

ผลของสารเคลือบผิวรับประทานได้ต้านอนุมูลอิสระจากปอ
ต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของแครกเกอร์ธัญพืช
EFFECT OF ANTIOXIDATIVE EDIBLE COATINGS FROM
CORCHORUS CAPSULARIS L. ON THE PHYSICAL AND
CHEMICAL PROPERTIES OF CEREAL CRACKERS

จิตารัตน์ หน่อสุวรรณ

Tidarat Norsuwan

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

corresponding author e-mail: tidarat_oh23@hotmail.com

(Received: 28 March 2019 ; Revised: 26 April 2019 ; Accepted: 27 April 2019)

บทคัดย่อ

ผลของสารเคลือบผิวรับประทานได้ต้านอนุมูลอิสระจากปอ (*Corchorus capsularis* L.) ต่อคุณภาพของแครกเกอร์ธัญพืช โดยศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของแครกเกอร์ธัญพืชที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิวที่รับประทานได้จากปอ ได้แก่ เมื่อกจากปอร้อยละ 100 (สูตร 2) เมื่อกจากปอและกั้วร็กัม (ร้อยละ 99.9 : ร้อยละ 0.1) (สูตร 3) และเมื่อกจากปอและแซนแทนกัม (ร้อยละ 99.9 : ร้อยละ 0.1) (สูตร 4) เปรียบเทียบกับแครกเกอร์ธัญพืชที่ไม่ได้เคลือบด้วยสารเคลือบผิวรับประทานได้จากปอ (สูตร 1) พบว่าแครกเกอร์ธัญพืชสูตร 4 มีค่าความแข็ง (N) สูงที่สุดไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับแครกเกอร์ธัญพืชสูตร 2 และ 3 ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 21 วัน แต่มีค่าความแข็งมากกว่าแครกเกอร์ธัญพืชสูตร 1 นอกจากนี้ แครกเกอร์ธัญพืชสูตร 2 และ 3 มีค่าความกรอบ (N) ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับแครกเกอร์ธัญพืชสูตร 1 ซึ่งแครกเกอร์ธัญพืชทั้ง 4 สูตร ตลอดระยะเวลา การเก็บรักษา 21 วัน มีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ร้อยละ 88.71–90.48

คำสำคัญ: สารเคลือบผิวรับประทานได้ การต้านอนุมูลอิสระ ปอ แครกเกอร์ธัญพืช

Abstract

Effect of antioxidative edible coatings from *Corchorus capsularis* L. on the qualities of cereal crackers was studied. The physical and chemical properties of cereal crackers are coated with edible coatings from *Corchorus capsularis* L. such as *Corchorus capsularis* L. mucilage 100% (formula 2), *Corchorus capsularis* L. mucilage and guar gum (99.9% : 0.1%) (formula 3) and *Corchorus capsularis* L. mucilage and xanthan gum (99.9% : 0.1%) (formula 4) are measured and compared with cereal crackers without coated with edible coatings from *Corchorus capsularis* L. (formula 1). It was found that cereal crackers formula 4 had the highest hardness (N) and no significantly different ($p>0.05$) compared with cereal crackers formula 2 and 3 in storage period 21 days but greater than cereal crackers formula 1. Furthermore, the crispness (N) of cereal crackers formula 2 and 3, had no significantly different ($p>0.05$) but significantly decreased ($p\leq 0.05$) compared with cereal crackers formula 1. The scavenging effect of DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radicals of all cereal crackers formulas were 88.71–90.48% through the storage period 21 days.

Keywords: edible coating, antioxidation, *Corchorus capsularis* L., cereal cracker

บทนำ

นอกจากการเสริมใยอาหารในผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบ หรือแครกเกอร์แล้ว (กุลชญา และคณะ, 2560) การหาวัสดุห่อหุ้มหรือสารเคลือบผิวรับประทานได้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากพืชมาประยุกต์ใช้ในการเคลือบผิวผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ยังเป็นอีกวิธีการหนึ่งในการเพิ่มคุณค่าทางอาหารและคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ โดยสารเคลือบผิวหรือฟิล์มรับประทานได้ (edible coating or film) สามารถใช้ประโยชน์ในการห่อหุ้มวัสดุหรือวัตถุดิบอาหารใช้ในรูปแบบของแผ่นฟิล์มหรือเป็นส่วนผสมในบรรจุภัณฑ์ โดยสารเคลือบผิวรับประทานได้นั้นมีวิธีการผลิตคล้ายกับการผลิตฟิล์มรับประทานได้หรือประยุกต์ใช้ได้โดยตรงกับผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งอยู่ในรูปแบบของของเหลวโดยทั้งสารเคลือบผิวหรือฟิล์มรับประทานได้สามารถใช้เพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกลของอาหาร สามารถลดกระบวนการหายใจของผลไม้และผักหลังการเก็บเกี่ยว สามารถจำกัดการถ่ายเทความชื้นหรือแก๊สต่างๆ เพิ่มความสามารถในการต้านจุลินทรีย์หรือต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์ เพิ่มคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส เช่น กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถยืดอายุการเก็บรักษาของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์อาหารได้อีกด้วย (Pascall and Lin, 2013)

ปอ ประกอบด้วย 2 สายพันธุ์หลัก มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Corchorus olitorius* L. (red jute) และ *Corchorus capsularis* L. (white jute) ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่พบมากในทวีปเอเชีย และพบในบางส่วนของแอฟริกา และลาตินอเมริกา นอกจากนี้ ยังพบปอในหลายประเทศ เช่น ประเทศอินเดีย พม่า เนปาล จีน ไต้หวัน ไทย เวียดนาม กัมพูชา และบราซิล เป็นต้น (Islam et al., 2013) ปอสายพันธุ์ *Corchorus capsularis* L. เป็นพรรณไม้ล้มลุก ขนาดเล็ก ขยายพันธุ์ได้ง่ายด้วยการใช้เมล็ดอยู่ในวงศ์ TILIACEAE มีชื่อเรียกเป็นภาษาเวียดนามว่า rauDay หรือ Daytráitron และภาษาอังกฤษว่า Jute, White Jute และ Bangla White Jute โดยใบปอสายพันธุ์ *Corchorus capsularis* L. 100 กรัม ประกอบด้วยพลังงาน 43–58 แคลอรี น้ำ 80.4–84.1 กรัม โปรตีน 4.5–5.6 กรัม ไขมัน 0.3 กรัม คาร์โบไฮเดรต 7.6–12.4 กรัม เส้นใยอาหาร 1.7–2.0 กรัม แร่ธาตุ แคลเซียม 266–366 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 97–122 มิลลิกรัม นอกจากนี้ยังพบเบต้า-แคโรทีน 6.41–7.85 มิลลิกรัม เหล็ก 7.2–7.7 มิลลิกรัม โทอะมิน 0.13–0.15 มิลลิกรัม ไรโบฟลาวิน 0.26–0.53 มิลลิกรัม ไนอะซิน 1.1–1.2 มิลลิกรัม และกรดแอสคอร์บิก 53–80 มิลลิกรัม เป็นต้น (Islam et al., 2013)

ปอเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการ และองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญซึ่งมีสารที่ออกฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ เช่น บีต้า-แคโรทีน แอลฟา-โทโคเฟอรอล กรดแอสคอร์บิก และสารประกอบฟีนอลิก เป็นต้น สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในใบของปอนั้น สามารถป้องกันโรคที่มีสาเหตุมาจากอนุมูลอิสระได้ เช่น โรคหัวใจ โรคเบาหวาน โรคเนื้องอก และโรคความดันโลหิตสูง เป็นต้น (Islam et al., 2013) นอกจากนี้ปอสายพันธุ์ *Corchorus capsularis* L. ยังประกอบด้วยเมือก (mucilage) ซึ่งเป็น hetero-polysaccharide ที่ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป เช่น อะราบินอส (arabinose) กาแล็กโตส (galactose) กลูโคส (glucose) แมนโนส (mannose) และไซโลส (xylose) ซึ่งในส่วนของเมือกที่สกัดได้จากปอนั้นมีคุณสมบัตินำไปผลิตเป็นสารเคลือบผิวหรือฟิล์มรับประทานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะเป็นสารเคลือบผิวหรือฟิล์มที่มีองค์ประกอบทางเคมีที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ในอุตสาหกรรมอาหารมีการนำเมือกไปใช้ประโยชน์ เช่น ใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัว สารเพิ่มความหนืด สารอิมัลซิฟายเออร์ สารเพิ่มความสามารถในการจับตัวของอาหาร เป็นต้น (ปิยนุสรณ์, 2555)

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารเคลือบผิวรับประทานได้จากปอ (*Corchorus capsularis* L.) ต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของแครกเกอร์ธัญพืชซึ่งสารเคลือบผิวรับประทานได้จากปอผลิตจากพืชที่มีประโยชน์ และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผักปออีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาอัตราส่วนของปอ และน้ำที่มีผลต่อปริมาณเมือกที่สกัดได้จากใบปอสดและใบปอแห้ง

ศึกษาอัตราส่วนของปอและน้ำที่มีผลต่อปริมาณเมือกที่สกัดได้จากใบปอสดและใบปอแห้ง (ดัดแปลงวิธีจาก ชมัยพร และปราณี, 2552) ขั้นตอนการเตรียมเมือกจากปอสด ประกอบ ด้วย นำใบปอสดผสมกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:6 , 1:8 และ 1:10 ตามลำดับ ต้มในอ่างน้ำควบคุม อุณหภูมิพร้อมเครื่องเขย่า ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที นำเมือกที่ได้ไปผสมกับเอทานอล ในอัตราส่วน 1:4 พร้อมกับเขย่าเป็นเวลา 2 นาที แยกตะกอนเมือกที่ได้ โดยการกรอง นำเมือกที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และเก็บในขวด สีชาที่มีฝาปิดสนิท ส่วนขั้นตอนการเตรียมเมือกจากปอแห้งมีขั้นตอนเช่นเดียวกับการเตรียมเมือกจากปอสด เตรียมใบปอแห้งโดยอบแห้งใบปอสดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

2. การศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของแครกเกอร์ธัญพืชที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวรับประทานได้

ศึกษาการประยุกต์ใช้สารเคลือบผิวรับประทานได้ต้านอนุมูลอิสระจากปอในผลิตภัณฑ์ แครกเกอร์ธัญพืช โดยส่วนประกอบของแครกเกอร์ธัญพืช (ร้อยละ) ประกอบด้วยแป้งสาลี เอนกประสงค์ ข้าวโอ๊ต เมล็ดฟักทอง เมล็ดทานตะวัน เมล็ดแมงลัก งาขาว น้ำเปล่า เกลือป่น และน้ำผึ้ง เท่ากับ 17.17, 13.74, 5.15, 5.15, 5.15, 5.15, 47.23, 0.26 และ 1.0 ตามลำดับ ขั้นตอนในการทำแครกเกอร์ธัญพืช นำส่วนผสมทั้งหมดมาผสมรวมกัน คนส่วนผสมให้เข้ากัน แล้วพักทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นเทส่วนผสมที่ได้ลงในถาดที่รองด้วยกระดาษไข เกลี่ยให้เนื้อของแครกเกอร์มีความหนาเรียบเสมอกัน ใช้มีดตัดแบ่งก่อนเข้าอบ อบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำออกมาตัดซ้ำอีกครั้ง แล้วอบต่ออีกที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วบรรจุเก็บใส่ถุงบรรจุภัณฑ์ซีปพรอยด์ที่ป้องกันอากาศ ความชื้น และแสง

จากนั้นทำการศึกษาผลของสารเคลือบผิวรับประทานได้จากปอ ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design ; RCBD หรือ RBD) ปัจจัยที่ศึกษา คือ ประเภทของสารเคลือบผิวรับประทานได้ต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของแครกเกอร์ธัญพืชที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 21 วัน คือสูตร 1: แครกเกอร์ที่ไม่ได้เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวรับประทานได้จากปอ สูตร 2: เมือกจากปอร้อยละ 100, สูตร 3: เมือกจากปอและกัวยักษ์ (ร้อยละ 99.9 : ร้อยละ 0.1) และสูตร 4: เมือกจากปอและแซนแทนกัม (ร้อยละ 99.9 : ร้อยละ 0.1) ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0, 7, 14 และ 21 วัน ตามลำดับ

ผลการวิจัย

1. การศึกษาอัตราส่วนของปอและน้ำที่มีผลต่อปริมาณเมือกที่สกัดได้จากใบปอสดและใบปอแห้ง

การสกัดเมือกจากใบปอสดและปอแห้งที่อัตราส่วนระหว่างปอและน้ำที่มากขึ้น ทำให้ผลได้ของน้ำหนัเมือกของปอที่สกัดได้ (ร้อยละ) มีค่ามากขึ้น และการสกัดเมือกจากปอแห้งมีค่าผลได้ของเมือก (ร้อยละ) สูงกว่าที่สกัดได้จากปอสด โดยผลได้ของน้ำหนัเมือกของปอสดที่สกัดได้จากอัตราส่วนระหว่างปอสดและน้ำที่ 1:6, 1:8 และ 1:10 มีค่าเท่ากับร้อยละ 1.00, 1.09 และ 3.85 ตามลำดับ และผลได้ของน้ำหนัเมือกของปอแห้งที่สกัดได้จากอัตราส่วนระหว่างปอแห้งและน้ำที่ 1:6, 1:8 และ 1:10 มีค่าเท่ากับร้อยละ 1.90, 2.45 และ 17.33 ตามลำดับ

2. การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ธัญพืช

การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง (hardness) และด้านความกรอบ (crispness) ของแครกเกอร์ธัญพืชทั้งหมด 4 สูตร ได้ผลดังตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ผลการวิจัยพบว่าแครกเกอร์ธัญพืชทั้ง 4 สูตร มีค่าความแข็งลดลง ($p \leq 0.05$) ในระยะเวลาการเก็บรักษา 0–21 วัน โดยแครกเกอร์ธัญพืช สูตรที่ 2, 3 และ 4 มีค่าความแข็งลดลงน้อยกว่า ($p \leq 0.05$) และยังมีค่าความแข็งเฉลี่ยสูงกว่าแครกเกอร์ธัญพืชสูตรที่ 1 ($p \leq 0.05$) แครกเกอร์ธัญพืชสูตรที่ 4 มีค่าความแข็งเฉลี่ยสูงที่สุดไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับแครกเกอร์ธัญพืชสูตรที่ 2 และ 3 นอกจากนี้ ค่าความกรอบของแครกเกอร์ธัญพืชที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 21 วัน พบว่าแครกเกอร์ธัญพืชสูตรที่ 2, 3 และ 4 มีค่าความกรอบแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) ซึ่งแครกเกอร์ธัญพืชสูตรที่ 1 มีค่าความกรอบเฉลี่ยสูงสุด ($p \leq 0.05$) และแครกเกอร์ธัญพืชในสูตรที่ 2 และ 3 มีค่าความกรอบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่มีค่าลดลง ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับแครกเกอร์ธัญพืชสูตรที่ 1 นอกจากนี้ยังพบว่าแครกเกอร์ธัญพืชสูตรที่ 4 มีความกรอบเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) กับแครกเกอร์ธัญพืชสูตรที่ 1 เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 21 วัน

3. การวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ธัญพืช

การวิเคราะห์ค่าสี L^* , a^* และ b^* ของแครกเกอร์ธัญพืชทั้งหมด 4 สูตร ที่เก็บรักษาในระยะเวลา 21 วัน พบว่า แครกเกอร์ธัญพืชที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 21 วัน มีค่าความสว่าง (L^*) แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยแครกเกอร์ธัญพืช สูตรที่ 1 และ 2 มีค่าความสว่างเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) และแครกเกอร์ธัญพืชสูตรที่ 3 และ 4 มีค่าความสว่างเฉลี่ยลดลง ($p \leq 0.05$) โดยค่าความสว่าง (L^*) เฉลี่ยที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 21 วัน ของแครกเกอร์สูตรที่ 1–4 มีค่าเท่ากับ 52.96 ± 3.55 , 53.87 ± 2.78 , 44.75 ± 3.21 และ 47.20 ± 3.51 ตามลำดับ

ค่าสี α^* ของแครกเกอร์ธัญพืชที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 21 วัน มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยแครกเกอร์ธัญพืชสูตรที่ 1 และ 2 มีค่าสี α^* เฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) และแครกเกอร์ธัญพืชสูตรที่ 3 และ 4 มีค่าสี α^* เฉลี่ยเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) โดยค่าสี α^* เฉลี่ยที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 21 วัน ของแครกเกอร์ธัญพืชสูตรที่ 1–4 มีค่าเท่ากับ 1.52 ± 0.72 , 1.63 ± 0.79 , 2.37 ± 0.83 และ 2.92 ± 0.60 ตามลำดับ

ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ธัญพืชที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 21 วัน มีค่าสี b^* แตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยแครกเกอร์ธัญพืชสูตรที่ 2, 3 และ 4 มีค่าสี b^* เฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) และแครกเกอร์ธัญพืชสูตรที่ 1 มีค่าสี b^* เฉลี่ยน้อยกว่า ($p \leq 0.05$) โดยค่าสี b^* เฉลี่ยที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 21 วัน ของแครกเกอร์ธัญพืชสูตรที่ 1–4 มีค่าเท่ากับ 17.40 ± 3.76 , 18.91 ± 1.75 , 18.20 ± 2.18 และ 18.78 ± 2.81 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็งของแครกเกอร์ธัญพืช

สารเคลือบผิว ระยะเวลา (วัน)	ความแข็ง (hardness) (N)			
	สูตร 1 ปอ ร้อยละ 0	สูตร 2 ปอ ร้อยละ 100	สูตร 3 ปอและกัวร์กัม (ร้อยละ 99.9 : ร้อยละ 0.1)	สูตร 4 ปอและแซนแทนกัม (ร้อยละ 99.9 : ร้อยละ 0.1)
0	208.12 $\pm$ 5.01	206.03 $\pm$ 5.96	204.26 $\pm$ 6.99	205.20 $\pm$ 7.83
7	125.57 $\pm$ 3.83	155.65 $\pm$ 5.68	158.38 $\pm$ 6.25	154.54 $\pm$ 4.13
14	112.98 $\pm$ 6.40	129.54 $\pm$ 8.98	123.55 $\pm$ 6.58	134.25 $\pm$ 5.99
21	100.39 $\pm$ 9.92	116.69 $\pm$ 6.69	114.22 $\pm$ 4.49	116.87 $\pm$ 5.60
เฉลี่ย	128.02 ^a $\pm$ 6.69	151.33 ^b $\pm$ 6.16	150.75 ^b $\pm$ 6.56	154.92 ^b $\pm$ 6.40

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4. การวิเคราะห์ค่าความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ธัญพืช

การวิเคราะห์ความชื้นของแครกเกอร์ธัญพืชในระยะเวลาการเก็บรักษา 21 วัน ได้ผลดังตารางที่ 3 พบว่า แครกเกอร์ธัญพืชสูตรที่ 1 มีค่าความชื้นเฉลี่ยแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับแครกเกอร์ธัญพืช สูตรที่ 2, 3 และ 4 โดยมีค่าความชื้นเฉลี่ยมากกว่าแครกเกอร์ธัญพืชสูตรที่ 1 ($p \leq 0.05$) ซึ่งแครกเกอร์ธัญพืชสูตรที่ 2, 3 และ 4 มีค่าความชื้นเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ซึ่งมีค่าความชื้นเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 3.75–5.22

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระของแครกเกอร์ธัญพืชในระยะเวลาการเก็บรักษา 21 วัน ได้ผลดังตารางที่ 4 พบว่า แครกเกอร์ธัญพืชมีค่าปริมาณน้ำอิสระแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

โดยแครกเกอร์ธัญพืช สูตรที่ 2, 3 และ 4 มีค่าปริมาณน้ำอิสระไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) และแครกเกอร์ธัญพืชสูตรที่ 1 มีค่าปริมาณน้ำอิสระน้อยกว่าแครกเกอร์ธัญพืชที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิวรับประทานได้จากปอ ($p\leq 0.05$) โดยแครกเกอร์ธัญพืชสูตรที่ 2, 3 และ 4 มีค่าปริมาณน้ำอิสระ อยู่ในช่วงร้อยละ 0.50–0.54

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบของแครกเกอร์ธัญพืช

สารเคลือบผิว ระยะเวลา (วัน)	ความกรอบ (crispness) (N)			
	สูตร 1 ปอ ร้อยละ 0	สูตร 2 ปอ ร้อยละ 100	สูตร 3 ปอและกัวยักรัม (ร้อยละ 99.9 : ร้อยละ 0.1)	สูตร 4 ปอและแซนแทนกัน (ร้อยละ 99.9 : ร้อยละ 0.1)
0	22.67±2.52	15.33±3.00	16.67±2.31	22.33±0.58
7	26.67±6.11	16.33±4.51	18.33±3.79	18.67±1.15
14	16.67±2.52	14.67±3.21	11.00±1.00	27.67±7.37
21	24.00±3.00	15.33±2.31	26.67±0.58	14.67±4.04
เฉลี่ย	22.05 ^b ±7.30	15.43 ^a ±2.89	17.43 ^a ±1.49	21.23 ^b ±2.91

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

ตารางที่ 3 ค่าการวิเคราะห์ความชื้นของแครกเกอร์ธัญพืช

สารเคลือบผิว ระยะเวลา (วัน)	ค่าความชื้น (%)			
	สูตร 1 ปอ ร้อยละ 0	สูตร 2 ปอ ร้อยละ 100	สูตร 3 ปอและกัวยักรัม (ร้อยละ 99.9 : ร้อยละ 0.1)	สูตร 4 ปอและแซนแทนกัน (ร้อยละ 99.9 : ร้อยละ 0.1)
0	3.77±0.09	4.09±0.34	2.57±0.04	2.74±0.27
7	3.35±0.25	6.58±0.91	2.97±0.27	4.94±0.33
14	3.35±0.25	5.46±2.10	4.01±0.67	5.58±0.33
21	2.59±0.34	5.64±0.57	5.77±0.31	5.57±0.36
เฉลี่ย	3.09 ^a ±0.76	5.22 ^b ±1.57	3.75 ^b ±1.32	4.92 ^b ±1.30

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระของแครกเกอร์ธัญพืช

สารเคลือบผิว ระยะเวลา (วัน)	ปริมาณน้ำอิสระ			
	สูตร 1 ปอ ร้อยละ 0	สูตร 2 ปอ ร้อยละ 100	สูตร 3 ปอและกั้วร็กัม (ร้อยละ 99.9 : ร้อยละ 0.1)	สูตร 4 ปอและแซนแทนกัม (ร้อยละ 99.9 : ร้อยละ 0.1)
0	0.16±0.05	0.50±0.02	0.53±0.04	0.35±0.02
7	0.22±0.04	0.45±0.15	0.58±0.00	0.63±0.00
14	0.26±0.07	0.64±0.00	0.48±0.00	0.59±0.00
21	0.32±0.04	0.54±0.00	0.52±0.08	0.45±0.00
เฉลี่ย	0.32 ^a ±0.13	0.54 ^b ±0.07	0.51 ^b ±0.05	0.50 ^b ±0.10

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

5. การวิเคราะห์ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของแครกเกอร์ธัญพืช

แครกเกอร์ธัญพืชทั้ง 4 สูตรที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 21 วัน ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) (ดังตารางที่ 5) โดยแครกเกอร์ธัญพืชทั้ง 4 สูตร มีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH มากกว่าร้อยละ 80.0 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 21 วัน แสดงว่าการเคลือบผิวและไม่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวที่รับประทานได้จากปอ สามารถคงค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระไว้ในแครกเกอร์ธัญพืชได้ โดยมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH 88.71 ± 3.68 ถึง 90.48 ± 2.98

ตารางที่ 5 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของแครกเกอร์ธัญพืช (ร้อยละ)

สารเคลือบผิว ระยะเวลา (วัน)	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)			
	สูตร 1 ปอ ร้อยละ 0	สูตร 2 ปอ ร้อยละ 100	สูตร 3 ปอและกั้วร็กัม (ร้อยละ 99.9 : ร้อยละ 0.1)	สูตร 4 ปอและแซนแทนกัม (ร้อยละ 99.9 : ร้อยละ 0.1)
0	86.51±1.90	90.38±2.41	93.63±2.15	86.79±3.51
7	91.32±0.85	88.99±0.10	86.21±2.35	82.27±3.01
14	91.32±0.84	91.40±1.54	89.37±1.58	90.50±1.48
21	91.06±2.71	86.58±0.72	90.78±0.91	94.62±1.34
เฉลี่ย	88.71±3.68	90.48±2.98	90.04±2.99	89.01±4.51

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

อภิปรายผล

การสกัดเมือกจากปอสดและปอแห้ง ที่อัตราส่วนระหว่างปอและน้ำที่มากขึ้น ทำให้ผลได้ของน้ำหนักรวมของปอที่สกัดได้ (ร้อยละ) มีค่ามากขึ้น และการสกัดเมือกจากปอแห้งมีค่าผลได้ของเมือก (ร้อยละ) สูงกว่าที่สกัดได้จากปอสด โดยที่อัตราส่วนระหว่างปอต่อน้ำที่ 1 : 10 มีค่าผลได้ของน้ำหนักรวมของปอที่สกัดได้จากปอแห้ง และปอสด เท่ากับร้อยละ 17.33 และ 3.85 ตามลำดับ ซึ่งผลการวิจัยมีแนวโน้มใกล้เคียงกับงานวิจัยของชมัยพร และปราณี (2552) พบว่าการสกัดมิวซิเลจหรือเมือกจากพุทราพันธุ์สามรส (*Ziziphus mauritiana* Lam.) ที่อัตราส่วนของเนื้อพุทราและน้ำมากขึ้นมีค่าผลได้ของมิวซิเลจ (ร้อยละ) สูงขึ้น ($p \leq 0.05$) แครกเกอร์ธัญพืชที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิวรับประทานได้จากปอร้อยละ 100 (สูตรที่ 2) ปอและกั้วร็กัม (ร้อยละ 99.9 : ร้อยละ 0.1) (สูตรที่ 3) และ ปอและแซนแทนกัม (ร้อยละ 99.9 : ร้อยละ 0.1) (สูตรที่ 4) มีค่าความแข็งแรงเฉลี่ยสูงกว่า แครกเกอร์ธัญพืชที่ไม่เคลือบผิว (สูตรที่ 1) ($p \leq 0.05$) และค่าความแข็งแรงยังมีแนวโน้มลดลงน้อยกว่าจากระยะเวลาเก็บรักษาที่ 0, 7, 14, และ 21 วันตามลำดับ เนื่องจากปอประกอบด้วยเมือกที่เป็น สารกลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloids) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ชนิดละลายน้ำได้ (hydrophilic polymers) ที่สกัดจากพืช โดยพอลิแซคคาไรด์กัมดังกล่าวเป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากและละลายได้ในน้ำ เมื่อกัมละลายน้ำสามารถสร้างเป็นสารละลายพอลิเมอร์ที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเป็นพันธะไฮโดรเจน โมเลกุลพอลิเมอร์อาจมีการจัดเรียงตัวเป็นโครงสร้างที่เป็นระเบียบเรียกว่าไมเซลล์ (micelle) ซึ่งมีพันธะไฮโดรเจนยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลทำให้โครงสร้างมีความคงตัวและแน่นมากขึ้น โดยไมเซลล์สามารถจับและตรึงโมเลกุลของน้ำซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล ทำให้โมเลกุลของน้ำเข้มข้นขึ้นหรือมีความหนืด (viscosity) หรือสามารถเปลี่ยนโครงสร้างเป็นเจลได้มากขึ้น นอกจากนี้สารเคลือบผิวรับประทานได้ในสูตรที่ 3 และ 4 มีองค์ประกอบของกั้วร็กัมซึ่งเป็นกัมจากการสกัด (extractive gums) โดยเป็นกัมที่สกัดจากเอนโดสเปิร์มของเมล็ดพืชตระกูลถั่วบางชนิดหรือสกัดจากไม้ และแซนแทนกัมเป็นกัมจากการหมักของจุลินทรีย์ (microbial fermentation gums) การเตรียมกัมให้อยู่ในรูปแบบที่รับประทานได้ ทำให้กั้วร็กัมมีสมบัติเชิงหน้าที่เป็นสารจับตัวกับโมเลกุลน้ำ (water binder) สารเพิ่มความคงตัว (stabilizer) และสารเพิ่มความหนืด (viscosity builder) เป็นต้น แซนแทนกัมมีสมบัติสามารถกระจายตัวได้ในน้ำ ดังนั้นทำให้ได้สารที่มีความเหนียวข้นสูงอย่างรวดเร็วทั้งในระบบร้อนและเย็น การผสมของกั้วร็กัม และแซนแทนกัม ทำให้ได้รูปแบบของสารเคลือบผิวที่ติดแน่นได้ดี และสามารถปรับปรุงการเกาะติดกับวัสดุอื่นในสารชุบเปียก (wet batters) ได้ (Skurtys et al., 2010) จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้เมือกจากปอ กั้วร็กัม และแซนแทนกัม ที่ใช้เป็นสารเคลือบผิวชนิดรับประทานได้สามารถกักเก็บความชื้นไว้ในส่วนของสารเคลือบผิว ทำให้แครกเกอร์ธัญพืชที่มีการเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวรับประทานได้มีค่า

ความชื้นอยู่ในช่วง 3.75 ± 1.32 ถึง 5.22 ± 1.57 และค่าปริมาณน้ำอิสระอยู่ในช่วง 0.50 ± 0.10 ถึง 0.54 ± 0.07 แต่แครกเกอร์ธัญพืชสูตรที่ 2 และ 3 มีความกรอบไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่มีค่าลดลง ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับแครกเกอร์ธัญพืชสูตรที่ 1 นอกจากนี้แครกเกอร์ธัญพืชสูตรที่ 2 และ 3 มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงถึงร้อยละ 90 ซึ่งแครกเกอร์ธัญพืชสูตรที่ 1 มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH 88.71 ± 3.68 เนื่องจากใบปอ *Corchorus capsularis* L. มีองค์ประกอบทางเคมีที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ คือเบต้า-แคโรทีน 6.41–7.85 มิลลิกรัม และกรดแอสคอบิก 53–80 มิลลิกรัม (Islam et al., 2013)

สรุปผลการวิจัย

การสกัดเมือกหรือสารเคลือบผิวรับประทานได้ต้านอนุมูลอิสระจากปอแห้ง (*Corchorus capsularis* L.) ที่อัตราส่วนของน้ำและปอ 1 : 10 มีค่าผลได้เท่ากับร้อยละ 17.33 และเมื่อประยุกต์ ใช้เมือกที่สกัดได้จากปอเป็นสารเคลือบผิวรับประทานได้ร่วมกับกั้วร็กัมและแซนแทนกัมกับผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ธัญพืช พบว่าแครกเกอร์ธัญพืชที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิวรับประทานได้จากปอร้อยละ 100 จากปอและกั้วร็กัม และจากปอและแซนแทนกัม มีความแข็งแรงไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่มีความแข็งแรงสูงกว่าแครกเกอร์ธัญพืชที่ไม่เคลือบผิว ($p \leq 0.05$) และค่าความแข็งแรงยังมีแนวโน้มลดลงน้อยกว่าจากระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0, 7, 14 และ 21 วัน ตามลำดับ แต่แครกเกอร์ธัญพืชที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิวรับประทานได้จากปอร้อยละ 100 และจากปอและกั้วร็กัมมีความกรอบไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่มีค่าลดลง ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับแครกเกอร์ที่ไม่ได้เคลือบด้วยสารเคลือบผิวรับประทานได้นอกจากนี้ แครกเกอร์ธัญพืชที่เคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวรับประทานได้จากปอ มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (2,2–diphenyl–1–picrylhydrazyl) มากกว่าร้อยละ 80 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 21 วัน ดังนั้นการเคลือบผิวแครกเกอร์ธัญพืชด้วยเมือกหรือสารเคลือบผิวรับประทานได้ต้านอนุมูลอิสระจากปอทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็งแรงและความกรอบมีแนวโน้มลดลงน้อยกว่าในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 21 วัน ซึ่งแครกเกอร์ธัญพืชที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิวรับประทานได้จากปอและแซนแทนกัม (ร้อยละ 99.9 : ร้อยละ 0.1) มีความแข็งแรงสูงกว่าแครกเกอร์ธัญพืชที่ไม่ได้เคลือบผิวและยังมีแนวโน้มของค่าความแข็งแรงลดลงน้อยกว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 21 วัน นอกจากนี้ค่าความกรอบเฉลี่ยมีค่าไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) กับ แครกเกอร์ธัญพืชที่ไม่ได้เคลือบผิว ซึ่งแครกเกอร์ธัญพืชที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิวรับประทานได้จากปอและแซนแทนกัมมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 21 วัน ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) และมีค่ามากกว่าร้อยละ 80 ซึ่งผลงานวิจัยดังกล่าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตสารเคลือบผิวรับประทานได้ที่มีฤทธิ์

ด้านอนุมูลอิสระจากพืชและนำไปประยุกต์ใช้เป็นสารเคลือบผิวรับประทานได้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการและฤทธิ์ด้านอนุมูลอิสระเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาหรือคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำโครงการวิจัยจนเสร็จสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่สนับสนุนเครื่องมือและสถานที่ในการทำโครงการวิจัยจนเสร็จสมบูรณ์และขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่สนับสนุนให้การทำโครงการวิจัยในด้านต่างๆ จนเสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- กุลชญา สิวทวน, ผกาดี ภูจันทร์, อารชา คำเพ็ญ และภาณุเดช อินประถม. (2560). การใช้เปลือกส้มโอผงเพื่อเสริมใยอาหารในผลิตภัณฑ์ขนมปังกรอบ. *PSRU Journal of Science and Technology*, 2(1), 14–23.
- ชัยพร แรกกกลาง และปราณี อ่านเปรื่อง. (2552). การสกัดมิวซิเลจและสมบัติเชิงหน้าที่ของมิวซิเลจผงจากพุทราพันธุ์สามรส (*Ziziphus mauritiana* Lam.). *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 40(1) ฉบับพิเศษ, 19–22.
- ปิยนุสรณ์ น้อยดวง. (2555). กัมและมิวซิเลจจากพืช. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม*, 7(1), 1–10.
- อนุชิตา มุ่งงาม, วิภาวดี พันธุ์หนองหว่า, ศศิชา โพธิ์อุดม, สุชาดา อนันทอง, และมานิตย์ อ่อนนางโย. (2551). องค์ประกอบทางเคมีและสารออกฤทธิ์ชีวภาพในใบและเมือกจากใบปอโมโรเฮยะ. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 13(8), 957–968.
- Islam, M. T., Freitas, R. M., Sultana, I., Mahmood, A., Hossain, A., Homa, Z., and Chowdhury, M. M. U. (2013). A Comprehensive Review of *Corchorus capsularis*: A Source of Nutrition, Essential Phytoconstituents and Biological Activities. *Journal of Biomedical and Pharmaceutical Research*, 2(1), 01–08.
- Ndlovu, J. and Afolayan, A. J. (2008). Nutritional Analysis of the South African Wild Vegetable *Corchorusolitorius* L. *Asian Journal of Plant Sciences*, 7(6), 615–618.
- Pascall, M. A., and Lin, S.–J. (2013). The Application of Edible Polymeric Films and Coatings in the Food Industry. *Journal of Food Process Technology*, 4(2), 115–116.
- Skurtys, O., Acevedo, C., Pedreschi, F., Enrione, J., Osorio, F., and Aguilera, J. M. (2010). **Food hydrocolloid edible films and coatings**. In *Food Hydrocolloids: Characteristics, Properties and Structures*. New York: Nova Science Publishers, Inc.