ผลของเมทิลจัสโมเนตต่อคุณภาพ และปริมาณสารพฤกษเคมีในผลหม่อนพันธุ์กำแพงแสน 42 ภายหลังการเก็บเกี่ยว

Effects of Methyl Jasmonate on Quality and Phytochemical Contents of Postharvest 'Kamphaeng Saen 42' Mulberry Fruit

ลัดดาวัลย์ คำมะปะนา[1*]

Laddawan Kammapana[1*]

Received date: 10 ก.ย. 66 Revised date: 22 ก.ย. 66 Accepted date: 23 ก.ย. 66

DOI: https://doi.org/10.55003/kmaj.2024.04.29.012

บทคัดย่อ

ผลหม่อนพันธุ์กำแพงแสน 42 เป็นหม่อนรับประทานผลสดที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหาร แต่มีอายุการเก็บรักษาสั้นเพียง 1-2 วัน ภายใต้สภาพอุณหภูมิห้อง ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเมทิลจัสโมเนตต่อคุณภาพ และปริมาณสารพฤกษเคมีในผลหม่อนพันธุ์กำแพงแสน 42 ภายหลังการเก็บเกี่ยว โดยรมผลหม่อนด้วยเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม) 10 และ 20 μmolL^{-1} ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 ± 2 นาน 8 วัน ผลการทดลองพบว่าการรมผลหม่อนด้วยเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้น 10 μmolL^{-1} มีประสิทธิภาพในการชะลอการสูญเสียน้ำหนัก และผลหม่อนที่รมด้วยเมทิลจัสโมเนตทุกระดับความเข้มข้นมีแนวโน้มลดการเกิดโรคได้ดีกว่าชุดควบคุม แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้การรมผลหม่อนด้วยเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้น 10 μmolL^{-1} มีปริมาณสารพฤกษเคมีและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นโดยมีปริมาณกรดแอสคอบิค และปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเพิ่มมากกว่าสิ่งทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p< 0.01$) ส่วนการรมผลหม่อนด้วยเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้น 20 μmolL^{-1} มีการเปลี่ยนแปลงสีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p< 0.05$) ทำให้มีปริมาณแอนโทไซนินมากที่สุด จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้เมทิลจัสโมเนตมีประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพ และเพิ่มปริมาณสารพฤกษเคมีในผลหม่อนพันธุ์กำแพง 42 ภายหลังการเก็บเกี่ยวได้

คำสำคัญ: เมทิลจัสโมเนต ผลหม่อนพันธุ์กำแพงแสน 42 สารพฤกษเคมี คุณภาพ

Abstract

The 'Kamphaeng Saen 42' mulberry fruit is consumed fresh and is rich in nutrients. However, it has a short shelf life of only 1-2 days under room temperature conditions. This research aimed to study the effects of methyl jasmonate (MeJA) on quality and phytochemical content of postharvest 'Kamphaeng Saen 42' mulberry fruit. The fruits were fumigated with 0 (control), 10, and 20 μmolL^{-1} MeJA at 20 ℃ for 6 h, then stored at 10 ± 2 ℃, 90 ± 2 relative humidity (RH) for 8 days. The results showed that fruits treated with 10 μmolL^{-1} MeJA were most effective in retarding weight loss, and all treated fruits tended to exhibit reduced spoilage compared to the control, although the differences were not significant. Additionally, fruit treated with 10 μmolL^{-1}MeJA showed a significant increase in phytochemicals and antioxidant activities; their total ascorbic acid and total phenolic contents were higher than in other treatments ($p<0.01$). Fruit treated with 20 μmolL^{-1} MeJA had a significantly increased skin color change ($p< 0.05$), resulting in the highest anthocyanin content. These results suggested that MeJA treatment effectively maintains quality and boosts phytochemical content in postharvest 'Kamphaeng saen 42' mulberry fruit.

Keywords: methyl jasmonate, 'Kamphaeng Saen 42' mulberry fruit, phytochemicals, quality

[1] สาขาพืชศาสตร์ สิ่งทอและการออกแบบ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ 32000

[1] Division of Plant Science Textiles and Design, Faculty of Agriculture and Technology, Rajamangala University of Technology Isan, Surin Campus, Muang, Surin 32000

* Corresponding author: noihort2526@gmail.com, Laddawan.ka@rmuti.ac.th

คำนำ

ผลหม่อนหรือมัลเบอรี่เป็นไม้ผลที่จัดอยู่ในวงศ์ Moraceae มีถิ่นกำเนิดในประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน จากนั้นได้แพร่กระจายและมีการปลูกกันแพร่หลายทั่วโลก โดยเฉพาะแถบทวีปเอเชีย แอฟริกา และอเมริกา เป็นต้น (Khan et al., 2013) สำหรับการปลูกหม่อนในประเทศไทยในอดีตปลูกเพื่อใช้ประโยชน์จากใบในการเลี้ยงไหมเป็นหลัก แต่ปัจจุบันมีการปลูกหม่อนสายพันธุ์ที่บริโภคผลสด เช่น พันธุ์เชียงใหม่ 60 พันธุ์บุรีรัมย์ 60 พันธุ์นครราชสีมา 60 และพันธุ์กำแพงแสน 42 ฯลฯ เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเป็นที่นิยมและต้องการของกลุ่มผู้บริโภคที่รักสุขภาพ ผลหม่อนอุดมไปด้วยสารแอนโทไซยานิน แคโรทีน สารประกอบฟีนอล และวิตามินซี ซึ่งสารเหล่านี้มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันการเกิดโรคมะเร็งต่าง ๆ โรคเบาหวาน โรคความจำเสื่อม โรคโลหิตจาง เป็นต้น (Butkhup, 2012) นอกจากนี้ยังสามารถนำผลหม่อนมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เช่น แยม ไอศกรีม น้ำหม่อนสกัดเข้มข้น และไวน์ (Priya, 2012) อย่างไรก็ตามแม้ผลหม่อนสดจะเป็นที่ต้องการของตลาด แต่กลับมีอายุการเก็บรักษาและอายุการวางจำหน่ายสั้นเพียง 1-2 วัน ภายใต้สภาพอุณหภูมิห้อง เนื่องจากผลมีน้ำเป็นองค์ประกอบมาก ผลบอบช้ำ แตกง่าย ซึ่งทำให้อ่อนแอต่อการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์

เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวมีหลายงานวิจัยได้ศึกษาการประยุกต์ใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เช่น เมทิลซาลิไซเลท กรดซาลิไซลิก และจิบเบอเรลลิน ในการลดการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลสดทางพืชสวนหลายชนิด (Valverde et al., 2015; Ozkan et al., 2016., Gimenez et al., 2017) รวมถึงเมทิลจัสโมเนต ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่จัดอยู่ในกลุ่มจัสโมเนตมีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโต กระตุ้นการสุกของผลไม้ การวายและการหลุดร่วงของใบ ยับยั้งการงอกและการเจริญของราก และเกี่ยวข้องกับการเพิ่มความต้านทานให้กับพืชเพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าจากภายนอก เช่น ความเครียดต่าง ๆ บาดแผล และการเข้าทำลายของโรคและแมลง เป็นต้น นอกจากนี้เมทิลจัสโมเนตยังกระตุ้นให้พืชมีการสังเคราะห์สารพฤกษเคมีที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายมนุษย์ขึ้นมาด้วย (Ho et al., 2020) จากการศึกษาที่ผ่านมามีรายงานว่าการใช้เมทิลจัสโมเนตมีประสิทธิภาพในการลดการเน่าเสีย ยืดอายุการเก็บรักษา และกระตุ้นการสังเคราะห์สารพฤกษเคมีในผลไม้ตระกูลเบอรี่หลายชนิด เช่น บลูเบอรี่ (Wang et al., 2019) และหยางเหมย (Wang et al., 2014) เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามการใช้เมทิลจัสโมเนตในการลดการเน่าเสีย รักษาคุณภาพและกระตุ้นการสังเคราะห์สารพฤกษเคมีในผลหม่อนภายหลังการเก็บเกี่ยวยังมีการตีพิมพ์และเผยแพร่น้อย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลของเมทิลจัสโมเนตต่อคุณภาพและสารพฤกษเคมีในผลหม่อนพันธุ์กำแพงแสน 42 ภายหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งองค์ความรู้ที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผลหม่อนพันธุ์กำแพงแสน 42 และนำไปสู่การถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกหม่อนบริโภคผล และประชาชนที่สนใจต่อไป

วิธีการศึกษา

พืชทดลอง

เก็บเกี่ยวผลหม่อนพันธุ์กำแพงแสน 42 ในระยะผลสีแดง (70 เปอร์เซ็นต์) จากศูนย์หม่อนไหมราชมงคลอีสาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ ขนส่งโดยรถยนต์ปรับอากาศมายังห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพและระบบการเก็บรักษาผลผลิตภายหลังการเก็บเกี่ยว สาขาวิทยาศาสตร์เกษตรและเทคโนโลยี (วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว) คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ภายในเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นทำความสะอาดผลหม่อนโดยใช้พัดลมเป่าสิ่งสกปรก ร่วมกับการคัดแยกผลแตกออก ทำการคัดคุณภาพของผลหม่อนอีกครั้ง โดยให้ผิวผลมีสีแดงสม่ำเสมอ ปราศจากตำหนิ หลังจากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม แต่ละกลุ่มมีน้ำหนัก 12 กิโลกรัม แล้วนำผลหม่อนในแต่ละกลุ่มใส่ลงในถังพลาสติกขนาด 45 ลิตร คำนวณปริมาณสารเมทิลจัสโมเนตที่ใช้ให้ได้ระดับความเข้มข้นตามต้องการ (10 และ 20 $\mu molL^{-1}$) แล้วหยดสารเมทิลจัสโมเนตลงบนกระดาษกรอง ปิดผาถังและปิดผนึกให้แน่น ส่วนชุดควบคุมให้ใช้น้ำกลั่นหยดลงบนกระดาษกรองแทน บ่มทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง หลังจากรมเสร็จนำผลหม่อนในแต่ละสิ่งการทดลองบรรจุลงในถาดโฟมถาดละ 350 กรัม โดยแต่ละสิ่งการทดลองมีจำนวน 4 ซ้ำ จากนั้นคลุมด้วยถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน และเก็บรักษาที่อุณภูมิ 10 ± 2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 ± 2 นาน 8 วัน ทำการเก็บข้อมูลที่ศึกษาทุก ๆ 2 วัน

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) ประกอบด้วย 3 สิ่งการทดลอง ได้แก่ 1) ชุดควบคุม (ไม่รมเมทิลจัสโมเนต) 2) รมด้วยเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้น 10 $\mu molL^{-1}$ และ 3) รมด้วยเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้น 20 $\mu molL^{-1}$ แต่ละสิ่งการทดลองมีจำนวน 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้ผลหม่อน 350 กรัม

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และปริมาณสารพฤกษเคมี

การเปลี่ยนแปลงสีผล

วัดสีผลหม่อนโดยใช้เครื่องวัดสี Minolta model DP-301 โดยให้หัววัดแนบสัมผัสกับผลหม่อนมากที่สุด และรายงานผลเป็นค่า Hunter scale ซึ่งประกอบด้วยค่า L a และ b จากนั้นนำมาคำนวณหาค่า ΔE ซึ่งเป็นค่าที่รายงานถึงค่าความแตกต่างของสีผลิตผลที่เปลี่ยนแปลงไปจากวันแรกที่ทำการเก็บรักษา โดยใช้สูตร $\sqrt{(L-L0)^2+(a-a0)^2+(b+b0)^2}$ โดย L0 เป็นค่า L ที่วัดได้จากวันแรกที่เริ่มทำการเก็บรักษา a0 เป็นค่า a ที่วัดได้จากวันแรกที่เริ่มทำการเก็บรักษา และค่า b0 เป็นค่า b ที่วัดได้จากวันแรกที่เริ่มทำการเก็บรักษา ถ้าค่า ΔE สูง แสดงว่า สีของผลิตผลมีการเปลี่ยนแปลงไปจากวันแรกที่ทำการเก็บรักษามาก แต่ถ้าค่า ΔE ต่ำ แสดงว่าสีของผลิตผลมีการเปลี่ยนแปลงไปจากวันแรกที่ทำการเก็บรักษาน้อย

การสูญเสียน้ำหนัก

ชั่งน้ำหนักผลหม่อนทุก ๆ 2 วัน และนำค่าที่ได้มาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (Saini et al., 2006) ดังนี้

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนการเก็บรักษาน้ำ–หนักหลังการเก็บรักษา} \times 100}{\text{น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา}}$$

การเกิดโรค

การเกิดโรคของผลหม่อนประเมินด้วยสายตาจากผลหม่อนจำนวน 100 ผลต่อซ้ำ โดยผลหม่อนที่เกิดโรคจะมีเส้นใยของเชื้อราหรือผลเน่าเละมากกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่ผิวทั้งหมด จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณตามสมการ ดังนี้

$$\text{การเกิดโรค (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{\text{จำนวนผลที่เกิดโรค} \times 100}{\text{จำนวนผลทั้งหมด}}$$

ปริมาณกรดแอสคอบิค

การวิเคราะห์ปริมาณกรดแอสคอบิคดัดแปลงเล็กน้อยตามวิธีการของ Roe et al. (1948) โดยชั่งผลหม่อน 5 กรัม ผสมกับสารละลาย metaphosphoric acid ความเข้มข้นร้อยละ 5 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ปั่นให้ละเอียดโดยใช้เครื่อง homogenizer หลังจากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 นำส่วนใสที่ได้ไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณ Total ascorbic acid โดยนำตัวอย่าง 0.4 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง จากนั้นเติมสารละลาย indophenol ความเข้มข้นร้อยละ 0.02 ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร เขย่าสารละลายให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 2-3 นาที เติมสารละลาย thiourea ความเข้มข้นร้อยละ 2 ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร และ 2,4-dinitrophenyl hydrazine (DNP) ความเข้มข้นร้อยละ 2 ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร แล้วจึงนำไปตั้งทิ้งไว้ใน water bath ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3ชั่วโมง หลังจากนั้นเติม sulfuric acid ความเข้มข้นร้อยละ 85 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำไปวิเคราะห์ปริมาณ ascorbic acid โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้มาคำนวณกับกราฟมาตรฐานของ ascorbic acid ความเข้มข้น 0 5 10 20 30 40 50 และ 60 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดดัดแปลงเล็กน้อยตามวิธีของ Cheung et al. (2003) โดยชั่งตัวอย่างผลหม่อน 2 กรัม ใส่ conical tube จากนั้นเติมสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 80 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร นำไปปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่อง Homogenizer นาน 1 นาที แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge ความเร็วรอบ 9,200 rpm อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ดูดสารละลายส่วนใส 1 มิลลิลิตร ทำให้เจือจางด้วยน้ำกลั่น 9 มิลลิลิตร เขย่าให้ผสมกัน แล้วดูดสารละลายตัวอย่างที่ได้มา 1 มิลลิลิตร เติม Folin-Ciocalteu' s reagent ความเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลาย Sodium carbonate ความเข้มข้นร้อยละ 7.5 ปริมาตร 4 มิลลิลิตร นำไปบ่มใน water bath อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที นำตัวอย่างไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้มาคำนวณกับกราฟมาตรฐานของ gallic acid ความเข้มข้น 20 40 60 80 และ 100 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

ปริมาณแอนโทไซยานิน

การวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินดัดแปลงเล็กน้อยตามวิธีการของ Horwitz (2000) นำตัวอย่างผลหม่อนจำนวน 500 มิลลิกรัม ใส่ใน conical tube แล้วเติมน้ำกลั่นปริมาตร 20 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำไปปั่นด้วยเครื่อง homogenizer เป็นเวลา 20 นาที ทำการปิดฝา conical tube ให้สนิทแล้วนำไป sonicate ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 – 20 นาที นำตัวอย่างออกมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งอุณหภูมิลดต่ำลงเท่ากับอุณหภูมิห้องหลังจากนั้นนำไป centrifuge ที่ความเร็วรอบ 8,000 rpm เป็นเวลา 5 นาที นำสารละลายส่วนใสที่ลอยอยู่ด้านบนมาวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน และวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 510 และ 700 นาโนเมตร (Figure 1)

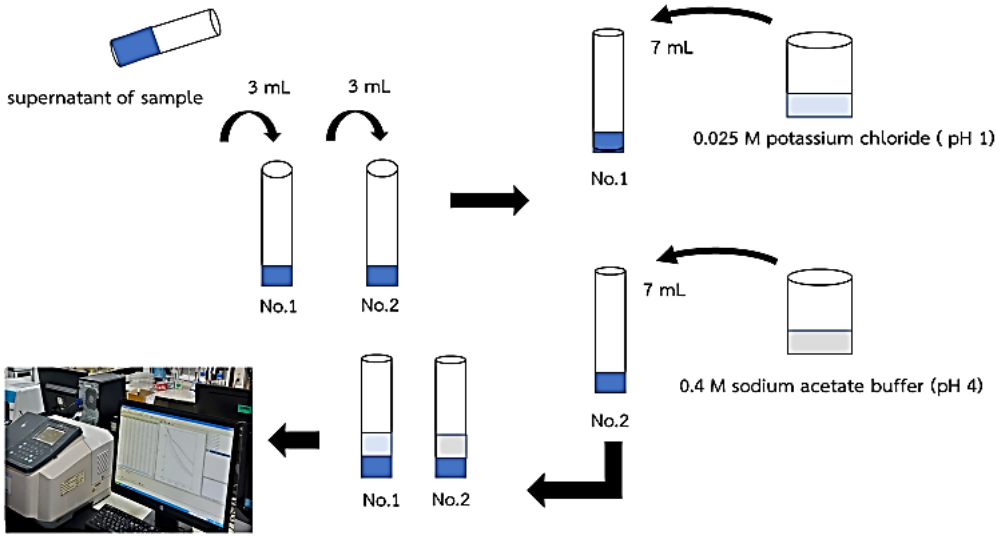

Figure 1 Determination of anthocyanin content in 'Kamphaeng Saen 42' mulberry fruit.

นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้คำนวณหาปริมาณแอนโธไซยานินโดยใช้สมการ

$$\Delta = ((A510_{nm\ pH1} - A700_{\ nmpH1}) - (A510_{nm\ pH4} - A700_{\ nmpH4}))$$

$$\text{ปริมาณแอนโทไซยานิน (\%)} = \frac{\Delta\ \mathbf{Abs} \times \mathbf{MW} \times \mathbf{dilution\ factor} \times \mathbf{V} \times \mathbf{100}}{\mathbf{€} \times \mathbf{L} \times \mathbf{Wt}}$$

€ = absorption coefficient (26900 $L.mol^{-1}cm^{-1}$ = pelergo-3-glucoside)

MW = น้ำหนักโมเลกุลของแอนโทไซยานิน (449.2)

V = ปริมาตรสุดท้าย (มิลลิลิตร)

L = ความกว้างของเซลล์พืช (1 เซนติเมตร)

Wt = น้ำหนักตัวอย่าง (มิลลิกรัม)

กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH method)

การวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระดัดแปลงเล็กน้อยตามวิธีการของ Brand-Williams et al. (1995) วิธีการสกัดตัวอย่าง ชั่งเนื้อผลหม่อนที่หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ 3 กรัม ใส่ใน conical tube เติมสารละลายเมทานอลปริมาตร 25 มิลลิลิตร ปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่อง homogenizer นาน 1 นาที แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge ความเร็วรอบ 15,000 rpm อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที จากนั้นดูดส่วนใสที่ได้จากการสกัดตัวอย่างมา 150 ไมโครลิตร เติมสารละลาย DPPH ปริมาตร 2850 ไมโครลิตร (สารละลาย DPPH ที่นำมาใช้วิเคราะห์เตรียมจาก stock สารละลาย DPPH โดยดูดสารละลาย DPPH มา 10 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลายเมทานอลปริมาตร 45 มิลลิลิตร) หลังจากนั้นทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำสารละลายตัวอย่างมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับ blank นำค่าที่ได้มาคำนวณหาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน Tolox

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan' s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การเปลี่ยนแปลงสีผล

ผลหม่อนพันธุ์กำแพงแสน 42 มีการเปลี่ยนแปลงสีผลจากสีแดงเป็นสีดำเพิ่มขึ้น เมื่อระยะการเก็บรักษานานขึ้น แต่อย่างไรก็ตามในช่วง 4 วันแรกของการเก็บรักษา การเปลี่ยนแปลงสีผลหม่อนในทุกสิ่งทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ หลังจากนั้นผลหม่อนที่รมด้วยเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้น 20 μmolL^{-1} มีการเปลี่ยนแปลงสีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) และมีค่ามากที่สุดในวันสุดท้ายของการเก็บ (16.70) (Figure 2a) ซึ่งจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าผลหม่อนที่รมด้วยเมทิลจัสโมเนตทุกระดับความเข้มข้นมีการเปลี่ยนแปลงสีผลมากกว่าชุดควบคุม เนื่องมาจากเมทิลจัสโมเนตสามารถกระตุ้นกระบวนการสุกของผลหม่อนได้ สอดคล้องกับ Lv et al. (2018) รายงานว่าการรมแอปเปิ้ลด้วยเมทิลจัสโมเนตทำให้มีการแสดงออกของยีน *ACS* และ *ACO* ซึ่งเป็นยีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์เอทธิลีนเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเอทธิลีนมีผลไปกระตุ้นกระบวนการสุกโดยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีผลและเกิดการอ่อนนิ่ม อย่างไรก็ตามผลของเมทิลจัสโมเนตต่อการผลิตเอทธิลีนขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเมทิลจัสโมเนตที่ใช้ ระยะการสุกแก่ และชนิดของผลไม้

การสูญเสียน้ำหนัก

Figure 2b แสดงการสูญเสียน้ำหนักของผลหม่อนที่รมด้วยเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ จากผลการทดลองพบว่าในช่วง 4 วันแรกของการเก็บรักษา ทุกสิ่งทดลองมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันทางสถิติ หลังจากนั้นผลหม่อนที่รมด้วยเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้น 20 μmolL^{-1} มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด ในขณะที่การรมผลหม่อนด้วยเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้น 10 μmolL^{-1} สามารถชะลอการสูญเสียน้ำได้ โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษามีการสูญเสียน้ำหนักเพียง 1.12 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ผลหม่อนที่รมด้วยเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้น 20 μmolL^{-1} และชุดควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนัก 2.31 และ 2.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีหลายงานวิจัยพบว่าเมทิลจัสโมเนตสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักในผลไม้หลายชนิด โดยมีผลไปช่วยลดอัตราการหายใจ อย่างไรก็ตามผลของเมทิลจัสโมเนตต่ออัตราการหายใจของผลิตผลขึ้นอยู่กับชนิดพืช ความเข้มข้นที่ใช้ ระยะเวลาการใช้ และวิธีการใช้สาร (Ozturk et al., 2019) และจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการรมผลหม่อนด้วยเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้น 20 μmolL^{-1} มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการใช้เมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้นสูง มีผลไปกระตุ้นการหายใจและทำให้ผลหม่อนเกิดการสูญเสียน้ำมาก

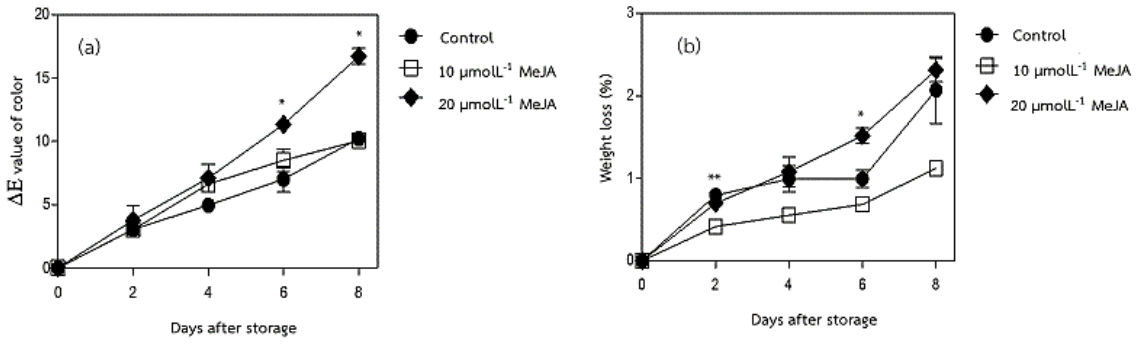

Figure 2 Changes in skin color (a) and weight loss (b) of mulberry fruit treated with 0, 10, and 20 μmol L^{-1} MeJA during storage at 10 ± 2 °C, 90 ± 2 % RH for 8 days. Vertical bars represent the standard deviation (SD) of means. Asterisks denote significant differences between treatments: ** indicates significance at $p < 0.01$, while * indicates significance at $p < 0.05$.

การเกิดโรค

ผลหม่อนเป็นผลไม้ที่เกิดการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวได้ง่าย และอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ เนื่องจากผลมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่มาก ผลบอบบาง ช้ำและแตกง่ายขณะเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว จากผลการทดลอง พบว่าผลหม่อนพบการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาและผลหม่อนในทุกสิ่งทดลองพบการเกิดโรคไม่แตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามผลหม่อนที่รมด้วยเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้น 10 μmolL^{-1} มีแนวโน้มพบการเกิดโรคน้อยกว่าสิ่งทดลองอื่น ๆ (Figure 3) สำหรับบทบาทของเมทิลจัสโมเนตต่อการควบคุมการเกิดโรคของผลไม้ภายหลังการเก็บเกี่ยว มีรายงานว่าเมทิลจัสโมเนตมีคุณสมบัติเป็นสารต้านจุลินทรีย์ โดยมีผลโดยตรงไปยับยั้งการผลิตสปอร์ การงอกของสปอร์และยับยั้งการเจริญของเส้นใย (Tzortzakis et al., 2016) และผลทางอ้อมโดยเมทิลจัสโมเนตทำหน้าที่เป็นตัวส่งสัญญาณไปกระตุ้นให้พืชเกิดกลไกลการป้องกันตัวเองจากการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ (Valenzuela-Riffo et al., 2020) ดังนั้นการใช้เมทิลจัสโมเนตจึงสามารถลดการเกิดโรคได้

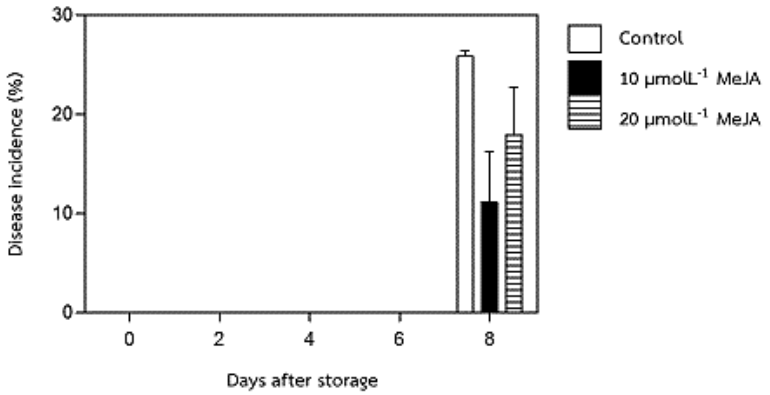

Figure 3 Disease incidence in mulberry fruit treated with 0, 10, and 20 μmol L^{-1} MeJA during storage at 10 ± 2 °C, 90 ± 2 % RH for 8 days. Vertical bars represent the standard deviation (SD) of means.

ปริมาณกรดแอสคอบิค

ผลหม่อนที่รมด้วยเมทิลจัสโมเนตมีปริมาณกรดแอสคอบิคมากกว่าชุดควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลหม่อนที่รมด้วยเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้น 10 μmolL^{-1} มีปริมาณกรดแอสคอบิคมากที่สุด ส่วนชุดควบคุมมีปริมาณกรดแอสคอบิคน้อยที่สุด (Figure 4a) Wolucka et al. (2005) ได้ศึกษาผลของเมทิลจัสโมเนตต่อการสังเคราะห์กรดแอสคอบิคหรือวิตามินซีโดยทดสอบกับเซลล์แขวนลอยของยาสูบและ Arabidopsis ในห้องปฏิบัติการ พบว่าเมทิลจัสโมเนตมีผลไปกระตุ้นการแสดงออกของยีน GDP-mannose-3", 5"-epimerase และ L-gulono-1,4-lactone dehydrogenase ซึ่งเป็นยีนที่ถอดรหัสไปเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์กรดแอสคอบิค นอกจากนี้ปริมาณกรดแอสคอบิคยังมีความสัมพันธ์กับอัตราการสูญเสียน้ำของผลิตผลด้วยการรมผลหม่อนด้วยเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้น 10 μmol L^{-1} มีการสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด จึงมีปริมาณกรดแอสคอบิคมากที่สุด และการสูญเสียน้ำออกจากผลิตผลมากก็ส่งผลให้มีการสูญเสียปริมาณกรดแอสคอบิคมากขึ้นเช่นเดียวกัน (Siripanich & Romphophak, 2006) ซึ่งจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการรมผลหม่อนด้วยเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักและปริมาณกรดแอสคอบิคได้

ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด

การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในทุกสิ่งการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แต่มีค่าไม่แตกต่างกันในช่วง 4 วันแรกของการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามหลังจากนั้นผลหม่อนที่รมด้วยเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้น 10 μmolL^{-1} มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีค่ามากที่สุด ในขณะที่ผลหม่อนที่รมด้วยเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้น 20 μmolL^{-1} และชุดควบคุมมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดน้อยและมีค่าไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Figure 4b) Deshi et al. (2021) รายงานว่าการรมลิ้นจี่ด้วยเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้น 2000 μmolL^{-1} ทำให้มีปริมาณสารประกอบฟีนอล และกิจกรรมของเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase (PAL) เพิ่มขึ้น โดยเอนไซม์ PAL เป็นเอนไซม์สำคัญในวิถี phenylpropanoid ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอล

ดังนั้นจากผลการทดลองนี้การรมผลหม่อนด้วยเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้น 10 μmolL^{-1} มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดมากที่สุด อาจเนื่องมาจากการรมเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม มีผลไปกระตุ้นกิจกรรมเอนไซม์ PAL และทำให้มีการสะสมปริมาณสารประกอบฟีนอลเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้ยังไม่ได้ทำการศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ PAL จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในประเด็นนี้

ปริมาณแอนโทไซยานิน

การรมผลหม่อนด้วยเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้น 20 μmolL^{-1} มีปริมาณแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีค่ามากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Figure 4c) ในขณะที่ชุดควบคุมและผลหม่อนที่รมด้วยเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้น 10 μmolL^{-1} มีปริมาณแอนโทไซยานินไม่แตกต่างกัน ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณแอนโทไซยานิน มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงสีในกระบวนการสุกของผลหม่อนซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการใช้เมทิลจัสโมเนตกระตุ้นการสังเคราะห์เอทธิลีน และชักนำการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน (Wei et al., 2017)

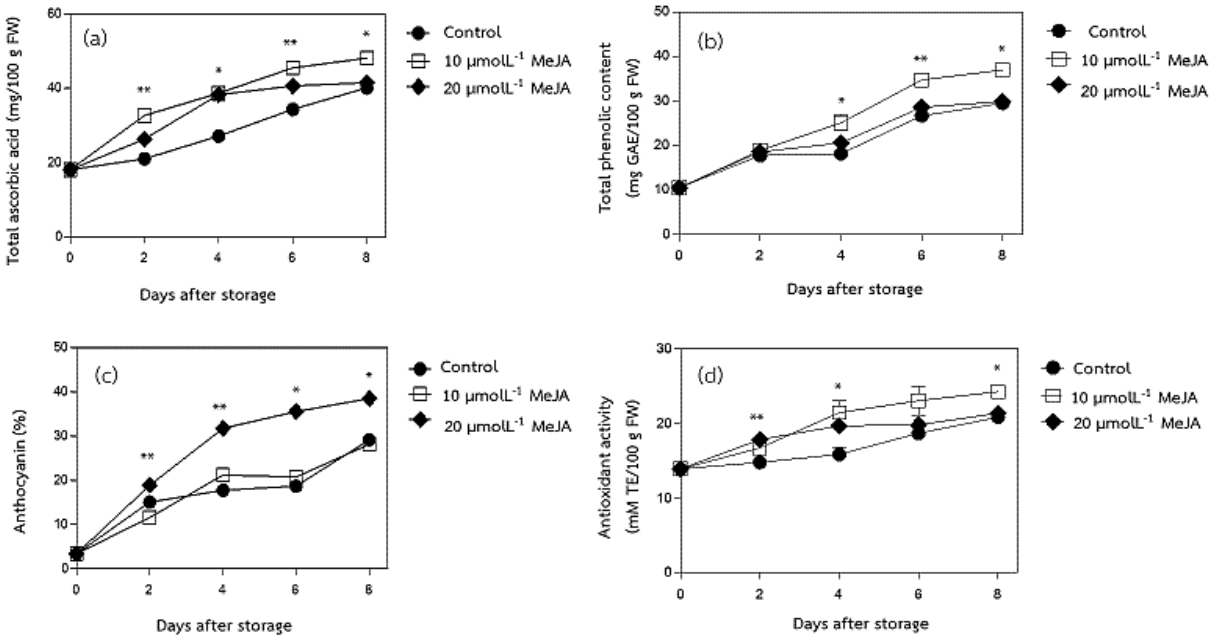

Figure 4 Changes in total ascorbic acid content (a) total phenolic content (b), anthocyanin content (c), and antioxidant activity (d) mulberry fruit treated with 0, 10, and 20 μmol L^{-1} MeJA during storage at 10 ± 2 ºC, 90 ± 2 % RH for 8 days. Vertical bars represent the standard deviation (SD) of means. Asterisks denote significant differences between treatments: ** indicates significance at $p < 0.01$, while * indicates significance at $p < 0.05$.

กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

ผลหม่อนที่รมด้วยเมทิลจัสโมเนตมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงมากกว่าชุดควบคุม โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาผลหม่อนที่รมด้วยเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้น 10 μmolL^{-1} มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด (24.23 mM TE/100 g FW) รองลงมาคือผลหม่อนที่รมด้วยเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้น 20 μmolL^{-1} (21.36 mM TE/100 g FW) ในขณะที่ชุดควบคุมมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด (20.80 mM TE/100 g FW) (Figure 4d) เมื่อรมผลไม้ด้วยเมทิลจัสโมเนตทำให้ผลิตผลเกิดความเครียด และมีการสร้างอนุมูลอิสระ เช่น nitric oxide (NO) และ hydrogen peroxide (H_2O_2) เพิ่มสูงขึ้นในช่วงแรก ๆ ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นเมทิลจัสโมเนต หรือ NO และ H_2O_2 ทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดอนุมูลอิสระ ได้แก่ superoxide dismutase (SOD) catalase (CAT) guaiacol peroxidase (G-POD) รวมทั้งกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ในวัฏจักร ascorbate-glutathione (AsA-GSH) เช่น ascorbate peroxidase (APX) monodehydroascorbate reductase (MDHAR) dehydroascorbate reductase (DHAR) และ glutathione reductase (GR) และทำให้เกิดการสะสมของสารต้านอนุมูลอิสระที่ไม่ใช่เอนไซม์ ได้แก่ ascorbate glutathione carotenoid tocopherol

สารประกอบฟีนอล (Sharma et al., 2012) และแอนโทไซยานิน (Huang et al., 2015) ในผลิตผล Huang & Lai (2016) รายงานว่าจากการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างชนิดของข้าวสี และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอล และแอนโทไซยานินในข้าวด้วยวิธี Pearson moment correlation พบว่าข้าวสีแดงมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าข้าวสีดำ โดยในข้าวสีแดงมีสารประกอบฟีนอล และแอนโทไซยานินออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH มีค่า r เท่ากับ 0.987 และ 0.889 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารประกอบฟีนอลมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าแอนโทไซยานิน สอดคล้องกับรายงานของ Ozturk et al. (2019) พบว่าเมื่อผลิตผลมีปริมาณสารประกอบฟีนอลสูง ก็มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงด้วย ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองนี้ที่พบว่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระที่เพิ่มสูงขึ้น เป็นผลเนื่องมาจากการมีปริมาณสารประกอบฟีนอลเพิ่มมากขึ้นในผลหม่อนที่รมด้วยเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้น 10 $\mu molL^{-1}$

สรุปผลการศึกษา

การรมผลหม่อนด้วยเมทิลจัสโมเนตที่ระดับความเข้มข้น 10 $\mu molL^{-1}$ มีประสิทธิภาพในการชะลอการสูญเสียน้ำหนัก และกระตุ้นให้มีปริมาณกรดแอสคอบิค ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในผลหม่อนพันธุ์กำแพงแสน 42 เพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลของเมทิลจัสโมเนตต่อกิจกรรมของเอนไซม์ PAL และเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดอนุมูลอิสระ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณสาขาวิทยาศาสตร์เกษตรและเทคโนโลยี (วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว) คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ เครื่องมือ และห้องปฏิบัติการในการทำการทดลองวิจัยจนทำให้งานสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT-Food Science Technology**, 28, 25-30.

Butkhup, L. (2006). Mulberry fruits within the berry family contain high quantities of antioxidants. **MSU Research Digest**, 1(3), 41-47. (in Thai).

Cheung, L. M., Cheung, P. C., & Ooi, V. E. (2003). Antioxidant activity and total phenolic of edible mushroom extract. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 81, 249-255.

Deshi, V., Homa, F., Tokala, V. Y., Mir, H., Aftab, M. A., & Siddiqui, M. W. (2021). Regulation of pericarp browning in cold-stored litchi fruit using methyl jasmonate. **Journal of King Saud University-Science**, 33, 101445.

Gimenez, M. J., Serrano, M., Valverde, J. M., Martinez-Romero, D., Castillo, S., Valero, D., & Guillen, F. (2017). Preharvest salicylic acid and acetylsalicylic acid treatments preserve quality and enhance antioxidant systems during postharvest storage of sweet cherry cultivars. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 97, 1220-1228.

Ho, T. T., Murthy, H. N., & Park, S. Y. (2020). Methyl jasmonate induced oxidative stress and accumulation of secondary metabolites in plant cell and organ cultures. **International Journal of Molecular Sciences**, 21(3), 18.

Horwitz, W. (2000). **Official methods of AOAC international**. 16th ed. Gaithersburg MD.

Huang, X., Li, J., Shang, H., & Meng, X. (2015). Effect of methyl jasmonate on the anthocyanin content and antioxidant activity of blueberries during cold storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 95, 337-343.

Huang, Y. P., & Lai, H. M., (2016). Bioactive compounds and antioxidative activity of colored rice bran. **Journal of Food and Drug Analysis**, 24, 564-574.

Khan, M. A., Rahman, A. A., Islam, S., Khandokhar, P., Parvin, S., Islam, M. B., Hossain, M., Rashid, M., Sadik, G., Nasrin, S., Mollah, M. N. H., & Alam, H. M. K. (2013). A comparative study on the antioxidant activity of methanolic extracts from different parts of *Morus alba* L. (Moraceae). **BMC Research Notes**, 6, 24**.**

Lv, J., Zhang, M., Zhang, J., Ge, Y., Li, C., Meng, K., & Li, J. (2018). Effect of methyl jasmonate on expression of genes involved in ethylene biosynthesis the signaling pathway during postharvest ripening of apple fruit. **Scientia Horticulturae**, 229, 157-166.

Ozkan, Y., Ucar, M., Yildiz, K., & Ozturk, B. (2016). Pre-harvest gibberellic acid (GA_3) treatments play an important role on bioactive compounds and fruit quality of sweet cherry cultivars. **Scientia Horticulturae**, 211, 358-362.

Ozturk, A., Yildiz, K., Ozturk, B., Karakaya, O., Gun, S., Uzum, S., & Gondogdu, M. (2019). Maintaining postharvest quality of medlar (*Mespilus germanica*) fruit using modified atmosphere packaging and methyl jasmonate. **LWT-Food Science Technology**, 111, 117-124.

Priya, S. (2012). Medicinal values of mulberry -An overview. **Journal of Pharmacy Research**, 5(7), 3588-9356.

Roe, J. H., Mary, B. M., Oesterling, M. J., & Charlotle, M. D. (1948). The determination of dike to L-gulonic acid, dehydro-L-ascorbic acid and L-ascorbic acid in the same tissue extract by 2,4 -Dinitrophenyl hydrazine method. **Journal of Biological Chemistry**, 174, 201-208.

Saini, R. S., Sharma, K. D., Kaushik, R. A., & Dhankhar, O. P. (2006). **Laboratory Manual Analytical Techniques in Horticulture**. IST Edition. Agrobios.

Sharma, P., Jha, A. B., Dubey, R. S., & Pessarakli, M. (2012). Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. **Journal of Botany**, 2012, 1-26.

Siripanich, J., & Romphophak, T. (2006). **Postharvest Technology of Fruits And Vegetables: Academic Publishing**. 3rd ed. Kasetsart University, Kamphaeng Sane Campus, The National Agricultural Extension and Training Office. (in Thai).

Tzortzakis, N., Chrysargyris, A., Sivakumar, D., & Loulakakis, K. (2016). Vapour or dipping applications of methyl jasmonate, vinegar and sage oil for pepper fruit sanitation towards grey mould. **Postharvest Biology Technology**, 118, 120-127.

Valenzuela-Riffo, F., Zuniga, P. E., Morales-Quintana, L., Lolas, M., Caceres, M., & Figueroa, C. R. (2020). Priming of defense systems and upregulation of *MYC2* and *JAZ1* genes after *Botrytis cinerea* inoculation in methyl jasmonate-treated strawberry fruits. **Planis-Basel**, 9(4), 447.

Valverde, J. M., Gimenez, M. J., Guillen, F., Valero, D., Martinez-Romero, D., & Serrano, M. (2015). Methyl salicylate treatments of sweet cherry trees increase antioxidant systems in fruit at harvest and during storage. **Postharvest Biology Technology**, 109, 106-113.

Wang, H., Wu, Y., Yu, R., Wu, C., Fan, G., & Li, T. (2019). Effect of postharvest application of methyl jasmonate on physicochemical characteristics and antioxidant system of blueberry fruit. **Scientia Horticulturae**, 258, 1-8.

Wang, K., Jin, P., Han, L., Shang, H., Tang, S., Rui, H., & Zheng, Y. (2014). Methyl jasmonate induces resistance against *Penicillium citrinum* in Chinese bayberry by priming of defense responses. **Postharvest Biology Technology**, 98, 90-97.

Wolucka, A. B., Goossens, A., & Inze, D. (2005). Methyl jasmonate stimulates the *de novo* biosynthesis of vitamin C in plant cell suspensions. **Journal of Experimental Botany**, 56 (419), 2527-2538.

Wei, J., Wen, X., & Tang, L. (2017). Effect of methyl jasmonic acid on peach fruit ripening progress. **Scientia Horticulturae**, 220, 206-213.