

การใช้ประโยชน์จากมัลเบอร์รี่เพื่อลดการอมน้ำมันในโรตีกกรอบ Utilization of Mulberry to Reduce Oil Absorption in Crispy Roti

สุรีย์พร กังสนันท์ สุณิสรา พรหมนุ้ย เสาวลักษณ์ รักหอม และ อัมรีนา เทาว์ลย์

Sureeporn Kangsanant^{*}, Sunisa Promnuy Saowalak Rakhom and Amreena Taowan

สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา อ.เมืองสงขลา จังหวัดสงขลา 90000

Home Economics Program Faculty of Science and Technology Songkhla Rajabhat University Muang District, Songkhla

^{*}Corresponding author; E-mail: kangsanant.s@gmail.com

Received: 20 August 2021/Revised: 15 October 2021/Accepted: 03 November 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้น้ำมัลเบอร์รี่เข้มข้น (5°brix) แทนน้ำเปล่าในสูตรโรตีกกรอบ (ร้อยละ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100) และนำกากมัลเบอร์รี่ที่เหลือจากการคั้นน้ำมาอบแห้งเป็นมัลเบอร์รี่ผงและใช้ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนเพื่อลดการอมน้ำมันในโรตีกกรอบ โดยศึกษาปริมาณมัลเบอร์รี่ผงที่ระดับร้อยละ 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ของปริมาณแป้งสาลี จากนั้นศึกษาลักษณะทางกายภาพ ทางเคมีและทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลการศึกษาพบว่าการเพิ่มขึ้นของน้ำมัลเบอร์รี่ในโรตีกกรอบทำให้แนวโน้มค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point hedonic scale พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์โรตีกกรอบที่ใช้น้ำมัลเบอร์รี่ร้อยละ 80 เทียบเท่ากับสูตรควบคุม ($p > 0.05$) ในทุกคุณลักษณะที่ทำการทดสอบ การศึกษาปริมาณมัลเบอร์รี่ผงในผลิตภัณฑ์โรตีกกรอบ ผลการศึกษาพบว่า มัลเบอร์รี่ผงมีความชื้นร้อยละ 5.79 มีความสามารถในการอุ้มน้ำ 5.15 g water/ g dry sample ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน 1.75 g oil/ g dry sample การเพิ่มขึ้นของปริมาณมัลเบอร์รี่ผงทำให้ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ของโรตีกกรอบลดลง ในขณะที่ค่าความกรอบ (Crispness) เพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อค่าความแข็ง (Hardness) และการใช้มัลเบอร์รี่ผงตั้งแต่ร้อยละ 6 ขึ้นไป สามารถลดการอมน้ำมันได้สูงที่สุดที่ร้อยละ 69.49 เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม การทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบโรตีกกรอบที่มีมัลเบอร์รี่ผงร้อยละ 10 สูงกว่าโรตีกกรอบสูตรควบคุม โดยเฉพาะคุณลักษณะด้านกลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

คำสำคัญ: มัลเบอร์รี่ การอมน้ำมัน โรตีกกรอบ



Abstract

The objectives of this research were to study the use of mulberry juice concentrate (5°brix) instead of water in the crispy roti recipe (0%, 20%, 40%, 60%, 80% and 100%). The mulberry residue from the juice process was dried and added into the recipe by replacement of wheat flour at 0%, 2%, 4%, 6%, 8% and 10% of wheat flour in order to reduce oil absorption in crispy roti. The Impact of mulberry juice and powder on physico-chemical properties and sensory acceptance test of the resulting crispy roti were studied. The results showed that the increase of mulberry juice in crispy roti led to a statistically significant ($p \leq 0.05$) decrease in brightness (L^*), redness (a^*) and yellowness (b^*) compared to those of control (without mulberry juice adding). The results from the sensory test using 9-point hedonic scale showed a similar liking score of crispy roti with 80% mulberry juice compared with those of the control. For the mulberry powder, it has a moisture content of 5.79%, water holding capacity of 5.15 g water/g dry sample, oil holding capacity of 1.75 g oil/ g dry sample. The increase in mulberry powder content decreased the brightness (L^*), redness (a^*) and yellowness (b^*) of crispy roti in which the crispness increased without changing hardness. Using mulberry powder at 10% showed the reduction of oil absorption by 69.49% compared to the control. The sensory tests showed that crispy roti with 10% mulberry powder received the higher linking score, especially flavor, taste, texture and overall attributes, compared with those of the control ($p \leq 0.05$)

Keywords: Mulberry, Oil absorption, Crispy Roti

บทนำ

โรตีสกรอบเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำแป้งสาลีผสมกับน้ำ และส่วนผสมอื่น ๆ ได้แก่ เกลือ น้ำตาล น้ำมัน นวดจนได้ก้อนแป้งที่เนียน จากนั้นจึงนำมารีดเป็นแผ่น ม้วนและรีดให้เป็นแผ่นแบนอีกครั้ง ตัดเป็นชิ้น และนำไปทอด จากนั้นนำมากลุกเคล้ากับน้ำตาลเคี้ยว¹ จะเห็นได้ว่าโรตีสกรอบมีส่วนผสมหลักคือแป้งและผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดทำให้มีปริมาณน้ำมันในผลิตภัณฑ์สูง และปัญหาหลักที่พบคือการอมน้ำมันของโรตีสกรอบหลังการทอด การ

บริโภคอาหารทอดเป็นเวลานานอาจนำไปสู่ภาวะโภชนาการเกินซึ่งเป็นสาเหตุของโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคเบาหวาน และความดันโลหิตสูง เป็นต้น

จากสาเหตุดังกล่าวจึงได้มีงานวิจัยที่ศึกษาการลดการอมน้ำมันในอาหารที่ผ่านการทอดโดยการใส่ใยอาหารเป็นส่วนผสม ซึ่งใยอาหารที่มีส่วนประกอบหลักเป็นใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำสามารถช่วยลดการอมน้ำมันในอาหารที่ผ่านการทอดได้ โดยงานวิจัยพบว่า ผลิตภัณฑ์ปาท่องโก๋ซึ่งมีการ



เติมผงเปลือกเงาะร้อยละ 3 สามารถลดการอมน้ำมันลงได้ร้อยละ 29.44 เมื่อเปรียบเทียบกับปาฟองโกที่ไม่เติมผงเปลือกเงาะ² การใช้คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose: CMC) ที่ผลิตได้จากฟางข้าวร้อยละ 6 โดยน้ำหนักแบ่งที่ใช้ในการผลิตปาฟองโกสามารถลดการอมน้ำมันลงได้ร้อยละ 23 เมื่อเปรียบเทียบกับปาฟองโกที่ไม่เติม CMC³ ในขณะที่การใช้โยอาหารจากไหมข้าวโพดเป็นส่วนผสมในแป้งชุบทอดไม่มีผลต่อการลดการอมน้ำมัน ทั้งนี้ประสิทธิภาพในการลดการอมน้ำมันขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของโยอาหารที่ศึกษา⁴ โดยทั่วไปบริเวณผิวหน้าของอาหารจะมีช่องว่างหรือรูพรุนเมื่อขึ้นอาหารได้รับความร้อนจากการทอดจะทำให้ไอน้ำระเหยออกจากผิวหน้าหรือรูพรุน เมื่อเกิดช่องว่างน้ำมันจะเข้าไปแทนที่ที่เกิดการดูดซับน้ำมันไว้ในอาหารซึ่งโยอาหารที่มีองค์ประกอบหลักเป็นโยอาหารที่ไม่ละลายน้ำจะประกอบไปด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำและพองตัวเมื่อเติมโยอาหารลงในอาหารแล้วนำไปทอดในน้ำมันโยอาหารจะช่วยป้องกันการสูญเสียไอน้ำบริเวณผิวหน้าอาหารในระหว่างการทอด เกิดช่องว่างที่จะให้น้ำมันเข้าไปแทนที่ได้น้อยลง อาหารจึงอมน้ำมันน้อยลง³

มัลเบอร์รีอุดมไปด้วยวิตามินมีสารแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) สารประกอบเคอร์ซีตินซึ่งเป็นสารประกอบฟลาโวนอยด์ (flavonoid) ที่มีคุณสมบัติลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจ ความดันโลหิตสูง ป้องกันการเกิดลิ่มเลือดในหลอดเลือด มีสารต้านอนุมูลอิสระช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง⁵ ปริมาณโยอาหารที่พบในมัลเบอร์รีที่สำคัญได้แก่ โยอาหารทั้งหมด 11.29 ± 1.55 กรัม/100 กรัม โยอาหารที่ละลายน้ำ 1.27 ± 0.18 กรัม/100 กรัม และ

โยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ 10.03 ± 1.37 กรัม/100 กรัม⁶ โยอาหารที่ไม่ละลายน้ำมีความสามารถในการดูดน้ำและพองตัว ซึ่งสามารถป้องกันการสูญเสียไอน้ำบริเวณผิวหน้าของอาหารในระหว่างการทอด ทำให้น้ำมันเข้าไปแทนที่บริเวณรูพรุนบนผิวหน้าอาหารได้น้อยลง จึงทำให้การอมน้ำมันลดลง จากข้อมูลจะเห็นได้ว่ามัลเบอร์รีมีโยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำสัดส่วนสูงกว่าโยอาหารชนิดละลายน้ำ ดังนั้นจึงได้มีแนวคิดในการนำมัลเบอร์รีมาใช้ประโยชน์โดยการใช้กากมัลเบอร์รีเพื่อทดแทนน้ำเปล่าและกากมัลเบอร์รีที่เหลือจากการคั้นน้ำซึ่งมีองค์ประกอบของโยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำมาใช้ประโยชน์เพื่อลดการอมน้ำมันในผลิตภัณฑ์โรตีสอกรอบ

วิธีการวิจัย

1. ปริมาณน้ำมัลเบอร์รีที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์โรตีสอกรอบต่อลักษณะทางกายภาพและลักษณะทางประสาทสัมผัส

1.1 วิธีการเตรียมน้ำมัลเบอร์รี

การเตรียมน้ำมัลเบอร์รีโดยใช้มัลเบอร์รีแช่แข็งทางการค้า ผสมน้ำในอัตราส่วนมัลเบอร์รีต่อน้ำเท่ากับ 1:1 บดด้วยเครื่องปั่นอาหารจนเนื้อละเอียด กรองเพื่อแยกน้ำออก น้ำมัลเบอร์รีที่กรองได้จะควบคุมให้มีความเข้มข้น 5 °Brix โดยใช้น้ำเปล่าในการปรับความเข้มข้นของน้ำมัลเบอร์รี และส่วนของกากมัลเบอร์รีจะเก็บไว้เพื่อศึกษาในขั้นตอนต่อไป

1.2 ปริมาณน้ำมัลเบอร์รีที่เหมาะสมในการผลิตโรตีสอกรอบ

ผลิตโรตีสอกรอบตามสูตร⁷ ส่วนของแผ่นแป้งชั้นนอก ผสมแป้งสาลีเอนกประสงค์ น้ำมันพืช และ

ไข่ไก่ลงในชามผสม ผสมให้เข้ากัน นำน้ำ (สูตรควบคุม) หรือน้ำและน้ำมัลเบอร์รี่ที่ระดับการทดแทนร้อยละ 20, 40, 60, 80 และ 100 (Table1) ผสมกับเกล็ดคนให้ละลาย จากนั้นค่อยเติมลงใน ส่วนผสมจนจนส่วนผสมสามารถปั้นก้อนได้ นำแป้ง ที่นวดแล้วแบ่งเป็นก้อนขนาดเท่า ๆ กัน คลึงให้เป็น แผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ผสมส่วนผสมของแป้งชั้นใน

โดยนำแป้งมันและน้ำมัน ผสมเข้าด้วยกันและนำมา ทาลงบนแป้งชั้นนอกที่คลึงไว้ข้างต้น โดยเว้นขอบ เล็กน้อย จากนั้นม้วนแผ่นแป้งเป็นลักษณะแท่งยาว แล้วนำมาตัดแบ่งเป็นชิ้นเล็ก ๆ และทำการรีดแบ่งให้ ได้แผ่นแป้งที่บางและยาว จากนั้นทำไปทอดจนแป้ง เหลืองกรอบ จากนั้นศึกษาลักษณะทางกายภาพและ การทดสอบทางประสาทสัมผัสของโรตีกกรอบ

Table 1 Crispy Roti recipe

Ingredient	Mulberry juice (%)					
	0	20	40	60	80	100
● Outer layer						
Wheat flour (g)	250	250	250	250	250	250
Egg (g)	50	50	50	50	50	50
Salt (g)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Oil (ml)	3	3	3	3	3	3
water (ml)	65	52	39	26	13	0
Mulberry juice (ml)	0	13	26	39	52	65
● Inner layer						
Tapioca flour (g)	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5
Oil (ml)	25	25	25	25	25	25

1.2.1 การทดสอบลักษณะทางกายภาพ

1) ค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี ทำการทดสอบ วัดค่าสีระบบ Hunter LAB รายงานผลเป็นค่าความ สว่าง (L^*), ค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a^*) และ ค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b^*) ของผลิตภัณฑ์ ด้วยเครื่องวัดสี Colorimeter

2) ทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสด้วย วิธี 9-point hedonic scale ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม

โดยมีผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน คัดเลือกระดับการทดแทนน้ำด้วยน้ำมัลเบอร์รี่ใน ผลิตภัณฑ์โรตีกกรอบที่ผู้ทดสอบชิมให้คะแนน ความชอบสูงที่สุดเพื่อศึกษาในขั้นตอนต่อไป

2. ปริมาณมัลเบอร์รี่ผงที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ โรตีกกรอบต่อลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และ ลักษณะทางประสาทสัมผัส

2.1 การเตรียมมัลเบอร์รี่ผง และ คุณสมบัติของมัลเบอร์รี่ผง

นำกากมัลเบอร์รี่ที่เหลือจากการคั้นน้ำจากขั้นตอนที่ 1 นำไปเกลี่ยบนถาดสเตนเลสทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55 °C นาน 15 ชั่วโมง จากนั้นนำกากมัลเบอร์รี่ที่ผ่านการอบแห้งบดให้เป็นผงละเอียดด้วยเครื่องบดอาหาร ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช ได้เป็นมัลเบอร์รี่ผง เก็บรักษามัลเบอร์รี่ผงในภาชนะที่แห้งและปิดสนิท ทำการทดสอบลักษณะทางกายภาพของมัลเบอร์รี่ผงดังนี้

- 1) ความชื้น °
- 2) ความสามารถในการอุ้มน้ำ °
- 3) ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน °

2.2 การศึกษาปริมาณมัลเบอร์รี่ผงที่เหมาะสมในโรตีกรอบ

ผลิตโรตีกรอบที่ใช้กากมัลเบอร์รี่ทดแทนน้ำเปล่าตามสูตรที่คัดเลือกได้จากขั้นตอนที่ 1 และใช้มัลเบอร์รี่ผงในผลิตภัณฑ์โรตีกรอบร้อยละ 2, 4, 6, 8 และ 10 ของปริมาณแป้งในสูตรทั้งหมด ศึกษาลักษณะทางกายภาพ ทางเคมีและลักษณะทางประสาทสัมผัสของโรตีกรอบดังนี้

2.2.1 ลักษณะทางกายภาพ

1) ค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี ทำการทดสอบวัดค่าสีระบบ Hunter LAB รายงานผลเป็นค่าความสว่าง (L*), ค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b*) ของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องวัดสี Colorimeter

2) ความแข็ง Hardness (N) และ ค่าความกรอบ Crispness (N) โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA-XTplus (Surrey, England) โดยใช้อุปกรณ์ Blade set ประกอบด้วยใบมีด มีขนาดหน้าตัด 70 มิลลิเมตร ระยะการตัดตัวอย่าง 15 มิลลิเมตร ความเร็วเข็มวัดขณะทดสอบ 2.0 มิลลิเมตรต่อวินาที

2.2.2 ลักษณะทางเคมี

การอบน้ำมัน ¹⁰ ซึ่งน้ำหนักของโรตีสี่ที่แน่นอนก่อนทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และทำการชั่งน้ำหนักหลังอบ น้ำหนักที่ได้มาทำการคำนวณการอบน้ำมันของโรตีกรอบดังสมการ (1)

$$\text{การดูดซับน้ำมัน (\%)} = [(w_2 - w_1) / w_1] \times 100 \quad (1)$$

w_1 = น้ำหนักโรตีกรอบที่ผ่านการอบแห้ง

w_2 = น้ำหนักโรตีกรอบที่ไม่ผ่านการอบแห้ง

ผลการวิจัย

1. ปริมาณน้ำมัลเบอร์รี่ที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์โรตีกรอบ

การศึกษาค่าสีของผลิตภัณฑ์โรตีกรอบที่มีการทดแทนน้ำมัลเบอร์รี่ที่ร้อยละ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 พบว่า เมื่อปริมาณน้ำมัลเบอร์รี่ในผลิตภัณฑ์โรตีกรอบเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าความสว่าง (L*) ลดลง (Table 2) โดยการเพิ่มระดับน้ำมัลเบอร์รี่ระดับร้อยละ 20 ไม่ทำให้ค่าความสว่างของโรตีกรอบแตกต่างกับชุดควบคุมในทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่เมื่อเพิ่มระดับน้ำมัลเบอร์รี่ถึงระดับร้อยละ 40-100 ทำให้ผลิตภัณฑ์โรตีกรอบมีค่าความสว่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งสอดคล้องกับลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์โรตีกรอบที่เมื่อปริมาณน้ำมัลเบอร์รี่เพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์โรตีกรอบมีโทนสีม่วงแดงเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ผลการทดลองยังพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำมัลเบอร์รี่ในโรตีกรอบ ทำให้แนวโน้มค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ลดลง (figure 1)

Table 2. Color values of crispy roti incorporated with different levels of mulberry juice

Mulberry juice (%)	Color		
	L*	a*	b*
0	37.98±1.10 ^a	6.16±0.07 ^a	16.63±0.52 ^a
20	38.94±2.17 ^a	4.18±1.53 ^b	13.28±1.74 ^b
40	31.86±2.58 ^b	2.99±0.19 ^{bc}	4.76±0.33 ^c
60	31.41±0.49 ^{bc}	3.32±0.38 ^{bc}	5.22±0.37 ^c
80	28.85±1.01 ^{cd}	2.72±0.26 ^c	1.76±1.03 ^d
100	27.82±1.00 ^d	3.07±0.34 ^{bc}	2.42±0.15 ^d

Note: ^{a,b}Means in the same row with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$)

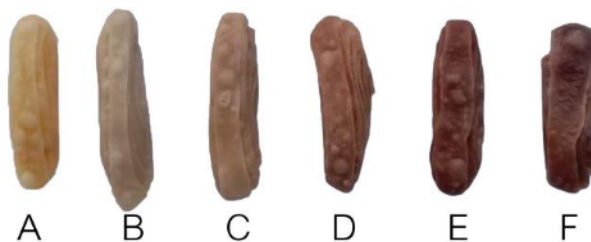


Figure 1. Crispy roti incorporated with different levels of mulberry juice (A) 0% (B) 20% (C) 40% (D) 60% (E) 80% and (F) 100%

การศึกษาลักษณะทางประสาทสัมผัสของโรตีสักรอบด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 point hedonic scale) ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส ของผลิตภัณฑ์โรตีสักรอบที่มีการทดแทนน้ำมัลเบอร์รี่ที่ร้อยละ 0, 20, 40, 60, 80 และ 100 (Table 3) ผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มปริมาณน้ำมัลเบอร์รี่ที่ร้อยละ 20-40 ทำให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ และสีลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ($p \leq 0.05$) แต่เมื่อปริมาณน้ำมัลเบอร์รี่

เพิ่มขึ้นร้อยละ 60-100 พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏและด้านสีไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตามสามารถเพิ่มปริมาณน้ำมัลเบอร์รี่ในโรตีสักรอบได้ถึงร้อยละ 80 ยังเป็นปริมาณที่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับแต่เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำมัลเบอร์รี่ถึงระดับร้อยละ 100 ทำให้คะแนนความชอบด้านสีลดลง แต่ไม่มีผลกับคะแนนความชอบด้านอื่น ๆ ผู้วิจัยจึงคัดเลือกปริมาณน้ำมัลเบอร์รี่ในระดับร้อยละ 80 เพื่อทำการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

**Table 3.** Sensory score of crispy roti incorporated with mulberry juice at the different levels

Sensory attributes	Levels of water substitution by Mulberry juice (%)					
	0	20	40	60	80	100
Appearance	7.26±1.39 ^a	6.48±1.5 ^b	6.66±1.31 ^{bc}	6.86±1.49 ^{bc}	6.82±1.57 ^{bc}	6.78±1.52 ^{bc}
color	7.20±1.38 ^a	6.26±1.45 ^b	6.34±1.53 ^b	6.80±1.30 ^{bc}	6.78±1.44 ^{bc}	6.54±1.54 ^b
Flavour	6.86±1.22 ^{ab}	6.34±1.55 ^b	6.74±1.48 ^{bc}	7.02±1.40 ^a	7.02±1.36 ^a	7.00±1.57 ^a
Taste	6.94±1.15 ^{abc}	6.50±1.63 ^c	6.76±1.59 ^{bc}	7.44±1.35 ^a	7.16±1.33 ^{ab}	7.04±1.71 ^{abc}
Texture	7.14±1.44 ^a	6.94±1.51 ^a	6.90±1.68 ^a	7.56±1.37 ^a	7.32±1.49 ^a	7.02±1.59 ^a
Overall acceptability	7.26±1.12 ^{ab}	6.80±1.48 ^b	7.08±1.41 ^{ab}	7.42±1.53 ^a	7.44±1.10 ^a	7.22±1.31 ^{ab}

Note: ^{a,b} Means in the same row with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$)

2. ศึกษาปริมาณมัลเบอร์รี่ผงที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์โรตีสกรอบต่อลักษณะทางกายภาพ ทางเคมีและลักษณะทางประสาทสัมผัสของโรตีสกรอบ

2.1 คุณสมบัติของมัลเบอร์รี่ผง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของมัลเบอร์รี่ผงโดยศึกษาคุณภาพในด้านความชื้น

ความสามารถในการอุ้มน้ำ และความสามารถในการอุ้มน้ำมันของมัลเบอร์รี่ผง (Table 4) ผลการศึกษาพบว่ามัลเบอร์รี่ผงที่มีความชื้นร้อยละ 5.79 ± 0.21 ความสามารถอุ้มน้ำเท่ากับ 5.17 ± 0.68 กรัม/กรัม ตัวอย่าง และความสามารถในการอุ้มน้ำมันของมัลเบอร์รี่ผงเท่ากับ 11.88 ± 0.14 กรัม/กรัม ตัวอย่าง

Table 4. Moisture content, water holding capacity and oil holding capacity of mulberry powder

Components	Mulberry powder
Moisture (%)	5.79±0.21
Water holding capacity (g water / g dry sample)	5.17±0.68
Oil holding capacity (g oil/ g dry sample)	1.75±0.74

2.2 ผลการศึกษาปริมาณมัลเบอร์รี่ผงที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์โรตีสกรอบ

1) ลักษณะทางกายภาพของโรตีสกรอบ

การทดสอบคุณภาพทางกายภาพโดยการวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์โรตีสกรอบเสริมมัลเบอร์รี่ผงที่ระดับร้อยละ 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 (Table 4) ผลการศึกษาพบว่าเมื่อปริมาณมัลเบอร์รี่ผงที่ระดับร้อยละ 2 ทำให้

ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Figure 2) การเติมปริมาณมัลเบอร์รี่ผงเพิ่มขึ้นที่ระดับร้อยละ 4-10 ไม่ทำให้ค่าความสว่างและค่าสีเหลืองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ทำให้ค่าสีแดงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

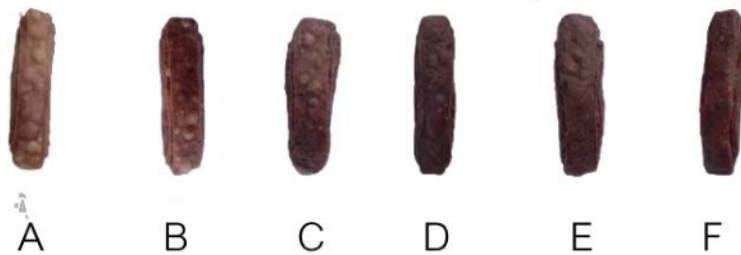


Figure 2. Crispy roti with different levels of Mulberry powder. (A) 0% (B) 2% (C) 4% (D) 6% (E) 8% และ (F) 10%

Table 5. Physical properties of crispy Roti with different levels of mulberry powder

	Mulberry powder (%)					
	0	2	4	6	8	10
L*	30.32±1.29 ^a	24.87±0.00 ^b	24.11±0.22 ^{bc}	23.45±0.33 ^c	23.07±0.20 ^c	23.07±0.08 ^c
a*	2.91±0.26 ^a	2.11±0.23 ^b	1.98±0.09 ^b	1.48±0.29 ^c	1.22±0.14 ^{cd}	1.00±0.20 ^d
b*	3.16±0.55 ^a	-0.40±0.41 ^b	-0.73±0.33 ^{bc}	-1.04±0.34 ^{bc}	-0.91±0.31 ^{bc}	-1.22±0.19 ^c
Hardness(kg/sec)	1.36±0.36 ^a	1.35±0.23 ^a	1.40±0.22 ^a	1.25±0.15 ^a	1.35±0.31 ^a	1.37±0.28 ^a
Crispness(kg/sec)	9.69±2.13 ^b	10.69±1.53 ^b	11.11±2.34 ^b	10.91±2.48 ^b	13.13±3.02 ^a	13.07±2.19 ^a

Note: ^{a,b} Means in the same row with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$)

การศึกษาปริมาณมัลเบอร์รี่ผงต่อลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture analyzer) โดยการวัดค่าความแข็ง (Hardness) และความกรอบ (Crispness) ผลการศึกษาพบว่าผลิตภัณฑ์โรตีสกรอบที่มีปริมาณมัลเบอร์รี่ผงในระดับร้อยละ 2-10 มีค่าความแข็งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ($p > 0.05$) (Table 5) แต่การเพิ่มขึ้นของปริมาณมัลเบอร์รี่ผงที่ระดับร้อยละ 2-10 มีผลทำให้ความกรอบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมแต่ไม่แตกต่างทางสถิติ

($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดทดลองที่มีการเติมมัลเบอร์รี่ผงที่ระดับร้อยละ 2-10

2) การศึกษาการลดการอมน้ำมันของโรตีสกรอบ

ผลการทดลองการลดการอมน้ำมันในผลิตภัณฑ์โรตีสกรอบในระดับการทดแทนมัลเบอร์รี่ผงที่ร้อยละ 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 (Table 6) พบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณมัลเบอร์รี่ผงร้อยละ 2 ทำให้โรตีสกรอบมีค่าการอมน้ำมันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ($p \leq 0.05$) และการเพิ่มขึ้นของมัลเบอร์รี่ผงที่ระดับร้อยละ 2, 4 และ 6



ทำให้ค่าการอมน้ำมันในระหว่างกลุ่มทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตาม เมื่อเพิ่มปริมาณมัลเบอร์รี่ผง ร้อยละ 6-10 พบว่า

ค่าการอมน้ำมันในโรตีสีกรอบไม่แตกต่างกัน โดยการเติมมัลเบอร์รี่ผงที่ระดับร้อยละ 10 ทำให้การอมน้ำมันลดลง ร้อยละ 69.49 เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม

Table 6. Oil absorption of crispy roti with different levels of Mulberry powder

Mulberry powder (%)	Oil adsorption (%)
0	1.77±0.06 ^d
2	1.01±0.05 ^c
4	0.87±0.05 ^b
6	0.63±0.11 ^a
8	0.60±0.05 ^a
10	0.54±0.03 ^a

Note: ^{a,b} Means in the same column with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$)

3) ลักษณะทางประสาทสัมผัส

การศึกษาลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 point hedonic scale) ของผลิตภัณฑ์โรตีสีกรอบที่มีการทดแทนมัลเบอร์รี่ผงที่ร้อยละ 0, 2, 4, 6, 8, และ 10 ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวม (Table 7) ผลการศึกษาพบว่า ผู้ทดสอบชิมให้การคะแนนความชอบโรตีสีกรอบที่มีการเสริมมัลเบอร์รี่ผงที่ระดับร้อยละ 2-10 ด้านลักษณะปรากฏและด้านสี ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลางเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม แต่ให้คะแนนความชอบด้าน กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบรวมแตกต่างจากสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) โดยผู้ทดสอบชิมให้เหตุผลว่าผลิตภัณฑ์โรตีสีกรอบที่มีปริมาณมัลเบอร์รี่ผงเพิ่มขึ้นมีความกรอบ

ร่วนเพิ่มขึ้นทำให้เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค นอกจากนี้ยังมีกลิ่น และกลิ่นรสจากมัลเบอร์รี่ผงทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติอร่อยมากขึ้น โดยเหตุผลจากผู้ทดสอบชิมสอดคล้องกับจากคะแนนความชอบด้าน กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบรวมเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณมัลเบอร์รี่ผงในโรตีสีกรอบเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ผลการทดลองยังสอดคล้องกับค่าการวิเคราะห์ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยการเพิ่มขึ้นของปริมาณมัลเบอร์รี่ผงไม่มีผลต่อค่าความแข็งแต่ทำให้ค่าความกรอบมีค่าเพิ่มขึ้นจากผลการศึกษาดังกล่าวจึงสามารถใช้มัลเบอร์รี่ผงได้ร้อยละ 10 ในผลิตภัณฑ์โรตีสีกรอบ นอกจากนี้ผลการทดลองยังพบว่าหากเพิ่มปริมาณมัลเบอร์รี่ผงมากกว่าร้อยละ 10 จะทำให้โรตีสีกรอบมีสีคล้ำมากเกินไปจนไม่น่ารับประทาน มีความร่วนมากเกินไป และแตกหักง่าย

**Table 7.** Sensory acceptance score of crispy roti with mulberry powder at the different levels

Sensory attributes	Mulberry powder (%)					
	0	2	4	6	8	10
Appearance	6.36±1.78 ^b	6.76±1.62 ^{ab}	6.62±1.33 ^{ab}	7.04±1.33 ^a	6.90±1.41 ^{ab}	6.94±1.36 ^{ab}
Color	6.16±1.96 ^a	6.52±1.55 ^a	6.64±1.50 ^a	6.70±1.72 ^a	6.48±1.87 ^a	6.52±1.72 ^a
Flavor	5.32±2.11 ^c	6.46±1.68 ^b	6.68±1.50 ^{ab}	6.64±1.61 ^{ab}	6.54±1.87 ^{ab}	7.26±1.35 ^a
Taste	5.66±2.02 ^c	6.38±1.71 ^b	6.76±1.22 ^{ab}	6.84±1.33 ^{ab}	6.74±1.66 ^{ab}	7.12±1.54 ^a
Texture	5.98±2.07 ^c	6.92±1.44 ^b	7.06±1.11 ^{ab}	7.22±1.35 ^{ab}	7.20±1.42 ^{ab}	7.58±1.23 ^a
Overall acceptability	6.16±1.82 ^b	6.90±1.28 ^a	7.02±0.99 ^a	7.30±1.26 ^a	7.20±1.24 ^a	7.38±1.21 ^a

Note: Means in the same row with different superscripts are significantly different ($p \leq 0.05$)

อภิปรายผล

การศึกษาการทดแทนน้ำเปล่าด้วยน้ำมัลเบอร์รี่ในสูตรที่ระดับร้อยละ 20, 40, 60, 80, และ 100 ของน้ำที่ใช้ในสูตร พบว่า ปริมาณน้ำมัลเบอร์รี่ที่เพิ่มขึ้น ทำให้โรตีสีกรอบมีสีคล้ำขึ้น เนื่องจากค่าความสว่าง (L^*) ลดลง รวมถึงทำให้ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และ ค่าสีเหลือง (b^*) ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากมัลเบอร์รี่ประกอบไปด้วยรงควัตถุสีม่วงแดง ได้แก่ แอนโทไซยานิน⁵ เมื่อนำมาผสมในโรตีสีกรอบจึงทำให้โรตีสีกรอบที่เดิมมีสีเหลืองนวล มีสีคล้ำขึ้นเนื่องจากรงควัตถุในมัลเบอร์รี่ ซึ่งการเติมมัลเบอร์รี่ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่มีผลให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีสีคล้ำขึ้นเช่นกัน⁶ การที่ปริมาณน้ำมัลเบอร์รี่เพิ่มขึ้นทำให้โรตีสีกรอบมีสีคล้ำขึ้น ส่งผลให้ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏและสีลดลง แต่ไม่มีผลกับกลิ่น กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากน้ำมัลเบอร์รี่ไม่ได้ทำให้โรตีสีกรอบมีกลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนแปลงไป

มัลเบอร์รี่ที่ได้จากการเตรียมกากมัลเบอร์รี่ที่เหลือจากการคั้นน้ำ มีความชื้นร้อยละ 5.79

ความสามารถในการอุ้มน้ำ 5.15 g water/ g dry sample ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน 1.75 g oil/ g dry sample ปริมาณความชื้นเป็นค่าที่บ่งชี้ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์และมีผลต่อการเสื่อมเสียของอาหารได้ มัลเบอร์รี่มีความชื้นน้อยกว่าโยอาหราชอาณาจักร แกนสับปะรด เปลือกส้มโอ และเงาะม่วง ซึ่งมีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 6-7 แต่มีความชื้นสูงกว่าเส้นโยอาหราชอาณาจักร ส้มเขียวหวาน กากส้ม สลายน้ผึ้ง กากส้มสีทอง และเปลือกในส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 5.20, 5.22, 5.67 และ 5.63 ตามลำดับ¹¹ ความสามารถในการอุ้มน้ำ เป็นการที่โยอาหราชอาณาจักรกับโมเลกุลของน้ำด้วยแรงระหว่างโมเลกุลที่มีขั้วและโมเลกุลที่ไม่มีขั้วน้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำมันเป็นการแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการดูดซับน้ำมันของโยอาหราชอาณาจักร⁴ จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่ามัลเบอร์รี่มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีกว่าความสามารถในการอุ้มน้ำมัน ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของน้ำของเซลล์โลสซึ่งเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของโยอาหราชอาณาจักรที่ขั้วน้ำทำให้เกิดพันธะที่แข็งแรง



กับโมเลกุลของน้ำซึ่งมีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) ²

การเพิ่มขึ้นของปริมาณมัลเบอร์รี่ผงในโรตีกรอบทำให้โรตีกรอบมีสีคล้ำขึ้นทั้งนี้เนื่องมาจากรงควัตถุของมัลเบอร์รี่ผงที่เติมลงไป นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของมัลเบอร์รี่ผงไม่มีผลต่อค่าความแข็งของโรตีกรอบ แต่ทำให้โรตีกรอบมีความกรอบเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเติมมัลเบอร์รี่ผงซึ่งเป็นผงแห้งลงในในส่วนผสมของแป้ง ทำให้มีส่วนที่เป็นของแห้งมากขึ้น เกิดการแย่งจับกับน้ำระหว่างผงแห้งและแป้งสตาร์ในส่วนผสม ทำให้เกิดโครงสร้างโดที่ไม่แข็งแรง มีความเปราะ จึงทำให้โรตีกรอบมีความกรอบมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม นอกจากนี้โรตีกรอบที่มีปริมาณมัลเบอร์รี่ผงเพิ่มขึ้นจะมีความเปราะแตกหักได้ง่าย จึงอาจต้องมีบรรจุในภาชนะที่แข็งแรง เพื่อป้องกันการแตกหักในระหว่างการขนส่ง

การศึกษาการลดการอมน้ำมันของโรตีกรอบที่เติมมัลเบอร์รี่ผง พบว่า ปริมาณมัลเบอร์รี่ผงเพิ่มขึ้นทำให้โรตีกรอบมีการอมน้ำมันลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในระหว่างการทอด น้ำบริเวณผิวหน้าของอาหารจะระเหยออกไป เกิดรูพรุนซึ่งน้ำมันจากการทอดสามารถเข้าไปแทนที่ได้ทำให้เกิดการดูดซับน้ำมันไว้ในอาหาร โดยอาหารที่ไม่ละลายน้ำจะดูดซับน้ำและพองตัว ช่วยในการป้องกันการสูญเสียไขมันในบริเวณผิวหน้าของอาหารทำให้น้ำมันเข้าไปแทนที่ได้น้อยลง อาหารจึงอมน้ำมันได้น้อยลง ² ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยที่พบว่า การเติมผงรำข้าวไรสเบอร์รี่ทำให้การอมน้ำมันในแครกเกอร์ที่ผ่านการทอดลดลงเมื่อปริมาณของรำข้าวไรสเบอร์รี่เพิ่มขึ้น ¹² และการเติมแอปเปิ้ลผงในเส้นก๋วยเตี๋ยวที่

ผ่านการทอดพบว่าปริมาณแอปเปิ้ลผงที่เพิ่มขึ้นทำให้การอมน้ำมันลดลงเช่นเดียวกัน ¹³

สรุปผลการวิจัย

โรตีกรอบสามารถใช้น้ำมันเบอร์รี่ทดแทนน้ำมันในสูตรได้ร้อยละ 80 และมีคุณลักษณะทางเคมีกายภาพและคุณลักษณะที่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิมเทียบเท่ากับสูตรควบคุม กากมัลเบอร์รี่ที่เหลือจากการคั้นน้ำแล้วนำไปอบแห้งเพื่อเติมลงในสูตรโรตีกรอบโดยทดแทนปริมาณแป้งในสูตร สามารถลดการอมน้ำมันในผลิตภัณฑ์โรตีกรอบได้โดยเฉพาะที่ความเข้มข้นร้อยละ 6 ขึ้นไป ทั้งนี้มัลเบอร์รี่ผงสามารถนำมาเติมลงในโรตีกรอบได้ร้อยละ 10 ของปริมาณแป้งในส่วนผสม โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิมอยู่

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ (อาหารและโภชนาการ) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลาที่สนับสนุนให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนโรตีกรอบ (มผช 503/2557). [อินเทอร์เน็ต]. 2547. เข้าถึงได้จาก: http://tcps.tisi.go.th/pub/tcps503_47.pdf.
2. สิริมาชินสาร, สุชานันท์ นุชสมาน, อัจฉราพร ด้วยวงศ์. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปาท่องโก๋ไขมันต่ำโดยใช้เปลือกเงาะเป็นสารลดการดูดซับน้ำมัน. Veridian



- E-Journal Science and Technology Silpakorn University 2562;2:64-81.
3. นิภาพร แสงจู, ชุตีพร พุฒนวล, วณิดา พงษ์ศักดิ์ชาติ, กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์, อามัสนา แสงนาค. การเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากฟางข้าวเพื่อลดการอมน้ำมันในผลิตภัณฑ์พายทองโก๋. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร 2551;3:513-21.
 4. ฟาริยา กุลพิจิตร, อาณัติ นิธิธรรมยง, สมเกียรติ โกศลวัฒน์. การสกัดใยอาหารจากไหมข้าวโพดและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร 2558;1:19-34.
 5. Zhang H, Ma ZF, Luo X, Li X. Effects of Mulberry Fruit (*Morus alba* L.) Consumption on Health Outcomes: A Mini-Review. Antioxidant 2018;69:1-13.
 6. Tongmai J. Chupeeruch C. Suttisansanee U. Chamchan R. Khemthong C. On-nom N Development of anthocyanin-rich jelly by Thai mulberry (*Morus alba*) fruit powder. In International Conference on 4th Industrial Revolution and Its Impacts; 27-30 March 2019; Walailak University. Nakorn Sri Thammarat. p.1
 7. วันณา เถาว์ลัย. สูตรโรตีสีกรอบ. สัมภาษณ์. 2563.
 8. AOAC. Official Methods of Analysis(17thed.). Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists; 2000
 9. วันเพ็ญ แสงทองพินิจ. การผลิตและคุณสมบัติของใยอาหารจากเปลือกส้มโอเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม; 23 – 24 ตุลาคม 2551; มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม. นครปฐม. หน้า 1-12.
 10. เอื้อกรัย ด่านชัยประเสริฐ, พิรมานุ คิดดี, วิภาญดา ทองเนื้อแข็ง, ชามาตา ชัยเจริญ. ประสิทธิภาพของกิงในการดูดซับน้ำมัน. PSRU Journal of Science and technology 2018;3:35-45.
 11. บงกชรัตน์ เนาวกุล, Tri Indrarini Wirjantoro, อภิรักษ์ เพ็ชรมงคล. ผลของความเร็วและระยะเวลาในการบดเปียกต่อสมบัติของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกส้มโอ. Food and Applied Bioscience Journal 2556;1:34-48.
 12. Jiamjariyatam R. Use of riceberry bran to reduce oil absorption in puffed cracker. International Food Research Journal 2019;2:441-50.
 13. Kim Y, Kim Y, Bae IY, Lee HG, Hou GG, Lee S. Utilization of preharvest-dropped apple powder as an oil barrier for instant fried noodles. LWT - Food Science and Technology 2013;53:88-93.