Agricultural Sci. J. 43: 3 (Suppl.): 339-342 (2012) ว. วิทย. กษ. 43: 3 (พิเศษ): 339-342 (2555)

การลดการสูญเสียเนื้อสัมผัสของผลสตรอเบอรีแช่เยือกแข็ง โดยใช้สารละลายเกลือแคลเซียมและน้ำตาลซูโครส

Minimizing Texture Loss in Frozen Strawberry Fruits Using Calcium Salts and Sucrose Solutions

ปัฐมาภรณ์ กองเจริญ[1] นิธิยา รัตนาปนนท์[1] และ สุจินดา ศรีวัฒนะ[2]
Pattamaporn Kongjarern[1], Nithiya Rattanapanone[1] and Sujinda Sriwattana[2]

Abstract

Various concentrations [0.5-3% (w/v)] of four calcium salts (calcium chloride, calcium propionate, calcium gluconate and calcium lactate) were tested for their effects on the fruit firmness of strawberry cultivar 329. The results showed that 1% calcium chloride, 1% calcium propionate, 1.5% calcium gluconate and 1% calcium lactate maintained fruit firmness the best. After strawberries were immersed in the most appropriate calcium salt solutions, they were individually quick-frozen, packed in low-density polyethylene bags, sealed and stored at -18°C for 12 weeks. The frozen fruits were sampled every three weeks and defrosted by immersing in 60% (w/v) sucrose solutions containing 0, 0.5 or 1.0% (w/v) calcium chloride at 25°C for 16 hours. They were compared with the control fruits which were defrosted without immersion under the same conditions. The firmness of defrosted fruits in each treatment was determined. The results showed that immersing in 1% (w/v) calcium lactate and defrosting in 60% (w/v) sucrose solution containing 1.0% (w/v) calcium chloride could maintain fruit firmness the best.

Keywords: strawberry fruit, calcium salts, firmness

บทคัดย่อ

เกลือแคลเซียม 4 ชนิด (แคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมโพรพิโอเนต แคลเซียมกลูโคเนต และแคลเซียมแล็กเทต) ที่ความเข้มข้น 6 ระดับ [0.5-3% (w/v)] นำมาใช้ทดสอบการรักษาความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรีสายพันธุ์ 329 ผลการทดลองพบว่าเกลือแคลเซียมคลอไรด์ 1% แคลเซียมโพรพิโอเนต 1% แคลเซียมกลูโคเนต 1.5% และแคลเซียมแล็กเทต 1% ช่วยรักษาความแน่นเนื้อได้ดีที่สุด ภายหลังการจุ่มผลสตรอเบอรีในสารละลายเกลือแคลเซียมที่ให้ผลดีแต่ละชนิดแล้วนำผลสตรอเบอรีไปแช่เยือกแข็งแบบเร็ว บรรจุลงถุงพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ ปิดผนึก และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 สัปดาห์ สุ่มตัวอย่างออกมาทุก 3 สัปดาห์ หลอมละลายโดยการแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 60% (w/v) ที่มีเกลือแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0, 0.5 หรือ 1.0% (w/v) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับผลสตรอเบอรีที่ไม่ได้แช่ในสารละลายใดๆ วัดความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรีที่หลอมละลายแล้ว พบว่าการจุ่มในสารละลายเกลือแคลเซียมแล็กเทต 1% (w/v) แล้วหลอมละลายในสารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 60% (w/v) ที่มีเกลือแคลเซียมคลอไรด์ 1% (w/v) สามารถรักษาความแน่นเนื้อได้ดีที่สุด

คำสำคัญ: สตรอเบอรี เกลือแคลเซียม ความแน่นเนื้อ

คำนำ

สตรอเบอรี (*Fragaria ananassa* Duch.) เป็นผลไม้ที่คนนิยมบริโภคกันมากเนื่องจากมีสีสันสวยงาม มีกลิ่นหอมและรสชาติดี ผลสตรอเบอรีสุกอุดมด้วยวิตามินซีและแอนโทไซยานิน ซึ่งมีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน ผลสตรอเบอรีสามารถบริโภคได้ทั้งผลสดและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ แต่เนื่องจากสตรอเบอรีเป็นผลไม้ชนิด non-climacteric จึงต้องเก็บเกี่ยวขณะที่ผลสุกแล้ว ทำให้มีอายุการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวค่อนข้างสั้น ประกอบกับฤดูผลิตของผลสตรอเบอรีมีเฉพาะช่วงฤดูหนาว ทำให้โรงงานอุตสาหกรรมต้องเก็บรักษาผลสตรอเบอรีไว้ในรูปแช่เยือกแข็ง หลังจากนั้นจึงนำผลสตรอเบอรีมาหลอมละลายก่อนนำไปแปรรูป ส่งผลให้ผลสตรอเบอรีมีเนื้อสัมผัสนิ่มเละ เนื่องจากโครงสร้างของผลสตรอเบอรีถูกทำลายขณะแช่เยือกแข็ง

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50100
[1] Division of Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50100
[2] สาขาวิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50100
[2] Division of Product Development Technology, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50100

และระหว่างการหลอมละลาย (Galetto *et al*., 2010) สารละลายแคลเซียมไอออนช่วยรักษาความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรีได้ เนื่องจากแคลเซียมไอออนจะจับกับเพกทินที่อยู่ในโครงสร้างผนังเซลล์ของผลสตรอเบอรี ทำให้โครงสร้างเพกทินยึดติดกันแน่นขึ้น (Chen *et al*., 2011; Suutarinen *et al*., 2000) จึงทำให้ผลสตรอเบอรีมีความแน่นเนื้อดี เกลือแคลเซียมที่นิยมใช้ได้แก่ แคลเซียมคลอไรด์ใช้ได้ผลดีกับผลสตรอเบอรี (Chen *et al*., 2011; Galetto *et al*., 2010; Suutarinen *et al*., 2000) แคลเซียมโพรพิโอเนตใช้กับผลแตงเทศ (Aguayo *et al*., 2008) แคลเซียมกลูโคเนตใช้กับผลสตรอเบอรี (Han *et al*., 2004; Hernández-Muñoz *et al*., 2008) และแคลเซียมแล็กเทตใช้กับผลแตงเทศ (Aguayo *et al*., 2008; Luna-Guzmán and Barrett, 2000) และผลสตรอเบอรี (Han *et al*., 2004) งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาเปรียบเทียบชนิดและความเข้มข้นของสารละลายเกลือแคลเซียมที่ใช้จุ่มผลสตรอเบอรีก่อนการแช่เยือกแข็ง และผลของสารละลายน้ำตาลซูโครสและแคลเซียมคลอไรด์ ซึ่งใช้แช่ผลสตรอเบอรีแช่เยือกแข็งในระหว่างการหลอมละลายต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลสตรอเบอรีภายหลังการหลอมละลาย

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกความเข้มข้นของเกลือแคลเซียมที่เหมาะสม

ผลสตรอเบอรีสดสายพันธุ์ 329 ซื้อมาจากสวนเกษตรกรผู้ปลูกใน อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่ ในระยะผลสุกเต็มที่ ผลมีสีแดงตลอดทั้งผล นำผลสตรอเบอรีมาตัดขั้วออก ล้างด้วยน้ำประปา 1 ครั้ง ปล่อยให้สะเด็ดน้ำ 15 นาที หลังจากนั้นนำผลสตรอเบอรีมาจุ่มในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมโพรพิโอเนต แคลเซียมกลูโคเนต หรือแคลเซียมแล็กเทตที่ความเข้มข้น 7 ระดับ คือ 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0% (w/v) เป็นเวลา 15 นาที (García *et al*., 1996) ปล่อยให้สะเด็ดน้ำและผึ่งให้แห้งประมาณ 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำมาวัดความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี โดยใช้เครื่อง texture analyzer (TA-XTi/50, UK) วัดค่าแรงเจาะทะลุเป็น หน่วยนิวตัน ด้วยหัวเจาะทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ความเร็วในการเจาะทะลุ 1 มิลลิเมตรต่อวินาที วัดค่าสี (L*, chroma, hue angle) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่าพีเอช และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปกรดซิตริก (AOAC, 2000)

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลสตรอเบอรีแช่เยือกแข็งภายหลังการหลอมละลาย

นำผลสตรอเบอรีมาจุ่มลงในสารละลายเกลือแคลเซียมแต่ละชนิด โดยใช้ความเข้มข้นที่ให้ผลดีที่สุดจากการทดลองข้างต้น เป็นเวลา 15 นาที ปล่อยให้สะเด็ดน้ำและผึ่งให้แห้งประมาณ 15 นาที ที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นนำไปแช่เยือกแข็งแบบเร็ว บรรจุลงถุงพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำถุงละ 500 กรัม ปิดผนึก และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 สัปดาห์ วัดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทุก 3 สัปดาห์ โดยนำผลสตรอเบอรีแช่เยือกแข็งมาหลอมละลายโดยการแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 60% (w/v) ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ผสมอยู่ 0, 0.5 และ 1.0% (w/v) ในอัตราส่วนผลสตรอเบอรีต่อสารละลายน้ำตาลซูโครสเท่ากับ 1:1 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง นำตัวอย่างมาวัดความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรี ปริมาณของเหลวที่ไหลออกมา (drip loss) ค่าสี (L*, chroma, hue angle) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่าพีเอช และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปกรดซิตริก (AOAC, 2000)

ผลและวิจารณ์ผล

ผลการคัดเลือกความเข้มข้นของเกลือแคลเซียมที่เหมาะสม

ผลการทดลอง พบว่าความเข้มข้นของสารละลายเกลือแคลเซียมแต่ละชนิดที่เหมาะสมสำหรับจุ่มผลสตรอเบอรีสายพันธุ์ 329 คือ สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 1% แคลเซียมโพรพิโอเนต 1% แคลเซียมกลูโคเนต 1.5% และแคลเซียมแล็กเทต 1% (Figure 1) เนื่องจากเป็นความเข้มข้นน้อยที่สุดที่ทำให้ผลสตรอเบอรีสดมีความแน่นเนื้อมากที่สุด ส่วนคุณภาพด้านอื่นๆ ของผลสตรอเบอรีภายหลังจุ่มในสารละลายเกลือแคลเซียมแต่ละชนิด และความเข้มข้นแตกต่างกันได้แก่ ค่าสี ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่าพีเอช และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปกรดซิตริก ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ระยะเวลาที่เหมาะสมในการจุ่มผลสตรอเบอรีในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ให้ความแน่นเนื้อสูงที่สุด คือ 15 นาที และยังพบว่าการจุ่มผลสตรอเบอรีสดในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์เป็นเวลานานกว่า 15 นาที ทำให้ความแน่นเนื้อลดลง (Suutarinen *et al*., 2000)

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลสตรอเบอรีแช่เยือกแข็งภายหลังการหลอมละลาย

ความแน่นเนื้อ

ผลสตรอเบอรีสดที่จุ่มในสารละลายเกลือแคลเซียมแล็กเทต 1% ก่อนการแช่เยือกแข็งภายหลังการหลอมละลายมีความแน่นเนื้อมากที่สุด (Figure 2) โดยมีความแน่นเนื้อมากกว่าผลสตรอเบอรีที่ไม่ได้จุ่มในสารละลายใด ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Main *et al*. (1986) ซึ่งจุ่มผลสตรอเบอรีในสารละลายแคลเซียมแล็กเทตก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง และผลงานวิจัยของ Suutarinen *et al*. (2002) ซึ่งจุ่มผลสตรอเบอรีในสารละลายเกลือแคลเซียมเปรียบเทียบกับผลสตรอเบอรีที่ไม่ได้จุ่มในสารใดก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง แต่ให้ผลตรงกันข้ามกับงานวิจัยของ Geletto *et al*. (2010) ซึ่งจุ่มผลสตรอเบอรีสดในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง พบว่าหลังนำมาหลอมละลายผลสตรอเบอรีมีความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลสตรอเบอรีที่ไม่ได้จุ่มในสารละลายใด และการหลอมละลายผลสตรอเบอรีโดยการแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสที่มีแคลเซียมคลอไรด์ 1% ทำให้ผลสตรอเบอรีมีความแน่นเนื้อมากที่สุด เนื่องจากโมเลกุลของน้ำตาลช่วยให้โครงสร้างของผนังเซลล์ไม่ยุบตัว และแคลเซียมไอออนช่วยทำให้โครงสร้างเพกทินในผลสตรอเบอรียึดติดกันแน่นขึ้น (Suutarinen *et al*., 2002)

ปริมาณของเหลวที่ไหลออกมา

การจุ่มผลสตรอเบอรีในสารละลายเกลือแคลเซียมก่อนการแช่เยือกแข็ง ช่วยลดปริมาณของเหลวที่ไหลออกมาจากผลสตรอเบอรีขณะหลอมละลายได้ เมื่อเปรียบเทียบกับผลสตรอเบอรีที่ไม่ได้จุ่มในสารละลายใดก่อนการแช่เยือกแข็ง ปริมาณของเหลวที่ไหลออกมาจากผลสตรอเบอรีที่หลอมละลาย โดยการแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสที่มีแคลเซียมคลอไรด์ผสมอยู่ 0, 0.5 และ 1.0% ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับการหลอมละลายโดยไม่แช่ในสารละลายใด พบว่าการหลอมละลายโดยการแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสที่มีแคลเซียมคลอไรด์ผสมอยู่ 0, 0.5 และ 1.0% มีปริมาณของเหลวที่ไหลออกมาน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งปริมาณของเหลวที่ไหลออกมาของผลสตรอเบอรีแต่ละสายพันธุ์แตกต่างกัน แม้จะใช้วิธีการในการรักษาก่อนการแช่เยือกแข็งเหมือนกัน (Galetto *et al*., 2010)

ค่าสี ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่าพีเอช และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้

ผลสตรอเบอรีที่จุ่มในสารละลายเกลือแคลเซียมต่างชนิดกันก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง เมื่อนำมาหลอมละลาย มีค่าสี (L*, chroma, hue angle) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลสตรอเบอรีที่ไม่ได้จุ่มในสารละลายก่อนการแช่เยือกแข็ง และการหลอมละลายโดยการแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสที่มีแคลเซียมคลอไรด์ผสมอยู่ 0, 0.5 และ 1.0% มีค่าสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลสตรอเบอรีที่หลอมละลายโดยไม่ได้แช่ในสารละลายใด การจุ่มผลสตรอเบอรีในสารละลายเกลือแคลเซียมต่างชนิดกันก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง เมื่อนำมาหลอมละลายพบว่ามีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่าพีเอช และปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปกรดซิตริก ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับผลสตรอเบอรีที่ไม่ได้จุ่มในสารใดก่อนการแช่เยือกแข็ง แต่การหลอมละลายโดยแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสที่มีแคลเซียมคลอไรด์ผสมอยู่ 0, 0.5 และ 1.0% ทำให้ผลสตรอเบอรีมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และค่าพีเอชเพิ่มขึ้น ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ที่มีค่าลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Haminiuk *et al*. (2004)

สรุป

การจุ่มผลสตรอเบอรีสดสายพันธุ์ 329 ในสารละลายเกลือแคลเซียมแล็กเทต 1% (w/v) เป็นเวลา 15 นาที ก่อนนำไปแช่เยือกแข็ง และหลอมละลายโดยการแช่ในสารละลายน้ำตาลซูโครสความเข้มข้น 60% (w/v) ที่มีแคลเซียมคลอไรด์ 1% (w/v) สามารถรักษาความแน่นเนื้อของผลสตรอเบอรีได้ดีที่สุด

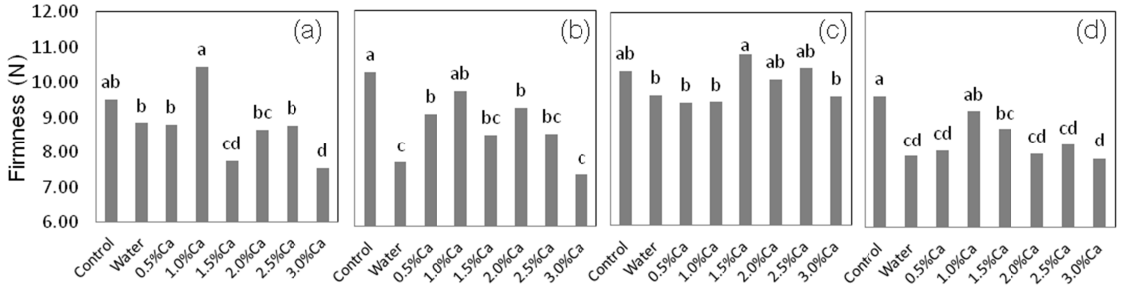

Figure 1 Firmness of strawberry fruit after dipping in various concentrations (0.0-3%) of calcium chloride (a), calcium propionate (b), calcium gluconate (c) and calcium lactate (d)

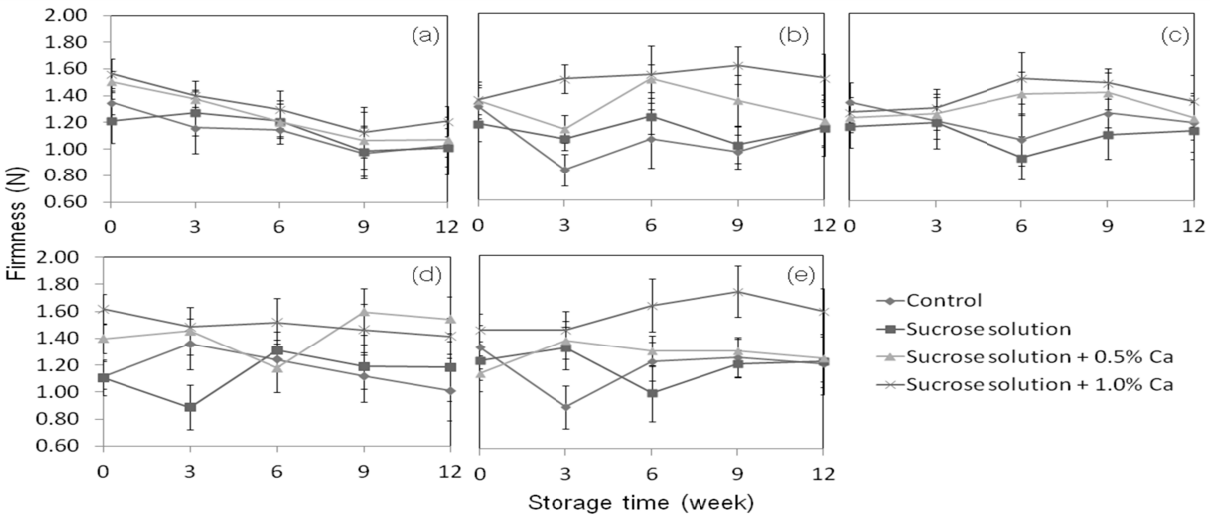

Figure 2 Firmness of thrawed control strawberry (a) thrawed strawberry pretreated with 1% calcium chloride (b), 1% calcium propionate (c), 1.5% calcium gluconate (d) and 1% calcium lactate (e) during storage

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิตสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (MAG Window I) และบริษัทลานนาเกษตรอุตสาหกรรมจำกัด ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัยทุน สกว.-อุตสาหกรรมที่ให้ทุนอุดหนุนในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Aguayo, E., V.H. Escalona and F. Artés. 2008. Effect of hot water treatment and various calcium salts on quality of fresh-cut 'Amarillo' melon. *Postharvest Biology and Technology* 47: 397-406.

AOAC International. 2000. *Official methods of analysis of AOAC International*. 17th edition. Gaithersburg, Maryland, USA, Association of Analytical Communities.

Chen, F., H. Liu, H. Yang, S. Lai, X. Cheng, Y. Xin, B. Yang, H. Hou, Y. Yao, S. Zhang, G. Bu and Y. Deng. 2011. Quality attributes and cell wall properties of strawberries (*Fragaria annanassa* Duch.) under calcium chloride treatment. *Food Chemistry* 126: 450-459.

Galetto, C.D., R.A. Verdini, S.E. Zorrilla and A.C. Rubiolo, 2010. Freezing of strawberries by immersion in $CaCl_2$ solutions. *Food Chemistry* 123: 243-248.

García, J.M., S. Herrera and A. Morilla. 1996. Effects of postharvest dips in calcium chloride on strawberry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44: 30-33.

Haminiuk, C.W.I., C.R.G. Oliveira, P.S.G. Fountoura, R.J.S.F. José, and R.M.V. Bezerra. 2004. Effect of freezing and osmotic dehydration on strawberry of the 'Chandler' variety. *Revista Ciências Exatas e Naturais* 6: 257-264.

Han, C., Y. Zhao, S.W. Leonard and M.G. Traber. 2004. Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria x ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). *Postharvest Biology and Technology* 33: 67-78.

Hernández-Muñoz, P., E. Almenar, V.D. Valle, D. Velez and R. Gavara. 2008. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria x ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry* 110: 428-435.

Luna-Guzmán, I. and D.M. Barrett. 2000. Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes. *Postharvest Biology and Technology* 19: 61-72.

Main, G.L., J.R. Morris and E.J. Wehunt. 1986. Effect of preprocessing treatments on the firmness and quality characteristics of whole and sliced strawberries after freezing and thermal processing. *Journal of Food Science* 51: 391-394.

Suutarinen, J., K. Heiska, P. Moss and K. Autio. 2000. The effects of calcium chloride and sucrose prefreezing treatments on the structure of strawberry tissues. *LWT-Food Science and Technology* 33: 89-102.

Suutarinen, J., K. Honkapää, R.L. Heiniö, K. Autio, A. Mustranta, S. Karppinen, T. Klutamo, H. Llukkonen-Llja and M. Mokkila. 2002. Effects of calcium chloride-based prefreezing treatments on the quality factors of strawberry jams. *Journal of Food Science* 67: 884-894.