การใช้แป้งข้าวฟ่างแทนเซโมลินาบางส่วนเพื่อใช้ในการผลิตพาสต้า

Use of Sorghum Flour Partially Substituted Semolina for Pasta Production

จิรนาถ บุญคง[1] และ สุกัญญา ส่งแสง[1]

Boonkong, J.[1] and Songsang, S.[1]

Abstract

This research involved use of sorghum flour partially substituted semolina in pasta production. The sorghum flour was varied at 5, 10, 15, 20, 25 and 30% (by flour weight). The measurement of sorghum pasta color revealed that the increasing of sorghum flour, L* and b* values decreased, related with the reduction of chroma value. The a* value increased and hue angle indicated that all of treatment were mild yellow-cool yellow color. Cooking loss among the samples was not different significantly ($p>0.05$). Water swelling decreased with increasing sorghum flour. The sensory evaluation of pasta by the 9-point hedonic scale method indicated that 15% sorghum flour pasta had the most acceptances. Tensile strength of 15% sorghum flour pasta was higher compared to the control, but the elongation was lower. Chemical compositions analysis indicated that 15% sorghum flour pasta had higher fat, fiber and ash content compared to the control.

Keywords: pasta, sorghum flour, wheat substitution

บทคัดย่อ

ศึกษาการใช้แป้งข้าวฟ่างทดแทนเซโมลินาบางส่วนในการผลิตพาสต้า โดยแปรปริมาณแป้งข้าวฟ่างที่ระดับร้อยละ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 (โดยน้ำหนักแป้ง) เมื่อวิเคราะห์ค่าสีของเส้นพาสต้าที่ใช้แป้งข้าวฟ่าง พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวฟ่าง ค่าความสว่าง (L*) และค่าสีเหลือง (b*) ลดลง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่า chroma ที่ลดลง ในขณะที่ค่าสีแดง (a*) เพิ่มขึ้นและจากการคำนวณค่า hue พบว่าพาสต้าทุกสูตร มีสีส้มแดง-สีเหลือง ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักจากการต้มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ในทุกตัวอย่าง ค่าการพองตัวลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวฟ่าง การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point hedonic scale พบว่าพาสต้าที่ทดแทนด้วยแป้งข้าวฟ่างร้อยละ 15 มีค่าการยอมรับสูงสุด ค่าความแข็งแรงของเส้นพาสต้าที่ระดับทดแทน ร้อยละ 15 มีค่ามากกว่าสูตรควบคุม ในขณะที่ค่าระยะยืดน้อยกว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าพาสต้าที่ระดับทดแทน ร้อยละ 15 มีปริมาณ ไขมัน เส้นใย และเถ้าสูงกว่าสูตรควบคุม

คำสำคัญ: พาสต้า แป้งข้าวฟ่าง การทดแทนแป้งสาลีบางส่วน

คำนำ

ผลิตภัณฑ์พาสต้า เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่รับประทานเป็นอาหารหลักมาแต่โบราณของชาวยุโรป ทำมาจากแป้งเซโมลินา (semolina) ซึ่งโม่ด้วยวิธีพิเศษจากแป้งสาลีชนิดดูรัม (durum wheat) (อรอนงค์, 2540) นำมาผสมกับน้ำนวดให้เข้ากันจนเป็นโด (dough) อาจจะม้วน (rolling) หรือรีด (knead) ให้เป็นแผ่น (sheet) และตัดเป็นเส้น (strips) หรือขึ้นรูป (molding) ใช้เครื่องเอ็กทรูเดอร์ (extruder) ให้มีรูปต่างๆกัน (Brockway, 2001) เช่น มะกะโรนีเป็นเส้นใหญ่ มีรูตรงกลางมีขนาดสั้นบ้างยาวบ้าง เป็นรูปโค้งหรือรูปท่อน สปาเก็ตตี้ เป็นเส้นกลมทึบ ยาวเล็ก ลิงกวินี คล้ายสปาเก็ตตี้ แต่เส้นแบนเหมือนเส้นบะหมี่ เป็นต้น โดยทั่วไปจะมีขายในลักษณะแห้ง เก็บรักษาง่าย เมื่อต้องการบริโภคก็นำมาต้มในน้ำร้อนเดือด แล้วทำให้สะเด็ดน้ำ ก่อนปรุงกับเนื้อสัตว์ ผัก เนยสด เนยแข็งและซอสต่างๆ สารอาหารหลักที่ได้จากผลิตภัณฑ์พาสต้า คือ คาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่เป็นกลุ่มย่อยสลายได้ช้า (slow digestion) โดยมีไขมันและแร่ธาตุเล็กน้อย (Brockway, 2001)

ข้าวฟ่าง (sorghum; *Sorghum bicolor*) เป็นพืชวงศ์หญ้า (Gramineae) มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารมนุษย์ และอาหารสัตว์ ประเทศในทวีปแอฟริกา อินเดียและจีน มีการบริโภคข้าวฟ่างเป็นอาหารหลัก โดยหุงต้มคล้ายข้าว หรือบริโภคในรูปของผลิตภัณฑ์แป้งข้าวฟ่าง ในข้าวฟ่าง 100 กรัม ประกอบด้วย ความชื้น 12.2 คาร์โบไฮเดรต 70.7 กรัม โปรตีน 10.4 กรัม ไขมัน 3.1 กรัม เส้นใย 2 กรัม เถ้า 1.6 กรัม (Hulse, 1980) ซึ่งในส่วนแร่ธาตุและวิตามิน ประกอบด้วย แคลเซียม 25 มิลลิกรัม เหล็ก 5.4 มิลลิกรัม ไทอะมีน 0.38 มิลลิกรัม ไรโบฟลาวิน 0.15 มิลลิกรัม และไนอะซิน 4.3 มิลลิกรัม อีกทั้งประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ phenolic acid, polyphenols, flavonoid pigments, anthocyanin, proanthrocyanin (tannin) และยังรวมถึง phytosterols และ policosanols เป็นต้น (Dendy, 2001) ปัจจุบันมีการนำข้าวฟ่างไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์เนื่องจากราคาถูกกว่าข้าวโพด รวมถึงอุตสาหกรรมอาหารมนุษย์ เนื่องจากเป็นทางเลือกสำหรับผู้ที่เป็นโรคแพ้กลูเตน (Celiac) โดยแป้งข้าวฟ่างนำมาต้มเป็นข้าวเปียก ขนมปังแผ่น ขนมปังก้อน เส้นก๋วยเตี๋ยว และเส้นหมี่ รวมถึงเมล็ดข้าวฟ่างนำมาเพาะให้งอกแล้วนำไปหมักด้วยยีสต์จนได้เป็นเบียร์ และนำ

[1] **ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ถ.เพชรเกษม บางหว้า ภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร** 10160

[1] Department of Food technology, Faculty of Science, Siam University, Petchkasem Rd., Bangwa, Phasicharoen, Bangkok, 10160

เมล็ดข้าวฟ่างมาหมักเป็นโยเกิร์ตที่มีรสเปรี้ยวและกลิ่นหอม (Stenhouse and Tippayaruk, 1996) อีกทั้งมีรายงานการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้งข้าวฟ่าง ได้แก่ ขนมอบ อาหารเช้า อาหารว่าง เครื่องดื่ม ผลิตภัณฑ์เส้น เช่น ขนมจีน เส้นหมี่ มักกะโรนี บะหมี่ เป็นต้น (ศิวาพร, 2533) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการใช้ประโยชน์จากข้าวฟ่างเพื่อพัฒนาเป็นอาหารมนุษย์ ลดการใช้แป้งสาลี เพื่อให้เหมาะสมกับผู้บริโภคที่แพ้โปรตีนในแป้งสาลี ส่งเสริมการเพาะปลูกของเกษตรกร และเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตผลทางการเกษตร งานวิจัยนี้จึงตั้งวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของปริมาณแป้งข้าวฟ่างที่ใช้ทดแทนแป้งเซโมลินาบางส่วน ต่อคุณภาพทางกายภาพ ประสาทสัมผัส และองค์ประกอบทางโภชนาการที่สำคัญของผลิตภัณฑ์พาสต้าที่ผลิตขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมแป้งถั่วแดงหลวงและผลิตพาสต้าสูตรควบคุมและพาสต้าจากแป้งข้าวฟ่าง

นำเมล็ดข้าวฟ่าง (ยี่ห้อ เนเจอร์ ผลิตโดยบริษัทเนเจอร์โซน จำกัด) มาอบด้วยเครื่องอบลมร้อน โดยใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง เพื่อให้วัตถุดิบมีความชื้นร้อยละ 11-12 จากนั้นนำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องโม่หิน (stone mill) ร่อนผ่านเครื่อง Retch Test Sieves ที่ผ่านชั้นตะแกรง 60, 80 mesh และ น้อยกว่า 80 mesh และนำแป้งข้าวฟ่างที่ผ่านตะแกรงขนาด 80 mesh (มีขนาดเล็กกว่า 80 เมช) มาบรรจุถุงพลาสติก และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นผลิตพาสต้าสูตรควบคุม ซึ่งดัดแปลงจาก Martini (1977) โดยมีส่วนผสมคือ เซโมลินา ไข่ไก่ เกลือและน้ำสะอาด ปริมาณ 165, 80, 1 และ 15 กรัม ตามลำดับ ผสมเข้าด้วยกัน นวดจนขึ้นโด แล้วนำมารีดด้วยเครื่องรีด จนแผ่นแป้งมีความหนา 0.05 มิลลิเมตร ตัดเป็นเส้นกว้าง 0.48 มิลลิเมตร ยาว 30 เซนติเมตร และผสมแป้งสำหรับใช้ผลิตพาสต้าสูตรทดแทนด้วยแป้งข้าวฟ่าง ที่ระดับร้อยละ 5, 10, 15, 20, 25, และ 30 โดยน้ำหนักแป้ง

2. การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์พาสต้าที่ใช้แป้งถั่วแดงหลวงทดแทนแป้งเซโมลินา

วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสีโดยเครื่องวัดสี (Colorimeter) Hunter lab รุ่น Color Flex 4510 วิเคราะห์น้ำหนักที่สูญเสียจากการต้ม (Cooking loss) และวัดค่าการพองตัว ตามวิธีของ (มอก. 475-2526) ทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์พาสต้าสูตรต่างๆ โดยใช้ผู้ทดสอบเป็นนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ ที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน โดยวิธี 9 - point hedonic scale จากนั้นนำสูตรที่ใช้แป้งข้าวฟ่างทดแทนเซโมลินาที่ได้คะแนนการยอมรับสูงสุด มาทดสอบสมบัติทางกล ได้แก่ ความแข็งแรง และระยะการยืดของเส้น ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) รุ่น TA-XT 2 และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (AOAC, 1990) และคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรต การวิเคราะห์สถิติของสมบัติทางเคมี-กายภาพ และการทดสอบทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ RCBD หาค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนโดยวิธี Two-way analysis of variance และตรวจสอบความแตกต่างของทรีทเมนต์ด้วย Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เส้นพาสต้าที่ผลิตจากเซโมลินาผสมแป้งข้าวฟ่าง ที่ระดับร้อยละ 5, 10, 15, 20, 25, และ 30 (โดยน้ำหนักเซโมลินา) มีลักษณะปรากฏของ คือ เส้นสีเหลืองอ่อนจนถึงสีน้ำตาลอ่อน เรียบเนียน มีความเหนียวนุ่ม และเมื่อนำไป วิเคราะห์ค่าสี (L* a* และ b*) ด้วยเครื่องวัดสี (Table 1) พบว่าปริมาณแป้งข้าวฟ่างที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่าง (L*) และค่าสีเหลือง (b*) ลดลง ซึ่งค่าความสว่างสอดคล้องกับค่า chroma ที่ลดลง ในขณะที่ค่า a* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับการทดแทนด้วยแป้งข้าวฟ่างที่มากขึ้น และจากการคำนวณค่า hue พบว่าพาสต้าทุกสูตร มีค่าอยู่ระหว่าง 67.48-77.27 ซึ่งแสดงค่าสีส้มแดง-สีเหลือง ทั้งนี้ในแป้งข้าวฟ่างจะมีสารแทนนิน และรงควัตถุชนิดแอนโทไซยานิน (anthocyanins) (Choung และคณะ, 2003; Hulse และคณะ, 1980) ดังนั้นการใช้แป้งข้าวฟ่างทดแทนเซโมลินามากขึ้น ทำให้ค่าสีแดงเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจจะบดบังค่าความสว่างทำให้มีค่าลดลงได้

เส้นพาสต้าที่ใช้แป้งข้าวฟ่างร้อยละ 10 แทนเซโมลินา มีค่าร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก (cooking loss) ต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 4.20 แต่อย่างไรก็ตาม cooking loss ในพาสต้าที่ใช้แป้งข้าวฟ่างร้อยละ 5, 15-30 และสูตรควบคุม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ค่าการพองตัวของเส้นพาสต้าจะลดลงตามปริมาณแป้งข้าวฟ่างที่เพิ่มขึ้น (Table 2) ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัว ได้แก่ ชนิดของแป้ง ความแข็งแรง และลักษณะร่างแหของการเกิดเจลแป้งภายในเม็ดแป้ง สิ่งเจือปนภายในเม็ดแป้ง ปริมาณน้ำในสารละลาย เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความแข็งแรงและลักษณะร่างแหภายในเม็ดแป้ง ซึ่งเกิดจากหลายปัจจัยในระดับโมเลกุล ได้แก่ ส่วนประกอบและการกระจายตัวของร่างแห จำนวนกิ่งก้านสาขา และความยาวของสาขาในอะไมโลเพกติน และอัตราส่วนระหว่างอะไมโลสและอะไมโลเพกติน (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546) ทั้งนี้จากการทดลอง ปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัวมากที่สุด คือ ชนิดของแป้ง ซึ่งปริมาณอะไมโลสในแป้งข้าวฟ่าง เท่ากับร้อยละ 28.69 ในขณะที่แป้งสาลีดูรัม (durum wheat) มีปริมาณมีอะไมโลส เท่ากับร้อยละ 26.2 (Vansteelandt และ Delcour, 1999) ดังนั้นเมื่อแป้งข้าวฟ่างมีปริมาณอะไมโลส สูงกว่าแป้งสาลี จึงทำให้มีโครงสร้างที่ประกอบด้วยโซ่ตรงของอะไมโลสที่อยู่ชิดกัน เกิดร่างแหในเม็ดแป้งที่แข็งแรง ส่งผลให้กำลังการพองตัวและการละลายต่ำ อีกทั้งไขมันที่รวมอยู่ในเม็ดแป้ง ในรูปแบบ amylose-lipid complex เกิดเป็นโครงสร้างผลึกอย่างอ่อน ซึ่งจะเสริมความแข็งแรงให้แก่เม็ดแป้ง ทำให้เม็ดแป้งพองตัวได้ช้า (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546)

การประเมินคุณภาพประสาทสัมผัสทางด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส ความเหนียวนุ่ม และความชอบโดยรวม ของเส้นพาสต้าที่ใช้แป้งข้าวฟ่างแทนเซโมลินาบางส่วน โดยวิธี 9- point hedonic scale (Table 3) พบว่าคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรส และ เนื้อสัมผัส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ในด้านลักษณะปรากฏ พบว่าเส้นพาสต้าที่ใช้แป้งข้าวฟ่างแทนเซโมลินาร้อยละ 15 และ 30 มีคะแนนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เช่นเดียวกับคะแนนความชอบโดยรวมของเส้นพาสต้าที่

ใช้แป้งข้าวฟ่างแทนเซโมลินาร้อยละ 15 และร้อยละ 25 -30 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามเส้นพาสต้าที่ใช้แป้งข้าวฟ่างทดแทนเซโมลินาร้อยละ 15 มีคะแนนสูงสุดในทุกด้าน จึงคัดเลือกมาวิเคราะห์ความแข็งแรง ระยะยืดของเส้นและองค์ประกอบทางเคมีเทียบกับสูตรควบคุม

จากการวัดความแข็งแรงและวัดระยะยืดของเส้นพาสต้าสูตรควบคุมและสูตรที่ใช้แป้งข้าวฟ่างแทนเซโมลินา ร้อยละ 15 ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) (Table 4) พบว่าพาสต้าสูตรที่ใช้แป้งข้าวฟ่าง ร้อยละ 15 มีค่าความแข็งแรงมากกว่าสูตรควบคุม แต่มีระยะการยืดของเส้นน้อยกว่า ทั้งนี้เนื่องจากสูตรควบคุมผลิตจากเซโมลินาที่มีโปรตีนชนิดกลูเตน ซึ่งเกิดจากการรวมตัวกันของไกลอะดินและกลูเตนินในปริมาณใกล้เคียงกัน โดยไกลอะดินมีคุณสมบัติในการไหลยืดได้ดีกว่ากลูเตนินซึ่งมีลักษณะเหนียวคล้ายยาง แต่เมื่อรวมกันเป็นกลูเตนได้โดที่มีลักษณะเหมาะสม มีโครงร่างแข็งแรง ยืดหยุ่นพอดี (กล้าณรงค์ และเกื้อกูล, 2546)

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าพาสต้าที่ใช้แป้งข้าวฟ่างแทนเซโมลินา ร้อยละ 15 มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าสูตรควบคุม เนื่องจากข้าวฟ่างมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าแป้งสาลี (ปริมาณโปรตีนของข้าวฟ่าง และข้าวสาลี เท่ากับ ร้อยละ 10.4 และ 11.6 ตามลำดับ) (Hulse และคณะ, 1980) ปริมาณความชื้นของพาสต้าที่ใช้แป้งข้าวฟ่างแทนเซโมลินา ร้อยละ 15 และสูตรควบคุมมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนปริมาณ ไขมัน เส้นใย และเถ้าของพาสต้าที่ใช้แป้งข้าวฟ่างแทนเซโมลินา ร้อยละ 15 มากกว่าสูตรควบคุม (Table 4) เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวฟ่างมีปริมาณไขมัน เส้นใย และเถ้าสูงกว่าแป้งสาลี (กองโภชนาการ, 2544; Hulse, และคณะ, 1980) เมื่อพิจารณาปริมาณโปรตีนและความชื้นของพาสต้าที่ใช้แป้งข้าวฟ่างแทนเซโมลินา ร้อยละ 15 เทียบกับค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์มะกะโรนี (มอก. 475-2526) ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 14 และความชื้นไม่เกินร้อยละ 13 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2526) แต่พบว่าพาสต้าที่ใช้แป้งข้าวฟ่างแทนเซโมลินา ร้อยละ 15 มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าค่ามาตรฐานเล็กน้อย และปริมาณความชื้นสูงกว่าค่ามาตรฐานเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากพาสต้าที่ผลิตขึ้นไม่ผ่านขั้นตอนการอบแห้ง หากนำไปทำการอบแห้งจะสามารถลดความชื้นให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานได้ อีกทั้งสามารถเสริมโปรตีนจากไข่ไก่ในส่วนผสมให้มากขึ้น จะทำให้พาสต้าสูตรที่พัฒนาขึ้นมีปริมาณโปรตีนอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐาน

สรุปผล

การใช้แป้งข้าวฟ่างแทนเซโมลินาบางส่วนเพื่อใช้ในการผลิตพาสต้า ทำให้ได้พาสต้าที่มีความสว่างลดลง มีค่าสีแดงเพิ่มขึ้น และการพองตัวของพาสต้าลดลงตามปริมาณแป้งข้าวฟ่างที่ใช้มากขึ้น พาสต้าที่ใช้แป้งข้าวฟ่างแทนเซโมลินา ร้อยละ 15 ได้คะแนนการยอมรับสูงสุดในทุกด้าน เมื่อนำมาทดสอบความแข็งแรงและระยะยืดของเส้น พบว่าพาสต้าที่ใช้แป้งข้าวฟ่างแทนเซโมลินา ระดับร้อยละ 15 มีความแข็งแรงมากกว่าสูตรควบคุม แต่มีระยะยืดของเส้นน้อยกว่า ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า พาสต้าที่พัฒนาขึ้น มีปริมาณ ไขมัน เส้นใยและเถ้าสูงกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546, เทคโนโลยีของแป้ง, สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 303 หน้า.

กองโภชนาการ กรมอนามัย, 2544, ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. กรุงเทพฯ: 132 หน้า.

ศิวาพร ศิวเวชช, 2533, ผลิตภัณฑ์จากข้าวฟ่าง เล่ม 2, สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 37 หน้า.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม. 2526. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มะกะโรนี.เอกสาร มอก. ที่ 475-2526, สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

อรอนงค์ นัยวิกุล, 2540, ข้าวสาลี: วิทยาศาสตร์เทคโนโลยี พิมพ์ครั้งที่ 2 คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. หน้า 139-142, 201-206.

AOAC, 1990, Official Method of Association of official chemist. 16th ed., Association official Analytical chemist. Virginia,: 32 (1)-32 (29c).

Brockway, B.E., 2001, Pasta. *In* David A.V. Dendy, Bogdan J. Dobraszczyk. (Eds.). Cereals and cereal products: Chemistry and Technology, Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland, 254-262.

Choung, M.G., Choi, B.R., An, Y.N., Chu, Y.H., and Cho, Y.S., 2003, Anthocyanin Profile of Korean Cultivated Kidney Bean, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51(24): 7040-7043.

Dendy, D.A.V., 2001, Sorghum and the millets. *In* David A.V. Dendy, Bogdan J. Dobraszczyk. (Eds.). Cereals and cereal products: Chemistry and Technology. Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland, 341-366.

Hulse, J.H.; Laing, E.M.; Pearson, O.E.1980. Sorghum and the Millets: their Composition and Nutritive Value; New York, Academic Press: 997 p.

Martini, A., 1977, Pasta and Pizza, Elisabeth Even. St. Martins Press. New York. 195 p.

Stenhouse, J. W. and Tippayaruk J.L.., 1996. *Sorghum bicolor* (L.) Moench. pp. 130-136. *In* Grubben, G. J. H. and S. Partohardjono, eds. Plant Resources of South–East Asia No. 10: Cereals. PROSEA Foundation, Indonesia.

Vansteelandt, J., and Delcour, J.A., 1999, Characterization of starch from durum wheat (*Triticum durum*), Starch-Stärke, 51 (2-3): 73-80.

Table 1 Color of partial substituted sorghum flour pasta for semolina

Level of substitution (%)	Color			H°	Chroma
	L*	a*	b*		
5	68.41±0.21[a]	6.96±0.21[c]	30.82±0.21[a]	77.27	31.60
10	68.01±0.13[a]	8.01±0.10[b]	28.83±0.41[b]	74.47	29.92
15	61.24±0.21[b]	8.17±0.12[b]	27.20±0.23[c]	73.28	28.40
20	59.52±0.21[c]	8.11±0.21[b]	23.03±0.22[d]	70.60	24.42
25	58.26±0.16[c]	9.23±0.20[a]	22.67±0.20[d]	67.85	28.81
30	55.76±0.16[d]	9.43±0.18[a]	22.74±0.33[d]	67.48	24.61

Remark: different alphabets within the same column indicate significant difference ($p \leq 0.05$)

Table 2 Cooking loss and swelling of partial substituted sorghum flour pasta for semolina

Level of substitution (%)	Cooking loss (%)	Swelling (%)
0	4.70±0.29[ab]	75.25±0.16[a]
5	4.71±0.50[ab]	74.60±0.56[b]
10	4.20±0.30[b]	74.35±0.49[bc]
15	4.44±0.31[ab]	74.20±0.42[c]
20	4.80±0.32[ab]	74.10±0.14[c]
25	4.94±0.33[a]	73.70±0.26[d]
30	5.01±0.22[a]	72.18±0.14[e]

Remark: different alphabets within the same column indicate significant difference ($p \leq 0.05$)

Table 3 Sensory evaluation score of partial substituted sorghum flour pasta for semolina

Level of substitution (%)	Score				
	Appearance	Color	Flavor	Texture	Overall liking
5	4.37±1.28[ab]	4.77±1.16[ab]	4.87±1.60[a]	4.60±1.04[ab]	5.63±1.07[ab]
10	4.30±1.61[ab]	5.23±1.16[ab]	5.13±1.38[a]	4.83±0.92[ab]	5.67±1.35[ab]
15	6.07± 1.01[a]	8.23±0.63[a]	6.93±1.21[a]	8.40±0.49[a]	7.23±1.22[a]
20	4.49±1.15[ab]	4.90±1.16[ab]	4.60±1.04[a]	4.30±1.82[ab]	5.77±1.39[ab]
25	4.47±1.07[ab]	4.73±1.05[ab]	4.73±1.29[a]	4.13±1.36[ab]	5.97±1.40[b]
30	4.83±0.98[b]	4.83±0.99[ab]	3.67±1.24[a]	3.97±1.35[ab]	5.33±1.15[b]

Remark: different alphabets within the same column indicate significant difference ($p \leq 0.05$)

Table 4 Chemical composition, tensile strength and elongation of control pasta and 15% substituted pasta

Formulae	Chemical composition (%)						Tensile Strength (g)	Elongation (mm)
	Protein	Fat	Fiber	Moisture	Ash	Carbohydrate		
Control	13.57±0.00	3.15±0.17	7.50±0.42	13.71±0.32	0.82±0.05	61.25	49.91±2.37	35.96±4.23
15% substitution	12.48±0.00	4.89±0.89	12.56±0.64	14.73±0.61	0.95±0.14	54.39	52.57±2.71	33.60±3.43

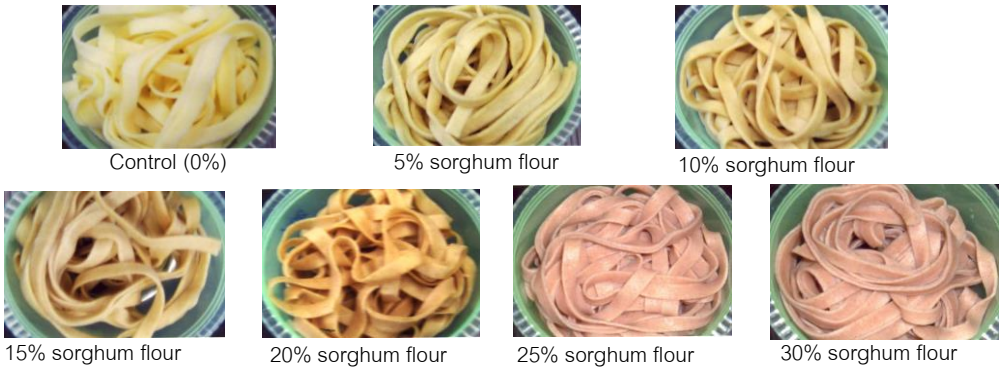

Figure 1 Appearance of substituted sorghum flour pasta for semolina at 0-30% (by weight)