

การพัฒนาผลิตภัณฑ์หมั่นโถวทดแทนแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวดำ

นิตยา ภูงาม¹ บัญชา ห่อทอง¹ โสริยา พูนสวัสดิ์¹ และ ญัณวลิณคล เศรษฐปราโมทย์^{2*}

¹คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

¹145 หมู่ 15 ตำบลนอกเมือง อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ 32000

²41/1 หมู่ 7 ถนนพหลโยธิน ตำบลไม้งาม อำเภอเมือง จังหวัดตาก 63000

รับบทความ 26 กรกฎาคม 2565 แก้ไขบทความ 7 มีนาคม 2566 ตอรับบทความ 5 เมษายน 2566

บทคัดย่อ

การใช้แป้งข้าวโพดข้าวเหนียวดำ (Purple waxy corn flour: PWCF) ทดแทนเพื่อปรับปรุงคุณภาพและเพิ่มคุณค่าทางสารอาหารให้กับผลิตภัณฑ์หมั่นโถว โดยทดแทน PWCF ที่อัตราส่วน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 15, 30 และ 45 เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) พบว่า ความชื้นของหมั่นโถวที่มีการเติม PWCF ทั้ง 3 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ต่างจากชุดควบคุมที่ไม่มีการเติม PWCF ($p > 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามการเติม PWCF ร้อยละ 30 ส่งผลให้ค่าการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น เท่ากับ ร้อยละ 63.24 และปริมาตรจำเพาะสูงกว่าสูตรอื่น ๆ เล็กน้อย (เท่ากับ ร้อยละ 1.85) นอกจากนี้การทดแทน PWCF ร้อยละ 30 มีผลทำให้ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น (เท่ากับ 6.08 และ 10.49 ตามลำดับ) เมื่อนำผลิตภัณฑ์หมั่นโถวทดแทน PWCF ร้อยละ 30 เก็บรักษา ณ อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม พบว่า ผลิตภัณฑ์หมั่นโถวทดแทน PWCF ร้อยละ 30 มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ เช่น ค่าความยืดหยุ่น การอุ้มน้ำ และปริมาตรจำเพาะต่ำกว่าสูตรควบคุม นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่ทดแทนด้วย PWCF ร้อยละ 30 ส่งผลให้มีปริมาณองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน เยื่อใย เถ้า และปริมาณสารแอนโทไซยานิน (ร้อยละ 3.45, 7.50, 0.61 และ 7.35 มิลลิกรัม ตามลำดับ) ซึ่งมีแนวโน้มสูงกว่าหมั่นโถวสูตรควบคุมที่มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 2.52, 6.50, 0.44 และ 0 มิลลิกรัม ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

คำสำคัญ : ผลิตภัณฑ์หมั่นโถว; แป้งข้าวโพดข้าวเหนียวดำ; แอนโทไซยานิน

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร: +668 7575 3966, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: natwalin@rmutl.ac.th

The Development of Mantou Product Supplement Purple Waxy Corn Flour

Nittaya Phungam¹ Buncha Hothong¹ Soraya Phoonsawat¹ and
Natwalinkhol Settapramote^{2*}

¹Faculty of Agriculture and Technology Rajamangala University of Technology Isan Surin Campus

²Faculty of Science and Agricultural Technology Rajamangala University of Technology Lanna Tak

¹145 Moo 15, Nok Mueang Subdistrict, Mueang District, Surin Province 32000

²41/1 moo 7 Paholayothin road , Mai Ngam , Muang, Tak, Thailand, 63000

Received 26 July 2022; Revised 7 March 2023; Accepted 5 April 2023

Abstract

The replacement of wheat flour with purple waxy corn flour (PWCF) in mantou product at three levels, 15, 30 and 45 % was compared with control (0% PWCF). The results demonstrated that the moisture contents of mantou product with varying amounts of PWCF were no significant difference but were different from control sample without PWCF ($p > 0.05$). However, the addition of 30% PWCF to mantou product resulted in an increase in water holding characteristics (63.24%) and a slightly higher specific volume than other formulas (1.85%). Additionally, 30% PWCF replacement resulted in an increase in redness (a^*) and yellowness (b^*) values (6.08 and 10.49, respectively). When the mantou products were stored at $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ for 28 days, it was found that the 30% PWCF replacement mantou product tended to change in qualities such as texture (springiness), water holding characteristics and specific volume. In addition, mantou products that were replaced with 30% PWCF and control sample were significant difference in chemical components, such as protein, fiber, ash, and anthocyanin ($p \leq 0.05$). The protein, fiber, ash, and anthocyanin contents of mantou products with 30% PWCF were 3.45 %, 7.50 %, 0.61%, and 7.35 mg, respectively which were higher than control mantou product (2.52 %, 6.50 %, 0.44 % and 0 mg, respectively).

Keywords : Mautou Product; Purple Waxy Corn Flour; Development

** Corresponding Author. Tel.: +668 7575 3966, E-mail Address: natwalin@rmutl.ac.th*

1. บทนำ

โดยทั่วไปผู้คนใช้ชีวิตแบบเร่งรีบซึ่งเวลาในแต่ละวันจะหมดไปกับการทำกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน เช่น การเรียน การทำงาน และการเดินทาง เป็นต้น ดังนั้นอาหารที่รับประทานจึงเป็นอาหารประเภทที่มีความสะดวกและรวดเร็วในการบริโภค เช่น ขนมปัง หนัมนั้เโหว แชนวิช และ คูกี้ เป็นต้น ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่ไม่ค่อยให้ความสำคัญกับการเลือกรับประทานอาหารที่เป็นประโยชน์เท่าที่ควร เนื่องจากว่ามีข้อจำกัดด้านเวลาซึ่งเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ผู้บริโภคได้รับสารอาหารที่จำเป็นไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายส่งผลให้มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่าง ๆ ได้ง่าย และหนัมนั้เโหวจัดเป็นผลิตภัณฑ์ในกลุ่มขนมประเภทหนึ่งที่ได้รับคามนิยมอีกชนิดหนึ่งที่หาซื้อได้ทั่วไปและราคาไม่แพงตามริมถนนและในร้านสะดวกซื้อ ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคที่มีเวลาจำกัดต้องการความสะดวก และรวดเร็ว [1]

หนัมนั้เโหวเป็นแป้งนึ่งก้อนกลม ๆ สีขาวนวลเนียนเป็นที่นิยมบริโภคอย่างมากในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งคนไทยนั้มาารับประทานกับชาหมี โดยมีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ แป้งสาลี น้ำตาล และ ยีสต์ ซึ่งยีสต์จะเป็นตัวที่ช่วยให้ขึ้นฟูโดยยีสต์จะหมักน้ำตาลชนิดต่าง ๆ ทั้งจากแป้งและน้ำตาลที่เติมลงไปในส่วนผสมของหนัมนั้เโหวให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และแอลกอฮอล์ทำให้เกิดกรดและเอสเทอร์มีผลทำให้เกิดโด (Dough) มีสภาพเป็นกรดอ่อนซึ่งจะทำให้กลูเตนอ่อนตัวมีลักษณะยืดหยุ่นและขยายตัวมากขึ้นสามารถเก็บกักก๊าซไว้ในโครงสร้างทำให้ผลิตภัณฑ์มีความยืดหยุ่น มีรูอากาศ และมีกลิ่นเฉพาะตัว เนื่องจากหนัมนั้เโหวมีวัตถุดิบหลัก คือ แป้งสาลีจึงเป็นเหตุให้มีคุณค่าทางโภชนาการต่ำ [2] จากรายงานวิจัยต่าง ๆ มีแนวทางเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระให้กับหนัมนั้เโหว ได้แก่ การใช้แป้งกล้วยดิบทดแทนแป้งสาลีในหนัมนั้เโหวทำให้เส้นใยและแร่ธาตุ เช่น โพรแต

สเซียม แคลเซียม และ แมกนีเซียมเพิ่มขึ้น [3] แต่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาแป้งหมัมนั้เโหวให้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น เช่น แป้งจากข้าวกล้อง พักทอง มันเทศ และเผือกมาทดแทนแป้งสาลีให้เป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภค งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการพื้ชอีกประเภทหนึ่งมาพัฒนาเป็นแป้งเพื่อนั้มาประกอบอาหาร ได้แก่ ข้าวโพดข้าวเหนียวกั้ โดยข้าวโพดชนิดนี้มีสารแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นรงควัตถุธรรมชาติในกลุ่มฟลาโวนอยด์พบในส่วนที่มีสีน้ำเงิน สีม่วง สีแดง และสีส้มของผลไม้และผักจำนวนมาก [4] ซึ่งสารประกอบแอนโทไซยานินมีความสามารถในการต้านทานสารอนุมูลอิสระได้สูงกว่าวิตามินซี ช่วยลดโอกาสการเกิดมะเร็ง ช่วยเสริมสร้างให้ร่างกายต่อต้านเชื้อโรค สมานแผล เสริมภูมิคุ้มกันได้ดี และส่งเสริมการทำงานของเม็ดเลือดแดงอีกด้วย [5] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการนำข้าวโพดเหนียวกั้มาพัฒนาเป็นแป้งเพื่อนั้มาเสริมในแป้งสาลีบางส่วนในการทำผลิตภัณฑ์หมัมนั้เโหว เพื่อเป็นการนำคุณประโยชน์ของข้าวโพดเหนียวกั้มาช้ดักกล่าวมาช้ด้นมาช่วยพัฒนาผลิตภัณฑ์หมัมนั้เโหวเพื่อให้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภคกลุ่มที่ต้องการทานหมัมนั้เโหวที่มีคุณค่าทางสารอาหารที่และเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพมากยิ่งขึ้น รวมทั้งมีการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษาหมัมนั้เโหวให้เก็บรักษาไว้รับประทานได้นานมากยิ่งขึ้น

2. แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์หมัมนั้เโหวจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมในการรับประทานกันอย่างแพร่หลาย โดยองค์ประกอบหลักของหนัมนั้เโหวจะผลิตจากแป้งสาลีเป็นหลักจึงมีผลการวิจัยด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้มีการนำแป้งชนิดต่าง ๆ ได้แก่ แป้งข้าว และแป้งธัญพืชเป็นต้นนำมาทดแทนการใช้แป้งสาลีที่ต้องมีการนำเข้ามาจากต่างประเทศ โดยการนำแป้งที่หาได้ภายในประเทศมาใช้ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในการทำผลิตภัณฑ์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุพิชญา [6] ที่มี

การทดแทนแป้งข้าวหอมนิล (Hom Nil Rice) เป็นข้าวมีสีที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ 78.09) โปรตีน (ร้อยละ 9.68) ไขมัน (ร้อยละ 3.71) โยอาหาร (ร้อยละ 4.58) มีสารประกอบฟีนอลิกในปริมาณ 588.28 มิลลิกรัม GAE/100 กรัม และสารแอนโทไซยานินเท่ากับ 65.85 มิลลิกรัม CyGE/100 กรัม แกมมา-โอริซานอล (γ -Oryzanol) แอลฟา-โทโคฟีรอล (α -Tocopherol) มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์หมั่นโถวเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการที่ได้จากองค์ประกอบทางเคมีดังที่กล่าวมาข้างต้นรวมทั้งช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวให้ดียิ่งขึ้น [6] โดยในงานวิจัยนี้มีการนำแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวกำลังมาทดแทนในผลิตภัณฑ์ ซึ่งข้าวโพดสีม่วงมีองค์ประกอบของแอนโทไซยานินที่มีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) หรือกำจัดอนุมูลอิสระ มีคุณสมบัติช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ ลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจ และลดอัตราเส้นเลือดอุดตันในสมอง นอกจากนี้ช่วยยับยั้งไม่ให้เลือดจับตัวเป็นก้อน ชะลอความเสื่อมของดวงตา ช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogen) อีโคไล (*Escherichia coli*) ในระบบทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคท้องร่วงและอาหารเป็นพิษ [7] ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิเช่นกระบวนการแช่เยือกแข็งเป็นกระบวนการเก็บรักษาอาหาร โดยช่วงอุณหภูมิที่มีการใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมคือ -18 ถึง -20 องศาเซลเซียส กระบวนการแช่เยือกแข็งใช้หลักการเปลี่ยนน้ำในอาหารให้แปรสภาพจากของเหลวที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส กลายเป็นของแข็งภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส เมื่อน้ำในอาหารซึ่งเป็นตัวกลางในการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี และจุลินทรีย์กลายเป็นของแข็งจึงหยุดการเจริญ และชะลอกระบวนการเสื่อมเสียของอาหารที่เกิดจากปฏิกิริยาข้างต้น แต่ระหว่างการแช่เยือกแข็งหรือละลายอาหาร (Freezing and Thawing) ให้กลับมาสู่ลักษณะพร้อมใช้หรือบริโภค มี

การเปลี่ยนแปลงทางเคมี และกายภาพเกิดขึ้นมากมายที่ส่งผลต่อคุณภาพของอาหาร ได้แก่ กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และสารอาหาร [8]

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วิธีการเตรียมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวเก่า

นำข้าวโพดข้าวเหนียวเก่า (โดยอายุเก็บเกี่ยว 65 วัน) มาปอกเปลือกด้วยน้ำสะอาดปาดเมล็ดข้าวโพดออกจากฝัก นำข้าวโพดที่ได้อัตราส่วนข้าวโพด:น้ำเท่ากับ 1:1 ไปต้มเปื่อยทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 24 ชั่วโมง ล้างทำความสะอาดแป้ง 4-5 ครั้ง นำแป้งไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส เวลา 8 ชั่วโมง บดแป้งข้าวโพดให้เป็นผงละเอียดและนำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช เก็บในถุงไนลอน/พีอีปิดผนึกสุญญากาศแล้วห่อด้วยถุงอะลูมิเนียมฟอยด์เก็บไว้ในที่มีดจนกว่าจะนำมาใช้งานต่อไป [9]

3.2 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวโพดเหนียวเก่าต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์หมั่นโถว

ทำการศึกษาการเสริมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวเก่า 3 ระดับ คือ ร้อยละ 15 30 และ 45 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์หมั่นโถว ได้แก่ น้ำตาลทรายขาว ผงฟู ยีสต์ เนยขาว เกลือ และ น้ำเปล่า ปริมาณ 75, 6, 30, 1 กรัม และ 138 มิลลิลิตร ตามลำดับและศึกษาคุณภาพของหมั่นโถวที่ได้เพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุด

ตารางที่ 1 แสดงอัตราส่วนการทดแทนแป้งข้าวโพดเหนียวเก่าในผลิตภัณฑ์หมั่นโถว

ส่วนผสม	อัตราส่วน (ร้อยละ)			
	0	15	30	45
แป้งสาลี	100	85	70	65
แป้งข้าวโพดข้าวเหนียวเก่า	0	15	30	45

โดยมีขั้นตอนการผลิตหมั่นโถวด้วยวิธีการนี้ ทำการร่อนแป้งกับผงฟู น้ำตาลและเกลือละลายในน้ำสะอาด แล้วผสมยีสต์เข้าด้วยกันในอ่างผสม เทส่วนผสมของเหลวลงไปนวดกับส่วนผสมของแห้ง จากนั้นนวดให้เข้ากันจนส่วนผสมไม่ติดมือ แล้วใส่เนยขาวลงไปนวดต่อจนส่วนผสมเป็นก้อนโด และพักก้อนโดไว้ประมาณ 50-60 วินาที นำมาไล่อากาศ แล้วตัดแบ่งเป็นก้อน ก้อนละ 30 กรัม คลึงให้ผิวหน้าโดเรียบเนียนพักไว้ 10 นาที นำนึ่งในน้ำเดือด 15 นาที [4] จากนั้นทำการศึกษาคุณภาพของหมั่นโถว โดยการนำหมั่นโถวที่ผ่านการนึ่งด้วยไอน้ำเป็นเวลา 5 นาที พักให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) 5 นาที ก่อนวัดคุณภาพดังต่อไปนี้

1) วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส [4] วัดค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ของหมั่นโถว ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyzer: TA. XTi/50) ทำการทดลองวิธีละ 3 ซ้ำ ใช้หัววัดรูปทรงกระบอกตันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ความเร็วในการวัด 5 มิลลิเมตร ต่อ นาที และวัดโดยโปรแกรม Texture profile analysis (TPA) (จำนวน 6 ซ้ำ)

2) วิเคราะห์ค่าสี L^* a^* และ b^*

นำตัวอย่างหมั่นโถวมาวิเคราะห์ค่าสีโดยใช้เครื่อง Colorimeter รุ่น WR-10 ใช้ระบบ CIE $L^*a^*b^*$ โดยค่า L^* หมายถึง ค่าความสว่าง ค่า a^* หมายถึง ค่าของสีแดง (+) และสีเขียว (-) และค่า b^* หมายถึง ค่าของสีเหลือง (+) และสีน้ำเงิน (-) (จำนวน 6 ซ้ำ)

3) ปริมาตรจำเพาะ (Specific volume)

ปริมาตรจำเพาะ (specific volume) โดยวิธี Rapeseed displacement ใช้ถั่วเขียวในการแทนที่ ดัดแปลงตามวิธีการของ มอก. (374-2534)

4) วัดปริมาณน้ำอิสระ (Water activity: a_w)

วัดปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่อง Water Activity (ยี่ห้อ AGUA LAB Series 3 TE) บรรจุหมั่นโถวไม่น้อยกว่าครึ่งลงในภาชนะใส่ตัวอย่าง และนำตัวอย่างลงในช่องสำหรับใส่ตัวอย่างปิดฝาเครื่องหมั่นโถวเพื่ออ่านค่ารอ

จนเครื่องทำงานเสร็จจะมีเสียงเตือนจากนั้นจดบันทึกค่าที่ได้ (จำนวน 6 ซ้ำ)

5) วิเคราะห์ปริมาณความชื้น [10]

ชั่งน้ำหนักหมั่นโถว 3 กรัม กระป๋องอลูมิเนียมที่อบและชั่งน้ำหนักไว้แล้ว นำไปอบในตู้อบลมร้อน (ยี่ห้อ Binder) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 30 นาที แล้วชั่งน้ำหนักจากนั้นนำเข้าอบ 1 ชั่วโมงจนน้ำหนักคงที่ (ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน ร้อยละ 0.1) นำไปคำนวณหาปริมาณความชื้น (จำนวน 6 ซ้ำ)

6) ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water Holding Capacity: WHC) [11]

ชั่งน้ำหนักหมั่นโถว 15 กรัม ใส่ในหลอดเซนตริฟิวส์ นำไปให้ความร้อนในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 14 นาที ทำตัวอย่างให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปเซนตริฟิวส์ที่ 9000 รอบต่อนาที นาน 20 นาที ชั่งน้ำหนักส่วนของเหลว และส่วนเนื้อที่เหลือจากการเซนตริฟิวส์คำนวณความสามารถในการอุ้มน้ำ ดังสมการนี้

ความสามารถในการอุ้มน้ำ (ร้อยละ)

$$= (\text{น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)} - \text{น้ำหนักหลัง (กรัม)}) \times 100$$

3.3 การศึกษาอายุการเก็บรักษาของหมั่นโถวเสริมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียว

นำหมั่นโถวที่ผ่านการคัดเลือกจากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวโพดเหนียวมาต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์หมั่นโถว มาบรรจุในถุงไนลอน/พีอี จากนั้นปิดผนึกจากนั้นนำไปเก็บรักษา ณ อุณหภูมิ - 18 องศาเซลเซียส เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 1 เดือน จากนั้นสุ่มตัวอย่างทุก 7 วัน (0, 7, 14, 21 และ 28 วัน) และนำมาวิเคราะห์คุณภาพต่าง ๆ ได้แก่ วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส ค่าสี L^* a^* และ b^* ปริมาตรจำเพาะ (Specific volume) และปริมาณน้ำอิสระ (จำนวน 6 ซ้ำ)

3.4 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์หมักโถวเสริมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวดำ โดยนำผลิตภัณฑ์หมักโถวที่ผ่านการคัดเลือกมาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีดังต่อไปนี้

- 1) วิเคราะห์ปริมาณความชื้น [10]
- 2) วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน โดยวิธี Kjeldahl [10]
- 3) วิเคราะห์ปริมาณไขมัน โดยวิธี Soxhlet (Soxhlet system) [10]
- 4) วิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย [10]
- 5) วิเคราะห์ปริมาณเถ้า [10]
- 6) วิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต
- 7) วิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานิน

การวิเคราะห์เริ่มจากเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ pH 1 (KCl-HCl buffer) และ pH 4.5 (CH_3COONa -HCl) จากนั้นปเปตสารสกัดที่ความเข้มข้น 0.1 mg/ml ปริมาตร 0.3 ml ลงในสารละลาย pH บัฟเฟอร์ปริมาตร 2.7 ml ผสมให้เข้ากัน และทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงในสารละลาย pH 1 และ pH 4.5 ที่ความยาวคลื่น 510 และ 700 nm และนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (TA) [12]

3.5 วิเคราะห์ทางสถิติ

การศึกษาคุณภาพทางกายภาพ และการศึกษาอายุการเก็บรักษาของหมักโถวเสริมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวดำเปรียบเทียบคุณภาพของตัวอย่างและชุดควบคุมด้วยสถิติ จากการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) วิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance ANOVA) และหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple's Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 ($p \leq 0.05$)

4. ผลการศึกษา

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์หมักโถวทดแทนแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวดำอัตราส่วน ร้อยละ 0, 15, 30 และ 45 พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวดำจะส่งผลให้หมักโถวมีค่าความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น (6.46, 6.82, 9.05 และ 10.22 นิวตัน ตามลำดับ) ($p \leq 0.05$) ค่า a_w ของผลิตภัณฑ์หมักโถวทุกสิ่งทดลองมีค่าสูง (0.94, 0.96, 0.96 และ 0.96 ตามลำดับ) ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ค่าความชื้นสูตรทดแทน ทั้ง 3 สูตรเท่ากับ ร้อยละ 33.09, 33.36 และ 33.77 ตามลำดับ ($p > 0.05$) และการวิเคราะห์การอุ้มน้ำของหมักโถวพบว่า การทดแทน PWCF ร้อยละ 30 เท่ากับ 63.24 ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับปริมาตรจำเพาะของผลิตภัณฑ์หมักโถวแสดงให้เห็นว่าสูตรทดแทน PWCF ร้อยละ 30 มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 1.85 จากการวิเคราะห์ค่าความสว่าง (L^*) แสดงให้เห็นว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวดำมากขึ้นจะส่งผลให้ค่า L^* ของหมักโถว มีค่าลดลง เท่ากับ 74.73, 56.62, 51.61 และ 44.63 ตามลำดับ และค่าความเป็นสีแดง (a^*) พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวดำมากขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์หมักโถวมีค่า a^* เพิ่มขึ้น (0.76, 3.73, 6.08 และ 6.34 ตามลำดับ) ทั้งนี้ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) พบว่า มีแนวโน้มลดลง (3.39, 5.53, 10.49 และ 6.62 ตามลำดับ) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 2 และ 3) จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์หมักโถวที่ทดแทน PWCF ร้อยละ 30 มีปริมาณการอุ้มน้ำ และปริมาตรจำเพาะ ที่มีค่าเหมาะสมที่สุดที่ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์หมักโถวมีคุณภาพดีสามารถนำไปศึกษาคุณภาพด้านอื่น ๆ ต่อไปได้ เนื่องจากในอัตราส่วนการทดแทน PWCF ร้อยละ 30 มีปริมาตรจำเพาะที่สูงกว่าสูตรและลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้แสดงในรูปที่ 1

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาคุณลักษณะทางเคมี-กายภาพของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวทอดแทนแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวเก่า

ประเมินคุณภาพ	ปริมาณแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวเก่า (ร้อยละ)			
	0	15	30	45
ความยืดหยุ่น (นิวตัน)	6.46±0.41 ^c	6.82±0.98 ^c	9.05±0.60 ^b	10.22±0.39 ^a
a_w^{ns}	0.94±0.01	0.96±0.01	0.96±0.01	0.96±0.01
ความชื้น (ร้อยละ)	34.12±0.50 ^a	33.09±0.42 ^b	33.36±1.53 ^b	33.77±0.65 ^b
การร่อนน้ำ (ร้อยละ)	52.59±5.07 ^c	50.95±9.73 ^d	63.24±3.93 ^a	56.93±3.24 ^b
ปริมาตรจำเพาะ (ร้อยละ)	1.39± 0.40 ^b	1.42± 0.34 ^b	1.85± 0.27 ^a	1.10± 0.17 ^c

หมายเหตุ : a, b, c, d อักษรที่แถวเดียวกันแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$); อักษร ^{ns} แถวเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 3 ผลการศึกษาค่าสี L^* , a^* และ b^* ของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวเสริมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวเก่า

ค่าสี	ปริมาณแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวเก่า (%)			
	0	15	30	45
L^*	74.73±2.49 ^a	56.62±3.64 ^b	51.61±6.46 ^b	44.63±4.23 ^c
a^*	0.76±0.23 ^c	3.73±0.67 ^b	6.08±1.44 ^a	6.34±1.46 ^a
b^*	3.39±1.00 ^d	5.53±1.15 ^c	10.49±1.32 ^a	6.62±0.82 ^b

หมายเหตุ : a, b, c, d อักษรแถวเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



หมั่นโถวสูตรควบคุม

หมั่นโถวสูตรทดแทน
PWCF
ร้อยละ 30

รูปที่ 1 ลักษณะของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) และผลิตภัณฑ์หมั่นโถวทดแทนแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวเก่า ร้อยละ 30

จากการศึกษาคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส (ความยืดหยุ่น) ของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) และหมั่นโถวทดแทน PWCF ร้อยละ 30 ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0, 7, 14, 21 และ 28 วัน ณ อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นค่าความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวทั้ง 2 สูตร มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0-28 วัน ผลิตภัณฑ์หมั่นโถวสูตรทดแทน PWCF ร้อยละ 30 มีค่าความยืดหยุ่นสูงกว่า (เท่ากับ 6.38-8.97 นิวตัน) สูตรควบคุมที่มีค่าเท่ากับ 6.09-7.29 นิวตัน และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ค่ายืดหยุ่น (Springiness) ของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวทดแทนแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวเก่า ร้อยละ 30 และหมั่นโถวสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0, 7, 14, 21 และ 28 วัน ณ อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)	ค่ายืดหยุ่น (Springiness; นิวตัน)	
	ร้อยละ 0	ร้อยละ 30
0*	6.09±0.34	6.38±0.46
7*	6.39±0.32	6.97±1.26
14*	7.29±0.11	8.97±0.79
21*	10.32±0.46	10.09±0.42
28*	11.78±0.52	11.15±0.41

หมายเหตุ : * อักษรแถวเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณการอุ้มน้ำ และปริมาตรจำเพาะ ของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) และหมั่นโถวทดแทน PWCF ร้อยละ 30 ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0, 7, 14, 21 และ 28 วัน ณ อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่า เมื่อเก็บรักษานานขึ้นปริมาณการอุ้มน้ำของหมั่นโถวทั้ง 2 สูตร มีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เมื่อเก็บรักษาหมั่นโถวเสริม แป้ง PWCF ร้อยละ 30 เป็นเวลา 7-28 วัน มีปริมาณการอุ้มน้ำสูงกว่า (เท่ากับ ร้อยละ 59.50, 56.78, 49.84 และ 39.64 ตามลำดับ) สูตรควบคุม (เท่ากับ ร้อยละ 58.64, 54.34, 45.36 และ 38.34 ตามลำดับ) ($p<0.05$) สอดคล้องกับการวิเคราะห์ปริมาตรจำเพาะที่เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นทำให้ปริมาตรจำเพาะของหมั่นโถวทั้ง 2 สูตร มีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกัน เมื่อพิจารณาจากผลการศึกษาจะเห็นว่าหมั่นโถวสูตรควบคุมในช่วงการเก็บรักษาวันที่ 0-21 วัน มีปริมาตรจำเพาะสูงกว่า (เท่ากับ ร้อยละ 4.16, 3.56, 3.73, 2.46 และ 1.36) สูตรหมั่นโถวทดแทน PWCF ร้อยละ 30 (เท่ากับ ร้อยละ 1.74, 1.65, 1.50, 1.36 และ 1.16) เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาตรจำเพาะของหมั่นโถวในแต่ละวันแสดงให้เห็นว่าหมั่นโถวทดแทน PWCF ร้อยละ 30 มีแนวโน้มลดลงน้อยกว่าสูตรควบคุม ($p\leq 0.05$) (ตารางที่ 5 และ 6)

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวเสริมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำ ร้อยละ 30 และหมั่นโถวสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0, 7, 14, 21 และ 28 วัน ณ อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณการอุ้มน้ำ (ร้อยละ)	
	ร้อยละ 0	ร้อยละ 30
0*	68.34±3.17	63.34±4.97
7*	58.64±1.97	59.50±8.40
14*	54.34±6.03	56.78±5.16
21*	45.36±5.36	49.84±7.18
28*	38.34±6.31	39.64±6.18

หมายเหตุ : * อักษรแถวเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ปริมาตรจำเพาะของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวเสริมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำ ร้อยละ 30 และหมั่นโถวสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0, 7, 14, 21 และ 28 วัน ณ อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)	ปริมาตรจำเพาะ (ร้อยละ)	
	ร้อยละ 0	ร้อยละ 30
0*	4.16±0.12	1.74±0.28
7*	3.56±0.23	1.65±0.19
14*	3.73±0.11	1.50±0.31
21*	2.46±0.24	1.36±0.12
28 ^{ns}	1.36±0.31	1.16±0.22

หมายเหตุ : * อักษรแถวเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$); อักษร ^{ns} แสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ และค่าความชื้น (ร้อยละ) ของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) และหมั่นโถวทดแทน PWCF (ร้อยละ 30) เก็บรักษาเป็นเวลา 0, 7, 14, 21 และ 28 วัน ณ อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส พบว่า เมื่อเก็บรักษานานขึ้นส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยปริมาณน้ำอิสระของทั้ง 2 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 0.96-0.98 ตามลำดับ และค่าความชื้นของหมั่นโถวทั้ง 2 สูตร มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา พบว่าหมั่นโถวสูตรควบคุม เท่ากับ ร้อยละ 33.19 34.89 34.51 34.36 และ 35.26 และหมั่นโถวทดแทน PWCF ร้อยละ 30 เท่ากับ ร้อยละ 34.02, 34.29, 33.87, 34.89 และ 35.19 ตามลำดับ แสดงในตารางที่ 7 และ 8

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใยคาร์โบไฮเดรต และแอนโทไซยานิน ตามลำดับ ของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวเสริมแป้ง PWCF ร้อยละ 30 และหมั่นโถวสูตรควบคุม

(ร้อยละ 0) พบว่า หมันโกลเสริมแป้ง PWCF ร้อยละ 30 มีปริมาณโปรตีน เยื่อใย เถ้า และสารแอนโทไซยานินสูงกว่า (ร้อยละ 3.45, 7.50, 0.61 และ 7.35 มิลลิกรัม ตามลำดับ) หมันโกลสูตรควบคุม ที่มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 2.52, 6.50, 0.44 และ 0 มิลลิกรัม ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของผลิตภัณฑ์หมันโกลทดแทนแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวกล้า ร้อยละ 30 และหมันโกลสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0, 7, 14, 21 และ 28 วัน ณ อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)	ค่า a_w ^{ns}	
	ร้อยละ 0	ร้อยละ 30
0	0.96±0.01	0.96±0.01
7	0.96±0.00	0.97±0.00
14	0.97±0.02	0.97±0.00
21	0.97±0.00	0.98±0.02
28	0.98±0.00	0.98±0.00

หมายเหตุ : อักษร ^{ns} แสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้น (ร้อยละ) ของผลิตภัณฑ์หมันโกลเสริมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวกล้า ร้อยละ 30 และหมันโกลสูตรควบคุม (ร้อยละ 0) ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0, 7, 14, 21 และ 28 วัน ณ อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)	ค่าความชื้น (ร้อยละ)	
	ร้อยละ 0	ร้อยละ 30
0*	33.19±0.58	34.02±1.05
7*	34.89±0.28	34.29±0.73
14*	34.51±0.23	33.87±0.47
21*	34.36±0.26	34.89±0.78
28 ^{ns}	35.26±0.13	35.19±0.26

หมายเหตุ : อักษร * ในแถวเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$); อักษร ^{ns} ในแถวเดียวกันแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 9 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์หมันโกลเสริมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวกล้า ร้อยละ 30 และหมันโกลสูตรควบคุม (ร้อยละ 0)

องค์ประกอบทางเคมี	อัตราส่วน	
	ร้อยละ 0	ร้อยละ 30
ความชื้น (ร้อยละ)*	37.28±0.85	36.30±0.20
ไขมัน (ร้อยละ)*	5.84±0.03	3.70±0.18
โปรตีน (ร้อยละ)*	2.52±2.18	3.45±0.35
เยื่อใย (ร้อยละ)*	6.50±1.52	7.50±1.69
เถ้า (ร้อยละ)๕	0.44±0.02	0.61±0.02
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)*	47.42±0.03	48.44±0.01
ปริมาณสารแอนโทไซยานิน (มิลลิกรัม CyGE/100 กรัม)*	0±0.05	7.35±0.52

หมายเหตุ : * อักษรที่แนวนอน ที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ค่าความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์หมันโกลเสริมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวกล้าที่มีค่าสูงกว่าสูตรควบคุม เนื่องจากแป้งข้าวโพดมีคุณสมบัติมีความเหนียว ยืดหยุ่น และคืนตัวได้ช้า [13] เมื่อนำมาใช้งานร่วมกันกับแป้งสาลีที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน คือ เพิ่มความหนืด ความยืดหยุ่น และทำให้เกิดเจลในอาหารที่แข็งแรง โดยเมตแป้งเมื่อได้รับความร้อนจะดูดซึมน้ำและพองตัวขึ้นทำให้เมตแป้งเคลื่อนที่ยากจนเกิดความหนืดขึ้น แต่แป้งข้าวโพดจะยังมีความยืดหยุ่นจึงทำให้ผลิตภัณฑ์หมันโกลที่ได้มีลักษณะความยืดหยุ่นที่เหนียว นุ่มกว่าการใช้แป้งสาลีชนิดเดียว [14] และจากการวิเคราะห์ค่า a_w ความชื้น และปริมาณจำเพาะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากแป้งข้าวโพดเมื่อเติมเข้าไปในผลิตภัณฑ์แล้วจะเกิดการดูดซับน้ำเข้าไปภายในโครงสร้างและเกิดการอุ้มน้ำไว้ เมื่อมีการให้ความร้อนด้วยวิธีการนึ่งแบ่งจะเกิดเจลภายหลังจากทิ้งให้เย็นตัวลงแบ่งจะมีการจัดเรียงตัว

ใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลเกิดเป็นร่างแหสามมิติโครงสร้างใหม่ที่สามารถอุ้มน้ำและไม่มีการดูดซับน้ำเข้ามาอีกและเกิดลักษณะคล้ายฟิล์มหรือผลึกและมีลักษณะการเรียงตัวของโครงสร้างแน่นมากยิ่งขึ้นจึงทำให้สามารถเก็บความชื้น หรือน้ำไว้ภายในโครงสร้างได้มากจึงทำให้ค่า a_w และความชื้นมีค่าใกล้เคียงกับสูตรควบคุม [15]

ผลการศึกษาค่า L^* , a^* และ b^* ของหมั่นโถวเสริมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก้ามี่ค่าความสว่าง (L^*) ที่ต่ำมีค่าความเป็นสีแดง (a^*) และมีค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ขึ้นตามปริมาณแป้งที่เสริมเข้าไป เนื่องจากแป้งข้าวโพดมีองค์ประกอบของสารสีกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่มีสีม่วงแดงจึงทำให้เมื่อมีการเติมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวกำลังไปในหมั่นโถวส่งผลให้มีค่าความสว่างลดลง และสีของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเป็นสีแดง หรือ ม่วง เป็นต้น ยิ่งเติมมากเท่าไรสีของผลิตภัณฑ์จะเข้มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด [16] เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์หมั่นโถวทั้ง 2 สูตร มีแนวโน้มของค่าความยืดหยุ่นเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากบวนการนึ่งหมัโถวให้สุกประมาณร้อยละ 80 เป็นการพรีเจลาติไนซ์ของแป้งสาลีและแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก้ามี่ ซึ่งสามารถยับยั้งการเกิดรีโทรกราเดชันในเจลาแป้งทำให้ผลิตภัณฑ์หมั่นโถวมีความคงตัวในการแช่เยือกแข็ง เนื่องจากกระบวนการเจลาติไนซ์ทำให้โครงสร้างของแป้งอ่อนตัว และช่วยเสริมให้พันธะไฮโดรเจนที่ยึดโครงสร้างของเม็ดแป้งมีความแข็งแรงสามารถต้านทานต่อสภาวะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เช่น อุณหภูมิต่ำได้ จึงทำให้แป้งมีการคืนตัวที่ดีช่วยคงลักษณะทางกายภาพเคมีของผลิตภัณฑ์ได้ [17] ดังนั้นเมื่อนำมาทำการเก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส จึงยังคงมีความยืดหยุ่นและเหนียวนุ่ม รวมทั้งยังเก็บรักษาได้นานมากยิ่งขึ้นเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ จากการวิเคราะห์ค่าการอุ้มน้ำ และปริมาตรจำเพาะ ของผลิตภัณฑ์หมั่นโถวที่เมื่อระยะเวลาผ่านไปจะมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ

-18 องศาเซลเซียส จะทำให้โครงสร้างของแป้งจะเกิดกระบวนการรีโทรกราเดชันจากนั้นแป้งจะมีการจัดเรียงตัวกันใหม่ ซึ่งจะมีการจัดเรียงตัวแบบเป็นสัณฐานที่เป็นรูปร่าง ดังนั้นจึงทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำ และปริมาตรจำเพาะมีค่าลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ [18] จากการวิเคราะห์ค่า a_w และความชื้นของสูตรควบคุม และทดแทน PWCF ร้อยละ 30 ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากแป้งข้าวโพดเมื่อเติมเข้าไปในผลิตภัณฑ์แล้วจะเกิดการดูดซับน้ำเข้าไปภายในโครงสร้างและเกิดการอุ้มน้ำไว้ เมื่อมีการให้ความร้อนด้วยวิธีการนึ่งแป้งจะเกิดเจลภายหลังจากทิ้งให้เย็นตัวลง แป้งจะมีการจัดเรียงตัวใหม่และมีการแพ็คตัวกันแน่นมากยิ่งขึ้นจึงทำให้สามารถเก็บความชื้นหรือน้ำไว้ภายในโครงสร้างได้มากจึงทำให้ค่า a_w และความชื้นมีค่าใกล้เคียงกับสูตรควบคุม [2]

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหมั่นโถวทดแทน PWCF ร้อยละ 30 พบว่า มีปริมาณโปรตีนเยื่อใย เถ้า และสารแอนโทไซยานินสูงกว่า เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก้ามี่มีคุณค่าทางสารอาหารสูง ซึ่งประกอบไปด้วย โปรตีนเยื่อใย เถ้า และสารสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารแอนโทไซยานินที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ [16] จึงทำให้เมื่อนำมาเติมภายในผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางสารอาหารเพิ่มขึ้นมากกว่าหมั่นโถวที่มีแค่ส่วนประกอบของแป้งสาลีเป็นหลักอย่างเดียว

5. สรุปผล

การใช้แป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก้ามี่ปริมาณร้อยละ 30 เป็นสูตรดีและผ่านการคัดเลือก เนื่องจากมีค่าการอุ้มน้ำอยู่ในระดับที่สูงกว่าหมั่นโถวสูตรอื่น ๆ การอุ้มน้ำเป็นคุณลักษณะที่บ่งชี้ถึงผลิตภัณฑ์ที่ภายหลังการเก็บรักษายังสามารถกักเก็บน้ำไว้ภายในโครงสร้างอาหารได้จึงทำให้หมั่นโถวที่ได้มีความชุ่มฉ่ำไม่แห้ง และมีปริมาตรจำเพาะที่สูงกว่าสูตรอื่น ๆ จึงทำให้หมั่นโถวมีความนุ่ม

และขยายตัวกว่าหมั่นโถวสูตรอื่น ๆ จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าหมั่นโถวสูตรควบคุม เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการคัดเลือกเก็บรักษา ณ อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน ส่งผลให้มีคุณภาพที่ดีตลอดจนอายุการเก็บรักษา ดังนั้นหมั่นโถวมีการใช้แป้งข้าวโพดข้าวเหนียวกำลังมีลักษณะที่ดึงดูดใจผู้บริโภคเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภค และช่วยเพิ่มมูลค่าทางการตลาดให้กับวัตถุดิบทางการเกษตรได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการในการทำารทดลองในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] J. Singthong, "Development of healthy bread product from sunchoke (*Helianthus tuberosus* L.) flour," *Journal of Science and Technology Ubon Ratchathani University*, Vol. 21, no. 1, pp. 71-83, January- April. 2019.
- [2] H. Wiangwalai and K. Phuwong, "Effect of red bean flour substituted for wheat flour on physicochemical properties and free radical scavenging activities in steamed bun (Mantou)," *Thai Journal of Science and Technology*, Vol. 7, no. 5, pp. 534-545, April. 2018.
- [3] C. Pakwan, W. Chareemuy and S. Phothiset, "Using banana flour instead of wheat flour in mantou (Research report)," Bachelor's degree dissertation, Dept. Food Technology., Kasetsart University Chaloeem Phrakiat Campus, Thailand, 2018.
- [4] B. Sopa, S. Fudsiri, C. Jitlaka and S. Jantapirak, "Enrich anthocyanin sweet purple corn ice cream," *Agricultural Science Journal*, Vol. 50, no. 2 (Suppl.), pp. 57-60, September-December. 2019.
- [5] T. Rithmanee and A. Phonpannawit, "Anthocyanin encapsulation from purple corn cob by spray Drying," *EAU Heritage Journal Science and Technology*, Vol. 12, no. 2, pp. 169-180, September-December. 2018.
- [6] Khumkhom, S. "Substitution of wheat flour with Hom Nil rice flour affects physicochemical characteristics, antioxidant activities, and sensory acceptance of Chinese steamed bread (Mantou)," *RMUTP Research Journal*, Vol. 14, pp. 135-151. July-December. 2020.
- [7] T. Rongsuphan and S. Kajorncheappunngam, "Anthocyanin content, antibacterial activity and antioxidant capacity of purple corn cob extract via ultrasonic extraction" *Research Journal Phranakhon Rajabhat (Science and Technology)*, Vol. 14, no. 1, pp. 47-61. January-June. 2019.
- [8] P. Srisorn, P. Boontaganon, A. Sopanangkul and Y. Terapatponchai, "Effect of frozen storage on quality of chormuang dough contains pregelatinized Hom Nil flour," *Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University*, Vol. 22, no. 3, pp. 92-102. September- December. 2019.
- [9] A. Wongwai and A. Niyomram, (2019). "The development of vintnamese rice noodle

- from purple waxy corn flour (Report),” Bachelor's degree dissertation, Dept. Food Technology, Rajamangala University of Technology Isan Surin Campus, Thailand, 2019.
- [10] AOAC, *Official Method of Analysis of AOAC International*. 18th ed. Virginia: Arlington, 2005.
- [11] T. Juntachote, “Influence of carrageenan addition on physico-chemical and sensory properties of low-fat chicken sausages,” *Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok*, Vol. 28, no. 3, pp. 605-616, January- April. 2018.
- [12] Y. Shao, F. Xu, X. Sun, J. Bao and T. Beta, “Identification and quantification of phenolic acid and anthocyanin as antioxidant in bran, embryo and endosperm of white, red and black rice kernels (*Oryza sativa* L.),” *Journal of Cereal Science*, Vol. 59, no. 2, pp. 211-218, September-December. 2014.
- [13] R. B. Klosgen, A. Gierl, Z. Schwarz-Sommer and H. Saedler, “Molecular analysis of the waxy locus of *Zea mays*,” *Molecular and general Genetics*, Vol. 203, pp. 237-244. March. 1986.
- [14] S. Sisang, “Properties of starch affecting the processing of aquatic products,” Bachelor's degree dissertation, Dept. Fisheries, Aquatic Industry Technology Research and Development Division, Thailand, 2019.
- [15] N. Limsanguan, C. Jarunuch, W. Suthes, P. Srichayech, and K. Puntabutr, “Study of physical and chemical properties of modified corn grit flour by extrusion process,” *Journal of Science and Technology*, Vol. 26, no. 4, pp. 563-574. March-April. 2009.
- [16] A. Wongwai, A. Niyomram, N. Phungarm, N. Sethapramote, and W. Utto, “Effect of purple waxy corn flour on Quality of Kuay Jub Ubon Noodle Products (Research report),” Bachelor's degree dissertation, Dept. Food Technology, Rajamangala University of Technology Isan Surin Campus, Thailand, 2021.
- [17] P. Srisorn, P. Boontaganon, A. Sopanangkul, and Y. Terapatponchai, “Effect of frozen storage on quality of chormuang dough contains pregelatinized hom nil flour,” *RMUTSB Academic Journal (Humanities and Social Sciences)*, Vol. 8, no. 2, pp. 199-214. January-June. 2020.
- [18] J. Ratseewo, F. Warren and S. Siriamornpun, “The influence of starch structure and anthocyanin content on the digestibility of Thai pigmented rice,” *Food Chemistry*, Vol. 298, pp. 124-149. January-June. 2019.