Agric. Sci. Innov. J. 55 : 2 (Suppl.) : 162 – 166 (2024) ว. วิทย. นวัต. กษ. 55 : 2 (พิเศษ) : 162 - 166 (2567)

การลดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลของมะพร้าวน้ำหอมโดยการใช้เมลาโทนินและซิโตรเนลลอล
Reduction of Browning Reaction in Aromatic Coconut by using Melatonin and Citronellal

พรพรรณ เล็กขำ[1] สุวนันท์ ยอดสาร[1] ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ[1,2] และ วาริช ศรีละออง[1,2]
Pornpan Lekkham[1], Suwanan Yodsarn[1], Nuttachai Pongprasert[1,2] and Varit Srilaong[1,2]

Abstract

The change of white mesocarp to brown color within a short period is the main problem of trimmed aromatic coconuts. This browning is commercially controlled by sodium metabisulfite (SMB), which affects consumers who are allergic to sulfur compounds. This research studied application of melatonin (MT) or citronellal (CT) to control the browning symptom as a replacement for SMB. Coconut mesocarp pieces sized 4×4.5 cm and 0.5 cm thick were dipped in 1 mM MT and 2% CT solutions for 3 minutes, air-dried, and stored at 4 °C for 3 weeks. Distilled water and 3% SMB were used as controls. The study found that coconut mesocarp pieces dipped in 3% SMB had significantly higher lightness (L* value) than other treatments, following by the mesocarps dipped in CT, MT and the distilled water (control). The used of CT was also effectively delayed fungal growth equal SMB. The mesocarp pieces treated with MT had the highest significant total phenolic content, as compared to other treatments. These results suggest that CT is promising for disease control and browning prevention in coconut mesocarps.

Keywords: citronellal, aromatic coconut, melatonin

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกจากสีขาวเป็นสีน้ำตาลภายในระยะเวลาสั้นเป็นปัญหาหลักของมะพร้าวน้ำหอมแบบควั่นโดยทางการค้านิยมควบคุมการเกิดสีน้ำตาลด้วยสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMB) ซึ่งมีผลต่อผู้บริโภคในกลุ่มที่แพ้สารประกอบซัลเฟอร์ งานวิจัยนี้จึงศึกษาการใช้สารเมลาโทนิน (melatonin; MT) หรือ ซิโตรเนลลอล (citronellal; CT) ในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลเพื่อทดแทนการใช้สาร SMB โดยนำชิ้นเปลือกมะพร้าว ขนาด 4×4.5 ซม. หนา 0.5 ซม. มาจุ่มใน MT ความเข้มข้น 1 mM และ CT ความเข้มข้น 2% เป็นเวลา 3 นาที ผึ่งให้แห้ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 สัปดาห์ โดยมีชุดน้ำกลั่นและ SMB ความเข้มข้น 3% เป็นชุดควบคุม จากการศึกษาพบว่าชิ้นเปลือกมะพร้าวที่จุ่มใน SMB ความเข้มข้น 3% มีค่าความสว่าง (L* value) มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมา คือ ชิ้นเปลือกมะพร้าวที่จุ่มใน CT ซึ่งมีค่าความสว่างมากกว่าชิ้นเปลือกมะพร้าวที่จุ่มใน MT และชุดควบคุมที่จุ่มด้วยน้ำกลั่นอย่างมีนัยสำคัญ และการใช้ CT สามารถชะลอการเกิดเชื้อราได้ดีเทียบเท่ากับการใช้ SMB นอกจากนั้น ยังพบว่า ชิ้นเปลือกมะพร้าวที่จุ่มใน MT มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่นๆ แสดงให้เห็นว่าการใช้สาร CT มีแนวโน้มในการควบคุมโรคได้ดีและสามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกมะพร้าวได้

คำสำคัญ: ซิโตรเนลลอล มะพร้าวน้ำหอม เมลาโทนิน

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางขุนเทียน) 49 ซอยเทียนทะเล 25 ถนนบางขุนเทียน-ชายทะเล แขวงท่าข้าม เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150
[1] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi (Bangkhuntien), 49 Tientalay 25, Tha Kam, Bangkhuntien, Bangkok 10150, Thailand
[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กองส่งเสริมและประสานเพื่อประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำนักงานปลัดกระทรวง กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม 10400
[2] Postharvest Technology Innovation Center, Science, Research and Innovation Promotion and Utilization Division, Office of the Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation 10400, Thailand.

คำนำ

มะพร้าวควั่นคือมะพร้าวที่ถูกนำมาปอกเปลือกเขียว (exocarp) ออกทั้งหมด จะเหลือส่วนเปลือกสีขาว (mesocarp) ที่มักประสบปัญหาในการเปลี่ยนเปลงจากสีขาวเป็นสีน้ำตาลในช่วงเวลาสั้นๆ ทั้งนี้การเฉือนหรือการตัดเปลือกมะพร้าวทำให้ยางไหลออกมาทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศดังนั้นเปลือกมะพร้าวจึงเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ในทางการค้าจึงนิยมใช้สารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (sodium metabisulfite; SMB) ในการป้องกันการเปลี่ยนแปลงสี อย่างไรก็ตามสารชนิดนี้มีผลต่อผู้บริโภคในกลุ่มที่แพ้สารประกอบซัลเฟอร์และมีหลายประเทศที่มีความกังวลในเรื่องของความปลอดภัยทางอาหารและการแพ้ของผู้บริโภคต่อสารนี้ ดังนั้นการใช้สารทดแทนโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เพื่อลดการเกิดสีน้ำตาลในมะพร้าวน้ำหอมจึงมีความสำคัญ ในปัจจุบันมีการใช้สารเคมีหลากหลายชนิดในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของผลิตผลตัดแต่งพร้อมบริโภคที่มีความปลอดภัย โดยหนึ่งในนั้นคือการใช้สารเมลาโทนินและซิโตรเนลล่า โดยสารเมลาโทนิน (melatonin; MT) เป็นสารที่พบได้ในสิ่งมีชีวิตทั่วไปรวมถึงพืชและมีกลไกความสามารถในการลดความเสียหายที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น สามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิดโดยไปกำจัดอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ และยังมีความสัมพันธ์กับการแสดงออกของยีนที่มีหน้าที่ในการป้องกันเซลล์ในพืช (Reiter *et al.*, 2010) ส่วนสารซิโตรเนลล่า (citronella) เป็นสารสกัดจากพืชตระกูลตะไคร้ (Sharma *et al.,* 2019) ที่มีซิโตรเนลลอล (citronellal; CT) เป็นสารหลักและเป็นสารในกลุ่ม terpenoid ที่มีคุณสมบัติในการต้านสารอนุมูลอิสระ ซึ่งมีรายงานว่าสารในกลุ่ม terpenoids มีบทบาทสำคัญต่อการลดกิจกรรมเอนไซม์ PPO และ POD โดยสาร terpenoids นี้จะไปจับกับโมเลกุลของเอนไซม์บริเวณ active site แทนที่สารตั้งต้น ทำให้สารตั้งต้นไม่สามารถเข้าไปจับกับเอนไซม์ดังกล่าวจึงทำให้ไม่เกิดอาการสีน้ำตาลขึ้น (Matsuura *et al.*, 2006) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาการใช้สาร MT และ CT ในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกมะพร้าวควั่น

อุปกรณ์และวิธีการ

นำมะพร้าวน้ำหอมที่มีการพัฒนาของเนื้อ 2 ชั้น (อายุ 190-210 วัน หลังจั่นบาน) จากแปลงเกษตรกรในจังหวัดสมุทรสาคร มาปอกเปลือกในส่วนที่เป็นสีเขียวออก แล้วทำการเฉือนเปลือกมะพร้าวตามแนวตั้งของผลและตัดให้เป็นชิ้นขนาด 4 x 4.5 เซนติเมตร และมีความหนาที่ 0.5 เซนติเมตร เพื่อนำมาใช้ตามชุดการทดลอง ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 - น้ำกลั่น (ชุดควบคุม)
ชุดการทดลองที่ 2 - 3% Sodium metabisulfite (ชุดควบคุม)
ชุดการทดลองที่ 3 - 1 mM Melatonin
ชุดการทดลองที่ 4 - 2% Citronellal

นำชิ้นเปลือกมะพร้าวที่ตัดไว้มาแช่สารในแต่ละชุดการทดลอง (ทันทีหลังตัด) เป็นเวลา 3 นาที แล้วผึ่งชิ้นเปลือกมะพร้าวให้แห้งบนตะแกรงตากร่วมกับการใช้พัดลมเป่า นำชิ้นเปลือกมะพร้าวที่ได้มาบรรจุลงใส่ถุงก่อนใส่กล่องเก็บอุณหภูมิที่มีเจลเย็นรองฐานกล่องเพื่อควบคุมอุณหภูมิ แล้วขนส่งมายังห้องปฏิบัติการ ณ สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี แล้วนำชิ้นเปลือกมะพร้าวมาวางเรียงบนตะกร้า คลุมด้วยถุงพลาสติก แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 สัปดาห์ โดยวางแผนการทดลองแบบ completely randomize design แต่ละชุดการทดลองมี 9 ซ้ำ และแต่ละซ้ำใช้เปลือกมะพร้าว 1 ชิ้น ติดตามบันทึกการเปลี่ยนแปลงทุกๆ 1 สัปดาห์ โดยทำการตรวจคุณภาพของชิ้นเปลือกมะพร้าวและทางเคมี ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของสี คะแนนการเกิดโรค และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด โดยวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองโดยการวิธีการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้ Duncan’s multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผล

จากการศึกษาคุณภาพของชิ้นเปลือกมะพร้าวหลังการจุ่มสารต่างๆ ได้แก่ น้ำกลั่น (DW), โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMB), เมลาโทนิน (MT) และซิโตรเนลลอล (CT) หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่า ชิ้นเปลือกมะพร้าวที่จุ่มด้วยสาร SMB มีค่าความสว่าง (L* value) สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.01$) ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาในช่วง 86.33 ถึง 86.83 รองลงมา คือ ชิ้นเปลือกมะพร้าวที่ถูกจุ่มด้วย CT และ MT ที่มีค่า L* value ในช่วง 75.88 ถึง 78.89 และ 70.70 ถึง 76.48 ตามลำดับ ค่า Hue angle ของชิ้นเปลือกมะพร้าวที่จุ่มด้วย SMB มีค่าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.01$) ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยมีค่า Hue angle ในช่วง 87.18 ถึง 88.25 รองลงมาคือ CT และ MT มีค่า Hue angle ในช่วง 77.01 ถึง

79.54 และ 75.58 ถึง 79.12 ตามลำดับ สำหรับค่า a* ที่แสดงถึงค่าสีแดงและ b* ที่แสดงค่าสีเหลืองพบว่าชิ้นเปลือกมะพร้าวที่จุ่มด้วย SMB มีค่าน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.01$) ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยมีค่าในช่วง 0.49 ถึง 0.77 และ 14.03 ถึง 15.72 ตามลำดับ รองลงมาคือชิ้นเปลือกมะพร้าวที่ถูกจุ่มด้วย CT และ MT โดยมีค่า a* ในช่วง 4.83 ถึง 6.20 และ 5.66 ถึง 8.45 ตามลำดับ ส่วนค่า b* มีค่าในช่วง 25.98 ถึง 27.75 และ 28.52 ถึง 33.01 ตามลำดับ นอกจากนี้ในสัปดาห์ที่ 3 ของการเก็บรักษา พบว่า ชิ้นเปลือกมะพร้าวที่จุ่มด้วย DW และ MT มีความรุนแรงของการเกิดโรคร้อยละ 1-10 ของพื้นที่ชิ้นเปลือกมะพร้าวทั้งหมด ในขณะที่ชิ้นเปลือกมะพร้าวที่จุ่ม SMB และ CT ไม่พบการเกิดโรคบนชิ้นเปลือกมะพร้าว (ไม่แสดงค่า)

สำหรับคะแนนการเกิดโรค พบว่า ในสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษา ชิ้นเปลือกมะพร้าวที่จุ่มใน DW มีคะแนนการเกิดโรคสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญอยู่ที่ 1.11 คะแนน รองลงมาคือชิ้นเปลือกมะพร้าวที่จุ่มด้วย MT มีคะแนนการเกิดโรคอยู่ที่ 0.67 คะแนน โดยคะแนนการเกิดโรคที่ 1 คะแนน คือ มีราเกิดขึ้นเล็กน้อย (1-10% ของพื้นที่ชิ้นเปลือกมะพร้าวทั้งหมด) ในขณะที่ชิ้นเปลือกมะพร้าวที่จุ่มใน SMB และ CT มีคะแนนการเกิดโรคที่ 0 คะแนน คือ ไม่มีราบนชิ้นเปลือกมะพร้าว

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในชิ้นเปลือกมะพร้าวที่จุ่มสารต่างๆ พบว่า ชิ้นเปลือกมะพร้าวที่ถูกจุ่มด้วย MT มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษาและมีปริมาณมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.01$) ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในช่วง 16.60 ถึง 29.14 mg/g FW ในขณะที่ชิ้นเปลือกมะพร้าวที่จุ่มด้วย CT มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดไม่แตกต่างทางสถิติกับชิ้นเปลือกมะพร้าวที่ถูกจุ่มด้วย DW และ SMB ในชุดควบคุม โดยชิ้นเปลือกมะพร้าวที่ถูกจุ่มด้วย CT ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในช่วง 15.38 ถึง 19.52 mg/g FW สำหรับชิ้นเปลือกมะพร้าวที่ถูกจุ่มด้วย SMB และ DW มีปริมาณฟีนอลิกทั้งในช่วง 9.56 ถึง 13.07 mg/g FW และ 9.08 ถึง 14.45 mg/g FW ตามลำดับ

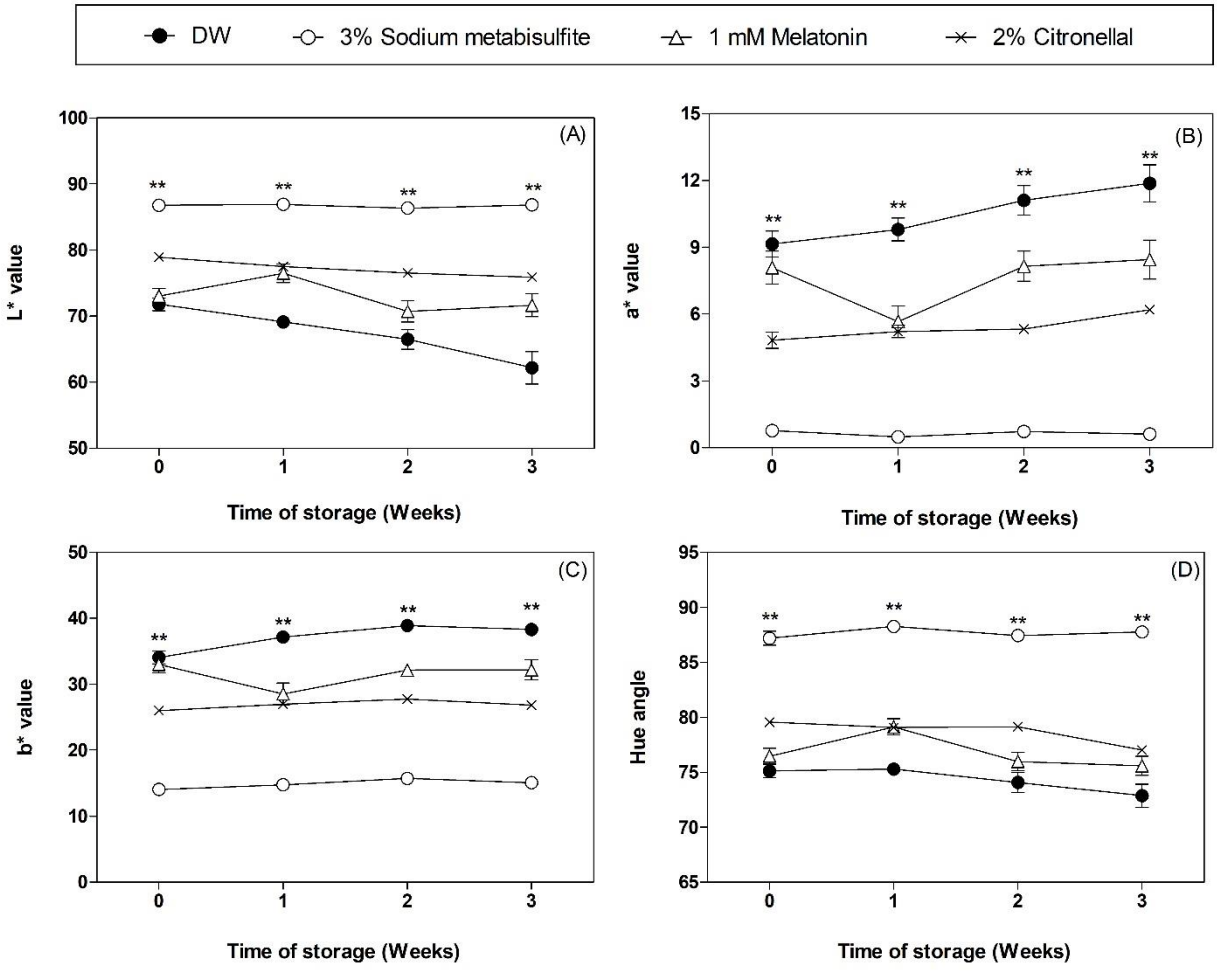

Figure 1 Changes of L* (A), a* (B), b* (C) and Hue angle (D) value of mesocarp sheet of coconut treated with DW, SMB, MT and CT during storage at 4°C for 3 weeks. Error bars represent standard error of means of 9 replicates based on DMRT in SAS 9.0. **Indicate significant differences ($p \leq 0.01$) among treatment.

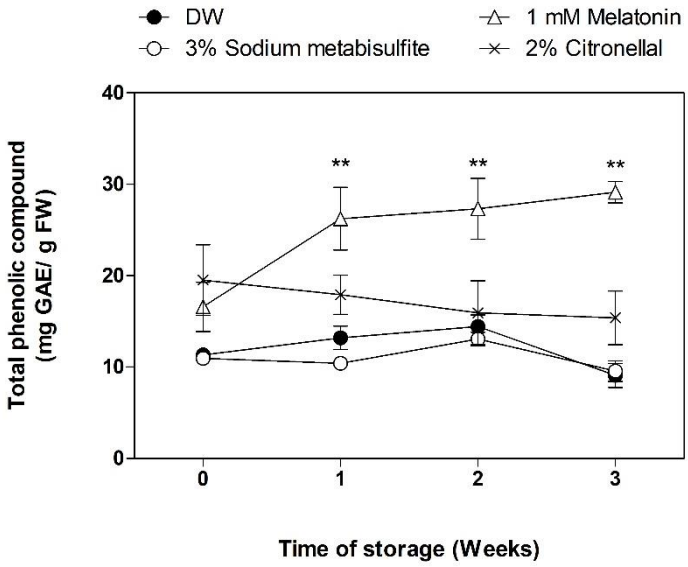

Figure 2 Changes of total phenolic compounds of mesocarp sheet of coconut treated with DW, SMB, MT and CT during storage at 4°C for 3 weeks. Error bars represent standard error of means of 9 replicates based on DMRT in SAS 9.0. **Indicate significant differences ($p \leq 0.01$) among treatment.

วิจารณ์ผล

จากผลการศึกษาจุ่มชิ้นเปลือกมะพร้าวในเมลาโทนินและซิโตรเนลลอลเปรียบเทียบกับน้ำกลั่น (DW) และโซเดียมเมตาไบต์ (SMB) ในชุดควบคุม พบว่า สาร SMB สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและการเกิดโรคได้ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา ในขณะที่สารซิโตรเนลลอล (CT) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในชิ้นเปลือกมะพร้าวรองลงมา และสามารถยับยั้งการเกิดโรคได้ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา แสดงให้เห็นว่า CT สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลและยับยั้งการเกิดโรคในชิ้นเปลือกมะพร้าวตัดแต่งได้ สอดคล้องกับการรายงานของ Wang *et al.* (2022) ที่พบว่าการใช้ CT มีผลต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลและมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดโรคในเผือกตัดแต่ง เนื่องจาก CT มีผลต่อการยับยั้งเอนไซม์สำคัญ เช่น PAL, PPO และ POD ใน phenylpropanoid pathway ทำให้เกิดการสร้างปริมาณฟีนอลิกลดลง (Zhang *et al.*, 2015) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าสาร terpenoids ที่พบอยู่ในส่วนประกอบของน้ำมันหอมระเหยนี้มีคุณสมบัติในการลดความสามารถในการทำงานของเอนไซม์ PPO และ POD โดยไปจับกับโมเลกุลของเอนไซม์บริเวณ active site แทนที่สารตั้งต้น ทำให้สารตั้งต้นไม่สามารถเข้าไปเกาะบริเวณนั้นได้ เป็นผลให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผลิตผลลดลง (Nakatsu *et al.*, 2000; Matsuura *et al.*, 2006; Xiao *et al.*, 2020) สำหรับชิ้นเปลือกมะพร้าวที่ถูกจุ่มด้วยสาร MT ที่พบว่ามีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นนั้น Xiao *et al.* (2021) ได้รายงานว่า นอกจากสาร MT สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลได้แล้วยังมีผลต่อการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ PAL อีกด้วย จึงเป็นผลทำให้เกิดกระบวนการสร้างฟีนอลิกหรือสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น (Xu *et al.*, 2018; Zheng *et al.*, 2019) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตผล จากการทดลองนี้ได้ข้อสรุปว่า MT ไม่เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้กับเปลือกมะพร้าว

สรุป

สารซิโตรเนลลอล (CT) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 มีประสิทธิภาพในการชะลอการเกิดสีน้ำตาลและสามารถยับยั้งการเกิดโรคในชิ้นเปลือกมะพร้าวน้ำหอมตัดแต่งได้ ส่วนสารเมลาโทนิน (MT) ที่ความเข้มข้น 1 mM ไม่สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลของชิ้นเปลือกมะพร้าวได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กองส่งเสริมและประสานเพื่อประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำหรับการสนับสนุนการทำวิจัย ขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม สำหรับทุนอุดหนุนโครงการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2567 ภายใต้รหัสโครงการ 4708337 และขอขอบคุณศูนย์รวมผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานการวิจัย

แห่งชาติ และ The United Graduate School of Agricultural Science (UGSAS), Gifu University ประเทศญี่ปุ่น สำหรับการเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ในการทำการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Matsuura, R., H. Ukeda and M. Sawamura. 2006. Tyrosinase inhibition activity of Citrus essential oils. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 54: 2309-2313.

Nakatsu, T., A.T. Lupo, J.W. Chinn and R.K. Kang. 2000. Biological activity of essential oils and their constituents. Studies in Natural Products Chemistry. 21, 571–631.

Reiter, R.J., D.X. Tan and L. Fuentes-Broto. 2010. Melatonin: a multitasking molecule. Progress in Brain Research. 181:127-51.

Sharma, R., R. Rao, S. Kumar, S. Mahant and S. Khatkar. 2019. Therapeutic potential of citronella essential oil: a review. Current Drug Discovery Technologies. 16(4):330-339.

Wang, B., Y. Wang, Y. Huang, Y. Jiang, J. He and Y. Xiao. 2022. Anti-browning effects of citronellal on fresh-cut taro (*Colocasia esculenta*) slices under cold storage condition. Frontiers in Sustainable Food Systems. 6:1001362.

Xiao, Y., J. He, J. Zeng, X. Yuan, Z. Zhang and B. Wang. 2020. Application of citronella and rose hydrosols reduced enzymatic browning of fresh-cut taro. Journal of Food Biochemistry 44(8): e13283.

Xiao, Y., J. Xie, C. Wu, J. He and B. Wang. 2021. Effects of melatonin treatment on browning alleviation of fresh-cut foods. Journal of Food Biochemistry 45(9): 125116.

Xu, L.L., Q.Y. Yue, F.E. Bian, H. Zhai and Y.X. Yao. 2018. Melatonin treatment enhances the polyphenol content and antioxidant capacity of red wine. Horticultural Plant Journal 4(4): 144–150.

Zhang, Q., Y. Liu, C. He and S. Zhu. 2015. Postharvest exogenous application of abscisic acid reduces internal browning in pineapple. Journal of Agricultural and Food Chemistry 63(22): 5313–5320.

Zheng, H., W. Liu, S. Liu, C. Liu and L. Zheng. 2019. Effects of melatonin treatment on the enzymatic browning and nutritional quality of fresh-cut pear fruit. Food Chemistry 299: 125116.