สมบัติและการใช้แป้งข้าวโพดผสมแป้งถั่วหรั่งในคุกกี้ปลอดกลูเตน
Properties and Performance of Corn Starch/ Bambara Groundnut Flour Blends in Gluten-free Cookies

กมลทิพย์ เอกธรรมสุทธิ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
E-mail: kamontip__ekt@utcc.ac.th

บทคัดย่อ

แป้งข้าวโพดผสมแป้งถั่วหรั่งที่อัตราส่วน 9:1 8:2 และ 7:3 (โดยน้ำหนัก) มีปริมาณโปรตีน ความชื้น และเถ้าต่ำกว่าแป้งสาลี แต่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตและไขมันสูงกว่า ($p<0.05$) เมื่ออัตราส่วนของแป้งถั่วหรั่งเพิ่มขึ้น แป้งผสมจะมีปริมาณโปรตีน ความสามารถในการดูดซับน้ำและน้ำมันเพิ่มขึ้น แต่ความสามารถในการเกิดเจลลดต่ำลง และคุกกี้แป้งผสมปลอดกลูเตนมีค่าแรงตัดขาด และความหนาแน่นต่ำกว่าคุกกี้สูตรควบคุม (แป้งสาลี) เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของแป้งถั่วหรั่งมากขึ้น คุกกี้จะมีค่าสี L* และอัตราการแผ่ขยายตัวลดต่ำลง โดยที่คุกกี้สูตรแป้งข้าวโพดต่อแป้งถั่วหรั่ง 9:1 มีค่าการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p>0.05$)

คำสำคัญ: คุกกี้ปลอดกลูเตน แป้งถั่วหรั่ง แป้งข้าวโพด

Abstract

The composite blends of corn starch and bambara groundnut flour at the ratio of 9:1, 8:2 and 7:3 (w/w) contained lower amounts of protein, moisture and ash than wheat

flour, but higher carbohydrate and lipids ($p<0.05$). Increasing bambara groundnut flour in the blends increased water and oil absorption and also protein content, but decreased gel capacity. Gluten-free cookies prepared from the blends had lower cutting force and density compared with wheat control cookies. When the ratio of bambara groundnut flour was increased, the cookies decreased in L* and spread ratio. There were no significant differences ($p>0.05$) in sensory scores between the blend cookies (9:1) and control cookies.

Keywords: Gluten-free Cookies, Bambara Groundnut Flour, Corn Starch

บทนำ

คุกกี้เป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ทำจากส่วนผสมหลัก คือ แป้งสาลี ซึ่งมีกลูเตน (gluten) ที่เป็นสาเหตุอาการแพ้ของประชากรทั่วโลกกว่าร้อยละ 1 (Lee, et al., 2009) ดังจะเห็นว่าในหลายๆ ประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย และประเทศในแถบยุโรปได้หันมาให้ความสำคัญกับอาหารที่ปลอดกลูเตน (Gluten-free Foods) เพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ได้มีรายงานว่าผู้ป่วยโรคแพ้กลูเตน (Celiac Disease) สามารถบริโภคแป้งข้าวโพด (Corn Starch) ได้อย่างปลอดภัย (Gallagher, 2009) จึงได้มีการพัฒนาขนมอบปลอดกลูเตนจากแป้งข้าวโพดเพิ่มมากขึ้น (Lee, et al., 2009; Sanchez, Osella, and Torre, 2002)

ถั่วหรั่ง (*Vigna subterranea*) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในท้องถิ่นภาคใต้ของประเทศไทย ถั่วหรั่งเมล็ดแก่สามารถนำมาบดเป็นแป้งและนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารได้ ซึ่งแป้งถั่วหรั่งเป็นแหล่งของสารอาหารที่มีความสมดุลทางโภชนาการดีมาก โดยมีปริมาณโปรตีน 18.3-22.1% เถ้า 0.6-4.4% เส้นใยอาหาร 0.8-5.2% ไขมัน 1.2-6.6% และคาร์โบไฮเดรต 55.6-67.1% (Adebowale, Afolabi, and Lawal, 2002; Fasoyiro, et al., 2006) นอกจากนี้ แป้งถั่วหรั่งยังมีกรดไขมันชนิดลิโนเลอิกและลิโนเลนิกในปริมาณสูง รวมทั้งมีปริมาณไลซีนและเมทไธโอนีนสูงด้วย (Olaleke, Olorunfemi, and Emmauel, 2006) ในขณะที่แป้งข้าวโพดมีปริมาณโปรตีนเพียง 0.2-0.8% (Bhatnagar and Hanna, 1994; Owusu-Ansah, Voort, and Stanley, 1983) ดังนั้น การผสมแป้งถั่วหรั่งกับแป้งข้าวโพดจึงสามารถช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้สูงขึ้นได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงสมบัติและความสามารถในการใช้แป้งผสมระหว่างแป้งข้าวโพดกับแป้งถั่วหรั่งในผลิตภัณฑ์คุกกี้ปลอดกลูเตนโดยเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่ใช้แป้งสาลี

วิธีการทดลอง

วัตถุดิบ

ถั่วหรั่งพันธุ์สงขลา 1 จากศูนย์วิจัยพืชไร่สงขลา แป้งข้าวโพดตราคนอร์ (ความชื้น 11.1% เถ้า 0.7% ไขมัน 1.4% โปรตีน 0.8% และคาร์โบไฮเดรต 86.0%) และแป้งสาลีอเนกประสงค์ตราว่าว (ความชื้น 12.4% เถ้า 1.1% ไขมัน 0.9% โปรตีน 8.2% และคาร์โบไฮเดรต 77.4%)

การเตรียมแป้งถั่วหรั่งปรับปรุงจากวิธีของ Mbata, Ikenebomeh, and Ezeibe (2009) โดยนำถั่วหรั่งมาคัดแยกเมล็ดที่ลอยน้ำออกและแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการผ่าครึ่งเมล็ดและแกะเปลือกออก นำไปต้มในน้ำเดือด 10 นาที ที่อัตราส่วนของถั่วหรั่งต่อน้ำเป็น 1:10 โดยน้ำหนัก ทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง บดให้เป็นผงด้วยเครื่อง Roter Beater Mill และร่อนผ่านตะแกรงที่มีขนาด 60 เมช บรรจุใส่ถุงโพลีเอธิลีนจนกว่าจะใช้งาน

แป้งข้าวโพดผสมแป้งถั่วหรั่ง ทำการผสมแป้งทั้งสองชนิดในเครื่องผสมอาหาร ที่อัตราส่วนแป้งข้าวโพดต่อแป้งถั่วหรั่งเป็น 1:9 2:8 และ 3:7

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งผสมและแป้งสาลี รวมถึงคุกกี้สูตรต่างๆ ตามวิธีใน Association of Official Analytical Chemists (1990)

การทดสอบสมบัติทางหน้าที่ของแป้งผสม

การดูดซับน้ำและน้ำมัน (Water and Oil Absorption) ดัดแปลงจากวิธีของ Akpapunam and Darbe (1994) โดยชั่งตัวอย่าง 1 กรัม ผสมกับน้ำกลั่นหรือน้ำมันถั่วเหลือง 50 มิลลิลิตร ทำการกวนด้วยเครื่อง Magnetic Stirrer 30 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง Hettich® Centrifuge ที่ความเร็วรอบ 5,000 rpm นาน 30 นาที แยกน้ำหรือน้ำมันที่ไม่ถูกดูดซับออก และคำนวณค่าการดูดซับน้ำหรือน้ำมันเป็นกรัมของน้ำหรือน้ำมันที่ถูกดูดซับไว้ต่อกรัมของตัวอย่าง

การเกิดเจล (gelation) หาความเข้มข้นต่ำสุดที่ทำให้เกิดเจลตามวิธีของ Akpapunam and Darbe (1994) โดยการเตรียมตัวอย่างสารละลายแป้งที่ความเข้มข้น 4 6 8 10 12 14 16 และ 18 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ในน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง นำไปต้มในน้ำเดือด 1 ชั่วโมง และทำให้เย็นทันทีด้วยน้ำประปา เอียงหลอดเพื่อทดสอบการเกิดเจล โดยหลอดที่ไม่มีการไหลของสารละลายแป้งถือว่าเกิดเจลโดยสมบูรณ์ และหาความเข้มข้นต่ำสุดที่แป้งเกิดเจล

การผลิตคุกกี้จากแป้งผสม

ผลิตคุกกี้จากแป้งผสมเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (แป้งสาลี) โดยมีส่วนผสมของ แป้ง เนยสด ไข่ไก่ ผงฟู และน้ำตาลทราย เท่ากับ 49.5 20 10 0.5 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขั้นตอนการทำคุกกี้เริ่มจากการตีเนยสดและน้ำตาลให้ขึ้นฟูและค่อยๆ เติมไข่ไก่ ตามด้วยส่วนผสมของแป้งและผงฟูที่ผ่านการร่อนแล้ว นวดส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันและชั่งน้ำหนักคุกกี้ชิ้นละ 15 กรัม ปั้นให้เป็นรูปวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3.5 เซนติเมตร นำเข้าอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส 20 นาที และแซะออกจากถาดทันทีในขณะที่คุกกี้ยังร้อนอยู่

การทดสอบคุณภาพของคุกกี้

ค่าสี โดยวัดเป็นค่า L*, a*, b*, Hue Angle [$\tan^{-1}(b^*/a^*)$] และ Chroma [$(a^*+b^*)^{1/2}$] ด้วยเครื่อง Hunter Lab (Colorflex) ตามวิธีของ Simas, et al. (2009)

ค่าแรงตัดขาด (Cutting Force) โดยใช้เครื่อง Lloyd Texture Analyzer (Model LRX,

Lloyd Instruments, Hampshire, UK.) ใช้หัวตัดขนาด 30 องศา และตั้งความเร็วของหัวตัดเท่ากับ 250 มิลลิเมตร/นาที บันทึกค่าแรงตัดสูงสุด

ความหนาแน่น (Density) โดยวิธี Rapeseed และการแผ่ขยายตัว (Spread Ratio) โดยวัดเป็นค่าเส้นผ่านศูนย์กลางต่อความหนาของคุกกี้ (Simas, et al., 2009)

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบ โดยรวม ด้วยวิธี 9- Point Hedonic Scale และใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 24 คน

การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Completely Randomized Design (CRD) สำหรับการทดสอบทางเคมีและกายภาพ และแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD) สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส คำนวณโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 13.0 (SPSS Inc., Chicago, Ill., USA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ทำการทดลองอย่างน้อย 3 ซ้ำ

ผลการทดลองและวิจารณ์

สมบัติของแป้งข้าวโพดผสมแป้งถั่วหรั่ง

องค์ประกอบทางเคมีของแป้งผสมและแป้งสาลีแสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งพบว่า แป้งข้าวโพดผสมแป้งถั่วหรั่งมีปริมาณความชื้นและโปรตีนน้อยกว่าแป้งสาลี ในขณะที่มีปริมาณไขมันและคาร์โบไฮเดรตสูงกว่า ($p<0.05$) และเมื่ออัตราส่วนของแป้งถั่วหรั่งเพิ่มมากขึ้นปริมาณโปรตีนและเถ้าจะสูงขึ้น แต่คาร์โบไฮเดรตและไขมันจะลดลง ($p<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากแป้งถั่วหรั่งมีปริมาณโปรตีนที่สูงกว่าแป้งข้าวโพดนั่นเอง ดังนั้น เมื่อใช้ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้แป้งผสมมีปริมาณโปรตีนเพิ่มสูงขึ้น ในขณะเดียวกันก็ส่งผลให้คาร์โบไฮเดรตลดต่ำลงด้วย

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งผสม (แป้งข้าวโพดและแป้งถั่วหรั่ง) และแป้งสาลี

องค์ประกอบทางเคมี (%)	แป้งสาลี	แป้งข้าวโพด:แป้งถั่วหรั่ง		
		9:1	8:2	7:3
ความชื้น	$12.37^{a}\pm0.06$	$11.27^{d}\pm0.15$	$11.63^{c}\pm0.06$	$11.83^{b}\pm0.06$
เถ้า	$1.07^{a}\pm0.01$	$0.83^{c}\pm0.01$	$0.99^{b}\pm0.21$	$1.06^{a}\pm0.14$
ไขมัน	$0.96^{c}\pm0.08$	$1.34^{a}\pm0.21$	$1.25^{ab}\pm0.01$	$1.14^{b}\pm0.01$
โปรตีน	$8.16^{a}\pm0.33$	$1.52^{d}\pm0.04$	$2.84^{c}\pm0.08$	$4.22^{b}\pm0.08$
คาร์โบไฮเดรต	$77.47^{d}\pm0.32$	$84.97^{a}\pm0.01$	$83.34^{b}\pm0.09$	$81.74^{c}\pm0.01$

ตัวอักษร $^{a, b, c...}$ ที่แตกต่างกันตามแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบตาม DMRT

แป้งข้าวโพดผสมแป้งถั่วหรั่งมีค่าการดูดซับน้ำสูงกว่าแป้งสาลี ในขณะที่มีค่าดูดซับน้ำมันต่ำกว่า ($p<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากแป้งสาลีมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าจึงสามารถดูดซับน้ำมันได้ดีกว่าแป้งผสม แต่ในขณะเดียวกันแป้งผสมมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าแป้งสาลีจึงดูดซับน้ำได้ดีกว่า และเมื่ออัตราส่วนของแป้งถั่วหรั่งเพิ่มมากขึ้นแป้งผสมจะมีค่าการดูดซับน้ำและน้ำมันเพิ่มสูงขึ้น ($p<0.05$) ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับการทดลองของ Akpapunum and Darbe (1994) ที่พบว่า แป้งข้าวโพดผสมแป้งถั่วหรั่งที่มีอัตราส่วนของแป้งถั่วหรั่งเพิ่มขึ้นค่าการดูดซับน้ำมันจะเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากผลของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดอะมิโนชนิดไม่มีขั้วและคาร์โบไฮเดรตชนิดชอบน้ำนั่นเอง

แป้งข้าวโพดผสมแป้งถั่วหรั่งมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่เกิดเจลต่ำกว่าแป้งสาลี (ตารางที่ 2) เนื่องจากแป้งผสมมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าทำให้สามารถเกิดเจลได้ง่ายขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของโพลีแซคคาไรด์ที่กระจายอยู่ในน้ำเกิดการเกาะจับกันเป็นโครงสร้างแบบร่างแหสามมิติที่มีโพรงหรือช่องว่างเก็บเอาน้ำไว้ภายในทำให้มีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลวที่เรียกว่า เจล นอกจากนี้ ยังพบว่า เมื่ออัตราส่วนของแป้งถั่วหรั่งเพิ่มขึ้น แป้งผสมจะสามารถเกิดเจลได้ที่ความเข้มข้นสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่ลดลง (ตารางที่ 1) รวมถึงยังอาจเกิดจากสตาร์ชในแป้งถั่วหรั่งนั้นเกิดการเจลาติไนซ์ไปบางส่วนแล้วในระหว่างขั้นตอนการเตรียมแป้งที่ต้องมีการต้ม ดังนั้น ความสามารถในการเกิดเจลของแป้งถั่วหรั่งจึงลดลง ส่งผลให้เมื่อปริมาณแป้งถั่วหรั่งเพิ่มขึ้นจึงสามารถเกิดเจลได้ยากขึ้น

ตารางที่ 2 สมบัติทางหน้าที่ของแป้งผสม (แป้งข้าวโพดและแป้งถั่วหรั่ง) และแป้งสาลี

สมบัติทางหน้าที่	แป้งสาลี	แป้งข้าวโพด:แป้งถั่วหรั่ง		
		9:1	8:2	7:3
การดูดซับน้ำ (g H_2O/g)	$0.77^{c}\pm0.01$	$0.91^{b}\pm0.01$	$0.93^{ab}\pm0.01$	$1.00^{a}\pm0.01$
การดูดซับน้ำมัน (g oil/g)	$1.25^{a}\pm0.01$	$0.60^{d}\pm0.05$	$0.82^{c}\pm0.01$	$1.01^{b}\pm0.05$
ความเข้มข้นต่ำสุดที่เกิดเจล (%w/v)	14%	8%	10%	12%

ตัวอักษร $^{a, b, c...}$ ที่แตกต่างกันตามแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบตาม DMRT

คุกกี้แป้งข้าวโพดผสมแป้งถั่วหรั่ง

องค์ประกอบทางเคมีของคุกกี้สูตรต่างๆ แสดงดังตารางที่ 3 ซึ่งพบว่า ปริมาณเถ้าจะไม่แตกต่างกันในทุกๆ สูตร ($p>0.05$) และคุกกี้ที่ทำจากแป้งข้าวโพดผสมแป้งถั่วหรั่งจะมีปริมาณความชื้นและโปรตีนต่ำกว่าสูตรควบคุม ในขณะที่มีปริมาณไขมันและคาร์โบไฮเดรตสูงกว่า ($p<0.05$) และเมื่อปริมาณแป้งถั่วหรั่งเพิ่มขึ้นปริมาณความชื้นและโปรตีนจะเพิ่มขึ้นด้วย แต่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตและไขมันมีแนวโน้มลดต่ำลง ทั้งนี้เนื่องมาจากแป้งสาลีและแป้งผสมมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 1) จึงส่งผลให้คุกกี้ที่ได้มีปริมาณองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันด้วย รวมทั้งแป้งผสมไม่มีกลูเตนทำให้ส่วนผสมไม่ยึดเกาะกัน คุกกี้จึงมีลักษณะร่วนซุยไม่อุ้มน้ำ (Gallagher, Gormley,

and Arendt, 2004) ทำให้ปริมาณความชื้นต่ำกว่าสูตรควบคุม แต่เมื่อปริมาณแป้งถั่วหรั่งเพิ่มมากขึ้นคุกกี้จะมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นทำให้ส่วนผสมยึดเกาะกันได้มากขึ้นและสามารถอุ้มน้ำไว้ในโครงสร้างได้มากขึ้น ปริมาณความชื้นจึงสูงขึ้น

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของคุกกี้สูตรต่างๆ

องค์ประกอบทางเคมี (%)	สูตรควบคุม (แป้งสาลี)	สูตรแป้งข้าวโพด:แป้งถั่วหรั่ง		
		9:1	8:2	7:3
ความชื้น	$8.33^{a}\pm0.15$	$4.10^{d}\pm0.01$	$4.83^{c}\pm0.06$	$6.63^{b}\pm0.15$
เถ้า	$1.64^{a}\pm0.03$	$1.60^{a}\pm0.13$	$1.78^{a}\pm0.06$	$1.85^{a}\pm0.12$
ไขมัน	$19.15^{c}\pm0.01$	$21.03^{a}\pm0.16$	$21.11^{a}\pm0.13$	$20.31^{b}\pm0.14$
โปรตีน	$5.93^{a}\pm0.13$	$1.96^{d}\pm0.05$	$2.91^{c}\pm0.06$	$3.61^{b}\pm0.07$
คาร์โบไฮเดรต	$65.03^{d}\pm0.03$	$72.04^{a}\pm0.06$	$69.43^{b}\pm0.03$	$66.79^{c}\pm0.16$

ตัวอักษร $^{a, b, c...}$ ที่แตกต่างกันตามแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบตาม DMRT

ค่าสีของคุกกี้สูตรต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4 ซึ่งพบว่า เมื่อปริมาณแป้งถั่วหรั่งเพิ่มขึ้นคุกกี้สูตรแป้งผสมมีค่า L* ลดต่ำลง แต่ a* และ b* เพิ่มสูงขึ้น ($p<0.05$) ส่งผลให้ค่า chroma หรือค่าความเข้มสีเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อปริมาณแป้งถั่วหรั่งเพิ่มขึ้นแป้งผสมจะมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นทำให้เกิดปฏิกิริยา Maillard Reaction ได้มากขึ้น คุกกี้จึงมีสีเข้มขึ้น และคุกกี้สูตรที่ใช้แป้งข้าวโพดผสมแป้งถั่วหรั่ง 9:1 จะมีค่า Hue Angle ที่ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p>0.05$) แสดงว่าคุกกี้ในสูตรนี้จะมีเฉดสีเดียวกับสูตรควบคุม คือ ค่อนข้างเหลืองมากกว่าสูตรอื่นๆ เพราะค่ามุมเข้าใกล้ 90 องศามากกว่า (Simas, et al., 2009) นอกจากนี้ ยังพบว่าคุกกี้แป้งข้าวโพดผสมแป้งถั่วหรั่งจะมีค่าแรงตัดขาดและค่าความหนาแน่นต่ำกว่าสูตรควบคุม (ตารางที่ 5) เนื่องจากแป้งผสมมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าส่งผลให้คุกกี้ที่ได้มีเนื้อสัมผัสที่ร่วน ไม่ยึดเกาะกันแตกหักได้ง่าย รวมทั้งทำให้เกิดการแผ่ขยายตัวมากในระหว่างการอบ ดังจะเห็นว่าคุกกี้สูตรแป้งข้าวโพดผสมแป้งถั่วหรั่ง 9:1 มีอัตราการแผ่ขยายตัวสูงที่สุด

ตารางที่ 4 ค่าสีของคุกกี้สูตรต่างๆ

ค่าสี	สูตรควบคุม (แป้งสาลี)	สูตรแป้งข้าวโพด:แป้งถั่วหรั่ง		
		9:1	8:2	7:3
L*	$70.34^{b}\pm0.12$	$70.96^{a}\pm0.16$	$69.09^{c}\pm0.27$	$62.77^{d}\pm0.38$
a*	$8.62^{b}\pm0.10$	$7.69^{c}\pm0.17$	$8.77^{b}\pm0.15$	$11.27^{a}\pm0.01$
b*	$33.79^{a}\pm0.08$	$30.40^{c}\pm0.07$	$32.41^{b}\pm0.15$	$33.69^{a}\pm0.12$
hue angle (^{o})	$84.10^{a}\pm0.19$	$84.23^{a}\pm0.32$	$83.19^{b}\pm0.24$	$79.45^{c}\pm0.05$
chroma	$34.88^{b}+0.07$	$31.36^{d}\pm0.09$	$33.58^{c}\pm0.17$	$35.53^{a}\pm0.12$

ตัวอักษร $^{a, b, c...}$ ที่แตกต่างกันตามแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบตาม DMRT

ตารางที่ 5 ค่าแรงตัดขาด อัตราการแผ่ และความหนาแน่นของคุกกี้สูตรต่างๆ

ค่าการทดสอบ	สูตรควบคุม (แป้งสาลี)	สูตรแป้งข้าวโพด:แป้งถั่วหรั่ง		
		9:1	8:2	7:3
ค่าแรงตัดขาด (N)	$25.59^{a}\pm0.99$	$7.33^{b}\pm0.48$	$6.07^{c}\pm0.20$	$6.69^{bc}\pm0.45$
การแผ่ขยายตัว (spread ratio)	$3.59^{bc}\pm0.08$	$4.89^{a}\pm0.11$	$3.82^{b}\pm0.13$	$3.36^{c}\pm0.30$
ความหนาแน่น (mg/ml)	$0.66^{a}\pm0.09$	$0.44^{b}\pm0.03$	$0.49^{b}\pm0.07$	$0.44^{b}\pm0.03$

ตัวอักษร $^{a, b, c...}$ ที่แตกต่างกันตามแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบตาม DMRT

ตารางที่ 6 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้สูตรต่างๆ

ค่าการทดสอบ	สูตรควบคุม (แป้งสาลี)	สูตรแป้งข้าวโพด:แป้งถั่วหรั่ง		
		9:1	8:2	7:3
ลักษณะปรากฏ	$7.54^{a}\pm1.31$	$7.67^{a}\pm0.64$	$6.38^{b}\pm1.17$	$5.79^{b}\pm1.38$
สี	$6.54^{b}\pm0.93$	$7.62^{a}\pm0.58$	$6.12^{b}\pm0.99$	$6.04^{b}\pm1.04$
กลิ่นรส	$7.46^{a}\pm0.72$	$6.88^{a}\pm1.08$	$6.13^{b}\pm1.45$	$5.21^{c}\pm1.25$
เนื้อสัมผัส	$7.38^{a}\pm0.58$	$7.38^{a}\pm0.71$	$5.83^{b}\pm1.34$	$5.04^{c}\pm1.49$
ความชอบโดยรวม	$7.21^{a}\pm0.78$	$7.46^{a}\pm1.32$	$6.46^{b}\pm1.14$	$5.42^{c}\pm1.25$

ตัวอักษร $^{a, b, c...}$ ที่แตกต่างกันตามแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบตาม DMRT

จากตารางที่ 6 พบว่า คุกกี้แป้งข้าวโพดผสมแป้งถั่วหรั่ง 9:1 จะมีค่าการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมในทุกๆ ด้าน ($p>0.05$) แต่เมื่ออัตราส่วนของแป้งถั่วหรั่งเพิ่มขึ้น ค่าการทดสอบทางประสาทสัมผัสจะมีค่าต่ำลง เนื่องจากกลิ่นของถั่วหรั่งที่มากขึ้น รวมถึงสีที่เข้มขึ้น ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้น ปริมาณแป้งถั่วหรั่งที่เติมลงในแป้งข้าวโพดจึงไม่ควรเกิน 10% เพื่อคงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ให้อยู่ในการยอมรับของผู้บริโภค

สรุปผลการทดลอง

แป้งข้าวโพดผสมแป้งถั่วหรั่งที่อัตราส่วน 9:1 8:2 และ 7:3 มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าแป้งสาลี และเมื่ออัตราส่วนของแป้งถั่วหรั่งเพิ่มขึ้น แป้งผสมจะมีปริมาณโปรตีน การดูดซับน้ำ การดูดซับน้ำมัน และความเข้มข้นต่ำสุดในการเกิดเจลสูงขึ้น คุกกี้แป้งข้าวโพดผสมแป้งถั่วหรั่งมีค่าแรงตัดขาดและความหนาแน่นต่ำกว่าสูตรควบคุม (แป้งสาลี) และคุกกี้สูตรแป้งข้าวโพดต่อแป้งถั่วหรั่ง 9:1 มีค่าการทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม

บรรณานุกรม

Adebowale, K.O., Afolabi, T.A., and Lawal, O.S. 2002. "Isolation, Chemical Modification and Physicochemical Characterization of Bambarra Groundnut (Voandzeia subterranean) Starch and Flour." **Food Chemistry** 78: 305-311.

Akpapunam, M.A., and Darbe, J.W. 1994. "Chemistry Composition and Functional Properties of Blends of Maize and Bambara Groundnut Flours for Cookie Production." **Plant Foods for Human Nutrition** 46: 147-155.

Association of Official Analytical Chemists. 1990. **Official Method of Analysis.** 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA: AOAC.

Bhatnagar, S., and Hanna, M.A. 1994. "Amylose-lipid Complex Formation During Single-screw Extrusion of Various Corn Starches." **Cereal Chemistry** 71: 582-587.

Fasoyiro, S.B., et al. 2006. "Proximate, Minerals and Antinutritional Factors of Some Under-utulized Grain Legumes in South-western Nigeria." **Nutrition and Food Science** 36: 18-23.

Gallagher, E. 2009. **Gluten-free Food Science and Technology.** Oxford: Blackwell.

Gallagher, E., Gormley, T.R., and Arendt, E.K. 2004. "Recent Advances in the Formulation of Gluten-Free Cereal-Based Products." **Trends in Food Science and Technology** 15: 143-152.

Lee, A.R., et al. 2009. "The Effect of Substituting Alternative Grains in the Diet on the Nutritional Profile of the Gluten-free Diet." **Journal of Human Nutrition and Dietetics** 22: 359-363.

Mbata, T.I., Ikenebomeh, M.J., and Ezeibe, S. 2009. "Evaluation of Mineral Content and Functional Properties of Fermented Maize (Generic and Specific) Flour Blended with Bambara Groundnut (*Vigna subterranean L*)." **African Journal of Food Science** 3: 107-112.

Olaleke, A.M., Olorunfemi, O., and Emmauel, A.T. 2006. "A Comparative Study on the Chemical and Amino Acid Composition of Some Nigerian Under-utilized Legume Flours." **Pakistan Journal of Nutrition** 5: 34-38.

Owusu-Ansah, J., Voort, F.R., and Stanley, D.W. 1983. "Physicochemical Changes in Cornstarch as a Function of Extrusion Variables." **Cereal Chemistry** 60: 319-324.

Sanchez, H.D., Osella, C.A., and Torre, M.A. 2002. "Optimization of Gluten-free Bread Prepared from Cornstarch, Rice Flour, and Cassava Starch." **Journal of Food Science** 67: 416-419.

Simas, K.N., et al. 2009. "Effect of King Palm (*Archontophoenix alexandrae*) Flour Incorporation on Physicochemical and Textural Characteristics of Gluten-free Cookies." **International Journal of Science and Technology** 44: 531-538.

Kamontip Ekthamasut is an Assistant Professor in the School of Science, University of the Thai Chamber of Commerce (UTCC). Her current research includes edible films and cereal products. She received her Master of Science Degree in Food Technology from Chulalongkorn University.