Rattanakosin Journal of Science and Technology: RJST
2024, Volume 6 Issue 1: 1-11
Research Article
Online ISSN: 2673-0553

การใช้แป้งถั่วดาวอินคาทดแทนเนยในผลิตภัณฑ์ขนมปังอบกรอบ

Using of *Sacha inchi* Flour as a Butter Substitute in Biscuits

วิจิตรา ปล้องบรรจง[1*] กิติยา สุเหม[1] จารุพัฒน์ กาญจนรงค์[2] ณัชฌา พันธุ์วงษ์[3] และ ดิเรก บุญธรรม[4]

[1]สาขาวิชาวิทยาการแปรรูปและการประกอบอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

[2]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

[3]โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

[4]สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

E-mail: [1*]vijitra.plo@rmutr.ac.th, [1]skitiya7@gmail.com, [2]jarupat.kan@rmutr.ac.th,
[3]tum_mayday@hotmail.com, [4]direk.b@mail.rmutk.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ถั่วดาวอินคาจากบ้านหนองโอ่ง อำเภออู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี โดยใช้แป้งถั่วดาวอินคาทดแทนเนยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังอบกรอบ จากการศึกษา พบว่า ถั่วดาวอินคาที่อบด้วยไมโครเวฟสามารถบดเป็นแป้งถั่วดาวอินคาที่มีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่เหมาะสมในการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบได้ดีกว่าถั่วดาวอินคาที่ผ่านการคั่ว โดยใช้แป้งถั่วดาวอินคาที่ต่างกัน 4 สูตร คือ ร้อยละ 0 15 25 และ 35 พบว่า ผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบที่ใช้แป้งถั่วดาวอินคาร้อยละ 25 ทดแทนแป้งสาลีและเนยสามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นได้มีปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรตเท่ากับร้อยละ 16.53, 23.59 และ 2.60 ตามลำดับ มีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 20.34 mgGAE/100 g ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม เมื่อศึกษาสภาวะในการเก็บรักษาเป็นเวลา 1, 2 และ 3 เดือน ที่อุณหภูมิที่ 4 °C และอุณหภูมิห้อง โดยใช้ภาชนะบรรจุ 2 แบบ คือ ถุงลามิเนตและกระป๋องพลาสติก (PET) แบบมีฝาปิด พบว่า สามารถเก็บรักษาได้ไม่น้อยกว่า 3 เดือน ภายใต้บรรยากาศปกติที่อุณหภูมิ 4 °C ในถุงลามิเนต โดยมีปริมาณความชื้นร้อยละ 1-2 ซึ่งต่ำกว่าปริมาณความชื้นที่ทำให้ขนมปังกรอบสูญเสียความกรอบคือ ร้อยละ 7 ผลการประเมินด้านชีวภาพของขนมปังกรอบจากถั่วดาวอินคา พบว่า มีจุลินทรีย์อยู่

* Corresponding author, e-mail: vijitra.plo@rmutr.ac.th

Received 16 09 2023 / Revised: 27 10 2023 / Accepted: 10 11 2023

ในเกณฑ์มาตรฐานด้านจุลชีววิทยาของขนมกรอบจากธัญชาติ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2541) ซึ่งกำหนดให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม หรือ 4 log10 CFU/g

คำสำคัญ: ถั่วดาวอินคา ขนมปังกรอบ แป้ง เนย

Abstract

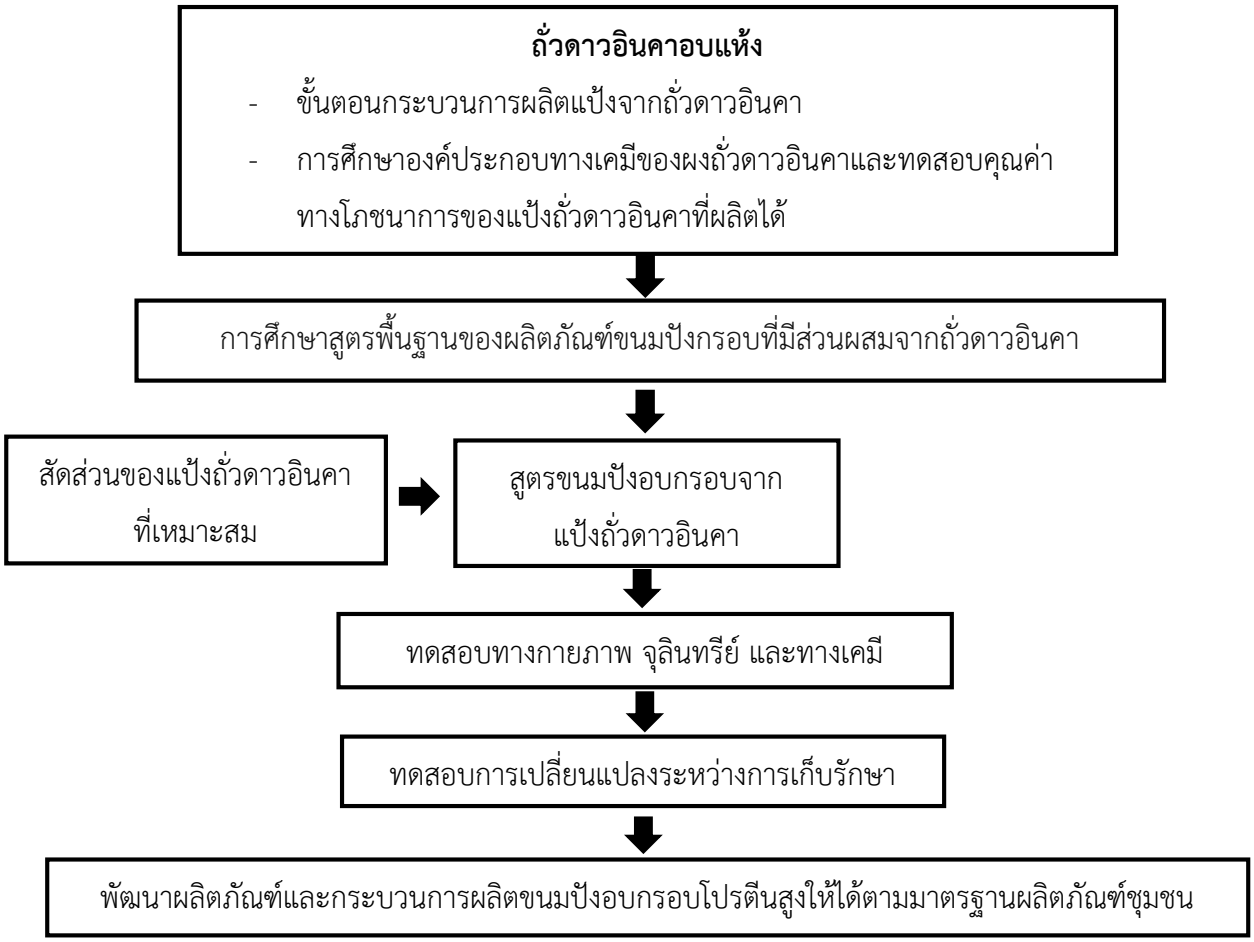
The purpose of this research was to developed *Sacha Inchi* products in Nong Ong, U Thong District, Suphan Buri province. *Sacha Inchi* flour was used as a substitute for butter to develop biscuits products. The study found that Microwave-roasted *Sacha Inchi* were able to be ground into *Sacha Inchi* flour with suitable physical and chemical properties to develop biscuits than roasted *Sacha Inchi*. There were four different formulations of *Sacha Inchi* flour 0%, 15%, 25 and 35%. It was found that biscuit products using 25% *Sacha Inchi* flour instead of wheat flour and butter could be formed into pastry sheets. The protein fat and carbohydrate contents were 16.53, 23.59 and 2.60 %, respectively. The total phenolic content were 20.34 mgGAE/100g, which was significantly different from the control. The storage conditions were studied for 1, 2 and 3 months at 4 ℃ and room temperature. Two types of packaging were used: laminated bags and plastic polyethylene Terephthalate (PET) with easy open can. It was found that they could be stored for at least 3 months under normal atmosphere at 4℃ in laminated bags. The moisture content of biscuits products is 1-2 %, which is lower than the moisture content that causes biscuits to lose their crispness, which is 7%. It was found that the microorganisms were in the microbiological standard of the cereal snacks. (Thai Industrial Standards Institute, 1998), which requires the total microbial count not to exceed 10^4 colony per 1 g sample or 4 log10 CFU/g.

Keywords: *Sacha Inchi*, biscuits, flour, butter

1. ที่มาและความสำคัญ

ถั่วดาวอินคา (*Sacha inchi*) เป็นธัญพืชที่มีโปรตีนและไขมันชนิดดีในปริมาณสูง จึงถูกนำมาพัฒนาและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ อย่างหลากหลาย เช่น ชาผง น้ำมันสกัดจากเปลือกถั่วดาวอินคา [1] เมล็ดถั่วคั่วและปรุงรส เป็นต้น จากงานวิจัยหลายสถาบัน ถั่วดาวอินคาเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงมาก เพราะอุดมไปด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็น มีวิตามิน A และ E อีกทั้งมีโอเมก้า 3, 6 และ 9 ในปริมาณที่สูงมาก [2] มีงานวิจัยที่ยืนยันได้ว่า ถั่วดาวอินคาสามารถลดความเสี่ยงในการเกิดโรคเบาหวาน และโรคหลอดเลือดหัวใจ [3] ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังอบกรอบโดยใช้แป้งถั่วดาวอินคาทดแทนเนยจึงเป็นช่องทางและโอกาส

ให้กับเกษตรกรสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบได้ โดยการแปรรูปถั่วดาวอินคาอบแห้งเป็นแป้งถั่วดาวอินคา เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ขนมปังอบกรอบให้กับกลุ่มคนรักสุขภาพ โดยเฉพาะกลุ่มผู้บริโภคมังสวิรัติที่ต้องการแหล่งโปรตีนและไขมันชนิดดีจากธัญพืชเป็นหลัก ในปัจจุบันถั่วดาวอินคา รัฐบาลให้การสนับสนุนส่งเสริมการปลูกเพื่อเป็นพืชเศรษฐกิจ ซึ่งเป็นถั่วที่ลงทุนปลูกครั้งเดียวแล้วสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ต่อเนื่อง อีกทั้งเป็นถั่วที่มีโปรตีนในปริมาณสูง และมีสารประกอบฟีนอลที่เทียบเท่ากับน้ำมันงาซึ่งเป็นสาระสำคัญที่ช่วยต้านอนุมูลอิสระได้ และเนื่องจากถั่วดาวอินคาเป็นธัญพืชที่มีน้ำตาลต่ำจึงสามารถเจาะกลุ่มผู้บริโภคที่ต้องการควบคุมน้ำหนักและกลุ่มผู้บริโภคที่มีความเสี่ยงต่อโรคเบาหวานได้ ซึ่งการถ่ายทอดองค์ความรู้ในการแปรรูปแป้งถั่วดาวอินคาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพนั้น น่าจะส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นและสามารถแข่งขันทางการตลาดกับกลุ่มธุรกิจด้านอาหารสุขภาพได้ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงให้ความสำคัญในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากแป้งถั่วดาวอินคาให้อยู่ในรูปขนมปังอบกรอบเพื่อกลุ่มผู้รักสุขภาพ และผลักดันให้เป็นสินค้าท้องถิ่น สามารถจำหน่ายสู่ท้องตลอด สร้างรายได้ให้กับคนในชุมชนต่อไปซึ่งงานวิจัยมีกรอบแนวคิด ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์จากถั่วดาวอินคา

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังอบกรอบโดยใช้แป้งจากถั่วดาวอินคาทดแทนเนย

2. เพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบของขนมปังอบกรอบจากแป้งถั่วดาวอินคาที่เหมาะสมเพื่อกลุ่มผู้บริโภคที่รักสุขภาพ

3. เพื่อศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

3. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ถั่วดาวอินคา หรือ *Sacha Inchi* (*Plukenetia volubilis Linneo*) เป็นพืชในตระกูล Euphorbiaceae มีถิ่นกำเนิด และพบได้ทั่วไปที่ป่าอะเมซอนของชาวเปรู ในทวีปอเมริกาใต้ ถั่วดาวอินคาสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศอบอุ่น รู้จักกันในหลากหลายชื่อ เช่น Inca peanut, wild peanut, sacha peanut หรือ mountain peanut ประกอบด้วย 19 สายพันธุ์ ซึ่ง 12 สายพันธุ์อยู่ในทวีปอเมริกาใต้และ 7 สายพันธุ์อยู่ในยุโรป [1] หลังจากการเพาะปลูกต้นดาวอินคาประมาณ 5 เดือน ต้นดาวอินคาก็จะเริ่มออกดอกและผล ซึ่งสามารถเก็บเกี่ยวได้ตลอดทั้งปี ดอกลักษณะเป็นกลุ่ม ขนาดเล็ก มีสีขาว ส่วนผลเป็นรูปดาว 4-7 แฉก [4] ผลอ่อนจะมีสีเขียว เมื่อแก่จะมีสีน้ำตาล ในแต่ละแฉกจะมีหนึ่งเมล็ด สามารถนำเมล็ดที่อยู่ด้านในมารับประทานได้ ถั่วดาวอินคาเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดี มีปริมาณไขมันร้อยละ 49-53 โปรตีน ร้อยละ 33 การวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันในน้ำมันดิบของถั่วดาวอินคาโดยวิธีแก๊สโครมาโตกราฟี พบกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวร้อยละ 90.34 ต่อปริมาณกรดไขมันทั้งหมด กรดลิโนเลนิกร้อยละ 43.75 ต่อปริมาณกรดไขมันทั้งหมด กรดลิโนเลอิกร้อยละ 36.99 ต่อปริมาณกรดไขมันทั้งหมด [3] การศึกษาองค์ประกอบของถั่วดาวอินคาด้วยวิธีการสกัดแบบไฮดรอลิก พบปริมาณน้ำมันร้อยละ 96.4 นอกจากนี้ ถั่วดาวอินคายังมีวิตามินเอสูง (981 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) วิตามินอี (17 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) ซึ่งเป็นผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภค [2] ปัจจุบันมีการศึกษาที่มุ่งเน้นการใช้ประโยชน์จากน้ำมันและกรดไขมันในถั่วดาวอินคาอย่างแพร่หลาย

ในประเทศไทยได้เริ่มมีการเพาะปลูกถั่วดาวอินคาในช่วง 8 ปี ที่ผ่านมาโดยนำมาปลูกในพื้นที่ภาคเหนือ จังหวัดเชียงรายเป็นแห่งแรก ซึ่งวัตถุประสงค์ในการปลูกก็เพื่อสกัดน้ำมันบริโภค กระบวนการในการสกัดน้ำมันจากถั่วดาวอินคา หรือ *Sacha Inchi* (*Plukenetia volubilis L.*) เริ่มจากการกะเทาะเปลือก 2 ครั้ง จะได้ทั้งเปลือกชั้นนอกและเปลือกชั้นในออกมา ขั้นตอนต่อมา คือ การสกัดเอาน้ำมันออกด้วยการสกัดบีบอัด ภายใต้ความร้อนที่อุณหภูมิไม่เกิน 150 ℃ ซึ่งหลังจากบีบออกมาแล้วจะได้ผลิตผลพลอยได้ 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 แป้งที่ผ่านการกรองออกจากน้ำมันที่บีบออกมา (Flour residue) ซึ่งมีรสชาติฝาด และส่วนที่ 2 คือ กากถั่วดาวอินคาหลังสกัดน้ำมัน (*Sacha Inchi* oil extracted residue) มีสีขาวครีม ไม่มีรสฝาด มีกลิ่นรสคล้ายถั่วเขียว มีปริมาณโปรตีน 49.79% ซึ่งสูงกว่าส่วนที่ 1 ที่เป็นแป้ง (36.34%) ซึ่งผลิตผลพลอยได้ทั้ง 2 ส่วนนี้ทางโรงงานที่สกัดน้ำมันในประเทศไทยยังไม่ได้นำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มใด ๆ งานวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาขนมปังอบกรอบโปรตีนสูงจากแป้งถั่วดาวอินคาโดยใช้ส่วนที่ 2 ซึ่งเป็นกากที่มีปริมาณโปรตีนสูง

นอกจากจะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตผลพลอยได้นี้แล้วยังเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังอบกรอบสำหรับผู้รักสุขภาพอีกด้วย

ปัจจุบันแนวโน้มการเลือกรับประทานอาหารที่ดีมีประโยชน์ต่อสุขภาพสูงขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นจึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพได้รับความนิยมสูงขึ้น [5] ขนมปังอบกรอบเป็นขนมปังที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่คุ้นเคย เนื่องจากสามารถรับประทานเป็นอาหารหลักหรือเป็นอาหารว่างได้ คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาขนมปังอบกรอบให้มีคุณค่าทางโภชนาการ โดยใช้แป้งจากถั่วดาวอินคาที่เหลือทิ้งจากการกระบวนการสกัดน้ำมันซึ่งยังคงมีปริมาณโปรตีนสูงมาทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปัง เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเศษเหลือจากถั่วดาวอินคาและเป็นอาหารทางเลือกของผู้ที่รักสุขภาพ โดยศึกษาปริมาณแป้งถั่วดาวอินคาที่เหมาะสมในการผลิตขนมปังอบกรอบและพัฒนาสูตรให้มีคุณภาพและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

4. วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมแป้งถั่วดาวอินคา

1.1 แป้งถั่วดาวอินคาที่เตรียมโดยการอบด้วยไมโครเวฟ

ถั่วดาวอินคา จากชุมชนบ้านหนองโอ่ง อำเภออู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี นำมาอบด้วยเตาอบไมโครเวฟ [6] นาน 15 - 20 นาที จนถั่วดาวอินคามีกลิ่นหอม นำถั่วดาวอินคาที่ผ่านการอบมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นอาหารแห้ง ร่อนผ่านตะแกรงร่อนแป้งขนาด 30 เมช จะได้แป้งถั่วดาวอินคา เก็บใส่ภาชนะบรรจุเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 - 8 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปใช้

1.2 แป้งถั่วดาวอินคาที่เตรียมโดยการคั่ว

ชั่งถั่วดาวอินคา 800 กรัม ใส่เครื่องคั่ว (IMEX, Korea) อบแห้งที่อุณหภูมิอากาศร้อน 200 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 6 นาที หลังจากครบเวลาที่กำหนด ลดอุณหภูมิถั่วดาวอินคาที่ผ่านการคั่ว ด้วยลมเย็น ณ อุณหภูมิห้อง จนอุณหภูมิของถั่วดาวอินคาเท่ากับอุณหภูมิห้อง นำถั่วดาวอินคาที่ผ่านการอบมาปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นอาหารแห้ง ร่อนผ่านตะแกรงร่อนแป้งขนาด 30 เมช จะได้แป้งถั่วดาวอินคา เก็บใส่ภาชนะบรรจุ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 - 8 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปใช้

2. การศึกษาสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบโดยใช้แป้งถั่วดาวอินคาทดแทน

ศึกษาสูตรพื้นฐานของขนมปังกรอบซึ่งพิจารณาส่วนผสมและวัตถุดิบเป็นหลัก โดยพบว่าทั้ง 3 สูตร เป็นสูตรที่มีส่วนผสมใกล้เคียงกันและมีเนยเป็นส่วนผสมในสัดส่วนที่ต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยที่จะใช้ถั่วดาวอินคาเข้าไปทดแทนเนยได้ 3 ระดับ ขนมปังสูตรพื้นฐานที่ใช้เป็นต้นแบบ 3 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 [7] สูตรที่ 2 [8] สูตรที่ 3 [9] โดยทำการผลิตขนมปังกรอบตามวิธีการของผลิตภัณฑ์ต้นแบบดังกล่าว จากนั้นนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส ประมาณ 20 - 30 นาที หรือจนกระทั่งสุก เอาออกจากเตาอบแล้ววางบนตะแกรงพักทิ้งให้เย็น โดยในแต่ละสูตรจะใช้แป้งจากถั่วดาวอินคาทดแทนเนยในผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบสูตรพื้นฐานในปริมาณร้อยละ 0 15 25 และ 35 ของน้ำหนักแป้ง และนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทำการทดสอบคุณภาพดังนี้

2.1 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

2.1.1 ค่าสี L* a* b* วัดค่าด้วยเครื่องวัดสี (Color Reader CR -10, Japan) รายงานเป็นค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง – เขียว (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง – น้ำเงิน (b*)

2.2 วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีขนมปังกรอบจากแป้งถั่วดาวอินคา

2.2.1 องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ตามวิธีของ AOAC (2000) [10]

2.2.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด

หั่นตัวอย่างเมล็ดถั่วดาวอินคาเป็นชิ้นเล็ก ๆ นำไปผึ่งลมให้แห้ง ชั่งตัวอย่างแห้งของถั่วดาวอินคา 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ สกัดด้วยเมทานอล 70% กวนเป็นระยะ ๆ และแช่ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง กรองด้วยผ้าขาวบางและกรองซ้ำด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำสารละลายที่สกัดได้ระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศ (Rotary evaporator) แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดโดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu [13]

2.3 วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จุลินทรีย์ทั้งหมดตามวิธี AOAC (2000)

3. การทดสอบการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา

ในงานวิจัยนี้ศึกษาตัวแปร 2 ตัวแปร ได้แก่ ตัวแปรที่ 1 ชนิดของบรรจุภัณฑ์ 2 ชนิด คือ ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminium Laminate Bag; AL) และกระป๋องพลาสติก (PET) แบบมีฝาปิด ตัวแปรที่ 2 คือ ระยะเวลาในการเก็บรักษาตั้งแต่วันที่ 0 ถึง วันที่ 90 (3 เดือน) เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง (29±2 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยสุ่มเก็บตัวอย่างตามสภาวะที่กำหนดและเวลาต่าง ๆ คือ วันที่ 0, 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 ซึ่งทำการวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ดังนี้ 1) คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี L* a* b* วัดค่าด้วยเครื่องวัดสี (Color Reader CR -10, Japan), 2) คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (water activity; a_w) และ 3) คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ จุลินทรีย์ทั้งหมดตามวิธี AOAC (2000)

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ (Statistical analysis)

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) สำหรับทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส และวางแผนการทดสอบแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และคุณภาพทางกายภาพ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference Test (LSD) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

5. ผลและวิจารณ์

1. ผลการเตรียมผงถั่วดาวอินคา

ผงถั่วดาวอินคาที่ผ่านการอบด้วยเตาอบไมโครเวฟ และผงถั่วดาวอินคาที่ได้จากการคั่วด้วยกระทะมีปริมาณความชื้นแตกต่างกัน โดยพบว่า ถั่วดาวอินคาที่อบด้วยเตาอบไมโครเวฟมีปริมาณความชื้น 13% ต่ำกว่าถั่วดาวอินคาที่ได้จากการคั่วซึ่งมีความชื้น 15% จึงใช้ผงถั่วดาวอินคาที่ได้จากการอบด้วยไมโครเวฟมาใช้

2. ผลการศึกษาสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบโดยใช้แป้งถั่วดาวอินคาทดแทน

จากการผลิตสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตร พบว่า สูตรที่ 1 [7] เป็นเพียงสูตรเดียวที่แป้งไม่เหลวและไหล สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นได้โดยใช้แป้งถั่วดาวอินคาทดแทนเนยจึงใช้สูตรดังกล่าวเป็นสูตรพื้นฐานในการนำไปศึกษาสัดส่วนการทดแทนเนยที่ระดับ 0 15 25 และ 35 ของน้ำหนักแป้ง และพบว่าขนมปังอบกรอบที่ใช้แป้งถั่วดาวอินคา 25% เป็นสัดส่วนเดียวที่สามารถขึ้นรูปได้ ไม่มีรอยแยกและแตกร่วนหักหลังอบ และสามารถอบออกมาเป็นแผ่นบิสกิตได้ ดังนั้น สูตรขนมปังที่ใช้ถั่วดาวอินคา 25% จึงถูกนำไปศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและเคมี พบว่า มีค่าสี L* เท่ากับ 58.75 แสดงว่าขนมปังกรอบผสมถั่วดาวอินคา มีความสว่าง ค่าสี a* เท่ากับ -0.27 มีค่าเป็นสีเขียว และค่าสี b* เท่ากับ 8.36 มีค่าเป็นสีเหลือง สำหรับคุณลักษณะทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบจากถั่วดาวอินคาที่ 25 % มีปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรตเท่ากับร้อยละ 16.53±0.02, 23.59±0.21, และ 2.60±0.01 ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้มากกว่าองค์ประกอบทางเคมีของถั่วเหลืองที่ได้จากการวิจัย รายงานว่า พบปริมาณโปรตีน และไขมันร้อยละ 3.91 และ 2.11 ตามลำดับ [11] เนื่องจากถั่วดาวอินคาเป็นพืชน้ำมันที่มีปริมาณไขมันค่อนข้างสูง (ร้อยละ 41–54%) และโปรตีนร้อยละ 25–27 [12,3] และมีค่าความชื้นอยู่ในช่วง 1.45-1.93

รูปที่ 2 ลักษณะขนมปังกรอบที่ใช้การทดแทนด้วยแป้งถั่วดาวอินคาที่ระดับ 0 15 25 และ 35 ของน้ำหนักแป้ง
*สูตรที่ 1 ใช้แป้งถั่วดาวอินคาทดแทนที่ระดับ 0 *สูตรที่ 2 ใช้แป้งถั่วดาวอินคาทดแทนที่ระดับ 15
*สูตรที่ 3 ใช้แป้งถั่วดาวอินคาทดแทนที่ระดับ 25 *สูตรที่ 4 ใช้แป้งถั่วดาวอินคาทดแทนที่ระดับ 35

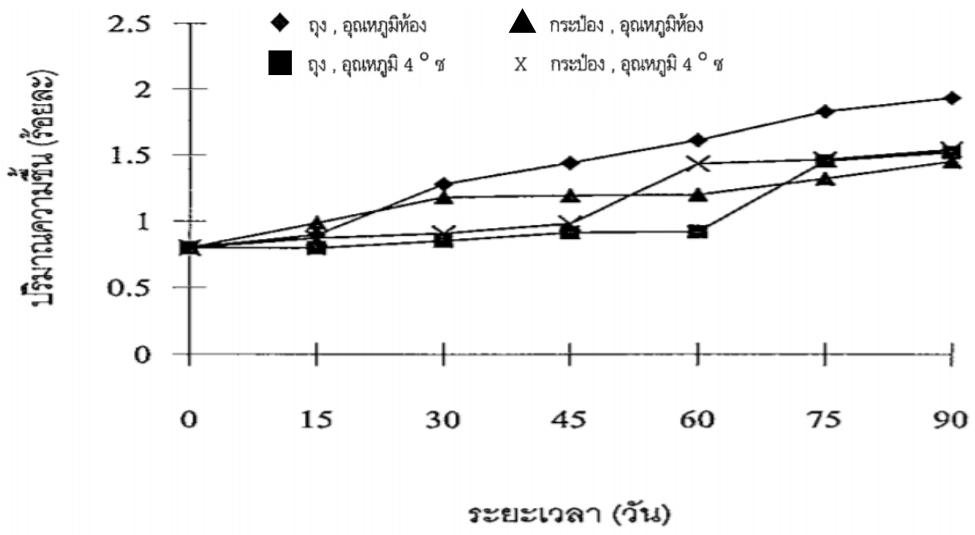
3. ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดของแป้งถั่วดาวอินคา โดยใช้กรดแกลลิคเป็นสารละลายมาตรฐานรายงานผลในค่ามิลลิกรัมของกรดแกลลิคต่อ 100 กรัม ของตัวอย่างแห้ง (mg GAE/100 g ตัวอย่างแห้ง) พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดในแป้งถั่วดาวอินคาของบ้านหนองโอ่ง อำเภออู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี มีค่าเท่ากับ 20.34 mgGAE/100 g ซึ่งใกล้เคียงกับงานวิจัยที่พบว่าเมล็ดถั่วดาวอินคามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดเท่ากับ 23.72 mgGAE/100 g [4]

4. ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา

4.1 ปริมาณความชื้น

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของการเก็บรักษาแครกเกอร์จากถั่วดาวอินคา พบว่า ระยะเวลาและอุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) คือ ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา และที่อุณหภูมิห้องผลิตภัณฑ์มีความชื้นสูงกว่าการเก็บที่ 4 องศาเซลเซียส เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีความชื้นในระดับต่ำกว่าความชื้นในบรรยากาศ มีโอกาสดูดความชื้นเข้าไปโดยเฉพาะที่อุณหภูมิสูง อัตราการดูดน้ำสูงกว่าสภาวะที่อุณหภูมิต่ำ ส่วนการใช้ภาชนะบรรจุที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) แต่พบว่าปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในถุงที่มีแผ่นฟิล์มประกบ มีแนวโน้มที่ดีกว่าในการเก็บรักษาในกระป๋องที่มีฝาเปิดได้ อย่างไรก็ตามปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 90 วันหรือ 3 เดือน มีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 1.45-1.93 (รูปที่ 3) ซึ่งต่ำกว่าปริมาณความชื้นที่ทำให้แครกเกอร์สูญเสียความกรอบคือ ร้อยละ 7



รูปที่ 3 ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ถั่วดาวอินคา

4.2 ผลการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงค่า a_w ค่าสี และปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดของแครกเกอร์ถั่วดาวอินคาที่เก็บรักษาในถุงที่มีแผ่นฟิล์มประกบที่ 4 องศาเซลเซียส

ผลการประเมินคุณภาพด้านสี ค่า a_w และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน (ตารางที่ 1) พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านสีโดยแครกเกอร์ ถั่วดาวอินคามีการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ความเป็นสีแดง (a*) และความเป็นสีเหลือง (b*) แต่ไม่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่แน่นอน เนื่องจากผลการวิเคราะห์ค่า L* a* และ b* ของเดือนที่ 1, 2 และ 3 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ค่า aw ของแครกเกอร์ที่เก็บรักษาไว้ที่ 4 องศาเซลเซียสในถุงที่มีแผ่นฟิล์มประกบ ในเดือนที่ 1, 2 และ 3 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

แต่อย่างไรก็ตามปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น โดยแครกเกอร์ถั่วดาวอินคาที่เก็บรักษานาน 3 เดือน มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 1.3 - 3.08 log10 CFU/g ซึ่งผลการวิจัยมีความสอดคล้องกับรายงานการวิจัยที่ผ่านมา [14,15,16] เนื่องจากถุงที่มีแผ่นฟิล์มประกบมีคุณสมบัติในการป้องกันความชื้นการซึมผ่านของออกซิเจนและป้องกันการส่องผ่านของแสงได้ดีกว่าพลาสติกชนิดอื่น ๆ จึงใช้เป็นภาชนะบรรจุสำหรับป้องกันแสงและความชื้นในผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งจากการทดลองสภาวะการเก็บรักษาที่ดีที่สุด คือ การเก็บในบรรจุภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจนและหากจะยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้นให้เก็บที่อุณหภูมิต่ำ

ตารางที่ 1 ผลการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงค่า aw ค่าสี และปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดของแครกเกอร์ถั่วดาวอินคาที่เก็บรักษาไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส ในถุงที่มีแผ่นฟิล์มประกบ

การวิเคราะห์	ระยะเวลาในการเก็บรักษา		
	เดือนที่ 1	**เดือนที่ 2**	**เดือนที่ 3**
ค่า aw	0.45±0.04[a]	0.46±0.03[a]	0.46±0.05[a]
ค่าสี L*	72.3±3.65 [a]	73.0±3.73 [a]	72.5±3.86 [a]
a*	20.4±0.82[a]	20.3±0.90[a]	20.3±0.79[a]
b*	33.4±1.02 [a]	33.0±1.14 [a]	33.1±1.21 [a]
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (log 10 CFU/g)	1.3	2.9	3.08

6. สรุปผล

ถั่วดาวอินคาที่ผ่านการอบด้วยไมโครเวฟ มีคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมีที่เหมาะสมในการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ได้ดีกว่าถั่วดาวอินคาที่ผ่านการคั่ว สูตรพื้นฐานที่สามารถใช้แป้งถั่วดาวอินคาทดแทนเนยได้ คือ สูตรที่ 1 เนื่องจากเป็นสูตรที่ไม่มีการใช้สารเสริมและมีการใช้นมผงมาเป็นส่วนผสมทำให้มีกลิ่นหอม จึงใช้สูตรดังกล่าวเป็นสูตรพื้นฐาน และการใช้แป้งจากถั่วดาวอินคาทดแทนเนยที่ 25 % ทำให้แป้งมีความบาง กรอบ และสีสวย ไม่มีกลิ่นเหม็นเขียวของถั่วที่ผสมลงไปทดแทนเนย สำหรับผลการทดลองด้านการเก็บรักษา พบว่า ระยะเวลา 3 เดือน ที่อุณหภูมิ 4 ℃ ในถุงที่มีแผ่นฟิล์มประกบ เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สามารถรักษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของแครกเกอร์ไว้ได้ โดยยังคงมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 1-2 ซึ่งต่ำกว่าปริมาณความชื้นที่ทำให้แครกเกอร์สูญเสียความกรอบ คือ ร้อยละ 7 ส่วนผลการประเมินด้านจุลินทรีย์ของแครกเกอร์ถั่วดาวอินคา พบว่า มีจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานด้านจุลชีววิทยาของขนมกรอบจากธัญชาติ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2541) ซึ่งกำหนดให้จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม หรือ 4 log10 CFU/g จะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ที่บรรจุในถุงที่มีแผ่นฟิล์มประกบ มีอายุการเก็บไม่น้อยกว่า 3 เดือน ภายใต้บรรยากาศปกติที่อุณหภูมิ 4 ℃

อย่างไรก็ตามควรศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสในระหว่างการเก็บรักษาเพิ่มเติม เพื่อให้แน่ใจว่าผู้บริโภค ยอมรับหรือจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (กสว.): งบประมาณปกติ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2563 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัย และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ (ศาลายา) ที่สนับสนุนเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทดลอง

8. เอกสารอ้างอิง

[1] Dostert, N., Roque, J., Brokamp, G., Cano, A., & La Torre, M. (2009). Inca Peanut Botanical Data Sustainable Rural Development Program. Lima: Deutsche GTZ GmbH.

[2] Hazen, Duclos. (1980). Guidelnies for the establisment and operation of vegetable oil factors. E.E.U.U. Cornell University.

[3] Hamaker, B. R., Valles, C., Gilman, R., Hardmeier, R. M., Clark, D., Garcia, H. H.,...& Rodriguez, T. (1992). Amino acid and fatty acid profiles of the *Inca peanut* (*Plukenetia volubilis*). Cereal Chem, 69(4), 461-463.

[4] Maurer, Natalie E; Hatta, Beatriz; Pascual-chagman, Gloria & Rodriguez-saona, Luis E. (2012, September). Characterization and authentication of a novel vegetable source of omega-3 fatty acids, *Sacha Inchi (Plukenetiavolubilis L.)* oil. Food Chemistry, 134(2), 1173-1180.

[5] Boriphatmongkon, K., Jirawatkul, W., & Taweechoktiphat, N. (2011). Production and Sales of Cookie from the Riceberry Rice. M.A. Program in Business Administration. Thammasart Business School, Thammasart University. (in Thai)

[6] Nindo CI, Sun T, Wang S, Tang J & Powers J. (2003). Evaluation of drying technologies for retention of physical quality and antioxidants in asparagus (*Asparagus officinalis, L.*). LWT-Food Science and Technology, 36(5), 507-16.

[7] Thumrongchote, D., Junlaya, W., & Wongphaisanrit, R. (2005). Gluten-free bread. Bangkok: Phetpraguy.

[8] Maeban. (2009). THE BREAD BOOK. Bangkok: Maeban.

[9] Sriratanaalam, S. (2015). Square Gata Hitotsu de Kantani Oishi Chigiri Pan. Bangkok: Amarin.

[10] AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th ed., Maryland, USA.

[11] Tang, J. (2013). Physicochemical and Sensory Properties of Soy Milk from Five Soybean Line. Master of Science Thesis. University of Missuri-Columbia.

[12] Gutiérrez LF, Rosada LM & Jiménez Á. (2001). Chemical composition of *Sacha Inchi* (*Plukenetia volubilis L*.) seeds and characteristics of their lipid fraction. Grasasy aceites, 62(1), 76-83.

[13] Skerget M, Kotnit P, Hadolin M, Hras AR, Simonic M & Knez Z. (2005). Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant material and their antioxidant activity. Food Chem, 89, 191-198.

[14] Stoklosa, A.M., Lipasek, R.A., Taylor, L.S. & Mauer, L. J. (2012). Effects of storage conditions, formulation, and particle size on moisture sorption and flowability of powders: A study of deliquescent ingredient blends. Food Research International, 49, 783-791.

[15] Chittapalo, T. & Songsanandr, P. (2014). Product development of black glutinous rice crackerwith Panang flavor and its quality changes. International Food Research Journal, 21(5), 2025-2029.

[16] Areekul, V., Phongpipatpong, M., Narinsuksanti, S. & Tarchew, S. (2014). Research Report on Development of Instant Jiaogulan Tea Powder Using Spray Dryer and Its Storage Stability. King Mokut, s Institute of Technology Ladkrabang, Bankok. (in Thai)