การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมแป้งถั่วขาวโดยประยุกต์ใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง
Development of Bread with White kidney bean Product by Apply of Design of Experiments

วิลาสินี มีมุข[1] ระพี กาญจนะ[2] และอรวัลภ์ อุปถัมภานนท์[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการนำเทคนิคการออกแบบการทดลอง (Design of Experiments) เพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการใช้แป้งถั่วขาวทดแทนปริมาณแป้งสาลีในการผลิตขนมปัง ขั้นตอนการศึกษาได้ทำการศึกษาสูตรพื้นฐานของขนมปัง พบว่าปริมาณการเสริมแป้งถั่วขาวร้อยละ 0 ถึงร้อยละ 50 คือช่วงที่ผู้บริโภคเกิดการยอมรับสูงสุด ทำการปรับปรุงคุณภาพของขนมปังเสริมแป้งถั่วขาว โดยปรับปริมาณน้ำที่ใช้ พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำเป็น 81.82 กรัม จากสูตรพื้นฐาน สามารถทำให้ค่า Water Activity (A_w) ของขนมปังหลังปรับน้ำ มีค่าใกล้เคียงกับขนมปังสูตรพื้นฐานได้ และมีผลทำให้ค่าความแข็งลดลงจาก 42.27 นิวตัน ลดลงเหลือ 30.27 นิวตัน ส่งผลทำให้เนื้อสัมผัสของขนมปังนุ่มมากขึ้น ต่อจากนั้นทำการแปรปริมาณแป้งถั่วขาวเสริมในขนมปังออกเป็น 4 ช่วง คือร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 ตามลำดับ พบว่าผู้บริโภคเกิดการยอมรับขนมปังเสริมแป้งถั่วขาวที่ปริมาณร้อยละ 30 มากที่สุด นำไปทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์กับผู้บริโภค 100 คน โดยการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (Hedonic Scale 9-point) ในคุณลักษณะด้านกลิ่น กลิ่นรส ความนุ่ม และความชอบรวม พบว่ามีผู้ที่สนใจจะซื้อคิดเป็นร้อยละ 82 แต่เมื่อได้รับข้อมูลเกี่ยวกับถั่วขาวแล้วทราบถึงประโยชน์ ผู้บริโภคเกิดการยอมรับเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 100 โดยเฉพาะข้อมูลด้านโภชนาการที่มีผลต่อผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก คิดเป็นร้อยละ 81 ส่วนผู้ที่ต้องการความแปลกใหม่สำหรับอาหารเพื่อสุขภาพมีร้อยละ 19

คำสำคัญ : ขนมปัง, ถั่วขาว, การออกแบบการทดลอง

Abstract

The objective of this research is to apply the design of experiments (DOE) technique in order to find the optimal proportion of white kidney bean flour to substitute wheat flour in bread production. The research methodology firstly begins with literature reviews the basic formulation of bread production, it indicates that the suitable proportion of white kidney bean flour to substitute wheat flour range from 0% to 50% according to the maximum acceptable customer satisfactions. Secondly, improving the quality of bread with kidney bean product is done by adjusting the quantity of water. From the experimental testing, using water 81.82 g. given the Water Activity (A_w) value as equivalent to the A_w of bread produced by basic formula and the hardness decreased from 42.27 N to 30.27 N. leading to the bread's texture become softer. Next, the preference testing by hedonic scale 9-point were conducted with 100 samples to find the optimal proportion with 10%, 20%, 30% and 40% of white kidney bean flour to

[1]นักศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[2]อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[3]อาจารย์ สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

substitute wheat flour into the basic formula bread production. The result showed that the bread with 30% white kidney bean flour is the maximum acceptable customer satisfactions. Eighty-two percent of respondents are interested to buy this product and as a result of providing the information of white kidney bean nutrition the customer acceptance level increased to 100 percent. The information of white kidney bean nutrition has 81 percent and 19 percent impact to a person who diet and control weight and a person who interests an innovation healthy food product, respectively.

Keywords : bread, white kidney bean, design of experiments

1. บทนำ

ถั่วขาวเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีต้นกำเนิดในพื้นที่สูง ประเทศไทยก็มีการลองปลูกถั่วขาวบนพื้นที่สูงเช่นเดียวกัน พบว่าสามารถเพาะปลูกได้ดี แต่ยังไม่แพร่หลายนัก [1] ปัจจุบันมีการสกัดสารสำคัญของถั่วขาวที่ชื่อว่า ฟาซิสโอลามีน (phaseolamin) ซึ่งมีคุณสมบัติทำให้เอนไซม์อะไมเลสเป็นกลาง ดังนั้น แป้งหรือคาร์โบไฮเดรตที่เราบริโภคเข้าไปนั้นจึงไม่สามารถเปลี่ยนจากแป้งกลายเป็นน้ำตาลได้ถึงร้อยละ 66 หากได้รับสารสกัดจากถั่วขาวเข้าไปในปริมาณ 500 มิลลิกรัมต่อวัน [2] ร่างกายจึงได้รับพลังงานจากแป้งน้อยลงตามไปด้วย ซึ่งมีผลทำให้การสะสมของไขมันที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนรูปของน้ำตาลเป็นไขมันลดน้อยลงด้วย เมื่อร่างกายได้รับพลังงานน้อยลงไม่เพียงพอกับความต้องการของร่างกายในแต่ละวัน ร่างกายจึงต้องเผาผลาญไขมันที่สะสมไว้ ออกมาใช้มากขึ้น น้ำหนักก็จะลดลงอีกด้วย นอกจากนี้แป้งที่ไม่ถูกย่อยจะทำให้เกิดความรู้สึกอิ่มนานขึ้น จึงช่วยลดความอยากอาหารไปด้วย ในตัวหลังจากนั้นแป้งก็จะถูกขับถ่ายออกจากร่างกายตามปกติ [3] จากประโยชน์ของถั่วขาวนั้นได้นำมาแปรรูปทางด้านอุตสาหกรรมและอาหารพร้อมบริโภคต่างๆหลากหลาย เช่น ถั่วขาวในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มกาแฟและโกโก้ชนิดผง ซุปครีมถั่วขาว ถั่วขาวผสมคอลลาเจน ถั่วขาวในซอสมะเขือเทศบรรจุกระป๋อง เป็นต้น ดังนั้นถั่วขาวจึงเป็นวัตถุดิบชนิดหนึ่งที่น่าสนใจนำมาใช้เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการในผลิตภัณฑ์อาหาร

ขนมปังเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดหนึ่งที่รับประทานเป็นอาหารหลักในหลายๆประเทศ และได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในประเทศไทย อย่างไรก็ตามขนมปังที่จำหน่ายทั่วไปมักเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีเฉพาะคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลัก มีปริมาณไขมันสูงตั้งแต่ร้อยละ 3-24 [4] แต่หมู่ผู้บริโภคที่ให้ความใส่ใจต่อสุขภาพต้องการเพิ่มเส้นใยในขนมปังขาวที่มีแป้งหรือคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลัก [5] จึงได้มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการนำแป้งชนิดอื่นมาเสริมหรือทดแทนแป้งสาลีในขนมปัง เช่น ผลของการเสริมใบมะรุมต่อคุณภาพของขนมปัง [6] ผลของการเสริมใยอาหารจากเปลือกทุเรียนต่อคุณภาพของขนมปังขาว [7] ผลของการใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งโฮลวีทใน ขนมปัง [8] การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมใบเตยอบแห้ง [9] การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังโปรตีนและใยอาหารสูง [10] เป็นต้น

งานวิจัยนี้จึงได้เลือกที่จะศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังโดยใช้แป้งถั่วขาวทดแทนปริมาณแป้งสาลี เพื่อให้เป็นขนมปังเสริมแป้งถั่วขาว สามารถรับประทานได้โดยไม่ต้องกังวลว่าจะมีแป้งหรือคาร์โบไฮเดรตที่เผาผลาญไม่หมดสะสมในร่างกายมากเกินไป โดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง (Design of Experiments) เพื่อทราบปัจจัยที่มีผลต่อการควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิตขนมปังเสริม แป้งถั่วขาว สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ได้ตามความต้องการของลูกค้า นำไปผลิตผลิตภัณฑ์ที่เป็นต้นแบบได้

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แผนการทดลองแบบสุ่มตลอดโดยสมบูรณ์

แผนการทดลองแบบสุ่มตลอดโดยสมบูรณ์ (complete randomized design, CRD) เป็นแผนการทดลองโดยที่สิ่งทดลองถูกสุ่มจัดลงในหน่วย การทดลอง เป็นแผนที่มีประสิทธิภาพดีมากถ้าหน่วยของการทดลองมีความสม่ำเสมอ และสามารถประยุกต์ใช้ในงานพัฒนาสูตร การพัฒนากรรมวิธีการผลิต การทดสอบทางประสาทสัมผัส การสุ่มไม่จำเป็นต้องทำซ้ำเท่ากัน แต่เพื่อความสะดวกนิยมใช้เท่ากัน การวิเคราะห์ความแปรปรวนจะเป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว โดยที่ความแปรปรวนอธิบายได้เป็นความแปรปรวนที่เกิดจากสิ่งทดลองเท่านั้น แผนการทดลองแบบ CRD สามารถอธิบายในรูปสมการเชิงเส้นทั่วไป (general linear model) ดังแสดงในสมการที่1 [11]

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij} \qquad (1)$$

โดยที่ Y_{ij} = ค่าสังเกตจากสิ่งทดลอง i ในซ้ำที่ j
μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมดในการทดลอง
T_i = อิทธิพลของสิ่งทดลองที่ i
E_{ij} = ความคลาดเลื่อนสุ่ม

2.2 แผนการทดลองแบบสุ่มในบลอคสมบูรณ์

แผนการทดลองแบบสุ่มในบลอคสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCB, RCBD, RBD) เป็นแผนการทดลองที่สิ่งทดลองถูกสุ่มจัดลงในบลอคเพื่อให้ภายในบลอคมีความสม่ำเสมอมากที่สุด มีประสิทธิภาพดีมากถ้าหน่วยของการทดลองไม่มีความสม่ำเสมอ สามารถประยุกต์ใช้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส การพัฒนาสูตร การพัฒนากรรมวิธีการผลิต การสุ่มไม่จำเป็นต้องทำซ้ำเท่ากันในแต่ละบลอค แต่เพื่อความสะดวกนิยมใช้เท่ากัน การวางแผนแบบ RCBD มีข้อกำหนดเบื้องต้นคือ ต้องไม่มีอันตรกิริยา (interaction) ระหว่างบลอคและสิ่งทดลอง ดังนั้นความแปรปรวนที่อธิบายได้ที่เกิดขึ้นในการทดลองจะมาจาก 2 แหล่งคือ จากสิ่งทดลอง และจากบลอค แผนการทดลองแบบ RCBD สามารถอธิบายในรูปแบบสมการเชิงเส้นทั่วไปดังแสดงในสมการที่ 2 [11]

$$Y_{ij} = \mu + T_i + R_j + E_{ij} \qquad (2)$$

โดยที่ Y_{ij} = ค่าสังเกตจากสิ่งทดลอง i ในซ้ำที่ j
μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมดในการทดลอง
T_i = อิทธิพลของสิ่งทดลองที่ i
R_j = อิทธิพลของบลอคหรือซ้ำที่ j
E_{ij} = ความคลาดเลื่อนสุ่ม

2.3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวน

Duncan หรือ DMRT (duncan's new multiple range test) ใช้เมื่อมีสิ่งทดลองเป็นจำนวนมาก และไม่มีการวางแผนล่วงหน้าโดยเปรียบเทียบผลต่างของค่าเฉลี่ยคู่ที่ต้องการเปรียบเทียบกับค่า $LSR_{,p}$ (least significant range) [11]

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การออกแบบการทดลอง (Design of Experiments) ได้ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยที่เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ขนมปังหลายงานวิจัย เช่น อุไรวรรณ สุขะ [9] ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมใบเตยอบแห้ง ต่อมา ลดาวัลย์ เจริญรัตนศรีสุข [10] ศึกษาการพัฒนาแป้งขนมปังเสริมโปรตีนและใยอาหารสูง

Green and Bovell-Benjamin [12] ศึกษาการนำแป้งมันเทศมาเสริมในขนมปังโฮลวีท Karaoglu and Kotancilar [13] พบว่าการเติม Ca-propionate เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บขนมปัง มีผลทำให้ขนมปังมีปริมาตรและความนุ่มลดลง และ Ryan, et al.[14] พบว่าสามารถใช้

แป้งถั่วเหลืองทดแทนแป้งสาลีในขนมปังได้ร้อยละ 12 โดยมีผลทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงขนมปังสูตรควบคุม เป็นต้น

งานวิจัยนี้นอกจากจะเป็นการเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้กับขนมปังมากขึ้นแล้ว ยังถือเป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภคที่รักสุขภาพ มีแนวทางในการเลือกรับประทานอาหารเพื่อสุขภาพมากยิ่งขึ้นอีกด้วย

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยการประยุกต์ใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ ขนมปังเสริมแป้งถั่วขาว มีการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอน ดังนี้

3.1 ศึกษาขนมปังสูตรพื้นฐาน

ทำการผลิตขนมปังตามขั้นตอนการผลิต โดยใช้สูตรขนมปังพื้นฐาน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สูตรขนมปังพื้นฐาน

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)	ปริมาณ (ร้อยละ)
แป้งสาลี	1000	59.88
นมสด	400	23.95
น้ำเปล่า	50	2.99
ไข่ไก่	50	2.99
เนยเหลือง	50	2.99
ยีสต์	10	0.60
น้ำตาลทราย	100	6.00
เกลือป่น	5	0.3
กลิ่นนมเนย	5	0.3
	รวม	100.00

(ดัดแปลงจากร้านสองพี่น้องเบเกอรี่ ปทุมธานี, 2555)

ขั้นตอนการผลิตขนมปัง

1. ผสมแป้ง, นมสด, น้ำตาล, เกลือ, เนยเหลือง,ยีสต์,ไข่ไก่ และกลิ่นนมเนย ลงในเครื่องผสม ตีผสมพร้อมกันจนส่วนผสมเริ่มเข้ากันดี

2. ค่อยๆเติมน้ำลงในเครื่องผสม นวดต่อจนส่วนผสมเนียน นำโด (dough) ออกมาพักและตัดแบ่งให้ได้ก้อนละ 50 กรัม และกลึงให้เป็นก้อนกลม

3. วางลงในถาดที่เตรียมไว้ พักไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง 20 นาที

4. นำเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ประมาณ 20 นาที ยกออกจากเตา พักให้เย็นบนตะแกรง

3.2 ทดแทนปริมาณแป้งถั่วขาวลงในขนมปังสูตรพื้นฐาน

แปรปริมาณแป้งถั่วขาว เพื่อทดแทนแป้งสาลีจากสูตรพื้นฐานเป็น 2 ระดับ แสดงดังตารางที่ 2 จะได้ขนมปังทั้งหมด 3 สูตร

ตารางที่ 2 การทดลองระดับที่สามารถเติมแป้งถั่วขาว

การทดลอง	แป้งถั่วขาว (ร้อยละ)	แป้งสาลี (ร้อยละ)
1	0	100
2	50	50
3	100	0

หมายเหตุ : ส่วนผสมต่างๆคิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของแป้งสาลี

ในการเสริมแป้งถั่วขาวจากขนมปังทั้ง 3 สูตร โดยการนำขนมปังทั้ง 3 สูตรไปทดสอบความชอบของผู้บริโภค ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน นำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาความแปรปรวนโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ทำการคัดเลือกช่วงที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากสูตรที่มีคะแนนของปัจจัยคุณภาพในด้านต่างๆ

3.3 ศึกษากระบวนการผลิตและสูตรที่เหมาะสม

ในการศึกษางานวิจัยครั้งนี้ นำผลการทดลองที่ได้คะแนนของปัจจัยคุณภาพในด้านต่างๆสูงที่สุด ทำการแปรปริมาณแป้งถั่วขาวให้อยู่ในช่วงที่ผู้บริโภคเกิดการยอมรับ

สูงสุด เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังเสริมแป้งถั่วขาว คำนวณปริมาณน้ำที่ใช้ โดยใช้หลักการเพียร์สัน สแควร์ (Pearson Square) โดยกำหนดให้ค่า Water Activity ช่วงพักโด (dough) ทุกสูตรเท่ากับขนมปังสูตรพื้นฐาน เพื่อศึกษาความชื้นที่เหมาะสม

3.3.1 ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ

วัดค่า Water Activity โดยใช้เครื่องวัดค่า Water Activity ในช่วงพักโด (dough)

วัดค่าความแข็ง (Hardness) เมื่ออบขนมปังเสร็จแล้ว โดยใช้เครื่องวัดค่า Texture Analyze

3.3.2 ศึกษาคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยให้ผู้ทดสอบประเมินความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมแป้งถั่วขาว จำนวน 30 คน ด้วยวิธีให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (Hedonic Scale 9-point) (ช่วงคะแนน 1 ไม่ชอบมากที่สุด-9 ชอบมากที่สุด) เพื่อศึกษาความชอบ

รวบรวมข้อมูลที่ได้และทำการประเมินผลโดยการหาค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบของแต่ละคุณลักษณะ เพื่อศึกษาการยอมรับขนมปังเสริม แป้งถั่วขาว ที่เหมาะสมต่อไป

3.4 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ขนมปัง

ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมแป้งถั่วขาว โดยการทดสอบแบบ Central Location Test (CLT) ใช้กลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายจำนวน 100 คน ผู้ตอบแบบสอบถาม คือกลุ่มคนรักสุขภาพและผู้ที่ต้องการลดน้ำหนัก บริโภคขนมปัง และให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (Hedonic Scale 9-point) ในคุณลักษณะด้านกลิ่น กลิ่นรส ความนุ่ม และความชอบรวม รวบรวมข้อมูลที่ได้และทำการประเมินผลโดยใช้โปรแกรม SPSS เพื่อคำนวณหาความถี่ร้อยละ ค่าเฉลี่ยในปัจจัยด้านความชอบ และผลการตัดสินใจยอมรับและซื้อผลิตภัณฑ์

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาขนมปังสูตรพื้นฐานและปริมาณการทดแทนแป้งถั่วขาวในขนมปัง

จากการศึกษาการทดลองระดับที่สามารถเติมแป้งถั่วขาวลงในขนมปัง โดยแปรปริมาณแป้งถั่วขาวทดแทนแป้งสาลีแบ่งเป็น 3 ระดับ คือร้อยละ 0, 50 และ 100 จากนั้นพิจารณาจากสูตรที่มีคะแนนความชอบในทุกปัจจัยสูงที่สุด โดยประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (Hedonic Scale 9-point) (ช่วงคะแนน 1 ไม่ชอบมากที่สุด-9 ชอบมากที่สุด) และได้แสดงผลในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคต่อระดับที่สามารถเติมแป้งถั่วขาวลงในขนมปัง 3 สูตร

การทดลอง	ปริมาณแป้งถั่วขาว (ร้อยละ)	คะแนนการยอมรับของผู้บริโภค			
		กลิ่น	กลิ่นรส	ความนุ่ม	ความชอบรวม
1	0	7.57^{a}	7.70^{a}	7.93^{a}	8.80^{a}
2	50	4.80^{b}	4.87^{b}	4.53^{b}	5.37^{b}
3	100	1.07^{c}	1.03^{c}	1.00^{c}	1.23^{c}

$^{abc:}$ อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคยอมรับคุณลักษณะทางด้านกลิ่น กลิ่นรส ความนุ่ม และความชอบรวมแตกต่างกัน โดยยอมรับขนมปังที่มีปริมาณแป้งถั่วขาวที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 0 มากที่สุด รองลงมาคือร้อยละ 50 และร้อยละ 100 ตามลำดับ จึงเลือกใช้คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคด้านความชอบซึ่งเป็นความรู้สึกโดยรวมที่มีต่อขนมปังเสริมแป้งถั่วขาว เนื่องจากต้องการให้ผู้บริโภคได้รับประโยชน์และสรรพคุณที่พบในถั่วขาวมากที่สุดจึงได้คัดเลือกช่วงที่เหมาะสมคือช่วงร้อยละ 0 ถึงร้อยละ 50 นำมาทดสอบการยอมรับต่อไป

4.2 ผลการศึกษากระบวนการผลิตและสูตรที่เหมาะสม

ในการศึกษางานวิจัยครั้งนี้ผลการทดลอง ช่วงที่เหมาะสมในการเสริมปริมาณแป้งถั่วขาวคือ ช่วงร้อยละ 0 ถึงร้อยละ 50 ทำการปรับปรุงกระบวน การผลิตที่เหมาะสมโดยคำนวณปริมาณน้ำที่ใช้ เนื่องจากหน้าที่ของน้ำเมื่อละลายกับโปรตีนในแป้งแล้วทำให้เกิดกลูเตน ควบคุมความข้นเหลวและความหนืดของก้อนแป้ง ส่งผลต่อความนุ่มของขนมปัง [15] โดยใช้หลักการเพียร์สัน สแควร์ (Pearson Square) โดยกำหนดให้ค่า Water Activity (A_w) ช่วงพักโด (dough) ทุกสูตรมีค่าเท่ากับขนมปังสูตรพื้นฐาน เนื่องจากการทดลองที่เสริมปริมาณถั่วขาวร้อยละ 0 ได้รับคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคสูงที่สุด เพื่อศึกษาความชื้นที่เหมาะสมนำไป วัดค่า Water Activity (A_w) และวัดค่าความแข็ง (Hardness) หลังจากอบขนมปังแล้ว ซึ่งนำผลที่ได้มาแสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวัดค่าคุณภาพทางกายภาพ

ปริมาณแป้งถั่วขาว (ร้อยละ)	Water Activity (A_w)	ค่าความแข็ง (N)
0	0.890 ± 0.004^{a}	8.06 ± 0.629^{c}
50	0.881 ± 0.003^{b}	42.27 ± 1.085^{a}
50 (หลังปรับปริมาณน้ำ)	0.891 ± 0.001^{a}	30.27 ± 2.162^{b}

abc: อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ค่า Water Activity (A_w) ของขนมปังเสริมแป้งถั่วขาวเพื่อปรับปริมาณน้ำที่เหมาะสม ที่ระดับการทดแทนปริมาณแป้งถั่วขาวร้อยละ 50 ก่อนคำนวณปริมาณน้ำ โดยใช้หลักการเพียร์สัน สแควร์ (Pearson Square) พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำเป็น 81.82 กรัม สามารถทำให้ค่า Water Activity (A_w) ของขนมปังมีค่าใกล้เคียงกับขนมปังสูตรพื้นฐาน ซึ่งให้ผลการทดลองเป็นไปในทางเดียวกันกับการศึกษาของ Yanniotis และคณะ [16] พบว่าเมื่อเพิ่มใยอาหารลงไปในขนมปัง ทำให้ปริมาณความชื้นลดลง จะมีผลกระทบโดยตรงต่อองค์ประกอบทางเคมีแต่อย่างไรก็ตามใยอาหารแต่ละชนิดจะมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของขนมปังแตกต่างกัน ซึ่งจะขึ้นกับปริมาณและชนิดของใยอาหารที่ใช้เป็นส่วนผสม สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่าความแข็ง (Hardness) ขนมปังเสริมแป้งถั่วขาวร้อยละ 50 ช่วงก่อนคำนวณปริมาณน้ำ ขนมปังเสริมแป้งถั่วขาวมีค่าความแข็ง 42.27 นิวตัน แต่เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำช่วงหลัง ทำให้เนื้อสัมผัสของขนมปังนุ่มมากขึ้น มีค่าความแข็งลดลงเหลือ 30.27 นิวตัน จึงได้แปรปริมาณถั่วขาวให้อยู่ในช่วงที่ผู้บริโภคเกิดการยอมรับสูงสุด คือร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 นำมาทดสอบการยอมรับต่อไป

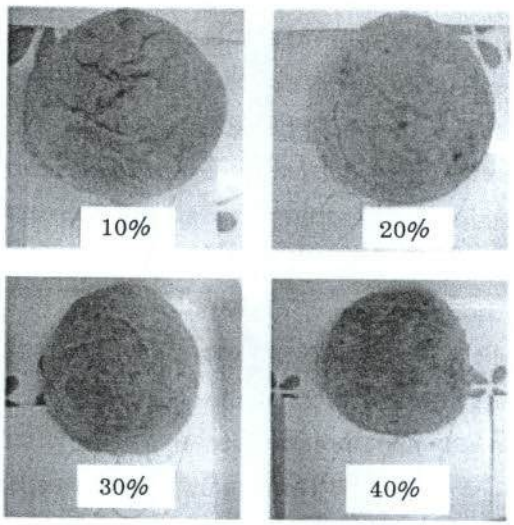
ตารางที่ 5 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคต่อระดับที่สามารถเติมแป้งถั่วขาวลงในขนมปัง 4 สูตร

การทดลอง	ปริมาณแป้งถั่วขาว (ร้อยละ)	คะแนนการยอมรับของผู้บริโภค			
		กลิ่น	กลิ่นรส	ความนุ่ม	ความชอบรวม
1	10	7.00^{a}	6.90^{ab}	7.77^{a}	7.17^{a}
2	20	6.37^{b}	6.50^{b}	7.13^{b}	7.07^{a}
3	30	7.20^{a}	7.03^{a}	7.37^{ab}	7.40^{a}
4	40	5.90^{b}	5.93^{c}	6.47^{c}	6.20^{b}

abc: อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p0.05)

ผู้บริโภคให้คะแนนยอมรับคุณลักษณะทางด้านกลิ่นที่ระดับการเสริมถั่วขาวปริมาณร้อยละ 30 มากที่สุด รองลงมาคือร้อยละ 10, 20 และ 40 ตามลำดับ ในด้านกลิ่นรสผู้บริโภคให้คะแนนที่ระดับการเสริมถั่วขาวปริมาณร้อยละ 30 มากที่สุด เนื่องจากปริมาณถั่วขาวมากขึ้น ทำให้ขนมปังมีกลิ่นถั่วมากขึ้น จึงมีผลต่อการตัดสินใจ ผู้บริโภคยอมรับความนุ่มของระดับการเสริมถั่วขาวปริมาณร้อยละ 10 มากที่สุด ส่วนการทดแทนปริมาณแป้งถั่วขาวที่ระดับ

ร้อยละ 40 ทำให้คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคทุกๆ ด้าน มีคะแนนต่ำที่สุด เนื่องจากมีเนื้อสัมผัสที่แข็ง เพราะมีปริมาณแป้งถั่วขาวมากเกิน ทั้งนี้เนื่องจากแป้งสาลีมีกลูเตน เมื่อผสมกับน้ำในอัตราส่วนที่ถูกต้องจะทำให้มีลักษณะเป็นยาง เหนียว ยืดหยุ่นได้ ทำให้เกิดโครงร่างที่จำเป็นของผลิตภัณฑ์ และจะเป็นโครงร่างแบบฟองน้ำเมื่อได้รับความร้อนจากตู้อบ เนื้อในขนมปังไม่แห้ง ทำให้มีคุณภาพในการเก็บและการกินที่ดี [4] ขณะที่แป้งถั่วขาวไม่มีคุณสมบัติในด้านนี้ ดังนั้นขนมปังที่ใช้แป้งถั่วขาวทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 40 จึงมีความแข็งกว่าสูตรอื่น ส่งผลต่อคะแนนการยอมรับด้านกลิ่น กลิ่นรส และความชอบรวมมีคะแนนต่ำไปด้วย และด้านความชอบรวมนั้น ผู้บริโภคให้การยอมรับขนมปังเสริมแป้งถั่วขาวไม่แตกต่างกัน โดยให้การยอมรับขนมปังเสริมแป้งถั่วขาวที่ระดับร้อยละ 30 มากที่สุด และรองลงมาคือร้อยละ 10, 20 และ 40 ตามลำดับ



รูปที่ 1 ขนมปังเสริมแป้งถั่วขาวที่ระดับต่างๆ

เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ขนมปัง จึงเลือกขนมปังที่มีปริมาณแป้งถั่วขาวที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีที่ระดับร้อยละ 30 เนื่องจากได้รับคะแนนความชอบรวมสูงที่สุด ซึ่งเป็นความรู้สึกโดยรวมที่มีต่อขนมปังเสริมแป้งถั่วขาว นำมาทำการทดสอบการยอมรับต่อไป

4.3 ผลการยอมรับของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ขนมปัง

นำขนมปังผสมแป้งถั่วขาวที่ระดับร้อยละ 30 มาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค 100 คน โดยการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (Hedonic Scale 9-point) ในคุณลักษณะด้านกลิ่น กลิ่นรส ความนุ่ม และความชอบ นำผลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยซึ่งแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมปังเสริมแป้งถั่วขาวร้อยละ 30

คุณลักษณะ	ค่าเฉลี่ยคะแนน
ทางประสาทสัมผัส	การยอมรับ
กลิ่น	7.25
กลิ่นรส	7.04
ความนุ่ม	7.18
ความชอบรวม	7.52

จากผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมปังเสริมแป้งถั่วขาวร้อยละ 30 พบว่าผู้บริโภคเกิดการยอมรับในระดับความชอบปานกลาง เนื่องจากเนื้อสัมผัสที่ยังไม่นุ่มเหมือนขนมปังปอนด์ที่ขายตามท้องตลาด และอาจยังมีรสชาติที่ไม่คุ้นเคย แต่การยอมรับปานกลางก็ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของขนมปังปอนด์ ที่กำหนดไว้ว่า ขนมปังที่รับการทดสอบชิมต้องได้รับคะแนนในระดับปานกลางขึ้นไปจึงสามารถจำหน่ายได้ [17] นอกจากนี้ได้ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อการตอบรับความสนใจในการบริโภค พบว่า ผู้ที่สนใจจะซื้อขนมปังเสริมแป้งถั่วขาวร้อยละ 30 คิดเป็นร้อยละ 82 แต่เมื่อได้รับข้อมูลเกี่ยวกับถั่วขาวแล้วทราบถึงประโยชน์ผู้บริโภคเกิดการยอมรับเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 100 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่มีประโยชน์นั้นมีผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค โดยเฉพาะข้อมูลด้าน

โภชนาการที่มีผลต่อผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก คิดเป็นร้อยละ 81 ส่วนผู้ที่ต้องการความแปลกใหม่สำหรับอาหารเพื่อสุขภาพมีร้อยละ 19

5. สรุป

จากการประยุกต์ใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง พบว่า สามารถใช้ถั่วขาวทดแทนแป้งสาลีได้ในปริมาณที่เหมาะสม โดยการทดสอบจากผู้บริโภคและได้รับการยอมรับมากที่สุด คือ ปริมาณการเสริมแป้งถั่วขาวที่ร้อยละ 30 มีผู้สนใจจะซื้อคิดเป็นร้อยละ 82 แต่เมื่อทราบข้อมูลของถั่วขาวเกิดคะแนนการยอมรับเพิ่มขึ้นร้อยละ 100 โดยเฉพาะข้อมูลที่มีผลต่อผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักร้อยละ 81 และผู้ที่ต้องการความแปลกใหม่สำหรับอาหารเพื่อสุขภาพร้อยละ 19 เนื่องจากขนมปังสูตรนี้เมื่อผลิตออกมาจะได้ลักษณะที่ดีจึงเป็นที่ยอมรับสูงที่สุด เนื้อขนมค่อนข้างนุ่ม ไม่แข็งกระด้าง รสชาติกลมกล่อม กลิ่นถั่วขาวไม่แรงเกินไป นอกจากนั้นผู้บริโภคเกิดการยอมรับสรรพคุณของถั่วขาว และมีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ เมื่อนำมาผสมในขนมปังอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ ด้วยการได้รับความร่วมมือจากกลุ่มตัวอย่างที่เอื้อเฟื้อเวลาในการทำแบบสอบถาม บิดา มารดา ดร.ระพี กาญจนะ, ดร.อรวัลภ์ อุปถัมภ์ภานนท์ และ ผศ.ศรีไร จารุภิญโญ ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัย ซึ่งผู้วิจัยต้องขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

[1]ศูนย์ความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552. **ถั่วขาว วิทยาศาสตร์กับสุราษฎร์ธานี**Available : http://surat.stkc.go.th/surat-ecology-forest-interestingplant-mangroveforest Brunguiera+ cylindrical. (14 สิงหาคม 2554).

[2]วิชาการดอทคอม, 2552. **สารสกัดจากถั่วขาว**[ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.vcharkarn.com/varticle/39058 (17 สิงหาคม 2554).

[3]สำนักบริหารวิชาการ มหาวิทยาลัยบูรพา, **ถั่วขาว ตัวช่วยควบคุมน้ำหนัก.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http:www.uniserv.buu.ac.th/forum2/topic.asp?TOPIC_ID=2864 (5 สิงหาคม 2554).

[4]จิตธนา แจ่มเมฆและอรอนงค์ นัยวิกุล, 2554. **เบเกอรี เทคโนโลยีเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 11, คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[5]วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ปีที่ 28 ฉบับที่ 4 เดือนตุลาคม–ธันวาคม 2551.

[6]อรรถพร แสงฉาย กัญศิญา กาวีระ และ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, 2553. **ผลของการเสริมใบมะรุมต่อคุณภาพของขนมปัง.** ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา บางแสน ชลบุรี.

[7]โสรดา วัลภา กุลรภัส วชิรศิริ ดำรงชัย สิทธิสำอางค์ และ ฐิติชญา สุวรรณทัพ, 2553. **ผลของการเสริมใยอาหารจากเปลือกทุเรียนต่อคุณภาพของขนมปังขาว.** ฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ปทุมธานี.

[8]สิรินาถ ตัณฑเกษม คณะ, 2551. **ผลของการใช้แป้งข้าวกล้องทดแทนแป้งโฮลวีทในขนมปัง.** วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

[9]อุไรวรรณ สุขขะ, 2546. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเสริมใบเตยอบแห้ง.** ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม.

[10]ลดาวัลย์ เจริญรัตนศรีสุข, 2547. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังโปรตีนและใยอาหารสูง.** ภาควิชาพัฒนา

ผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[11]คณาจารย์ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2552. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเกษตร.** พิมพ์ครั้งที่ 3, 73-74.

[12]Greene, J.L. and Bovell-Benjamin, A.C, 2004. **Macroscopic and Sensory Evaluation of Bread Supplemented with Sweet Potato Flour.** Journal of Food Science 69: SNQ167-SNQ173.

[13]Karaoglu, M.M. and Kotancilar, H.G, 2006. **Effect of Partial Baking, Storage and Rebaking Process on the Quality of White Pan Bread.** International Journal of Food Science and Technology 41:108-114.

[14]Ryan, K.J., et al, 2002. **Effect of Lipid Extraction Process on Performance of Texturized Soy Flour Added Wheat Bread.** Journal of Food Science.

[15]**เบเกอรี่พื้นฐานเบื้องต้น**, 2554. บริษัทสำนักพิมพ์แม่บ้าน จำกัด กรุงเทพ.

[16]Yanniotis, S., Petraki, A. and Soumpasi. E, 2007. **Effect of pectin and wheat fibers on quality attributes of extruded cornstarch. Journal of Food Engineering,** 80: 594-599.

[17]สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2548. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนขนมปังปอนด์.** มผช. 747/2548 กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพ.