คุณภาพของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค
Quality of Fresh-cut Lettuce

ธีรศักดิ์ ปั้นวิชัย[1]
Teerasak Punvichai[1]

Abstract

The study on quality of fresh-cut lettuce was conducted. Head lettuce was longitudinal cut into 1.5-2.5 centimeter wide using a sharp knife. The fresh-cut lettuce was dipped in 50, 100 and 150 mg/l chlorine solution in form of sodium hypochlorite for 5 minutes 0.1, 0.5 and 1.0 percent acetic acid solution for 5 seconds ; 0.1, 0.5 and 1.0 percent citric acid solution for 5 seconds compared with control which packed in polypropylene bags and stored at 26 $\pm$ 2 $^{\circ}$C. It was found that fresh-cut lettuce dipped in 50 and 100 mg/l chlorine solution, 1.0 percent citric acid solution and 0.1 percent acetic acid solution inhibit browning of cutting surface and leaf rib of 24 hours storage. In the 150 mg/l chlorine solution could inhibit of browning. But there was the residual odour of chlorine. All concentration of chlorine and citric acid solution reduced total pre and post storage microbial count. Fresh-cut lettuce dipped in 1.0 percent citric acid solution for 5 seconds and packed in polypropylene bags then stored at 2 $^{\circ}$C compared with stored at 26 $\pm$ 2 $^{\circ}$C. It was found that browning of cutting surface and leaf rib related to polyphenol oxidase activity.

Keywords*:* Fresh-cut; *Lactuca sativa*, Polyphenol oxidase, Browning

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณภาพของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค ดำเนินการโดยหั่นชิ้นผักกาดหอมห่อตามความยาวของก้านใบให้มีความกว้างประมาณ 1.5-2.5 เซนติเมตร แล้วแช่สารละลายคลอรีนในรูปโซเดียมไฮโปคลอไรต์ เข้มข้น 50, 100 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร นาน 5 นาที สารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 0.1, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 วินาที และสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.1, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 วินาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุมเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (26 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส) ผลการทดลองพบว่าสารละลายคลอรีนเข้มข้น 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัด และก้านใบได้ตลอดอายุการเก็บรักษา 24 ชั่วโมง ส่วนสารละลายคลอรีนเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้ แต่มีกลิ่นของคลอรีน สารละลายคลอรีน และกรดซิตริกทุกความเข้มข้นสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น และสิ้นสุดการทดลองได้ ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 วินาที บรรจุถุงโพลีโพรไพลีนแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (26 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส) ผลการทดลองพบว่าการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัด และก้านใบมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส

คำนำ

ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค บรรจุถุงพลาสติกส่งขายตามภัตตาคาร หรือร้านอาหารอย่างแพร่หลาย เพื่อใช้ในการทำสลัดบาร์ และแซนวิช ในปี ค.ศ. 1988 ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา อุตสาหกรรมผลิตผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีมูลค่าถึง 850,000,000 เหรียญสหรัฐ และขยายตัวขึ้นเรื่อยๆ จาก 3.2 เปอร์เซ็นต์ ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ ในปี ค.ศ. 1986 ถึง 1990 (King *et al*., 1991) ซึ่งผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคจะเกิดปัญหาที่สำคัญ คือ เกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัด และมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ การเกิดสีน้ำตาลของผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) มีสาเหตุมาจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) (Fujita *et al*., 1991) ซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคไม่ต้องการ สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลได้โดยการใช้กรดชนิดต่างๆ เนื่องจากพีเอชที่ต่ำจะทำให้พันธะไฮโดรเจนในโมเลกุลของโปรตีนแยกออก เป็นผลให้โครงสร้างโมเลกุลของโปรตีนเกิดการคลายตัว ซึ่งจะทำให้เอนไซม์มีกิจกรรมลดน้อยลง (King and Bolin, 1989) และค่าพีเอชของผักที่ต่ำกว่า 4.6 สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้โดยเฉพาะแบคทีเรียที่ผลิตสารพิษซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ เช่น *Clostridium botulinum* (Day, 1993; Brackett, 1994; Alli and Boye, 1996) Blenden and Szatalowicz (1967) รายงานว่าระหว่างปี 1933 ถึง 1966 ตรวจพบ *Listeria monocytogenes* ในผักสลัด เช่น ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค เข้าใจว่าปนเปื้อนมากับปุ๋ยหมัก Anon (1988) กล่าวว่าสารละลายคลอรีนเหมาะสมกับการใช้ล้างผักผลไม้มากที่สุด เนื่องจากสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์และระเหยออกจากผลิตผลได้เมื่อสิ้นสุดการล้าง

[1] สถานวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

อุปกรณ์และวิธีการ

ผักกาดหอมห่อ (*Lactuca sativa* L.) ชั้นมาตรฐาน U มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 12-15 เซนติเมตร จากแหล่งปลูกศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย จังหวัดเชียงใหม่ คัดเลือกเฉพาะหัวที่มีคุณภาพดีตรงตามความต้องการ ล้างด้วยน้ำสะอาด แกะใบนอกออก 2-3 ใบ หั่นชิ้นตามความยาวของก้านใบให้มีความกว้างประมาณ 1.5-2.5 เซนติเมตร และแยกบริเวณใจผักทิ้ง เนื่องจากเป็นส่วนของเนื้อเยื่อเจริญ มีอัตราการหายใจสูงกว่าปรกติ

ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลาย 3 ชนิดที่ใช้แช่ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเพื่อยับยั้งการเกิดสารสีน้ำตาล

แช่ในสารละลายคลอรีนเข้มข้น 50, 100 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร นาน 5 นาที สารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.1, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 วินาที และสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 0.1, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 วินาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่แช่สารละลาย ทำให้สะเด็ดน้ำ บรรจุถุงโพลีโพรไพลีน หนัก 50 กรัมต่อถุง ไม่ปิดปากถุงแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (26 ± 2 องศาเซลเซียส) สุ่มผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค 0, 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง ประเมินการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัด และก้านใบ โดยให้เป็นระดับคะแนน 1-9 ซึ่งใช้คน 4 คน ที่มีอายุอยู่ในช่วง 24-27 ปี (ผู้หญิง 3 คน ผู้ชาย 1 คน ทั้งหมดเป็นนักศึกษาสาขาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่) เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ ผ่านการฝึกฝนแยกความแตกต่างของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ การฝึกฝนจะดำเนินการทุกวัน เป็นระยะเวลา 10 วัน ผักกาดหอมห่อสดที่ใช้เป็นชุดควบคุมเปรียบเทียบมีระดับคะแนนเท่ากับ 9 การฝึกฝนทดสอบดูผลกระทบของการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 10 วัน ในสภาพอากาศปรกติที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง (26 ± 2 องศาเซลเซียส) ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคในช่วงระหว่างการฝึกฝนจะมีคะแนนสำหรับการเกิดสีน้ำตาลของผู้ทดสอบ ระดับคะแนน 1 - 9 ซึ่ง 1 หมายถึง มากที่สุด 3 หมายถึง มาก 5 หมายถึง ปานกลาง 7 หมายถึง น้อย และ 9 หมายถึง น้อยมาก ระหว่างการเก็บรักษาเมื่อมีสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นที่บริเวณรอยตัดและก้านใบของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคระดับคะแนนจะน้อยลง ตลอดช่วงการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีรหัสหรือสัญลักษณ์ติดไว้เพื่อป้องกันอคติ และถ้าระดับคะแนนที่ได้มีค่าเท่ากับ 5 หรือต่ำกว่าถือว่าผู้บริโภคไม่ยอมรับ และสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา และตรวจหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total microbial count) เมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลองดัดแปลงตามวิธีของ Kiss (1984)

การเตรียมสารละลายสำหรับเจือจางและอาหารเลี้ยงเชื้อ

สารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน ใช้เป็นสารละลายสำหรับเจือจางตัวอย่างอาหารประกอบด้วยเปปโตนความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายเกลือแกงความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

อาหารเลี้ยงเชื้อ Standard Method Agar เตรียมโดยชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ Standard Method Agar จำนวน 23.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที นำไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 45-50 องศาเซลเซียส ซึ่งในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมได้มี pH เท่ากับ 7.0 ± 0.1

สุ่มผักกาดหอมห่อ 50 กรัม ใส่ในเครื่องปั่น ที่มีสารละลายบัฟเฟอร์เปปโตน 200 มิลลิลิตร ปั่นเป็นเวลา 2 นาที จะได้สารละลายตัวอย่างผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่มีความเจือจางเป็น 2×10^{-1} ใช้ปิเปตที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วขนาด 1 มิลลิลิตร ดูดสารละลายตัวอย่างข้างต้นใส่ลงในหลอดแก้วฝาเกลียวที่มีสารละลายบัฟเฟอร์เปปโตนอยู่แล้ว 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่า ได้สารละลายตัวอย่างผักกาดหอมห่อที่มีความเจือจาง 2×10^{-2} เจือจางตัวอย่างผักกาดหอมห่อต่อไปจนได้สารละลายตัวอย่างผักกาดหอมห่อพร้อมบริโภคที่มีความเจือจาง 2×10^{-3} ถึง 2×10^{-6} ใช้ปิเปตที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วขนาด 1 มิลลิลิตร ดูดสารละลายตัวอย่างผักกาดหอมห่อที่มีความเจือจางระดับต่างๆใส่ลงในจานเพาะเชื้อที่ผ่านฆ่าเชื้อแล้ว ระดับความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ เทอาหารเลี้ยงเชื้อ Standard Method Agar ลงในจานเพาะเชื้อที่มีสารละลายตัวอย่างผักกาดหอมห่ออยู่ ผสมสารละลายตัวอย่างผักกาดหอมห่อและอาหารเลี้ยงเชื้อให้เข้ากันดี วางทิ้งไว้จนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว คว่ำจานเพาะเชื้อลง บ่มในตู้อบเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 30 ± 1 องศาเซลเซียส นาน 48 ± 3 ชั่วโมง ตรวจนับจำนวนโคโลนีบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อเฉพาะจานที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ระหว่าง 25-250 โคโลนี คำนวณหาค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนีจากจานเพาะเชื้อทั้ง 3 รายงานผลในรูป $\log_{10}$ CFU/g

การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) ที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดสีน้ำตาลในผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค

นำผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคแช่ในสารละลายกรดซิตริก 1.0 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 วินาที ทำให้สะเด็ดน้ำ บรรจุถุงโพลีโพรไพลีน น้ำหนัก 50 กรัมต่อถุง ปิดผนึก นำตัวอย่างที่เตรียมได้เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับชุดควบคุม เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (26 ± 2 องศาเซลเซียส) สุ่มตัวอย่างผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค 50 กรัม แช่ใน

acetone ที่แช่เย็นอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ปริมาตร 250 มิลลิลิตร ทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No.1 ด้วยเครื่องกรองแบบ suction pump ส่วนที่เหลืออยู่บนกระดาษกรอง คือ Acetone powder เก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส

กิจกรรมของเอนไซม์ PPO

ชั่ง Acetone powder 500 มิลลิกรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม Phosphate buffer 0.05 M pH 6.8 จำนวน 10 มิลลิลิตร เก็บไว้ 1 คืน ที่อุณหภูมิต่ำ 0-4 องศาเซลเซียส ทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยการบีบผ่านผ้ากรอง 4 ชั้น และนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วรอบสูงปรับอุณหภูมิต่ำ ที่ความเร็วรอบ 14,000 x g นาน 10 นาที ที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส สารละลายส่วนที่ใสใช้เป็นเอนไซม์ (crude enzyme) นำไปวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ดัดแปลงจากวิธีการของ Selvaraj และ Kumar (1989) โดยผสม Citrate phosphate buffer 0.05 M pH 6.8 3.4 มิลลิลิตร pyrogallol 1.25 เปอร์เซ็นต์ 0.1 มิลลิลิตร และเอนไซม์ 1 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่เพิ่มขึ้นที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Visible Spectophotometer คำนวณกิจกรรมของ enzyme แสดงเป็น $Absorbance_{450}$ ที่เปลี่ยนไป/นาที/มก.โปรตีน วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนตามวิธีของ Bradford โดยใช้ Bovine serum albumin เป็นโปรตีนมาตรฐาน

ผลและวิจารณ์

การปรากฏสีน้ำตาล ผลการสังเกตการเกิดสีน้ำตาลของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคโดยผู้ทดสอบในระยะแรกมีความชอบสีของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค และให้คะแนนใกล้เคียงกัน คือมีระดับคะแนนเท่ากับ 9 แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปลักษณะการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดและก้านใบของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเกิดมากขึ้น ผู้ทดสอบไม่ค่อยพอใจในสีน้ำตาลที่เกิดขึ้น สังเกตจากผู้ทดสอบให้คะแนนต่ำลง ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่สารละลายกรดซิตริก 3 ความเข้มข้น คือ 0.1, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 วินาที ผลปรากฏว่าที่ความเข้มข้น 0.1 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคหมดอายุการเก็บรักษาที่ 12 ชั่วโมง โดยมีระดับคะแนนการเกิดสีน้ำตาลเท่ากับ 5 แต่ที่ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคอยู่โดยมีระดับคะแนนการเกิดสีน้ำตาลเท่ากับ 7 ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่สารละลายคลอรีน เข้มข้น 50, 100 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร นาน 5 นาที สิ้นสุดอายุการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมงพร้อมกัน มีระดับคะแนนการเกิดสีน้ำตาลเท่ากับ 3 ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่สารละลายกรดอะซิติก 3 ความเข้มข้น คือ 0.1, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 วินาที พบว่าที่ความเข้มข้น 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคหมดอายุการเก็บรักษาที่ 12 ชั่วโมง มีระดับคะแนนการเกิดสีน้ำตาลเท่ากับ 5 และ 3 ตามลำดับ และพบว่าที่ความเข้มข้นของสารละลายกรดอะซิติก 1.0 เปอร์เซ็นต์ ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเกิดอาการเน่าเสียมีของเหลวไหลออกมาจากผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค และมีกลิ่นฉุนของกรดอะซิติกเมื่อเก็บรักษานาน 12 ชั่วโมง อาจมีสาเหตุมาจากความเข้มข้นของสารละลายกรดอะซิติกมีความเข้มข้นสูงเกินไปจนทำให้เซลล์ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคบางส่วนถูกทำลายเกิดแผลทำให้เน่าเสียอย่างรวดเร็ว แต่ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่สารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคอยู่โดยที่มีระดับคะแนนการเกิดสีน้ำตาลเท่ากับ 7

การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค พบว่าก่อนแช่สารละลายคลอรีนผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นทั้งหมดอยู่ในช่วง 4.72 $\log_{10}$ CFU/g และเมื่อนำผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคแช่สารละลายคลอรีนเข้มข้น 50, 100 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 4.49, 4.57 และ 4.23 $\log_{10}$ CFU/g ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้แช่สารละลาย มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 5.56 $\log_{10}$ CFU/g และผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่สารละลายคลอรีน 50, 100 และ 150 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 5.36, 5.30 และ 5.32 $\log_{10}$ CFU/g ตามลำดับ (ตารางที่ 1) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสารละลายคลอรีนทุกระดับความเข้มข้นที่ใช้ในการแช่ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นทั้งหมดของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ ทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีปริมาณน้อยลงด้วยเนื่องจากจุลินทรีย์เริ่มต้นมีปริมาณน้อย Anon (1988) กล่าวว่าสารละลายคลอรีนเหมาะสมกับการใช้ล้างผักมากที่สุด เนื่องจากสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ และระเหยออกจากผลิตผลได้เมื่อสิ้นสุดการล้าง

ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคก่อนแช่สารละลายกรดซิตริกมีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นทั้งหมดเท่ากับ 5.36 $\log_{10}$ CFU/g และเมื่อนำผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคแช่สารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.1, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 5.28, 5.38 และ 5.25 $\log_{10}$ CFU/g ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้แช่สารละลาย มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 5.71 $\log_{10}$ CFU/g และ

ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่สารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.1, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 5.36, 5.39 และ 5.20 $\log_{10}$ CFU/g ตามลำดับ(ตารางที่ 2) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสารละลายกรดซิตริกทุกระดับความเข้มข้นสามารถลดปริมาณเชื้อเริ่มต้นทั้งหมดของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคได้เล็กน้อย และสามารถชะลออัตราการเจริญของจุลินทรีย์ได้ทุกระดับความเข้มข้น

ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคก่อนแช่สารละลายกรดอะซิติกมีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นทั้งหมดเท่ากับ 5.65 $\log_{10}$ CFU/g และเมื่อนำผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคแช่สารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 0.1, 0.5 และ1.0 เปอร์เซ็นต์ ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคมีปริมาณ จุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 5.68, 5.66 และ 5.11 $\log_{10}$ CFU/g ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ไม่ได้แช่สารละลาย มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 5.67 $\log_{10}$ CFU/g และผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่สารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 0.1 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณจุลินทรีย์เท่ากับ 5.44 และ 5.78 $\log_{10}$ CFU/g ตามลำดับ (ตารางที่ 3) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นทั้งหมดได้ และสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลออัตราการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมดในผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา

สารละลายกรดซิตริก และกรดอะซิติกลดปริมาณจุลินทรีย์รีย์ทั้งหมดในผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคได้เนื่องมาจากสารละลายกรดทั้ง 2 ชนิด ทำให้พีเอชที่ผิวของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคต่ำกว่า 4.6 ไม่เหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์ เนื่องจากพีเอชที่ต่ำกว่า 4.6 สามารถช่วยควบคุมอัตราการเจริญของจุลินทรีย์ (Deshpande *et al*., 1994 ; Splittstoesser, 1996 ; Wiley, 1994) แต่ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ผ่านการแช่สารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาสูงขึ้น เป็นเพราะความเข้มข้นของสารละลายกรดอะซิติก 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีความเข้มข้นสูงเกินไป ทำให้เซลล์ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคบางส่วนถูกทำลายทำให้สารละลายภายในเซลล์ไหลออกมาข้างนอกเซลล์เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดสีน้ำตาลได้ง่าย และจุลินทรีย์มีโอกาสเข้าทำลายเนื้อเยื่อเหล่านี้ได้มาก (Wiley, 1994)

ตารางที่ 1 ปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในตัวอย่างผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายคลอรีน แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (26 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส) นาน 24 ชั่วโมง

สารละลาย	Total Microbial Count ($\log_{10}$ CFU/g)	
	เริ่มต้นการทดลอง	สิ้นสุดการทดลอง (24 ชม.)
คลอรีน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร	4.49	5.36
คลอรีน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร	4.57	5.30
คลอรีน 150 มิลลิกรัมต่อลิตร	4.23	5.32
น้ำประปา	4.72	5.56

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 2 ปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในตัวอย่างผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดซิตริก แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (26 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส) นาน 24 ชั่วโมง

สารละลาย	Total Microbial Count ($\log_{10}$ CFU/g)	
	เริ่มต้นการทดลอง	สิ้นสุดการทดลอง (24 ชม.)
กรดซิตริก 0.1 %	5.28	5.36
กรดซิตริก 0.5 %	5.38	5.39
กรดซิตริก 1.0 %	5.25	5.20
น้ำประปา	5.36	5.71

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

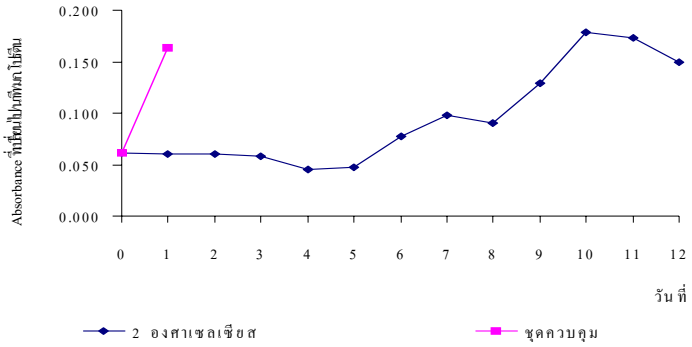
ตารางที่ 3 ปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในตัวอย่างผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่ในสารละลายกรดอะซิติก แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (26 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส) นาน 24 ชั่วโมง

สารละลาย	Total Microbial Count ($\log_{10}$ CFU/g)	
	เริ่มต้นการทดลอง	สิ้นสุดการทดลอง (24 ชม.)
กรดอะซิติก 0.1 %	5.68	5.44
กรดอะซิติก 0.5 %	5.66	5.78
กรดอะซิติก 1.0 %	5.11	-
น้ำประปา	5.65	5.67

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) ที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดสีน้ำตาลในผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค

กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.061 $Absorbance_{450}$ ที่เปลี่ยนไป/นาที/มก.โปรตีน และเมื่อเก็บรักษานานขึ้นกิจกรรมของเอนไซม์ PPO เพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 1) ที่อุณหภูมิห้อง (26 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส) มีกิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยที่หลังจากเก็บรักษานาน 1 วัน มีกิจกรรมเพิ่มสูงขึ้นเป็น 0.163 $Absorbance_{450}$ ที่เปลี่ยนไป/นาที/มก.โปรตีน ในขณะที่ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส มีกิจกรรมของเอนไซม์ PPO เท่ากับ 0.060 $Absorbance_{450}$ ที่เปลี่ยนไป/นาที/มก.โปรตีน และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม กิจกรรมของเอนไซม์ PPO ที่เพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ให้ผลสอดคล้องกับการเกิดสีน้ำตาลทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบ ซึ่งมีระดับคะแนนลดต่ำลงเมื่อมีสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัดและก้านใบเพิ่มมากขึ้น (ไม่ได้แสดงข้อมูล) การเกิดสีน้ำตาลของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการของผู้บริโภคมีสาเหตุมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอล โดยมีเอนไซม์ PPO ช่วยเร่งปฏิกิริยาทำให้เกิดสารประกอบสีน้ำตาล (Meteos *et al.*, 1993)



ภาพที่ 1 กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 26 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส

สรุป

ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคที่แช่สารละลายคลอรีนทุกระดับความเข้มข้น สารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัด และลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเมื่อเริ่มต้น และสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา 24 ชั่วโมง แต่ที่สารละลายคลอรีนเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร เกิดกลิ่นของคลอรีนติดอยู่ที่ผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภคและสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัด และลดปริมาณจุลินทรีย์เมื่อสิ้นสุดการทดลองได้ กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสมีความสัมพันธ์ต่อการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัดและก้านใบของผักกาดหอมห่อ

เอกสารอ้างอิง

Alli, I. and J.I. Boye. 1996. Quality assurance, quality control, inspection, and sanitation. *In* Somogyi, L.P., H.S. Ramaswamy and Y.H. Hui (eds.). Processing Fruits: Science and Technology Biology, Principles and Applications. U.S.A. Techonmic Publishing Company Ltd. 1: 363-379.

Anon, 1988. Infos. Centre technique interprofessional des fruits et legumes. Hors Serie. Paris. France. 4e gamme.

Blenden, D.C. and F.T. Szatalowicz. 1967. Ecological aspects of listeriosis. J. Am. Vet. Med. Assn. 151: 1761.

Brackett, R.E. 1987. Microbiolgical consequences of minimally processed fruits and vegetables. J. Food Qual. 10: 195-206.

Day, B.P.F. 1993. Fruit and vegetables. p. 113-114. *In* R.T. Parry (ed.). Principles and Applications of Modified Atmosphere Packaging of Food. Great Britain. St. Edmundsbury Press.

Deshpande, S.S., U. Deshpande and D.K. Salunhke. 1994. Food Acidulant. *In* M.A. Joseph and T.T. Anthony (eds.). Food Additive Toxicology. Marcek Dekker, Inc. New York. p. 114-133.

Fujita, S., T. Tono. and H. Kawahara. 1991. Purification and properties of polyphenol oxidase in head lettuce (*Lactuca sativa*). J. Sci. Food Agric. 55: 643-651.

King, A.D. and H.R. Bolin. 1989. Physiological and microbiological storage stability of minimally of processed fruits and vegetables. J. Technol. 43(2): 132-139.

King, A.D., J.R. Magnuson, T. Torok and N. Goodman. 1991. Microbial Flora and Storage Quality of Partially Processed Lettuce. J. Food Sci. 56: 459-461.

Kiss, I. 1984. Testing Method in Food Microbiology. Elsevier Science. Amsterdam. 447 p.

Mateos, M., D. Ke. M. Cantwell. and A.A. Kader. 1993. Phenolic metabolism and ethanolic fermentation of intact and cut lettuce exposed to CO_2-enriched atmospheres. Postharvest Biol. Technol. 3: 225-233.

Selvarai, Y. and R. Kumar. 1989. Studies on Fruit Softening Enzymes and Polyphenol Oxidase Activity in Ripening Mango (*Mangifera indica.* L.) Fruit. J. Ed. Sci Technol. 26(4): 218-22.

Splittstoesser, D.F. 1996. Microbiology of fruit products. *In* L.P. Somogyi, H.S. Ramaswamy and Y.H. Hui (eds.). Processing Fruits: Science and Technology Biology, Principles and Applications. Technomic Publishing Company Ltd. U.S.A. 1: 261- 292.

Wiley, R.C. 1994. Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables. Chapman & Hall. New York. 368 p.