

ผลของการแช่เยือกแข็งหลังดึงน้ำออกบางส่วนโดยวิธีออสโมซิสต่อลักษณะคุณภาพของ
ฝรั่งแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บรักษา

Effect of Osmodehydrofreezing on Quality Characteristics of Frozen Guava During
Frozen Storage

ทิพย์สุคนธ์ อังกาพย์ (Tipsukon Aungkarb)* ดร.ธนกร โรจนกร (Dr.Thanakorn Rojanakorn)**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการแช่เยือกแข็งหลังดึงน้ำออกบางส่วนโดยวิธีออสโมซิสต่อลักษณะคุณภาพของฝรั่งแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บในสภาพแช่เยือกแข็งเมื่อนำขึ้นฝรั่งแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครส ซอร์บิทอลและฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 50 ที่อุณหภูมิ 45°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่าค่าอัตราการสูญเสียน้ำและอัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็งในชิ้นฝรั่งที่แช่ในสารละลายซอร์บิทอลสูงกว่าในสารละลายซูโครสและฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ตามลำดับ สำหรับขั้นตอนการแช่เยือกแข็งหลังการออสโมซิสนั้นได้นำตัวอย่างที่ออสโมซิสในสารละลายทั้งสามเป็นเวลา 1 ชั่วโมงไปแช่เยือกแข็งที่ -35°C และใช้ฝรั่งสดเพื่อเปรียบเทียบผลการทดลองด้วยการตรวจสอบคุณภาพของฝรั่งแช่เยือกแข็งซึ่งเก็บที่ -20°C เป็นเวลา 0 และ 30 วัน พบว่าตัวอย่างแช่เยือกแข็งที่ผ่านการออสโมซิสมีค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการละลายน้ำแข็งน้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการออสโมซิส ($p \leq 0.05$) แต่มีค่าความแน่นเนื้อปริมาณของกรดแอสคอร์บิกและคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่า ($p \leq 0.05$) ตลอดช่วงการเก็บ

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the effect of osmodehydrofreezing on quality characteristics of frozen guava during frozen storage. The guava pieces were osmotically dehydrated in 50% sucrose, sorbitol and fructo-oligosaccharide solutions at 45°C for 1 hour. The results showed that rates of water loss and solid gain in guava pieces soaked in sorbitol were higher than those in sucrose and fructo-oligosaccharide solutions, respectively. For osmodehydrofreezing, the guava pieces were immersed in three solutions for 1 hour before freezing at -35°C with an untreated or fresh sample used for comparison. The qualities of all frozen guava stored at -20°C were determined at 0 and 30 days. It was found that drip loss of all osmotically treated frozen samples were lower than those of the untreated sample ($p \leq 0.05$) whereas firmness, ascorbic acid content and overall liking scores were higher ($p \leq 0.05$) throughout the storage period.

คำสำคัญ: การออสโมซิส การแช่เยือกแข็งหลังการออสโมซิส ฝรั่ง

Key Words: Osmosis, Osmodehydrofreezing, Guava

* นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

ในปัจจุบันพบว่าความต้องการของผู้บริโภคเกี่ยวกับอาหารเพื่อสุขภาพ และอาหารที่มีรสชาติใกล้เคียงกับธรรมชาติมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (อาทิกร, 2554) และแนวโน้มเหล่านั้นไม่ได้เน้นเฉพาะกลุ่มที่เป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายเท่านั้น แต่ยังรวมถึงผลิตภัณฑ์กลุ่มที่จะต้องนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์อื่น เช่น นำไปใช้เป็นส่วนผสมในไอศกรีม และผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการบูรณาการในการเก็บรักษาอาหารให้เกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด หรือมีลักษณะใกล้เคียงกับอาหารสดมากที่สุด เช่น ใช้กระบวนการแช่เยือกแข็ง เป็นต้น

การแช่เยือกแข็งเซลล์พืช มีผลต่อเยื่อหุ้มเซลล์ โดยเฉพาะส่วนพลาสมาเมมเบรน (plasma membrane) (อาทิกร, 2554) ซึ่งถือว่าเป็นสาเหตุสำคัญในการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นภายในเซลล์ ความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเยื่อหุ้มเซลล์นั้นขึ้นอยู่กับอัตราการแช่เยือกแข็ง การแช่เยือกแข็งอาหารในเชิงการค้ามักก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกับอาหารได้หลายประการ เช่น การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (autooxidation) ของไขมัน การทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของพืชผักซึ่งส่งผลให้เยื่อหุ้มเซลล์สูญเสียคุณสมบัติเชิงหน้าที่ไป การรวมกลุ่มของเยื่อหุ้มเซลล์อันเนื่องมาจากการลดความเป็นขั้วของเยื่อหุ้มเซลล์ เป็นต้น (Treguno & Goff, 1996) การเปลี่ยนแปลงต่างๆที่เกิดขึ้นในระหว่างการแช่เยือกแข็งจะขึ้นกับปริมาณน้ำที่สามารถกลายเป็นผลึกน้ำแข็งได้ (freezable water) อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการแช่เยือกแข็งอาหารอาจเกิดได้น้อยลงหากเติมสารลดอันตรายจากการแช่เยือกแข็ง (Cryoprotectant) เช่น น้ำตาล จะไปเพิ่มคุณสมบัติของการไม่ชอบน้ำในเยื่อหุ้มเซลล์ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์มีเสถียรภาพเพิ่มขึ้นหรือดึงน้ำบางส่วนออกจากอาหารก่อนการแช่เยือกแข็ง (เขมวัณย์, 2545)

การดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิส (Osmotic dehydration : OD) เป็นเทคนิคที่ใช้ควบคุมการ

เปลี่ยนแปลงลักษณะคุณภาพที่เกิดขึ้นกับวัตถุดิบ โดยกำจัดน้ำบางส่วนออกจากวัตถุดิบด้วยการแช่ลงในสารละลายที่มีความเข้มข้นสูง เป็นผลให้ลักษณะโครงสร้างสารอาหาร ลักษณะทางประสาทสัมผัสและคุณสมบัติเชิงหน้าที่อื่นๆ ของอาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยลงเมื่อนำอาหารนั้นไปแช่เยือกแข็ง (วิชมณี, 2556) ดังนั้นการใช้เทคนิคการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิสร่วมกับการแช่เยือกแข็งสามารถลดความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการแช่เยือกแข็งและการเก็บในสภาพแช่เยือกแข็งได้ (Dermesonlouoglou & Taoukis, 2006) สำหรับกระบวนการแปรรูปที่เป็นผลร่วมระหว่างการออสโมซิสและการแช่เยือกแข็ง เรียกว่า “Osmodehydrofreezing” ซึ่งเป็นกระบวนการกำจัดน้ำออกบางส่วนโดยแช่วัตถุดิบในสารละลายความเข้มข้นสูง ก่อนนำไปแช่เยือกแข็งเพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพของอาหารแช่เยือกแข็ง โดยเฉพาะผักผลไม้แช่เยือกแข็งนั่นเอง

ฝรั่งเป็นไม้ผลเมืองร้อน ให้ผลผลิตเกือบตลอดทั้งปี (วรินทร์, 2541) เป็นผลไม้ที่มีรสชาติอร่อย มีคุณค่าทางอาหารสูง โดยเฉพาะวิตามินซีและเกลือแร่ชนิดต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย รวมทั้งให้พลังงานต่ำและมีใยสูง จัดว่าเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่ได้รับคามนิยชมจากผู้บริโภคอย่างมาก (วรินทร์, 2541) จึงส่งผลให้สามารถจำหน่ายได้ทั้งในและต่างประเทศ แต่ฝรั่งเป็นผลไม้ที่เสื่อมเสียคุณภาพและเน่าเสียได้ง่าย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องนำฝรั่งไปแปรรูปเพื่อยืดอายุการเก็บและเพิ่มมูลค่าต่อไป แต่การแปรรูปหลายวิธีจะทำให้ลักษณะคุณภาพของฝรั่งด้อยลง เช่น การทำแห้งจะทำให้ฝรั่งมีสีคล้ำ การแช่เยือกแข็งจะทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสเสียไป เป็นต้น (อาทิกร, 2554)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำฝรั่งมาผ่านกระบวนการดึงน้ำออกบางส่วนด้วยวิธีออสโมซิสในสารละลายที่มีความเข้มข้นสูง เพื่อช่วยลดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านเคมีและกายภาพ ในระหว่างการแช่เยือกแข็ง และในระหว่างการเก็บในสภาพแช่เยือกแข็ง ซึ่งคาดว่าจะสามารถทำให้ฝรั่งแช่เยือกแข็งมี

คุณภาพด้านเคมีและกายภาพใกล้เคียงกับฝรั่งสดมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้สามารถใช้ฝรั่งแช่เยือกแข็งเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้ตลอดทั้งปี

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อหาเวลาในการคึ่งน้ำบางส่วนออกจากชิ้นฝรั่งตัดแต่งด้วยวิธีออสโมซิสในสารละลายซูโครส สารละลายซอร์บิทอลและสารละลายฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์
2. เพื่อศึกษาผลของชนิดของสารละลายออสโมติกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านเคมีและกายภาพของฝรั่งแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บในสภาพแช่เยือกแข็ง

วิธีการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่าง

นำฝรั่งสดพันธุ์แป้นสีทอง ที่มีขนาดผลและมีค่าความแก่อ่อนเท่าๆ กัน (ช่วงระยะออกดอกจนถึงการเก็บเกี่ยว) คือประมาณ 130 วัน (วรินทร์, 2541) ที่ซื้อจากสวนฝรั่ง บ้านขาม อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น ทำการวัดขนาดและชั่งน้ำหนักของผลฝรั่ง ทำความสะอาดผลฝรั่งโดยล้างน้ำเปล่า จากนั้นจุ่มในสารละลายคลอรีน 100ppm เป็นเวลา 2.5 นาที (เชวเลศ, 2552) แล้วล้างด้วยน้ำเปล่าเป็นเวลา 2.5 นาที จากนั้นนำฝรั่งมาปอกเปลือกและผ่าเป็น 2 ซีก คว้านเมล็ดออก จากนั้นหั่นฝรั่งให้มีขนาด $1 \times 1 \times 1$ ซม. และแช่ในสารละลายกรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 10 นาที (Vongsawadsi & others, 2010) จากนั้นทิ้งให้สะเด็ดน้ำ 1 นาที

2. การหาเวลาในการคึ่งน้ำบางส่วนออกจากชิ้นฝรั่งในสารละลายออสโมติกแต่ละชนิด

การทดลองจะแช่ชิ้นฝรั่งตัดแต่งที่เตรียมได้จากข้อ 1 ลงในสารละลายซูโครส สารละลายซอร์บิทอลและสารละลายฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ (FOS) ที่ความเข้มข้น 50% (w/w) ซึ่งมี แคลเซียมคลอไรด์ผสมอยู่ 1% (w/w) (Dermesonlougrou & others, 2007;

Dermesonlougrou & Taoukis, 2006 ; Lowithun & Charoenrein, 2009) ในอัตราส่วนฝรั่งต่อสารละลายเท่ากับ 1:5 เป็นเวลา 0 ถึง 5 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 45°C (Dermesonlougrou & others, 2007) โดยในระหว่างการออสโมซิสติดตามการเปลี่ยนแปลงของค่าต่างๆ ดังนี้

- ปริมาณความชื้น โดยนำฝรั่งไปอบในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 16 ชั่วโมง (AOAC, 2000)
- ค่าการสูญเสีย น้ำ (Water loss: WL) และการเพิ่มขึ้นของของแข็ง (Solid gain: SG) (Dermesonlougrou and others 2007) ซึ่งหาได้จาก

$$WL = \frac{(M_0 - m_0) - (M - m)}{m_0} \quad (1)$$

(g of water/g initial dry matter)

$$SG = \frac{m - m_0}{m_0} \quad (2)$$

(g of total solids/ g initial dry matter)

เมื่อ M_0 = มวลเริ่มต้นของตัวอย่างเนื้อฝรั่งสดก่อนการออสโมซิส (g)

M = มวลของเนื้อฝรั่งหลังการออสโมซิสที่เวลาใดๆ (g)

m_0 = มวลแห้งของเนื้อตัวอย่างฝรั่งสด (g, dry matter)

m = มวลแห้งของตัวอย่างเนื้อฝรั่งหลังการออสโมซิสที่เวลาใดๆ (g, dry matter)

จากนั้นคำนวณหาอัตราการการสูญเสีย น้ำ (rate of water loss) และอัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็ง (rate of solid gain) ในแต่ละชั่วโมงของการออสโมซิส

ในการทดลองนี้ได้วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design โดยตัวแปรที่ศึกษาคือเวลาในการออสโมซิส (0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย treatment โดยวิธี Duncan's New multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3. การศึกษาผลของชนิดสารละลายที่ใช้ในการออสโมซิสต่อลักษณะคุณภาพของชิ้นฝรั่งแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บในสภาพแช่เยือกแข็ง

นำชิ้นฝรั่งที่คั้นน้ำออกบางส่วนด้วยวิธีออสโมซิสในสารละลายทั้ง 3 ชนิด (ตามเวลาที่เลือกได้จากข้อ 2) ไปบรรจุลงในถุง PE/nylon แบบสุญญากาศ โดยไม่วางชิ้นฝรั่งซ้อนทับกันแล้วนำไปแช่เยือกแข็งโดยใช้ air blast freezer ที่อุณหภูมิ -35°C จนอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของชิ้นฝรั่งเป็น -18°C (อาทิตกร, 2554) นอกจากนี้จะใช้ตัวอย่างชิ้นฝรั่งสดที่ไม่ผ่านการออสโมซิสไปแช่เยือกแข็งที่สภาวะเดียวกันเพื่อใช้เป็นตัวอย่างควบคุม (control) เก็บตัวอย่างแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 ถึง 30 วัน เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่างๆในระหว่างการเก็บ โดยสุ่มตัวอย่างชิ้นฝรั่งแช่เยือกแข็งทุกสภาวะการทดลองออกมาละลายน้ำแข็งที่ 8°C เป็นเวลา 10 ชั่วโมง (Marani & others, 2007) จากนั้นนำมาตรวจสอบคุณภาพดังนี้

- ค่าร้อยละของการสูญเสียน้ำระหว่างการละลายน้ำแข็ง (% Drip loss) ซึ่งหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$DL(\%) = \frac{W_A - W_B}{W_A} \times 100 \quad (3)$$

เมื่อ W_A = มวลของตัวอย่างก่อนละลายน้ำแข็ง (g)

W_B = มวลของของตัวอย่างหลังละลายน้ำแข็ง (g)

- ปริมาณกรดแอสคอร์บิกหาโดยวิธีของ

Pearson (1976)

- ค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) หาโดยวิธีของ

Lowithun & Charoenrein (2009)

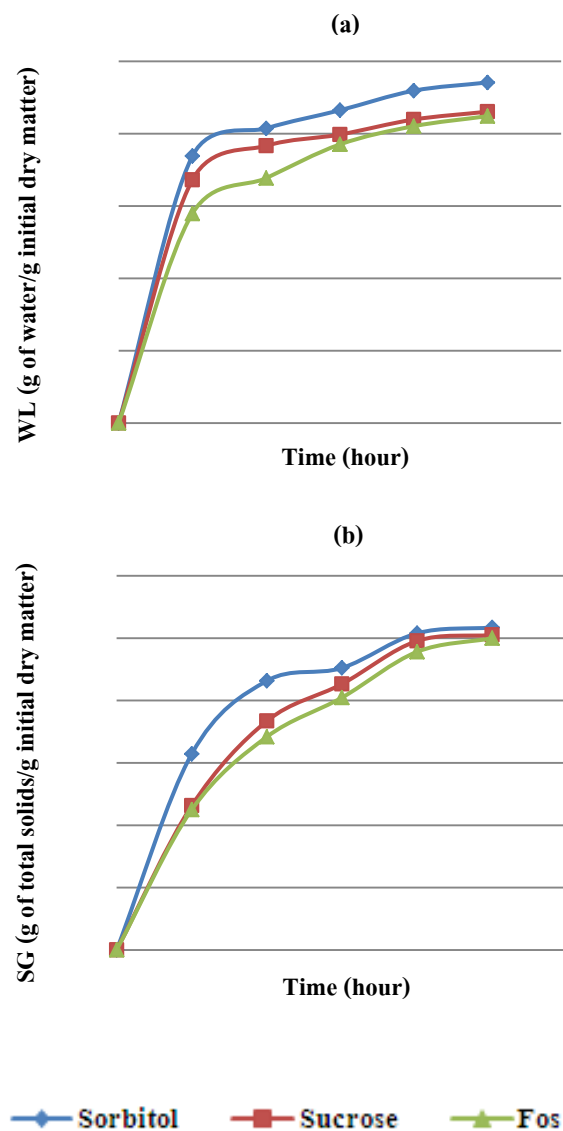
- การประเมินคะแนนความชอบทางด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และการยอมรับรวมของตัวอย่างหลังการละลายน้ำแข็ง โดยใช้ 9-point hedonic scale (Lowithun & Charoenrein, 2009) ใช้ผู้ทดสอบชิม 50 คน

ในการทดลองนี้ได้วางแผนการทดลองแบบ split plot โดยกำหนดให้เวลาเก็บเป็น main plot และชนิดของสารละลายออสโมติกเป็น sub plot วิเคราะห์

ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย treatment โดยวิธี Duncan's New multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้โปรแกรม SPSS for Windows ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

1. การสูญเสียน้ำ (Water loss) และการเพิ่มขึ้นของของแข็ง (Solid gain) ในชิ้นฝรั่ง



ภาพที่ 1 ค่าการสูญเสียน้ำ (a) และค่าการเพิ่มขึ้นของของแข็ง (b) ของเนื้อฝรั่งที่ออสโมซิสในสารละลายซูโครสซอร์บิทอลและ ฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนักที่อุณหภูมิ 45°C เป็นเวลา 0-5 ชั่วโมง

จากภาพที่ 1(a) และ 1(b) ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบค่าการสูญเสีย น้ำ (WL) และค่าการเพิ่มขึ้นของของแข็งในเนื้อฝรั่ง (SG) พบว่าค่าการสูญเสีย น้ำและค่าการเพิ่มขึ้นของของแข็งของตัวอย่างเนื้อฝรั่งที่ออสโมซิสด้วยสารละลายซอร์บิทอลจะสูงกว่าตัวอย่างฝรั่งที่ออสโมซิสด้วยสารละลายซูโครสและฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ ตามลำดับทั้งนี้ เป็นเพราะซอร์บิทอลมีมวลโมเลกุลต่ำกว่าซูโครสและฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ Lowithun and Charoenrein (2009) รายงานว่าที่ระดับความเข้มข้นที่เท่ากันสารที่มีมวลโมเลกุลต่ำกว่าจะทำให้เกิดค่าความดันออสโมติก (osmotic pressure) สูงกว่าจึงเป็นเหตุให้น้ำเคลื่อนที่ออกจากชิ้นอาหารได้มากกว่าและในขณะเดียวกันตัวถูกละลายที่มีขนาดเล็กกว่าก็สามารถที่จะเคลื่อนที่เข้าไปในชิ้นอาหารได้มากกว่าเช่นกัน ผลงานวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Contreras and Smyrl (1981) ซึ่งพบว่า high fructose corn syrup สามารถลดปริมาณน้ำในชิ้นผลไม้ และขณะเดียวกันก็เคลื่อนตัวแทรกผ่านเข้าไปในชิ้นผลไม้ได้มากกว่าซูโครสทั้งนี้ เพราะ high fructose corn syrup มีขนาดโมเลกุลเล็กกว่าซูโครสการออสโมซิสขึ้นฝรั่งในสารละลายแต่ละชนิดที่อุณหภูมิ 45°ซ มีค่าอัตราการสูญเสีย น้ำและอัตราการเพิ่มขึ้นของของแข็งในเนื้อฝรั่งสูงสุดที่เวลา 1 ชั่วโมง ($p \leq 0.05$) (ไม่ได้แสดงข้อมูล) ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงแรกของการออสโมซิสจะมีความแตกต่างของแรงดันออสโมติกระหว่างเนื้อฝรั่งและสารละลายน้ำตาลที่ใช้อยู่มาก และเมื่อเวลาในการออสโมซิสเพิ่มขึ้นจะทำให้ความแตกต่างของแรงดันออสโมติสลดลงเนื่องจากระบบพยายามเข้าสู่สมดุลทำให้ค่าอัตราการสูญเสีย น้ำและอัตราการเคลื่อนที่ของของแข็งเข้าสู่เนื้อฝรั่งลดลงด้วย (ซูทวีป, 2542) ดังนั้นการออสโมซิสขึ้นฝรั่งในสารละลายแต่ละชนิดที่ 45°ซ เป็นเวลา 1 ชั่วโมงจึงเป็นสภาวะที่ทำให้เกิดการถ่ายโอนมวลได้สูงสุดและถูกนำไปใช้สำหรับการทดลองขั้นต่อไป

2. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของขึ้นฝรั่งแช่เยือกแข็งหลังออสโมซิสในระหว่างการเก็บในสภาพแช่เยือกแข็ง

จากตารางที่ 1 พบว่า การออสโมซิสขึ้นฝรั่งด้วยสารละลายทั้ง 3 ชนิดก่อนการแช่เยือกแข็งทำให้ค่าร้อยละของการสูญเสีย น้ำในระหว่างการละลายน้ำแข็งน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะการออสโมซิสขึ้นฝรั่งในสารละลายทั้ง 3 ชนิดช่วยลดปริมาณน้ำที่สามารถกลายเป็นผลึกน้ำแข็งในขึ้นฝรั่งได้ ดังนั้นจึงลดการทำลายโครงสร้างของขึ้นฝรั่งในระหว่างการแช่เยือกแข็ง และเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการเก็บขึ้นฝรั่งในสภาพแช่เยือกแข็งทำให้ค่าร้อยละของการสูญเสีย น้ำในระหว่างการละลายน้ำแข็งมีแนวโน้มสูงขึ้น ทั้งนี้ เพราะเมื่อเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น จะเกิดการเกิดผลึกใหม่ (recrystallization) เพิ่มขึ้น ซึ่งการเกิดผลึกใหม่ส่งผลให้เกิดการทำลายโครงสร้างของเซลล์อาหารเพิ่มขึ้นและมีผลให้เกิดการสูญเสีย น้ำในระหว่างการละลายน้ำแข็งเพิ่มขึ้นนั่นเอง (Karel & others, 1975) ในตารางที่ 1 ยังแสดงให้เห็นว่าตัวอย่างเนื้อฝรั่งที่ผ่านการออสโมซิสด้วยสารละลายทั้ง 3 ชนิดมีความแน่นเนื้อ (ณ วันที่ 0 และ 30) สูงกว่าตัวอย่างเนื้อฝรั่งที่ไม่ผ่านการออสโมซิสอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และตัวอย่างที่ออสโมซิสด้วยซอร์บิทอลมีความแน่นเนื้อสูงกว่าตัวอย่างที่ออสโมซิสด้วยซูโครสและ ฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ตามลำดับ ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะซอร์บิทอลสามารถดึงน้ำออกจากขึ้นฝรั่งและแพร่เข้าไปในเนื้อเยื่อของขึ้นฝรั่งได้ดีกว่าสารชนิดอื่น ดังนั้นจึงส่งผลให้เกิดความแน่นเนื้อในตัวอย่างมากกว่านอกเหนือจากนี้ยังพบว่าที่เวลาการเก็บ 0 และ 30 วันตัวอย่างขึ้นฝรั่งแช่เยือกแข็งที่ผ่านการออสโมซิสด้วยสารละลายทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกหลังการละลายน้ำแข็งสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการออสโมซิสอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และหลังการละลายน้ำแข็งของขึ้นฝรั่งแช่เยือกแข็งที่ออสโมซิสด้วยสารละลายทั้ง 3 ชนิดมีปริมาณกรดแอสคอร์บิกหลังการละลายน้ำแข็งสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่ได้ผ่านการออสโมซิสก่อนแช่เยือกแข็งอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ตลอดช่วงการเก็บในสภาพแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 30 วัน ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะการออสโมซิสช่วยลดการทำลายเซลล์ของฝรั่งในระหว่างการแช่เยือกแข็งได้ ดังนั้นการสูญเสียกรดแอสคอร์บิกในระหว่างการละลายน้ำแข็งจึงลดลงผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Dermesonlouoglou and others (2007) ซึ่งรายงานว่า การออสโมซิสมะเขือเทศด้วยสารละลาย

glucose, high DE maltodextrin และสารละลายผสมระหว่าง oligofructose และ thehalose ที่ความเข้มข้นร้อยละ 56.5 โดยน้ำหนักก่อนนำไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -40°C มีปริมาณกรดแอสคอร์บิกสูงกว่าตัวอย่างแช่เยือกแข็งที่ไม่ผ่านการออสโมซิสตลอดช่วงการเก็บ 12 เดือนที่อุณหภูมิ -12 และ -20 °C

จากตารางที่ 2 ซึ่งแสดงค่าคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของเนื้อฝรั่งแช่เยือกแข็งที่เวลาการ

เก็บ 0 และ 30 วันพบว่าตัวอย่างฝรั่งแช่เยือกแข็งทั้งที่ผ่านและไม่ผ่านการออสโมซิสมีค่าคะแนนความชอบด้านกลิ่นและเนื้อสัมผัสที่ไม่ต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ตัวอย่างแช่เยือกแข็งที่ออสโมซิสด้วยสารละลายทั้ง 3 ชนิด มีค่าคะแนนความชอบด้านรสชาติและความชอบโดยรวมสูงกว่าตัวอย่างแช่เยือกแข็งที่ไม่ผ่านการออสโมซิสอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq 0.05$) ตลอดช่วงการเก็บ 30 วัน

ตารางที่ 1 ค่าการสูญเสีย น้ำในระหว่างการละลายน้ำแข็ง ค่าความแน่นเนื้อ และปริมาณกรดแอสคอร์บิกของเนื้อฝรั่งแช่เยือกแข็งหลังการออสโมซิสด้วยสารละลายชนิดต่างๆ ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 และ 30 วัน

Sample	Storage time (day)	Drip loss (% dry basis)	Firmness (g)	Ascorbic acid (mg/100 g sample)
Control	0	19.33±4.34 ^{bc}	3329.00±81.82 ^d	92.40±2.73 ^f
	30	24.46±0.18 ^a	3281.00±100.79 ^d	90.40±0.00 ^g
Sucrose	0	17.80±0.33 ^{bc}	3850.00±109.66 ^b	112.55±1.02 ^b
	30	19.41±0.30 ^{bc}	3766.75±109.53 ^{bc}	108.00±0.00 ^c
Sorbitol	0	16.67±2.30 ^c	4214.75±65.38 ^a	124.00±0.00 ^a
	30	18.51±1.7 ^c	4216.25±45.22 ^a	122.65±1.02 ^a
FOS	0	18.83±0.43 ^{bc}	3763.00±83.38 ^b	101.95±0.34 ^d
	30	22.30±0.51 ^{ab}	3673.50±113.29 ^c	98.05±0.34 ^c

หมายเหตุ: a, b.. ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน ในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 2 ค่าคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมของเนื้อฝรั่งแช่เยือกแข็งหลังการออสโมซิสด้วยสารละลายชนิดต่างๆ ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 0 และ 30 วัน

Sample	Storage time (day)	Sensory liking score				
		Color	Odor	Texture	Taste	Overall liking
Control	0	5.94±1.62 ^{ab}	5.76±1.83 ^a	5.08±2.09 ^a	4.34±1.80 ^c	4.81±1.76 ^c
	30	5.74±1.64 ^{ab}	5.58±1.79 ^a	5.10±1.98 ^a	4.30±1.76 ^c	4.80±1.67 ^c
Sucrose	0	6.18±1.78 ^{ab}	6.20±1.72 ^a	5.80±1.69 ^a	6.30±1.83 ^a	6.46±1.73 ^{ab}
	30	6.06±1.73 ^b	5.96±1.71 ^a	5.76±1.66 ^a	6.16±1.75 ^a	6.32±1.64 ^{ab}
Sorbitol	0	5.46±1.63 ^a	5.64±1.44 ^a	5.56±1.80 ^a	6.14±1.62 ^a	6.01±1.53 ^a
	30	5.34±1.52 ^{ab}	5.54±1.31 ^a	5.50±1.77 ^a	6.04±1.57 ^a	5.92±1.39 ^a
FOS	0	5.62±1.88 ^{ab}	5.88±1.69 ^a	5.34±1.83 ^a	5.34±1.64 ^b	5.60±1.59 ^b
	30	5.50±1.81 ^{ab}	5.70±1.61 ^a	5.30±1.82 ^a	5.18±1.57 ^b	5.58±1.58 ^b

หมายเหตุ: a, b.. ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน ในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

สรุปผลการวิจัย

อัตราการถ่ายโอนมวลสารในตัวอย่างชิ้นฝรั่งที่ออสโมซิสในสารละลายน้ำตาลซูโครส ซอร์บิทอล และฟรุกโตสโกลีโคแซ็กคาไรด์ ความเข้มข้นร้อยละ 50 (โดยน้ำหนัก) ที่อุณหภูมิ 45°C จะมีค่าสูงสุดที่ 1 ชั่วโมงแรกของการออสโมซิสตัวอย่างชิ้นฝรั่งแช่เยือกแข็งหลังการออสโมซิสมีค่าร้อยละการสูญเสียในระหว่างการละลาย (%drip loss) ต่ำกว่า แต่มีค่าความแน่นเนื้อ ปริมาณกรดแอสคอร์บิกและคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าตัวอย่างแช่เยือกแข็งที่ไม่ผ่านการออสโมซิส ดังนั้นการออสโมซิสด้วยสารละลายชนิดต่างๆก่อนการแช่เยือกแข็งจึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพของชิ้นฝรั่งแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ -20°C ได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่สนับสนุนเงินทุนวิจัยบางส่วน

เอกสารอ้างอิง

เขมวดี เพชรฤทธิ์. 2545. ผลของการใช้สารทรีฮาโลส น้ำตาลซูโครสและซอร์บิทอลเป็นไครโอโพรเทกแทนต์ต่อคุณภาพซูริมิที่ได้จากปลาน้ำจืดเศรษฐกิจ. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยีทางอาหาร) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุทธิวิทย์ ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา. 2542. การศึกษาสภาวะที่มีผลต่อการจัดน้ำออกจากมะม่วงแก้วด้วยวิธีออสโมซิสสำหรับการอบแห้ง.(วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต).ขอนแก่น. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เชวเลศ ตรีภรณ์สวัสดิ์. 2552. ปัจจัยที่ลดการสูญเสียจากความปลอดภัยของผู้บริโภค. วรรณสาร กรมวิชาการเกษตร.12(8): 2-3.

วิษณีย์ ยืนยงพุทธกาล. 2556. ปัจจัยที่มีผลต่อการคั่งน้ำออกจากวิธีออสโมซิสของผักและผลไม้. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 18(1): 226-233.

วรินทร์ สุทนดี. 2541. การศึกษาการเจริญทางด้านลำต้นและการสืบพันธุ์ของฝรั่งพันธุ์เป็นสีทอง. สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (โรนียว).

อาทิกร เหมะรุกลิน. 2554. ผลของการแช่เยือกแข็งหลังคั่งน้ำออกจากวิธีออสโมซิสต่อลักษณะคุณภาพของลำใยแช่เยือกแข็งในระหว่างการเก็บแบบแช่เยือกแข็ง. (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต).ขอนแก่น. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

AOAC. 2000. Official methods of analysis of AOAC international. Volume 2, 17th ed. AOAC international.

Contreras, JE., and Smyrl, TG. 1981. An evaluation of osmotic concentration of apple ring using consyrup solid solutions. Int J Food Sci Technol. 14(4): 310-314.

Dermesonlouoglou, EK., Giannakourou, P., and Taoukis, P. 2007. Stability of dehydrofrozen tomatoes pretreated with alternative osmotic solutes. J Food Eng. 78: 272-280.

Dermesonlouoglou, EK., and Taoukis, PS. 2006. Osmodehydrofreezing of sensitive fruit and vegetables: Effect on quality characteristics and shelf life. IU FoST World Congress 13th World Congress of Food Science & Technology.

- Karel, M., Fennema, OR., and Lund, DB. 1975.
Principles of food science Part II:Physical
principles of food preservation. Marcel
Dekker, New York.
- Lowithun, N., and Charoenrein, S. 2009. Influence of
osmodehydrofreezing with different sugars
on the quality of frozen rambutan.
International Journal of Food Science and
Technology. 44: 2183-2188.
- Marani, CM., Agnelli, ME., and Mascheroni, RH.
2007. Osmo-frozen fruits: mass transfer and
quality evaluation. J Food Eng. 79: 1122–
1130.
- Pearson, D. 1976. The chemical analysis of foods. 7th
ed. Churchill Livingstone, London, 576 pp.
- Tregunno, NB., and Goff, HD. 1996.
Osmodehydrofreezing of apples: structural
and textural effects. Food Res Int. 29: 471-
479.
- Vongsawasdi, P., Nopharatana, M., Jaengkajang, J.,
Sangpring, Y., and Yoochareonsuk, W. 2010. Effect
of Blanching, Citric Acid and Glycerol on Qualities
of Dried Coconut. Agricultural Sci. J. 41: 145-148.