ผลของการทดแทนผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าว และเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวต่อคุณภาพของสปองจ์เค้ก
Effect of Replacement with Gac Fruit Pulp Dietary Fiber and Gac Fruit Aril on Quality of Sponge Cake

ศธิธร ปุรินทราภิบาล* และสุพัตรา พูลพืชชนม์
Sathithon Purintraphiban* and Supattra Poonpaerdchon

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
Faculty of Science and Technology Rajamangala University of Technology Tawan-ok
*E-mail: sathithon@hotmail.com

Received: Apr 16, 2020
Revised: Aug 20, 2020
Accepted: Aug 20, 2020

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมีการใช้เยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวในอุตสาหกรรมยา และเครื่องสำอางอย่างแพร่หลาย ก่อให้เกิดวัสดุเหลือทิ้งได้แก่ น้ำ เนื้อเปลือกชั้นใน และนอก สูงถึงร้อยละ 90 โดยผลพลอยได้เหล่านี้อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ และเป็นแหล่งที่ดีของใยอาหาร เหมาะแก่การนำมาผลิตเป็นผงใยอาหาร งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการผลิตผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าว และการใช้ผงใยอาหารจากเปลือกฟักสปองจ์เค้ก ร่วมกับการทดแทนน้ำด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว ผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าวที่สกัดได้มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า กากใย และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 5.10, 1.42, 0.02, 6.16, 34.43 และ 52.87 ตามลำดับ ผงมีสีเหลืองขุ่น มีความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับ 4.45 กรัมน้ำ/กรัมตัวอย่าง และน้ำมันเท่ากับ 2.26 กรัมน้ำมัน/กรัมตัวอย่าง นอกจากนี้ จากการศึกษาระดับผงใยอาหาร และเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวที่เหมาะสมในการทดแทนปริมาณแป้งสาลี และน้ำในผลิตภัณฑ์สปองจ์เค้ก พบว่าสปองจ์เค้กสูตรทดแทนแป้งสาลีด้วยผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าวร้อยละ 10 และทดแทนน้ำด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวร้อยละ 25 มีคะแนนความชอบสูงที่สุดในทุกคุณลักษณะจากการทดสอบชิม และมีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร และเถ้า เท่ากับร้อยละ 33.54, 10.60, 0.24, 40.62, 12.93 และ 0.07 ตามลำดับ

คำสำคัญ: เปลือกฟักข้าว เส้นใยอาหาร สปองจ์เค้ก

Abstract

Nowadays, the membrane of gac fruit seeds is pervasively used in pharmacy and cosmetic industries. In the process, about 90% of products from gac fruits are produced with their water pulps and peels. There are plenty of antioxidant compounds and fibers that suitable for creating antioxidant dietary fibers. This research investigated the production of dietary fiber from gac fruit pulps (DFG) and their application in sponge cake combined with water from aril of gac fruits. The amount of moisture, protein, fat, ash, fiber, and carbohydrate in DFG were 5.10, 1.42, 0.02, 6.16, 34.43, and 52.87% respectively. DFG was dark yellow. Its absorption ability was about 4.45 g.liquid/g.solid for water and 2.26 g.liquid/g.solid for oil. Furthermore, flour replacing with DFG and water replacing with water from membrane of gac fruit seeds (WMG) was applied in sponge cake. The result showed 10% of flour replacing with DFG and 25% water replacing with WMG had highest liking score for all attributes formed sensory evaluation. The chemical compositions of developed cake consisted of moisture, protein, fat, ash, fiber and carbohydrate were 33.54, 10.60, 0.24, 0.07, 12.93, and 40.62% respectively.

Keywords: Gac Fruit Pulp, Dietary fiber, Sponge Cake

1. บทนำ

ฟักข้าว (*Momorodica cochinchinensis*) เป็นพันธุ์ไม้เก่าแก่ของเอเชีย พบมากในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จัดเป็นพืชที่อยู่ในตระกูล Cucurbitaceae และอยู่ใน Genus เดียวกับมะระ ผลของฟักข้าวรวมถึงเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดที่มีสีแดงสด [1] ในหนึ่งผลของฟักข้าว ประกอบด้วยเปลือกมีผิวขรุขระเป็นหนามเตี้ย (skill) ชั้นถัดมาคือเปลือกชั้นใน (pulp) เยื่อหุ้มเมล็ด (aril) และ เมล็ด (seed) [2]

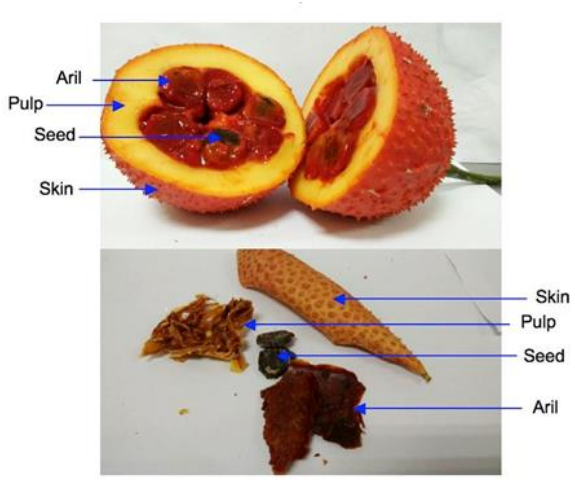

Figure 1 A Gac fruit at ripe stage: (top) its skin, pulp, aril, and seeds at harvest, and (right) its oven-dried skin, pulp, aril, and seeds. [2]

มีรายงานเกี่ยวกับสารต้านอนุมูลอิสระในเยื่อหุ้มเมล็กฟักข้าวพบว่ามีสารประกอบสารเบตาแคโรทีน มากกว่าแครอทถึง 10 เท่า นอกจากนี้ผลยังอุดมไปด้วยสารไลโคปีน และกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง ปัจจุบันได้มีการสกัดเอาสารพฤกษเคมีที่สำคัญจากเยื่อฟักข้าวเพื่อใช้เป็นส่วนประกอบสำคัญในการทำเครื่องสำอาง ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง สามารถช่วยชะลอความเหี่ยวย่นบนใบหน้าได้ [3], [4] การใช้ประโยชน์จากผลฟักข้าวเพียงร้อยละ 10 ของผล ยังคงเหลือวัสดุผลพลอยได้จากการผลิตอย่างเปลือกของผลฟักข้าวเป็นจำนวนมาก ในเปลือกฟักข้าวนั้นเต็มไปด้วยผนังเซลล์พืชจำนวนมาก นับเป็นแหล่งวัตถุดิบที่ดีในการนำมาผลิตผงใยอาหาร ที่อุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant compound) [5]

โดยทั่วไปร่างกายสามารถได้รับใยอาหารได้จากการบริโภค ผัก ผลไม้ที่มีเส้นใยอาหาร รวมไปถึงพืชตระกูลถั่ว ถั่วเปลือกแห้ง และธัญพืช ที่พบใยอาหารได้ในส่วนของรำข้าว [6] ,[7], [8] การบริโภคใยอาหารในปริมาณที่เหมาะสมก่อให้เกิดสุขภาพระบบทางเดินอาหาร และขับถ่ายที่ดี แต่ในปัจจุบันผู้บริโภคมีพฤติกรรมการบริโภคผัก และผลไม้น้อยมาก ทำให้ได้รับใยอาหารไม่เพียงพอ การพัฒนาผลิตใยอาหารจากธรรมชาติ และการพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมใยอาหาร จึงเป็นอีกแนวทางในการแก้ปัญหาดังกล่าว [9] ,[10]

การสกัดใยอาหารจากเปลือกผลไม้ เป็นการเพิ่มมูลค่าของเหลือทิ้งอย่างเปลือกผลไม้ และสามารถช่วยทดแทนการนำเข้าผลิตภัณฑ์ใยอาหารจากต่างประเทศ ที่ผ่านมามีการศึกษากระบวนการที่เหมาะสมในการสกัดใยอาหารจากผลไม้ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ เปลือกมะม่วง เปลือกทุเรียนหมอนทอง เปลือกเงาะโรงเรียน เปลือกกระท้อน เปลือกลำไย เปลือกลองกอง เปลือกสัปปะรด และเปลือกส้มโอ เป็นต้น [11], [12], [13] ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำผลิตภัณฑ์ใยอาหารจากเปลือกผลไม้ มาประยุกต์ใช้เป็นวัตถุดิบเสริม หรือทดแทนส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ โดยการทดแทนส่วนผสมแป้งสาลีที่ใช้เป็นวัตถุดิบหลักในผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ร้อยละ 10–15 การทดแทนดังกล่าวช่วยให้แคลอรีของผลิตภัณฑ์ลดลง และมีปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้น ส่วนในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์จะเป็นการเสริมใยอาหารจากเปลือกผลไม้ลงไปในส่วนผสม โดยที่ระดับการเติมที่เหมาะสมอยู่ระหว่างร้อยละ 3–7 ซึ่งผลิตภัณฑ์ยังคงมีคุณภาพในระดับที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค หรือการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งจากฟักข้าวในผลิตภัณฑ์เส้นพาสต้า พบว่าระดับการแทนที่ร้อยละ 10 เป็นระดับการทดแทนสูงสุดที่ไม่ส่งผลต่อคุณภาพของเส้นพาสต้า [14], [15]

การศึกษากระบวนการผลิต และคุณสมบัติต่าง ๆ ของผงใยอาหารจากเปลือกชั้นในของผลฟักข้าว และการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์โดยใช้เป็นสารทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์สปองจ์เค้ก ร่วมกับการทดแทนน้ำด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์สปองจ์เค้กเสริมใยอาหาร และสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติที่มีอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของฟักข้าว ซึ่งเป็นแนวทางในผลิตขนมเค้กที่ส่งเสริมสุขภาพ เป็นเค้กที่ช่วยให้ผู้บริโภคมีระบบทางเดินอาหาร และระบบขับถ่ายที่ดี ลดภาวะเสี่ยงการเกิดมะเร็งทางเดินอาหารและลำไส้ใหญ่ รวมถึงให้พลังงานต่ำจากการลดปริมาณแป้งและทดแทนด้วยผงใยอาหาร

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย/ทดลอง

1. การเตรียมผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าว

นำเปลือกในของผลฟักข้าวในระยะสุกมาหั่นเป็นชิ้นขนาด 10x10 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปต้มกับน้ำในอัตราส่วน 3:1โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก (น้ำ: เปลือกในของผลฟักข้าว) ที่อุณหภูมิ 98 °C นาน 1 ชั่วโมง เมื่อนำขึ้นพักให้สะเด็ดน้ำและหายร้อนแล้ว นำเปลือกที่ต้มแล้วไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 °C นาน 24 ชั่วโมง นำเปลือกที่แห้งความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 มาบดด้วยเครื่องบดแป้ง และนำไปร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 0.5 มิลลิเมตร ผงใยอาหารที่ได้ถูกเก็บรักษาโดยบรรจุถุงปิดสนิท [16]

2. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าว นำผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าวที่ผลิตได้ มาทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และกายภาพดังนี้

2.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า ใยอาหาร และ คาร์โบไฮเดรต [17]

2.2 การวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับน้ำ และน้ำมัน

ชั่งผงใยอาหารจำนวน 1 กรัม (W1) ใส่ในหลอดปั่นเหวี่ยง เติมน้ำกลั่น หรือน้ำมัน 15 มิลลิลิตร เขย่าผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 20 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยงแยกที่ความเร็ว 2000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 15 นาที รินของเหลวออกและชั่งน้ำหนักตะกอนที่เหลือ (W2) คำนวณค่าความสามารถในการดูดซับ ตามสมการดังนี้ [18]

$$Adsorption = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \quad (1)$$

โดยที่ W1 = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)
W2 = น้ำหนักตะกอนหลังปั่นเหวี่ยง (กรัม)

3. การวิเคราะห์ค่าสีในระบบ CIE Lab แสดงค่า L* a* และ b* โดยนำตัวอย่างผงใยอาหาร มาทำการวัดด้วยเครื่อง Minolta Spectrophotometer รุ่น CM-3500d

4. การทดแทนแป้งสาลีด้วยผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าวในผลิตภัณฑ์สปองจ์เค้ก เตรียมสปองจ์เค้กที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าว 4 ระดับ ร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนัก ตามส่วนประกอบ (Table 1)

Table 1 Formulation of sponge cake that replaced wheat flour by dietary fiber from gac fruit pulp (DGP)

Ingredient (g)	Treatments			
	Control	10% DFG	20% DFG	30% DFG
Wheat flour	100	90	80	70
DGP *	0	10	20	30
Egg	70	70	70	70
Sugar	80	80	80	80
Butter	80	80	80	80
Condensed milk	40	40	40	40
Salt	0.6	0.6	0.6	0.6
Enhancer SP	15	15	15	15
Water	35	35	35	35

Note: *Dietary fiber from gac fruit pulp

เริ่มจากการตีผสมไข่ไก่ น้ำตาลทรายขาว แป้งสาลี เนยสด ผงฟู สารเสริม SP นมข้นจืด และเกลือ นำส่วนผสมเค้กก่อนอบ 400 กรัม เทใส่พิมพ์ และอบที่อุณหภูมิ 180 °C นาน 20 นาที เคาะเค้กออกจากพิมพ์ พักให้เย็น จากนั้นตัดเป็นชิ้น บรรจุถุง และเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง

ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของสปองจ์เค้กก่อนและหลังอบ (ข้อ 5) วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส (ข้อ 6) และ คัดเลือกระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าวที่ทำให้ผลิตภัณฑ์สปองจ์เค้กมีคุณภาพดีที่สุด คือมีคุณภาพทางกายภาพเค้กก่อน และหลังอบที่ดี และได้คะแนนความชอบจากการทดสอบมากที่สุด เพื่อการศึกษาลำดับต่อไป

5. การทดแทนน้ำด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวในผลิตภัณฑ์สปองจ์เค้ก

ทำการศึกษาระดับการทดแทนน้ำในสูตรสปองจ์เค้กที่ได้รับการคัดเลือกจาก (ข้อ 4) ด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว (gac fruit aril: GA) 3 ระดับ คือ ร้อยละ 25, 50 และ 75 โดยน้ำหนัก ตามส่วนประกอบ (Table 2)

Table 2 Formulation of sponge cake that replaced water by gac fruit aril (GA)

Ingredient (g)	Treatments			
	Control	25% WGA	50% WGA	75% WGA
Wheat flour	90	90	90	90
DGP *	10	10	10	10
Egg	70	70	70	70
Sugar	80	80	80	80
Butter	80	80	80	80
Condensed milk	40	40	40	40
Salt	0.6	0.6	0.6	0.6
Enhancer SP	15	15	15	15
Water	35	26.25	17.5	8.75
GA **		8.75	17.5	26.25

Note: *Dietary fiber from gac pulp
**Gac fruit aril

นำตัวอย่างเค้กไปทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพก่อน และหลังอบ (ข้อ 5) และคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ข้อ 6) จากนั้นคัดเลือกสูตรระดับการทดแทนน้ำด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวที่ดีที่สุด คือมีคุณภาพทางกายภาพเค้กก่อน และหลังอบที่ดี และได้คะแนนความชอบจากการทดสอบมากที่สุด มาทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี [17]

6. การวิเคราะห์คุณสมบัติกายภาพของผลิตภัณฑ์สปองจ์เค้ก

นำเนื้อเค้กก่อนอบ และตัวอย่างเค้กหลังอบมาทำการวิเคราะห์คุณภาพางกายภาพ ดังนี้

6.1 การวิเคราะห์ค่าสีในระบบ CIE Lab แสดงค่า L* a* และ b* โดยนำตัวอย่างเนื้อเค้กก่อนอบ ตัวอย่างเค้ก

หลังอบบริเวณผิวหน้าและเนื้อเค้ก มาทำการวัดด้วยเครื่อง Minolta Spectrophotometer รุ่น CM-3500d

6.2 การวิเคราะห์ความสูงของเค้กหลังอบ (cake high)

ใช้เวอร์เนียร์ (vernier slide calipers) ปักลงไปในเค้ก และทำการวัดระดับความสูงที่จุดกึ่งกลาง และด้านข้างทั้ง 4 ด้าน ของเค้กหลังอบ และนำมาหาค่าเฉลี่ย [19]

6.3 การวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสของเนื้อเค้กหลังอบ (texture profile analysis)

ใช้มีดฟันเลื่อยที่ไม่ทำลายโครงสร้างเค้ก ตัดสปองจ์เค้กให้ได้ขนาด 4x4x4 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากนั้นนำตัวอย่างที่ตัดไปวัดค่าความแน่นเนื้อ ด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA.XT.Plus โดยใช้หัววัด P/36R และตั้งเป็น compression mode ให้ค่าความเร็วในก่อน และขณะทดสอบการทดสอบ 1.00 มิลลิเมตรต่อวินาที หลังทดสอบ 10 มิลลิเมตรต่อวินาที ระยะกด (strain) ร้อยละ 40 เวลากด (hold time) 30 วินาที และ แรงกด 5 กรัม [19]

7. การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สปองจ์เค้ก

ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สปองจ์ ด้วยวิธีการประเมินทดสอบความชอบในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติ ตกค้างและความชอบโดยรวม โดยใช้ 9-Point Hedonic Scale กับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน

3. ผลการวิจัย

1. คุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าว

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าว พบว่ามีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และใยอาหารร้อยละ 5.10, 1.42, 0.02, 6.16 และ 34.43 ตามลำดับ การทดสอบความสามารถในการอุ้มน้ำ และน้ำมันของผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าวพบว่ามีค่าเท่ากับ 4.45 และ 2.26 กรัมของเหลว/กรัมของตัวอย่าง โดยเมื่อวิเคราะห์ค่าสีด้วยระบบ CIE พบว่าผงใยอาหารจากฟักข้าวมีค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 52.3 ค่าสีแดง (a*) เท่ากับ 9.48 และค่าสีเหลือง (b*) เท่ากับ 29.60 (Table 3)

Table 3 Chemical composition, absorption ability and color in CIE of dietary fiber from gac pulp (DGP)

Properties	Value
Chemical composition	
Moisture (%)	5.10
Protein (%)	1.42
Fat (%)	0.02
Ash (%)	6.16
Fiber (%)	34.43
Carbohydrate (%)	52.87
Absorption ability	
Water (g·solid/g·liquid)	4.45
Oil (g·solid/g·liquid)	2.26
Color	
Lightness (L*)	52.03
Redness (a*)	9.48
Yellowness (b*)	29.60

Table 4 Lightness (L*), Redness (a*) and Yellowness (b*) of batter and sponge cake with difference level of DGP

Treatments	CIE		
	Lightness (0-100)	Redness (-,+)	Yellowness (-,+)
Batter			
Control	49.11 ± 0.41^{a}	1.72 ± 0.09^{b}	9.44 ± 0.16^{d}
10% DGP	48.08 ± 0.66^{b}	1.87 ± 0.15^{b}	10.28 ± 0.50^{c}
20% DGP	47.24 ± 0.58^{c}	1.93 ± 0.21^{b}	11.63 ± 0.32^{b}
30% DGP	45.95 ± 0.70^{d}	2.31 ± 0.47^{a}	12.59 ± 0.48^{a}
Sponge cake			
Control	42.12 ± 0.83^{A}	0.57 ± 0.04^{D}	10.27 ± 0.40^{D}
10% DGP	36.77 ± 0.79^{B}	1.52 ± 0.12^{C}	11.71 ± 0.29^{C}
20% DFG	31.50 ± 0.72^{C}	2.25 ± 0.03^{B}	13.50 ± 0.23^{B}
30% DGP	28.86 ± 1.08^{D}	2.59 ± 0.17^{A}	14.14 ± 0.39^{A}

Note: $^{a-d}$ Means difference in the same column of Batter ($p\leq0.05$)

$^{A-D}$ Means difference in the same column of sponge cake ($p\leq0.05$)

2. ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าวต่อคุณภาพของสปองจ์เค้กก่อน และหลังอบ

จากการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าวพบว่าส่งผลต่อสีของเนื้อเค้กก่อนอบ และเนื้อเค้กหลังอบ (Table 4) โดยเมื่อวิเคราะห์ค่าสีด้วยระบบ CIE พบว่าในตัวอย่างเนื้อเค้กก่อนอบ และหลังอบมีค่าความสว่าง (L*) ลดลง แต่ค่าสีแดง (+a) และ ค่าสีเหลือง (+b) กลับเพิ่มขึ้น กล่าวคือการทดแทนดังกล่าวทำให้สีของเนื้อเค้กก่อนอบ และเนื้อเค้กหลังอบมีสีออกเหลืองมากขึ้น และมีสีเข้มคล้ำมากกว่าเดิม ส่วนความสูงของเค้กก่อนอบ พบว่าปริมาณการทดแทนผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าวที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ที่ความสูงของเค้กก่อนอบลดลง และเนื้อเค้กหลังอบที่ได้มีความแน่นเพิ่มมากขึ้น (Table 5)

Table 5 High of batter and Firmness of sponge cake with difference level of DGP

Treatments	High of batter (cm)	Firmed of cake (g)
Control	4.50±0.00^{a}	339.54±1.67^{d}
10% DGP	4.43±0.06^{ab}	367.09±3.24^{c}
20% DGP	4.40±0.00^{bc}	395.79±2.64^{b}
30% DGP	4.33±0.08^{c}	447.78±4.23^{a}

Note: $^{a-d}$ Means difference in the same column of batter ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสในคุณลักษณะต่าง ๆ ของสปองจ์เค้กสูตรควบคุมเทียบกับสูตรทดแทนแป้งสาลีด้วยผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าว (Table 6) พบว่าสูตรที่ทำการทดแทนผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าวร้อยละ 10 ได้คะแนนความชอบสูงสุดในทุกคุณลักษณะ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ (appearance: App) กลิ่นรส (flavour: Flavor) เนื้อสัมผัส (texture: Text) รสชาติ (taste) และความชอบโดยรวม (overall liking: O.like) และยังพบอีกว่าการเติมผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าวทำให้ผู้ทดสอบมีความชอบในคุณลักษณะด้านกลิ่นรสเพิ่มขึ้น

Table 6 Sensory evaluation of sponge cake with difference level of DGP.

Attri.	**Treatments**			
	Control	10% DGP	20% DGP	30% DGP
App.	7.43±1.10^{b}	7.97±0.82^{a}	5.78±1.28^{c}	4.87±1.75^{d}
Flavor	4.931.59^{d}	7.700.87^{a}	7.051.08^{b}	6.29±1.65^{c}
Text.	7.80±0.99^{a}	7.65±0.87^{a}	5.60±1.24^{b}	4.05±1.59^{c}
Taste	7.63±1.00^{a}	7.63±1.00^{a}	5.10±1.24^{b}	5.23±1.07^{b}
O. like	8.23±0.77^{a}	7.87±0.68^{a}	6.90±0.66^{b}	6.03±1.07^{c}

Note: $^{a-d}$ Means difference in the same row of batter ($p \leq 0.05$)

ดังนั้นระดับการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าวที่ในผลิตภัณฑ์สปองจ์เค้กเหมาะสมคือ ระดับการทดแทนร้อยละ 10 เนื่องจากมีค่าคุณภาพทางกายภาพใกล้เคียงกับสูตรควบคุม และยังได้รับคะแนนความชอบสูงเท่ากับสูตรควบคุมในคุณลักษณะด้านต่าง ๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) นอกจากนี้ยังได้คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสสูงที่สุดอีกด้วย ในการศึกษาขั้นต่อไปจึงได้คัดเลือกผลิตภัณฑ์สปองจ์เค้กสูตรทดแทนแป้งสาลีด้วยผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าวทีระดับร้อยละ 10 เป็นสูตรพื้นฐานในการศึกษาการทดแทนน้ำในสูตรด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดจากเปลือกฟักข้าวต่อคุณภาพของสปองจ์เค้กเสริมใยอาหารจากเปลือกฟักข้าว

3. ผลของการทดแทนน้ำด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวต่อคุณภาพของสปองจ์เค้กก่อน และหลังอบ

การทดแทนน้ำในสูตรด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวนั้นส่งผลต่อสีของเนื้อเค้กก่อนอบ และหลังอบมีสีเหลืองเข้มมากขึ้นเมื่อปริมาณเพิ่มระดับการทดแทนเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว เมื่อวิเคราะห์ค่าสีด้วยระบบ CIE พบว่าในตัวอย่างเค้กก่อนอบและหลังอบเนื้อเค้กมีค่าความสว่างลดลง แต่ค่าสีแดงกับค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น (Table 7) แต่ปริมาณการทดแทนน้ำในสูตรด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวที่เพิ่มขึ้นนั้น กลับไม่ส่งผลต่อความสูงของเค้กก่อนอบอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่ส่งผลต่อความแน่นเนื้อของเนื้อเค้กหลังอบลดลง (Table 8)

Table 7 Lightness (L*), Redness (a*) and Yellowness (b*) of batter and sponge cake with difference level of WGA

Treatments	CIE		
	Lightness (0-100)	Redness (-,+)	Yellowness (-,+)
Batter			
Control	48.08±0.66^{a}	1.87±0.15^{d}	10.28±0.50^{d}
10% GA	45.97±0.35^{b}	2.81±0.15^{c}	10.68±0.03^{c}
20% GA	42.96±0.49^{c}	3.51±0.19^{b}	10.88±0.08^{b}
30% GA	40.20±0.28^{d}	4.04±0.06^{a}	11.07±0.04^{a}
Sponge cake			
Control	36.77±0.79^{A}	1.52±0.12^{D}	11.71±0.29^{D}
10% GA	34.40±1.31^{B}	1.89±0.23^{C}	12.63±0.64^{C}
20% GA	32.07±0.30^{C}	3.00±0.23^{B}	14.11±0.27^{B}
30% GA	29.87±0.28^{D}	4.80±0.20^{A}	15.88±0.13^{A}

Note: $^{a-c}$ Means difference in the same column of Batter ($p \leq 0.05$)

$^{A-C}$ Means difference in the same column of sponge cake ($p \leq 0.05$)

Table 8 High of batter and Firmness of sponge cake with difference level of WGA

Treatment	High of batter (cm)	Firmed of cake (g)
Control	4.50±0.00^{a}	339.54±1.67^{d}
10% GA	4.43±0.06^{ab}	367.09±3.24^{c}
20% GA	4.40±0.00^{bc}	395.79±2.64^{b}
30% GA	4.33±0.08^{c}	447.78±4.23^{a}

Note: ^{ns} Means similar in the same column of batter ($p > 0.05$)
$^{a-c}$ Means difference in the same column of cake ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคที่ต่อผลิตภัณฑ์สปองจ์เค้กที่มีการทดแทนน้ำในสูตรด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว พบว่าการระดับการทดแทนที่เพิ่มขึ้นไม่ส่งผลต่อความชอบของผู้บริโภคในด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของเค้กอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่ที่ระดับปริมาณการทดแทนน้ำในสูตรด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวร้อยละ 75 มีระดับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ และรสชาติน้อยกว่าเค้กสูตรควบคุม และการทดแทนน้ำในสูตรวยเยื่อหุ้มเมล็ดจากเปลือกฟักข้าวร้อยละ 50 และ 25 ดังแสดงในตารางที่ 9 จึงสรุปได้ว่าระดับการทดแทนน้ำในสูตรด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวในปริมาณสูงที่สุดที่เป็นไปได้คือที่ระดับการทดแทนร้อยละ 50

Table 9 Sensory evaluation of sponge cake with difference level of WGA

Attri.	Treatments			
	Control	10% DGP	20% DGP	30% DGP
App.	7.43±1.10^{b}	7.97±0.82^{a}	5.78±1.28^{c}	4.87±1.75^{d}
Flavor	4.931.59^{d}	7.700.87^{a}	7.051.08^{b}	6.29±1.65^{c}
Text.	7.80±0.99^{a}	7.65±0.87^{a}	5.60±1.24^{b}	4.05±1.59^{c}
Taste	7.63±1.00^{a}	7.63±1.00^{a}	5.10±1.24^{b}	5.23±1.07^{b}
O. like	8.23±0.77^{a}	7.87±0.68^{a}	6.90±0.66^{b}	6.03±1.07^{c}

Note: ^{ns} Means similar in the same column of cake ($p>0.05$)
$^{a-c}$ Means difference in the same column of cake ($p \leq 0.05$)

จากการศึกษาทำให้ได้ผลิตภัณฑ์สปองจ์เค้กที่อุดมไปด้วยคุณประโยชน์จากสารพฤกษเคมีที่อยู่ในส่วนของเปลือก และเยื่อหุ้มเมล็ดผักข้าว โดยการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าวที่ระดับการทดแทนร้อยละ 10 ร่วมกับการทดแทนน้ำในสูตรด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวในระดับการทดแทนร้อยละ 50 จากกการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี พบว่าสปองจ์เค้กที่พัฒนามีองค์ประกอบทางเคมี ประกอบด้วยปริมาณความชื้นร้อยละ 35.54 โปรตีนร้อยละ 10.60 ไขมันร้อยละ 0.24 เถ้าร้อยละ 0.07 กากใยร้อยละ 12.93 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 40.62

4. อภิปรายผล

1. คุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าว

ผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าวในการทดลองนี้ สกัดมาจากเปลือกชั้นใน (pulp) ของเปลือกฟักข้าวด้วยการใช้ความร้อนจากการต้มในน้ำร้อน องค์ประกอบทางเคมีของใยอาหารที่ได้มีปริมาณใยอาหารร้อยละ 34.43 ในการศึกษากระบวนการอบแห้งเปลือกชั้นในผสมกับเยื่อหุ้มเม็ดฟักข้าว เมื่อนำวัตถุดิบไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่ามีปริมาณใยอาหารร้อยละ 32.18 [20] หรือการศึกษาอายุของฟักข้าวต่อคุณภาพผงฟักข้าว โดยการนำเปลือกชั้นในของฟักข้าวมาอบให้แห้งและบดเป็นผงโดยพบว่าใยอาหารที่พบในผงจากเปลือกชั้นในของผลฟักข้าวระยะสุกมีปริมาณใยอาหารสูงกว่าระยะไม่สุก คิดเป็นร้อยละ 47.60 และ 42.68 ตามลำดับ [14] ได้มีงานวิจัยที่ศึกษาการสกัดใยอาหาร โดยใช้วิธีการสกัดโดยการต้มในน้ำร้อนเช่นเดียวกันจากเปลือกผลไม้เขตร้อน 6 ชนิด ได้แก่ เงาะ ทุเรียน กระท้อน ลำไย ลองกอง และมะม่วง พบว่ามีปริมาณใยอาหารที่ร้อยละ 47.74, 65.13, 49.98, 73.30, 56.63 และ 38.30 ตามลำดับ [12] และยังมีการใช้วิธีการให้ความร้อนผ่านไอน้ำแรงดันสูง เพื่อสกัดใยอาหารจากเปลือกผลไม้ ได้แก่ มะม่วง ส้ม และแพร พบว่ามีปริมาณเส้นใยร้อยละ 40.51, 50.81 และ 41.30 ตามลำดับ [13]

นอกจากนี้ความสามารถในการอุ้มน้ำของผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าวที่ผลิตขึ้นเท่ากับ 4.45 และ 2.26 กรัมของเหลว/กรัมของตัวอย่าง พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับใยอาหารจากเปลือกจากเปลือกเงาะ และลำไยที่สกัดด้วยความร้อนผ่านการต้ม และใยอาหารจากเปลือกส้มที่สกัดด้วยระบบความดันผ่านไอน้ำร้อน [12], [13] โดยความสามารถในการจับกับน้ำและน้ำมันกับความหนาแน่นของประจุ และความชอบจับกับน้ำ (hydrophilic) ของตัวอย่าง ซึ่งมีปฏิสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน กับปริมาณเฮมิเซลลูโลส และมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับปริมาณลิกนิน [18], [21]

2.การทดแทนแป้งสาลีด้วยผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าวต่อคุณภาพของสปองจ์เค้กก่อน และหลังอบ

จากการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าวพบว่าส่งผลต่อสีของเค้กก่อนอบ และเนื้อเค้กหลังอบ การทดแทนดังกล่าวทำให้เค้กก่อนอบ และเนื้อเค้กหลังอบมีสีออกเหลืองมากขึ้น และมีสีคล้ำมากกว่าเดิม โดยปกติแล้วสีเหลืองที่เกิดขึ้นในเค้กมาจากไข่ที่เป็นอีกหนึ่งส่วนผสมหลัก และสีคล้ำที่เกิดจากคาลาเมลไลซ์เซชั่นที่เกิดกับน้ำตาล และแป้ง ของแต่การเติมผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าวที่มีสีเหลืองเข้มเข้าไปแทนแป้งสาลีที่มีสีขาวทำให้เค้กมีสีเหลืองเข้มขึ้น และคล้ำมากขึ้น Figure 2

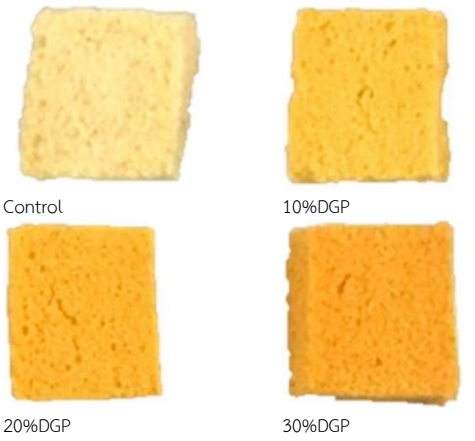

Figure 2 Sponge cake with difference level of DGP

Figure 3 Sponge cake with difference level of WGA

นอกจากนี้ปริมาณการทดแทนผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าวที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ที่ความสูงของเนื้อเค้กลดลง และเนื้อเค้กหลังอบมีความแน่นเพิ่มมากขึ้น ความสามารถในการกักอากาศของเนื้อเค้กระหว่างการตีผสมและความแข็งแรงของโพรงอากาศนั้นสังเกตได้จากปริมาตร หรือความสูงเค้กก่อนอบและในเนื้อเค้กก่อนอบที่มีความสามารถกักอากาศได้มาก และการกระจายตัวของโพรงอากาศมีความสม่ำเสมอ หลังจากนำเข้าอบจะทำให้ได้เนื้อเค้กที่มีเนื้อสัมผัสนุ่มฟู [19], [22] การเสริมไฟเบอร์ หรือใยอาหารในผลิตภัณฑ์เค้กมักส่งผลให้เนื้อเค้กมีปริมาตรลดลง และทำให้เนื้อเค้กหลังอบค่อนข้างแน่นไม่นุ่มฟู เนื่องจากใยอาหารไปขัดขวางการกักอากาศของส่วนผสม ขณะตี การกระจายตัวและความคงตัวของอากาศในเนื้อเค้กก่อนอบลดลง ฟองอากาศขนาดเล็กลดลงส่งผลต่อระบบอิมัลชันของเค้ก [23] อาจกล่าวได้ว่าผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าวที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีทำให้ความสามารถในการกักอากาศลดลง รวมถึงโพรงอากาศไม่แข็งแรง เกิดการรวมตัวกันของเนื้อเค้ก เพราะการลดปริมาณแป้งสาลีส่งผลให้กลูเตน ซึ่งเป็นโปรตีนในแป้งสาลีที่ทำหน้าที่ช่วยเสริมให้โพรงอากาศแข็งแรงลดลง และยังพบอีกว่าการเติมผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าวทำให้ผู้ทดสอบมีความชอบในคุณลักษณะด้านกลิ่นรสเพิ่มขึ้น เนื่องจากในเปลือกฟักข้าวมีกลิ่นและรสคล้ายผลส้ม ซึ่งช่วยให้เค้กมีกลิ่นที่น่ารับประทานมากขึ้น [22], [24]

3. การทดแทนน้ำด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวต่อคุณภาพของสปองจ์เค้กก่อน และหลังอบ

การทดแทนน้ำในสูตรด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวนั้นส่งผลต่อสีของเค้กก่อน และหลังอบ เนื่องจากเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวที่ใช้มีสีแดงอมส้ม เมื่อทำการลดปริมาณน้ำในสูตรแล้วทดแทนเพิ่มด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว จึงทำให้สีของเค้กก่อนและหลังอบเปลี่ยนเป็นสีแดงมากเข้มมากขึ้น Figure 3

นอกจากนี้จากการทดแทนน้ำในสูตรด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวส่งผลให้ปริมาณน้ำในส่วนผสมลดลง ทำให้เนื้อเค้กแตกร่วนได้โดยง่าย ซึ่งแสดงให้เห็นได้จากค่าความแน่นเนื้อของเค้กที่ลดลง ถึงแม้ว่าจะมีการเติมเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวเพื่อทดแทนน้ำ แต่น้ำในเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวก็ไม่สามารถทำหน้าที่แทนน้ำที่ในสูตรได้ เนื่องจากถูกกักอยู่ในโครงสร้างเซลลูโลสของเยื่อฟักข้าวไม่สามารถออกมาจับกับแป้งได้ ทำให้การพองตัวของผงใยอาหาร และเจลลาติไนซ์ของแป้งสาลีเกิดขึ้นลดลง ซึ่งการเจลลาติไนซ์ของแป้งทำหน้าที่หลักเกี่ยวกับความแข็งแรง และการเชื่อมต่อของโครงสร้างเนื้อเค้ก [24]

ในการพัฒนาสปองจ์เค้ก พบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าวที่ระดับการทดแทนร้อยละ 10 ร่วมกับ การทดแทนน้ำในสูตรด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวในระดับการทดแทนร้อยละ 50 เป็นระดับการทดแทนที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์สปองค์เค้ก ได้เค้กที่มีลักษณะทางกายภาพที่ดี และเป็นที่ชื่นชอบจากผู้บริโภค ซึ่งการเติมผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าว และเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวทำให้ สปองจ์เค้กมีปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้น โดยที่ใยอาหารมีผลดีต่อกระบวนการเมทาบอลิซึม และกระบวนการสรีระวิทยาของร่างกาย ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรค อีกทั้งยังป้องกันการเกิดโรคระบบทางเดินอาหาร โรคเบาหวาน โรคหลอดเลือดหัวใจอุดตันและช่วยควบคุมน้ำหนัก [25], [26]

5. บทสรุป

การสกัดผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าว โดยวิธีการสกัดด้วยน้ำร้อน ทำให้ได้สารสกัดผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าวที่ได้มีองค์ประกอบทางเคมี ประกอบด้วย ปริมาณความชื้นร้อยละ 5.10 โปรตีนร้อยละ 1.42 ไขมันร้อยละ 0.02 เถ้าร้อยละ 6.16 กากใยร้อยละ 34.43 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 52.87 และผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าวมีความสามารถในการดูดซับน้ำ และน้ำมันเท่ากับ 4.45 และ 2.26 กรัมของเหลว/กรัมตัวอย่าง และการศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์สปองจ์เค้กเพิ่มใยอาหาร และสารเบต้าแครอทีนจาก

การทดแทนแป้งสาลีด้วยผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าว และการทดแทนน้ำด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว พบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงใยอาหารจากระดับการทดแทนที่เหมาะสม คือ การทดแทนแป้งสาลีด้วยผงใยอาหารจากเปลือกฟักข้าวที่ระดับการทดแทนร้อยละ 10 ร่วมกับ การทดแทนน้ำในสูตรด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าวในระดับการทดแทนร้อยละ 50 เป็นระดับการทดแทนที่เหมาะสม ได้ผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์สปองจ์เค้กเพิ่มใยอาหาร และสารเบต้าแครอทีนที่ดีค่อสุขภาพ และได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ทุนอุดหนุนการวิจัย งบประมาณแผ่นดิน 2559 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ผู้สนับสนุนเงินทุนในการวิจัย และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผู้ให้ความอนุเคราะห์ในด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ในการปฏิบัติการวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Lelamanit, V. (2014). **Gac fruit**. Department of Biochemistry, Faculty of Medical, Mahidol University *(in Thai)*

[2] Chuyen, H.V. and et al. 2014. Gac fruit (Momordica cochinchinensis Spreng.): a rich source of bioactive compounds and its potential health benefits. **International Journal of Food Science and Technology**. 50(3): 567-577

[3] Anusananan, N. (2010). Gac fruit: high lycopin: anticancer. **Natural Agriculture**. 13(12): 4-5. *(in Thai)*

[4] Ishida, B. K. and et al. 2004. Fatty acid and carotenoid composition of Gac fruit (*Momordica cochinchinensis Spreng*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry.** 52(2): 274-279.

[5] Trirattanapikul, W., and Phoungchandang, S. 2016. Influence of Different Drying Methods on Drying Characteristics, Carotenoids, Chemical and Physical Properties of Gac Fruit Pulp (Momordica cochinchinensis L.). **International Journal of Food Engineering**. 12(4): DOI: 10.1515/ijfe-2015-0162

[6] American Association of Cereal Chemists. 2001. The definition of dietary fiber. **Cereal Foods World.** 46: 3.

[7] Sosulski, F.W. and Cadden, A.M. 1982. Composition and physiological properties of several sources of dietary fiber. **Journal of Food Science**. 47: 1472–1477.

[8] Rodriguez, R.; Jimenez, A.; Fernandez-Bolanos, J. et al. 2006. Dietary fiber from vegetable products as source of functional ingredients. **Trends in Food Science and Technology.** 17:3–15.

[9] Supamityotin, P. 2013. **Food and nutrition**. Bangkok: Odeon Store Publisher. *(in Thai)*

[10] Thumwaro, V. 2014. Production and Application of Fiber from agricultural raw material residues. **Food**. 44(3): 18-23. *(in Thai)*

[11] Prakongpan, T., Nittithamyong, A. and Luangpituksa, P. 2002. Extraction and application of dietary fiber and cellulose from pineapple core. **Food chemistry and toxicology**. 67(4): 1308-1313.

[12] Wanlapa, S. and et al. 2015. Potential of selected tropical fruit peels as dietary fiber in functional foods. **International Journal of Food Properties**. 18: 1306–1316.

[13] Tejada-Ortigoza, V. and et al. 2017. The dietary fiber profile of fruit peels and functionality modifications induced by high hydrostatic pressure treatments. **Food Science and Technology International**. 23(5): 396–402

[14] Chusak, C. and et al. 2020. Effect of gac fruit (Momordica cochinchinensis) powder on in vitro starch digestibility, nutritional quality, textural and sensory characteristics of pasta. **Food Science and Technology.** doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108856

[15] Uearreeloet P. and Konsue N. 2016. Effect on gac fruit powder on quality and nitrosation activity of meat product. **Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Science.** 6(2): 786-790.

[16] Sangnark, A. 2003. A. Effect of particle sizes on functional properties of dietary fiber prepared from sugarcane bagasse. **Food Chemistry**. 80: 221–229.

[17] A.O.A.C. 2000. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analysis Chemistry. 17th ed. **The Association of Official Analysis Chemists**. Arlington, Virginia.

[18] Ang, J. F. 1991. Water retention capacity and viscosity effect of powered cellulose. **Journal of Food Science**. 56 (2): 1682-1684.

[19] Chaiya, B. and Pongsawatmanit, R. 2011. Quality of batter and sponge cake prepared from wheat-tapica flour blends. **Kasetsart Journal (Natural Science)**: 45, 305-313. *(in Thai)*

[20] Pinthong, S., Judprasong, K., and Tangsuphoom, N. 2019. Effect of different drying processes on physical properties and carotenoid content of Gac fruit (Momordica cochinchinensis Spreng.). **Journal of Food Science and Agricultural Technology**. 5: 61-70.

[21] Wang, L. and et al. 2015. Preparation and physicochemical properties of soluble dietary fiber from orange peel assisted by steam explosion and dilute acid soaking. **Food Chemistry.** 185: 90–98

[22] Kaewnate, S. 2019. Quality Characteristics of Shiffon Cakes with Addition of Gac Fruit (*Momordica cochinchinensis Spreng*). **Journal of Vocational Institute of Agriculture.** 3(1): 18-27. *(in Thai)*

[23] Go'mez, M, Ronda, F, and Caballero, et. al. 2007. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. **Food Hydrocolloids**. 21: 167-173.

[24] Aoki, H., Kieu, N.T.M., and Kuze, N., et. al. 2002. Carotenoid pigments in GAC fruit (*Momordica cochinchinnensis Spreng*). **Bioscience Biotechnology & Biochemistry**. 66: 2479-2482.

[25] Taghipoor M, Barles G, Georgelin C, et al. 2014. Digestion modeling in the small intestine: Impact of dietary fiber. **Mathematical Biosciences**: 258: 101–112.

[26] Vuong, L.T., Franke, A.A., and Custer, L.J. et. al. 2006. Momordica cochinchinensis spreng (Gac) fruit caroteniods reevaluated. Journal of **Food Composition and Analysis.** 19: 664–668.