

ผลของออสโมติกทรีทเม้นต์และสภาวะพัฟฟิงต่อเวลาการอบแห้งและสมบัติทางกายภาพของกล้วยแผ่น
Effects of osmotic treatment and puffing conditions on drying times and physical properties of
banana slices

สุรพิชญ์ ทับเที่ยง¹ สมเกียรติ ปรัชญาวารากร² และ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์¹
Surapit Tabtiang¹, Somkiat Prachayawarakorn² and Somchart Soponronnarit¹

Abstract

Crispy fried “Kluai Nam Wa” banana (*Musa sapientum* Linn) slices remains high in vegetable oil content which may affect health of consumers. Producing fat-free crispy banana snack using a puffing technique is an alternative method. However, because banana contains glucose and fructose, the browning reactions take place during puffing at high temperature, leading to intensive brown color development. To limit the browning reactions, osmotic pretreatment can be utilized. The objective of this study was to investigate the effects of osmotic dehydration time (15, 30 and 45 min), puffing temperature (180, 200 and 220°C) and puffing time (1.5, 2 and 2.5 min) on the drying time and textural property and color of banana. The results showed that the osmotic time, puffing temperature significantly affected the degree of browning, texture, drying time and shrinkage. The longer osmotic time resulted in the higher extent of shrinkage, less browning as manifested in color parameters of hue angle and L-values, less crispiness and more hardness. Higher puffing temperature and longer puffing time caused shorter drying time, more crispness and less hardness and less shrinkage but browner. To obtain crispy banana slices with less brown color, 30 min osmotic time, 200°C puffing temperature and 2.5 min puffing time were recommended.

Keywords: osmotic pretreatment, puffing, texture, color, fat-free snack

บทคัดย่อ

กล้วยอบกรอบจากการทอดมีน้ำมันคงเหลือในปริมาณมากซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค ดังนั้นการผลิตกล้วยอบกรอบที่ไม่ใช้น้ำมันโดยกระบวนการพัฟฟิงเป็นทางเลือกหนึ่ง อย่างไรก็ตามเนื่องจากกล้วยมีน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโทส ขณะพัฟฟิงกล้วยอุณหภูมิสูงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเข้ม ออสโมซิสในสารละลายน้ำตาลซูโครสสามารถลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของเวลาออสโมซิส (15, 30 และ 45 นาที) อุณหภูมิพัฟฟิง (180, 200 และ 220°C) และระยะเวลาพัฟฟิง (1.5, 2 และ 2.5 นาที) ที่มีต่อเนื้อสัมผัส การหดตัว สี และระยะเวลาของการอบแห้ง จากผลการทดลองพบว่าระยะเวลาออสโมซิส อุณหภูมิ และเวลาพัฟฟิงส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อระดับของการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล เนื้อสัมผัส ระยะเวลาในการอบแห้งและการหดตัวของกล้วย ระยะเวลาออสโมซิสนานขึ้นส่งผลให้กล้วยมีการหดตัวมาก ความกรอบลดลง แข็ง แต่มีสีน้ำตาลลดลงดังแสดงด้วยค่า hue angle และ L-values อุณหภูมิพัฟฟิงสูงขึ้นส่งผลให้ระยะเวลาในการอบแห้งสั้นลง กล้วยกรอบมากขึ้น แข็งน้อยลง และการหดตัวลดลง แต่กล้วยมีสีน้ำตาลเข้มขึ้น จากตัวแปรต่าง ๆ ที่ศึกษานี้ภายใต้เงื่อนไขดังกล่าวข้างต้น กล้วยควรออสโมซิสเป็นระยะเวลา 30 นาที อุณหภูมิพัฟฟิง 200°C และระยะเวลาพัฟฟิง 2.5 นาที ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเป็นกล้วยอบกรอบ

คำสำคัญ : ออสโมติกทรีทเม้นต์ พัฟฟิง เนื้อสัมผัส สี ขนหนุบเคี้ยวไร้มัน

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

¹ Energy Technology Division, School of Energy Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Tungkr, Bangkok 10140

² ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

² Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Tungkr, Bangkok 10140

คำนำ

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวมีการเติบโตอย่างรวดเร็ว ซึ่งขนมขบเคี้ยวในท้องตลาดส่วนมากมักแปรรูปด้วยการทอดซึ่งส่งผลให้เกิดกลิ่นเหม็นเมื่อเก็บเป็นระยะเวลาหนึ่งเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างน้ำมันที่อยู่ในอาหารกับออกซิเจน นอกจากนี้ปริมาณน้ำมันที่คงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์สูงยังส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภค ด้วยเหตุนี้แนวโน้มความต้องการขนมขบเคี้ยวที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายของผู้บริโภค มีแคลลอรี่และไขมันต่ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (Global Industry Analysis, GIA) ดังนั้นการผลิตอาหารขบเคี้ยวไร้ไขมันจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจต่อผู้บริโภคสมัยใหม่ การผลิตขนมขบเคี้ยวไร้ไขมันสามารถใช้กระบวนการอบแห้งด้วยอุณหภูมิสูง (พัฟฟิง) ซึ่งส่งผลให้น้ำในอาหารเกิดการระเหยอย่างรวดเร็วจึงเกิดแรงดันไอน้ำกระทำต่ออาหารช่วยให้อาหารมีความพรุนสูง (Hofsetz *et al.*, 2007) และพองตัวมากขึ้น เจือไนซ์ของพัฟฟิงมีหลายปัจจัยด้วยกัน เช่น ความชื้นของอาหารก่อนพัฟฟิง, อุณหภูมิพัฟฟิงและเวลาพัฟฟิง ตัวแปรทั้งสามมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดภายใต้สภาวะที่เหมาะสมผลิตภัณฑ์จะมีการพองตัวมากหรือหดตัวน้อยลง อาหารจึงมีความแน่นเมื่อลดลงดังนั้นเนื้อสัมผัสจึงมีความแข็งลดลง จากรายงานการวิจัยของผลิตภัณฑ์อาหารพบว่าเวลาและอุณหภูมิพัฟฟิงจะเร่งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลส่งผลให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีสีน้ำตาลคล้ำมากขึ้น ซึ่งอาจลดความสนใจจากผู้บริโภคได้ การลดปฏิกิริยาสีน้ำตาลสามารถกระทำได้โดยวิธีที่หมิ่นที่ก่อนการอบแห้ง เช่น กระบวนการออสโมซิสด้วยสารละลายซูโครส ในขณะที่ออสโมซิสน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแพร่ออกจากเนื้อกล้วย (Shi and Xue, 2009) ส่งผลให้ลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล จากรายงานการวิจัยของ Tabtiang *et al.* (2010) พบว่าเมื่อออสโมซิสกล้วยด้วยสารละลายซูโครสเป็นเวลานานสามารถลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้แต่ส่งผลให้เนื้อสัมผัสของกล้วยหลังพัฟฟิงแข็งและเปราะมากซึ่งอาจไม่เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค ดังนั้นในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิพัฟฟิง เวลาพัฟฟิง และเวลาออสโมซิส ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์กล้วยกรอบ ได้แก่ สี การหดตัว และเนื้อสัมผัส รวมทั้งเวลารวมของกระบวนการอบแห้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

นำกล้วยน้ำว้าที่มีปริมาณของแข็งละลายได้ที่ 20-23° brix มาหั่นขวางให้มีขนาดหนา 3.5 มม. แล้วนำไปปลอกด้วยน้ำร้อน 1 นาที หลังจากนั้นจึงนำกล้วยแผ่นแช่สารละลายซูโครสเข้มข้น 30° brix เป็นระยะเวลา 15, 30 และ 45 นาที แล้วนำมาอบแห้ง 3 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 90°C จนกระทั่งความชื้นเหลือเพียง 30% d.b. แล้วนำกล้วยแผ่นไปพัฟฟิงด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่อุณหภูมิ 180, 200 และ 220°C เป็นระยะเวลา 90, 120 และ 150 วินาที และอบแห้งในขั้นตอนสุดท้ายด้วยลมร้อนเหมือนกับขั้นตอนแรกจนกระทั่งความชื้นในกล้วยแผ่นเหลืออยู่ไม่เกิน 4% d.b. สุดท้ายนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทดสอบคุณภาพด้านสี การหดตัวและเนื้อสัมผัส ซึ่งจากการทดลองพบว่าปัจจัยของเวลาพัฟฟิงส่งผลต่อคุณภาพของกล้วยแผ่นน้อยกว่าปัจจัยของอุณหภูมิพัฟฟิงและเวลาออสโมซิส ดังนั้นการนำเสนอข้อมูลจึงได้นำเสนอผลของปัจจัยอุณหภูมิพัฟฟิงและเวลาการออสโมซิสต่อคุณภาพด้านต่าง ๆ ของกล้วยแผ่น โดยใช้ข้อมูลของระยะเวลาพัฟฟิงเฉลี่ยของ 90, 120 และ 150 วินาที

ผลและวิจารณ์

Figure 1 แสดงผลของอุณหภูมิพัฟฟิงและเวลาออสโมซิสต่อระยะเวลาการอบแห้งของกล้วยพัฟ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิพัฟฟิงให้สูงขึ้นและลดระยะเวลาออสโมซิสส่งผลให้เวลาอบแห้งกล้วยสั้นลง เนื่องจากอุณหภูมิพัฟฟิงที่สูงขึ้นช่วยให้ความชื้นในอาหารเคลื่อนตัวออกนอกกล้วยแผ่นได้มากขึ้น หลังพัฟฟิงความชื้นที่เหลืออยู่ในกล้วยน้อยลง ดังนั้นเมื่อนำกล้วยอบแห้งต่อในขั้นตอนสุดท้ายจะใช้เวลาอบแห้งสั้นลง ส่วนระยะเวลาออสโมซิสที่ลดลงจะส่งผลให้น้ำตาลซูโครสแพร่เข้าสู่เนื้อกล้วยในปริมาณที่น้อยลง (ไม่ได้แสดงผล) ซึ่งน้ำตาลที่แพร่เข้าสู่เนื้อกล้วยเป็นตัวขัดขวางการเคลื่อนตัวของน้ำออกจากอาหารขณะอบแห้ง (Antonio *et al.*, 2008) ดังนั้นน้ำในกล้วยที่ออสโมซิสด้วยเวลาสั้นจะเคลื่อนตัวออกนอกกล้วยได้สะดวกและรวดเร็วกว่าน้ำในกล้วยที่ผ่านการออสโมซิสเป็นระยะเวลาหนึ่งส่งผลให้ลดระยะเวลาการอบแห้งได้

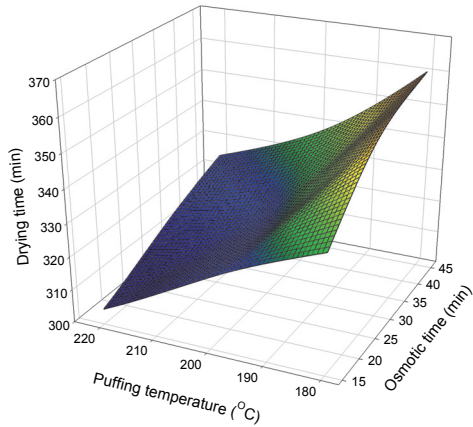


Figure 1 Effects of puffing temperature and osmotic time on drying time

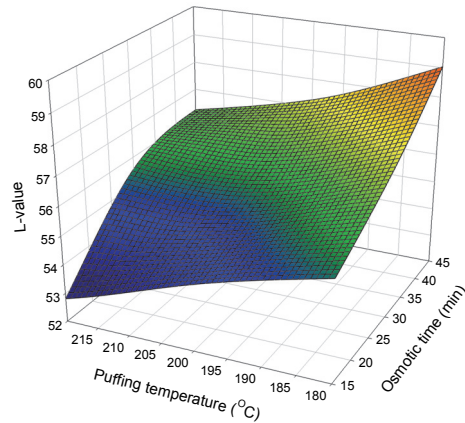


Figure 2 Effects of puffing temperature and osmotic time on L-value

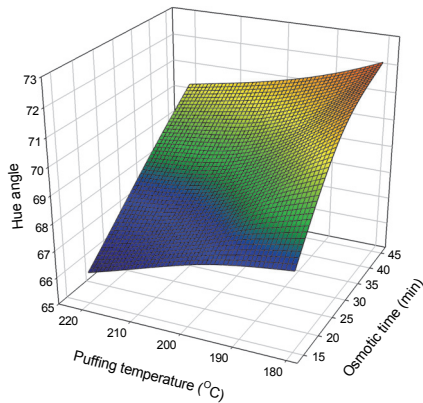


Figure 3 Effects of puffing temperature and osmotic time on Hue angle

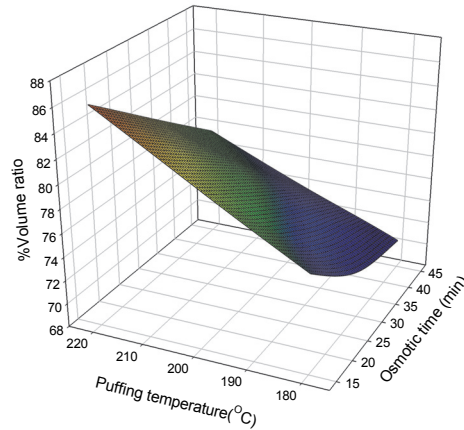


Figure 4 Effects of puffing temperature and osmotic time on % volume ratio

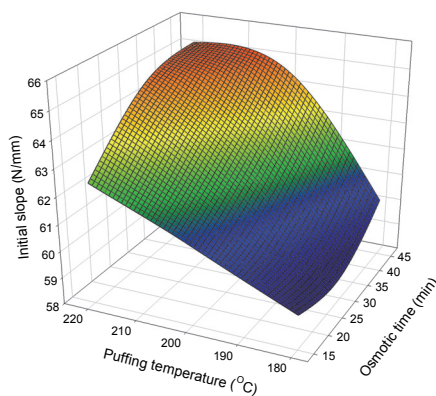
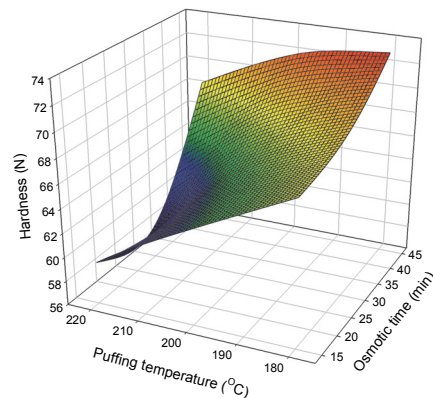


Figure 5 Effects of puffing temperature and osmotic time on hardness and initial slope of osmotic banana slices



Figures 2 และ 3 แสดงผลของอุณหภูมิพัฟฟิงและเวลาออสโมซิสต่อสีของกล้วยอบแห้ง ลักษณะสีของกล้วยแผ่น แสดงด้วย L-value ซึ่งเป็นค่าที่แสดงความสว่างมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 และ Hue angle ซึ่งเป็นตัวเลขที่ระบุโทนสีในรูปองศาโดย ที่ 0° มีสีแดง และ 90° มีสีเหลือง โทนสีที่อยู่ระหว่างนี้จะเปลี่ยนไปตามองศา ลักษณะสีโดยรวมของกล้วยพัฟทุกสภาวะการ อบแห้งจะมีสีเหลืองอมสีน้ำตาล กล้วยแผ่นหลังพัฟฟิงที่อุณหภูมิ 180°C และใช้เวลาออสโมซิส 45 นาที มีสีโดยรวมเป็นสี

เหลืองอมสีน้ำตาลอ่อน ซึ่งแสดงด้วยค่า L-value และ hue angle เท่ากับ 59 และ 73° ตามลำดับ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิพัฟฟิงสูงขึ้นและลดระยะเวลาออสโมซิสส่งผลให้กล้วยแผ่นอบแห้งมีสีเหลืองลดลงและมีสีน้ำตาลคล้ำมากขึ้น กล้วยแผ่นที่พัฟฟิงด้วยอุณหภูมิ 220°C และเวลาออสโมซิส 15 นาที มีสีน้ำตาลคล้ำมากที่สุดและมีสีรวมเป็นสีเหลืองอมสีน้ำตาลแก่ แสดงด้วยค่า L-value และ hue angle เท่ากับ 53 และ 65° ทั้งนี้เนื่องมาจากอุณหภูมิพัฟฟิงที่สูงมากขึ้นจะเร่งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลของกล้วยแผ่น แต่ถ้าเวลาออสโมซิสเพิ่มขึ้นส่งผลให้สีของกล้วยแผ่นมีสีน้ำตาลคล้ำลดลงและมีความสว่างและเหลืองมากขึ้นในทุกๆระดับอุณหภูมิพัฟฟิงเพราะการเพิ่มเวลาออสโมซิสส่งผลให้น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่อยู่ในกล้วยลดลง (ไม่ได้แสดงผล) จึงลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลของกล้วยขณะพัฟฟิง

Figure 4 แสดงผลของอุณหภูมิพัฟฟิงและเวลาออสโมซิสต่อค่าการหดตัวซึ่งแสดงในเทอมของ % volume ratio: ปริมาตรกล้วยหลังอบแห้งหารด้วยปริมาตรกล้วยออสโมซิสก่อนอบแห้งและ Figure 5 แสดงผลของอุณหภูมิพัฟฟิงและเวลาออสโมซิสต่อค่าความแข็ง (Hardness) และความชันเริ่มต้น (Initial slope) ของกล้วยแผ่น การเพิ่มอุณหภูมิพัฟฟิงและลดเวลาออสโมซิสส่งผลให้กล้วยแผ่นมีการหดตัวน้อยลงดังแสดงด้วยค่า % volume ratio ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิพัฟฟิงให้สูงขึ้นส่งผลให้น้ำในกล้วยเดือดเป็นไอน้ำอย่างรวดเร็วขึ้นจึงเกิดแรงดันไอกกระทำต่อโครงสร้างภายในกล้วยแผ่นเพิ่มขึ้น ดังนั้นกล้วยจึงหดตัวลดลงหลังอบแห้ง เมื่อกล้วยหดตัวน้อยจึงมีความแน่นของเนื้อต่ำ ดังนั้นค่าความแข็งของกล้วยจึงลดลง นอกจากนี้เมื่อพัฟฟิงด้วยอุณหภูมิสูงส่งผลให้กล้วยกรอบมากขึ้นแสดงด้วยค่าความชันเริ่มต้นที่เพิ่มมากขึ้น หากเพิ่มระยะเวลาการออสโมซิสให้นานขึ้นส่งผลให้กล้วยหดตัวมากขึ้นดังแสดงด้วย % volume ratio ที่ลดลง เนื่องมาจากน้ำตาลซูโครสที่แพร่เข้าไปในเนื้อกล้วยเกิดพันธะไฮโดรเจนกับเซลลูโลสในเนื้อกล้วย (Allen et al., 2001) จึงเพิ่มความแข็งแรงให้แก่เซลล์ส่งผลต่อการเปลี่ยนรูปร่างของเซลล์ขณะพัฟฟิง กล้วยจึงมีความแน่นเนื้อสูงทำให้มีเนื้อสัมผัสมีความแข็งเพิ่มมากขึ้น จากผลการทดลองพบว่าการใช้เวลาออสโมซิสที่ 30 นาที และอุณหภูมิพัฟฟิง 200°C ช่วยให้สีของกล้วยพัฟมีความสว่างและเหลืองมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยพัฟที่ไม่ออสโมซิส โดยที่เนื้อสัมผัสของกล้วยพัฟไม่แตกต่างจากกล้วยพัฟที่ไม่ออสโมซิส

สรุป

จากการศึกษาปัจจัยต่างๆ ของการพัฟกล้วยแผ่นพบว่าอุณหภูมิพัฟฟิงและเวลาออสโมซิสมีอิทธิพลต่อเวลารวมของการอบแห้งกล้วยแผ่น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิและลดเวลาออสโมซิสจะส่งผลให้เวลาอบแห้งสั้นลง แม้ว่าการเพิ่มอุณหภูมิพัฟฟิงจะช่วยให้การหดตัวและความแข็งของกล้วยแผ่นลดลงแต่การใช้อุณหภูมิพัฟฟิงที่สูงมากเกินไปกล้วยแผ่นจะมีสีน้ำตาลคล้ำมากขึ้น เมื่อใช้เวลาออสโมซิสนานขึ้นสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลคล้ำของกล้วยได้ดีขึ้นแต่การใช้เวลาออสโมซิสที่นานเกินไปจะส่งผลเสียต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของกล้วยแผ่น ดังนั้นกล้วยแผ่นควรออสโมซิสเป็นระยะเวลา 30 นาที อุณหภูมิในการพัฟฟิง 200°C นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกล้วยอบกรอบ

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย และขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาที่ให้ทุนผลิตอาจารย์ระดับปริญญาเอกร่วมในต่างประเทศ

เอกสารอ้างอิง

- Allan, G.G., A.P. Stoyanov, M. Ueda and A. Yahiaoui. 2001. Sugar-cellulose composites V. The mechanism of fiber strengthening by cell wall incorporation of sugars. *Cellulose* 8 :127-138.
- Antonio, G. C., D. G. Alves, P. M. Azoubel, F. E. X. Murr and K. J. Park. 2008. Influence of osmotic dehydration and high temperature short time processes on dried sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam). *J. Food Eng.* 84: 375-382.
- Global Industry Analysis, GIA, 6150 Hellyer Ave., San Jose, CA 95138, USA (10/4/ 2011).
- Hofsetz, K., C.C. Lopes, M.D. Hubinger, L. Mayor and A.M. Sereno. 2007. Change in the physical properties of bananas on applying HTST pulse during air drying. *J. Food Eng.* 83:531-540.
- Shi, J. and J.S. Xue. 2009. Application and development of osmotic dehydration technology in food processing pp. 187-208. *In* C. Ratti (ed.). *Advances in food dehydration*. Taylor & Francis Group. New York.
- Tabtiang, S., S. Soponronarit and S. Prachayawarakorn. 2010. Effect of osmotic treatment and puffing temperature on textural properties of banana slices. *Proc. the 5th International IFBT Conf.*, Prathumthani, Thailand. D 1-4.