



ผลของการใช้สารเคลือบผิวบริโภคได้ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบริโภค
ระหว่างการเก็บรักษา

โดย

นางสาวสุพัตรา เสถียรธำราภาพ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต

ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2563

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ผลของการใช้สารเคลือบผิวบริเวณคั่วต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกะหล่ำปลีตัดแต่ง
พร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษา



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโทมหาบัณฑิต
ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2563
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

EFFECT OF EDIBLE COATING ON THE QUALITY CHANGE OF FRESH CUT
CABBAGE DURING STORAGE



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for Master of Science (FOOD TECHNOLOGY)
Department of FOOD TECHNOLOGY
Graduate School, Silpakorn University
Academic Year 2020
Copyright of Graduate School, Silpakorn University

หัวข้อ	ผลของการใช้สารเคลือบผิวบริโภคได้ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษา
โดย	สุพัตรา เสถียรธีราภาพ
สาขาวิชา	เทคโนโลยีอาหาร แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโท
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดวงใจ ธีรธรรมถาวร

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ ศิริวงศ์วิไลชาติ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงใจ ธีรธรรมถาวร)

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุศราภรณ์ มหาโยธี)

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ดร.ศันสนีย์ อุดมระติ)

60403206 : เทคโนโลยีอาหาร แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญาโทบัณฑิต

คำสำคัญ : กะหล่ำปลีตัดแต่ง การเกิดสีน้ำตาล มอลโตเดกซ์ทริน ไคโตซาน กรดอะซิติก

นางสาว สุพัตรา เสถียรธีรภาพ: ผลของการใช้สารเคลือบผิวบริโภาคต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบริโภาคระหว่างการเก็บรักษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดวงใจ ถิรธรรมถาวร

กะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบริโภาคเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปขั้นต้น ซึ่งมีการทำลายเนื้อเยื่อของผลผลิต ส่งผลให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษามีการเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว โดยมีการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงสี และการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ดังนั้นงานวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสารเคลือบผิวบริโภาคได้ร่วมกับสารต้านการเกิดสีน้ำตาลที่เหมาะสมต่อคุณภาพของกะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบริโภาคเก็บรักษาระยะเวลา 10 วัน ที่อุณหภูมิ 6 ± 1 องศาเซลเซียส โดยกะหล่ำปลีตัดแต่งจะแบ่งเป็นส่วนใบและส่วนก้านที่มีการเคลือบผิวด้วยมอลโตเดกซ์ทริน DE10 และ DE18 ผสมกรดอะซิติก (DE10+Ace, DE18+Ace) ไคโตซานผสมด้วยกรดอะซิติก (CH+Ace) เปรียบเทียบกับการจุ่มในกรดอะซิติก (Ace) และน้ำกลั่น (ชุดควบคุม; control) โดยทำการวิเคราะห์ความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำ (WVR) ของสารเคลือบผิวทดสอบที่อุณหภูมิ 10 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95% และการทดสอบคุณภาพด้านต่าง ๆ ที่บรรจุในถุงพลาสติกได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก ความเป็นกรด-ด่าง ค่าสี (L^* , a^* , b^*) ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล กิจกรรมของเอนไซม์ PAL และ PPO และคุณภาพด้านเชื้อจุลินทรีย์ทดสอบที่อุณหภูมิ 6 ± 1 องศาเซลเซียส จากการทดลองพบว่า กะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบที่จุ่มใน DE10+Ace, DE18+Ace และ CH+Ace มีค่าความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำสูงกว่าตัวอย่างควบคุม และตัวอย่างที่จุ่มใน Ace อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) ส่งผลให้สารเคลือบผิวสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักของผลผลิตได้ ดัชนีการเกิดสีน้ำตาลในสารเคลือบมอลโตเดกซ์ทรินผสมกรดอะซิติก และการจุ่มในกรดอะซิติกสามารถเก็บรักษาได้นานกว่าชุดควบคุม 4 วัน กะหล่ำปลีตัดแต่งทั้งส่วนใบและส่วนก้านที่ใช้สารเคลือบผิวและการจุ่มในกรดอะซิติกมีกิจกรรมของเอนไซม์ PAL น้อยกว่าตัวอย่างชุดควบคุม ส่วนกิจกรรมของเอนไซม์ PPO พบว่า กะหล่ำปลีตัดแต่งทั้งส่วนใบและส่วนก้านของตัวอย่าง DE10+Ace และตัวอย่าง Ace มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO น้อยกว่าตัวอย่างอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) สำหรับคุณภาพด้านเชื้อจุลินทรีย์ พบว่าจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในสารเคลือบมอลโตเดกซ์ทริน DE10 มีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนเชื้อยีสต์ และเชื้อราไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ $6.00 \log\text{CFU/g}$, $3.00 \log\text{CFU/g}$ และ $2.70 \log\text{CFU/g}$ ตามลำดับ สามารถเก็บรักษาได้ 10 วัน ดังนั้นการใช้สารเคลือบผิวมอลโตเดกซ์ทริน DE10 ผสมกรดอะซิติกเหมาะสมต่อการช่วยรักษาคุณภาพของกะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบริโภาคเก็บรักษาระยะเวลา 10 วัน ที่อุณหภูมิ 6 ± 1 องศาเซลเซียส

60403206 : Major (FOOD TECHNOLOGY)

Keyword : Fresh cut cabbage browning maltodextrin chitosan acetic acid

MISS SUPATTRA SATHIANTEERAPAP : EFFECT OF EDIBLE COATING ON THE QUALITY CHANGE OF FRESH CUT CABBAGE DURING STORAGE THESIS ADVISOR : ASSISTANT PROFESSOR DOUNGJAI THIRATHUMTHAVORN

Fresh-cut cabbage is a minimally processed vegetable having an operation that cause tissue damage, resulting in a rapid deterioration of the product quality during storage. Weight loss, discoloration and microbial growth are the major problems of this product. Therefore, the objective of this study was to determine the effect of edible coating incorporating with anti-browning agent on the qualities of fresh-cut cabbages during storage for 10 days at temperature of 6 ± 1 °C. Fresh-cut cabbages were divided into leaf and leaf stalk sections. Each section was dipped in the solutions that were maltodextrin DE10 and DE18 containing acetic acid (DE10+Ace and DE18+Ace) and chitosan containing acetic acid (CH+Ace) compared with 0.1% acetic acid (Ace) and distilled water (control). The water vapor resistance (WVR) of the samples tested at temperature of 10 ± 1 °C and 95% relative humidity. The products packed in plastic bags and stored at temperature of 6 ± 1 °C were tested for weight loss, pH, color parameters (L^* , a^* , b^*), browning index, PAL and PPO enzymes activities and microbial amount. The results were found that water vapor resistance (WVR) of DE10+Ace, DE18+Ace and CH+Ace was significantly higher than that of the control and Ace, indicating the reduction of weight loss of the coated samples. The samples of both cabbage leaf slices and leaf stalk treated with DE10 and DE18 appeared less surface browning and can be stored longer than the control for 4 days. The samples of both sections dipped in DE10+Ace, DE18+Ace, CH+Ace and Ace presented less PAL activity than the control. For the PPO activity, both leaf and stalk sections that dipped in DE10+Ace and Ace had less PPO activity than the others significantly ($p\leq 0.05$). Total microbial count and yeast and fungi amount of both sections dipped in DE10+Ace were within the standard limit of 6.00 log CFU/g, 3.00 log CFU/g and 2.70 log CFU/g, respectively and this product can be stored for 10 days. In conclusion, DE10+Ace could improve the fresh-cut cabbage quality and prolonged its shelf-life up to ten days.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ ผศ.ดร.ดวงใจ ถิรธรรมถาวร อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา และข้อแนะนำต่าง ๆ ตลอดจนดูแลเพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและเสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ประสงค์ ศิริวงศ์วิไลชาติ ประธานกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.บุศราภรณ์ มหาโยธี และ ดร.ศันสนีย์ อุดมระติ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษาแนะนำเพิ่มเติมในการเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

ขอขอบคุณแหล่งทุนอุดหนุนการวิจัยจาก สำนักงานบริหารงานวิจัย นวัตกรรมและการสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีอาหารทุกท่านที่ได้ให้การอบรมสั่งสอนวิชาความรู้ต่าง ๆ และสามารถนำไปใช้ในวิชาชีพได้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร และนักวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษา และอำนวยความสะดวกด้านต่าง ๆ จนงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ น.ส.ธีรนุช ไชยนนท์ และขอบคุณเพื่อน ๆ นักศึกษาปริญญาโททุกท่าน ที่คอยช่วยเหลือในการทำงานวิจัย และเป็นกำลังใจให้ตลอดเวลา

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่ ที่คอยให้ความช่วยเหลือทุกอย่างและให้กำลังใจตลอดเวลา

สุพัตรา เสถียรธีรภาพ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ขอบเขตการศึกษา.....	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 กะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบริโภาค.....	3
2.2 ปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์.....	4
2.3 เอนไซม์ Phenylalanine ammonia lyase (PAL).....	4
2.4 เอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO).....	5
2.5 เอนไซม์ Peroxidase (POD).....	7
2.6 การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์.....	7
2.7 สารเคลือบผิวบริโภาคได้.....	8
2.7.1 มอลโทเดกซ์ทรีน (Maltodextrin).....	9
2.7.2 ไคโตซาน (Chitosan).....	10

2.8 กรดอะซิติก (Acetic acid).....	11
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารเคลือบผิวบรีโกลด์ต่อคุณภาพของผักผลไม้ตัดแต่ง	11
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของกะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบรีโกลด์	12
2.11 ความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำ (Water Vapor Resistance; WVR).....	13
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	14
3.1 วัตถุประสงค์.....	14
3.2 สารเคมี.....	14
3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ	14
3.4 วิธีการทดลอง.....	15
3.4.1 การเตรียมกะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบรีโกลด์.....	15
3.4.2 การศึกษาสารเคลือบผิวบรีโกลด์ได้ร่วมกับสารต้านการเกิดสีน้ำตาลที่เหมาะสมต่อ คุณภาพของกะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบรีโกลด์	18
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	20
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย.....	21
4.1 การวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพและเคมี	21
4.2 การวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์	34
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	39
รายการอ้างอิง	40
ภาคผนวก.....	48
ประวัติผู้เขียน.....	59

สารบัญตาราง

หน้า

<u>ตารางที่ 1</u> สูตรสารเคลือบผิวบรีโภาคได้สำหรับกะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบรีโภาคที่ใช้ในการทดลอง ...	16
<u>ตารางที่ 2</u> ค่าความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบและส่วนก้านที่ อุณหภูมิ 10±1 องศาเซลเซียส	22
<u>ตารางที่ 3</u> การสูญเสียน้ำหนักของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน	23
<u>ตารางที่ 4</u> การสูญเสียน้ำหนักของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน	24
<u>ตารางที่ 5</u> ค่าความเป็นกรด-ด่างของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน	25
<u>ตารางที่ 6</u> ค่าความเป็นกรด-ด่างของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็น เวลา 10 วัน	25
<u>ตารางที่ 7</u> ค่าสี L* ของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน ...	27
<u>ตารางที่ 8</u> ค่าสี L* ของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน	28
<u>ตารางที่ 9</u> ค่าสี b* ของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน ...	28
<u>ตารางที่ 10</u> ค่าสี b* ของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน	29
<u>ตารางที่ 11</u> ค่าสี a* ของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน .	29
<u>ตารางที่ 12</u> ค่าสี a* ของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน	30
<u>ตารางที่ 13</u> ดัชนีการเกิดสีน้ำตาลของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็น เวลา 10 วัน	31
<u>ตารางที่ 14</u> ดัชนีการเกิดสีน้ำตาลของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็น เวลา 10 วัน	31

ตารางที่ 15	กิจกรรมของเอนไซม์ Phenylalanine ammonia lyase ของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน.....	32
ตารางที่ 16	กิจกรรมของเอนไซม์ Phenylalanine ammonia lyase ของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน.....	32
ตารางที่ 17	กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase ของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน.....	33
ตารางที่ 18	กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase ของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน.....	34
ตารางที่ 19	จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน.....	35
ตารางที่ 20	จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน.....	35
ตารางที่ 21	จำนวนเชื้อยีสต์ของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน.....	37
ตารางที่ 22	จำนวนเชื้อยีสต์ของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน.....	37
ตารางที่ 23	จำนวนเชื้อราของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน.....	38
ตารางที่ 24	จำนวนเชื้อราของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน.....	38
ตารางที่ 25	น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาต่าง ๆ ของกะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบริโภครวม.....	50
ตารางที่ 26	น้ำหนักที่สูญเสียไปตามเวลาต่าง ๆ ของกะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบริโภครวม.....	50
ตารางที่ 27	สมการเส้นตรงและค่า R ² ที่ได้จากการสร้างกราฟระหว่างน้ำหนักที่สูญเสียและเวลาของตัวอย่างสารเคลือบผิวในกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบ.....	52
ตารางที่ 28	สมการเส้นตรงและค่า R ² ที่ได้จากการสร้างกราฟระหว่างน้ำหนักที่สูญเสียและเวลา ของตัวอย่างสารเคลือบผิวในกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้าน.....	53

สารบัญภาพ

	หน้า
<u>ภาพที่ 1</u> ปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของ L-phenylalanine โดยเอนไซม์ PAL	5
<u>ภาพที่ 2</u> ปฏิกิริยาของ Phenylalanine ammonia lyase (PAL) ในการสังเคราะห์ สารประกอบฟีนอล และปฏิกิริยาของ Polyphenol oxidase ในการเกิดสีน้ำตาล	5
<u>ภาพที่ 3</u> โครงสร้างสารตั้งต้นของ PPO	6
<u>ภาพที่ 4</u> ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์	6
<u>ภาพที่ 5</u> สมบัติของสารเคลือบผิวบรีโกลได้ในผักผลไม้ตัดแต่งพร้อมบรีโกล (Potential properties)	9
<u>ภาพที่ 6</u> โครงสร้างของมอลโทเดกซ์ทริน	10
<u>ภาพที่ 7</u> โครงสร้างของไคโตซาน	11
<u>ภาพที่ 8</u> ขั้นตอนการเตรียมกะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบรีโกล	17
<u>ภาพที่ 9</u> ระดับเกณฑ์มาตรฐานการให้คะแนนการเกิดสีน้ำตาลกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบ	19
<u>ภาพที่ 10</u> ระดับเกณฑ์มาตรฐานการให้คะแนนการเกิดสีน้ำตาลกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้าน	19
<u>ภาพที่ 11</u> การเกิดสีน้ำตาลของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิตั้งที่ องศาเซลเซียส	6±1 57
<u>ภาพที่ 12</u> การเกิดสีน้ำตาลของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิตั้งที่ 6±1 องศาเซลเซียส	58

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความต้องการที่จะรักษาสุขภาพกันมากขึ้นจึงมองหาอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการและสามารถพร้อมปรุงหรือพร้อมรับประทาน (ready-to-eat) ได้ทันที เนื่องจากมีการดำรงชีวิตในแต่ละวันที่รีบเร่งจึงไม่มีเวลาเตรียมอาหารมากนัก ดังนั้นผักตัดแต่งพร้อมบริโภคจึงเป็นที่ต้องการอย่างมากทางสังคมในปัจจุบัน ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่สดใหม่สามารถบริโภคได้ทันทีหรือนำมาประกอบการทำอาหาร เช่น ผักสลัดรวมที่พร้อมรับประทานประกอบด้วย แครอท ผักคอส กรีนโอ๊ค บัตเตอร์เฮด ผักกาดหอม และกะหล่ำปลี

กะหล่ำปลีเป็นผักใบเขียวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง นิยมที่จะนำมาทำเป็นผักสลัดพร้อมรับประทาน หรือโคลสลอว์ แต่กะหล่ำปลีตัดแต่งมักประสบปัญหาในเรื่องของคุณภาพผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาอย่างมาก เช่น การเกิดสีน้ำตาลบริเวณก้านและขอบใบของการตัดแต่ง การสูญเสียน้ำหนัก รวมถึงการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ ทั้งนี้เนื่องจากผ่านกระบวนการแปรรูปขั้นต้นของผลิตภัณฑ์ เช่น การลอก การล้าง การตัดแต่ง และการหั่น ทำให้เกิดการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเกิดสีน้ำตาลทำให้คุณภาพและอายุการเก็บรักษาลดลง โดยสารประกอบฟีนอลซึ่งเป็นสารตั้งต้นที่สำคัญจะทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) จนได้เป็นสารประกอบสีน้ำตาล อีกทั้งกระบวนการตัดแต่งจะเป็นตัวกระตุ้นให้เอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase (PAL) ทำให้เกิดการสังเคราะห์ของสารประกอบฟีนอลเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นสารตั้งต้นทำให้เกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์กะหล่ำปลีตัดแต่งระหว่างการเก็บรักษา จึงต้องมีการยืดอายุระหว่างการเก็บรักษาให้ยาวนานขึ้น สิ่งสำคัญ คือ การชะลอการเกิดสีน้ำตาลบริเวณก้านและขอบใบของการตัดแต่งในผลิตภัณฑ์ผักตัดแต่งพร้อมบริโภค ซึ่งมีวิธีการชะลอการเกิดสีน้ำตาลที่หลากหลาย เช่น การบรรจุแบบดัดแปลงบรรยากาศ (Modified Atmosphere Packaging; MAP) การใช้สารต้านการเกิดสีน้ำตาล เช่น สารรีดิวซ์ (Reducing agents) สารคีเลต (Chelating agents) และสารเพิ่มความเป็นกรด (Acidulants) นอกจากนี้ยังมีการใช้สารเคลือบผิวบริโภคได้ในการชะลอการเกิดสีน้ำตาล เนื่องจากสารเคลือบผิวบริโภคได้ทำหน้าที่เสมือนเป็นเยื่อเลือกผ่านที่สามารถควบคุมการแลกเปลี่ยนของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ได้ ซึ่งเป็นตัวกลางในการเกิดสีน้ำตาลของบริเวณก้านและขอบใบของผลิตภัณฑ์กะหล่ำปลีตัดแต่ง และสามารถมีการเติมวัตถุเจือปนอาหารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวบริโภคได้

ดังนั้นการศึกษารังนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้สารเคลือบผิวพร้อมบริโคมร่วมกับการใช้สารต้านการเกิดสีน้ำตาลในการลดการเกิดสีน้ำตาลในกะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบริโคมเพื่อมีอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อทำการศึกษาสารเคลือบผิวบริโคมได้ (มอลโทเดกซ์ทริน DE10, DE18 และโคโตซาน) ร่วมกับสารต้านการเกิดสีน้ำตาล (กรดอะซีติก) ที่เหมาะสมต่อคุณภาพของกะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบริโคมเก็บรักษาระยะเวลา 10 วัน ที่อุณหภูมิ 6 ± 1 องศาเซลเซียส

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

การใช้สารเคลือบผิวบริโคมได้ (มอลโทเดกซ์ทริน DE10, DE18 และโคโตซาน) ร่วมกับสารต้านการเกิดสีน้ำตาล (กรดอะซีติก) สามารถช่วยลดการเปลี่ยนแปลงการเกิดสีน้ำตาล และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านกายภาพและเคมี รวมทั้งลดการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ของกะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบริโคมเก็บรักษาระยะเวลา 10 วัน ที่อุณหภูมิ 6 ± 1 องศาเซลเซียส

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1. วัตถุดิบที่ใช้ทำงานวิจัย คือ กะหล่ำปลี (*Brassica oleracea* var. capitata L.) พันธุ์ T523 จากตลาดปฐมมงคล จังหวัดนครปฐม
2. การเก็บรักษากะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบริโคมที่อุณหภูมิ 6 ± 1 องศาเซลเซียส
3. สารเคลือบผิวบริโคมได้มี 3 ชนิดที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ มอลโทเดกซ์ทริน DE10, DE18 และโคโตซาน
4. สารต้านการเกิดสีน้ำตาลที่ใช้ร่วมกับสารเคลือบผิวบริโคมได้ในงานวิจัยนี้ คือ กรดอะซีติก
5. การบรรจุกะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบริโคม บรรจุใส่ถุงพลาสติก LDPE น้ำหนัก 15 ± 5 กรัม/ถุง

บทที่ 2 การตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 กะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบริโภค

กะหล่ำปลี (*Cabbage; Brassica oleracea* var. *capitata*) เป็นผักที่อยู่ในตระกูล Cruciferae แหล่งกำเนิดดั้งเดิมของกะหล่ำปลี อยู่ในแถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียนต่อแถบยุโรป ต่อมาได้แพร่กระจายเข้ามาในประเทศไทย กะหล่ำปลีเป็นผักอายุ 2 ปี เป็นพืชล้มลุกรับประทานใบ มีลักษณะเป็นใบห่อกันแน่นรอบลำต้น ผิวใบเรียบ แต่เป็นลูกคลื่น (กรมการค้าภายใน, 2560) กะหล่ำปลีมีชนิดและพันธุ์ที่มีลักษณะแตกต่างกันหลายชนิด พันธุ์ที่มีสีเขียว ลักษณะหัวกลม เป็นพันธุ์ที่นิยมบริโภคและพบเห็นกันมากที่สุด พันธุ์กะหล่ำปลีสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิดคือ

1. กะหล่ำปลีธรรมดา เป็นพันธุ์ที่มีการปลูกและบริโภคมากที่สุด มีลักษณะหัวหลายแบบ ตั้งแต่หัวกลม หัวแหลม จนถึงกลมแบนราบ มีสีเขียวจนถึงเขียวอ่อน
2. กะหล่ำปลีแดง มีลักษณะหัวค่อนข้างกลม ใบสีแดงทับทิม
3. กะหล่ำปลีใบย่น มีลักษณะผิวใบหยักย่นและเป็นคลื่นมาก

กะหล่ำปลีแต่ละหัวมีน้ำหนักประมาณ 2-3 กิโลกรัม ไม่ควรปล่อยให้วางเกินอายุการเก็บเกี่ยว เพราะหัวจะหลวม ทำให้คุณภาพลดลง และการเก็บเกี่ยวต้องระมัดระวัง เพื่อป้องกันความเสียหายของผลิตผล เก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 98-100 เปอร์เซ็นต์ จะมีอายุการเก็บรักษา 3-6 สัปดาห์ (วิไลภรณ์ ชนกนำชัย, 2542)

กะหล่ำปลีเป็นผักใบเขียวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และอุดมด้วยคุณค่าสารอาหารหลายชนิด เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต โซเดียม วิตามิน ช่วยป้องกันโรคเลือดออกตามไรฟัน อีกทั้งยังมีสารประกอบฟีนอล และ กลูโคซิโนเลสเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีคุณสมบัติในการป้องกันหรือต่อต้านมะเร็งและต้านอนุมูลอิสระในร่างกายของมนุษย์ (Banerjee, Chatterjee, Variyar, & Sharma, 2016; Manolopoulou & Varzakas, 2014) นอกจากนี้กะหล่ำปลีมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนที่มีประโยชน์สำหรับลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเรื้อรัง เช่น โรคเบาหวาน โรคหลอดเลือดหัวใจ (Banerjee et al., 2016; Banerjee, Penna, & Variyar, 2015)

กะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบริโภคเป็นที่ต้องการสำหรับร้านอาหาร นิยมนำมาบริโภคในรูปแบบของผักสลัด ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปขั้นต้นโดยการล้าง การตัดแต่ง การหั่นซอย ซึ่งสามารถเร่งกิจกรรมการเผาผลาญของเนื้อเยื่อพืช จึงเป็นสาเหตุทำให้เนื้อเยื่อพืชถูกทำลาย นำไปสู่กลิ่นรสผิดปกติ และเนื้อสัมผัสเกิดการสลายตัวทำให้เกิดการอ่อนนุ่มลง การเกิดสีน้ำตาลตรงบริเวณผิวตัดแต่งเนื่องจากเอนไซม์ นอกจากนี้ยังเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ ดังนั้นกะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อม

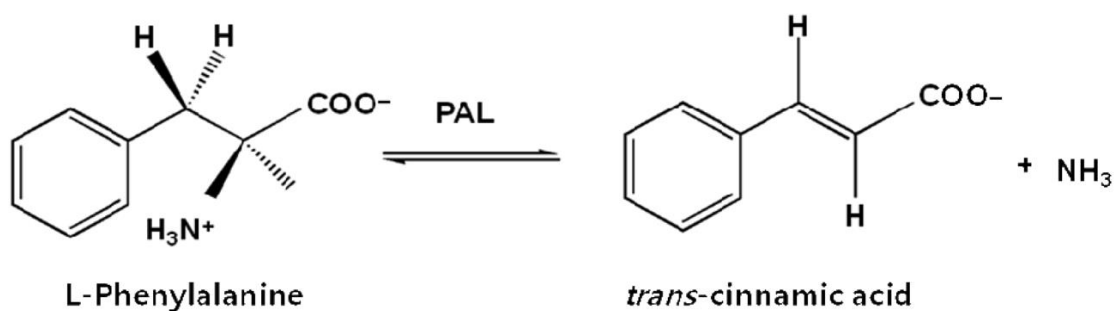
บริโภคน้ำตาลสูงและมีอายุการเก็บรักษาสั้น (Banerjee et al., 2016; Chiumarelli & Hubinger, 2014; Sow, Tirtawinata, Yang, Shao, & Wang, 2017)

2.2 ปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์

การเกิดปฏิกริยาสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ของผักและผลไม้เป็นปฏิกริยาที่ส่งผลให้สูญเสียสีและคุณค่าทางโภชนาการของผักและผลไม้ ซึ่งเป็นปฏิกริยาที่เกิดขึ้นได้ง่ายจากการที่เนื้อเยื่อถูกทำลาย เช่น การตัด การหั่น การบด ทำให้สารประกอบฟีนอลเป็นสารตั้งต้นทำปฏิกริยากับเอนไซม์ที่เป็นตัวเร่งปฏิกริยา รวมทั้งมีการแพร่กระจายของออกซิเจนในเนื้อเยื่อร่วมด้วย โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลนั้นจะถูกสังเคราะห์ขึ้นด้วยเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase (PAL) แล้วจะถูกออกซิไดซ์ต่อด้วยเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ให้เปลี่ยนไปเป็น o-quinones ที่สามารถสร้างเม็ดสีน้ำตาล (Banerjee, Penna, Variyar, & Sharma, 2015; Son, Moon, & Lee, 2000) ซึ่งสารตั้งต้นคือสารประกอบฟีนอลที่อยู่ภายในเซลล์ vacuoles ขณะที่เอนไซม์ PPO จะถูกแยกออกให้อยู่ใน cytoplasm โดยที่ปฏิกริยาสามารถเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีการทำปฏิกริยากันระหว่างสารประกอบฟีนอลและเอนไซม์ PPO และอยู่ในสภาวะที่มีออกซิเจน (He & Luo, 2007; Ioannou & Ghoul, 2013; Supapvanich, Mitsrang, Srinorkham, Boonyarittthongchai, & Wongs-Aree, 2016) ดังนั้นการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ของผักและผลไม้หลังการแปรรูปขั้นต้นจะเป็นสาเหตุสำคัญที่สุดของการสูญเสียคุณภาพซึ่งส่งผลให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับต่อผลิตภัณฑ์นั้น (Castañer, Gil, Ruiz, & Artés, 1999; Rezapour et al., 2016)

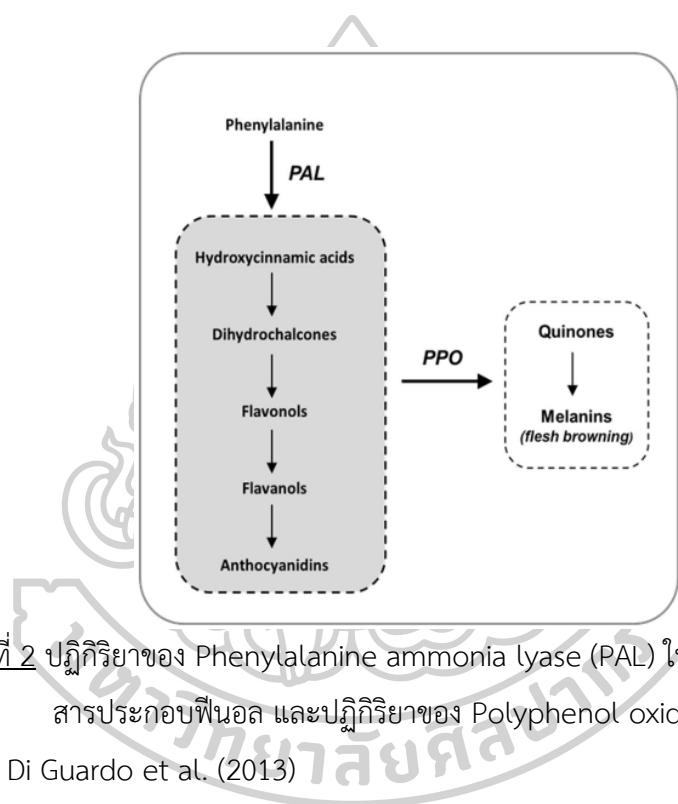
2.3 เอนไซม์ Phenylalanine ammonia lyase (PAL)

Phenylalanine ammonia lyase (PAL, EC 4.3.1.5) เป็นเอนไซม์ที่สำคัญในกระบวนการ phenylpropanoid ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นการผลิตสารประกอบฟีนอลิก โดยเอนไซม์ PAL จะทำการกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงของฟีนิลอะลานีน (L-phenylalanine) เป็นกรดทรานส์ซินนามิก (*trans*-cinnamic acid) ดังภาพที่ 1 เป็นขั้นเริ่มต้นของกระบวนการ phenylpropanoid นอกจากนั้นกรดอะมิโน phenylalanine เป็นสารตั้งต้นหลักในการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลโดยมีเอนไซม์ PAL ควบคุมปริมาณการสังเคราะห์ดังภาพที่ 2 (Esra, 2012) ซึ่งสารประกอบฟีนอลจะถูกออกซิไดซ์ต่อด้วยเอนไซม์ PPO เป็นสารประกอบ o-quinones ซึ่งจะเกิด polymerization ขึ้นเองเพื่อสร้างเม็ดสีน้ำตาล กิจกรรมของเอนไซม์ PAL อาจเป็นดัชนีที่บ่งชี้ของผลิตภัณฑ์สดตัดแต่งทางด้านอายุการเก็บรักษา และคุณภาพโดยเฉพาะสีและเนื้อสัมผัส (Degl'Innocenti, Guidi, Pardossi, & Tognoni, 2005) โดยทั่วไปกิจกรรมของเอนไซม์ PAL จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อพืชเกิดบาดแผลจากการตัดแต่ง ส่งผลให้เกิดสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลเพิ่มมากขึ้น



ภาพที่ 1 ปฏิกริยาการเปลี่ยนแปลงของ L-phenylalanine โดยเอนไซม์ PAL

ที่มา: Hyun, Yun, Kim, and Kim (2011)



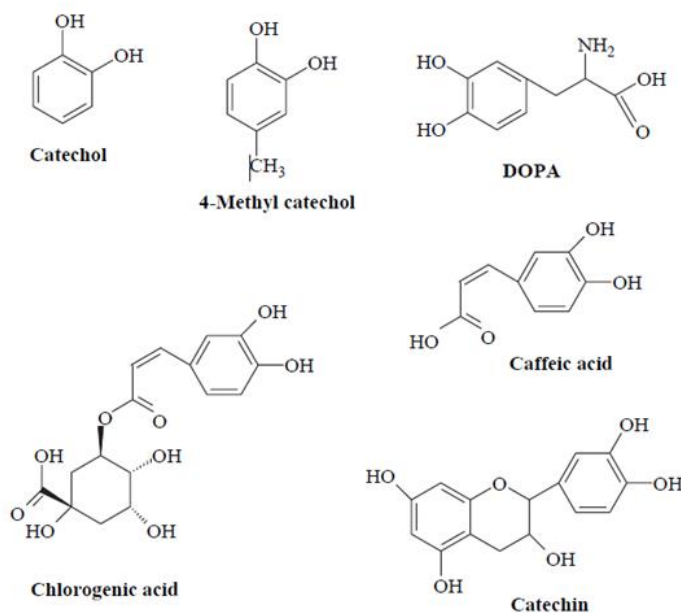
ภาพที่ 2 ปฏิกริยาของ Phenylalanine ammonia lyase (PAL) ในการสังเคราะห์

สารประกอบฟีนอล และปฏิกริยาของ Polyphenol oxidase ในการเกิดสีน้ำตาล

ที่มา: Di Guardo et al. (2013)

2.4 เอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO)

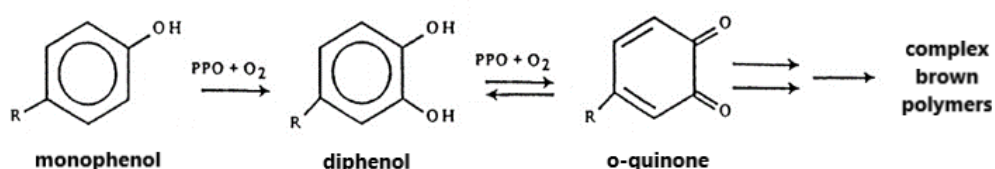
Polyphenol oxidase (PPO, EC 1.14.18.1) เป็นเอนไซม์ที่สำคัญของปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ โดยมีทองแดงเป็นองค์ประกอบตรงบริเวณ active site เป็นตัวเร่งปฏิกริยาการออกซิเดชันของฟีนอลซึ่งเอนไซม์ Polyphenol oxidase มีชื่อตามสารตั้งต้น เช่น Catechol, 4-Methyl catechol, DOPA, Caffeic acid, Chlorogenic acid และ Catechin (Queiroz, Mendes Lopes, Fialho, & Valente-Mesquita, 2008) ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 โครงสร้างสารตั้งต้นของ PPO

ที่มา: Queiroz et al. (2008)

โดยปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์เป็นปฏิกิริยาหลักของปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งมีเอนไซม์ชนิด oxidoreductases ที่เข้าทำปฏิกิริยาให้เกิดสีน้ำตาลคือเอนไซม์ PPO ซึ่งทำการเร่ง 2 ปฏิกิริยา โดยปฏิกิริยาแรกเป็นปฏิกิริยา hydroxylation ของ monophenols ให้กลายเป็น diphenols ที่ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ไม่มีสี ส่วนปฏิกิริยาที่สองเป็นปฏิกิริยา oxidation ของ diphenols ไปเป็น o-quinones ที่ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เกิดมีสีอย่างรวดเร็ว (Degl'Innocenti et al., 2005; He & Luo, 2007) ดังภาพที่ 4 โดยปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ คือ ชนิดและปริมาณของสารประกอบฟีนอล ปริมาณของเอนไซม์ ปริมาณออกซิเจน อุณหภูมิ และความเป็นกรดต่าง



ภาพที่ 4 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์

ที่มา: Ding, Chachin, Ueda, and Wang (2002)

2.5 เอนไซม์ Peroxidase (POD)

Peroxidase (POD, EC 1.11.1.7) เป็นเอนไซม์ที่มี heme เป็นองค์ประกอบ ซึ่งโดยทั่วไปเอนไซม์ POD จะเกิดปฏิกิริยาเมื่อผักผลไม้ผ่านกระบวนการทำลายเนื้อเยื่อ และทำปฏิกิริยาออกซิเดชันอิเล็กตรอนเดี่ยว (single-electron oxidation) ของสารประกอบฟีนอลิกและมีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ในการทำปฏิกิริยาให้เปลี่ยนเป็น o-quinones (Banerjee, Penna, Variyar, et al., 2015; He & Luo, 2007) อีกทั้งเอนไซม์ POD เป็นตัวชี้วัดการเสื่อมสภาพของคุณภาพ เช่น การสูญเสียรสชาติและปฏิกิริยาการย่อยสลายทางชีวภาพต่าง ๆ และเกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์จึงส่งเสริมการเกิดสีคล้ำในผลิตภัณฑ์ผลไม้และผักในระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษา (Jang & Moon, 2011)

2.6 การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์สามารถทำการยับยั้งหรือควบคุมไม่ให้เกิดปฏิกิริยาขึ้นได้ ที่จะส่งผลเสียต่อคุณภาพของผัก ผลไม้ตัดแต่งที่ผ่านกระบวนการแปรรูปขั้นต้น ทำให้มีอายุการเก็บรักษาสั้นลงโดยสามารถแบ่งออกได้ 2 วิธีดังนี้

1. วิธีทางกายภาพ

การลดอุณหภูมิหรือการลดออกซิเจนที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ มีวิธีดังนี้

- การปรับอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ โดยการลดอุณหภูมิลงทำให้อัตราปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลลดลง เนื่องจากเอนไซม์ PPO มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับอุณหภูมิสูง หากเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้อัตราการเสื่อมเสียสามารถช้าลงได้สำหรับอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานหรือลดการใช้ออกซิเจน
- การบรรจุผลิตภัณฑ์แบบตัดแปรบรรยากาศหรือการบรรจุแบบ MAP โดยปรับแต่งองค์ประกอบของบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ทำให้ชะลอระบบการทำงานของเอนไซม์ให้ช้าลง จึงช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลได้ดีขึ้น โดยไม่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์
- การใช้สารเคลือบผิวบริโภคได้ โดยทำให้เกิดการตัดแปรชั้นบรรยากาศของผลไม้ที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวที่แยกออกจากสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการลดความชื้น การถ่ายเทของก๊าซ จึงช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ได้ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของผลไม้ระหว่างการเก็บรักษา สารเคลือบผิวที่มีการใช้กันมากคือ ไคโตซาน นอกจากนี้ยังมีการใช้ อัลจิเนต หรือคาราจีแนน จะช่วยป้องกันการย่อยสลายของเชื้อจุลินทรีย์

2. วิธีทางเคมี

การใช้สารประกอบที่ทำหน้าที่ยับยั้งเอนไซม์ หรือกำจัดสารตั้งต้น (ออกซิเจนและสารประกอบฟีนอล) ซึ่งกลุ่มสารเคมีที่นิยมใช้กันมีดังนี้

- สารต้านออกซิเดชัน (antioxidant agent) เช่น hexylresorcinol, erythorbic acid, ascorbic acid และ glutathione เป็นต้น ซึ่งสามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลได้ด้วยการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน โดยทำลายปฏิกิริยาลูโกโซและป้องกันการก่อตัวของเมลานิน ประสิทธิภาพของสารต้านออกซิเดชันขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) กิจกรรมของน้ำ (aw) อุณหภูมิ แสง และองค์ประกอบของชั้นบรรยากาศ
- สารคีเลท (chelating agent) เช่น kojic acid, citric acid และ EDTA เป็นต้น จะมีความสามารถในการจับตัวของประจุบวกที่มีอยู่ในตัวกลาง ทำให้ลดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ลงเนื่องจากกิจกรรมของเอนไซม์ PPO มีความต้องการใช้ไอออนทองแดงในการทำปฏิกิริยา
- สารที่ให้ความแน่นเนื้อ (firmness agent) เช่น แคลเซียมแลคเตท แคลเซียมคลอไรด์ และ โซเดียมคลอไรด์ เป็นต้น โดยเกลือแคลเซียมใช้ในการเสริมสร้างผนังเซลล์ ทำให้ผนังเซลล์มีความเสถียรภาพมากขึ้น จึงช่วยป้องกันการทำลายช่องเซลล์และการติดต่อกันของเอนไซม์ PPO กับสารประกอบฟีนอลใน vacuoles
- สารเพิ่มความเป็นกรด (acidifying agent) เช่น erythorbic acid, ascorbic acid และ citric acid เป็นต้น เมื่อมีการเติมกรดเข้าไปทำให้ค่า pH มีค่าต่ำลงจึงอาจลดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ได้โดยจะสามารถทำการยับยั้งได้ที่ pH ต่ำกว่า 3 เนื่องจากเอนไซม์ PPO มีความไวต่อค่าความแปรปรวนของค่า pH ซึ่งธรรมชาติของผักผลไม้จะมีกรดภายในผลผลิตอยู่แล้ว (Ioannou & Ghoul, 2013)

2.7 สารเคลือบผิวบริโภคได้

สารเคลือบผิวบริโภคได้เป็นวัสดุที่ทำหน้าที่เป็นเยื่อเลือกผ่านในการปรับเปลี่ยนบรรยากาศ โดยลดอัตราการหายใจ การแลกเปลี่ยนก๊าซและอัตราการเกิดออกซิเดชัน รวมถึงการชะลอการเสื่อมสภาพและการควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ (Rojas-Graü, Soliva-Fortuny, & Martín-Belloso, 2009; Trevino-Garza, Garcia, del Socorro Flores-Gonzalez, & Arevalo-Nino, 2015) สารเคลือบผิวบริโภคได้มีศักยภาพสูงในการนำพาสารออกฤทธิ์ เช่น สารต้านการเกิดสีน้ำตาล กลิ่นรส สารอาหาร และสารต้านเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ช่วยปรับปรุงคุณภาพ และความปลอดภัยของอาหาร (Rojas-Graü et al., 2009; Valencia-Chamorro, Palou, A Del Río, & Pérez-Gago, 2011) อย่างไรก็ตามสารเคลือบผิวบริโภคได้ (edible coating) มีการใช้กันมากในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของผักและผลไม้สดบางชนิด ผลไม้หรือ

ผักที่มีการเคลือบโดยการจุ่ม หรือการฉีดพ่นด้วยสารเคลือบผิว ดังนั้นเมื่อเลือกผ่านจะขึ้นรูปบนบริเวณผิวตัดแต่งสำหรับชะลอการหายใจ การควบคุมการสูญเสียความชื้น และสมบัติหน้าที่อื่น ๆ สารเคลือบผิวบริโภคได้ เช่น ไชมัน พอลิแซคคาไรด์ และโปรตีน หรือการผสมรวมกัน ทั้งนี้ประโยชน์ของการใช้สารเคลือบผิวบริโภคได้มีดังนี้

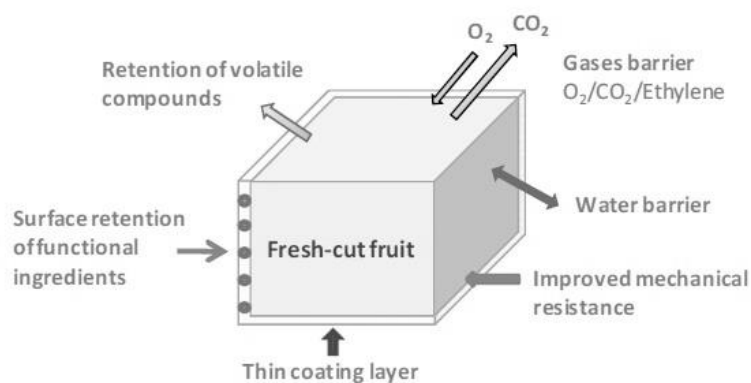
1. ทำหน้าที่ควบคุมความชื้นบริเวณผิวของผลิตผลในการช่วยลดปัญหาการสูญเสียความชื้นระหว่างการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลสดทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักและการเปลี่ยนแปลงในความแน่นเนื้อ กลิ่นรส และลักษณะปรากฏ

2. ทำหน้าที่ควบคุมการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างผลิตผลสดและบรรยากาศโดยรอบ จึงเป็นผลให้การหายใจช้าลง การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ช้าลง และชะลอการเสื่อมเสีย

3. ควบคุมการแลกเปลี่ยนของสารระเหยอย่างจำกัดระหว่างผลิตผลสดและสิ่งแวดล้อม

4. ป้องกันการทำลายจากทางกายภาพของผลิตผลโดยผลกระทบทางกลทั้งการกด การสั่น และปัจจัยอื่น ๆ

5. นอกจากนั้นยังสามารถทำหน้าที่อื่น ๆ อีกด้วย เช่น สารต้านเชื้อจุลินทรีย์ สารต้านอนุมูลอิสระ สี และกลิ่นรส สำหรับการลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ ชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และการเปลี่ยนสี (Lin & Zhao, 2007) ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 สมบัติของสารเคลือบผิวบริโภคได้ในผักผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค

(Potential properties)

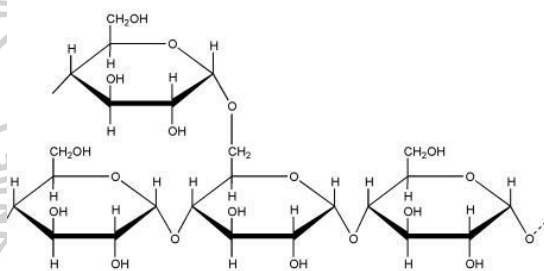
ที่มา: Rojas-Grau, Soliva-Fortuny, and Martin-Belloso (2011)

2.7.1 มอลโทเดกซ์ทริน (Maltodextrin)

มอลโทเดกซ์ทริน ($(C_6H_{12}O_5)_n \cdot H_2O$) เป็นคาร์โบไฮเดรต ประเภทพอลิแซคคาไรด์ที่มีหน่วยของน้ำตาลดีกลูโคส (D-glucose) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ 1,4 ของ glycosidic โครงสร้างทางเคมีของมอลโทเดกซ์ทรินดังภาพที่ 6 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายสตาร์ชด้วยเอนไซม์แอลฟา-

อะไมเลส (α -amylase) มอลโทเดกซ์ทรินเป็นสารที่ไม่มีรสหวาน ที่มีค่าสมมูลเดกซ์โทรส (dextrose equivalent; DE) หมายถึงร้อยละน้ำตาลรีดิวซิ่ง โดยมอลโทเดกซ์ทรินมีค่า DE ต่ำกว่า 20 หากมอลโทเดกซ์ทรินมีค่า DE สูงแสดงว่าโมเลกุลของสตาร์ชถูกย่อยเป็นน้ำตาลกลูโคสมาก (Moore, Canto, Amante, & Soldi, 2005; Saavedra, Leyva-Porras, Araujo-Díaz, Toxqui Teran, & Borrás, 2015; Triyono, Andriansyah, Luthfianti, & Rahman, 2017)

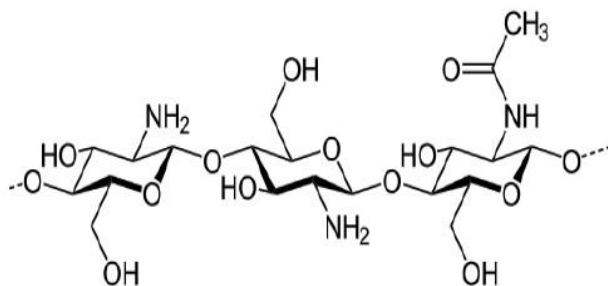
มอลโทเดกซ์ทรินมีลักษณะเป็นผงสีขาว ไม่มีกลิ่น มีคุณสมบัติสามารถละลายน้ำได้ดีที่อุณหภูมิห้องได้ความเข้มข้นสูงสุด 70% (w/v) สารละลายใส มีสมบัติการขึ้นรูปฟิล์มที่ดีจึงมีสมบัติป้องกันการแลกเปลี่ยนของก๊าซออกซิเจนได้ (Shah, Naqash, Gani, & Masoodi, 2016) มีความสามารถในการยึดเกาะผิวอาหารได้ดีและสามารถเพิ่มของแข็งของสารละลายเคลือบเพื่อให้แห้งเร็วขึ้น ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส และยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร รวมทั้งมอลโทเดกซ์ทรินเป็นสารตัวกลางพากลิ่นรสที่ดี (Kramer, 2009)



ภาพที่ 6 โครงสร้างของมอลโทเดกซ์ทริน
ที่มา: Pao Kongsoontornkijkul (2005)

2.7.2 ไคโตซาน (Chitosan)

ไคโตซานเป็นพอลิเมอร์ที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ 1,4 ของ D-glucosamine และ N-acetyl glucosamine ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยากำจัดหมู่อะซิติกของไคติน โครงสร้างทางเคมีของไคโตซาน ดังภาพที่ 7 ไคโตซานเป็นสารที่ปลอดภัย สามารถย่อยสลายได้ อีกทั้งยังมีสมบัติการต้านเชื้อจุลินทรีย์ (Li, Kennedy, Peng, Yie, & Xie, 2006; Souza et al., 2015) ซึ่งไคโตซานมีฤทธิ์การต้านเชื้อแบคทีเรียโดยประจุบวกของไคโตซานจะทำปฏิกิริยากับโมเลกุลที่มีประจุลบที่ผิวเซลล์ทำให้เกิดความเสียหายต่อผนังเซลล์ ส่งผลให้สมบัติการเลือกผ่านเข้าออกของสารเปลี่ยนแปลงไป และ/หรือการขัดขวางการส่งผ่านสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของจุลินทรีย์ นอกจากนี้ไคโตซานอาจจับกับ DNA เพื่อยับยั้งการสังเคราะห์ RNA ของเชื้อจุลินทรีย์ (Chung & Chen, 2008)



ภาพที่ 7 โครงสร้างของไคโตซาน

ที่มา: Zargar, Asghari, and Dashti (2015)

2.8 กรดอะซิติก (Acetic acid)

กรดอะซิติกเป็นกรดอินทรีย์ (organic acid) ประเภทกรดคาร์บอกซิลิก (carboxylic acid) มีสูตรโครงสร้างทางเคมีคือ CH_3COOH กรดอะซิติกเป็นองค์ประกอบสำคัญของน้ำส้มสายชูจึงมีกลิ่นฉุนลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี และมีค่า pKa เท่ากับ 4.77 กรดอะซิติกมีสมบัติในการลดค่า pH ควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และการเพิ่มรสชาติ (Cheung, Tanke, & Torrence, 2011; Dziezak, 2015)

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารเคลือบผิวบริเวณใต้ต่อคุณภาพของผักผลไม้ตัดแต่ง

สารเคลือบผิวบริเวณใต้มีหลากหลายชนิดที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพ และยืดอายุการเก็บรักษาของผักผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค เช่น การเคลือบผิวด้วยคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสร่วมกับมอลโทเดกซ์ทรินช่วยปรับปรุงคุณภาพด้านการเปลี่ยนแปลงค่าสี กลิ่นรส และป้องกันการสูญเสียน้ำ ระเหยของมะม่วงตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ เนื่องจากมอลโทเดกซ์ทรินที่มีขนาดโมเลกุลเล็กอาจจะทำหน้าที่ร่วมกับโมเลกุลสายยาวของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส และอาจเพิ่มความเป็นเจลที่คล้ายกับสมบัติของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส จึงทำให้การเคลือบมีความหนาขึ้นและทำหน้าที่ในการป้องกันการสูญเสียน้ำได้ดีโดยมีการจับกับน้ำได้สูง (Plotto และคณะ, 2004) สารเคลือบผิวไคโตซานมีทั้งการเคลือบผิวเพียงอย่างเดียว หรือมีการใช้ร่วมกับสารวัตถุเจือปนอาหารหรือสารเคลือบผิวชนิดอื่น ๆ อย่างเช่น การเคลือบผิวไคโตซานเพียงอย่างเดียวในฮันนี่เมล่อนตัดแต่ง ลูกแพร์ตัดแต่ง สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ลดการเปลี่ยนแปลงของสี ลดการสูญเสียน้ำหนัก รักษาความแน่นเนื้อ และชะลอการเกิดสีน้ำตาล (Irkin & Guldas, 2013; Ochoa-Velasco & Guerrero-Beltrán, 2014) การเคลือบผิวไคโตซานร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ของฮันนี่ดิวเมล่อนตัดแต่ง มีประสิทธิภาพในการรักษาความแน่นเนื้อ การเปลี่ยนแปลงสี ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ และป้องกันการสูญเสียน้ำหนัก (Chong, Lai, & Yang, 2015) การใช้สารเคลือบผิวไคโตซานร่วมกับ *trans*-

cinnamaldehyde ของเมล็ดองุ่นตัดแต่ง สามารถรักษาความแน่นเนื้อ การเปลี่ยนแปลงสี และปริมาณวิตามินซีได้ดีกว่า (Carvalho et al., 2016) การเคลือบผิวโคโตซานร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์หรือกรดแอสคอร์บิกในแอปเปิ้ลตัดแต่ง สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลและลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดี (Liu et al., 2016) การเคลือบผิวแบบ layer-by-layer ในสับปะรดตัดแต่ง โดยสารเคลือบผิวโคโตซานร่วมกับพุลูลูเลน มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ดี อีกทั้งการใช้สารเคลือบผิวโคโตซานร่วมกับ linseed และสารเคลือบผิวโคโตซานร่วมกับ aloe mucilage สามารถรักษาความแน่นเนื้อได้ดีกว่า (Treviño-Garza, García, Heredia, Alanís-Guzmán, & Arévalo-Niño, 2017) และการใช้สารเคลือบผิวโคโตซานร่วมกับกัมอาราบิกและกรดแอสคอร์บิก ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก รักษาความแน่นเนื้อ และลดกิจกรรมของเอนไซม์ PAL (Peerasak, 2018)

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของกะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบริโภค

กะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบริโภคมักมีข้อจำกัดในเรื่องของคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาทำให้มีอายุการเก็บรักษาที่สั้นลง จึงต้องมีวิธีการรักษาคุณภาพของกะหล่ำปลีตัดแต่งเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น โดยมีการใช้สารต้านการเกิดสีน้ำตาลในกะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบริโภค เช่น การใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (sodium metabisulphite) สามารถรักษาสีได้ดีและมีคะแนนการยอมรับสูง ทุกลักษณะการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส เนื่องจากโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์สามารถยับยั้งปฏิกิริยาของการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ และเป็นสารคีเลตที่ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO ที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลขึ้น การใช้กรดซิตริก สามารถเก็บรักษาได้ 22 วัน และ 14 วันหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 และ 5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เนื่องจากกรดซิตริกสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO ได้ (Ibrahim, Osman, Saari, & Abdul Rahman, 2004; Manolopoulou & Varzakas, 2014) การบรรจุกะหล่ำปลีตัดแต่งแบบดัดแปรบรรยากาศ (Modified Atmosphere Packaging; MAP) สามารถเก็บรักษาได้ 22 วันที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส การเกิดสีน้ำตาลเล็กน้อย และมีคะแนนการยอมรับสูงทุกลักษณะการวิเคราะห์ทางคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส เนื่องจากการบรรจุแบบ MAP สามารถลดระดับออกซิเจนในบรรยากาศโดยรอบ (Manolopoulou & Varzakas, 2014) การใช้ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ชนิด polypropylene (PP) สามารถรักษาค่าสี L^* สูงสุดและมีค่าความแน่นเนื้อสูงสุดในกะหล่ำปลีหั่นฝอยทั้งสภาวะ vacuum และ non-vacuum เนื่องจาก ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ PP มีอัตราการซึมผ่านของน้ำและแก๊สได้น้อยกว่า อีกทั้งยังมีการเสื่อมเสียน้อยระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 3 สัปดาห์ขึ้นไป (Ibrahim, osman, Saari, & Abdul Rahman, 2005) หรือการใช้รังสีแกมมาช่วยยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในกะหล่ำปลีหั่นฝอย โดยสามารถยับยั้งกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ PAL และการเกิดสีน้ำตาลได้ ซึ่งกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ PAL มีความสัมพันธ์กับสาร o-quinone และการเกิดสีน้ำตาล แต่สารประกอบ

พืชนอกไม่มีความสัมพันธ์กับการเกิดสีน้ำตาล อีกทั้งกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ PPO และ POD ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Banerjee, Penna, Variyar, et al., 2015)

2.11 ความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำ (Water Vapor Resistance; WVR)

ความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำ (Water Vapor Resistance; WVR) เป็นความสามารถของสารเคลือบผิวบริเวณผิวที่ข้อมให้ไอน้ำหรือความชื้นส่งผ่านสารเคลือบผิวบริเวณผิวได้ไปยังสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ (Eryuruk, 2020) และเป็นสมบัติสำคัญของสารเคลือบผิวบริเวณผิวสำหรับการใช้ปกป้องอาหารที่มีกิจกรรมทางน้ำสูง (Sayuri & Grosso, 2003) โดยการเคลือบผิวจะช่วยลดการคายน้ำของผลิตภัณฑ์ ทำให้ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ได้และการซึมผ่านของความชื้นลดลง หากการเคลือบผิวของสารเคลือบมีความหนาจะส่งผลให้ค่า WVR เพิ่มขึ้น ซึ่งความหนาของการเคลือบผิว อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ใช้จะเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อค่าความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำ ส่วนการทดสอบตัวอย่างของการหาค่าความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำจะต้องคำนึงถึงปัจจัยสำคัญ เช่น ขนาดตัวอย่าง ความหนาตัวอย่าง น้ำหนักตัวอย่าง อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ที่จะต้องมีการควบคุมให้คงที่ (Senturk Parreidt, Müller, & Schmid, 2018)

ค่าความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำถูกนำมาประยุกต์ในสารเคลือบผิวชนิดต่าง ๆ มากมาย เช่น การใช้สารเคลือบผิวประเภทพอลิเอทิลีนไครดที่มีการเติมน้ำมันทานตะวันในลูกแพร์ตัดแต่งจะสามารถเพิ่มค่า WVR ได้มากกว่าที่ไม่มีการใช้สารเคลือบผิวในลูกแพร์ตัดแต่ง เนื่องจากน้ำมันทานตะวันมีสมบัติเป็นไฮโดรโฟบิกส่งผลให้ค่า WVR สูงขึ้น (Oms-Oliu, Soliva-Fortuny, & Martín-Belloso, 2008) การใช้สารเคลือบผิวจากสตาร์ชมันสำปะหลังจะมีค่า WVR เพิ่มขึ้น ทำให้สามารถลดการสูญเสียน้ำหนัก และลดอัตราการหายใจของสับปะรดตัดแต่ง (Bierhals, Chiumarelli, & Hubinger, 2013) การใช้สารเคลือบไคโตซานในเมล่อนตัดแต่งทำให้มีค่า WVR เพิ่มขึ้น และมีการสูญเสียน้ำหนักลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเกิดจากการยึดเกาะติดของไคโตซานที่ไม่ดีกับบริเวณผิวของเมล่อนตัดแต่งหรือไคโตซานอาจลอกออกและ/หรือเกิดการย่อยสลายบางส่วนระหว่างการเก็บรักษาที่ยาวนาน (Poverenov et al., 2014)

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วัสดุดิบ

กะหล่ำปลีพันธุ์ T523 ซื้อมาจากตลาดปทุมมงคล จังหวัดนครปฐม โดยทำการคัดเลือกกะหล่ำปลีที่ใช้ในการทดลองโดยใช้น้ำหนักประมาณ 400-600 กรัมต่อหัว หัวกะหล่ำปลีปราศจากตำหนิ (แมลง, โรคและรอยแผล)

3.2 สารเคมี

- 3.2.1 มอลโทเดกซ์ทรีน DE10, Food Grade (Nutrition SC, Thailand)
- 3.2.2 มอลโทเดกซ์ทรีน DE18, Food Grade (Vicchi Enterprise, Thailand)
- 3.2.3 ไคโตซาน, Food Grade (Marine Bio Resource, Thailand)
- 3.2.4 Tsunami 100, Food Grade (Ecolab, Thailand)
- 3.2.5 กรดอะซิติก, Food Grade (J.T. Baker, Thailand)
- 3.2.6 แคลเซียมคลอไรด์, Food Grade (รวมเคมี 1986, Thailand)
- 3.2.7 Potato dextrose agar (Merck, Germany)
- 3.2.8 Plate count agar (Merck, Germany)
- 3.2.9 Peptone water (Merck, Germany)
- 3.2.10 กรดทาร์ทาลิก (รวมเคมี 1986, Thailand)

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

- 3.3.1 เครื่องกวนสารชนิดแม่เหล็กพร้อมแทนให้ความร้อน (Magnetic stirrers with heating, รุ่น Yellow Mag HS7, Germany)
- 3.3.2 เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดหยาบ 2 ตำแหน่ง (Precision Balance ME3002, Mettler Toledo, Germany)
- 3.3.3 เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดละเอียด 4 ตำแหน่ง (Sartorius Balance, ED series, Germany)
- 3.3.4 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter, รุ่น Seven Compact, ยี่ห้อ Mettler Toledo, Germany)
- 3.3.5 เครื่องปั่น (Laboratory Blender, ยี่ห้อ Waring commercial)
- 3.3.6 เครื่องวัดสี (Hunter Lab, รุ่น Color Flex EZ, USA)

- 3.3.7 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer, รุ่น Genesys 10 series, ยี่ห้อ Spectronic Unicam, USA)
- 3.3.8 เครื่องแยกสารแบบหมุนเหวี่ยง (รุ่น RC6, ยี่ห้อ Sorvall, USA)
- 3.3.9 ตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น (Climatic Test Cabinet รุ่น TK120 ยี่ห้อ Nüve)
- 3.3.10 เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ (Autoclave, รุ่น SX-700, ยี่ห้อ TOMY, Japan)
- 3.3.11 ตู้บ่มเชื้ออุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส (รุ่น BM 600, ยี่ห้อ Memmert, Germany)
- 3.3.12 ตู้บ่มเชื้ออุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (รุ่น 352601, ยี่ห้อ Hotpack, USA)
- 3.3.13 ตู้อบลมร้อน (รุ่น FP 240, ยี่ห้อ BINDER, Germany)
- 3.3.14 ตู้ปฏิบัติการปลอดเชื้อ (รุ่น HB 2448 PB, ยี่ห้อ Holten, Denmark)
- 3.3.15 เครื่องสลัดน้ำผักผลไม้ (รุ่น LFH-23200, ยี่ห้อ LEIFHEIT, Germany)
- 3.3.16 เครื่องซีลปากถุง (รุ่น ME-305HC, ยี่ห้อ Impulse Sealer, Taiwan)
- 3.3.17 ถุงพลาสติกชนิด LDPE

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การเตรียมกะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบริโภค

ทำการคัดเลือกขนาดและคุณภาพด้านกายภาพของกะหล่ำปลีให้มีลักษณะที่ใกล้เคียงกันทุกการทดลอง โดยมีการเตรียมกะหล่ำปลีตัดแต่ง เริ่มจากกะหล่ำปลีน้ำหนักประมาณ 400-600 กรัมต่อหัว นำมาลอกเปลือกด้านนอกออกแล้วล้างด้วยน้ำสะอาดเพื่อกำจัดสิ่งสกปรก ทั้งให้สะอาดดีน้ำ ทำการตัดแต่งส่วนใบและก้านให้มีขนาดตามที่ต้องการ และจุ่มในสารเคลือบผิวเป็นเวลา 10 นาที (กะหล่ำปลี : สารละลาย; 1:5) คือ สารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (Ace; pH 2.70, viscosity 0.393 cps) ดังภาคผนวก ก สารเคลือบผิวมอลโทเดกซ์ทริน DE10 หรือ DE18 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 ผสมกับสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (DE10+Ace; pH 2.65, viscosity 1.285 cps หรือ DE18+Ace; pH 2.67, viscosity 1.060 cps) ดังภาคผนวก ก และสารเคลือบผิวโคโคซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.25 ผสมกับสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (CH+Ace; pH 3.642, viscosity 5.965 cps) ดังภาคผนวก ก สารเคลือบผิวทั้งหมดมีสารละลาย Tsunami 100 ร่วมด้วยที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm และแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ส่วนกะหล่ำปลีตัดแต่งที่จุ่มในน้ำกลั่นผสมกับสารละลาย Tsunami 100 ที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm คือตัวอย่างชุดควบคุม (control; pH 3.353, viscosity 0.376 cps) ดังตารางที่ 1 จากนั้นนำมาสะอาดน้ำด้วยเครื่องสลัดน้ำผักผลไม้และผึ่งให้แห้ง จากนั้นบรรจุใส่ถุงพลาสติก LDPE น้ำหนัก 15 ± 5 กรัมต่อถุง และปิดผนึกด้วยเครื่องซีลปากถุงปิดผนึก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6 ± 1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน ดังภาพที่ 8

ตารางที่ 1 สูตรสารเคลือบผิวบรีโกลได้สำหรับกะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบรีโกลที่ใช้ในการทดลอง

ตัวอย่าง	ส่วนประกอบของสูตรสารเคลือบผิว
ตัวอย่างชุดควบคุม (control)	น้ำ + Tsunami 200 ppm
Ace	กรดอะซิติก 0.1% + Tsunami 200 ppm + CaCl ₂ 0.5%
DE10+Ace	กรดอะซิติก 0.1% + DE10 10% + Tsunami 200 ppm + CaCl ₂ 0.5%
DE18+Ace	กรดอะซิติก 0.1% + DE18 10% + Tsunami 200 ppm + CaCl ₂ 0.5%
CH+Ace	กรดอะซิติก 0.1% + CH 0.25% + Tsunami 200 ppm + CaCl ₂ 0.5%

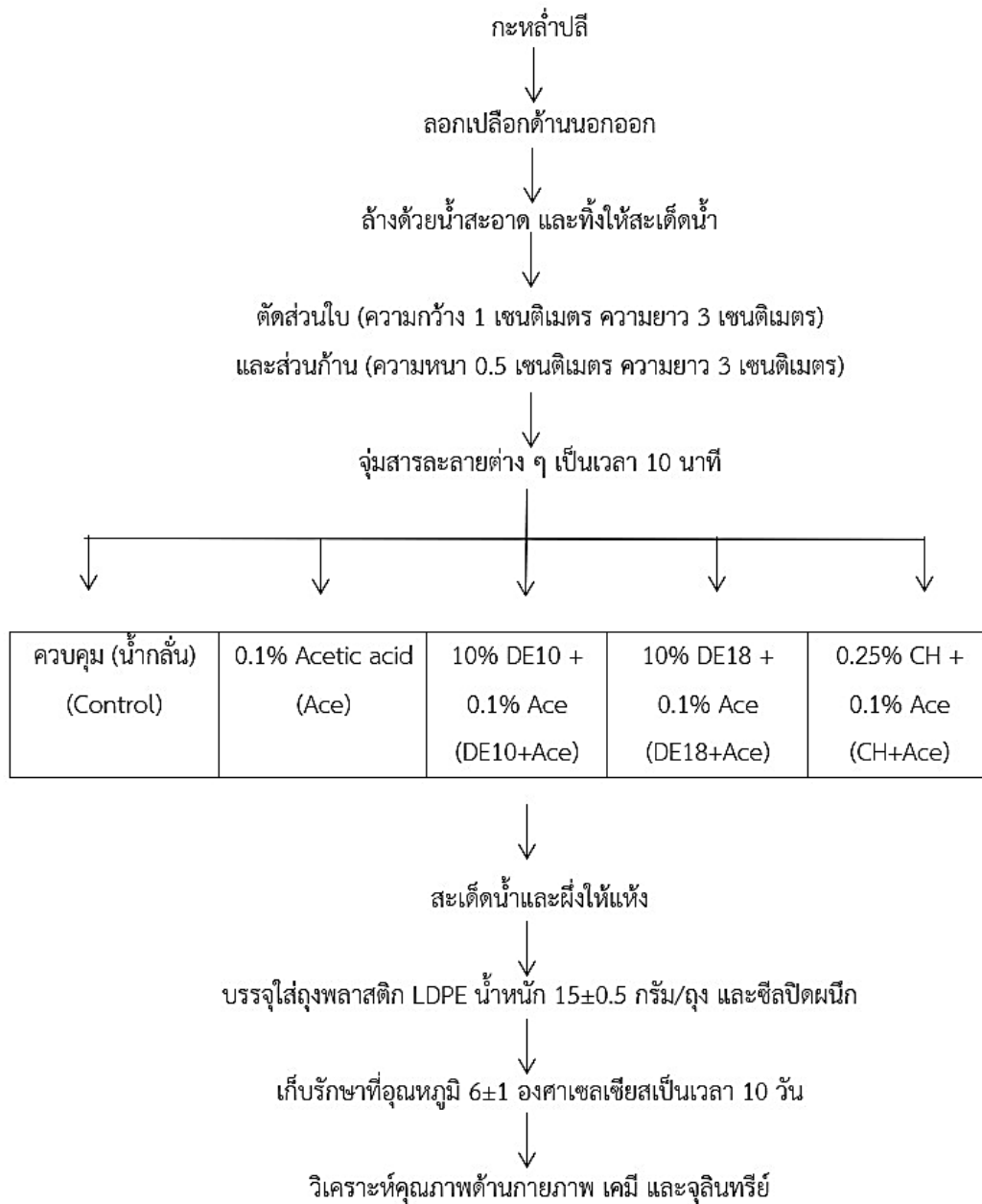
หมายเหตุ Ace หมายถึง กรดอะซิติก

DE10 หมายถึง มอลโทเดกซ์ทริน DE10

DE18 หมายถึง มอลโทเดกซ์ทริน DE18

CH หมายถึง ไคโตซาน





ภาพที่ 8 ขั้นตอนการเตรียมกะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบริโภค

3.4.2 การศึกษาสารเคลือบผิวบริเวณที่ได้ร่วมกับสารด้านการเกิดสีน้ำตาลที่เหมาะสมต่อคุณภาพของกะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบริโภค

การทดลองนี้ทำการศึกษาศาเคลือบผิวบริเวณได้ (มอลโทเดกซ์ทริน DE10, DE18 และโคโตซาน) ร่วมกับสารด้านการเกิดสีน้ำตาล (กรดอะซิติก) ที่เหมาะสมต่อคุณภาพของกะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบริโภค (ส่วนใบและก้าน) ในระหว่างการเก็บรักษาระยะเวลา 10 วันที่อุณหภูมิ 6 ± 1 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 8 เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (น้ำกลั่น) และทำการวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพและเคมีที่ช่วงเวลา 1, 4, 6, 8 และ 10 ส่วนการวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ที่ช่วงเวลา 1, 3, 5, 7 และ 10 ดังนี้

1. การวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพและเคมี

1. ค่าความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำ (Water vapor resistance; WVR) ดัดแปลงวิธีจาก Avena-Bustillos, Cisneros-Zevallos, Krochta, and Saltveit (1993) นำกะหล่ำปลีตัดแต่งทั้งส่วนใบและส่วนก้านที่มีขนาดตามต้องการ (ส่วนใบ ความกว้าง 1 เซนติเมตร ความยาว 3 เซนติเมตร และส่วนก้านหั่นเป็นแท่งสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีความหนา 0.3 เซนติเมตร ความยาว 2 เซนติเมตร ความกว้าง 1 เซนติเมตร) โดยจุ่มสารละลายต่าง ๆ ตามตารางที่ 1 วางตัวอย่างบนตะแกรงเก็บรักษาในตู้ Climatic Test cabinet ที่อุณหภูมิ 10 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 % เนื่องจากเป็นสภาวะการทดสอบที่เกิดการถ่ายเทของไอน้ำระหว่างบริเวณผิวหน้ากะหล่ำปลีตัดแต่งกับบรรยากาศรอบ ๆ เพื่อทดสอบสารเคลือบผิวในการต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำ และข้อจำกัดของเครื่องมือที่สามารถตั้งค่าการทำงานในการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ 95 % ที่อุณหภูมิ 10 ± 1 องศาเซลเซียสเท่านั้น จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักทุก ๆ 30 นาที จนกระทั่งครบเวลา 3 ชั่วโมง และคำนวณหาค่า WVR แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ข (1)

2. การสูญเสียน้ำหนัก (% weight loss) ดัดแปลงวิธีจาก Ibrahim et al. (2005) ทำการชั่งน้ำหนักและสังเกตการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกของกะหล่ำปลีตัดแต่ง แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ข (2)

3. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) วิเคราะห์ด้วยเครื่อง pH meter แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ข (3)

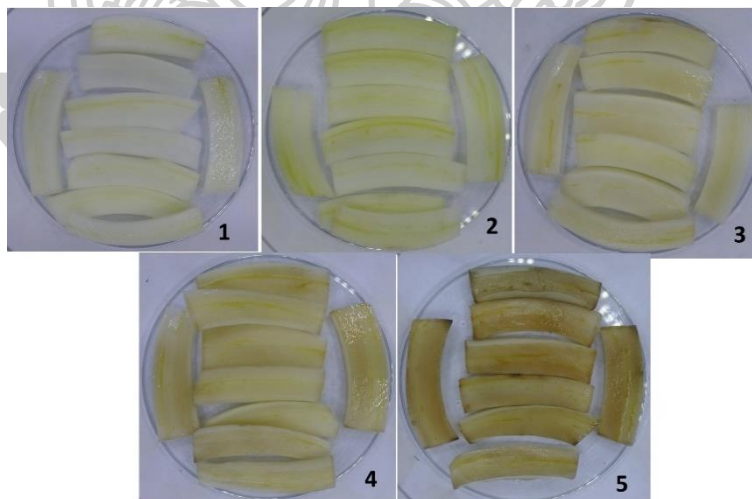
4. ค่าสี ดัดแปลงวิธีจาก Ibrahim et al. (2005) ทำการวัดค่าสีในระบบ CIE $L^* a^* b^*$ ทำการวัดในรูปของค่า $L^* a^* b^*$ ด้วยเครื่องวัดสี Hunter lab แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ข (4)

5. ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning index) ทำการให้ระดับคะแนนที่เกิดสีน้ำตาลตรงบริเวณขอบผิวที่ถูกตัดแต่งของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบและส่วนก้าน แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ข (5) โดยมีการกำหนดค่าระดับเกณฑ์มาตรฐานดังต่อไปนี้

- 1 = ไม่พบการเกิดสีน้ำตาล
- 2 = พบการเกิดสีน้ำตาลเล็กน้อย (<25% ของบริเวณพื้นที่ผิวรอยตัด)
- 3 = พบการเกิดสีน้ำตาลปานกลาง (25-50% ของบริเวณพื้นที่ผิวรอยตัด)
- 4 = พบการเกิดสีน้ำตาลมาก (50-75% ของบริเวณพื้นที่ผิวรอยตัด)
- 5 = พบการเกิดสีน้ำตาลมากที่สุด (>75% ของบริเวณพื้นที่ผิวรอยตัด)



ภาพที่ 9 ระดับเกณฑ์มาตรฐานการให้คะแนนการเกิดสีน้ำตาลกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบ



ภาพที่ 10 ระดับเกณฑ์มาตรฐานการให้คะแนนการเกิดสีน้ำตาลกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้าน

6. การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ Phenylalanine ammonia lyase (PAL activity) ดัดแปลงวิธีจาก Degl'Innocenti et al. (2005) แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ข (6)

7. การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO activity) ดัดแปลงจากวิธีการของ Banerjee, Penna, and Variyar (2015) แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ข (7)

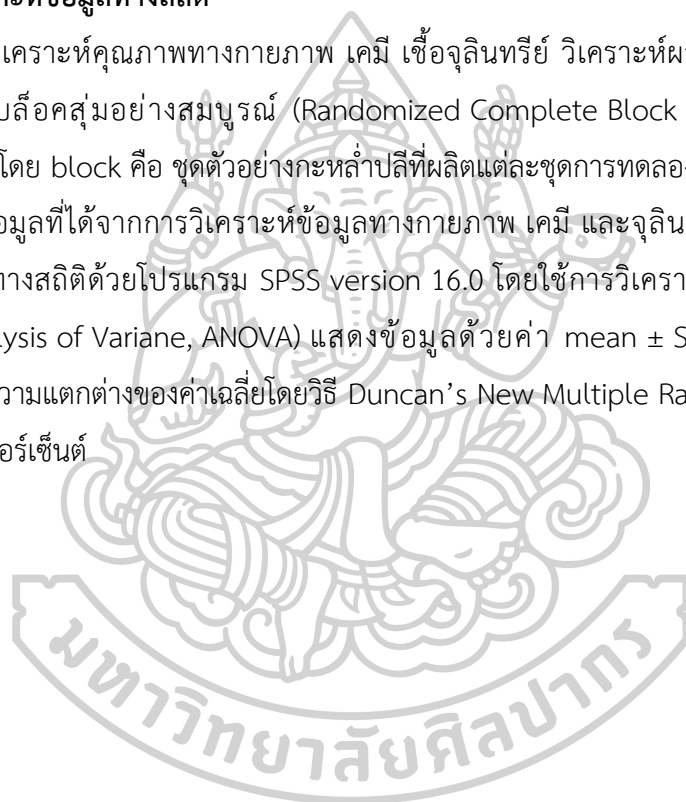
2. การวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์

การตรวจวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์แบบที่เรียทั้งหมด และยีสต์และรา ดัดแปลงวิธีจาก Banerjee et al. (2016) แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ข (8)

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี เชื้อจุลินทรีย์ วิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ โดย block คือ ชุดตัวอย่างกะหล่ำปลีที่ผลิตแต่ละชุดการทดลอง

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์มาประมวลผลและวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS version 16.0 โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance, ANOVA) แสดงข้อมูลด้วยค่า mean \pm S.D. และการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาสารเคลือบผิวบรีโกลได้ร่วมกับสารต้านการเกิดสีน้ำตาลที่เหมาะสมต่อคุณภาพของ
กะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบรีโกล

4.1 การวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพและเคมี

4.1.1 ค่าความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำ (Water Vapor Resistance, WVR)

ตัวอย่างกะหล่ำปลีตัดแต่งทั้งส่วนใบและส่วนก้านที่เก็บรักษาในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 10 ± 1 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 95 % จากนั้นนำออกมาชั่งน้ำหนักทุก ๆ 30 นาที เป็นเวลา 3 ชั่วโมง พบว่ากะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบของตัวอย่างที่มีการใช้สารเคลือบผิวมีค่า WVR มากกว่าตัวอย่างชุดควบคุมและตัวอย่างที่มีการจุ่มในกรดอะซิติกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังตารางที่ 2 ทั้งนี้เนื่องจากค่า WVR เป็นค่าที่แสดงถึงความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำ โดยตัวอย่างที่มีค่า WVR มากจะทำให้มีความต้านทานการซึมผ่านไอน้ำมากส่งผลให้มีการสูญเสียน้ำหนักน้อย อีกทั้งสารเคลือบผิวโคโตซานหรือมอลโทเดกซ์ทริน สามารถเสริมความต้านทานการซึมผ่านไอน้ำของตัวอย่างกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบได้ (Poverenov et al., 2014) ขณะที่ตัวอย่างกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านนั้นมีการสูญเสียน้ำได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากการเตรียมตัวอย่างส่วนก้านจะทำการตัดส่วนที่เป็นผิวภายนอกออกเพื่อให้ได้ตัวอย่างที่มีรูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้าในแนวยาวทุกด้าน และผิวด้านนอกดังกล่าวมีลักษณะเป็นแวกซ์เคลือบผิวธรรมชาติทำหน้าที่ป้องกันการสูญเสียน้ำจากการคายน้ำออกมาที่ผิวหรือมีการต้านทานการซึมผ่านไอน้ำ ซึ่งส่งผลต่อค่า WVR ของสารเคลือบผิวที่ต้องการศึกษา ดังนั้นการตัดแต่งส่วนที่เป็นเปลือกผิวด้านนอก จึงส่งผลให้เกิดการสูญเสียส่วนที่สามารถต้านทานการซึมผ่านไอน้ำหรือเกิดการคายน้ำออกมาที่ผิวอย่างรวดเร็วอัตราการหายใจและการคายน้ำสูง ส่งผลให้ค่า WVR ของส่วนก้านน้อยกว่าส่วนใบ (Chiumarelli & Hubinger, 2012)

ตารางที่ 2 ค่าความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบและส่วนก้านที่
อุณหภูมิ 10±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่าง	WVR (sec/cm)	
	ส่วนใบ	ส่วนก้าน ^{NS}
Control	0.1589±0.0064 ^{BC}	0.0615±0.0127
Ace	0.1418±0.0078 ^C	0.1105±0.0604
DE10+Ace	0.1807±0.0026 ^{AB}	0.0652±0.0066
DE18+Ace	0.1746±0.0030 ^{AB}	0.0670±0.0016
CH+Ace	0.1865±0.0151 ^A	0.0700±0.0079

หมายเหตุ^{A,B,C} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่กำกับที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{NS} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันตามแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.1.2 การสูญเสียน้ำหนัก (Weight loss)

การสูญเสียน้ำหนักของกะหล่ำปลีตัดแต่งทั้งส่วนใบและส่วนก้านที่บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน พบว่า กะหล่ำปลีตัดแต่งทั้งส่วนใบและส่วนก้านมีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นทั้ง 5 ตัวอย่างตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาวันที่ 10 ตัวอย่างกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบที่มีการใช้สารเคลือบผิวจะมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าตัวอย่างชุดควบคุมแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังตารางที่ 3 เมื่อเก็บรักษา 8 วัน ตัวอย่างกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านที่เคลือบผิวด้วยมอลโทเดกซ์ทริน DE10+Ace มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าตัวอย่างชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังตารางที่ 4

ทั้งนี้กะหล่ำปลีตัดแต่งเป็นผักใบที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ 70-95% และมีอัตราการหายใจและการคายน้ำสูง ส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักได้อย่างรวดเร็ว (กนกพร บุญญะอดิชาติ, 2558) และเมื่อเซลล์ของผลิตผลได้รับการบาดเจ็บก็จะยิ่งกระตุ้นให้เนื้อเยื่อมีอัตราการหายใจสูงเช่นกัน ซึ่งการสูญเสียน้ำจะอยู่ในรูปของการคายน้ำโดยที่น้ำเปลี่ยนเป็นไอและระเหยออกไปทางปากใบ หรืออาจมีการสูญเสียน้ำทางผิวใบและส่วนของลำต้นอ่อนๆ ทางรอยแตกหรือรูเล็ก ๆ การสูญเสียน้ำหนักของผักผลไม้ส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับอัตราการหายใจ และการซึมผ่านของไอน้ำที่บริเวณผิวผักผลไม้ เนื่องมาจากความแตกต่างของแรงดันไอน้ำระหว่างพื้นที่รอบ ๆ กับเนื้อเยื่อของผักผลไม้ ประกอบกับกระบวนการตัดแต่งส่งผลให้ผักผลไม้สูญเสียคิวติเคิลและเนื้อเยื่อชั้นนอกสุด ทำให้น้ำสามารถระเหย

ออกได้ง่ายและส่งผลโดยตรงต่อการสูญเสียน้ำหนัก (พนิดา งามเชื้อชิต, 2560) ดังนั้นการใช้สารเคลือบผิวจึงสามารถป้องกันการสูญเสียความชุ่มชื้นของผลิตผลได้ โดยทำหน้าที่เสมือนเป็นเยื่อเลือกผ่านที่ปกป้องผิวตัดแต่งทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซกับบรรยากาศน้อยลง ชะลออัตราการหายใจและการคายน้ำได้ช้าลง อีกทั้งฟิล์มมีความหนาเพิ่มขึ้น ซึ่งช่วยเพิ่มความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำได้ (Galus, Mathieu, Lenart, & Debeaufort, 2012) นอกจากนี้ค่า WVR จะมีความแตกต่างกันกับค่าการสูญเสียน้ำหนัก เนื่องจากค่า WVR จะทำการทดสอบในลักษณะระบบปิดโดยขึ้นตัวอย่างของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบและส่วนก้านจะสัมผัสกับอากาศโดยตรง จะส่งผลให้ขึ้นกะหล่ำปลีส่วนใบและส่วนก้านเกิดการสูญเสียน้ำหนักอย่างรวดเร็ว เพื่อศึกษา WVR ของสารเคลือบผิวที่ใช้ในการทดลอง เพื่อระบุว่าสารเคลือบผิวมีความสามารถที่จะต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำมากหรือน้อยเพียงใด ส่วนค่าการสูญเสียน้ำหนักนั้นจะทำการทดสอบในลักษณะระบบปิดโดยขึ้นตัวอย่างกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบและส่วนก้านที่ผ่านการเคลือบผิวจะถูกนำไปบรรจุในถุงพลาสติก ซึ่งขึ้นตัวอย่างจะไม่ถูกสัมผัสกับอากาศโดยตรง ทำให้เมื่อกะหล่ำปลีมีการคายน้ำออกมาที่บริเวณผิวหน้าก็จะยังคงอยู่ภายในถุงพลาสติกหรืออาจจะมีการซึมผ่านถุงพลาสติกบ้างเล็กน้อย

ตารางที่ 3 การสูญเสียน้ำหนักของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน

ตัวอย่าง	การสูญเสียน้ำหนัก (%)				
	วันที่ 1 ^{NS}	วันที่ 4 ^{NS}	วันที่ 6 ^{NS}	วันที่ 8 ^{NS}	วันที่ 10 ^{NS}
Control	0.12±0.00 ^c	0.74±0.18 ^b	0.89±0.04 ^b	1.16±0.17 ^b	1.78±0.35 ^a
Ace	0.31±0.18 ^e	0.61±0.17 ^d	0.95±0.21 ^c	1.32±0.21 ^b	1.65±0.17 ^a
DE10+Ace	0.40±0.31 ^c	0.77±0.12 ^{bc}	1.04±0.10 ^{ab}	1.41±0.02 ^a	1.53±0.16 ^a
DE18+Ace	0.34±0.04 ^c	0.83±0.30 ^b	0.89±0.30 ^b	1.13±0.13 ^b	1.50±0.30 ^a
CH+Ace	0.21±0.04 ^d	0.82±0.04 ^c	0.98±0.18 ^c	1.34±0.00 ^b	1.59±0.08 ^a

หมายเหตุ ^{a,b,c} ตัวอักษรพิมพ์เล็กกำกับที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{NS} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันตามแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4 การสูญเสียน้ำหนักของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน

ตัวอย่าง	การสูญเสียน้ำหนัก (%)				
	วันที่ 1 ^{NS}	วันที่ 4	วันที่ 6 ^{NS}	วันที่ 8	วันที่ 10 ^{NS}
Control	0.15±0.04 ^e	0.67±0.10 ^{ABd}	0.98±0.08 ^c	1.31±0.03 ^{Ab}	1.53±0.06 ^a
Ace	0.40±0.21 ^d	0.80±0.08 ^{Ac}	0.98±0.00 ^{bc}	1.20±0.13 ^{ABb}	1.54±0.18 ^a
DE10+Ace	0.13±0.18 ^d	0.49±0.00 ^{Bc}	0.83±0.05 ^b	0.95±0.05 ^{Bb}	1.29±0.09 ^a
DE18+Ace	0.21±0.21 ^d	0.68±0.16 ^{ABc}	0.98±0.01 ^b	1.44±0.03 ^{Aa}	1.59±0.01 ^a
CH+Ace	0.25±0.26 ^d	0.68±0.00 ^{ABc}	0.96±0.30 ^{bc}	1.17±0.17 ^{ABab}	1.48±0.08 ^a

หมายเหตุ^{a,b,c} ตัวอักษรพิมพ์เล็กกำกับที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{A,B,C} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่กำกับที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{NS} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันตามแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.1.3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรด-ด่างของกะหล่ำปลีตัดแต่งทั้งส่วนใบและส่วนก้านอยู่ในช่วง 5.92 – 6.61 และกะหล่ำปลีตัดแต่งทั้งส่วนใบและส่วนก้านตัวอย่างส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสดังตารางที่ 5 และ 6 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากค่าความเป็นกรด-ด่างเกิดจากการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนในผลิตภัณฑ์ซึ่งจะสัมพันธ์กันกับความแก่-อ่อน อัตราการหายใจ และกระบวนการเมตาบอลิซึมในผลิตภัณฑ์ เมื่อผลิตภัณฑ์อัตราการหายใจสูงจะเกิดการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ขึ้นทำให้ปริมาณกรดลดลง เนื่องจากถูกนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นของกระบวนการหายใจ (Abbasi, Iqbal, Maqbool, & Hafiz, 2009) ส่งผลให้ปริมาณกรดลดลงซึ่งสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรด-ด่างที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 5 ค่าความเป็นกรด-ด่างของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน

ตัวอย่าง	ค่าความเป็นกรด-ด่าง				
	วันที่ 1	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 10
Control	6.15±0.02 ^{Ab}	6.33±0.08 ^{Aa}	6.37±0.02 ^{Ba}	6.36±0.02 ^{Aa}	6.34±0.06 ^{Ba}
Ace	5.92±0.09 ^{Cc}	6.15±0.02 ^{Bb}	6.27±0.01 ^{Dab}	6.28±0.01 ^{Bab}	6.30±0.00 ^{Ba}
DE10+Ace	5.99±0.05 ^{BCd}	6.23±0.01 ^{ABc}	6.44±0.01 ^{Aa}	6.35±0.03 ^{ABb}	6.48±0.04 ^{Aa}
DE18+Ace	6.05±0.15 ^{ABCb}	6.22±0.00 ^{ABa}	6.30±0.06 ^{CDa}	6.34±0.02 ^{ABa}	6.35±0.04 ^{Ba}
CH+Ace	6.13±0.04 ^{ABb}	6.27±0.03 ^{ABa}	6.34±0.02 ^{BCa}	6.34±0.04 ^{ABa}	6.33±0.01 ^{Ba}

หมายเหตุ^{a,b,c} ตัวอักษรพิมพ์เล็กกำกับที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
^{A,B,C} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่กำกับที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 6 ค่าความเป็นกรด-ด่างของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน

ตัวอย่าง	ค่าความเป็นกรด-ด่าง				
	วันที่ 1	วันที่ 4	วันที่ 6 ^{NS}	วันที่ 8	วันที่ 10
Control	6.50±0.05 ^{Ac}	6.58±0.03 ^{Aa}	6.53±0.00 ^{bc}	6.53±0.00 ^{Aabc}	6.56±0.01 ^{Aab}
Ace	6.10±0.06 ^{Cc}	6.29±0.08 ^{Db}	6.39±0.07 ^a	6.33±0.01 ^{Bab}	6.37±0.03 ^{Bab}
DE10+Ace	6.02±0.00 ^{Cd}	6.34±0.00 ^{CDc}	6.52±0.09 ^{ab}	6.45±0.04 ^{ABbc}	6.61±0.06 ^{Aa}
DE18+Ace	6.29±0.07 ^{Bb}	6.41±0.01 ^{BCa}	6.47±0.02 ^a	6.46±0.09 ^{ABa}	6.46±0.10 ^{ABa}
CH+Ace ^{NS}	6.37±0.07 ^{AB}	6.47±0.00 ^B	6.43±0.05	6.42±0.00 ^{AB}	6.40±0.05 ^B

หมายเหตุ^{a,b,c} ตัวอักษรพิมพ์เล็กกำกับที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
^{A,B,C} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่กำกับที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
^{NS} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันตามแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
^{NS} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันตามแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.1.4 ค่าสี (Color)

ค่าสี L^* b^* และ a^* เป็นพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับติดตามการเปลี่ยนแปลงสีตรงบริเวณรอยตัดแต่งของผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้พร้อมบริโภค ซึ่งค่าสี L^* เป็นค่าสีที่บ่งชี้ความสว่างของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา พบว่า กะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบตัวอย่างชุดควบคุม, Ace, DE10+Ace และ DE18+Ace ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 10 วัน เมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างเดียวกัน พบว่า ตัวอย่าง CH+Ace ที่มีค่าสี L^* เปลี่ยนจาก 63.12 ± 2.06 ในวันที่ 1 เป็น 57.08 ± 3.01 ในวันที่ 10 และเมื่อเปรียบเทียบที่การเก็บรักษาวันที่ 8 และ 10 ตัวอย่าง CH+Ace มีค่าสี L^* น้อยกว่าทุกตัวอย่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) ดังตารางที่ 7 ส่วนกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านค่าสี L^* มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน พบว่า ทุกตัวอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) ดังตารางที่ 8 แต่มีงานวิจัยอื่น ๆ มากมายแสดงให้เห็นว่า สารเคลือบไคโตซานมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลอย่างงานวิจัยของ Qi, Wenzhong, Jiang, Tian, and Li (2011) ที่มีการใช้สารเคลือบไคโตซานสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิ้ลตัดแต่งได้

ส่วนค่าสี b^* บ่งชี้การเปลี่ยนแปลงของสีสเปกตรัมจากสีเหลืองเป็นสีน้ำเงิน พบว่า กะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบค่าสี b^* มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน พบว่า แต่ละตัวอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) ดังตารางที่ 9 การเปลี่ยนสีเขียวในผลิตภัณฑ์เนื่องจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ระหว่างการเก็บรักษาเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Ibrahim et al. (2005) ส่วนค่าสี b^* ของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน พบว่า แต่ละตัวอย่างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังตารางที่ 10 เนื่องจากมีการเกิดสีน้ำตาลขึ้นในกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้าน Cho and Moon (2014) รายงานว่าผักกาดหอมตัดแต่งมีการเกิดสีน้ำตาลตรงบริเวณรอยตัดแต่งเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าสี b^* เพิ่มขึ้นตามด้วย

ส่วนค่าสี a^* สามารถบ่งบอกการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ พบว่ากะหล่ำปลีตัดแต่งทั้งส่วนใบและส่วนก้านมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา 10 วัน ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาวันสุดท้ายของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบในตัวอย่าง CH+Ace มีค่าสี a^* มากกว่าตัวอย่างอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) ดังตารางที่ 11 คุณภาพของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใหญ่ได้รับผลกระทบจากการเกิดสีน้ำตาลและจุดดำในระหว่างการเก็บรักษา ค่าสี a^* จึงอาจเกิดจาก black speck ซึ่งปรากฏเป็นจุดสีดำบนกะหล่ำปลี ซึ่งยังไม่มีเหตุผลที่สามารถอธิบายได้อย่างชัดเจน เพียงแต่ว่า black speck อาจเกิดจากการเก็บรักษาและสภาพแวดล้อมของการเจริญเติบโตของผลิตภัณฑ์ และมีการให้ปุ๋ยไนโตรเจน (N)

ที่มีอัตราสูง (Studstill, Simonne, Brecht, & Gilreath, 2020) ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าโครงสร้างโมเลกุลของไคโตซานมีกลุ่มอะมิโนซึ่งเป็นแหล่งของไนโตรเจน จึงอาจทำให้เกิดจุดดำบนกะหล่ำปลีตัดแต่งในตัวอย่าง CH+Ace ส่วนกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านของตัวอย่างที่เคลือบผิวด้วยมอลโทเดกซ์ทริน (DE10+Ace และ DE18+Ace) และตัวอย่างที่มีการจุ่มในกรดอะซิติกมีค่าสี a^* น้อยกว่าตัวอย่างอื่นๆ ดังตารางที่ 12 เนื่องจากกรดอะซิติกสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลโดยลดค่าความเป็นกรด-ด่างลงได้ ซึ่งอาจยับยั้งการเกิดจุดดำบนกะหล่ำปลีตัดแต่งได้เช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ Kim and Klieber (1997) ซึ่งมีการใช้กรดซิตริกในกะหล่ำปลีจีนตัดแต่งและสามารถยับยั้งการเกิดจุดดำได้ในระหว่างการเก็บรักษา

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบและส่วนก้านของค่าสี L^* b^* และ a^* พบว่า กะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านมีค่าสี L^* และ a^* มากกว่าส่วนใบ และค่าสี b^* น้อยกว่าส่วนใบ เนื่องจากกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้าน เมื่อทำการตัดแต่งมีพื้นที่ผิวสัมผัสอากาศมากกว่าส่วนใบ (ภาคผนวก ค ภาพที่ 12) ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงการเกิดสีน้ำตาลมากขึ้นในกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้าน

ตารางที่ 7 ค่าสี L^* ของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบที่อุณหภูมิ 6 ± 1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน

ตัวอย่าง	ค่าสี L^*				
	วันที่ 1	วันที่ 4	วันที่ 6 ^{NS}	วันที่ 8	วันที่ 10
Control ^{ns}	64.94±2.21 ^{AB}	65.85±1.12 ^{AB}	64.56±3.39	63.44±0.88 ^A	64.61±4.11 ^A
Ace ^{ns}	66.06±0.80 ^A	62.26±0.27 ^{AB}	61.69±2.74	65.43±3.00 ^A	63.60±0.78 ^A
DE10+Ace ^{ns}	62.23±1.96 ^B	62.14±0.11 ^{AB}	63.35±1.38	62.54±1.07 ^A	61.41±1.70 ^A
DE18+Ace ^{ns}	64.45±0.63 ^{AB}	66.41±1.50 ^A	62.97±1.79	64.32±0.90 ^A	62.38±1.34 ^A
CH+Ace	63.12±2.06 ^{ABa}	61.80±2.97 ^{Bab}	59.36±1.49 ^{bc}	57.65±0.01 ^{Bc}	57.08±3.01 ^{Bc}

หมายเหตุ^{a,b,c} ตัวอักษรพิมพ์เล็กกำกับที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{A,B,C} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่กำกับที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันตามแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

^{NS} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันตามแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 8 ค่าสี L* ของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน

ตัวอย่าง	ค่าสี L*				
	วันที่ 1	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 10
Control	76.54±1.17 ^{Ba}	74.93±1.90 ^{ABab}	71.11±1.13 ^{Bbc}	68.87±1.68 ^{Bc}	61.48±0.95 ^{Bd}
Ace	79.74±0.68 ^{Aa}	78.27±0.69 ^{Aab}	78.81±1.33 ^{Aa}	76.89±1.12 ^{Aab}	75.26±3.55 ^{Ab}
DE10+Ace	77.42±1.05 ^{Aba}	78.50±1.80 ^{Aa}	76.88±1.60 ^{Aa}	77.03±0.57 ^{Aa}	71.91±1.28 ^{Ab}
DE18+Ace ^{ns}	79.41±0.33 ^A	77.13±1.56 ^A	77.40±0.43 ^A	77.07±0.69 ^A	74.67±3.33 ^A
CH+Ace	79.19±0.31 ^{Aa}	72.91±1.29 ^{Bb}	68.24±0.38 ^{Bc}	68.71±0.16 ^{Bc}	64.76±0.68 ^{Bd}

หมายเหตุ^{a,b,c} ตัวอักษรพิมพ์เล็กกำกับที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{A,B,C} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่กำกับที่ต่างกันตามแนวดิ่งแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันตามแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 9 ค่าสี b* ของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน

ตัวอย่าง	ค่าสี b*				
	วันที่ 1	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 10
Control	32.84±0.59 ^{Cbc}	34.96±0.57 ^{ABa}	34.02±0.16 ^{Aab}	32.86±0.37 ^{Bbc}	32.25±0.35 ^{Bc}
Ace ^{ns}	34.21±0.81 ^B	33.61±0.52 ^{AB}	33.93±0.10 ^A	34.41±1.10 ^{AB}	33.91±1.04 ^A
DE10+Ace	36.32±0.44 ^{Aa}	32.81±1.20 ^{Bd}	35.55±0.19 ^{Aab}	33.55±0.07 ^{Bcd}	34.66±0.25 ^{Abc}
DE18+Ace ^{ns}	34.93±0.01 ^B	36.48±1.46 ^A	34.55±0.79 ^A	35.86±0.61 ^A	34.55±0.56 ^A
CH+Ace	34.83±0.21 ^{Ba}	33.11±0.90 ^{Bab}	31.92±0.94 ^{Bb}	33.10±0.64 ^{Bab}	29.95±0.40 ^{Cc}

หมายเหตุ^{a,b,c} ตัวอักษรพิมพ์เล็กกำกับที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{A,B,C} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่กำกับที่ต่างกันตามแนวดิ่งแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันตามแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 10 ค่าสี b* ของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน

ตัวอย่าง	ค่าสี b*				
	วันที่ 1 ^{NS}	วันที่ 4 ^{NS}	วันที่ 6 ^{NS}	วันที่ 8 ^{NS}	วันที่ 10 ^{NS}
Control	12.76±2.42 ^c	20.17±0.55 ^b	24.24±2.34 ^a	24.32±0.28 ^a	25.52±1.81 ^a
Ace	15.24±0.42 ^c	19.73±2.47 ^{ab}	18.02±0.35 ^{bc}	19.94±1.25 ^{ab}	22.67±0.25 ^a
DE10+Ace	15.21±1.50 ^b	17.10±0.76 ^{ab}	18.40±1.97 ^{ab}	20.82±3.53 ^{ab}	22.44±1.06 ^a
DE18+Ace	14.71±1.54 ^b	17.26±3.61 ^b	21.33±3.66 ^a	21.56±4.56 ^a	24.50±1.79 ^a
CH+Ace ^{NS}	16.38±0.66	17.67±6.32	22.42±1.65	23.86±0.67	25.10±3.91

หมายเหตุ^{a,b,c} ตัวอักษรพิมพ์เล็กกำกับที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{NS} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันตามแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

^{NS} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันตามแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 11 ค่าสี a* ของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน

ตัวอย่าง	ค่าสี a*				
	วันที่ 1	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 10
Control ^{NS}	-6.93±0.12 ^A	-6.72±0.73 ^B	-6.32±0.38 ^B	-6.78±0.25 ^B	-5.82±0.46 ^B
Ace ^{NS}	-6.77±0.01 ^A	-6.40±0.40 ^{AB}	-6.91±0.91 ^B	-6.81±0.06 ^B	-6.69±0.48 ^B
DE10+Ace	-8.09±0.55 ^{Bb}	-7.17±0.15 ^{Bab}	-6.27±0.64 ^{Ba}	-6.93±0.62 ^{Bab}	-6.59±0.28 ^{Ba}
DE18+Ace ^{NS}	-7.19±0.11 ^A	-6.61±0.30 ^B	-6.41±0.66 ^B	-6.42±0.08 ^B	-6.57±1.13 ^B
CH+Ace	-7.49±0.06 ^{ABC}	-5.15±0.58 ^{Ab}	-3.95±0.45 ^{Aab}	-4.60±1.01 ^{Ab}	-2.47±0.73 ^{Aa}

หมายเหตุ^{a,b,c} ตัวอักษรพิมพ์เล็กกำกับที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{A,B,C} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่กำกับที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{NS} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันตามแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 12 ค่าสี a* ของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน

ตัวอย่าง	ค่าสี a*				
	วันที่ 1 ^{NS}	วันที่ 4 ^{NS}	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 10
Control	-2.52±0.46 ^d	-0.95±0.34 ^c	0.37±0.80 ^{Ab}	0.41±0.06 ^{Ab}	2.52±0.38 ^{Aa}
Ace ^{ns}	-2.18±0.43	-1.73±0.65	-1.53±0.11 ^B	-0.76±0.31 ^B	-0.02±1.30 ^{BC}
DE10+Ace	-2.65±0.49 ^b	-2.36±0.85 ^b	-1.96±0.13 ^{Bab}	-1.64±0.00 ^{Cab}	-0.78±0.14 ^{Ca}
DE18+Ace ^{ns}	-2.56±0.77	-2.55±0.66	-2.03±0.59 ^B	-1.57±0.43 ^{BC}	-0.26±1.20 ^{BC}
CH+Ace	-2.65±0.26 ^d	-1.29±0.92 ^c	-0.07±0.41 ^{Abc}	0.48±0.37 ^{Aab}	1.34±0.15 ^{ABa}

หมายเหตุ^{a,b,c} ตัวอักษรพิมพ์เล็กกำกับที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{A,B,C} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่กำกับที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันตามแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

^{NS} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันตามแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.1.5 ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning index)

ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล เป็นค่าที่บ่งชี้การเกิดสีน้ำตาลตรงบริเวณผิวรอยตัดแต่งของกะหล่ำปลี โดยผู้บริโภคจะยอมรับค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลน้อยกว่า 60 % ซึ่งเป็นคะแนนที่ผ่านการทดสอบจากผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสจำนวน 50 ท่าน จากตารางที่ 13 และ 14 พบว่า ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลของกะหล่ำปลีตัดแต่งทั้งส่วนใบและส่วนก้านมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา โดยกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบของตัวอย่างชุดควบคุม และตัวอย่างที่เคลือบผิวด้วย CH+Ace สามารถเก็บรักษาได้ 8 วันและ 4 วันตามลำดับ แต่ตัวอย่างที่เคลือบผิวด้วยมอลโทเดกซ์ทริน (DE10+Ace และ DE18+Ace) และตัวอย่างที่มีการจุ่มในกรดอะซิติกสามารถเก็บรักษาได้มากกว่า 10 วัน ส่วนกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านของตัวอย่างที่เคลือบผิวด้วยมอลโทเดกซ์ทริน (DE10+Ace และ DE18+Ace) และตัวอย่างที่มีการจุ่มในกรดอะซิติกสามารถเก็บรักษาได้ 8 วัน ซึ่งมากกว่าตัวอย่างชุดควบคุม และตัวอย่างที่เคลือบผิวด้วย CH+Ace และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบและส่วนก้าน พบว่า กะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านจะมีการเปลี่ยนแปลงการเกิดสีน้ำตาลได้ไวกว่าส่วนใบ เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงค่าสี L* และ a*

ตารางที่ 13 ดัชนีการเกิดสีน้ำตาลของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็น เวลา 10 วัน

ตัวอย่าง	ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (%)				
	วันที่ 1	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 10
Control	20±0	30±14	50±14	50±14	70±14
Ace	20±0	20±0	40±0	40±0	40±0
DE10+Ace	20±0	20±0	20±0	30±14	30±14
DE18+Ace	20±0	20±0	20±0	20±0	20±0
CH+Ace	20±0	40±0	60±0	70±14	90±14

ตารางที่ 14 ดัชนีการเกิดสีน้ำตาลของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็น เวลา 10 วัน

ตัวอย่าง	ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (%)				
	วันที่ 1	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 10
Control	20±0	40±0	60±0	80±0	100±0
Ace	20±0	20±0	35±7	50±14	60±0
DE10+Ace	20±0	20±0	35±7	45±7	60±14
DE18+Ace	20±0	20±0	30±8	42±3	70±0
CH+Ace	20±0	55±7	70±14	70±14	80±0

4.1.6 กิจกรรมของเอนไซม์ Phenylalanine ammonia lyase (PAL)

กิจกรรมของเอนไซม์ PAL ในกะหล่ำปลีตัดแต่งทั้งส่วนใบและส่วนก้านระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียส พบว่า กะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกันทุกตัวอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังตารางที่ 15 ส่วนกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน ดังตารางที่ 16 ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาวันที่ 10 ทั้งกะหล่ำปลีตัดแต่งทั้งส่วนใบและส่วนก้านของตัวอย่างที่มีการใช้สารเคลือบผิวและการจุ่มในกรดอะซิติกมีกิจกรรมของเอนไซม์ PAL น้อยกว่าตัวอย่างชุดควบคุม เนื่องจากกรดอะซิติกสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PAL ได้อย่างสมบูรณ์และยับยั้งการผลิตสารประกอบฟีนอลิกที่เกิดจากบาดแผลรอยตัดแต่ง (Tomás-Barberán, Gil, Castañer, Artés, & Saltveit, 1997) เอนไซม์ PAL เป็นเอนไซม์ตัวแรกในกระบวนการ

phenylpropanoid ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอล โดยการเหนี่ยวนำของกิจกรรมเอนไซม์ PAL จะมีความสัมพันธ์กับการตอบสนองความเครียดต่าง ๆ เช่น การเกิดบาดแผล เชื้อโรคเข้าทำลาย และอุณหภูมิต่ำ (Banerjee, Penna, Variyar, et al., 2015; Song et al., 2017) จึงส่งผลให้กิจกรรมของเอนไซม์ PAL เพิ่มขึ้นในตัวอย่างชุดควบคุมทั้งกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบและส่วนก้าน นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบและส่วนก้าน พบว่า ในวันที่ 10 กะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านมีกิจกรรมเอนไซม์ PAL มากกว่าส่วนใบ เนื่องจากกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านมีการตัดแต่ง ทำลายเนื้อเยื่อมากขึ้น และเชื้อโรคเข้าทำลายได้ง่ายมากขึ้น จึงส่งผลให้เกิดการกระตุ้นของเอนไซม์ PAL ในการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลมากขึ้น

ตารางที่ 15 กิจกรรมของเอนไซม์ Phenylalanine ammonia lyase ของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน

ตัวอย่าง	กิจกรรมของเอนไซม์ Phenylalanine ammonia lyase ($\mu\text{mol/g}$ fresh weight)	
	วันที่ 0	วันที่ 10
Control	0.037±0.006 ^A	0.041±0.001 ^A
Ace	0.023±0.008 ^{AB}	0.015±0.003 ^B
DE10+Ace	0.013±0.001 ^B	0.020±0.006 ^B
DE18+Ace	0.011±0.006 ^B	0.016±0.004 ^B
CH+Ace	0.017±0.001 ^B	0.012±0.002 ^B

หมายเหตุ^{A,B,C} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่กำกับที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 16 กิจกรรมของเอนไซม์ Phenylalanine ammonia lyase ของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน

ตัวอย่าง	กิจกรรมของเอนไซม์ Phenylalanine ammonia lyase ($\mu\text{mol/g}$ fresh weight)	
	วันที่ 0 ^{NS}	วันที่ 10 ^{NS}
Control	0.013±0.000	0.121±0.068
Ace	0.016±0.005	0.084±0.005
DE10+Ace	0.014±0.002	0.057±0.013
DE18+Ace	0.015±0.001	0.087±0.003
CH+Ace	0.017±0.005	0.087±0.008

หมายเหตุ^{NS} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันตามแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.1.7 กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO)

กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ในกะหล่ำปลีตัดแต่งทั้งส่วนใบและส่วนก้านระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน พบว่า กะหล่ำปลีตัดแต่งทั้งส่วนใบและส่วนก้านทุกตัวอย่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน ดังตารางที่ 17 และ 18 ตามลำดับ ทั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าเอนไซม์ PPO มีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลบนกะหล่ำปลีน้อย เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Banerjee, Penna, Variyar, et al. (2015) ซึ่งเอนไซม์ PPO เป็นเอนไซม์ที่ทำปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอลให้กลายเป็น o-quinone เกิดเป็นสีน้ำตาล ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาวันสุดท้ายของกะหล่ำปลีตัดแต่งทั้งส่วนใบและส่วนก้านในตัวอย่าง DE10+Ace และตัวอย่าง Ace มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO น้อยกว่าตัวอย่างอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากสารเคลือบผิวบริเวณผิวได้ช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลของเอนไซม์จากการสร้างบรรยากาศดัดแปลงบนผิวผลผลิตที่เคลือบโดยการแยกผลิตภัณฑ์ที่เคลือบออกจากสิ่งแวดล้อม (Ioannou & Ghoul, 2013) รวมทั้งเป็นผลมาจากกรดอะซิติกที่สามารถลดค่าความเป็นกรด-ด่างได้ นอกจากนี้กิจกรรมของเอนไซม์ PPO มีความสัมพันธ์กับค่าสี L^* และ a^* ที่มีการเปลี่ยนแปลงการเกิดสีน้ำตาลของกะหล่ำปลีตัดแต่งทั้งส่วนใบและส่วนก้านในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา

ตารางที่ 17 กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase ของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน

ตัวอย่าง	กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (Units/g fresh weight)	
	วันที่ 0	วันที่ 10
Control	18.15±0.67 ^{AB}	21.57±0.20 ^A
Ace	19.86±1.26 ^A	20.19±0.67 ^{AB}
DE10+Ace	17.70±0.64 ^B	19.41±0.40 ^B
DE18+Ace	19.59±1.78 ^A	21.36±2.23 ^A
CH+Ace	18.93±1.30 ^{AB}	21.39±1.10 ^A

หมายเหตุ^{A,B,C} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่กำกับที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 18 กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase ของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน

ตัวอย่าง	กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (Units/g fresh weight)	
	วันที่ 0	วันที่ 10
Control	16.77±1.14 ^B	22.17±2.42 ^{AB}
Ace	16.20±1.37 ^B	17.58±1.21 ^B
DE10+Ace	17.16±0.60 ^B	17.55±2.40 ^B
DE18+Ace	17.19±0.47 ^B	20.61±5.69 ^{AB}
CH+Ace	18.30±1.36 ^A	22.71±1.88 ^A

หมายเหตุ^{A,B,C} ตัวอักษรพิมพ์เล็กกำกับที่ต่างกันตามแนวดิ่งแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2 การวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์

กะหล่ำปลีตัดแต่งทั้งส่วนใบและส่วนก้านระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียส พบว่า กะหล่ำปลีตัดแต่งทั้งส่วนใบและส่วนก้านทุกตัวอย่างมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดตามเกณฑ์มาตรฐานผักตัดแต่งพร้อมบริโภคกำหนดให้ไม่เกิน 6 log CFU/g (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2560) ระหว่างการเก็บรักษา 10 วัน ยกเว้นกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านของตัวอย่างที่เคลือบผิวด้วยมอลโตเดกซ์ทริน DE18+Ace ที่สามารถเก็บรักษาได้เพียง 7 วัน ตัวอย่างกะหล่ำปลีตัดแต่งทั้งส่วนใบและส่วนก้านที่เคลือบผิวด้วยไคโตซาน CH+Ace และตัวอย่างที่มีการจุ่มในกรดอะซิติกมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์น้อยกว่าตัวอย่างชุดควบคุม ดังตารางที่ 19 และ 20 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากสารเคลือบผิวไคโตซานมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ (Poverenov et al., 2014) และกรดอะซิติกสามารถลดค่าความเป็นกรด-ด่าง จึงสามารถลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ลงได้ดี (Ponce De Leon, Inoue, & Shinano, 1993) อีกทั้งเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบและส่วนก้าน พบว่า กะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าส่วนก้าน เนื่องจากกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบมีพื้นที่ผิวสัมผัสของรอยตัดแตงน้อยกว่าส่วนก้านจึงทำให้เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดเจริญในส่วนใบได้น้อยกว่า จึงมีประสิทธิภาพในการป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้มากกว่า

ตารางที่ 19 จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน

ตัวอย่าง	จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g)				
	วันที่ 1 ^{NS}	วันที่ 3 ^{NS}	วันที่ 5 ^{NS}	วันที่ 7 ^{NS}	วันที่ 10 ^{NS}
Control	2.58±0.02 ^c	2.84±0.15 ^{bc}	3.39±0.61 ^{abc}	4.24±1.05 ^{ab}	4.42±0.80 ^a
Ace	2.69±0.26 ^b	2.36±0.82 ^b	2.69±0.77 ^b	3.13±0.47 ^{ab}	3.63±0.96 ^a
DE10+Ace	2.60±0.02 ^b	2.71±0.11 ^b	3.14±0.19 ^b	4.04±0.06 ^a	4.60±0.51 ^a
DE18+Ace ^{ns}	2.69±0.19	2.65±0.47	3.23±0.35	4.17±0.85	4.44±1.07
CH+Ace	2.11±0.58 ^b	1.59±0.83 ^b	2.46±0.04 ^{ab}	2.44±0.57 ^{ab}	4.04±0.03 ^a

หมายเหตุ^{a,b,c} ตัวอักษรพิมพ์เล็กกำกับที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันตามแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

^{NS} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันตามแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 20 จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน

ตัวอย่าง	จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g)				
	วันที่ 1	วันที่ 3 ^{NS}	วันที่ 5	วันที่ 7 ^{NS}	วันที่ 10 ^{NS}
Control	2.39±0.34 ^{Bc}	2.68±0.50 ^c	3.24±0.45 ^{ABbc}	4.69±0.95 ^{ab}	5.59±0.72 ^a
Ace	2.31±0.23 ^{Bb}	2.53±0.06 ^b	2.78±0.24 ^{ABb}	3.28±1.13 ^b	5.46±0.91 ^a
DE10+Ace	2.91±0.18 ^{Ab}	3.08±0.18 ^b	4.76±1.15 ^{Aab}	5.61±0.49 ^a	5.86±0.67 ^a
DE18+Ace	2.61±0.02 ^{ABb}	2.74±0.49 ^b	2.57±0.59 ^{Bb}	2.94±1.39 ^b	6.08±0.29 ^a
CH+Ace	2.62±0.45 ^{ABb}	2.69±0.30 ^b	4.11±0.73 ^{ABab}	4.75±0.49 ^a	5.46±0.59 ^a

หมายเหตุ^{a,b,c} ตัวอักษรพิมพ์เล็กกำกับที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{A,B,C} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่กำกับที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{NS} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันตามแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ส่วนจำนวนเชื้อยีสต์และเชื้อราตามเกณฑ์มาตรฐานผักตัดแต่งพร้อมบริโภคกำหนดให้ไม่เกิน 3.00 log CFU/g และ 2.70 log CFU/g ตามลำดับ (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2560) พบว่าจำนวนเชื้อยีสต์ของกะหล่ำปลีตัดแต่งทั้งส่วนใบและส่วนก้านทุกตัวอย่างไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ และสามารถเก็บรักษาได้อย่างน้อย 10 วัน ดังตารางที่ 21 และ 22 ตามลำดับ ตัวอย่างกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบที่เคลือบผิวด้วย CH+Ace สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อยีสต์ได้ และตัวอย่างก้านของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใหญ่จำนวนเชื้อยีสต์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่าเมื่อเทียบกับส่วนใบ

ส่วนจำนวนเชื้อราของกะหล่ำปลีตัดแต่งทั้งส่วนใบและส่วนก้านทุกตัวอย่างไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ และสามารถเก็บรักษาได้ 10 วัน จำนวนเชื้อราของกะหล่ำปลีตัดแต่งทั้งส่วนใบและส่วนก้านมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา 10 วัน และเมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกันแต่ละตัวอย่างของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังตารางที่ 23 ส่วนกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านในตัวอย่าง CH+Ace ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาวันที่ 10 พบว่า มีจำนวนเชื้อราน้อยกว่าตัวอย่างอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังตารางที่ 24 ทั้งนี้เนื่องจากสารเคลือบผิวโคโคซานมีคุณสมบัติเป็นสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ โดยมีประสิทธิภาพมากที่สุดต่อการยับยั้งเชื้อยีสต์และเชื้อรา รองลงมาแบคทีเรียแกรมบวกและแบคทีเรียแกรมลบ (Aider, 2010) ซึ่งกลไกการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์เกิดจากการทำงานร่วมกันระหว่างโมเลกุลของโคโคซานที่มีประจุบวกกับผนังเซลล์จุลินทรีย์ที่มีประจุลบนั้นส่งผลให้เกิดการหยุดชะงักของเยื่อหุ้มเซลล์เกิดการรั่วไหลขององค์ประกอบภายในเซลล์และทำให้เซลล์จุลินทรีย์ตาย (Kong, Chen, Xing, & Park, 2010) และตัวอย่างกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านมีจำนวนเชื้อราเพิ่มขึ้นมากกว่าเมื่อเทียบกับส่วนใบ เนื่องจากกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านมีการตัดแต่งมากกว่าส่วนใบ และมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากขึ้นสามารถทำให้เชื้อยีสต์และเชื้อราเข้าทำลายเนื้อเยื่อของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านได้ง่ายกว่า

ตารางที่ 21 จำนวนเชื้อยีสต์ของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน

ตัวอย่าง	จำนวนเชื้อยีสต์ (log CFU/g)				
	วันที่ 1	วันที่ 3	วันที่ 5	วันที่ 7	วันที่ 10
Control	<1.00	<1.00	ไม่พบ	ไม่พบ	<1.00
Ace	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
DE10+Ace	ไม่พบ	<1.00	ไม่พบ	ไม่พบ	<1.00
DE18+Ace	1.10±1.25	ไม่พบ	<1.00	ไม่พบ	<1.00
CH+Ace	1.10±1.03	<1.00	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

ตารางที่ 22 จำนวนเชื้อยีสต์ของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน

ตัวอย่าง	จำนวนเชื้อยีสต์ (log CFU/g)				
	วันที่ 1	วันที่ 3	วันที่ 5 ^{NS}	วันที่ 7	วันที่ 10 ^{NS}
Control	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	<1.00	2.04±2.17
Ace	<1.00	ไม่พบ	1.30±1.45	1.24±1.39	2.37±2.49
DE10+Ace	<1.00	ไม่พบ	<1.00	<1.00	2.06±2.13
DE18+Ace	<1.00	ไม่พบ	1.18±0.85	<1.00	<1.00
CH+Ace	<1.00	ไม่พบ	1.10±1.25	ไม่พบ	2.76±2.90

หมายเหตุ^{NS} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันตามแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 23 จำนวนเชื้อราของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบที่อุณหภูมิตั้ง 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน

ตัวอย่าง	จำนวนเชื้อรา (log CFU/g)				
	วันที่ 1 ^{NS}	วันที่ 3 ^{NS}	วันที่ 5 ^{NS}	วันที่ 7 ^{NS}	วันที่ 10 ^{NS}
Control ^{NS}	1.30±1.33	1.68±1.50	1.99±2.07	2.27±2.33	2.50±2.48
Ace	1.68±1.25 ^{ab}	1.10±0.55 ^b	1.63±1.39 ^{ab}	1.83±1.78 ^{ab}	2.21±2.09 ^a
DE10+Ace	1.93±1.33 ^{abc}	1.18±0.85 ^c	1.85±0.00 ^{bc}	2.11±1.85 ^{ab}	2.30±1.59 ^a
DE18+Ace ^{NS}	1.93±2.08	1.10±0.55	1.18±1.15	1.51±1.59	1.68±1.03
CH+Ace ^{NS}	<1.00	1.65±1.55	1.51±0.55	1.36±0.55	1.48±0.85

หมายเหตุ^{a,b,c} ตัวอักษรพิมพ์เล็กกำกับที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{NS} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันตามแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

^{NS} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันตามแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 24 จำนวนเชื้อราของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านที่อุณหภูมิตั้ง 6±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 วัน

ตัวอย่าง	จำนวนเชื้อรา (log CFU/g)				
	วันที่ 1 ^{NS}	วันที่ 3 ^{NS}	วันที่ 5 ^{NS}	วันที่ 7 ^{NS}	วันที่ 10
Control	1.57±0.55 ^b	1.63±1.50 ^b	1.40±1.33 ^b	2.15±2.14 ^b	2.57±2.17 ^{Aa}
Ace	1.35±1.25 ^b	1.30±1.33 ^b	1.78±1.80 ^b	1.85±1.80 ^b	2.36±1.45 ^{ABa}
DE10+Ace ^{NS}	1.63±1.03	1.18±0.85	1.51±1.25	1.85±1.75	2.05±1.83 ^{AB}
DE18+Ace ^{NS}	<1.00	<1.00	1.28±1.35	2.22±2.26	2.24±2.13 ^{AB}
CH+Ace ^{NS}	1.11±0.55	1.00±0.00	1.72±1.50	1.86±1.91	1.68±1.72 ^B

หมายเหตุ^{a,b,c} ตัวอักษรพิมพ์เล็กกำกับที่ต่างกันตามแนวนอนแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{A,B,C} ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่กำกับที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{NS} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันตามแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

^{NS} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันตามแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง

การใช้สารเคลือบผิวมอลโตเดกซ์ทริน DE10 ร่วมกับกรดอะซิติก (DE10+Ace) สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของกะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ระหว่างการเก็บรักษาอย่างน้อย 10 วันที่อุณหภูมิ 6 ± 1 องศาเซลเซียสโดยสามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงการเกิดสีน้ำตาลและลดการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ รวมทั้งสามารถเพิ่มความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำ จึงทำให้สามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ในกะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบริโภค



รายการอ้างอิง

- Abbasi, N., Iqbal, Z., Maqbool, M., & Hafiz, I. (2009). Postharvest quality of mango (*mangifera indica* L.) fruit as affected by chitosan coating. *Pakistan Journal of Botany*, 41, 343-357.
- Aider, M. (2010). Chitosan application for active bio-based films production and potential in the food industry: Review. *LWT - Food Science and Technology*, 43(6), 837-842. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.01.021>
- Akhtar, A., Abbasi, N., & Hussain, A. (2010). Effect of calcium chloride treatments on quality characteristics of loquat fruit during storage. *Pakistan Journal of Botany*, 42, 181-188.
- Avena-Bustillos, R. J., Cisneros-Zevallos, L. A., Krochta, J. M., & Saltveit, M. E. (1993). Optimization of Edible Coatings on Minimally Processed Carrots Using Response Surface Methodology. *Transactions of the ASAE*, 36(3), 801-805. doi:<https://doi.org/10.13031/2013.28401>
- Banerjee, A., Chatterjee, S., Variyar, P. S., & Sharma, A. (2016). Shelf life extension of minimally processed ready-to-cook (RTC) cabbage by gamma irradiation. *Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 233-244. doi:10.1007/s13197-015-2025-7
- Banerjee, A., Penna, S., & Variyar, P. S. (2015). Allyl isothiocyanate enhances shelf life of minimally processed shredded cabbage. *Food Chem*, 183, 265-272.
- Banerjee, A., Penna, S., Variyar, P. S., & Sharma, A. (2015). Gamma irradiation inhibits wound induced browning in shredded cabbage. *Food Chem*, 173, 38-44.
- Bierhals, V., Chiumarelli, M., & Hubinger, M. (2013). Effect of Cassava Starch Coating on Quality and Shelf Life of Fresh-Cut Pineapple (*Ananas Comosus* L. Merrill cv "Perola"). *J Food Sci*, 76, E62-72. doi:10.1111/j.1750-3841.2010.01951.x
- Carvalho, R. L., Cabral, M. F., Germano, T. A., de Carvalho, W. M., Brasil, I. M., Gallão, M. I., . . . de Miranda, M. R. A. (2016). Chitosan coating with trans-cinnamaldehyde improves structural integrity and antioxidant metabolism of fresh-cut melon. *Postharvest Biology and Technology*, 113, 29-39. doi:<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.11.004>

- Castañer, M., Gil, M. I., Ruíz, M. V., & Artés, F. (1999). Browning susceptibility of minimally processed Baby and Romaine lettuces. *European Food Research and Technology*, 209(1), 52-56. doi:10.1007/s002170050456
- Cheung, H., Tanke, R. S., & Torrence, G. P. (2011). Acetic Acid. In *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry* (pp. 209-237). Germany: Wiley-VCH.
- Chiumarelli, M., & Hubinger, M. (2012). Stability, solubility, mechanical and barrier properties of cassava starch – Carnauba wax edible coatings to preserve fresh-cut apples. *Food Hydrocolloids*, 28, 59–67. doi:10.1016/j.foodhyd.2011.12.006
- Chiumarelli, M., & Hubinger, M. D. (2014). Evaluation of edible films and coatings formulated with cassava starch, glycerol, carnauba wax and stearic acid. *Food Hydrocolloids*, 38, 20-27. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.11.013>
- Cho, J.-S., & Moon, K.-d. (2014). Comparison of image analysis methods to evaluate the degree of browning of fresh-cut lettuce. *Food Science and Biotechnology*, 23, 1043-1048. doi:10.1007/s10068-014-0142-0
- Chong, J. X., Lai, S., & Yang, H. (2015). Chitosan combined with calcium chloride impacts fresh-cut honeydew melon by stabilising nanostructures of sodium-carbonate-soluble pectin. *Food Control*, 53, 195-205. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.12.035>
- Chung, Y.-C., & Chen, C.-Y. (2008). Antibacterial characteristics and activity of acid-soluble chitosan. *Bioresource Technology*, 99(8), 2806-2814. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.06.044>
- Degl'Innocenti, E., Guidi, L., Pardossi, A., & Tognoni, F. (2005). Biochemical Study of Leaf Browning in Minimally Processed Leaves of Lettuce (*Lactuca sativa* L. Var. Acephala). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(26), 9980-9984. doi:10.1021/jf050927o
- Di Guardo, M., Tadiello, A., Farneti, B., Lorenz, G., Masuero, D., Vrhovsek, U., . . . Costa, F. (2013). A Multidisciplinary Approach Providing New Insight into Fruit Flesh Browning Physiology in Apple (*Malus x domestica* Borkh.). *PloS one*, 8, e78004. doi:10.1371/journal.pone.0078004

- Ding, C.-K., Chachin, K., Ueda, Y., & Wang, C. Y. (2002). Inhibition of loquat enzymatic browning by sulfhydryl compounds. *Food Chem*, 76(2), 213-218.
doi:[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00270-9](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00270-9)
- Dziezak, J. D. (2015). Acids: Natural Acids and Acidulants. In (pp. 15-18).
- Eryuruk, S. H. (2020). Analyzing Thermophysiological Comfort and Moisture Management Behavior of Cotton Denim Fabrics. *Autex Research Journal*(0).
doi:<https://doi.org/10.2478/aut-2019-0073>
- Esra, K. (2012). Phenylalanine Ammonia Lyase Activity in Stem of Pepper (*Capsicum annuum* L.) infected by *Phytophthora capsici* L. *Gazi University Journal of Science*, 25(2), 307-312.
- Galus, S., Mathieu, H., Lenart, A., & Debeaufort, F. (2012). Effect of modified starch or maltodextrin incorporation on the barrier and mechanical properties, moisture sensitivity and appearance of soy protein isolate-based edible films. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 16, 148-154.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2012.05.012>
- He, Q., & Luo, Y. (2007). Enzymatic browning and its control in fresh-cut produce. *Stewart Postharvest Review*, 6(3), 1-7. doi:10.2212/spr.2007.6.3
- Hyun, M. W., Yun, Y. H., Kim, J. Y., & Kim, S. H. (2011). Fungal and Plant Phenylalanine Ammonia-lyase. *Mycobiology*, 39(4), 257-265. doi:10.5941/MYCO.2011.39.4.257
- Ibrahim, R., Osman, A., Saari, N., & Abdul Rahman, R. (2004). Effects of anti-browning treatments on the storage quality of minimally processed shredded cabbage. *Food Agriculture and Environment*, 2(2), 54-58.
- Ibrahim, R., osman, a., Saari, N., & Abdul Rahman, R. (2005). Effects of several packaging films on biochemical characteristics and microbiological counts of shredded cabbage at different storage conditions. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 3(2), 20-27.
- Ioannou, I., & Ghouli, M. (2013). Prevention of enzymatic browning in fruit and vegetables. *European Scientific Journal*, 9(30), 310-341.
- Irkin, R., & Guldaz, M. (2013). Chitosan Coating of Red Table Grapes and Fresh-Cut Honey Melons to Inhibit *Fusarium oxysporum* Growth. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(4), 1948-1956. doi:10.1111/jfpp.12170

- Jang, J.-H., & Moon, K.-D. (2011). Inhibition of polyphenol oxidase and peroxidase activities on fresh-cut apple by simultaneous treatment of ultrasound and ascorbic acid. *Food Chem*, 124(2), 444-449.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.052>
- Kim, B. S., & Klieber, A. (1997). Quality maintenance of minimally processed Chinese cabbage with low temperature and citric acid dip. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 75(1), 31-36. doi:10.1002/(SICI)1097-0010(199709)75:1<31::AID-JSFA836>3.0.CO;2-X
- Kong, M., Chen, X. G., Xing, K., & Park, H. J. (2010). Antimicrobial properties of chitosan and mode of action: A state of the art review. *International Journal of Food Microbiology*, 144(1), 51-63. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.09.012>
- Kramer, M. (2009). Structure and Function of Starch-Based Edible Films and Coatings. In M. E. Embuscado & K. C. Huber (Eds.), *Edible Films and Coatings for Food Applications* (pp. 113-134). USA: Springer.
- Li, B., Kennedy, J. F., Peng, J. L., Yie, X., & Xie, B. J. (2006). Preparation and performance evaluation of glucomannan–chitosan–nisin ternary antimicrobial blend film. *Carbohydrate Polymers*, 65(4), 488-494.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.02.006>
- Lin, D., & Zhao, Y. (2007). Innovations in the Development and Application of Edible Coatings for Fresh and Minimally Processed Fruits and Vegetables. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 6(3), 60-75.
doi:10.1111/j.1541-4337.2007.00018.x
- Liu, X., Ren, J., Zhu, Y., Han, W., Xuan, H., & Ge, L. (2016). The preservation effect of ascorbic acid and calcium chloride modified chitosan coating on fresh-cut apples at room temperature. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 502, 102-106.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2016.05.018>
- Manolopoulou, E., & Varzakas, T. (2014). Application of Antibrowning Agents in Minimally Processed Cabbage. *Journal of Food and Nutritional Disorders*, 3(1), 1-5. doi:10.4172/2324-9323.1000131

- Moore, G. R. P., Canto, L. R. d., Amante, E. R., & Soldi, V. (2005). Cassava and corn starch in maltodextrin production. *Química Nova*, 28, 596-600.
- Ochoa-Velasco, C. E., & Guerrero-Beltrán, J. Á. (2014). Postharvest quality of peeled prickly pear fruit treated with acetic acid and chitosan. *Postharvest Biology and Technology*, 92, 139-145. doi:<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.01.023>
- Oms-Oliu, G., Soliva-Fortuny, R., & Martín-Belloso, O. (2008). Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears. *Postharvest Biology and Technology*, 50(1), 87-94. doi:<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.03.005>
- Pao Kongsoontornkijkul. (2005). *SPRAY DRYING OF TAMARIND PASTE : EFFECT OF DRYING AIDS AND DRYING CONDITIONS ON DRIED PRODUCT QUALITY*. (MASTER ENGINEERING (FOOD ENGINEERING)), KING MONGKUT'S UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THONBURI,
- Peerasak, C., Boonsong, S. and Nantha, P. (2018). Optimization of chitosan and gum arabic coating formulations to physicochemical properties of fresh-cut mango. *Acta Horticulturae*, 1194, 527-536.
- Ponce De Leon, S., Inoue, N., & Shinano, H. (1993). Effect of Acetic and Citric Acids on the Growth and Activity (VB-N) of *Pseudomonas* sp. And *Moraxella* sp. *Bulletin of the Faculty of Fisheries of Hokkaido University*, 44(2), 80-85.
- Poverenov, E., Danino, S., Horev, B., Granit, R., Vinokur, Y., & Rodov, V. (2014). Layer-by-Layer Electrostatic Deposition of Edible Coating on Fresh Cut Melon Model: Anticipated and Unexpected Effects of Alginate–Chitosan Combination. *Food and Bioprocess Technology*, 7. doi:10.1007/s11947-013-1134-4
- Qi, H., Wenzhong, h., Jiang, A., Tian, M., & Li, Y. (2011). Extending shelf-life of Fresh-cut 'Fuji' apples with chitosan-coatings. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 12, 62-66. doi:10.1016/j.ifset.2010.11.001
- Queiroz, C., Mendes Lopes, M. L., Fialho, E., & Valente-Mesquita, V. L. (2008). Polyphenol Oxidase: Characteristics and Mechanisms of Browning Control. *Food Reviews International*, 24(4), 361-375. doi:10.1080/87559120802089332
- Rezapour, I., Jasemizad, T., Ayatollahi, M., Zamani, M., Aghaei, S., & Jebali, A. (2016). The presentation of a new inhibitor to prevent enzymatic browning in mushroom,

- banana, and apple. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 13(4), 1109-1122. doi:10.1007/s13762-015-0930-y
- Rojas-Grau, M. A., Soliva-Fortuny, R., & Martín-Belloso, O. (2011). Use of edible coating for fresh-cut fruits and vegetable. In M.-B. a. Soliva-Fortuny (Ed.), *Advances in Fresh-Cut Fruits and Vegetables Processing* (pp. 285-311). Boca Raton. USA.: CRC Press.
- Rojas-Grau, M. A., Soliva-Fortuny, R., & Martín-Belloso, O. (2009). Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 20(10), 438-447. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.05.002>
- Saavedra, Z., Leyva-Porras, C., Araujo-Díaz, S., Toxqui Teran, A., & Borrás, A. (2015). Technological Application of Maltodextrins According to the Degree of Polymerization. *Molecules*, 20, 21067-21081. doi:10.3390/molecules201219746
- Sayuri, T.-P., & Grosso, C. (2003). Development and characterization of edible films based on gluten from semi-hard and soft Brazilian wheat flours (development of films based on gluten from wheat flours). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 23. doi:10.1590/S0101-20612003000200027
- Senturk Parreidt, T., Müller, K., & Schmid, M. (2018). Alginate-Based Edible Films and Coatings for Food Packaging Applications. *Foods (Basel, Switzerland)*, 7(10), 170. doi:10.3390/foods7100170
- Shah, U., Naqash, F., Gani, A., & Masoodi, F. A. (2016). Art and Science behind Modified Starch Edible Films and Coatings: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(3), 568-580. doi:10.1111/1541-4337.12197
- Son, S. M., Moon, K. D., & Lee, C. Y. (2000). Kinetic study of oxalic acid inhibition on enzymatic browning. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(6), 2071-2074.
- Song, Z., Li, F., Guan, H., Xu, Y., Fu, Q., & Li, D. (2017). Combination of nisin and ϵ -polylysine with chitosan coating inhibits the white blush of fresh-cut carrots. *Food Control*, 74, 34-44. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.11.026>

- Souza, M. P., Vaz, A. F. M., Silva, H. D., Cerqueira, M. A., Vicente, A. A., & Carneiro-da-Cunha, M. G. (2015). Development and Characterization of an Active Chitosan-Based Film Containing Quercetin. *Food and Bioprocess Technology*, 8(11), 2183-2191. doi:10.1007/s11947-015-1580-2
- Sow, L. C., Tirtawinata, F., Yang, H., Shao, Q., & Wang, S. (2017). Carvacrol nanoemulsion combined with acid electrolysed water to inactivate bacteria, yeast in vitro and native microflora on shredded cabbages. *Food Control*, 76, 88-95. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.01.007>
- Studstill, D., Simonne, E., Brecht, J., & Gilreath, P. (2020). Pepper Spot ("Gomasho") on Napa Cabbage1.
- Supapvanich, S., Mitrang, P., Srinorkham, P., Boonyaritthongchai, P., & Wongs-Aree, C. (2016). Effects of fresh Aloe vera gel coating on browning alleviation of fresh cut wax apple (*Syzygium samarangense*) fruit cv. Taaptimjaan. *Journal of Food Science and Technology*, 53(6), 2844-2850. doi:10.1007/s13197-016-2262-4
- Tomás-Barberán, F. A., Gil, M. I., Castañer, M., Artés, F., & Saltveit, M. E. (1997). Effect of Selected Browning Inhibitors on Phenolic Metabolism in Stem Tissue of Harvested Lettuce. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(3), 583-589. doi:10.1021/jf960478f
- Trevino-Garza, M. Z., Garcia, S., del Socorro Flores-Gonzalez, M., & Arevalo-Nino, K. (2015). Edible Active Coatings Based on Pectin, Pullulan, and Chitosan Increase Quality and Shelf Life of Strawberries (*Fragaria ananassa*). *J Food Sci*, 80(8), M1823-1830. doi:10.1111/1750-3841.12938
- Treviño-Garza, M. Z., Garcia, S., Heredia, N., Alanís-Guzmán, M. G., & Arévalo-Niño, K. (2017). Layer-by-layer edible coatings based on mucilages, pullulan and chitosan and its effect on quality and preservation of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*). *Postharvest Biology and Technology*, 128, 63-75. doi:<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.01.007>
- Triyono, A., Andriansyah, R., Luthfiyanti, R., & Rahman, T. (2017). Development of modified starch technology (maltodextrin) from commercial tapioca on semi production scale using oil heater dextrinator. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 101, 012026. doi:10.1088/1755-1315/101/1/012026

Valencia-Chamorro, S., Palou, L., A Del Rio, M., & Pérez-Gago, M. (2011). Antimicrobial Edible Films and Coatings for Fresh and Minimally Processed Fruits and Vegetables: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51, 872-900. doi:10.1080/10408398.2010.485705

Zargar, V., Asghari, M., & Dashti, A. (2015). A Review on Chitin and Chitosan Polymers: Structure, Chemistry, Solubility, Derivatives, and Applications. *ChemBioEng Reviews*, 2(3), 204-226. doi:10.1002/cben.201400025

กนกพร บุญญะอดิชาติ. (2558). การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียปริมาณและคุณภาพของผักรับประทานใบ. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 7(3), 147-158.

กรมการค้าภายใน. (2560). คู่มือมาตรฐานสินค้าเกษตรในตลาดกลาง. กระทรวงพาณิชย์ กทม.

พนิดา งามเชื้อชิต. (2560). เนื้อมะม่วงสดตัดแต่ง: สรีรวิทยาและปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพ. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม, 12(1), 17-34.

วีไลภรณ์ ชนกนำชัย. (2542). การปลูกกะหล่ำปลี. กองเกษตรสัมพันธ์ กรมส่งเสริมการเกษตร จตุจักร กทม.





ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการเตรียมสารเคลือบผิวปริโคได้

1. การเตรียมสารละลายกรดอะซิติก 0.1% (Ace) ปริมาตร 2000 มิลลิลิตร

- 1.1 กรดอะซิติกความเข้มข้น 0.1% เตรียมโดยปิเปตกรดอะซิติก 2 มิลลิลิตร ละลายในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตรคนผสมจนเข้ากัน
- 1.2 เติม Tsunami 200 ppm และเติมแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5% โดยซังแคลเซียมคลอไรด์ 10 กรัม และคนผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน
- 1.3 ปรับปริมาตรให้ได้ขนาดปริมาตร 2000 มิลลิลิตร

2. การเตรียมสารเคลือบผิวมอลโทเดกซ์ทริน DE10 และ DE18 ความเข้มข้น 10%(w/v) (DE10+Ace และ DE18+Ace) ปริมาตร 2000 มิลลิลิตร

- 2.1 ซังมอลโทเดกซ์ทรินผง 200 กรัม
- 2.2 ละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตรที่มีกรดอะซิติก 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้าด้วย magnetic stirrers with hot plate ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
- 2.3 เติม Tsunami 200 ppm และเติมแคลเซียมคลอไรด์ 10 กรัม และคนผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน
- 2.4 ปรับปริมาตรให้ได้ขนาดปริมาตร 2000 มิลลิลิตร

3. การเตรียมสารเคลือบผิวไคโตซานความเข้มข้น 0.25%(w/v) ปริมาตร 2000 มิลลิลิตร

- 3.1 ซังไคโตซานผง 5 กรัม
- 3.2 ละลายในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตรที่มีกรดอะซิติก 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้าด้วย magnetic stirrers with hot plate ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
- 3.3 เติม Tsunami 200 ppm และเติมแคลเซียมคลอไรด์ 10 กรัม และคนผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน
- 3.4 ปรับปริมาตรให้ได้ขนาดปริมาตร 2000 มิลลิลิตร

ภาคผนวก ข

วิธีการวิเคราะห์ทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์

1. การวิเคราะห์หาค่าความต้านทานการซึมผ่านไอน้ำ ดัดแปลงวิธีจาก Avena-Bustillos et al. (1993)

การคำนวณหาค่าความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำ (WVR)

- ทำการตัดแต่งกะหล่ำปลีส่วนใบหรือส่วนก้านให้มีขนาดเท่ากันใส่ในภาชนะ แล้วทำการชั่งน้ำหนักก่อนและหลังจากการจุ่มลงในสารเคลือบ และเก็บรักษาในตู้ Climatic Test cabinet ที่อุณหภูมิ 10 ± 1 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 95 % คอยติดตามการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักทุก ๆ 30 นาที จนกระทั่งครบเวลา 3 ชั่วโมง แสดงตัวอย่างการทดลองหาค่า WVR ดังตารางที่ 25 จากนั้นทำการคำนวณหาน้ำหนักที่สูญเสียไป ณ เวลาต่าง ๆ ดังตารางที่ 26

ตารางที่ 25 น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาต่าง ๆ ของกะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบริโภครวม

ตัวอย่าง	น้ำหนักก่อน (กรัม)	น้ำหนักหลัง (กรัม)	น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไป ณ เวลาต่าง ๆ (กรัม)					
			30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที	150 นาที	180 นาที
ตัวอย่าง control ส่วนใบ	0.5936	0.7851	0.5790	0.5043	0.4585	0.4204	0.3882	0.3629

ตารางที่ 26 น้ำหนักที่สูญเสียไปตามเวลาต่าง ๆ ของกะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบริโภครวม

ตัวอย่าง	น้ำหนักก่อน (กรัม)	น้ำหนักหลัง (กรัม)	น้ำหนักที่สูญเสียไป ณ เวลาต่าง ๆ (กรัม)					
			30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที	150 นาที	180 นาที
ตัวอย่าง control ส่วนใบ	0.5936	0.7851	0.2061	0.2808	0.3266	0.3647	0.3969	0.4222

2. การสร้างกราฟระหว่างน้ำหนักที่สูญเสียน้ำและเวลา เพื่อนำค่าความชันของเส้นกราฟของตัวอย่างสารเคลือบผิวในกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบและส่วนก้าน ดังตารางที่ 27 และ 28 ตามลำดับ มาคำนวณหาค่าความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำ ดังสมการการคำนวณ

$$r = \left[\frac{\left(A_w - \frac{\%RH}{100} \right) P_{wv}}{RT} \right] \left(\frac{A}{J} \right)$$

- เมื่อ r = ความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำ (sec/cm)
 A_w = water activity ของกะหล่ำปลี (0.992)
 $\%RH$ = ความชื้นสัมพัทธ์ของตู้เก็บรักษา (95%RH)
 P_{wv} = saturated water vapor pressure (9.2115 mm Hg)
 R = universal gas content (3464.629 mm Hg cm³/g K)
 T = อุณหภูมิการเก็บรักษา (283 K)
 A = พื้นที่ผิว (cm²)
 J = ความชันของน้ำหนักที่สูญเสียน้ำในกะหล่ำปลีกับเวลาที่เก็บรักษา (g/sec)



ตารางที่ 27 สมการเส้นตรงและค่า R^2 ที่ได้จากการสร้างกราฟระหว่างน้ำหนักที่สูญเสียและเวลาของ
ตัวอย่างสารเคลือบผิวในกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบ

ตัวอย่าง	จำนวนซ้ำการทดลอง	สมการเส้นตรง	ค่า R^2
Control	1	$y = 0.002x + 0.1507$	$R^2 = 0.9812$
	2	$y = 0.002x + 0.1265$	$R^2 = 0.9779$
	3	$y = 0.0019x + 0.0584$	$R^2 = 0.9855$
	4	$y = 0.0018x + 0.0649$	$R^2 = 0.9776$
Ace	1	$y = 0.002x + 0.1287$	$R^2 = 0.9837$
	2	$y = 0.0022x + 0.1317$	$R^2 = 0.9909$
	3	$y = 0.0016x + 0.087$	$R^2 = 0.9803$
	4	$y = 0.0035x + 0.0645$	$R^2 = 0.9956$
DE10+Ace	1	$y = 0.0018x + 0.1148$	$R^2 = 0.9693$
	2	$y = 0.0016x + 0.1327$	$R^2 = 0.9654$
	3	$y = 0.0016x + 0.0786$	$R^2 = 0.9819$
	4	$y = 0.0017x + 0.1244$	$R^2 = 0.9687$
DE18+Ace	1	$y = 0.0017x + 0.1605$	$R^2 = 0.9834$
	2	$y = 0.0018x + 0.1183$	$R^2 = 0.9861$
	3	$y = 0.0017x + 0.0931$	$R^2 = 0.9611$
	4	$y = 0.0018x + 0.1014$	$R^2 = 0.9315$
CH+Ace	1	$y = 0.0016x + 0.1244$	$R^2 = 0.9854$
	2	$y = 0.0017x + 0.3335$	$R^2 = 0.9859$
	3	$y = 0.0018x + 0.2331$	$R^2 = 0.9816$
	4	$y = 0.0015x + 0.2707$	$R^2 = 0.9678$

ตารางที่ 28 สมการเส้นตรงและค่า R² ที่ได้จากการสร้างกราฟระหว่างน้ำหนักที่สูญเสียและเวลา ของ ตัวอย่างสารเคลือบผิวในกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้าน

ตัวอย่าง	จำนวนซ้ำการทดลอง	สมการเส้นตรง	ค่า R ²
Control	1	$y = 0.0057x + 0.0655$	$R^2 = 0.9983$
	2	$y = 0.0052x + 0.1403$	$R^2 = 0.97$
	3	$y = 0.004x + 0.0421$	$R^2 = 0.9935$
	4	$y = 0.0045x + 0.0635$	$R^2 = 0.9892$
Ace	1	$y = 0.004x + 0.2454$	$R^2 = 0.9937$
	2	$y = 0.0047x + 0.268$	$R^2 = 0.9882$
	3	$y = 0.0034x + 0.0648$	$R^2 = 0.9998$
	4	$y = 0.0013x + 0.0701$	$R^2 = 0.9749$
DE10+Ace	1	$y = 0.0046x + 0.0557$	$R^2 = 0.9973$
	2	$y = 0.0048x + 0.0761$	$R^2 = 0.9807$
	3	$y = 0.0041x + 0.0978$	$R^2 = 0.9807$
	4	$y = 0.0041x + 0.1152$	$R^2 = 0.9865$
DE18+Ace	1	$y = 0.004x + 0.2582$	$R^2 = 0.9771$
	2	$y = 0.0046x + 0.1897$	$R^2 = 0.9574$
	3	$y = 0.0041x + 0.069$	$R^2 = 0.9913$
	4	$y = 0.0042x + 0.1003$	$R^2 = 0.9863$
CH+Ace	1	$y = 0.0044x + 0.1144$	$R^2 = 0.9971$
	2	$y = 0.0045x + 0.1275$	$R^2 = 0.9927$
	3	$y = 0.0036x + 0.2867$	$R^2 = 0.9944$
	4	$y = 0.0038x + 0.339$	$R^2 = 0.9814$

2. การสูญเสียน้ำหนัก ดัดแปลงวิธีจาก Ibrahim et al. (2005)

ทำการชั่งน้ำหนักก่อนและหลังการเก็บรักษาของกะหล่ำปลีตัดแต่งแต่ละตัวอย่าง โดยใช้ ตัวอย่างเดียวกันตั้งแต่เริ่มการเก็บรักษาจนกระทั่งสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษา

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนเก็บรักษา} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเก็บรักษา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนเก็บรักษา}} \times 100$$

3. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ดัดแปลงวิธีจาก Ibrahim et al. (2005)

วิเคราะห์โดยนำกะหล่ำปลีตัดแต่งจำนวน 5 กรัมผสมน้ำกลั่น 20 กรัม ปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น waring blender และคั้นน้ำด้วยผ้าขาวบาง แล้วนำน้ำที่คั้นได้ไปวัดค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่อง pH meter ทำการวัดตัวอย่างละ 2 ซ้ำ

4. ค่าสี ดัดแปลงวิธีจาก Ibrahim et al. (2005)

วัดสีของกะหล่ำปลีตัดแต่งด้วยเครื่องวัดสี Hunter lab ทำการวัดค่าสีในระบบ CIE L* a* b* รายงานผลเป็นค่า L* (L* ค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าวัตถุมีสีทึบ แต่ถ้า L* ค่าเข้าใกล้ 100 แสดงว่าวัตถุมีสีขาวสว่าง) ,a* (a* เป็นบวกแสดงว่าวัตถุมีสีออกสีแดง แต่ถ้า a* เป็นลบแสดงว่าวัตถุมีสีออกสีเขียว) และ b* (b* เป็นบวกแสดงว่าวัตถุมีสีออกสีเหลือง แต่ถ้า b* เป็นลบแสดงว่าวัตถุมีสีออกสีน้ำเงิน) การวัดสีของกะหล่ำปลีตัดแต่งทำโดยการสุ่มตัวอย่างถุงละ 2 ซ้ำ ใส่ลงในถ้วยควอตซ์ ซึ่งก่อนการวัดจะต้องทำการ calibrate เครื่องโดยใช้ Standard black plate และ Standard white plate ตามลำดับ ก่อนการวัดทุกครั้ง

5. ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning index) ดัดแปลงวิธีจาก Akhtar, Abbasi, and Hussain (2010)

ให้ระดับคะแนนที่มีการเกิดสีน้ำตาลกับบริเวณพื้นที่ผิวมะม่วงสดตัดแต่งจำนวน 10 ชิ้น แล้วคำนวณค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลโดยมีระดับคะแนนดังนี้

การวัดดัชนีการเกิดสีน้ำตาลในการให้ระดับคะแนนที่เกิดสีน้ำตาลตรงบริเวณขอบผิวที่ถูกตัดแต่งของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบและส่วนก้าน โดยสุ่มจำนวนอย่างละ 10 ชิ้น แล้วคำนวณค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลโดยมีการกำหนดค่าระดับเกณฑ์มาตรฐานดังต่อไปนี้

- 1 = ไม่พบการเกิดสีน้ำตาล
- 2 = พบการเกิดสีน้ำตาลเล็กน้อย (<25% ของบริเวณพื้นที่ผิวรอยตัด)
- 3 = พบการเกิดสีน้ำตาลปานกลาง (25-50% ของบริเวณพื้นที่ผิวรอยตัด)
- 4 = พบการเกิดสีน้ำตาลมาก (50-75% ของบริเวณพื้นที่ผิวรอยตัด)
- 5 = พบการเกิดสีน้ำตาลมากที่สุด (>75% ของบริเวณพื้นที่ผิวรอยตัด)

$$\text{ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล} = \frac{[(1 * N1) + (2 * N2) + (3 * N3) + (4 * N4) + (5 * N5)]}{(5 * N)} \times 100$$

หมายเหตุ: N คือจำนวนชิ้นทั้งหมดของกะหล่ำปลีตัดแต่งที่ทำการสังเกต

N1, N2, N3 N4 และ N5 คือจำนวนชิ้นของกะหล่ำปลีตัดแต่งที่แสดงในระดับต่าง ๆ ของการเกิดสีน้ำตาล

เมื่อคำนวณค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลแล้ว จะได้ค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) การเกิดสีน้ำตาลในแต่ละระดับดังต่อไปนี้

0 - 20% = ไม่พบการเกิดสีน้ำตาล

21 - 40% = พบการเกิดสีน้ำตาลเล็กน้อย

41 - 60% = พบการเกิดสีน้ำตาลปานกลาง

61 - 80% = พบการเกิดสีน้ำตาลมาก

81 - 100% = พบการเกิดสีน้ำตาลมากที่สุด

จากการทดสอบผู้บริโภคนับจำนวน 50 ท่าน พบว่า ค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลมากกว่า 60 % ขึ้นไปผู้บริโภคไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ตัวอย่างกะหล่ำปลีตัดแต่งพร้อมบริโภค

6. การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ Phenylalanine ammonia lyase (PAL activity)

ดัดแปลงวิธีจาก Degl'Innocenti et al. (2005)

ทำการสกัดเอนไซม์โดยชั่งกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบและก้านอย่างละ 3 กรัมผสมกับสารละลายบัฟเฟอร์บอเรต 50 mM (pH 8.5, ที่ 4 องศาเซลเซียส) ปริมาณ 15 มิลลิลิตรประกอบด้วยสารละลาย 2-Mercaptoethanol 5 mM และเติม PVPP ปริมาณ 0.2 กรัม บั่นผสมด้วยเครื่องปั่น waring blender แล้วทำการกรองด้วยผ้ามีสลิน จากนั้นทำการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 12000 rpm ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเวลา 20 นาทีด้วยเครื่องแยกสารแบบหมุนเหวี่ยงเพื่อแยกสารละลายและตะกอนออกจากกัน และนำสารละลายส่วนใสที่ได้มาวิเคราะห์หา PAL activity โดยนำสารละลายบัฟเฟอร์บอเรต 50 mM (pH 8.5, ที่ 4 องศาเซลเซียส) ปริมาณ 2 มิลลิลิตรผสมกับสารละลาย L-phenylalanine 50 mM ปริมาณ 1 มิลลิลิตรบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที จากนั้นเติมสารละลายส่วนใสปริมาณ 1 มิลลิลิตรทำปฏิกิริยากันแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เวลา 1 ชั่วโมง และทำการหยุดปฏิกิริยาด้วยการเติมสารละลายไฮโดรคลอริก 1 N ปริมาณ 1 มิลลิลิตร จากนั้นนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 290 นาโนเมตรด้วยเครื่อง Spectrophotometer ทั้งก่อนและหลังบ่ม โดยกิจกรรมของเอนไซม์ PAL 1 หน่วย คือ ปริมาณ

เอนไซม์ PAL ที่ผลิต *trans-cinnamic acid* 1 μmol ในระยะเวลา 1 ชั่วโมง รายงานหน่วยเป็น $\mu\text{mol/g FW}$

7. การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO activity) ดัดแปลงจากวิธีการของ Banerjee, Penna, and Variyar (2015)













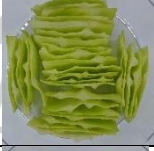












ทำการสกัดเอนไซม์โดยซังกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบและก้านอย่างละ 5 กรัมผสมกับสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมฟอสเฟต 0.2 M (pH 6.0) ปริมาณ 15 มิลลิลิตร ปั่นผสมด้วยเครื่องปั่น waring blender แล้วทำการกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 จากนั้นทำการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 12000 rpm ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเวลา 20 นาทีด้วยเครื่องแยกสารแบบหมุนเหวี่ยงเพื่อแยกสารละลายและตะกอนออกจากกัน และนำสารละลายส่วนใสที่ได้มาวิเคราะห์หา PPO activity โดยนำสารละลายส่วนใสปริมาณ 0.5 มิลลิลิตรผสมกับสารละลายบัฟเฟอร์โซเดียมฟอสเฟต 0.2 M (pH 6.0) ปริมาณ 2.5 มิลลิลิตรทำปฏิกิริยากับสารละลาย catechol 1 M ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตรที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเวลา 5 นาทีและนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตรด้วยเครื่อง Spectrophotometer โดยกิจกรรมของเอนไซม์ PPO 1 หน่วย คือ การเพิ่มขึ้น 0.01 ในระยะเวลา 1 นาที รายงานหน่วยเป็น Units/g FW

8. การวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ ดัดแปลงจากวิธีการของ Banerjee et al. (2016)

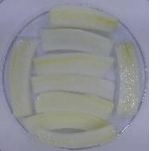












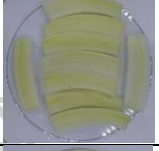
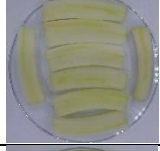


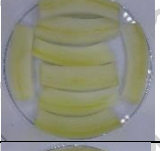

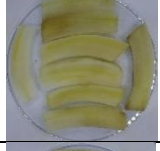



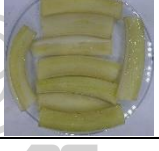
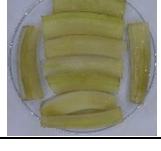
การตรวจวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์แบคทีเรียทั้งหมด และยีสต์และรา ดัดแปลงวิธีจาก Banerjee และคณะ (2016) โดยซังตัวอย่างกะหล่ำปลีตัดแต่ง 10 กรัม ใส่ในสารละลายเพปโทน ความเข้มข้น 0.1% จากนั้นทำการเตรียมตัวอย่างให้ถึงความเข้มข้นที่ต้องการ แล้วดูดสารละลายตัวอย่างในแต่ละความเข้มข้นที่เจือจางมา 1 มิลลิลิตร ใส่ในจานอาหารเลี้ยงเชื้อตามลำดับ โดยความเข้มข้นที่เจือจางละ 2 จาน แล้วทำการเทอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar (PCA) ที่หลอมเหลวอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส 15-20 มิลลิลิตร ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อแล้วทำการหมุนจานไปมา (Pour plate) เพื่อให้ตัวอย่างน้ำผสมกับอาหารเลี้ยงเชื้อปล่อยให้เย็นแข็งตัวดีจึงคว่ำจานแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สำหรับการหาจำนวนเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด ส่วนการหาจำนวนเชื้อยีสต์และรา จะทำการเปลี่ยนอาหารเลี้ยงเชื้อเป็น Potato dextrose agar (PDA) ที่มีการปรับกรดด้วยสารละลายกรดทาร์ทาริกที่ความเข้มข้น 10% แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน

ภาคผนวก ค

ภาพผนวก

ตัวอย่าง	วันที่ 1	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 10
Control					
Ace					
DE10+Ace					
DE18+Ace					
CH+Ace					

ภาพที่ 11 การเกิดสีน้ำตาลของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนใบระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6±1 องศาเซลเซียส

ตัวอย่าง	วันที่ 1	วันที่ 4	วันที่ 6	วันที่ 8	วันที่ 10
Control					
Ace					
DE10+Ace					
DE18+Ace					
CH+Ace					

ภาพที่ 12 การเกิดสีน้ำตาลของกะหล่ำปลีตัดแต่งส่วนก้านระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6 ± 1 องศาเซลเซียส

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวสุพัตรา เสถียรธีรภาพ
วัน เดือน ปี เกิด	29 กันยายน 2537
สถานที่เกิด	ราชบุรี
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากร
ที่อยู่ปัจจุบัน	96 หมู่ที่ 4 ตำบลลำพญา อำเภอเมืองนครปฐม จังหวัดนครปฐม 73000

