



ISSN 1686-4522

KOCH CHA SARN JOURNAL OF SCIENCE

Vol. 44 (1); January-June (2022), pp. 51-61

<https://science.srru.ac.th/kochasarn>

Research Article

Development of Wound Dressing Hydrocolloid Patch of *Garcinia mangostana* Linn. Extracts

การพัฒนาแผ่นแปะปิดบาดแผลจากสารสกัดเปลือกมังคุด

อุดมพงษ์ เหลืองนฤตม^{1,2}, รัชฎาวรรณ อรรถนิมิตต์^{1*}, ปราณี ศรีราช¹, จตุพร ประทุมเทศ¹, กันย์ชิสาน นาคเสน¹, รัตนา อินทเกตุ¹,

จิรัญญา พรหมเชียง¹

¹สาขาแพทย์แผนไทย คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์ จังหวัดสกลนคร 47160

²โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลศรีอุบล อำเภอกุหลาบ จังหวัดเลย 42230

Article Info

Received 17 February 2022

Revised 5 April 2022

Accepted 17 May 2022

Abstract

Garcinia mangostana Linn. or mangosteen in Thai tradition medicine have been used to treatment of diarrhea and wound healing. For Thailand National list of essential medicine, they are replaced mangosteen peel solution for wound care. Therefore, this study aim to develop wound dressing from mangosteen peel 95% ethanol extraction (MPE) for evaluate active compounds compare to α -mangostin standard. For study the efficacy of antioxidant, antibacterial activities, and the development of wound dressing. The results of the study showed MPE had the same R_f values were 0.93, and quantitative of α -mangostin was found 0.013%, $R^2 = 0.999$. Free radical inhibition were showed, $IC_{50} = 35.56 \pm 2.24$ μ g/ml by DPPH assay and $IC_{50} = 12.94 \pm 1.05$ μ g/ml by ABTS assay. MPE was showed antibacterial activity on inhibition zone of *Staphylococcus aureus* and *S. epidermidis* were 6.00 ± 0.64 mm and 5.87 ± 0.34 mm, respectively, and contrarily could not inhibit *Pseudomonas aeruginosa*. Results of the MIC and MBC after treated with MPE were exhibited *S. aureus* and *S. epidermidis* 31.25, 62.5 mg/ml and 31.25, 62.5 mg/ml, respectively. The MPE on wound dressing patch development on 12 formulations with MPE 0.1, 0.25, and 0.5%. By all of 12 formulation, the 12th exhibited good physical appearance and high effective against bacteria and on drug release characterization. This study concluded that, the wound dressing from MPE had stabilization release on wound dressing patch and can be used to an alternative products used for wound care.

Keywords: Wound dressing path- Mangosteen peel extracts - Antibacterial activity

บทคัดย่อ

มังคุด ในทางการแพทย์แผนไทยใช้รักษาอาการท้องร่วง และรักษาบาดแผล ในบัญชียาหลักแห่งชาติ มีการบรรจุสมุนไพรรักษาแผล รูปแบบน้ำยาล้างแผล เพื่อใช้รักษาแผลสด การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาวัสดุปิดแผลจากสารสกัดเปลือกมังคุด โดยศึกษาสารสำคัญในเปลือกมังคุดเทียบกับสารมาตรฐาน อัลฟาแมงโกสติน ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ศึกษาฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย และพัฒนาเป็นวัสดุปิดแผล ผลการศึกษาพบว่า สารสกัดเปลือกมังคุด มีค่า R_f (0.93) ตรงกับสารมาตรฐาน และมีปริมาณอัลฟาแมงโกสติน เท่ากับ 0.013%, $R^2 = 0.999$ เมื่อทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธีดีพีพีเอช พบว่าค่า $IC_{50} = 35.56 \pm 2.24 \mu\text{g/mL}$ และวิธีบีทีเอส พบว่าค่า $IC_{50} = 12.94 \pm 1.05 \mu\text{g/mL}$ มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* และ *S. epidermidis* มีค่าโซนการยับยั้ง เท่ากับ 6.00 ± 0.64 และ 5.87 ± 0.34 มม. ตามลำดับ แต่ไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* เมื่อทดสอบความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (MIC) และความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (MBC) ของเชื้อ *S. aureus* และ *S. epidermidis* พบว่ามีค่า เท่ากับ 31.25, 62.5 มก./มล. และ 31.25, 62.5 มก./มล. ตามลำดับ การพัฒนาสารสกัดเปลือกมังคุดในแผ่นแปะปิดแผล 12 ตำรับ ที่มีสารสกัดเปลือกมังคุดความเข้มข้น 0.1, 0.25 และ 0.5% ผลการศึกษาพบว่าแผ่นแปะสูตร F12 ให้ผลที่ดีที่สุดในการประเมินลักษณะทางกายภาพ ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย และการปลดปล่อยยา การศึกษานี้สรุปได้ว่าแผ่นแปะปิดบาดแผลจากสารสกัดเปลือกมังคุดมีความคงตัวในการปลดปล่อยสารสำคัญได้ดี ซึ่งสามารถเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกในการรักษาบาดแผลได้

คำสำคัญ: แผ่นแปะปิดบาดแผล, สารสกัดเปลือกมังคุด, ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย

1. บทนำ

บาดแผลเป็นหนึ่งในสาเหตุสำคัญที่เกิดจากการบาดเจ็บบริเวณผิวหนังของร่างกาย ส่งผลให้เกิดความรู้สึกเจ็บปวด ความทุกข์ทรมาน ความวิตกกังวล หรือแม้กระทั่งการเสียชีวิต [1] บาดแผลมีมากมายหลายชนิด และสามารถเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ โดยทั่วไปจะแบ่งลักษณะของบาดแผลออกเป็น 2 ประเภท คือ บาดแผลแบบเฉียบพลัน ที่มีลักษณะของแผลที่เกิดจากจากแรง หรือกลไกที่มาจากภายนอก เช่น แผลฉีกขาด แผลผ่าตัด แผลถลอก และแผลไฟไหม้ อีกประเภท คือ บาดแผลแบบเรื้อรัง ซึ่งอาจเกิดจากบาดแผลแบบเฉียบพลันที่ไม่ได้รับการรักษาที่ถูกต้อง หรือเป็นแผลที่ไม่สามารถหายได้ภายใน 3-6 สัปดาห์ เช่น แผลเบาหวาน แผลกดทับ และแผลจากหลอดเลือดดำเสื่อม เป็นต้น [2] ตามปกติเมื่อร่างกายเกิดบาดแผล จะมีกระบวนการรักษาบาดแผลเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เพื่อช่วยซ่อมแซมและสมานแผลให้กลับมาสู่สภาวะปกติ [3] ความเร็วในการหายของแผลนั้นจะขึ้นอยู่กับขนาดของแผลและความรุนแรงที่เกิดขึ้น การรักษาโดยผู้เชี่ยวชาญจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพราะหากให้การรักษาแบบผิดวิธีจะเป็นการเพิ่มความเสี่ยง และความรุนแรงให้กับบาดแผลที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะผู้ที่มึบาดแผลเรื้อรัง และมีโรคประจำตัว

การรักษาบาดแผลนั้นมีทั้งการรักษาด้วยยาและสารเคมี ข้อเสียของการใช้สารเคมีบางชนิดในการรักษาบาดแผล อาจส่งผลให้เกิดการสะสมสารเคมีเกิดขึ้นในร่างกาย ปัจจุบันจึงมีการคิดค้นและพัฒนา

วิธีการรักษาบาดแผล โดยมุ่งเน้นแนวทางการรักษาใหม่ ๆ เช่น การนำสมุนไพรมารักษาแทนยาแผนปัจจุบัน เนื่องจากสมุนไพรมีประสิทธิภาพการรักษาที่ดี มีผลข้างเคียงน้อย มีความปลอดภัย และช่วยลดการสะสมที่เกิดจากการใช้สารเคมีได้ [4] ในประเทศไทยพบว่ามีสมุนไพรมากชนิดในทางการแพทย์แผนไทย ที่มีสรรพคุณและรายงานผลการรักษาต่อการรักษาบาดแผล มีการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์และใช้ทดแทนยาแผนปัจจุบันในสถานพยาบาลของรัฐ เช่น เสดลพังพอนตัวเมีย (*Clinacanthus nutans*) ว่านหางจระเข้ (*Aloe vera*) บัวบก (*Centella asiatica*) และเปลือกมังคุด (*Garcinia mangostana*) เป็นต้น

มังคุดเป็นผลไม้พื้นบ้านของไทย เมื่อมีรสเปรี้ยวอมหวาน เปลือกมีรสฝาด หมอพื้นบ้านจะใช้ส่วนเปลือกของมังคุด สำหรับรักษาอาการท้องร่วง แผลติดเชื้อ และไข้ [5] เปลือกมังคุดอุดมไปด้วยสารแซนโทน โดยพบ α -mangostin เป็นแซนโทนที่พบมากที่สุดเปลือกมังคุด [6] ประโยชน์และคุณสมบัติของ α -mangostin ในทางเภสัชวิทยามีอยู่ด้วยกันหลากหลาย เช่น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ [7] ด้านการอักเสบ [8] ด้านแบคทีเรีย [9] ด้านมะเร็ง [10] รักษาแผล [11] ป้องกันโรคข้ออักเสบ [12] และช่วยลดรอยโรคผิวหนังที่เกิดจากโรคสะเก็ดเงิน เป็นต้น ในบัญชียาหลักแห่งชาติสมุนไพรมีการบรรจุสมุนไพรรักษาแผล รูปแบบน้ำยาล้างแผล มีสรรพคุณรักษาแผลสด และแผลเรื้อรัง ถึงแม้ว่าน้ำยาล้างแผลจะสามารถทำความสะอาด

บาดแผลได้ดี แต่ก็มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์เป็นส่วนใหญ่ จึงอาจก่อให้เกิดการระคายเคืองของเนื้อเยื่อบริเวณบาดแผลได้

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำเปลือกมังคุดที่เป็นวัสดุทางธรรมชาติเหลือทิ้งมาพัฒนาเป็นวัสดุปิดบาดแผล (wound dressing) ที่สามารถใช้งานได้ง่าย มีความคงตัวของยาในการออกฤทธิ์ ช่วยเร่งกระบวนการรักษา และสามารถทำหน้าที่ปกป้องบาดแผลจากการติดเชื้อจากแบคทีเรีย อีกทั้งเปลือกมังคุดยังเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่หาได้ง่าย มีข้อมูลสนับสนุนทางตำรายา และข้อมูลทางวิทยาศาสตร์พบว่า มีสรรพคุณและความปลอดภัยในการใช้รักษาบาดแผล อีกทั้งยังเป็นหนึ่งในผลไม้ส่งออกของไทย ที่สามารถสร้างรายได้ให้กับประเทศ

2. วิธีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development, R&D) ดำเนินการศึกษาระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ.2562 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2563 ณ สาขาการแพทย์แผนไทย คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์ วิทยาเขตสกลนคร

2.1 การเตรียมสารสกัด

ผลมังคุดสด จากอำเภอรพท.ศรี จังหวัดนครศรีธรรมราช คัดแยกเอาเฉพาะส่วนเปลือก นำมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ และปั่นจนละเอียด จากนั้นหมักด้วยเอทานอล 95% ในอัตราส่วน 1:3 (เปลือกมังคุด:เอทานอล) ในขวดแก้วสีชาที่ปิดสนิท เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง ระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องกลั่นระเหยแบบหมุนภายใต้สุญญากาศ (rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 60 °C คำนวณร้อยละผลผลิตที่ได้ เก็บไว้ในภาชนะที่ปิดสนิทในตู้เย็นอุณหภูมิ -20 °C

2.2 การทดสอบหาสารสำคัญเบื้องต้นด้วยรังควัตถุผิวบาง (Thin layer chromatography, TLC)

ใช้แผ่น Silica plate GF₂₅₄ โดย mobile phase คือ chloroform: ethyl acetate (85:15 v/v) [13] จากนั้นทำการ spot สารมาตรฐาน α -mangostin และ MPE ลงบนแผ่น silica plate จากนั้นจุดลงใน mobile phase และตรวจด้วยเครื่อง UV-VIS spectrophotometer, UV 366 nm แสดงผลเป็นค่า R_f

2.3 วิเคราะห์ปริมาณสาร α -mangostin จากสารสกัดเปลือกมังคุด โดยเทคนิค High performance liquid -Chromatography (HPLC)

สารมาตรฐาน α -mangostin (Sigma, Aldrich) เจือจางให้ได้ความเข้มข้น 0.00625%, 0.0125%, 0.025%, 0.050% และ 0.1% จากนั้นเตรียม MPE ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ผิดสารมาตรฐานและ MPE ในปริมาตร 10 ไมโครลิตร คอลัมน์ที่ใช้ คือ Shim-pack GIST C18 (4.6 x 250 mm, 5 μ m) (Cat no. 5020-01732) mobile phase คือ methanol : water (80:20) ดัดแปลงจาก Jujun et al. (2009) ควบคุมอัตราการไหลที่ 1.0 mL/min วิเคราะห์ผลที่ความยาวคลื่น 254nm นำค่าที่ได้มาสร้างกราฟสารมาตรฐาน และคำนวณหาความเข้มข้นของสารมาตรฐานและสารสกัด โดยใช้ Software real-time analysis (Shimadzu, Japan)

2.4 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

2.4.1 วิธี DPPH อ้างอิงจาก [14] เตรียม MPE ความเข้มข้น 1-80 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 nm โดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Trolox และคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ

2.4.2 การทดสอบด้วย ABTS assay ใช้ตามวิธีของ [11] โดยเตรียมตัวอย่าง MPE ที่ความเข้มข้น 0.25-50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 nm ใช้สารมาตรฐาน Trolox คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ

2.5 การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

2.5.1 การทดสอบด้วยวิธี Agar disc diffusion method โดยดัดแปลงจากวิธีของ [15] แบคทีเรียที่ทดสอบ ได้แก่ *S. aureus* (ATCC 25923), *S. epidermidis* (ATCC 12228) และ *P. aeruginosa* (ATCC 27853) เพาะเลี้ยงลงใน nutrient agar ที่จากนั้นเติม MPE ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ใช้ 0.1% dimethyl sulfoxide เป็น negative control และยาปฏิชีวนะ tetracycline เป็น positive control นำจานเพาะเชื้อบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมงและบันทึกผลการทดลอง

2.5.2 การทดสอบด้วยวิธี Broth dilution test ดัดแปลงจาก Ambaye และคณะปี 1997

2.5.2.1 ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ Minimal inhibitory concentration (MIC) นำเชื้อแบคทีเรีย ได้แก่ *S. aureus* และ *S. epidermidis* ทดสอบกับ MPE ที่ความเข้มข้น เท่ากับ 0.97, 1.95, 3.90, 7.81, 15.625, 31.25, 62.5, 125, 250, 500, 1,000 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ใน 96 well plate บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นบันทึกผลการทดลอง

2.5.2.2 ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อ Minimal bactericidal concentration (MBC) นำหลอดที่ไม่มีเชื้อจาก

การทดสอบหาข้างต้น ทำการ spread plate ลงบนอาหารเพาะเชื้อ บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บันทึกผลการทดลอง โดยพิจารณาความเข้มข้นของ MPE ที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ โดยสังเกตได้ว่าจะไม่พบการเจริญของแบคทีเรียบนจานอาหารเพาะเชื้อ

2.6 การเตรียมวัสดุปิดแผล

สูตรการเตรียมแผ่นแปะ (ตารางที่ 1) ทำการละลายส่วนผสมต่าง ๆ ในน้ำกลั่น ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง hotplate & stirrer เป็นเวลา 25 นาที จากนั้น เติม MPE (ละลายด้วยเอทานอล) ความเข้มข้น 0.1, 0.25 และ 0.5 กรัม และเทลงบนจานแม่แบบ จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิที่ 60 °C เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง²¹ โดยแผ่นแปะแต่ละสูตรจะมีอัตราส่วนพอลิเมอร์ ดังนี้ พอลิเมอร์สูตร 1 คือ pectin: NaCMC 1:1 ส่วน พอลิเมอร์สูตร 2 คือ pectin: NaCMC 1:2 ส่วน และพอลิเมอร์ สูตร 3 คือ pectin: NaCMC 2:1 ส่วน

2.7 การประเมินคุณสมบัติของแผ่นแปะ

2.7.1 ศึกษาลักษณะทางกายภาพ โดยศึกษาลักษณะทางกายภาพ จากลักษณะภายนอกของแผ่นแปะ เช่น ลักษณะของสี ความเรียบเนียน ความยืดหยุ่น และบันทึกผล

2.7.2 การทดสอบความพรุนของแผ่นแปะ ด้วยเครื่อง Scanning electron microscope (SEM, ZEISS, Germany) โดยศึกษาลักษณะ พื้นผิวของวัตถุ โดยวิเคราะห์ที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

2.7.3 การวิเคราะห์ลักษณะเชิงกลของแผ่นแปะ โดยศึกษาความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของแผ่นแปะ ด้วยเครื่อง Tensile strength โดยดัดแปลงจากวิธีของ Arora & Mukherjee ในปี 2002 โดยวิเคราะห์ที่สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร จากนั้นนำผลที่ได้ มาคำนวณ หาค่า Tensile strength และ Elongation at break

2.7.4 ทดสอบความสามารถในการบวมตัวของแผ่นแปะ ด้วยวิธี Swelling ratio โดยใช้วิธีของ [16] โดยทำการตัดแผ่นแปะ MPE ที่เตรียมในข้อ 6 ให้ได้ขนาด 2x2 เซนติเมตร นำไปอบให้แห้งที่ จากนั้นนำไปแช่ในสารละลายบัฟเฟอร์ฟอสเฟต (PBS, pH 7.4) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักหลังการทดลอง และนำมาคำนวณ % Swelling ratio (SR%)

2.7.5 ทดสอบความคงตัวของแผ่นแปะ ด้วยวิธี freeze-thaw cycle ทำการเก็บแผ่นแปะ MPE ไว้ในตู้เย็น ที่อุณหภูมิ -20 °C เป็นเวลา 18 ชั่วโมง จากนั้นนำแผ่นแปะไปเก็บอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ทำเช่นนี้ นับเป็น 1 รอบ ทำซ้ำ ทั้งหมด 3 รอบ และบันทึกผล [16]

2.8 การทดสอบประสิทธิภาพของแผ่นแปะ

2.8.1 ทดสอบการออกฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของแผ่นแปะ MPE ด้วยวิธี Agar disc diffusion method โดยทำการทดสอบ การออกฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียกับเชื้อ *S. aureus*, *S. epidermidis* โดยตัดแผ่นแปะ MPE ให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เท่ากับ 6 มิลลิเมตร จากนั้นวางแผ่นลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ โดย กำหนดให้แผ่นแปะที่ไม่ผสม MPE เป็น negative control และ tetracycline เป็น positive control นำจานเพาะเชื้อไปบ่มที่ อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.8.2 ศึกษาการปลดปล่อยสารสกัดเปลือกมังคุดจากวัสดุปิดแผล ด้วยวิธี Modified franz diffusion โดยวางแผ่นแปะ MPE ไว้บน membrane จากนั้นเก็บตัวอย่างของสารที่ปลดปล่อย ที่เวลา 0, 15, 30, 60, 90, 360, 720 และ 1,440 นาที ดูดเก็บสารปริมาตร 1 มิลลิตร ใส่ลงใน micro vial นำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC

2.9 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การศึกษารังนี้ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยวิเคราะห์สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ของการศึกษาด้วยสถิติ paired sample t-test และ One-Way ANOVA กำหนดระดับนัยสำคัญที่ $p < 0.0$

ตารางที่ 1 การเตรียมแผ่นแปะสูตรต่าง ๆ

Formulation	Polymer			Mangosteen pericarp extracts (%/w)								
				0.1			0.25			0.5		
	F01	F02	F03	F04	F05	F06	F07	F08	F09	F10	F11	F12
Pectin	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2
NaCMC	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1
Glycerol	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ethanol95%	-	-	-	5	5	5	5	5	5	5	5	5
MPE	-	-	-	0.1	0.1	0.1	0.25	0.25	0.25	0.5	0.5	0.5
Distilled water	93	92	92	87.9	86.9	86.9	87.75	86.75	86.75	87.5	86.5	86.5

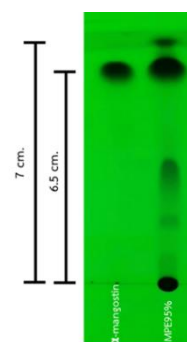
3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 ร้อยละผลผลิตของสมุนไพร

จากการสกัดเปลือกมังคุดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 95% (MPE) พบว่าสารสกัดที่ได้มีลักษณะเหนียวข้น มีสีม่วงเข้มอมดำแดง ร้อยละผลผลิต (%yield) มีค่าเท่ากับ 6.67

3.2 ผลการทดสอบหาสารสำคัญเบื้องต้นด้วยรังควัตถุผิวบาง (TLC) และวิเคราะห์ปริมาณสาร α -mangostin ด้วยเทคนิค HPLC

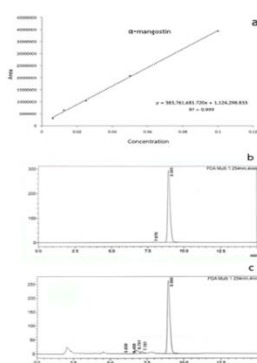
เมื่อทดสอบหาสารสำคัญเบื้องต้นของสารสกัดเปลือกมังคุด (MPE) เทียบกับกับสารมาตรฐาน α -mangostin พบว่า MPE มีค่า R_f เท่ากับ 0.93 ซึ่งตรงกับสารมาตรฐาน ดังแสดงในภาพที่ 1 และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญของสารมาตรฐาน α -mangostin พบว่า สารมาตรฐานมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient (R^2)) เท่ากับ 0.999 (ภาพที่ 2a) และพบว่า Retention time (RT) ของสารมาตรฐาน (2b) และสารสกัดเปลือกมังคุด (2c) ตรงกัน เท่ากับ 8.99 MPE มีปริมาณสาร α -mangostin เท่ากับ 0.013% (ภาพที่ 2)



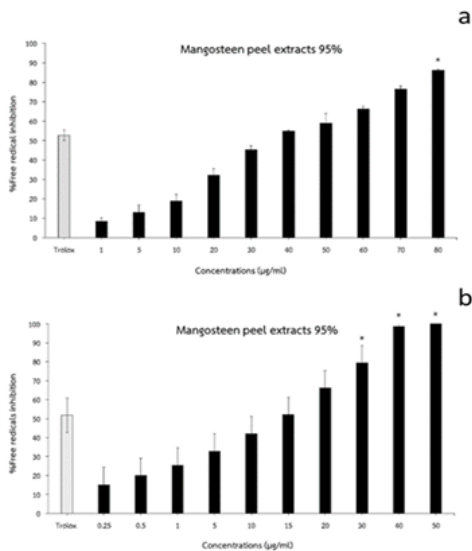
ภาพที่ 2 กราฟมาตรฐานของสาร (a) โครมาโทแกรมของ α -mangostin (b) และ MPE (c)

3.3 ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

จากการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH พบว่า MPE มีความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ มีค่า IC_{50} เท่ากับ 35.56 ± 2.24 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS พบว่ามีค่า IC_{50} เท่ากับ 12.94 ± 1.05 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (* $p < 0.05$ เปรียบเทียบ MPE กับ Trolox) ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 1 การทดสอบหาสารสำคัญเบื้องต้นด้วยวิธี ของสาร α -mangostin และสารสกัดเปลือกมังคุด



ภาพที่ 3 การยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดเปลือกมังคุด DPPH assay (a) ABTS assay (b)

3.4 ผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

จากการทดสอบคุณสมบัติของ MPE ต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus*, *S. epidermidis* และ *P. aeruginosa* ด้วยวิธี agar disc diffusion พบว่า MPE สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* และ *S. epidermidis* ได้มีค่า Inhibition zone เท่ากับ 6.00 ± 0.64 และ 5.87 ± 0.34 มิลลิเมตร ตามลำดับ และพบว่า MPE ไม่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *P. aeruginosa* ได้ และการทดสอบ MPE ต่อความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (MIC) และความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ (MBC) พบว่า MPE สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. aureus* และ *S. epidermidis* มีค่า MIC ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้งสองเท่ากัน คือ 31.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และ MBC เท่ากัน คือ 62.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ดังแสดงในตารางที่ 2

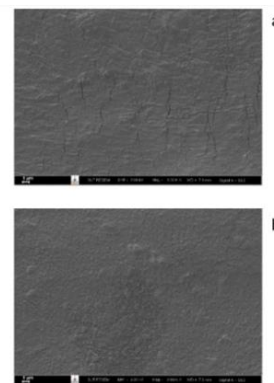
ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพของสารสกัดเปลือกมังคุด ต่อค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ (MIC) และค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (MBC)

3.5 ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพของแผ่นแปะ

Bacteria species	Antibacterial activity		
	Clear zone (mm)	MIC (mg/mL)	MBC (mg/mL)
<i>S. aureus</i>	6.00 ± 0.64	31.25	31.25
<i>S. epidermidis</i>	5.87 ± 0.34	62.5	62.5
<i>P. aeruginosa</i>	0 ± 0.00	-	-

จากการเตรียมแผ่นแปะทั้งหมด 12 สูตร โดยแต่ละสูตรจะมีอัตราส่วนของพอลิเมอร์ และปริมาณ MPE ที่แตกต่างกัน โดยสูตรที่ไม่มีส่วนผสมของสารสกัดเปลือกมังคุด (Negative control) คือ พอลิเมอร์สูตร F01-F03 สูตรที่มี MPE คือ สูตร F04-F06 (MPE 0.1%) สูตร F07-F09 (MPE 0.25%) และ สูตร F10-F12 (MPE 0.5%) ผลการศึกษาพบว่าแผ่นแปะ สูตร F06, F09 และ F12 มีลักษณะทางกายภาพที่ดีที่สุด แผ่นแปะมีสีน้ำตาลเข้ม ผิวของแผ่นมีความเรียบ และมีความยืดหยุ่นสูงมากกว่าสูตรอื่น

เมื่อศึกษาพื้นผิวของแผ่นแปะสูตรต่าง ๆ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope) พบว่าแผ่นแปะสูตร F01-F02 ลักษณะของแผ่นมีความเรียบ ไม่มีความพรุน ไม่มีพอง และไม่มียอยแตก แผ่นแปะสูตร F03 มีลักษณะผิวขรุขระไม่สม่ำเสมอ ไม่มีพอง และพบว่าแผ่นแปะที่มีส่วนผสมของ MPE สูตร F05, F08, F11 (พอลิเมอร์ สูตร 2 pectin: NaCMC 1:2 ส่วน) ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดของลักษณะพื้นผิวของแผ่นแปะ (ลักษณะผิวของแผ่นแปะที่ไม่ผสม MPE และผสม MPE แสดงในภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ลักษณะพื้นผิวของแผ่นแปะที่ไม่ผสมและผสมสารสกัดเปลือกมังคุด (a, b) กำลังขยาย 3,000x

การทดสอบความต้านแรงดึง เพื่อทดสอบความแข็งแรง และความยืดหยุ่นของแผ่นแปะ ผลการศึกษาพบว่า แผ่นแปะที่มีค่าแรงเค้น (Tensile strength) มากที่สุดคือ แผ่นแปะสูตร F11 รองลงมาคือ แผ่นแปะสูตร F12 แผ่นแปะที่มี % ค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (% Elongation of Break) มากที่สุด คือ แผ่นแปะสูตร F06 รองลงมาคือ F09 ตามลำดับ (ดังตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ค่าของแรงเค้นและค่าการยืดตัวของแผ่นแปะทั้ง 12 สูตร

สูตร	แรงเค้น (N/mm ²)	ค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (%)
F01	0.020±0.00b ^c	27.30±2.70 ^{bc}
F02	0.002±0.00 ^a	24.98±12.42 ^{bc}
F03	0.003±0.00 ^a	28.20±6.16 ^{bc}
F04	0.012±0.00 ^{ab}	30.78±11.67 ^{bc}
F05	0.001±0.00 ^a	3.215±2.04 ^a
F06	0.037±0.01 ^d	85.24±10.35 ^f
F07	0.014±0.00 ^{ab}	48.92±6.61 ^d
F08	0.030±0.01 ^{cd}	4.14±0.32 ^a
F09	0.013±0.00 ^{ab}	66.77±18.83 ^e
F10	0.012±0.00 ^{ab}	16.26±5.38 ^{ab}
F11	0.068±0.01 ^f	32.66±4.93 ^{bcd}
F12	0.054±0.00 ^e	39.25±13.00 ^{cd}

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b, c, d, e, f ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับพอลิเมอร์สูตรเดียวกัน

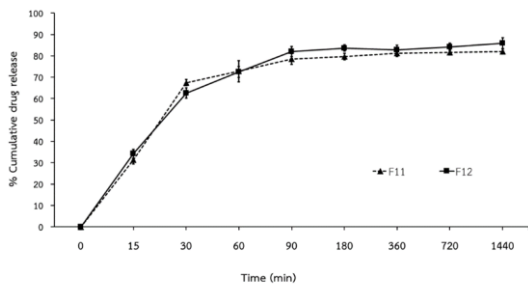
จากการทดสอบการบวมของแผ่นแปะ โดยคำนวณน้ำหนักของแผ่นแปะที่เพิ่มขึ้น โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น (% Swelling ratio) ผลการทดลองพบว่ากลุ่มแผ่นแปะสูตร 1 คือ F01, F04, F07 และ F10 (พอลิเมอร์ สูตร 1 pectin: NaCMC 1:1 ส่วน) มีค่าเฉลี่ยในการบวมของแผ่นแปะสูงกว่าแผ่นแปะสูตรตำรับพอลิเมอร์สูตร 2 และ 3 แต่พบว่าแผ่นแปะในกลุ่มพอลิเมอร์สูตร 1 หลังการทดสอบจนครบเวลา เกิดการละลายเป็นเจลเหลว ไม่สามารถอยู่ในรูปของแผ่นแปะได้ แตกต่างกับกลุ่มแผ่นแปะ ที่มีพอลิเมอร์สูตร 2 และสูตร 3 ที่ยังคงสภาพอยู่ในรูปแบบแผ่นแปะได้หลังการทดสอบจากการทดสอบความคงตัวในสภาวะเร่ง และผลการทดลองพบว่าลักษณะทางกายภาพของแผ่นแปะทั้ง 12 สูตร ได้แก่ สี ความเรียบ และความยืดหยุ่นของแผ่นแปะไม่มีการเปลี่ยนแปลง และพบว่าน้ำหนักของแผ่นแปะทุกสูตร มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักลดลงเล็กน้อย (ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p > 0.05$)

3.6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของแผ่นแปะ MPE ต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย และความสามารถในการปลดปล่อยยา

เมื่อทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* และ *S. epidermidis* ของแผ่นแปะสูตร ที่เติม MPE คือ แผ่นแปะสูตร F04-F12 ผลการศึกษาพบว่า แผ่นแปะที่ผสม MPE ทุกสูตร แสดงความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* และ *S. epidermidis* ได้ โดยพบว่าแผ่นแปะที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

S. aureus ได้ดีที่สุด คือ แผ่นแปะสูตร F12 (MPE0.5%) มีค่า Inhibition zone เท่ากับ 8.57 ± 0.04 มิลลิเมตร รองลงมา คือ แผ่นแปะสูตร F10 (MPE0.5%) มีค่า Inhibition zone เท่ากับ 7.20 ± 0.43 มิลลิเมตร โดยแผ่นแปะที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. epidermidis* ได้ดีที่สุด คือ แผ่นแปะสูตร F10 (MPE0.5%) มีค่า Inhibition zone เท่ากับ 6.83 ± 0.11 มิลลิเมตร รองลงมาคือ แผ่นแปะสูตร F12 มีค่า Inhibition zone เท่ากับ 6.80 ± 0.27 มิลลิเมตร

จากการประเมินลักษณะทางกายภาพของแผ่นแปะ และศึกษาถึงประสิทธิภาพของแผ่นแปะ ทั้ง 12 สูตร จึงได้เลือกแผ่นแปะสูตร F11 และ F12 มาใช้ในการทดสอบการปลดปล่อยสารสำคัญของแผ่นแปะ เนื่องจากแผ่นแปะทั้ง 2 สูตร มีลักษณะทางกายภาพที่ดี มีความแข็งแรง มีความยืดหยุ่น มีความสามารถในการกักเก็บน้ำ มีความคงตัว และแสดงถึงประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นแปะสูตรอื่น จากการศึกษาการปลดปล่อยยาของแผ่นแปะ พบว่า แผ่นแปะสูตร F11 มีการปลดปล่อยสารสำคัญ α -mangostin คงที่ในช่วงเวลาตั้งแต่ 60-1,440 นาที โดยแผ่นแปะสูตร F12 เริ่มมีการปลดปล่อยยาที่คงที่เริ่มตั้งแต่เวลา 90-1,440 นาที (24 ชั่วโมง) เมื่อสังเกตจากการระยะเวลาการปลดปล่อยตัวยาจนครบเวลาที่ศึกษา พบว่า แผ่นแปะสูตร F12 แสดงคุณสมบัติการปลดปล่อยยาที่มีความคงตัวที่ดีกว่าแผ่นแปะสูตร F11 เล็กน้อย (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 เปรียบเทียบปริมาณสาร α -mangostin ที่ปลดปล่อยจากแผ่นแปะสารสกัดเปลือกมังคุด

4. อภิปรายและสรุปผลการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development หรือ R&D) จากผลการศึกษาสามารถอธิบายได้ว่า MPE มีลักษณะสีม่วงเข้ม อดดำแดง มีลักษณะเหนียวข้น และร้อยละผลผลิต (%yield) มีค่าเท่ากับ 6.67 เมื่อทดสอบหาสารสำคัญด้วยวิธี TLC ในสารสกัดเปลือกมังคุด พบว่าสารสกัด มีค่า R_f เท่ากับ 0.93 ซึ่งตรงกับสาร α -mangostin สอดคล้องกับการศึกษาของ [13] ได้ศึกษาการพัฒนาวิธี TLC และ HPTLC ในเปลือกมังคุดตัวทำละลายที่แตกต่างกัน 5 ชนิด ผลการศึกษาพบว่าการเคลื่อนที่ของสารมาตรฐาน และสารสกัดเปลือกมังคุด ในสารสกัดทั้ง 5 ชนิด ค่า R_f เท่ากับ 0.55

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญของสารมาตรฐาน α -mangostin โดยใช้ mobile phase เมทานอล: น้ำ พบว่าสารมาตรฐานมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient (R^2)) เท่ากับ 0.999 และพบว่า retention time (RT) ของสาร α -mangostin และ MPE ตรงกัน คือ 8.99 นาที สอดคล้องกับการศึกษาของ Jujun et al. (2009) ได้ศึกษาการพัฒนาและตรวจสอบ ปริมาณสาร α -mangostin ในสารสกัดหยาบ ด้วยวิธี HPLC มี mobile phase คือ เมทานอล: น้ำ (90:10 v/v) ผลการศึกษา พบว่าสารมาตรฐาน α -mangostin มีค่า RT ที่เวลา 4.715 นาที สารสกัดหยาบเปลือกมังคุด มีค่า RT ที่เวลา 4.749 นาที

การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดสารสกัดเปลือกมังคุดโดยวิธี DPPH พบว่า MPE มีค่า IC_{50} เท่ากับ 35.56 ± 2.24 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม ซึ่งค่าที่ได้สูงกว่าการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเปลือกมังคุดชั้นน้ำและเมทานอล มีค่า $IC_{50} \sim 11-14$ ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม [17]

การศึกษาการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS พบว่า MPE มีค่า IC_{50} เท่ากับ 12.94 ± 1.05 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม สอดคล้องกับ MPE แสดงออกถึงคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ ทั้งนี้เนื่องจากในเปลือกมังคุด ประกอบด้วย α -mangostin เป็นสารในกลุ่มฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน ทำหน้าที่เป็นตัวขัดขวางหรือหยุดปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ โดยจะทำหน้าที่เป็นสารรีดิวซ์ ถ่ายโอนอิเล็กตรอนจะออกมาจากโมเลกุลให้กับออกซิเจน ทำให้ออกซิเจนไม่สามารถเกิดปฏิกิริยา ส่งผลให้อนุมูลอิสระถูกขจัดออกไปได้ [18]

ฤทธิ์ของสารสกัดเปลือกมังคุด ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus*, *S. epidermidis* และไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *P. aeruginosa* ได้ ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ [9] ทำการศึกษาฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียจากแซนโทนในผลมังคุด พบว่าที่ความเข้มข้น 50 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *P. aeruginosa* ได้ ซึ่งผลการศึกษาที่แตกต่างนี้ อาจเกิดจากแหล่งที่มาของเปลือกมังคุด วิธีการสกัด รวมถึงตัวทำละลายที่แตกต่างกัน ทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย แสดงผลลัพธ์ที่แตกต่างกันในการทดสอบ

ผลการศึกษา MPE ต่อยับยั้งเชื้อแบคทีเรียในการศึกษาปัจจุบัน พบว่า *S. aureus* และ *S. epidermidis* มีค่า Inhibition zone เท่ากับ 6.00 ± 0.64 และ 5.87 ± 0.34 มิลลิเมตร ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ [19] พบว่าสารสกัดเปลือกมังคุดแบบผงที่ละลายด้วยน้ำ สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* ได้ และพบว่าการใช้สารสกัดที่มีความเข้มข้นสูงขึ้น จะทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียสูงขึ้นตาม

การศึกษาฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียจะเห็นว่า MPE มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียชนิดแกรมบวก คือ *S. aureus* และ *S. epidermidis* ได้ เนื่องจากเปลือกมังคุดประกอบไปด้วยสารแซนโทน α -mangostin ซึ่งมีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย และพบว่า MPE กลับไม่สามารถออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียชนิดแกรมลบ คือ *P. aeruginosa* ได้ เนื่องมาจาก ผนังเซลล์ของแบคทีเรียแกรมลบ จะมีเยื่อชั้นนอก (outer membrane) และ periplasmic space ซึ่งไม่พบในแบคทีเรียแกรมบวก สารไลโปพอลิแซ็กคาไรด์ (lipopolysaccharide) ที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อชั้นนอก จะทำหน้าที่เป็นตัวกั้นการซึมผ่านของสาร ขณะที่แบคทีเรีย แกรมบวกไม่มีโครงสร้างเหล่านี้ สารสกัดจึงสามารถซึมผ่านเข้าเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียแกรมบวกได้ง่ายกว่าแบคทีเรียแกรมลบ [20]

การประเมินลักษณะทางกายภาพของแผ่นแปะ พบว่า แผ่นแปะสูตร F06, F09 และ F12 มีลักษณะทางกายภาพที่ดีที่สุด ลักษณะ

ผิวของแผ่นแปะมีสีน้ำตาลเข้ม ผิวของแผ่นแปะมีความเรียบ มีความยืดหยุ่น ไม่ขาดง่าย และพบว่าในสูตรที่ใส่ MPE ความเข้มข้นที่มากขึ้น จะทำให้ความเข้มของสีแผ่นแปะเพิ่มขึ้นตาม และจากการศึกษาคุณลักษณะพื้นผิวของแผ่นแปะสูตรต่าง ๆ โดยใช้กล้อง SEM พบว่าแผ่นแปะในสูตร F05, F08, F11 ที่มีส่วนผสมของพอลิเมอร์ Pectin: NaCMC (1: 2 ส่วน) มีลักษณะของพื้นผิวแผ่นแปะดีที่สุด ในสูตรตำรับทั้ง 12 สูตร เมื่อทดสอบความต้านทานแรงดึง และความยืดหยุ่นของแผ่นแปะ ผลการศึกษาพบว่า แผ่นแปะที่มีค่า tensile strength มากที่สุดคือ แผ่นแปะสูตร F11 (MPE0.5% สูตร 2) แผ่นแปะที่มีค่า elongation at break มากที่สุด คือ แผ่นแปะสูตร F06 (MPE0.1% สูตร 3) จะช่วยให้แผ่นแปะไม่เกิดการฉีกขาดระหว่างการใช้งาน และทำให้แผ่นแปะสามารถติดบริเวณพื้นที่ผิวหนังในส่วนของการเชื่อมต่อตามร่างกายได้ [21]

การทดสอบการบวมตัวของแผ่นแปะ โดยคำนวณน้ำหนักของแผ่นแปะที่เพิ่มขึ้น โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับน้ำหนักเริ่มแรก ผลการทดลองพบว่าแผ่นแปะ สูตร 1 (F01, F04, F07 และ F10) ที่มีพอลิเมอร์ pectin และ NaCMC ในอัตราส่วน 1: 1 ส่วน สามารถดูดซับปริมาณน้ำได้มากที่สุด แต่แผ่นแปะไม่สามารถคงสภาพ และเกิดการละลายเป็นเจลเหลว แผ่นแปะที่ดูดซับสารน้ำได้ดี บ่งบอกถึงความสามารถในการดูดซับสารคัดหลั่งจากบาดแผล และช่วยให้บาดแผลรักษาความชุ่มชื้นไว้ได้ ซึ่งตรงกับคุณสมบัติของแผ่นแปะบาดแผล ชนิดไฮโดรคอลลอยด์ ที่สามารถดูดซับสารคัดหลั่งได้ระดับน้อยถึงปานกลางของแผลได้ [22]

ลักษณะทางกายภาพของแผ่นแปะหลังจากทดสอบในสภาวะเร่งไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่มีการเปลี่ยนแปลงในส่วนของน้ำหนักของแผ่นแปะลดลงเล็กน้อย ($p > 0.05$) เมื่อนำแผ่นแปะสูตร F04-F12 สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* และ *S. epidermidis* ได้ และแผ่นแปะที่มีส่วนผสมของสารสกัดที่สูงขึ้น จะสามารถแสดงฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้มากขึ้นตาม ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบก่อนหน้านี้ ที่ใช้ MPE ทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ด้วยวิธี agar disc diffusion และพบว่า MPE แสดงถึงสามารถในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* และ *S. epidermidis* ได้

เมื่อทดสอบการปลดปล่อยสารสำคัญจากแผ่นแปะเปลือกมังคุด โดยวิธี Modified franz diffusion ผลการศึกษาพบว่าแผ่นแปะสูตร F11 และ F12 มีคุณสมบัติในการการปลดปล่อยสารสำคัญ α -mangostin ได้ดี เริ่มมีการปลดปล่อยสารสำคัญคงที่ตั้งแต่เวลา 90- 1,440 นาที และพบว่าแผ่นแปะสูตร F12 แสดงคุณสมบัติการปลดปล่อยยาที่มีความคงตัวดีกว่าแผ่นแปะสูตร F11 เล็กน้อย ($p > 0.05$)

จากการศึกษาการพัฒนาแผ่นแปะปิดบาดแผล โดยใช้พอลิเมอร์หลักคือ pectin และ NaCMC ซึ่งพอลิเมอร์ทั้งสองเป็นพอลิเมอร์ชนิดไฮโดรคอลลอยด์ คือ มีสารประกอบพอลิเมอร์ที่ชอบน้ำ นิยมนำมาใช้เป็นสารก่อเจล และมีความสามารถในการควบคุมคุณภาพของยา และใช้กลีเซอรินเป็นพลาสติกไซเซอร์ (Plasticizer) ช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับแผ่นแปะ ผลการศึกษาจะเห็นได้ว่า สูตรตำรับที่มีพอลิเมอร์ ในอัตรา 2: 1 ส่วน (พอลิเมอร์สูตร 2 และ 3) มีความแข็งแรง ทนทาน ความยืดหยุ่นที่มากกว่ากลุ่มแผ่นแปะสูตร 1 (อัตราส่วนของพอลิเมอร์ 1: 1 ส่วน) ยิ่งเมื่อนำแผ่นแปะไปทดสอบการบวมตัว (% Swelling) จะเห็นได้ว่า กลุ่มแผ่นแปะพอลิเมอร์สูตร 1 ขาดความคงตัวในการคงสภาพให้อยู่ในรูปของแผ่นแปะ และเกิดการละลายเป็นเจลเหลวในระหว่างการทดสอบ เมื่อเปรียบเทียบการทดสอบการปลดปล่อยตัวยา ของแผ่นแปะ สูตร F11 และ F12 จะพบว่า แผ่นแปะสูตร F12 มี pectin ในอัตราส่วนที่มากกว่า NaCMC ซึ่ง pectin เป็นพอลิเมอร์ที่มีคุณสมบัติช่วยเพิ่มความหนาแน่น และมีลักษณะของรูพรุน หลังการยืดขยาย ที่น้อยกว่า NaCMC ทำให้สารสำคัญถูกปลดปล่อยออกมาได้คงที่ ต่างกับสูตร F11 ที่มี NaCMC เป็นส่วนใหญ่ ลักษณะผิวเจลของพอลิเมอร์ชนิดนี้จะมีรูพรุนมากกว่า pectin ทำให้สารสำคัญถูกปลดปล่อยออกมาได้รวดเร็ว และปริมาณมากกว่าอีกสูตร ทำให้ขาดความคงที่ของการปลดปล่อยยาในระยะยาว [23] มีรายงานการใช้ pectin เป็นพอลิเมอร์ในการพัฒนาแผ่นเจลปิดแผลผสมวานิลาทางจระเข้ และขมิ้นชัน พบว่า pectin สามารถเข้ากันได้ดีกับสารสกัด มีการปลดปล่อยสารสำคัญของตัวยาที่ดี [24]

จากการศึกษานี้จะเห็นได้ว่าแผ่นแปะสาร MPE สามารถแสดงผลในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ที่ก่อให้เกิดโรคทางผิวหนัง โดยฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์มีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการลดการอักเสบของแผล นอกจากนี้สารสกัดเปลือกมังคุด ส่งผลต่อการทำงานของ epidermal growth factor (EGF) การแสดงออกของโปรตีน EGF จะช่วยเพิ่ม fibroblast และ keratinocyte และ EGF ยังควบคุมการแสดงออกของ keratin, epreregulin และ loricrin เมื่อร่างกายเกิดแผล จะมีการแพร่เข้ามาของเกล็ดเลือดมาปิดบาดแผล นอกจากนี้ยังกระตุ้นให้เกิดการแสดงออกของ ยีนหรือไซโตไคน์ต่างๆ เพิ่มขึ้นเช่น PDGF, VEGF, TGF- β รวมถึง epidermal growth factor (EGF)41 ซึ่งมีบทบาทสำคัญในกระบวนการหายของแผล เพราะสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโต การแบ่งเซลล์ โดยเฉพาะ collagen ได้ [25]

สรุปผลการศึกษา MPE มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ และยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ก่อโรคนผิวหนังได้ โดยสารสำคัญที่พบในเปลือกมังคุด คือ α -mangostin ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ส่งผลต่อการหายของแผล เพราะเมื่อร่างกายเกิดบาดแผล เม็ดเลือดขาวจะ

ปล่อยอนุมูลอิสระ ส่งผลให้เกิดการอักเสบที่เกิดจากการติดเชื้อแบคทีเรีย หากเกิดขึ้นที่บริเวณบาดแผลส่งผลให้แผลหายช้า สารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจึงช่วยกำจัดอนุมูลอิสระออกจากแผล อีกทั้งสรรพคุณที่มีรสฝาดของเปลือกมังคุดทางการแพทย์แผนไทย คือ ช่วยสมานบาดแผล ดังนั้นการใช้ MPE และแผ่นแปะ MPE สามารถต้านแบคทีเรียก่อโรคแผล ผิ หนอง อาจทำให้การอักเสบลดลงและส่งผลให้แผลหายได้เร็วขึ้น

สารสกัดเปลือกมังคุด เป็นสมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐานที่ควรส่งเสริมนำมาพัฒนาเป็นวัสดุปิดบาดแผลทางเลือก และในการศึกษาค้นคว้าพบว่าแผ่นแปะปิดบาดแผลสารสกัดเปลือกมังคุดที่พัฒนาขึ้น มีความแข็งแรง ความยืดหยุ่น รวมถึงมีความคงตัวทางกายภาพ แสดงประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคที่ผิวหนัง อีกทั้งยังแสดงการปลดปล่อยตัวยาสำคัญได้ดี โดยแผ่นแปะสมุนไพรสารสกัดเปลือกมังคุดที่ได้นี้สามารถที่จะนำไปใช้เป็นประโยชน์ ในพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติทางเลือก เพื่อใช้ในการรักษาบาดแผลแผล และในการศึกษาค้นคว้าต่อไปควรศึกษาด้านผลด้านการระคายเคือง ฤทธิ์การต้านการอักเสบในสัตว์ทดลอง และการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ (พิเศษ) วินัย สยอวรรณ ที่ให้ข้อเสนอแนะด้านพอลิเมอร์ ขอขอบคุณอาจารย์ ดร. ญ. ฉัตรชนก นกุลกิจ ที่ให้ความช่วยเหลือในการเตรียมระบบเครื่อง HPLC ขอขอบคุณอาจารย์ ดร. นฤวัตร ภักดี ที่ให้ข้อเสนอแนะในการศึกษารวมถึงคณาจารย์สาขาวิชาการแพทย์แผนไทย ทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษา ให้ความช่วยเหลือ ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณนักศึกษาสาขาวิชาการแพทย์แผนไทยระดับปริญญาตรี (สมาชิ JB lab) เจ้าหน้าที่คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช วิทยาเขตสกลนคร ที่ให้ความช่วยเหลือจนด้านการติดต่อประสานงานต่าง ๆ รวมถึง มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช วิทยาเขตสกลนคร ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Lindholm, C., & Searle, R. (2016). Wound management for the 21st century: combining effectiveness and efficiency. *Int Wound J*, 13 Suppl 2, 5-15.
2. Acello, B. (2013). *Chronic wounds: providing efficient and effective treatment*. Danvers, Massachusetts, United States: HCPro, Inc Press.
3. Tottoli, E. M., Dorati, R., Genta, I., Chiesa, E., Pisani, S., & Conti, B. (2020). Skin Wound Healing Process and

- New Emerging Technologies for Skin Wound Care and Regeneration. *Pharmaceutics*, 12(8).
4. Ekor, M. (2014) The growing use of herbal medicines: issues relating to adverse reactions and challenges in monitoring safety. *Front Pharmacol*, 177(4), 1-10.
5. Aizat, W. M., Jamil, I. N., Ahmad-Hashim, F. H., & Noor, N. M. (2019). Recent updates on metabolite composition and medicinal benefits of mangosteen plant. *Peer J*, 7, e6324.
6. Espirito Santo, B., Santana, L. F., Kato Junior, W. H., de Araujo, F. O., Bogo, D., Freitas, K. C., . . . Bastos, P. (2020). Medicinal Potential of *Garcinia* Species and Their Compounds. *Molecules*, 25(19).
7. Suthammarak, W., Numpraphrut, P., Charoensakdi, R., Neungton, N., Tunrungruangtavee, V., Jaisupa, N., . . . Muangpaisan, W. (2016). Antioxidant-Enhancing Property of the Polar Fraction of Mangosteen Pericarp Extract and Evaluation of Its Safety in Humans. *Oxid Med Cell Longev*, 2016, 1293036.
8. Tatiya-Aphiradee, N., Chatuphonprasert, W., & Jarukamjorn, K. (2019). Anti-inflammatory effect of *Garcinia mangostana* Linn. pericarp extract in methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*-induced superficial skin infection in mice. *Biomed Pharmacother*, 111, 705-713.
9. Narasimhan, S., Maheshwaran, S., Abu-Yousef, I. A., Majdalawieh, A. F., Rethavathi, J., Das, P. E., & Poltronieri, P. (2017). Anti-Bacterial and Anti-Fungal Activity of Xanthones Obtained via Semi-Synthetic Modification of alpha-Mangostin from *Garcinia mangostana*. *Molecules*, 22(2).
10. Scolamiero, G., Pazzini, C., Bonafe, F., Guarnieri, C., & Muscari, C. (2018). Effects of alpha-Mangostin on Viability, Growth and Cohesion of Multicellular Spheroids Derived from Human Breast Cancer Cell Lines. *Int J Med Sci*, 15(1), 23-30.
11. Tachaprutinun, A., Meinke, M. C., Richter, H., Pan-In, P., Wanichwecharungruang, S., Knorr, F., . . . Patzelt, A. (2014). Comparison of the skin penetration of *Garcinia*

- mangostana* extract in particulate and non-particulate form. *Eur J Pharm Biopharm*, 86(2), 307-313.
12. Zuo, J., Yin, Q., Wang, Y. W., Li, Y., Lu, L. M., Xiao, Z. G., . . . Luan, J. J. (2018). Inhibition of NF-kappaB pathway in fibroblast-like synoviocytes by alpha-mangostin implicated in protective effects on joints in rats suffering from adjuvant-induced arthritis. *Int Immunopharmacol*, 56, 78-89.
13. Pothitirat, W., & Gritsanapan, W. (2008). Thin-layer chromatography-densitometric analysis of alpha-mangostin content in *Garcinia mangostana* fruit rind extracts. *J AOAC Int*, 91(5), 1145-1148.
14. Yang, H., Dong, Y., Du, H., Shi, H., Peng, Y., & Li, X. (2011). Antioxidant compounds from propolis collected in Anhui, China. *Molecules*, 16(4), 3444-3455.
15. Moller, O., & Holmgren, J. (1969). A paper disc technique for studying antibacterial synergism. *Acta Pathol Microbiol Scand*, 76(1), 141-145.
16. Jin, S. G., Kim, K. S., Kim, D. W., Kim, D. S., Seo, Y. G., Go, T. G., . . . Choi, H. G. (2016). Development of a novel sodium fusidate-loaded triple polymer hydrogel wound dressing: Mechanical properties and effects on wound repair. *Int J Pharm*, 497(1-2), 114-122.
17. Ngawhirunpat, T., Opanasopi, P., Sukma, M., Sittisombut, C., Kat, A., & Adachi, I. (2010). Antioxidant, free radical-scavenging activity and cytotoxicity of different solvent extracts and their phenolic constituents from the fruit hull of mangosteen (*Garcinia mangostana*). *Pharm Biol*, 48(1), 55-62.
18. Swallah, M. S., Sun, H., Affoh, R., Fu, H., & Yu, H. (2020). Antioxidant Potential Overviews of Secondary Metabolites (Polyphenols) in Fruits. *Int J Food Sci*, 2020, 9081686.
19. Meepagala, K. M., & Schrader, K. K. (2018). Antibacterial Activity of Constituents from Mangosteen *Garcinia mangostana* Fruit Pericarp against Several Channel Catfish Pathogens. *J Aquat Anim Health*, 30(3), 179-184.
20. Nouredine, T., El Hussein, Z., Nehme, A., & Abdel Massih, R. (2018). Antibacterial activity of *Ilex paraguariensis* (Yerba Mate) against Gram-positive and Gram-negative bacteria. *J Infect Dev Ctries*, 12(9), 712-719.
21. Siddique, K., Mirza, S., & Housden, P. (2011). Effectiveness of hydrocolloid dressing in postoperative hip and knee surgery: literature review and our experience. *J Perioper Pract*, 21(8), 275-
22. Hanna, J. R., & Giacomelli, J. A. (1997). A review of wound healing and wound dressing products. *J Foot Ankle Surg*, 36(1), 2-14.
23. Mohnen, D. (2008). Pectin structure and biosynthesis. *Curr Opin Plant Biol*, 11(3), 266-277.
24. Tummalapalli, M., Berthet, M., Verrier, B., Deopura, B. L., Alam, M. S., & Gupta, B. (2016). Composite wound dressings of pectin and gelatin with aloe vera and curcumin as bioactive agents. *Int J Biol Macromol*, 82, 104-113.
25. Choi, J. K., Jang, J. H., Jang, W. H., Kim, J., Bae, I. H., Bae, J., . . . Park, J. W. (2012). The effect of epidermal growth factor (EGF) conjugated with low-molecular-weight protamine (LMWP) on wound healing of the skin. *Biomaterials*, 33(33), 8579-8590.
26. Ambaye, A., Kohner, P. C., Wollan, P. C., Roberts, K. L., Roberts, G. D., & Cockerill, F. R., 3rd. (1997). Comparison of agar dilution, broth microdilution, disk diffusion, E-test, and BACTEC radiometric methods for antimicrobial susceptibility testing of clinical isolates of the *Nocardia asteroides* complex. *J Clin Microbiol*, 35(4), 847-852.
27. Arora, P., & Mukherjee, B. (2002). Design, development, physicochemical, and in vitro and in vivo evaluation of transdermal patches containing diclofenac diethylammonium salt. *J Pharm Sci*, 91(9), 2076-2089.
28. Chen, S., Han, K., Li, H., Cen, J., Yang, Y., Wu, H., & Wei, Q. (2017). Isogarcinol Extracted from *Garcinia mangostana* L. Ameliorates Imiquimod-Induced Psoriasis-like Skin Lesions in Mice. *J Agric Food Chem*, 65(4), 846-857.