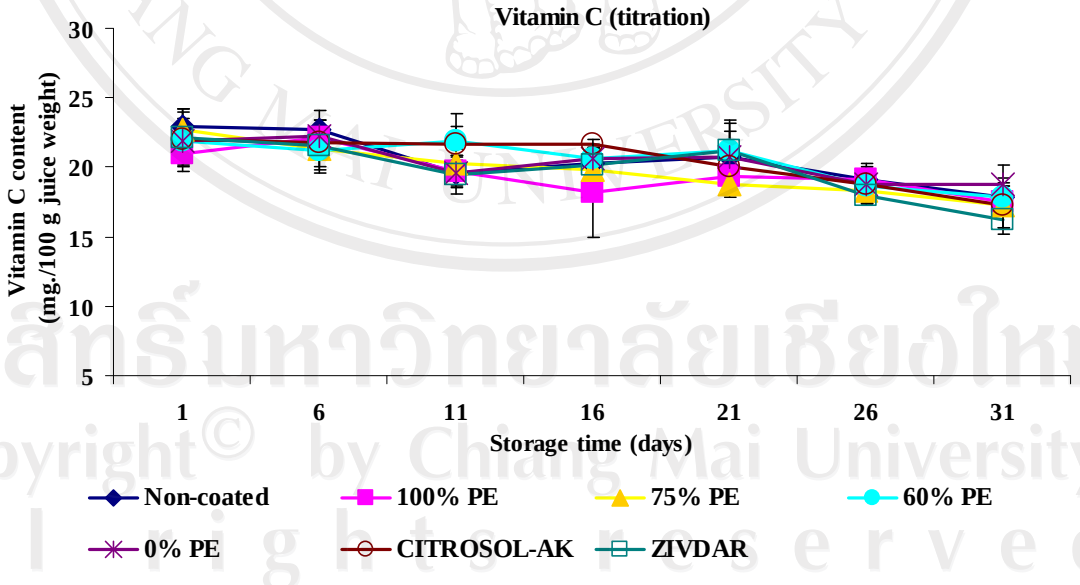


ภาพ 4.15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 31 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.16 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีที่วิเคราะห์ด้วยวิธีไทเทรชันของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 31 วัน



ภาพ 4.17 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 31 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.1.4 การประเมินด้านกลิ่นและรสชาติ ลักษณะปรากฏภายนอก และความมันวาวเปลือกของผลส้ม

ก. กลิ่นและรสชาติ

การประเมินด้านกลิ่นและรสชาติของผลส้มโดยการชิมและให้คะแนนตามความพอใจของผู้ทดสอบชิมระหว่างผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวและผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทั้ง 6 ชนิด โดยกำหนดให้คะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติอยู่ในช่วง 1-15 ผลส้มที่ได้คะแนนเท่ากับหรือต่ำกว่า 7.5 คะแนน หมายถึงผลส้มเริ่มเกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติ

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาในวันที่ 1 ผลส้มทุกการทดลองได้คะแนนเริ่มต้นเท่ากับ 15.00 ภายหลังการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 16 วัน ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวได้คะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติเท่ากับ 11.67 คะแนน ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 100% PE, 75% PE, 60% PE และ 0% PE และสารเคลือบผิวทางการค้า CITROSOL-AK และ ZIVDAR ซึ่งได้คะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติเท่ากับ 8.67, 8.17, 8.17, 3.83, 2.17 และ 6.67 คะแนน ตามลำดับ คะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติของผลส้มทุกการทดลองลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพ 4.18 และตารางภาคผนวก 15)

ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวได้คะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติมากที่สุด การใช้สารเคลือบผิวทุกชนิดทำให้ได้คะแนนลดลง โดยสารเคลือบผิวแต่ละชนิดทำให้ได้คะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติของผลส้มลดลงไม่เท่ากัน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ พบว่าผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบไมโครอิมัลชัน 100% PE หรือพอลิเอทิลีนแวกซ์ได้คะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติมากที่สุด และใกล้เคียงกับผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE และ 75% PE หรือพอลิเอทิลีนผสมกับแคนเดลิลลาแวกซ์ โดยได้คะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติสูงกว่าผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 0% PE หรือแคนเดลิลลาแวกซ์ และสารเคลือบผิวทางการค้า ZIVDAR (พอลิเอทิลีนแวกซ์ผสมกับเชลแล็ก) และ CITROSOL-AK (คาร์นูบาร์แวกซ์ผสมกับเรซิน) ซึ่งได้คะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติใกล้เคียงกันและต่ำมาก ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวเริ่มมีกลิ่นและรสชาติผิดปกติภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 26 วัน ได้คะแนนเท่ากับ 6.67 คะแนน ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 100% PE, 75% PE และ 60% PE ภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 21 วัน ได้คะแนนเท่ากับ 7.17, 7.50 และ 7.17 คะแนน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตามลำดับ ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR ภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 16 วัน ได้คะแนนเท่ากับ 6.67 คะแนน ตามลำดับ และผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโคร-อิมัลชัน 0% PE และ CITROSOL-AK ภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 11 วัน ได้คะแนนเท่ากับ 7.00 และ 5.67 คะแนน ตามลำดับ

คะแนนที่ได้รับจากผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติของผลส้มมีความสัมพันธ์กับปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้น เมื่อ plot กราฟความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติกับปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโคร-อิมัลชัน 0% PE (ภาพ 4.19) พบว่ามีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง R^2=0.91 โดยคะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติแปรผกผันกับปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้น ซึ่งคะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติของผลส้มลดลงเมื่อปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นเพิ่มขึ้น ผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งได้รับคะแนน ผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติเท่ากับหรือต่ำกว่า 7.5 คะแนน ซึ่งหมายถึงผลส้มเริ่มเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ เมื่อมีปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นประมาณ 1,500-1,600 ppm และมีปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้มประมาณ 7-8 เปอร์เซ็นต์

ผลส้มแมนดารินที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันของพอลิเอทิลีนแวกซ์หรือพอลิเอทิลีนผสมกับแคนเดลิลลาแวกซ์ แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ได้คะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติไม่แตกต่างกันคือ 9.2 และ 8.9 เนื่องจากมีปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นใกล้เคียงกันเท่ากับ 434 และ 769 ppm ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวที่ใช้ในทางการค้า Britex555 (คาร์นูบาร์แวกซ์และเชลแล็ก) และสารเคลือบผิวเชลแล็กผสมกับเรซิน ได้คะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติต่ำเท่ากับ 6.1 และ 5.3 คะแนน ตามลำดับ เนื่องจากมีปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นเพิ่มขึ้นมากเท่ากับ 1,847 และ 2,153 ppm ตามลำดับ (Hagenmaier, 2002) การเคลือบผิวผลส้มด้วยเชลแล็กหรือเรซิน และสารเคลือบผิวที่มีเชลแล็กหรือเรซินเป็นส่วนผสม ซึ่งเป็นสารเคลือบผิวที่ยอมให้แก๊สผ่านเข้า-ออกได้น้อย จึงมักก่อให้เกิดภาวะขาดแก๊สออกซิเจนภายในผลส้มได้ง่าย ส่งผลให้ผลส้มเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ (Hagenmaier and Baker, 1995)

ข. ลักษณะปรากฏภายนอก

การประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกโดยการให้คะแนนการยอมรับของผู้ทดสอบที่มีต่อผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวและผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทั้ง 6 ชนิด โดยกำหนดให้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกอยู่ในช่วง 1-5 ถ้าผลส้มได้คะแนนเท่ากับ 3 คะแนน หมายถึงบริเวณขั้วเปลือกผลส้มและรอบๆ ผลเหี่ยว ซึ่งถือว่าไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาในวันที่ 1 ผลส้มทุกการทดลองได้คะแนนเริ่มต้นเท่ากับ 5.00 ภายหลังการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 16 วัน ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวได้คะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกเท่ากับ 2.33 คะแนน ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 100% PE, 75% PE, 60% PE และ 0% PE และสารเคลือบผิวทางการค้า CITROSOL-AK และ ZIVDAR ซึ่งได้คะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกเท่ากับ 4.00, 4.00, 4.00, 4.00, 3.17 และ 3.67 คะแนน ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ผลส้มทุกการทดลองได้รับคะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพ 4.20 และตารางภาคผนวก 16)

ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวได้คะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกน้อยที่สุด การใช้สารเคลือบผิวทุกชนิดกับผลส้มทำให้ได้คะแนนเพิ่มขึ้น โดยสารเคลือบผิวแต่ละชนิดทำให้ได้คะแนนเพิ่มขึ้นไม่เท่ากัน เมื่อเปรียบเทียบผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ พบว่าผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE และ 75% PE หรือพอลิเอทิลีนผสมกับแคนเดลิลลาแวกซ์ และ 0% PE หรือแคนเดลิลลาแวกซ์ได้คะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกของผลส้มใกล้เคียงกันและได้คะแนนมากกว่าผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบไมโครอิมัลชันของ 100% PE หรือพอลิเอทิลีนแวกซ์ และสารเคลือบผิวทางการค้า ZIVDAR (พอลิเอทิลีนแวกซ์ผสมกับเชลแล็ก) และ CITROSOL-AK (คาร์นูบาร์แวกซ์ผสมกับเรซิน) ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 75% PE, 60% PE และ 0% PE มีลักษณะปรากฏภายนอกไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 26 วัน ได้คะแนนเท่ากันคือ 3.33 คะแนน ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 100% PE และสารเคลือบผิว ZIVDAR ภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 21 วัน ได้คะแนนเท่ากับ 3.67 และ 3.50 คะแนน ตามลำดับ ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว CITROSOL-AK ภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 16 วัน ได้คะแนนเท่ากับ 3.17 และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว ภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 11 วัน ได้คะแนนเท่ากับ 3.83 คะแนน

คะแนนที่ได้รับจากผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักและปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้ม เมื่อ plot กราฟความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว CITROSOL-AK (ภาพ 4.21) พบว่ามีความสัมพันธ์เป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เส้นตรง R^2=0.92 โดยคะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกแปรผกผันกับเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลส้ม ซึ่งคะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกลดลงเมื่อผลส้มสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น และเมื่อ plot กราฟความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกและปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR (ภาพ 4.22) พบว่ามีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง R^2=0.87 โดยคะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกแปรผันตรงกับปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้ม ซึ่งคะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกลดลงเมื่อปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้มลดลง ผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งได้รับคะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกเท่ากับหรือต่ำกว่า 3 คะแนน ซึ่งถือว่าไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ เมื่อผลส้มสูญเสียน้ำหนักประมาณ 7-8 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้มประมาณ 72-73 เปอร์เซ็นต์

การสูญเสียน้ำของผลส้มหลังการเก็บเกี่ยวเป็นสาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งของความเสียหายที่เกิดขึ้นขณะเก็บรักษา ซึ่งนอกจากจะทำให้น้ำหนักที่ขายได้หายไปแล้วยังทำให้เกิดการเหี่ยวหรือหดตัวจนกระทั่งขายไม่ได้ราคา (จริงแท้, 2541) ในผลการทดลองผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีลักษณะปรากฏที่เริ่มผิดปกติชัดเจนคือ ผลส้มเริ่มแสดงอาการเหี่ยว ในขณะที่ผลส้มที่เคลือบผิวยังอยู่ในสภาพดี อาการเหี่ยวของผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวนั้นเกิดจากการสูญเสียน้ำของผลส้ม (ดนัย, 2540; จริงแท้, 2541) การเคลือบผิวผลส้มและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำทำให้ผลส้มสูญเสียน้ำลดลง จึงสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลส้มหลังการเก็บเกี่ยวได้นานยิ่งขึ้น (Hagenmaier and Goodner, 2002) เนื่องจากอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของสภาพบรรยากาศที่เก็บรักษามีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับการสูญเสียน้ำ การสูญเสียน้ำจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิภายนอกเพิ่มสูงขึ้น (จริงแท้, 2541) และการเก็บรักษาผลส้มในสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง 84-95 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการแห้งของเปลือกผลส้มลงได้ (Ben-Yehoshua *et. al.,* 1985) จากการทดลองครั้งนี้พบว่าการเก็บรักษาผลส้มไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เปลือกผลส้มสูญเสียความชื้นอย่างช้าๆ และสามารถรักษาลักษณะปรากฏภายนอกที่ดีของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 75% PE, 60% PE และ 0% PE ได้นาน 26 วัน ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 100% PE และสารเคลือบผิว ZIVDAR ได้นาน 21 วัน ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว CITROSOL-AK ได้นาน 16 วัน และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวได้นาน 11 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค. ความมันวาวเปลือกของผลส้ม

การประเมินด้านความมันวาวเปลือกของผลส้มโดยการให้คะแนนการยอมรับของผู้ทดสอบที่มีต่อผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวและผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทั้ง 6 ชนิด โดยกำหนดคะแนนผลการประเมินด้านความมันวาวเปลือกของผลส้มอยู่ในช่วง 1-5 ถ้าผลส้มได้คะแนนเท่ากับ 3 หมายถึง เปลือกของผลส้มมีความมันวาวปานกลาง ซึ่งถือว่าไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาในวันที่ 1 เปลือกของผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวได้คะแนนผลการประเมินด้านความมันวาวเท่ากับ 2.17 คะแนน และผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโคร-อิมัลชัน 100% PE, 75% PE, 60% PE และ 0% PE และสารเคลือบผิวทางการค้า CITROSOL-AK และ ZIVDAR ได้คะแนนผลการประเมินด้านความมันวาวเปลือกของผลส้มเท่ากับ 4.33, 4.67, 4.83, 2.67, 5.00 และ 5.00 คะแนน ตามลำดับ เมื่อเริ่มต้นผู้ทดสอบให้คะแนนผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวและผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 0% PE น้อยกว่า 3 คะแนน แสดงว่าเปลือกของผลส้มมีความมันวาวน้อยกว่าเปลือกของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวที่เหลืออีก 4 ชนิด เปลือกของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวทางการค้า CITROSOL-AK และ ZIVDAR ได้คะแนนความมันวาวมากที่สุดคือ 5.00 คะแนน เนื่องจากสารเคลือบผิวทั้ง 2 ชนิด มีส่วนผสมของเรซินและเชลแล็ก ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เปลือกของผลส้มมีความมันวาวสูง เมื่อเปรียบเทียบกับแวกซ์ชนิดต่างๆ (Hagenmaier and Baker, 1994a)

ภายหลังการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 16 วัน เปลือกของผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวได้คะแนนผลการประเมินด้านความมันวาวเท่ากับ 1.17 คะแนน และเปลือกของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวข้างต้นได้คะแนนผลการประเมินด้านความมันวาวเท่ากับ 3.50, 4.17, 4.17, 2.33, 3.83 และ 3.83 คะแนน ตามลำดับ ทั้งนี้พบว่าคะแนนผลการประเมินด้านความมันวาวเปลือกของผลส้มที่เคลือบผิวทุกการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว และคะแนนผลการประเมินด้านความมันวาวเปลือกของผลส้มลดลง เมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น (ภาพ 4.23 และตารางภาคผนวก 17)

เปลือกของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR (พอลิเอทิลีนแวกซ์ผสมกับเชลแล็ก) และ CITROSOL-AK (คาร์นูบาร์แวกซ์ผสมกับเรซิน) มีความมันวาวสูงในช่วงเริ่มต้นของการเก็บรักษาแต่ความมันวาวนั้นลดลงภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 16 วัน โดยได้คะแนนเท่ากันคือ 3.83 คะแนน เปลือกของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันของ 100% PE หรือพอลิเอทิลีนแวกซ์มีความมันวาวลดลงภายหลังเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 11 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ได้คะแนนเท่ากับ 3.67 คะแนน เปลือกของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 75% PE และ 60% PE หรือพอลิเอทิลีนผสมกับแคนเดลิลลาแวกซ์มีความมันวาวลดลงภายหลังเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 26 วัน ได้คะแนนเท่ากันคือ 3.50 คะแนน แต่ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 0% PE หรือแคนเดลิลลาแวกซ์ มีความมันวาวน้อยมากและได้คะแนนต่ำกว่า 3 คะแนนตลอดเวลาการเก็บรักษา

คะแนนที่ได้รับจากผลการประเมินด้านความมันวาวเปลือกของผลส้มมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักและปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้ม เมื่อ plot กราฟความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนผลการประเมินด้านความมันวาวเปลือกและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 75% PE (ภาพ 4.24) พบว่ามีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง R^2=0.96 โดยคะแนนผลการประเมินด้านความมันวาวเปลือกแปรผกผันกับเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลส้ม ซึ่งคะแนนผลการประเมินด้านความมันวาวเปลือกของผลส้มลดลงเมื่อผลส้มสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น และเมื่อ plot กราฟความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนผลการประเมินด้านความมันวาวเปลือกและปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว CITROSAL-AK (ภาพ 4.25) พบว่ามีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง R^2=0.82 โดยคะแนนผลการประเมินความมันวาวเปลือกของผลส้มแปรผันตรงกับปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้ม ซึ่งคะแนนผลการประเมินความมันวาวเปลือกลดลงเมื่อปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้มลดลง ผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งได้รับคะแนนผลการประเมินด้านความมันวาวเปลือกของผลส้มเท่ากับหรือต่ำกว่า 3 คะแนน ซึ่งถือว่าไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบเมื่อผลส้มสูญเสียน้ำหนักประมาณ 7-8 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้มประมาณ 72-73 เปอร์เซ็นต์

ความมันวาวเป็นปัจจัยหนึ่งที่ช่วยชี้บ่งคุณภาพของสารเคลือบผิว ซึ่งความมันวาวจะลดลงเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น และจะเกิดขึ้นในสารเคลือบผิวทุกชนิดและทุกอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษา แต่ระยะเวลาแตกต่างกันออกไปตามชนิดของสารเคลือบผิว (Hagenmaier, 2000) การสูญเสียน้ำนอกจากจะทำให้สูญเสียน้ำหนักที่ขายได้แล้ว ยังทำให้รูปร่างและลักษณะของผลส้มมีคุณภาพต่ำลง และผลส้มเริ่มแสดงอาการเหี่ยว (จริงแท้, 2541) และการเหี่ยวของผลส้มยังมีผลทำให้ความมันวาวของสารเคลือบผิวลดลง ดังนั้นสารเคลือบผิวที่สามารถลดการสูญเสียน้ำของผลส้มได้ดีจะสามารถรักษาความมันวาวเปลือกของผลส้มไว้ได้นานเช่นกัน (Hagenmaier, 2000) เปลือกของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวที่มีเชลแล็กหรือเรซินเป็นส่วนผสมจะมีความมันวาวมากในช่วงแรกของการเก็บรักษา แต่ความมันวาวนั้นจะลดลงเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น (Hagenmaier and Baker, 1994a) เปลือกของผลส้มพันธุ์ Valencia ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันของพอลิเอ-ทิลีนผสมกับแคนเดลิลลาแวกซ์มีความมันวาวน้อยกว่าเปลือกของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผิวทางการค้า HIGLOSS (เชลแล็กและเรซิน) แต่สารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันของพอลิเอทิลีนผสมกับแคนเดลิลลาแวกซ์สามารถรักษาความมันวาวบนเปลือกของผลส้มได้นานกว่า เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส (Hagenmaier, 2000)

ง. อายุการเก็บรักษา

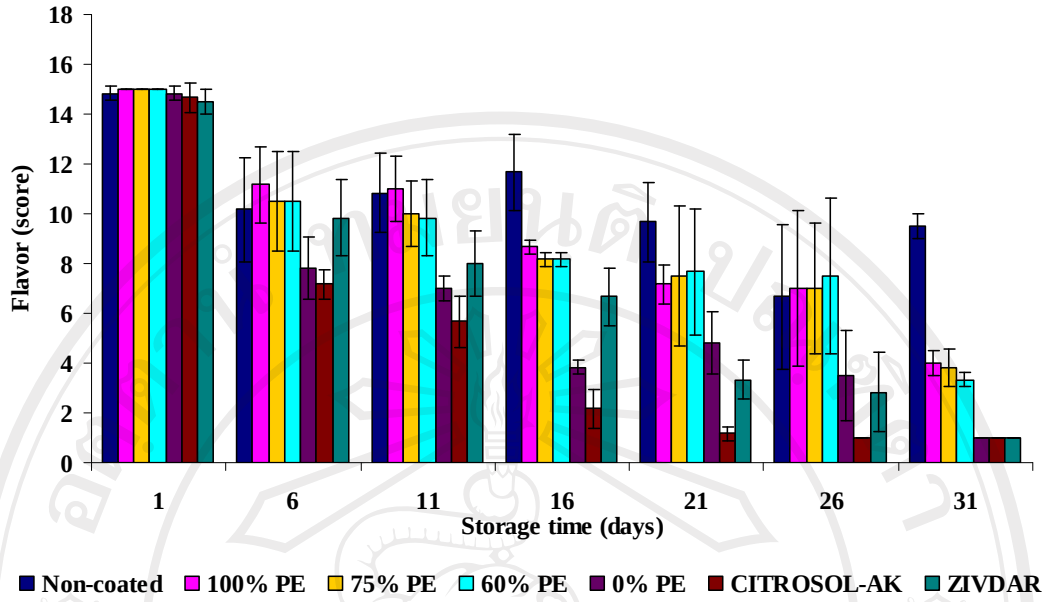
การตัดสินว่าผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งมีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ได้นานเท่าใด สามารถพิจารณาได้จากคะแนนที่ได้รับจากการยอมรับของผู้ทดสอบต่อกลิ่นและรสชาติ ปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้ม และปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้น และคะแนนที่ได้รับจากผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกของผลส้ม เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณความชื้น และลักษณะการเหี่ยวของเปลือกผลส้ม ผลส้มเริ่มไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบเมื่อได้คะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติของผลส้มเท่ากับหรือต่ำกว่า 7.5 คะแนน มีปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้มประมาณ 7-8 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นประมาณ 1,500-1,600 ppm และได้คะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกของผลส้มเท่ากับหรือต่ำกว่า 3 คะแนน มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักประมาณ 7-8 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้มประมาณ 72-73 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าหมดอายุการเก็บรักษาผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 100% PE, 75% PE และ 60% PE มีอายุการเก็บรักษาไม่เกิน 21 วัน ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR มีอายุการเก็บรักษาไม่เกิน 16 วัน และผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 0% PE, CITROSOL-AK และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีอายุการเก็บรักษาไม่เกิน 11 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.1 ผลของสารเคลือบผิว 100% PE, 75% PE, 60% PE, 0% PE, CITROSOL-AK และ ZIVDAR ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ทางสรีรวิทยา และทางเคมีของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 31 วัน

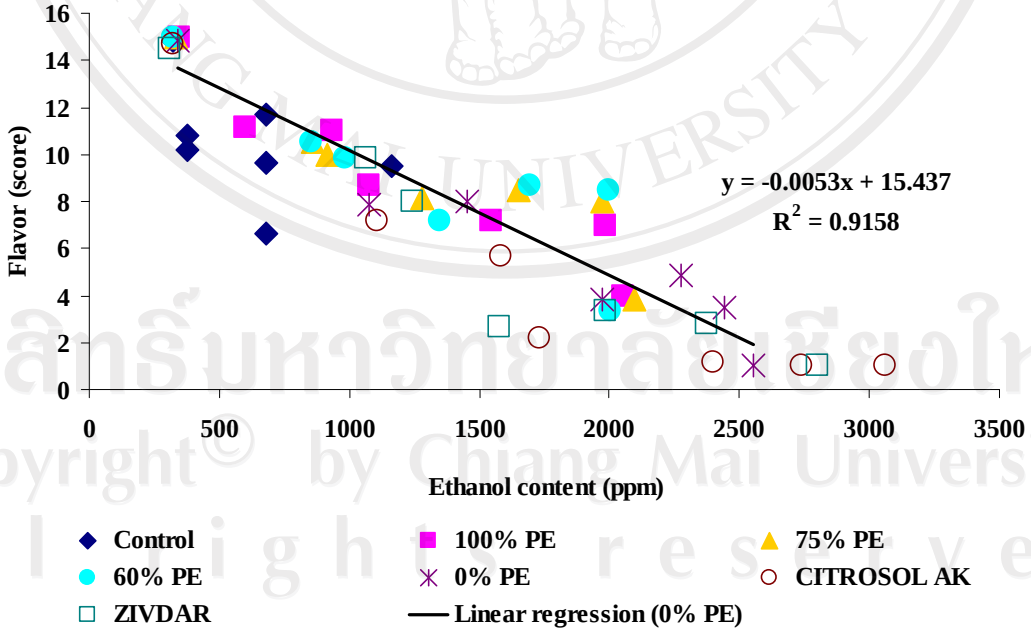
ผลการทดลอง	Non-coated	100% PE	75% PE	60% PE	0% PE	CITRO SOL-AK	ZIVDAR
สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกผลส้มได้ (วัน)	11	21	21	21	16	16	16
การสูญเสียน้ำหนักของผลส้มที่เพิ่มขึ้น (% / วัน)	0.58	0.44	0.35	0.31	0.20	0.45	0.39
ปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลส้มที่ลดลง (% / วัน)	0.02	0.16	0.18	0.19	0.23	0.32	0.27
ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้มที่เพิ่มขึ้น (% / วัน)	0.03	0.09	0.11	0.11	0.21	0.31	0.26
ปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นที่เพิ่มขึ้น (ppm / วัน)	28.03	56.11	56.64	56.89	73.79	91.34	83.01
ปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้มที่ลดลง (% / วัน)	0. 32	0.23	0.20	0.18	0.13	0.22	0.20
สามารถรักษากลิ่นและรสชาติของผลส้ม (วัน)	26	21	21	21	11	11	16
สามารถรักษาลักษณะปรากฏภายนอกของผลส้มได้ (วัน)	11	21	26	26	26	16	21
สามารถรักษาความมันวาวเปลือกของผลส้มได้ (วัน)	-	11	26	26	-	16	16
อายุการเก็บรักษาของผลส้มที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส (วัน)	11	21	21	21	11	11	16

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



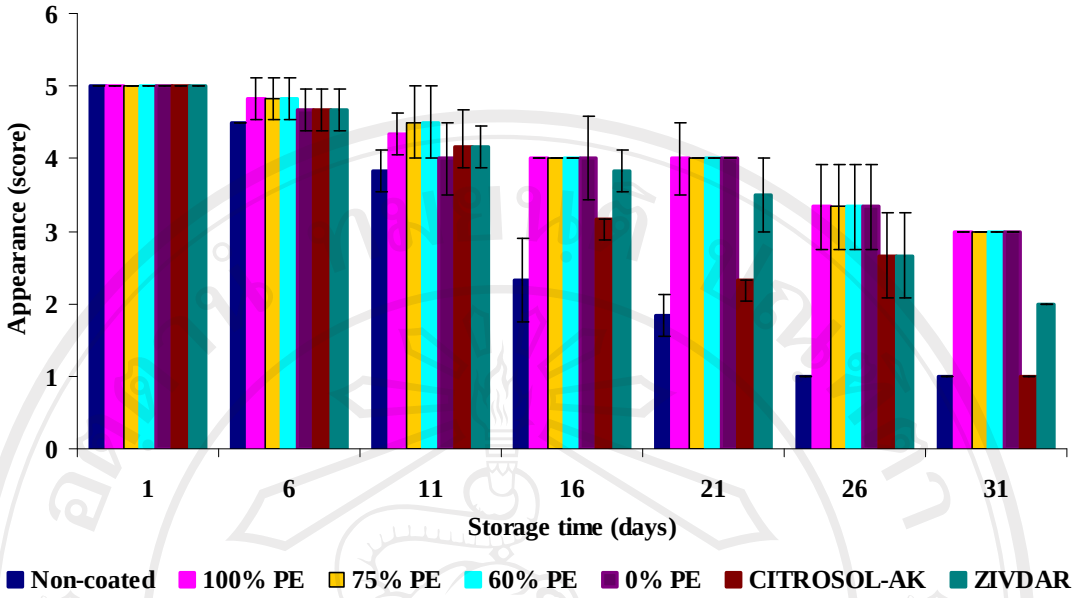
15 = ไม่มีกลิ่นและมีรสชาติปกติ และ 1 = มีกลิ่นและรสชาติผิดปกติมาก

ภาพ 4.18 การเปลี่ยนแปลงคะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติผิดปกติของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 31 วัน



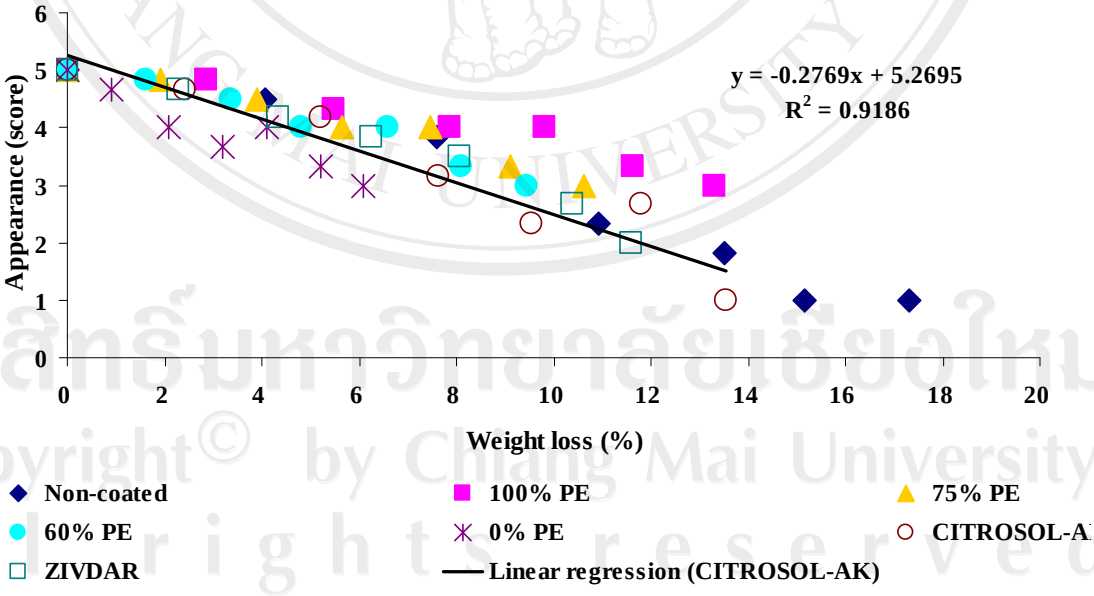
ภาพ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติและปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 31 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



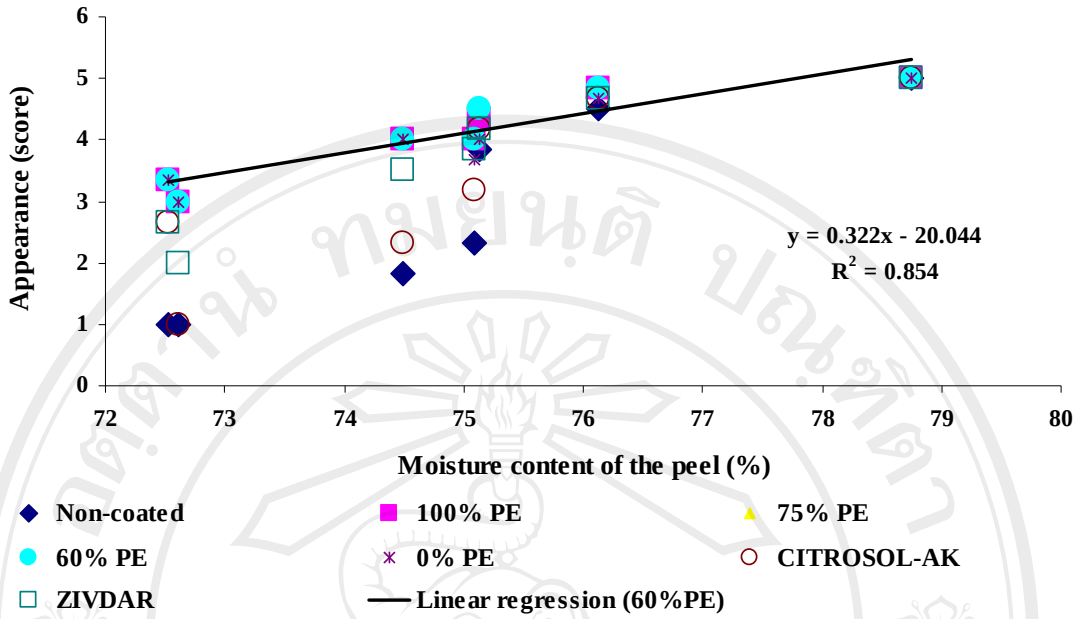
5 = ผลปกติ (เมื่อเริ่มต้นทดลอง) 4 = ผลเริ่มไม่สด (ยังยอมรับได้) 3 = ขั้วและรอบๆ ผลเหี่ยว (เริ่มไม่ยอมรับ) 2 = ผลเหี่ยวปานกลาง (ไม่ยอมรับ) และ 1 = ผลเหี่ยวมาก (ไม่ยอมรับมาก)

ภาพ 4.20 การเปลี่ยนแปลงคะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 31 วัน

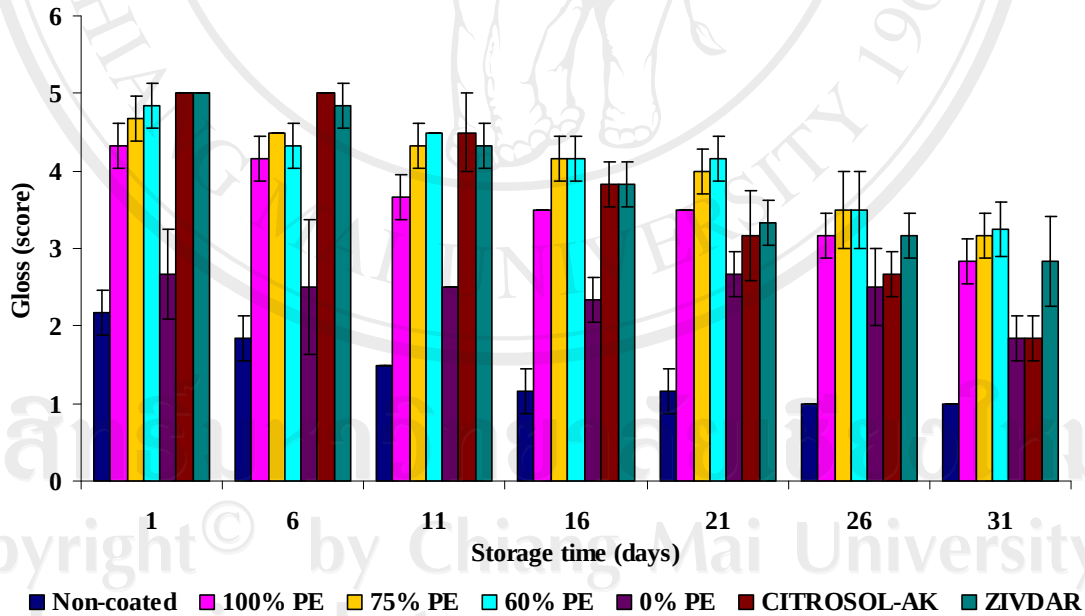


ภาพ 4.21 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 31 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



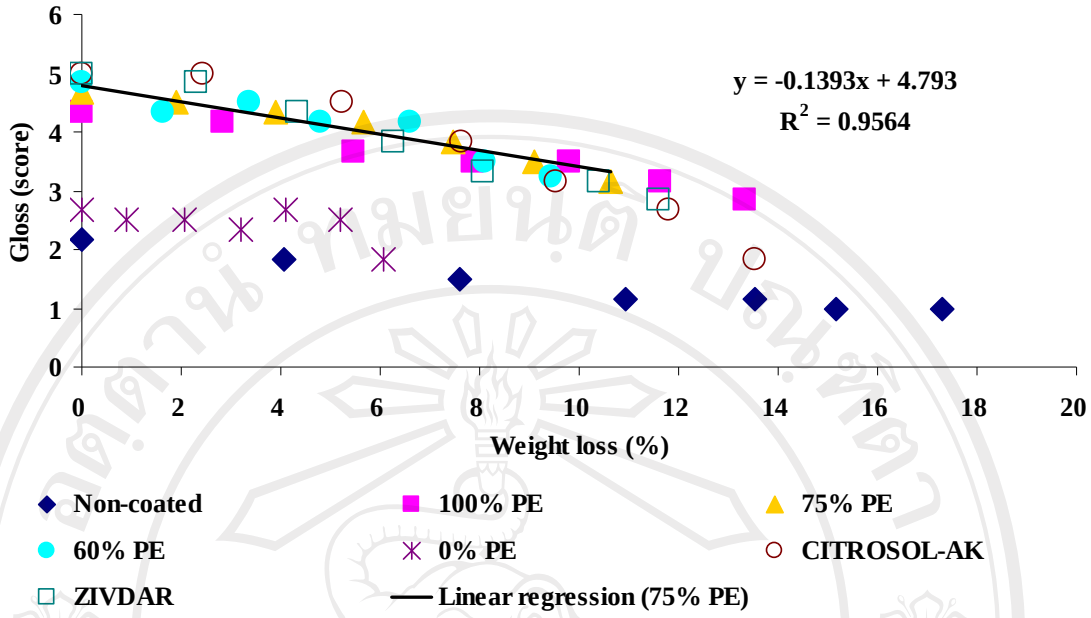
ภาพ 4.22 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกและปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 31 วัน



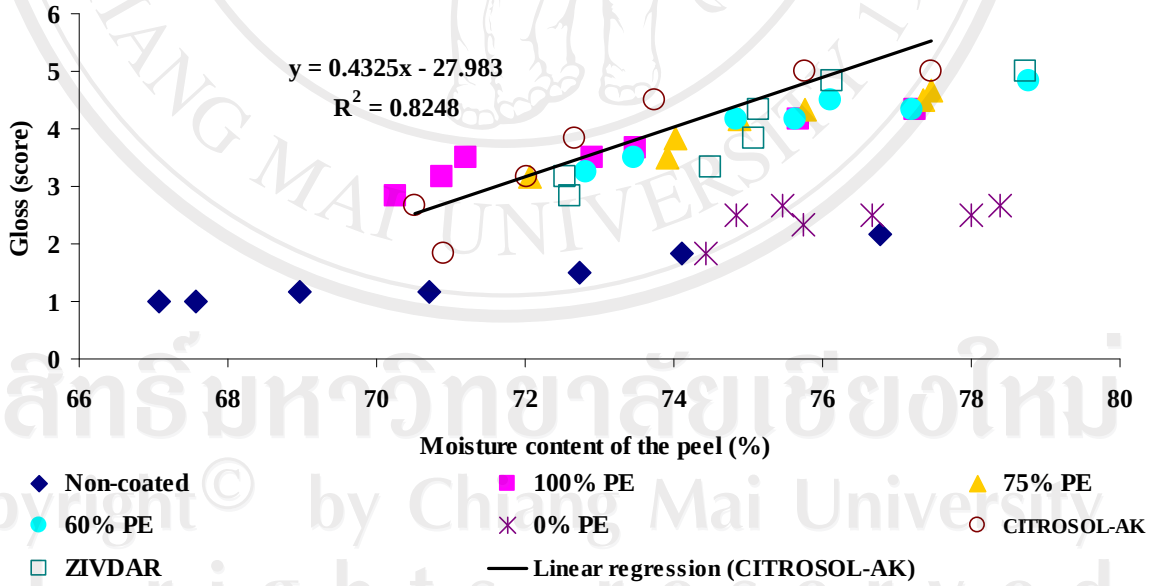
5 = มีความมันวาวดีมาก 4 = หมายถึง มีความมันวาวดี 3 = หมายถึง มีความมันวาวปานกลาง
2 = หมายถึง มีความมันวาวน้อย และ 1 = หมายถึง ไม่มีความมันวาว

ภาพ 4.23 การเปลี่ยนแปลงคะแนนผลการประเมินด้านความมันวาวเปลือกของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 31 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนผลการประเมินด้านความมันวาวเปลือกและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 31 วัน



ภาพ 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนผลการประเมินด้านความมันวาวเปลือกและปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวชนิดต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 87±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 31 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของสารเคลือบผิวที่ได้ผลดีจากการทดลองที่ 1 ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ทางสรีรวิทยา และทางเคมีของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในการทดลองที่ 1 พบว่าการเคลือบผิวผลส้มด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE ที่มีส่วนผสมหลักคือ พอลิเอทิลีนผสมกับแคนเดลิลลาแวกซ์ในอัตราส่วน 60:40 เป็นสารเคลือบผิวที่สามารถชะลอการเปลี่ยนสีของเปลือกผลส้มได้ดี สามารถลดการสูญเสียน้ำหนัก ทำให้เปลือกผลส้มมีปริมาณความชื้นสูง ภายในผลส้มมีปริมาณแก๊สออกซิเจนสูงและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ และมีปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นต่ำ จึงสามารถรักษากลิ่นและรสชาติที่ดีของผลส้มได้นาน 21 วัน นอกจากนี้ยังให้ความมันวาวแก่เปลือกผลส้มได้ดีและทำให้ผลส้มมีลักษณะปรากฏที่ดี จึงได้นำสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE มาทำการทดลองเคลือบผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง เพื่อศึกษาหาอายุการเก็บรักษาอุณหภูมิต่ำ โดยเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ และศึกษาผลของสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ทางสรีรวิทยา และทางเคมี โดยใช้ผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เก็บเกี่ยวในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2550 ได้ผลการทดลองดังนี้

4.2.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

ก. การเปลี่ยนแปลงค่า L* chroma และ hue angle

สีเปลือกผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาในวันที่ 1 มีค่า L* ของสีเปลือกเท่ากับ 62.49 และ 61.68 มีค่า chroma เท่ากับ 67.13 และ 66.80 และมีค่า hue angle เท่ากับ 62.49 และ 62.68 ตามลำดับ เนื่องจากผลส้มมีระยะสุกมากกว่าผลส้มที่ใช้ในการทดลองที่ 1 เปลือกของผลส้มจึงมีสีส้มเข้ม ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 29 วัน มีค่า L* ลดลงเล็กน้อยเท่ากับ 62.04 และ 60.85 มีค่า chroma เพิ่มขึ้นเป็น 70.12 และ 73.79 และมีค่า hue angle ลดลงอย่างช้าๆ เท่ากับ 61.54 และ 60.43 ตามลำดับ แสดงว่าผลส้มมีสีส้มเข้มขึ้นอีกเล็กน้อย (ภาพ 4.26-28 ตารางภาคผนวก 18-20 และภาพภาคผนวก 2)

ค่า L* และ hue angle ของสีเปลือกผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ค่า chroma แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เนื่องจากสีของเปลือกผลส้มไม่เปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา แต่มีความเข้มของสีเพิ่มขึ้น สังเกตจากค่า chroma ที่เพิ่มขึ้น โดยค่า chroma ของสีเปลือกผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

PE มีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ เมื่อเปรียบเทียบกับผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว แสดงว่าสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE สามารถชะลอการเปลี่ยนสีเปลือกผลส้มได้ เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส เมื่อดูจากภาพ 4.27 จะเห็นได้ว่าผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE เก็บรักษาไว้ได้ประมาณ 15 วัน ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส โดยค่า L* , chroma และ hue angle ยังไม่เปลี่ยนแปลง ในขณะที่ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีค่า hue angle ลดลงตั้งแต่วันที่ 15 ของการเก็บรักษา

ผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10, 15 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 วัน สามารถชะลอการเปลี่ยนสีเปลือกผลส้มที่อุณหภูมิต่ำได้ (วงเดือน, 2546) Wheaton and Stewart (1973) รายงานว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ของผลส้มอยู่ระหว่าง 15-25 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส การสังเคราะห์แคโรทีนอยด์จะถูกยับยั้ง (Davis and Albrigo, 1994) ดังนั้นเมื่อเก็บรักษาผลส้มไว้ที่อุณหภูมิต่ำการเปลี่ยนสีเปลือกจะเกิดขึ้นช้ากว่าเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิสูง

ค่า L*, chroma และ hue angle ของเปลือกผลส้มที่ใช้ในการทดลองที่ 1 มีค่าแตกต่างจากสีเปลือกผลส้มที่ใช้ในการทดลองที่ 2 เนื่องจากผลส้มที่ใช้ในการทดลอง 1 และ 2 เก็บเกี่ยวในช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกัน ผลส้มที่ใช้ในการทดลองที่ 1 เป็นผลส้มเก็บเกี่ยวในช่วงต้นเดือนธันวาคม พ.ศ. 2549 เปลือกผลส้มมีสีเหลืองอมเขียวและเปลี่ยนเป็นสีส้มเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น แต่ผลส้มที่ใช้ในการทดลองที่ 2 เก็บเกี่ยวในช่วงกลางเดือนมกราคม พ.ศ. 2550 เป็นช่วงที่มีอากาศหนาวจัด ผลส้มมีระยะการสุกมากขึ้น และมีเปลือกสีส้มเข้มทั่วทั้งผล จึงไม่มีการเปลี่ยนสีเปลือกให้เห็นชัดเจนเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น (ภาพภาคผนวก 1 และ 2) เมื่อเปรียบเทียบค่า L*, chroma และ hue angle ของสีเปลือกผลส้มที่ใช้ในการทดลองที่ 1 และ 2 เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษามีค่า L* ประมาณ 56 และ 61 ค่า chroma มีค่าประมาณ 45 และ 67 และมีค่า hue angle ประมาณ 95 และ 62 แสดงว่าสีเปลือกผลส้มที่ใช้ในการทดลองที่ 1 มีสีเขียวอมเหลืองและสีเปลือกผลส้มที่ใช้ในการทดลองที่ 2 มีสีส้มเข้ม

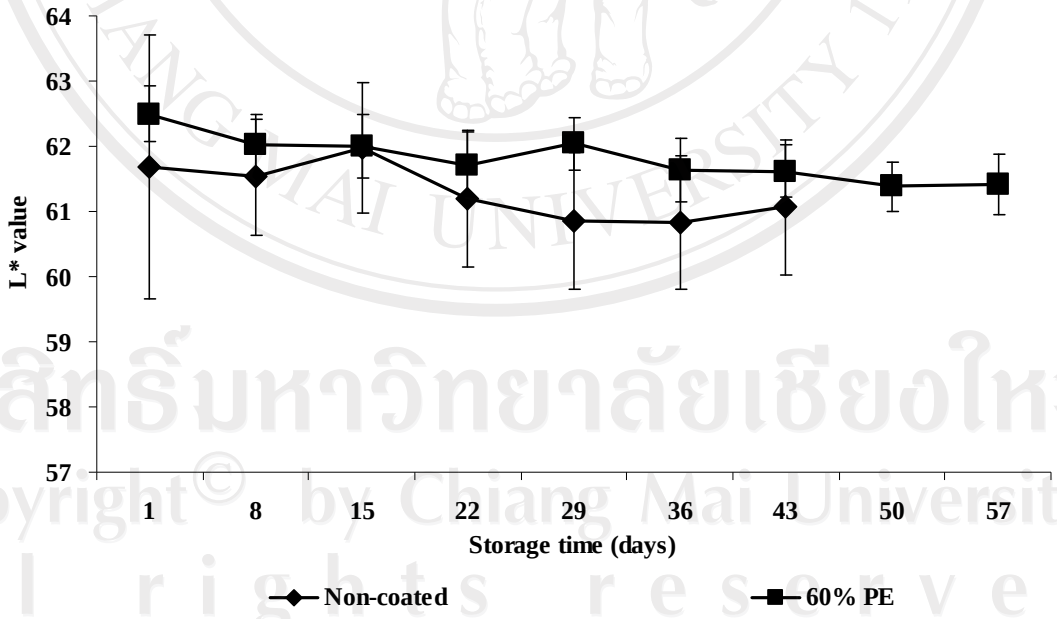
ข. การสูญเสียน้ำหนัก

ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE และผลส้มที่ไม่ได้ เคลือบผิวเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 29 วัน สูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 2.77 และ 5.64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อกำหนดให้ผลที่ไม่ได้เคลือบผิวสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ผลส้มที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

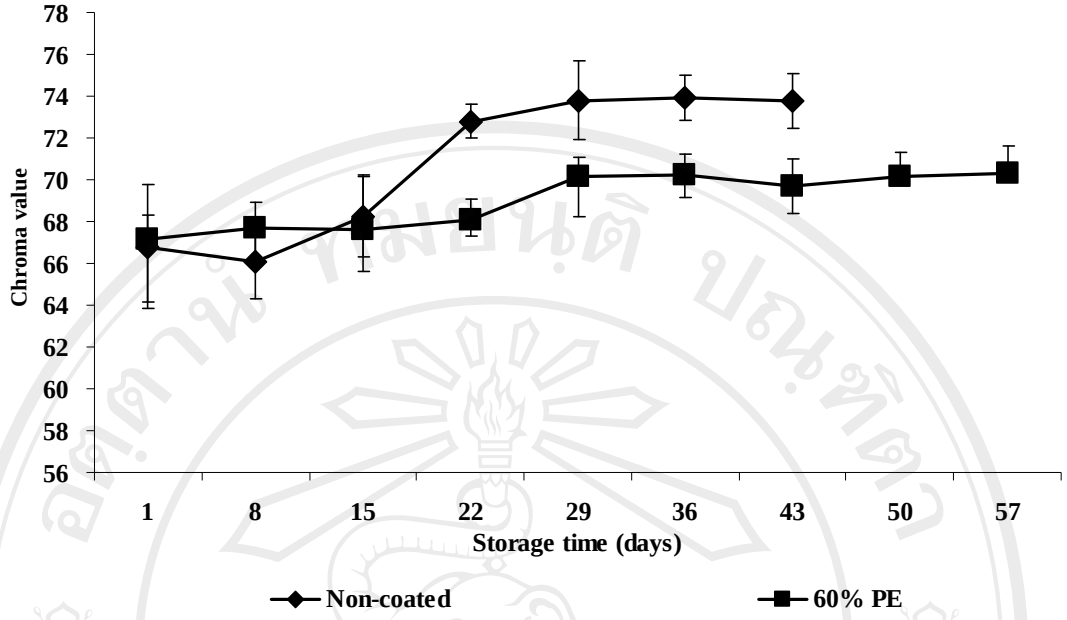
เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE สูญเสียน้ำหนักเพียง40.95 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น และผลส้มทั้ง 2 การทดลองสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพ 4.29 และตารางภาคผนวก 21)

ผลส้มพันธุ์ Valencia ที่สูญเสียน้ำหนักมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ผลเหี่ยวและเสียรูปทรง (Grierson and Wardowski, 1978; Wardowski *et. al.,* 1986) ผลเกรฟฟรุ๊ตพันธุ์ Marsh ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันของพอลิเอทิลีนผสมกับแคนเดลิลลาแวกซ์ แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส สูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 48 เปอร์เซ็นต์ เมื่อกำหนดให้ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ (Hagenmaier and Goodner, 2002) การเคลือบผิวผลส้มและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้ผลส้มสูญเสียน้ำหนักน้อยลง จึงสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลส้มได้นานยิ่งขึ้น (Hagenmaier and Goodner, 2002) เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษามีความสัมพันธ์กับการสูญเสียน้ำของผลส้ม การสูญเสียน้ำจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิภายนอกเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากในที่อุณหภูมิสูงจะมีการเคลื่อนไหวของโมเลกุลมากขึ้น โอกาสที่โมเลกุลของน้ำจะหลุดออกจากสถานะของเหลวไปอยู่ในสถานะแก๊สมากขึ้น (จริงแท้, 2541)

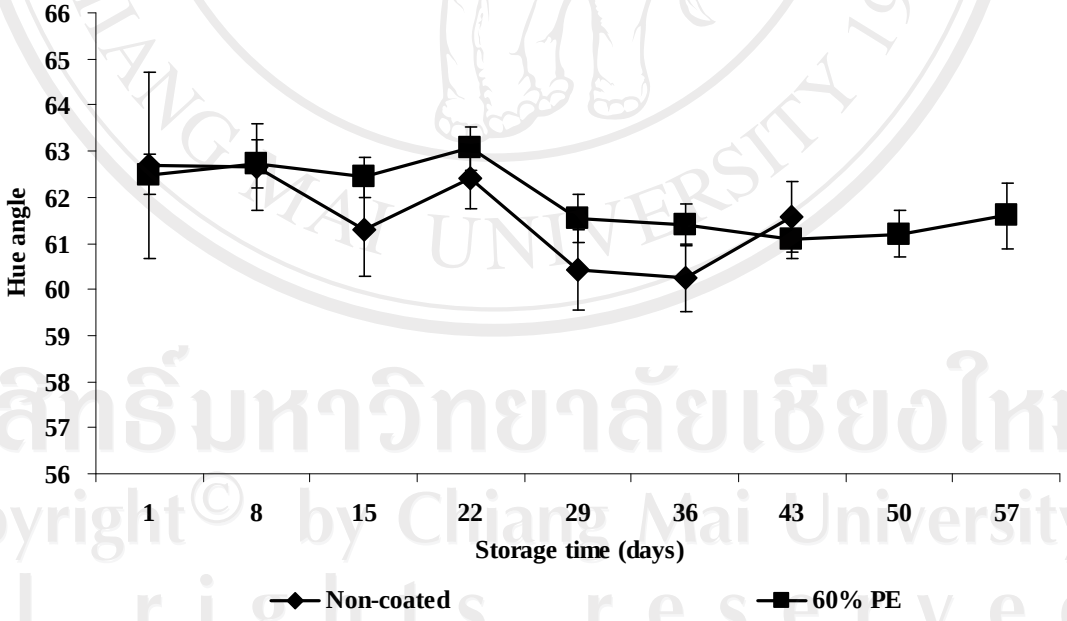


ภาพ 4.26 การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของสีเปลือกผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ด้วยสารเคลือบผิวไมโคร-อิมัลชัน 60% PE ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 57 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

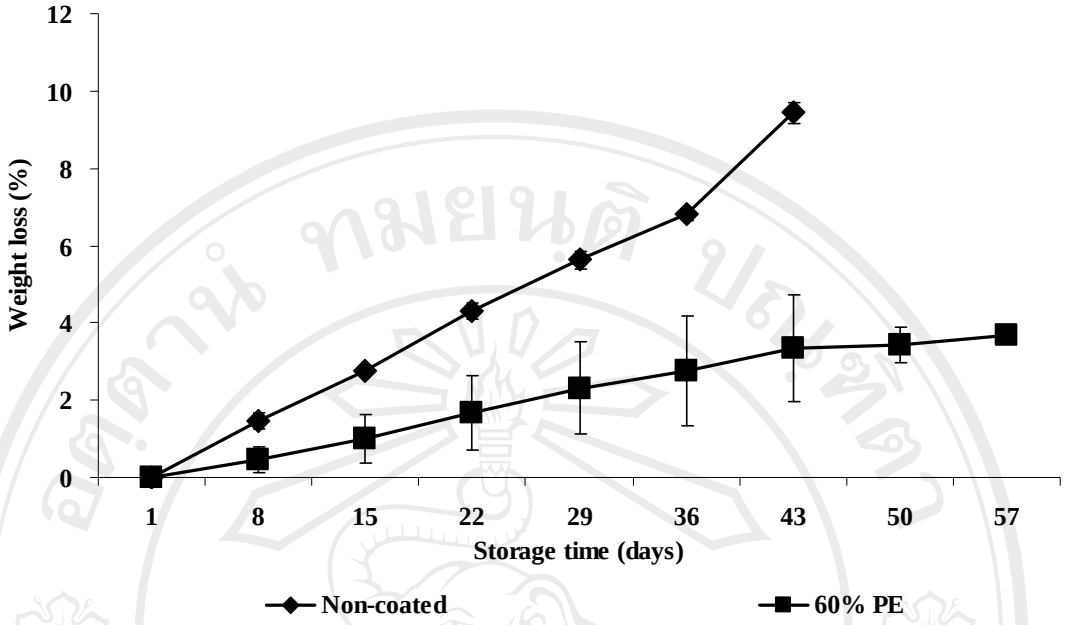


ภาพ 4.27 การเปลี่ยนแปลงค่า chroma ของสีเปลือกผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 57 วัน



ภาพ 4.28 การเปลี่ยนแปลงค่า hue angle ของสีเปลือกผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 57 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.29 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 57 วัน

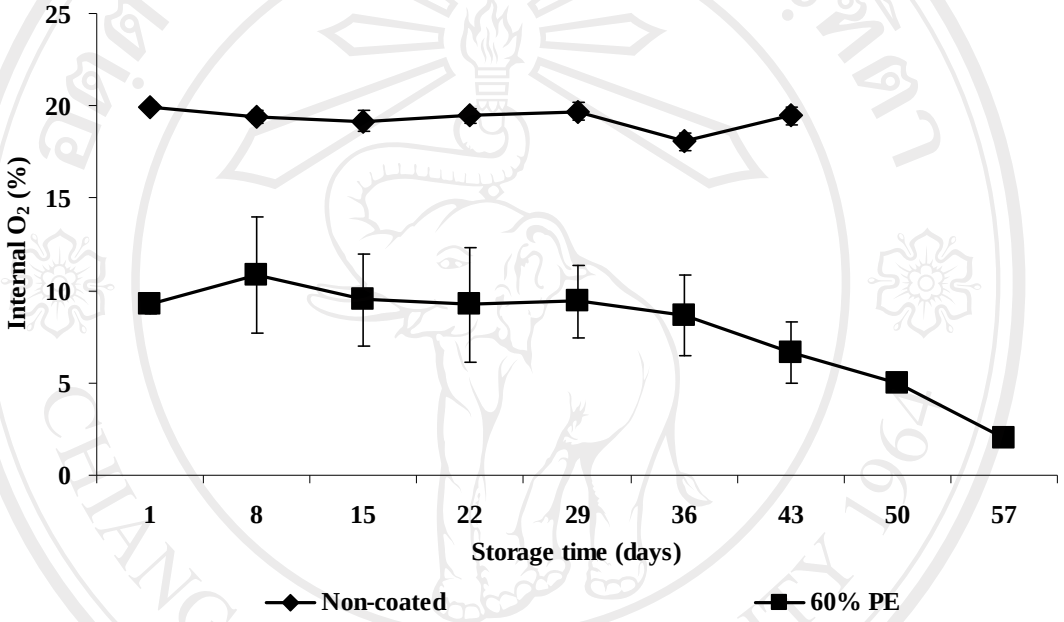
4.2.2 การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา

ปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้ม

ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวแล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาในวันที่ 1 ผลส้มมีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลเท่ากับ 9.27 และ 19.97 เปอร์เซ็นต์ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 4.41 และ 0.79 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 29 วัน ผลส้มมีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลส้มเท่ากับ 9.42 และ 19.69 เปอร์เซ็นต์ และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 8.33 และ 1.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE มีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลลดลง 0.12 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน และมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น 0.40 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน แต่ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลค่อนข้างคงที่และมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ เท่ากับ 0.08 เปอร์เซ็นต์ ต่อวัน (ภาพ 4.30-4.31 และตารางภาคผนวก 22-23)

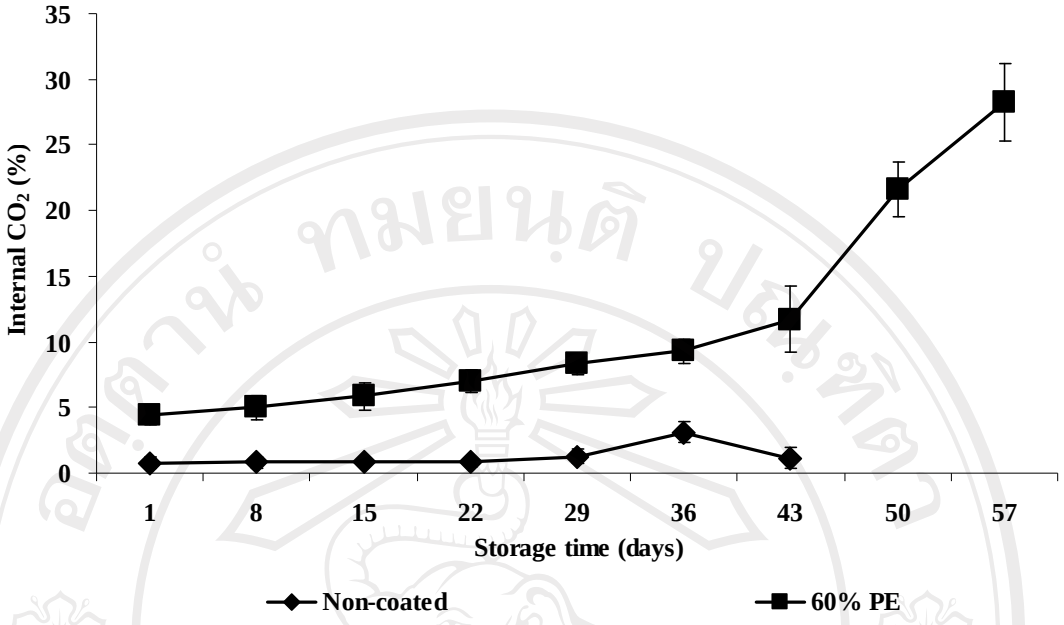
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลเกรฟฟรุ๊ตพันธุ์ Marsh ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันของพอลิเอทิลีนผสมกับแคนเดลิลลาแวกซ์ แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส มีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลต่ำกว่าและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าผลเกรฟฟรุ๊ตที่ไม่ได้เคลือบผิว โดยมีปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลเท่ากับ 18.2 และ 16.6 KPa และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 1.6 และ 2.2 KPa ตามลำดับ (Hagenmaier and Goodner, 2002)



ภาพ 4.30 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 57 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.31 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 57 วัน

4.2.3 การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

ก. ปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้น

ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาในวันที่ 1 ผลส้มมีปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นเท่ากับ 465.16 และ 292.41 ppm ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ 29 วัน มีปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นเท่ากับ 1,189.68 และ 506.09 ppm ตามลำดับ ผลส้มทั้ง 2 การทดลอง มีปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE มีปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นเพิ่มขึ้นสูงกว่าผลส้มที่ไม่เคลือบผิวตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพ 4.32 และตารางภาคผนวก 24)

ปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลส้ม เมื่อ plot กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นกับปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE พบว่ามีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง R^2=0.82 (ภาพ 4.33) โดยปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นแปรผกผันกับปริมาณแก๊สออกซิเจน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภายในผลส้ม ปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลส้มลดลง และเมื่อ plot กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเอทานอลในผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว 60% PE เริ่มเกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติเมื่อมีปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นเท่ากับ 1,707.33 ppm ภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 36 วัน และมีปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้มเท่ากับ 8.65 และ 9.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นต่ำกว่า 1,500 ppm ตลอดการเก็บรักษา

ปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นกับปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE พบว่ามีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง R^2=0.82 (ภาพ 4.34) โดยปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นแปรผันตรงกับปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้ม ซึ่งปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้มเพิ่มขึ้น

การเคลือบผิวมีผลโดยตรงต่อการลดอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างภายในผลส้มกับสิ่งแวดล้อม ทำให้ปริมาณแก๊สออกซิเจนลดลง เนื่องจากถูกใช้ไปในการหายใจและมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกระบวนการหายใจสะสมมากขึ้น (จริงแท้, 2541; Cohen *et. al.,* 1990; Hagenmaier, 2000) การเคลือบผิวผลส้มและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำช่วยชะลออัตราการหายใจให้ช้าลง ทำให้ปริมาณแก๊สภายในผลส้มเปลี่ยนแปลงช้าลง จึงสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลส้มได้นานขึ้น (Hagenmaier and Goodner, 2002) เนื่องจากที่อุณหภูมิต่ำช่วยชะลอกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหายใจให้ช้าลง ทำให้ผลส้มใช้แก๊สออกซิเจนและคายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์น้อยลง (Hagemaier, 2000; 2001 Hagenmaier and Baker, 1994a)

ผลเกรฟฟรุ๊ตพันธุ์ Marsh ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันของพอลิเอทิลีนผสมกับแคนเดลิลลาแวกซ์ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส มีปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นเพิ่มขึ้นสูงกว่าผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว (Hagenmaier and Goodner, 2002) การเคลือบผิวมีผลโดยตรงต่อการลดอัตราการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างภายในผลส้มกับสิ่งแวดล้อม หากแก๊สออกซิเจนภายในผลส้มลดลงจนไม่เพียงพอสำหรับการหายใจจะทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนหรือการหมัก ซึ่งในกระบวนการนี้จะมีการสังเคราะห์แอซีทัลดีไฮด์และเอทานอลมากขึ้นภายในผลส้ม ซึ่งสารเหล่านี้จะทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติในผลส้มได้ (Cohen *et. al.,* 1990; Hagenmaier, 2000; จริงแท้, 2541) การเก็บรักษาผลส้มที่เคลือบผิวไว้ที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้มีการสังเคราะห์เอทานอลน้อยกว่าจึงสามารถรักษากลิ่นและรสชาติที่ดีของผลส้มได้นานกว่าที่อุณหภูมิสูง 15 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข. ปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้ม

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาในวันที่ 1 เปลือกของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโคร-อิมัลชัน 60% PE และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีปริมาณความชื้นเท่ากับ 77.58 และ 74.93 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 29 วัน เปลือกของผลส้มมีปริมาณความชื้นลดลงเหลือ 76.64 และ 73.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หรือเปลือกของผลส้มมีปริมาณความชื้นลดลง 1.21 และ 2.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เปลือกของผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีปริมาณความชื้นต่ำกว่าและลดลงมากกว่าเปลือกของผลส้มที่เคลือบผิวตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพ 4.35 และตารางภาคผนวก 25) ปริมาณความชื้นเปลือกมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลส้ม เมื่อ plot กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นเปลือกกับการสูญเสียน้ำหนักของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE พบว่ามีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง $R^2=0.92$ (ภาพ 4.36) โดยปริมาณความชื้นเปลือกแปรผกผันกับเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลส้ม ปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้มลดลงเมื่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลส้มเพิ่มขึ้น

การที่ปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้มลดลงอาจมาจากสาเหตุเดียวกันกับการสูญเสียน้ำหนัก คือมีการสูญเสียน้ำออกจากของผลส้ม การเคลือบผิวผลส้มและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำช่วยทำให้ผลส้มสูญเสียน้ำหนักน้อยลง เนื่องจากสูญเสียความชื้นออกจากเปลือกน้อยลง จึงสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลส้มหลังการเก็บเกี่ยวได้นานยิ่งขึ้น (Kolattukudy, 1976) นอกจากนี้การเก็บรักษาผลส้มในสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง 84-95 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการแห้งของเปลือกผลส้มลงได้ (Ben-Yehoshua *et. al.*, 1985) แต่การทดลองที่ 2 นี้ ผลส้มเก็บรักษาไว้ที่สัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่อนข้างต่ำ จึงอาจทำให้ผลส้มสูญเสียน้ำหนักมากขึ้นได้

ค. ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้

ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวเมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาในวันที่ 1 มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้เท่ากับ 0.85 และ 0.83 เปอร์เซ็นต์ ในรูปกรดซิตริก ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 29 วัน ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ลดลงอย่างช้าๆ เหลือ 0.78 และ 0.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ภาพ 4.37 และตารางภาคผนวก 26) และสอดคล้องกับผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR และผลส้มไม่ได้เคลือบผิว เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง และที่อุณหภูมิ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ใกล้เคียงกันประมาณ 0.78-0.86 เปอร์เซ็นต์ (ศรายุทธ์และพิชญา, 2545)

ง. ค่าพีเอช

ค่าพีเอชของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาในวันที่ 1 มีค่าพีเอชเท่ากับ 3.49 และ 3.60 ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 29 วัน ผลส้มมีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ เท่ากับ 3.73 และ 3.71 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ภาพ 4.38 และตารางภาคผนวก 27) และสอดคล้องกับผลส้มพันธุ์ Murcott ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Britex และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน มีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ประมาณ 0.35-0.42 (Cohen *et. al.*, 1990) การที่ผลส้มมีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นและมีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ลดลงทำให้มีรสเปรี้ยวลดลงด้วย (ดนัยและนิธิยา, 2548)

จ. มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาในวันที่ 1 มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 13.07 และ 12.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 29 วัน ผลส้มมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ค่าเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ เป็น 13.93 และ 14.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ภาพ 4.39 และตารางภาคผนวก 28) สอดคล้องกับการเคลือบผิวผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10, 15 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 วัน พบว่าสารเคลือบผิวและอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และมีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (วงเดือน, 2546) การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น (จริงแท้, 2541)

ฉ. อัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้

ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาในวันที่ 1 มีอัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA) เท่ากับ 5.73 และ 5.34 ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษาไว้ที่

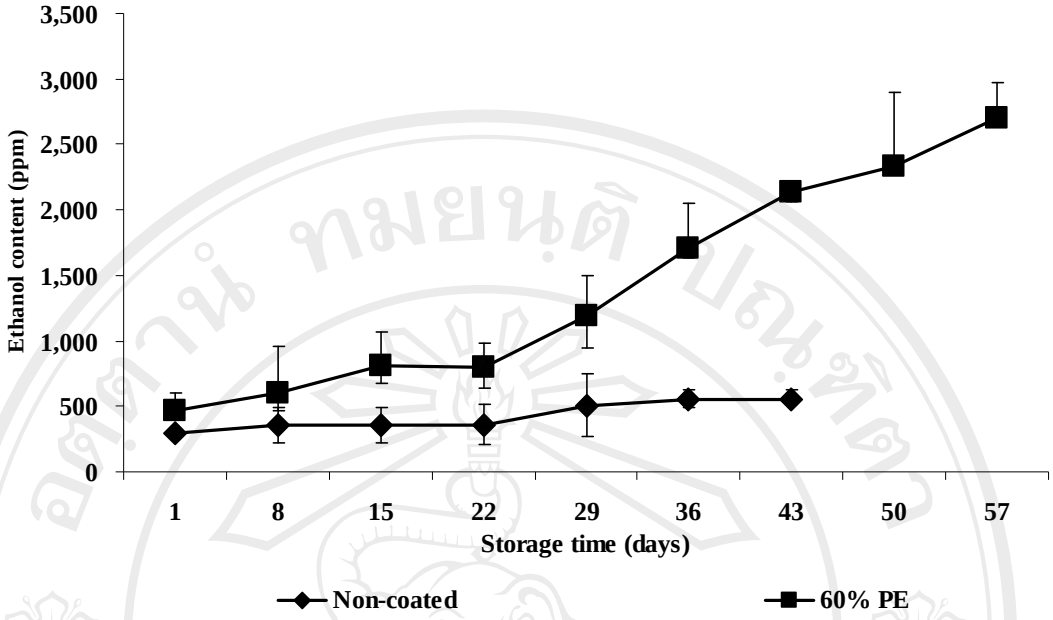
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 29 วัน มีอัตราส่วนของ TSS/TA เพิ่มขึ้นเป็น 7.92 และ 6.37 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ภาพ 4.40 และตารางภาคผนวก 29) เช่นเดียวกับผลส้มพันธุ์ Murcott ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว Britex และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน มีอัตราส่วนของ TSS/TA เพิ่มขึ้น (Cohen *et. al.,* 1990) การที่อัตราส่วนของ TSS/TA เพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นและปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้มีค่าลดลง

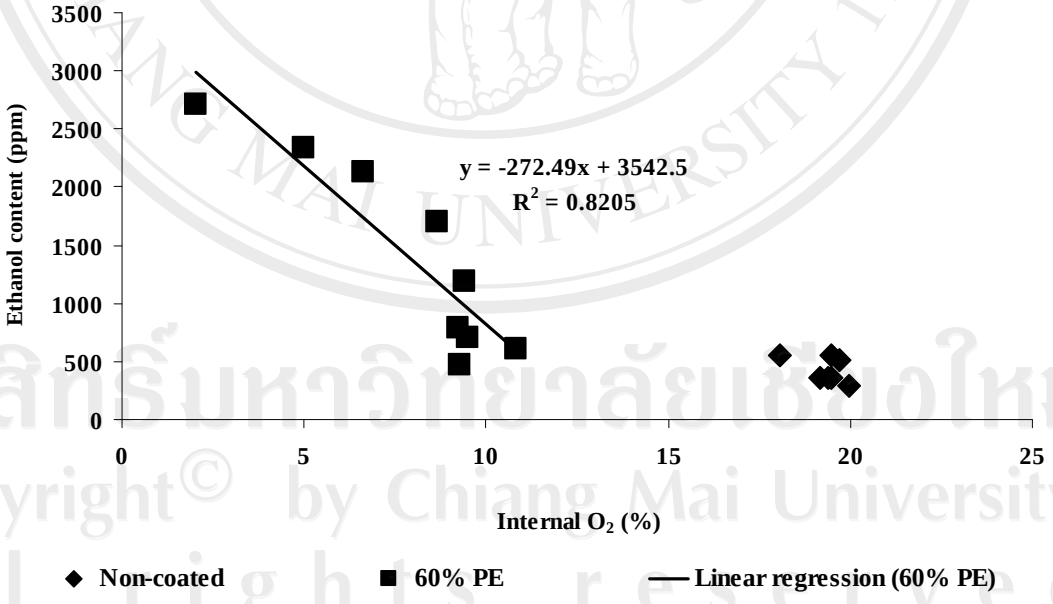
จ. ปริมาณวิตามินซี

ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว มีปริมาณวิตามินซีที่วิเคราะห์ด้วยวิธีไทเทรชัน เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาในวันที่ 1 เท่ากับ 22.97 และ 23.53 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำส้มคั้น ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 29 วัน ปริมาณวิตามินซีลดลงเหลือ 19.48 และ 19.78 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำส้มคั้น ตามลำดับ ซึ่งลดลงประมาณ 15-16 เปอร์เซ็นต์ และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) (ภาพ 4.41 และตารางภาคผนวก 30) ผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิว ZIVDAR และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5, 10, 15 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 วัน มีปริมาณของวิตามินซีลดลงในทุกอุณหภูมิการเก็บรักษาและสารเคลือบผิวไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซี ผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีปริมาณวิตามินซีลดลงมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ (วงเดือน, 2546) ทั้งนี้เนื่องจากวิตามินซีสลายตัวได้ง่ายที่อุณหภูมิสูง จึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ปริมาณวิตามินซีลดลงอย่างรวดเร็ว การเก็บรักษาผลส้มไว้ที่อุณหภูมิต่ำจึงช่วยชะลอการสูญเสียวิตามินซีได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

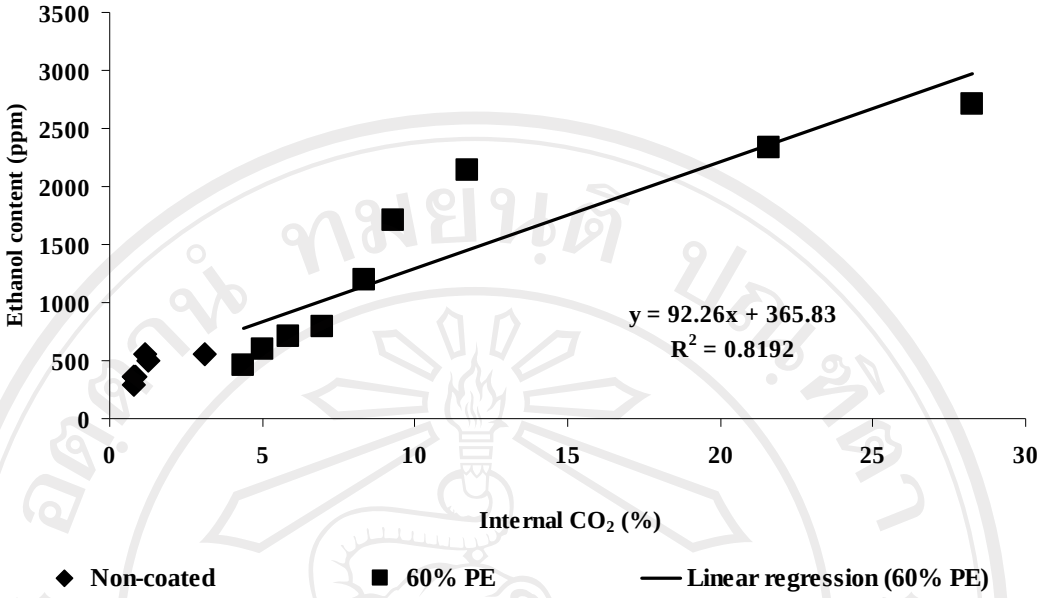


ภาพ 4.32 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 57 วัน

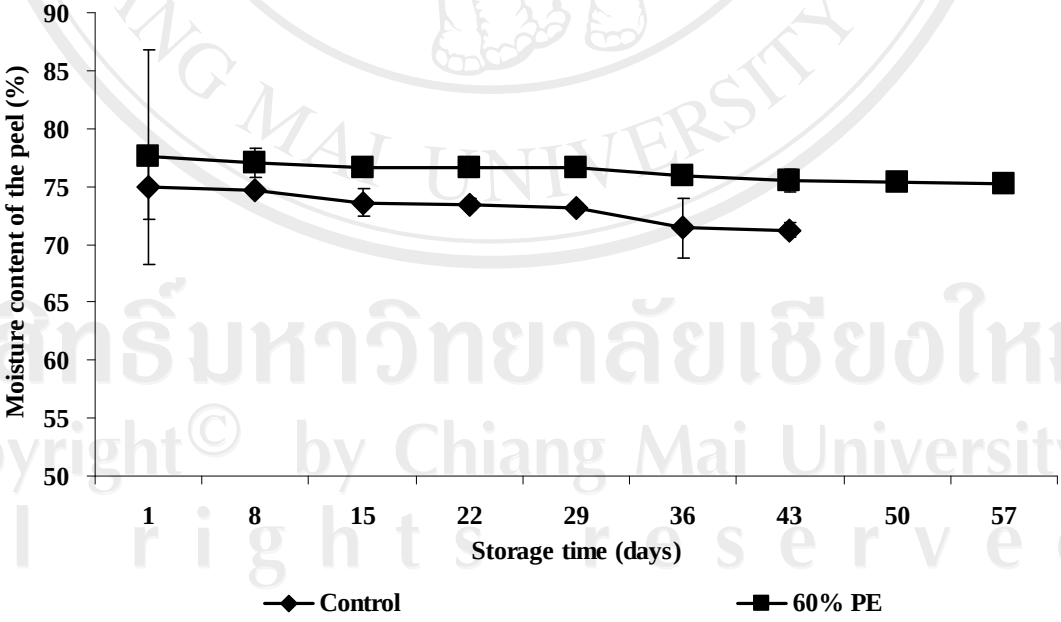


ภาพ 4.33 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นและปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 57 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

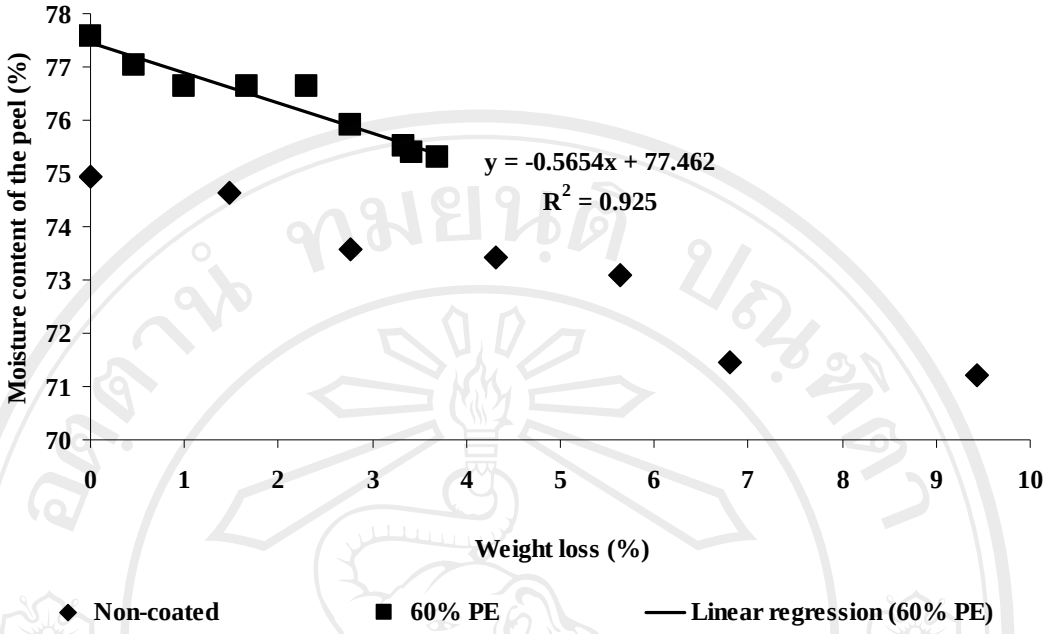


ภาพ 4.34 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นและปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 57 วัน

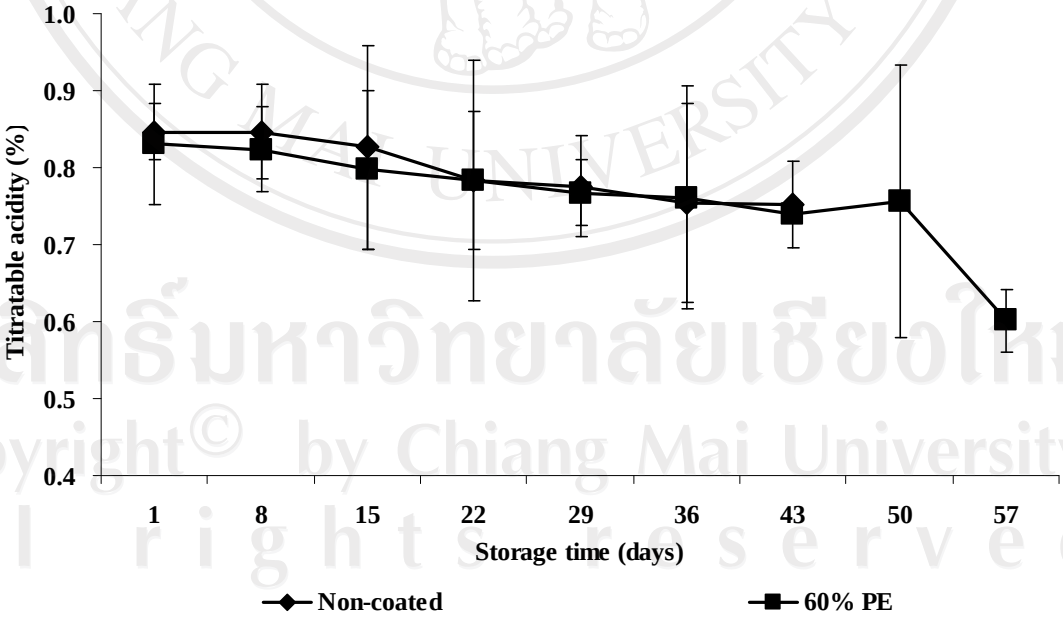


ภาพ 4.35 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 57 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

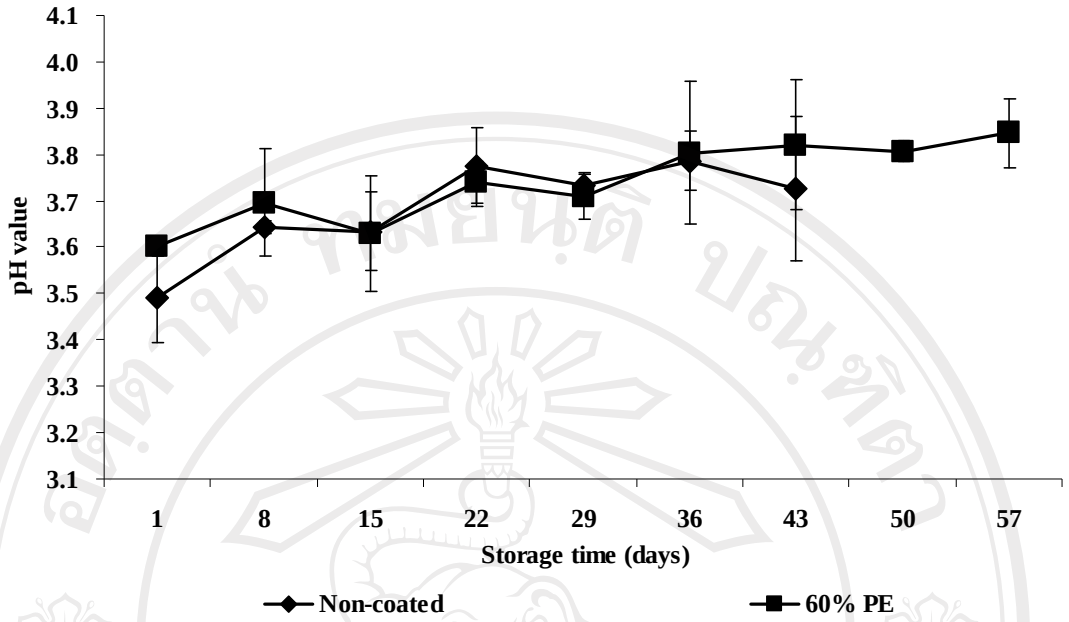


ภาพ 4.36 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นเปลือกและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 57 วัน

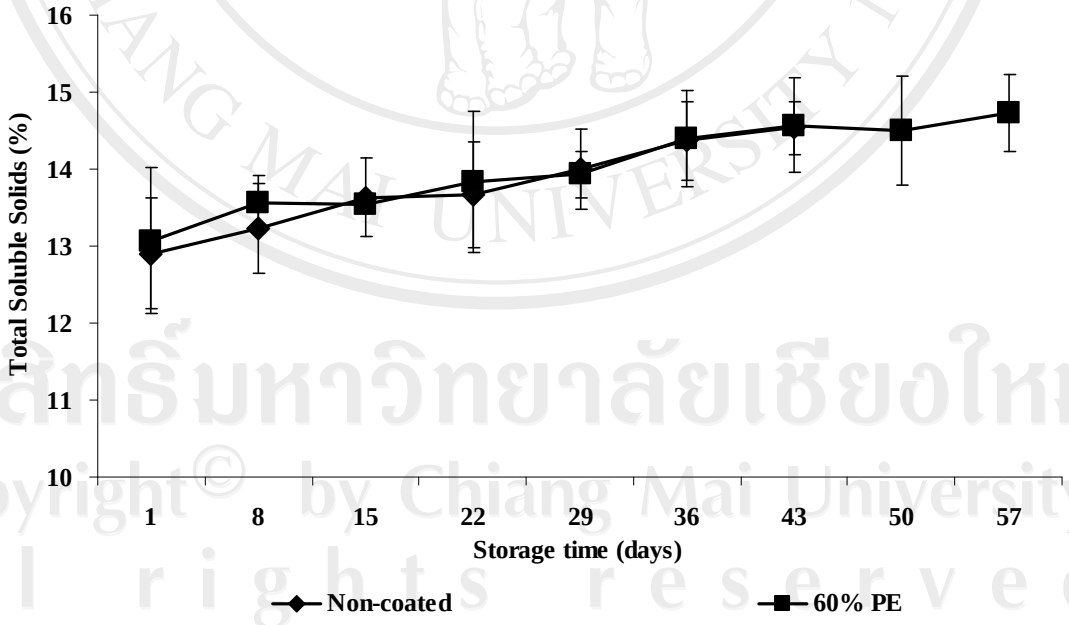


ภาพ 4.37 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 57 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

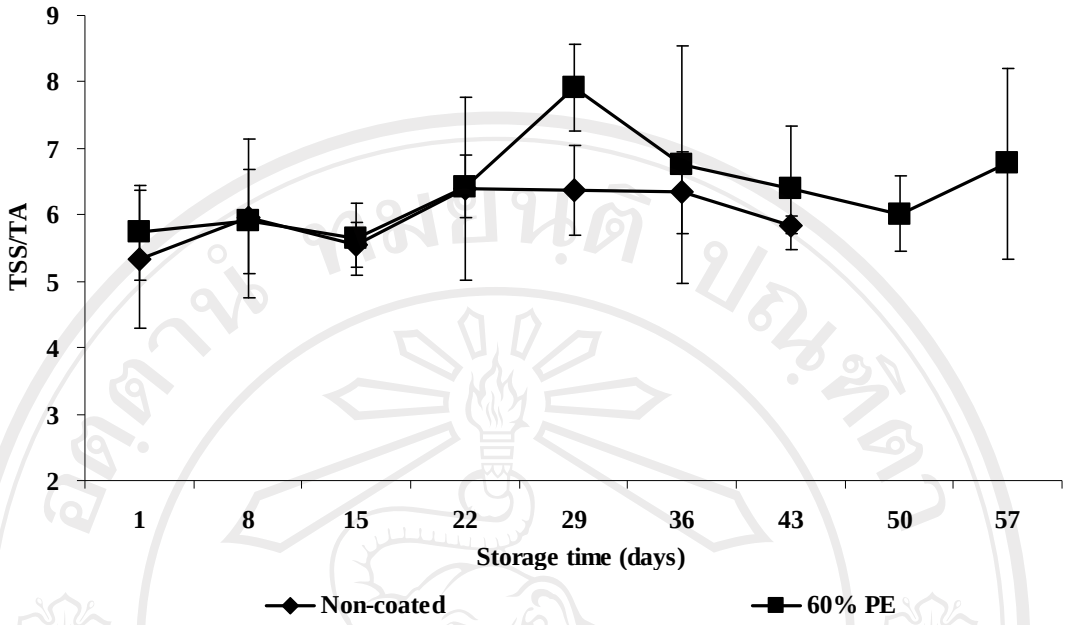


ภาพ 4.38 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 57 วัน

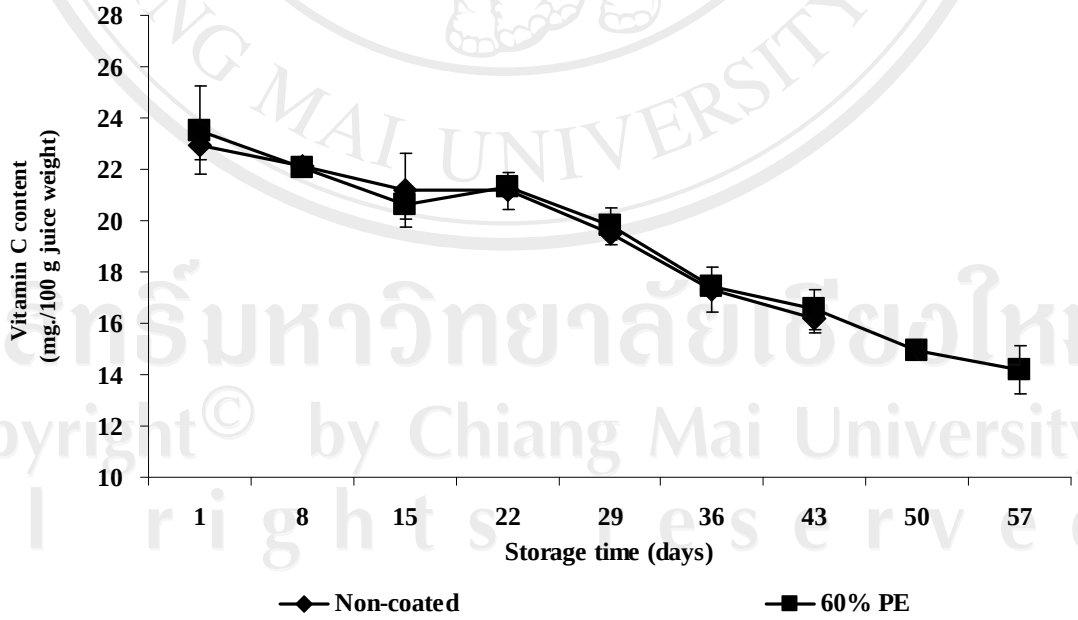


ภาพ 4.39 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 57 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.40 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 57 วัน



ภาพ 4.41 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 57 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.4 การประเมินด้านกลิ่นและรสชาติของผลส้ม ลักษณะปรากฏภายนอก และความมันวาวของเปลือกส้ม

ค. กลิ่นและรสชาติ

การประเมินด้านกลิ่นและรสชาติของผลส้มโดยการชิมและให้คะแนนตามความพอใจของผู้ทดสอบชิมระหว่างผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวโดยกำหนดให้คะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติอยู่ในช่วง 1-15 ผลส้มที่ได้คะแนนเท่ากับหรือต่ำกว่า 7.5 คะแนน หมายถึงผลส้มเริ่มเกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติ

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาในวันที่ 1 ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวได้คะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติเท่ากับ 15.00 คะแนน ภายหลังการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 29 วัน ได้คะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติลดลงเหลือ 8.17 และ 12.00 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ภาพ 4.42 และตารางภาคผนวก 31) ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชันของ 60% PE และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวเริ่มเกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 36 วัน ได้คะแนนเท่ากับ 7.33 และ 6.00 คะแนน ตามลำดับ

คะแนนที่ได้รับจากผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติของผลส้มมีความสัมพันธ์กับปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้น เมื่อ plot กราฟความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติกับปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโคร-อิมัลชัน 60% PE พบว่ามีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง R^2=0.93 (ภาพ 4.43) โดยคะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติแปรผกผันกับปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้น ซึ่งคะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติของผลส้มลดลงเมื่อปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นเพิ่มขึ้น ผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งได้รับคะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติเท่ากับหรือต่ำกว่า 7.5 คะแนน ซึ่งหมายถึงผลส้มเริ่มเกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปรกติ เมื่อมีปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้มเท่ากับ 8.65 และ 9.29 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นเท่ากับ 1,707.33 ppm

กลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติของผลส้มเกิดจากการสังเคราะห์แอซีทัลดีไฮด์และเอทานอลในกระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Cohen *et. al.*, 1990) ผลส้มที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำจะมีอัตราการหายใจลดลง ทำให้การขาดแก๊สออกซิเจนหรือการสะสมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นช้าลง การเก็บรักษาผลส้มไว้ที่อุณหภูมิต่ำจึงมีการสังเคราะห์เอทานอลน้อยกว่าที่อุณหภูมิสูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทำให้สามารถรักษารสชาติที่ดีของผลส้มได้นานขึ้น (Hagemaier, 2000; 2001 Hagenmaier and Baker, 1994a)

ง. ลักษณะปรากฏภายนอก

การประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกโดยการให้คะแนนการยอมรับของผู้ทดสอบที่มีต่อผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว โดยกำหนดให้คะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกอยู่ในช่วง 1-5 ถ้าผลส้มได้คะแนนเท่ากับ 3 คะแนน หมายถึงบริเวณขั้วเปลือกผลส้มและรอบๆ ผลเหี่ยว ซึ่งถือว่าไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาในวันที่ 1 ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวได้คะแนนเริ่มต้นเท่ากับ 5.00 ภายหลังการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 29 วัน ได้คะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกลดลงเหลือ 4.00 และ 2.50 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ภาพ 4.44 และตารางภาคผนวก 32) ผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE มีลักษณะปรากฏภายนอกไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 43 วัน ได้คะแนนเท่ากับ 3.50 คะแนน ในขณะที่ผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีลักษณะปรากฏภายนอกไม่เป็นที่ยอมรับภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 22 วัน ได้คะแนนเท่ากับ 3.33 คะแนน

คะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกที่ได้รับมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักและปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้ม เมื่อ plot กราฟความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลส้มที่เคลือบผิวด้วย สารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE พบว่ามีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง R^2=0.80 (ภาพ 4.45) โดยคะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกแปรผกผันกับเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลส้ม ซึ่งคะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกของผลส้มลดลงเมื่อมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น และเมื่อ plot กราฟความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกและปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE พบว่ามีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง R^2=0.74 (ภาพ 4.46) โดยคะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกแปรผันตรงกับปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้ม ซึ่งคะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกของผลส้มลดลง เมื่อปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้มลดลง ผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งได้รับคะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เท่ากับหรือต่ำกว่า 3 คะแนน ซึ่งถือว่าไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ เมื่อผลส้มสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 3.34 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณความชื้นของเปลือกผลส้มเท่ากับ 75.51 เปอร์เซ็นต์

อาการเหี่ยวนั้นเกิดจากการสูญเสียน้ำของผลส้ม (ดนัย, 2540; จริงแท้, 2541) การเคลือบผิวเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยชะลอการสูญเสียน้ำของผลไม้ได้ประมาณ 30-50 เปอร์เซ็นต์ (ดนัยและนิธิยา, 2548) การเคลือบผิวผลส้มและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำทำให้ผลส้มมีการสูญเสียน้ำน้อยลง (Hagenmaier and Goodner, 2002) จึงสามารถรักษาลักษณะปรากฏภายนอกที่ดีของผลส้มได้นานขึ้น

ค. ความมันวาวเปลือกของผลส้ม

การประเมินด้านความมันวาวเปลือกของผลส้มโดยการให้คะแนนการยอมรับของผู้ทดสอบที่มีต่อผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิว โดยกำหนดคะแนนผลการประเมินด้านความมันวาวเปลือกของผลส้มอยู่ในช่วง 1-5 ถ้าผลส้มได้คะแนนเท่ากับ 3 หมายถึง เปลือกผลส้มมีความมันวาวปานกลาง ซึ่งถือว่าไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาในวันที่ 1 เปลือกของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโคร-อิมัลชัน 60% PE และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวได้คะแนนผลการประเมินด้านความมันวาวเท่ากับ 5.00 และ 2.67 คะแนน ตามลำดับ ภายหลังการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 29 วัน ได้คะแนนผลการประเมินด้านความมันวาวลดลงเหลือ 4.17 และ 1.00 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ภาพ 4.47 และตารางภาคผนวก 33) จากผลการทดลองยังพบอีกว่าเปลือกของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE มีความมันวาวลดลงภายหลังการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 43 วันได้คะแนนเท่ากับ 3.33 ในขณะที่เปลือกของผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวไม่มีความมันวาวและได้คะแนนต่ำกว่า 3 คะแนนตลอดเวลาการเก็บรักษา

คะแนนผลการประเมินด้านความมันวาวเปลือกของผลส้มมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักและปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้ม เมื่อ plot กราฟความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนผลการประเมินด้านความมันวาวเปลือกและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE พบว่ามีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง $R^2=0.78$ (ภาพ 4.48) โดยคะแนนผลการประเมินด้านความมันวาวเปลือกแปรผกผันกับเปอร์เซ็นต์ การสูญเสียน้ำหนักของผลส้ม ซึ่งคะแนนผลการประเมินด้านความมันวาวเปลือกลดลงเมื่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลส้มเพิ่มขึ้น และเมื่อ plot กราฟความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนผลการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประเมินด้านความมันวาวเปลือกและปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้มที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE พบว่ามีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง R^2=0.83 (ภาพ 4.49) โดยคะแนนผลการประเมินความมันวาวเปลือกแปรผันตรงกับปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้ม ซึ่งคะแนนผลการประเมินความมันวาวเปลือกลดลงเมื่อปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้มลดลง การเหี่ยวของผลส้มทำให้ความมันวาวของสารเคลือบผิวลดลง ผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งได้รับคะแนนผลการประเมินด้านความมันวาวเปลือกของผลส้มเท่ากับหรือต่ำกว่า 3 คะแนน ซึ่งถือว่าไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ เมื่อผลส้มสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 2.77 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้มเท่ากับ 75.89 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นสารเคลือบผิวที่สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักของผลส้มได้ดีจะสามารถรักษาความมันวาวเปลือกของผลส้มไว้ได้นานเช่นกัน (Hagenmaier, 2000)

ก. อายุการเก็บรักษา

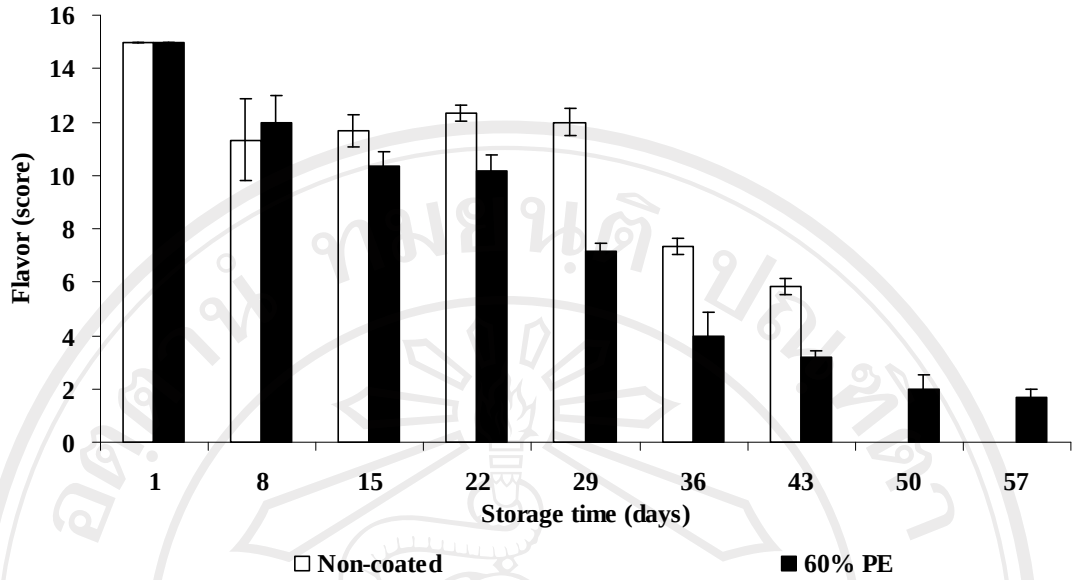
การตัดสินว่าผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งมีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ได้นานเท่าใด สามารถพิจารณาได้จากคะแนนที่ได้รับจากการยอมรับของผู้ทดสอบต่อกลิ่นและรสชาติ ปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้ม และปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้น และคะแนนที่ได้รับจากผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกของผลส้ม เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณความชื้น และลักษณะการเหี่ยวของเปลือกผลส้ม ผลส้มเริ่มไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบเมื่อได้คะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติของผลส้มเท่ากับหรือต่ำกว่า 7.5 คะแนน มีปริมาณแก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้มเท่ากับ 8.65 และ 9.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นเท่ากับ 1,707.3 ppm และได้คะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกของผลส้มเท่ากับหรือต่ำกว่า 3 คะแนน มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 3.34 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้มเท่ากับ 75.51 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าหมดอายุการเก็บรักษา ผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวมีอายุการเก็บรักษาไม่เกิน 36 วันและ 22 วัน ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.2 ผลของสารเคลือบผิว 60% PE และผลส้มที่ไม่ได้เคลือบผิวต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ทางสรีรวิทยา และทางเคมีของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส

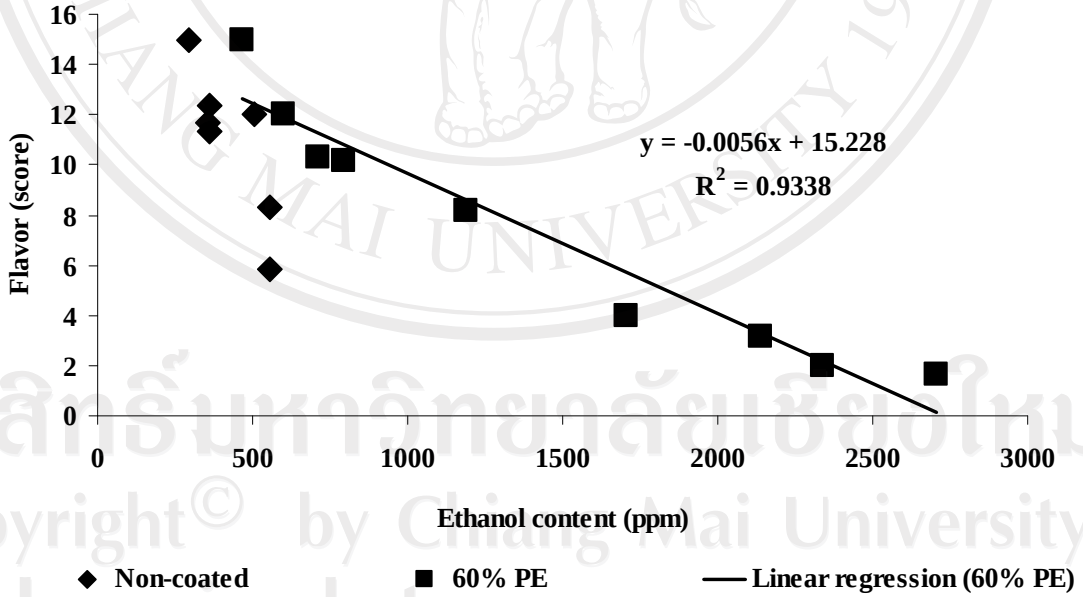
ผลการทดลอง	Non-coated	60% PE
สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกผลส้มได้ (วัน)	22	29
การสูญเสียน้ำหนักของผลส้มที่เพิ่มขึ้น (% / วัน)	0.18	0.05
ปริมาณแก๊สออกซิเจนภายในผลส้มที่ลดลง (% / วัน)	0.01	0.12
ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลส้มที่เพิ่มขึ้น (% / วัน)	0.08	0.40
ปริมาณเอทานอลในน้ำส้มคั้นที่เพิ่มขึ้น (ppm / วัน)	6.17	39.31
ปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้มที่ลดลง (% / วัน)	0.11	0.05
สามารถรักษากลิ่นและรสชาติของผลส้ม (วัน)	36	36
สามารถรักษาลักษณะปรากฏภายนอกของผลส้มได้ (วัน)	22	43
สามารถรักษาความมันวาวเปลือกของผลส้มได้ (วัน)	-	43
อายุการเก็บรักษาของผลส้มที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส (วัน)	22	36

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



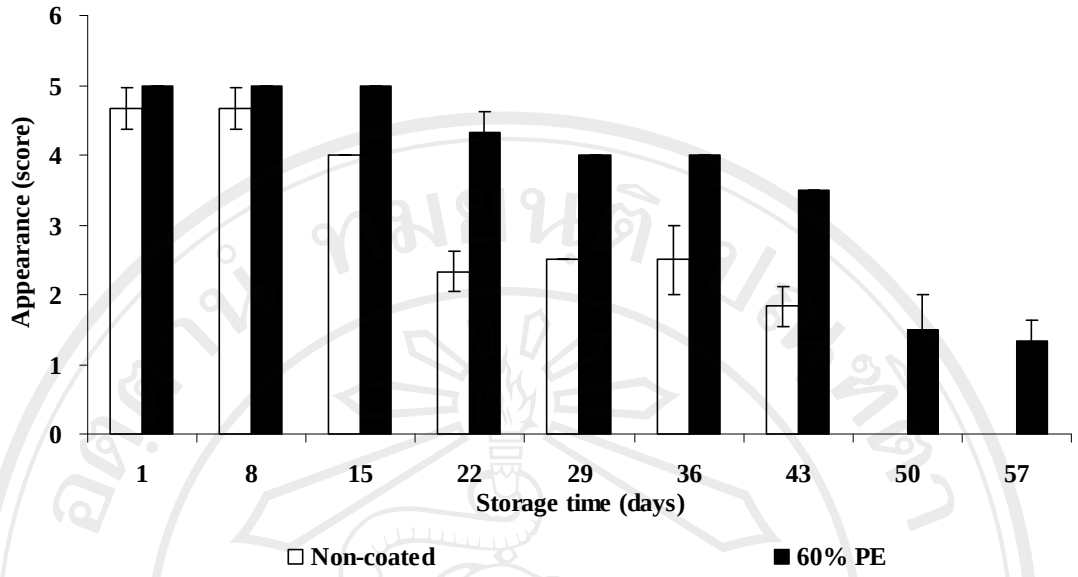
15 = ไม่มีกลิ่นและมีรสชาติปกติ และ 1 = มีกลิ่นและรสชาติผิดปกติมาก

ภาพ 4.42 การเปลี่ยนแปลงคะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 57 วัน



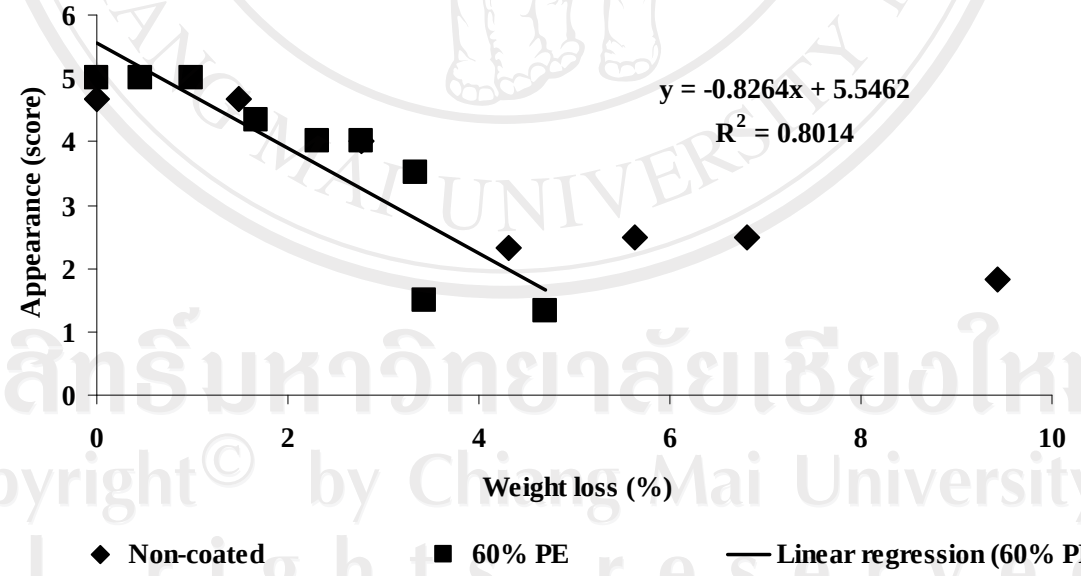
ภาพ 4.43 ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนผลการประเมินด้านกลิ่นและรสชาติและปริมาณเอทานอลในน้ำคั้นของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 57 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



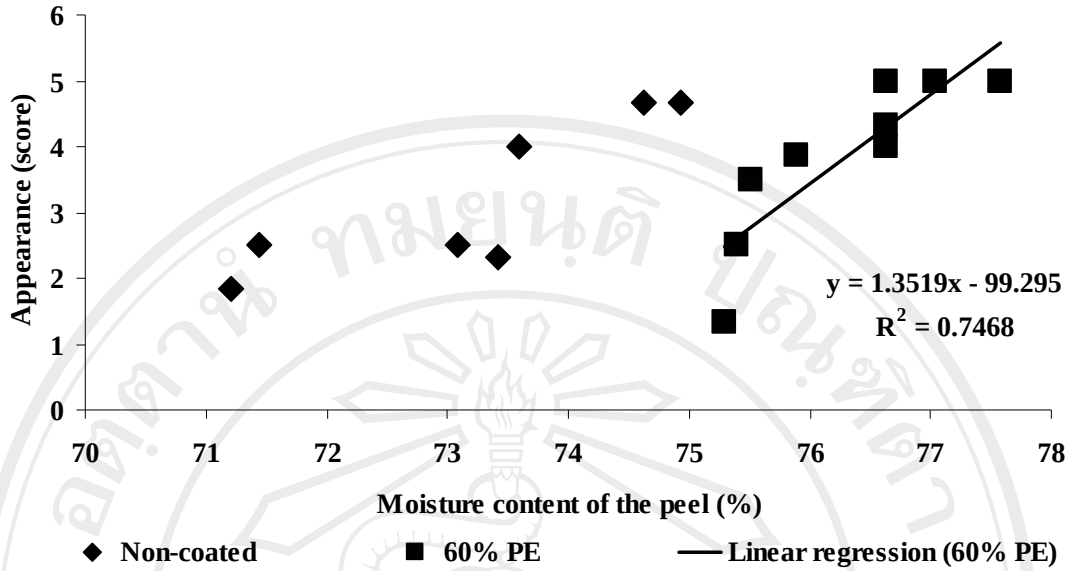
5 = ผลปกติ (เมื่อเริ่มต้นทดลอง) 4 = ผลเริ่มไม่สด (ยังยอมรับได้) 3 = ขั้วและรอบๆ ผลเหี่ยว (เริ่มไม่ยอมรับ) 2 = ผลเหี่ยวปานกลาง (ไม่ยอมรับ) และ 1 = ผลเหี่ยวมาก (ไม่ยอมรับมาก)

ภาพ 4.44 การเปลี่ยนแปลงคะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 57 วัน

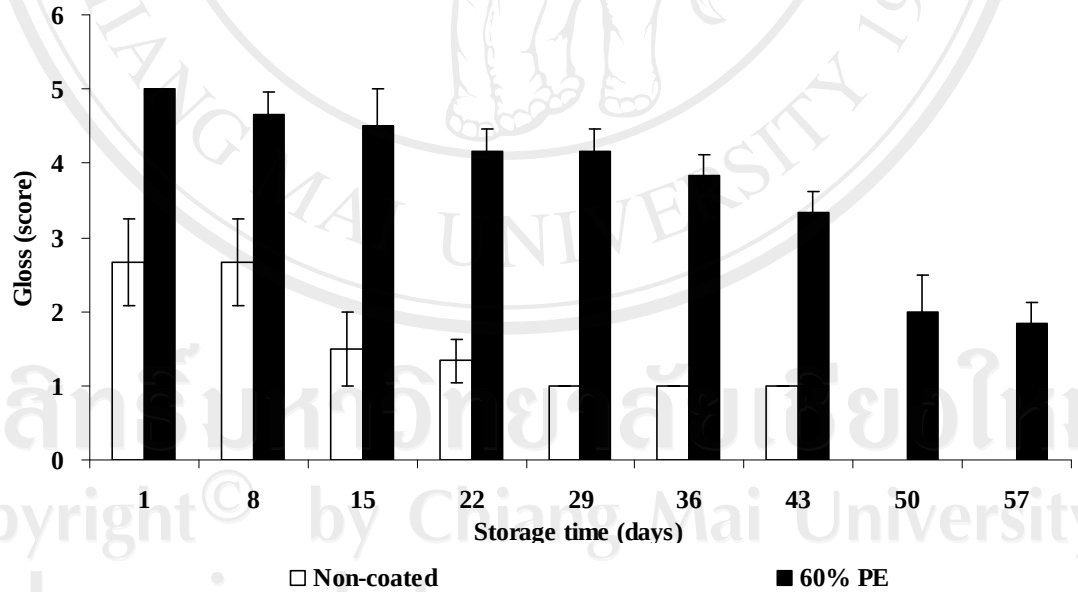


ภาพ 4.45 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ด้วยสารเคลือบผิวไมโคร-อิมัลชัน 60% PE ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 57 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



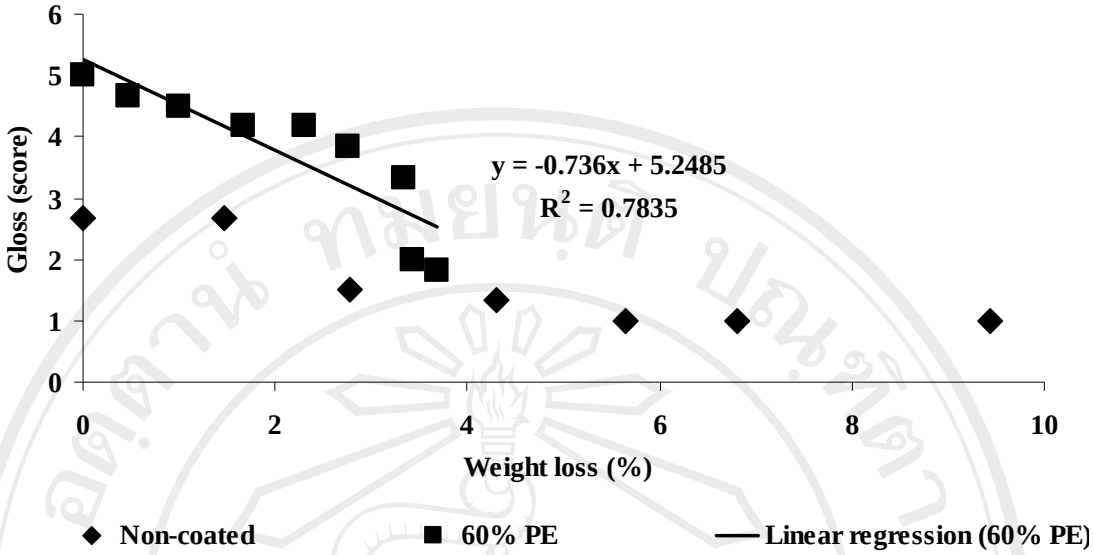
ภาพ 4.46 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนผลการประเมินด้านลักษณะปรากฏภายนอกและปริมาณความชื้นเปลือกของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 57 วัน



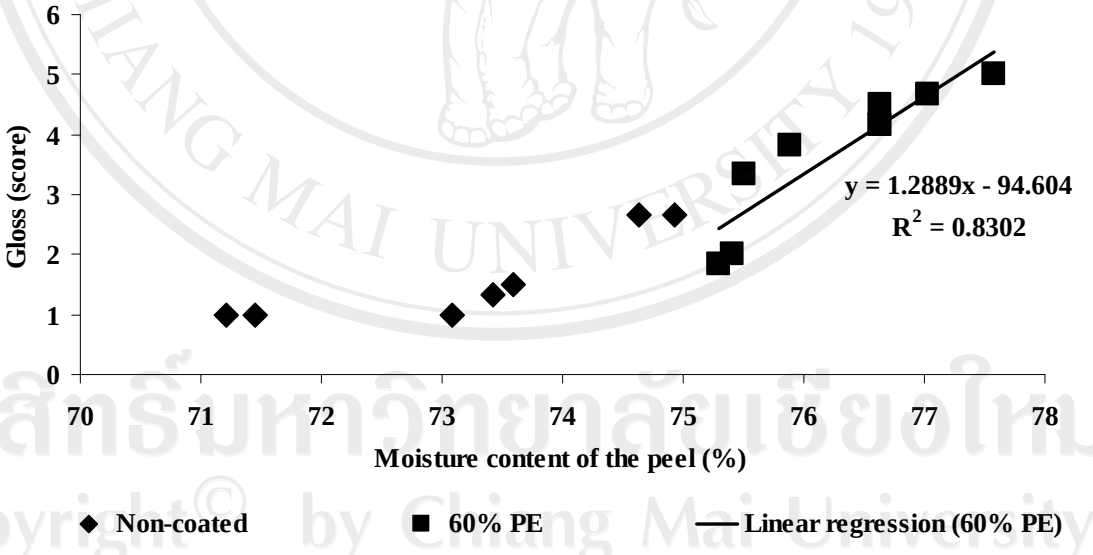
5 = มีความมันวาวดีมาก 4 = หมายถึง มีความมันวาวดี 3 = หมายถึง มีความมันวาวปานกลาง 2 = หมายถึง มีความมันวาวน้อย และ 1 = หมายถึง ไม่มีความมันวาว

ภาพ 4.47 การเปลี่ยนแปลงคะแนนผลการประเมินด้านความมันวาวเปลือกของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 57 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.48 ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนผลการประเมินด้านความมันวาวเปลือกและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 57 วัน



ภาพ 4.49 ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนผลการประเมินด้านความมันวาวเปลือกและความชื้นเปลือกของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ด้วยสารเคลือบผิวไมโครอิมัลชัน 60% PE ระหว่างการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 79±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 57 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved