

ผลของกัวร์กัมต่อคุณภาพของวาฟเฟิลชนิดกรอบปราศจากกลูเตนจากแป้งมันเทศสีม่วง

The Effect of Gur Gum on the Qualities of Gluten Free Crispy Waffle from Sweet Purple Potato Flour

◆ กรรณิการ์ กุลยะณี

อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

Kannika Kunyane

Lecturer, Food Science and Technology, Faculty of Liberal Arts and Sciences of
Sisaket Rajabhat University, E-mail: kannika.k@sskru.ac.th

◆ พนารัตน์ สังข์อินทร์

อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

Panarat Sungin

Lecturer, Food Science and Technology, Faculty of Liberal Arts and Sciences of
Sisaket Rajabhat University, E-mail: panarat.s@sskru.ac.th

Abstract

The objective of this research was improved the qualities of gluten free crispy waffle from purple sweet potato with gur gum. The crispy waffle from purple sweet potato was prepared by purple sweet potato flour, baking powder, eggs and melted butter. There were mixed together until the ingredients was combined. The qualities of waffle were improved with gur gum amount of 0, 0.5 and 1.0 % of purple sweet potato flour. Then, 4 g of the ingredients were added to the crispy waffle maker for 1-1.5 minutes. The results showed that the crispy waffle from sweet purple potato had L*, a* and hue angle were significantly difference ($p < 0.05$). However, b* and chroma were did not significant difference ($p \geq 0.05$). The texture showed the increased hardness from 3319.35 N to 4464.59 N. The sensory evaluation showed the crispy waffle from sweet potato with gur gum in amount 0.5% flour had the highest score of overall acceptance was 6.13. The nutrition values of gluten free crispy waffle from sweet potato had the moisture content, protein content, fat, ash, and carbohydrate were 3.05, 7.67, 19.49, 0.87, 68.92 (g/100g), energy and total fiber were 481.77 Kcal/100g and 1.08 (g/100g), respectively.

Keywords: Crispy Waffle, Gluten Free, Sweet Purple Potato

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์วaffleเฟลชชนิดกรอบจากมันเทศสีม่วงโดยใช้สารไฮโดรคอลลอยด์คือกัวร์กัม ซึ่งการผลิตวaffleเฟลชชนิดกรอบเตรียมโดยการใช้แป้งมันเทศสีม่วง เติมน้ำมัน และน้ำตาล เนยละลาย จนส่วนผสมนั้นเข้ากัน นำมาปรับปรุงคุณภาพโดยใช้กัวร์กัมร้อยละ 0.5 และ 1 โดยน้ำหนักแป้ง จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้ปริมาณ 4 กรัม ลงในเครื่องทำวaffleเฟลชอบจนสุกเป็นเวลา 1-1.5 นาที จากผลการวิจัยพบว่า การเติมปริมาณกัวร์กัมร้อยละ 0.5 และ 1 โดยน้ำหนักแป้ง มีผลให้ผลิตภัณฑ์วaffleเฟลชชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วงมีค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง และค่า Hue angle แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่มีค่าความเป็นสีเหลือง และค่า C^* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็งเพิ่มขึ้นจาก 3319.35 นิวตัน เป็น 4464.59 นิวตัน เมื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมพบว่า ด้านกลิ่น และรสชาติไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แต่ด้านสี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ทั้งนี้พบว่า ผลิตภัณฑ์วaffleเฟลชชนิดกรอบที่เติมกัวร์กัมร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักแป้ง มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด เท่ากับ 6.13 มีคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต พลังงานที่ได้รับทั้งหมด และใยอาหารทั้งหมด จากผลการทดลองพบว่า มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 3.05 7.67 19.49 0.87 68.92 กรัมต่อ 100 กรัม พลังงานและ ใยอาหารทั้งหมด เท่ากับ 481.77 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม และ 1.08 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ

คำสำคัญ : วaffleเฟลชกรอบ ปราศจากกลูเตน มันเทศสีม่วง

บทนำ

ส่วนใหญ่แล้วผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบ จะมีส่วนประกอบหลัก คือ แป้งสาลี และพบว่าผู้ป่วยโรคบางกลุ่มเป็นโรคแพ็กกลูเตน หรือ Celiac disease ซึ่งเกิดจากการที่ระบบภูมิคุ้มกันทำงานผิดปกติ โดยร่างกายผลิตสารแอนติบอดีออกมาทำลายเนื้อเยื่อของลำไส้เล็ก เมื่อได้รับกลูเตนในกลูเตนเข้าไป จะทำให้ผู้ที่เป็โรคนี้จะมีอาการลำไส้เล็กอักเสบและมีผลต่อเนื้อเยื่อบริเวณผนังลำไส้เล็กทำให้พื้นที่ในการดูดอาหารลดลง โดยอาการทั่วไปของโรคจะมีอาการท้องบวม และมีอาการท้องร่วงเรื้อรัง ปวดกระตุกและข้อ มีแผลพองในปาก มีผื่นคันที่ผิวหนัง หรือเรียกว่า Dermatitis Herpetiformis (Pruessner, 1998; Sabanis et al., 2009) ดังนั้นอาหารที่ไม่มีกลูเตนเป็นส่วนประกอบจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ซึ่งวัตถุดิบที่ไม่มีกลูเตนเป็นส่วนประกอบ เช่น ข้าว ถั่วประเภทต่าง ๆ หรือพืชประเภทพืชหัว ได้แก่ มันเทศพันธุ์ต่างๆ จึงเป็นแหล่งวัตถุดิบที่น่าสนใจที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหาร โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้แป้งสาลีเป็นองค์ประกอบหลัก

มันเทศเป็นพืชหัวที่พบได้ในประเทศไทย เจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนและใช้ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยว 5-6 เดือน (Department of Agriculture, 2011) มันเทศเป็นแหล่งอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต โดยพบว่ามี

คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 85.8 นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีวิตามิน เกลือแร่ และสารต้านอนุมูลอิสระ โดยพบว่ามันเทศสีม่วงมีสารแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) ซึ่งสารแอนโทไซยานินนี้มีประโยชน์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระ จากคุณประโยชน์หลายประการของมันเทศเนื้อสีม่วง ทำให้มีแนวคิดในการนำไปใช้ประโยชน์ให้มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการนำมันเทศสีม่วงสดไปใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารมักเกิดการเน่าเสียง่าย และมีอายุการเก็บสั้น ดังนั้นเพื่อช่วยลดปัญหาการเน่าเสียจึงนำมันเทศสีม่วงมาแปรรูปเป็นผงแห้งหรือเรียกว่าแป้งมันเทศสีม่วง หรือนำมาใช้เป็นสารให้สีธรรมชาติในผลิตภัณฑ์อาหารแทนสีสังเคราะห์ หรือใช้ทดแทนแป้งชนิดอื่น ๆ ในผลิตภัณฑ์ขนม นอกจากนี้อาจใช้เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและลดการนำเข้าแป้งสาลีจากต่างประเทศ จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการนำแป้งมันเทศสีม่วงมาใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมหลายชนิด เช่น ขนมปัง เค้ก บราวน์ คูกี้ แคร็กเกอร์และหมั่นโถ เป็นต้น (Yanin, 2013; Martin, 2000; Greene & Bovel-Benjamin, 2004) แต่อย่างไรก็ตามการนำมันเทศสีม่วงมาใช้ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ความเป็นกรด-เบส ในส่วนผสมมีส่วนทำให้สีของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไป นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ขนมที่ปราศจากกลูเตนจะมีคุณภาพที่ไม่ดี เช่น ส่วนผสมแยกเป็นชั้นไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่มีความยืดหยุ่นและแตกง่าย เป็นต้น จึงมีการนำไฮโดรคอลลอยด์มาปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์

งานวิจัยนี้มีความสนใจที่จะนำแป้งมันเทศสีม่วงใช้ในผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบปราศจากกลูเตนด้วยปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบด้วยกัวร์กัม ทั้งนี้เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับมันเทศสีม่วง ได้ผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบปราศจากกลูเตนและทราบคุณค่าทางโภชนาการด้วย

วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษาปริมาณกัวร์กัมที่เหมาะสมต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบปราศจากกลูเตนจากแป้งมันเทศสีม่วง
- 2) เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบปราศจากกลูเตนจากแป้งมันเทศสีม่วง

ขอบเขตการวิจัย

- 1) การพัฒนาผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบปราศจากกลูเตนจากแป้งมันเทศสีม่วง (*Ipomoea batatas* L. Lam) ที่ปลูกในจังหวัดศรีสะเกษ
- 2) ศึกษาปริมาณกัวร์กัมในการผลิตวาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วงปริมาณร้อยละ 0.5 และ 1.0 โดยน้ำหนักแป้ง
- 3) ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการวาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วง ได้แก่ โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต โยอาหารทั้งหมด และพลังงานทั้งหมด

การทบทวนวรรณกรรม

มันเทศสีม่วง (Purple Sweet Potato)

มันเทศสีม่วง ปลูกในประเทศไทยมีหลายสายพันธุ์ โดยมันเทศเนื้อสีม่วงมีสารสีที่อยู่ในรูปแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) ซึ่งแอนโทไซยานินเป็นสารธรรมชาติที่ไม่มีพิษและละลายน้ำได้ มีสีส้ม แดง ม่วง หรือน้ำเงิน โดยแอนโทไซยานินประกอบด้วยแอนโทไซยานิดิน (Anthocyanidin) น้ำตาลและอนุพันธ์ของ Acylating Acids ทั้งนี้มันเทศเนื้อสีม่วงแต่ละสายพันธุ์มีปริมาณแอนโทไซยานินแตกต่างกัน เช่น มันเทศเนื้อสีม่วงที่มีผิวเปลือกสีม่วงสายพันธุ์ Terlaje มีปริมาณแอนโทไซยานินประมาณ 0.4 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักมันเทศสด (Yang & Gadi, 2008)

แป้งมันเทศ

ในการผลิตแป้งมันเทศในระดับอุตสาหกรรมจะทำโดยนำมันเทศมาล้างทำความสะอาดในรางน้ำที่มีเกลียวหมุน นำมันเทศที่ได้ผ่านไปยัง Rotary Washer ซึ่งมี Rotary Drum และมีน้ำสเปรย์ผ่านเพื่อชะล้างดินและสิ่งสกปรกออก และผ่าน Bucket Elevator ไปยังเครื่อง Hammer mill เพื่อทำการบดครั้งแรก ได้แป้งมันเทศที่มีลักษณะหยาบและผ่านไปยัง Shaker Screen เพื่อแยกแป้งหยาบออก นำไปบดด้วย Hammer Mill อีกครั้ง จากนั้นล้างน้ำผ่านตะแกรงแยกกาก นำมาล้างน้ำ บดและกรองโดยใช้ Filter Drum และทำให้แห้งด้วยเครื่อง Rotary Dryer ใช้สำหรับนำมาทำอาหารสัตว์ สำหรับน้ำแป้งที่ผ่านตะแกรง แยกเส้นใยขนาดใหญ่ แล้วบีบน้ำออก ล้างน้ำให้สะอาดอีกครั้ง และติบสารละลายต่างเพื่อล้างแป้ง เมื่อแยกน้ำออกได้แป้งหยาบแห้ง ร้อนและบรรจุถึง (Srirod & Piya, 2002).

วaffle

ทำจากแป้งสาลีผสมกับผงฟู ขึ้นรูปเป็นทรงกลมหรือรูปทรงสี่เหลี่ยม มีลักษณะคล้ายขนมปังผิงผิงของประเทศไทย มักจะทำเป็นอาหารเช้า ราดด้วยเนย และน้ำเชื่อมเมเปิ้ล ผลไม้อื่น ๆ ไชร์ป หรือน้ำตาลผง และยังเป็นอาหารหวานที่แตกต่างกันไป เช่น โก้ทอดและวaffle พวกเขาอาจจะทำเป็นขนมหวาน ราดด้วยไอศกรีมและรสชาติอื่น (วaffleอเมริกัน ทานกับไข่และเบคอน) แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์วaffleที่มีขายตามท้องตลาดยังพบวaffleที่มีลักษณะเป็นแผ่นแป้งบาง และกรอบ ผลิตจากแป้งสาลี ไข่ไก่ เนยสด ผงฟู และนำไปอบจนแห้งและกรอบ ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์วaffleชนิดกรอบนี้จัดเป็นผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดหนึ่งโดยส่วนใหญ่ผลิตภัณฑ์ขนมอบนั้นจะมีคุณภาพที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์วaffleที่มีคุณภาพดีเมื่ออบเสร็จแล้ว ต้องมีลักษณะเนื้อสัมผัสกรอบแข็งไม่ร่วน มีลักษณะเป็นชิ้นขนาดใกล้เคียงกันอาจแตกหักได้บ้างเล็กน้อย ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนผสมที่ใช้ และไม่มีส่วนที่ไหม้ กลิ่นรสต้องมิกลิ่นตามธรรมชาติของส่วนผสมและปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน ในส่วนของผลิตภัณฑ์หลังอบเสร็จต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก แต่ในกรณีที่มีการเติมแต่งส่วนผสมอื่น ๆ ต้องไม่เกินร้อยละ 7 โดยน้ำหนัก รวมไปถึงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^4

โคลีนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์และรา ต้องน้อยกว่า 10 โคลีนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (คุณภาพและการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ขนมอบ, มปป.)

ไฮโดรคอลลอยด์

สารประกอบไฮโดรคอลลอยด์ หมายถึง สารที่สามารถละลายหรือกระจายในน้ำร้อนหรือน้ำเย็น และให้สารละลายที่มีลักษณะหนืด สารบางชนิดมีคุณสมบัติให้ความหนืด รักษาความคงตัว ช่วยให้น้ำและน้ำมัน เข้ากันได้ดีหรือจับน้ำ และช่วยให้สารแขวนลอยได้ดีอีกด้วย ส่วนในอุตสาหกรรมอาหาร ได้นำไฮโดรคอลลอยด์ มาใช้ประโยชน์เพื่อปรับปรุงคุณภาพของอาหารตามสมบัติของไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิด ซึ่งจะทำหน้าที่ได้แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ ที่นิยมใช้กันมาก คือ ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความคงตัว สารเพิ่มความหนืด อิมัลซิไฟอิงเอเจนต์ และสารที่ทำให้เกิดฟิล์ม (Film Forming Agent) การทำหน้าที่ดังกล่าวของไฮโดรคอลลอยด์จะสัมพันธ์กับความหนืดของสารละลายที่ใช้ ซึ่งจะผันแปรตามความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรคอลลอยด์ที่ใช้ด้วย ปริมาณการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ในหน้าที่ดังกล่าวรวมกันประมาณ 65 เปอร์เซ็นต์ของไฮโดรคอลลอยด์ที่นำมาใช้ประโยชน์ทั้งหมด สำหรับหน้าที่อื่น ๆ ใช้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น (Nitiya, 2006)

กัวร์กัม (Guar Gum)

กัวร์กัมได้จากส่วนเนื้อในเมล็ดพืชตระกูลถั่ว Cyamosid tetragonolobus โครงสร้างโมเลกุลของกัวร์กัม เป็นพอลิเมอร์สายยาวของกาแล็กโทแมนแนน มีน้ำหนักโมเลกุล 220,000-250,000 ดาลตัน โมเลกุลประกอบด้วยน้ำตาลแมนโนสที่ต่อกันด้วยพันธะเบต้า -1,4 และมีแขนงของน้ำตาลกาแล็กโทส หนึ่งโมเลกุลต่อทุก ๆ 2 โมเลกุลของน้ำตาลแมนโนส เชื่อมต่อกันด้วยพันธะแอลฟา -1, 6 ทำให้อัตราส่วนของน้ำตาลแมนโนสต่อกาแล็กโทสเป็น 2:1 แสดงว่ากัวร์กัมมีแขนงของน้ำตาลกาแล็กโทสมากกว่าโลคัสต์บีนกัม

กัวร์กัมไม่สามารถเกิดเจลได้ แต่อุ่นน้ำ และกระจายตัวได้ดีในน้ำเย็น สารละลายที่ได้มีความหนืดสูง และจะให้ความหนืดสูงสุดภายในเวลา 2 ชั่วโมง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะอุ้มน้ำได้มากขึ้น และมีความหนืดเพิ่มขึ้น ใช้เป็นสารเพิ่มความหนืด สารเพิ่มความคงตัว และช่วยอุ้มน้ำ ความหนืดของสารละลายกัวร์กัมจะขึ้นกับอุณหภูมิ ความเป็นกรด-เบส เวลา ความเข้มข้น การคน และขนาดของอนุภาค เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ความหนืดของสารละลายกัวร์กัมจะเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากกัวร์กัมจะไม่แตกตัวเป็นไอออน และทนต่อการเป็นกรด-เบสได้ในช่วงกว้าง คือ พีเอช 4-10 โดยที่ความหนืดไม่เปลี่ยนแปลง ทำให้สามารถเติมอิเล็กโทรไลต์ได้เป็นจำนวนมาก แต่ถ้ามีความเข้มข้นของอิเล็กโทรไลต์สูงกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ จะมีผลต่อการอุ้มน้ำ และการเกิดเจล กัวร์กัมจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้สูงที่สุดที่ความเป็นกรด-เบส 7.5-9.0

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาปริมาณกัวร์กัมที่เหมาะสมต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบปราศจากกลูเตนจากแป้งมันเทศสีม่วง

วาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วงเป็นผลิตภัณฑ์แป้งกรอบที่ปราศจากกลูเตน เมื่อนำมาผลิตจะส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ แตกเปราะง่าย ดังนั้นการใช้ไฮโดรคอลลอยด์เพื่อปรับปรุงลักษณะ

ดังกล่าว โดยเตรียมวaffle เฟลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วงมาศึกษาผลของปริมาณกัวร์กัม (Guar Gum) ที่มีผลต่อคุณภาพวaffle เฟลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วง โดยเติมกัวร์กัม ในปริมาณที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0 0.5 และ 1.0 โดยน้ำหนักแป้ง แล้วนำมาวิเคราะห์คุณลักษณะของวaffle เฟลชนิดกรอบ จากนั้นนำมาผสมกับส่วนผสมอื่น ๆ ดังตารางที่ 1

1.1 ขั้นตอนการเตรียมแป้งมันเทศสีม่วง

เตรียมแป้งมันเทศสีม่วง ตามวิธีของ Yanin (2013) โดยนำมันเทศสีม่วงจากตลาดนัดในจังหวัดศรีสะเกษ มาล้างให้สะอาดแล้วปอกเปลือก และล้างให้สะอาดอีกครั้ง จากนั้นนำมันเทศสีม่วงมาสไลด์เป็นแผ่นบางที่มีความหนาประมาณ 4.5 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องสไลด์ นำชิ้นมันที่ได้มาให้ความร้อนด้วยวิธีการลวกด้วยน้ำร้อน (Water blanching) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที หลังจากผ่านการให้ความร้อนตามเวลาที่กำหนดแล้ว นำมันเทศที่ได้มาทำให้แห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง หรือจนมีปริมาณความชื้นสุดท้ายเท่ากับร้อยละ 10 หลังจากนั้นนำมาบดด้วยเครื่องบดละเอียดความเร็วสูงและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช นำแป้งมันเทศสีม่วงบรรจุใส่ถุงฟลอยด์เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

1.2 ขั้นตอนการผลิตวaffle เฟลชนิดกรอบจากมันเทศสีม่วง

นำแป้งมันเทศสีม่วงที่เตรียมได้จากข้อ 1.1 มาเตรียมผลิตวaffle เฟลชนิดกรอบ ดัดแปลงจากวิธีของ Sara-wells (2016) โดยใช้แป้งมันเทศสีม่วงร้อยละ 100 โดยน้ำหนักแป้ง ทำโดยชั่งส่วนผสมตามสูตรตารางที่ 1 ร่อนแป้งมันเทศสีม่วง ผงฟูพักไว้ จากนั้นผสมไข่และน้ำตาลด้วยความเร็วระดับ 1 เวลา 1 นาที เทเนยละลายลงในอ่างผสม ผสมด้วยความเร็ว 1 เวลา 1 นาที จากนั้นเทส่วนผสมที่ร่อนไว้ลงในอ่างผสม ผสมต่อด้วยความเร็วระดับ 2 เวลา 3 นาที จากนั้นตักส่วนผสมที่ได้ปริมาณ 4 กรัม ลงในเครื่องทำวaffle เฟลอบจนสุกเป็นเวลา 1-1.5 นาที

ตารางที่ 1 สูตรการเตรียมวaffle เฟลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วง

ส่วนประกอบ (กรัม)	สูตรการเตรียมวaffle เฟลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วง		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
แป้งมันเทศสีม่วง	100	100	100
ไข่ไก่	100	100	100
น้ำตาล	60	60	60
เนยสด	40	40	40
ผงฟู	1	1	1
กัวร์กัม	0	0.5	1.0

ที่มา: ดัดแปลงจาก Sara-wells (2016)

1.2.1 วิเคราะห์ทางกายภาพของวาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วง

1.2.1.1 วัดค่าสีของวาฟเฟิลจากแป้งมันเทศสีม่วง ตามวิธีของ Park and Baik (2004) ด้วยเครื่องวัดสี Hunter Lab วัดค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) และคำนวณ ค่า Hue angle (h°) และค่า Chroma (C°)

1.2.1.2 วัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง (Hardness) ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer)

1.2.2 การประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของวาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วง

การประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของวาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วง โดยการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) ทำการประเมินคุณลักษณะของวาฟเฟิลชนิดกรอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวนทั้งหมด 15 คน (นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาการจัดการและการประกอบอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง)

1.3 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance, ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ส่วนการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของวาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วง โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลทางสถิติ (Analysis of Variance: ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม SPSS

2. ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของวาฟเฟิลชนิดกรอบปราศจากกลูเตนจากแป้งมันเทศสีม่วง

นำผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วงที่คัดเลือกได้จากข้อที่ 1 มาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และคุณค่าทางโภชนาการดังนี้

2.1 ปริมาณความชื้น (AOAC, 1990)

2.2 ปริมาณโปรตีน (AOAC, 1990)

2.3 ปริมาณไขมัน (AOAC, 1990)

2.4 ปริมาณเถ้า (AOAC, 1990)

2.5 ปริมาณคาร์โบไฮเดรต โดยวิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณคาร์โบไฮเดรต} = 100 - (\text{โปรตีน} + \text{ไขมัน} + \text{เถ้า})$$

2.6 ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (Total Dietary Fiber) (AACC, 1990)

2.7 พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี/100 กรัม)

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาปริมาณกัวร์กัมที่เหมาะสมต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์วaffle เฟลชชนิดกรอบปราศจากกลูเตนจากแป้งมันเทศสีม่วง

จากขั้นตอนการเตรียมแป้งมันเทศสีม่วง โดยนำมันเทศสีม่วง มาล้างให้สะอาดแล้วปอกเปลือก และล้างให้สะอาดอีกครั้ง จากนั้นนำมันเทศมาสไลด์เป็นแผ่นบางที่มีความหนาประมาณ 4.5 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องสไลด์ นำชิ้นมันเทศสีม่วงที่ได้มาให้ความร้อนด้วยวิธีการลวกด้วยน้ำร้อน (Water Blanching) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 นาที โดยการลวกนี้ทำเพื่อกำจัดเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenoloxidase, PPO) แล้วนำมันเทศสีม่วงที่ได้มาทำให้แห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง หรือจนมีปริมาณความชื้นสุดท้ายเท่ากับร้อยละ 10 หลังจากนั้นนำมาบดด้วยเครื่องบดละเอียดความเร็วสูงและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช เก็บในถุงฟลอยด์เพื่อใช้ในการทดลองขั้นตอนต่อไป (แสดงดังภาพที่ 1)

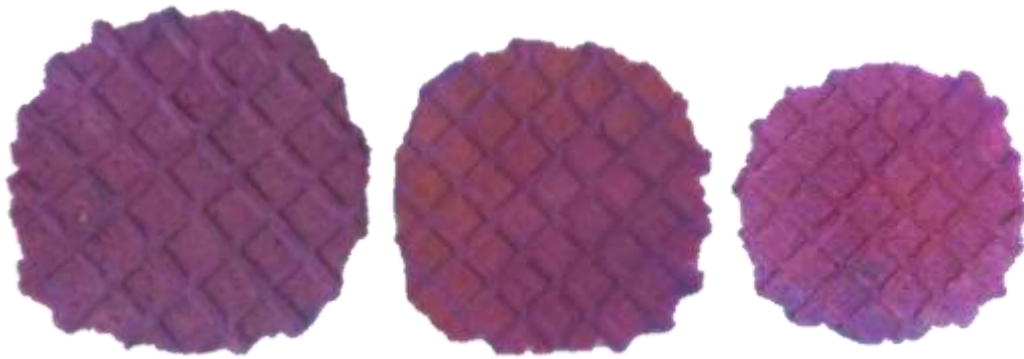


ภาพที่ 1 แป้งมันเทศสีม่วง

ทำการผลิตวaffle เฟลชชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เติมกัวร์กัมในปริมาณที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0 0.5 และ 1.0 โดยน้ำหนักแป้ง โดยวิเคราะห์ค่าสี และลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง ได้ผลการทดลองดังนี้

1.1 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของวaffle เฟลชชนิดกรอบ

นำผลิตภัณฑ์วaffle เฟลชที่เติมกัวร์กัมร้อยละ 0 0.5 และ 1.0 โดยน้ำหนักแป้ง โดยพบว่า ผลิตภัณฑ์วaffle เฟลชชนิดกรอบที่ผลิตได้มีสีใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตาม จากภาพจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าขนาดของวaffle เฟลช มีเส้นผ่านศูนย์กลางลดลงจาก 5.00 เซนติเมตร เป็น 4.00 เซนติเมตร เมื่อปริมาณกัวร์กัมเพิ่มมากขึ้น (แสดงดังภาพที่ 2)



(ก)

(ข)

(ค)

ภาพที่ 2 ผลผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เติมกัวร์กัมในปริมาณร้อยละ 0 (ก) 0.5 (ข) และ 1.0 (ค) โดยน้ำหนักแป้ง

1.1.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของวาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วง

จากผลการวิเคราะห์ค่าสีของวาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เติมกัวร์กัมร้อยละ 0 0.5 และ 1.0 โดยน้ำหนักแป้ง (ดังตารางที่ 2) จากผลการทดลองพบว่า มีค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง และค่า Hue angle แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่มีค่าความเป็นสีเหลือง และค่า C^* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ทั้งนี้เมื่อเติมกัวร์กัมในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น อยู่ในช่วง 40.78 ถึง 41.91 ค่าความเป็นสีแดงลดลง อยู่ในช่วง 22.51 ถึง 21.27 ค่า h° อยู่ระหว่าง 354.08 ถึง 358.43 อยู่ในเฉดสีม่วง ส่วนค่าความเป็นสีเหลือง และ C^* ไม่แตกต่างกัน อยู่ในช่วง -3.69 ถึง -3.84 และ 20.73 ถึง 22.05 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของวาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เติมกัวร์กัมในปริมาณที่แตกต่างกัน

ปริมาณกัวร์กัม ร้อยละโดยน้ำหนักแป้ง	ค่าสี				
	L^*	a^*	b^{*ns}	C^{*ns}	h°
0	40.78 ^b ±0.60	22.51 ^a ±0.17	-3.84±0.55	22.05±0.39	358.43 ^a ±1.19
0.5	40.78 ^b ±0.37	21.27 ^b ±0.049	-3.69±1.87	21.15±0.47	354.08 ^{ab} ±3.15
1.0	41.91 ^a ±0.24	21.38 ^b ± 0.47	-3.82±0.46	20.73±1.41	357.36 ^b ±0.65

หมายเหตุ ^{a, b, c} หมายถึง ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$).

^{ns} หมายถึง ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

1.1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วง (แสดงดังตารางที่ 3) พบว่า ผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วงที่

เติมกัวร์กัมในปริมาณที่แตกต่างกันมีลักษณะเนื้อสัมผัสค่าความแข็งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อปริมาณกัวร์กัมเพิ่มขึ้นร้อยละ 0 0.5 และ 1.0 โดยน้ำหนักแป้ง มีผลทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นเท่ากับ 3319.35 , 4417.89 และ 4464.59 กรัม

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็งของผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เติมกัวร์กัมในปริมาณต่างๆ

ปริมาณกัวร์กัม ร้อยละโดยน้ำหนักแป้ง	ค่าความแข็ง (กรัม)
0	3319.35 ^a ±91.48
0.5	4417.89 ^b ±112.64
1.0	4464.59 ^c ±119.35

หมายเหตุ ^{a, b, c} หมายถึง ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

1.1.4 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบความชอบของผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วง

จากผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบความชอบของผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เติมกัวร์กัมร้อยละ 0 0.5 และ 1.0 โดยน้ำหนักแป้ง (แสดงผลดังตารางที่ 4) จากผลการประเมินพบว่า ผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วงด้านสี และลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เติมกัวร์กัมในปริมาณที่แตกต่างกันมีคะแนนความชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่มีคะแนนความชอบในด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ 4 ค่าคะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของวาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เติมกัวร์กัมในปริมาณต่าง ๆ (n=15)

ปริมาณกัวร์กัม ร้อยละโดยน้ำหนักแป้ง	คุณลักษณะ				
	สี	กลิ่น ^{ns}	รสชาติ ^{ns}	ลักษณะเนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม ^{ns}
0	7.07 ^a ±0.88	6.80±0.68	7.07±1.03	4.73 ^b ±1.03	5.40±1.06
0.5	6.40 ^b ±1.35	6.60±1.06	6.60±0.99	6.13 ^a ±0.92	6.13±0.83
1.0	6.64 ^b ±0.91	7.13±0.83	7.13±1.13	6.87 ^a ±1.25	5.80±0.78

หมายเหตุ ^{a, b, c} หมายถึง ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$).

^{ns} หมายถึง ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

2. ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของวอฟเฟิลชนิดกรอบปราศจากกลูเตนจากแป้งมันเทศสีม่วง

นำผลิตภัณฑ์วอฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เติมกัวร์กัมร้อยละ 0.5 มาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต พลังงานที่ได้รับทั้งหมด และใยอาหารทั้งหมด ได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 5 คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์วอฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เติมกัวร์กัมร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักแป้ง

คุณค่าทางโภชนาการ	แป้งมันเทศสีม่วงเติมกัวร์กัม ร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักแป้ง
ปริมาณความชื้น (กรัม/100 กรัม)	3.05
ปริมาณโปรตีน (กรัม/100 กรัม)	7.67
ปริมาณไขมัน (กรัม/100 กรัม)	19.49
ปริมาณเถ้า (กรัม/100 กรัม)	0.87
ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (กรัม/100 กรัม)	68.92
พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี/100 กรัม)	481.77
ใยอาหารทั้งหมด (กรัม/100 กรัม)	1.08

จากตารางที่ 5 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์วอฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เติมกัวร์กัมร้อยละ 0.5 มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 3.05, 7.67, 19.49, 0.87, 68.92 กรัมต่อ 100 กรัม พลังงานทั้งหมดเท่ากับ 481.77 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม และใยอาหารทั้งหมด เท่ากับ 1.08 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ

อภิปรายผล

1. ผลการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของกัวร์กัมต่อคุณภาพของวอฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วง

ผลิตภัณฑ์วอฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เติมกัวร์กัมในปริมาณที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0 0.5 และ 1.0 โดยน้ำหนักแป้ง โดยวิเคราะห์ค่าสี และลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง ได้ผลการทดลองดังนี้

1.1 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของวอฟเฟิลชนิดกรอบ

นำผลิตภัณฑ์วอฟเฟิลที่เติมกัวร์กัมร้อยละ 0 0.5 และ 1.0 โดยน้ำหนักแป้ง ได้ผลิตภัณฑ์วอฟเฟิลชนิดกรอบ โดยพบว่า ผลิตภัณฑ์วอฟเฟิลชนิดกรอบที่ผลิตได้มีสีใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาขนาดของผลิตภัณฑ์วอฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วง (แสดงดังภาพที่ 2) พบว่าขนาดของวอฟเฟิลมีเส้นผ่านศูนย์กลางลดลงจาก 5.00 เซนติเมตร เป็น 4.00 เซนติเมตร เมื่อปริมาณกัวร์กัมเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากกัวร์กัมมีคุณสมบัติเป็นสารเพิ่มความหนืด ช่วยอุ้มน้ำ (Nitiya, 2006) หากเติมเข้าไปในระบบที่มีสตาร์ช

สามารถเกิดโครงสร้างร่างแหล้อมรอบเม็ดสตาร์ช และกาแล็กโต-แมนแนน สามารถเกิดอันตรกิริยา (Interaction) กับอะไมโลสด้วยพันธะไฮโดรเจน และทำให้เกิดโครงสร้างคล้ายร่างแหสามมิติ (Sudhakar, Singhal & Kulkarni, 1996; Kruger, Ferrero & Zaritzky, 2003) มีผลให้ความหนืดของตัวอย่างก่อนทำให้สุกเพิ่มขึ้น จึงส่งผลต่อการขยายตัวของผลิตภัณฑ์ลดลง

1.1.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของวาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วง

จากผลการวิเคราะห์ค่าสีของวาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เติมกัวร์กัม ร้อยละ 0 0.5 และ 1.0 โดยน้ำหนักแป้ง (ตารางที่ 2) จากผลการทดลองพบว่า เมื่อเติมกัวร์กัมในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น ค่าความเป็นสีแดงลดลง ค่า h° อยู่ในเกณฑ์สีม่วง ส่วนค่าความเป็นสีเหลือง และ C^* ไม่แตกต่างกัน ตามลำดับ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Natthakarn, Sheryl and Puntarika. (2016) ทำการศึกษาผลของสารไฮโดรคอลลอยด์ชนิดแซนแทนกัม โดยแปรปริมาณ 0.25 0.5 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง ต่อคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ข้าวปราศจากกลูเตน ด้วยการวัดค่าความสว่าง ค่าHue angle และค่า C^* พบว่า เมื่อปริมาณแซนแทนกัมเพิ่มมากขึ้นมีผลทำให้ค่าความสว่างเพิ่มขึ้น

1.1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วง (ตารางที่ 3) พบว่า ผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เติมกัวร์กัมในปริมาณที่แตกต่างกันมีลักษณะเนื้อสัมผัสค่าความแข็งแตกต่างกัน เมื่อปริมาณกัวร์กัมเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นจาก 3319.35 กรัม เป็น 4464.5 กรัม ทั้งนี้เนื่องจากกัวร์กัมมีคุณสมบัติเป็นสารเพิ่มความหนืดช่วยอุ้มน้ำ (Nithiya, 2006) หากเติมเข้าไปในระบบที่มีสตาร์ชสามารถเกิดโครงสร้างร่างแหล้อมรอบเม็ดสตาร์ช และกาแล็กโต-แมนแนนสามารถเกิดอันตรกิริยา (Interaction) กับอะไมโลสด้วยพันธะไฮโดรเจน และทำให้เกิดโครงสร้างคล้ายร่างแหสามมิติ (Sudhakar et al., 1996; Kruger et al., 2003) อาจส่งผลให้โครงสร้างภายในของวาฟเฟิลจากแป้งมันเทศสีม่วงมีความแข็งแรงมากขึ้น จึงส่งผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็งเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Natthakarn et al. (2016) ศึกษาการใช้แซนแทนกัมในปริมาณ 0.25 0.5 และ 0.75 ร้อยละโดยน้ำหนักแป้ง ต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์แครกเกอร์จากแป้งข้าว โดยนำไปวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแซนแทนกัมจาก 0.25 เป็น 0.75 ร้อยละโดยน้ำหนัก มีผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็งของแครกเกอร์จากแป้งข้าวมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นจาก 481.69 เป็น 653.18 นิวตัน

1.1.3 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบความชอบของผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วง

จากผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบความชอบของผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เติมกัวร์กัมร้อยละ 0 0.5 และ 1.0 โดยน้ำหนักแป้ง (ตารางที่ 4)

จากผลการประเมินพบว่า ผลผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วงด้านสี และลักษณะเนื้อสัมผัสของผลผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เติมกัวร์กัมในปริมาณที่แตกต่างกันมีคะแนนความชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่มีคะแนนความชอบในด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยด้านสี พบว่า ผลผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วงที่ไม่เติมกัวร์กัม มีคะแนนความชอบสูงสุด รองลงมา คือวาฟเฟิลชนิดกรอบที่เติมกัวร์กัมร้อยละ 0.5 และ 1.0 โดยน้ำหนักแป้ง

ด้านกลิ่นและด้านรสชาติ พบว่า กลิ่นของผลผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลที่เติมกัวร์กัมร้อยละ 0 0.5 และ 1.0 โดยน้ำหนักแป้ง มีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ด้านเนื้อสัมผัส พบว่า ผลผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วง ที่เติมกัวร์กัมร้อยละ 0 0.05 และ 1.0 โดยน้ำหนักแป้ง มีคะแนนความชอบแตกต่างกัน ($p < 0.05$) โดยผลผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เติมกัวร์กัมร้อยละ 0.5 และ 1.0 โดยน้ำหนักแป้ง มีคะแนนความชอบสูงสุดไม่แตกต่างกัน เท่ากับ 6.13 และ 6.87 คะแนน ตามลำดับ ส่วนผลผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วงที่ไม่เติมกัวร์กัมมีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสต่ำสุด เท่ากับ 4.73 คะแนน และด้านความชอบรวม พบว่า ผลผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วง มีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาที่คะแนนความชอบโดยรวม พบว่า ผลผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบที่เติมกัวร์กัมร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักแป้ง มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกผลผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เติมกัวร์กัมร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักแป้ง ไปตรวจสอบคุณค่าทางโภชนาการ

2. ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของวาฟเฟิลปราศจากกลูเตนชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วง

นำผลผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบจากแป้งมันเทศสีม่วงที่เติมกัวร์กัมร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักแป้ง มาตรวจสอบคุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 3.05, 7.67, 19.49, 0.87, 68.92 กรัมต่อ 100 กรัม พลังงานทั้งหมดเท่ากับ 481.77 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม และใยอาหารทั้งหมด เท่ากับ 1.08 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลผลิตภัณฑ์วาฟเฟิลชนิดกรอบปราศจากกลูเตนจากแป้งมันเทศสีม่วง
2. มีการศึกษาการเพิ่มหรือลดส่วนผสมประกอบเช่น ไขมัน น้ำตาล หรือใยอาหาร เพื่อให้ได้ผลผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 และขอขอบคุณนักศึกษาศาขากาการจัดการและการประกอบอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังในการช่วยเหลือทางด้านประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

References

- Department of Agriculture. (2011). Production statistics 2547-2548. Planning Division. Bangkok.
- Nithiya, R. (2006). Food Chemistry. 2nd Edition. Bangkok: Publishing Odeon Store.
- American Association of Cereal Chemist. (AACC). (1990). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemist. Minnesota: American Association of Cereal Chemist.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 1990, Official Method of Analysis, Association of Official Analytical Chemists, Virginia.
- Greene, J. L., & Bovell-Benjamin, A. C. (2004). Macroscopic and sensory evaluation of bread supplemented with sweet-potato flour. *Journal of Food Science*, 69(4). 167-173.
- Kruger, A., Ferrero, C., & Zaritzky, N.E. (2003). Modelling corn starch swelling in batch system of sucrose and hydrocolloids. *Journal of Food Engineering*, 58, 125-133.
- Markakis, P. (1982). Anthocyanin as Food Colors. Academic Press, New York, NY. USA.
- Natthakarn, N., Sheryl A. B., & Puntarika, R. (2016). The effects of protein isolates and hydrocolloids complexes on dough rheology, physicochemical properties and qualities of gluten-free crackers. *Food Science & Nutrition*. 4(2), 143-155.
- Nitiya, R. (2006). Food chemistry. 2nd edition. Bangkok: Odian Store.
- Sabanis, D., D. Lebesi, and C. Tzia. (2009). Effect of dietary fibre enrichment on selected properties of gluten-free bread. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technology-Food Science and Technology* 42: 1380-1389.
- Sara-wells. (2559). Homemade Waffle Cones. Available Source: <http://ourbestbites.com/2014/07/homemade-waffle-cones/>.(November 17, 2016).
- Srirod K., & Piya, K. (2002). Technology of starch. Bangkok: Odian Store.
- Sudhakar, V., Singhal, R. S., & Kulkarni, P. R. (1996). Effect of salt on interactions of starch with guar gum. *Food Hydrocolloids*, 10(3), 329-334.

- Pruessner, T. (1998). Detecting Celiac Disease in Your Patients. American Family Physician.
Available Source: <http://www.aafp.org/afp/980301ap/pruessn.html>, (November 17,2016).
- Yanin, C. (2013). Effect of blanching on properties of purple sweet potato flour for Chinese steamed bread (Mantou) application and quality improvement with alpha-amylase or carboxymethyl cellulose. Master's degree thesis in food science and technology. Burapha university.
- Yang, J., & Gadi, R.L. "Effects of Steaming and Dehydration on Anthocyanins, Antioxidant Activity, Total Phenols and Color Characteristics of Purple-Fleshed Sweet Potatoes (*Ipomoea batatas*).” American Journal of Food Technology. 3,4(2008), 224-234.



Kannika Kunatee, Master of Science Program in Food Science and Technology, M.Sc. (Food science and Technology) Lecturer, Food Science and Technology, Faculty of Liberal Arts and Sciences of Sisaket Rajabhat University.



Panarat Sungin, Master of Science Program in Food Science and Technology, M.Sc. (Food science and Technology), Lecturer, Food Science and Technology, Faculty of Liberal Arts and Sciences of Sisaket Rajabhat University.