การประยุกต์สารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากเปลือกทุเรียน เพื่อรักษาคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

APPLICATION OF CARBOXYMETHYL CELLULOSE FROM DURIAN RIND FOR MAINTAINING THE QUALITY OF MANGO FRUITS (MANGIFERA INDICA LINN.) CV. NAMDOKMAI SRI TONG

สุจิตรา เรืองเดชาวิวัฒน์* พรวิภา สะนะวงศ์ และสุจริตพรรณ บุญมี
Sujitra Ruengdechawiwat*, Pornwipa Sanawong and Sutjaritpan Boonmee

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสกัดสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (ซีเอ็มซี) จากเปลือกทุเรียน ใช้เป็นสารเคลือบผิวช่วยรักษาคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง สกัดด้วยปฏิกิริยาอีเทอร์ริฟิเคชัน ซึ่งแยกเซลลูโลสด้วยเบสและฟอกด้วยสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ใช้กรดโมโนคลอโรอะซิติกเพื่อทำปฏิกิริยากับเซลลูโลสที่สกัดได้ จากผลการวิจัยพบว่าสภาวะที่เหมาะสมคือโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 20 และกรดโมโนคลอโรอะซิติก 10.0 กรัม ได้ค่าระดับการแทนที่เท่ากับ 0.12 ตรวจสอบคุณภาพสารซีเอ็มซีที่สกัดได้ด้วยเครื่องฟูเรียร์ทรานฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรมิเตอร์ พบว่าหมู่ฟังก์ชันที่สำคัญตรงกับสารซีเอ็มซีทางการค้า แผ่นซีเอ็มซีที่ได้สามารถย่อยสลายได้อย่างสมบูรณ์โดยการฝังดินภายใน 60 ชั่วโมง ด้านความสามารถในการซึมผ่านของไอน้ำ พบว่าสารซีเอ็มซีและกลีเซอรอลมีผลต่อสมบัติของฟิล์ม โดยปริมาณสารซีเอ็มซีที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อค่าการซึมผ่านของไอน้ำของฟิลม์ลดลง ในขณะที่เมื่อเพิ่มปริมาณสารกลีเซอรอลจะทำให้เกิดการซึมผ่านของไอน้ำเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารกลีเซอรอลมีคุณสมบัติเป็นสารดูดซับความชื้น ซึ่งพบว่าอัตราสารซีเอ็มซีและกลีเซอรอลที่เหมาะสมคือปริมาณสารซีเอ็มซีร้อยละ 3 น้ำหนักต่อปริมาตร และปริมาณกลีเซอรอลร้อยละ 0.25 น้ำหนักต่อปริมาตร จากผลการทดลองพบว่าสารซีเอ็มซีที่สกัดได้มีประสิทธิภาพในการใช้เคลือบผิวมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองช่วยชะลอการเน่าเสียได้

คำสำคัญ: คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส เปลือกทุเรียน สารเคลือบผิว มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000
Faculties of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Muang District, Phitsanulok Province 65000
*corresponding author e-mail: sujitra5000@gmail.com
Received: 15 February 2024; Revised: 28 April 2024; Accepted: 1 May 2024
DOI: https://doi.org/10.14456/lsej.2024.13

Abstract

This research aimed to use etherification to extract carboxymethyl cellulose (CMC) from the rind of durian fruits to coat mango fruits (Mangifera indica Linn.) cv. Namdokmai Sri Tong and maintain their quality. The process involved extracting cellulose in a base and using hydrogen peroxide for bleaching. Monochloroacetic acid (MCA) was used to react with the extracted cellulose. The results found that the suitable conditions for preparing CMC were 20.0 percent sodium hydroxide (NaOH) and 10.0 grams of MCA. The substitution degree (DS) was 0.12. The characteristic analysis of the extracted CMC was identified using a Fourier transform infrared spectroscopy. It was found that the functional group, importantly, corresponds to commercial CMC. The obtained CMC sheet can completely degrade using soil embedding methods within 60 hours. The water vapor permeability (WVP) test results showed that CMC and glycerol affected the film properties. Increasing CMC content, water vapor permeability (WVP) of the film decreased. While increasing the amount of glycerol will cause increased water vapor permeability because glycerol has the property of being a moisture absorbent. The appropriate ratio of CMC and glycerol was 3 %w/v of CMC and the glycerol content was 0.25 %w/v. The prepared CMC can be applied as the mango fruits (Mangifera indica Linn.) cv. Namdokmai Sri Tong coating film to extend the shelf life.

Keywords: carboxymethyl cellulose, durian rind, coating agent, Namdokmai Sri Tong

บทนำ

มะม่วงเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของประเทศไทย แต่ละปีประเทศไทยมีการผลิตและส่งออกมะม่วงไปยังต่างประเทศเป็นอันดับต้น ๆ ของโลก โดยฉพาะอย่างยิ่งมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ ซึ่งมีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย เนื่องจากมีรสชาติหวาน หอม มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และยังทนทานต่อโรคแอนแทรคโนสได้ดี มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่นิยมส่งออกมากที่สุด คือ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง โดยตลาดส่งออกสำคัญของไทย ได้แก่ ญี่ปุ่น มาเลเซีย เกาหลีใต้ ฮ่องกง สิงคโปร์ เป็นต้น จึงเกิดการแข่งขันทางการตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศค่อนข้างสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านคุณภาพของผลผลิต (Tharanathan et al., 2006; Tikhamporn et al., 2019) แต่ปัญหาที่สำคัญของมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวคือการเน่าเสีย และการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาอย่างรวดเร็วในระหว่างการเก็บเกี่ยวหรือส่งออก การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่ออยู่ในสภาพที่มีการสูญเสียน้ำสูง เช่น ถ้าได้รับอุณหภูมิสูง และความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ เมื่อถึงระยะสุดท้ายของการสุก ผลไม้จะอยู่ใน

สภาพที่ไม่สามารถบริโภคได้ การยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงให้มีคุณภาพดีจนถึงตลาดปลายทางจึงเป็นเรื่องสำคัญมาก

การใช้สารเคลือบผิวเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ เนื่องจากสารเคลือบผิวผลิตเพื่อทดแทนสารเคลือบผิวตามธรรมชาติที่หายไป ช่วยลดการสูญเสียน้ำ ลดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ ส่งผลให้กระบวนการหายใจช้าลง ผลไม้มีลักษณะปรากฏที่ดี ไม่เหี่ยว และมีความมันวาว (Phanomwong et al., 2018) สารที่นิยมใช้เป็นในการเคลือบผิว คือ สารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส หรือสารซีเอ็มซี (carboxymethyl cellulose, CMC) ซึ่งเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) และเป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลส ไฮโดรคอลลอยด์ที่ดัดแปรจากสารที่ได้จากธรรมชาติ (modified natural hydrocolloids) โดยกระบวนการปรับปรุงคุณสมบัติของเซลลูโลส ซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์พืช ให้เกิดการแทนที่โครงสร้างเดิมด้วยหมู่เมธิล และหมู่คาร์บอกซิลมีลักษณะโปร่งแสง เหนียว และยืดตัวได้ ละลายในน้ำ (Nuttawadee et al., 2012) สำหรับทางด้านวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวการนำสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเคลือบผลไม้สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษา เป็นสารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Sothornvit & Krochta, 2001) และยับยั้งบางโรคที่เกิดขึ้นหลังการเก็บเกี่ยวได้ (Toğrul and Arslan, 2004) ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการเพาะปลูกทุเรียนเพื่อทำการส่งออกสร้างรายได้ในประเทศแต่ละปีค่อนข้างมาก เนื่องจากทุเรียนเป็นผลไม้ที่มีรสชาติโดดเด่นจึงทำให้เป็นที่นิยมของผู้บริโภค ทำให้เกิดวัสดุเหลือทิ้งจากทุเรียนเป็นจำนวนมากส่งผลต่อปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างมาก ซึ่งจากข้อมูลงานวิจัยพบว่าในเปลือกทุเรียนมีปริมาณเซลลูโลสอยู่เป็นปริมาณมาก (Rachtanapun et al., 2012) ด้วยวิธีสกัดโดยใช้สารโซเดียมไฮดรอกไซด์พบว่าได้ผลผลิตเซลลูโลสจากเปลือกทุเรียน (Durio zibethinus) ร้อยละเฉลี่ย (% yield) ของปริมาณเซลลูโลสสูงถึงร้อยละ 19 (Orawan et al., 2017) เซลลูโลสที่สกัดได้สามารถนำมาดัดแปรด้วยกระบวนการทางเคมีเพื่อใช้ในการนำมาประยุกต์เป็นสารเคลือบผิวได้ ด้วยเหตุนี้ในงานวิจัยนี้จึงเล็งเห็นการแยกเซลลูเลสจากเปลือกทุเรียนมาใช้ประโยชน์ในการวิจัย ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจสกัดสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (ซีเอ็มซี) จากเปลือกทุเรียนเพื่อยกระดับผลผลิตของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองให้มีคุณภาพดีต้องตามความต้องการของผู้บริโภค

วิธีดำเนินการวิจัย

การสกัดสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (สารซีเอ็มซี) จากเปลือกทุเรียน

นำเปลือกทุเรียนไปล้างด้วยน้ำสะอาดเพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อน อบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ประมาณ 1.5-2.0 เซนติเมตร จากนั้นจึงนำเปลือกทุเรียนที่อบแห้งแล้วไปต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 8.0 ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง กรองและล้างด้วยน้ำสะอาด แล้วจึงนำเซลลูโลสที่ได้มาแช่ด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 5 ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง ล้างด้วยน้ำสะอาดและนำไปกรอง จากนั้นนำเซลลูโลสที่สกัดได้ไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Sumitra, 1980;

Tikhamporn et al., 2019) นำเซลลูโลสที่ได้มาบดให้ละเอียด ชั่งเซลลูโลสที่เตรียมได้มา 5.0 กรัม เติมสารละลายไอโซโพรพิวแอลกอฮอล์ ปริมาตร 90.0 มิลลิลิตร คนสารให้เข้ากันเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้นร้อยละ 20.0, 25.0 และ 30.0 ปริมาตร 50.0 มิลลิลิตร ซึ่งจากผลงานวิจัยที่ได้ค้นคว้าเกี่ยวกับการสกัดเซลลูโลสจากสาร NaOH พบว่าถ้าใช้ความเข้มข้นของสาร NaOH มากเกินไปจะส่งผลต่อสายโซ่ของเซลลูโลสทำให้สายโซ่บางส่วนถูกทำลาย (Ismail et al., 2010) จากนั้นเติมกรดโมโนคลอโรอะซิติก (MCA) ปริมาณ 6.0, 8.0 และ 10.0 กรัม ต้องใช้ปริมาณสาร CMC ไม่มากเกินไปถ้ามากเกินจะส่งผลต่อความสามารถในการละลาย (Ragheb et al., 1991) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ปรับสภาพสารละลายให้เป็นกลางโดยการเติมกรดอะซิติก จากนั้นนำไปกรองและล้างด้วยสารละลายเอทานอล ความเข้มข้นร้อยละ 70.0 จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ได้สารซีเอ็มซีที่มีลักษณะเป็นผงสีเหลืองอ่อน

ทดสอบคุณสมบัติของสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

หาค่าระดับการแทนที่ (DS) วิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D 1439–03 โดยนำสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (สารซีเอ็มซี) ปริมาณ 1.0 กรัม ละลายในเอทานอล เข้มข้นร้อยละ 90 ปริมาตร 20.0 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันเป็นเวลา 25 นาที เติมกรดไนตริก เข้มข้น 2.0 โมลาร์ ปริมาณ 1.0 มิลลิลิตร ให้ความร้อนและผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 15 นาที กรองและล้างตะกอนด้วยเอทานอลและเมทานอล นำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ชั่งสารที่ได้ 0.1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปริมาตร 20.0 มิลลิลิตร เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 0.3 โมลาร์ ปริมาตร 5.0 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันและต้มจนเดือดเป็นเวลา 15 นาที ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง หยด Phenolphthalein อินดิเคเตอร์ 2–3 หยด ทำการไทเทรตด้วยกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 0.3 โมลาร์ การคำนวณค่าระดับการแทนที่ (DS) ตามสมการ (Elomaa et al., 2004) โดยใช้สารละลาย NaOH ซึ่งเป็น etherifying agent จะช่วยให้เส้นใยเซลลูโลสพองตัวก่อน จากนั้นหมู่คาร์บอกซีเมทิลจะเข้าทำปฏิกิริยาแทนที่หมู่ไฮดรอกซิลในโครงสร้างของเซลลูโลสจนได้เป็นสารซีเอ็มซี (Rachtanapun et al., 2012) การคำนวณหาค่าระดับการแทนที่ ตามสมการที่ 1 และ 2 โดยการทดสอบจะทำการทดลองอย่างละ 5 ซ้ำ วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของค่าระดับการแทนที่ ดังตารางที่ 1 (Table 1)

$$A = (BC - DE) / F \quad (1)$$

$$G = 0.162 / (1 - 0.058A) \quad (2)$$

เมื่อ A = ปริมาณสมมูลย์ของกรดที่ถูกใช้ไปต่อตัวอย่าง 1 กรัม

B = ปริมาตรสารละลาย NaOH ที่ใช้ (มิลลิลิตร)

C = ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH

D = ปริมาณกรด HCl ที่ใช้ไทเทรต (มิลลิลิตร)

E = ความเข้มข้นกรด HCl

F = น้ำหนักของสารซีเอ็มซี (CMC) (กรัม)

G = ค่าระดับการแทนที่

ตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมี หาลักษณะเฉพาะของสารซีเอ็มซีที่สกัดได้เทียบกับสารทางการค้า โดยการวิเคราะห์เพื่อยืนยันโครงสร้างของสารซีเอ็มซีที่สกัดได้ด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโคปี (FT-IR) ช่วง 400 – 4000 cm^{-1} และวิเคราะห์โดยความร้อนด้วยเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียล สแกนนิ่ง แคลอริเมตรี (DSC) ช่วงอุณหภูมิ 25 – 300 องศาเซลเซียส ในสภาวะแก๊สเฉื่อยด้วยอัตราอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสต่อนาที (Sumitra, 1980)

ทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพ นำสารซีเอ็มซีที่สกัดได้และสารซีเอ็มซีทางการค้า 1 กรัม ละลายน้ำ 5 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันเทในจานเพาะเชื้อ ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง และเตรียมดินที่ความชื้นร้อยละ 60 ทดสอบแบบฝังดิน โดยตัดชิ้นส่วนของสารซีเอ็มซีขนาด 1 x 1 เซนติเมตร ความหนาของแผ่นฟิมล์ซีเอ็มซีอยู่ระหว่าง 1.00-1.25 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 1A (Figure 1A) แสดงชิ้นงานที่เตรียมจากสารซีเอ็มซีทางการค้า (Sujitra et al., 2023) และภาพที่ 1B (Figure 1B) แสดงชิ้นงานที่เตรียมจากสารซีเอ็มซีที่สกัดจากเปลือกทุเรียน ในกระถางแต่ละใบจะใส่ชิ้นส่วนของสารซีเอ็มซีที่เตรียมไว้ โดยวางลงในกระถางจากนั้นนำไปฝังในดินที่เตรียมโดยกำหนดความลึกที่ 10 เซนติเมตร ระยะเวลา 0, 12, 24, 36, 48, 60 และ 72 ชั่วโมง สังเกตและบันทึก (Gouhua et al., 2006; Rudnik & Briassoulis, 2011) ทำการทดลองอย่างละ 5 ซ้ำ วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของการย่อยสลายของชิ้นงานโดยเปรียบกับน้ำหนักที่สูญเสียไปดังตารางที่ 2 (Table 2)

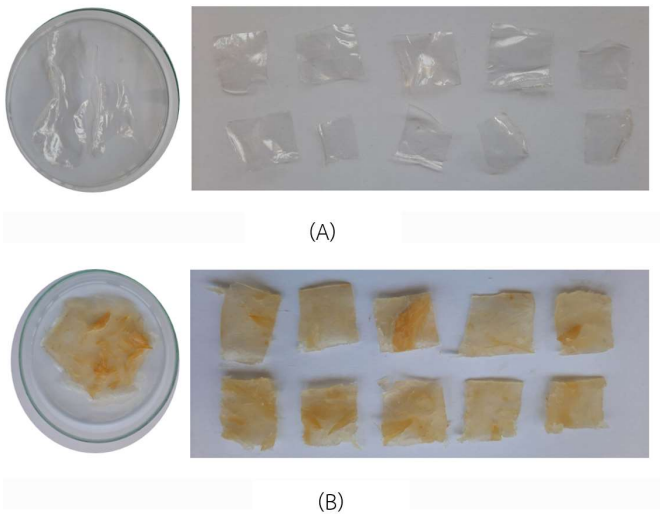

Figure 1 The specimens from (A) commercial CMC and (B) CMC extracted from rind of durian

ทดสอบความสามารถในการซึมผ่านของไอน้ำ เตรียมแผ่นฟิล์มของสารซีเอ็มซีที่สกัดได้จากเปลือกทุเรียน ด้วยการนำคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ความเข้มข้นร้อยละ 1, 2 และ 3 มวลต่อปริมาตรในน้ำกลั่น ผสมสารกลีเซอรอลเข้มข้นร้อยละ 0.25, 0.5 และ 1.0 มวลต่อปริมาตร ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อความสามารถในการละลายของสาร เทสารลงในจานเพาะเชื้อ อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ทดสอบความสามารถในการซึมผ่านของไอน้ำ (Water Vapor permeability of Materials) ในงานวิจัยนี้จะใช้วิธี Desiccant Method ตาม ASTM E96-00$^{\varepsilon 1}$ (Tengrang, et al. 2015) ทำการทดลองอย่างละ 5 ซ้ำ

ทดสอบสารเคลือบผิวซีเอ็มซีบนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ชั่งสารซีเอ็มซีทางการค้า และสารซีเอ็มซีที่สกัดจากเปลือกทุเรียน 3.00 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 100.0 มิลลิลิตร คนด้วยแท่งคนแม่เหล็กและให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80.0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำสารละลายซีเอ็มซี ปริมาตร 20.0 มิลลิลิตร เติมกลีเซอรอล ปริมาตร 20.0 มิลลิลิตร นำไปเคลือบบนผิวมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่มีอายุ 110 วันหลังดอกบาน โดยวิธีการสเปร์ยสารซีเอ็มซีให้ทั่วและให้แปรงเกลี่ยให้ทั่วบนผิวมะม่วง จากนั้นนำไปทิ้งไว้ให้แห้งและตรวจสอบผิวมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองด้วยวิธีการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของผิวมะม่วง เมื่อเก็บรักษานาน 10 วัน

ผลการวิจัย

การสกัดคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (สารซีเอ็มซี) จากเปลือกทุเรียน

ผลการสกัดเซลลูโลสจากเปลือกทุเรียนโดยต้มโซเดียมไฮดรอกไซด์ และฟอกขาวด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ผลผลิตร้อยละของเซลลูโลสเฉลี่ย 40.0 ± 0.20

คุณสมบัติของสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

ค่าระดับการแทนที่ (DS) จากผลการวิเคราะห์พบว่าค่าระดับการแทนที่ (DS) ที่ได้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการใช้ NaOH คือร้อยละ 20 และสาร MCA 10 กรัม เนื่องจากใช้ปริมาณสาร NaOH น้อยและความสารถในการละลายดีสุด มีค่าระดับการแทนที่ (DS) ที่ 0.12 ดังตารางที่ 1 (Table 1) ผลใกล้เคียงกับของสาร CMC ทางการค้าที่มีค่า DS ทั้งนี้อาจมีผลจากการเพิ่มความเข้มข้นของสาร NaOH มากเกินไปจะส่งผลต่อสายโซ่ของเซลลูโลสทำให้สายโซ่บางส่วนถูกทำลาย ซึ่งนอกจากการเกิดปฏิกิริยาคาร์บอกซีเมทิลเลชัน (Carboxymethylation) แล้วอาจเกิดปฏิกิริยาข้างเคียงระหว่าง NaOH กับ $C_2H_3ClO_2$ ขึ้นทำให้ได้สารโซเดียมไกลโคเลต ($C_2H_3NaO_3$) ขึ้นมาแทน (Ismail et al., 2010) ค่าระดับการแทนที่ (DS) เป็นค่าที่ใช้ในการบ่งชี้ความสามารถในการละลายน้ำ ถ้าค่า DS ต่ำกว่า 0.4 คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ได้จะพองตัว แต่ไม่ละลายน้ำ แต่ถ้ามีค่ามากกว่า 0.4 ขึ้นไปสารซีเอ็มซีจะสามารถละลายน้ำได้ ดังนั้นสารซีเอ็มซีที่สกัดได้จึงสามารถเกิดการพองตัวแต่ไม่ละลายน้ำ ดังตารางที่ 1 (Table 1)

Table 1 Comparison the degree of substitution (DS) of CMC extracted from rind of durian under various conditions

Treatments	Degree of substitution (DS)
20% NaOH, 6 gMCA	0.109± 0.001
20% NaOH, 8 gMCA	0.114± 0.001
20% NaOH, 10 gMCA	0.120± 0.000
25% NaOH, 6 gMCA	0.110± 0.002
25% NaOH, 8 gMCA	0.117± 0.000
25% NaOH, 10 gMCA	0.116± 0.003
30% NaOH, 6 gMCA	0.108± 0.002
30% NaOH, 8 gMCA	0.105± 0.001
30% NaOH, 10 gMCA	0.113± 0.001

ตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมี ผลของ FT-IR spectra พบว่าหมู่ฟังก์ชันที่สำคัญของสารซีเอ็มซีที่สกัดโดยการใช้ปริมาณสารละลาย NaOH เข้มข้นร้อยละ 20, 25 และ 30 และสาร MCA 10 กรัม จากการวิเคราะห์พบว่าช่วงสเปกตรัมสอดคล้องกับสารซีเอ็มซีทางการค้า ดังภาพที่ 2 (Figure 2) ซึ่งปรากฏพีคของหมู่คาร์บอนิล (C=O) ที่ช่วงประมาณ 1600-1700 cm^{-1} พีคของหมู่ CH_2 ที่ช่วง 1400-1450 cm^{-1} และพีคของ ether (-O-) ที่ช่วง 1200-1000 cm^{-1} เหมือนสเปกตรัมของสารซีเอ็มซีทางการค้า สำหรับการวิเคราะห์ด้านความร้อนพบว่าอุณหภูมิการหลอมเหลว (T_m) ของสารซีเอ็มซีที่สกัดจากเปลือกทุเรียน อยู่ในช่วง 140.80-185.72 องศาเซลเซียส

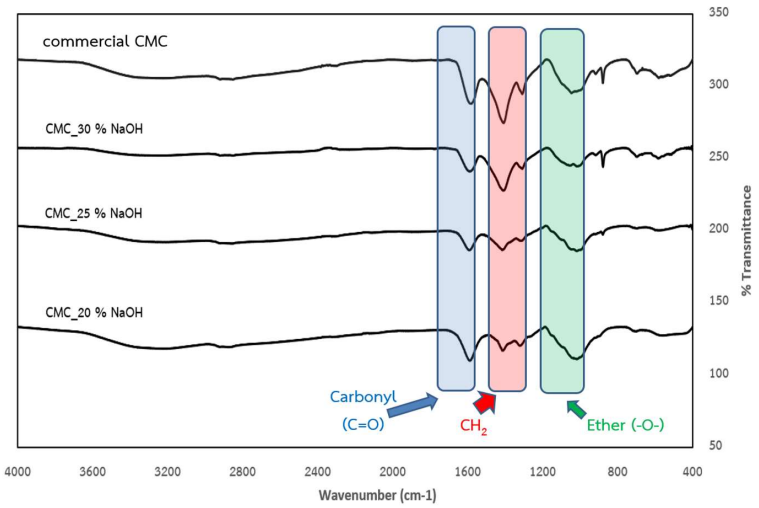

Figure 2 FT-IR spectra of the obtained CMCs from rind of durian by various concentration of NaOH and CMC from commercial

การย่อยสลายทางชีวภาพ พบว่าแผ่นฟิล์มตัวอย่างของสารซีเอ็มซีที่สกัดได้จากเปลือกทุเรียน (ที่สกัดด้วยสารละลาย NaOH เข้มข้นร้อยละ 20 และสาร MCA 10 กรัม) และแผ่นตัวอย่างของสารซีเอ็มซีทางการค้า สามารถย่อยสลายได้ภายในระยะเวลา 60 ชั่วโมง ที่ระดับความลึก 10 เซนติเมตร ดังตารางที่ 2 (Table 2)

Table 2 Comparison of biodegradation with soil embedding methods which compared to the percentage of weight loss

Specimens	Storage time (hr)						
	0	12	24	36	48	60	72
Commercial CMC	50	80	100	100	100	100	100
CMC from rind of durian	30	60	70	80	95	100	100

ความสามารถในการซึมผ่านของไอน้ำ พบว่าปริมาณสารซีเอ็มซีเพิ่มขึ้นทำให้ค่าการซึมผ่านของไอน้ำลดลง ดังตารางที่ 3 (Table 3)เนื่องจากสารซีเอ็มซีมีโครงสร้างแบบอสัณฐาน เมื่อปริมาณเพิ่มขึ้นจะช่วยลดช่องว่างระหว่างโมเลกุลลง ทำให้การซึมผ่านไอน้ำลดลง แต่เมื่อเพิ่มปริมาณสารกลีเซอรอลจะเกิดการแทรกตัวเข้าไปในโครงสร้างของสารซีเอ็มซีทำให้เพิ่มการซึมผ่านไอน้ำ พบว่าอัตราสารซีเอ็มซีและกลีเซอรอลที่เหมาะสมในการเคลือบผิวคือปริมาณสารซีเอ็มซีร้อยละ 3 น้ำหนักต่อปริมาตร และปริมาณกลีเซอรอลร้อยละ 0.25 น้ำหนักต่อปริมาตร

ทดสอบสารเคลือบผิวซีเอ็มซีบนมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง พบว่าผิวมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยสารซีเอ็มที่สกัดจากเปลือกทุเรียนผสมกลีเซอรอล และสารซีเอ็มซีทางการค้าผสมกลีเซอรอลสามารถช่วยชะลอการเน่าเสียของผิวมะม่วงได้เป็นอย่างดี ดังภาพที่ 3 (Figure 3)

Table 3 Comparison water vapor permeability (WVP) of CMC films extracted from rind of durian

Proportion by weight of film		Water vapor permeability
CMC %(w/v)	Glycerol %(w/v)	(WVP)
1	0.25	1.88 ± 0.02
	0.50	2.35 ± 0.02
	1.00	3.58 ± 0.04
2	0.25	1.22 ± 0.01
	0.50	1.88 ± 0.02
	1.00	2.76 ± 0.03
3	0.25	1.15 ± 0.02
	0.50	1.50 ± 0.02
	1.00	1.89 ± 0.02

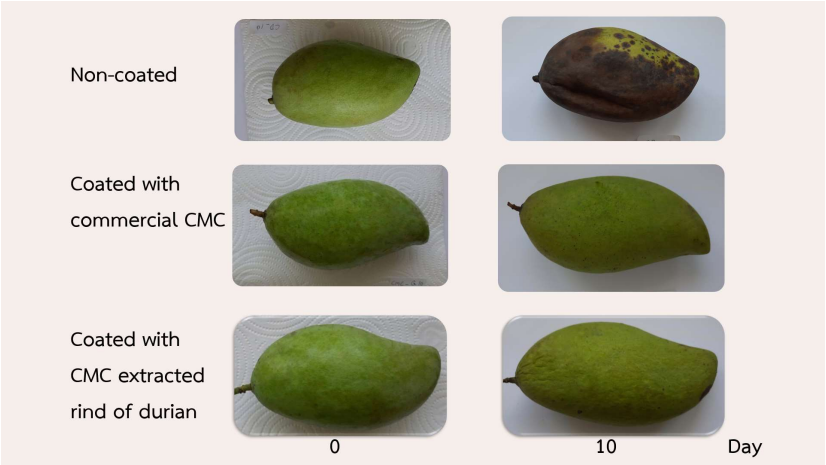

Figure 3 Appearance of Mango fruit before and after coating with CMC for 10 days

อภิปรายผล

สกัดสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากเปลือกทุเรียนด้วยปฏิกิริยาอีเทอร์ริฟิเคชัน สามารถตรวจสอบยืนยันโครงสร้างของสารสกัดได้ด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานสฟอร์ม อินฟราเรดสเปกโทรสโคปี (FT-IR) เพื่อยืนยันการเกิดปฏิกิริยาคาร์บอกซีเมทิลเลชัน (Carboxymethylation) จากการเทียบ fingerprint (Bono et al., 2009; Singh & Singh, 2013) จากการทดสอบสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่สกัดได้เมื่อทำเป็นแผ่นฟิลม์พบว่าสามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ (Tengrang et al. 2015) ด้านการซึมผ่านของไอน้ำจากผลการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณสารซีเอ็มซีจะช่วยลดการซึมผ่านของไอน้ำได้ เนื่องจากสารซีเอ็มซีมีโครงสร้างแบบอสัณฐาน เมื่อปริมาณเพิ่มขึ้นส่งผลให้โครงสร้างมีความหนาแน่นมากขึ้น ลดช่องว่างระหว่างโมเลกุลลง จึงส่งผลให้แผ่นฟิล์มมีการซึมผ่านไอน้ำลดลง ในทางตรงข้ามเมื่อเพิ่มปริมาณสารกลีเซอรอลจะทำให้เกิดการซึมผ่านของไอน้ำเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารกลีเซอรอลมีคุณสมบัติเป็นสารดูดซับความชื้น (hydrophilic) ได้ดี ทำให้กลีเซอรอลเกิดการแทรกตัวเข้าไปในโครงสร้างของสารซีเอ็มซี (ซึ่งเป็นสารพอลิเมอร์) ส่งผลให้เกิดการดูดซับน้ำ และพองตัวเพิ่มช่องว่างระหว่างโมเลกุลทำให้สายโซ่เกิดการขยับตัว และลดการเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างสายโซ่โมเลกุล นอกจากนี้ ในโครงสร้างของสารกลีเซอรอลนั้นมีหมู่ไฮดรอกซิลเมื่ออากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูง ทำให้พอลิเมอร์เกิดการพองตัวเกิดช่องว่างระหว่างโมเลกุลส่งผลให้ค่าการซึมผ่านของไอน้ำเพิ่มขึ้นได้ (Riku et al., 2007)

สรุปผลการวิจัย

สารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (สารซีเอ็มซี) จากเปลือกทุเรียน ที่สกัดด้วยปฏิกิริยาอีเทอร์ริฟิเคชัน พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมสารซีเอ็มซี คือ โมโนคลอโรอะซิติก 10.0 กรัม และโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 20.0 สารซีเอ็มซีที่สกัดได้มีคุณภาพใกล้เคียงกับสารซีเอ็มซีทางการค้า ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมสารเคลือบผิวคือ อัตราการใช้สารซีเอ็มซีและกลีเซอรอลที่ปริมาณสารซีเอ็มซีร้อยละ 3 น้ำหนักต่อปริมาตร และปริมาณกลีเซอรอลร้อยละ 0.25 น้ำหนักต่อปริมาตร สามารถใช้เป็นสารเคลือบผิวเพื่อรักษาคุณภาพมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาความคุ้มทุนเชิงเศรษฐศาสตร์ในการสกัดเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ และศึกษาการตกค้างของสารเคมีในกระบวนการเตรียมสารคลือบผิวเพื่อความปลอดภัยแก่ผู้บริโภค

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุนสนับสนุนจากโครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานพื้นฐาน (Fundamental Fund; FF) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

เอกสารอ้างอิง

Bono A, Ying P, Yan F, Muei C, Sarbatly R, Krishnaiah D. Synthesis and characterization of carboxymethyl cellulose from palm kernel cake. Advances in Natural and Applied Sciences 2009;3(1):5-11.

Elomaa M, Asplund T, Soininen P, Laatikainen R, Peltonen S, Hyvarinen S. Determination of the degree of substitution of acetylated starch by hydrolysis, 1 H NMR and TGA/IR. Carbohydrate Polymers 2004;57:261-267.

Gouhua Z, Ya L, Cuilan F, Min Z, Caiqiong Z, Zongdao C. Water resistance, mechanical properties and biodegradability of methylated cornstarch/poly (vinyl alcohol) blend film. Polymer Degradation and Stability 2006;91(4):703-711.

Ismail N, Bono A, Valintinus A, Nilus S, Chng L. Optimization of reaction conditions for preparing carboxymethyl cellulose. Journal of Applied Sciences 2010;10:2530-2536.

Nuttawadee J, Jurmkwan S, Sutthira S, Suthaphat K. Properties of carboxymethyl cellulose (CMC) film from rice straw pulp. Journal of Science Agricultural 2012;43(3):616-620.

Orawan J, Passakorn P, Chonnikan K, Chanatip C. Extraction and characterization of cellulose from fruit-hulls of durian (Durio zibethinus L.). Faculty of Pharmaceutical Sciences, Burapha University 2017.

Phanomwong, K, Paveechochai S, Dxkmingam A. Studies carboxylic methyl cellulose from water hyacinth to be used as Skin conditioner ingredients. In Research Report. Nonthaburi: Debsirin Nonthaburi school 2018:27.

Rachtanapun P, Luangkamin S, Tanprasert K, Suriyatem R. Carboxymethyl cellulose film from durian rind. *LWT.* Food Science and Technology 2012;48(1):52-58.

Ragheb A, Abdel T.I, Risayed H, Hebeish A. Preparation and characterization of carboxymethyl cellulose from jute waste. Journal of Fibre and Textile Research 1991;263-269.

Riku A, Harry H, Yrjo H, Kirsi J. Effect of various polyols and polyol contents on physical and mechanical properties of potato starch-based films. Carbohydrate Polymer 2007;67:288-295.

Rudnik E, Briassoulis D. Degradation behaviour of poly (lactic acid) films and fibers in soil under mediterranean field conditions and laboratory simulations testing. Industrial Crops and Products 2011;33(3):648-658.

Singh R, Singh A. Optimization of reaction conditions for preparing carboxymethyl cellulose from corn cobic agricultural waste. Waste and Biomass Valorization 2013;4(1):129-137.

Sothornvit R, Krochta J. Plasticizer effect on mechanical properties of β-lactoglobulin films, Journal of food engineering 2001;50:149-155.

Sumitra P. Isolation of cellulose from some plants and synthesis of its derivatives. Master of Science, Department of Science, Chiangmai University 1980.

Sujitra R, Pornwipa S, Sutjaritpan B. Extraction of CMC from corncob and its application as coating agent on mango fruit. Life Sciences and Environment Journal 2023;24(2):327-337.

Tengrang S, Xenmak P, Liapwan N, Loylert K, Sukhakasem S, Watthanawichit W, et al. Research and development of packing degradable products from agricultural products. In Research and development package report. Bangkok Office of postharvest and product processing research and development, farmers' products, Agriculture 2015:198.

Tharanathan R, Yashoda H, Prabha T. Mango (Mangifera indica L.), "The king of fruits"-an overview. Food Reviews International. 2006;22:95-123.

Tikhamporn C, Benjawan B, Piched A. Carboxymethyl cellulose from corn peel. Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus 2019.

Toğrul H, Arslan N. Extending shelf-life of peach and pear by using CMC from sugar beet pulp cellulose as a hydrophilic polymer in emulsions. Food Hydrocolloids 2004;18:215-226.