http://journal.rmutp.ac.th

กระบวนการผลิตผักแกะสลักบรรจุในภาชนะปิดสนิท

จอมขวัญ สุวรรณรักษ์[1]* ชมภูนุช เผื่อนพิภพ[1] นิธิยา รัตนาปนนท์[2] ศันสนีย์ ทิมทอง[1]
สุกัญญา จันทกุล[1] และ พุดกรอง พันธ์อุโมงค์[3]

[1] คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
168 ถนนศรีอยุธยา แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300
[2] สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
239 ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200
[3] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพ 10120

รับบทความ 30 พฤษภาคม 2017; ตอบรับบทความ 15 สิงหาคม 2017

บทคัดย่อ

การศึกษากระบวนการผลิตผักแกะสลักบรรจุในภาชนะปิดสนิทสำหรับผัก 5 ชนิด ได้แก่ แครอท ฟักทอง หัวไชเท้า มะละกอดิบ และแตงร้าน ที่แกะสลักเป็นดอกกุหลาบหรือใบไม้ดองในตำรับน้ำดอง (น้ำส้มสายชูร้อยละ 7.23 น้ำร้อยละ 64.81 เกลือร้อยละ 0.81 น้ำตาลทรายร้อยละ 27.00 และกรดแล็กทิกร้อยละ 0.15, pH 3.27) โดยนำแครอท ฟักทอง และมะละกอดิบแกะสลักไปฆ่าเชื้อในสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซีติกแอซิด (80 มิลลิกรัมต่อลิตร, 3 นาที) ส่วนหัวไชเท้าและแตงร้านแกะสลักจุ่มในน้ำประปา (3 นาที) ลวกในสารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์ (ร้อยละ 0.5, 2 นาที) ดองในกล่องพลาสติกมีฝาปิดสนิท และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 4 วัน พบว่า พีเอชและบริกซ์มีค่าลดลงตลอด 4 วัน และมีแนวโน้มเข้าสู่สมดุล มะละกอดิบและแตงร้านเกิดการเน่าเสียในวันที่ 4 โดยเกิดฟองแก๊สและฝ้าสีขาวบนผิวน้ำดอง ดังนั้นจึงนำแครอท และฟักทอง มาดองในตำรับน้ำดองที่เติมสารกันเสีย (น้ำส้มสายชูร้อยละ 27.03 น้ำร้อยละ 27.03 เกลือร้อยละ 0.9 น้ำตาลทรายร้อยละ 45.05 และโซเดียมเมแทไบซัลไฟต์ 200 ส่วนต่อล้านส่วน, pH 3.39) แล้วนำไปบรรจุร้อนในขวดแก้วมีฝาปิดสนิทและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ดองในน้ำดองปรับกรดและเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส พบว่าผักแกะสลักดองทั้งสองชนิดมีระยะเวลาในการเข้าสู่สมดุล 7 วัน โดยค่าพีเอชจากตัวอย่างน้ำดอง น้ำดองผสมเนื้อและเนื้อผักแกะสลักมีค่าต่ำกว่า 4.6 และบริกซ์ลดลงเรื่อย ๆ ลักษณะปรากฏของชุดทดลองทั้งสองไม่แตกต่างกัน อายุการเก็บรักษาของแครอท ฟักทอง และหัวไชเท้าแกะสลักดองในขวดแก้วมีฝาปิดสนิทไม่น้อยกว่า 7 วัน โดยมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์รา และ *Escherichia coli* ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข และตรวจไม่พบ *Staphylococcus aureus*

คำสำคัญ: ผักแกะสลัก; การบรรจุร้อน; กรดแล็กทิก; โซเดียมเมแทไบซัลไฟต์; ภาชนะปิดสนิท

ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร.+668 1848 8870, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ jomkhwun.s@rmutp.ac.th

http://journal.rmutp.ac.th

Vegetable-Carved Processing in Hermetically Sealed Container

Jomkhwun Suwannarak[1]* Chompoonuch Phuenpipob[1] Nithiya Rattanapanone[2]
Sansanee Thimthong[1] Sukunya Chantakul[1] and Putkrong Phanumong[3]

[1] Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
168 Sri Ayudhya Road, Vajira Hospital Dusit District, Bangkok 10300
[2] Postharvest Technology Research Institute, Chiang Mai University
239 Huay Kaew Road, Muang District, Chiang Mai 50200
[3] Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Krungthep
2 Nanglinchee Road, Tungmahamek, Sathorn, Bangkok 10120

Received 4 January *2017; accepted ... October 2017*

Abstract

The study of vegetable-carved processing packed in hermetically sealed container for 5 types of plant *e.g.*, carrot, pumpkin, radish, green papaya and cucumber which carved into rose or leave shape and preserved in acidified-pickle (7.23% vinegar, 64.81% water, 0.81% salt, 27.00% sugar and 0.15% lactic acid, pH 3.27). The processing were conducted by sanitized carved-carrot, pumpkin and radish in peroxyacetic acid solution (80 mg/l, 3 min), or dipped in tap water (3 min) for green papaya and cucumber. Then, all carved-vegetables were blanched in calcium chloride solution (0.5%, 3 min) followed by preserved in acidified-pickle in plastic box with a lid and stored for 4 days at room temperature (25°C). The results showed that pH and °Brix decreased during 4 days storage, and showed obviously tended to equilibrium. However, carved-radish and cucumber were spoiled by microorganisms as a film on the surface of pickle solution, and gas bubble was occurred inside a container on 4th days of the storage. Hence, carrot and pumpkin were used in the next experiment which preserved in preservative-added recipe (27.03% vinegar, 27.03% water, 0.9% salt, 45.05% sugar and 200 ppm sodium metabisulfite, pH 3.39) with hot-filled method in glass bottle. Treatment was compared with carved-vegetables preserved in acidified-pickle and kept at 4°C as the control. The pH of samples of pickle solution, carved-vegetables and mixed-sample of both treatments, showed lower than 4.6, and °Brix were gradually decreased during storage periods. The appearance of both treatments were maintain good and not different between treatments. Shelf-life of carved-carrot, -pumpkin and -radish stored in hermetically sealed container was up to 7 days. Total bacteria count, *Escherichia coli*, yeast-molds were not exceeded than the standard limited by Ministry of Public Health and *Staphylococcus aureus* was not detected.

Keywords: Carved-Vegetables; Hot Filled; Lactic Acid; Sodium Metabisulfite; Hermetically Sealed Container

Corresponding Author. Tel.: +668 1848 8870, E-mail Address : jomkhwun.s@rmutp.ac.th

1. บทนำ

ผักและผลไม้สดภายหลังการเก็บเกี่ยวเป็นสิ่งที่มีชีวิต ยังต้องการสารอาหารและออกซิเจนเพื่อใช้ในการหายใจและผลิตพลังงาน โดยปกติผักและผลไม้ตัดแต่งเกิดการเน่าเสียได้ง่ายกว่าผักและผลไม้ที่มีเปลือก เนื่องจากเปลือกเป็นโครงสร้างของพืชที่จะช่วยป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ และความเสียหายของเนื้อเยื่อที่เกิดจากแรงกระแทกบริเวณส่วนที่เป็นรอยตัด ที่เกิดจากการปอกเปลือกการตัดแต่งและการหั่นให้เป็นชิ้น ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ [1] เช่นเดียวกับผักและผลไม้สดแกะสลัก เป็นการทำให้เนื้อเยื่อเกิดบาดแผล จึงส่งผลให้มีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนสูงขึ้น อัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนมีความแปรผันตรงกับพื้นที่ผิวของชิ้นงาน แกะสลัก ชิ้นงานที่มีลวดลายที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสกับอากาศมากก็จะมีขนาดบาดแผลใหญ่ และส่งผลให้มีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนสูงขึ้นด้วย [2] จึงทำให้สารอาหารถูกใช้ไปอย่างรวดเร็วและมีอายุการเก็บรักษาสั้น ดังนั้นในการแปรรูปผักและผลไม้ตัดแต่งจึงต้องมีการจัดการแนวทางในการผลิตที่ดี (Good Manufacturing Practice) อย่างเคร่งครัด และมีการควบคุมอุณหภูมิในการผลิตเพื่อลดการเจริญของจุลินทรีย์ การใช้ใบมีดที่มีความคมจะช่วยลดความเสียหายเนื่องจากการฉีกขาดของเนื้อเยื่อได้

มีการใช้กรรมวิธีต่าง ๆ เพื่อช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลไม้ตัดแต่ง เช่น การใช้สารมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อในน้ำล้าง การควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำในระหว่างกระบวนการผลิต การแช่ในสารละลายกรดหรือสารละลายแคลเซียม การใช้สารธรรมชาติเพื่อยับยั้งจุลินทรีย์ การบรรจุในภาชนะที่มีการปรับสภาพบรรยากาศ เป็นต้น [3] สำหรับผักและผลไม้สดแกะสลัก มีรายงานการใช้กรดเพอร์ออกซีแอซีติก (PAA) ความเข้มข้น 60-80 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นสารฆ่าเชื้อภายหลังการแกะสลักผักและผลไม้สด โดยสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์ราได้ 1-3 วงจรล็อก แต่เนื่องจาก PAA มีคุณสมบัติเป็นสารออกซิไดซ์ที่แรงจะทำให้ผักและผลไม้ที่มีเนื้อสีขาว เช่น หัวไชเท้าและแตงกวา เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลได้เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน [4] PAA เป็นสารออร์แกนิคเพอร์ออกไซด์ที่ USFDA อนุญาตให้ใช้สัมผัสกับอาหารได้ ในน้ำล้างผักและผลไม้ในช่วง 85-300 มิลลิกรัมต่อลิตร [5] และการใช้ PAA ร่วมกับสารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์ (ร้อยละ 0.5) เป็นสารปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสผักและผลไม้สดแกะสลัก หรือการใช้ไคโทซาน ซึ่งเป็นสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ เพื่อช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงของสีและเนื้อสัมผัสโดยเฉพาะผักและผลไม้ที่มีสี เช่น แครอท ฟักทอง และแคนตาลูป อีกทั้งไคโทซานยังมีคุณสมบัติช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ จึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น [6] สารฆ่าเชื้อชนิดอื่นๆ ที่มีรายงานการใช้ในผักและผลไม้ตัดแต่ง ได้แก่ โซเดียมไฮโพคลอไรต์ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์โอโซน กรดอินทรีย์ต่างๆ เช่น ซิตริก แอซีติก และออกซาลิก เป็นต้น [3]

ดังนั้นการควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับผักและผลไม้ตัดแต่ง เนื่องจากเป็นเนื้อเยื่อที่มีปริมาณน้ำมาก และมีสารอาหารเอื้อต่อการเจริญของจุลินทรีย์ได้ง่าย การปรับกรดอาหารเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ อาหารมีค่า pH สมดุลสุดท้ายน้อยกว่าหรือเท่ากับ 4.6 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะไม่ต้องใช้ความร้อนสูงมากในการฆ่าเชื้อ ความเป็นกรด-ด่างของอาหารมีอิทธิพลต่อชนิดของแบคทีเรียที่เจริญในอาหารโดยเฉพาะคลอสตริเดียม โบทูลินัม ซึ่งมีอันตรายสามารถสร้างสารพิษเอ็กโซท็อกซิน (Exotoxin) ภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ปิดได้ โดยกรดจะไปป้องกันการงอกของสปอร์และการเจริญของเซลล์ ซึ่งต่างจากอาหารที่เป็นกรดต่ำ (pH > 4.6) ที่จะต้องใช้ความร้อนสูง (>100 องศาเซลเซียส) ภายใต้ความดันเพื่อทำลายสปอร์ของคลอสตริเดียม โบทูลินัม ดังนั้นอาหารที่เป็นกรดการฆ่าเชื้อจึงมุ่งทำลายเฉพาะเซลล์

ปกติ (Vegetative Cells) เท่านั้น โดยใช้อุณหภูมิน้ำเดือดหรือใช้เทคนิคการบรรจุขณะร้อนและรักษาไว้ที่อุณหภูมินั้นเป็นเวลาช่วงหนึ่ง (Hot-fill-hold Technique) ก่อนทำให้เย็นหรือใช้เครื่องพาสเจอไรซ์ [7] แต่ไม่ว่าอาหารที่เป็นกรดหรือที่เป็นกรดต่ำ อาจพบสปอร์ของคลอสตริเดียม โบทูลินั่ม และสปอร์ของแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเน่าเสียอยู่ได้ จึงต้องควบคุมความเป็นกรด-ด่างของอาหารไว้ให้ต่ำกว่า 4.6 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เพื่อไม่ให้สปอร์เหล่านี้เจริญและสร้างสารพิษที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค เนื่องจากมีรายงานการระบาดของจุลินทรีย์ก่อโรคในผักหมักดองหลายชนิด ในปี 2010 ประเทศสหรัฐอเมริกา พบการระบาดของ *Salmonella Newport* ในแตงกวาดองบรรจุในถุงพลาสติก ในปี 2012 เมืองซับโปโล และ ฮอกไกโด ประเทศญี่ปุ่น มีรายงานการระบาดของ *E. coli* O157:H7 ในกะหล่ำปลีดองที่มีปริมาณเกลือต่ำ [8] และประเทศเกาหลีใต้ มีการระบาดของเชื้อ *E. coli* O169 ในกิมจิที่ทำจากกะหล่ำปลีและหัวไชเท้า [9] การใช้หลายวิธีร่วมกันหรือเฮอร์เดิลเทคโนโลยี (ความร้อน กรดแอซีติก และเกลือ) จะเพิ่มความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหากระบวนการผลิตผักแกะสลักบรรจุในภาชนะบรรจุปิดสนิทที่เหมาะสม โดยใช้วิธีการปรับกรดร่วมกับการใช้สารกันเสีย และการบรรจุร้อน เพื่อปรับปรุงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษา เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าแก่ผักและผลไม้แกะสลักในประเทศไทยซึ่งเป็นผลิตผลทางการเกษตรที่มีศักยภาพสูง อีกทั้งเป็นแนวทางให้สถานประกอบการด้านอุตสาหกรรมการบริการอาหารสามารถใช้ประโยชน์จากผักแกะสลักได้ง่ายขึ้น

2. วิธีการทดลอง

2.1 วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองคือผักจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ ฟักทองพันธุ์คางคก (*Cucurbitamoschata* Decne.) แครอท (*Daucuscarota* Linn.) หัวไชเท้า (*Raphanussativus* Linn.) มะละกอดิบ (*Carica* papaya L.) และแตงร้าน (*Cucumis* sativua L.) ซื้อมาจากบริษัท สยามแมคโครจำกัด สาขาสามเสน กรุงเทพมหานคร นำวัตถุดิบทั้งหมดมาทำการทดลองที่ศูนย์การขับเคลื่อนอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปด้วยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยทำการทดลองภายใน 2 ชั่วโมงต่อมา

2.2 การเตรียมผักแกะสลัก

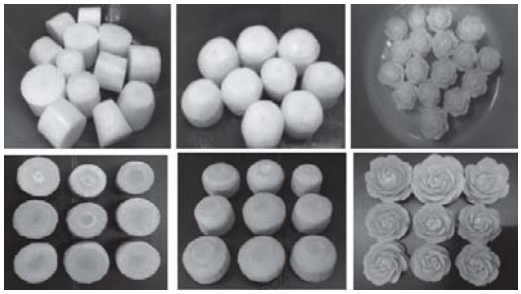
วัตถุดิบทั้งหมดจะนำมาล้างทั้งเปลือกด้วยน้ำประปา เพื่อกำจัดเศษดิน ทราย และสิ่งปนเปื้อนที่ติดมากับวัตถุดิบ ก่อนนำมาแกะสลัก อุปกรณ์ที่ใช้ได้แก่ มีดแกะสลัก มีดบาง เขียง และกะละมังพลาสติก

2.2.1 ฟักทอง ผ่าครึ่งตามยาวนำเมล็ดออก แบ่งให้ได้ 6 ชิ้น ตัดตามขวางของชิ้น ให้มีความยาวประมาณ 4 เซนติเมตร จะได้ชิ้นฟักทองที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู (รูปที่ 1a) จากนั้นเกลาชิ้นฟักทองให้เป็นรูปทรงครึ่งวงกลม (รูปที่ 1b) แล้วใช้มีดแกะสลักให้เป็นรูปดอกกุหลาบ (รูปที่ 1c)

(a) (b) (c)

รูปที่ 1 การเตรียมตัวอย่างฟักทองแกะสลักลายดอกกุหลาบ

2.2.2 แครอทและหัวไชเท้า ปอกเปลือก ตัดตามขวางของหัวให้มีความยาวประมาณ 4 เซนติเมตร (รูปที่ 2a) เกลาให้เป็นรูปทรงครึ่งวงกลม (รูปที่ 2b) แล้วใช้มีดแกะสลักให้เป็นรูปดอกกุหลาบ (รูปที่ 2c)



(a) (b) (c)

รูปที่ 2 การเตรียมตัวอย่างแครอทและหัวไชเท้าแกะสลักลายดอกกุหลาบ

2.2.3 มะละกอดิบ ปอกเปลือก ตัดตามขวางของหัวให้มีความยาวประมาณ 4 เซนติเมตร (รูปที่ 3a) เกลาชิ้นมะละกอดิบให้เป็นรูปทรงครึ่งวงกลม (รูปที่ 3b) แล้วใช้มีดแกะสลักให้เป็นรูปดอกกุหลาบ (รูปที่ 3c)

(a) (b) (c)

รูปที่ 3 การเตรียมตัวอย่างมะละกอดิบแกะสลักลายดอกกุหลาบ

2.2.4 แตงร้าน ตัดแบ่งตามยาวให้ได้ 3 ชิ้น (ความยาวโดยประมาณ 8 เซนติเมตร) (รูปที่ 4a) ตรงกลางที่เป็นไส้ไม่ใช้ เกลาชิ้นแตงร้านให้เป็นรูปทรงใบไม้ (รูปที่ 4b) แล้วใช้มีดแกะสลักให้เป็นรูปใบไม้ (รูปที่ 4c)

(a) (b) (c)

รูปที่ 4 การเตรียมตัวอย่างแตงร้านแกะสลักลายใบไม้

2.3 การเตรียมน้ำดอง

2.3.1 น้ำดองปรับกรด (ตำรับ 1)

ส่วนผสมของตำรับน้ำดองปรับกรดประกอบด้วย น้ำส้มสายชู (Kewpie (Thailand) Co., Ltd. Thailand) 745.68 กรัม (ร้อยละ 7.23) น้ำ 6685.24 กรัม (ร้อยละ 64.81) เกลือ (ปรุงทิพย์; บริษัทอุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์, ประเทศไทย) 83.57 กรัม (ร้อยละ 0.81) น้ำตาลทราย (มิตรผล; บริษัทน้ำตาลมิตรผล จำกัด, ประเทศไทย) 2785.52 กรัม (ร้อยละ 27.00) และกรดแล็กทิก (Purac, ประเทศไทย) 15.00 กรัม (ร้อยละ 0.15) เตรียมโดยละลายน้ำตาลทรายในน้ำอุ่นก่อนแล้วจึงนำส่วนผสมทั้งหมดผสมลงในสารละลายน้ำตาล เมื่อส่วนผสมทั้งหมดละลายเข้ากันดีแล้ว นำน้ำดองที่ได้ไปวัดค่าพีเอชด้วยเครื่องวัดพีเอช (Model HI 98128; Hanna, USA) จากนั้นจึงละลายกรดแล็กทิก ลงในสารละลาย น้ำดองที่เตรียมได้มีค่าพีเอช 3.27

2.3.2 น้ำดองปรับกรดที่เติมสารกันเสีย (ตำรับ 2)

ส่วนผสมของตำรับน้ำดองปรับกรดที่เติมสารกันเสียประกอบด้วย น้ำส้มสายชู 1,351.35 กรัม (ร้อยละ 27.03) น้ำ 1,351.35 กรัม (ร้อยละ 27.03) เกลือ 45.05 กรัม (ร้อยละ 0.90) น้ำตาลทราย 2,252.25 กรัม (ร้อยละ 45.05) และโซเดียมเมแทไบซัลไฟต์ (Basf, Germany) 200 ส่วนต่อล้านส่วน เตรียมโดยละลายน้ำตาลทรายในน้ำอุ่นก่อนแล้วจึงนำส่วนผสมทั้งหมดผสมลงในสารละลายน้ำตาล น้ำดองที่เตรียมได้มีค่าพีเอช 3.39

2.4 การศึกษากระบวนการผลิตผักแกะสลักดองในกล่องพลาสติกมีฝาปิดสนิท

การล้างผักแกะสลักในสารฆ่าเชื้อและการจุ่มในสารปรับปรุงเนื้อสัมผัส [6] แครอท ฟักทอง และหัวไชเท้าแกะสลัก นำมาล้างในสารละลาย PAA ความเข้มข้น 80 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 3 นาที สำหรับมะละกอดิบและแตงร้านแกะสลักจะจุ่มในน้ำประปาเป็นเวลา 3 นาที ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นนำผักแกะสลักทั้งหมดจุ่มในสารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 เป็นเวลา 3 นาที ก่อนนำมาดองในน้ำดองตำรับ 1 ในกล่องพลาสติกใสที่มีฝาปิดสนิท อัตราส่วนของผักแกะสลักและน้ำดอง

เป็น 1:5 เก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน สังเกตการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชและบริกซ์ (ºBrix) และลักษณะปรากฏทุกวัน

2.5 การศึกษากระบวนการผลิตผักแกะสลักดองในขวดแก้วมีฝาปิดสนิทด้วยวิธีการบรรจุร้อน

เตรียมผักแกะสลัก [6] โดยแครอท ฟักทอง หัวไชเท้าแกะสลัก นำมาล้างในสารละลาย PAA ความเข้มข้น 80 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 3 นาที สำหรับมะละกอดิบและแตงร้านแกะสลัก จุ่มในน้ำประปาเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นนำผักแกะสลักทั้งหมดมาลวกที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ในสารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 เป็นเวลา 3 นาที เพื่อยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์และฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เน่าเสีย บรรจุผักแกะสลักที่ลวกแล้วลงในขวดแก้วขนาด 200 มิลลิลิตร เติมน้ำดองตำรับ 2 ที่มีอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ลงในขวด ปิดฝาให้สนิท น้ำหนักสุทธิของแครอทแกะสลักบรรจุในขวดแก้วเท่ากับ 260 กรัม ฟักทอง และหัวไชเท้าแกะสลักบรรจุในขวดแก้วเท่ากับ 270 กรัม (โดยประมาณ) จากนั้นนำขวดมาฆ่าเชื้ออีกครั้งในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่มีอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง เก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ดองในน้ำดองตำรับเดียวกันแต่ไม่เติมสารกันเสียและเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น 4 องศาเซลเซียส เป็นชุดควบคุม สังเกตการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชและบริกซ์ (ºBrix) ลักษณะปรากฏทุกวัน วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา โคลิฟอร์ม *Escherichia coli และ Staphylococcus aureus*

2.6 การวัดค่าพีเอชและบริกซ์

ค่าพีเอชและบริกซ์ของจะวิเคราะห์จากตัวอย่างสามส่วน ซึ่งประกอบด้วย ตัวอย่างน้ำดอง ตัวอย่างน้ำดองผสมเนื้อผักแกะสลัก (ตัวอย่างผสม) และตัวอย่างเนื้อผักแกะสลัก (ตัวอย่างเนื้อ)

การวิเคราะห์ตัวอย่างเนื้อและตัวอย่างผสม ทำโดยนำตัวอย่างเนื้อผักแกะสลัก หรือตัวอย่างน้ำดองและเนื้อผักแกะสลัก ปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องปั่นผสมอาหาร (HR2118; Philips, Japan) วัดค่าพีเอชด้วยเครื่องวัดพีเอช (Model HI 98128; Hanna, USA) โดยทำการปรับเทียบมาตรฐานด้วยสารละลายมาตรฐานพีเอช 4, 7 และ 10 ก่อนทำการทดลอง และวัดบริกซ์ด้วยเครื่องวัดบริกซ์ (Digital Refractometer for Brix Analysis in Foods: HI96801; Hanna, USA) ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

2.7 การวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด *และ Staphylococcus aureus* [10-11] วิเคราะห์ *Escherichia coli* [12] วิเคราะห์ยีสต์และรา [13] รายงานผลการตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์ราในหน่วยโคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง (CFU/g) รายงานผลการตรวจนับโคลิฟอร์ม และ *E. coli* ในหน่วย Most Probable Number per Gram (MPN/g)

2.8 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ตัวอย่างผักแกะสลักที่ดองในขวดแก้วมีฝาปิดสนิท ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ครั้ง เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าพีเอชและบริกซ์ของผักแกะสลักระหว่างน้ำดองสองตำรับโดยใช้วิธีทดสอบแบบ t-test ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 การศึกษากระบวนการผลิตผักแกะสลักดองในกล่องพลาสติกมีฝาปิดสนิท

3.1.1 ค่าพีเอชและบริกซ์

ค่าพีเอชและบริกซ์ของผักแกะสลัก 5 ชนิด ได้แก่ แครอท ฟักทอง หัวไชเท้า มะละกอดิบและแตงร้าน ที่ดองในน้ำดองตำรับ 1 ในกล่องพลาสติกมีฝาปิดสนิท ระหว่างเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วันที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าพีเอชและบริกซ์ของผักแกะสลัก 5 ชนิด ระหว่างการดองในกล่องพลาสติกใสมีฝาปิด และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ตัวอย่าง	วัน	น้ำดอง		ผสม		เนื้อ	
		pH	°Brix	pH	°Brix	pH	°Brix
แครอท แกะสลัก ดอกกุหลาบ	1	4.31	23.5	4.40	22.2	5.13	14.0
	2	4.34	23.1	4.37	19.7	5.12	12.0
	3	4.37	22.7	4.39	20.1	5.02	15.0
	4	4.03	19.7	4.09	18.3	5.17	14.0
ฟักทอง แกะสลัก ดอกกุหลาบ	1	4.34	22.1	4.39	21.3	5.00	18.0
	2	4.40	20.5	4.38	21.3	5.25	13.0
	3	4.31	21.7	4.31	21.8	4.90	20.0
	4	4.00	18.8	4.08	18.5	5.10	14.0
หัวไชเท้า แกะสลัก ดอกกุหลาบ	1	4.15	19.7	4.17	19.1	4.83	22.0
	2	4.10	20.7	4.02	19.1	5.04	13.0
	3	4.10	18.7	4.10	19.3	4.88	18.0
	4	3.82	25.5	3.88	23.0	5.22	19.0
มะละกอดิบ แกะสลัก ดอกกุหลาบ	1	4.14	20.7	4.20	18.7	4.85	20.0
	2	4.17	20.6	4.17	18.7	5.12	12.0
	3	4.15	20.4	4.19	18.8	4.92	19.0
	4	เสีย	เสีย	เสีย	เสีย	เสีย	เสีย
แตงร้าน แกะสลัก ใบไม้	1	4.18	18.5	4.22	16.6	5.23	10.0
	2	4.13	19.4	4.12	18.5	5.04	11.0
	3	4.14	17.6	4.19	12.6	4.97	17.0
	4	เสีย	เสีย	เสีย	เสีย	เสีย	เสีย

ผลการทดลองพบว่า ค่าพีเอชและบริกซ์ของผักแกะสลักทุกชนิดมีแนวโน้มเข้าสู่สมดุล โดยค่าพีเอชในตัวอย่างน้ำดอง มีค่าลดลงในระหว่างการเก็บรักษา ในขณะที่บริกซ์ของตัวอย่างทั้งสามส่วนมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากมีการใช้น้ำตาลในกระบวนการหมักและผลิตกรดอินทรีย์ขึ้น เมื่อมีปริมาณกรดในน้ำดองเพิ่มขึ้นจึงทำให้พีเอชมีค่าลดลง

ค่าพีเอชและบริกซ์จากตัวอย่างน้ำดองและตัวอย่างผสม จากผักแกะสลักทั้ง 5 ชนิด มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ตัวอย่างเนื้อจะมีค่าพีเอชและบริกซ์สูงกว่าสองส่วนดังกล่าว ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำดองภายหลังการดองผักแกะสลักทุกชนิดมีค่าสูงขึ้น (>3.3) ค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำดองแครอท ฟักทอง หัวไชเท้า มะละกอดิบ และแตงร้านแกะสลัก มีค่าเท่ากับ 4.31, 4.34, 4.14, 4.14 และ 4.18 ตามลำดับ เนื่องมาจากการรั่วไหลของสารอินทรีย์จากเนื้อผักแกะสลักออกมาในน้ำดอง ซึ่งเป็นการไหลจากภายในเซลล์ที่มีความเข้มข้นต่ำออกมาที่ความเข้มข้นสูง ทำให้ค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำดองมีค่าสูงขึ้น

อย่างไรก็ตาม อาจต้องใช้ระยะเวลานานกว่า 4 วัน เพื่อให้เข้าสู่สมดุล แต่ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษามะละกอดิบและแตงร้านแกะสลักเกิดการเน่าเสียขึ้น ซึ่งสังเกตได้จากลักษณะปรากฏที่มีฝ้าขาวบนผิวหน้าน้ำดอง ดังแสดงในตารางที่ 2

3.1.2 ลักษณะปรากฏ ลักษณะปรากฏของผักแกะสลัก 5 ชนิด ที่ดองในน้ำดองตำรับ 1 ในกล่องพลาสติกมีฝาปิดสนิท ระหว่างเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะปรากฏของผักแกะสลัก 5 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษาในกล่องพลาสติกใสมีฝาปิดเป็นเวลา 4 วัน ที่อุณหภูมิห้อง

วันที่	ผักแกะสลักลายดอกกุหลาบ/ใบไม้	
	แครอท	ฟักทอง
1		
2		
3		
4		

ตารางที่ 2 ลักษณะปรากฏของผักแกะสลัก 5 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษาในกล่องพลาสติกใสมีฝาปิดเป็นเวลา 4 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (ต่อ)

วันที่	ผักแกะสลักลายดอกกุหลาบ/ใบไม้		
	หัวไชเท้า	มะละกอดิบ	แตงร้าน
1			
2			
3			
4			

ผลการทดลองพบว่า แครอทและฟักทองแกะสลักมีสีซีดลงเล็กน้อยในระหว่างการเก็บรักษา โดยสังเกตได้ชัดเจนในฟักทองแกะสลัก สีของน้ำดองจะมีสีเข้มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น อาจเนื่องมาจากแคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นสารให้สีเหลืองและสีส้มมีคุณสมบัติละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ [14] เช่น กรดแอซีติกในน้ำส้มสายชูที่เป็นส่วนผสมของน้ำดอง เป็นต้น ลักษณะเนื้อสัมผัสของผักแกะสลักทั้งสองชนิดไม่นิ่มเละ เนื่องจากการแช่ในสารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการดองจะทำให้กิจกรรมของเอนไซม์โพลีกาแลคทูโรเนสซึ่งมีบทบาทในการย่อยสลายเพคทินในผนังเซลล์ลดต่ำลง [15]

หัวไชเท้าและมะละกอดิบแกะสลัก ผักทั้งสองชนิดนี้มีเนื้อสีขาว เมื่อดองและเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน พบว่าสีของหัวไชเท้าและมะละกอดิบแกะสลักมีสีขาวใสขึ้น และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน มะละกอดิบแกะสลักเกิดการเน่าเสีย โดยน้ำดองมีสีขุ่นขึ้น อาจเนื่องมาจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์บางชนิด ซึ่งอาจมากับวัตถุดิบตามธรรมชาติหรือปนเปื้อนในระหว่างกระบวนการผลิตซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการหมักและมีปริมาณมากกว่าจุลินทรีย์สร้างกรดแล็กทิกที่เกี่ยวข้อง [15]

แตงร้านแกะสลักมีสีเขียวเหลืองตั้งแต่วันแรกของการเก็บรักษาและมีสีเหลืองเพิ่มมากขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน แตงร้านแกะสลักเกิดการเน่าเสียขึ้นโดยปรากฏฝ้าสีขาวลอยอยู่บนผิวน้ำดอง มีการรายงานว่า การเน่าเสียในแตงกวาดองเนื่องมาจากฟองแก๊สที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหมัก อาจเกิดจากแบคทีเรียพวก *Enterobacter sp.* ซึ่งสามารถสร้างเมือกจำพวกโพลีแซ็กคาไรด์ และ/หรือ การเจริญของยีสต์ที่สร้างแผ่นฝ้าคล้ายฟิลม์ (Film Yeast) ส่งผลให้ค่าพีเอชของน้ำดองสูงขึ้น และเกิดการปนเปื้อนของแบคทีเรียในกลุ่ม *Bacillus sp.* และรา *Penicillium sp.* [16]

นอกจากนี้ วัตถุดิบสดที่มีปริมาณน้ำและความชื้นสูง อีกทั้งยังมีสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะจุลินทรีย์กลุ่มที่จะเจริญได้ดีในสภาวะที่มีเกลือร้อยละ 1-5 หรือ Halophilic Bacteria โดยค่า Water Activity (Aw) ต่ำสุดที่จุลินทรีย์กลุ่มนี้เจริญได้คือ 0.75 [15] ซึ่งโดยทั่วไปแล้วผักและผลไม้หมักดองจะมีค่า Aw สูงกว่า 0.94 ดังนั้นจึงควรควบคุมค่าพีเอชให้ต่ำกว่า 4.4 ตลอดอายุการเก็บรักษา [17]

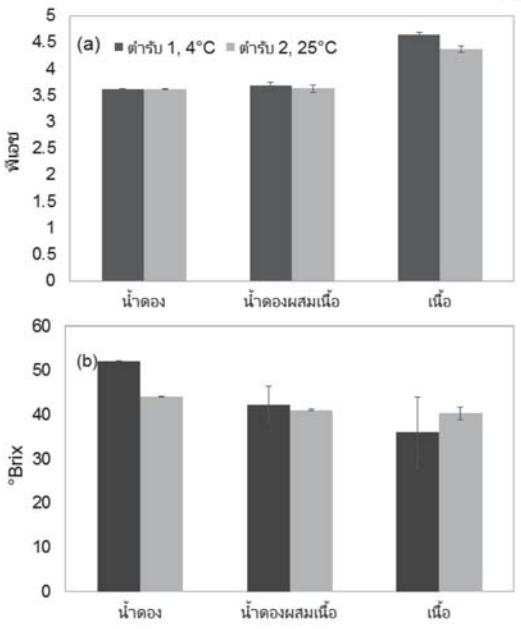
3.2 การศึกษากระบวนการผลิตผักแกะสลักดองในขวดแก้วมีฝาปิดสนิทด้วยวิธีการบรรจุร้อน

เนื่องจากมะละกอดิบ และแตงร้านแกะสลักเกิดการเน่าเสียภายหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน ดังนั้นในการทดลองนี้ จึงทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาผักแกะสลักเพียง 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา

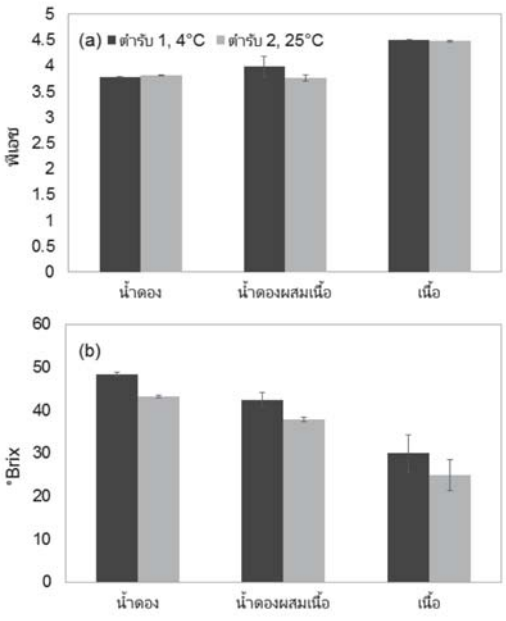
ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ประกอบด้วย แครอท และฟักทอง แกะสลักดอกกุหลาบ

3.2.1 ค่าพีเอชและบริกซ์ค่าพีเอชและบริกซ์ของแครอทแกะสลักภายหลังเข้าสู่สมดุลเป็นระยะเวลา 7 วัน แสดงในรูปที่ 5 พบว่า ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำดอง และตัวอย่างผสม จากทั้งสองชุดการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน คือมีค่าพีเอชเฉลี่ยสำหรับแครอทแกะสลักในชุดควบคุมเท่ากับ 3.62, 3.69 และมีค่าพีเอชเฉลี่ยสำหรับชุดทดลองเท่ากับ 3.62, 3.63 ส่วนค่าพีเอชของตัวอย่างเนื้อจากทั้งสองชุดการทดลองมีค่าสูงกว่าอีกสองส่วน คือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.64 ในชุดควบคุมและ 4.36 ในชุดทดลอง ตามลำดับ ในขณะที่บริกซ์ของตัวอย่างเนื้อมีแนวโน้มลดลง

ค่าพีเอชและบริกซ์ของฟักทองแกะสลักภายหลังเข้าสู่สมดุลเป็นระยะเวลา 7 วัน แสดงในรูปที่ 6 พบว่า ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำดอง และตัวอย่างผสมจากทั้งสองชุดการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน คือมีค่าพีเอชเฉลี่ยสำหรับฟักทองแกะสลักในชุดควบคุมเท่ากับ 3.78, 3.98 และมีค่าพีเอชเฉลี่ยสำหรับชุดทดลองเท่ากับ 3.81, 3.77 ส่วนค่าพีเอชของตัวอย่างเนื้อในชุดควบคุมและชุดทดลองมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าอีกสองส่วน คือ 4.50 และ 4.48 ตามลำดับ ในขณะที่องศาบริกซ์เฉลี่ยของตัวอย่างทั้งสามส่วนจากฟักทองแกะสลักในชุดทดลองมีค่าน้อยกว่าชุดควบคุม



รูปที่ 5 ค่าพีเอชและบริกซ์ของแครอทแกะสลักดองในน้ำดอง 2 ตำรับ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน ภายหลัง เก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน



รูปที่ 6 ค่าพีเอชและบริกซ์ของฟักทองแกะสลักดองในน้ำดอง 2 ตำรับ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน ภายหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน

จากผลการทดลอง พบว่าการดองในน้ำดองปรับกรดมีระยะเวลาในการเข้าสู่สมดุลสั้นกว่าวิธีการดองด้วยน้ำเกลือความเข้มข้นต่ำ ยกตัวอย่างเช่น การดองหัวไชเท้าในน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 2.5 โดยไม่มีการเติมกรด โดยดองในขวดแก้วและปิดฝาด้วยถุงพลาสติกที่อุณหภูมิ 25±1 องศาเซลเซียส พบว่าใช้ระยะเวลาการเข้าสู่สมดุล 16-18 วัน และมีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ร้อยละ 0.18 ในรูปของกรดแลกทิก [18]

3.2.2 ลักษณะปรากฏลักษณะปรากฏของแครอทและฟักทองแกะสลักดองในชุดควบคุมและชุดทดลอง ภายหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน แสดงในตารางที่ 3 แครอทและฟักทองแกะสลักทั้งสองชุดการทดลองมีลักษณะปรากฏที่ดี แต่สีของแครอทและฟักทองแกะสลักดองในชุดทดลองจะมีลักษณะปรากฏของสีที่ดีกว่าชุดควบคุมเล็กน้อย โดยเฉพาะฟักทอง เนื่องมาจากคุณสมบัติของสารโซเดียมเมแทไบซัลไฟต์ ซึ่งนอกจากจะเป็นสารป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์แล้ว ยังมีคุณสมบัติช่วยรักษาสีของผักและผลไม้ [19]

ตารางที่ 3 ลักษณะปรากฏของแครอทและฟักทองแกะสลักที่ดองในน้ำดอง 2 ตำรับ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน ภายหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน

ตัวอย่าง	ทรีตเมนต์	
	ตำรับที่ 1, 4°C	ตำรับที่ 2, 25°C
แครอทแกะสลักดอกกุหลาบ		
ฟักทองแกะสลักดอกกุหลาบ		

เนื่องจากผลการหาระยะเวลาในการเข้าสู่สมดุลของฟักทองและแครอทแกะสลักเป็นไปในทางเดียวกัน คือ 7 วัน และมีลักษณะปรากฏที่ดี ดังนั้นจึงได้ยุติการทดลอง และทำการศึกษาหาการเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์ในแครอท ฟักทอง และหัวไชเท้าแกะสลักที่ดองในขวดแก้วมีฝาปิดสนิท ผลการทดลองแสดงในหัวข้อที่ 3.3.3

3.3.3 จำนวนจุลินทรีย์ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข จะต้องมีรายการตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ตามข้อกำหนดที่ระบุในคู่มือรายงานการตรวจวิเคราะห์อาหารควบคุมเฉพาะและอาหารกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน เพื่อประกอบการขอขึ้นทะเบียนตำรับอาหารหรือขอใช้ฉลากอาหาร ผลการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์แสดงในตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4 จำนวนจุลินทรีย์ของแครอทแกะสลักที่ดองในน้ำดองตำรับ 2 ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุปิดสนิท เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/g)			
	จุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)	*Staphylococcus aureus* (/0.1 g)	*E. coli* (MPN/g)	Yeast & Mold (cfu/g)
0	< 10	Not Detected	< 3	< 10
1	< 10	Not Detected	< 3	< 10
2	< 10	Not Detected	< 3	< 10
3	< 10	Not Detected	< 3	< 10
4	< 10	Not Detected	< 3	< 10
5	< 10	Not Detected	< 3	< 10
6	< 10	Not Detected	< 3	< 10
7	< 10	Not Detected	< 3	< 10

ตารางที่ 5 จำนวนจุลินทรีย์ของฟักทองแกะสลักที่ดองในน้ำดองตำรับ 2 ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุปิดสนิท เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์			
	จุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)	Staphylococcus aureus (/0.1 g)	E. coli (MPN/g)	Yeast & Mold (cfu/g)
0	< 10	Not Detected	< 3	< 10
1	< 10	Not Detected	< 3	< 10
2	< 10	Not Detected	< 3	< 10
3	< 10	Not Detected	< 3	< 10
4	< 10	Not Detected	< 3	< 10
5	< 10	Not Detected	< 3	< 10
6	< 10	Not Detected	< 3	10
7	< 10	Not Detected	< 3	10

ตารางที่ 6 จำนวนจุลินทรีย์ของหัวไชเท้าแกะสลักที่ดองในน้ำดองตำรับ 2 ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุปิดสนิท เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/g)			
	จุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)	Staphylococcus aureus (/0.1 g)	E. coli (MPN/g)	Yeast & Mold (cfu/g)
0	< 10	Not Detected	< 3	< 10
1	< 10	Not Detected	< 3	< 10
2	< 10	Not Detected	< 3	< 10
3	< 10	Not Detected	< 3	< 10
4	< 10	Not Detected	< 3	< 10
5	< 10	Not Detected	< 3	< 10
6	< 10	Not Detected	< 3	10
7	< 10	Not Detected	< 3	10

ผลการทดลองพบว่า ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แครอท ฟักทอง และหัวไชเท้าแกะสลักดองมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์ราน้อยกว่า 10 cfu/g *Escherichia coli* มีจำนวนน้อยกว่า 3 MPN/g และตรวจไม่พบ *Staphylococcus aureus*

ตามเกณฑ์มาตรฐานสำหรับอาหารที่บรรจุในภาชนะปิดสนิทตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 355 กำหนดให้จุลินทรีย์ทั้งหมดมีจำนวนไม่เกิน 1,000 ต่ออาหาร 1 กรัม ยีสต์รามีจำนวนไม่เกิน 100 ต่ออาหาร 1 กรัม และต้องตรวจพบแบคทีเรียโคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 ต่ออาหาร 1 กรัม [20] ดังนั้นจำนวนจุลินทรีย์ในแครอท ฟักทอง และหัวไชเท้าแกะสลักจึงไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน

สารกันเสียชนิดอื่น ๆ เช่น โซเดียมเบนโซเอต และกรดซอร์บิก สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่นที่ไม่ใช่แลกทิกแอซิดแบคทีเรียได้ดีเช่นกัน มีการรายงานการดองหัวไชเท้าในน้ำเกลือร้อยละ 2.5 ที่เติมโซเดียมเบนโซเอตหรือกรดซอร์บิกความเข้มข้น 500 ส่วนต่อล้านส่วน โดยหัวไชเท้าดองในสูตรที่เติมโซเดียมเบนโซเอต สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ดีที่สุด และไม่พบการเจริญของยีสต์ ในขณะที่หัวไชเท้าดองในสูตรที่เติมกรดซอร์บิกให้ผลดีในการลดจำนวนยีสต์และรา [18]

4. สรุป

ตามมาตรฐานของอาหารบรรจุในภาชนะปิดสนิทตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 355 ได้กำหนดว่าอาหารที่ผ่านการให้ความร้อนก่อนหรือหลังการบรรจุจะต้องไม่มีสารกันเสีย ดังนั้น จากการทดลองนี้ในชุดควบคุมที่ดองในน้ำดองปรับกรดที่ไม่มีการเติมสารกันเสียและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช บริกซ์ และลักษณะปรากฏไม่แตกต่างกับผักแกะสลักที่ดองในน้ำดองปรับกรดและเติมสารกันเสีย โดยมีระยะเวลาในการเข้าสู่สมดุล 7 วัน ดังนั้น กระบวนการผลิตผัก

แกะสลักที่เหมาะสมสำหรับการบรรจุในภาชนะปิดสนิทคือ การดองฟักทองแกะสลักในน้ำดองปรับกรด (ตำรับ 1) ร่วมกับการบรรจุร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ในขวดแก้วมีฝาปิดสนิทและเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น มีลักษณะปรากฏที่ดีตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาและไม่แตกต่างกับชุดทดลองที่ดองในน้ำดองปรับกรดที่เติมสารกันเสีย (ตำรับ 2) และมีค่าพีเอชต่ำกว่า 4.6 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการปรับกรดอาหาร ที่ไม่ต้องใช้ความร้อนสูงมากในการฆ่าเชื้อ โดยกรดจะไปป้องกันการงอกของสปอร์และการเจริญของเซลล์จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียและจุลินทรีย์ก่อโรค

สำหรับแครอทแกะสลักดองในน้ำดองปรับกรด (ตำรับ 1) ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษายังมีค่าพีเอชสูงกว่า 4.6 อยู่เล็กน้อย ดังนั้นจากผลการทดลองนี้ฟักทองแกะสลักดองในน้ำดองปรับกรด (ตำรับ 1) จึงเป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมสำหรับนำมาผลิตเป็นผักแกะสลักดองบรรจุขวดแก้วโดยใช้กรรมวิธีบรรจุร้อน แต่มะละกอดิบและแตงร้าน ไม่เหมาะที่จะนำมาแปรรูป เนื่องจากมีอายุการเก็บรักษาสั้น และแตงร้านมีสีเปลี่ยนไปจากปกติ

การศึกษาต่อไปในอนาคตควรจะทำการศึกษาหาอายุการเก็บรักษาผักแกะสลักดองบรรจุในภาชนะปิดสนิทที่อุณหภูมิห้องจนสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา รวมทั้งศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และชีวเคมีที่เป็นอินดิเคเตอร์สำหรับบ่งชี้อายุการเก็บรักษา เช่น ปริมาณเอทานอล ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง รวมทั้งหาแนวทางในการปรับกรดเพื่อให้ผักแกะสลักเข้าสู่สมดุลเร็วขึ้นโดยใช้การปรับสภาพกรดภายใต้สภาวะที่ควบคุมพีเอชและความดันบรรยากาศด้วยเครื่องระบบกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งคาดว่าจะใช้ระยะเวลารวดเร็วกว่ากระบวนการปรับสภาพกรดในสภาวะปกติที่ใช้เวลา 5-7 วัน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสำนักบริการโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัย ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ขอขอบพระคุณคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และศูนย์การขับเคลื่อนอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปด้วยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้สถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ในทำการวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

[1] D. Boonyakiat and N. Rattanapanone, *After the ™harvest of fruits and vegetables*. Bangkok: Odeon Store Publishing, 2005.

[2] J. Suwannarak, P. Phanumong and N. Rattanapanone, "Physiological changes of fruit and vegetable carving," *Chiang Mai University Journal of Natural Science*, vol. 13, no. 1, pp. 77-86, 2014.

[3] R. C. Soliva-Fortuny and O. Martin-Belloso, "New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruit: a review," *Trends in Food Science & Technology*, vol. 14, pp. 341-353, 2003.

[4] J. Suwannarak, P. Phanumong and N. Rattanapanone, "The efficacy of peroxyacetic acid and sodium hypochlorite solutions in reducing microorganism on the surface of carved fruit and vegetables," *RMUTP Research Journal,* vol. 8, no. 4, pp. 92-106, 2014.

[5] J. Larousse and B. E. Brown, *Food Canning Technology*, New York: Wiley Lewis-VCH,

1997.

[6] J. Suwannarak, P. Phanumong and N. Rattanapanone, "Combined effect of calcium salt treatments and chitosan coating on quality and shelf life of carved fruits and vegetables," *Chiang Mai University Journal of Natural Science*, vol. 14, no. 3, pp. 269-284, 2015.

[7] V. Rungsardthong, *Food Processing Technology*, 6th ed. Bangkok: Text and Journal Publication Co., Ltd., 2004.

[8] A. Tabuchi et al., "A large outbreak of enterohaemorrhagic *Escherichia coli* O157, caused by low-salt pickled Napa cabbage in nursing homes, Japan, 2012," *Western Pacific Surveillance and Response Journal*, vol. 6, no. 2, pp. 7–11, 2015.

[9] S. H. Cho et al., "Outbreak of enterotoxigenic *Escherichia coli* O169 enteritis in schoolchildren associated with consumption of kimchi, Republic of Korea, 2012," *Epidemiol Infect*, vol. 142, no. 3, pp. 616-623, Mar. 2014.

[10] L. J. Matin and J. T. Peeler. BAM: Chapter 3 - aerobic plate count. Bacteriological Analytical Manual (BAM), U.S. Food and Drug Administration, MD, USA., 1998.

[11] R. W. Bennett and G. A. Lancette. BAM: Chapter 12 - *Staphylococcus aureus*. Bacteriological Analytical Manual (BAM), U.S. Food and Drug Administration, MD., USA., 2016.

[12] P. Feng, S. D. Weagant, M. A. Grant and W. Burkhard. BAM: Chapter 4 - enumeration of *Escherichia coli* and the coliform. Bacteriological Analytical Manual (BAM), U.S. Food and Drug Administration, MD, USA., 2016.

[13] American Public Health Association (APHA). Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods: Chapter 20. 4th ed. American Public Health Association, Washington D.C., 2001.

[14] N. Rattanapanon, *Food Chemistry*. 5th ed. Bangkok: Odeon Store, 2014.

[15] S. N. Lee, "Microbial safety of pickled fruits and vegetables and hurdle technology," Internet Journal of Food Safety, vol. 4, pp. 21-32, 2004.

[16] Gaifood. (2016, Oct. 3). Pickled fruits and vegetables. [Online]. Available: http:// www.gaifood.com/articles/42210374/igetweb.html

[17] E. Medina, A. de Castro, C. Romero, E. M. Ramírez, and M. Brenes, "Safety of Fermented Fruits and Vegetables," in *Regulating Safety of Traditional and Ethnic Foods*, Elsevier, 2016, pp. 355–367.

[18] V. K. Joshi and S. Sharma, "Lactic acid fermentation of radish for shelf stability and pickling," *Natural product Radiance*, vol. 8, no. 1, pp. 19-24, 2009.

[19] Food additive, Notification of the Ministry of Public Health, no. 281, 2004.

[20] Hermetically sealed container. Notification of the Ministry of Public Health, no. 355, 2013.