

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

สับปะรดในกลุ่ม Cayenne เป็นผลไม้ที่มีปริมาณการส่งออกเป็นจำนวนมาก แต่เกือบทั้งหมดเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูป โดยสับปะรดผลสดมีการส่งออกน้อยมากเพราะมีการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวอย่างรวดเร็ว และมีปัญหาที่สำคัญคือการเกิดไส้สีน้ำตาล (internal browning) อย่างรุนแรงระหว่างการเก็บรักษาแม้จะเป็นอุณหภูมิต่ำที่แนะนำสำหรับเก็บรักษาผลไม้เขตร้อน (10-15 องศาเซลเซียส) จากงานวิจัยของคณะวิจัยของหลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีก่อนหน้านี้ พบว่าผลสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง (กลุ่ม Queen) แสดงอาการไส้สีน้ำตาลอย่างรุนแรง ส่วนสับปะรดปัตตาเวียมีการเกิดไส้สีน้ำตาลน้อยกว่า หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส นาน 2 สัปดาห์ (Youryon และคณะ, 2011) นอกจากนี้ การฉายรังสีแกมมาที่ผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจะไปเร่งให้เกิดไส้สีน้ำตาลเร็วและรุนแรงขึ้น (ข้อมูลจากการวิจัยเบื้องต้น ของคณะวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี) หนึ่งในปัจจัยการเกิดไส้สีน้ำตาลของผลสับปะรดอาจมาจากการขาดธาตุที่สำคัญบางตัว (element imbalance) ซึ่งการให้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ แบบ vacuum infiltration กับผลสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองไม่มีผลในการลดอาการไส้สีน้ำตาลระหว่างการเก็บรักษา แต่การให้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์กับผลสับปะรดโดยการแพร่ผ่านทางก้านผล (peduncle infiltration) ให้ผลที่ดีในการลดการเกิดไส้สีน้ำตาล (Youryon และคณะ, 2011)

จากการเจรจาข้อตกลงทางการค้าระหว่างรัฐบาลไทยและสหรัฐอเมริกาตั้งแต่ปี 2550 ทำให้ผู้ส่งออกผลไม้ไทยในปัจจุบันสามารถส่งผลไม้ฉายรังสีแกมมาได้ 7 ชนิด ได้แก่ มะม่วง มังคุด ลำไย ลิ้นจี่ สับปะรด (กลุ่ม smooth cayenne) เงาะ และ แก้วมังกร ไปจำหน่ายยังประเทศสหรัฐอเมริกาได้ โดยวัตถุประสงค์หลักของการฉายรังสีแกมมาคือเพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืชที่ปนเปื้อนไปกับผลผลิต แต่ทั้งนี้การฉายรังสีจะไปเร่งการเกิดไส้สีน้ำตาลในสับปะรด ดังนั้นการให้แคลเซียมกับผลโดยเฉพาะในส่วนที่เป็นส่วนเนื้อใกล้แกนผลโดยการให้ทางก้านที่ให้ผลดีกับการลดอาการไส้สีน้ำตาลกับสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองระหว่างการเก็บรักษาจึงเป็นแนวทางที่ดีที่น่าจะนำมาใช้กับผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่ผ่านการฉายรังสีแกมมา

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 ลดการเกิดไส้สีน้ำตาลของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาโดยใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์หลังการเก็บเกี่ยว
- 1.2.2 ศึกษาอิทธิพลของการให้แคลเซียมคลอไรด์ หลังการเก็บเกี่ยวเพื่อลดอาการไส้สีน้ำตาลกับผลสับปะรดฉายรังสีที่พัฒนาผลในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1.3.1 การให้แคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0, 0.05, 0.2 และ 0.4 M นาน 0, 1, 2 และ 3 วัน ทางก้าน ผลกับผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย แล้วนำไปฉายรังสีแกมมาปริมาณ 400 เกรย์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14 และ 28 แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน
- 1.3.2 การให้และไม่ให้แคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.05 M นาน 1 วัน ทางก้านผล กับผลสับปะรดที่พัฒนาในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน แล้วนำผลสับปะรดไปฉายรังสีแกมมาปริมาณ 400 เกรย์ เก็บรักษาผลสับปะรดที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14, 21 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

1.4 ทฤษฎี สมมติฐาน และหรือกรอบแนวความคิดของงานวิจัย

รังสีแกมมาเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีความยาวคลื่นสั้นและมีอำนาจทะลุทะลวงผ่านวัตถุได้สูง สามารถทำลายเชื้อโรคและแมลงที่ปนเปื้อน และไม่มีรังสีตกค้างหรือสะสมในอาหาร Ionizing irradiation ถูกนำมาใช้สำหรับกักกันพืช (Quarantine treatment) ในสหรัฐอเมริกา ตั้งแต่ปี 1986 แต่การฉายรังสีแกมมากับผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ทำให้ผลเกิดไส้สีน้ำตาลอย่างรุนแรงระหว่างการเก็บรักษา (ข้อมูลจากการทดลองเบื้องต้น) จากรายงานวิจัยของอภิรดี และคณะ (2554) พบว่าระยะการสุกแก่ของสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองมีผลต่อความรุนแรงของการเกิดไส้สีน้ำตาลในสับปะรดที่ผ่านการฉายรังสีแกมมา และสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองที่เก็บเกี่ยวช้า (สีเปลือกเหลืองมากกว่า 50% ของพื้นที่ผิว) แล้วนำมาฉายรังสีแกมมาปริมาณ 500 และ 1,000 เกรย์ ปรากฏอาการไส้สีน้ำตาลน้อยกว่าผลที่สุกแก่เร็วกว่า (สีเปลือกเหลืองมากกว่า 25% ของพื้นที่ผิว) และความรุนแรงของอาการเพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสีแกมมาที่ได้รับ

ปัจจัยหนึ่งในการเกิดไส้สีน้ำตาลของสับปะรดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำอาจมาจากการขาดธาตุอาหารบางตัวระหว่างการเจริญเติบโต โดยเฉพาะธาตุแคลเซียมที่องค์ประกอบของผนังเซลล์ และเป็นธาตุที่จำเป็นต่อเมทาบอลิซึมหลาย ๆ กระบวนการภายในเซลล์ มีงานทดลองในการเพิ่มปริมาณแคลเซียมในส่วนของแกนและเนื้อเยื่อรอบแกนโดยการแพร่ผ่านทางก้านผล ทำให้ผลสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง (กลุ่ม Queen) ที่เก็บที่อุณหภูมิ 13-15 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มทำให้ผลสับปะรดมีอาการไส้สีน้ำตาลลดลงอย่างมาก (Youryon และคณะ, 2011) อย่างไรก็ตามยังไม่มียานทดลองในสับปะรดพันธุ์อื่นที่ปลูกในภูมิภาคอื่นๆ ซึ่งปัจจัยในเรื่องสภาพพื้นที่และภูมิอากาศระหว่างการพัฒนาของผลอาจมีผลต่อการสะสมธาตุอาหาร และการเกิดอาการไส้สีน้ำตาล

บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความสำคัญและลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของสับปะรด ‘ปัตตาเวีย’

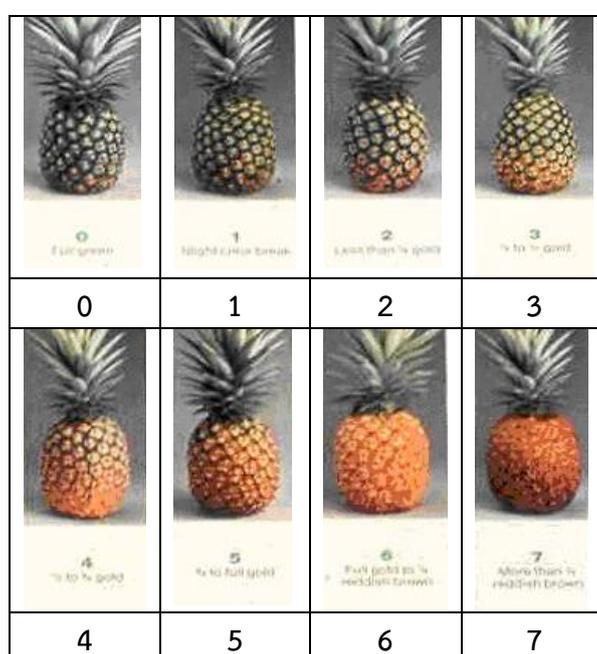
สับปะรด ‘ปัตตาเวีย’ มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Ananas comosus* cv. *Pattavia* เป็นพืชล้มลุกชนิดหนึ่ง มีต้นกำเนิดมาจากทวีปอเมริกาใต้ ลำต้นมีขนาดสูงประมาณ 80-100 เซนติเมตร สามารถปลูกได้ง่ายโดยการฝังกลบหน่อหรือส่วนยอดของผลที่เรียกว่า จุก เปลือกของผลสับปะรดภายนอกมีลักษณะคล้ายตาล้อมรอบผล ลักษณะผลมีทั้งทรงกระบอกและทรงเจดีย์ปลายแหลม ตาแบนเรียบ ผิวเปลือกระหว่างขอบตาเป็นสีเขียวเข้ม และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอมแดงเมื่อแก่จัด เนื้อแน่น สีเหลือง ฉ่ำน้ำ มีรสหวานอมเปรี้ยว น้ำหนักประมาณ 2.5 กิโลกรัม สับปะรดมีมูลค่าการส่งออกมากเป็นอันดับสอง โดยในปี พ.ศ. 2554 ไทยส่งออกสับปะรดและผลิตภัณฑ์สับปะรดปริมาณ 819,373 ตัน มูลค่า 28,995 ล้านบาท ตลาดส่งออกที่สำคัญของสับปะรดคือประเทศญี่ปุ่น คิดเป็น 96% ของปริมาณการส่งออกทั้งหมด ส่วนปริมาณที่เหลืออีก 4% นั้นส่งไปยังประเทศประชาคมยุโรป สหรัฐอเมริกา และนิวซีแลนด์

2.2 ดัชนีการเก็บเกี่ยว

ดัชนีการเก็บเกี่ยวของสับปะรดไม่มีบ่งบอกอย่างชัดเจน การแก่ของสับปะรดโดยมากมักจะนับจากวันออกดอก โดยจะมีอายุหลังการออกดอกประมาณ 150-165 วัน เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยวส่วนมากแล้วจะดูจากลักษณะภายนอกและลักษณะภายใน โดยลักษณะภายนอกดูจากสีเปลือก ความเรียบของตา และขนาดผล ส่วนลักษณะภายในดูจากปริมาณของแข็งที่ละลาย น้ำได้และลักษณะปรากฏภายใน การเปลี่ยนสี เปลือกของสับปะรดเป็นสีเหลืองก็ใช้เป็นแนวทางใน การกำหนดเวลาในการเก็บเกี่ยวได้เช่นกัน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเมื่อผิวสับปะรดมีสีเหลือง เป็นส่วนมาก (คือมีคลอโรฟิลล์น้อยลง) มักจะมีความบริบูรณ์หรือการสุกมาก โดยตามธรรมชาตินั้นขณะที่ผลเข้าสู่การบริบูรณ์จะมีการเปลี่ยนสีจากสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและสีน้ำตาลแดง (Youryon และคณะ, 2011)

สับปะรดอยู่ในชนิดของผลรวมที่มีการรวมของผลย่อยเป็นจำนวนมาก คือ ตา โดยตาของผลจะมีการพัฒนาไปสู่ความบริบูรณ์จากด้านล่างของผลไปยังด้านบน เมื่อตาของผลมีการพัฒนาจะราบเรียบ ซึ่งการราบเรียบของตาผลมักจะใช้เป็นตัวบ่งชี้ความบริบูรณ์ของผลได้ดี นอกจากนี้ยังสามารถดูความบริบูรณ์ของผลจากกลิ่น โดยผลที่มีความบริบูรณ์จะมีกลิ่นหอม มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 12 °Brix และกรดที่ไตเตรทได้ 0.5-0.6% การสุกของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย (Smooth cayenne) ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ปลูกเพื่อส่งโรงงานและเป็นการค้าหลักในตลาดโลก แบ่งออก 8 เบอร์ตามการจัดจำแนกของบริษัท Dole Food Company, Inc. (รูปที่ 2.1) โดยเบอร์ที่เหมาะสมสำหรับส่งขายต่างประเทศคือ 0-2, เบอร์ที่เหมาะสมสำหรับส่งเข้าโรงงานคือ 3-4, และที่เหมาะสมสำหรับรับประทานสดและส่งขายในประเทศคือ 5-6 ดังนี้คือ

| เบอร์ | ลักษณะผล |
|-------|-------------------------------------------------------|
| 0 | ตาสีเขียวทั้งหมด |
| 1 | ตาสีเหลืองไม่เกิน 20% |
| 2 | ตาสีเหลืองไม่น้อยกว่า 20% แต่ไม่เกิน 40% |
| 3 | ตาสีเหลืองไม่น้อยกว่า 40% แต่ไม่เกิน 55% |
| 4 | ตาสีเหลืองไม่น้อยกว่า 55% แต่ไม่เกิน 90% |
| 5 | ตาสีเหลืองมากกว่า 90% แต่มีสีส้มไม่น้อยกว่า 20% |
| 6 | ตาสีส้มแดงประมาณ 20-100% |
| 7 | เปลือกน้ำตาลอมแดง แสดงอาการเน่า (อายุมากกว่า 165 วัน) |



รูปที่ 2.1 ลักษณะของผลสับปะรดที่มีการสุกแก่แตกต่างกัน (มาตรฐานสีของผลสับปะรดสดของ Dole Food Company, Inc.)

2.3 การเก็บเกี่ยวสับปะรด

การเก็บเกี่ยวสับปะรดจะคัดเลือกโดยผลที่มีความสมบูรณ์จากสีเปลือก และควรทำการเก็บเกี่ยวในช่วงเช้า เพื่อป้องกันการสะสมความร้อนจากแสงปลูก ควรเก็บเกี่ยวสับปะรดที่มีความสุกแก่เปลือกเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ไม่น้อยกว่า 25% หรือตาล่างเปิด 1-2 แถว (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

2.4 การปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว

ในฮาวายการเก็บสับปะรดมีทั้งการเก็บและคัดบรรจุในแปลง หรืออาจจะเก็บจากแปลงแล้วขนส่งมาทำความสะอาดในโรงงานคัดบรรจุ สับปะรดที่ขายเพื่อรับประทานผลสดและส่งออกจะล้างทำความสะอาดก่อนเคลือบสารเคลือบผิว พร้อมผสมน้ำยาป้องกันเชื้อรา หลังจากเคลือบ สารเคลือบผิว จะทำให้แห้งโดยการเป่าลมร้อน จากนั้นทำการคัดเกรดโดยใช้น้ำหนักเป็นเกณฑ์ ก่อนจะบรรจุกล่องตามเกรดต่างๆ เพื่อส่งจำหน่าย อย่างไรก็ตาม สับปะรดที่ขายเพื่อรับประทานสดในเมืองไทยยังไม่มีจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ดีเทียบเท่า ผลสับปะรดที่ส่งออกต่างประเทศ

จารย์พันธุ์ (2556) แนะนำว่า สับปะรดหลังการเก็บเกี่ยว ควรจุ่มในสารป้องกันกำจัดเชื้อรา sodium orthophenylphenate อัตรา 1 กิโลกรัม/น้ำ 80 ลิตร ให้ทั่วผลและจุกและเก็บในห้องเย็นที่มีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 85-90%

2.5 การเกิดอาการสะท้อนหนาวในสับปะรด

การเก็บรักษาสับปะรดในอุณหภูมิต่ำจะช่วยลดอัตราการหายใจและกระบวนการเมตาบอลิซึมต่างๆ ที่ใช้ในการหายใจและการเสื่อมสภาพ ดังนั้นการนำผลผลิตไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำทันทีหลังจากเก็บเกี่ยวจะช่วยยืดอายุการวางจำหน่ายได้นานขึ้น อย่างไรก็ตามอายุการวางจำหน่ายของผักและผลไม้หลายชนิดในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อนก็มีอายุการวางจำหน่ายสั้นเมื่อเก็บในอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม ยกตัวอย่างเช่น กล้วย และ อโวคาโด จะไวต่อการตอบสนองกับอุณหภูมิต่ำ ขณะที่ถั่วเขียว ถั่วลิมา เมลอน หรือ พริกไทย จะไวต่อการตอบสนองที่อุณหภูมิสูงกว่า ผลของความเสียหายจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เรียกว่า “อาการสะท้อนหนาว” (Chilling injury) สับปะรดที่เก็บเกี่ยวมาแล้ว ควรจะเก็บที่อุณหภูมิ 8-11 องศาเซลเซียส แต่ไม่ควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส เพราะจะเกิดอาการสะท้อนหนาว (chilling injury)

อาการสะท้อนหนาว เป็นปัญหาที่สำคัญในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักผลไม้ในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อน อาการสะท้อนหนาวสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งในระหว่างการขนส่งและการจัดจำหน่าย ในการเก็บรักษาผลผลิตที่อุณหภูมิต่ำการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีต่างๆ จะเกิดขึ้นเพื่อตอบสนองต่ออุณหภูมิต่ำ ความเสียหายจากอาการสะท้อนหนาวยากที่จะบอกเป็นจำนวนหรือระดับความรุนแรงได้ (Youryon และคณะ, 2011) อย่างไรก็ตามมีวิธีการหลายอย่างที่สามารถช่วยลดการเกิดอาการสะท้อนหนาวผลิตผลได้โดยที่ยังสามารถเก็บรักษาไว้ได้ที่อุณหภูมิต่ำ ได้แก่

2.5.1 การลดอุณหภูมิลงอย่างช้าๆ

เพื่อให้ผลผลิตได้มีเวลาในการปรับตัว โดยในระหว่างการลดอุณหภูมินั้น ภายในเซลล์อาจมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเยื่อหุ้มต่างๆ เช่น การสร้าง phospholipid ซึ่งมี unsaturated fatty acid เป็นองค์ประกอบมากขึ้น

2.5.2 การเก็บรักษาในอุณหภูมิสลับระหว่างอุณหภูมิที่เกิดอาการสะท้านหนาวกับอุณหภูมิที่สูงกว่านั้น

การเก็บรักษาผลท้อในแคลิฟอร์เนีย พบว่าถ้าเก็บรักษาที่ 0 องศาเซลเซียส ตลอดเป็นเวลา 9 สัปดาห์จะเกิดอาการสะท้านหนาว แต่ถ้าเก็บที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส สลับกับอุณหภูมิ 18-20 องศาเซลเซียส เป็นเวลาทุก 2 วัน เป็นเวลา 4 สัปดาห์ จะไม่เกิดอาการสะท้านหนาว ซึ่งในลักษณะเช่นนี้เกิดจากในขณะที่ยังเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำผลผลิตจะมีการสะสมแอลกอฮอล์ขึ้น แต่ แอลกอฮอล์ จะระเหยไปเมื่อย้ายไปที่อุณหภูมิสูงทำให้ไม่เกิดอาการสะท้านหนาว

2.5.3 การใช้สารเคลือบผิวผลไม้บางชนิด

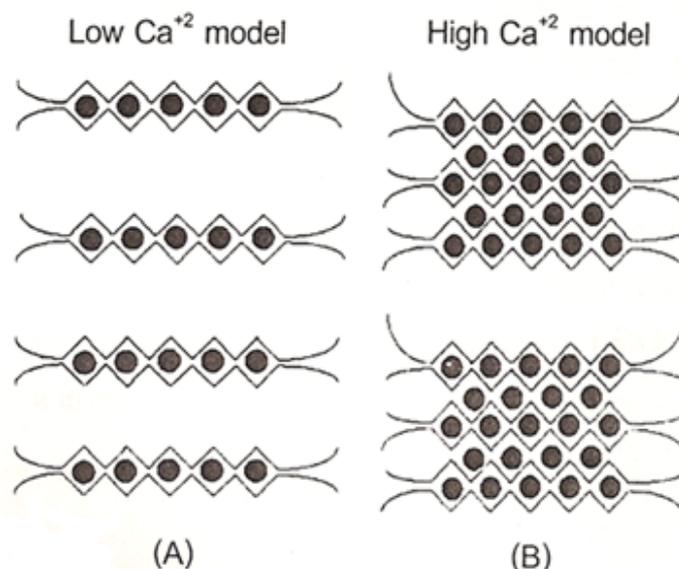
อาจเป็นเพราะองค์ประกอบของสารเคลือบผิวมีสารประเภทไขมัน ซึ่งจะแทรกซึมเข้าไปในเซลล์ ทำให้โครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์และออร์แกเนลล์ต่างๆ เปลี่ยนแปลงไป ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพทางกายภาพ เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงได้มากขึ้น ทำให้อาการสะท้านหนาวเกิดน้อยลง เช่น การทดลองเคลือบผลกล้วยหอมสามารถป้องกันอาการสะท้านหนาวได้

2.5.4 การปรับสภาพบรรยากาศ

ทำโดยการปรับองค์ประกอบของอากาศภายในผล เช่น การบรรจุหีบห่อ หรือการเคลือบผิว ซึ่งเป็นการขัดขวางช่องทางการผ่านเข้าออกของอากาศ ทำให้ปริมาณ O_2 ลดลง และ CO_2 เพิ่มขึ้น สภาพดังกล่าวจะช่วยลดอาการสะท้านหนาวได้ เช่น การเก็บรักษาสับปะรดที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส ในสภาพนี้จะมี O_2 ต่ำ ทำให้เอนไซม์ polyphenol oxidase ทำงานได้ช้า สารประกอบฟีนอลจึงไม่ถูกออกซิไดซ์และไม่เปลี่ยนเป็นสารสีน้ำตาล (จริงแท้, 2538)

2.6 บทบาทของแคลเซียมต่อการลดอาการสะท้านหนาว

แคลเซียม เป็นองค์ประกอบที่สำคัญและมีศักยภาพ ต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้ แคลเซียมเป็นธาตุที่มีความสัมพันธ์กันภายในเซลล์ตั้งแต่ผนังเซลล์ และยังคงควบคุมเมตาบอลิซึมในเซลล์ เช่น การส่งสัญญาณของ protein kinase (Gilroy และคณะ, 1987) การใช้แคลเซียมก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวช่วยลดอาการผิดปกติในผลไม้ได้ (Conway และ Sams, 1983; Poovaiah, 1986; Picchioni และคณะ, 1998; Treeby และ Storey, 2002; Lotze และคณะ, 2008; Mahmud และคณะ, 2008) โดยแคลเซียมสามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบเพคตินบริเวณ middle lamella และผนังเซลล์เกิดปฏิกิริยาเชื่อมข้ามระหว่างหมู่คาร์บอกซิล (carboxyl group) บนสาย polygalacturonides และประจุคู่ของ Ca^{2+} โดย Ca^{2+} ทำหน้าที่ดึงหมู่คาร์บอกซิลบนสาย polygalacturonides สายหนึ่งให้จับกับหมู่คาร์บอกซิลของสาย polygalacturonides อีกสายหนึ่งเกิดเป็นโครงสร้างที่เรียกว่า egg-box model (รูปที่ 2.2) เช่น การใช้แคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1% ทำให้การสุกของผลสตรอเบอร์รี่ช้าลง และช่วยรักษาความสมบูรณ์ของผนังเซลล์ ทนทานต่อการโจมตีของเชื้อรา ทำให้สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส ได้นานถึง 10 วัน นอกจากนี้ยังสามารถเก็บผลกีวี่ไว้ได้นานถึง 10-12 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (Akhtar และคณะ, 2009)



รูปที่ 2.2 โครงสร้าง Egg-box model เมื่อปริมาณแคลเซียมไอออนต่ำ (A) และสูง (B) (Grant และคณะ, 1973)

สารละลายแคลเซียมคลอไรด์นอกจากจะช่วยเพิ่มความแข็งแรง ของผนังเซลล์แล้ว ยังช่วยลดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ซึ่งการเกิดสีน้ำตาลที่ผิวหน้าของชิ้นผลไม้ตัดแต่งมีสาเหตุสำคัญ มาจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase; PPO) Luna-Gutzman และคณะ (1999) รายงานว่า การแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 1% และ 5% สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลที่ผิวหน้าชิ้นแตงเมลอน (fresh - cut melon) ได้ ทั้งนี้เนื่องจากสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีผลทำให้เอนไซม์เกิดการเสียสภาพ (denature) จนไม่สามารถเข้าจับกับซับสเตรท ทำให้ไม่เกิดสีน้ำตาลที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเวลาในการแช่ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 1-5 นาที นอกจากนี้การแช่สารละลายแคลเซียมเป็นการช่วยชะลอเมตาบอลิซึมของเซลล์ผลไม้ได้ เนื่องจากการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์จะทำให้ชิ้นผลไม้ตัดแต่งมีอัตราการหายใจต่ำลง (Luna-Gutzma และคณะ, 1999)

2.7 การฉายรังสี

รังสี คือ พลังงานที่แผ่ออกมาจากต้นกำเนิด พลังงานใดๆ ซึ่งสามารถเดินทางผ่านสุญญากาศได้ ด้วยเหตุนี้ รังสีจากดวงอาทิตย์จึงสามารถมาถึงพื้นผิวโลกได้ด้วยวิธีการแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ต้นกำเนิดรังสีหรือพลังงานประเภทที่เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มนุษย์ได้สัมผัสและรู้จักดีคือ ดวงอาทิตย์ ซึ่งจะแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหลายประเภท แบ่งตามความถี่หรือตามความยาวของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากดวงอาทิตย์นั้นแบ่งเป็น 3 ย่าน ดังนี้

- 1) รังสีแกมมา รังสีเอกซ์ (X rays) และอัลตราไวโอเล็ต
- 2) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นย่าน 290 – 1400 นาโนเมตร
- 3) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นย่าน > 1400 นาโนเมตร

2.7.1 รังสีแกมมา

รังสีแกมมา (gamma rays) เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีความยาวคลื่นสั้น และมีอำนาจในการทะลุผ่านวัตถุสูง สามารถทำลายเชื้อโรคและแมลงที่ปนเปื้อนได้ ไม่มีรังสีตกค้างหรือสะสม รังสีแกมมาถูกนำมาใช้สำหรับกักกันพืช (quarantine treatment) ในสหรัฐอเมริกาตั้งแต่ปี 1986 (APHIA, 2000) คณะวิจัยจากสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติแห่งชาติได้ทำการศึกษารังสีแกมมากับผลไม้เขตร้อนหลายชนิด เพื่อควบคุมศัตรูพืชที่ติดไปกับผลิตผล โดยพบว่า การฉายรังสีแกมมาปริมาณ 150 เกรย์ สามารถควบคุมแมลงวันผลไม้ได้ และรังสีแกมมาปริมาณ 400 เกรย์ สามารถควบคุม scale insect และ mealy bugs ในมังคุดได้ ผลิตผลสดพวกผักและผลไม้ที่จะส่งเข้าสหรัฐอเมริกาต้องผ่านการฉายรังสีเพื่อกำจัดและป้องกันการระบาดของแมลงศัตรูพืชจากต่างประเทศผ่านเข้าไปในสหรัฐอเมริกา สำหรับประเทศไทยเบื้องต้นอนุญาตให้นำเข้าผลไม้ 6 ชนิด คือ มังคุด ลิ้นจี่ ลำไย เงาะ สับปะรด และมะม่วง ภายใต้เงื่อนไขต้องผ่านการฉายรังสีขั้นต่ำที่ 400 เกรย์ แต่ไม่เกิน 1 กิโลเกรย์ และมีระเบียบในการจัดการสวนผลไม้ตามมาตรฐาน GAP (Good agricultural practice) สำหรับชาวสวนผู้ผลิต (รายงานการติดตามการส่งออกผลไม้สดเข้าสู่สหรัฐอเมริกา ระยะที่ 2, 2551)

ผลของการฉายรังสีแกมมาต่อคุณภาพของผลิตผล พบว่า การฉายรังสีแกมมาปริมาณ 1000 เกรย์ กับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์ 4 อกร่อง หนึ่งกลางวัน และแรดไม่มีผลกระทบต่อลักษณะปรากฏภายนอกและรสชาติ ยกเว้น ในมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองจะเกิดจุดสีน้ำตาลที่ผิวผล นอกจากนี้การฉายรังสีแกมมายังช่วยป้องกันโรคหลังการเก็บเกี่ยว Drake และคณะ (2003) รายงานว่า การฉายรังสีแกมมาสามารถป้องกันการเน่าเสียของผลแอปเปิลซึ่งเกิดจากเชื้อสาเหตุ *Penicillium expansum* ที่ปริมาณของรังสีแกมมา 0.6 กิโลเกรย์ แต่ไม่มีผลต่อเชื้อ *Botrytis cinerea* หรือ *Monilinia piriformis* นอกจากนี้ยังสามารถฉายรังสีร่วมกับการใช้ถุงพลาสติก Polyethylene (PE) และเชื้อจุลินทรีย์ ปฏิบัติในการควบคุมโรคชิงเน่า และยืดอายุการเก็บรักษาขิงได้ (Mukherjee และคณะ, 1995)

การฉายรังสีแกมมามีผลต่อคุณภาพและการเปลี่ยนแปลงภายในของผลิตผล และผลของรังสีแกมมาที่มีคุณภาพของผลิตผลนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และปริมาณรังสีที่ได้รับ (Shellie และ Mangan, 1994) Wang และคณะ (1993) รายงานว่าการฉายรังสีแกมมากับมะม่วงพันธุ์ Kent ทำให้ผลมีปริมาณเพคตินลดลง และยังมีผลต่อการเกิดอาการสีน้ำตาลของเนื้อมะม่วงอีกด้วย การฉายรังสีแกมมาปริมาณ 300 เกรย์ กับสับปะรดจะชักนำให้แกนของสับปะรดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และเมื่อเพิ่มปริมาณรังสีจะเกิดความเสียหายเพิ่มมากขึ้น (Limohpasmanee และคณะ, 2005)

ในผลส้มที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณ 300 เกรย์ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส นาน 49 วัน มีการสังเคราะห์ฟีนอลและกิจกรรมของเอนไซม์ phenylalanine ammonialyase (PAL) เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา (Oufedjikh และคณะ, 2000) ในขณะที่ส้มเขียวหวานที่ได้รับการฉายรังสีปริมาณ 250 – 1000 เกรย์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส นาน 1 – 4 สัปดาห์ ไม่มีผลต่อคุณภาพรับประทาน เช่น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้, pH, ปริมาณกรดซิตริก และความแน่นเนื้อของผล (Keawchoung และคณะ, 2003)

การฉายรังสีแกมมาปริมาณ 1000 เกรย์หรือต่ำกว่านี้กับผลมังคุด ไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของมังคุดในด้านต่างๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ การแข็งของเปลือก ความหวาน pH และรสชาติของเนื้อ นอกจากนี้การฉายรังสีแกมมาปริมาณ 750 เกรย์ กับผลเงาะไม่ส่งผลเสียต่อลักษณะปรากฏและรสชาติ อย่างไรก็ตาม ขนของผลเงาะที่ทั้งฉายและไม่ฉายรังสีแกมมาจะเปลี่ยนเป็นสีดำภายใน 7 วัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ในขณะที่เนื้อเงาะไม่มีการเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด (Limohpasmanee และคณะ, 2005)

บทที่ 3 ระเบียบวิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 การเตรียมผลิตผล

รวบรวมผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย ในวัยที่มีสีเขียวและตาของผล 2 แฉกทางโคนก้านผลเปลี่ยนเป็นสีเหลือง จากจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ตัดจุกออกครึ่งหนึ่งแล้วขนส่งมาที่ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.2.1 การทดลองที่ 1 การให้แคลเซียมคลอไรด์กับหลังการเก็บเกี่ยวก่อนการฉายรังสีในการลดการเกิดไส้สีน้ำตาลของผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียระหว่างการเก็บรักษา

นำสับปะรดในข้อ 3.1 มาให้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นและระยะเวลาต่าง ๆ โดยให้ทางก้านผล ในแนวตั้ง วางแผนการทดลองแบบ 4×4 factorials in completely randomized design (CRD) ดังนี้

ปัจจัยที่ 1: ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ 4 ระดับ คือ 0 M CaCl_2 , 0.05 M CaCl_2 , 0.2 M CaCl_2 และ 0.4 M CaCl_2

ปัจจัยที่ 2: ระยะเวลาในการจุ่ม 4 ระดับ คือ 0, 1, 2 และ 3 วัน (ที่อุณหภูมิเก็บรักษา 10 องศาเซลเซียส)

ประกอบด้วย 10 ซ้ำ (1 ผล/ซ้ำ) นำไปบรรจุลงกล่องกระดาษลูกฟูกและนำไปฉายรังสีแกมมาปริมาณ 400 เกรย์ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14 และ 28 วันแล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

3.2.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาอิทธิพลของการให้แคลเซียมคลอไรด์หลังการเก็บเกี่ยวก่อนการฉายรังสีในการลดการเกิดไส้สีน้ำตาลของผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่พัฒนาในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน

นำผลการทดลองที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 1 คือสับปะรดที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.05 M นาน 1 วัน ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา ปริมาณ 400 เกรย์ มาใช้ในการทดลอง นี้ โดยนำสับปะรดในข้อ 3.1 มาให้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.05 M นาน 1 วัน โดยให้ทางก้านผลในแนวตั้ง ที่อุณหภูมิเก็บรักษา วางแผนการทดลองแบบ 2×2 factorials in completely randomized design (CRD) จำนวน 10 ซ้ำ (1 ผล/ซ้ำ) ดังนี้

ปัจจัยที่ 1: ผลที่พัฒนาแตกต่างกัน 2 ระดับ คือ ผลสับปะรดที่พัฒนาผ่านฤดูฝน และผลที่พัฒนาผ่านฤดูแล้ง

ปัจจัยที่ 2: สารแคลเซียมคลอไรด์ 2 ระดับ คือ ไม่ให้ และ ให้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.05 M นาน 1 วันก่อนการฉายรังสีแกมมา

นำไปบรรจุลงกล่องกระดาษลูกฟูกและนำไปฉายรังสีแกมมาปริมาณ 400 เกรย์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14, 21 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน (เพื่อจำลองการวางจำหน่าย)

3.3 การบันทึกผลการทดลอง

3.3.1 การทดลองที่ 1 การให้แคลเซียมคลอไรด์กับผลสับประรดพันธุ์ปัตตาเวียหลังการเก็บเกี่ยวก่อนการฉายรังสีแกมมาในการลดการเกิดสีน้ำตาลของผลสับประรดพันธุ์ปัตตาเวียระหว่างการเก็บรักษา

1. คะแนนการเกิดสีน้ำตาล

นำผลมาตัดแบ่งครึ่งผลตามยาว ให้คะแนนการเกิดสีน้ำตาลโดยการประเมินจากเนื้อผลและแกนผล ดังนี้ 0 (no browning), 1 (<10%), 2 (10-25%), 3 (25-50%), 4 (50-75%) และ 5 (> 75%) (Teisson และคณะ, 1979)

2. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids) จากน้ำคั้นเนื้อ

นำสับประรดมาคั้นน้ำด้วยผ้าขาวบางและนำไปวัดด้วย hand refractometer

3. ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้

ดูดตัวอย่างมา 1 มิลลิลิตร และใส่น้ำกลั่น 9 มิลลิลิตร นำไปไตเตรทกับ 0.1 N NaOH โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ จนได้จุดยุติเป็นสีชมพูอ่อน จดปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ในการไตเตรท จากนั้นนำไปคำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริก แล้วหาค่าเฉลี่ย

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมด (\%)} = \frac{\text{ปริมาตร NaOH (ml)} \times \text{ความเข้มข้น NaOH(N)} \times 0.07 \times 100}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง (g)}}$$

4. คะแนนคุณภาพเนื้อ

ประเมินคะแนนคุณภาพเนื้อทางด้าน สี กลิ่น และเนื้อสัมผัส โดยให้ผู้ทดสอบจำนวน 10 คน ทำการทดสอบในวันที่ตรวจผลการทดลอง มีกำหนดระดับคะแนนการให้คะแนน ดังนี้

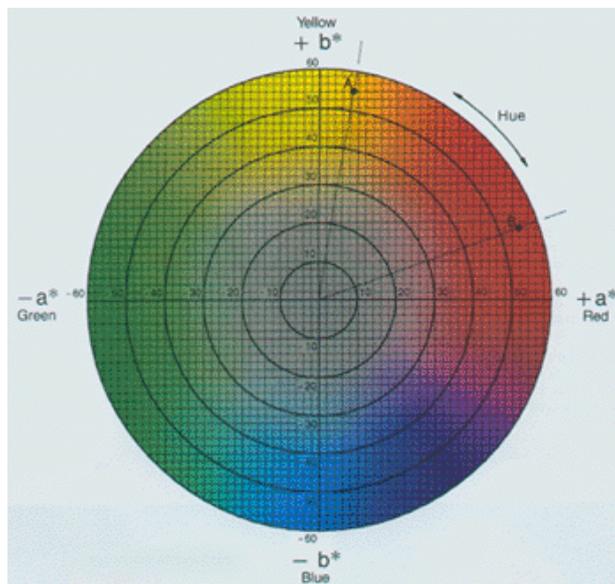
| | | | | | |
|---|---|-----------------|---|---|--------------|
| 0 | = | ไม่ชอบมากที่สุด | 1 | = | ไม่ชอบน้อย |
| 2 | = | ชอบน้อย | 3 | = | ชอบปานกลาง |
| 4 | = | ชอบมาก | 5 | = | ชอบมากที่สุด |

3.3.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาอิทธิพลของการให้แคลเซียมคลอไรด์หลังการเก็บเกี่ยวก่อนการฉายรังสีในการลดการเกิดสีน้ำตาลของผลสับประรดพันธุ์ปัตตาเวียที่พัฒนาในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน

1. สีเนื้อ

นำผลมาตัดแบ่งครึ่งผลตามยาวทำการวัดบริเวณกลางผล โดยใช้เครื่องวัดสียี่ห้อ Minolta รุ่น DP-301 ทำการวัดสี 3 ครั้งต่อผล ใช้ระบบการวัดสีแบบ Three-dimension colour space ซึ่งรายงานผลเป็นค่า Hunter Scale (McGuire, 1992) ประกอบด้วยค่าต่างๆ ดังนี้

- L^* เป็นค่าความสว่างของสี ซึ่งค่า L^* มีค่า 0 ถึง 100
ถ้าค่า L^* สูง หมายถึง มีความสว่างมาก แต่ถ้าค่า L^* ต่ำ หมายถึง มีสีเข้มมาก
- b^* เป็นค่าการแสดงผลออกของสีในช่วงสีน้ำเงินไปจนถึงสีเหลือง
เมื่อค่า b^* เป็นลบจะอยู่ในช่วงสีน้ำเงิน ถ้าค่า b^* เป็นบวกจะอยู่ในช่วงสีเหลือง



รูปที่ 3.1 Hue sequence และ Hue angle ในแผนผังของ CIELAB (L^* a^* b^* Colour system)

2. คะแนนการเกิดสีน้ำตาล

นำผลมาตัดแบ่งครึ่งผลตามยาว ให้คะแนนการเกิดสีน้ำตาลโดยการประมาณการสีน้ำตาลจากเนื้อและแกนผล ดังนี้ 0 (no browning), 1 (<10 %), 2 (10-25 %), 3 (25-50 %), 4 (50-75%), และ 5 (75%) (Teisson และคณะ, 1979)

3. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids; TSS) จากน้ำคั้นเนื้อ

นำสับประตมาคั้นน้ำด้วยผ้าขาวบางและนำไปวัดด้วย hand refractometer หน่วยเป็น °Brix

4. ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (Titratable acidity; TA)

ดูดตัวอย่างน้ำคั้นมา 1 มิลลิลิตร และใส่น้ำกลั่น 9 มิลลิลิตร นำไปไตเตรทกับ 0.1 N NaOH โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ จนได้จุดยุติเป็นสีชมพูอ่อน จดปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ในการไตเตรท จากนั้นนำไปคำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของเปอร์เซ็นต์กรดซิตริก แล้วหาค่าเฉลี่ย

$$\text{ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (\%)} = \frac{\text{ปริมาตร NaOH (ml)} \times \text{ความเข้มข้น NaOH(N)} \times 0.07 \times 100}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง (g)}}$$

5. คะแนนคุณภาพเนื้อ

ประเมินคะแนนคุณภาพเนื้อทางด้าน สี กลิ่น และเนื้อสัมผัส โดยให้ผู้ทดสอบจำนวน 10 คน ทำการทดสอบในวันที่ตรวจผลการทดลอง มีกำหนดระดับคะแนนการให้คะแนน ดังนี้

| | | | | | |
|---|---|-----------------|---|---|--------------|
| 0 | = | ไม่ชอบมากที่สุด | 1 | = | ไม่ชอบน้อย |
| 2 | = | ชอบน้อย | 3 | = | ชอบปานกลาง |
| 4 | = | ชอบมาก | 5 | = | ชอบมากที่สุด |

6. ปริมาณแคลเซียมจากเนื้อผล

นำเนื้อผลบริเวณกลางผล 2 ส่วน คือใกล้แกนและใกล้เปลือกมาวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมตามวิธีการของ AOAC (2000)

7. ปริมาณ malondialdehyde (MDA) ซึ่งเป็นผลผลิตจากการเกิดออกซิเดชันของกรดไขมัน ตามวิธีการของ Wang และคณะ (2005)

8. วิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ polyphenoloxidase (PPO)

นำเนื้อผลบริเวณกลางผล 2 ส่วน คือใกล้แกนและใกล้เปลือกมาวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ PPO ตามวิธีการของ Jang และคณะ (2002)

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis Of Variance, ANOVA) โดยใช้โปรแกรม SPSS ver. 17 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

3.5 สถานที่ดำเนินการทดลอง

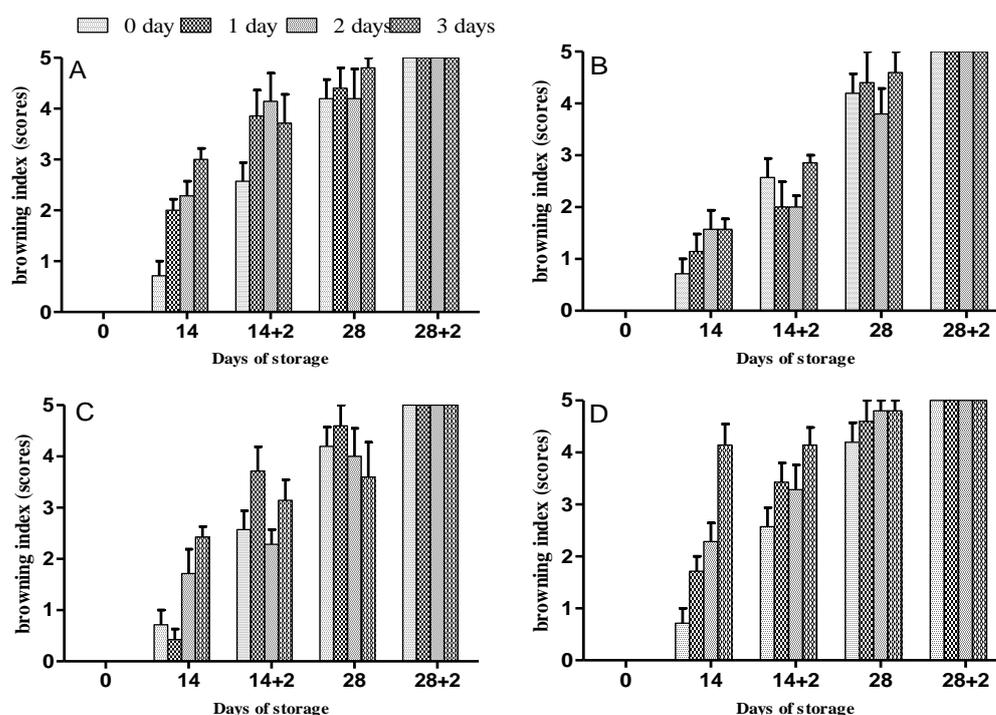
ทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว หลักสูตรเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) กรุงเทพฯ

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 ผลของการให้แคลเซียมคลอไรด์กับ ผลสับประรดพันธุ์ปัตตาเวีย หลังการเก็บเกี่ยวก่อนการฉายรังสี ในการลดการเกิดไส้สีน้ำตาลของผลสับประรดพันธุ์ปัตตาเวียระหว่างการเก็บรักษา

4.1.1 คะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาล

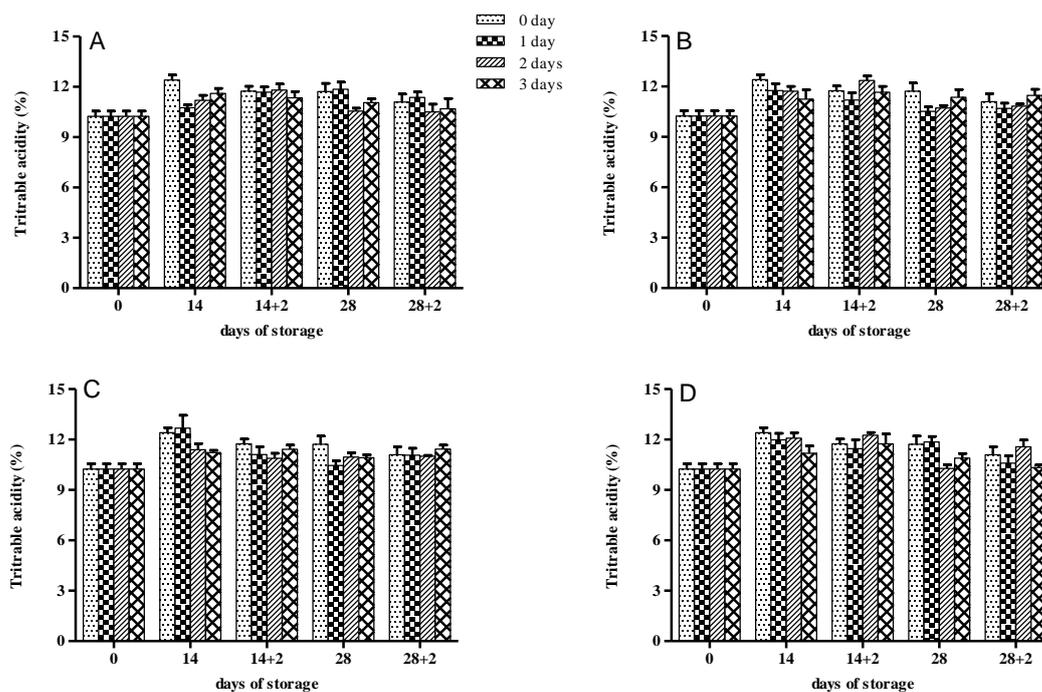
สับประรดในทุกชุดการทดลองมีการเกิดไส้สีน้ำตาลขึ้น และมีความรุนแรงเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน และนำมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อีก 2 วัน สับประรดที่ได้รับสารละลาย แคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.05 M ก่อนการฉายรังสี มีการเกิดไส้สีน้ำตาลน้อยที่สุด โดยระยะเวลาในการแช่สารละลาย แคลเซียมคลอไรด์ที่เหมาะสมคือ 1 วัน อย่างไรก็ตาม หากเก็บสับประรดนาน 28 และ 28 + 2 วัน การใช้สารละลาย แคลเซียมคลอไรด์ไม่มีผลต่อการยับยั้งอาการไส้สีน้ำตาล (รูปที่ 4.1, ตารางภาคผนวกที่ 1)



รูปที่ 4.1 คะแนนไส้สีน้ำตาล (n = 10) ในสับประรดที่ได้รับ CaCl₂ ความเข้มข้น 0M (A), 0.05 M (B), 0.2 (C) และ 0.4 M (D) ระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 วันก่อนนำมาฉายรังสีแกมมา 400 เกรย์ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

4.1.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids) จากน้ำคั้นเนื้อ

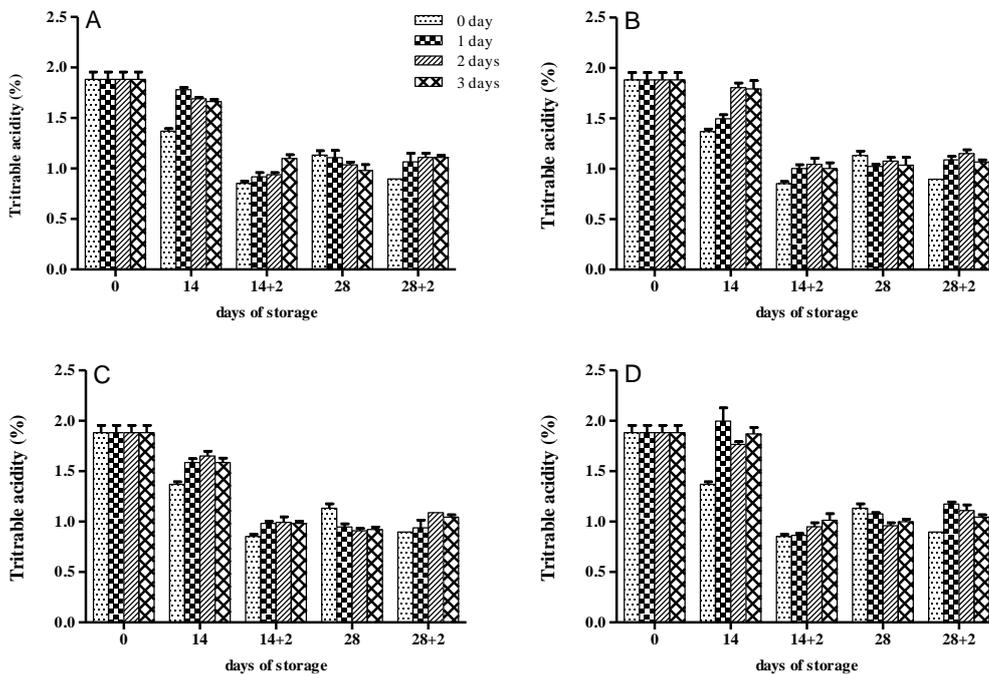
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในน้ำคั้นเนื้อสับประตอยูในช่วง 10.24 – 11.82 °brix โดยผลสับประตอที่ได้รับสารละลาย แคลเซียมคลอไรด์ ทุกความเข้มข้นและทุกระยะเวลาในการแช่สารละลาย แคลเซียมคลอไรด์ ไม่มีความแตกต่างกัน ทั้ง ในผลสับประตอ ภายหลังการฉายรังสีแกมมา และ ในระหว่างการเก็บรักษา 28 วัน (รูปที่ 4.2, ตารางภาคผนวกที่ 2)



รูปที่ 4.2 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ($n = 10$) ในน้ำคั้นเนื้อสับประตอที่ได้รับ CaCl_2 ความเข้มข้น 0 M (A), 0.05 M (B), 0.2 M (C) และ 0.4 M (D) ระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 วันก่อนนำมาฉายรังสีแกมมา 400 เกรย์ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

4.1.3 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้

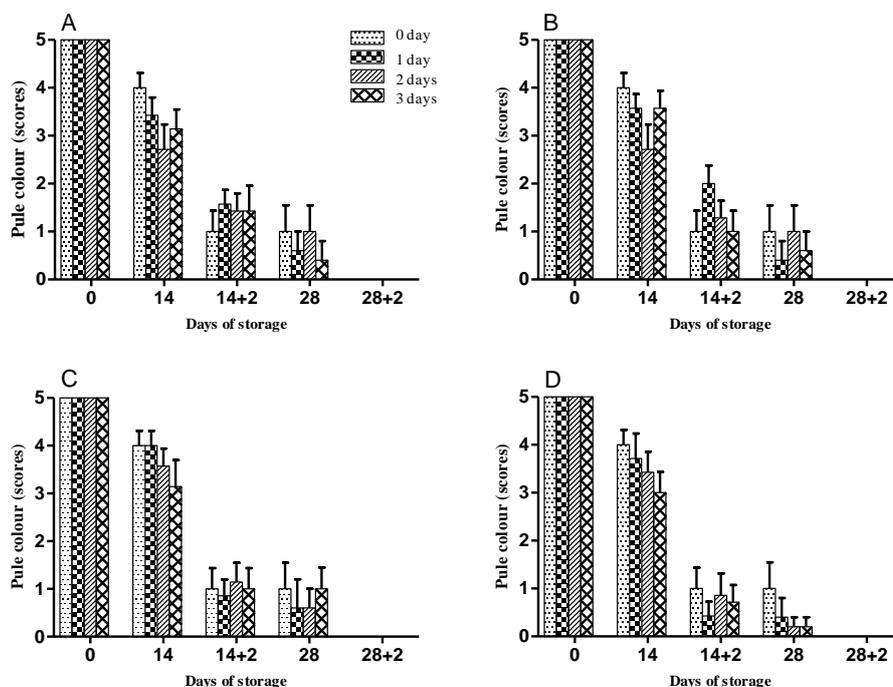
สับปะรดในทุกชุดการทดลอง มีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ลดลงเพียงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้จากน้ำคั้นเนื้อจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อนำออกมาวางที่อุณหภูมิห้องหลังการเก็บรักษาทั้ง 14 และ 28 วัน ในทุกชุดการทดลอง สับปะรดที่ได้รับสารละลาย แคลเซียมคลอไรด์ ในทุกความเข้มข้นกับระยะเวลาที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันเล็กน้อย โดยสับปะรดที่ได้รับสารละลาย แคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.05 M เป็นเวลา 2 วัน มีการลดลงของกรดที่ไตเตรทได้น้อยที่สุด เมื่อเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ (รูปที่ 4.3, ตารางภาคผนวกที่ 3)



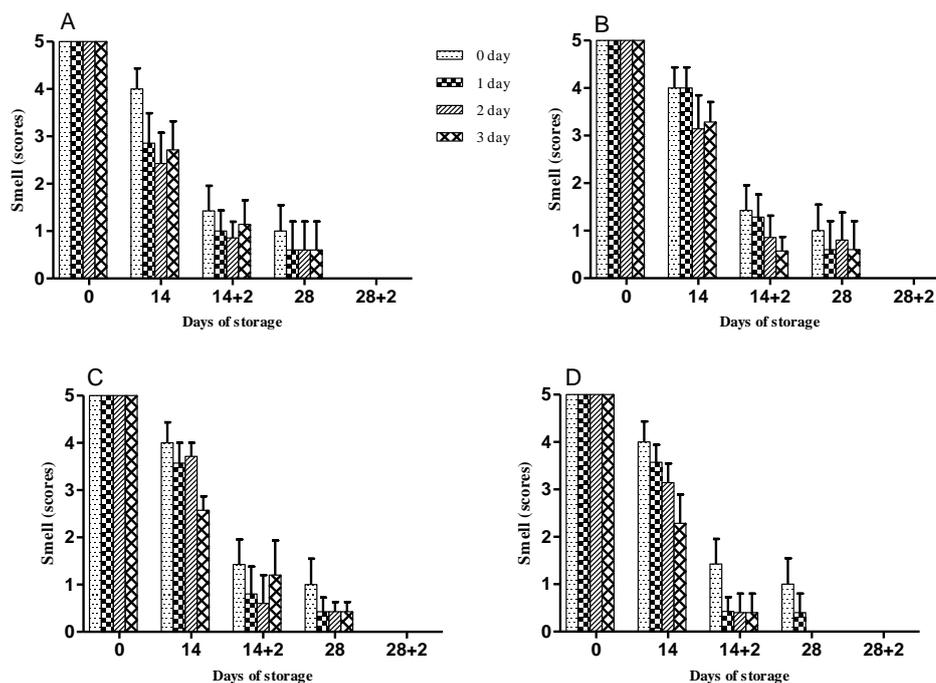
รูปที่ 4.3 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ในน้ำคั้นเนื้อสับปะรด (n=10) ที่ได้รับ CaCl₂ ความเข้มข้น 0 M (A), 0.05 M (B), 0.2 M (C) และ 0.4 M (D) ระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 วันก่อนนำมาฉายรังสีแกมมา 400 เกรย์ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

4.1.4 คะแนนคุณภาพเนื้อ

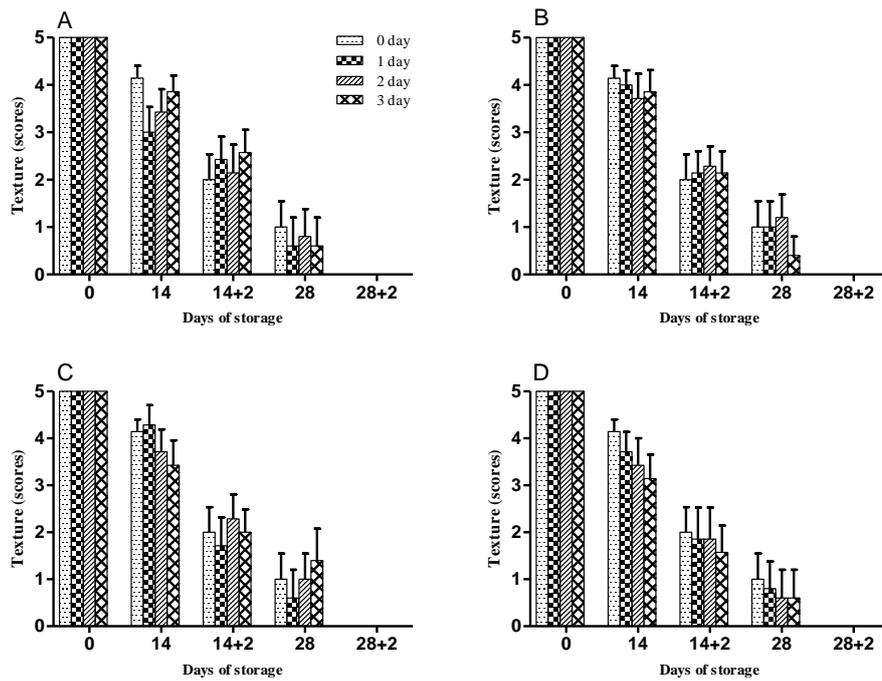
การประเมินคะแนนคุณภาพเนื้อทางด้าน สีเนื้อ กลิ่น และเนื้อสัมผัส โดยการให้คะแนนจากผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน พบว่า กลิ่นของสับประรดที่ฉายรังสีลดลงระหว่างการเก็บรักษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลังจากเก็บรักษาไว้ 14 วัน แล้วนำมาวางที่อุณหภูมิห้องอีก 2 วัน (รูปที่ 4.5, ตารางภาคผนวกที่ 5) และกลิ่นปกติของสับประรดแทบจะหมดไปเมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน อย่างไรก็ตามการใช้ แคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้นต่างๆ ในระยะเวลาต่างๆ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกลิ่น นอกจากนี้พบว่าคะแนนการยอมรับสีของเนื้อลดลงอย่างมาก หลังจากนำผลที่เก็บรักษา 14 วัน ที่ 10 องศาเซลเซียส มาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อีก 2 วัน หลังจากนั้นคะแนนการยอมรับของสีเนื้อลดลงอย่างมากในวันที่ 28 ไม่มีความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองที่ใช้แคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้นต่างๆ (รูปที่ 4.4, ตารางภาคผนวกที่ 4) ส่วนเนื้อสัมผัสลดลงอย่างรวดเร็วหลัง 14 วันของการเก็บรักษา โดยไม่มีความแตกต่างระหว่างชุดการทดลอง (รูปที่ 4.6, ตารางภาคผนวกที่ 6)



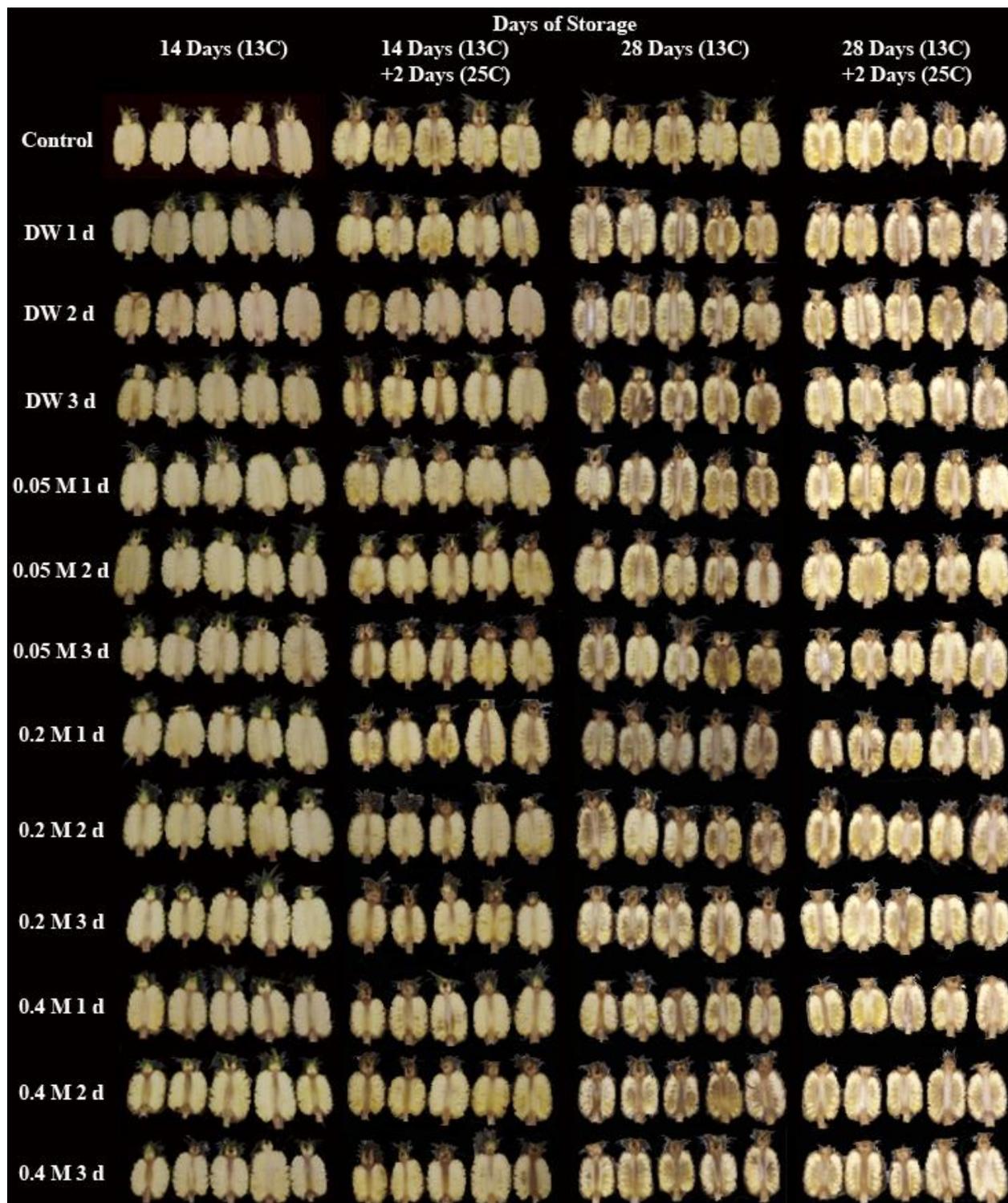
รูปที่ 4.4 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคด้าน สีเนื้อของสับประรด (n=10) ที่ได้รับ CaCl₂ ความเข้มข้น 0 M (A), 0.05 M (B), 0.2 M (C) และ 0.4 M (D) ระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 วันก่อนนำมาฉายรังสีแกมมา 400 เกรย์ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน



รูปที่ 4.5 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคด้านกลิ่นของสับปะรดที่ได้รับ CaCl_2 ความเข้มข้น 0 M (A), 0.05 M (B), 0.2 M (C) และ 0.4 M (D) ระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 วันก่อนนำมาฉายรังสีแกมมา 400 เกรย์ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน



รูปที่ 4.6 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคด้าน เนื้อสัมผัสของสับปะรด (n=10) ที่ได้รับ CaCl_2 ความเข้มข้น 0 M (A), 0.05 M (B), 0.2 M (C) และ 0.4 M (D) ระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 วันก่อนนำมาฉายรังสีแกมมา 400 เกรย์ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

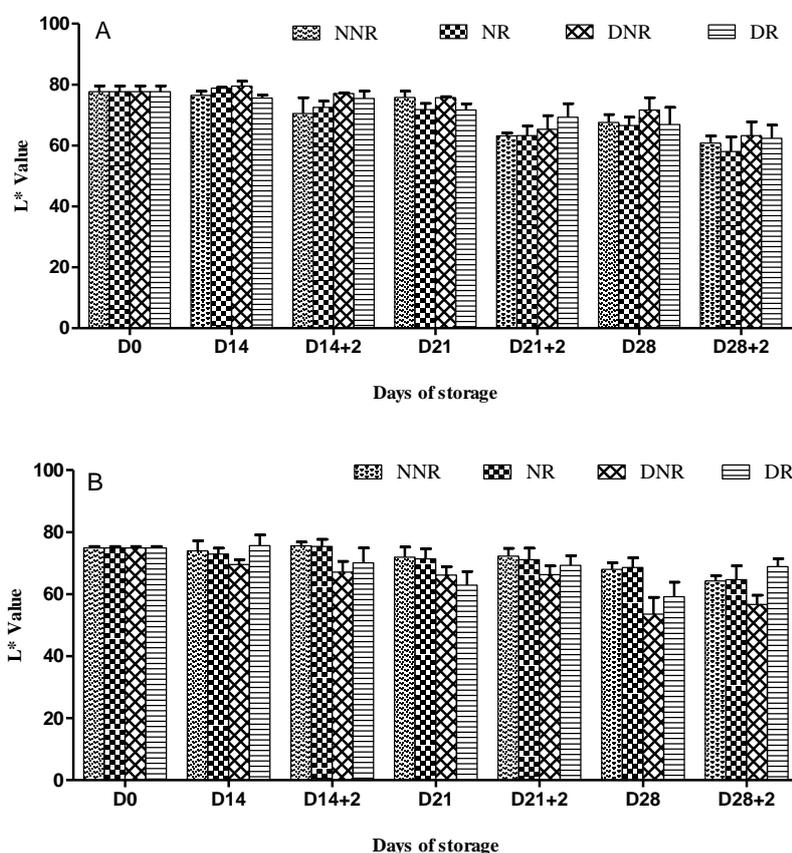


รูปที่ 4.7 ลักษณะปรากฏของสับปะรดที่ได้รับ CaCl_2 ความเข้มข้น 0 M (A), 0.05 M (B), 0.2 M (C) และ 0.4 M (D) ระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 วัน ก่อนนำมาฉายรังสีแกมมา 400 เกรย์ แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

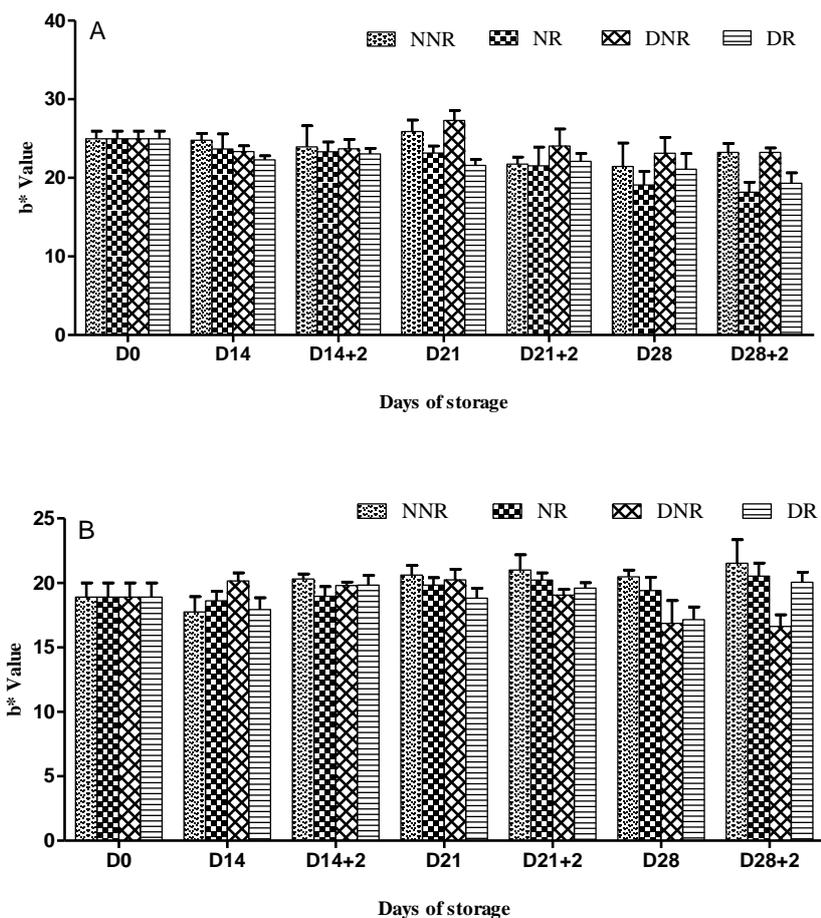
4.2 การศึกษาอิทธิพลของการให้แคลเซียมคลอไรด์หลังการเก็บเกี่ยวก่อนการฉายรังสีแกมมาในการลดการเกิดไส้สีน้ำตาลของผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่พัฒนาในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน

4.2.1 การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ

ผลสับปะรดที่พัฒนาในช่วงฤดูแล้ง มีสีเนื้อที่เหลืองสว่างสดใสกว่าผลที่พัฒนาในช่วงฤดูฝน โดยมีค่าความสว่าง L^* เป็น 77.66, b^* เท่ากับ 24.97 ส่วนผลที่เจริญในฤดูฝนมีค่า L^* และ b^* เท่ากับ 74.87 และ 18.90 ตามลำดับ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 4 สัปดาห์ ทำให้สีเนื้อมีสีคล้ำขึ้น โดยค่า L^* และ b^* ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น (รูปที่ 4.8 และ 4.9) การนำผลสับปะรดจากห้องเย็นออกมาวางที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) ต่ออีก 2 วัน ทำให้สีเนื้อคล้ำขึ้น โดยมีค่า L^* และ b^* ต่ำกว่าผลที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ตารางภาคผนวกที่ 7 และ 8) อย่างไรก็ตาม ค่าสีเนื้อของผลสับปะรดที่ฉายหรือไม่ฉายรังสี และจุ่มหรือไม่จุ่มแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บรักษา ไม่มีความแตกต่างกันในระหว่างการเก็บรักษา



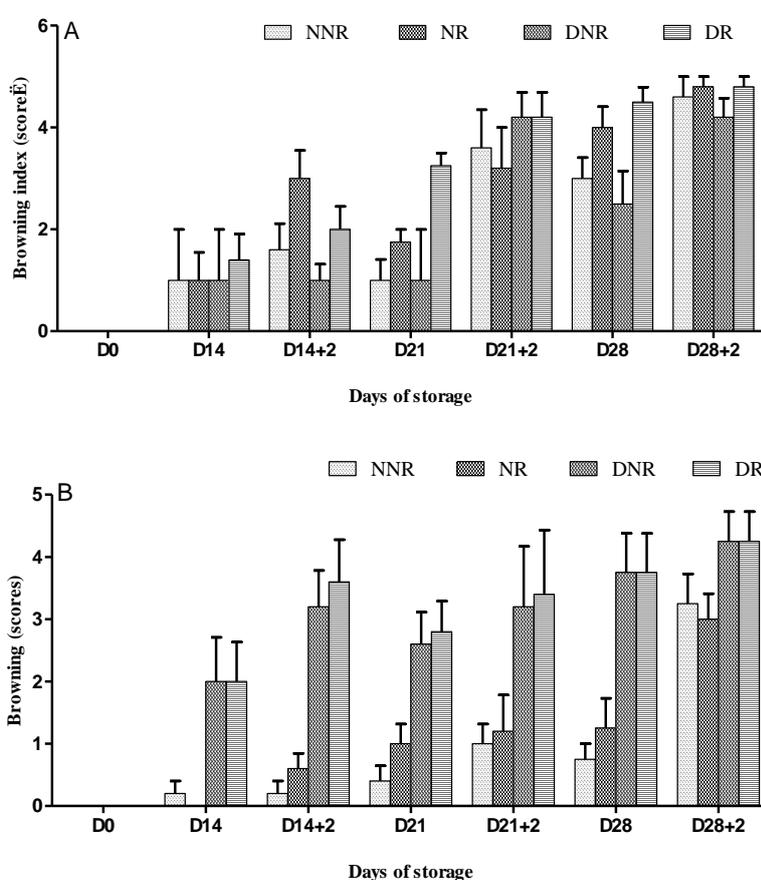
รูปที่ 4.8 ค่า L^* ของเนื้อสับปะรดของผลที่พัฒนาในฤดู แล้ง (A) และฤดูฝน (B) ที่ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (NNR), ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (NR), จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (DNR) และจุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (DR) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14, 21 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน



รูปที่ 4.9 ค่า b^* ของเนื้อสับประรดของผลที่พัฒนาในฤดู แล้ง (A) และฤดูฝน (B) ที่ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (NNR), ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (NR), จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (DNR) และจุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (DR) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14, 21 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

4.2.2 การเกิดไส้สีน้ำตาล

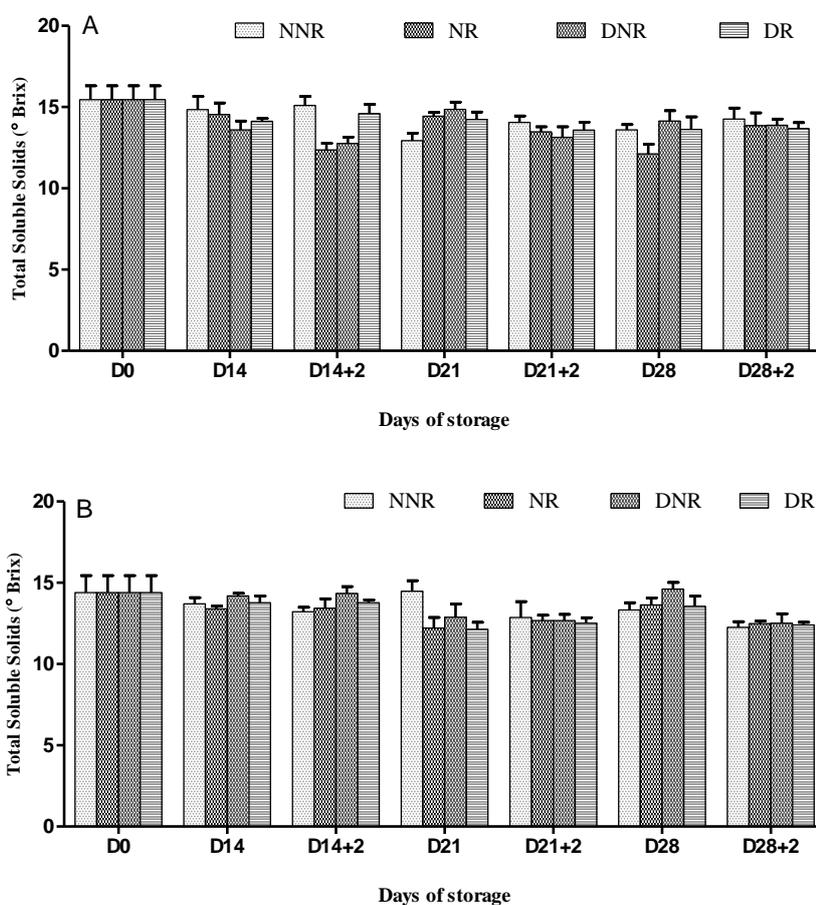
สับปะรดปัตตาเวียที่พัฒนาผลในฤดูแล้งและฤดูฝน มีอาการไส้สีน้ำตาลเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (รูปที่ 4.10) โดยเมื่อนำผลมาวางที่อุณหภูมิห้องต่ออีก 2 วัน จะแสดงอาการไส้สีน้ำตาลมากขึ้น โดยคะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาลจะเกิน 2 คะแนน หมายถึง เกิดไส้สีน้ำตาลที่บริเวณเนื้อผลและแกนผลของสับปะรดประมาณ 10 – 25% ในผลที่เก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน และนำมาวางที่อุณหภูมิห้อง ผลสับปะรดที่พัฒนาในช่วงฤดูฝนมีแนวโน้มที่จะเกิดอาการไส้สีน้ำตาลน้อยกว่าผลที่พัฒนาในฤดูแล้ง เป็นที่น่าสนใจว่าการทดลองนี้ผลที่จุ่มสารละลายแคลเซียมคลอไรด์มีแนวโน้มที่จะเกิดไส้สีน้ำตาลมากกว่าผลที่ไม่ได้จุ่มสารละลาย ส่วนการฉายรังสีแกมมาทำให้ผลแสดงอาการไส้สีน้ำตาลมากขึ้น (ตารางภาคผนวกที่ 9)



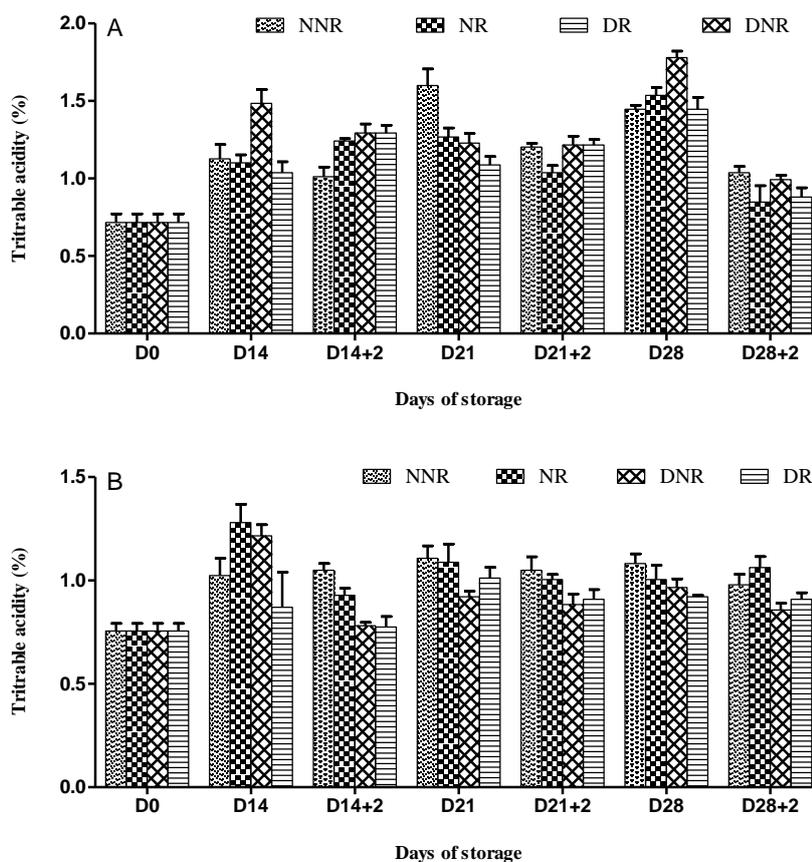
รูปที่ 4.10 คะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาลของเนื้อสับปะรดของผลที่พัฒนาในฤดู แล้ง (A) และฤดูฝน (B) ที่ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (NNR), ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (NR), จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (DNR) และจุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (DR) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14, 21 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

4.2.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไตเตรทได้

ฤดูกาล ในการ พัฒนาผลไม้ไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และกรดที่ไตเตรทได้ของ สับปะรด เมื่อ เก็บเกี่ยวโดยผลที่เก็บเกี่ยวมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในช่วง 14.40 – 15.46 °brix (ตารางภาคผนวก ที่ 10) และมีปริมาณกรดที่ไตเตรทในช่วง 0.717 – 0.755% (ตารางภาคผนวกที่ 11) การเก็บรักษาผลสับปะรด ทำให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลง (รูปที่ 4.11) ในขณะที่ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้เพิ่มสูงขึ้น (รูปที่ 4.12) ผลสับปะรดที่พัฒนาในฤดูแล้งมีแนวโน้มของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ มากกว่าผลสับปะรดที่พัฒนาในฤดูฝนในระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้การจุ่มแคลเซียมคลอไรด์ และการ ฉายรังสีแกมมาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ขณะเก็บรักษา อย่างไรก็ตาม ผลที่ได้รับจากการฉายรังสีแกมมามีแนวโน้มที่จะทำให้ปริมาณกรดที่ไตเตรทลดลงมากกว่าผลที่ไม่ได้ฉายรังสีแกมมา



รูปที่ 4.11 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำของเนื้อสับปะรดของผลที่พัฒนาในฤดู แล้ง (A) และฤดูฝน (B) ที่ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (NNR), ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (NR), จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (DNR) และ จุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (DR) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14, 21 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน



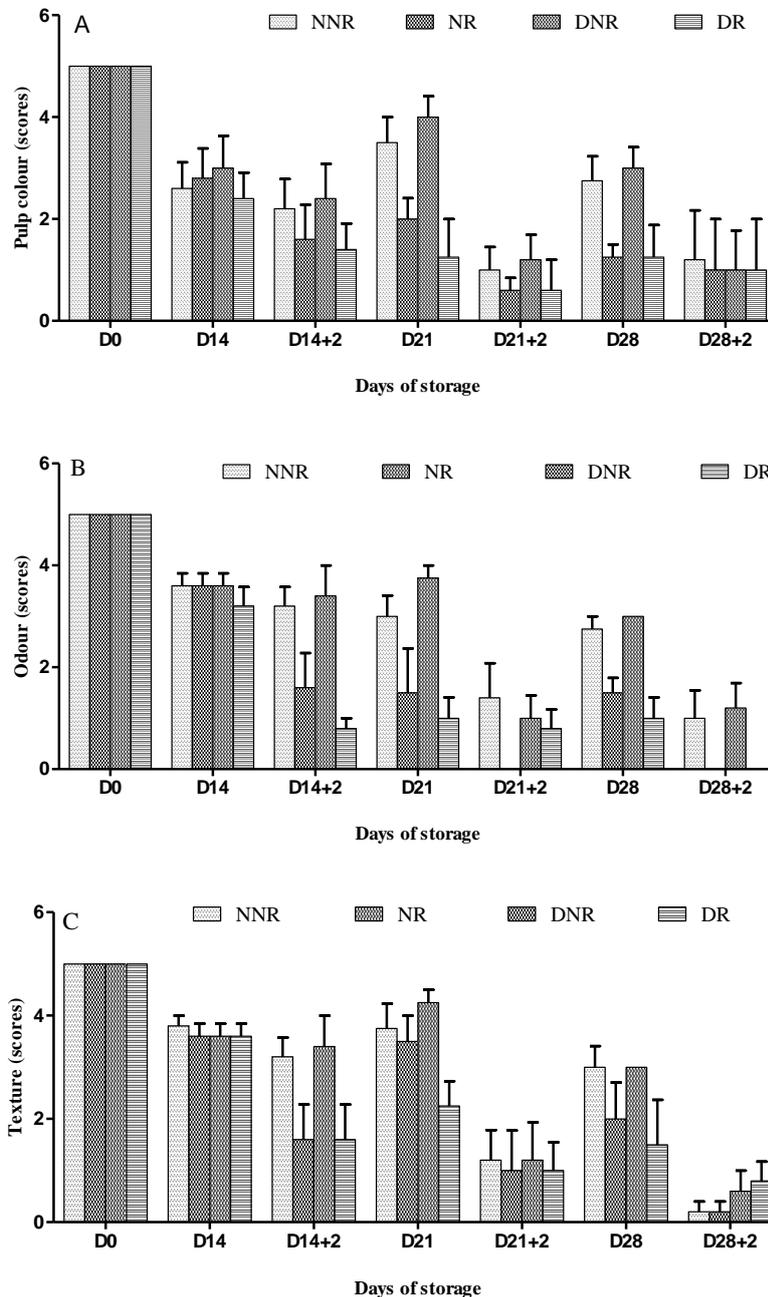
รูปที่ 4.12 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของเนื้อสับประรดของผลที่พัฒนาในฤดู แล้ง (A) และฤดูฝน (B) ที่ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (NNR), ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (NR), จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (DNR) และจุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (DR) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14, 21 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

4.2.4 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภค

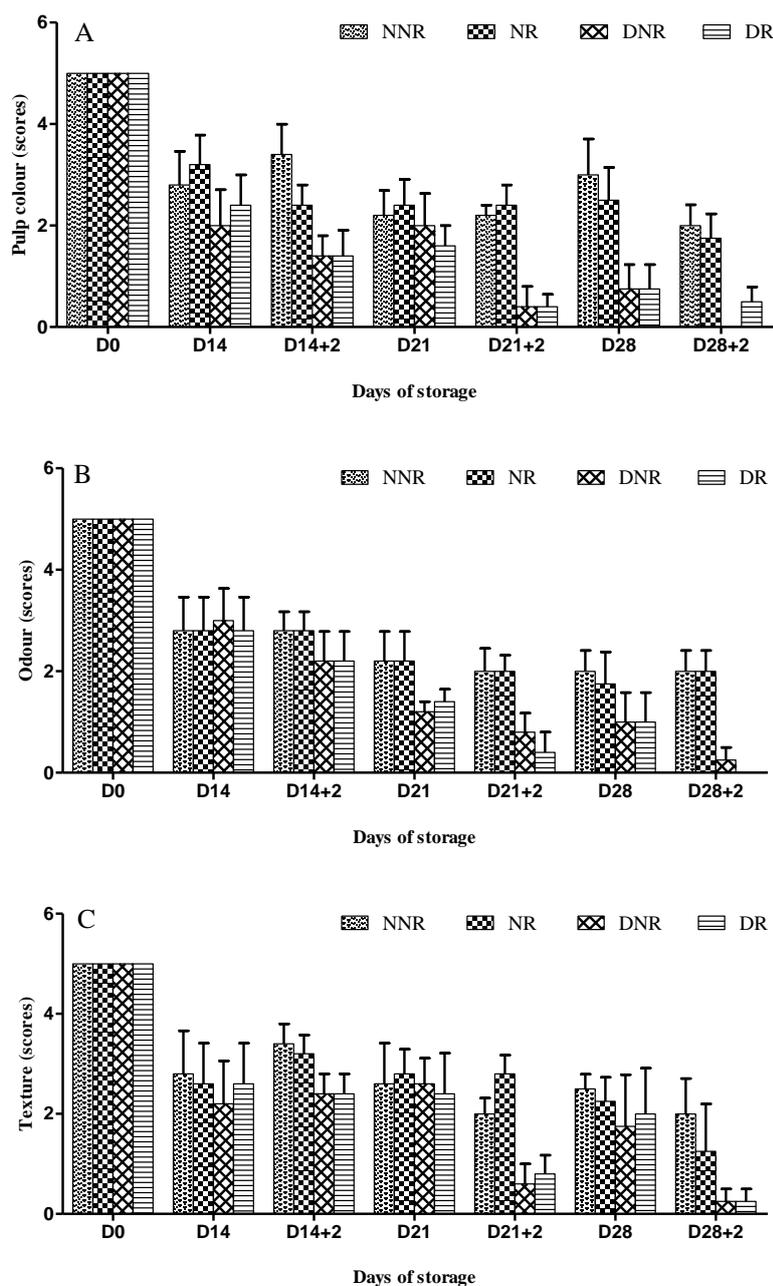
คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคด้าน สีเนื้อของผลสับประรดที่เก็บรักษาลดต่ำกว่า 2 หลังการเก็บรักษา 14 วัน เมื่อนำออกมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง ผลที่พัฒนาในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝนให้ค่าคะแนนสีเนื้อของผลระหว่างการเก็บรักษา ที่ไม่แตกต่างกัน (รูปที่ 4.13A และ 4.14A, ตารางภาคผนวกที่ 12) การฉายรังสีทำให้คะแนนการยอมรับค่าสีเนื้อลดลง ในผลที่เก็บรักษามีแนวโน้มว่า ผลที่จุ่มแคลเซียมคลอไรด์แล้วเก็บรักษาจะให้คะแนนสีเนื้อต่ำกว่าผลที่ไม่ได้จุ่ม โดยเฉพาะผลที่จุ่มแคลเซียมคลอไรด์แล้วนำไปฉายรังสีแกมมา

คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคด้าน กลิ่นของสับประรดไม่มีความแตกต่างกันของผลที่พัฒนาในฤดูแล้งและฤดูฝน เมื่อเก็บรักษานาน 1 เดือน คะแนนการยอมรับเรื่องกลิ่นลดลงอย่างมาก โดยมีคะแนนต่ำกว่า 2 เมื่อเก็บรักษานานเกิน 14 วัน (รูปที่ 4.13B และ 4.14B, ตารางภาคผนวกที่ 13) ผลที่ได้รับการฉายรังสี แกมมามีคะแนนการยอมรับลดลงอย่างมากหลังสัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษา

ส่วนคะแนน การยอมรับของผู้บริโภคด้าน เนื้อสัมผัส คะแนนการยอมรับลดลงต่ำกว่า 2 ในสัปดาห์ที่ 3 ผลที่พัฒนาในฤดูแล้งและฤดูฝน การใช้วิธีการจุ่มแคลเซียมคลอไรด์และการฉายรังสี แกมมาไม่มีผลต่อคะแนนเนื้อสัมผัสของผลสับปะรดระหว่างการเก็บรักษา (รูปที่ 4.13C และ 4.14C, ตารางภาคผนวกที่ 14)



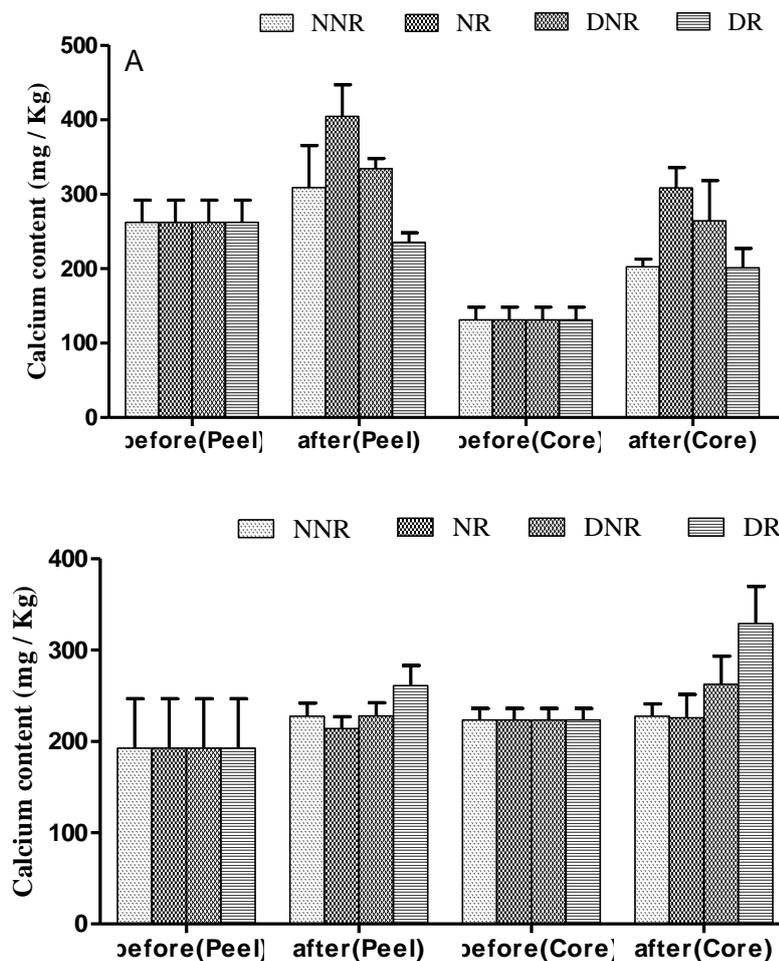
รูปที่ 4.13 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคด้าน สีเนื้อ (A) กลิ่น (B) และเนื้อสัมผัส (C) ของเนื้อสับปะรดของผลที่พัฒนาในฤดูแล้ง ที่ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (NNR), ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (NR), จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (DNR) และจุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (DR) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14, 21 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน



รูปที่ 4.14 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคด้าน สีเนื้อ (A) กลิ่น (B) และเนื้อสัมผัส (C) ของเนื้อสับประรดของผลที่พัฒนาในฤดูฝนที่ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (NNR), ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (NR), จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (DNR) และจุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (DR) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14, 21 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

4.2.5 ปริมาณแคลเซียมในเนื้อผล

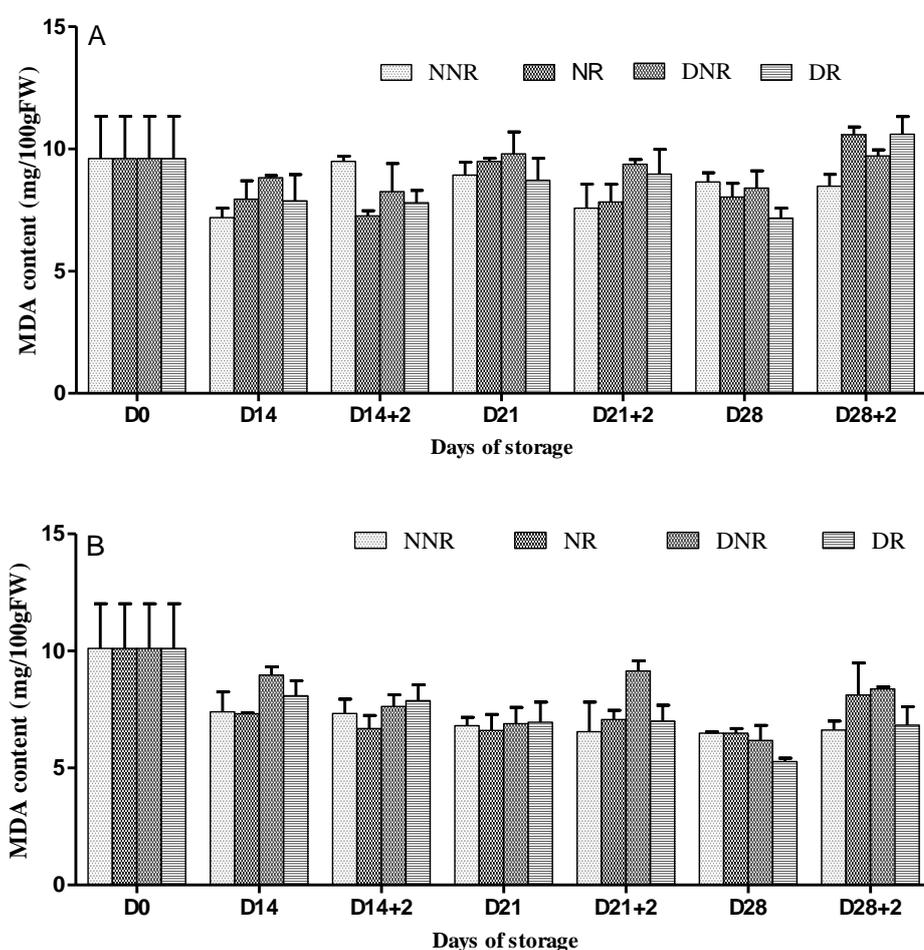
ปริมาณแคลเซียมในส่วนเนื้อใกล้เปลือกมีมากกว่าเนื้อใกล้แกนอย่างมีนัยสำคัญ โดยผล ที่พัฒนาในฤดูฝนมี ปริมาณแคลเซียมมากกว่าผลในฤดูแล้งเมื่อเทียบเป็นน้ำหนักสด ผลที่พัฒนาในฤดูแล้งมีปริมาณแคลเซียมใน เนื้อใกล้เปลือกเป็น 262.33 mg/Kg และเนื้อใกล้แกน 131.19 mg/Kg เพิ่มเป็น 320.72 mg/Kg และ 224.01 mg/Kg หลังได้รับแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.05 M นาน 1 วัน ทางก้านใบ ในขณะที่ผล สับปะรดที่พัฒนาในฤดูฝนมีปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ในเนื้อใกล้เปลือกเป็น 223.28 mg/Kg และเนื้อใกล้แกน เป็น 192.56 mg/Kg เพิ่มขึ้น 260.73 และ 225.87 mg/Kg ตามลำดับ (รูปที่ 4.15, ตารางภาคผนวกที่ 15)



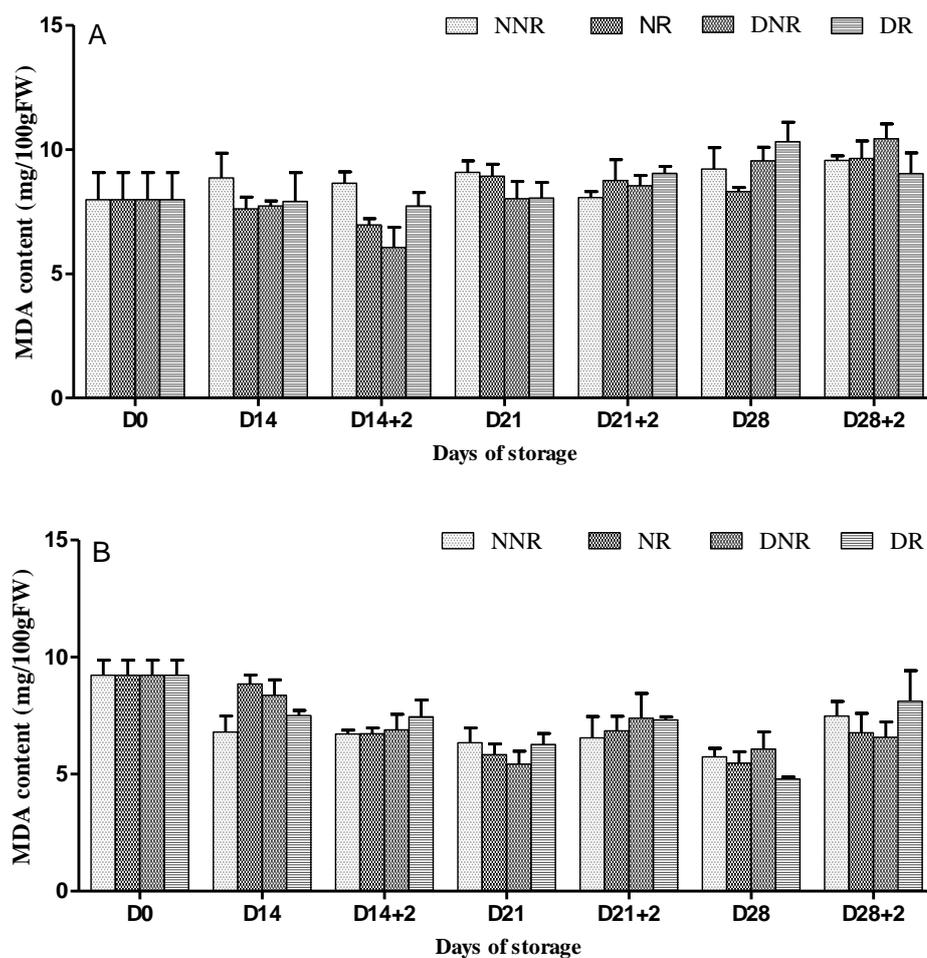
รูปที่ 4.15 ปริมาณแคลเซียมของเนื้อสับปะรดของผลที่พัฒนาในฤดูแล้ง (A) และฤดูฝน (B) ที่ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสี แกมมา (NNR), ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสี แกมมา (NR), จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสี แกมมา (DNR) และจุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (DR) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14, 21 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

4.2.6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ malondialdehyde (MDA) ในผล

MDA ในผลสับปะรดที่พัฒนาในฤดูแล้งและฤดูฝน เมื่อเก็บเกี่ยวมาแล้วมีปริมาณไม่แตกต่างกัน โดยส่วนเนื้อใกล้เปลือกมีค่า MDA เฉลี่ยที่ 9.855 mg/100g FW ส่วนเนื้อใกล้แกนเฉลี่ยเท่ากับ 8.600 mg/100g FW ระหว่างการเก็บรักษา MDA ส่วนเนื้อใกล้เปลือกของผลที่พัฒนาในฤดูแล้งมีค่าค่อนข้างคงที่ ส่วนผลที่พัฒนาในฤดูฝน เปลือกมี MDA ลดลง (รูปที่ 4.16, ตารางภาคผนวกที่ 16) ส่วนในเนื้อ MDA ของผลที่พัฒนาในฤดูแล้งมีค่าเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ส่วนในเนื้อผลที่พัฒนาในฤดูฝน MDA กลับลดลง (รูปที่ 4.17, ตารางภาคผนวกที่ 17) อย่างไรก็ตาม การฉายรังสีและการให้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ MDA ในเปลือกและเนื้อของผลสับปะรดระหว่างการเก็บรักษา



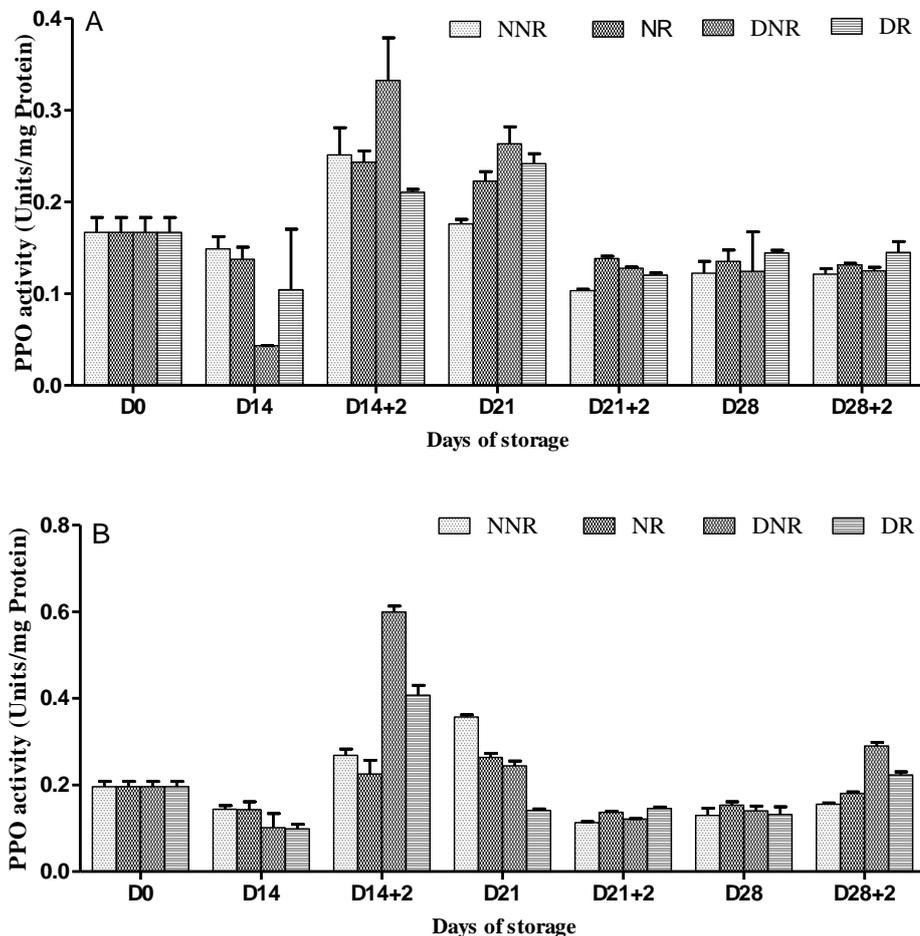
รูปที่ 4.16 ปริมาณ malondialdehyde ของเนื้อสับปะรดใกล้เปลือกของผลที่พัฒนาในฤดูแล้ง (A) และฤดูฝน (B) ที่ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (NNR), ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (NR), จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (DNR) และจุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (DR) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14, 21 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน



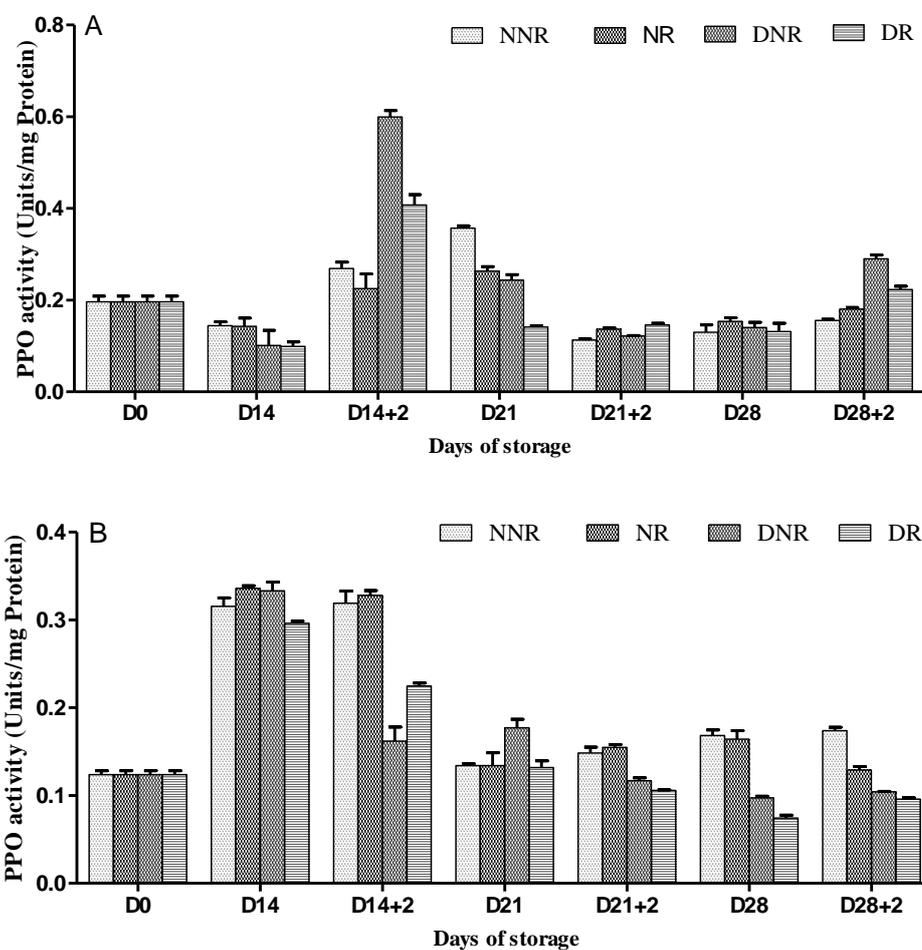
รูปที่ 4.17 ปริมาณ malondialdehyde ของเนื้อสับปะรดใกล้แกนของผลที่พัฒนาในฤดู แล้ง (A) และฤดูฝน (B) ที่ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (NNR), ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (NR), จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (DNR) และ จุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (DR) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14, 21 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

4.2.7 กิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO)

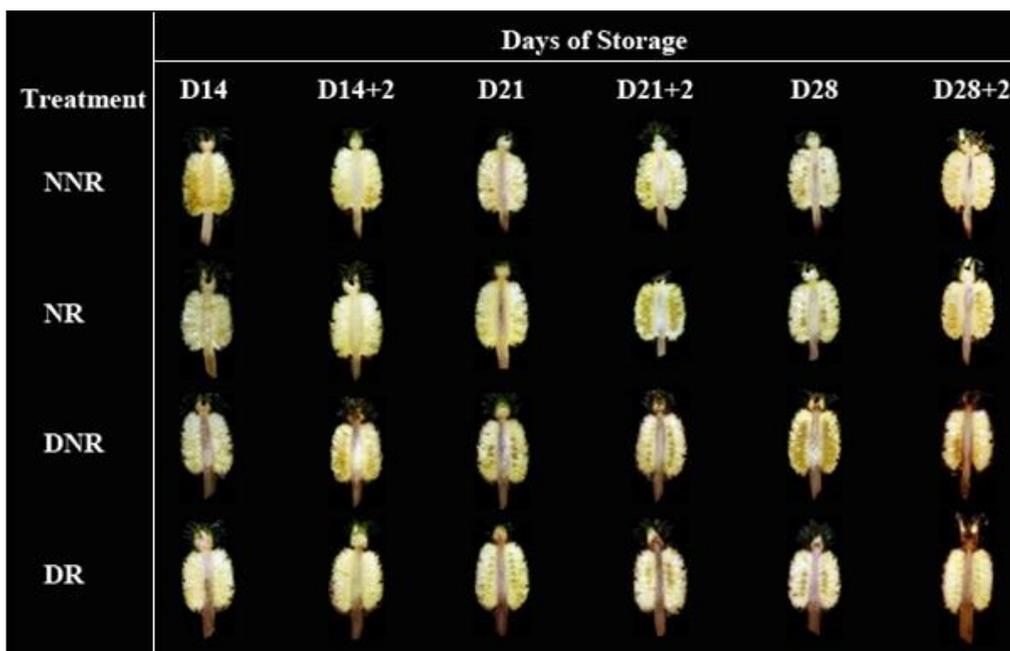
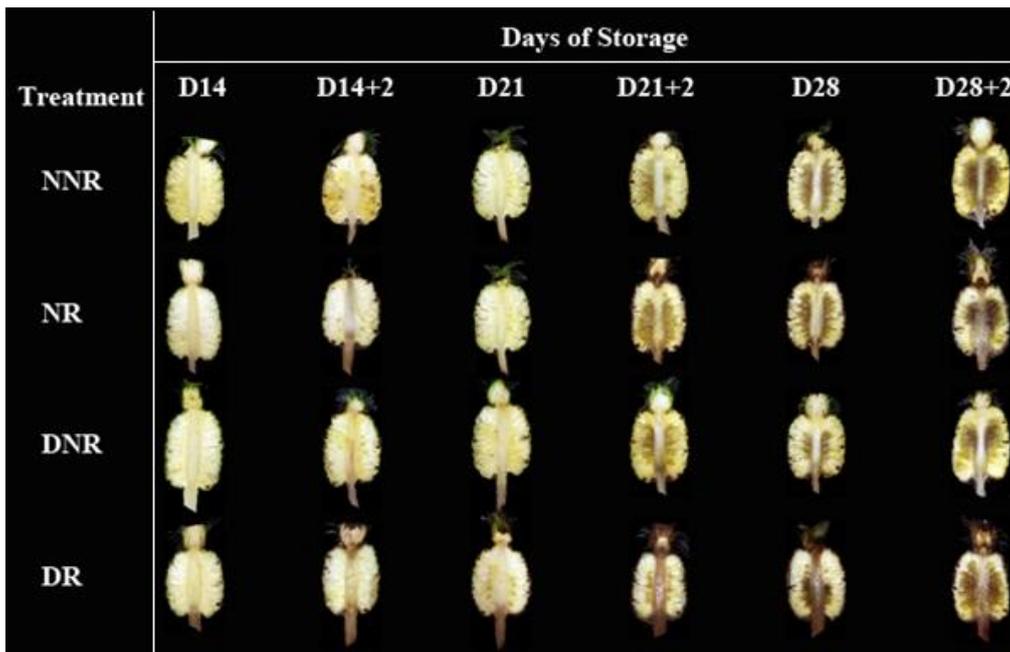
เป็นที่น่าสนใจว่าผลที่เก็บเกี่ยวในช่วงฤดูแล้งมีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ในเนื้อสับประตไกล์เปลือก (0.1669 units/mg Protein) ต่ำกว่าในช่วงฤดูฝน (0.1964 units/mg Protein) (รูปที่ 4.18, ตารางที่ 18) แต่กลับมีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ในส่วนของเนื้อไกล์แกนสูงกว่า (0.1964 และ 0.1236 units/mg Protein ตามลำดับ) (รูปที่ 4.19, ตารางที่ 19) ผลที่พัฒนาในแต่ละฤดูกาล อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงของ กิจกรรมเอนไซม์ PPO ในเนื้อไกล์เปลือกและในเนื้อไกล์แกน ต่างกันในระหว่างการเก็บรักษา ส่วนการฉายรังสีแกมมา ไม่แสดงความแตกต่างอย่างเด่นชัดในการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ในเปลือกและในเนื้อของผล สับประต ส่วนการจุ่มแคลเซียมคลอไรด์มีแนวโน้มในการลดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ทั้งในส่วนของเปลือก และเนื้อของผลสับประตระหว่างกาเก็บรักษา



รูปที่ 4.18 กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ของเนื้อสับประตไกล์เปลือกของผลที่พัฒนาในฤดู แล้ง (A) และฤดูฝน (B) ที่ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (NNR), ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (NR), จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (DNR) และจุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (DR) นำมาเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14, 21 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศา เซลเซียส ต่ออีก 2 วัน



รูปที่ 4.19 กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ของเนื้อสับประดโกโก้แกนของผลที่พัฒนาในฤดู แล้ง (A) และฤดูฝน (B) ที่ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (NNR), ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (NR), จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (DNR) และจุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (DR) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14, 21 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน



รูปที่ 4.20 ลักษณะปรากฏของสับปรตฤดูแล้ง (ภาพบน) และฤดูฝน (ภาพล่าง) ที่ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (NNR), ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (NR), จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (DNR) และจุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (DR) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14, 21 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

บทที่ 5 อภิปรายและวิจารณ์ผล

5.1 ผลของการให้แคลเซียมคลอไรด์กับ ผลสับประรดพันธุ์ปัตตาเวีย หลังการเก็บเกี่ยวก่อนการฉายรังสีในการลดการเกิดไส้สีน้ำตาลของผลสับประรดพันธุ์ปัตตาเวียระหว่างการเก็บรักษา

ในการทดลองนี้ผลสับประรดพันธุ์ปัตตาเวียที่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.05 M ทางก้านผล นาน 1-2 วัน ที่อุณหภูมิเก็บรักษา ก่อนการฉายรังสีมีการเกิดไส้สีน้ำตาลน้อยที่สุดเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน และนำมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อีก 2 วัน แต่หากเก็บรักษาผลสับประรดนาน 4 สัปดาห์ การใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ไม่มีผลต่อการยับยั้งอาการไส้สีน้ำตาล ซึ่งมีรายงานถึงการให้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์หรือสตรอนเตียมคลอไรด์ (SrCl_2) ความเข้มข้น 0.2 M ผ่านก้านผลสามารถลดการเกิดไส้สีน้ำตาลของผลสับประรดพันธุ์ตราดสีทอง (กลุ่ม Queen) ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ได้เป็นอย่างดี (เบญจวรรณ และคณะ, 2556; Youryon และคณะ, 2013) โดยปกติการเก็บรักษาผลสับประรดไว้ที่อุณหภูมิต่ำ 10-13 องศาเซลเซียส ชักนำให้เกิดอาการไส้สีน้ำตาลโดยเฉพาะสับประรดในกลุ่ม Queen (Youryon และคณะ, 2008) จากงานวิจัยของ Youryon และคณะ (2011) พบว่าผลสับประรดพันธุ์ตราดสีทองแสดงอาการไส้สีน้ำตาลอย่างรุนแรง ส่วนสับประรดปัตตาเวียมีการเกิดไส้สีน้ำตาลน้อยกว่า หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส นาน 2 สัปดาห์ การฉายรังสีแกมมาทำให้ผลสับประรดปัตตาเวียมีอาการไส้สีน้ำตาลรุนแรงเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส Shellie และ Mangan (1994) รายงานว่าการฉายรังสีมีผลต่อคุณภาพและการเปลี่ยนแปลงภายในของผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลของรังสีแกมมาที่มีต่อคุณภาพผลไม้ขึ้นอยู่กับชนิดพืช ปริมาณรังสีที่ได้รับและชนิดของรังสี โดยการฉายรังสีแกมมากับมะม่วงพันธุ์ B74 ของออสเตรเลียแล้วนำเก็บรักษาไว้ที่ 18 องศาเซลเซียส เกิดอาการผิดปกติที่เซลล์ผิวมะม่วงบริเวณรอบๆ เลนติเซลและทำให้สีผิวเปลี่ยนไป (Hofman และคณะ, 2009) นอกจากนี้ Oufedjikh และคณะ (2000) รายงานถึงผลสัมที่ฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณ 0.3 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่ 3 องศาเซลเซียส นาน 49 วัน มีการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลและกิจกรรมเอนไซม์ phenylalanine ammonialyase (PAL) เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา การที่การฉายรังสีกระตุ้นการเพิ่มของสารประกอบฟีนอลและกิจกรรมเอนไซม์ PAL ในผลไม้ อาจเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ผลไม้ที่ได้รับการฉายรังสีมีการเกิดไส้สีน้ำตาลเกิดขึ้นอย่างมาก เพราะอาการเหล่านี้เกิดจากการเสื่อมสภาพของผนังเซลล์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการเข้าออกของสารต่างๆภายในเซลล์ ทำให้เกิดความไม่สมดุลในกระบวนการเมตาบอลิซึมชักนำให้เกิดการสะสมสารพิษซึ่งเป็นอันตรายต่อเซลล์ (Lipton, 1978) ปัจจัยสำคัญในการเกิดไส้สีน้ำตาลคือสารประกอบฟีนอลอยู่ในแควคิวโอล และเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) อยู่ในคลอโรพลาสตแยกจากกัน เมื่อผลิตผลได้รับอุณหภูมิต่ำเป็นเวลานาน กรดไขมันอิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบของ phospholipid ความเย็นขณะเก็บรักษาทำให้การทำงานของเยื่อหุ้มต่างๆเกิดการเสื่อมสภาพ สูญเสียความสามารถในการควบคุมการผ่านเข้าออกของสารส่งผลให้สารประกอบฟีนอลและเอนไซม์ PPO หลุดรอดออกมาจากออร์ กานเนลลามาทำปฏิกิริยาการเกิดไส้สีน้ำตาล ส่งผลให้เกิดไส้สีน้ำตาลบริเวณแกนกลางของผลสับประรด

การให้แคลเซียมจากภายนอกยังมีผลต่อระดับความสมดุลของการดำเนินกิจกรรมภายในเซลล์ช่วยให้ผลไม้หลาย ๆ ชนิดมีการสุกและเสื่อมสภาพช้าลง เช่น การนำผลอะโวคาโดมาแช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2% ภายใต้ความดันบรรยากาศ 250 มิลลิเมตรปรอท นาน 10 นาที ทำให้ผลอะโวคาโดสุกช้าลง 2-3 วัน (Wickramasinghe และคณะ, 2013) นอกจากนี้การให้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์กับสับปะรดช่วยลดอาการการเกิดไส้สีน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้อาจเกิดจากแคลเซียมที่ได้รับเข้ามาจะจับเพคตินในมิดเดิลลามลลา (middle lamella) ของผนังเซลล์ เกิดเป็น Ca^{2+} bridge ทำให้เนื้อเยื่อพืชมีโครงสร้างที่แข็งแรง โมเลกุลของเพคตินยึดเกาะกันด้วยพันธะโควาเลนต์ บนโมเลกุลของ pectin backbone ยังมีหมู่ carboxylic อิสระ ซึ่งแคลเซียมสามารถสร้างพันธะระหว่างกลุ่มของ carboxylic ได้ในลักษณะที่เรียกว่า egg-box pattern และช่วยให้ผนังเซลล์คงสภาพอยู่ได้ เมื่อผนังเซลล์มีความแข็งแรงทำให้ผลิตผลทนต่ออาการเสียหายเพิ่มมากขึ้น (Garcia และคณะ, 1996; Lara และคณะ, 2004) งานวิจัยของ Reddy และ Reddy (2004) พบว่าการให้สารแคลเซียมกับ Arabidopsis สามารถชักนำให้พืชปรับตัวให้ทนต่ออุณหภูมิต่ำได้ Manganaris และคณะ (2007) พบว่าการจุ่มผลพีชในสารละลายแคลเซียมทำให้ผนังเซลล์ของผลิตผลมีปริมาณแคลเซียมเพิ่มสูงขึ้น ชะลอการเกิดไส้สีน้ำตาลได้ 4 สัปดาห์หลังจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

5.2 การศึกษาอิทธิพลของการให้แคลเซียมคลอไรด์หลังการเก็บเกี่ยวก่อนการฉายรังสีในการลดการเกิดไส้สีน้ำตาลของผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่พัฒนาในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน

การเปรียบเทียบการให้แคลเซียมคลอไรด์หลังการเก็บเกี่ยวเกี่ยวกับผลสับปะรดปัตตาเวียที่พัฒนาในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝนก่อนการฉายรังสี พบว่าผลสับปะรดทุกชุดการทดลองมีคะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาลจนเกิน 2 คะแนน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน ซึ่งในการทดลองนี้การให้แคลเซียมคลอไรด์เพื่อลดอาการไส้สีน้ำตาลมีความแปรปรวนจากการทดลองแรก โดยแคลเซียมคลอไรด์ไม่มีผลในการควบคุมการเกิดไส้สีน้ำตาลเลย และกลับมีแนวโน้มที่จะทำให้เกิดไส้สีน้ำตาลมากกว่าผลที่ไม่ได้จุ่มสารละลาย จากสมมติฐานในเรื่องปริมาณน้ำในผลที่มากในผลที่พัฒนาและเก็บเกี่ยวในช่วงฤดูฝนจะมีผลต่อการชักนำอาการไส้สีน้ำตาล แต่ผลการทดลองพบว่าผลสับปะรดที่พัฒนาในช่วงฤดูฝนมีแนวโน้มที่จะเกิดอาการไส้สีน้ำตาลน้อยกว่าผลที่พัฒนาในฤดูแล้ง ในการทดลองนี้ใช้ผลสับปะรดที่ปลูกในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ซึ่งอยู่ในเขตภาคใต้ของไทยที่มีฝนตกชุก จึงอาจเป็นสาเหตุที่ฤดูกาลไม่มีฤดูแล้งที่ชัดเจนและแตกต่างจากภาคอื่น จึงเป็นสาเหตุหนึ่งในความแปรปรวนของปัจจัยของการพัฒนาผลสับปะรดในช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน อย่างไรก็ตามผลในฤดูแล้งมีปริมาณแคลเซียมในผลมากกว่าในฤดูฝนเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักสด โดยผลสับปะรดมีปริมาณแคลเซียมในส่วนเนื้อใกล้เปลือกมีมากกว่าในส่วนของแกนผล ซึ่งสอดคล้องกับอาการเกิดไส้สีน้ำตาลในผลสับปะรดระหว่างการเก็บรักษา เนื้อเยื่อที่มีปริมาณแคลเซียมมากจะเกิดอาการไส้สีน้ำตาลน้อย การให้แคลเซียมทำให้ปริมาณแคลเซียมในทั้ง 2 ส่วนนี้เพิ่มขึ้น

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำทำให้ผลสับปะรดทำให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลง ในขณะที่ปริมาณกรดที่โตเตรทได้เพิ่มสูงขึ้น ผลสับปะรดที่พัฒนาในฤดูแล้งมีแนวโน้มของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่โตเตรทได้มากกว่าผลสับปะรดที่พัฒนาในฤดูฝนในระหว่างการเก็บรักษา สอดคล้องกับ Weerahewa และ Adikaram (2005) ที่พบว่าปริมาณกรดของสับปะรดพันธุ์ Mauritius มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งการเพิ่มของปริมาณกรดนี้อาจเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาของการเกิดไส้สีน้ำตาลในสับปะรด

การให้แคลเซียมคลอไรด์และการฉายรังสีไม่มีผลต่อกลิ่นและการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ขณะเก็บรักษา อย่างไรก็ตามผลที่ได้รับการฉายรังสีมีแนวโน้มที่จะทำให้ปริมาณกรดที่โตเตรทลดลงมากกว่าผลที่ไม่ได้ฉายรังสี D'Innocenzo และ Lajolo (2001) รายงานว่า มะละกอที่ผ่านการฉายรังสี 0.5 กิโลเกรย์ และวางไว้ในสุกที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90% สามารถชะลอการนิ่มของผลได้ แต่ไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดและสัมพันธ์กับความหวานที่ฉายรังสีแกมมา 0.25-1.0 กิโลเกรย์ และเก็บรักษาที่ 18 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1-4 สัปดาห์ พบว่า รังสีไม่มีผลต่อคุณภาพรับประทาน เช่น ° Brix, pH, กรดซิตริก และความแน่นเนื้อของผล (Keawchoung และคณะ, 2003)

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย

1. การให้แคลเซียมคลอไรด์หลังการเก็บเกี่ยวทางก้านผลที่ความเข้มข้น 0.5 M นาน 1 หรือ 2 วัน ก่อนการฉายรังสีแกมมาปริมาณ 400 เกรย์ แล้วนำเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% ให้ผลดีที่สุดในการลดการเกิดไส้สีน้ำตาลในผลสับปะรด พันธุ์ปัตตาเวียในการเก็บรักษานาน 14 วัน แล้วนำออกมาเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน อย่างไรก็ตาม หากเก็บรักษานานเกิน 14 วัน การให้แคลเซียมไม่มีผลในการควบคุมการเกิดไส้สีน้ำตาลได้
2. ผลสับปะรด พันธุ์ปัตตาเวีย ที่พัฒนาในช่วงฤดูฝนมีแนวโน้มมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่ไตเตรทในน้ำคั้นน้อยกว่าและเกิดอาการไส้สีน้ำตาลน้อยกว่าผลที่พัฒนาในฤดูแล้ง ผลที่พัฒนาในฤดูแล้ง เมื่อได้รับแคลเซียมคลอไรด์หลังการเก็บเกี่ยว มีปริมาณแคลเซียมในผลมากกว่าในฤดูฝนเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนัสด และผลสับปะรดมีปริมาณแคลเซียมในส่วนเนื้อใกล้เปลือกมีมากกว่าในส่วนของแกนผล การให้แคลเซียม คลอไรด์ ทำให้ปริมาณแคลเซียมในทั้ง 2 ส่วนนี้เพิ่มขึ้นโดยไม่มีผลต่อกลิ่นและการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ขณะเก็บรักษา อย่างไรก็ตามผลที่ได้รับการฉายรังสีมีแนวโน้มที่จะทำให้ปริมาณกรดที่ไตเตรทลดลงมากกว่าผลที่ไม่ได้ฉายรังสีระหว่างการเก็บรักษา
3. การเก็บรักษาผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 % ทำให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลง ในขณะที่ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ในน้ำคั้นจากเนื้อสับปะรดเพิ่มสูงขึ้น การให้แคลเซียมคลอไรด์กับผลสับปะรดทางก้านผลแล้วนำไปการฉายรังสีไม่มีผลต่อคะแนนกลิ่นและเนื้อสัมผัสของผลสับปะรดระหว่างการเก็บรักษา

บรรณานุกรม

- กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2551, ระบบการจัดการคุณภาพ : GAP พืชสับปะรดบริโภคสด, กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- จารุพันธ์ ทองแถม, 2556, สับปะรด สูดยอดพืชทนแล้ง, เคหการเกษตร 37: 116 – 119.
- จริงแท้ ศิริพานิช, 2538, สรีระวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้, ภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม, 396 หน้า.
- เบ็ญจวรรณ จันทร์ผล, ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร, พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย, อภิรดี อุทัยรัตนกิจ และเฉลิมชัย วงษ์อารี, 2556, การใช้แคลเซียมคลอไรด์ กรดแอสคอร์บิก และกรดซิตริกในการลดการเกิดไส้สีน้ำตาลในสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43(3): 37-40.
- รายงานการติดตามการส่งออกผลไม้สดเข้าสู่สหรัฐอเมริกาในระยะที่ 2 และการศึกษาติดตามข้อมูลด้านการตลาดและการผลิตเบื้องต้นของผลไม้ไทยทั้ง 6 ชนิด ในตลาดผลไม้สหรัฐอเมริกา, 2551, เสนอต่อ สำนักงานที่ปรึกษาการเกษตรต่างประเทศ ประจำกรุงวอชิงตัน ดี.ซี.
- อภิรดี อุทัยรัตนกิจ ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย และ วาริช ศรีระยอง, 2554, การตอบสนองของระยะความแก่ต่อฉายรังสีแกมมาของผลสับปะรดตราดสีทอง, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42 (3 พิเศษ): 69-72.
- A.O.A.C., 2000, Official Method, Official Methods of Analysis of AOAC International, 17th Ed. AOAC International, Gaithersburg, MD.
- Akhtar, A., Abbasi, N.A. and Hussain, A., 2009, Effect of calcium chloride treatments on quality characteristics of loquat fruit during storage, Pak. J. Bot., 42 (1): 181-188, 2010.
- APHIA, 2000, Irradiation phytosanitary treatment of imported fruits and vegetables (proposed rule), US. Dept. Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service, Fed, Reg, 63: 34113-34125.
- Conway, W.S. and Sams, C.E., 1983, Calcium infiltration of Golden Delicious apples and its effect on decay, Phytopathol., 73: 1068-1071.
- D’Innocenzo, M. and Lajolo, F.M., 2001, Effect of gamma irradiation on softening changes and enzyme activities during ripening of papaya, J. Food Biochem, 25: 425-438.
- Drake, S.R., Sanderson, P.G. and Neven, L.G., 2003, Response of apple and winter pear fruit quality to irradiation as a quarantine treatment, J. Food Process. Preserv., 23: 203-216.
- García, J. M., Herrera, S. and Morilla, A., 1996, Effects of postharvest dips in calcium chloride on strawberry, Journal of Agriculture and Food Chemistry, 44 (1): 30-33.

- Gilroy, S., Blowers, D.P. and Trewavas, A.J., 1987, Calcium: a regulation system emerges in plant cells. *Develop*, 100: 181-184.
- Grant, G.T., Morris, E.R., Rees, D.A., Smith, P.J.C. and Thom, D., 1973, Biological Interactions Between Polysaccharides and Di-valent Cations : The Egg – Box Model, *FEBS Lett*, 32: 195-198.
- Hofman, P.J., Marques, J.R., Taylor, L.M., Stubbing, B., Ledger, S.N. and Jordan, R.A., 2009, Skin damage to several mango cultivars during irradiation and cold storage, 6th International Postharvest Symposium, Book of abstracts, 8-12 April 2009, p.26.
- Keawchoung, P., Segsanviriyaya, S., Limophasmanee, W., Malakrong, A., Pransophon, P. and Kongratarporn, T., 2003, Irradiation as a quarantine treatment for fruit fly in tangerine, *Proceeding of 41st Kasetsart University Annual Conference*, 3-7 February 2003, pp. 241-250.
- Jang, M.S., Sanada, A., Ushio, H., Tanaka, M. and Ohshima, T., 2002, Inhibitory effects of 'Enokitake' mushroom extracts on polyphenol oxidase and prevention of apple browning, *Lebensmittel-‘wisefnshaft and Technologie*, 35: 697-702.
- Lara,l., Garcia, P. and Vendrell, M., 2004, Modifications in cell wall composition after cold storage of calcium-treated strawberry (*Fragaria ananassa* Duch) fruit, *Postharvest Biology and Technology*, 34: 331-339.
- Lipton, W.J., 1978, Chilling Injury of 'Honey Dew' Muskmelon: Symptoms and Relation to Degree of Ripeness At Harvest, *HortSci.*, 13: 45-46.
- Limophasmanee, W., Keawchoung, P., Segsarnviriyaya, S., Malakrong, A., Kongratarpon, T., Vongcherree, S. and Pransophon, P., 2005, Irradiation as Quarantine Treatment of Fruits. *International Symposium on New Frontier of Irradiated Food and NonFood Product*. 22-23 September 2005. Miracle Grand Hotel, Bangkok, Thailand.
- Lötze, E., Joubert, J. and Theron, K.I., 2008, Evaluating pre-harvest foliar calcium applications to increase fruit calcium and reduce bitter pit in 'Golden Delicious' apples, *Sci. Hort.* 116: 299-304.
- Luna-Gutzma, I., Cantwell, M.C. and Barrett, D.M., 1999, Fresh-cut cantaloupe: effects of CaCl₂ dips and heat treatment on firmness and metabolic activity, *Postharvest Biol, Technol*, 17: 201-213.
- McGuire, R.G., 1992, Reporting of objective color measurements, *HortScience* 27: 1245-1255.
- Mahmud, T.M.M., Eryani-Raqeeb, A.A., Omar, S.R.S., Zaki, A.R.M. and Al Eryani, A.R., 2008, Effects of different concentrations and applications of calcium on storage life and

- physicochemical characteristics of papaya (*Carica Papaya* L.). *Am. J. Agric. Biol. Sci.*, 3: 526-533.
- Manganaris, G.A., Vasilakakis, M., Diamantidis, G. and Mignani, I., 2007. The effect of postharvest calcium application on tissue calcium concentration, quality attributes, incidence of flesh browning and cell wall physicochemical aspects of peach fruits. *Food Chem.*, 100: 1385-1392.
- Mukherjee, P.K., Thomas, P., and Raghu, K., 1995, Shelf-life enhancement of fresh ginger Rhizomes at ambient temperature by combination of gamma-irradiation, biocontrol and closed polyethylene bag storage, *Ann. Appl. Biol.*, 127: 375-384.
- Oufedjikh, H., Mahrouz, M., Amiot, M.J., and Lacroix, M., 2000, Effect of gamma irradiation on phenolic compounds and phenylalanine ammonialyase activity during storage in relation to peel injury from peel of Citrus clementine Hort. Ex. Tanaka., *J. Agric. Food Chem.*, 48: 559-565.
- Picchioni, G.A., Watada, A.E., Conway, W.S., Whitaker, B.D. and Sams, C.E., 1998, Postharvest calcium infiltration delays membrane lipid catabolism in apple fruit, *J. Agric. Food Chem.*, 46: 2452-2457.
- Poovaiah, B.W., 1986, Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. *Food Technol.*, 40: 86-89.
- Reddy V.S. and Reddy A.S., 2004, Proteomics of calcium-signaling components in plants, *Phytochemistry*, 65: 1745-1776.
- Shellie, K.C. and Mangan, R., 1994, Disinfestation: effect of non-chemical treatment on Market quality of fruit, *Proceeding of international conference, Chiang Mai, Thailand, 19-23 July 1994*, pp. 304-310.
- Teisson, C., Combres, J.C., Martin, P.P. and Marchal, J., 1979, Internal Browning of Pineapples, *Fruits* 34: 245-261.
- Treeby, M.T. and Storey, R., 2002, Calcium-spray treatments for ameliorating albedo breakdown in navel oranges. *Aust. J. Exp. Agric.*, 42: 495-502.
- Wang, C.Y., Jiang, M., Goa, M., Ma, X., Zhang, S., and Liu, S., 1993, A study of the physiological changes and the nutritional qualities of irradiated apples and the effect of irradiation on apples stored at room temperature, *Radiat. Phys. Chem.*, 42: 347-350.
- Wang, Y.K., Y.J. Hong and Z.Q. Huang, 2005, Protective effects of silybin on human umbilical vein endothelial cell injury induced by H₂O₂ in vitro, *Vasc. Pharmacol.*, 43: 198-206.

- Weerahewa, D. and Adikaram, N.K.B., 2005, Heat-induced tolerance to internal browning of pineapple (*Ananas comosus* cv. 'Mauritius') under cold storage, *J. Hortic. Sci. Biotechnol.*, 80: 503-509.
- Wickramasinghe, W.R.K.D.W.K.V., Abayagunawardane, W.A.A.S. and Dissanayake, P.K., 2013, Effect of pressure infiltration of calcium chloride on postharvest storage life of avocado (*Persia americana* Mill), *The Journal of Agricultural Sciences*, 8 (2): 70-75.
- Youryon, P., C. Wongs-Aree, W.B. McGlasson, S. Glahan and S. Kanlayanarat, 2008, Internal browning occurrences of 'Queen' pineapple under various low temperatures, *Acta Hortic.*, 804: 555-560.
- Youryon, P., Wongs-Aree, C., McGlasson, W.B., Glahan, S. and Kanlayanarat, S., 2011, Development of internal browning during low temperature storage of fruit of pineapple cv 'Trad-Srithong' harvested at different times of the day, *J. Appl. Hortic.*, 13 (2): 122-126.
- Youryon, P., Wongs-Aree, C., McGlasson, W.B., Glahan, S. and Kanlayanarat, S. 2013, Alleviation of internal browning in pineapple fruit by peduncle infiltration with solutions of calcium chloride or strontium chloride under mild chilling storage, *Int. Food Res.*, J. 20 (1): 239-246.

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 คะแนนการเกิดไส้สีน้ำตาลของเนื้อสับประรดที่จุ่มด้วย CaCl_2 ความเข้มข้น 0 M, 0.05 M, 0.2 M และ 0.4 M นาน 0, 1, 2 และ 3 วัน ก่อนการฉายรังสีแกมมา แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

| Treatment | | Browning (Scores) | | | | |
|------------------------|--------|-------------------|---------------------|----------------------|-------|------|
| | | Days of storage | | | | |
| Treatment | Time | 0 | 14 | 14+2 | 28 | 28+2 |
| 0 M CaCl_2 | | 0.00 | 2.10 ^a | 3.46 ^a | 4.46 | 5.00 |
| 0.05 M CaCl_2 | | 0.00 | 1.25 ^b | 2.35 ^b | 4.25 | 5.00 |
| 0.2 M CaCl_2 | | 0.00 | 1.32 ^b | 2.92 ^{ab} | 4.10 | 5.00 |
| 0.4 M CaCl_2 | | 0.00 | 2.21 ^a | 3.35 ^a | 4.60 | 5.00 |
| F-test | | - | ** | ** | NS | - |
| | 0 day | 0.00 | 0.82 ^d | 2.46 ^b | 4.20 | 5.00 |
| | 1 day | 0.00 | 1.32 ^c | 3.25 ^a | 4.50 | 5.00 |
| | 2 days | 0.00 | 1.96 ^b | 2.92 ^{ab} | 4.20 | 5.00 |
| | 3 days | 0.00 | 2.78 ^a | 3.46 ^a | 4.45 | 5.00 |
| F-test | | - | ** | ** | NS | - |
| 0 M CaCl_2 | 0 day | 0.00 | 1.14 ^{def} | 2.14 ^{cd} | 4.20 | 5.00 |
| | 1 day | 0.00 | 2.00 ^{cd} | 3.86 ^{ab} | 4.40 | 5.00 |
| | 2 days | 0.00 | 2.29 ^{bc} | 4.14 ^a | 4.20 | 5.00 |
| | 3 days | 0.00 | 3.00 ^b | 3.71 ^{ab} | 4.80 | 5.00 |
| 0.05 M CaCl_2 | 0 day | 0.00 | 0.71 ^{ef} | 2.57 ^{bcd} | 4.20 | 5.00 |
| | 1 day | 0.00 | 1.14 ^{def} | 2.00 ^d | 4.40 | 5.00 |
| | 2 days | 0.00 | 1.57 ^{cde} | 2.00 ^d | 3.80 | 5.00 |
| | 3 days | 0.00 | 1.57 ^{cde} | 2.86 ^{abcd} | 4.60 | 5.00 |
| 0.2 M CaCl_2 | 0 day | 0.00 | 0.71 ^{ef} | 2.57 ^{bcd} | 4.20 | 5.00 |
| | 1 day | 0.00 | 0.43 ^f | 3.71 ^{ab} | 4.60 | 5.00 |
| | 2 days | 0.00 | 1.71 ^{cde} | 2.29 ^{cd} | 4.00 | 5.00 |
| | 3 days | 0.00 | 2.43 ^{bc} | 3.14 ^{abcd} | 3.60 | 5.00 |
| 0.4 M CaCl_2 | 0 day | 0.00 | 0.71 ^{ef} | 2.57 ^{bcd} | 4.20 | 5.00 |
| | 1 day | 0.00 | 1.71 ^{cde} | 3.43 ^{abc} | 4.60 | 5.00 |
| | 2 days | 0.00 | 2.29 ^{bc} | 3.29 ^{abcd} | 4.80 | 5.00 |
| | 3 days | 0.00 | 4.14 ^a | 4.14 ^a | 4.80 | 5.00 |
| F-test | | - | ** | ** | NS | - |
| C.V. (%) | | - | 48.63 | 36.27 | 22.39 | - |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางภาคผนวกที่ 2 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของสับปะรดที่จุ่มด้วย CaCl_2 ความเข้มข้น 0 M, 0.05 M, 0.2 M และ 0.4 M นาน 0, 1, 2 และ 3 วัน ก่อนการฉายรังสีแกมมา แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

| Treatment | | Total soluble solids (°Brix) | | | | |
|------------------------|--------|------------------------------|--------------------|-------|---------------------|-------|
| | | Days of storage | | | | |
| Treatment | Time | 0 | 14 | 14+2 | 28 | 28+2 |
| 0 M CaCl_2 | | 10.24 | 11.49 | 11.64 | 11.30 | 10.91 |
| 0.05 M CaCl_2 | | 10.24 | 11.78 | 11.74 | 11.08 | 11.02 |
| 0.2 M CaCl_2 | | 10.24 | 11.92 | 11.28 | 11.01 | 11.15 |
| 0.4 M CaCl_2 | | 10.24 | 11.91 | 11.80 | 11.19 | 10.90 |
| F-test | | NS | NS | NS | NS | NS |
| | 0 day | 10.24 | 12.40 ^a | 11.74 | 11.72 ^a | 11.10 |
| | 1 day | 10.24 | 11.79 ^b | 11.36 | 11.17 ^b | 10.93 |
| | 2 days | 10.24 | 11.60 ^b | 11.82 | 10.63 ^c | 10.97 |
| | 3 days | 10.24 | 11.31 ^b | 11.54 | 11.06 ^{bc} | 10.98 |
| F-test | | NS | ** | NS | ** | NS |
| 0 M CaCl_2 | 0 day | 10.24 | 12.40 | 11.74 | 11.72 | 11.10 |
| | 1 day | 10.24 | 10.76 | 11.68 | 11.86 | 11.37 |
| | 2 days | 10.24 | 11.20 | 11.80 | 10.56 | 10.50 |
| | 3 days | 10.24 | 11.60 | 11.34 | 11.06 | 10.70 |
| 0.05 M CaCl_2 | 0 day | 10.24 | 12.40 | 11.74 | 11.72 | 11.10 |
| | 1 day | 10.24 | 11.76 | 11.20 | 10.52 | 10.70 |
| | 2 days | 10.24 | 11.72 | 12.36 | 10.72 | 10.83 |
| | 3 days | 10.24 | 11.24 | 11.66 | 11.36 | 11.47 |
| 0.2 M CaCl_2 | 0 day | 10.24 | 12.40 | 11.74 | 11.72 | 11.10 |
| | 1 day | 10.24 | 12.68 | 11.10 | 10.46 | 11.07 |
| | 2 days | 10.24 | 11.40 | 10.88 | 10.96 | 11.00 |
| | 3 days | 10.24 | 11.22 | 11.42 | 10.92 | 11.43 |
| 0.4 M CaCl_2 | 0 day | 10.24 | 12.40 | 11.74 | 11.72 | 11.10 |
| | 1 day | 10.24 | 11.98 | 11.46 | 11.86 | 10.60 |
| | 2 days | 10.24 | 12.08 | 12.26 | 10.28 | 11.57 |
| | 3 days | 10.24 | 11.18 | 11.74 | 10.90 | 10.33 |
| F-test | | NS | NS | NS | NS | NS |
| C.V. (%) | | 6.99 | 7.22 | 6.97 | 6.89 | 6.16 |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางภาคผนวกที่ 3 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของสับปะรดที่จุ่มด้วย CaCl_2 ความเข้มข้น 0 M, 0.05 M, 0.2 M และ 0.4 M นาน 0, 1, 2 และ 3 วัน ก่อนการฉายรังสีแกมมาแล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

| Treatment | | Titratable acidity (%) | | | | |
|------------------------|--------|------------------------|--------------------|-------|---------------------|-------|
| | | Days of storage | | | | |
| Treatment | Time | 0 | 14 | 14+2 | 28 | 28+2 |
| 0 M CaCl_2 | | 10.24 | 11.49 | 11.64 | 11.30 | 10.91 |
| 0.05 M CaCl_2 | | 10.24 | 11.78 | 11.74 | 11.08 | 11.02 |
| 0.2 M CaCl_2 | | 10.24 | 11.92 | 11.28 | 11.01 | 11.15 |
| 0.4 M CaCl_2 | | 10.24 | 11.91 | 11.80 | 11.19 | 10.90 |
| F-test | | NS | NS | NS | NS | NS |
| | 0 day | 10.24 | 12.40 ^a | 11.74 | 11.72 ^a | 11.10 |
| | 1 day | 10.24 | 11.79 ^b | 11.36 | 11.17 ^b | 10.93 |
| | 2 days | 10.24 | 11.60 ^b | 11.82 | 10.63 ^c | 10.97 |
| | 3 days | 10.24 | 11.31 ^b | 11.54 | 11.06 ^{bc} | 10.98 |
| F-test | | NS | ** | NS | ** | NS |
| 0 M CaCl_2 | 0 day | 10.24 | 12.40 | 11.74 | 11.72 | 11.10 |
| | 1 day | 10.24 | 10.76 | 11.68 | 11.86 | 11.37 |
| | 2 days | 10.24 | 11.20 | 11.80 | 10.56 | 10.50 |
| | 3 days | 10.24 | 11.60 | 11.34 | 11.06 | 10.70 |
| 0.05 M CaCl_2 | 0 day | 10.24 | 12.40 | 11.74 | 11.72 | 11.10 |
| | 1 day | 10.24 | 11.76 | 11.20 | 10.52 | 10.70 |
| | 2 days | 10.24 | 11.72 | 12.36 | 10.72 | 10.83 |
| | 3 days | 10.24 | 11.24 | 11.66 | 11.36 | 11.47 |
| 0.2 M CaCl_2 | 0 day | 10.24 | 12.40 | 11.74 | 11.72 | 11.10 |
| | 1 day | 10.24 | 12.68 | 11.10 | 10.46 | 11.07 |
| | 2 days | 10.24 | 11.40 | 10.88 | 10.96 | 11.00 |
| | 3 days | 10.24 | 11.22 | 11.42 | 10.92 | 11.43 |
| 0.4 M CaCl_2 | 0 day | 10.24 | 12.40 | 11.74 | 11.72 | 11.10 |
| | 1 day | 10.24 | 11.98 | 11.46 | 11.86 | 10.60 |
| | 2 days | 10.24 | 12.08 | 12.26 | 10.28 | 11.57 |
| | 3 days | 10.24 | 11.18 | 11.74 | 10.90 | 10.33 |
| F-test | | NS | NS | NS | NS | NS |
| C.V. (%) | | 6.99 | 7.22 | 6.97 | 6.89 | 6.16 |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางภาคผนวกที่ 4 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคด้าน สีเนื้อของสับประรดที่จุ่มด้วย CaCl_2 ความเข้มข้น 0 M, 0.05 M, 0.2 M และ 0.4 M นาน 0, 1, 2 และ 3 วัน ก่อนการฉายรังสีแกมมา แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

| Treatment | | Pulp Colour (Scores) | | | | |
|------------------------|--------|----------------------|--------------------|-------|--------|------|
| | | Days of storage | | | | |
| Treatment | Time | 0 | 14 | 14+2 | 28 | 28+2 |
| 0 M CaCl_2 | | 5.00 | 3.32 | 1.35 | 0.75 | 0.00 |
| 0.05 M CaCl_2 | | 5.00 | 3.46 | 1.32 | 0.75 | 0.00 |
| 0.2 M CaCl_2 | | 5.00 | 3.67 | 1.00 | 0.80 | 0.00 |
| 0.4 M CaCl_2 | | 5.00 | 3.53 | 0.75 | 0.45 | 0.00 |
| F-test | | - | NS | NS | NS | - |
| | 0 day | 5.00 | 4.00 ^a | 1.00 | 1.00 | 0.00 |
| | 1 day | 5.00 | 3.67 ^{ab} | 1.21 | 0.50 | 0.00 |
| | 2 days | 5.00 | 3.10 ^b | 1.17 | 0.70 | 0.00 |
| | 3 days | 5.00 | 3.21 ^b | 1.03 | 0.55 | 0.00 |
| F-test | | - | ** | NS | NS | - |
| 0 M CaCl_2 | 0 day | 5.00 | 4.00 | 1.00 | 1.00 | 0.00 |
| | 1 day | 5.00 | 3.43 | 1.57 | 0.60 | 0.00 |
| | 2 days | 5.00 | 2.71 | 1.43 | 1.00 | 0.00 |
| | 3 days | 5.00 | 3.14 | 1.43 | 0.40 | 0.00 |
| 0.05 M CaCl_2 | 0 day | 5.00 | 4.00 | 1.00 | 1.00 | 0.00 |
| | 1 day | 5.00 | 3.57 | 2.00 | 0.40 | 0.00 |
| | 2 days | 5.00 | 2.71 | 1.29 | 1.00 | 0.00 |
| | 3 days | 5.00 | 3.57 | 1.00 | 0.60 | 0.00 |
| 0.2 M CaCl_2 | 0 day | 5.00 | 4.00 | 1.00 | 1.00 | 0.00 |
| | 1 day | 5.00 | 4.00 | 0.86 | 0.60 | 0.00 |
| | 2 days | 5.00 | 3.57 | 1.14 | 0.60 | 0.00 |
| | 3 days | 5.00 | 3.14 | 1.00 | 1.00 | 0.00 |
| 0.4 M CaCl_2 | 0 day | 5.00 | 4.00 | 1.00 | 1.00 | 0.00 |
| | 1 day | 5.00 | 3.71 | 0.43 | 0.40 | 0.00 |
| | 2 days | 5.00 | 3.43 | 0.86 | 0.20 | 0.00 |
| | 3 days | 5.00 | 3.00 | 0.71 | 0.20 | 0.00 |
| F-test | | - | NS | NS | NS | - |
| C.V. (%) | | - | 30.66 | 96.81 | 149.93 | - |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 5 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคด้านกลิ่นของสับปรดจุ่มด้วย CaCl_2 ความเข้มข้น 0 M, 0.05 M, 0.2 M และ 0.4 M นาน 0, 1, 2 และ 3 วัน ก่อนการฉายรังสีแกมมา แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

| Treatment | | Flavour (Scores) | | | | |
|------------------------|--------|------------------|--------------------|--------|--------|------|
| | | Days of storage | | | | |
| Treatment | Time | 0 | 14 | 14+2 | 28 | 28+2 |
| 0 M CaCl_2 | | 5.00 | 3.00 | 1.10 | 0.70 | 0.00 |
| 0.05 M CaCl_2 | | 5.00 | 3.60 | 1.03 | 0.75 | 0.00 |
| 0.2 M CaCl_2 | | 5.00 | 3.46 | 1.04 | 0.53 | 0.00 |
| 0.4 M CaCl_2 | | 5.00 | 3.25 | 0.70 | 0.29 | 0.00 |
| F-test | | - | NS | NS | NS | - |
| | 0 day | 5.00 | 4.00 ^a | 1.42 | 1.00 | 0.00 |
| | 1 day | 5.00 | 3.50 ^{ab} | 0.88 | 0.50 | 0.00 |
| | 2 days | 5.00 | 3.10 ^{bc} | 0.70 | 0.41 | 0.00 |
| | 3 days | 5.00 | 2.71 ^c | 0.83 | 0.37 | 0.00 |
| F-test | | - | ** | NS | NS | - |
| 0 M CaCl_2 | 0 day | 5.00 | 4.00 | 1.43 | 1.00 | 0.00 |
| | 1 day | 5.00 | 2.86 | 1.00 | 0.60 | 0.00 |
| | 2 days | 5.00 | 2.43 | 0.86 | 0.60 | 0.00 |
| | 3 days | 5.00 | 2.71 | 1.14 | 0.60 | 0.00 |
| 0.05 M CaCl_2 | 0 day | 5.00 | 4.00 | 1.43 | 1.00 | 0.00 |
| | 1 day | 5.00 | 4.00 | 1.29 | 0.60 | 0.00 |
| | 2 days | 5.00 | 3.14 | 0.86 | 0.80 | 0.00 |
| | 3 days | 5.00 | 3.29 | 0.57 | 0.60 | 0.00 |
| 0.2 M CaCl_2 | 0 day | 5.00 | 4.00 | 1.43 | 1.00 | 0.00 |
| | 1 day | 5.00 | 3.57 | 0.80 | 0.43 | 0.00 |
| | 2 days | 5.00 | 3.71 | 0.60 | 0.43 | 0.00 |
| | 3 days | 5.00 | 2.57 | 1.20 | 0.43 | 0.00 |
| 0.4 M CaCl_2 | 0 day | 5.00 | 4.00 | 1.43 | 1.00 | 0.00 |
| | 1 day | 5.00 | 3.57 | 0.43 | 0.40 | 0.00 |
| | 2 days | 5.00 | 3.14 | 0.40 | 0.00 | 0.00 |
| | 3 days | 5.00 | 2.29 | 0.40 | 0.00 | 0.00 |
| F-test | | - | NS | NS | NS | - |
| C.V. (%) | | - | 38.90 | 124.18 | 183.78 | - |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางภาคผนวกที่ 6 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคด้าน เนื้อสัมผัสของสับปะรดจุ่มด้วย CaCl_2 ความเข้มข้น 0 M, 0.05 M, 0.2 M และ 0.4 M นาน 0, 1, 2 และ 3 วัน ก่อนการฉายรังสีแกมมา แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

| Treatment | | Texture (Scores) | | | | |
|------------------------|--------|------------------|-------|-------|--------|------|
| | | Days of storage | | | | |
| Treatment | Time | 0 | 14 | 14+2 | 28 | 28+2 |
| 0 M CaCl_2 | | 5.00 | 3.60 | 2.28 | 0.75 | 0.00 |
| 0.05 M CaCl_2 | | 5.00 | 3.92 | 2.14 | 0.90 | 0.00 |
| 0.2 M CaCl_2 | | 5.00 | 3.89 | 2.06 | 1.00 | 0.00 |
| 0.4 M CaCl_2 | | 5.00 | 3.60 | 1.82 | 0.75 | 0.00 |
| F-test | | - | NS | NS | NS | - |
| | 0 day | 5.00 | 4.14 | 2.00 | 1.00 | 0.00 |
| | 1 day | 5.00 | 3.75 | 2.03 | 0.75 | 0.00 |
| | 2 days | 5.00 | 3.57 | 2.14 | 0.90 | 0.00 |
| | 3 days | 5.00 | 3.57 | 2.07 | 0.75 | 0.00 |
| F-test | | - | NS | NS | NS | - |
| 0 M CaCl_2 | 0 day | 5.00 | 4.14 | 2.00 | 1.00 | 0.00 |
| | 1 day | 5.00 | 3.00 | 2.43 | 0.60 | 0.00 |
| | 2 days | 5.00 | 3.43 | 2.14 | 0.80 | 0.00 |
| | 3 days | 5.00 | 3.86 | 2.57 | 0.60 | 0.00 |
| 0.05 M CaCl_2 | 0 day | 5.00 | 4.14 | 2.00 | 1.00 | 0.00 |
| | 1 day | 5.00 | 4.00 | 2.14 | 1.00 | 0.00 |
| | 2 days | 5.00 | 3.71 | 2.29 | 1.20 | 0.00 |
| | 3 days | 5.00 | 3.86 | 2.14 | 0.40 | 0.00 |
| 0.2 M CaCl_2 | 0 day | 5.00 | 4.14 | 2.00 | 1.00 | 0.00 |
| | 1 day | 5.00 | 4.29 | 1.71 | 0.60 | 0.00 |
| | 2 days | 5.00 | 3.71 | 2.29 | 1.00 | 0.00 |
| | 3 days | 5.00 | 3.43 | 2.00 | 1.40 | 0.00 |
| 0.4 M CaCl_2 | 0 day | 5.00 | 4.14 | 2.00 | 1.00 | 0.00 |
| | 1 day | 5.00 | 3.71 | 1.86 | 0.80 | 0.00 |
| | 2 days | 5.00 | 3.43 | 1.86 | 0.60 | 0.00 |
| | 3 days | 5.00 | 3.14 | 1.57 | 0.60 | 0.00 |
| F-test | | - | NS | NS | NS | - |
| C.V. (%) | | - | 30.09 | 69.22 | 149.10 | - |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 7 ค่า L* ของเนื้อสับประรดที่ไม่จุ่มด้วย CaCl₂ ไม่ฉายรังสีแกมมา (NNR), ไม่จุ่มด้วย CaCl₂ ฉายรังสีแกมมา (NR), จุ่มด้วย CaCl₂ ไม่ฉายรังสีแกมมา (DNR) และจุ่มด้วย CaCl₂ ฉายรังสีแกมมา (DR) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14, 21 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

| treatment | | L* value | | | | | | |
|-----------|-----------|--------------------|--------------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|
| | | Days of storage | | | | | | |
| season | treatment | D0 | D14 | D14+2 | D21 | D21+2 | D28 | D28+2 |
| Drought | | 77.66 ^a | 77.59 ^a | 73.90 | 73.71 ^a | 65.29 | 68.18 ^a | 61.12 |
| | | 74.87 ^b | 73.01 ^b | 72.04 | 68.10 ^b | 69.74 | 62.33 ^b | 63.62 |
| F-test | | * | ** | NS | ** | NS | * | NS |
| | NNR | 76.61 | 75.21 | 73.05 | 73.84 | 67.73 | 67.79 | 62.56 |
| | NR | 76.61 | 75.87 | 73.94 | 71.56 | 67.19 | 67.58 | 61.34 |
| | DNR | 76.61 | 74.53 | 72.10 | 70.93 | 65.84 | 62.61 | 59.96 |
| | DR | 76.61 | 75.60 | 72.78 | 67.28 | 69.29 | 63.05 | 65.63 |
| F-test | | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| Drought | NNR | 77.65 | 76.48 | 70.53 | 76.87 | 63.21 | 68.10 | 60.84 |
| | NR | 77.65 | 78.83 | 72.53 | 72.24 | 63.27 | 67.63 | 58.01 |
| | DNR | 77.65 | 79.49 | 77.09 | 75.94 | 65.38 | 71.73 | 63.25 |
| | DR | 77.65 | 75.57 | 75.45 | 71.25 | 69.30 | 66.73 | 62.39 |
| Rainy | NNR | 74.87 | 73.94 | 75.58 | 71.93 | 72.26 | 69.54 | 63.43 |
| | NR | 74.87 | 72.91 | 75.35 | 71.36 | 71.11 | 67.98 | 65.48 |
| | DNR | 74.87 | 69.57 | 67.11 | 66.17 | 66.30 | 55.48 | 57.19 |
| | DR | 74.87 | 75.64 | 70.11 | 62.93 | 69.29 | 60.41 | 68.27 |
| F-test | | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| %CV | | 4.70 | 6.13 | 9.57 | 8.68 | 10.98 | 13.68 | 13.09 |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** = มีแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางภาคผนวกที่ 8 ค่า b^* ของเนื้อสับประรดที่ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (NNR), ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (NR), จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (DNR) และจุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (DR) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14, 21 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

| treatment | | b* value | | | | | | |
|-----------|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|----------------------|
| | | Days of storage | | | | | | |
| season | treatment | D0 | D14 | D14+2 | D21 | D21+2 | D28 | D28+2 |
| Drought | | 24.97 ^a | 23.52 ^a | 23.50 ^a | 24.48 ^a | 22.36 ^a | 21.19 ^a | 20.99 |
| Rainy | | 18.90 ^b | 18.60 ^b | 19.72 ^b | 19.87 ^b | 19.96 ^b | 18.47 ^b | 19.67 |
| F-test | | ** | ** | ** | ** | * | * | NS |
| | NNR | 22.69 | 21.25 | 22.12 | 23.25 ^{ab} | 21.37 | 20.96 | 22.38 |
| | NR | 22.69 | 21.13 | 21.14 | 21.48 ^{bc} | 20.88 | 19.25 | 19.35 |
| | DNR | 22.69 | 21.75 | 21.75 | 23.77 ^a | 21.55 | 19.99 | 19.93 |
| | DR | 22.69 | 20.10 | 21.43 | 20.20 ^c | 20.84 | 19.12 | 19.67 |
| F-test | | NS | NS | NS | ** | NS | NS | NS |
| Drought | NNR | 24.97 | 24.77 | 23.95 | 25.48 | 21.75 | 22.04 | 23.24 ^a |
| | NR | 24.97 | 23.67 | 23.32 | 22.78 | 21.54 | 20.22 | 18.18 ^{bc} |
| | DNR | 24.97 | 23.35 | 23.70 | 26.50 | 24.05 | 23.79 | 23.24 ^a |
| | DR | 24.97 | 22.28 | 23.04 | 22.31 | 22.09 | 20.14 | 19.30 ^{bc} |
| Rainy | NNR | 18.90 | 17.74 | 20.29 | 20.61 | 21.00 | 20.47 | 21.52 ^{ab} |
| | NR | 18.90 | 18.60 | 18.96 | 19.82 | 20.22 | 19.40 | 20.51 ^{ab} |
| | DNR | 18.90 | 20.15 | 19.80 | 20.24 | 19.05 | 16.87 | 16.62 ^c |
| | DR | 18.90 | 17.92 | 19.83 | 18.81 | 19.59 | 17.15 | 20.04 ^{abc} |
| F-test | | NS | NS | NS | NS | NS | NS | ** |
| %CV | | 9.30 | 10.96 | 12.62 | 9.65 | 14.05 | 20.09 | 12.81 |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

- NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
 * = มีแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
 ** = มีแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางภาคผนวกที่ 9 การเกิดไส้สีน้ำตาลของสับปะรดที่ที่ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (NNR), ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (NR), จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (DNR) และจุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (DR) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14, 21 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

| treatment | | Browning (scores) | | | | | | |
|-----------|-----------|-------------------|--------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| | | Days of storage | | | | | | |
| season | treatment | D0 | D14 | D14+2 | D21 | D21+2 | D28 | D28+2 |
| Drought | | 0.00 | 1.10 | 1.90 | 1.75 | 3.80 ^a | 3.50 ^a | 4.60 ^a |
| Rainy | | 0.00 | 1.05 | 1.90 | 1.70 | 2.20 ^b | 2.37 ^b | 3.69 ^b |
| F-test | | NS | NS | NS | NS | ** | ** | NS |
| | NNR | 0.00 | 0.60 | 0.90 ^b | 0.67 ^c | 2.30 ^{ab} | 1.87 ^c | 4.00 |
| | NR | 0.00 | 0.50 | 1.80 ^{ab} | 1.33 ^{bc} | 2.20 ^b | 2.62 ^{bc} | 4.00 |
| | DNR | 0.00 | 1.50 | 2.10 ^a | 1.89 ^b | 3.70 ^{ab} | 3.12 ^{ab} | 4.22 |
| | DR | 0.00 | 1.70 | 2.80 ^a | 3.00 ^a | 3.80 ^a | 4.12 ^a | 4.55 |
| F-test | | NS | NS | ** | ** | * | ** | NS |
| Drought | NNR | 0.00 | 1.00 | 1.60 ^{cde} | 1.00 | 3.60 | 3.00 ^a | 4.60 |
| | NR | 0.00 | 1.00 | 3.00 ^{abc} | 1.75 | 3.20 | 4.00 ^a | 4.80 |
| | DNR | 0.00 | 1.00 | 1.00 ^{de} | 1.00 | 4.20 | 2.50 ^{ab} | 4.20 |
| | DR | 0.00 | 1.40 | 2.00 ^{bcd} | 3.25 | 4.20 | 4.50 ^a | 4.80 |
| Rainy | NNR | 0.00 | 0.20 | 0.20 ^e | 0.40 | 1.00 | 0.75 ^{bc} | 3.25 |
| | NR | 0.00 | 0.00 | 0.60 ^{ed} | 1.00 | 1.20 | 1.25 ^c | 3.00 |
| | DNR | 0.00 | 2.00 | 3.20 ^{ab} | 2.60 | 3.20 | 3.75 ^{ab} | 4.25 |
| | DR | 0.00 | 2.00 | 3.60 ^a | 2.80 | 3.40 | 3.75 ^{ab} | 4.25 |
| F-test | | NS | NS | ** | NS | NS | ** | NS |
| %CV | | - | 137.58 | 55.20 | 58.78 | 53.49 | 33.33 | 19.03 |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

- NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
 * = มีแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
 ** = มีแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางภาคผนวกที่ 10 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำของสับปรดที่ที่ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (NNR), ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (NR), จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (DNR) และจุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (DR) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14, 21 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

| treatment | | Total soluble solids (°Brix) | | | | | | |
|-----------|-----------|------------------------------|-------|----------------------|---------------------|--------------------|-------|--------------------|
| | | Days of storage | | | | | | |
| season | treatment | D0 | D14 | D14+2 | D21 | D21+2 | D28 | D28+2 |
| Drought | | 15.46 | 14.27 | 13.71 | 14.12 ^a | 13.57 ^a | 13.37 | 13.92 ^a |
| Rainy | | 14.40 | 13.77 | 13.69 | 12.93 ^b | 12.69 ^b | 13.79 | 12.42 ^b |
| F-test | | NS | NS | NS | ** | * | NS | ** |
| | NNR | 14.93 | 14.27 | 14.16 ^a | 13.71 | 13.46 | 13.46 | 13.26 |
| | NR | 14.93 | 13.97 | 12.90 ^b | 13.33 | 13.08 | 12.88 | 13.17 |
| | DNR | 14.93 | 13.90 | 13.55 ^{ab} | 13.87 | 12.91 | 14.38 | 13.20 |
| | DR | 14.93 | 13.95 | 14.19 ^a | 13.19 | 13.05 | 13.59 | 13.04 |
| F-test | | NS | NS | * | NS | NS | NS | NS |
| Drought | NNR | 15.46 | 14.84 | 15.10 ^a | 12.94 ^{bc} | 14.06 | 13.60 | 14.26 |
| | NR | 15.46 | 14.54 | 12.36 ^d | 14.44 ^{ab} | 13.48 | 12.12 | 13.60 |
| | DNR | 15.46 | 13.60 | 12.76 ^c | 14.86 ^a | 13.14 | 14.14 | 13.80 |
| | DR | 15.46 | 14.12 | 14.60 ^{ab} | 14.24 ^{ab} | 13.58 | 13.62 | 13.80 |
| Rainy | NNR | 14.40 | 13.70 | 13.22 ^{bcd} | 14.48 ^{ab} | 12.86 | 13.32 | 12.26 |
| | NR | 14.40 | 13.40 | 13.44 ^{bcd} | 12.22 ^c | 12.68 | 13.64 | 12.48 |
| | DNR | 14.40 | 14.20 | 14.34 ^{ab} | 12.88 ^{bc} | 12.68 | 14.62 | 12.52 |
| | DR | 14.40 | 13.78 | 13.78 ^{abc} | 12.14 ^c | 12.52 | 13.56 | 12.40 |
| F-test | | NS | NS | ** | ** | NS | NS | NS |
| %CV | | 14.28 | 7.73 | 7.22 | 8.99 | 8.99 | 9.01 | 8.22 |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

- NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
 * = มีแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
 ** = มีแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางภาคผนวกที่ 11 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของสับปรดที่ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (NNR), ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (NR), จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (DNR) และจุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (DR) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14, 21 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

| treatment | | Titratable acidity (%) | | | | | | |
|-----------|-----------|------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| | | Days of storage | | | | | | |
| season | treatment | D0 | D14 | D14+2 | D21 | D21+2 | D28 | D28+2 |
| Drought | | 0.717 | 1.187 | 1.209 ^a | 1.296 ^a | 1.168a | 1.552a | 0.945 |
| Rainy | | 0.755 | 1.097 | 0.883 ^b | 1.032 ^b | 0.961b | 0.993b | 0.952 |
| F-test | | NS | NS | ** | ** | ** | ** | NS |
| | NNR | 0.736 | 1.075 ^{bc} | 1.030 | 1.353 ^a | 1.126 | 1.264 ^b | 1.008 |
| | NR | 0.736 | 1.190 ^{ab} | 1.085 | 1.177 ^b | 1.021 | 1.270 ^b | 0.967 |
| | DNR | 0.736 | 1.350 ^a | 1.037 | 1.075 ^b | 1.049 | 1.373 ^a | 0.917 |
| | DR | 0.736 | 0.953 ^c | 1.033 | 1.049 ^b | 1.062 | 1.184 ^b | 0.896 |
| F-test | | NS | ** | NS | ** | NS | ** | NS |
| Drought | NNR | 0.717 | 1.126 | 1.011 ^b | 1.600 ^a | 1.203 ^a | 1.446 ^b | 1.037 ^{ab} |
| | NR | 0.717 | 1.101 | 1.242 ^a | 1.267 ^b | 1.037 ^b | 1.536 ^b | 0.848 ^c |
| | DNR | 0.717 | 1.485 | 1.293 ^a | 1.229 ^b | 1.216 ^a | 1.779 ^a | 0.992 ^{abc} |
| | DR | 0.717 | 1.037 | 1.293 ^a | 1.088 ^{bc} | 1.216 ^a | 1.446 ^b | 0.880 ^{bc} |
| Rainy | NNR | 0.755 | 1.024 | 1.050 ^b | 1.107 ^{bc} | 1.050 ^b | 1.082 ^c | 0.979 ^{abc} |
| | NR | 0.755 | 1.280 | 0.928 ^b | 1.088 ^{bc} | 1.005 ^{bc} | 1.005 ^{cd} | 1.062 ^a |
| | DNR | 0.755 | 1.216 | 0.781 ^c | 0.922 ^c | 0.883 ^c | 0.966 ^{cd} | 0.858 ^c |
| | DR | 0.755 | 0.870 | 0.774 ^c | 1.011 ^c | 0.909 ^b | 0.922 ^d | 0.909 ^{abc} |
| F-test | | NS | NS | ** | * | ** | ** | * |
| %CV | | 14.29 | 18.39 | 9.32 | 12.94 | 9.66 | 8.69 | 11.87 |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

- NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
 * = มีแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
 ** = มีแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางภาคผนวกที่ 12 คะแนน การยอมรับของผู้บริโภคด้าน สีเนื้อสับประรดที่ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (NNR), ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (NR), จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (DNR) และจุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (DR) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14, 21 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

| treatment | | Pulp colour (Scores) | | | | | | |
|-----------|-----------|----------------------|-------|-------|--------------------|---------------------|--------------------|--------|
| | | Days of storage | | | | | | |
| season | treatment | D0 | D14 | D14+2 | D21 | D21+2 | D28 | D28+2 |
| Drought | | 5.00 | 2.70 | 1.90 | 2.69 | 0.85 | 2.06 | 1.05 |
| Rainy | | 5.00 | 2.60 | 2.15 | 2.05 | 1.35 | 1.75 | 1.06 |
| F-test | | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| | NNR | 5.00 | 2.70 | 2.80 | 2.78 ^a | 1.60 ^a | 2.87 ^a | 1.55 |
| | NR | 5.00 | 3.00 | 2.00 | 2.22 ^{ab} | 1.50 ^a | 1.87 ^{ab} | 1.33 |
| | DNR | 5.00 | 2.50 | 1.90 | 2.89 ^a | 0.80 ^{ab} | 1.87 ^{ab} | 0.55 |
| | DR | 5.00 | 2.40 | 1.40 | 1.44 ^b | 0.50 ^b | 1.00 ^b | 0.78 |
| F-test | | NS | NS | NS | * | * | * | NS |
| Drought | NNR | 5.00 | 2.60 | 2.20 | 3.50 | 1.00 ^{bc} | 2.75 ^{ab} | 1.20 |
| | NR | 5.00 | 2.80 | 1.60 | 2.00 | 0.60 ^c | 1.25 ^{bc} | 1.00 |
| | DNR | 5.00 | 3.00 | 2.40 | 4.00 | 1.20 ^{abc} | 3.00 ^a | 1.00 |
| | DR | 5.00 | 2.40 | 1.40 | 1.25 | 0.60 ^c | 1.25 ^{bc} | 1.00 |
| Rainy | NNR | 5.00 | 2.80 | 3.40 | 2.20 | 2.20 ^{ab} | 3.00 ^a | 2.00 |
| | NR | 5.00 | 3.20 | 2.40 | 2.40 | 2.40 ^a | 2.50 ^{ab} | 1.75 |
| | DNR | 5.00 | 2.00 | 1.40 | 2.00 | 0.40 ^c | 0.75 ^c | 0.00 |
| | DR | 5.00 | 2.40 | 1.40 | 1.60 | 0.40 ^c | 0.75 ^c | 0.50 |
| F-test | | NS | NS | NS | NS | ** | * | NS |
| %CV | | - | 50.80 | 61.23 | 47.88 | 81.31 | 55.38 | 156.64 |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

- NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
 * = มีแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
 ** = มีแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางภาคผนวกที่ 13 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคด้าน กลิ่นของสับประรดที่ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (NNR), ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (NR), จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (DNR) และจุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (DR) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14, 21 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

| treatment | | Odour (scores) | | | | | | |
|-----------|-----------|-----------------|-------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| | | Days of storage | | | | | | |
| season | treatment | D0 | D14 | D14+2 | D21 | D21+2 | D28 | D28+2 |
| Drought | | 5.00 | 3.50 | 2.25 | 2.31 | 0.80 | 2.06 | 0.55 ^b |
| Rainy | | 5.00 | 2.85 | 2.50 | 1.75 | 1.30 | 1.44 | 1.06 ^a |
| F-test | | NS | NS | NS | NS | NS | NS | * |
| | NNR | 5.00 | 3.20 | 3.00 ^a | 2.55 ^a | 1.70 | 2.37 ^a | 1.44 ^a |
| | NR | 5.00 | 3.20 | 2.20 ^{ab} | 1.89a ^b | 1.00 | 1.62 ^{ab} | 0.89 ^a |
| | DNR | 5.00 | 3.30 | 2.80 ^a | 2.33 ^a | 0.90 | 2.00 ^a | 0.78 ^a |
| | DR | 5.00 | 3.00 | 1.50 ^b | 1.22 ^b | 0.60 | 1.00 ^b | 0.00 ^b |
| F-test | | NS | NS | * | * | NS | * | ** |
| Drought | NNR | 5.00 | 3.60 | 3.20 ^{ab} | 3.00 ^{ab} | 1.40 ^{ab} | 2.75 | 1.00 ^{abc} |
| | NR | 5.00 | 3.60 | 1.60 ^{bc} | 1.50 ^{bc} | 0.00 ^c | 1.50 | 0.00 ^c |
| | DNR | 5.00 | 3.60 | 3.40 ^a | 3.75 ^a | 1.00 ^{abc} | 3.00 | 1.20 ^{ab} |
| | DR | 5.00 | 3.20 | 0.80 ^c | 1.00 ^c | 0.80 ^{abc} | 1.00 | 0.00 ^c |
| Rainy | NNR | 5.00 | 2.80 | 2.80 ^{ab} | 2.20 ^{bc} | 2.00 ^c | 2.00 | 2.00 ^a |
| | NR | 5.00 | 2.80 | 2.80 ^{ab} | 2.20 ^{bc} | 2.00 ^a | 1.75 | 2.00 ^a |
| | DNR | 5.00 | 3.00 | 2.20 ^{abc} | 1.20 ^c | 0.80 ^{abc} | 1.00 | 0.25 ^{bc} |
| | DR | 5.00 | 2.80 | 2.20 ^{abc} | 1.40 ^c | 0.40 ^{bc} | 1.00 | 0.00 ^c |
| F-test | | NS | NS | * | ** | * | NS | ** |
| %CV | | - | 35.56 | 46.60 | 51.19 | 89.09 | 50.17 | 95.81 |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

- NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
 * = มีแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
 ** = มีแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางภาคผนวกที่ 14 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคด้าน เนื้อสัมผัสของสับประรดที่ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (NNR), ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (NR), จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (DNR) และจุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (DR) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14, 21 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

| treatment | | Texture (scores) | | | | | | |
|-----------|-----------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | | Days of storage | | | | | | |
| season | treatment | D0 | D14 | D14+2 | D21 | D21+2 | D28 | D28+2 |
| Drought | | 5.00 | 3.65a | 2.45 | 2.60 | 1.10 | 2.37 | 0.45 |
| Rainy | | 5.00 | 2.55b | 2.85 | 3.43 | 1.55 | 2.12 | 0.94 |
| F-test | | NS | * | NS | NS | NS | NS | NS |
| | NNR | 5.00 | 3.30 | 3.30 | 3.11 | 1.60 | 2.75 | 2.75 |
| | NR | 5.00 | 3.10 | 2.40 | 3.11 | 1.90 | 2.12 | 2.12 |
| | DNR | 5.00 | 2.90 | 2.90 | 3.33 | 0.90 | 2.37 | 2.37 |
| | DR | 5.00 | 3.10 | 2.00 | 2.33 | 0.90 | 1.75 | 1.75 |
| F-test | | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| Drought | NNR | 5.00 | 3.80 | 3.20 | 3.75 | 1.20 | 3.00 | 0.20b |
| | NR | 5.00 | 3.60 | 1.60 | 3.50 | 1.00 | 2.00 | 0.20b |
| | DNR | 5.00 | 3.60 | 3.40 | 4.25 | 1.20 | 3.00 | 0.60ab |
| | DR | 5.00 | 3.60 | 1.60 | 2.25 | 1.00 | 1.50 | 0.80ab |
| Rainy | NNR | 5.00 | 2.80 | 3.40 | 2.60 | 2.00 | 2.50 | 2.00a |
| | NR | 5.00 | 2.60 | 3.20 | 2.80 | 2.80 | 2.25 | 1.25ab |
| | DNR | 5.00 | 2.20 | 2.40 | 2.60 | 0.60 | 1.75 | 0.25b |
| | DR | 5.00 | 2.60 | 2.40 | 2.40 | 0.80 | 2.00 | 0.25b |
| F-test | | NS | NS | NS | NS | NS | NS | * |
| %CV | | - | 44.32 | 42.61 | 42.96 | 90.88 | 59.83 | 144.13 |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางภาคผนวกที่ 15 ปริมาณแคลเซียมของเนื้อสับประรดที่ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (NNR), ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (NR), จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (DNR) และจุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (DR) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14, 21 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

| treatment | | Calcium (mg/Kg) | | | |
|-----------|-----------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| | | Days of storage | | | |
| season | treatment | Before(Peel) | After(Peel) | Before(Core) | After(Core) |
| Drought | | 262.33 ^a | 320.72 ^a | 131.19 ^b | 224.01 ^a |
| | | 223.28 ^b | 260.73 ^b | 192.56 ^a | 225.87 ^b |
| F-test | | * | ** | ** | ** |
| | NNR | 227.45 | 215.79 | 177.23 | 138.84 |
| | NR | 227.45 | 260.89 | 177.23 | 185.98 |
| | DNR | 227.45 | 227.80 | 177.23 | 160.05 |
| | DR | 227.45 | 185.43 | 177.23 | 142.62 |
| F-test | | NS | NS | NS | NS |
| Drought | NNR | 262.33 | 308.87 ^{bc} | 131.19 | 202.39 ^b |
| | NR | 262.33 | 404.34 ^a | 131.19 | 308.40 ^a |
| | DNR | 262.33 | 328.80 ^{ab} | 131.19 | 264.11 ^{ab} |
| | DR | 262.33 | 225.79 ^c | 131.19 | 201.13 ^b |
| Rainy | NNR | 192.56 | 122.72 ^d | 223.28 | 75.29 ^c |
| | NR | 192.56 | 117.45 ^d | 223.28 | 63.56 ^c |
| | DNR | 192.56 | 121.25 ^d | 223.28 | 55.99 ^c |
| | DR | 192.56 | 135.55 ^d | 223.28 | 84.11 ^c |
| F-test | | NS | * | NS | * |
| %CV | | 33.17 | 22.18 | 14.68 | 27.65 |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

- NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
 * = มีแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
 ** = มีแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางภาคผนวกที่ 16 ปริมาณ Malondialdehyde (MDA) ของเนื้อสับประรดใกล้เปลือกที่ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (NNR), ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (NR), จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (DNR) และจุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (DR) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14, 21 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

| treatment | | Peel MDA content (mg/100gFW) | | | | | | |
|-----------|-----------|------------------------------|-------|-------|-------------------|-------|-------------------|-------------------|
| | | Days of storage | | | | | | |
| season | treatment | D0 | D14 | D14+2 | D21 | D21+2 | D28 | D28+2 |
| Drought | | 9.60 | 7.78 | 8.19 | 9.93 ^a | 8.40 | 8.06 ^a | 9.84 ^a |
| | Rainy | 10.11 | 7.94 | 7.38 | 6.81 ^b | 7.44 | 6.11 ^b | 7.49 ^b |
| F-test | | NS | NS | NS | ** | NS | ** | ** |
| | NNR | 9.85 | 7.29 | 8.41 | 7.86 | 7.06 | 7.57 ^a | 7.55 |
| | NR | 9.85 | 7.62 | 6.97 | 8.05 | 7.37 | 7.26 ^a | 9.34 |
| | DNR | 9.85 | 8.90 | 7.94 | 8.34 | 9.22 | 7.28 ^a | 9.04 |
| | DR | 9.85 | 7.97 | 7.83 | 7.83 | 7.98 | 6.22 ^b | 8.71 |
| F-test | | NS | NS | NS | NS | NS | * | NS |
| Drought | NNR | 9.60 | 7.19 | 9.49 | 8.92 | 7.57 | 8.65 | 8.47 |
| | NR | 9.60 | 7.94 | 7.25 | 9.49 | 7.82 | 8.03 | 10.57 |
| | DNR | 9.60 | 8.82 | 8.25 | 9.79 | 9.37 | 8.39 | 9.70 |
| | DR | 9.60 | 7.87 | 7.79 | 8.71 | 8.96 | 7.17 | 10.60 |
| Rainy | NNR | 10.11 | 7.41 | 7.33 | 6.81 | 6.55 | 6.49 | 6.63 |
| | NR | 10.11 | 7.31 | 6.68 | 6.61 | 7.07 | 6.49 | 8.12 |
| | DNR | 10.11 | 8.96 | 7.63 | 6.89 | 9.14 | 6.17 | 8.38 |
| | DR | 10.11 | 8.09 | 7.88 | 6.95 | 7.01 | 5.27 | 6.83 |
| F-test | | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| %CV | | 31.95 | 14.14 | 13.74 | 14.72 | 17.85 | 10.92 | 13.37 |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

- NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
 * = มีแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
 ** = มีแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางภาคผนวกที่ 17 ปริมาณ Malondialdehyde (MDA) ของเนื้อสับประรดใกล้แกนที่ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (NNR), ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (NR), จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (DNR) และจุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (DR) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14, 21 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

| treatment | | Core MDA content (mg/100gFW) | | | | | | |
|-----------|-----------|------------------------------|-------|-------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | Days of storage | | | | | | |
| season | treatment | D0 | D14 | D14+2 | D21 | D21+2 | D28 | D28+2 |
| Drought | | 7.98 | 8.02 | 7.34 | 8.51 ^a | 8.59 ^a | 9.34 ^a | 9.66 ^a |
| | Rainy | 9.22 | 7.88 | 6.95 | 5.97 ^b | 7.02 ^b | 5.58 ^b | 7.23 ^b |
| F-test | | NS | NS | NS | ** | ** | ** | ** |
| | NNR | 8.60 | 7.83 | 7.68 | 7.76 | 7.31 | 7.47 | 8.52 |
| | NR | 8.60 | 8.23 | 6.84 | 7.38 | 7.80 | 6.89 | 8.20 |
| | DNR | 8.60 | 8.05 | 6.48 | 6.72 | 7.96 | 7.80 | 8.50 |
| | DR | 8.60 | 7.71 | 7.58 | 7.15 | 8.11 | 8.11 | 8.57 |
| F-test | | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| Drought | NNR | 7.98 | 8.86 | 8.64 | 9.08 | 8.06 | 9.22 | 9.56 |
| | NR | 7.98 | 7.61 | 6.96 | 8.92 | 8.75 | 8.30 | 9.64 |
| | DNR | 7.98 | 7.73 | 6.06 | 8.02 | 8.53 | 9.54 | 10.43 |
| | DR | 7.98 | 7.91 | 7.72 | 8.04 | 9.04 | 10.31 | 9.03 |
| Rainy | NNR | 9.22 | 6.80 | 6.72 | 6.34 | 6.55 | 5.74 | 7.49 |
| | NR | 9.22 | 8.85 | 6.73 | 5.84 | 6.85 | 5.47 | 6.77 |
| | DNR | 9.22 | 8.37 | 6.90 | 5.42 | 7.39 | 6.07 | 6.57 |
| | DR | 9.22 | 7.51 | 7.45 | 6.27 | 7.31 | 4.80 | 8.12 |
| F-test | | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| %CV | | 17.98 | 14.74 | 12.87 | 13.26 | 14.41 | 13.45 | 15.87 |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางภาคผนวกที่ 18 กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ของเนื้อสับประตไถ่เปลือกที่ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (NNR), ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (NR), จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (DNR) และจุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (DR) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14, 21 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

| treatment | | Peel PPO activity (Units/mg Protein) | | | | | | |
|-----------|-----------|--------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------|----------------------|
| | | Days of storage | | | | | | |
| season | treatment | D0 | D14 | D14+2 | D21 | D21+2 | D28 | D28+2 |
| Drought | | 0.1669 ^b | 0.1154 | 0.2594 ^b | 0.2260 ^b | 0.1224 ^b | 0.1317 | 0.1306 ^b |
| Rainy | | 0.1964 ^a | 0.1263 | 0.3754 ^a | 0.2514 ^a | 0.1293 ^a | 0.1388 | 0.2124 ^a |
| F-test | | ** | NS | ** | ** | ** | NS | * |
| | NNR | 0.1816 | 0.1466 ^a | 0.2601 ^{bc} | 0.2665 ^a | 0.1081 ^a | 0.1261 | 0.1385 ^d |
| | NR | 0.1816 | 0.1403 ^a | 0.2343 ^c | 0.2431 ^b | 0.1376 ^a | 0.1443 | 0.1559 ^c |
| | DNR | 0.1816 | 0.0724 ^b | 0.4660 ^a | 0.2537 ^{ab} | 0.1247 ^b | 0.1323 | 0.2076 ^a |
| | DR | 0.1816 | 0.0116 ^{ab} | 0.3090 ^b | 0.1915 ^c | 0.1331 ^a | 0.1381 | 0.1842 ^b |
| F-test | | NS | * | ** | ** | ** | NS | ** |
| Drought | NNR | 0.1669 | 0.1488 | 0.2515 ^d | 0.1761 ^d | 0.1034 ^f | 0.1224 | 0.1213 ^f |
| | NR | 0.1669 | 0.1376 | 0.2433 ^d | 0.2227 ^c | 0.1384 ^b | 0.1353 | 0.1314 ^{ef} |
| | DNR | 0.1669 | 0.0434 | 0.3324 ^{bc} | 0.2634 ^b | 0.1278 ^c | 0.1246 | 0.1250 ^{ef} |
| | DR | 0.1669 | 0.1043 | 0.2106 ^d | 0.2417 ^{bc} | 0.1203 ^d | 0.1446 | 0.1450 ^{de} |
| Rainy | NNR | 0.1964 | 0.1444 | 0.2689 ^{cd} | 0.3570 ^a | 0.1129 ^e | 0.1299 | 0.1557 ^d |
| | NR | 0.1964 | 0.1431 | 0.2254 ^d | 0.2635 ^b | 0.1369 ^b | 0.1534 | 0.1804 ^c |
| | DNR | 0.1964 | 0.1014 | 0.5997 ^a | 0.2440 ^{bc} | 0.1215 ^{cd} | 0.1400 | 0.2903 ^a |
| | DR | 0.1964 | 0.0989 | 0.4075 ^b | 0.1414 ^e | 0.1459 ^a | 0.1317 | 0.2233 ^b |
| F-test | | NS | NS | ** | ** | ** | NS | ** |
| %CV | | 13.71 | 29.76 | 13.79 | 7.51 | 3.10 | 24.56 | 6.50 |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** = มีแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางภาคผนวกที่ 19 กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ของเนื้อสัตว์ประปรดไก่ที่แช่ในน้ำจุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (NNR), ไม่จุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (NR), จุ่มด้วย CaCl_2 ไม่ฉายรังสีแกมมา (DNR) และจุ่มด้วย CaCl_2 ฉายรังสีแกมมา (DR) นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 14, 21 และ 28 วัน แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ต่ออีก 2 วัน

| treatment | | Core PPO activity (Units/mg Protein) | | | | | | |
|-----------|-----------|--------------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| | | Days of storage | | | | | | |
| season | treatment | D0 | D14 | D14+2 | D21 | D21+2 | D28 | D28+2 |
| Drought | | 0.1964 ^a | 0.1263 ^b | 0.3753 ^a | 0.2514 ^a | 0.1293 | 0.1388 | 0.2124 ^a |
| Rainy | | 0.1236 ^b | 0.3200 ^a | 0.2584 ^b | 0.1442 ^b | 0.1314 | 0.1260 | 0.1258 ^b |
| F-test | | ** | ** | ** | ** | NS | NS | ** |
| | NNR | 0.1600 | 0.2298 | 0.2940 | 0.2454 ^a | 0.1306 ^b | 0.1491 ^a | 0.1648 ^b |
| | NR | 0.1600 | 0.2395 | 0.2767 | 0.1987 ^b | 0.1458 ^a | 0.1588 ^a | 0.1548 ^b |
| | DNR | 0.1600 | 0.2404 | 0.3808 | 0.2105 ^b | 0.1192 ^c | 0.1187 ^b | 0.1973 ^a |
| | DR | 0.1600 | 0.2172 | 0.3161 | 0.1365 ^c | 0.1258 ^{bc} | 0.1030 ^b | 0.1596 ^b |
| F-test | | NS | NS | NS | ** | ** | ** | ** |
| Drought | NNR | 0.1964 | 0.1444 | 0.2689 ^{de} | 0.3570 ^a | 0.1129 ^{cd} | 0.1299 ^b | 0.1557 ^d |
| | NR | 0.1964 | 0.1431 | 0.2254 ^e | 0.2635 ^b | 0.1369 ^b | 0.1534 ^{ab} | 0.1804 ^c |
| | DNR | 0.1964 | 0.1014 | 0.5997 ^a | 0.2440 ^b | 0.1215 ^c | 0.1400 ^{ab} | 0.2903 ^a |
| | DR | 0.1964 | 0.0989 | 0.4075 ^b | 0.1414 ^d | 0.1459 ^{ab} | 0.1317 ^b | 0.2233 ^b |
| Rainy | NNR | 0.1237 | 0.3153 | 0.3192 ^{cd} | 0.1340 ^d | 0.1484 ^a | 0.1684 ^a | 0.1739 ^c |
| | NR | 0.1237 | 0.3359 | 0.3280 ^c | 0.1339 ^d | 0.1547 ^a | 0.1641 ^{ab} | 0.1292 ^e |
| | DNR | 0.1237 | 0.3331 | 0.1619 ^f | 0.1772 ^c | 0.1169 ^c | 0.0973 ^c | 0.1043 ^f |
| | DR | 0.1237 | 0.2961 | 0.2247 ^e | 0.1317 ^d | 0.1058 ^d | 0.0744 ^c | 0.0960 ^f |
| F-test | | NS | NS | ** | ** | ** | ** | ** |
| %CV | | 9.92 | 8.89 | 9.47 | 7.82 | 4.50 | 14.09 | 4.74 |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

NS = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%