

ผลของการเติมคาราจีแนนต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี ประสาทสัมผัสและฤทธิ์
ต้านออกซิเดชันของน้ำนมข้าวโพดหวานชนิดสเตอริไลส์

**Effect of carrageenan content on physical, chemical, sensory properties and
antioxidant activity of sweet corn milk.**

ณัฐมน พรหมเทพ¹, ศิริธร ศิริอมรพรรณ^{1*}

Nutthamon Promthep¹, Sirithon Siriamornpun^{1*}

¹ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

¹Department of Food Technology and Nutrition, Faculty of technology,

Mahasarakham University

* sirithons@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปริมาณคาราจีแนนต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำนมข้าวโพดหวานชนิดสเตอริไลส์ที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที นอกจากนี้ยังวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP โดยการเติมคาราจีแนนความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0, 0.05, 0.1, และ 0.2 โดยน้ำหนัก จากผลการทดลองพบว่าความหนืดมีแนวโน้ม เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตามความเข้มข้นของคาราจีแนนที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่าสี a^* และ L^* คือ มีแนวโน้มลดลงตามความเข้มข้นของคาราจีแนนที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่าสี b^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามการเติมคาราจีแนนทุกระดับ ไม่มีผล ต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญ น้ำนมข้าวโพดหวานสเตอริไลส์ที่มีการเติม คาราจีแนนร้อยละ 0.1 ได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมมากที่สุด (7.1 จากคะแนนเต็ม 9.0) หลังจากกระบวนการสเตอริไลส์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ฤทธิ์การ ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ของผลิตภัณฑ์ข้างต้นมีค่าลดลง ในขณะที่ DPPH มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการเติมคาราจีแนนและกระบวนการสเตอริไลเซชันมี ผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี การยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ รวมถึงมีผลต่อ ปริมาณและฤทธิ์ของการต้านออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวโพดหวานชนิดสเตอริไลส์ ดังนั้นการเติม คาราจีแนนในปริมาณที่เหมาะสมทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพที่ดีและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ

คำสำคัญ: น้ำนมข้าวโพด ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด สารต้านออกซิเดชัน
สารให้ความคงตัว

Abstract

The objective of this research was to investigate the effect of carrageenan content on the physical, chemical and sensory properties of sweet corn milk sterilized at 115°C for 15 min. In addition, total phenolic content (TPC) and total flavonoid content (TFC) of final product were determined along with antioxidant activities which were assessed by DPPH and FRAP assays. Four different levels of carrageenan added to the product were 0, 0.05, 0.1, and 0.2% respectively. The results showed that increasing carrageenan content significantly increased the viscosity of the product ($p < 0.05$) and decreased the values of a^* and L^* ($p < 0.05$). However, carrageenan addition had no effect on the pH changes of the product at all levels studied. The sterilized sweet corn milk added with 0.1% carrageenan received the most overall acceptance score (7.1 out of 9). After sterilization, TPC, TFC and FRAP values of the final product were significantly decreased whereas DPPH value significantly increased ($p < 0.05$) after being sterilized. Our findings demonstrated that addition of carrageenan to sweet corn milk affects both physical and sensory properties. Furthermore, sterilization affected the bioactive compounds and their antioxidant activities. Therefore, the levels of carrageenan added to the product and process optimization is necessary to achieve a high quality product with improved health benefits.

Keywords: Corn milk, Total phenolic content, Total flavonoid content, Antioxidant activity, Stabilizer

บทนำ

ข้าวโพดหวาน (sweet corn) มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Zea mays* L. var. *saccharata* อยู่ในตระกูล Poaceae มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกากลางมามากกว่า 1000 ปี ปัจจุบันนิยมปลูกแพร่หลายในหลายประเทศทั่วโลก ผู้ปลูกรายใหญ่ของโลกได้แก่ สหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส อังกฤษ และแคนาดา ในเอเชียผู้ปลูกรายใหญ่ คือ ญี่ปุ่น ไต้หวัน และไทย เพราะเป็นพืชปลูกง่าย อัตราการตอบแทนสูงกว่าเมื่อเทียบกับพืชผลทางเศรษฐกิจบางชนิด (wikipedia, 2562) ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดทั้งสิ้น 234,259 ไร่ โดยส่วนใหญ่อยู่ในภาคเหนือ ปลูกมากที่สุดในจังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ ปริมาณผลผลิตรวม 502,711 ตันต่อปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) เมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตในปี พ.ศ. 2559 กับ ปี พ.ศ. 2560 พบว่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.12 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) สำหรับตลาดข้าวโพดหวานในประเทศไทยนั้นส่วนใหญ่นิยมบริโภคเป็นผักสด ในด้านการส่งออกประเทศไทยส่งออกข้าวโพดหวานเป็นอันดับ 1 ของโลก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) ซึ่งสินค้าที่ส่งออกส่วนใหญ่คือข้าวโพดหวานแช่แข็ง และข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง นอกจากนี้ผู้ประกอบการหลายบริษัทกำลังให้ความสนใจในการทำวิจัยและพัฒนา (R&D) สินค้ากลุ่ม Cooking Corn หรือสินค้าที่ผลิตจากข้าวโพดเพื่อจำหน่ายในประเทศและต่างประเทศ เช่น นำนมข้าวโพดพร้อมดื่ม ข้าวโพดคลุกเนย และข้าวโพดบึ่ง จากข้อมูลปี พ.ศ. 2560 ตลาดอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพมีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่องเฉลี่ยร้อยละ 3.5 ต่อปี มีมูลค่า 187,000 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) เครื่องดื่มนมข้าวโพดจึงเป็นเครื่องดื่มจาก

ธัญพืชที่น่าสนใจ เนื่องจากมีรสชาติหวานมัน มีกลิ่นหอม รับประทานได้ง่ายทุกเพศทุกวัย มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีมีคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 74.26 ให้พลังงาน 3.65 แคลอรี มีไขมัน อยู่ร้อยละ 4.74 ซึ่งมีฤทธิ์ช่วยควบคุมคอเลสเตอรอล ช่วยลดความดันโลหิตสูงและมีวิตามินบี1 วิตามินบี 2 และเกลือแร่ (USDA National Nutrient data base, 2562) ในเมล็ดข้าวโพดมีสารอาหารที่ละลายได้ในน้ำและไม่ละลายในน้ำ มีกรดฟีนอลิกซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลและฟลาโวนอยด์ที่สำคัญต่อร่างกาย การแปรรูปข้าวโพดเมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อนจะมีการดเพอรูริกสูงขึ้น (Das, A. K., & Singh, V., 2016) ซึ่งเป็นสารสำคัญที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านมะเร็ง การเติมสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ช่วยให้ผลิตภัณฑ์เกิดความคงตัวขึ้น ป้องกันการแยกชั้นของเหลว ป้องกันการสูญเสียกลิ่นรส และคุณค่าทางโภชนาการ (นิธิยา รัตนพานนท์, 2549) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ศึกษาชนิดของสารให้ความคงตัวชนิดแซนแทนกัม, Carboxy methylcellulose (CMC) และคาราจีแนนในไอศกรีมหน้านมถั่วเหลือง (พวงชมพู หงษ์ชัย และวรรณวิสา บุญชู, 2558) การใช้สารเพิ่มความคงตัวชนิด โกล์สปีนกัม กัวร์กัม และคาราจีแนนในการพัฒนาสูตรไอศกรีมหวานเย็นรสนมข้าวโพด (นงเยาว์ ชูสุข และจันทิมา งามเงิน, 2552) แต่ยังไม่มีการศึกษาการใช้สารให้ความคงตัวในหน้านมข้าวโพดหวาน พันธุ์อินทรี 2 ที่ใช้กระบวนการแปรรูปแบบสเตอริไลส์

วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาผลของการเติมคาราจีแนนต่อคุณสมบัติกายภาพ ทางเคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของหน้านมข้าวโพดหวานชนิดสเตอริไลส์
- 2) เพื่อศึกษาปริมาณสารต้านออกซิเดชัน และฤทธิ์การต้านออกซิเดชันของหน้านมข้าวโพดหวานชนิดสเตอริไลส์ก่อนและหลังการแปรรูป

วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุดิบและการเตรียมน้ำนมข้าวโพด

ในงานวิจัยนี้ใช้ข้าวโพดหวาน พันธุ์อินทรี 2 ของศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ไร่สุวรรณ ที่ปลูกในแปลงเกษตรของแผนกวิชาพืชศาสตร์ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยี นครราชสีมา โดยเก็บข้าวโพดหวานในระยะน้ำนม ปอกเปลือก ผ่านเอาแต่เมล็ด ใส่ถุงพลาสติกทนร้อนแช่แข็งที่อุณหภูมิ -25 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปทำการทดลองต่อไป

เตรียมน้ำนมข้าวโพดโดยประยุกต์จากวิธีของ (Katore & Vijay, D., 2014) นำข้าวโพดหวานแช่แข็งมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 25 นาที ต้มในน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที นำมาปั่นด้วยเครื่องปั่นอัตราส่วนข้าวโพดหวานต่อน้ำเป็น 1 : 2 ด้วยความเร็วระดับสูงสุด นาน 3 นาที กรองแยกกากข้าวโพดออกด้วยผ้าขาวบาง จะได้น้ำมน้ำนมข้าวโพด วัดความหวาน ปรับความหวานเป็น 8 °Brix ด้วยน้ำตาลซูโครส

การศึกษาปริมาณสารให้ความคงตัวที่เหมาะสมในการทำน้ำมันข้าวโพดเข้มข้นสเตอริไลส์

นำน้ำมันข้าวโพดเข้มข้นมาทำน้ำมันข้าวโพดเข้มข้นสเตอริไลส์ มาเติมสารให้ความคงตัว โดยใช้ตารางที่ความเข้มข้น 4 ระดับคือ ร้อยละ 0 (ควบคุม), 0.05, 0.1, 0.2 ของน้ำหนักน้ำมันข้าวโพดทั้งหมด บั่นด้วยเครื่องปั่นความเร็วสูงสุด เป็นเวลา 5 นาที ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที บรรจุในขวดแก้วที่ผ่านการลวกด้วยน้ำร้อนขวดละ 200 มิลลิลิตร ปิดฝาให้แน่น นำไปนึ่งในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำไปวิเคราะห์ทางกายภาพ ได้แก่ วัดค่าสี L^* , a^* , b^* , ความหนืด, ค่าพีเอช, ดัชนีการแยกชั้น, สารต้านออกซิเดชัน และการยอมรับทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน เป็นนักศึกษา และบุคลากรในวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยี นครราชสีมา จำนวน 30 คน ประเมินความชอบในด้าน สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ด้วยแบบทดสอบ 9-point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 = ชอบมากที่สุด)

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

1) วัดค่าสี ใช้เครื่อง Chroma Meter (CR-400, Minolta, Japan) โดยเทตัวอย่างนมลงในภาชนะวัดสี แล้ววางหัววัดเพื่อวัดค่าสีในระบบ CIE (L^* a^* b^*)

2) ค่าความหนืด ใช้เครื่องวัดความข้นหนืด (Brookfield Viscometer รุ่น DV-II+) ใช้หัววัดเบอร์ 1 ที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที ควบคุมอุณหภูมิ ตัวอย่างขณะวัดที่ 25°C รายงานในหน่วยเซนติพอยส์ (cP)

3) ค่าความเป็นกรด - ด่าง ใช้ตัวอย่าง 50 มิลลิลิตร วัดด้วยเครื่องพีเอชมิเตอร์ (pH meter) ที่ปรับมาตรฐานก่อนใช้งานด้วยบัฟเฟอร์ 4.0 และ 7.0

4) ค่าความคงตัววิเคราะห์โดยเทตัวอย่างน้ำมันข้าวโพด 60 มิลลิลิตร ที่ผ่านการเขย่าให้เข้ากันดี นาน 2 นาที ลงในกระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร บั่นที่ความสูงเริ่มต้น ปิดปากกระบอกตวงด้วยพาราฟิล์ม ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4°C นาน 48 ชั่วโมง วัดความสูงของชั้นตะกอนที่ได้ รายงานความคงตัวของผลิตภัณฑ์เป็นค่าดัชนีการแยกชั้น (Separation index) โดยคำนวณอัตราส่วนของความสูงของตัวอย่างเริ่มต้นต่อความสูงของตะกอน

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

การเตรียมสกัดตัวอย่าง

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันข้าวโพดเข้มข้นสเตอริไลส์ ที่เติมสารให้ความคงตัวร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก นึ่งในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content, TPC) ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (Total flavonoid content, TFC) และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH radical scavenging activity และด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power (FRAP) โดยดัดแปลงจากวิธีของ Jittawan, Kubola and Sirithon Siriamornpun (2008) เตรียมสกัดตัวอย่างน้ำมันข้าวโพดเข้มข้น โดยใช้ปิเปตดูดตัวอย่างน้ำมันข้าวโพด 5 มิลลิลิตร สกัดด้วยเมทานอลเข้มข้น 80% จำนวน 10 มิลลิลิตร เขย่าด้วย orbital shaker ความเร็วรอบ 180 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้องในสภาวะปลอดแสง เป็นเวลา 2 ชั่วโมง บั่นเหวี่ยงด้วย

เครื่องเซนตริฟิวส์ที่ความเร็วรอบ 1400 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที ค่อย ๆ รินสารละลายใส่ในขวดตัวอย่างขนาด 30 มิลลิลิตร

การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic contents)

- ปิเปตสารละลาย Gallic acid มาตรฐานในแต่ละความเข้มข้น (ความเข้มข้น 1, 10, 25, 50 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) อย่างละ 0.3 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลายมาตรฐาน Folin-Ciocalteu reagent 0.5 มิลลิลิตร (โดยทำการผสมสารละลายมาตรฐาน Folin-Ciocalteu reagent 1 : น้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร) ใส่หลอดทดลองแต่ละหลอด ผสมให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ 5 นาทีจากนั้นเติมสารละลาย Na_2CO_3 6% (w/v) 2.25 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 90 นาที กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 (ในกรณีตัวอย่างที่มีความขุ่น) นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 725 นาโนเมตร แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐาน Gallic acid

- นำตัวอย่างสารสกัด 0.3 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลายมาตรฐาน Folin-Ciocalteu reagent หลอดละ 2.25 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที ที่อุณหภูมิห้อง และในการวัดค่าดูดกลืนแสงจะใช้ Folin-Ciocalteu reagent ที่ผสมกับน้ำกลั่นแล้วเป็น blank

- เติมสารละลาย Na_2CO_3 6% (w/v) 2.25 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 90 นาที ที่อุณหภูมิห้อง

- จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาเทียบกับกราฟมาตรฐาน Gallic acid เพื่อหาปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (total flavonoid contents)

- ปิเปตสารละลาย Rutin มาตรฐานในแต่ละความเข้มข้น อย่างละ 0.5 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำกลั่น 2.25 มิลลิลิตร และเติมสารละลาย NaNO_2 เข้มข้น 5% (w/v) จำนวน 0.15 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 6 นาที จากนั้นเติมสารละลาย $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ จำนวน 0.3 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที และเติม NaOH เข้มข้น 1 M จำนวน 0.1 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร โดยเครื่อง Spectrophotometer แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐาน Rutin

- นำสารสกัดอย่างละ 0.5 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำกลั่น 2.25 มิลลิลิตร และเติมสารละลาย NaNO_2 เข้มข้น 5% (w/v) จำนวน 0.15 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 6 นาที จากนั้นเติมสารละลาย $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ จำนวน 0.3 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที และเติม NaOH เข้มข้น 1 M จำนวน 0.1 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร โดยเครื่อง Spectrophotometer แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาเทียบกับกราฟมาตรฐาน Rutin เพื่อหาปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

- ในการวัดค่าดูดกลืนแสง จะใช้ 80% ethanol เป็น blankB

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power (FRAP)

- เตรียมสารละลาย FRAP reagent โดยนำสารละลาย FRAP reagent ซึ่งเตรียมได้จากการนำ acetate buffer ความเข้มข้น 300 มิลลิโมล (pH 3.6) จำนวน 100 มิลลิลิตร สารละลาย TPTZ ความเข้มข้น 10 มิลลิโมล ละลายใน HCl ความเข้มข้น 40 มิลลิโมล จำนวน 10 มิลลิลิตร สารละลาย $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ความเข้มข้น 20 มิลลิโมล ในอัตราส่วน 10:1:1 และเติมน้ำกลั่น 12 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

- ทดสอบตัวอย่างสารสกัดโดยดูดสารสกัดอย่างละ 60 ไมโครลิตร ในหลอดทดลองอย่างละ 3 หลอด แล้วเติมน้ำกลั่นหลอดละ 180 ไมโครลิตร จากนั้นปิเปตสารละลาย FRAP reagent ที่เตรียมไว้ใส่หลอดที่ใส่สารสกัดตัวอย่างไปแล้วหลอดละ 1.8 มิลลิลิตร เพื่อให้ทำปฏิกิริยากันแล้วทำการเขย่าแล้วทำการบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer

- ในการวัดค่าการดูดกลืนแสงจะใช้ FRAP reagent เป็น blank ที่ค่าการดูดกลืนแสงที่ 593 นาโนเมตร

- การทำกราฟมาตรฐาน $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ นำสารละลาย FRAP reagent จำนวน 1.8 มิลลิลิตร น้ำกลั่นจำนวน 180 ไมโครลิตร ปิเปตสารละลาย $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ในแต่ละความเข้มข้น (0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มิลลิโมล) อย่างละ 60 ไมโครลิตร บ่ม 4 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐาน $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging activity

- เตรียม 2,2 diphenyl - 1 - picrylhydrazyl radical (DPPH) ความเข้มข้น 0.04 มิลลิโมล โดยการชั่ง DPPH 0.01 g/ml Ethanol (80% ethanol) ปรับให้เท่ากับ 250 มิลลิลิตร แล้วนำไปผสมด้วยเครื่อง Vortex ปิดด้วยฟอยล์เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

- ทดสอบตัวอย่างสารสกัดโดยดูดสารสกัดอย่างละ 0.1 มิลลิลิตร ในหลอดทดลองอย่างละ 3 หลอด จากนั้นปิเปตสารละลาย DPPH ที่เตรียมไว้ใส่หลอดที่ใส่สารสกัดตัวอย่างไปแล้วหลอดละ 3 มิลลิลิตร เพื่อให้ทำปฏิกิริยากันแล้วทำการเขย่าทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่ 517 นาโนเมตร

- ในการวัดค่าการดูดกลืนแสงจะใช้ control คือ สาร DPPH ที่ไม่มีตัวอย่าง และ blank คือ 80% ethanol ที่ค่าการดูดกลืนแสงความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

- คำนวณค่าเฉลี่ยของค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้แต่ละตัวอย่างแล้วนำมาแทนค่าในสูตรหาประสิทธิภาพฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในพืชตัวอย่างที่นำมาทดสอบ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ} = \frac{(A_{\text{DPPH}} - A_{\text{SAMPLE}}) \times 100}{A_{\text{DPPH}}}$$

เมื่อ A_{DPPH} = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ที่ไม่มีตัวอย่าง

A_{SAMPLE} = ค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

สถิติที่ใช้ T-test สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way Analysis of Design) ในการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 22 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดทดลอง โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($P < 0.05$)

ผลการวิจัย

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมี

จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของนํ้านมข้าวโพดหวาน ที่เติมคาราจีแนนความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 ระดับคือ ร้อยละ 0 (ควบคุม), 0.05, 0.1, และ 0.2 ประกอบด้วยค่าสี ค่าความหนืด ดัชนีการแยกชั้น และค่าความเป็นกรด-ด่าง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของนํ้านมข้าวโพดหวานระย่นํ้านมที่เติมคาราจีแนนความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.05, 0.1, และ 0.2

คุณลักษณะทางเคมีกายภาพ	ตัวอย่าง			
	Carrageenan 0% (control)	Carrageenan 0.05%	Carrageenan 0.1%	Carrageenan 0.2%
L*	60.71±0.03 ^c	61.10±0.05 ^a	60.88±0.09 ^b	60.36±0.01 ^d
a*	-8.47±0.03 ^c	-7.99±0.03 ^a	-8.21±0.02 ^b	-8.21±0.01 ^b
b*	21.78±0.05 ^{b^{bc}}	22.61±0.49 ^a	22.21±0.15 ^{ab}	21.64±0.08 ^c
ความหนืด (cP)	27.94±0.15 ^b	28.05±0.08 ^b	28.31±0.05 ^a	28.42±0.03 ^a
ดัชนีการแยกชั้น (cm)	1.93±0.03 ^a	1.75±0.04 ^b	1.58±0.03 ^c	1.54±0.00 ^d
ค่าความเป็นกรด-ด่าง ^{ns}	6.91±0.05	6.90±0.17	7.01±0.01	6.89±0.01

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

การวัดค่าสี เมื่อ L* คือ ค่าความสว่าง มีค่าอยู่ในช่วง 0-100 พบว่าค่า L* มีแนวโน้มลดลงตามความเข้มข้นของคาราจีแนนที่เพิ่มขึ้นและแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) นํ้านมข้าวโพดที่เติมคาราจีแนนร้อยละ 2 มีค่าความสว่างน้อยที่สุดเนื่องจากคาราจีแนนมีคุณสมบัติในการเกิดเจล เกิดการรวมตัวกันและคงสภาพทำให้ค่าความสว่างลดลง ค่าสี a* บ่งบอกถึงความเป็นสีแดงและสีเขียวของนํ้านมข้าวโพด ถ้ามีค่าบวกเป็นสีแดง ถ้ามีค่าลบเป็นสีเขียว จากการวัดค่าสีพบว่าค่าสี a* เป็นลบนํ้านมข้าวโพดจึงออกไปทางสีเขียว ค่าสี a* มีแนวโน้มลดลง โดยตัวอย่างควบคุมมีค่าสี a* น้อยที่สุด และค่าสี b* บ่งบอกถึงความเป็นสีเหลืองและสีเขียวของนํ้านมข้าวโพด ถ้าค่าบวกเป็นสีเหลือง ถ้าค่าลบเป็นสีน้ำเงิน จากการวัดค่าสีพบว่า ค่าสี b* เป็นบวก จึงเป็นสีเหลือง โดยนํ้านมข้าวโพดที่เติมคาราจีแนนร้อยละ 0.05 และ 0.1 มีค่าเป็นสีเหลืองมากที่สุด รองลงมาคือ นํ้านมข้าวโพดที่ไม่เติมคาราจีแนน เมื่อพิจารณาค่า b* และค่า L* พบว่ามีความสอดคล้องกันเนื่องจากนํ้านมข้าวโพดที่เป็นสีเหลืองมาก จะมีค่าความสว่างมาก

ผลการวิเคราะห์ความหนืด พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตามความเข้มข้นของคาราจีแนนที่เพิ่มขึ้น ค่าความหนืดของนํ้านมข้าวโพดที่เติมคาราจีแนนอยู่ในช่วง 28.05-28.42 เซนติพอยด์ ซึ่งมากกว่าตัวอย่างควบคุมที่มีความหนืด 27.94 เซนติพอยด์ เนื่องจาก

การาจี้แนเป็นสารให้ความคงตัวประเภท hydrocolloids มีโครงสร้างเป็น long chain polymer ที่ละลายน้ำได้ดี พองหรือขยายตัวได้และสามารถเกิดอันตรกิริยาระหว่างโมเลกุล ทำให้ความหนืดของสารละลายเพิ่มขึ้น (มนภัทร องค์กรณะคม, สุวรรณา สุภิมารส และนินนาท ชินประห์ษฐ์, 2552)

ความคงตัวของผลิตภัณฑ์ รายงานเป็นดัชนีการแยกชั้น (Separation Index) ถ้าตัวอย่างมีการแยกชั้นมาก ความคงตัวต่ำ ดัชนีการแยกชั้นสูง ถ้าการแยกชั้นน้อย ความคงตัวสูง ดัชนีการแยกชั้นต่ำ ดัชนีการแยกชั้นต่ำแสดงว่ามีความคงตัวสูง จากผลการทดลองพบว่าแนวโน้มความคงตัวสูงขึ้นตามความเข้มข้นของการาจี้แนที่เพิ่มขึ้น การเติมการาจี้แน 0.2% และ Carrageenan 0.1% ส่วนตัวอย่างควบคุมที่ไม่เติมสารให้ความคงตัวนั้น มีความคงตัวน้อยที่สุด ตัวอย่างที่เติมสารให้ความคงตัว แสดงแนวโน้มของการลดลงของดัชนีการแยกชั้นตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารให้ความคงตัว

ค่าความเป็นกรด – ด่าง ของตัวอย่างนํ้านมข้าวโพดทั้ง 4 ชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 6.89-7.01 เนื่องจากในขั้นตอนการเตรียมนํ้านมข้าวโพดมีการปรับความหวานให้เท่ากันทุกสูตรให้ได้ความหวานประมาณ 8 องศาบริกซ์ มีผลช่วยรักษาสภาพเป็นกลางของนํ้านมข้าวโพดทั้ง 4 สูตร

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 5 = เฉย ๆ 9 = ชอบมากที่สุด) โดยใช้นักศึกษาและบุคลากรของวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยี นครราชสีมา จำนวน 30 คน พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านรสชาติแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ความชอบด้านสีและกลิ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ส่วนนํ้านมข้าวโพดที่เติมการาจี้แนร้อยละ 0.05 และ 0.1 โดยน้ำหนัก มีคะแนนความชอบด้านรสชาติสูงที่สุด ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบรวมนํ้านมข้าวโพดที่เติมการาจี้แนร้อยละ 0.1 มากที่สุด ในระดับชอบปานกลาง (7.10 ± 1.71) แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของนํ้านมข้าวโพดหวานระย่นํ้านม (milk stage) ที่เติมการาจี้แนความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.05, 0.1, และ 0.2

ตัวอย่าง	คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัส			
	สี ^{ns}	กลิ่น ^{ns}	รสชาติ	ความชอบรวม
R3-0%	6.65±1.98	6.30±1.53	5.05±1.85 ^c	5.90±1.25 ^b
R3-0.05%	6.90±1.25	6.35±1.46	6.70±1.46 ^{ab}	6.80±1.36 ^{ab}
R3-0.1%	7.25±1.33	6.45±1.43	7.55±1.40 ^a	7.10±1.71 ^a
R3-0.2%	6.30±1.26	6.50±1.82	6.20±1.47 ^b	6.25±1.45 ^{ab}

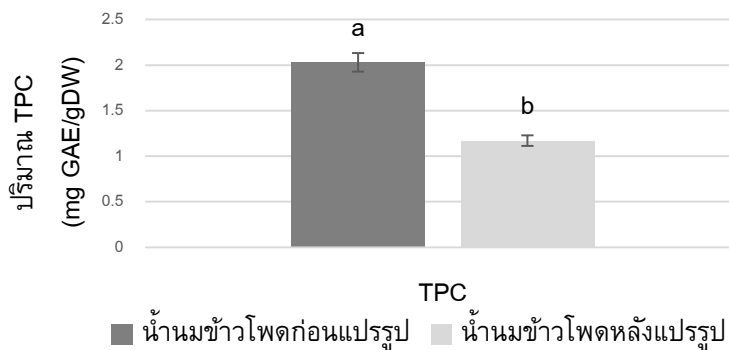
หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวดิ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

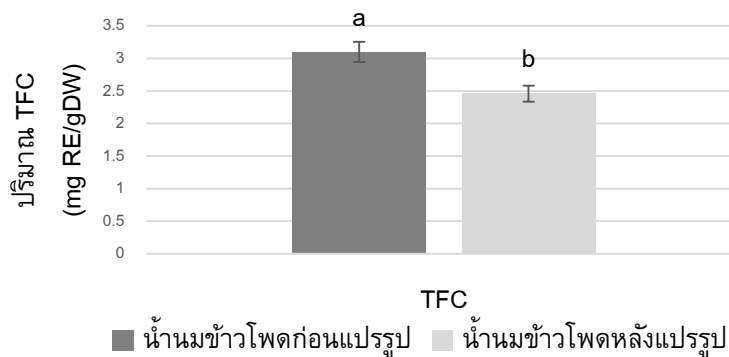
ผลการวิเคราะห์สารต้านออกซิเดชัน

ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) ของผลิตภัณฑ์น้ำมันข้าวโพดก่อนและหลังการแปรรูป พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) น้ำมันข้าวโพดก่อนการแปรรูปมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าหลังการแปรรูป เท่ากับ 2.03 mg GAE/g dw และ 1.17 mg GAE/g dw ตามลำดับ

ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (TFC) ของผลิตภัณฑ์น้ำมันข้าวโพดก่อนและหลังแปรรูป พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ผลิตภัณฑ์น้ำมันข้าวโพดก่อนการแปรรูปมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูงกว่าหลังการแปรรูปมีค่าเท่ากับ 4.26 mg RE/g dw และ 3.67 mg RE/g dw ตามลำดับ



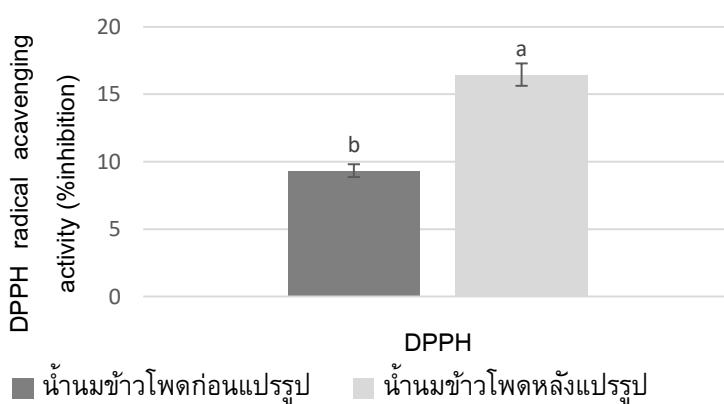
ภาพที่ 1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ก่อนและหลังการแปรรูปแบบสเตอริไลส์ของน้ำมันข้าวโพดหวานที่เติมคาร์ราจีแนนร้อยละ 0.1



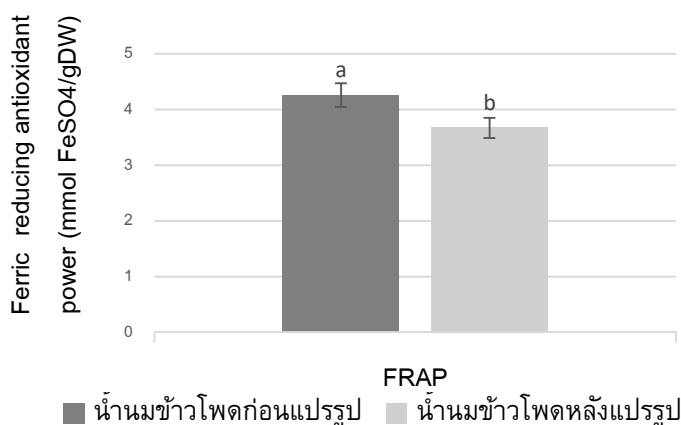
ภาพที่ 2 ปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ก่อนและหลังการแปรรูปแบบสเตอริไลส์ของน้ำมันข้าวโพดหวานที่เติมคาร์ราจีแนนร้อยละ 0.1

ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging activity ของผลิตภัณฑ์น้ำมันข้าวโพดก่อนและหลังการแปรรูป พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ผลิตภัณฑ์น้ำมันหลังการแปรรูปมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าก่อนการแปรรูป มีค่าเท่ากับ 16.46% inhibition และ 9.34% inhibition ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี Ferric reducing antioxidant power (FRAP) ของผลิตภัณฑ์น้ำมันข้าวโพดก่อนและหลังการแปรรูป พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) น้ำมันข้าวโพดก่อนการแปรรูปมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าหลังการแปรรูป มีค่าเท่ากับ 3.10 mmol FeSO_4/g และ 2.46 mmol FeSO_4/g ตามลำดับ



ภาพที่ 3 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของผลิตภัณฑ์น้ำมันข้าวโพดหวาน ก่อนและหลังการแปรรูปแบบสเตอริไลส์ของน้ำมันข้าวโพดหวานที่เติมคาราจีแนนร้อยละ 0.1



ภาพที่ 4 ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ของผลิตภัณฑ์น้ำมันข้าวโพดหวาน ก่อนและหลังการแปรรูปแบบสเตอริไลส์ของน้ำมันข้าวโพดหวานที่เติมคาราจีแนนร้อยละ 0.1

อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ค่าสี L^* และ ค่าสี a^* มีแนวโน้มลดลง ตามปริมาณของการาจีแนที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่าสี b^* เพิ่มขึ้นตามปริมาณการาจีแนที่เพิ่มขึ้น

จากคุณภาพทางกายภาพ พบว่าสารการาจีแนมีค่าความหนืดเพิ่มขึ้นตามปริมาณของการาจีแนที่เพิ่มขึ้น (27.94 - 28.42 cP) สอดคล้องกับงานวิจัยที่มีการเติมการาจีแนในเครื่องตีเมล็ดแบบนมจากแมคคาเมียสกัดน้ำมัน พบว่าเครื่องตีเมล็ดที่เติมสารเพิ่มความคงตัวทุกชนิด ความหนืดเพิ่มขึ้น ตามปริมาณสารให้ความคงตัวที่เพิ่มขึ้น (มนภัทร องค์สรณะคม, สุวรรณา สุภิมารส และนินนาท ชินประพัชญ์, 2552)

ในขณะที่ดัชนีการแยกชั้นซึ่งสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณการาจีแน (1.54 - 1.93) แสดงให้เห็นว่าแนวโน้มความคงตัวสูงขึ้น ตามปริมาณของสารให้ความคงตัวที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของจุฑามาศ ถิรสาโรช และเฉลิมพล ถนอมวงศ์ (2558) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้การาจีแนในปริมาณที่สูงขึ้นส่งผลให้เกิดตะกอนแยกชั้นน้อยลง ทำให้เครื่องตีเมล็ดเพื่อสุขภาพจากข้าวหอมนิลมีความข้นหนืดมากขึ้น อย่างไรก็ตามการเติมปริมาณการาจีแนที่ต่างกัน ไม่ส่งผลต่อค่าความเป็นกรดต่างในผลิตภัณฑ์น้ำมันข้าวโพดหวาน อาจเป็นเพราะการาจีแนมีค่า pH ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ (pH 6.89 - 7.01) (นิธิยา รัตนาพนนท์, 2549) จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า การเติมการาจีแนส่งผลต่อการยอมรับของผู้ทดสอบชิม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการยอมรับรวม ซึ่งเป็นคุณสมบัติเกิดจากการเติมสารให้ความคงตัว (0.01%) ทำให้ผู้บริโภคยอมรับมากขึ้นแต่ต้องอยู่ในระดับที่เหมาะสม (7.10 ± 1.71 คะแนน)

การแปรรูปโดยใช้ความร้อนในระดับต่าง ๆ ส่งผลต่อปริมาณและฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน (Pitchaporn Wanyo, Sirithon Siriamornpun, and Naret Meeso, 2011) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทและสภาวะของการแปรรูปรวมถึงความจำเพาะของผลิตภัณฑ์หรือวัตถุดิบแต่ละชนิดที่นำมาแปรรูป เช่นการอบแห้งข้าวโพดหอมอุนหภูมิด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิส่งผลให้สารประกอบฟีนอลิก สารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดลดลงด้วยลมร้อน (Jan Pokorny, Nelly Yanishlieva and Michael H. Gordon, 2001) แต่การใช้ความร้อนในการแปรรูปโดยใช้รังสีอินฟราเรดจะทำให้ค่า TPC เพิ่มขึ้น (ศิริธร ศิริอมพรพรณ, 2560)

ในงานวิจัยครั้งนี้ พบว่าฤทธิ์การต้านออกซิเดชันประเมินโดยวิธี DPPH มีค่าเพิ่มขึ้นหลังกระบวนการแปรรูป อาจเกิดจากการเปลี่ยนรูปแบบฟอร์มหรือการสลายตัวของสารประกอบฟีนอลโมเลกุลใหญ่ไปเป็นสารโมเลกุลเล็กลง และมีคุณสมบัติในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH มากขึ้น (Jan Pokorny, Nelly Yanishlieva and Michael H. Gordon, 2001) ข้อเสนอแนะการใช้สารการาจีแนให้ความคงตัวในน้ำมันข้าวโพดหวานเข้มข้นสเตอริไลส์ ควรใช้ในปริมาณร้อยละ 0.1 หากจะใช้สารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น อาจมีการทดลองใช้สารให้ความคงตัวชนิดอื่นที่ทำให้คุณภาพดีกว่าการเติมการาจีแนก็ได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการของภาควิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนศาสตร์ คณะเทคโนโลยี และศูนย์เครื่องมือกลาง มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการวิเคราะห์และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- จุฑามาศ ธีรสาโรช และเฉลิมพล ถนอมวงศ์. (2558). การผลิตเครื่องดื่มสุขภาพจากข้าวหอมนิล. วารสารวิทยาศาสตร์ มข, 43 (3), 395-402.
- นิริยา รัตนพานนท์. (2549). เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- นงเยาว์ ชูสุข และจันทิมา งามเงิน. (2552). การใช้สารเพิ่มความคงตัวบางชนิดในการพัฒนาสูตรไอศกรีมหวานเย็นรสนมข้าวโพด. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 20 (1), 106-114.
- ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง เครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท 2556 ประกาศ ณ วันที่ 26 มิถุนายน พ.ศ. 2556. คัดจากราชกิจจานุเบกษา ฉบับที่ 356 เล่ม 130 ตอนพิเศษ 879 วันที่ 24 กรกฎาคม 2556.
- ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง มาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค 2556 ประกาศ ณ วันที่ 25 กันยายน พ.ศ. 2556. คัดจากราชกิจจานุเบกษา ฉบับที่ 364 เล่ม 130 ตอนพิเศษ 148 ง วันที่ 31 ตุลาคม 2556.
- พวงชมพู หงษ์ชัย และวรรณวิสา บุญชู. (2558). ผลของสารให้ความคงตัวต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของไอศกรีมหน้านมถั่วเหลือง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 46 (3)(พิเศษ), 405-408.
- มนภัทร องค์กรธนะคม, สุวรรณ สุภิมารส และนินนาท ชินประเสริฐ. (2552). การผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากแมคาเดเมียสกัดน้ำมัน. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษา แห่งชาติ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ครั้งที่ 12. หน้า 1534-1544.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2546). น้านมข้าวโพด. สืบค้นเมื่อ 18 มีนาคม 2562, จาก <http://tcps.tisi.go.th>.
- ศิริธร ศิริอมรพรรณ. (2560). สารต้านออกซิเดชั่นในอาหาร พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ โอ เอส พริ้นติ้ง เฮาส์ จำกัด.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2560). การผลิตสินค้าเกษตรข้าวโพดหวาน. สืบค้นจาก <http://www.oae.go.th>.
- A.O.A.C. (2000). *Official method of analysis 15th ed.*, Association of Official Analytical Chemist.
- Bacchetti, T., Masciangelo, S., Micheletti, A., & Ferretti, G. (2013). Carotenoids, Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity of Five Local Italian Corn (Zea Mays L.) Kernels. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 03 (06). <https://doi.org/10.4172/2155-9600.1000237>
- Das, A. K., & Singh, V. (2016). Antioxidative free and bound phenolic constituents in botanical fractions of Indian specialty maize (Zea mays L.) genotypes. *Food Chemistry*, 201, 298-306. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.099>
- Ifediba, D. I., & Nwabueze, T. U. (2018). Proximate composition and physicochemical properties of african breadfruit-corn milk. *International Journal of Innovative Research and Advanced Studies*, 5 (2), 202-209.
- Katore & Vijay, D. (2014). *Studies on physico-chemical properties of sweet corn milk*. Vasantrao Naik Marathwada Agricultural University, Parbhani.
- Kolapo AL. and Oladimeji GR. (2008). Production and quality evaluation of Soy-corn milk. *Journal of Applied Biosciences*, 1 (2), 40-45.

- Kubola, J., & Siriamornpun, S. (2008). Phenolic contents and antioxidant activities of bitter gourd (*Momordica charantia* L.) leaf, stem and fruit fraction extracts in vitro. *Elsevier*, 110 (4), 881-890. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.076>
- Marta, H., Suryadi, E., & Ruswandi, D. (2017). Chemical Composition and Genetics of Indonesian Maize Hybrids. *American Journal of Food Technology*, 12 (2), 116-123. <https://doi.org/10.3923/ajft.2017.116.123>
- Pokorny, J., Yanishlieva, N. & Gordon, M. (2001). Antioxidant in Food Applications. Woodhead Publishing, Cambridge., pp. 140-152.
- Prasanthi, P. S., Naveena, N., Vishnuvardhana Rao, M., & Bhaskarachary, K. (2017). Compositional variability of nutrients and phytochemicals in corn after processing. *Journal of Food Science and Technology*, 54 (5), 1080-1090. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2547-2>
- Shah T.R., Prasad K. and Kumar P. (2016). Maize - A potential source of human nutrition and health: A review. Rouf Shah et al., *Cogent Food & Agriculture* (2016), 2: 1166995
- Trisnawati, C. Y., Srianta, I., & Marsono, Y. (2013). Effect of corn varieties on the characteristics of soycorn milk. *International Food Research Journal*, 20 (3), 1187–1190.
- USDA National Nutrient data base. (2018). Corn nutrition. Retrieved from www.ndb.nal.usda.gov. (Vijay D. Elkar and Vijay G. Mete, 2014)
- Wanyo, P., Siriamornpun, S., Meeso, N. (2011). Improvement of quality and antioxidant properties of dried mulberry leaves with combined far-infrared radiation and air convection in Thai tea process. *Food Bioprod*, 89, 22-30.
- Zhang, R., Huang, L., Deng, Y., Chi, J., Zhang, Y., Wei, Z., & Zhang, M. (2017). Phenolic content and antioxidant activity of eight representative sweet corn varieties grown in South China. *International Journal of Food Properties*, 20 (12), 3043–3055. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1270964>

วันที่รับบทความ 5 พ.ย. 63, วันที่แก้ไขบทความ 29 ธ.ค. 63, วันที่ตอบรับบทความ 30 ธ.ค. 63