ผลการยับยั้งของน้ำมันหอมระเหยต่อกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase และ peroxidase ในบรอกโคลีตัดแต่ง

INHIBITORY EFFECT OF ESSENTIAL OILS ON POLYPHENOL OXIDASE AND PEROXIDASE ACTIVITIES IN FRESH-CUT BROCCOLI (*Brassica oleracea* VAR. ITALICA)

อนัญญา ศรีจันทร์

ANANYA SRICHAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2566

KMITL-2023-AG-M-065-389

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INHIBITORY EFFECT OF ESSENTIAL OILS ON POLYPHENOL OXIDASE AND PEROXIDASE ACTIVITIES IN FRESH-CUT BROCCOLI (*Brassica oleracea* VAR. ITALICA)

ANANYA SRICHAN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN AGRICULTURE

SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2023
KMITL-2023-AG-M-065-389

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2023
SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลการยับยั้งของน้ำมันหอมระเหยต่อกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase และ peroxidase ในบรอกโคลีตัดแต่ง
นักศึกษา	นางสาว อนัญญา ศรีจันทร์
รหัสประจำตัว	61604050
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เกษตรศาสตร์
พ.ศ.	2566
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. มณทินี ธีรารักษ์

บทคัดย่อ

การเกิดสีน้ำตาลด้วยเอนไซม์เป็นสาเหตุหลักของการสูญเสียคุณภาพของผักสด ซึ่งเอนไซม์ polyphenol oxidase และ peroxidase มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลของผักผลิตภัณฑ์ตัดแต่ง มีงานวิจัยที่มุ่งเน้นการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์โดยการใช้สารเคมีเพื่อลดการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ตัดแต่งที่อาจส่งผลต่อสุขภาพของผู้บริโภค ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการศึกษาคือเพื่อค้นหาน้ำมันหอมระเหยจากธรรมชาติเพื่อยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของเอนไซม์ในบรอกโคลีตัดแต่ง (*Brassica oleracea* var. italica) และศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่ออายุการเก็บรักษาบรอกโคลีตัดแต่ง บรอกโคลีตัดแต่งเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2°C เปรียบเทียบกับอุณหภูมิห้อง (30±2°C) และ 4±1°C เป็นระยะเวลา 12 วัน ผลการศึกษา พบว่า กิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase และ peroxidase ลดลงเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1°C และ 10±2°C ซึ่งต่ำกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องอย่างมีนัยสำคัญ การทดสอบประสิทธิภาพของผิวและใบของน้ำมันหอมระเหยมะกรูด (*Citrus hystrix* DC.), ตะไคร้ (*Cymbopogon citratus*), พลู (*Piper betle*), กะเพรา (*Ocimum sanctum*) เพื่อลดกิจกรรมของ peroxidase ของสารสกัดบรอกโคลีในหลอดทดลอง พบว่า น้ำมันหอมระเหยใบพลู 0.75% และน้ำมันหอมระเหยใบกะเพรา 0.5% มีประสิทธิภาพในการลดกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase ของสารสกัดบรอกโคลี ซึ่งบ่งชี้ว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบพลูและใบกะเพรามีศักยภาพที่ใช้ลดการเกิดสีน้ำตาลของเอนไซม์ในบรอกโคลีตัดแต่ง เมื่อเปรียบเทียบผลการยับยั้งของน้ำมันหอมระเหยจากใบพลู และกะเพราต่อการเกิดสีน้ำตาลของบรอกโคลีตัดแต่ง นำบรอกโคลีมาจุ่มในน้ำมันหอมระเหยพลูและน้ำมันหอมระเหยกะเพรา (เจือจางด้วยเอทานอล 5%) เป็นเวลา 60 วินาที หลังจากนั้นนำบรอกโคลีที่ตัดแต่งบรรจุใส่ถาดโฟมขนาด 12.8 × 17.4 ซม.น้ำหนัก 100 กรัม และห่อด้วยพลาสติกฟิล์มยืดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2°C ผลการศึกษาพบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบกะเพรา 0.0075% ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก กิจกรรมของ polyphenol oxidase และการเกิดสีน้ำตาลบริเวณตัดแต่งลดลงระหว่างการเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รักษา เมื่อใช้น้ำมันหอมระเหยจากใบกะเพรา 0.0075% ทำให้การเปลี่ยนแปลงของสี ปริมาณกรดแอสคอร์บิก ปริมาณคลอโรฟิลล์ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดในบรอกโคลีตัดแต่ง และช่วยให้บรอกโคลีตัดแต่งมีอายุการวางจำหน่ายและอายุเพื่อบริโภคถึง 10 และ 11 วัน ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมมีอายุการวางจำหน่ายและอายุเพื่อบริโภคที่ 3 และ 5 วันตามลำดับ ดังนั้น การใช้น้ำมันหอมระเหยกะเพรามีผลในเชิงบวกต่อคุณภาพของบรอกโคลีตัดแต่ง

คำสำคัญ: บรอกโคลี, การเกิดสีน้ำตาล, น้ำมันหอมระเหย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Inhibitory Effect of Essential Oils on Polyphenol Oxidase and Peroxidase Activities in Fresh-cut Broccoli (*Brassica oleracea* var. italica)
Student	Miss Ananya Srichan
Student ID.	61604050
Degree	Master of Science
Program	Agriculture
Year	2023
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Montinee Teerarak

ABSTRACT

Enzymatic browning is the major cause of quality loss in fresh-cut vegetables. Polyphenol oxidase and peroxidase enzymes are involved in the enzymatic browning of fresh-cut produce. To prevent tissue browning of fresh-cut produce, several studies have focused on the inhibition of enzymatic browning using chemical approaches that might affect consumer health. Therefore, the objective of the study was to find natural essential oils to inhibit enzymatic browning in the fresh-cut broccoli (*Brassica oleracea* var. italica) and to investigate storage temperature effects on fresh-cut broccoli shelf-life. The fresh-cut broccoli was stored at 10±2°C in comparison with room temperature (30±2°C) and 4±2°C of storage temperature for up to 12 days. Results showed that low enzyme activities of polyphenol oxidase and peroxidase after storage at 4±2°C and 10±2°C, which were significantly lower than room temperature. The effectiveness of kaffir lime (*Citrus hystrix* DC.) peel and leaf, lemongrass (*Cymbopogon citratus*), betel (*Piper betle*) and holy basil (*Ocimum sanctum*) essential oils to reduce peroxidase activity of broccoli extracts was evaluated under *in vitro*. The betel leaf essential oil at 0.75% and holy basil leaf essential oil at 0.5% were effective in reducing peroxidase activity of broccoli extract indicating that essential oils from betel and holy basil leaves have the potential to be used to minimize the enzymatic browning in minimally processed broccoli. The inhibitory effect of essential oils from betel and holy basil leaves on the browning of fresh-cut broccoli were compared. Fresh-cut broccoli was dipped in different concentrations of betel essential oil and holy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

basil essential oil (diluted with 5% ethanol) for 60 seconds. After this, 100 g broccoli florets per sample were put in 12.8 cm × 17.4 cm foam trays, wrapped with polyvinyl chloride cling film and stored at 10±2 °C. Essential oil from holy basil leaf at 0.0075% delayed product weight loss, decrease in polyphenol oxidase activities and browning of cut-surface during storage. Color and ascorbic acid, chlorophyll, and total phenolic content caused the least change. Fresh-cut broccoli dipped in holy basil at 0.0075% had shelf life at the minimum period of storage time for saleability and edibility of 10 and 11 days while the control had a shelf life of 3 and 5 days, respectively. Thus, holy basil essential oil treatment has positive effects on improving the quality of fresh-cut broccoli.

Keywords: Broccoli, Browning, Essential oil

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก รศ.ดร. มณทินี ธีรารักษ์ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่คอยชี้แนะ และให้คำปรึกษาตั้งแต่เริ่มต้นทำการวิจัยจนเสร็จสมบูรณ์ และขอขอบคุณคณะกรรมการที่รับฟังและให้คำแนะที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยและวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณ ดร. นิภาพร ยลสวัสดิ์ เพื่อนและน้องนักศึกษาระดับปริญญาโททุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจช่วยแก้ไขปัญหาในการทำวิจัย โดยเฉพาะ นางสาว นิภาวรรณ มากบริบูรณ์ ขอขอบคุณอย่างยิ่งที่คอยให้ความช่วยเหลืออย่างมากเสมอมา และขอขอบคุณทุกคนในครอบครัว นายนพดล ศรีจันทร์ นางสาว เขมจิรา ไพยเทศ บิดามารดาของข้าพเจ้าที่คอยสนับสนุนมาตลอดจนถึงบัดนี้

สุดท้ายนี้ขอแสดงความขอบคุณทุกท่านที่กล่าวมาอีกครั้งที่ให้การสนับสนุน ข้าพเจ้าซาบซึ้งใจอย่างยิ่งจึงขอแสดงความนับถือมา ณ ที่นี้

อนัญญา ศรีจันทร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อ..... ก

ABSTRACT..... ค

กิตติกรรมประกาศ..... จ

สารบัญ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ฎ

สารบัญภาพ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ..... 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา..... 2

1.3 สมมติฐานของการศึกษา..... 3

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย..... 3

1.5 ขอบเขตงานวิจัย..... 3

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา..... 4

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 5

2.1 บรอกโคลี..... 5

2.2 การตัดแต่ง..... 6

2.2.1 การหายใจและการผลิตเอทิลีน..... 7

2.2.2 การคายน้ำ..... 7

2.2.3 การสลายของคลอโรฟิลล์..... 8

2.2.4 การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์..... 9

2.3 การลดการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์..... 11

2.3.1 การใช้ความร้อน..... 11

2.3.2 การปรับให้เป็นกรด..... 11

2.3.3 การใช้สาร reducing agent..... 11

2.3.4 การใช้ Chelating agent..... 12

2.3.5 การใช้สภาพบรรยากาศควบคุมและดัดแปลง..... 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้าที่

2.3.6 สารธรรมชาติลดการเกิดสีน้ำตาล..... 13

2.4 น้ำมันหอมระเหย..... 14

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย..... 18

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี..... 19

3.1.1 วัตถุดิบ..... 19

3.1.2 สารเคมี..... 19

3.1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์..... 19

3.2 วิธีการดำเนินงาน..... 19

3.2.1 การเตรียมพืช..... 19

3.2.2 การทดลองที่ 1 : ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพของบรอกโคลีตัดแต่งที่เก็บรักษาอุณหภูมิแตกต่างกันการเตรียมพืช..... 20

3.2.3 การทดลองที่ 2 : การคัดเลือกน้ำมันหอมระเหยที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase ในบรอกโคลีในหลอดทดลอง 22

3.2.4 การทดลองที่ 3 : ประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ ในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase และ peroxidase..... 23

3.2.5 การทดลองที่ 4 : การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราความเข้มข้นต่างๆ ที่เหมาะสมในการจุ่มบรอกโคลีตัดแต่ง 24

3.2.5.1 ประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราความเข้มข้นแตกต่างกัน..... 24

3.2.5.2 ประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราความเข้มข้น 0.0075% 0.01125% และ 0.015%..... 25

3.2.6 การทดลองที่ 5 : ผลของน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราต่อคุณภาพและการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ในบรอกโคลีตัดแต่ง 25

บทที่ 4 ผลการทดลอง..... 28

4.1 การทดลองที่ 1 : ศึกษาผลของอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อคุณภาพของบรอกโคลีตัดแต่ง..... 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้าที่

4.1.1 การสูญเสียน้ำหนัก 28
4.1.2 ลักษณะภายนอก 28
4.1.3 การเปลี่ยนแปลงสีของก้านและช่อดอก 29
4.1.4 กิจกรรม polyphenol oxidase (Units/mL) 29
4.1.5 กิจกรรม peroxidase (Units/mL) 30
4.2 การทดลองที่ 2 : การคัดเลือกน้ำมันหอมระเหยที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase ในบรอกโคลีในหลอดทดลอง 36
4.3 การทดลองที่ 3 : ประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ ในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase และ peroxidase 37
4.3.1 ประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase 37
4.3.2 ประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase 38
4.4 การทดลองที่ 4 : การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยวิธีการจุ่มต่อคุณภาพบรอกโคลีตัดแต่ง 39
4.4.1 ประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราความเข้มข้นแตกต่างกัน 39
4.4.1.1 การสูญเสียน้ำหนัก 39
4.4.1.2 ลักษณะภายนอก 40
4.4.1.3 การประเมินกลิ่นน้ำมันหอมระเหย และกลิ่นของบรอกโคลีที่เกิดจากการเน่าเสีย 42
4.4.1.4 การเปลี่ยนแปลงสีของก้านและช่อดอก 43
4.4.2 ประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราความเข้มข้น 0.0075% 0.01125% และ 0.015% 46
4.4.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก 46
4.4.2.2 ลักษณะภายนอก 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้าที่

4.4.2.3 การประเมินกลิ่นน้ำมันหอมระเหย และกลิ่นของบรอกโคลีที่เกิดจากการเน่าเสีย..... 49
4.4.2.4 การเปลี่ยนแปลงสีของก้านและช่อดอก..... 50
4.5 การทดลองที่ 5 : ผลของน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราต่อคุณภาพและการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ในบรอกโคลีตัดแต่ง..... 53
4.5.1 ลักษณะภายนอก..... 53
4.5.2 การประเมินกลิ่นน้ำมันหอมระเหยและกลิ่นของบรอกโคลีที่เกิดดจากการเน่าเสีย..... 55
4.5.3 อายุการเก็บรักษา..... 56
4.5.4 การสูญเสียน้ำหนัก..... 58
4.5.5 การเปลี่ยนแปลงสีของก้านและช่อดอก..... 59
4.5.6 ประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยกะพลูและกะเพราในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase..... 66
4.5.7 ประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยกะพลูและกะเพราในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase..... 66
4.5.8 ปริมาณวิตามินซี..... 69
4.5.9 ปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์..... 70
4.5.10 ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์..... 70
4.5.11 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก..... 70
บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง..... 77
5.1 ผลของอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อคุณภาพของบรอกโคลีตัดแต่ง..... 77
5.2 ประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase และ polyphenol oxidase..... 78
5.3 ผลของน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราต่อคุณภาพและการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ในบรอกโคลีตัดแต่ง..... 79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้าที่

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 84

6.1 การทดลองที่ 1 : ศึกษาผลของอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อคุณภาพของบรอกโคลีตัดแต่ง 84

6.2 การทดลองที่ 2 : การคัดเลือกน้ำมันหอมระเหยที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase ในบรอกโคลีในหลอดทดลอง 84

6.3 การทดลองที่ 3 : ประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยกะเพราและพลูที่ความเข้มข้นต่างๆ ในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase และ polyphenol oxidase 84

6.4 การทดลองที่ 4 : การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยกะเพราและพลูที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยวิธีการจุ่มต่อคุณภาพบรอกโคลีตัดแต่ง 85

6.5 การทดลองที่ 5 : ผลของน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราต่อคุณภาพและการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ในบรอกโคลีตัดแต่ง 86

บรรณานุกรม 87

ประวัติผู้เขียน 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้าที่
4.1	การเปลี่ยนแปลงสี (CIE L* a* b*) ของก้านบรอกโคลีตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน	33
4.2	การเปลี่ยนแปลงสี (CIE L* a* b*) ของช่อดอกบรอกโคลีตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ	34
4.3	กิจกรรมของเอนไซม์ของ polyphenol oxidase (Units/mL) ในบรอกโคลีตัดแต่งเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน	35
4.4	กิจกรรมของเอนไซม์ของ peroxidase (Units/mL) ในบรอกโคลีตัดแต่งเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน	35
4.5	กิจกรรมเอนไซม์ peroxidase จากสารสกัดจากบรอกโคลีที่ได้รับกรดแอสคอร์บิก และน้ำมันหอมระเหยเมื่อทดสอบในหลอดทดลอง	36
4.6	กิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase จากการสกัดบรอกโคลีที่ได้รับกรดแอสคอร์บิก น้ำมันหอมระเหยพลู และกะเพรา เมื่อทดสอบในหลอดทดลอง	37
4.7	กิจกรรมเอนไซม์ peroxidase จากสารสกัดจากบรอกโคลีที่ได้รับกรดแอสคอร์บิก น้ำมันหอมระเหยพลู และกะเพรา เมื่อทดสอบในหลอดทดลอง	38
4.8	การเปลี่ยนแปลงสี (CIE L* a* b*) ของก้านบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราความเข้มข้นต่างกันเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 ℃	44
4.9	การเปลี่ยนแปลงสี (CIE L* a* b*) ของช่อดอกบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราความเข้มข้นต่างกัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 ℃	45
4.10	การเปลี่ยนแปลงสี (CIE L* a* b*) ของก้านบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราความเข้มข้น 0.0075% 0.01125% และ 0.015% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 ℃	51
4.11	การเปลี่ยนแปลงสี (CIE L* a* b*) ของช่อดอกบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราความเข้มข้น 0.0075% 0.01125% และ 0.015% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 ℃	52
4.12	การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ของก้านบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ	60
4.13	การเปลี่ยนแปลงค่าสีเขียว (a*) ของก้านบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้าที่
4.14	การเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลือง (b*) ของก้านบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ	62
4.15	การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ของช่อบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ	63
4.16	การเปลี่ยนแปลงค่าสีเขียว (a*) ของช่อบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ	64
4.17	การเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลือง (b*) ของช่อบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ	65
4.18	กิจกรรมของเอนไซม์ของ polyphenol oxidase (Units/mL) ในบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา	67
4.19	กิจกรรมของเอนไซม์ของ peroxidase (Units/mL) ในบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา	68
4.20	ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (µg/g Fw) ในบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา	71
4.21	ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (µg/g Fw) ในบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา	72
4.22	ผลรวมของปริมาณคลอโรฟิลล์ (µg/g Fw) ในบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา	73
4.23	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (µg/g Fw) ในบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา	74
4.24	ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ (nmol/g Fw) ในบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C	75
4.25	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (mg/100g Fw) ในบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ10±2 °C	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้าที่
2.1	การเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์โดยเปอร์ออกซิเดส	9
3.1	บรอกโคลีจากตลาดไท อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี.....	19
4.1	การสูญเสียน้ำหนัก (%) ของบรอกโคลีตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน.....	31
4.2	คะแนนการประเมินคุณภาพลักษณะภายนอกของบรอกโคลีตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน.....	31
4.3	การประเมินคุณภาพลักษณะภายนอกของบรอกโคลีตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน.....	32
4.4	การสูญเสียน้ำหนัก (%) ของบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู และกะเพราที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C.....	39
4.5	คะแนนการประเมินคุณภาพลักษณะภายนอกของบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C.....	40
4.6	ลักษณะภายนอกของบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู และกะเพราความเข้มข้นแตกต่างกันเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C เป็นเวลา 12 วัน.....	41
4.7	คะแนนการประเมินคุณภาพกลิ่นน้ำมันหอมระเหยในบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู และกะเพราความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2°C.....	42
4.8	คะแนนการประเมินคุณภาพกลิ่นเน่าของบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C.....	43
4.9	การสูญเสียน้ำหนัก (%) ของบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู และกะเพรา 0.0075% 0.01125% และ 0.015% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C.....	46
4.10	คะแนนการประเมินคุณภาพลักษณะภายนอกของบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา 0.0075% 0.01125% และ 0.015% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C.....	47
4.11	ลักษณะภายนอกของบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู และกะเพรา 0.0075% 0.01125% และ 0.015% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C เป็นเวลา 12 วัน	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้าที่
4.12	คะแนนการประเมินคุณภาพกลิ่นน้ำมันหอมระเหยในบรอกโคลีตัดแต่ง หลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู และกะเพรา 0.0075% 0.01125% และ 0.015% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C	49
4.13	คะแนนการประเมินคุณภาพกลิ่นเน่าของบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา 0.0075% 0.01125% และ 0.015% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C	50
4.14	คะแนนการประเมินคุณภาพลักษณะภายนอกของบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C	53
4.15	ลักษณะภายนอกของบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา วันที่ 0-12 ของการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C	54
4.16	คะแนนการประเมินคุณภาพกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยในบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู และกะเพราเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C	55
4.17	คะแนนการประเมินคุณภาพกลิ่นเน่าของบรอกโคลีตัดแต่งระหว่างการเก็บรักษาหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C	56
4.18	อายุการเก็บรักษาเพื่อวางจำหน่ายของบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C	57
4.19	อายุการเก็บรักษาเพื่อการบริโภคของบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C	57
4.20	การสูญเสียน้ำหนัก (%) ของบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C	58
4.21	ปริมาณวิตามินซี (mg/Kg Fw) ในบรอกโคลีตัดแต่งระหว่างการเก็บรักษาหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

บรอกโคลี ชื่อสามัญ broccoli มีชื่อเรียกวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea* var. italica จัดอยู่ในตระกูลกะหล่ำมีถิ่นกำเนิดแถบเมดิเตอร์ริเนียนแถบประเทศอิตาลีเป็นผักที่ปลูกเพื่อนำมาประกอบอาหาร บริโภคได้ทั้งส่วนของก้าน และช่อดอก (Gray. 1982) บรอกโคลีเป็นผักที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงเนื่องจากอุดมไปด้วยวิตามินซีและเอปริมาณมาก มีคาร์โบไฮเดรต โปรตีน (Sanwal *et al*. 2006) และยังเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ มีสาร sulforaphan ที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ต้านมะเร็งได้ (Chuanphongpanich *et al.* 2006) ด้วยคุณสมบัติที่อุดมไปด้วยคุณประโยชน์มากมายบรอกโคลีจึงเป็นผักที่ได้รับความนิยมและความต้องการจากผู้บริโภคส่งผลต่อความต้องการทางตลาดและการผลิตอย่างมาก (Cartea and Velasco. 2008) บรอกโคลีเก็บเกี่ยวเมื่อดอกย่อยยังตูมและเรียงเบียดกันแน่นเป็นช่วงวัยที่ยังอ่อนอยู่จึงทำให้อายุการเก็บรักษาสั้น และการได้รับความเสียหายทางกลทำให้กระตุ้นอัตราการหายใจและปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ภายในเซลล์นำไปสู่การเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว เช่น การตัดแต่งเป็นขั้นตอนที่ทำตั้งแต่การเก็บเกี่ยวผลิตผลทางการเกษตร การตัดแต่งคือการตัดเอา ก้าน ใบ ราก หรือตำหนิจากโรค และแมลงที่ไม่ต้องการออกจากผลิตผลเพื่อความสวยงาม อยู่ในสภาพที่เหมาะสม ง่ายและสะดวกต่อการจำหน่ายหรือนำไปแปรรูป และบรอกโคลีเป็นหนึ่งในผลผลิตทางการเกษตรที่ได้รับการตัดแต่งก่อนวางจำหน่ายแต่บาดแผลจากการตัดแต่งนำไปสู่การเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว ลักษณะอาการที่แสดงถึงการเสื่อมสภาพของบรอกโคลี ได้แก่ การเหี่ยว การสูญเสียความแน่นเนื้อ การสูญเสียสีเขียวแสดงอาการเหลืองของดอกย่อย ดอกบาน การพัฒนาของกลิ่นไม่พึงประสงค์ และเกิดการเน่าจากจุลินทรีย์ การเกิดสีน้ำตาลจากกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase (POD) (E.C.1.11.1.7) และ polyphenol oxidase (PPO) (E.C.1.10.3.2) (Berrang *et al*. 1990 ; Forney *et al*. 1993) เอนไซม์ peroxidase มีความเกี่ยวข้องกับการสลายของคลอโรฟิลล์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองซึ่งการเปลี่ยนไปเป็นสีเหลืองคือตัวบ่งชี้การเสื่อมคุณภาพในบรอกโคลี และพบการสะสมหรือเพิ่มขึ้นของเอนไซม์ polyphenol oxidase หลังได้รับการตัดแต่งเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้เกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัด (Luo *et al*. 2011)

ปัจจุบันมีการใช้สารเคมีเพื่อยืดอายุและลดการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ เช่น การจุ่มมะเขือเปราะตัดแต่งด้วยกรดซิตริก/อะซิติก (จิตติมา จิรโพธิธรรม และคณะ. 2553) การแช่สับปะรดตัดแต่งด้วยแอสคอร์บิก (พนิดา เมฆทัพ และมยุรี กระจายกลาง. 2558) การรมบรอกโคลีด้วย 1-methylcyclopropene (1-MCP) (Gómez-Lobato *et al*. 2012) และการจุ่มบรอกโคลีตัดแต่งในสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละลายกรดฟูมาริก (จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล และคณะ. 2557) นอกจากสารที่กล่าวมานั้นสารจากธรรมชาติก็กำลังเป็นที่ได้รับความสนใจ อาทิเช่น การใช้หอมหัวใหญ่สกัดยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เกี่ยวกับเอนไซม์ในผักสลัดคอสอินทรีย์ (อุมาพร อาลัย และคณะ. 2558) การใช้สารสกัดจากเปลือกสับปะรดในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ (โชคชัย ธีรกุลเกียรติ. 2547) น้ำมันหอมระเหยเป็นสารธรรมชาติที่น่าสนใจในการยืดอายุของผลผลิตทางการเกษตรเนื่องจากมีคุณสมบัติต้านเชื้อแบคทีเรีย เชื้อจุลินทรีย์ ต้านอนุมูลอิสระได้ และสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ นอกจากนี้งานวิจัยของ Chen *et al*. (2017) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยกานพลูยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักกาดหอมตัดสดได้ เนื่องจากมีสารต้านอนุมูลอิสระที่ลดกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase เป็นเอนไซม์ที่ตอบสนองต่อบาดแผลที่ออกซิเดชันสารประกอบฟีนอลิกเป็นสารสีน้ำตาลหลังได้รับการตัดแต่งและชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์ได้ Gao *et al*. (2014) ได้ศึกษาการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและการรักษาคุณภาพของเห็ดกระดุมโดยการรมน้ำมันหอมระเหยจากพืช 3 ชนิด ได้แก่ กานพลู อบเชย และไทม์ พบว่าน้ำมันหอมระเหยทั้ง 3 ชนิดสามารถชะลอการเสื่อมสภาพของเห็ดกระดุมได้ ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ polyphenol oxidase และ peroxidase ทั้งยังคงความแน่นเนื้อตลอดการเก็บรักษา การเพิ่มปริมาณวิตามินซี และสารประกอบฟีนอลิกได้ ในการทดลองนี้จึงนำน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากส่วนต่างๆ ของพืชมาทดสอบในการลดกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase และ peroxidase ในบรอกโคลีตัดแต่ง เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา และรักษาคุณภาพของบรอกโคลีระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจเรื่องสุขภาพและความปลอดภัยมากขึ้น เมื่อการใช้น้ำมันหอมระเหยได้ผลดีจะยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้นเพิ่มผลผลิตที่มีคุณภาพแก่ท้องตลาดมากขึ้นทำให้เพิ่มความมั่นใจแก่ผู้บริโภคและช่วยลดความสูญเสียมูลค่าทางเศรษฐกิจได้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ศึกษาผลของอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase และ peroxidase ในบรอกโคลีตัดแต่ง

1.2.2 ประเมินศักยภาพของน้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูด ใบมะกรูด ตะไคร้ ขิงและพลูในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase และ peroxidase จากบรอกโคลีตัดในหลอดทดลอง

1.2.3 ศึกษาการใช้น้ำมันหอมระเหยกะเพราและพลู ต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ สารชีวเคมีบางชนิด และอายุการเก็บรักษา ในบรอกโคลีตัดแต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

ผักสดหลังการตัดแต่งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงและเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็วจากกระบวนการเมแทบอลิซึม อนุมูลอิสระ และเชื้อจุลินทรีย์ นอกนี้ยังมีการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่นำไปสู่การเกิดสีน้ำตาลที่เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของผักสดตัดแต่ง ปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดได้จากเอนไซม์ที่มีอยู่แล้วในผัก เช่น เอนไซม์ polyphenol oxidase และ peroxidase เมื่อเกิดปฏิกิริยาจนเป็นสีน้ำตาลจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสี กลิ่น และรสชาติ ทำให้ความพึงพอใจผู้บริโภคลดลงส่งผลให้อุตสาหกรรมอาหารสูญเสียทางเศรษฐกิจ ดังนั้นการใช้สารธรรมชาติอย่างน้ำมันหอมระเหยที่คุณสมบัติต้านจุลินทรีย์ ต้านอนุมูลอิสระ ยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้มาใช้ในการเก็บรักษาผักสดหลังการตัดแต่งจะช่วยรักษาคุณภาพผักสดตัดแต่งและความพึงพอใจผู้บริโภคได้

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วการรักษาคุณภาพเป็นขั้นตอนที่สำคัญและการเกิดออกซิเดชันเป็นปัจจัยที่ทำให้คุณภาพผลิตผลลดลง จึงมีการใช้สารเคมีและสารสังเคราะห์เพื่อยืดอายุและลดการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของเอนไซม์ในผักตัดแต่งสดในอุตสาหกรรม เช่น กรดซิตริก อะซิติก กรดแอสคอร์บิก 1-MCP และกรดฟูมาริกเป็นต้น ซึ่งสารบางชนิดมีการตกค้างและมีผลทำให้คุณภาพผลิตผลลดลง แต่ในปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญกับสุขภาพและความปลอดภัยมากขึ้นจึง จำเป็นต้องมีการวิจัยเกี่ยวกับสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลจากสารธรรมชาติเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในด้านความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ความยั่งยืน และประโยชน์ต่อสุขภาพ

1.5 ขอบเขตงานวิจัย

1.5.1 ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาบรอกโคลีตัดแต่ง

1.5.2 คัดเลือกน้ำมันหอมระเหยที่ยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase และ peroxidase ในบรอกโคลี

1.5.3 ศึกษาการการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ สารชีวเคมี และอายุการเก็บรักษา ในบรอกโคลีตัดแต่งเมื่อจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพราและพลูก่อนเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

การศึกษาแบ่งออกเป็น 5 การทดลอง โดยการทดลองแรกเป็นการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพของบรอกโคลีตัดแต่งที่เก็บรักษาอุณหภูมิแตกต่างกัน 3 อุณหภูมิ ได้แก่ อุณหภูมิ 4±2°C 10±2°C และ 30±2 °C (อุณหภูมิห้อง) ในการทดลองต่อมาเป็นการคัดเลือกน้ำมันหอมระเหยจากพืชทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ ผิวมะกรูด ใบมะกรูด ตะไคร้ พลู และกะเพรา ความเข้มข้น 1% ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ และประเมินประสิทธิภาพน้ำมันหอมระเหยที่ความเข้มข้นต่างๆ ในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase และ polyphenol oxidase ในหลอดทดลอง ในการทดลองต่อมาจึงเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยความเข้มข้นต่างๆ ที่เหมาะสมในการจุ่มบรอกโคลีตัดแต่ง ในการทดลองสุดท้ายเป็นการศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยต่อคุณภาพและการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ในบรอกโคลีตัดแต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บรอกโคลี

บรอกโคลี ชื่อสามัญ broccoli มีชื่อเรียกวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea* var. italica เป็นพืชที่อยู่ในตระกูลกะหล่ำมีถิ่นกำเนิดแถบเมดิเตอร์ริเนียนถูกนำเข้ามาปลูกแถบประเทศอิตาลีเพื่อนำมาประกอบอาหาร โดยแรกพบ Brassica เป็นเพียงพันธุ์ป่าและถูกคัดเลือกมาเรื่อยๆ จนมาเป็นบรอกโคลีในลักษณะที่พบเห็นในแบบปัจจุบันที่สามารถบริโภคได้ทั้งส่วนของก้าน และช่อดอก (Gray. 1982) บรอกโคลีมีลักษณะ ลำต้นอวบใหญ่สูง 50-90 เซนติเมต มีช่อดอกสีเขียวอ่อนจนถึงสีเขียวเข้มขึ้นอยู่กับพันธุ์ ใบมีขนาดใหญ่และยาวมีสีเขียวเข้มออกเทา เนื้อใบหนา ใบบริเวณใต้ช่อดอกมีขนาดเล็กกว่าบริเวณลำต้นก้านช่อดอกยาว 60-70 เซนติเมตร ในหนึ่งช่อดอกประกอบด้วยดอกย่อยจำนวน 5,000-8,000 ดอก บรอกโคลีเป็นพืชเมืองหนาวจึงปลูกได้ดีแถบทางเหนือของประเทศ แต่ปัจจุบันได้มีการปรับปรุงพันธุ์มากขึ้นจึงสามารถปลูกพื้นที่อื่นๆ ได้ แหล่งที่ปลูกที่สำคัญได้แก่ พะเยา น่าน แม่ฮ่องสอน ลำปาง เชียงใหม่ ร้อยเอ็ด บึงกาฬ และศรีสะเกษ (คริษฐ์สพล หนูพรหม. 2557) อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการปลูกบรอกโคลีอยู่ที่ 18 ถึง 27 °Cช่วงที่เหมาะสมในการปลูกคือ ช่วงเดือนตุลาคม-มกราคม เก็บเกี่ยวช่วงอายุ 70-90 วันหลังย้ายปลูก พันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทยได้คือ พันธุ์กรีนโคเมท (Green Comet) พันธุ์เดซิกโก (De Cicco) พันธุ์ของเจียไต๋ และพันธุ์ซากาต้า หรือพันธุ์ Green Dunke (ไทยเกษตรศาสตร์. 2555) บรอกโคลีมีความไวต่อการเกิดอาการสะท้านหนาวในระดับปานกลาง ส่วนตรงกลางของช่อไวต่อการเกิดอาการสะท้อนหนาวมากที่สุดจะเกิดเป็นสีน้ำตาล และเกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ อุณหภูมิที่เหมาะในการเก็บรักษาบรอกโคลีอยู่ที่ 0-5 °C (Maynard and Hochmuth. 2007) บรอกโคลีนำมาประกอบอาหารได้หลากหลายเมนูทั้ง ผัด ต้ม แกง นึ่ง เช่น บรอกโคลีผัดกุ้ง ซุปบรอกโคลี เป็นต้น (ระพีพรรณ ใจภักดี. 2544) ด้วยคุณค่าทางโภชนาการมากมายจึงเป็นที่นิยมของผู้บริโภค ในบรอกโคลีประกอบด้วยวิตามินหลายชนิดในปริมาณสูงโดยเฉพาะวิตามินเอและวิตามินซี สารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย (Firoz *et al*. 2008) ในปริมาณ 100 กรัม ให้พลังงานถึง 34 แคลลอรี่ มีเส้นใย 26 กรัม น้ำ 89.3 กรัม น้ำตาล 1.7 กรัม คาร์โบไฮเดรต 6.64 กรัม โปรตีน 2.28 กรัม และมีไขมัน 0.37 กรัม การรับประทานบรอกโคลีเป็นประจำช่วยลดความถี่ของการปวดไมเกรนได้เพราะมีแม็กนีเซียมสูง วิตามินซีที่สูงมากในบรอกโคลียังช่วยป้องกันเลือดออกตามไรฟัน ช่วยในเรื่องระบบขับถ่ายกับผู้ที่มีอาการท้องผูกได้ในบรอกโคลีมีโฟเลตสูงซึ่งมีความสำคัญต่อหญิงตั้งครรภ์ โฟเลตจะไปลดความเสี่ยงจากการพิการทางสมองของทารก บรอกโคลีช่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มภูมิคุ้มกันให้ร่างกาย (MedThai. 2017) และยังมีสาร sulforaphan และ glucosinolate เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ต้านมะเร็งได้ (Chuanphongpanich *et al.* 2006) โดยเฉพาะอย่างยิ่งมะเร็งที่บริเวณปอด กระเพาะปัสสาวะ และมะเร็งที่ลำไส้ ใหญ่ นอกจากนี้หากรับประทานบรอกโคลีอยู่เสมอจะช่วยลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคความดันโลหิต โรคหัวใจ และโรคเบาหวานได้ (นิดา หงส์วิวัฒน์ และคณะ. 2548)

2.2 การตัดแต่ง

การแปรรูปผักผลไม้นั้นก็เพื่อความสะดวกสบายและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค โดยเฉพาะในสังคมที่ผู้คนมีชีวิตเร่งรีบ ซึ่งผักและผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภค คือ การล้างเพื่อทำความสะอาด ปอก หั่น ซอย หรือตัดแต่งเอาส่วนที่ไม่จำเป็นออก รวมไปถึงส่วนที่มีตำหนิ เปื้อน หรือเน่าเสียให้เหลือเฉพาะส่วนที่ยังสมบูรณ์ไว้ตอนที่เซลล์ยังมีชีวิตอยู่ แต่เมื่อบรรจุแล้วผักผลไม้จะต้องสดใหม่โดยไม่คำนึงความมีชีวิตของเนื้อเยื่อและเซลล์ การตัดแต่งนั้นทำให้ง่ายต่อการนำไปใช้แต่ข้อเสียคือผักตัดแต่งจะอ่อนแอมากขึ้นเน่าเสียได้ง่าย มีอายุอยู่เพียงหนึ่งสัปดาห์โดยประมาณแต่การเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยให้มีอายุการเก็บรักษาได้ 10-14 วัน ควรเก็บอยู่ที่ 0-5 °C เป็นอุณหภูมิในระหว่างการขนส่งหรือระหว่างรอวางขาย เมื่อเริ่มเสื่อมสภาพก็จะเริ่มมีสีเหลือง และมีกลิ่นที่ผิดปกติเนื่องจากหลังการตัดแต่งบาดแผลจะอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ทำให้เกิดการเน่าเสีย (Maynard and Hochmuth. 2007) นอกจากนี้ยังเกิดกระบวนการทางชีวเคมีหลังจากผ่านการตัดแต่ง เช่น การย่อยสลายแคโรทีน สลายคลอโรฟิลล์ ปริมาณ malondialdehyde (MDA) ที่เพิ่มมากขึ้นเกี่ยวข้องกับการเสื่อมสภาพจากการตัดแต่งโดยตรงเนื่องจากเกิด lipid peroxidation เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างออกซิเจนกับ lipid ที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ เมื่อเยื่อหุ้มเซลล์เกิดการฉีกขาด lipid สัมผัสกับออกซิเจนจนเกิดเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นสาเหตุให้เกิดกลิ่น รส สีที่เปลี่ยนไป มีผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาเป็น malondialdehyde และยังมีการเกิดสีน้ำตาลของเอนไซม์เกิดจากการที่เอนไซม์เร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้สารตั้งต้นฟีนอลิกถูกออกซิไดซ์โดยที่สารฟินอลิกเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ชนิดหนึ่งที่สามารถพบได้ตามธรรมชาติในพืชหลากหลายชนิด เมื่อพืชเกิดบาดแผลพืชจะสร้างฟินอลิกมากขึ้นแต่เมื่อฟินอลิกเจอกับออกซิเจนบริเวณบาดแผลส่งผลต่อสีบริเวณที่ได้รับการตัดแต่งของพืชที่จะค่อยๆ คล้ำขึ้นจนเห็นเป็นสีน้ำตาลชัดเจน แม้ว่าลักษณะการเกิดสีน้ำตาลในผักที่ตัดสดกับผลไม้ที่ตัดสดจะไม่ค่อยเหมือนกันแต่ก็ส่งผลกระทบต่ออายุการวางจำหน่าย ผักผลไม้แปรรูปจะสูญเสียชั้นผิวที่บาดแผลจากการตัดแต่ง และยังถูกเร่งปฏิกิริยาของสารตั้งต้นและเอนไซม์ที่ชักนำไปสู่การเกิดสีน้ำตาลเพราะเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งกายภาพและสารชีวเคมี ปัญหาของผลิตภัณฑ์สดตัดแต่งยังทำให้อายุการวางจำหน่าย อายุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเก็บรักษาสั้นลง สูญเสียคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส (จริงแท้ ศิริพานิช. 2542 ; ศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2548 ; ศรมน สุทิน. 2559 ; Lopez-Galvez *et al*. 1996) ได้แก่

2.2.1 การหายใจและการผลิตเอทิลีน

ผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวที่ได้รับการหั่นหรือตัดแต่งจะทำให้เกิดบาดแผลทำให้เซลล์หรือเนื้อเยื่อถูกทำลายและจะกระตุ้นให้เกิดกระบวนการหายใจในระหว่างการเก็บรักษาหรือวางจำหน่าย การหายใจในผักที่เกิดจาการแปรรูปเรียกว่า wound respiration การหายใจของพืชที่เพิ่มมากขึ้นนั้นมีผลมาจากการผลิตเอทิลีนที่มากขึ้นระหว่างการเก็บรักษา เอทิลีนเป็นฮอร์โมนที่เนื้อเยื่อพืชทุกชนิดสามารถสร้างขึ้นเองได้ ซึ่งปกติพืชจะสร้างเอทิลีนในปริมาณที่น้อยแต่จะมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของพืชเมื่อเกิดการสุกหรือเกิดบาดแผลพืชจะสร้างเอทิลีนขึ้นจำนวนมาก ส่งผลไปกระตุ้นกระบวนการต่างๆ ให้เกิดไวขึ้น (Brecht. 1995) บรอกโคลีเป็นพืชที่มีอัตราการหายใจสูงมาก สูงกว่า 60 มิลลิกรัมของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมงที่อุณหภูมิ 5 °C มีรูปแบบการหายใจและการผลิตเอทิลีนแบบ climacteric ซึ่งมีการผลิตคาร์บอนไดออกไซด์และเอทิลีนเพิ่มสูงขึ้นพร้อมกับการเหลืองของเนื้อเยื่อ และที่บริเวณดอกย่อยมีการผลิตเอทิลีนมากกว่าบรอกโคลีทั้งหัว และส่วนก้าน (King and Morris. 1994) การเปลี่ยนไปเป็นสีเหลืองของช่อดอกเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่เป็นตัวบงชี้คุณภาพของบรอกโคลีและมีความสัมพันธ์กับการผลิตเอทิลีน หลังการเก็บเกี่ยวบรอกโคลีส่วนของดอกและก้านที่ประกอบกันเป็นกิ่งย่อยหรือทั้งหัวของบรอกโคลีจะแสดงอาการเหลืองภายใน 2-3 วัน และหากมีการนำเกสรตัวผู้และตัวเมียออกจะช่วยลดอาการเหลืองได้มากเนื่องจากภายหลังที่เกิดการผสมเกสรจะเกิดการเหนี่ยวนำเอทิลีนขึ้นอย่างรวดเร็วสาร ACC จะถูกส่งจาก stigma ไปยังกลีบดอกทำให้เกิดเอทิลีนมากขึ้น และยังพบว่าภายหลังการเกี่ยว 1 วัน กิจกรรมของเอนไซม์ ACC oxidase ในเกสรตัวผู้มีสูงกว่าเนื้อเยื่อส่วนอื่นๆ และเมื่อวันที่ 2 หลังการเก็บเกี่ยวกิจกรรมของเอนไซม์ ACC oxidase ในเกสรตัวผู้และตัวเมียสูงกว่าเนื้อเยื่อส่วนอื่นๆมากกว่า 7 เท่า ดังนั้นดัชนีการเก็บบรอกโคลีจึงควรเก็บที่ระยะดอกตูมมากกว่าดอกบานเนื่องจากในดอกบานเกิดเอทิลีนมากทำให้เกิดอาการเหลืองอย่างรวดเร็ว (Tian *et al.* 1994)

2.2.2 การคายน้ำ

พืชมีการคายน้ำอยู่ตลอดเมื่อเกิดการหายใจในผักและผลไม้พืชจะมีการคายน้ำไปด้วยเพื่อระบายความร้อนและการเกิดบาดแผลยังไปเพิ่มการคายน้ำให้มากขึ้นอีกด้วย การคายน้ำทำให้พืชสูญเสียน้ำมาก ส่งผลให้น้ำหนักสดลดลงคุณภาพที่ควรจะได้เมื่อรับประทานก็จะลดลงไปด้วย ด้านเนื้อสัมผัสก็ได้รับผลกระทบจากการคายน้ำโดยเฉพาะพวกผักทานใบ เช่น เกิดอาการเหี่ยวย่นจนเสียน้ำหนักสดทำให้ผักดู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

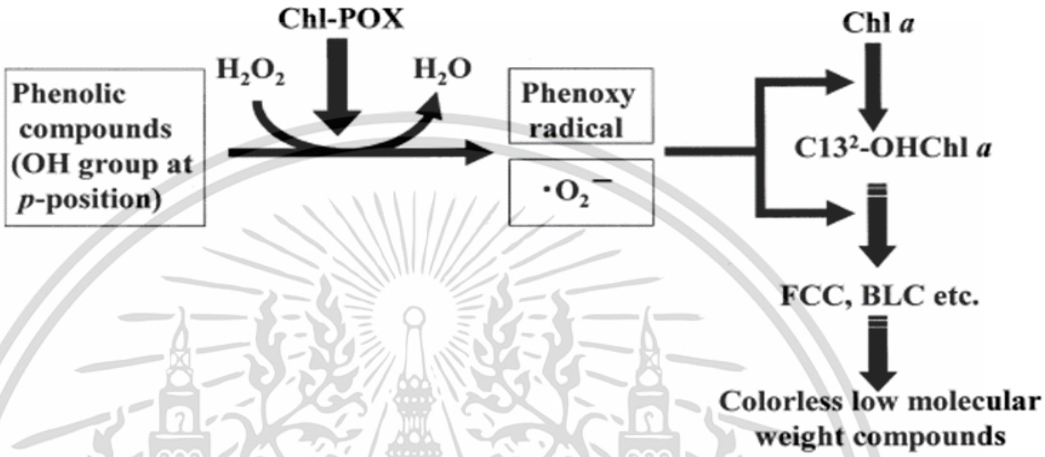
ไม่กรอบทำให้คุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภคลดลง นอกจากนี้รอยจากบาดแผลทำให้เกิดลักษณะที่ไม่ต้องการของผู้บริโภคไม่ดึงดูดใจให้ผู้บริโภคเลือกซื้อ (จริงแท้ ศิริพานิช และธีรนุต ร่มโพธิ์ศักดิ์. 2549) ในบรอกโคลีมีการคายน้ำอยู่ตลอดเวลาเนื่องจากสภาวะที่มีการระบายความร้อนจากการหายใจบรอกโคลีจะมีความชื้นภายในมากกว่าความชื้นอากาศภายนอก ทำให้น้ำภายในเคลื่อนออกผ่านทาง lenticels และปากใบ สู่ภายนอก และบริเวณนี้เป็นบริเวณที่ระบายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกนำออกซิเจนเข้าเพื่อหายใจ เป็นผลให้บรอกโคลีสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการสูญเสียน้ำ เมื่อนำบรอกโคลีเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 °C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบการสูญเสียน้ำหนัก 2.4% ซึ่งมากกว่าบรอกโคลีที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุมสูญเสียเพียง 1.3% (Makhlouf *et al*. 1989)

2.2.3 การสลายของคลอโรฟิลล์

บรอกโคลีเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ดอกย่อยจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและพบการสูญเสียคลอโรฟิลล์ 80-90% ในดอกย่อยภายในเวลา 4 วัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 23 °C และเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C พบการสูญเสียคลอโรฟิลล์ 80-90% ในดอกย่อยภายในเวลา 10 วัน (Deschene *et al*. 1991) การเกิดสีเหลืองของดอกย่อยเป็นตัวบ่งชี้การเสื่อมคุณภาพในบรอกโคลี เนื่องจากการสลายของคลอโรฟิลล์ ผลจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ทำให้พบสารต่างๆ เช่น pheophorbide phytol pheophytin รวมถึงกิจกรรมของเอนไซม์ เช่น chlorophyllase peroxidase oxidase lipoxygenase และ Mg-dechelatase เป็นต้น การสลายของคลอโรฟิลล์ตอนต้นเริ่มจาก chlorophyllase ย่อยเอาหางของ phytol จนถึง pheophorbide a โดย chlorophyllase ทำหน้าที่ hydrolyse โมเลกุลของคลอโรฟิลล์ ส่วนในตอนหลังเริ่มจากวงแหวน porphyrin ถูกทำลายไปจนได้สารที่ไม่มีสี โดยเอนไซม์ Mg-dechelatase จะดึงเอาอะตอมของแมกนีเซียมออกจากวงแหวน porphyrin และแทนที่ด้วยไฮโดรเจนเป็นขั้นตอนการเปิดวงแหวน สารที่ได้จะสูญเสียสีเขียวไป นำไปสู่การย่อยสลายคลอโรฟิลล์ที่เปลี่ยนจากสีเขียวให้เป็นไม่มีสี นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยในบรอกโคลีที่สนับสนุนสมมติฐานของการสลายคลอโรฟิลล์ที่เกี่ยวของกับเอนไซม์ peroxidase และ/หรือคลอโรฟิลล์ออกซิเดส และ/หรือ lipoxygenase ในบรอกโคลีตัดแต่งและไม่ได้รับการตัดแต่ง (Zang *et al*. 1994; Funamoto *et al*. 2002, 2003; Costa *et al*. 2005, 2006) เอนไซม์ peroxidase เข้าทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารตั้งต้นได้หลายชนิด เช่น indole acetic acid, ascorbate และสารประกอบฟินอลิก รวมถึงเอนไซม์ peroxidase สามารถสลายคลอโรฟิลล์และอนุพันธ์ของคลอโรฟิลล์ เช่น chlorophyllide a และ pheophytin นอกจากนี้ flavonoids, apigenin, 7-glucoside และ naringenin เป็นสาร polyphenol ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่ง p ในวงแหวน B สารเหล่านี้สัมพันธ์กับเกิดออกซิเดชันของคลอโรฟิลล์ โดยระบบเอนไซม์ peroxidase- hydrogen peroxide (Yamauchi and Watada. 1994) ดังนั้นกรด *p*-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

coumaric และ flavonoids, apigenin และ naringenin ซึ่งเป็นหนึ่งในสารประกอบฟีนอลิกที่เป็นตัวกลางของเอนไซม์ peroxidase ทำให้เกิดอนุมูลอิสระที่ทำให้เกิดการออกซิเดชันคลอโรฟิลล์ โดยเฉพาะ *p*-coumaric พบทั่วไปในพืช รวมทั้งผลิตผลพืชสวนด้วย (ภาพที่ 2.1) ดังนั้น การควบคุมการสลายตัวของคลอโรฟิลล์จึงเป็นแนวหนึ่งในการยืดอายุบรอกโคลีตัดแต่ง



ภาพที่ 2.1 การเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์โดยเปอร์ออกซิเดส
ที่มา : Yamauchi *et al*. (2004)

2.2.4 การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์

ปัญหาการเกิดสีน้ำตาลเป็นปัญหาหลักที่ไม่ต้องการในผักและผลไม้พร้อมบริโภคโดยจะเกิดขึ้นที่บริเวณบาดแผลหลังการลดขนาด การปอกเปลือก อาการดังกล่าวที่เกิดขึ้นเป็นปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาละคุณภาพของผัก ในผักพร้อมบริโภคที่มีการแปรรูปจะเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (enzymatic browning reaction) เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน จะเกิดขึ้นเมื่อบาดแผลของพืชสัมผัสกับอากาศโดยตรงก่อให้เกิดกิจกรรมของเอนไซม์ องค์ประกอบสำคัญในการเกิดปฏิกิริยา คือ สารตั้งต้นที่เป็นสารประกอบฟีนอล เอนไซม์ในกลุ่มฟีนอเลส เช่น polyphenol oxidase, peroxidase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ค่า pH ที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ฟีนอเลส และออกซิเจน ปฏิกิริยาดังกล่าวจะเกิดเมื่อเซลล์ถูกปอก หั่น บด ฉีกขาด หรือกระแทกทำให้สารตั้งต้นรั่วไหลออกมาสัมผัสกับเอนไซม์ และออกซิเจน สารไม่มีสีถูกออกซิไดซ์เป็นไดฟีนอล และจะถูกออกซิไดซ์ต่อไปเป็น *o*-quinone ทำปฏิกิริยาต่อกับกรดอะมิโนหรือโปรตีนได้เป็นสารที่มีสีน้ำตาลและรวมตัวกันเป็นพอลิเมอร์โมเลกุลใหญ่ ทำให้บริเวณบาดแผลค่อยๆ เปลี่ยนจากสีน้ำตาลไปเรื่อยๆ จนถึงสีดำ (ศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2548) ซึ่ง *o*-quinone เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารที่มีสีว่องไวต่อปฏิกิริยาเป็นสารตัวกลางที่พบในสิ่งมีชีวิต *o*-quinone เกิดจากปฏิกิริยาที่เอนไซม์ในกลุ่ม phenolase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เป็น precursor ของการเกิดสีน้ำตาลเมื่อมีการปอก หั่น หรือการฉีกขาดในผักผลไม้และยังทำปฏิกิริยาได้อย่างรวดเร็วกับสารประกอบที่เกิดในธรรมชาติอย่างซัลไฟดริล ตัวอย่างเช่น กลูต้าไธโอนและซิสเทอีน ผลที่ได้คือเกิดรงควัตถุที่มีลักษณะเฉพาะเกิดนอกเหนือจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน (ศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2548 ; รุ่งทิพย์ วงศ์ต่อม. 2549)

เอนไซม์ polyphenol oxidase เป็นเอนไซม์ที่สำคัญเนื่องจากเป็นตัวเร่งในปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์มีโมเลกุลของ copper อยู่ในโครงสร้าง โดยการเกิดสีน้ำตาลเริ่มจากเอนไซม์ polyphenol oxidase จะเร่งให้เกิดปฏิกริยา hydroxylation เปลี่ยน phenol ให้ไปเป็น *o*-quinone ซึ่งในขั้นตอนระหว่างเปลี่ยนไปเป็น *o*-quinone เกิดการจับตัวกันของ copper และ monophenol เพื่อให้โมเลกุลเสถียร และทำปฏิกิริยาจนเป็น *o*-quinone จากนั้นจะได้สารประกอบสีน้ำตาลคือ melanin จากการเกิดปฏิกิริยา polymerization ซึ่ง melanin อาจเกิดปฏิกิริยากับโปรตีนและกรดอะมิโนเป็นสารประกอบสีน้ำตาล เอนไซม์ polyphenol oxidase มักจะมีชื่อตามสารตั้งต้น เช่น catecholase, diphenoloxidase, phenolase และ tylosinase (เสน่ห์ บัวสนิท และคณะ. 2561) โดยทั่วไปพืชที่ได้รับการตัดแต่งมีการสะสมเอนไซม์และการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ต่างๆ อย่างรวดเร็วเนื่องจากการตอบสนองต่อบาดแผลจากการตัดแต่ง ตัวอย่างเช่น การสะสมหรือการเพิ่มขึ้นของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องการเกิดสีน้ำตาลเอนไซม์ polyphenol oxidase ส่งผลให้เกิดสีน้ำตาลที่ผิวหน้าบริเวณรอยตัด (Luo *et al*. 2011) เอนไซม์ polyphenol oxidase แยกได้จากพืชหลายชนิด เช่น หม่อน (Arslan *et al*. 2004), เปปเปอร์มิ้นท์ (Kavrayan and Aydemir. 2001), อาร์ทิโชก (Aydemir. 2004), ผักกาดหอมบัตเตอร์เอด (Gawlik-Dziki *et al*. 2008), ผักกาดแก้ว (Chazarra *et al*. 2001) รวมถึง บรอกโคลี (Gawlik-Dziki *et al*. 2007) Jing *et al*. (2016) รายงานบรอกโคลีตัดแต่งเมื่อเก็บไว้ที่ -0.5 °C มีกิจกรรมเอนไซม์ PPO ต่ำกว่าบรอกโคลีตัดแต่งที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิ 4 °C และยังพบค่าเฉลี่ยของกิจกรรม PPO หลังจากเก็บรักษา 12 วันที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 4°C และ -0.5°C มีค่าการเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 nm เท่ากับ 76.01, 72.10 60.00 นาที/กรัม ตามลำดับ

เอนไซม์ peroxidase เป็นเอนไซม์ที่มีในพืชอยู่แล้วมีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนคุณสมบัติทางกายภาพด้านคุณค่าทางโภชนาการในระหว่างการผลิต การเก็บรักษา ตลอดจนการวางจำหน่ายแก่ผู้บริโภค ด้านเนื้อสัมผัส สี กลิ่น และรสชาติหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้ เอนไซม์ peroxidase จะเกิดปฏิกิริยาขึ้นเมื่อเยื่อหุ้มเซลล์เกิดกระบวนการถูกทำลายให้เสียหายเช่นเดียวกับเอนไซม์ polyphenol oxidase ซึ่ง peroxidase จะเป็นเอนไซม์ที่เร่งการสลายของสารตั้งต้นด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชันมี hydrogen peroxide เป็นตัวรับอิเล็กตรอน และออกซิไดซ์สารตั้งต้นที่ทำหน้าที่ให้อิเล็กตรอนซึ่ง คือสารประกอบฟีนอลิก โดยที่สารประกอบฟีนอลิกบางตัวทำหน้าที่เป็นตัวให้ไฮโดนเจนหรือให้อิเล็กตรอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำจัดออกซิเจนในรูปแอคทีฟ เป็นสารประกอบที่พบในพืชทั่วไปและหลายชนิดเป็นสารต้านออกซิเดชันที่ก่อในเกิดอนุมูลอิสระในพืช ถึงแม้ว่าฟีนอลิกจะเป็นสารต้านออกซิเดชันที่สำคัญในพืชแต่เมื่อผักเกิดการฉีกขาด ได้รับการตัดแต่ง หรือปอก ก็จะทำให้เกิดการรั่วไหลของสารภายเซลล์ออกมาทำให้สารตั้งต้นและเอนไซม์ที่อยู่คนละตำแหน่งมาสัมผัสกันจะทำปฏิกิริยากันจนเกิดเป็นสีน้ำตาลในที่สุด นอกจากนี้เอนไซม์ peroxidase ยังเกี่ยวข้องกับการสลายของคลอโรฟิลล์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนจากที่เขียวเป็นสีเหลืองที่เป็นบ่งชี้การเสื่อมคุณภาพของบรอกโคลีอีกด้วย (สมบัติ คงวิทยา และคณะ. 2554; เสน่ห์ บัวสนิท และคณะ. 2561; Tomás Barberán and Espín. 2001)

2.3 การลดการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์

ผักสดที่ได้รับการแปรรูปด้วยวิธีการ ปอก ตัด หรือหั่น เพื่อแปรรูปเป็นผักพร้อมบริโภคนั้นจะทำให้เนื้อเยื่อถูกทำลายให้เสียหายซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในผักพร้อมบริโภคที่ผ่านการแปรรูปมากกว่าในผักสดที่ยังไม่ผ่านการแปรรูป ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องมีวิธีการชะลอและป้องกันการเสื่อมสภาพลดการเกิดสีน้ำตาลของผักที่ได้รับการแปรรูป ซึ่งวิธีที่ใช้ในควบคุมการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์ คือ

2.3.1 การใช้ความร้อน

การใช้ความร้อนลดการเกิดสีน้ำตาล เช่น การลวก เป็นการทำให้พืชผ่านความร้อนในระยะเวลาสั้นๆ เพื่อทำลายกิจกรรมของเอนไซม์ ซึ่งการทำให้เอนไซม์ที่เป็นโปรตีนเสียสภาพนั้นต้องใช้อุณหภูมิที่สูงกว่า 50°C โดยค่า D value หรือ decimal reduction time คือ อุณหภูมิ และระยะเวลาที่ใช้ลดปริมาณของเอนไซม์ชนิดต่างๆ ในผักผลไม้ ซึ่งลดลงได้ถึง 90% จากปริมาณเอนไซม์เริ่มต้น ค่า D value ที่สูงบ่งบอกถึงความสามารถในการคงทนต่อความร้อนของเอนไซม์ จุลินทรีย์ สารเคมีที่ช่วงเวลาหนึ่งได้ เอนไซม์ polyphenol oxidase มีค่า D value ที่อุณหภูมิ 95°C เท่ากับ 60 วินาที (เสน่ห์ บัวสนิท และคณะ. 2561)

2.3.2 การปรับให้เป็นกรด

เมื่อ pH ลดลงหรือปรับ pH ให้อยู่ประมาณ 3 หรือต่ำกว่าเอนไซม์จะถูกยับยั้งการทำงานเอนไซม์สูญเสียสภาพธรรมชาติ เพราะเอนไซม์จะทำงานได้ดีที่ pH 5-7 เพราะฉะนั้นการปรับ pH ด้วยกรดอินทรีย์ เช่น malic acid, citric acid และ phosphoric acid ปรับให้มี pH เท่ากับหรือต่ำกว่า 3 จะยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาได้ (ปรรัตน์ ศุภมิตรโยธิน. 2559)

2.3.3 การใช้สาร reducing agent

การใช้สารที่มีคุณสมบัติรีดิวซ์ *o*-quinone ให้กลับไปเป็นสารประกอบที่ไม่มีสีคือสารประกอบฟีนอล ยกตัวอย่างสาร reducing agent เช่น erythorbate ascorbic acid sulfites เป็นต้น (ปรรัตน์ ศุภ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิตรโยธิน. 2559) สารเคมีที่ได้ผลดีในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล ได้แก่ ascorbic acid, sulfites และ citric acid แต่การใช้ sulfites มีผลต่อคนที่เป็นโรคหอบหืดจึงถูกห้ามใช้ในหลายผลิตภัณฑ์ จาก พระราชบัญญัติอาหารของกระทรวงสาธารณสุข กำหนดให้เกลือไบซัลไฟต์ของโพแทสเซียมและโซเดียม เกลือซัลไฟต์เป็นอาหารควบคุมเฉพาะ ตามกฎกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 (พ.ศ. 2527) และองค์กร อนามัยโลกกำหนดค่าความปลอดภัยที่ควรได้รับสาร sulfites ต่อคนต่อวันไว้ คือ 0.7 มิลลิกรัม เท่านั้น สารที่นิยมใช้การลดการเกิดสีน้ำตาลจึงเป็น ascorbic acid และ citric acid (Food Network Solution. 2563) ascorbic acid กรดแอสคอร์บิกหรือที่เรียกกันว่า วิตามินซีพบมากในผักผลไม้สด มีลักษณะเป็น ผลึกหรือผงขาวมีสูตรทางเคมี คือ $C_6H_8O_6$ วิตามซีไม่ละลายในคลอโรฟอร์มแต่ละลายได้ดีในน้ำและเอทา นอล วิตามินซีนั้นสูญสลายได้ง่ายด้วยปัจจัยหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยเฉพาะ อย่างยิ่งเมื่อเจอออกซิเจนและแสง แม้ว่าวิตามินซีจะมีฤทธิ์เป็นกรดและเป็นสารรีดิวซ์ที่แรงมากแต่มักจะ ถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายโดยออกซิเจนในอากาศ นอกจากจะเป็นสารรีดิวซ์แล้วยังทำหน้าที่เป็นโคแฟคเตอร์ของ เอนไซม์ oxygenase โดยที่วิตามินซีจะให้อิเล็กตรอนไปรีดิวซ์ออกซิเจน หรือจะไปทำให้ Fe^{2+} และ Cu^{2+} อยู่ในรูปรีดิวซ์ตลอด วิตามินซียังเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในเซลล์และทำหน้าที่ต้านอนุมูลอิสระที่เกิดจาก ออกซิเจนโดยให้อิเล็กตรอนกับอนุมูลเปอร์ออกซิล อนุมูลไฮดรอกซิล และอนุมูลซุปเปอร์ออกไซด์ที่จะมา ทำอันตรายผนังเซลล์ (ศรมน สุทิน. 2559) มีการรายงานเกี่ยวกับการใช้กรดแอสคอร์บิกจาก ศันสนีย์ กาบบัว และธนะชัย พันธ์เกษมสุข (2551) ว่าผลลำไยที่แช่ในกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1% นาน 1 และ 5 นาทีสามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase และการเปลี่ยนสีของเปลือกด้านนน นอก ลดการสูญเสียน้ำหนักสด และทำให้สารประกอบฟีนอล และปริมาณวิตามินซีในเนื้อสูงกว่าชุด ควบคุม พนิดา เมฆทัพ และมยุรี กระจายกลาง (2558) ยังได้รายงานว่ากรดแอสคอร์บิคเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ กันอย่างกว้างขวางเนื่องจากมีคุณสมบัติสามารถช่วยยับยั้งการเปลี่ยนแปลงสีเป็นสีน้ำตาล ยับยั้งการเกิดสี น้ำตาลของผิวผัก ผลไม้ตัดแต่งได้ดี และช่วยรักษาคุณค่าทางโภชนาการของผักผลไม้สดตัดแต่ง

2.3.4 การใช้ Chelating agent

การทำงานของ Chelating agent เป็นการที่สารคีเลตเข้าไปจับกันกับโลหะ เช่น Zn^{+} Mn^{+} Mg^{2+} Fe^{2+} Ca^{2+} และ Cu^{2+} ที่มีโมเลกุลอยู่ในโครงสร้างและทำงานร่วมกับเอนไซม์ โดยการยับยั้งกระบวนการ ทำงานของเอนไซม์นั้นสารคีเลตจะล้อมประจุบวกของธาตุที่เป็นโลหะไว้ ทำให้ไม่เปิดโอกาสให้ประจุลบ จากที่อื่นเข้าทำปฏิกิริยาได้เอนไซม์จึงสูญเสียความสามารถในการเร่งปฏิกิริยา ตัวอย่าง Chelating agent เช่น EDTA , polycarboxylic acids (malic, oxalic, citric, tartaric และ succinic acid) (ปรรัตน์. 2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 การใช้สภาพบรรยากาศควบคุมและดัดแปลง

ก๊าซออกซิเจนเป็นตัวการสำคัญในการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ และอายุการเก็บรักษาของผักพร้อมบริโภค การเก็บรักษาผักพร้อมบริโภคในอัตราส่วนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนที่เหมาะสม การลดออกซิเจนลงจะช่วยลดการเกิดออกซิเดชันบริเวณที่ผักได้รับการตัดแต่ง ซึ่งการใช้ออกซิเจนความเข้มข้นต่ำควบคู่คาร์บอนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูงจะช่วยการหายใจ ช่วยลดการผลิตเอทิลีนทำให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้นได้และยังสามารถลดการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียได้ โดยการควบคุมและดัดแปลงสภาพบรรยากาศจะทำด้วยการบรรจุใน modified asmosphere packaging โดยการควบคุมและดัดแปลงสภาพบรรยากาศเป็นหนึ่งในวิธีการป้องการการสัมผัสกับออกซิเจน (สุวิมล วัฒนะพันธ์ศักดิ์. 2549)

2.3.6 สารธรรมชาติลดการเกิดสีน้ำตาล

การควบคุมการเกิดสีน้ำตาลจากเอนไซม์เป็นจุดสนใจหลักของอุตสาหกรรมอาหารและการพัฒนาสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลเพื่อรักษาคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของผักและผลไม้สด เพื่อความพึงพอใจต่อแนวทางที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ความคุ้มค่า และปลอดภัยจึงมีการพัฒนาสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลจากสารธรรมชาติต่างๆ เช่น น้ำสับปะรด น้ำผึ้ง สารสกัดจากเปลือกทับทิม เปลือกมะม่วง ขิง หัวหอม กรดโคจิก น้ำมะพร้าว น้ำมันหอมระเหย ตัวอย่างการใช้สารธรรมชาติเหล่านี้ เช่น ฤทธิ์ของน้ำสับปะรดลดการเกิดสีน้ำตาลในกล้วยสดหั่นบางเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 °C เป็นเวลา 3 วัน คล้ายกับฤทธิ์ของกรดแอสคอร์บิกที่ 8 มิลลิโมลลาร์ และพบว่า PPO ในกล้วยถูกยับยั้งเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม เนื่องจากในน้ำสับปะรดมีกรดซิตริกและกรดมาลิก (Chaisakdanugull *et al*. 2007) การใช้น้ำผึ้งเคลือบร่วมกับการเคลือบด้วยโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองยืดอายุและรักษาคุณภาพสับปะรดหั่นชิ้นที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 16 วัน การเคลือบด้วยน้ำผึ้งและโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองช่วยให้ปริมาณฟีนอลรวมในชิ้นสับปะรดคงยังสูงอยู่ และน้ำผึ้งสามารถใช้ควบคุมการเกิดสีน้ำตาลได้อย่างมีประสิทธิภาพช่วยรักษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของสับปะรดหั่นสด (Yousuf and Srivastava, 2019) ฤทธิ์ของน้ำมันจากขิงยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ PPO ในกล้วยและทุเรียนเทศ ได้ 60.9% และ 48.1% สารสกัดจากขิงมีเบต้าแคโรทีน กรดแอสคอร์บิก เคอร์คูมิน กรดคาเฟอิก และเบต้าซิโตสเตอรอลซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล การศึกษานี้บ่งชี้ว่าขิงสามารถใช้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ปลอดสารพิษ และมีประสิทธิภาพในการป้องกันกิจกรรม PPO โดยไม่สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการในผักและผลไม้ (Weerawardana *et al*. 2020)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 น้ำมันหอมระเหย

ในพืชจะมีสารหอมระเหยมากมายหลายชนิดที่ทำให้พืชแต่ละชนิดนั้นมีกลิ่นหอมแตกต่างกันออกไป สารหอมต่างๆ เหล่านั้นจะอยู่ในกลุ่มของ polyterpenes, sesquiterpenes, hydrocarbon terpenes และอนุพันธุ์ที่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (oxygenated derivative) ส่วนประกอบอื่นๆในน้ำมันหอมระเหยจะมีกรดชนิดต่างๆ เอสเทอร์ อัลดีไฮด์ แอลกอฮอล์ อิพอกไซด์ เอมีน คีโตน และซัลไฟด์อยู่ด้วย น้ำมันหอมระเหยเป็นน้ำมันที่มีอนุภาคเล็กเป็นน้ำมันที่พืชผลิตขึ้นเองตามธรรมชาติซึ่งจะสกัดได้จากส่วนต่างๆของพืช เช่น ราก เปลือก/ลำต้น ใบ ผล ผิวของผล กลีบดอกและเกสร ทุกส่วนของพืชมีน้ำมันหอมระเหยอยู่สามารถนำมาสกัดได้ขึ้นอยู่ชนิดของพืชและความต้องการจะนำไปใช้ โดยพืชเหล่านี้จะมีบริเวณพิเศษซึ่งทำหน้าที่เก็บสะสมสารที่มีกลิ่นหอม ได้แก่

1. โพรงเก็บน้ำมัน (oil cavities) หรือถุงน้ำมัน (oil sacs) พบได้จากพืชวงศ์ส้มและวงศ์ชมพู่
2. Internal hairs พบได้จากพืชวงศ์กล้วยไม้
3. Glandular hairs พบได้จากพืชวงศ์กะเพรา
4. ท่อเก็บน้ำมัน (oil ducts) พบได้จากพืชวงศ์ Asteraceae เช่น คาโมไมล์
5. เซลล์น้ำมัน (oil cells) หรือเซลล์เรซิน (resin cells) พบได้จากพืชวงศ์อบเชย พืชวงศ์ขิง พืชวงศ์พริกไทยและพืชวงศ์จันเทศน์
6. ช่องเก็บน้ำมัน (oil canals) หรือช่องเก็บเรซิน (resin canals) พบได้จากพืชวงศ์ผักชีและพืชวงศ์สน
7. บริเวณเซลล์เนื้อเยื่อบางๆ รอบพาเรนไคมา (parenchyma) หรือ idioblast พบได้จากพืชวงศ์จำปา

พืชแต่ละชนิดให้กลิ่นหอมที่แตกต่างกัน และแต่ละส่วนที่นำมาสกัดก็มีสารและคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ยกตัวอย่างพืชและส่วนที่นำมาสกัด เช่น น้ำมันหอมระเหยจากกระชาย ขิง จะสกัดจากส่วนของราก (หัวใต้ดิน) สน อบเชยสกัดจากส่วนของเปลือก มะกรูด ยูคาลิปตัส ตะไคร้ สกัดจากส่วนของใบ ในส่วนที่สกัดจากผลพืชจะเป็นพืชอย่างกระวาน ยี่หร่า ผักชี จันทร์เทศ ส่วนของดอกก็มีพืชมากมายที่สกัดน้ำมันหอมระเหยจากส่วนนี้ เช่น มะลิ กานพลู กุหลาบ กระดังงาเป็นต้น น้ำมันหอมระเหยจากพืชแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่หลากหลายแตกต่างกันไป คุณสมบัติเด่นๆ ของน้ำมันหอมระเหย คือ มีกลิ่นหอมเฉพาะตัวสามารถระเหยได้ในอุณหภูมิปกติและเมื่อได้รับความร้อนก็จะยิ่งระเหยได้ดีมากขึ้น น้ำมันหอมระเหยมีลักษณะเป็นของเหลวใสที่มีสีอ่อนๆ หรือไม่มีสีเลย ตัวอย่างพืชและสารออกฤทธิ์ที่สำคัญ ได้แก่

มะกรูด (Kaffir lime) ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Citrus hystrix* DC. จัดอยู่ในวงศ์ส้ม (Rutaceae) ลักษณะคล้ายมะนาวแต่มีผิวขรุขระ ผลอ่อนมีเป็นสีเขียวแก่เมื่อผลสุกจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองสด ใบสีเขียวแก่พื้นผิวใบเรียบเกลี้ยงและมันวาว มะกรูดมีกลิ่นหอมเพราะมีต่อมน้ำมันอยู่ส่วนที่ใช้สกัดน้ำมันหอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระเหยคือผิวเปลือกและใบ สีของน้ำมันที่สกัดได้เป็นสีใสเหมือนกันแต่สารที่เป็นองค์ประกอบหลักแตกต่างกัน ในผิวมะกรูดพบสาร beta-pinene, sabinene, limonene และ citronellal ด้วย ในใบมะกรูดพบสาร beta-citronellal มากถึง 79.29% (ศุภรัตน์ และคณะ, 2563) มะกรูดมีเป็นพืชที่มีสรรพคุณทางยาจึงมีการนำไปใช้เพื่อรักษาอาการต่างๆ เช่น การนำผิวมะกรูดประยุกต์ใช้เป็นชาสมุนไพรที่ให้กลิ่นหอมจากน้ำมันหอมบำบัดความเครียดช่วยผ่อนคลายความกังวล และในน้ำชายังพบสารประกอบฟินอลิก ได้แก่ Chlorogenic acid, protocatechuic acid, vanillic acid และ p-Coumaric aid เป็นต้น (กัลยา สนิทนอก และ อนงค์ ศรีโสภา. 2562)

ตะไคร้ (Lemon grass) ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Cymbopogon citratus* อยู่ในวงศ์ Gramineae ลำต้นเป็นกอใหญ่มีข้อและปล้อง มีไขปกคลุมตามข้อ ลักษณะเป็นแท่งทรงกระบอก ยาว แข็ง และเกลี้ยง มีใบยาวเรียวแหลม และคม มีขนเล็กน้อย ตะไคร้มีกลิ่นหอมเฉพาะตัวนิยมนำมาเป็นเครื่องแกงประกอบอาหาร นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ยังนำมาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ มีการศึกษาฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ต่อเชื้อ *Candida albicans* สายพันธุ์ก่อโรค พบว่าน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ความเข้มข้น 0.5 mg/ml สามารถฆ่า *C. albicans* H303 ได้อย่างรวดเร็วภายใน 4 ชั่วโมง และพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้มี (z)-citral เป็นองค์ประกอบหลักถึงร้อยละ 89

พลู (Betel Vine) ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Piper betle* อยู่ในวงศ์พริกไทย Piperaceae เป็นไม้เถาที่มีรากยึดเกาะ ใบมีลักษณะเป็นรูปคล้ายหัวใจมีความมันวาว มีกลิ่นฉุนและมีรสเผ็ด พลูมีฤทธิ์ลดการอักเสบ แก้โรคผิวหนังได้ มีรายงานว่าสารสกัดจากใบพลูมีสมบัติในการต้านเชื้อรา แบคทีเรีย และอนุมูลอิสระและมีฟินอลิกสูงโดยเฉพาะการสกัดด้วยเอทานอล มีสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ ได้แก่ ascorbic acid, eugenol and β-carotene ที่เป็น scavenging antioxidant ที่สามารถป้องกันการเกิด Lipid peroxidation และ peroxidation ได้ จึงมีการศึกษาเพื่อพัฒนาเครื่องสำอางที่ใช้สารสกัดจากพลูให้มีค่ามาตรฐานที่ห้ามปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง (ทิฐิมา ภาคภูมิ และคณะ. 2559)

กะเพรา (Holy basil) ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Ocimum sanctum* อยู่ในวงศ์ Labeataceae มีลักษณะใบรูปไข่ ขอบหยัก มีขนที่ก้านใบเล็กน้อย มีกลิ่นเฉพาะตัว เป็นพืชที่นำมาประกอบอาหาร เช่น ผัดกะเพรา มีสรรพคุณบรรเทาอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ นอกจากนี้ยังมีการใช้ประโยชน์จากน้ำมันหอมระเหยกระเพราอย่างหลากหลาย เช่น การใช้เป็นสารประกอบในเครื่องสำอางเพราะมีสารฟินอลิกที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูสอิสระ ใช้ในครีมบำรุงเพราะมีฤทธิ์ลดการอักเสบ ลดสิวได้ ใช้เป็นสารปรุงแต่ง สารเคลือบอาหาร เป็นต้น น้ำมันหอมที่สกัดได้มีสีเหลืองใสและองค์ประกอบหลักในน้ำมันหอมระเหยกะเพราพบสาร methyl eugenol ถึง 67.95% (ศุภรัตน ดวนใหญ่ และคณะ. 2563)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยน้ำมันหอมระเหยจากพืชธรรมชาติมีหลายวิธีการสกัดที่หลากหลายซึ่งในการเลือกวิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหยจะพิจารณาจากลักษณะและปัจจัยต่างๆ เช่น ส่วนของพืชที่นำมาสกัด วัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพที่ต้องการเป็นต้น วิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหยสามารถแบ่งออกได้ ดังต่อไปนี้

1. การกลั่น (Distillation)

วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นวิธีที่ประหยัดและสามารถใช้แยกน้ำมันหอมระเหยได้เกือบทุกชนิด การกลั่นแบ่งออกได้ 3 วิธี คือ

1.1 การกลั่นด้วยน้ำ (water distillation / hydrodistillation)
เป็นการกลั่นโดยการต้มในน้ำเดือด ใส่พืชในหม้อกลั่นใส่น้ำจนท่วมและต้มให้เดือดเมื่อน้ำเดือดระเหยเป็นไอน้ำมันหอมระเหยจะถูกไอน้ำพาออกมาจากในเนื้อเยื่อพืช

1.2 การกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ (water and steam distillation)
เป็นการกลั่นโดยการนำพืชมาวางบนตะแกรงที่อยู่เหนือหม้อต้มน้ำ ให้ความร้อนจนเดือดกลายเป็นไอน้ำส่วนของพืชใช้มักจะเป็นทั้งต้นหรือใบ การกลั่นโดยวิธีนี้ อาจเรียกว่า Wet steam

1.3 การกลั่นด้วยไอน้ำ (steam distillation)
เป็นการกลั่นโดยการวางพืชบนตะแกรงเหนือหม้อกลั่นและแยกกันกับหม้อกลั่นที่บรรจุน้ำที่ต้มเดือดเป็นการกลั่นโดยใช้ไอน้ำหรือเรียกวิธีนี้ว่า dry steam

2. สารสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย (Solvent extraction)

3. การสกัดโดยใช้ไขมัน (Enfleurage)

4. การบีบหรือการบีบเย็น (Expression/Cold expression)

5. การสกัดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ (Super-critical carbon dioxide extraction) (ฐาปนีย์ หงสรัตนาวรกิจ. 2550)

น้ำหอมระเหยที่สกัดออกมานั้นก็มีการนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายๆด้าน เช่น ทางด้านอาหาร ด้านการแพทย์ ด้านความสวยความงาม คุณสมบัติของน้ำมันหอมระเหยบางชนิดมีฤทธิ์บรรเทาอาการปวดเมื่อยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ ช่วยให้ผ่อนคลาย รักษาระบบทางเดินอาหาร เป็นสารกันบูด สารเจือปนในอาหาร แม้ว่าน้ำมันหอมระเหยสามารถเจือปนในอาหารได้แต่มีน้ำมันหอมระเหยจากพืชที่สามารถรับประทานได้ประมาณ 160 ชนิด ที่ได้ถูกกำหนดไว้ใน Code of Federal Regulations Title 21 Volum 3: 21 CFR 182.20 (Revised of April 1, 2017) โดย Generally Recognized as Safe (GRAS) ของคณะกรรมการอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา ให้มีรายชื่อในบัญชีรายชื่อสารที่ได้รับการยอมรับว่ามีความปลอดภัยในการบริโภค ในประเทศไทยมีรายงานว่าพืชที่สามารถสกัดเป็นน้ำมันหอมระเหยนำมาใช้เจือปนในอาหารได้ได้แก่ ขิง ใบสะระแหน่ เปปเปอร์มินท์ ตะไคร้หอม กานพลู อบเชย เม็ดยี่หร่า โป๊ยกั๊ก จันทร์เทศ ใบ

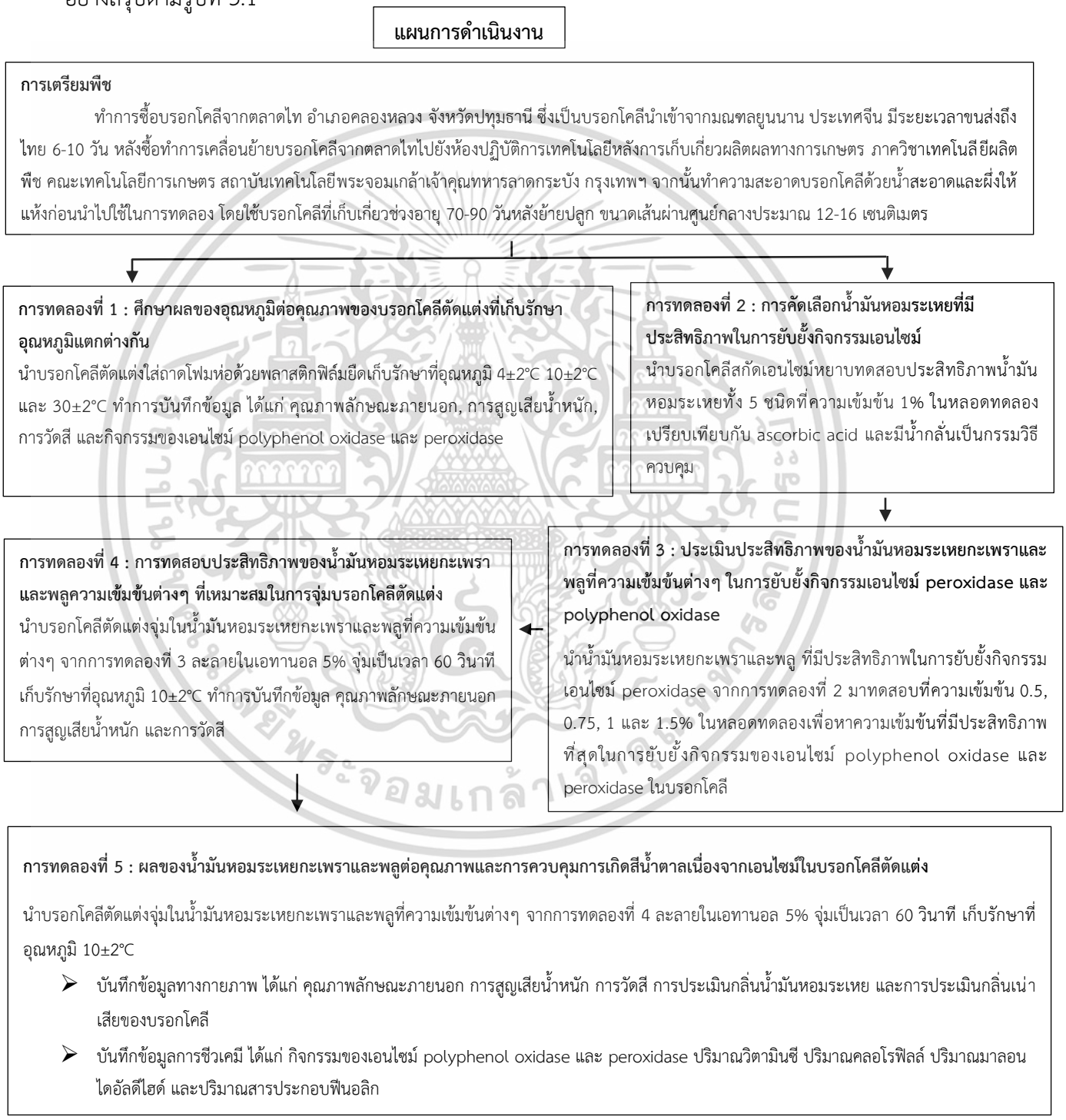
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหระพาฝรั่ง ผิวมะกรูด ผิวพืชตระกูลส้ม ไทม์ ลาเวนเดอร์ โรสแมรี่ และคาโมมายล์ (พนิดา รัตนปิติกรณ์. 2561) และนอกจากนี้ยังมีรายงานจาก Chen *et al*. (2017) ที่ได้รายงานผลของผักกาดหอมตัดแต่งผักกาดหอมตัดแต่งที่ได้รับการรักษาด้วยน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู 0.05% และยูจีนอล 0.05% ต่อการควบคุมการเกิดสีน้ำตาล พบว่าสามารถยับยั้งการเสื่อมสภาพ ชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์ และลดกิจกรรมของ peroxidase ที่ทำให้เกิดสีน้ำตาล ลดการแพร่กระจายของสีน้ำตาลในผักกาดหอมตัดแต่ง Azarakhsh *et al*. (2014) ได้ศึกษาผลน้ำมันหอมระเหยตะไคร้ร่วมกับสารเคลือบที่บริโภคได้จากอัลจิเนตเพื่อยืดอายุการเก็บและรักษาคุณภาพของสับปะรดตัดสด จากการศึกษาพบว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยตะไคร้ร่วมกับอัลจิเนตเพื่อยืดอายุการเก็บและรักษาคุณภาพของสับปะรดตัดสดช่วยลดการเปลี่ยนแปลงของสีสับปะรดที่ได้รับการตัดแต่งได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินการวิจัยตามวิทยานิพนธ์ แบ่งเป็น 5 การทดลอง รายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานอย่างสรุปตามรูปที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แผนการดำเนินการวิจัยตามวิทยานิพนธ์อย่างสรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ ได้แก่ บรอกโคลีจากตลาดไท อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี (ภาพที่ 3.1) น้ำมันหอมระเหย ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูด ใบมะกรูด ตะไคร้ พลู และกะเพรา

ภาพที่ 3.1 บรอกโคลีจากตลาดไท อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี

3.1.2 สารเคมี ได้แก่ sodium dihydrogen orthophosphate (NaH_2PO_4), di-sodium hydrogen orthophosphate (Na_2HPO_4), sodium carbonate anhydrous (Na_2CO_3), catechol, ascorbic acid, ethanol, acetone, guaiacol, hydrogen peroxide, folin, metaphosphoric, polyvinylpolypyrrolidone (PVPP), trichloroacetic acid และ thiobarbituric acid.

3.1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ ได้แก่ บีกเกอร์ โกร่งบดสาร กระบอกตวง กระดาษกรอง หลอดหยด หลอดวัดค่าดูดกลืนแสง หลอดทดลอง ไมโครปิเปต (micropipette) เครื่องปั่น เครื่องชั่งอย่างละเอียด 2 และ 4 ตำแหน่ง เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (spectrophotometer) เครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) เครื่องวัดสี และวอเทค (vortex)

3.2 วิธีการดำเนินงาน

3.2.1 การเตรียมพืช

บรอกโคลีจากตลาดไท อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ซึ่งเป็นบรอกโคลีนำเข้าจากมณฑลยูนนาน ประเทศจีน มีระยะเวลาขนส่งถึงไทย 6-10 วัน หลังซื้อทำการเคลื่อนย้ายบรอกโคลีจากตลาดไทไปยังห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลทางการเกษตร ภาควิชาเทคโนลียีผลิตพืช คณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ จากนั้นทำความสะอาดบรอกโคลีด้วยน้ำสะอาดและผึ่งให้แห้งก่อนนำไปใช้ในการทดลอง โดยใช้บรอกโคลีที่ดอกตูมแน่น ไม่เหลืองและดอกไม่บาน ไม่มีตำหนิบาดแผล โรค และแมลง ขนาดของหัวมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 12-16 เซนติเมตร

3.2.2 <u>การทดลองที่ 1</u> : ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพของบรอกโคลีตัดแต่งที่เก็บรักษาอุณหภูมิแตกต่างกันการเตรียมพืช

นำบรอกโคลีที่ตัดแต่งเป็นช่อเล็กๆ ขนาด 3×4 เซนติเมตร บรรจุใส่ถาดโฟมปริมาณ 100 กรัม และห่อด้วยพลาสติกฟิล์มยืดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2°C 10±2°C และ 30±2°C วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 เก็บรักษาบรอกโคลีตัดแต่งที่อุณหภูมิ 4±2°C

กรรมวิธีที่ 2 เก็บรักษาบรอกโคลีตัดแต่งที่อุณหภูมิ 10±2°C

กรรมวิธีที่ 3 เก็บรักษาบรอกโคลีตัดแต่งที่อุณหภูมิ 30±2°C

บันทึกและวิเคราะห์ผล

1. การประเมินคุณภาพลักษณะภายนอก บันทึกผลทุกวัน

ประเมินลักษณะภายนอกโดยรวมด้วยสายตามีเกณฑ์การให้คะแนนที่ 5 ระดับ

1 = ไม่ดีมาก (คายน้ำอย่างรุนแรง พืชตัวอย่างมีสีเหลืองมากขึ้น พื้นผิวที่ถูกตัดมีสีน้ำตาลเข้มจนถึงคล้ำ และมีอาการเน่าร่วมด้วย)

2 = ไม่ดี (คายน้ำมาก เสื่อมสภาพจนเห็นได้ชัดพืชตัวอย่างเริ่มมีสีเหลือง พื้นผิวที่ถูกตัดเป็นสีน้ำตาล)

3 = พอใช้ (มีการคายน้ำ พืชตัวอย่างยังมีสีเขียวอยู่แต่อ่อนลง พื้นผิวที่ถูกตัดเป็นสีเหลือง)

4 = ดี (มีการคายน้ำเล็กน้อย พืชตัวอย่างมีสีเขียว พื้นผิวที่ถูกตัดมีสีเหลืองเล็กน้อย)

5 = ยอดเยี่ยม (มีลักษณะสด พืชตัวอย่างมีสีเขียว พื้นผิวที่ถูกตัดไม่เป็นสีเหลืองหรือสีน้ำตาล)

กำหนดให้ระดับ 3 คะแนน เป็นขีดจำกัดความสามารถทางการตลาด (ยังสามารถขายได้)

ระดับ 2 คะแนน เป็นขีดจำกัดของการรับประทาน (ยังรับประทานได้)

ระดับ 1 คะแนน เป็นขีดจำกัดที่ไม่สามารถรับได้

2. การสูญเสียน้ำหนัก

ทำบันทึกน้ำหนักสดทุกๆ 3 วัน นำไปคำนวณการสูญเสียน้ำหนักตามสูตร ดังนี้

การสูญเสียน้ำหนัก(%) = $[(W_i-W_t)/W_i] \times 100$

โดยที่ W_i = น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา

W_t = น้ำหนักหลังการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวัดสีส่วนดอกและก้านบรอกโคลี

ใช้เครื่องวัดสี Color Reader CR-10 Plus วัดสีของตัวอย่างบรอกโคลีขณะวัดค่าผิวของตัวอย่างจะต้องแนบกับบริเวณรูรับแสงให้มากที่สุด เทียบระดับสีจากค่า L*, a*, b*

ค่า L* บอกถึงความสว่างมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 โดยที่ 0 คือ สีดำ 100 คือ สีขาว

ค่า a* บอกถึง สีเขียว (-a*) และสีแดง (+a*)

ค่า b* บอกถึง สีน้ำเงิน (-b*) และสีเหลือง (+b*)

4. กิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase และ peroxidase

การเตรียมสารสกัดเอนไซม์หยาบจากบรอกโคลี

นำบรอกโคลีไปหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ชั่งด้วยเครื่องชั่ง ให้ได้น้ำหนัก 15 กรัม ปั่นสารละลาย 0.5 M sodium phosphate buffer 50 มิลลิลิตร ที่มี PVPP (polyvinylpolypyrrolidone) 1.25 กรัม และตกตะกอนกากและเศษผักด้วย centrifuge ที่ 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที 4 °C เก็บสารละลายส่วนใสเป็นแหล่งเอนไซม์

4.1 วัดกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase

นำเอนไซม์สกัดหยาบที่ได้ทำการทดสอบด้วยวิธี polyphenol oxidase ทำปฏิกิริยาเคมีในหลอดทดลอง โดยการใส่ส่วนผสมของสารตั้งต้น 3 มิลลิลิตร ประกอบด้วย 0.05 M sodium phosphate buffer 120 มิลลิลิตร และ catechol 0.13 กรัม เติมน้ำกลั่น/ascorbic acid/น้ำมันหอมระเหย/สารสกัด 100 ไมโคลิตร และเติมสารละลายส่วนใสของพืชทดลอง 0.5 มิลลิลิตร เป็นลำดับสุดท้าย ทำการวัดค่าการเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 398 นาโนเมตร บันทึกผลทุกๆ 30 วินาที เป็นเวลา 4 นาทีด้วยเครื่อง spectrophotometer

นำค่าที่ได้จากการวัดค่าดูดกลืนแสงกลืนแสงมาคำนวณหาค่ากิจกรรมของเอนไซม์ที่เกิดขึ้น คำนวณดังนี้

กิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase (U/mL) = ($(AF_{398} - AI_{398})/t$) / ((0.001)(v))

กำหนดให้

AF_{398} = ค่าดูดกลืนแสงเมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาที่ความยาวคลื่น 398 นาโนเมตร

AI_{398} = ค่าดูดกลืนแสงเมื่อเริ่มต้นปฏิกิริยาที่ความยาวคลื่น 398 นาโนเมตร

t = เวลา (นาที)

v = ปริมาตร (mL) ของเอนไซม์สกัดหยาบที่ใช้ทำปฏิกิริยาเคมี

0.001 = การเปลี่ยนแปลงค่าดูดกลืนแสง 0.001 หน่วยต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 วัดกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase

นำเอนไซม์สกัดหยาบที่ได้มาทำการทดสอบด้วยวิธี peroxidase ทำปฏิกิริยาเคมีในหลอดทดลอง โดยนำส่วนผสมของสารตั้งต้น ประกอบด้วย 4% guaiacol 10 มิลลิลิตร 0.46% H_2O_2 10 มิลลิลิตร และ 0.05 M sodium phosphate buffer (pH 7.0) 100 มิลลิลิตร ทำปฏิกิริยาในหลอดทดลองโดยการใส่ส่วนผสมของสารตั้งต้น 3 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น/ascorbic acid/น้ำมันหอมระเหย/สารสกัด 100 ไมโครลิตร และจากนั้นทำการเติมสารละลายส่วนใสของพืชทดลองใส่สารสกัด 30 ไมโครลิตร ทำการวัดค่าการเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร และบันทึกผลทุกๆ 30 วินาที เป็นเวลา 4 นาทีด้วยเครื่อง spectrophotometer นำค่าที่ได้จากการวัดค่าดูดกลืนแสงกลืนแสงมาคำนวณหาค่ากิจกรรมของเอนไซม์ที่เกิดขึ้นคำนวณดังนี้

กิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase (Units/mL) = ((AF_{470}- AI_{470})/t) / ((0.001)(v))

กำหนดให้

AF_{470} = ค่าดูดกลืนแสงเมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร

AI_{470} = ค่าดูดกลืนแสงเมื่อเริ่มต้นปฏิกิริยาที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร

t = เวลา (นาที)

v = ปริมาตร (mL) ของเอนไซม์สกัดหยาบที่ใช้ทำปฏิกิริยาเคมี

0.001 = การเปลี่ยนแปลงค่าดูดกลืนแสง 0.001 หน่วยต่อนาที

3.2.3 การทดลองที่ 2 : การคัดเลือกน้ำมันหอมระเหยที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase ในบรอกโคลีในหลอดทดลอง

ทำการสกัดเอนไซม์หยาบ ทดสอบและบันทึกผลกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase ตามการทดลองที่ 1 ข้อ 4.2 โดยทดสอบกับน้ำมันหอมระเหยทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูด ใบมะกรูด ตะไคร้ กะเพรา และพลูในหลอดทดลอง เปรียบเทียบกับ ascorbic acid ที่ความเข้มข้น 0.17% และมีน้ำกลั่นเป็นกรรมวิธีควบคุม วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 7 กรรมวิธีการทดลอง กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 น้ำกลั่น (กรรมวิธีควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 ascorbic acid 0.17%

กรรมวิธีที่ 3 น้ำมันหอมจากผิวมะกรูด 1%

กรรมวิธีที่ 4 น้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูด 1%

กรรมวิธีที่ 5 น้ำมันหอมระเหยตะไคร้ 1%

กรรมวิธีที่ 6 น้ำมันหอมระเหยจากพลู 1%

กรรมวิธีที่ 7 น้ำมันหอมระเหยจากกะเพรา 1%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 การทดลองที่ 3 : ประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ ในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase และ peroxidase

3.2.4.1 นำน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase จากการทดลองที่ 2 มาทดสอบที่ความเข้มข้น 0.5, 0.75, 1 และ 1.5 ในหลอดทดลอง เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยที่ความเข้มข้นต่างๆ ในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase ในบรอกโคลี และทำการบันทึกผลตามการทดลองที่ 1 ข้อ 4.1 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทั้งหมด 10 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 น้ำกลั่น (กรรมวิธีควบคุม)
กรรมวิธีที่ 2 ascorbic acid 0.17%
กรรมวิธีที่ 3 น้ำมันหอมระเหยพลู ที่ความเข้มข้น 0.5%
กรรมวิธีที่ 4 น้ำมันหอมระเหยพลู ที่ความเข้มข้น 0.75%
กรรมวิธีที่ 5 น้ำมันหอมระเหยพลู ที่ความเข้มข้น 1%
กรรมวิธีที่ 6 น้ำมันหอมระเหยพลู ที่ความเข้มข้น 1.5%
กรรมวิธีที่ 7 น้ำมันหอมระเหยกะเพรา ที่ความเข้มข้น 0.5%
กรรมวิธีที่ 8 น้ำมันหอมระเหยกะเพรา ที่ความเข้มข้น 0.75%
กรรมวิธีที่ 9 น้ำมันหอมระเหยกะเพรา ที่ความเข้มข้น 1%
กรรมวิธีที่ 10 น้ำมันหอมระเหยกะเพรา ที่ความเข้มข้น 1.5%

3.2.4.2 นำน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase จากการทดลองที่ 2 มาทดสอบที่ความเข้มข้น 0.5, 0.75, 1 และ 1.5% ในหลอดทดลอง เพื่อหาความเข้มข้นที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase ในบรอกโคลี และทำการบันทึกผลตามการทดลองที่ 1 ข้อ 4.2 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทั้งหมด 10 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 น้ำกลั่น (กรรมวิธีควบคุม)
กรรมวิธีที่ 2 ascorbic acid 0.17%
กรรมวิธีที่ 3 น้ำมันหอมระเหยพลู ที่ความเข้มข้น 0.5%
กรรมวิธีที่ 4 น้ำมันหอมระเหยพลู ที่ความเข้มข้น 0.75%
กรรมวิธีที่ 5 น้ำมันหอมระเหยพลู ที่ความเข้มข้น 1%
กรรมวิธีที่ 6 น้ำมันหอมระเหยพลู ที่ความเข้มข้น 1.5%
กรรมวิธีที่ 7 น้ำมันหอมระเหยกะเพรา ที่ความเข้มข้น 0.5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรรมวิธีที่ 8 น้ำมันหอมระเหยกะเพรา ที่ความเข้มข้น 0.75%
กรรมวิธีที่ 9 น้ำมันหอมระเหยกะเพรา ที่ความเข้มข้น 1%
กรรมวิธีที่ 10 น้ำมันหอมระเหยกะเพรา ที่ความเข้มข้น 1.5%

3.2.5 การทดลองที่ 4 : การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราความเข้มข้นต่างๆ ที่เหมาะสมในการจุ่มบรอกโคลีตัดแต่ง

3.2.5.1 ประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราความเข้มข้นแตกต่างกัน

นำบรอกโคลีปราศจากตำหนิ โรคและแมลงที่ตัดแต่งเป็นช่อย่อยล้างในน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 20 °C เพื่อทำความสะอาดและกำจัดสิ่งตกค้างในบรอกโคลี จากนั้นทำการจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยชนิดและความเข้มข้นที่แตกต่างกันละลายในเอทานอล 5% จุ่มเป็นเวลา 60 วินาที สลัดน้ำออกด้วยตะกร้าสลัดน้ำ ผึ่งจนแห้งบรรจุใส่ถาดโฟมและห่อด้วยพลาสติกฟิล์มยืดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C เก็บรักษาจนเสื่อมคุณภาพระดับที่ยอมรับไม่ได้ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทั้งหมด 10 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 ไม่จุ่มสาร (กรรมวิธีควบคุม)
กรรมวิธีที่ 2 จุ่มด้วยเอทานอล 5%
กรรมวิธีที่ 3 จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู 0.0056%
กรรมวิธีที่ 4 จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู 0.0112%
กรรมวิธีที่ 5 จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู 0.0224%
กรรมวิธีที่ 6 จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู 0.0336%
กรรมวิธีที่ 7 จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.0025%
กรรมวิธีที่ 8 จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.005%
กรรมวิธีที่ 9 จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.01%
กรรมวิธีที่ 10 จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.015%

บันทึกข้อมูลทางกายภาพ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสี การสูญเสียน้ำหนัก การประเมินคุณภาพลักษณะภายนอก ตามการบันทึกข้อมูลของการทดลองที่ 1 และเพิ่มการประเมินกลิ่นของน้ำมันหอมระเหย และกลิ่นที่แสดงการเน่าเสีย มีเกณฑ์การประเมินดังนี้

1 คะแนน = ไม่มีกลิ่นรุนแรง
2 คะแนน = กลิ่นเล็กน้อย
3 คะแนน = กลิ่นรุนแรง

กำหนดให้ที่ระดับ 2 คะแนนเป็นขีดจำกัดที่ไม่สามารถรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5.2 ประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราความเข้มข้น 0.0075% 0.01125% และ 0.015%

ทำการเตรียมพืชบันทึกข้อมูลเช่นเดียวกับข้อที่ 3.2.5.1 ขั้นตอนในการทดลองจะทำการจุ่มบรอกโคลีด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้น 0.0075% 0.01125% และ 0.015% ละลายในเอทานอล 5% จุ่มเป็นเวลา 60 วินาที สลัดน้ำออกด้วยตะกร้าสลัดน้ำ ผึ่งจนแห้งบรรจุใส่ถาดโฟมและห่อด้วยพลาสติกฟิล์มยืดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C เก็บรักษาจนเสื่อมคุณภาพระดับที่ยอมรับไม่ได้ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทั้งหมด 7 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 ไม่จุ่มสาร (กรรมวิธีควบคุม)
กรรมวิธีที่ 2 จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู 0.0075%
กรรมวิธีที่ 3 จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู 0.01125%
กรรมวิธีที่ 4 จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู 0.015%
กรรมวิธีที่ 5 จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.0075%
กรรมวิธีที่ 6 จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.01125%
กรรมวิธีที่ 7 จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.015%

3.2.6 <u>การทดลองที่ 5</u> : ผลของน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราต่อคุณภาพและการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ในบรอกโคลีตัดแต่ง

ทำการเตรียมบรอกโคลีและทำการจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราที่ระดับความเข้มข้น 0.0075% และ 0.015% ที่ละลายในเอทานอล 5% จุ่มเป็นเวลา 60 วินาที สลัดน้ำออกด้วยตะกร้าสลัดน้ำ ผึ่งจนแห้งบรรจุใส่ถาดโฟมและห่อด้วยพลาสติกฟิล์มยืดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C เก็บรักษาจนเสื่อมคุณภาพระดับที่ยอมรับไม่ได้ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทั้งหมด 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 ไม่จุ่มสาร (กรรมวิธีควบคุม)
กรรมวิธีที่ 2 จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู ที่ความเข้มข้น 0.0075%
กรรมวิธีที่ 3 จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู ที่ความเข้มข้น 0.015%
กรรมวิธีที่ 4 จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพรา ที่ความเข้มข้น 0.0075%
กรรมวิธีที่ 5 จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพรา ที่ความเข้มข้น 0.015%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกข้อมูลทางกายภาพ ได้แก่ ประเมินคุณภาพลักษณะภายนอก การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสีของบรอกโคลีตามการทดลองที่ 1 ข้อที่ 1-3 และเพิ่มการประเมินกลิ่นที่แสดงการเน่าเสียของบรอกโคลีและกลิ่นของน้ำมันหอมระเหย มีเกณฑ์การประเมินดังนี้

1 คะแนน = ไม่มีกลิ่น

2 คะแนน = กลิ่นเล็กน้อย

3 คะแนน = กลิ่นรุนแรง

กำหนดให้ที่ระดับ 2 คะแนนเป็นขีดจำกัดที่ไม่สามารถรับได้

บันทึกข้อมูลสารชีวเคมี ได้แก่ กิจกรรมเอนไซม์ตามการทดลองที่ 1 ข้อที่ 4 ปริมาณวิตามินซี ปริมาณคลอโรฟิลล์ ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ และ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ตามวิธีการดังต่อไปนี้

1. ปริมาณวิตามินซี

ชั่งบรอกโคลี 5 กรัม บดใน 3% metaphosphoric acid 5 มิลลิลิตร ทำการหมุนเหวี่ยงที่ 2000 g ที่ 4 °C เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเก็บสารละลายส่วนใสใส่หลอดที่เตรียมไว้ ทำการทดลองปฏิกิริยาในหลอดทดลองโดยการเติม สารละลายส่วนใส 3 มิลลิลิตร EDTA in oxalic acid 9 มิลลิลิตร acetic acid-metaphosphoric acid 1 มิลลิลิตร H_2SO_4 2 มิลลิลิตร และ ammonium molybdate 4 มิลลิลิตร จากนั้นผสมให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 3 นาที ทำการวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 705 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer

2. ปริมาณคลอโรฟิลล์

ชั่งบรอกโคลี 0.5 กรัม นำมาสกัดด้วย acetone 80% ปริมาณ 5 มิลลิลิตร โดยการบดในโกร่งบดสาร จากนั้นทำการกรองแบบหยาบ 1 ครั้ง ปรับปริมาตรสารสกัดด้วย acetone 80% ให้ ได้ 5 มิลลิลิตร หากยังมีตะกอนอยู่นำไปตกตะกอนด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ 2500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 663, 647 และ 470 นาโนเมตร และนำไปคำนวณตามสูตรการหาค่าของคลอโรฟิลล์ a, b และ carotenoid ดังนี้

$Ca\ (\mu g/mL) = 12.25\ A_{663} - 2.79\ A_{647}$

$Cb\ (\mu g/mL) = 21.50\ A_{647} - 5.10\ A_{663}$

$Cx+c\ (\mu g/mL) = (100\ A_{470} - 1.82\ Ca - 85.02\ Cb) / 198$

3. ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์

บดตัวอย่างบรอกโคลี 0.5 กรัม ผสมกับ 0.1% TCA 5 มิลลิลิตร นำไปหมุนเหวี่ยงเพื่อตกตะกอน 10,000 รอบต่อนาทีที่ 25 °Cเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำสารละลายส่วนใส 1 มิลลิลิตร เติม 0.5% TBA ใน TCA 20% ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ที่ต้มเป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 95 °Cทิ้งไว้ให้เย็นและนำไปหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหวี่ยงอีกครั้งที่ 6,000 รอบต่อนาที 25 °Cเป็นเวลา 15 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 และ 600 นาโนเมตร คำนวณดังสมการ MDA = $(A_{532} - A_{600}) \times 10^6 / 155,000$

4.ปริมาณฟินอลิก

นำตัวอย่างบรอกโคลี 5 กรัม สกัดใน 95% เอทานอล 50 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน กรองเอาสารละลายส่วนใส ใช้สารละลายส่วนใส 1 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 4.5 มิลลิตร และ Folin 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วย 5 วินาที จากนั้นเติม 7.5% Na_2CO_3 4 มิลลิลิตร พักทิ้งไว้เป็นเวลา 60 นาที ที่อุณหภูมิห้องในที่มืด นำไปหมุนเหวี่ยงที่ 6000 รอบต่อนาทีที่ 25 °Cเป็นเวลา 5 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร คำนวณจากกราฟมาตรฐานซึ่งเตรียมจากสารละลาย gallic acid ในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมของสารสกัด (mg of gallic acid equivalent / g extract)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 การทดลองที่ 1 : ศึกษาผลของอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อคุณภาพของบรอกโคลีตัดแต่ง

4.1.1 การสูญเสียน้ำหนัก

เมื่อเก็บรักษาบรอกโคลีตัดแต่งในถาดโฟมห่อด้วยพลาสติกฟิล์มยืดที่อุณหภูมิ 4±2, 10±2 และห้องเป็นเวลา 12 วัน ผลการศึกษาพบว่ามีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาในทุกกรรมวิธี (ภาพที่ 4.1) อุณหภูมิห้องมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระหว่างการเก็บรักษา มีการสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุดในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาโดยสูญเสียน้ำหนัก 17.85±1.20% และในวันที่ 9 และ 12 ของการเก็บรักษาบรอกโคลีเกิดการเสื่อมสภาพมากจนไม่สามารถบันทึกผลได้ บรอกโคลีที่อุณหภูมิ 4±2 °C พบการสูญเสียน้ำหนัก 2.37±0.81% ในวันที่ 1 จนถึง 13.49±1.16% ในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา กรรมวิธีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C มีการสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด โดยสูญเสียน้ำหนัก 2.37±0.47% ในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสูญเสียน้ำหนักเพียง 7.97±1.30% ซึ่งน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ

4.1.2 ลักษณะภายนอก

การประเมินคุณภาพลักษณะภายนอกระหว่างการเก็บรักษาบรอกโคลีที่อุณหภูมิ 4±2°C 10±2°C และอุณหภูมิห้อง 30±2°C (ภาพที่ 4.2) ผลการทดลอง พบว่า ในช่วงวันแรกของการเก็บรักษาบรอกโคลีไม่พบการเสื่อมสภาพและไม่มีความแตกกันทางสถิติ แต่ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษาบรอกโคลีเริ่มเสื่อมสภาพและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยกรรมวิธีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 มีลักษณะที่ช่อดอกยังเขียว พื้นผิวบริเวณที่ถูกตัดมีสีเหลืองเล็กน้อย (4 คะแนน) กรรมวิธีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 มีการคายน้ำ บริเวณที่ถูกตัดเป็นสีเหลืองเข้มช่อดอกมีสีเขียวอ่อนลง (3 คะแนน) และกรรมวิธีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีการคายน้ำมากและเหี่ยว บริเวณรอยตัดเริ่มเห็นเป็นจุดสีน้ำตาล (2 คะแนน) ในวันที่ 6 กรรมวิธีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2°C และ 10±2°C บรอกโคลีเกิดการเสื่อมสภาพมีการคายน้ำเล็กน้อย บริเวณที่ถูกตัดเป็นสีเหลืองเข้มช่อดอกมีสีเขียวอ่อนลง (3 คะแนน) แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่กรรมวิธีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องบรอกโคลีเกิดการเสื่อมสภาพอย่างมาก บริเวณก้านมีจุดสีน้ำตาล ช่อดอกมีสีเหลือง และเกิดโรคพบเส้นใยเชื้อราอย่างชัดเจน (1 คะแนน) และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บรักษาบรอกโคลีที่อุณหภูมิ 4±2 และ 10±2℃ หลังจากนั้นบรอกโคลีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเกิดการเสื่อมสภาพจนไม่สามารถบันทึกผลต่อได้ และในวันที่ 9 และ 12 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 และ 10±2℃ เกิดการเสื่อมสภาพมีระดับคะแนนลดลงจนถึง 1 คะแนน ที่ลักษณะภายนอกช่อมีสีเหลืองอมน้ำตาล เกิดโรค มีเส้นใยเชื้อราเกิดขึ้น เสื่อมสภาพจนไม่สามารถบันทึกผลต่อไปได้ และไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 4.3)

4.1.3 การเปลี่ยนแปลงสีของก้านและช่อดอก

การเปลี่ยนแปลงสีก้านและสีช่อดอกของบรอกโคลีแสดงเป็นระบบค่าสี (CIE L* a* b*) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 10±2 และอุณหภูมิห้อง ผลการทดลองพบว่า ความสว่างของก้าน (L*) เพิ่มขึ้นในวันที่ 1 ของการเก็บรักษาทุกอุณหภูมิไม่แตกต่างกัน และความสว่างลดลงอย่างช้าๆในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา ค่าสีเขียว (a*) เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาจนถึงวันที่ 6 และลดลงในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา โดยการเก็บรักษาบรอกโคลีที่อุณหภูมิห้องสีเขียวลดลงเร็วที่สุด และค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วอย่างเห็นได้ชัด การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 และ 10±2℃ มีการเปลี่ยนแปลงของสีเหลืองเพียงเล็กน้อยและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.1) ในส่วนของสีช่อดอกพบว่าค่าความสว่าง (L*) ลดลงและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 6 วันของการเก็บรักษาแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ค่าสีเขียว (a*) เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในกรรมวิธีที่เก็บรักษาบรอคลีที่อุณหภูมิห้อง มากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ และค่าสีเหลือง (b*) ลดลงและเพิ่มขึ้นในช่วง 6 วันของการเก็บรักษา และเพิ่มขึ้นอย่างมากในวันที่ 9 ของกรรมวิธี 4±2 และ 10±2℃ และไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.2)

4.1.4 กิจกรรม polyphenol oxidase (Units/mL)

บรอกโคลีตัดแต่งเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกันพบกิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.3) บรอกโคลีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีกิจกรรมเอนไซม์มากที่สุด เท่ากับ 81.83±4.07 Units/mL รองลงมาคือบรอกโคลีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2°C มีกิจกรรมเท่ากับ 68.50±5.68 Units/mL ในขณะที่บรอกโคลีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C มีกิจกรรมน้อยที่สุดเท่ากับ 55.83±3.79 Units/mL ต่อมาในวันที่ 3 ของการเก็บรักษาบรอกโคลีที่อุณหภูมิที่ 4±2°C และอุณหภูมิห้องพบกิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้น แต่ที่บรอกโคลีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2°C พบกิจกรรมของเอนไซม์ลดลงเล็กน้อย ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษามีเพียงบรอกโคลีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องที่มีกิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้น ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษาบรอกโคลีที่อุณหภูมิ 4±2°C และ 10±2°C มีกิจกรรมเพิ่มขึ้นและลดลงอีกในวันที่ 12 ของการเก็บรักษาและไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ มีกิจกรรมของเอนไซม์เท่ากับ 47.83±3.51 และ 41.67±4.75 Units/mL ตามลำดับ ซึ่งกิจกรรมของ

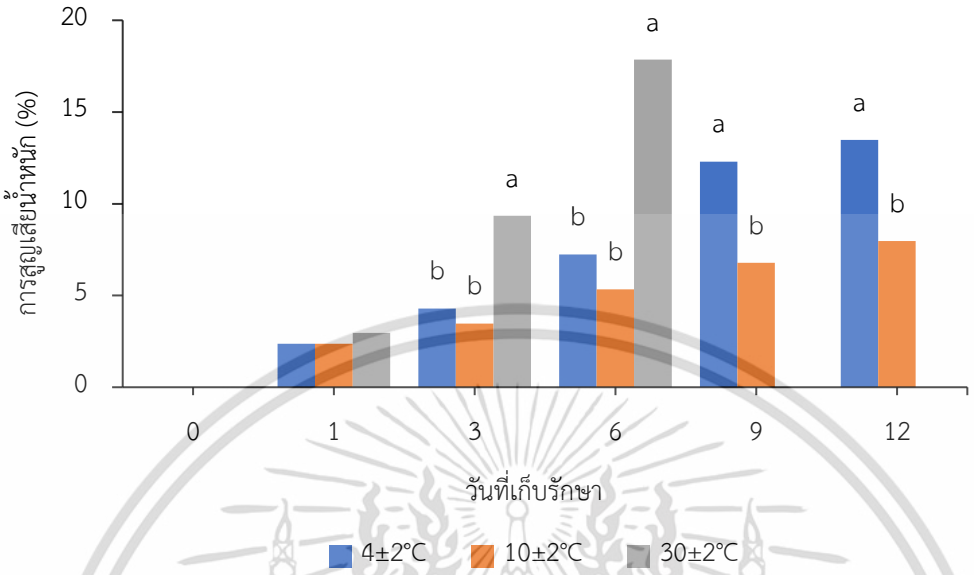
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอนไซม์ polyphenol oxidase ของบรอกโคลีในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีกิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้นในระดับสูงและแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญตลอดการเก็บรักษากับบรอกโคลีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2°C และ 10±2 °C

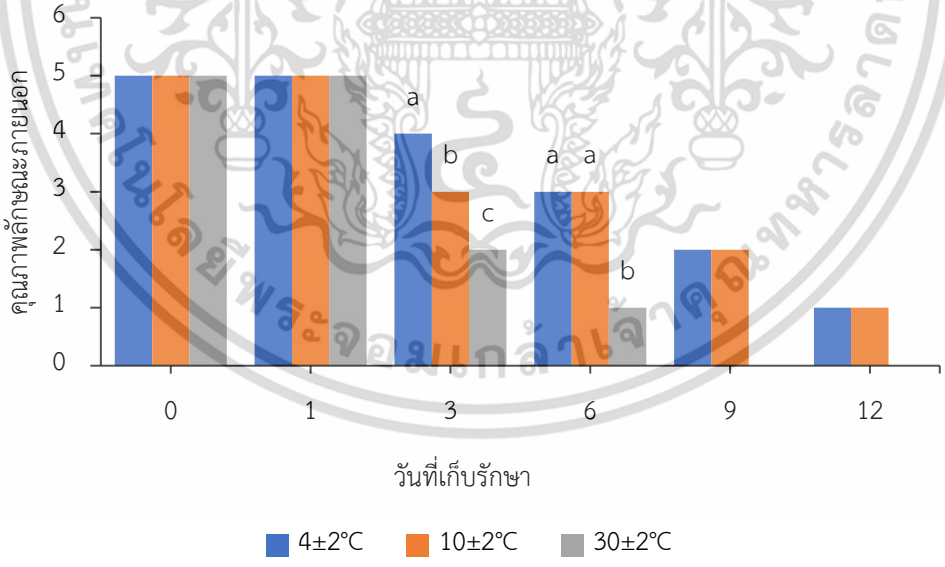
4.1.5 กิจกรรม peroxidase (Units/mL)

บรอกโคลีตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน ในช่วงวันที่ 1 ถึง 6 ของการเก็บรักษา พบว่าที่อุณหภูมห้องมีกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase ในระดับสูงและมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษาบรอกโคลีทั้ง 3 อุณหภูมิ พบกิจกรรมของเอนไซม์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยกรรมวิธีที่เก็บรักษาที่อุณภูมิห้องมีกิจกรรมมากที่สุด เท่ากับ 16,806.35±777.01 Units/mL รองลงมาคือกรรมวิธีที่เก็บที่อุณหภูมิ 4±2°C มีกิจกรรมเท่ากับ 14,241.27±471.44 Units/mL และกรรมวิธีที่เก็บที่อุณหภูมิ 10±2 °C มีกิจกรรมน้อยที่สุด เท่ากับ 12,028.57±348.5 Units/mL ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่าที่อุณหภูมิ 10±2 °C มีกิจกรรมน้อยที่สุดแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับบรอกโคลีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 °C มีกิจกรรมเท่ากับ 12,958.73±801.04 และ 13,174.60±550.85 Units/mL ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 การสูญเสียน้ำหนัก (%) ของบรอกโคลีตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน



ภาพที่ 4.2 คะแนนการประเมินคุณภาพลักษณะภายนอกของบรอกโคลีตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.3 การประเมินคุณภาพลักษณะภายนอกของบรอกโคลีตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงสี (CIE L* a* b*) ของก้านบรอกโคลีตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน

ค่าสี	วันที่เก็บรักษา	กรรมวิธี			CV. (%)	F-test
		4±2°C	10±2°C	30±2°C		
L*[1/]	0	86.51±0.78a[2/]	86.51±0.78a	86.51±0.78a	0.90	ns
	1	88.51±5.02a	93.90±1.27a	91.17±5.87a	4.95	ns
	3	87.79±0.60a	87.34±5.15a	82.53±2.58a	3.89	ns
	6	91.40±5.01a	85.57±2.17a	81.84±6.10a	5.48	ns
	9	89.53±2.36a	86.90±2.48a		2.74	ns
	12	84.13±3.55a	87.47±3.00a		3.83	ns
a*	0	-8.21±0.13a	-8.21±0.13a	-8.21±0.13a	1.66	ns
	1	-7.62±1.68b	-2.19±0.84a	-5.73±2.04ab	31.73	*
	3	-5.10±0.60a	-0.66±0.74b	-5.44±1.72b	30.34	*
	6	-1.93±1.57a	-4.89±0.86a	-3.01±1.13a	37.27	ns
	9	-5.83±3.15a	-4.03±2.68a		59.28	ns
	12	-4.93±1.85a	-3.00±1.85a		46.67	ns
b*	0	39.071±2.03a	39.071±2.03a	39.071±2.03a	5.19	ns
	1	36.36±2.92a	34.79±3.66a	39.80±1.67a	7.77	ns
	3	40.14±2.14b	36.91±0.93ab	47.10±1.88a	4.18	*
	6	35.93±2.37b	39.36±1.63b	45.67±5.48a	8.86	*
	9	40.53±1.39a	41.37±1.01a		2.96	ns
	12	36.53±1.81a	36.10±3.82a		8.23	ns

[1/]L* ความสว่าง, a* สีแดง, b* สีเหลือง [2/]ค่าเฉลี่ย±SD ที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Tukey's Studentized Rang Test ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ, * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงสี (CIE L* a* b*) ของช่อดอกบรอกโคลีตัดแต่งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ค่าสี	วันที่เก็บรักษา	กรรมวิธี			CV. (%)	F-test
		4±2°C	10±2°C	30±2°C		
L*[1/]	0	47.61±1.55a[2/]	47.61±1.44a	47.61±1.44a	3.03	ns
	1	49.80±1.72a	43.77±1.95b	47.34±1.84ab	3.92	*
	3	48.81±1.38a	45.96±4.41a	50.42±1.06a	5.66	ns
	6	45.10±0.59b	47.77±1.42ab	51.42±2.08a	3.11	*
	9	57.60±3.14a	51.40±5.15a		7.83	ns
	12	63.50±2.93a	63.37±1.25a		3.55	ns
a*	0	-8.96±0.26a	-8.96±0.26a	-8.96±0.26a	2.88	ns
	1	-6.37±1.09a	-8.48±0.78a	-7.24±0.73a	12.02	ns
	3	-7.92±1.32b	-8.61±0.70b	-4.24±1.65a	18.54	*
	6	-7.23±1.85b	-8.74±0.63b	0.39±1.09a	24.86	*
	9	-5.80±0.46a	-5.23±0.51a		8.82	ns
	12	-8.13±2.89a	-7.67±2.31a		33.15	ns
b*	0	23.29±2.77a	23.29±2.77a	23.29±2.77a	11.87	ns
	1	15.79±2.99a	20.39±3.52a	14.99±3.90a	20.48	ns
	3	18.43±3.71a	21.70±3.96a	25.10±2.92a	16.36	ns
	6	19.42±5.50a	23.86±4.42a	26.16±2.98a	19.10	ns
	9	34.40±2.56b	47.57±6.56a		12.15	*
	12	32.97±5.78a	39.23±1.32a		11.62	ns

[1/]L* ความสว่าง, a* สีแดง, b* สีเหลือง [2/]ค่าเฉลี่ย±SD ที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Tukey's Studentized Rang Test ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ, * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 กิจกรรมของเอนไซม์ของ polyphenol oxidase (Units/mL) ในบรอกโคลีตัดแต่งเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

วันที่เก็บรักษา	กิจกรรม Polyphenol oxidase (Units/mL)			CV. (%)	F-test
	4±2 ℃	10±2 ℃	30±2 ℃		
0	62.17±6.17a	62.17±6.17a	62.17±6.17a	9.93	ns
1	68.50±5.68b	55.83±3.79c	81.83±4.07a	6.68	*
3	74±1.50a	54.17±6.11b	85.33±5.35a	6.70	*
6	36.33±3.21b	32.67±2.47b	88.83±1.26a	4.66	*
9	61±4.27a	68±6.26a		8.31	ns
12	47.83±3.51a	41.67±4.75a		9.34	ns

ค่าเฉลี่ย±SD ที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Tukey's Studentized Rang Test ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ, * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.4 กิจกรรมของเอนไซม์ของ peroxidase (Units/mL) ในบรอกโคลีตัดแต่งเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

วันที่เก็บรักษา	กิจกรรม peroxidase (Units/mL)			CV. (%)	F-test
	4±2 ℃	10±2 ℃	30±2 ℃		
0	13,955.56±284.18a	13,955.56±284.18a	13,955.56±284.18a	2.04	ns
1	12,939.68±1,212.53b	13,533.33±471.31b	18,879.37±225.03a	5.04	*
3	14,241.27±471.44b	12,028.57±348.50c	16,806.35±777.01a	3.91	*
6	14,720.63±363.57a	14,314.29±489.99a	15,660.32±987.28a	4.50	ns
9	16,082.54±1,119.82a	15,682.54±897.53a		6.39	ns
12	13,174.60±550.85a	12,958.73±801.04a		5.26	ns

ค่าเฉลี่ย±SD ที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Tukey's Studentized Rang Test ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ, * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองที่ 2 : การคัดเลือกน้ำมันหอมระเหยที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase ในบรอกโคลีในหลอดทดลอง

จากการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูด ใบมะกรูด ตะไคร้ พลู และกะเพรา เปรียบเทียบกับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0.17% ในหลอดทดลองต่อการต้านกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase (ตารางที่ 4.5) ผลการศึกษาพบว่า กรรมวิธีควบคุม (น้ำกลั่น) มีกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase เท่ากับ 4,725.56 Units/mL เมื่อเติมกรดแอสคอร์บิกทำให้กิจกรรมเอนไซม์ลดลงและต่ำว่ากรรมวิธีควบคุม ซึ่งมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์เท่ากับ 4,111.11 Units/mL ยับยั้งได้ 13% ส่วนประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยที่ความเข้มข้น 1% ในการต้านกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบพลู มีค่ากิจกรมของเอนไซม์ 3,522.22 Units/mL ยับยั้งได้ถึง 25.46% ซึ่งมีค่ากิจกรรมต่ำกว่ากรรมวิธีที่ใช้กรดแอสคอร์บิกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติรองลงมาคือ น้ำมันหอมระเหยจากใบกะเพรา ใบมะกรูด และตะไคร้ตามลำดับ แต่น้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูดมีประสิทธิภาพในการต้านกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ใช้กรดแอสคอร์บิก

ตารางที่ 4.5 กิจกรรมเอนไซม์ peroxidase จากสารสกัดจากบรอกโคลีที่ได้รับกรดแอสคอร์บิก และน้ำมันหอมระเหยเมื่อทดสอบในหลอดทดลอง

กรรมวิธี	กิจกรรมเอนไซน์ Peroxidase (Units/mL)	การยับยั้งกิจกรรมเอนไซน์ peroxidase (%)
น้ำกลั่น	4,725.56±408.48a	0b
ascorbic acid 0.17%	4,111.11±105.95b	13a
ผิวมะกรูด 1%	4,174.45±97.20ab	11.66ab
ใบมะกรูด 1%	3,806.67±145.72bc	19.45a
ตะไคร้ 1%	3,908.89±193.69bc	17.28a
พลู 1%	3,522.22±66.78c	25.46a
กะเพรา 1%	3,762.22±167.38bc	20.39a
CV. (เปอร์เซ็นต์)	4.99	28.76
F-test	*	*

ค่าเฉลี่ย±SD ที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Tukey's Studentized Rang Test * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองที่ 3 : ประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ ในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase และ peroxidase

4.3.1 ประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase

จากการคัดเลือกน้ำมันหอมระเหยที่มีความสามารถในการต้านกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase ในบรอกโคลี พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบพลูและกะเพราต้านกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase มากที่สุด จึงนำน้ำมันหอมระเหยทั้งสองชนิดที่ความเข้มข้น 0.5-1.5% มาทดสอบการต้านกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase (ตารางที่ 4.6) จากการทดลองพบว่า กรรมวิธีควบคุมมีกิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase เท่ากับ 118.17 Units/mL แต่เมื่อให้กรดแอสคอร์บิกทำให้ลดกิจกรรมเอนไซม์ลดลงเหลือ 83.67 Units/mL และยับยั้งกกิจกรรมเอนไซม์ได้ 29.2% ในกรรมวิธีที่ใช้น้ำมันหอมระเหยพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากพลูที่ความเข้มข้น 0.75% ลดกิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase ได้ถึง 167.7% ซึ่งยับยั้งได้มากกว่ากรรมวิธีควบคุมและกรรมวิธีที่ใช้กรดแอสคอร์บิก ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยกะเพราไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุมและกรรมวิธีที่ใช้กรดแอสคอร์บิก แต่ที่ความเข้มข้น 1.5% ค่ากิจกรรมสูงว่าทุกกรรมวิธี

ตารางที่ 4.6 กิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase จากการสกัดบรอกโคลีที่ได้รับกรดแอสคอร์บิก น้ำมันหอมระเหยพลู และกะเพรา เมื่อทดสอบในหลอดทดลอง

กรรมวิธี	กิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase (Units/mL)	ยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase (%)
น้ำกลั่น	118.17±56.19b	0e
ascorbic acid 0.17%	83.67±15.75d	29.2d
พลู 0.5%	33±82.29e	72.07c
พลู 0.75%	0g	100a
พลู 1%	0g	100a
พลู 1.5%	18.17±7.49f	84.63b
กะเพรา 0.5%	119.33±79.88b	-0.99e
กะเพรา 0.75%	94.83±26.22c	19.75d
กะเพรา 1%	61.17±71.34e	48.24c
กะเพรา 1.5%	171.33±158a	-44.99f
CV. (เปอร์เซ็นต์)	5.25	9.33
F-test	*	*

ค่าเฉลี่ย±SD ที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Tukey's Studentized Rang Test * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase

จากการทดสอบผลของน้ำมันหอมระเหยที่มีความสามารถในการต้านกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase ในบรอกโคลี พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบพลูและกะเพราต้านกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase มากที่สุด จึงนำน้ำมันหอมระเหยทั้งสองชนิดที่ความเข้มข้น 0.5-1.5% มาทดสอบการต้านกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase (ตารางที่ 4.7) จากการทดลองพบว่า กรรมวิธีควบคุมมีกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase เท่ากับ 18,047.62 Units/mL แต่เมื่อให้กรดแอสคอร์บิกทำให้ลดกิจกรรมเอนไซม์ลดลงเหลือ 15346.03 Units/mL ยับยั้งได้ 14.97% ในกรรมวิธีที่ใช้น้ำมันหอมระเหย พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากกะเพรา ที่ความเข้มข้น 0.5% ลดกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase ได้ถึง 30.17% ซึ่งยับยั้งได้มากกว่ากรรมวิธีควบคุมและกรรมวิธีที่ใช้กรดแอสคอร์บิกแต่ไม่แตกต่างทางสถิติ ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยพลูทุกความเข้มข้นมีค่ากิจกรรมมากกว่ากรรมวิธีควบคุมและกรรมวิธีที่ใช้กรดแอสคอร์บิก

ตารางที่ 4.7 กิจกรรมเอนไซม์ peroxidase จากสารสกัดจากบรอกโคลีที่ได้รับกรดแอสคอร์บิก น้ำมันหอมระเหยพลู และกะเพรา เมื่อทดสอบในหลอดทดลอง

กรรมวิธี	กิจกรรมเอนไซม์ peroxidase (Units/mL)	การยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase (%)
น้ำกลั่น	18,047.62±1,601.56abc	0abc
ascorbic acid 0.17%	15,346.03±996.61bc	14.97ab
พลู 0.5%	23,355.56±4,640.26ab	-29.41bc
พลู 0.75%	23,317.46±2,195.88ab	-29.20bc
พลู 1%	25,133.33±4,222.59a	-39.26c
พลู 1.5%	21,723.81±2,905.17ab	-20.37bc
กะเพรา 0.5%	12,603.17±1,646.89c	30.17a
กะเพรา 0.75%	18,634.92±4,147.77abc	-3.25abc
กะเพรา 1%	20,977.78±1,009.58abc	-16.24abc
กะเพรา 1.5%	17,069.84±1,712.23abc	5.42abc
CV. (เปอร์เซ็นต์)	14.8	184.29
F-test	*	*

ค่าเฉลี่ย±SD ที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Tukey's Studentized Rang Test * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

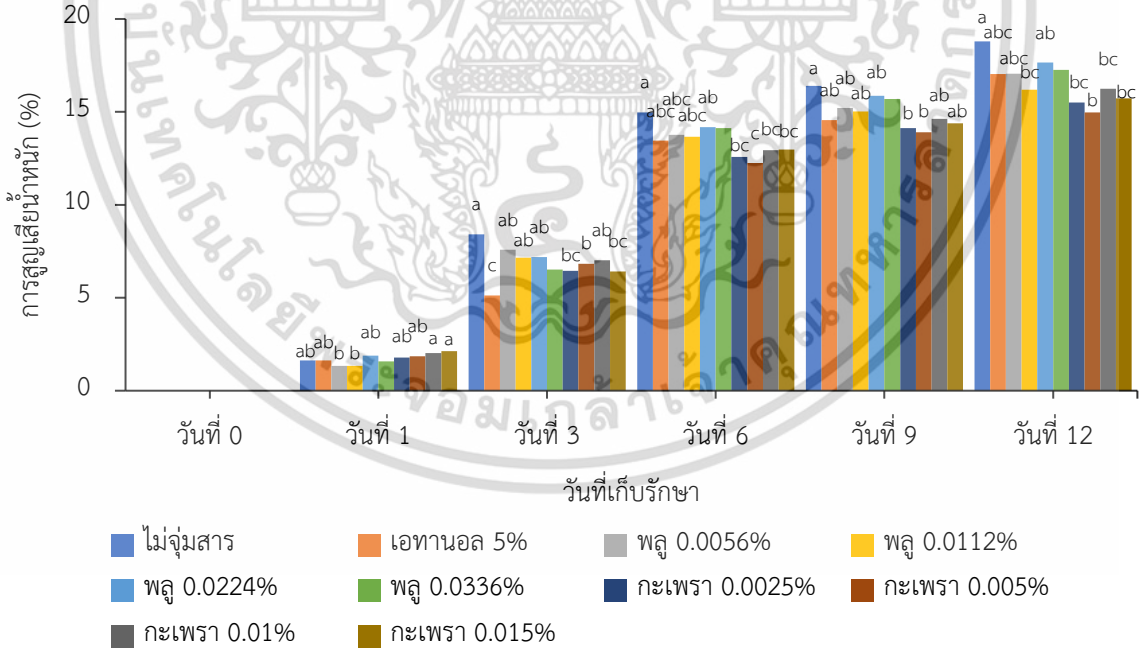
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดลองที่ 4 : การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยวิธีการจุ่มต่อคุณภาพบรอกโคลีตัดแต่ง

4.4.1 ประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราความเข้มข้นแตกต่างกัน

4.4.1.1 การสูญเสียน้ำหนัก

บรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มในน้ำมันหอมระเหยจากพลู และกะเพราความเข้มข้นแตกต่างกัน (เจือจางด้วยเอทานอล 5%) เป็นเวลา 60 วินาที และสลัดน้ำออก ผึ่งให้แห้งบรรจุใส่ถาดโฟมและห่อด้วยพลาสติกฟิล์มยืดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C พบว่า การสูญเสียน้ำหนักสดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกกรรมวิธีโดยกรรมวิธีควบคุมที่ไม่ได้จุ่มสารมีการสูญเสียมากกว่ากรรมวิธีอื่น ในวันที่ 1 ของการเก็บรักษามีการสูญเสียน้ำหนักที่ 1.63±0.3% และในวันที่ 12 ของการเก็บรักษาสูญเสียมากถึง 18.8±0.65% ในขณะที่วันที่ 1 ของการเก็บรักษากรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู 0.0056% และ 0.0112% พบการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นที่ 1.34±0.34% และ 1.34±0.07% แต่ในวันที่ 6 9 และ 12 กรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.005% พบว่ามีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดที่ 12.58±0.39% 13.9±0.51% และ 14.97±0.5% ตามลำดับ และน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 4.4)

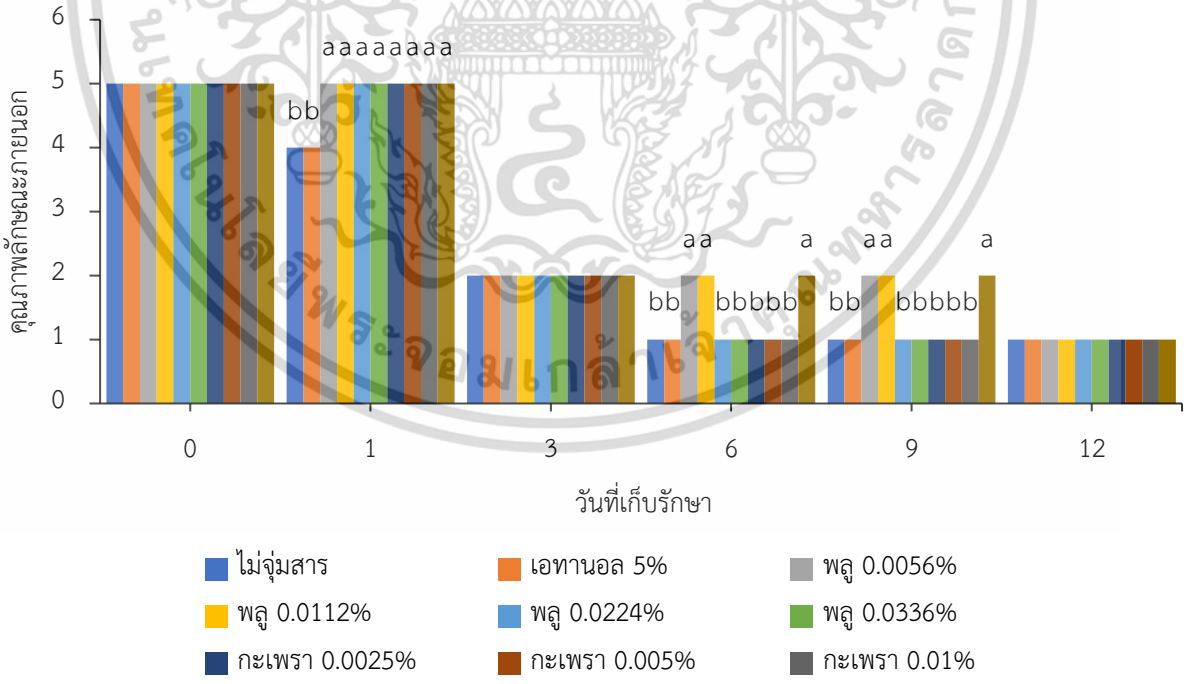


ภาพที่ 4.4 การสูญเสียน้ำหนัก (%) ของบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู และกะเพราที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

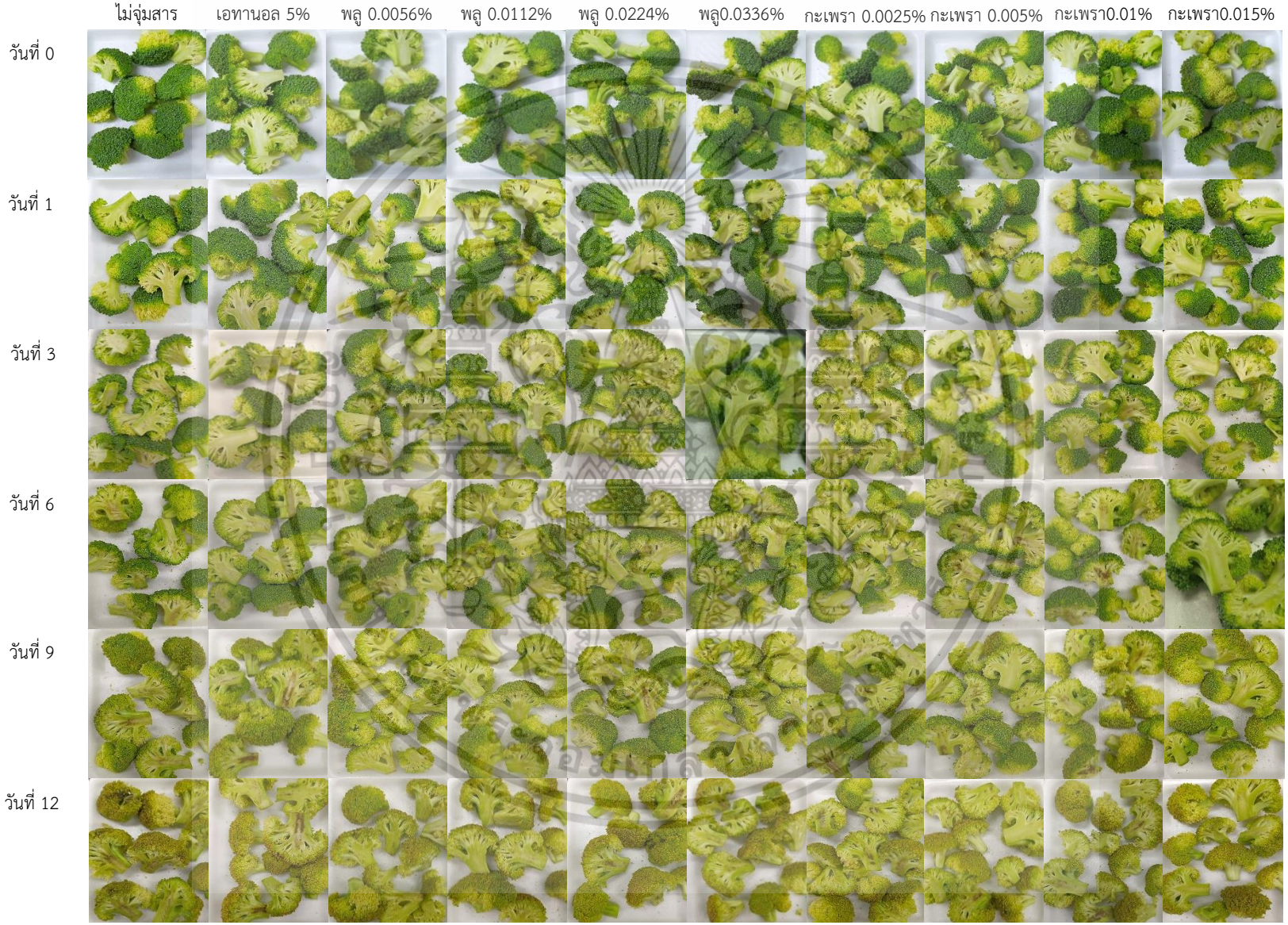
4.4.1.2 ลักษณะภายนอก

การประเมินลักษณะภายนอกระหว่างการเก็บรักษาบรอกโคลีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยจากพลูและกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ (เจือจางด้วยเอทานอล 5%) (ภาพที่ 4.5) พบว่า ในวันที่ 1 ของการเก็บรักษากรรมวิธีควบคุมที่ไม่จุ่มสาร และกรรมวิธีที่จุ่มเอทานอล 5% ช่อดอกย่อยเขียวและตูมแน่น แต่มีการเปลี่ยนแปลงคือบริเวณรอยตัดแต่งที่ก้านเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเล็กน้อย (4 คะแนน) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับทุกกรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา ช่อยังตูมแน่น ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงและก้านยังเขียวสด (5 คะแนน) ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษาพบว่าทุกกรรมวิธีเกิดการเสื่อมสภาพจนเห็นเป็นสีน้ำตาลบริเวณก้าน เกิดการคายน้ำ ช่อเริ่มคลายความแน่นและสีเขียวอ่อนลง (2 คะแนน) ต่อมาในวันที่ 6 และ 9 กรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู 0.0056% 0.0112% และน้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.015% ยังคงลักษณะภายนอกใกล้เคียงกับวันที่ 3 ของการเก็บรักษา แต่กรรมวิธีอื่นเสื่อมสภาพพบก้านเป็นสีน้ำตาลเข้ม ช่อดอกไม่แน่นและเปลี่ยนเป็นสีเหลืองมากขึ้น โดยวันที่ 9 ช่อดอกจะมีเหลืองมากกว่าวันที่ 6 แต่ยังมีสีเขียวปนอยู่เล็กน้อย และในวันที่ 12 ทุกกรรมวิธีเสื่อมสภาพมากก้านมีสีน้ำตาลคล้ำเข้ม ช่อดอกเหี่ยว เกิดโรค ดอกย่อยร่วงโรย และมีสีเหลืองอมน้ำตาลชัดเจน (1 คะแนน) (ภาพที่ 4.5)



ภาพที่ 4.5 คะแนนการประเมินคุณภาพลักษณะภายนอกของบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C

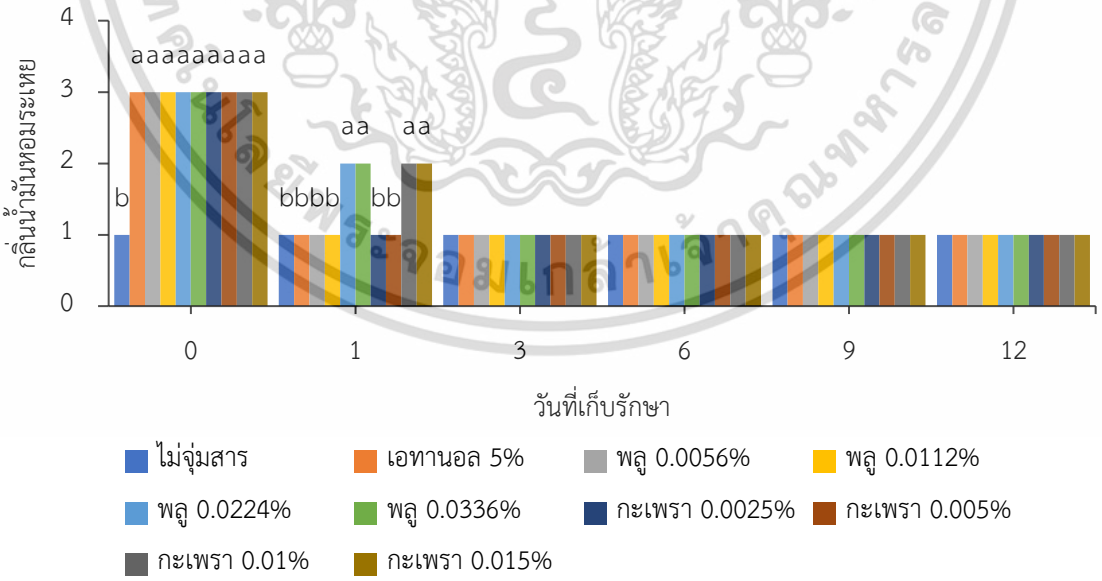
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 ลักษณะภายนอกของบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู และกะเพราความเข้มข้นแตกต่างกันเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 ℃ เป็นเวลา 12 วัน

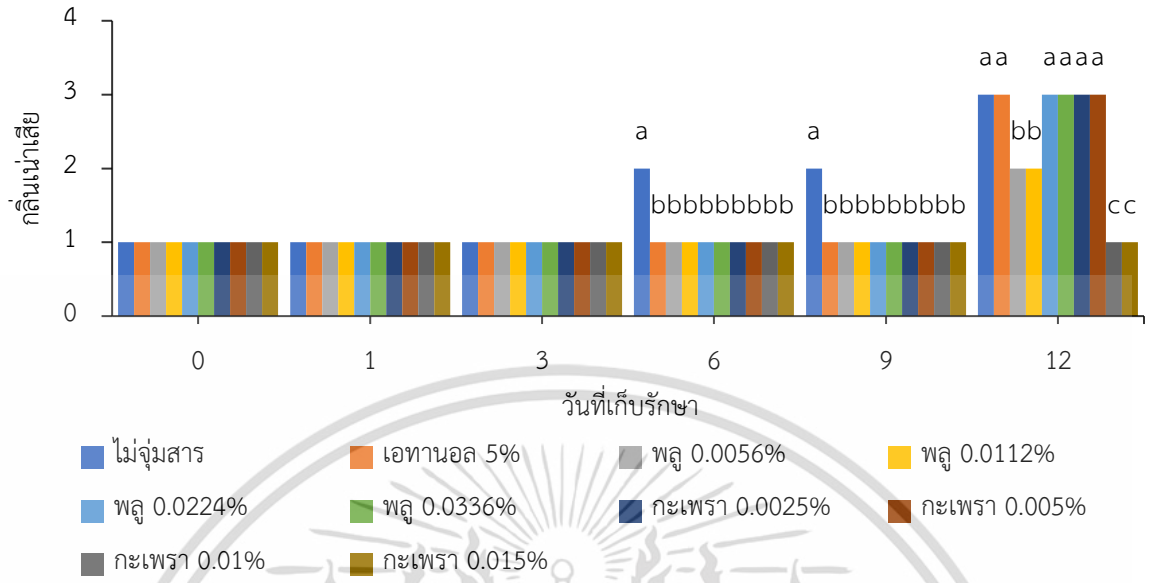
4.4.1.3 การประเมินกลิ่นน้ำมันหอมระเหย และกลิ่นของบรอกโคลีที่เกิดจากการเน่าเสีย

การประเมินกลิ่นน้ำมันหอมระเหยที่ติดมากับบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มในน้ำหอมระเหยจากพลูและกะเพราเมื่อเก็บรักษาที่ระยะเวลาแตกต่างกัน (ภาพที่ 4.7) พบว่า ในวันเริ่มต้นการทดลองในกรรมวิธีควบคุมไม่มีกลิ่น (1 คะแนน) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีที่จุ่มด้วยเอทานอล 5% และน้ำมันหอมระเหยพลู กะเพราทุกกรรมวิธีซึ่งมีกลิ่นรุนแรง (3 คะแนน) ต่อมาวันที่ 1 ของการเก็บรักษา มีเพียงกรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู 0.0224% 0.0336% และน้ำมันหอมกะเพรา 0.01% และ 0.015% ยังมีกลิ่นน้ำมันหอมระเหยเล็กน้อย ขณะที่กรรมวิธีอื่นๆไม่มีกลิ่น (1 คะแนน) และในวันที่ 3-12 ของการเก็บรักษาไม่พบกลิ่นน้ำมันหอมระเหยในทุกกรรมวิธี (1 คะแนน) นอกจากนี้ยังประเมินกลิ่นของบรอกโคลีที่เกิดจากการเน่าเสีย (ภาพที่ 4.8) พบว่า ในระยะเวลา 3 วันของการเก็บรักษา ไม่พบกลิ่นเน่าเสียของบรอกโคลีในทุกกรรมวิธี (1 คะแนน) แต่ในวันที่ 6 และ 9 พบว่า กรรมวิธีควบคุมเริ่มมีกลิ่นเล็กน้อย (2 คะแนน) แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีที่จุ่มด้วยเอทานอล 5% น้ำมันหอมระเหยพลู และกะเพราทุกกรรมวิธีที่ยังไม่มีกลิ่น (1 คะแนน) และวันที่ 12 ของการเก็บรักษามีเพียงกรรมวิธีที่จุ่มด้วยกะเพรา 0.01 และ 0.015% ไม่เกิดกลิ่นเลย (1 คะแนน) กรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู 0.0056% และ 0.0112% เริ่มมีกลิ่นเล็กน้อย (2 คะแนน) ในขณะที่กรรมวิธีควบคุม กรรมวิธีจุ่มด้วยเอทานอล 5% กรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู 0.0224% และ 0.0336% น้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.0025% และ 0.005% มีกลิ่นของบรอกโคลีอย่างรุนแรง (3 คะแนน)



ภาพที่ 4.7 คะแนนการประเมินคุณภาพกลิ่นน้ำมันหอมระเหยในบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู และกะเพราความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 คะแนนการประเมินคุณภาพกลิ่นเน่าของบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราความเข้มข้นแตกต่างกัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 ℃

4.4.1.4 การเปลี่ยนแปลงสีของก้านและช่อดอก

การเปลี่ยนแปลงสีก้านและสีช่อดอกของบรอกโคลีที่จุ่มด้วยน้ำหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ แสดงเป็นระบบค่าสี (CIE L* a* b*) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 ℃ ผลการทดลองพบว่า ความสว่างของก้าน (L*) มีแนวโน้มลดลงในทุกกรรมวิธีตลอดการเก็บรักษายกเว้นกรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.015% ที่มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นในช่วงวันที่ 6 ถึง 12 ของการเก็บรักษา ค่าสีเขียว (a*) ในกรรมวิธีควบคุม และกรรมวิธีที่จุ่มด้วยเอทานอล 5% กรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.005% และ 0.01% ลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดการเก็บรักษา และค่าสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกกรรมวิธีตลอดการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.8) ในส่วนของสีช่อดอกพบว่าค่าความสว่าง (L*) เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดการเก็บรักษาในกรรมวิธีควบคุม และกรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู 0.0224% ขณะที่กรรมวิธีอื่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลง และในวันที่ 12 ของการเก็บรักษามีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นในทุกกรรมวิธีแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ค่าสีเขียว (a*) พบว่าสีเขียวของช่อดอกลดลงอย่างเห็นได้ชัดในวันที่ 9 และ 12 ของการเก็บรักษาทุกกรรมวิธี และค่าสีเหลือง (b*) วันที่ 3 ถึง 12 ของการเก็บรักษาในทุกกรรมวิธีมีค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (ตารางที่ 4.9)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงสี (CIE L* a* b*) ของก้านบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราความเข้มข้นต่างกันเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 ℃

ค่าสี	วันที่เก็บรักษา	กรรมวิธี										CV. (%)	F-test
		ไม่จุ่มสาร	เอทานอล 5%	พลู 0.0056%	พลู 0.0112%	พลู 0.0224%	พลู 0.0336%	กะเพรา 0.0025%	กะเพรา 0.005%	กะเพรา 0.01%	กะเพรา 0.015%		
L*[1/]	0	93.30±1.25a[2/]	90.73±2.57a	92.97±0.71a	91.77±2.87a	91.63±0.71a	90.50±0.89a	92.47±-0.32a	93.20±2.15a	94.93±0.25a	91.23±1.21a	1.69	ns
	1	92.60±0.87abc	93.67±1.21a	92.60±1.61abc	93.40±0.53ab	90.40±0.72bc	90.77±1.00abc	90.10±0.89ac	90.67±1.62abc	91.17±0.91abc	90.23±0.65c	1.16	*
	3	91.73±1.78a	86.93±2.37ab	86.67±2.01ab	83.73±2.86b	86.00±1.48ab	67.87±1.22c	87.77±2.42ab	83.57±3.78b	83.27±1.91b	83.00±0.95b	2.64	*
	6	79.27±2.82bc	86.53±0.15a	87.92±0.60a	87.57±0.49ba	87.34±0.47a	78.00±2.25c	87.23±1.91a	76.38±2.08c	75.15±1.47c	83.47±0.44ab	1.88	*
	9	76.11±1.63b	70.94±0.88c	87.45±1.44a	85.72±0.31a	77.44±1.41b	77.36±2.98b	74.12±2.52bc	77.11±1.85b	74.41±1.66bc	84.48±1.42a	2.24	*
	12	71.43±0.80b	62.01±1.20c	84.12±0.66a	82.80±2.22a	73.98±1.84b	70.60±1.55b	71.00±2.14b	70.64±1.70b	70.26±1.66b	84.83±0.90a	2.1	*
a*	0	-6.50±0.56ab	-6.97±0.76b	-6.17±0.12ab	-6.40±0.85ab	-6.17±0.15ab	-6.87±0.29b	-6.23±0.06ab	-5.80±0.56ab	-5.27±0.60a	-6.73±0.51ab	8.19	*
	1	-0.67±0.64a	-2.87±0.81a	-3.13±0.42a	-3.20±0.78a	-3.47±0.75a	-4.30±0.60a	-4.57±0.38a	-4.73±0.38a	-4.60±0.17a	-2.13±7.06a	68.36	ns
	3	1.50±0.62a	-1.17±0.25abcd	-0.83±1.34abcd	-2.00±0.10bcde	-4.20±0.66e	0.13±±1.57ab	-3.20±1.61ed	0.00±0.36abc	1.57±0.96a	-2.83±0.91cde	88.93	*
	6	0.65±0.17ab	-1.76±0.45c	-3.77±0.12d	-3.33±0.37d	-3.78±0.42d	-0.15±0.65b	-3.22±0.52cd	1.44±0.34a	1.78±1.12a	-2.77±0.57cd	36.42	*
	9	1.08±0.43abc	2.22±0.56a	-3.61±0.60de	-3.90±0.37e	-0.74±0.55abcde	-1.95±2.11bcde	1.63±1.13ab	0.35±0.97abcd	1.28±1.00abc	-2.61±3.32cde	225.49	*
	12	1.38±0.62abc	3.70±1.04a	-3.25±0.47d	-5.07±0.46cd	1.49±0.81abc	-0.26±1.82ac	1.31±0.22bc	1.96±0.47abc	2.20±0.67ab	-3.98±0.34d	1610.85	*
b*	0	33.40±1.06abc	35.90±0.36a	31.37±0.72cd	32.37±0.81bcd	29.67±2.75d	35.33±0.42ab	32.73±0.99abcd	30.90±1.28cd	31.40±0.44cd	32.17±0.25bcd	3.47	*
	1	38.23±0.42a	34.93±1.99ab	33.20±0.96b	34.57±1.16ab	36.80±0.53ab	34.63±1.25ab	36.90±1.51ab	35.63±3.09ab	33.37±1.78b	34.63±0.46ab	4.41	*
	3	38.37±1.64ab	33.00±0.92b	36.27±0.90ab	35.03±0.25ab	36.83±3.18ab	36.73±1.47ab	33.03±±5.33ab	34.40±0.36ab	36.27±0.72ab	39.37±1.33a	6.13	*
	6	35.51±0.89ab	34.07±0.14b	34.20±1.03b	36.45±1.63ab	37.71±0.95a	36.63±0.85ab	37.09±1.17ab	34.80±1.50ab	33.88±1.83b	35.01±1.02ab	3.32	*
	9	36.00±0.85ab	32.78±1.59b	36.76±0.48ab	38.88±0.90a	35.04±0.81ab	38.03±2.40a	33.28±0.22b	37.24±2.13ab	35.80±1.17ab	38.78±2.81a	4.33	*
	12	36.53±0.78bc	32.33±0.52d	38.38±1.93ab	40.48±1.74a	33.91±1.13cd	36.07±1.42bcd	33.49±1.78cd	35.39±1.67bcd	34.12±1.29cd	41.03±1.49a	3.67	*

[1/]L* ความสว่าง, a* สีแดง, b* สีเหลือง [2/]ค่าเฉลี่ย±SD ที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Tukey's Studentized Rang Test ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ, * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงสี (CIE L* a* b*) ของช่อดอกบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราความเข้มข้นต่างกัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 ℃

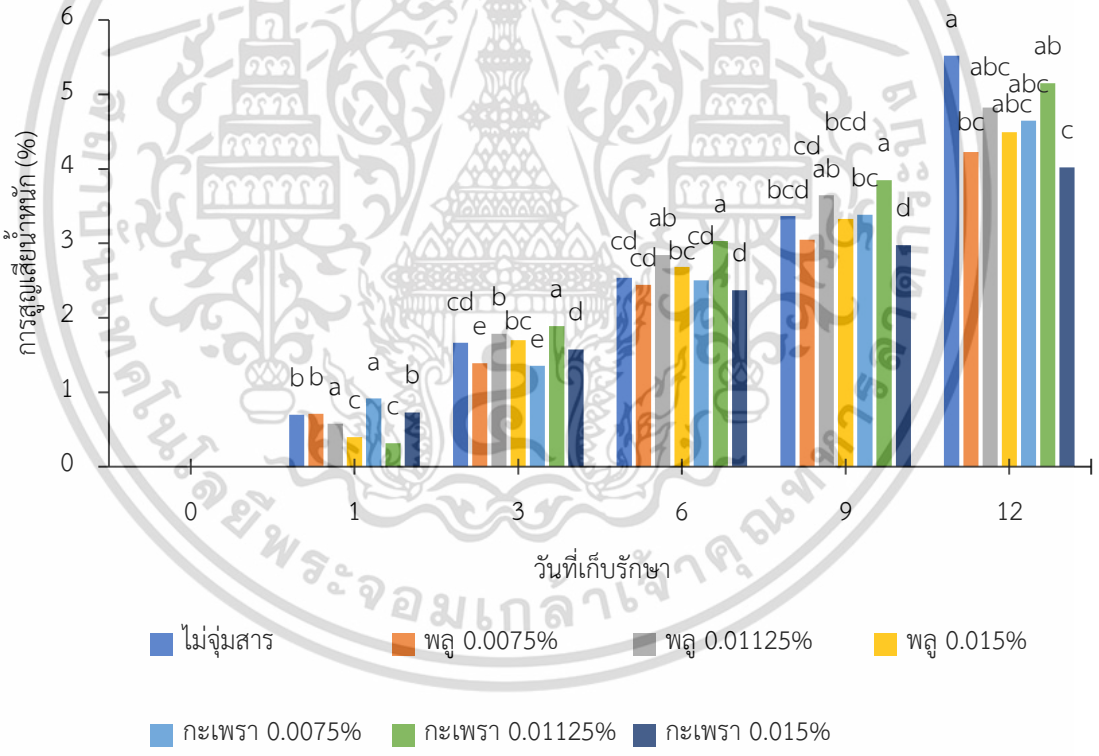
ค่าสี	วันที่เก็บรักษา	กรรมวิธี										CV. (%)	F-test
		ไม่จุ่มสาร	ETOH 5%	พลู 0.0056%	พลู 0.0112%	พลู 0.0224%	พลู 0.0336%	กะเพรา 0.0025%	กะเพรา 0.005%	กะเพรา 0.01%	กะเพรา 0.015%		
L*[1/]	0	44.60±2.03b[2/]	50.77±1.56a	48.37±0.97ab	48.07±1.50ab	47.03±1.35ab	50.57±2.38a	51.17±1.36a	47.23±1.79ab	50.87±1.36a	47.80±2.17ab	3.49	*
	1	46.30±3.38a	48.77±0.71a	48.47±0.85a	47.70±3.24a	49.47±1.99a	48.43±0.67a	48.63±1.62a	46.50±2.86a	50.90±1.97a	46.20±2.46a	4.57	ns
	3	47.10±1.22b	52.27±1.45a	47.30±0.70b	50.07±0.95ab	50.17±2.08ab	50.17±1.39ab	50.60±1.14ab	51.27±2.18ab	50.50±2.33ab	47.43±0.85b	3.08	*
	6	53.66±0.78abc	52.92±1.71abc	54.72±1.49ab	53.93±0.97ab	52.97±0.78abc	51.23±0.58bc	53.11±1.35abc	50.80±0.44c	51.06±0.25bc	54.20±0.62a	1.9	*
	9	62.38±2.48a	60.67±1.56ab	56.37±2.65bc	56.85±1.07bc	58.60±2.69abc	56.81±1.61bc	63.48±0.94a	55.12±1.26c	58.26±1.27abc	58.48±1.45abc	3.09	*
	12	64.43±3.95a	65.20±0.57a	53.18±13.21a	63.43±1.99a	63.72±-.64a	56.11±8.30a	65.21±1.54a	64.72±0.30a	66.86±3.29a	65.46±1.92a	8.43	ns
a*	0	-6.83±0.42a	-8.27±1.10a	-7.43±0.72a	-7.90±0.70a	-6.17±0.86a	-7.03±1.10a	-8.07±0.84a	-5.63±1.23a	-8.27±1.15a	-7.00±0.85a	12.8	ns
	1	-7.40±0.80a	-8.07±0.15a	-7.27±096a	-6.10±1.25a	-5.97±0.87a	-6.37±0.72a	-7.43±1.46a	-5.03±2.25a	-8.20±0.85a	-6.87±1.10a	16.95	ns
	3	-6.93±0.25a	-7.80±1.73a	-7.37±0.90a	-5.27±1.50a	-6.00±1.82a	-6.80±0.87a	-6.30±0.90a	-5.77±2.64a	-8.17±0.71a	-6.93±0.90a	20.62	ns
	6	-7.99±0.53a	-7.79±1.39a	-7.81±1.03a	-7.61±0.17a	-8.28±0.32a	-7.36±0.98a	-7.70±0.75a	-8.12±0.25a	-7.69±0.36a	-8.47±0.35a	9.19	ns
	9	-1.19±5.93a	-0.77±1.62a	-4.14±0.48a	-4.53±0.40a	-5.99±0.39a	-1.942.86a	-3.49±1.37a	-5.89±0.32a	-3.57±1.89a	-4.46±0.32a	63.49	ns
	12	3.93±1.13ab	5.20±1.05a	0.91±1.93abc	0.55±2.72bc	-1.49±2.22c	-0.25±1.73bc	3.20±0.75ab	1.39±1.10abc	3.62±0.89ab	-2.32±1.32c	108.83	*
b*	0	18.90±2.24ab	20.87±1.63ab	16.57±1.01ab	20.40±1.51ab	19.40±2.43ab	18.63±3.98ab	23.23±2.95a	14.87±0.72b	21.10±3.68ab	16.73±2.00ab	12.8	*
	1	18.20±4.10ab	18.30±0.90ab	22.13±4.41cab	22.13±4.41a	18.20±1.31ab	17.73±17.73ab	20.70±3.77ab	13.10±1.65b	21.03±3.47ab	16.80±2.63ab	16.96	*
	3	22.67±5.24a	24.43±2.15a	22.73±5.65a	23.07±2.20a	23.60±1.06a	24.13±1.04a	23.47±3.88a	22.10±2.57a	23.07±3.61a	20.80±2.23a	14.46	ns
	6	31.30±4.54a	30.27±1.01ab	28.38±2.78ab	26.88±0.96ab	25.69±1.52ab	24.98±2.94b	24.08±0.35b	24.38±1.22b	24.85±1.19b	28.29±1.73ab	8.08	*
	9	42.21±2.49a	40.87±1.24ab	35.22±3.12bc	34.86±0.51bc	33.36±4.45c	35.32±1.53bc	40.27±0.59ab	32.38±1.20c	34.88±2.01bc	35.29±1.92bc	6.09	*
	12	46.10±2.60ab	44.57±0.86ab	39.90±3.56b	42.32±1.20ab	41.94±2.72ab	41.52±2.42ab	45.02±1.94ab	43.47±0.90ab	47.11±2.15a	43.49±3.55ab	5.47	*

[1/]L* ความสว่าง, a* สีแดง, b* สีเหลือง [2/]ค่าเฉลี่ย±SD ที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Tukey's Studentized Rang Test ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ, * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

4.4.2 ประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราความเข้มข้น 0.0075% 0.01125% และ 0.015%

4.4.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก

บรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มในน้ำมันหอมระเหยจากพลู และกะเพราความเข้มข้นแตกต่างกัน (เจือจางด้วยเอทานอล 5%) เป็นเวลา 60 วินาที และสลัดน้ำออก ผึ่งให้แห้งบรรจุใส่ถาดโฟมและห่อด้วยพลาสติกฟิล์มยืดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C พบว่า การสูญเสียน้ำหนักสดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกกรรมวิธี และในวันที่ 12 ของการเก็บรักษากรรมวิธีควบคุมสูญเสียมากที่สุด ที่ 5.52±1.58% ในขณะที่วันที่ 6 9 และ 12 กรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหย กะเพรา 0.015% พบการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นที่ 2.37±0.44% 2.98±0.19% และ 4.02±0.22% ลองลงมาคือ น้ำมันหอมระเหยพลู 0.0075% มีสูญเสียน้ำหนักอยู่ที่ 2.44±0.24% 3.05±0.64% และ 4.23±0.69% (ภาพที่ 4.9)

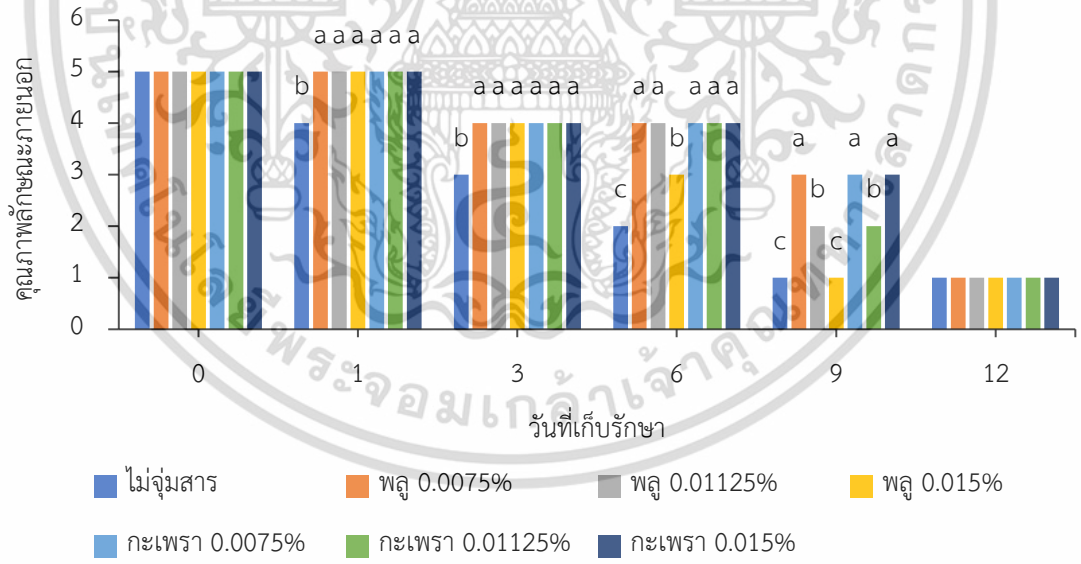


ภาพที่ 4.9 การสูญเสียน้ำหนัก (%) ของบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู และกะเพรา 0.0075% 0.01125% และ 0.015% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

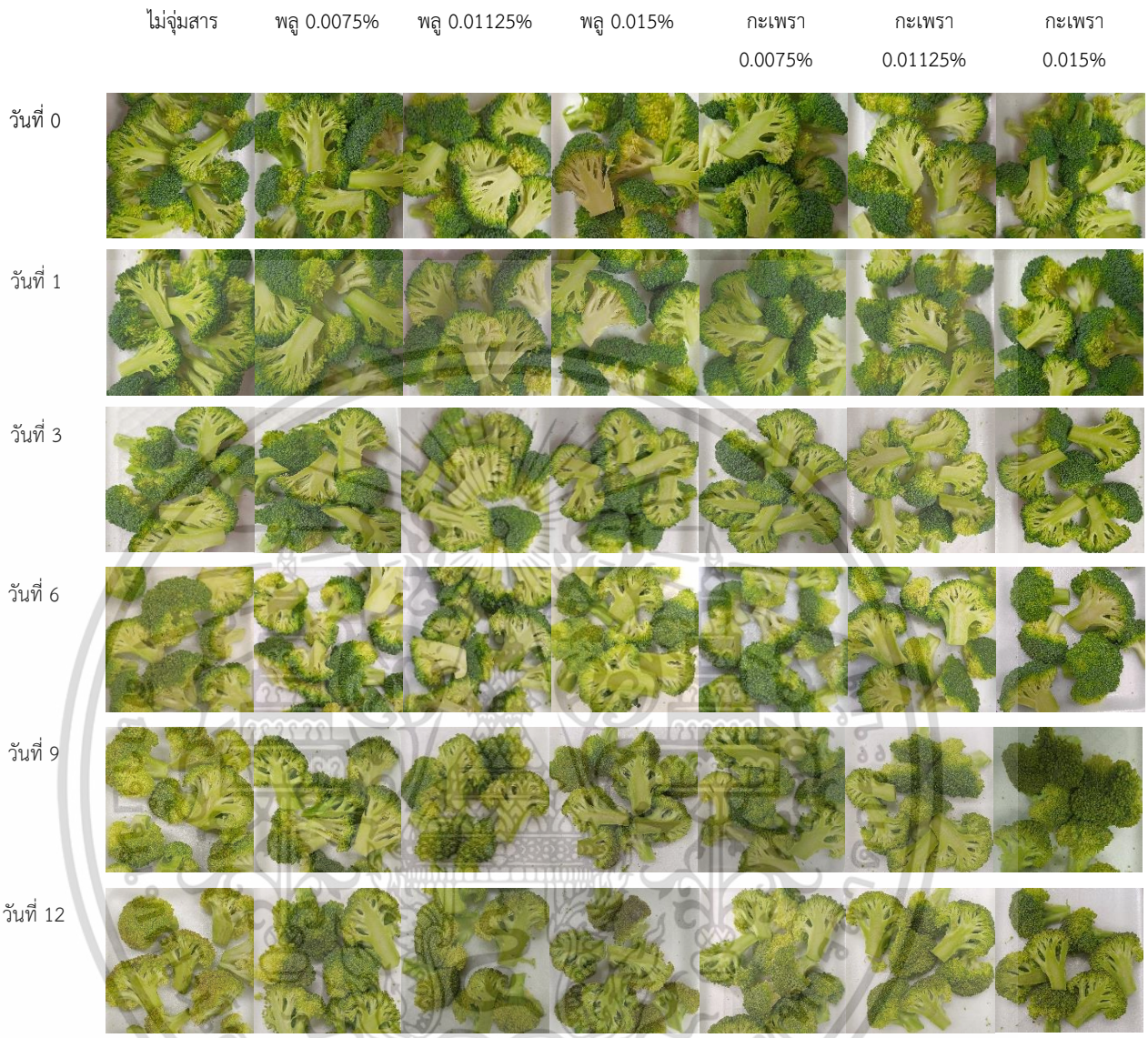
4.4.2.2 ลักษณะภายนอก

การประเมินลักษณะภายนอกระหว่างการเก็บรักษาบรอกโคลีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยจากพลูและกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ (เจือจางด้วยเอทานอล 5%) (ภาพที่ 4.10) พบว่า กรรมวิธีควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องและเสื่อมสภาพเร็วกว่ากรรมวิธีอื่นๆ โดยในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา กรรมวิธีควบคุมที่ไม่จุ่มสาร ช่อดอกย่อยเขียวและตูมแน่น แต่มีการเปลี่ยนแปลงคือบริเวณรอยตัดแต่งที่ก้านเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเล็กน้อย (4 คะแนน) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับทุกกรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา ที่ช่อยังตูมแน่น ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงและก้านยังเขียวสด (5 คะแนน) ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษาพบว่ากรรมวิธีควบคุมที่ไม่จุ่มสาร ก้านมีสีน้ำตาลและคล้ำขึ้น ช่อดอกเหลืองและร่วงมาก (1 คะแนน) ในขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู 0.0075% กะเพรา 0.0075% และกะเพรา 0.015% บริเวณรอยตัดที่ก้านยังเป็นสีเหลืองยังไม่พบสีน้ำตาล แต่มีการเปลี่ยนแปลงสีของช่อดอก (3 คะแนน) และในวันที่ 12 ทุกกรรมวิธีเสื่อมสภาพมากก้านมีสีนคล้ำขึ้น ช่อดอกเหี่ยว เกิดโรค ดอกย่อยร่วงโรย มีสีเหลืองอมน้ำตาล แต่กรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู 0.0075% และ กะเพรา 0.015% ที่ช่อดอกมีคยังมีสีเขียวมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ (1 คะแนน) (ภาพที่ 4.11)



ภาพที่ 4.10 คะแนนการประเมินคุณภาพลักษณะภายนอกของบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา 0.0075% 0.01125% และ 0.015% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 ℃

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

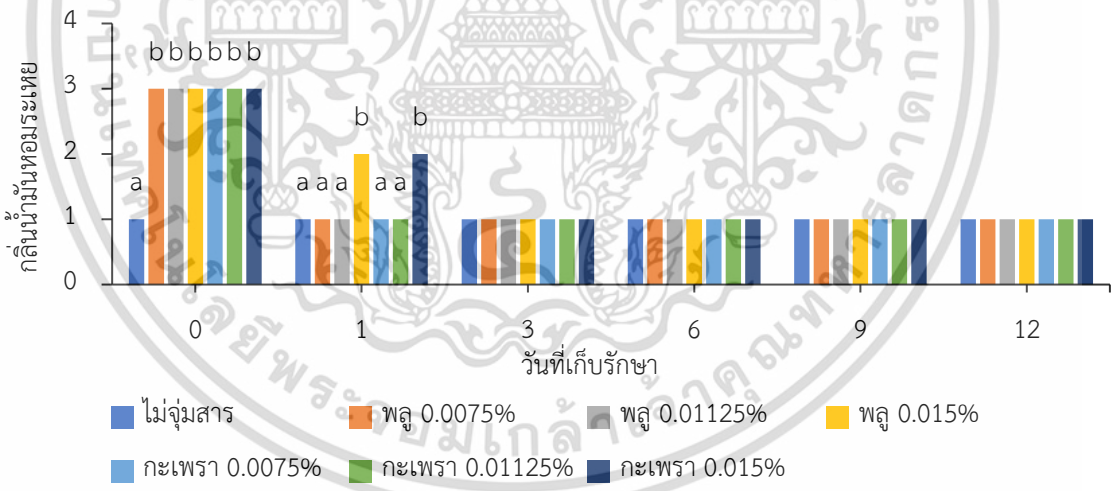


ภาพที่ 4.11 ลักษณะภายนอกของบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู และกะเพรา 0.0075% 0.01125% และ 0.015% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C เป็นเวลา 12 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

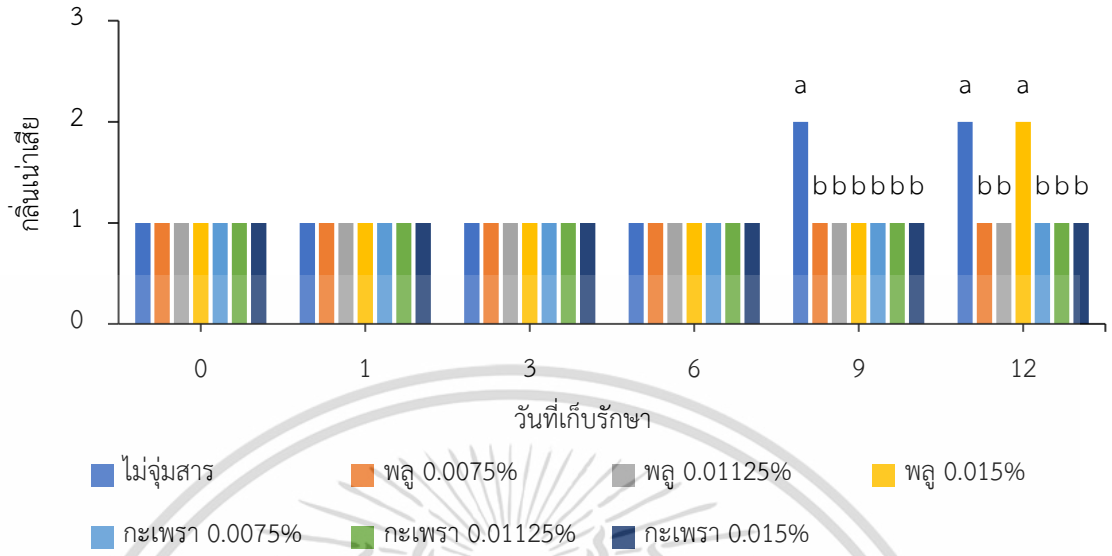
4.4.2.3 การประเมินกลิ่นน้ำมันหอมระเหย และกลิ่นของบรอกโคลีที่เกิดจากการเน่าเสีย

การประเมินกลิ่นน้ำมันหอมระเหยที่ติดมากับบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มในน้ำหอมระเหยจากพลูและกะเพราเมื่อเก็บรักษาที่ระยะเวลาแตกต่างกัน (ภาพที่ 4.12) พบว่า ในวันเริ่มต้นการทดลองในกรรมวิธีควบคุมไม่มีกลิ่น (1 คะแนน) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีที่จุ่มน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราทุกกรรมวิธีซึ่งมีกลิ่นรุนแรง (3 คะแนน) ต่อมาวันที่ 1 ของการเก็บรักษา มีเพียงกรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู และกะเพรา 0.015 ยังมีกลิ่นน้ำมันหอมระเหยเล็กน้อย ขณะที่กรรมวิธีอื่นๆไม่มีกลิ่น (1 คะแนน) และในวันที่ 3-12 ของการเก็บรักษาไม่พบกลิ่นน้ำมันหอมระเหยในทุกกรรมวิธี (1 คะแนน) นอกจากนี้ยังประเมินกลิ่นของบรอกโคลีที่เกิดจากการเน่าเสีย (ภาพที่ 4.13) พบว่า ในระยะเวลา 6 วันของการเก็บรักษา ไม่พบกลิ่นเน่าเสียของบรอกโคลีในทุกกรรมวิธี (1 คะแนน) แต่ในวันที่ 9 พบว่ากรรมวิธีควบคุมเริ่มมีกลิ่นเล็กน้อย (2 คะแนน) แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู และกะเพราทุกกรรมวิธีที่ยังไม่มีกลิ่น (1 คะแนน) และวันที่ 12 ของการเก็บรักษามีเพียงกรรมวิธีทีควบคุม และที่จุ่มด้วยพลู 0.015% เกิดกลิ่นเน่าเสียเล็กน้อย (2 คะแนน) ในขณะที่กรรมวิธีอื่นๆ ไม่เกิดกลิ่นเน่าเสียตลอดการเก็บรักษาที่ (1 คะแนน)



ภาพที่ 4.12 คะแนนการประเมินคุณภาพกลิ่นน้ำมันหอมระเหยในบรอกโคลีตัดแต่ง หลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู และกะเพรา 0.0075% 0.01125% และ 0.015% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 ℃

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.13 คะแนนการประเมินคุณภาพกลิ่นเน่าของบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา 0.0075% 0.01125% และ 0.015% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 ℃

4.4.2.4 การเปลี่ยนแปลงสีของก้านและช่อดอก

การเปลี่ยนแปลงสีก้านและสีช่อดอกของบรอกโคลีที่จุ่มด้วยน้ำหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้น 0.0075% 0.01125% 0.015% แสดงเป็นระบบค่าสี (CIE L* a* b*) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 ℃ ผลการทดลองพบว่า ความสว่างของก้าน (L*) มีแนวโน้มลดลงในทุกกรรมวิธีตลอดการเก็บรักษาซึ่งในวันที่ 12 ของการเก็บรักษากรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.015% และพลู 0.0075% ลดลงน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ค่าสีเขียว (a*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกกรรมวิธี และในกรรมวิธีควบคุมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดการเก็บรักษา และค่าสีเหลือง (b*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกกรรมวิธีตลอดการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.10) ในส่วนของสีช่อดอกพบว่าค่าความสว่าง (L*) เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกกรรมวิธี โดยเฉพาะกรรมวิธีควบคุม และกรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู 0.015% ขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วยกะเพรา 0.015% และพลู 0.0075% เพิ่มขึ้นน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ในวันที่ 12 ของการเก็บรักษากรรมวิธีควบคุมมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นอย่างมากแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีอื่นๆ ค่าสีเขียว (a*) เพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษาทุกกรรมวิธี และค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นในทุกกรรมวิธี และในกรรมวิธีควบคุมมีค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (ตารางที่ 4.11)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงสี (CIE L* a* b*) ของก้านบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราความเข้มข้น 0.0075% 0.01125% และ 0.015% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 ℃

ค่าสี	วันที่เก็บรักษา	กรรมวิธี							CV. (%)	F-test
		ไม่จุ่มสาร	พลู 0.0075%	พล 0.01125%	พลู 0.015%	กะเพรา 0.0075%	กะเพรา 0.01125%	กะเพรา 0.015%		
L*[1/]	0	91.07±1.01a[2/]	92.47±1.07a	91.4±0.98a	91.47±1a	92.13±0.67a	91.53±1.07a	91.47±0.55a	1.01	ns
	1	91.07±0.78a	91.7±10.1a	91.6±0.7a	91.33±0.91a	91.77±0.55a	91.7±0.9a	91.17±1.07a	0.94	ns
	3	86.2±1.71b	88.4±0.3ab	87.77±0.47ab	86.93±0.59ab	88.33±0.4ab	87.8±0.2ab	88.6±0.92a	0.93	*
	6	84.5±0.62d	87.17±0.35ab	86.17±0.35bc	84.67±0.21d	87±0.8ab	84.87±0.25cd	87.67±0.38a	0.54	*
	9	81.93±1.17c	86.7±0.1a	85.17±0.49ab	81.73±1.24c	86.57±0.51a	84.43±0.25b	86.97±0.65a	0.88	*
	12	81.03±0.55c	85.23±0.21a	83.53±1.8ab	81.5±0.53bc	85.1±0.36a	83.53±0.42ab	85.73±0.45a	0.95	*
a*	0	-5.17±0.12a	-5.13±0.6a	-5.3±0.2a	-5.53±0.38a	-5.23±0.15a	-5.37±0.35a	-5.17±0.12a	6.08	ns
	1	-5.13±0.25a	-5.27±0.15a	-5.17±0.25a	-5.13±0.25a	-5.2±0.2a	-5±0.4a	-5.43±0.25a	5.03	ns
	3	-4.7±0.3a	-5.2±0.26a	-4.87±0.4a	-4.73±0.21a	-5.13±0.38a	-4.8±0.44a	-5.5±0.36a	6.89	ns
	6	-4.03±0.49a	-4.8±0.26ab	-4.4±0.3ab	-4.13±0.25a	-4.73±0.06ab	-4.67±0.21ab	-5±0.26b	6.36	*
	9	-3.6±0.3a	-4.63±0.25bc	-4.13±0.31abc	-3.8±0.26ab	-4.5±0.36bc	-4.3±0.36abc	-4.73±0.35c	7.45	*
	12	-3.2±0.26a	-4.37±0.25c	-3.9±0.2bc	-3.33±0.25ab	-4.3±0.2c	-4.17±0.25c	-4.53±0.21c	5.89	*
b*	0	38.83±0.85a	37.5±0.36bc	37.87±0.45abc	38.6±0.30ab	37.6±0.1bc	37.77±0.21abc	37.37±0.15c	5.03	*
	1	40.97±0.31a	39.1±0.26b	39.43±0.21b	39.63±0.31b	39.2±0.3b	39.57±0.15b	38.93±0.25b	0.66	*
	3	42.37±0.15a	41.1±0.78c	41.73±0.21ab	42.2±0.26a	41.2±0.3bc	41.57±0.15ab	40.93±0.25c	0.81	*
	6	39.5±0.36a	37.83±0.12bc	38.43±0.4b	39.47±0.15a	37.93±0.15bc	38.17±0.31b	37.57±0.15c	0.68	*
	9	37.73±0.61a	36.77±0.31bc	37.23±0.31ab	37.6±0.26ab	36.93±0.32c	37.07±0.25ab	36.47±0.21c	0.92	*
	12	36.5±0.26a	35.8±0.26c	36.17±0.42bc	36.37±0.76ab	35.93±0.32c	36.03±0.31bc	35.53±0.12c	0.84	*

[1/]L* ความสว่าง, a* สีแดง, b* สีเหลือง [2/]ค่าเฉลี่ย±SD ที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Tukey's Studentized Rang Test ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ, * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงสี (CIE L* a* b*) ของช่อดอกบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราความเข้มข้น 0.0075% 0.01125% และ 0.015% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 ℃

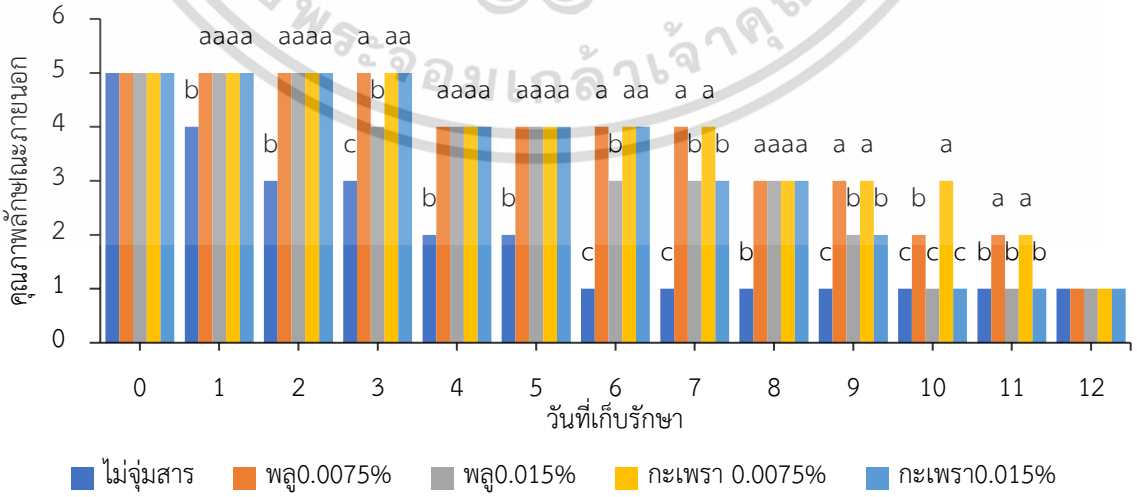
ค่าสี	วันที่เก็บรักษา	กรรมวิธี							CV. (%)	F-test
		ไม่จุ่มสาร	พลู 0.0075%	พลู 0.01125%	พลู 0.015%	กะเพรา 0.0075%	กะเพรา 0.01125%	กะเพรา 0.015%		
L*[1/]	0	48.9±0.35a[2/]	48.63±0.4a	48.8±0.26a	48.9±0.26a	48.67±0.25a	48.73±0.8a	48.431.3a	1.3	ns
	1	49.7±0.53a	48.27±0.45bc	48.6±0.62abc	49.4±0.44ab	48.4±0.44bc	48.67±0.15abc	48.1±0.26c	0.9	*
	3	51.53±0.65a	50.17±0.21bc	50.93±0.25abc	51.2±0.3ab	50.33±0.42bc	50.67±0.64abc	50.03±0.45c	0.81	*
	6	54.53±1.72a	51.37±1.03ab	53.63±1.05ab	54.13±1.82ab	51.87±0.35ab	53.1±0.52ab	51.03±1.27ab	2.2	*
	9	61.67±0.64a	52±0.66d	56.27±0.21c	58.6±0.46b	52.97±2.21d	54±0.35c	51.63±1.29d	0.96	*
	12	67.7±2.02a	55.87±0.21c	61.27±2.2bc	63.37±1.57b	56.53±1.24c	59.87±1.22bc	54.33±1.01c	2.13	*
a*	0	-8.13±0.4a	-7.73±0.51a	-7.9±0.2a	-8.07±1.22a	-7.63±0.12a	-7.87±0.25a	-7.23±0.5a	7.34	ns
	1	-7.1±0.1a	-8.4±0.5a	-7.63±0.21a	-7.73±0.7a	-7.23±0.67a	-7.47±0.15a	-8.17±0.64a	0.96	ns
	3	-6.7±0.7a	-7.77±0.38ab	-7.1±0.2ab	-6.93±0.38ab	-7.47±0.25ab	-7.27±0.15ab	-7.9±0.36b	5.26	*
	6	-5.53±0.59a	-6.63±0.25bc	-5.7±0.2a	-5.6±0.2a	-6.23±0.31abc	-5.83±0.25ab	-6.73±0.15c	5.11	*
	9	-1.23±1.42a	-5.67±0.25d	-4.47±0.21bc	-2.73±0.51ab	-5.33±0.15d	-3.33±0.15bc	-5.9±0.26d	14.56	*
	12	3.87±0.61a	-3.47±0.4c	-0.77±0.83b	2.83±1.66a	-3.17±0.12c	-0.83±0.55b	-4.7±0.4	89.74	*
b*	0	13.5±0.46a	13.83±0.25a	13.6±0.53a	13.57±0.35a	13.8±0.26a	13.77±0.31a	13.97±0.31a	2.66	ns
	1	15.37±0.38a	14.73±0.6ab	14.57±0.38ab	14.93±0.15ab	14.63±0.06ab	14.43±0.31ab	14.07±0.31b	2.39	*
	3	24.7±8.59a	18.4±1.71d	20.37±3.26bc	21.17±0.12b	19.07±3.62cd	19.97±0.15bc	16.3±3.65d	2.35	*
	6	30.73±0.5a	22.17±0.25cd	25.03±0.21b	30.3±0.4a	22.4±0.26c	24.37±0.31b	20.9±0.26d	1.42	*
	9	39.83±0.23a	31.47±0.25d	35.4±1c	38.1±0.5b	32.9±1.92d	34.47±0.42c	30.37±0.25d	0.99	*
	12	46.27±3.5a	37.57±0.23cd	40.4±0.85bc	44.63±2.63ab	38.07±0.25cd	41.07±0.25bc	35.33±0.45d	4.2	*

[1/]L* ความสว่าง, a* สีแดง, b* สีเหลือง [2/]ค่าเฉลี่ย±SD ที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Tukey's Studentized Rang Test ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ, * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

4.5 การทดลองที่ 5 : ผลของน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราต่อคุณภาพและการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ในบรอกโคลีตัดแต่ง

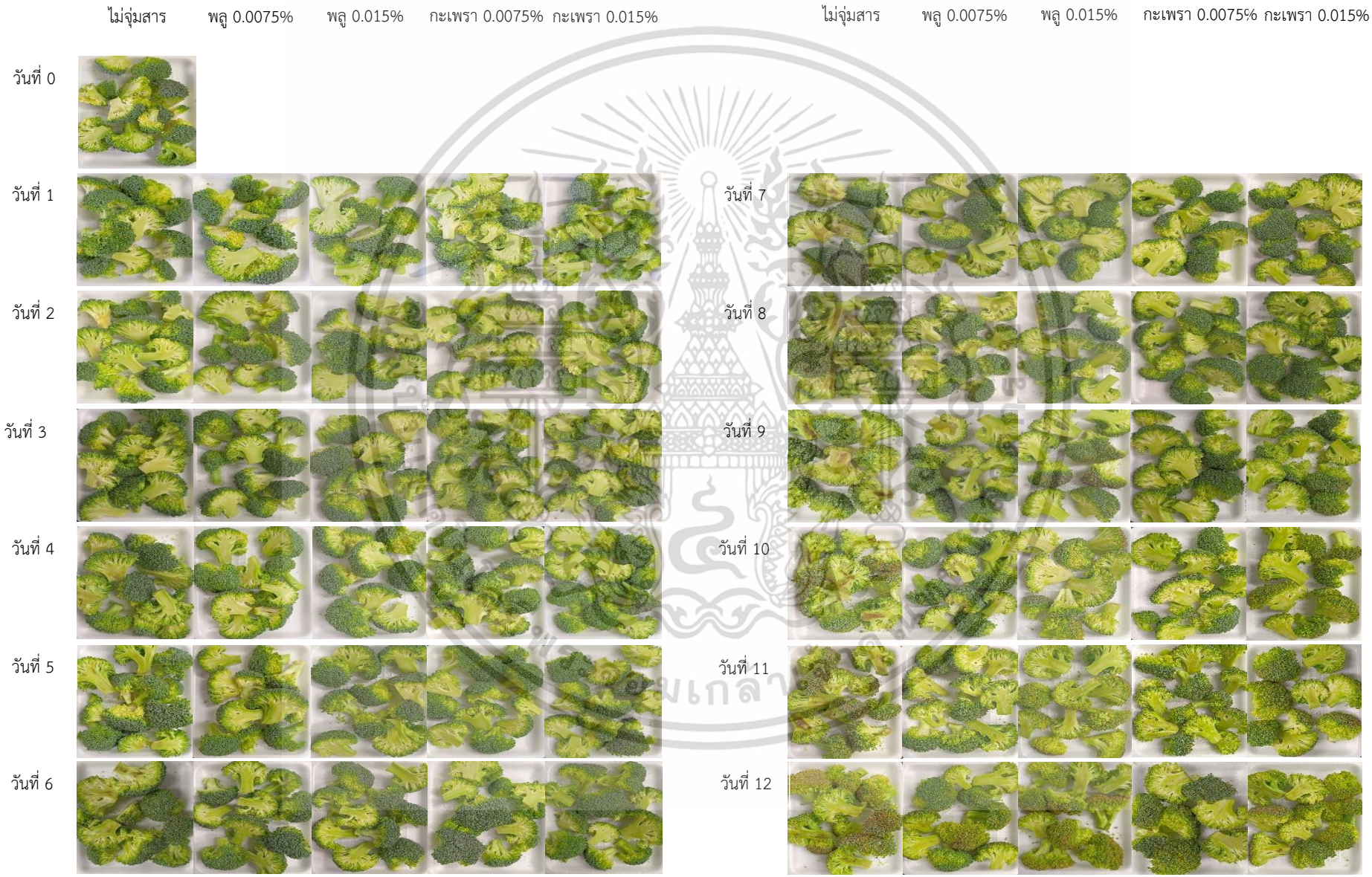
4.5.1 ลักษณะภายนอก

การประเมินลักษณะภายนอกระหว่างการเก็บรักษาบรอกโคลีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ (เจือจางด้วยเอทานอล 5%) (ภาพที่ 4.14) พบว่า ในวันที่ 1 ของการเก็บรักษากรรมวิธีควบคุมที่ไม่จุ่มสาร ช่อดอกย่อยเขียวและตูมแน่น แต่มีการเปลี่ยนแปลงคือบริเวณรอยตัดแต่งที่ก้านเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเล็กน้อย (4 คะแนน) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับทุกกรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา ที่ช่อยังตูมแน่นไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงและก้านยังเขียวสด (5 คะแนน) มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องจนถึงขีดจำกัดที่ไม่สามารถยอมรับได้ในวันที่ 6 ซึ่งมีลักษณะช่อเหี่ยวไม่แน่น เกิดสีเหลืองอมน้ำตาลแต่ยังมีสีเขียว ก้านเป็นสีน้ำตาลคล้ำเข้มอย่างเห็นได้ชัด (1คะแนน) ในวันที่ 12 ของการเก็บรักษาช่อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้มและมีการเกิดโรคพบเส้นใยเชื้อรา และพบว่ากรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพราที่ความเข้มข้น 0.0075% รักษาคุณภาพภายนอกไว้ได้นานที่สุด รองลงมาคือ น้ำมันหอมระเหยพลู 0.0075% โดยกรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพราที่ความเข้มข้น 0.0075% สามารถรักษาคุณภาพให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยังขายได้ (3คะแนน) จนถึงวันที่ 10 ของการเก็บรักษา ซึ่งมีลักษณะช่อดอกเป็นสีเขียวและแน่นแต่เหี่ยวเล็กน้อย ก้านบริเวณรอยตัดเป็นสีเหลืองยังไม่เกิดสีน้ำตาล ต่อมาในวันที่ 11 ของการเก็บรักษายังอยู่ในเกณฑ์ที่ยังสามารถรับประทานได้ (2คะแนน) ซึ่งช่อดอกมีลักษณะเหี่ยวเล็กน้อย คายน้ำและไม่แน่น ก้านบริเวณรอยตัดเริ่มเป็นสีน้ำตาล และเสื่อมสภาพไม่แตกต่างทางสถิติกับทุกกรรมวิธีในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา แต่กรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพราและพลูที่ความเข้มข้น 0.0075% ยังคงความเขียวของช่อดอกมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ในขณะที่กรรมวิธีที่ไม่จุ่มสารและที่จุ่มด้วยพลู 0.015% พบเส้นใยเชื้อราขึ้น (ภาพที่ 4.15)



ภาพที่ 4.14 คะแนนการประเมินคุณภาพลักษณะภายนอกของบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C

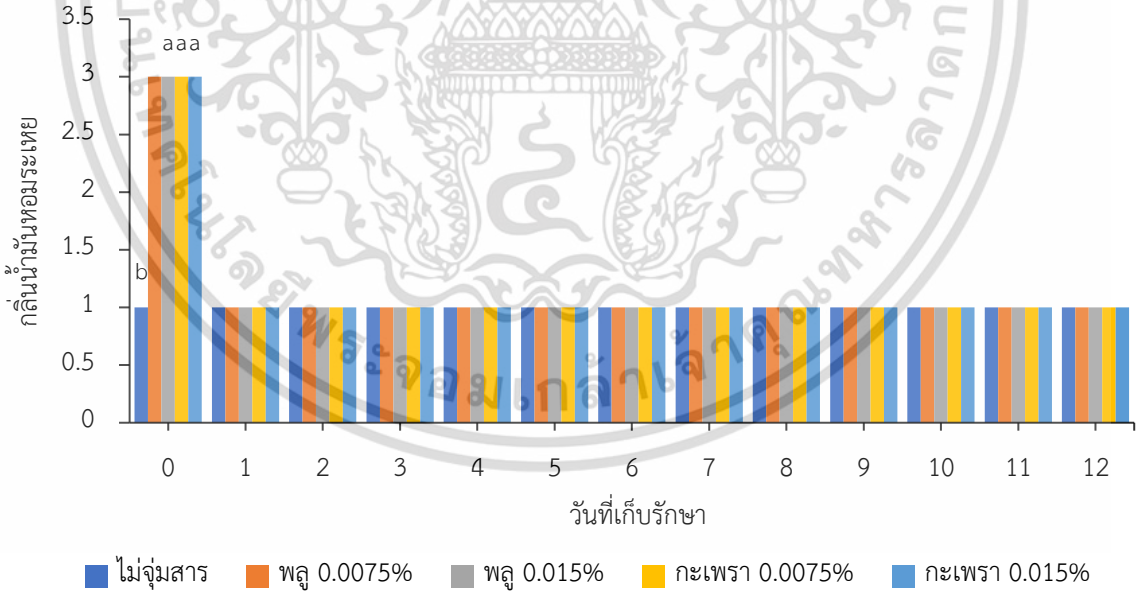
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.15 ลักษณะภายนอกของบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา วันที่ 0-12 ของการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 ℃

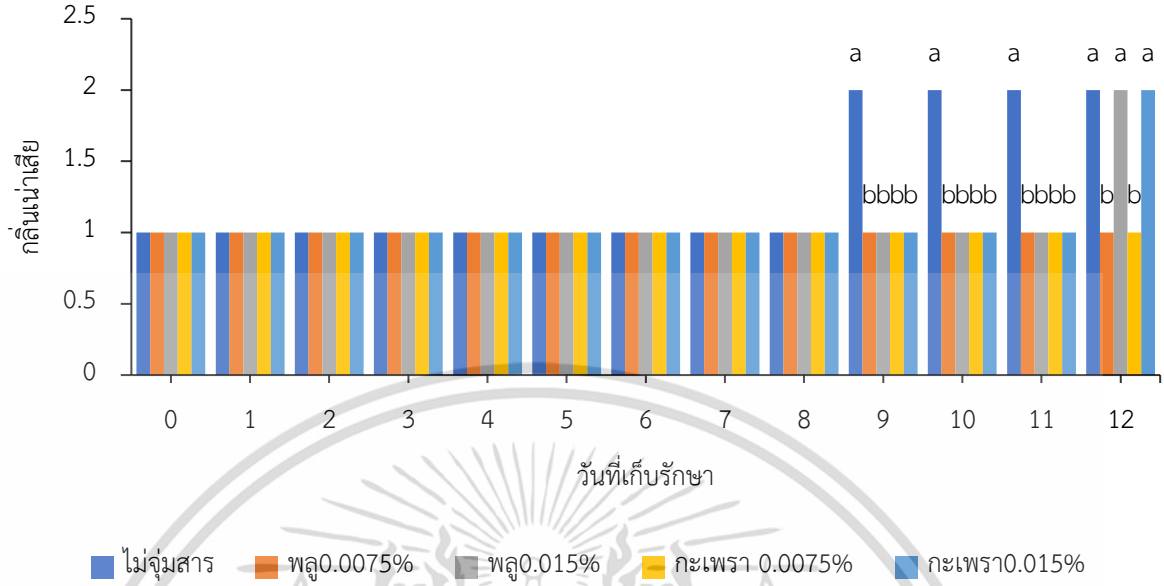
4.5.2 การประเมินกลิ่นน้ำมันหอมระเหยและกลิ่นของบรอกโคลีที่เกิดจากการเน่าเสีย

การเก็บรักษาบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ เมื่อประเมินกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยที่ติดกับบรอกโคลีระหว่างการเก็บรักษา (ภาพที่ 4.16) พบว่า ในวันเริ่มต้นการทดลองในกรรมวิธีควบคุมไม่มีกลิ่น (1 คะแนน) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีที่จุ่มน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราทุกกรรมวิธีซึ่งมีกลิ่นรุนแรง (3 คะแนน) บรอกโคลีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน เริ่มไม่พบกลิ่นน้ำมันหอมระเหยตที่ติดบรอกโคลี (1 คะแนน) แสดงว่าการเก็บรักษาตั้งแต่วันที่ 1 จนถึงวันที่ 12 ไม่พบกลิ่นน้ำมันหอมระเหยในทุกกรรมวิธี เมื่อประเมินกลิ่นของบรอกโคลีที่เกิดจากการเน่าเสีย (ภาพที่ 4.17) พบว่า ในช่วง 8 วันของการเก็บรักษา ทุกกรรมวิธีไม่พบกลิ่นเน่าเสียของบรอกโคลี (1 คะแนน) แต่ในวันที่ 9-11 พบว่า กรรมวิธีควบคุมที่ไม่จุ่มสารเริ่มมีกลิ่นเล็กน้อย (2 คะแนน) แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราทุกกรรมวิธีที่ยังไม่มีกลิ่นเน่า (1 คะแนน) และในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา มีเฉพาะกรรมวิธีที่จุ่มด้วยพลูและกะเพรา 0.0075% ไม่มีกลิ่นเน่าเสีย (1 คะแนน) ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีที่ไม่จุ่มสาร และกรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู และกะเพรา 0.015% ที่เริ่มมีกลิ่นเล็กน้อย (2 คะแนน)



ภาพที่ 4.16 คะแนนการประเมินคุณภาพกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยในบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู และกะเพราเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 ℃

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



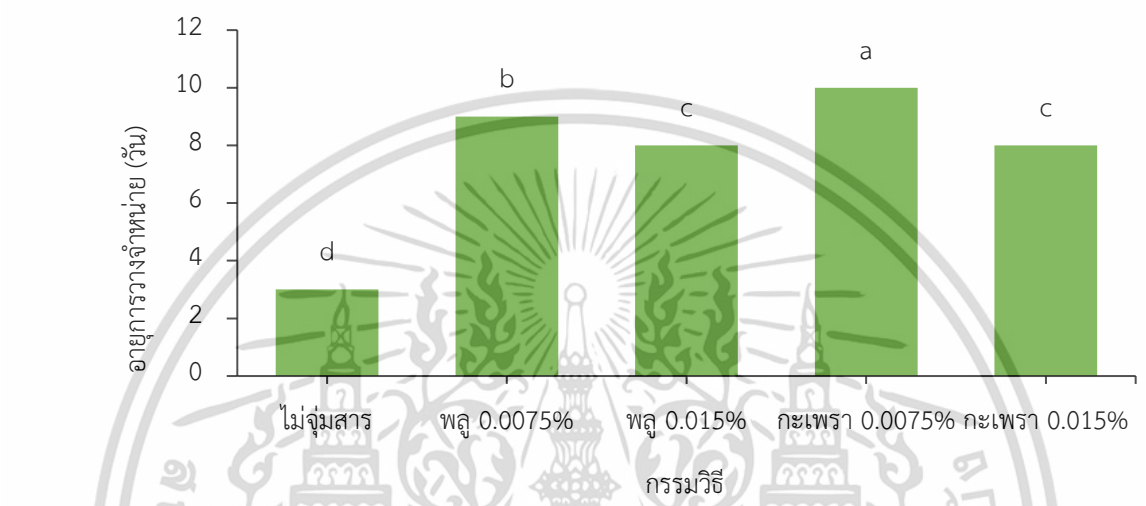
ภาพที่ 4.17 คะแนนการประเมินคุณภาพกลิ่นเน่าของบรอกโคลีตัดแต่งระหว่างการเก็บรักษาหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 ℃

4.5.3 อายุการเก็บรักษา

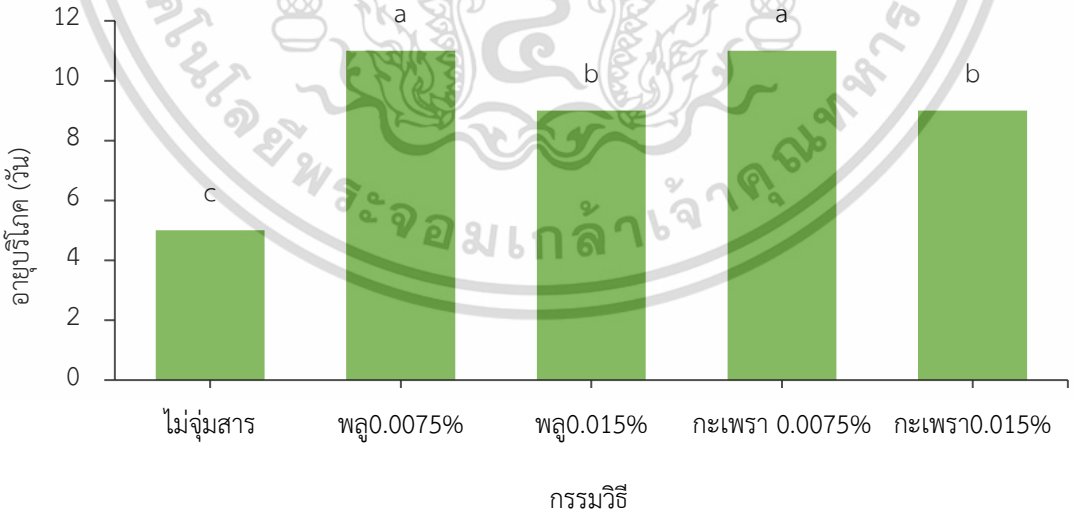
บรอกโคลีตัดแต่งเมื่อจุ่มด้วยน้ำหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ และนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 ℃ และประเมินอายุการเก็บรักษาจากคะแนนการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (ภาพที่ 4.14) ร่วมกับการประเมินกลิ่นน้ำมันหอมระเหยและกลิ่นเน่าเสีย (ภาพที่ 4.16 และ 4.17) โดยใช้เกณฑ์อายุการวางจำหน่าย (ไม่น้อยกว่า 3 คะแนน) และเกณฑ์ที่ไม่มีกลิ่น (1 คะแนน) เพื่อประเมินระยะเวลาที่ยังสามารถจำหน่ายได้ พบว่า บรอกโคลีตัดแต่งในกรรมวิธีควบคุมมีอายุการเก็บรักษาน้อยที่สุดอยู่ที่ 3 วัน แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหย และพบว่า บรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.0075% มีอายุเก็บรักษาสำหรับการขายนานที่สุด เท่ากับ 10 วัน รองลงมา คือ กรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยจากพลู 0.0075% มีอายุการขาย 9 วัน ในขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยจากพลู 0.015% และกะเพรา 0.015% มีอายุการขายไม่แตกต่างกัน เท่ากับ 8 วัน (ภาพที่ 4.18) เมื่อประเมินอายุการบริโภค (ไม่น้อยกว่า 2 คะแนน) พบว่า บรอกโคลีตัดแต่งในกรรมวิธีควบคุมมีอายุการเก็บรักษาสำหรับบริโภคน้อยที่สุด เท่ากับ 5 วัน และต่ำกว่าในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหย ส่วนกรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยจากพลู และกะเพราที่ความเข้มข้น 0.0075% มีอายุการเก็บรักษาสำหรับบริโภคมากที่สุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติ รองลงมาคือกรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยจากพลู และกะเพราที่ความเข้มข้น 0.015% (ภาพที่ 4.19)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในกรรมวิธีควบคุมเริ่มมีกลิ่นเน่าก่อนกรรมวิธีอื่นๆ ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรามีกลิ่นน้ำมันหอมระน้ำมันหอมระเหยแค่วันเริ่มต้น และที่ความเข้มข้น 0.015% เริ่มมีกลิ่นเน่าในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา แต่ในกรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา 0.0075% ไม่พบกลิ่นเน่าตลอดการเก็บรักษา ดังนั้น กรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.0075% มีอายุการเก็บรักษาเพื่อจำหน่ายและบริโภคนานที่สุด



ภาพที่ 4.18 อายุการเก็บรักษาเพื่อวางจำหน่ายของบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C

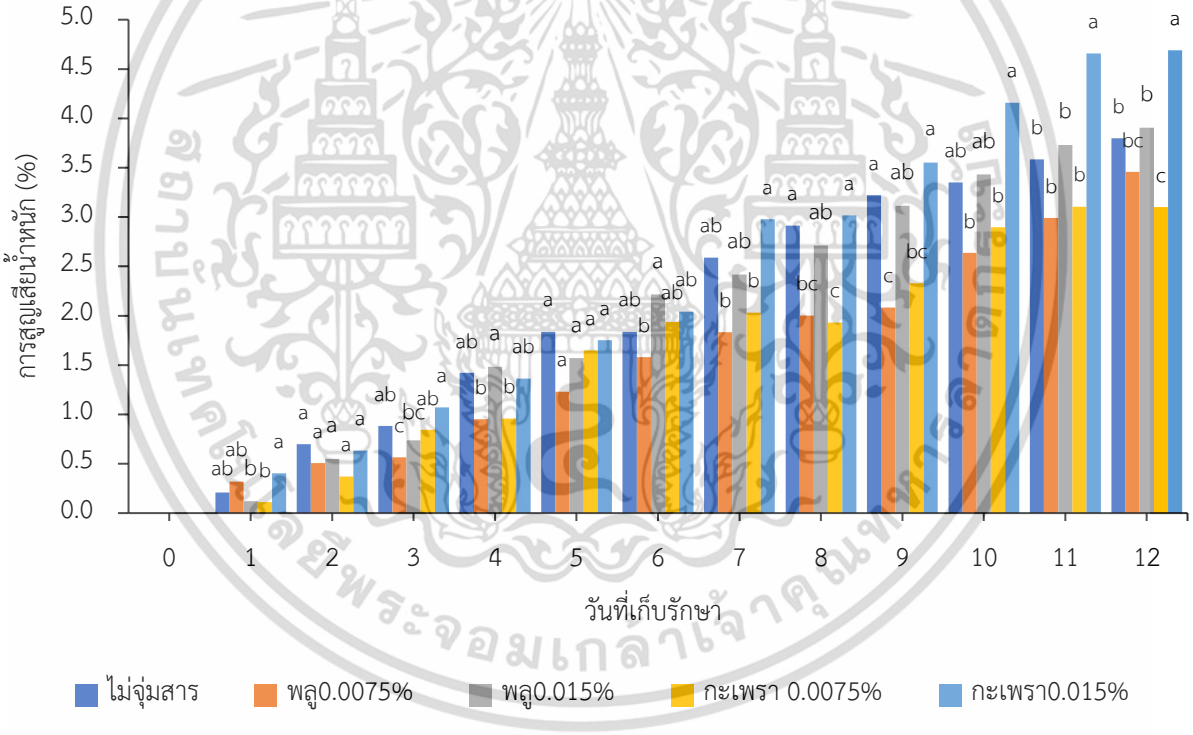


ภาพที่ 4.19 อายุการเก็บรักษาเพื่อการบริโภคของบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.4 การสูญเสียน้ำหนัก

บรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยและกะเพราพลูความเข้มข้นแตกต่างกัน (เจือจางด้วยเอทานอล 5%) เป็นเวลา 60 วินาที และสลัดน้ำออก ผึ่งให้แห้งบรรจุใส่ถาดโฟมและห่อด้วยพลาสติกฟิล์มยืดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 ℃ พบว่า การสูญเสียน้ำหนักสดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกกรรมวิธี กรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพรา0.015% และกรรมวิธีควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุดและมากกว่ากรรมวิธีที่ได้รับน้ำมันหอมระเหยตั้งแต่วันที่ 7 จนถึงวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ในขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.0075% และพลู 0.0075% มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ในทางสถิติ (ภาพที่ 4.20)



ภาพที่ 4.20 การสูญเสียน้ำหนัก (%) ของบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 ℃

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.5 การเปลี่ยนแปลงสีของก้านและช่อดอก

การเปลี่ยนแปลงสีก้านและสีช่อดอกของบรอกโคลีบรอกโคลีที่จุ่มด้วยน้ำหอมระเหยพลู และกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ แสดงเป็นระบบค่าสี (CIE L* a* b*) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C ผลการทดลองพบว่า ความสว่างของก้าน (L*) มีแนวโน้มลดลงในทุกกรรมวิธีตลอดการเก็บรักษามีเพียงและกรรมวิธีควบคุมที่ไม่จุ่มสารความสว่างลดลงอย่างมาก และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราทุกกรรมวิธีตั้งแต่วันที่ 5 ถึง 12 ของการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.12) ค่าสีเขียว (a*) ในกรรมวิธีควบคุมลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดการเก็บรักษา ลดลงอย่างรวดเร็วและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราทุกกรรมวิธีตั้งแต่วันที่ 4 ถึง 12 ของการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.13) และค่าสีเหลือง (b*) ในกรรมวิธีควบคุมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระยะเวลา 3 วัน และลดลงในระยะเวลา 6-12 วันของการรักษา ขณะที่กรรมวิธที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระยะเวลา 1-9 วัน และลดลงในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.14) ในส่วนของสีช่อดอกพบว่าค่าความสว่าง (L*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกกรรมวิธี และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในกรรมวิธีควบคุม แต่กรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.0075% มีความสว่างเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด (ตารางที่ 4.15) ค่าสีเขียว (a*) พบว่าสีเขียวของช่อดอกมีแนวโน้มลดลงอย่างมากในกรรมวิธีควบคุมตลอดการเก็บรักษา ทุกกรรมพบค่าสีเขียวลดลงไม่ต่างกันทางสถิติในช่วงวันที่ 1-5 ของการเก็บรักษา ในวันที่ 9-12 สีเขียวลดลงอย่างเห็นได้ชัดในทุกกรรมวิธี (ตารางที่ 4.16) ส่วนค่าสีเหลือง (b*) พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกกรรมวิธีและมีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อยไม่แตกต่างกันทางสถิติในช่วงวันที่ 1-5 ของการเก็บรักษา แต่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในวันที่ 9-12 ของการเก็บรักษา (ตารางที่ 4.17)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ของก้านบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ

วันที่เก็บรักษา		กรรมวิธี					CV. (%)	F-test
		ไม่จุ่มสาร	พลู 0.0075%	พลู 0.015%	กะเพรา 0.0075%	กะเพรา 0.015%		
L*[1/]	0	88.35±1.93a[2/]	88.35±1.93a	88.35±1.93a	88.35±1.93a	88.35±1.93a	2.19	ns
	1	89.29±2.64a	88.11±2.70a	87.62±1.22a	91.10±0.84a	87.58±1.43a	2.17	ns
	2	86.7±2.42a	88.37±1.68a	85.91±1.82a	86.91±1.09a	86.20±0.55a	1.9	ns
	3	85.12±2.02a	87.83±4.38a	84.98±1.12a	86.61±1.24a	86.16±2.41a	2.93	ns
	4	84.23±0.90b	85.91±2.52ab	88.30±1.31a	86.71±0.34ab	85.84±1.45ab	1.73	*
	5	75.21±4.37b	84.66±1.14a	85.91±0.52a	85.54±1.71a	86.13±1.78a	2.77	*
	6	69.85±4.12b	85.66±3.42a	84.73±0.97a	86.56±0.30a	84.96±1.07a	3.02	*
	7	72.60±2.36b	85.77±0.92a	86.46±0.67a	86.64±1.44a	84.10±0.15a	1.61	*
	8	64.28±0.68b	85.31±1.00a	83.76±2.08a	83.09±0.47a	82.70±0.95a	1.47	*
	9	64.64±2.77b	83.99±0.82a	83.31±1.93a	83.62±2.39a	81.59±1.77a	2.57	*
	10	55.64±0.47b	83.24±1.25a	81.76±1.93a	84.58±1.33a	84.60±1.21a	1.70	*
	11	52.61±1.37b	81.88±1.64a	78.51±1.97a	80.40±0.46a	80.38±3.11a	3.40	*
	12	56.90±3.32b	80.59±0.27a	76.07±3.82a	81.95±0.71a	81.20±1.62a	3.18	*

[1/]L* ความสว่าง [2/]ค่าเฉลี่ย±SD ที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Tukey's Studentized Rang Test ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ, * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงค่าสีเขียว (a*) ของก้านบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ

วันที่เก็บรักษา		กรรมวิธี					CV. (%)	F-test
		ไม่จุ่มสาร	พลู 0.0075%	พลู 0.015%	กะเพรา 0.0075%	กะเพรา 0.015%		
a*[1/]	0	-7.33±0.27a[2/]	-7.33±0.27a	-7.33±0.27a	-7.33±0.27a	-7.33±0.27a	3.68	ns
	1	-5.25±1.32a	-5.50±0.69a	-4.54±0.42a	-5.20±0.75a	-6.16±1.42a	18.73	ns
	2	-4.31±2.47a	-4.52±0.83a	-6.30±0.32a	-5.09±0.73a	-6.39±0.15a	22.90	ns
	3	-2.71±0.43a	-4.51±1.90ab	-2.81±1.60a	-5.80±0.48ab	-6.32±0.94b	27.57	*
	4	0.12±0.86a	-5.57±1.14b	-5.34±0.53b	-5.10±1.40b	-5.58±0.42b	22.03	*
	5	-0.73±0.15a	-5.83±0.69b	-5.16±0.59b	-4.57±0.81b	-5.50±0.53b	13.69	*
	6	1.50±0.09a	-5.45±1.27b	-6.25±0.76b	-6.04±0.68b	-5.22±1.15b	20.75	*
	7	6.26±0.72a	-5.60±0.57b	-4.92±0.82b	-5.54±1.25b	-4.90±0.67b	28.58	*
	8	4.68±1.46a	-5.83±0.42b	-5.36±2.28b	-6.65±1.18b	-5.48±3.04b	51.12	*
	9	3.38±3.79a	-5.21±1.17b	-6.40±1.22b	-5.71±0.46b	-7.20±0.62b	44.66	*
	10	5.96±2.14a	-6.39±0.54b	-4.61±1.31b	-6.68±0.68b	-5.19±0.25b	35.30	*
	11	6.46±1.01a	-2.33±0.58b	-2.79±1.15b	-4.67±0.98b	-3.29±2.18b	97.94	*
	12	2.17±1.69a	-2.62±0.39b	-3.13±1.71b	-4.74±0.75b	-3.61±1.61b	56.39	*

[1/] a* สีแดง [2/]ค่าเฉลี่ย±SD ที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Tukey's Studentized Rang Test ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ, * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลือง (b*) ของก้านบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ

วันที่เก็บรักษา		กรรมวิธี					CV. (%)	F-test
		ไม่จุ่มสาร	พลู 0.0075%	พลู 0.015%	กะเพรา 0.0075%	กะเพรา 0.015%		
b*[1/]	0	37.08±1.37a[2/]	37.08±1.37a	37.08±1.37a	37.08±1.37a	37.08±1.37a	3.69	ns
	1	39.03±2.44a	35.19±3.28a	38.57±2.32a	37.81±1.64a	37.16±1.42a	6.17	ns
	2	40.13±3.73ab	37.30±1.04ab	36.62±1.81b	42.48±0.74a	40.89±1.43ab	5.17	*
	3	41.47±2.69a	38.03±0.64a	39.38±2.45a	36.53±1.24a	40.19±1.36a	4.72	ns
	4	42.81±0.81a	41.66±1.55a	40.35±0.40a	42.95±0.54a	41.67±1.17a	2.36	ns
	5	38.84±1.77a	40.16±1.24a	41.44±1.33a	41.56±5.03a	40.00±4.20a	7.78	ns
	6	37.53±1.61b	42.40±1.55a	41.54±1.27a	41.11±0.83a	41.75±1.05a	3.16	*
	7	39.21±1.38a	41.39±3.56a	42.29±2.04a	41.83±2.24a	43.35±3.18a	6.26	ns
	8	36.18±3.64b	42.20±1.08a	42.94±2.19a	42.03±1.93ab	43.08±1.44a	5.42	*
	9	34.18±3.83b	42.87±1.65a	43.70±0.09a	42.10±2.47a	44.77±0.79a	5.29	*
	10	30.92±3.13b	43.83±2.88a	42.78±0.85a	44.38±1.23a	45.82±3.79a	6.35	*
	11	25.24±1.09c	40.50±0.67b	44.24±1.69a	43.49±1.36ab	42.36±0.51ab	2.93	*
	12	31.25±0.69c	41.51±0.88b	39.74±1.37b	41.29±0.24b	44.54±0.15a	2.03	*

[1/] b* ค่าสีเหลือง [2/]ค่าเฉลี่ย±SD ที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Tukey's Studentized Rang Test ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ, * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.15 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ของช่อบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ

วันที่เก็บรักษา		กรรมวิธี					CV. (%)	F-test
		ไม่จุ่มสาร	พลู 0.0075%	พลู 0.015%	กะเพรา 0.0075%	กะเพรา 0.015%		
L*[1/]	0	46.89±0.57a[2/]	46.89±0.57a	46.89±0.57a	46.89±0.57a	46.89±0.57a	1.22	ns
	1	45.39±0.81a	46.79±2.54a	46.59±1.05a	46.90±2.22a	47.42±1.53a	3.78	ns
	2	46.35±1.73a	47.04±1.64a	47.10±2.25a	47.31±1.66a	47.74±2.21a	4.07	ns
	3	47.69±1.72a	44.08±2.52a	50.33±3.74a	48.08±2.16a	48.73±1.94a	5.27	ns
	4	49.05±0.94a	47.09±1.86a	47.49±0.68a	46.01±1.74a	46.50±2.43a	3.51	ns
	5	49.63±2.43a	47.69±1.84a	46.24±1.12a	49.44±2.41a	46.55±1.02a	3.89	ns
	6	51.19±2.03a	46.26±0.24b	50.83±0.41a	48.91±1.32ab	48.48±1.95ab	2.86	*
	7	51.42±2.19a	48.26±3.34a	49.90±3.31a	47.59±0.23a	50.46±0.64a	4.72	ns
	8	54.59±1.95a	49.60±0.66b	51.69±1.22ab	49.91±0.73b	49.98±1.53b	2.56	*
	9	56.34±4.28a	48.87±1.27a	51.47±1.57a	50.27±2.79a	55.03±3.03a	6.08	ns
	10	57.82±1.37a	51.14±1.64b	58.62±1.97a	49.80±0.46b	60.93±3.11a	3.44	*
	11	57.27±1.19a	49.74±1.40c	58.66±2.59a	52.46±0.60bc	56.29±0.54ab	2.67	*
	12	63.28±0.91a	57.97±0.55c	59.21±1.50bc	51.86±1.80d	61.85±1.15ab	2.14	*

[1/]L* ความสว่าง [2/]ค่าเฉลี่ย±SD ที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Tukey's Studentized Rang Test ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ, * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.16 การเปลี่ยนแปลงค่าสีเขียว (a*) ของซ่อบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ

วันที่เก็บรักษา		กรรมวิธี					CV. (%)	F-test
		ไม่จุ่มสาร	พลู 0.0075%	พลู 0.015%	กะเพรา 0.0075%	กะเพรา 0.015%		
a*[1/]	0	-5.95±0.67a[2/]	-5.95±0.67a	-5.95±0.67a	-5.95±0.67a	-5.95±0.67a	11.19	ns
	1	-5.83±0.58a	-5.02±1.02a	-5.32±0.53a	-6.04±0.70a	-5.45±0.56a	12.70	ns
	2	-6.91±0.33a	-5.75±1.14a	-5.11±0.70a	-5.21±0.97a	-5.50±1.80a	19.45	ns
	3	-6.63±0.12a	-4.97±1.54a	-4.95±1.05a	-5.93±0.90a	-6.46±0.56a	16.57	ns
	4	-6.41±0.67a	-5.73±0.93a	-6.13±0.60a	-5.45±1.04a	-5.76±1.41a	16.5	ns
	5	-6.94±0.68a	-5.62±1.18a	-5.43±1.42a	-6.06±0.56	-6.22±0.50a	15.54	ns
	6	-5.64±0.82ab	-5.70±0.32ab	-7.38±0.52b	-5.99±0.97b	-3.20±1.72a	17.80	*
	7	-5.58±1.62ab	-4.60±1.13a	-7.76±0.14b	-5.99±0.74ab	-7.62±0.87b	16.20	*
	8	-1.98±1.53a	-6.51±0.51b	-7.16±0.66b	-7.20±0.24b	-6.58±1.07b	15.62	*
	9	-1.32±1.74a	-7.14±0.23c	-4.80±0.75bc	-7.02±1.11c	-3.08±1.14ab	23.74	*
	10	1.46±3.36a	-6.99±0.71b	-1.72±1.97a	-7.41±0.26b	-1.69±1.15a	56.48	*
	11	2.43±1.36a	-3.64±0.60b	-2.75±2.20b	-6.62±1.27b	1.91±1.48a	84.91	*
	12	3.10±0.61a	-0.38±0.32b	3.78±2.62a	-5.85±0.67c	3.02±0.59ab	173.53	*

[1/] a* ค่าสีแดง [2/]ค่าเฉลี่ย±SD ที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Tukey's Studentized Rang Test ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ, * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.17 การเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลือง (b*) ของช่อบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ

วันที่เก็บรักษา		กรรมวิธี					CV. (%)	F-test
		ไม่จุ่มสาร	พลู 0.0075%	พลู 0.015%	กะเพรา 0.0075%	กะเพรา0.015%		
b*[1/]	0	11.07±1.59a[2/]	11.07±1.59a	11.07±1.59a	11.07±1.59a	11.07±1.59a	14.34	ns
	1	12.55±1.65a	10.92±1.46a	11.46±1.72a	12.55±2.10a	10.59±0.62a	13.67	ns
	2	13.30±1.03a	11.78±1.74a	10.84±0.22a	10.98±2.22a	12.00±3.43a	17.34	ns
	3	12.83±0.68a	11.72±1.78a	10.85±0.80a	11.31±1.72a	11.58±1.32a	11.5	ns
	4	12.14±2.02a	10.20±0.98a	11.11±1.85a	11.42±0.50a	11.88±0.99a	12.26	ns
	5	13.33±1.37a	11.31±1.50a	11.65±1.19a	11.04±1.40a	12.27±1.62a	11.94	ns
	6	18.25±1.37a	11.33±1.10b	18.61±1.61a	11.59±2.18b	13.50±1.33b	10.65	*
	7	19.86±0.34a	9.85±1.05b	18.97±1.79a	12.26±2.05b	18.35±2.85a	11.55	*
	8	22.38±0.43a	14.31±1.79b	18.17±1.65ab	14.76±1.23b	17.30±2.64b	9.82	*
	9	26.31±4.59a	17.98±2.54ab	21.66±0.65ab	16.66±1.91b	24.29±4.34ab	14.85	*
	10	28.70±2.55a	17.21±1.81b	32.92±0.84a	15.17±2.24b	36.24±6.02a	12.35	*
	11	29.68±4.98a	16.58±0.59b	29.82±4.98a	18.57±1.93b	27.99±2.67a	14.22	*
	12	34.21±3.43a	28.62±0.37b	33.89±1.97a	19.82±0.57c	35.39±1.15a	6.15	*

[1/] b* สีเหลือง [2/]ค่าเฉลี่ย±SD ที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Tukey's Studentized Rang Test ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ, * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

4.5.6 ประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยกะพลูและกะเพราในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase

การเก็บรักษาบรอกโคลีที่จุ่มด้วยน้ำหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ เมื่อประเมินการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase (ตารางที่ 4.18) พบว่า กรรมวิธีควบคุมที่ไม่จุ่มสารมีกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องมากกว่าทุกกรรมวิธี ในขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู และกะเพรามีกิจกรรมเพิ่มขึ้นในวันที่ 1 และลดลงในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่วันที่ 4-12 ของการเก็บรักษา กรรมวิธีที่จุ่มด้วยกะเพรา 0.0075% มีค่ากิจกรรมต่ำที่สุดและต่ำกว่าทุกกรรมวิธีตลอดระยะเวลา 3-12 วันของการเก็บรักษา ในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา กรรมวิธีควบคุมมีกิจกรรมมากที่สุด เท่ากับ 159.83 Units/mL รองลงมาคือกรรมวิธีที่จุ่มด้วยพลู 0.015% พลู 0.0075% กะเพรา 0.015% มีค่ากิจกรรมเท่ากับ 152.33, 116.33, 123.83 Units/mL ตามลำดับ

4.5.7 ประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยกะพลูและกะเพราในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase

การเก็บรักษาบรอกโคลีที่จุ่มด้วยน้ำหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ เมื่อประเมินการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase (ตารางที่ 4.19) พบว่า ในระยะ 3 วันของการเก็บรักษา ทุกกรรมวิธีมีกิจกรรมเอนไซม์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ในวันที่ 6-12 วันของการเก็บรักษากรรมวิธีควบคุมมีแนวโน้มค่ากิจกรรมเพิ่มขึ้นสูงกว่ากรรมวิธีกรรมวิธีอื่นๆ โดยวันที่ 12 ของการเก็บรักษามีกิจกรรมสูงถึง 17,279.37 Units/mL รองลงมาคือ กรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.015% กะเพรา 0.0075% พลู0.015% มีค่ากิจกรรมเท่ากับ 16,866.6, 14,568.25, 13,863.49 Units/mL ตามลำดับ และกรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู 0.0075% มีค่ากิจกรรมต่ำที่สุดเท่ากับ 11,780.95 Units/mL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 กิจกรรมของเอนไซม์ของ polyphenol oxidase (Units/mL) ในบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา

วันที่เก็บรักษา	กิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase (Units/ mL)					CV. (%)	F-test
	ไม่จุ่มสาร	พลู 0.0075%	พลู 0.015%	กะเพรา 0.0075%	กะเพรา 0.015%		
0	109.17±1.04a[1/]	109.17±1.04a	109.17±1.04a	109.17±1.04a	109.17±1.04a	0.95	ns
1	112.67±4.07a	129.17±6.29a	155.83±20.55a	137.17±4.16a	150.33±30.96a	12.45	ns
3	121.33±4.07a	105.67±2.02b	95.17±1.15c	67.67±2.08e	87.5±1.00d	2.45	*
6	123.33±25.93a	96.50±9.01ab	124.00±7.00a	87.17±1.26b	101.17±4.54ab	12.07	*
9	135.33±9.36a	99.17±2.75c	126.67±10.05ab	88.33±2.25c	107.50±9.96bc	6.96	*
12	159.83±11.19a	116.33±5.06c	152.33±12.42ab	95.67±8.58c	123.83±13.75bc	8.32	*

[1/]ค่าเฉลี่ย±SD ที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Tukey's Studentized Rang Test ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ, * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

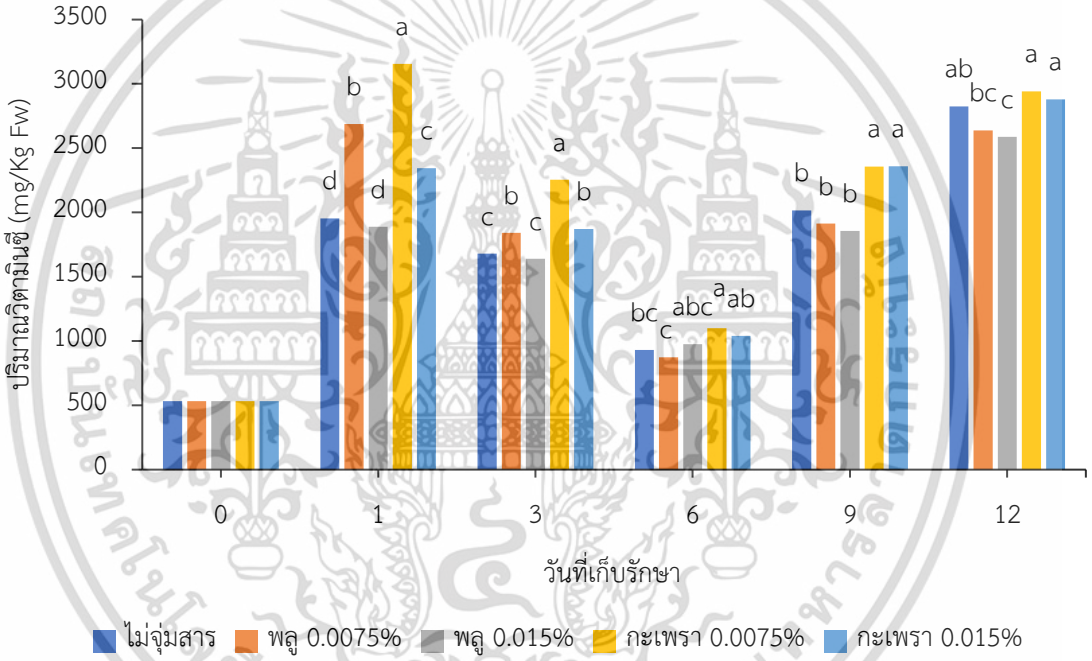
ตารางที่ 4.19 กิจกรรมของเอนไซม์ของ peroxidase (Units/mL) ในบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา

วันที่เก็บรักษา	กิจกรรมเอนไซม์ peroxidase (Units/ mL)					CV. (%)	F-test
	ไม่จุ่มสาร	พลู 0.0075%	พลู 0.015%	กะเพรา 0.0075%	กะเพรา 0.015%		
0	11,209.52±1,262.58a[1/]	11,209.52±1262.58a	11,209.52±1262.58a	11,209.52±1262.58a	11,209.52±1262.58a	11.26	ns
1	10,507.94±928.77a	10,730.16±1649.20a	11,866.67±1695.56a	97,55.556±385.72a	11,450.79±509.35a	10.79	ns
3	12,933.33±1243.47a	12,463.49±1185.03a	13,292.06±988.93a	12,190.48±121.59a	12,028.57±235.80a	7.11	ns
6	13,971.43±277.50ab	12,203.17±572.72bc	15,031.75±1105.76a	12,206.35±175.95bc	11,920.63±790.78c	5.17	*
9	16,828.57±554.35a	13,701.59±3410.88ab	14,584.13±951.68ab	12,244.44±349.19b	15,977.78±1002.96ab	11.4	*
12	17,279.37±158.60a	11,780.95±1221.57b	13,863.49±1671.81b	14,568.25±482.28ab	16,866.67±1026.32a	7.12	*

[1/]ค่าเฉลี่ย±SD ที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Tukey's Studentized Rang Test ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ, * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

4.5.8 ปริมาณวิตามินซี

การเก็บรักษาบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ เมื่อวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี (ภาพที่ 4.21) พบว่า ในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา มีปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้นในทุกกรรมวิธี และกรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.0075% ปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้นสูงกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ จากนั้นนั้นในวันที่ 3-6 ของการเก็บรักษา ทุกกรรมวิธีมีปริมาณวิตามินซีลดลง และเพิ่มขึ้นอีกครั้งในวันที่ 9-12 ของการเก็บรักษา ซึ่งกรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยจากกะเพราที่ 0.0075% และ 0.0015% มีปริมาณวิตามินซีเพิ่มสูงขึ้นไม่แตกต่างกัน และสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ



ภาพที่ 4.21 ปริมาณวิตามินซี (mg/Kg Fw) ในบรอกโคลีตัดแต่งระหว่างการเก็บรักษาหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.9 ปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์

การเก็บรักษาบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ มีการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (ตารางที่ 4.20) คลอโรฟิลล์บี (ตารางที่ 4.21) และแคโรทีนอยด์ พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์เอและบีลดลงระหว่างการเก็บรักษา บรอกโคลีตัดแต่งทุกกรรมวิธีที่เก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอและบีไม่แตกต่างกัน และในวันที่ 9 และ 12 ของการเก็บรักษา บรอกโคลีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยจากกะเพรา 0.0075% มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอและคลอโรฟิลล์บีสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆในทางสถิติ และมีผลรวมปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ โดยในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด 96.79±22.54 µg/g Fw (ตารางที่ 4.22) เมื่อวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์ พบว่า ทุกกรรมวิธีมีปริมาณแคโรทีนอยด์ไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4.23)

4.5.10 ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์

การเก็บรักษาบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ เมื่อวิเคราะห์ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ พบว่า ทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลงในวันที่ 1 และเพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกันทางสถิติในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา ต่อมาในระยะ 6-12 วันของการเก็บรักษา ทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลง และพบว่า กรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.0075% มีปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ต่ำที่สุดที่ 8.10±0.67 nmol/g Fw ในขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู 0.015% มีปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์สูงที่สุดที่ 8.10±0.67 nmol/g Fw (ตารางที่ 4.24)

4.5.11 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

การเก็บรักษาบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ เมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก พบว่า กรรมวิธีควบคุมสารประกอบฟีนอลิกลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลา 12 วันของการเก็บรักษา ในขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู และกะเพราทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มลดลงในวันที่ 3 วัน เพิ่มขึ้นในวันที่ 6-9 และลดลงในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ซึ่งในวันที่ 12 กรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู 0.0075% มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุดเท่ากับ 45.3 mg/100g Fw และกรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.0075% มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกน้อยที่สุดเท่ากับ 36.41 mg/100g Fw (ตารางที่ 4.25)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (µg/g Fw) ในบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา

วันที่เก็บรักษา	คลอโรฟิลล์เอ (µg/g Fw)					CV. (%)	F-test
	ไม่จุ่มสาร	พลู0.0075%	พลู0.015%	กะเพรา 0.0075%	กะเพรา0.015%		
0	42.77±24.81a[1/]	42.77±24.81a	42.77±24.81a	42.77±24.81a	42.77±24.81a	58.00	ns
1	49.90±3.57a	38.40±0.69a	49.67±15.66a	52.20±7.57a	42.15±7.53a	18.6	ns
3	71.30±24.74a	50.59±9.10a	58.06±6.65a	67.86±2.34a	61.57±7.23a	25.52	ns
6	31.82±21.80a	39.65±9.61a	52.21±6.90a	43.23±21.85a	70.47±27.80a	40.68	ns
9	32.32±4.66b	64.33±8.88ab	59.38±20.77ab	83.58±12.49a	47.17±8.97b	21.61	*
12	30.65±11.17b	43.74±13.17ab	33.45±7.04b	64.66±15.95a	24.77±7.38b	29.05	*

[1/]ค่าเฉลี่ย±SD ที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Tukey's Studentized Rang Test ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ, * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.21 ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (µg/g Fw) ในบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา

วันที่เก็บรักษา	คลอโรฟิลล์บี (µg/g Fw)					CV. (%)	F-test
	ไม่จุ่มสาร	พลู0.0075%	พลู0.015%	กะเพรา 0.0075%	กะเพรา0.015%		
0	20.37±15.12a[1/]	20.37±15.12a	20.37±15.12a	20.37±15.12a	20.37±15.12a	74.20	ns
1	25.94±0.86a	22.59±0.68a	30.71±8.94a	29.66±3.39a	23.74±5.04a	18.32	ns
3	34.86±10.87a	24.50±4.93a	27.97±2.79a	32.83±10.29a	29.21±4.47a	24.87	ns
6	17.06±10.32a	20.10±4.35a	26.60±3.14a	23.15±10.88a	35.93±29.81a	61.53	ns
9	18.81±2.07b	34.10±4.15ab	35.34±11.77ab	44.12±6.28a	25.85±4.68b	21.03	*
12	16.26±5.45b	23.08±7.05ab	18.75±3.31ab	32.13±6.65a	13.42±3.92b	26.43	*

[1/]ค่าเฉลี่ย±SD ที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Tukey's Studentized Rang Test ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ, * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.22 ผลรวมของปริมาณคลอโรฟิลล์ (µg/g Fw) ในบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา

วันที่เก็บรักษา	ผลรวมปริมาณคลอโรฟิลล์ (µg/g Fw)					CV. (%)	F-test
	ไม่จุ่มสาร	พลู 0.0075%	พลู 0.015%	กะเพรา 0.0075%	กะเพรา 0.015%		
0	63.14±37.35a	63.14±37.35a	63.14±37.35a	63.14±37.35a	63.14±37.35a	59.15	ns
1	75.84±4.48a	60.99±1.33a	80.38±24.58a	81.86±10.85a	65.89±12.56a	18.4	ns
3	106.16±35.61a	75.09±13.94a	86.02±9.38a	100.69±31.61a	90.78±11.67a	25.26	ns
6	48.88±32.09a	59.75±13.96a	78.81±10.03a	66.39±32.73a	106.4±18.38a	32.46	ns
9	51.14±6.67b	98.43±13.02ab	94.72±30.84ab	127.70±18.76a	73.02±13.64b	20.74	*
12	46.9±16.63b	66.82±20.2ab	52.20±10.35ab	96.79±22.54a	38.18±11.27b	28.07	*

[1/]ค่าเฉลี่ย±SD ที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Tukey's Studentized Rang Test ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ, * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.23 ปริมาณแคโรทีนอยด์ (µg/g Fw) ในบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา

วันที่เก็บรักษา	แคโรทีนอยด์ (µg/g Fw)					CV. (%)	F-test
	ไม่จุ่มสาร	พลู0.0075%	พลู0.015%	กะเพรา 0.0075%	กะเพรา0.015%		
0	15.67±8.96a[1/]	15.67±8.96a	15.67±8.96a	15.67±8.96a	15.67±8.96a	57.17	ns
1	17.95±1.18a	14.43±1.13a	17.01±4.77a	16.92±2.43a	15.06±2.31a	16.62	ns
3	17.16±6.62a	12.62±2.93a	14.14±1.98a	16.46±5.87a	14.84±0.57a	28.39	ns
6	9.25±6.68a	10.25±2.23a	15.67±2.39a	10.57±4.73a	19.14±3.85a	33.13	ns
9	16.64±1.99a	18.64±3.55a	15.99±3.28a	22.61±3.79a	20.96±5.64a	20.22	ns
12	18.24±3.05ab	18.28±6.61ab	18.54±0.59ab	24.43±5.54a	12.56±2.92b	13.38	*

[1/]ค่าเฉลี่ย±SD ที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Tukey's Studentized Rang Test ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ, * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.24 ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ (nmol/g Fw) ในบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 ℃

วันที่เก็บรักษา	ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ (nmol/g Fw)					CV. (%)	F-test
	ไม่จุ่มสาร	พลู0.0075%	พลู0.015%	กะเพรา 0.0075%	กะเพรา0.015%		
0	11.53±0.66a[1/]	11.53±0.66a	11.53±0.66a	11.53±0.66a	11.53±0.66a	5.75	ns
1	8.45±2.76ab	11.46±1.27a	9.70±1.45ab	6.04±0.44b	12.39±0.95a	16.39	*
3	12.34±7.84a	13.23±1.40a	10.54±1.54a	12.41±1.34a	13.89±1.89a	30.24	ns
6	11.11±0.60a	9.51±0.97a	10.00±0.47a	7.23±0.65b	9.44±0.43a	6.89	*
9	10.09±0.82ab	8.30±0.42b	11.94±0.96a	9.68±1.68ab	8.80±0.64b	10.23	*
12	8.49±0.71ab	9.63±0.69ab	9.81±0.52a	8.10±0.67b	8.84±0.42ab	6.82	*

[1/]ค่าเฉลี่ย±SD ที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Tukey's Studentized Rang Test ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ, * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.25 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (mg/100g Fw) ในบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 ℃

วันที่เก็บรักษา	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (mg/100g Fw)					CV. (%)	F-test
	ไม่จุ่มสาร	พลู0.0075%	พลู0.015%	กะเพรา 0.0075%	กะเพรา0.015%		
0	48.51±3.29a[1/]	48.51±3.29a	48.51±3.29a	48.51±3.29a	48.51±3.29a	6.79	ns
1	48.05±7.57a	46.83±0.49a	45.79±1.7a	45.15±4.77a	44.17±6.12a	10.68	ns
3	44.29±4.64a	32.55±0.4a	39.55±5.04a	35.24±.21a	32.92±8.17a	13.5	ns
6	40.14±3.78a	40.84±2.98a	41.94±2.75	35.64±6.67a	38.88±0.64a	9.85	ns
9	37.35±1.61a	46.55±3.07a	47.47±4.78a	41.84±1.46a	41.30±9.39a	11.67	ns
12	37.23±6.35a	45.3±3.9a	40.23±0.66a	36.41±2.31a	36.74±5.22a	10.73	ns

[1/]ค่าเฉลี่ย±SD ที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Tukey's Studentized Rang Test ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 ผลของอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อคุณภาพของบรอกโคลีตัดแต่ง

เมื่อเก็บรักษาบรอกโคลีตัดแต่งในถาดโฟมห่อด้วยพลาสติกฟิล์มยืดที่อุณหภูมิ 4±2°C, 10±2°C และอุณหภูมิห้อง 30±2°C เป็นเวลา 12 วัน พบว่า มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาในทุกกรรมวิธี ที่อุณหภูมิห้องมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด (ภาพที่ 4.1) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nguyen and Nguyen (2018) รายงานว่า น้ำหนักสดของบรอกโคลีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 5 และ 10°C มีการลดลงของน้ำหนักในทุกอุณหภูมิ และการลดลงของน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา เมื่อเปรียบเทียบการเก็บรักษาที่ระยะเวลาเดียวกันบรอกโคลีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงส่งผลให้ปริมาณน้ำภายในเซลล์ลดลงสัมพันธ์กับน้ำหนักที่ลดลง เนื่องจากการคายน้ำเพื่อระบายความร้อนที่เกิดจากกระบวนการต่างๆ หลังได้รับการตัดแต่งรวมถึงกระบวนการหายใจและการผลิตเอทิลีนที่ถูกกระตุ้นเมื่อเกิดบาดแผล (จริงแท้ ศิริพานิช และธีรนุต ร่มโพธิ์ศักดิ์. 2549) น้ำหนักของผลิตผลที่ลดลงมีผลต่อลักษณะทางกายภาพ การประเมินลักษณะภายนอกระหว่างการเก็บรักษา (ภาพที่ 4.2 และ 4.3) ผลการทดลองพบว่า กรรมวิธีที่เก็บอุณหภูมิห้องเสื่อมสภาพเร็วที่สุด รองลงมาคือ ที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 4±2°C และ 10±2°C ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nguyen and Nguyen (2018) ที่ศึกษาผลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของบรอกโคลี พบว่า คุณภาพลักษณะภายนอกของบรอกโคลีมีแนวโน้มลดลงในทุกอุณหภูมิที่เก็บรักษา โดยที่อุณหภูมิ 2°C มีคะแนนลักษณะภายนอกสูงที่สุด รองลงมาคือที่เก็บอุณหภูมิ 5°C 10°C และอุณหภูมิห้อง มีการรายงานว่าการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกสัมพันธ์กับการสูญเสียสีเขียวและเกิดสีเหลือง เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาและอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นก่อนจากนั้นเกิดการเหี่ยวเฉาและการเสียความแน่นของช่อบรอกโคลีตามมา โดยที่อุณหภูมิห้องมีการเปลี่ยนแปลงสูงที่สุดโดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงของสี การวัดการเปลี่ยนแปลงสีก้านและสีช่อดอกของบรอกโคลี (ตารางที่ 4.2) แสดงเป็นระบบค่าสี (CIE L* a* b*) พบว่า ในส่วนของก้าน ค่า L* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระยะแรกลดลงในภายหลัง ค่า a* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา โดยที่อุณหภูมิห้องสูญเสียสีเขียวเร็วที่สุด และค่า b* เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วอย่างเห็นได้ชัดในทุกกรรมวิธี Kim *et al.* (2014) รายงานว่าค่า L* ที่ต่ำและค่า a* ที่สูงขึ้นบ่งชี้ว่ามีการเกิดสีน้ำตาลมากขึ้น ในผักกาดหอม ค่า L* มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาที่เก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า a* และ b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บรักษาในส่วนของการวัดค่าสีช่อดอกบรอกโคลีนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่า ค่า L* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 6 วันของการเก็บรักษา ค่า a* เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในกรรมวิธีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และค่า b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษา และเพิ่มขึ้นอย่างมากในวันที่ 9 การเปลี่ยนสีของบรอกโคลีระหว่างเก็บรักษามีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของค่าความสว่าง (L*) ซึ่งเป็นผลมาจากการเกิดสีเหลืองของดอก นอกจากนี้เอทิลีนซึ่งเป็นฮอร์โมนความเครียดของพืชสามารถกระตุ้นการสังเคราะห์ทางชีวภาพของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสำคัญ เช่น การสุกและสีเหลืองของบรอกโคลี ในบรอกโคลีมีอัตราการผลิตเอทิลีนในระดับปานกลางถึงสูง ตั้งแต่ 3.3-27.0 µL/kg h ที่อุณหภูมิ 20°C ดังนั้นยิ่งอุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงขึ้นสีของดอกบรอกโคลีก็จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเร็วขึ้น (Nguyen and Nguyen. 2018) นอกจากการเปลี่ยนแปลงเป็นสีเหลืองในกระบวนการเสื่อมแล้วยังมีการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเกิดขึ้น ธีรศักดิ์ ปั้นวิชัย และ ดนัย บุณยเกียรติ (2545) รายงานว่า เมื่อเก็บรักษาผักกาดหอมตัดแต่งพร้อมบริโภคระยะเวลานานขึ้นการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัดและก้านใบเพิ่มมากไปด้วย ในการเกิดสีน้ำตาลหลังการตัดแต่งนั้นเกี่ยวข้องกันเอนไซม์ polyphenol oxidase และ peroxidase เมื่อวัดค่ากิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase และ peroxidase ของบรอกโคลีตัดแต่งเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน (ตารางที่ 4.3 และ 4.4) พบว่าบรอกโคลีที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีกิจกรรมเอนไซม์มากที่สุดตลอดการเก็บรักษา และที่อุณหภูมิ 10±2°C มีกิจกรรมน้อยที่สุด ซึ่งเมื่อเกิดบาดแผลจากการตัดแต่งจะเร่งให้เกิดปฏิกิริยาของสารตั้งต้นและเอนไซม์ที่ชักนำไปสู่การเกิดสีน้ำตาลเพราะเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งกายภาพและสารชีวเคมี ทำให้อายุการวางจำหน่ายอายุการเก็บรักษาสั้นลง (Lopez-Galvez *et al*. 1996)

5.2 ประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase และ polyphenol oxidase

จากการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหย ทดสอบการต้านกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase และ peroxidase ในหลอดทดลอง พบว่า น้ำมันหอมระเหยพลู 0.75% ยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase ได้ดีที่สุด (ตารางที่ 4.6) และ น้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.5% ยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase ได้ดีที่สุด (ตารางที่ 4.7) ซึ่งในน้ำมันหอมระเหยจากใบพลูมีสารประกอบ ได้แก่ eugenol, eugenol methyl ether, chavicol, chavibetol, carvacrol, cadinene และวิตามินซี เป็นต้น ส่วนองค์ประกอบหลักในน้ำมันหอมระเหยกะเพรานั้นพบสาร methyl eugenol ถึง 67.95% (ศุภรัตน์ ดวนใหญ่ และคณะ. 2563 ; สิริรัตน์ พานิช และคณะ. 2564) จะเห็นได้ว่าในน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรามียูจีนอลเป็นองค์ประกอบเหมือนกัน Chen *et al*. (2017) ได้ศึกษาผลการยับยั้งในหลอดทดลองของยูจีนอลต่อเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลซึ่งพบว่าสามารถยับยั้งกิจกรรม PAL, PPO และ POD โดยยูจีนอลยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์แบบแข่งขันโดยการเข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แย่งจับ active site ของเอนไซม์กับสารตั้งต้นทำให้เกิดกิจกรรมของเอนไซม์ลดลง จึงช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลจากกิจกรรมของเอนไซม์ PAL, PPO และ POD

5.3 ผลของน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราต่อคุณภาพและการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ในบรอกโคลีตัดแต่ง

1. การสูญเสียน้ำหนัก

บรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มในน้ำมันหอมระเหยพลู และกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ (เจือจางด้วยเอทานอล 5%) เก็บรักษาในถาดโฟมห่อด้วยพลาสติกฟิล์มยืดที่อุณหภูมิ 10±2°C เป็นเวลา 12 วัน พบว่า การสูญเสียน้ำหนักสดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกกรรมวิธีโดยกรรมวิธีควบคุมที่ไม่ได้จุ่มสารมีการสูญเสียมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Gao *et al*. (2014) ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและการรักษาคุณภาพของเห็ดกระดุมด้วยน้ำมันหอมระเหยกานพลู ซินนามาลดีไฮด์ และไทม์ พบว่า การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาในการรักษาทั้งหมด และสูญเสียมากในชุดควบคุมเกิดจากการสูญเสียน้ำมากจนแสดงอาการเหี่ยว ซึ่งการสูญเสียน้ำหนักสดนั้นเกิดจาการที่พืชหายใจและคายน้ำ การหายใจกระตุ้นกระบวนการต่างๆ ให้เกิดขึ้นทำให้เกิดความร้อนสะสมพืชจึงมีการคายน้ำ ยิ่งมีการคายน้ำมากเท่าใดยิ่งทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักมากขึ้นตามไปด้วยส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพ (จริงแท้ ศิริพานิช และธีรนุต ร่มโพธิ์ศักดิ์. 2549 ; Brecht. 1995)

2. ลักษณะภายนอก

บรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มในน้ำมันหอมระเหยพลู และกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ เปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่จุ่มสาร และจุ่มด้วยเอทานอล 5% พบว่า ในกรรมวิธีควบคุมและเอทานอล 5% เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกเร็วกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ในการทดลองต่อมาเป็นการจุ่มบรอกโคลีตัดแต่งในน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้น 0.0075% และ 0.015% (เจือจางด้วยเอทานอล 5%) พบว่า ตลอดการเก็บรักษากรรมวิธีควบคุมเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกเร็วกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ในขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.0075% เปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกช้าที่สุดและคงความสดได้นานที่สุด ลักษณะภายนอกและเนื้อสัมผัสมีความสำคัญในการประเมินความสดของผัก ความเหี่ยวที่เพิ่มขึ้นและน้ำหนักที่ลดลงเป็นตัวบ่งชี้ความสดของผักที่ลดลงด้วย นอกจากนี้ความเสียหายทางกล เช่น การบีบและการตัด สามารถกระตุ้นการปลดปล่อยเอทิลีนจากผักใบซึ่งอาจนำไปสู่การเสื่อมสภาพและความแน่นเนื้อที่ลดลงแต่งได้ แม้ว่าบรอกโคลีเป็นผักที่มีอัตราการผลิตเอทิลีนต่ำแต่การยับยั้งการสังเคราะห์นั้นมีความสำคัญอย่างยิ่ง และ ACC oxidase เป็นเอนไซม์ที่เปลี่ยน ACC ให้เป็นเอทิลีน ในการทดสอบใช้บรรจุภัณฑ์ที่ผสมน้ำมันหอมระเหยจากพืช พบว่า น้ำมันหอมระเหยที่ถูกปล่อยออกมาต้านการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้งานของ ACC oxidase ทำให้การสังเคราะห์เอทิลีนในบรอกโคลีลดลง (Navarro-Martínez et al. 2021) ในน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรานั้นมียูจีนอลเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถป้องกันการเกิด Lipid peroxidation ซึ่งหลังการตัดแต่งจะเกิดออกซิเดชัน lipid ที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์เป็นสาเหตุให้เกิดกลิ่น รส สีที่เปลี่ยนไป นอกจากนี้ ยูจีนอล ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลแบบแข่งขัน จึงสามารถชะลอการสูญเสียสีเขียวและการเกิดสีน้ำน้ำตาลได้ที่เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพและลักษณะภายนอกของบรอกโคลีตัดแต่ง (ทิฐิมา ภาคภูมิ และคณะ. 2559 ; ศุภรัตน ดวนใหญ่ และคณะ. 2563 ; Chen *et al*. 2017)

3. การประเมินกลิ่นน้ำมันหอมระเหยและกลิ่นเน่าเสียของบรอกโคลี

บรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มในน้ำมันหอมระเหยพลู และกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่า มีกลิ่นรุนแรงในวันเริ่มต้น และไม่พบกลิ่นหลังจากเก็บรักษาได้ 1 วัน ในส่วนของการประเมินกลิ่นเน่าเสียของบรอกโคลี พบว่า ในกรรมวิธีควบคุมเริ่มมีกลิ่นเน่าเสียเร็วที่สุด กรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา 0.0075% ยังไม่พบกลิ่นเน่าเสียของบรอกโคลี่ การตัดแต่งผักนั้นทำให้ง่ายต่อการนำไปใช้เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค แต่ข้อเสียคือผักตัดแต่งจะอ่อนแอมากขึ้นเน่าเสียได้ง่ายเนื่องจากการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ ทำให้มีอายุเก็บรักษาอยู่ประมาณหนึ่งสัปดาห์ นอกจากนี้การตัดแต่งยังทำเยื่อหุ้มเซลล์ฉีกขาดทำให้เกิดออกซิเดชันของไขมันที่เป็นองค์ประกอบเยื่อหุ้มเซลล์จนทำให้เกิดกลิ่นที่เปลี่ยนแปลงไป (Maynard and Hochmuth. 2007) ในน้ำมันหอมระเหยมีคุณสมบัติต้านจุลินทรีย์ได้จึงมีการนำไปใช้อย่างหลากหลายทั้งในด้านการแพทย์ อุตสาหกรรมอาหาร หรืออุตสาหกรรมเครื่องสำอางเป็นต้น ซึ่งในน้ำมันหอมระเหยทั้งพลูและกะเพรามีฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ มีการใช้ประยุกต์ใช้น้ำมันหอมระเหยในฟิล์มบริโภคได้ พบว่า น้ำมันหอมระเหยกะเพราสามารถยับยั้งแบคทีเรียที่ทำให้เกิดเน่าเสียได้ นอกจากนี้ยังมีการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของ *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* สาเหตุโรคเน่าเละของผักกาดขาวปลี พบว่า สารสกัดจากใบพลูมีประสิทธิภาพมากที่สุด (ปทุม อรุณวัชรินทร์. 2551 ; จิตติมา โสตถิวิไลพงศ์ และคณะ. 2558 ; ทิฐิมา ภาคภูมิ และคณะ. 2559 ; ศุภรัตน์ ดวนใหญ่ และคณะ. 2563) น้ำมันหอมระเหยมีองค์ประกอบทางเคมีเป็นสารผสมของสารเคมีกลุ่มต่างๆ เช่น alcohol, aldehyde, amine terpene, epoxide, ketone และ ester ซึ่งเป็นสารประกอบเหล่านั้นให้กลิ่นที่สามารถระเหยได้ง่ายและไม่คงตัว หากมีความร้อน แสง และออกซิเจน ที่เป็นปัจจัยภายนอกเข้ามากระตุ้น จะทำให้โครงสร้างของน้ำมันหอมเกิดการเปลี่ยนแปลงและสูญเสียลักษณะกลิ่นตามธรรมชาติไปเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ดังนั้นจึงทำให้มีการตกค้างในผลิตภัณฑ์ไม่เกิน 1 วัน (วันทนีย์ น้อยจินดา และ อินทาวุธ สรรพวรสถิตย์. 2562)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การเปลี่ยนแปลงสีของก้าน ช่อดอก และปริมาณคลอโรฟิลล์

ในการทดลองที่ 4 และ 5 บรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มในน้ำมันหอมระเหยพลูที่ความเข้มข้นต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่ 10±2°C มีการเปลี่ยนแปลงสีก้านและสีช่อดอก แสดงเป็นระบบค่าสี (CIE L* a* b*) พบว่า ในส่วนของก้านบรอกโคลีตัดแต่งค่าความสว่าง L* มีแนวโน้มลดลง และลดลงอย่างมากในกรรมวิธีควบคุม ค่า a* มีแนวโน้มสูงขึ้นในทุกกรรมวิธี และกรรมวิธีควบคุมสูงมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ค่าสี b* มีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วงแรกของการเก็บรักษาและลดต่ำลงในภายหลังเนื่องจากรอยตัดแต่งบริเวณก้านเริ่มเกิดสีน้ำตาล ในส่วนของช่อดอกบรอกโคลีค่า L* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกกรรมวิธีโดยเฉพาะกรรมวิธีควบคุมที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มน้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.0075% มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด ค่าสีเขียว a* มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในทุกรรมวิธีและเพิ่มสูงขึ้นอย่างมากในช่วงวันที่ 9-12 ของการเก็บรักษาโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรรมวิธีควบคุม ค่า b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกกรรมวิธี นอกจากนี้ ปริมาณคลอโรฟิลล์ในการทดลองที่ 5 พบว่า คลอโรฟิลล์เอเพิ่มขึ้นระยะหนึ่งของการเก็บรักษาและลดลงภายหลังในทุกกรรมวิธี และในวันที่12 ของการเก็บรักษากรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.0075% มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอมากที่สุด คลอโรฟิลล์บีเพิ่มขึ้นในระยะ 3 วันและลดลงในวันที่ 6 ในวันที่12 กรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.0075% มีปริมาณคลอโรฟิลล์บีมากที่สุด กรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.0075% จึงมีผลรวมของปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ และพบว่าแคโรทีนอยด์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษา แต่ในกรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำหอมระเหยพลู0.015% มีปริมาณแคโรทีนอยด์น้อยที่สุด Kim *et al*. (2014) รายงานว่า ผักกาดหอมที่จุ่มน้ำมันหอมไฟทอนไซด์เจือจางด้วยเอทานอล 95% ค่า L* มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ค่า a* และ b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการจัดเก็บที่เพิ่มขึ้น ซึ่งค่า L* ที่ต่ำลงและค่า a* ที่สูงขึ้นเป็นตัวบ่งชี้ว่าพืชมีสีน้ำตาลมากขึ้น การเกิดสีเหลืองของดอกย่อยเป็นตัวบ่งชี้การเสื่อมคุณภาพในบรอกโคลีเนื่องจากการสลายของคลอโรฟิลล์ที่เกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์ เช่น chlorophyllase peroxidase oxidase lipoxygenase และ Mg-dechelatase นอกจากนี้เอนไซม์ peroxidase ที่ทำให้เกิดการสลายของคลอโรฟิลล์ได้แล้วยังทำให้เกิดสีน้ำตาลอีกด้วย โดยจะเป็นเอนไซม์ที่เร่งการสลายของสารตั้งต้นด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งเอนไซม์ peroxidase จะอยู่ในผนังเซลล์ ไซโทซอล ไมโทคอนเดรีย ภายในเซลล์เมื่อเกิดบาดแผล และสัมผัสกับออกซิเจนจะทำให้สารตั้งต้นที่อยู่ในแวคิลโอ มาเจอกับ peroxidase ทำให้เกิดปฏิกิริยาจนเป็นสีน้ำตาล (ศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2548 ; Yamauchi and Watada. 1994; Toivonen and Brummell. 2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. กิจกรรม polyphenol oxidase และ peroxidase (Units/mL)

บรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมพลูและกะเพรา 0.0075% และ 0.015% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2°C พบกิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในกรรมวิธีควบคุม ในขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.0075% มีค่ากิจกรรมน้อยที่สุด และพบว่ากิจกรรมเอนไซม์ peroxidase มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรรมวิธีควบคุม ในขณะที่กรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู 0.0075% มีค่ากิจกรรมน้อยที่สุด ค่ากิจกรรมเพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการเก็บรักษาและลดลงในภายหลัง ในองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยพลู และกะเพรานั้นมียูจีนอลเหมือนกัน โดยที่ในน้ำมันหอมระเหยกะเพรามียูจีนอลเป็นองค์ประกอบหลัก และมี methyl eugenol ถึง 67.95% น้ำมันหอมระเหยจากใบพลูมีสารประกอบ ได้แก่ eugenol, eugenol methyl ether, chavicol, chavibetol, carvacrol เป็นต้น (ศุภรัตน์ ดวนใหญ่ และคณะ. 2563 ; สิริรัตน์ พานิช และคณะ. 2564) Zhu *et al*. (2022) ศึกษาผลการใช้ยูจีนอลลดการเกิดสีน้ำตาลในแห้วตัดแต่ง พบว่า ยูจีนอลสามารถยับยั้งการทำงานของ PAL ที่มีผลต่อการสะสมปริมาณฟีนอลและการเปลี่ยนแปลงสี โดยยูจีนอลจับกับ hydrophobic และพันธะไฮโดรเจนที่บริเวณ active site และยังยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO, POD ที่ทำในเกิดสีน้ำตาลเมื่อเจอกับฟีนอล นอกจากนี้ยูจีนอลยังต้านอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ โดยการกระตุ้นให้มีการเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ ROS-scavenging (SOD, CAT และ APX) ส่งผลให้ยูจีนอลยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแห้วตัดแต่งได้ ซึ่งในผักตัดแต่งจะเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ เช่น PPO และ POD ที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน เมื่อสารตั้งต้นรั่วไหลออกมาสัมผัสกับเอนไซม์ และออกซิเจน สารไม่มีสีถูกออกซิไดซ์จนได้เป็นสารที่มีสีน้ำตาล จากนั้นบริเวณรอยตัดแต่งจะเริ่มเปลี่ยนจากสีน้ำตาลไปเรื่อยๆ จนถึงสีดำส่งผลต่อคุณภาพของผักสด (ศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2548)

6. ปริมาณวิตามินซี

การเก็บรักษาบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้น 0.0075% และ 0.015% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2°C มีการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในระยะเวลา 3 วันของการเก็บรักษา โดยกรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.0075% ปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้นสูงกว่ากรรมวิธีอื่น และวันที่ 6-12 พบว่าทุกกรรมวิธีมีปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Xylia *et al*. (2021) ที่ประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยมาจอร์รัม กรดแอสคอร์บิก ไคโตซาน และส่วนผสมของสารเหล่านี้ต่อคุณภาพของผักกาดหอมตัดแต่ง พบว่าปริมาณวิตามินซีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งวิตามินซีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในเซลล์และทำหน้าที่ต้านอนุมูลอิสระที่เกิดจากออกซิเจนที่เป็นอันตรายต่อผนังเซลล์ และยังเป็นสารรีดิวซ์ที่คุณสมบัติรีดิวซ์ *o*-quinone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้กลับไปเป็นสารประกอบที่ไม่มีสี ช่วยยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล (ปรรัตน์ ศุภมิตรโยธิน. 2559 ; ศรมน สุทิน. 2559) ปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษานั้นอาจถูกสังเคราะห์ขึ้นเพื่อตอบสนองต่อความเครียดที่เกิดจากอุณหภูมิในการเก็บรักษา และวิตามินซีจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยลดความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่เกิดจากการเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำ (Cocetta *et al*. 2016 ; Joseph *et al*. 2017)

7. ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์

วิเคราะห์ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ในบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา 0.0075% และ 0.015% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2°C พบว่า มีแนวโน้มลดลงทุกกรรมวิธี พืชที่ได้รับการตัดแต่งหรือแปรรูปพบว่ามีปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์เกิดขึ้น เนื่องจากเกิด lipid peroxidation เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างออกซิเจนกับ lipid ที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ เมื่อเยื่อหุ้มเซลล์เกิดการฉีกขาด lipid สัมผัสกับออกซิเจนจนเกิดเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นสาเหตุให้เกิดกลิ่น รส สีที่เปลี่ยนไป และมีผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาเป็นมาลอนไดอัลดีไฮด์ (ศรมน สุทิน. 2559) และในน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรานั้นมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และยังมียูจีนอลที่เป็น scavenging antioxidant ที่สามารถป้องกันการเกิด lipid peroxidation การเกิด lipid peroxidation ที่ลดลงมีผลต่อปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ที่ลดลงซึ่งความแข็งแรงของเยื่อหุ้มเซลล์ประเมินจากปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ (ทิฐิมา ภาคภูมิ และคณะ. 2559 ; ศุภรัตน์ ดวนใหญ่ และคณะ. 2563)

8. ปริมาณฟีนอลิก

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในบรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา 0.0075% และ 0.015% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2°C พบว่า มีแนวโน้มลดลงทุกกรรมวิธีและลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดการเก็บรักษาในกรรมวิธีควบ ในวันที่ 12 พบว่ากรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู 0.0075% มีปริมาณฟีนอลิกมากที่สุด คล้ายกับงานวิจัยของ Gao *et al*. (2014) ที่รายงานว่าเห็ดหอมที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยกานพลู ซินนามาลดีไฮด์ และไทม์ เพื่อการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและการรักษาคุณภาพของเห็ดกระดุม ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมีแนวโน้มลดลง และกรรมวิธีควบคุมมีปริมาณฟินอลิกต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่รมด้วยน้ำมันหอมระเหยกานพลู ซินนามาลดีไฮด์และไทม์ มีการรายงานการเกิดสีน้ำตาลในระดับที่ต่ำกว่านั้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งเป็นปัจจัยในกระบวนการเปลี่ยนแปลงสีพืช สารประกอบฟีนอลิกจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถพบได้ตามธรรมชาติในพืช โมเลกุลของสารต้านอนุมูลอิสระจะเข้าไปทำปฏิกิริยาด้วยการให้อิเล็กตรอนกับอนุมูลอิสระแล้วทำให้ปฏิกิริยาลูกโซ่ของสารอนุมูลอิสระสิ้นสุดลง และไม่เกิดเป็นสารอนุมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิสระตัวใหม่ ถึงแม้ว่าฟีนอลิกจะเป็นสารต้านออกซิเดชันที่สำคัญในพืชแต่ฟีนอลิกยังทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นในปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลอีกด้วย (สมบัติ คงวิทยา และคณะ. 2554 ; เสน่ห์ บัวสนิท และคณะ. 2561)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 การทดลองที่ 1 : ศึกษาผลของอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อคุณภาพของบรอกโคลีตัดแต่ง

เมื่อเก็บรักษาบรอกโคลีตัดแต่งในถาดโฟมห่อด้วยพลาสติกฟิล์มยืดที่อุณหภูมิ 4±2, 10±2 และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 วัน มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาในทุกกรรมวิธี โดยกรรมวิธีที่เก็บรักษาที่ 10±2°C มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด แต่มีคุณภาพลักษณะภายนอกไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่เก็บรักษาที่ 4±2°C และกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase และ peroxidase ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาล พบว่า ในกรรมวิธีที่เก็บรักษาที่ 10±2°C มีกิจกรรมของทั้ง 2 เอนไซม์นี้น้อยที่สุด ที่อุณหภูมิ 10±2°C บรอกโคลีจึงมีการเกิดสีน้ำตาลน้อยและรักษาคุณภาพของบรอกโคลีระหว่างเก็บรักษาได้นานขึ้น

6.2 การทดลองที่ 2 : การคัดเลือกน้ำมันหอมระเหยที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase ในบรอกโคลีในหลอดทดลอง

จากการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยจากผิวมะกรูด ใบมะกรูด ตะไคร้ พลู และกะเพรา เปรียบเทียบกับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0.17% ในหลอดทดลองต่อการต้านกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบพลูยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ที่สุด ยับยั้งได้ถึง 25.46% รองลงมาคือ น้ำมันหอมระเหยจากใบกะเพรา ใบมะกรูด และตะไคร้ตามลำดับ ซึ่งมีค่ากิจกรรมต่ำกว่ากรรมวิธีที่ใช้กรดแอสคอร์บิกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการใช้น้ำมันหอมระเหยจากพลูและกะเพราช่วยลดกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase ได้

6.3 การทดลองที่ 3 : ประเมินประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยกะเพราและพลูที่ความเข้มข้นต่างๆ ในการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase และ polyphenol oxidase

เมื่อเปรียบเทียบนำมันหอมระเหยจากใบพลูและกะเพราที่ความเข้มข้น 0.5-1.5% มาทดสอบการต้านกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase ของสารสกัดบรอกโคลีในหลอดทดลอง พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากพลูที่ความเข้มข้น 0.75% ยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase ได้มากที่สุด ซึ่งยับยั้งได้มากกว่ากรรมวิธีควบคุม และกรรมวิธีที่ใช้กรดแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้น 0.17% ในขณะที่น้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หอมระเหยกะเพราที่ความเข้ม 0.5% ยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase ได้มากที่สุด ดังนั้นการใช้น้ำมันหอมระเหยจากพลู 0.75% และกะเพรา 0.5% ช่วยลดกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase และ peroxidase ได้

6.4 การทดลองที่ 4 : การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยกะเพราและพลูที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ โดยวิธีการจุ่มต่อคุณภาพบรอกโคลีตัดแต่ง

เมื่อนำบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มในน้ำมันหอมระเหยจากพลูที่ความเข้มข้น 0.0056%-0.0336% และกะเพราที่ความเข้มข้น 0.0025%-0.015% (เจือจางด้วยเอทานอล 5%) เป็นเวลา 60 วินาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2°C เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงทางกายภายภาพ พบว่า กรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.005% รักษาน้ำหนักสดได้มากที่สุด เมื่อประเมินลักษณะภายนอกระหว่างการเก็บรักษา พบว่า กรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลู 0.0056% และ 0.0112% และน้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.015% ช่วยรักษาคุณภาพบรอกโคลีเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ในการวัดการเปลี่ยนแปลงค่าสี พบว่า ค่า L* ของก้านมีแนวโน้มลดลง ค่า a* มีแนวโน้มสูงขึ้นในทุกกรรมวิธี และกรรมวิธีควบคุมสูงมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ค่าสี b* มีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วงแรกของการเก็บรักษาและลดต่ำลงในภายหลังเนื่องจากรอยตัดแต่งบริเวณก้านเริ่มเกิดสีน้ำตาล ค่า L* a* และ b* ของช่อดอกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกกรรมวิธีโดยเฉพาะกรรมวิธีควบคุม และเมื่อประเมินกลิ่นน้ำมันหอมระเหยที่ติดกับบรอกโคลีหลังการจุ่ม พบว่า ทุกกรรมวิธียกเว้นกรรมวิธีควบคุมมีกลิ่นรุ่นแรงในวันเริ่มต้นและไม่มีกลิ่นทุกกรรมวิธีในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา ในส่วนของการประเมินกลิ่นเน่าเสียของบรอกโคลี พบว่า ในกรรมวิธีควบคุมเริ่มมีกลิ่นเน่าเสียเร็วที่สุด และในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา กรรมวิธีที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.01% และ 0.015% ยังไม่พบกลิ่นเน่าเสียของบรอกโคลี ดั้งนั้นบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้นช่วง 0.005%-0.015% ช่วยรักษาคุณภาพและลดการเกิดสีน้ำตาลบริเวณตัดแต่งได้มากกว่ากรรมวิธีควบคุมที่ไม่ได้จุ่มสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.5 การทดลองที่ 5 : ผลของน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพราต่อคุณภาพและการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ในบรอกโคลีตัดแต่ง

บรอกโคลีตัดแต่งเมื่อจุ่มด้วยน้ำหอมระเหยพลูและกะเพราที่ความเข้มข้นต่างๆ และนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 ℃ และประเมินอายุการเก็บรักษา พบว่า บรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.0075% มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าสี (L* a* b*) น้อยกว่ากรรมวิธีอื่น รักษาคุณภาพภายนอกและมีอายุเก็บรักษาสำหรับการขายนานที่สุด เท่ากับ 10 วัน ซึ่งมีลักษณะที่บรอกโคลียังมีสีเขียวอยู่แต่สีอ่อนลง พื้นผิวที่ถูกตัดเป็นสีเหลือง รองลงมาคือ น้ำมันหอมระเหยพลู 0.0075% ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุด เสื่อมสภาพเร็วและมีอายุการเก็บรักษาสำหรับการขายและบริโภคสั้นที่สุด บรอกโคลีตัดแต่งหลังจุ่มจะมีกลิ่นน้ำมันหอมระเหยที่ติดมาอย่างรุนแรงในวันเริ่มต้นและไม่พบกลิ่นเมื่อเก็บรักษาได้ 1 วัน และมีเพียงบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและกะเพรา 0.0075% ไม่พบกลิ่นที่เกิดจากการเน่าเสียตลอดการเก็บรักษา สารชีวภาพที่เปลี่ยนแปลงภายในของบรอกโคลี พบว่า หลังจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยกะเพรา 0.0075% มีปริมาณวิตามินซี คลอโรฟิลล์เอและบีสูงกว่ากรรมวิธีอื่น มีปริมาณฟินอลิก มาลอนไดอัลดีไฮด์ และกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลต่ำที่สุด แต่การยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase นั้นบรอกโคลีตัดแต่งที่จุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยจากพลู 0.0075% ได้ผลดีที่สุด ดังนั้นบรอกโคลีตัดแต่งที่ได้รับการจุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยจากพลู และกะเพรา 0.0075% ช่วยยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase และ peroxidase ได้ดี ลดการเกิดสีน้ำตาลหลังได้รับการตัดแต่ง ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาสำหรับการขายและบริโภคให้นานขึ้น เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 ℃

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กัลยา สนิทนอก และ อนงค์ ศรีโสภา. 2562. องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันผิวมะกรูดและการประยุกต์ใช้ผิวมะกรูดเพื่อแต่งกลิ่นชา. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร** 50: (1): 463-468.

คริษฐ์สพล หนูพรหม. 2557. “วันปลูกและการผลิตบรอคโคลีนอกฤดูในจังหวัดสงขลา.” วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2542. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผลไม้.** นครปฐม: โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ. นครปฐม.

จริงแท้ ศิริพานิช และ ธีรนุต ร่มโพธิ์ศักดิ์ ร่มโพธิ์ศักดิ์. 2549. **การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.** พิมพ์ครั้งที่ 3. นครปฐม: โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการกษตรแห่งชาติ.

จิตติมา จิรโพธิธรรม, วนิสา คงเยือกเย็น, เกษรา น้ำใจดี,พงษ์นาถ นาถวรานันต์ และอภิตา บุญศิริ. 2553. ผลของอุณหภูมิการแช่ต่อการเกิดสีน้ำตาลในมะเขือเปราะตัดแต่งสด. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร** 41(1): 440-443.

จิตติมา โสตถิวิไลพงศ์, วิลาวรรณ์ เชื้อบุญ และ ดุสิต อธินุวัฒน์. 2558. สารสกัดหยาบพืชควบคุมโรคเน่าเละของผักกาดขาวปลี. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี** 3: 244-254.

จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล, ลลิตา นิยมสุข และพริมา พิริยางกูร. 2557. คุณภาพและลักษณะทางดานประสาทสัมผัสของบร็อคโคลีตัดแตงที่จุมในสารละลายกรดฟูมาริก. **วารสารวิทยาศาสตรเกษตร** 45(3): 161-164.

โชคชัย ธีรกุลเกียรติ. 2547. “สารสกัดจากเปลือกสับปะรดเพื่อใช้ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์.” รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ทุนอุดหนุนวิจัย มก. โครงการวิจัย 3 ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารคณะอุตสาหกรรมเกษตรวิทยาเขตบางเขนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ฐาปนีย หงสรัตนาวรกิจ. 2550. **น้ำมันหอมระเหยและการใชในสุคนธบำบัด.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ฑูรย์การปก.

นิดดา หงษ์วิวัฒน์, ทวีทอง หงส์วิวัฒน์ และ สุภาพรรณ เยี่ยมสุวรรณภูมิ. 2548**. ผัก 333 ชนิด คุณค่าอาหารและการกิน.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แสงแดด.

ทิฐิมา ภาคภูมิ, กัลยาภรณ์ จันตรี และ อรพิณ โกมุติบาล. 2559. ฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์และสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดใบพลูเพื่อพัฒนาเป็นเครื่องสำอาง. **SDU Research Journal Science and Technology.** 9(1): 1-20.

ไทยเกษตรศาสตร์. 2555. **บร๊อคโคลี.** [Online]. Available: https://www.thaikasetsart.com/บรอคโคลี/.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธีรศักดิ์ ปั้นวิชัย และ ดนัย บุณยเกียรติ. 2545. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค. **วารสารเกษตร.** 18(3): 250-260.

ปทุม อรุณชวินทร์. 2551. “การประยุกต์ใช้สารสกัดจากสมุนไพรปทุมในฟิล์มบริโภคได้เพื่อนสั่งแบคทีเรียก่อโรคในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์พร้อมบริโภค”. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ การอาหาร) สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

ปรรัตน์ ศุภมิตรโยธิน. 2559. **การเปลี่ยนแปลงของผักและผลไม้จากการแปรรูป.** [Online]. Available: https://www.slideshare.net/GawewatDechaapinun/4-58303606

พนิดา เมฆทัพ และมยุรี กระจายกลาง. 2558. ผลของกรดแอสคอบิกต่อคุณภาพการเก็บรักษาสับปะรดห้วยมุ่นตัดแต่ง. **วารสารแก่นเกษตร** 43(1): 836-841.

พนิดา รัตนปิติกรณ์. 2561. น้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากพืชและการประยุกต์ใช้เป็นสารต่อต้านจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อาหาร. **วารสารวิทยาการอาหาร** 13(2): 1-10.

ระพีพรรณ ใจภักดี. 2544. **ผักดอก Flower vegetable.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แสงแดดเพื่อนเด็ก.

รุ่งทิพย์ วงศ์ต่อม. “การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในกระบวนการอบแห้งลำไย (*Euphoria longana Lam.*) แบบทั้งผล”. วิทยานิพนธ์วิยาศาสตรมาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร. 2549

วันทนีย์ น้อยจินดา และ อินทาวุธ สรรพวรสถิตย์. 2562. การเพิ่มความคงตัวของน้ำมันหอมระเหยด้วยอินคลูชันคอมเพลกซ์ของไซโคลเดกซ์ทริน. **วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม.** 14(2): 108-119.

ศันสนีย์ กาบบัว และ ธนะชัย พันธ์เกษมสุข. 2551. ผลของกรดแอสคอร์บิกต่อการเกิดสีน้ำตาล และกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของผลลำไยพันธุ์ดอหลังการเก็บเกี่ยว. **วารสารเกษตร** 24(1): 43-50.

ศิริชัย กัลยาณรัตน์. 2548. “การวิจัยและพัฒนาคุณภาพผักสดแปรรูปพร้อมบริโภค. โครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีหลังเก็บเกี่ยว” สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว.

ศุภรัตน์ ดวนใหญ่, สุชาดา มานอก และ เพชรน้ำผึ้ง รอดโพธิ์. 2563. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ต้านเชื้อของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรต่อจุลินทรีย์ก่อโรคผิวหนัง. **วารสารวิทยาศาสตร์มข.** 48(1): 76-85.

ศรมน สุทิน. 2559. วิตามินกับอนุมูลอิสระ Vitamin and free radicals. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ** 1: 80-92.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิริรัตน์ พานิช, วรวิทย์ จันทร์สุวรรณ และ อัญชนา ขัตติยะวงศ์. 2564. “ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยรวมของน้ำสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบพลู”. รายงานวิจัยคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

สุวิมล วัฒนะพันธ์ศักดิ์. 2549. “ผลของสารลดการเกิดสีน้ำตาลและการดัดแปลงบรรยากาศต่ออายุการเก็บรักษาของผักกาดแก้วตัดแต่ง”. วิทยานิพนธ์วิยาศาสตรมาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

เสน่ห์ บัวสนิท, สุภาพร พาเจริญ, จันทร์เพ็ญ บุตรใส และ วรรภา วงศ์แสงธรรม. 2561. “การศึกษาการเกิดจุดดำในแห้วและการยกระดับผลิตภัณฑ์แห้วแปรรูปเพื่อเข้าสู่การขอรับมาตรฐานโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน”. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

สมบัติ คงวิทยา, อริสรา อรกุล, เบญจวรรณ ชอชู,ปณิตา วงษ์คำ, ชัยศาสตร คเชนทร์สุวรรณ, สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ และ สุรศักดิ์ ละลอกน้ำ. 2554. การตรวจหาแอคทิวิทีของเอนไซมเพอร์ออกซิเดสในเงาะ. **วารสารหนวยวิจัยวิทยาศาสตรเทคโนโลยีและสิ่งแวดลอมเพื่อการเรียนรู้** 2(2): 97-103.

อุมาพร อาลัย, ประทุม คำวัตว์, ชลธิชา กาญจนไพสิฐ, อานันท์ กิจกุลนำชัย และสกล โชติสวัสดิ์. 2558. ผลของสารสกัดจากหอมใหญ่ต่อการยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผักสลัดคอสอินทรีย์. **วารสารวิจัยสหวิทยาการไทย** 10(1): 1-7.

Aydemir, T. 2004. Partial purification and characterization of polyphenol oxidase from artichoke (*Cynara scolymus* L.) heads. **Food Chemistry** 87: 59–67.

Arslan, O., Erzengin, M., Sinan, S. and Ozensoy O. 2004. Purification of mulberry (*Morus alba* L.) polyphenol oxidase by affinity chromatography and investigation of its kinetic and electrophoretic properties. **Food Chemistry** 88: 479–484.

Azarakhsh, N., Osman, A., Ghazali, H.M., Tan, C.P. and Adzahan, N.M. 2014. Lemongrass essential oil incorporated into alginate-based edible coating for shelf-life extension and quality retention of fresh-cut pineapple. **Postharvest Biology and Technology** 88: 1-7.

Berrang, M.E., Brackett, R.E. and Beuchat, L.R. 1990. Microbial, colour and textural qualitie of fresh asparagus, broccoli, and cauliflower stored under controlled atmosphere. **Journal of Food Protection** 53: 391-395.

Brecht, J.K., 1995. Physiology of lightly processed fruits and vegetable. **HortScience** 30(1): 18-22.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cartea, M.E. and Velasco, P. 2008. Glucosinolates in Brassica foods: Bioavailability in food and significance for human health. **Phytochemistry Reviews** 7: 213–229.

Chazarra, S., Garcia-Carmona, F. and Cabanes J. 2001. Evidence for a tetrameric form of iceberg lettuce (*Lactuca sativa* L.) polyphenol oxidase: purification and characterisation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 49: 4870–4875.

Chaisakdanugull, C., Theerakulkait, C. and Wrolstad R. E. 2007. Pineapple juice and its fractions in enzymatic browning inhibition of banana [*Musa* (AAA Group) Gros Michel]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 55(10): 4252-4257.

Chen, X., Ren L., Li, M., Qian, J., Fan, J. and Du, B. 2017. Effects of clove essential oil and eugenol on quality and browning control of fresh-cut lettuce. **Food Chemistry** 214: 432–439.

Chuanphongpanich, S., Suttajit, M., Phanichphant, S., Buddhasukh, D. and Sirithunyalug, B. 2006. Antioxidant capacity of broccoli seeds grown in Thailand. **Chiang Mai Journal of Science** 33(1):117-122.

Cocetta, G., Mignani, I and Spinardi A. 2016. Ascorbic acid content in 'Passe-Crassane' winter pear as affected by 1-methylcyclopropene during cold storage and shelf life. **Hortscience** 51(5):543–548.

Costa, M.L., Civello, P.M., Chaves, A.R. and Mart´ınez, G.A., 2005. Effect of ethephon and 6-benzylamino-purine on chlorophyll degrading enzymes and a peroxidase-linked chlorophyll bleaching during post-harvest senescence of broccoli at 20 °C. **Postharvest Biology and Technology** 35: 191–199.

Costa, L., Vicente, A.R., Civello, P.M., Chaves, A.R. and Mart´ınez, G.A. 2006. UVC treatment delays postharvest senescence in broccoli florets. **Postharvest Biology and Technology** 39: 204–210.

Deschene, A., Paliyath, G., Lougheed, E.C., Dumbroff, E.B. and Thompson, J.E. 1991. Membrane deterioration during postharvest senescence of broccoli florets: modification by temperature and controlled atmosphere storage. **Postharvest Biology and Technology** 1: 19-31.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Firoz, Z.A., Jaman, M.M., Alam, M.S. and Alam, M.K. 2008. Effect of boron application on the yield of different varieties of broccoli in Hill Valley. **Bangladesh Journal of Agricultural Research** 33(3): 655-657.

Food Network Solution. 2563. **Sulfites / ซัลไฟต์.** [Online]. Available: http://www.foodnetwork_solution.com/wiki/word/1955/sulfites.

Forney, C.F., Hildebrand, P.D. and Saltveit, M.E. 1993. Production of methanethiol by anaerobic broccoli and microorganisms. **Acta Horticulturae** 343: 100-104.

Funamoto, Y., Yamauchi, N., Shigenaga, T. and Shigyo, M., 2002. Effects of heat treatment on chlorophyll degrading enzymes in stored broccoli (*Brassica oleracea* L.). **Postharvest Biology and Technology** 24: 163–170.

Funamoto, Y., Yamauchi, N. and Shigyo, M., 2003. Involvement of peroxidase in Chlorophyll degradation in stored broccoli (*Brassica oleracea* L.) and inhibition of the activity by heat treatment. **Postharvest Biology and Technology** 28: 39–46.

Gao, M., Feng, L. and Jiang, T. 2014. Browning inhibition and quality preservation of Button mushroom (*Agaricus bisporus*) by essential oils fumigation treatment. **Food Chemistry** 149: 107-113.

Gawlik-Dziki, U., Szymanowska, U. and Baraniak, B. 2007. Characterization of polyphenol oxidase from broccoli (*Brassica oleracea* var. botrytis italica) Florets. **Food Chemistry** 105: 1047–1053.

Gawlik-Dziki, U., Złotek, Z. and S´wieca, M. 2008. Characterisation of polyphenol oxidase from butter lettuce (*Lactuca sativa* var. capitata L.). **Food Chemistry** 107: 129–135.

Gray, A.R. 1982. Taxonomy and evolution of broccoli (*Brassica oleracea* var. italica). **Economic Botany** 36(4): 397-410.

Gómez-Lobato, M.E., Hasperué, J.H., Civello, P.M., Chaves, A.R. and Martínez, G.A. 2012. Effect of 1-MCP on the expression of chlorophyll degrading genes during senescence of broccoli *(Brassica oleracea* L.). **Scientia Horticulturae** 144: 208–211.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Jing, L., Wang, Y., Wang, R., Wang, C., Luo, D. and Wu, H. 2016. Effects of controlled freezing-point storage on quality of fresh-cut broccoli. **Advance Journal of Food Science and Technology** 12(6): 317-325.

Joseph, H. G. Y., Patel, J. S., Patel, J. N. and Talati, J. G. 2017. Storage of fruits and vegetables in refrigerator increases their phenolic acids but decreases the total phenolics, anthocyanins and vitamin c with subsequent loss of their antioxidant capacity. **Antioxidants** 6(3):59-77.

Kavrayan, D. and Aydemir, T. 2001. Partial purification and characterization of polyphenol oxidase from peppermint (*Mentha piperita*). **Food Chemistry** 74: 147–154.

Kim, D., Kim, H., Chung, H. and Moon, K. 2014. Browning control of fresh-cut lettuce by phytoncide treatment. **Food Chemistry** 159: 188-192.

King, G.A. and Morris, S.C. 1994. Early compositional changes during postharvest senescence of broccoli. **Journal of the American Society for Horticultural Science. American Society for Horticultural Science** 119(5):1000–1005.

Lopez-Galvez, Saltveit, G.M. and Cantwell, M. 1996. The visual quality of minimally processed lettuce stored in air or controlled atmospheres with emphasis on romaine and iceberg types. **Postharvest Biology and Technology** 8:179–190.

Luo, Y.G., Lu, S.M., Zhou, B. and Feng, H. 2011. Dual effectiveness of sodium chlorite for enzymatic browning inhibition and microbial inactivation on fresh-cut apples. **LWT-Food Science and Technology** 44(7): 1621-1625.

Makhlouf, J., Castaigne, F., Aral, J., Willemot, C. and Gosselin, A. 1989. Long-term Storage of Broccoli under Controlled Atmosphere. **HortScience** 24(4): 637-639.

Maynard, D.N. and Hochmuth, G.J. 2007. Knott's Handbook for Vegetable Growers. Fifth Edition John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey. 642.

MedThai. 2560. **บร็อคโคลี่ สรรพคุณและประโยชน์ของบร็อคโคลี่ 25 ข้อ.** [Online]. Available: https://medthai.com/บร็อคโคลี่/.

Navarro-Martínez, A., López-Gómez, A. and Martínez-Hernández, G.B. 2021. Potential of essential oils from active packaging to highly reduce ethylene biosynthesis in broccoli and apples. **ACS Food Science & Technology** 1: 1050-1058.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Nguyen, K.H.T and Nguyen, V.H.H. 2018. “Effects of storage temperature on the physical and chemical properties of broccoli.” 380-390 in **The 3 international conferenc on sustainable global agriculture and food**. Ho Chi Minh City : Vietnam

Sanwal, S.K., Yadav, D.S., Rai, N.R. and Yadav, R.K. 2006. Growth, yield and dietary antioxidants of broccoli as affected by fertility type**. Journal of Vegetable Science** 12: 13-26.

Tian, M.S., Downs, C.G., Lill, R.E. and King, G.A. 1994. A role for ethylene in the yellowing of broccoli after harvest. **Journal of the American Society for Horticultural Science** 119(2): 276–281.

Toivonen, P. M. A. and Brummell, D. A. 2008. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. **Postharvest Biology and Technology** 48: 1-14.

Tomás-Barberán, F.A. and Espín, J.C. 2001. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 81: 853-876.

Weerawardana, M., Thiripuranathar, G. and Paranagama, P.A. 2020. Natural antibrowning agents against polyphenol oxidase activity in *Annona muricata* and *Musa acuminata*. **Journal of Chemistry** (1):1-6

Xylia, P., Chrysargyris, A. and Tzortzakis, N. 2021. The combined and single effect of marjoram essential oil, ascorbic acid, and chitosan on fresh-cut lettuce preservation. **Food** 575(10): 1-22.

Yamauchi, N. and Watada, A.E. 1994. Effectiveness of various phenoliccompounds in degradation of chlorophyll by *in vitro* peroxidasehydrogen peroxide system. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science** 63: 439–444.

Yamauchi, N., Funamoto, Y. and Shigyo, M. 2004. Peroxidase-mediated chlorophyll degradation in horticultural crops. **Phytochemistry Reviews** 3: 221–228.

Yousuf, B. and Srivastava, A.K. 2019. Impact of honey treatments and soy protein isolate-based coating on fresh-cut pineapple during storage at 4 °C. **Food Packaging and Shelf Life** 21: 1-9.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zhang, H., Barth, M.M. and Hildebrand, D.F. 1994. Packaging influenced total chlorophyll, soluble protein, fatty acid composition and lipoxygenase activity in broccoli florets. **Journal of Food Science** 59: 1171–1174.

Zhu, L., Hu, W., Murtaza, A., Iqbal, A., Li, J., Zhang, J., Li, J., Kong, M., Xu, X. and Pan , S. 2022. Eugenol treatment delays the flesh browning of fresh-cut water chestnut (*Eleocharis tuberosa*) through regulating the metabolisms of phenolics and Reactive oxygen species. **Food Chemistry** 14: 1-11.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ- นามสกุล(ภาษาไทย)	นางสาว อนัญญา ศรีจันทร์
ชื่อ- นามสกุล(ภาษาอังกฤษ)	Miss Ananya Srichan
วัน เดือน ปีเกิด	9 เมษายน พ.ศ. 2539
ที่อยู่	3 หมู่ที่ 3 ต.ผักขะ อ.วัฒนานคร จ.สระแก้ว รหัสไปรษณีย์ 27160
โทรศัพท์	099-1645153
E-mail address	sindy99.sn@gmail.com
ประวัติการศึกษา	(2561) วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเกษตรศาสตร์ เกรดเฉลี่ย2.82 คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผลงานวิจัย

อนัญญา ศรีจันทร์, นิภาพร ยลสวัสดิ์ และ มณทินี ธีรารักษ์. 2565. การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase ในสารสกัดบรอกโคลีด้วยน้ำมันหอมระเหย. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 60. วันที่ 21-23 กุมภาพันธ์ 2565 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพมหานคร. 232-239.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้