

<http://journal.rmutp.ac.th>

กระบวนการผลิตผักแกละสลักบรรจุในภาชนะปิดสนิท

จอมขวัญ สุวรรณรักษ์^{1*} ชมภูษณ เพื่อนพิภพ¹ นิธิยา รัตนานนท์² ศันสนีย์ ทิมทอง¹
สุกัญญา จันทกุล¹ และ พุดกรอง พันธุ์โหม่ง³

¹ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

168 ถนนศรีอยุธยา แขวงวรชัยยบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

² สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

239 ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

³ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120

รับบทความ 24 มกราคม 2017; ตอรับบทความ 7 พฤศจิกายน 2017

บทคัดย่อ

การศึกษาระบวนการผลิตผักแกละสลักบรรจุในภาชนะปิดสนิทสำหรับผัก 5 ชนิด ได้แก่ แครอท ฟักทอง หัวไชเท้า มะละกอดิบ และแตงร้าน ที่แกละสลักเป็นดอกกุหลาบหรือใบไม้ดองในตำรับน้ำดอง (น้ำส้มสายชูร้อยละ 7.23 น้ำร้อยละ 64.81 เกลือร้อยละ 0.81 น้ำตาลทรายร้อยละ 27.00 และกรดแล็กติกร้อยละ 0.15, pH 3.27) โดยนำแครอท ฟักทอง และมะละกอดิบแกละสลักไปแช่เชื้อในสารละลายกรดเพอร์ออกซิแอสिटิกแอซิด (80 มิลลิกรัม ต่อลิตร, 3 นาที) ส่วนหัวไชเท้าและแตงร้านแกละสลักจุ่มในน้ำประปา (3 นาที) ลวกในสารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์ (ร้อยละ 0.5, 2 นาที) ดองในกล่องพลาสติกมีฝาปิดสนิท และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 4 วัน พบว่า พีเอชและบริกซ์มีค่าลดลงตลอด 4 วัน และมีแนวโน้มเข้าสู่สมดุล มะละกอดิบและแตงร้านเกิดการเน่าเสียในวันที่ 4 โดยเกิดฟองแก๊สและผ้าสีขาวบนผิวน้ำดอง ดังนั้นจึงนำแครอท และฟักทอง มาดองในตำรับน้ำดองที่เติมสารกันเสีย (น้ำส้มสายชูร้อยละ 27.03 น้ำร้อยละ 27.03 เกลือร้อยละ 0.9 น้ำตาลทรายร้อยละ 45.05 และโซเดียมเมแทไบซัลไฟต์ 200 ส่วนต่อล้านส่วน, pH 3.39) แล้วนำไปบรรจุร้อนในขวดแก้วมีฝาปิดสนิทและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ต้องในน้ำดองปรับกรดและเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส พบว่า ผักแกละสลักดองทั้งสองชนิดมีระยะเวลาในการเข้าสู่สมดุล 7 วัน โดยค่าพีเอชจากตัวอย่างน้ำดอง น้ำดองผสมเนื้อ และเนื้อผักแกละสลักมีค่าต่ำกว่า 4.6 และบริกซ์ลดลงเรื่อย ๆ ลักษณะปรากฏของชุดทดลองทั้งสองไม่แตกต่างกัน อายุการเก็บรักษาของแครอท ฟักทอง และหัวไชเท้าแกละสลักดองในขวดแก้วมีฝาปิดสนิทไม่น้อยกว่า 7 วัน โดยมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์รา และ *Escherichia coli* ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข และตรวจไม่พบ *Staphylococcus aureus*

คำสำคัญ: ผักแกละสลัก; การบรรจุร้อน; กรดแล็กติก; โซเดียมเมแทไบซัลไฟต์; ภาชนะปิดสนิท

*ผู้รับผิดชอบประสานงาน โทร.+668 1848 8870, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ jomkhun.s@rmutp.ac.th

<http://journal.rmutp.ac.th>

Vegetable-Carved Processing in Hermetically Sealed Container

Jomkhun Suwannarak^{1*} Chompoonuch Phuenpipob¹ Nithiya Rattanapanone²
Sansanee Thimthong¹ Sukunya Chantakul¹ and Putkrong Phanumong³

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 24 January 2017; accepted 7 November 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 : jomkhun.s@rmutp.ac.th

1. บทนำ

ผักและผลไม้สดภายหลังการเก็บเกี่ยวเป็นสิ่งที่มีชีวิต ยังต้องการสารอาหารและออกซิเจนเพื่อใช้ในการหายใจและผลิตพลังงาน โดยปกติผักและผลไม้ที่ตัดแต่งเกิดการเน่าเสียได้ง่ายกว่าผักและผลไม้ที่มีเปลือก เนื่องจากเปลือกเป็นโครงสร้างของพืชที่จะช่วยป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ และความเสียหายของเนื้อเยื่อที่เกิดจากแรงกระแทกบริเวณส่วนที่เป็นรอยตัด ที่เกิดจากการปอกเปลือกการตัดแต่งและการหั่นให้เป็นชิ้น ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ [1] เช่นเดียวกับผักและผลไม้สดแกะสลัก เป็นการทำให้เนื้อเยื่อเกิดบาดแผล จึงส่งผลให้มีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนสูงขึ้น อัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนมีความแปรผันตรงกับพื้นที่ผิวของชิ้นงานแกะสลัก ชิ้นงานที่มีผลวตถุที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสกับอากาศมากก็จะมีขนาดบาดแผลใหญ่ และส่งผลให้มีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนสูงขึ้นด้วย [2] จึงทำให้สารอาหารถูกใช้ไปอย่างรวดเร็วและมีอายุการเก็บรักษาสั้น ดังนั้นในการแปรรูปผักและผลไม้ตัดแต่งจึงต้องมีการจัดการแนวทางในการผลิตที่ดี (Good Manufacturing Practice) อย่างเคร่งครัด และมีการควบคุมอุณหภูมิในการผลิตเพื่อลดการเจริญของจุลินทรีย์ การใช้ใบมีดที่มีความคมจะช่วยลดความเสียหายเนื่องจากการฉีกขาดของเนื้อเยื่อได้

มีการใช้กรรมวิธีต่าง ๆ เพื่อช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลไม้ตัดแต่ง เช่น การใช้สารมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อในน้ำล้าง การควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำในระหว่างกระบวนการผลิต การแช่ในสารละลายกรดหรือสารละลายแคลเซียม การใช้สารธรรมชาติเพื่อยับยั้งจุลินทรีย์ การบรรจุในภาชนะที่มีการปรับสภาพบรรยากาศ เป็นต้น [3] สำหรับผักและผลไม้สดแกะสลัก มีรายงานการใช้กรดเพอร์ออกซีแอสติก (PAA) ความเข้มข้น 60-80 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นสารฆ่าเชื้อภายหลังการแกะสลักผักและผลไม้สด โดยสามารถ

ลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์ราได้ 1-3 วงจรล็อก แต่เนื่องจาก PAA มีคุณสมบัติเป็นสารออกซิไดซ์ที่แรงจะทำให้ผักและผลไม้ที่มีเนื้อสีขาว เช่น หัวไชเท้าและแตงกวา เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลได้เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน [4] PAA เป็นสารออร์แกนิกเพอร์ออกไซด์ที่ USFDA อนุญาตให้ใช้สัมผัสกับอาหารได้ ในน้ำล้างผักและผลไม้ในช่วง 85-300 มิลลิกรัมต่อลิตร [5] และ การใช้ PAA ร่วมกับสารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์ (ร้อยละ 0.5) เป็นสารปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสผักและผลไม้สดแกะสลัก หรือการใช้ไคโทซาน ซึ่งเป็นสารเคลือบผิวที่บริโภคได้ เพื่อช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงของสีและเนื้อสัมผัสโดยเฉพาะผักและผลไม้ที่มีสี เช่น แครอท ฟักทอง และแคนตาลูป อีกทั้งไคโทซานยังมีคุณสมบัติช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ จึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น [6] สารฆ่าเชื้อชนิดอื่นๆ ที่มีรายงานการใช้ในผักและผลไม้ตัดแต่ง ได้แก่ โซเดียมไฮโปคลอไรด์ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์โอโซน กรดอินทรีย์ต่างๆ เช่น ซิตริก แอซีติก และออกซาลิก เป็นต้น [3]

ดังนั้นการควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับผักและผลไม้ตัดแต่ง เนื่องจากเป็นเนื้อเยื่อที่มีปริมาณน้ำมาก และมีสารอาหารเอื้อต่อการเจริญของจุลินทรีย์ได้ง่าย การปรับกรดอาหารเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีค่า pH สมดุลสุดท้ายน้อยกว่าหรือเท่ากับ 4.6 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะไม่จำเป็นต้องใช้ความร้อนสูงมากในการฆ่าเชื้อ ความเป็นกรด-ด่างของอาหารมีอิทธิพลต่อชนิดของแบคทีเรียที่เจริญในอาหารโดยเฉพาะคลอสทริเดียม โบทูลินัม ซึ่งมีอันตรายสามารถสร้างสารพิษเอ็กโซทอกซิน (Exotoxin) ภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ปิดได้ โดยกรดจะไปป้องกันการงอกของสปอร์และการเจริญของเซลล์ ซึ่งต่างจากอาหารที่เป็นกรดต่ำ (pH > 4.6) ที่จะต้องใช้ความร้อนสูง (>100 องศาเซลเซียส) ภายใต้ความดันเพื่อทำลายสปอร์ของคลอสทริเดียม โบทูลินัม ดังนั้นอาหารที่เป็นกรดการฆ่าเชื้อจึงมุ่งทำลายเฉพาะเซลล์

ปกติ (Vegetative Cells) เท่านั้น โดยใช้อุณหภูมิ น้ำเดือดหรือใช้เทคนิคการบรรจุขณะร้อนและรักษา ไว้ที่อุณหภูมินั้นเป็นเวลาช่วงหนึ่ง (Hot-fill-hold Technique) ก่อนทำให้เย็นหรือใช้เครื่องพาสเจอร์ไรซ์ [7] แต่ไม่ว่าอาหารที่เป็นกรดหรือที่เป็นกรดต่ำ อาจพบ สปอร์ของคลอสตริเดียม โบทูลินัม และสปอร์ของ แบคทีเรียที่ทำให้อาหารเน่าเสียอยู่ได้ จึงต้องควบคุม ความเป็นกรดต่ำของอาหารไว้ให้ต่ำกว่า 4.6 ตลอด ระยะเวลาการเก็บรักษา เพื่อไม่ให้สปอร์เหล่านี้เจริญ และสร้างสารพิษที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค เนื่องจาก มีรายงานการระบาดของจุลินทรีย์ก่อโรคในผักหมัก ดองหลายชนิด ในปี 2010 ประเทศสหรัฐอเมริกา พบ การระบาดของ *Salmonella Newport* ในแตงกวา ดองบรรจุในถุงพลาสติก ในปี 2012 เมืองซัปโปโร และ ฮอกไกโด ประเทศญี่ปุ่น มีรายงานการระบาดของ *E. coli* O157:H7 ในกะหล่ำปลีดองที่มีปริมาณ เกลือต่ำ [8] และประเทศเกาหลีใต้ มีการระบาดของ เชื้อ *E. coli* O169 ในกิมจิที่ทำจากกะหล่ำปลีและ หัวไชเท้า [9] การใช้หลายวิธีร่วมกันหรือไฮเออร์เทค โนโลยี (ความร้อน กรดแอซิดิก และเกลือ) จะ เพิ่มความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหากระบวนการ ผลิตผักแกละสลักบรรจุในภาชนะบรรจุปิดสนิทที่ เหมาะสม โดยใช้วิธีการปรับกรดร่วมกับการใช้สารกัน เสื่อม และการบรรจุร้อน เพื่อปรับปรุงคุณภาพและยืด อายุการเก็บรักษา เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่า แก่ผักและผลไม้แกละสลักในประเทศไทยซึ่งเป็นผลิตผล ทางการเกษตรที่มีศักยภาพสูง อีกทั้งเป็นแนวทาง ให้สถานประกอบการด้านอุตสาหกรรมบริการ อาหารสามารถใช้ประโยชน์จากผักแกละสลักได้ง่ายขึ้น

2. วิธีการทดลอง

2.1 วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองคือผักจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ ฟักทองพันธุ์ค้างคอก (*Cucurbitamoschata*

Decne.) แครอท (*Daucuscarota* Linn.) หัวไชเท้า (*Raphanussativus* Linn.) มะละกอดิบ (*Carica papaya* L.) และแตงร้าน (*Cucumis sativua* L.) ซื้อมาจากบริษัท สยามแมคโครจำกัด สาขาสามเสน กรุงเทพมหานคร นำวัตถุดิบทั้งหมดมาทำการทดลอง ที่ศูนย์การขับเคลื่อนอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปด้วย วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรม สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยทำการทดลองภายใน 2 ชั่วโมงต่อมา

2.2 การเตรียมผักแกละสลัก

วัตถุดิบทั้งหมดจะนำมาล้างทั้งเปลือกด้วย น้ำประปา เพื่อกำจัดเศษดิน ทราย และสิ่งปนเปื้อนที่ ติดมากับวัตถุดิบ ก่อนนำมาแกละสลัก อุปกรณ์ที่ใช้ ได้แก่ มีดแกละสลัก มีดบาง เขียง และกะละมังพลาสติก

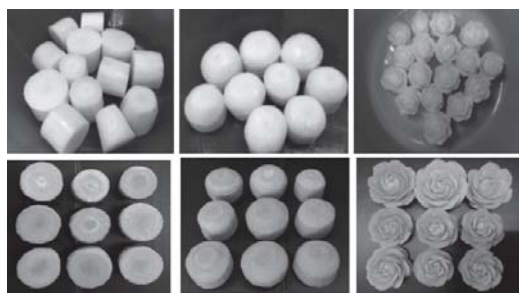
2.2.1 ฟักทอง ผ่าครึ่งตามยาวนำเมล็ดออก แบ่งให้ได้ 6 ชิ้น ตัดตามขวางของชิ้น ให้มีความยาว ประมาณ 4 เซนติเมตร จะได้ชิ้นฟักทองที่เป็นรูป สี่เหลี่ยมคางหมู (รูปที่ 1a) จากนั้นเกลาริมฟักทอง ให้เป็นรูปทรงครึ่งวงกลม (รูปที่ 1b) แล้วใช้มีดแกละสลัก ให้เป็นรูปดอกกุหลาบ (รูปที่ 1c)



(a) (b) (c)

รูปที่ 1 การเตรียมตัวอย่างฟักทองแกละสลักลายดอก กุหลาบ

2.2.2 แครอทและหัวไชเท้า ปอกเปลือก ตัดตาม ขวางของหัวให้มีความยาวประมาณ 4 เซนติเมตร (รูปที่ 2a) เกลาให้เป็นรูปทรงครึ่งวงกลม (รูปที่ 2b) แล้วใช้มีดแกละสลักให้เป็นรูปดอกกุหลาบ (รูปที่ 2c)



(a)

(b)

(c)

รูปที่ 2 การเตรียมตัวอย่างแครอทและหัวไชเท้า
แกะสลักลายดอกกุหลาบ

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



(a)

(b)

(c)

รูปที่ 3 การเตรียมตัวอย่างมะละกอดิบ
แกะสลักลายดอกกุหลาบ

2.2.4 แตรงัน ตัดแบ่งตามยาวให้ได้ 3 ชิ้น (ความยาวโดยประมาณ 8 เซนติเมตร) (รูปที่ 4a) ตรงกลางที่เป็นไส้ไม้ใช้ เกลาชิ้นแตรงันให้เป็นรูปทรงใบไม้ (รูปที่ 4b) แล้วใช้มีดแกะสลักให้เป็นรูปใบไม้ (รูปที่ 4c)



(a)

(b)

(c)

รูปที่ 4 การเตรียมตัวอย่างแตรงันแกะสลักลายใบไม้

2.3 การเตรียมน้ำดอก

2.3.1 น้ำดอกปรับกรด (ตำรับ 1)

ส่วนผสมของตำรับน้ำดอกปรับกรดประกอบด้วย น้ำส้มสายชู (Kewpie (Thailand) Co., Ltd. Thailand)

745.68 กรัม (ร้อยละ 7.23) น้ำ 6685.24 กรัม (ร้อยละ 64.81) เกลือ (ปรุงรสพิพพ์; บริษัทอุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์, ประเทศไทย) 83.57 กรัม (ร้อยละ 0.81) น้ำตาลทราย (มิตรผล; บริษัทน้ำตาลมิตรผล จำกัด, ประเทศไทย) 2785.52 กรัม (ร้อยละ 27.00) และ กรดแล็กติก (Purac, ประเทศไทย) 15.00 กรัม (ร้อยละ 0.15) เตรียมโดยละลายน้ำตาลทรายในน้ำอุ่นก่อนแล้วจึงนำส่วนผสมทั้งหมดผสมลงในสารละลายน้ำตาล เมื่อส่วนผสมทั้งหมดละลายเข้ากันดีแล้ว นำน้ำดอกที่ได้ไปวัดค่าพีเอชด้วยเครื่องวัดพีเอช (Model HI 98128; Hanna, USA) จากนั้นจึงละลายกรดแล็กติก ลงในสารละลาย น้ำดอกที่เตรียมได้มีค่าพีเอช 3.27

2.3.2 น้ำดอกปรับกรดที่เติมสารกันเสีย (ตำรับ 2)

ส่วนผสมของตำรับน้ำดอกปรับกรดที่เติมสารกันเสียประกอบด้วย 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 น้ำดอกที่เตรียมได้มีค่าพีเอช 3.39

2.4 การศึกษากระบวนการผลิตผักแกะสลัก ดองในกล่องพลาสติกมีฝาปิดสนิท

การล้างผักแกะสลักในสารฆ่าเชื้อและการจุ่มในสารปรับปรุงเนื้อสัมผัส [6] แครอท ฟักทอง และหัวไชเท้าแกะสลัก นำมาล้างในสารละลาย PAA ความเข้มข้น 80 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 3 นาที สำหรับมะละกอดิบและแตรงันแกะสลักจะจุ่มในน้ำประปาเป็นเวลา 3 นาที ทั้งให้สะเด็ดน้ำ จากนั้นนำผักแกะสลักทั้งหมดจุ่มในสารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 เป็นเวลา 3 นาที ก่อนนำมาดองในน้ำดอกตำรับ 1 ในกล่องพลาสติกใสที่มีฝาปิดสนิท อัตราส่วนของผักแกะสลักและน้ำดอก

เป็น 1:5 เก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน สังเกตการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชและบริกซ์ ($^{\circ}\text{Brix}$) และลักษณะปรากฏทุกวัน

2.5 การศึกษากระบวนการผลิตผักแกละสลัก ดองในขวดแก้วมีฝาปิดสนิทด้วยวิธีการ บรรจุร้อน

เตรียมผักแกละสลัก [6] โดยแครอท ฟักทอง หัวไชเท้าแกละสลัก นำมาล้างในสารละลาย PAA ความเข้มข้น 80 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 3 นาที สำหรับมะละกอดิบและแตงร้านแกละสลัก จุ่มในน้ำประปาเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นนำผักแกละสลักทั้งหมดมาล้างที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ในสารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 เป็นเวลา 3 นาที เพื่อยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์และฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เน่าเสีย บรรจุผักแกละสลักที่ล้างแล้วลงในขวดแก้วขนาด 200 มิลลิลิตร เติมน้ำดองตำรับ 2 ที่มีอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ลงในขวด ปิดฝาให้สนิท น้ำหนักสุทธิของแครอทแกละสลักบรรจุในขวดแก้วเท่ากับ 260 กรัม ฟักทอง และหัวไชเท้าแกละสลักบรรจุในขวดแก้วเท่ากับ 270 กรัม (โดยประมาณ) จากนั้นนำขวดมาฆ่าเชื้ออีกครั้งในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่มีอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง เก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ดองในน้ำดองตำรับเดียวกันแต่ไม่เติมสารกันเสียและเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น 4 องศาเซลเซียส เป็นชุดควบคุม สังเกตการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชและบริกซ์ ($^{\circ}\text{Brix}$) ลักษณะปรากฏทุกวัน วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา โคลิฟอร์ม *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus*

2.6 การวัดค่าพีเอชและบริกซ์

ค่าพีเอชและบริกซ์ของจะวิเคราะห์จากตัวอย่างสามส่วนซึ่งประกอบด้วยตัวอย่างน้ำดอง ตัวอย่างน้ำดองผสมเนื้อผักแกละสลัก (ตัวอย่างผสม) และตัวอย่างเนื้อผักแกละสลัก (ตัวอย่างเนื้อ)

การวิเคราะห์ตัวอย่างเนื้อและตัวอย่างผสมทำโดยนำตัวอย่างเนื้อผักแกละสลักหรือตัวอย่างน้ำดองและเนื้อผักแกละสลัก บดให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องปั่นผสมอาหาร (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

วิเคราะห์ตัวอย่างผักแกละสลักที่ดองในขวดแก้วมีฝาปิดสนิท ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ครั้ง เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าพีเอชและบริกซ์ของผักแกละสลักระหว่างน้ำดองสองตำรับโดยใช้วิธีทดสอบแบบ t-test ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 การศึกษากระบวนการผลิตผักแกละสลัก ดองในกล่องพลาสติกมีฝาปิดสนิท

3.1.1 ค่าพีเอชและบริกซ์

ค่าพีเอชและบริกซ์ของผักแกละสลัก 5 ชนิด ได้แก่ แครอท ฟักทอง หัวไชเท้า มะละกอดิบและแตงร้าน ที่ดองในน้ำดองตำรับ 1 ในกล่องพลาสติกมีฝาปิดสนิท ระหว่างเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าพีเอชและบrixของผักแกละสลัก 5 ชนิด ระหว่างการดองในกล่องพลาสติกใสมี ฝาปิด และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ตัวอย่าง	วัน	น้ำดอง		ผสม		เนื้อ	
		pH	°Brix	pH	°Brix	pH	°Brix
แครอท	1	4.31	23.5	4.40	22.2	5.13	14.0
แกละสลัก	2	4.34	23.1	4.37	19.7	5.12	12.0
ดอกกุหลาบ	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	1	4.34	22.1	4.39	21.3	5.00	18.0
แกละสลัก	2	4.40	20.5	4.38	21.3	5.25	13.0
ดอกกุหลาบ	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	1	4.15	19.7	4.17	19.1	4.83	22.0
แกละสลัก	2	4.10	20.7	4.02	19.1	5.04	13.0
ดอกกุหลาบ	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	1	4.14	20.7	4.20	18.7	4.85	20.0
แกละสลัก	2	4.17	20.6	4.17	18.7	5.12	12.0
ดอกกุหลาบ	3	4.15	20.4	4.19	18.8	4.92	19.0
	4	เสีย	เสีย	เสีย	เสีย	เสีย	เสีย
แตงร้าน	1	4.18	18.5	4.22	16.6	5.23	10.0
แกละสลัก	2	4.13	19.4	4.12	18.5	5.04	11.0
ใบไม้	3	4.14	17.6	4.19	12.6	4.97	17.0
	4	เสีย	เสีย	เสีย	เสีย	เสีย	เสีย

ผลการทดลองพบว่า ค่าพีเอชและบrix ของผักแกละสลักทุกชนิดมีแนวโน้มเข้าสู่สมดุล โดยค่าพีเอชในตัวอย่างน้ำดอง มีค่าลดลงในระหว่างการเก็บรักษา ในขณะที่บrixของตัวอย่างทั้งสามส่วนมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากการใช้น้ำตาลในกระบวนการหมักและผลิตกรดอินทรีย์ขึ้น เมื่อมีปริมาณกรดในน้ำดองเพิ่มขึ้นจึงทำให้พีเอชมีค่าลดลง

ค่าพีเอชและบrixจากตัวอย่างน้ำดองและตัวอย่างผสม จากผักแกละสลักทั้ง 5 ชนิด มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ตัวอย่างเนื้อจะมีค่าพีเอชและบrixสูงกว่าสองส่วนดังกล่าว ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำดองภายหลังการดองผักแกละสลักทุกชนิดมีค่าสูงขึ้น (>3.3) ค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำดองแครอท ฟักทอง หัวไชเท้า

มะละกอดิบ และแตงร้านแกละสลัก มีค่าเท่ากับ 4.31, 4.34, 4.14, 4.14 และ 4.18 ตามลำดับ เนื่องมาจากการรั่วไหลของสารอินทรีย์จากเนื้อผักแกละสลักออกมาในน้ำดอง ซึ่งเป็นการไหลจากภายในเซลล์ที่มีความเข้มข้นต่ำออกมาที่ความเข้มข้นสูง ทำให้ค่าพีเอชเริ่มต้นของน้ำดองมีค่าสูงขึ้น

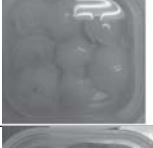
อย่างไรก็ตาม อาจต้องใช้เวลานานกว่า 4 วัน เพื่อให้เข้าสู่สมดุล แต่ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา มะละกอดิบและแตงร้านแกละสลักเกิดการเน่าเสียขึ้น ซึ่งสังเกตได้จากลักษณะปรากฏที่มีผ้าขาวบนผิวหน้า น้ำดอง ดังแสดงในตารางที่ 2

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

ตารางที่ 2 ลักษณะปรากฏของผักแกละสลัก 5 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษาในกล่องพลาสติกใสมี ฝาปิดเป็นเวลา 4 วัน ที่อุณหภูมิห้อง

วันที่	ผักแกละสลักลายดอกกุหลาบ/ใบไม้	
	แครอท	ฟักทอง
1		
2		
3		
4		

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

วันที่	ผักแกละสลักลายดอกกุหลาบ/ใบไม้		
	หัวไชเท้า	มะละกอดิบ	แตงร้าน
1			
2			
3			
4			

ผลการทดลองพบว่า แครอทและผักทองแกละสลักมีสีซีดลงเล็กน้อยในช่วงการเก็บรักษา โดยสังเกตได้ชัดเจนในผักทองแกละสลัก สีของน้ำดองจะมีสีเข้มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น อาจเนื่องมาจากแคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นสารให้สีเหลืองและสีส้มมีคุณสมบัติละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ [14] เช่น กรดแอสซิดิกในน้ำส้มสายชูที่เป็นส่วนผสมของน้ำดอง เป็นต้น ลักษณะเนื้อสัมผัสของผักแกละสลักทั้งสองชนิดไม่นิ่มและ เนื่องจากการแช่ในสารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการดองจะทำให้กิจกรรมของเอนไซม์โพลีกลแลคทูโรเนสซึ่งมีบทบาทในการย่อยสลายเพคตินในผนังเซลล์ลดลง [15]

หัวไชเท้าและมะละกอดิบแกละสลัก ผักทั้งสองชนิดนี้มีเนื้อสีขาว เมื่อดองและเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน พบว่าสีของหัวไชเท้าและมะละกอดิบแกละสลักมีสีขาวใสขึ้น และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน

มะละกอดิบแกละสลักเกิดการเน่าเสีย โดยน้ำดองมีสีขุ่นขึ้น อาจเนื่องมาจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์บางชนิด ซึ่งอาจมาจากวัตถุดิบตามธรรมชาติหรือปนเปื้อนในระหว่างกระบวนการผลิตซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการหมักและมีปริมาณมากกว่าจุลินทรีย์สร้างกรดแล็กติกที่เกี่ยวข้อง [15]

แตงร้านแกละสลักมีสีเขียวเหลืองตั้งแต่วันแรกของการเก็บรักษาและมีสีเหลืองเพิ่มมากขึ้นในช่วงการเก็บรักษา เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน แตงร้านแกละสลักเกิดการเน่าเสียขึ้นโดยปรากฏผ้าสีขาวลอยอยู่บนผิวน้ำดอง มีการรายงานว่าการเน่าเสียในแตงกวาดองเนื่องมาจากฟองแก๊สที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหมัก อาจเกิดจากแบคทีเรียพวก *Enterobacter sp.* ซึ่งสามารถสร้างเมือกจำพวกโพลีแซ็กคาไรด์ และ/หรือ การเจริญของยีสต์ที่สร้างแผ่นฝ้าคล้ายฟิล์ม (Film Yeast) ส่งผลให้ค่าพีเอชของน้ำดองสูงขึ้น และเกิดการปนเปื้อนของแบคทีเรียในกลุ่ม *Bacillus sp.* และรา *Penicillium sp.* [16]

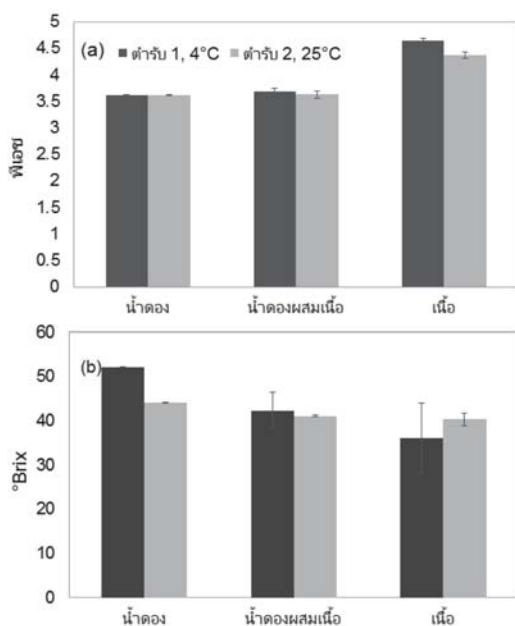
นอกจากนี้ วัตถุดิบสดที่มีปริมาณน้ำและความชื้นสูง อีกทั้งยังมีสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะจุลินทรีย์กลุ่มที่จะเจริญได้ดีในสภาวะที่มีเกลือร้อยละ 1-5 หรือ Halophilic Bacteria โดยค่า Water Activity (Aw) ต่ำสุดที่จุลินทรีย์กลุ่มนี้เจริญได้คือ 0.75 [15] ซึ่งโดยทั่วไปแล้วผักและผลไม้หมักดองจะมีค่า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

3.2 การศึกษากระบวนการผลิตผักแกละสลักดองในขวดแก้วมีฝาปิดสนิทด้วยวิธีการบรรจุร้อน

เนื่องจากมะละกอดิบ และแตงร้านแกละสลักเกิดการเน่าเสียภายหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน ดังนั้นในการทดลองนี้ จึงทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาผักแกละสลักเพียง 3 ชนิด ระหว่างการเก็บรักษา

ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ประกอบด้วย แครอท และฟักทอง แกะสลักดอกกุหลาบ

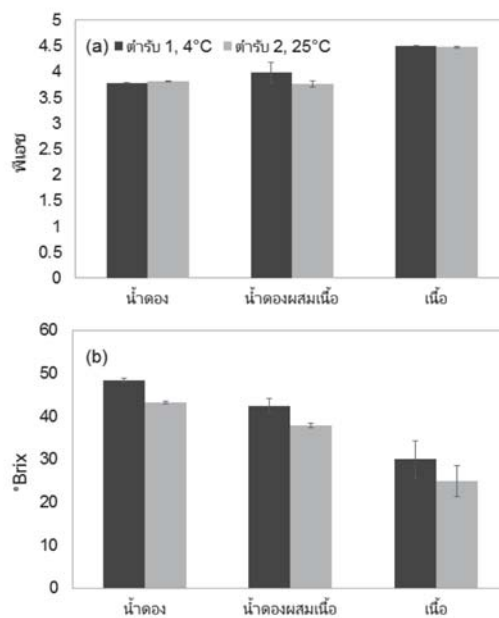
3.2.1 ค่าพีเอชและบริกซ์ค่าพีเอชและบริกซ์ของแครอทแกะสลักภายหลังเข้าสู่สมดุเป็นระยะเวลา 7 วัน แสดงในรูปที่ 5 พบว่า ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำดอง และตัวอย่างผสม จากทั้งสองชุดการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน คือมีค่าพีเอชเฉลี่ยสำหรับแครอท แกะสลักในชุดควบคุมเท่ากับ 3.62, 3.69 และมีค่าพีเอชเฉลี่ยสำหรับชุดทดลองเท่ากับ 3.62, 3.63 ส่วนค่าพีเอชของตัวอย่างเนื้อจากทั้งสองชุดการทดลองมีค่าสูงกว่าอีกสองส่วน คือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.64 ในชุดควบคุมและ 4.36 ในชุดทดลอง ตามลำดับ



รูปที่ 5 ค่าพีเอชและบริกซ์ของแครอทแกะสลักดองในน้ำดอง 2 ตำรับ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน ภายหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน

ในขณะที่บริกซ์ของตัวอย่างเนื้อมีแนวโน้มลดลง

ค่าพีเอชและบริกซ์ของฟักทองแกะสลักภายหลังเข้าสู่สมดุเป็นระยะเวลา 7 วัน แสดงในรูปที่ 6 พบว่า ค่าพีเอชของตัวอย่างน้ำดอง และตัวอย่างผสม จากทั้งสองชุดการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน คือมีค่าพีเอชเฉลี่ยสำหรับฟักทองแกะสลักในชุดควบคุมเท่ากับ 3.78, 3.98 และมีค่าพีเอชเฉลี่ยสำหรับชุดทดลองเท่ากับ 3.81, 3.77 ส่วนค่าพีเอชของตัวอย่างเนื้อในชุดควบคุมและชุดทดลองมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าอีกสองส่วน คือ 4.50 และ 4.48 ตามลำดับ ในขณะที่บริกซ์เฉลี่ยของตัวอย่างทั้งสามส่วนจากฟักทอง แกะสลักในชุดทดลองมีค่าน้อยกว่าชุดควบคุม



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 ในรูปของกรดแลกติก [18]

3.2.2 ลักษณะปรากฏลักษณะปรากฏของแครอทและฟักทองแกะสลักดองในชุดควบคุมและชุดทดลอง ภายหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน แสดงในตารางที่ 3 แครอทและฟักทองแกะสลักทั้งสองชุดการทดลองมีลักษณะปรากฏที่ดี แต่สีของแครอทและฟักทองแกะสลักดองในชุดทดลองจะมีลักษณะปรากฏของสีที่ดึกกว่าชุดควบคุมเล็กน้อย โดยเฉพาะฟักทองเนื่องจากคุณสมบัติของสารโซเดียมเมทาไบซัลไฟต์ ซึ่งนอกจากจะเป็นสารป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์แล้ว ยังมีคุณสมบัติช่วยรักษาสีของผักและผลไม้ [19]

ตารางที่ 3 ลักษณะปรากฏของแครอทและฟักทองแกะสลักที่ดองในน้ำดอง 2 ตำรับ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน ภายหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน

ตัวอย่าง	ทรีตเมนต์	
	ตำรับที่ 1, 4°C	ตำรับที่ 2, 25°C
แครอท แกะสลัก ดอกกุหลาบ		
ฟักทอง แกะสลัก ดอกกุหลาบ		

เนื่องจากผลการหาระยะเวลาในการเข้าสู่สมดุลของฟักทองและแครอทแกะสลักเป็นไปในทางเดียวกัน คือ 7 วัน และมีลักษณะปรากฏที่ดี ดังนั้นจึงได้ยุติการทดลอง และทำการศึกษาหาการเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์ในแครอท ฟักทอง และหัวไชเท้าแกะสลักที่ดองในขวดแก้วมีฝาปิดสนิท ผลการทดลองแสดงในหัวข้อที่ 3.3.3

3.3.3 จำนวนจุลินทรีย์ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข จะต้องมีการตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ตามข้อกำหนดที่ระบุในคู่มือรายงานการตรวจวิเคราะห์อาหารควบคุมเฉพาะและอาหารกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน เพื่อประกอบการขอขึ้นทะเบียนตำรับอาหารหรือขอใช้ฉลากอาหาร ผลการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์แสดงในตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4 จำนวนจุลินทรีย์ของแครอทแกะสลักที่ดองในน้ำดองตำรับ 2 ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุปิดสนิทเป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิห้อง

ระยะเวลา การเก็บ รักษา (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/g)			
	จุลินทรีย์ ทั้งหมด (cfu/g)	<i>Staphylococcus aureus</i> (/0.1 g)	<i>E. coli</i> (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 จำนวนจุลินทรีย์ของผักทองแก่สลักที่
ตองในน้ำตองดำรับ 2 ที่เก็บรักษาใน
ภาชนะบรรจุปิดสนิท เป็นเวลา 7 วัน
ที่อุณหภูมิห้อง

ระยะเวลา การเก็บ รักษา (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์			
	จุลินทรีย์ ทั้งหมด (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 จำนวนจุลินทรีย์ของหัวไชเท้าแก่สลัก
ที่ตองในน้ำตองดำรับ 2 ที่เก็บรักษาใน
ภาชนะบรรจุปิดสนิท เป็นเวลา 7 วัน
ที่อุณหภูมิห้อง

ระยะเวลา การเก็บ รักษา (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/g)			
	จุลินทรีย์ ทั้งหมด (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 ตลอดระยะเวลาการเก็บ
รักษา แครอท ฟักทอง และหัวไชเท้าแก่สลักตองมี
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์รำน้อยกว่า 10
cfu/g *Escherichia coli* มีจำนวนน้อยกว่า 3 MPN/g
และตรวจไม่พบ *Staphylococcus aureus*

ตามเกณฑ์มาตรฐานสำหรับอาหารที่บรรจุใน
ภาชนะปิดสนิทตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข
ฉบับที่ 355 กำหนดให้จุลินทรีย์ทั้งหมดมีจำนวน
ไม่เกิน 1,000 ต่ออาหาร 1 กรัม ยีสต์รามีจำนวน
ไม่เกิน 100 ต่ออาหาร 1 กรัม และต้องตรวจพบ
แบคทีเรียโคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 ต่ออาหาร 1 กรัม
[20] ดังนั้นจำนวนจุลินทรีย์ในแครอท ฟักทอง
และหัวไชเท้าแก่สลักจึงไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน

สารกันเสียชนิดอื่น ๆ เช่น โซเดียมเบนโซเอต
และกรดซอร์บิก สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์
ชนิดอื่นที่ไม่ใช่แล็กติกแอซิดแบคทีเรียได้เช่นกัน
มีการรายงานการดองหัวไชเท้าในน้ำเกลือร้อยละ 2.5
ที่เติมโซเดียมเบนโซเอตหรือกรดซอร์บิกความเข้มข้น
500 ส่วนต่อล้านส่วน โดยหัวไชเท้าตองในสูตรที่เติม
โซเดียมเบนโซเอต สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด
ได้ดีที่สุด และไม่พบการเจริญของยีสต์ ในขณะที่
หัวไชเท้าตองในสูตรที่เติมกรดซอร์บิกให้ผลดี
ในการลดจำนวนยีสต์และรา [18]

4. สรุป

ตามมาตรฐานของอาหารบรรจุในภาชนะปิด
สนิทตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 355
ได้กำหนดว่าอาหารที่ผ่านการให้ความร้อนก่อนหรือ
หลังการบรรจุจะต้องไม่มีสารกันเสีย ดังนั้น จากการ
ทดลองนี้ในชุดควบคุมที่ตองในน้ำตองปรับกรดที่ไม่มี
การเติมสารกันเสียและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศา
เซลเซียส พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช ปริมาณ
และลักษณะปรากฏไม่แตกต่างกับผักแก่สลักที่ตอง
ในน้ำตองปรับกรดและเติมสารกันเสีย โดยมีระยะเวลา
ในการเข้าสู่สมดุล 7 วัน ดังนั้น กระบวนการผลิตผัก

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

สำหรับแครอทแกะสลักดองในน้ำดองปรับกรด (ตำรับ 1) ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษายังมีค่าพีเอชสูงกว่า 4.6 อยู่เล็กน้อย ดังนั้นจากผลการทดลองนี้ผักทองแกะสลักดองในน้ำดองปรับกรด (ตำรับ 1) จึงเป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมสำหรับนำมาผลิตเป็นผักแกะสลักดองบรรจุขวดแก้วโดยใช้กรรมวิธีบรรจุร้อน แต่มีละกอดิบและแต่งร้าน ไม่เหมาะที่จะนำมาแปรรูป เนื่องจากมีอายุการเก็บรักษาสั้น และแต่งร้านมีสีเปลี่ยนไปจากปกติ

การศึกษาต่อไปในอนาคตควรจะทำการศึกษาหาอายุการเก็บรักษาผักแกะสลักดองบรรจุในภาชนะปิดสนิทที่อุณหภูมิห้องจนถึงสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา รวมทั้งศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และชีวเคมีที่เป็นอินดิเคเตอร์สำหรับบ่งชี้อายุการเก็บรักษา เช่น ปริมาณเอทานอล ในระหว่าง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง รวมทั้งหาแนวทางในการปรับกรดเพื่อให้ผักแกะสลักเข้าสู่สมดุลเร็วขึ้นโดยใช้การปรับสภาพกรดภายใต้สภาวะที่ควบคุมพีเอช และความดันบรรยากาศด้วยเครื่องระบบกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งคาดว่าจะใช้ระยะเวลารวดเร็วกว่ากระบวนการปรับสภาพกรดในสภาวะปกติที่ใช้เวลา 5-7 วัน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสำนักบริการโครงการส่งเสริม

การวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัย ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ขอขอบพระคุณ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และศูนย์การขับเคลื่อนอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปด้วยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และนวัตกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้สถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ในทำการวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] D. Boonyakiat and N. Rattanapanone, *After the TMharvest 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.