การศึกษากระบวนการผลิตเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากข้าวแดง

Study on Production of Health Beverage from Red Rice

จุฬาภรณ์ เลิศบวรวงศ์[1] และรสิตา โอสถานนท์[2]

บทคัดย่อ

จากการทดลองผลิตเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากข้าวแดง 2 พันธุ์ คือ ข้าวมันปูและข้าวสังข์หยดโดยใช้สัดส่วนของปริมาณแป้งข้าวแต่ละชนิดต่อปริมาณน้ำเป็น 1:30 และ 1:40 แล้วใช้ส่วนผสมของซูโครสซิรัปและฟรักโทสซีรัป (แปรอัตราส่วนเป็น 100:0, 80:20 และ 60:40) ในการปรับความหวานของเครื่องดื่มให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเป็น 7, 9 และ 11 องศาบริกซ์ สำหรับสารที่ใช้เติมเพื่อทำให้เครื่องดื่มมีลักษณะปรากฏดีไม่แยกชั้น ได้ทดลองใช้เจลแลนกัมร้อยละ 0.01, 0.015, 0.02, 0.025 และ 0.03 คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสร้อยละ 0.1, 0.15, 0.2 และ 0.25 ปรากฏว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มจากข้าวแดงทั้งสองชนิด ประกอบด้วยการใช้แป้งข้าวแดงต่อน้ำในสัดส่วน 1:40 ใช้ส่วนผสมของซูโครสซีรัปและฟรักโทสซีรัปในอัตราส่วน 60:40 ในการปรับความหวานให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในเครื่องดื่มเป็น 9 องศาบริกซ์ สารที่ทำให้เครื่องดื่มมีความคงตัวซึ่งใช้ได้ผลดีคือ เจลแลนกัมร้อยละ 0.03 ส่วนการใช้คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสทุกระดับความเข้มข้น ไม่สามารถปรับปรุงลักษณะปรากฏของเครื่องดื่มได้ การเติมเจลแลนกัม มีผลทำให้เครื่องดื่มมีความข้นหนืดมากเกินไปจึงต้องเจือจางโดยใช้สัดส่วนของแป้งต่อน้ำเป็น 1:60 จึงจะได้เครื่องดื่มที่มีความข้นหนืดใกล้เคียงกับเมื่อใช้สัดส่วน 1:40 ก่อนเติมเจลแลนกัม การศึกษาการฆ่าเชื้อในเครื่องดื่มที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 20, 25 และ 30 นาที ปรากฏว่าเวลาที่เหมาะสมคือ 25 นาที โดยตัดสินจากการตรวจสอบ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา โคลิฟอร์มและ *E.coli* แฟลตซาวร์มีโซไฟล์และเทอร์โมไฟล์ และ แอนแอโรบิกแบคทีเรีย เครื่องดื่มที่ได้สามารถเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4-6 องศาเซลเซียส ได้นานถึง 21 วัน โดยที่ผู้ชิมยังให้การยอมรับ และไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ทุกชนิดที่ตรวจสอบ

คำสำคัญ: ข้าวแดง เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ เจลแลนกัม ซูโครสซีรัป ฟรักโทสซีรัป

ABSTRACT

Health beverage production was studied by using 2 varieties of red rice (Manpoo and Sangyod). Dilutions of rice flour to water were 1:30 and 1:40. Total soluble solids of the beverage were adjusted to 7, 9 and 11 degree Brix by using a mixture of glucose and fructose syrup with varying proportions from 100:0, 80:20 and 60:40, respectively. Two types of stabilizers were added:gellan gum varied from 0.01, 0.015, 0.02, 0.025 and 0.03 percent; carboxy methyl cellulose (CMC) varied from 0.1, 0.15, 0.2 and 0.25 percent. Optimum conditions for the production of health beverage were found as follows: dilution of rice flour to water was 1:40; proportion of glucose syrup to fructose syrup was 60:40 and was used to adjust the total soluble

[1]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

[2]รองศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

solids of beverage to 9 degree Brix; addition of 0.03% of gellan gum was an efficient stabilizer, while CMC did not function well at all levels studied. The beverage with added gellan gum had high viscosity appearance, and a dilution of flour with water at the proportion of 1:60 was required. Pasteurization of the beverage was done at 90°C for 20, 25 and 30 minutes. Sufficiency of thermal processing was judged from the microbiological examination of total plate count, yeast and mold, coliform and *E. coli*, flat sour mesophiles and thermophiles and anaerobic bacteria; and the optimum pasteurization time was 25 minutes. The beverage stored at 4-6°C could be kept for at least 21 days without changes in sensory acceptability and microbial growth.

Keywords: red rice, health beverage, gellan gum, sucrose syrup, fructose syrup

บทนำ

ข้าวแดง (red rice) หมายถึงข้าวที่มีเยื่อหรือเปลือกหุ้มเมล็ดข้าวกล้อง (pericarp) สีแดงทำให้ขัดสียาก และเกิดการสูญเสียมากในระหว่างการขัดสี จึงนิยมนำมาบริโภคในรูปข้าวกล้องซึ่งอยู่ในวงจำกัดเฉพาะสำหรับผู้ที่ใส่ใจต่อสุขภาพโดยมักใช้เป็นส่วนผสมของอาหารชีวจิต ข้าวแดงที่พบและรู้จักในขณะนี้มี 2 ชนิดคือ 1) เป็นข้าวแดงที่ขึ้นปะปนกับข้าวขาวพันธุ์ต่างๆในนา และ 2) เป็นพันธุ์ที่ปลูกแยกเฉพาะเพื่อใช้บริโภค สันนิษฐานว่า ข้าวแดงที่พบในนาข้าวของไทยเป็นข้าวป่าชนิดใดชนิดหนึ่งใน 2 ชนิด คือ *Oryza rufipogon* หรือ *Oryza officinalis* ข้าวป่าเหล่านี้สามารถเจริญเติบโตได้ดีในนา เมล็ดที่ร่วงง่ายสามารถอยู่ข้ามฤดู และแพร่ขยายปะปนกับข้าวปลูกได้อย่างรวดเร็ว ข้าวเปลือกมีหางยาว เปลือกสีฟาง หรือสีน้ำตาลดำ

ข้าวมันปู โดยปกติจะบริโภคในรูปของข้าวกล้องในปริมาณเพียงเล็กน้อยปนกับข้าวขาวหุงหรือต้มเพื่อทำให้เกิดรสชาติในการบริโภค ฉะนั้นในตลาดบางแห่งจะพบข้าวขาวปนข้าวมันปูจำหน่ายอยู่ เช่นข้าวหอมมะลิมันปู กรมส่งเสริมการเกษตรได้เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของข้าวมันปู ข้าวขาวและข้าวกล้องหอมมะลิ พบว่า ข้าวมันปูมีใยอาหาร แคลเซียม วิตามินบี 1 และ วิตามินบี 2 สูงกว่า (ตารางที่ 1)

ข้าวสังข์หยดเป็นพันธุ์ข้าวพื้นเมืองทางภาคใต้ที่ปลูกกันมานานไม่ต่ำกว่า 50 ปี และปัจจุบันยังมีการปลูกอยู่ทั่วไปในจังหวัดพัทลุงและบางจังหวัดใกล้เคียง ข้าวสังข์หยดพัทลุงมีลักษณะแตกต่างจากข้าวโดยทั่วไป คือมีลักษณะเป็นข้าวสารหรือข้าวกล้องที่เยื่อหุ้มเมล็ดมีสีขาวปนสีแดงจาง ๆ จนถึงแดงเข้มในเมล็ดเดียวกัน เมื่อหุงสุกแล้วมีลักษณะค่อนข้างนุ่ม น่ารับประทาน มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีปริมาณไนอะซิน 5.64 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งเป็นส่วนประกอบของวิตามินบีรวมที่ช่วยให้การทำงานของระบบผิวหนังและระบบประสาทดีขึ้น โดยถ้าร่างกายขาดไนอะซินจะทำให้ความจำเสื่อม มึนงง นอกจากนี้ยังมีวิตามินบี 1 ซึ่งช่วยป้องกันโรคเหน็บชา และ วิตามินบี 2 ช่วยป้องกันโรคปากนกกระจอก (www.moac.go.th) (ตารางที่ 2)

ปัจจุบันกระแสการบริโภคอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพได้รับความนิยมอย่างสูง ซึ่งจะเห็นได้จากการมีผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพออกมาจำหน่ายหลายชนิดในท้องตลาด เช่น น้ำนมข้าว น้ำนมข้าวโพด น้ำนมถั่วเหลือง น้ำลูกเดือย ขนมอบกรอบจากธัญชาติชนิดต่าง ๆ เป็นต้น และมีงานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาการผลิตเครื่องดื่มจากธัญชาติหลายชนิด เช่น การพัฒนาเครื่องดื่มข้าวหอมมะลิกลิ่นใบเตย (ศยามล, 2544) เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้า (สมฤดี, 2540) เครื่องดื่มเลียนแบบนมจากธัญพืชซึ่งได้แก่ ข้าวกล้องเจ้า ข้าวกล้องเหนียว ลูกเดือย เม็ดบัว และข้าวฟ่าง (อรพิน และคณะ, 2545) เครื่องดื่มจากข้าวผสมลูกเมล็ดสน (pine nut) ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับน้ำนมจากถั่วเหลืองและให้คุณค่าทางอาหารสูงเนื่องจากลูกเมล็ดสนมีน้ำมันเป็นองค์ประกอบสูงถึง 65%

และมีกรดอะมิโน และกรดไขมันที่จำเป็น มีโปรตีนและเลซิทินเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ (Lee และคณะ, 2003) ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าวัตถุดิบที่นิยมใช้ส่วนใหญ่นำมาจากธัญชาติ และพืชเมล็ดแห้ง เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูง และมีคุณประโยชน์ต่อร่างกาย จากการศึกษาข้อมูลของข้าวมันปู และ ข้าวสังข์หยดพบว่าเป็น กลุ่มข้าวแดงที่มีสารแอนโทไซยานินในส่วนเยื่อหุ้มเมล็ดปริมาณสูง มีโปรตีนเทียบเท่าข้าวหอมมะลิและอุดมไปด้วยใยอาหาร ไขมัน แคลเซียม วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 และไนอะซิน (กองโภชนาการ, 2547) ในปัจจุบันยังไม่มีรายงานการวิจัยเกี่ยวกับการผลิตอาหารเพื่อสุขภาพจากข้าวทั้งสองชนิด จึงทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาวิธีการผลิต และพัฒนาเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากข้าวทั้งสองชนิดโดยมุ่งเน้นด้านกระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อน เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ไม่มีวัตถุเจือปนอาหารที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ เช่น สีผสมอาหาร วัตถุกันเสีย สารให้กลิ่นรส สารให้ความหวาน เป็นต้น สามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัย มีอายุการเก็บรักษาและมีต้นทุนการผลิตที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังช่วยอนุรักษ์และส่งเสริมให้มีการนำข้าวไทยมาแปรรูปมากยิ่งขึ้น เป็นการเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบตามข้อกำหนดยุทธศาสตร์ข้าวปี 2547-2551 ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ที่ได้กำหนดไว้ 5 ด้าน ได้แก่ 1) การเพิ่มผลิตภาพ 2) การสร้างมูลค่าเพิ่ม 3) การนำสินค้าข้าวและผลิตภัณฑ์สู่ตลาดภายในประเทศและต่างประเทศ 4) การทำให้ชาวนาอยู่ดีกินดี และ5) การเพิ่มประสิทธิภาพระบบการบริหารจัดการ (ชวาลวุฑฒ, 2547) และตอบสนองต่อกระแสการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ อีกทั้งก่อให้เกิดแรงจูงใจในการวิจัยและพัฒนาด้านกระบวนการผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อศึกษาถึงคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของข้าวแดง 2 ชนิดคือ ข้าวมันปู และ ข้าวสังข์หยด อัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวต่อน้ำ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ และลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบสูงสุด กระบวนการผลิตเครื่องดื่มจากข้าวแดงเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะปรากฏที่ดี สามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัย มีอายุการเก็บรักษาได้นาน และ คงไว้ซึ่งคุณค่าทางอาหาร

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวมันปู ข้าวขาวหอมมะลิ และ ข้าวกล้องหอมมะลิ (น้ำหนักข้าว 100 กรัม)

องค์ประกอบ	ข้าวมันปู	ข้าวหอมมะลิ	
		ข้าวขาว	ข้าวกล้อง
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	362	357	345
โปรตีน (กรัม)	6.2	5.4	7.6
ไขมัน (กรัม)	3.3	1.0	1.8
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	76.9	81.5	76.0
ใยอาหาร (กรัม)	0.9	0.1	0.7
แคลเซียม (มก.)	65	29	16
ฟอสฟอรัส (มก.)	99	74	246
เหล็ก (มก.)	0.2	0.6	2.8
วิตามีนบี1 (มก.)	0.37	0.18	0.34
วิตามินบี 2 (มก.)	0.96	0.27	0.07
ไนอะซิน (มก.)	2.2	1.2	5.0

ที่มา: บริบูรณ์ สมฤทธิ์ (2542)

ตารางที่ 2 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวพันธุ์สังข์หยดพัทลุง เปรียบเทียบกับข้าวพันธุ์สังข์หยดเล็บนกปัตตานี (น้ำหนักข้าว 100 กรัม)

องค์ประกอบ	ข้าวพันธุ์สังข์หยดพัทลุง	ข้าวพันธุ์สังข์หยดเล็บนกปัตตานี
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	366	362
น้ำ (กรัม)	9.4	10.3
โปรตีน (กรัม)	8.3	6.2
ไขมัน (กรัม)	1.4	1.0
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	80.0	81.9
ใยอาหาร (กรัม)	0.9	0.5
เถ้า (กรัม)	0.9	0.6
ฟอสฟอรัส (มก.)	165	104
เหล็ก (มก.)	0.52	0.23
ไทอามีน (มก.)	0.18	0.07
ไรโบฟลาวิน (มก.)	0.06	0.03
ไนอะซิน (มก.)	5.64	2.38

ที่มา : กองโภชนาการ (2547)

วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุดิบ อุปกรณ์ และ เครื่องมือ

วัตถุดิบ และภาชนะบรรจุ: ข้าวมันปูตราธัญญทิพย์ ข้าวสังข์หยดตราหงษ์ทอง น้ำตาลทรายขาวตรามิตรผล น้ำตาลฟรักโทสซีรัปจากบริษัท เจ้าคุณเกษตรพืชผล จำกัด ขวดแก้วขนาด 250 มิลลิลิตรพร้อมฝาเกลียว และขวดแก้วขนาด 360 มิลลิลิตรพร้อมฝาจีบ เครื่องปั่นผสม (blender) ตะแกรงร่อนขนาด 60 เรช (Retsch) และเวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier caliper)

เครื่องมือ: ตู้อบแห้ง และ ให้ความร้อน (WTB Binder) เครื่องบดละเอียดอาหารแห้ง (Cyclotec Sample Mill 1093) ตู้แช่เย็น (EVCO group: Model PT203) อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath; Heto: Model HMT 200) เครื่องวัดสี (Hunter Lab DP-9000) เครื่องวัดความข้นหนืด (Brookfield) เครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH meter; Russell 53821/4: Model RL150) ตู้บ่มเพาะเชื้อ (Shel Lab: Model 1535) เครื่องฆ่าเชื้อ (Autoclave) (TOMY: Model SS-325) และตู้ปลอดเชื้อ (Astec: Model SC 1200)

สารเคมี (A.R. Grade)

การวิเคราะห์โปรตีน: boric acid, copper sulfate, phenolphthalene, potassium sulfate, sodium hydroxide, sulfuric acid

การวิเคราะห์เส้นใย: acetone, ethanol, potassium hydroxide

การวิเคราะห์ไขมัน: ethanol, petroleum ether, diethyl ether

วิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพและเคมีของข้าวมันปู และข้าวสังข์หยด

ได้แก่ ขนาดเมล็ด (ความยาวและความกว้าง) น้ำหนักต่อ 1,000 เมล็ด ความชื้น (AOAC.925.10) โปรตีน (AOAC.920.87) ไขมัน(AOAC.920.85) เถ้า(AOAC.923.03) และ เส้นใยอาหาร (AOAC.920.86) คำนวณค่าคาร์โบไฮเดรตและพลังงาน

ศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มจากข้าวแดง

- การเตรียมแป้งข้าวมันปูและข้าวสังข์หยดและวิธีการผลิตเครื่องดื่ม

อบข้าวที่อุณหภูมิ 100°ซ นาน 2 ชั่วโมง บดละเอียดโดยใช้เครื่องบดอาหารแห้ง ร่อนแป้งผ่านตะแกรง ขนาด 60 เมช และเก็บไว้ในถุงพลาสติกปิดผนึก ผสมแป้งข้าวและน้ำในเครื่องปั่นผสม เติมน้ำตาลซูโครสซีรัป 65°Brix และฟรักโทสซีรัปจนมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ตามที่กำหนด เติมสารให้ความคงตัว ปั่นผสมให้เข้ากัน นำไปต้มฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 90°ซ นาน 25 นาที บรรจุขณะร้อนในขวดที่ผ่านการลวก ฆ่าเชื้อ ปิดฝา และเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4-6 °ซ

- ศึกษาอัตราส่วนแป้งต่อน้ำ และแปรปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสม

แปรอัตราส่วนแป้งข้าวมันปู และ ข้าวสังข์หยดต่อน้ำเท่ากับ 1:30 และ 1:40 (โดยน้ำหนัก) แปรชนิดและอัตราส่วนของซูโครสซีรัปต่อฟรักโทสซีรัป 3 สูตร คือ 100:0, 80:20 และ 60:40 แต่ละอัตราส่วนปรับให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในส่วนผสมเป็น 7, 9 และ 11°Brix เก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 4-6°ซ เกณฑ์การตัดสินใช้วิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้านความข้น (body) ความหวาน และการยอมรับรวม โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 15 คน ทดสอบ 2 ซ้ำ โดยวิธี Hedonic Scale Test (1-7 คะแนน) และคำนวณค่าทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

- ปรับปรุงลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัสของเครื่องดื่ม

ใช้สารให้ความคงตัว 2 ชนิดคือ เจลแลนกัม แปรปริมาณ 0, 0.01, 0.015, 0.02, 0.025 และ 0.03% (โดยน้ำหนัก) และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส แปรปริมาณ 0, 0.1, 0.15, 0.2 และ 0.25% (โดยน้ำหนัก) คัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะปรากฏเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่เกิดการแยกชั้น

- ศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาการฆ่าเชื้อ

แปรระยะเวลาการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 90°ซ นาน 20, 25 และ 30 นาที (Campden and Chorleywood, 1992) เลือกใช้ระยะเวลาที่ตรวจไม่พบการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) ยีสต์และรา (yeast and mold) โคลิฟอร์มและ *E. coli* (coliform) แฟลตซาวร์มีโซไฟล์และเทอร์โมไฟล์ (flat sour mesophiles and thermophiles) และแอนแอโรบิกแบคทีเรีย (anaerobic bacteria)

ศึกษาอัตราการส่งผ่านความร้อนเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 115 °ซ นาน 30 นาที กำหนดค่าการทำลายเชื้อตลอดทั้งกระบวนการ (sterilizing value, F_0) เท่ากับ 6 นาที (Downing, 1996) แปรค่าระยะเวลาการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 °ซ นาน 20, 25 และ 30 นาที เลือกใช้ระยะเวลาที่ตรวจไม่พบการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวข้างต้น

- ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ระยะเวลาการเก็บต่าง ๆ

เก็บรักษาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวมันปูและข้าวสังข์หยดที่อุณหภูมิ 4-6°ซ ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและเคมี ได้แก่ ความข้นหนืด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรด-ด่าง จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา โคลิฟอร์มและ*อี.โคไล* แฟลตซาวร์มีโซไฟล์และเทอร์โมไฟล์ และแอนแอโรบิกแบคทีเรีย (กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546) ศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ความหวาน ความข้น และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ที่ระยะเวลาการเก็บนาน 1, 7, 14, 21 และ 28 วัน

- วิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย เถ้า และพลังงาน

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลจากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ความหวาน ความข้น (body) และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 15 คน วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design) และนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และ วิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติระหว่างหน่วยทดลองที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้วิธี Duncan' s multiple range test

ผลการวิจัย

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านกายภาพและเคมีของข้าวมันปูและข้าวสังข์หยดพบว่าคุณลักษณะทางกายภาพด้านขนาด รูปร่าง และน้ำหนักของเมล็ดข้าวทั้ง 2 ชนิดใกล้เคียงกัน กล่าวคือ ความยาวเมล็ดของข้าวมันปูเฉลี่ย 6.90±0.15 มิลลิเมตร จัดว่าเมล็ดค่อนข้างยาว ส่วนความยาวเมล็ดของข้าวสังข์หยดเฉลี่ย 7.10±0.16 มิลลิเมตร จัดว่าเป็นกลุ่มเมล็ดยาว (รสิตา, 2544) ความกว้างเมล็ดของข้าวทั้ง 2 ชนิดอยู่ในช่วง 1.99-2.00±0.05 มิลลิเมตร เมื่อคำนวณอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างมีค่าระหว่าง 3.47-3.55±0.03 ซึ่งมีค่ามากกว่า 3 หมายถึงเมล็ดข้าวมีรูปร่างเรียว (slender) ซึ่งจัดเป็นข้าวที่มีขนาดรูปร่างอยู่ในช่วงเดียวกับข้าวสารทั่วไปของไทย เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักเมล็ดพบว่าข้าวมันปูและข้าวสังข์หยดมีน้ำหนักต่อปริมาตรระหว่าง 11.36 - 11.44±0.92 กิโลกรัมต่อถัง หรือ 24.55-24.86±0.66 กรัมต่อ 1,000 เมล็ดที่ความชื้น 14% ซึ่งใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์โดยกองโภชนาการ (2547) ที่รายงานว่า ข้าวแดงและข้าวสังข์หยดมีน้ำหนักต่อ 1,000 เมล็ด เท่ากับ 26.4 และ 26.0 กรัมที่ความชื้น 14% ตามลำดับ ข้าวมันปูและข้าวสังข์หยดมีความชื้น 12.0 และ 11.7% คาร์โบไฮเดรต 77.60 และ 76.84% โปรตีน 6.39 และ 6.66% ไขมัน 2.67 และ 3.42% ใยอาหาร 1.0 และ 1.3% เถ้า 1.33 และ 1.37% พลังงาน 360 และ 365 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของกองโภชนาการ (2547)

สูตรในการผลิตเครื่องดื่มจากข้าวมันปูที่ได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบ ด้านความหวาน ความข้น และการยอมรับรวมมากกว่าสูตรอื่นๆ ได้แก่ สูตรที่ใช้อัตราส่วนแป้งต่อน้ำ 1:30 และ 1:40 เติมซูโครสซีรัปต่อฟรักโทสซีรัปอัตราส่วน 100:0 และ 60:40 และมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 11°Brix และ 9°Brix ตามลำดับโดยได้รับคะแนนการยอมรับแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3 และ 4) ส่วนสูตรในการผลิตเครื่องดื่มจากข้าวสังข์หยดที่ได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบมากกว่าสูตรอื่น ๆ ได้แก่ สูตรที่ใช้อัตราส่วนแป้งต่อน้ำ 1:30 และ 1:40 เติมซูโครสซีรัปต่อฟรักโทสซีรัปอัตราส่วน 60: 40 และมีปริมาณของของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 11°Brix และ 9°Brix ตามลำดับ ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่ใช้อัตราส่วนแป้งต่อน้ำ 1:40 ปรับส่วนผสมให้มีปริมาณสารที่ละลายได้เท่ากับ 9°Brix ด้วยซูโครสต่อฟรักโทสซีรัปในอัตราส่วน 60:40 เนื่องจากเป็นสูตรที่ใช้น้ำตาลฟรักโทสร่วมกับน้ำตาลซูโครสซึ่งจะทำให้ต้นทุนการผลิตลดลงเพราะน้ำตาลฟรักโทสมีราคาต่ำกว่าและมีคุณสมบัติในการให้ความหวานมากกว่าเมื่อใช้ในปริมาณที่เท่ากัน (เจ้าคุณเกษตรพืชผล, 2538) นอกจากนี้เครื่องดื่มที่มีอัตราส่วนแป้งต่อน้ำ 1:40 ยังให้ความข้นหนืดต่ำกว่า 1:30 เมื่อนำไปศึกษาชนิดและปริมาณสารให้ความคงตัวที่เหมาะสมจะไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความข้นหนืดเพิ่มขึ้นมากจนไม่เหมาะแก่การบริโภค

เนื่องจากผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่ได้ยังมีการตกตะกอนของแป้งเมื่อตั้งทิ้งไว้จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงลักษณะปรากฏโดยใช้สารให้ความคงตัว 2 ชนิดคือ เจลแลนกัม และ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ซึ่งพบว่าเมื่อเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสสูงถึง 0.25% จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความข้นหนืดเพิ่มขึ้นจนไม่สามารถบริโภคได้ (ค่าความข้นหนืดเท่ากับ 84.4 และ 83.6 Cps สำหรับเครื่องดื่มจากข้าวมันปูและข้าวสังข์หยดตามลำดับ) และยังคงมีการตกตะกอนแยกชั้นในขณะที่การใช้เจลแลนกัม 0.03% ไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการแยกชั้น (รูปที่ 1 และ 2) ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของเจลแลนกัมเมื่อละลายในน้ำจะสามารถสร้างโครงร่างตาข่าย (network) ขึ้นมา จึงสามารถยึดจับกับอนุภาคที่มีขนาดเล็กเอาไว้ภายในทำให้ตะกอนแขวนลอยอยู่ได้ในสารละลาย ปริมาณที่ใช้จึงน้อยกว่า แต่การใช้เจลแลนกัมในผลิตภัณฑ์จะทำให้มีความข้นหนืดเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจมีผลต่อการศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาการฆ่าเชื้อ จึงมีการปรับความข้นหนืดของผลิตภัณฑ์โดยเพิ่มน้ำในสูตรเป็นอัตราส่วนแป้งต่อน้ำเท่ากับ 1:60 เพื่อให้ความข้นหนืดใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ก่อนเติมเจลแลนกัม (40.85 และ 39.6 Cps สำหรับเครื่องดื่มจากข้าวมันปูและข้าวสังข์หยดตามลำดับ)

รูปที่ 1 เครื่องดื่มจากข้าวมันปูที่ใช้อัตราส่วนแป้งต่อน้ำเท่ากับ 1:40 และ เติมเจลแลนกัมเท่ากับ 0, 0.010, 0.015, 0.020, 0.025 และ 0.030% (จากซ้ายไปขวา)

รูปที่ 2 เครื่องดื่มจากข้าวสังข์หยดที่ใช้อัตราส่วนแป้งต่อน้ำเท่ากับ 1:40 และเติมเจลแลนกัมเท่ากับ 0, 0.010, 0.015, 0.020, 0.025 และ 0.030 % (จากซ้ายไปขวา)

การศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์พบว่าที่อุณหภูมิ 90°ซ นาน 25 และ 30 นาที ไม่พบการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ตรวจสอบ และที่ระยะเวลาการฆ่าเชื้อนาน 25 นาทีไม่ทำให้ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลง แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิฆ่าเชื้อขึ้นเป็น 115°ซ นาน 20, 25 และ 30 นาทีจะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น มีกลิ่นรสของการให้ความร้อนที่มากเกินไป (cooked flavor) และเกิดการจับตัวกันเป็นตะกอนขนาดเล็กจำนวนมาก ดังนั้นการฆ่าเชื้อระดับสเตอริไลซ์ในเชิงการค้า (commercial sterilization) จึงไม่เหมาะกับเครื่องดื่มที่นำมาศึกษา และได้เลือกใช้วิธีการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 90°ซ นาน 25 นาทีในการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ต่อไป

ในการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมีจุลินทรีย์ และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มทั้งสองชนิดที่ระยะเวลาการเก็บนาน 1, 7, 14, 21 และ 28 วัน พบว่าเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้เป็นเวลานาน 28 วัน จะมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ไม่เปลี่ยนแปลง ค่าความเป็นกรดด่างมีแนวโน้มลดลง แต่มีความข้นหนืดเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น โดยเฉพาะเครื่องดื่มจากข้าวมันปูจะมีความข้นหนืดเพิ่มขึ้นจากเริ่มต้นมากกว่าเครื่องดื่มจากข้าวสังข์หยด (ตารางที่ 5) ทั้งนี้เนื่องจากสตาร์ชของข้าวมันปูมีอะมิโลสเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูงกว่าข้าวสังข์หยด และจากงานวิจัยของ พิกุล พรมลี และคณะ (2547) ที่ได้วิเคราะห์ปริมาณอะมิโลสในข้าวมันปูและข้าวสังข์หยดพบว่ามีปริมาณ 33.6 และ 23.2% ตามลำดับ โดยสตาร์ชที่มีองค์ประกอบของอะมิโลสสูงจะสามารถเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation) มากซึ่งเป็นธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงความข้นหนืดของแป้ง ดังนั้นเครื่องดื่มจากข้าวมันปูจึงมีความข้นหนืดภายหลังการเก็บรักษาสูงกว่าข้าวสังข์หยด

ผลการตรวจสอบจุลินทรีย์พบว่าที่ระยะเวลาเก็บนาน 28 วัน มีการเจริญของเชื้อแฟลตซาวร์เทอร์โมไฟล์ และ มีโซไฟล์ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวมันปูและข้าวสังข์หยดตามลำดับ ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวจัดอยู่ในกลุ่ม *Bacillus* spp. ที่สามารถสร้างสปอร์ทนความร้อน และ เหลือรอดได้จากการฆ่าเชื้อระดับพาสเจอไรส์ การเจริญของเชื้อมีการผลิตกรดอินทรีย์และทำให้ค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์ลดลง เมื่อนำผลิตภัณฑ์มาทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ระยะเวลาการเก็บต่าง ๆกันเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นใหม่พบว่าเครื่องดื่มจากข้าวมันปูที่เก็บรักษานาน 21 วัน ได้รับคะแนนการยอมรับด้านความหวาน ความข้น และ การยอมรับรวมแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นใหม่อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6) สำหรับ

เครื่องดื่มจากข้าวสังข์หยดที่เก็บรักษานาน 21 วัน ได้รับคะแนนการยอมรับด้านความหวานแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นใหม่อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ได้รับคะแนนด้านความข้นและการยอมรับรวมมากกว่า 5.5 (ตารางที่ 7) เมื่อนำแป้งข้าวมันปูและแป้งข้าวสังข์หยดมาวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารต่างๆได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย เถ้า และพลังงาน แล้วคำนวณปริมาณสารอาหารต่างๆที่มีในเครื่องดื่มที่ผลิตได้ พบว่า คุณค่าทางอาหารของเครื่องดื่มทั้ง 2 ชนิดใกล้เคียงกันโดยมีโปรตีน 0.11% ไขมัน 0.04-0.06% คาร์โบไฮเดรต 10.28-10.30% ใยอาหาร 0.02% เถ้า 0.02% และพลังงาน 42.04-42.10 กิโลแคลอรี ต่อ 100 กรัม ซึ่งถือว่ามีปริมาณน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดิบ ทั้งนี้เนื่องจากข้าวเป็นธัญชาติที่มีสตาร์ชเป็นองค์ประกอบในปริมาณมาก ซึ่งส่งผลต่อความข้นหนืดของเครื่องดื่มทำให้สามารถใช้แป้งข้าวเป็นวัตถุดิบได้ในอัตราส่วนที่ต่ำ (จากงานวิจัยใช้ที่อัตราส่วน 1:60) ดังนั้นเมื่อวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารด้านต่างๆจึงพบว่ามีปริมาณน้อยดังกล่าว หากต้องการผลิตเครื่องดื่มจากธัญชาติที่มีคุณค่าทางอาหารสูง และสามารถกล่าวอ้างทางโภชนาการได้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 182) พ.ศ. 2541 เรื่อง ฉลากโภชนาการ จำเป็นต้องมีการเสริมด้วยสารให้คุณค่าทางอาหารจากแหล่งอื่นๆ เช่น โปรตีนจากน้ำนม หรือ ถั่วเหลือง ใยอาหารจากแป้งดัดแปรคุณสมบัติ แคลเซียมหรือวิตามินชนิดต่างๆ เป็นต้น

สรุปและวิจารณ์ผล

1. ข้าวมันปูและข้าวสังข์หยดมีความยาวเมล็ด 6.9±0.15 และ 7.1±0.16 ความกว้างเมล็ด 1.99-2.00±0.05 รูปร่าง (ความยาวต่อความกว้าง) 3.47-3.55±0.03 น้ำหนักต่อปริมาตร (กิโลกรัมต่อถัง) 11.36-11.44±0.92 ที่ความชื้น 14% น้ำหนักต่อ 1,000 เมล็ด 24.55-24.86±0.66 ที่ความชื้น 14% ส่วนคุณสมบัติทางเคมี ข้าวมันปูและข้าวสังข์หยดมีความชื้น 12.0 และ 11.7% คาร์โบไฮเดรต 77.60 และ 76.84% โปรตีน 6.39 และ 6.66% ไขมัน 2.67 และ 3.42% ใยอาหาร 1.0 และ 1.3% เถ้า 1.33 และ 1.37 % พลังงาน 360 และ 365 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม

2. สูตรการผลิตเครื่องดื่มจากข้าวมันปูและข้าวสังข์หยดที่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบ ประกอบด้วย แป้งข้าวต่อน้ำ 1:60 เติมน้ำตาลซูโครสซีรัป 65°Brix ต่อฟรักโทสซีรัปในอัตราส่วน 60:40 จนมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 9°Brix เติมเจลแลนกัม 0.030% ปั่นผสมให้เข้ากัน นำมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90°ซ นาน 25 นาที บรรจุขณะร้อนในขวดแก้วขนาด 250 มิลลิลิตร ที่ผ่านการลวกฆ่าเชื้อแล้ว ปิดฝาทันที ทำให้เย็นและเก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4-6 °ซ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากข้าวมันปูที่เก็บไว้นาน 21 วัน ได้รับการการยอมรับด้านความหวาน ความข้น และ การยอมรับรวมแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นใหม่อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนเครื่องดื่มจากข้าวสังข์หยดได้รับการการยอมรับด้านความหวานจากผู้ทดสอบแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ใหม่อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ได้รับคะแนนด้านความข้นและการยอมรับรวมมากกว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ไม่เปลี่ยนแปลง มีค่าความเป็นกรดด่างลดลงและความข้นหนืดเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้นาน 28 วัน ตรวจพบการเจริญของเชื้อแฟลตซาวร์เทอร์โมไฟล์และมีโซไฟล์ในผลิตภัณฑ์จากข้าวมันปูและข้าวสังข์หยดตามลำดับ

3. เครื่องดื่มจากข้าวมันปูและข้าวสังข์หยดมีคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกัน โดยมีโปรตีน0.11% ไขมัน 0.04-0.06% คาร์โบไฮเดรต 10.28-10.30%ใยอาหาร 0.02% เถ้า 0.02% และพลังงาน 42.04-42.10 กิโลแคลอรี ต่อ 100 กรัม

ตารางที่ 3 ความข้นหนืดและคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความหวาน ความข้น และการยอมรับรวมของเครื่องดื่มที่มีอัตราส่วนแป้งข้าวมันปูต่อน้ำเท่ากับ 1:30 และ 1:40 เมื่อแปรชนิด และอัตราส่วนน้ำตาล

อัตราส่วนแป้งต่อน้ำ	อัตราส่วนซูโครสซีรัปต่อฟรักโทสซีรัป	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	คะแนนเฉลี่ย			ความข้นหนืด (Cps)
			ความหวาน	ความข้น	การยอมรับรวม	
1:30	100:0	11	6.17[a]	5.50[a]	5.77[a]	44.15
1:40	60:40	9	5.73[a]	5.83[a]	5.77[a]	40.46

ข้อมูลที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4 ความข้นหนืดและคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความหวาน ความข้นและการยอมรับรวมของเครื่องดื่มที่มีอัตราส่วนแป้งข้าวสังข์หยดต่อน้ำเท่ากับ 1:30 และ 1:40 เมื่อแปรชนิดและปริมาณน้ำตาล

อัตราส่วนแป้งต่อน้ำ	อัตราส่วนซูโครสซีรัปต่อฟรักโทสซีรัป	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	ค่าเฉลี่ย			ความข้นหนืด (Cps)
			ความหวาน	ความข้น	การยอมรับรวม	
1:30	60:40	11	5.70[a]	5.70[a]	5.73[a]	39.36
1:40	60:40	9	5.73[a]	5.56[a]	5.63[a]	36.68

ข้อมูลที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 5 คุณภาพทางด้านกายภาพและทางเคมีของเครื่องดื่มจากข้าวมันปูและข้าวสังข์หยดที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

ชนิดวัตถุดิบ / รายการ	ข้าวมันปู					ข้าวสังข์หยด				
	1 วัน	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน	1 วัน	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	8.6	8.8	8.8	8.9	8.9	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
ค่าความเป็นกรดด่าง	6.86	6.83	6.81	6.97	6.60	7.03	7.01	6.97	6.92	6.8
ความข้นหนืด(Cps)	41.0	46.2	47.8	51.5	54.9	38.8	39.5	48.8	41.0	44.6

ข้อมูลที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 6 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความหวาน ความข้นและการยอมรับรวมของเครื่องดื่มจากข้าวมันปูที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ

การทดสอบทางประสาทสัมผัส	คะแนนเฉลี่ยที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ					
	1 วัน	7 วัน	1 วัน	14 วัน	1 วัน	21 วัน
ความหวาน	4.60[a]	5.20[a]	5.00[a]	5.30[a]	4.90[a]	4.90[a]
ความข้น	4.50[a]	4.90[a]	5.00[a]	5.00[a]	4.80[a]	5.40[a]
การยอมรับรวม	4.30[a]	5.00[a]	4.80[a]	4.80[a]	4.90[a]	5.30[a]

ข้อมูลที่มีอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 7 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความหวาน ความข้นและการยอมรับรวมของเครื่องดื่มจากข้าวสังข์หยดที่ระยะเวลาการเก็บต่างๆ

การทดสอบทางประสาทสัมผัส	คะแนนเฉลี่ยที่ระยะเวลาการเก็บต่าง ๆ					
	1 วัน	7 วัน	1 วัน	14 วัน	1 วัน	21 วัน
ความหวาน	5.30[a]	5.70[a]	5.10[a]	5.30[a]	4.50[a]	4.70[a]
ความข้น	5.10[b]	5.80[a]	5.40[a]	5.30[a]	4.40[b]	5.00[a]
การยอมรับรวม	5.40[a]	5.60[a]	5.20[a]	5.20[a]	4.30[b]	5.00[a]

ข้อมูลที่มีอักษรต่างกันในแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารอ้างอิง

กองโภชนาการ. 2547. คุณค่าทางโภชนาการข้าวพันธุ์สังข์หยดพัทลุงเปรียบเทียบกับพันธุ์ข้าวเล็บนกปัตตานี. กรมอนามัย. กรุงเทพมหานคร.

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2546. เอกสารประกอบการฝึกปฏิบัติเสริมทักษะวิชา เคมีและจุลชีววิทยาของอาหาร. โครงการวิทยาศาสตร์ชีวภาพ, กรมวิทยาศาสตร์บริการ.

กระทรวงสาธารณสุข. 2522. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 182) พ.ศ. 2541 เรื่อง ฉลากโภชนาการ. พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 พร้อมกฎกระทรวง และประกาศกระทรวงสาธารณสุข. กองควบคุมอาหาร. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา.

เจ้าคุณเกษตรพืชผล จำกัด. 2538. น้ำเชื่อมไฮฟรักโทส (high fructose syrup). เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ.

ชวาลวุฑฒ ไชยนุวัติ. 2547. ยุทธศาสตร์ข้าวของประเทศไทย (ปี2547-2551). เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการ เรื่องมิติใหม่ของรำข้าว. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

บริบูรณ์ สมฤทธิ์. 2542. ข้าวแดงหอมและมาตรฐานการปลูก. กรุงเทพมหานคร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

พิกุล พรมลี กมลทิพย์ สิทธิการ และอภิญญา ฮงประยูร. 2547. การศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของข้าวเหนียวดำและข้าวแดง. โครงการพิเศษทางเทคโนโลยีอาหาร. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

ศยามล เนตรประภา. 2544. การพัฒนาเครื่องดื่มข้าวหอมมะลิกลิ่นใบเตย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมฤดี วิบูลพัฒนะวงศ์. 2540. การผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าวเจ้า. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรพิน เกิดชูชื่น ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ พร้อมลักษณ์ สรรพ่อค้าและสุภัทร์ จันทร์วรชัยกุล. 2545. การผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากธัญพืช. วารสารอาหาร. 3: 201 - 212.

Campden and Chorleywood. 1992. Food Pasteurization Treatments. Technical Manual No. 27. Food Research Association. Gloucestershire, UK.

Lee, S. W. and C. Rhee, 2003. Processing suitability of rice and pine nut (*Pinus koraiensis*) beverage. Food Hydrocolloids. 17: 379-385.