# ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยกากสับปะรดต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของบิสกิตในระหว่างการเก็บรักษา

# Effects of Wheat Flour Substitution with Pineapple Residues on Quality Changes of Biscuits During Storage

ศิริพร ศิริอังคณากุล* มนตรา ศรีษะแย้ม และ เอกภพ จันทร์สุคนธ์

Siriporn Siriangkanakun*, Montra Srisayam and Eakpop Jansukon

*คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม*

*Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University*

Received : 11 March 2017

Accepted : 12 July 2017

Published online : 13 September 2017

## บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยกากสับปะรดต่อคุณภาพของบิสกิตในระหว่างการเก็บรักษา โดยได้ทดแทนแป้งสาลีด้วยกากสับปะรดที่ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) 10 20 และ 30 โดยน้ำหนัก เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน จากการศึกษาพบว่าบิสกิตทดแทนแป้งสาลีด้วยกากสับปะรดร้อยละ 10 20 และ 30 มีเส้นใยเพิ่มขึ้น 9.97 11.72 และ 15.59 เท่า ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับบิสกิตสูตรควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่าฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในบิสกิตเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณกากสับปะรดเพิ่มมากขึ้น การทดแทนด้วยกากสับปะรดร้อยละ 30 ทำให้บิสกิตมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้สูงที่สุด ($p \leq 0.05$) เมื่อทดสอบเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง texture analyzer พบว่าปริมาณกากสับปะรดที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความแข็งของบิสกิตสูงขึ้น และค่าความแข็งของบิสกิตทุกสูตรลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30 วัน การเพิ่มปริมาณกากสับปะรดในบิสกิตส่งผลให้ค่า L* และ a* ลดลง ขณะที่ค่า b* เพิ่มขึ้น ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าบิสกิตทดแทนด้วยกากสับปะรดที่ร้อยละ 30 มีคะแนนทางประสาทสัมผัสต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามการทดแทนด้วยกากสับปะรดที่ระดับร้อยละ 10 และ 20 มีคะแนนทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p > 0.05$) ดังนั้นปริมาณการทดแทนด้วยกากสับปะรดที่สูงที่สุดในบิสกิตสำหรับงานวิจัยนี้คือร้อยละ 20

**คำสำคัญ** : บิสกิต กากสับปะรด เส้นใย การต้านอนุมูลอิสระ

*Corresponding author. E-mail : siriangkanakun@psru.ac.th

## Abstract

The objective of this study was to investigate the effects of wheat flour substitution with pineapple residues on qualities of biscuits during storage. Pineapple residues were added into biscuits at different levels including 0 (control), 10, 20 and 30% (w/w) to replace wheat flour and were stored for 0, 15 and 30 days at room temperature. The results found that wheat flour replacement with 10, 20 and 30% pineapple residues resulted in an increase of fiber content by 9.97, 11.72 and 15.59 folds, respectively when compared with the control sample. In addition, antioxidant activity using DPPH assay increased as levels of pineapple residues increased. The highest water activity ($a_w$) was found in biscuits with substitution of 30% pineapple residues ($p \leq 0.05$). When levels of pineapple residues increased, hardness values of biscuits determined by using a texture analyzer also increased. Moreover, a markedly decrease of hardness value in all samples was obtained with a 30-day storage. L* and a* values continuously decreased but b* values increased when substitution levels of pineapple residues increased. The biscuits containing 30% pineapple residues displayed the lowest sensory scores ($p \leq 0.05$) while sensory scores of the biscuits with either 10% or 20% pineapple residues were not different from those of the control sample ($p > 0.05$). Therefore, maximum amount of pineapple residue substituted to wheat flour in biscuits should be 20% for this study.


**Keywords :** biscuits, pineapple residues, fiber, antioxidant

**บทนำ**

บิสกิตเป็นอาหารว่างที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายทั่วโลก เนื่องจากบิสกิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะกรอบ รสชาติหอมหวานและเก็บไว้ได้นาน อย่างไรก็ตามการบริโภคบิสกิตในปริมาณมากอาจก่อให้เกิดผลเสียต่อผู้บริโภคได้ เนื่องจากสารอาหารหลักในผลิตภัณฑ์บิสกิตคือคาร์โบไฮเดรต ในปัจจุบันนี้มีผู้บริโภคหันมาสนใจผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพกันมากขึ้นจึงมีผู้วิจัยบางส่วนศึกษาเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์บิสกิตเพื่อสุขภาพ เช่น Jangchud *et al.* (2001) ได้ศึกษาผลของการเสริมโปรตีนและใยอาหารในบิสกิตโดยการใช้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดและรำข้าวไขมันเต็ม นอกจากนี้ Wonglao *et al.* (2013) ได้ศึกษาผลของขนาดอนุภาคแป้งข้าวกล้องสินเหล็กทดแทนแป้งสาลีบางส่วนต่อคุณภาพของบิสกิต

สับปะรดเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยซึ่งสามารถสร้างรายได้ให้กับประเทศไทยประมาณปีละ 23,000-25,000 ล้านบาท โดยผลิตภัณฑ์จากสับปะรดส่งออกที่สำคัญ ได้แก่ น้ำสับปะรด ในขั้นตอนการแปรรูปน้ำสับปะรดมักมีกากสับปะรดที่ถือว่าเป็นของเหลือทิ้งจากโรงงานแปรรูปสับปะรด โดยวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้มักถูกนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ซึ่งมีมูลค่าต่ำ การวิจัยโดยการนำวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานแปรรูปสับปะรดมาใช้ประโยชน์จะเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้ มีผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับวัสดุเหลือทิ้งจากสับปะรด เช่น เปลือกและแกนสับปะรด โดยในการศึกษาพบว่าเปลือกและแกนสับปะรดมีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ (Loypimai *et al.,* 2011; Tancharoensukjit & Chantanawarangoon, 2007) โดยสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในเปลือกสับปะรด คือ เบต้าแคโรทีน วิตามินเอ วิตามินซี และสารประกอบฟีนอลิก (Chukaw & Rattanad, 2015; Loypimai *et al.,* 2011) ซึ่งอนุมูลอิสระเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง

โรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน โรคต้อกระจกและข้ออักเสบจากโรครูมาตอยด์ เป็นต้น (Tienboon, 2010) นอกจากนี้ยังพบว่าเปลือก แกน ใบ เนื้อใน และจุกของสับปะรดมีเส้นใยเป็นองค์ประกอบ (Chaokaur *et al*., 2014; Pardo *et al*., 2014) โดยเส้นใยมีบทบาทสำคัญในการป้องกันหรือบรรเทาโรคต่าง ๆ เช่น ช่วยในการลดความอ้วน โรคมะเร็งบางชนิด โรคหัวใจและหลอดเลือดและโรคระบบทางเดินอาหาร อย่างไรก็ตามในส่วนของกากสับปะรดซึ่งถือว่าเป็นของเหลือทิ้งจากโรงงานแปรรูปสับปะรดยังคงมีการศึกษาไม่มากนักเกี่ยวกับฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและเส้นใย ดังนั้นหากนำกากสับปะรดมาทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บิสกิตอาจจะช่วยส่งเสริมคุณค่าทางโภชนาการของบิสกิตและยังถือได้ว่าเป็นการเพิ่มมูลค่าของกากสับปะรดได้อีกด้วย

## วิธีดำเนินการวิจัย

### การเตรียมกากสับปะรด

สุ่มตัวอย่างสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียจากตลาดไทย จ.พิษณุโลก นำมาปอกเปลือก จากนั้นใช้เครื่องคั้นน้ำผลไม้เพื่อบีบน้ำสับปะรดออกจะได้กากสับปะรด นำกากสับปะรดที่ได้ใส่ถาดสแตนเลส และอบโดยใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที จากนั้นนำไปบดและผ่านตะแกรงร่อนขนาด 212 ไมครอน

### การเตรียมบิสกิตจากแป้งสาลีที่ทดแทนด้วยกากสับปะรด

เตรียมบิสกิตโดยเริ่มจากตีเนยสด 120 กรัมให้ละลายจนเป็นเนื้อครีมโดยใช้เครื่องผสม (Kitchen aid, 5KPM50, Japan) เติมน้ำตาลไอซิ่ง 100 กรัม เกลือ 3.2 กรัม เติมแป้งสาลีที่ได้ร่อนไว้แล้ว 250 225 200 และ 175 กรัม สำหรับการเตรียมบิสกิตทดแทนแป้งสาลีด้วยกากสับปะรดในปริมาณร้อยละ 0 10 20 และ 30 ตามลำดับ ผสมส่วนประกอบต่าง ๆ ต่อจนเข้ากันดี จากนั้นเติมกากสับปะรดที่เตรียมไว้ในปริมาณร้อยละ 0 10 20 และ 30 ใส่ไข่แดง 30 กรัม ลงไปผสมทีละน้อยจนหมด ใส่นม 112 กรัม ตามด้วยวานิลลา 6 กรัม ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส ประมาณ 10-20 นาที เมื่อครบเวลาให้นวดส่วนผสมโดยใช้ไม้คลึง ค่อย ๆ นวดจนแป้งอ่อนตัวแล้วค่อย ๆ รีดให้เป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้าใช้พิมพ์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.80 เซนติเมตรกดเพื่อทำให้บิสกิตมีขนาดเท่ากัน จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที เก็บรักษาบิสกิตทดแทนแป้งสาลีด้วยกากสับปะรดในถุงพลาสติกโพลีเอททีลีนปิดสนิทที่อุณหภูมิห้อง ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในวันที่ 0 15 และ 30 ของการเก็บรักษา

### การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ความชื้น เถ้า ไขมัน เส้นใย ตามวิธีการของ AOAC (2000) และนำค่าที่ได้มาคำนวณหาคาร์โบไฮเดรตโดย %คาร์โบไฮเดรต = (100-%โปรตีน-%ความชื้น-%เถ้า-%ไขมัน-%เส้นใย) โดยทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

### การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (DPPH radical scavenging capacity assay)

การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ดัดแปลงจากวิธีของ De Ancos *et al*. (2002) โดยชั่งตัวอย่าง 1 กรัม เติมเอทานอลร้อยละ 80 ปริมาตร 25 มิลลิลิตร นำไปโฮโมจิไนส์และกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำส่วนใสที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 6000 xg เป็นเวลา 15 นาที ปรับปริมาตรด้วยเอทานอลร้อยละ 80 จนครบปริมาตร 50 มิลลิลิตร จากนั้นดูดส่วนใส 1 มิลลิลิตรแล้วเติมสารละลาย DPPH (2,2-Diphenyl-1-picryhydrazyl) 3 มิลลิลิตร บ่มในที่มืดเป็นเวลา 20 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

**การศึกษาวอเตอร์แอคติวิตี้** (water activity, $a_w$)

วัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้โดยนำบิสกิตทดแทนแป้งสาลีด้วยกากสับปะรดที่ร้อยละ 0 10 20 และ 30 ใส่ในถ้วยตัวอย่างให้มีความสูงประมาณ 0.5 ของถ้วย วัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยใช้เครื่องวิเคราะห์วอเตอร์แอคติวิตี้ (Aqualab, Series 3 TE, USA) โดยทำการวัดจำนวน 3 ซ้ำ

**การศึกษาเนื้อสัมผัส**

วิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง Texture analyzer (Stable micro systems, TA.XT.plus, UK) ใช้หัววัดชนิด Knife edge blade (HDP/BS) ทำการวัดค่าความแข็ง (Hardness) ของบิสกิต โดยทำการวัดจำนวน 10 ซ้ำ

**การศึกษาสี**

วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Hunter lab, Color Flex 45/0, USA) รายงานผลเป็นค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b*) โดยทำการวัดจำนวน 3 ซ้ำ

**การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส**

ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน โดยเป็นนักศึกษาและบุคลากรของมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามเพื่อประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมของบิสกิต โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) โดยคะแนนเท่ากับ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุดและคะแนนเท่ากับ 1 หมายถึง ความไม่ชอบมากที่สุด

**การวิเคราะห์ผลทางสถิติ**

วางแผนการทดลองแบบ Randomized completely block design (RCBD) สำหรับการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสและวางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) สำหรับการวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมี นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

**ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล**

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากสับปะรดอบแห้ง พบว่าองค์ประกอบหลักของกากสับปะรดอบแห้งคือคาร์โบไฮเดรต รองลงมาคือเส้นใย ซึ่งพบในปริมาณร้อยละ 15.28 ในขณะที่ไขมันเป็นสารอาหารที่พบน้อยที่สุดในกากสับปะรด Utama-ang & Tepjaikad (2001) รายงานว่าใยอาหารของกากสับปะรดอบแห้งมีค่าเท่ากับร้อยละ 32.02 นอกจากนี้ยังพบว่ากากสับปะรดมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Susirirat (2011) ได้รายงานว่ากากสับปะรดมีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 84.56 ดังนั้นการนำกากสับปะรดไปทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บิสกิตอาจจะทำให้ผลิตภัณฑ์บิสกิตมีเส้นใยและมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้น

***Table 1*** Chemical composition and antioxidant activity of pineapple residues.

| Chemical composition | Contents (%wet basis) |
|---|---|
| Protein | 3.74 ± 0.30 |
| Moisture | 6.20 ± 0.11 |
| Ash | 1.89 ± 0.10 |
| Fat | 0.37 ± 0.03 |
| Crude fiber | 15.28 ± 0.36 |
| Carbohydrate | 72.15 ± 0.19 |
| DPPH (antioxidant activity) | 92.81 ± 0.13 |

เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยกากสับปะรดในผลิตภัณฑ์บิสกิตที่ระดับร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) 10 20 และ 30 และนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่าบิสกิตทดแทนแป้งสาลีด้วยกากสับปะรดที่ระดับต่าง ๆ มีปริมาณโปรตีน เถ้า และเส้นใยสูงกว่าบิสกิตสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) ดังตารางที่ 2 ปริมาณเส้นใยของบิสกิตทดแทนแป้งสาลีด้วยกากสับปะรดที่ร้อยละ 10 20 และ 30 มีค่าสูงกว่าบิสกิตสูตรควบคุม 9.97 11.72 และ 15.59 เท่า ตามลำดับ อย่างไรก็ตามไขมันในบิสกิตทดแทนด้วยกากสับปะรดที่ระดับต่าง ๆ ไม่แตกต่างจากบิสกิตสูตรควบคุม ($p > 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณกากสับปะรดที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้นด้วย โดยบิสกิตทดแทนแป้งสาลีด้วยกากสับปะรดร้อยละ 30 แสดงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้สูงที่สุดและยังมีองค์ประกอบของเส้นใยสูงที่สุดด้วย ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 3 แสดงค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของบิสกิตทดแทนแป้งสาลีด้วยกากสับปะรดที่ระดับต่าง ๆ และเก็บในสภาวะอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 0 15 และ 30 วัน จากผลการทดลองพบว่าบิสกิตสูตรควบคุมมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ไม่แตกต่างจากบิสกิตทดแทนแป้งสาลีด้วยกากสับปะรดที่ร้อยละ 10 และ 20 ($p > 0.05$) ขณะที่การทดแทนด้วยกากสับปะรดที่ร้อยละ 30 มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้สูงที่สุด ($p \leq 0.05$) เมื่อเก็บรักษาบิสกิตเป็นระยะเวลา 0 15 และ 30 วัน ทั้งนี้เป็นเพราะกากสับปะรดยังคงมีความชื้น (ตารางที่ 1) จึงส่งผลต่อความชื้นในบิสกิต นอกจากนี้ยังพบว่าบิสกิตแต่ละสูตรที่เก็บรักษาเป็นเวลา 30 วัน มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้สูงกว่าการเก็บรักษาในวันที่ 0 และวันที่ 15 ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเก็บรักษาบิสกิตเป็นระยะเวลานานมากขึ้นในถุงพลาสติกโพลีเอททีลีน อาจจะทำให้มีความชื้นและอากาศบางส่วนเข้าไปสัมผัสกับผลิตภัณฑ์บิสกิตได้ เพราะถุงพลาสติกโพลีเอททีลีนสามารถให้ไอน้ำและอากาศผ่านเข้าออกได้เล็กน้อย ส่งผลให้บิสกิตมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ในบิสกิตทุกสูตรอยู่ในระดับที่ต่ำกว่า 0.6 ซึ่งจัดได้ว่าเป็นระดับที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (Martinez, 2002) จึงเป็นอาหารที่เสื่อมเสียได้ยาก

***Table 2*** Chemical composition and antioxidant activity of biscuits with different levels of pineapple residues.

| Chemical composition (%) | Levels of pineapple residues (%) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0 | 10 | 20 | 30 |
| Protein | 7.06 ± 0.02$^{c}$ | 7.11 ± 0.02$^{c}$ | 7.21 ± 0.01$^{b}$ | 7.30 ± 0.04$^{a}$ |
| Moisture | 2.91 ± 0.08$^{d}$ | 3.17 ± 0.02$^{c}$ | 3.42 ± 0.01$^{b}$ | 3.59 ± 0.03$^{a}$ |
| Ash | 1.05 ± 0.06$^{c}$ | 1.17 ± 0.03$^{c}$ | 1.34 ± 0.02$^{b}$ | 1.42 ± 0.02$^{a}$ |
| Fat$^{ns}$ | 19.88 ± 0.04 | 19.87 ± 0.06 | 19.89 ± 0.06 | 19.87 ± 0.03 |
| Crude fiber | 0.29 ± 0.03$^{d}$ | 2.89 ± 0.08$^{c}$ | 3.40 ± 0.01$^{b}$ | 4.52 ± 0.05$^{a}$ |
| Carbohydrate | 68.81 ± 0.14$^{a}$ | 65.81 ± 0.04$^{b}$ | 64.96 ± 0.01$^{c}$ | 63.60 ± 0.01$^{d}$ |
| DPPH (antioxidant activity) (%) | 18.09 ± 0.15$^{d}$ | 37.58 ± 1.89$^{c}$ | 48.36 ± 0.86$^{b}$ | 65.55 ± 1.15$^{a}$ |

$^{ab}$The difference letters in the same row are statistically significant different ($p \leq 0.05$).

***Table 3*** Water activities ($a_w$) of biscuits with different levels of pineapple residues stored at room temperature for 30 days.

| Levels of pineapple residues (%) | Storage time (days) | | |
|---|---|---|---|
| | 0 | 15 | 30 |
| 0 | 0.20 ± 0.01$^{Bb}$ | 0.21 ± 0.02$^{Bb}$ | 0.28 ± 0.01$^{Ba}$ |
| 10 | 0.20 ± 0.01$^{Bb}$ | 0.20 ± 0.01$^{Bb}$ | 0.29 ± 0.01$^{Ba}$ |
| 20 | 0.20 ± 0.01$^{Bb}$ | 0.21 ± 0.01$^{Bb}$ | 0.31 ± 0.02$^{Ba}$ |
| 30 | 0.25 ± 0.00$^{Ab}$ | 0.28 ± 0.01$^{Ab}$ | 0.34 ± 0.01$^{Aa}$ |

$^{ab}$The difference letters in the same row are statistically significant different ($p \leq 0.05$).

$^{AB}$The difference letters in the same column are statistically significant different ($p \leq 0.05$).

เมื่อทดสอบค่าความแข็ง (hardness) ของบิสกิตทดแทนแป้งสาลีด้วยกากสับปะรดที่ระดับต่าง ๆ พบว่าปริมาณกากสับปะรดมีอิทธิพลต่อค่าความแข็งของบิสกิต โดยค่าความแข็งของบิสกิตเพิ่มมากขึ้นเมื่อระดับของกากสับปะรดสูงขึ้น (ตารางที่ 4) การทดแทนแป้งสาลีด้วยกากสับปะรดที่ร้อยละ 30 ส่งผลให้บิสกิตมีค่าความแข็งสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากโปรตีนกลูเตนมักพบมากในแป้งสาลีแต่ไม่พบในกากสับปะรด ดังนั้นเมื่ออัตราส่วนของกากสับปะรดเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ปริมาณแป้งสาลีลดลงจะทำให้โดมีปริมาณกลูเตนลดลง จึงทำให้บิสกิตที่ทดแทนด้วยกากสับปะรดมีความหนาแน่นมากขึ้น ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่แข็ง อัดตัวกันแน่น และมีรูพรุนของฟองอากาศน้อย (Pareyt *et al*., 2008) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sukboonyasatit *et al*. (2017) ที่ได้รายงานว่าค่าความแข็งของคุกกี้เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งมันเทศเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความแข็งของบิสกิตในทุกสูตรลดต่ำลงเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้เป็นระยะเวลา 30 วัน ทั้งนี้

เนื่องมาจากความชื้นที่มีอยู่ในอากาศเข้าไปสัมผัสกับผลิตภัณฑ์บิสกิตจึงส่งผลให้ค่าความแข็งของบิสกิตลดต่ำลงซึ่งสอดคล้องกับค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ที่สูงขึ้นเมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 30 วัน ดังตารางที่ 3

ผลของค่าสีแสดงดังตารางที่ 5 ค่า L* และ a* ลดลงในขณะที่ค่า b* มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อปริมาณการทดแทนด้วยกากสับปะรดเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสีน้ำตาลของกากสับปะรดที่เกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบใช้และไม่ใช้เอนไซม์ โดยในสับปะรดมีเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดสีน้ำตาลแบบใช้เอนไซม์ (Lertbowornwong, 2012) การเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ในกากสับปะรดเกิดจากในสับปะรดมีน้ำตาลรีดิวซ์ สารประกอบไนโตรเจนและความร้อนในระหว่างอบกากสับปะรดเป็นตัวเหนี่ยวนำให้เกิดสีน้ำตาลซึ่งก็คือปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) และอาจเกิดปฏิกิริยาการเกิดคาราเมล (caramelization) ร่วมด้วย นอกจากนี้เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานมากยิ่งขึ้นส่งผลให้ค่า L* และ a* ลดลง ในขณะที่ค่า b* เพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บรักษาในวันที่ 0 ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kamnongphai (2014) ที่ได้รายงานว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารจากแกนสับปะรดในผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กส่งผลให้ค่าความสว่างลดลงและมีผลทำให้ค่าสีเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่ไม่มีผลต่อค่าสีแดง

***Table 4*** Hardness values (kg force) of biscuits with different levels of pineapple residues stored at room temperature for 30 days.

| Levels of pineapple residues (%) | Storage time (days) | | |
|---|---|---|---|
| | 0 | 15 | 30 |
| 0 | $2.20 \pm 0.10^{Da}$ | $2.19 \pm 0.06^{Da}$ | $1.87 \pm 0.11^{Db}$ |
| 10 | $3.42 \pm 0.11^{Ca}$ | $3.45 \pm 0.08^{Ca}$ | $3.22 \pm 0.04^{Cb}$ |
| 20 | $4.52 \pm 0.11^{Ba}$ | $4.50 \pm 0.13^{Bab}$ | $4.19 \pm 0.07^{Bb}$ |
| 30 | $7.24 \pm 0.04^{Aa}$ | $7.23 \pm 0.05^{Aa}$ | $6.72 \pm 0.25^{Ab}$ |

$^{ab}$The difference letters in the same row are statistically significant different ($p \leq 0.05$).

$^{AB}$The difference letters in the same column are statistically significant different ($p \leq 0.05$).

**Table 5** Color values of biscuits with different levels of pineapple residues stored at room temperature for 30 days.

| Color | Levels of pineapple residues (%) | Storage time (days) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 15 | 30 |
| L* | 0 | 62.98 ± 0.05$^{Aa}$ | 61.23 ± 0.53$^{Ab}$ | 59.57 ± 0.67$^{Ac}$ |
| | 10 | 60.43 ± 0.49$^{Ba}$ | 58.78 ± 0.34$^{Bb}$ | 56.37 ± 0.87$^{Bc}$ |
| | 20 | 58.50 ± 0.45$^{Ca}$ | 57.43 ± 0.21$^{Cb}$ | 55.99 ± 0.80$^{Cc}$ |
| | 30 | 56.29 ± 0.56$^{Da}$ | 55.30 ± 0.49$^{Db}$ | 53.99 ± 0.05$^{Dc}$ |
| a* | 0 | 11.44 ± 0.42$^{Aa}$ | 10.79 ± 0.12$^{Ab}$ | 10.20 ± 0.16$^{Ac}$ |
| | 10 | 11.25 ± 0.30$^{Aa}$ | 10.70 ± 0.18$^{Ab}$ | 10.05 ± 0.15$^{ABc}$ |
| | 20 | 10.46 ± 0.23$^{Ba}$ | 10.28 ± 0.14$^{Ba}$ | 9.89 ± 0.07$^{Bb}$ |
| | 30 | 8.55 ± 0.18$^{Ca}$ | 8.11 ± 0.15$^{Cb}$ | 8.08 ± 0.10$^{Cb}$ |
| b* | 0 | 29.35 ± 0.28$^{Cb}$ | 29.80 ± 0.25$^{Cb}$ | 31.10 ± 0.16$^{Da}$ |
| | 10 | 30.75 ± 0.30$^{Bc}$ | 31.73 ± 0.29$^{Bb}$ | 32.83 ± 0.26$^{Ca}$ |
| | 20 | 31.66 ± 0.25$^{Ab}$ | 32.06 ± 0.31$^{Bb}$ | 33.71 ± 0.38$^{Ba}$ |
| | 30 | 31.94 ± 0.10$^{Ab}$ | 32.57 ± 0.20$^{Ab}$ | 34.55 ± 0.55$^{Aa}$ |

$^{ab}$The difference letters in the same row are statistically significant different ($p \leq 0.05$).

$^{AB}$The difference letters in the same column are statistically significant different ($p \leq 0.05$).

เมื่อนำผลิตภัณฑ์บิสกิตทดแทนด้วยกากสับปะรดและเก็บรักษาในวันที่ 0 ไปทดสอบทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 6) พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับบิสกิตทดแทนแป้งสาลีด้วยกากสับปะรดที่ร้อยละ 10 และ 20 ในด้านลักษณะปรากฏ สีกลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากบิสกิตสูตรควบคุม ($p>0.05$) ขณะที่การทดแทนด้วยกากสับปะรดที่ร้อยละ 30 ส่งผลให้บิสกิตได้รับคะแนนการยอมรับในด้านต่าง ๆ ต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับบิสกิตสูตรอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากการทดแทนด้วยกากสับปะรดที่ร้อยละ 30 ส่งผลให้บิสกิตมีเนื้อสัมผัสที่แข็งเกินไป นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเพิ่มเติมและพบว่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บิสกิตทดแทนด้วยกากสับปะรดที่ระดับต่าง ๆ เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 15 และ 30 วัน มีคะแนนไม่แตกต่างจากบิสกิตทดแทนด้วยกากสับปะรดที่เก็บรักษาในวันที่ 0 จากผลการทดลองนี้ทำให้สรุปได้ว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยกากสับปะรดที่ระดับร้อยละ 20 ในผลิตภัณฑ์บิสกิตถือได้ว่าเป็นระดับที่สูงที่สุดที่ผู้บริโภคยอมรับสำหรับงานวิจัยนี้และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์บิสกิตเป็นระยะเวลา 30 วันไม่มีผลต่อคะแนนความชอบของผู้ทดสอบชิม (ตารางที่ 7) Utama-ang & Tepjaikad (2001) รายงานว่าปริมาณที่เหมาะสมในการเสริมกากสับปะรดในผลิตภัณฑ์คุกกี้และไส้กรอกเวียนนาคือ ร้อยละ 6 และ 3 ตามลำดับ Kamnongphai (2014) ได้รายงานว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารจากแกนสับปะรดในชิฟฟอนเค้กที่ร้อยละ 5 เป็นระดับที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด

*Table 6* Sensory scores of biscuits with different levels of pineapple residues under storage for 0 day.

| Sensory attributes | Levels of pineapple residues (%) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0 | 10 | 20 | 30 |
| Appearance | 7.62 ± 0.72[a] | 7.33 ± 0.98[a] | 7.27 ± 1.16[a] | 6.17 ± 1.06[b] |
| Color | 7.27 ± 0.80[a] | 7.07 ± 0.96[a] | 7.33 ± 0.98[a] | 6.33 ± 0.56[b] |
| Flavor | 7.60 ± 0.74[a] | 7.40 ± 0.74[ab] | 7.47 ± 0.92[ab] | 7.07 ± 0.74[b] |
| Taste | 7.33 ± 0.90[ab] | 7.53 ± 0.61[a] | 7.40 ± 0.94[a] | 6.60 ± 0.85[b] |
| Texture | 7.73 ± 0.88[a] | 7.60 ± 0.83[a] | 7.40 ± 0.64[a] | 6.47 ± 0.93[b] |
| Overall acceptability | 7.47 ± 0.81[a] | 7.53 ± 0.69[a] | 7.48 ± 0.86[a] | 6.67 ± 0.90[b] |

[ab]The difference letters in the same row are statistically significant different ($p \leq 0.05$).

**Table 7** Sensory scores of biscuits with different levels of pineapple residues under storage for 30 days.

| Sensory attributes | Levels of pineapple residues (%) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0 | 10 | 20 | 30 |
| Appearance | 7.54 ± 0.82[a] | 7.31 ± 0.69[a] | 7.32 ± 0.76[a] | 6.22 ± 0.84[b] |
| Color | 7.35 ± 0.76[a] | 7.17 ± 0.81[a] | 7.26 ± 0.62[a] | 6.21 ± 0.66[b] |
| Flavor | 7.49 ± 0.61[a] | 7.50 ± 0.57[a] | 7.43 ± 0.58[a] | 6.95 ± 0.37[b] |
| Taste | 7.42 ± 0.83[a] | 7.49 ± 0.81[a] | 7.53 ± 0.64[a] | 6.54 ± 0.62[b] |
| Texture | 7.68 ± 0.80[a] | 7.47 ± 0.79[a] | 7.42 ± 0.71[a] | 6.39 ± 0.77[b] |
| Overall acceptability | 7.36 ± 0.68[a] | 7.39 ± 0.93[a] | 7.49 ± 0.55[a] | 6.72 ± 0.44[b] |

[ab]The difference letters in the same row are statistically significant different ($p \leq 0.05$).

## สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยกากสับปะรดในผลิตภัณฑ์บิสกิตพบว่าปริมาณ เส้นใยและความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระของบิสกิตทดแทนแป้งสาลีด้วยกากสับปะรดเพิ่มมากขึ้นเมื่อปริมาณของกากสับปะรดเพิ่มขึ้น การทดแทนด้วยกากสับปะรดที่ร้อยละ 30 ส่งผลให้ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้สูงที่สุดและการเก็บรักษาบิสกิตทุกสูตรไว้เป็นระยะเวลา 30 วันทำให้บิสกิตมีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้สูงกว่าการเก็บรักษาในวันที่ 0 นอกจากนี้การทดแทนแป้งสาลีด้วยกากสับปะรดในปริมาณมากขึ้นทำให้บิสกิตมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นและทำให้ค่า L* และ a* ลดลง ในขณะที่ค่า b* สูงขึ้น การทดแทนแป้งสาลีด้วยกากสับปะรดที่ร้อยละ 30 ได้คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสต่ำที่สุด ดังนั้นปริมาณการทดแทนแป้งสาลีด้วยกากสับปะรดที่สูงที่สุดในผลิตภัณฑ์บิสกิตสำหรับงานวิจัยนี้คือร้อยละ 20

**เอกสารอ้างอิง**

AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis.* 17th ed. Association of official analytical chemists. Gaithersburg: Md.

Chukaw, W., & Rattanad, N. (2015). Evaluation of antioxidant activity with peel and pulp of fruits. In *Proceedings of the national and international conference & research presentation 2015 "create and development to approach ASEAN community II"* (pp. 127-134). Nakhon Ratchasima: Nakhonratchasima College. (in Thai).

Chaokaur, A., Laikhonburi, Y., Kunmeel, C., Santhong, C., & Chimthong, S. (2014). Evaluation of nutritive value and sugar soluble carbohydrate of pineapple residue. *Khon Kaen Agriculture Journal. 42*(1), 301-306.

De Ancos, B., Sgroppo, S., Plaza, L., & Cano, M.P. (2002). Possible nutritional and health related value promotion in orange juice preserved by high-pressure treatment. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *82*(8), 790-796.

Jangchud, K., Naivikul, O., Suwonsichon, T., Boonyasirikool, P., & Haengsawat, D. (2001). Development of biscuit fortified with protein and dietary fiber. In *Proceedings of the 39th Kasetsart University Annual Conference: fisheries, agro-industry.* (pp. 417-424). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai).

Kamnongphai, P. (2014). Effect of pineapple core fiber on the quality of chiffon cake. In *Proceedings of research conference 2014*. (pp. 22-26). Chonburi: Rajamangala University of Technology Tawan-ok. (in Thai).

Lertbowornwong, C. (2012). Causes and control of browning in pasteurized pineapple juice packed in clear bottle. *Ramkhamhaeng research journal sciences and technology*, *15*(1), 18-30. (in Thai).

Loypimai, P., Pasakul, T., & Mongkolthai, R. (2011). Comparisons of antioxidant activities and total phenolic content of fruit peels. *Agricultural Science Journal, 42*(2), 385-388. (in Thai).

Martinez, J.E. (2002). Microbial bioburden on oral solid dosage forms. *Pharmaceutical Technology*, *26*, 58-70.

Pardo, M.E.S., Cassellis, M.E.R., Escobedo, R.M., García, E.J. (2014). Chemical characterisation of the industrial residues of the pineapple (*Ananas comosus*). *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, *3*, 53-56.

Pareyt, B., Wilderjans, E., Goesaert, H., Brijs, K., & Delcour, J.A. (2008). The Role of gluten in a sugar-snap cookie system: a model approach based on gluten–starch blends. *Journal of Cereal Science*, *48*(3), 863-869.

Sukboonyasatit, D., Ruangsak, B., Srithong, W., & Cheungkuntod, S. (2017). Effect of sweet potato flour as wheat flour substitution on the characteristics of cookies. *Khon Kaen Agriculture Journal. 45*(1), 1060-1065.

Susirirat, P. (2011). Effect of body scrub products mixed with pineapple residues. Master's Thesis. Department of Cosmetic Science. Mae Fah Luang University, Chiang Rai.

Tancharoensukjit, S., & Chantanawarangoon, S. (2007). Antioxidant capacity of peels, cores and pulps of pineapples (var. Pattavia and Phuket). In *Proceedings of 45th Kasetsart University Annual Conference: agricultural extension and home economics, agro-industry.* (pp. 656-663). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai).

Tienboon, P. (2010). The role of antioxidant on health. *Thai Journal of Clinical Nutrition, 4*(2), 69-76. (in Thai).

Utama-ang, N., & Tepjaikad, T. (2001). Extraction of dietary fiber from pineapple residue and utilization. In *Proceedings of the 39th Kasetsart University Annual Conference: Fisheries, Agro-Industry*. (pp. 395-401). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai).

Wonglao, K., Srichamnong, W., Hudthagosol, C., Suttisansanee, U., & Somboonpanyakul, P. (2013). Effect of particle size of sinlek brown rice flour as a partially substituent of wheat flour on biscuits quality. *Agricultural Science Journal, 44*(2), 181-184. (in Thai).