Proceedings

การประชุมวิชาการระดับชาติ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน (ASTC) ครั้งที่ 7
The 7th Academic Science and Technology Conference

นวัตกรรม
วิทยาศาสตร์พื้นฐาน
วิทยาศาสตร์ประยุกต์
วิทยาศาสตร์สุขภาพ
คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

บูรณาการ วิจัย และ นวัตกรรม เพื่อสร้างเสริมสุขภาพ

Health Promotion Through Research Integration and Innovation

7 มิถุนายน 2562

ณ อาคารพิฆเนศ มหาวิทยาลัยรังสิต จ.ปทุมธานี

ชื่อเรื่องบทความวิจัย
กลุ่มวิทยาศาสตร์ประยุกต์
Applied Science (AS)

รหัส	ชื่อเรื่อง	หน้า
AS-P09	การคัดแยกแบคทีเรียกรดแลคติกจากน้ำพริกไทยในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย	142
AS-P10	โครมาโทรกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงแบบหลายความยาวคลื่น สำหรับการวิเคราะห์กรดซิตริก กรดเบนโซอิก และกรดซอร์บิกในน้ำส้มคั้น	1708
AS-P11	การศึกษาอุณหภูมิอบแห้งสารสกัดเห็ดหลินจือด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย	150
AS-P12	ผลของสารให้ความคงตัวต่อลักษณะทางเคมีกายภาพและทางประสาทสัมผัสของสมูทตี้อกไก่	157
AS-P13	การใช้เพคตินจากเปลือกมะกรูดเป็นสารให้ความคงตัวในการผลิตไอศกรีมจากน้ำมะกรูด	163
AS-P15	การพัฒนาแป้งหม้อแกงมันม่วงสำเร็จรูป	172
AS-P16	อิทธิผลของสารละลายเกลือแคลเซียมและเทคนิคซูวีดต่อคุณลักษณะของแครอทพร้อมบริโภคในระหว่างการเก็บรักษา	178
AS-P17	ผลของน้ำตาลซูโครส แซนแทนกัม และ pH ต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของบีดจากการทำ Reverse Spherification	190
AS-P18	การปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสของไส้อั่วปลานิลโดยใช้แป้งบุก	200
AS-P19	ผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพบัตเตอร์เค้กแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่	208
AS-P20	ผลการแทนที่น้ำมันด้วยกล้วยน้ำว้าต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำสลัดครีม	115
AS-P21	ผลของการหุงต้มต่อสารประกอบฟีนอลิกของข้าวไทยจากการย่อยในทางเดินอาหารแบบจำลอง	221
AS-P22	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กใบมะรุม	228
AS-P23	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสเพสโต้ใช้ใบหม่อนทดแทนใบโหระพา	236
AS-P24	การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำนมถั่วเหลืองโดยใช้ข้าวโพดหวานทดแทนถั่วเหลือง	243
AS-P26	การพัฒนาผลิตภัณฑ์แยมพริกลดน้ำตาล	248
AS-P28	ผลของการทดแทนน้ำมันถั่วดาวอินคาในน้ำสลัดเต้าหู้	260
AS-P29	การเปรียบเทียบคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของไก่พื้นเมืองสายพันธุ์การค้า และไก่พื้นเมืองสายพันธุ์ตองหนึ่ง	267
AS-P30	ผลกระทบของสารสกัดจากเครือตดหมูตดหมาในการเป็นสารฆ่าและสารยับยั้งการเจริญเติบโตหนอนกระทู้ผัก, Spodoptera litura (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae)	272

[AS-P16] อิทธิผลของสารละลายเกลือแคลเซียมและเทคนิคซูวีดต่อคุณลักษณะของแครอทพร้อมบริโภคในระหว่างการเก็บรักษา

Effect of Calcium Salt Solution and Sous Vide Technique on the Characteristics of Ready-to-Eat Carrot during Storage

ณัฏฐิกา ศิลาลาย*, ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ, สุปรียา พรประไพ, และกันติกา เจิมกระแจะ
Nattiga Silalai*, Tunyaporn Sirilert, Supreya Pornprapai, and Kantika Joemkrajae
หลักสูตรเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
**ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: nattiga.silalai@gmail.com*

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาศึกษาอิทธิพลของสารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์ที่มีต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแครอทพร้อมบริโภค โดยแช่ในสารละลายเกลือแคลเซียมออกเป็น 3 ระดับ คือ แคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0, 0.1 และ 0.2 โดยน้ำหนัก พบว่าค่า aw ความชื้น แรงกดทะลุ-เจาะ และแรงกดของแครอทที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือแคลเซียมที่มีความเข้มข้นที่ 0.1% และ 0.2% นั้นมีค่าใกล้เคียงกับแครอทสด ในขณะที่แครอทแช่ในสารละลายเกลือแคลเซียมเข้มข้น 0% ส่งผลให้มีค่า aw และความชื้นสูง แต่ส่งผลให้ค่าแรงกดทะลุ-เจาะ และแรงกดของแครอทต่ำ ในขณะที่การแช่สารละลายเกลือแคลเซียมเข้มข้น 0.2% ให้ค่าสี L*, a* และ b* ใกล้เคียงกับแครอทสดมากที่สุด เมื่อเก็บในบรรจุภัณฑ์ที่มีความดันสุญญากาศต่างกัน คือ 80 และ 100% Vacuum และผ่านการให้อุณหภูมิที่ต่างกัน คือ 70 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่าค่า aw ปริมาณความชื้น และแรงกดทะลุ-เจาะของตัวอย่างมีความแตกต่างกับแครอทสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่ ณ ความดันสุญญากาศเดียวกัน แรงกดทะลุ-เจาะและแรงตัดของแครอทที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่ามากกว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิเดียวกัน พบว่าค่าแรงกดทะลุ-เจาะ และแรงตัดของตัวอย่างอยู่ในภาชนะบรรจุที่มีความดันสุญญากาศ 80% ต่ำกว่าที่มีความดันสุญญากาศ 100% เมื่อนำมาตัวอย่างมาเก็บรักษาเป็นเวลา 16 วัน พบว่าทุกตัวอย่างแรงทะลุ-เจาะและแรงตัดลดลงเรื่อยๆตลอดการเก็บรักษา ในขณะที่ ตัวอย่างที่บรรจุด้วยความดัน 80% Vacuum และผ่านการให้ความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส มีแรงทะลุ-เจาะและแรงตัดที่ต่ำกว่าตัวอย่างอื่นๆ ตลอดการเก็บรักษา นอกจากนั้นแครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.2 และบรรจุในภาชนะบรรจุที่ความดัน 80% ผ่านการให้ความร้อนที่ 70 และ 80 องศาเซลเซียส มีเชื้อจุลินทรีย์เริ่มปรากฏขึ้นในวันที่ 16 ในขณะที่ความเข้มข้นของสารละลายเดียวกัน แต่เก็บในภาชนะบรรจุที่ความดัน 100% ผ่านการให้ความร้อนที่ 70 และ 80 องศาเซลเซียส ไม่ปรากฏเชื้อจุลินทรีย์ตลอดการเก็บรักษา

คำสำคัญ: *แคลเซียมคลอไรด์, ความดันสุญญากาศ, เทคนิคซูวีด, แครอทพร้อมบริโภค*

Abstract

The purpose of this study was to investigate the influence of calcium chloride solution on physical properties of ready-to-eat carrots. Calcium chloride solution was divided into 3 levels: 0, 0.1 and 0.2% (w/w) $CaCl_2$. Values of a_w, moisture content, penetration and cutting forces of carrots soaking in 0.1 and 0.2% $CaCl_2$ was closed to these values of fresh carrots. Carrots soaking in 0% $CaCl_2$ resulted in high values of a_w and moisture content, but low penetration and cutting forces. Color (L*, a* and b*) of carrots soaking in 0.2% $CaCl_2$ was similar to that of fresh carrots. The samples stored in different packing pressures (80 and 100% vacuum) and different heating temperatures (70 and 80 °C) showed that values of aw, moisture content, and penetration forces was significantly different from those of fresh carrots ($p<0.05$). At the same packing pressure, penetration and cutting forces of carrots heated at 70 °C was higher than those of carrots heated at 80 °C. At the same heating

temperature, the penetration and cutting forces of carrots under 80% vacuum pressure was higher than those of carrots under 100% vacuum pressure. During 16-day storage, penetration and cutting forces of all the samples decreased. However, the samples under 80% vacuum pressure and heated at 80 °C showed lower penetration and cutting forces compared to the other samples during storage. Moreover, microorganism of carrots soaking in 0.2% $CaCl_2$ and stored under 80% vacuum packages as well as heated at 70 and 80 °C was found at the day-16, while microorganism was not found in carrots soaking in 0.2% $CaCl_2$, stored under 100% vacuum packages and heated at 70 and 80 °C throughout 16-day storage.

Keywords: *calcium chloride, vacuum pressure, Sous vide technique, ready-to-eat carrot*

บทนำ

เนื่องจากผักเป็นแหล่งของวิตามินและแร่ธาตุในอาหาร การต้มและนึ่งจะสามารถทำให้เกิดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการไปกับน้ำในระหว่างกรรมวิธีการแปรรูปเหล่านี้ได้[1] นอกจากนั้นยังส่งผลต่อคุณลักษณะและเนื้อสัมผัสของผักด้วย ซึ่งการรักษาความแน่นเนื้อและเนื้อสัมผัสที่ดีของผักและผลไม้สามารถจะทำได้โดยการลดอุณหภูมิการลวกผักและผลไม้ เช่น ลวกที่อุณหภูมิ 70-82°C เป็นเวลา 3-15 นาที แทนที่จะลวกที่อุณหภูมิปกติ (88-100°C) เป็นเวลา 3 นาที ซึ่งช่วยให้ไม่ทำลายเอนไซม์เพกตินเมทิลเอสเทอเรส ซึ่งจะไฮโดรไลซ์หมู่เมทอกซิล ทำให้มีหมู่คาร์บอกซิลอิสระอยู่มากและมันละลายน้ำได้น้อยโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีแคลเซียมไอออนอยู่ ผลก็คือมันจะยังคงอยู่ในผนังเซลล์ระหว่างที่ต้มผักและผลไม้ ทำให้เนื้อสัมผัสของผักและผลไม้แน่นและกรอบกว่า โดยผลจากความร้อนมักจะทำให้ผักหรือผลไม้อ่อนนุ่มหรือเละเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเซลล์ การที่เนื้อเยื่อจะยังคงดีสมบูรณ์ขึ้นกับการรักษาเซลล์ไว้และมีพันธะที่มั่นคงระหว่างองค์ประกอบของผนังเซลล์ สารประกอบเพกติน (Pectic substrances) มีส่วนช่วยให้โครงสร้างของผักและผลไม้อยู่ตัวโดยการเกิดครอสลิงค์ (Cross link) ระหว่างหมู่คาร์บอกซิลิกที่อิสระกับแคทไอออนที่มีวาเลนซีมากกว่าหนึ่ง เช่น แคลเซียม โดยใช้ในรูปสารละลายเข้มข้นร้อยละ 0.1-0.25 เพื่อให้ผักและผลไม้มีเนื้อแน่นและกรอบ เพราะวิธีนี้จะช่วยเพิ่มครอสลิงค์ และการเกิดแคลเซียมเพ็กติเนท (Calcium pectinate) และแคลเซียมเพ็กเตต (Calcium pectate) ที่ไม่ละลายน้ำ สารเหล่านี้ทำให้โครงสร้างของเซลล์มั่นคง และช่วยค้ำจุนเนื้อเยื่อทำให้อยู่ตัวแม้จะผ่านขบวนการความร้อน ซึ่งเกลือที่ใช้มากที่สุดคือ แคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมซิเตรต แคลเซียมซัลเฟต แคลเซียมแลกเตต และโมโนแคลเซียมฟอสเฟต อย่างไรก็ตามเกลือแคลเซียมส่วนใหญ่ละลายน้ำได้น้อยและบางชนิดยังมีรสขมด้วย[2] แต่ในปัจจุบันการเก็บรักษาอาหารหรือของสดต่างๆ เป็นไปได้ค่อนข้างยากที่จะทำให้อาหารนั้นคงความสดและมีคุณภาพอีกทั้งยังต้องมีเนื้อสัมผัสและสีที่ดี จึงได้มีการนำเอาเทคนิคการใช้สภาวะอุณหภูมิและความดันที่กำหนดร่วมกับการบรรจุสุญญากาศเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถถนอมอาหารให้คงคุณภาพและเนื้อสัมผัสที่ดีและลดจำนวนจุลินทรีย์ได้ซึ่งกระบวนการที่กล่าวมาก็คือกระบวนการปรุงอาหารที่เรียกว่า “ซูวีด” เป็นอีกกระบวนการหนึ่งที่สามารถปรับใช้ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ผักได้ทำให้คงคุณค่าทางโภชนาการและกลิ่นรสของผักได้

เทคนิคซูวีด (Sous vide technique) มาจากภาษาฝรั่งเศส แปลว่า Under Vacuum เป็นการประยุกต์ใช้กับความร้อนในระดับการพาสเจอร์ไรส์กับวัตถุดิบสด หรืออาหารกึ่งสุกกึ่งดิบ ในภาชนะบรรจุที่ทนความร้อนภายใต้สภาพสุญญากาศ[3] ก่อนจะนำไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำ และเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิแช่เย็น 0-3 องศาเซลเซียส[4] ซึ่งในการเก็บรักษาแช่เย็นอาจจะต้องคำนึงถึงการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ก่อโรคในกลุ่มที่ไม่ต้องการอากาศ เช่น *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Listeria monocytogenes* เป็นต้น โดยภายใต้สภาวะดังกล่าวสามารถเก็บรักษาได้ 3-5 สัปดาห์ และต้องนำไปผ่านการให้ความร้อนอีกครั้งสำหรับการบริโภค[5] การผลิตอาหารด้วยเทคนิค Sous vide จะให้ผลดีในเรื่องของรสชาติ การเพิ่มความนุ่มและความชื้น การคงคุณภาพด้านสี ลดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ[6] และทำให้อายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น[5,7] ผลิตภัณฑ์ผักที่ผ่านกระบวนการผลิตด้วยเทคนิค Sous vide ทำให้ผักมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสดีที่สุดประมาณ 7 วัน[4] ซึ่งในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาความเข้มข้นของเกลือและภาวะสุญญากาศที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการแปรรูปแครอทด้วยเทคนิคซูวีด (Sous vide technique) เพื่อการบริโภคและเก็บรักษา

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาผลของสารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์ที่มีต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแครอทพร้อมบริโภค โดยใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เข้มข้นร้อยละ 0, 0.1 และ 0.2 โดยน้ำหนัก

การเตรียมตัวอย่าง: เตรียมแครอทหั่นเป็นชิ้นแต่ละชิ้นมีขนาดเท่ากันคือ (2×2×0.5 เซนติเมตร) จากนั้นแช่ในสารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.1 และ 0.2 เป็นเวลา 15 นาที ทิ้งไว้ให้แห้งประมาณ 10 นาที เมื่อครบกำหนดเวลานำแครอทที่ได้ไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมี ดังนี้ ปริมาณความชื้น (ตามมาตรฐาน AOAC, 2000) ค่า a_w ด้วยเครื่อง AquaLab (Aw CX3TE) ค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab และความแข็งของแครอทด้วยเครื่อง Texture analyzer

2. ศึกษาผลของความดันและการให้ความร้อนในกระบวนการซูวีด (Sous Vide Technique) ต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแครอท

การใช้เทคนิค Sous vide: ชุดการทดลอง Sous vide technique จะทำการปิดผนึกด้วยระบบสุญญากาศ 2 สภาวะ คือ ที่ความดันสุญญากาศ 80% และ 100% และนำไปให้ความร้อนระดับพาสเจอไรส์ 2 อุณหภูมิ คือ ที่ระดับ 70°C และ ที่ระดับ 80°C ด้วยอ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) เป็นเวลา 15 นาที

ขั้นตอนการศึกษา คือ นำตัวอย่างที่เตรียมจากข้อที่ 1 มาบรรจุลงในถุงเพาช์ (ถุงพลาสติกทนร้อนโปร่งแสงชนิดไนลอนที่มีความหนาประมาณ 15 ไมครอน ขนาด 150x180 มิลลิเมตร) แล้วนำไปปิดผนึกด้วยเครื่องผนึกสุญญากาศ (ที่ 2 สภาวะ คือ 80% และ 100% Vacuum) จากนั้นเสียบเทอร์โมคอปเปิลที่จุดกึ่งกลางของชิ้นเนื้อแครอทที่อยู่ประมาณตรงกลางถุง (จุดที่ร้อนช้าที่สุด) โดยใช้ Silicone supporter ป้องกันการรั่ว แล้วต่อสายเข้าเครื่องบันทึกอุณหภูมิ (Data logger) โดยวัดอุณหภูมิจากจุดกึ่งกลางของชิ้นเนื้อ (ที่ 2 ระดับ คือ 70°C และ 80°C) จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิประมาณ 5-10°C เป็นเวลานาน 2 อาทิตย์ จากนั้นนำมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีและจุลินทรีย์ด้วยวิธีการ Total Plate Count (TPC) ในระหว่างการเก็บรักษา

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. อิทธิพลของสารละลายเกลือแคลเซียมที่มีต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผักพร้อมบริโภค โดยใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เข้มข้นร้อยละ 0, 0.1 และ 0.2 โดยน้ำหนัก

จากผลการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบค่า a_w ความชื้น แรงกดเจาะ และแรงตัดของแครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมที่มีความเข้มข้นที่ 0%, 0.1% และ 0.2% $CaCl_2$ พบว่าค่า a_w ความชื้นและแรงตัดของแครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมที่มีความเข้มข้น 0.02% มีค่าต่ำสุด ในขณะที่แรงกดทะลุ-เจาะมีค่าสูงสุด ซึ่งค่าเหล่านี้มีค่าใกล้เคียงกับแครอทสดที่ไม่ผ่านกระบวนการแช่สารละลายเกลือ (ตารางที่ 1) ที่การแช่ $CaCl_2$ ที่ความเข้มข้น 0% มีปริมาณความชื้นมากที่สุด คือ ร้อยละ 11.74 รองลงมาเป็นการแช่ $CaCl_2$ ที่ความเข้มข้น 0.1% และ 0.2% คือ ร้อยละ 9.09 และ 8.87 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของ $CaCl_2$ ที่มากขึ้น ส่งผลให้มีค่า a_w และปริมาณความชื้นของแครอทลดลง ทั้งนี้เนื่องจากสารละลายเกลือส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระสูญเสียออกจากแครอทด้วยกระบวนการออสโมซิส จนกระทั่งสารละลายภายนอกเซลล์มีความเข้มข้นเท่ากับภายในเซลล์ โมเลกุลของน้ำทั้งเข้าและออกจากเซลล์จะอยู่ในสภาวะสมดุล อันเนื่องมาจากสมบัติของ isotonic solution[8] ดังนั้นจึงส่งผลให้มีความชื้นมีปริมาณรวมทั้งเนื้อสัมผัสมีค่าใกล้เคียงกับแครอทสด ในขณะที่แครอทที่แช่สารละลายเกลือ 0% $CaCl_2$ (น้ำปราศจากเกลือ) จะส่งผลให้น้ำเข้าไปอยู่ในโครงสร้างแครอทมากขึ้นเนื่องจากสารละลายภายนอกเซลล์มีความเข้มข้นต่ำกว่าในเซลล์ (hypotonic solution) น้ำจะเข้าสู่เซลล์ เซลล์จะบวมน้ำ และอาจทำให้เซลล์แตกได้ (hydrolysis) ถ้าสภาวะนี้เกิดอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นสารละลายเกลือที่สูงขึ้นจึงส่งผลให้ค่า a_w ลดลงนั่นเอง[9]

ตารางที่ 1 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแครอทสดและแครอทที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้นต่างๆ

ตัวอย่าง	a_w	ความชื้น (ร้อยละ)	แรงกดทะลุ-เจาะ (นิวตัน; N)	แรงตัด (นิวตัน; N)
แครอทสด	0.9654 ± 0.0016^{c}	8.80 ± 0.35^{b}	14.13 ± 0.81^{a}	316.63 ± 24.61^{a}
แช่ใน 0% $CaCl_2$ (น้ำปราศจากเกลือ)	0.9904 ± 0.0012^{a}	11.74 ± 0.08^{a}	10.99 ± 0.80^{b}	201.39 ± 44.54^{a}
แช่ใน 0.1% $CaCl_2$	0.9715 ± 0.0012^{b}	9.09 ± 0.25^{b}	11.47 ± 0.41^{b}	253.29 ± 62.65^{a}
แช่ใน 0.2% $CaCl_2$	0.9621 ± 0.0010^{c}	8.87 ± 0.08^{b}	14.60 ± 2.50^{a}	312.84 ± 62.60^{a}

หมายเหตุ ค่า ± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล
$^{a-d}$ ที่กำกับในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อพิจารณาถึงแรงกดทะลุ-เจาะ พบว่า แรงกดทะลุ-เจาะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของ 0.2% $CaCl_2$ เพิ่มมากขึ้น ซึ่งมีค่ามากที่สุด คือ 14.60 N รองลงมาคือ 0.1% $CaCl_2$ และ 0% $CaCl_2$ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 10.99 และ 14.60 นิวตัน (N) ตามลำดับ ที่ความเข้มข้น 0.2% $CaCl_2$ มีแรงเจาะมากที่สุด เนื่องจากผักและผลไม้อยู่ตัวได้จากการเกิดการเชื่อมข้ามระหว่างหมู่คาร์บอกซิลิกที่อิสระของสารประกอบเพคตินกับแคทไอออนที่มีวาเลนซีมากกว่าหนึ่ง เช่น แคลเซียม โดยใช้ในรูปสารละลายเข้มข้นร้อยละ 0.1-0.25 เพื่อให้ผักและผลไม้มีเนื้อแน่นและกรอบ[2] จึงส่งผลให้มีค่าแรงกดทะลุ-เจาะมากกว่าที่ความเข้มข้น 0% และ 0.1% $CaCl_2$ ในขณะที่ความเข้มข้น 0% $CaCl_2$ นั้นมีค่าแรงกดทะลุ-เจาะที่น้อย เนื่องจากน้ำที่ออสโมซิสเข้าไปในแครอทส่งผลให้เนื้อสัมผัสของแครอทนิ่มลง ทำให้ใช้ในแรงเจาะ-ทะลุลดลงนั่นเอง

ส่วนค่าแรงตัดของแครอทเพิ่มขึ้นเช่นกัน เมื่อแช่ในสารละลายเกลือแคลเซียมเข้มข้นเพิ่มขึ้น โดยค่าแรงตัดของแครอทที่แช่ในสารละลายเกลือแคลเซียมเข้มข้น 0% $CaCl_2$ มีค่าน้อยสุด คือ 224.72 N ซึ่งผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่า เนื้อแครอทที่แช่ในสารละลายเกลือที่เข้มข้น 0.2% มีความแน่นและกรอบมาก สามารถทำให้ตัดได้ง่ายมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสารละลายเกลือที่มีความเข้มข้นต่ำ (0 - 0.1% $CaCl_2$) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Howard และคณะ[10] และทิพวรรณ ทองสุข (2553) ที่แสดงให้เห็นว่าเกลือแคลเซียมสามารถซึ่งวิธีนี้จะช่วยเพิ่มการเชื่อมข้ามและการเกิด calcium pectinate และ calcium pectate ที่ไม่ละลายน้ำ สารเหล่านี้ทำให้โครงสร้างของเซลล์มั่นคง และช่วยค้ำจุนเนื้อเยื่อทำให้อยู่ตัวแม้จะผ่านขบวนการความร้อน โดยผลไม้ เช่น มะเขือเทศ เบอร์รี่ และแอปเปิล ถูกตัดเป็นแว่นๆ ก่อนจะบรรจุกระป๋องหรือแช่แข็ง มะม่วงก่อนจะดองจะแช่ในเกลือแคลเซียมก่อน เกลือที่ใช้มากที่สุดคือ แคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมซิเตรต แคลเซียมซัลเฟต แคลเซียมแลกเตต และโมโนแคลเซียมฟอสเฟต ประกอบกับสมบัติการเป็น isotonic solution ที่ทำให้โมเลกุลของน้ำทั้งเข้าและออกจากเซลล์จะอยู่ในสภาวะสมดุล สารละลายภายนอกเซลล์มีความเข้มข้นเท่ากับภายในเซลล์ ดังที่กล่าวมาข้างต้น[8] จึงทำให้เนื้อสัมผัสทั้งทางด้านแรงกด-ทะลุและแรงตัดของแครอทมีค่าใกล้เคียงกับแครอทสด

ตารางที่ 2 ค่าสี (Color) ของแครอทสดและแครอทที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือที่ความเข้มข้นต่างๆ

ตัวอย่าง	L*	a*	b*
แครอทสด	35.76 ± 0.90^{b}	33.70 ± 3.66^{a}	44.32 ± 2.91^{a}
แช่ใน 0% $CaCl_2$ (น้ำปราศจากเกลือ)	49.66 ± 1.68^{a}	21.96 ± 3.92^{b}	22.27 ± 2.73^{c}
แช่ใน 0.1% $CaCl_2$	48.91 ± 0.43^{a}	28.14 ± 4.68^{c}	38.32 ± 5.21^{b}
แช่ใน 0.2% $CaCl_2$	36.25 ± 1.52^{b}	35.24 ± 4.36^{a}	41.66 ± 2.18^{a}

หมายเหตุ ค่า ± หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการกระจายข้อมูล
$^{a-d}$ ที่กำกับในแนวตั้งเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่าสี (L* a* และ b*) ที่เป็นค่าที่นิยมในการประเมินลักษณะปรากฏของตัวอย่างที่ทำการศึกษา โดยค่า L* จะบรรยายถึงความสว่าง (lightness) ที่เข้าใกล้ 100 หมายถึง ตัวอย่างมีความสว่างมากจนเป็นสีขาวหรือสีจาง แต่ถ้าค่า L* เข้าใกล้ 0 หมายถึงตัวอย่างมีความสว่างน้อยลงจนเป็นสีคล้ำ ส่วนค่า a* ที่เป็นบวก จะบรรยายถึงค่าสีแดง แต่ค่า a* ที่เป็นลบ จะบรรยายค่าสีเขียว และในค่า b* ที่เป็นบวก จะบรรยายค่าสีเหลือง แต่ถ้าค่า b* เป็นลบ จะบรรยายค่าสีน้ำเงิน[11] จากผลการทดลองของตารางที่ 2 จะพบว่า ค่าสีของแครอทที่แช่ในสารละลายเกลือเข้มข้น 0.2% $CaCl_2$ มีค่าของ L*, a* และ b* มีค่าเท่ากับ 36.25, 35.24 และ 41.66 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสีใกล้เคียงกับแครอทสดที่ไม่ผ่านกระบวนแช่สารละลายเกลือ โดยแครอทที่แช่ในสารละลายเกลือเข้มข้น 0.2% $CaCl_2$ ให้ค่าความสว่างน้อยกว่าที่แช่ในสารละลายเกลือเข้มข้น 0 และ 0.1% $CaCl_2$ ซึ่งแครอทที่แช่ในสารละลายเกลือเข้มข้น 0% $CaCl_2$ ให้ค่าความสว่างมากที่สุด ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากการไหลซึมของน้ำออกจากเซลล์จากปฏิกิริยาออสโมซิส (Osmosis) จึงทำให้มีความสว่างลดลง ขณะเดียวกันค่า a* ของแครอทที่แช่ในสารละลายเกลือเข้มข้น 0.2% $CaCl_2$ มีค่าสีแดง (35.24) และค่าสีเหลือง (41.66) สูงที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีสีส้มเข้มที่สุด เมื่อเทียบกับแครอทที่แช่ในสารละลายเกลือเข้มข้น 0.1 และ 0% $CaCl_2$ เนื่องมาจากแคลเซียมไอออนสามารถจับกับหมู่ไฮดรอกซิลอิสระของแอนโทไซยานิน เกิด Metal complexion ช่วยเพิ่มความคงตัวของสี ทำให้มีสีที่เข้มขึ้น และความสว่างลดลง[12] ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการ pre-treatment ด้วยสารเคมีต่างความเข้มข้นกัน สามารถส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อสีของแครอทได้

2. ผลของความดันและการให้ความร้อนในกระบวนการซูวีด (Sous Vide Technique) ต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแครอท

อิทธิพลของความเข้มข้นของสารละลายเกลือที่มีต่อคุณลักษณะและเนื้อสัมผัสของแครอท พบว่าแครอทที่แช่ในสารละลายเกลือเข้มข้น 0.2% $CaCl_2$ ให้สมบัติทางกายภาพและทางเคมี (สีและเนื้อสัมผัส) ที่ใกล้เคียงกับแครอทสดที่ไม่ผ่านการแช่สารละลายเกลือ ดังนั้นแครอทที่ผ่านการแช่ในสารละลายเข้มข้น 0.2% $CaCl_2$ จะถูกนำมาใช้ในการศึกษาถึงอิทธิพลของกระบวนการ Sous vide ต่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแครอทพร้อมบริโภค จากผลการทดลอง (ตารางที่ 3) ค่า a_w ความชื้นและเนื้อสัมผัสของแครอทที่ผ่านการแช่ในแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เข้มข้น 0.2% ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่มีความดันสุญญากาศต่างกัน คือ 80 และ 100% Vacuum ระหว่าง 2 อุณหภูมิ พบว่าค่า a_w อยู่ในช่วง 0.9870 – 0.9940 ขณะเดียวกันปริมาณความชื้นของตัวอย่างอยู่ในช่วงร้อยละ 11.07 – 12.58 ซึ่งสอดคล้องกับความชื้นที่พบในอาหารกลุ่มอาหารสดที่มีค่า a_w มากกว่า 0.85

เมื่อพิจารณาถึงสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแครอทสดกับแครอทที่ผ่านแช่ในแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เข้มข้นร้อยละ 0.2 ในกระบวนการซูวีด พบว่า ค่า a_w ปริมาณความชื้น และแรงกดทะลุ-เจาะของตัวอย่างมีความแตกต่างกับแครอทสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่แครอทที่ผ่านกระบวนการซูวีดมีค่าแรงตัด (Cutting test) ใกล้เคียงกับแครอทสด ดังนั้นจึงใช้ค่าแรงตัดนี้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณา ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงค่าแรงกดทะลุ-เจาะและแรงตัด พบว่า ที่ความดันสุญญากาศเดียวกัน แรงกดทะลุ-เจาะและแรงตัดของแครอทที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่ามากกว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ทั้งใน 2 ความดัน อาจเป็นไปได้ว่าที่อุณหภูมิต่ำกว่า ช่วยให้โครงสร้างของเซลล์พืชถูกทำลายได้น้อยกว่าที่อุณหภูมิสูงกว่า และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างความดันสุญญากาศ ณ ที่อุณหภูมิเดียวกัน พบว่า ค่าแรงกดทะลุ-เจาะและแรงตัดของตัวอย่างที่บรรจุในภาชนะบรรจุที่มีความดันสุญญากาศ 80% ต่ำกว่าที่มีความดันสุญญากาศ 100% ทั้งใน 2 อุณหภูมิ ทั้งนี้เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนภายใต้สภาวะสุญญากาศเป็นกระบวนการทำแห้งวิธีหนึ่งที่ทำให้มีอัตราการทำแห้งสูงและเร็ว เพราะในกระบวนทำแห้งที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ ส่งผลให้ความดันไอน้ำในอากาศลดลง ผลต่างระหว่างความดันไอน้ำที่ผลิตภัณฑ์กับอากาศจึงมีมากขึ้น ทำให้อัตราการถ่ายเทน้ำจากภายในมาที่ผิวของผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นได้มากและง่าย[6] และอากาศที่เหลืออยู่ในถุงเพาช์จะขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน ทำให้ความชื้นนั้นถูกแปลงกลายเป็นไอด้วยการระเหิดนั่นเอง[13]

ดังนั้นการให้ความร้อน ณ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสแก่ตัวอย่างที่ใช้เวลาเท่ากันนั้น ส่งผลให้คงคุณลักษณะเนื้อสัมผัสได้ดีกว่าที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าเซลล์โครงสร้างผนังพืชที่แข็งแรง เช่น กลุ่มตระกูลถั่ว

(legumes) ส่วนใหญ่จะเริ่มอ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 นาที แต่เมื่อใช้ความร้อนร่วมกับความดันสุญญากาศนั้น สามารถอุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนเหลือเพียง 80 – 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20-30 นาที[13,14] จากผลการทดลองพบว่า แครอทที่เก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศที่ 100% ร่วมกับการให้ความร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส จะให้ค่าแรงตัด (316.47 N) ที่ใกล้เคียงกับแครอทสดมากที่สุด คือ 316.63 N (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 สมบัติทางกายภาพเปรียบเทียบระหว่างแครอทสดกับแครอทที่ผ่านการแช่ใน 0.2% แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$)

สมบัติทางกายภาพ	Control	80% Vacuum		100% Vacuum	
		70°C	80°C	70°C	80°C
ค่า a_w	0.9654 ± 0.0015	0.9940 ± 0.0010^{*,b}	0.9890 ± 0.0006^{*,c}	0.9980 ± 0.0015^{*,a}	0.9870 ± 0.0010^{*,d}
ความชื้น (ร้อยละ)	8.80 ± 0.34	11.74 ± 0.07^{*,a}	11.85 ± 0.21^{*,a}	11.07 ± 0.03^{*,b}	11.98 ± 0.52^{*,a}
แรงกดทะลุ-เจาะ (N)	14.13 ± 0.80	61.71 ± 7.94^{*,a}	55.48 ± 10.58^{*,a}	62.87 ± 6.55^{*,a}	58.63 ± 11.13^{*,a}
แรงตัด (N)	316.63 ± 24.61	253.29 ± 62.65^{ns}	235.30 ± 46.22^{ns}	316.47 ± 66.07^{ns}	297.56 ± 24^{ns}

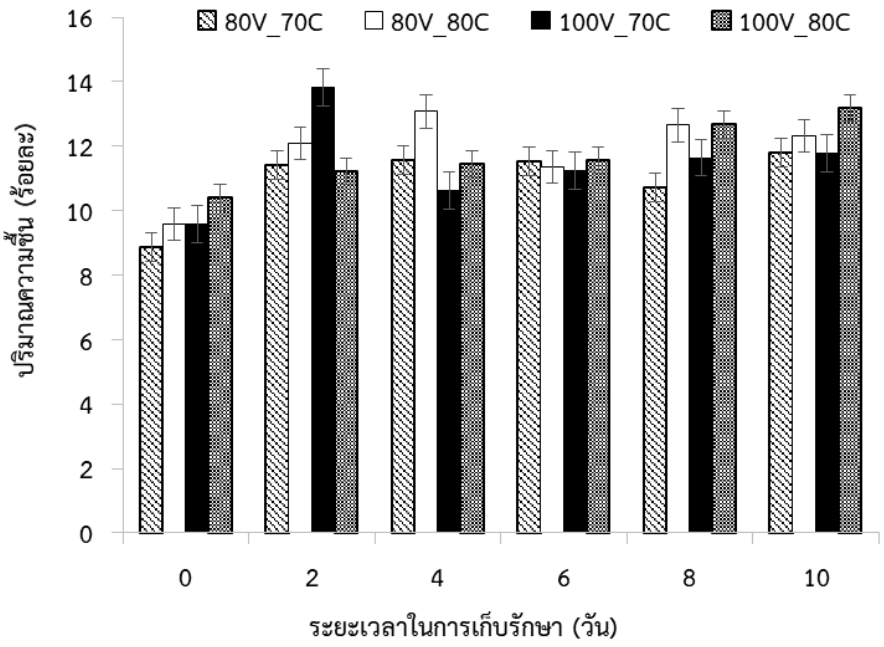
หมายเหตุ ns ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$)

* พบความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เปรียบเทียบกลุ่มสิ่งทดลองกับสิ่งทดลองควบคุม (Control)

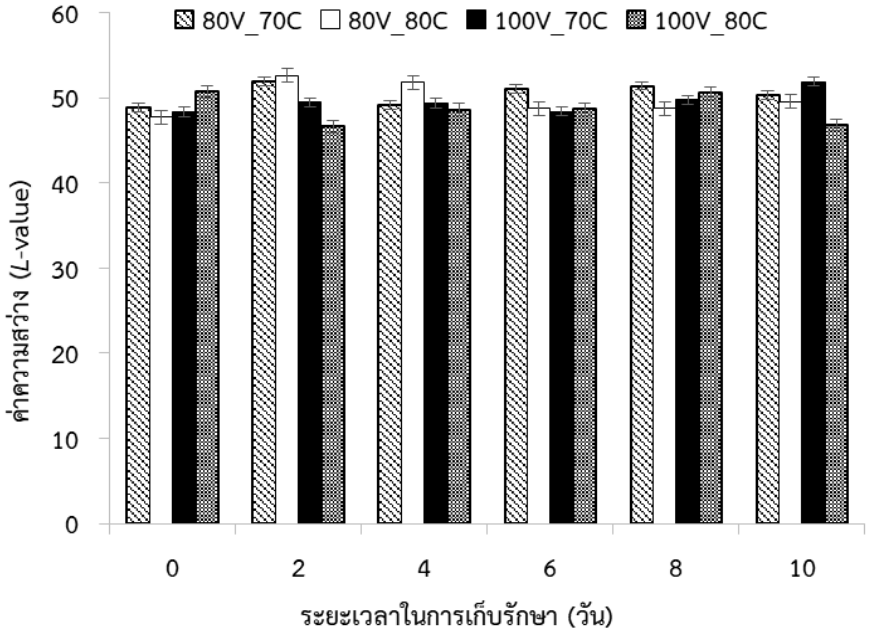
$^{a-b}$ ที่กำกับในแนวนอนเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากการศึกษาปริมาณความชื้นระหว่างการเก็บรักษา (รูปที่ 1) พบว่าในแต่ละช่วงเวลาในการเก็บรักษา ปริมาณความชื้นของแต่ละตัวอย่างไม่คงที่ ซึ่งปริมาณความชื้นในแต่ละตัวอย่างมีค่าอยู่ในช่วง ร้อยละ 9-14 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นเริ่มต้นของตัวอย่างที่ใช้ เนื่องจากตัวอย่างที่นำมาใช้ในการวิจัย มีความชื้นเริ่มต้นไม่เท่ากัน และในแต่ละภาชนะบรรจุก็มีความชื้นที่ต่างกันด้วย ซึ่งสอดคล้องกับค่า a_w คืออยู่ในช่วง 0.9880 – 0.9900 ของตัวอย่างในแต่ละภาชนะบรรจุที่มีค่าแตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า ปริมาณความชื้นในทุกตัวอย่างส่วนใหญ่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บ ทั้งอาจเป็นไปได้ว่าปริมาณเกลือแคลเซียมที่ใช้แช่ตัวอย่างอาจจะส่งผลให้ปริมาณน้ำชนิด Capillary water ที่อยู่ในโครงสร้างของเซลล์พืชถูกดึงออกมาเป็นน้ำอิสระ (Free water) ขึ้นนั่นเอง[2]

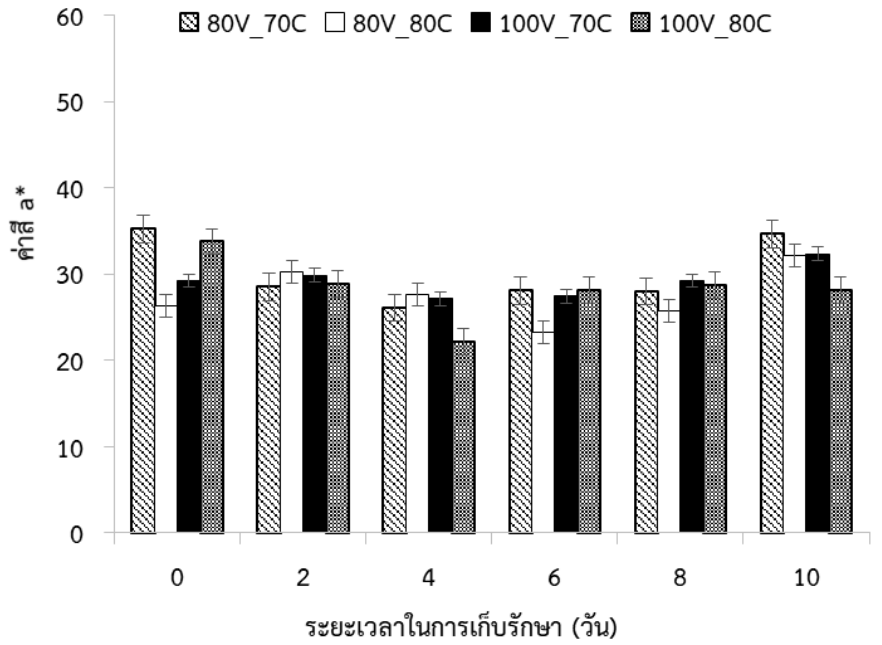
จากการเปรียบค่าสีและค่าความสว่างของแครอทที่ผ่านการแช่ใน $CaCl_2$ เข้มข้นร้อยละ 0.2 อุณหภูมิ 5-10 °C เป็นเวลา 10 วัน (รูปที่ 2 - 3) พบว่า ค่าความสว่าง (*L*-value) ของตัวอย่างแครอทที่บรรจุภาชนะปิดสนิทในสภาวะที่แตกต่างกัน ไม่พบความแตกต่างกัน คือให้ความสว่างอยู่ในช่วง 46-54 ในขณะที่ค่า a มีค่าอยู่ในช่วง 28-35 ซึ่งให้ค่าที่เป็นสีแดง และค่า b มีค่าอยู่ในช่วง 35-42 ซึ่งให้ค่าที่เป็นสีเหลือง ซึ่งเมื่อพิจารณาทั้ง 2 ค่า (a* และ b*) ดูเหมือนว่าค่าสีแดงจะน้อยกว่าค่าสีเหลืองในระหว่างการเก็บในแต่ละวันของทุกๆตัวอย่าง อาจจะเนื่องมาจากรงควัตถุต่างๆในแครอท ซึ่งมีทั้งที่เป็นกลุ่มละลายน้ำ เช่น แอนโธไซยานิน (แดงส้ม) และไม่ละลายน้ำ เช่น แคโรทีนอยด์ (สีเหลือง) ดังนั้นกลุ่มที่เป็นรงควัตถุที่ไม่ละลายน้ำในแครอทยังคงอยู่ในเซลล์พืช ในขณะที่กลุ่มที่ละลายน้ำหลุดออกมากับน้ำ เนื่องจากความร้อนและสารละลายเกลือแคลเซียมที่ทำให้เซลล์พืชอ่อนตัวและแตก[14] จึงส่งผลให้สีที่แสดงออกมาจึงมีลักษณะค่อนไปทางสีเหลืองส้มและสว่างเล็กน้อย

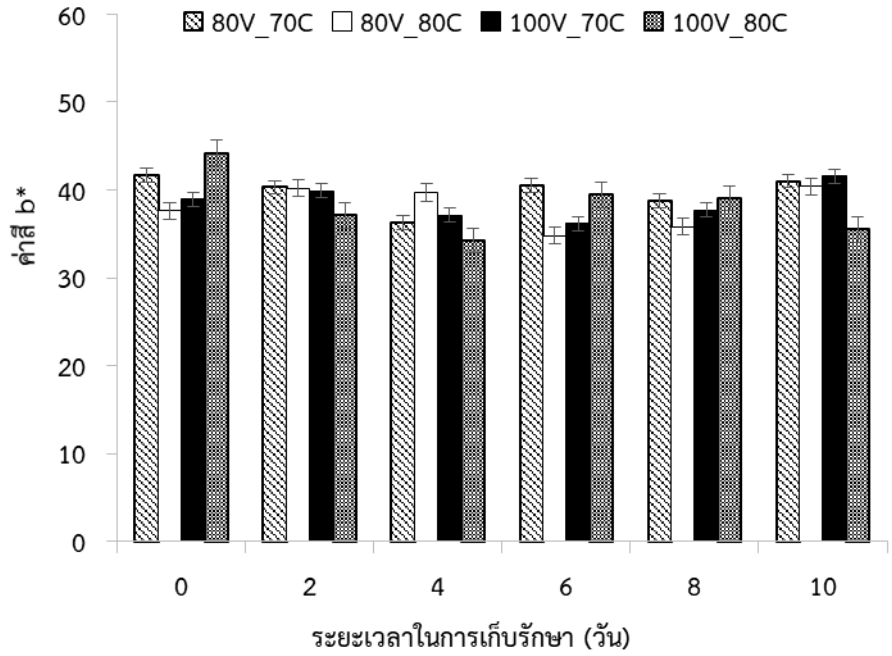


ภาพที่ 1 ปริมาณความชื้นของแครอทที่ผ่านการแช่ในแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เข้มข้นร้อยละ 0.2 ณ อุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน



ภาพที่ 2 ค่าความสว่าง (*L*-value) ของแครอทที่ผ่านการแช่ในแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เข้มข้นร้อยละ 0.2 ณ อุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน

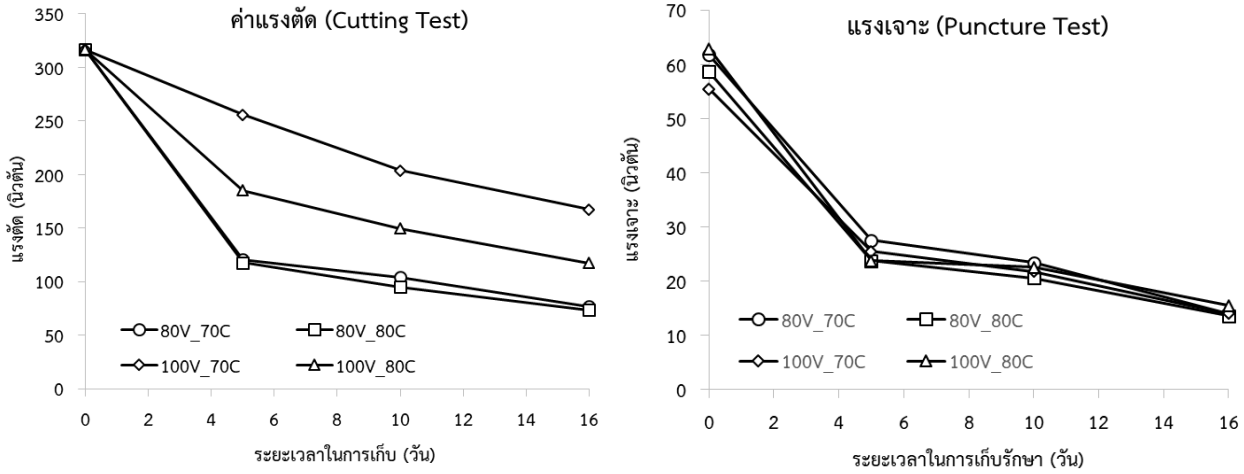




ภาพที่ 3 ค่าสี a* (บน) และค่าสี b* (ล่าง) ของแครอทที่ผ่านการแช่ในแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เข้มข้นร้อยละ 0.2 ณ อุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน

เมื่อพิจารณาจากลักษณะเนื้อสัมผัส (ค่าแรงเจาะและแรงตัด) ของแครอทที่เก็บรักษาในสภาวะที่แตกต่างกัน พบว่าค่าเฉลี่ยลดลงเรื่อยๆ ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5-10 °C เป็นเวลา 16 วัน (รูปที่ 4) ชี้ให้เห็นว่าความกรอบและความแน่นเนื้อของแครอทลดลงระหว่างการเก็บรักษา โดยค่าแรงเจาะของแครอทที่เก็บในบรรจุภัณฑ์ที่มีความดันสุญญากาศ 100% Vacuum จะลดลงน้อยกว่าที่สภาวะความดัน 80% ในแต่ละวันของการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากการการถ่ายเทความร้อนภายใต้ความดันสุญญากาศจะให้อัตราการถ่ายเทความร้อนที่เร็วกว่าที่ภายใต้บรรยากาศ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น[15] ดังนั้นจึงส่งผลให้โครงสร้างของแครอทที่สภาวะนี้ถูกทำลายได้น้อยกว่าที่สภาวะอื่นๆ อีกทั้งอุณหภูมิในการให้ความร้อนที่ระหว่าง 70 และ 80 องศา

เซลเซียส ก็ให้ผลที่ต่างกันคือ ค่าแรงตัดของแครอทที่บรรจุในภาชนะที่ปิดสนิทความดัน 100% และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีความแน่นเนื้อมากกว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส อันเนื่องจากความร้อนที่ทำให้โครงสร้างของผนังเซลล์ถูกทำลายได้มากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sterling[16] ที่แสดงให้เห็นว่าการใช้ความร้อนสูงจะส่งผลต่อการทำลายโครงสร้างเนื้อเยื่อของพืช ในขณะที่แรงเจาะของแครอทในสภาวะต่างๆมีแนวโน้มเหมือนกัน คือช่วง 5 วันแรกของการเก็บรักษาจะมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว และค่อยลดลงอย่างช้าๆ จนถึงวันที่ 16 ของการเก็บรักษา (รูปที่ 4 ขวา)การเปรียบเทียบจากกราฟรูปที่ 4 ลักษณะเนื้อสัมผัสของแครอทที่ผ่านการแช่ $CaCl_2$ เข้มข้นร้อยละ 0.2 อุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน พบว่าค่าเฉลี่ยลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากความกรอบความแน่นเนื้อของแครอทเพิ่มมากขึ้น ทำให้แรงเจาะและแรงตัดง่ายมากขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างต่างๆจะเห็นว่าที่ 80% Vacuum อุณหภูมิ 80 °C มีแรงเจาะและแรงตัดที่ง่ายกว่าตัวอย่างอื่นๆ



ภาพที่ 4 ลักษณะเนื้อสัมผัส (ค่าแรงตัดและค่าแรงเจาะ) ของแครอทที่ผ่านการแช่ในแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เข้มข้นร้อยละ 0.2 ณ อุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 16 วัน

3. ผลของกระบวนการซูวีด (Sous Vide Technique) ต่อการเจริญของจุลินทรีย์ในแครอทระหว่างการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิประมาณ 5-10 องศาเซลเซียส

จากการพิจารณาการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในแครอทที่สภาวะต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษา แสดงในตารางที่ 4 – 6 พบว่าแครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0 ในภาชนะบรรจุที่ความดัน 80% และให้ความร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส มีเชื้อจุลินทรีย์เริ่มปรากฏขึ้นในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา มีจำนวน 4.0 x 10^2 CFU ในขณะที่แครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0 ในภาชนะบรรจุที่ความดัน 80% และให้ความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส เริ่มปรากฏในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา มีจำนวน 2.2 x 10^4 CFU ส่วนแครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0 ในภาชนะบรรจุที่ความดัน 100% และให้ความร้อนที่ 70 และ 80 องศาเซลเซียส เริ่มปรากฏในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา มีจำนวน 2.1 x 10^4 และ 3.5 x 10^2 CFU ตามลำดับ โดยจำนวนจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นของสภาวะที่ 100% Vacuum ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีน้อยกว่าที่สภาวะ 100% Vacuum ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 4) ซึ่งมาตรฐานที่ยอมรับได้ จะต้องมีเชื้อจุลินทรีย์ไม่เกิน 1 x 10^4 CFU ในตัวอย่างแครอท 1 มิลลิลิตร[17]

ในขณะที่แครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.1 ในภาชนะบรรจุที่ความดัน 80% และให้ความร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส มีเชื้อจุลินทรีย์เริ่มปรากฏขึ้นในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา มีจำนวน 3.7 x 10^3 CFU ในขณะที่แครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.1 ในภาชนะบรรจุที่ความดัน 80% และให้ความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียส เริ่มปรากฏในวันที่ 16 ของการเก็บรักษา มีจำนวน 3.2 x 10^3 CFU ส่วนแครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์

เข้มข้นร้อยละ 0.1 ในภาชนะบรรจุที่ความดัน 100% และให้ความร้อนที่ 70 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่า ไม่ปรากฏเชื้อจุลินทรีย์ในการเก็บรักษาเลย (ตารางที่ 5)

ในขณะที่แครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.2 ในภาชนะบรรจุที่ความดัน 80% และให้ความร้อนที่ 70 และ 80 องศาเซลเซียส มีเชื้อจุลินทรีย์เริ่มปรากฏขึ้นในวันที่ 16 ของการเก็บรักษา มีจำนวน 3.3×10^2 และ 5.1×10^3 CFU ตามลำดับ ในขณะที่แครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.2 ส่วนแครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.2 ในภาชนะบรรจุที่ความดัน 100% และให้ความร้อนที่ 70 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่า ไม่ปรากฏเชื้อจุลินทรีย์ในการเก็บรักษาเลย (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 4 ผลการประเมินการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในแครอทที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0 ในการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน

ระยะเวลาในการเก็บ (วัน)	80% Vacuum		100% Vacuum	
	70°C (CFU)	80°C (CFU)	70°C (CFU)	80°C (CFU)
0	ND	ND	ND	ND
2	ND	ND	ND	ND
4	ND	ND	ND	ND
6	ND	ND	ND	ND
8	ND	ND	ND	ND
10	4.0×10^2	ND	ND	ND
12	2.7×10^3	2.2×10^4	ND	ND
14	-	-	2.1×10^4	3.5×10^2
16	-	-	-	-

หมายเหตุ ND คือ not detected (ไม่พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์) วิเคราะห์โดยวิธีการ Total Plate Count

ตารางที่ 5 ผลการประเมินการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในแครอทที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.1 ในการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน

ระยะเวลาในการเก็บ (วัน)	80% Vacuum		100% Vacuum	
	70°C (CFU)	80°C (CFU)	70°C (CFU)	80°C (CFU)
0	ND	ND	ND	ND
2	ND	ND	ND	ND
4	ND	ND	ND	ND
6	ND	ND	ND	ND
8	ND	ND	ND	ND
10	ND	ND	ND	ND
12	ND	ND	ND	ND
14	3.7×10^3	ND	ND	ND
16	-	3.2×10^3	ND	ND

หมายเหตุ ND คือ not detected (ไม่พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์) วิเคราะห์โดยวิธีการ Total Plate Count

ตารางที่ 6 ผลการประเมินการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในแครอทที่ผ่านการแช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.2 ในการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน

ระยะเวลาในการเก็บ (วัน)	80% Vacuum		100% Vacuum	
	70°C (CFU)	80°C (CFU)	70°C (CFU)	80°C (CFU)
0	ND	ND	ND	ND
2	ND	ND	ND	ND
4	ND	ND	ND	ND
6	ND	ND	ND	ND
8	ND	ND	ND	ND
10	ND	ND	ND	ND
12	ND	ND	ND	ND
14	ND	ND	ND	ND
16	3.3×10^2	5.1×10^3	ND	ND

หมายเหตุ ND คือ not detected (ไม่พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์) วิเคราะห์โดยวิธีการ Total Plate Count

ซึ่งจากการพิจารณาสภาวะในการเก็บรักษาแครอททีบรรจุในภาชนะปิดสนิทโดยอาศัยหลักการ Sous vide technique พบว่า สภาวะที่ความดัน 100% และให้ความร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่เหมาะสมแก่การนำไปใช้ในการผลิตแครอทพร้อมบริโภค เนื่องจากเป็นสภาวะที่ให้คุณสมบัติและลักษณะทางกายภาพที่ดีและเหมาะสมที่สุด รวมทั้งยืดอายุการเก็บรักษาไว้ได้ค่อนข้างนาน

สรุป

จากผลการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบค่า aw ความชื้น แรงกดเจาะ และแรงตัดของแครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมที่มีความเข้มข้นที่ 0%, 0.1% และ 0.2% CaCl2 พบว่าค่า a_w และปริมาณความชื้นของแครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมที่มีความเข้มข้น 0.2% มีค่าต่ำสุด ในขณะที่แรงกดทะลุ-เจาะและแรงตัดจะมีค่าสูงสุด (ตารางที่ 4.1) ที่มีการแช่ CaCl2 ที่ความเข้มข้น 0% มีปริมาณความชื้นมากที่สุด รองลงมาเป็นการแช่ CaCl2 ที่ความเข้มข้น 0.1% และ 0.2% แรงกดทะลุ-เจาะและแรงตัด พบว่า แรงกดทะลุ-เจาะและแรงตัดเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของ 0.2% CaCl2 เพิ่มมากขึ้น ซึ่งมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ 0.1% CaCl2 และ 0% CaCl2 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน ที่ความเข้มข้น 0.2% CaCl2 มีแรงเจาะและแรงตัดมากที่สุด ค่าสี (L* a* และ b*) พบว่า ค่าสีของแครอทที่แช่ในสารละลายเกลือเข้มข้น 0.2% CaCl2 มีค่าของ *L*, a** และ *b** น้อยที่สุด

จากผลการทดลอง ค่า a_w ความชื้นและเนื้อสัมผัสของแครอทที่ผ่านการแช่ในแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เข้มข้นร้อยละ 0.2 ที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่มีความดันสุญญากาศต่างกัน คือ 80 และ 100% Vacuum ระหว่าง 2 อุณหภูมิ พบว่า ที่ความดันสุญญากาศเดียวกัน แรงกดทะลุ-เจาะและแรงตัดของตัวอย่างที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่ามากกว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ทั้งใน 2 ความดัน อาจเป็นไปได้ว่าที่อุณหภูมิต่ำกว่า ช่วยให้โครงสร้างของเซลล์พืชถูกทำลายได้น้อยกว่าที่อุณหภูมิสูงกว่า เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนภายใต้สภาวะสุญญากาศเป็นกระบวนการทำแห้งวิธีหนึ่งที่ทำให้มีอัตราการทำแห้งสูงและเร็ว เพราะในกระบวนทำแห้งที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ ส่งผลให้ความดันไอน้ำในอากาศลดลง ผลต่างระหว่างความดันไอน้ำที่ผลิตภัณฑ์กับอากาศจึงมีมากขึ้น ทำให้อัตราการถ่ายเทน้ำจากภายในมาที่ผิวของผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นได้มากและง่ายยิ่งขึ้น

การเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ในแครอทที่สภาวะต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าแครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0 ในภาชนะบรรจุที่ความดัน 80% และให้ความร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส มีเชื้อจุลินทรีย์เริ่มปรากฏขึ้นในวันที่ 10 ของการเก็บรักษาในขณะที่แครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0 ในภาชนะบรรจุที่ความดัน 80% และให้ความร้อนที่ 80 องศา

เซลเซียส เริ่มปรากฏในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ส่วนแครอทที่แช่สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0 ในภาชนะบรรจุที่ความดัน 100% และให้ความร้อนที่ 70 และ 80 องศาเซลเซียส เริ่มปรากฏในวันที่ 14 ของการเก็บรักษา โดยจำนวนจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นของสภาวะที่ 100% Vacuum ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีน้อยกว่าที่สภาวะ 100% Vacuum ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ซึ่งจากการพิจารณาสภาวะในการเก็บรักษาแครอทที่บรรจุในภาชนะปิดสนิทโดยอาศัยหลักการ Sous vide technique พบว่า สภาวะที่ความดัน 100% และให้ความร้อนที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่เหมาะสมแก่การนำไปใช้ในการผลิตแครอทพร้อมบริโภค เนื่องจากเป็นสภาวะที่ให้คุณสมบัติและลักษณะทางกายภาพที่ดีและเหมาะสมที่สุด รวมทั้งยืดอายุการเก็บรักษาไว้ได้ค่อนข้างนาน

เอกสารอ้างอิง

1. Charley H, Weaver C. *Foods: A Scientific Approach*. 3rd ed. New Jersey: Prentice-Hall, Inc; 1998.
2. ทิพวรรณ ทองสุข. ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสและเทคนิคการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ผักผลไม้แปรรูป. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.* 2553;29(4): 456-469.
3. Hauben K. Sous vide cooking: State of art. In: European Symposium on Sous Vide (3rd ed). *Proceedings of the Third European Symposium on sous vide. 25-26 March, 1999, Leuven, Belgium*; Leuven: Katholieke Universiteit, 1999. p.11-72.
4. Gillian AA, McIlveen H. Effects of prolong storage on the sensory quality and consumer acceptance of sous vide meat-based recipe dishes. *Food Quality and Preference.* 2000;11: 377-385.
5. Vaudagna SR, Sanchez G, Neira MS, Insani EM, Picallo AB, Gallinger MM, Lasta JA. Sous vide cooked beef muscles: Effects of low temperature-long time (LT-LT) treatments on their quality characteristics and storage stability. *International Journal of Food Science and Technology.* 2002;37: 425–441.
6. Creed PG. Sensory and nutritional aspects for sous vide processed foods. In: Ghazala S. (ed.), *Sous Vide and Cook-Chill Processing for the Food Industry*, Gaitherburg, MD: Aspen; 1998. p.57-88.
7. Church IJ, Parsons AL. The sensory quality of chicken and potato products prepared using cook-chill and sous vide methods. *International Journal of Food Science and Technology*. 2000;35: 155–162.
8. Kim C, Katheria AC, Mercer JS, Stonestreet, BS. Fluid distribution in the fetus neonate. *Fetal and Neonatal Physiology*. 2017;2: 1081-1089.
9. Lewicki PL. Measurement of water activity of saturated salt solutions with the vapour pressure manometer. *Journal of Food Engineering.* 1989;10(1): 39-55.
10. Howard L, Burma P, Wagner A. Firmness and cell wall characteristics of Jalapeno pepper rings as affected by calcium chloride and acetic acid. *Journal Food Science.* 1994;59: 1184–1186.
11. สุนทรี สมแสง. การเปรียบเทียบการเปลี่ยนสีของลิ้นจี่ (พันธุ์กวางเจา) ที่ถนอมด้วยความดันสูงยิ่งและความร้อน. เชียงใหม่:วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2550.
12. Cavalcanti RN, Santos DT, Meireles MAA. Nonthermal stabilization mechanisms of anthocyanins in model and food systems – an overview. *Food Research International*. 2011;44(2): 499-509.
13. Baldwin D.E. Sous vide cooking: A review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2012;1:15–30.
14. García-Linares MC, Gonzalez-Fandos E, García-Fernández MC, García-Arias MT. Microbiological and nutritional quality of sous vide or traditionally processed fish: influence of fat content. *Journal of Food Quality*. 2004;27: 371–387.
15. Zhao Q, Zhang W, Wu Y, Ouyang J. Extraction techniques and stability of carotenoprotein from carrot (*Daucus carota* L.) root. *Journal of Food Engineering.* 2015;38(3): 290-298.
16. Sterling C. Effect of moisture and high temperature on cell walls in plant tissues. *Journal of Food Science.* 1955;20(5): 474-479.
17. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนน้ำแครอท (มผช. 277/2554). กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม; 2554.

The 7th Academic Science and Technology Conference

Health Promotion Through Research Integration and Innovation

Student Center, Rangsit University

7 th June 2019

www.astcconference.com