

## การพัฒนาการเกิดสีเหลืองของผักคะน้า

### YELLOWING DEVELOPMENT OF CHINESE KALE

#### (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*)

ประกายดาว ยิ่งสง่า<sup>1</sup> และ ลดา มัทธูรส<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

กรุงเทพมหานคร 10220

<sup>2</sup>สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

กรุงเทพมหานคร 10220

Prakaidao Yingsanga<sup>1\*</sup> and Lada Mathurasa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology,

Phranakhon Rajabhat University, Bangkok, 10220 Thailand

<sup>2</sup>Department of environmental science and technology, Faculty of Science and Technology,

Phranakhon Rajabhat University, Bangkok, 10220 Thailand

\*E-mail: prakaidao@pnru.ac.th

Received: 2018-07-18

Revised: 2018-09-19

Accepted: 2018-10-15

### บทคัดย่อ

ผักคะน้าเป็นผักที่นิยมบริโภคโดยเฉพาะอาหารจีนกวางตุ้ง ซึ่งการเกิดสีเหลืองเป็นปัญหาที่สำคัญ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาการเกิดสีเหลืองทางกายภาพของผักคะน้าในแต่ละตำแหน่งของใบและแต่ละส่วนบนใบของผักคะน้า โดยเลือกใช้ผักคะน้าที่มีใบต่อดันจำนวน 4 ใบ ใบที่ติดกับส่วนยอดเป็นตำแหน่งใบที่ 1<sup>st</sup> จนถึงใบที่ 4<sup>th</sup> ซึ่งอยู่นอกสุด และแบ่งแต่ละใบออกเป็น 3 ส่วนเท่า ๆ กัน ได้แก่ ส่วนด้านบน (upper) กลาง (middle) และล่าง (lower) แล้วทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60 - 70) จนหมดอายุเก็บรักษา นำมาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าสี (L\*, a\*, b\* and hue) ค่าดัชนีความเขียว (SPAD value) ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ปริมาณคลอโรฟิลล์บี และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ทุก ๆ วัน เพื่อพิจารณาการพัฒนาสีเหลือง ผลการศึกษาพบว่า การพัฒนาการเกิดสีเหลืองเริ่มจากใบนอกสุดคือใบคะน้าในตำแหน่งที่ 4

ถัดมาคือตำแหน่งที่ 3, 2 และ 1 ตามลำดับ ( $P \leq 0.01$ ) ส่วนการพัฒนาในแต่ละส่วนบนใบพบว่าเกิดการพัฒนาสีเหลืองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ในส่วนของการประเมินการยอมรับของผู้บริโภคพบว่ายอมรับให้สามารถซื้อขายได้เพียง 1 วันหลังการเก็บรักษา และสามารถยอมรับให้บริโภคได้ในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา

**คำสำคัญ:** คะน้า คลอโรฟิลล์ สีเหลือง อายุการเก็บรักษา

### Abstract

Chinese Kale is a popular vegetable especially for Cantonese cuisine that a yellowing is a major problem. This research, therefore, aimed to study the development of physical yellowing at each leaf's position and on a leaf of kale. The four leaflets plants were used that the top leaf was count as the 1<sup>st</sup> leaf and the most outer leaf was the 4<sup>th</sup> leaf, and each leaf was equally divided into 3 parts which were upper, middle, and lower. The plants then were stored at room temperature ( $30 \pm 2$  °C, 60 - 70%RH) until end of shelf life. The color changing analysis ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  and hue), SPAD value, chlorophyll a, chlorophyll b, and total chlorophyll were used to determine the yellowing of kale in every day. The results showed a trend that the fourth leaf, which is the outer leaf, developed fastest yellow color and followed by the 3rd, the 2nd and the 1st leaf, respectively ( $P \leq 0.01$ ). Whereas, the yellowing development on each part of a leaf was not significantly different ( $P > 0.05$ ). As consumer evaluation, only 1 day of storage is acceptable for selling, however, it can be accepted for consumption up to the 2nd day of storage.

**Keywords:** Chinese Kale, chlorophyll, yellowing, shelf life

### บทนำ

ปัจจุบันมนุษย์ใส่ใจในสุขภาพของตนเองมากยิ่งขึ้น มีพฤติกรรมในการป้องกันและลดความเสี่ยงในการเกิดโรค จึงทำให้อัตราการบริโภคผักกินใบที่มีสีเขียวซึ่งเป็นแหล่งของสารอาหารที่สำคัญในการป้องกันการเกิดโรค อันประกอบด้วย วิตามิน แคลเซียม สารต้านอนุมูลอิสระ รวมไปถึงรงควัตถุ (คลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องซึ่งรงควัตถุทำให้เกิดสีต่าง ๆ ขึ้นในพืช โดยสีเขียวของผักกินใบสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ซึ่งสีเป็นปัจจัยแรกๆที่ผู้บริโภคใช้ในการประเมินคุณภาพหรือความสดของผลผลิตทางการเกษตร

หลังการเก็บเกี่ยวและในระหว่างการเก็บรักษา (Limantara et al., 2015; Sánchez et al., 2014) การรักษาความสดของผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวมีปัจจัยที่สัมพันธ์หลายประการ เช่น อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในระหว่างการเก็บรักษา รวมทั้งบรรจุภัณฑ์ที่ใช้บรรจุ (Ferrante & Maggiore, 2007; Klieber et al., 2002) ผู้บริโภคส่วนใหญ่มักซื้อผักสดมาเก็บไว้ที่บ้านก่อนที่จะนำมาบริโภค (Qiu et al., 2017) ปัญหาที่สำคัญคือการสูญเสียน้ำหนัก (น้ำ) ส่งผลให้เกิดการสูญเสียคลอโรฟิลล์เป็นการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวที่มองเห็นได้อย่างแรกของผักกินใบที่มีสีเขียว (Hasperué et al., 2013; Aubry et al., 2008; Yamauchi, et al., 1997)

คะน้า (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*) จัดอยู่ในตระกูลกะหล่ำ เป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูงประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ วิตามินซี คาโรทีนอยด์ สารประกอบฟีนอลิก และกลูโคซิโนเลต ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็ง (Tang et al., 2013) สามารถปลูกได้ทุกภูมิภาคของประเทศไทย (Sumniengdee, 2012) นิยมบริโภคในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และประเทศจีนตอนใต้ (Sun et al., 2018) มีรสชาติคล้ายคลึงกับบรอกโคลี แต่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายมากกว่า ส่วนที่นำมาบริโภคคือใบและลำต้น อาหารจีนวางตุ้งมักใช้คะน้าเป็นส่วนประกอบหลัก (Wanwimolruk et al., 2015) เช่น ได้แก่ ราดหน้า ผัดซีอิ๊ว คะน้าน้ำมันหอย หรือนำมาบริโภคสดเป็นเครื่องเคียงกับอาหารที่มีรสจัดจำพวกยำต่าง ๆ เช่น หมูมะนาว เป็นต้น ทั้งนี้ปัญหาหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญคือใบคะน้าจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองภายหลังการเก็บเกี่ยว 2 - 3 วัน เมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสหรือสูงกว่า (Noichinda et al., 2007; Wilson et al., 1988; Poochai et al., 1984) อย่างไรก็ตามการพัฒนาการเกิดสีเหลืองของผักคะน้ายังมีการศึกษาน้อย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาการเกิดสีเหลืองทางกายภาพของผักคะน้า โดยพิจารณาจากแนวโน้มการเกิดสีเหลืองในแต่ละส่วนและแต่ละใบของคะน้า ซึ่งคาดว่าข้อมูลที่ได้จะเป็นแนวทางในการเก็บรักษาผักใบเขียวชนิดอื่น ๆ ต่อไป

## วิธีการ

งานวิจัยครั้งนี้ใช้ผักคะน้าที่ซื้อจากตลาดชุมชนคลองบางบัว เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร เมื่อนำมาถึงห้องปฏิบัติการนำมาทำการตัดแต่ง คัดเลือกเอาเฉพาะต้นที่ปราศจากตำหนิจากโรคและแมลง น้ำหนักประมาณ  $75 \pm 5$  กรัม แล้วนำมาจุ่มในสารละลายไฮโปคลอไรต์ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อป้องกันการเกิดโรค หลังจากนั้นนำมาแบ่งโดยใช้ผักคะน้าจำนวน 3 ต้น ต่อ 1 ซ้ำ ทั้งหมด 4 ซ้ำ แล้วนำไปเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศปกติ ( $30 \pm 2$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60 - 70) หลังจากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างคะน้าสำหรับวิเคราะห์ทุกวันจนกระทั่งหมดสภาพการเก็บรักษา วัดต้นละ 4 ใบ (ใบคะน้าที่ติดกับยอดเป็นใบที่ 1<sup>st</sup>, ถัดมาเป็นใบที่ 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup> และใบด้านนอกสุดเป็นใบที่ 4<sup>th</sup>)

และแบ่งใบค่อน้ำออกเป็น 3 ส่วนเท่า ๆ กัน (ปลายใบ = upper; กลางใบ = middle และด้านล่าง = Bottom)

การเปลี่ยนแปลงสีด้วยเครื่องวัดสี (Model CR400/410, Minolta Co. Ltd., Japan) ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  และ hue value) ค่าดัชนีความเขียวของใบ (SPAD value) ใช้เครื่อง chlorophyll meter (Model SPAD-502Plus, Minolta Co. Ltd., Japan) ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ปริมาณคลอโรฟิลล์บี และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดด้วยวิธี AOAC (1990) โดยนำใบค่อน้ำแต่ละส่วนมาหั่นให้ละเอียดจำนวน 0.1 กรัม เติมสาร N, N-Dimethylformamide 10 มิลลิลิตร นำไปตั้งไว้ในที่มืด อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง และนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 จากนั้นนำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer (Thermo Scientific รุ่น Genesys 10S UV-Vis, China) ที่ความยาวคลื่น 664 และ 647 นาโนเมตร

นำค่าที่ได้มาคำนวณตามสมการ

ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)

$$= [(12.64 \times OD_{664}) - (2.99 \times OD_{647})]$$

ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี (ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)

$$= [(-5.6 \times OD_{664}) + (23.26 \times OD_{647})]$$

ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)

$$= \text{ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ} + \text{ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี}$$

การยอมรับของผู้บริโภคทำการประเมินจากผู้บริโภคจำนวน 10 คน ตามวิธีของ (Kornsongkaew. 2006) โดยทำการประเมินลักษณะปรากฏ (5 หมายถึง สดมาก ไม่มีควมเสียหาย, 4 หมายถึง สด, 3 หมายถึง ยอมรับได้ สามารถซื้อขายได้, 2 หมายถึง รับประทานได้ แต่ขายไม่ได้ และ 1 หมายถึง ไม่สามารถนำมาบริโภคได้) และการเปลี่ยนแปลงสี (5 หมายถึง สีเขียวสด, 4 หมายถึง สีเขียว, 3 หมายถึง เริ่มเหลือง, 2 หมายถึง เหลืองน้อยกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่ และ 1 หมายถึง เหลืองมากกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่)

การวิเคราะห์ทางสถิตินำข้อมูลไปวิเคราะห์ความแปรปรวน เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) โดยโปรแกรม SAS 9.0 for Window (SAS Institute Inc. Cary, NC)

**ตารางที่ 1** อัตราการสูญเสียน้ำหนักและคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคของผักคะน้า  
ที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60 - 70

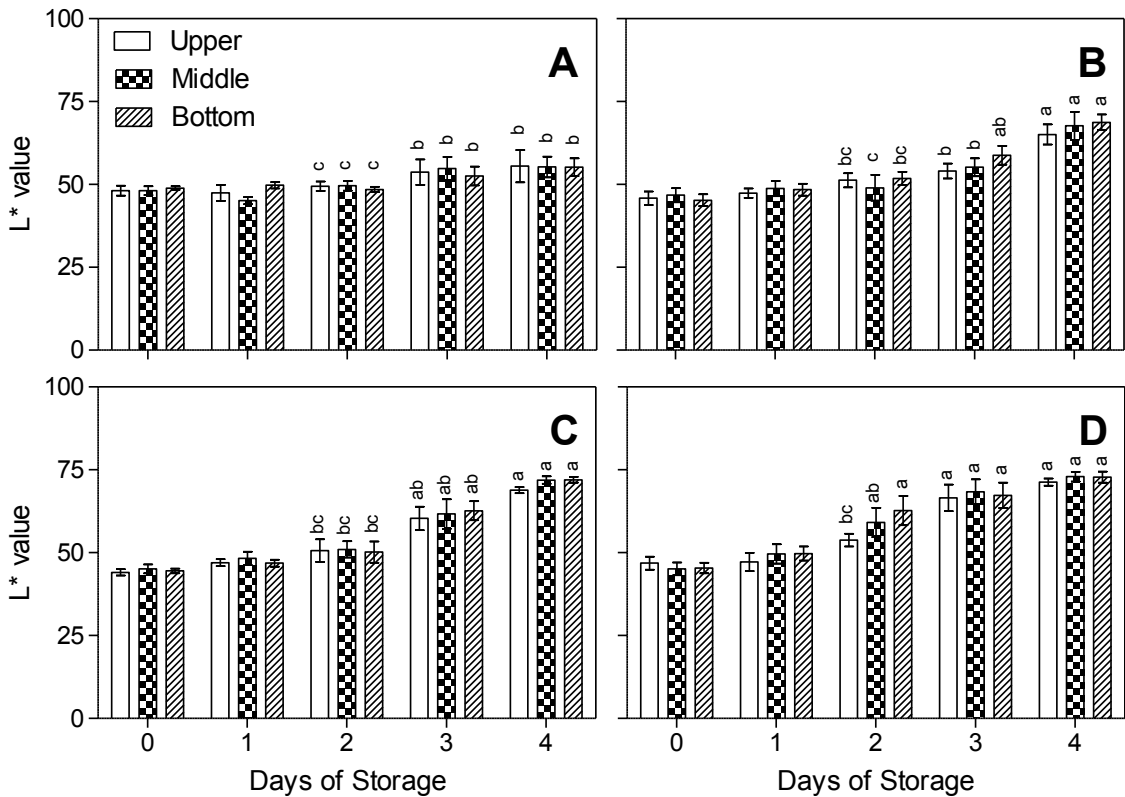
	วันของการเก็บรักษา				
	0	1	2	3	4
<b>อัตราการสูญเสีย</b>					
น้ำหนัก (%)	0.00 ± 0.00	9.24 ± 00.40	13.73 ± 0.52	20.32 ± 0.55	28.90 ± 1.03
<b>คะแนนการยอมรับของผู้บริโภค</b>					
ความสด	4.60 ± 0.16	3.80 ± 0.20	2.30 ± 0.15	2.00 ± 0.15	1.20 ± 0.13
การเกิดสีเหลือง	4.60 ± 0.16	3.10 ± 0.23	2.10 ± 0.23	1.50 ± 0.22	1.00 ± 0.00

**ความสด**

5 หมายถึง สดมาก ไม่มีความเสียหาย, 4 หมายถึง สด, 3 หมายถึง ยอมรับได้ สามารถซื้อขายได้, 2 หมายถึง รับประทานได้ แต่ขายไม่ได้ และ 1 หมายถึง ไม่สามารถนำมาบริโภคได้

**การเกิดสีเหลือง**

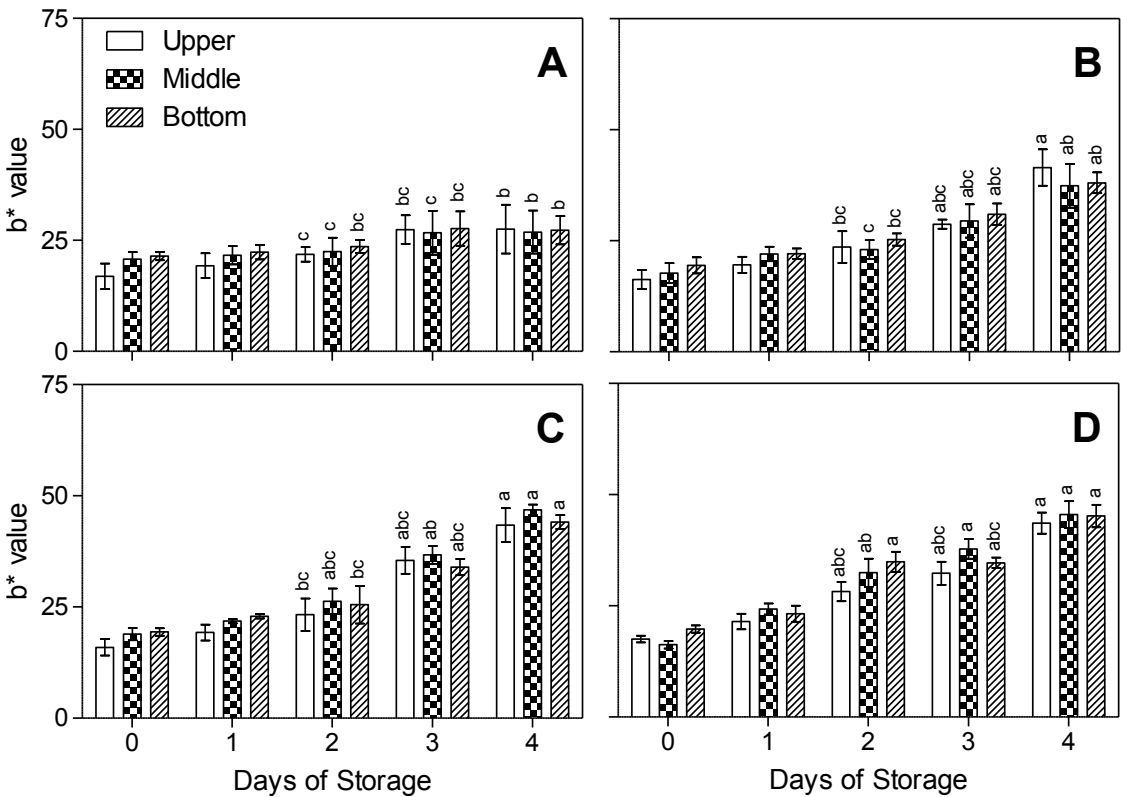
5 หมายถึง สีเขียวสด, 4 หมายถึง สีเขียว, 3 หมายถึง เริ่มเหลือง, 2 หมายถึง เหลืองน้อยกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่ และ 1 หมายถึง เหลืองมากกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่



**รูปภาพที่ 1** การเปลี่ยนแปลงค่าสี L\* ของผักคะน้าที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60-70; ภาพ A ใบที่ 1<sup>st</sup> (ใบคะน้าที่ติดกับยอดอยู่ด้านบนสุด) ภาพ B ใบที่ 2<sup>nd</sup> ภาพ C ใบที่ 3<sup>th</sup> และ ภาพ D ใบที่ 4<sup>th</sup> (ใบที่อยู่ด้านบนนอกสุด) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละส่วนบนใบคะน้าแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ตัวอักษรอังกฤษกำกับต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ตัวอักษรอังกฤษตัวเดียวกัน ในแต่ละคอลัมน์ในวันเดียวกัน หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

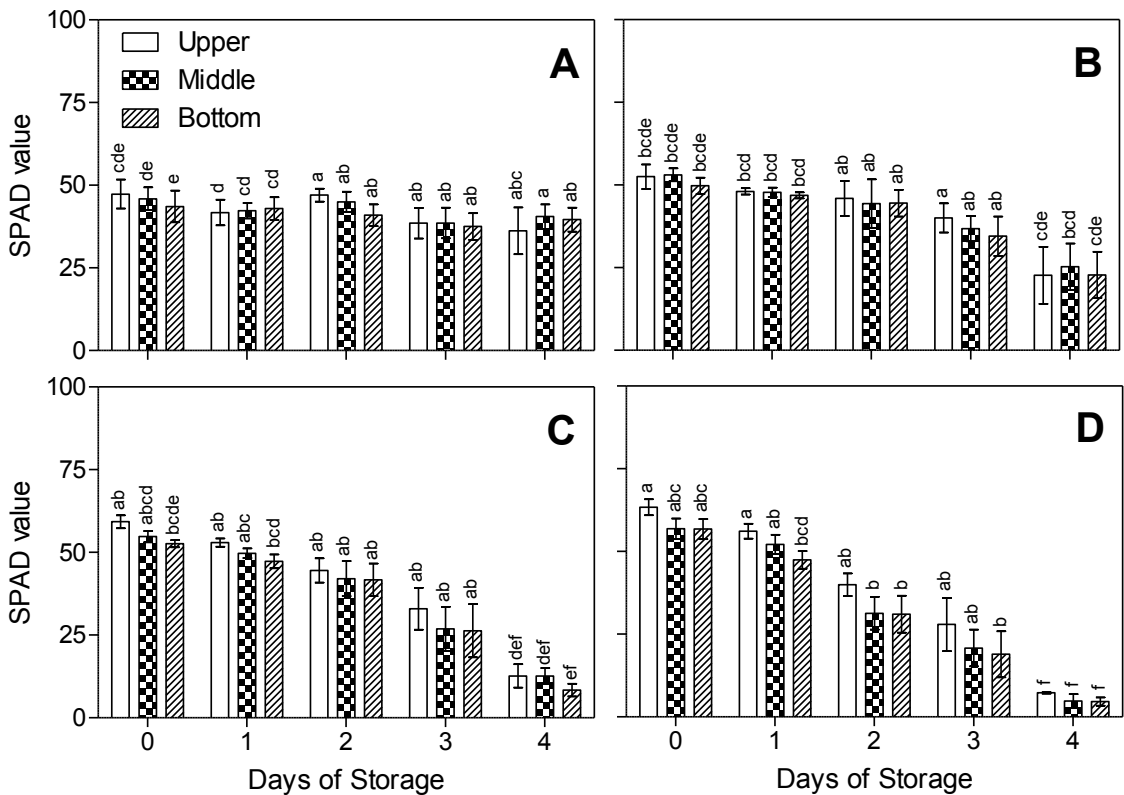
**ผลการทดลอง**

จากการศึกษาการพัฒนากาการเกิดสีเหลืองของผักคะน้าที่เก็บรักษาในสภาวะบรรยากาศปกติ (29-32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60-70) พบว่าผักคะน้ามีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับคะแนนการประเมินการยอมรับจากผู้บริโภค บ่งชี้ว่าคะแนนด้านความสดมีค่าลดลงและผักคะน้าเริ่มมีสีเหลือง (ตารางที่ 1) โดยหลังจากทำการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง (1 วัน) ผักคะน้าเริ่มมีสีเหลืองเกิดขึ้นแต่ทว่าคุณภาพของผักยังคงอยู่ในระดับที่สามารถซื้อขายได้ ผักคะน้าหมดสภาพการซื้อขายในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา มีการสูญเสียน้ำหนักร้อยละ 13.73



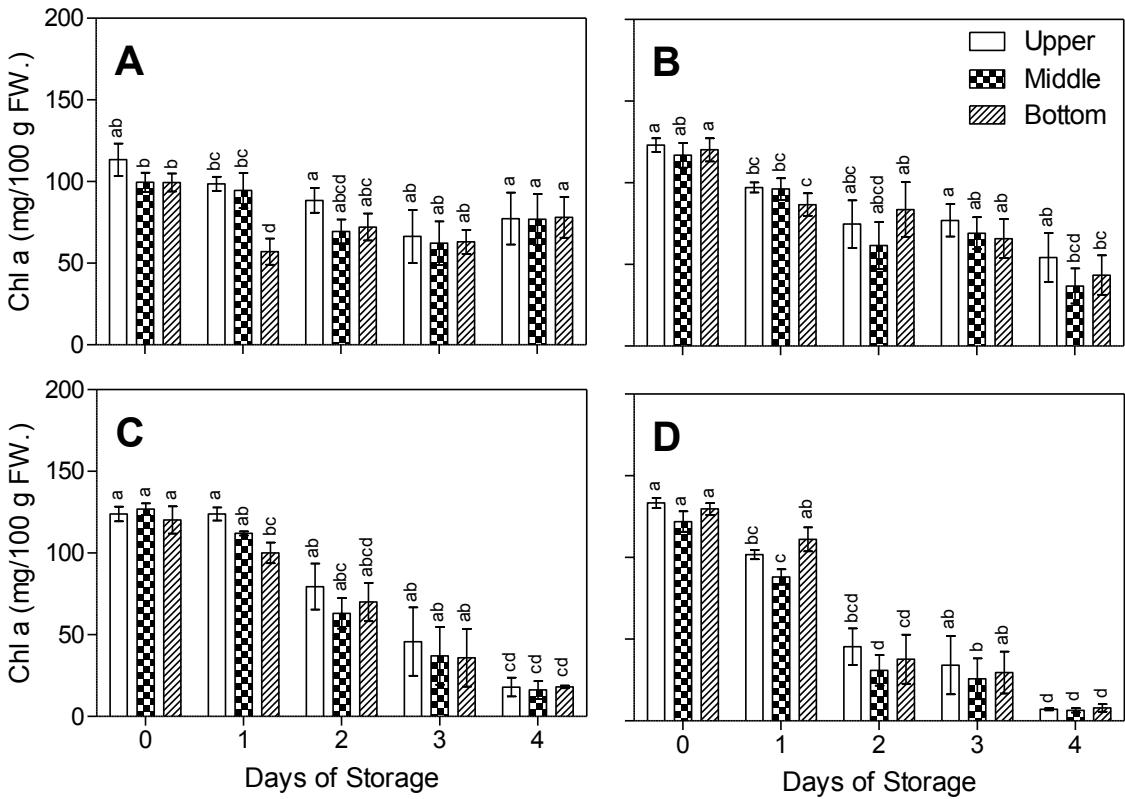
**รูปภาพที่ 2** การเปลี่ยนแปลงค่าสี  $b^*$  value ของผักคะน้าที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60 - 70; ภาพ A ใบที่ 1<sup>st</sup> (ใบคะน้าที่ติดกับยอดอยู่ด้านบนสุด) ภาพ B ใบที่ 2<sup>nd</sup> ภาพ C ใบที่ 3<sup>th</sup> และภาพ D ใบที่ 4<sup>th</sup> (ใบที่อยู่ด้านล่างนอกสุด) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละส่วนบนใบคะน้าแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ตัวอักษรอังกฤษกำกับต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ตัวอักษรอังกฤษตัวเดียวกันในแต่ละคอลัมน์ในวันเดียวกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

การเปลี่ยนแปลงค่าสี ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  และ hue) ของผักคะน้ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยค่า  $L^*$  เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสว่างของผลิตภัณฑ์ ค่า  $L^*$  มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา (รูปภาพที่ 1) โดยค่า  $L^*$  ของใบที่ 4 (ใบที่อยู่ด้านล่างนอกสุด) มีการเปลี่ยนแปลงค่าสีเพิ่มขึ้นสูงที่สุด รองลงมาคือใบที่ 3 และใบที่ 2 ตามลำดับ ส่วนใบที่ 1 (ใบที่อยู่ติดยอดผัก) มีค่าการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด ซึ่งใบที่ 1 มีการเปลี่ยนแปลงค่าสี  $L^*$  แตกต่างกับใบที่ 2, 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ( $P \leq 0.01$ ) ในขณะที่เมื่อพิจารณาในแต่ละส่วนของใบกลับพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $P > 0.05$ )



**รูปภาพที่ 3** ค่าดัชนีความเขียว (SPAD value) ของผักคะน้าที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60 - 70; ภาพ A ใบที่ 1<sup>st</sup> (ใบคะน้าที่ติดกับยอดอยู่ด้านบนสุด) ภาพ B ใบที่ 2<sup>nd</sup> ภาพ C ใบที่ 3<sup>th</sup> และภาพ D ใบที่ 4<sup>th</sup> (ใบที่อยู่ด้านนอกสุด) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละส่วนบนใบคะน้าแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ตัวอักษรอังกฤษกำกับต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ตัวอักษรอังกฤษตัวเดียวกันในแต่ละคอลัมน์ในวันเดียวกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

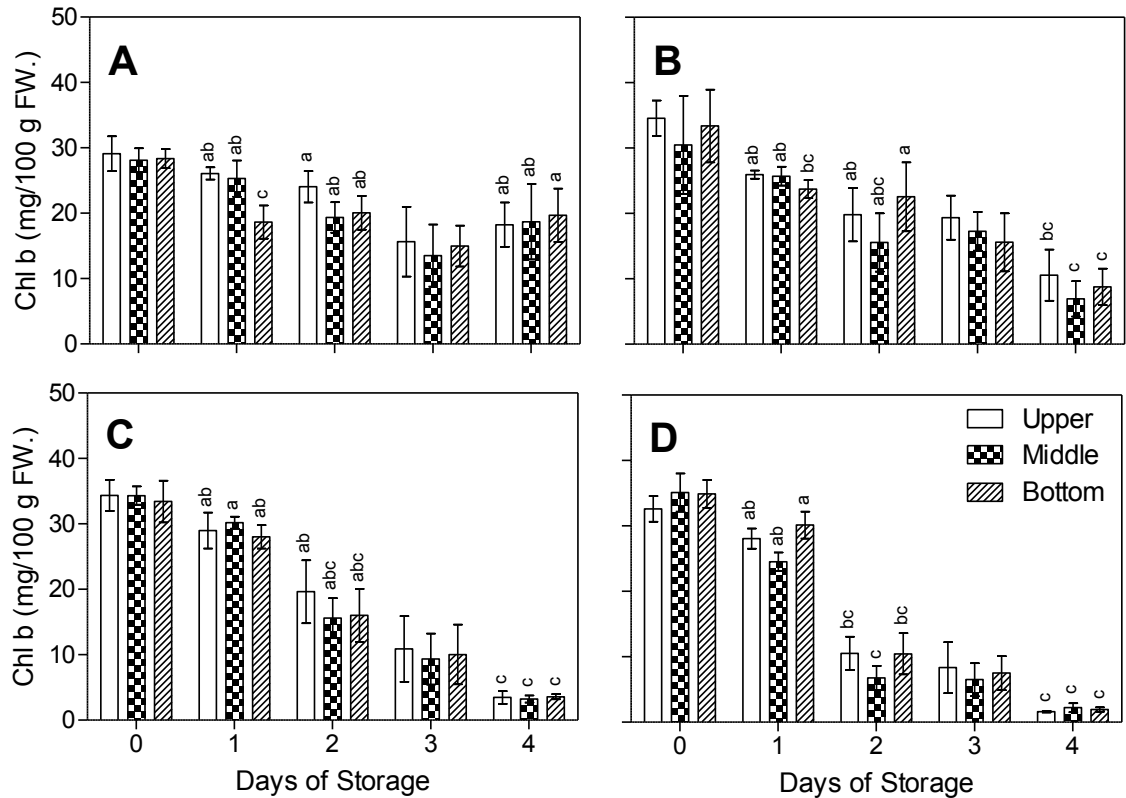




**รูปภาพที่ 4** ปริมาณคลอโรฟิลล์ a ของฝักคะน้ำที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60 - 70; ภาพ A ใบที่ 1<sup>st</sup> (ใบคะน้ำที่ติดกับยอดอยู่ด้านบนสุด) ภาพ B ใบที่ 2<sup>nd</sup> ภาพ C ใบที่ 3<sup>th</sup> และภาพ D ใบที่ 4<sup>th</sup> (ใบที่อยู่ด้านนอกสุด) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละส่วนบนใบคะน้ำแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ตัวอักษรอังกฤษกำกับต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ตัวอักษรอังกฤษตัวเดียวกันในแต่ละคอลัมน์ในวันเดียวกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

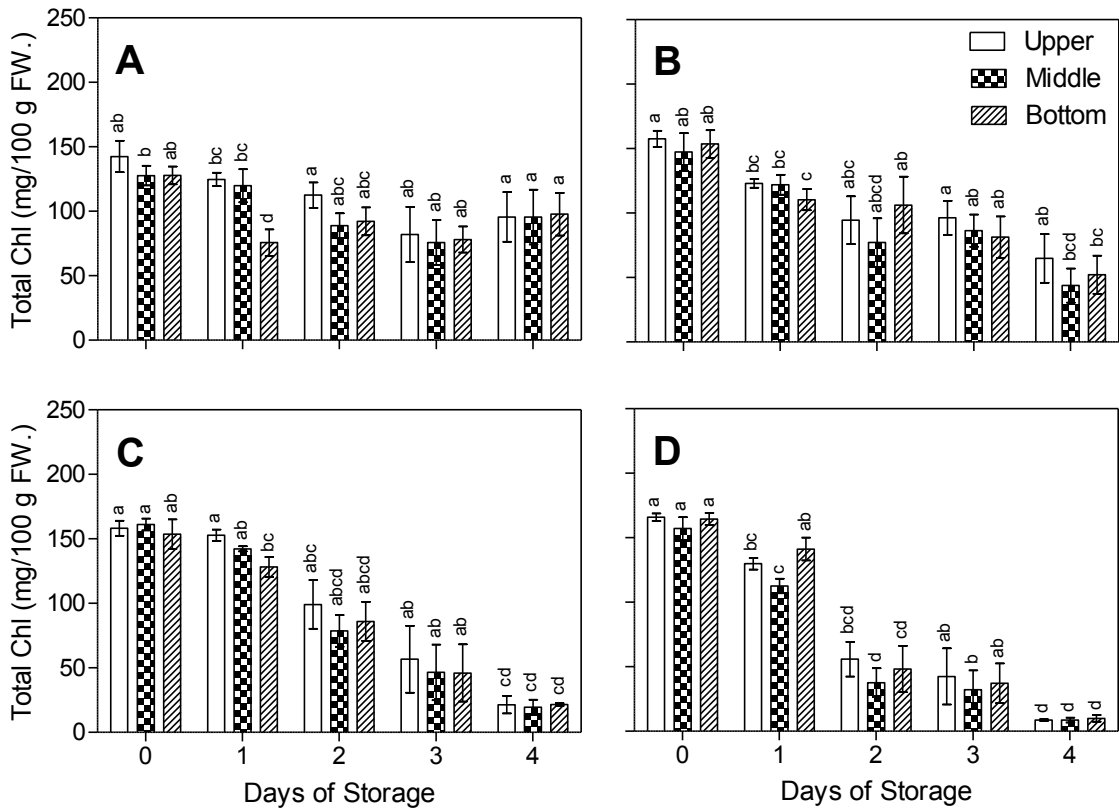
ค่าสีเขียว ( $a^*$ ) ค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) และค่า hue ของใบคะน้ำใบที่ 1 ค่อนข้างคงที่แทบไม่มีการเปลี่ยนแปลง ส่วนคะน้ำใบที่ 2, 3 และ 4 มีการเปลี่ยนแปลงมากขึ้นตามลำดับ โดยค่าสี  $a^*$  ในแต่ละส่วนของแต่ละใบมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละใบ ( $P \leq 0.01$ ) (data not shown) สำหรับค่าสี  $b^*$  ซึ่งแสดงถึงเฉดสีเหลืองหากมีค่าเป็นบวก พบว่าสอดคล้องกับค่าสี  $L^*$  และ  $a^*$  โดยมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยใบที่ 4 มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.01$ ) เมื่อเทียบกับใบคะน้ำใบอื่น ๆ แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ในแต่ละส่วนของแต่ละใบ (รูปภาพที่ 2) สัมพันธ์กับค่าสี hue ซึ่งมีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น

ซึ่งค่าสี hue value ที่ 120 แสดงเจดสีเขียว เมื่อลดลงถึงประมาณ 90 จะแสดงเจดสีเป็นสีเขียวออกเหลือง (ไม่แสดงข้อมูล)



**รูปภาพที่ 5** ปริมาณคลอโรฟิลล์ b ของผักคะน้าที่ทำกรเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60 - 70; ภาพ A ใบที่ 1<sup>st</sup> (ใบคะน้าที่ติดกับยอดอยู่ด้านบนสุด) ภาพ B ใบที่ 2<sup>nd</sup> ภาพ C ใบที่ 3<sup>th</sup> และภาพ D ใบที่ 4<sup>th</sup> (ใบที่อยู่ด้านนอกสุด) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละส่วนบนใบคะน้าแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ตัวอักษรอังกฤษกำกับต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ตัวอักษรอังกฤษตัวเดียวกันในแต่ละคอลัมน์ในวันเดียวกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

สำหรับค่าดัชนีความเขียวของใบคะน้าที่อ่านจากเครื่อง SPAD meter พบว่ามีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (รูปภาพที่ 3) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างใบ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.01$ ) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบในแต่ละตำแหน่งในแต่ละใบ ( $P > 0.05$ ) โดยในใบที่ 4 มีค่า SPAD ลดลงมากที่สุด รองลงมาคือใบที่ 3, 2 และ 1 ตามลำดับ



**รูปภาพที่ 6** ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของผักคะน้าที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60 - 70; ภาพ A ไปที่ 1<sup>st</sup> (ใบคะน้าที่ติดกับยอดอยู่ด้านบนสุด) ภาพ B ไปที่ 2<sup>nd</sup> ภาพ C ไปที่ 3<sup>th</sup> และภาพ D ไปที่ 4<sup>th</sup> (ใบที่อยู่ด้านนอกสุด) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละส่วนบนใบคะน้าแบบ Duncan's multiple range test (DMRT) ตัวอักษรอังกฤษกำกับต่างกันหมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ตัวอักษรอังกฤษตัวเดียวกันในแต่ละคอลัมน์ในวันเดียวกันหมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงค่าสี ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  และ hue value) และสัมพันธ์กับค่าดัชนีความเขียวของใบคะน้า คือในแต่ละตำแหน่งในแต่ละใบคะน้าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละใบถึงระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ( $P \leq 0.01$ ) (รูปภาพที่ 4, 5 และ 6) โดยใบที่ 4 ซึ่งเป็นใบนอกสุด คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดมีการสลายตัวไปมากที่สุด รองลงมาคือใบที่ 3, 2 และ 1 ตามลำดับ ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษาพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ปริมาณคลอโรฟิลล์บี

ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในใบที่ 4 มีค่าอยู่ระหว่าง 6.41-7.98, 1.59-2.21 และ 8.62-9.93 ตามลำดับ

## สรุปและวิจารณ์ผล

ผักกินใบเป็นแหล่งของสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น วิตามิน แกลีโคไซด์ และ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ (Žnidarčič et al., 2011) ซึ่งสีเขียวของผักกินใบเป็นคุณลักษณะ ประการแรกที่ถูกบริโภคใช้ในการประเมินคุณภาพและความสดของผักหลังการเก็บเกี่ยว ตามปกติผักเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองภายในระยะเวลาไม่เกินหนึ่งสัปดาห์ที่อุณหภูมิห้อง (Sun & Li, 2017) จากผลการทดลองพบว่าการเก็บรักษาผักคะน้าที่อุณหภูมิ 30-32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60 - 70 ผักคะน้ามีการสูญเสียน้ำหนักไปถึงร้อยละ 9.24 และ 13.73 ในระยะเวลาการเก็บรักษา 1 และ 2 วัน ตามลำดับ (รูปภาพที่ 1) แต่ผู้บริโภคยอมรับให้ขายได้ เมื่อมีอายุการเก็บรักษาเพียง 1 วันเท่านั้น หลังจากนั้นผู้บริโภคไม่ยอมรับให้ขายได้ สอดคล้อง กับงานวิจัยของ Robinson et al. (1975) รายงานว่าผักหลายชนิด ๆ เช่น คื่นช่าย ไม่สามารถ ชื้อขายได้หากมีการสูญเสียน้ำหนักถึงร้อยละ 10 เนื่องจากการสูญเสียน้ำของผักหลังการ เก็บเกี่ยวทำให้ผักเริ่มมีสีเหลืองเกิดขึ้นที่ใบ

สีเขียวเป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงคุณภาพของผักหลังการเก็บเกี่ยว สัมพันธ์โดยตรงกับ ปริมาณคลอโรฟิลล์ (Ma et al., 2009) ในวันแรกของการทดลองพบว่าผักคะน้ามีสีเขียวสด เนื่องจากมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูง (รูปภาพที่ 4, 5 และ 6) หลังจากนั้นปริมาณคลอโรฟิลล์ ลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งหมดอายุการเก็บรักษา สัมพันธ์กับค่าสี ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  และ Hue) และค่าดัชนีความเขียว (SPAD value) (รูปภาพที่ 1, 2 และ 3) ที่มีค่าความเป็นสีเขียวลดลง มีค่าความสว่างและค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น แสดงว่าคลอโรฟิลล์มีการสลายตัว ใบคะน้า จึงมีการพัฒนาสีเหลืองขึ้น (Mutui et al., 2012) โดยเฉพาะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องช่วยเร่ง การชราภาพและการพัฒนาการเกิดสีเหลือง (Shi et al., 2016)

คลอโรฟิลล์เป็นตัวแปรที่ใช้บ่งบอกการชราภาพของใบได้ง่ายและดีที่สุดตัวแปรหนึ่ง (Quirino et al., 2000) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าใบคะน้ามีการพัฒนาสีเหลืองจากใบ ด้านนอกสุด (ใบที่ 4) ตามด้วยใบที่ 3 ใบที่ 2 และใบที่ 1 ตามลำดับ (ตารางที่ 1 รูปภาพที่ 1, 2 และ 3) สอดคล้องกับปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบที่ 1 มีการลดลงน้อยที่สุด รองลงมาคือใบที่ 2 ใบที่ 3 และใบที่ 4 ตามลำดับ (รูปภาพที่ 4, 5 และ 6) สอดคล้อง Quirino et al. (2000) กล่าวว่า การชราภาพของใบสัมพันธ์กับปัจจัยทั้งภายในและภายนอก สำหรับปัจจัยภายนอก ได้แก่ อุณหภูมิ การเกิดบาดแผล การขาดน้ำ และการขาดแสง มีผลให้ผลิตผลเกิดความเครียด เป็นผลให้เยื่อหุ้มเซลล์ต่าง ๆ เกิดการเสื่อมสภาพ (Toivonen & Brummell, 2008) ส่วนปัจจัย ภายในขึ้นอยู่กับอายุของใบ ซึ่งในระหว่างการเกิดกระบวนการชราภาพ สารอาหารต่าง ๆ

เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และแร่ธาตุต่าง ๆ จะเคลื่อนที่ไปยังใบที่อ่อนกว่า (Buchanan-Wollaston, 1997) ด้วยเหตุนี้ใบด้านนอกสุด (ใบที่ 4) เป็นใบที่เกิดก่อนจึงเกิดการชราภาพหรือมีสีเหลืองพัฒนาขึ้นก่อน เมื่อพิจารณาตำแหน่งของการพัฒนาการเกิดสีเหลืองในใบบ่งชี้ว่าการพัฒนาการเกิดสีเหลืองของใบค้ำน้ำเป็นแบบสุ่มไม่สามารถคาดการณ์ได้ว่าส่วนใดของใบ [บน(upper) กลาง(Middle) หรือล่าง(bottom)] จะมีสีเหลืองพัฒนามาก่อนแต่ส่วนที่อยู่ติดกับเส้นใบ (vein) จะเกิดสีเหลืองช้าที่สุด เนื่องจากเป็นส่วนที่ลำเลียงสารอาหาร (Quirino et al., 2000)

ผักค้ำน้ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 - 35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60 - 70 มีอายุการเก็บรักษาเพียง 1 - 2 วันเท่านั้น หลังจากนั้นผู้บริโภคไม่สามารถยอมรับได้ การพัฒนาการเกิดสีเหลืองเกิดจากใบด้านนอกสุดแล้วจึงพัฒนามาด้านใน และเกิดแบบกระจายในแต่ละส่วนของใบ

### เอกสารอ้างอิง

- Aubry, S., Mani, J. & Hörtensteiner, S. (2008). Stay-green protein, defective in Mendel's green cotyledon mutant, acts independent and upstream of pheophorbide a oxygenase in the chlorophyll catabolic pathway. **Plant Molecular Biology**. 67(3), 243-256.
- Buchanan-Wollaston, V. (1997). The molecular biology of leaf senescence. **Journal of Experimental Botany**. 48(2), 181-199.
- Ferrante, A. & Maggiore, T. (2007). Chlorophyll a fluorescence measurements to evaluate storage time and temperature of Valeriana leafy vegetables. **Postharvest Biology and Technology**. 45, 73-80.
- Hasperu , J.H., G mez-Lobato, M.E., Chaves, A.R., Civello, P.M. & Martínez, G.A. (2013). Time of day at harvest affects the expression of chlorophyll degrading genes during postharvest storage of broccoli. **Postharvest Biology and Technology**. 82, 22-27.
- Klieber, A., Porter, K.L. & Collins, G. (2002). Harvesting at different times of day does not influence the postharvest life of Chinese cabbage. **Scientia Horticulturae**. 96(1), 1-9.
- Kornsongkaew, B. (2006). **Effect of hydro-cooling and modified atmosphere packaging on quality and storage life of minimally processed Chinese Kale (*Brassica alboglabra* Bailey)**. Master Program in Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology Faculty, King Mongkut's University of

Technology Thonburi. (In Thai)

- Limantara, L., Dettling, M., Indrawati, R., Indriatmoko. & Brotosudarmo, T.H.P. (2015). Analysis on the chlorophyll content of commercial green leafy vegetables. **Procedia Chemistry**. 14, 225-231.
- Ma, G., Wang, R., Wang, C.R., Kato, M., Yamawaki, K., Qin, F. & Xu, H.L. (2009). Effect of 1-methylcyclopropene on expression of genes for ethylene biosynthesis enzymes and ethylene receptors in post-harvest broccoli. **Plant Growth Regulation**. 57(3), 223-232.
- Mutui, T.M., Mibus, H. & Serek, M. (2012). Effect of meta-topolin on leaf senescence and rooting in *Pelargonium x hortorum* cuttings. **Postharvest Biology and Technology**. 63(1), 107-110.
- Noichinda, S., Bodhipadma, K., Mahamontri, C., Narongruk, T. & Ketsa, S. (2007). Light during storage prevents loss of ascorbic acid, and increase glucose and fructose levels in Chinese kale (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*). **Postharvest Biology and Technology**. 44, 312-315.
- Poochai, S., Ketsa, S. & Kosiyachinda, S. (1984). Effects of temperatures and packing materials on quality and storage life of Chinese kale (*Brassica oleracea* var. *alboglabra* D.C.). **Kasetsart Journal (Natural Science)** 18, 1-6.
- Qiu, Y., Zhao, Y., Liu, J. & Guo, Y. (2017). A statistical analysis of the freshness of postharvest leafy vegetables with application of water based on chlorophyll fluorescence measurement. **Information Processing in Agriculture**. 4, 269-274.
- Quirino, B.F., Noh, Y-S., Himelblau, E. & Amasino, R.M. (2000). Molecular aspects of leaf senescence. **Trends in Plant Science**. 5(7), 278-282.
- Robinson, J.E., Browne, K.M. & Burton, W.G. (1975). Storage Characteristics of some vegetables and soft fruits. **Annual Applied Biology**. 81, 399-408 pp.
- Sánchez, C., Baranda, A.B. & Marañónet, I.M. (2014). The effect of high Pressure and high temperature processing on carotenoids and chlorophylls content in some vegetables. **Food Chemistry**. 163, 37-45.
- Shi, J., Gao, L., Zuo, J., Wang, Q., Wang, Q. & Fan, L. (2016). Exogenous sodium nitroprusside treatment of broccoli florets extends shelf life, enhances antioxidant enzyme activity, and inhibits chlorophyll-degradation **Postharvest Biology and Technology**. 116, 98-104.

- Sumniengdee, P. (2012). **Effect of ethephon, 6-benzylaminopurine, methyl jasmonate and salicylic acid on leaf yellowing of Chinese kale (*Brassica alboglabra* var.*alboglabra*)**. Master Program in Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology Faculty, King Mongkut's University of Technology Thonburi. (In Thai)
- Sun, Y. & Li, W. (2017). Effects the mechanism of micro-vacuum storage on broccoli chlorophyll degradation and builds prediction model of chlorophyll content based on the color parameter changes. **Scientia Horticulturae**. 224, 206-214.
- Sun, B., Zhang, F., Xiao, N., Jiang, M., Yuan, Q., Xue, S., Miao, H., Chen, Q., Li, M., Wang, L., Wang, X., Wang, Q. & Tang, H. (2018). An efficient mesophyll protoplast isolation, purification and PEG-mediated transient gene expression for subcellular localization in Chinese kale. **Scientia Horticulturae**. 241, 187-193.
- Tang, L., Wang, C., Huang, J., Zhang, J., Mao, Z. & Wang, H. (2013). Comparative analysis of peroxidase profiles in Chinese kale (*Brassica alboglabra* L.): evaluation of leaf growth related isozymes. **Food Chemistry**. 136, 632-635.
- Wanwimolruk, S., Kanchanamayoon, O., Phopin, K. & Prachayasittikul, V. (2015). Food safety in Thailand 2: Pesticide residues found in Chinese Kale (*Brassica oleracea*), a commonly consumed vegetable in Asian countries. **Science of the Total Environment**. 532, 447-455.
- Wilson, D.W., Barwick, J.M., Lomax, J.A., Jarvis, M.C. & Duncan, H.J. (1988). Lignified and non-lignified cell walls from kale. **Plant Science**. 57(1), 83-90.
- Yamauchi, N., Harada, K. & Watada, A.E. (1997). In vitro chlorophyll degradation in stored broccoli (*Brassica oleraceae* L. var. *italic Plen.*) florets. **Postharvest Biology and Technology**. 12, 239-245.
- Žnidarčič, D., Ban, D. & Šircelj, H. (2011). Carotenoid and Chlorophyll composition of commonly consumed leafy vegetables in Mediterranean countries. **Food Chemistry**. 129, 1164-1168.
- .....