การพัฒนาสูตรแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูปเพื่อผลิตขนมปังโดยใช้กัวร์กัมเป็นสารยึดเกาะ

Development of Premix for Rice Flour Bread Using Guar Gum as a Binder

จิราภรณ์ สอดจิตร์
Chiraporn Sodchit
ธีรพร กงบังเกิด กนกกานต์ วีระกุล
Teeraporn Kongbangkerd ***Kanokkan Weeragul***

ABSTRACT

The objective of this research was to study rice – flour based premix for bread making by using guar gum as a binder. Four different levels (based on flour weight) of guar gum (0.5, 1.5, 2.5 and 3.5%) and water content (80, 90, 100 and 110%) were studied. Substitution of isolate soy protein (ISP) (5, 10, 15 and 20%) for rice flour by varying water content (85, 95 and 105%) was also investigated for sensory acceptability. The bread from the premix was tested for their physical, chemical and sensory properties. The results showed that the most accepted guar gum formula composed of 0.5% guar gum, 10% ISP and 105% water. The best ratio of rice flour : ISP : guar gum was 90 : 10 : 0.5. The protein and moisture content were 6.55% and 10.53%, respectively. The obtained premix was then tested with corn oil and sunflower oil (3, 4, 5 and 6%) and the resulting bread was tested for their properties. It was found that 5% corn oil gave the most acceptance. The specific volume, water loss and moisture content of the bread were 2.02 cm^3/g, 5.45% and 45.78%, respectively.

Keyword : Guar gum , Rice flour bread , Isolated soy protein.

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร
Department of Agro – Industry , Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment , Naresuan University.

จิราภรณ์ สอดจิตร์, ธีรพร กงบังเกิด และ กนกกานต์ วีระกุล. "การพัฒนาสูตรแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูปเพื่อผลิตขนมปังโดยใช้กัวร์กัมเป็นสารยึดเกาะ" *อาหาร* 33, 3 (ก.ค.-ก.ย. 2546) 222-232

บทคัดย่อ

การผลิตแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูป เพื่อผลิตขนมปังโดยใช้กัวร์กัมเป็นสารยึดเกาะในปริมาณร้อยละ 0.5 1.5 2.5 และ 3.5 ปริมาณน้ำร้อยละ 80 90 100 และ 110 ของน้ำหนักแป้ง เสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดโดยการแทนที่แป้งข้าวเจ้าปริมาณร้อยละ 5 10 15 และ 20 และใช้ปริมาณน้ำร้อยละ 85 95 และ 105 ของน้ำหนักแป้ง ตรวจคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมปัง พบว่าขนมปังสูตรที่ใช้กัวร์กัม ร้อยละ 0.5 โปรตีนถั่วเหลืองสกัดร้อยละ 10 และ น้ำร้อยละ 105 ของน้ำหนักแป้งได้รับการยอมรับสูงสุด ($p < 0.05$) นำแป้งข้าวเจ้า โปรตีนถั่วเหลืองสกัด และกัวร์กัมมาผสมรวมกันเพื่อผลิตแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูป พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดของแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูปประกอบด้วย แป้งข้าวเจ้า : โปรตีนถั่วเหลืองสกัด : กัวร์กัม เท่ากับ 90 : 10 : 0.5 ผลิตภัณฑ์แป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูปมีโปรตีนร้อยละ 6.55 และความชื้นร้อยละ 10.53 นำแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูปมาผลิตขนมปัง ศึกษาปริมาณน้ำมันข้าวโพดและน้ำมันเมล็ดทานตะวันที่ใช้ปริมาณร้อยละ 3 4 5 และ 6 ตรวจคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัสของขนมปัง พบว่าสูตรขนมปังที่ใช้น้ำมันข้าวโพดร้อยละ 5 ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัส สูงสุด ($p < 0.05$) โดยขนมปังที่ได้มีปริมาตรจำเพาะ 2.02 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม การสูญเสียน้ำระหว่างการอบร้อยละ 5.45 และผลิตภัณฑ์มีความชื้นร้อยละ 45.78

คำนำ

ข้าวเป็นอาหารหลักของประชากรไทยและประเทศอื่นๆ ในแถบเอเชีย พื้นที่ของประเทศไทยเหมาะสมกับการปลูกข้าวได้ดี ทำให้สามารถผลิตข้าวได้เป็นจำนวนมาก แต่ในปัจจุบันประเทศเพื่อนบ้าน เช่น พม่า ลาว และเวียดนาม เป็นต้น ได้มีการส่งเสริมการผลิตข้าวเพื่อการส่งออกไปยังประเทศแถบยุโรปมากขึ้น แม้ว่าข้าวจะมีคุณภาพต่ำกว่าข้าวที่ผลิตจากประเทศไทยเล็กน้อย แต่ราคาข้าวจากประเทศเหล่านี้ต่ำกว่าประเทศไทยมาก ทำให้ประเทศผู้นำเข้านิยมสั่งซื้อจากประเทศเพื่อนบ้านเพิ่มขึ้น เป็นผลให้ประเทศไทยส่งออกข้าวได้ในปริมาณที่ลดลง และราคาค่อนข้างถูก ดังนั้นจึงควรส่งเสริมให้มีการใช้ประโยชน์จากข้าวให้มากขึ้น ในการใช้ข้าวผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ นั้นส่วนใหญ่ต้องแปรรูปเป็นแป้งก่อน ตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าวเจ้าที่สำคัญได้แก่ อาหารเส้น เช่น เส้นขนมจีน เส้นก๋วยเตี๋ยว นอกจากนี้ยังมีการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปอีกด้วย

ขนมปังเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งที่พลเมืองในแถบเอเชียนิยมบริโภคเพิ่มขึ้นควบคู่ไปกับการรับประทานข้าว ในประเทศไทย ปัจจุบันมีการบริโภคขนมปังกันอย่างแพร่หลาย ขนมปังโดยทั่วไปจะผลิตจากแป้งสาลี แต่เนื่องจากประเทศในแถบเอเชียรวมทั้งประเทศไทยไม่ได้ปลูกข้าวสาลีเป็นธัญพืชหลัก ต้องนำเข้าแป้งสาลีจากต่างประเทศ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา ประเทศแคนาดา ทำให้ต้นทุนในการผลิตขนมปังสูง จึงได้มีการพัฒนาโดยใช้แป้งชนิดอื่นมาทำขนมปังแทน (Nishita et al. , 1976) เพื่อลดต้นทุนการผลิต ในการทดลองนำแป้งชนิดอื่น เช่น แป้งข้าวโพด แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง มาใช้ในการทำขนมปัง ขนมปังที่ได้จะมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าขนมปังจากแป้งสาลี (อรทัย และณัฐนี , 2529) ดังนั้นจึงได้มีการนำแป้งถั่วเหลือง ซึ่งมีโปรตีนสูงมาเสริมเข้าไปในสูตรขนมปังจากธัญพืชอื่นๆ ด้วย

กัวร์กัม (Guar gum) เป็นสารประกอบ galacto mannan มี D – mannose และ D – galactose ในอัตราส่วน mannose : galactose ประมาณ 2 : 1 มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 220,000 – 250,000 ได้จากพืชตระกูลถั่ว ซึ่งมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cymopsis tetragonolobus* ปลูกมากในประเทศปากีสถานและอินเดีย เพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์

กัวร์กัมจะมีคุณสมบัติที่ดีกว่ากัมชนิดอื่นๆ คือ สามารถดูดน้ำได้อย่างรวดเร็ว ในน้ำเย็นให้สารละลาย colloid ที่หนืด สำหรับความหนืดที่เกิดขึ้นจะขึ้นกับเวลา อุณหภูมิ ความเข้มข้น ความเป็นกรด – ด่าง และขนาดอนุภาคของกัม สำหรับความหนืดสูงสุดจะวัดได้ภายใน 2 ชั่วโมง ในน้ำเย็นความสามารถในการดูดน้ำและความหนืดจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น สารละลายที่ได้จะขุ่นเล็กน้อย เนื่องจากมีเส้นใยและเซลลูโลสปนอยู่ สารละลายกัวร์กัมร้อยละ 1 จะให้ความหนืด 2,700 cps. ความเป็นกรด – ด่าง 5.5 – 6.1 และถ้าตั้งทิ้งไว้ ความเป็นกรด – ด่างจะลดลง กัมชนิดนี้ค่อนข้างจะคงตัวในช่วงความเป็นกรด – ด่างที่ค่อนข้างกว้าง 4.0 – 10.5 และมีคุณสมบัติเป็นบัฟเฟอร์ (buffer) เล็กน้อย

การใช้กัวร์กัมในอุตสาหกรรมอาหารนั้น นิยมใช้มากในผลิตภัณฑ์เนยแข็ง ไอศกรีม เพื่อเป็นสารให้ความคงตัว (stabilizer) และยังใช้เป็นสารให้ความหนืดในน้ำสลัด ซอส และเครื่องดื่มต่างๆ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมปัง เนื่องจากกัวร์กัมมีคุณสมบัติในการกักเก็บน้ำไว้ ลดการเป็นก้อนในระหว่างนวดโด (dough) ช่วยปรับปรุงคุณภาพของโดให้เป็นเนื้อเดียวกัน และยังลดการสูญเสียน้ำในระหว่างการอบอีกด้วย

Codex Alimentarius Commissions ได้อนุญาตให้ใช้สารนี้ได้ และได้กำหนด Acceptable Dairy Intake เป็น non specified ส่วนในประเทศไทยตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 อนุญาตให้ใช้ในอาหารได้ เช่นกัน

เพื่อเป็นการใช้ประโยชน์จากแป้งข้าวเจ้าโดยทำเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่ม งานวิจัยนี้จึงได้มีการศึกษาและพัฒนาสูตรกรรมวิธีการผลิตขนมปังจากแป้งข้าวเจ้า โดยการเติมกัวร์กัมเพื่อทำหน้าที่เป็นสารยึดเกาะในสูตรขนมปัง ศึกษาผลของการแทนที่แป้งข้าวเจ้าบางส่วนด้วยโปรตีนถั่วเหลืองสกัด ผลิตแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูปเพื่อผลิตขนมปัง และศึกษาผลของชนิดและปริมาณไขมันที่ใช้ในสูตรขนมปังแป้งข้าวเจ้า รวมทั้งการปรับปริมาณน้ำให้เหมาะสมกับสูตร ซึ่งการผลิตขนมปังจากแป้งข้าวเจ้าเป็นแนวทางหนึ่งในการลดการนำเข้าแป้งสาลี นอกจากนี้ขนมปังที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้ายังมีประโยชน์สำหรับผู้ที่แพ้แป้งสาลี ซึ่งเกิดขึ้นได้ทั้งในเด็กวัย 6 สัปดาห์ จนถึงผู้ใหญ่ (Bowman et al., 1973)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษาการผลิตขนมปังจากแป้งข้าวเจ้าโดยใช้กัวร์กัม เป็นสารยึดเกาะ

1.1 การผลิตขนมปัง

นำแป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะไมโลสอยู่ระหว่างร้อยละ 15 – 17 (สุนทร, 2533) มาผลิตขนมปังโดยมีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้า น้ำมันพืช เกลือ น้ำตาล ยีสต์ผงสำเร็จรูป และนมผงพร่องมันเนย ในอัตราส่วน 100 : 6 : 1.5 : 6.5 : 2.0 : 6.0 ตามลำดับ (ดัดแปลงจากสูตรและวิธีการของอรทัยและณัฐนี , 2529) โดยเติมกัวร์กัม ร้อยละ 0.5 1.5 2.5 และ 3.5 ของน้ำหนักแป้งร่อนรวมกับแป้งข้าวเจ้าและกำหนดปริมาณน้ำร้อยละ 80 90 100 และ 110 ของน้ำหนักแป้ง

1.2 ตรวจสอบลักษณะของขนมปัง

ตรวจสอบลักษณะปรากฏของเปลือกและเนื้อในขนมปัง ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์อากาศโดยการตัดขนมปังตามขวาง วัดปริมาตรจำเพาะของขนมปังโดยใช้วิธีการแทนที่งาในภาชนะที่ปริมาตรแน่นอน (มอก. 374 – 2534) หาปริมาณการสูญเสียน้ำระหว่างการอบ วิเคราะห์ปริมาณความชื้นของขนมปัง (AOCS , 1978) ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมปังแบบ 9 – point hedonic scale เพื่อเลือกปริมาณกัวร์กัมที่เหมาะสมและนำไปศึกษาผลของการแทนที่แป้งข้าวเจ้าบางส่วนด้วยโปรตีนถั่วเหลืองสกัด

2. การศึกษาผลของการแทนที่แป้งข้าวเจ้าบางส่วนด้วยโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (Isolated soy protein)

จากสูตรที่เหมาะสมในข้อ 1 นำมาศึกษาปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัดในการแทนที่แป้งข้าวเจ้าที่เหมาะสมในสูตรเพื่อเสริมโปรตีน โดยใช้ปริมาณร้อยละ 5 10 15 และ 20 ของน้ำหนักแป้งและกำหนดปริมาณน้ำร้อยละ 85 95 และ 105 ของน้ำหนักแป้ง

จากนั้นตรวจสอบลักษณะปรากฏของเปลือกและเนื้อในขนมปัง หาปริมาตรจำเพาะ ปริมาณการสูญเสียน้ำระหว่างการอบ วิเคราะห์ปริมาณความชื้น วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนของขนมปัง (AOCS , 1978) และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสม สำหรับการผลิตสูตรแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูปที่เหมาะสมต่อไป

3. การผลิตแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูปเพื่อผลิตขนมปัง

ผลิตแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูปจากสูตรที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุดจากข้อ 2 โดยมีส่วนผสมคือ แป้งข้าวเจ้า โปรตีนถั่วเหลืองสกัด และกัวร์กัม เป็นวัตถุดิบหลัก ซึ่งผู้บริโภคไม่ต้องเติมส่วนผสมอื่นที่ช่วยเพิ่มคุณสมบัติของแป้งข้าวเจ้าในการผลิตขนมปัง แป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูปนี้จะเพิ่มความสะดวกในการผลิต ในสูตรมีอัตราส่วนของน้ำ ไขมัน และส่วนผสมชนิดอื่นๆ ที่ใช้ คือ น้ำตาล 6.5 กรัม เกลือ 1.5 กรัม นมผงพร่องมันเนย 6 กรัม ยีสต์ผงสำเร็จรูป 2 กรัม ต่อแป้งข้าวเจ้า สำเร็จรูป 100 กรัม (Nishita et al. , 1976)

4. การศึกษาผลของชนิดและปริมาณไขมันที่ใช้ในสูตรขนมปังจากแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูป

นำแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูปในข้อ 3 มาผลิตขนมปัง รวมทั้งศึกษาชนิดปริมาณไขมันที่เหมาะสมโดยใช้น้ำมันข้าวโพด และน้ำมันเมล็ดทานตะวัน ปริมาณร้อยละ 3 4 5 และ 6 ของน้ำหนักแป้ง จากนั้นตรวจสอบลักษณะปรากฏของเปลือกและเนื้อในขนมปัง ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์อากาศโดยการตัดขนมปังตามขวาง ปริมาตรจำเพาะ ปริมาณการสูญเสียน้ำระหว่างการอบ ปริมาณความชื้น และทดสอบค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัส เพื่อคัดเลือกชนิดและปริมาณของไขมันที่เหมาะสม สำหรับนำไปผลิตขนมปังจากแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูป

ผลและวิจารณ์

1. การศึกษาการผลิตขนมปังจากแป้งข้าวเจ้าโดยใช้กัวร์กัมเป็นสารยึดเกาะ

จากการศึกษาผลของกัวร์กัมเป็นสารยึดเกาะร้อยละ 0.5 1.5 2.5 และ 3.5 ของน้ำหนักแป้ง และกำหนดปริมาณน้ำร้อยละ 80 90 100 และ 110 ของน้ำหนักแป้ง ตรวจสอบลักษณะปรากฏของเปลือกและเนื้อในขนมปัง ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์อากาศโดยการตัดขนมปังตามขวางวัดปริมาตรจำเพาะของขนมปัง ปริมาณการสูญเสียน้ำระหว่างการอบ ปริมาณความชื้น (Table 1) และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปัง (Table 2)

Table 1. Effect of guar gum and water on bread quality.

Quantities of guar gum and water (%)		Specific volume (cm^3/g)	Water loss (%)	Moisture content (%)	Characteristics of the bread
Guar gum 0.5					
Water	80	1.27^{a}	5.68^{d}	42.62^{a}	White , hard crust and crumb
	90	1.62^{b}	5.65^{d}	42.98^{b}	White , little soft crust and crumb
	100	1.91^{c}	5.63^{d}	43.32^{c}	White,moistened , soft and sticky crust and crumb
	110	-	-	-	No dough
Guar gum 1.5					
Water	80	-	-	-	No dough
	90	1.54^{b}	5.49^{c}	43.53^{cd}	White , little soft crust and crumb
	100	1.73^{c}	5.33^{b}	43.55^{cde}	White , fairly soft crust and crumb
	110	1.86^{e}	5.37^{b}	43.78^{def}	White ,moistened ,soft and sticky crust and crumb
Guar gum 2.5					
Water	80	-	-	-	No dough
	90	1.57^{b}	4.74^{a}	43.87^{ef}	White , little hard crust and crumb
	100	1.60^{b}	4.73^{a}	43.93^{f}	White , fairly soft and sticky crust and crumb
	110	1.84^{de}	4.71^{a}	44.07^{f}	White ,moistened ,soft and sticky crust and crumb
Guar gum 3.5					
Water	80	-	-	-	No dough
	90	-	-	-	No dough
	100	1.75^{cd}	4.67^{a}	44.83^{g}	White , soft and sticky crust and crumb
	110	1.82^{cde}	4.67^{a}	45.41^{h}	White ,moistened ,soft and sticky crust and crumb

In the column, means followed by the same superscript are not significantly different ($p > 0.05$).
- Means no dough

จากผลการทดลอง Table 1 พบว่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสูตรขนมปังที่มีปริมาณสารยึดเกาะเท่ากัน สูตรที่ใช้ปริมาณน้ำสูง ให้ค่าปริมาตรจำเพาะสูงกว่า และเมื่อนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ปริมาณกัวร์กัมและปริมาณน้ำมีผลต่อปริมาตรจำเพาะของขนมปัง โดยเมื่อเพิ่มปริมาณกัวร์กัมหรือปริมาณน้ำจะทำให้ปริมาตรจำเพาะมีค่าสูงขึ้น

และปฏิสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกัวร์กัมและปริมาณน้ำเป็นไปในทิศทางเดียวกัน เนื่องจากกัวร์กัมทำหน้าที่เป็นสารยึดเกาะทำให้โดของขนมปังเกาะตัวกันได้ดีขึ้น ส่งผลให้สามารถกักเก็บแก๊สที่เกิดขึ้นในระหว่างการหมักได้ดี สูตรที่ใช้ปริมาณกัวร์กัมและปริมาณน้ำน้อย ปริมาตรจำเพาะของขนมปังที่ได้จะต่ำ และเมื่อเพิ่มปริมาณกัวร์กัมร่วมกับการเพิ่มปริมาณน้ำ พบว่าปริมาตรจำเพาะของขนมปังมีค่าเพิ่มขึ้น

การสูญเสียน้ำระหว่างการอบขนมปังเมื่อนำมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ พบว่าสูตรขนมปังที่เติมกัวร์กัมร้อยละ 0.5 มีการสูญเสียน้ำระหว่างการอบสูงกว่าสูตรที่เติมกัวร์กัมร้อยละ 1.5 2.5 และ 3.5 โดยขนมปังสูตรที่มีการเติมกัวร์กัมร้อยละ 3.5 มีค่าร้อยละการสูญเสียน้ำระหว่างการอบต่ำสุด ขนมปังสูตรที่มีปริมาณกัวร์กัมเท่ากันแต่มีปริมาณน้ำต่างกัน พบว่ามีค่าร้อยละการสูญเสียน้ำระหว่างการอบไม่แตกต่างกัน นอกจากสูตรที่เติมกัวร์กัมร้อยละ 1.5 ปริมาณน้ำร้อยละ 90 ของน้ำหนักแป้ง ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำระหว่างการอบจะสูงกว่าสูตรที่ใช้ปริมาณน้ำร้อยละ 100 และ 110 ของน้ำหนักแป้งอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) จากการวิเคราะห์ทางสถิติความสัมพันธ์ระหว่างกัวร์กัมและปริมาณน้ำที่มีผลต่อร้อยละการสูญเสียน้ำระหว่างการอบ พบว่าปริมาณกัวร์กัมมีผลต่อการสูญเสียน้ำระหว่างการอบ โดยเมื่อเพิ่มปริมาณกัวร์กัมร้อยละการสูญเสียน้ำระหว่างการอบของขนมปังจะมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องจากกัวร์กัมมีความสามารถในการอุ้มน้ำไว้ได้ดี และไม่สลายตัวด้วยความร้อน จึงทำให้การสูญเสียน้ำในขนมปังแป้งข้าวเจ้าในระหว่างการอบลดลง สำหรับปริมาณน้ำที่เติมในสูตรไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำในระหว่างการอบและปฏิสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกัวร์กัมและปริมาณน้ำไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำในระหว่างการอบของขนมปังแป้งข้าวเจ้า

ความชื้นของขนมปังทุกสูตรอยู่ในช่วงร้อยละ 42.62 – 45.41 โดยขนมปังสูตรที่มีความชื้นต่ำสุดคือสูตรที่เติมกัวร์กัมร้อยละ 0.5 ปริมาณน้ำร้อยละ 80 ของน้ำหนักแป้ง และเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำหรือปริมาณกัวร์กัม พบว่าความชื้นของขนมปังจะเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) โดยสูตรที่มีปริมาณความชื้นสูงสุดคือสูตรที่เติมกัวร์กัมร้อยละ 3.5 และปริมาณน้ำร้อยละ 110 ของน้ำหนักแป้ง

Table 2. Effects of guar gum and water content on sensory evaluation of rice bread.

Quantities of guar gum and water (%)	Color	Odor	Texture	Taste	Air cell	Acceptability
Guar gum 0.5						
Water 80	6.90^{a}	6.20^{a}	5.40^{abc}	5.80^{a}	4.70^{a}	6.30^{ab}
90	6.70^{a}	5.90^{a}	6.00^{abcd}	6.20^{a}	5.40^{abc}	6.50^{ab}
100	6.90^{a}	6.30^{a}	6.60^{d}	6.60^{a}	6.40^{bcde}	7.00^{b}
110	-	-	-	-	-	-
Guar gum 1.5						
Water 80	-	-	-	-	-	-
90	7.30^{a}	6.60^{a}	5.90^{abcd}	6.00^{a}	5.30^{ab}	7.10^{b}
100	7.30^{a}	6.70^{a}	6.40^{bcd}	6.70^{a}	6.90^{de}	6.90^{b}
110	6.80^{a}	6.50^{a}	5.40^{abc}	5.60^{a}	5.90^{abcde}	6.20^{ab}
Guar gum 2.5						
Water 80	-	-	-	-	-	-
90	7.00^{a}	6.00^{a}	5.10^{a}	5.80^{a}	5.60^{abcd}	5.90^{a}
100	7.10^{a}	6.00^{a}	5.30^{ab}	5.70^{a}	6.10^{bcde}	5.80^{a}
110	7.20^{a}	6.00^{a}	5.90^{abcd}	6.10^{a}	7.20^{e}	6.60^{ab}
Guar gum 3.5						
Water 80	-	-	-	-	-	-
90	-	-	-	-	-	-
100	7.00^{a}	5.90^{a}	5.00^{a}	5.90^{a}	5.80^{abcd}	6.30^{ab}
110	7.00^{a}	6.30^{a}	6.50^{cd}	6.30^{a}	6.70^{cde}	7.10^{b}

In the column, means followed by the same superscript are not significantly different ($p > 0.05$)
- Means no dough

จากผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านต่างๆ ของขนมปังจากแป้งข้าวเจ้าที่ใช้กัวร์กัม และปริมาณน้ำต่างๆ กัน (Table 2) พบว่า สูตรขนมปังแป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณกัวร์กัม ร้อยละ 0.5 และ 1.5 ของน้ำหนักแป้ง น้ำร้อยละ 80 90 100 และ 110 ของน้ำหนักแป้ง สูตรที่มีการเติมกัวร์กัมร้อยละ 2.5 น้ำร้อยละ 110 ของน้ำหนักแป้ง และสูตรที่มีการเติมกัวร์กัมร้อยละ 3.5 น้ำร้อยละ 100 และ 110 ของน้ำหนักแป้ง ได้รับการยอมรับทางด้านความชอบรวมสูงสุดในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สูตรที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุดด้านเนื้อสัมผัสและเซลล์อากาศคือ สูตรที่มีการเติมกัวร์กัมร้อยละ 0.5 และ1.5 ของน้ำหนักแป้ง ปริมาณน้ำร้อยละ 100 ของน้ำหนักแป้ง และสูตรที่มีการเติมกัวร์กัมร้อยละ 2.5 และ 3.5 ของน้ำหนักแป้ง ปริมาณน้ำร้อยละ 110 ของน้ำหนักแป้ง ส่วนคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น และรสชาติ พบว่าทุกสูตรการทดลองไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงคัดเลือกสูตรที่มีปริมาณกัวร์กัมร้อยละ 0.5 และปริมาณน้ำร้อยละ 100 ของน้ำหนักแป้ง เพื่อนำไปเสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดในการทดลองขั้นตอนต่อไป เนื่องจากเป็นสูตรที่ใช้ปริมาณกัวร์กัมน้อยที่สุด และได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุดไม่ต่างจากสูตรที่มีการใช้ปริมาณกัวร์กัมในระดับที่สูงกว่า ($p>0.05$)

2. ศึกษาผลของการแทนที่แป้งข้าวเจ้าบางส่วนด้วยโปรตีนถั่วเหลืองสกัด

จากสูตรที่ได้รับการคัดเลือกในข้อ 1 นำมาศึกษาปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัด โดยทดแทนแป้งข้าวเจ้าในสูตรปริมาณร้อยละ 5 10 15 และ 20 และกำหนดปริมาณน้ำร้อยละ 85 95 และ 105 ของน้ำหนักแป้ง ตรวจสอบลักษณะปรากฏของเปลือกและเนื้อในขนมปัง ปริมาตรจำเพาะ ปริมาณการสูญเสียน้ำระหว่างการอบ ปริมาณความชื้น (Table 3) ทดสอบค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสแบบ 9 - point hedonic scale (Table 4) และปริมาณโปรตีนของขนมปัง (Table 5)

Table 3. Effects of isolated soy protein and water on bread quality.

Quantities of isolated soy protein and water (%)		Specific volume cm^3/g	Water loss (%)	Moisture content (%)	Characteristics of the bread
Rice flour bread (control)		1.91^{b}	5.63^{d}	43.32^{a}	White , moistened , soft and sticky crust and crumb
Isolate soy protein 5					
Water	85	1.95^{c}	5.63^{d}	43.37^{a}	Creamy-white,friable and hard crust and crumb
	95	2.02^{d}	5.65^{d}	43.41^{a}	Creamy-white ,fairly soft crust and crumb
	105	2.05^{d}	5.64^{d}	43.42^{a}	Creamy-white , moistened , soft and sticky crust and crumb
Isolate soy protein 10					
Water	85	1.93^{b}	5.62^{d}	43.89^{b}	Light yellow , fairly hard crust and crumb
	95	1.96^{c}	5.61^{d}	43.83^{b}	Light yellow, fairly soft crust and crumb
	105	2.02^{d}	5.62^{d}	44.06^{c}	Light yellow, moistened, soft and sticky crust and crumb
Isolate soy protein 15					
Water	85	1.91^{b}	5.38^{c}	44.45^{d}	Creamy-yellow, fairly hard crust and crumb
	95	1.94^{c}	5.32^{b}	43.83^{e}	Creamy-yellow, moistened and sticky crust and crumb
	105	2.04^{d}	5.34^{bc}	44.67^{e}	Creamy-yellow, moistened, soft and sticky crust and crumb
Isolate soy protein 20					
Water	85	1.85^{a}	4.93^{a}	44.98^{f}	Creamy-yellow, fairly hard crust and crumb
	95	1.90^{b}	4.96^{a}	44.98^{f}	Creamy-yellow,soft and sticky crust and crumb
	105	1.96^{c}	4.91^{a}	45.07^{g}	Creamy-yellow, moistened, soft and sticky crust and crumb

In the column, means followed by the same superscript are not significantly different ($p > 0.05$).

เมื่อเสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดในปริมาณร้อยละ 5 10 15 และ 20 ของน้ำหนักแป้ง ลงในสูตรขนมปัง แป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณกัวร์กัมร้อยละ 0.5 พบว่า ค่าปริมาตรจำเพาะของขนมปังมีค่าอยู่ในช่วง 1.85 – 2.05 cm^3/g สูตรที่มีปริมาตรจำเพาะสูงคือ สูตรที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดร้อยละ 5 ปริมาณน้ำร้อยละ 95 และ 105 และสูตรที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดร้อยละ 10 และ 15 ปริมาณน้ำร้อยละ 105 โดยขนมปังมีปริมาตรจำเพาะอยู่ระหว่าง 2.02 – 2.05 cm^3/g ขนมปังสูตรดังกล่าวจึงมีความฟู และเบากว่าขนมปังสูตรที่ไม่มีการเสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด การสูญเสียน้ำระหว่างการอบขนมปังมีค่าร้อยละ 4.91 – 5.65 ปริมาณความชื้นของขนมปังอยู่ในช่วงร้อยละ 43.37 – 45.07 ลักษณะของขนมปังจะมีสีเหลืองนวล และจะเข้มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัด ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัดมีสีเหลืองอ่อน และกรดอะมิโนไลซีนในโปรตีนถั่วเหลืองสกัดยังช่วยให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลอันเนื่องมาจาก Maillard reaction เช่นเดียวกับการทดลองของ Ranhotra และคณะ (1975) นอกจากนั้นโปรตีนถั่วเหลืองยังทำให้กลิ่นสาบของขนมปังลดลงเนื่องจากมีความสามารถในการจับกับ กลิ่นรสที่ไม่ดี (off – flavour) (Pomeranz , 1985 ; Arai ,1980 ; Chikubu ,1970) โดยพบว่าโปรตีนถั่วเหลืองสามารถจับกับเฮกซะนอลซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดกลิ่นสาบได้ อีกทั้งกรดอะมิโนไลซีนยังเป็นตัวช่วยจับกับกลิ่นสาบได้ด้วย (Furuhashi and Agano , 1971) และจากผลการทดลองพบว่าโปรตีนถั่วเหลืองสกัดร้อยละ 10 และปริมาณน้ำร้อยละ 105 จะให้ลักษณะของขนมปังนุ่ม สีของขนมปังเป็นสีเหลืองอ่อน และมีลักษณะปรากฏดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่นๆ

Table 4. Effects of isolated soy protein and water on sensory evaluation of rice bread.

Quantities of isolated soy protein and water (%)		Color	Odor	Texture	Taste	Air cell	Acceptability
Isolated soy protein 5							
Water	85	6.90^{c}	5.70^{ab}	6.00^{d}	5.70^{bc}	6.50^{cd}	6.20^{c}
	95	7.00^{c}	5.70^{ab}	5.70^{d}	5.60^{bc}	6.10^{bcd}	5.90^{bc}
	105	6.70^{bc}	5.80^{ab}	5.50^{cd}	5.90^{c}	5.80^{abc}	5.80^{bc}
Isolated soy protein 10							
Water	85	6.10^{b}	5.90^{ab}	5.30^{cd}	5.60^{bc}	5.70^{abc}	5.80^{bc}
	95	6.10^{b}	5.80^{ab}	4.80^{bc}	5.80^{bc}	6.00^{bcd}	5.80^{bc}
	105	6.10^{b}	6.10^{b}	5.70^{d}	5.80^{bc}	7.10^{d}	6.30^{c}
Isolated soy protein 15							
Water	85	4.60^{a}	5.30^{a}	4.20^{ab}	5.00^{ab}	5.50^{abc}	4.90^{ab}
	95	4.70^{a}	5.30^{a}	4.20^{ab}	5.20^{abc}	5.50^{abc}	5.00^{ab}
	105	4.20^{a}	5.40^{a}	4.20^{ab}	5.20^{abc}	5.10^{ab}	6.30^{c}
Isolated soy protein20							
Water	85	4.20^{a}	5.40^{a}	3.60^{a}	4.70^{a}	4.70^{a}	4.50^{a}
	95	4.20^{a}	5.40^{a}	3.90^{a}	4.70^{a}	5.20^{ab}	4.50^{a}
	105	4.20^{a}	5.50^{a}	4.30^{ab}	4.60^{a}	5.30^{ab}	4.90^{ab}

In the column, means followed by the same superscript are not significantly different ($p > 0.05$).

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น รสชาติ และเซลล์อากาศ พบว่าสูตรขนมปังแป้งข้าวเจ้าทุกสูตรที่มีการแทนที่แป้งด้วยโปรตีนถั่วเหลืองสกัดร้อยละ 5 และ 10 ได้รับการยอมรับสูงสุด ($p<0.05$)

เมื่อเสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดในปริมาณร้อยละ 5 10 15 และ 20 ของน้ำหนักแป้ง ลงในสูตรขนมปัง แป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณกัวร์กัมร้อยละ 0.5 พบว่า ค่าปริมาตรจำเพาะของขนมปังมีค่าอยู่ในช่วง 1.85 – 2.05 cm^3/g สูตรที่มีปริมาตรจำเพาะสูงคือ สูตรที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดร้อยละ 5 ปริมาณน้ำร้อยละ 95 และ 105 และสูตรที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดร้อยละ 10 และ 15 ปริมาณน้ำร้อยละ 105 โดยขนมปังมีปริมาตรจำเพาะอยู่ระหว่าง 2.02 – 2.05 cm^3/g ขนมปังสูตรดังกล่าวจึงมีความฟู และเบากว่าขนมปังสูตรที่ไม่มีการเสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด การสูญเสียน้ำระหว่างการอบขนมปังมีค่าร้อยละ 4.91 – 5.65 ปริมาณความชื้นของขนมปังอยู่ในช่วงร้อยละ 43.37 – 45.07 ลักษณะของขนมปังจะมีสีเหลืองนวล และจะเข้มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัด ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัดมีสีเหลืองอ่อน และกรดอะมิโนไลซีนในโปรตีนถั่วเหลืองสกัดยังช่วยให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลอันเนื่องมาจาก Maillard reaction เช่นเดียวกับการทดลองของ Ranhotra และคณะ (1975) นอกจากนั้นโปรตีนถั่วเหลืองยังทำให้กลิ่นสาบของขนมปังลดลงเนื่องจากมีความสามารถในการจับกับ กลิ่นรสที่ไม่ดี (off – flavour) (Pomeranz , 1985 ; Arai ,1980 ; Chikubu ,1970) โดยพบว่าโปรตีนถั่วเหลืองสามารถจับกับเฮกซะนอลซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดกลิ่นสาบได้ อีกทั้งกรดอะมิโนไลซีนยังเป็นตัวช่วยจับกับกลิ่นสาบได้ด้วย (Furuhashi and Agano , 1971) และจากผลการทดลองพบว่าโปรตีนถั่วเหลืองสกัดร้อยละ 10 และปริมาณน้ำร้อยละ 105 จะให้ลักษณะของขนมปังนุ่ม สีของขนมปังเป็นสีเหลืองอ่อน และมีลักษณะปรากฏดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่นๆ

Table 4. Effects of isolated soy protein and water on sensory evaluation of rice bread.

Quantities of isolated soy protein and water (%)		Color	Odor	Texture	Taste	Air cell	Acceptability
Isolated soy protein 5							
Water	85	6.90^{c}	5.70^{ab}	6.00^{d}	5.70^{bc}	6.50^{cd}	6.20^{c}
	95	7.00^{c}	5.70^{ab}	5.70^{d}	5.60^{bc}	6.10^{bcd}	5.90^{bc}
	105	6.70^{bc}	5.80^{ab}	5.50^{cd}	5.90^{c}	5.80^{abc}	5.80^{bc}
Isolated soy protein 10							
Water	85	6.10^{b}	5.90^{ab}	5.30^{cd}	5.60^{bc}	5.70^{abc}	5.80^{bc}
	95	6.10^{b}	5.80^{ab}	4.80^{bc}	5.80^{bc}	6.00^{bcd}	5.80^{bc}
	105	6.10^{b}	6.10^{b}	5.70^{d}	5.80^{bc}	7.10^{d}	6.30^{c}
Isolated soy protein 15							
Water	85	4.60^{a}	5.30^{a}	4.20^{ab}	5.00^{ab}	5.50^{abc}	4.90^{ab}
	95	4.70^{a}	5.30^{a}	4.20^{ab}	5.20^{abc}	5.50^{abc}	5.00^{ab}
	105	4.20^{a}	5.40^{a}	4.20^{ab}	5.20^{abc}	5.10^{ab}	6.30^{c}
Isolated soy protein20							
Water	85	4.20^{a}	5.40^{a}	3.60^{a}	4.70^{a}	4.70^{a}	4.50^{a}
	95	4.20^{a}	5.40^{a}	3.90^{a}	4.70^{a}	5.20^{ab}	4.50^{a}
	105	4.20^{a}	5.50^{a}	4.30^{ab}	4.60^{a}	5.30^{ab}	4.90^{ab}

In the column, means followed by the same superscript are not significantly different ($p > 0.05$).

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น รสชาติ และเซลล์อากาศ พบว่าสูตรขนมปังแป้งข้าวเจ้าทุกสูตรที่มีการแทนที่แป้งด้วยโปรตีนถั่วเหลืองสกัดร้อยละ 5 และ 10 ได้รับการยอมรับสูงสุด ($p<0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่แทนที่แป้งด้วยโปรตีนถั่วเหลืองสกัดร้อยละ 15 และ 20 ส่วนคุณภาพทางด้านสี สูตรที่มีโปรตีนถั่วเหลืองสกัดร้อยละ 5 ได้รับการยอมรับสูงสุด รองลงมาคือ แทนที่ในปริมาณร้อยละ 10 แต่สูตรที่มีปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 15 และ 20 ได้รับคะแนนการยอมรับต่ำสุด คุณภาพทางด้านรสชาติ พบว่าสูตรที่มีโปรตีนถั่วเหลืองสกัดร้อยละ 5 10 และ 15 ได้รับการยอมรับสูงกว่าสูตรที่มีโปรตีนถั่วเหลืองสกัดร้อยละ 20 เมื่อทดสอบคุณภาพด้านความชอบรวมที่มีต่อผลิตภัณฑ์ พบว่าสูตรที่ได้รับการยอมรับสูงคือ สูตรที่แทนที่แป้งด้วยโปรตีนถั่วเหลืองสกัดร้อยละ 5 และ 10 ปริมาณน้ำร้อยละ 85 95 และ 105 และสูตรที่แทนที่แป้งในปริมาณร้อยละ 15 ปริมาณน้ำร้อยละ 105 เนื่องจากต้องการเสริมโปรตีนให้ได้ปริมาณมากที่สุด ดังนั้นจึงคัดเลือกสูตรขนมปังแป้งข้าวเจ้าที่มีการแทนที่แป้งด้วยโปรตีนถั่วเหลืองสกัดร้อยละ 10 ปริมาณน้ำร้อยละ 105 เนื่องจากได้รับการยอมรับสูงสุด ทั้งคุณภาพด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และเซลล์อากาศ และยังได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะภายนอกของขนมปังนุ่มฟู มีสีเหลืองอ่อนอีกด้วย

Table 5. Protein content of rice bread with and without condition of isolated soy protein

Bread sample	Protein content (%)
Bread without isolated soy protein	3.82
Bread with isolate soy protein (10% of flour) 105% water and 0.5% guar gum	6.55

จากผลการวิเคราะห์พบว่าขนมปังสูตรที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดร้อยละ 10 มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าสูตรที่ไม่มีการเสริมโปรตีนประมาณ 2 เท่า

3. **การผลิตแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูปเพื่อผลิตขนมปัง**

จากสูตรที่เหมาะสมในข้อ 2 นำแป้งข้าวเจ้า โปรตีนถั่วเหลืองสกัด และกัวร์กัมไปวิเคราะห์ค่าความชื้นและนำมาผสมรวมกันในอัตราส่วนแป้งข้าวเจ้า : โปรตีนถั่วเหลืองสกัด : กัวร์กัม เท่ากับ 90 : 10 : 0.5 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ใช้ตะแกรงร่อน 3 ครั้ง เก็บไว้ในภาชนะปิดสนิทนาน 3 วัน เพื่อให้แป้งเข้าสู่สภาวะสมดุล แล้วจึงวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (Table 6)

Table 6. Moisture contents of different ingredients of the rice flour bread premix.

Ingredient	Moisture content (%)
Rice flour	11.13
Isolated soy protein	9.82
Guar gum	10.32
Premix	10.53

เมื่อนำแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูปที่ได้มาผลิตขนมปัง พบว่าคุณภาพของขนมปังและการยอมรับทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างจากสูตรขนมปังที่ได้รับการคัดเลือกในข้อ 2 โดยขนมปังมีปริมาตรจำเพาะ 2.02 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม ร้อยละการสูญเสียน้ำระหว่างการอบ 5.62 ความชื้นร้อยละ 44.06 ตามลำดับ และได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (Table 7)

Table 7. Sensory evaluation of bread from the premix.

Color	Odor	Flavor	Taste	Air cell	Acceptability
6.12	6.11	5.80	5.80	7.20	6.38

4. ศึกษาผลของชนิดและปริมาณไขมันที่ใช้ในสูตรขนมปังแป้งข้าวเจ้าโดยใช้กัวร์กัมเป็นสารยึดเกาะ

นำแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูปในข้อ 3 มาศึกษาปริมาณไขมันที่เหมาะสมในสูตร โดยใช้น้ำมันข้าวโพดและน้ำมันเมล็ดทานตะวัน ปริมาณร้อยละ 3 4 5 และ 6 ของน้ำหนักแป้ง ตรวจสอบลักษณะปรากฏของเปลือกและเนื้อในขนมปัง ปริมาตรจำเพาะ ปริมาณการสูญเสียน้ำระหว่างการอบ ปริมาณความชื้น (Table 8) และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (Table 9)

Table 8. Effects of different types and quantity of vegetable oil on quality of rice bread.

Quantities of isolated soy protein and water (%)	Specific volume (cm^3/g)	Water loss (%)	Moisture content (%)	Characteristics of the bread
Corn oil				
3	2.03[a]	5.59[a]	43.37[a]	Creamy-yellow , moistened , soft and sticky crust and crumb
4	2.01[a]	5.57[a]	44.54[a]	Creamy-yellow , moistened , soft and sticky crust and crumb
5	2.02[a]	5.45[a]	45.78[b]	Creamy-yellow , moistened , soft and sticky crust and crumb
6	2.02[a]	5.55[a]	45.96[b]	Creamy-yellow , moistened , soft and sticky crust and crumb
Sunflower oil				
3	2.02[a]	5.58[a]	44.59[a]	Creamy-yellow , moistened , soft and sticky crust and crumb
4	2.01[a]	5.50[a]	44.41[a]	Creamy-yellow , moistened , soft and sticky crust and crumb
5	2.02[a]	5.57[a]	44.86[b]	Creamy-yellow , moistened , soft and sticky crust and crumb
6	2.02[a]	5.56[a]	45.84[b]	Creamy-yellow , moistened , soft and sticky crust and crumb

In the column, means followed by the same superscript are not significantly different ($p > 0.05$).

Table 9. Effect of different type and quanlity of vegetable oil on sensory evaluation of rice bread.

Type and quantities of vegetable oil (%)	Color	Odor	Texture	Taste	Air cell	Acceptability
Corn oil						
3	6.80[a]	6.00[a]	6.00[a]	6.30[ab]	6.90[a]	6.30[a]
4	7.00[a]	6.20[a]	7.10[bc]	6.60[ab]	6.90[a]	6.90[b]
5	7.10[a]	5.80[a]	7.40[c]	6.90[b]	6.60[a]	7.60[b]
6	6.90[a]	5.90[a]	6.20[ab]	6.40[ab]	6.40[a]	6.30[a]
Sunflower oil						
3	6.60[a]	5.70[a]	5.80[a]	6.00[a]	6.90[a]	6.10[a]
4	6.90[a]	6.20[a]	6.10[a]	6.50[ab]	6.90[ab]	6.40[ab]
5	6.80[a]	6.50[a]	6.30[ab]	6.70[ab]	6.70[ab]	6.60[ab]
6	6.80[a]	6.50[a]	6.30[ab]	6.30[ab]	6.30[ab]	6.40[ab]

In the column, means followed by the same superscript are not significantly different ($p > 0.05$).

จากการวิเคราะห์พบว่าทุกสูตรการทดลองมีค่าปริมาตรจำเพาะอยู่ระหว่าง 2.01 – 2.03 cm^3/g และค่าร้อยละการสูญเสียน้ำระหว่างการอบอยู่ระหว่าง 5.45 – 5.59 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เมื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อค่าปริมาตรจำเพาะ และการสูญเสียน้ำระหว่างการอบของขนมปังแป้งข้าวเจ้า พบว่าทั้งชนิดและปริมาณน้ำมันพืชที่ใช้ในการทดลองไม่มีผลต่อค่าปริมาตรจำเพาะ และการสูญเสียน้ำระหว่างการอบ ค่าความชื้นของขนมปังอยู่ระหว่างร้อยละ 43.37 – 45.96 ซึ่งขนมปังสูตรที่ใช้ปริมาณน้ำมันพืชสูงกว่า จะมีความชื้นสูงกว่าขนมปังสูตรที่ใช้น้ำมันพืชในปริมาณที่ต่ำกว่า

ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของขนมปัง พบว่า สูตรที่ใช้น้ำมันข้าวโพด และน้ำมันเมล็ดทานตะวัน ทุกระดับได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น ลักษณะเซลล์อากาศไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ส่วนลักษณะด้านเนื้อสัมผัส พบว่า สูตรที่ใช้น้ำมันข้าวโพดร้อยละ 4 และ 5 ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูง โดยแตกต่างจากสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และสูตรที่ใช้น้ำมันเมล็ดทานตะวันร้อยละ 3 ซึ่งลักษณะค่อนข้างแห้ง ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติต่ำสุด ($p<0.05$) ขนมปังแป้งข้าวเจ้าสูตรที่ใช้น้ำมันข้าวโพดร้อยละ 4 และ 5 และสูตรที่ใช้น้ำมันเมล็ดทานตะวันร้อยละ 4 5 และ 6 ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมสูงซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) อย่างไรก็ตาม จากตารางที่ 9 จะเห็นได้ว่าขนมปังแป้งข้าวเจ้าสูตรที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุด คือสูตรที่ใช้น้ำมันข้าวโพดร้อยละ 5 ดังนั้นจึงคัดเลือกน้ำมันข้าวโพดร้อยละ 5 มาใช้ในสูตรการผลิตขนมปังจากแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูป

5. การเก็บรักษาแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูป

จากผลการทดลองในข้อ 3 พบว่าองค์ประกอบแต่ละชนิดของแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูปมีความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 9 – 11 และแป้งข้าวเจ้ามีความชื้นร้อยละ 10.65 ซึ่งเป็นปริมาณความชื้นของอาหารแห้งโดยทั่วไป สามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิห้องในสภาวะปกติ (จิราภรณ์, 2542) แต่เนื่องจากในแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูปมีส่วนผสมคือโปรตีนถั่วเหลืองสกัดที่ทำให้เกิดกลิ่นหืนได้ง่ายจากปฏิกิริยาออโต-ออกซิเดชัน (autooxidation) ดังนั้นจึงควรเก็บรักษาในสภาวะที่ปราศจากออกซิเจนและความชื้นต่ำ

สรุป

จากการผลิตสูตรแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูป เพื่อใช้ในการผลิตขนมปังโดยใช้แป้งข้าวเจ้าที่มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 15 – 17 และใช้กัวร์กัมเป็นสารยึดเกาะ พบว่า การใช้กัวร์กัมร้อยละ 0.5 และเติมน้ำร้อยละ 105 ของน้ำหนักแป้ง เป็นสูตรที่มีความเหมาะสมที่สุด การแทนที่ แป้งข้าวเจ้าบางส่วนด้วยโปรตีนถั่วเหลืองสกัดเพื่อเสริมโปรตีนในขนมปังแป้งข้าวเจ้า พบว่าขนมปังแป้งข้าวเจ้าสูตรที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดร้อยละ 10 ของน้ำหนักแป้ง ได้รับการยอมรับสูงสุด โดยสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนให้สูงกว่าสูตรขนมปังแป้งข้าวเจ้าที่ไม่มีการเสริมโปรตีนประมาณ 2 เท่า การสร้างสูตรแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูปเพื่อผลิตขนมปังควรใช้ส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้า โปรตีนถั่วเหลืองสกัดและกัวร์กัมในอัตราส่วน 90 : 10 : 0.5 ซึ่งผลิตภัณฑ์แป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูปจะมีความชื้นร้อยละ 10.53 สำหรับชนิดและปริมาณของไขมันที่เหมาะสมในสูตรขนมปังแป้งข้าวเจ้า พบว่า สูตรที่ผสมน้ำมันข้าวโพดร้อยละ 5 ได้รับการยอมรับและมีความเหมาะสมมากที่สุด แป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูปสามารถนำไปผลิตขนมปังโดยมีอัตราส่วนของส่วนผสมในการผลิตที่เหมาะสม คือ แป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูป น้ำตาล เกลือ นมผงพร่องมันเนย ยีสต์ผงสำเร็จรูป น้ำมันข้าวโพด และน้ำ เท่ากับ 100 6.5 1.5 6.0 2.0 5.0 และ 105 ตามลำดับ โดยแป้งข้าวเจ้าสำเร็จรูป 250 กรัมสามารถผลิตขนมปังแป้งข้าวเจ้าได้ 1 ปอนด์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ทบวงมหาวิทยาลัย และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

จิราภรณ์ สอดจิตร์. 2542. เอกสารประกอบการสอนวิชาการแปรรูปอาหาร 2. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร *คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.* 239 หน้า.

สุนทร สหัสโพธิ์. 2533. ความสำคัญของอะไมโลสและสารยึดเกาะในการผลิตขนมปังโดยใช้แป้งข้าวเจ้า : วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร *ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.* 109 หน้า.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2534. มาตรฐานผลิตภัณฑ์แป้งสาลีชนิดทำขนมปัง. เอกสาร มอก. ที่ 374 – 2534. *สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร.* 14 หน้า.

อรทัย บูรณพานิชพันธุ์ และ ณัฐนี พูลสุวรรณ. 2529. การใช้แป้งชนิดอื่นที่ผลิตได้ภายในประเทศแทนแป้งสาลีบางส่วนในการทำขนมปัง. *จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร.* 87 หน้า.

AOCS. 1978. Official and Tentation Methods of the American Oil Chemists' Society. Vol.1. 3 rd., *Champaign, Illinois.* 315 p.

Arai, S. 1980. Deterioration of Food Proteins by Binding Unwanted Compounds Such As Flavours, Lipids and Pigments, pp. 195–209, *In* Whitaker, J.R. and Fugimaki, M. (eds.). Chemical Deterioration of Proteins. *American Chemical Society, Washington, D.C.*

Bowman, F., Dilsaver, W. and Loranz, K. 1973. Rationale for Baking Wheat-, Gluten-, Egg- and Milk –Free Products. *Baker's Dig.* 47(2) : 15 – 21.

Chikubu , S. 1970. Stale Flavour of Stored Rice. *Japan Agri.* Rice Quat. 5(3) : 63 – 68.

Furuhashi , T. and Agano, Y. 1971. Effect of Various Amino Acid on the Elemination of Stale Flavour in Rice II. Effect of Added Amino Acids on Stored Rice. *J. Food Sci. Tech.* 18(3) : 125 – 130.

Nishita , K.D., Roberts, R.L. , Bean, M.M. and Kennedy, B.M. 1976. Development of a Yeast Leavened Rice Bread Formula. *Cereal Chem.* 53 : 626 - 635.

Pomeranz , Y. 1985. Functional Properties of Food Components. *Academic Press, Inc., Orlando, Florida.* 535 p.

Ranhotra, G. S., Loewe, R. J. and Puyat, L.V. 1975. Preparation and Evaluation of Soy – fortified Gluten – free Bread. *J. Food Sci.* 40: 62 – 64.