ผลของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ต่อคุณภาพ และการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง

EFFECT OF EDIBLE FLOWER EXTRACTS ON QUALITY AND BROWNING CONTROL OF FRESH-CUT ROMAINE LETTUCE (*Lactuca sativa* L. var. *longifolia*)

ณัฐมณฑ์ ประดับกุล

NATTHAMON PRADABKUN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเกษตรศาสตร์
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2567

KMITL-2024-AG-M-065-432

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECT OF EDIBLE FLOWER EXTRACTS ON QUALITY AND BROWNING CONTROL OF FRESH-CUT ROMAINE LETTUCE (*Lactuca sativa* L. var. *longifolia*)

NATTHAMON PRADABKUN

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
2024

KMITL-2024-AG-M-065-432

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2024
SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ต่อคุณภาพ และการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง
ชื่อนักศึกษา	นางสาวณัฐมณฑ์ ประดับกุล
รหัสประจำตัว	65046013
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เกษตรศาสตร์
พ.ศ.	2567
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.มณทินี ธีรารักษ์

บทคัดย่อ

ผักสลัดกรีนคอส (*Lactuca sativa* L. var. *longifolia*) เกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดโคนต้นและในผลิตภัณฑ์ตัดแต่งพบการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดเช่นกัน ซึ่งเป็นการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญของผักสลัดกรีนคอส ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาสารสกัดน้ำจากดอกไม้กินได้ต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ และการลดกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลในผักสลัดกรีนคอส เมื่อวิเคราะห์ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และปริมาณสารฟลาโวนอยด์ของดอกไม้กินได้ 6 ชนิด ได้แก่ กระเจียว (*Curcuma sessilis* Gage) เข็มแดง (*Ixora* spp.) แคนา (*Dolichandrone serrulata* (Wall. ex DC.) Seem.) ชมจันทร์ (*Ipomoea alba* L.) บัวหลวง สัตตบงกช (*Nelumbo nucijfera* Gaertn.) และอัญชัน (*Citoria ternatea* L.) พบว่าสารสกัดจากดอกบัวหลวง ชมจันทร์ และเข็มแดง มีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• สูงสุด สารสกัดจากดอกบัวหลวงมีความสามารถในการรีดักชันสูงสุด สารสกัดจากดอกแคนาและชมจันทร์มีความสามารถในการแย่งจับไอออนโลหะในระดับสูงสุด สารสกัดจากดอกเข็มแดงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสาร ฟลาโวนอยด์สูงสุด เมื่อวิเคราะห์การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาล พบว่าสารสกัดจากดอกกระเจียวและบัวหลวงมีความสามารถในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PAL สูงสุด อย่างไรก็ตามสารสกัดจากดอกไม้ทุกชนิดไม่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD

การทดลองต่อมานำสารสกัดจากดอกไม้กินได้ทั้ง 6 ชนิด มาทดสอบเบื้องต้นในการชะลอการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดของผักสลัดกรีนคอส พบว่าสารสกัดจากดอกบัวหลวงมีแนวโน้มชะลอการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัด ในการทดสอบกับพืชจึงมุ่งเน้นการนำสารสกัดจากดอกบัวหลวงไปประยุกต์ใช้กับผักสลัดกรีนคอส เมื่อนำผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งแช่ในสารสกัดจากบัวหลวงความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 0.05, 0.1 และ 0.5% บรรจุลงถุง polypropylene ผลการทดลองพบว่าผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่ได้รับสารสกัดจากดอกบัวหลวงไม่มีผลในการลดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัด และสูญเสียคุณภาพไม่ต่างกับชุดควบคุม เมื่อศึกษาความสามารถของสารสกัดจากดอกบัวหลวงในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผักสลัดกรีนคอสบริเวณรอยตัดโคนต้นระหว่างการเก็บรักษา แช่โคนต้นด้วยสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นเวลา 5 นาที และบรรจุลงถุง polypropylene ประเมินการสูญเสียน้ำหนัก ค่าสี ดัชนีสีน้ำตาล กิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD ระหว่างการเก็บรักษา 12 วัน ที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 50±5% การสูญเสียน้ำหนักในกรรมวิธีที่ได้รับสารสกัดจากดอกไม้ไม่แตกต่างจากชุดควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โคนต้นที่แช่ในสารสกัดน้ำจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งผลให้รอยตัดโคนต้นลดการเกิดสีน้ำตาล และลดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD ดังนั้นสารสกัดน้ำจากดอกบัวหลวงสามารถใช้เป็นสารทางเลือกเพื่อลดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD และเป็นประโยชน์ในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาล และควบคุมการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดโคนต้นของผักสลัดกรีนคอสระหว่างการเก็บรักษาได้

คำสำคัญ: สีน้ำตาล, ผักสลัดกรีนคอส, ผักตัดแต่ง, สารต้านอนุมูลอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Effect of edible flower extracts on quality and browning control of fresh-cut romaine lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *longifolia*)
Student	Miss Natthamon Pradabkun
Student ID.	65046013
Degree	Master of Science
Program	Agriculture
Year	2024
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Montinee Teerarak

Abstract

Romaine lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *longifolia*) experiences a significant issue where the stems of the lettuce turn brown at the cut area, and fresh-cut lettuce products also develop a brown discoloration on the cut surface. Enzymatic browning is a significant factor contributing to the loss of romaine lettuce after harvest. The effect of edible flower aqueous extract on antioxidant activities and reduction of browning-related enzymes in romaine lettuce were evaluated. The antioxidant properties, total phenolic content and flavonoid content of edible flowers, namely Siam tulip (*Curcuma sessilis* Gage.) red ixora (*Ixora* spp.) trumpet flower (*Dolichandrone serrulata* (Wall. ex DC.) Seem.) moonflower (*Ipomoea alba* L.) double red lotus (*Nelumbo nucijfera* Gaertn.) and butterfly pea (*Citoria ternatea* L.) were analyzed. Moonflower and red ixora extracts were shown to have the best DPPH$^{\bullet}$ radical scavenging activity, lotus extract had the highest ferric reducing capacity, and trumpet flower and moonflower extract had the highest iron chelating ability. The red ixora extract contained the highest total phenolic content and flavonoid content. The results of the reduction of browning-related enzymes indicated that Siam tulip and lotus extracts significantly reduced PAL activities. However, all edible flower extracts did not inhibit PPO and POD activities.

A preliminary test was conducted to determine the efficacy of aqueous extracts from six edible flowers in controlling the discoloration of fresh-cut romaine lettuce *in vivo.* The aqueous extract of lotus flower had the potential to prevent browning of fresh-cut romaine lettuce. *In vivo* experiments were focused on the use of lotus flower extract applied to romaine lettuce. Fresh-cut romaine lettuce was soaked in lotus extract at concentrations of 0 (control), 0.05, 0.1 and 0.5% for 5 min and packaged in polypropylene plastic bags. The application of lotus flower extract to fresh-cut romaine lettuce did not prevent the browning appearance, which caused quality loss concurrently with untreated romaine lettuce. Furthermore, the effectiveness of *in vivo* application of lotus flower aqueous

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

extract to control browning cut stem ends of fresh romaine was examined. Whole romaine lettuce plants were harvested, cut at the stem and soaked in various concentrations of lotus flower extract for 5 min, then packaged in polypropylene plastic bags. Weight loss, color, browning index as well as PPO and POD activities were evaluated during 12 days of storage at temperature of 10±2°C and relative humidity 50±5%. There were no significant differences in weight loss between flower extract treated and control samples during storage. Cut stem ends soaked in 0.5% aqueous extract of lotus flower resulted in prevention of browning of cut stem ends and decrease in PPO and POD activities. Therefore, lotus flower extract decreased PPO and POD activities offers a significant advantages in the preventating browning appearance on cut stem ends of romaine lettuce.

Keywords: Browning, Romaine lettuce, Fresh-cut, Antioxidant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง ผลของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ต่อคุณภาพและการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง ผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ รศ.ดร.มณทินี ธีรารักษ์ ที่ให้ความกรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา คอยให้ความรู้ คำแนะนำด้วยความเอาใจใส่ ตรวจทานงานอย่างละเอียด ตลอดจนชี้แนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาตั้งแต่ริเริ่มวิจัยจนกระทั่งงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา รวมทั้งเอื้อเฟื้อสถานที่จัดทำงานวิจัยมาตลอด ขอขอบคุณบิดา มารดา ที่เคารพ และเพื่อนระดับปริญญาโท นางสาวกิตติญา แย้มสุริโยทัย นางสาวมัณฑนา เมืองคง รวมถึงเพื่อน พี่ น้องนักศึกษาคณะเทคโนโลยีการเกษตรทุกท่านที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนอยู่เบื้องหลังความสำเร็จของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จึงขอขอบคุณทุกท่านเป็นอย่างสูง

ณัฐมณฑ์ ประดับกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ..... ก

Abstract ..... ค

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฏ

สารบัญภาพ ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 สถานที่ดำเนินงาน 2

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 ผักสลัดกรีนคอส 3

2.2 การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยว 3

2.3 การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ 4

2.3.1 สารประกอบฟีนอลิก 4

2.3.2 ฟีนิลอะลานิน แอมโมเนียไลเอส 5

2.3.3 พอลิฟีนอลออกซิเดส 5

2.3.4 เปอร์ออกซิเดส 5

2.4 การควบคุมการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ 5

2.4.1 วิธีทางกายภาพ 5

2.4.2 วิธีทางเคมี 7

2.4.3 วิธีการใช้สารสกัดจากธรรมชาติ 8

2.5 ดอกไม้กินได้ (Edible flower) 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5.1 กระเจียว (*Curcuma sessilis* Gage.) 8

2.5.2 เข็มแดง (Ixora spp.) 9

2.5.3 แคนา (*Dolichandrone serrulata* (Wall. ex DC.) Seem.) 9

2.5.4 ชมจันทร์ (*Ipomoea alba* L.)..... 9

2.5.5 บัวหลวงสัตตบงกช (*Nelumbo nucijfera* Gaertn.)..... 9

2.5.6 อัญชัน (*Citoria ternatea* L.) 10

2.6 สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในดอกไม้กินได้..... 10

2.6.1 สารต้านอนุมูลอิสระและอนุมูลอิสระ..... 10

2.6.2 สารสำคัญในดอกไม้กินได้..... 11

2.6.2.1 กรดฟีนอลิก..... 12

2.6.2.2 ฟลาโวนอยด์..... 12

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย..... 14

3.1 พืชทดลองและสถานที่ทดลอง..... 14

3.2 การทดลองที่ 1 การศึกษาความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ 6 ชนิด.. 14

3.2.1 การตรวจสอบกิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระ..... 14

3.2.1.1 การทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH•.. 15

3.2.1.2 การทดสอบความสามารถในการจับกับไอออนโลหะ (Metal chelating activity)..... 15

3.2.1.3 การทดสอบความสามารถในการรีดักชันโดยวิธี Ferric ion reducing antioxidant power (FRAP)..... 15

3.2.2 การศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด..... 15

3.2.2.1 การศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด..... 15

3.2.2.2 การศึกษาสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด..... 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.3 การวิเคราะห์ทางสถิต..... 16

3.3 การทดลองที่ 2 ศึกษาความสามารถของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ 6 ชนิด ในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลในผักสลัดกรีนคอส..... 16

3.3.1 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน..... 17

3.3.2 การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PAL..... 17

3.3.3 การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO..... 17

3.3.4 การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ POD..... 18

3.3.5 การวิเคราะห์ทางสถิต..... 18

3.4 การทดลองที่ 3 ศึกษาความสามารถของสารสกัดจากดอกบัวหลวงในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งระหว่างการเก็บรักษา..... 18

3.4.1 พืชทดลองและสถานที่ทดลอง..... 18

3.4.2 บันทึกผลการทดลอง..... 19

3.4.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก..... 19

3.4.2.2 ค่าสี (*L**, *a** และ *b**)..... 19

3.4.2.3 คะแนนคุณภาพโดยรวม..... 19

3.4.2.4 ดัชนีสีน้ำตาล..... 20

3.4.2.5 การศึกษาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง..... 20

3.4.2.6 การศึกษาปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง..... 20

3.4.2.7 การศึกษาค่าพีเอชของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง..... 20

3.4.2.8 กิจกรรมของเอนไซม์ PAL, PPO และ POD ในผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง..... 20

3.4.2.9 การศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด..... 20

3.4.2.10 ศึกษาการเกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation ในผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง..... 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4.2.11 การศึกษาปริมาณสารคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์ทั้งหมด ต่อน้ำหนักสดของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง..... 21

3.4.3 การวิเคราะห์ทางสถิต..... 21

3.5 การทดลองที่ 4 ศึกษาความสามารถของสารสกัดจากดอกบัวหลวงในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผักสลัดกรีนคอสบริเวณรอยตัดโคนต้นระหว่างการเก็บรักษา..... 22

3.5.1 พืชทดลองและสถานที่ทดลอง..... 22

3.5.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก..... 22

3.5.2.2 ค่าสี (*L**, *a** และ *b**)..... 23

3.5.2.3 คะแนนการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัด..... 23

3.5.2.4 คะแนนความสด..... 23

3.5.2.5 ดัชนีสีน้ำตาล..... 24

3.5.2.6 กิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD ในผักสลัดกรีนคอส..... 24

3.5.3 การวิเคราะห์ทางสถิต..... 24

บทที่ 4 ผลการทดลอง..... 25

4.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ 6 ชนิด..... 25

4.4.1 การตรวจสอบกิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระ..... 25

4.1.1.1 การทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH•.. 25

4.1.1.2 การทดสอบความสามารถในการจับกับไอออนโลหะ (Metal chelating activity)..... 26

4.1.1.3 การทดสอบความสามารถในการรีดักชันโดยวิธี Ferric ion reducing antioxidant power (FRAP)..... 26

4.1.2 การศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด..... 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาความสามารถของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ 6 ชนิด ในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลในผักสลัดกรีนคอส..... 28

4.2.1 การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PAL..... 28

4.2.2 การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO..... 29

4.2.3 การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ POD..... 30

4.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาความสามารถของสารสกัดจากดอกบัวหลวงในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งระหว่างการเก็บรักษา..... 32

4.3.1 การคัดเลือกสารสกัดจากดอกไม้กินได้ และประเมินความเข้มข้นของสารสกัดต่อคุณภาพของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง..... 32

4.3.2 การทดสอบสารสกัดจากดอกบัวหลวงในการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดของผักสลัดกรีนคอสระหว่างการเก็บรักษา..... 36

4.3.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก..... 36

4.3.2.2 ค่าสี (*L**, *a** และ *b**)..... 37

4.3.2.3 คะแนนคุณภาพโดยรวม..... 39

4.3.2.4 ดัชนีสีน้ำตาล..... 39

4.3.2.5 การศึกษาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง..... 41

4.3.2.6 การศึกษาปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง..... 41

4.3.2.7 การศึกษาค่าพีเอชของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง..... 41

4.3.2.8 กิจกรรมของเอนไซม์ PAL, PPO และ POD ในผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง..... 43

4.3.2.9 การศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด..... 45

4.3.2.10 ศึกษาการเกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation ในผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง..... 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3.2.11 การศึกษาปริมาณสารคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์ทั้งหมดต่อน้ำหนักสดของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง..... 46

4.4 การทดลองที่ 4 ศึกษาความสามารถของสารสกัดจากดอกบัวหลวงในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผักสลัดกรีนคอสบริเวณรอยตัดโคนต้นระหว่างการเก็บรักษา... 48

4.4.1 การประเมินความเข้มข้นของสารสกัดจากดอกบัวหลวงต่อคุณภาพของผักสลัดกรีนคอสที่ตัดจำหน่ายแบบทั้งต้น..... 49

4.4.2 การทดสอบสารสกัดจากดอกบัวหลวงในการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดของผักสลัดกรีนคอสระหว่างการเก็บรักษา..... 49

4.4.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก..... 49

4.4.2.2 ค่าสี (*L**, *a** และ *b**)..... 50

4.4.2.3 คะแนนการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัด..... 52

4.4.2.4 คะแนนความสด..... 52

4.4.2.5 ดัชนีสีน้ำตาล..... 53

4.4.2.6 กิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD ในผักสลัดกรีนคอส..... 55

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง..... 57

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 63

6.1 ฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ 6 ชนิด..... 63

6.1 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากดอกบัวหลวงในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งระหว่างการเก็บรักษา..... 63

6.3 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากดอกบัวหลวงในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผักสลัดกรีนคอส บริเวณรอยตัดโคนต้นระหว่างการเก็บรักษา..... 63

บรรณานุกรม..... 65

ประวัติผู้เขียน..... 76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ 6 ชนิด โดยวิธี DPPH•	25
4.2	ความสามารถในการจับกับไอออนโลหะโดยวิธี Metal chelating activity ของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ 6 ชนิด	26
4.3	ความสามารถในการรีดักชันของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ 6 ชนิด โดยวิธี FRAP	27
4.4	สารประกอบฟีนอลิก และสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ 6 ชนิด	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ประเภทของสารประกอบฟีนอลิก (ลือชัย บุตคุป, 2554).....	11
3.1	เกณฑ์ประเมินคะแนนคุณภาพโดยรวมของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง.....	20
3.2	เกณฑ์ประเมินคะแนนการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดของผักสลัดกรีนคอส.....	23
3.3	เกณฑ์ประเมินคะแนนความสดของผักสลัดกรีนคอส.....	24
4.1	ความสามารถของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ 6 ชนิด ต่อการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ PAL (units/mg protein) ในผักสลัดกรีนคอส (ก) และการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PAL (%) ในผักสลัดกรีนคอส (ข).....	29
4.2	ความสามารถของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ 6 ชนิด ต่อการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO (units/mg protein) ในผักสลัดกรีนคอส (ก) และการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO (%) ในผักสลัดกรีนคอส (ข).....	30
4.3	ความสามารถของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ 6 ชนิด ต่อการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ POD (units/mg protein) ในผักสลัดกรีนคอส (ก) และการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ POD (%) ในผักสลัดกรีนคอส (ข).....	31
4.4	การเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่แช่ในสารสกัดจากจากดอกไม้กินได้ ความเข้มข้น 1, 2.5, 5% และน้ำกลั่น (กรรมวิธีควบคุม)	33
4.5	การเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่แช่ในสารสกัดจากจากดอกไม้กินได้ ความเข้มข้น 0.05, 0.1, 0.5% และน้ำกลั่น (กรรมวิธีควบคุม)	34
4.6	การเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่แช่ในสารสกัดจากจากดอกไม้กินได้ ความเข้มข้น 0.001, 0.005, 0.01% และน้ำกลั่น (กรรมวิธีควบคุม)	35
4.7	การเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่แช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.001, 0.005, 0.01, 0.05, 0.1 และ 0.5%.....	36
4.8	การสูญเสียน้ำหนัก (%) ของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่แช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน.....	37
4.9	ค่าสี *L** (ก), *a** (ข) และ *b** (ค) ของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่แช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวง ความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน.....	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.10	คะแนนคุณภาพโดยรวมของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่แช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน	39
4.11	ดัชนีสีน้ำตาลของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่แช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน	40
4.12	ภาพการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่แช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน	40
4.13	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (ก), ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (ข), และค่าพีเอช (ค) ของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่แช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน	42
4.14	กิจกรรมของเอนไซม์ PAL (ก), PPO (ข) และ POD (ค) ของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่แช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน	44
4.15	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่แช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน	45
4.16	ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่แช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน	46
4.17	ปริมาณสารคลอโรฟิลล์เอ (ก), คลอโรฟิลล์บี (ข) และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (ค) ของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่แช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน	47
4.18	บริเวณรอยตัดโคนต้นของผักสลัดกรีนคอสที่แช่โคนต้นในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.001, 0.005, 0.01, 0.05, 0.1 และ 0.5%	48
4.19	การเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของผักสลัดกรีนคอสที่แช่โคนต้นในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.001, 0.005, 0.01, 0.05, 0.1 และ 0.5%	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.20	การสูญเสียน้ำหนัก (%) ของผักสลัดกรีนคอสที่แช่โคนต้นในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน	50
4.21	ค่าสี L^* (ก), a^* (ข) และ b^* (ค) ของผักสลัดกรีนคอสที่แช่โคนต้นในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน	51
4.22	คะแนนการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดของผักสลัดกรีนคอสที่แช่โคนต้นในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน	52
4.23	คะแนนความสดของผักสลัดกรีนคอสที่แช่โคนต้นในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน	53
4.24	ดัชนีสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดโคนต้นของผักสลัดกรีนคอสที่แช่โคนต้นในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน	54
4.25	ภาพบริเวณรอยตัดโคนต้นของผักสลัดกรีนคอสที่แช่โคนต้นในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน	54
4.26	ภาพการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของผักสลัดกรีนคอสที่แช่โคนต้นในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน	55
4.27	กิจกรรมของเอนไซม์ PPO (ก) และ POD (ข) ของผักสลัดกรีนคอสที่แช่โคนต้นในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ผักสลัดกรีนคอส ชื่อท้องถิ่นเรียกว่าผักกาดหวาน ชื่อสามัญ cos lettuce หรือ romaine lettuce ชื่อวิทยาศาสตร์ *Lactuca sativa* L. var. *longifolia* (องค์ความรู้เพื่อการพัฒนาที่สูงอย่างยั่งยืน, 2558) จัดอยู่ในจัดอยู่ในวงศ์ *Asteraceae* มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชียและยุโรป มีปลูกในประเทศไทยมานานแล้ว เป็นชนิดของผักกาดหอมที่นิยมปลูก (ดำเกิง ป้องพาล, 2553) ความต้องการใช้ผักกาดหอมของผู้บริโภคมีอยู่ตลอดทั้งปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่มีเทศกาล จึงนับได้ว่าผักกาดหอมเป็นพืชผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมากชนิดหนึ่ง เป็นผักที่ใช้บริโภคส่วนใบ เป็นผักสลัดที่มีคุณค่าทางอาหารสูง นิยมบริโภคอย่างแพร่หลายที่สุดในบรรดาผักสลัดด้วยกัน (ไทยเกษตรศาสตร์, 2555) การจำหน่ายผักสลัดกรีนคอส มีทั้งการจำหน่ายทั้งต้นและผักตัดแต่ง ในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวจะใช้มีดคมตัดบริเวณโคนต้น การตัดเป็นการทำให้เกิดบาดแผล และนำไปสู่การเพิ่มอัตราการหายใจ และเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ผักสลัดกรีนคอสจำหน่ายทั้งต้นจึงเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัด (Pace *et al*., 2015) ส่วนรูปแบบการจำหน่ายในลักษณะตัดแต่งจะพบปัญหาการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดเช่นเดียวกัน

การเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัด เป็นการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ โดยมีเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องหลัก ๆ สามชนิด ได้แก่ phenylalanine ammonia-lyase (PAL), polyphenol oxidase (PPO) และ peroxidase (POD) (Kim *et al.,* 2014) การเกิดสีน้ำตาลของก้านผักกาดหอมเป็นการสูญเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และเพิ่มการปฏิเสธของผู้บริโภค (Yan *et al.,* 2015) จึงมีการใช้สารต่าง ๆ เพื่อชะลอการเกิดสีน้ำตาลทั้งการใช้สาร reducing agents, chelating agents, acidulants และ PPO inhibitors จากงานวิจัยของ Altunkaya and Gökmen (2008) พบว่ากรดออกซาลิก และกรดแอสคอร์บิกสามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลจากเอนไซม์ และชะลอการลดลงของสารประกอบฟีนอลิกในผักกาดหอม สอดคล้องกับรายงานของ Madusanka *et al.* (2018) พบว่าการแช่ผักกาดหอมตัดแต่งในกรดแอสคอร์บิก 1% สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลได้ ขณะที่ Huang *et al.* (2020) รายงานว่าการแช่ก้านผักกาดหอมในกรดอะซิติก 0.5 M สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลจากเอนไซม์ PAL ในผักกาดหอมได้ ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการบริโภคอาหารที่ส่งเสริมสุขภาพ และหลีกเลี่ยงบริโภคอาหารที่มีการใส่สารเคมี จึงมีการศึกษาการใช้สารสกัดธรรมชาติทดแทนการใช้สารเคมีในการชะลอสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดในผักหลายอย่าง เช่น สารสกัดจากหอมใหญ่ที่ปั่นกับน้ำกลั่นเป็นระยะเวลา 10 นาที และผ่านความร้อนอีก 10 นาที ช่วยชะลอปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลบริเวณส่วนโคนต้นของผักสลัดคอสอินทรีย์ ให้ผลใกล้เคียงกับการใช้กรดซิตริก และกรดแอสคอร์บิก (อุมาพร อาลัย และคณะ, 2558) สารสกัดจากเมล็ดองุ่น (Altunkaya and Gökmen, 2011) และสารสกัดจากใบองุ่น (Altunkaya, 2014) มีผลชะลอการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ในผักกาดหอมตัดแต่ง การนำดอกไม้กินได้มาใช้ควบคุมการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดในผักจึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภค ดอกไม้กินได้บางชนิดมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลัก เช่น สารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานิน ซึ่งสารเหล่านี้มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ (ลดาชาติ แต่พงษ์โสรัถ และคณะ, 2544) โดยดอกไม้แต่ละชนิดมีสารต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกันไป (สุพัตรา แซ่ลิ่ม, 2548) และสารสำคัญที่พบในดอกไม้มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสีของกลีบดอก เช่น สารในกลุ่มโพลีฟีนอล ฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานิน มักพบในดอกเจอราเนียม กุหลาบ เบญจมาศ ชบา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิทูเนีย แพนซี และวิโอลา สารสกัดจากพืชประกอบด้วยสารสำคัญหลากหลายชนิด และมีกลไกการทำงานเป็นสารควบคุมการเกิดสีน้ำตาล เช่น สารประกอบฟีนอลิก เช่น 2R,3R-dihydromyricetin (Liang *et al.,* 2014), methylconiferin และ ferulic acid-β-D-glucoside (Yu *et al.,* 2014) สารประกอบฟลาโวนอยด์ เช่น catechins (Tinello and Lante, 2017) และ quercetin (Roldán *et al.,* 2008)

ดังนั้นการทดลองนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาสารสกัดจากดอกไม้กินได้ ต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านการเกิดสีน้ำตาลจากเอนไซม์ และนำมาประยุกต์ใช้เป็นสารธรรมชาติเพื่อควบคุมการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดผักสลัดกรีนคอสที่จำหน่ายทั้งต้น และผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งระหว่างการเก็บรักษา

1.2 วัตถุประสงค์

1.1 ศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ต่อความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ

1.2 ประเมินศักยภาพของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ในการชะลอกิจกรรมของเอนไซม์ PAL, PPO และ POD ในผักสลัดกรีนคอส

1.3 ใช้สารสกัดจากดอกไม้กินได้ในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผักสลัดกรีนคอสระหว่างการเก็บรักษา

1.3 สถานที่ดำเนินงาน

ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลทางการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- ทราบความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของสารสกัดจากดอกไม้กินได้

- เลือกสารสกัดจากดอกไม้กินได้ที่มีประสิทธิภาพในการชะลอกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลในผักสลัดกรีนคอสแล้วนำไปประยุกต์ใช้ต่อการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผักสลัดกรีนคอสระหว่างการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผักสลัดกรีนคอส

ผักสลัดกรีนคอส ผักกาดหวาน ผักคอส หรือ โรเมน (*Lactuca sativa* L. var. *longifolia*) เป็นผักกาดหอมชนิดหัวหลวมค่อนข้างยาว จัดอยู่ในจัดอยู่ในวงศ์ *Asteraceae* ลักษณะทั่วไปเป็นพืชล้มลุก ลำต้นเป็นกอ ลักษณะใบตั้งตรงยาวรีและห่อซ้อนกันเป็นช่อ สีเขียวเข้ม เนื้อใบหนา มีเส้นใบนูนเด่นออกมาด้านหลัง ใบในจะโค้งเข้าด้านในทำให้หัวกลมยาว การปลูกดูแลรักษาคล้ายผักกาดหอมห่อ แต่จะมีลักษณะแตกต่างกันออกไปบ้างตามสายพันธุ์ ผักสลัดกรีนคอสเป็นพืชที่ต้องการสภาพอากาศเย็น อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 10-24 องศาเซลเซียส ในสภาพอุณหภูมิสูงการเจริญเติบโตทางใบจะลดลง และจะสร้างยางจำนวนมาก มีเส้นใยสูง เหนียว และมีรสขม ควรปลูกในพื้นที่โล่ง และได้รับแสงแดดอย่างเต็มที่ ใบของผักกาดหอมมีลักษณะบางไม่ทนต่อฝน (มูลนิธิโครงการหลวง, 2552; องค์ความรู้เพื่อการพัฒนาที่สูงอย่างยั่งยืน, 2558) การเก็บเกี่ยวผลผลิตจะขึ้นอยู่กับความสุกแก่ซึ่งแตกต่างกันตามชนิดและสายพันธุ์ เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณค่าทางอาหาร รสชาติดี มีความสด รวมทั้งมีลักษณะดีที่สุดเมื่อถึงมือผู้บริโภค จึงควรเก็บเกี่ยวด้วยความระมัดระวังไม่ให้เกิดรอยช้ำหรือรอยขีดข่วนเพื่อรักษาคุณภาพให้ดีที่สุด การบรรจุและขนย้ายควรทำด้วยความระมัดระวังไม่ให้ผลผลิตบอบช้ำ ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เชื้อโรคเข้าทำลายได้ง่าย ทำให้พืชผักเสียหาย โดยให้พิจารณาจากคุณภาพของต้นผักที่กำลังเก็บเกี่ยว (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2557) ดัชนีการเก็บเกี่ยวผักสลัดกรีนคอสคือ 75-90 วัน หลังหยอดเมล็ด ขณะเข้าหัวหลวม ๆ โดยให้ใช้มีดคมและสะอาดตัดโคนต้นใกล้ผิวดิน เมื่อตัดแล้วทาปูนแดงบริเวณแผลที่ตัดเหลือใบนอกไว้ประมาณ 3-4 ใบ เพื่อป้องกันการช้ำระหว่างขนส่ง แล้วผึ่งผักให้แห้งเพื่อป้องกันการเน่าเสียก่อนจะคัดเลือกและจัดชั้นคุณภาพ จากนั้นบรรจุผักในตะกร้าพลาสติกที่กรุกระดาษรองทั้งตะกร้า นำไปลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วให้เหลือประมาณ 3 องศาเซลเซียส และขนส่งด้วยรถห้องเย็นด้วยความระมัดระวัง ซึ่งคุณภาพขั้นต่ำของผักสลัดกรีนคอสคือ เป็นผักทั้งต้นที่มีรูปร่างและลักษณะตรงตามพันธุ์ ไม่มีอาการผิดปกติจากโรคหรือแมลง รวมทั้งปลอดภัยจากสารเคมี (องค์ความรู้เพื่อการพัฒนาที่สูงอย่างยั่งยืน, 2558)

2.2 การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยว

ผลิตผลทางการเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวกระบวนการต่าง ๆ ทั้งทางสรีรวิทยา และชีวเคมีของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวยังคงดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง เช่นเดียวกับในสภาวะที่ยังไม่ได้ถูกเก็บเกี่ยว การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นหลังการเก็บเกี่ยวมีความสำคัญต่อคุณภาพของผลผลิต ซึ่งอายุการเก็บรักษาของผลผลิตจะขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา สรีรวิทยา และชีวเคมีภายในผลิตผลนั้นๆ (สายชล เกตุษา, 2528) การแปรรูปผักสดตัดแต่งพร้อมบริโภค หมายถึง การปฏิบัติใด ๆ หลังการเก็บเกี่ยว เช่น การทำความสะอาด การปอก การตัดแบ่งเป็นชิ้นเล็ก ๆ และการบรรจุ โดยที่ผักและผลไม้ยังคงมีชีวิตอยู่ การแปรรูปในลักษณะนี้ทำให้ผักมีความบอบบาง ง่ายต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรค และเน่าเสียได้เร็วกว่าปกติ การแปรรูปผักพร้อมบริโภคมีมานานแล้ว แต่ในปัจจุบันได้แพร่หลายและพัฒนามากขึ้นเพื่อสนองความต้องการของผู้บริโภคที่วิถีชีวิตเร่งรีบและต้องการความสะดวกสบาย การตัดแต่งผักสลัดในต่างประเทศมักใช้ในผักหลายชนิด เช่น ผักกาดหอมห่อ กะหล่ำปลี มะเขือเทศ และหอมหัวใหญ่ โดยหั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นชิ้นลักษณะต่าง ๆ บรรจุถุงพลาสติก ซึ่งเป็นที่นิยมมาก แต่มีปัญหาสำคัญ คือ การเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลบริเวณรอยตัด และการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ สอดคล้องกับรายงานของ Luo *et al.* (2010) ในผักสลัดกรีนคอส และผักกาดแก้วตัดแต่งพร้อมทานที่ขายในท้องตลาด แม้จะมีคุณภาพภายนอกเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค แต่ไม่มีการฆ่าเชื้อโรคที่มีประสิทธิภาพระหว่างการเตรียมผัก จึงทำให้เชื้อ *Escherichia coli* O157: H7 สามารถเจริญเติบโตได้มาก ดังนั้นการรักษาอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่ 5 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่านั้นเป็นสิ่งสำคัญในการป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรค ผักกาดหอมไวต่อการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อเยื่อและการเสื่อมคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา แม้ว่าจะเก็บไว้ในอุณหภูมิต่ำก็ตาม (Charles *et al.,* 2018) สอดคล้องกับงานของธีรศักดิ์ ปั้นวิชัย และดนัย บุณยเกียรติ (2546) รายงานว่า ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัดและก้านใบ เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ที่เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ผักกาดตัดแต่งมีอัตราการหายใจสูงกว่าผักกาดที่ไม่ตัดแต่ง 52% ดังนั้นจึงต้องมีวิธีการป้องกันแก้ไขปัญหาที่เหมาะสม จากการศึกษาในผักกาดหอมห่อพบว่า มีดที่ไม่คมทำให้ผักตัดแต่งเสื่อมสภาพเร็วกว่าปกติ ส่วนที่ช้ำมาก่อนการแปรรูป หรือช้ำระหว่างการแปรรูปควรถูกคัดออกเพราะจะมีอายุการเก็บรักษาสั้น (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544)

2.3 การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์

โดยปกติผักที่มีเซลล์สภาพเดิม (ไม่ได้รับการตัดแต่ง) จะไม่เกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์หรือเกิดได้ช้า เนื่องจากเอนไซม์ PPO ในสภาวะปกติตำแหน่งที่อยู่ในเซลล์พืชจะอยู่แยกจากประกอบฟีนอลิกซึ่งเป็นสารตั้งต้น โดยเอนไซม์ PPO อยู่ในคลอโรพลาสต์หรือพลาสติดของเซลล์พืช ส่วนสารประกอบฟีนอลิกส่วนใหญ่อยู่ในแวคิวโอล และบางส่วนอยู่ในผนังเซลล์ เมื่อเนื้อเยื่อผักเกิดความเสียหายถูกทำลายทำให้เซลล์ฉีกขาดหรือแตกออก เอนไซม์ PPO และสารประกอบฟีนอลิกซึ่งเดิมอยู่แยกกันภายในเซลล์มีโอกาสสัมผัสหรือผสมกัน ออกซิเจนซึ่งเป็นอีกหนึ่งสารตั้งต้นที่ทำให้เอนไซม์ PPO เร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในผักรวดเร็วขึ้น ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ มีดังนี้ (โชคชัย ธีรกุลเกียรติ, 2558)

2.3.1 สารประกอบฟีนอลิก

สารประกอบฟีนอลิก เป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างทางเคมีหลักเป็นวงแหวนเบนซีน ซึ่งมีกลุ่ม hydroxyl (-OH) เกาะอยู่กับคาร์บอนตำแหน่งหนึ่งหรือมากกว่า และอาจมีกลุ่มเคมีอื่น ๆ เกาะกับคาร์บอนอื่น ๆ ด้วย (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549) เช่น กรดซินนามิก กรดคาเฟอิก คลอโรเจนิก แคทีคอล แอนโทไซยานิน แทนนิน ไทโรซีน และ ฟีนิลอลานีน สารประกอบฟีนอลิกเหล่านี้เป็นสารตั้งต้นของเอนไซม์ PPO ที่ก่อให้เกิดสีน้ำตาล และมีบทบาทเกี่ยวข้องกับรสชาติของพืช เช่น รสขมและรสฝาด อีกทั้งยังช่วยป้องกันและยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราบางชนิดได้ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544) ความรุนแรงของการเกิดสีน้ำตาลในพืชขึ้นอยู่กับปริมาณสารฟีนอล และกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้อง เช่น PAL และ PPO Nguyen *et al.* (2003) รายงานว่าการเก็บรักษากล้วยที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส เริ่มเกิดอาการสะท้านหนาวโดยเปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหลังจากเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 วัน และมีความรุนแรงของการเกิดสีน้ำตาลมากขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมของเอนไซม์ PAL และ PPO ขณะที่ปริมาณของสารฟีนอลลดลง เนื่องจากสารฟีนอลอาจจะถูกนำมาใช้ในการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ฟีนิลอะลานิน แอมโมเนียไลเอส

เอนไซม์ PAL มีบทบาทสำคัญในการเป็นตัวควบคุมปริมาณการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลในพืช (Venkatachalam and Meenune, 2012) โดยสารตั้งต้นหลักในกระบวนการสังเคราะห์ คือ กรดอะมิโน phenylalanine ในหลาย ๆ กรณี พบว่า เอนไซม์ PAL มีความสัมพันธ์กับการเกิดสีน้ำตาล (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549) เมื่อผักกาดหอมถูกเก็บเกี่ยว เนื้อเยื่อก้านของผักกาดหอมจะได้รับความเสียหาย กิจกรรมของเอนไซม์ PAL และปริมาณฟีนอลิกที่ละลายน้ำได้จะเพิ่มขึ้น (Peng *et al.,* 2014) ในงานวิจัยของ Huang *et al.* (2020) รายงานว่าการแสดงออกของยีน *PAL (LsPAL4)* และกิจกรรมของเอนไซม์เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ผักกาดหอมเกิดสีน้ำตาล Zhang *et al.* (2023) รายงานว่า PPO ไม่ได้มีบทบาทสำคัญในการเกิดสีน้ำตาลของผักกาดหอมตัดแต่ง และพบว่าการเกิดสีน้ำตาลของผักกาดหอมจากเอนไซม์ PAL เนื่องจากกิจกรรมของเอนไซม์ PAL และปริมาณสารฟีนอลิกเพิ่มขึ้นภายในเซลล์ (cellular fluids) และน้ำยางของผักกาดหอม

2.3.3 พอลิฟีนอลออกซิเดส

เอนไซม์ PPO หรืออาจเรียกว่า ไทโรซิเนส พอลิฟีนอลเลส ฟีนอเลส แคทีคอลออกซิเดส ครีซอเลส หรือแคทีคอลเลส ขึ้นอยู่กับสารตั้งต้นที่ใช้ เอนไซม์ PPO พบได้มากที่สุดในเนื้อเยื่อพืช โดยปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์จะเกิดขึ้นเมื่อเนื้อเยื่อพืชถูกทำลาย เช่น การหั่น การปอกเปลือก ซึ่งทำให้สารประกอบโมโนฟีนอลที่อยู่ในเซลล์พืชสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศและเอนไซม์ PPO จะไปเร่งปฏิกิริยา ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชันได้เป็นออร์โทไดฟีนอล (o-diphenol) และถูกออกซิไดส์ต่อได้เป็นออร์โทควิโนน (o-quinone) ควิโนนที่เกิดขึ้นจะรวมตัวกันและเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดกับสารประกอบฟีนอลอื่น ๆ หรือกับกรดอะมิโน ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาลเรียกว่าเมลานินหรือเมลานอยดิน (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545)

2.3.4 เปอร์ออกซิเดส

POD เป็นเอนไซม์ที่มีโครงสร้างเป็นไกลโคโปรตีนที่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบ สามารถพบได้ในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด และพบอยู่ทั่วไปในพืช สามารถจำแนกออกเป็นกลุ่มต่าง ๆ ตามคุณสมบัติทางโครงสร้างและลักษณะการเร่งปฏิกิริยา เอนไซม์ POD กระตุ้นการเกิดออกซิเดชันของสารตั้งต้นหลายชนิดโดยอาศัยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นตัวออกซิไดซ์ เอนไซม์ POD จะทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ได้เป็นสารอนุมูลอิสระ ซึ่งส่งผลให้เซลล์พืชเกิดความเสียหาย เกิดเป็นสารสีน้ำตาล และอาจนำไปสู่การตายของเซลล์ (Pandey *et al.,* 2017)

2.4 การควบคุมการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์

2.4.1 วิธีทางกายภาพ

การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์เป็นปัญหาสำคัญหลังการเก็บเกี่ยวของผักสลัดกรีนคอส เกิดขึ้นเมื่อมีองค์ประกอบสำคัญ คือ สารตั้งต้น เอนไซม์ ค่า pH ที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์และออกซิเจน (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2555) สีน้ำตาลที่เกิดขึ้นนี้ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค และทำให้เกิดการสูญเสียคุณภาพ จึงมีการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลจากเอนไซม์ด้วยวิธีการต่าง ๆ วิธีการทางกายภาพในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของเอนไซม์ ได้แก่ การฉายรังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การป้องกันการสัมผัสออกซิเจน การใช้บรรจุภัณฑ์แบบดัดแปลงบรรยากาศ การใช้อุณหภูมิต่ำ และการใช้อุณหภูมิสูง วิธีการควบคุมค่า pH โดยค่า pH จะส่งผลต่อการจับตัวของสารตั้งต้น และการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ PPO ค่า pH ที่เหมาะสมกับเอนไซม์ PPO ในผักกาดหอมอยู่ในช่วงพีเอช 5.0 ถึง 8.0 ในอุตสาหกรรมอาหารนิยมใช้อุณหภูมิควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของเอนไซม์ เนื่องจากอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ ซึ่งเอนไซม์จะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิเหมาะสม ซึ่งอุณหภูมิมีผลต่อการเร่งปฏิกิริยาของ PPO เนื่องจากมีอิทธิพลต่อความสามารถในการละลายของออกซิเจน อาจนำไปสู่การเสื่อมสภาพของเอนไซม์ อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ PPO จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของเอนไซม์ โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมในผักกาดหอม คือ 25-35 องศาเซลเซียส ดังนั้นการหลีกเลี่ยงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์จึงเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาล (Liu *et al.,* 2013; Taranto *et al.,* 2017) เช่น การลวก (blanching) สามารถชะลอการทำงานของเอนไซม์ได้ เพราะเอนไซม์ซึ่งประกอบด้วยโปรตีนจะเสียสภาพตามธรรมชาติจากความร้อน (Devece *et al.,* 1999; Lee and Smith, 1979) แต่การใช้ความร้อนมีข้อเสีย เนื่องจากทำให้เกิดเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส กลิ่น และรสชาติของวัตถุดิบ (Whitaker and Lee, 1995) ในรายงานของ Koseki and Isobe (2006) พบว่าการแช่ผักกาดแก้วในน้ำร้อน 50 องศาเซลเซียส 2.5 นาที จากนั้นนำไปแช่ต่อในน้ำโอโซน 5 ppm 2.5 นาที ช่วยชะลอการทำงานของ PAL ได้เป็นระยะเวลา 3 วัน ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สอดคล้องกับรายงานของ Loaiza-Velarde and Saltveit (2001) และ Murata *et al.* (2004) ด้วยการแช่ผักกาดหอมตัดแต่งในน้ำอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วินาที สามารถช่วยลดการเกิดสีน้ำตาล ลดการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ PAL และลดการสะสมของสารฟีนอลในระหว่างการเก็บรักษาได้ สอดคล้องกับรายงานของ Abeele *et al.* (2019) การแช่ผักกาดแก้วตัดแต่งด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วินาที พบว่าสามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัด โดยควบคุมกิจกรรมของเอนไซม์ PAL และ POD ให้คงที่อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับกิจกรรมของเอนไซม์ในวันแรกของการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 7 วันของการเก็บรักษา แต่กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ในผักกาดชุดควบคุมและชุดที่ผ่านการแช่ในน้ำร้อนไม่แตกต่างกันตลอดการเก็บรักษา ขณะที่ Grzegorzewska (2007) รายงานว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลอย่างมากต่อคุณภาพของผักกาดหอมตัดแต่ง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ช่วยรักษาคุณภาพของผักกาดหอมได้เป็นระยะเวลา 6 วัน แต่ที่อุณหภูมิ 18-20 องศาเซลเซียส ทำให้ผักกาดหอมเกิดสีน้ำตาลภายในระยะเวลา 4 วัน

การบรรจุผลิตภัณฑ์แบบดัดแปลงบรรยากาศหรือการบรรจุแบบ MAP เป็นการปรับแต่งบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ โดยออกซิเจนเป็นปัจจัยหนึ่งในการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ การจำกัดปริมาณออกซิเจนที่สัมผัสกับผักช่วยชะลอการทำงานของเอนไซม์ให้ช้าลง จึงช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลได้โดยไม่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่นเดียวกับในรายงานของ Eissa *et al*. (2006) พบว่าบรรจุภัณฑ์ polypropylene (PP) สามารถรักษาคุณภาพกะหล่ำปลีหั่นฝอยได้ดีที่สุด เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±1 องศาเซลเซียส ความชื้น 90-95% โดยป้องกันการผ่านออกของ CO_2 ลดการผลิตเอทิลีนในบรรจุภัณฑ์ มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ระดับการเกิดสีน้ำตาล และมีการสลายของคลอโรฟิลล์ต่ำ เมื่อเทียบกับฟิล์มบรรจุภัณฑ์ low density polyethylene, high density polyethylene และ polyvinyl chloride สอดคล้องกับรายงานของ Pace *et al.* (2020) พบว่าผักกาดแก้วที่แช่ด้วยกรดออกซาลิก 5 mM เป็นเวลา 1 นาทีร่วมกับการเก็บใส่ถุง polypropylene/polyamide (PP/PA) สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลที่ขอบใบ อัตราการหายใจ การสูญเสียน้ำหนัก และการรั่วไหลของอิเล็กโตรไลต์ รักษาคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายนอกของผักกาดหอมได้เป็นระยะเวลา 8 วัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ซึ่งรักษาคุณภาพของผักได้ดีกว่าการแช่ในกรดซิตริกเก็บรักษาในถุง PP และ PP/PA micro-perforated การใช้สารเคลือบผิวบริโภคได้เป็นการกำจัดอากาศอีกวิธีหนึ่ง โดยทำให้เกิดการดัดแปลงบรรยากาศของผลิตผลที่เคลือบผิว ซึ่งเกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างผลไม้ และบรรยากาศโดยรอบ ทำให้ผลิตผลหายใจช้าลง จึงสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลได้ เช่น งานวิจัยของสุพัตรา เสถียรธีราภาพ (2563) รายงานว่าสารเคลือบผิวมอลโตเดกซ์ทริน DE10 กับกรดอะซิติกเหมาะสมต่อการช่วยรักษาคุณภาพของกะหล่ำปลีตัดแต่ง ขณะที่ Li *et al.* (2021) รายงานว่าสารเคลือบอัลจิเนต ไคโตซาน และคาราจีแนน สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลของผักกาดหอมตัดแต่งโดยควบคุมปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ลดกิจกรรมของเอนไซม์ PAL, PPO และ POD และยังลดกิจกรรมของ phospholipase D และ lipoxygenase ลดปริมาณ malondialdehyde และเพิ่มเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ superoxide, dismutase, POD, catalase และ ascorbate peroxidase สอดคล้องกับรายงานของ Fasciglione *et al.* (2020) พบว่าการพ่นสารละลายไคโตซาน 7 มิลลิลิตร บนใบผักกาดหอม 1 ครั้ง สามารถรักษาระดับคลอโรฟิลล์ เพิ่มปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ลดการสูญเสียน้ำหนัก และคุณภาพของภาพรวมของผักกาดหอมไม่ได้รับผลกระทบจากการฉีดพ่นด้วยไคโตซาน

2.4.2 วิธีการทางเคมี

สารเคมีที่ผลควบคุมสีน้ำตาลจากเอนไซม์มีหลายชนิด และมีกลไกที่แตกต่างกัน สารที่เป็นตัวรีดิวซ์ (reducing compound) เป็นกลุ่มที่มีประสิทธิภาพสูงในการชะลอการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ เช่น กรดแอสคอร์บิก ซัลไฟต์ สารประกอบกลุ่มไทออล ทำหน้าที่รีดิวซ์สาร ortho-quinone หรือ benzoquinone กลับไปเป็น o-dihydroxyphenol (Eissa *et al.*, 2006) สารในกลุ่มของคีเลตติงเอเจนต์ เช่น ไซยาไนด์ เมไทมาโซล โทโพโลน และกรดโคจิค เป็นกลุ่มสารที่มีประสิทธิภาพแต่เป็นกลุ่มสารที่มีราคาค่อนข้างสูงจึงไม่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยสารกลุ่มนี้จะทำหน้าที่เข้าไปจับตรงโมเลกุลคอปเปอร์ของเอนไซม์ PPO ทำให้เอมไซม์ไม่สามารถเร่งปฏิกิริยาได้ (Moon *et al.*, 2020) และการใช้ความเป็นกรดด่าง หรือการปรับค่า pH นิยมใช้กันในกระบวนการแปรรูปผักผลไม้ตัดแต่ง สารทางการค้าที่นิยมใช้ส่วนมากจะเป็นกรดแอสคอร์บิก กรดซิตริก และกรดมาลิก ซึ่งเอนไซม์ไม่สามารถทำงานได้ เนื่องจากเกิดการเสียสภาพของโปรตีนเมื่อปรับค่าความเป็นกรดให้น้อยกว่า 6.5 หรือมากกว่า 9.5 (Mizobutsi *et al.*, 2010) จากงานวิจัยของ Landi *et al.* 2013 พบว่าผักร็อกเก็ตสลัดมีกิจกรรมเอนไซม์ PPO ต่ำกว่าในผักกาดหอมมาก และการหั่นทำให้กิจกรรมของ PPO เพิ่มขึ้นในผักกาดหอม ขณะที่กรดแอสคอร์บิก 5 mmol/L ลดการทำงานของ PPO ลงประมาณ 90% ในผักกาดหอม ส่วนเอนไซม์ POD มีแนวโน้มที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลในผักกาดหอม สอดคล้องกับ Sikora *et al.* (2019) พบว่าผักกาดแก้วตัดแต่งที่แช่ในกรดแอสคอร์บิก 20 mmol/L มีกิจกรรมของเอนไซม์ POD ลดลงอย่างมากเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 8 วัน Altunkaya and Gökmen (2008) รายงานว่ากรดออกซาลิกและกรดแอสคอร์บิกเป็นสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลจากเอนไซม์ที่ป้องกันการเสื่อมสลายของสารประกอบฟีนอลิกในผักกาดหอม เมื่อเปรียบเทียบกับกรดซิตริก ซิสเทอีน และน้ำกลั่น ในขณะที่รายงานของ Pace *et al.* (2015) พบว่าผักกาดหอมที่แช่ใน 0.1% แอลซิสเทอีน ได้รับคะแนนดีกว่าในด้านรูปลักษณ์ เนื้อสัมผัส ไม่เกิดสีน้ำตาล และไม่มีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์เมื่อเปรียบเทียบกับการแช่ในน้ำกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 วิธีการใช้สารสกัดจากธรรมชาติ

ปัจจุบันสารธรรมชาติที่ควบคุมการเกิดสีน้ำตาล และส่งเสริมสุขภาพกำลังได้รับความนิยมมากขึ้นแทนการใช้สารเคมี เช่น สารประกอบซัลไฟต์ ที่ได้รับการยอมรับน้อยลง Chen *et al.* (2017) พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูและสารยูจีนอล ที่เตรียมโดยการละลายในเอทานอล 75% และเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ความเข้มข้นสุดท้าย 0.05% สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PAL, PPO และ POD ของผักกาดหอมในหลอดทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ และ Kim *et al.* 2014 รายงานว่าสารไฟตอนไซด์ 1% (v/v) ที่เตรียมในน้ำกลั่นหรือเอทานอล 95% สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลของผักกาดหอมได้ โดยค่าสี *L** สูงขึ้น ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล และกิจกรรมของเอนไซม์ PAL, PPO และ POD ลดลง ในงานวิจัยของ Sikora *et al.* (2019) จากการทดลองใช้สารสกัดจากใบโหระพาและน้ำรำข้าวสาลี สกัดด้วยการใช้ตัวอย่างพืชที่แห้ง 1 กรัม แช่ในน้ำเดือด 100 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำไปหมุนเหวี่ยงก่อนนำสารสกัดมาใช้ทดสอบกับผักกาดแก้วที่เก็บรักษาไว้เป็นเวลา 8 วัน พบว่าสารสกัดจากรำข้าวสาลี 10% สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ได้ 97% ส่วนสารสกัดจากใบโหระพา 1% ลดกิจกรรมของ POD ได้ 83% และยังมีรายงานว่าสารสกัดจากเมล็ดองุ่นที่สกัดโดยปั่นพืชกับน้ำกลั่น 75 มิลลิกรัม/ลิตร (Altunkaya and Gökmen, 2011) และสารสกัดจากใบองุ่นสกัดโดยปั่นพืชกับน้ำกลั่น 90 มิลลิกรัม/ลิตร (Altunkaya, 2014) มีผลชะลอการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ในผักกาดหอมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.5 ดอกไม้กินได้ (Edible flower)

ดอกไม้ที่กินได้ส่วนใหญ่แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ดอกผลไม้ ดอกพืชผัก และดอกไม้ที่มีกลิ่นหอมเป็นยา (Zhang *et al.*, 2017) ดอกไม้กินได้สามารถกินได้ทั้งดอก แต่ในบางกรณีกินเพียงบางส่วนเท่านั้น ขึ้นอยู่กับทางโภชนาการและรสชาติที่แตกต่างกัน ดอกไม้หลายชนิดนำมารับประทานตั้งแต่สมัยโบราณ ซึ่งดอกไม้บางชนิดมีสรรพคุณทางยาและคุณค่าทางอาหาร (Wongwattanasathien *et al.*, 2010; Judprasong *et al.*, 2018) เชื่อกันว่าการบริโภคผักดอกไม้เหล่านี้สามารถรักษาโรคภัยไข้เจ็บได้ และบรรเทาอาการท้องเสีย แสดงถึงฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของดอกไม้กินได้ (Vachirasup, 1995; Boonyaprapatsara, 2000) ดอกไม้กินได้ช่วยเพิ่มความน่าดึงดูด เพิ่มรสชาติที่ละเอียดอ่อน และกลิ่นที่แปลกใหม่ให้กับอาหาร ร้านอาหารหลายแห่งตกแต่งอาหารด้วยดอกไม้ที่กินได้ และใช้เป็นวัตถุดิบในอาหารจานหลัก สลัด เครื่องดื่ม ซุป และขนมอบ (Newman and O'Conner, 2009) อย่างไรก็ตาม ดอกไม้กินได้ไม่ได้รับความสนใจเท่าผักและผลไม้สดเนื่องจากให้ผลผลิตต่ำ มีตลาดผู้บริโภคเฉพาะทางมากกว่า ด้วยอายุการเก็บรักษาที่สั้นมาก และยังมีข้อจำกัดการใช้ดอกไม้กินได้ในเชิงพาณิชย์ (Serek and Reid, 2000) ปัจจุบันดอกไม้กินได้ต้องใช้ภายใน 2-5 วันหลังการเก็บเกี่ยว ส่วนใหญ่จึงขนส่งทางอากาศไปยังพื้นที่อื่นก่อนวันหมดอายุ (Kou *et al.*, 2012) ดอกไม้กินได้ที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่

2.5.1 กระเจียว (*Curcuma sessilis* Gage.)

กระเจียว มีชื่อสามัญว่า กระเจียวแดง ดอกออกเป็นช่อแน่นแบบช่อเชิงลดรูปทรงกระบอกยาว 10-20 เซนติเมตร ก้านช่อดอกชูออกจากปลายลำต้นเทียม ช่อดอกย่อย แต่ละช่อมีดอก 2-7 ดอก ใบประดับที่โคนช่อดอกรองรับดอกสีเขียว ดอกสีเหลือง หลอดกลีบเลี้ยงยาวประมาณ 1 เซนติเมตร หลอดกลีบดอกยาว 1-2 เซนติเมตร มีขน แฉกบนรูปรีส่วนแฉกข้างแคบกว่าเล็กน้อย กลีบปากรูปไข่กลับ สีเหลือง ปลายแยกเป็น 2 พู เกสรเพศผู้ที่เป็นหมันรูปไข่กลับหรือรูปรี สีเหลือง มีขนสั้น ขณะที่เกสรเพศผู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สมบูรณ์มีจุดสีแดงจำนวนมาก โคนอับเรณูเรียวแหลมเป็นเดือย 2 อันโค้งเข้าหากัน เกสรเพศเมียมีรังไข่ใต้วงกลีบ มีขนสั้นหนาแน่น (ฐานข้อมูลพรรณไม้ องค์การสวนพฤกษศาสตร์, 2555)

2.5.2 เข็มแดง (*Ixora* spp.)

เข็มแดง มีชื่อสามัญว่า ixora หรือ west Indian jasmine ช่อดอกแบบซี่ร่มเชิงประกอบ ออกดอกที่ปลายกิ่ง ดอกรูปเข็ม สีแดงอมส้ม โคนกลีบเชื่อมติดกันเป็นหลอดแคบยาวประมาณ 2.5-2.8 เซนติเมตร ปลายแยกเป็น 4 แฉก รูปรีปลายแหลม ยาวประมาณ 1 เซนติเมตร กว้างประมาณ 7 มิลลิเมตร เกสรเพศผู้สีเหลือง 4 เกสร ติดอยู่ที่หลอดดอกด้านบน อยู่สลับกับกลีบดอก โดยเกสรเพศเมีย 1 เกสร ยื่นเลยหลอดดอก มี 2 แฉก (ข้อมูลพันธุ์ไม้ระบบฐานข้อมูลเกษตรดิจิทัล, 2564; ฐานข้อมูลพรรณไม้ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ, 2562)

2.5.3 แคนา (*Dolichandrone serrulata* (Wall. ex DC.) Seem.)

แคนา มีชื่อสามัญว่า trumpet tree ดอกใหญ่ รูปแตร สีขาว ออกตามปลายกิ่ง ยาว 2-3 เซนติเมตร ก้านดอกยาว 1.8-4 เซนติเมตร แต่ละช่อมี 2-10 ดอก บานทีละดอก กลีบเลี้ยงหนาและเหนียว ปลายเรียวเล็กโค้งยาว 3-4 เซนติเมตร จะหุ้มดอกตูมมิด เชื่อมติดกันเป็นหลอดโค้งปลายแหลมส่วนบน บานออกคล้ายกรวยสีขาวแกมชมพู แฉกกลีบดอกมี 5 กลีบ รูปไข่ ยาว 3-4 เซนติเมตร ขอบกลีบย่นเป็นคลื่น ดอกสีขาว ดอกตูมสีเขียวอ่อน ๆ โคนกลีบมีสีน้ำตาล เกสรเพศผู้ 4 เกสร ติดอยู่ที่ด้านในของท่อกลีบดอก และมีเกสรเพศเมีย 1 เกสร (ฐานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2553)

2.5.4 ชมจันทร์ (*Ipomoea alba* L.)

ชมจันทร์ มีชื่อสามัญว่า moonflower ดอกสีขาว กลิ่นหอม บานตอนเช้าและพลบค่ำ ออกดอกตามง่ามใบเป็นดอกเดี่ยว ๆ หรือเป็นช่อ 2-5 ดอก เมื่อบานเต็มที่กว้าง 10-13 เซนติเมตร ก้านช่อดอกยาว 1-20 เซนติเมตร กลีบรองดอก 5 กลีบ กลีบดอกส่วนโคนเป็นหลอดแคบเรียวยาว ส่วนบนบานกว้างเป็นกลีบแผ่ติดกัน 5 กลีบ เกสรเพศผู้ 5 เกสร เกสรเพศเมียยื่นโผล่พ้นดอกเล็กน้อย ผลรูปไข่ปลายแหลม ยาว ขนาดกว้าง 2.5 เซนติเมตร ยาว 3 เซนติเมตร กลีบรองดอกติดอยู่ที่ฐาน (ฐานข้อมูลพรรณไม้ องค์การสวนพฤกษศาสตร์, 2554)

2.5.5 บัวหลวงสัตตบงกช (*Nelumbo nucijfera* Gaertn.)

บัวหลวงสัตตบงกช มีชื่อสามัญว่า double red lotus ดอกเป็นดอกเดี่ยวสีขาวหรือสีชมพู กลีบเลี้ยง 4-6 กลีบ คล้ายกับกลีบดอก กลีบดอกหลายกลีบเรียงตัวชั้นเดียว หรือซ้อนกันหลายชั้น รูปไข่กว้าง 5-6 เซนติเมตร ยาว 7-9 เซนติเมตร บานเต็มที่ขนาด 20-25 เซนติเมตร เกสรเพศผู้จำนวนมาก สีเหลืองยาว 4-5 เซนติเมตร ล้อมรอบ ฐานรองดอกรูปกรวยหงาย ปลายตัดเกสรเพศเมียมีรังไข่ฝังอยู่ที่ฐานรองดอก เมื่ออ่อนมีสีเหลือง แก่แล้วจะเปลี่ยนเป็นสีเขียว ช่องรังไข่เรียงเป็นวงบนผิวหน้าตัด จำนวน 5-15 อัน (ฐานข้อมูลพรรณไม้ องค์การสวนพฤกษศาสตร์, 2555)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.6 อัญชัน (*Citoria ternatea* L.)

อัญชัน มีชื่อสามัญว่า blue pea, butterfly pea เป็นไม้เถาลำ ดอกมีหลายสี เช่น สีน้ำเงิน ฟ้า ม่วงแดง ม่วงอ่อน และดอกขาว ออกดอกเดี่ยว ๆ รูปทรงคล้ายฝาหอย ยาว 2.5-3.5 เซนติเมตร กลีบคลุมผิวย่น รูปมน กลม ปลายเว้าเป็นแอ่ง ตรงกลางมีสีเหลือง (ฐานข้อมูลพรรณไม้ องค์การสวนพฤกษศาสตร์, 2558)

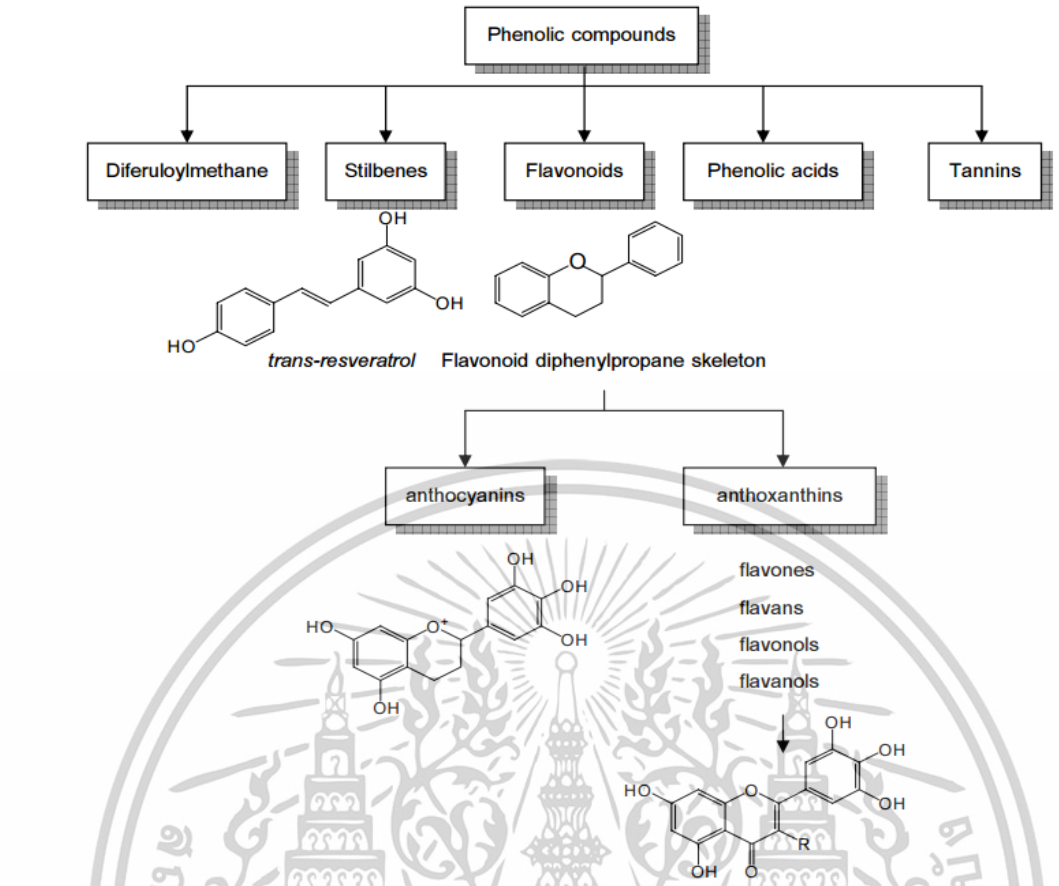
2.6 สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในดอกไม้กินได้

2.6.1 สารต้านอนุมูลอิสระและอนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ คือ อะตอมหรือโมเลกุลที่ดำรงอยู่ได้อย่างอิสระ ซึ่งมีอิเล็กตรอนที่ไม่มีคู่อยู่ในวงโคจรของอะตอม ทำให้อนุมูลอิสระไม่เสถียร และมีความไวในการทำปฏิกิริยาสูง สามารถให้หรือรับอิเล็กตรอนจากโมเลกุลอื่นได้เพื่อให้ตัวมันเสถียร ทำให้โมเลกุลอื่นกลายเป็นอนุมูลอิสระแทน และเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ที่รุนแรงต่อไป ขณะที่สารต้านอนุมูลอิสระ คือ โมเลกุลที่มีความเสถียรเพียงพอที่จะให้อิเล็กตรอนให้กับอนุมูลอิสระที่ไปทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นและทำให้เป็นกลาง ซึ่งจะลดความสามารถในการทำลายของอนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้ช่วยชะลอหรือยับยั้งความเสียหายของเซลล์โดยส่วนใหญ่ผ่านคุณสมบัติการกำจัดอนุมูลอิสระ (Lobo *et al.*, 2010)

สารประกอบฟีนอลิกหลายตัวมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระ และไอออนของโลหะที่สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและโมเลกุลอื่น ๆ โดยใช้ตัวเองเป็นตัวรับอนุมูลอิสระทำหน้าที่ยับยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ที่มีอนุมูลอิสระเป็นสาเหตุ สารประกอบฟีนอลิกที่พบในธรรมชาติมีหลายชนิดมีหลักมีลักษณะสูตรโครงสร้างที่แตกต่างกัน ตั้งแต่กลุ่มที่มีโครงสร้างอย่างง่าย เช่น กรดฟีนอลิก ไปจนถึงกลุ่มที่มีโครงสร้างเป็นพอลิเมอร์ เช่น ลิกนิน กลุ่มใหญ่ที่สุดที่พบ คือ สารฟลาโวนอยด์ (พินิจ เจ๊กอิน และโสรยา แก้วลา, 2556) สารประกอบฟีนอลิกในธรรมชาติพบมากกว่า 8,000 ชนิด เป็นสารทุติยภูมิที่พืชสร้างขึ้น มีโครงสร้างทางเคมีหลักเป็นวงแหวนเบนซีนซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิลเกาะอยู่กับคาร์บอนตำแหน่งหนึ่งหรือมากกว่า และอาจมีกลุ่มเคมีอื่น ๆ เกาะกับคาร์บอนอื่น ๆ ด้วย สามารถแบ่งเป็นกลุ่มต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 2.1 ได้แก่ กลุ่มกรดฟีนอลิกที่มาจากกรดไฮดรอกซีเบนโซอิก ได้แก่ กรดแกลลิก และกรดฟีนอลิกที่มาจากกรดไฮดรอกซีซินนามิก ได้แก่ กรดคาเฟอิก กรดเฟอรูลิก และกรดคูมาริน กลุ่มฟลาโวนอยด์เป็นกลุ่มใหญ่ ประกอบด้วยกลุ่มฟลาโวนส์ ไอโซฟลาโวนส์ ฟลาโวนอลส์ แอนโทไซยานิน และฟลาวานอลส์กลุ่มสติลบีน กลุ่มแทนนิน และกลุ่มไดเฟอรูโลอิลมีเทน (จริงแท้ ศิริพานิช, 2549; ลือชัย บุตคุป, 2554)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 ประเภทของสารประกอบฟีนอลิก (ลือชัย บุตคุป, 2554)

ในปัจจุบันได้มีการศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของดอกไม้กินได้อย่างหลากหลาย เช่น Youwei *et al.* (2008) รายงานว่า ดอกไม้ในกลุ่มสีแดงมีสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลสูงกว่ากลุ่มสีอื่น ๆ สอดคล้องกับรายงานของอัญชลี ศรีจำเริญ (2560) พบว่าการสกัดดอกกระเจียวส่วนกาบรองดอกสีแดงด้วยน้ำและเมทานอลทำให้ได้สารประกอบฟีนอลิกปริมาณมากที่สุด สารสกัดจากกาบรองดอกสีแดงและสีเขียวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระชนิด ABTS ดีที่สุด ศุกฤชชญา เหมะธุลิน และคณะ (2558) พบปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 1,160.21 มิลลิกรัม GAE/100 กรัม ฟลาโวนอยด์ 1,031.42 mg QE/100 กรัม และฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน FRAP 977.93 µM FeSO4/Lc ในดอกอัญชัน จากการศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH• จากดอกไม้กินได้ 5 ชนิด ได้แก่ ดอกเข็ม ดอกคูณ ดอกพวงชมพู ดอกเฟื่องฟ้า และดอกแคแดง พบว่าดอกคูณมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด คือ 89.58% รองลงมา คือ ดอกเข็ม 83.89% และดอกพวงชมพู 70.38% ตามลำดับ (ศรีสุดา ยมรัตน์ และขวัญดาว แจ่มแจ้ง, 2559) ในรายงานของชุลีกานต์ สายเนตร และประสิทธิ์ มุกดา (2559) พบว่าดอกบัวหลวงสกัดน้ำมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH• เป็นค่า EC_{50} เท่ากับ 1,543.36 ppm และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมเท่ากับ 11.58 mg GAE/g crude extract

2.6.2 สารสำคัญในดอกไม้กินได้

ดอกไม้ที่กินได้มีสารประกอบฟีนอลิกที่มีโครงสร้างทางเคมีต่างกัน ส่วนใหญ่เป็นกรดฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยกรดฟีนอลิก และสารฟลาโวนอยด์มีผลต่อสีสันต่าง ๆ ของดอกไม้ (Navarro-González, 2014; Prabawati *et al.*, 2021)

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ในการแสวงหาผลประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนั้นมีบทบาทสำคัญในคุณค่าทางโภชนาการ มีผลต่อคุณลักษณะด้านคุณภาพ เช่น ลักษณะที่ปรากฏ รสชาติ และคุณสมบัติในการส่งเสริมสุขภาพ (ยงยุทธ โอสถสภา, 2558)

2.6.2.1 กรดฟีนอลิก

กรดฟีนอลิกเป็นกลุ่มสารประกอบฟีนอลิกกลุ่มหนึ่งที่ถูกสร้างขึ้นโดยพืช สามารถแบ่งกรดฟีนอลิกได้ 2 ชนิด ได้แก่ กรดไฮดรอกซีซินนามิก เป็นกรดฟีนอลิกกลุ่มใหญ่ที่สุดพบทั่วไปในพืช กรดฟีนอลิกที่พบมาก ได้แก่ กรดคาเฟอิก กรดเฟอรูลิก กรดพีคูมาริก และกรดซินนามิก โดยปกติเกิดขึ้นจากหลาย ๆ รูปแบบ เช่น เกิดจากการย่อยของเอนไซม์หรือการเชื่อมกันของเอสเทอร์ของกรดไฮดรอกซีเบนโซอิก มีโครงสร้างโดยทั่วไป คือ (C_6-C_1) เป็นอนุพันธ์ของกรดเบนโซอิก ความแปรผันโครงสร้างของกรดนี้ขึ้นอยู่กับการเกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซีเลชัน และเมทีเลชันของวงแหวนอะโรมาติก เช่น phydroxy-benzoic, vanillic, syringic และ protocatechuic acid ในธรรมชาติพบอยู่ในรูปที่จับกับน้ำตาลหรือกรดอินทรีย์ถูกสะสมอยู่บริเวณผนังเซลล์ของพืชในส่วนที่เรียกว่าลิกนิน (ลือชัย บุตคุป, 2554)

2.6.2.2 ฟลาโวนอยด์

ฟลาโวนอยด์เป็นสารประกอบฟีนอลิกที่พบมากที่สุด พบได้ทั่วไปในอาหารโดยเฉพาะอย่างยิ่งในพืช เช่น ผัก และผลไม้ฟลาโวนอยด์เป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างหลักฟลาโวนตรงนิวเคลียสมีสูตรโมเลกุล คือ C_{15} (C_6-C_3-C_6) โดยมีวงแหวน phenyl ring จับกับไพแรนหรือไพโรน ในธรรมชาติพบฟลาโวนอยด์มากกว่า 4,000 ชนิด ส่วนใหญ่อยู่ในรูปไกลโคไซด์ซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิลหนึ่งหมู่ หรือมากกว่าโมเลกุลจะจับอยู่กับน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ฟลาโวนอยด์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มหลัก ๆ คือ แอนโท-ไซยานิน และแอนโทแซนทิน โดยแอนโทไซยานินจะพบในรูปของอนุพันธ์ต่าง ๆ พบมากในสีของดอกไม้ ขณะที่แอนโทแซนทินเป็นกลุ่มสารที่ไม่มีสี (ลือชัย บุตคุป, 2554)

สารสำคัญที่พบในดอกไม้กินได้แต่ละชนิดจะแตกต่างกัน โดยปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบทางเคมีของสารอินทรีย์ในพืชมี 2 แบบ คือ ชีวนะปัจจัย (biotic factors) ได้แก่ พันธุกรรมของพืช ปัจจัยด้านสรีระ โรค และแมลงศัตรูพืช ส่วนอีกปัจจัย คือ อชีวนะปัจจัย (abiotic factors) ได้แก่ สภาพแวดล้อม การปฏิบัติดูแลในการปลูก ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ที่เกิดขึ้นในช่วงของการผลิตอาจมีผลต่อพืชในเชิงยับยั้งหรือกระตุ้นกระบวนการสังเคราะห์สาร (ยงยุทธ โอสถสภา, 2558) ในแง่ของการสังเคราะห์ทางชีวภาพจะเกี่ยวข้องกับเอนไซม์ที่สำคัญ คือ PAL เนื่องจากสามารถถูกเหนี่ยวนำด้วยสภาวะความเครียดจากสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน นอกจากนี้เอนไซม์ PPO และ POD เป็นเอนไซม์หลักที่สำคัญต่อการสูญเสียคุณภาพเนื่องจากการย่อยสลายสารประกอบฟีนอลิก (Tomás-Barberán and Espín, 2001) มีรายงานสารสำคัญที่พบในดอกกระเจียว ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก น้ำมันหอมระเหย ไดอะริล เพนทานอยด์ และ เคอคูมิน (Ayati *et al.,* 2019) สารสำคัญที่พบในดอกเข็ม ได้แก่ สารเปปไทด์ เทอร์พีนอยด์ และสารประกอบฟีนอลิก เช่น ฟลาโวนอยด์ ฟลาโวน ฟลาวาโนน (Chen *et al.,* 2016) สารสำคัญที่พบในดอกแคนา ได้แก่ hallerone, protocatechuic acid, rengyolone, cleroindicin B, ixoside, and isomaltose (Phanthong *et al.,* 2015) สารสำคัญที่พบในดอกชมจันทร์ ได้แก่ alkaloids, flavonoids, simple phenolics, anthraquinones, cardenolides, leucoanthocyanin, saponin, anthracene glycosides และ polyoses (Dagawal, 2015) สารสำคัญที่พบในดอกบัวหลวง ได้แก่ สาร quercetin, luteolin, luteolin glucoside, kaempferol, kaempferol-3-O-glucoside และ isoquercetin (Chen, *et al.,* 2012; Mehta *et al.,* 2013) สารสำคัญที่พบในดอกอัญชัน ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

quercetin, myricetin, glycosides of kaempferol รวมทั้งสารเทอนาทิน แอนโทไซยานิน และสารฟลาโวนอลหลายชนิด (Mukherjee *et al.,* 2008; Kazuma *et al.,* 2003)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 พืชทดลองและสถานที่ทดลอง

ดอกไม้กินได้ทั้ง 6 ชนิด ได้แก่ กระเจียว เข็มแดง แคนา ชมจันทร์ บัวหลวง และอัญชัน เก็บเกี่ยวในช่วงเวลาเช้า ส่งมายังห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลทางการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังภายในเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำดอกไม้สดมาคัดเลือกดอกที่มีลักษณะดี ตรงตามพันธุ์ คือ สด ไม่เน่า ไม่บอบช้ำ ไม่มีร่องรอยการเข้าทำลายของโรคและแมลง ไม่มีสิ่งสกปรกเจือปน ดอกไม้ที่ผ่านการคัดเลือกนำมาอบในตู้อบลมร้อนแบบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 45±3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน

3.2 การทดลองที่ 1 การศึกษาความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ 6 ชนิด

เตรียมสารสกัดจากดอกไม้กินได้โดยนำดอกไม้กินได้แต่ละชนิดที่ผ่านการอบจนแห้งแล้วมาบดให้ละเอียดแล้วทำการสกัดดอกไม้แต่ละชนิดแยกกัน ใช้ดอกไม้ 5 กรัม ในน้ำกลั่น 95 มิลลิลิตร เพื่อให้ได้สารสกัดความเข้มข้นเริ่มต้นที่ 5% จำนวน 3 ซ้ำ ต่อหนึ่งชนิดดอกไม้ ใส่ในขวดรูปชมพู่ ปิดปากขวดด้วยพาราฟิล์ม เก็บที่อุณหภูมิ 12±3 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 วัน นำไปกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 93 จะได้สารสกัดจากดอกไม้ความเข้มข้น 50 mg/mL และนำไปทดสอบความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระต่อไป

3.2.1 การตรวจสอบกิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระ

ทดสอบความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของสารสกัดจากดอกไม้กินได้แต่ละชนิด ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำมี 3 ตัวอย่างย่อย มีกรรมวิธีการทดลองดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 สารสกัดจากดอกกระเจียว ช่วงความเข้มข้นตั้งแต่ 0.078-50 mg/mL
กรรมวิธีที่ 2 สารสกัดจากดอกเข็มแดง ช่วงความเข้มข้นตั้งแต่ 0.078-50 mg/mL
กรรมวิธีที่ 3 สารสกัดจากดอกแคนา ช่วงความเข้มข้นตั้งแต่ 0.078-50 mg/mL
กรรมวิธีที่ 4 สารสกัดจากดอกชมจันทร์ ช่วงความเข้มข้นตั้งแต่ 0.078-50 mg/mL
กรรมวิธีที่ 5 สารสกัดจากดอกบัวหลวง ช่วงความเข้มข้นตั้งแต่ 0.078-50 mg/mL
กรรมวิธีที่ 6 สารสกัดจากดอกอัญชัน ช่วงความเข้มข้นตั้งแต่ 0.078-50 mg/mL

คำนวณกิจกรรมการกำจัดอนุมูลอิสระ (%) และเลือกช่วงความเข้มข้นของสารสกัดจากดอกไม้ที่มีกิจกรรมการกำจัดอนุมูลอิสระที่เหมาะสม และนำไปคำนวณหาความเข้มข้นที่ความสามารถกำจัดอนุมูลอิสระได้ 50% (effective concentration: EC_{50})

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.1 การทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH•

นำสารสกัดจากดอกไม้ 2 มิลลิลิตร เติม ลงใน DPPH• 2 มิลลิลิตร บ่มในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร และคำนวณกิจกรรมการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH• (%) จากสูตร

กิจกรรมการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH• (%) = $[(A_{control}-A_{sample}) / A_{control}] \times 100$

$A_{control}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวควบคุม

A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

และคำนวณค่า EC_{50} ของสารสกัดจากดอกไม้ในการกำจัดอนุมูล DPPH•

3.2.1.2 การทดสอบความสามารถในการจับกับไอออนโลหะ (Metal chelating activity)

เติมสารสกัดจากดอกไม้ 1 มิลลิลิตร และ 2 mM $FeSO_4$ 1 มิลลิลิตร ในหลอดทดลองผสมให้เข้ากันรอ 30 วินาที และเติม ferrozine 1 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 562 นาโนเมตร และคำนวณความสามารถในการแย่งจับไอออนโลหะ (%) จากสูตร

ความสามารถในการแย่งจับไอออนโลหะ (%) = $[(A_{control}-A_{sample}) / A_{control}] \times 100$

$A_{control}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวควบคุม

A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

และคำนวณค่า EC_{50} ของสารสกัดจากดอกไม้ในการจับกับไอออนโลหะ

3.2.1.3 การทดสอบความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธี Ferric ion reducing antioxidant power (FRAP)

เติมสารสกัดจากดอกไม้ 1 มิลลิลิตร และ 0.2 M phosphate buffer (pH 6.6) 2.5 มิลลิลิตร จากนั้นเติม 1% จำนวน $K_3Fe(CN)_6$ 2.5 มิลลิลิตรของ ผสมให้เข้ากัน นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที เติม 2.5 มิลลิลิตรของ 10% TCA ผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำสารละลายส่วนใส 2.5 มิลลิลิตร น้ำกลั่น 2.5 มิลลิลิตร และ 0.5 มิลลิลิตรของ 0.1% $FeCl_3$ ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร และคำนวณค่า $EC_{0.5}$ ของสารสกัดจากดอกไม้ในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธี FRAP

3.2.2 การศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

3.2.2.1 การศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

เติมสารสกัดจากดอกกระเจียว เข็มแดง แคนา ชมจันทร์ บัวหลวง และอัญชัน ความเข้มข้น 10 mg/mL ปริมาตร 1 มิลลิลิตร น้ำกลั่น 4.5 มิลลิตร และ folin-ciocalteu reagent 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นเติม 95% จำนวน Na_2CO_3 4 มิลลิลิตร ทิ้งไว้เป็นเวลา 60 นาที ที่อุณหภูมิห้องในที่มืด นำไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 6,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร คำนวณความเข้มข้นของสารประกอบฟีนอลิกจากกราฟมาตรฐานซึ่งเตรียมจากสารละลาย gallic acid ในหน่วย mg of gallic acid equivalents/g (DW)

3.2.2.2 การศึกษาปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

เติมสารสกัดจากดอกกระเจียว เข็มแดง แคนา ชมจันทร์ บัวหลวง และอัญชัน ความเข้มข้น 30 mg/mL ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร, น้ำกลั่น 2.5 มิลลิลิตร และ 5% $NaNO_2$ 0.15 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเติม 10% จำนวน $AlCl_3$ 0.3 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 6 นาที จากนั้นเติม 1N NaOH 1 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 0.55 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร คำนวณหาความเข้มข้นของสารสารฟลาโวนอยด์จากกราฟมาตรฐานซึ่งเตรียมจากสารละลาย quercetin ในหน่วย Quercetin (µg/ml)

3.2.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำประกอบด้วย 3 ตัวอย่าง วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS version 29.0.1 วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ one-way analysis of variance เปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี tukey test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.3 การทดลองที่ 2 ศึกษาความสามารถของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ 6 ชนิด ในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลในผักสลัดกรีนคอส

ศึกษาความสามารถของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ 6 ชนิด ในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลในผักสลัดกรีนคอส ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำมี 3 ตัวอย่างย่อย มีกรรมวิธีการทดลองดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 น้ำกลั่น (กรรมวิธีควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 สารสกัดจากดอกกระเจียว ความเข้มข้น 1%

กรรมวิธีที่ 3 สารสกัดจากดอกเข็มแดง ความเข้มข้น 1%

กรรมวิธีที่ 4 สารสกัดจากดอกแคนา ความเข้มข้น 1%

กรรมวิธีที่ 5 สารสกัดจากดอกชมจันทร์ ความเข้มข้น 1%

กรรมวิธีที่ 6 สารสกัดจากดอกบัวหลวง ความเข้มข้น 1%

กรรมวิธีที่ 7 สารสกัดจากดอกอัญชัน ความเข้มข้น 1%

กรรมวิธีที่ 8 กรดแอสคอร์บิก ความเข้มข้น 0.17%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ดัดแปลงตามวิธีของ Bradford (1976) นำสารละลายโปรตีน bovine serum albumin (BSA) เป็นสารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ จำนวน 0.1 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลาย Bradford 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร เขียนกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโปรตีน Bovine serum albumin และค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร

เตรียมเอนไซม์สกัดหยาบจากผักสลัดกรีนคอสมาวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Bradford method ทำปฏิกิริยาเคมีในหลอดทดลอง ใช้วิธีการเดียวกับการวิเคราะห์สารละลายโปรตีนมาตรฐาน คำนวณความเข้มข้นของโปรตีนจากกราฟมาตรฐาน bovine serum albumin

3.3.2 การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PAL

เตรียมเอนไซม์สกัดหยาบ โดยใช้ผักสลัดกรีนคอส 30 กรัม เติม polyvinylpolypyrrolidone (PVPP) 2.5 กรัม และ 0.005 M 2-mercaptoethanol 34.96 ไมโครลิตร ปั่นให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันใน 0.05 M borate buffer (pH 8.5) 100 มิลลิลิตร แล้วนำไปกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 93 เก็บสารละลายส่วนใสเป็นแหล่งเอนไซม์

เอนไซม์สกัดหยาบที่ได้จากผักสลัดกรีนคอส นำมาทำการทดสอบด้วยวิธี PAL ทำปฏิกิริยาเคมีในหลอดทดลอง เตรียมส่วนผสมระหว่าง 0.1 M L-phenylalanine 0.7 มิลลิลิตร 0.05 M borate buffer (pH 8.5) 3 มิลลิลิตร เติมสารสกัดจากดอกไม้ความเข้มข้น 1% หรือน้ำกลั่น หรือ ascorbic ความเข้มข้น 0.17% จำนวน 0.1 มิลลิลิตร และเอนไซม์สกัดหยาบ 0.3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาแล้วเติม 5 M hydrochloric acid 0.1 มิลลิลิตร เพื่อหยุดปฏิกิริยา จากนั้นนำไปวัดค่าการเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 290 นาโนเมตร คำนวณหากิจกรรมของเอนไซม์โดยเทียบกับปริมาณโปรตีนมาตรฐาน รายงานค่าเป็นหน่วย units/mg protein

3.3.3 การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO

เตรียมเอนไซม์สกัดหยาบ ใช้ผักสลัดกรีนคอส 30 กรัม เติม polyvinylpolypyrrolidone (PVPP) 2.5 กรัม ปั่นให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันใน 0.05 M phosphate buffer (pH 7.0) 100 มิลลิลิตร แล้วนำไปกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 93 เก็บสารละลายส่วนใสเป็นแหล่งเอนไซม์

เอนไซม์สกัดหยาบที่ได้จากผักสลัดกรีนคอส นำมาทำการทดสอบด้วยวิธี PPO ทำปฏิกิริยาเคมีในหลอดทดลอง เตรียมส่วนผสมระหว่าง catechol 0.13 กรัม ที่เตรียมใน 0.05 M sodium phosphate buffer (pH 7.0) ปริมาตร 120 มิลลิลิตร เติมสารสกัดจากดอกไม้ความเข้มข้น 1% หรือน้ำกลั่น หรือ ascorbic ความเข้มข้น 0.17% จำนวน 0.1 มิลลิลิตร และเอนไซม์สกัดหยาบ 0.2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำไปวัดค่าการเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 398 นาโนเมตร และบันทึกผลทุก ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

30 วินาที เป็นเวลา 3 นาที นำค่าดูดกลืนแสงที่ได้คำนวณหากิจกรรมของเอนไซม์โดยเทียบกับปริมาณโปรตีนมาตรฐาน รายงานค่าเป็นหน่วย units/mg protein

3.3.4 การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ POD

เตรียมเอนไซม์สกัดหยาบ ใช้ผักสลัดกรีนคอส 30 กรัม เติม polyvinylpolypyrrolidone (PVPP) 2.5 กรัม ปั่นให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันใน 0.05 M phosphate buffer (pH 7.0) 100 มิลลิลิตร แล้วนำไปกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 93 เก็บสารละลายส่วนใสเป็นแหล่งเอนไซม์

เอนไซม์สกัดหยาบที่ได้จากผักสลัดกรีนคอส นำมาทำการทดสอบด้วยวิธี POD ทำปฏิกิริยาเคมีในหลอดทดลอง เติมสาร guaiacol 0.4% จำนวน 0.1 มิลลิลิตร hydrogen peroxide 0.46% จำนวน 0.1 มิลลิลิตร และ 0.05 M phosphate buffer (pH 7.0) 2 มิลลิลิตร เติมสารสกัดจากดอกไม้ความเข้มข้น 1% หรือน้ำกลั่น หรือ ascorbic ความเข้มข้น 0.17% จำนวน 0.1 มิลลิลิตร และเอนไซม์สกัดหยาบ 0.3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำไปวัดค่าการเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร บันทึกผลทุก ๆ 30 วินาที เป็นเวลา 3 นาที นำค่าดูดกลืนแสงที่ได้คำนวณหากิจกรรมของเอนไซม์เทียบกับปริมาณโปรตีนมาตรฐาน รายงานค่าเป็นหน่วย units/mg protein

3.3.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำประกอบด้วย 3 ตัวอย่าง วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS version 29.0.1 วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ one-way analysis of variance เปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี tukey test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.4 การทดลองที่ 3 ศึกษาความสามารถของสารสกัดจากดอกบัวหลวงในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งระหว่างการเก็บรักษา

3.4.1 พืชทดลองและสถานที่ทดลอง

เก็บเกี่ยวผักสลัดกรีนคอสทั้งต้นในช่วงเช้า ส่งมายังห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลทางการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ภายในระยะเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำผักสลัดกรีนคอสสดมาคัดเลือกต้นที่มีลักษณะดี ตรงตามพันธุ์ คือ สด ไม่เน่า ไม่บอบช้ำ ไม่มีร่องรอยการเข้าทำลายของโรคและแมลง ไม่มีสิ่งสกปรกเจือปน นำต้นที่ผ่านการคัดเลือกมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด จากนั้นใช้มีด สแตนเลสที่คมตัดแต่งผักสลัดกรีนคอสเป็นชิ้นขนาด 4x4 เซนติเมตร จากนั้นแช่ผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งจำนวน 50 กรัม ลงในสารสกัดจากดอกไม้กินได้ที่คัดเลือกจากการทดลองที่ 1 และ 2 จำนวน 1 ชนิด เป็นเวลา 5 นาที ด้วยความเข้มข้นต่าง ๆ 3 ความเข้มข้น ทำกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ จำนวน 4 กรรมวิธี ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 น้ำกลั่น (กรรมวิธีควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 สารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรรมวิธีที่ 3 สารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.1%

กรรมวิธีที่ 4 สารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.5%

จากนั้นผึ่งผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งจนแห้งที่อุณหูมิห้อง และบรรจุลงถุง polypropylene ขนาด 8x12 นิ้ว และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

3.4.2 บันทึกผลการทดลอง

บันทึกผลการทดลองทุก 3 วัน ทำ 3 ซ้ำ ทุกกรรมวิธี เริ่มเก็บผลการทดลองตั้งแต่วันที่ 0, 3, 6, 9 และ 12 บันทึกข้อมูลดังนี้

3.4.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก

วัดการสูญเสียน้ำหนักสด โดยชั่งน้ำหนักผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งในแต่ละกรรมวิธีตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งจากสูตร

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา - น้ำหนักหลังการเก็บรักษา}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

3.4.2.2 ค่าสี (*L, *a** และ *b**)**

วัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี colorimeter (Konica Minolta, CR-10 plus) ที่มีพื้นที่วัดขนาด 8 มิลลิเมตร วัดสีผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งบริเวณก้านใบในตำแหน่งที่ใกล้กับรอยตัด เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าสี *L**, *a** และ *b**

ค่า *L** (lightness) คือ ค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 - 100 โดย 0 คือ สีดำ และ 100 คือ สีขาว
ค่า *a** คือ ค่าแสดงช่วงสีเขียวถึงสีแดง ค่า a เป็นลบ คือ สีเขียว ค่า a เป็นบวก คือ สีแดง
ค่า *b** คือ ค่าแสดงช่วงสีน้ำเงินถึงสีเหลือง ค่า b เป็นลบ คือ สีน้ำเงิน ค่า b เป็นบวก คือ สีเหลือง

3.4.2.3 คะแนนคุณภาพโดยรวม

ประเมินคะแนนคุณภาพโดยรวมของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งทุกวัน ดัดแปลงจากวิธีของ สุชาดา ไล้สุวรรณ (2552) มีเกณฑ์การประเมินคะแนนจาก 1-5 ดังนี้ (ภาพที่ 3.1)

1 = คุณภาพไม่ดี (ผักช้ำและเน่าเสีย สิ้นสุดการบริโภค)

2 = คุณภาพไม่ค่อยดี (ผักเหี่ยวและปรากฏสีน้ำตาลบริเวณกว้าง สิ้นสุดอายุการวางจำหน่าย)

3 = คุณภาพยอมรับได้ (ปรากฏสีน้ำตาลทั้งบริเวณก้านและรอยตัด ผักเหี่ยวเล็กน้อย)

4 = คุณภาพดี (มีสีน้ำตาลบริเวณก้านและรอยตัดเล็กน้อย)

5 = คุณภาพดีมาก (สด ไม่มีตำหนิ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์ประเมินคะแนนคุณภาพโดยรวม				
1	2	3	4	5

ภาพที่ 3.1 เกณฑ์ประเมินคะแนนคุณภาพโดยรวมของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง

3.4.2.4 ดัชนีสีน้ำตาล

ค่าดัชนีสีน้ำตาล The browning index (BI) ผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งบริเวณก้านใบในตำแหน่งที่ใกล้กับรอยตัด คำนวณโดยนำค่าสีที่วัดได้ในข้อ 3.4.2.2 มาคำนวณโดยใช้สูตร

$$BI = \frac{100\ (x - 0.31)}{0.17} \text{ เมื่อ } x = \frac{(a^* + 1.75L^*)}{5.645L^* + a^* - 3.012b^*}$$

3.4.2.5 การศึกษาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง

ตัวอย่างผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งจำนวน 5 กรัม บดในน้ำกลั่น 10 มิลลิตร จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 93 และวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ด้วยเครื่อง pocket brix-acidity meter วัดค่าที่ได้ในหน่วยเปอร์เซ็นต์

3.4.2.6 การศึกษาปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง

ตัวอย่างผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งจำนวน 1 กรัม บดในน้ำกลั่น 49 มิลลิตร จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 93 และวัดปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ด้วยเครื่อง pocket brix-acidity meter วัดค่าที่ได้ในหน่วยเปอร์เซ็นต์

3.4.2.7 การศึกษาค่าพีเอชของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง

ตัวอย่างผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งจำนวน 5 กรัม บดในน้ำกลั่น 10 มิลลิตร จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 93 และวัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter

3.4.2.8 กิจกรรมของเอนไซม์ PAL, PPO และ POD ในผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง

การชะลอกิจกรรมของเอนไซม์ PAL, PPO และ POD ของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งตามวิธีการทดลองที่ 2 ข้อที่ 3.3

3.4.2.9 การศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ทำตามการทดลองที่ 1 ข้อที่ 3.2.2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.10 ศึกษาการเกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation ในผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง

ตัวอย่างผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งจำนวน 0.5 กรัม บดในสารละลาย 0.1% trichloroacetic acid (TCA) 5 มิลลิลิตร นำไปหมุนเหวี่ยงที่ 12,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นเก็บสารละลายส่วนใสมาใส่หลอดใหม่ 1 มิลลิลิตร เติม 0.5% thiobarbituric acid (TBA) ที่ละลายใน TCA 20% ปริมาตร 4 มิลลิลิตร และเติม 4% butylated hydroxytoluene (BHT) นำไปต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น นำไปหมุนเหวี่ยงที่ 6,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 และ 600 นาโนเมตร นำไปคำนวณหาค่า malondialdehyde (MDA) โดยใช้สูตร

$$\text{MDA} = \frac{(A_{532} - A_{600}) \times 10^6}{(1.55\times10^5)\ \mu M/cm}$$

A_{532} = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร

A_{600} = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

3.4.2.11 การศึกษาปริมาณสารคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์ทั้งหมด ต่อน้ำหนักสดของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง

ตัวอย่างผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งจำนวน 0.25 กรัม บดในอะซีโตน 80% ปริมาตร 7 มิลลิลิตร ด้วยโกร่งให้ละเอียด นำมาใส่ในหลอดทดลองขนาด 15 มิลลิลิตร ห่อฟอยล์และเก็บรักษาที่อุณภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 93 แล้วนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 645 และ 662 นาโนเมตรและคำนวณหาค่าความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด จากสูตร

$$\text{คลอโรฟิลล์เอ } (\mu g/mL) = (11.75\times A_{662}) - (2.35\times A_{645})$$

$$\text{คลอโรฟิลล์บี } (\mu g/mL) = (18.61\times A_{645}) - (3.96\times A_{662})$$

A_{645} = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 645 นาโนเมตร

A_{662} = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 662 นาโนเมตร

$$\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด } (\mu g/g\ Fw) = \frac{(\text{คลอโรฟิลล์} \times 7\ mL)}{\text{น้ำหนักสด}}$$

3.4.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำประกอบด้วย 3 ตัวอย่าง วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS version 29.0.1 วิเคราะห์ความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปรปรวนแบบ one-way analysis of variance เปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี tukey test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.5 การทดลองที่ 4 ศึกษาความสามารถของสารสกัดจากดอกบัวหลวงในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผักสลัดกรีนคอสบริเวณรอยตัดโคนต้นระหว่างการเก็บรักษา

3.5.1 พืชทดลองและสถานที่ทดลอง

นำดอกบัวหลวงซึ่งผ่านการคัดเลือกสารสกัดจากดอกไม้กินได้ที่มีประสิทธิภาพในการชะลอกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลดีที่สุด เพื่อนำมาใช้ควบคุมการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดผักสลัดกรีนคอส โดยเก็บเกี่ยวผักสลัดกรีนคอสทั้งต้นในช่วงเวลาเช้า ส่งมายังห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลทางการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ภายในระยะเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำผักสลัดกรีนคอสสดมาคัดเลือกต้นที่มีลักษณะดีตรงตามพันธุ์ คือ สด ไม่เน่า ไม่บอบช้ำ ไม่มีร่องรอยการเข้าทำลายของโรคและแมลง ไม่มีสิ่งแปลกปลอมเจือปน นำต้นที่ผ่านการคัดเลือกมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด จากนั้นตัดบริเวณโคนต้นเพื่อนำรากออกโดยใช้มีดสแตนเลสที่คม จากนั้นแช่โคนต้นผักสลัดกรีนคอสลงในสารสกัดจากดอกไม้กินได้ที่คัดเลือกจากการทดลองที่ 1 และ 2 จำนวน 1 ชนิด เป็นเวลา 5 นาที ด้วยความเข้มข้นต่าง ๆ 3 ความเข้มข้น ทำกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ จำนวน 4 กรรมวิธี ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 น้ำกลั่น (กรรมวิธีควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 สารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05%

กรรมวิธีที่ 3 สารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.1%

กรรมวิธีที่ 4 สารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.5%

จากนั้นผึ่งผักสลัดกรีนคอสจนแห้งที่อุณหูมิห้องและบรรจุลงถุง polypropylene ขนาด 10x15 นิ้ว และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

3.5.2 บันทึกผลการทดลอง

บันทึกผลการทดลองทุก 3 วัน ทำ 3 ซ้ำ ทุกกรรมวิธี เริ่มเก็บผลการทดลองตั้งแต่วันที่ 0, 3, 6, 9 และ 12 บันทึกข้อมูลดังนี้

3.5.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก

วัดการสูญเสียน้ำหนักสด โดยชั่งน้ำหนักผักสลัดกรีนคอสในแต่ละกรรมวิธีตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผักสลัดกรีนคอสจากสูตรดังนี้

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา - น้ำหนักหลังการเก็บรักษา}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2.2 ค่าสี (*L, *a** และ *b**)**

วัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี colorimeter (konica minolta, CR-10 plus) ที่มีพื้นที่วัดขนาด 8 มิลลิเมตร วัดสีผักสลัดกรีนคอสบริเวณรอยตัดโคนต้นและบนใบนอกสุดของต้น เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าสี *L**, *a** และ *b**

ค่า *L** (lightness) คือ ค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0 - 100 โดย 0 คือ สีดำ และ 100 คือ สีขาว
ค่า *a** คือ ค่าบอกช่วงสีเขียวถึงสีแดง ค่า a เป็นลบ คือ สีเขียว ค่า a เป็นบวก คือ สีแดง
ค่า *b** คือ ค่าบอกช่วงสีน้ำเงินถึงสีเหลือง ค่า b เป็นลบ คือ สีน้ำเงิน ค่า b เป็นบวก คือ สีเหลือง

3.5.2.3 คะแนนการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัด

ประเมินการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดของผักสลัดกรีนคอสทุกวัน มีเกณฑ์การประเมินดังนี้ (ภาพที่ 3.2)

1 = เกิดสีน้ำตาลมาก
2 = เกิดสีน้ำตาลปานกลาง
3 = เกิดสีน้ำตาลเล็กน้อย
4 = ไม่เกิดสีน้ำตาล

เกณฑ์ประเมินคะแนนการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัด			
1	2	3	4

ภาพที่ 3.2 เกณฑ์ประเมินคะแนนการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดของผักสลัดกรีนคอส

3.5.2.4 คะแนนความสด

การประเมินคะแนนความสดของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง ดัดแปลงจากวิธีการของ Chinwang *et al*. (2011) มีเกณฑ์การประเมินดังนี้ (ภาพที่ 3.3)

1 = ผักไม่สด (ผักเหี่ยว ช้ำ หรือเน่า สิ้นสุดการบริโภค)
2 = ผักสดน้อย (ผักเหี่ยว สิ้นสุดอายุการวางจำหน่าย)
3 = ผักสดปานกลาง (ผักเหี่ยวเล็กน้อย)
4 = ผักสดมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์ประเมินคะแนนความสด			
1	2	3	4

ภาพที่ 3.3 เกณฑ์ประเมินคะแนนความสดของผักสลัดกรีนคอส

3.5.2.5 ดัชนีสีน้ำตาล

ค่าดัชนีสีน้ำตาล browning index (BI) บริเวณรอยตัดโคนต้น และบนใบนอกสุดของต้นผักสลัดกรีนคอสคำนวณโดยนำค่าสีที่วัดได้ในข้อ 3.5.2.2 มาคำนวณโดยใช้สูตร

$$BI = \frac{100\,(x - 0.31)}{0.17} \quad \text{เมื่อ } x = \frac{(a^* + 1.75L^*)}{5.645L^* + a^* - 3.012b^*}$$

3.5.2.6 กิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD ในผักสลัดกรีนคอส

เตรียมเอนไซม์สกัดหยาบจากผักสลัดกรีนคอสเฉพาะบริเวณโคนต้นที่ติดกับฝั่งรอยตัดที่เกิดสีน้ำตาล 10 กรัม เติม polyvinylpolypyrrolidone (PVPP) 0.25 กรัม ปั่นให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันใน phosphate buffer 30 มิลลิลิตร แล้วนำไปกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 93 เก็บสารละลายส่วนใสเป็นแหล่งเอนไซม์ เพื่อใช้วิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD บริเวณรอยตัดของผักสลัดกรีนคอส ระหว่างการเก็บรักษา ตามวิธีการในการทดลองที่ 2 ข้อที่ 3.3 กิจกรรมเอนไซม์หนึ่งหน่วยถูกกำหนดให้เป็นปริมาณของเอนไซม์ที่ผลิตขึ้นในการดูดกลืนแสง 0.01 ต่อนาที การทดสอบกิจกรรมของเอนไซม์แสดงเป็น units/mg protein

3.5.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำประกอบด้วย 3 ตัวอย่าง วิเคราะห์ผลทางสถิติใช้โปรแกรม SPSS version 29.0.1 วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ one-way analysis of variance เปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี tukey test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ 6 ชนิด

4.1.1 การตรวจสอบกิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระ

4.1.1.1 การทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH•

การทดสอบความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของสารสกัดดอกไม้กินได้ 6 ชนิด ได้แก่ กระเจียว เข็มแดง แคนา ชมจันทร์ บัวหลวง และอัญชัน ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• พบว่าสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.078-1.25 mg/mL มีกิจกรรมการกำจัดอนุมูล DPPH• ระหว่าง 7.53-89.85% ส่วนสารสกัดจากดอกชมจันทร์และดอกเข็มแดงที่ความเข้มข้น 0.156-2.5 mg/mL มีค่ากิจกรรมการกำจัดอนุมูล 19.90-84.89% และ 8.72-91.23% ตามลำดับ ส่วนสารสกัดจากดอกกระเจียว แคนา และอัญชัน ที่ความเข้มข้นสูงขึ้น 0.625-10 mg/mL มีค่ากิจกรรมเท่ากับ 9.88-84.93% เมื่อนำค่ากิจกรรมการกำจัดอนุมูล DPPH• ของสารสกัดดอกไม้มาคำนวณค่า EC_{50} ในการกำจัดอนุมูล DPPH• ในกรณีที่ค่า EC_{50} ต่ำ แสดงถึงความสามารถในการกำจัดอนุมูลสูง เมื่อวิเคราะห์สถิติผลการวิเคราะห์พบว่าสารสกัดจากดอกบัวหลวง ดอกชมจันทร์ และดอกเข็มแดง มีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH• สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีค่า EC_{50} เท่ากับ 0.33±0.01, 0.47±0.11 และ 0.61±0.03 mg/mL ตามลำดับ และสารสกัดดอกไม้ 3 ชนิด กำจัดอนุมูล DPPH• ได้ดีกว่าสารสกัดจากดอกกระเจียว (EC_{50} = 1.64±0.23) และดอกแคนา (EC_{50} = 1.69±0.22) ขณะที่สารสกัดจากดอกอัญชันมีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH• ต่ำสุด มีค่า EC_{50} เท่ากับ 3.10±0.56 mg/mL (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ 6 ชนิด โดยวิธี DPPH•

สารสกัดจากดอกไม้กินได้	ความเข้มข้น (mg/mL) 0.078	0.156	0.312	0.625	1.25	2.5	5	10	EC_{50} (mg/mL)
	กิจกรรมการกำจัดอนุมูล DPPH• (%)								
กระเจียว	2.13	4.46	7.87	24.58	41.91	67.22	79.89	82.69	1.64±0.23b
เข็มแดง	2.65	8.72	20.78	50.32	81.66	91.23	91.85	100.03	0.61±0.03c
แคนา	0	0	2.51	15.93	36.69	65.39	87.09	104.13	1.69±0.22b
ชมจันทร์	17.04	19.90	40.90	61.98	76.57	84.89	85.41	99.85	0.47±0.11c
บัวหลวง	7.53	23.92	43.03	76.18	89.85	87.44	87.87	89.86	0.33±0.01c
อัญชัน	0	0	6.63	9.88	19.31	38.23	68.67	84.79	3.10±0.56a
CV (%)									20.40
F-test									*

ค่าเฉลี่ย±SD ที่มีตัวอักษรกำกับมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Tukey test

* = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.2 การทดสอบความสามารถในการจับกับไอออนโลหะ (Metal chelating activity)

การทดสอบความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของสารสกัดดอกไม้กินได้ 6 ชนิด โดยวิธี metal chelating activity พบว่าสารสกัดจากดอกแคนาและดอกชมจันทร์ที่ความเข้มข้น 1.25-20 mg/mL มีกิจกรรมในการกำจัดอนุมูลระหว่าง 0-95.48% ส่วนสารสกัดจากดอกบัวหลวง กระเจียว และอัญชันที่ความเข้มข้น 5-50 mg/mL มีค่ากิจกรรมเท่ากับ 5.55-94.07% เมื่อนำค่ากิจกรรมในการกำจัดอนุมูล ของสารสกัดดอกไม้มาคำนวณค่า EC_{50} เมื่อวิเคราะห์สถิติผลการวิเคราะห์พบว่าสารสกัดจากดอกแคนาและดอกชมจันทร์มีความสามารถในการแย่งจับไอออนโลหะในระดับสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่า EC_{50} เท่ากับ 6.06±0.94 และ 7.99±0.76 mg/mL ตามลำดับ ส่วนสารสกัดจากดอกบัวหลวง กระเจียว และอัญชัน มีค่า EC_{50} เท่ากับ 14.06±1.98, 17.93±1.94 และ 20.06±2.22 mg/mL ตามลำดับ ขณะที่สารสกัดจากดอกเข็มแดงมีกิจกรรมในการแย่งจับไอออนโลหะในระดับต่ำมาก จึงไม่สามารถนำข้อมูลไปคำนวณค่า EC_{50} ได้ (ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 ความสามารถในการจับกับไอออนโลหะโดยวิธี Metal chelating activity ของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ 6 ชนิด

สารสกัดจากดอกไม้กินได้	ความเข้มข้น (mg/mL) 1.25	2.5	5	10	20	30	40	50	EC_{50} (mg/mL)
	ความสามารถในการจับกับไอออนโลหะ (%)								
กระเจียว	0	5.55	10.64	23.88	47.72	69.58	84.24	94.63	17.93±1.94ab
เข็มแดง	0	0	0	0	0.67	2.30	3.47	6.13	> 50 mg/mL**
แคนา	2.71	9.57	35.54	74.48	95.48	91.45	94.78	96.52	6.06±0.94c
ชมจันทร์	1.21	11.98	20.52	52.77	91.97	94.68	95.47	95.72	7.99±0.76c
บัวหลวง	0	3.09	21.82	43.19	60.71	69.70	74.84	96.27	14.06±1.98b
อัญชัน	0	0	0.32	19.49	47.49	65.66	84.51	94.07	20.06±2.22a
CV (%)									12.68
F-test									*

ค่าเฉลี่ย±SD ที่มีตัวอักษรกำกับมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Tukey test
* = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์, **เนื่องจากสารสกัดจากดอกเข็มแดงมีความสามารถในการจับกับไอออนโลหะต่ำจึงไม่สามารถคำนวณค่า EC_{50} และไม่นำมาวิเคราะห์สถิติ

4.1.1.3 การทดสอบความสามารถในการรีดักชันโดยวิธี Ferric ion reducing antioxidant power (FRAP)

เมื่อวิเคราะห์ความสามารถในการรีดักชันของสารสกัดดอกไม้กินได้ 6 ชนิด โดยวิธี FRAP พบว่าสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 1.25-20 mg/mL มีค่าดูดกลืนแสงระหว่าง 0.075-1.785 ส่วนสารสกัดจากดอกเข็มแดง ชมจันทร์ แคนา และอัญชัน ที่ความเข้มข้น 0.625-30 mg/mL ค่าดูดกลืนแสงระหว่าง 0.094-3.069 ขณะที่สารสกัดจากดอกกระเจียวความเข้มข้น 10-50 mg/mL มีค่าดูดกลืนแสงระหว่าง 0.326-1.373 เมื่อนำค่าความสามารถในการรีดักชันโดยวิธี FRAP ของสารสกัดจากดอกไม้มาคำนวณค่า $EC_{0.5}$ ในกรณีที่ค่า $EC_{0.5}$ ต่ำ แสดงถึงความสามารถในการกำจัดอนุมูลสูง เมื่อวิเคราะห์สถิติผลการวิเคราะห์พบว่าสารสกัดจากดอกบัวหลวงมีความสามารถในการรีดักชันสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติมีค่า $EC_{0.5}$ เท่ากับ 3.80±0.16 mg/mL รองลงมา คือ สารสกัดจากดอกเข็มแดง ชมจันทร์ แคนา และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัญชัน มีค่า $EC_{0.5}$ เท่ากับ 4.60±0.27, 5.98±0.15, 6.15±1.15 และ 8.19±1.25 mg/mL ตามลำดับ ขณะที่สารสกัดจากดอกกระเจียวมีความสามารถในการรีดักชันต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดจากดอกไม้กินได้อีก 5 ชนิด โดยมีค่า $EC_{0.5}$ เท่ากับ 15.34±1.15 mg/mL (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 ความสามารถในการรีดักชันของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ 6 ชนิด โดยวิธี FRAP

สารสกัดจากดอกไม้กินได้	ความเข้มข้น (mg/mL) 0.625	1.25	2.5	5	10	20	30	40	50	$EC_{0.5}$ (mg/mL)
	ความสามารถในการรีดักชัน (ค่าดูดกลืนแสง)									
กระเจียว	-	-	-	-	0.326	0.549	0.886	1.031	1.373	15.34±1.15a
เข็มแดง	-	-	0.213	0.488	0.983	1.259	3.069	4.000	4.000	4.60±0.27cd
แคนา	-	-	0.140	0.282	0.541	1.131	1.461	2.788	3.647	6.15±1.15bc
ชมจันทร์	-	0.094	0.150	0.252	0.564	1.122	1.448	2.009	2.613	5.98±0.15bcd
บัวหลวง	-	0.075	0.163	0.480	0.807	1.785	3.473	4.000	4.000	3.80±0.16d
อัญชัน	0.141	0.564	0.664	0.956	1.397	1.768	2.911	3.820	4.000	8.19±1.25b
CV (%)										11.59
F-test										*

ค่าเฉลี่ย±SD ที่มีตัวอักษรกำกับมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Tukey test
* = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.1.2 การศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ของสารสกัดดอกไม้กินได้ 6 ชนิด ได้แก่ กระเจียว เข็มแดง แคนา ชมจันทร์ บัวหลวง และอัญชัน ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดจากดอกไม้ พบว่าสารสกัดจากดอกเข็มแดงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 15,690±2,307.04 mg GAE/100g DW รองลงมา คือ สารสกัดจากดอกบัวหลวง มีค่าเท่ากับ 13,386.29± 3,601.77 mg GAE/100g DW ส่วนสารสกัดจากดอกอัญชัน แคนา และชมจันทร์ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกใกล้เคียงกันเท่ากับ 8,718.51±974.21, 8,689.62±1,071.53 และ 5,564.07±1,844.99 mg GAE/100g DW ตามลำดับ ขณะที่สารสกัดจากดอกกระเจียวมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกต่ำสุด มีค่าเท่ากับ 2,367.40±79.19 mg GAE/100g DW (ตารางที่ 4.4)

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของสารสกัดจากดอกไม้ พบว่าสารสกัดจากดอกเข็มแดงมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 45,730.48±651.05 mg Quercetin/100g DW ปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูงรองลงมา คือ สารสกัดจากดอกอัญชัน 19,080.91±2,729.65 mg Quercetin/100g DW ตามด้วยสารสกัดจากดอกบัวหลวงและแคนามีค่าเท่ากับ 14,128.49±2,610.49 และ 12,445.58±1,303.31 mg Quercetin/100g DW ตามลำดับ ขณะที่สารสกัดจากดอกชมจันทร์ และกระเจียว มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดต่ำสุดเท่ากับ 5,907.12±1,607.57 และ 3,750.43±187.45 mg Quercetin/100g DW ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 สารประกอบฟีนอลิก และสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ 6 ชนิด

สารสกัดจากดอกไม้กินได้	สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg GAE/100g DW)	สารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (mg Quercetin/100g DW)
กระเจียว	2,367.40±79.19d	3,750.43±187.45d
เข็มแดง	15,690±2,307.04a	45,730.48±651.05a
แคนา	8,689.62±1,071.53bc	12,445.58±1,303.31c
ชมจันทร์	5,564.07±1,844.99cd	5,907.12±1,607.57d
บัวหลวง	13,386.29±3,601.77ab	14,128.49±2,610.49c
อัญชัน	8,718.51±974.21bc	19,080.91±2,729.65b
CV (%)	21.96	10.57
F-test	*	*

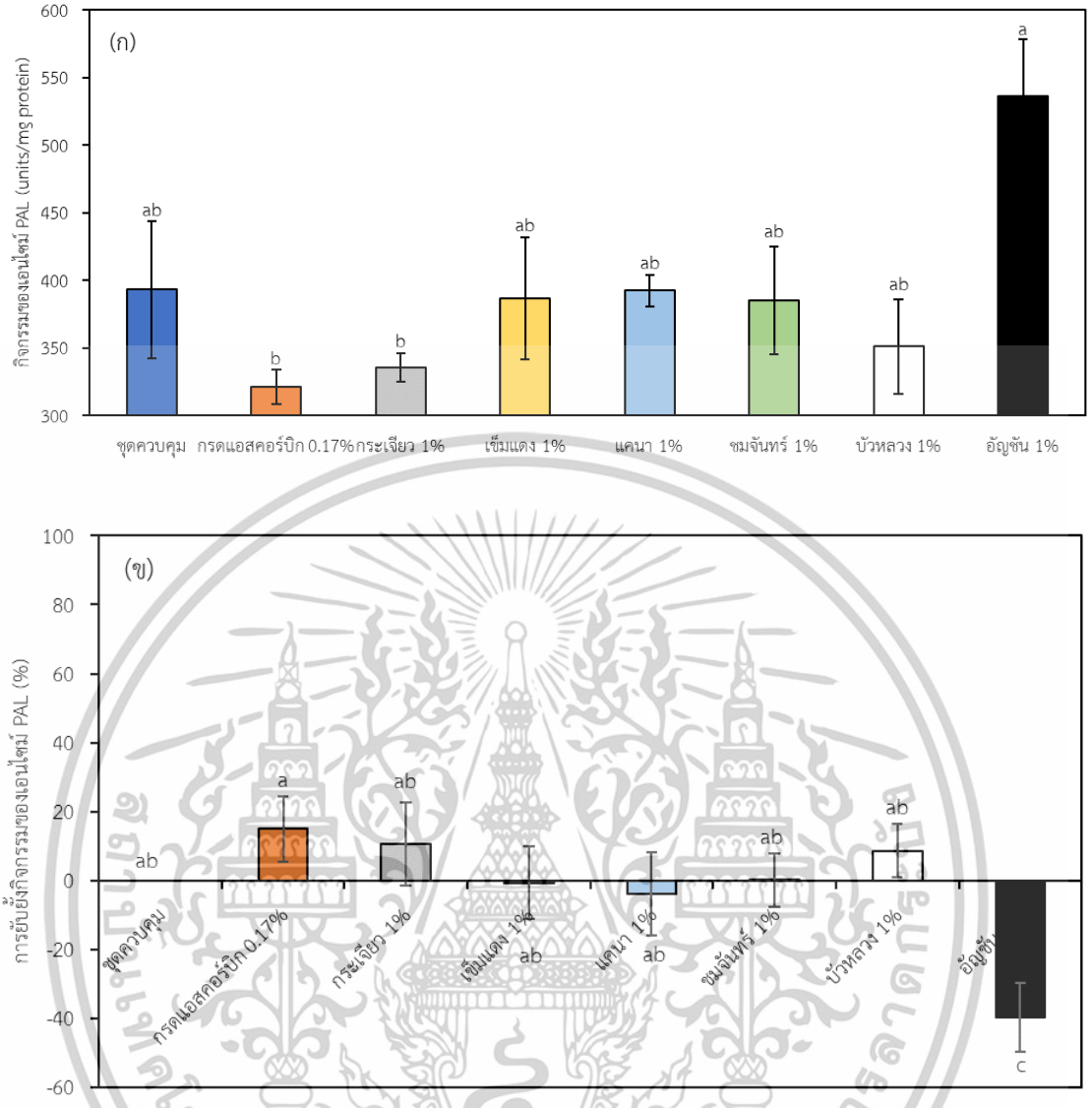
ค่าเฉลี่ย±SD ที่มีตัวอักษรกำกับมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบโดยวิธี Tukey test * = แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาความสามารถของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ 6 ชนิด ในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลในผักสลัดกรีนคอส

4.2.1 การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PAL

การทดสอบผลของสารสกัดน้ำจากดอกไม้กินได้ 6 ชนิด ได้แก่ ดอกกระเจียว เข็มแดง แคนา ชมจันทร์ บัวหลวง และอัญชัน ความเข้มข้น 1% เปรียบเทียบกับกรดแอสคอร์บิก เป็นสารมาตรฐานความเข้มข้น 0.17% และน้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม ต่อการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาล ได้แก่ PAL, PPO และ POD ในผักสลัดกรีนคอสทดสอบในหลอดทดลอง ผลการทดสอบกิจกรรมเอนไซม์ PAL พบว่ากรดแอสคอร์บิก 0.17% มีความสามารถในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีกิจกรรมของเอนไซม์ PAL เกิดขึ้นในระดับต่ำเท่ากับ 321.33 units/mg protein และไม่ต่างกับสารสกัดจากดอกกระเจียว 1% เกิดกิจกรรมของเอนไซม์ 335.47 units/mg protein รองลงมา คือ สารสกัดจากดอกบัวหลวง 1% เกิดกิจกรรมของเอนไซม์ 351.15 units/mg protein ส่วนชุดควบคุมเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ 393.02 units/mg protein ขณะที่สารสกัดจากดอกอัญชัน 1% ไม่พบการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PAL (ภาพที่ 4.1 ก) เมื่อนำค่ากิจกรรมของเอนไซม์ไปคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์กำหนดให้การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PAL ของชุดควบคุมเป็น 0 พบว่ากรดแอสคอร์บิก 0.17% มีความสามารถในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์สูงสุดเท่ากับ 15% รองลงมาคือสารสกัดจากดอกกระเจียว 10.57% ตามด้วยสารสกัดจากดอกบัวหลวง 8.66% ขณะที่สารสกัดจากดอกอัญชัน 1% ไม่พบการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ (ภาพที่ 4.1 ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

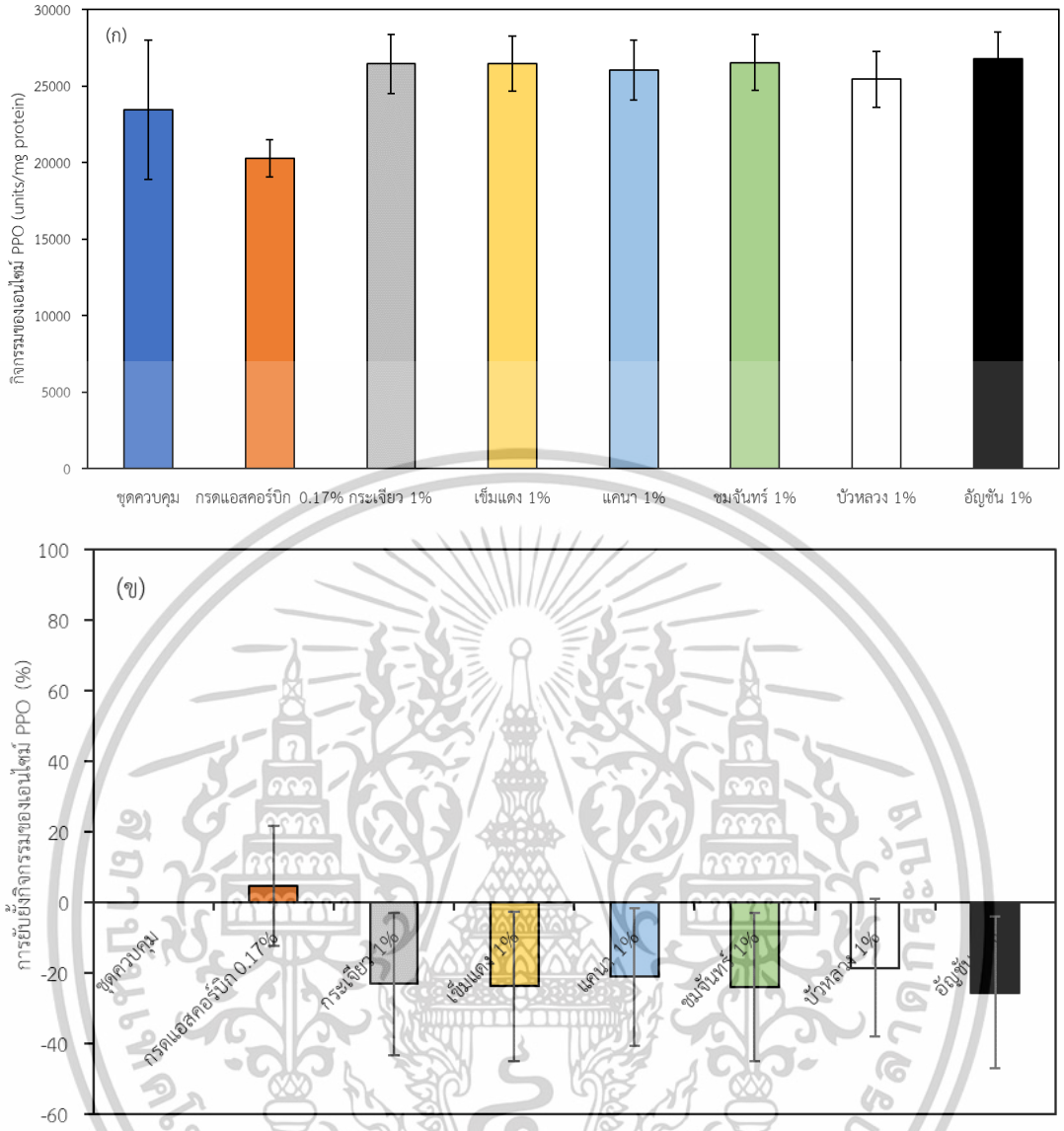


ภาพที่ 4.1 ความสามารถของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ 6 ชนิด ต่อการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ PAL (units/mg protein) ในผักสลัดกรีนคอส (ก) และการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PAL (%) ในผักสลัดกรีนคอส (ข)

4.2.2 การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO

การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ในผักสลัดกรีนคอสด้วยสารสกัดจากดอกไม้กินได้ 6 ชนิด ได้แก่ ดอกกระเจียว เข็มแดง แคนา ชมจันทร์ บัวหลวง และอัญชัน เปรียบเทียบกับ กรดแอสคอร์บิกที่ใช้เป็นสารมาตรฐาน และน้ำกลั่นที่ใช้เป็นชุดควบคุม พบว่าการใช้กรดแอสคอร์บิก 0.17% มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO เกิดขึ้นต่ำสุดเท่ากับ 20,253.40 units/mg protein อย่างไรก็ตามทุกกรรมวิธีไม่มีผลแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 4.2 ก) เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ PPO ของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ในผักสลัดกรีนคอส กิจกรรมการยับยั้งเอนไซม์ PPO ในชุดควบคุมเท่ากับ 0 และพบว่าสารสกัดจากดอกไม้ทุกชนิดไม่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO แต่กรดแอสคอร์บิก 0.17% พบการยับยั้งกิจกรรมเท่ากับ 4.86% (ภาพที่ 4.2 ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

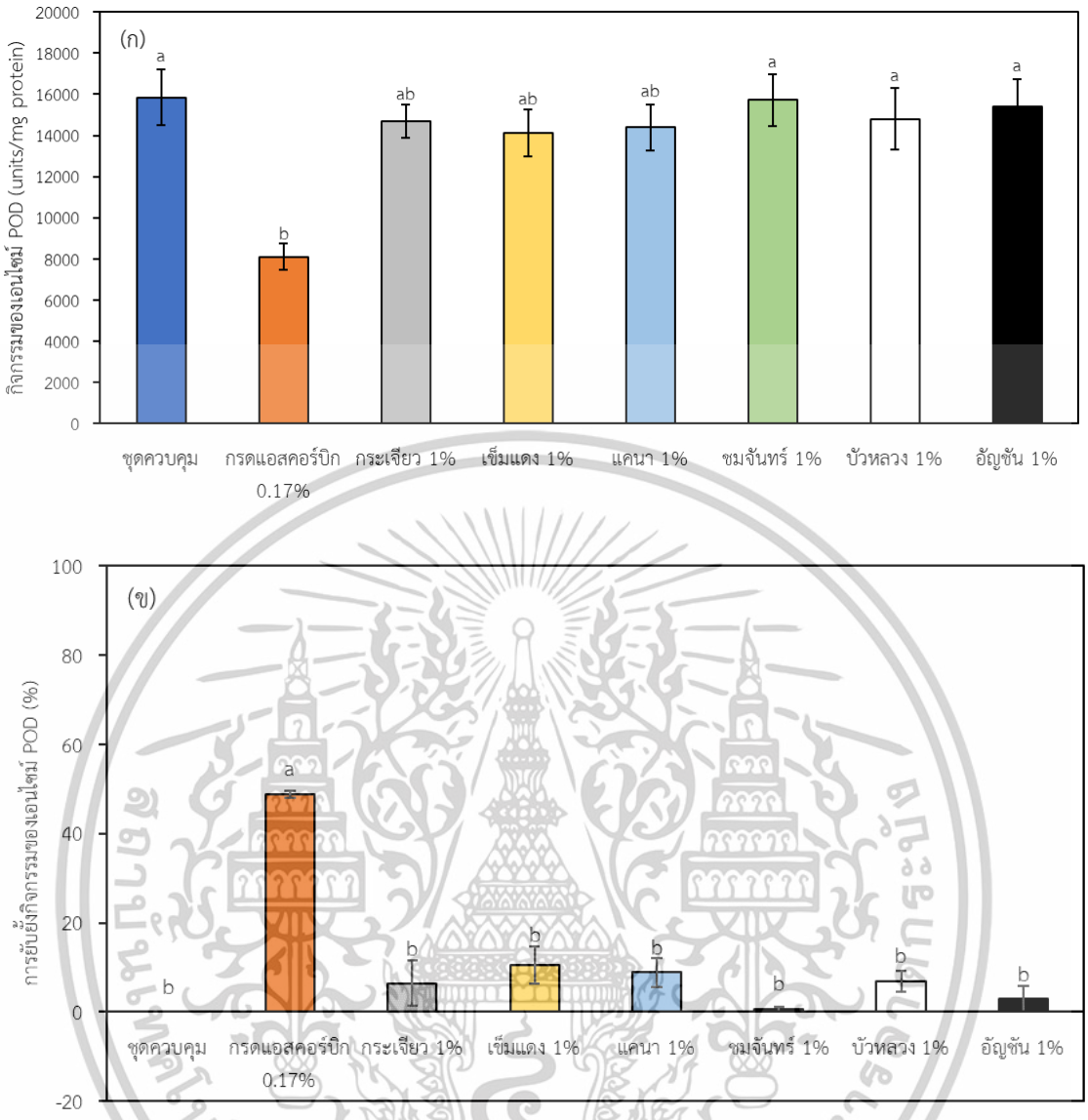


ภาพที่ 4.2 ความสามารถของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ 6 ชนิด ต่อการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO (units/mg protein) ในผักสลัดกรีนคอส (ก) และการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO (%) ในผักสลัดกรีนคอส (ข)

4.2.3 การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ POD

ผลของสารสกัดน้ำจากดอกไม้กินได้ และกรดแอสคอร์บิก 0.17% ต่อการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ POD ในผักสลัดกรีนคอส พบว่ากรดแอสคอร์บิก 0.17% มีความสามารถในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ดีสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีกิจกรรมของเอนไซม์ POD เกิดขึ้นในระดับต่ำเท่ากับ 8,101.72 units/mg protein อย่างไรก็ตามทุกกรรมวิธีไม่มีผลแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 4.3 ก) เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ POD ของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ในผักสลัดกรีนคอส กิจกรรมการยับยั้งเอนไซม์ในชุดควบคุมเท่ากับ 0 และกรดแอสคอร์บิก 0.17% พบการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 48.78% ขณะที่สารสกัดจากดอกเข็มแดง, แคนา, บัวหลวง และกระเจียว พบการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์เท่ากับ 10.51, 8.86, 6.91 และ 6.43% ตามลำดับ (ภาพที่ 4.3 ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 ความสามารถของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ 6 ชนิด ต่อการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ POD (units/mg protein) ในผักสลัดกรีนคอส (ก) และการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ POD (%) ในผักสลัดกรีนคอส (ข)

การทดสอบผลการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาล ได้แก่ PAL, PPO และ POD ในผักสลัดกรีนคอสทดสอบในหลอดทดลอง โดยใช้สารสกัดน้ำจากดอกไม้กินได้ 6 ชนิด ได้แก่ ดอกกระเจียว เข็มแดง แคนา ชมจันทร์ บัวหลวง และอัญชัน ความเข้มข้น 1% เปรียบเทียบกับกรดแอสคอร์บิกเป็นสารมาตรฐานความเข้มข้น 0.17% และน้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ PAL, PPO และ POD ของชุดควบคุมเป็น 0 ขณะที่กรดแอสคอร์บิก 0.17% มีความสามารถในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ทุกชนิดสูงสุด ส่วนผลการทดสอบสารสกัดน้ำจากดอกไม้กินได้ 6 ชนิด พบว่ากิจกรรมเอนไซม์ PAL สารสกัดจากดอกกระเจียว และบัวหลวง มีความสามารถในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PAL สูงสุดตามลำดับ ขณะที่สารสกัดจากดอกไม้ทุกชนิดไม่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ส่วนผลการทดสอบกิจกรรมเอนไซม์ POD ทุกกรรมวิธีไม่มีผลแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาความสามารถของสารสกัดจากดอกบัวหลวงในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งระหว่างการเก็บรักษา

4.3.1 การคัดเลือกสารสกัดจากดอกไม้กินได้ และประเมินความเข้มข้นของสารสกัดต่อคุณภาพของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง

จากผลการทดสอบกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดน้ำจากดอกไม้กินได้ พบว่าสารสกัดจากดอกบัวหลวงมีกิจกรรมต้านอนุมูลในระดับสูง (ตารางที่ 4.1-4.3) ในขณะที่สารสกัดจากดอกเข็มแดงพบกิจกรรมการกำจัดอนุมูล DPPH• ในระดับสูง (ตารางที่ 4.1) และพบปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสารฟลาโวนอยด์มากที่สุด (ตารางที่ 4.4) ส่วนการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาล พบว่าสารสกัดจากดอกกระเจียวยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PAL สารสกัดจากดอกบัวหลวงยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PAL และ POD ในขณะที่สารสกัดจากดอกเข็มแดงและแคนายับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ POD แสดงว่าสารสกัดจากดอกไม้กินได้แต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน และมีศักยภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักสลัดกรีนคอส จึงจำเป็นต้องคัดเลือกชนิดของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ และหาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการชะลอการเกิดสีน้ำตาลของผักสลัดกรีนคอสบริเวณรอยตัด

เมื่อนำผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งแช่ในสารสกัดน้ำจากดอกไม้กินได้จำนวน 6 ชนิด ได้แก่ ดอกกระเจียว เข็มแดง แคนา ชมจันทร์ บัวหลวง และอัญชัน ความเข้มข้น 0 (น้ำกลั่น), 1, 2.5 และ 5% เป็นเวลา 5 นาที และนำผักสลัดกรีนคอสเก็บในถุง polypropylene ขนาด 8x12 นิ้ว เก็บรักษาอุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส พบว่าสารสกัดจากดอกชมจันทร์และอัญชันติดสีเป็นรอยเปื้อนบริเวณรอยตัดผักและมีอายุการเก็บรักษาเพียง 2 วัน จึงไม่เหมาะสมที่นำไปใช้กับผักสลัดกรีนคอส ในขณะที่สารสกัดจากดอกกระเจียว เข็มแดง แคนา และดอกบัวหลวง มีผลทำให้ผักมีอายุการเก็บรักษาเพียง 4 วัน เนื่องจากความเข้มข้นของสารสกัดสูงเกินไป (ภาพที่ 4.4) ในการทดสอบต่อไปจึงเลือกสารสกัดจาก ดอกกระเจียว เข็มแดง แคนา และดอกบัวหลวง และลดความเข้มข้นลงเป็น 0.001, 0.005, 0.01, 0.05, 0.1 และ 0.5% ผลการศึกษาพบว่าสารสกัดจากดอกกระเจียว และเข็มแดง ความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% มีการติดสีของสารสกัดบริเวณรอยตัดเล็กน้อย (ภาพที่ 4.5) เมื่อประเมินการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดพบว่าสารสกัดจากดอกกระเจียว เข็มแดง และแคนา พบการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดใกล้เคียงกับชุดควบคุม (ภาพที่ 4.5 และ 4.6) ในขณะที่สารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% ช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัด (ภาพที่ 4.7)

ผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งแช่ในสารสกัดน้ำจากดอกบัวหลวงหลวงความเข้มข้น 0 (น้ำกลั่น), 0.001, 0.005, 0.01, 0.05, 0.1 และ 0.5% (ภาพที่ 4.7) พบว่าสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.001, 0.005 และ 0.01% ผลการชะลอสีน้ำตาลไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ขณะที่ความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% ช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง ดังนั้นจึงเลือกสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เพื่อไปทดสอบความเข้มข้นที่เหมาะสมในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่เก็บรักษา	กรรมวิธีสารสกัดจากดอกไม้กินได้ความเข้มข้น 1%						
	ควบคุม	กระเจียว	เข็มแดง	แคนา	ชมจันทร์	บัวหลวง	อัญชัน
วันที่ 0							
วันที่ 2							
วันที่ 4							

วันที่เก็บรักษา	กรรมวิธีสารสกัดจากดอกไม้กินได้ความเข้มข้น 2.5%						
	ควบคุม	กระเจียว	เข็มแดง	แคนา	ชมจันทร์	บัวหลวง	อัญชัน
วันที่ 0							
วันที่ 2							
วันที่ 4							

วันที่เก็บรักษา	กรรมวิธีสารสกัดจากดอกไม้กินได้ความเข้มข้น 5%						
	ควบคุม	กระเจียว	เข็มแดง	แคนา	ชมจันทร์	บัวหลวง	อัญชัน
วันที่ 0							
วันที่ 2							
วันที่ 4							

ภาพที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่แช่ในสารสกัดจากจากดอกไม้กินได้ความเข้มข้น 1, 2.5, 5% และน้ำกลั่น (กรรมวิธีควบคุม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่เก็บรักษา	กรรมวิธีสารสกัดจากดอกไม้กินได้ความเข้มข้น 0.05%				
	ควบคุม	กระเจียว	เข็มแดง	แคนา	บัวหลวง
วันที่ 0					
วันที่ 2					
วันที่ 4					
วันที่ 6					

วันที่เก็บรักษา	กรรมวิธีสารสกัดจากดอกไม้กินได้ความเข้มข้น 0.1%				
	ควบคุม	กระเจียว	เข็มแดง	แคนา	บัวหลวง
วันที่ 0					
วันที่ 2					
วันที่ 4					
วันที่ 6					

วันที่เก็บรักษา	กรรมวิธีสารสกัดจากดอกไม้กินได้ความเข้มข้น 0.5%				
	ควบคุม	กระเจียว	เข็มแดง	แคนา	บัวหลวง
วันที่ 0					
วันที่ 2					
วันที่ 4					
วันที่ 6					

ภาพที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่แช่ในสารสกัดจากดอกไม้กินได้ความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% และน้ำกลั่น (กรรมวิธีควบคุม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่เก็บรักษา	กรรมวิธีสารสกัดจากดอกไม้กินได้ความเข้มข้น 0.001%				
	ควบคุม	กระเจียว	เข็มแดง	แคนา	บัวหลวง
วันที่ 0					
วันที่ 2					
วันที่ 4					
วันที่ 6					

วันที่เก็บรักษา	กรรมวิธีสารสกัดจากดอกไม้กินได้ความเข้มข้น 0.005%				
	ควบคุม	กระเจียว	เข็มแดง	แคนา	บัวหลวง
วันที่ 0					
วันที่ 2					
วันที่ 4					
วันที่ 6					

วันที่เก็บรักษา	กรรมวิธีสารสกัดจากดอกไม้กินได้ความเข้มข้น 0.01%				
	ควบคุม	กระเจียว	เข็มแดง	แคนา	บัวหลวง
วันที่ 0					
วันที่ 2					
วันที่ 4					
วันที่ 6					

ภาพที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่แช่ในสารสกัดจากดอกไม้กินได้ความเข้มข้น 0.001, 0.005 และ 0.01% และน้ำกลั่น (กรรมวิธีควบคุม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่เก็บรักษา	กรรมวิธีสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น (%)			
	ชุดควบคุม	0.001	0.005	0.01
วันที่ 0				
วันที่ 3				
วันที่ 6				
วันที่ 9				
วันที่ 12				

ภาพที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่แช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.001, 0.005, 0.01, 0.05, 0.1 และ 0.5%

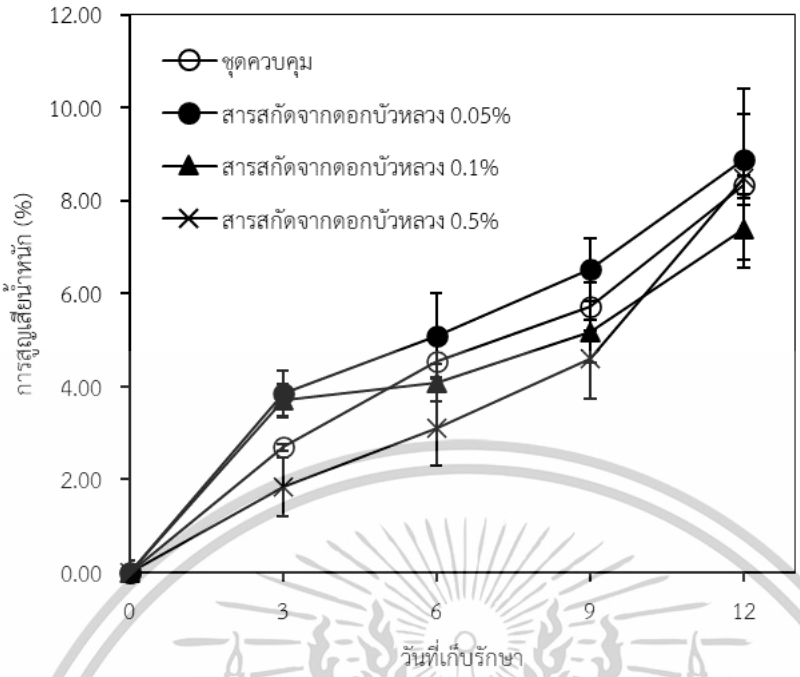
4.3.2 การทดสอบสารสกัดจากดอกบัวหลวงในการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดของผักสลัดกรีนคอสระหว่างการเก็บรักษา

สารสกัดจากดอกบัวหลวงมีความสามารถในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PAL สูง และผักสลัดกรีนคอสที่แช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05-0.5% ไม่ติดสีของดอกบัวหลวง และเกิดสีน้ำตาลช้ากว่าชุดควบคุม (ภาพที่ 4.7) จึงเลือกนำมาใช้ทดสอบกับผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง โดยนำมาแช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% และแช่ในน้ำกลั่นซึ่งใช้เป็นชุดควบคุม เก็บในถุง polypropylene ขนาด 8x12 นิ้ว จากนั้นเก็บรักษาอุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส บันทึกผลการทดลองทุก 3 วัน เป็นเวลา 12 วัน

4.3.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก

ผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น แต่การสูญเสียน้ำหนักของทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติตลอดการทดลอง ผักสลัดกรีนคอสชุดควบคุมและผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งแช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 8.35, 8.89, 7.39 และ 8.49% ตามลำดับ ในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา (ภาพที่ 4.8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

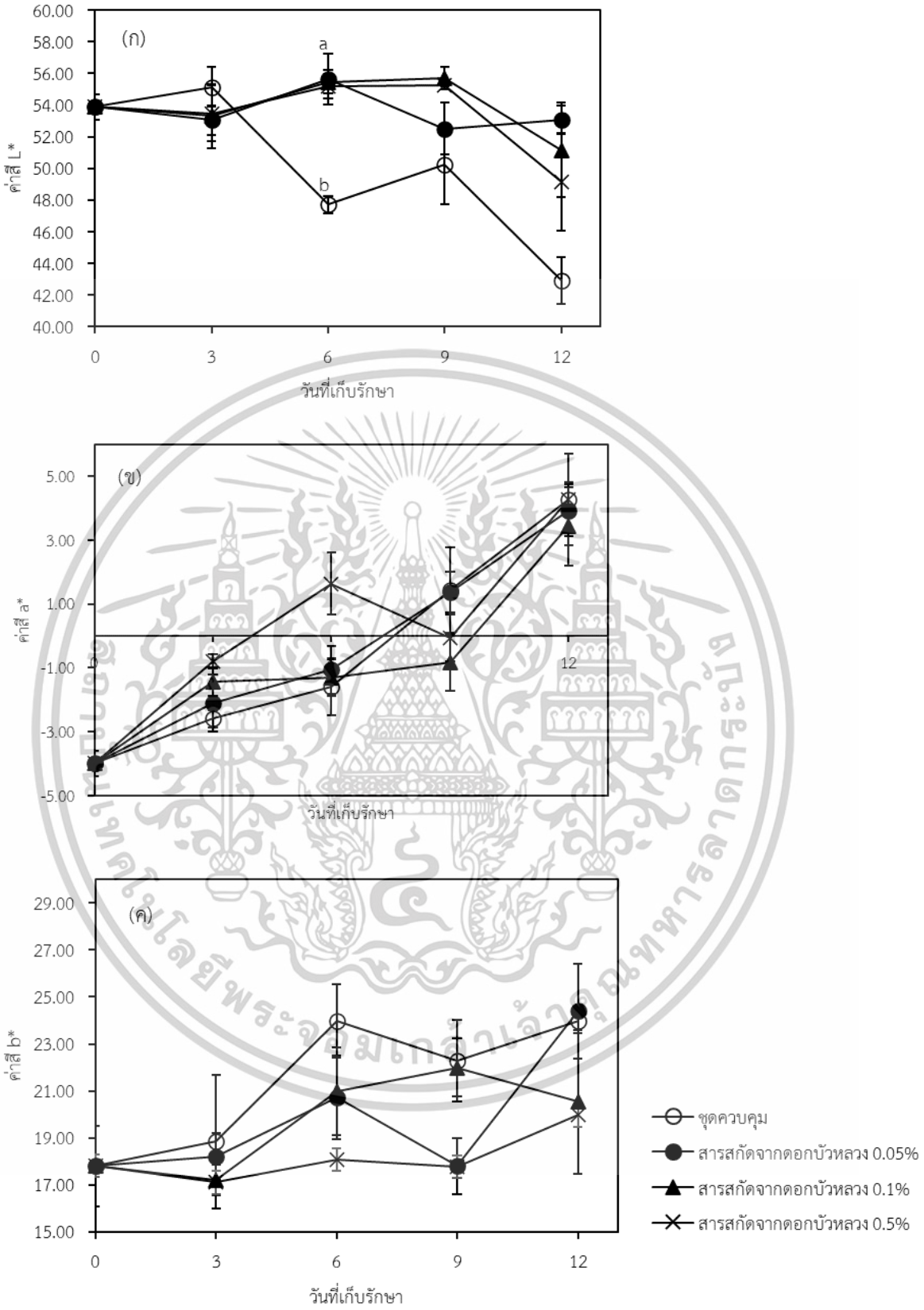


ภาพที่ 4.8 การสูญเสียน้ำหนัก (%) ของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่แช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

4.3.2.2 ค่าสี (*L, *a** และ *b**)**

การเปลี่ยนแปลงสีบริเวณรอยตัดของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งแสดงเป็นระบบค่าสี *L**, *a** และ *b** โดยค่า *L** แสดงค่าความสว่าง ค่า *a** แสดงช่วงสีเขียวถึงสีแดง และค่า *b** แสดงช่วงสีน้ำเงินถึงสีเหลือง ในการทดลองนี้ค่า *L** มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาพบว่าค่า *L** ของชุดควบคุมต่ำกว่ากรรมวิธีการแช่ผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้นต่าง ๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่า *a** มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น และ ค่า *b** เพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามค่า *a** และ ค่า *b** ในแต่ละกรรมวิธีการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 4.9)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

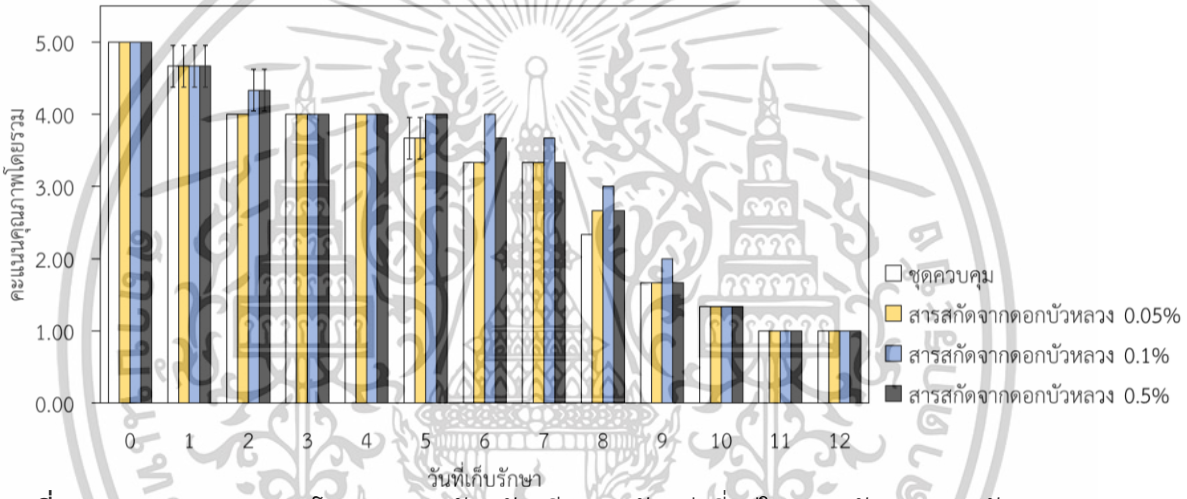


ภาพที่ 4.9 ค่าสี *L** (ก), *a** (ข) และ *b** (ค) ของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่แช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.3 คะแนนคุณภาพโดยรวม

คะแนนคุณภาพโดยรวมของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งทุกกรรมวิธีมีคะแนนลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ในวันเริ่มต้นการทดลองผักมีคุณภาพดีมาก สด ไม่มีตำหนิ เมื่อถึงวันที่ 3 ของการเก็บรักษา คะแนนคุณภาพโดยรวมของทุกกรรมวิธีลดลงมาเป็น 4 คะแนน โดยยังมีคุณภาพดี แต่มีสีน้ำตาลบริเวณก้าน และรอยตัดเล็กน้อย ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาชุดควบคุมกับกรรมวิธีสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05% มีคะแนนเท่ากับ 3.33 คะแนน หมายถึง คุณภาพยอมรับได้ แต่ผักเหี่ยวเล็กน้อย ขณะที่กรรมวิธีสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.1% มีคะแนนเท่ากับ 4 คะแนน ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ทุกกรรมวิธีมีคะแนนคุณภาพโดยรวมไม่ค่อยดี ผักเหี่ยว และปรากฏสีน้ำตาลเป็นบริเวณกว้าง สิ้นสุดอายุการวางจำหน่าย และผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งมีคะแนนคุณภาพโดยรวมเท่ากับ 1 คะแนน คือ คุณภาพไม่ดี ผักช้ำ เน่าเสีย และสิ้นสุดการบริโภคตั้งแต่วันที่ 11 ของการเก็บรักษา (ภาพที่ 4.10)

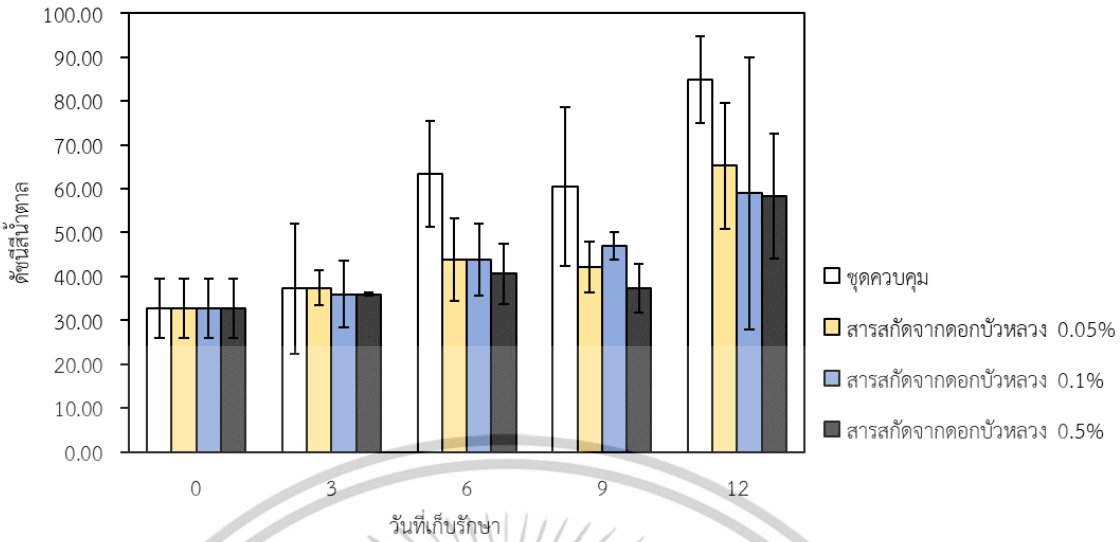


ภาพที่ 4.10 คะแนนคุณภาพโดยรวมของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่แช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

4.3.2.4 ดัชนีสีน้ำตาล

ดัชนีสีน้ำตาลของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งบริเวณรอยตัดและก้านใบส่วนที่ใกล้รอยตัดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยในวันที่เริ่มต้นทำการทดลองดัชนีสีน้ำตาลของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งมีค่าเท่ากับ 32.74 ซึ่งดัชนีสีน้ำตาลชุดควบคุมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 6 จนถึงวันที่ 12 ของการเก็บรักษา และวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ชุดควบคุมมีดัชนีสีน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้นเท่ากับ 89.39 ส่วนกรรมวิธีที่ได้รับสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% มีดัชนีสีน้ำตาลเท่ากับ 65.22, 58.96 และ 58.23 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามดัชนีสีน้ำตาลทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 4.11) จากภาพการเปลี่ยนแปลงลักษณะทั้งภายนอกของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่แช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวง (ภาพที่ 4.12) พบว่าในวันเริ่มต้นเก็บรักษาผักจะมีสีเขียวเข้มและไม่มีสีน้ำตาลเกิดขึ้น เมื่อถึงวันที่ 3 ผักเริ่มมีสีน้ำตาลเกิดขึ้นเล็กน้อยบริเวณรอยตัด วันที่ 6 และ 9 ของการเก็บรักษาผักมีสีน้ำตาลชัดขึ้น และวันสุดท้ายของการเก็บรักษาผักเกิดสีน้ำตาลเข้มบริเวณรอยตัดรวมถึงแผ่นใบ และผักบางชิ้นมีสีน้ำตาลเกิดขึ้นทั้งชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.11 ดัชนีสีน้ำตาลของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่แช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

วันที่เก็บรักษา	กรรมวิธีสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น (%)			
	ชุดควบคุม	0.05	0.1	0.5
วันที่ 0				
วันที่ 3				
วันที่ 6				
วันที่ 9				
วันที่ 12				

ภาพที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่แช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.5 การศึกษาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง

จากการทดลองพบว่ามีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่ได้จากน้ำคั้นของผักสลัดกรีนคอสเริ่มต้นอยู่ที่ 0.93% และเพิ่มขึ้นในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา จึงทำให้ชุดควบคุมมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 1.4% และสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เท่ากับ 1.1, 1.2 และ 1.3% ตามลำดับ และลดลงในวันที่ 12 ของการเก็บรักษาทุกกรรมวิธี อย่างไรก็ตามทุกกรรมวิธีตลอดการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างกัน (ภาพที่ 4.13 ก)

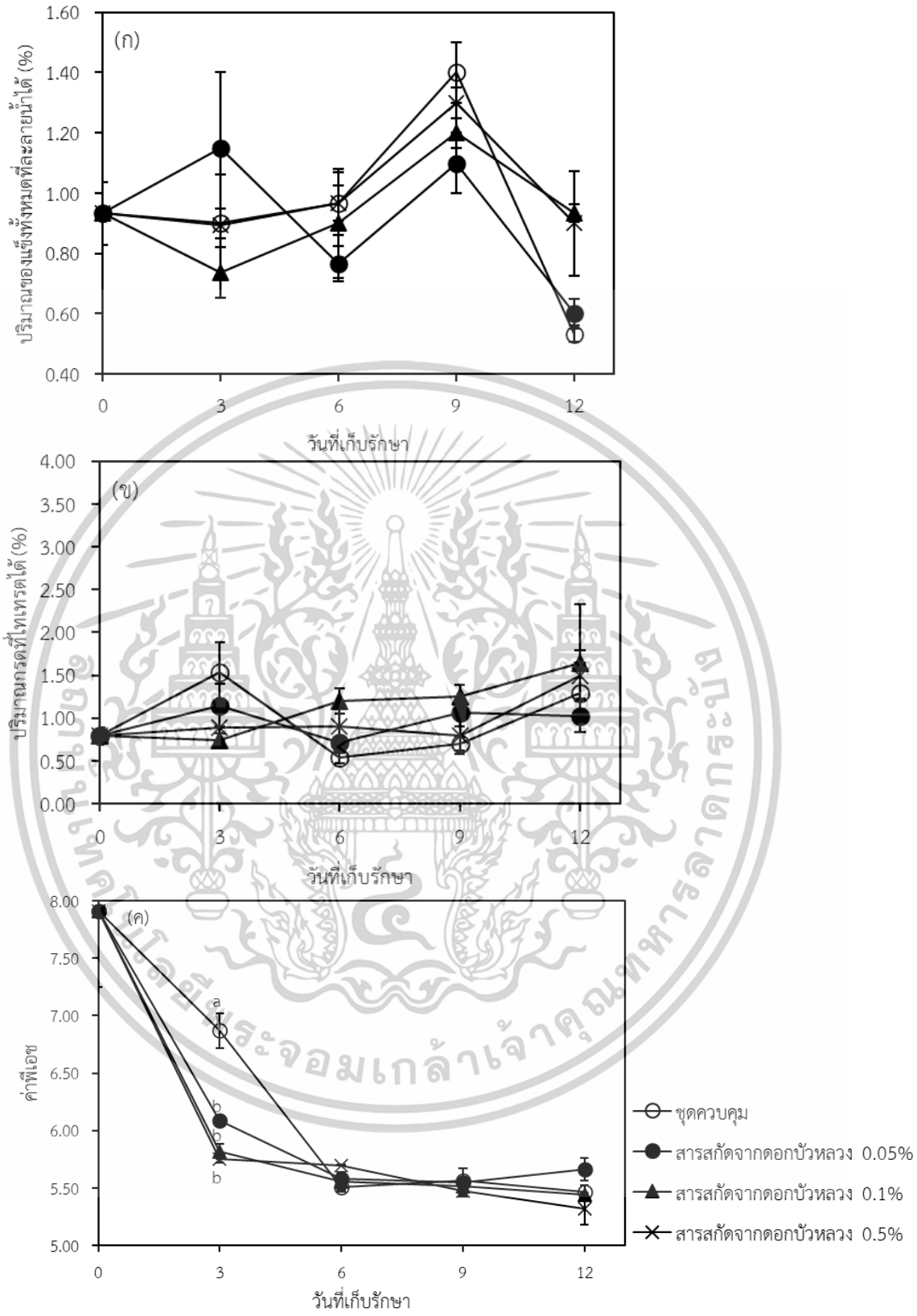
4.3.2.6 การศึกษาปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธี ในวันเริ่มต้นผักสลัดกรีนคอสพบปริมาณกรด 0.79% และเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่ได้รับสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 0.05, 0.1 และ 0.5% มีปริมาณกรดเพิ่มขึ้น 1.30, 1.03, 1.64 และ 1.5% ตามลำดับ (ภาพที่ 4.13 ข)

4.3.2.7 การศึกษาค่าพีเอชของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง

ค่า pH ของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรกของการเก็บรักษาจากจุดเริ่มต้นที่มีค่า pH 7.91 ลดลงเป็น 6.87, 6.09, 5.82 และ 5.75 ในกรรมวิธีชุดควบคุม สารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% ตามลำดับ ภายในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา ชุดควบคุมมีค่า pH สูงสุด และแตกต่างจากกรรมวิธีที่ได้รับสารสกัดจากดอกบัวหลวง เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีสารสกัดจากดอกบัวหลวงทำให้ผักสลัดกรีนคอสมีพีเอชในระดับต่ำและใกล้เคียงกัน วันที่ 3 ของการเก็บรักษาค่า pH ในผักสลัดกรีนคอสลดลงเล็กน้อย และไม่แตกต่างกันในวันที่ 6 กับวันที่ 9 ไปจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (ภาพที่ 4.13 ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.13 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (ก), ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (ข) และค่าพีเอช (ค) ของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่แช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

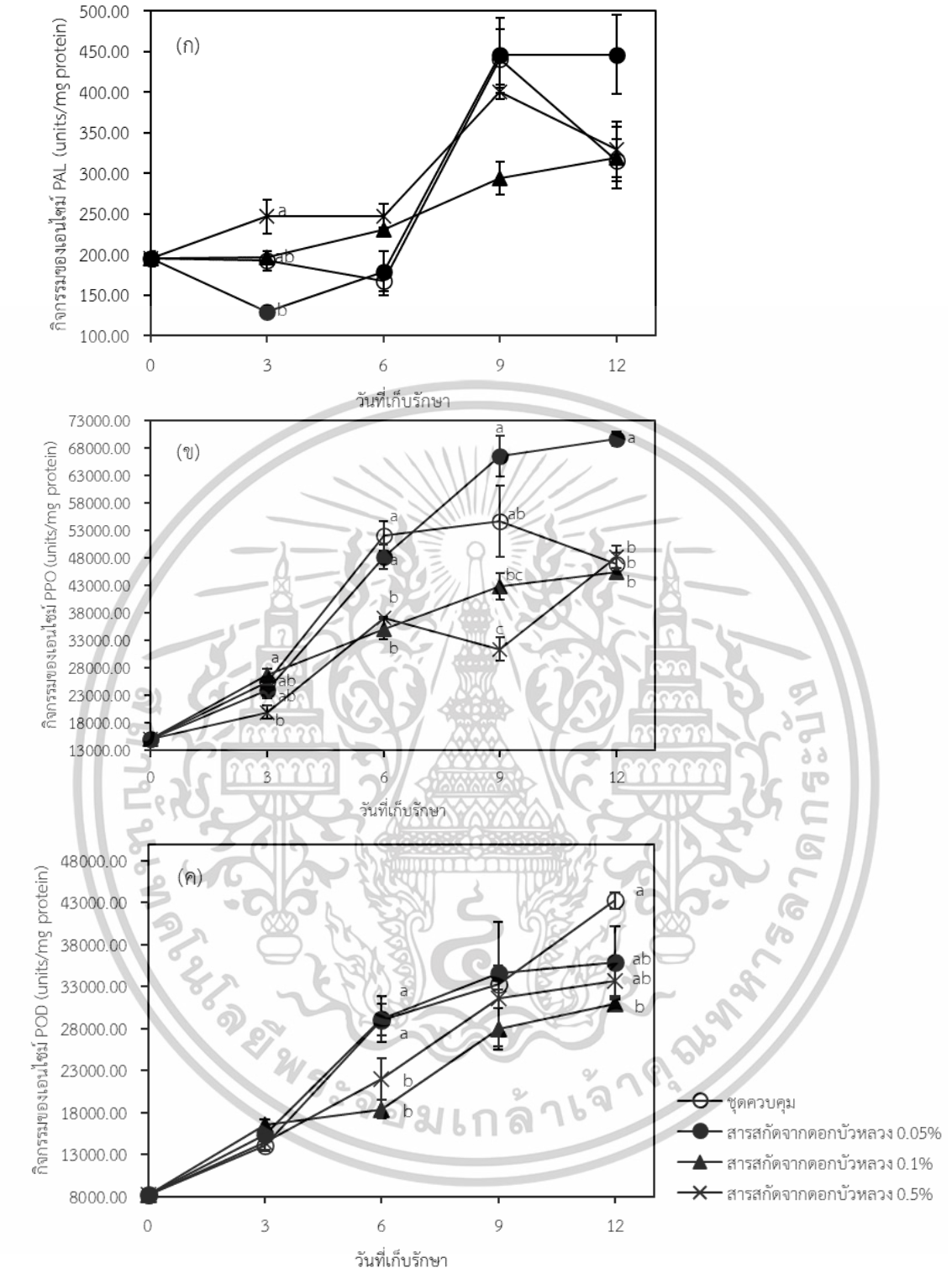
4.3.2.8 กิจกรรมของเอนไซม์ PAL, PPO และ POD ในผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง

กิจกรรมของเอนไซม์ PAL, PPO และ POD ในผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน และเก็บผลการทดลองทุก 3 วัน พบว่าวันเริ่มทำการทดลองมีกิจกรรมของเอนไซม์ PAL เท่ากับ 194.40 units/mg protein ระหว่างการเก็บรักษากิจกรรมของเอนไซม์ PAL มีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในวันที่ 3 และ 6 ส่วนในวันที่ 9 เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีกิจกรรมสูงสุด ขณะที่ในวันที่12 ของการเก็บรักษากิจกรรมของเอนไซม์ PAL มีการลดลง เมื่อวิเคราะห์สถิติพบว่าผักสลัดกรีนคอสที่ผ่านกรรมวิธีการแช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.5% ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษามีกิจกรรมของเอนไซม์ PAL สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีกิจกรรมเท่ากับ 246.31 units/mg protein (ภาพที่ 4.14 ก)

กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ในวันแรกของการเก็บผลการทดลองมีกิจกรรมเริ่มต้นที่ 14,983.82 units/mg protein และมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา และกรรมวิธีที่ได้รับสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.1 และ 0.5% มีการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตั้งแต่วันที่ 6, 9 และ 12 กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาชุดควบคุม และสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.1 กับ 0.5% มีค่าต่ำสุดและไม่แตกต่างกัน มีค่าเท่ากับ 46,948.98, 45,442.32 และ 48,153.03 units/mg protein ตามลำดับ กรรมวิธีที่ได้รับสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05% มีกิจกรรมของเอนไซม์สูงสุดเท่ากับ 69,649.47 units/mg protein (ภาพที่ 4.14 ข)

กิจกรรมของเอนไซม์ POD จากวันแรกของการเก็บรักษามีกิจกรรม 8,251.04 units/mg protein มีการเพิ่มของกิจกรรมของเอนไซม์ POD ขึ้นอย่างต่อเนื่องจนวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ในกรรมวิธีควบคุมมีกิจกรรมของเอนไซม์ POD สูงสุด คือ 43,303.35 units/mg protein ขณะที่กรรมวิธีที่ได้รับสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% ที่มีค่ากิจกรรม 35,929.24, 30,922.35 และ 33,675.48 units/mg protein ตามลำดับ อย่างไรก็ตามทุกกรรมวิธีตลอดการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างกัน (ภาพที่ 4.14 ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

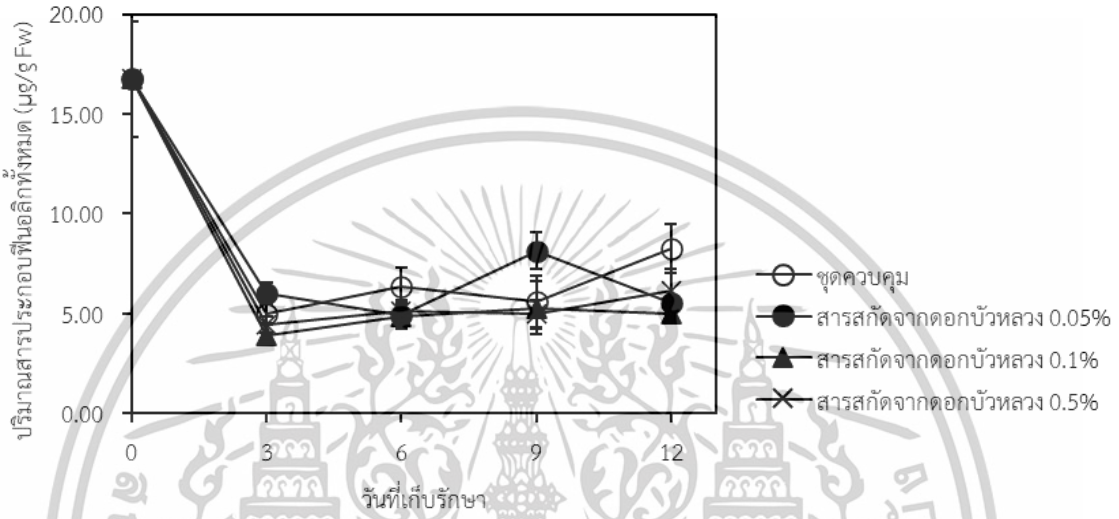


ภาพที่ 4.14 กิจกรรมของเอนไซม์ PAL (ก), PPO (ข) และ POD (ค) ของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่แช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.9 การศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่พบในผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในวันที่เริ่มต้นการเก็บรักษาเท่ากับ 16.77 µg/g (Fw) และลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 3 หลังจากวันที่ 3 จนกระทั่งถึงวันที่ 12 ของการเก็บรักษาปริมาณฟีนอลิกพบการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ผักสลัดกรีนคอสชุดควบคุม และได้รับสารสกัดจากดอกบัวหลวงมีปริมาณฟีนอลิกระหว่าง 3.93-8.27 µg/g (Fw) (ภาพที่ 4.15)

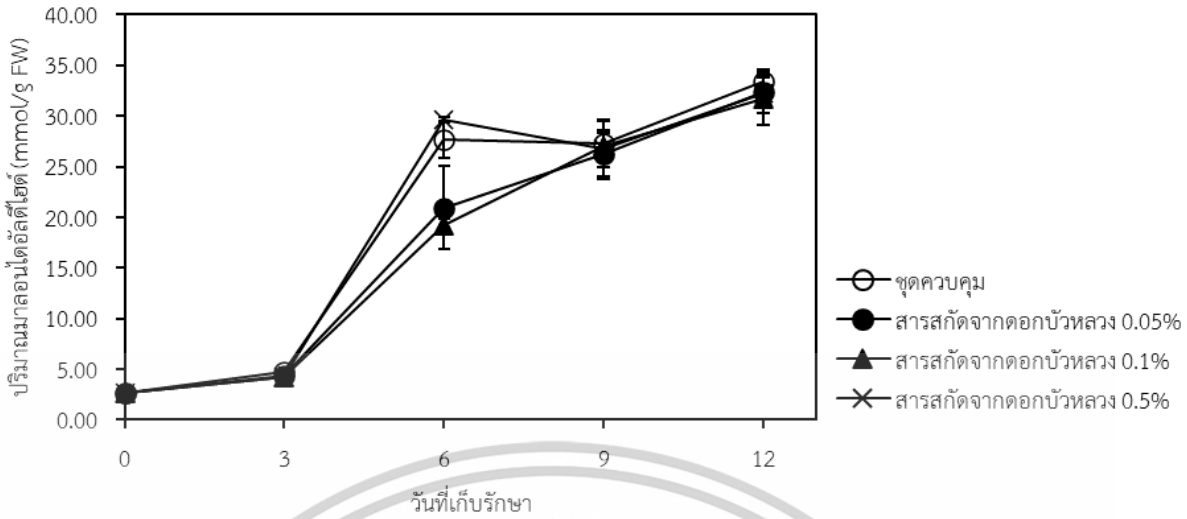


ภาพที่ 4.15 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่แช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

4.3.2.10 ศึกษาการเกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation ในผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง

การเกิดปฏิกิริยา lipid peroxidation ในผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง โดยการวัดปริมาณมาลอน-ไดอัลดีไฮด์ในหน่วย mmol/g (Fw) พบว่าปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น แต่ไม่แตกต่างกันระหว่างกรรมวิธีต่าง ๆ เมื่อเริ่มต้นทำการเก็บรักษาพบปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์เท่ากับ 2.72 mmol/g (Fw) และเพิ่มขึ้นในวันที่ 3 ของการเก็บรักษาเป็น 4.81, 4.40, 4.18 และ 4.20 ในชุดควบคุม และสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% ตามลำดับ และเพิ่มขึ้นสูงในวันที่ 6 ของการเก็บรักษาเป็น 27.69, 20.95, 19.25 และ 29.66 mmol/g (Fw) ในชุดควบคุม สารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% ตามลำดับ (ภาพที่ 4.16)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

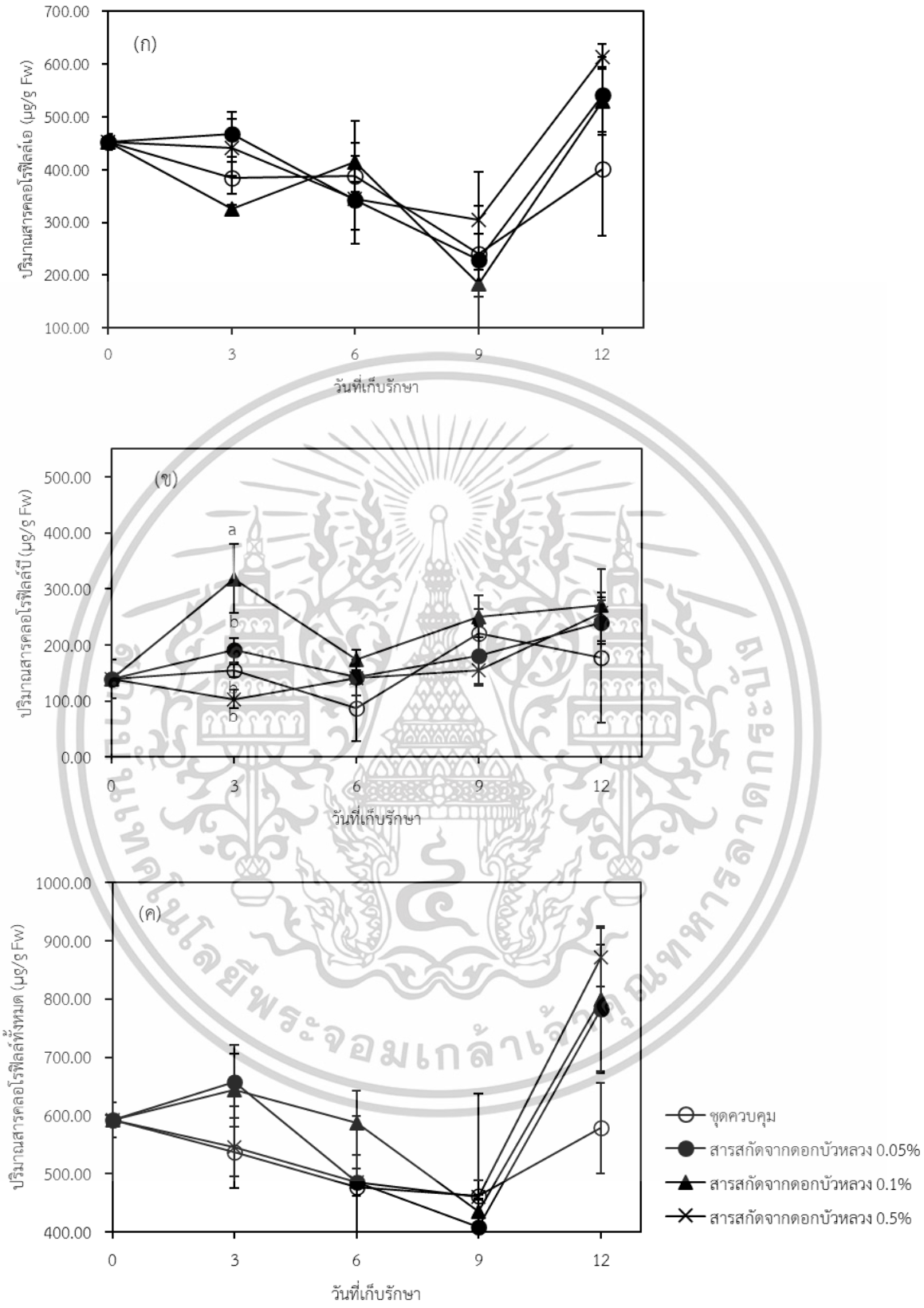


ภาพที่ 4.16 ปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่แช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวง ความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

4.3.2.11 การศึกษาปริมาณสารคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์ทั้งหมด ต่อน้ำหนักสดของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง

จากการศึกษาปริมาณสารคลอโรฟิลล์เอต่อน้ำหนักสดของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์เอมีแนวโน้มค่อย ๆ ลดลงในวันที่ 3, 6 และ 9 ของการเก็บรักษา และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์บีมีการเปลี่ยนแปลงไม่คงที่ ในวันแรกของการเก็บรักษา พบปริมาณคลอโรฟิลล์บี 139.54 µg/g (Fw) หลังการเก็บรักษาทุกกรรมวิธีพบปริมาณคลอโรฟิลล์บีเพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 103.66 ถึง 318.54 µg/g (Fw) ในขณะที่คลอโรฟิลล์ทั้งหมดต่อน้ำหนักสดของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งมีแนวโน้มใกล้เคียงกับปริมาณคลอโรฟิลล์เอ เมื่อวิเคราะห์สถิติปริมาณคลอโรฟิลล์ทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันตลอดการเก็บรักษา (ภาพที่ 4.17)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



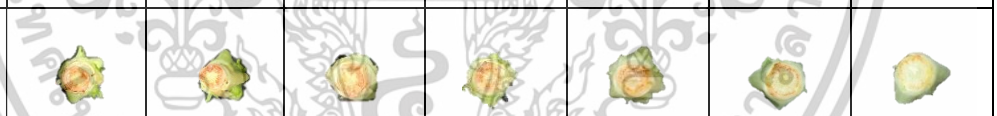
ภาพที่ 4.17 ปริมาณสารคลอโรฟิลล์เอ (ก), คลอโรฟิลล์บี (ข) และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (ค) ของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่แช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดลองที่ 4 ศึกษาความสามารถของสารสกัดจากดอกบัวหลวงในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผักสลัดกรีนคอสบริเวณรอยตัดโคนต้นระหว่างการเก็บรักษา

4.4.1 การประเมินความเข้มข้นของสารสกัดจากดอกบัวหลวงต่อคุณภาพของผักสลัดกรีนคอสที่ตัดจำหน่ายแบบทั้งต้น

ในการทดสอบนี้จึงนำสารสกัดจากดอกบัวหลวงมาทดสอบกับผักสลัดกรีนคอสที่ตัดจำหน่ายแบบทั้งต้นระหว่างการเก็บรักษา จากการทดสอบเบื้องต้นเมื่อนำผักสลัดกรีนคอสทั้งต้นที่แช่โคนต้นในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0 (น้ำกลั่น), 0.001, 0.005, 0.01, 0.05, 0.1 และ 0.5% พบว่าสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.001, 0.005, 0.01% มีผลไม่ต่างจากชุดควบคุม ขณะที่ความเข้มข้นที่สูงขึ้น 0.05, 0.1 และ 0.5% ช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดโคนต้น (ภาพที่ 4.18) และมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกช้ากว่าชุดควบคุม (ภาพที่ 4.19) ดังนั้นจึงเลือกสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เพื่อไปทดสอบความเข้มข้นที่เหมาะสมในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผักสลัดกรีนคอสตัดจำหน่ายทั้งต้น และบริเวณรอยตัดโคนต้นต่อไป

วันที่เก็บรักษา	กรรมวิธีสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น (%)						
	ชุดควบคุม	0.001	0.005	0.01	0.05	0.1	0.5
วันที่ 0							
วันที่ 3							
วันที่ 6							
วันที่ 9							
วันที่ 12							

ภาพที่ 4.18 บริเวณรอยตัดโคนต้นของผักสลัดกรีนคอสที่แช่โคนต้นในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.001, 0.005, 0.01, 0.05, 0.1 และ 0.5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่เก็บรักษา	กรรมวิธีสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น (%)						
	ชุดควบคุม	0.001	0.005	0.01	0.05	0.1	0.5
วันที่ 0							
วันที่ 3							
วันที่ 6							
วันที่ 9							
วันที่ 12							

ภาพที่ 4.19 การเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของผักสลัดกรีนคอสที่แช่โคนต้นในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.001, 0.005, 0.01, 0.05, 0.1 และ 0.5%

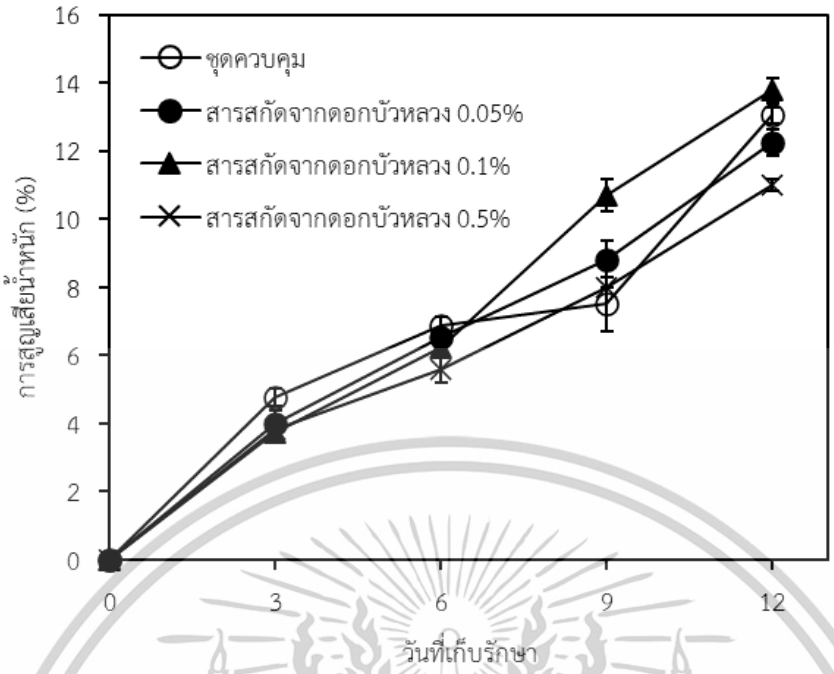
4.4.2 การทดสอบสารสกัดจากดอกบัวหลวงในการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดของผักสลัดกรีนคอสระหว่างการเก็บรักษา

สารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05-0.5% ไม่ติดสีของดอกบัวหลวง ช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดโคนต้น (ภาพที่ 4.18) และมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกช้ากว่าชุดควบคุม (ภาพที่ 4.19) จึงเลือกนำมาใช้ทดสอบ โดยนำโคนต้นของผักสลัดกรีนคอสมาแช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% และแช่ในน้ำกลั่นซึ่งใช้เป็นชุดควบคุม เก็บในถุง polypropylene ขนาด 10x15 นิ้ว จากนั้นเก็บรักษาอุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส บันทึกผลการทดลองทุก 3 วัน เป็นเวลา 12 วัน

4.4.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก

เมื่อนำโคนต้นของผักสลัดกรีนคอสมาแช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% มีผลการทดลองดังนี้ การสูญเสียน้ำหนักของผักสลัดกรีนคอสเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน พบว่ามีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นตลอดการทดลองในทุกกรรมวิธี ซึ่งมีการสูญเสียน้ำหนักสูงสุดในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ชุดควบคุมมีการสูญเสียน้ำหนัก 13.05% ส่วนผักสลัดกรีนคอสที่ผ่านกรรมวิธีการแช่โคนต้นในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% มีการสูญเสียน้ำหนัก 12.24, 13.78 และ 11.01% ตามลำดับ และไม่แตกต่างกันทางสถิติตลอดการทดลอง (ภาพที่ 4.20)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

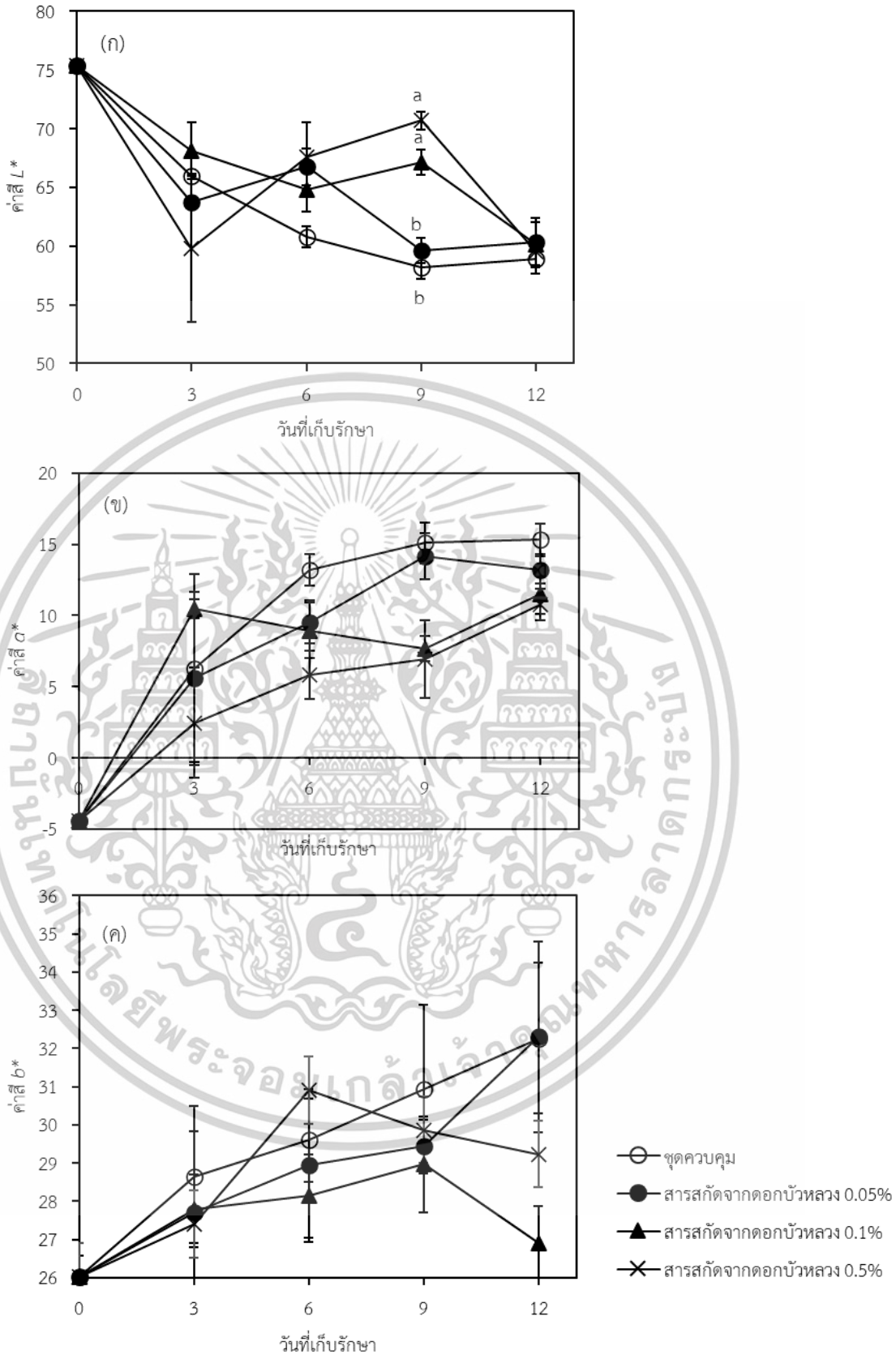


ภาพที่ 4.20 การสูญเสียน้ำหนัก (%) ของผักสลัดกรีนคอสที่แช่โคนต้นในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

4.4.2.2 ค่าสี (*L, *a** และ *b**)**

การเปลี่ยนแปลงสีบริเวณรอยตัดโคนต้นของผักสลัดกรีนคอสแสดงเป็นระบบค่าสี *L**, *a** และ *b** โดยค่า *L** แสดงค่าความสว่าง ค่า *a** แสดงช่วงสีเขียวถึงสีแดงและค่า *b** แสดงช่วงสีน้ำเงินถึงสีเหลือง ในการทดลองนี้พบว่าค่า *L** มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษานั้นค่า *L** ของกรรมวิธีควบคุม และกรรมวิธีการแช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05% มีค่าเท่ากับ 58.20 และ 59.63 ตามลำดับ มีค่าต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับการแช่ผักสลัดกรีนคอสด้วยสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.1 และ 0.5% ซึ่งมีค่า *L** สูงถึง 67.13 และ 70.70 ตามลำดับ ส่วนค่าสี *a** และ *b** มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกกรรมวิธี วันที่เริ่มต้นทำการทดลองค่า *a** มีค่าเท่ากับ -4.40 ซึ่งมีแนวโน้มไปทางสีเขียว แต่เมื่อถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษาค่า *a** มีค่าอยู่ในช่วง 10.77-15.37 ส่วนค่า *b** วันที่เริ่มต้นทำการทดลองมีค่าเท่ากับ 26.03 ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษามีค่า 26.90-32.30 ซึ่งค่าสี *a** และ *b** ตามที่กล่าวมานี้แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของผักสลัดกรีนคอสบริเวณรอยตัด จากสีเขียวในวันแรกเปลี่ยนไปเป็นสีเหลืองในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ในทุกกรรรมวิธี แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติทั้งสองค่าในตลอดการทดลอง (ภาพที่ 4.21)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

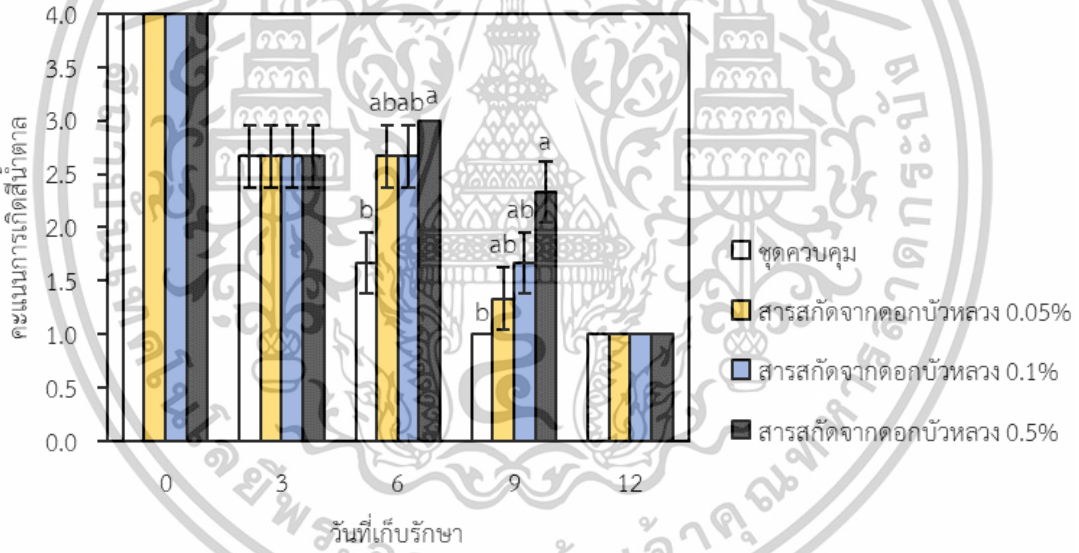


ภาพที่ 4.21 ค่าสี *L** (ก), *a** (ข) และ *b** (ค) ของผักสลัดกรีนคอสที่แช่โคนต้นในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2.3 คะแนนการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัด

คะแนนการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดในวันที่เริ่มต้นทำการทดลอง ผักกสลัดกรีนคอสไม่มีการเกิดสีน้ำตาล กำหนดให้เท่ากับคะแนนเต็ม 4 และคะแนนจะลดลงเมื่อมีการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น วันที่ 3 ของการเก็บรักษาทุกกรรมวิธีมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากัน คือ 2.67 คะแนน หรือมีการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดเล็กน้อยถึงปานกลาง วันที่ 6 กรรมวิธีการแช่สารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.5% มีการเกิดน้ำตาลเล็กน้อย คือ 3.00 คะแนน ส่วน 0.1 และ 0.05% มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.67 คะแนน การเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดเล็กน้อยถึงปานกลาง ส่วนชุดควบคุมมีคะแนน 1.67 คะแนน อยู่ในเกณฑ์เกิดสีน้ำตาลปานกลางถึงมาก และวันที่ 9 ของการเก็บรักษา กรรมวิธีการแช่สารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.5% ได้ 2.33 คะแนน มีการเกิดน้ำตาลปานกลาง กรรมวิธีสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05 และ 0.1% ได้ 1.33 และ 1.67 คะแนน ตามลำดับ มีการเกิดน้ำตาลปานกลางถึงมาก ขณะที่ชุดควบคุมได้ 1 คะแนน คือ มีการเกิดสีน้ำตาลมาก ส่วนวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ทุกกรรมวิธีได้ 1 คะแนน คือ มีการเกิดสีน้ำตาลมาก เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าวันที่ 6 และวันที่ 9 ของการเก็บรักษา กรรมวิธีการแช่ผักสลัดกรีนคอสในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.5% มีคะแนนสูงสุด ส่วนชุดควบคุมมีคะแนนต่ำสุด ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 4.22)



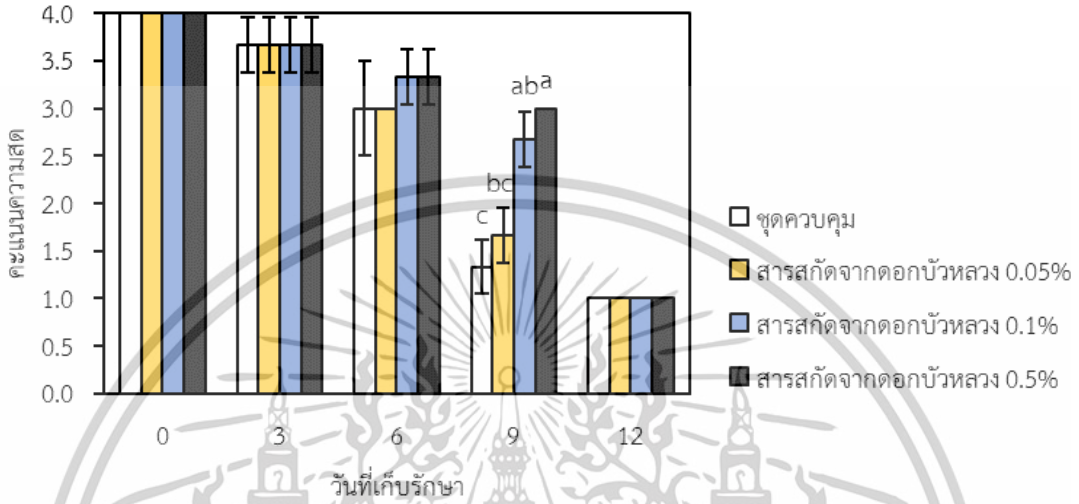
ภาพที่ 4.22 คะแนนการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดของผักสลัดกรีนคอสที่แช่โคนต้นในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

4.4.2.4 คะแนนความสด

คะแนนความสดผักสลัดกรีนคอสเริ่มต้นที่ระดับคะแนนเต็ม 4 ในวันแรกของการเก็บรักษา และเมื่อความสดลดลงคะแนนลดลง แปรผกผันกับระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น วันที่ 9 ของการเก็บรักษา กรรมวิธีการแช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.5% ได้คะแนนความสดเฉลี่ยเท่ากับ 3 คะแนน คือผักสดปานกลาง เหี่ยวเล็กน้อย ส่วนสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.1% ได้ 2.67 คะแนน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ผักสดน้อยถึงปานกลาง ขณะที่สารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05% ได้ 1.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คะแนน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ผักสดน้อย สิ้นสุดอายุการวางจำหน่าย และกรรมวิธีควบคุมได้คะแนน 1.33 คะแนน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ผักสดน้อยถึงไม่สด และสิ้นสุดอายุการวางจำหน่ายตั้งแต่วันที่ 9 ของการเก็บรักษา ส่วนวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ทุกกรรมวิธีได้ 1 คะแนน คือ ผักเหี่ยว ช้ำ หรือเน่า สิ้นสุดการบริโภค เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่ากรรมวิธีที่ได้รับสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.5% ได้คะแนนสูงสุด ขณะที่ชุดควบคุมได้คะแนนต่ำสุด ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 4.23)

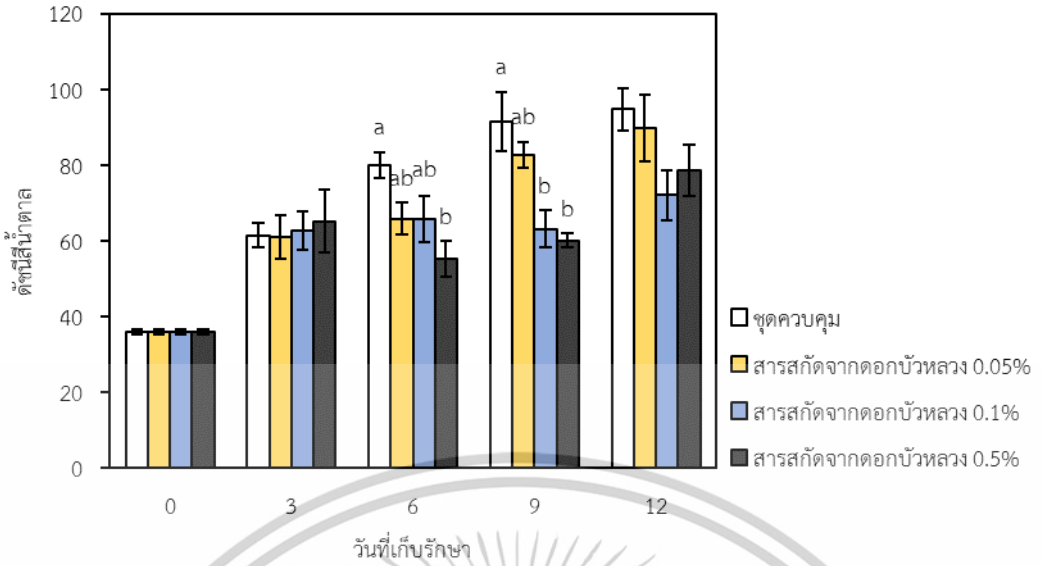


ภาพที่ 4.23 คะแนนความสดของผักสลัดกรีนคอสที่แช่โคนต้นในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

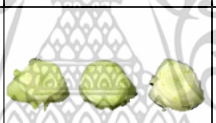
4.4.2.5 ดัชนีสีน้ำตาล

ดัชนีสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดโคนต้นของผักสลัดกรีนคอสในวันที่เริ่มต้นทำการทดลองมีค่าเท่ากับ 36.10 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยแต่ละกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในวันที่ 6 และวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ผลการทดลองพบว่าชุดควบคุมมีค่าดัชนีสีน้ำตาลสูงสุด วันที่ 6 ชุดควบคุมมีค่าดัชนีสีน้ำตาลเท่ากับ 76.98 ส่วนกรรมวิธีการแช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% มีค่าดัชนีสีน้ำตาลเท่ากับ 65.78, 56.67 และ 55.19 ตามลำดับ ส่วนวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ชุดควบคุมมีค่าดัชนีสีน้ำตาลเท่ากับ 91.45 ส่วนกรรมวิธีการแช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% มีค่าดัชนีสีน้ำตาลเท่ากับ 82.78, 63.18 และ 60.10 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีควบคุมมีค่าดัชนีสีน้ำตาลสูงสุด และกรรมวิธีที่ได้รับสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.5% มีค่าดัชนีสีน้ำตาลต่ำสุด (ภาพที่ 4.24) จากภาพบริเวณรอยตัดโคนต้นของผักสลัดกรีนคอสที่แช่โคนต้นในสารสกัดจากดอกบัวหลวง (ภาพที่ 4.25) พบว่าตั้งแต่วันที่ 3 ของการเก็บรักษาเริ่มมีสีน้ำตาลเกิดขึ้นเล็กน้อยบริเวณรอยตัดในทุกกรรมวิธี วันที่ 6 และ 9 พบว่ากรรมวิธีที่ได้รับสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.5% มีสีน้ำตาลน้อยสุดจากทุกกรรมวิธี และจากภาพการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของผักสลัดกรีนคอสที่แช่โคนต้นในสารสกัดจากดอกบัวหลวง (ภาพที่ 4.26) พบว่าวันที่เริ่มต้นเก็บรักษาไปจนถึงวันที่ 6 ผักยังมีสีเขียวสด เมื่อถึงวันที่ 9 ของการเก็บรักษาเริ่มมีสีน้ำตาลเกิดขึ้นเล็กน้อยบริเวณใบและก้าน ขณะที่ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาผักสลัดกรีนคอสมีสีน้ำตาลเกิดขึ้นบริเวณกว้างในทุกกรรมวิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.24 ดัชนีสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดโคนต้นของผักสลัดกรีนคอสที่แช่โคนต้นในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

วันที่เก็บรักษา	กรรมวิธีสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น (%)			
	ชุดควบคุม	0.05	0.1	0.5
วันที่ 0				
วันที่ 3				
วันที่ 6				
วันที่ 9				
วันที่ 12				

ภาพที่ 4.25 บริเวณรอยตัดโคนต้นของผักสลัดกรีนคอสที่แช่โคนต้นในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่เก็บรักษา	กรรมวิธีสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น (%)			
	ชุดควบคุม	0.05	0.1	0.5
วันที่ 0				
วันที่ 3				
วันที่ 6				
วันที่ 9				
วันที่ 12				

ภาพที่ 4.26 การเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของผักสลัดกรีนคอสที่แช่โคนต้นในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

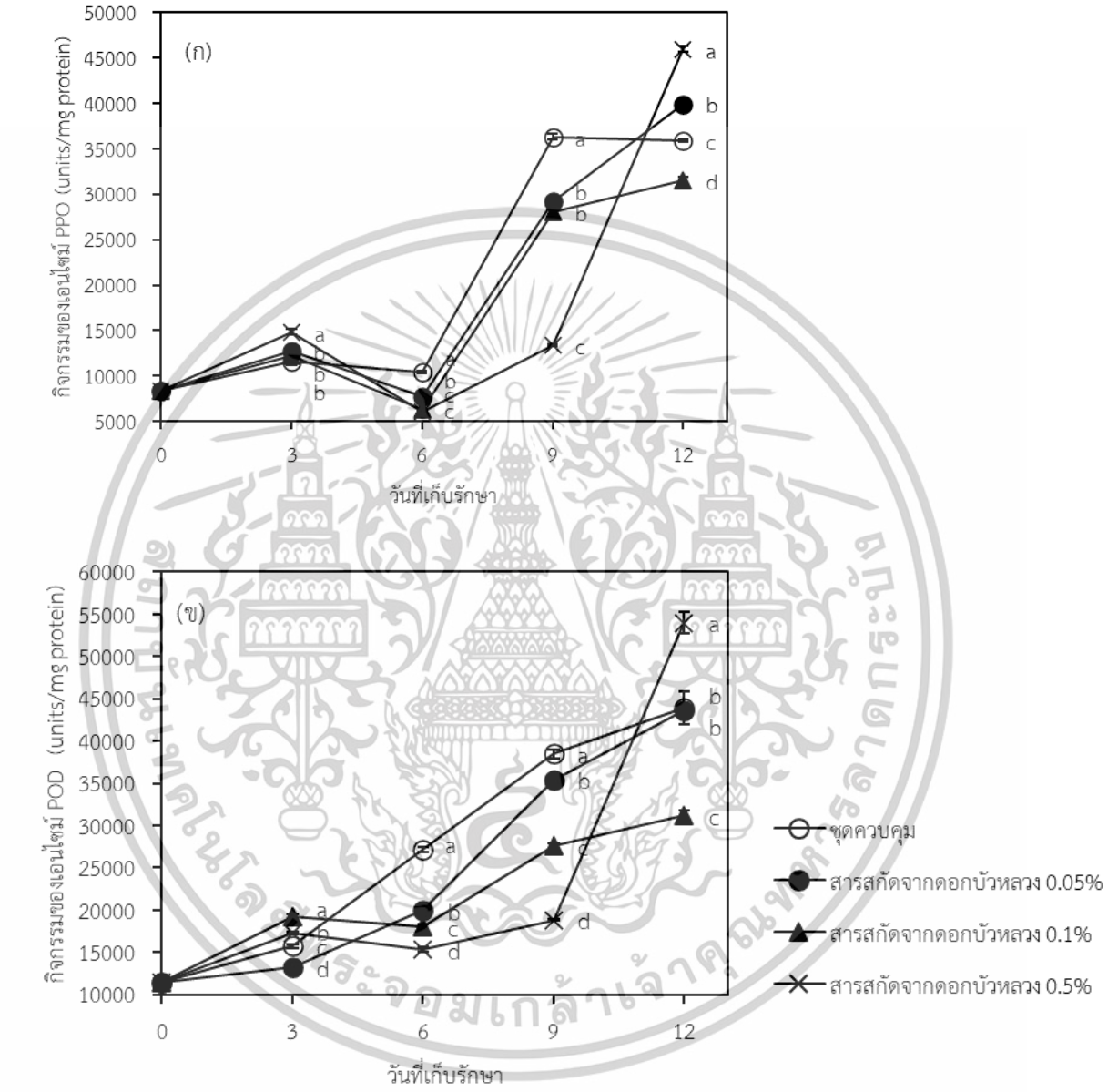
4.4.2.6 กิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD ในผักสลัดกรีนคอส

วันเริ่มต้นการทดลองผักสลัดกรีนคอสพบกิจกรรมของเอนไซม์ PPO เท่ากับ 8,330.04 units/mg protein ซึ่งระหว่างการเก็บรักษากิจกรรมของเอนไซม์ PPO มีการเพิ่มขึ้นลดลงเล็กน้อยในวันที่ 3 และ 6 เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 9 และ 12 ของการเก็บรักษา เมื่อวิเคราะห์สถิติพบว่าผักสลัดกรีนคอสที่ผ่านกรรมวิธีการแช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.5% มีกิจกรรมเอนไซม์ PPO ต่ำมีกิจกรรมเท่ากับ 6,031.44 units/mg protein ในวันที่ 6 และ 13,385 units/mg protein ในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีกิจกรรม เอนไซม์ PPO ในระดับสูงเท่ากับ 10,393.39 และ 36,290.60 units/mg protein ในวันที่ 6 และ 9 ของการเก็บรักษาตามลำดับ (ภาพที่ 4.27 ก)

วันเริ่มต้นการทดลองกิจกรรมของเอนไซม์ POD ในผักสลัดกรีนคอสมีกิจกรรมเท่ากับ 11,492.38 units/mg protein และมีกิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยชุดควบคุมและกรรมวิธีการแช่สารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้นต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดการเก็บรักษา โดยเฉพาะในวันที่ 6 และ 9 ของการเก็บรักษา ชุดควบคุมมีกิจกรรมของเอนไซม์ POD สูงกว่ากรรมวิธีที่ได้รับสาร และการแช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.5% มีกิจกรรมเอนไซม์ POD ต่ำสุดทั้งสองวัน ขณะที่วันที่ 12 ของการเก็บรักษา กรรมวิธีการแช่ในสารสกัดจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.5% มีกิจกรรม POD เท่ากับ 54,007.37 units/mg protein มีกิจกรรมเอนไซม์ POD สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับทุกกรรมวิธี ส่วนกรรมวิธีแช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.1% มีกิจกรรมของเอนไซม์ POD ต่ำสุด มีกิจกรรมเท่ากับ 31,182.60 units/mg protein (ภาพที่ 4.27 ข)



ภาพที่ 4.27 กิจกรรมของเอนไซม์ PPO (ก) และ POD (ข) ของผักสลัดกรีนคอสที่แช่โคนต้นในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

การทดสอบความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของสารสกัดดอกไม้กินได้ 6 ชนิด ได้แก่ ดอกกระเจียว เข็มแดง แคนา ชมจันทร์ บัวหลวง และอัญชัน เนื่องจากอนุมูลอิสระเป็นสารที่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวจึงมีความว่องไวในการทำปฏิกิริยา ทำให้สารอื่นที่สูญเสียหรือรับอิเล็คตรอนกลายเป็นลูกโซ่ อนุมูลอิสระตัวใหม่จะทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารต่าง ๆ ในเซลล์ เช่น ทำลายโครงสร้าง DNA การเปลี่ยนสภาพโปรตีนรวมทั้งไขมันของเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้กลไกการทำงานต่าง ๆ ในเซลล์เสียหาย (นุชจิรา พงศ์นิมิตประเสริฐ, 2563) วิธีการทั่วไปที่ใช้ในการประเมินความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ วิธีการทดสอบ DPPH$^{\bullet}$, metal chelate และ FRAP และการประเมินผลิตภัณฑ์บางอย่างที่เกิดขึ้นหลังจากการออกซิเดชัน เช่น MDA (Siddeeg *et al.*, 2021) จากการทดลองพบว่าสารสกัดน้ำจากดอกบัวหลวง ชมจันทร์ และเข็มแดง มีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ สูง และสารสกัดน้ำจากดอกเข็มแดงยังมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และสารฟลาโวนอยด์สูงสุดจากทุกกรรมวิธี สอดคล้องกับงานวิจัยของ Youwei *et al.* (2008) ได้ศึกษาดอกไม้ในกลุ่มสีแดงพบว่ามีสารต้านอนุมูลอิสระ และสารประกอบฟีนอลิกสูงกว่ากลุ่มสีอื่น ๆ และสารสำคัญที่พบในดอกเข็ม ได้แก่ สารเปปไทด์ เทอร์พีนอยด์ สารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ (Chen *et al.*, 2016) ซึ่งความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ ของพืชมีอิทธิพลจากองค์ประกอบหลายชนิด เช่น สารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ สารประกอบเหล่านี้มีผลต่อสีสันต่าง ๆ ของดอกไม้ มีบทบาทสำคัญในคุณค่าทางโภชนาการ และเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระ และไอออนของโลหะที่สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและโมเลกุลอื่น ๆ โดยใช้ตัวเองเป็นตัวรับอนุมูลอิสระทำช่วยจึงช่วยชะลอหรือยับยั้งความเสียหายของเซลล์ได้ (Jayachitra and Padma, 2010; ลือชัย บุตคุป, 2554) สารสกัดน้ำจากดอกบัวหลวงมีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ และ FRAP สูงสุด EC_{50} เท่ากับ 0.33±0.01mg/mL และ $EC_{0.5}$ เท่ากับ 3.80±0.16 mg/mL ตามลำดับ ขณะที่กาญจนา นาคประสม และคณะ (2560) ศึกษาดอกบัวหลวงสกัดด้วยเอทานอล 34% โดยใช้เทคนิคสกัดไมโครเวฟพบฤทธิ์กำจัดอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ เท่ากับ 24.02% ณพัฐอร บัวฉุน (2563) พบว่าสารสกัดจากกลีบดอกบัวหลวงด้วยเอทานอล 95% มีค่า EC_{50} เท่ากับ 26.98 mg/mL ขณะที่พิมพ์ชนก พริกบุญจันทร์ และ คำรบ สมะวรรธนะ (2564) รายงานว่ากลีบบัวสายสกัดในเอทานอล 59% มีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH$^{\bullet}$ เท่ากับ 29.69±1.41 mmol TE/g และ FRAP เท่ากับ 21.42±0.58 mmol TE/g โดย FRAP assay เป็นการวัดความสามารถของสารต้านอนุมูลอิสระในการรับอิเล็กตรอนอิสระ (reducing agent) อาศัยหลักการเป็นตัวรีดิวซ์ ในปฏิกิริยา redox-linked colorimetric method เปลี่ยนแปลงสีของสารประกอบเชิงซ้อน Fe^{3+} ที่มีสีน้ำตาลถูกรีดิวซ์ไปเป็นสารประกอบเชิงซ้อน Fe^{2+} ที่มีสีน้ำเงิน สารที่มีค่า FRAP สูงจะสามารถรีดิวซ์ Fe^{3+} ไปเป็น Fe^{2+} ได้สูง (นพวัฒน์ เพ็งคำศรี และคณะ, 2554) ในการศึกษานี้สารสกัดน้ำจากดอกชมจันทร์พบฤทธิ์กำจัดอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ และความสามารถในการแย่งจับไอออนโลหะในระดับสูงสุด ขณะที่พัชรี สิริตระกูลศักดิ์ (2556) พบฤทธิ์กำจัดอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ 67.93% ในดอกชมจันทร์สกัดเอทานอล 80% พบสารสำคัญ ได้แก่ อัลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ ฟีนอลิก แอนทราควิโนน คาร์เดโนไลด์ ลิวโคแอนโท-ไซยานิน ซาโปนิน ไกลโคไซด์แอนทราซีน และโพลีโอส (Dagawal, 2015) ส่วนสารสกัดน้ำจากดอกแคนามีฤทธิ์กำจัดอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ ต่ำ EC_{50} เท่ากับ 1.69±0.22 mg/mL แต่มีความสามารถในการแย่งจับไอออนโลหะในระดับสูงสุด ไอออนโลหะโดยเฉพาะเหล็กที่อยู่ในรูป Fe^{2+} และ Cu^{2+} เป็นสาเหตุในการเร่งปฏิกิริยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกซิเดชันกับออกซิเจน ทำให้เกิดสารอนุมูลอิสระหลายชนิด โดยสารคีเลต (chelating agents) เป็นกลไกการยับยั้งอนุมูลอิสระโดยการกำจัดไอออนโลหะที่เป็นปัจจัยให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งสารคีเลตเป็นสารประกอบอินทรีย์หรืออนินทรีย์ที่สามารถจับไอออนประจุบวกของโลหะ และสร้างโครงสร้างคล้ายวงแหวนที่ซับซ้อนที่เรียกว่าคีเลต ไอออนของโลหะ เช่น Na^{+}, Mg^{2+}, Cu^{+}, Cu^{2+} และ Zn^{2+}เช่นเดียวกับโลหะทรานซิชัน เช่น Mn^{2+}, Fe^{2+} และ Co^{2+} โดยสารคีเลตจะล้อมประจุบวกของธาตุที่เป็นโลหะไว้เป็นสารประกอบเชิงซ้อน และไม่ให้ประจุลบเข้าทำปฏิกิริยาได้ (Flora and Pachauri, 2010; สุรีวัลย์ ดวงจิตต์ และคณะ, 2562; พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2567) ขณะที่ วิภารัตน์ สระแก้ว (2563) รายงานว่าสารสกัดน้ำจากดอกแคนาฤทธิ์กำจัดอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ ค่า IC_{50} เท่ากับ 0.55±0.031 mg/mL ขณะที่สารสกัดน้ำจากดอกกระเจียวมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ต่ำ มีการกำจัดอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ ระดับกลางเมื่อเปรียบเทียบกับดอกไม้กินได้ 6 ชนิด ในการศึกษานี้ไม่สอดคล้องกับดอกกระเจียวแดงสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 80% มีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุดเท่ากับ 93.30% เมื่อเปรียบเทียบกับดอกไม้กินได้ 15 ชนิด ในงานวิจัยของ พัชรี สิริตระกูลศักดิ์ (2556) และอัญชลี ศรีจำเริญ (2560) พบว่าการสกัดดอกกระเจียวส่วนกาบรองดอกสีแดงด้วยน้ำ และเมทานอล ทำให้ได้สารประกอบ ฟีนอลิกปริมาณมากที่สุด ขณะที่สารสกัดจากดอกอัญชันมีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ มีค่า EC_{50} เท่ากับ 3.10±0.56 mg/mL ในการศึกษานี้ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของจาตุรณต์ บุรวัฒน์ และคณะ (2556) รายงานว่าดอกอัญชันสกัดน้ำมีฤทธิ์กำจัดอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ มีค่า EC_{50} เท่ากับ 85.26 ± 9.12 µg/ml มีรายงานว่าการกำจัด DPPH มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการให้ H^{+} ขึ้นอยู่กับความเข้มข้น และกิจกรรมการต้านอนุมูลในพืช (Reddy *et al.*, 2012)

การยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลของผักสลัดกรีนคอสในหลอดทดลอง พบว่ากรดแอสคอร์บิก 0.17% มีความสามารถในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิด คือ PAL, PPO และ POD ดีที่สุดเนื่องจากคุณสมบัติ antioxidant ของกรดแอสคอร์บิก (Michael, 1991) สอดคล้องกับงานวิจัยของอุมาพร อาลัย และคณะ (2558) พบว่าผักสลัดกรีนคอสที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดและก้านใบได้ การศึกษานี้พบว่าสารสกัดจากดอกกระเจียวและบัวหลวง 1% สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PAL ได้ดี PAL เป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลิก เนื่องจากเป็นเอนไซม์ตัวแรกของกระบวนการสังเคราะห์ฟีนิลโพรพานอยด์ ซึ่งนำ L-phenylalanine จากแหล่งเมแทบอลิซึมหลักไปสู่การสังเคราะห์กรดทรานส์ซินนามิก จากนั้นทรานส์ซินนามิกที่ผลิตขึ้นจะถูกเปลี่ยนเป็นสารประกอบฟีนอลิกหลายชนิด เช่น คูมาริน ฟลาโวนอยด์ แอนโทไซยานิน และลิกนิน นอกจากนี้สารฟีนอลิกที่ละลายน้ำได้หลายชนิดทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูล-อิสระ หรือสารดูดซับรังสียูวี ป้องกันพืชจากความเครียด (Zhang and Liu, 2015) สารประกอบฟีนอลเป็นสารตั้งต้นในปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ ซึ่งปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นได้เมื่อมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ สารตั้งต้น เอนไซม์ pH ที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยา และออกซิเจน (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2555) เมื่อเซลล์พืชได้รับความเสียหาย สารประกอบฟีนอลิกที่ส่วนใหญ่อยู่ในแวคิวโอลกับบางส่วนอยู่ในผนังเซลล์ และเอนไซม์ PPO ที่อยู่ในคลอโรพลาสต์หรือพลาสติดของเซลล์พืชมีโอกาสสัมผัสและทำปฏิกิริยากัน ด้วยปฏิกิริยาระหว่างอะตอมของทองแดงกับสารตั้งต้นโดยมีออกซิเจนเป็นอีกหนึ่งสารตั้งต้นที่ช่วยเร่งทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล เอนไซม์ PPO จะเปลี่ยนโมโนฟีนอลที่ไม่มีสีผ่านออร์โทไดฟีนอลสีชมพูหรือสีน้ำตาลเป็นออร์โทควิโนน โดยสารควิโนนเหล่านี้และอนุพันธ์ของมันจะรวมตัวกันทำให้เกิดเม็ดสีน้ำตาลที่ไม่ละลายน้ำเรียกว่า เมลานิน (Hamdan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

et al., 2022; นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545) เอนไซม์ POD เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการลิกนินที่บริเวณบาดแผล และต้องมีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์อยู่ด้วย ลิกนินที่เกิดการพอลิเมอร์จะทำให้เนื้อเยื่อมีสีน้ำตาล โดยไม่เกี่ยวข้องกับการเกิดออกซิเดชันของโพลีฟีนอล และเนื่องจากโมโนลิกนอลซึ่งเป็นสารตั้งต้นของลิกนินเป็นผลิตภัณฑ์จากกระบวนการสังเคราะห์ฟีนิลโพรพานอยด์ การเปลี่ยนแปลงในปริมาณของสารประกอบในกระบวนการนี้อาจส่งผลต่อระดับของลิกนิน และมีรายงานว่าแหล่งหนึ่งของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ คือการเกิดออกซิเดชันของโพลีฟีนอลที่เกิดจาก PPO (Jiang and Miles 1993; Tomás-Barberán and Espín, 2001) โดย POD เป็นเอนไซม์ทนความร้อนที่ทำหน้าที่ในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันสีน้ำตาล ในสภาพที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เอนไซม์ POD จะทำปฏิกิริยาออกซิเดชันอิเล็กตรอนตัวเดียวบนสารประกอบที่หลากหลาย ทำให้เกิดสารสีน้ำตาล POD จะทำปฏิกิริยาลดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ให้เป็นน้ำในขณะที่ออกซิไดซ์สารตั้งต้นต่าง ๆ ดังนั้นการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของเอนไซม์ PPO และ POD จึงมีความสำคัญในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาล เอนไซม์ทั้งสองชนิดมีสารตั้งต้นร่วมกัน และสารตั้งต้นไดฟีนอลิกร่วมกันของเอนไซม์ทั้งสองชนิดอาจทำให้เกิดการสร้างสารเมลานิน (Hamdan *et al*., 2022) รายงานของ Hunter *et al*. (2017) พบว่าการเกิดสีน้ำตาลในผักกาดหอมลดลงเกี่ยวข้องกับกิจกรรมของเอนไซม์ POD ที่ลดลง อย่างไรก็ตามเอนไซม์ POD อาจไม่ใช่องค์ประกอบที่สำคัญในการเกิดสีน้ำตาลของผักกาดหอม

การทดลองนำผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งมาแช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.5% และแช่ในน้ำกลั่น พบว่าไม่สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษาได้ ผักมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเนื่องจากผลิตผลทางการเกษตรแม้จะเก็บเกี่ยวออกจากต้นแต่เซลล์ยังมีชีวิตและหายใจอยู่ การหายใจเป็นกระบวนการที่พืชใช้พลังงานสะสมไปเปลี่ยนเป็นพลังงานเพื่อให้กิจกรรมภายในเซลล์ดำเนินต่อไป ระหว่างหายใจจะปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำออกมาด้วย จึงเกิดการสูญเสียน้ำหนัก (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544) การสูญเสียน้ำหนักของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษา สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhan *et al*. (2012), Liu *et al*. (2022) และ Feng *et al*. (2023) ในผักกาดหอมตัดแต่ง ในการทดลองนี้ค่า *L** มีแนวโน้มลดลง ขณะที่ค่า *a** มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hill *et al*. (2017) พบว่าผักสลัดกรีนคอสมีสีเขียวลดลงเมื่อใบเสื่อมสภาพ และค่า *L** ลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากจุลินทรีย์ก่อโรคทำให้เกิดการเน่าเสีย ปริมาณความชื้นลดลง หรือสารประกอบฟีนอลิกเกิดการออกซิไดซ์ (Prakash *et al*., 2000) ดัชนีสีน้ำตาลของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งกรรมวิธีที่ได้รับสารสกัดจากดอกบัวหลวงทุกความเข้มข้น และชุดควบคุมเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tonto *et al*. (2023) ในการตรวจสอบคุณภาพผักใบเขียวหลังการเก็บเกี่ยวพบว่าดัชนีสีน้ำตาลของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตลอดการเก็บรักษา การเกิดสีน้ำตาลของผักสลัดกรีนคอสเป็นการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ โดยมีเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องหลัก ๆ สามชนิด ได้แก่ PAL, PPO และ POD การศึกษาของ Pace *et al*. (2020) พบว่าเอนไซม์ PPO และ POD เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนโพลีฟีนอลเป็นควิโนนซึ่งเป็นสาเหตุของสีน้ำตาลที่ปรากฏบริเวณรอยตัดของผักกาดหอมตัดแต่ง Huang *et al*. (2020) รายงานว่าเอนไซม์ PAL เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลในผักกาดหอม และ Zhang *et al*. (2023) พบว่ากิจกรรม PAL เพิ่มขึ้นเมื่อตัดก้านผักสลัดกรีนคอสและผักกาดแก้ว Chen *et al*. (2017) ศึกษาการชะลอกิจกรรมของเอนไซม์ PAL, PPO และ POD ในผักกาดหอมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู และสารยูจีนอล และ Kim *et al*. 2014 รายงานว่าสารไฟตอนไซด์สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์ PAL, PPO และ POD ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าผักสลัดกรีนคอสทุกกรรมวิธีมีกิจกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเอนไซม์ PPO เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน มีแนวโน้มคงที่ และลดลงเล็กน้อยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ซึ่งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ไม่สอดคล้องกับการเกิดสีน้ำตาล และสอดคล้องกับรายงานของ Zhang *et al.* (2023) กล่าวว่ากิจกรรมของเอนไซม์ PPO เกิดการเปลี่ยนแปลงหลังการตัดก้านผักกาดหอม และไม่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเกิดสีน้ำตาลของผักกาดหอม ในการทดลองครั้งนี้พบกิจกรรมของเอนไซม์ PAL เพิ่มขึ้นสูงที่สุดในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา และกิจกรรมของเอนไซม์ POD เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัด เนื่องจากการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของผักกาดหอมตัดแต่งเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ PAL ซึ่งส่งผลให้เกิดการสังเคราะห์ และเกิดการสะสมสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกเป็นสารทุติยภูมิของพืช และมีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพของพืช เช่น รูปลักษณ์ รสชาติ และคุณค่าทางโภชนาการ (Tomás-Barberán and Espín, 2001) โดยทั่วไปสารประกอบฟีนอลิกจะถูกสังเคราะห์ผ่านกระบวนการฟีนิลอะลานีนแอมโมเนีย ซึ่ง PAL เป็นเอนไซม์หลัก สารประกอบฟีนอลิกจะถูกออกซิไดซ์โดย PPO และ POD ให้เป็นควิโนนในสภาวะที่มีออกซิเจน และในการศึกษานี้พบว่าสารประกอบฟีนอลิกลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 3 และคงที่ตลอดการเก็บรักษา อาจเกิดจากสารประกอบฟีนอลิกถูกใช้ในการสังเคราะห์สีน้ำตาลในระหว่างการเก็บรักษาของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhan *et al.* (2012) สารประกอบฟีนอลิกในผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งเพิ่มสูงขึ้นในช่วงสามวันแรกของการเก็บรักษา และ Cantos *et al.* (2002) พบว่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในผักกาดหอมเพิ่มขึ้นใน 24 ชั่วโมง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สารประกอบเหล่านี้จะถูกออกซิไดซ์โดยเอนไซม์ PPO และ POD จนปรากฏเป็นสีน้ำตาลในการศึกษานี้ ค่า pH มีแนวโน้มลดลงในช่วงแรกของการเก็บรักษา โดยผักและผลไม้ตัดแต่งหลายชนิดมีค่า pH เป็นกลาง ค่า pH อาจไม่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลโดยตรงแต่มีความเกี่ยวข้องกับการเน่าเสีย และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เนื่องจากสภาพของผลิตภัณฑ์ตัดแต่งประกอบด้วยน้ำเป็นส่วนมาก ส่งผลให้มีค่า water activity สูง (>0.99) ค่า pH ภายในผักเป็นปัจจัยที่สำคัญ ส่วนใหญ่ผลิตภัณฑ์ตัดแต่งมีค่า pH อยู่ในช่วง 4.9-6.5 บริเวณรอยตัดเป็นสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Suarez, 2022) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งลดลงในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา สอดคล้องกับรายงานของ Abdullah *et al.* (2023) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของผักกาดแก้วลดลงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา และ Xylia *et al.* (2021) รายงานว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดลดลงในวันที่สองและสี่ของการเก็บรักษา ในการศึกษานี้พบว่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งคงที่ ขณะที่ Ntsoane *et al.* (2016) พบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผักกาดหอมมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา อาจเป็นเพราะว่าผักกาดหอมตัดแต่งเก็บที่อุณหภูมิต่ำมีประสิทธิภาพในการลดการสูญเสียวิตามินซี สายชล เกตุษา (2528) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และกรดที่ไทเทรตได้ อาจไม่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลโดยตรงแต่มีความเกี่ยวข้องกับอัตราการหายใจ โดยความเข้มข้นของกรดอินทรีย์มักจะลดลงเนื่องจากการใช้เป็นสารตั้งต้นในการหายใจหรือเพื่อเปลี่ยนเป็นน้ำตาล ทำให้น้ำตาลซึ่งเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหายใจและน้ำลดลง กรดที่สามารถไทเทรตได้จึงเป็นตัวชี้วัดที่เกี่ยวกับการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ นอกจากส่งผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของอาหารแล้ว ยังแสดงถึงรสเปรี้ยวหรือกรดในผักด้วย ยกเว้นผักที่มีความเป็นกรดต่ำซึ่งผักเหล่านี้จะอ่อนแอต่อการเสื่อมสภาพมากกว่า (Schvambach *et al.*, 2020) ปริมาณคลอโรฟิลล์ในผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งเพิ่มขึ้น และลดลงไม่คงที่ระหว่างเก็บรักษาเป็นเวลา 12วัน เช่นเดียวกับรายงานของ Xylia *et al.* (2021) ในผักกาดหอมตัดแต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 วัน ขณะที่ Feng *et al.* (2023) พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 7 วัน ส่วนปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษา สอดคล้องกับ Liu *et al.* (2022) และ Feng *et al.* (2023) ในผักกาดหอมตัดแต่งพบปริมาณมาลอนไดอัลดีไฮด์ระดับต่ำในสามวันแรกของการเก็บรักษา แสดงถึงเนื้อเยื่อของผักสลัดกรีนคอสที่มีความสมบูรณ์ของเยื่อหุ้มเซลมีความเสถียรของกรดไขมัน พบระดับสูงสุดวันที่ 12 ของการเก็บรักษาแสดงถึงความเสียหายของเยื่อหุ้มเซลล์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน ส่งผลให้ความสมบูรณ์ของเยื่อหุ้มเซลล์ถูกทำลาย และการทำงานของเซลล์ลดลง การตัดแต่งเป็นการทำลายเยื่อหุ้มเซลล์อาจเป็นสาเหตุหลักที่กระตุ้นให้สารเคมีหลายชนิดเกิดการเปลี่ยนแปลง ส่งผลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของเซลล์พืช สารเคมีที่เปลี่ยนไปจะกระตุ้นให้เกิดเปอร์ออกซิเดชันของไขมัน ส่งผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ทำให้เกิดความเครียด (Ladhari *et al.,* 2020) จึงเกิดการผลิตอนุมูล ROS และอนุพันธ์ของอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น เช่น อนุมูล superoxide อนุมูล hydroxyl โดยเฉพาะไฮโดรเจน-เปอร์ออกไซด์ มีบทบาทสำคัญในการเกิดเปอร์ออกซิเดชันของไขมัน โปรตอนของซูเปอร์ออกไซด์นี้ทำให้เกิดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับโลหะ เช่น เหล็ก หรือทองแดง เพื่อสร้างเป็นสารออกซิไดที่แรงกว่าอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์แอนไอออนมาก และสามารถเริ่มต้นการเกิดออกซิเดชันโซ่ของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน ส่งผลให้การทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์ลดลง (Ayala *et al.,* 2014) แม้ว่า ROS จะได้จากการเผาผลาญของเซลล์แต่ภาวะความเครียดจะเปลี่ยนแปลงสมดุลระหว่างการสร้างและการกำจัด ROS ในเซลล์ก่อให้เกิดความเสียหายในออร์แกเนลล์ของเซลล์ ซึ่งนำไปสู่การเสื่อมสภาพและการตายของเซลล์ พืชจึงมีกลไกการป้องกันสารต้านอนุมูลอิสระ SOD เป็นเอนไซม์ชนิดหนึ่งทำหน้าที่ทำลายอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ ป้องกันองค์ประกอบของเซลล์ถูกทำลายจากออกซิเจน รวมทั้งป้องกันการเกิดเปอร์ออกซิเดชันของไขมัน (Ladhari *et al.,* 2020) ส่วนคะแนนคุณภาพโดยรวมของผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งวันที่ 3 ของการเก็บรักษาผักเริ่มมีสีน้ำตาลบริเวณก้านและรอยตัดเล็กน้อย โดยกระบวนการเสื่อมสภาพสามารถเริ่มได้ภายในสามวันหลังกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว (Peng *et al.,* 2020) วันที่ 9 ทุกกรรมวิธีมีสีน้ำตาลเป็นบริเวณกว้าง สิ้นสุดอายุการวางจำหน่าย วันที่ 11 ผักช้ำเน่าเสียและสิ้นสุดการบริโภคทุกกรรมวิธี เนื่องจากบาดแผลบริเวณที่ถูกตัดที่จะเพิ่มอัตราการหายใจของเนื้อเยื่อ ทำให้สูญเสียสารอาหาร เช่น วิตามินซี และการสะสมของสารประกอบฟีนอลิก ส่งผลให้เนื้อเยื่อมีสีน้ำตาลและอายุการเก็บรักษาสั้น (Peng *et al*., 2020; Hamdan *et al.*, 2022)

ผู้บริโภคส่วนใหญ่เลือกซื้อผักจากการประเมินลักษณะภายนอกของผลิตภัณฑ์ทางสายตา โดยผักต้องมีความสดใหม่และสะอาด ปัจจัยสำคัญที่มีส่วนทำให้ผักมีน้ำหนักลดลง คือ การหายใจและการคายน้ำซึ่งเป็นการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว (Tano *et al*., 2005) ในการทดลองนี้การใช้สารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05-5% โดยวิธีการแช่ที่โคนต้นไม่สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษาได้ ชุดควบคุมแสดงการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดโคนต้นอย่างรวดเร็ว ขณะที่ผักสลัดกรีนคอสที่ได้รับสารสกัดจากดอกบัวหลวง 0.5% มีสีน้ำตาลเกิดขึ้นช้ากว่า เมื่อประเมินการเกิดสีน้ำตาลการวัดค่าสี *L*, a** และ *b** ดัชนีสีน้ำตาล และคะแนนการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัด ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากดอกบัวหลวงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีน้ำตาลบริเวณพื้นผิวรอยตัดของผักสลัดกรีนคอสช้าลง โดยเฉพาะค่าสี *L*, a** และ *b** สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chen *et al.* (2017) พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างสีน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นและค่า *L** ที่ลดลง สารสกัดดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.5% มีอิทธิพลต่อค่าความสว่างของพื้นผิวบริเวณรอยตัดอย่างมากโดยทำให้ผักสลัดกรีนคอสมีความสว่างสูงสุดและทำให้มีกิจกรรม PPO และ POD ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับชุดควบคุม เอนไซม์ทั้งสองชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารตั้งต้นฟีนอลิกให้กลายเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาล ส่งผลให้ผักเปลี่ยนสี มีรสชาติผิดปกติ และสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ (Zhou *et al.,* 2015) สารสกัดจากดอกบัวหลวงมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ และมีศักยภาพสูงในการนำไปประยุกต์ใช้ในภาคอาหารและยา (Zhu *et al.,* 2015; Je and Lee, 2015) จากการศึกษาของ Wen *et al.,* (2020) พบว่าดอกบัวหลวงประกอบด้วยสารธรรมชาติหลายชนิด สารสำคัญที่พบได้มาก คือ quercetin myricetin kaempferol และ isorhamnetin ซึ่งจัดเป็นสารในกลุ่มฟลาโวนอลอะกลีโคน (flavonol aglycones) สารสกัดจากดอกบัวหลวงจึงอาจมีหลายกลไกในการชะลอการเกิดสีน้ำตาล เนื่องจากมีสารธรรมชาติหลากหลายชนิด โดยคุณสมบัติป้องกันการเกิดสีน้ำตาลอาจเกิดจากความสามารถในการชะลอกิจกรรมเอนไซม์ PPO หรือ POD โดยตรง รวมถึงสารสกัดจากดอกบัวหลวงเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมีคุณสมบัติเป็น reducing agent อาจเปลี่ยน o-quinone กลับมาเป็นสารฟีนอลิกก่อนควิโนนจะรวมตัวกันเกิดเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่สีน้ำตาลหรือเมลานิน เป็นกลไกเช่นเดียวกับกรดแอสคอร์บิก (Oms-Oliu *et al.,* 2006) และยังพบว่าเคอร์ซิตินซึ่งเป็นหนึ่งในสารประกอบที่พบในดอกบัวหลวงมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพ (Singh *et al.,* 2021) จากการทดลองของ Chen and Kubo (2002) พบว่าเคอร์ซิตินเป็นสารยับยั้งการแข่งขันของเอนไซม์ PPO การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการแช่ผักสลัดกรีนคอสบริเวณรอยตัดโคนต้นลงในสารสกัดจากดอกบัวหลวงไม่ได้มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักของผัก แต่การใช้สารสกัดน้ำจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.5% สามารถช่วยลดการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 ฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากดอกไม้กินได้ 6 ชนิด

การทดสอบความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระของสารสกัดดอกไม้กินได้ 6 ชนิด ได้แก่ กระเจียวเข็มแดง แคนา ชมจันทร์ บัวหลวง และอัญชัน ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ พบว่าสารสกัดจากดอกบัวหลวง ชมจันทร์ และเข็มแดง มีความสามารถในการกำจัดอนุมูล DPPH$^{\bullet}$ สูงสุด ส่วนสารสกัดจากดอกแคนาและดอกชมจันทร์มีความสามารถในการแย่งจับไอออนโลหะในระดับสูงสุด รองลงมา คือ สารสกัดจากดอกชมจันทร์และสารสกัดจากดอกบัวหลวง ตามลำดับ ขณะที่สารสกัดจากดอกบัวหลวงมีความสามารถในการรีดักชันสูงสุด สารสกัดจากดอกเข็มแดงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและสารฟลาโวนอยด์สูงสุด

การทดลองยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาล 3 ชนิด ได้แก่ PAL, PPO และ POD ในผักสลัดกรีนคอส พบว่าสารสกัดจากดอกกระเจียวมีความสามารถในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PAL ดีสุด รองลงมา คือ สารสกัดจากดอกบัวหลวง แต่สารสกัดจากดอกไม้กินได้ทั้ง 6 ชนิด ไม่ยับยั้งการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ในผักสลัดกรีนคอสได้ ส่วนการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ POD พบว่าสารสกัดจากดอกเข็มแดง แคนา กระเจียว และบัวหลวง ยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ POD

6.2 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากดอกบัวหลวงในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งระหว่างการเก็บรักษา

การทดลองนำผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งมาแช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 0.05, 0.1 และ 0.5% เก็บในถุง polypropylene ขนาด 8x12 นิ้ว เก็บรักษาอุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส พบว่าผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งที่ได้รับสารสกัดจากดอกบัวหลวงไม่มีผลในการลดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัด ส่วนค่า pH ปริมาณของแข็งทั้งหมด กรดที่ไทเทรตได้ สารประกอบฟีนอลิก มาลอนไดอัลดีไฮด์ คลอโรฟิลล์ทั้งหมด และกิจกรรมของเอนไซม์ PAL และ POD จากทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกัน

6.3 ประสิทธิภาพของสารสกัดจากดอกบัวหลวงในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผักสลัดกรีนคอสบริเวณรอยตัดโคนต้นระหว่างการเก็บรักษา

การทดลองนำผักสลัดกรีนคอสตัดแต่งมาแช่ในสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0 (ชุดควบคุม), 0.05, 0.1 และ 0.5% เก็บในถุง polypropylene ขนาด 10x15 นิ้ว เก็บรักษาอุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส พบว่ากรรมวิธีที่ได้รับสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.5% ลดการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดโคนต้นของผักสลัดกรีนคอสได้ดีที่สุด โดยลดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD มีดัชนีสีน้ำตาล และคะแนนการเกิดสีน้ำตาลต่ำสุด และยังพบว่ามีค่า L^* และคะแนนความสดสูงสุดจากทุกกรรมวิธี รองลงมา คือ กรรมวิธีที่ได้รับสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.1% ลดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ POD มีดัชนีสีน้ำตาล และคะแนนการเกิดสีน้ำตาลต่ำกว่าผักสลัดกรีนคอสที่ได้รับสารสกัดจากดอกบัวหลวงความเข้มข้น 0.05%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

- ศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดจากดอกไม้ชนิดใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าดอกบัวหลวงในการลดการเกิดสีน้ำตาลในผักสลัดกรีนคอสตัดแต่ง และเพิ่มตัวชี้วัดในการทดลองเพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ชัดเจนขึ้น เช่น ศึกษาปริมาณ hydrogen peroxide และศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากผักสลัดกรีนคอสระหว่างการเก็บรักษาโดยวิธี DPPH$^{\bullet}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กาญจนา นาคประสม, จตุรภัทร วาฤทธิ์, อุมาพร อุประ, หยาดฝน ทนงการกิจ และนักรบ นาคประสม. 2560. สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกรวมจากดอกบัวหลวงโดยใช้เทคนิคสกัดด้วยไมโครเวฟ. **วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น** 45(2): 328-342.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2557. **พืชผักปลอดภัย.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด.

ข้อมูลพันธุ์ไม้ระบบฐานข้อมูลเกษตรดิจิทัล. 2564. **เข็มแดงเชียงใหม่ *Ixora* spp.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://data.addrun.org/plant/archives/32-ixora-spp.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2544. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. **ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช.** นครปฐม: ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ.

จาตุรณต์ บุรวัฒน์, วรรณิศา สุโขรัมย์, รรินธร สัมฤทธิ์, สุภัจฉรี อรัญ และสิทธิชัย เอี่ยมสะอาด. 2556. ผลปลอดพิษของสารสกัดจากดอกอัญชันสีม่วงต่ออวัยวะระบบสืบพันธุ์เพศผู้ของหนูแรท. **การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานระดับชาติ เภสัชศาสตร์อีสาน ครั้งที่ 5.** มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ชุลีกานต์ สายเนตร และประสิทธิ์ มุกดา. 2559. การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารพฤกษเคมีเบื้องต้นจากสารสกัดดอกบัวสัตตบงกชโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย. **โครงการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ราชภัฏวิจัยครั้งที่ 4** 4: 1215-1229.

โชคชัย ธีรกุลเกียรติ. 2558. **วิทยาเอนไซม์: การเกิดและการควบคุมสีน้ำตาลกลิ่นและรสผิดปกติในผักผลไม้.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ฐานข้อมูลพรรณไม้ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ. 2562. **เข็มแดง.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://sc.sci.ac.th/plantscitsu.php?ssl=46.

ฐานข้อมูลพรรณไม้ องค์การสวนพฤกษศาสตร์. 2555. **กระเจียวแดง.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.qsbg.org/Database/Botanic_Book%20full%20option/search_detail.asp?botanic_id=2467.

ฐานข้อมูลพรรณไม้ องค์การสวนพฤกษศาสตร์. 2555. **บัว.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.qsbg.org/Database/Botanic_Book%20full%20option/search_detail.asp?botanic_id=1611.

ฐานข้อมูลพรรณไม้ องค์การสวนพฤกษศาสตร์. 2554. **บานดึก.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.qsbg.org/Database/Botanic_Book%20full%20option/search_detail.asp?Botanic_ID=915.

ฐานข้อมูลพรรณไม้ องค์การสวนพฤกษศาสตร์. 2558. **อัญชัน.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.qsbg.org/Database/Botanic_Book%20full%20option/search_detail.asp?botanic_id=866.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฐานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 2553. **แคนา.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://apps.phar.ubu.ac.th/phargarden/main.php?action=viewpage&pid=28.

ณพัฐอร บัวฉุน. 2563. การวิเคราะห์พฤกษเคมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟา-กลูโคซิเดสของบัวหลวง. **วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ** 14(1): 125-136.

ดำเกิง ป้องพาล. 2553. ผักกาดหอม...สวยกินได้. **วารสารแม่โจ้ปริทัศน์** 11(3): 9-12.

ไทยเกษตรศาสตร์. 2555. **ผักกาดหอม.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.thaikasetsart.com/?s=ผักกาดหอม.

ธีรศักดิ์ ปั้นวิชัย และดนัย บุณยเกียรติ. 2546. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค. **วารสารเกษตร** 18(3): 250-260.

นพวัฒน์ เพ็งคำศรี, จัตุพล กันทะมูล, ภัทราภรณ์ โตวัฒนกิจ, วชิรวิทย์ วงศ์ษารัฐ, วนิดา ใจหมั่น, นิภาพร เมืองจนทร์ และสุภารัตน์ จันทร์เหลือง. 2554. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเหง้าข่าลิง. **วารสารไทยเภสัชศาสตร์และวิทยาการสุขภาพ** 6(3): 195-201.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. **เคมีอาหาร.** กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

นุชจิรา พงศ์นิมิตประเสริฐ. 2563. อนุมูลอิสระและโรคอัลไซเมอร์. **วารสารไทยเภสัชศาสตร์และวิทยาการสุขภาพ** 15(3): 216-221.

พัชรี สิริตระกูลศักดิ์, ประสิทธิ์ ชุติชูเดช, เบ็ญจวรรณ ชุติชูเดช, มาระตรี เปลี่ยนศิริชัย และเกรียงศักดิ์ บุญเที่ยง. 2556. กิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระของดอกไม้กินได้ 15 ชนิด ในจังหวัดมหาสารคาม. **วารสารแก่นเกษตร** 41(1): 607-611.

พิมพ์ชนก พริกบุญจันทร์ และคำรบ สมะวรรธนะ. 2564. สภาวะการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของกลีบดอกบัวสาย (*Nymphaea lotus* L.) ด้วยอัลตร้าโซนิคที่เหมาะสมโดยวิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา** 26(2): 734-752.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2555. **Enzymatic browning reaction / ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0679/enzymatic-browning-reaction.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2567. **Chelating agent / สารคีเลต.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0233/chelating-agent.

พินิจ เจ๊กอิน และโสรยา แก้วลา. 2556. **การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากข้าวกล้องและข้าวกล้องงอก.** โครงงานวิจัยครุศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.

มูลนิธิโครงการหลวง. 2552. **โครงการพัฒนารูปแบบและเทคโนโลยีการผลิตผักกาดหวานและผักกาดหอมบัตเตอร์เฮด.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://archive.lib.cmu.ac.th/full/rpf/2556/rpf56_ 047_full.pdf.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2558. บทบาทของอีลิซิเตอร์ด้านสรีระของพืช. **วารสารดินและปุ๋ย** 37(3): 6-29.

ลดาชาติ แต่พงษ์โสรัถ, อธิกา จารุโชติกมล, วนิดา ไทรชมภู และปิยะวรรณ กำลังมาก. 2544. **รายงานการวิจัยฤทธิ์ต้านออกซิแดนท์ของผักพื้นบ้านในเขตจังหวัดมหาสารคาม.** ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ลือชัย บุตคุป. 2554. สารประกอบฟีโนลิกและฤทธิ์ทางชีวภาพ. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม** 31(4): 443-455.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิภารัตน์ สระแก้ว. 2563. **ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสของสารสกัดจากแคนา.** ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ศรีสุดา ยมรัตน์ และขวัญดาว แจ่มแจ้ง. 2559. การผลิตข้าวเสริมสารต้านอนุมูลอิสระจากดอกไม้กินได้ 5 ชนิด. **การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัย ราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 3** 3(2): 382-390.

ศุกฤชชญา เหมะธุลิน, สุภาพร โสภาจร และอินธิวา ศรีพันรมย์. 2558. ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดเข้มข้นเพื่อสุขภาพจากดอกไม้หลากสี. **วารสารแก่นเกษตร** 43(1): 305-310.

สายชล เกตุษา. 2528. **สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.** กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ.

สุชาดา ไล้สุวรรณ. 2552. **การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผักกระเฉดและผักชีฝรั่งระหว่างการเก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศที่อุณหภูมิต่ำ.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุพัตรา แซ่ลิ่ม. 2548. **อาหารจานดอกไม้.** กรุงเทพฯ: คุณพ่อ.

สุพัตรา เสถียรธีราภาพ. 2563. **ผลของการใช้สารเคลือบผิวบริโภคได้ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษา.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สุรีวัลย์ ดวงจิตต์, กรกนก สุวรรณราช, กุลภัสสร์ กิตติพินิจนันท, พิชญ์นรี องควิสุทธิ์, สุรีวัลย์ บำรุงไทย, ธนะเศรษฐ์ ง้าวหิรัญพัฒน์, พรวนิช เจริญพทุธคุณ และวริษฎา ศิลาอ่อน. 2562. บทบาทของสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติสำหรับประยุกต์ใช้ทางผิวหนัง: คุณสมบัติประสิทธิภาพ ความปลอดภัย และระบบนำส่งรูปแบบใหม่. **วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน** 15(1): 21-48.

องค์ความรู้เพื่อการพัฒนาที่สูงอย่างยั่งยืน. 2558. **ผักกาดหวาน.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.vegetweb.com/wp-content/download/let.pdf/.

อัญชลี ศรีจำเริญ. 2560. การสกัดดอกกระเจียวแดงและประเมินกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระเปรียบเทียบสภาวะก่อนและหลังการเลียนแบบกระบวนการย่อยอาหาร. **วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น** 45(4): 844-857.

อุมาพร อาลัย, ประทุม คำวัตว์ และชลธิชา กาญจนไพสิฐ. 2558. ผลของสารสกัดจากหอมใหญ่ต่อการยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผักสลัดคอสอินทรีย์. **วารสารวิจัยสหวิทยาการไทย** 10(1): 1-7.

Abeele C.V., Raes K. and Sampers I. 2019. Effect of mild heat treatment on browning related parameters in fresh-cut iceberg lettuce. **Journal of Food Biochemistry** 43(7): 12906.

Abdullah M.A., Abou El-Yazied A., El-Mogy M.M., Abdeldaym E.A., Abdelaziz S.M., Abdelaal K. and Ibrahim H.A. 2023. Extending the shelf-life of lettuce heads by dipping in phytic acid, cysteine, methionine and ascorbic acid during cold storage. **Fresenius Environmental Bulletin and Advances in Food Sciences** 32(3): 1458-1467.

Altunkaya A. 2014. Effect of grape leaf extract on phenolic profile and browning of fresh cut lettuce (*Lactuca sativa*). **Journal of Food Processing and Preservation** 38(1): 527-534.

Altunkaya A. and Gökmen V. 2008. Effect of various inhibitors on enzymatic browning, antioxidant activity and total phenol content of fresh lettuce (*Lactuca sativa*). **Food Chemistry** 107: 1173–1179.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Altunkaya A. and Gökmen V. 2011. Effect of grape seed extract on phenolic profile and browning of fresh-cut lettuce (*L. sativa*). **Journal of Food Biochemistry** 36: 268-274.

Ayala A., Muñoz M.F. and Argüelles S. 2014. Lipid peroxidation: production, metabolism, and signaling mechanisms of malondialdehyde and 4-hydroxy-2-nonenal**. Oxidative Medicine and Cellular Longevity** 2014(1): 360438.

Ayati Z., Ramezani M., Amiri M.S., Moghadam A.T., Rahimi H., Abdollahzade A., Sahebkar A. and Emami S.A. 2019. Ethnobotany, phytochemistry and traditional uses of *Curcuma* spp. and Pharmacological Profile of Two Important Species (*C. longa* and *C. zedoaria*): A review. **Current Pharmaceutical Design** 25: 871-935.

Boonyaprapatsara N. 2000. **Thai Traditional Herbal Medicine Plant.** Prachachon: Bangkok.

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

Cantos E., Tudela J.A., Gil M.I. and Espín J.C. 2002. Phenolic compounds and related enzymes are not rate-limiting in browning development of fresh-cut potatoes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 50(10): 3015-3023.

Charles F., Nilprapruck P., Roux D. and Sallanon H. 2018. Visible light as a new tool to maintain fresh-cut lettuce post-harvest quality. **Postharvest Biology and Technology** 135: 51-56.

Chen L., Zhang Y. and Chen Y. 2016. Chemical constituents of plants from the genus *Ixora.* **Chemistry and Biodiversity** 13: 275-283.

Chen Q.X. and Kubo I. 2002. Kinetics of mushroom tyrosinase inhibition by quercetin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 50(14): 4108-4112.

Chen S., Fang L., Xi H., Guan L., Fang J., Liu Y., Wu B. and Li S. 2012. Simultaneous qualitative assessment and quantitative analysis of flavonoids in various tissues of lotus (*Nelumbo nucifera*) using high performance liquid chromatography coupled with triple quad mass spectrometry. **Analytica Chimica Acta** 724: 127-135.

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.

Chinwang U., Siriphanich J. and Chairat R. 2011. Enzymatic browning of fresh-cut galangal (*Alpinia siamense* K. Schum) and its relationship to oxidative enzymes. **The Japanese Society for Horticultural Science** 80(1): 103-112.

Dagawal M.J. 2015. Nutritional evaluation of *Ipomoea alba* L. **Global Journal of Biology Agriculture and Health Sciences** 4(4): 17-19.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Devece C., Rodríguez-López J.N., Fenoll L.G., Tudela J., Catalá J.M., de los Reyes E., García-Cánovas F. 1999. Enzyme inactivation analysis for industrial blanching applications: Comparison of microwave, conventional, and combination heat treatments on mushroom polyphenoloxidase activity. **Journal of Agriculture and Food Chemistry** 47: 4506–4511.

Eissa H.A., Fadel H.H.M., Ibrahim G.E., Hassan I.M. and Elrashid A.A. 2006. Thiol containing compounds as controlling agents of enzymatic browning in some apple products. **Food Research International** 39(8): 855-863.

Fasciglione G., Goñi M.G., Yommi A.K., Perez-Bravo J.J., Ortueta R., Scampini A., Buffa L., Andreu A.B. and Creus C.M. 2020. Revaluation of waste from fishing industry through generation of chitosan coatings to improve quality and extend shelf-life of minimally processed lettuce. **Postharvest Biology Technology** 170: 111310.

Feng K., Feng X., Tan W., Zheng Q., Zhong W., Liao C., Liu Y., Li S. and Hu W. 2023. Development of a food preservative from sea buckthorn together with chitosan: Application in and characterization of fresh-cut lettuce storage. **Frontiers in Microbiology** 14: 1080365.

Flora S.J. and Pachauri V. 2010. Chelation in metal intoxication. **International Journal of Environmental Research and Public Health** 7(7): 2745-2788.

Grzegorzewska M. 2007. The Influence of postharvest treatment and short term storage on quality and durability of fresh cut crisp lettuce (*Lactuca sativa* var. *capitata* L.). **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research** 67(1): 137-147.

Hamdan N., Lee C.H., Wong S.L., Fauci C.E.N.C.A., Zamri M.A.Z. and Lee T.H. 2022. Prevention of enzymatic browning by natural extracts and genome-editing: a review on recent progress. **Molecules** 27(3): 1101.

Hill L.E., Oliveira D.A., Hills K., Giacobassi C., Johnson J., Summerlin H., Taylor T.M. and Gomes C.L. 2017. A comparative study of natural antimicrobial delivery systems for microbial safety and quality of fresh-cut lettuce. **Journal of Food Science** 82(5): 1132-1141.

Huang S.J., Lin S.Y., Wang T.T. and Hsu, F.C. 2020. Combining acetic acid and ethanol as an anti-browning treatment for lettuce butt discoloration through repression of the activity and expression of phenylalanine ammonia lyase. **Postharvest Biology and Technology** 164: 111-151.

Hunter P.J., Atkinson L.D., Vickers L., Lignou, S. Oruna-Concha M.J., Pink D., Hand P., Barker G., Wagstaff C. and Monaghan J.M. 2017. Oxidative discolouration in whole-head and cut lettuce: biochemical and environmental influences on a complex phenotype and potential breeding strategies to improve shelf-life. **Euphytica** 213: 1-16.

Ioannou I. and Ghoul M. 2013. Prevention of enzymatic browning in fruit and vegetables. **European Scientific Journal** 9(30): 310-341.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Jayachitra A. and Padma P.R. 2010. Radical scavenging activity of *Clitoria Ternatea* leaf extracts**. Biosciences Biotechnology Research Asia** 7(1): 273-280.

Je J. Y. and Lee D. B. 2015. *Nelumbo nucifera* leaves protect hydrogen peroxide-induced hepatic damage via antioxidant enzymes and HO-1/Nrf2 activation. **Food and Function** 6: 1911-1918.

Jiang Y. and Miles P.W. 1993. Generation of H_2O_2 during enzymic oxidation of catechin. **Phytochemistry** 33: 29-34.

Judprasong K., Puwastien P., Rojroongwasinkul N., Nitithamyong A. Sridanpai P. and Somjai A. 2018. **Thai Food Composition Database.** Nakhon Pathom: Intsitute of Nutrition Mahidol University Thailand.

Kazuma K., Noda N. and Suzuki M. 2003. Flavonoid composition related to petal color in different lines of *Clitoria ternatea*. **Phytochemistry** 64: 1133–1139.

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

Koseki S. and Isobe S. 2006. Effect of ozonated water treatment on microbial control and on browning of iceberg lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Journal of Food Protection** 69(1): 154-160.

Kou L., Turner E.R. and Luo Y.G. 2012. Extending the shelf Life of edible flowers with controlled release of 1-methylcyclopropene and modified atmosphere packaging. **Journal of Food Science** 77(5): 188-193.

Ladhari A., Andolfi A. and DellaGreca M. 2020. Physiological and oxidative stress responses of lettuce to cleomside A: A thiohydroximate, as a new allelochemical from *Cleome arabica* L. **Molecules** 25(19): 4461.

Landi M., Degl'Innocenti E., Guglielminetti L. and Guidi L. 2013. Role of ascorbic acid in the inhibition of polyphenol oxidase and the prevention of browning in different browning-sensitive *Lactuca sativa* var. *capitata* (L.) and *Eruca sativa* (Mill.) stored as fresh-cut produce. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 93: 1814-1819.

Lee C. and Smith N. 1979. Blanching effect on polyphenol oxidase activity in table beets. **Journal of Food Science** 44: 82–83.

Li L., Yi P., Li C., Xin M., Sun J., He X. and Tang Y. 2021. Influence of polysaccharide-based edible coatings on enzymatic browning and oxidative senescence of fresh-cut lettuce. **Food Science Nutrition** 9: 888–899.

Li X., Zhang S., Wang Q. and Dong T. 2023. Diacetyl Inhibits the browning of fresh-cut stem lettuce by regulating the metabolism of phenylpropane and antioxidant ability. **Foods** 12(4): 740.

Liang X., Wu Y.P., Qiu J.H., Zhong K. and Gao H. 2014. A potent antibrowning agent from pine needles of *Cedrus deodara*: 2R,3R-dihydromyricetin. **Journal of Food Science** 79(9): 1643-1648.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Liu H., Zhao H., Ye L., Fan D. and Wang Z. 2022. Effects of the combination of phytic acid and vacuum packaging on storage quality of fresh-cut lettuce. **Food Science and Technology Research** 28(1): 45-52.

Liu N.N., Liu W., Wang D.J., Zhou Y.B., Lin X.J., Wang X. and Li S.B. 2013. Purification and partial characterization of polyphenol oxidase from the flower buds of *Lonicera japonica* Thunb. **Food Chemistry** 138: 478-483.

Loaiza-Velarde J.G. and Saltveit M.E. 2001. Heat shocks applied either before or after wounding reduce browning of lettuce leaf tissue. **Journal of the American Society** 126: 227-234.

Lobo V., Patil A., Phatak A. and Chandra N. 2010. Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. **Pharmacognosy Reviews** 4(8): 118–126.

Luo Y., He Q. and Mcevoy J.L. 2010. Effect of storage temperature and duration on the behavior of *Escherichia coli* O157:H7 on packaged fresh-cut salad containing romaine and iceberg lettuce. **Journal of Food Science** 75(7): 390-397.

Madusanka G.D., Rajapakse R.P.N.P. and Pathirage A.C. 2018. Extension of shelf-life of fresh-cut tomato and lettuce using chemical treatments. **4th Annual Research Session of the Institute of Food Science and Technology Sri Lanka** 6-10.

Mehta N., Petal E., Patani P. and Shas B. 2013. *Nelumbo Nucifera* (lotus): A review on ethanobotany, phytochemistry and pharmacology. **Indian Journal of Pharma ceutical and Biological Research** 1(4): 152-167.

Michael D.P. 1991. Food preservatives. **The Journal of Agricultural Science.** 2: 341-354.

Mizobutsi G.P., Finger F.L., Ribeiro R.A., Puschmann R., Neves L.L.M. and Mota W.F. 2010. Effect of pH and temperature on peroxidase and polyphenoloxidase activities of litchi pericarp. **Scientia Agricola** 67(2): 213-217.

Moon K., Kwon E., Lee B., and Kim C. 2020. Recent trends in controlling the enzymatic browning of fruit and vegetable products. **Molecules** 25(12): 2754.

Mukherjee P.K., Kumar V., Kumar N.S. and Heinrich M. 2008. The ayurvedic medicine *Clitoria ternatea* from traditional use to scientific assessment. **Journal of Ethno pharmacology** 120: 291–301.

Murata M., Tanaka E., Minoura E., and Homma E. 2014. Quality of cut lettuce treated by heat shocks: Prevention of enzymatic browning, repression of phenylalanine ammonia-lyase activity and improvement on sensory evaluation during storage. **Bioscience Biotechnology and Biochemistry** 68: 501–507.

Navarro-González I., Barrio R.G., García-Valverde. V., Bautista-Ortín A.B. and Periago M.J. 2014. Nutritional composition and antioxidant capacity in edible flowers: Characterisation of phenolic compounds by HPLC-DAD-ESI/MS^n. **International Journal of Molecular Sciences** 16(1): 805-822.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Newman S.E. and Q'Conner A.S. 2009. Edible flowers. **Corolado State University Extension** 7: 1-5.

Nguyen T.B.T., Ketsa S. and Doorn W.G. 2003. Relationship between browning and the activities of polyphenol oxidase and phenylalanine ammonia lyase in banana peel during low temperature storage. **Postharvest Biology and Technology** 30(2): 187-193.

Ntsoane L.L., Soundy P., Jifon J. and Sivakumar D. 2016. Variety-specific responses of lettuce grown under the different-coloured shade nets on phytochemical quality after postharvest storage. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology** 91(5): 520-528.

Oms-Oliu G., Aguiló-Aguayo I. and Martín-Belloso O. 2006. Inhibition of browning on fresh-cut pear wedges by natural compounds. **Journal of Food Science** 71(3): 216-224.

Pace B., Capotorto I., Palumbo M., Pelosi S., and Cefola M. 2020. Combined effect of dipping in oxalic or in citric acid and low O_2 modified atmosphere, to preserve the quality of fresh-cut lettuce during storage. **Foods** 9(8): 988.

Pace B., Capotorto I., Ventura M. and Cefola M. 2015. Evaluation of L-cysteine as anti-browning agent in fresh-cut lettuce processing. **Journal of Food Processing Preservation** 39(6): 985-993

Pandey V.P., Awasthi M., Singh S., Tiwari S. and Dwivedi U.N. 2017. A comprehensive review on function and application of plant peroxidases. **Biochemistry and Analytical Biochemistry** 6(1): 1000308.

Peng H., Sthapit Kandel J., Michelmore R.W. and Simko I. 2020. Identification of factors affecting the deterioration rate of fresh-cut lettuce in modified atmosphere packaging. **Food and Bioprocess Technology** 13(11): 1997-2011.

Peng X.L., Li R., Zou R., Chen J., Zhang Q., Cui P.L. and Xia X.D. 2014. Allicin inhibits microbial growth and oxidative browning of fresh-cut lettuce (*Lactuca sativa*) during refrigerated storage. **Food and Bioprocess Technology** 7: 1597–1605.

Phanthong P., Phumal N., Chancharuee S., Mangmool S., Anantachok N. and Bunyaraphat sara N. 2015. Biological activity of *Dolichandrone serrulata* flowers and their active components. **Natural Product Communications** 10(8): 1387-1390.

Prabawati N.B., Oktavirina V., Palma M. and Setyaningsih W. 2021. Edible Flowers: anti-oxidant compounds and their functional properties. **Horticulturae** 7(4): 66.

Prakash A., Guner A.R., Caporaso F. and Foley D.M. 2000. Effects of low dose gamma irradiation on the shelf life and quality characteristics of cut romaine lettuce packaged under modified atmosphere. **Journal of Food Science** 65(3): 549-553.

Reddy G.M., Rao V., Sarma D., Reddy T.K., Subramanyam P. and Naidu M.D. 2012. Evaluation of antioxidant activity index (AAI) by the 2, 2-diphenyl-1-picryl hydrazyl method of 40 medicinal plants. **Journal of Medicinal Plants Research** 6(24): 4082–4086.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Roldán E., Sánchez-Moreno C., Ancos B. and Cano M.P. 2008. Characterisation of onion (*Allium cepa* L.) by-products as food ingredients with antioxidant and antibrowning properties. **Food Chemistry** 108(3): 907-916.

Schvambach M.I., Andriolli B.V., Souza P.F.D., Oliveira J.L.B. and Pescador R. 2020. Conser vation of crisp lettuce in different post-harvest storage conditions. **Revista Ceres** 67(4): 256-262.

Serek M. and Reid M. 2000. Ethylene and postharvest performance of potted kalanchoe. **Postharvest Biology and Technology** 18: 43-48.

Siddeeg A., AlKehayez N.M., Abu-Hiamed H.A., Al-Sanea E.A. and Al-Farga A.M. 2021. Mode of action and determination of antioxidant activity in the dietary sources: An overview. **Saudi Journal of Biological Sciences** 28(3): 1633-1644.

Sikora M., Zlotek U. and Swieca M. 2019. Effect of basil leaves and wheat bran water extracts on enzymatic browning of shredded storage iceberg lettuce. **International Journal of Food Science and Technology** 55(3): 1318-1325.

Singh P., Arif Y., Bajguz A. and Hayat S. 2021. The role of quercetin in plants. **Plant Physiology and Biochemistry** 166: 10-19.

Suarez D.B. 2022. Technology applied to fresh-cut fruits and vegetables and its influence on the use of packaging material. **Centrosur Agraria** 1(13): 72-89.

Tano K. Kamenan A. and Arul J. Respiration and transpiration characteristics of selected fresh fruits and vegetables. 2005. **Agronomie Africaine** 17(2): 103-115.

Taranto F., Pasqualone A., Mangini G., Tripodi P., Miazzi M.M., Pavan S. and Montemurro C. 2017. Polyphenol oxidases in crops: biochemical, physiological and genetic aspects. **International Journal of Molecula Sciences** 18(2): 377.

Tinello F. and Lante A. 2017. Evaluation of antibrowning and antioxidant activities in unripe grapes recovered during bunch thinning. **Australian Journal of Grape and Wine Research** 23(1): 33-41.

Tomás-Barberán F.A. and Espín J.C. 2001. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. **Science of Food and Agriculture** 81(9): 853-876.

Tonto T.C., Cimini S., Grasso S., Zompanti A., Santonico M., De Gara L. and Locato V. 2023. Methodological pipeline for monitoring post-harvest quality of leafy vegetables. **Scientific Reports** 13(1): 20568.

Tudela J.A., Hernándeza N., Pérez-Vicenteb A., and Gil M.I. 2016. Comprehensive evaluation of different storage conditions for the varietal screening of lettuce for fresh-cut performance. **Postharvest Biology and Technology** 120: 36–44.

Vachirasup T. 1995. **Senna plant in Thailand.** Faculty of Pharmacy. Bangkok: Mahidol University.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Venkatachalam K. and Meenune M. 2012. Changes in physiochemical quality and browning related enzyme activity of longkong fruit during four different weeks of on-tree maturation**. Food Chemistry** 131(4): 1437-1442.

Wen W. Alseekh S. and Fernie A. R. 2020. Conservation and diversification of flavonoid metabolism in the plant kingdom. **Current Opinion in Plant Biology** 55: 100-108.

Whitaker J.R. and Lee C.Y. 1995. **Recent Advances in Chemistry of Enzymatic Browning: Enzymatic Browning and Its Prevention.** Washington DC: American Chemical Society.

Wongwattanasathien O., Kangsadalampai K. and Tongyonk L. 2010. Antimutagenicity of some flowers grown in Thailand. **Food and Chemical Toxicology** 48(4): 1045-1051.

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. **Foods** 10(3): 575.

Yan S.L., Yang T.B., and Luo Y.G. 2015. The mechanism of ethanol treatment on inhibiting lettuce enzymatic browning and microbial growth. **Food Science Technology** 63(1): 383-390.

Youwei Z., Jinlian Z. and Yonghong P.A. 2008. comparative study on the free radical scavenging activities of some fresh flowers in southern China. **Food Science and Technology** 41(9): 1586-1591.

Yu Z.L., Zhang Z. and Zeng W.C. 2014. Investigation of antibrowning activity of pine needle (*Cedrus deodara*) extract with fresh-cut apple slice model and identification of the primary active components. **European Food Research and Technology** 239(4): 669-678.

Zhan L., Li Y., Hu J., Pang L. and Fan H. 2012. Browning inhibition and quality preservation of fresh-cut romaine lettuce exposed to high intensity light. **Innovative Food Science and Emerging Technologies** 14: 70-76.

Zhang L., Wang Z., Zeng S., Yuan S., Yue X., Tian T., Zhu X., Zheng S., Xu X., Zuo J. and Wang Q. 2023. Browning mechanism in stems of fresh cut lettuce. **Food Chemistry** 405: 134-575.

Zhang M., Bhandari B. and Fang Z. 2017. **Advances in Drying Science and Technology: Handbook of Drying of Vegetables and Vegetable Products.** Melbourne: Taylor and Francis Group.

Zhang X. and Liu C.J. 2015. Multifaceted regulations of gateway enzyme phenylalanine ammonia-lyase in the biosynthesis of phenylpropanoids. **Molecular Plant** 8(1): 17-27.

Zhou D., Li L., Wu Y., Fan J. and Ouyang J. 2015. Salicylic acid inhibits enzymatic browning of fresh-cut Chinese chestnut (*Castanea mollissima*) by competitively inhibiting polyphenol oxidase. **Food Chemistry** 171: 19-25.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zhu M.Z., Wu W., Jiao L.L., Yang P.F. and Guo M.Q. 2015. Analysis of flavonoids in lotus (*Nelumbo nucifera*) leaves and their antioxidant activity using macroporous resin chromatography coupled with LC-MS/MS and antioxidant biochemical assays. **Molecules** 20(6): 10553-10565.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย)	นางสาวณัฐมณฑ์ ประดับกุล
ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)	Miss Natthamon Pradabkun
วัน เดือน ปีเกิด	19 มิถุนายน 2543
ที่อยู่ปัจจุบัน	เสรีไทย 43 แขวงคลองกุ่ม เขตบึงกุ่ม กรุงเทพฯ 10240
ประวัติการศึกษา	2564 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานทางวิชาการ	**Pradabkun, N.**, Yeamsuriyotai, K., Teerarak, M. and Saetiew, K. 2023. Lotus flower extract as a natural anti-browning agent for fresh romaine lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *longifolia*). International Journal of Agricultural Techno-logy 19(6): 2605-2618.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้