

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 การออกแบบเครื่อง TiO_2 photocatalytic oxidation (TPO) และศึกษาหาปริมาณของสารไทเทเนียมไดออกไซด์ที่เหมาะสมต่อการสลายตัวของเอทิลีน

จากการศึกษาผลของการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยแสงโดย TiO_2 ต่อการสลายตัวของเอทิลีนในระบบปิดที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส พบว่าการใช้ TiO_2 ปริมาณ 5, 7 และ 10 กรัมร่วมกับการเปิดแสง UV-A นาน 7 ชั่วโมง ปิด 1 ชั่วโมงสลับกันไปตลอดเวลาการทดลอง สามารถลดปริมาณเอทิลีนที่สะสมอยู่ในกล่องได้ โดยปริมาณ TiO_2 ที่สูงขึ้น คือ 10 กรัม มีประสิทธิภาพในการสลายเอทิลีนมากที่สุด รองลงมาคือ 7 และ 5 กรัม ตามลำดับ โดยความเข้มข้นของอนุภาค TiO_2 เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อกระบวนการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยแสง (สรรรค์, 2552) โดยที่การเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยแสงโดย TiO_2 สามารถลดปริมาณเอทิลีนได้ เนื่องจากแสง UV ทำให้เกิดการแตกตัวของอิเล็กตรอนอิสระ (e^-) และอิเล็กตรอนโฮล (h^+) ของเม็ดผง TiO_2 แล้วเข้าทำปฏิกิริยากับ H_2O และ O_2 ในอากาศ ทำให้เกิดสารอนุมูลอิสระคือ super oxide anion ($\cdot\text{O}_2^-$) และ hydroxyl radical ($\cdot\text{OH}$) ซึ่งสารอนุมูลอิสระทั้ง 2 ตัวนี้สามารถทำให้โมเลกุลของเอทิลีนแตกสลายด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชัน ส่งผลให้ปริมาณเอทิลีนลดลงด้วย (Hussain *et al.*, 2011) สอดคล้องกับ Nishizawa *et al.* (2006) ที่ทดสอบเครื่องเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยแสงโดย TiO_2 ต่อก๊าซเอทิลีนบริสุทธิ์ภายในภาชนะปิดสนิทแล้ว พบว่าปริมาณเอทิลีนมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 5 และหลังจากนั้นยังคงลดลงอีกเล็กน้อยจนถึงวันที่ 7 ค่าเอทิลีนเหลือเพียง 0.12 ไมโครลิตรต่อลิตร (ลดลง 52% จากเอทิลีนเริ่มต้น) ส่วนภาชนะปิดสนิทที่ไม่ใช้เครื่องเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยแสงโดย TiO_2 ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเอทิลีนระหว่างการทดลอง

ส่วนกรรมวิธีที่ไม่ใช้ TiO_2 แต่ใช้ UV พบว่าเอทิลีนมีปริมาณต่ำกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใช้ TiO_2 และไม่ใช่ UV และกรรมวิธีที่ใช้ TiO_2 ปริมาณ 10 กรัมแต่ไม่ใช่ UV เนื่องจากการใช้เฉพาะ TiO_2 จะไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ ถ้าไม่มีแสง UV มากกระตุ้น ดังนั้นการใช้ TiO_2 เพียงอย่างเดียวจึงไม่มีผลต่อการสลายตัวของเอทิลีน ส่วนการใช้ UV มีผลในการสลายตัวของเอทิลีนเช่นเดียวกับ Shorter and Scott (1987) ได้ทดลองใช้หลอดอัลตราไวโอเลตฆ่าเชื้อ (germicidal UV lamp) ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร พบว่าแสง UV สามารถลดปริมาณเอทิลีนที่อยู่ในอากาศได้และไม่ทำให้เกิดก๊าซโอโซนในภายหลัง เช่นเดียวกับการทดลองของ Lawton (1991) ที่เปรียบเทียบ

กรรมวิธีการกำจัดเอทิลีนในห้องเย็นระหว่างขนส่งทางเรือ พบว่าการใช้แสง UV ทำให้ปริมาณเอทิลีนลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อเทียบกับชุดควบคุม แต่อย่างไรก็ตามทั้ง 3 กรรมวิธี คือกรรมวิธีที่ไม่ใช้ TiO_2 และไม่ใช้ UV, กรรมวิธีที่ใช้ TiO_2 ปริมาณ 10 กรัมแต่ไม่ใช้ UV และกรรมวิธีที่ไม่ใช้ TiO_2 แต่ใช้ UV ยังมีปริมาณเอทิลีนที่สะสมอยู่ในกล่องสูงกว่าการใช้แสง UV ร่วมกับ TiO_2 (TPO) ทุกความเข้มข้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า TiO_2 ที่ใช้ร่วมกับการใช้แสง UV มีผลเสริมกันทำให้สามารถลดปริมาณเอทิลีนได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ เช่นเดียวกับในการศึกษาของวิลาวัลย์และคณะ (2554) รายงานการใช้เครื่องต้นแบบ TPO เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ พบว่าเครื่องที่ใช้ทั้ง TiO_2 และ UV-A ปริมาณเอทิลีนภายในกล่องที่บรรจุผลมะม่วงมีค่าต่ำที่สุด รองลงมาคือเครื่องที่ใช้ UV-A เพียงอย่างเดียว และเครื่องที่ใช้ TiO_2 เพียงอย่างเดียว ตามลำดับ ซึ่งปริมาณเอทิลีนในวันที่ 7 ของการเก็บรักษาทั้ง 3 กรรมวิธีให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและมีค่าเท่ากับ 0.06, 0.12 และ 0.34 ppm ตามลำดับ

การเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยแสงโดย TiO_2 มีผลต่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยที่ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของกรรมวิธีที่ไม่ใช้ TPO มีค่าค่อนข้างคงที่ ส่วนกรรมวิธีที่ใช้ TPO ที่มี TiO_2 ที่แตกต่างกันทั้ง 3 ปริมาณ มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้น โดยการใช้ TPO ที่มีปริมาณ TiO_2 10 กรัม มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด รองลงมาคือ 7 และ 5 กรัม ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการใช้ TPO ที่มีปริมาณ TiO_2 10 กรัมสามารถกระตุ้นการสลายเอทิลีนได้ดีที่สุด เนื่องจากกระบวนการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยแสงโดย TiO_2 มีผลในการสลายเอทิลีนให้เป็นโมเลกุลน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ ส่งผลทำให้ปริมาณเอทิลีนในระบบปิดลดลง แต่คาร์บอนไดออกไซด์ภายในระบบจะสูงขึ้น (Han and Nie, 2004; Li *et al.*, 2009) เช่นเดียวกับการทดสอบวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกระบวนการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยแสงโดยใช้ฟิล์มบางเคลือบด้วย TiO_2 ขนาด 2.0 x 2.5 เซนติเมตร ร่วมกับฉายแสง UV จากหลอด Xenon 100 วัตต์ เพื่อกระตุ้นให้เกิดสมบัติโฟโตแคตาไลติก พบว่าสามารถสลายก๊าซอะเซทัลดีไฮด์ (CH_3CHO) ได้ และทำให้ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการฉายแสง UV (Tazawa *et al.*, 2004)

การทดลองที่ 2 ผลของการใช้ TiO_2 photocatalytic oxidation ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ระหว่างการเก็บรักษา

เอทิลีนเป็นฮอร์โมนพืชที่ไปกระตุ้นให้เกิดกระบวนการสุกในผลไม้ประเภท climacteric โดยมีการสร้างเอทิลีนเพิ่มขึ้นมากในระหว่างเกิดการสุกจนถึงจุดสูงสุดแล้วจะลดลงคล้ายกับอัตราการหายใจ (จริงแท้, 2542) จากการทดลองของเสาวภา (2547) ที่พบว่าผลมะม่วงช่วงแรกมีปริมาณ

เอทิลีนต่ำ แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้นผลมะม่วงมีการสุกมากขึ้น ทำให้ปริมาณเอทิลีนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว การนำ TPO มาใช้เพื่อลดปริมาณเอทิลีนในระหว่างการเก็บรักษาในการทดลองนี้ พบว่าเอทิลีนในกล่องบรรจุมะม่วงมีปริมาณต่ำกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใช้ TPO เช่นเดียวกับ Maneerat and Hayata (2006) ที่รายงานการใช้ TiO_2 ร่วมกับแสง UV สามารถกำจัดก๊าซเอทิลีนที่อยู่ภายในห้องเก็บรักษา และช่วยยืดเวลาการสุกของผลมะเขือเทศได้ นอกจากนี้ Maneerat and Hayata (2008) พบว่าการใช้หลอด UV-A ร่วมกับฟิล์ม OPP ที่ไม่เคลือบ TiO_2 เก็บรักษามะเขือเทศที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณเอทิลีนที่สะสมในวันที่ 8 มีค่าเท่ากับ 22 ppm ส่วนการใช้หลอด UV-A ร่วมกับฟิล์มที่เคลือบด้วยนาโน TiO_2 เหลือเพียง 3 ppm เช่นเดียวกับการใช้หลอด fluorescent ความเข้มข้นเอทิลีนในวันที่ 10 ของฟิล์มที่ไม่เคลือบ TiO_2 เท่ากับ 8 ppm และฟิล์มที่เคลือบด้วยนาโน TiO_2 มีเอทิลีนเพียง 1.8 ppm ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเคลือบฟิล์ม OPP ด้วย TiO_2 ซึ่งเป็นการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยแสงช่วยลดการสะสมเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์แบบบรรยากาศดัดแปลง (Chawengkijwanich and Hayata, 2008) โดยในกรรมวิธีที่ไม่ใช้ TPO มีปริมาณเอทิลีนสูงที่สุดในวันที่ 21 เท่ากับ 0.1 ppm ซึ่งจริงแท้ (2550) รายงานว่าเอทิลีนความเข้มข้นต่ำเพียง 0.1 ppm ก็อาจกระตุ้นให้เกิดการสุกของผลไม้ได้

ปริมาณเอทิลีนสัมพันธ์กับคาร์บอน ไดออกไซด์ เนื่องจากเอทิลีนมีผลกระตุ้นอัตราการหายใจของผลไม้ประเภท climacteric ให้เพิ่มสูงขึ้นเร็วกว่าปกติ (จริงแท้, 2550) จากการทดลองที่ 1 การใช้ TPO ส่งผลให้ปริมาณเอทิลีนลดลง แต่จะทำให้ปริมาณไอน้ำและคาร์บอน ไดออกไซด์ภายในระบบสูงขึ้น (Han and Nie, 2004) ซึ่งสอดคล้องกับการเก็บรักษาผลมะม่วงในครั้งนี้ พบว่าปริมาณเอทิลีนในกล่องที่ใช้ TPO มีน้อยกว่าในกล่องที่ไม่ใช้ TPO แต่กรณีปริมาณคาร์บอน ไดออกไซด์ของกรรมวิธีที่ไม่ใช้ TPO ที่มีค่าสูงกว่า เนื่องจากผลมะม่วงยังมีชีวิตอยู่ จึงปล่อยก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ในปริมาณมากตลอดเวลา เมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ใช้ TPO ที่มีการกำจัดเอทิลีน และเนื่องจากเอทิลีนมีผลกระตุ้นการหายใจและการสร้างเอทิลีนของผลไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลไม้ประเภท climacteric เช่นเดียวกับ Nishizawa *et al.* (2006) ศึกษาผลของการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยแสงโดย TiO_2 สามารถรักษาระดับคาร์บอน ไดออกไซด์และออกซิเจนภายในห้องเก็บรักษาที่บรรจุผลแอปเปิ้ลพันธุ์ฟูจิได้ดีกว่าห้องเก็บรักษาที่ไม่ใช้ TiO_2 แสดงให้เห็นว่าการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยแสงโดย TiO_2 ลดการหายใจของผลแอปเปิ้ลให้ต่ำลงได้ โดยลดการสะสมของเอทิลีนที่ผลแอปเปิ้ลสร้างขึ้นมา เช่นเดียวกับการกำจัดเอทิลีนโดยการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยแสงโดย TiO_2 มีผลในการลดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนในผลไม้พวก climacteric ซึ่งเกิดจากปริมาณคาร์บอน ไดออกไซด์ที่สะสมอยู่ในระบบที่สูง (Nishizawa *et al.*, 2008b) สอดคล้องกับ Li *et al.* (2009) ที่ทำการศึกษาบรรจุภัณฑ์นาโนซึ่งสังเคราะห์จากโพลิเอทิลีนและเคลือบด้วยนาโน TiO_2 (ชนิดอนาเทสและรูไทล์) นาโนซิลเวอร์ และเคอลิน (Kaolin) ร่วมกับการใช้ UV และพบว่าบรรจุภัณฑ์นี้ช่วยชะลอการผลิตเอ-

ทิลินและสลายเอทิลินที่ผลพุทราจีนสร้างขึ้นมา ณ จุด climacteric เมื่อเทียบกับบรรจุกัมภ์ปกติ ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ก็พบเช่นกันว่า TPO ที่มี TiO_2 ร่วมกับแสง UV สามารถกำจัดเอทิลินที่ผลมะม่วงสร้างขึ้น จึงช่วยลดอัตราการหายใจของผลมะม่วงและชะลอการสุกได้เมื่อเปรียบเทียบกับผลมะม่วงของกรรมวิธีที่ไม่ใช้ TPO ซึ่งมีปริมาณเอทิลินมากกว่า จึงเข้าสู่กระบวนการสุกเร็วกว่าผลมะม่วงที่ใช้ TPO

ผลมะม่วงในกรรมวิธีที่ไม่ใช้ TPO มีอายุการเก็บรักษานานเพียง 21 วัน หลังจากนั้นผลมะม่วงจะสุกและเกิดการเน่าเสียมากขึ้น แต่ผลที่ใช้ TPO สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงได้นานถึง 35 วัน เนื่องจากการใช้ TPO ช่วยกำจัดเอทิลินที่ผลมะม่วงสร้างขึ้นจึงชะลอการสุกได้ ซึ่งดูได้จากการหายใจของผลมะม่วงที่ปล่อยก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ออกมาและสะสมอยู่ในกล่อง ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใช้ TPO อีกทั้งการใช้ TPO ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อ ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ที่ช้ากว่ากรรมวิธีที่ไม่ใช้ TPO ซึ่งไม่มีการยับยั้งเอทิลินที่ผลมะม่วงสร้างขึ้น ทำให้มีการสะสมก๊าซเอทิลินในปริมาณที่เพิ่มสูงขึ้นตลอดการเก็บรักษา และชักนำให้ผลมะม่วงสุกเร็วกว่าปกติ ดังนั้น โรคจึงแสดงออกมากขึ้นเมื่อผลมะม่วงสุก (สายชลและธรรมภรณ์, 2535) ทำให้ผลมะม่วงในกรรมวิธีที่ใช้ TPO มีความต้านทานต่อโรคมกกว่าเนื่องจากผลมะม่วงสุกช้ากว่ากรรมวิธีที่ไม่ใช้ TPO และสภาพไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของเชื้อโรค (อรทัย, 2544) โดยที่การใช้ TPO ช่วยลดปัญหาที่เอทิลินชักนำให้ผลมะม่วงสุก ซึ่งอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลินที่สูงขึ้น ทำให้อายุการเก็บรักษาของผลไม้สั้นลง (Abbas, 1997) เช่นเดียวกับ Nishizawa *et al.* (2006) ทดสอบการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยแสงโดย TiO_2 กับผลกล้วยหอมพันธุ์ Cavendish แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส พบว่ากรรมวิธีที่ใช้ TiO_2 ช่วยลดการสะสมของเอทิลินที่ผลกล้วยหอมสร้างขึ้นมา และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลกล้วยหอมได้นานถึง 43 วัน ส่วนกรรมวิธีที่ไม่ใช้ TiO_2 เก็บรักษาได้นานเพียง 35 วัน สอดคล้องกับการทดลองของบุญบากร (2553) พบว่าฟิล์มที่เคลือบด้วย $\text{TiO}_2/3\text{SnO}_2/0.5\text{Fe}^{3+}$ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาข้าวโพดฝักอ่อนได้ถึง 16 วัน เมื่อเทียบกับฟิล์มที่ไม่ได้เคลือบ $\text{TiO}_2/3\text{SnO}_2/0.5\text{Fe}^{3+}$ ข้าวโพดฝักอ่อนมีอายุการเก็บรักษาเพียง 7 วัน อีกทั้งกันยา (2547) ศึกษาผลมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ไม่ผ่านการรมและผ่านการรมด้วยสาร 1-MCP ที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการสุกนาน 26 และ 28 วัน ตามลำดับ

ผลมะม่วงของกรรมวิธีที่ไม่ใช้ TPO ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90 เปอร์เซ็นต์ มีการเปลี่ยนแปลงของสีเขียวมากกว่ากรรมวิธีที่ใช้ TPO โดยเห็นได้จากค่า C^* และค่า h° โดยสีเปลือกและสีเนื้อของผลมะม่วงจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาผลมะม่วงไว้นานขึ้น โดยที่เนื้อผลมะม่วงของกรรมวิธีที่ใช้ TPO มีสีเหลืองเพิ่มขึ้น แต่ยังคงมีสีเหลือง

จางกว่าผลมะม่วงที่ไม่ใช้ TPO เนื่องมาจากผลมะม่วงที่มีการใช้ TPO ช่วยลดการสะสมของเอทิลีนภายในระบบที่มะม่วงสร้างขึ้นมาได้ ซึ่งเป็นไปได้ที่ TPO มีผลต่อการชะลอกระบวนการสังเคราะห์รงควัตถุที่อยู่ภายในตัวผลผลิตผล เช่น ชะลอการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์ และลดการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ซึ่งเกิดจากเอนไซม์คลอโรฟิลเลส (chlorophyllase) ที่สูงขึ้นซึ่งจะเร่งการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ เมื่อผลสุกเพิ่มขึ้น (Tucker, 1993; Wills *et al.*, 1981) เนื่องจาก TPO ช่วยชะลอการเสื่อมสภาพ การชักนำให้ผลสุกจากเอทิลีนจึงน้อยลง ดังนั้น TPO มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิวของผลไม้ประเภท climacteric ทำให้การพัฒนาของสีเปลือกน้อยลง โดยเอทิลีนเร่งการเสื่อมสภาพของพืช ซึ่งในระหว่างการเสื่อมสภาพการสลายตัวของรงควัตถุจะเกิดขึ้นมาก (จริงแท้, 2542) สอดคล้องกับ Nishizawa *et al.* (2008b) ทดสอบการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยแสงโดย TiO_2 กับผลมะเขือเทศพันธุ์ Momotaro แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส พบว่าค่า hue angle ของผลมะเขือเทศในกรรมวิธีที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยแสงโดย TiO_2 มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่ากรรมวิธีที่ไม่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยแสงโดย TiO_2 โดยก่อนเก็บรักษามีค่า hue angle เท่ากับ -55.96 และหลังเก็บรักษานาน 17 วัน ลดลงเหลือ -3.81 และ 34.33 ตามลำดับ

การสูญเสียน้ำหนักตามธรรมชาตินั้นเกิดจากการคายน้ำของผลทางปากใบ เลนติเซล และรอยเปิดอื่นๆ (Mendoza and Wills, 1984) การสูญเสียน้ำหนักเป็นปัจจัยหลักของการสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วง โดยความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิของผลผลิตผล และสิ่งแวดล้อมมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักของผลผลิตผล (Wilson, 2006) แต่ในผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ของกรรมวิธีที่ไม่ใช้ TPO สูญเสียน้ำหนักมากกว่าผลมะม่วงที่ใช้ TPO ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ซึ่งในกรณีนี้การสูญเสียน้ำหนักสัมพันธ์กับอัตราการหายใจของมะม่วง เนื่องจากภายหลังการเก็บเกี่ยวสารอาหารและน้ำจะถูกใช้ในกระบวนการหายใจ ขณะเดียวกันการหายใจทำให้เกิดความร้อนและมีการคายน้ำออกมาส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้น (จริงแท้, 2542) ซึ่งเกิดจากสาเหตุที่ปริมาณเอทิลีนในกรรมวิธีที่ไม่ใช้ TPO สูงกว่ากรรมวิธีที่ใช้ TPO ทำให้กรรมวิธีที่ไม่ใช้ TPO มีปริมาณเอทิลีนที่สะสมอยู่ภายในกล่องที่บรรจุผลมะม่วงสูง และเร่งกิจกรรมภายในให้มีการหายใจสูงขึ้นมากกว่าชุดที่ใช้ TPO ที่มีปริมาณเอทิลีนเหลืออยู่น้อย ดังที่แสดงในการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ภายในกล่องที่บรรจุผลมะม่วงก่อนหน้านี้ อีกทั้งการใช้ TPO อาจช่วยลดกิจกรรมของเอนไซม์ ชะลอกระบวนการเมแทบอลิซึมให้ช้าลงและชะลอการสุกได้ จึงทำให้การสูญเสียน้ำหนักลดลง (Patterson, 1987)

การสูญเสียน้ำหนักออกจากเซลล์นั้น นอกจากส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักของเซลล์แล้ว ยังมีผลต่อความแน่นเนื้อของพืชอีกด้วย โดยเมื่อเซลล์สูญเสียน้ำ ความเต่งของเซลล์จะลดลงทำให้ความแน่นเนื้อของพืชลดลงไปด้วย (Wang, 1990) โดยจากการทดลองพบว่าผลมะม่วงในกรรมวิธีที่ไม่ใช้

TPO มีการลดลงของค่าความแน่นเนื้อมาก เมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ใช้ TPO (ตารางภาคผนวก 4) สอดคล้องกับ Nishizawa *et al.* (2008a) ผลเมลอนญี่ปุ่นที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน ในห้องเก็บรักษาที่มีการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยแสงโดย TiO_2 ค่าความแน่นเนื้อสูงกว่าผลเมลอนที่ไม่มีการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยแสงโดย TiO_2 แต่เมื่อย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความแน่นเนื้อลดลงอย่างรวดเร็วและไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างผลเมลอนที่มีและไม่มีการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยแสงโดย TiO_2 เนื่องจากเอทิลีนสามารถกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของผนังเซลล์ (Blankenship and Dole, 2003) โดยเอทิลีนไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์เพคตินเอส (pectinase) และเซลลูโลส (cellulose) เช่น แดงโมและมันเทศ เป็นต้น (จริงแท้, 2550) ทำให้เกิดการอ่อนนุ่มของเนื้อเยื่อ โดยเพคตินที่อยู่ในรูปไม่ละลายน้ำ (protopectin) จะเปลี่ยนไปเป็นเพคตินที่ละลายน้ำได้ (pectinic acid) ส่งผลให้เกิดการอ่อนนุ่มของโครงสร้างเซลล์ และเกิดการเสียหายของเซลล์ในที่สุด (Roe and Bruemmer, 1981) สอดคล้องกับการทดลองของกันยา (2547) ศึกษาผลมะม่วงที่ไม่ผ่านการรม 1-MCP มีการเปลี่ยนแปลงค่าความแน่นเนื้อมากกว่าผลมะม่วงที่ผ่านการรม 1-MCP ซึ่งมีค่าความแน่นเนื้อเฉลี่ยเท่ากับ 16.14 และ 17.36 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ เช่นเดียวกับการศึกษาของศศิธรและนิธิยา (2546) ที่พบว่าผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 30 วัน มีค่าความแน่นเนื้อลดลงจาก 48.84 นิวตัน และเหลือเพียง 2.66 นิวตัน นอกจากนี้ความแน่นเนื้อในผลมะม่วงของกรรมวิธีที่ไม่ใช้ TPO ลดลงมากกว่ากรรมวิธีที่ใช้ TPO อาจเกิดการสลายตัวของแป้งและไขมัน และการเสื่อมสภาพของผนังเซลล์ในระหว่างกระบวนการสุก (Tucker and Seymour, 1991)

ผลมะม่วงในกรรมวิธีที่ใช้ TPO มีการเพิ่มขึ้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ซึ่งสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใช้ TPO เพราะการที่ TPO สามารถลดปริมาณเอทิลีนในอากาศนั้น ทำให้อัตราการหายใจของผลผลิตลดลงและส่งผลกระทบต่อสลายตัวของแป้งไปเป็นน้ำตาล เพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหรือพลังงานในการหายใจ (จริงแท้, 2550) โดยอาศัยกระบวนการทำงานของเอนไซม์อะไมเลสไปสลายแป้ง นอกจากนี้อาจเนื่องมาจากผลมะม่วงของกรรมวิธีที่ไม่ใช้ TPO เมื่อเก็บรักษาไว้มีการเสียน้ำไปมากกว่ากรรมวิธีที่ใช้ TPO จึงทำให้ความเข้มข้นของน้ำตาลสูงขึ้น (ทวิ, 2533; จริงแท้, 2542) สอดคล้องกับ Li *et al.* (2009) ที่ทำการศึกษาบรรจุภัณฑ์นาโนซึ่งสังเคราะห์จากโพลิเอทิลีนและเคลือบด้วยนาโน TiO_2 (ชนิดอนาเทสและรูไทล์) นาโนซิลเวอร์ และเคลดิน (Kaolin) ร่วมกับการใช้ UV เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส และพบว่าบรรจุภัณฑ์นี้ช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในผลพุทราจีนเมื่อเทียบกับบรรจุภัณฑ์ปกติ ตลอดระยะเวลาเก็บรักษานาน 12 วัน ซึ่งมีค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำเท่ากับ 28.4 และ 30.0 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ตามลำดับ และ Nishizawa *et al.* (2006) ได้ทดสอบการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยแสงโดย TiO_2

เก็บรักษาสตรอเบอร์รี่พันธุ์ Otome-gokoro อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน พบว่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (sucrose และ hexose) มีค่าลดลง แต่ไม่ต่างจากค่าเริ่มต้นก่อนเก็บรักษา ต่างจากกรรมวิธีที่ไม่ใช้ TiO_2 มีค่าลดลงอย่างมาก โดยมีค่าเท่ากับ 744.2 และ 573.2 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ

ส่วนการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ พบว่าทั้งสองกรรมวิธีมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางเดียวกัน โดยมีค่าลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ซึ่งโดยปกติปริมาณกรดอินทรีย์จะลดลงระหว่างการสุก ซึ่งกรดอินทรีย์ที่พบในมะม่วงโดยส่วนใหญ่ได้แก่ citric, glycollic, malic, tartaric และ oxalic acid (Medlicott และ Thompson, 1985) กรดส่วนใหญ่ถูกใช้เป็นสารตั้งต้น (substrate) สำหรับการหายใจ (Patterson, 1970) ผ่านวัฏจักรเครปส์ (Matoo *et al.*, 1975) และการสร้างน้ำตาล (Wills *et al.*, 1981) ดังนั้นการลดลงของปริมาณกรดจึงเกิดขึ้นพร้อมกับการลดลงของปริมาณแป้งและการเพิ่มขึ้นของน้ำตาล ซึ่งส่งผลให้ผลไม่มีรสหวานขึ้น (สายชล, 2528) เช่นเดียวกับในการทดลองครั้งนี้ที่ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ภายในกล่องที่บรรจุผลมะม่วงของกรรมวิธีที่ใช้ TPO ต่ำกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใช้ TPO นั้นหมายถึงอัตราการหายใจของกรรมวิธีที่ใช้ TPO ต่ำกว่า ทำให้ปริมาณกรดของกรรมวิธีที่ใช้ TPO มีการลดลงช้ากว่ากรรมวิธีที่ไม่ใช้ TPO มีผลทำให้กรดซึ่งเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหายใจ (จิ่งแท้, 2542) ถูกนำไปใช้น้อยลงไปด้วย สอดคล้องกับ Nishizawa *et al.* (2008b) ได้ทดสอบการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยแสงโดย TiO_2 กับผลมะเขือเทศพันธุ์ Momotaro และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส พบว่าความเข้มข้นของกรดซิตริกและกรดมาลิกของผลมะเขือเทศมีค่าสูงกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม

อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA) ทั้งสองกรรมวิธีเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยผลมะม่วงในกรรมวิธีที่ไม่ใช้ TPO มีปริมาณ TSS/TA สูงกว่ากรรมวิธีที่ใช้ TPO โดย TSS/TA ที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการใช้ TPO จะไปช่วยลดอัตราการหายใจของผลมะม่วง ทำให้สามารถชะลอระดับการสุกของผลมะม่วงได้ (Bachmann and Earles, 2000) รวมไปถึงมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ที่เพิ่มขึ้น เนื่องมาจากการสลายตัวของแป้งเมื่อเข้าสู่ระยะการสุก (Subramanyam *et al.*, 1976) ในขณะที่ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดลงอย่างรวดเร็วและลดลงเรื่อยๆ ตามระดับความแก่ที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้จะเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณกรดที่ไทเทรตได้จะลดลง จึงทำให้ TSS/TA เพิ่มขึ้น

การประเมินคุณภาพโดยรวมของผู้บริโภคต่อผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ พบว่าผลมะม่วงทั้งสองกรรมวิธีทดลองมีคะแนนในด้านการประเมินคุณภาพกลิ่นและรสชาติ เช่น รสชาติผิดปกติ

กลิ่นหมัก กลิ่นเปรี้ยวกรด และลักษณะที่ปรากฏภายนอก เช่น การเหี่ยวของผล เนื้อสัมผัส ความรุนแรงของการเกิดโรค สีเปลือกและสีเนื้อใกล้เคียงกันใน 7 วันแรกของการเก็บรักษา หลังจากวันที่ 14 ของการเก็บรักษาการใช้ TPO มีคะแนนการประเมินคุณภาพโดยรวมลดลงน้อยกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใช้ TPO แสดงว่าการใช้ TPO มีผลต่อคุณภาพของผลเมื่อสุก โดยสาเหตุที่ทำให้คะแนนยอมรับคุณภาพโดยรวมของผลมะม่วงของกรรมวิธีที่ไม่ใช้ TPO ต่ำกว่า เกิดจากการสะสมของเอทิลีนภายในระบบที่ผลมะม่วงสร้างขึ้นมามีปริมาณสูงกว่า จึงเร่งการเสื่อมสภาพให้เร็วขึ้น ผลมะม่วงจึงสุกเร็วขึ้น ทำให้ผลมะม่วงเริ่มเกิดโรคและมีกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติเนื่องจากโรคที่เข้าทำลาย เช่นเดียวกับ Nishizawa *et al.* (2008b) ได้เก็บผลมะเขือเทศที่ 15 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 17 วัน โดยกรรมวิธีที่ใช้ TiO_2 มีความเข้มข้นของอะเซทิลดีไฮด์และเอทานอลน้อยกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใช้ TiO_2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ Maneerat and Hayata (2006) ได้รายงานการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยแสงโดย TiO_2 สามารถกำจัดอะเซทิลดีไฮด์ เอทานอล กลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาผลมะเขือเทศได้นาน 8 วัน แต่หลังจากเก็บรักษานาน 10 วัน ปริมาณอะเซทิลดีไฮด์และเอทานอลสูงเกินไป กรรมวิธีที่ใช้ TiO_2 จึงมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอในการกำจัดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติ นอกจากนี้ปริมาณเอทิลีนของกรรมวิธีที่ไม่ใช้ TPO สูงกว่ากรรมวิธีที่ใช้ TPO มีผลให้เอทิลีนที่มีปริมาณสูงกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายอย่าง เช่น pectinase และ cellulase ทำให้เนื้อของผลมะม่วงนุ่มลงและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (จริงแท้, 2542)