การใช้เบต้ากลูแคนและถั่วลันเตาบดเป็นสารทดแทนไขมันในคุกกี้เนย ชนิดปราศจากกลูเตนและไขมันทรานส์

Using Beta-Glucan and Sugar Pea as Fat-Replacer in Butter Cookie without Gluten and Trans Fat

มนตรี ฉายสว่าง*, อภินันท์ ศรีไพวัลย์ และ สมใจ สืบเสาะ

Montri Chaisawang*, Apinan Sripywan and Somjai Suebsor

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตเพาะช่าง

Science Department, Faculty of Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Rattanakosin

Received : 17 October 2018

Revised : 4 February 2019

Accepted : 12 February 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาอิทธิพลของเบต้ากลูแคนและถั่วลันเตาบดในการเป็นสารทดแทนไขมันในการผลิตคุกกี้เนยชนิดปราศจากกลูเตนที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังต่อสมบัติทางกายภาพของคุกกี้และปริมาณไขมันทรานส์ การใช้ทั้งสององค์ประกอบร่วมกันพบว่าสามารถปรับปรุงความยืดหยุ่นโดยโดไม่มีการแตกขาดระหว่างการขยายและขึ้นรูปคุกกี้ คุกกี้เนยที่มีเบต้ากลูแคนและถั่วลันเตาบดมีอัตราการแผ่ตัวต่ำลง ค่าสีเหลืองต่ำลง มีความแข็งที่เพิ่มขึ้นใกล้เคียงคุกกี้เนยในท้องตลาดและได้การยอมรับจากผู้บริโภค นอกจากนี้ปริมาณโปรตีนและเส้นใยอาหารในคุกกี้เนยเพิ่มขึ้น การศึกษาทางเคมีพบว่าปริมาณไขมันลดลง 30% เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม สูตรคุกกี้เนยที่พัฒนาขึ้นไม่มีองค์ประกอบของไขมันทรานส์ ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ที่จะใช้ถั่วลันเตาบดและเบต้ากลูแคนในการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและทางโภชนาการของคุกกี้เนยและทำให้เกิดการปรับตัวของสูตรอาหารในอุตสาหกรรมให้เป็นไปตามกฎหมายอาหารของไทย

คำสำคัญ : คุกกี้เนย, แป้งมันสำปะหลัง, ถั่วลันเตาบด, สารทดแทนไขมัน, เบต้ากลูแคน

***Corresponding author. E-mail** : montri.cha@rmutr.ac.th

Abstract

The influence of beta-glucan and sugar pea as fat-replacers for the production of butter cookie made from tapioca starch on the physical properties of dough and trans fat contents were studied. The incorporation of these two components was found to improve elastic dough with no breaking during extended the molding step. Butter cookies containing beta-glucan and sugar pea expressed low spread ratio, low yellow color, increase hardness and accepted overall acceptability. In addition, the contents of protein and dietary fiber in the butter cookies increased in our recipe. Subsequently, the fat content decreased by 30% when compared with control. Our developed recipe of butter cookies showed no composition of trans fat. Thus, the results showed the possibility of utilizing ground sugar pea and beta-glucan to improve the physical and nutritional properties of butter cookies. It may lead to an adaptation of recipes in the industry due to Thai food law.

Keywords : butter cookie, tapioca starch, sugar pea, fat-replacer, beta-glucan

บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันคุกกี้เนยเป็นอาหารที่ได้รับความนิยมในทุกเพศ ทุกวัย ผู้คนส่วนใหญ่นิยมรับประทานและมอบคุกกี้ให้กันในวาระหรือโอกาสสำคัญต่างๆ แต่เนื่องจากคุกกี้เนยเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันสูงมีส่วนประกอบหลักคือแป้ง เนยสด หรือมาการีน โดยในคุกกี้ทั่วไปจะมีปริมาณมาการีนคิดเป็นร้อยละ 20 ถึง 30 จากน้ำหนักทั้งหมดของคุกกี้ ซึ่งมาการีน (margarine) หรืออาจเรียกว่า “เนยเทียม” เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำไขมันจากพืชผ่านการให้ร้อนและผ่านไฮโดรเจนเข้าไป ทำให้เป็นของแข็งซึ่งมีกลิ่นและรสชาติคล้ายเนย เป็นที่นิยมใช้ในอาหารโดยเฉพาะคุกกี้ แต่กระบวนการนี้ทำให้เกิดไขมันทรานส์ ส่งผลเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด (Willett *et al*., 1993) ดังนั้นในประเทศไทย กระทรวงสาธารณสุขประกาศในราชกิจจานุเบกษา กำหนดให้น้ำมันที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนบางส่วนและอาหารที่มีน้ำมันที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนบางส่วนเป็นส่วนประกอบ เป็นอาหารที่ห้ามผลิต นำเข้า หรือจำหน่ายในประเทศไทย ประกาศเมื่อวันที่ 13 กรกฎาคม 2561 ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนดหนึ่งร้อยแปดสิบวัน หรือห้ามใช้ในเดือนมกราคม 2562 (http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2561/E/166/5.PDF) ดังนั้นอุตสาหกรรมอาหารจึงมีความจำเป็นอย่างเร่งด่วนในการปรับสูตรอาหารก่อนที่จะมีการบังคับใช้ในปี 2562 ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการเปลี่ยนการใช้มาการีนมาเป็นเนย เนื่องด้วยเนยมีปริมาณไขมันทรานส์น้อยกว่าในมาการีนซึ่งมีเพียง 4.64 กรัมต่อ 100 กรัม เมื่อเปรียบเทียบกับมาการีนซึ่งมีมากถึง 15.32 กรัมต่อ 100 กรัม (Tavella *et al*., 2000)

ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงข้อเสียนี้ที่จะส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภค จึงได้ศึกษาเกี่ยวกับวัตถุดิบที่จะสามารถนำมาทดแทนไขมันโดยการลดปริมาณเนยที่ใช้ และได้ศึกษาพบสารไฮโดรคอลลอยด์ซึ่งเป็นสารที่มีขนาดของโมเลกุลใหญ่ สารกลุ่มนี้ไม่ละลายในน้ำแต่จะแขวนลอย (disperse) อยู่ในน้ำ (Suphantharika *et al*., 2003) โดยจับกับโมเลกุลของน้ำได้ดี ไฮโดรคอลลอยด์อาจเป็นสารในกลุ่มพอลิแซ็กคาไรด์ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่เกิดจากโมเลกุลเดี่ยวมาต่อกันเป็นโมเลกุลใหญ่ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารได้หลายด้าน เช่น เป็นสารเพิ่มความหนืด เพิ่มความคงตัว สารที่ก่อให้เกิดเจล สารที่ทำให้อิมัลชันคงตัว สารยับยั้งการเกิดผลึกน้ำแข็งหรือผลึกน้ำตาล เป็นสารช่วยกักเก็บและควบคุมการปล่อยกลิ่น

และรส รวมถึงเป็นสารที่ช่วยในการทดแทนไขมันในอาหารอีกด้วย เบต้ากลูแคนเป็นไฮโดรคอลลอยด์ (Manners, Masson, & Patterson, 1973) ที่สกัดจากยีสต์ (1,3/1,6-beta glucan) ซึ่งอาจสามารถใช้เป็นสารลดไขมันในคุกกี้เนยได้เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นอีมัลซิฟายเออร์ (emulsifier) โดยพบว่ามีการใช้ทดแทนไขมันในมายองเนส (Worrasinchai *et al*., 2006) และในเค้กเนย (Suklampoo, Charoenwongtrakul, & Prungawut, 2009) อีกทั้งไฮโดรคอลลอยด์สามารถเพิ่มค่าเนื้อสัมผัสความแข็งได้(Hadnađev, Torbica, & Hadnađev, 2013) แต่ไม่เพียงพอต่อการทดแทนไขมัน ดังนั้นนักวิจัยจึงนำถั่วลันเตาบด (*Pisum sativum*) มาเป็นตัวช่วยลดปริมาณเนยในคุกกี้ เนื่องจากถั่วลันเตามีสรรพคุณและประโยชน์มากมาย มีใยอาหารสูง มีวิตามิน แร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย รวมถึงแร่ธาตุต่างๆ เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม เหล็ก ที่สำคัญถั่วลันเตามีไขมันต่ำซึ่งอยู่ในรูปไขมันไม่อิ่มตัวสูงซึ่งเมื่อรับประทานไปแล้วส่งผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภค นอกจากนี้ถั่วลันเตายังเป็นอาหารที่เหมาะกับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง (Li *et al*., 2011) อีกทั้งถั่วลันเตาไม่มีกลูเตนเป็นส่วนประกอบ (Rade-Kukic, King, & Gloria-hernandez, 2017; Susanna & Ruangchai, 2011) และเป็นแหล่งของโปรตีน ดังนั้นนักวิจัยจึงใช้ทั้งเบต้ากลูแคนและถั่วลันเตาบดเพื่อเพิ่มความคงตัวและใช้เป็นสารทดแทนไขมัน ส่วนแป้งที่ใช้ในการทำคุกกี้ส่วนใหญ่ใช้แป้งสาลี แต่เนื่องด้วยแป้งสาลีมีกลูเตนซึ่งเป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นเสมือนกาวช่วยในการเชื่อมส่วนของอาหารไว้ด้วยกัน แต่สามารถทำให้เกิดโรคเซลีแอค (Celiac disease) ซึ่งเป็นภาวะความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ส่งผลให้ลำไส้เล็กของผู้ป่วยอักเสบ และอาจส่งผลในระยะยาวให้เกิดความเสียหายต่อผนังลำไส้เล็ก ทำให้ร่างกายดูดซึมสารอาหารได้ไม่เต็มที่ (Bayless *et al*., 1967) สูตรคุกกี้เนยที่พัฒนาขึ้นมาในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้แป้งมันสำปะหลังซึ่งเป็นแป้งเศรษฐกิจของไทยทดแทนการใช้แป้งสาลีที่นำเข้าจากต่างประเทศ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาคุกกี้เนยที่มีปริมาณไขมันลดลงด้วยการทดแทนไขมันด้วยถั่วลันเตาบดและเบต้ากลูแคน เพื่อให้ได้คุกกี้เนยที่มีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกับสูตรควบคุม และมีผลความชอบทางประสาทสัมผัสที่ผู้บริโภคยอมรับได้ รวมทั้งวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และตรวจสอบปริมาณกรดไขมันทรานส์ในคุกกี้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมถั่วลันเตาบด

นำถั่วลันเตาที่ผ่านการนึ่ง และบดละเอียดโดยใช้เครื่อง National Blender รุ่น MX-MG21 ความเร็วที่ speed 2 เป็นเวลา 1 นาที ทำซ้ำ 5 รอบ และนำมาอบแห้งใน Tray drier ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำถั่วลันเตาอบแห้งมาบดอีกครั้งเป็นเวลา 1 นาที (Tantakasem & Ruangchai, 2011)

2. การผลิตคุกกี้เนยสูตรควบคุมและสูตรที่ใช้ถั่วลันเตาบดรวมกับเบต้ากลูแคนทดแทนไขมัน

วัตถุดิบหลักคือ เนยจืด (ตราออร์คิดซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้คือ น้ำมันพืช 45% น้ำมันเนย 37% และนมผงขาดมันเนย 2 %), แป้งมันสำปะหลัง (บริษัท เนชั่นแนล สตาร์ช แอนด์ เคมิเคิล (ไทยแลนด์) จำกัด), น้ำตาล (ตราไดนาสตี้), เกลือ (ตราปรุงทิพย์), เบต้ากลูแคน (innovacan^{TM}: purified yeast cell wall 1,3/1,6-beta glucan)

2.1 คุกกี้เนยสูตรควบคุม

มีส่วนผสมดังนี้ แป้งมันสำปะหลัง เนยจืด น้ำตาล เกลือ โซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) กลิ่นวานิลา และน้ำเท่ากับ 112.5, 57.5, 50.0, 1.1, 1.3, 1.9 และ 40 กรัม (Chauhan, Saxena, & Singh, 2015; Gouveia, Batista, Miranda, Empis, & Raymundo, 2007) ขั้นตอนการผลิตคุกกี้เริ่มจากการตีเนยสดให้อ่อนตัวที่อุณหภูมิห้องในเครื่องผสมอาหาร KM240 stand

mixer (KENWOOD, China) ด้วยอัตราเร็ว 84 รอบต่อนาที จากนั้นเติมน้ำตาล ตีจนขึ้นฟู ตามด้วยใส่น้ำ กลิ่นวานิลา เกลือ โซเดียมไบคาร์บอเนต และตามด้วยแป้งที่ผ่านการร่อน ตีต่อไปอีก 10 นาที นำไปกดให้ขึ้นรูป แล้วอบที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 นาที (food oven) หลังจากคุกกี้เย็น เก็บรักษาคุกกี้ในถุงโพลีเอทธิลีน

2.2 คุกกี้เนยสูตรที่ใช้ถั่วลันเตาบดรวมกับเบต้ากลูแคนทดแทนไขมัน

ศึกษาการใช้ถั่วลันเตาบดในผลิตภัณฑ์คุกกี้ 4 ระดับ คือทดแทนเนยที่ระดับ 30, 20,10 และ 0% (โดยน้ำหนักของเนยทั้งหมด) โดยตีรวมกับเบต้ากลูแคนในปริมาณคงที่ 2% (w/w) ของปริมาณน้ำหนักทั้งหมดในทุกสูตรยกเว้นสูตรควบคุม ที่แขวนลอยในน้ำ 40 มิลลิลิตร (ถ้าใช้เบต้ากลูแคนเกิน 2% จะทำให้คุกกี้มีค่าเนื้อสัมผัสความแข็งสูงกว่าคุกกี้ในท้องตลาด) ซึ่งมีลักษณะเป็นเจล โดยการใช้โฮโมจีไนซ์ Ultraturrax T25 (IKA, Staufen, Germany) ที่ 24,000 rpm ผสมเป็นเวลา 10 นาที (Paradiso *et al*., 2015) หลักจากนั้นตีเนยผสมกับสารทดแทนไขมันด้วยเครื่องผสมอาหาร KM240 stand mixer (KENWOOD, China) ด้วยอัตราเร็ว 84 รอบต่อนาที เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นเติมน้ำตาล ตีต่อ 1 นาที ตามด้วยกลิ่นวานิลา เกลือ โซเดียมไบคาร์บอเนต และตามด้วยแป้งที่ผ่านการร่อน ตีต่อไปอีก 5 นาที นำไปกดให้ขึ้นรูป แล้วอบที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 นาที (food oven) นำออกมาพักไว้ที่อุณหภูมิห้อง หลังจากคุกกี้เย็นเก็บรักษาคุกกี้ในถุงโพลีเอทธิลีน

3. ศึกษาสมบัติทางกายภาพของคุกกี้

3.1 การวิเคราะห์รีโอโลจีของโดคุกกี้

การทดสอบการไหลของโดโดยใช้ Rheometer (Physica MCR 301, Anton Paar GmbH, Ostfildern, Germany) โดยใส่ตัวอย่างโดลงบน parallel-pate ขนาด 25 มิลลิเมตร ซึ่งอุณหภูมิจะถูกควบคุมโดย Peltier ที่ความถี่เชิงมุม 10 เรเดียนต่อวินาที และใช้ความเครียด 0.03% และบันทึกค่าการสะสมหรือโมดูลัสยืดหยุ่น (G') ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

3.2 การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความหนาของคุกกี้

ใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier Calipers) ในการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) และความหนาของคุกกี้ (T) หลังจากนั้นหาค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) ความหนาของคุกกี้ (T) และหาอัตราส่วนค่าการแผ่กระจายของคุกกี้ (D/T) คำนวณจากอัตราส่วนระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหารด้วยความหนาของคุกกี้ของคุกกี้ในแต่ละตัวอย่าง ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง (Zoulias, Piknis, & Oreopoulou, 2000)

3.3 การวิเคราะห์ค่าสีของคุกกี้

นำตัวอย่างคุกกี้ที่ได้หลังจากการอบ 1 วัน วัดสีโดยใช้ Minolta Chroma Meter CR-400 colorimeter ผลที่ได้มีการแสดงออกตามระบบสี CIELAB (L* = ความสว่าง a* = สีแดงถึงเขียว และ b* = สีน้ำเงินถึงสีเหลือง) ทำการวัดค่าสีในแต่ละตัวอย่าง 3 ซ้ำ (Žilić, Kocadağlı, Vančetović, & Gökmen, 2016)

3.4 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้

สามารถหาค่าความแข็งของคุกกี้ได้โดยวัดจากเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (TA.XT-Plus, Stable Micro System, UK) โดยใช้ 3-Point Bending Rig (HDP/3 PB) ในโหมดการบีบอัดที่ 2 มิลลิเมตร/วินาที ระยะทางในการบีบอัด 3 มิลลิเมตร และแรงในการบีบอัด 5 กรัม เพื่อดูความแข็งของเนื้อคุกกี้ที่เปลี่ยนแปลงไป หลังทำการเก็บ 1 วัน ทำการวัดแต่ละตัวอย่าง 3 ซ้ำ

4. การวิเคราะห์ทางเคมี

ปริมาณความชื้น (moisture content), ปริมาณโปรตีน (protein content), ปริมาณไขมัน (lipid content) ปริมาณเส้นใย (fiber) และปริมาณเถ้า (ash) (AOAC, 2000)

5. **การวิเคราะห์ปริมาณไขมันทรานส์**

ชั่งตัวอย่างคุกกี้บดโดยคำนวณให้มีปริมาณไขมันประมาณ 100-200 มิลลิกรัม เติมกรดไตรอันดีคาโนอิก (C11:0) ใช้เป็น internal standard ซึ่งในตัวอย่างไม่มีกรดไขมันชนิดนี้ และใช้กรดไฮโดรคลอริกย่อยตัวอย่าง และทำการสกัดตัวอย่างด้วยตัวทำละลายเฮกเซน หลังจากนั้นระเหยเฮกเซนด้วยก๊าซไนโตรเจน ขั้นต่อไปทำให้ไขมันเป็นกรดไขมันเมททิลเอสเทอร์ด้วยโบรอนไตรฟลูออไรด์ในเมทานอล และฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟที่ใช้เฟลมไอออไนเซชันเป็นเครื่องตรวจวัดปริมาณสาร ทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง 3 ซ้ำ โดยนำกราฟมาเทียบกับกรดไขมันทรานส์มาตรฐาน 6 ชนิด ได้แก่ 1. Myristelaidic acid (C14:1t9), 2. Trans-pentadecenic acid (C15:1t10), 3. Palmitelaidic acid (C16:1t9), 4. Trans-octadecenoic acid (C18:1t6, C18:1t9, C18:1t11), 5. Linolelaidic acid (C18:2t9t12, C18:2c9t12, C18:2t9c12, C18:2t11c12), 6. Linolenelaidic acid (C18:3t9t12t15, C18:3t9c12t15, C18:3c9t12t15, C18:3c9c12t15, C18:3c9t12c15, C18:3t9c12c15) (Delmonte & Rader, 2007)

6. **การทดสอบความชอบของผู้บริโภค** (5 points hedonic scale)

ทำการทดสอบความชอบของผู้บริโภค โดยใช้การทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยมีคะแนน ความชอบจาก 1- 5 คะแนน (5 points hedonic scale) โดยมีผู้ทดสอบจากนักศึกษา อาจารย์ และบุคลากร ทั้งเพศชายและหญิง ในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตเพาะช่าง ที่มีอายุระหว่าง 18- 60 ปี จำนวน 50 คน คุกกี้เนยผ่านการยอมรับจากผู้บริโภคเมื่อมีค่า overall acceptability เกิน 3 กำหนดช่วงคะแนนตั้งแต่ 1-5 (5 หมายถึง ชอบมากที่สุด และ 1 หมายถึง ชอบน้อยที่สุด)

7. **การวิเคราะห์ทางสถิติ**

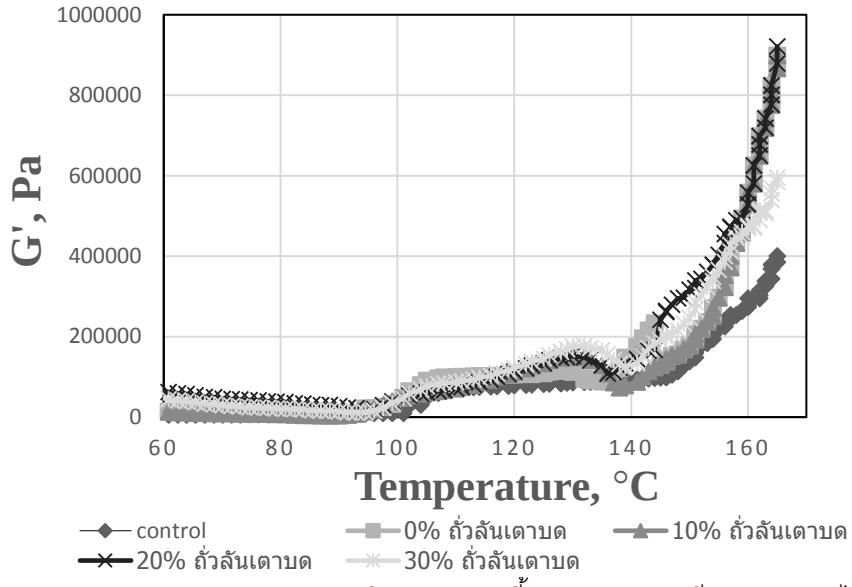
ทำการทดลองอย่างน้อย 3 ซ้ำ และทำการวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยใช้ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความความเชื่อมั่น 95% *(P<0.05)*

ผลการวิจัย

หลังจากการนึ่งถั่วลันเตาบดที่ผ่านการอบแห้งมีความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 2.84 % ในงานวิจัยนี้ได้นำถั่วลันเตาบดมาทดแทนเนยในปริมาณ 0 ถึง 30% (น้ำหนักของไขมันทั้งหมด) ที่มีเบต้ากลูแคนเป็นส่วนประกอบในสูตร และศึกษาสมบัติทางกายภาพของคุกกี้และปริมาณไขมันทรานส์ดังนี้

ผลของความเข้มข้นของถั่วลันเตาบดต่อค่า storage modulus ของคุกกี้เนยลดไขมัน

เมื่อเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า storage modulus (G') กับอุณหภูมิ ดังในภาพที่ 1 พบว่า โดของคุกกี้เนยที่มีการทดแทนเนยด้วยเบต้ากลูแคนมีค่า G' สูงขึ้น และเมื่อมีการเติมถั่วลันเตาบดกับเบต้ากลูแคน พบว่าค่า G' สูงขึ้นมากกว่า 2 เท่า (synergistic) ที่อุณหภูมิ 160 °C จากการศึกษาค่า G' ทำให้ทราบว่าโดของคุกกี้เนยสามารถมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นได้โดยการเติมเบต้ากลูแคนและถั่วลันเตาบดซึ่งเป็นข้อดีต่อการผลิตที่ทำให้ง่ายต่อการขึ้นรูปให้เป็นแผ่นโดยโดไม่แตกขาดง่ายหรืออ่อนนุ่มจนเกินไปเหมือนสูตรควบคุม แต่เมื่อเติมถั่วลันเตาบดเพิ่มขึ้นอีกถึง 30% พบว่าค่า G' ของโดไม่ได้เพิ่มขึ้นมากกว่าสูตรที่มีการลดไขมันด้วยถั่วลันเตาบด 20% แสดงให้เห็นว่าที่ความเข้มข้นนี้เป็นความเข้มข้นสูงสุดที่ทำให้โดแข็งแรงขึ้น



ภาพที่ 1 ค่า storage modulus (G', Pa) ต่ออุณหภูมิ (°C) ของคุกกี้เนยสูตรควบคุมเทียบกับสูตรลดไขมันที่มีการเติมถั่วลันเตาบดในปริมาณแตกต่างกัน ร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนักของปริมาณเนย

ผลของความเข้มข้นของถั่วลันเตาบดต่อค่าการแผ่ขยายของคุกกี้เนยลดไขมัน

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของค่าการแผ่ขยายของคุกกี้สูตรลดไขมันด้วยเบต้ากลูแคนและถั่วลันเตาบดเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมดังตารางที่ 1 พบว่า คุกกี้หลังอบที่มีการทดแทนเนยด้วยเบต้ากลูแคนและถั่วลันเตาบดพบว่าขนาดผ่านศูนย์กลางของคุกกี้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม สำหรับค่าการแผ่ขยายคุกกี้ที่มีการทดแทนเนยด้วยเบต้ากลูแคนอย่างเดียว (0% ในตารางที่ 1) มีค่าไม่แตกต่างจากคุกกี้สูตรควบคุมอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีแนวโน้มลดลง สำหรับการทดแทนด้วยถั่วลันเตาบดในปริมาณที่สูงขึ้นส่งผลให้คุกกี้มีค่าการแผ่ขยายที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบค่าการแผ่ขยายของคุกกี้ที่ใช้ถั่วลันเตาบดทดแทนไขมันในปริมาณแตกต่างกันร้อยละ 30, 20, 10 และ 0 โดยน้ำหนักของปริมาณเนย

Parameters	Control	0%	10%	20%	30%
Diameter (cm)	4.48 ± 0.28b	3.95 ± 0.12a	3.94 ± 0.07a	3.93 ± 0.08a	3.93 ± 0.09a
Thickness (cm)	0.73 ± 0.13a	0.77 ± 0.07a	0.77 ± 0.00a	0.97 ± 0.06b	0.95 ± 0.00b
Spread ratio	6.13 ± 0.26b	5.12 ± 0.20b	5.33 ± 0.21b	4.05 ± 0.10a	4.14 ± 0.03a

ค่า mean $\pm$ standard deviations (n = 3), สูตรควบคุม (control) เทียบกับสูตรลดไขมันที่มีการเติมถั่วลันเตาบดในปริมาณแตกต่างกัน ร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนักของปริมาณเนย เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษร a,b,c แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

ผลของความเข้มข้นของถั่วลันเตาบดต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของคุกกี้เนย

การเปลี่ยนแปลงของสีคุกกี้เนยลดไขมัน ทั้ง 3 สี (ตารางที่ 2) ด้วยการวัดค่าสีของคุกกี้ด้วยเครื่องวัดค่าสี ระบบ CIE พบว่า คุกกี้ที่มีการลดไขมัน มีค่า L*, a* และ b* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ค่าความสว่าง (L* หรือ lightness) มีแนวโน้มลดลงเมื่อมีการเพิ่มปริมาณถั่วลันเตาบดซึ่งหมายความว่าเมื่อมีการเติมถั่วลันเตาบดจะทำให้คุกกี้มีความสว่างลดลง ส่วนค่า a* (redness to greenness) มีค่าลดลงตามที่คาดไว้เนื่องจากถั่วลันเตาบดมีสีเขียว แต่อย่างไรก็ตามตัวอย่างที่ใช้ถั่วลันเตาบด 10% และ 20% มีค่าไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าค่าสีของคุกกี้ที่มีการเติมถั่วลันเตาบดไม่ทำให้ค่าสีเปลี่ยนแปลงมากเมื่อเติมถึง 20% แต่ที่ระดับ 30% ค่าของสีลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนค่า b* (yellowness to blueness) พบว่าสูตรควบคุมมีค่าสีเหลืองมากกว่าตัวอย่างที่มีการลดไขมัน เนื่องจากตัวอย่างมีการเติมเบต้ากลูแคนซึ่งทำให้มีค่าสีเหลืองลดลง แต่มีค่าสีเหลืองไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคุกกี้ที่มีการลดลงของเนยด้วยเบต้ากลูแคนและถั่วลันเตาบดคุกกี้เนยยังมีสีเหลือง (ภาพที่ 2) และมีลักษณะปรากฏดี โดยไม่มีรอยแตกและผิวเรียบเนียน ยกเว้นตัวอย่างที่มีปริมาณถั่วลันเตาบดสูงถึงร้อยละ 30 ซึ่งมีลักษณะออกเริ่มสีเขียวเล็กน้อย (ภาพที่ 2)

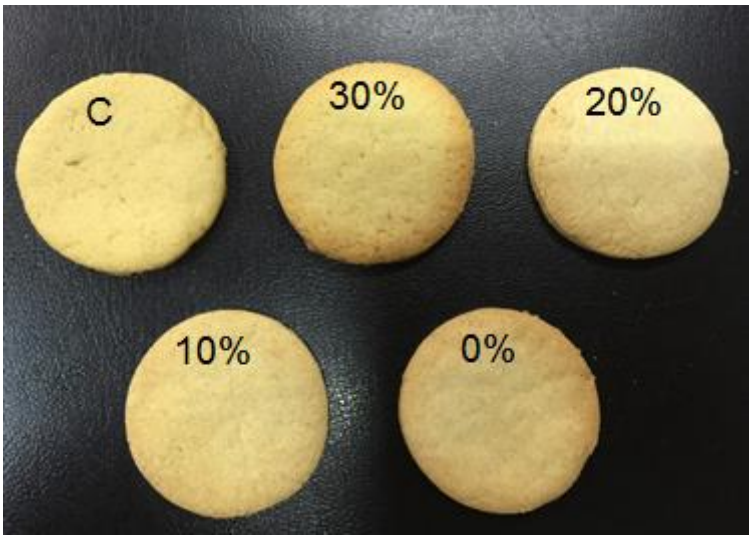
ค่าความแข็ง (hardness) มีค่ามากขึ้นเมื่อมีใช้เบต้ากลูแคนและถั่วลันเตาบด (ตารางที่ 2) เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของถั่วลันเตาพบว่าค่าความแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) และค่าความแข็งที่วัดได้สอดคล้องกับค่า storage modulus (ภาพที่ 1) และใกล้เคียงกับคุกกี้เนยตามท้องตลาดที่มีค่าความแข็งเฉลี่ยประมาณ 22 ± 3 N (4 ยี่ห้อ) เนื่องด้วยความแข็งแรงของคุกกี้เนยนั้นสามารถเพิ่มได้ด้วยการเติมเบต้ากลูแคนและถั่วลันเตาบดซึ่งเป็นข้อดี เนื่องจากคุกกี้เนยมีความแข็งต่ำ

เมื่อนำผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยลดไขมันมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า คุกกี้เนยมีปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เส้นใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรตเฉลี่ยแตกต่างกัน (ตารางที่ 2) และมีปริมาณไขมันลดลง 31 เปอร์เซ็นต์ เมื่อลดไขมันลดลงจากสูตรควบคุม 30% จากการพัฒนาสูตรพบว่าการลดไขมันด้วยถั่วลันเตาบดทำให้มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น และเบต้ากลูแคนทำให้มีปริมาณเส้นใยสูงขึ้นเล็กน้อย จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่านอกจากปริมาณไขมันลดลงแล้วยังเสริมโปรตีนและเส้นใย

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของคุกกี้เนยลดไขมันด้วยถั่วลันเตาบดที่ความเข้มข้นต่างๆ

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี	สูตรควบคุม	0%	10%	20%	30%
ค่าสี					
L*	70 ± 1.25b	68 ± 1.33b	66 ± 1.44b	64 ± 1.45a	63 ± 1.33a
a*	6 ± 1.30c	5 ± 1.22c	3 ± 1.12b	3 ± 1.25b	1 ± 1.18a
b*	24 ± 0.96b	24 ± 0.88b	24 ± 0.92b	23 ± 0.90b	22 ± 0.88a
ความแข็ง (N)	17 ± 1.89a	19 ± 1.34a	20 ± 1.44b	21 ± 1.33b	22 ± 1.55b
องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)					
ความชื้น	4.53 ± 0.03a	5.51 ± 0.07b	5.49 ± 0.06b	5.43 ± 0.04b	5.41 ± 0.05b
ไขมัน	21.9 ± 0.23c	20.1 ± 0.21c	19.6 ± 0.31c	17.4 ± 0.26b	15.1 ± 0.24a
โปรตีน	5.67 ± 0.02a	5.64 ± 0.03a	5.81 ± 0.01b	6.12 ± 0.02c	6.24 ± 0.01d
เส้นใย	0.60 ± 0.02a	0.71 ± 0.03b	0.75 ± 0.03c	1.01 ± 0.04d	1.25 ± 0.03e
เถ้า	1.08 ± 0.04a	1.89 ± 0.03b	1.99 ± 0.06b	2.01 ± 0.03b	2.03 ± 0.04c
คาร์โบไฮเดรท	66.22 ± 0.23a	66.15 ± 0.34a	66.36 ± 0.53a	68.03 ± 0.43b	69.97 ± 0.53b

สูตรควบคุมเทียบกับสูตรลดไขมันที่มีการเติมถั่วลันเตาบดในปริมาณแตกต่างกัน ร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนักของปริมาณเนยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติในแนวนอนที่กำกับด้วยตัวอักษร a,b,c,d,e แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



ภาพที่ 2 คุกกี้เนยสูตรควบคุมและลดปริมาณไขมันด้วยเบต้ากลูแคนและถั่วลันเตาบด สูตรควบคุม (C) เทียบกับสูตรลดไขมันที่มีการเติมถั่วลันเตาบดในปริมาณแตกต่างกัน ร้อยละ 30, 20, 10 และ 0 โดยน้ำหนักของปริมาณเนย

ปริมาณไขมันทรานส์ในคุกกี้เนยลดไขมัน

ผลการทดสอบปริมาณไขมันทรานส์ในคุกกี้เนยแยกตามชนิดไขมัน (ตารางที่ 3) พบว่ามีไม่มีไขมันทรานส์ในคุกกี้เนยสูตรที่พัฒนาขึ้นมา (น้อยกว่า 0.01 กรัมต่อ 100 กรัม) ส่วนคุกกี้ตามท้องตลาดมีกรดไขมันทรานส์มากถึง 0.04 กรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งเป็นไขมันทรานส์ชนิด C18:2t เนื่องจากใช้มาการีนที่มีกรดไขมันทรานส์เป็นส่วนประกอบ จะเห็นว่าคุกกี้ที่พัฒนาสูตรขึ้นมาในงานวิจัยนี้ไม่พบปริมาณกรดไขมันทรานส์

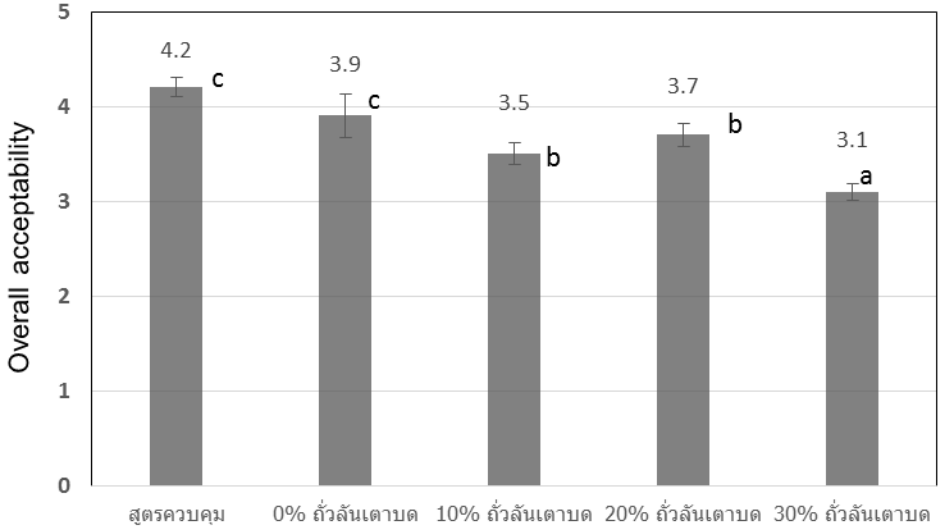
ตารางที่ 3 ปริมาณกรดไขมันทรานส์ในคุกกี้เนยสูตรควบคุมและสูตรลดไขมัน

ผลิตภัณฑ์ (กรัม ต่อ 100 กรัม)	C14:1t	C15:1t	C16:1t	C18:1t	C18:2t	C18:3t
สูตรควบคุม	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ถั่วลันเตาบด 0%	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ถั่วลันเตาบด 10%	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ถั่วลันเตาบด 20%	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ถั่วลันเตาบด 30%	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ตัวอย่างจากท้องตลาด	ND	ND	ND	ND	0.04	ND

ND = ปริมาณต่ำสุดที่ทดสอบได้ในตัวอย่างคุกกี้ซึ่งมีไขมันทรานส์น้อยกว่า 0.01 กรัม ต่อ 100 กรัม สูตรควบคุมเทียบกับสูตรลดไขมันที่มีการเติมถั่วลันเตาบดในปริมาณแตกต่างกัน ร้อยละ 30, 20, 10 และ 0 โดยน้ำหนักของปริมาณเนย

ผลของความเข้มข้นของถั่วลันเตาบดต่อความชอบของผู้บริโภค

เพื่อตรวจสอบการยอมรับโดยรวมของคุกกี้โดยได้ดำเนินการประเมินทางประสาทสัมผัสโดยได้คัดเลือกโดยผู้ประเมินที่ไม่ผ่านการฝึกอบรมซึ่งมีความสำคัญก่อนนำอาหารชนิดใหม่ออกจำหน่าย (ภาพที่ 3) ถึงแม้จะให้ค่าความถูกต้องและค่าการทำซ้ำที่น้อยก็ตามแต่มีความสำคัญ จากค่าที่ได้พบว่ามีคะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคมากกว่า 3 ซึ่งผ่านการยอมรับจากผู้บริโภค แสดงให้เห็นว่าคุกกี้ที่ลดปริมาณเนยยังให้ค่าการยอมรับจากผู้บริโภค แต่เมื่อเพิ่มปริมาณถั่วลันเตาถึง 30% พบว่า ค่าการยอมรับลดลง ดังนั้นปริมาณถั่วลันเตาบดที่ 30% เป็นค่าความเข้มข้นสูงสุดที่สามารถใช้ได้สูตรนี้ ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของคุกกี้ลดปริมาณเนย 20% เท่ากับ 4.2 ± 0.7, 4.2 ± 0.6, 3.8 ± 0.8, 3.8 ± 0.8, 4.0 ± 0.4 และ 3.7 ± 0.2 คะแนน ตามลำดับ เมื่อทดสอบด้วยคุกกี้ที่ลดปริมาณเนย 30% คะแนนค่าความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัส ของคุกกี้ลดลงเหลือ 3.5 ± 0.3, 3.2 ± 0.3, 3.5 ± 0.2, 3.7 ± 0.7 และ 3.7 ± 0.3 ตามลำดับ จึงทำให้คะแนนความชอบโดยรวมลดลงเหลือ 3.1 ± 0.3 คะแนน (ภาพที่ 3) แต่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคโดยคะแนนความชอบโดยรวมมีค่าเกิน 3 คะแนน



ภาพที่ 3 คะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคในคุกกี้เนยสูตรควบคุมและลดไขมัน สูตรควบคุมเทียบกับสูตรลดไขมันที่มีการเติมถั่วลันเตาบดในปริมาณแตกต่างกัน ร้อยละ 30, 20, 10 และ 0 โดยน้ำหนักของปริมาณเนย เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติที่กำกับด้วยตัวอักษร a,b,c แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

วิจารณ์ผลการวิจัย

แป้งมันสำปะหลังที่ใช้เป็นแป้งที่มีปริมาณโปรตีนต่ำหรือส่วนใหญ่เป็นสตาร์ช (starch) ปราศจากกลูเตนที่ทำหน้าที่เหมือนกาว แต่เมื่อนำมาผสมกับเบต้ากลูแคนและถั่วลันเตาบดพบว่าโดมีความแข็งแรง ไม่อ่อนนุ่มและขาดง่ายขณะขึ้นรูปให้เป็นแผ่น เนื่องด้วยเบต้ากลูแคนและถั่วลันเตาบดสามารถเกิดอันตรกิริยาต่อกัน เกิดเป็นโครงสร้างร่างแหภายในโดได้ สูตรที่

พัฒนาขึ้นมานี้ไม่สร้างปัญหาขณะขึ้นโด และอาจใช้ในอุตสาหกรรมที่ใช้เครื่องขึ้นรูปให้เป็นแผ่นได้ มีรายงานว่าการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ชนิดคาร์บอกซีเมทเซลลูโลส (carboxymethly cellulose) สามารถเพิ่มความแข็งแรงให้กับโดของคุกกี้ที่ทำจากแป้งบักวีตได้ (Hadnađev, Torbica, & Hadnađev, 2013) ถั่วลันเตาบดเป็นส่วนประกอบที่ปราศจากกลูเตนทำให้สูตรคุกกี้เนยนี้สามารถให้ผู้บริโภคที่แพ้กลูเตนบริโภคได้ ในส่วนของเบต้ากลูแคนสามารถช่วยให้ส่วนผสมต่างๆ ของคุกกี้รวมตัวกันเป็นโดได้ง่ายขณะผสม และยังเพิ่มความแข็งแรงให้กับโครงสร้างคุกกี้โด อีกทั้งยังช่วยให้ส่วนผสมข้นขึ้น

การเติมเบต้ากลูแคนและถั่วลันเตาบดทำให้ค่าการแผ่ขยายลดลง เนื่องจากสูตรคุกกี้เนยมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นจากปริมาณถั่วลันเตาที่เติมทำให้ลดค่าการแผ่ขยาย (Pareyt *et al*., 2008) อีกทั้งเติมเบต้ากลูแคนทำให้การแผ่ขยายลดลงเนื่องจากไฮโดรคอลลอยด์มีคุณสมบัติเพิ่มการอุ้มน้ำและทำให้โดแข็งแรงไม่ทำให้คุกกี้ขยายตัว โดยเฉพาะค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของคุกกี้ลดลงเนื่องจากความแข็งแรงของโดเพิ่มมากขึ้น การแผ่ขยายของคุกกี้ขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของโด (HadiNezhad, & Butler, 2009) ในกรณีค่าแผ่ขยายของคุกกี้เพิ่มขึ้นอย่างมากอาจจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงขนาดกล่องที่มีช่องใส่คุกกี้ใหม่ และเว้นระยะโดคุกกี้ระหว่างการอบซึ่งจะทำให้ต้องใช้พื้นที่ในการอบมากขึ้น อีกทั้งโดของคุกกี้สูตรควบคุมมีการแผ่ขยายมากระหว่างอบทำให้โดคุกกี้แผ่ขยายมาติดกันทำให้รูปร่างคุกกี้เปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้คุกกี้ชิ้นนั้นต้องทิ้งไป

เมื่อมีการลดไขมันด้วยเบต้ากลูแคนและถั่วลันเตาบดพบว่าปริมาณไขมันลดลง 31% เมื่อมีการทดแทนเนยด้วยถั่วลันเตาบด 30% ของปริมาณเนยและเบต้ากลูแคน 2% ของน้ำหนักทั้งหมด และยังพบว่าปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นจากถั่วลันเตาบด ทั้งเบต้ากลูแคนและถั่วลันเตาบดทำให้เส้นใยอาหารเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้ได้คุกกี้เนยที่ดีในแง่โภชนาการ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเนื่องจากถั่วลันเตามีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบ

การเติมเบต้ากลูแคนทำให้คุกกี้มีสีสว่างลดลงเล็กน้อย แต่เมื่อเติมถั่วลันเตาบดทำให้คุกกี้เนยมีสีเขียวเพิ่มมากขึ้น จะเห็นได้ว่าคุกกี้มีสีเขียวอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเติมถั่วลันเตาบดถึง 30% และทำให้การยอมรับจากผู้บริโภคลดลง แต่ผ่านการยอมรับจากผู้บริโภค ในกรณีเติมมากขึ้นจะทำให้ไม่ผ่านการยอมรับและคุกกี้มีสีเขียวมากจนมีค่าสีติดลบ (a*) ดังนั้นความเข้มข้นของถั่วลันเตาบดที่สามารถใช้ได้คือช่วง 20% ถึง 30% ในกรณีใช้ถั่วลันเตาบดถึง 30% ทำให้คะแนนของลักษณะปรากฏลดลงและทำให้ผิวหน้าคุกกี้มีรูมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด อาจเนื่องจากปริมาณถั่วลันเตาบดที่มากเกินไปทำให้ไม่สามารถเก็บก๊าซเอาไว้ได้ขณะให้ความร้อน เพราะเบต้ากลูแคนไม่สามารถเกิดร่างแห่ได้ดีเนื่องจากความเข้มข้นของถั่วลันเตามีมากเกินไปขัดขวางการเชื่อมต่อของโครงสร้างของโมเลกุลต่างๆ ในโดคุกกี้ ลักษณะของคุกกี้ที่ดีคือมีค่าความแข็งที่เพียงพอ เพื่อที่จะรักษารูปร่างขณะขนส่ง แต่แตกง่ายเมื่อเคี้ยว คุกกี้มีสีน้ำตาล ลักษณะปรากฏที่ดึงดูดผู้บริโภค รวมถึงกลิ่น คุกกี้ที่มีการเติมถั่วลันเตาบด 30% เป็นสูตรผ่านการยอมรับจากผู้บริโภค อีกทั้งสูตรที่พัฒนาขึ้นจะปราศกลูเตนแล้วยังปราศจากกรดไขมันทรานส์เพื่อให้สอดคล้องกับการประกาศห้ามใช้อาหารที่มีส่วนประกอบของกรดไขมันทรานส์

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของการใช้เบต้ากลูแคนและถั่วลันเตาบดในคุกกี้เนยเพื่อจุดประสงค์ในการลดไขมันพบว่า สูตรลดไขมันสามารถเพิ่มความแข็งแรงของโดโดยการเพิ่มค่า storage modulus และทำให้ทั้งโดและคุกกี้เนยมีความแข็งแรงมากขึ้นและช่วยในการขึ้นรูปคุกกี้เนยได้ง่ายขึ้นโดยโดไม่อ่อนนุ่มเกินไปและไม่ขาดง่าย ในด้านค่าความสว่างและค่าสีเหลืองลดลงเล็กน้อย เนื่องจากถั่วลันเตาบดมีสีเขียว แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเพิ่มปริมาณถั่วลันเตาบดสูงถึงร้อยละ 30 ด้านองค์ประกอบทางเคมีพบว่า ปริมาณไขมันในคุกกี้เนยลดลงถึง 30% และผ่านการยอมรับจากผู้บริโภค รวมถึงยังมีประโยชน์ใน

การเพิ่มปริมาณใยอาหารและโปรตีนในผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า การลดไขมันด้วยถั่วลันเตาบดร้อยละ 30 ในสภาวะที่มีเบต้ากลูแคนในคุกกี้เนยเป็นปริมาณที่มีความเหมาะสมสำหรับพัฒนาผลิตภัณฑ์ในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยฯ ขอขอบคุณทุนวิจัยแห่งชาติ (วช) และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ในการสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้ ขอบคุณบริษัท Metrohm Siam สำหรับการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านวิทยากระแสด้วยเครื่องรีโอมิเตอร์ และแป้งมันสำปะหลังจาก บริษัท เนชั่นแนล สตาร์ช แอนด์ เคมิเคิล (ไทยแลนด์) จำกัด

เอกสารอ้างอิง

AOAC, (2000), Official Methods of Analysis of AOAC International. Seventeen edition. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, Maryland.

Bayless, T. M., Kapelowitz, R. F., Shelley, W. M., F. Ballinger, W., & Hendrix, T. R. (1967). Intestinal ulceration–a complication of celiac disease. *New England Journal of Medicine*, *276*(18), 996-1002.

Chauhan, A., Saxena, D., & Singh, S. (2015). Total dietary fibre and antioxidant activity of gluten free cookies made from raw and germinated amaranth (Amaranthus spp.) flour. *LWT-Food Science and Technology, 63*(2), 939-945.

Delmonte, P., & Rader, J. I. (2007). Evaluation of gas chromatographic methods for the determination of trans fat. *Analytical and Bioanalytical Chemistry, 389*(1), 77-85.

Gouveia, L., Batista, A. P., Miranda, A., Empis, J., & Raymundo, A. (2007). Chlorella vulgaris biomass used as colouring source in traditional butter cookies. *Innovative food science & emerging technologies, 8*(3), 433-436.

HadiNezhad, M., & Butler, F. (2009). Effect of flour type and dough rheological properties on cookie spread measured dynamically during baking. *Journal of cereal science*, *49*(2), 178-183.

Hadnađev, T. R. D., Torbica, A. M., & Hadnađev, M. S. (2013). Influence of buckwheat flour and carboxymethyl cellulose on rheological behaviour and baking performance of gluten-free cookie dough. *Food and Bioprocess Technology*, *6*(7), 1770-1781.

Li, H., Prairie, N., Udenigwe, C. C., Adebiyi, A. P., Tappia, P. S., Aukema, H. M., Aluko, R. E. (2011). Blood pressure lowering effect of a pea protein hydrolysate in hypertensive rats and humans. *Journal of agricultural and food chemistry, 59*(18), 9854-9860.

Manners, D. J., Masson, A. J., & Patterson, J. C. (1973). The structure of a β-(1⟶ 3)-D-glucan from yeast cell walls. *Biochemical Journal*, *135*(1), 19-30.

Paradiso, V. M., Giarnetti, M., Summo, C., Pasqualone, A., Minervini, F., & Caponio, F. (2015). Production and characterization of emulsion filled gels based on inulin and extra virgin olive oil. *Food Hydrocolloids, 45*, 30-40.

Pareyt, B., & Delcour, J. A. (2008). The role of wheat flour constituents, sugar, and fat in low moisture cereal based products: a review on sugar-snap cookies. *Critical reviews in food science and nutrition*, *48*(9), 824-839.

Rade-Kukic, K., King, L. R., & Gloria-hernandez, H. (2017). *U.S. Patent Application No. 15/310,608*.

Suphantharika, M., Khunrae, P., Thanardkit, P., & Verduyn, C. (2003). Preparation of spent brewer's yeast β-glucans with a potential application as an immunostimulant for black tiger shrimp, Penaeus monodon. *Bioresource Technology*, *88*(1), 55-60.

Suklampoo, L., Charoenwongtrakul, P., & Prungawut, P. (2009). Effect of partial fat replacement with beta-glucan on quality of butter cakes. In *47. Kasetsart University Annual Conference, Bangkok (Thailand), 17-20 Mar 2009*.

Susanna, S., & Prabhasankar, P. (2013). A study on development of Gluten free pasta and its biochemical and immunological validation. *LWT-Food Science and Technology, 50*(2), 613-621.

Tantakasem, S., & Ruangchai, S. (2011). Using Ground Peanuts as a Fat Substitute in Cookies. *University of the Thai Chamber of Commerce Journal, 31*(2), 114-125.

Tavella, M., Peterson, G., Espeche, M., Cavallero, E., Cipolla, L., Perego, L., & Caballero, B. (2000). Trans fatty acid content of a selection of foods in Argentina. *Food Chemistry*, *69*(2), 209-213.

Worrasinchai, S., Suphantharika, M., Pinjai, S., & Jamnong, P. (2006). β-Glucan prepared from spent brewer's yeast as a fat replacer in mayonnaise. *Food hydrocolloids*, *20*(1), 68-78.

Willett, W. C., Stampfer, M. J., Manson, J. E., Colditz, G. A., Speizer, F. E., Rosner, B. A., Sampson, L. A. (1993). Intake of trans fatty acids and risk of coronary heart disease among women. *The Lancet, 341*(8845), 581-585.

Žilić, S., Kocadağlı, T., Vančetović, J., & Gökmen, V. (2016). Effects of baking conditions and dough formulations on phenolic compound stability, antioxidant capacity and color of cookies made from anthocyanin-rich corn flour. *LWT-Food Science and Technology, 65*, 597-603.

Zoulias, E. I., Piknis, S., & Oreopoulou, V. (2000). Effect of sugar replacement by polyols and acesulfame-K on properties of low-fat cookies. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 80*(14), 2049-2056.