บทที่ 5

อภิปรายผลการวิจัย

5.1 ผลของการใช้อุณหภูมิสูง

5.1.1 การใช้อากาศร้อน

จากการทดลองอบมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 50 และ 60 °C นาน 30, 60, 90 และ 120 นาที มีอุณหภูมิกึ่งกลางผล 44 และ 45 °C ตามลำดับ มีเปอร์เซนต์การเกิดโรคแอนแทรคโนสในวันที่ 12, 16, 20 และ 24 ของการเก็บรักษาอยู่ในช่วง 20 - 40, 25- 52, 52 - 70 และ 64 - 76 เปอร์เซนต์ ในขณะที่มะม่วงชุดควบคุมที่ไม่ผ่านอากาศร้อนมีเปอร์เซนต์การเกิดโรค 2, 4, 16 และ 36 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ จะเห็นว่ามะม่วงที่ผ่านการอบด้วยอากาศร้อน มีเปอร์เซนต์การเกิดโรคสูงกว่า มะม่วงชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการอบด้วยอากาศร้อนมีผลการทดลองตรงกันข้ามกับผลงานของ Miller et al. (1991) ทำการอบมะม่วงพันธุ์ Tommy Atkins ด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 51.5 °C นาน 125 นาที มีอุณหภูมิบริเวณกึ่งกลางผล 46.5 °C นาน 20 นาที เก็บรักษาที่ 12 °C และปล่อยให้สุกที่อุณหภูมิ 21 °C พบว่าในสัปดาห์ที่ 1, 2 และ 3 มะม่วงที่ผ่านการอบด้วยอากาศร้อนมีเปอร์เซนต์การเกิดโรคแอนแทรคโนส 25.0, 40.3 และ 52.8 เปอร์เซนต์ ในขณะที่มะม่วงชุดควบคุมมีเปอร์เซนต์การเกิดโรคสูงถึง 72.2, 79.2 และ 88.9 เปอร์เซนต์ตามลำดับ ซึ่งในการทดลองอบมะม่วงด้วยอากาศร้อนครั้งนี้ไม่สามารถควบคุมโรคแอนแทรคโนส อาจมีสาเหตุเนื่องจาก การที่มะม่วงถูกเร่งให้สุกเร็วขึ้น จากการทดลองมีการปรากฏของโรคอย่างชัดเจนในวันที่ 6 - 7 ของการเก็บรักษา ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าว มะม่วงที่ผ่านการอบด้วยอากาศร้อนส่วนใหญ่เริ่มสุก ในขณะที่มะม่วงชุดควบคุมยังอยู่ในสภาพดิบไม่มีการเกิดโรคหลังจากนั้นความรุนแรงของโรค และเปอร์เซนต์การเกิดโรคเน่ามีค่าเพิ่มสูงขึ้นแปรตามความสุกที่เพิ่มขึ้น ตามเวลาในการเก็บรักษา (Quimio and Quimo, 1974) นอกจากนั้น การมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร้อนที่ใช้ในการทดลองมีค่าข้างต่ำ (18.4 - 37.5 % RH) มีค่าน้อยกว่าการทดลองของ Miller et al. (1991) ซึ่งทำการอบมะม่วง Tommy Atkins ด้วยอากาศร้อน 51.5 °C นาน 125 นาที ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 90 % การที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่ใช้มีค่าต่ำในระหว่างการอบในขณะทำการทดลองมีผลทำให้การถ่ายเทความร้อนระหว่างอากาศร้อนกับผลมะม่วงมีค่าลดลง ทำให้ประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อโรคที่ผิวผลมะม่วงมีค่าลดลง โดยปกติแล้วการอบมะม่วงในอากาศร้อนที่มีความชื้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สัมพันธ์ค่อนข้างสูงมีการถ่ายเทความร้อนดีกว่าในสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์ค่อนข้างต่ำ และมีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อโรคที่ผิวผลมะม่วงได้ดีกว่าสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า (Armstrong et al. ,1989)

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของมะม่วง ภายหลังการอบมะม่วงด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 50 และ 60 °C มีค่าของคะแนนการประเมินการสุก ซึ่งดูจากการลดลงของความแน่นเนื้อ การเพิ่มขึ้นของปริมาณของแข็งที่สามารถละลายน้ำได้ การลดลงของปริมาณกรดที่สามารถไตเตรทได้ และการพัฒนาสีผิวผลจากเขียวเป็นเหลือง(คะแนนประเมินสีผิว = 2) ซึ่งเร็วกว่ามะม่วงในชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการอบด้วยอากาศร้อน 1 - 2 วัน กล่าวได้ว่า การอบมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ด้วยอากาศร้อนเร่งขบวนการเปลี่ยนแปลงสีผิวผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสีผิวผล และ สีเนื้อมะม่วง เป็นขบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในผลไม้ที่เกิดขึ้นตามปกติ ในขณะที่มะม่วงเข้าสู่ระยะสุก ซึ่งมีการสลายตัวของรงควัตถุคลอโรฟิลล์(chlorophylls) และมีการสังเคราะห์รงควัตถุคาโรทีนอยด์(carotenoids)เพิ่มมากขึ้นในระยะสุก (ดวงตรา, 2526) สอดคล้องกับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการสุกของมะม่วงพันธุ์ Tommy Atkins โดย Medlicott et al.(1986) ชี้ให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของสีผิวผลมะม่วงจากสีเขียวเป็นสีเหลือง มีความเกี่ยวข้องกับการสลายตัวของรงควัตถุคลอโรฟิลล์ และมีการสังเคราะห์รงควัตถุคาโรทีนอยด์เพิ่มขึ้นเมื่อมะม่วงอยู่ในระยะสุก

มะม่วงที่ผ่านการอบด้วยอากาศร้อน ซึ่งมีค่าของความแน่นเนื้อลดลงในอัตราที่เร็วกว่ามะม่วงชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการอบด้วยอากาศร้อน มีผลสอดคล้องกับ Miller et al. (1991) ซึ่งพบว่าการอบมะม่วงพันธุ์ Tommy Atkins ที่อุณหภูมิ 51.5 °C นาน 125 นาที เร่งขบวนการสุกของมะม่วงให้เกิดเร็วกว่ามะม่วงชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการอบด้วยอากาศร้อน ประมาณ 1 วัน และมีการลดลงของค่าความแน่นเนื้อของมะม่วงในอัตราที่เร็วกว่ามะม่วงชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการอบด้วยอากาศร้อน การอ่อนนิ่มของผลมะม่วงเป็นอาการที่เกิดขึ้นตามปกติในมะม่วงทุกสายพันธุ์ในระยะสุก ซึ่งโดยปกติแล้ว เนื้อเยื่อมีโซคาร์ปชั้นในผลจะมีอาการอ่อนนิ่มมากกว่าเนื้อเยื่อมีโซคาร์ปชั้นนอกของผล (Lazan et al., 1986; Caplin, 1984; Cua and Lizada, 1989) การอ่อนนิ่มของผลเกิดเนื่องจากกิจกรรมของเอนไซม์เพคติเนสทำหน้าที่เปลี่ยนสารประกอบเพคติน ซึ่งเป็นสารประกอบสำคัญในส่วนของ middle lamella และ primary cell wall ที่อยู่ในรูปที่ไม่สามารถละลายน้ำได้(insoluble pectin)ให้อยู่ในรูปที่สามารถละลายน้ำได้ (soluble pectin)มากขึ้นทำให้แรงยึดเกาะกันระหว่างเซลล์ในเนื้อผลค่าลดลง

การสูญเสียน้ำหนักสดของมะม่วงที่ผ่านการอบด้วยอากาศร้อนมีค่าเพิ่มขึ้นแปรผันตามเวลา และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบ และเวลาในการเก็บรักษา สำหรับในการทดลองครั้งนี้ปัจจัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หนึ่งที่มีผลกระทบต่อการสูญเสียน้ำหนักสดอย่างชัดเจนคือ การมีความชื้นสัมพัทธ์ในขณะอบค่อนข้างต่ำ (18.4-33.7 % RH) มีการสูญเสียความชื้นของผลิตผลในระหว่างการเก็บรักษามากกว่ามะม่วงในชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการอบด้วยอากาศร้อนมีค่าอยู่ในช่วง 1.7 - 3.4 เปอร์เซนต์น้ำหนักสด Miller et al. (1991) พบว่ามีการสูญเสียน้ำหนักสดมากกว่ามะม่วงในชุดควบคุม 1 เปอร์เซนต์ในการทำการอบมะม่วงพันธุ์ Tommy Atkins ด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 51.5 °C นาน 125 นาที ในสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 90 เปอร์เซนต์ โดยปกติแล้วการสูญเสียน้ำหนักสดของผลิตผลขึ้นอยู่กับอัตราการหายใจ และการคายน้ำของผลิตผล (Mendaza and Will, 1984) ความร้อนมีผลต่อการเร่งอัตราการหายใจของผลิตผลมีผลกระทบทำให้ผลิตผลมีการสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มมากขึ้น (Esquerra et al. 1989)

จากการทดลองไม่พบอาการเสียหายที่ผิวผลมะม่วง อาจเนื่องจากในขณะทำการอบมะม่วงด้วยอากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร้อนค่อนข้างต่ำ (18.4 - 33.7 % RH) ทำให้ไม่เกิดขบวนการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำที่ผิวผลิตผลจึงเป็นผลดีกับผลมะม่วง ซึ่งหากเกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำที่ผิวผลิตผลในขณะที่ทำการอบมะม่วงด้วยอากาศร้อน Barkai- Golan et al. 1992 จะก่อให้เกิดอาการเสียหายเนื่องจากน้ำเป็นตัวนำความร้อนที่ดีอาจทำให้เกิดความร้อนสะสมในบริเวณที่มีหยดน้ำเกาะ และก่อให้เกิดอาการเสียหายเนื่องจากความร้อนสูง

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของมะม่วงที่ผ่านการอบด้วยอากาศร้อนอุณหภูมิ 50 และ 60 °C ทุกชุดการทดลองมีค่าปริมาณของแข็งที่สามารถละลายน้ำได้เพิ่มสูงขึ้นในอัตราที่เร็วกว่ามะม่วงชุดควบคุมในช่วงเวลาเก็บรักษา ในขณะเดียวกัน ปริมาณกรดที่สามารถไตเตรทได้มีค่าลดลงในอัตราที่เร็วกว่ามะม่วงชุดควบคุม สำหรับค่าอัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่สามารถละลายน้ำได้ กับปริมาณกรดที่สามารถไตเตรทได้มีค่าเพิ่มสูงขึ้นในอัตราที่เร็วกว่ามะม่วงชุดควบคุมในช่วงการเก็บรักษา กล่าวได้ว่าการอบมะม่วงด้วยอากาศร้อนมีผลกระทบต่อเมตะบอลิสึมส์ของมะม่วง เนื่องจากมะม่วงเป็นผลไม้ที่มีการหายใจแบบ Climacteric ภายหลังการเก็บเกี่ยวยังคงมีการหายใจ และ มีอัตราการหายใจเพิ่มมากขึ้นเมื่อผลสุกทำให้มีการเผาผลาญอาหารภายในเซลล์ (Esquerra et al., 1989) Wills et al. (1981) กล่าวว่าโดยปกติกรดอินทรีย์ที่พบในผลมะม่วงจะอยู่ในรูปของกรดมาลิค กรดซิตริค กรดทาร์ทาลิค กรดออกซาลิค กรดไกลโคลิค โดยปริมาณของกรดมีค่าสูงที่สุดจะมีค่าลดลงเมื่อผลแก่ เนื่องจากกรดถูกนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในวัฏจักรเครบส์ (Kreb's cycle) และในขณะเดียวกันมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำตาลในระยะสุก จากรายงานของดวงตรา (2526) พบว่า ปริมาณของแข็งที่สามารถละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นในขณะที่ปริมาณกรดมีค่าลดลงเมื่อผลมะม่วงอยู่ในระยะสุก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.1.2 การใช้น้ำร้อน

การจุ่มผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 65, 70 และ 75 °C นาน 5 วินาที ก่อนและหลังการปลูกเชื้อ (Colletotrichum gloeosporiodes) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีผลกระทบต่อการจำกัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของบาดแผลที่เกิดจากโรคแอนแทรคโนส โดยการจุ่มผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ในน้ำร้อนหลังการปลูกเชื้อโรคบนผิวผล สามารถจำกัดการขยายขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางบาดแผลของโรคได้ดี โดยมีขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางบาดแผลของโรคเล็กกว่า และมีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซนต์จำนวนผลมะม่วงที่เกิดโรคเน่าเนื่องจากการปลูกเชื้อต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับมะม่วงชุดควบคุมที่ผ่านการปลูกเชื้อ และมะม่วงที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนก่อนปลูกเชื้อ อย่างไรก็ตามการจุ่มผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ก่อนการปลูกเชื้อก็มีประสิทธิภาพ ในการจำกัดการขยายขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางบาดแผลของโรค โดยมีขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางบาดแผลของโรค และค่าเฉลี่ยของเปอร์เซนต์จำนวนผลมะม่วงที่เกิดโรคต่ำกว่ามะม่วงชุดควบคุม ซึ่งสามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจนในวันที่ 4 - 6 ของการเก็บรักษา ผลงานการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับผลงานของ Chun et al.(1988) ซึ่งทำการทดลองกับผล grapefruit และ Kim et al. (1992) กับผล lemon พบว่าการใช้ความร้อนมีผลต่อการยับยั้งการพัฒนาการของโรคเน่าที่เกิดจากเชื้อรา P. digitatum ได้อย่างสมบูรณ์ เมื่อใช้ความร้อนภายหลังการปลูกเชื้อโรคดังกล่าว คาดว่าความร้อนมีผลทำให้เชื้อโรคมีความอ่อนแอ ภายหลังการจุ่มน้ำร้อนอุณหภูมิ 65 °C นาน 5 วินาที คล้ายกับการทำพาสเจอร์ไรซ์(pasteurization) นอกจากนั้นความร้อนมีผลไปเร่งการหายใจ และขบวนการสุกของมะม่วง (Miller et al., 1991) ทำให้มะม่วงที่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนสุกเร็วกว่ามะม่วงชุดควบคุม 1-2 วัน และมีสภาพแวดล้อมเหมาะสมกับการเจริญของเชื้อโรค ในขณะเดียวกันการการจุ่มน้ำร้อนภายหลังปลูกเชื้อโรค มีการขยายขนาดของบาดแผลของโรค และมีเปอร์เซนต์การเกิดโรคเน่าสูงกว่าชุดควบคุมที่ผ่านการปลูกเชื้อโรคแต่ไม่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนอาจเนื่องมาจากการที่เชื้อโรคที่ปลูกบนผิวผลิตผลไม่ได้สัมผัสกับความร้อนโดยตรง ดังนั้นจึงอยู่ในสภาพที่แข็งแรงมีความสามารถในการเข้าทำลายผลิตผล ซึ่งได้รับความเสียหายเนื่องจากความร้อน และมีความอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของโรค เห็นได้ชัดเจนในมะม่วงที่จุ่มน้ำร้อนอุณหภูมิ 70 และ 75 °C ซึ่งมีเปอร์เซนต์ความเสียหาย และเปอร์เซนต์การเกิดโรคค่อนข้างสูงไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ในทางตรงกันข้ามเหตุผลดังกล่าวสนับสนุนประเด็นการพาสเจอร์ไรซ์เชื้อโรคในกรณีของการใช้น้ำร้อนภายหลังการปลูกเชื้อโรค

อย่างไรก็ตามในการวิจัยครั้งนี้ การใช้น้ำร้อนก่อนการปลูกเชื้อโรคบนผิวผลมะม่วงมีขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางบาดแผล และเปอร์เซนต์การเกิดโรคเน่าเพิ่มขึ้นในอัตราที่ช้ากว่าบาดแผลของมะม่วงในชุดควบคุม สอดคล้องกับผลงานของ Chun et al.(1988) ซึ่งใช้เทคนิคใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การปลูกเชื้อแบบ Less agressive inoculating technique โดยใช้ผงโลหะที่มีขนาดของอนุภาคขนาดเล็ก ๆ หรือการใช้กระดาษทรายละเอียดทำให้เกิดบาดแผลก่อนการปลูกเชื้อ P. digitatum ที่ผิวผล grapefruits ซึ่งพบว่าการจุ่มผล grapefruits ในน้ำร้อนก่อนการปลูกเชื้อโรค สามารถยับยั้ง การพัฒนาการของโรคได้ มีความชัดเจนในช่วงเวลาสั้น ๆ และไม่มีการขยายขนาดของโรคในช่วงสัปดาห์แรกของการเก็บรักษาที่ 10 °C จากปรากฏการณ์ดังกล่าว กลไกในการป้องกันตัวเองของพืช และวิธีการกระตุ้นกลไก ที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันตัวเองของผลิตผล เช่นวิธีการกระตุ้นด้วยความร้อน และ รังสีอัลตราไวโอเลต จึงได้รับความสนใจในศึกษา และพัฒนาหาวิธีการที่สามารถนำมาใช้ทดแทน การใช้สารเคมีในการควบคุมโรคของผลิตผลทางการเกษตรภายหลังการเก็บเกี่ยว (Chun et al., 1988, Ben-Yoheshua et al., 1987a , Kim et al., 1991) จากผลงานของ Kim et al. (1991) พบว่าการใช้ความร้อนภายหลังการปลูกเชื้อ P. digitatum ที่ผิวของผล lemon มีผลในการกระตุ้นการสร้างสาร Scoparone ที่มีฤทธิ์ต้านทานเชื้อรามีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีการสะสมของสารดังกล่าวในเนื้อเยื่อส่วน flavedo ของ lemon ระดับของสาร Scoparone ที่สะสมในตำแหน่งของผลที่ได้รับการปลูกเชื้อโรคมีปริมาณเพียงพอที่จะยับยั้งการเจริญของเชื้อราในขณะนั้น ภายหลังจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารต้านทานเชื้อราที่สะสมจนถึงจุดสูงสุด ในวันที่ 6 ภายหลังการให้ความร้อน ความเข้มข้นของสารต้านเชื้อราจะมีค่าลดลงโดยปกติรูปแบบบางอย่างของการสะสม และการสลายตัวของสารต้านทานเชื้อรา เป็นรูปแบบที่พบได้ในเนื้อเยื่อของผลไม้ทั่ว ๆ ไป (Bailey, 1982) อย่างไรก็ตาม Kim et al. (1991) ได้ให้คำแนะนำว่า การใช้ความร้อนอย่างเดียวไม่มีผลต่อการกระตุ้นการสร้างสาร Scoparone จำเป็นต้องใช้ควบคู่กับการปลูกเชื้อที่ปลูกในผลไม้ตระกูลส้ม เช่น grapefruits, lemon และ kumquat

การใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 65 และ 70 °C นาน 5 วินาที ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายกับผลมะม่วงโดยที่ให้ผลสูงสุดในการควบคุมโรคแอนแทรคโนส ส่วนที่ระดับการใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 75 °C นาน 5 วินาที ทำให้เกิดอาการผิดปกติที่ผิวผลมีการเกิดสีเขียวคล้ำปนสีน้ำตาลเป็นแห่ง ๆ ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซนต์จำนวนผลมะม่วงที่เกิดอาการเสียหายเนื่องจากความร้อนสูง อยู่ในช่วง 88 - 100 % ซึ่งเริ่มสามารถสังเกตอาการผิดปกติที่ผิวผลมะม่วงได้ชัดเจน เริ่มตั้งแต่วันที่ 5 ภายหลังการจุ่มผลมะม่วงในน้ำร้อนจนสิ้นสุดการทดลอง ในทำนองเดียวกันกับการใช้อากาศร้อน ความร้อนไปเร่งการเปลี่ยนแปลงสีผิวผลจากสีเขียวเป็นสีเหลือง เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม รวมทั้งเร่งการสุกให้เกิดเร็วกว่ามะม่วงชุดควบคุม 1 - 2 วัน ทำให้ผลมะม่วงมีความอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรคแอนแทรคโนส สังเกตจากการเพิ่มขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของบาดแผลของโรคแอนแทรคโนสที่เพิ่มขึ้น ในอัตราที่เร็วกว่ามะม่วงชุดควบคุม การที่ความร้อนไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เร่งขบวนการสุก อาจเนื่องจากความร้อนสูงทำให้องค์ประกอบของเซลล์สูญเสียสภาพตามธรรมชาติ เช่น การสูญเสียสภาพของโครงสร้างของผนังเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เกิดการรั่วไหลของอิออนต่าง ๆ ภายในเนื้อเยื่อของผลิตผล จึงมีสภาพแวดล้อม และสารอาหารภายในผลที่เหมาะสม กับการเจริญของจุลินทรีย์ และมีการปรากฏของโรคเร็วกว่ามะม่วงที่ไม่ผ่านการอบด้วยอากาศร้อน (Quimio and Quimio,1974) อาการผิดปกติอื่น ๆ ที่สามารถสังเกตได้ภายหลังการจุ่มผลในน้ำร้อน เช่น การขยายขนาดของเลนติเซลที่ผิวผลมะม่วง และการปรากฏของเส้น vein สีน้ำตาลปนดำบริเวณเนื้อผลใต้เปลือก ซึ่งมีความเกี่ยวของกับขบวนการเกิดสารประกอบลิกนิน (lignification) คล้ายกับอาการเสียหายที่พบในการอบมะม่วงด้วยอากาศร้อน (Esguerra, 1989)

5.2. รังสีอัลตราไวโอเลต

5.2.1 ผลของการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิวผลของมะม่วง

การฉายรังสีอัลตราไวโอเลต ที่มีพลังงานเฉลี่ยเท่ากับหรือมากกว่า 8.09×10^2, J/m^2 ทำให้เกิดอาการผิดปกติที่ผิวผลมะม่วงพันธุ์สามารถสังเกตอาการเสียหายเนื่องจากรังสี ซึ่งมีสีน้ำตาลปนสีแดงปรากฏชัดเจนบนผิวผลมะม่วงพันธุ์ หนังกลางวัน แรด แก้ว และ พิมเสน ในวันที่ 6-7, 1-2, 2-3 และ 4-5 วัน ตามลำดับ สำหรับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ มีความทนทานต่อการเกิดความเสียหายเนื่องจากรังสีมากกว่ามะม่วงสายพันธุ์อื่น ๆ มีการตอบสนองต่อรังสี ที่มีระดับของปริมาณพลังงานรังสีเท่ากับ หรือสูงกว่า 2.43×10^3 J/m^2 สามารถสังเกตอาการเสียหายบนผิวผลได้ชัดเจนในวันที่ 6-7 ภายหลังการฉายรังสี มะม่วงทุกสายพันธุ์มีการปรากฏของสีน้ำตาลปนสีแดงที่ผิวผลในระยะเวลาที่แตกต่างกัน อาการเสียหายดังกล่าวสอดคล้องกับผลงานของ Wade et al. (1993) พบว่าการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต (UV-C, 254 nm) ที่พลังงานรังสีเท่ากับ 720 J/m^2 กับกล้วยดิบพันธุ์ Williams ทำให้เกิดสีน้ำตาลปนสีแดงที่ผิวเปลือก ซึ่งอาการเสียหายมีระดับของความรุนแรงเพิ่มขึ้นตามปริมาณของพลังงานที่เพิ่มขึ้น มีการสะสมของรงควัตถุสีน้ำตาลปนสีแดง ซึ่งสามารถตรวจพบได้ภายใน 24 ชั่วโมงหลังการฉายรังสี และคงอยู่จนกระทั่งผลไม้สุก การเกิดสีน้ำตาลปนสีแดง หรือสีบรอนซ์ ที่ผิวเปลือกกล้วยจะมีสีเข้มมากขึ้นเมื่อเก็บไว้ในที่มืด ภายหลังการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต สามารถทำให้อาการเสียหายดังกล่าวมีความรุนแรงลดลงได้โดยการนำกล้วยดังกล่าว ไปฉายด้วยแสงสีขาวมีค่าของพลังงานเท่ากับ 13.2 W/m^2 Kim et al.(1992) พบว่า การฉายรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีค่าพลังงานมากกว่า 5×10^3 J/m^2 กับพืชตระกูลส้ม เช่น lemon และ kumquat

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทำให้เกิดอาการเสียหายที่ผิวผล สามารถสังเกตเห็นอาการผิดปกติดังกล่าวได้ชัดเจนในวันที่ 10-14 ในสภาพของการเก็บรักษาที่ 17 °C อาการเสียหายเนื่องจากรังสีอัลตราไวโอเลตของกล้วย มีความเกี่ยวข้องกับขบวนการสังเคราะห์รงควัตถุสีน้ำตาลปนสีแดง หรือสีบรอนซ์ และสารในกลุ่ม flavonoid Wade et al. (1993) ได้ตั้งสมมุติฐานว่า รงควัตถุสีน้ำตาลปนสีแดงหรือสีบอรน์ซ เป็นสารในกลุ่มสาร anthocyanidin หรือผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของ catechin หรือ procyanidin ในปัจจุบันกลไกการเกิดอาการเสียหายเนื่องจากรังสีอัลตราไวโอเลตของมะม่วง และพืชอื่น ๆ ยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด Clineet al. (1969) ทำการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตบนใบ Xanthium แล้วนำไปเก็บในที่มืด พบว่า การฉายรังสีอัลตราไวโอเลตมีค่าพลังงาน 18.8×10^{5} ergs. mm^{-2} sec^{-1} ทำให้ใบพืชดังกล่าว มีสีดำ ซึ่งเป็นอาการเสียหายเนื่องจากรังสี และได้ให้สมมุติฐานว่า การปรากฏของรงควัตถุสีดำที่ใบ Xanthium มีความเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาออกซิไดส์ในส่วนของโพลีเมอร์ของสารประกอบในกลุ่มฟินอล

เมื่อทำการวัดสีผิวของมะม่วงพันธุ์ต่าง ๆ ในหน่วยของ L, a และ b ทุกวันภายหลังการฉายรังสีเป็นเวลา 17 วัน พบว่ามะม่วงทุกสายพันธุ์ที่ผ่านการฉายรังสีนาน 15 - 30 นาที มีค่า L, a และ b แตกต่างจากชุดควบคุมของแต่ละสายพันธุ์ โดยมะม่วงที่ได้รับความเสียหายเนื่องจากรังสีจะมีค่า L ลดลงต่ำกว่ามะม่วงชุดควบคุม ส่วนค่า a มีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าชุดควบคุม และ ค่า b มีค่าต่ำกว่ามะม่วงชุดควบคุมเมื่อเปรียบเทียบที่เวลาเดียวกันของการเก็บรักษา ค่า L บ่งบอกถึงความสว่าง(ค่าเข้าใกล้ 100) และความคล้ำของวัตถุ (ค่าเข้าใกล้ 0) ดังนั้นค่า L ที่ลดลงในมะม่วงที่ได้รับความเสียหายเนื่องจากรังสี มีสีผิวที่คล้ำเมื่อเปรียบเทียบกับมะม่วงชุดควบคุม ส่วนค่า a เป็นค่าที่บ่งบอกถึงมีการเปลี่ยนแปลงสีผิวผลมะม่วงจากสีเขียว(ค่าบวก)ไปเป็นสีแดง(เป็นลบ) มีความสัมพันธ์กับ ระดับคะแนนที่ได้จากการประเมินอาการเสียหายเนื่องจากรังสีโดย ค่า a มีค่าเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับระดับคะแนนที่ได้จากการประเมินความเสียหายที่เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ส่วนค่า b ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงสีผิวผลจากสีน้ำเงิน (ค่าลบ) ไปเป็นสีเหลือง(ค่าบวก) มีความสัมพันธ์กับระดับคะแนนที่ได้จากการประเมินการสุกของมะม่วงชุดควบคุมในแต่ละสายพันธุ์ โดยค่า b จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อการปรากฏของสีเหลืองมีค่ามากขึ้น มะม่วงแต่ละสายพันธุ์ที่ผ่านการฉายรังสีนาน 15-40 นาที หรือมีค่าพลังงานเฉลี่ยในช่วง 2.43×10^{3} - 6.47×10^{3} J/m^{2} มีค่า b น้อยกว่ามะม่วงชุดควบคุมแต่ละสายพันธุ์ ในแต่ละวันของการเก็บรักษา และมีการเปลี่ยนแปลงสีผิวผลมะม่วงจากสีเขียวเป็นสีเหลือง ใช้เวลามากกว่ามะม่วงชุดควบคุม ผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้นสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Wade et al.(1993) ซึ่งศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสีผิวผลกล้วยพันธุ์ Williams ที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลต(UV-C, 254 nm)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยการวัดค่าของการเปลี่ยนแปลงสีผิวผลกล้วย ในหน่วย L, a และ b พบว่า กล้วยที่ผ่านการฉายรังสีมีสีผิวคล้ำมากขึ้น (ค่า L ลดลง) มีอาการเสียหายเนื่องจากรังสีเป็นสีน้ำตาลปนสีแดงที่ผิวผล(ค่า a เพิ่มขึ้น) และไม่มีความเลื่อมมันที่ผิวผล (ค่า C,chroma ลดลง)

5.2.2 ผลของการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีต่อการควบคุมโรคแอนแทรคโนสและคุณภาพบางประการของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

การฉายรังสีอัลตราไวโอเลตกับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ มีค่าของพลังงานเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.73×10^{3} - 1.42×10^{4} J/m^{2} ก่อนและหลังการปลูกเชื้อโรคแอนแทรคโนส 24 ชั่วโมง สามารถควบคุมการเกิดโรคได้ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ผ่านการปลูกเชื้อโดยไม่ผ่านการฉายรังสี การฉายรังสีก่อนการปลูกเชื้อสามารถควบคุมการเกิดโรคได้ดีกว่ามะม่วงชุดควบคุมที่ผ่านการฉายรังสีหลังการปลูกเชื้อ โดยบาดแผลที่เกิดจากการปลูกเชื้อมีขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของบาดแผลเล็กกว่า ในขณะเดียวกันมีอัตราการขยายขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางบาดแผลของโรคช้ากว่า และมีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซนต์จำนวนผลมะม่วงที่เกิดโรคต่ำกว่ามะม่วงชุดควบคุมและมะม่วงชุดที่ผ่านการฉายรังสีหลังการปลูกเชื้อ ซึ่งสอดคล้องกับผลงานของ Kim et al. (1991) ศึกษาความสัมพันธ์ของสารต้านเชื้อราในธรรมชาติ และความต้านทานที่ถูกชักนำโดยรังสีอัลตราไวโอเลต ในผล lemon และ kumquat ที่มีต่อเชื้อรา พบว่าการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตก่อนการปลูกเชื้อรา P. digitatum มีเปอร์เซนต์การเน่าเสียเนื่องจากโรคดังกล่าวลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับการฉายรังสีหลังการปลูกเชื้อและชุดควบคุม อย่างไรก็ตามในการวิจัยครั้งนี้ การฉายรังสีหลังการปลูกเชื้อโรคบนผิวผลมะม่วง มีค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางบาดแผลของโรคเล็กกว่า และมีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซนต์จำนวนผลมะม่วงที่เกิดโรคต่ำกว่ามะม่วงชุดควบคุมที่ผ่านการปลูกเชื้อโรคอย่างเดียว โดยไม่ผ่านการฉายรังสี คาดว่าการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตมีผลในการกระตุ้นกลไกการป้องกันตัวของผลมะม่วง จากผลงานของ Kim et al. (1992) พบว่าในผล lemon และผล kumquat ที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตก่อนการปลูกเชื้อ P. digitatum มีอุบัติการณ์ของการเกิดโรคเน่าน้อยกว่าชุดการทดลองที่ผ่านการฉายรังสีหลังการปลูกเชื้อ และชุดควบคุมโดยให้เหตุผลว่า การยับยั้งโรคเน่ามีความสัมพันธ์กับการชักนำกลไกการป้องกันตัวเองของผลิตผล มากกว่าที่จะมีผลในเชิงทำลายเชื้อโรค นอกจากนี้ยังแสดง ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของผลกระทบจากรังสีที่มีต่อการชักนำการสร้างสาร scoparone และการลดลงของสารดังกล่าวทำให้ผลิตผลมีความอ่อนแอ ต่อโรคหลังการเก็บเกี่ยว (Rodov et al., 1992) สำหรับกลไกของการกระตุ้นการป้องกันตัวเองในมะม่วงต่อเชื้อโรคแอนแทรคโนส โดยการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตให้มะม่วงยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดในปัจ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จุบัน อย่างไรก็ตาม มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ สารต้านเชื้อราในมะม่วงโดย Prusky et al. (1986) พบว่า ในเปลือกของมะม่วงพันธุ์ Tommy Atkins, Keitt และ Haden มีสารประกอบในกลุ่มอนุพันธ์ของ resorcinol มีฤทธิ์ต้านการเจริญของเชื้อ Alternaria alternata ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคจุดดำ(Black spot) ที่ผิวผลมะม่วงพันธุ์ดังกล่าว ปริมาณสาร resorcinol ของมะม่วงแต่ละสายพันธุ์มีปริมาณมากที่สุด ในระยะดิบ และมีปริมาณลดลงเมื่ออยู่ในระยะสุก ดังนั้นมะม่วงที่ดิบจึงมีความต้านทานโรคภายหลังการเก็บเกี่ยวสูงกว่ามะม่วงที่อยู่ในระยะสุก งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสารต่อต้านเชื้อราในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ มะม่วงพันธุ์แรด มะม่วงพันธุ์ทองดำ และ มะม่วงพันธุ์ Kent โดย ระจิตร (2536) กล่าวว่า ปริมาณของสารประกอบในกลุ่มอนุพันธ์ของสาร resorcinol มีความสัมพันธ์กับระยะความแก่-อ่อนของมะม่วง โดยมะม่วงทุกสายพันธุ์ที่อยู่ในระยะดิบจะมีปริมาณของสารในกลุ่มของ resorcinol มากกว่ามะม่วงที่อยู่ในระยะสุกของแต่ละสายพันธุ์ และในแต่ละสายพันธุ์จะมีปริมาณของสารในกลุ่ม resorcinol แตกต่างกัน

ช่วงห่างของระยะเวลาในการฉายรังสี กับการปลูกเชื้อโรคที่ผิวผลิตผล มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มปริมาณของสารต้านเชื้อรา Kim et al.(1992) รายงานว่า ผล lemon และ kumquat ที่ผ่านการฉายรังสี และทิ้งระยะห่างของการปลูกเชื้อ P. digitatum นาน 2-3 วัน จะมีปริมาณสาร scoparone มากกว่า ผลส้ม lemon และผล kumquat ที่ผ่านการฉายรังสี ติดตามด้วยการปลูกเชื้อ P. digitatum ทันทีมีความคล้ายคลึงกับผลงานของ Andebrhan and Wood (1980) กล่าวว่า ความจำเป็นในการทิ้งช่วงห่างของเวลา 2-3 วัน ภายหลังการฉายรังสีเพื่อให้ hypocotylsของถั่วเหลืองมีการสะสมสารต้านเชื้อราเพิ่มมากขึ้น การปฏิบัติดังกล่าวสามารถลดการเข้าทำลายของเชื้อโรคภายหลังการเก็บเกี่ยวได้ดีกว่าชุดควบคุมที่ผ่านการปลูกเชื้อโรคทันทีภายหลังการฉายรังสี เช่นเดียวกับผลงานของ

Kim et al. (1992) กล่าวว่า รังสีอัลตราไวโอเลตชักนำการสร้างสาร phytoalexin ได้โดยไม่อาศัยการปลูกเชื้อโรค ในผลส้ม lemon และ kumquat ความเข้มข้นของสารดังกล่าว เพิ่มขึ้นแปรตามปริมาณของพลังงานของรังสี ที่ผลิตผลได้รับ การฉายรังสีที่มีค่าพลังงานมากกว่า 5×10^3 J/m^2 ไม่มีผลในการกระตุ้นการสร้างสารดังกล่าว การกระตุ้นการสร้างสาร phytoalexin ในผลิตผลแต่ละชนิดมีความต้องการปริมาณของพลังงานของรังสีในระดับที่แตกต่างกัน ถ้าหากพลังงานดังกล่าว มีค่ามากเกินไปจะไม่มีผลในการกระตุ้นการสร้างสารดังกล่าว เช่นสาร hydroyphaseollin ในถั่วเหลือง (Bridge and Klarman, 1973) และสาร pisatin ในถั่ว pea(Hadwiger and Schwochau, 1971) จากผลการทดลอง การฉายรังสีกับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ พบว่า การฉายรังสีดังกล่าวในช่วงพลังงานมีค่าสูงกว่า 2.36×10^3 J/m^2 ไม่มีผลในการควบคุมการขยายขนาดของบาดแผลของโรคแอน-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แทรคโนส เห็นได้ชัดในชุดการทดลองที่ผ่านการฉายรังสีนาน 10 - 30 นาที ซึ่งมีการขยายขนาดของบาดแผลโรคใกล้เคียงกับชุดควบคุม อาจเนื่องมาจากรังสี ทำให้องค์ประกอบภายในเซลล์สูญเสียสภาพธรรมชาติ Murphy (1983) กล่าวว่า รังสีทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ของพืชชั้นสูงสูญเสียความสามารถในการจำแนกการผ่านเข้าออกของสารประกอบอิออนนิคระหว่างเซลล์ ทำให้เกิดการรั่วไหลของ K^+ จากเซลล์คุม(guard cell)ในใบพืช ทำให้ปากใบ(stomata)ปิด เร่งให้เกิดขบวนการเสื่อมสภาพ (senescence) เห็นได้ชัดในใบพืชที่หล่นจากต้นแม่ (Wright and Murphy, 1982 ; Thimann and Satler, 1979) สำหรับกลไกการเสียหายเนื่องจากรังสีอัลตราไวโอเลตของมะม่วงในปัจจุบันยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด

Stevens et al. (1990) และ Droby et al. (1991) กล่าวว่า การลดลงของเปอร์เซนต์การเน่าเสียเนื่องจากราสีเขียว ในผลส้มที่ผ่านการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตมีความเกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมของเอนไซม์ PAL (phenylalanine ammonia lyase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทสำคัญ ที่เกี่ยวข้องกับกลไกในการป้องกันตัวเองของผลิตผล เช่น การชักนำการสร้างสารต่อต้านเชื้อรา และการเพิ่มความแข็งแรงให้กับผนังเซลล์ของพืช (Matern, 1991) ขบวนการอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการชักนำของรังสี เช่น การเกิดสารประกอบลิกนินในเนื้อผลิตผล (Brown et al.,1978) และการเกิดสารประกอบของโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการชักนำโดยเชื้อจุลินทรีย์(pathogen related-protein)(Christ and Mosinger, 1989)

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ผ่าน การฉายรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีค่าของพลังมากกว่า 2.36×10^3 J/m^2 ทำให้เกิดอาการเสียหายที่ผิวผลมะม่วง มีการปรากฏของสีน้ำตาลปนสีแดงที่ผิวผลมะม่วง และค่าของเปอร์เซนต์จำนวนผลที่ได้รับความเสียหายมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อพลังงานรังสีมีค่าเพิ่มขึ้น Wade et al.(1993) กล่าวว่าความเสียหายเนื่องจากรังสีของผลิตผลแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับระดับของพลังงานของรังสีที่ผลิตผลได้รับ และเวลาในการฉายรังสีโดยผลิตผลแต่ละชนิดมีความทนทานต่ออันตรายเนื่องจากรังสีที่แตกต่างกัน โดยในกล้วยพันธุ์ Williams ระดับพลังงานของรังสีที่น้อยที่สุดที่ผลิตผลสามารถทนทานได้ โดยไม่เกิดอาการเสียหายเนื่องจากรังสี มีค่าของพลังงานน้อยกว่า 720 J/m^2 ส่วน Kim et al.(1992) แนะนำว่าในการฉายรังสีกับผลส้ม lemon และผล kumquat มีค่าระดับพลังงานของรังสี ที่ไม่ก่อให้เกิดอาการเสียหายของผลิตผลน้อยกว่า 1.5×10^3 J/m^2 จากการทดลองฉายรังสีกับมะม่วง พบว่า ค่าเฉลี่ยของพลังงานที่เหมาะสมในการนำไปปฏิบัติ ควรมีค่าน้อยกว่า 2.36×10^3 J/m^2 โดยไม่ก่อให้เกิดอาการเสียหายเนื่องจากรังสี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved