

# การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัส ในใบคะน้าอินทรีย์และคะน้าทั่วไป ระหว่างการเก็บรักษา

## Physical, Chemical and Sensory Changes in Organically and Conventionally Grown Chinese Kale Leaves During Storage

ธีระเดช ศรีวงศ์ (Teeradej Srivong)\* มุทิตา มีนุ่น (Mutita Meenune)\*\*

ดร.วิไลศนา โพธิ์ศรี (Dr.Wilatsana Posri)\*\*\*

### บทคัดย่อ

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของใบคะน้าอินทรีย์ (อายุเก็บเกี่ยว 60 วัน) ใบคะน้าทั่วไป (อายุเก็บเกี่ยว 30 วัน) และใบคะน้าทั่วไป (อายุเก็บเกี่ยว 60 วัน) พบว่าลักษณะคุณภาพของใบคะน้าอินทรีย์ ได้แก่ ค่ามุมสีหลัก (Hue angle) ความเหนียวที่แสดงจากค่าโมดูลัสของสภาพยืดหยุ่น (Young modulus of elasticity) และค่าแรงเฉือน (Warner Bratzler blade Shear Force; WBSF) ไม่แตกต่างจากใบคะน้าทั่วไป (อายุเก็บเกี่ยว 30 วัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจึงศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัสระหว่างใบคะน้าอินทรีย์กับใบคะน้าทั่วไป (อายุเก็บเกี่ยว 30 วัน) ระหว่างการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 °C ในถุง LDPE (Low density polyethylene) เป็นเวลา 11 วัน สรุปได้ว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น สีของใบคะน้าโดยรวมซีดมากขึ้น (ค่าความสว่างของสีเพิ่มขึ้น) ส่วนความเข้มของสีเขียวลดลง (ค่ามุมสีหลักลดลง) ค่าสัมประสิทธิ์ความกรอบ (Crispness coefficient) ค่าโมดูลัสของสภาพยืดหยุ่น, ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titrable acidity) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Total soluble solids) ลดลง แต่ค่าแรงเฉือน WBSF ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณเยื่อใยดิบ (Crude fiber) กลับมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเวลาการเก็บผ่านไป 11 วัน ผู้บริโภค (26 คน) เริ่มปฏิเสธคะน้าทั่วไป (30 วัน) แต่ยังให้คะแนนในระดับที่ยอมรับได้ต่อคะน้าอินทรีย์ และเมื่อผู้บริโภคได้รับข้อมูลวิธีการเพาะปลูก (แบบอินทรีย์) ร่วมกับการทดสอบคะน้าทุกตัวอย่าง คะแนนความชอบโดยรวมและความตั้งใจซื้อมีค่าสูงขึ้น ทั้งนี้คะแนนความชอบโดยรวมของผู้บริโภคมีความสัมพันธ์เชิงผกผันกับค่าความสว่างของสี ( $r = -0.627$ ) จากการพิจารณาอายุการเก็บรักษาโดยใช้คะแนนความชอบของผู้บริโภค สามารถกล่าวได้ว่าคะน้าทั่วไป (อายุเก็บเกี่ยว 30 วัน) มีอายุการเก็บรักษาประมาณ 6 วัน และคะน้าอินทรีย์มีอายุการเก็บรักษาประมาณ 11 วัน

### ABSTRACT

The quality indices of organically grown, conventionally grown (age 60 days at harvest) and conventionally grown Chinese kale (age at harvest 30 and 60 days) were measured. The quality indices measured in organic samples such as Hue angle, Young modulus of elasticity and Warner Bratzler blade

\* มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

\*\*ผู้เชี่ยวชาญ/นักวิจัย ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

\*\*\* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Shear Force (WBSF) were not significantly different to conventionally grown kale leaf (age 30 days at harvest). Therefore, the physical, chemical and sensorial qualities of organically and conventionally grown Chinese kale (age 30 days at harvest) were compared while being stored in LDPE (Low density polyethylene) bag, at 4 °C for 11 days. As storage time increased, color of all leaf samples turned paler ( $L^*$  increased) and less green (Hue angle decreased). Crispness coefficient, Young modulus of elasticity, Titrable acidity and Total soluble solids also decreased, while WBSF, pH and crude fiber increased. After 11 storage days, consumers ( $n = 26$ ) started to reject conventional kale (age 30 days at harvest) but still accepted the organic sample. Liking and purchase intention scores were higher when the consumers received growing information on ‘organically grown Chinese kale’ while tasting all samples. The consumer overall liking was negatively correlated with  $L^*$  ( $r = -0.627$ ). The storage time of conventional kale (age at harvest 30 days), determined by consumer liking score, was about 6 days, whereas the storage time of organic kale was about 11 days.

**คำสำคัญ :** ผักอินทรีย์ คะน้า เนื้อสัมผัส อายุการเก็บ ความชอบของผู้บริโภค

**Key Words :** Organic vegetable, Kale, Texture, Storage time, Consumer liking

## บทนำ

คะน้าเป็นผักใบเขียวที่นิยมบริโภคกันมาก โดยจากสัดส่วนเนื้อที่เพาะปลูกและปริมาณผลผลิตพบว่าคะน้ามีสัดส่วนมากเป็นลำดับสามรองจากกะหล่ำปลีและแตงกวา อ้างอิงช่วงเวลาการเพาะปลูกตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2549 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2550 ของกรมส่งเสริมการเกษตร (2550) ในขณะเดียวกันรายงานการตรวจพบสารเคมีตกค้างในคะน้าสูงถึงร้อยละ 89.7 จากการสำรวจในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ระหว่างปี พ.ศ. 2543 ถึง พ.ศ. 2546 (กนกพร, ยุวดี, วิชิตา และคณะ, 2549) นอกจากนี้จากการสำรวจปริมาณสารเคมีตกค้างในผักสดจากผู้ค้าในเขตกรุงเทพมหานครและสมุทรปราการ ยังพบว่าคะน้าเป็นผักที่มีการปนเปื้อนมากที่สุด โดยตรวจพบร้อยละ 26.2 (นภาพร วลัยพร และ ชัยรัตน์, 2550) ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความไม่ปลอดภัยจากการบริโภคคะน้า

จากปัญหาสารตกค้างที่พบในคะน้าที่ปลูกโดยทั่วไปในปริมาณสูง คะน้าที่ปลูกแบบอินทรีย์ซึ่งไม่ใช้ปุ๋ยเคมี และไม่ใช้สารเคมีในการป้องกัน

กำจัดศัตรูพืช (สำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์, 2548) จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจของผู้บริโภค Davies, Titterington and Cochrane (1995) รายงานว่ามูลค่าตลาดอาหารอินทรีย์ในสหราชอาณาจักรมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในปี ค.ศ. 1980 มีมูลค่าตลาดประมาณ 8 ล้านปอนด์ และในปี ค.ศ. 1985 มีมูลค่าตลาดเพิ่มขึ้นเป็น 80 ล้านปอนด์ ขณะที่ Lohr (2001) รายงานผลประมาณการมูลค่าตลาดอาหารอินทรีย์โดยอาศัยข้อมูลการขายในปี ค.ศ. 1997 และข้อมูลอัตราการเติบโตทางการตลาดจาก International Trade Centre (ITC) ในปี ค.ศ. 1999 ว่าตลาดอาหารอินทรีย์ในสหภาพยุโรปจะมีมูลค่าประมาณ 4,600 ล้านเหรียญสหรัฐ ประมาณ 4,500 ล้านเหรียญสหรัฐ ในสหรัฐอเมริกา และ 1,100 ล้านเหรียญสหรัฐในประเทศญี่ปุ่น ในปี ค.ศ. 2010 ผักอินทรีย์จึงมีศักยภาพสูงทั้งในด้านของการตลาดและความปลอดภัยที่ผู้บริโภคได้รับ

จากงานวิจัยต่างๆ อายุการเก็บรักษาคะน้าที่มีรายงานอยู่ในช่วง 10-14 วัน (SeaLand, 1991) และ 2-4 สัปดาห์ (Snowdon, 1992) ซึ่งเป็นช่วง

กว้างและไม่ได้มีรายงานระบุประเภทภาชนะบรรจุที่ใช้ การกำหนดอายุการเก็บผักคะน้าเพื่อศึกษาในงานวิจัยนี้จึงพิจารณาจากผักที่มีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกับคะน้า เช่น ผักกาดขาว (lettuce) ผักกาดแก้ว (iceberg lettuce) และกะหล่ำปลี (cabbage) โดยดัชนีคุณภาพที่ระบุอายุการเก็บกำหนดจากปัจจัยด้านจุลินทรีย์และทางประสาทสัมผัส จากสีและเนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนแปลงไป (Gomez-Lopez, Ragaert, Jeyachandran *et al.*, 2008; Baura, Klaibera, Weib *et al.*, 2005) อย่างไรก็ตามการตีความความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะคุณภาพที่สำคัญ ทำให้งานวิจัยนี้สนใจศึกษาลักษณะทางประสาทสัมผัสที่เชื่อมโยงกับความแตกต่างทางกายภาพและทางเคมีของคะน้าอินทรีย์และคะน้าทั่วไปที่มีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา

การรับรู้ (perception) ของผู้บริโภคที่มีต่ออาหารอินทรีย์นั้นเห็นได้ว่ามีความเชื่อว่าอาหารอินทรีย์มีรสชาติดีกว่าอาหารทั่วไป The Hartman group (2000) เสนอว่าปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้ออาหารอินทรีย์ คือ การคำนึงถึงสุขภาพของผู้ซื้อและรสชาติของอาหารอินทรีย์ เช่นเดียวกับ Roitner-Schobesberger, Darnhofer, Somsook *et al.* (2007) ที่รายงานว่า การซื้ออาหารอินทรีย์ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครขึ้นกับการคำนึงถึงสุขภาพของผู้ซื้อ ความสดและรสชาติของอาหารอินทรีย์ นอกจากนี้เมื่อผู้บริโภคได้รับข้อมูลว่าตัวอย่างอาหารเหล่านั้นปลูกแบบอินทรีย์ ทำให้คะแนนความชอบโดยรวมของผู้บริโภคสูงขึ้น ในผักกาดขาว (lettuce) และถั่วฝักเขียว (green bean) (Schutz and Lorenz, 1976) ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการศึกษาอิทธิพลของข้อมูลวิธีการเพาะปลูกแบบอินทรีย์ในมะเขือเทศ (Johansson, Haglund, Berglund *et al.*, 1999) จึงเป็นที่มาของวัตถุประสงค์ที่สองของการวิจัย คือ ศึกษาอิทธิพลของข้อมูลวิธีการเพาะปลูกแบบอินทรีย์ที่มีต่อความชอบของผู้บริโภค

## อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

### 1. โครงสร้างการทดลอง

การทดลองประกอบด้วย 2 ส่วน โดยการทดลองส่วนที่ 1 เป็นการประเมินสีและลักษณะเนื้อสัมผัสของใบคะน้าอินทรีย์ คะน้าทั่วไป (อายุเก็บเกี่ยว 30 และ 60 วัน) เพื่อเลือกตัวอย่างใบคะน้าทั่วไปเพียง 1 ตัวอย่าง ที่มีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกับใบคะน้าอินทรีย์ในการประเมินอายุการเก็บรักษา ในการทดลองส่วนที่ 2 ที่เปรียบเทียบลักษณะคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัสระหว่างใบคะน้าอินทรีย์และใบคะน้าทั่วไปที่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงอายุการเก็บ 11 วัน

### 2. การเพาะปลูกคะน้าทดลอง

(ก) คะน้าอินทรีย์ปลูกในแปลงอินทรีย์ของสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขต 3 ต.ศิลา อ.เมือง จ.ขอนแก่น ใช้คะน้าพันธุ์ยอด (Brassica oleracea) โดยอ้างอิงวิธีการเตรียมดินปลูกและอัตราการใส่ปุ๋ยตามวิธีของ อภิรักษ์ วิภาวิน (2549) เก็บเกี่ยวเมื่อผักมีอายุ 60 วัน นับจากวันหว่านเมล็ด ที่ความยาวลำต้นและเส้นผ่านศูนย์กลาง 18-23 ซม. และ 0.85-1.25 ซม.

(ข) คะน้าทั่วไปผลิตจากแปลงปลูกของเกษตรกรบ้านโนนม่วง ต.ศิลา อ.เมือง จ.ขอนแก่น ใช้คะน้าพันธุ์ยอด โดยอ้างอิงวิธีการเตรียมดินปลูกและอัตราการใส่ปุ๋ยเช่นเดียวกับการปลูกคะน้าอินทรีย์ แต่ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 เก็บเกี่ยวเมื่อผักมีอายุ 60 วัน นับจากวันหว่านเมล็ด ที่ขนาดความยาวของลำต้นและเส้นผ่านศูนย์กลาง 24-29 ซม. และ 0.85-1.25 ซม.

(ค) คะน้าทั่วไปผลิตจากแปลงปลูกของเกษตรกรบ้านม่วงใหญ่ อ.เมือง จ.ขอนแก่น ใช้คะน้าพันธุ์ยอดเช่นเดียวกัน เตรียมแปลงปลูกโดยใช้ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 รองพื้น เก็บเกี่ยวเมื่อผักมีอายุ 30 วัน นับจากวันหว่านเมล็ด ได้คะน้าทั่วไปที่มีขนาดความยาวของลำต้นและเส้นผ่าน

ศูนย์กลางใกล้เคียงกับผักอินทรีรี่ คือ 18–23 ซม. และ 0.60–1.00 ซม.

### 3. ใบค่น้ำที่ใช้ในการทดลอง

เนื่องจากค่น้ำมีจำนวนใบเฉลี่ย 9 ใบต่อต้น (เมฆ, 2541) ในการทดลองนี้จึงกำหนดใช้ใบค่น้ำลำดับกลางเมื่อนับจากโคนต้นขึ้นมา ในการวัดค่าคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัส

### 4. การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและการเตรียมตัวอย่าง

4.1 สี วัดโดยใช้ระบบ C.I.E LAB ด้วยเครื่อง Chroma meter รุ่น Minolta CR-300 ใช้แผ่นอ้างอิงสีขาวเป็นแผ่นเทียบสีมาตรฐาน วัดค่า  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$  นำค่า  $a^*$  และ  $b^*$  มาคำนวณหาค่ามุมสีหลัก (Hue angle) สุ่มวัดสีบริเวณหน้าใบจำนวน 10 จุดต่อใบต่อต้น และวัดซ้ำในผักจำนวน 15 ต้น

4.2 เนื้อสัมผัส วัดด้วยเครื่อง Texture Analyser รุ่น TA-XT2 โดยใช้หัววัด 3 หัว ได้แก่

1) หัววัด Tensile grip วัดค่าแรงดึงสูงสุดที่ทำให้ใบค่น้ำขาดออกจากกัน เพื่อคำนวณค่าโมดูลัสของสภาพยืดหยุ่น (Young modulus of elasticity; E) โดยกำหนดความเร็วขณะทดสอบเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที ใช้หัววัดจับปลายใบค่น้ำด้านละประมาณ 5 มิลลิเมตร เตรียมตัวอย่างโดยตัดใบให้มีขนาด  $1 \times 4$  ซม.<sup>2</sup> เมื่อวัดจากจุดกึ่งกลาง ดังแสดงในภาพที่ 1(ก) ทั้งนี้ใบค่น้ำ 1 ใบ ตัดได้ 4 ชิ้น ได้ค่าแรง 4 ค่าต่อต้น และวัดซ้ำในผักจำนวน 15 ต้น (ดัดแปลงจาก Toole, Parker, Smith *et al.*, 2000)

ค่าโมดูลัสของสภาพยืดหยุ่น (Young modulus of elasticity; E) คำนวณได้จากสูตร

$$E = \frac{L}{t \cdot w} \frac{dF}{dx}$$

เมื่อ  $L$  คือ ความยาวเริ่มต้น  $t$  คือ ความหนาของตัวอย่าง  $w$  คือ ความกว้างของตัวอย่าง และ  $dF/dx$  คือ ความชันของกราฟระหว่างแรง

และระยะทาง

2) หัววัด Warner Bratzler Blade วัดค่าแรงเฉือนสูงสุดเพื่อคำนวณค่าแรงเฉือน Warner Bratzler Blade Shear Force (WBSF) ซึ่งคำนวณจากค่าแรงสูงสุดในการตัดตัวอย่างให้ขาดออกจากกัน ทารด้วยพื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างโดยกำหนดความเร็วขณะทดสอบเท่ากับ 2 มิลลิเมตรต่อวินาที เตรียมตัวอย่างโดยตัดแกนกลางของก้านใบค่น้ำทิ้งเพื่อม้วนใบค่น้ำให้เป็นทรงกระบอกดังแสดงในภาพที่ 1(ข) ทั้งนี้ใบค่น้ำ 1 ใบ ตัดได้ 2 ชิ้น ได้ค่าแรง 2 ค่าต่อต้น และวัดซ้ำในผักจำนวน 15 ต้น (ดัดแปลงจาก Burke and Monahan, 2003)

3) หัววัด Kramer Shear วัดค่าแรงสูงสุดและต่ำสุดตรงจุดที่ใบค่น้ำปริแตก (rupture point) แล้วนำมาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความกรอบ (Crispness coefficient: CC) ซึ่งคำนวณได้จากความแตกต่างระหว่างค่าแรงสูงสุดและค่าแรงต่ำสุดของจุดแตก (rupture point) ทารด้วยน้ำหนักของตัวอย่าง โดยกำหนดความเร็วขณะทดสอบเท่ากับ 2 มิลลิเมตรต่อวินาที เตรียมตัวอย่างโดยตัดบริเวณกลางใบขนาด  $4 \times 8$  ซม.<sup>2</sup> ดังแสดงในภาพที่ 1(ค) ทั้งนี้ใบค่น้ำ 1 ใบ ตัดได้ 2 ชิ้น ได้ค่าแรง 2 ค่าต่อต้น และวัดซ้ำในผักจำนวน 15 ต้น (ดัดแปลงจาก Martin-Diana, Rico, Frias *et al.*, 2006)

### 5. การประเมินอายุการเก็บรักษา

ตัวอย่างค่น้ำอินทรีรี่และค่น้ำทั่วไปที่ผ่านการล้างด้วยน้ำสะอาด ปล่อยให้สะเด็ดน้ำแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °ซ ในถุง Low Density Polyethylene (LDPE) ขนาด  $45 \times 70$  ซม.<sup>2</sup> ปริมาณบรรจุ 2 กิโลกรัม ต่อถุง วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ ตามข้อ 4 วิเคราะห์ลักษณะทางเคมี และทางประสาทสัมผัส โดยสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ในวันที่ 0, 6 และ 11 ดังนี้

#### 5.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางเคมีและการเตรียมตัวอย่าง

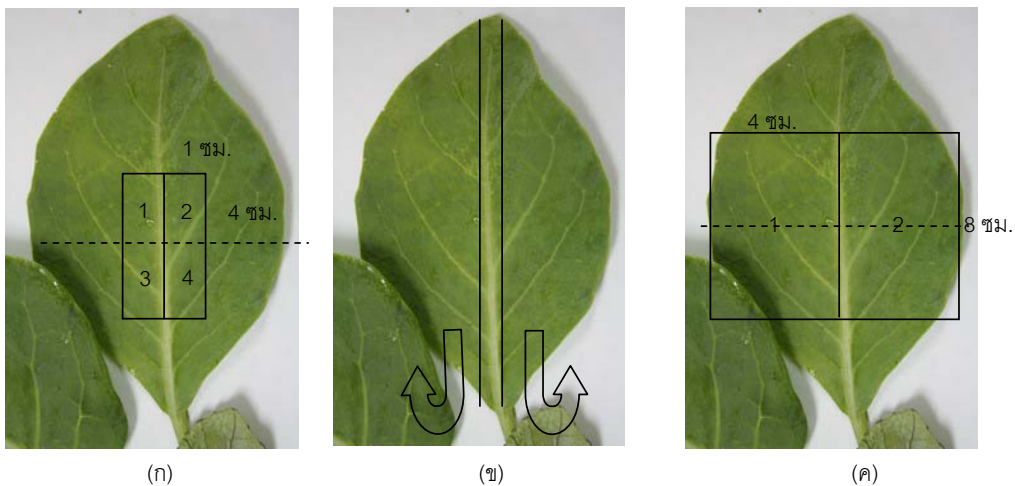
ตัวอย่างใบค่น้ำถูกนำมาบดคั้นน้ำ เพื่อวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้เครื่อง pH meter

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total Soluble Solids; TSS) วัดโดยใช้ Hand Refractometer (0-32 Birx °, ATAGO, Japan) และวัดความเป็นกรดโดยการไทเทรต (Titrable acidity; TA) (AOAC, 2000) วิเคราะห์ปริมาณเยื่อใยดิบ (Crude fiber) (AOAC, 2000) และปริมาณความชื้น (Moisture content) (AOAC, 2000)

## 5.2 การวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสและการเตรียมตัวอย่าง

### 5.2.1 กลุ่มผู้บริโภค

รับสมัครกลุ่มตัวอย่างผู้ทดสอบที่บริโภคคะน้าสดเป็นประจำประมาณ 3-4 ครั้งต่อสัปดาห์ และเคยมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเลือกซื้อคะน้าสด ได้ผู้ทดสอบจำนวน 26 คน ที่สามารถทำการทดสอบต่อเนื่องได้ภายใน 11 วัน



ภาพที่ 1 การเตรียมตัวอย่างใบคะน้าสำหรับการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyser รุ่น TA-XT2 (ก) สำหรับวัดค่าโมดูลัสของสภาพยืดหยุ่น (E) ด้วยหัววัด Tensile grip (ข) สำหรับวัดค่าแรงเฉือน WBSF ด้วยหัววัด Warner Bratzler Blade (ค) สำหรับวัดค่าสัมประสิทธิ์ความกรอบ (CC) ด้วยหัววัด Kramer shear

5.2.2 แผนการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผู้ประเมินจะได้รับการทดสอบแบบไม่ให้ข้อมูลวิธีการปลูกก่อน หลังจากนั้นได้รับการทดสอบแบบให้ข้อมูลวิธีการเพาะปลูกแบบอินทรีย์ทั้งหมด ทำให้ผู้ประเมินได้รับข้อมูลวิธีการเพาะปลูกที่เป็นจริงในตัวอย่างคะน้าอินทรีย์และข้อมูลที่ไม่เป็นจริงในตัวอย่างคะน้าทั่วไป เพื่อศึกษาอิทธิพลของข้อมูลระบบการปลูกแบบอินทรีย์ที่มีต่อความชอบโดยรวมของตัวแทนผู้บริโภค

### 5.2.3 การเตรียมตัวอย่างและการนำเสนอตัวอย่าง

ทดสอบการความชอบ (Affective test) ที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ ความชอบโดยรวมและความตั้งใจซื้อ ต่อตัวอย่างใบคะน้าสดที่เตรียมจากใบคะน้าลำดับกลางทั้งใบ โดยตัดก้านใบทิ้ง ใช้สเกลวัดระดับความชอบ 9 ระดับ (9 คือ ชอบอย่างยิ่ง, 5 คือ ไม่แน่ใจ และ 1 คือ ไม่ชอบอย่างยิ่ง) (วิลคินา เกษม ทิพย์วรรณ และคณะ, 2548) ขอให้ผู้ประเมินบ้วนปากด้วยน้ำเปล่า 2 ครั้ง เพื่อล้าง

ปากก่อนการทดสอบชิมตัวอย่างทุกครั้ง โดยเกณฑ์ในการพิจารณาอายุการเก็บรักษาที่ผู้ประเมินยังคงยอมรับตัวอย่างคะน้ำ คือ คะแนนความชอบที่มากกว่าหรือเท่ากับ 6 จาก 9 คะแนน

## 6. การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ

### 6.1 การทดลองส่วนที่ 1 : การคัดเลือกตัวอย่างคะน้ำทั่วไปจากลักษณะทางกายภาพ

วางแผนการจัดสิ่งทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ภายในบล็อก (RCBD) โดยปัจจัยที่ศึกษาหรือสิ่งทดลองคือ วิธีการเพาะปลูก และบล็อกคือหน่วยของการทดลอง ของตัวอย่างใบคะน้ำใบกลางเพียงใบเดียวที่มาจากแต่ละต้น ผลการทดลองจะถูกนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

### 6.2 การทดลองส่วนที่ 2 : การประเมินอายุการเก็บรักษา

วางแผนจัดสิ่งทดลองแบบสปลิตพลอทในการจัดบล็อกแบบสมดุล (Split-plot in RCBD) ในการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีให้หน่วยทดลองหลัก (main plot) คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากไม่สามารถสุ่มเอาตัวอย่างในวันที่ 6 หรือ 11 มาวัดคุณภาพแทนวันที่ 0 ได้ ส่วนหน่วยทดลองรอง (sub-plot) คือ ระบบการปลูกและจัดให้บล็อกคือ ใบคะน้ำที่มาจากแต่ละต้น ผลการทดลองที่ได้ถูกนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT

ส่วนการวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัส ใช้การวางแผนจัดสิ่งทดลองแบบสปลิต-สปลิต-พลอทในการจัดบล็อกแบบสมดุล (Split-split plot in RCBD) โดยหน่วยทดลองหลัก (main plot) คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา หน่วยทดลองรอง (sub-plot) คือ ข้อมูลที่ให้ในการทดสอบ และหน่วยทดลองย่อย (sub-sub-plot) คือ ระบบการปลูกจัดให้ผู้ทดสอบเป็นบล็อก ผลการทดลองที่ได้ถูกนำไป

วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT

อธิบายภาพรวมความสัมพันธ์ของค่าคุณภาพที่วัดได้จากดัชนีทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัส โดยเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis; PCA) จากโปรแกรมสำเร็จรูป XLSTAT (2007)

## ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

### 1. ผลการคัดเลือกตัวอย่างคะน้ำทั่วไปจากลักษณะทางกายภาพ

ค่ามุมสีหลักที่แสดงลักษณะของสี ค่าโมดูลัสของสภาพยืดหยุ่นและค่าแรงเค้น WBSF ที่แสดงลักษณะเนื้อสัมผัส ของใบคะน้ำอินทรีย์และใบคะน้ำทั่วไป (อายุเก็บเกี่ยว 30 วัน) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) กับใบคะน้ำทั่วไป (อายุเก็บเกี่ยว 60 วัน) (ดังแสดงในตารางที่ 1)

ความสว่างของสีเมื่อมีค่ามากแสดงถึงลักษณะสีที่ซีด ส่วนค่าน้อยแสดงสีที่เข้ม ค่ามุมสีหลักที่แสดงสีเขียวมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 90-140 องศา โดยที่ 90 องศา แสดงลักษณะสีเขียวปนเหลือง และสีเขียวจะค่อยๆ เข้มขึ้นเมื่อค่าองศาเพิ่มขึ้น โดยที่ประมาณ 135 องศา จะแสดงถึงสีเขียวที่เข้มที่สุด โดยเมื่อองศาเพิ่มสูงกว่านี้สีเขียวจะค่อยๆ แสดงเป็นสีฟ้า ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นของใบคะน้ำอินทรีย์ ใบคะน้ำทั่วไป (อายุเก็บเกี่ยว 30 วัน) และใบคะน้ำทั่วไป (อายุเก็บเกี่ยว 60 วัน) จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าใบคะน้ำทั่วไป (อายุเก็บเกี่ยว 30 วัน) มีลักษณะสีเขียวคล้ายใบคะน้ำอินทรีย์ ต่างกันตรงที่มีสีเขียวเข้มกว่า (ค่า  $L^*$  มีค่าน้อยกว่า) ส่วนใบคะน้ำทั่วไป (อายุเก็บเกี่ยว 60 วัน) มีสีเขียวปนเหลืองซีด

เนื้อสัมผัสของใบคะน้ำอินทรีย์และใบคะน้ำทั่วไป (อายุเก็บเกี่ยว 30 วัน) มีความเหนียวที่แสดงจากค่าโมดูลัสของสภาพยืดหยุ่น (Toole, Parker,

Smith *et al.*, 2000) และค่าแรงเฉือน WBSF ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) อย่างไรก็ตามใบคะน้าทั่วไป (อายุเก็บเกี่ยว 30 วัน) มีค่าสัมประสิทธิ์ความกรอบสูงกว่า ส่วนใบคะน้าทั่วไป (อายุเก็บเกี่ยว 60 วัน) มีความเหนียวและค่าแรงเฉือน WBSF สูงที่สุด และค่าสัมประสิทธิ์ความกรอบต่ำสุด

สรุปได้ว่าใบคะน้าอินทรีย์และใบคะน้าทั่วไป (อายุเก็บเกี่ยว 30 วัน) มีลักษณะทางกายภาพคล้ายกันมากกว่าใบคะน้าทั่วไป (อายุเก็บเกี่ยว 60 วัน) ทั้งนี้อาจเนื่องจากผักคะน้าทั่วไป (อายุเก็บเกี่ยว 60 วัน) มีอัตราการเจริญสูงกว่าใบคะน้าอินทรีย์ โดยปัจจัย

คุณภาพทางกายภาพเป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผักของผู้บริโภค โดยปัจจัยสำคัญที่ผู้บริโภคพิจารณาเป็นลำดับแรก คือ ลักษณะปรากฏ เช่น ขนาด (Size) รูปร่าง (Shape) รูปทรง (Form) สี (Color) (Kays, 1999) นอกจากนี้คุณภาพด้านกายภาพที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ ลักษณะเนื้อสัมผัส (Lamikanra, 2002) ดังนั้นในการทดลองส่วนนี้จึงเลือกใบคะน้าทั่วไป (อายุเก็บเกี่ยว 30 วัน) ในการศึกษาเปรียบเทียบระยะเวลาการเก็บรักษากับใบคะน้าอินทรีย์

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะทางกายภาพของใบคะน้าทั้ง 3 ตัวอย่าง

วิธีการเพาะปลูก	ความสว่างของสี ( $L^*$ )	มุมสีหลัก (Hue angle) (องศา)	สัมประสิทธิ์ความกรอบ (CC) ( $g^{-1}$ )	โมดูลัสของสภาพยืดหยุ่น (E) ( $Pa \times 10^8$ )	แรงเฉือน WBSF ( $N/m^2 \times 10^8$ )
อินทรีย์	47.77 <sup>a</sup> $\pm$ 1.89	126.90 <sup>b</sup> $\pm$ 1.80	1.28 <sup>b</sup> $\pm$ 0.65	43.93 <sup>a</sup> $\pm$ 8.36	5.24 <sup>a</sup> $\pm$ 0.76
ทั่วไป (30 วัน)	46.37 <sup>a</sup> $\pm$ 2.27	127.97 <sup>b</sup> $\pm$ 8.534	3.09 <sup>c</sup> $\pm$ 0.29	44.74 <sup>a</sup> $\pm$ 6.80	3.94 <sup>a</sup> $\pm$ 0.35
ทั่วไป (60 วัน)	50.26 <sup>b</sup> $\pm$ 3.46**	125.10 <sup>a</sup> $\pm$ 2.93	0.76 <sup>a</sup> $\pm$ 0.09	63.22 <sup>b</sup> $\pm$ 66.67	57.56 <sup>b</sup> $\pm$ 30.47

หมายเหตุ \* ตัวอักษรยกที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

\*\* ตัวเลขเข้มหมายถึงค่าสูงสุด ( $p < 0.05$ )

## 2. ผลการประเมินอายุการเก็บรักษา

### 2.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา

จากลักษณะทางกายภาพของใบคะน้าระหว่างการเก็บรักษา (ดังแสดงในตารางที่ 2) ในภาพรวมพบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษายาวนานขึ้นค่าความสว่างของสีใบคะน้าเพิ่มขึ้น ซึ่งสวนทางกับค่ามุมสีหลักที่ลดลง แสดงว่าลักษณะสีโดยรวมของใบคะน้าทั้ง 2 ตัวอย่าง จะค่อยๆ เปลี่ยนเป็นสีเหลืองซีด โดยค่าความสว่างของสีที่เพิ่มขึ้นและค่ามุมสีหลักที่ลดลงในใบคะน้าทั่วไป (อายุเก็บเกี่ยว 30 วัน) เกิดเร็วกว่าในใบคะน้าอินทรีย์ แสดงว่าใบคะน้าทั่วไป

(อายุเก็บเกี่ยว 30 วัน) เปลี่ยนเป็นสีเหลืองซีดเร็วกว่า และในวันที่ 11 ของการเก็บรักษาก็เปลี่ยนเป็นสีเหลืองซีดกว่าใบคะน้าอินทรีย์

เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษายาวนานขึ้นค่าสัมประสิทธิ์ความกรอบของใบคะน้าทั่วไป (อายุเก็บเกี่ยว 30 วัน) มีแนวโน้มลดลง ส่วนค่าโมดูลัสของสภาพยืดหยุ่นของใบคะน้าทั้ง 2 ตัวอย่าง มีแนวโน้มลดลงเช่นกัน แต่ค่าแรงเฉือน WBSF กลับมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้ค่าโมดูลัสของสภาพยืดหยุ่นในใบคะน้าทั่วไป (อายุเก็บเกี่ยว 30 วัน) ลดลงเร็วกว่าในใบคะน้าอินทรีย์ ส่วนค่าแรงเฉือน WBSF ในใบคะน้าอินทรีย์กลับเพิ่มขึ้นเร็วกว่า

แสดงว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผ่านไป 11 วัน ลักษณะเนื้อสัมผัสของใบคะน้าอินทรีย์จะเหนียวกว่า หยิบกว่า และกรอบน้อยกว่าใบคะน้าทั่วไป (อายุเก็บเกี่ยว 30 วัน)

ภายหลังการเก็บเกี่ยวสีเขียวของใบและลำต้นคะน้าจะจางไป พร้อมกับการปรากฏขึ้นของสีเหลือง เนื่องจากกระบวนการวาย (Senescence) กระบวนการสลายตัวของโมเลกุลคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) เกิดขึ้นเร็วกว่ากระบวนการสร้าง ทำให้คลอโรฟิลล์หมดไปมากที่สุด สีเหลืองของสารประกอบคาโรทีนอยด์ (Carotenoids) ที่ถูกสีเขียวของคลอโรฟิลล์บดบังไว้จึงปรากฏขึ้นแทน โดยการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ระหว่างการวายนั้นเกิดจากการทำงานของฮอร์โมนเอทิลีน (Ethylene) ที่ทำ

หน้าที่การกระตุ้นเนื้อเยื่อให้มีอัตราการหายใจสูงขึ้น เร่งการเสื่อมสลายของผนังเซลล์ (จริงแท้, 2549) และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ Chlorophyllase (จริงแท้, 2550) อีกทั้งยังพบว่าเอทิลีนทำหน้าที่เร่งการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในบร็อคโคลี่ (Tian, Downs, Lill *et al.*, 1994; Bastrash, Makhlof, Castaigne *et al.*, 1993) โดย Bartz and Brecht (2003) พบว่าการสังเคราะห์เอทิลีนในเนื้อเยื่อที่อยู่ในช่วงกำลังเจริญเติบโตจะสูงกว่าในเนื้อเยื่อที่เข้าสู่ช่วงของความสมบูรณ์ทางสรีรวิทยาแล้ว ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้การสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในคะน้าทั่วไป (อายุเก็บเกี่ยว 30 วัน) ที่ยังอยู่ในช่วงของการเจริญเติบโต เกิดขึ้นเร็วกว่าคะน้าอินทรีย์ที่ถูกเก็บเกี่ยวเมื่ออายุได้ 60 วัน

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าลักษณะทางกายภาพ ระหว่างการเก็บรักษา

เวลาการเก็บรักษา (วัน)	วิธีการเพาะปลูก	ลักษณะทางกายภาพ				
		ความสว่างของสี (L*)	มุมสีหลัก (Hue angle) (องศา)	สัมประสิทธิ์ความกรอบ (CC) (g <sup>-1</sup> )	โมดูลัสของสภาพยืดหยุ่น (E) (Pa x 10 <sup>5</sup> )	แรงฉีก WBSF (N/m <sup>2</sup> x 10 <sup>8</sup> )
0	อินทรีย์	47.77 <sup>b</sup> ±1.88	126.90 <sup>d</sup> ±1.80	1.28 <sup>ab</sup> ±0.65	4.39x10 <sup>4b</sup> ±8.36x10 <sup>3</sup>	5.24 <sup>c</sup> ±0.76
6		47.77 <sup>b</sup> ±1.88	126.89 <sup>d</sup> ±1.79	0.93 <sup>a</sup> ±0.40	4.43x10 <sup>4c</sup> ±5.84x10 <sup>3</sup>	5.28 <sup>c</sup> ±0.48
11		53.58 <sup>d</sup> ±4.86	121.92 <sup>b</sup> ±5.15	1.44 <sup>b</sup> ±0.66	4.14 <sup>a</sup> ±0.42	7.32 <sup>d</sup> ±0.12
0	ทั่วไป	46.37 <sup>a</sup> ±2.27	127.97 <sup>e</sup> ±8.54	3.09 <sup>d</sup> ±0.29	4.47x10 <sup>4c</sup> ±6.80x10 <sup>3</sup>	3.94 <sup>a</sup> ±0.35
6		47.87 <sup>a</sup> ±1.57	124.62 <sup>c</sup> ±1.51	2.20 <sup>c</sup> ±0.55	4.20 <sup>a</sup> ±0.27	4.03 <sup>a</sup> ±0.64
11		56.03 <sup>c</sup> ±2.75**	115.12 <sup>a</sup> ±2.34	2.48 <sup>c</sup> ±0.95	3.38 <sup>a</sup> ±0.63	4.63 <sup>b</sup> ±0.13

หมายเหตุ \*ตัวอักษรยกที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

\*\*ตัวเลขเข้มหมายถึงค่าสูงสุด (p<0.05)

## 2.2 การวิเคราะห์ลักษณะทางเคมีที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา

จากการเปรียบเทียบลักษณะทางเคมีของใบคะน้าระหว่างการเก็บรักษา (ดังแสดงในตารางที่ 3) พบว่าความเป็นกรดที่ไทเทรตได้ ปริมาณเยื่อใยดิบ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณความชื้นของใบคะน้าอินทรีย์มีค่าสูงกว่า โดยเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษายาวนานขึ้น ปริมาณเยื่อใยดิบ และค่าความเป็นกรด-ด่างของใบคะน้าทั้ง 2 ตัวอย่างมีค่า

เพิ่มสูงขึ้น ขณะที่ความเป็นกรดที่ไทเทรตได้มีค่าลดลง ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีค่าลดลง ในวันที่ 6 และค่ากลับเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 11 ของการเก็บรักษา

การที่ค่าความเป็นกรด-ด่างในใบคะน้าทั้ง 2 ตัวอย่างมีค่าเพิ่มสูงขึ้น และที่ความเป็นกรดที่ไทเทรตได้มีค่าลดลง อาจเนื่องจากการสลายตัวของกรดอินทรีย์จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) ระหว่างการเก็บรักษา (จริงแท้, 2549) อีกทั้งยังพบ



ว่าปริมาณวิตามินซีในคือน้ำมีค่าลดลงระหว่างการเก็บรักษาในสภาพที่มีแสงสว่าง แต่ปริมาณแป้ง กลูโคส และฟรุคโตส กลับเพิ่มสูงขึ้น (Noichinda, Bodhipadma, Mahamontri *et al.*, 2007) ซึ่งอาจเป็นการอธิบายถึงสาเหตุที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของใบคือน้ำทั้ง 2 ตัวอย่างมีค่าลดลงในช่วงแรกแต่กลับมีค่าเพิ่มขึ้นในวันที่ 11 ของการเก็บรักษา

ปริมาณเยื่อใยดิบที่เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาอาจส่งผลกระทบต่อลักษณะเนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนแปลงไป โดย Wu, ShuFang, Cheng *et al.* (1995) พบว่าปริมาณเยื่อใยดิบในใบคือน้ำเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษายาวนานขึ้น และพบกิจกรรมของเอนไซม์เปอร์ออกซิเดส (Peroxidase)

ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ในกระบวนการสังเคราะห์ลิกนิน (Lignification) (Whetten, 1995) เพิ่มสูงขึ้นระหว่างการเก็บรักษาเช่นกัน ลิกนินเป็นสายโพลีเมอร์ของฟีนิล-โพรพานอยด์ (Phenyl-propanoid) (Bartz and Brecht, 2003) ที่ให้ความแข็งแรงกับผนังเซลล์ (Kays 1991) โดยการเชื่อมข้าม (Cross-linkage) กับองค์ประกอบที่เป็นโพลีแซคคาไรด์ (Polysaccharide) นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของลิกนินทำให้ความดันเต่ง (Turgor pressure) ของเซลล์ลดลง (Bartz and Brecht, 2003) มีผลทำให้ความกรอบ (Crispness) และความเหนียว (Stiffness) ลดลง แต่ความหยาบ (Toughness) เพิ่มขึ้น (Hiller and Jeronimidis, 1996)

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าลักษณะทางเคมี ระหว่างการเก็บรักษา

เวลาการเก็บรักษา (วัน)	วิธีการเพาะปลูก	ลักษณะทางเคมี				
		ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) ( $^{\circ}$ brix) (NS)	ความเป็นกรดที่ไทเทรตได้ (TA) (กรัมของซिटริก/100 มล.)	ปริมาณความชื้น (Moisture content) (%)	ปริมาณเยื่อใยดิบ (Crude fiber) (%)
0	อินทรีย์	5.58 <sup>a</sup> $\pm$ 0.02	5.70 $\pm$ 0.27	0.17 <sup>c</sup> $\pm$ 0.01	86.95 <sup>a</sup> $\pm$ 0.57	8.85 <sup>b</sup> $\pm$ 0.12
6		5.94 <sup>b</sup> $\pm$ 0.05	5.87 $\pm$ 0.42	0.11 <sup>b</sup> $\pm$ 0.03	91.19 <sup>c</sup> $\pm$ 2.10	9.82 <sup>c</sup> $\pm$ 0.32
11		5.92 <sup>b</sup> $\pm$ 0.03	5.73 $\pm$ 0.27	0.12 <sup>c</sup> $\pm$ 0.02	90.14 <sup>b</sup> $\pm$ 1.03	11.13 <sup>d</sup> $\pm$ 0.83
0	ทั่วไป (30 วัน)	5.97 <sup>b</sup> $\pm$ 0.02	5.57 $\pm$ 0.11	0.08 <sup>a</sup> $\pm$ 0.02	92.01 <sup>c</sup> $\pm$ 0.77	7.75 <sup>a</sup> $\pm$ 0.17
6		6.14 <sup>c</sup> $\pm$ 0.05	5.23 $\pm$ 0.30	0.08 <sup>a</sup> $\pm$ 0.04	92.03 <sup>c</sup> $\pm$ 0.59	8.34 <sup>abc</sup> $\pm$ 0.13
11		6.38 <sup>d</sup> $\pm$ 0.09	4.88 $\pm$ 0.70	0.06 <sup>a</sup> $\pm$ 0.02	92.99 <sup>d</sup> $\pm$ 0.74	9.45 <sup>c</sup> $\pm$ 0.13

หมายเหตุ \*ตัวอักษรยกที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

\*\*ตัวเลขเข้มหมายถึงค่าสูงสุด ( $p < 0.05$ )

### 2.3 การวิเคราะห์ลักษณะทางประสาทสัมผัสที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา

จากการศึกษาลักษณะทางประสาทสัมผัสของใบคือน้ำทั้ง 4 สิ่งทดลอง ระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งได้แก่ ใบอินทรีย์และใบคือน้ำทั่วไป ในการทดสอบแบบไม่ให้ข้อมูลและให้ข้อมูล (วิธีการเพาะปลูกแบบอินทรีย์ในทุกตัวอย่าง) (ดังแสดงในตารางที่ 4) พบว่าความชอบโดยรวมและความตั้งใจซื้อของผู้บริโภค

ที่มีต่อตัวอย่างใบคือน้ำทั้ง 4 สิ่งทดลอง เปรียบเทียบในแต่ละวัน (วันที่ 0, 6 และ 11) ของทั้ง 4 สิ่งทดลอง มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p \geq 0.05$ ) ในภาพรวมคะแนนทั้งสองมีค่าเฉลี่ยลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษายาวนานขึ้น โดยในวันที่ 0 และวันที่ 6 คะแนนความชอบโดยรวมและความตั้งใจซื้อต่อใบคือน้ำทั้ง 4 สิ่งทดลอง อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (5.5 คะแนนจาก 9 คะแนน) ส่วนในวันที่ 11 ของการเก็บรักษา

ค่าคะแนนเฉลี่ยทั้งสองที่มีต่อใบคะน้าทั่วไป (30 วัน) มีค่าลดลงอยู่ในระดับที่ไม่ยอมรับ (4.8 คะแนน จาก 9 คะแนน) แต่ใบคะน้าอินทรีย์ยังได้คะแนนอยู่ในระดับที่ยอมรับได้เช่นเดิม (5.4 คะแนน จาก 9 คะแนน) ทั้งนี้เมื่อผู้บริโภครับข้อมูลวิธีการเพาะปลูกแบบอินทรีย์ พร้อมกับการทดสอบชิมตัวอย่างใบคะน้าอินทรีย์และใบคะน้าทั่วไป (อายุเก็บเกี่ยว 30 วัน) พบว่าคะแนนความชอบโดยรวมและความตั้งใจซื้อต่อตัวอย่างทั้ง 2 สิ่งทดลอง มีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับแบบไม่ให้ข้อมูลในทุกช่วงของการเก็บรักษา

การที่คะแนนความชอบโดยรวมต่อตัวอย่างคะน้าทั้ง 4 สิ่งทดลอง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษานั้น สอดคล้องกับผลการเปรียบเทียบความชอบของผู้บริโภคต่อมะเขือเทศ แดงกวาง และหอมหัวใหญ่ ที่ปลูกแบบอินทรีย์และแบบทั่วไป ของ Zhao, Chambers, Matta *et al.* (2007) ที่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \geq 0.05$ ) ระหว่างการเพาะปลูกทั้งสองแบบ ส่วนการศึกษาของ Schutz and Lorenz (1976) ก็ไม่พบความแตกต่างของ

ความชอบโดยรวมต่อผักกาดขาวและถั่วฝักยาว ที่ปลูกแบบอินทรีย์และแบบทั่วไป จากผู้บริโภครายอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ )

อย่างไรก็ดีอิทธิพลของข้อมูลวิธีการเพาะปลูกแบบอินทรีย์ที่มีต่อความชอบของผู้บริโภคในการทดลองนี้นั้น มีผลสอดคล้องกับการศึกษาของ Johansson, Haglund, Berglund *et al.* (1999) ที่พบว่าคะแนนความชอบต่อมะเขือเทศเพิ่มขึ้นเมื่อผู้บริโภครับข้อมูลว่าตัวอย่างที่กำลังทดสอบชิมนั้นเป็นมะเขือเทศอินทรีย์ แสดงให้เห็นว่าลักษณะของตัวอย่างใบคะน้าอินทรีย์และใบคะน้าทั่วไปโดยการรับรู้ของผู้บริโภค อาจไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจนพอ อีกทั้งผู้บริโภคมิเจตคติต่ออาหารอินทรีย์เป็นไปในเชิงบวก โดยที่ผู้บริโภคเชื่อว่าอาหารอินทรีย์ปลอดภัยต่อสุขภาพและมีรสชาติดีกว่าอาหารทั่วไป (Roitner-Schobesberger, Darnhofer, Somsook *et al.*, 2007; The Hartman group, 2000) จึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ความชอบโดยรวมของผู้บริโภคสูงขึ้นเมื่อได้ข้อมูลว่าตัวอย่างที่ทดสอบชิมนั้นเป็นคะน้าอินทรีย์

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความชอบโดยรวมและความตั้งใจซื้อของผู้บริโภค ระหว่างการเก็บรักษา

เวลาการเก็บรักษา (วัน)	วิธีการเพาะปลูก	ชนิดของการทดสอบ	ความชอบโดยรวม	ความตั้งใจซื้อ
0	อินทรีย์	ไม่ให้ข้อมูลวิธีการเพาะปลูก	5.73 <sup>abc</sup> $\pm$ 1.93	5.39 <sup>ab</sup> $\pm$ 2.02
6			5.57 <sup>abc</sup> $\pm$ 1.91	5.95 <sup>abcd</sup> $\pm$ 1.60
11			5.40 <sup>ab</sup> $\pm$ 1.76	5.30 <sup>ab</sup> $\pm$ 1.98
0	ทั่วไป (30 วัน)		6.54 <sup>bc</sup> $\pm$ 2.02	6.26 <sup>bcd</sup> $\pm$ 2.05
6			6.29 <sup>bc</sup> $\pm$ 1.27	6.29 <sup>bcd</sup> $\pm$ 1.59
11			4.80 <sup>a</sup> $\pm$ 2.48	4.80 <sup>a</sup> $\pm$ 2.50
0	อินทรีย์	ให้ข้อมูลวิธีการเพาะปลูก (แบบอินทรีย์)	5.94 <sup>abc</sup> $\pm$ 1.60	5.50 <sup>abc</sup> $\pm$ 1.60
6			6.00 <sup>abc</sup> $\pm$ 1.18	6.33 <sup>bcd</sup> $\pm$ 1.56
11			6.10 <sup>bc</sup> $\pm$ 1.65	6.35 <sup>bcd</sup> $\pm$ 1.84
0	ทั่วไป (30 วัน)		6.69 <sup>c</sup> $\pm$ 1.54	6.82 <sup>cd</sup> $\pm$ 1.44
6			6.81 <sup>c</sup> $\pm$ 1.63	6.95 <sup>d</sup> $\pm$ 1.86
11			5.30 <sup>ab</sup> $\pm$ 2.13	5.75 <sup>abcd</sup> $\pm$ 2.20

หมายเหตุ \*ตัวอักษรยกที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

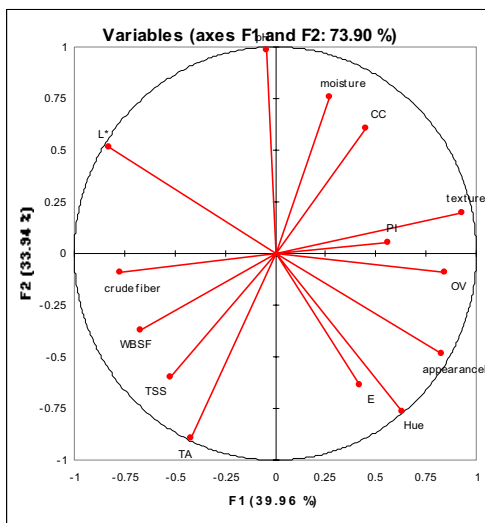
**2.4 การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัส โดยเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA)**

ข้อมูลลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัส ถูกนำมาวิเคราะห์ร่วมกันด้วยวิธี PCA เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงไประหว่างการเก็บรักษา

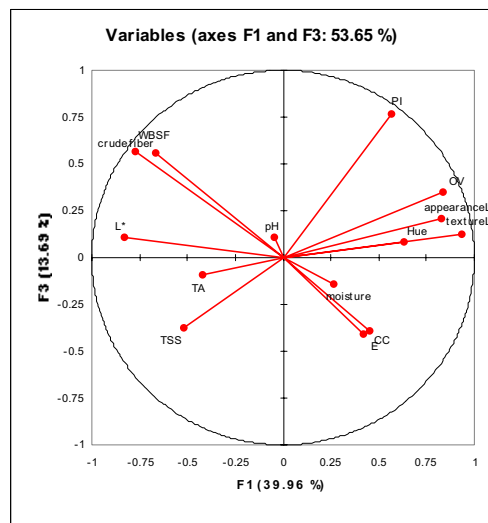
กราฟแสดงการเชื่อมโยงลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัส ของตัวอย่างคะน้ำอินทรีย์และคะน้ำทั่วไป (อายุเก็บเกี่ยว 30 วัน) จากวิธี PCA (ดังแสดงในภาพที่ 2) ที่อธิบายความแปรปรวนของชุดข้อมูลทั้งหมดได้ร้อยละ 84.59 จากปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย (F1, F2 และ F3) แสดงความแปรปรวนของชุดข้อมูลได้ร้อยละ 39.96, 33.94 และ 13.69 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าความชอบโดยรวมของผู้บริโภคมีความสัมพันธ์แบบแปรตามกับความชอบต่อลักษณะปรากฏและลักษณะเนื้อสัมผัส ( $r = 0.851$  และ  $0.903$ ) และมีความสัมพันธ์เชิงผกผันกับค่าความ

สว่างของสี ( $r = -0.627$ ) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kays (1999) ที่กล่าวว่าปัจจัยสำคัญที่ผู้บริโภคพิจารณาเป็นลำดับแรก คือ ลักษณะปรากฏ อีกทั้ง Lamikanra (2002) กล่าวว่าลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลสำคัญต่อการตัดสินใจเลือกซื้อของผู้บริโภคเช่นกัน พบว่าความชอบต่อลักษณะเนื้อสัมผัสนี้มีความสัมพันธ์เชิงผกผันกับปริมาณเยื่อใยดิบ ( $r = -0.621$ ) ขณะที่ความชอบต่อลักษณะปรากฏมีความสัมพันธ์เชิงผกผันกับค่าความสว่างของสี ( $r = -0.879$ ) ส่วนความตั้งใจซื้อสัมพันธ์เชิงผกผันกับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ( $r = -0.655$ )

เมื่อพิจารณาจากค่า Factor loading (ดังแสดงในตารางที่ 5) สามารถระบุได้ว่าปัจจัย F1 เป็นกลุ่มตัวแปรที่อธิบายความชอบของผู้บริโภคต่อลักษณะต่างๆ ซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงผกผันกับลักษณะเนื้อสัมผัสที่หยาบและความสว่างของสี (ค่าความสว่างของสี  $r = -0.83$  แรงเหนือน  $r = -0.67$  และปริมาณเยื่อใยดิบ  $r = -0.77$ ) ปัจจัย F2 เป็นกลุ่มตัวแปรที่อธิบายลักษณะความเป็นกรดต่าง ( $r = 0.98$ ) ความชื้น ( $r = 0.76$ ) และความกรอบ



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2 กราฟ PCA เชื่อมโยงลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างใบคะน้ำทั้ง 4 สิ่งทดลอง (ก) กราฟ PCA ระหว่างปัจจัยหลัก F1 และ F2 และ (ข) กราฟ PCA ระหว่างปัจจัยหลัก F1 และ F3

( $r = 0.61$ ) ซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงผกผันกับปริมาณความเป็นกรดที่ไทเทรตได้ ( $r = -0.89$ ) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ( $r = -0.6$ ) ปัจจัย F3 เป็นกลุ่มตัวแปรที่อธิบายความตั้งใจซื้อของผู้บริโภค ( $r = 0.77$ ) ซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงผกผันกับปริมาณของแข็งที่ละลายได้

## สรุปผลการทดลอง

คณะน้ำทั่วไป (อายุเก็บเกี่ยว 30 วัน) มีลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ สีเขียวและเนื้อสัมผัสที่ใกล้เคียงกับใบคะน้าอินทรีย์ มากกว่าใบคะน้าทั่วไป (อายุเก็บเกี่ยว 60 วัน)

เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษายาวนานขึ้น ใบคะน้าทั้ง 2 ตัวอย่างจะเปลี่ยนจากสีเขียวเข้มเป็นสีเขียวอมเหลืองซีด โดยใบคะน้าทั่วไป (อายุเก็บเกี่ยว 30 วัน) มีอัตราการเปลี่ยนเป็นสีเขียวมเหลืองซีดเร็วกว่าใบคะน้าอินทรีย์ ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัสพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความกรอบและค่าโมดูลัสของสภาพยืดหยุ่นมีค่าลดลง แต่ค่าแรงเฉือน WBSF กลับมีค่าเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับปริมาณเยื่อใยดิบ โดยเมื่อการเก็บรักษาผ่านไป 11 วัน โดยที่ค่าความเป็นกรด-ด่างของใบคะน้าทั้ง 2 ตัวอย่าง มีค่าเพิ่มสูงขึ้น ความเป็นกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณของแข็งที่ละลายได้มีค่าลดลง ใบคะน้าอินทรีย์จะเหนียวและหยาบกว่าใบคะน้าทั่วไป (อายุเก็บเกี่ยว 30 วัน) แต่กรอบน้อยกว่า

เมื่อเก็บรักษาคะน้าที่ 4 °ซ ในถุง LDPE เป็นเวลา 11 วัน ค่าคะแนนความชอบโดยรวมและความตั้งใจซื้อที่มีต่อใบคะน้าทั่วไป (อายุเก็บเกี่ยว 30 วัน) มีค่าลดลงไปอยู่ในระดับที่ไม่ยอมรับ แต่ค่าคะแนนที่มีต่อใบคะน้าอินทรีย์ยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

เมื่อใช้ผู้บริโภคเป็นเกณฑ์ในการพิจารณา อาจสรุปได้ว่าคะน้าทั่วไปที่เก็บในถุง LDPE ที่อุณหภูมิ 4 °ซ มีอายุการเก็บรักษาประมาณ 6 วัน ส่วนคะน้าอินทรีย์มีอายุการเก็บรักษานานกว่า อย่างไรก็ตามก็ตี

เนื่องจากวิธีการปลูกคะน้าทั้ง 2 วิธีไม่สามารถกำหนดขนาดและความสูงของต้นผักให้เท่ากันที่ระยะเวลาการเก็บเดียวกันได้ ผลการทดลองในส่วนนี้จึงอาจเกิดจากผลกระทบร่วมกัน (Confounding effects) จากวิธีการเพาะปลูกและอายุการเก็บเกี่ยว

คะแนนความชอบโดยรวมและความตั้งใจซื้อของผู้บริโภคที่มีต่อใบคะน้าทั้ง 2 ตัวอย่างเมื่อผู้บริโภคได้รับข้อมูลวิธีการเพาะปลูกแบบอินทรีย์ พบว่ามีค่าเพิ่มสูงขึ้น

กราฟการเชื่อมโยงข้อมูลลักษณะต่างๆที่สร้างขึ้นจากปัจจัยหลัก 3 แกน (F1, F2 และ F3) อธิบายได้ว่าความชอบโดยรวมของผู้บริโภคมีความสัมพันธ์แบบแปรตามกับความความชอบต่อลักษณะปรากฏและลักษณะเนื้อสัมผัส โดยมีความสัมพันธ์เชิงผกผันกับปริมาณเยื่อใยดิบ ค่าแรงเฉือน WBSF และค่าความสว่างของสี แสดงว่าผู้บริโภคไม่ยอมรับคะน้าที่มีสีซีดและหยาบ

## ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของสีและลักษณะเนื้อสัมผัสที่มีอิทธิพลสำคัญต่อความชอบโดยรวมของผู้บริโภค โดยเอทิลีนน่าจะเป็นฮอร์โมนที่มีอิทธิพลสูงต่อการเปลี่ยนแปลงของสีและลักษณะเนื้อสัมผัสของผักหลังการเก็บเกี่ยว การใช้วัสดุที่สามารถดูดซับก๊าซเอทิลีนที่เกิดขึ้นในภาชนะบรรจุ น่าจะช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้ พรชัย, ธิดิพงษ์ และวิทยา, 2551; พิษญา และพรชัย, 2551) วัสดุที่ใช้ดูดซับมีหลายชนิด เช่น โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ( $KMnO_4$ ) และถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) เป็นต้น ถ่านกัมมันต์เป็นวัสดุที่นำไปใช้เพราะมีราคาถูก ไม่เป็นพิษและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่อีกได้ นอกจากนี้การที่อัตราการเจริญเติบโตของผักคะน้าที่ปลูกแบบอินทรีย์และแบบทั่วไปไม่สามารถควบคุมให้เท่ากันได้ ส่งผลให้ขนาดของต้นผักที่ใช้ในการทดสอบมีขนาดแตกต่างกัน ตัวแปรที่ทำให้อัตราการเจริญเติบโตของผักทั้งสอง

ตารางที่ 5 ค่า Factor loading ของตัวแปรลักษณะต่างๆ บนกราฟ PCAs (ปัจจัยหลัก F1-F3) ระหว่างการเก็บรักษา

ลักษณะ	สัญลักษณ์	ปัจจัยหลักที่ 1 (F1)	ปัจจัยหลักที่ 2 (F2)	ปัจจัยหลักที่ 3 (F3)
ความชอบโดยรวม	OV	0.84	-0.09	0.35
ความชอบต่อลักษณะปรากฏ	appearanceL	0.83	-0.49	0.21
ความชอบต่อเนื้อสัมผัส	textureL	0.93	0.20	0.12
ความตั้งใจซื้อ	PI	0.56	0.06	0.77
ค่าความสว่างของสี	L*	-0.83	0.51	0.11
ค่ามุมสีหลัก	Hue	0.63	-0.76	0.08
สัมประสิทธิ์ความกรอบ	CC	0.45	0.61	-0.39
โมดูลัสของสภาพยืดหยุ่น	E	0.42	-0.64	-0.41
แรงเคียน WBSF	WBSF	-0.67	-0.37	0.56
ความเป็นกรด-ด่าง	pH	-0.05	0.98	0.11
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	TSS	-0.52	-0.60	-0.37
ความเป็นกรดที่ไทเทรตได้	TA	-0.42	-0.89	-0.09
ปริมาณความชื้น	moisture	0.27	0.76	-0.14
ปริมาณเยื่อใยดิบ	crude fiber	-0.77	-0.09	0.57

ชนิดมีค่าใกล้เคียงกันจึงน่าสนใจศึกษาเพื่อการส่งเสริมการเพาะปลูกแบบอินทรีย์

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว หน่วยงานร่วมมหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนเงินทุนการทำวิจัยในครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

กนกพร อธิสุข, ยุวดี เลิศเรืองเดช, วิชาดา จงมีวาสนา, ทองสุข ปายะนันท์, อวรรณ พัฒนกิจจารักษ์, รัตยากร ไชยพลงาม และจิตพกา สันต์ตรบ. 2549. การสำรวจปริมาณสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผัก พ.ศ. 2543-2546. วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 48(2): 108-120.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2550. สถิติการผลิต

การเกษตรตามชนิดพืช (ตลอดปี)

กลุ่มผักปีเพาะปลูก2549/2550.

[http://production.doae.go.th/estimate/reportP2/reportP2\\_display.php](http://production.doae.go.th/estimate/reportP2/reportP2_display.php).

จิ่งแท้ ศิริพานิช. 2549. สรีรวิทยาและเทคโนโลยี

หลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.

สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กรุงเทพฯ.

จิ่งแท้ ศิริพานิช. 2550. ชีวิตวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว

และการขายของพืช. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริม

และฝึกอบรม การเกษตรแห่งชาติ

มหาวิทยาลัย-เกษตรศาสตร์ วิทยาเขต

กำแพงแสน. นครปฐม.

- นภาพร เชี่ยวชาญ, วลัยพร ศรีชุมพวง และ ชัยรัตน์ ตั้งดวงดี. 2550. สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ตกค้างในผักและผลไม้สดที่จำหน่ายโดย ผู้ค้าเร่ในเขตกรุงเทพมหานครและจังหวัด สมุทรปราการ. วารสารอาหาร. 37(1): 59-72.
- พรชัย ราชตะนะพันธ์, อิติพงษ์ วงษ์สิน และวิทยา รอบคอบ. 2551. การศึกษาผลของวัสดุ ร่วมจากไม้ยูคาลิปตัสที่มีสารดูดซับเอทิลีน เป็นองค์ประกอบต่อการยืดอายุการเก็บ รักษากล้วยหอมทอง. บทคัดย่อการสัมมนา วิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ ครั้งที่ 6.
- พิชญา บุญประสม และพรชัย ราชตะนะพันธ์. 2551. การผลิตสารดูดซับเอทิลีนสำหรับยืดอายุ การเก็บรักษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. บทคัดย่อการสัมมนาวิชาการวิทยาการหลัง การเก็บเกี่ยวแห่งชาติครั้งที่ 6.
- เมฆ จันท์ประยูร. 2541. ผักสวนครัว. สำนักพิมพ์ ไททรรศน์. กรุงเทพฯ.
- วิไลศนา โพธิ์ศรี เกษม นันทชัย ทิพย์วรรณมา งามศักดิ์ ศุภวรรณ ถาวรชินสมบัติ และอรุณี เชื้อ แก้ว. 2548. เอกสารประกอบการสอนและ บทปฏิบัติการวิชาการวิเคราะห์อาหารโดย ประสารทริบความรู้สีก. ภาควิชาเทคโนโลยี อาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย ขอนแก่น.
- สำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์. 2548. มาตรฐาน เกษตรอินทรีย์. <http://www.actorganic-cert.or.th/download/ACTstandard2005.pdf>
- อภิรักษ์ วิภาวิน. 2549. อิทธิพลของปุ๋ยหมักและปุ๋ย อินทรีย์น้ำต่อผลผลิตของคะน้า. ปริญา วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน โครงการบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC, 19<sup>th</sup> ed. Maryland.
- Barcenas, P., Perez Elortondo, FJ., and Albusu, M. 2003. Comparison of free choice profiling, direct similarity measurements and hedonic data for ewes' milk cheeses sensory evaluation. International Dairy Journal. 13. 67-77.
- Bartz, JA, Brecht, JK. 2003. Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables. 2<sup>nd</sup> ed. Marcel Dekker AG. New York.
- Bastrash, S., Makhlof, J., Castaigne, F., and Willemot, C. 1993. Potimal controlled atmosphere conditions for storage of broccoli florets. Journal of Food Science. 58. 338-341.
- Baura, S., Klaibera, R., Weib, H., Hammesb, WP., and Carle, R. 2005. Effect of temperature and chlorination of pre-washing water on shelf-life and physiological properties of ready-to-use iceberg lettuce. Innovative Food Science and Emerging Technologies 6: 171- 182.
- Bourn, D., and Prescott, J. 2002. A Comparison of the nutrition value, sensory qualities, and food safety of organically and conventionally produced foods. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 42(1). 1-34.
- Burke, RM., and Monahan, FJ. 2003. The tenderisation of shin beef using a citrus juice marinade. Meat Science. 63. 161-168.

- Davies, A., Titterington, A.J., and Cochrane, C. 1995. Who buys organic food? A profile of the purchasers of organic food in Northern Ireland. *British Food Journal*. 97(10). 17-23.
- Gomez-Lopez, VM., Ragaert, P., Jeyachandran, V., Debevere, J., and Devlieghere, F. 2008. Shelf-life of minimally processed lettuce and cabbage treated with gaseous chlorine dioxide and cysteine. *International Journal of Food Microbiology* 121: 74-83.
- Hiller, S., and Jeronimidis, G. 1996. Fracture in potato tuber parenchyma. *Journal of Materials Science*. 31. 2779-2796.
- Johansson, L., Haglund, AE., Berglund, L., Lea, P., and Risvik, E. 1999. Preference for tomatoes, accepted by sensory attributes and information about growth conditions. *Food Quality and Preference* 10:289-298.
- Kays, JS. 1991. *Postharvest Physiology of Perishable Plant Products*. Van Nostrand Reinhold. New York.
- Kays, JS. 1999. Preharvest factors affecting appearance. *Postharvest Biology and Technology*. 15. 233-247.
- Lamikanra, O. 2002. *Fresh-cut fruits and vegetables: science, technology, and market*. Boca Raton: CRC Press.
- Lohr, L. 2001. Factors affecting international demand and trade in organic food products. *Changing Structure of Global Food Consumption and Trade*, USDA. [www.ers.usda.gov/publications/wrs011/](http://www.ers.usda.gov/publications/wrs011/).
- Martin-Diana, AB., Rico, D., Frias, J., Henehan, GTM., Mulcahy, J., Barat, JM., and Barry-Ryan, C. 2006. Effect of calcium lactate and heat-shock on texture in fresh-cut lettuce during storage. *Journal of Food Engineering*. 77. 1069-1077.
- Noichinda, S., Bodhipadma, K., Mahamontri, C., Narongruk, T., and Ketsa, S. 2007. Light during storage prevents loss of ascorbic acid, and increases glucose and fructose levels in Chinese kale (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*). *Postharvest Biology and Technology*. 44. 312-315.
- Roitner-Schobesberger, B., Darnhofer, I., Somsook, S., and Vogl, CR. 2007. Consumer perceptions of organic foods in Bangkok, Thailand. *Food Policy*, doi:10.1016/j.food pol .2007.09.004
- SeaLand. 1991. *Shipping guide to perishables*. SeaLand Services, Iselim, NJ.
- Schutz, HG., and Lorenz, OA. 1976. Consumer preferences for vegetables grown under 'commercial' and 'organic' condition. *Journal of Food Science*. 41. 70-73.
- Snowdon, AL. 1992. *A Colour Atlas of Postharvest Diseases and Disorders of Fruits and Vegetables*. Volume 2. Vegetables. Wolfe Scientific. 416 pp.
- The Hartman group. 2000. *The Organic Consumer Profile*. Bellevue, Wash.: The Hartman Group.
- Tian, MS., Downs, CG., Lill, RE., and King GA. 1994. A role for ethylene in the yellowing of broccoli after harvest. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 119. 276-281.

- Toole., GA., Parker, ML., Smith, AC., and Waldron, KW. 2000. Mechanical properties of lettuce. *Journal of Materials Science*. 35. 3553-3559.
- Whetten, RW., and Seseroff, RR. 1995. "Lignin Biosynthesis" *The Plant Cell*. 7. 1001-1013.
- Wu, P., ShuFang, Z., Cheng, H., and Wu, L. 1995. On postharvest physiology of Chinese kale (*Brassica alboglabra*). *Acta Agriculturae Zhejiangensis*. 7. 144-5.
- Zhao, X., Chambers, E., Matta, Z., Loughin, TM., and Carey, EE. 2007. Consumer sensory analysis of organically and conventionally grown vegetables. *Journal of Food Science*. 72(2). 87-91.