

การเปรียบเทียบคุณภาพของกะหล่ำปลีที่ผลิตโดย ระบบอินทรีย์และระบบปกติระหว่างการเก็บรักษา

Quality Comparison of Cabbage Produced by Organic and Conventional Systems During Storage

นীরุช มิ่งเมือง^{1/} และ ดนัย บุญยเกียรติ^{1/}
Neeranuch Mingmuang and Danai Boonyakiat

Abstract: Organic and conventional grown cabbages were stored at 0, 4, 8°C and room temperature. The results showed that after 4 days of storage organic grown cabbage had higher total phenolic compounds, chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll than conventional grown cabbage but lower reducing sugar, starch and shorter shelf life than conventional cabbage. However, weight loss, vitamin C content and respiration rate were not significant different. Cabbage stored at 4°C had the lowest respiration rate and the longest shelf life. The results showed that conventional grown cabbage stored at room temperature for 0 day had higher nitrogen and iron content than organic grown cabbage. However phosphorus, potassium, calcium, magnesium, boron and total soluble protein content were not significant different. But after 4 days storage total nutrition and total soluble protein were not significant different.

Keywords: Organic cabbages, storage, mineral

^{1/}ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

^{1/} Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

บทคัดย่อ: กะหล่ำปลีที่ผลิตโดยระบบอินทรีย์และระบบปกติ ซึ่งเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0, 4, 8 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง พบว่าหลังการเก็บรักษานาน 4 วัน กะหล่ำปลีที่ผลิตโดยระบบอินทรีย์มีปริมาณสารประกอบฟีนอล ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมมากกว่ากะหล่ำปลีที่ผลิตโดยระบบปกติ แต่มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่า และอายุการเก็บรักษาสั้นกว่ากะหล่ำปลีที่ผลิตโดยระบบปกติ ส่วนการสูญเสียน้ำหนักสด ปริมาณวิตามินซี และอัตราการหายใจ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ กะหล่ำปลีที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีอัตราการหายใจต่ำที่สุด และมีอายุการเก็บรักษานานที่สุด จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า กะหล่ำปลีที่ผลิตโดยระบบปกติแล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 0 วัน มีปริมาณธาตุไนโตรเจน และธาตุเหล็กมีค่ามากกว่ากะหล่ำปลีที่ผลิตโดยระบบอินทรีย์ ส่วนปริมาณธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม โบรอน และปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ไม่แตกต่างกัน ภายหลังการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 วัน ปริมาณธาตุอาหารและปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ไม่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: กะหล่ำปลีอินทรีย์ การเก็บรักษา ธาตุอาหาร

คำนำ

เกษตรอินทรีย์ เป็นระบบการผลิตที่แตกต่างจากเกษตรปกติ โดยเฉพาะการที่ไม่ใช้ปุ๋ยเคมีที่มีธาตุอาหารหลัก เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญมากต่อการเจริญเติบโตของพืช ถึงแม้เกษตรอินทรีย์จะเน้นการใช้อินทรีย์วัตถุและปุ๋ยชีวภาพในการปรับปรุงบำรุงพืชเป็นหลัก แต่การเปลี่ยนรูปของอินทรีย์วัตถุและปุ๋ยชีวภาพให้อยู่ในรูปของธาตุอาหารที่พร้อมนำมาใช้ประโยชน์นั้นต้องใช้เวลาและอาจมีธาตุอาหารบางชนิดที่มากหรือน้อยเกินความต้องการของพืชได้ รวมถึงการหลีกเลี่ยงการใช้สารกำจัดวัชพืช สารกำจัดศัตรูพืช และฮอร์โมนต่างๆ ตลอดจนไม่ใช้พืชหรือสัตว์ที่เกิดจากการตัดต่อทางพันธุกรรม จึงทำให้พืชที่ปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์มีการเจริญเติบโตแตกต่างจากพืชที่ปลูกในระบบเกษตรปกติ รวมถึงส่งผลต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลที่ได้จากเกษตรอินทรีย์ด้วย (Beharrell and MacFie, 1991) สาเหตุหลักที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของผลิตผลที่ผลิตในระบบอินทรีย์และผลิตผลที่ผลิตในระบบปกติ คือ ธาตุอาหารที่พืชได้รับ ซึ่งส่งผลถึงคุณภาพของผลิตผล และสารประกอบสำคัญต่างๆ ที่มีอยู่ในผลิตผล รวมไปถึงกระบวนการเมแทบอลิซึมที่เกิดขึ้นในผลิตผลนั้นด้วย ซึ่ง Worthington (2001) พบว่า ความแตกต่างของระบบการผลิตพืชทำให้อัตราส่วนของ

สารอาหาร เช่น โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต มีการเปลี่ยนแปลงไป พืชที่มีการเจริญเติบโตภายใต้ระบบการผลิตแบบเกษตรปกติมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบสูง แต่จะมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบลดลง รวมไปถึงมีการสังเคราะห์สารสีและวิตามินต่ำด้วย ในทางตรงข้ามพืชที่มีการเจริญเติบโตภายใต้ระบบการผลิตแบบเกษตรอินทรีย์มีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบสูง แต่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบต่ำ สอดคล้องกับ Brandt and Molgaard (2001) ที่รายงานว่าทฤษฎีความสัมพันธ์ระหว่างธาตุคาร์บอนและธาตุไนโตรเจน (C/N balance) เมื่อธาตุไนโตรเจนมีเพียงพอต่อการนำไปใช้และอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย พืชจะนำธาตุไนโตรเจนไปสร้างเป็นสารประกอบเป็นอันดับแรก ทำให้พืชมีสารประกอบที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสูง เช่น โปรตีน และสาร secondary metabolites ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เช่น alkaloids แต่เมื่อธาตุไนโตรเจนมีจำกัดหรืออยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ไม่ได้ กระบวนการเมแทบอลิซึมของพืชจะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยพืชจะใช้ธาตุคาร์บอนแทน และมีการสะสมธาตุคาร์บอนในรูปสารประกอบ เช่น สตาร์ช และเซลลูโลส ซึ่งจะเห็นว่าการผลิตที่แตกต่างกันนั้นส่งผลถึงคุณภาพของผักที่ผลิตออกมาให้มีความแตกต่างกันด้วย

ในปัจจุบันมีการผลิตผักอินทรีย์เป็นจำนวนมาก ซึ่งกะหล่ำปลี (cabbage) ที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า

Brassica oleracea var. *capitata* Linn. (दनय, 2540) เป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีการปลูกในระบบอินทรีย์มาก และความต้องการมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของกะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์ยังมีน้อย ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวทางด้านกายภาพและเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษาของกะหล่ำปลีที่ผลิตโดยระบบอินทรีย์เปรียบเทียบกับคุณภาพของกะหล่ำปลีที่ผลิตโดยระบบปกติ

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของกะหล่ำปลีอินทรีย์

กะหล่ำปลีพันธุ์ RP1 ที่ปลูกในระบบอินทรีย์และที่ปลูกในระบบปกติ จากแหล่งปลูกสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ เก็บเกี่ยวในระยะบรรจบ มีน้ำหนักเฉลี่ย 400-600 กรัมต่อหัว ส่งมาที่งานคัดบรรจุมูลนิธิโครงการหลวง ผ่านกระบวนการตัดแต่งหัวและห่อหัว ส่งมายังห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0, 4, 8 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส) ทั้งนี้ ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมีทุก ๆ 2 วัน จนหมดอายุการเก็บรักษา วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี คือเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด ปริมาณวิตามินซีโดยวิธี Indophenol ปริมาณคลอโรฟิลล์ตามวิธีการของ Witham *et al.* (1971) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณสตาร์ช (Starch) ตามวิธีการของ Hodge and Hofreiter (1962) และ Khalafalla and Palzkill (1990) ปริมาณสารประกอบฟีนอลตามวิธีการของ Kesta and Atantee (1998) อัตราการหายใจตามวิธีการของ Smith (1995) และอายุการเก็บรักษา

วางแผนการทดลองแบบปัจจัยร่วมในสุ่มสมบูรณ์มี 2 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 3 ชั้น

ปัจจัยที่ 1 ระบบการผลิตกะหล่ำปลี คือ กะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์และกะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบปกติ

ปัจจัยที่ 2 อุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษา 4 อุณหภูมิ คือ 0, 4, 8 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส)

การทดลองที่ 2 ปริมาณธาตุอาหารและปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ทั้งหมดของกะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์และระบบปกติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์มี 2 กรรมวิธี แต่ละกรรมวิธีมี 3 ชั้น คือ กะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์ และกะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบปกติ แล้วนำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง บันทึกผลการทดลองในวันที่ 0 และ 4 ของการเก็บรักษา โดยวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุต่างๆ ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน โฟสเฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก โบรอน และโปรตีนที่ละลายได้

ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของกะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์และระบบปกติ

การศึกษาคุณภาพทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีของกะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์ โดยนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0, 4, 8 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 80-85 เปอร์เซ็นต์ พบว่า หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน กะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม และปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมมากกว่ากะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบปกติ แต่มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณสตาร์ช น้อยกว่า และอายุการเก็บรักษาสั้นกว่า ระบบการผลิตไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักสด ปริมาณวิตามินซี และอัตราการหายใจ (ตารางที่ 1 และ 2) อย่างไรก็ตาม ปริมาณวิตามินซี ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม ปริมาณสตาร์ช และปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมของกะหล่ำปลีลดลงอย่างช้า ๆ เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น (ภาพที่ 1, 2 และ 3)

Table 1 Weight loss, vitamin C, chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll of organic and conventional cabbages stored at 0, 4, 8°C and room temperature for 4 days.

Treatment	Weight loss ^{1/} (%)	Vitamin C (mg/100 g)	Chlorophyll a ^{1/} (mg/100 g)	Chlorophyll b ^{1/} (mg/100 g)	Total chlorophyll ^{1/} (mg/100 g)
Factor 1 : Production system					
Organic	1.62±0.92	18.57±2.21	0.0028±0.0013 a	0.0022±0.0006 a	0.0044±0.0014 a
Conventional	1.84±1.56	19.48±1.37	0.0012±0.0003 b	0.0013±0.0003 b	0.0030±0.0009 b
C.V. (%)	73.95	9.69	0.00	0.00	0.00
Factor 2 : Stored temperature (°C)					
0°C	1.55±0.57 b	19.15±1.46	0.0025±0.0017	0.0019±0.0007	0.0042±0.0016
4°C	1.39±1.76 b	19.15±1.59	0.0016±0.0008	0.0015±0.0004	0.0031±0.0009
8°C	0.90±0.27 b	18.83±2.51	0.0016±0.0007	0.0015±0.0004	0.0031±0.0008
Room temp.	3.09±0.71 a	18.99±2.19	0.0022±0.0014	0.0021±0.0009	0.0044±0.0016
CV.	78.94	10.45	0.00	0.00	0.00
Factor 1	ns	ns	*	*	*
Factor 2	*	ns	ns	ns	ns
Factor 1X2	ns	ns	ns	ns	ns

^{1/}Different letters in the column of each factor denote significant differences at P = 0.05, * = significant, ns = non-significant

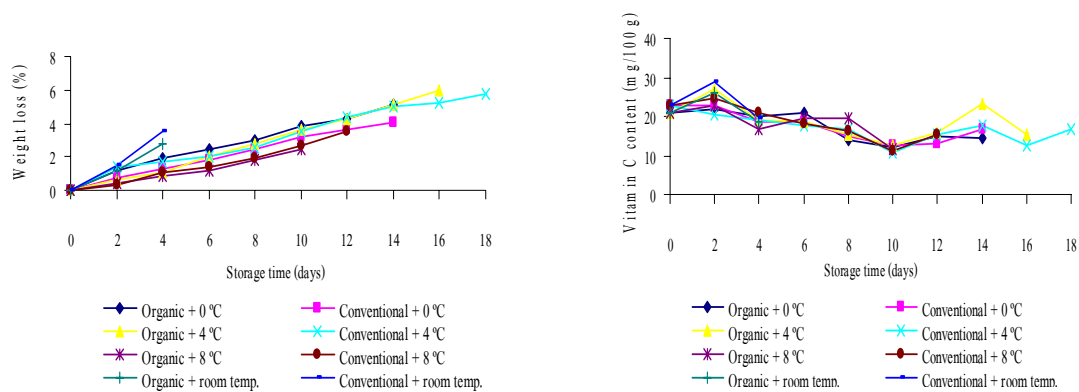


Figure 1 Weight loss and vitamin C content of organic and conventional cabbages stored at 0, 4, 8°C and room temperature for 18 days.

Table 2 Reducing sugar, starch content, total phenolic compound and respiration rate of organic and conventional cabbages stored at 0, 4, 8°C and room temperature for 4 days.

Treatment	Reducing sugar ^{1/} (%)	Starch content ^{1/} (%)	Total phenolic compound ^{1/} (mg/100 g)	Respiration Rate ^{1/} (mg CO ₂ /kg/hr)
Factor 1 : Production system				
Organic	0.22±0.02 b	0.11±0.03 b	16.34±2.80 a	24.07±18.46
Conventional	0.27±0.02 a	0.17±0.02 a	14.46±2.42 b	23.67±18.11
C.V. (%)	9.22	18.11	17.01	76.68
Factor 2 : Stored temperature (°C)				
0°C	0.25±0.01	0.16±0.03 a	17.41±2.85 a	12.73±1.67 b
4°C	0.26±0.03	0.17±0.03 a	16.40±1.38 a	9.58±4.26 c
8°C	0.24±0.04	0.14±0.01 ab	15.98±0.93 a	20.08±3.06 b
Room temp.	0.23±0.04	0.12±0.05 b	11.81±1.25 b	53.12±5.88 a
CV.	14.24	22.70	11.48	16.87
Factor 1	*	*	*	ns
Factor 2	ns	*	*	*
Factor 1X2	*	*	ns	ns

^{1/}Different letters in the column of each factor denote significant differences at P = 0.05, * = significant , ns = non-significant

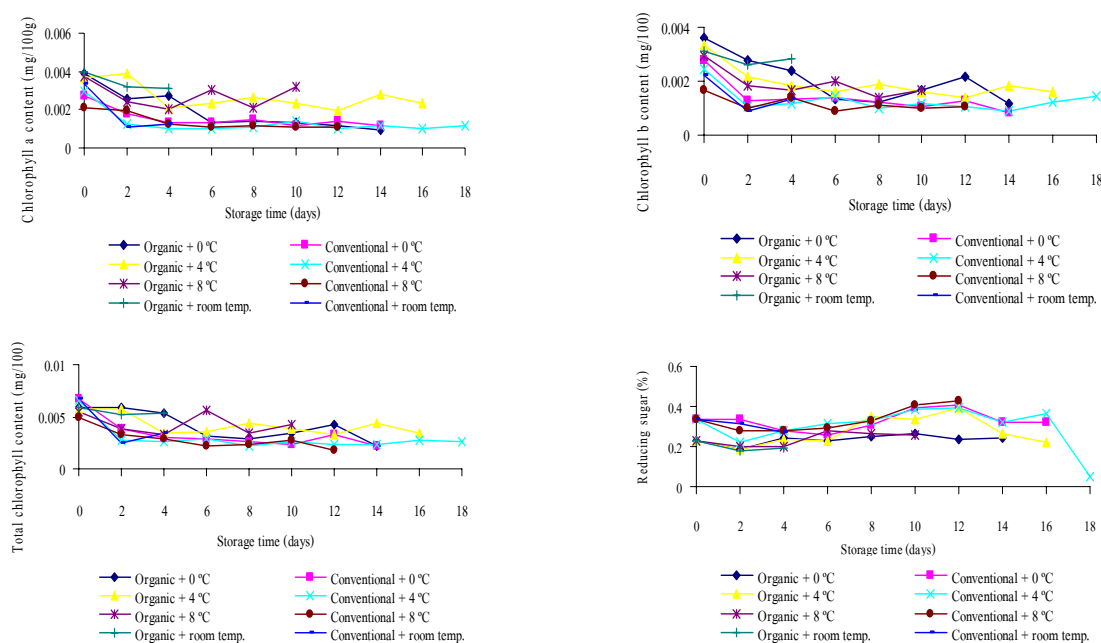


Figure 2 Chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and reducing sugar of organic and conventional cabbages stored at 0, 4, 8°C and room temperature for 18 days.

Table 3 Shelf life of organic and conventional cabbages stored at 0, 4, 8°C and room temperature for 18 days.

Treatment	Shelf life (days) ^{1/}
Factor 1 : Production system	
Organic	11.00±4.79 b
Conventional	12.00±5.32 a
C.V. (%)	44.08
Factor 2 : Stored temperature (°C)	
0°C	14.00±0.35 b
4°C	17.00±1.09 a
8°C	11.00±1.14 c
Room temp.	4.00±0.16 d
CV.	7.10
Factor 1	*
Factor 2	*
Factor 1×2	*

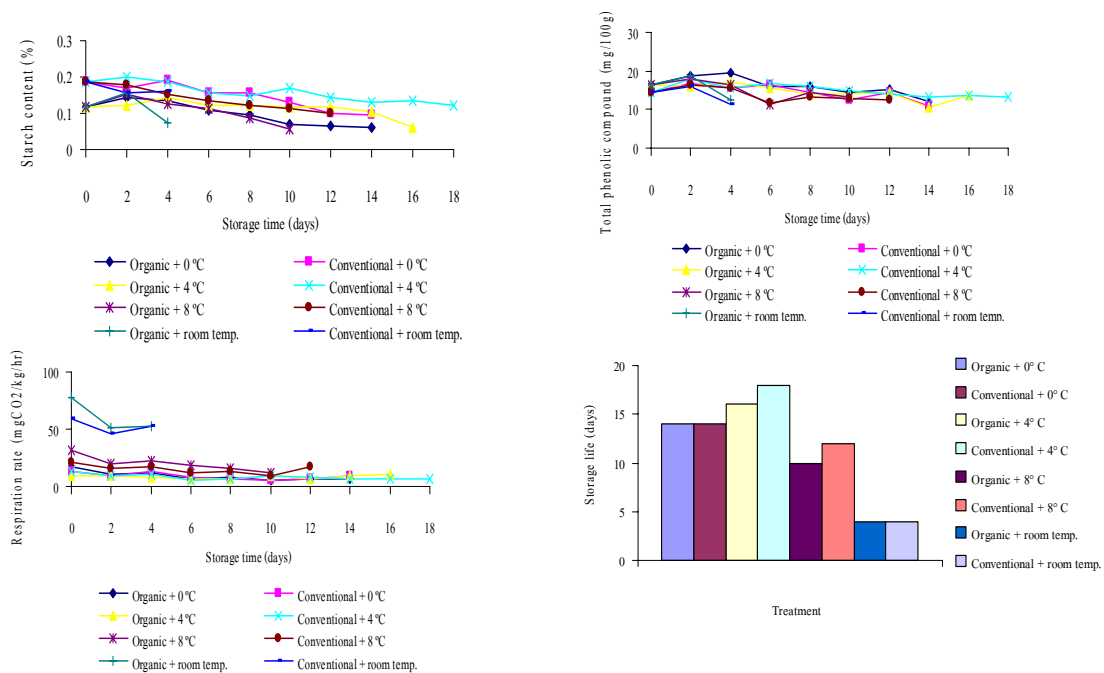
^{1/}Different letters in the column of each factor denote significant differences at P = 0.05, * = significant

Figure 3 Starch content, total phenolic compound, respiration rate and shelf life of organic and conventional cabbages stored at 0, 4, 8°C and room temperature.

Bordeleau *et al.* (2007) พบว่า มะเขือเทศที่ผลิตในระบบอินทรีย์มีปริมาณวิตามินซีมากกว่ามะเขือเทศผลิตแบบระบบปกติถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Woese *et al.* (1997) ที่พบว่ามันฝรั่งที่ผลิตในระบบอินทรีย์มีปริมาณวิตามินซีมากกว่ามันฝรั่งที่ผลิตในระบบปกติ นอกจากนี้ข้าวโพดหวานที่ผลิตในระบบอินทรีย์และปกติมีปริมาณวิตามินซีไม่แตกต่างกัน ซึ่งปริมาณวิตามินซีของผลิตผลนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ระยะการสุก เวลาในการเก็บเกี่ยว วิธีการเก็บเกี่ยว สภาพอากาศ ความชื้นในดิน และธาตุอาหารที่มีอยู่ในดิน (Warman and Harvard, 1998) ระบบการผลิตในเกษตรอินทรีย์ไม่มีการใช้ปุ๋ยเคมี ทำให้มีธาตุอาหารในดินน้อยกว่าระบบการผลิตแบบเกษตรปกติ กะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์มีปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมสูงกว่ากะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบปกติ คือ 16.34 ± 2.80 และ 14.46 ± 2.24 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Heaton (2001) ที่รายงานว่า ผักและผลไม้ที่ผลิตในระบบอินทรีย์ 5 ชนิด มีปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมสูงกว่าที่ผลิตในระบบปกติ สารประกอบฟีนอลเป็นสาร secondary metabolites ที่พืชจะสร้างสารนี้ขึ้นมาเมื่อได้รับสภาวะเครียด เช่น เจริญเติบโตในสภาพแล้ง ถูกโรคและแมลงเข้าทำลาย การป้องกันตัวเองจากการเข้าทำลายของศัตรูพืช พืชที่ผลิตโดยระบบอินทรีย์ต้องมีการป้องกันตนเองจากโรคและแมลง และการผลิตพืชในสภาพธรรมชาติหรือในระบบอินทรีย์ถือว่าพืชได้รับสภาวะเครียด (Brandt and Molgaard, 2001) กะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบปกติมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณสารสูงกว่กะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์ กะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์ไม่มีการใช้ปุ๋ยเคมีใด ๆ ทั้งสิ้น จึงทำให้กะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์ได้รับธาตุอาหารปริมาณน้อยกว่ากะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบปกติที่ได้รับธาตุอาหารอย่างเพียงพอจากปุ๋ยเคมี ธาตุอาหารที่พืชได้รับนั้นนอกจากจะมีผลต่อการเจริญเติบโตโดยตรงแล้วยังเป็นองค์ประกอบของสารประกอบหลายชนิดที่มีความสำคัญในกระบวนการเมแทบอลิซึมของพืช รวมถึงเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์หลายชนิดด้วย (จริงแท้, 2544) ซึ่งจากผลการทดลองที่ได้พบว่ากะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบปกติมีปริมาณสารสูงกว่กะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์ อาจเป็นเพราะว่า

กะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบปกติมีกระบวนการเมแทบอลิซึมที่ดีกว่า และเอนไซม์ที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยนสาร triose phosphate ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ตัวแรกที่ได้จากการสังเคราะห์แสงให้มาอยู่ในรูปสารคาร์โบไฮเดรตหรือสตาร์ชได้ดีกว่ากะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์

ขณะที่การเก็บรักษากะหล่ำปลีไว้ที่อุณหภูมิห้องทำให้มีการสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุด และมีอัตราการหายใจสูงสุด คือ 3.09 ± 0.71 เปอร์เซ็นต์ และ 53.12 ± 5.88 มิลลิกรัม CO_2 /กิโลกรัม/ชั่วโมง ตามลำดับ (ตารางที่ 1 และ 2) สอดคล้องกับการทดลองของ Porter *et al.* (2003) ซึ่งพบว่ากะหล่ำปลีสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และสูญเสียน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น (ภาพที่ 1) เพราะในสภาพที่อุณหภูมิสูงจะทำให้อากาศสามารถอุ้มน้ำได้มากขึ้น ผลผลิตจึงสูญเสียน้ำให้บรรยากาศโดยรอบได้ง่าย การลดอุณหภูมิอากาศให้ต่ำลงทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของอากาศลดลง (दनัย, 2540) นอกจากนี้การสูญเสียน้ำหนักยังขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตผล ขนาดของผลิตผล องค์ประกอบและโครงสร้าง อุณหภูมิในห้องเก็บรักษา ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องเก็บรักษา และการไหลเวียนของอากาศในห้องเก็บรักษา (Ryall and Pentzer, 1974) นอกจากนี้การเก็บรักษากะหล่ำปลีไว้ที่อุณหภูมิห้องยังทำให้สารประกอบฟีนอลมีปริมาณคงเหลือน้อยที่สุด และมีอายุการเก็บรักษาสั้นที่สุด คือ 11.81 ± 1.25 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด และ 4.00 ± 0.16 วัน ตามลำดับ อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดอัตราการหายใจของผลิตผล เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทำให้กระบวนการหายใจเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ผลิตผลเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็ว (Kader and Morris, 1978) การเก็บรักษากะหล่ำปลีไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำให้กะหล่ำปลีมีปริมาณสารสูงกว่ และอายุการเก็บรักษานานกว่า โดยมีค่าเท่ากับ 0.17 ± 0.03 เปอร์เซ็นต์ 16.40 ± 1.38 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด และ 17.00 ± 1.09 วัน ตามลำดับ ส่วนอัตราการหายใจมีค่าต่ำสุด คือ 9.58 ± 4.26 มิลลิกรัม CO_2 /กิโลกรัม/ชั่วโมง (ตารางที่ 2 และ 3) การเก็บรักษากะหล่ำปลีไว้ที่อุณหภูมิต่ำทำให้ผลิตผลมีอัตราการหายใจต่ำ สามารถชะลอกระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ให้เกิดช้าลง ส่งผลให้การสลายตัวของสารประกอบ

ต่าง ๆ เกิดช้าลง และคงสภาพผลิตผลได้นานขึ้น (दनัยและนิธิยา, 2548) แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้นปริมาณสารพิษและปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมมีแนวโน้มลดลง (ภาพที่ 2) ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวมาแล้วจะใช้สารพิษที่มีสะสมอยู่เป็นสารตั้งต้นในการหายใจ (จริงแท้, 2544) ซึ่งกะหล่ำปลีที่ใช้ในการทดลองยังมีการหายใจอยู่ตลอดเวลา ทำให้ปริมาณสารพิษที่มีสะสมอยู่ลดน้อยลง ส่วนปริมาณสารประกอบฟีนอลมีแนวโน้มลดลง อาจเป็นเพราะผลิตผลมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาเกิดขึ้นหลังการเก็บเกี่ยว ชักน้ำให้เกิดเอทิลีน ซึ่งจะไปกระตุ้นให้เกิดกระบวนการ เมแทบอลิซึมของสารประกอบฟีนอล ส่งผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของสารประกอบฟีนอลทำให้สารประกอบ ฟีนอลลดลงระหว่างการเก็บรักษา (Ke and Saltveit, 1989) การเก็บรักษาผลิตผลที่อุณหภูมิต่ำสามารถชะลอการเกิดกระบวนการเมแทบอลิซึมลงได้ (दनัยและนิธิยา, 2548) ทำให้สูญเสียปริมาณสารประกอบฟีนอลน้อยกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง

การทดลองที่ 2 ปริมาณธาตุอาหารและโปรตีนที่ละลายได้ของกะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์และระบบปกติ

กะหล่ำปลีพันธุ์ PR1 ที่ผลิตในระบบอินทรีย์และที่ผลิตในระบบปกติ นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่าเมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษา (0 วัน) กะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์มีปริมาณธาตุไนโตรเจนและธาตุเหล็กเท่ากับ 3.45 ± 0.26 และ 9.61 ± 0.99 กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Woese *et al.* (1997) ที่ศึกษาปริมาณธาตุอาหารในพืช 8 ชนิด พบว่าพืชที่ผลิตในระบบอินทรีย์และที่ผลิตในระบบปกติมีปริมาณธาตุเหล็กแตกต่างกัน ส่วนกะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบปกติมีปริมาณธาตุไนโตรเจนและธาตุเหล็กเท่ากับ 4.19 ± 0.04 และ 10.03 ± 0.25 กรัม/ 100 กรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ในขณะที่กะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก โบรอน และปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ไม่แตกต่างกับกะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบปกติ (ตารางที่ 4)

เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน พบว่า ระบบการผลิตไม่มีผลต่อปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก โบรอน และปริมาณโปรตีนที่ละลายได้ (ตารางที่ 5)

Mader *et al.* (1993) ได้ศึกษาหาปริมาณธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ของพืชที่ผลิตในระบบที่ต่างกัน 3 ระบบ พบว่า พืชที่ผลิตโดยการไม่ใส่ปุ๋ยมีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมน้อยกว่าพืชที่ผลิตโดยการใส่ปุ๋ยในระดับต่างกันอีก 2 ระบบ ถึง 15 เปอร์เซนต์ แต่พบว่าปริมาณธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมของพืชที่ผลิตโดยทั้ง 3 ระบบ ไม่แตกต่างกัน และผลการศึกษาของ Woese *et al.* (1997) พบว่า มันฝรั่งที่ผลิตในระบบอินทรีย์มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมากกว่ามันฝรั่งที่ผลิตในระบบปกติ ซึ่งขัดแย้งกับผลการทดลองที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ ที่พบว่าปริมาณธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่สะสมอยู่ในกะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์และกะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบปกติไม่แตกต่างกัน ซึ่งอาจเป็นเพราะว่ากะหล่ำปลีที่ผลิตจากทั้ง 2 ระบบนั้นได้รับธาตุอาหารในปริมาณที่ไม่ต่างกัน ถึงแม้ว่ากะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์จะไม่มีการใช้ปุ๋ยเคมี แต่อาจได้รับธาตุอาหารจากปุ๋ยคอกหรืออินทรีย์วัตถุที่ใส่ลงไปในดินได้อย่างพอเพียง

สรุปผลการทดลอง

เมื่อนำกะหล่ำปลีเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 0, 4, 8 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง ทำให้กะหล่ำปลีมีอายุการเก็บรักษานาน 14.00, 17.00, 11.00 และ 4.00 วันตามลำดับ กะหล่ำปลีที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีคุณภาพดีที่สุด เนื่องจากมีปริมาณสารพิษสูง มีอัตราการหายใจต่ำ และมีอายุการเก็บรักษานานที่สุด กะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์รวม และปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงกว่า แต่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ น้ำตาลรีดิวซ์ สารพิษน้อยกว่า และมีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่า กะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบปกติ นอกจากนี้กะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบอินทรีย์ มีปริมาณธาตุไนโตรเจน และธาตุเหล็กน้อยกว่ากะหล่ำปลีที่ผลิตในระบบปกติ

Table 4 Total nitrogen, total phosphorus, total potassium, total calcium, total iron, total boron and total protein of organic and conventional cabbages stored at room temperature for 0 day.

Treatment	Total nitrogen (g/100 g)	Total phosphorus (g/100 g)	Total potassium (g/100 g)	Total calcium (g/100 g)	Total magnesium (g/100 g)	Total iron (g/100 g)	Total boron (1/1 milion)	Total protein (mg/g)
Production system								
Organic	3.45±0.26 ^{1/b}	0.61±0.01	3.98±0.14	5.71±0.46	0.37±0.01	9.61±0.99 b	21.00±6.73	1.70±0.02
Conventional	4.19±0.04 a	0.67±0.04	4.21±0.51	5.02±0.22	0.45±0.05	10.03±0.25 a	15.13±5.56	1.73±0.04
2- tail-Sig	0.047	0.282	0.495	0.079	0.051	0.002	0.309	0.309

^{1/}Different letters in the column of each factor denote significant differences at P = 0.05, * = significant , ns = non-significant

Table 5 Total nitrogen, total phosphorus, total potassium, total calcium, total iron, total boron and total soluble protein of organic and conventional cabbages stored at room temperature for 4 days.

Treatment	Total nitrogen (g/100 g)	Total phosphorus (g/100 g)	Total potassium (g/100 g)	Total calcium (g/100 g)	Total magnesium (g/100 g)	Total iron (g/100 g)	Total boron (1/1 milion)	Total protein (mg/g)
Production system								
Organic	3.63±0.63	5.71±0.46	5.01±0.57	5.40±0.14	0.39±0.07	9.98±0.22	20.80±1.77	1.68±0.02
Conventional	4.06±0.18	5.02±0.22	4.43±0.21	5.59±0.11	0.47±0.09	10.04±4.18	20.30±5.05	1.70±0.03
2- tail-Sig	0.318	0.079	0.170	0.136	0.337	0.816	0.884	0.375

เอกสารอ้างอิง

- จรัสแท้ ศิริพานิช. 2544. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 396 หน้า.
- दनัย บุญยเกียรติ. 2540. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของพืชสวน. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 226 หน้า
- दनัย บุญยเกียรติ และนิธิยา รัตนานนท์. 2548. การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 236 หน้า.
- Beharrell, B. and J. H. MacFie. 1991. Consumer attitudes to organic foods. British Food Journal 93: 25-30.

- Bordeleau, G., I. Myers-Smith, M. Midak and A. Szeremeta. 2007. Food Quality: A comparison of organic and conventional fruits and vegetables. (Online). Available: <http://kursus.kul.dk/shares/ea/03Projects/32gamle2002/FoodQualityFinal.pdf> (January 24, 2007).
- Brandt, K. and J. P. Molgaard. 2001. Organic agriculture: does it enhance or reduce the nutritional value of plant foods?. Journal of the Science of Food and Agriculture 31: 924-931.

-
- Heaton, S. 2001. Organic Farming, Food Quality and Human Health: A Review of the Evidence. Soil Association, Bristol, U.K.
- Hodge, J. E. and B. T. Hofreiter. 1962. Determination of reducing sugars and carbohydrates. pp. 380-394. In: R. L. Whistler and M. L. Wolfram (eds.). Methods in Carbohydrate Chemistry. Vol. 1. Academic Press, New York.
- Kader, A. A. and L. L. Morris. 1978. Prompt handling reduces processing-tomato losses. California Agriculture 32(5): 21-22.
- Ke, D. and M. E. Saltveit. 1989. Wound-induced ethylene production, phenolic metabolism and susceptibility to russet spotting in iceberg lettuce. Physiologia Plantarum 76: 412-418.
- Ketsa, S. and S. Atantee. 1998. Phenolics, lignin, peroxidase activity and increased firmness of damaged pericarp of mangosteen fruit after impact. Postharvest Biology and Technology 14: 117-124.
- Khalafalla, M. S. and A. Palzkill. 1990. Seasonal patterns of carbohydrates and proline in jojoba clones that differ in frost susceptibility. HortScience 25(1): 103-105.
- Mader, P., L. Pfiffner, U. Niggli, U. Balzer, F. Balzer, K. Plochberger, A. Velimirov and J. M. Besson. 1993. Effects of three farming systems (bio-dynamic, bio-organic, conventional) on yield and quality of beet root (*Beta vulgaris* L. var. *esculenta* L.) in a seven year crop rotation. Acta Horticultural. 339: 10-31.
- Porter, K. L., A. Klieber and G. Collins. 2003. Chilling injury limits low temperature storage of 'Yuki' Chinese cabbage. Postharvest Biology and Technology 28: 153-158.
- Ryall, A. L. and W. T. Pentzer. 1974. Handling, Transportation and Storage of Fruits and Vegetables. Vol. 2. AVI Publishing Company Inc., Westport. 537 pp.
- Smith, L. 1995. Calculations for Research Experiments Using Stored Fruit. Volume 1. Queensland Department of Postharvest Industries Horticulture Group, Hamilton, Queensland, Australia. 34 pp.
- Warman, P. R. and K. A. Harvard. 1998. Yield, vitamin and mineral contents of organically and conventionally grown potatoes and sweet corn. Agriculture, Ecosystems and Environment 68: 207-216.
- Witham, F. H., D. F. Blaydes and R. M. Devlin. 1971. Experiments in Plant Physiology. Van Nostrand Reinhold Company, New York. 245 pp.
- Woese, K., D. Lange, C. Boess and K. W. Bogl. 1997. A comparison of organically and conventionally grown foods- results of a review of the relevant literature. Journal of the Science of Food and Agriculture 74(3): 281-293.
- Worthington, V. 2001. Nutritional quality of organic versus conventional fruits, vegetables, and grains. The Journal of Alternative and Complementary Medicine 7(2): 161-173.
-