



การผลิตวุ้นสวรรค์เพื่อการแปรรูปเครื่องดื่มน้ำผักข้าว ผสมวุ้นสวรรค์และวุ้นสวรรค์แช่อิ่มอบแห้ง

Production of Nata de Coco for Processing of a Gac Drink Mixed with Nata de Coco and Dehydrated Sweetened Nata de Coco

มนทกานต์ บุญยการ

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพายัพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50000

E-mail: montakarn@imail.payap.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณหัวเชื้อและปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมในการผลิตวุ้นสวรรค์จากน้ำมะพร้าว และศึกษาการแปรรูปวุ้นสวรรค์โดยผลิตเป็นเครื่องดื่มน้ำผักข้าวผสมวุ้นสวรรค์และวุ้นสวรรค์แช่อิ่มอบแห้ง การศึกษาปริมาณหัวเชื้อ *Acetobacter xylinum* ที่ร้อยละ 10 15 และ 20 และปริมาณน้ำตาลที่ร้อยละ 6 8 และ 10 ในการผลิตวุ้นสวรรค์จากน้ำมะพร้าว พบว่าปริมาณหัวเชื้อและปริมาณน้ำตาลไม่มีผลต่อความหนาของแผ่นวุ้นสวรรค์ ($p > 0.05$) ดังนั้นสำหรับการทดลองขั้นต่อไปในการผลิตวุ้นสวรรค์จึงเลือกใช้ปริมาณหัวเชื้อ *Acetobacter xylinum* และปริมาณน้ำตาลในอาหารหมักน้ำมะพร้าวที่ร้อยละ 10 และร้อยละ 6 ตามลำดับ การผลิตเครื่องดื่มน้ำผักข้าวผสมวุ้นสวรรค์โดยผั่นแปรรูปอัตราส่วนเยื่อหุ้มผักข้าวต่อน้ำคือ 1:7 1:9 และ 1:11 พบว่าระดับความเข้มข้นของน้ำผักข้าวทั้ง 3 ระดับ ไม่มีผลต่อค่าความสว่าง (L) ค่าความเป็นกรด-ด่าง และคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ($p > 0.05$) แต่มีผลต่อค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นเพื่อลดต้นทุนทางการผลิตจึงเลือกใช้อัตราส่วนเยื่อหุ้มผักข้าวต่อน้ำเท่ากับ 1 : 11 การแปรรูปวุ้นสวรรค์แช่อิ่มแบบข้าวอบแห้งโดยใช้สารละลายซูโครสเป็นสารละลายออสโมติก ความเข้มข้นเริ่มต้น 30 องศาบริกซ์และเพิ่มความเข้มข้นสุดท้ายของสารละลายซูโครสเป็น 40 50 และ 60 องศาบริกซ์ พบว่าความเข้มข้นสุดท้ายของสารละลายซูโครสมีผลต่อคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์วุ้นสวรรค์แช่อิ่มอบแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ความเข้มข้นสุดท้ายของสารละลายซูโครสที่เหมาะสมในการผลิตวุ้นสวรรค์แช่อิ่มอบแห้งเท่ากับ 60 องศาบริกซ์ เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นต่ำสุดและมีคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะอยู่ในระดับมากที่สุด

ABSTRACT

This research studied the starter culture and sugar concentrations needed for producing nata de coco from coconut juice and for processing a gac drink mixed with nata de coco and dehydrated sweetened nata de coco. The amount of *Acetobacter xylinum* starter culture, at 10, 15, and 20% and the sugar content using 6, 8, and 10% for producing nata de coco from coconut juice were studied. Results showed no correlation between the thickness of nata de coco produced and the amounts of starter culture and sugar used ($p>0.05$). Hence, for the rest of this study, *Acetobacter xylinum* starter culture and sugar content in coconut juice liquid medium was set to 10% and 6%, respectively. In producing gac drink mixed with nata de coco, the pulp to water ratio was set to 1:7, 1:9, and 1:11. Varying the gac juice concentration had no apparent effect on brightness (L) value, pH and the sensory qualities of the resulting ($p>0.05$) but showed statistically significant effects on redness (a) and yellowness (b) ($p\leq 0.05$). Therefore, the ratio of gac pulp to water set to 1:11 for the cost reduction of production. Processing of dehydrated sweetened nata de coco produced by slow osmosis was studied using sucrose solution as an osmotic solution, with an initial concentration of 30°Brix, which was increased to final concentration of sucrose solution at 40, 50, and 60°Brix. The results showed statistically significant effects of sucrose concentration on physical and chemical properties and the sensory qualities of the resulting of sweetened nata de coco ($p\leq 0.05$). The final concentration of sucrose solution was chosen at 60°Brix, which produced the minimum values of moisture content and the satisfaction score of all attributes were extremely satisfy.

คำสำคัญ: วุ้นสวรรค์ น้ำผักข้าวผสมวุ้นสวรรค์ วุ้นสวรรค์แช่อิ่มอบแห้ง

Keywords: Bacterial cellulose, Gac drink mixed with nata de coco, Dehydrated sweetened nata de coco

บทนำ

วุ้นสวรรค์ (Bacterial cellulose) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักน้ำมะพร้าวโดยใช้เชื้อแบคทีเรีย *Acetobacter xylinum* ลักษณะของวุ้นเป็นเยื่อเหนียว มีสีขาว สีครีม ทึบแสง วุ้นสวรรค์จัดเป็นอาหารที่ให้พลังงานต่ำและมีใยอาหารสูง ช่วยควบคุมน้ำหนัก ช่วยเพิ่มปริมาณอุจจาระ ทำให้ขับถ่ายดีขึ้น เป็นผลดีต่อผู้มีปัญหาทางเดินอาหารไม่ปกติ ช่วย

ป้องกันมะเร็งลำไส้ใหญ่ และเส้นใยของวุ้นเป็นเจล (gel form) ซึ่งร่างกายนำมาใช้ประโยชน์ได้ง่ายกว่าเส้นใยจากพืช (จิราภรณ์และคณะ, 2549)

ผักข้าวจัดเป็นพืชพื้นบ้านที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน กล่าวคือมีสารพฤกษเคมี (phytochemical) สูงและมีคุณค่าทางสารอาหารเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ เยื่อเมล็ดผักข้าวมีปริมาณไลโคพีนและบีตาแคโรทีนสูง (Aoki et al., 2002) มีฤทธิ์ช่วย

ต้านอนุมูลอิสระ มีผลลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ ป้องกันการติดเชื้อ ป้องกันการเกิดสารก่อมะเร็ง ลดความเสี่ยงจากโรคมะเร็งต่อมลูกหมาก มะเร็งปอด และมะเร็งกระเพาะอาหาร นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันและรักษาโรคตับอักเสบ โลหิตจาง และช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด (สุชาติพ, 2550; ดวงจันทร์, 2552; ประภัสสร, 2554)

งานวิจัยที่ศึกษาการใช้ประโยชน์จากวัฒนธรรมมาแปรรูปเป็นอาหาร เช่น ผลิตภัณฑ์วัฒนธรรมนมวัว (เชิดชัยและวรารุณี, 2536) การใช้ยูนน้ำมะพร้าวและน้ำส่วนที่เหลือจากการหมักเป็นวัตถุดิบในการผลิตยูนต้องสามารถ ยูนต้องเต้าเจี้ยว ยูนเส้น ในน้ำเชื่อม และเครื่องดื่มจากน้ำหมักยูน (กุลวดีและคณะ, 2539) การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารชนิดโยอาหารสูงประเภทขิงดื่มจากยูนน้ำมะพร้าว (เพลินใจและคณะ, 2545) เป็นต้น วิธีการแช่แข็งแบบช้า เป็นการแปรรูปอาหารที่สามารถลดปริมาณน้ำในอาหารลงได้ ทำให้สามารถเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ได้นาน เป็นการแช่แข็งที่ไม่มีการเร่งให้น้ำเชื่อมหรือน้ำตาลเข้าสู่เนื้อเยื่ออาหารด้วยความร้อน การแพร่ของน้ำเชื่อมจะเป็นแบบค่อยเป็นค่อยไป วิธีนี้ใช้เวลาานาน แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีดี เนื่องจากเสียหายจากความร้อนน้อยมาก เนื้อสัมผัสไม่เลหหรือเหนียว การหดตัวและความหวานในเนื้อเยื่อสม่ำเสมอกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแช่แข็งแบบเร็ว (สินธนา, 2542)

จากข้อมูลพบว่าวัฒนธรรมและผักขาวมีคุณค่าทางโภชนาการและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ งานวิจัยนี้มีแนวคิดที่จะศึกษาการผลิตวัฒนธรรมและนำวัฒนธรรมมาแปรรูปเป็นเครื่องดื่มน้ำผักขาวผสมวัฒนธรรมและวัฒนธรรมแช่หมักแห้ง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์วัฒนธรรมที่มีความหลากหลาย แปลกใหม่ เป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภคอีกทั้งยังสามารถเก็บไว้ได้

นาน และยังเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่น้ำมะพร้าวเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตกะทิ

วิธีการดำเนินการวิจัย

การเตรียมหัวเชื้อ *Acetobacter xylinum*

สูตรอาหารเหลวสำหรับเตรียมหัวเชื้อประกอบด้วยน้ำมะพร้าวที่ผ่านการกรองด้วยผ้าขาวบาง 1,000 มิลลิลิตร น้ำตาลทราย 5 กรัม (ร้อยละ 0.5) แอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 1 กรัม (ร้อยละ 0.1) และน้ำส้มสายชูกลั่น 10 มิลลิลิตร (ร้อยละ 1) แบ่งใส่ฟลาสก์ 200 มิลลิลิตร นำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาทีและทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำเกลือ 100 มิลลิลิตร (ร้อยละ 10)

หัวเชื้อ *Acetobacter xylinum* subsp. *xylinum* TISTR 975 (ศูนย์บริการธุรกิจอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่) เตรียมโดยถ่ายเชื้อร้อยละ 10 ลงในขวดแก้วซึ่งบรรจุอาหารเหลวสำหรับเตรียมหัวเชื้อปริมาตร 200 มิลลิลิตร บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง (28-32 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 5 วัน จนกระทั่งเห็นแผ่นยูนสีขาวเกิดขึ้นที่ผิวหน้าของอาหารเหลว

การศึกษาปริมาณหัวเชื้อและปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมต่อการสร้างแผ่นยูน

ศึกษาปริมาณหัวเชื้อและปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมต่อการสร้างแผ่นยูน โดยวางแผนการทดลองแบบ 3x3 Factorial in Completely Randomized Design ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ ปริมาณหัวเชื้อ *Acetobacter xylinum* 3 ระดับ (ร้อยละ 10 15 และ 20) และปริมาณน้ำตาล 3 ระดับ (ร้อยละ 6 8 และ 10) ได้ชุดทดลองจำนวน 9 ชุดทดลอง โดยให้ส่วนผสมอื่นคงที่ สูตรและวิธีการผลิตยูน สดัดแปลงจากพันธ์ณรงค์และคณะ (2545) และยูนน้ำมะพร้าว

(วุ้นสวรรค์) (2556) โดยนำน้ำมะพร้าวมาผ่านการกรองด้วยผ้าขาวบาง เติมน้ำตาลทราย แล้วต้มให้เดือดเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเติมแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ร้อยละ 0.6 ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น บรรจุอาหารเหลวในขวดโหลแก้วปากกว้าง ขนาด 9.5 x 9.5 x 12 เซนติเมตร (กว้าง x ยาว x สูง) ปริมาตรขวดละ 250 มิลลิลิตร ความสูงของอาหารเป็น 2.5 เซนติเมตร เติมน้ำส้มสายชูกลั่น ร้อยละ 2 และเอทานอล ร้อยละ 10 แล้วใส่หัวเชื้อตั้งต้นของ *A. xylinum* ปิดปากภาชนะด้วยผ้าขาวบางที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว บ่มไว้ในอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 วัน ติดตามผลการทดลองจากความหนาของแผ่นวุ้นสวรรค์ที่เกิดขึ้น ทำการทดลอง 2 ซ้ำ จากนั้นวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Square Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำเร็จรูป เพื่อคัดเลือกปริมาณหัวเชื้อและปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการผลิตวุ้นสวรรค์เพื่อแปรรูปเป็นเครื่องดื่มน้ำฟักข้าวผสมวุ้นสวรรค์และวุ้นสวรรค์แช่อิ่มมอบแห้งต่อไป

การผลิตเครื่องดื่มน้ำฟักข้าวผสมวุ้นสวรรค์

ศึกษาระดับความเข้มข้นของน้ำฟักข้าวที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเครื่องดื่มน้ำฟักข้าวผสมวุ้นสวรรค์ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomized Design, CRD) ผันแปรอัตราส่วนเยื่อหุ้มฟักข้าวต่อน้ำ 3 ระดับ ได้แก่ 1:7 1:9 และ 1:11 สำหรับส่วนผสมอื่น ได้แก่ น้ำตาลทราย น้ำมะนาว และเกลือ จะกำหนดให้คงที่ น้ำฟักข้าวเตรียมจากส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ด โดยผ่าผลฟักข้าวและแยกส่วนที่เป็นเยื่อหุ้มเมล็ดออกจากเมล็ด โดยใช้มือบีบจากนั้นนำเยื่อหุ้มฟักข้าวไปปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่อง

สกัดน้ำผักและผลไม้แบบแยกกาก พร้อมกับค่อยๆ เติมน้ำลงไปตามอัตราส่วนที่กำหนด

สูตรและกระบวนการผลิตเครื่องดื่มน้ำฟักข้าวผสมวุ้นสวรรค์ ดัดแปลงจากเปรมศิริและรณชัย (2554) โดยเติมน้ำตาลทราย ร้อยละ 5.5 น้ำมะนาว ร้อยละ 2.6 และเกลือ ร้อยละ 0.1 ในน้ำฟักข้าว นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที นำแผ่นวุ้นสวรรค์มาหั่นเป็นสี่เหลี่ยมลูกเต๋าขนาด 0.5x0.5x0.5 เซนติเมตร บรรจุในขวดพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน (PE) ขนาด 120 มิลลิลิตร ในอัตราส่วนวุ้นสวรรค์ต่อน้ำฟักข้าวเท่ากับ 1:9 โดยน้ำหนัก โดยบรรจุน้ำฟักข้าวขณะร้อน (อุณหภูมิสูงกว่า 70 องศาเซลเซียส) ปิดฝาแล้วทำให้เย็นทันที เก็บรักษาเครื่องดื่มโดยแช่ในตู้เย็น ที่อุณหภูมิ 4-7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน นำไปวิเคราะห์คุณภาพในด้านต่างๆ ได้แก่ ค่าสีระบบ CIE (L a b) วัดด้วยเครื่องวัดสี (Minolta, CR-10) ค่าความเป็นกรด-ด่าง วัดด้วยเครื่อง pH meter (Schott, CG 840) และนำผลิตภัณฑ์น้ำฟักข้าวผสมวุ้นสวรรค์ไปทดสอบความชอบต่อผลิตภัณฑ์ในด้านสี กลิ่นรส รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้การทดสอบแบบ 9-point hedonic scale (1 = ไม่ชอบอย่างยิ่ง และ 9 = ชอบอย่างยิ่ง) ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน โดยใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ จากนั้นวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) แล้วหาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองด้วยการทดสอบความแตกต่างโดยวิธี Least Square Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การผลิตวุ้นสวรรค์แช่อิ่มมอบแห้ง

ศึกษาความเข้มข้นของสารละลายซูโครสที่ใช้ในกระบวนการแช่อิ่มแบบช้าโดยวางแผนการทดลอง

แบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomized Design, CRD) ปัจจัยที่ศึกษาคือความเข้มข้นสุดท้ายของสารละลายซูโครส 3 ระดับ (40 50 และ 60 องศาบริกซ์) โดยนำแผ่นวุ้นสวรรค์มาหั่นเป็นสี่เหลี่ยมลูกเต๋าขนาด 1.5x1.5x1.5 เซนติเมตร แช่อิ่มในสารละลายซูโครสที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 30 องศาบริกซ์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยอัตราส่วนการแช่อิ่มวุ้นสวรรค์ต่อสารละลายซูโครสเท่ากับ 1 : 2 จากนั้นนำสารละลายซูโครสเดิมมาปรับให้มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นอีก 10 องศาบริกซ์ ทุก 24 ชั่วโมง จนกระทั่งได้ความเข้มข้นสุดท้ายตามที่ต้องการและแช่อิ่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำวุ้นสวรรค์แช่อิ่มที่ความเข้มข้นสุดท้ายของสารละลายซูโครส 40 50 และ 60 องศา บริกซ์ ไปลวกที่อุณหภูมิน้ำเดือด เพื่อกำจัดน้ำเชื่อมบางส่วนที่เกาะอยู่บนผิววุ้นสวรรค์ ผึ่งให้สะเด็ดน้ำและนำวุ้นสวรรค์ที่ผ่านการแช่อิ่มที่ความเข้มข้นทั้ง 3 ระดับ มาอบแห้งในตู้อบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นนำวุ้นสวรรค์แช่อิ่มอบแห้งมาฝังที่อุณหภูมิห้อง บรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน (PE) เก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ค่าสีระบบ CIE (L a b) วัดด้วยเครื่องวัดสี (Minolta, CR-10) ค่าความแข็ง (Hardness) วัดด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Analyser, TA.XT2i) ใช้หัววัด 2 mm Cylinder probe (P/2) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด วัดโดยวิธี Refractometric method (ISO 2173:2003) ปริมาณความชื้น โดยวิธี Oven Method

(AOAC, 2000) และวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยนำผลิตภัณฑ์วุ้นสวรรค์แช่อิ่มอบแห้งไปทดสอบความชอบต่อผลิตภัณฑ์ในด้านสี ลักษณะปรากฏ ความหวาน ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยใช้การทดสอบแบบ 9-point hedonic scale (1 = ไม่ชอบอย่างยิ่ง และ 9 = ชอบอย่างยิ่ง) ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน โดยใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำการทดลอง 2 ซ้ำ จากนั้นวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) แล้วหาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองด้วยการทดสอบความแตกต่างโดยวิธี Least Square Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการศึกษาปริมาณหัวเชื้อและปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมต่อการสร้างแผ่นวุ้นสวรรค์

จากการศึกษาปริมาณหัวเชื้อและปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมต่อการสร้างแผ่นวุ้น โดยแปรปริมาณหัวเชื้อ *Acetobacter xylinum* เป็นร้อยละ 10 15 และ 20 และแปรปริมาณน้ำตาลเป็นร้อยละ 6 8 และ 10 บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 วัน ติดตามผลการทดลองจากความหนาของแผ่นวุ้นสวรรค์ที่เกิดขึ้นพบว่า ปริมาณหัวเชื้อและปริมาณน้ำตาลไม่มีผลต่อความหนาของแผ่นวุ้น (ตารางที่ 1) และไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณหัวเชื้อและปริมาณน้ำตาลต่อความหนาของแผ่นวุ้น

ตารางที่ 1 ความหนาของแผ่นวุ้น (เซนติเมตร) ที่แปรปริมาณหัวเชื้อและปริมาณน้ำตาล

ปริมาณหัวเชื้อ (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำตาล (ร้อยละ)	ความหนาของแผ่นวุ้น ^{ns} (เซนติเมตร)
10	6	15.50 ± 4.77
	8	17.11 ± 3.19
	10	16.36 ± 1.62
15	6	16.51 ± 3.57
	8	16.32 ± 5.46
	10	16.00 ± 2.33
20	6	16.97 ± 1.67
	8	16.39 ± 7.27
	10	15.54 ± 2.45

หมายเหตุ : แสดงผลการทดลองในรูปค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{ns} หมายถึง ผลการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากการทดลองพบว่า ความหนาของแผ่นวุ้น สวรรค์ทั้ง 9 สิ่งทดลองไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ดังนั้น เมื่อพิจารณาในแง่ต้นทุนการผลิต พบว่าปัจจัยการผลิต วุ้นสวรรค์ที่เหมาะสมเพื่อการแปรรูปเป็นเครื่องดื่ม น้ำ ฟักข้าวผสมวุ้นสวรรค์และวุ้นสวรรค์เชื่อมอบแห้งคือ ปริมาณหัวเชื้อร้อยละ 10 และปริมาณน้ำตาลร้อยละ 6 มีรายงานว่า *A. xylinum* สามารถใช้แหล่งคาร์บอนได้ หลายชนิด เช่น น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว น้ำตาลโมเลกุลคู่ แอลกอฮอล์และกรดอินทรีย์ เป็นต้น การเติมน้ำตาลใน น้ำมะพร้าวเพื่อให้แน่ใจว่ามีปริมาณคาร์บอนมากพอ สำหรับการเจริญและการสร้างแผ่นวุ้นของเชื้อเนื่องจาก ซูโครสเป็นน้ำตาลที่หาง่ายและมีราคาถูก อีกทั้งแผ่นวุ้น ที่ได้จากน้ำตาลซูโครสมีลักษณะหนาและเนื้อแน่น โดย ปริมาณน้ำตาลซูโครสที่เหมาะสมอยู่ในช่วงร้อยละ 5-8 จะให้ความหนาของแผ่นวุ้นสูงที่สุดและให้ผลคุ้มค่า ในทางการค้า (เสถียรและคณะ, 2551) การใช้หัวเชื้อ ร้อยละ 10 ให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากการใช้หัวเชื้อร้อยละ 15 และร้อยละ 20 จากการสังเกตการเกิดแผ่นวุ้น ในชุดทดลองในวันที่ 1 ของการหมัก อาจจะเป็นไปได้ ว่าเชื้อที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 15 และ 20 ใช้ ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในอาหารเหลวสร้างสายเซลล์ูโลส

และปล่อยออกมาภายนอกเซลล์ในอัตราเร็วที่เท่ากัน สังเกตได้จากเส้นใยที่ลอยขึ้นสู่ผิวหน้าอาหารเหลว จนกระทั่งเกิดเป็นแผ่นวุ้นสีขาวขุ่นลอยอยู่บนผิวหน้า ของอาหารเหลว เมื่อเส้นใยเริ่มสานตัวกันเกิดเป็น ร่างแหของเซลล์ูโลสในวันที่ 3 พบว่าอาหารเหลวจะเริ่ม ใสขึ้น มีรายงานว่าปริมาณหัวเชื้อที่เหมาะสมที่จะให้ ผลผลิตสูงที่สุดอยู่ในช่วงร้อยละ 10-20 ถ้าใช้ปริมาณ หัวเชื้อเริ่มต้นมากกว่านี้จะทำให้ผลผลิตที่ได้ลดลง (Alaban, 1962) สันนิษฐานว่าหัวเชื้อที่มีปริมาณมาก จะทำให้เกิดการสังเคราะห์กรดอินทรีย์ในปริมาณสูง Lestari et al. (2014) รายงานว่าหากเชื้อ *A. xylinum* มีการสร้างกรดกลูโคนิก กรดแอสซิดิก และผลพลอยได้ อื่นเพิ่มขึ้น จะทำให้อาหารเหลวมีสภาพเป็นกรดมากขึ้น และมีความเป็นพิษต่อเซลล์ของแบคทีเรีย ซึ่งส่งผล ยับยั้งการสร้างเซลล์ูโลส อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษา ความเป็นไปได้ในการใช้หัวเชื้อในปริมาณที่ต่ำกว่าร้อยละ 10 ในการผลิตวุ้นสวรรค์ โดยคำนึงถึงการใช้ ปริมาณหัวเชื้อจะต้องใช้ในปริมาณที่มากพอ เพื่อให้ สร้างวุ้นในช่วงแรกได้ทันกับเชื้อที่อาจติดมากับน้ำ มะพร้าวหรือเชื้อที่ปนเปื้อนลงไปในช่วงการหมัก (สมคิด, 2531)

ดังนั้นการทดลองขั้นตอนต่อไป ในการผลิต วุ้นสวรรค์เพื่อแปรรูปจึงเลือกใช้สูตรของอาหารหมักน้ำ มะพร้าว ได้แก่ แอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ร้อยละ 0.6 น้ำส้มสายชูกลั่น ร้อยละ 2 น้ำตาล ร้อยละ 6 เอทานอลร้อยละ 10 และปริมาณหัวเชื้อร้อยละ 10 หมักที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 10 วัน จากนั้นนำ วุ้นสวรรค์ไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำพริกข้าว ผสมวุ้นสวรรค์และวุ้นสวรรค์แช่อิ่มอบแห้ง

ผลการศึกษาการผลิตเครื่องดื่มน้ำพริกข้าวผสมวุ้นสวรรค์

จากการศึกษาระดับความเข้มข้นของน้ำพริกข้าวที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเครื่องดื่มน้ำพริกข้าวผสมวุ้นสวรรค์ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomized Design, CRD) ผันแปรสัดส่วนเชื้อหมักข้าวต่อน้ำ 3 ระดับคือ 1:7 1:9 และ 1:11 สำหรับส่วนผสมอื่นจะกำหนดให้คงที่ นำผลิตภัณฑ์น้ำพริกข้าวผสมวุ้นสวรรค์มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี แสดงผลในตารางที่ 2

จากผลการทดลอง พบว่าค่าสีของน้ำพริกข้าวผสมวุ้นสวรรค์ ได้แก่ ค่าความสว่าง (L) และค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำพริกข้าวผสมวุ้นสวรรค์ทั้ง 3 ชุดทดลองไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่พบว่าน้ำพริกข้าวผสมวุ้นสวรรค์ที่ใช้อัตราส่วนเชื้อหมักข้าวต่อน้ำเท่ากับ 1:7 มีค่าสีแดง (a) และค่าเหลือง (b) แตกต่างจากน้ำพริกข้าวผสมวุ้นสวรรค์ที่ใช้อัตราส่วนเชื้อหมักข้าวต่อน้ำเท่ากับ 1:9 และ 1:11 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าสีแดง (a) และค่า

สีเหลือง (b) สูงที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณไลโคพินและบีตาแคโรทีนในเชื้อหมักข้าวมีความเข้มข้นมากที่สุด

เมื่อนำผลิตภัณฑ์น้ำพริกข้าวผสมวุ้นสวรรค์ไปทดสอบความชอบต่อผลิตภัณฑ์ พบว่าการผันแปรอัตราส่วนของเชื้อหมักข้าวต่อน้ำไม่มีผลต่อคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะ ได้แก่ สี กลิ่นรส รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ($p > 0.05$) ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 3

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพและทางเคมี และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกข้าวผสมวุ้นสวรรค์ พบว่าผลิตภัณฑ์มีคุณภาพไม่แตกต่างกันจากการผันแปรอัตราส่วนเชื้อหมักข้าวต่อน้ำ ($p > 0.05$) ยกเว้นค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ดังนั้นในการผลิตน้ำพริกข้าวผสมวุ้นสวรรค์จึงเลือกใช้อัตราส่วนเชื้อหมักข้าวต่อน้ำ เท่ากับ 1 : 11 ซึ่งมีความเข้มข้นน้อยที่สุด ขณะที่ค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) ไม่แตกต่างจากน้ำพริกข้าวผสมวุ้นสวรรค์ที่ใช้อัตราส่วนเชื้อหมักข้าวต่อน้ำเท่ากับ 1:9 ($p > 0.05$) ด้วยเหตุผลเพื่อลดต้นทุนการผลิต อย่างไรก็ตามหากพิจารณาในแง่คุณค่าทางอาหารจากเชื้อหมักเมล็ดพริกข้าว ควรมีการวิเคราะห์ปริมาณไลโคพินในน้ำพริกข้าวผสมวุ้นสวรรค์ทั้ง 3 อัตราส่วนเพื่อใช้ประกอบการพิจารณาเลือกความเข้มข้นของน้ำพริกข้าวที่เหมาะสม ซึ่งจะส่งผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภค

ตารางที่ 2 คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำฟักข้าวผสมวุ้นสวรรค์จากการผันแปรอัตราส่วนเยื่อหุ้มฟักข้าวต่อน้ำ

ค่าที่วิเคราะห์	อัตราส่วนเยื่อหุ้มฟักข้าวต่อน้ำ		
	1 : 7	1 : 9	1 : 11
ค่าสี			
L ^{ns}	38.0 ± 0.0	38.0 ± 0.2	38.0 ± 0.0
a	11.1 ± 0.1 ^a	10.6 ± 0.1 ^b	10.5 ± 0.1 ^b
b	11.1 ± 0.0 ^a	10.8 ± 0.1 ^b	10.9 ± 0.1 ^b
ค่าความเป็นกรด-ด่าง ^{ns}	3.48 ± 0.03	3.48 ± 0.01	3.51 ± 0.01

หมายเหตุ : แสดงผลการทดลองในรูปค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{ns} หมายถึง ผลการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับบนตัวเลขในแถวเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่ามีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์น้ำฟักข้าวผสมวุ้นสวรรค์จากการผันแปรอัตราส่วนเยื่อหุ้มฟักข้าวต่อน้ำ (n=50)

คุณลักษณะ	อัตราส่วนเยื่อหุ้มฟักข้าวต่อน้ำ		
	1 : 7	1 : 9	1 : 11
สี ^{ns}	6.91 ± 1.51	7.03 ± 1.62	7.02 ± 1.35
กลิ่นรส ^{ns}	5.92 ± 1.90	6.06 ± 1.82	5.96 ± 1.74
รสชาติ ^{ns}	6.09 ± 1.81	6.15 ± 1.96	6.10 ± 1.74
ลักษณะเนื้อสัมผัส ^{ns}	6.10 ± 2.04	6.24 ± 1.88	6.22 ± 1.85
ความชอบโดยรวม ^{ns}	6.47 ± 1.74	6.53 ± 1.68	6.53 ± 1.64

หมายเหตุ : แสดงผลการทดลองในรูปค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{ns} หมายถึง ผลการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ผลการศึกษาการผลิตวุ้นสวรรค์แช่อิ่มอบแห้ง

จากการศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของสารละลายออสโมติกที่ใช้ในกระบวนการแช่อิ่มโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomized Design, CRD) สารละลายออสโมติกที่ใช้ได้แก่ สารละลายซูโครสที่ระดับความเข้มข้น 40 50 และ 60 องศาบริกซ์ ผลิตภัณฑ์วุ้นสวรรค์แช่อิ่มที่ระดับความเข้มข้นทั้ง 3 ระดับ จากนั้นนำมาอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง เมื่อนำผลิตภัณฑ์วุ้นสวรรค์แช่อิ่มอบแห้งมาวิเคราะห์คุณภาพในด้านกายภาพและคุณภาพด้านเคมีแสดงผลดังตารางที่ 4

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของวุ้นสวรรค์แช่อิ่มอบแห้ง พบว่าค่าสีของวุ้นสวรรค์แช่อิ่มอบแห้งที่แช่ในสารละลายซูโครสที่มีความเข้มข้นสุดท้าย 40 50 และ 60 องศาบริกซ์ มีค่าความสว่าง (L) และค่าสีแดง (a) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยวุ้นสวรรค์ที่แช่ในสารละลายซูโครสที่มีความเข้มข้นสุดท้าย 40 องศาบริกซ์มีค่าความสว่างและค่าสีแดงสูงที่สุด ในขณะที่วุ้นสวรรค์แช่อิ่มอบแห้งที่แช่ในสารละลายซูโครสที่มีความเข้มข้นสุดท้าย 40 และ 50 องศาบริกซ์ มีค่าสีเหลือง (b) สูงสุดโดยไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่แตกต่างจากวุ้นสวรรค์แช่อิ่มอบแห้งที่แช่ในสารละลายซูโครสที่มีความเข้มข้นสุดท้าย 60

องศาบริกซ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส พบว่าความเข้มข้นสุดท้ายของสารละลายซูโครสมีผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์วุ้นสวรรค์แช่อิ่มอบแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยวุ้นสวรรค์แช่อิ่มอบแห้งที่แชในสารละลายซูโครสที่มีความเข้มข้นสุดท้าย 40 องศาบริกซ์มีค่าความแข็งสูงสุด รองลงมาคือ 50 และ 60 องศาบริกซ์ ตามลำดับ

การวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมีของผลิตภัณฑ์วุ้นสวรรค์แช่อิ่มอบแห้ง พบว่าการแช่อิ่มวุ้นสวรรค์ในสารละลายซูโครสที่มีความเข้มข้นสุดท้ายแตกต่างกันส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่วุ้นสวรรค์แช่อิ่มอบแห้งที่ผ่านการแชในสารละลายซูโครสที่มีความเข้มข้นสุดท้าย 60 องศาบริกซ์ มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงสุดและมีปริมาณความชื้นต่ำสุด ซึ่งเป็นไปตามกฎการถ่ายเทมวลสารของ Fick ที่กล่าวว่าเมื่อความแตกต่างของความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการเคลื่อนที่ของน้ำออกจากอาหารและอัตราการเคลื่อนที่ของของแข็งเข้าไปในอาหารมีค่าเพิ่มขึ้น สารละลายออสโมติกความเข้มข้นสูงทำให้เกิดแรงดันออสโมติกระหว่างวุ้นสวรรค์กับสารละลายมาก โมเลกุลของตัวถูกละลายจะสามารถแพร่ผ่าน เมมเบรน ของเซลล์ได้มาก ทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณความชื้นลดลง (Singh and Heldman, 2009) ซึ่งการถ่ายเทมวลสารดังกล่าวส่งผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์ได้ โดยอาหารที่มีน้ำแพร่ออกจากเซลล์มากและมีของแข็งแพร่เข้าไปในเซลล์มาก มีผลให้เซลล์เรียงชิดติดกันมากขึ้น ซึ่งความหนาแน่นของของแข็งในเซลล์ทำให้ความสามารถในการสะท้อนแสงลดลง ผลิตภัณฑ์จึงมีสีเข้มขึ้น (Tortoe, 2010; Khan,

2012) เหตุผลดังกล่าวสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ซึ่งพบว่าการใช้ความเข้มข้นของสารละลายออสโมติกสูงสุดคือ 60 องศาบริกซ์ จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสว่าง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองต่ำสุด

เมื่อนำผลิตภัณฑ์วุ้นสวรรค์แช่อิ่มอบแห้งไปทดสอบความชอบต่อผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 5) พบว่าความเข้มข้นสุดท้ายของสารละลายซูโครสที่ใช้ในกระบวนการแช่อิ่มมีผลต่อคะแนนความชอบในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของวุ้นสวรรค์แช่อิ่มอบแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยวุ้นสวรรค์ที่ผ่านการแช่อิ่มที่มีความเข้มข้นสุดท้ายของสารละลายซูโครสเท่ากับ 60 องศาบริกซ์ มีคะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัสสูงสุด รองลงมาคือวุ้นสวรรค์ที่ผ่านการแช่อิ่มในสารละลายซูโครสที่มีความเข้มข้นสุดท้ายเท่ากับ 50 และ 40 องศาบริกซ์ ตามลำดับ ส่วนคะแนนความชอบด้านสี ลักษณะปรากฏ ความหวาน และความชอบโดยรวม พบว่าวุ้นสวรรค์แช่อิ่มอบแห้งที่ใช้ความเข้มข้นสุดท้ายของสารละลายซูโครสเท่ากับ 60 องศาบริกซ์ มีคะแนนความชอบไม่แตกต่างจากวุ้นสวรรค์แช่อิ่มอบแห้งที่มีความเข้มข้นสุดท้ายของสารละลายซูโครสเท่ากับ 50 องศาบริกซ์ ($p > 0.05$) แต่มีคะแนนความชอบสูงกว่าวุ้นสวรรค์แช่อิ่มอบแห้งที่มีความเข้มข้นสุดท้ายของสารละลายซูโครสเท่ากับ 40 องศาบริกซ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การที่วุ้นสวรรค์แช่อิ่มอบแห้งที่แชในสารละลายซูโครสที่มีความเข้มข้นสุดท้าย 60 องศาบริกซ์มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงสุด อาจเป็นไปได้ว่าโครงสร้างทางเคมีของเซลล์จากแบคทีเรียสามารถจับกับโมเลกุลของน้ำตาลได้มากกว่าวุ้นสวรรค์แช่อิ่มอบแห้งที่แชในสารละลายซูโครสที่มีความเข้มข้นสุดท้าย 50 และ 40 องศาบริกซ์ และมีผลต่อค่าความแข็งซึ่งยังไม่ทราบสาเหตุที่แน่ชัด อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาผลของ

การเชื่อมในระดับโครงสร้างจุลภาคของวุ้นสวรรค์ต่อไป ทั้งนี้มีรายงานว่า Segui et al. (2013) ศึกษาผลของการเชื่อมแบบชั้นตอนเดียวและการเชื่อมแบบหลายชั้นตอนต่อโครงสร้างจุลภาคและสมบัติทางกายภาพของแอปเปิล พบว่าการเชื่อมทำให้เกิดโครงสร้าง Hechtian strand ที่เชื่อมระหว่างโปรโตพลาสต์และผนังเซลล์ภายหลังการเกิดพลาสโมไลซิส โดยการเชื่อมแบบหลายชั้นตอนมีจำนวน Hechtian strands มากกว่าการเชื่อมแบบชั้นตอนเดียว และโครงสร้าง Hechtian strands มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของ

แอปเปิลเชื่อมทำให้ความต้านทานต่อแรงกดทะลุเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นในการผลิตวุ้นสวรรค์เชื่อมอบแห้ง ควรเลือกใช้ความเข้มข้นสุดท้ายของสารละลายซูโครสเท่ากับ 60 องศาบริกซ์ในกระบวนการเชื่อมแบบซ้ำ เนื่องจากทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณความชื้นต่ำสุด และคะแนนความชอบต่อผลิตภัณฑ์ด้านสี ลักษณะปรากฏ ความหวาน ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงสุด โดยมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วง 7.03-7.42 ซึ่งหมายความว่าความชอบของผู้ทดสอบชิมอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก

ตารางที่ 4 คุณภาพของผลิตภัณฑ์วุ้นสวรรค์เชื่อมอบแห้งจากการผันแปรความเข้มข้นสุดท้ายของสารละลายซูโครส

ค่าที่วิเคราะห์	ความเข้มข้นสุดท้ายของสารละลายซูโครส ($^{\circ}$ Brix)		
	40	50	60
ค่าสี			
L	50.8 ± 1.1^a	46.1 ± 1.7^b	41.3 ± 2.6^c
a	-4.4 ± 0.2^a	-3.9 ± 0.3^b	-3.5 ± 0.4^c
b	1.2 ± 0.6^a	0.9 ± 0.6^a	0.4 ± 0.5^b
ความแข็ง (N)	18.0 ± 5.0^a	14.0 ± 4.3^b	11.1 ± 3.8^c
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ($^{\circ}$ Brix)	13.9 ± 0.7^c	14.8 ± 0.1^b	16.2 ± 0.2^a
ปริมาณความชื้น (%wb)	13.6 ± 1.7^a	12.5 ± 0.4^a	9.5 ± 0.6^b

หมายเหตุ : แสดงผลการทดลองในรูปค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับบนตัวเลขในแถวเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่ามีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 5 การทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์วุ้นสวรรค์เชื่อมอบแห้งจากการผันแปรความเข้มข้นสุดท้ายของสารละลายซูโครส (n=50)

คุณลักษณะ	ความเข้มข้นสุดท้ายของสารละลายซูโครส ($^{\circ}$ Brix)		
	40	50	60
สี	6.91 ± 1.27^b	7.37 ± 1.07^a	7.38 ± 0.97^a
ลักษณะปรากฏ	6.28 ± 1.49^b	7.11 ± 1.16^a	7.42 ± 1.03^a
ความหวาน	6.66 ± 1.38^b	7.04 ± 1.33^a	7.03 ± 1.29^a
ลักษณะเนื้อสัมผัส	5.76 ± 1.76^c	6.81 ± 1.57^b	7.28 ± 1.29^a
ความชอบโดยรวม	6.32 ± 1.39^b	7.11 ± 1.22^a	7.33 ± 1.18^a

หมายเหตุ : แสดงผลการทดลองในรูปค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบ \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่กำกับบนตัวเลขในแถวเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่ามีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาปริมาณหัวเชื้อและปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมต่อการสร้างแผ่นวุ้นสวรรค์ พบว่าสูตรของอาหารหมักน้ำมะพร้าวในการผลิตวุ้นสวรรค์ประกอบด้วยแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตร้อยละ 0.6 น้ำส้มสายชูกลั่นร้อยละ 2 เอทานอลร้อยละ 10 น้ำตาลร้อยละ 6 และปริมาณหัวเชื้อร้อยละ 10 และใช้ระยะเวลาในการหมัก 10 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (28-32 องศาเซลเซียส) ในการผลิตเครื่องดื่มน้ำพริกข้าวผสมวุ้นสวรรค์ พบว่าอัตราส่วนเชื้อหมักข้าวต่อน้ำที่ผสมเหมาะสมเท่ากับ 1:11 โดยระดับความเข้มข้นของน้ำพริกข้าวไม่มีผลต่อค่าความสว่าง (L) และค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์น้ำพริกข้าวผสมวุ้นสวรรค์ ($p > 0.05$) แต่มีผลต่อค่าสีแดง (a) และค่าสีเหลือง (b) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในทุกคุณลักษณะและความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้สัดส่วนเชื้อหมักข้าวต่อน้ำทั้ง 3 ระดับ ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ในการผลิตวุ้นสวรรค์แช่เย็นแบบข้าวอบแห้ง พบว่าความเข้มข้นสุดท้ายของสารละลายซูโครสที่เหมาะสมในการแช่เย็นเท่ากับ 60 องศาบริกซ์ เนื่องจากทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณความชื้นต่ำสุดและมีคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะและความชอบโดยรวมสูงสุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยพายัพที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กุลวดี ครอบพาณิชย์, ชุมสาย สีลวานิช, น้อย สาริกะภูติ, ดวงจันทร์ เสงส์สวัสดิ์, สมโภชน์ ใหญ่เอี่ยม, สิริพร สอนเสาวภาคย์ และ ปราโมทย์ ธรรมรัตน์. (2539). การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่

จากวุ้นน้ำมะพร้าวและน้ำส่วนที่เหลือจากการหมัก. แหล่งข้อมูล: <http://research.ifrpd.ku.ac.th/images/stories/files/Food%20Processing%20and%20Preservation/Sompoch%20Yaieiam/cc173.pdf>. ค้นเมื่อวันที่ 4 พฤษภาคม 2556.

จิราภรณ์ สังข์ผุด, ฉัตรชัย สังข์ผุด, พนิดา บุญช่วยแก้ว และ จิระยุ ราชกิจจา. (2549). ผลของน้ำตาลจากน้ำกากสำจากโรงงานสุรากลั่น แมกนีเซียมซัลเฟต และค่าความเป็นกรดต่อผลผลิตวุ้นมะพร้าว. รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช. นครศรีธรรมราช. 98 หน้า.

เชิดชัย ตั้งอมรสขุสันต์ และ วรารุณี คุรุสง. (2536). ผลิตภัณฑ์วุ้นสวรรค์ผสมน้ำล้นจี่. วารสารอาหาร 23(2): 108-114.

ดวงจันทร์ เสงส์สวัสดิ์. (2552). พริกข้าว ผักข้างรั้วที่น่าจับตามอง. วารสารอาหาร 39(4): 318-319.

ประภัสสร สุขสุทธิ. (2554). การแปรรูปพริกข้าว. วารสารเกษตรก้าวหน้า 24(3): 43-53.

เปรมศิริ โรจน์สังจะกุล และรมชัย ยอดดำเนิน. (2554). การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของไลโคพีนในน้ำพริกข้าวพร้อมดื่มบรรจุขวดที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนและระหว่างการเก็บรักษาพร้อมการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้มาตรฐาน GMP. รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี. กาญจนบุรี. 152 หน้า.

พันธณรงค์ จันทร์แสงศรี, ปาริชาติ ศรีคำสุข และ วิไลวรรณ แป้นขาว. (2545). การทดแทนน้ำมะพร้าวด้วยน้ำสับประดในการผลิตวุ้นมะพร้าว-สับประด. วารสารเกษตร 18(1): 46-55.

เพลินใจ ดังคณะกุล, เนตรนภิส วัฒนสุขชาติ, พะยอม อัดถวิบูลย์กุล และ วันเพ็ญ มีสมญา. (2545). การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารชนิดโยเกิร์ตสูงประเภทขงดื่มจากวุ้นน้ำมะพร้าว. วารสารอาหาร 32(4): 270-278.

วุ้นน้ำมะพร้าว (วุ้นสวรรค์). (2556, มกราคม). จดหมายข่าว วว. 16(1): 11.

สมคิด ธรรมรัตน์. (2531). การผลิตวุ้นน้ำมะพร้าวและการแปรรูป. วารสารอาหาร 18(4): 250-262.

- สินธนา ลีนาบุรุษย์. (2542). การแปรรูปผักและผลไม้. เชียงใหม่ : ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. หน้า 182.
- สุชาติพ ภมรประวัตติ. (2550). พักข้าวอาหารต้านมะเร็ง. หมอชาวบ้าน 29(340): 29-31.
- เสถียร บุญก้า, นันทน์ภัส มโนนันท์ และ ชรินทร์ เตชะพันธุ์. (2551). การหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตไบโอ-เซลลูโลสโดยเชื้อ *Acetobacter acetii* supsp. *xylinum*. รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่. 54 หน้า.
- Alaban, C.A. (1962). Studies on the optimum conditions for nata de coco bacterium or nata formation in coconut water. Philippine Journal Agriculturist 45(9): 490-516.
- AOAC. (2000). Official methods of analysis of AOAC International. (17th ed.). Gaithersburg, MD: Association of Analytical Communities.
- Aoki, H., Kieu, N.T., Kuze, N., Tomisaka, K., and Chuyen, V.N. (2002). Carotenoid pigments in gac fruit (*Momordica cochinchinensis*Spreng). Bio-science, Biotechnology and Biochemistry 66(11): 2479-2484.
- ISO. (2003). ISO 2173:2003 Fruit and vegetable products - Determination of soluble solids - Refractometric method. (2nd ed.). Geneva: International Organization for Standardization.
- Khan, M.R. (2012). Osmotic dehydration technique for fruit preservation-A review. Pakistan Journal of Food Sciences 22(2): 71-85.
- Lestari, P., Elfrida, N., Suryani, A. and Suryadi Y. (2014). Study on the production of bacterial cellulose from *Acetobacter xylinum* using agro-waste. Jordan Journal of Biological Sciences 7(1): 75-80.
- Segui, L., Fito,P.J., Niranjana, K. and Fito, P. (2013). Creating structures by osmotic dehydration: single dehydration step vs. progressive dehydration. Retrieved from: http://www.insidefood.eu/INSIDEFOOD_WEB/UK/WORD/proceedings/098P.pdf. November 11, 2015.
- Singh, R. P. and Heldman, D. R. (2009). Introduction to Food Engineering. (4 th ed.). Burlington, MA: Academic Press. pp.596-597.
- Tortoe, C. (2010). A review of osmodehydration for food industry. African Journal of Food Sciences 4(6): 303-324.

