

ผลของการใช้แป้งข้าวมีสีชนิดต่าง ๆ ต่อคุณภาพของชิฟฟอนเค้กเสริมโปรตีนผงจิ้งหรีด

นันท์ยง เฟื่องขจรฟุ้ง*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของแป้งข้าว 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวกล้องหอมมะลิ 105 และข้าวหอมนิลต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ชิฟฟอนเค้กเสริมโปรตีนผงจิ้งหรีดเปรียบเทียบกับชิฟฟอนเค้กที่ผลิตจากแป้งสาลี (ตัวอย่างควบคุม) เมื่อศึกษาการใช้แป้งข้าวในชิฟฟอนเค้กเสริมโปรตีนจากผงจิ้งหรีด พบว่าชนิดของแป้งข้าวที่มีสีเข้มขึ้นทำให้ค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง (b^*) มีแนวโน้มลดลง ส่วนค่าสีแดง (a^*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อวิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัส พบว่าเมื่อใช้แป้งข้าวหอมนิลในชิฟฟอนเค้กเสริมโปรตีนจากผงจิ้งหรีด ส่งผลให้ค่าความแข็ง (Hardness) มีค่าเพิ่มขึ้น ความยืดหยุ่น (Springiness) มีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม เมื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าการใช้แป้งข้าวหอมนิลเป็นแป้งที่เหมาะสม เนื่องจากได้คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะมากกว่า 7.0 คะแนน (ชอบปานกลาง) นอกจากนั้นการใช้แป้งข้าวหอมนิลในชิฟฟอนเค้กเสริมโปรตีนผงจิ้งหรีดยังให้ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยด้วยวิธี DPPH และ ORAC มากกว่าตัวอย่างควบคุม

คำสำคัญ : แป้งข้าวมีสี, ชิฟฟอนเค้ก, โปรตีนผงจิ้งหรีด, การต้านอนุมูลอิสระ

* อาจารย์ประจำ สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Corresponding author, email: Nunyong.fu@ssru.ac.th, Tel. 086-620-1733

Received : March 23, 2022; Revised : June 20, 2022; Accepted : June 24, 2022

Effect of Various Colored Rice Flours on the Quality of Cricket Protein Powder Fortified Chiffon Cake

Nunyong Fuengkajornfung*

Abstract

The objective of this research was to study the effect of 3 varieties of rice flour: rice berry flour, brown jasmine rice 105 flour, and hom nin rice flour on the physical characteristics of cricket protein powder-fortified chiffon cake products compared to chiffon cakes made from wheat flour (control sample). In a study on the use of rice flour in chiffon cakes with cricket protein powder fortified, it was found that the darker type of rice flour decreased the brightness (L^*) and yellow (b^*) values. Red (a^*) tends to increase. When analyzing the texture quality, it was found that the use of hom nin rice flour in chiffon cakes fortified with cricket powder protein resulted in an increase in hardness values and springiness similar to that of the control sample. The results of the sensory evaluation showed that the use of hom nin rice flour was an appropriate flour because the liking score for all sensory attributes was more than 7.0 (liked moderately). The total phenolic content and antioxidant activity were obtained by DPPH and ORAC more than the control samples.

Keywords : Colored rice flours, Chiffon cake, Cricket protein powder, Antioxidant activity

* Instructor, Home economics, Faculty of Science and technology, Suan Sunandha Rajabhat University, Bangkok

Corresponding author, email: Nunyong.fu@ssru.ac.th, Tel. 086-620-1733

Received : March 23, 2022; **Revised :** June 20, 2022; **Accepted :** June 24, 2022

ความสำคัญของปัญหาการวิจัย

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นหนึ่งในอาหารหลักที่สำคัญทั่วโลก และเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สำคัญของประเทศไทย ซึ่งจะมีสายพันธุ์ที่หลากหลายมาก (Urtgam et al., 2019) งานวิจัยหลายชิ้นรายงานว่าการบริโภคข้าวกล้องสายพันธุ์ต่าง ๆ ของตัวอย่างข้าวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และส่งผลดีต่อสุขภาพหลายอย่างต่อโรคเบาหวาน โรคมะเร็ง และโรคหลอดเลือดหัวใจ เป็นต้น โดยข้าวกล้องแต่ละสายพันธุ์จะมีสีของเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งเป็นแหล่งของสารประกอบออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive compounds) ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compounds) แกมมาโอไรซานอล (Gamma oryzanol) แอนโทไซยานิน (Anthocyanins) และเส้นใยอาหาร (Dietary fiber) (Mau et al., 2017) นอกจากนี้ข้าวยังมีสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายหลายอย่าง เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน วิตามิน และสารกาบา เป็นต้น ซึ่งสารอาหารต่าง ๆ เหล่านี้จะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และระดับการขัดสีข้าว (พัชรภรณ์ รัตนธรรม และคณะ, 2556) ปัจจุบันการสร้างนวัตกรรมข้าวตั้งแต่การผลิตจนถึงผู้บริโภคเป็นสิ่งที่สร้างความแตกต่างให้กับข้าวไทย โดยเฉพาะการสร้างมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ได้จากข้าว ประกอบกับสภาวะการค้าข้าวในตลาดโลกมีการแข่งขันรุนแรงเพิ่มขึ้น การสร้างนวัตกรรมจึงเป็นทางออกหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจให้กับประเทศ (สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ, 2554)

ชีฟฟอน (Chiffon cake) เป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่ได้รับความนิยมในการบริโภคจากผู้บริโภคทั่วโลก สามารถรับประทานเป็นอาหารว่างและในโอกาสพิเศษต่าง ๆ (Wan Rosli et al., 2014; Mau et al., 2017) เป็นเค้กที่มีลักษณะรวมของเค้กเนยและเค้กไข่คือ มีโครงสร้างที่ละเอียดของเค้กไข่ และมีเนื้อเค้กที่มันเงาของเค้กเนย ต่างจากเค้กเนยตรงที่ชีฟฟอนเค้กใช้น้ำมันพืชผสมแทนเนย หรือมาการีนในเค้กเนย วิธีการผสมมีลักษณะนุ่มและเบา และมีกลิ่นหอม (Wan Rosli et al., 2014) ปัจจุบันการบริโภคผลิตภัณฑ์จากแป้งสาลีนั้นมีการบริโภคเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งผลิตภัณฑ์จากเบเกอรี่ที่ทำจากแป้งสาลีนั้นยังคงขาดสารอาหารจากธรรมชาติที่สำคัญ ได้แก่ วิตามิน แร่ธาตุ เส้นใยอาหาร และสารต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น ซึ่งสารสำคัญเหล่านี้จะพบได้ในปริมาณต่ำในผลิตภัณฑ์จากข้าวสาลีทั้งเมล็ด ผลของการได้รับสารสำคัญเหล่านี้ที่มีประโยชน์เชิงสุขภาพจะเชื่อมโยงกับการเกิดโรคเบาหวาน โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคมะเร็ง อាកพร ท้องผูก และอื่น ๆ เป็นต้น (Kim et al., 2012)

จิ้งหรีดถือเป็นแมลงเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง ที่องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization) หรือ FAO แนะนำให้ผู้บริโภคทั่วโลกรับประทาน และได้คาดการณ์ว่าในปี พ.ศ. 2593 จำนวนประชากรกว่า 1 พันล้านคนทั่วโลก จะอยู่ในภาวะขาดแคลนอาหารและขาดสารอาหาร ทำให้ต้องมีการผลิตอาหารเพิ่มขึ้น เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการอาหารของประชากรโลก ดังนั้นแมลงจึงเป็นตัวเลือกที่มีการผลิตที่ยั่งยืน (Van Huis et al., 2013) จิ้งหรีด จัดเป็นแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพ ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่มีความจำเป็นต่อร่างกาย โดยจิ้งหรีด 300 กรัม มีปริมาณโปรตีนเทียบเท่าเนื้อสัตว์ 1 กิโลกรัม นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งสารอาหารสำคัญต่อร่างกาย ได้แก่ กรดไขมันโอเมก้า 3 วิตามิน และแร่ธาตุที่สำคัญ (Van Huis et al., 2013) โปรตีนจิ้งหรีด คือโปรตีนจากจิ้งหรีดที่ถูกแปรรูปเป็นผง ถูกนำมาใช้เป็นอาหารทางเลือกสามารถทดแทนสารอาหารอย่างโปรตีนที่ได้จากเนื้อสัตว์ และประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้แก่ พาสต้า สเปกเกตตี้ เค้ก และขนมปังบราวนี่ เป็นต้น เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ ทำให้ผู้บริโภคเข้าถึงผลิตภัณฑ์จากแมลงได้ง่ายขึ้น (Ghosh et al., 2017; Duda et al., 2019)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดของแป้งข้าวมียีสต์แทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ชีฟฟอนเค้กเสริมโปรตีนผงจิ้งหรีด โดยเป็นงานวิจัยที่พัฒนาต่อเนื่องมาจากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชีฟฟอนเค้กเสริมโปรตีนจิ้งหรีด (ร้อยละ 30 ของน้ำหนักแป้งทั้งหมด) การทดลองนี้มีปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา คือ แป้งข้าวกล้องหอมมะลิ แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ และแป้งข้าวหอมนิล ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ สารต้านอนุมูลอิสระ

และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ชีฟฟอนเค้ก เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์ และเป็นประโยชน์ต่อกลุ่มผู้บริโภคที่แพ้โปรตีนจากแป้งสาลี นอกจากนั้นการพัฒนาสูตรใหม่สำหรับการผลิตเค้กด้วยข้าวกล้องจึงเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการเพิ่มมูลค่าให้กับข้าวซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาผลของแป้งข้าว 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวกล้องหอมมะลิ 105 และข้าวหอมนิลต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ชีฟฟอนเค้กเสริมโปรตีนผงจิ้งหรีด
2. ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ สารต้านอนุมูลอิสระ และความสามารถต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ชีฟฟอนเค้กเสริมโปรตีนผงจิ้งหรีดที่พัฒนาได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาผลของแป้งข้าว 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวกล้องหอมมะลิ 105 และข้าวหอมนิลต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ชีฟฟอนเค้กเสริมโปรตีนผงจิ้งหรีด

เตรียมแป้งข้าวกล้อง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวกล้องหอมมะลิ 105 และข้าวหอมนิล โดยการนำข้าวกล้อง 3 สายพันธุ์มาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นำไปบดด้วยเครื่องบดผสมและผ่านตะแกรงที่ความละเอียด 100 เมช การเตรียมผงจิ้งหรีดเริ่มจากการนำจิ้งหรีดมาลวกด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที นำเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบดด้วยเครื่องบดผสม และผ่านตะแกรงที่ความละเอียด 100 เมช จะได้ผงจิ้งหรีดที่มีปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 5.0 โดยน้ำหนักแห้ง จากนั้นนำผงจิ้งหรีดมาเสริมในผลิตภัณฑ์ชีฟฟอนเค้ก โดยดัดแปลงจากสูตรมาตรฐานของ จักราวุธ ภูเสม และเจตนิพัทธ์ บุญยสวัสดิ์ (2561) และใช้ปริมาณผงจิ้งหรีดอ้างอิงจากงานวิจัยของสุทธิดา สุเด็น และคณะ (2564) ซึ่งส่วนผสมประกอบด้วย แป้งสาลี 200 กรัม ผงฟู 8 กรัม วานิลลาชนิดผง 8 กรัม น้ำตาลทราย (1) 120 กรัม ไข่แดง 120 กรัม น้ำมันพืช 120 กรัม นมสด 140 กรัม เกลือป่น 4 กรัม ไข่ขาว 327 กรัม น้ำตาลทรายในส่วนผสมของไข่ขาว (2) 120 กรัม ครีมออฟทาร์ทาร์ 8 กรัม ทำการทดลองโดยใช้แป้งข้าว 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวกล้องหอมมะลิ 105 และข้าวหอมนิลทดแทนปริมาณแป้งสาลีทั้งหมด และเสริมผงจิ้งหรีดร้อยละ 30 ของน้ำหนักแป้ง เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม (ชีฟฟอนเค้กที่ผลิตจากแป้งสาลีและผงจิ้งหรีด) ขั้นตอนการทำเริ่มจากร่อนแป้ง ผงฟู วานิลลาผง ผงจิ้งหรีด และน้ำตาลทราย (1) ให้เข้ากันผสมไข่แดง น้ำมันพืช นมสด และเกลือให้เข้ากันด้วยตะกร้อมือ นำส่วนผสมที่ได้เทลงในส่วนผสมที่ร่อนไว้ จะได้ส่วนผสมที่ 1 จากนั้นทำส่วนผสมที่ 2 โดยนำไข่ขาว น้ำตาลทราย (2) และครีมออฟทาร์ทาร์ ลงในอ่างผสมโดยใช้เครื่องผสมยี่ห้อ Kitchen Aid รุ่น K 5SS ใช้หัวตะกร้อตีด้วยความเร็วสูง ประมาณ 4 นาทีจนส่วนผสมขึ้นฟู เนื้อเนียนละเอียด แล้วนำไปผสมกับส่วนผสมที่ 1 ผสมให้เข้ากันเทใส่พิมพ์หนักพิมพ์ละ 35 กรัม นำเข้าเตาอบยี่ห้อ SHARP รุ่น EO-70K อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส ประมาณ 20 นาที หรือจนสุก จากนั้นจึงนำออกจากเตาพักไว้ให้อุ่น แล้วแกะออกจากพิมพ์ พักไว้ให้เย็นและนำตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพสี เนื้อสัมผัส และคุณภาพทางประสาทสัมผัส

1.1 วัดค่าสี (Color) ด้วยเครื่อง Hunter Lab ได้แก่ค่าความสว่าง L* (ค่าความสว่างมีค่า 0-100 โดย 0 คือ วัตถุที่มีความสว่างสีดำ 100 คือ วัตถุที่มีความสว่างสีขาว) a* (+ คือ วัตถุที่มีสีแดง, - คือ วัตถุที่มีสีเขียว) b* (+ คือ วัตถุที่มีสีเหลือง, - คือ วัตถุที่มีสีน้ำเงิน) ทำการวัดจำนวน 5 ซ้ำ

1.2 วัดคุณภาพทางเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) รุ่น TA.XT Plus C. ประเทศอังกฤษ วัดหาค่าความแข็ง (Hardness) และค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ชนิดหัววัด P/100 เส้นผ่าศูนย์กลาง 100 mm สภาวะที่ใช้ทดสอบ น้ำหนักตัวอย่าง 5 กรัม ความเร็วขณะทดสอบ (Test speed)

2 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วหลังทดสอบ (Post-test speed) 10 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยกดหัววัดลงบนตัวอย่างเป็นระยะทาง (Probe distance) 100 มิลลิเมตร ของความสูงตัวอย่าง ทำการวัดจำนวน 10 ซ้ำ

1.3 วัดคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-Point hedonic scale) โดยให้คะแนนความชอบจาก 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 9 (ชอบมากที่สุด) กับผู้ทดสอบกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 50 คน เกณฑ์การคัดเลือกคือ มีอายุระหว่าง 18-60 ปี เคยรับประทานผลิตภัณฑ์จากจังหวัด และเป็นผู้ไม่มีประวัติในการแพ้อาหารจากส่วนผสมทั้งหมด ประเมินคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม (Meilgaard et al., 1999)

2. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ สารต้านอนุมูลอิสระ และความสามารถด้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ชีฟฟอนเค้กเสริมโปรตีนผงจังหวัดที่พัฒนาได้

2.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (Proximate analysis) ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน และพลังงาน ตามวิธีของ AOAC (2019) โดยการนำผลิตภัณฑ์ที่ได้บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอททิลีนปิดสนิทเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น ($4 \pm 2^{\circ}\text{C}$) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

2.2 วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolics) ตามวิธีของโดยวิธี Folin-Ciocalteu Colorimetric (Folin and Ciocalteu, 1927) วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยเปรียบเทียบด้วยวิธี 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) ตามวิธีของ De Ancos et al (2002) โดยการนำผลิตภัณฑ์ชีฟฟอนเค้กบรรจุในถุงพลาสติก โพลีเอททิลีนปิดสนิทเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น ($4 \pm 2^{\circ}\text{C}$) ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ และ Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) ตามวิธีของ Huang et al (2002)

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพ สี และเนื้อสัมผัส และวางแผนการทดลองแบบ Randomized completely block design (RCBD) สำหรับการวิเคราะห์คุณภาพประสาทสัมผัส นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาแป้งข้าวกล้อง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวกล้องหอมมะลิ 105 และข้าวหอมนิลต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ชีฟฟอนเค้กเสริมโปรตีนผงจังหวัด

ผลการศึกษาแป้งข้าวกล้อง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวกล้องหอมมะลิ 105 และข้าวหอมนิล ในผลิตภัณฑ์ชีฟฟอนเค้กเสริมโปรตีนจากผงจังหวัด เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม เมื่อวิเคราะห์ค่าสี และเนื้อสัมผัสของชีฟฟอนเค้ก (ตารางที่ 1) พบว่าสีของแป้งข้าวที่เข้มข้นทำให้ค่าความสว่าง (L^*) มีค่าลดลง เช่นเดียวกับค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) มีแนวโน้มลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทำให้ได้เค้กที่มีลักษณะสีน้ำตาลอ่อนถึงเข้ม เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่มีสีเหลืองอ่อน เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางเนื้อสัมผัส พบว่าการใช้แป้งข้าวที่มีสีเข้มข้น ส่งผลค่าความแข็ง (Hardness) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม จากการพิจารณาค่าความแข็ง และความยืดหยุ่นของชีฟฟอนเค้ก ซึ่งเป็นลักษณะที่สำคัญของเค้ก พบว่าการใช้แป้งข้าวหอมนิลซึ่งเป็นข้าวที่มีสีและแรงควัตุส่งผลให้ค่าความแข็งมีค่าสูงที่สุดทำให้เค้กมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แน่นขึ้น ความยืดหยุ่น

ของเค้กที่ใช้แป้งข้าวที่มีสีลดลง และค่าความยืดหยุ่นของชีฟพอนเค้กจากการใช้แป้งข้าวหอมนิลมีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม

นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9-point hedonic scale (ตารางที่ 2) พบว่าการใช้แป้งต่างชนิดส่งผลต่อคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ของชีฟพอนเค้กเสริมผงจิ้งหรีดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม เมื่อโดยการใช้แป้งข้าวหอมนิลได้รับคะแนนความมากที่สุด ใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมอยู่ในช่วง 7.10-7.42 ชอบปานกลาง

ดังนั้นจากผลการทดลองการใช้แป้งข้าวหอมนิลในผลิตภัณฑ์ชีฟพอนเค้กเสริมโปรตีนจากผงจิ้งหรีด ทำให้มีคุณภาพทางด้านสี และคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ที่ได้การยอมรับจากผู้บริโภค ซึ่งใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม

ตารางที่ 1 ค่าสี และคุณภาพทางเนื้อสัมผัสของแป้งข้าว 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวกล้องหอมมะลิ 105 และข้าวหอมนิลในผลิตภัณฑ์ชีฟพอนเค้กเสริมโปรตีนผงจิ้งหรีด

Qualities	Type of flour			
	Control	Jasmine rice flour	Riceberry flour	Hom Nin Rice flour
L*	84.42±0.47 ^a	63.56±0.37 ^b	43.03±0.26 ^d	36.76±0.67 ^e
a*	7.28±0.20 ^a	6.42±0.12 ^b	6.15±0.10 ^c	5.80±0.11 ^d
b*	35.97±0.96 ^a	26.47±0.19 ^b	11.38±0.19 ^c	8.39±0.66 ^d
Hardness (g.force)	3562.61±664.32 ^c	5874.37±1374.28 ^b	7967.79±1522.07 ^a	8419.89±812.67 ^a
Springiness	0.07±0.00 ^c	0.11±0.06 ^{bc}	0.19±0.02 ^a	0.09±0.01 ^c

^{a-d} ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

L*: ค่าความสว่าง, a*: ค่าสีแดง-สีเขียว และ b*: ค่าสีเหลือง-น้ำเงิน



ภาพที่ 1 ลักษณะสีของผลิตภัณฑ์ชีฟพอนเค้กเสริมโปรตีนจากผงจิ้งหรีดโดยใช้ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวกล้องหอมมะลิ 105 และข้าวหอมนิลในผลิตภัณฑ์ชีฟพอนเค้กเสริมโปรตีนผงจิ้งหรีด

ตารางที่ 2 ผลคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแป้งข้าว 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวกล้องหอมมะลิ 105 และข้าวหอมนิลในผลิตภัณฑ์ซีฟ่อนเค้กเสริมโปรตีนผงจิ้งหรีด

Treatments	Control	Jasmine rice flour	Riceberry flour	Hom Nin Rice flour
Appearance	8.14±0.926 ^a	6.94±0.890 ^{bc}	6.66±0.872 ^c	7.10±0.614 ^b
Color	8.14±0.670 ^a	7.04±0.755 ^b	6.68±0.844 ^c	7.10±0.863 ^b
Odor	7.78±1.166 ^a	7.12±0.961 ^b	6.40±1.088 ^c	7.36±0.921 ^b
Taste	7.86±0.857 ^a	7.04±1.087 ^{bc}	6.84±1.113 ^c	7.26±0.965 ^b
Texture	7.86±1.030 ^a	7.14±0.990 ^b	6.56±1.053 ^c	7.28±0.784 ^b
Overall liking	8.02±0.869 ^a	7.22±0.764 ^b	6.68±1.039 ^c	7.42±0.642 ^b

^{a-c} ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในบรรทัดเดียวกันที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2. ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ สารต้านอนุมูลอิสระ และความสามารถต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ซีฟ่อนเค้กเสริมโปรตีนผงจิ้งหรีดที่พัฒนาได้

เมื่อนำตัวอย่างควบคุมซึ่งเป็นซีฟ่อนเค้กจากแป้งสาลีและซีฟ่อนเค้กจากแป้งข้าวหอมนิล มาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ (ตารางที่ 3) พบว่าผลิตภัณฑ์ซีฟ่อนเค้กจากแป้งข้าวหอมนิลที่พัฒนาได้มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เกลือและพลังงานมากกว่าซีฟ่อนเค้กจากแป้งสาลี โดยปริมาณความชื้น คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน และเกลือทั้งหมด เท่ากับ 41.80, 31.75, 14.39, 10.89 และ 1.18 กรัม/100 กรัม ตามลำดับ ให้พลังงานทั้งหมด 300.06 กิโลแคลอรี/100 กรัม เมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และความสามารถต้านอนุมูลอิสระ (ตารางที่ 4) พบว่าการใช้แป้งข้าวหอมนิล ข้าวไรซ์เบอร์รี่ และข้าวกล้องหอมมะลิในซีฟ่อนเค้กเสริมโปรตีนผงจิ้งหรีดมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ 609.28, 427.07 และ 371.87 $\mu\text{g/g}$ มีปริมาณสูงกว่าการใช้แป้งสาลี (162.20 $\mu\text{g/g}$) ในขณะที่การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่าการใช้แป้งข้าวกล้องมีค่าทั้ง 3 สายพันธุ์มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการใช้แป้งสาลี โดยวิธี DPPH มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 67.81 - 79.38 และ ORAC เท่ากับ 243.00 - 356.06 $\mu\text{molTE}/100\text{g}$ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ พบว่าปริมาณฟีนอลิกมีความสัมพันธ์กับการต้านอนุมูลอิสระกล่าวคือเมื่อปริมาณฟีนอลิกเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้การต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น ซึ่งซีฟ่อนเค้กเสริมโปรตีนผงจิ้งหรีดจากแป้งข้าวหอมนิลจะมีปริมาณฟีนอลิก และการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด

ตารางที่ 3 คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ซีฟ่อนเค้กเสริมโปรตีนผงจิ้งหรีดที่พัฒนาได้น้ำหนัก 100 กรัม

Nutritional values	Chiffon Cake from Wheat flour	Chiffon Cake from Hom Nin flour
Total energy (kcal)	288.12±1.93	300.06±2.25
Total carbohydrate (g)*	32.06±0.47	31.75±0.68
Moisture (g)	44.13±0.41	41.80±0.59
Protein (g)	9.00±0.02	10.89±0.00
Fat (g)	13.76±0.01	14.39±0.05
Ash (g)	1.05±0.05	1.18±0.03

* คัดรวมเส้นใยอาหาร

ตารางที่ 4 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด การต้านอนุมูลอิสระ และความสามารถต้านอนุมูลอิสระของซีฟฟอนเค้กจากแป้งข้าว 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวกล้องหอมมะลิ 105 และข้าวหอมนิลในผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้กเสริมโปรตีนผงจิ้งหรีดที่พัฒนาได้

Nutritional value	Control	Jasmine rice flour	Riceberry flour	Hom Nin Rice flour
Total Phenolics (µg/g)	162.20±13.7	371.87±39.7	427.07±19.5	609.28±168.8
Antioxidant activity (%inhibition by DPPH assay)	67.54±0.66	67.81±1.45	77.08±2.63	79.38±0.76
Total Antioxidant (ORAC) (µmolTE/100g)	88.98	243.00	280.16	356.06

การอภิปรายผลการวิจัย

1. การศึกษาลักษณะทางกายภาพของแป้งข้าว 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวกล้องหอมมะลิ 105 และข้าวหอมนิลในผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้กเสริมโปรตีนผงจิ้งหรีด

การใช้แป้งข้าว 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวกล้องหอมมะลิ 105 และข้าวหอมนิล ในผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้กเสริมโปรตีนผงจิ้งหรีด ทำให้ค่าความสว่าง ความเป็นสีเขียว และความเป็นสีเหลืองมีแนวโน้มลดลงเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม เนื่องจากข้าวกล้องทั้งทั้ง 3 สายพันธุ์มีรงควัตถุ (Pigment) ในส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ด เมื่อนำมาผลิตเป็นแป้งจึงมีสีของแป้งตามชนิดของพันธุ์ข้าว โดยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ให้สีม่วงดำ แป้งข้าวกล้องหอมมะลิให้สีน้ำตาล และแป้งข้าวหอมนิลให้สีดำแดง (ธัญภรณ์ ประทีปดลปรีชา, 2561) จึงมีอิทธิพลต่อสีของผลิตภัณฑ์ ทำให้ซีฟฟอนเค้กมีความสว่างลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับซีฟฟอนเค้กที่ทำจากแป้งสาลี ซึ่งมีค่าความสว่างสูงสุด นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงสีของซีฟฟอนเค้กยังเกิดจากอิทธิพลร่วมระหว่างการเสริมผงจิ้งหรีด ซึ่งมีลักษณะเป็นผงหยาบสีน้ำตาลดำ และมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลัก (Bukkens, 2005) กับในขั้นตอนการอบมีการให้ความร้อนต่อเนื่องทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) เป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Browning reaction) ชนิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Non enzymatic browning reaction) เกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) กับกรดอะมิโนของโปรตีน ซึ่งมีอยู่ในส่วนผสมของซีฟฟอนเค้ก (อบเชย วงศ์ทอง และชนิษฐา พูนผลกุล, 2544) สอดคล้องกับงานวิจัยของธีรณัฐ ฉายศิริโชติ และณัจยา เมฆรวี (2561) ที่ศึกษาการใช้แป้งข้าวสีนิลทดแทนแป้งสาลีในส่วนเปลือกของขนมเปี๊ยะกุหลาบที่มีค่าความสว่างลดลง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น เมื่อนำผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้กเสริมโปรตีนผงจิ้งหรีดโดยการใช้แป้งข้าว 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวกล้องหอมมะลิ 105 และข้าวหอมนิล มาวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (ตารางที่ 1) พบว่าซีฟฟอนเค้กที่ใช้แป้งข้าวหอมนิลมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น ทำให้เค้กมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แน่นขึ้น เนื่องจากแป้งข้าวหอมนิลมีองค์ประกอบของโปรตีนร้อยละ 12.5 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 70 ไขมันร้อยละ 12 - 13 และยังประกอบไปด้วย ธาตุเหล็ก สังกะสี ทองแดง แคลเซียม และโพแทสเซียม ซึ่งสูงกว่าแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวขาวดอกมะลิ และข้าวสาลี (อริสรา รอดม้วย และอรอุมา จิตรวโรภาส, 2550) ซึ่งโปรตีนในแป้งข้าวมีความแตกต่างจากโปรตีนในแป้งสาลี โดยที่โปรตีนในแป้งข้าวไม่มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำ การยืดหยุ่น และไม่เกิดโครงร่างตาข่ายจึงไม่สามารถกักเก็บก๊าซได้เหมือนคุณสมบัติของโปรตีนในแป้งสาลีที่เรียกว่ากลูเตน (ณชนก นุกิจ, 2549) ดังนั้นเมื่อใช้แป้งชนิดอื่นที่

ไม่มีกลูเตนเป็นองค์ประกอบจะทำให้โดที่ได้มีโครงสร้างที่ไม่แข็งแรง รวมถึงการใช้ผงจิ้งหรีดซึ่งมีปริมาณโปรตีนสูง โดยจิ้งหรีด 100 กรัม มีโปรตีน 66.83 กรัม ความชื้น คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และเถ้า 8.21, 1.13, 19.36 และ 4.48 กรัม (ธนาวุฒิ จิโน, สุทัศน์ สุระวัง และกุลรภัส วชิรศิริ, 2564) ซึ่งการใช้ผงจิ้งหรีดรวมในผลิตภัณฑ์จะไปลดบทบาทการทำหน้าที่ของโปรตีนกลูเตน ทำให้โครงสร้างความยืดหยุ่น และความนุ่มให้กับผลิตภัณฑ์ลดลง (ณนัท แดงสังวาล, 2552) นอกจากนั้นปริมาณโปรตีนผงจิ้งหรีดที่มากขึ้น ยังมีอิทธิพลต่อคุณภาพทางเนื้อสัมผัสของเค้ก เนื่องจากโปรตีนสามารถเกิดโครงสร้างเชิงซ้อนร่วมกันระหว่างอะมิโลสจากข้าวและโปรตีนจากแมลง (Amylose-protein complex) ทำให้ปริมาณและขนาดความเป็นรูพรุนของฟองอากาศขณะอบเค้กลดลง ซิฟฟอนเค้กจึงมีความแข็งที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ความยืดหยุ่นลดลง จากผลการทดลองค่าความยืดหยุ่นของซิฟฟอนเค้กที่ใช้แป้งข้าวหอมมะลิมีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมเนื่องจากส่วนประกอบของน้ำที่อยู่ในนมมีบทบาทในการช่วยให้เกิดโครงร่างของเค้กและแป้งฟองตัวเมื่อให้ความร้อนส่งผลให้เนื้อเค้กอ่อนนุ่ม

เมื่อทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี 9-point hedonic scale (ตารางที่ 2) พบว่าชนิดของแป้งส่งผลต่อคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ของผลิตภัณฑ์ซิฟฟอนเค้กเสริมผงจิ้งหรีดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการใช้แป้งข้าวมีสีทั้ง 3 สายพันธุ์ ได้รับคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม คะแนนอยู่ในช่วง 6.40-7.42 คะแนน ระดับความชอบเล็กน้อยถึงความชอบปานกลาง แสดงถึงการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ เมื่อพิจารณาคุณลักษณะทางด้านความชอบโดยรวม พบว่าการใช้แป้งข้าวหอมมะลิ มีคะแนนความชอบสูงสุด เท่ากับ 7.42 คะแนน รองลงมาคือแป้งข้าวกล้องหอมมะลิ และแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ ตามลำดับ นอกจากนั้นการใช้ผงโปรตีนจิ้งหรีดร้อยละ 30 ของน้ำหนักแป้งข้าวยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ของผู้บริโภค สอดคล้องกับงานวิจัยของสุทธิดา สุเต็น และคณะ (2564) ศึกษาปริมาณของผงจิ้งหรีดต่อคุณภาพทางเนื้อสัมผัส คุณภาพทางประสาทสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการของบราวนี่ฟลาวม้นสำปะหลัง พบว่าปริมาณผงจิ้งหรีดร้อยละ 30 ของน้ำหนักส่วนผสมแป้งทั้งหมด มีคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัส อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

ดังนั้นจากผลการทดลองข้างต้นจึงมีการเลือกใช้แป้งข้าวหอมมะลิมาใช้เป็นต้นแบบในการผลิตผลิตภัณฑ์ซิฟฟอนเค้กเสริมโปรตีนผงจิ้งหรีด เนื่องจากมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ความสามารถต้านอนุมูลอิสระ และคะแนนความชอบโดยรวมที่มีต่อผลิตภัณฑ์สูงที่สุด

2. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ สารต้านอนุมูลอิสระ และความสามารถต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ซิฟฟอนเค้กเสริมโปรตีนผงจิ้งหรีดที่พัฒนาได้

เมื่อนำตัวอย่างควบคุมซึ่งเป็นซิฟฟอนเค้กจากแป้งสาลีและซิฟฟอนเค้กจากแป้งข้าวหอมมะลิเสริมผงโปรตีนจิ้งหรีด มาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ (ตารางที่ 3) พบว่าผลิตภัณฑ์ซิฟฟอนเค้กข้าวหอมมะลิที่พัฒนาได้มีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าซิฟฟอนเค้กจากแป้งสาลี โดยมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และเถ้า เท่ากับ 41.80, 10.89, 14.39, 31.75, 1.18 กรัม ตามลำดับ ให้พลังงานทั้งหมด 300.06 กิโลแคลอรี ซึ่งอาจเกิดจากอิทธิพลของปริมาณแป้งข้าวหอมมะลิและผงจิ้งหรีด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Agbali et al (2017) พบว่าการเสริมผงจิ้งหรีดที่ระดับร้อยละ 20-30 ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดฟองกรอบมีคุณลักษณะทางกายภาพ คุณภาพ ประสาทสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการสูงสุด โดยเฉพาะเป็นแหล่งของโปรตีนที่สำคัญ ซึ่งพบว่าผงจิ้งหรีด *Acheta Domesticus* มีโปรตีนสูงถึง 60 กรัม/100 กรัม (Duda et al., 2019)

เมื่อพิจารณาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ซึ่งจัดเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) คือสารเคมีที่ทำหน้าที่ชะลอหรือป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารตั้งต้น (Shahidi, 2002) มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ สามารถทดสอบด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือ วิธี DPPH และ ORAC (ตารางที่ 4) โดยสารฟีนอลิกจะมีคุณสมบัติยับยั้งอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (DPPH, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) จากการทดสอบด้วยวิธี DPPH ได้ และมีความสามารถในการต้านอนุมูลเปอร์ออกซี (Peroxyl radical) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน จากการทดสอบด้วยวิธี ORAC ได้ โดยปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระจะแปรผันตรงกับฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ORAC จากการทดลอง พบว่าการใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวกล้องหอมมะลิ 105 และข้าวหอมนิลในซีฟฟอนเค้กเสริมโปรตีนผงจิ้งหรีดมีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (371.87-609.28 $\mu\text{g/g}$) สูงกว่าการใช้แป้งสาลี (162.20 $\mu\text{g/g}$) ในขณะที่การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่าการใช้แป้งข้าวกล้องมีสีทั้ง 3 สายพันธุ์มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจากการทดสอบด้วยวิธี DPPH และ ORAC สูงกว่าการใช้แป้งสาลี โดยซีฟฟอนเค้กเสริมโปรตีนผงจิ้งหรีดจากแป้งข้าวหอมนิลจะมีปริมาณฟีนอลิก และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของอรุณลักษณ์ โชตินาครินทร์ และคณะ (2564) พบว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์บราวนี่เพิ่มมากขึ้น เมื่อระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิลเพิ่มขึ้น เนื่องจากในข้าวหอมนิลมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าข้าวกล้องทั่วไปถึง 7 เท่า โดยข้าวหอมนิลมีสารแอนโทไซยานิน และโปรแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นสารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่มีคุณสมบัติช่วยต้านอนุมูลอิสระ (Sangnark et al., 2015; Mau et al., 2017) รายงานว่าข้าวกล้องมีสีแต่ละสายพันธุ์เป็นแหล่งของสารประกอบออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive compounds) ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compounds) แกมมาโอไรซานอล (Gamma oryzanol) แอนโธไซยานิน (Anthocyanins) และเส้นใยอาหาร (Dietary fiber) สารสำคัญเหล่านี้ส่งผลดีต่อสุขภาพหลายอย่างต่อโรคเบาหวาน โรคเมะเร็ง และโรคหลอดเลือดหัวใจ เป็นต้น

ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้กเสริมโปรตีนผงจิ้งหรีดโดยใช้แป้งข้าวกล้องมีสี โดยเฉพาะการใช้แป้งข้าวหอมนิลในผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้กเสริมโปรตีนผงจิ้งหรีด เหมาะสำหรับผู้บริโภคทั่วไป ผู้บริโภคที่ใส่ใจในเรื่องของสุขภาพ และเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือก เนื่องจากอุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งส่งผลดีต่อสุขภาพ โดยในการวิจัยครั้งต่อไปควรมีการศึกษาต้นทุนการผลิต และการยอมรับของผู้บริโภค เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมอาหาร สามารถนำข้อมูลที่ได้รับไปเป็นแนวทางในการนำแป้งจากข้าวหอมนิลและผงจิ้งหรีดไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่อื่น ๆ ได้

ข้อเสนอแนะการวิจัยในครั้งต่อไป

1. ศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ซีฟฟอนเค้กเสริมโปรตีนผงจิ้งหรีด
2. ศึกษาการใช้แป้งข้าวของประเทศไทยในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ชนิดอื่น
3. ศึกษาการเสริมโปรตีนผงจิ้งหรีดในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ชนิดอื่น

.....

เอกสารอ้างอิง

- จักรารุณ ภู่อสม และเจตนิพัทธ์ บุญยสวัสดิ์. (2561). *การพัฒนาศักยภาพผลิตภัณฑ์เค้กด้วยแป้งเปลือกทุเรียน* (รายงานวิจัย). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพฯ.
- ณนนต์ แดงสังวาล. (2552). *การใช้แป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนแป้งสาลีในบราวนี่* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ณชนก นุกิจ. (2549). *การพัฒนาบัตเตอร์เค้กลดพลังงานและลดน้ำตาลจากแป้งข้าวกล้องพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ธัญภรณ์ ประทีปดลปรีชา. (2561). *การศึกษาผลของการรับประทานข้าวกล้องหอมนิลกับระดับกรดไขมันในเลือดในผู้ที่มีระดับกรดไขมันในเลือดสูง*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต, กรุงเทพฯ.
- ธนาวุฒิ จิโน, สุทัศน์ สุระวัง และกุลรภัส วชิรศิริ. (2564). องค์ประกอบทางเคมีและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนเข้มข้นจากจิ้งหรีดทางการค้า. *วิทยาศาสตร์ชีวภาพ*, 10(1), 64-73.
- ธีรณัฐ ฉายศิริโชติ และณัฏยา เมฆราวี. (2561). การใช้แป้งข้าวสาลีทดแทนแป้งสาลีในส่วนเปลือกของขนมเปียกกล้วย. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร*, 12(1), 27-39.
- พัชรภรณ์ รัตนธรรม และคณะ. (2556). สารประกอบฟีนอลิก แอนโทไซยานิน และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของข้าวกล้องสีงอก. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 44(2), 441-444.
- สุทธิดา สุเต็น, นันทยง เพ็ญจพรพูน, ปัทมา หิรัญญูภาส, จิราพร วิญญูตรานนท์ และธิดารัตน์ แสนพรหม. (2564). ผลของปริมาณผงจิ้งหรีดต่อคุณภาพทางเนื้อสัมผัส คุณภาพทางประสาทสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการของบราวนี่ฟลาวม้นสำเร็จ. *วารสารวิทยาศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี*, 18(1), 42-51.
- สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ. (2554). *มหัศจรรย์นวัตกรรมข้าวไทย*. กรุงเทพฯ: สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ.
- อบเชย วงศ์ทอง และชนิษฐา พูนผลกุล. (2544). *หลักการประกอบอาหาร*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อริสรา รอดมัย และอรอุมา จิตรวโรภาส. (2550). การผลิตคุกกี้โดยใช้แป้งข้าวหอมนิลทดแทนแป้งสาลีบางส่วน. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม*, 3(1), 37-43.
- อรุณลักษณ์ โชตินาครินทร์, ผกาวิติ ภูจันทร์, ไสร์จรรย์ อิ่มเกต, ภรภัทร สำอางค์ และ เอกภพ จันทร์สุคนธ์. (2564). ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากปลายข้าวหอมนิล ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของบราวนี่. *วารสารมหาวิทยาลัยคริสเตียน*, 27(1), 84-96.
- Agbali, F., Woomer, J. and Adediji, A. A. (2017). Determination of extrusion parameters on the properties of ready-to eat expanded millet snack enriched with arthropod (Cricket) flour. *The 2017 American Society of Agricultural and Biological Engineers Annual International Meeting (ASABE 2017)*, July 16-19, 2017. Spokane, Washington.
- AOAC. (2019). *Official methods of analysis*. (21st ed.). Arlington, Virginia: The Association of official Analytical Chemists.
- Bukkens, S. G. F. (2005). *Insect in the human diet: nutrition aspects, in Ecological implications of minilivestock: Potential of insect, Rodents, Frogs and snails*. by M. G. Paoletti, ed., New Hampshire: Science Publishers.

- DeAncos, 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.
- Duda, A., Adamczak, J., Chelminska, P., Juskiewicz, J., & Kowalczewski, P. (2019). Quality and nutritional/textural properties of durum wheat pasta enriched with cricket powder. *Foods*, 8(2), 1-10. doi: 10.3390/foods8020046.
- Folin, O., & Ciocalteu, V. (1927). On tyrosine and tryptophane determinations in proteins. *J. Biolo. Chem*, 73, 627- 650.
- Ghosh, S., Lee, S.M., Jung, C., & Meyer-Rochow, V. B. (2017). Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20, 686-694.
- Huang, D., Ou, B., Hampsch-Woodill, M., Flanagan, J.A., & Prior, R.L. (2002). High-throughput assay of oxygen radical absorbance capacity (ORAC) using a multichannel liquid handling system coupled with a microplate fluorescence reader in 96-well format. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 4437-44.
- Kim, J.H., Lee, H.J., Lee, H.S., Lim, E.J., Imm, J.Y., & Suh, H, J. (2012). Physical and sensory characteristics of fibre-enriched sponge cakes made with opuntia humifusa. *LWT - Food Science and Technology*, 47(2), 478-484.
- Meilgaard, M., Civille, G.V., & Carr, B.T. (1999). *Sensory evaluation techniques*. (3rd ed.). Florida, USA: CRC Press.
- Mau, J.L., Lee, C.C., Chen, Y.P., & Lin, S.D. (2017). Physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of chiffon cake prepared with black rice as replacement for wheat flour. *LWT - Food Science and Technology*, 75, 434-439.
- Sangnark, A., Limroongreungrat, K., Yuenyongputtakal, W., Ruengdech, A., & Siripatrawan. (2015). Effect of Hom Nil rice flour moisture content, barrel temperature and screw speed of a single screw extruder on snack properties. *International Food Research Journal*, 22(5), 2155-2161.
- Shahidi, F. and Wanasundara, P.K.J. (1992). Phenolic antioxidant. *Critical Review Food Science and Nutrition*, 32(1), 67-103.
- Urtgam, S., & Jongjitvimol, T. (2019). Landrace Rice in Phitsanulok Province. *PSRU Journal of Science and Technology*, 4(1), 19-27.
- Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). *Edible insects: Future prospects for food and feed security*. Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Wan Rosli, W.Ia., Che Anis Jauharah, C.M.Z., Robert, S.D., & Aziz, A. I. (2014). Young corn ear enhances nutritional composition and unchanged physical properties of chiffon cake. *APCBEE Procedia*, 8, 277-281.

