บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 เวลาการฉายแสงอัลตราไวโอเลตที่ไม่ทำให้ผิวส้มเขียวหวานพันธุ์ สายน้ำผึ้งไหม้

การประเมินความเสียหายด้วยการมองเห็น

จากการประเมินความเสียหายด้วยการสังเกตความคล้ำของสีผิวผลส้มเทียบกับชุดควบคุม พบว่าการฉายแสง อัลตราไวโอเลต-ซี ทำให้ผิวส้มไหม้ ซึ่งอาการไหม้ของผิวส้มนั้น Ben-Yehoshua *et al.* (1992) ; Droby *et al.* (1993) ; Kim *et al.* (1991) ; Rodove *et al.* (1992) ให้ความเห็นว่าการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี เป็นการสร้างความเครียดให้กับผลส้มทำให้กระบวนการทางสรีรวิทยาเปลี่ยนแปลงไป Stevens *et al.* (1990) กล่าวว่าแสงอัลตราไวโอเลต-ซี ทำให้เนื้อเยื่อชั้น flavedo เกิดความเสียหาย มีสีดำคล้ำ หรือ สีบรอนซ์ปนสีน้ำตาล และ Ben-Yehoshua *et al.* (1992) ให้ความเห็นว่า เซลล์ของชั้น flavedo แตกเนื่องจากการดูดคลื่นพลังงานทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นและจากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นจากการฉายแสง นอกจากนี้การทดลองของ Liu *et al.* (1993) แสดงให้เห็นว่าการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซีนั้น ชักนำให้เกิดลักษณะเลื่อมมันที่ผิวผลส้ม และมีลักษณะแข็งขึ้น ซึ่งอาจเกี่ยวกับการชักนำการสร้างลิกนินในบริเวณดังกล่าว อาการ สีน้ำตาลบรอนซ์นั้นจะไม่ปรากฏทันทีหลังจากให้ อัลตราไวโอเลต-ซี กับมะเขือเทศแต่จะเห็นอาการได้ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา และ Maharaj *et al.* (1999)แสดงความเห็นว่าแสงอัลตราไวโอเลต-ซีทำให้การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาเป็นไปอย่างผิดปรกติ เช่นการสุก และการเปลี่ยนสีของผิวเมื่อเข้าสู่ระยะการสุก เป็นต้น

จากการทดลองของ D' hallewin *et al.* (1999) พบว่าความรุนแรงของอาการไหม้ที่ผิวผลจะขึ้นกับ ความอ่อนแอของสายพันธุ์ ปริมาณค่าพลังงานที่ให้ และช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว ซึ่งผลส้มที่เก็บต้นฤดู (ธันวาคม) และปลายฤดูกาล (มีนาคม) จะมีความรุนแรงของอาการไหม้มากกว่าส้มที่เก็บในฤดูกาล คือช่วงเดือนมกราคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์ และ Baka *et al.* (1999) ทดลองใช้แสงอัลตราไวโอเลต-ซี ลดโรคหลังการเก็บเกี่ยวของผลสตรอเบอรี่ ทดลองให้ค่าพลังงานเท่ากับ 1.0 $kJ.m^{-2}$ ทำให้ผิวของผลสตรอเบอรี่เกิดความเสียหายได้ แต่การทดลองให้แสงอัลตราไวโอเลต-ซีกับผลเกรพฟรุต พันธุ์ Star Ruby ของ Mercier *et al.* (2001) ที่ให้ค่าพลังงานในระดับต่ำที่ 0.5 $kJ.m^{-2}$ก็ไม่ทำให้ผิวผล เกิดความเสียหาย และยังสามารถลดโรคหลังการเก็บเกี่ยวได้

จากการทดลองใช้อุณหภูมิต่ำที่ 7$\pm$2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที หลังการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี พบว่าไม่ช่วยให้เปอร์เซ็นต์ผลส้มที่มีอาการไหม้ที่ผิวลดลงได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวัดการเปลี่ยนแปลงของสีผิวผลส้มเขียวหวานโดยใช้เครื่องวัดสี

ค่าความสว่าง (L*) ของส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งและสีทอง มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในทุกค่าพลังงานที่ให้และที่ระยะเวลาที่ 3 นาที มีค่า L* สูงที่สุดแสดงว่าส้มสายน้ำผึ้งและสีทองมีสีที่สว่างที่สุด เมื่อพิจารณาค่า a* และ b* แล้วส้มสายน้ำผึ้งแนวโน้มสูงขึ้น การให้ อัลตราไวโอเลต-ซี ที่ 0 และ 1 นาที มีการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองช้ากว่าที่ระยะเวลาที่เหลือ ส่วนในส้มพันธุ์สีทองนั้น ค่า a* และ b* มีแนวโน้มสูงขึ้นเช่นกัน จากการเปรียบเทียบค่าสีกับแผนภาพสีแล้ว (ภาพ 3) ส้มสีทองเปลี่ยนสีจากสีเขียวค่อนข้างเหลืองไปเป็นสีเหลืองส้ม และค่า a* และ b* ที่ระยะเวลาการฉายแสงนาน 3 และ 4 นาที มีค่ามากที่สุด ค่า C* ในผลส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งและส้มสีทองมีสีเหลืองในวันแรกจางและมีแนวโน้มสูงขึ้นจนวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ค่า C* มีค่าเข้าใกล้ 60 ซึ่งมีสีเหลืองเข้มมาก ค่า HUE angle ในส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งและส้มสีทองโดยวันแรกมีค่า Hue สูง แล้วค่อยๆ ลดลงมา ในวันที่ 12 ในส้มสีทองก็เป็นไปในแนวทางเดียวกัน แต่ในส้มสายน้ำผึ้งที่ให้ อัลตราไวโอเลต-ซี 1 นาที มีการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวเป็นเหลืองช้ากว่าฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี นาน 2-6 นาที ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติแล้ว ระยะเวลาที่ 3 นาที ทำให้การเปลี่ยนสีของเปลือกดีที่สุด

งานวิจัยของ D' hallewin *et al.* (1999) มีผลการทดลองในแนวเดียวกัน และให้ความเห็นว่าส้มเขียวหวานที่ผ่านแสงอัลตราไวโอเลต-ซี ในปริมาณที่เหมาะสมสามารถเร่งการเปลี่ยนสีของผิวเปลือกส้ม แต่ถ้าพลังงานอัลตราไวโอเลต-ซี มากเกินไป ก็จะทำให้ผิวส้มพันธุ์ Washington Navel เปลี่ยนสีเหลืองมาก ค่า L* ก็จะสูงกว่าผลส้มที่ไม่ได้ผ่าน อัลตราไวโอเลต-ซี

จากการทดลองนี้ส้มสีทองบางผลที่ฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี ที่ระยะเวลา 4-6 นาที มีการพัฒนาสีผิวจากเขียวไปเป็นเหลืองช้ากว่าด้านที่ไม่ได้ฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี สอดคล้องกับงานทดลองของ Maharaj *et al.* (1999) ศึกษาให้แสงอัลตราไวโอเลต-ซี ในปริมาณ 3.7 $kJ.m^{-2}$ กับผลมะเขือเทศ สามารถทำให้ชะลอการเปลี่ยนสีลงได้เช่นเดียวกัน ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากแสงอัลตราไวโอเลต-ซี ทำลายการทำงานของเอนไซม์ chlorophyllase ซึ่งมีหน้าที่สลายรงควัตถุพวกคลอโรฟิลล์ จนทำให้เห็นสีเหลืองของรงควัตถุคาโรทีนอยด์ (Wills *et al.*, 1981 อ้างโดยจริงแท้ (2542))

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การทดลองที่ 2 ผลของการฉายแสง อัลตราไวโอเลต-ซี ต่อการเจริญของราเขียวในจานเพาะเชื้อ

ตอนที่ 2.1 การเจริญของเส้นใยราเขียว

จากการทดลองฉาย อัลตราไวโอเลต-ซี ลงบนเส้นใยราเขียว ที่เพาะเลี้ยงในอาหาร PDA เส้นใยของเชื้อราถูก อัลตราไวโอเลต-ซี ทำลายที่ผิวหน้า ทำให้เส้นใยตายมีสีคล้ำขึ้น การเจริญช้าลงและหยุดชะงักในวันที่ 1 และ 2 เท่านั้น ส่วนเส้นใยที่อยู่ข้างใต้จะเจริญขึ้นมาแทนหลังจากวันที่ 2 การเจริญของเส้นใยจะเป็นไปอย่างปรกติ ซึ่งอาจจะเป็นเพราะแสงอัลตราไวโอเลต-ซีมีความสามารถในการทะลุทะลวงต่ำจึงไม่สามารถทำลายเส้นใยที่อยู่ลึกๆได้ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Chutz and Droby (1992) ซึ่งฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี กับเส้นใยราเขียว พบว่าอัลตราไวโอเลต-ซี สามารถทำลายเส้นใยที่บริเวณผิวได้เท่านั้น และการจำกัดการเจริญของเส้นใยได้ดีในระหว่าง 24-48 ชั่วโมงหลังฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี เท่านั้น

จากการทดลองฉาย อัลตราไวโอเลต-ซี แล้ว ใช้อุณหภูมิต่ำที่ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วเก็บที่ 25 องศาเซลเซียสนั้นสามารถชะลอการเจริญของเส้นใยได้ดีกว่าการฉายอัลตราไวโอเลต-ซี แล้วเก็บที่ 25 องศาเซลเซียสเลย อาจเนื่องมาจากเส้นใยของเชื้อราเขียวปรับตัวจากร้อนเป็นเย็นไม่ทัน จึงเกิดอาการ shock เส้นใยจึงตาย แต่หลังจากวันที่ 2 แล้วการเจริญของเส้นใยก็เจริญเป็นปรกติเทียบเท่ากับที่ 25 องศาเซลเซียส

ตอนที่ 2.2 การงอกของสปอร์ราเขียว

จากการทดสอบการงอกของสปอร์ราเขียว *Penicillium* sp. กับแสงอัลตราไวโอเลต-ซี เป็นเวลานาน 1-6 นาที แล้วบ่มเป็นเวลา 36 ชั่วโมง พบว่าสปอร์ที่ผ่านอัลตราไวโอเลต-ซี ทุกช่วงเวลา ไม่มีการงอกเลยในขณะที่สปอร์ชุดควบคุม (ไม่ผ่านการฉายแสง) มีการงอกมากกว่า 90% และการฉายแสงนาน 60วินาที เป็นระยะเวลาที่น้อยที่สุดที่ทำให้สปอร์ราเขียวไม่งอก การใช้อุณหภูมิต่ำที่ 7 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาทีเข้ามาร่วมด้วย ผลคือสปอร์ราเขียวงอกต่ำลงคือที่ค่าพลังงาน 0.534-0.934 $kJ.m^{-2}$ อาจเนื่องมาจากสปอร์ของเชื้อราเขียวปรับตัวจากอุณหภูมิสูงไปอุณหภูมิต่ำไม่ทัน จึงเกิดอาการ shock สปอร์ที่อ่อนแอจึงตายและสูญเสียความสามารถในการงอกไป

การทดลองของ Chalutz and Droby (1992) พบว่าค่าพลังงานที่ 4.8 $kJ.m^{-2}$ ทำให้สปอร์ของ *Penicillium* sp. ซึ่งเป็นเชื้อสาเหตุของโรคราเขียวในผลเกรพฟรุต มีเปอร์เซ็นต์การงอกที่ต่ำลงได้ และค่าพลังงานที่ 1.0 $kJ.m^{-2}$ ทำให้สปอร์ของ *Botrytis cinerae* ไม่งอกเลยหลังจากให้อัลตราไวโอเลต-ซี หรือให้ความร้อนร่วมด้วยที่ อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ค่าพลังงานที่ 0.5 $kJ.m^{-2}$ หรือ ใช้ความร้อนที่ 45 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 33 นาที ทำให้สปอร์ของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Monilinia fructigena ซึ่งเป็นเชื้อราที่ไวต่อความร้อนมาก มีเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำมาก จนไม่งอกเลย แต่ Mercier *et al.* (2001) ให้ความเห็นว่าการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี ให้กับผลผลิตที่ปลูกเชื้อแล้ว ทำให้ การอยู่รอดของ สปอร์และเส้นใยมีมากกว่าการทดลองใน plate

การทดลองที่ 3 การเจริญของโรคราเขียวบนผลส้มเขียวหวาน

จากการทดสอบถึงผล อัลตราไวโอเลต-ซี ต่อการชะลอการขยายขนาดของอาการโรคราเขียวของส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้ง เมื่อให้ อัลตราไวโอเลต-ซี ที่ 5 นาที(8.010 $kJ.m^{-2}$) แล้วเก็บในที่มืดเป็นเวลา 2 วันก่อนการปลูกเชื้อรา ให้ผลควบคุมการขยายขนาดของโรคราเขียวดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยในต่างประเทศที่พบว่า อัลตราไวโอเลต-ซี ในปริมาณต่ำๆ สามารถควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวได้ เช่น งานทดลองของ Stevens *et al.* (1998, 1999) พบว่าค่าพลังงานที่ 3.6 $kJ.m^{-2}$ ควบคุมโรคเน่าที่มีสาเหตุมาจากเชื้อ *Fusarium solani* ในหัวมันเทศ ค่าพลังงานที่ 7.5 $kJ.m^{-2}$ ควบคุมโรคเน่าที่มีสาเหตุมาจากเชื้อ *M. fructicola* ในท้อได้ และการทดลองของ Chalutz *et al.* (1992) พบว่าค่าพลังงานที่ 0.5 $kJ.m^{-2}$ ควบคุมโรคเน่าราเขียวที่มีสาเหตุมาจากเชื้อ *Penicillium sp.* ในเกรพฟรุตได้ และงานวิจัยของ Brown *et al.* (2001) พบว่าค่าพลังงานที่ 1.0 $kJ.m^{-2}$ ควบคุมโรคเน่าราสีเทาที่มีสาเหตุมาจากเชื้อ *B. cinerea* ในสตรอเบอรี่ได้ 50 เปอร์เซ็นต์ และช่วยยืดอายุการวางจำหน่ายได้เป็น 4-5 วัน และ Brown *et al.* ให้ความเห็นว่าอัลตราไวโอเลต-ซี ยังสามารถลดโรคในเมล็ดพันธุ์กะหล่ำปลีได้โดยไม่ทำให้สูญเสียการงอกไป ลดโรคเน่าหลังจากปลูกเป็นหัวกะหล่ำปลี ได้ ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ หลังจากที่ฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี ให้กับเมล็ดพันธุ์ 2 วัน

จากการทดลองนี้กลุ่มผลส้มที่ฉาย อัลตราไวโอเลต-ซี ที่ 8.010 $kJ.m^{-2}$ 2 วันก่อนปลูกเชื้อราเขียว แล้วใช้อุณหภูมิต่ำ คือที่ 7 องศาเซลเซียส 30 นาที เพื่อช่วยบรรเทาอาการไหม้เนื่องจากการฉายแสง อัลตราไวโอเลต-ซี พบว่าอุณหภูมิต่ำสามารถชะลอการขยายขนาดของโรคราเขียวได้ดีกว่ากลุ่มผลส้มที่ไม่ได้ผ่านอุณหภูมิต่ำ ซึ่ง Stevens *et al.* (1998)ให้ความเห็นว่าการใช้วิธีอื่นร่วมด้วยกับการใช้ อัลตราไวโอเลต-ซี นั้นมักจะให้ผลดีกว่า ใช้แสงอัลตราไวโอเลต-ซี เพียงอย่างเดียว เช่นการทดลองของ Stevens *et al.* (1997)โดยใช้แสงอัลตราไวโอเลต-ซี ร่วมกับยีสต์ *Debaryomyces hansaeii* ลดโรคราเน่าในโรงเก็บ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การทดลองที่ 4 ผลของการฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี ต่อการผลิตสารต้านเชื้อราที่ผิวส้มเขียวหวาน

ตอนที่ 4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบในการยับยั้งเชื้อ *Penicillium* sp. โดยวิธี paper disc technique ที่ความเข้มข้น 50 %

สารสกัดจากเปลือกส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งมี clear zone บนอาหารที่ pore plate ด้วยสปอร์ของเชื้อ *Penicillium* sp. แต่สารสกัดหยาบจากเปลือกส้มสีทองนั้นไม่พบ clear zone ดังกล่าว สอดคล้องกับงานทดลองของ Droby *et al.* (1993) ที่ฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี ลงบนผลเกรพฟรุตโดยใช้ค่าพลังงานที่ 1.6-8 $kJ.m^{-2}$ จะผลิตสารต้านเชื้อรามากที่สุด ในระหว่างเวลา 24-48 ชั่วโมงเท่านั้น Stevens *et al.* (1998) กล่าวว่าอัลตราไวโอเลต-ซี ปริมาณต่ำๆ มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการเพิ่มความต้านทานในพืช ประกอบกับการตอบสนองทางสรีรวิทยาของพืชเอง นำไปสู่การเพิ่มความต้านทานต่อเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคเน่าในโรงเก็บได้

ตอนที่ 4.2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบโดยวิธี TLC- Bioassay

สารสกัดหยาบจากเปลือกส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งมีแถบสารต้านเชื้อรา *Penicillium* sp. อยู่แต่เนื่องจากเห็นแถบสารต้านไม่ชัดเจนจึงใช้เชื้อรา *Cladosporium* sp. จากการทดลองพบว่าอัลตราไวโอเลต-ซี ระยะเวลานาน 5 นาที (8.010 $kJ.m^{-2}$) มีสารต้านเชื้อราตลอดเวลาการเก็บรักษา 10 วัน และปริมาณของสารต้านเชื้อราใน 3 วันแรกจะมีปริมาณสูงที่สุด สอดคล้องกับงานทดลองของ D'hallewin *et al.* (2000) ซึ่งเมื่อฉายแสงอัลตราไวโอเลต-ซี แล้วตรวจพบสาร phytoalexin เช่น scoparone และ scopoletin ในเนื้อเยื่อชั้น flavedo ของผลเกรพฟรุต พันธุ์ Star Ruby จะแปรผันตามช่วงเวลาเก็บเกี่ยว ปริมาณแสงอัลตราไวโอเลต-ซี ที่ให้ และช่วงเวลาการเก็บรักษา และ D'hallewin *et al.*, (1999) ให้ความเห็นว่าส้มที่เก็บก่อนฤดูจะมีสารต้านเชื้อรามากกว่าส้มที่เก็บระหว่างฤดูและปลายฤดู แต่การทดลองของ Porat *et al.* (1999) พบว่าพืชพวกส้มยังมีการสร้างสารตัวอื่นเช่น เอนไซม์ chitinase และ แอนติบอดี β-1,3- endoglucanase ซึ่งเป็นโปรตีนที่สังเคราะห์ขึ้นเพื่อป้องกันตัวเองจากการเข้าทำลายจากจุลินทรีย์ภายนอก

การทดลองใช้อุณหภูมิต่ำที่ 7 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ร่วมด้วยกับการใช้แสงอัลตราไวโอเลต-ซี ไม่ช่วยให้ผลสัมผลิตสารต้านเชื้อรามากขึ้น แต่ช่วยให้การสลายตัวของสารต้านเชื้อราช้าลงเท่านั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved