

## คุณภาพและลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของบร็อกโคลี่ตัดแต่งที่จุ่มในสารละลายกรดฟูมาริก Qualities and Sensory Attributes of Fresh-cut Broccoli as Affected by Fumaric Acid Dipping

จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล<sup>1</sup> ลลิตา นิยมสุข<sup>2</sup> และ พริมา พิริยางกูร<sup>2</sup>  
Jutatip Poubol<sup>1</sup>, Lalita Niyomsuk<sup>2</sup> and Pharima phiriyangkul<sup>2</sup>

### Abstract

This research was studied on the qualities and sensory properties changes of fresh-cut broccoli dipped in 0.5, 1 and 2% fumaric acid solution for 3 minutes compared with dipped in distilled water (control). They were packaged in polypropylene plastic bags and stored at 8°C for 8 days. Total chlorophyll, phenolic compounds and sensory attributes (colour, odour, texture and overall acceptance) of fresh-cut broccoli were determined during storage. Chlorophyll content of fresh-cut broccoli in all treatments decreased during storage. Fumaric acid dipping delayed chlorophyll degradation as compared to dip in distilled water. Phenolic compounds increased during storage regardless of fumaric acid dipping. At the last day of storage, total chlorophyll and phenolic compounds were in the range of 10.0-10.5 mg/g and 0.7-0.9 mg/g, respectively. The panelist accepted the colour, odour, texture and overall acceptance of fresh-cut broccoli dipping with fumaric acid. They were not differed from dipping in distilled water, with an acceptability score were more than 5 scores. The storage life of fresh-cut broccoli dipping with fumaric acid was 6 days.

**Keywords:** fumaric acid, fresh-cut broccoli, quality, sensory attributes

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของบร็อกโคลี่ตัดแต่ง ที่จุ่มในสารละลายกรดฟูมาริก ความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1 และ 2 เป็นเวลา 3 นาที เปรียบเทียบกับบร็อกโคลี่ตัดแต่งที่จุ่มในน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) หลังจากนั้นบรรจุบร็อกโคลี่ตัดแต่งในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน ตรวจวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ สารประกอบฟีนอล และลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ผลการทดลองพบว่าบร็อกโคลี่ตัดแต่งในทุกวิธีการทดลองมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา การจุ่มบร็อกโคลี่ตัดแต่งในสารละลายกรดฟูมาริกช่วยชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์เมื่อเปรียบเทียบกับการจุ่มในน้ำกลั่น สารประกอบฟีนอลมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษาโดยไม่ขึ้นกับการจุ่มในสารละลายกรดฟูมาริก ปริมาณคลอโรฟิลล์และสารประกอบฟีนอลในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาอยู่ในช่วง 10.0-10.5 มิลลิกรัมต่อกรัม และ 0.7-0.9 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ผู้บริโภคให้การยอมรับบร็อกโคลี่ตัดแต่งที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดฟูมาริกในด้านสี กลิ่น และเนื้อสัมผัส ไม่แตกต่างจากบร็อกโคลี่ตัดแต่งที่จุ่มในน้ำกลั่น โดยมีคะแนนความชอบมากกว่า 5 คะแนน และมีอายุการเก็บรักษาได้ 6 วัน

**คำสำคัญ:** กรดฟูมาริก, บร็อกโคลี่ตัดแต่ง, คุณภาพ, ลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส

### คำนำ

บร็อกโคลี่ (broccoli) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea* var. *Italica* อยู่ในตระกูล Cruciferae เป็นพืชผักที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยประกอบไปด้วยวิตามิน เกลือแร่ และเส้นใยในปริมาณที่สูง (USDA, 2014) บร็อกโคลี่เป็นพืชผักที่มีการเปลี่ยนแปลงง่ายภายหลังการเก็บเกี่ยว โดยดอกบร็อกโคลี่จะเปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นสีเหลืองและเกิดการเน่าเสีย ทำให้สูญเสียมูลค่าทางเศรษฐกิจ การใช้สารเคลือบผิวเป็นวิธีการหนึ่งที่ยอมรับใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาผักหลายชนิด โดยกรดฟูมาริกเป็นกรดอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ยอมรับใช้ในผักหลายชนิด โดยมีรายงานว่ากรดฟูมาริกช่วยรักษาคุณภาพและลดปริมาณจุลินทรีย์ในผักสลัด (Izumi, 2007), alfalfa, clover sprouts (Kim *et al.*, 2009) ใบโหระพา (บุษกร และคณะ, 2555) บร็อกโคลี่

<sup>1</sup> สาขาวิชาจุลชีววิทยา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

<sup>2</sup> Division of Microbiology, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

<sup>2</sup> สาขาวิชาชีวเคมี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

<sup>2</sup> Division of Biochemistry, Department of Science, Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

(จุฑาทิพย์ และคณะ, 2556) กะหล่ำดอก (พริมา และคณะ, 2556) และ buckwheat sprouts (Chun and Song, 2013) นอกจากนี้ยังมีรายงานการใช้สารละลายกรดฟูมาริกในการรักษาคุณภาพของเนื้อสัตว์และอาหารทะเล (Furukawa, 2011) และแตงกวาดอง (Perez-Diaz, 2011) แต่ยังไม่มียางานการใช้สารละลายกรดฟูมาริกในการรักษาคุณภาพของบร็อคโคลี่ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลของการใช้สารละลายกรดฟูมาริกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและลักษณะทางประสาทสัมผัสของบร็อคโคลี่ โดยตรวจวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ สารประกอบฟีนอล และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อบร็อคโคลี่ตัดแต่งในด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส

### อุปกรณ์และวิธีการ

#### 1. การใช้สารเคลือบกรดฟูมาริกกับบร็อคโคลี่ตัดแต่งพร้อมบริโภค

นำบร็อคโคลี่ที่ปราศจากตำหนิ หนอน แผล และโรค มาตัดแต่งส่วนของใบออกจนได้กลุ่มดอกบร็อคโคลี่ หลังจากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำประปาและผึ่งให้สะเด็ดน้ำ แล้วใช้มีดปอกผลไม้ตัดดอกเป็นซ่อเล็กๆ นำบร็อคโคลี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้น้ำหนักประมาณ 100 กรัม ไปจุ่มลงในสารละลายกรดฟูมาริก "KEEP LONG FC" (บริษัท Ueno Fine Chemical Industry (THAILAND) จำกัด, ประเทศไทย) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0 (control), 0.5, 1 และ 2 เป็นเวลา 3 นาที ปล่อยให้สะเด็ดน้ำแล้วบรรจุบร็อคโคลี่ตัดแต่งพร้อมบริโภคลงในถุงพลาสติกชนิดพอลิโพรพิลีน (polypropylene) ขนาดกว้าง x ยาว เท่ากับ 12x18 เซนติเมตร ปิดปากถุงให้สนิทด้วยเครื่องปิดผนึก (Sealer รุ่น SFM-Two on one, ประเทศไทย) แล้วนำไปเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ สารประกอบฟีนอล และคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสทุก ๆ 2 วัน

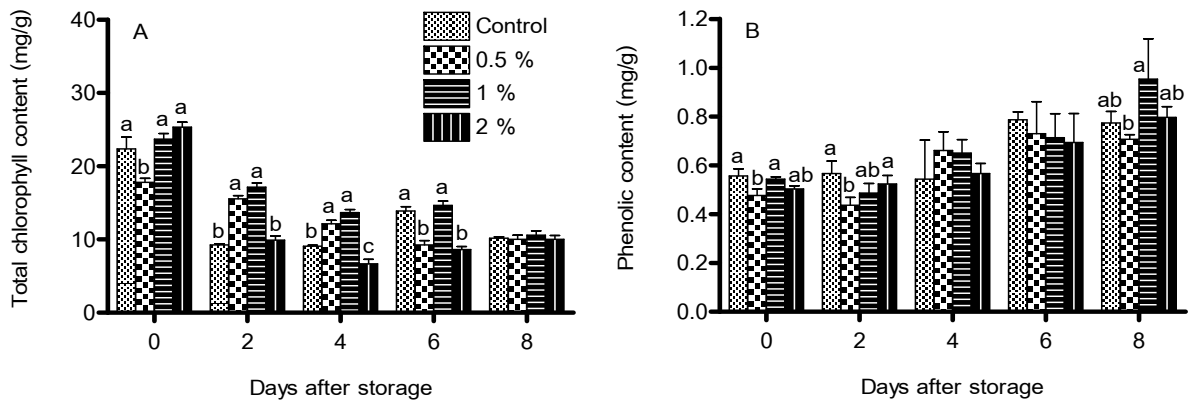
#### 2. การตรวจวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ สารประกอบฟีนอลิก และคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส

วิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ โดยการสกัดคลอโรฟิลล์ด้วย acetone ความเข้มข้นร้อยละ 80 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ที่ความยาวคลื่น 645 และ 663 นาโนเมตร แล้วคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์ตามสมการของ Arnon (1949) วิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลตามวิธีการของ Singleton (1965) โดยสกัดสารประกอบฟีนอลด้วยเอทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 80 แล้วนำไปทำปฏิกิริยากับ Folin-Ciocalteu และ  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นวัดค่า absorbance ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร โดยเทียบกับสารละลายมาตรฐาน gallic acid สำหรับการประเมินคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อบร็อคโคลี่ตัดแต่ง โดยให้ผู้บริโภคประเมินความชอบในด้านสี (color) กลิ่น (odor) เนื้อสัมผัส (texture) และความชอบโดยรวม (overall acceptance) แบ่งระดับการให้คะแนนความชอบแบบ 9 คะแนน (Nine-point hedonic scale) วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized designs ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ผลการทดลองแบบ Duncan's multiple range test

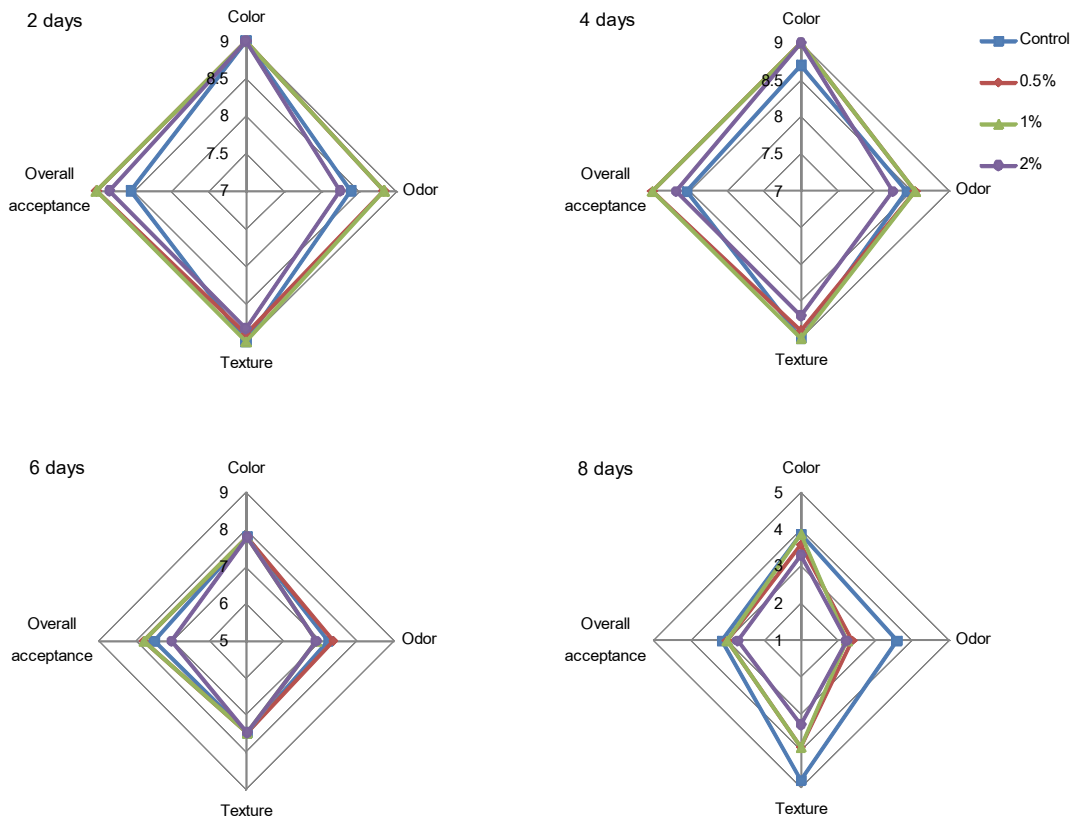
### ผลและวิจารณ์

#### 1. ผลของสารเคลือบกรดฟูมาริกต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอโรฟิลล์ สารประกอบฟีนอล และคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

เมื่อเริ่มต้นเก็บรักษาบร็อคโคลี่ตัดแต่งมีปริมาณคลอโรฟิลล์อยู่ในช่วง 17.8-25.3 มิลลิกรัมต่อกรัม (Figure 1A) และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลอยู่ในช่วง 0.48-0.55 มิลลิกรัมต่อกรัม (Figure 1B) ระหว่างการเก็บรักษาบร็อคโคลี่ตัดแต่งที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส พบว่าบร็อคโคลี่ตัดแต่งในทุกวิธีการทดลองมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น โดยบร็อคโคลี่ตัดแต่งที่จุ่มในสารละลายกรดฟูมาริก ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และ 1 ช่วยชะลอการลดลงของคลอโรฟิลล์ได้ในช่วง 4 วันแรกของการเก็บรักษาเมื่อเปรียบเทียบกับกรจุ่มบร็อคโคลี่ตัดแต่งในน้ำกลั่น และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) การสลายตัวของคลอโรฟิลล์เกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์ chlorophyllase, chlorophyll-degrading peroxidase, magnesium dechelataase (Aiama et al., 2010) ซึ่งจะทำให้  $\text{Mg}^{2+}$  หลุดออกจาก phytol side chain ทำให้บร็อคโคลี่เปลี่ยนเป็นสีเหลือง (Fukasawa et al., 2010) ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 8) พบว่าบร็อคโคลี่ตัดแต่งในทุกวิธีการทดลองมีปริมาณคลอโรฟิลล์อยู่ในช่วง 10.0-10.5 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอลในบร็อคโคลี่ตัดแต่ง พบว่าสารประกอบฟีนอลในทุกวิธีการทดลองมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยไม่ขึ้นอยู่กับการจุ่มในสารละลายกรดฟูมาริก และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาบร็อคโคลี่ตัดแต่งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลอยู่ในช่วง 0.7-0.9 มิลลิกรัมต่อกรัม



**Figure 1** Total chlorophyll (A) and phenolic compounds (B) contents of fresh-cut broccoli dipped in fumaric acid solutions at 0.5, 1 and 2% compared with dipped in distilled water (Control). Sample were packaged in polypropylene plastic bags and stored at 8°C for 8 days.



**Figure 2** Color, odor, texture and overall acceptability of fresh-cut broccoli dipped in fumaric acid solutions at 0.5, 1 and 2% compared with dipped in distilled water (control). Sample were packaged in polypropylene plastic bags and stored at 8°C for 2, 4, 6 and 8 days.

ผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อบร็อกโคลี่ตัดแต่งในด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม พบว่าในวันแรกของการเก็บรักษาผู้บริโภคให้การยอมรับบร็อกโคลี่ตัดแต่งในทุกวิธีการทดลองในระดับที่ ชอบมากที่สุด คือ เท่ากับ 9 คะแนน (ไม่แสดงข้อมูล) ภายหลังจากที่เก็บรักษาบร็อกโคลี่ตัดแต่งที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-4 วัน พบว่าบร็อกโคลี่ที่จุ่มในสารละลายกรดฟูมาริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และ 1 มีคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น และการยอมรับโดยรวมเท่ากันและสูงกว่าบร็อกโคลี่ตัดแต่งที่จุ่มในสารละลายกรดฟูมาริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 และที่ จุ่มในน้ำกลั่น (Figure 2, 2-4 days) ภายหลังจากที่เก็บรักษาบร็อกโคลี่ตัดแต่งเป็นเวลา 6 วัน พบว่าบร็อกโคลี่ในแต่ละวิธีการ

ทดลองมีคะแนนการยอมรับในด้านสีและเนื้อสัมผัสเท่ากัน คือ เท่ากับ 7.8 และ 7.5 คะแนน ตามลำดับ ในขณะที่มีคะแนนการยอมรับในด้านกลิ่นและความชอบโดยรวมอยู่ในช่วง 6.9-7.3 และ 7.5-7.8 ตามลำดับ (Figure 2, 6 days) ซึ่งอยู่ในระดับที่ผู้บริโภคยอมรับได้และไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่วันที่ 8 ของการเก็บรักษาพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในบร็อคโคลี่ตัดแต่งที่จุ่มในกรดฟูมาริกในด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม อยู่ในช่วง 3.3-3.9, 2.3-2.4, 3.3-3.9 และ 2.7-3.0 คะแนน ตามลำดับ ในขณะที่ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบบร็อคโคลี่ตัดแต่งที่จุ่มในน้ำกลั่นสูงกว่า คือ เท่ากับ 3.9, 3.6, 4.8 และ 3.2 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) อย่างไรก็ตาม บร็อคโคลี่ตัดแต่งในทุกวิธีการทดลองมีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคต่ำกว่า 5 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับที่ไม่ยอมรับ ทั้งนี้เนื่องจากบร็อคโคลี่มีสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น มีกลิ่นที่ผิดปกติ และมีเนื้อสัมผัสนิ่มลง ผู้บริโภคจึงให้คะแนนความชอบลดลง ดังนั้นจึงสามารถเก็บรักษาบร็อคโคลี่ตัดแต่งได้เพียง 6 วัน

### สรุป

การใช้สารละลายกรดฟูมาริกความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และ 1 สามารถช่วยชะลอการสูญเสียคลอโรฟิลล์ในบร็อคโคลี่ตัดแต่งได้ โดยไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารประกอบฟีนอล ผู้บริโภคให้การยอมรับบร็อคโคลี่ตัดแต่งไม่แตกต่างจากชุดควบคุมที่จุ่มในน้ำกลั่น โดยบร็อคโคลี่ตัดแต่งมีอายุการเก็บรักษาได้นาน 6 วัน

### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ บริษัท Ueno Fine Chemical Industry (THAILAND) จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์กรดฟูมาริก “KEEP LONG FC” เพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้ งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก หน่วยวิจัยคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร ศูนย์ส่งเสริมการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยี (ศสวท.) คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ประจำปี 2556

### เอกสารอ้างอิง

- จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล, บุญจิรา เกียวสัมพันธ์ และพริมา พิริยางกูร. 2556. ผลของการใช้สารเคลือบกรดฟูมาริกต่อการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในบร็อคโคลี่ตัดแต่งพร้อมบริโภค. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 44(3 พิเศษ): 314-317.
- บุษกร ทองใบ, ประภต พันธุ์โคกกรวด และบุษญา พัชรา. 2555. ผลของกรดฟูมาริกและคลื่นเสียงความถี่สูงต่อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในโหระพา. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43(3 พิเศษ): 633-636.
- พริมา พิริยางกูร, ธัญญรัตน์ โกมล และจุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล 2556. ผลของการใช้สารเคลือบกรดฟูมาริกต่อการเปลี่ยนแปลงสารประกอบคาร์โบไฮเดรตของกะหล่ำดอกตัดแต่งพร้อมบริโภค. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 44(3 พิเศษ): 166-169.
- Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenol oxidase in *Beta vulgaris* L. *Plant Physiology* 24: 1-15.
- Chun, H.H. and K.B. Song. 2013. The combined effects of aqueous chlorine dioxide, fumaric acid, and ultraviolet-C with modified atmosphere packaging enriched in CO<sub>2</sub> for inactivating preexisting microorganisms and *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella typhimurium* inoculated on buckwheat sprouts. *Postharvest Biology and Technology* 86: 118-124.
- Aiamla-or, S., S. Kaewsuksaeng, M. Shigyo and N. Yamauchi. 2010. Impact of UV-B irradiation on chlorophyll degradation and chlorophyll-degrading enzyme activities in stored broccoli (*Brassica oleracea* L. *Italica* Group) florets. *Food Chemistry* 12: 645-651.
- Fukasawa, A., Y. Suzuki, H. Terai and N. Yamauchi. 2010. Effects of postharvest ethanol vapor treatment on activities and gene expression of chlorophyll catabolic enzymes in broccoli florets. *Postharvest Biology and Technology* 55: 97-102.
- Furukawa, Y., 2011. Application of pH Adjuster “KEEP LONG”. UENO FINE CHEMICALS INDUSTRY (THAILAND), LTD. [online]. Available: [www.ueno-fc.co.jp/seminar2011/data/shiryo\\_furukawa.pdf](http://www.ueno-fc.co.jp/seminar2011/data/shiryo_furukawa.pdf). (March 30, 2014).
- Izumi, H., 2007. Current status of the fresh-cut produce industry and sanitizing technologies in Japan. *Acta Horticulturae* 746: 45-52.
- Kim, Y., M. Kim and K.B. Song. 2009. Combined treatment of fumaric acid with aqueous chloride dioxide or UV-C irradiation to inactivate *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enterica* serovar Typhimurium and *Listeria monocytogenes* inoculated on alfalfa and clover sprouts. *LWT-Food Science and Technology* 42: 1654-1658.
- Perez-Diaz, I.M. 2011. Preservation of acidified cucumbers with a combination of fumaric acid and cinnamaldehyde that target lactic acid bacteria and yeasts. *Journal of Food Science* 76: M473-M477.
- Singleton, V. L. and J. A. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* 16: 144-153.
- USDA. National Nutrient Database for Standard Reference. 2014. Vegetables and Vegetable Products. USDA. [online]. Available: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/3207qlookup>. (April 20, 2014).