ผลของสารแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ต่อการเกิดสีน้ำตาลในดอกมะลิ

Effects of Calcium Carbonate on Browning Appearance in Jasmine Flower

ธัญญภัสร์ ศรีวิจารย์[1], เบ็ญจวรรณ ชุติชูเดช[2], ประสิทธิ์ ชุติชูเดช[3]

Thanyaphat Sriwichan[1], Benjawan Chutichudet[2], Prasit Chutichudet[3]

Received: 13 June 2016 ; Accepted: 17 October 2016

บทคัดย่อ

งานทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ต่อการเกิดสีน้ำตาลในดอกมะลิภายหลังการเก็บเกี่ยว วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยใช้ $CaCO_3$ ที่ความเข้มข้น 4 ระดับ คือ 0.1, 0.3, 0.5 และ 0.7 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับการไม่แช่ จำนวน 4 ซ้ำ นำดอกมะลิแช่ในสารละลาย $CaCO_3$ ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำมาบรรจุใส่ถุงพลาสติกโพลิโพรพิลีน นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส ทำการทดลองระหว่างเดือนธันวาคม 2556 ถึงเดือนพฤษภาคม 2557 ณ ห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม บันทึกข้อมูลการเกิดสีน้ำตาล ปริมาณสารประกอบฟีนอล ปริมาณสารควิโนน และอายุการเก็บรักษา ผลการทดลองพบว่าดอกมะลิที่ผ่านการแช่ $CaCO_3$ ที่ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ เกิดสีน้ำตาลน้อยที่สุดและมีอายุการเก็บรักษาดอกมะลิได้นานที่สุด คือ 10 วัน

คำสำคัญ: มะลิ, ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล, แคลเซียมคาร์บอเนต, สารประกอบฟีนอล, ควิโนน

Abstract

The objective of this experiment was to study the effects of calcium carbonate ($CaCO_3$) on browning appearance in jasmine flower after harvest. The experiment was arranged in a Completely Randomized Design (CRD) by using $CaCO_3$ at four concentrations (0.1, 0.3, 0.5 and 0.7%) compared with untreated control with four replications. Jasmine flowers were dipped in different $CaCO_3$ concentrations for five min, and then packed in polypropylene plastic bag, stored at 10±2 ºC. The experiment was carried out during December, 2013 to May, 2014 at the Laboratory of Division of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University. The appearance, contents of phenolic compound and quinone, and shelf life were recorded. The results revealed that jasmine flower soaked with 0.1% $CaCO_3$ showed the minimum browning level and had the longest storage life of ten days.

Keywords: Jasmine, Browning reaction, Calcium carbonate, Phenolic compound, Quinone

บทนำ

ดอกมะลิ (*Jasminum sambac* Ait.) เป็นดอกไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง อีกทั้งยังเป็นดอกไม้ที่ตลาดภายในประเทศมีความต้องการในปริมาณสูงตลอดทั้งปี โดยเฉพาะในช่วงฤดูหนาวของประเทศไทย เพราะในช่วงฤดูนี้มะลิจะออกดอกน้อยและมีราคาแพงมาก[1] ราคาดอกมะลิในช่วงฤดูดังกล่าวจะอยู่ระหว่าง 550-1,000 บาทต่อกิโลกรัม[2] ทั้งนี้ดอกมะลิยังมีการส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศ ทั้งในรูปของพวงมาลัย ดอกมะลิสด และต้นมะลิ ซึ่งตลาดของดอกมะลิในต่างประเทศที่สำคัญ คือ ประเทศเนเธอร์แลนด์ อเมริกา และเบลเยี่ยม ส่วนพวงมาลัยมะลิในตลาดต่างประเทศ คือ ประเทศอเมริกาและญี่ปุ่น[3] ซึ่งสาเหตุที่ตลาดทั้งในและต่างประเทศมีความต้องการมะลิตลอดทั้งปีและเป็นจำนวนมาก เนื่องจากดอกมะลินิยมนำมาใช้ในชีวิตประจำวันและงานเทศกาลได้ใน

[1] *นิสิตปริญญาโท, [2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์, [3]รองศาสตราจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150*

[1] *Master degree studies, [2]Asst. Prof., [3]Assoc. Prof., Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Mahasarakham 44150, Thailand.*

รูปแบบต่าง ๆ เช่น นำมาร้อยพวงมาลัย ทำดอกไม้แห้ง บุหงา ประดับพานพุ่ม บูชาพระ นำดอกมาอบขนมและอบใบชาให้มีกลิ่นหอม อีกทั้งมีสรรพคุณเป็นยาสมุนไพรใช้รักษาโรค มะลิจึงจัดเป็นดอกไม้ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย[4] แต่อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดในการใช้ประโยชน์จากดอกมะลิ คือ ดอกมะลิมีอายุการใช้งานค่อนข้างสั้นภายหลังเก็บเกี่ยวจากต้นในระยะดอกตูม เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายในนำไปสู่การเสื่อมสภาพของดอก เช่น การเปลี่ยนเป็นสีม่วงเข้มหรือน้ำตาลของกลีบดอก และการเหี่ยวแห้งของดอกที่เกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ เพียง 1-2 วัน เนื่องจากกลีบดอกมีการสร้างเอทธิลีน ซึ่งเป็นฮอร์โมนพืชที่เร่งการเสื่อมสภาพเพิ่มขึ้นอย่างมาก[5] Faragher and Mayak (1984)[6] รายงานว่าการผลิตเอทธิลีนปริมาณสูงในดอกไม้ ทำให้ดอกไม้มีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้น ดอกจึงเกิดการบานอย่างรวดเร็ว ทำให้เร่งการเสื่อมสภาพของดอกให้เกิดเร็วขึ้น[7] ซึ่งพบว่าธาตุแคลเซียม (Ca) เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล เมื่อพืชขาดธาตุแคลเซียมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจะเริ่มขึ้น เนื่องจากธาตุแคลเซียมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญและจำเป็นต่อส่วนต่าง ๆ ของพืช โดยเฉพาะผนังเซลล์ ซึ่งธาตุนี้ทำหน้าที่เชื่อมผนังเซลล์ให้ยึดเกาะติดกัน ทำให้ผนังเซลล์พืชมีความแข็งแรง ถ้าพืชขาดธาตุแคลเซียมจะทำให้ผนังเซลล์เกิดการสลายตัว ส่งผลทำให้เซลล์พืชคลายตัวและแยกออกจากกัน เซลล์จึงเกิดการเสื่อมสภาพและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลได้ง่าย[8] จากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่ทำให้เกิดการสลายตัวของผนังเซลล์โดยเฉพาะในบริเวณที่เรียกว่า abscission zone[9] ซึ่งจะพบการสร้างเอทธิลีนในปริมาณที่สูงกว่าเนื้อเยื่อบริเวณใกล้เคียง[10;11] ส่งผลให้เนื้อเยื่อพืชมีการหายใจเพิ่มมากขึ้น[12] นำไปสู่การเสื่อมสภาพและเกิดการหลุดร่วงในที่สุด ซึ่งพบว่าสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งส่วนของใบ ดอก กลีบดอก และผล โดยส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นเมื่อพืชมีการเจริญถึงระยะบริบูรณ์ (mature)[13] ทั้งนี้ในปัจจุบันยังไม่มีผู้ทำการศึกษาวิธีปฏิบัติในการชะลอการเปลี่ยนสภาพในดอกมะลิภายหลังการเก็บเกี่ยวโดยใช้สารแคลเซียมในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) กันอย่างจริงจัง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ต่อการเกิดสีน้ำตาลในดอกมะลิภายหลังการเก็บเกี่ยว อันจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้ปลูก ผู้ค้า ตลอดจนผู้นำดอกมะลิไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomize Design (CRD) มี 5 ทรีทเม้นท์ ได้แก่

ทรีทเม้นท์ที่ 1 ควบคุม (control)

ทรีทเม้นท์ที่ 2 $CaCO_3$ ความเข้มข้น 0.1%

ทรีทเม้นท์ที่ 3 $CaCO_3$ ความเข้มข้น 0.3%

ทรีทเม้นท์ที่ 4 $CaCO_3$ ความเข้มข้น 0.5%

ทรีทเม้นท์ที่ 5 $CaCO_3$ ความเข้มข้น 0.7%

แต่ละทรีทเม้นท์มีจำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 15 ถุง หลังจากนำดอกมะลิมาแช่ในสารละลายแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ที่ความเข้มข้นแต่ละระดับ นานเป็นเวลา 5 นาที จึงนำดอกมะลิมาผึ่งให้สะเด็ดน้ำบรรจุใส่ถุงพลาสติก polypropylene (PP) ขนาด 3 x 5 นิ้ว ถุงละ 5 กรัม โดยดอกมะลิที่เก็บเกี่ยวระยะดอกตูมทางการค้า (12-14 วันหลังปรากฏตุ่มดอก) จากอำเภอเชียงยืน จังหวัดมหาสารคาม หลังจากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส และทำการบันทึกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของดอกมะลิภายหลังเก็บรักษาทุก ๆ 2 วัน

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ของแผนการทดลองแบบ Completely Randomize Design (CRD) และเปรียบเทียบผลต่างของทรีทเม้นท์ในงานทดลองโดย Least Significant Difference (LSD)

การบันทึกข้อมูล

ทำการบันทึกข้อมูลการเปลี่ยน แปลงคุณภาพดอกมะลิระหว่างเก็บรักษาทุกๆ 2 วัน ดังนี้

1. ระดับการเกิดสีน้ำตาล ใช้เกณฑ์การให้คะแนนตามวิธีของ Barta และ Tibbitts (1991)[14] คิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) ของการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นบนกลีบดอก โดยเกณฑ์การให้คะแนนคิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ ดังนี้

ไม่เกิดสีน้ำตาล (0%)

เกิดสีน้ำตาลระดับ 1/4 ของพื้นที่ดอก (25%)

เกิดสีน้ำตาลมากว่าระดับ 1/4 ถึง 2/4 ของพื้นที่ดอก (25-50%)

เกิดสีน้ำตาลมากว่าระดับ 2/4 ถึง 3/4 ของพื้นที่ดอก (50-75%)

เกิดสีน้ำตาลมากกว่า 3/4 ถึง ทั้งหมด (75-100%)

2. ปริมาณสารประกอบฟีนอล ใช้วิธีของ Ribeiro *et al*. (2008)[15] หน่วยเป็นมิลลิกรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด

3. ปริมาณสารควิโนน วิธีการของ Pirie and Mullins (1976)[16] หน่วยเป็นกรัมน้ำหนักสด

4. อายุเก็บรักษา อายุเก็บรักษาดอกมะลิจะสิ้นสุดเมื่อดอกมะลิมีระดับความรุนแรงของการเกิดสีน้ำตาลอยู่ที่

ระดับ 3/4 ของพื้นที่ดอก (50-75%) ตามวิธีการของ Barta และ Tibbitts (1991)[14]

ผลการศึกษา

จากการทดลองใช้สาร $CaCO_3$ ในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน 4 ระดับ คือ 0.1, 0.3, 0.5 และ 0.7 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับทรีทเม้นท์ควบคุม (ไม่แช่แคลเซียมคาร์บอเนต) ต่อคุณภาพของดอกมะลิ ได้ผลการทดลอง ดังนี้

1. ระดับการเกิดสีน้ำตาล

จากผลการทดลองพบว่าในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา การใช้สาร $CaCO_3$ ทุกระดับความเข้มข้นไม่ส่งผลกระทบต่อการเกิดสีน้ำตาลในทุกทรีทเม้นท์ ขณะที่อายุการเก็บรักษาที่ 4 วัน พบว่าการใช้ $CaCO_3$ ทุกระดับความเข้มข้นเกิดสีน้ำตาลในระดับที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยทรีทเม้นท์ที่ใช้ $CaCO_3$ ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ พบว่าดอกมะลิเกิดสีน้ำตาลน้อยที่สุด (13.75 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งน้อยกว่าการไม่แช่อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนทรีทเม้นท์ที่ใช้ $CaCO_3$ ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ดอกมะลิเกิดสีน้ำตาลมากที่สุด (27.50 เปอร์เซ็นต์) และมากกว่าการไม่แช่อย่างมีนัยสำคัญ ภายหลังการเก็บรักษาที่อายุ 6 วัน พบว่าทรีทเม้นท์ที่ใช้ $CaCO_3$ ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ พบการเกิดสีน้ำตาลบนดอกมะลิน้อยที่สุด คือ 30.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับทรีทเม้นท์ที่ใช้ $CaCo_3$ ที่ความเข้มข้น 0.5 และ 0.7 เปอร์เซ็นต์ พบการเกิดสีน้ำตาลมากที่สุดถึง 80.00 เปอร์เซ็นต์ และในช่วงท้ายของการเก็บรักษาที่อายุ 8 วัน พบว่าทรีทเม้นท์ที่ใช้ $CaCO_3$ ที่ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ยังพบการเกิดสีน้ำตาลบนดอกมะลิน้อยที่สุด คือ 53.75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับทรีทเม้นท์ควบคุมและทรีทเม้นท์ที่ใช้ $CaCO_3$ ที่ความเข้มข้น 0.3, 0.5 และ 0.7 เปอร์เซ็นต์ พบการเกิดสีน้ำตาลมากที่สุด (85.00, 90.00, 100.00 และ 95.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) (Table 1)

Table 1 Level of browning appearance of jasmine after dipping in different $CaCO_3$ solution

Treatment	Level of browning appearance (%) at different storages (days)			
	2	4	6	8
Control	11.25	21.25b[1/]	50.00b	85.00a
$CaCO_3$ 0.1%	7.50	13.75c	30.00c	53.75b
$CaCO_3$ 0.3%	12.50	25.00ab	67.50ab	90.00a
$CaCO_3$ 0.5%	12.50	27.50a	80.00a	100.00a
$CaCO_3$ 0.7%	13.75	23.75ab	80.00a	95.00a
F-test	ns	**	**	**
LSD	-	1.963	6.291	5.728
C.V. (%)	36.38	17.65	20.44	13.52

[1/]Letters within columns indicate least significant differences (LSD) at ** $p \leq 0.01$

ns = not significant

2. ปริมาณสารประกอบฟีนอล

จากการทดลองในวันที่ 2 พบว่าการใช้ $CaCO_3$ ในระดับความเข้มข้นที่ต่างกันทำให้ทุก ทรีทเม้นท์มีปริมาณสารฟีนอลที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยทรีทเม้นท์ที่ใช้ $CaCO_3$ ที่ระดับความเข้มข้น 0.7 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณสาร ฟีนอลมากที่สุด คือ 21.50 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ขณะที่การใช้ $CaCO_3$ ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ มีสารฟีนอลในปริมาณน้อยที่สุด คือ 13.31 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด น้อยกว่าการไม่แช่ $CaCO_3$ อย่างมีนัยสำคัญ ในช่วง 2 และ 4 วันแรกของการเก็บรักษา พบว่าดอกมะลิในทุกทรีทเม้นท์มีสารประกอบฟีนอลในปริมาณที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยดอกมะลิที่ผ่านการแช่ $CaCO_3$ ที่ความเข้มข้น 0.1 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ มีสารฟีนอลในปริมาณน้อยที่สุด ขณะที่ดอกมะลิที่ผ่านการแช่ $CaCO_3$ ที่ความเข้มข้น 0.5, 0.7 เปอร์เซ็นต์ และ control พบสารฟีนอลในปริมาณมากที่สุด

ส่วนในวันที่ 6 และ 8 ของการเก็บรักษา พบว่าการใช้ $CaCO_3$ ทุกระดับความเข้มข้นไม่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอล โดยทุกทรีทเม้นท์มีสาร ฟีนอลในปริมาณใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 14.85-20.19 และ 15.12-19.19 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 Phenolic contents of jasmine after dipping in different $CaCO_3$ solution

Treatment	Phenolic contents (mg/100 gFW) at different storages (days)			
	2	4	6	8
Control	18.35ab[1/]	18.27ab	17.97	17.94
$CaCO_3$ 0.1%	13.31c	13.86c	14.85	15.12
$CaCO_3$ 0.3%	15.33bc	15.31bc	18.04	18.35
$CaCO_3$ 0.5%	18.23ab	17.89abc	17.56	16.12
$CaCO_3$ 0.7%	21.50a	20.79a	20.19	19.19
F-test	**	*	ns	ns
LSD	1.107	1.445	-	-
C.V. (%)	12.77	16.78	23.24	27.39

[1/]Letters within columns indicate least significant differences (LSD) at * $p \leq 0.05$ and ** $p \leq 0.01$

ns = not significant

Table 3 Quinone contents of jasmine after dipping in different $CaCO_3$ solution

Treatment	Quinone contents (gFW) at different storages (days)			
	2	4	6	8
Control	0.2705ab[1/]	0.2617ab	0.2493a	0.1825
$CaCO_3$ 0.1%	0.2300b	0.2110b	0.1978b	0.1673
$CaCO_3$ 0.3%	0.2648b	0.2302b	0.2006b	0.1773
$CaCO_3$ 0.5%	0.2582b	0.2463b	0.2136b	0.1928
$CaCO_3$ 0.7%	0.3219a	0.3013a	0.2655a	0.1825
F-test	*	*	**	ns
LSD	0.018	0.018	0.011	0.007
C.V. (%)	13.90	14.42	10.87	7.83

[1/]Letters within columns indicate least significant differences (LSD) at * $p \leq 0.05$ and ** $p \leq 0.01$

ns = not significant

3. ปริมาณสารควิโนน

จากการทดลองวิเคราะห์สารประกอบควิโนนในดอกมะลิภายหลังได้รับสาร $CaCO_3$ ในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน พบว่าภายหลังเก็บรักษาในวันที่ 2, 4 และ 6 วัน ทุกทรีทเม้นท์ให้ผลการทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือ การใช้สาร $CaCO_3$ ที่ความเข้มข้น 0.1, 0.3 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีสารควิโนนในปริมาณน้อย ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

จากการใช้สาร $CaCO_3$ ที่ความเข้มข้น 0.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าดอกมะลิในทรีทเม้นท์ดังกล่าวมีสารควิโนนในปริมาณมากที่สุด

ส่วนในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 8) พบว่าการใช้ $CaCO_3$ ทุกระดับความเข้มข้นไม่มีผลต่อปริมาณสารควิโนน โดยดอกมะลิในทุกทรีทเม้นท์มีปริมาณสารควิโนนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.1673-0.1928 กรัมน้ำหนักสด (Table 3)

4 อายุเก็บรักษา

จากการทดลองพบว่าการแช่ดอกมะลิด้วยสาร $CaCO_3$ ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน ทำให้อายุการเก็บรักษาดอกมะลิแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยพบว่าทรีทเม้นท์ที่ใช้ $CaCO_3$ ที่ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุด คือ 10 วัน เพราะที่การไม่แช่มีอายุเพียง 6.75 วัน (Table 4)

Table 4 Shelf life of jasmine after dipping in different $CaCO_3$ solution

Treatment	Shelf life (days)
Control	6.75b[1/]
$CaCO_3$ 0.1%	10.00a
$CaCO_3$ 0.3%	7.50b
$CaCO_3$ 0.5%	7.00b
$CaCO_3$ 0.7%	6.00b
F-test	**
LSD	0.512
C.V. (%)	13.75

[1/]Letters within columns indicate least significant differences (LSD) at ** $p \leq 0.01$

สรุปผลการทดลอง

การใช้ $CaCO_3$ ที่ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลบนกลีบดอกมะลิลงได้ดีกว่าการใช้ $CaCO_3$ ที่ความเข้มข้นอื่นและดีกว่าการไม่แช่อย่างชัดเจน ทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาดอกมะลิได้นานถึง 10 วัน นานกว่าการใช้ $CaCO_3$ ที่ความเข้มข้นอื่น ซึ่งมีอายุการเก็บรักษาเพียง 6-7.5 วัน และนานกว่าการไม่แช่ ซึ่งมีอายุเพียง 6.75 วัน

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าภายหลังเก็บเกี่ยวดอกมะลิมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในผลิตผล ส่วนหนึ่งเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีโลหะทองแดงเป็นองค์ประกอบทำหน้าที่กระตุ้นปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลให้เปลี่ยนไปเป็นสารควิโนน จากนั้นสารควิโนนจะเกิดการรวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่เกิดเป็นสารสีน้ำตาลที่เรียกว่าเมลานิน (melanin)[17] โดยปกติเอนไซม์ PPO จะอยู่ใน คลอโรพลาสต์หรือพลาสทิดของพืชแยกจากสารประกอบฟีนอล ซึ่งเป็นสารตั้งต้นปฏิกิริยาซึ่งพบถูกเก็บสะสมในแวคคิวโอล เมื่อเซลล์พืชถูกทำลายเอนไซม์และสารตั้งต้นปฏิกิริยาดังกล่าวจึงมีโอกาสมาสัมผัสและทำปฏิกิริยา 2 ปฏิกิริยา คือ ปฏิกิริยา hydroxylation ทำหน้าที่เปลี่ยนสารประกอบ monophenols ไปเป็น *0*-diphenols และปฏิกิริยา oxidation โดยสารประกอบ *0*-diphenols ที่เกิดจากปฏิกิริยาแรกจะถูกออกซิไดส์ต่อไปเป็นออร์โท-ควิโนน (*0*-quinones) โดยกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ PPO ที่มีชื่อเรียกว่า diphenolase และ catecholase ตามลำดับ ซึ่งสารควิโนนที่เกิดขึ้นจะเปลี่ยนแปลงและรวมตัวกันเกิดปฏิกิริยากับกรดอะมิโนจนเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ให้สีน้ำตาล[18] สอดคล้องกับอติณัฐและคณะ (2550)[19] ซึ่งรายงานว่าดอกมะลิเมื่อเข้าสู่ระยะแก่หรือเสื่อมสภาพมากขึ้น โครงสร้างและการทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์จะเสื่อมลง มีผลทำให้เกิดการรั่วไหลของสารต่าง ๆ และเร่งการเกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ ระหว่างเอนไซม์ PPO กับสารประกอบฟีนอลทำให้เกิดสีน้ำตาลมากขึ้น เวศน์ ทิวา (2549)[20] ศึกษาผลของสารเคลือบผิวไคโตซานต่อการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกของผลลองกอง พบว่าการเคลือบผิวไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และ 0.3 สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลบนผิวเปลือกผลได้ดี เนื่องจากไคโตซานมีส่วนประกอบของธาตุแคลเซียม (Ca) ที่สกัดจากเปลือกภายนอกที่หุ้มตัวสัตว์ที่มีลักษณะเป็นข้อปล้อง เช่น เปลือกกุ้ง กระดองปู และแกนของหมึก โดยธาตุ Ca เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล เนื่องจากธาตุแคลเซียมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญและจำเป็นต่อส่วนต่าง ๆ ของพืช โดยเฉพาะผนังเซลล์ซึ่งทำหน้าที่เชื่อมผนังเซลล์ให้ยึดเกาะติดกัน ทำให้เซลล์มีความแข็งแรง ถ้าพืชขาดธาตุแคลเซียม จะทำให้ผนังเซลล์เกิดการสลายตัวทำให้เซลล์พืชคลายตัว และแยกออกจากกัน เซลล์เกิดการเสื่อมสภาพและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลได้ง่าย[21] จากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่เกิดการสลายตัวของผนังเซลล์[9] นำไปสู่การสร้างเอทธิลีนในปริมาณที่สูงขึ้น[10;11] ซึ่งเอทธิลีนที่มีปริมาณมากขึ้นนี้ส่งผลให้เนื้อเยื่อพืชมีการหายใจเพิ่มมากขึ้น[12] นำไปสู่การเร่งการเสื่อมสภาพในที่สุด[13] ทั้งนี้เมื่อเนื้อเยื่อพืชเริ่มเสื่อมสภาพ จะพบการรั่วไหลของสารละลายต่าง ๆ ภายในเซลล์ จึงส่งเสริมการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสารประกอบฟีนอลและเอนไซม์ PPO ทำให้กระตุ้นการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของเนื้อเยื่อพืชให้ปรากฏเร็วขึ้น[17] สอดคล้องกับ สุริยัณห์ (2543)[22] ศึกษาผลของแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ต่อการเก็บรักษามะละกอเส้นพันธุ์แขกดำ พบว่าการใช้ $CaCl_2$ ที่ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถควบคุมการเปลี่ยนแปลงสีที่

เกิดขึ้นระหว่างเก็บรักษาได้ นอกจากนี้มีรายงานว่า $CaCl_2$ ที่ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลบนผลลูกพีช ได้เช่นกัน[23] ขณะที่อัมพวรรณและนิรมล (2551)[24] ศึกษาการใช้สารละลาย $CaCl_2$ เพื่อยืดอายุการปักแจกันในดอกหน้าวัว พันธุ์เปลวเทียน พบว่าการใช้ $CaCl_2$ ที่ความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลบนกลีบใบประดับดอกหน้าวัวได้ดีที่สุด

เอกสารอ้างอิง

1. ช.ณิฏฐ์ศิริ สุยสุวรรณ (2538) วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวไม้ตัดดอกไม้ตัดใบ. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยี การเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
2. ตลาดสี่มุมเมือง. (2559) ราคาขายส่งสินค้า “มะลิดิบ” ปี 2555-2559 วันที่ ณ ปัจจุบัน (สืบค้นเมื่อ 23 มกราคม 2559) ได้จาก: http://www.taladsimummuang.com/dmma/Portals/PriceListItem.aspx?id=080114020
3. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2557) ข้อมูลการส่งออกสินค้า (สืบค้นเมื่อ 22ตุลาคม 2557) ได้จาก: report/export_import/export.php
4. ชัญญา ทิพานุกะ. (2554) “มะลิ” ไม้ดอกมหัศจรรย์. สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ.
5. ศรีสังวาลย์ ลายวิเศษกุล. (2537) สรีรวิทยาของดอกมะลิหลังการเก็บเกี่ยว.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.กรุงเทพฯ.
6. Faragher, J.D. and S. Mayak. (1984) Physiological responses of cut rose flowers to exposure to low temperature: Changes in membrane permeability and ethylene production. *J. Expt. Bot.,* 35, 965-974.
7. Kug, R. and M. Workman. (1964) The relation of maturity to the respiration and keeping quality of cut carnations and chrysanthemum. *J. Amer. Soc. Hort. Sci*., 84, 575-581.
8. Saure M.C. (2005) Calcium transloca -tion to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control**.** *Scientia Horticul -turae*., 105, 65–89.
9. Sexton, R and J.A. Roberts. (1982) Cell biology of abscission. *Ann. Rev. Plant Physiol***.,** 33, 133-162.
10. Sexton, R., A.E. Porter, S. Littlejohn and S.C. Thian. (1995) Effects of diazocyclo -pen tadiene (DACP) and silver thiosul -phate (STS) on ethylene regulated abscission of sweet pea flowers (*Lathy -rus odoratus* L.) *Ann. Bot***.,** 75, 337-342.
11. Patterson, S.E. (2001) Cutting loose. Abscission and dehiscence in *Arabidop -sis*.*Plant Physiol***.,** 126, 494-500.
12. Salisbury, F.B. and C.W. Ross. (1992) Plant Physiology**.** Wadsworth Pubs., Belmont, California. p. 682.
13. Gonz´alez-Carranza, Z.H., E. Lozoya-Gloria and J.A. Roberts. (1998) Recent developments in abscission: shedding light on the shedding process. *Trends Plant Sci*., 3, 10–14.
14. Barta, D.J. and T.W.Tibbitts. (1991) Calcium localization in lettuce leaves with and without tip burn: comparison of controlled -environment and field-grown plants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci*., 116, 870-875.
15. Ribeiro, S.M.R., L.C.A. Barbosa, J.H. Queiroz, M. Knodler and A. Schieber. (2008) Phenolic compounds and antioxi -dant capacity of Brazilian mango (*Mangifera indica* L.) varieties. *Food Chem*., 110, 620-626.
16. Pirie, A. and M.G. Mullins. (1976) Changes in anthocyanin and phenolic content of grapevine leaf and fruit tissus treated with sucrose, nitrate and abscisic acid. *Plant Physiol.*, 58, 468-472.
17. ชมดาว ขำจริง. (2554) ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเติบโตคุณภาพภายในและการเกิดอาการปลายใบไหม้ในผักกาดหอมใบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.
18. จริงแท้ ศิริพานิช. (2549) ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร วิทยาเขตกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
19. อติณัฐ จรดล จำนง อุทัยบุตร กานดา หวังชัย และกอบเกียรติ แสงนิล. (2550) การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกลิ้นจี่แช่แข็งโดยการแช่ในกรดออกซาลิก. วิทยาศาสตร์เกษตร. 38: 45-48.
20. เวศน์ทิวา แพงมา. (2549) ผลของสารเคลือบผิวและสภาพดัดแปลงบรรยากาศต่อการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกลองกอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
21. Saure,M.C. (2005) Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control**.** *Scientia Horticul -turae*., 105, 65–89.
22. สุริยัณห์ สุภาพวานิช. (2543) ผลของแคลเซียมคลอไรด์

และฟิล์มพลาสติกต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ-เคมีของมะละกอเส้นพันธุ์แขกดำพร้อมปรุง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

23. Kang, R.Y., and Yu, Z.F. (2003) Effects of chitosan and calcium chloride coating treatments on the enzyme activity of Yangshan peach during refrigerate storage. Changjiang Fruits. 1: 12-14.
24. อัมพวรรณ สนั่นชัย และนิรมล สันติภาพ วิวัฒนา. (2551) การใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์เพื่อยืดอายุการปักแจกันของดอกหน้าวัว. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 39(3) (พิเศษ):235-238.