ผลของแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บอุบล

An Effect of Purple Waxy Corn Flour on Ubon Noodle-Product Attributes

อัตรพร นิยมรัมย์[1] อัมพิการ์ ว่องไวย์[1] นิตยา ภูงาม[1,*] ณัฏวลิณคล เศรษฐปราโมทย์[1] และวีรเวทย์ อุทโธ[2]

[1]อุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

[2]อุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

Attaporn Niyomram[1] Ampika Wongwai[1] Nittaya Phungam[1,*] Natwalinkhol Settapramote[1] and Weerawate Utto[2]

[1]Faculty of Agriculture and Technology Rajamangala University of Technology Isan, Surin campus

[2]Faculty of Agriculture Ubon Ratchathani University

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์คุณภาพและเคมีฟิสิกส์ของผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บอุบลที่เสริมด้วยแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำที่ระดับ 0, 5, 10 และ15% จากการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส สูตรที่ได้รับการยอมรับ คือ สูตรทดแทนที่ 10% ซึ่งมีคะแนนทางด้านเนื้อสัมผัส (ความเหนียว) และความชอบโดยรวมในระดับสูง (7.20 และ7.37 ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบสูตรที่ระดับ 5 และ 15% และมีค่าใกล้เคียงกับสูตรควบคุม (Control) การศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของเส้นกวยจั๊บอุบลเสริมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำที่ระดับ 10% เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (Control) พบว่าเส้นกวยจั๊บอุบลทั้ง 2 สูตร ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ของค่าความชื้น (2.51 และ 2.30% ตามลำดับ) และค่า Water activity (a_w) (0.68 และ 0.79 ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาค่าแรงดึงสูงสุดของเส้นกวยจั๊บ แสดงให้เห็นว่าสูตรเสริมแป้งข้าวโพด 10% มีค่าสูงกว่า (11.06 N) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (9.24 N) การเสริมแป้งข้าวโพดส่งผลให้มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า อมิโลสสารประกอบฟีนอลิก สารต้านอนุมูลอิสระ และแอนโทไซยานิน มีแนวโน้มสูงกว่าสูตรควบคุม (3.40, 1.83, 1.20, 18.99%, 18.04 mgGAE/100 g, 31.70 mg/mL และ 44.37 mg ตามลำดับ) ดังนั้นจึงเหมาะในการเสริมคุณค่าทางสารอาหารให้กับผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บอุบลเพื่อทดแทนสูตรดั้งเดิมที่ผู้บริโภคจะได้สารอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตเป็นหลัก

คำสำคัญ: เส้นกวยจั๊บอุบล แป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำ สารต้านอนุมูลอิสระ สารแอนโทไซยานิน

Abstract

This study aims to analyze the quality and physicochemical properties of the Ubon noodle-products supplemented with purple waxy corn flour (0, 5, 10, and 15%). The results of sensory assessments showed that the ingredient consisted of purple waxy corn flour (10%) was acceptable and gained the high score of texture (toughness) and overall preference (7.20 and 7.37, respectively), compared to the ingredient consisted of purple waxy corn flour (5 and 15%) and closely similar to the results of the control group. The study of physical attributes showed that the moisture content of Ubon noodle-product supplemented with purple waxy corn flour (10%) and the control group noodle were 2.51 and 2.30%, respectively, while water activity (a_w) was 0.68 and 0.79, respectively, and that was a non-significant difference ($p<0.05$). The considering of noodle-product maximum tensile value showed that the ingredient with corn flour supplement (10%) made the higher maximum tensile value (11.06 N) compared to the control group (9.24 N). The corn flour supplement made the quantities of protein, fat, ash, amylose, phenolic compound, antioxidant, and anthocyanin higher (3.40, 1.83, 1.20, 18.99%, 18.04 mgGAE/100 g, 31.70 mg/mL, and 44.37 mg, respectively). Therefore, it is suitable to add nutritional ingredients to Ubon noodle-products, to improve the traditional ingredients that make the consumers obtain mainly high-carbohydrate nutrients.

Keywords: Ubon noodle-products, purple waxy corn flour, antioxidant activity, anthocyanin

*** ผู้ประสานงาน (Corresponding Author)**
อาจารย์ ดร.นิตยา ภูงาม
E-mail: parnparn.302@gmail.com

บทนำ

กวยจั๊บอุบลเป็นอาหารพื้นเมืองที่มีการผลิตและบริโภคในจังหวัดอุบลราชธานี เป็นอาหารที่ได้รับความนิยมมากของบุคคลทั่วไป (จิตรา, 2555) เนื่องจากหาซื้อได้ง่ายสะดวกต่อการรับประทานถือได้ว่าเป็นอาหารที่สามารถรับประทานทดแทนข้าวที่เป็นอาหารหลักได้ (การะเวก, 2551) ซึ่งเส้นกวยจั๊บในปัจจุบันส่วนมากแปรรูปจากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง โดยวิธีการทำนำแป้งมาผสมกับน้ำต้มเดือด แล้วนำไปนึ่งให้สุก แผ่เป็นแผ่นบาง ๆ ตัดเป็นเส้นให้มีความยาวเหมาะสมแล้วนำไปอบแห้ง เมื่อนำไปลวกน้ำร้อนจะได้เส้นกวยจั๊บที่มีลักษณะนิ่มอ่อนตัวและเส้นเหนียวนุ่ม (จิตรา, 2560) ปัจจุบันเส้นกวยจั๊บมีการประยุกต์ใช้แป้งที่เป็นวัตถุดิบจากธรรมชาติมาใช้ในการพัฒนาเป็นเส้นกวยจั๊บกันอย่างแพร่หลายไม่ว่าจะเป็นแป้งจากข้าวพื้นเมืองหรือแป้งมันชนิดต่าง ๆ (จิตรา, 2556; Jarnsuwan and Thongngam, 2011)

ข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำ (*Zea mays* L.) เป็นธัญพืชที่สำคัญที่สุดของโลก (Boukaew, Prasertsan and Sattayasamitsathit, 2017) การนำแป้งข้าวโพดมาพัฒนาเป็นอาหาร เป็นการใช้ประโยชน์และเป็นการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์จากข้าวโพดให้มีราคาเพิ่มสูงขึ้น ข้าวโพดข้าวเหนียวหรือข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำ เป็นข้าวโพดพื้นบ้านทางล้านนาและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มีคุณสมบัติเฉพาะตัว คือ มีสีม่วงดำทั้งลำต้นและเมล็ด รสชาติหวาน กลิ่นหอม มีทั้งความมัน ความเหนียว มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบไปด้วย คาร์โบไฮเดรต เส้นใยอาหาร วิตามิน แร่ธาตุ มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายหลายชนิด (CRA, 2006; Gopalan, Rama Sastri, and Balasubramanian, 2007; Shah, Prasad, and Kumar, 2015) นอกจากนี้ยังมี วิตามินบี3 วิตามินอี กรดไขมันโอเมกา-6 กรดไขมันโอเมกา-9 (Yang et al., 2009) รวมทั้งยังมีสารพฤกษเคมีหลายกลุ่ม แคโรทีนอยด์ ไฟโตรสตีรอยด์ (Jiang and Wang, 2005; Kopsell et al., 2009; Lopez-Martinez et al., 2009) สารฟีนอลิก (Saerpoua et al., 2013) สารแอนโทไซยานิน (Romas-Eseudero et al., 2012; Yang and Zhai, 2011) มีคุณสมบัติในการต่อต้านอนุมูลอิสระ (Kim et al., 2022) มีฤทธิ์ต้านจุลชีพและฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (Zhao et al., 2008; Abirami et al., 2021) ฤทธิ์การยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งตับและลำไส้ (Urias-Lugo et al., 2015) ช่วยเสริมความคุ้มกันให้ร่างกายต่อต้านเชื้อโรค สมานแผล เพิ่มการทำงานของเม็ดเลือดแดง (จตุพัฒน์ และคณะ, 2563) ชะลอการเกิดไขมันอุดตันในหลอดเลือด ช่วยลดภาวะการเป็นโรคหัวใจ ชะลอความเสื่อมของดวงตา ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด และยังชะลอความแก่ก่อนวัยได้ (ศรีวัฒนา, 2548) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความใจสนที่จะนำข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำหวานมาเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่จะปรับปรุงคุณภาพของเส้นกวยจั๊บอุบล ในด้านโภชนาการ และช่วยเพิ่มความหลากหลายให้กับเส้นกวยจั๊บอุบล เป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภค รวมทั้งเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย (จิตรา, 2560) และเพื่อเป็นการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบันที่หันมาให้ความสนใจสุขภาพของตนเองมากขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมในการพัฒนาเส้นกวยจั๊บอุบล
2. เพื่อศึกษาอัตราส่วนของแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำที่เหมาะสมในการพัฒนาเส้นกวยจั๊บอุบล
3. เพื่อศึกษาคุณลักษณะทางเคมี กายภาพ ของผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บอุบลเสริมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำ

วิธีการวิจัย

1. **วัสดุและอุปกรณ์**

1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

ข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำ จากสาขาพืชศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว และแป้งมันสำปะหลัง จากห้างสรรพสินค้า อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์

2. วิธีการทดลอง

1) การเตรียมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำ

เตรียมข้าวโพด นำมาปอกเปลือกล้างด้วยน้ำสะอาดปาดเอาเฉพาะเนื้อ จากนั้นนำข้าวโพดที่ปาดแล้วไปแช่น้ำ อัตราส่วน 1:1 แล้วนำข้าวโพดที่แช่ไว้ไปโม่เปียก ด้วยเครื่องโม่เปียกทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 1 คืน ล้างทำความสะอาดแป้ง 4–5 ครั้ง หรือจนกว่าน้ำที่ล้างเป็นสีใส นำไปอบแห้ง อุณหภูมิ 55–60°C เวลา 8 ชั่วโมง บดแป้งข้าวโพดให้เป็นผงละเอียด และนำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 Mesh เก็บในถุงอลูมิเนียมฟอยล์เก็บไว้ในที่มืดจนกว่าจะนำมาใช้งาน (ดัดแปลงจาก กฤติมา และคณะ, 2557)

2) การคัดเลือกสูตรพื้นฐานในการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบล

ทำการเตรียมวัตถุดิบ ตามสูตรเส้นกวยจั๊บอุบลพื้นฐาน 3 สูตร ดัดแปลงจาก ภัทราวดี และคณะ (2561); นุชรินทร์ และคณะ (2552) และจิตรา (2555) ดังตารางที่ 1 ร่อนแป้งตามอัตราส่วนที่เตรียมไว้ จากนั้นนวดส่วนผสมให้เข้ากันโดยการเติมน้ำร้อนนวดจนลักษณะของแป้งไม่เหนียวติดมือ นำก้อนแป้งไปนึ่งด้วยไอน้ำ เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำไปขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดแผ่นแป้ง รีดเส้น/ตัดเส้น รุ่น FR-1020A (ยี่ห้อ imperia) ใช้หัวกลม ขนาดรู 3 mm ได้เป็นเส้นกวยจั๊บอุบลสด นำเส้นกวยจั๊บอุบลไปเรียงบนถาดนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C เวลา 3 ชั่วโมง (ควบคุมความชื้นให้เท่ากับร้อยละ 10) เก็บในบรรจุภัณฑ์ถุงอลูมิเนียมฟอยล์ก่อนนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale (เพ็ญขวัญ, 2549) การเตรียมตัวอย่างโดยการนำเส้นกวยจั๊บอุบลอุบลมาลวกเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นล้างน้ำ (วิธีการเตรียมตัวอย่าง) ตักใส่ถ้วยชิมสีขาวจำนวน 20 g ทำการเสิร์ฟตัวอย่างแบบสุ่มตัวอย่าง โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝน 30 คน ประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความเหนียวนุ่ม) และความชอบโดยรวม มีเกณฑ์การให้คะแนน คือ

1 = ไม่ชอบมากที่สุด	2 =ไม่ชอบมาก	3 = ไม่ชอบปานกลาง
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย	5 = เฉย	6 = ชอบเล็กน้อย
7 = ชอบปานกลาง	8 = ชอบมาก	9 = ชอบมากที่สุด

ตารางที่ 1 อัตราส่วนเส้นกวยจั๊บอุบลในสูตรที่แตกต่างกัน

ส่วนผสม (%)	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
แป้งข้าวเจ้า	60	40	65
แป้งมันสำปะหลัง	40	40	25
แป้งข้าวเหนียว	0	20	10

ที่มา: ดัดแปลงจาก ภัทราวดี และคณะ (2561); นุชรินทร์ และคณะ (2552) และจิตรา (2555)

3) ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำในการผลิตเส้นอุบล

โดยการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลในสูตรที่ดีที่สุดจากข้อ 2 มาทำการเสริมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำ จำนวน 4 ระดับ โดยทำการเพิ่มแป้งข้าวโพด 0, 5, 10 และ15% ของน้ำหนักส่วนผสมสูตรที่ดีที่สุด ทำขั้นตอนผลิตทำเช่นเดียวกันกับการเตรียมสูตรพื้นฐาน ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale (เพ็ญขวัญ, 2549) เช่นเดียวกับข้อ 2

4) ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพเส้นกวยจั๊บอุบลเสริมแป้งข้าวโพดเหนียวก่ำ และ เส้นกวยจั๊บอุบลสูตรพื้นฐาน

โดยการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลในสูตรที่ดีที่สุดจากข้อ 3 และผลิตเส้นกวยจั๊บอุบลที่ดีที่สุดจากสูตรพื้นฐาน โดยทำขั้นตอนผลิตทำเช่นเดียวกันกับการเตรียมสูตรพื้นฐาน แล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพกายภาพ เคมี และทางด้านประสาทสัมผัส ดังนี้

4.1 วัดค่าสี L* a* และb* โดยใช้เครื่องวัดสี (Chroma meter) ระบบ CIE โดยค่า L* หรือความสว่าง (0 = สีดำ, 100 = สีขาว) ค่า a* (+a = สีแดง, -a = สีเขียว) ค่า b* (+b = สีเหลือง, -b = สีน้ำเงิน)

4.2 วัดค่าแรงดึงสูงสุด ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA.XT.PLUS บริษัท จาร์พา เท็คเซ็นเตอร์ จำกัด) นำตัวอย่าง 5 เส้นมาวัด ใช้ค่า pre-test speed 1.0 mm/s, test speed 3.0 mm/s, post-test speed 10.0 mm/s, Distance 100 mm รายงานค่าแรงดึง N-force (ดัดแปลงจาก จิตรา, 2555)

4.3 วัดค่าปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่อง Water activity meter วัดปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่อง Water Activity Meter (AGUA LAB Series 3 TE) ใส่ตัวอย่างเส้นกวยจั๊บไม่น้อยกว่าครึ่งลงในภาชนะ ใส่ช่องฝาเครื่องหมุนปุ่มวัดเพื่ออ่านค่ารอจนเครื่องทำงานเสร็จจะมีเสียงเตือน บันทึกค่าที่ได้จดบันทึกข้อมูล

4.4 วิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยชั่งตัวอย่าง 3 g บรรจุในถ้วยอลูมิเนียมที่อบและชั่งน้ำหนักไว้ แล้วนำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100±5°C นาน 3 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator) แล้วชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำกลับเข้าอบ 1 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่ (ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 0.1%) นำไปคำนวณหาปริมาณความชื้น (AOAC, 2011)

4.5 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน โดยวิธี Kjeldahl method โดยชั่งตัวอย่าง 3 g ห่อด้วยกระดาษชั่งสารใส่ลงในขวดย่อย เติมคะตะลิสต์ (Catalyst) โดยใช้ $CuSO_4$ $5H_4$ ชั่งน้ำหนัก 0.35 g และ K_4SO_4 ชั่งน้ำหนัก 6.25 g ซึ่งสารละลายตัวอย่างที่เป็นสารละลายสีเขียวใส แล้วทำการกลั่นตัวอย่างที่ย่อยได้โดยหยดอินดิเคเตอร์ผสม (Mixed indicator)
2–3 หยด และกลั้นด้วยชุดกลั่นโปรตีนจนได้สารละลายเป็นสีฟ้า นำสารละลายที่กลั่นได้มาทำการไตเตรทด้วยกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.1 M (0.1M HCl) จนได้สีชมพูม่วงนำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณโปรตีน (AOAC, 2011)

4.6 วิเคราะห์ปริมาณไขมัน โดยวิธี Soxhlet โดยการชั่งตัวอย่างที่อบแห้งหาความชื้น 3 g แล้วห่อด้วยกระดาษ Whatman No.1 ใส่ตัวอย่างลงใน Thimble ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน นำ Thimble และถ้วยแก้วรองรับไขมัน ที่อบแห้งและทราบน้ำหนักที่แน่นอนใส่ลงในเครื่อง (Extraction collection vessel) Apparatus เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether) เป็นตัวสกัดปริมาณ 100 mL ทำการสกัดโดยตั้งเวลาการสกัด (Immersion time) 15 นาที เวลาล้าง (Washing time) 30 นาที และเวลาการระเหย (Recovery time) 30 นาที หลังจากนั้นนำ

ถ้วยรองรับไขมันไปอบเพื่อระเหยสารสกัดออกให้หมดที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลานาน 30 นาที ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator) ชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักคงที่แล้วนำไปคำนวณหาปริมาณไขมัน (AOAC, 2011)

4.7 วิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย โดยการชั่งตัวอย่างที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณไขมันแล้วใส่ถุงสำหรับวิเคราะห์เส้นใย นำไปย่อยด้วยกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 1.25% โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.25% นำไปอบให้แห้งในตู้อบ 105–110°C จนได้น้ำหนักคงที่ นำไปเผาในตู้เผาเถ้าอุณหภูมิ 600°C จนกระทั่งชั่งได้น้ำหนักคงที่ นำไปคำนวณปริมาณร้อยละของใยอาหาร (AOAC, 2011)

4.8 วิเคราะห์ปริมาณเถ้า โดยนำตัวอย่างที่อบแห้งหาความชื้น 3 g ในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่อบและทราบน้ำหนักที่แน่นอน นำไปเผาบนไฟอ่อนบนเตาเผาไฟฟ้าในตู้ดูดควัน (Hood) จากนั้นนำไปเผาในเตาเผาไฟที่อุณหภูมิ 500°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จนได้เถ้าสีขาว ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator) และชั่งน้ำหนักนำน้ำหนักที่ชั่งได้ไปคำนวณหาปริมาณเถ้าทั้งหมด (AOAC, 2011)

4.9 วิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต โดยการคำนวณจากสูตรเมื่อทราบว่า %ความชื้น, %โปรตีน, %ไขมัน, %เถ้า และ %เส้นใย นำค่าดังกล่าวนี้มาคำนวณตามสูตรเปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรต = 100 – (%ความชื้น + %โปรตีน + %ไขมัน + %เถ้า + %เส้นใย) (AOAC, 2011)

4.10 การวิเคราะห์ปริมาณอมิโลสโดยชั่งแป้งที่มีน้ำหนักแน่นอนประมาณ 0.1 g เติมสารละลาย Ethanol 95% ปริมาตร 1 mL และ NaOH ปริมาตร 9 mL ต้มเดือดนาน 10 นาที ปรับปริมาตร 100 mL ด้วยน้ำกลั่น ดูดน้ำแป้งมา ปริมาตร 5 mL เติมกรดแอซีติก ปริมาตร 1 mL และสารละลายไอโอดิน ปริมาตร 2 mL ปรับปริมาตรให้ได้ 100 mL ด้วยน้ำกลั่น นำไปอ่านค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 nm และเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน (ดัดแปลงจาก ปิติพร, 2546)

4.11 วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (Radical scavenging activity) โดยวิธี 2, 2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH method) โดยการสกัดอาหารแห้งบดให้ละเอียด ใช้ตัวอย่าง 1–2 g เติม Ethanol 95% จำนวน 20 mL เขย่า ตั้งไว้ในที่มืดนาน 4 ชั่วโมง กรองสารละลาย วัดปริมาตรสารละลายส่วนใส แล้วนำสารละลายที่กรองได้ใช้ในการวิเคราะห์หาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยเจือจางสารละลายที่ได้จากสารสกัดที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ เช่น 1:101, 1:102, 1:103, 1:104, 1:105 และ 1:106 เป็นต้น แล้วแต่ความเหมาะสม โดยปรับปริมาตรด้วยสารละลายเมทานอล ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่มีความเข้มข้นต่างกัน (ความเข้มข้นอย่างน้อย 5 ระดับ) ปริมาตร 0.1 mL ใส่ลงในหลอดทดลองแล้วปิเปตสารละลาย DPPH เข้มข้น 0.06 Mm ปริมาตร 3.5 mL ผสมให้เข้ากัน แล้วบ่มไว้ในที่มืดนาน 30 นาที นำไปอ่านค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 nm และเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน (ดัดแปลงจาก จินดาพร, 2551)

4.12 วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยการชั่งตัวอย่างมา 1–2 g เติมสารละลาย Ethanol 95% ปริมาตร 20 mL เขย่า ตั้งไว้ในที่มืดนาน 4 ชั่วโมง จากนั้นนำมาปิเปตสารละลายตัวอย่างที่ได้จากสารสกัดในข้อที่ 1 ปริมาตร 0.1 mL และน้ำกลั่นปริมาตร 0.4 mL ใส่ในหลอดทดลอง แล้วปิเปตสาร สารละลาย Folin-Ciocalteu reagent เข้มข้น 0.2 Normal ปริมาตร 2.5 mL และสารละลาย Na_2CO_3 ปริมาตร 2.5 mL ผสมให้เข้ากัน นาน 10 นาที บ่มที่อุณหภูมิ 45°C ในอ่างน้ำร้อน (Water bath) นาน 15 นาที นำไปอ่านค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 nm และเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน (ดัดแปลงจาก ทัตดาว และคณะ, 2561)

4.13 วิเคราะห์ปริมาณแอนโทรไซยานินทั้งหมด ใช้วิธีพีเอช-ดิฟเฟอเรนเชียล (pH-Differential method) ดัดแปลงจากวิธีของ Wrolstad (1976) โดยนำสารละลายของเส้นกวยจั๊บเสริมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำมาเจือจางด้วย สารละลาย KCl buffer pH 1.0 ในอัตราส่วน 1:100 และสารละลาย CH_3COONa pH 4.5 ใน

อัตราส่วน 1:100 ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (ยี่ห้อ Agilent technology Cary 8454) ที่ความยาวคลื่น 520 nm และ 700 nm นำค่าที่ได้มาคำนวณตาม สมการ 1 แสดงผล เป็นค่ามิลลิกรัมของแอนโทไซยานินรวมต่อลิตรของสารละลาย ดังสมการ (สุภาพร และศิรประภา, 2560)

$$\text{Anthocyanin (mg/L)} = \frac{A \times MW \times DF \times 1000}{\epsilon \times l} \qquad \text{สมการ 1}$$

โดย A = (A520 – A700) pH 1.0 - (A 520 – A700) pH 4.5

= (ค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่นสูงสุดของสารตัวอย่างที่ใส่สารละลายบัฟเฟอร์ pH 1.0 – ค่าการ ดูดกลืนที่ความยาว 700 nm ของสารตัวอย่างที่ใส่สารละลายบัฟเฟอร์ pH 1.0) - (ค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่นสูงสุดของสารตัวอย่างที่ใส่สารละลายบัฟเฟอร์ pH 4.5 - ค่าการดูดกลืนที่ความยาว 700 nm ของสารตัวอย่างที่ใส่สารละลายบัฟเฟอร์ pH 4.5)

MW = ค่ามวลโมเลกุลของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ 499.2 g/mol, ค่ามวลโมเลกุลของเพลาร์โกนิดิน-3-กลูโคไซด์ 306.7 g/mol (*ให้เลือกใช้ว่าจะหาแอนโทไซยานินชนิดไหน)

DF = dilution factor (การทำให้เจือจางมีค่า100)

ϵ = โมลาร์แอบซอบติวิตี ค่านี้จะขึ้นกับชนิดของแอนโทไซยานิน และตัวทำละลาย โดยทั่วไปมักใช้ค่าของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์และเพลาร์โกนิดิน-3- กลูโคไซด์ในสารละลายบัฟเฟอร์ pH 1.0 มีค่าเท่ากับค่าของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ 26,900 Lit/mol/cm และเพลาร์โกนิดิน-3-กลูโคไซด์ 31,100 Lit/mol/cm

l = ขนาดความกว้างของคิวเวต (cm) ที่ใช้วัดค่าดูดกลืนแสง

5. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ แล้วนำผลการทดลองที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเปรียบเทียบความแตกต่าง 2 วิธีการ ด้วยวิธี *Independent T- test* (Keppel, 1982)

ผลการวิจัย

1) การคัดเลือกสูตรพื้นฐานในการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบล

จากการศึกษาสูตรพื้นฐานที่เหมาะสมในการพัฒนาเส้นกวยจั๊บอุบล โดยดัดแปลงจากภัทราวดี และคณะ (2561); นุชรินทร์ และคณะ (2552) และจิตรา (2555) ผลการประเมินการยอมรับของผู้บริโภค พบว่า ผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บอุบลที่มีอัตราส่วนของแป้งที่แตกต่างกันส่งผลให้คุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส (เหนียวนุ่ม) และความชอบโดยรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยสูตรที่ 1 มีคะแนนทางด้านเนื้อสัมผัส (เหนียวนุ่ม) และความชอบโดยรวมสูง (7.20 และ 7.37 ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ 2 และสูตรที่ 3 (ตารางที่ 2) เนื่องจากเส้นกวยจั๊บสูตรที่ 1 มีอัตราส่วนของแป้งข้าวเจ้า และแป้งข้าวโพด ปริมาณที่เหมาะสมเพราะคุณสมบัติเจลแป้งเหนียวนุ่ม เส้นใส และแป้งมีลักษณะการไม่คืนตัวง่ายจึงทำให้เส้นกวยจั๊บอุบลเวลารับประทานยังคงมีความนุ่มและยืดหยุ่นมากกว่าเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากที่สุด (พรทวี, 2557)

ตารางที่ 2 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของเส้นกวยจั๊บอุบลสูตรพื้นฐาน

สูตรเส้นกวยจั๊บอุบล สูตรพื้นฐาน	คุณลักษณะ				
	สี^{ns}	กลิ่น^{ns}	รสชาติ	เนื้อสัมผัส (ความเหนียวนุ่ม)	ความชอบโดยรวม
สูตรที่ 1	7.00±1.29	6.47±1.41	6.70±1.39^{a}	7.20±1.45^{a}	7.37±1.50^{a}
สูตรที่ 2	6.57±1.19	5.93±1.41	5.47±1.14^{b}	5.33±1.24^{b}	5.77±1.01^{b}
สูตรที่ 3	6.53±1.01	5.90±0.99	5.93±1.44^{b}	6.30±1.39^{c}	6.40±1.17^{c}

หมายเหตุ : a, b, c, อักษรในแนวตั้ง ที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p<0.05*)
อักษร ns ในแนวตั้งแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่มีความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p<0.05*)
สูตรที่ 1 (ภัทราวดี และคณะ, 2561) สูตรที่ 2 (นุชรินทร์ และคณะ, 2552) สูตรที่ 3 (จิตรา, 2555)

2) ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำในการผลิตเส้นกวยจั๊บอุบล

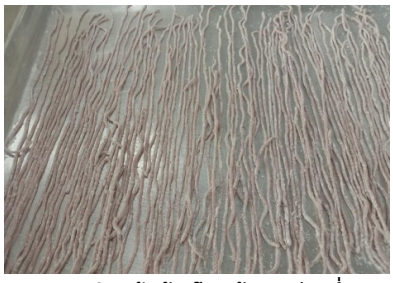
ในการศึกษาอัตราส่วนของแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บอุบล จำนวน 4 ระดับ ได้แก่ 0, 5, 10 และ15% จากการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิม พบว่าเส้นกวยจั๊บอุบลที่เสริมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำที่ระดับ 10% ได้คะแนนทางด้านเนื้อสัมผัส (ความเหนียวนุ่ม) และความชอบโดยรวมในระดับสูง (7.20 และ7.37 ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบสูตรที่ระดับร้อยละ 5 และ15 และมีค่าใกล้เคียงกับสูตรควบคุม (Control) โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p<0.05*) เนื่องจากลักษณะของแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำเมื่อเกิดเจลมีความใส และเหนียว มีการคืนตัวที่ช้า เมื่อนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บอุบลจึงส่งผลให้เส้นมีความใส เหนียวนุ่ม เมื่อสัมผัสมีความเนียนนุ่มของเส้นมาก (บัวริม, 2546) และการเติมแป้งที่ 10% มีความเหมาะสมที่ทำให้ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับสูง ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บอุบลเสริมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำ

ระดับของแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำ (%)	คุณลักษณะ				
	สี^{ns}	กลิ่น^{ns}	รสชาติ	เนื้อสัมผัส (ความเหนียวนุ่ม)	ความชอบโดยรวม
ควบคุม (Control)	7.20±1.10	6.30±0.99	6.70±1.06^{a}	6.73±0.94^{ab}	7.13±1.14^{a}
5	6.53±1.01	5.90±0.99	5.97±1.43^{b}	6.30±1.39^{b}	6.40±1.19^{b}
10	7.00±1.29	6.47±1.41	5.47±1.14^{b}	7.20±1.45^{a}	7.37±1.50^{a}
15	6.57±1.19	5.93±1.41	6.90±1.39^{a}	5.33±1.24^{c}	5.77±1.01^{c}

หมายเหตุ : $^{a, b, c,}$ อักษรในแนวตั้ง ที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p<0.05*)
อักษร ns ในแนวตั้งแสดงถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p<0.05*)

สูตรควบคุม (Control)



สูตรเสริมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำ

ภาพที่ 1 ลักษณะของเส้นกวยจั๊บอุบลสูตรควบคุม และสูตรเสริมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำ 10%

3) ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพเส้นกวยจั๊บอุบลเสริมแป้งข้าวโพดเหนียวก่ำ และ เส้นกวยจั๊บอุบลสูตรพื้นฐาน

การศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของเส้นกวยจั๊บอุบลเสริมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำที่ระดับ 10% เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (Control) พบว่า เส้นกวยจั๊บอุบลทั้ง 2 สูตร ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ของค่าความชื้น (2.51 และ 2.30%) และค่า Water activity (a_w) มีค่าเท่ากับ 0.68 และ 0.79 เมื่อพิจารณาค่าแรงดึงสูงสุดของเส้นกวยจั๊บอุบล แสดงให้เห็นว่าสูตรเสริมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำ 10% มีค่าสูงกว่า (11.06 N) สูตรควบคุม (9.24 N) เนื่องจากแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำมีคุณสมบัติช่วยเพิ่มความเหนียวและยืดหยุ่นให้กับผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บอุบลได้ (กรมวิชาการเกษตร, 2547) รวมทั้งในการเติมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำ 10% ส่งผลให้มีแนวโน้มของค่าความสว่าง (L*) ลดลงกว่าสูตรควบคุม (70.85 และ74.38 ตามลำดับ) และมีแนวโน้มค่าความเป็นสีแดง (a*) มากกว่าสูตรควบคุม (4.70 และ2.96 ตามลำดับ) รวมทั้งมีแนวโน้มค่า b* ไปในทิศทางความเป็นสีน้ำเงิน เนื่องจากแป้งข้าวโพดที่ใช้มีสีม่วง ดังนั้นจึงส่งผลเส้นกวยจั๊บอุบลมีค่าความสว่างลดลง และมีแนวโน้มสีเป็นแดงอมน้ำเงิน (รวิกานต์, 2559) (ตารางที่ 4) (ภาพที่ 1)

ตารางที่ 4 ผลการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บอุบลเสริมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำหวาน

คุณลักษณะทางกายภาพ	ระดับของแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำ (%)	
	ควบคุม (Control)	10
ความชื้น (%MC)^{ns}	2.30±0.36	2.51±0.14
ค่า a_w^{ns}	0.79±0.06	0.68±0.01
ค่าแรงดึง (N)	9.24±1.76^{a}	11.06±0.85^{b}
ค่าสี L*	74.38±1.35^{a}	70.85±0.68^{b}
a*	2.96±0.06^{a}	4.70±0.18^{b}
b*	2.64±0.02^{b}	-0.75±0.18^{b}

หมายเหตุ : a, b, c, อักษรที่แนวนอน ที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
อักษร ns ในแนวนอนแสดงถึงค่าเฉลี่ยที่มีความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)
โดยค่า L* หมายถึง ค่าความสว่าง ค่า a* หมายถึง ค่าของสีแดง (+) และสีเขียว (-) และค่า b* หมายถึง ค่าของสีเหลือง (+) และสีน้ำเงิน (-)

ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเส้นกวยจั๊บอุบลเสริมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำ 10% ส่งผลให้ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า อมิโลส สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สารต้านอนุมูลอิสระ และแอนโทไซยานิน มีแนวโน้มสูงกว่าสูตรควบคุม (3.40, 1.83, 1.20, 18.99%, 18.04 mgGAE/100 g, 31.70 mg/mL และ 44.37 mg ตามลำดับ) ดังตารางที่ 5 เนื่องจากข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำมีคุณค่าทางสารอาหารหลายชนิด เช่น ไขมัน โปรตีน เส้นใย และสารต้านอนุมูลอิสระ เมื่อนำมาพัฒนาเป็นแป้งและเสริมเข้าไปในผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บอุบลจึงทำให้องค์ประกอบทางเคมีดังกล่าวมีแนวโน้มสูงขึ้น นอกจากนี้ข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงมีปริมาณแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) สูง ซึ่งสารชนิดนี้เป็นรงควัตถุสีม่วงแดง ซึ่งเป็นชนิดเดียวกันที่มีอยู่ในดอกอัญชัน โดยสารกลุ่มนี้มีคุณสมบัติสำคัญในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็ง เบาหวาน หัวใจ และโรคอัลไซเมอร์ เป็นต้น รวมทั้งมีส่วนช่วยในการชะลอการเกิดริ้วรอย คงความอ่อนเยาว์ได้ (รวิกานต์, 2559; ศรีวัฒนา, 2548) ดังนั้นจึงเหมาะแก่การนำมาเสริมเพื่อเพิ่มคุณค่าทางสารอาหารให้กับเส้นกวยจั๊บอุบลที่ดั้งเดิมเวลารับประทานผู้บริโภคจะได้สารอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตเป็นหลัก

ตารางที่ 5 ผลการศึกษาคุณลักษณะทางเคมีของผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บอุบลเสริมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำหวาน

องค์ประกอบทางเคมี	ระดับของแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำ (%)	
	ควบคุม (Control)	10
ความชื้น (%)	2.05±0.03[a]	0.55±0.19[b]
ไขมัน (%)	0.08±0.02[a]	1.83±0.04[b]
โปรตีน (%)	2.22±0.09[b]	3.40±0.23[a]
เยื่อใย (%)	0.01±0.00[b]	0.04±0.02[a]
เถ้า (%)	0.17±0.15[b]	1.20±1.13[a]
คาร์โบไฮเดรต (%)	93.72±0.00[b]	94.76±0.00[a]
ปริมาณอมิโลส (%)	14.15±0.24[b]	18.99±0.48[a]
สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mgGAE/100 g)	0	18.04±0.00
สารต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) (mg/mL)	0	31.70±0.00
ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg)	0	44.37±0.00

หมายเหตุ : a, b, c, อักษรในแนวนอน ที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

สรุปผลวิจัย

จากการศึกษาสูตรพื้นฐานกวยจั๊บอุบลจำนวน 3 สูตร แสดงให้ทราบว่า สูตรที่ 1 ได้คะแนนการยอมรับสูงที่สุด เมื่อนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้วยการเสริมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำ ระดับ 10% ได้คะแนนการยอมรับในระดับสูง ซึ่งจากการวิเคราะห์คุณลักษณะทางด้านกายภาพของเส้นกวยจั๊บอุบลเสริมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำ ร้อยละ 10 ส่งผลให้มีค่าแรงดึง ที่สัมพันธ์กับความเหนียวนุ่มสูงกว่าสูตรควบคุม และจากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี พบว่า ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า อมิโลส สารประกอบฟีนอลิก สารต้านอนุมูลอิสระ และแอนโทไซยานิน มีแนวโน้มสูงกว่าสูตรควบคุม จึงเหมาะในการเสริมคุณค่าทางสารอาหารให้กับผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บอุบลทดแทนสูตรดั้งเดิมที่ผู้บริโภคจะได้สารอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตเป็นหลัก

ข้อเสนอแนะ

1. สูตรการพัฒนาเส้นกวยจั๊บอุบลเสริมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำสามารถประยุกต์ใช้กับวัตถุดิบจากธรรมชาติชนิดอื่น ๆ ที่สามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการได้

2. ควรมีการวิเคราะห์อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บอุบลเสริมแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวก่ำ

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. (2547). *ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์.* กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพมหานคร.

กฤติมา นพกรมงคล, ปิยนันท์ แสนกล้า และปวีณา เฉลียวไว. (2557). *การใช้แป้งข้าวไรซ์เบอรี่ทดแทนแป้งสาลีในขนมปังหวาน.* ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพมหานคร.

การะเวก. (2551). ใครชอบกวยจั๊บอุบล เชิญมาแวะจ้า. สืบค้นเมื่อ 26 มีนาคม 2564. จาก: http://topicstock.pantip.com/food/topicstock/2008/01/D6289009/D6289009.html.

จตุพัฒน์ สมัปปิโต, ปนัดดา พงษ์ธนู และ สุพาลัย แมลงผึ้ง. (2563). *การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตพร้อมดื่มจากข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง*. งานประชุมวิชาการระดับชาตินนทรีอีสาน ครั้งที่ 8 ประจำปี 2563. มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์, บุรีรัมย์.

จิตรา สิงห์ทอง. 2555. วิทยาศาสตร์บูรณาการกับภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อสุขภาพและชุมชนใน การศึกษาด้านการพัฒนาเส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปเสริมรำข้าว. รายงานฉบับสมบูรณ์สำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติสำนักคณะกรรมการการอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

จิตรา สิงห์ทอง. (2556). *ผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อการปรับปรุงคุณภาพของเส้นกวยจั๊บอุบล.* สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร. คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

จิตรา สิงห์ทอง. (2560). ผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บอุบลกึ่งสำเร็จรูปเพื่อสุขภาพจากแป้งแก่นตะวัน. สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร. คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

จินดาพร คงเดช. (2551). *การผลิตสารยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสและสารต้านอนุมูลอิสระจากพืช เพื่อใช้ในการผลิตเครื่องสำอาง*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพมหานคร.

ทัตดาว ภาษีผล, รัตนา ประทุม และสุนิสา สุริยขันธ์. (2561). องค์ประกอบทางพฤกษเคมีและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดจากไหมข้าวโพดสองสี. *วารสารแก่นเกษตร*. 46(ฉบับพิเศษ). 1315–1320.

นุชรินทร์ กาฬเนตร, อุราวรรณ มุลสุรินทร์, นภมณี มงคลประเสริฐ และกิตติพร สุพรรณผิว. (2552). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บจากแป้งข้าวกล้องเสริมงาดำ. *วารสารการเกษตรราชภัฏ*, 8(2), 15–25.

บัวริม บุญกระโทก. (2546). *การสร้างพันธุ์ลูกผสมเดี่ยวเบื้องต้นของข้าวโพดเทียนโดยวิธี Testcross*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

ปิติพร ฤทธิ์เรืองเดช. (2546). *คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแป้งเท้ายายม่อมและการนำไปใช้ประโยชน์ในขนมชั้น*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

ภัทราวดี วงษ์วาศ์, นครินทร์ ศรีปัญญา และวิชุดา ตามัย. (2561). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นกวยจั๊บญวนจากแป้งข้าวไรซ์เบอรี่ผสมน้ำสกัดสมุนไพร. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*. 49(2)(ฉบับพิเศษ). 581–584.

พรทวี ธนสัมบัณณ์ จันทร์จนา ศิริพันธ์วัฒน สาวิตรี ประสิ่งชอบ และนิตยา งามเสงี่ยม. (2557). การทดแทนเนื้อตาลผงในผลิตภัณฑ์บะหมี่สด. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยสวนดุสิต*. 7(1). 321–329.

เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. (2549). *การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

รวิกานต์ ภู่หล่ำ. (2559). *ราชินีทับทิมสยาม ข้าวโพดหวานพิเศษสีแดงสายพันธุ์แรกของโลก*. สืบค้นเมื่อ 28 กันยายน, 2563, จาก: http://agt.snru.ac.th/topics/3536.

ศรีวัฒนา ทรงจิตสมบูรณ์. (2548). การศึกษาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากต้นพันงูเขียว. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*. 41(3/1) (ฉบับพิเศษ). 329–332.

สุภาพร ฟักเงิน และศิรประภา มีรอด. (2560). การสกัดแยกหาปริมาณแอนโทไซยานินจากลูกมะม่วงหาว มะนาวโห่. *การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 4 สถาบันการวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร*. กำแพงเพชร.

Abirami, S., Priyalakshmi, M., Soundariya, A., Samrot, A. V., Saigeetha, S., Emilin, R. R., Dhiva, S., Inbathamizh, L. (2021). Antimicrobial activity, antiproliferative activity, amylase inhibitory activity and phytochemical analysis of ethanol extract of corn (*Zea mays* L.) silk. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*. 4. 1–6.

AOAC. (2005). Official method of Analysis of the Association of Officiating Analytical. *Chemists international. 18th Edition*, Washington DC.

AOAC. (2011). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical. *Chemists international. 18th Edition*, Gaithersburg.

Boukaew, S., Prasertsan, P. and Sattayasamitsathit, S. (2017). Evaluation of antifungal activity of essential oils against aflatoxigenic *Aspergillus flavus* and their allelopathic activity from fumigation to protect maize seeds during storage. *Industrial Crops and Products*. 97. 558–566.

CRA. (2006). Corn oil (5th ed.). Washington, DC: Corn Refiners Association.

Gopalan, C., Rama Sastri, B. V., & Balasubramanian, S. (2007). Nutritive value of Indian foods. Hyderabad: National Institute of Nutrition (NIN), ICMR.

Jarnsuwan, S., and Thongngam, M. (2011). Effects of hydrocolloids on microstructure and textural characteristic of instant noodles. *In proceeding in the Asian Food Conference 2011*, 16–18 June 2011. Bitec, Bangkok. 632–635.

Jiang, Y. Z. and Wang, T. (2005). Phytosterols in cereal byproducts. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 82. 439–444.

Kim, J. T., Chung, I. M., Kim, M. J., Lee, J. S., Son, B. Y., Bae, H. H., Go, Y. S. Kim, S. L., Baek, S. B., Kim, S. H. and Yi, G. (2022). Comparison of antioxidant activity assays in fresh purple waxy corn (*Zea mays* L.) during grain filling. *Applied Biological Chemistry*. 65(1). 1–7.

Keppel, G. (1982). *Design and analysis A researchers hand book*. Prentice-Hall, New Jersey.

Kopsell, D. A., Armel, G. R., Mueller, T. C., Sams, C. C., Deyton, D. E., McElroy, J. S. and Kopsell, D. E. (2009). Increase in nutritionally important sweet corn kernel carotenoids following mesotrione and atrazine applications. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 57(14). 6362–6368.

Lopez-Martinez, L. X., Oliart-Ros, R. M., Valerio-Alfaro, G., Lee, C.H., Parkin, K. L., and Garcia, H. S. (2009). Antioxidant activity, phenolic compounds and anthocyanins content of eighteen strains of Mexican maize. *LWT - Food Science and Technology*. 42(6). 1187–1192.

Romas-Eseudero, F., Munez, A. M., Alvarade-Ortiz, A. A. and Yanez, J. A. (2012). Purple corn (*Zea mays* L.) phenolic compound profile and its assessment as an agent against oxidative stress in isolated mouse organs. *Journal of Medicinal Food*. 15(2). 206–215.

Saerpoua, E., Tangwongchai, R., Suriharn, B. and Lertrat, K. (2013). Relationships between phytochemicals *antioxidant* activity in corn silk. *International Food Research Journal*. 20 (5). 2073–2079.

Shah, T. R., Prasad, K., and Kumar, P. (2015). Studies on physicochemical and functional characteristics of *Asparagus* bean flour and maize flour. In G. C. Mishra (Ed.), Conceptual frame work & innovations in agroecology and food sciences (1st ed., pp. 103–105). New Delhi: Krishi Sanskriti Publications.

Urias-Lugo, D. A., Heredia, J. B., Muy-Rangel, M. D., Valdez-Torres, J. B., Serna-Saldivar, S. O. and Gutiérrez-Uribe, J. A., (2015). Anthocyanins and Phenolic Acids of Hybrid and Native Blue Maize (*Zea mays* L.) Extracts and Their Antiproliferative Activity in Mammary (MCF7), Liver (HepG2), Colon (Caco2 and HT29) and Prostate (PC3) Cancer Cells. *Plant Foods for Human Nutrition*. 70. 193–199.

Yang, Z. D., Chen, Z. J., Yuan, S. L., Zhai, W. W., Piao, X. S. and Piao, X. G. (2009). Extraction and identification of anthocyanin from purple corn (*Zea mays* L.). *International Journal of Food Science and Technology*. 44(12). 2485–2492.

Yang, Z. D., Zhai, W. W. (2010). Identification and antioxidant activity of anthocyanins extracted from the seed and cob of purple corn (*Zea mays* L.). *Innovative Food Science & Emerging Technologies.* 11(1). 169–176.

Zhao, X. Y., Zhang, C., Guigas, C., Ma, Y., Corrales, M., Tauscher, B. and Hu, X. S. (2008). Composition, antimicrobial activity, and antiproliferative capacity of anthocyanin extracts of purple corn (*Zea mays* L.) from China. *European Food Research and Technology*. 228. 759–765.

คณะผู้เขียน

นางสาวอัตรพร นิยมรัมย์

สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์
145 หมู่ 15 ตำบลนอกเมือง อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์
e-mail: Attaporn254004@gmail.com

นางสาวอัมพิการ์ ว่องไวย์

สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์
145 หมู่ 15 ตำบลนอกเมือง อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์
e-mail: natnn9098@gmail.com

อาจารย์ ดร. นิตยา ภูงาม

สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์
145 หมู่ 15 ตำบลนอกเมือง อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์
e-mail: parnparn.302@gmail.com; nittaya.ph@rmuti.ac.th
โทรศัพท์มือถือ: 095-6620325

อาจารย์ ดร. ณัฏวลิณคล เศรษฐปราโมทย์

สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์
145 หมู่ 15 ตำบลนอกเมือง อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์
e-mail: natwalikhol.se@rmuti.ac.th

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีรเวทย์ อุทโธ

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ตำบลเมืองศรีไค อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี
e-mail: weerawate@gmail.com