บทที่ 1 บทนำ

สับปะรดเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย และเป็นที่นิยมบริโภคสดไม่น้อยไปกว่าผลไม้ที่มีชื่อเสียงทั้งหลายของประเทศ ทั้งนี้เนื่องจากคุณภาพของสับปะรดของไทยมีรสชาติเปรี้ยวและหวานฉ่ำผสมกันอย่างลงตัวเป็นที่นิยมอย่างมาก ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตสับปะรดและส่งออกผลิตภัณฑ์สับปะรดรายใหญ่ที่สุดของโลก คิดเป็น 50 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณการส่งออกทั้งหมด ในปี 2550 ประเทศไทยส่งออกสับปะรดสดประมาณ 2,826 ตัน มูลค่า 50.57 ล้านบาท ซึ่งน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ของการส่งออกสับปะรด เป็นที่ทราบดีว่าการเก็บรักษาผลิตผลสดในสภาพที่มีอุณหภูมิต่ำช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้นานขึ้น แต่การเก็บรักษาผลสับปะรดที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานานมีผลทำให้เกิดความผิดปกติทางสรีรวิทยาที่เรียกว่าอาการสะท้านหนาว (Chilling injury) (Paull และ Rohrbach, 1985) โดยมีบริเวณเนื้อในใกล้แกนกลางผลจะปรากฏเป็นจุดสีน้ำตาลคล้ำและขยายออกรวมกันเป็นกลุ่มสีน้ำตาลที่มีขนาดใหญ่ขึ้น (Dull, 1971) ซึ่งเรียกอาการผิดปกตินี้ว่าอาการไส้สีน้ำตาล (internal browning) ซึ่งจะเป็นสาเหตุที่ทำให้อายุการเก็บรักษาสับปะรดสั้นลง (จักรพงษ์ , 2535) และอาการดังกล่าวมักจะเกิดขึ้นในระหว่างการขนส่ง เช่น การส่งออกสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองไปยังประเทศญี่ปุ่นโดยทางเรือ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 20 วัน มักจะพบปัญหาการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลหลังจากการนำผลสับปะรดออกจากห้องเย็น (กรมวิชาการเกษตร , 2544) รัศมี (2531) และปณิธาน (2533) รายงานว่าสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (5 และ 10 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 3-4 สัปดาห์ ปรากฏอาการไส้สีน้ำตาลเกิดขึ้นเมื่อย้ายมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ส่วนสับปะรดพันธุ์ Sarawak ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 10, 15 และ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 2, และ 3 สัปดาห์ จากนั้นย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ แสดงอาการไส้สีน้ำตาลเกิดขึ้นและอาการจะรุนแรงมากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (Abdullah และคณะ, 1987)

สับปะรดเป็นผลไม้ 1 ใน 6 ชนิด ที่ประเทศไทยสามารถส่งออกไปยังประเทศสหรัฐอเมริกาได้โดยต้องผ่านการฉายรังสีแกมมาก่อนส่งออก ซึ่งการฉายรังสีแกมมากับผลิตผลทางการเกษตรเป็นทางเลือกทางหนึ่งในการกำจัดโรคและแมลงที่ปนเปื้อนไปกับผลไม้สด โดยองค์การอาหารและยา (FDA) และกระทรวงเกษตรของสหรัฐอเมริกา (USDA) ได้อนุญาตให้ใช้ได้ในปี พ.ศ. 2529 (สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ , 2540) นอกจากนี้การฉายรังสียังมีความปลอดภัยเนื่องจากไม่มีการตกค้างของสารเคมีและเป็นการลดการใช้สารเคมี อภิรดี และคณะ (2554) ได้ศึกษาผลของ การฉายรังสีแกมมาที่มีต่อคุณภาพของสับปะรดในระยะการสุกแก่ต่างๆ พบว่าระยะการสุกแก่ของสับปะรดมีผลต่อความรุนแรงของการเกิดไส้สีน้ำตาลในสับปะรดที่ผ่านการฉายรังสีแกมมา สับปะรดพันธุ์ตราดสีทองที่เก็บเกี่ยวช้า (สีเปลือกเหลืองมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิว) แล้วนำมาฉายรังสีแกมมาปริมาณ 500 และ 1,000 เกรย์ ปรากฏอาการไส้สีน้ำตาลน้อยกว่าผลที่สุกแก่น้อยกว่า (สีเปลือกเหลืองมากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิว) และความรุนแรงของอาการเพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสีแกมมาที่ได้รับ แม้ว่าประเทศไทยจะเป็นผู้ผลิตและส่งออกผลิตภัณฑ์สับปะรดรายใหญ่ที่สุดของโลก แต่ปริมาณการส่งออกสับปะรดผลสดนั้นมีน้อยมาก เนื่องจากสับปะรดเกิดไส้สีน้ำตาลในระหว่างการขนส่ง และอาการจะเป็นมากขึ้นเมื่อมีการฉายรังสีแกมมา ดังนั้นจึงมีความจำเป็นเร่งด่วนที่จะต้องศึกษาหาวิธีการลดปัญหาการเกิดไส้สีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษาและขนส่งในสับปะรดฉายรังสีดังกล่าวให้ได้ จากการรวบรวมเอกสารและงานทางวิชาการ พบว่าเมทิลจัสโมเนทและกรดซาลิไซลิคสามารถช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลหรืออาการสะท้านหนาวได้ในผลิตผลสดต่างๆ เช่น มะม่วง ฝรั่ง พริกหวาน อะโวกาโด เกรพฟรุต มะละกอ ลำไย แอปเปิ้ล และ loquat เป็นต้น

(Gonzalez-Aguilar และคณะ, 2004; Meir และคณะ, 1996; Gonzalez-Aguilar และคณะ, 2003; Duan และคณะ, 2007; Pristijono และคณะ, 2006)

โดย ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้มุ่งเป้าประสงค์ทางด้านการเปลี่ยนแปลงภายหลังการเก็บเกี่ยว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารเมทิลจัสโมเนท และกรดซาลิไซลิคหลังการเก็บเกี่ยวต่อการลดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียฉายรังสีแกมมา ซึ่งสอดคล้องกับยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศตามแผนเศรษฐกิจ ตามแผนยุทธศาสตร์ความเข้มแข็งภาคเกษตร ความมั่นคงของอาหาร ในด้านการเพิ่มประสิทธิภาพและศักยภาพการผลิตภาคเกษตรและการสร้างมูลค่าเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรตลอดห่วงโซ่การผลิต

บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

สับปะรด มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Ananas comosus* (L.) Merr. อยู่ในวงศ์ Bromeliaceae มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาใต้ จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ แหล่งปลูกสับปะรดในประเทศไทยที่สำคัญ คือ ภาคตะวันตก (จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และเพชรบุรี) ภาคตะวันออก (จังหวัดชลบุรี และระยอง) และภาคใต้ (จังหวัดนครศรีธรรมราช พังงา และภูเก็ต) ในปี 2550 ประเทศไทยส่งออกสับปะรดสดประมาณ 2,826 ตัน มูลค่า 50.57 ล้านบาท และในปี 2553 ประเทศไทยมีการส่งออกสับปะรดสดลดลง คือ ปริมาณ 1 ,963 ตัน มูลค่า 25.4 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร โดยความร่วมมือของ กรมศุลกากร) สับปะรดกลุ่ม Cayenne เป็นกลุ่มที่นิยมปลูกมากที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อรับประทานผลสดและใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋อง ลักษณะของต้นเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่ทรงพุ่มจะสูงประมาณ 100 เซนติเมตร ใบมีสีเขียวเข้มด้านบนเป็นมันและมักมีเหลือบสีแดงในฤดูที่มีแสงแดดจัด พันธุ์ที่นิยมปลูกมากที่สุดคือพันธุ์ Smooth Cayenne หรือพันธุ์ปัตตาเวีย ซึ่งมีลักษณะขอบใบเรียบมีหนามเล็กน้อยที่ส่วนปลายใบ ผลมีขนาดประมาณ 1.0-2.5 กิโลกรัม รูปร่างค่อนข้างเป็นทรงกระบอกเปลือกผลสีเขียวเข้ม และเปลี่ยนเป็นสีเหลืองแก่จัด ผลย่อยหรือตาค่อนข้างแบนเรียบ กลีบรองดอกสั้นตาตื้น เนื้อมีสีเหลืองอ่อน มีปริมาณกรดและน้ำตาลค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับสับปะรดในกลุ่มอื่น โดยเฉลี่ยมีปริมาณกรด 0.3-0.7 เปอร์เซ็นต์และปริมาณน้ำตาล 12-16 องศาบริกซ์ ตัวอย่างของสับปะรดกลุ่มนี้ในประเทศไทยคือ พันธุ์ปัตตาเวีย และพันธุ์นางแล สำหรับการเก็บเกี่ยวสับปะรดเกษตรกรจะอาศัยความชำนาญ ใช้การสังเกตจากสีของเปลือกเพียงอย่างเดียว การเก็บเกี่ยวสับปะรดระยะใดขึ้นกับระยะเวลาการเก็บรักษา การเก็บเกี่ยวเพื่อรับประทานผลสดในประเทศจะเก็บเกี่ยวเมื่อมีตาสีเหลือง 90 เปอร์เซ็นต์ ตามีสีส้มไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ การเก็บเกี่ยวเพื่อรับประทานสดเพื่อส่งตลาดต่างประเทศ ผลสับปะรดควรจะมีตาสีเขียวทุกตาหรือมีตาสีเหลืองได้ไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ (โดยเฉพาะการส่งออกทางเรือ) ทั้งนี้เพราะสับปะรดที่สุกเกินไปจะเก็บในอุณหภูมิต่ำได้ไม่นาน จะเกิดอาการผิดปกติทางสรีระ เช่น เกิดอาการไส้สีน้ำตาล ซึ่งทำให้คุณภาพการบริโภคไม่ดี ถ้าเกิดมากจะไม่สามารถรับประทานได้ ในกรณีที่ส่งออกทางเครื่องบิน สามารถเก็บเกี่ยวเมื่อผลมีความแก่ 50 เปอร์เซ็นต์ (จินดารัฐ, 2541)

อาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดเป็นอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นเมื่อผลิตผลได้รับอุณหภูมิต่ำเหนือจุดเยือกแข็ง ซึ่งอาการดังกล่าวนี้เรียกว่าอาการสะท้านหนาว ทำให้ผลไม้เกิดความเสียหายและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยผลไม้ที่เกิดอันตรายเนื่องจากอุณหภูมิต่ำส่วนใหญ่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนหรือเขตกึ่งร้อน เช่น มะม่วง กล้วย มะละกอ มะเขือเทศ เงาะ ฝรั่ง (สายชล , 2528) ทุเรียน มังคุด (สุรพงษ์ , 2529) และสับปะรด (Paull และ Rohrbach, 1985) ซึ่งผลิตผลที่ได้รับอันตรายจากอุณหภูมิต่ำอาจมีลักษณะอาการต่างๆ ปรากฏให้เห็นเพียงอย่างเดียวหรือหลายอย่างรวมกันและอาการสะท้านหนาวนี้มักจะรุนแรงขึ้นเมื่อย้ายผลิตผลไปยังอุณหภูมิที่สูงกว่า ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตผล ระดับอุณหภูมิ และระยะเวลาที่ได้รับอุณหภูมิต่ำ (สายชล , 2528) นอกจากนั้นความแก่ของผลิตผลก็มีผลต่อการเกิดอาการสะท้านหนาวโดยถ้าเก็บรักษาผลิตผลที่ยังไม่แก่ในสภาพที่มีอุณหภูมิต่ำมากเกินไป เมื่อเกิดอาการสะท้านหนาวอาจทำให้ผลิตผลไม่สุก หรือสุกได้คุณภาพที่ไม่ดี หรืออาจสุกช้ากว่าปกติ สำหรับอาการสะท้านหนาวที่เกิดขึ้นในผลสับปะรดจะรวมทั้ง อาการเหี่ยวแห้ง การเปลี่ยนสีของหัวจุกสับปะรด อาการสุกผิดปกติที่เกิดขึ้นบริเวณเปลือกซึ่งไม่สามารถเปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองได้ การเกิดสีน้ำตาลหรือสีคล้ำของผลที่มีสีเหลืองบริเวณภายนอกและอาการไส้สีน้ำตาล (Internal

browning หรืออาจเรียกว่า Endogenous brown spot, Physiological breakdown, Blackheart) (Paull และ Rohrbach, 1985)

การเก็บรักษาสับปะรดพันธุ์ Sarawak ที่อุณหภูมิ 5, 10, 15 และ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 1, 2 และ 3 สัปดาห์ จากนั้นนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 1 สัปดาห์ พบว่าสับปะรดมีอาการไส้สีน้ำตาลเกิดขึ้นและอาการจะเกิดมากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สับปะรดจะเกิดอาการไส้สีน้ำตาลภายในเวลา 3 วัน หลังจากนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส (Abdullah และคณะ, 1987) และนอกจากนี้ยังมีปัจจัยที่สำคัญคือการทำงานของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) ซึ่งจะไปกระตุ้นให้สารประกอบฟีนอลเปลี่ยนไปเป็น quinone โดยมีออกซิเจนร่วมในปฏิกิริยา เมื่อ quinone รวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่จะเกิดเป็นสารสีน้ำตาลขึ้น (จักรพงษ์ และจริงแท้, 2536) เป็นอาการที่มักปรากฏขึ้นและมีความสำคัญในระหว่างการเก็บรักษาผลสับปะรด โดยลักษณะภายนอกของผลสับปะรดจะเป็นปกติแต่เนื้อผลภายในบริเวณใกล้แกนกลางของผลจะเกิดเป็นจุดหรือบริเวณฉ่ำน้ำก่อนแล้วจึงเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลในเวลาต่อมา หลังจากนั้นจะค่อยๆ ขยายออกรวมกันเป็นกลุ่มสีน้ำตาลคล้ำที่มีขนาดใหญ่ขึ้น (Dull, 1971) นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบฟีนอลภายหลังการเก็บเกี่ยวของผลสับปะรดยังมีความสัมพันธ์กับการพัฒนาของอาการไส้สีน้ำตาล (Paull และ Rohrbach, 1985) โดยระดับขอ ง สารประกอบฟีนอลจะลดลงพร้อมกับการพัฒนาของอาการไส้สีน้ำตาล และการเปลี่ยนแปลงระดับของ Lipid จากการศึกษาของ Zhou และคณะ (2003) พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ PPO มีความสัมพันธ์กับระดับความรุนแรงของการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลและความแก่ของสับปะรดจะมีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO แตกต่างกันโดยในผลแก่จะมีกิจกรรมที่สูงกว่าในผลอ่อน

เมทิลจัสโมเนท (Methyl jasmonate; MeJA)

Jasmonic acid (JA) และ methyl jasmonate (MJ) เป็นสารที่อยู่ในกลุ่มของ jasmonate สังเคราะห์มาจากกรดลิโนเลนิก พบทั่วไปในพืชหลายชนิดและยังพบในพืชชั้นต่ำ เช่น มอสและเฟิร์น jasmonate จัดเป็นสารอินทรีย์ที่มีฤทธิ์ในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เช่น ยับยั้งการเจริญเติบโตและกระตุ้นการวายและการหลุดร่วงของใบ ยับยั้งการงอกของเมล็ดและการเจริญของราก มีผลต่อกระบวนการสุกของผลไม้ และนอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับการเพิ่มความต้านทานให้กับพืชเพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายนอก เช่น บาดแผล การเข้าทำลายของโรคและแมลง ตลอดจนความเครียดต่างๆ (Cheong และ Choi, 2003) ซึ่งจากคุณสมบัติต่างๆ ดังกล่าวนี้ MJ และอนุพันธ์อื่นๆของ jasmonate จึงได้มีการนำมาศึกษาเพื่อใช้ประโยชน์ในการรักษาคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลพืชสวนภายหลังการเก็บเกี่ยว

MJ มีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะและคุณภาพของผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวในหลายด้าน เช่น การเปลี่ยนแปลงด้านองค์ประกอบทางเคมี สี และน้ำหนักสด เป็นต้น โดยหัวผักกาดที่ได้รับ MJ มีการสูญเสียน้ำหนักสดลดลง ซึ่งเป็นผลจากการที่ MJ ยับยั้งการงอกของใบและลดการคายน้ำ (Wang, 1998) นอกจากนี้การใช้ MJ ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักสดในมะม่วงพันธุ์ Kent และ Tommy Atkins (Gonzalez-Aguilar และคณะ, 2000; 2001) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (20-25 องศาเซลเซียส) ผลมะม่วงที่ได้รับ MJ มีการสุกที่เร็วขึ้นและมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น (Gonzalez-Aguilar และคณะ, 2000) จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการใช้ MJ โดยทั่วไป

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมีผลทำให้การคายน้ำของพืชลดลง ซึ่งส่งผลให้การสูญเสียน้ำหนักสดลดลงด้วย (Ueda และคณะ, 1991) ดังนั้นการใช้ MJ จึงควรคำนึงถึงอุณหภูมิในการเก็บรักษาร่วมด้วย สีของผักและผลไม้เป็นปัจจัยสำคัญที่สำคัญอย่างหนึ่งในการเลือกซื้อของผู้บริโภค มีรายงานว่า MJ สามารถปรับปรุงการพัฒนาสีผิวของผลไม้หลายชนิดๆ เช่น แอปเปิ้ล มะม่วง และมะละกอ (Gonzalez-Aguilar และคณะ, 2001; 2003) ซึ่งทำให้สีมีการพัฒนาอย่างสม่ำเสมอ ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจาก MJ กระตุ้นการผลิตเอทิลีนและส่งเสริมการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ และกระตุ้นการสังเคราะห์คาร์โรทีนอยด์ MJ ที่ความเข้มข้น 10^{-5} M ช่วยพัฒนาการเกิดสีแดงและสีเหลืองที่เปลือกผลตลอดจนพัฒนาคุณภาพในด้านอื่นๆ ในผลมะม่วงพันธุ์ Kent ในระหว่างการเก็บรักษา ตลอดจนช่วยเพิ่มปริมาณ beta-carotene ในผลแอปเปิ้ลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ปัจจุบันในประเทศญี่ปุ่นได้มีการนำสาร n-propyl dihydrojasmonate (PDJ) ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของสาร jasmonate ที่มีความคงตัวสูงที่อยู่ในรูปของสารละลายมาใช้ในการสเปรย์ผลแอปเปิ้ลก่อนการเก็บเกี่ยว เพื่อส่งเสริมการพัฒนาสีผลให้สวยงามและสม่ำเสมอ MJ สามารถกระตุ้นการผลิตเอทิลีน กรดไขมัน และสารหอมระเหย ในระหว่างกระบวนการสุกของผลมะม่วงพันธุ์ Kensington Pride แต่การตอบสนองต่อ MJ ก็มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ระยะการเจริญเติบโตและระยะการพัฒนา ดังรายงานของ Saniewsky และคณะ (1997) พบว่า MJ สามารถกระตุ้นการผลิตเอทิลีนในมะเขือเทศได้ในระยะ preclimacteric แต่จะยับยั้งในระยะ postclimacteric นอกจากนี้ MJ สามารถกระตุ้นหรือยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ ACC synthase และ ACC oxidase ได้ขึ้นอยู่กับชนิดและระยะของการสุกของผลไม้ (Kondo และคณะ, 2007) MJ ยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี เช่น ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลาย ได้ ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ และ pH (Gonzalez-Aguilar และคณะ, 2001; 2003; Fan และคณะ, 1998) มีรายงานว่า MJ ช่วยเพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในผลมะม่วงพันธุ์ Tommy Atkins และผลแอปเปิ้ล (Fan และคณะ, 1998) ผลของ MJ ต่อการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อพบว่ามีความแตกต่างกันไปตามชนิดของผลิตผล เช่น MJ สามารถช่วยลดการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อในมะม่วงพันธุ์ Kent ที่เก็บรักษาไว้เป็นเวลา 14 วัน ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และนำมาเก็บรักษาที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน (Gonzalez-Aguilar และคณะ, 2001) ในขณะที่ MJ ไม่ได้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำของมะม่วงพันธุ์อื่นๆ (Gonzalez-Aguilar และคณะ, 2000) การใช้ MJ ร่วมกับการเก็บรักษาผลมะละกอในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (modified atmosphere packaging; MAP) พบว่าช่วยลดการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อได้ แต่อย่างไรก็ตามอาจจะเป็นผลที่เกิดจาก MAP มากกว่าเป็นผลโดยตรงจาก MJ (Gonzalez-Aguilar และคณะ, 2003)

การลดอาการสะท้านหนาวด้วย MJ มีรายงานเป็นครั้งแรกในผลแตง zucchini สันนิษฐานว่าอาจเป็นผลเนื่องจาก MJ เกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดแอบซิสสิคและโพลีเอมีน ซึ่งสารทั้งสองตัวดังกล่าวนี้สามารถเพิ่มความต้านทานต่อสภาวะความเครียดต่างๆ ให้กับพืชได้ (Wang และ Buta, 1999) ปัจจุบันการศึกษาบทบาทของ MJ ต่อการลดอาการสะท้านหนาวได้มีการศึกษาเพิ่มมากขึ้นทั้งในผักและผลไม้ และพบว่า MJ สามารถช่วยลดอาการสะท้านหนาวได้โดยเฉพาะในพืชที่ตอบสนองต่อการเกิดอาการสะท้านหนาวอย่างรวดเร็ว เช่น มะม่วงพันธุ์ Kent ฝรั่ง พริกหวาน อะโวกาโด เกรพฟรุต และ มะละกอ (Meir และคณะ, 1996; Gonzalez-Aguilar และคณะ, 2003; Gonzalez-Aguilar และคณะ, 2004) จากการศึกษาการรมฝรั่งพันธุ์สีขาวและสีแดงด้วย MJ ที่ความเข้มข้น 10^{-4} และ 10^{-5} M ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน แล้วนำออกมาเก็บรักษาที่ 20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 วัน พบว่าฝรั่งที่รมด้วย MJ มีอาการ

สะท้านหนาวลดลงและลดการรั่วไหลของประจุ (Gonzalez-Aguilar และคณะ, 2004) เช่นเดียวกันกับผลมะม่วงที่รมด้วย MJ ที่ความเข้มข้น 10^{-4} M สามารถลดการเกิดอาการสะท้านหนาว ลดการสูญเสียน้ำหนักและยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงที่เก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสได้ (Gonzalez-Aguilar และคณะ, 2001) ในผล loquat ที่รมด้วย MJ ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส สามารถลดอาการสะท้านหนาวได้เนื่องจากลดการเกิดอนุมูลอิสระ และช่วยเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ในระบบการต้านออกซิเดชัน ได้แก่ superoxide dismutase (SOD) catalase และ ascorbate peroxidase นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันไม่อิ่มตัวและกรดไขมันอิ่มตัวเพิ่มสูงขึ้น

กรดซาลิไซลิค (Salicylic acid, SA)

กรดซาลิไซลิคเป็นสารในกลุ่ม Phenolic มีสูตรโมเลกุล $C_7H_6O_3$ มีโครงสร้างเป็นวงแหวน กรดซาลิไซลิคมีคุณสมบัติทางกายภาพเป็นผลึกสีขาว ละลายได้ทั้งในน้ำ แอลกอฮอล์ อีเทอร์ และคลอโรฟอร์ม ควรเก็บรักษาในภาชนะปิดสนิทและเก็บใน ที่ปราศจากแสง (Reynolds, 1996) กรดซาลิไซลิคยังจัดเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่มีคุณสมบัติตรงข้ามกับเอทิลีนและไซโตไคนิน (Raskinl, 1992) กรดซาลิไซลิคเป็นสารที่มีบทบาทในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืช มีบทบาทต่อกระบวนการสังเคราะห์เอทิลีนในพืช โดยกรดซาลิไซลิคมีผลยับยั้งกระบวนการผลิตเอทิลีน โดยชะลอการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ ACC oxidase ได้ ซึ่งสอดคล้องกับกระบวนการผลิตเอทิลีน เอนไซม์ ACC oxidase เป็นเอนไซม์ที่มีความสำคัญของกระบวนการผลิตเอทิลีน โดยทำหน้าที่เปลี่ยน ACC ให้เป็นเอทิลีน เมื่อเอนไซม์ ACC oxidase ถูกรบกวนกระบวนการผลิตเอทิลีนจึงไม่สามารถ เปลี่ยน ACC ให้เป็นเอทิลีนได้ (Li และคณะ, 1992; Fan และคณะ, 1996) มีรายงานว่ากรดซาลิไซลิคและ Acetylsalicylic acid (ASA) สามารถลดอัตราการผลิตเอทิลีนในผลสาลี่ (Leslie และ Romani, 1986; Leslie และ Romani, 1988) และจากการศึกษาของ Srivastava และ Dwivedi (2000) พบว่ากรดซาลิไซลิคสามารถชะลอการสุกของกล้วยได้ โดยมีผลต่อ การลดอัตราการหายใจของกล้วย ซึ่งสอดคล้องกับศิริชัย กัลยาณรัตน์ (2548) พบว่ากรดซาลิไซลิคสามารถลดอัตราการหายใจและอัตราการผลิตเอทิลีนของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ได้ นอกจากนี้ Xuihua และคณะ (2011) พบว่าการฉีดพ่นสับปะรดด้วยกรดซาลิไซลิคก่อนการเก็บเกี่ยวและจุ่มสับปะรดด้วยกรดซาลิไซลิคภายหลังการเก็บเกี่ยวสามารถลดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรด โดยไปยังยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) และ phenylalanine ammonia-lyase (PAL)

บทที่ 3 ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการจุ่มเมทิลจัสโมเนท เพื่อลดอาการไส้สีน้ำตาลในผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียฉายรังสีแกมมา

ทำการเก็บเกี่ยวสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย และทำการควบคุมการเข้าทำลายของเชื้อรา โดยจุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 200 ppm เป็นเวลา 5 นาที ผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นแบ่งสับปะรดเป็นชุดการทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) ดังนี้

ชุดทดลองที่ 1 สับปะรดไม่จุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท (ชุดควบคุม)
ชุดทดลองที่ 2 สับปะรดไม่จุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท (ชุดควบคุม) และนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy
ชุดทดลองที่ 3 สับปะรดจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท 0.1 mmol/L เป็นเวลา 5 นาที
ชุดทดลองที่ 4 สับปะรดจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท 0.1 mmol/L เป็นเวลา 5 นาที และนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy
ชุดทดลองที่ 5 สับปะรดจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท 0.5 mmol/L เป็นเวลา 5 นาที
ชุดทดลองที่ 6 สับปะรดจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท 0. 5 mmol/L เป็นเวลา 5 นาทีและนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy

นำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส นาน 30 วัน โดยทำการเก็บตัวอย่างเพื่อบันทึกผลการทดลองทุก 7 วัน โดยย้ายออกมาจากอุณหภูมิที่เก็บรักษามาที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน ก่อนการตรวจสอบคุณภาพ

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการจุ่มกรดซาลิไซลิค เพื่อลดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียฉายรังสีแกมมา

ทำการเก็บเกี่ยวสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย และทำการควบคุมการเข้าทำลายของเชื้อรา โดยจุ่มในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 200 ppm เป็นเวลา 5 นาที ผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นแบ่งสับปะรดเป็นชุดการทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) ดังนี้

ชุดทดลองที่ 1 สับปะรดไม่จุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค (ชุดควบคุม)
ชุดทดลองที่ 2 สับปะรดไม่จุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค (ชุดควบคุม) และนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy
ชุดทดลองที่ 3 สับปะรดจุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 5.0 mM เป็นเวลา 5 นาที
ชุดทดลองที่ 4 สับปะรดจุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 5.0 mM เป็นเวลา 5 นาทีและนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy
ชุดทดลองที่ 5 สับปะรดจุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 10.0 mM เป็นเวลา 5 นาที
ชุดทดลองที่ 6 สับปะรดจุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 10.0 mM เป็นเวลา 5 นาทีและนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy

นำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส นาน 30 วัน โดยทำการเก็บตัวอย่างเพื่อบันทึกผลการทดลองทุก 7 วัน โดยย้ายออกมาจากอุณหภูมิที่เก็บรักษามาที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน ก่อนการตรวจสอบคุณภาพ

การบันทึกผลการทดลอง

ทำการเก็บตัวอย่างเพื่อบันทึกผลการทดลองทุก 7 วัน หลังจากย้ายสับปะรดออกมาจากอุณหภูมิที่เก็บรักษา ไปวางที่อุณหภูมิห้อง อีก 2 วัน ก่อนการตรวจสอบคุณภาพจนสิ้นสุดการทดลอง โดยบันทึกผลการทดลองทั้ง 2 การทดลองดังนี้

1. การเกิดอาการไส้สีน้ำตาล (Internal browning) (ดัดแปลงจาก Selvarajah และคณะ, 2001)

0 คะแนน เนื้อผลปกติ
1 คะแนน เนื้อผลแสดงอาการไส้สีน้ำตาลน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์
2 คะแนน เนื้อผลแสดงอาการไส้สีน้ำตาล 1 1-25 เปอร์เซ็นต์
3 คะแนน เนื้อผลแสดงอาการไส้สีน้ำตาล 26-50 เปอร์เซ็นต์
4 คะแนน เนื้อผลแสดงอาการไส้สีน้ำตาล 51-75 เปอร์เซ็นต์
5 คะแนน เนื้อผลแสดงอาการไส้สีน้ำตาลมากกว่า 7 6 เปอร์เซ็นต์

2. การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อของผลสับปะรด

ทำการวัดสีเปลือกและเนื้อของสับปะรดโดยการใช้เครื่องวัดสี (Minolta Model DP-301) โดยให้หัววัดแนบสัมผัสกับผิวสับปะรดให้มากที่สุด และรายงานผลเป็นค่า Hunter scale ซึ่งประกอบด้วยค่าต่างๆ ดังนี้

- ค่า L เป็นค่าที่รายงานถึงความสว่างของสี มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ถ้าค่า L สูง หมายถึง มีความสว่างมาก แต่ถ้าค่า L ต่ำ หมายถึง มีสีเข้มมาก

- ค่า Hue angle (H°) เป็นค่าที่รายงานถึงการเปลี่ยนแปลงของโทนสีในระดับต่างๆ ที่เปลี่ยนไปตามค่ามุม ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

Hue angle (H°) = $(\tan^{-1} b/a)$ เมื่อค่า $a > 0$ และ $b < 0$
Hue angle (H°) = $180^{\circ} + (\tan^{-1} b/a)$ เมื่อค่า $a < 0$
Hue angle (H°) = $360^{\circ} + (\tan^{-1} b/a)$ เมื่อค่า $a > 0$ และ $b < 0$

และการให้คะแนนการเปลี่ยนสีของเปลือก (ดัดแปลงจาก Wijeratnam และคณะ, 1997) ดังนี้

1 คะแนน สีผิวเปลี่ยนเป็นสีเหลือง 1-25 เปอร์เซ็นต์
2 คะแนน สีผิวเปลี่ยนเป็นสีเหลือง 26-50 เปอร์เซ็นต์
3 คะแนน สีผิวเปลี่ยนเป็นสีเหลือง 51-75 เปอร์เซ็นต์
4 คะแนน สีผิวเปลี่ยนเป็นสีเหลือง 76-100 เปอร์เซ็นต์

3. การเปลี่ยนแปลงวิตามินซี (Roe และคณะ, 1948)

นำเนื้อสับปะรดปริมาณ 5 กรัม ผสมกับสารละลาย metaphosphoric acid ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ปั่นให้ละเอียด หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 10,000× g นำสารละลายตัวอย่าง 0.4 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองและเติมสาร indophenols ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร (สำหรับหา ascorbic acid) และเติมสาร metaphosphoric acid ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร (สำหรับหา dehydroascorbic acid) จากนั้นเติม thiourea ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร และ 2,4-dinitrophenyl

hydrazine (DNP) ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร จากนั้นทำการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นเติมกรดซัลฟูริค 85 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 30 นาที (วางหลอดทดลองไว้บนน้ำแข็ง) จึงนำไปวัดหาปริมาณ ascorbic acid และ dehydroascorbic acid ที่ช่วงความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้มาคำนวณกับกราฟมาตรฐานของ ascorbic acid ความเข้มข้น 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 มิลลิกรัมต่อลิตร

4. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด

นำสับปะรดแต่ละชุดการทดลองมาบดให้ละเอียด จากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อนำน้ำคั้นมาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ด้วยเครื่อง Hand refractometer ค่าที่อ่านได้มีหน่วยเป็นองศาบริกส์

5. ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ทั้งหมด

ทำการคั้นน้ำจากผลสับปะรด หลังจากนั้นนำน้ำคั้นมา 2.5 มิลลิลิตร เจือจางกับน้ำกลั่น 2.5 มิลลิลิตร ไตเตรทกับ 0.1 N NaOH โดยใช้สารละลาย phenolphthalein ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์เป็น indicator จนถึงจุดยุติ คือ เมื่อสารละลายมีสีชมพูอย่างน้อย 30 วินาที หรือไตเตร ทแล้วอ่านค่าความเป็นกรด-ด่าง จนถึง pH 8.1 คำนวณกรดที่ไตเตรทได้เป็นกรดซิตริก ดังสมการ

$$\%\text{Titrateable acidity} = \frac{(\text{ml NaOH})\,(0.1)\,(0.064) \times 100}{\text{ml of sample}}$$

ml NaOH = ปริมาตรสารละลาย NaOH ที่ใช้ในการไตเตรท (ml)

ml of sample = ปริมาตรน้ำคั้นของผลไม้ที่ใช้ในการไตเตรท (ml)

6. เปอร์เซ็นต์การเน่าเสีย

นับจำนวนผลสับปะรดที่แสดงอาการเน่าเสียทั้งหมดและจำนวนผลสับปะรดทั้งหมดที่ใช้ในการทดลองแต่ละ ชุดทดลอง แล้วคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การเน่าเสีย

7. ความรุนแรงของการเน่าเสีย โดยการให้คะแนนตามเกณฑ์ต่อไปนี้

0 คะแนน ผลปกติ

1 คะแนน ผลแสดงอาการเน่าเสีย 1-5 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวผลิตผล

2 คะแนน ผลแสดงอาการเน่าเสีย >5-10 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวผลิตผล

3 คะแนน ผลแสดงอาการเน่าเสีย >10-15 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวผลิตผล

4 คะแนน ผลแสดงอาการเน่าเสีย >15-20 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวผลิตผล

5 คะแนน ผลแสดงอาการเน่าเสีย >20 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวผลิตผล

8. กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) (Lichter และคณะ, 2000)

ชั่งตัวอย่างเนื้อเยื่อจำนวน 2 กรัม เติมสารละลาย Sodium phosphate buffer ความเข้มข้น 0.1 M pH 6.6 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร และสาร Polyvinyl pyrollidone จำนวน 0.5 กรัม จากนั้นนำมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่อง Homogenizer แล้วจึงนำมาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง Centrifuge ที่ความเร็วรอบ 8000 × g ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 นาที นำส่วนใสที่แยกได้มาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง Centrifuge อีกครั้ง ที่ความเร็วรอบ 10000 × g ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 20 นาที จากนั้นจึงนำส่วนใสที่ได้มาวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ PPO และปริมาณโปรตีนทั้งหมดของสารละลายตัวอย่าง

ทำการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ PPO โดยดูดสารละลายส่วนใสที่สกัด 0.75 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย 4-Methyl catechol ความเข้มข้น 23 mM ปริมาตร 0.12 มิลลิลิตร แล้วจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร ทุกๆ 10 วินาที เป็นเวลานาน 1 นาที กำหนดให้กิจกรรมของเอนไซม์ 1 Unit คือปริมาณเอนไซม์ที่ทำให้ค่าดูกลืนแสงเปลี่ยนแปลง 0.001 ต่อนาที โดยใช้ค่าการดูดกลืนแสงที่ช่วง 10-30 วินาที มาคำนวณเป็น ΔOD_{410}/มิลลิกรัมโปรตีน/นาที

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนทั้งหมด (Bradford, 1976) โดยนำสารละลายส่วนใสที่ได้จากขั้นตอนการสกัดเอนไซม์ PPO ปริมาณ 1 มิลลิลิตร เติมลงในหลอดทดลอง แล้วเติม Dye stock ปริมาตร 4 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่อง Vortex ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลานาน 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบกับ Blank ซึ่งใช้สารละลาย Sodium phosphate buffer ความเข้มข้น 0.1 M (pH 6.6) แทนสารละลายส่วนใส นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้เทียบกับค่าการดูดกลืนแสงของกราฟมาตรฐานของสารละลายโปรตีน

9. กิจกรรมของเอนไซม์ Peroxidase (POD) (Dong และคณะ, 2004)

ชั่งตัวอย่างเนื้อเยื่อจำนวน 2 กรัม เติมสารละลาย Sodium phosphate buffer ความเข้มข้น 0.1 M pH 6.8 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร และสาร Polyvinyl pyrollidone จำนวน 0.2 กรัม จากนั้นนำมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่อง Homogenizer แล้วจึงนำมาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง Centrifuge ที่ความเร็วรอบ 10,000 ×g ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 15 นาที จากนั้นจึงนำส่วนใสที่ได้มาวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ POD และปริมาณโปรตีนทั้งหมดของสารละลายตัวอย่าง

ทำการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ POD ตามวิธีของ Macadam (1992) โดยดูดสารละลายส่วนใสที่สกัด 0.2 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย Sodium phosphate buffer ความเข้มข้น 0.1 M (pH 6.8) ปริมาตร 2.7 มิลลิลิตร สารละลาย Hydrogen peroxide (H_2O_2) ความเข้มข้น 0.46 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร สารละลาย guaiacol ความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร แล้วจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 4 70 นาโนเมตร ทุกๆ 10 วินาที เป็นเวลานาน 3 นาที กำหนดให้กิจกรรมของเอนไซม์ 1 Unit คือปริมาณเอนไซม์ที่ทำให้ค่าดูกลืนแสงเปลี่ยนแปลง 0.01 ต่อนาที โดยใช้ค่าการดูดกลืนแสงที่ช่วง 10-30 วินาที มาคำนวณเป็น ΔOD_{470}/มิลลิกรัมโปรตีน/นาที

10. กิจกรรมของเอนไซม์ Phenylalanine ammonia lyase (PAL) (Jiang และ FU, 1999)

ชั่งตัวอย่างเนื้อเยื่อจำนวน 2 กรัม เติมสารละลายที่ประกอบด้วย borate buffer ความเข้มข้น 0.1 M (pH 8.0) สารละลาย EDTA ความเข้มข้น 2 mM สารละลาย β-mercaptoethanol ความเข้มข้น 5 mM ปริมาตร 20 มิลลิลิตร และสาร Polyvinyl pyrollidone จำนวน 0. 2 กรัม จากนั้นนำมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่อง Homogenizer แล้วจึงนำมาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง Centrifuge ที่ความเร็วรอบ 19,000× g ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 20 นาที จากนั้นจึงนำส่วนใสที่ได้มาวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ PAL และปริมาณโปรตีนทั้งหมดของสารละลายตัวอย่าง

ทำการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ PAL โดยดูดสารละลายส่วนใสที่สกัด 0.5 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลายประกอบด้วย Sodium phosphate buffer ความเข้มข้น 0.1 M (pH 8) และสารละลาย L-phenylanine ความเข้มข้น 3 mM ปริมาตร 2 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 290 นาโนเมตร

11. กิจกรรมเอนไซม์ Superoxide dismutase (SOD)

ชั่งเนื้อเยื่อจำนวน 5 กรัม เติมสารละลายที่ประกอบด้วยสารละลาย Sodium phosphate buffer ความเข้มข้น 50 mM (pH 7.8) สารละลาย Triton X-100 ความเข้มข้น 0.025 เปอร์เซ็นต์ และ PVPP 0.5 กรัม จากนั้นนำมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่อง Homogenizer แล้วจึงนำมาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง Centrifuge ที่ความเร็วรอบ 15,000 rpm ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 20 นาที จากนั้นจึงนำส่วนใสที่ได้มาวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์ SOD และปริมาณโปรตีนทั้งหมดของสารละลายตัวอย่าง

ทำการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ SOD โดยดูดสารละลายส่วนใสที่สกัด 0.05 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลายประกอบด้วย สารละลาย Sodium phosphate buffer ความเข้มข้น 0.05 M (pH 7.8) และ สารละลาย Triton X-100 ความเข้มข้น 0.025 เปอร์เซ็นต์ปริมาตร 2.31 มิลลิลิตร L-methionine ความเข้มข้น 0.13 M ปริมาตร 0.30 มิลลิลิตร nitro blue tetrazolium (NBT) ความเข้มข้น 0.63 mM ปริมาตร 0.30 มิลลิลิตร และ riboflavin ความเข้มข้น 0.15 mM ปริมาตร 0.04 มิลลิลิตร จากนั้นนำมาผสมให้เข้ากันด้วย votex แล้วนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร

12. การวิเคราะห์มาลอนไดอัลดีไฮด์ (malondialdehyde; MDA) (Wang และคณะ, 2005)

ใช้วิธีการ modified thiobarbituric assay โดยให้ thiobabituric acid (TBA) ทำปฏิกิริยากับ malondialdehyde (MDA) เกิดสารสีแดงหรือสารเรืองแสง โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้ ชั่งเนื้อเยื่อจำนวน 10 กรัมเติมสาร polyvinyl polypyrolidone (PVPP) 0.5 กรัม และ sodium phosphate buffer ความเข้มข้น 100 mM (pH 6.4) ทำการปั่นตัวอย่างให้ละเอียดด้วยเครื่อง Homogenizer จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง Centrifuge ที่ความเร็วรอบ 27,000× g เป็นเวลา 50 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส การวิเคราะห์ทำได้โดยการนำส่วนใสที่ได้ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เติมสารละลาย thiobarbituric acid (TBA) ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ที่มี trichloroacetic acid (TCA) ความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์หลังจากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที เมื่อครบตามระยะเวลาที่กำหนด นำไปให้ความเย็น

ทันทีในถังน้ำแข็ง เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง Centrifuge ที่ความเร็วรอบ 12,000× g เป็นเวลา 10 นาที นำส่วนใส่ที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 และ 600 นาโนเมตร หลังจากนั้นนำไปคำนวณปริมาณ MDA โดยใช้ค่า extinction coefficient 157 mM/cm.

$$\text{ปริมาณ MDA (nmol)} = \frac{[OD532 - OD600] \times 106}{157,000}$$

13. การทดสอบทางประสาทสัมผัส (รสชาติ กลิ่น และการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภค)

โดยการให้คะแนนดังนี้ (ดัดแปลงจาก Bartolome และคณะ, 1976)

กลิ่น

1 คะแนน ไม่ชอบ

2 คะแนน เฉยๆ

3 คะแนน ชอบ

รสชาติ

1 คะแนน ไม่ชอบ

2 คะแนน เฉยๆ

3 คะแนน ชอบ

การยอมรับโดยรวม

1 คะแนน ไม่ชอบมาก

2 คะแนน ไม่ชอบ

3 คะแนน เฉยๆ

4 คะแนน ชอบ

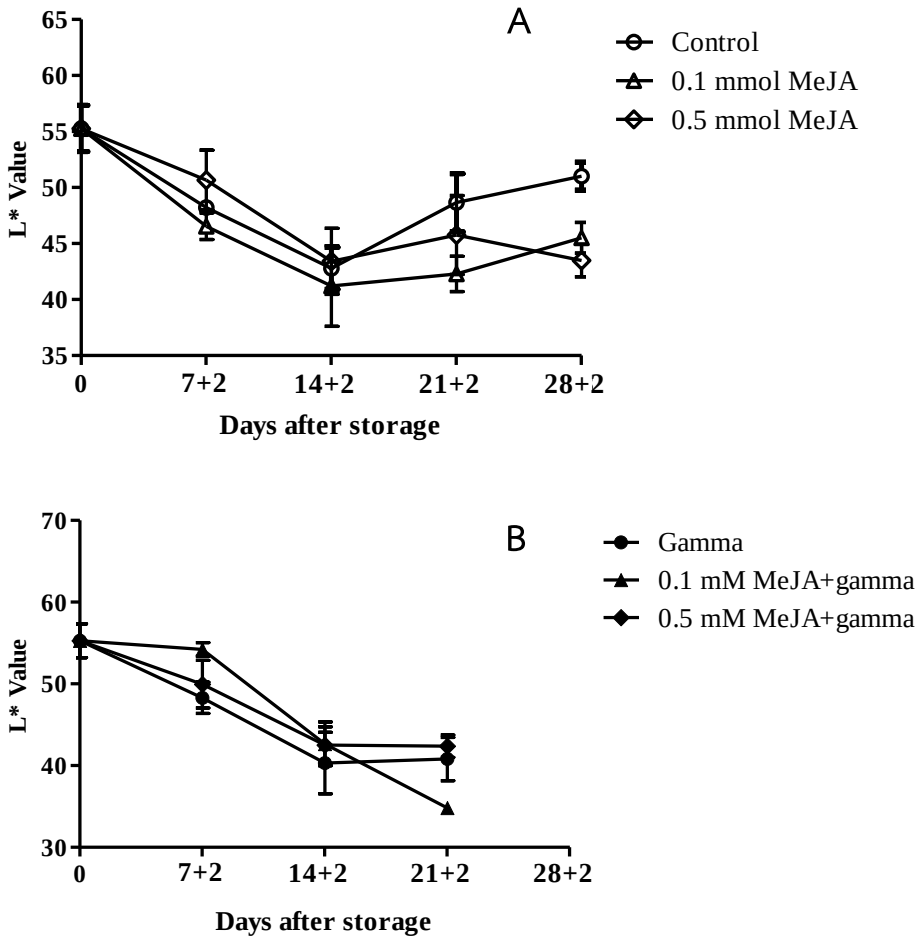
5 คะแนน ชอบมาก

บทที่ 4 ผลการวิจัย

4.1 ผลของการจุ่มเมทิลจัสโมเนท เพื่อลดอาการไส้สีน้ำตาลในผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียฉายรังสีแกมมา

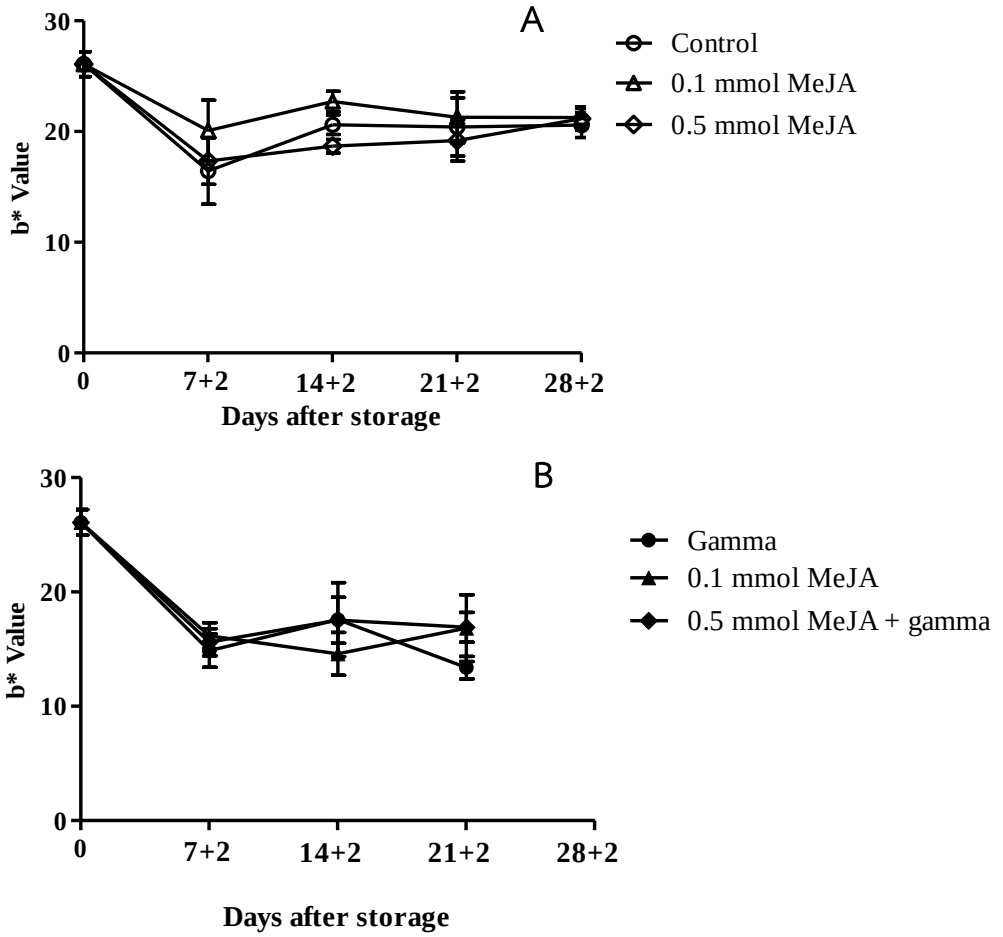
4.1.1 การเปลี่ยนแปลงสีของสับปะรดบริเวณเปลือก

ค่า L* คือ ค่าความเข้มและความสว่างของสี ซึ่งถ้าค่า L* สูง หมายถึง มีความสว่างมาก แต่ถ้าค่า L* ต่ำ หมายถึง สีเข้มมาก จากผลการทดลอง พบว่า สับปะรดทุกชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มและไม่จุ่มเมทิลจัสโมเนท และผ่านการฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกคล้ำมากขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา เมื่อเปรียบเทียบกับผลสับปะรดที่ผ่านการจุ่มและไม่จุ่มเมทิลจัสโมเนท และไม่ผ่านการฉายรังสี โดยผลสับปะรดทุกชุดการทดลองมีค่า L* เริ่มต้นเท่ากับ 55.27 หลังจากนั้นเมื่อเก็บรักษา 28 วัน ผลสับปะรดชุดที่ผ่านการจุ่มและไม่จุ่มเมทิลจัสโมเนท ก่อนนำไปฉายรังสีมีสีเปลือกสีน้ำตาลคล้ำผิดปกติ ทั้งนี้ในระหว่างการเก็บรักษา 14 วัน ผลสับปะรดมีค่า L* ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ในขณะที่สับปะรดที่ผ่านการจุ่มและไม่จุ่มเมทิลจัสโมเนท และไม่ฉายรังสี ไม่พบการเกิดสีน้ำตาลคล้ำแบบผิดปกติบนเปลือกสับปะรด นอกจากนี้ ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา ผลสับปะรดชุดควบคุมมีค่า L* สูงที่สุด เท่ากับ 48.66 รองลงมาได้แก่ ผลที่ผ่านการจุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.5 mmol/L และไม่ฉายรังสี มีค่า L* เท่ากับ 45.75 ผลที่ผ่านการจุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.5 mmol/L และฉายรังสีมีค่า L* เท่ากับ 42.39 รองลงมาได้แก่ ผลสับปะรดที่ผ่านการจุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 mmol/L และไม่ฉายรังสีมีค่า L* เท่ากับ 42.29 และชุดที่ฉายรังสีแกมมาอย่างเดียว มีค่า L* เท่ากับ 40.80 และสับปะรดที่ผ่านการจุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 mmol/Lและฉายรังสีมีค่า L* เท่ากับ 34.83 ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$) (รูปที่ 1) (ตารางภาคผนวกที่ 1)



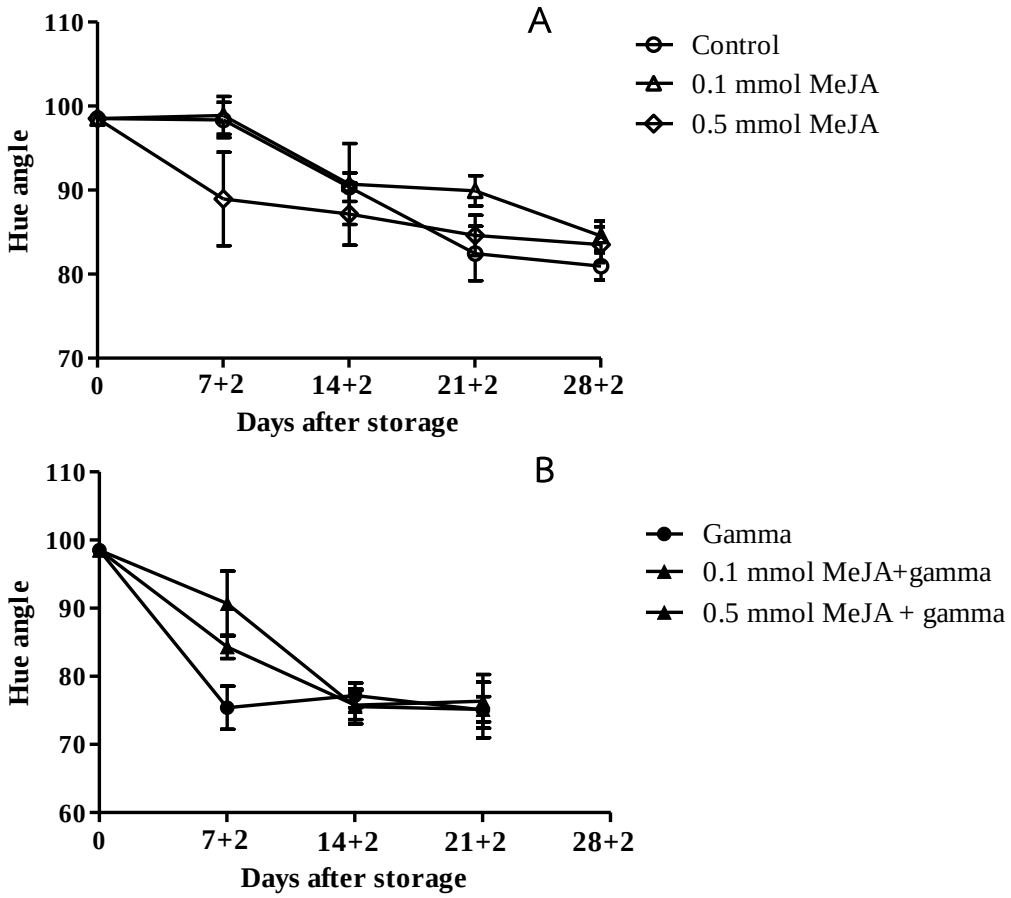
รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของสับปะรดบริเวณเปลือก ที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0 0.1 และ 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)

การเปลี่ยนแปลงค่า b* ในกรณีที่ ค่า b เป็นลบ จะแสดงสีน้ำเงิน และในกรณีที่ค่า b เป็นบวก จะแสดงสีเหลืองของสับปะรดบริเวณเปลือก พบว่า ผลสับปะรดในทุกชุดการทดลองมีสีเหลืองของเปลือกลดลงในระหว่างการเก็บรักษา โดยสับปะรดที่ผ่านการจุ่มและไม่จุ่มเมทิลจัสโมเนท และผ่านการฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส มีการลดลงของสีเหลือง และเกิดเป็นสีน้ำตาลคล้ำมากกว่าผลสับปะรดที่ผ่านและไม่ผ่านการจุ่มเมทิลจัสโมเนทและไม่ผ่านการฉายรังสี โดยพบว่าในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ของผลสับปะรดที่ผ่านการจุ่มเมทิลจัสเนท 0.1 mmol/L ชุดควบคุม และสับปะรดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.5 mmol/L เพียงอย่างเดียว ไม่มีความแตกต่างทางสถิติซึ่งมีค่าเท่ากับ 21.28 20.42 และ 19.20 ตามลำดับ ผลสับปะรดที่ผ่านการฉายรังสีแกมมาเพียงอย่างเดียวมีการลดลงของค่า b* มากที่สุด รองลงมาได้แก่ ผลที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 mmol/L ร่วมกับการฉายรังสี และผลสับปะรดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.5 mmol/L ร่วมกับการฉายรังสี ตามลำดับ (รูปที่ 2) (ตารางภาคผนวกที่ 2)



รูปที่ 2 การเปลี่ยนแปลงค่า b* ของสับปะรดบริเวณเปลือก ที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0 0.1 และ 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)

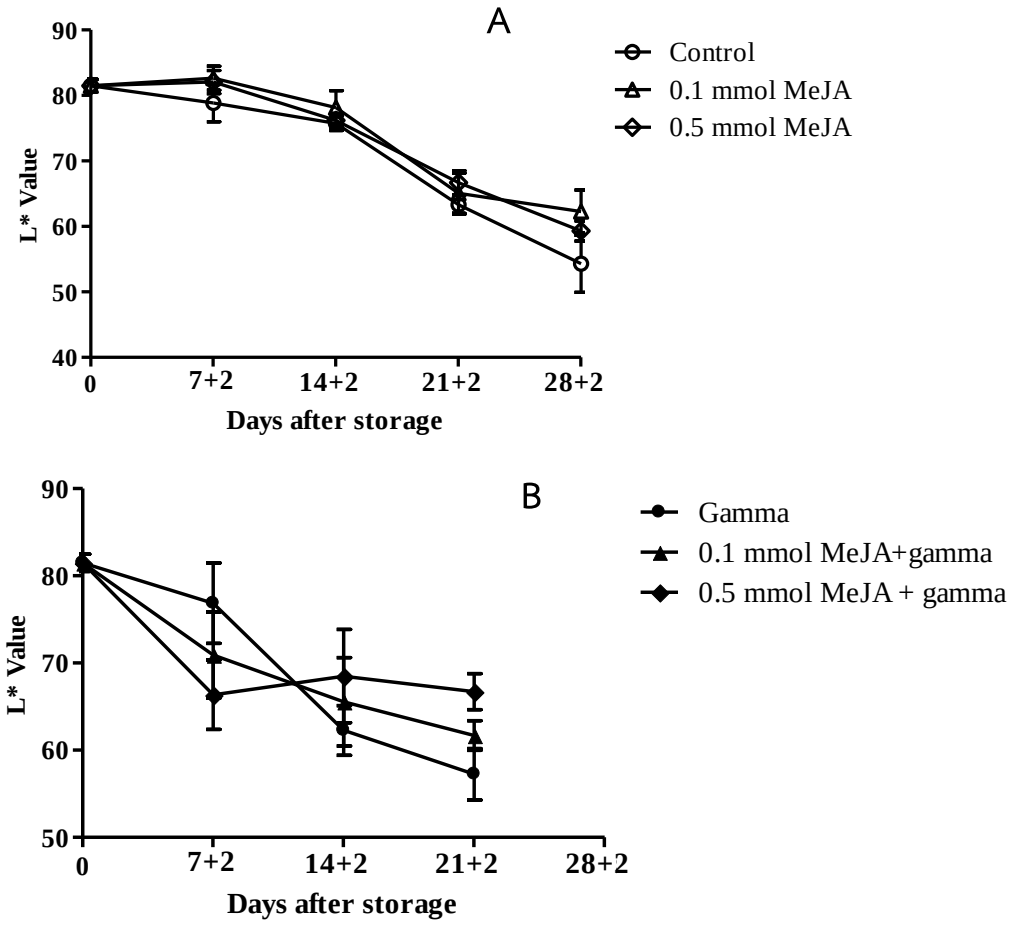
การเปลี่ยนแปลงค่า Hue ของสับปะรดทุกชุดการทดลองมีค่า Hue ลดลงในระหว่างการเก็บรักษา โดยผลสับปะรดที่จุ่มและไม่จุ่มเมทิลจัสโมเนทร่วมกับการฉายรังสีมีค่า Hue ลดลงมากกว่าชุดที่ไม่ผ่านการฉายรังสีอย่างมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง สับปะรดมีค่า Hue เริ่มต้นเท่ากับ 98.53 ผลที่ฉายรังสีแกมมาเพียงอย่างเดียวมีการลดลงของค่า Hue มากที่สุดเมื่อเทียบกับชุดทดลองอื่นๆ ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา ผลสับปะรดที่ฉายรังสีเพียงอย่างเดียวมีค่า Hue ลดลงมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ผลที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.5 mmol/L ร่วมกับการฉายรังสี และผลที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 mmol/L ร่วมกับการฉายรังสี ซึ่งมีค่า Hue เท่ากับ 75.06 75.15 และ 76.34 ตามลำดับ ส่วนสับปะรดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 mmol/L อย่างเดียวชะลอการเปลี่ยนแปลงของค่า Hue ได้ดีที่สุด รองลงมาได้แก่ ผลที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.5 mmol/L และชุดควบคุมตามลำดับ ซึ่งมีค่า Hue เท่ากับ 89.92 84.62 และ 82.46 ตามลำดับ (รูปที่ 3) (ตารางภาคผนวกที่ 3)



รูปที่ 3 การเปลี่ยนแปลงค่า Hue angle ของสับปะรดบริเวณเปลือก ที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0 0.1 และ 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)

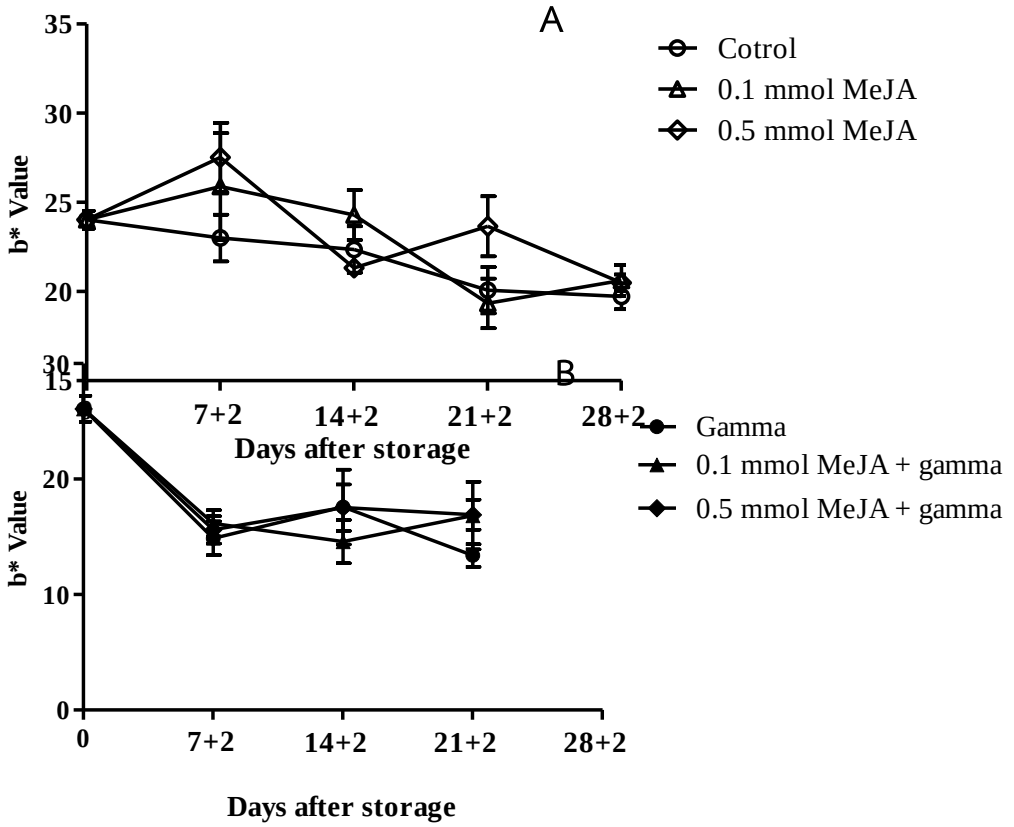
4.1.2 การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อของสับปะรด

จากการตรวจสอบบริเวณเนื้อสับปะรดที่ใช้ในการทดลองนี้ พบว่าสับปะรดที่ผ่านและไม่ผ่านการจุ่มเมทิลจัสโมเนท และไม่ฉายรังสีมีค่า L* สูงกว่าสับปะรดชุดที่ผ่านการฉายรังสี สับปะรดที่ผ่านการจุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.5 mmol/L และนำไปฉายรังสี พบว่าบริเวณเนื้อสับปะรดมีค่า L* เท่ากับ 66.72 รองลงมาได้แก่ สับปะรดที่ผ่านการจุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.5 mmol/L และไม่ฉายรังสี มีค่า L* เท่ากับ 66.68 รองลงมาได้แก่ สับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท 0.1 mmol/L และไม่ฉายรังสี มีค่า L* เท่ากับ 65.08 และสับปะรดชุดควบคุม ตามด้วยสับปะรดที่ผ่านการจุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 mmol/L และนำไปฉายรังสี ซึ่งมีค่า L* เท่ากับ 63.32 และ 61.69 ตามลำดับ และสับปะรดที่ผ่านการฉายรังสีอย่างเดียวมีค่า L* ต่ำที่สุด ซึ่งแสดงถึงลักษณะเนื้อสับปะรดที่มีสีเหลืองคล้ำที่สุด ได้แก่ 57.24 ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา (รูปที่ 4) (ตารางภาคผนวกที่ 4)



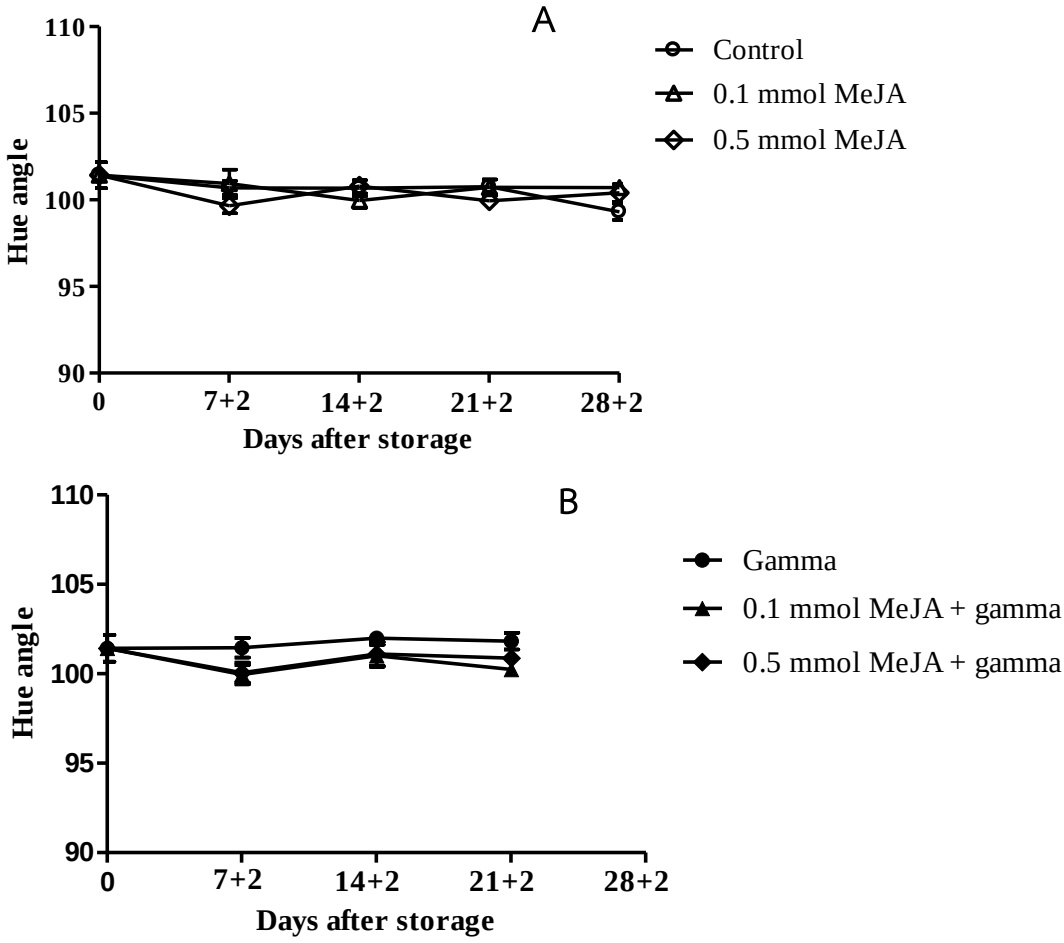
รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของสับปะรดบริเวณเปลือก ที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0 0.1 และ 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)

การเปลี่ยนแปลงค่า b* ในกรณีที่ ค่า b เป็นลบ จะแสดงสีน้ำเงิน และในกรณีที่ค่า b เป็นบวก จะแสดงสีเหลืองของสับปะรดบริเวณเนื้อ พบว่า ผลสับปะรดในทุกชุดการทดลองมีสีเหลืองของเนื้อลดลงในระหว่างการเก็บรักษา การลดลงของค่า b* สอดคล้องกับการเกิดไส้สีน้ำตาล (internal browning) โดยสับปะรดที่ผ่านการจุ่มและไม่จุ่มเมทิลจัสโมเนท และผ่านการฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส มีการลดลงของสีเหลือง และเกิดเป็นสีน้ำตาลคล้ำมากกว่าผลสับปะรดที่ผ่านและไม่ผ่านการจุ่มเมทิลจัสโมเนทและไม่ผ่านการฉายรังสี สับปะรดทุกชุดการทดลองมีค่า b* ของเนื้อเท่ากับ 24.02 ในวันแรกของการเก็บรักษา โดยพบว่าในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา ผลสับปะรดที่ผ่านการจุ่มเมทิลจัสเนท 0.5 mmol/L อย่างเดียวสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของสับปะรดได้มากที่สุด รองลงมาได้แก่ ผลสับปะรดที่ผ่านการจุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 และ 0.5 mmol/L ร่วมกับการฉายรังสี ซึ่งมีค่าเท่ากับ 23.66 22.95 20.51 ตามลำดับ (รูปที่ 5) (ตารางภาคผนวกที่ 5)



รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงค่า b* ของสับปะรดบริเวณเปลือก ที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0 0.1 และ 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)

การเปลี่ยนแปลงค่า Hue ของสับปะรดบริเวณเนื้อ พบว่าสับปะรดทุกชุดการทดลองมีค่า Hue ค่อนข้างคงที่ในระหว่างการเก็บรักษา โดยในวันแรกของการเก็บรักษา สับปะรดทุกชุดการทดลองมีค่า Hue เท่ากับ 101.43 และในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา สับปะรดชุดที่ฉายรังสีอย่างเดียวมีค่า Hue เพิ่มสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดทดลองอื่น รองลงมาได้แก่ สับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท 0.5 mmol/L และฉายรังสี สับปะรดชุดควบคุม สับปะรดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนทอย่างเดียว 0.1 mmol/L สับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท 0.1 mmol/L และฉายรังสี และสับปะรดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.5 mmol/L ซึ่งมีค่า Hue เท่ากับ 101.83 100.88 100.76 100.72 100.25 และ 99.95 ตามลำดับ (รูปที่ 6) (ตารางภาคผนวกที่ 6)



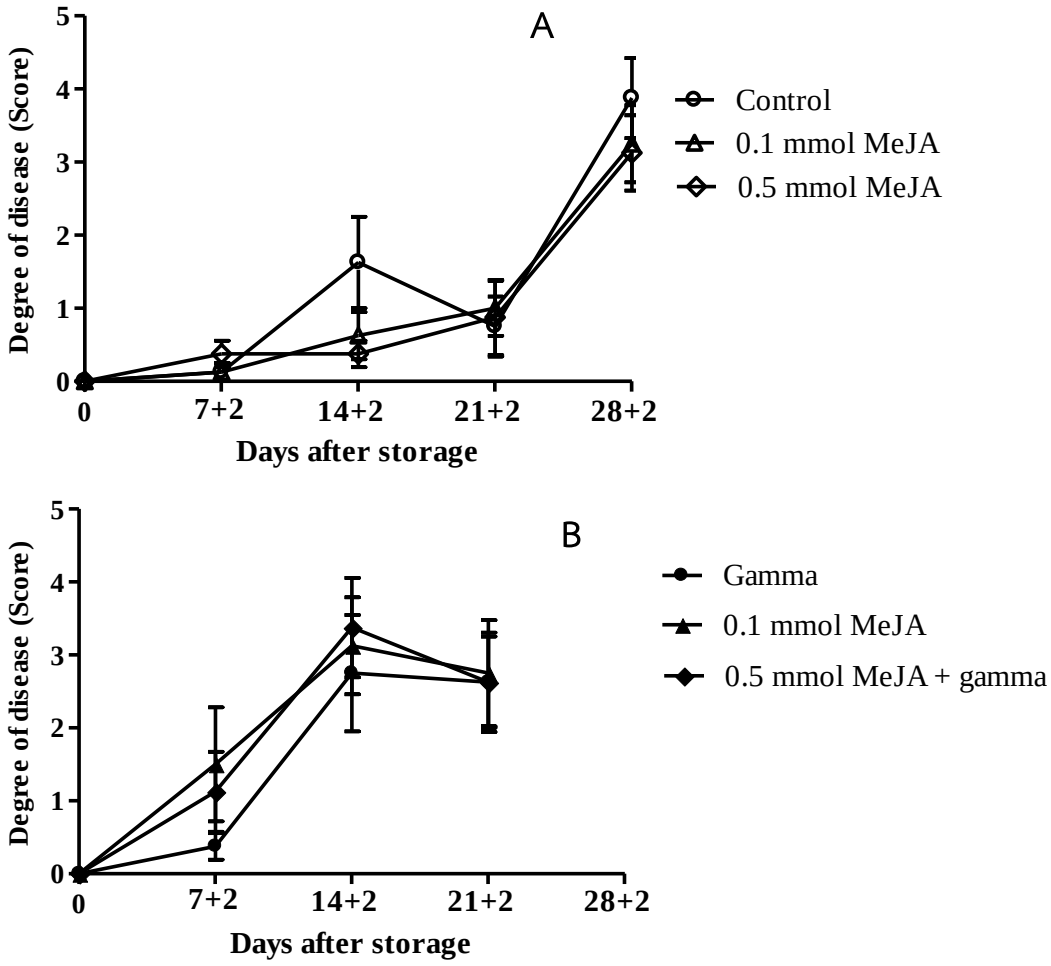
รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงค่า Hue angle ของสับปะรดบริเวณเปลือก ที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0 0.1 และ 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)

4.1.3 การเน่าเสีย

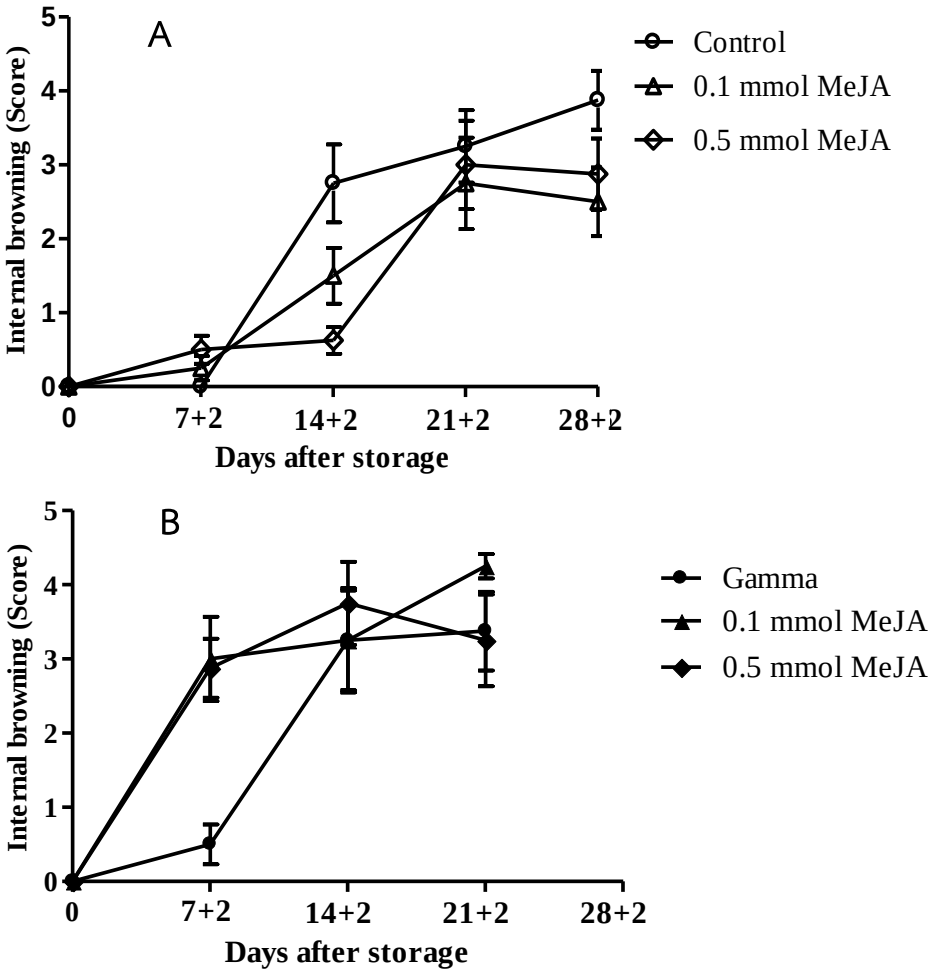
ระดับความรุนแรงของการเน่าเสียของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 0 0.1 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 ℃ มีความรุนแรงกว่าผลที่ไม่ได้ฉายรังสี โดยสับปะรดที่จุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 0.1 และ 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา มีการเน่าเสีย 1-5 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวผลิตผล ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา และเพิ่มความรุนแรงเป็นมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผลิตผลในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา รองลงมาได้แก่ สับปะรดที่ฉายรังสีอย่างเดียว ในทางตรงกันข้าม สับปะรดที่จุ่มและไม่จุ่มเมทิลจัสโมเนท แต่ไม่ได้ฉายรังสีมีระดับความรุนแรงของการเน่าเสียของผลสับปะรดต่ำกว่าชุดที่ฉายรังสี โดยหลังจากเก็บรักษา 7 วัน สับปะรดที่จุ่มและไม่จุ่มเมทิลจัสโมเนทที่ไม่ได้ฉายรังสีแสดงระดับการเน่าเสียต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวทั้งหมด และในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา พบว่า สับปะรดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.5 mmol/L มีระดับความรุนแรงของการเน่าเสียต่ำที่สุด รองลงมาได้แก่ สับปะรดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 mmol/L สับปะรดชุดควบคุม สับปะรดชุดฉายรังสีอย่างเดียว สับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 0.1 และ 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy โดยมีค่าระดับความรุนแรงเท่ากับ 0.38 0.63 1.63 2.75 3.13 และ 3.38 ตามลำดับ (รูปที่ 7) (ตารางภาคผนวกที่ 7)

4.1.4 การเกิดอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรด

จากการทดลองพบว่า ผลสับปะรดทุกชุดการทดลองแสดงอาการไส้สีน้ำตาลเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น โดยผลสับปะรดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนทร่วมกับการฉายรังสีเกิดอาการไส้สีน้ำตาลภายหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วันแล้วนำออกมาวางที่ 25องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน พบสับปะรดมีระดับความรุนแรง ของการเกิดไส้สีน้ำตาล 50 ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) ในขณะที่สับปะรดชุดทดลองอื่นๆ มีอาการไส้สีน้ำตาลน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดทุดชุดการทดลองเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยในวันที่ 14 + 2 ของการเก็บรักษา พบว่าสับปะรดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 0.5 mmol/L ร่วมกับการฉายรังสีแกมมามีอาการไส้สีน้ำตาล 70 เปอร์เซ็นต์ของเนื้อสับปะรด รองลงมาได้แก่ ชุดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 mmol/L ร่วมกับการฉายรังสี และชุดที่ฉายรังสีอย่างเดียว มีอาการไส้สีน้ำตาล 40 เปอร์เซ็นต์ของเนื้อสับปะรด ตามมาด้วยสับปะรดชุดควบคุม ซึ่งมีอาการไส้สีน้ำตาล 20 เปอร์เซ็นต์ และสับปะรดชุดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 และ 0.5 mmol/L ซึ่งมีอาการไส้สีน้ำตาล 10 และ 5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (รูปที่ 8) (ตารางภาคผนวกที่ 8)



รูปที่ 7 ระดับความรุนแรงของการเน่าเสียของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0 0.1 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน) (0 คะแนน คือ ผลปกติ, 1 คะแนน คือ ผลแสดงอาการเน่าเสีย 1-5 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวผลิตผล, 2 คะแนน คือ ผลแสดงอาการเน่าเสีย >5-10 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวผลิตผล, 3 คะแนน คือ ผลแสดงอาการเน่าเสีย >10-15 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวผลิตผล, 4 คะแนน คือ ผลแสดงอาการเน่าเสีย >15-20 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวผลิตผล, 5 คะแนน คือ ผลแสดงอาการเน่าเสียมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวผลิตผล)

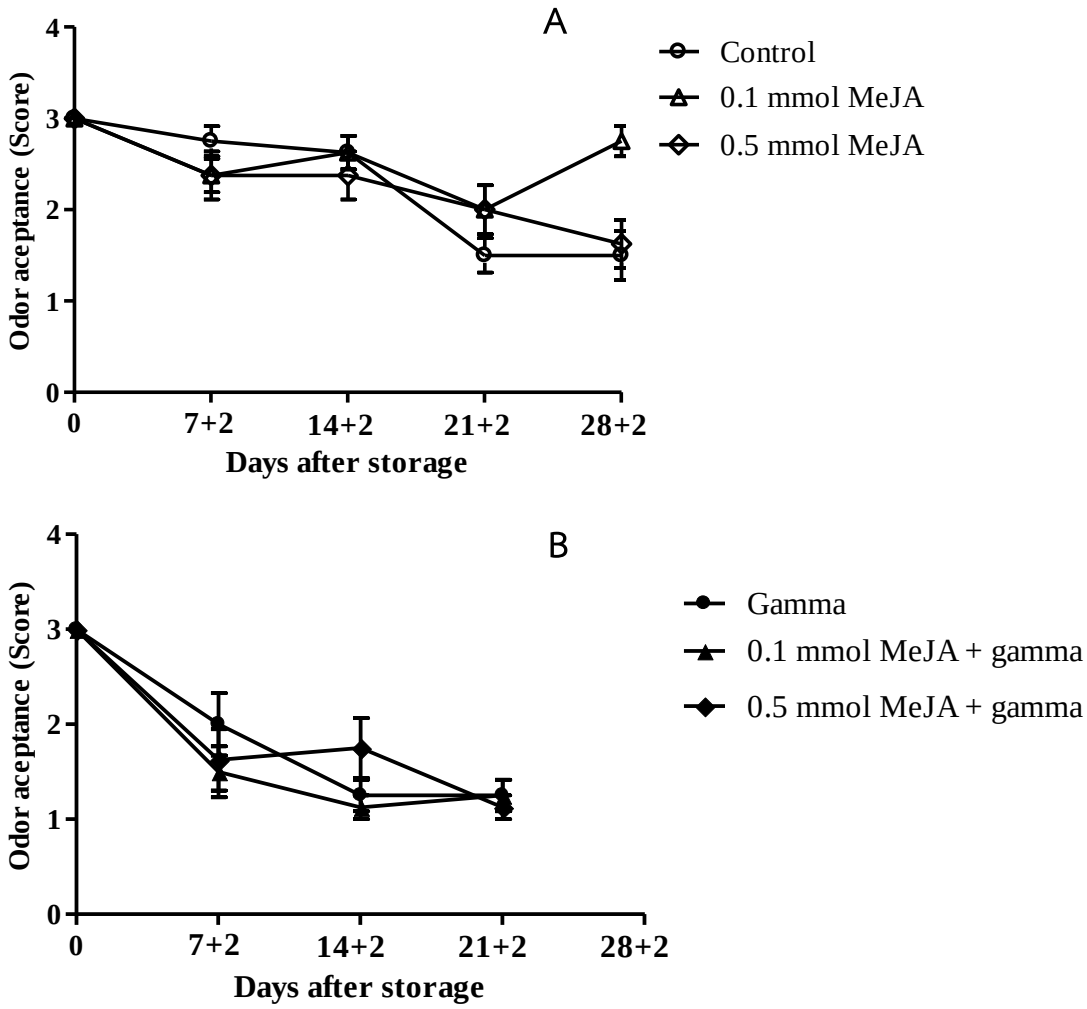


รูปที่ 8 คะแนนการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0 0.1 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน) (0 คะแนน คือ เนื้อผลปกติ, 1 คะแนน คือ เนื้อผลแสดงอาการไส้สีน้ำตาลน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์, 2 คะแนน คือ เนื้อผลแสดงอาการไส้สีน้ำตาล 10-25 เปอร์เซ็นต์, 3 คะแนน คือ เนื้อผลแสดงอาการไส้สีน้ำตาล 26-50 เปอร์เซ็นต์, 4 คะแนน คือ เนื้อผลแสดงอาการไส้สีน้ำตาล 51-75 เปอร์เซ็นต์, 5 คะแนน คือ เนื้อผลแสดงอาการไส้สีน้ำตาลมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์)

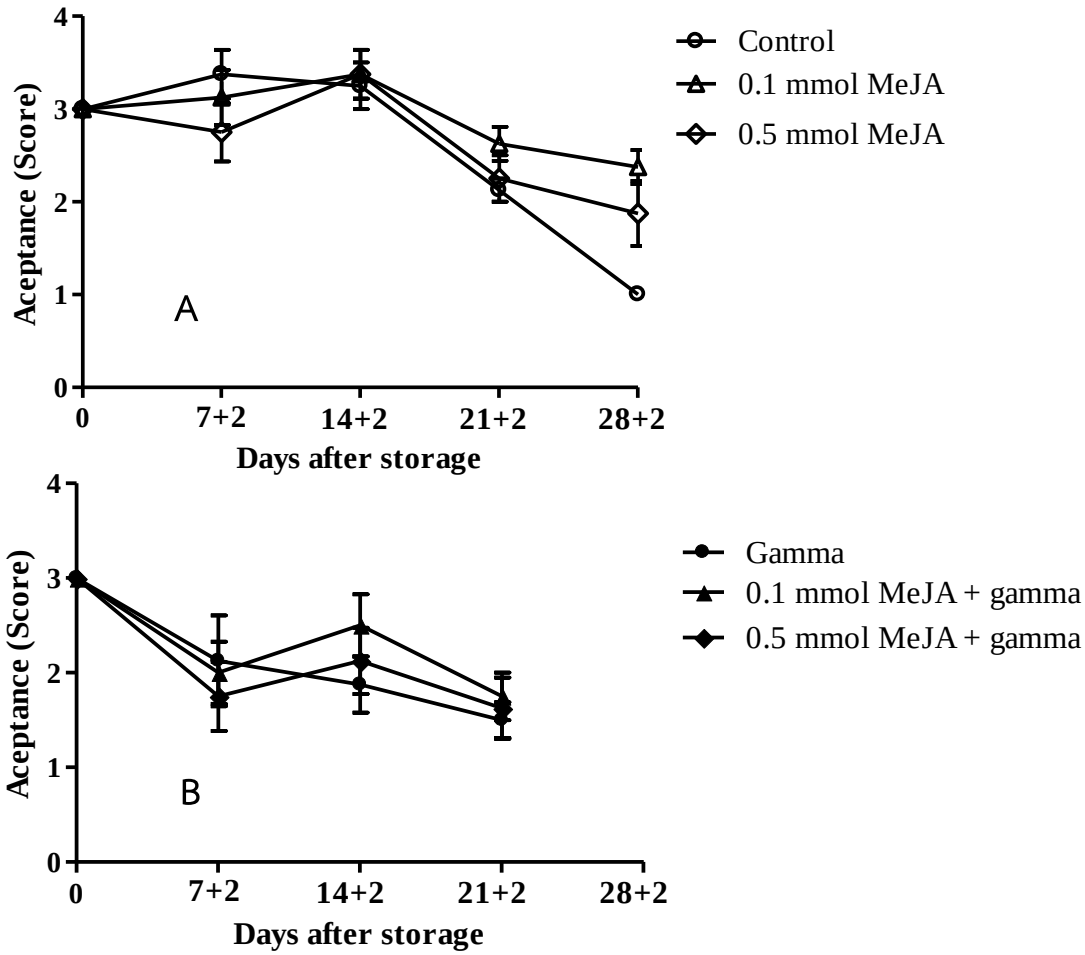
4.1.5 การยอมรับของผู้บริโภคโดยรวม

สำหรับคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในด้านกลิ่น พบว่า ในวันที่ 7 + 2 ของการเก็บรักษา สับปะรดชุดที่ผ่านการฉายรังสี ทั้งที่จุ่มและไม่จุ่มเมทิลจัสโมเนทมีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นสูงกว่าชุดที่ไม่ผ่านการฉายรังสีอย่างมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยสับปะรดชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการฉายรังสีมีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับสับปะรดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนททั้งสองความเข้มข้น และสับปะรดที่ฉายรังสีอย่างเดียว นอกจากนี้ในวันที่ 14 + 2 วันของการเก็บรักษา พบว่าการยอมรับด้านกลิ่นของสับปะรดชุดที่ไม่ฉายรังสี (ทั้งชุดควบคุมและชุดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท) มีคะแนนสูงกว่าสับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (ทั้งชุดควบคุมและชุดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท) อย่างมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$) คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นของสับปะรดลดลงมาในระหว่างการเก็บรักษา จนวันที่ 21 + 2 ของการเก็บรักษา พบว่าสับปะรดชุดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 และ 0.5 mmol/L มีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นสูงที่สุดเท่ากับ 2 (ผู้บริโภครู้สึกเฉยๆ กับกลิ่นสับปะรด) รองลงมาได้แก่ สับปะรดชุดควบคุม (ไม่ฉายรังสี) ได้คะแนน 1.5 ในขณะที่สับปะรดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.5 mM ร่วมกับการฉายรังสีแกมมาได้คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นน้อยที่สุดเท่ากับ 1.13 รองลงมาได้แก่ สับปะรดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.5 mM และไม่จุ่มสารแล้วนำไปฉายรังสี ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 1.25 (รูปที่ 9) (ตารางภาคผนวกที่ 9)

สับปะรดในทุกชุดการทดลองมีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคลดลงในระหว่างการเก็บรักษา โดยในวันที่ 14 + 2 (เก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน แล้วย้ายมาวางที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน เพื่อตรวจสอบอาการไส้สีน้ำตาล) พบว่า คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคโดยรวมในสับปะรด ชุดที่ไม่ฉายรังสี ได้แก่ สับปะรดชุดควบคุม สับปะรดชุดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 และ 0.5 mmol/L มีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคโดยรวมสูงกว่าสับปะรดชุดที่ฉายรังสี ทั้งที่ผ่านการจุ่มและไม่ผ่านการจุ่มเมทิลจัสโมเนท ในขณะที่สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสีผู้บริโภคไม่ยอมรับตั้งแต่วันที่ 7 + 2 ของการเก็บรักษา ในวันที่ 21 + 2 ของการเก็บรักษา สับปะรดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 mmol/L และไม่ฉายรังสีมีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคโดยรวมมากที่สุด รองลงมาได้แก่ สับปะรดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.5 mmol/L และไม่ฉายรังสี สับปะรดชุดควบคุม สับปะรดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 และ 0.5 mmol/L ร่วมกับการฉายรังสีตามลำดับ โดยมีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคโดยรวมเท่ากับ 2.63 2.25 2.13 1.75 1.63 และ 1.5 ตามลำดับ (รูปที่ 10) (ตารางภาคผนวกที่ 10)



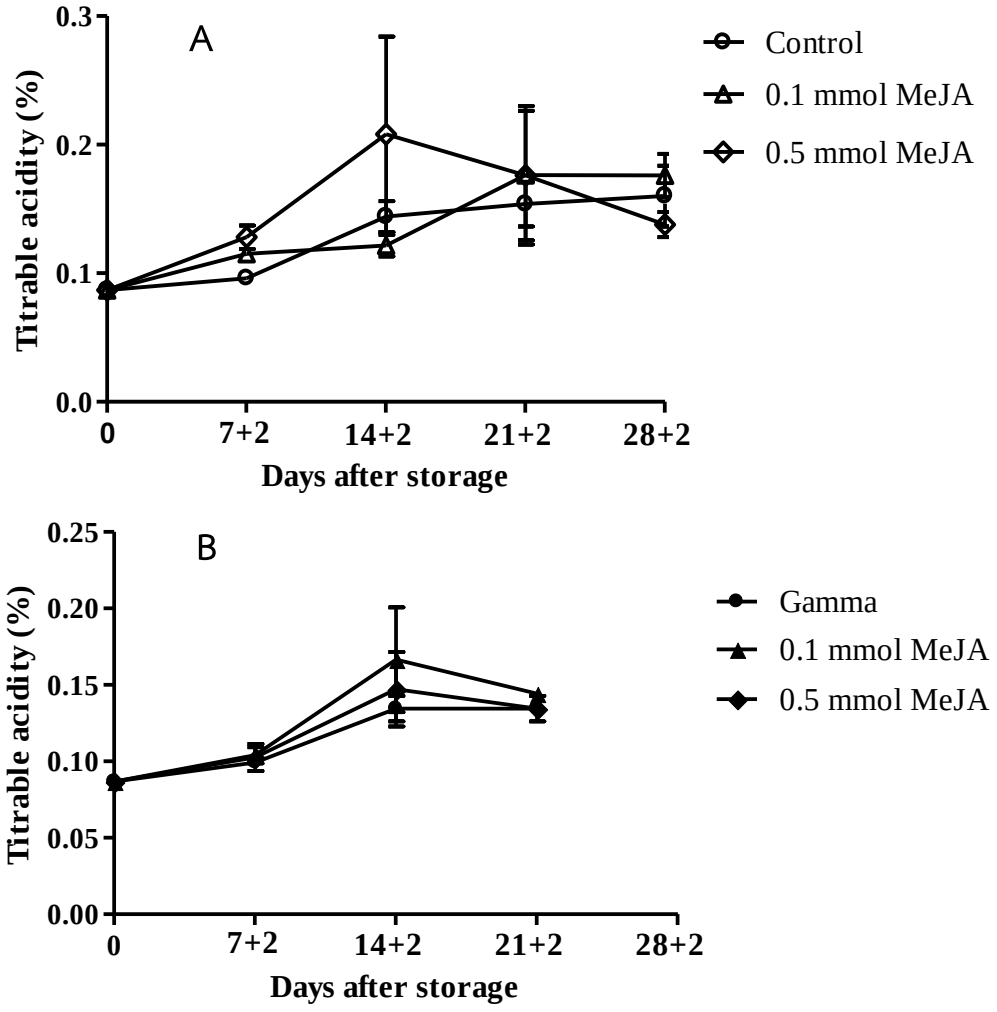
รูปที่ 9 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในด้านกลิ่นของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0 0.1 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน) (1 คะแนน คือ ไม่ชอบ, 2 คะแนน คือ เฉย ๆ และ 3 คะแนน คือ ชอบ)



รูปที่ 10 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคโดยรวมของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0 0.1 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน) (1 คะแนน คือ ไม่ชอบ, 2 คะแนน คือ เฉยๆ, 3 คะแนน คือ ชอบ)

4.1.6 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของสับปะรด

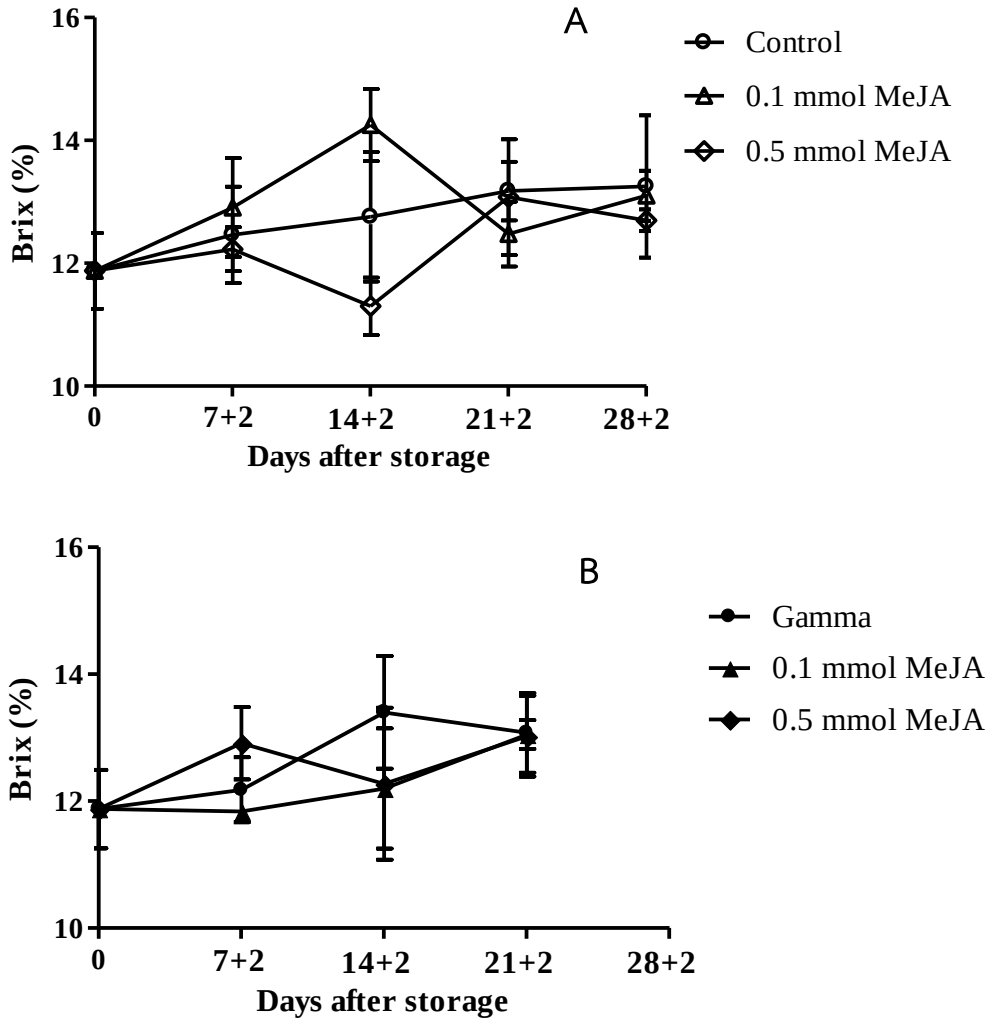
ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของสับปะรดทุกชุดการทดลองในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาเท่ากับ 0.09 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นปริมาณกรดจะเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา โดยในวันที่ 7 + 2 (เก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นย้ายมาวางที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน) ของการเก็บรักษาปริมาณกรดของสับปะรดที่ผ่านการฉายรังสีแกมมา (ชุดควบคุม ชุดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 และ 0.5 mmol/L) มีปริมาณกรด 0.10 เปอร์เซ็นต์แต่ในสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี ในชุดควบคุม ชุดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 และ 0.5 mmol/L มีปริมาณกรด 0.10 0.12 และ 0.13 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในวันที่ 14 + 2 ของการเก็บรักษาสับปะรดชุดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนทไม่ฉายรังสีมีปริมาณกรดสูงที่สุดเท่ากับ 0.21 เปอร์เซ็นต์แต่ทั้งนี้ในทุกชุดการทดลองปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ทั้งนี้สับปะรดในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มของปริมาณกรดเพิ่มมากขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาตลอดระยะเวลา 28 วัน (รูปที่ 11) (ตารางภาคผนวกที่ 11)



รูปที่ 11 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0 0.1 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)

4.1.7 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ในสับปะรดทุกชุดการทดลองในวันเริ่มต้นการเก็บรักษาเท่ากับ 11.88 องศาบริกซ์ โดยในทุกชุดการทดลองมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา จากผลการทดลองพบว่า สับปะรดชุดควบคุมที่ไม่ฉายรังสี มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเพิ่มไม่แตกต่างกับสับปะรดชุดทดลองอื่น โดยมีปริมาณเท่ากับ 12.76 และ 13.18 องศาบริกซ์ ในวันที่ 14+2 และ 21+2 ของการเก็บรักษา ตามลำดับ ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในแต่ละชุดการทดลองทั้งหมดไม่มีความแตกต่างทางสถิติในระหว่างการทดลอง (รูปที่ 12) (ตารางภาคผนวกที่ 12)

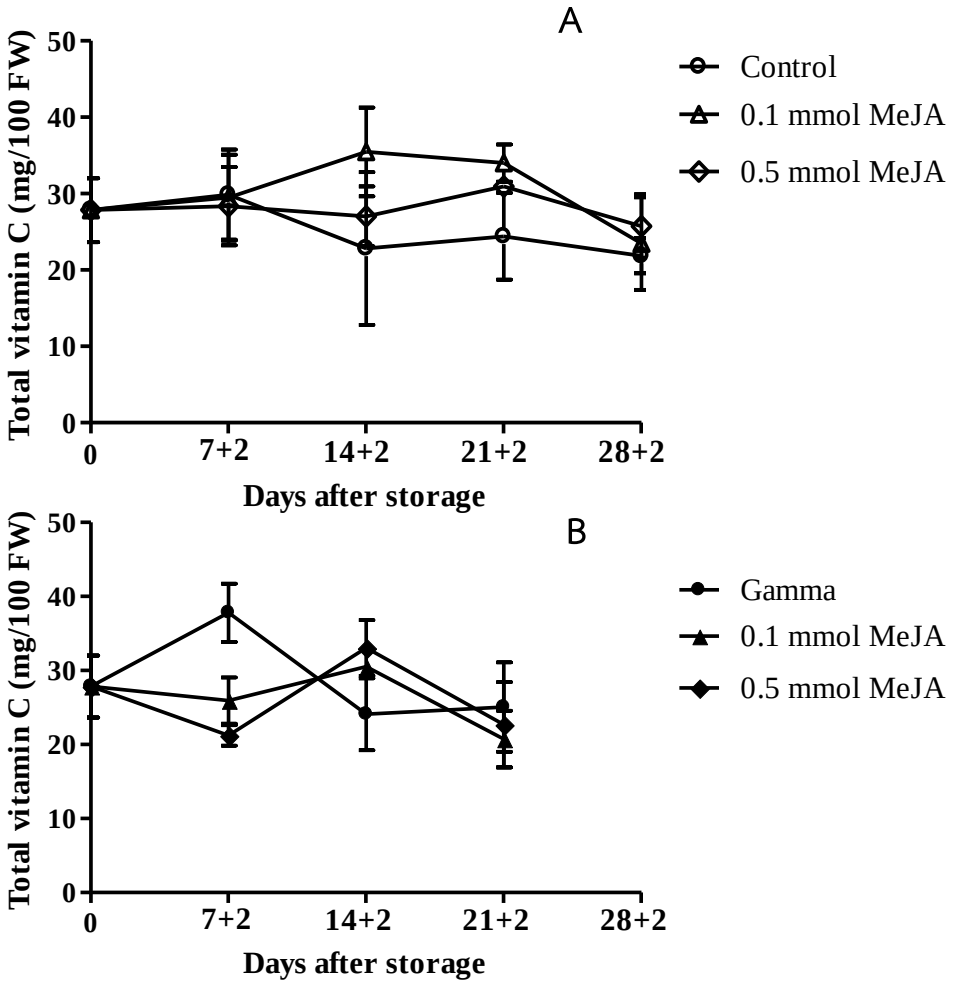


รูปที่ 12 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0 0.1 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)

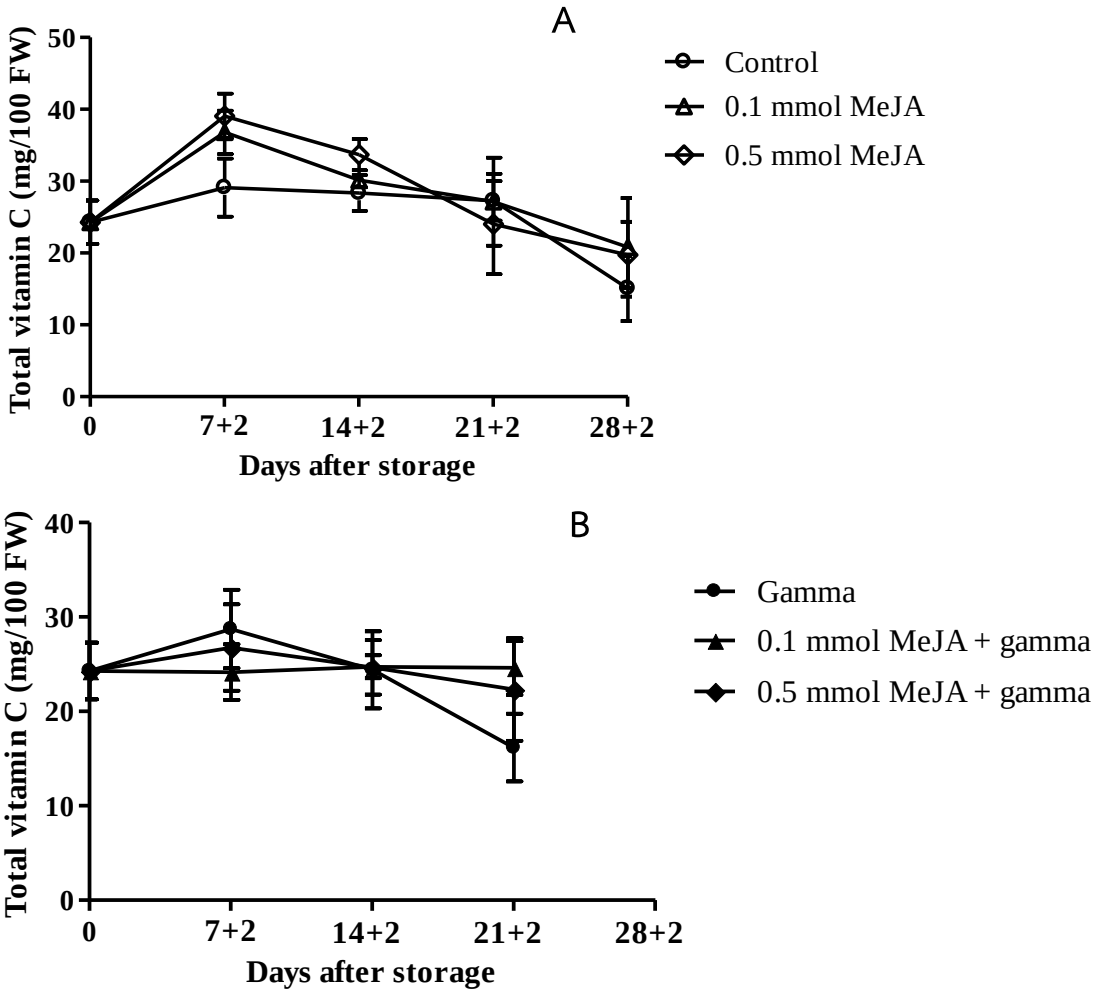
4.1.8 ปริมาณวิตามินซีของเนื้อสับปะรด

ปริมาณวิตามินซีของเนื้อสับปะรดส่วนกลางผลติดเปลือกในวันแรกของการเก็บรักษามีค่าเท่ากับ 27.84 mg/100 g FW หลังจากนั้นเมื่อเก็บรักษา 28 + 2 วันปริมาณวิตามินซีของสับปะรดทุกชุดการทดลองมีปริมาณวิตามินซีลดลง โดยในวันที่ 7 + 2 ของการเก็บรักษาพบว่าสับปะรดชุดควบคุมที่ฉายรังสีมีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด และสับปะรดชุดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.5 mmol/L และฉายรังสีมีปริมาณวิตามินซีน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดทดลองอื่น โดยมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 37.81 และ 21.24 mg/100 g FW ตามลำดับ ในวันที่ 14 + 2 ของการเก็บรักษาสับปะรดชุดควบคุมมีปริมาณวิตามินซีน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสับปะรดชุดทดลองอื่น เท่ากับ 22.83 mg/100 g FW ในขณะที่สับปะรดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 mmol/L มีปริมาณวิตามินซีมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับชุดทดลองอื่น โดยมีค่าเท่ากับ 35.46 mg/100 g FW รองลงมาได้แก่สับปะรดชุดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.5 mmol/L และฉายรังสี มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 33.05 mg/100 g FW และในวันที่ 21 + 2 วันของการเก็บรักษา สับปะรดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 และ 0.5 mmol/L แต่ไม่ฉายรังสีมีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าสับปะรดชุดทดลองอื่น โดยมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 34.00 และ 30.95 mg/100 g FW ตามลำดับ ในวันที่ 28 + 2 ของการเก็บรักษา สับปะรดชุดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.5 mmol/L มีปริมาณวิตามินซีมากที่สุดเท่ากับ 25.75 mmol/L (รูปที่ 13)

ปริมาณวิตามินซีส่วนเนื้อติดแกนของสับปะรดในวันแรกของการเก็บรักษาเท่ากับ 24.29 mg/100 g FW ปริมาณวิตามินซีของสับปะรดทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา 14 + 2 วัน โดยสับปะรดชุดที่ไม่ฉายรังสี (ชุดควบคุม ชุดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 และ 0.5 mmol/L) มีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าสับปะรดชุดที่ฉายรังสี (ชุดควบคุม ชุดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 และ 0.5 mmol/L) โดยสับปะรดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.5 mmol/L และไม่ฉายรังสี มีปริมาณวิตามินซี 33.68 mg/100 g FW รองลงมาได้แก่ สับปะรดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 mmol/L และไม่ฉายรังสี และสับปะรดชุดควบคุมไม่ฉายรังสี ซึ่งมีปริมาณวิตามินซี 30.13 และ 28.35 mg/100 g FW ตามลำดับ ทั้งนี้สับปะรดชุดที่ฉายรังสีมีปริมาณวิตามินซีน้อยกว่าสับปะรดชุดที่ผ่านการฉายรังสี โดยสับปะรดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 mmol/L ร่วมกับฉายรังสี มีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าชุดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.5 mmol/L ร่วมกับฉายรังสีและชุดควบคุมที่ฉายรังสี โดยมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 24.73 24.67 และ 24.41 mg/100 g FW ตามลำดับ ในวันที่ 21 + 2 ของการเก็บรักษา สับปะรดชุดควบคุมที่ไม่ฉายรังสีมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 27.27 mg/100 g FW รองลงมาได้แก่ สับปะรดจุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 และ 0.5 mmol/L ซึ่งมีปริมาณวิตามินซี 27.14 และ 24.03 mg/100 g FW ตามลำดับ ในขณะที่ผลสับปะรดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 และ 0.5 mmol/L ก่อนฉายรังสี มีปริมาณวิตามินซีมากกว่าสับปะรดชุดควบคุมที่ไม่จุ่มเมทิลจัสโมเนทก่อนฉายรังสี โดยมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 24.60 22.32 และ 16.16 mg/100 g FW ตามลำดับ (รูปที่ 14)



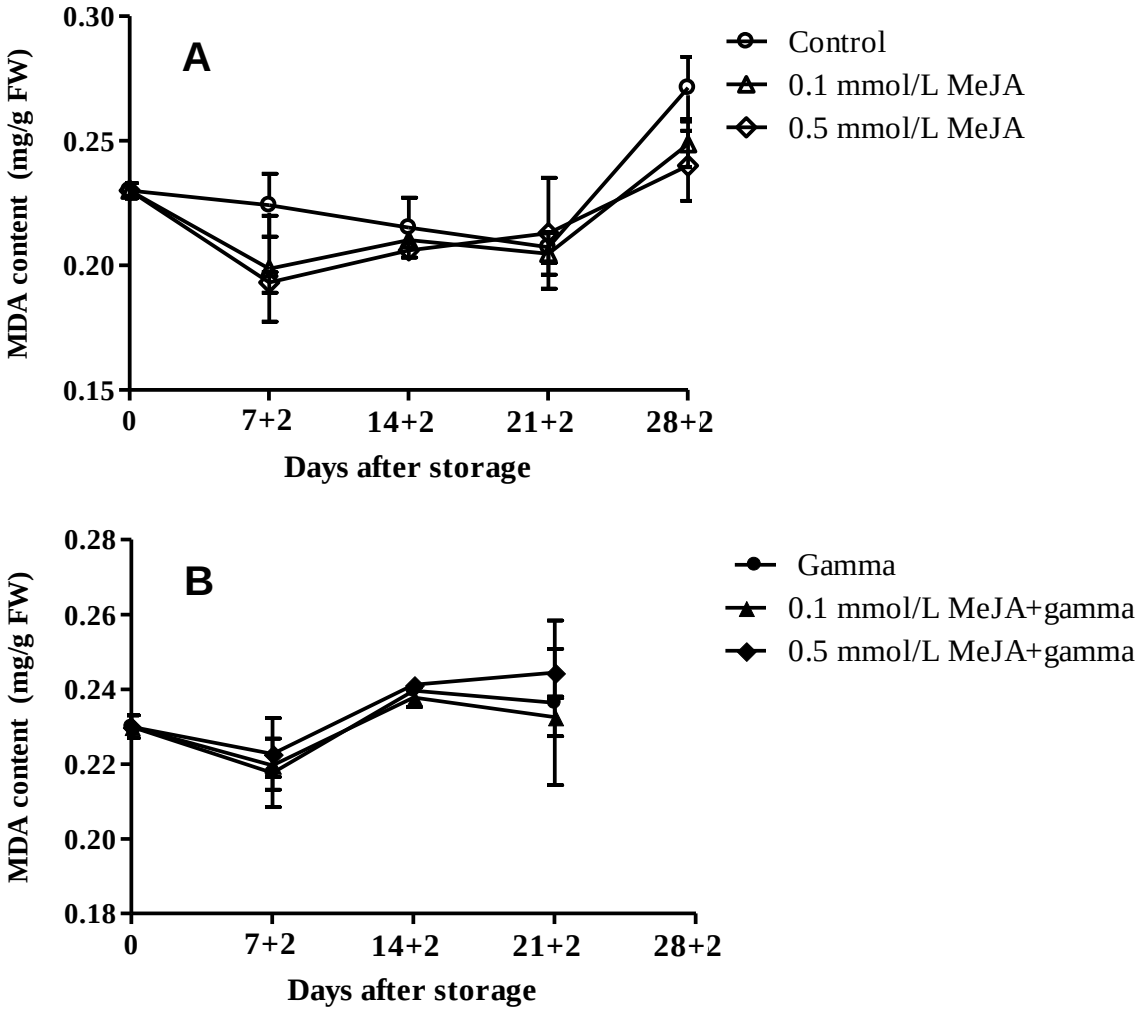
รูปที่ 13 ปริมาณวิตามินซีทั้งหมด ของส่วนเนื้อติด เปลือกของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0 0.1 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)



รูปที่ 14 ปริมาณวิตามินซีทั้งหมด ของส่วนเนื้อติดแกนของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0 0.1 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)

4.1.9 ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์

ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ของสับปะรดในทุกชุดการทดลองในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาเท่ากับ 0.23 mg/g FW สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (ทั้งชุดควบคุม และชุดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท) มีปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์สูงกว่าสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (ทั้งชุดควบคุม และชุดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท) โดยในวันที่ 14 + 2 ของการเก็บรักษาสับปะรดชุดควบคุมที่ฉายรังสีมีปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์เท่ากับ 0.24 mg/g FW ในขณะที่ผลชุดควบคุมที่ไม่ฉายรังสีมีค่าปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์เท่ากับ 0.22 mg/g FW และสับปะรดไม่ฉายรังสีที่จุ่มเมทิลจัสโทเนท 0.1 และ 0.5 mmol/L มีปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ 0.20 และ 0.21 mg/g FW ตามลำดับ ในวันที่ 21 + 2 ของการเก็บรักษา พบว่า สับปะรดชุดที่ผ่านการฉายรังสี (ทั้งชุดควบคุม และชุดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 และ 0.5 mM) มีปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ 0.24 0.23 และ 0.24 mg/g FW ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกับสับปะรดชุดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี โดยสับปะรดไม่ฉายรังสีชุดควบคุม สับปะรดไม่ฉายรังสีที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 และ 0.5 mmol/L มีปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ 0.21 0.20 และ 0.21 mg/g FW ตามลำดับ (รูปที่ 15) (ตารางภาคผนวกที่ 15)



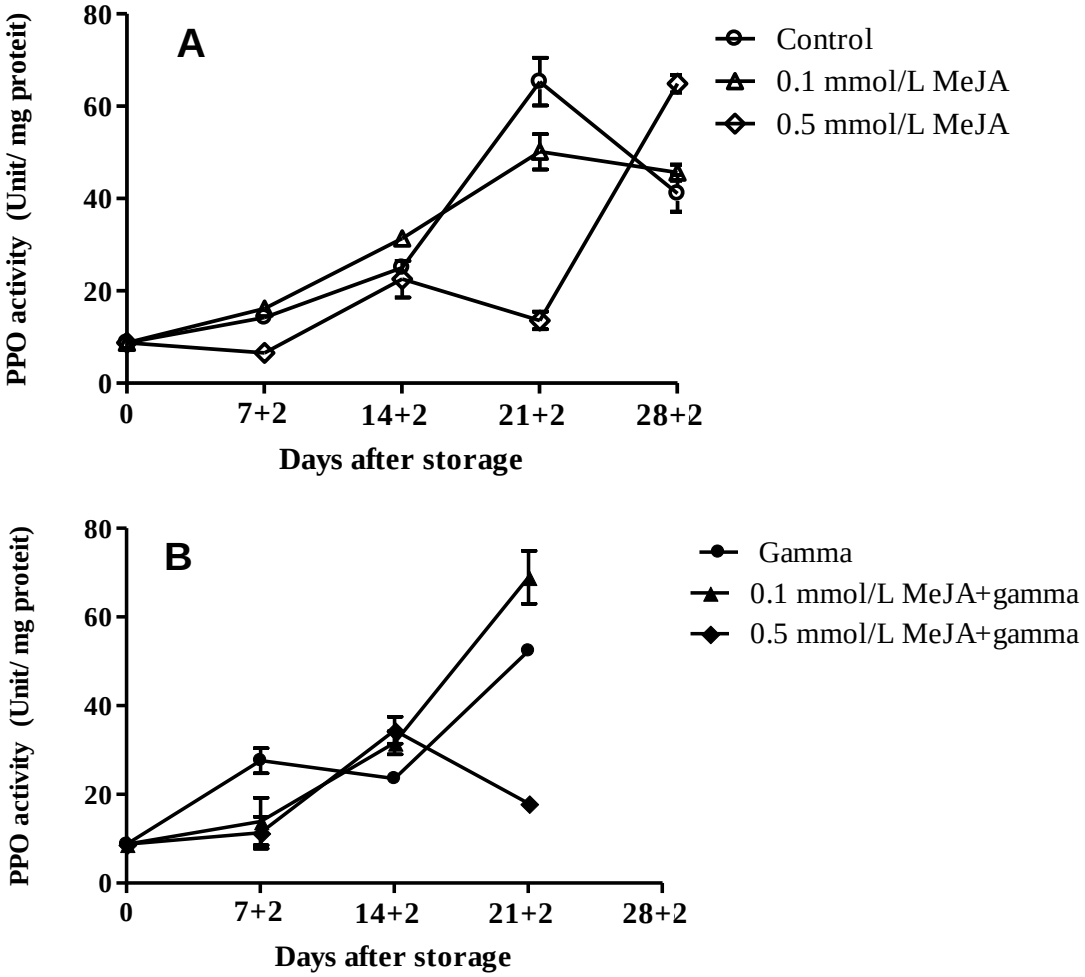
รูปที่ 15 ปริมาณ Malodialdehyde (MDA) ของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0 0.1 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)

4.1.10 กิจกรรมเอนไซม์ PPO ของสับปะรด

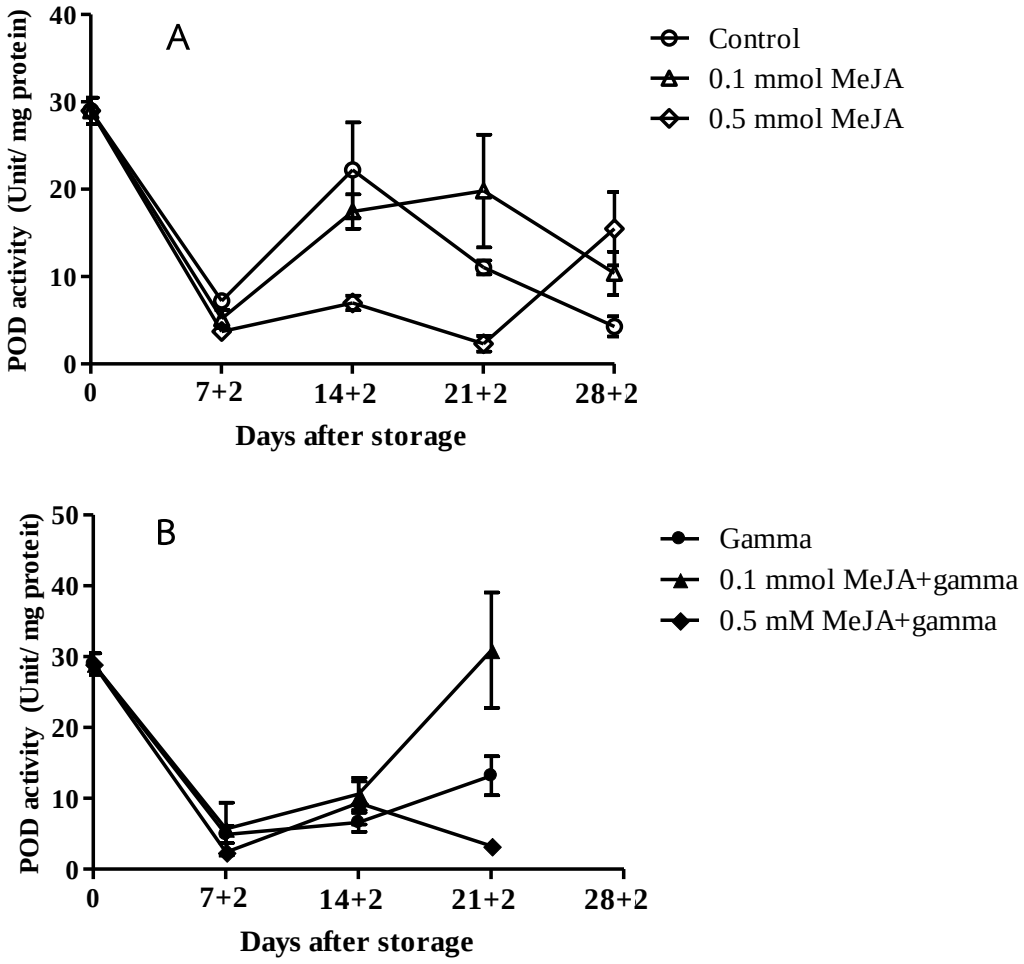
กิจกรรมเอนไซม์ PPO ของสับปะรดทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา โดยในวันเริ่มต้นการเก็บรักษาสับปะรดทุกชุดการทดลองมีกิจกรรมเอนไซม์ PPO เท่ากับ 8.74 Units/mg protein ในวันที่ 7 + 2 ของการเก็บรักษา สับปะรดฉายรังสีชุดควบคุมมีกิจกรรมเอนไซม์ PPO สูงที่สุดเท่ากับ 27.61 Units/mg protein แต่สับปะรดฉายรังสีที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 และ 0.5 mM มีกิจกรรม PPO เท่ากับ 13.92 และ 11.34 Units/mg protein ตามลำดับ สับปะรดไม่ฉายรังสีที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.5 mM มีกิจกรรมเอนไซม์ PPO ต่ำกว่า ชุดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 mM และชุดควบคุม โดยมีค่าเท่ากับ 6.59 14.25 และ 16.18 Units/ mg protein ตามลำดับ สำหรับในวันที่ 14 + 2 ของการเก็บรักษาพบว่า สับปะรดฉายรังสีในทุกชุดการทดลองมีกิจกรรม PPO สูงว่าสับปะรดไม่ฉายรังสี โดยสับปะรดฉายรังสีที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.5 mM มีกิจกรรมเอนไซม์ PPO สูงกว่า สับปะรดฉายรังสีที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 mM และชุดควบคุม มีค่าเท่ากับ 34.46 31.64 และ 23.54 Units/ mg protein ตามลำดับ ในขณะที่สับปะรดไม่ฉายรังสีที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.5 mM มีกิจกรรมเอนไซม์ PPO ต่ำกว่าสับปะรดไม่ฉายรังสีที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 mM และสับปะรดไม่ฉายรังสีชุดควบคุม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 22.54 25.03 และ 31.35 Units/ mg protein ตามลำดับ (รูปที่ 16) (ตารางภาคผนวกที่ 16)

4.1.11 กิจกรรมเอนไซม์ POD ของสับปะรด

กิจกรรมเอนไซม์ POD ของสับปะรดในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษา ทั้งนี้พบว่าในวันที่ 7 + 2 ของการเก็บรักษา สับปะรดไม่ฉายรังสีชุดควบคุมมีกิจกรรมเอนไซม์ POD สูงกว่าสับปะรดไม่ฉายรังสีที่จุ่มเมทิลจัสโมเนทที่ 0.1 และ 0.5 mM มีค่าเท่ากับ 7.21 5.18 และ 3.72 Units/mg protein ตามลำดับ โดยในช่วง 14 + 2 วันของการเก็บรักษาสับปะรดชุดควบคุมไม่ฉายรังสีมีกิจกรรมเอนไซม์ POD สูงกว่าสับปะรดชุดควบคุมไม่ฉายรังสี มีค่าเท่ากับ 22.20 และ 6.61 Units/mg protein สับปะรดไม่ฉายรังสีที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 และ 0.5 mM มีกิจกรรมเอนไซม์ POD สูงกว่าสับปะรดฉายรังสีที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 และ 0.5 mM โดยมีค่าเท่ากับ 17.46 7.00 และ 10.60 9.37 Units/mg protein ตามลำดับ แต่ในวันที่ 21 + 2 ของการเก็บรักษาพบว่า สับปะรดชุดควบคุมไม่ฉายรังสีมีกิจกรรมเอนไซม์ POD ต่ำกว่าสับปะรดชุดควบคุมไม่ฉายรังสี มีค่าเท่ากับ 11.04 และ 13.19 Units/mg protein สับปะรดไม่ฉายรังสีที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 และ 0.5 mM มีกิจกรรมเอนไซม์ POD ต่ำกว่าสับปะรดฉายรังสีที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 และ 0.5 mM โดยมีค่าเท่ากับ 19.80 2.32 และ 30.91 3.28 Units/mg protein ตามลำดับ (รูปที่ 17) (ตารางภาคผนวกที่ 17)



รูปที่ 16 กิจกรรมเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) ของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0 0.1 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)



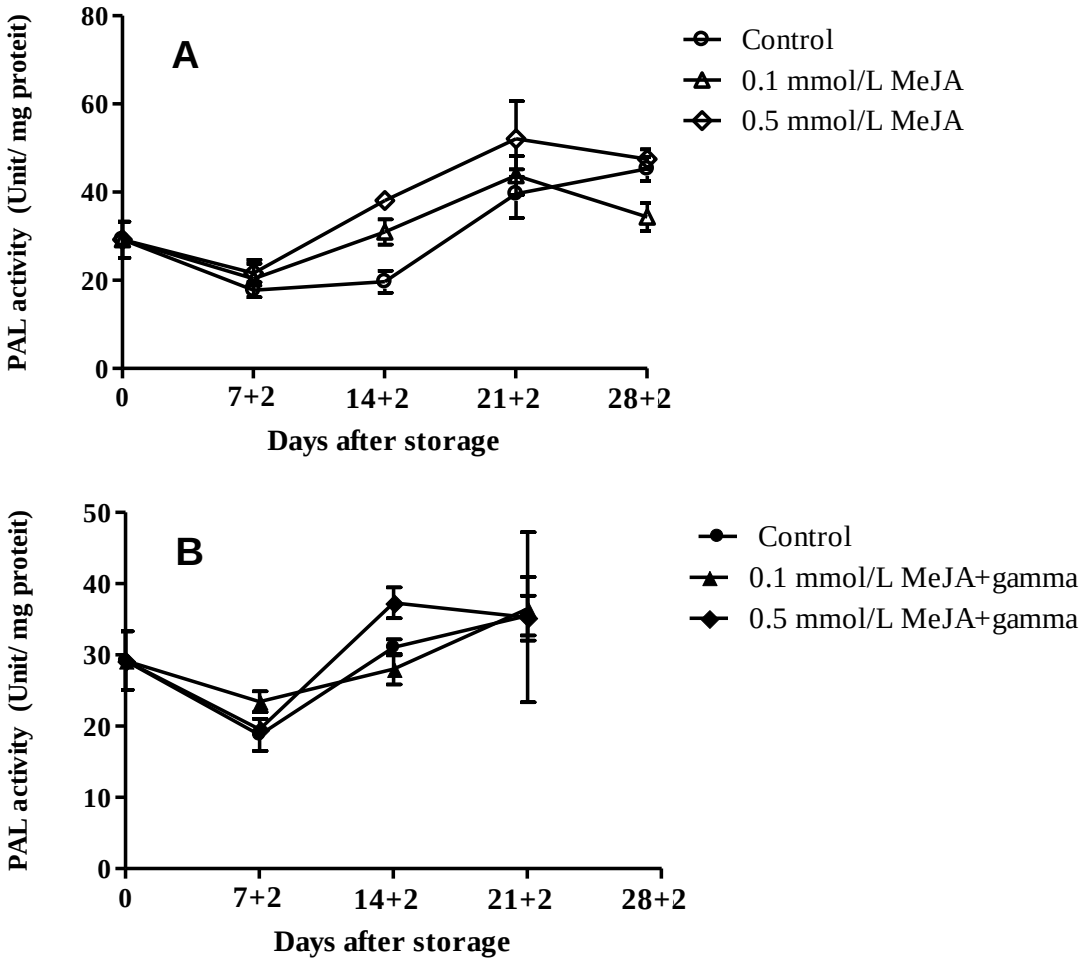
รูปที่ 17 กิจกรรมเอนไซม์ Peroxidase (POD) ของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0 0.1 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)

4.1.12 กิจกรรมเอนไซม์ PAL ของสับปะรด

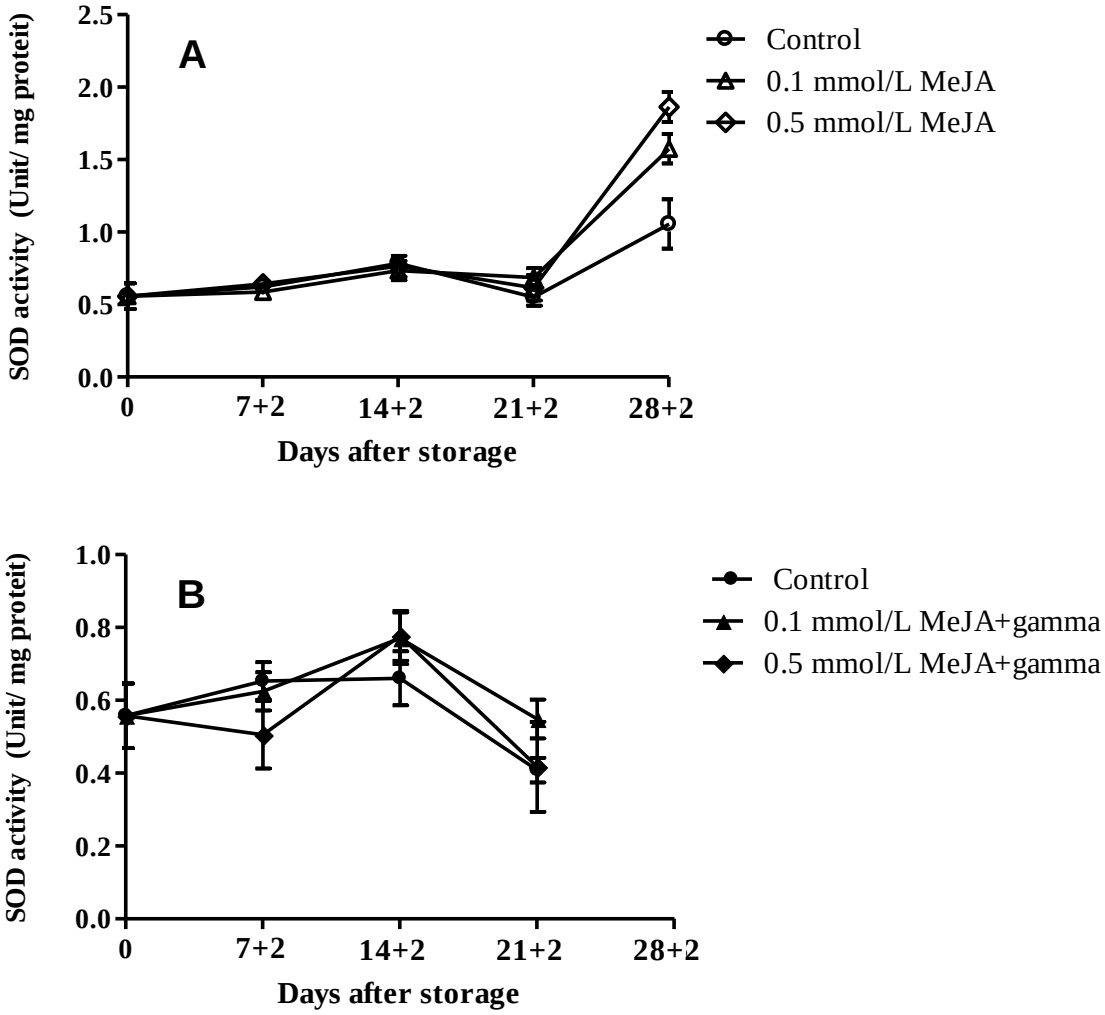
กิจกรรมเอนไซม์ PAL ของสับปะรดในทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา โดยในวันแรกของการเก็บรักษาสับปะรดมีกิจกรรมเอนไซม์ PAL เท่ากับ 29.20 Unit / mg protein ในวันที่ 7 + 2 ของการเก็บรักษา สับปะรดฉายรังสีชุดควบคุมมีกิจกรรม PAL สูงกว่าสับปะรดไม่ฉายรังสีชุดควบคุม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 18.77 และ 17.78 Units/ mg protein ตามลำดับ สับปะรดฉายรังสีที่จุ่มเมทิลจัสโมเนททั้งสองความเข้มข้นมีกิจกรรมเอนไซม์ PAL น้อยกว่าสับปะรดไม่ฉายรังสีที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท โดยในวันที่ 14 + 2 ของการเก็บรักษา สับปะรดฉายรังสีที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 และ 0.5 mM มีกิจกรรมเอนไซม์ PAL 28.00 37.31 Units/ mg protein และสับปะรดไม่ฉายรังสีที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 และ 0.5 mM มีกิจกรรมเอนไซม์ PAL เท่ากับ 30.94 38.11 Units/ mg protein ตามลำดับ ในวันที่ 21 + 2 ของการเก็บรักษา สับปะรดฉายรังสีที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 และ 0.5 mM มีกิจกรรมเอนไซม์ PAL เท่ากับ 36.48 35.28 Units/ mg protein และสับปะรดไม่ฉายรังสีที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 และ 0.5 mM มีกิจกรรมเอนไซม์ PAL เท่ากับ 43.75 52.07 Units/ mg protein ตามลำดับ (รูปที่ 18) (ตารางภาคผนวกที่ 18)

4.1.13 กิจกรรมเอนไซม์ SOD ของสับปะรด

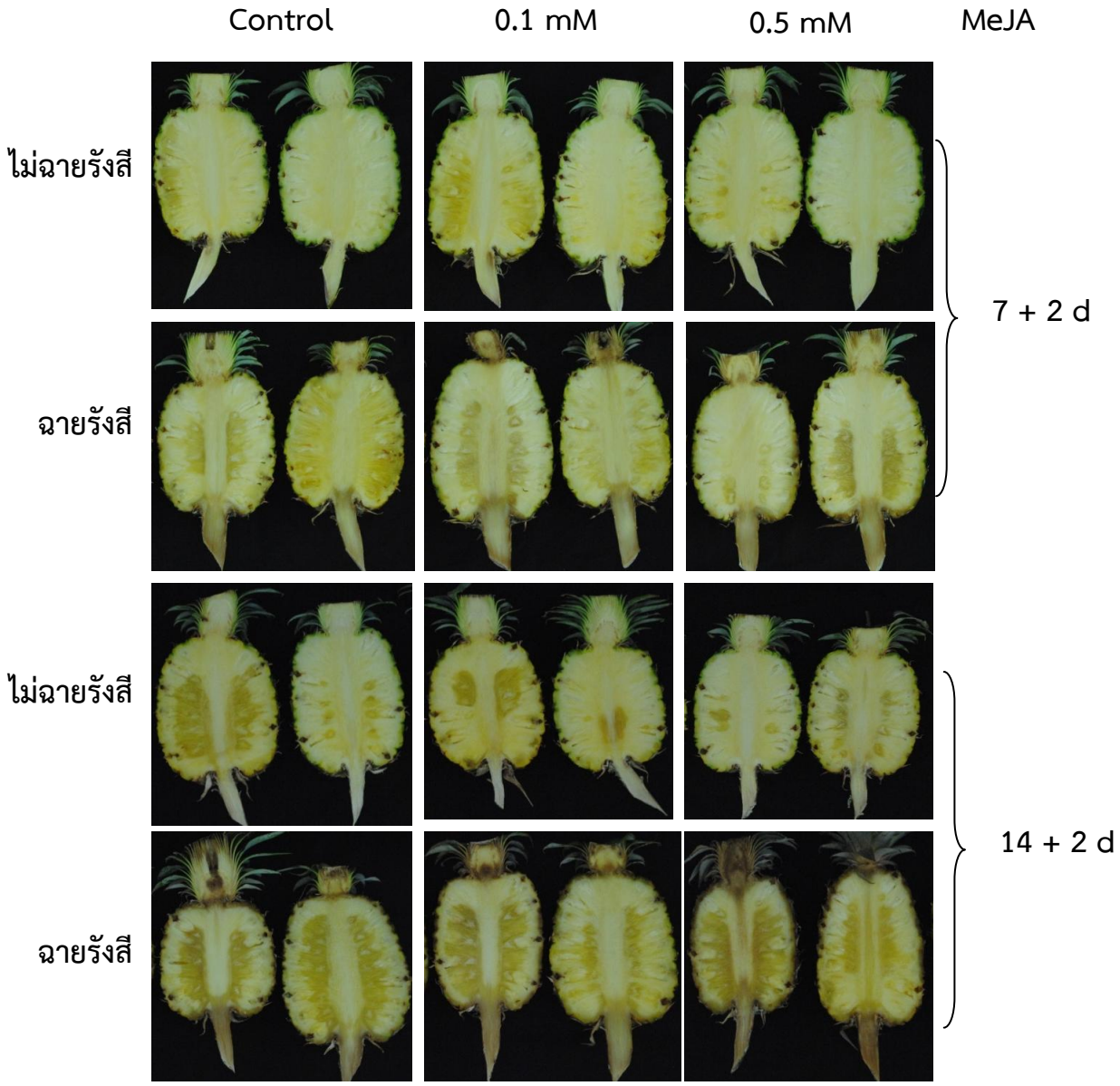
ทุกชุดการทดลองในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษามีกิจกรรมเอนไซม์ SOD ของสับปะรดเท่ากับ 0.56 Units/mg protein และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นแต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของกิจกรรมเอนไซม์ SOD ในแต่ละชุดการทดลองในระหว่างการเก็บรักษา (รูปที่ 19) (ตารางภาคผนวกที่ 19)



รูปที่ 18 กิจกรรมเอนไซม์ Phenylalanine ammonia lyase (PAL) ของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0 0.1 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)



รูปที่ 19 กิจกรรมเอนไซม์ Superoxide dismutase (SOD) ของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0 0.1 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)



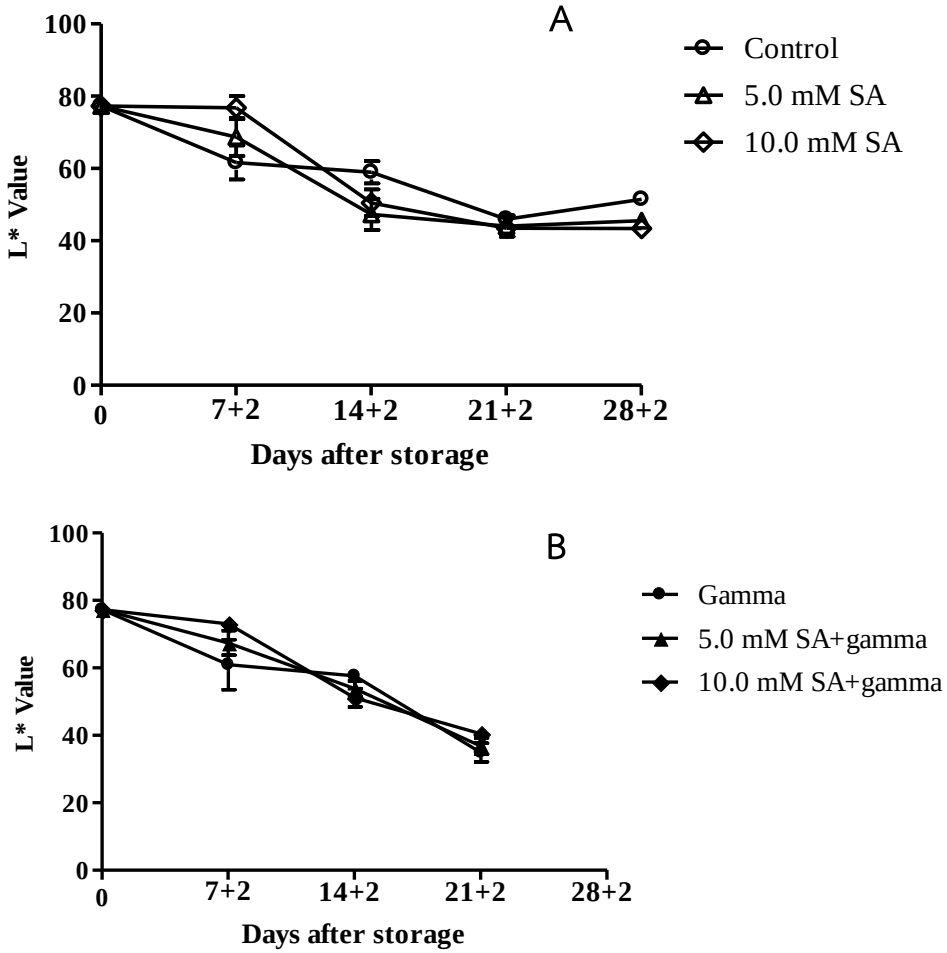
รูปที่ 20 รูปผ่ากึ่งกลางตามยาวของสับปะรดที่จุ่มและไม่จุ่มเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0.1 และ 0.5 mM เป็นเวลา 5 นาทีก่อนนำไปฉายและไม่ฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำไปเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 และ 14 วันก่อนจะนำมาวางที่ 25 องศาเซลเซียส 2 วัน เพื่อตรวจสอบลักษณะการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในผล

4.2 ผลของการจุ่มกรดซาลิไซลิค เพื่อลดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียฉายรังสีแกมมา

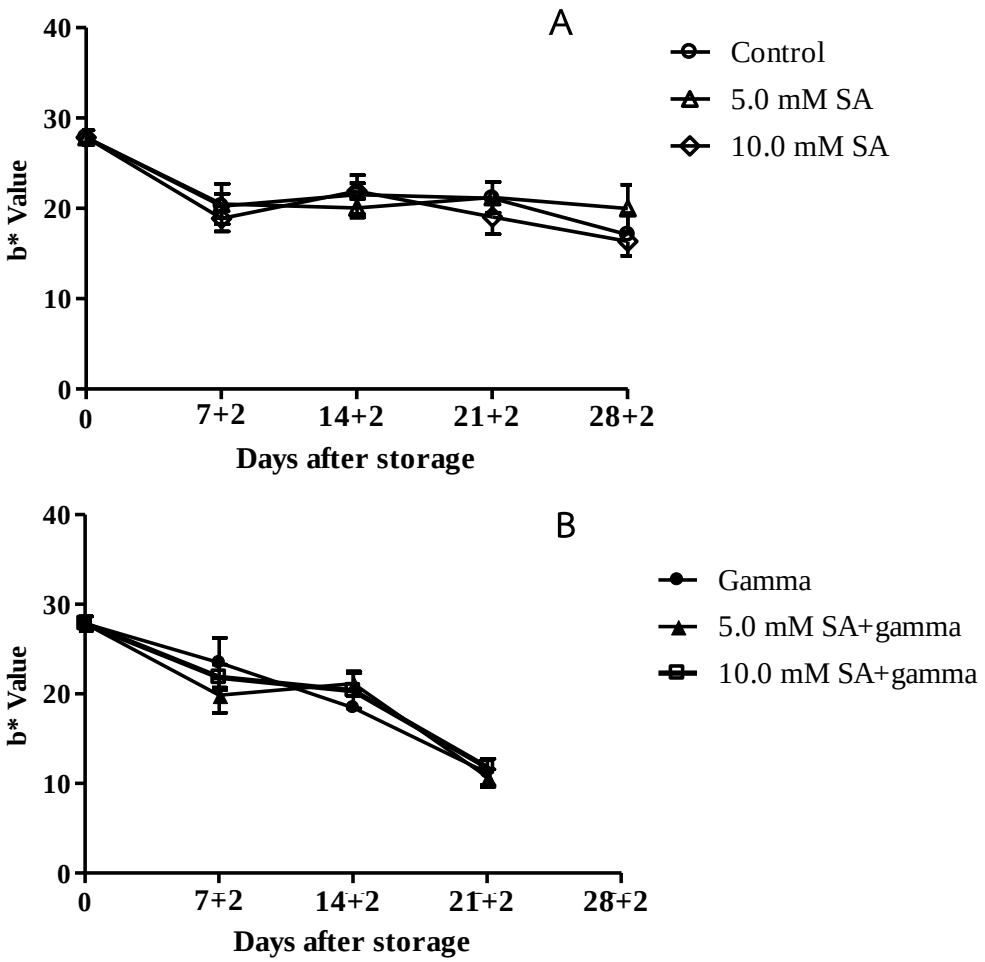
4.2.1 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก

การเปลี่ยนแปลงค่า L* (ค่าความเข้มและความสว่างของสี) ของเปลือกสับปะรดมีแนวโน้มลดลงในทุกชุดการทดลองเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยทุกชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มและไม่จุ่มด้วยกรดซาลิไซลิคร่วมกับการฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สีเปลือกสับปะรดมีค่า L* ลดลงอย่างรวดเร็ว มีสีคล้ำที่ผิดปกติเกิดขึ้น อาจเป็นผลมาจากการฉายรังสีที่ 400-650 Gy ในขณะที่ชุดการทดลองที่ผ่านการจุ่มและไม่จุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค และไม่ได้ฉายรังสี ค่า L* ค่อยๆลดลงและคงที่หลังทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วัน แต่ไม่เกิดสีคล้ำที่ผิดปกติ สับปะรดเริ่มต้นเก็บรักษามีค่า L* เท่ากับ 77.03 หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วัน พบว่าค่า L* ลดลงและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งชุดควบคุมมีค่าความสว่างมากที่สุด 45.95 รองลงมา คือ สับปะรดที่ผ่านการจุ่มกรดซาลิไซลิค 5 mM และไม่ฉายรังสี มีค่า L* เท่ากับ 44.07 สับปะรดที่ผ่านการจุ่มกรดซาลิไซลิค 10 mM และไม่ฉายรังสี มีค่า L* เท่ากับ 43.46 สับปะรดที่ผ่านการจุ่มกรดซาลิไซลิค 10 mM และฉายรังสี มีค่า L* เท่ากับ 40.42 สับปะรดที่ผ่านการจุ่มกรดซาลิไซลิค 5 mM และฉายรังสี มีค่า L* เท่ากับ 36.77 และ สับปะรดที่ฉายรังสีแกมมาอย่างเดียว มีค่า L* น้อยที่สุด เท่ากับ 34.90 (รูปที่ 21) และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (28 วัน) ที่เหลือเฉพาะสับปะรดที่จุ่มและไม่จุ่มกรดซาลิไซลิคและไม่ฉายรังสี พบว่า สับปะรดชุดควบคุมมีค่าความสว่างมากที่สุดเท่ากับ 51.50 ($p \leq 0.05$) (รูปที่ 21) (ตารางภาคผนวกที่ 20)

การเปลี่ยนแปลงค่า b* ของสับปะรดบริเวณเปลือกมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วในชุดการทดลองที่ฉายรังสี ส่วนชุดการทดลองที่ไม่ฉายรังสีค่า b* มีแนวโน้มค่อยๆ ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น (รูปที่ 22) เปลือกสับปะรดมีค่า b* เริ่มต้นเท่ากับ 27.85 ค่า b* เป็นบวกแสดงถึงเปลือกสับปะรดมีสีเหลือง จากการทดลองพบว่าสับปะรดที่จุ่มและไม่จุ่มกรดซาลิไซลิคและฉายรังสี เปลือกสับปะรดมีการลดลงของสีเหลืองมากและเปลือกมีสีน้ำตาลคล้ำขึ้นอาจเป็นผลมาจากการฉายรังสี มากกว่าชุดการทดลองที่ไม่ฉายรังสี ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา สับปะรดที่จุ่มกรดซาลิไซลิค 5 mM อย่างเดียวสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเหลืองของเปลือกสับปะรดได้ รองลงมาได้แก่ สับปะรดชุดควบคุม และ สับปะรดที่ผ่านการจุ่มกรดซาลิไซลิค 10 mM อย่างเดียว โดยมีค่า b* เท่ากับ 21.22 21.12 19.05 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) สับปะรดที่ผ่านการจุ่มกรดซาลิไซลิค 5 mM ร่วมกับฉายรังสีมีค่า b* ลดลงมากที่สุดเท่ากับ 10.71 รองลงมาคือสับปะรดที่ฉายรังสีแกมมาอย่างเดียวมีค่า b* ลดลงเท่ากับ 11.18 และ สับปะรดที่ผ่านการจุ่มกรดซาลิไซลิค 10 mM ร่วมกับการฉายรังสี ตามลำดับ (รูปที่ 22) (ตารางภาคผนวกที่ 21)

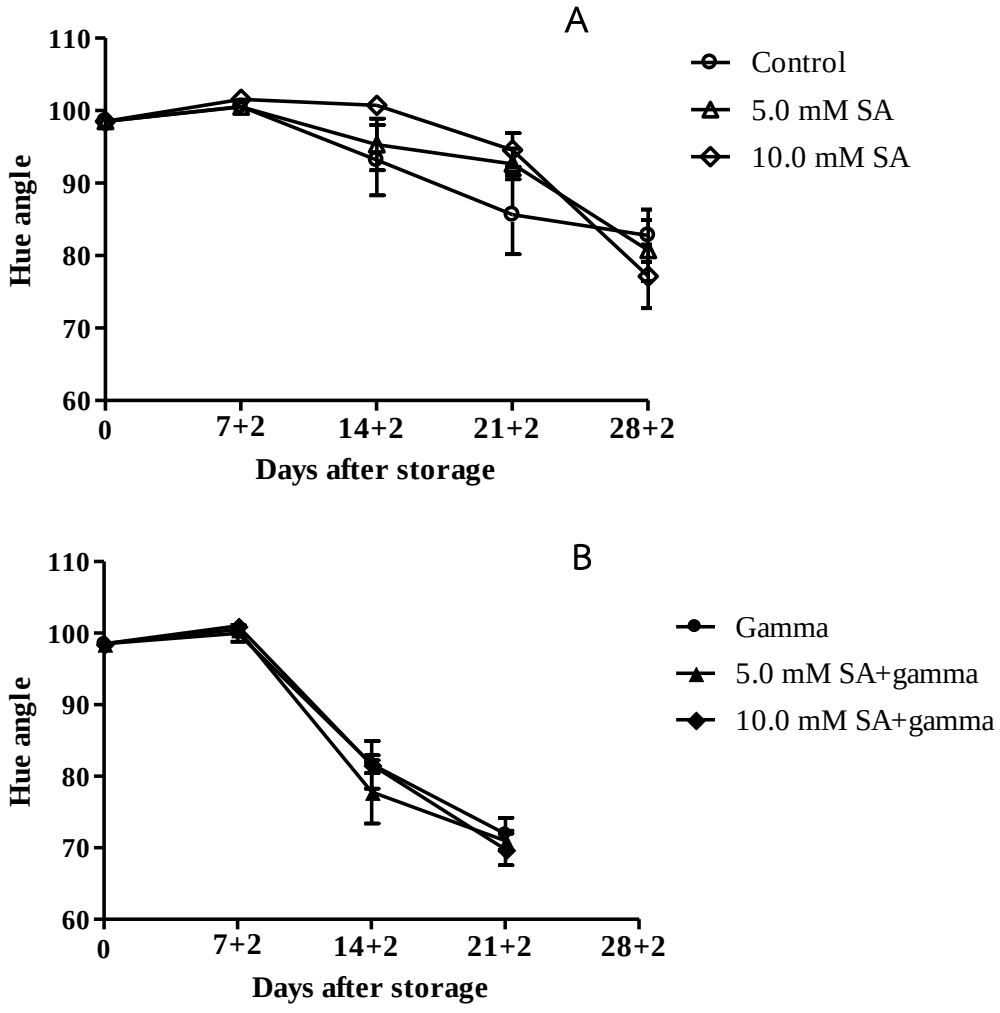


รูปที่ 21 การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของสับปะรดบริเวณเปลือกที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิค ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)



รูปที่ 22 การเปลี่ยนแปลงค่า b* ของสับปะรดบริเวณเปลือกที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิค ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)

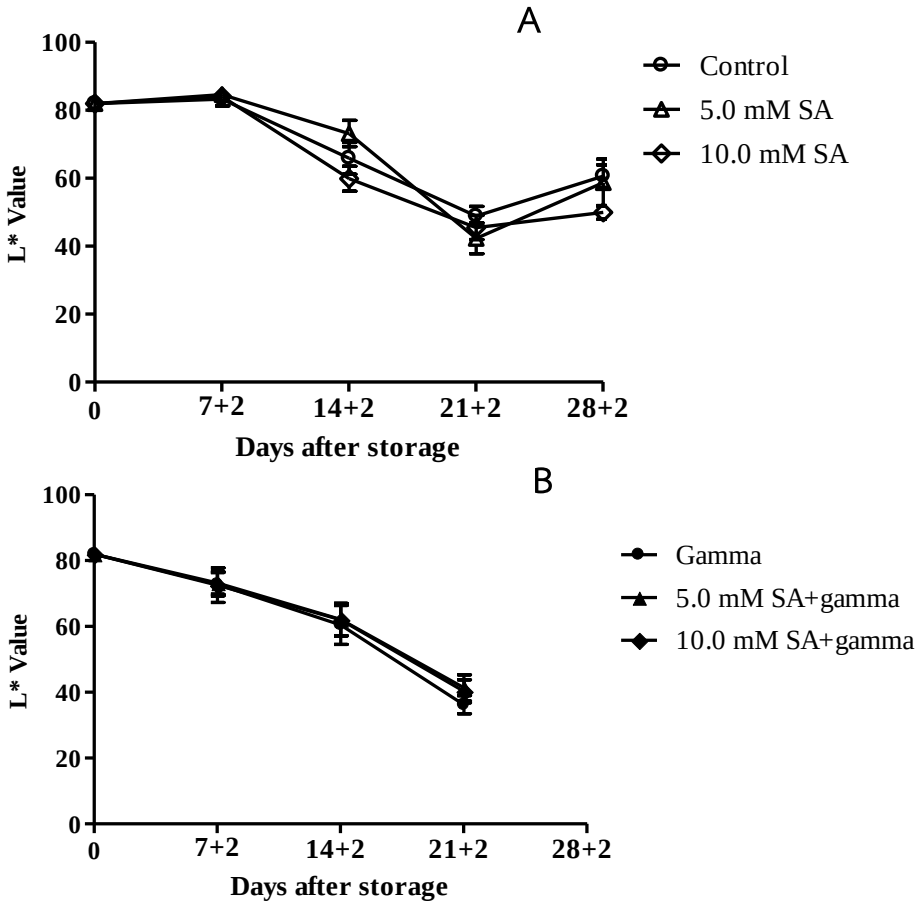
สับปะรดมีค่า Hue angle เริ่มต้นเท่ากับ 98.53 เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นค่า Hue angle ของเปลือกสับปะรดมีแนวโน้มลดลงในทุกชุดการทดลอง ซึ่งพบว่า สับปะรด ที่ผ่านการจุ่มและไม่จุ่มกรดซาลิไซลิคร่วมกับการฉายรังสีมีค่า Hue angle ลดลงมากกว่า สับปะรด ที่ไม่ได้ฉายรังสีอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ในวันที่ 14 และ 21 ของการเก็บรักษา โดยในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา พบว่า สับปะรดผ่านที่จุ่มกรดซาลิไซลิค 10 mM อย่างเดียวสามารถชะลอค่า Hue angle ได้มากที่สุดเท่ากับ 94.56 รองลงมาได้แก่ สับปะรดที่ผ่านการจุ่มกรดซาลิไซลิค 5 mM อย่างเดียวเท่ากับ 92.64 และ สับปะรดชุดควบคุมเท่ากับ 85.64 ตามลำดับ ส่วนสับปะรดที่ผ่านการจุ่มกรดซาลิไซลิค 10 mM ร่วมกับการฉายรังสี มีค่า Hue angle ลดลงมากที่สุดเท่ากับ 69.77 รองลงมาได้แก่ สับปะรด ที่ผ่านการจุ่มกรดซาลิไซลิค 5 mM ร่วมกับการฉายรังสีและสับปะรดที่ฉายรังสีแกมมาอย่างเดียวตามลำดับ (รูปที่ 23) (ตารางภาคผนวกที่ 22)



รูปที่ 23 การเปลี่ยนแปลงค่า Hue angle ของสับปะรดบริเวณเปลือกที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิค ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)

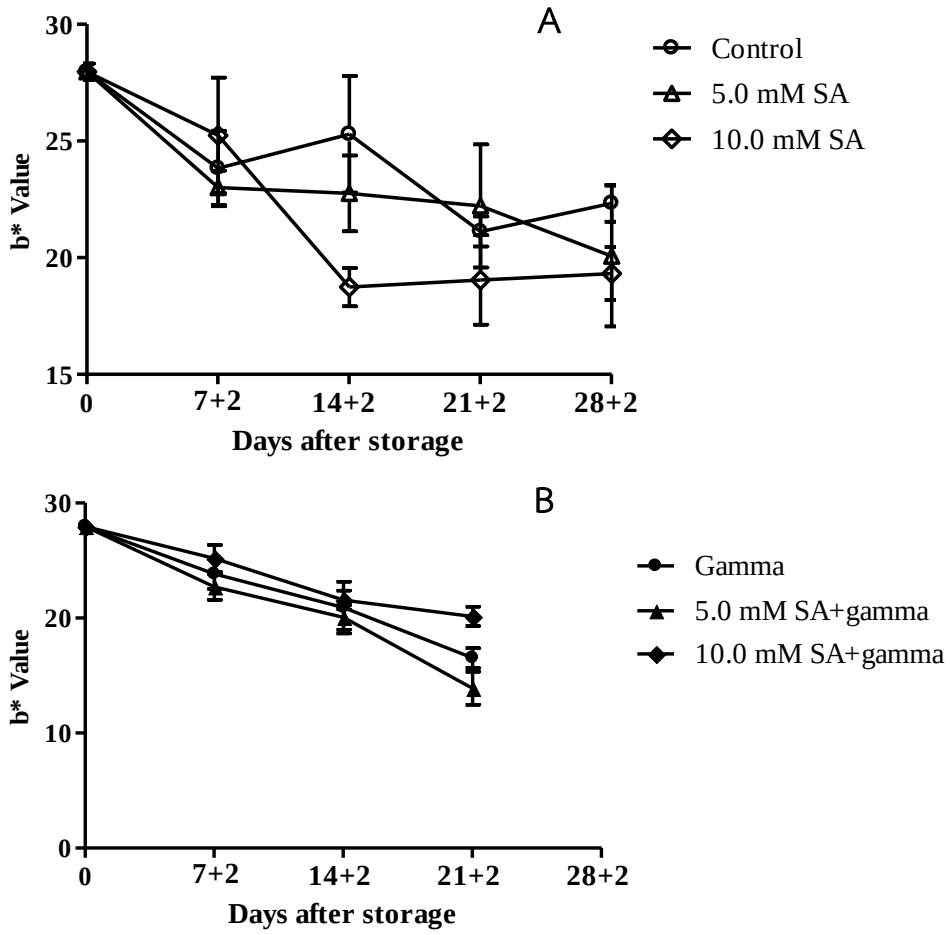
4.2.2 การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ

จากการทดลองพบว่าการเปลี่ยนแปลงค่า L* บริเวณเนื้อสับปะรดมีแนวโน้มลดลงในทุกชุดการทดลอง โดยสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสีมีค่า L* สูงกว่าสับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี เนื้อสับปะรดมีค่า L* เริ่มต้นเท่ากับ 81.89 เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นค่า L* ลดลง ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา พบว่า สับปะรดที่ผ่านการจุ่มกรดซาลิไซลิค 5 mM มีค่า L* สูงที่สุดเท่ากับ 84.64 รองลงมาได้แก่ สับปะรดที่ผ่านการจุ่มกรดซาลิไซลิค 10 mM มีค่า L* เท่ากับ 83.33 และชุดควบคุมมีค่า L* เท่ากับ 83.28 ตามลำดับ และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนสับปะรดที่ผ่านการจุ่มกรดซาลิไซลิค 10 mM ร่วมกับการฉายรังสีมีค่า L* ลดลงมากที่สุดเท่ากับ 72.54 รองลงมาได้แก่ สับปะรดที่ฉายรังสีอย่างเดียวและ สับปะรดที่ผ่านการจุ่มกรดซาลิไซลิค 5 mM ร่วมกับการฉายรังสี มีค่า L* เท่ากับ 73.92 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาการเปลี่ยนแปลงค่า L* บริเวณเนื้อสับปะรดไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (รูปที่ 24) (ตารางภาคผนวกที่ 23)



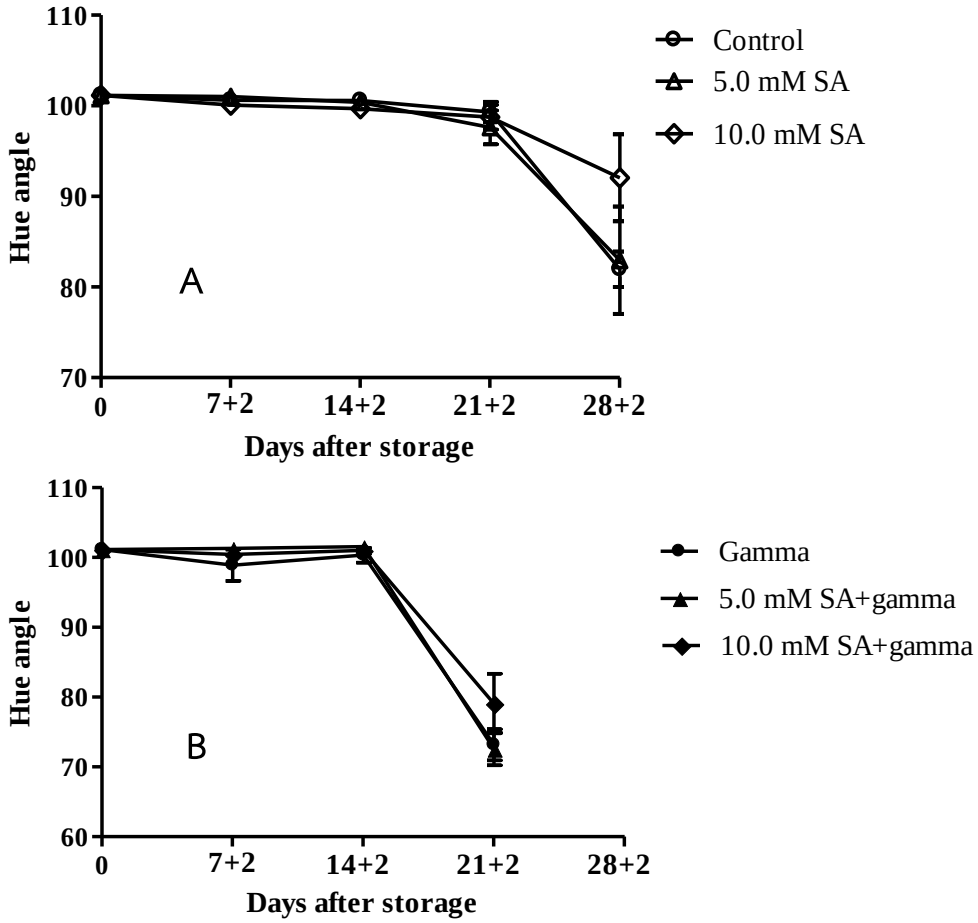
รูปที่ 24 การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของสับปะรดบริเวณเนื้อที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิค ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)

เนื้อสับปะรดมีค่า b* เริ่มต้นเท่ากับ 27.97 ค่า b* เป็นบวกแสดงถึงเนื้อสับปะรดมีสีเหลืองหลังจากระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นพบว่าบริเวณเนื้อสับปะรดมีค่า b* ลดลง สับปะรดมีสีคล้ำลง ซึ่งจากการสังเกตจะพบว่าสับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี สีเนื้อจะมีลักษณะช้ำและมีคล้ำขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพบว่าในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา สับปะรดที่ผ่านการจุ่มกรดซาลิไซลิค 5 mM อย่างเดียวมีค่า b* สูงที่สุดเท่ากับ 22.22 รองลงมาได้แก่ สับปะรดชุดควบคุมมีค่า b* เท่ากับ 21.12 สับปะรดที่ผ่านการจุ่มกรดซาลิไซลิค 10 mM ร่วมกับฉายรังสีมีค่า b* เท่ากับ 20.15 สับปะรดที่ผ่านการจุ่มกรดซาลิไซลิค 10 mM อย่างเดียวมีค่า b* เท่ากับ 19.05 สับปะรดที่ฉายรังสีแกมมามาอย่างเดียวมีค่า b* เท่ากับ 16.53 และสับปะรดที่ผ่านการจุ่มกรดซาลิไซลิค 5 mM ร่วมกับการฉายรังสีมีค่า b* เท่ากับ 13.90 ตามลำดับ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (รูปที่ 25) (ตารางภาคผนวกที่ 24)



รูปที่ 25 การเปลี่ยนแปลงค่า b* ของสับปะรดบริเวณเนื้อที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิคความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)

สับปะรดบริเวณเนื้อมีค่า Hue angle เริ่มต้นเท่ากับ 101.17 การเปลี่ยนแปลงค่า Hue angle ของสับปะรดบริเวณเนื้อที่ผ่านการจุ่มและไม่จุ่มกรดซาลิไซลิคอย่างเดียวมีค่า Hue angle ค่อนข้างคงที่จนถึงวันที่ 21 ของการเก็บรักษา ค่า Hue angle มีแน้วโน้มลดลง ในขณะที่สับปะรดที่ผ่านการจุ่มและไม่จุ่มกรดซาลิไซลิคร่วมกับการฉายรังสี มีค่า Hue angle คงที่จนถึงวันที่ 14 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นค่า Hue angle มีการเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างรวดเร็ว ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษาการเปลี่ยนแปลงค่า Hue angle มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยพบว่าชุดควบคุมสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงค่า Hue angle ได้ดีที่สุดเท่ากับ 99.32 รองลงมาได้แก่ สับปะรดที่ผ่านการจุ่มกรดซาลิไซลิค 10 mM อย่างเดียว มีค่า b* เท่ากับ 98.75 สับปะรดที่ผ่านการจุ่มกรดซาลิไซลิค 5 mM อย่างเดียว มีค่า b* เท่ากับ 97.62 สับปะรดที่ผ่านการจุ่มกรดซาลิไซลิค 10 mM ร่วมกับการฉายรังสี มีค่า b* เท่ากับ 79.07 สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสีอย่างเดียว มีค่า b* เท่ากับ 73.17 และสับปะรดที่ผ่านการจุ่มกรดซาลิไซลิค 5 mM ร่วมกับการฉายรังสีมีค่า b* น้อยที่สุด เท่ากับ 72.58 (รูปที่ 26) (ตารางภาคผนวกที่ 25)

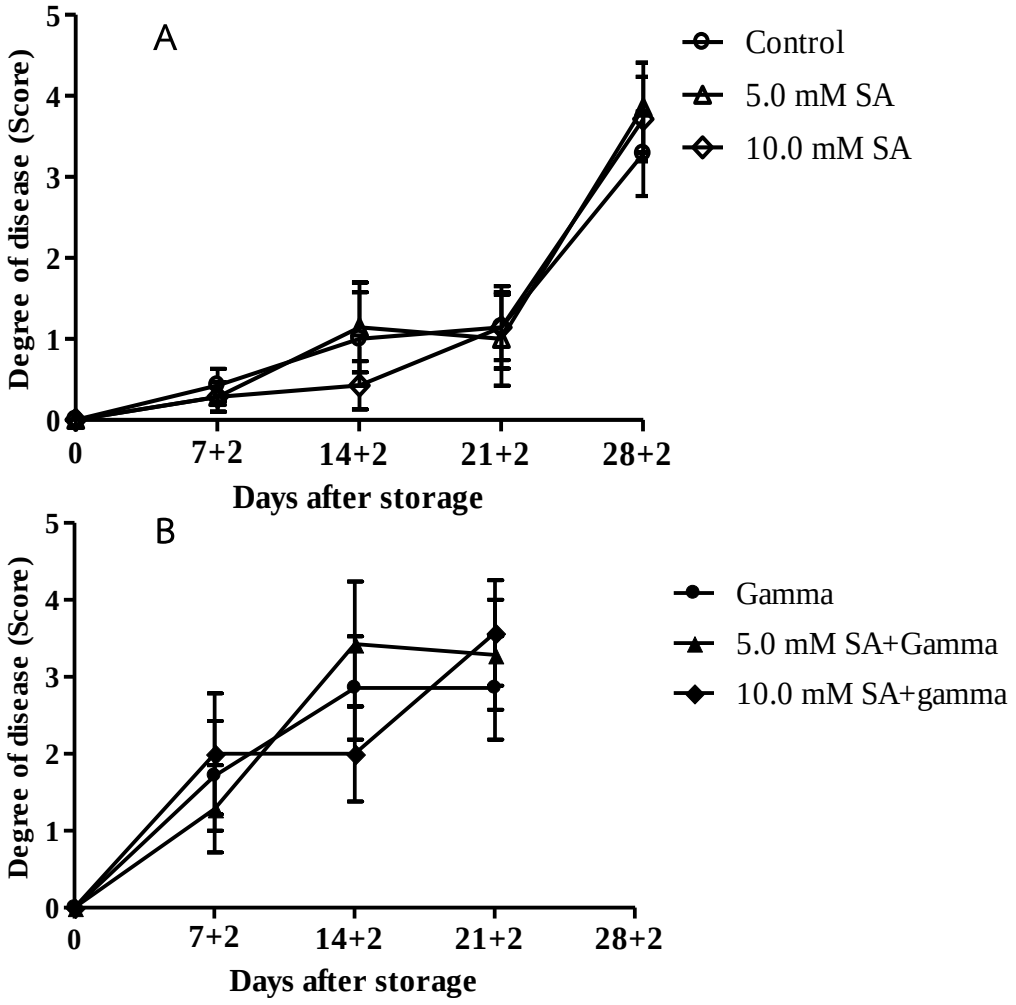


รูปที่ 26 การเปลี่ยนแปลงค่า Hue angle ของสับปะรดบริเวณเนื้อ ที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิค ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)

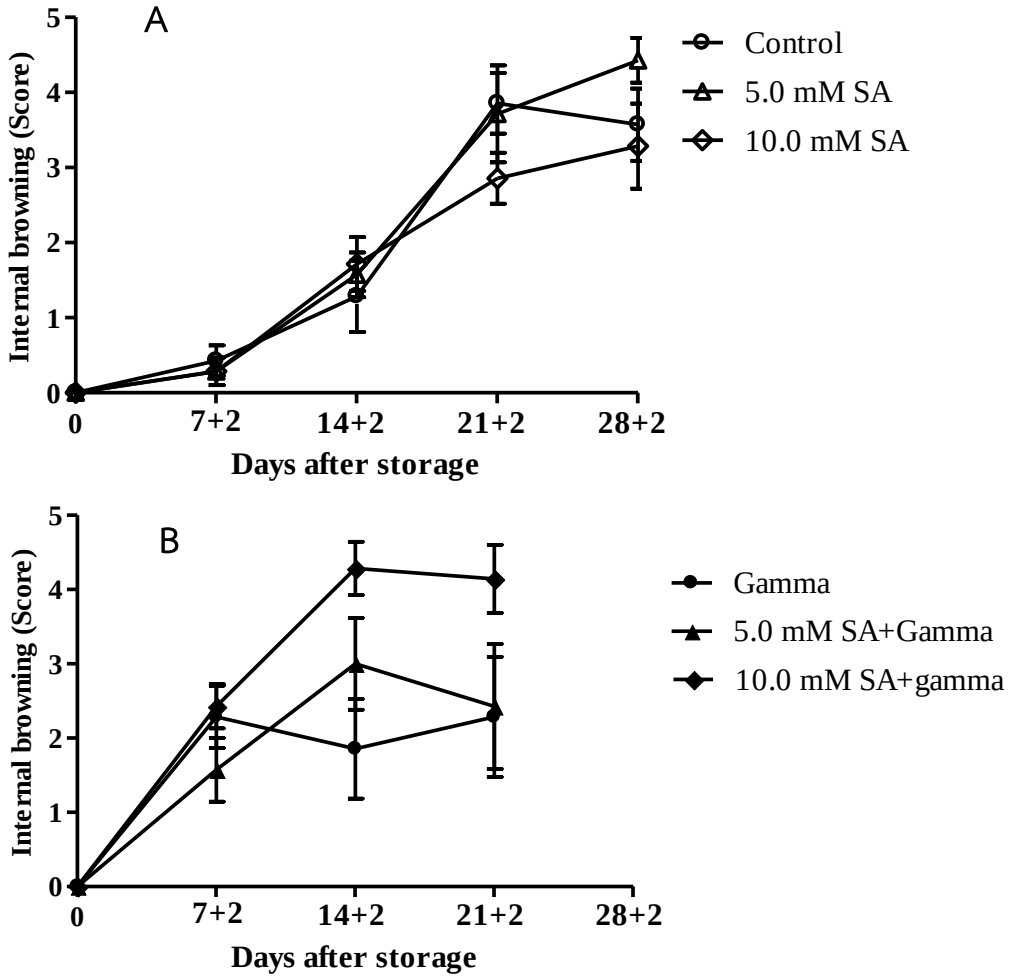
4.2.3 การเน่าเสีย

การเน่าเสียของสับปะรดที่ไม่ฉายรังสีแกมมาในวันที่ 7 ของการเก็บรักษามีระดับความรุนแรงของการเน่าเสียไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกชุดการทดลอง โดยมีระดับความรุนแรงของการเน่าเสียอยู่ในช่วง 1-5 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวผลิตผล และใน สับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 10 mM ร่วมกับการฉายรังสีมีระดับความรุนแรงของการเน่าเสียอยู่ในช่วง 5-10 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ผิวผลิตผล หลังจากนั้นระดับความรุนแรงของการเน่าเสียเพิ่มขึ้นจนถึง 10-15 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวผลิตผล ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยพบว่าสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 5 และ 10 mM ร่วมกับการฉายรังสีมีระดับความรุนแรงของการเน่าเสีย 10-15 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวผลิตผล ส่วน สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสีอย่างเดียวมีระดับความรุนแรงของการเน่าเสีย 5-10 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวผลิตผล ส่วนผลที่ผ่านการจุ่มและไม่ได้จุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 0 5 และ 10 mM อย่างเดียว มีระดับความรุนแรงของการเน่าเสียอยู่ในระดับต่ำกว่า 1-5 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวผลิตผล (รูปที่ 27) (ตารางภาคผนวกที่ 26)

ระดับความรุนแรงของการเน่าเสียของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยกรดซาลิไซลิคที่ความเข้มข้น 0 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส มีการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ในวันที่ 14 ของการเก็บรักษาพบว่าสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 10 mM ร่วมกับการฉายรังสีมีอาการไส้สีน้ำตาลมากที่สุด 51-75 เปอร์เซ็นต์ (4.29 คะแนน) รองลงมาได้แก่ สับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 5 mM ร่วมกับการฉายรังสีมีอาการไส้สีน้ำตาล 26-50 เปอร์เซ็นต์ (3.00 คะแนน) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสีอย่างเดียว สับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 10 mM อย่างเดียว สับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 5 mM อย่างเดียว และสับปะรดชุดควบคุมมีอาการไส้สีน้ำตาลน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์มีคะแนนการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลเท่ากับ 1.86 1.71 1.57 และ 1.29 คะแนน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (รูปที่ 28) อย่างไรก็ตามเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา 21 และ 28 วัน อาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (รูปที่ 28) (ตารางภาคผนวกที่ 27)



รูปที่ 27 ระดับความรุนแรงของการเน่าเสียของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิค ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน) (0 คะแนน คือ ผลปกติ, 1 คะแนนคือ ผลแสดงอาการเน่าเสีย 1-5 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวผลิตผล, 2 คะแนน คือ ผลแสดงอาการเน่าเสีย >5-10 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวผลิตผล, 3 คะแนน คือ ผลแสดงอาการเน่าเสีย >10-15 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวผลิตผล, 4 คะแนน คือ ผลแสดงอาการเน่าเสีย >15-20 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวผลิตผล, 5 คะแนน คือ ผลแสดงอาการเน่าเสียมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ผิวผลิตผล)

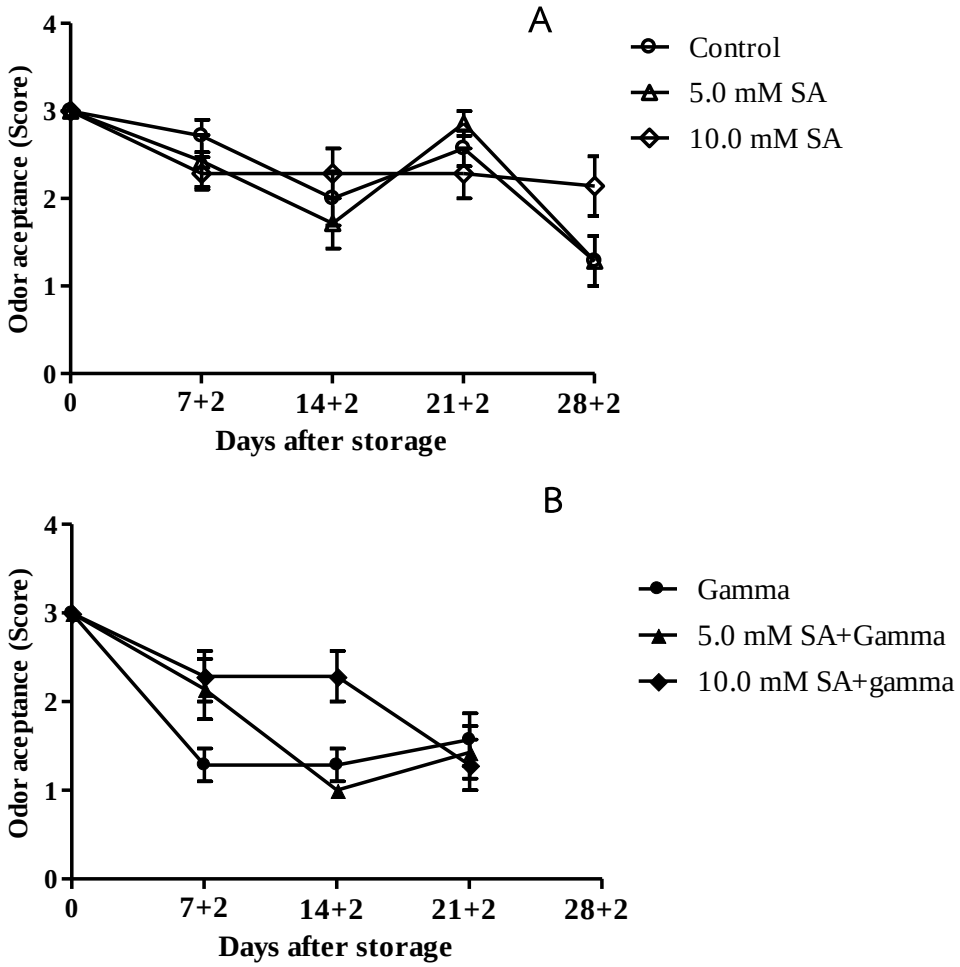


รูปที่ 28 คะแนนการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิค ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน) (0 คะแนน คือ เนื้อผลปกติ, 1 คะแนน คือ เนื้อผลแสดงอาการไส้สีน้ำตาลน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ , 2 คะแนน คือ เนื้อผลแสดงอาการไส้สีน้ำตาล 10-25 เปอร์เซ็นต์, 3 คะแนน คือ เนื้อผลแสดงอาการไส้สีน้ำตาล 26-50 เปอร์เซ็นต์, 4 คะแนน คือ เนื้อผลแสดงอาการไส้สีน้ำตาล 51-75 เปอร์เซ็นต์, 5 คะแนน คือ เนื้อผลแสดงอาการไส้สีน้ำตาลมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์)

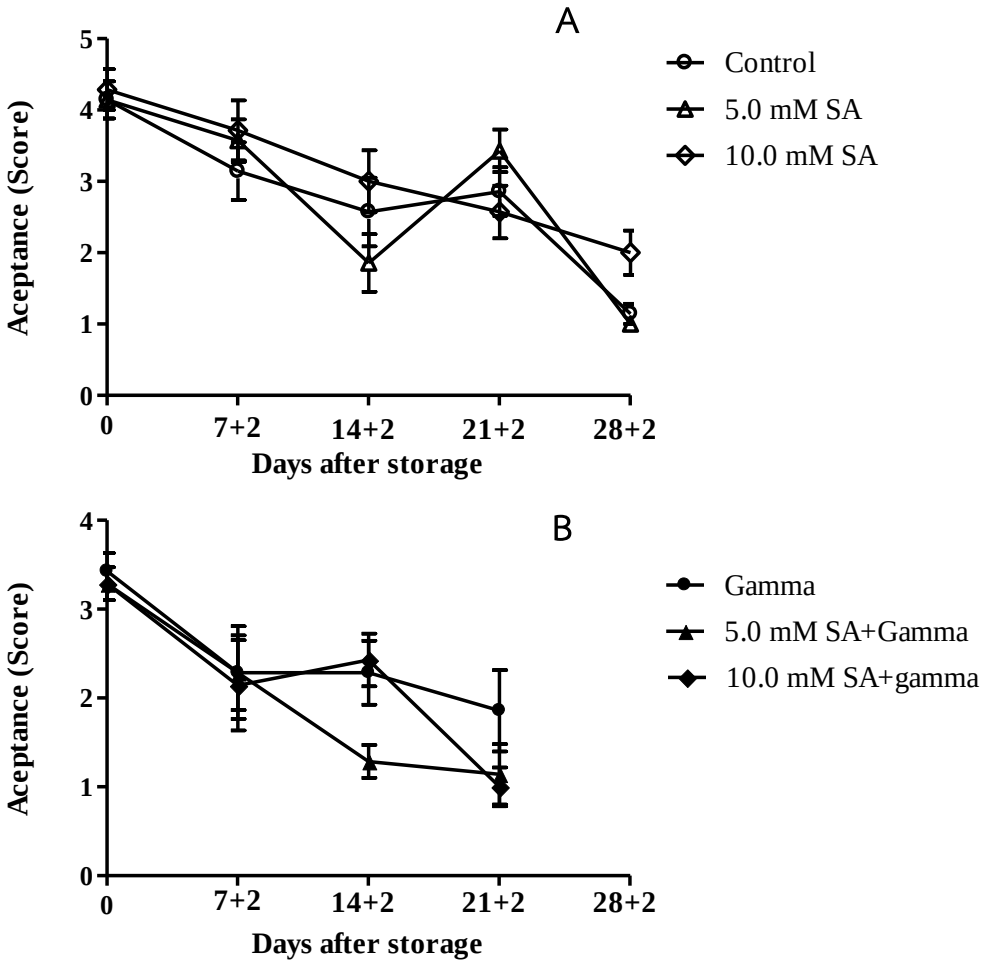
4.2.4 การยอมรับโดยรวม

คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นของสับปะรด พบว่าผู้บริโภคยอมรับสับปะรดที่จุ่มและไม่จุ่มกรดซาลิไซลิคอย่างเดียวมากกว่าที่ฉายรังสี ในวันเริ่มต้นเก็บรักษาสับปะรดมีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นเท่ากับ 3 คะแนน เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นลดลง ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษาพบว่าสับปะรด ที่จุ่มและไม่จุ่มกรดซาลิไซลิคและไม่ได้ฉายรังสี ยังคงมีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นสูงกว่าชุดการทดลองที่ฉายรังสีอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยพบว่าสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 5 mM อย่างเดียวมีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นมากที่สุดเท่ากับ 2.86 คะแนน รองลงมาได้แก่ สับปะรดชุดควบคุมเท่ากับ 2.57 คะแนน สับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 10 mM อย่างเดียวเท่ากับ 2.29 คะแนน สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสีเท่ากับ 1.57 คะแนน สับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 5 mM ร่วมกับฉายรังสีเท่ากับ 1.43 คะแนน และสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 10 mM ร่วมกับฉายรังสีเท่ากับ 1.29 คะแนน มีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นของผู้บริโภคต่ำที่สุด (รูปที่ 29) (ตารางภาคผนวกที่ 28)

สำหรับคะแนนการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคพบว่าในวันเริ่มต้นเก็บรักษาคะแนนการยอมรับโดยรวมของสับปะรดที่จุ่มและไม่จุ่มกรดซาลิไซลิคอย่างเดียวมีคะแนนการยอมรับโดยรวมเท่ากับ 4.14-4.29 คะแนน มากกว่าสับปะรดที่ฉายรังสีซึ่งมีคะแนนการยอมรับโดยรวมเท่ากับ 3.29-3.43 คะแนน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นคะแนนการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคโดยรวมจะลดลง จากการทดลองพบว่าเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 5 mM อย่างเดียวมีคะแนนการยอมรับโดยรวมจากผู้บริโภคมากที่สุดเท่ากับ 3.43 คะแนน รองลงมาได้แก่ สับปะรดชุดควบคุม 2.86 คะแนน สับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 10 mM อย่างเดียว เท่ากับ 2.57 คะแนน สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี เท่ากับ 1.86 คะแนน สับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 5 mM ร่วมกับฉายรังสีเท่ากับ 1.14 คะแนน และ สับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 10 mM ร่วมกับฉายรังสีมีคะแนนการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคต่ำสุดเท่ากับ 1.00 คะแนน อย่างมีนัยสำคัยยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (รูปที่ 30) (ตารางภาคผนวกที่ 29)



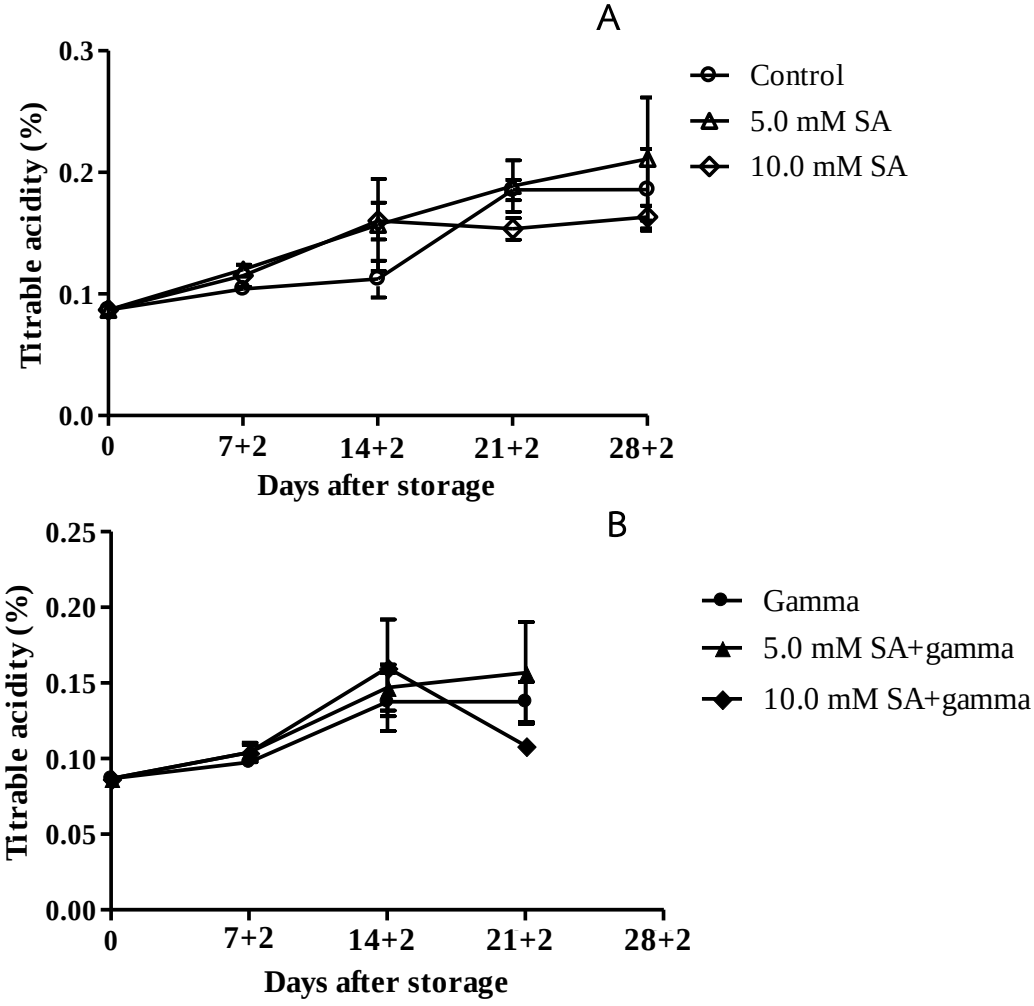
รูปที่ 29 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในด้านกลิ่นของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิค ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)



รูปที่ 30 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคโดยรวมของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิค ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)

4.2.5 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้

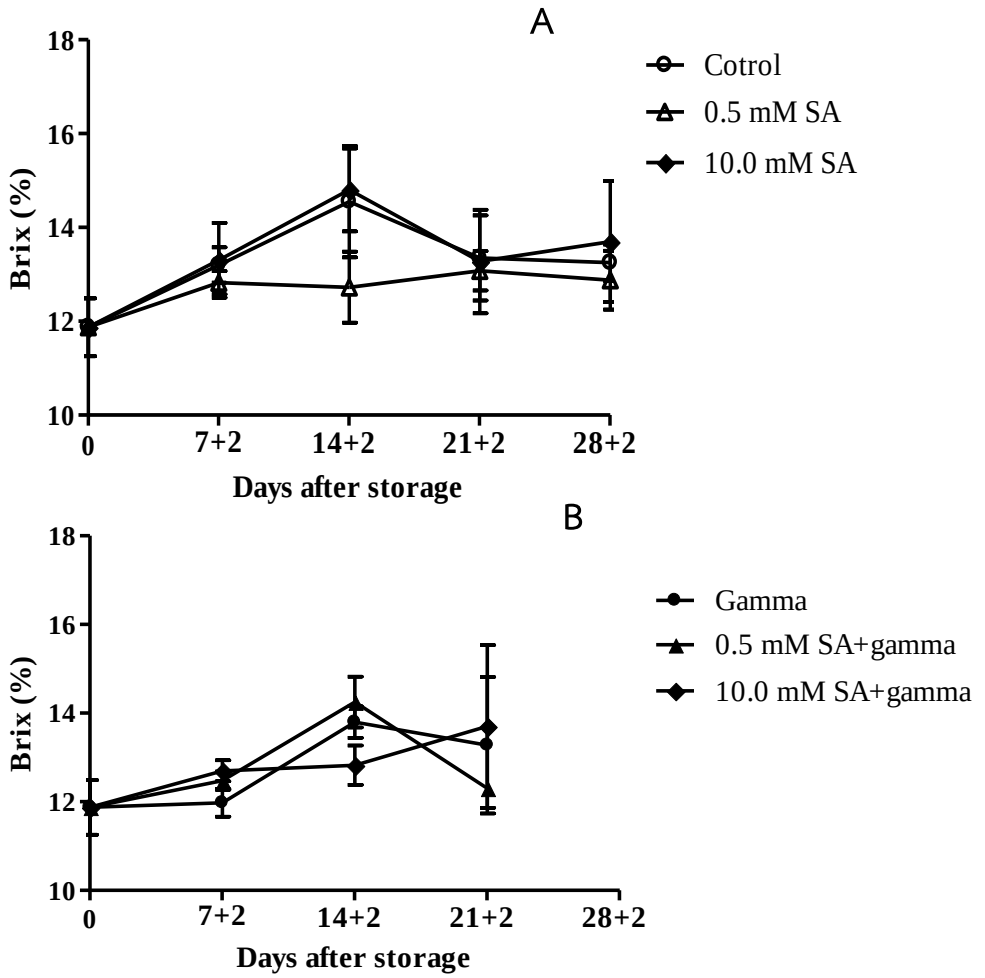
สับปะรดเริ่มต้นการเก็บรักษามีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ เท่ากับ 0.09 เปอร์เซ็นต์หลังจากการเก็บรักษานานขึ้น พบว่าปริมาณกรดที่ไตเตรทได้มีปริมาณเพิ่มขึ้น โดยสับปะรดชุดควบคุมและสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 5 mM อย่างเดียว มีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้สูงสุดเท่ากับ 0.19 เปอร์เซ็นต์รองลงมาได้แก่ สับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 5 mM ร่วมกับฉายรังสี เท่ากับ 0.16 เปอร์เซ็นต์สับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 10 mM อย่างเดียว เท่ากับ 0.15 เปอร์เซ็นต์สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสีเท่ากับ 0.14 เปอร์เซ็นต์และสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 10 mM ร่วมกับการฉายรังสีมีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้เท่ากับ 0.11 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (รูปที่ 31) (ตารางภาคผนวกที่ 30)



รูปที่ 31 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิค ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)

4.2.6 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

สับปะรดเริ่มต้นการเก็บรักษามีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 11.88 องศาบริกซ์ การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีปริมาณเพิ่มสูงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 21 วัน โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วง 12.30 - 13.70 องศาบริกซ์ (รูปที่ 32) (ตารางภาคผนวกที่ 31)

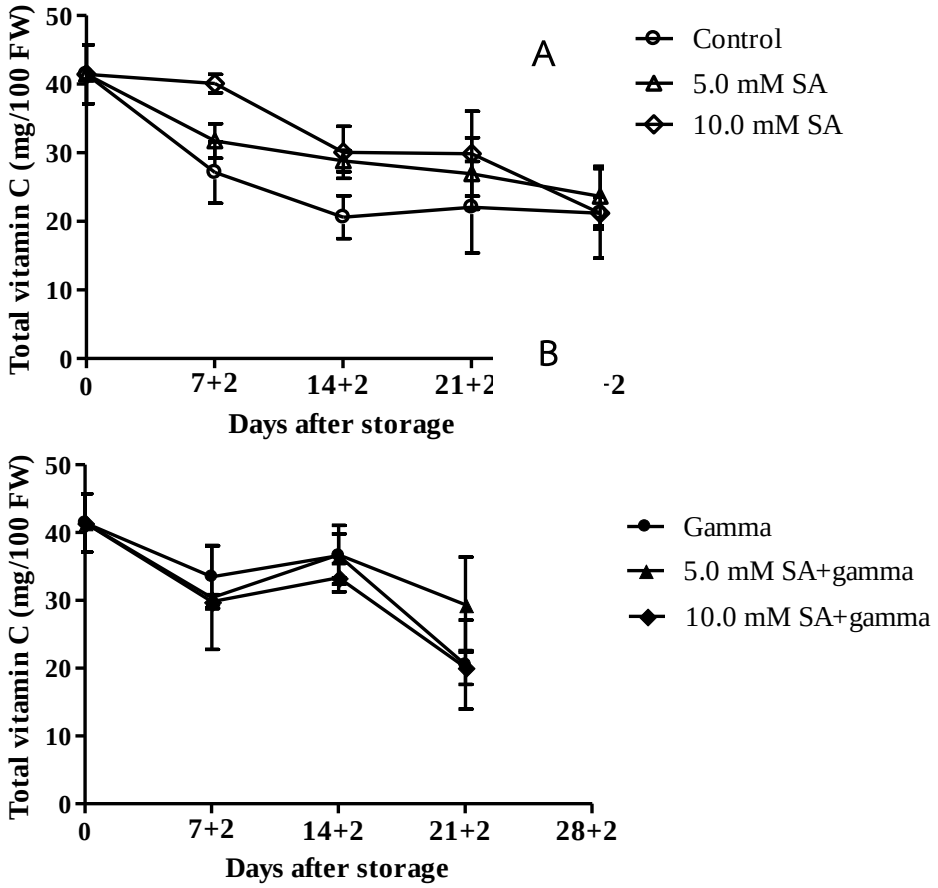


รูปที่ 32 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิค ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)

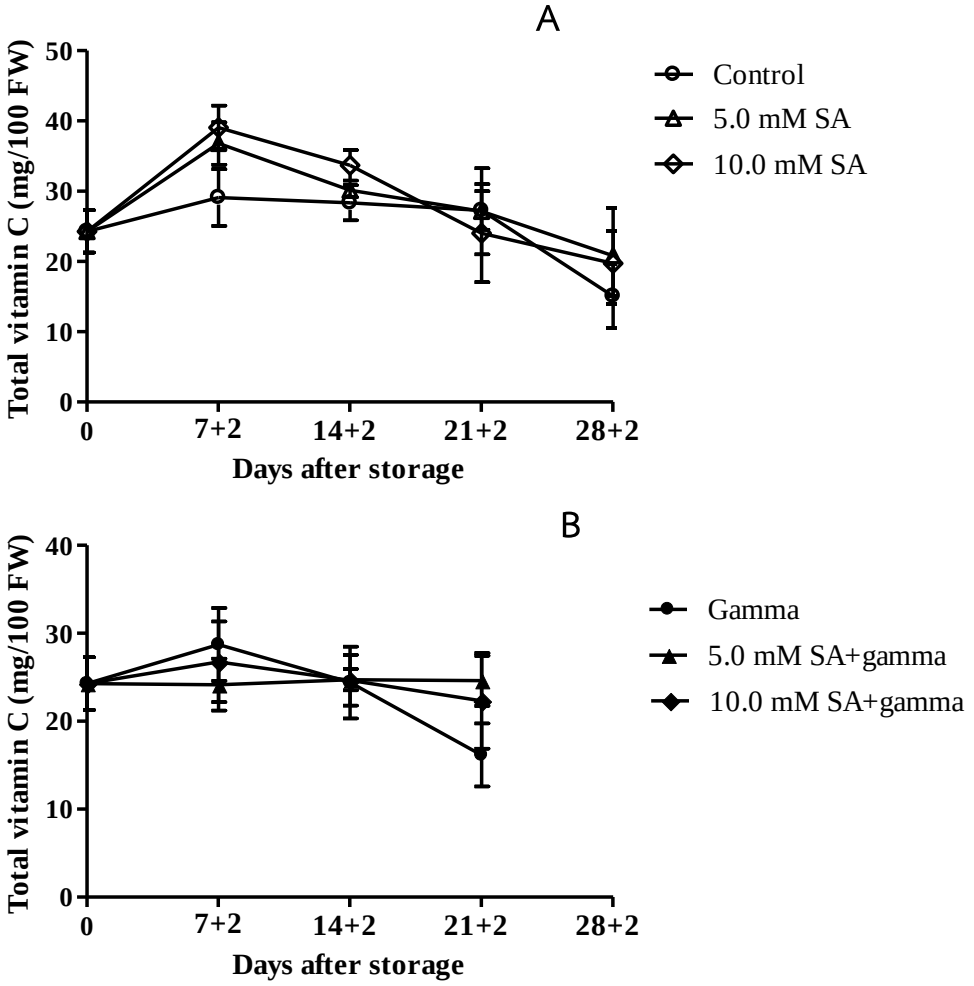
4.2.7 ปริมาณวิตามินซี

การเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีบริเวณเนื้อติดเปลือกมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยพบว่าสับปะรดที่จุ่มและไม่จุ่มกรดซาลิไซลิคร่วมกับการฉายรังสี มีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าชุดที่ไม่ฉายรังสี สับปะรดมีปริมาณวิตามินซีเริ่มต้นเท่ากับ 41.43 mg/100 g FW ภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน พบว่าสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 5 mM ร่วมกับฉายรังสีมีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) รองลงมาได้แก่ สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี สับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 10 mM ร่วมกับฉายรังสี สับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 10 mM อย่างเดียว และ สับปะรดชุดควบคุมมีปริมาณวิตามินซีต่ำที่สุด (36.73 36.60 33.70 30.06 28.79 และ 20.60 mg/100 g FW ตามลำดับ) อย่างไรก็ตามเมื่อครบกำหนดอายุการเก็บรักษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยบริเวณเนื้อติดเปลือกมีปริมาณวิตามินซีลดลงอยู่ในช่วง 20.10 – 29.87 mg/100 g FW (รูปที่ 33) (ตารางภาคผนวกที่ 32)

จากการทดลองพบว่าบริเวณเนื้อติดแกนเริ่มต้นการเก็บรักษามีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 24.29 mg/100 g FW หลังจากนั้นปริมาณวิตามินซีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 7 และ 14 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นการเปลี่ยนแปลงปริมาณวิตามินซีมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกชุดการทดลอง (รูปที่ 34) (ตารางภาคผนวกที่ 33)



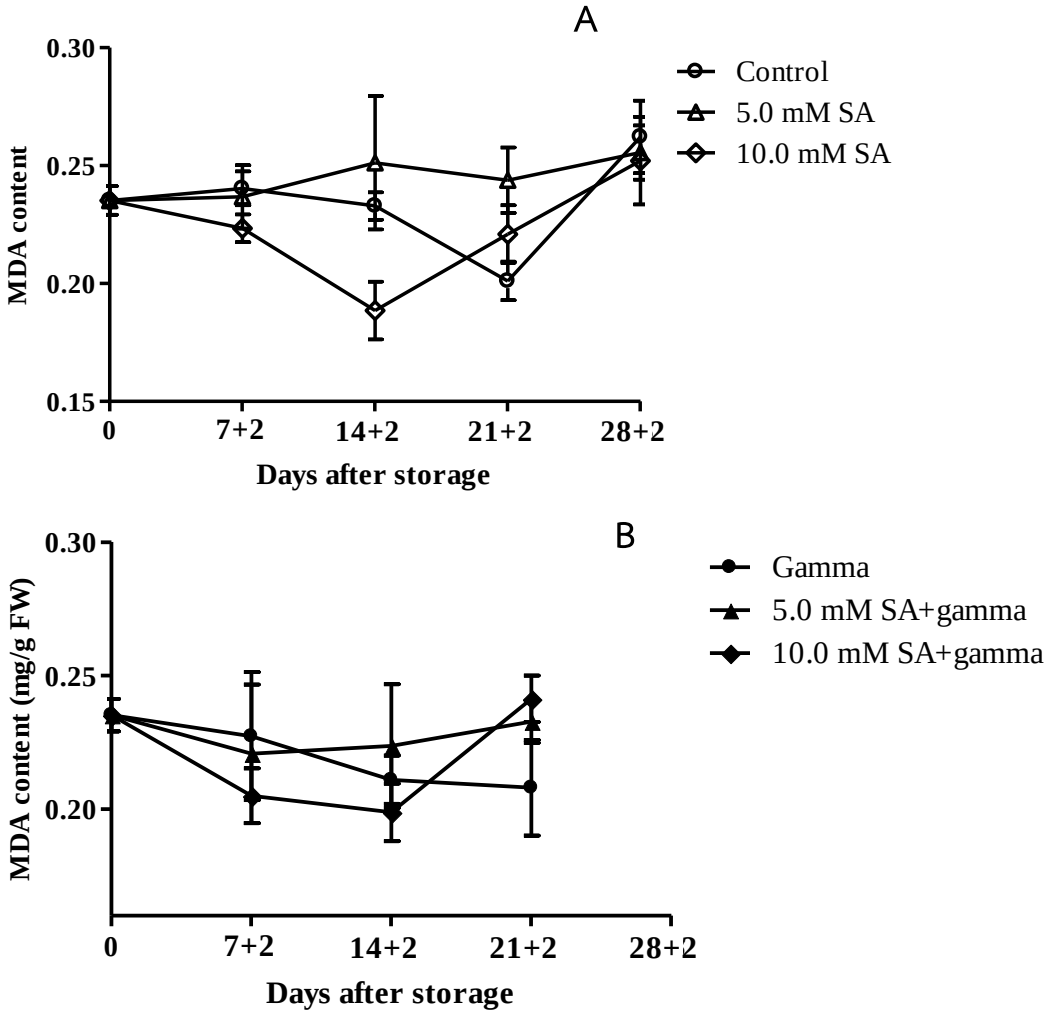
รูปที่ 33 ปริมาณวิตามินซีทั้งหมดของสับปะรด (เนื้อเปลือก) ที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิค ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)



รูปที่ 34 ปริมาณวิตามินซีทั้งหมดของสับปะรด (เนื้อแกน) ที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิค ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)

4.2.8 ปริมาณ Malondialdehyde (MDA)

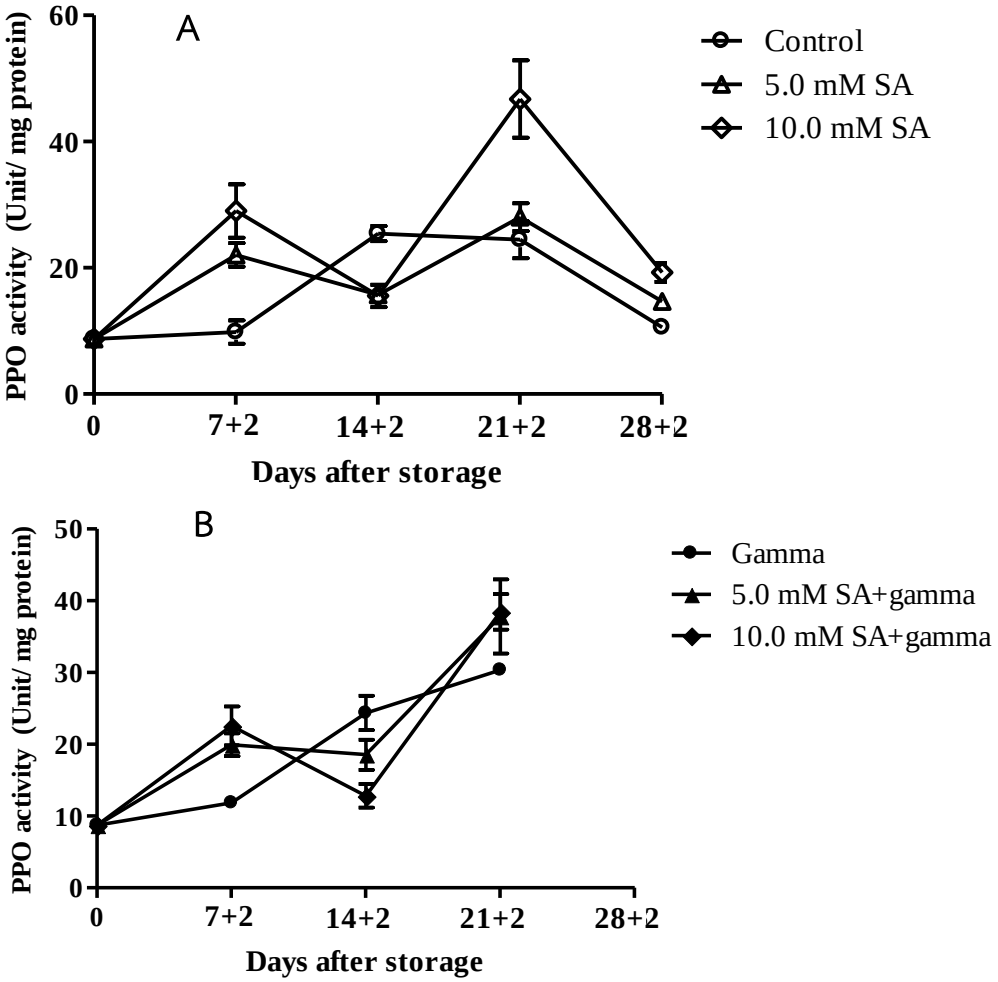
สับปะรดมีปริมาณ Malondialdehyde (MDA) เริ่มต้น 0.24 mg/100 g FW จากการทดลองพบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณ MDA มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา โดย สับปะรดชุดควบคุมมีปริมาณ MDA น้อยที่สุดเท่ากับ 0.20 mg/100 g FW รองลงมาได้แก่ สับปะรดที่ฉายรังสี สับปะรดที่จุ่มกรดซาลิไซลิค 10 mM อย่างเดียว สับปะรดที่ผ่านการจุ่มกรดซาลิไซลิค 5 mM ร่วมกับการฉายรังสี ตามลำดับ (0.20 0.21 0.22 และ 0.23 mg/100 g FW) และสับปะรดที่จุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 5 mM อย่างเดียว กับสับปะรดที่จุ่มกรดซาลิไซลิค 10 mM ร่วมกับการฉายรังสี พบว่ามีปริมาณ MDA เท่ากับเริ่มต้นเก็บรักษา 0.24 mg/100 g FW อย่างไรก็ตามพบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณ MDA ไม่มีความแตกต่างทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (รูปที่ 35) (ตารางภาคผนวกที่ 34)



รูปที่ 35 ปริมาณ Malondialdehyde (MDA) ของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิค ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)

4.2.9 กิจกรรมเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO)

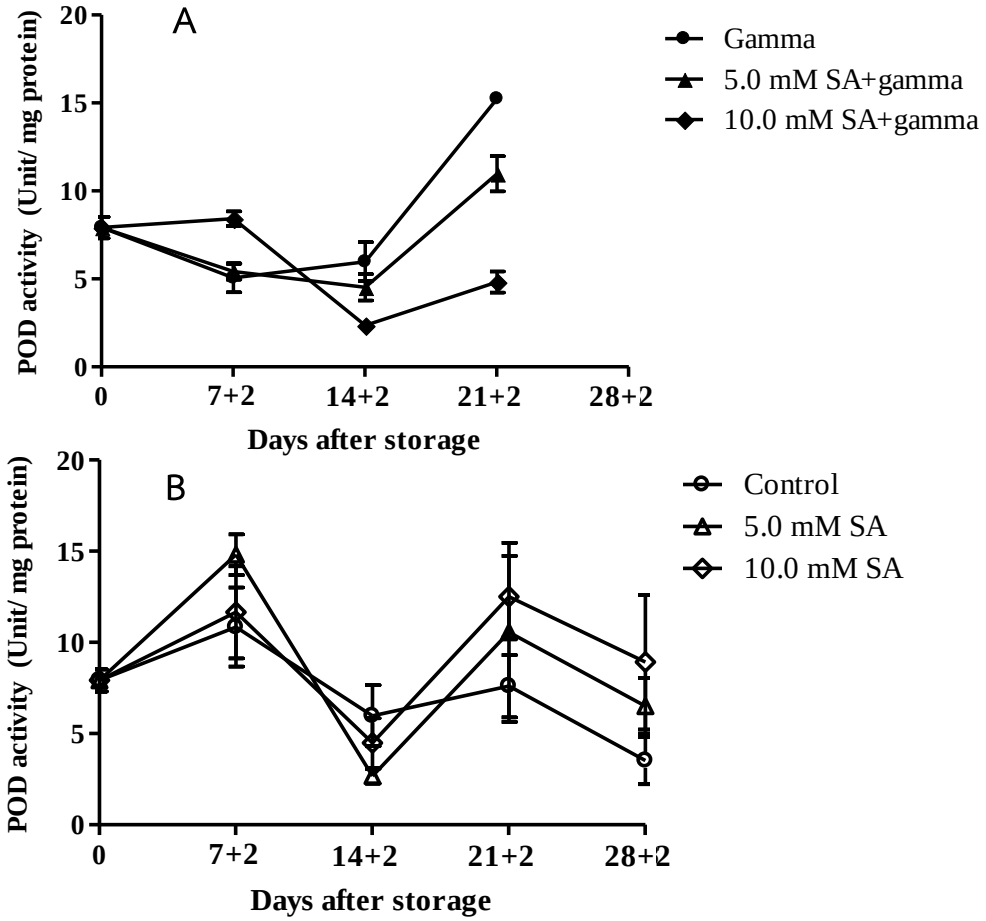
กิจกรรมเอนไซม์ PPO เริ่มต้นเท่ากับ 8.74 Units/ mg protein หลังจากนั้นการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมเอนไซม์ PPO มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา 21 วัน โดยพบว่าชุดควบคุมมีกิจกรรมเอนไซม์ PPO ต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) รองลงมาได้แก่ สับปะรดที่จุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 5 mM อย่างเดียว สับปะรดที่ฉายรังสีแกมมาอย่างเดียว สับปะรดที่จุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 5 mM ร่วมกับการฉายรังสี สับปะรดที่จุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 10 mM ร่วมกับการฉายรังสี และ สับปะรดที่จุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 10 mM ตามลำดับ (24.47 28.04 30.37 37.81 38.45 และ 46.74 Units/ mg protein) (รูปที่ 36) (ตารางภาคผนวกที่ 35)



รูปที่ 36 กิจกรรมเอนไซม์ Polyphenoloxidase (PPO) ของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิค ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)

4.2.10 กิจกรรมเอนไซม์ Peroxidase (POD)

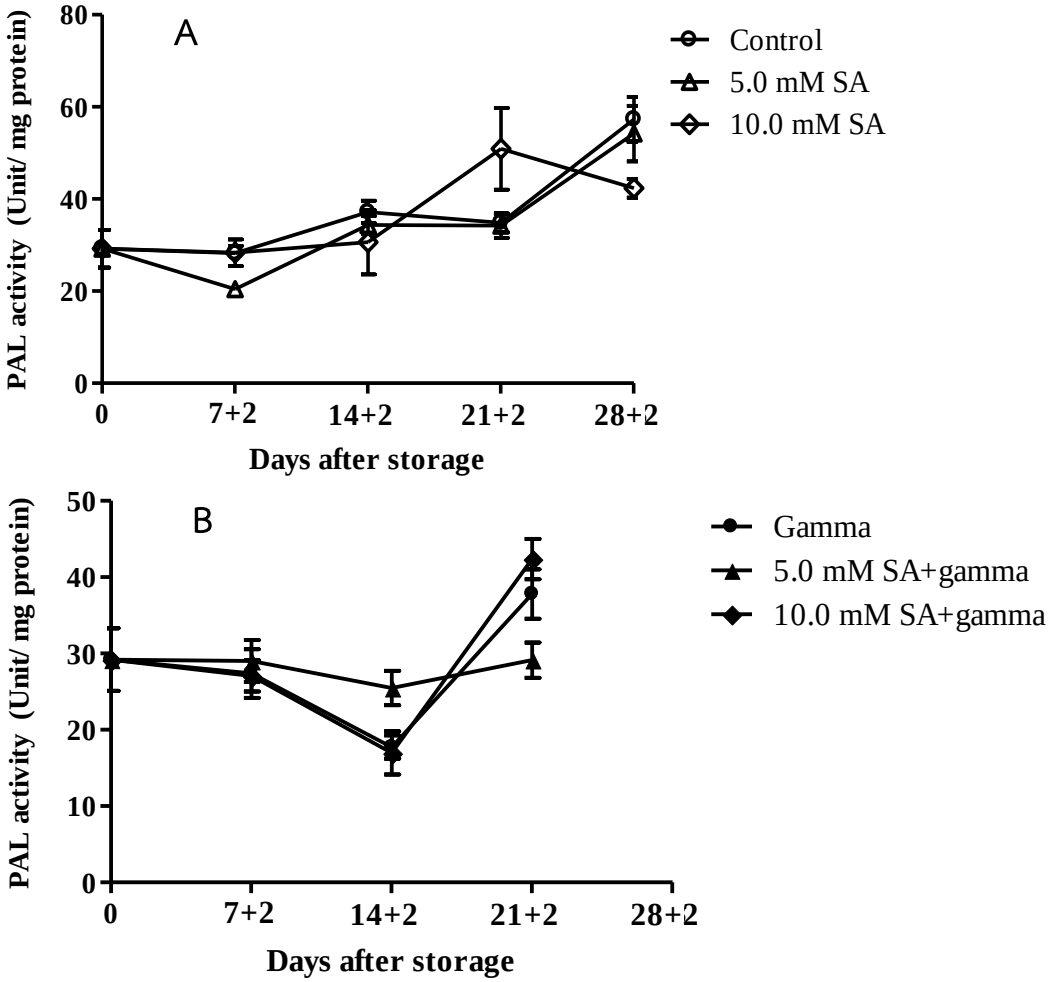
สับปะรดมีกิจกรรมเอนไซม์ POD เริ่มต้นเท่ากับ 7.92 Units/ mg protein ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษาพบว่าการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมเอนไซม์ POD มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยสับปะรดที่ฉายรังสีแกมมาสามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ POD ได้ดีที่สุด รองลงมาได้แก่ สับปะรดที่จุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 5mM ร่วมกับการฉายรังสี สับปะรดที่จุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 10 mM ร่วมกับการฉายรังสี สับปะรดชุดควบคุม สับปะรดที่จุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 10 mM อย่างเดียว และสับปะรดที่จุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 5mM อย่างเดียว (5.05 5.42 8.43 10.84 11.65 14.81 Units/ mg protein ตามลำดับ) หลังจากนั้นการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมเอนไซม์ POD ไม่มีความแตกต่างทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (รูปที่ 3 7) (ตารางภาคผนวกที่ 36)



รูปที่ 37 กิจกรรมเอนไซม์ Peroxidase (POD) ของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิค ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)

4.2.11 กิจกรรมเอนไซม์ Phenylalanine ammonialyase (PAL)

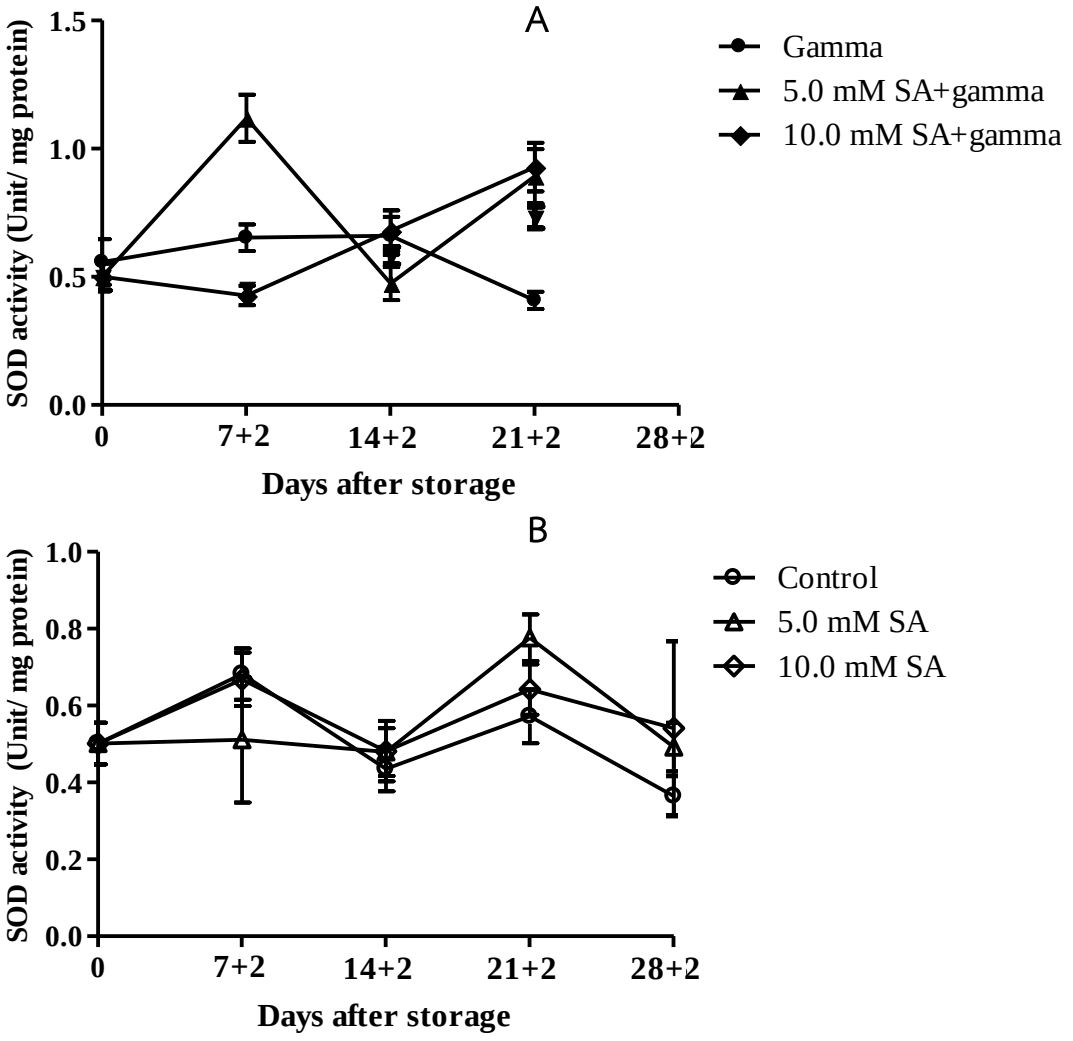
การเปลี่ยนแปลงกิจกรรรมเอนไซม์ PAL เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา โดยเริ่มต้นการเก็บรักษาสับปะรดมีกิจกรรมเอนไซม์ PAL เท่ากับ 8.74 Units/ mg protein หลังจากทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วัน พบว่าสับปะรดที่จุ่มด้วยกรดซาลิไซลิคความเข้มข้น 5.0 mM ร่วมกับการฉายรังสีชะลอการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ PAL ได้ดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) รองลงมาได้แก่ สับปะรดที่จุ่มด้วยกรดซาลิไซลิคความเข้มข้น 5.0 mM อย่างเดียว สับปะรดชุดควบคุม สับปะรดที่ฉายรังสี สับปะรดที่จุ่มด้วยกรดซาลิไซลิคความเข้มข้น 10.0 mM ร่วมกับการฉายรังสี และ สับปะรดที่จุ่มด้วยกรดซาลิไซลิคความเข้มข้น 10.0 mM อย่างเดียว (29.14 34.21 34.80 37.80 42.35 และ 50.93 Units/ mg protein) (รูปที่ 38) (ตารางภาคผนวกที่ 37)



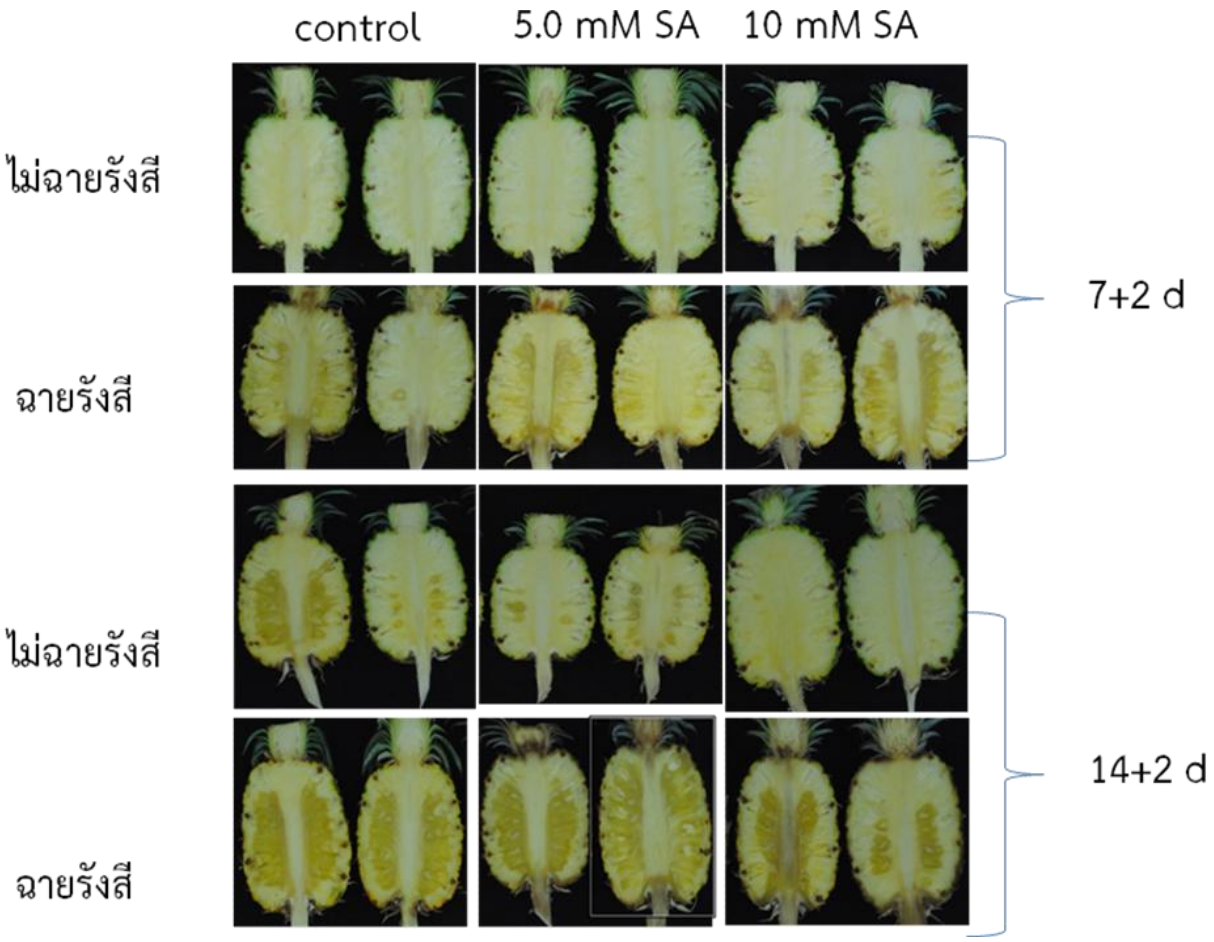
รูปที่ 38 กิจกรรมเอนไซม์ Phenylalanine ammonia lyase (PAL) ของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิคความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)

4.2.12 กิจกรรมเอนไซม์ Superoxide dismutase (SOD)

การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมเอนไซม์ SOD ของสับปะรดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา โดยเริ่มต้นมีกิจกรรมเอนไซม์ SOD เท่ากับ 0.50 Units/ mg protein หลังจากนั้นในวันที่ 21 ของการเก็บรักษาพบว่ากิจกรรมเอนไซม์ SOD ของสับปะรดที่จุ่มและไม่จุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค ร่วมกับการฉายรังสีมีกิจกรรมเอนไซม์สูงที่สุดเท่ากับ 0.93 Units/ mg protein รองลงมาได้แก่ สับปะรดชุดควบคุมเท่ากับ 0.89 Units/ mg protein สับปะรดที่จุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 5 mM เท่ากับ 0.78 Units/ mg protein สับปะรดที่จุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 10 mM ร่วมกับการฉายรังสีเท่ากับ 0.73 Units/ mg protein สับปะรดที่จุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค 10 mM อย่างเดียวเท่ากับ 0.64 Units/ mg protein และสับปะรดชุดควบคุมมีกิจกรรมเอนไซม์ SOD ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.57 Units/ mg protein อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (รูปที่ 39) (ตารางภาคผนวกที่ 38)



รูปที่ 39 กิจกรรมเอนไซม์ Superoxide dismutase (SOD) ของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิค ความเข้มข้น 0 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส (A) ผลสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี (B) สับปะรดที่ผ่านการฉายรังสี (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)



รูปที่ 40 รูปผ่ากึ่งกลางตามยาวของสับปะรดที่จุ่มและไม่จุ่มกรดซาลิไซลิค ความเข้มข้น 0 5.0 และ 10.0 mM เป็นเวลา 5 นาทีก่อนนำไปฉายและไม่ฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำไปเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 และ 14 วันก่อนจะนำมาวางที่ 25 องศาเซลเซียส เพื่อตรวจสอบลักษณะการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในผล

บทที่ 5 อภิปรายและวิจารณ์ผล

5.1 ผลของการจุ่มเมทิลจัสโมเนทเพื่อลดอาการไส้สีน้ำตาลในผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียฉายรังสีแกมมา

จากการศึกษาผลของสารเมทิลจัสโมเนทต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านกายภาพ และชีวเคมีของผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย โดยจุ่มผลสับปะรดด้วยสารเมทิลจัสโมเนท ที่ 3 ระดับความเข้มข้น คือ 0, 0.1 และ 0.5 mmol/L เป็นเวลา 5 นาที แล้วแบ่งเป็น 2 ชุดการทดลอง ได้แก่ ชุด ฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy และไม่ฉายรังสีแกมมา หลังจากนั้น นำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85±5 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา ดังนี้ สับปะรดชุดที่ฉายรังสี (ทั้งชุดที่ จุ่มและไม่จุ่ม เมทิลจัสโมเนท) มีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกสับปะรดได้รวดเร็วกว่าสับปะรดชุดที่ไม่ฉายรังสี (ทั้งชุดที่ จุ่มและไม่จุ่ม เมทิลจัสโมเนท) โดยผลสับปะรดชุดที่ผ่านการฉายรังสี (ทั้งชุดที่ จุ่มและไม่จุ่ม เมทิลจัสโมเนท) เริ่มพบอาการเปลือกเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อนในวันที่ 14+2 ของการเก็บรักษา (เมื่อเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน หลังจากนั้นนำมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน) หลังจากนั้นเปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น อาจเนื่องมาจากปริมาณรังสีที่ใช้ 400-650 Gy มีผลทำให้เซลล์ผิวเปลือกของสับปะรดได้รับความเสียหาย ซึ่งผลไม้แต่ละชนิด และพันธุ์สามารถทนต่อระดับปริมาณรังสีแกมมาไม่เท่ากัน โดยมะม่วงสามารถทนต่อรังสีได้ถึง 1000 Gy ยกเว้นมะม่วงน้ำดอกไม้ โดยผ่องเพ็ญ และคณะ (2552) รายงานว่าการฉายรังสีแกมมา ทำให้มะม่วง เกิดเลนติเซลสีดำเพิ่มขึ้น และทำให้สีเปลือกของมะม่วงมีลักษณะคล้ายกับช้ำทั่วทั้งผล เช่นเดียวกับ Hofman และคณะ (2009) ที่พบว่ามะม่วงพันธุ์ B74 เมื่อนำไปฉายรังสีแกมมา มีผลทำให้เซลล์รอบๆ เลนติเซลของผิวมะม่วงได้รับความเสียหายและทำให้สีผิวเปลี่ยนไป ส่วนเงาะและลำไยทนต่อรังสีแกมมาได้ถึง 750 และ 600 Gy ตามลำดับ

ผลสับปะรดที่จุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนทและไม่ได้ฉายรังสี มีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลโดยมีสีเหลืองเพิ่มมากขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากเม ทิลจัสโมเนทความเข้มข้นที่ให้โดยการ จุ่มอาจไปกระตุ้นการผลิตเอทิลีนและส่งเสริมการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ และกระตุ้นการสังเคราะห์ แคโรทีนอยด์ เช่นเดียวกับการใช้ เมทิลจัสโมเนทที่ความเข้มข้น 10^{-5} M ช่วยพัฒนาการเกิดสีแดงและสีเหลืองที่เปลือกผลตลอดจนพัฒนาคุณภาพในด้านอื่นๆ ในผลมะม่วงพันธุ์ Kent ในระหว่างการเก็บรักษา (Gonzalez-Aguilar และคณะ, 2001) ตลอดจนช่วยเพิ่มปริมาณ beta-carotene ในผลแอปเปิ้ลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (Fan และคณะ, 1998) แต่จากการทดลองนี้พบว่า สับปะรดที่จุ่มเม ทิลจัสโมเนทมีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก เล็กน้อย ทั้งนี้เม ทิลจัสโมเนทสามารถกระตุ้นหรือยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ ACC synthase และ ACC oxidase ได้ (Saniewsky และคณะ, 1997) เมทิลจัสโมเนทสามารถกระตุ้นการสร้างเอทิลีนเร่งกระบวนการสลายตัวของคลอโรฟิล ล์และมีสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเม ทิลจัสโมเนทที่ใช้ ระยะ สุกแก่ของผลิตผล พันธุ์ และอุณหภูมิที่ใช้ (Gonzalez-Aguilar และคณะ, 2001)

สับปะรดชุดที่ฉายรังสีมีค่าความสว่างของสีเนื้อลดต่ำกว่าผลที่ไม่ได้ฉายรังสี โดยจะมีสีคล้ำมากกว่าผลที่ไม่ได้ฉายรังสี เนื้อของผลสับปะรดมีค่าความสว่างลดลงโดยจะเห็นว่าสีของเนื้อสับปะรดมีการเปลี่ยนสีจากสีเหลืองอ่อนค่อนข้างวาวไปเป็นสีเหลืองเข้มมากขึ้น โดยเมื่อเก็บรักษาผลสับปะรดเป็นเวลานานขึ้นจะเกิดอาการไส้สีน้ำตาล ทำให้เนื้อบริเวณใกล้แกนกลางผลเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแล้วค่อยๆ ขยายออกรวมกันเป็นกลุ่มสีน้ำตาลคล้ำมีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่ง อาจเกิดจากการรวมตัวกันของสารประกอบฟีนอล (Luh และ Phithakpol, 1972)

สับปะรดชุดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนทร่วมกับฉายรังสีมีสีเนื้อคล้ำกว่าสับปะรดชุดการทดลองอื่นๆ โดยเกิดอาการไส้สีน้ำตาลมากกว่าสับปะรดที่ไม่ฉายรังสี โดยเริ่มแสดงอาการไส้สีน้ำตาลเล็กน้อยตั้งแต่วันที่ 7+2 ของการเก็บรักษา อาการไส้สีน้ำตาลที่พบในสับปะรดอาจ มีสาเหตุมาจากองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ หรือเยื่อหุ้มอวัยวะภายในเซลล์บางส่วนเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพขึ้นเมื่ออุณหภูมิต่ำลง ทำให้การทำงานของเยื่อหุ้มนั้นผิดปกติไป ส่งผลให้เกิดความไม่สมดุลของกระบวนการทางสรีรวิทยาภายในเซลล์ขึ้น และส่งผลให้เซลล์ตายได้ในที่สุด เยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) เยื่อหุ้มไมโตคอนเดรีย (mitochondrial membrane) และเยื่อหุ้มอวัยวะภายในเซลล์อื่นๆ มีลักษณะอย่างเดียวกันคือ ประกอบไปด้วยชั้นของฟอสโฟลิปิด (phospholipids) และโปรตีน เยื่อหุ้มเหล่านี้ทำหน้าที่สำคัญในการควบคุม การผ่านเข้าออกของสารต่างๆ จะเสื่อมลง ในสภาวะแวดล้อมที่เครียดชักนำการเกิดออกซิเจนอิสระส่งผลให้เกิดกระบวนการออกซิเดชั่นของไขมันที่บริเวณเมนเบรน (Blokhina และคณะ, 2003) ทำให้สารตั้งต้น (substrate) ต่างมีโอกาสสัมผัสกับเอนไซม์ได้โดยขาดการควบคุม ทำให้เซลล์ขาดสมดุลและตายในที่สุด (Abernethy และคณะ, 1989) การเกิดสีน้ำตาลเกิดจากเอนไซม์ PPO ที่รั่วไหลออกมาเจอกับสารตั้งต้นและออกซิเจน ทำให้เกิดปฏิกิริยาการรวมตัวของโพลีฟีนอล (polymerization) ไปเป็นสารสีน้ำตาล (browning pigment) และเกิดอาการไส้สีน้ำตาล (Internal browning) ซึ่งเกิดบริเวณเนื้อใกล้แกนของสับปะรด (Sveine และคณะ, 1967) กรกช (2553) รายงานว่าการเกิดสีน้ำตาลของสับปะรดพันธุ์ตราดสีทองมีความสัมพันธ์กับการรั่วไหลของประจุและกิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) และ Peroxidase (POD) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานของ Lyon (1973) จากผลการทดลองพบว่าสับปะรดที่ฉายรังสี (ทั้งที่จุ่มและไม่จุ่มสาร) มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO เพิ่มสูงกว่าชุดที่ไม่ฉายรังสี แต่ถ้าในสับปะรดชุดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี พบว่าสับปะรดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนทมีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ต่ำกว่าสับปะรดที่ไม่จุ่มเมทิลจัสโมเนท ซึ่งสอดคล้องกับ Nilprapruck และ Yodmingkwan (2009) รายงานว่า สารเมทิลจัสโมเนทที่มีความเข้มข้นที่เหมาะสมอาจมีบทบาทในการยังยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ซึ่งจะทำให้อาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียลดน้อยลง อินทิรา (2554) รายงานว่ามะเฟืองที่ผ่านการรมด้วยเมทิลจัสโมเนทมีอาการสะท้านหนาวต่ำกว่าชุดควบคุม สับปะรดฉายรังสี (ทั้งที่จุ่มและไม่จุ่มเมทิลจัสโมเนท) มีอาการไส้สีน้ำตาลมากกว่า สับปะรดไม่ฉายรังสี (ทั้งที่จุ่มและไม่จุ่มเมทิลจัสโมเนท) อาจเนื่องมาจากการฉายรังสีระดับ 400-650 Gy ทำลายเซลล์เปลือกสับปะรดและ กระตุ้นกิจกรรมเอนไซม์ PPO ซึ่งเร่งการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในผลสับปะรด ซึ่งการเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ PPO POD และสารประกอบฟีนอล สัมพันธ์กับการเกิดอาการสีน้ำตาล โดยเอนไซม์ PPO POD และสารประกอบฟีนอลิกจะไปทำ ปฏิกิริยากับออกซิเจนและเกิดเป็นอาการไส้สีน้ำตาล Thomas และ Delincee (1979) รายงานว่าชิ้นมันฝรั่งที่ทำให้เกิดความเสียหายทางกลแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C นาน 14 วัน พบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์ POD เพิ่มขึ้น 10-14 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเริ่มต้น ส่วนในชิ้นแครอทมีการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ POD พร้อมกับการเพิ่มขึ้นของลิกนิน ซึ่งสัมพันธ์กับการเปลี่ยนสี (Howard และ Griffin, 1993) POD มีกิจกรรมที่สูงขึ้นเมื่อมีการเกิดอาการสะท้านหนาว (Campa, 1991) แต่จากผลการทดลองนี้พบว่ากิจกรรมของ POD ในสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลมาก มีกิจกรรมของเอนไซม์ POD ต่ำกว่าสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลน้อย สอดคล้องกับรายงานของ Zhou และคณะ (200 3) พบว่า POD ไม่ใช่เอนไซม์หลักในการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในผลสับปะรดหลังจากเกิดอาการไส้สีน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

สับปะรดเมื่อเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส มี อาการไส้สีน้ำตาล ซึ่งเป็นอาการผิดปกติทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นเมื่อผลิตผลได้รับอุณหภูมิต่ำเหนือจุดเยือกแข็ง ซึ่งอาการดังกล่าวนี้เรียกว่าอาการสะท้านหนาว และอาการนี้จะรุนแรงมากขึ้นเมื่อสับปะรดได้รับการฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ มีรายงานการศึกษาผลของสารเมทิลจัสโมเนทต่อการลดการเกิดอาการสะท้านหนาวในผลผลิตทางการเกษตร ได้แก่ การรมฝรั่งพันธุ์สีขาวและสีแดงด้วยเม ทิลจัสโมเนทที่ความเข้มข้น 10^{-4} และ 10^{-5} โมลาร์ ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน และนำออกมาเก็บรักษาที่ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน พบว่าฝรั่งที่รมด้วยเมทิลจัสโมเนทมีอาการสะท้านหนาว และปริมาณการรั่วไหลของประจุลดลง และทำให้ฝรั่งมีการป้องกันตัวเองซึ่งจะบ่งบอกได้จากกิจกรรมของเอนไซม์ โดยกิจกรรมของ phenylalnine-ammonialyase (PAL) เพิ่มสูงขึ้น (Gonzalez-Aguilar และคณะ, 2004) จากงานทดลองนี้สับปะรดชุดที่ฉายรังสีแกมมา มีกิจกรรมของเอนไซม์ PAL สูงกว่าสับปะรดชุดที่ไม่ฉายรังสีในวันที่ 21+2 และ Oufedjikh และคณะ (2000) รายงานว่าผลส้มที่ฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณ 0.3 kGy และเก็บรักษาที่ 3 องศาเซลเซียส มีการสังเคราะห์ฟีนอลิกและกิจกรรมเอนไซม์ phenylalanine ammonialyase (PAL) เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา ทั้งนี้สับปะรดชุดที่ไม่จุ่มสารและไม่ฉายรังสีมีกิจกรรมเอนไซม์ PAL เพิ่มสูงขึ้นในช่วงแรกของการเก็บรักษา อาจเนื่องจากอุณหภูมิในสภาวะที่เก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส กระตุ้นกระบวนการป้องกันตัวเอง เมทิลจัสโมเนทสามารถลดความรุนแรงของอาการสะท้านหนาว ซึ่งอาการสะท้านหนาวเป็นตัวบ่งชี้ถึงสภาพที่ไม่สมบูรณ์ของเมมเบรน และสภาพที่ไม่สมบูรณ์ของเมมเบรนเป็นสาเหตุให้เกิดการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์จากเซลล์ ในการเข้าสู่ระยะการเสื่อมสภาพของผลิตผลมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพและทางชีวเคมีหลายอย่าง ในสภาพที่ผลิตผลเข้าสู่ระยะสุกแก่มีความเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของผนังเซลล์และคุณสมบัติในการยอมให้สารผ่านเข้าออก (Gemma และคณะ , 1994) และชักนำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (lipid peroxidation) ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เกิดเป็นไฮโดรคาร์บอนเส้นเล็ก ได้แก่ มาลอนไดอัลดีไฮด์ (malondialdehyde, MDA) ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ของสับปะรดที่ผ่านการฉายรังสีร่วมกับการจุ่มเมทิลจัสโมเนทมีปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์สูงกว่าสับปะรดที่ไม่ผ่านการฉายรังสี โดยปริมาณของมาลอนไดอัลดีไฮด์เป็นตัวบ่งชี้ถึงความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์ที่เกิดจากภาวะเครียด แต่ในสับปะรดชุดที่ไม่ฉายรังสี พบว่าสับปะรดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนทมีปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์น้อยกว่าสับปะรดที่ไม่จุ่มเมทิลจัสโมเนท โดยเมทิลจัสโมเนทจะกระตุ้นกลไกต่อต้านทางธรรมชาติของพืช (plant defense mechanism) ในการตอบสนองต่ออุณหภูมิต่ำ โดยสร้างโปรตีนที่ทำหน้าที่ป้องกัน (defense protein) เพื่อส่งสัญญาณให้พืชทนต่อความเครียดต่างๆ ในที่นี้คืออุณหภูมิต่ำ โดยเมทิลจัสโมเนทสามารถลดอาการสะท้านหนาว ในซูกินี (Wang และ Buta, 1994) ฝรั่ง (Gonzale-Aguilar และคณะ, 2004) และ loquat (Cao และคณะ, 2010)

การฉายรังสีมีผลต่อคุณภาพและการเปลี่ยนแปลงภายในของผลิตผล (Shellie และ Mangan, 1993) ผลของรังสีแกมมาที่มีต่อคุณภาพผลไม้ขึ้นอยู่กับชนิดพืช ปริมาณรังสีที่ได้รับ และชนิดของรังสี (Hofman และคณะ, 2009) สับปะรดฉายรังสีแกมมาทั้งที่จุ่มและไม่จุ่มสารเมทิลจัสโมเนทมีปริมาณวิตามินซีลดต่ำกว่าสับปะรดที่ไม่ได้ฉายรังสี และสับปะรดที่จุ่มเมทิลจัสโมเนทมีปริมาณ วิตามินซีสูงกว่าชุดที่ไม่ได้จุ่มสาร ซึ่งวิตามินซีหรือกรดแอสคอร์บิค เป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ในพืช เป็นตัวต้านออกซิเดชัน มีทำหน้าที่ขัดขวางอนุมูลอิสระไม่ให้เกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation และลดปริมาณอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ โดยทั่วไปความรุนแรงของอาการสะท้านหนาวจะสัมพันธ์กับการลดลงของปริมาณวิตามินซีในผลิตผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

แต่สารเมทิลจัสโมเนทสามารถชะลอการลดลงของปริมาณวิตามินซีจึงช่วยเพิ่มความต้านทานต่ออาการสะท้านหนาวได้ (Gonzalez-Aguilar และคณะ, 2004) การทดลองของอินทิรา (255 4) รายงานว่ามะเฟืองที่จุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนทที่ความเข้มข้น 5 µM มีปริมาณวิตามินซีมากกว่าผลมะเฟืองในชุดที่ไม่ได้จุ่มสาร เช่นเดียวกับการทดลองของ Wang (1988) ที่พบว่าการใช้เมทิลจัสโมเนสรักษาปริมาณวิตามินซีใน radishes และ zucchini ได้ ดังนั้นเมทิลจัสโมเนทจึงมีบทบาทที่สำคัญในการลดการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในผลสับปะรด

คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคของสับปะรด ฉายรังสีแกมมา ที่ผ่านการจุ่ม และไม่จุ่มสาร เมทิลจัสโมเนท มีคะแนนลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษามากกว่าสับปะรดที่ไม่ฉายรังสี โดยสับปะรดไม่ฉายรังสีที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0.1 และ 0.5 mmol/L มีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคสูงกว่าสับปะรดไม่ฉายรังสีที่ไม่จุ่มเมทิลจัสโมเนท โดยมีความสัมพันธ์กับการเกิดอาการไส้สีน้ำตาล คะแนนการเกิดโรค การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแอสคอร์บิค กิจกรรมของเอนไซม์ PPO โดยพบว่าสับปะรดไม่ฉายรังสีที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0.1 และ 0.5 mmol/L สามารถชะลอการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลได้ดีกว่าสับปะรด ไม่ฉายรังสีที่ไม่จุ่มเมทิลจัสโมเนท จึงทำให้มีคะแนนการยอมรับทางด้าน กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวมสูงกว่าชุดควบคุม

5.2 ผลของการจุ่มกรดซาลิไซลิคเพื่อลดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียฉายรังสีแกมมา

จากการศึกษาผลของ กรดซาลิคไซลิค ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านกายภาพ และชีวเคมีของผลสับปะรด โดยจุ่มผลสับปะรดด้วย กรดซาลิคไซลิค ความเข้มข้น 0, 5 และ 10 mM เป็นเวลา 5 นาที แล้วแบ่งเป็น 2 ชุดการทดลอง ได้แก่ นำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy และไม่ฉายรังสีแกมมา หลังจากนั้นนำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85±5 เปอร์เซ็นต์ พบว่า สับปะรดชุดที่ฉายรังสี (ทั้งชุดที่ จุ่มและไม่จุ่มกรดซาลิไซลิค) มีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกสับปะรดได้รวดเร็วกว่าสับปะรดชุดที่ไม่ฉายรังสี (ทั้งชุดที่ จุ่มและไม่จุ่มกรดซาลิไซลิค) โดยผลสับปะรดชุดที่ผ่านการฉายรังสี (ทั้งชุดที่ จุ่มและไม่จุ่มซาลิไซลิค) เริ่มพบอาการเปลือกเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อนในวันที่ 14+2 ของการเก็บรักษา (เมื่อเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน หลังจากนั้นนำมาวางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน) หลังจากนั้นเปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น อาจเนื่องมากจากปริมาณรังสีที่ใช้ 400-650 Gy มีผลทำให้เซลล์ผิวเปลือกของสับปะรดได้รับความเสียหาย ซึ่งรังสีระดับ 400-650 Gy อาจทำให้เซลล์เปลือกของสับปะรดเกิดความเสียหายและเป็นการเร่งอาการไส้สีน้ำตาลให้มากขึ้น ซึ่งผลไม้แต่ละชนิดและพันธุ์สามารถทนต่อระดับปริมาณรังสีแกมมาไม่เท่ากัน

สับปะรดไม่ฉายรังสีและจุ่มด้วยกรดซาลิคไซลิค ความเข้มข้น 10 mM พบการเจริญของเส้นใยเชื้อราบนผิวสับปะรดน้อยกว่าสับปะรดชุดทดลองอื่น อาจเนื่องจากกรดซาลิคไซลิค มีบทบาทในการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวของพืช โดยมีผลทำให้ผลิตผลมีการผลิต H_2O_2 เพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เป็นที่ทราบกันว่า H_2O_2 จัดเป็นปฏิกิริยาตอบสนองอื่นๆ ที่ต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อรา (Lamb และ Dixon, 1997) อย่างไรก็ตามกรดซาลิคไซลิคไม่มีผลต่อ คุณภาพด้านรสชาติ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรด ที่ไตเตรทได้ทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองนี้คือ ไม่พบ ความแตกต่างของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ระหว่างผลสับปะรดชุดที่ฉายรังสี ร่วมกับการจุ่มและไม่จุ่มกรดซาลิคไซลิค นอกจากนั้นสับปะรดไม่ฉายรังสีและจุ่มด้วยกรดซาลิคไซลิค ความเข้มข้น 10 mM สามารถลดการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในผลสับปะรดได้ดีกว่าสับปะรดในชุดทดลองอื่นเล็กน้อย มีรายงานการใช้กรดซาลิไซลิคในการลดการเกิดสีน้ำตาลในผลผลิต

ต่างๆ เช่น Peng และ Jiang (2006) รายงานว่าการใช้กรดซาลิไซลิคสามารถการลดการเกิดสีน้ำตาลในผลแห้วตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยไปลดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO, PAL และ POD แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ที่พบว่าในวันที่ 14+2 ของการเก็บรักษา สับปะรดชุดไม่ฉายรังสีที่จุ่มกรดซาลิไซลิค 10 mM มีอาการไส้สีน้ำตาลน้อยกว่าสับปะรดไม่ฉายรังสีที่ไม่จุ่มกรด โดยมีกิจกรรมเอนไซม์ PPO และ POD ต่ำกว่าสับปะรดชุดควบคุม แต่มีปริมาณวิตามินซี และ กิจกรรมเอนไซม์ SOD สูงกว่าสับปะรดที่ไม่จุ่มกรดซาลิไซลิค ทั้งนี้อาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดเมื่อเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นอาการสะท้านหนาว และกรดซาลิคไซลิคสามารถลดความรุนแรงในการเกิดอาการสะท้านหนาว โดยเพิ่มความทนทานให้พืช และผลิตผล โดยกรดซาลิคซาลิกช่วยปรับปรุงองค์ประกอบของเมมเบรนลิปิด และเพิ่มกิจกรรมของแอนติออกซิแดนซ์ ซึ่งมีบทบาทในการทำลายอนุมูลอิสระ และป้องกันการเกิดอาการสะท้านหนาว (Hariyadi และ Parkin, 1991; Sala, 1998; Zheng และคณะ, 2008) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่วิเคราะห์หากิจกรรมเอนไซม์ SOD ในสับปะรดไม่ฉายรังสี ที่จุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค พบว่ามีปริมาณสูงกว่าชุดควบคุม ไม่ฉายรังสีซึ่ง SOD มีบทบาทในการทำลายอนุมูลอิสระ และป้องกันการเกิดอาการสะท้านหนาว ในขณะที่ผลสับปะรดที่ฉายรังสีและจุ่มกรดซาลิไซลิคมีกิจกรรม SOD สูงขึ้นกว่าชุดการทดลองอื่นตั้งแต่วันที่ 14+2 อาจเนื่องจากกรดซาลิไซลิคร่วมกับการฉายรังสีเป็นการเพิ่ม oxidative stress ให้กับสับปะรดและเพิ่มปริมาณอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น จึงเป็นกลไกการเพิ่มกิจกรรมเอนไซม์ SOD ให้สูงขึ้น นอกจากนี้การฉายรังสีแกมมาอาจเป็นการเร่งให้เกิดการตายของเซลล์ (Cell death) ซึ่งจะมีการผลิต reactive oxygen species (ROS) ในปริมาณมากขึ้น โดย ROS เป็นตัว signal สัญญาณที่ทำให้เกิดการตายของเซลล์ ดังนั้นเมื่อมีการผลิต ROS เพิ่มมากขึ้นพืชจะมีกลไกในการพยายามลดอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นโดยเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดอนุมูลอิสระ เช่น SOD จากการศึกษาของ Xu และคณะ (2000) พบว่า กรดซาลิไซลิคมีผลในการลดกิจกรรมของเอนไซม์ Lipoxygenase (LOX) ในชิ้นเนื้อของกีวีฟรุ้ต สอดคล้องกับงานวิจัย ของ อินทิรา (2551) พบว่าผลมะเฟืองที่จุ่มใน กรดซาลิไซลิค มีกิจกรรมเอนไซม์ LOX ลดลงมากกว่ามะเฟืองที่ไม่ได้จุ่ม โดยเฉพาะเมื่อจุ่มผลมะเฟืองที่ความเข้มข้น 1.0 mM มีกิจกรรมน้อยสุด และกิจกรรมของเอนไซม์ POD ในผลมะเฟืองที่จุ่มด้วยกรดซาลิ ไซลิคมีกิจกรรมน้อยกว่าผลที่ไม่ได้จุ่มกรดซาลิไซลิค

รังสีแกมมาเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีความยาวคลื่นสั้นและมีอำนาจทะลุทะลวงผ่านวัตถุได้สูง จัดเป็น Ionizing irradiation ซึ่งการฉายรังสีมีผลต่อคุณภาพและการเปลี่ยนแปลงภายในของผลิตผล (Shellie และ Mangan, 1993) ผลของรังสีแกมมาที่มีต่อคุณภาพผลไม้ขึ้นอยู่กับชนิดพืช ปริมาณรังสีที่ได้รับ และชนิดของรังสี นอกจากนั้นรังสีแกมมายังอาจส่งผลให้เกิดเซลล์ตาย (cell death) ในพืชได้ Kang และคณะ (2013) รายงานว่ารังสีจะเข้าไปส่งผลต่อโครงสร้าง DNA ลิปิด และโปรตีน ส่งผลกระทบต่อการบวนการสังเคราะห์แสง นอกจากนั้นไมโทคอนเดรียและคลอโรพลาสต์ยังเป็นส่วนที่มีความไวต่อรังสีมากอีกด้วย ซึ่งรังสีกระตุ้นการเกิด Reactive oxygen species (ROS) ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่ทำให้เกิด cell death จากงานวิจัยนี้พบว่าสับปะรดที่ฉายรังสีแกมมาเกิดอาการไส้สีน้ำตาลเพิ่มมากกว่าปกติ และมีอาการเปลือกสับปะรดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลผิดปกติ อาจเนื่องจากรังสีแกมมาเร่งการเกิด cell death ในผลสับปะรด

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการจุ่มเมทิลจัสโมเนทเพื่อลดอาการไส้สีน้ำตาลในผลสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียฉายรังสีแกมมา

1. สับปะรดไม่ฉายรังสีแกมมาทั้งที่จุ่มและไม่จุ่มเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0.1 และ 0.5 mM เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำไปเก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส เริ่มพบอาการไส้สีน้ำตาลบริเวณแกนผลในวันที่ 14+2 ของการเก็บรักษา (เก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 14 วัน แล้วย้ายมาวางที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน)ในขณะที่การฉายรังสีแกมมา 400-650 เกรย์ ให้สับปะรดทั้งที่จุ่มและไม่จุ่มเมทิลจัสโมเนทเร่งให้เกิดอาการไส้สีน้ำตาลเร็วขึ้น โดยมีอาการไส้สีน้ำตาลเล็กน้อยในวันที่ 7+2 ของการเก็บรักษา โดยสับปะรดไม่ฉายรังสีที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0.5 mM มีอาการไส้สีน้ำตาลน้อยที่สุด รองลงมาได้แก่ สับปะรดไม่ฉายรังสีที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท 0.1 mM และสับปะรดไม่ฉายรังสีที่ไม่จุ่มเมทิลจัสโมเนท ตามลำดับ

2. การฉายรังสีแกมมาที่ 400-650 เกรย์ ทำให้ผิวผลสับปะรดทั้งที่จุ่มและไม่จุ่มสารเมทิลจัสโมเนท เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลคล้ำในวันที่ 14+2 ของการเก็บรักษา ในขณะที่สับปะรดไม่ฉายรังสีที่นำไปจุ่มเมทิลจัสโมเนทไม่พบอาการผิดปกติสีน้ำตาลที่เปลือก

3. สับปะรดฉายรังสีแกมมาที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท พบการเจริญของเชื้อราบริเวณก้านของสับปะรดและมีคะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่น และการยอมรับโดยรวมน้อยกว่าสับปะรดไม่ฉายรังสีอย่างเดียวซึ่งสับปะรดไม่ฉายรังสีที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0.5 mM มีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุดและมีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลต่ำกว่าสับปะรดชุดทดลองอื่น

4. สับปะรดไม่ฉายรังสีแกมมาที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0.5 mM มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ลดต่ำกว่าสับปะรดไม่ฉายรังสีที่จุ่มเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0.1 mM และสับปะรดไม่ฉายรังสีที่ไม่จุ่มเมทิลจัสโมเนท

5.การใช้สารเมทิลจัสโมเนทไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรสชาติ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ในสับปะรด

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการจุ่มกรดซาลิไซลิคเพื่อลดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียฉายรังสีแกมมา

1. สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียไม่ฉายรังสีแกมมาที่ผ่านการจุ่มและไม่ได้จุ่มด้วยกรดซาลิคไซลิค ความเข้มข้น 5 และ 10 mM เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำไปเก็บรักษาที่ 10 องศาเลเซียส เริ่มเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในวันที่ 14+2 (เก็บรักษาที่ 10 องศาเซลเซียส 14 วัน แล้วย้ายมาวางที่ 25 องศาเซลเซียส 2 วัน) ในขณะที่สับปะรดฉายรังสีแกมมาที่ผ่านการจุ่มและไม่ได้จุ่มด้วยกรดซาลิคไซลิค เร่งให้เกิดอาการไส้สีน้ำตาลเร็วขึ้น โดยเกิดอาการในวันที่ 7+2 ของการเก็บรักษา สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียไม่ฉายรังสีทั้งที่ จุ่มและไม่จุ่มด้วยกรดซาลิคไซลิคเกิดอาการ ไส้สีน้ำตาลน้อยกว่าสับปะรดชุดที่ไม่ฉายรังสีทั้งที่จุ่มและไม่จุ่มสาร

2.การฉายรังสีแกมมาที่ 400-650 เกรย์ทำให้ผิวผลสับปะรดทั้งที่จุ่มและไม่จุ่มกรดซาลิไซลิคเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลคล้ำทั้งผลในวันที่ 14+2 ของการเก็บรักษา ในขณะที่สับปะรดไม่ฉายรังสีที่นำไปจุ่ม กรดซาลิไซลิคไม่พบอาการผิดปกติสีน้ำตาลที่เปลือก

3. สับปะรดฉายรังสีแกมมาทั้งที่จุ่มและไม่จุ่มกรดซาลิไซลิค พบการเจริญของเชื้อรา บริเวณก้านของสับปะรดและมีคะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่น และการยอมรับโดยรวมน้อยกว่าสับปะรดไม่ฉายรังสี ทั้งที่จุ่มและไม่จุ่มกรดซาลิไซลิค

4. สับปะรดไม่ฉายรังสีแกมมาที่จุ่มกรดซาลิไซลิคมีปริมาณวิตามินซีมากกว่าสับปะรดไม่ฉายรังสีที่ไม่จุ่มกรดซาลิไซลิคเล็กน้อย และสับปะรดไม่ฉายรังสีทั้งที่จุ่มและไม่จุ่มกรดซาลิไซลิคมีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าสับปะรดฉายรังสีทั้งที่จุ่มและไม่จุ่มกรดซาลิไซลิค

5. การใช้กรดซาลิไซลิคไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรสชาติ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ในสับปะรด

ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองพบว่าการใช้สารเมทิลจัสโมเนทสามารถลดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียที่ไม่ฉายรังสีได้ แต่หากใช้เมทิลจัสโมเนทร่วมกับการฉายรังสีแกมมาจะทำให้เกิดอาการผิดปกติ มีสีน้ำตาลบริเวณเปลือก อาการไส้สีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น อาจเนื่องจากปริมาณรังสีที่ใช้สูงเกินไป และพบการเจริญของเชื้อราเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นในงานวิจัยต่อไปอาจมีการลดปริมาณของรังสีแกมมาที่ใช้ และลดความเสียหายที่เกิดจากรังสีแกมมาต่อผิวผลิตผลโดยตรง โดยการใช้สารเคลือบผิวที่เหมาะสม (ทีมวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, Unpublished data) ซึ่งสามารถลดความเสียหายจากการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดฉายรังสีได้ ร่วมกับการใช้สารประกอบแคลเซียมก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อเป็นการเสริมสร้างเซลล์ผลสับปะรดให้เพิ่มความแข็งแรง คงทน และลดความเสียหายจากการฉายรังสีแกมมา ดังนั้นงานวิจัยต่อไปจะศึกษาผลของการใช้เมทิลจัสโมเนทร่วมกับสารเคลือบผิวและการให้สารประกอบแคลเซียมก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อลดอาการไส้สีน้ำตาลในผลสับปะรดฉายรังสีแกมมา

บรรณานุกรม

กรกช ชั้นจิรกุล, 2553, ปริมาณกรดไขมัน แอนตี้ออกซิแดนท์และเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องต่ออาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรด (*Ananas comosus* (L) Merr.), วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร ดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 127 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร, 2544, สับปะรด, ผลงานวิชาการประจำปี 2543 เล่ม 1, กรมวิชาการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, หน้า 125-142.

จักรพงษ์ พิมพ์พิมล, 2535, อิทธิพลขององค์ประกอบทางเคมีภายในผลและการใช้สารเคลือบผิวต่อการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ต , วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 71 หน้า.

จักรพงษ์ พิมพ์พิมล และจริงแท้ ศิริพานิช , 2536, ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลในสับปะรดและวิธีป้องกัน, วิทยาสารเกษตรศาสตร์, ปีที่ 27 ฉบับที่ 4, หน้า 421-430.

จารุพันธุ์ ทองแถม, 2526, สับปะรดและอุตสาหกรรมสับปะรดในประเทศไทย , ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 158 หน้า.

จินดารัฐ วีระวุฒิ, 2541, สับปะรดและสรีรวิทยาการเจริญเติบโตของสับปะรด , สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 196 หน้า.

จริงแท้ ศิริพานิช, 2542, สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้ , โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, 396 หน้า.

จริงแท้ ศิริพานิช, 2549, ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, 453 หน้า.

ทวีศักดิ์ แสงอุดม, จงวัฒนา พุ่มหิรัญ และเบญจมาส รัตนชินกร, 2544, ผลของการใช้สารเคลือบผิว การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงและการใช้แคลเซียม-โบรอน ที่มีต่อคุณภาพและการเกิดไส้สีน้ำตาลของสับปะรดพันธุ์ตราดสีทอง, รายงานการประชุมวิชาการประจำปี 2544, สถาบันวิจัยพืชสวน, หน้า 49-50.

ปณิธาน ส่องประทีป, 2533, ความสมพันธ์ของลักษณะการ ลอยน้ำกับวัยและการเกิด chilling injury ของสับปะรดพันธ์ปัตตาเวีย, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์รัตน์, อภิรดี อุทัยรัตนกิจ และ ธิติมา วงษ์ชีรี, 2553, ผลกระทบของรังสีแกมมาต่อคุณภาพของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เบอร์สี่ในระหว่างการขนส่งและวางจำหน่าย , การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 9, หน้า 218.

รัศมี ฟักกลัด, 2531, อิทธิพลของระดับอุณหภูมิต่างๆ ในการเก็บรักษาผลสับปะรดสดต่อการเกิด Chilling injury, ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 19 หน้า.

ศิริชัย กัลยานรัตน์ , 2548, ผลของกรดซาลิไซลิกต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ , ว. เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, 4 (2) หน้า 2-5

สายชล เกตุษา, 2528, สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้ , โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, 364 หน้า.

สุรพงษ์ โกสิยะจินดา, 2529, วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวมังคุด ทุเรียน เงาะ (ตอนที่ 2) , เคหะการเกษตร , ปีที่ 10, ฉบับที่ 115, หน้า 37-41.

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ, 2540, การฉายรังสีอาหาร: ความเป็นไปได้ในปัจจุบัน , นิวเคลียร์ปริทัศน์. ฉบับที่ 4 หน้า 4-7.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรโดยความร่วมมือของกรมศุลกากร , 2554, สับปะรดและผลิตภัณฑ์สับปะรด , สำนักบริหารการสินค้าทั่วไป

อภิรดี อุทัยรัตนกิจ , ผ่องเพ็ญ จิตอารีย์ รัตน์ , ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย และ วาริช ศรีละออง , 2554, การตอบสนองของระยะความแก่ต่อฉายรังสีแกมมาของผลสับปะรดตราดสีทอง , วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42 (3 พิเศษ), หน้า 69-72.

อินทิรา ลิจันทร์พร , เบญจมาพร มฤลาภรังสรรค์ , นันทิพา เอี่ยมสกุล และศิริชัย กัลยาณรัตน์ , 2554, ผลของเมทิลจัทโมเนทต่อการลดอาการสะท้านหนาวของผลมะเฟืองหลังการเก็บเกี่ยว , ว. วิทยาศาสตร์เกษตร 42 (1 พิเศษ), หน้า 244-247

Abernethy R.H., Thiel D.S., Petersen N.S., and Helm K., 1989, “Thermotolerance is developmentally dependent in germinating wheat seed”, Plant Physiology 89: 576-596.

Abdullah H., Rohaya M.A., and Zaipun M.Z., 1987, “Storage Study of Pineapple (Ananas comosus cv. Sarawak) with Special Emphasis on Blackheart Disorder”, Horticultral Abstract, 57: 6738.

Badiyan R.B.H. Wills and Bowyer M.C., 2004, “Use of a nitric oxide donor compound to extend the vase life of cut flower”, HortScience, 39: 1371-1372.

Beligni M. V., Fath A., Bethke P. C., Lamattina L. and Jones R. L., 2002, “Nitric oxide acts as an antioxidant and delays programmed cell death in Barley aleurone layers”, Plant Physiology, 129: 1642-1650.

Blokhina O., Violainen, E., and Fagerstedt K.V., 2003. “Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review”, Annals of Botany, 91: 179-194.

Bowyer M. C., Wills R. B. H., Badiyan D. and Ku V. V. V., 2003, “Extending the postharvest life of carnations with nitric oxide-comparison of fumigation and in vivo delivery”, Postharvest Biology and Technology, 30: 281-286.

Bradford M. M., 1976, “A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding”, Analytical Biochemistry, 72: 248-254.

Campa A., 1991, “Biological roles of plant peroxidase: known and potential functions”, Everse and M.B. Grisham (eds.), Peroxidase in Chemistry and Biology, 25-50.

Cao S., Zheng Y., Wang K., Rui H., and Tang S., 2010, “Effect of methyl jasmonate on cell wall modification of loquat fruit in relation to chilling injury after harvest”, Food Chemistry, 118: 641-647.

Chen N.J. and Paull R.E., 1995, “Effect of Waxing and Storage on Pineapple Fruit Quality”, Proceedings of the International Symposium on Postharvest Science and Technology of Horticultural Crops, Beijing. China. 27 June -1 July.

Cheng F. Y., Hsu S.Y. and Kao C.H., 2002, “Nitric oxide counteracts the senescence of detached rice leaves induced by dehydration and polyethylene glycol but not by sorbitol”, Plant Growth Regulation, 38: 265-272.

Cheong J. and Choi Y.D., 2003, “Methyl jasmonate as a vital substance in plants”, Trend in Genetics, 19:409-413.

Ding C.K., Wang C.Y., Gross K.C. and Smith, D.L., 2002, “Jasmonate and salicylate induce the expression of pathogenesis-related protein genes and increase resistance to chilling injury in tomato fruit”, Planta, 214: 895–901.

Dínnocenzo M. and Lajolo F.M., 2001, “Effect of gamma irradiation on softening changes and enzyme activities during ripening of papaya”, Food Biochemistry, 25: 425-438.

Dong H., Cheng, L., Tan, J., Zheng, K. and Jiang, Y., 2004, “Effect of chitosan coating on quality and shelf life of peeled litchi fruit”, Food engineering, 64: 355-358.

Duan X., Su X., You Y., Qu H., Li Y. and Jiang, Y., 2007, “Effect of nitric oxide on pericarp browning of harvested longan fruit in relation to phenolic metabolism”, Food Chemistry, 104: 571-576.

Dull G.G., 1971, “The Pineapple”, In A.C, Hulme (ed.), The Biochemistry of Fruits and their Products, Academic Press, 2: 303-324.

El-Mir M., Gerasopoulos D., Metzidakis, I. and Kanellis, A.K., 2001, “Hypoxic acclimation prevents avocado mesocarp injury caused by subsequent exposure to extreme low oxygen atmospheres”, Postharvest Biology and Technology, 23(3): 215-226.

Fan X., Mattheis J.P. and Fellman J.K., 1998, “Response of apples to postharvest jasmonate treatments”, Journal American Society for Horticultural Science, 123: 421-425.

Fan X., Mattheis J.P. and Fellman J.K., 1996, “Inhibition of apple fruit 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid oxidase activity and respiration by acetylsalicylic acid”, Plant Physiology 140: 469-471.

Gemma H., Yuri M. and Hong-kong W., 1994, “Ripening characteristics and chilling injury of banana fruit I: Effect of storage temperature on respiration, ethylene production and membrane permeability of peel and pulp tissues, Japan Journal of Tropical Agriculture”, 38(3): 216-220.

Gonzalez-Aguilar G.A., Buta J.G. and Wang C.Y., 2001, “Methyl jasmonate reduces chilling injury symptoms and enhances colour development of “Kent” mangoes”, Journal of the Science of Food and Agriculture, 81: 1244-1249.

Gonzalez-Aguilar, G.A., Buta, J.G. and Wang, C.Y., 2003, “Methyl jasmonate and modified atmosphere packaging (MAP) reduce decay and maintain postharvest quality of papaya ‘Sunrise’”, Postharvest Biology and Technology, 28: 361-370.

Gonzalez-Aguilar G.A., Fortiz J., Cruz, R., Baez R. and Wang C.Y., 2000, “Methyl jasmonate reduces Chilling injury and maintain postharvest quality of mango fruit”, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48: 515-519.

Gonzalez-Aguilar G.A., Tiznado-Hernandes M. E., Zavaleta-Gatica R. and Martinez-Tellez M.A., 2004, “Methyl jasmonate treatment reduce chilling injury and activate the defense response of guava fruits”, Biochemical and Biophysical Research Communications, 313: 704-711.

Guo F.Q., and Crawford N.M., 2005, “Arabidopsis nitric oxide synthase1 is targeted to mitochondria and protects against oxidative damage and dark-induced senescence”, Plant Cell, 17: 3436-3450.

Hariyadi P., and Parkin K.L., 1991, “Chilling-induced oxidative stress in cucumber fruits”, Postharvest Biology and Technology, 1: 33-45

Herath H.M.I., Bandara D.C., and Abeysinghe Banda D.M.G., 2003, “Effect of pre-harvest calcium fertilizer application on the control of internal browning development during the cold storage of pineapple ‘Mauritius’ (Ananas comosus (L.) Merr.)”, Journal of Horticultural Science and Biotechnology 78: 762-767.

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.

Howard L.R. and L.E. Griffin, 1993, “Lignin formation and surface discoloration of minimally processed carrot sticks”, Food Science, 58: 1065-1072.

Huang K. T. and Kao C. H., 2005, “Nitric oxide counteracts the senescence of rice leaves induced by hydrogen peroxide”, Botanical Bulletin of Academia Sinica, 46: 21-28.

Janda T., Szalai G., Tari I. and Paldi E., 1999, “Hydroponic treatment with salicylic acid decreases the effects of chilling injury in maize (Zea mays L.) plants”, Planta. 208: 175–180.

Jiang Y.M. and Fu J.R., 1999, “Biochemical and physiological changes involved in browning of litchi fruit caused by water”, Horticultural Science and Biotechnology, 74: 43-46.

Kang G., Wang C., Sun G., and Wang Z., 2003, “Salicylic acid changes activities of H2O2-metabolizing enzymes and increases the chilling tolerance of banana seedlings”, Environmental and Experimental Botany, 50: 9–15.

Kang K.A, Lee HC, Lee J.J, Hong M.N, Park M.J, Lee Y.S, Choi H.D, Kim N., Ko Y.G, and Lee J.S., 2013, “Effects of combined radiofrequency radiation exposure on levels of reactive oxygen species in neuronal cells”, Radiation Research, 55: 265-276.

Keawchoung P., Segsanviriya S., Limophasmanee W., Malakrong A., Pransopon, 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.

Kondo S., Yamada H. and Setha S., 2007, “Effect of jasmonates differed at fruit ripening stages on 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) synthase and ACC oxidase gene expression in pears”, Journal American Society for Horticultural Science, 132: 120-125.

Lamattina L., Garcia-Mata C., Graziano M. and Pagnussat G., 2003, “Nitric oxide: the versatility of an extensive signal molecule”, Annual Review of Plant Biology, 54: 109-136.

Lamb C., and Dixon R.A., 1997. “The oxidative burst in plant disease resistance”, Annual Review of Plant Biology, 48: 251-275.

Leshem Y. Y. and Pinchasov Y., 2000, “Non-invasive photoacoustic spectroscopic determination of relative endogenous nitric oxide and ethylene content stoichiometry during the ripening of strawberries Fragaria anannasa (Duch.) and Avocados Persea Americana (Mill.)”, Journal of Experimental Botany, 51: 1471-1473.

Leshem Y. Y., Wills R. B. H. and Ku V. V. V., 1998, “Evidence for the function of the free radical gas nitric oxide (NO) as an endogenous maturation and senescence regulating factor in higher plants”, Plant Physiology and Biochemistry, 36: 825-833.

Leslie C.A. and Romani R.J., 1986, “Salicylic acid: A new inhibiter of ethylene biosynthesis”, plant cell reports, 5: 144-146.

Leslie C.A. and Romani R.J., 1988, “Inhibition of ethylene biosynthesis by salicylic acid”, Plant physiology, 88: 833-837

Lichter A., Dvir O., Rot I., Akerman M., Regev R., Wiesblum A., Fallik E., Zauberman G. and Fuchs Y., 2000, “Hot water brushing: an alternative method to SO2 fumigation for color retention of litchi fruit”, Postharvest Biology and Technology, 18:235–244.

Li N., Parsons B.L., Liu D., and Mattoo A.K., 1992, “Accumulation of wound-inducible ACC synthase transcript in tomato fruit is inhibited by salicylic acid and polyamines”. Plant Molecular Biology, 18:477–487.

Li Y., Ohno, H. and Matsui, S., 2006, “Effects of acclimation temperatures on activities in antioxidative enzymes in mericlone plantlets of a Cymbidium Hybrid”, Proceedings of NIOC, Nagoya, Japan

Luh, B.S. and Phithakpol, B., 1972, “Characteristics of polyphenol oxidase related to browning in cling peaches”, Food Science, 37: 264-268.

Lyons, J.M., 1973, “Chilling injury in plants”, Annals Review Plant Physiology, 24: 445-466.

Macadam J.W., Nelson C.J. and Sharp R.E., 1992, “Peroxidase activity in the leaf elongation zone of tall fescue”, Plant Physiology, 99: 827-878.

Matinez-Ferrer M. and Harper C., 2005, “Reduction of microbial growth and improvement of storage quality in fresh-cut pineapple after methyl jasmonate treatment”, Food Quality, 28: 3-12.

Meir S., Philosoph-Hadas, S., Lurie S., Droby S., Akerman, M., Zauberman G., Shapiro B., Cohen E. and Fuchs, Y., 1996, “Reduction of chilling injury in stored avocado, grapefruit, and bell pepper by methyl jasmonate”, Canadian Journal of Botany, 74: 870-874.

Neil S.J., Desikan R. and Hancock J.T., 2003, “Nitric oxide signaling in plants”, New Phytologist, 159: 11-35.

Nilprapruck P. and Yodmingkhwan P., 2003, “Effect of exogenous methyl jasmonate on the internal browning of pineapple fruit (*Ananas comosus* L.) cv. Pattavia”, KKU Research Journal (Thailand). Jun 2009, 14(6): 489-498

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.”, 48: 559-565.

Paull R.E. and Rohrbach K.G., 1985, “Symptom development of CI in pineapple fruit”, American Society for Horticultural Science, 110: 100-105.

Peng L. and Jiang Y., 2006, “Exogenous salicylic acid inhibits browning of fresh-cut Chinese water chestnut”, Food Chemistry, 94: 535-540.

Pristijono P., Wills R. B. H. and Golding J. B., 2006, “Inhibition of browning on the surface of apple slices by short term exposure to nitric oxide (NO) gas”, Postharvest Biology and Technology, 42(3): 256-259.

RaskinI, 1992, “Role of salicylic acid in plants”, Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 43: 439-463.

Reynolds J.E.F., 1996, “Salicylic acid in: Martindale The Extra Pharmacopoeia”, 31st Edition, The Royal Pharmaceutical Society, London, pp. 1093.

Rocculi P., Cocci E., Romani S., Sacchetti G., and Rosa M.D., 2009, “Effect of 1-MCP treated and N2O MAP on physiological and quality changes of fresh and pineapple”, Postharvest Biology and Technology, 51 (3): 371-377.

Roe J.H., Mills M.B., Oesterling M.J. and Damron C.M., 1948, “The determination of diketo-l-gulonic acid acid, dehydro-l-ascorbic acid, and l-ascorbic acid in the sam tissue extract by the 2,4-dinitrophenylhydrazine method”, Biological Chemistry, 174: 201-208

Saniewsky M., Urbanek H. and Czapsky J., 1997, “Effect of methyl jasmonate on ethylene production, Chlorophyll degradation and polygalacturonase activity in tomatoes”, Plant Physiology, 127: 177-181.

Sala J.M., 1998, “Involvement of oxidative stress in chilling injury in could store mandarin fruits”, Postharvest Biology and Technology, 13: 255-261.

Salunkhe D.K. and Desai B.B., 1984, “Postharvest biotechnology of fruits”, Vol. 2. CRC Press, Boca Raton FL.

Selvarajah S., Bauchot A.D. and John P., 2001, “Internal browning in could-stored pineapples is suppressed by a postharvest application of 1-methycyclopropene”, Postharvest Biology and Technology, 23: 167-170.

Shellic K.C. and Mangan R.L., 1993, “Disinfestation: effect of non-chemical treatment on market quality of fruit .Postharvest handling of tropical fruits”, ACIAR Proceeding, pp. 304-310.

Soares A.G., Trugo L.C., Botrel N. and Souza L.F.S., 2005, “Reduction of internal browning of pineapple (*Ananas Conusus* L.) by preharvest soil application of potassium”, Postharvest Biology and Technology, 35 (1): 201-211.

Soegiarto L. and Wills R. B. H., 2004, “Short Term Fumigation with Nitric Oxide Gas in Air to Extend the Postharvest Life of Broccoli, Green Bean, and Bok Choy”, HortTechnology, 14: 538-540.

Srivastava M.K. and Dwivedi U.N., 2000, “Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid”, Plant Science, 158: 87-96.

Thomas P. and Delincee H., 1979, “Effect of gamma irradiation on peroxidase isoenzymes during suberization of wounded potato tubers”, Phytochemistry 18: 917–921.

Ueda J., Miyamoto K. and Kato J., 1991, “Identification of jasmonic acid from Euglena gracilis Z as a plant growth regulator”, Agricultural and Biological Chemistry, 55: 275-276.

Wang C.Y., 1988, “Changes of polyamine content in Chinese cabbage during storage in air or low oxygen atmosphere”, J. Food Quality, 11: 289-302.

Wang C.Y. and Buta, G., 1994, “Methyl jasmonate reduces chilling injury in Curcubita pepo through its regulation of abscisic and polyamine levels”, Environmental and Experimental Botany, 43: 427-432.

Wang C.Y., 1998, “Methyl jasmonate inhibits postharvest sprouting and improves storage quality of radishes”, Postharvest Biology and Technology, 14: 179-183.

Wang C.Y. and Buta, J.G., 1999, “Methyl jasmonate improves quality of stored zucchini squash”, Food Quality, 22: 663-670.

Wang H. and Jin J.Y., 2005, “Photosynthetic rate chlorophyll fluorescence parameters and lipid peroxidation of maize leaves as affected by zinc deficiency”, Photosynthetica, 43: 591-596.

Wijeratnam R.S.W., Hewajulige I.G.N., Wijesundera R.L.C. and Abeysekere M., 2006, “Fruit calcium concentration and chilling injury during low temperature storage of pineapple”, Acta Horticulturae 702: 203-208.

Wills R. B. H., Pristijono P. and Golding J. B., 2008, “Browning on the surface of cut lettuce slices inhibited by short term exposure to nitric oxide (NO)”, Food Chemistry, 107 (4): 1387–1392.

Xuihua L., Yunhe L., Wengi S. and Guangming S., 2011, “Pre- and post-harvest salicylic acid treatments alleviate internal browning and maintain quality of winter pineapple fruit”, Scientia Horticulturae, 130(1): 197-101.

Xu W.P., Chen K.S., Li F. and Zhang S.L., 2000, “Regulation of lipoxygenase on jasmonic acid biosynthesis in ripening kiwifruit”, Acta Phytophysiol. Sin. 26: 507-514.

Zhang Y., Chen K.S., Zhang S.L., and Ferguson I., 2003, “The role of salicylic acid in postharvest ripening of kiwifruit”, Postharvest Biology and Technology, 28: 67-74.

Zheng Y., Fung R.W., Wang S.Y., and Wang C.Y., 2008, “Transcript levels of antioxidative genes and oxygen radical scavenging enzyme activities in chilled zucchini squash in response to superatmospheric oxygen”, Postharvest Biology and Technology, 47: 151-158.

Zhou Y., Dahler M. J., Underhill I. R. S. and Wills B.H. R., 2003, “Enzymes associated with blackheart development in pineapple fruit, Food chemistry”, 80 (4): 565-572.

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของสับปะรดบริเวณเปลือกที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0 0.1 และ 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 °C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	ค่า L*				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mmol/L MJ)	55.27	48.20	42.79	48.66a	51.02[a]
Gamma 400 Gy (0 mmol/L MJ)	55.27	48.29	40.31	40.80[bc]	-
0.1 mmol/L MJ	55.27	46.54	41.21	42.29[ab]	45.51[b]
0.1 mmol/L MJ + gamma	55.27	54.21	42.66	34.83[c]	-
0.5 mmol/L MJ	55.27	50.66	43.41	45.75[ab]	43.50[b]
0.5 mmol/L MJ + gamma	55.27	49.96	42.51	42.39[ab]	-
F-test	ns	ns	ns	**	**
C.V. (%)	7.47	7.67	13.92	10.69	5.84

ตารางภาคผนวกที่ 2 การเปลี่ยนแปลงค่า b* ของสับปะรดบริเวณเปลือก ที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0 0.1 และ 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 °C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	ค่า b*				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mmol/L MJ)	26.20	16.44	20.62	20.42	20.58
Gamma 400 Gy (0 mmol/L MJ)	26.20	14.88	17.58	13.38	-
0.1 mmol/L MJ	26.20	20.09	22.72	21.28	21.26
0.1 mmol/L MJ + gamma	26.20	16.17	14.59	16.84	-
0.5 mmol/L MJ	26.20	17.34	18.68	19.20	21.19
0.5 mmol/L MJ + gamma	26.20	15.61	17.53	16.92	-
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	8.66	24.76	19.62	23.50	9.61

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 3 การเปลี่ยนแปลงค่า Hue angle ของสับปะรดบริเวณเปลือก ที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 0 0.1 และ 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 °C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	ค่า Hue angle				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mmol/L MJ)	98.53	98.36^{a}	90.36^{a}	82.46^{ab}	80.94
Gamma 400 Gy (0 mmol/L MJ)	98.53	75.39^{c}	77.21^{b}	75.06^{b}	-
0.1 mmol/L MJ	98.53	98.90^{a}	90.73^{a}	89.92^{a}	84.55
0.1 mmol/L MJ + gamma	98.53	84.32^{bc}	75.79^{b}	76.34^{b}	-
0.5 mmol/L MJ	98.53	88.98^{ab}	87.17^{a}	84.62^{ab}	84.85
0.5 mmol/L MJ + gamma	98.53	90.67^{ab}	75.57^{b}	75.15^{b}	-
F-test	ns	**	**	*	ns
C.V. (%)	0.56	7.97	7.27	7.52	4.29

ตารางภาคผนวกที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของสับปะรดบริเวณเนื้อ ที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 0 0.1 และ 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 °C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	ค่า L*				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mmol/L MJ)	81.50	78.86^{ab}	75.75^{ab}	63.32	54.31
Gamma 400 Gy (0 mmol/L MJ)	81.50	76.86^{abc}	62.28^{c}	57.24	-
0.1 mmol/L MJ	81.50	82.66^{a}	78.16^{a}	65.08	62.29
0.1 mmol/L MJ + gamma	81.50	70.93^{bc}	65.55^{bc}	61.69	-
0.5 mmol/L MJ	81.50	82.06^{ab}	76.20^{ab}	66.68	59.32
0.5 mmol/L MJ + gamma	81.50	66.36^{c}	68.50^{abc}	66.72	-
F-test	ns	*	*	ns	ns
C.V. (%)	2.39	9.35	9.70	7.15	11.17

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 5 การเปลี่ยนแปลงค่า b* ของสับปะรดบริเวณเนื้อ ที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 0 0.1 และ 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 °C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	ค่า b*				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mmol/L MJ)	24.02	23.01	22.36^{ab}	20.08^{abc}	19.73
Gamma 400 Gy (0 mmol/L MJ)	24.02	23.30	18.99^{b}	18.20^{c}	-
0.1 mmol/L MJ	24.02	25.89	24.29^{a}	19.34.^{bc}	20.63
0.1 mmol/L MJ + gamma	24.02	20.88	20.43^{b}	22.95^{ab}	-
0.5 mmol/L MJ	24.02	27.52	21.32^{ab}	23.66^{a}	20.50
0.5 mmol/L MJ + gamma	24.02	19.94	19.26^{b}	20.51^{abc}	-
F-test	NS	NS	*	*	NS
C.V. (%)	4.17	15.67	10.49	12.39	6.94

ตารางภาคผนวกที่ 6 การเปลี่ยนแปลงค่า Hue angle ของสับปะรดบริเวณเนื้อ ที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 0 0.1 และ 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 °C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	ค่า Hue angle				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mmol/L MJ)	101.43	100.69	100.68	100.76^{ab}	99.31
Gamma 400 Gy (0 mmol/L MJ)	101.43	101.45	101.99	101.83^{a}	-
0.1 mmol/L MJ	101.43	100.94	99.96	100.72^{ab}	100.71
0.1 mmol/L MJ + gamma	101.43	99.95	101.00	100.25^{b}	-
0.5 mmol/L MJ	101.43	99.66	100.80	99.95^{b}	100.40
0.5 mmol/L MJ + gamma	101.43	100.07	101.11	100.88^{ab}	-
F-test	NS	NS	NS	*	NS
C.V. (%)	1.47	1.12	0.97	8.25	0.87

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 7 คะแนนระดับความรุนแรงของการเน่าเสียของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0 0.1 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 °C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	คะแนนระดับความรุนแรงของการเน่าเสีย				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mmol/L MJ)	0	0.13	1.63^{ab}	0.75^{c}	3.88
Gamma 400 Gy (0 mmol/L MJ)	0	0.38	2.75^{a}	2.63^{ab}	-
0.1 mmol/L MJ	0	0.13	0.63^{b}	1.00^{abc}	3.25
0.1 mmol/L MJ + gamma	0	1.50	3.13^{a}	2.75^{a}	-
0.5 mmol/L MJ	0	0.38	0.38^{b}	0.88^{bc}	3.13
0.5 mmol/L MJ + gamma	0	1.13	3.38^{a}	2.63^{ab}	-
F-test	-	NS	**	*	NS
C.V. (%)	-	191.76	83.92	91.23	43.90

ตารางภาคผนวกที่ 8 คะแนนการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 0 0.1 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 °C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	คะแนนการเกิดอาการไส้สีน้ำตาล				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mmol/L MJ)	0	0^{b}	2.75^{ab}	3.25	3.88
Gamma 400 Gy (0 mmol/L MJ)	0	0.5^{b}	3.25^{a}	3.38	-
0.1 mmol/L MJ	0	0.25^{b}	1.50^{bc}	2.75	2.50
0.1 mmol/L MJ + gamma	0	3^{a}	3.25^{a}	4.25	-
0.5 mmol/L MJ	0	0.5^{b}	0.63^{c}	3.00	2.88
0.5 mmol/L MJ + gamma	0	2.88^{a}	3.75^{a}	3.25	-
F-test	-	**	**	NS	NS
C.V. (%)	-	76.18	59.94	45.13	41.12

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 9 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในด้านกลิ่นของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 0 0.1 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 °C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในด้านกลิ่น				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mmol/L MJ)	3	2.75^{ab}	2.63^{a}	1.5^{ab}	1.5^{b}
Gamma 400 Gy (0 mmol/L MJ)	3	2^{abc}	1.25^{b}	1.2^{5b}	-
0.1 mmol/L MJ	3	2.38^{ab}	2.63^{a}	2^{a}	2.75^{a}
0.1 mmol/L MJ + gamma	3	1.5^{c}	1.13^{b}	1.25b	-
0.5 mmol/L MJ	3	2.38^{ab}	2.3^{8a}	2a	1.63^{b}
0.5 mmol/L MJ + gamma	3	1.63^{bc}	1.75^{b}	1.13^{b}	-
F-test	-	*	**	**	**
C.V. (%)	-	35.26	31.02	37.79	34.12

ตารางภาคผนวกที่ 10 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคโดยรวมของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 0 0.1 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 °C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน

Treatment	คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคโดยรวม				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mmol/L MJ)	3	3.38^{a}	3.25^{a}	2.13^{abc}	1^{b}
Gamma 400 Gy (0 mmol/L MJ)	3	2.13^{bc}	1.88^{b}	1.5^{c}	-
0.1 mmol/L MJ	3	3.13^{ab}	3.38^{a}	2.63^{a}	2.38^{a}
0.1 mmol/L MJ + gamma	3	2^{c}	2.5a^{b}	1.75^{bc}	-
0.5 mmol/L MJ	3	2.75^{abc}	3.38^{a}	2.25^{ab}	1.88^{a}
0.5 mmol/L MJ + gamma	3	1.75^{c}	2.13^{b}	1.63^{bc}	-
F-test	-	**	**	**	**
C.V. (%)	-	39.01	30.22	32.73	36.89

หมายเหตุ * = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 11 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 0 0.1 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 °C (วันที่ 7+2 หมายถึง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	ปริมาณกรดที่ไตเตรท (เปอร์เซ็นต์)				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mmol/L MJ)	0.09	0.10[b]	0.14	0.15	0.16
Gamma 400 Gy (0 mmol/L MJ)	0.09	0.10[b]	0.13	0.13	-
0.1 mmol/L MJ	0.09	0.12[ab]	0.12	0.17	0.18
0.1 mmol/L MJ + gamma	0.09	0.10[b]	0.17	0.14	-
0.5 mmol/L MJ	0.09	0.13[a]	0.21	0.18	0.14
0.5 mmol/L MJ + gamma	0.09	0.10[b]	0.15	0.13	-
F-test	NS	*	NS	NS	NS
C.V. (%)	7.49	12.02	47.08	40.74	22.34

ตารางภาคผนวกที่ 12 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 0 0.1 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 °C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์)				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mmol/L MJ)	11.88	12.46	12.76	13.18	13.25
Gamma 400 Gy (0 mmol/L MJ)	11.88	12.18	13.40	13.08	-
0.1 mmol/L MJ	11.88	12.91	14.25	12.48	13.10
0.1 mmol/L MJ + gamma	11.88	11.84	12.20	13.05	-
0.5 mmol/L MJ	11.88	12.23	11.30	13.08	12.70
0.5 mmol/L MJ + gamma	11.88	12.91	12.28	13.03	-
F-test	NS	NS	NS	NS	NS
C.V. (%)	10.41	9.29	14.08	9.42	11.00

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 13 ปริมาณวิตามินซีทั้งหมดของส่วนเนื้อติดเปลือกของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 0 0.1 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 °C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	ปริมาณวิตามินซีทั้งหมด (mg/100g FW)				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mmol/L MJ)	27.84	29.87	22.83	24.41	21.87
Gamma 400 Gy (0 mmol/L MJ)	27.84	37.81	24.10	25.05	-
0.1 mmol/L MJ	27.84	29.49	35.46	34.00	23.46
0.1 mmol/L MJ + gamma	27.84	25.94	30.51	20.73	-
0.5 mmol/L MJ	27.84	28.35	27.02	30.95	25.75
0.5 mmol/L MJ + gamma	27.84	21.24	33.05	22.70	-
F-test	NS	NS	NS	NS	NS
C.V. (%)	26.05	26.89	33.58	29.82	32.51

ตารางภาคผนวกที่ 14 ปริมาณวิตามินซีทั้งหมดของส่วนเนื้อติดแกนของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 0 0.1 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 °C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	ปริมาณวิตามินซีทั้งหมด (mg/100g FW)				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mmol/L MJ)	24.29	29.11	28.35	27.27	15.08
Gamma 400 Gy (0 mmol/L MJ)	24.29	28.73	24.41	16.16	-
0.1 mmol/L MJ	24.29	36.79	30.13	27.14	20.79
0.1 mmol/L MJ + gamma	24.29	24.16	24.73	24.60	-
0.5 mmol/L MJ	24.29	39.08	33.68	24.03	19.71
0.5 mmol/L MJ + gamma	24.29	26.76	24.67	22.32	-
F-test	NS	NS	NS	NS	NS
C.V. (%)	21.49	20.80	15.82	35.98	50.83

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 15 ปริมาณ Malondialdehyde (MDA) ของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0 0.1 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 °C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	ปริมาณ Malondialdehyde (mg/g FW)				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mmol/L MJ)	0.23	0.22	0.22^{b}	0.21	0.27
Gamma 400 Gy (0 mmol/L MJ)	0.23	0.22	0.24^{a}	0.24	-
0.1 mmol/L MJ	0.23	0.20	0.21^{b}	0.20	0.25
0.1 mmol/L MJ + gamma	0.23	0.22	0.24^{a}	0.23	-
0.5 mmol/L MJ	0.23	0.19	0.21^{b}	0.21	0.24
0.5 mmol/L MJ + gamma	0.23	0.22	0.24^{a}	0.24	-
F-test	NS	NS	**	NS	NS
C.V. (%)	2.69	10.96	4.58	12.44	9.53

ตารางภาคผนวกที่ 16 กิจกรรมเอนไซม์ Polyphenoloxidase (PPO) ของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 0 0.1 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 °C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	กิจกรรมเอนไซม์ PPO (Units/mg protein)				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mmol/L MJ)	8.74	14.25^{b}	25.03b^{c}	65.32^{a}	41.11^{b}
Gamma 400 Gy (0 mmol/L MJ)	8.74	27.61^{a}	23.54^{c}	52.39^{b}	-
0.1 mmol/L MJ	8.74	16.18^{b}	31.35^{ab}	50.14^{b}	45.64^{b}
0.1 mmol/L MJ + gamma	8.74	13.92^{b}	31.64^{ab}	68.94^{a}	-
0.5 mmol/L MJ	8.74	6.59^{b}	22.54^{c}	13.58^{c}	64.88^{a}
0.5 mmol/L MJ + gamma	8.74	11.34^{b}	34.46^{a}	17.99^{c}	-
F-test	NS	**	**	**	**
C.V. (%)	11.81	39.98	17.01	16.57	10.79

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 17 กิจกรรมเอนไซม์ Peroxidase (POD) ของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนท ความเข้มข้น 0 0.1 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 °C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	กิจกรรมเอนไซม์ POD (Units/mg protein)				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mmol/L MJ)	28.98	7.21	22.20^{a}	11.04^{bc}	4.30
Gamma 400 Gy (0 mmol/L MJ)	28.98	4.91	6.61^{c}	13.19^{bc}	-
0.1 mmol/L MJ	28.98	5.18	17.46^{ab}	19.80^{ab}	10.37
0.1 mmol/L MJ + gamma	28.98	5.67	10.60^{bc}	30.91^{a}	-
0.5 mmol/L MJ	28.98	3.72	7.00^{c}	2.32^{c}	15.49
0.5 mmol/L MJ + gamma	28.98	2.38	9.37^{bc}	3.28^{c}	-
F-test	NS	NS	**	**	NS
C.V. (%)	10.31	70.91	47.58	66.05	57.44

ตารางภาคผนวกที่ 18 กิจกรรมเอนไซม์ Phenylalanine ammonia lyase (PAL) ของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 0 0.1 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 °C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	กิจกรรมเอนไซม์ PAL (Units/mg protein)				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mmol/L MJ)	29.20	17.78	19.67^{d}	39.65	45.29^{a}
Gamma 400 Gy (0 mmol/L MJ)	29.20	18.77	31.07^{bc}	35.53	-
0.1 mmol/L MJ	29.20	20.40	30.94^{bc}	43.75	34.35^{b}
0.1 mmol/L MJ + gamma	29.20	23.44	28.00^{c}	36.48	-
0.5 mmol/L MJ	29.20	21.65	38.11^{a}	52.07	47.49^{a}
0.5 mmol/L MJ + gamma	29.20	19.56	37.31^{ab}	35.28	-
F-test	NS	NS	**	NS	*
C.V. (%)	28.11	22.33	13.82	34.53	12.91

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 19 กิจกรรมเอนไซม์ Superoxide dismutase (SOD) ของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยเมทิลจัสโมเนทความเข้มข้น 0 0.1 0.5 mmol/L ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 ℃ (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ℃ เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 ℃ เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	กิจกรรมเอนไซม์ SOD (Units/mg protein)				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mmol/L MJ)	0.56	0.62	0.78	0.55	1.06[b]
Gamma 400 Gy (0 mmol/L MJ)	0.56	0.65	0.66	0.41	-
0.1 mmol/L MJ	0.56	0.59	0.73	0.68	1.58[a]
0.1 mmol/L MJ + gamma	0.56	0.62	0.77	0.55	-
0.5 mmol/L MJ	0.56	0.64	0.76	0.62	1.86[a]
0.5 mmol/L MJ + gamma	0.56	0.51	0.78	0.42	-
F-test	NS	NS	NS	NS	**
C.V. (%)	31.89	18.35	17.30	28.28	17.19

ตารางภาคผนวกที่ 20 การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของสับปะรดบริเวณเปลือกที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิค (SA) ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10℃ (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10℃ เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25℃ เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	ค่า L*				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mM SA)	77.30	61.66	58.97	45.95[a]	51.50[a]
Gamma 400 Gy (0 mM SA)	77.30	60.96	57.59	34.90[c]	-
5.0 mM SA	77.30	68.70	47.27	44.07[a]	45.53[b]
5.0 mM SA + gamma	77.30	67.38	53.89	36.77[bc]	-
10.0 mM SA	77.30	76.83	50.50	43.46[ab]	43.38[b]
10.0 mM SA + gamma	77.30	73.06	51.14	40.42[abc]	-
F-test	NS	NS	NS	*	*
C.V. (%)	2.21	13.67	11.62	11.04	7.47

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 21 การเปลี่ยนแปลงค่า b* ของสับปะรดบริเวณเปลือก ที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิค (SA) ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 °C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	ค่า b*				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mM SA)	27.85	20.26	21.52	21.12[a]	17.09
Gamma 400 Gy (0 mM SA)	27.85	23.48	18.46	11.18[b]	-
5.0 mM SA	27.85	20.50	20.06	21.22[a]	19.99
5.0 mM SA + gamma	27.85	19.84	21.16	10.71[b]	-
10.0 mM SA	27.85	18.87	21.91	19.05[a]	16.34
10.0 mM SA + gamma	27.85	21.84	20.35	11.79[b]	-
F-test	NS	NS	NS	**	NS
C.V. (%)	5.83	18.59	14.15	16.90	23.16

ตารางภาคผนวกที่ 22 การเปลี่ยนแปลงค่า Hue angle ของสับปะรดบริเวณเปลือก ที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิค (SA) ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 °C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	ค่า Hue angle				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mM SA)	98.53	100.55	93.18[a]	85.64[a]	82.76
Gamma 400 Gy (0 mM SA)	98.53	99.99	81.67[b]	71.93[b]	-
5.0 mM SA	98.53	100.50	95.33[a]	92.64[a]	80.73
5.0 mM SA + gamma	98.53	100.50	77.83[b]	70.99[b]	-
10.0 mM SA	98.53	101.56	100.74[a]	94.56[a]	77.13
10.0 mM SA + gamma	98.53	101.03	81.60[b]	69.77[b]	-
F-test	NS	NS	**	**	NS
C.V. (%)	0.56	1.35	7.65	7.25	10.20

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 23 การเปลี่ยนแปลงค่า L* ของสับปะรดบริเวณเนื้อ ที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิค (SA) ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 °C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	ค่า L*				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mM SA)	81.99	83.28[a]	65.86	48.90	60.59
Gamma 400 Gy (0 mM SA)	81.99	72.83[b]	60.43	36.24	-
5.0 mM SA	81.99	84.64[a]	73.14	42.33	58.71
5.0 mM SA + gamma	81.99	73.921[b]	65.86	41.35	-
10.0 mM SA	81.99	83.33[a]	61.87	40.73	49.93
10.0 mM SA + gamma	81.99	72.54[b]	62.02	40.28	-
F-test	NS	*	NS	NS	NS
C.V. (%)	2.98	7.98	15.39	17.74	16.20

ตารางภาคผนวกที่ 24 การเปลี่ยนแปลงค่า b* ของสับปะรดบริเวณเนื้อ ที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิค (SA) ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10°C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	ค่า b*				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mM SA)	27.97	23.83	25.30	21.12[ab]	22.33
Gamma 400 Gy (0 mM SA)	27.97	23.84	20.92	16.53[bc]	-
5.0 mM SA	27.97	23.00	22.76	22.22[a]	20.08
5.0 mM SA + gamma	27.97	22.71	20.05	13.90[c]	-
10.0 mM SA	27.97	25.25	18.74	19.05[ab]	19.32
10.0 mM SA + gamma	27.97	25.19	21.57	20.15[ab]	-
F-test	NS	NS	NS	*	NS
C.V. (%)	2.52	22.72	15.35	16.53	18.63

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 25 การเปลี่ยนแปลงค่า Hue angle ของสับปะรดบริเวณเนื้อ ที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิค (SA) ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 °C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	ค่า Hue angle				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mM SA)	101.17	100.63	100.58	9.32[a]	81.96
Gamma 400 Gy (0 mM SA)	101.17	98.90	100.34	73.17[b]	-
5.0 mM SA	101.17	101.02	100.39	97.62[a]	82.96
5.0 mM SA + gamma	101.17	101.30	101.56	72.58[b]	-
10.0 mM SA	101.17	100.10	99.67	98.75[a]	92.05
10.0 mM SA + gamma	101.17	100.45	101.03	79.07[b]	-
F-test	NS	NS	NS	**	NS
C.V. (%)	0.84	84.64	44.23	5.60	10.61

ตารางภาคผนวกที่ 26 ระดับความรุนแรงของการเน่าเสียของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิค (SA) ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 °C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	ระดับความรุนแรงของการเน่าเสีย				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mM SA)	0	0.43	1.00[bc]	1.14[b]	3.29
Gamma 400 Gy (0 mM SA)	0	1.71	2.86[ab]	2.86[ab]	-
5.0 mM SA	0	0.29	1.14[bc]	1.00[b]	3.86
5.0 mM SA + gamma	0	1.29	3.43[a]	3.29[a]	-
10.0 mM SA	0	0.29	0.43[c]	1.14[b]	3.71
10.0 mM SA + gamma	0	2.00	2.00[abc]	3.57[a]	-
F-test	-	NS	**	**	NS
C.V. (%)	-	134.81	88.89	73.67	38.92

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 27 คะแนนการเกิดอาการไส้สีน้ำตาลของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิค (SA) ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 °C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	คะแนนการเกิดอาการไส้สีน้ำตาล				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mM SA)	0	0.43^{b}	1.29^{c}	3.86	3.57
Gamma 400 Gy (0 mM SA)	0	2.29^{a}	1.86^{bc}	2.29	-
5.0 mM SA	0	0.29^{b}	1.57^{bc}	3.71	4.43
5.0 mM SA + gamma	0	1.57^{a}	3.00^{ab}	2.43	-
10.0 mM SA	0	0.29^{b}	1.71^{bc}	2.86	3.29
10.0 mM SA + gamma	0	2.43^{a}	4.29^{a}	4.14	-
F-test	-	**	**	NS	NS
C.V. (%)	-	66.44	55.94	50.58	32.47

ตารางภาคผนวกที่ 28 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในด้านกลิ่นของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิค(SA) ความเข้มข้น 5.0mM และ 10.0mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 °C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในด้านกลิ่น				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mM SA)	3	2.71^{a}	2.00^{ab}	2.57^{a}	1.29
Gamma 400 Gy (0 mM SA)	3	1.29^{b}	1.29^{bc}	1.57^{bc}	-
5.0 mM SA	3	2.43^{a}	1.71^{abc}	2.86^{a}	1.29
5.0 mM SA + gamma	3	2.14^{a}	1.00^{c}	1.43^{c}	-
10.0 mM SA	3	2.29^{a}	2.29^{a}	2.29^{ab}	2.14
10.0 mM SA + gamma	3	2.29^{a}	2.29^{a}	1.29^{c}	-
F-test	-	**	**	**	NS
C.V. (%)	-	30.71	37.50	34.21	51.34

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่29 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคโดยรวมของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิค (SA) ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10°C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2วัน)

Treatment	คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคโดยรวม				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mM SA)	4.14[a]	3.14[abc]	2.57[a]	2.86[ab]	1.14[b]
Gamma 400 Gy (0 mM SA)	3.43[b]	2.29[bc]	2.29[ab]	1.86[bc]	-
5.0 mM SA	4.14[a]	3.57[ab]	1.86[ab]	3.43[a]	1.00[b]
5.0 mM SA + gamma	3.29[b]	2.29[bc]	1.29[b]	1.14[c]	-
10.0 mM SA	4.29[a]	3.71[a]	3.00[a]	2.57[ab]	2.00[a]
10.0 mM SA + gamma	3.29[b]	2.14[c]	2.43[ab]	1.00[c]	-
F-test	**	*	*	**	**
C.V. (%)	16.41	40.29	44.15	42.60	37.62

ตารางภาคผนวกที่ 30 ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิค (SA) ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 °C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (เปอร์เซ็นต์)				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mM SA)	0.09	0.10	0.11	0.19[a]	0.19
Gamma 400 Gy (0 mM SA)	0.09	0.10	0.14	0.14[ab]	-
5.0 mM SA	0.09	0.12	0.16	0.19[a]	0.21
5.0 mM SA + gamma	0.09	0.10	0.15	0.16[ab]	-
10.0 mM SA	0.09	0.12	0.16	0.15[ab]	0.19
10.0 mM SA + gamma	0.09	0.10	0.16	0.11[b]	-
F-test	NS	NS	NS	*	NS
C.V. (%)	7.49	10.80	33.27	23.06	38.14

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่31 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิก (SA) ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์)				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mM SA)	11.88	13.20	14.55	13.35	13.25
Gamma 400 Gy (0 mM SA)	11.88	11.98	13.80	13.28	-
5.0 mM SA	11.88	12.83	12.73	13.08	12.88
5.0 mM SA + gamma	11.88	12.48	14.25	12.30	-
10.0 mM SA	11.88	13.30	14.80	13.28	13.70
10.0 mM SA + gamma	11.88	12.70	12.83	13.70	-
F-test	NS	NS	NS	NS	NS
C.V. (%)	10.41	6.49	10.91	17.52	12.92

ตารางภาคผนวกที่32 ปริมาณวิตามินซีทั้งหมดของสับปะรด (เนื้อเปลือก) ที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิก (SA) ความเข้มข้น 5.0mM และ 10.0mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10°C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	ปริมาณวิตามินซีทั้งหมด (mg/100g FW)				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mM SA)	41.43	27.14	20.60[b]	22.06	21.17
Gamma 400 Gy (0 mM SA)	41.43	33.49	36.60[a]	20.10	-
5.0 mM SA	41.43	31.72	28.79[ab]	26.95	23.65
5.0 mM SA + gamma	41.43	30.38	36.73[ab]	29.37	-
10.0 mM SA	41.43	40.10	30.06[ab]	29.87	21.18
10.0 mM SA + gamma	41.43	29.81	33.37[a]	20.10	-
F-test	NS	NS	*	NS	NS
C.V. (%)	17.93	22.93	36.79	41.13	32.13

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 33 ปริมาณกรดวิตามินซีทั้งหมดของสับปะรด (เนื้อแกน) ที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิค(SA) ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10°C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	ปริมาณวิตามินซีทั้งหมด (mg/100g FW)				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mM SA)	24.29	29.11	28.35	27.27	15.08
Gamma 400 Gy (0 mM SA)	24.29	28.73	24.41	16.16	-
5.0 mM SA	24.29	36.79	30.13	27.14	20.79
5.0 mM SA + gamma	24.29	24.16	24.73	24.60	-
10.0 mM SA	24.29	39.08	33.68	24.04	19.71
10.0 mM SA + gamma	24.29	26.76	24.67	22.32	-
F-test	NS	NS	NS	NS	NS
C.V. (%)	21.49	20.80	15.82	35.98	52.83

ตารางภาคผนวกที่ 34 ปริมาณ Malondialdehyde (MDA) ของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิค(SA) ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10°C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	ปริมาณ MDA (mg/g FW)				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mM SA)	0.24	0.24	0.23	0.20	0.26
Gamma 400 Gy (0 mM SA)	0.24	0.23	0.21	0.21	-
5.0 mM SA	0.24	0.24	0.25	0.24	0.25
5.0 mM SA + gamma	0.24	0.22	0.22	0.23	-
10.0 mM SA	0.24	0.22	0.19	0.22	0.25
10.0 mM SA + gamma	0.24	0.20	0.20	0.24	-
F-test	NS	NS	NS	NS	NS
C.V. (%)	5.16	14.57	15.57	10.71	12.01

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 35 กิจกรรมเอนไซม์ Polyphenoloxidase (PPO) ของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิค (SA) ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10°C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	กิจกรรมเอนไซม์ PPO (Units/mg protein)				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mM SA)	8.74	9.82^{c}	25.44^{a}	24.47^{c}	10.60^{c}
Gamma 400 Gy (0 mM SA)	8.74	11.85^{c}	24.36^{a}	30.37^{bc}	-
5.0 mM SA	8.74	22.04^{ab}	15.72^{bc}	28.04^{bc}	14.70^{b}
5.0 mM SA + gamma	8.74	19.93^{b}	18.54^{b}	37.81^{a}	-
10.0 mM SA	8.74	29.01^{a}	15.56^{bc}	46.74^{a}	19.27^{a}
10.0 mM SA + gamma	8.74	22.55^{ab}	12.82^{c}	38.45^{ab}	-
F-test	NS	**	**	**	**
C.V. (%)	11.8	25.18	18.79	21.89	16.00

ตารางภาคผนวกที่ 36 กิจกรรมเอนไซม์ Peroxidase (POD) ของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยซาลิไซลิค(SA) ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10°C (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	กิจกรรมเอนไซม์ POD				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mM SA)	7.92	10.84^{ab}	5.98	4.82	3.53
Gamma 400 Gy (0 mM SA)	7.92	5.05^{c}	5.98	15.25	-
5.0 mM SA	7.92	14.81^{a}	2.67	10.55	6.51
5.0 mM SA + gamma	7.92	5.42^{c}	4.53	10.98	-
10.0 mM SA	7.92	11.65^{ab}	4.49	12.51	8.92
10.0 mM SA + gamma	7.92	8.43^{bc}	2.35	4.82	-
F-test	NS	**	NS	NS	NS
C.V. (%)	26.66	31.85	48.87	45.87	76.87

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 37 กิจกรรมเอนไซม์ Phenylalanine ammonia lyase (PAL) ของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วยกรดซาลิไซลิค (SA) ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	กิจกรรมเอนไซม์ PAL				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mM SA)	29.20	28.26	37.17^{a}	34.80^{b}	57.29
Gamma 400 Gy (0 mM SA)	29.20	27.38	17.75^{a}	37.80^{ab}	-
5.0 mM SA	29.20	20.42	34.39^{ab}	34.21^{ab}	54.22
5.0 mM SA + gamma	29.20	29.03	25.49^{bc}	29.14^{b}	-
10.0 mM SA	29.20	28.36	30.60^{ab}	50.93^{a}	42.37
10.0 mM SA + gamma	29.20	27.08	16.97^{c}	42.38^{ab}	-
F-test	NS	NS	**	*	NS
C.V. (%)	28.11	17.61	25.80	22.64	18.06

ตารางภาคผนวกที่ 38 กิจกรรมเอนไซม์ Superoxide dismutase (SOD) ของสับปะรดที่ผ่านการจุ่มด้วย กรดซาลิไซลิค (SA) ความเข้มข้น 5.0 mM และ 10.0 mM ก่อนนำไปฉายรังสีแกมมา 400-650 Gy แล้วนำมาเก็บรักษาที่ 10 (วันที่ 7+2 หมายถึงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C เป็นเวลา 7 วัน แล้วย้ายมาวางที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 2 วัน)

Treatment	กิจกรรมเอนไซม์ SOD (Units/mg protein)				
	Day 0	Day 7+2	Day 14+2	Day 21+2	Day 28+2
Control (0 mM SA)	0.50	0.68^{b}	0.44	0.57^{b}	0.36
Gamma 400 Gy (0 mM SA)	0.50	1.12^{a}	0.47	0.89^{a}	-
5.0 mM SA	0.50	0.51^{b}	0.48	0.78^{ab}	0.49
5.0 mM SA + gamma	0.50	0.43^{b}	0.68	0.93^{a}	-
10.0 mM SA	0.50	0.69^{b}	0.48	0.64^{b}	0.54
10.0 mM SA + gamma	0.50	0.45^{b}	0.58	0.73^{ab}	-
F-test	NS	**	NS	*	NS
C.V. (%)	21.63	27.21	24.72	20.10	59.50

หมายเหตุ NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์