Agricultural Sci. J. 37 : 5 (Suppl.) : 325-328 (2006) ว. วิทย. กษ. 37 : 5 (พิเศษ) : 325-328 (2549)

การผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งชนิดที่มีปริมาณน้ำตาลต่ำและไม่มีการเติมสารกลุ่มเมตาไบซัลไฟต์

Production of low-sugar and metabisulfite-free osmotic dehydrated pineapple

นิษณา ลุงรุ่ง[1] **และ บุศรากรณ์ มหาโยธี**[1]
Nissana Lungroong[1] and Busarakorn Mahayothee[1]

Abstract

Recently, osmotic dehydrated pineapples are commonly produced using high concentration of sugar solution, sometime about 70ºBrix, and added metabisulfite in the process. These result in the final product with much sweet taste and bland in pineapple aroma. Moreover, product with high sugar and high sulfurdioxide contents is risky for the customers' heath. Therefore, the objective of this study was to develop the production process for low-sugar and metabisulfite-free osmotic dehydrated pineapple. It was found that the optimum process is dipping pineapple slices (thickness 1.5 cm.) in the solution containing 1% calcium chloride and 1.5% citric acid for 3 hours. After that blanching pineapples slices at 85ºC for 5 min. and then dipping in osmotic solution containing 25ºBrix sugar solution mix with pineapple juice and 10% glycerol for 2 hours. The pH of osmotic solution is 3.8. The osmotic dehydrated pineapple slices are then dried in a conventional tray dryer at 75ºC until having water activity less than 0.55. The new product developed in this study has a good potential for export especially to the European Union market since it has low sugar and no sulfite which can be classified as natural dried product.

Keyword: osmotic dehydration, pineapple, sulfurdioxide

บทคัดย่อ

การผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งทั่วไปในปัจจุบันในประเทศไทย มีการแช่ผลไม้ในสารละลายน้ำตาลที่ความเข้มข้นสูงในบางครั้งสูงถึง 70 องศาบริกซ์ ทำให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีความหวานมาก ไม่มีกลิ่นรสที่เป็นเอกลักษณ์ของผลไม้ ทั้งการบริโภคปริมาณน้ำตาลที่สูงจะเสี่ยงต่อการเกิดโรคอ้วน โรคเบาหวาน โรคหัวใจ และโรคฟันผุ นอกจากนี้ในกระบวนการผลิตปัจจุบันยังมีการใช้สารประกอบในกลุ่มเมตาไบซัลไฟต์ เพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ แต่สารในกลุ่มนี้หากตกค้างในผลิตภัณฑ์มากอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งชนิดมีปริมาณน้ำตาลต่ำ และไม่มีการเติมสารประกอบกลุ่มเมตาไบซัลไฟต์และวัตถุกันเสีย จากการทดลองพบว่ากระบวนการผลิตที่เหมาะสมสำหรับสับปะรดคือ แช่ชิ้นสับปะรดหนาขนาด 1.5 เซนติเมตร ในสารละลายที่มีแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 1 และกรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 1.5 เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำมาลวกที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้วแช่ในสารละลายน้ำตาลผสมน้ำคั้นสับปะรดที่มีค่าปริมาณของแข็งที่สามารถละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 25 องศา-บริกซ์ มีค่าความเป็นกรดด่าง 3.8 และมีการเติมกลีเซอรอลร้อยละ 10 โดยแช่เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส จนกระทั่งผลิตภัณฑ์มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ต่ำกว่า 0.55 เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความหวานใกล้เคียงธรรมชาติและไม่มีสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งตรงกับความต้องการของตลาดต่างประเทศโดยเฉพาะประเทศกลุ่มสหภาพยุโรป

คำสำคัญ: การอบแห้งแบบออสโมติก, สับปะรด, ซัลเฟอร์ไดออกไซด์

คำนำ

สับปะรดเป็นพืชเศรษฐกิจอย่างหนึ่งของประเทศไทย นอกจากบริโภคสดและส่งออกในรูปแบบของผลไม้สดแล้ว ยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆได้หลายชนิด เช่น สับปะรดกระป๋อง น้ำสับปะรดเข้มข้นและสับปะรดแช่อิ่มอบแห้ง อย่างไรก็ตามกรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์แช่อิ่มอบแห้งที่มีขายทั่วไปทั้งภายในและต่างประเทศในปัจจุบัน มีการแช่ชิ้นสับปะรดในสารละลายน้ำตาลที่มีความเข้มข้นสูง โดยบางสูตรสูงถึง 70 องศาบริกซ์ (Rastogi and Raghavarao, 2004; Jena and Das, 2005) ทำให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้มีความหวานมาก และไม่มีกลิ่นรสที่เป็นเอกลักษณ์ของผลไม้ อีกทั้งการบริโภคน้ำตาลปริมาณที่สูง จะเสี่ยงต่อการเกิดโรคอ้วน โรคเบาหวานและโรคฟันผุ (สถาบันวิจัยโภชนาการและคณะแพทย์ศาสตร์

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม 73000
[1]Department of Food Technology, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University, Nakorn Pathom 73000

โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล, 2546) นอกจากนี้กระบวนการผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งในปัจจุบันยังมีการเติมสารประกอบกลุ่มเมตาไบซัลไฟต์ เช่นโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ เพื่อรักษาสีของผลิตภัณฑ์ ถึงแม้ว่าสารประกอบกลุ่มนี้จัดเป็นวัตถุเจือปนอาหารชนิดที่อนุญาตให้ใช้ในอาหารได้และให้ใช้ในปริมาณที่กำหนด แต่หากไม่มีการตรวจสอบจากหน่วยงานที่รับผิดชอบด้านการคุ้มครองผู้บริโภคที่ทั่วถึง จะทำให้มีผลิตภัณฑ์ผลไม้แช่อิ่มอบแห้งที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ตกค้างเกินกำหนดโดยเฉพาะสินค้าที่วางขายภายในประเทศ ทั้งนี้การใช้สารกลุ่มเมตาไบซัลไฟต์ในกระบวนการผลิตจะส่งผลระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ เกิดอาการระคายเคืองตาของคนงาน เนื่องจากมีกลิ่นฉุนและเป็นก๊าซพิษ และถ้า SO_2 สะสมในร่างกายมากๆ อาจทำให้หายใจติดขัด ปวดท้อง ท้องร่วง เวียนศีรษะ อาเจียน หมดสติ และอาจตายได้ในผู้ที่แพ้มากหรือเป็นหอบหืด (ศิวาพร, 2543) จะเห็นได้ว่ากระบวนการผลิตผลไม้แช่อิ่มอบแห้งในปัจจุบันสวนทางกับกระแสโลกในด้านความต้องการอาหารปลอดภัย และอาหารที่มีกลิ่นรสใกล้เคียงกับธรรมชาติ มีปริมาณน้ำตาลต่ำ ไม่มีการเติมสารเคมีที่ก่อให้เกิดอันตราย ยิ่งกว่านี้การที่ผู้บริโภคในตลาดต่างประเทศสนใจสุขภาพมากขึ้น ทำให้ตลาดส่งออกของผลิตภัณฑ์แช่อิ่มอบแห้งแบบดั้งเดิมเริ่มลดลง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งชนิดที่มีปริมาณน้ำตาลต่ำ ไม่มีการเติมสารกลุ่มเมตาไบซัลไฟต์ และวัตถุกันเสีย

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้สับปะรดพันธุ์อินทรชิต เนื้อ 2 ซึ่งหมายถึงสับปะรดที่ผิวมีสีเขียวและเนื้อมีสีออกขาวหรือเหลืองอ่อน ไม่ฉ่ำ ไม่มีตำหนิ และไม่ช้ำ โดยซื้อวัตถุดิบจากตลาดกลางผลไม้จังหวัดนครปฐม วิเคราะห์คุณภาพของวัตถุดิบดังนี้ วัดค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids, TSS) โดยใช้ Hand-Held refractometer (ATAGO, Japan) วัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ด้วย pH meter และวัดสีเปลือกและสีเนื้อในระบบ CIE L*a*b* ด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab (รุ่น Mini Scan XE Plus, Hunter Associates Laboratory, Inc., Virginia, สหรัฐอเมริกา)

สำหรับการพัฒนากระบวนการที่เหมาะสมในการผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งชนิดที่มีปริมาณน้ำตาลต่ำ ซึ่งหมายถึงมีปริมาณน้ำตาลในเนื้อผลไม้ก่อนการอบแห้งใกล้เคียงกับสับปะรดสุก และไม่มีการเติมสารประกอบกลุ่มเมตาไบซัลไฟต์ในระหว่างการผลิตนั้น ได้ทำการศึกษาปัจจัยต่างๆ เป็นลำดับขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาหาขนาดของชิ้นสับปะรดที่เหมาะสมโดยหั่นเป็นแว่นขนาด 1, 1.5 และ 2 เซนติเมตร
2. ศึกษาหาปริมาณ $CaCl_2$ และเวลาที่เหมาะสมในการแช่ชิ้นผลไม้สดก่อนการแช่อิ่ม โดยสารละลายที่ใช้ในการแช่ชิ้นผลไม้สดมีองค์ประกอบคือ น้ำ และ $CaCl_2$ แปรค่าปริมาณความเข้มข้นของ $CaCl_2$ ที่ 2 ระดับคือร้อยละ 1 และ 2 แปรค่าระยะเวลาการแช่ชิ้นผลไม้สดที่อุณหภูมิห้องที่ 3 ชั่วโมง และ1 คืน (~17 ชั่วโมง) โดยใช้อัตราส่วนของชิ้นผลไม้ต่อสารละลายเท่ากับ 1:2 สังเกตเนื้อสัมผัสและชิมรสชาติ
3. ศึกษาหาความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลที่เหมาะสมในการแช่ชิ้นผลไม้ ได้แปรค่าความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลที่ 3 ระดับ คือ 20, 25 และ 30 องศาบริกซ์
4. เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสที่เป็นธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงได้มีการนำน้ำคั้นจากสับปะรดมาผสมกับสารละลายน้ำตาลที่ความเข้มข้นที่ได้จากผลการศึกษาในข้อ 3 เพื่อใช้ในการแช่ชิ้นสับปะรด โดยได้แปรค่าอัตราส่วนระหว่างน้ำคั้นต่อสารละลายน้ำตาลที่ 4 ระดับ คือ 1:1, 1:2,1:3 และ 1:4 และศึกษาหาอัตราส่วนระหว่างชิ้นเนื้อสับปะรดและสารละลายที่ใช้ในการแช่อิ่มที่ 3 ระดับ คือ 1:1, 1:2 และ 1:3
5. ศึกษาหาค่า pH ของสารละลายที่ใช้ในการแช่อิ่มที่เหมาะสมโดยแปรค่า pH ที่ 4 ระดับ คือ 3.0, 3.5, 3.8 และ 4.0
6. อย่างไรก็ตามยังพบว่าผลิตภัณฑ์มีสีค่อนข้างคล้ำอันเนื่องมาจากการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องแก้ไขปัญหานี้ โดยการใช้สารเคมีที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ จึงได้แปรค่าวิธีการลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล 5 วิธี คือ การใช้กรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 1 และ 1.5 การใช้กรดแอสคอร์บิกเข้มข้นร้อยละ 0.5 และ 1 และใช้กรดซิตริกร้อยละ 0.5 ร่วมกับกรดแอสคอร์บิกร้อยละ 0.5 เติมลงไปในขั้นตอนการแช่ด้วยสารละลาย $CaCl_2$ ก่อนการแช่อิ่ม
7. ศึกษาหาความเข้มข้นของกลีเซอรอลที่เหมาะสมในการเติมลงในสารละลายออสโมติก โดยแปรค่าร้อยละของกลีเซอรอลที่เติมลงในสารละลายออสโมติกที่ 3 ระดับ คือร้อยละ 5, 10 และ 15
8. ศึกษาหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้ง โดยแปรค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการอบที่ 2 ระดับ คือ 65°C และ 75°C

ซึ่งในการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิต มีการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี 7-point hedonic scale (1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด และ 7 คือ ชอบมากที่สุด) และวิเคราะห์ค่า water activity (a_w) ของผลิตภัณฑ์

ผลและวิจารณ์

สับปะรดที่ใช้ในการศึกษามีค่า TSS อยู่ในช่วง 10-13 องศาบริกซ์ (°Brix) มีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ในช่วง 3.5-3.8 และมีค่าสีเปลือกและสีเนื้อดังแสดงใน Table 1 โดยที่ค่า L* แสดงความสว่าง (luminance), a* ค่า + แสดงสีแดง (redness) ค่า – แสดงสีเขียว (green), b* ค่า + แสดงสีเหลือง (yellowness) ค่า – แสดงสีน้ำเงิน (blue) ซึ่งคุณสมบัติข้างต้นสามารถเสนอเพื่อกำหนด specification ของวัตถุดิบสำหรับการผลิตได้

Table 1: Peel and flesh color of pineapple

	Peel color			Flesh color		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Pineapple	45.55-55.38	2.64-5.99	9.08-18.16	28.39-46.50	(-1.68)-(-1.2)	1.79-4.03

จากการศึกษาพบว่าถ้าหั่นชิ้นผลไม้ที่มีความหนาน้อยเกินไป จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เมื่อผ่านการอบแห้งแล้ว มีลักษณะแข็งและแห้งเกินไป สามารถรับรู้ทางประสาทสัมผัสได้ถึงการมีลักษณะของเส้นใย (fiber) อยู่มาก แต่ถ้าชิ้นผลไม้มีความหนาเกินไป ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีค่า a_w สูง ซึ่งเสี่ยงต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ จึงต้องทำการอบแห้งเป็นระยะเวลาที่นานขึ้นเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีค่า a_w ลดลง ส่งผลทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้มากขึ้น นอกจากนี้เมื่อชิ้นผลไม้หนาขึ้น การซึมผ่านของน้ำตาลเข้าไปในชิ้นผลไม้ก็ลดลง สังเกตได้จากค่า °Brix ของชิ้นผลไม้ที่หั่นหนา 2 cm. หลังแช่อิ่มจะมีค่าต่ำที่สุดคือ 15°Brix แต่ชิ้นผลไม้ที่หั่นหนา 1.5 cm. จะมีค่า °Brix ประมาณ 17°Brix ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับสับปะรดที่บริโภคสดดังนั้นจึงต้องทำการเลือกความหนาของชิ้นผลไม้ให้เหมาะสม สำหรับการแช่ชิ้นสับปะรดในสารละลาย $CaCl_2$ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 จะทำให้ชิ้นผลไม้มีรสชาติเค็ม และฝาด ในขณะที่ชิ้นสับปะรดที่แช่ในสารละลาย $CaCl_2$ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 มีรสชาติปกติ คือ ไม่เค็ม และไม่ฝาด จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีต่อผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่แช่ในสารละลายน้ำตาลที่มีความเข้มข้นต่างๆกันพบว่า ผู้ทดสอบส่วนใหญ่ยอมรับผลิตภัณฑ์สับปะรดแช่อิ่มอบแห้งที่แช่ด้วยสารละลายน้ำตาลความเข้มข้น 30°Brix และเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นรสที่เป็นธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น จึงได้มีการนำน้ำคั้นจากสับปะรดสุกมาผสมกับสารละลายน้ำตาล 30°Brix แล้วปรับให้มีค่า TSS เท่ากับ 25°Brix นอกจากนี้ยังมีการปรับ pH ของสารละลายออสโมติกที่ใช้ในการแช่เนื่องจาก pH มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์หลังการอบแห้ง ถ้าค่า pH ต่ำเกินไป ผลิตภัณฑ์ที่ได้ก็จะมีลักษณะเหนียวเคี้ยม เนื่องจากกรดเป็นตัวที่จะไปไฮโดรไลซ์น้ำตาลซูโครสให้กลายเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ ซึ่งน้ำตาลรีดิวซ์เป็นตัวที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะที่เหนียวเคี้ยม (นิธิยา, 2545) เมื่อผลิตภัณฑ์อบแห้งที่ได้มีค่า a_w อยู่ในช่วงที่กำหนดแล้ว (0.55-0.56) ปรากฏว่าผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แห้งแข็งและเป็นกาก ดังนั้นจึงต้องมีการหาวิธีในการรักษาลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีเอาไว้ ในขณะที่สามารถลดค่า a_w ได้ตามที่กำหนด ซึ่งวิธีการที่สามารถทำได้คือการเติมกลีเซอรอล ซึ่งเป็นสารดูดความชื้น ลงไปในสารละลายออสโมติก ทั้งนี้เนื่องจากกลีเซอรอลมีคุณสมบัติในการเกาะจับกับน้ำได้ดี ทำให้ผลิตภัณฑ์หลังอบแห้งแล้วมีค่า a_w ที่ต่ำ แต่มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่มอยู่ ดังนั้นกระบวนการที่ใช้ในการผลิตสับปะรดแช่อิ่มอบแห้งชนิดที่มีปริมาณน้ำตาลต่ำและไม่มีการเติมสารกลุ่มเมตาไบซัลไฟต์ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและคุณลักษณะต่างๆที่ดีและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมีขั้นตอนดังนี้คือนำสับปะรดสดเนื้อ 2 มาปอกเปลือก เจาะตาและแกน หั่นเป็นวงแหวนหนา 5 เซนติเมตร แล้วแช่ในสารละลายที่มี $CaCl_2$ และกรดซิตริกเข้มข้นร้อยละ 1 และ 1.5 ตามลำดับ นาน 3 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นสับปะรดมาลวกในน้ำที่มีอุณหภูมิ 85°C เป็นเวลา 5 นาที แช่ในสารละลายออสโมติกที่มีอัตราส่วนระหว่างน้ำคั้นต่อสารละลายน้ำตาลความเข้มข้น 30 องศาบริกซ์เป็น 1:3 ปรับ TSS และ pH ของสารละลายเป็น 25 องศาบริกซ์ และ 3.8 ตามลำดับ และเติมกลีเซอรอลเข้มข้นร้อยละ10 โดยให้อัตราส่วนระหว่างชิ้นสับปะรดต่อสารละลายออสโมติกเป็น 1:3 แช่นาน 2 ชั่วโมง ล้างด้วยน้ำเปล่า 1 ครั้ง จึงนำไปอบแห้งโดยใช้ตู้อบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส จนกระทั่งผลิตภัณฑ์มีค่า a_w ประมาณ 0.50 คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมาแสดงดัง Figure 1

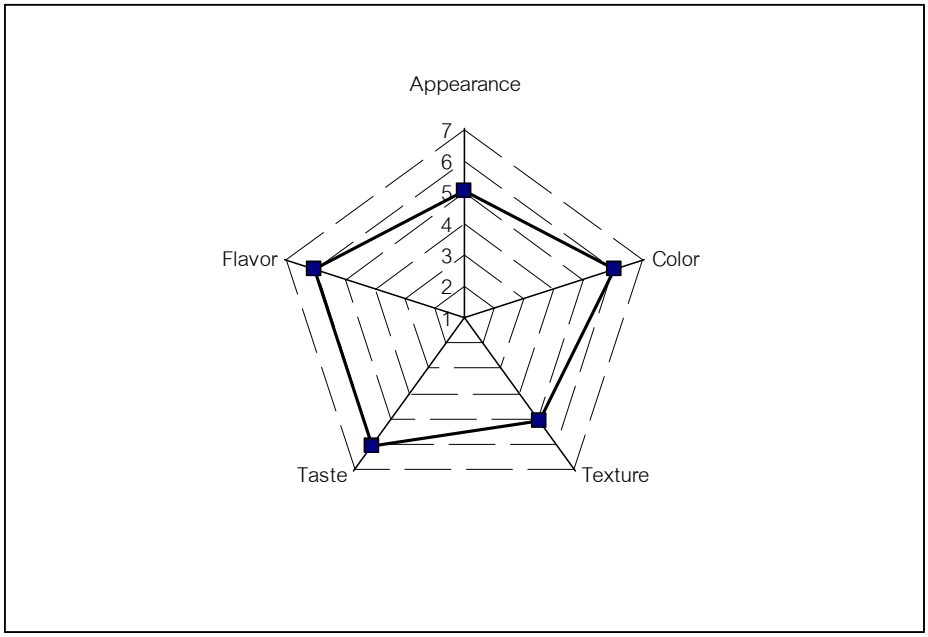

Figure 1 Sensory scores of low-sugar osmotic dehydrated pineapple without added metabisulfite from the optimum process developed in the study (1=extremely dislike and 7 = like extremely).

สรุป

กระบวนการที่พัฒนาขึ้นมานี้ สามารถลดความเข้มข้นของสารละลายออสโมติกที่ส่วนใหญ่ใช้น้ำตาลทราย จากกระบวนการทั่วไปประมาณ 50-70 องศาบริกซ์ เป็น 30 องศาบริกซ์ และเมื่อผสมน้ำคั้นจะมีค่า 25 องศาบริกซ์ และค่า TSS ในเนื้อสับปะรดก่อนนำไปอบแห้งมีค่าประมาณ 17 องศาบริกซ์ ซึ่งค่านี้มีความใกล้เคียงกับปริมาณที่พบในสับปะรดสุก ทำให้ผลิตภัณฑ์อบแห้งที่ได้มีรสชาติใกล้เคียงธรรมชาติ และมีค่าการยอมรับของผู้บริโภคในระดับชอบถึงชอบมาก (5-6 คะแนน) อีกทั้งไม่มีการใช้สารกลุ่มเมต้าไบซัลไฟต์ ดังนั้นจึงปลอดภัยต่อการบริโภค อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้ยังมีราคาต้นทุนการผลิตที่สูง จึงสมควรศึกษาถึงการลดต้นทุนด้วยการนำสารละลายออสโมติกกลับมาใช้ใหม่ต่อไป

คำขอบคุณ

โครงงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงงานอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรีประจำปี 2548 และเป็นงานวิจัยร่วมกับโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา ซึ่งทีมวิจัยขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านจากทั้งสองหน่วยงานเป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. น. 316-334.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2543. วัตถุเจือปนอาหาร เล่ม 1. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 278 น.

สถาบันวิจัยโภชนาการ และคณะแพทย์ศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล. 2546. อาหารและโภชนาการการสร้างคน ในการประชุมวิชาการโภชนาการ: อาหารและโภชนาการการสร้างคน, กรุงเทพฯ. , น.27-49.

Jena, S., Das, H. 2005. Modelling for moisture variation during osmo-concentration in apple and pineapple. Journal of Food Engineering, 66: 425-432.

Rastogi, N.K., Raghavarao, K.S.M.S. 2004. Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple: considering Fickian diffusion in cubical configuration. Lebensm.-Wiss. u.-Technol., 37: 43-47.