

ผลของสายพันธุ์และส่วนของผักปลังต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระและการต้านจุลินทรีย์ของเมือกผักปลัง

ศิรณา บัวดอกตูม³ พิมพ์ ลีลาพรพิสิฐ³ และ ยุทธนา พิมพ์ศิริผล^{1*}

ได้รับบทความ: 30 เมษายน 2561

ได้รับบทความแก้ไข: 11 กรกฎาคม 2561

ยอมรับตีพิมพ์: 18 กรกฎาคม 2561

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสายพันธุ์และส่วนของผักปลังพันธุ์ขาวส่วนใบ (White Ceylon Leave, WCL) ผักปลังพันธุ์ขาวส่วนลำต้น (White Ceylon Stem, WCS) ผักปลังพันธุ์แดงส่วนใบ (Red Ceylon Leave, RCL) และผักปลังพันธุ์แดงส่วนลำต้น (Red Ceylon Stem; RCS) ต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระและต้านจุลินทรีย์ของเมือกผักปลัง โดยพบว่า WCL และ RCS มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (IC₅₀) โดยวิธี DPPH และ ABTS ดีที่สุด โดย WCL และ RCS มีค่า IC₅₀ ของ DPPH เท่ากับ 0.98 และ 1.22 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และสำหรับ ABTS ตัวอย่างเมือกผักปลัง WCL และ RCS มีค่า IC₅₀ เท่ากับ 2.47 และ 2.37 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ สำหรับสมบัติการต้านจุลินทรีย์ *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella Typhimurium* และ *Pseudomonas aeruginosa* ด้วยเทคนิค Disc diffusion method ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (minimum inhibitory concentration, MIC) และความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย (minimum bactericidal concentration, MBC) พบว่า WCS มีความสามารถในการยับยั้งและฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ดีที่สุด โดยมีค่า MBC ของ *S. aureus*, *S. Typhimurium* และ *P. aeruginosa* เท่ากับ 29 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และ *E. coli* เท่ากับ 57 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แสดงให้เห็นว่า สารสกัดเมือกจากผักปลังมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและสารต้านจุลินทรีย์ ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและยาได้

คำสำคัญ: ผักปลัง เมือกผักปลัง การต้านอนุมูลอิสระ การต้านจุลินทรีย์

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการพัฒนากล้าพันธุ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

²คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน, e-mail: yuthana.p@cmu.ac.th

Effect of Varieties and Parts of Ceylon Spinach on Antioxidant and Antimicrobial Properties of Mucilage

Srirana Buadoktoom¹, Pimporn Leelapornpisid², and Yuthana Pimolsiripol^{1*}

Received: 30 April 2018

Revised: 11 July 2018

Accepted: 18 July 2018

ABSTRACT

The objective of this research was to investigate effect of varieties and parts of White Ceylon Leave (WCL), White Ceylon Stem (WCS), Red Ceylon Leave (RCL) and Red Ceylon Stem (RCS) on their antioxidant and antimicrobial properties. Results showed that WCL and RCS have higher potential antioxidant activities by DPPH and ABTS radical scavenging method. In DPPH scavenging assay, IC₅₀ value of WCL and RCS were 0.98 and 1.22 mg/mL, respectively. For ABTS radical scavenging assay, IC₅₀ value of WCL and RCS were 2.47 and 2.37 mg/mL, respectively. For antimicrobial activities of *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella Typhimurium* and *Pseudomonas aeruginosa*, the antimicrobial activities were determined by Disc diffusion method, minimum inhibitory concentrations (MIC) and minimum bactericidal concentrations (MBC). It was found that WCS extracts showed better activity against all strains, the MBC of WCS was 29 mg/mL for *S. aureus*, *S. Typhimurium* and *P. aeruginosa* and 57 mg/mL for *E. coli*. This study indicates that extracts from Ceylon spinach have potential to use as natural antioxidant and antimicrobial agents in food or cosmetic applications.

Keywords: Ceylon spinach, mucilage, antioxidant, antimicrobial, *Basella alba*, *Basella rubra*

¹Division of Product Development Technology, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University, 50100

²Faculty of Pharmacy, Chiang Mai University, 50200

*Corresponding author, e-mail: yuthana.p@cmu.ac.th

บทนำ

ปัจจุบัน ผู้บริโภคเริ่มมีการตระหนักถึงความปลอดภัยทางอาหาร เนื่องจากมีการใช้สารสังเคราะห์มาประยุกต์ใช้ในการป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในอาหารและช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในอาหาร โดยผู้บริโภคเริ่มเกิดความกังวลเกี่ยวกับของสารเคมีเหล่านั้น เนื่องจากอาจมีผลข้างเคียงหากได้รับเข้าสู่ร่างกาย โดยอาจเป็นสารที่ทำให้เกิดมะเร็ง [1] อุตุสาหกรรมอาหารและยาจึงได้ให้ความสนใจในการสกัดทางธรรมชาติจากพืชสมุนไพร เช่น น้ำมันหอมระเหย หรือวัสดุทางธรรมชาติอื่นๆ มากขึ้น เพื่อทดแทนการใช้วัสดุสังเคราะห์ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากธรรมชาติ มีสารพิษน้อย ไม่มีผลกระทบต่อข้างเคียง จึงมีความปลอดภัยสูง เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ได้รับการยอมรับโดยทั่วไป [2] โดยเฉพาะการใช้สารสกัดจากเปลือก ซึ่งเป็นสารในกลุ่มพอลิแซ็กคาไรด์ ที่มักนำมาใช้เป็นสารเพิ่มความข้นหนืด สารแขวนตะกอน และสารที่ทำให้เกิดเจล [3] และมีการศึกษาแหล่งวัตถุดิบใหม่ๆ ของพอลิแซ็กคาไรด์ที่สามารถนำมาสกัดเปลือกและพัฒนาสมบัติของเปลือกที่สกัดได้ รวมถึงการดัดแปรสมบัติของเปลือกดังกล่าว โดย Behbahani และคณะ [4] ได้ทำการสกัดเปลือกจากเมล็ดต้นหม่อนน้อยหรือผักกาดน้ำ และนำไปผสมรวมกับน้ำมันที่สกัดได้จากผักชีลาว เพื่อใช้ในการยืดอายุการเก็บเนื้อวัว โดยพบว่าเนื้อวัวที่เคลือบด้วยสารสกัดเปลือกรวมกับน้ำมันจากผักชีลาว มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลง โดยมีการลดลงของ *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* และเชื้อรา เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษายาวนานขึ้น และ Kim และคณะ [5] ทำการสกัดสารสกัดจากผักใบเขียว 10 ชนิด เพื่อใช้เป็นสารกันเสียในผลิตภัณฑ์เนื้อ และพบสารสกัดจากพืชสามารถใช้เป็นสารต้านออกซิเดชันและต้านเชื้อจุลินทรีย์ได้

ผักปลั่ง (Ceylon spinach) เป็นพืชผักสมุนไพรที่สามารถพบได้ทั่วไปในทุกภูมิภาคของประเทศไทย โดยผักปลั่งนั้นประกอบด้วยสารเมือกปริมาณมากในส่วนต่างๆ ของต้น ซึ่งเป็นสารกลุ่มพอลิแซ็กคาไรด์ที่สามารถละลายน้ำ มีองค์ประกอบหลักคือ D-galactose [6] นอกจากนี้ สารเมือกจากผักปลั่งยังมีสมบัติในการช่วยลดการอักเสบ ลดการติดเชื้อแบคทีเรีย มีฤทธิ์ในการปกป้องเซลล์ โดยการเคลือบเนื้อเยื่อในกระเพาะอาหาร สำหรับในส่วนของลำต้นและใบ มีสมบัติเป็นยาระบายและยาแก้ปวดระคายเคืองได้ [7] โดย Hexiang และคณะ [8] พบว่าผักปลั่งมีส่วนประกอบของสารประกอบฟีนอลิก บีทาเลน แคโรทีนอยด์ กรดอะมิโน และเปปไทด์ ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้มีฤทธิ์ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ในการต้านเชื้อไวรัส และมีฤทธิ์ในการต้านเชื้อราชนิด *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum* และ *Mycosphaerella arachidicola* ได้ และยังพบว่าสารสกัดจากใบผักปลั่งสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ชนิด *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli* และ *Klebsiella pneumonia* โดยสำหรับผักปลั่งนั้นถือเป็นพืชผักพื้นบ้านซึ่งถูกจัดเป็นพืชที่มีศักยภาพทางเศรษฐกิจระดับชุมชน [9] ที่นิยมนำมาบริโภคเป็นอาหารประจำวันหรือบริโภคสดตามฤดูกาล

อย่างไรก็ตาม ข้อมูลในด้านสายพันธุ์และส่วนต่างๆ ของผักปลั่งยังมีข้อมูลจำกัด งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการสกัดสารเมือกจากผักปลั่งจาก 2 สายพันธุ์ และศึกษาผลของการต้านอนุมูลอิสระและการต้านจุลินทรีย์ของส่วนของผักปลั่ง (ใบ และลำต้น) เพื่อเป็นแนวทางการเพิ่มมูลค่าของผักพื้นบ้านไทย และสามารถนำเมือกที่ทำการสกัดได้ไปประยุกต์ในอุตสาหกรรมอาหารและยาอื่นๆ ได้

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุการทดลอง

ผักปลังพันธุ์ขาวและแดง อายุ 1.5-2 เดือน ได้จากวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเชียงใหม่ อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ เอทานอล (RCI Labscan, Thailand) สารละลาย 99% Ruthenium red (Loba Chemie, India) 2,2-ไดฟีนิล-1-พิกริลไฮดราซิด (Sigma-Aldrich, Singapore) 2,2'-อะซีโนบิส (3-เอทิลเบนโซโทอะโซลิน-6-ซัลโฟนิค) (Sigma-Aldrich, Singapore) เมทานอล (RCI Labscan, Thailand) โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (Sigma-Aldrich, Singapore) ไดเมทิลซัลฟอกไซด์ (RCI Labscan, Thailand)

1. การศึกษาผลของสายพันธุ์ผักปลังและส่วนของผักปลังต่อสมบัติของเมือกผักปลัง

ทำการศึกษสมบัติของเมือกที่สกัดได้จากส่วนใบและลำต้นของผักปลังขาวและผักปลังแดง ออกแบบการทดลองแบบ 2^2 Factorial in CRD โดยมีทั้งหมด 4 สิ่งทดลอง คือ ผักปลังพันธุ์ขาวส่วนใบ (White Ceylon Leave; WCL) ผักปลังพันธุ์ขาวส่วนลำต้น (White Ceylon Stem; WCS) ผักปลังพันธุ์แดงส่วนใบ (Red Ceylon Leave; RCL) และผักปลังพันธุ์แดงส่วนลำต้น (Red Ceylon Stem; RCS) โดยทำการสกัดเมือกผักปลังตามวิธีการดัดแปลงจาก Jaicheun and Samutsri [10] โดยนำผักปลังมาทำความสะอาดและปั่นให้มีขนาดเล็กลง นำผักปลังไปแช่ในน้ำกลั่น โดยอุณหภูมิของน้ำกลั่นคือ 80 องศาเซลเซียส อัตราส่วนระหว่างผักปลังและน้ำกลั่น คือ 1:1 เป็นระยะเวลา 5 นาที และปั่นด้วยเครื่องปั่นละเอียดนาน 1 นาที บีบและกรองเมือกด้วยผ้าขาวบาง อบเมือกที่ได้ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนเมือกมีลักษณะแห้งและนำสารสกัดที่ได้ไปทำการวิเคราะห์สมบัติดังนี้

1.1 ปริมาณร้อยละของผลผลิตและค่าทางกายภาพ

ทำการวิเคราะห์ปริมาณร้อยละของผลผลิตที่ได้ (% yield) ปริมาณความชื้นตามวิธีการของ AOAC [11] ค่าออสโมเตอร์แอกทิวิตีด้วยเครื่อง Water activity meter (AquaLab, Decagon, USA) ความเป็นกรดต่างด้วยเครื่อง pH meter (Mettler-Toledo AG, Switzerland) ดัดแปลงวิธีจาก Alalor และคณะ [12] และค่าสีในระบบ CIE Lab (L^* , a^* , b^*) ด้วยเครื่องวัดค่าสี Colorimeter (CR-410, Konica-Minolta, Japan)

1.2 ความเป็นเมือก และความหนืด

ทดสอบความเป็นเมือก ด้วย Ruthenium red test ตามวิธีการของ Deogade และคณะ [13] โดยนำไปส่องใต้กล้องจุลทรรศน์ (CHK2-F-GS, Olympus, Japan) และทำการวัดความหนืด ด้วย Brookfield viscometer (RVDV-II+, Brookfield, USA) โดยใช้วิธีการของ Jaicheun and Samutsri [10] โดยกำหนดความเร็วรอบที่ 60 รอบต่อนาที

1.3 หมูฟิงก์ชัน

ทำการวิเคราะห์หมูฟิงก์ชัน ด้วยใช้เครื่อง Fourier transform infrared spectrophotometer (Nicolet Nexus 670, Thermo Scientific, USA) ใช้เทคนิค Attenuated reflection infrared spectroscopy (ATR) ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างผงเมือกผักปลังทั้ง 4 สิ่งทดลอง ในช่วงความยาวคลื่นเท่ากับ 4000 650 cm^{-1} ทำการแปลผล IR spectrum เพื่อวิเคราะห์หมูฟิงก์ชัน โดยเทียบกับ reference จาก LibreTexts [14]

2. การศึกษาผลของสายพันธุ์ผักปลังและส่วนของผักปลังต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ

2.1 การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH Radical scavenging assay

ทำการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH Radical scavenging assay โดยวิธีการของ Chatchawal และคณะ [15] เตรียมสารสกัดผักปลังความเข้มข้น 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ทำปฏิกิริยากับสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.25 มิลลิโมลาร์ โดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย ในอัตราส่วน 1:1 ทำปฏิกิริยาในที่มืดเป็นเวลา 30 นาทีที่อุณหภูมิห้อง และทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร โดยอ่านค่าโดยใช้เครื่อง Multi-mode microplate reader (SpectraMaz[®] i3x, Molecular Devices, USA) และคำนวณร้อยละในการยับยั้งอนุมูลอิสระ โดยที่ค่า IC₅₀ สามารถคำนวณได้จากความเข้มข้นที่สามารถลดการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ได้ร้อยละ 50

2.2 การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS Radical scavenging assay

ทำการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS Radical Scavenging Assay โดยดัดแปลงวิธีการจาก Suguna และคณะ [16] เตรียมสารสกัดผักปลังความเข้มข้น 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ทำปฏิกิริยากับสารละลาย ABTS ความเข้มข้น 7 มิลลิโมลาร์ และทำการเจือจางโดยใช้เอทานอลเข้มข้นร้อยละ 80 ให้มีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร เท่ากับ 0.70 ± 0.02 โดยเติมสารสกัดปริมาตร 100 ไมโครลิตร ทำปฏิกิริยากับสารละลาย ABTS ปริมาตร 900 ไมโครลิตร ทำปฏิกิริยาในที่มืดเป็นเวลา 6 นาทีที่อุณหภูมิห้อง และทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร โดยอ่านค่าโดยใช้เครื่อง Multi-mode microplate reader (SpectraMaz[®] i3x, Molecular Devices, USA) และคำนวณร้อยละในการยับยั้งอนุมูลอิสระ โดยที่ค่า IC₅₀ สามารถคำนวณได้จากความเข้มข้นที่สามารถลดการดูดกลืนแสงของสารละลาย ABTS ได้ร้อยละ 50

3. การศึกษาผลของสายพันธุ์ผักปลังและส่วนของผักปลังต่อสมบัติในการต้านจุลินทรีย์

3.1 ความสามารถในการต้านจุลินทรีย์ขั้นต้นโดยใช้เทคนิค Disc diffusion method

ทำการสกัดสารจากผักปลังโดยใช้ Soxhlet apparatus และใช้เอทานอลความเข้มข้น 95% ในการสกัด นำสารสกัดที่ได้ไปทำการระเหยโดยใช้ Rotary evaporator และทำการเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำไปทดสอบหาความสามารถในการต้านจุลินทรีย์ขั้นต้นโดยใช้เทคนิค Disc diffusion method ดัดแปลงวิธีการจาก Sen *at al.* [17] ทำการจุ่ม paper disc ลงในสารสกัด และวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่ทำการเพาะเลี้ยงเชื้อ และบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการตรวจสอบ inhibition zone โดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนใสที่ขึ้นบริเวณรอบ paper disc ที่ผ่านการจุ่มด้วยสารสกัด ใช้ Tetracycline เป็นตัวควบคุม ทำการทดสอบกับจุลินทรีย์ดังนี้ ได้แก่ *S. aureus*, *E. coli*, *S. Typhimurium* และ *P. aeruginosa*

3.2 ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ (Minimum inhibition concentration, MIC)

นำสารสกัดจากผักปลังที่ได้จากการทดลองที่ 3.1 มาทดสอบหาความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ โดยดัดแปลงวิธีการจาก Alma และคณะ [18] นำ Eppendorf ขนาด 2 มิลลิลิตรที่ผ่านการฆ่าเชื้อจำนวน 10 หลอด ดูดอาหารเลี้ยงเชื้อ Mueller Hinton broth ใส่ลงในหลอดที่ 2-10 หลอดละ 250 ไมโครลิตร จากนั้นดูดสารสกัดลงในหลอดที่ 1 และ 2 หลอดละ 250 ไมโครลิตร ใช้ปิเปตดูดสารใน

หลอดที่ 2 ปริมาตร 250 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลอดที่ 3 หลังจากนั้นดูดสารในหลอดที่ 3 ปริมาตร 250 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลอดที่ 4 ทำเช่นนี้ไปจนถึงหลอดที่ 10 และทำการดูดสารละลายในหลอดที่ 10 ทิ้งไป 250 ไมโครลิตร ทำการเติมเชื้อจุลินทรีย์ที่เตรียมไว้ลงไปในทุกหลอด หลอดละ 250 ไมโครลิตร นำไปบ่มที่ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการสังเกตหลอดสุดท้ายที่ไม่มีจุลินทรีย์เจริญหรือ อาหารเลี้ยงเชื้อในหลอดไม่ขุ่น อ่านปริมาณของสารทดสอบของหลอดนี้เป็นค่า MIC บันทึกหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ทำการทดสอบกับจุลินทรีย์ดังนี้ ได้แก่ *S. aureus*, *E. coli*, *S. Typhimurium* และ *P. aeruginosa*

3.3 ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าจุลินทรีย์ (Minimum bactericidal concentration, MBC)

นำผล MIC จากข้อ 3.2 มาหาค่า MBC โดยทำการเพาะเชื้อโดยใช้เทคนิค Steak plate บน อาหารเลี้ยงเชื้อ Mueller Hinton agar จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สังเกตและบันทึกผลการทดลอง โดยสังเกตความเข้มข้นต่ำสุดที่ไม่พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ทำการทดสอบกับจุลินทรีย์ดังนี้ *S. aureus*, *E. coli*, *S. Typhimurium* และ *P. aeruginosa*

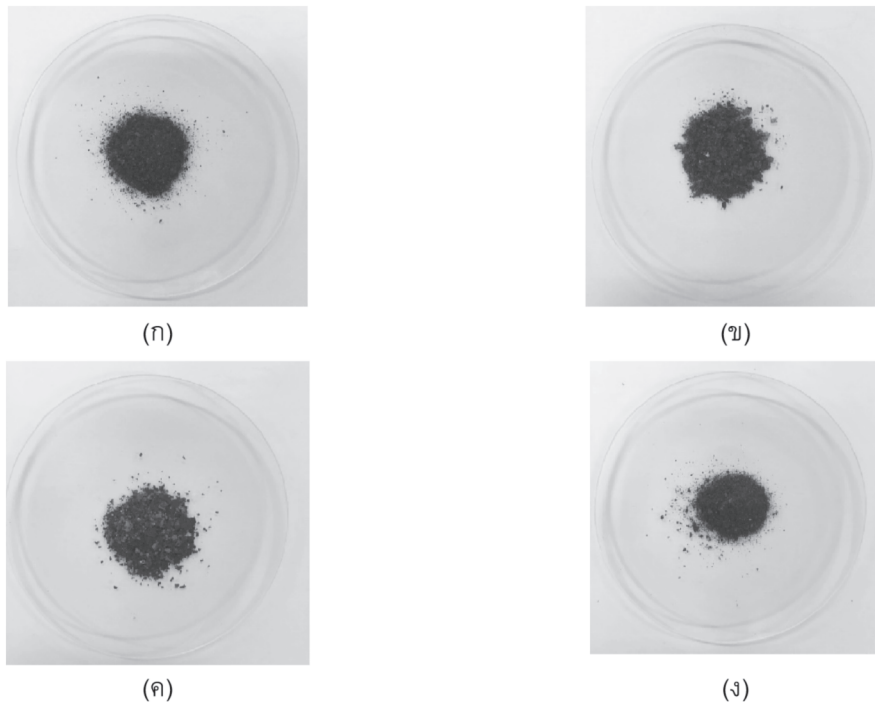
4. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อคำนวณค่าเฉลี่ย และเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (version 17.0)

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาผลของสายพันธุ์ผักปลังและส่วนของผักปลังต่อสมบัติของเมือกผักปลัง

ทำการสกัดผงเมือกผักปลัง ซึ่งดัดแปลงวิธีจาก Jaicheun and Samutsri [10] โดยนำผักปลัง มาทำความสะอาดและปั่นละเอียดให้มีขนาดเล็กลง จากนั้นนำผักปลังที่ปั่นละเอียดแล้ว แช่ในน้ำกลั่น โดยอัตราส่วนของผักปลังและน้ำกลั่น คือ 1:1 แช่ผักในน้ำเป็นเวลา 5 นาที โดยอุณหภูมิของน้ำที่ใช้คือ น้ำที่ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ปั่นด้วยเครื่องปั่นละเอียดนาน 1 นาที จากนั้นทำการบีบและกรองเมือกด้วย ผ้าขาวบาง ทำการอบเมือกที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนเมือกมีลักษณะแห้ง ได้ดังรูปที่ 1 และนำผง เมือกไปวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1-4



รูปที่ 1 ผงเมือกผักปลัง (ก) WCL คือ ผักปลังพันธุ์ขาวส่วนใบ (ข) WCS คือ ผักปลังพันธุ์ขาวส่วนลำต้น (ค) RCL คือ ผักปลังพันธุ์แดงส่วนใบ (ง) RCS คือ ผักปลังพันธุ์แดงส่วนลำต้น

จากการสกัดผงเมือกจากผักปลัง ค่าร้อยละผลผลิต ปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี และค่าความเป็นกรดต่างของสารสกัดเมือกจากผักปลังทั้ง 4 สิ่งทดลอง ดังตารางที่ 1 พบว่าปริมาณความชื้น ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี และค่าความเป็นกรดต่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยพบว่า WCL และ RCS มีปริมาณความชื้นที่มากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับ WCS และ RCL และค่าวอเตอร์แอกทิวิตีที่พบในทั้ง 4 สิ่งทดลองมีค่าที่ต่ำกว่า 0.500 ซึ่งเป็นค่าวอเตอร์แอกทิวิตีที่ทำให้จุลินทรีย์ทุกชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้ สำหรับค่าพีเอชที่ได้พบว่าผักปลังขาวจะมีพีเอชอยู่ในช่วง 5.2-5.6 โดยส่วนของ WCS ที่มีค่าพีเอชเท่ากับ 5.26 มีค่าสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chatchawal และคณะ [15] ซึ่งได้ศึกษาการสกัดเมือกจากผักปลัง และพบว่าผักปลังแดงทั้งส่วนใบและลำต้นมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 6.6-6.9

ตารางที่ 1 ร้อยละผลผลิต ปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำอิสระ และค่าความเป็นกรดต่างของสารสกัดจากผักปลัง

สายพันธุ์	ส่วน		Yield (%)	Moisture content (%)	Water activity	pH
ขาว	ใบ	WCL	2.17	7.16 ± 0.07 ^a	0.479 ± 0.002 ^a	5.54 ± 0.06 ^c
	ลำต้น	WCS	0.91	4.21 ± 0.59 ^b	0.415 ± 0.002 ^c	5.26 ± 0.01 ^d
แดง	ใบ	RCL	2.86	4.75 ± 0.09 ^b	0.438 ± 0.012 ^b	6.67 ± 0.03 ^b
	ลำต้น	RCS	1.37	6.59 ± 0.22 ^a	0.376 ± 0.008 ^d	6.93 ± 0.03 ^a

ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงถึงค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

จากการวิเคราะห์ค่าสีพบว่า ค่าความสว่าง (L^*) ของ RCS มีค่ามากที่สุด แสดงให้เห็นว่า RCS มีความสว่างมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอีก 3 สิ่งทดลอง สำหรับค่า a^* ของทั้ง 4 สิ่งทดลอง พบว่า RCS มีค่าเท่ากับ 2.07 ซึ่งค่อนข้างสีแดง เนื่องจากลักษณะลำต้นของผักปลังพันธุ์แดงมีสีแดงแกมม่วง ในขณะที่ WCL และ RCL พบว่ามีค่า a^* ค่อนข้างต่ำ แสดงว่ามีลักษณะออกไปทางสีเขียว เนื่องจากเป็นส่วนของใบ สำหรับในส่วนของคุณค่า b^* แสดงให้เห็นว่าทั้ง 4 สิ่งทดลองมีค่าบวก โดยมีลักษณะสีออกไปทางสีเหลืองเล็กน้อย ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าสี L^* , a^* และ b^* ของผงของสารสกัดเมื่อผักปลัง

สายพันธุ์	ส่วน		L^*	a^*	b^*
ขาว	ใบ	WCL	36.28c ± 0.08	-0.04c ± 0.05	4.19b ± 0.03
	ลำต้น	WCS	36.09c ± 0.06	0.69b ± 0.04	4.03b ± 0.03
แดง	ใบ	RCL	38.31b ± 0.06	-0.03c ± 0.03	5.18a ± 0.08
	ลำต้น	RCS	40.93a ± 0.57	2.07a ± 0.18	5.11a ± 0.48

ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงถึงค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

จากการทดสอบความเป็นเมือกโดยใช้ Ruthenium red test พบว่า มีสีชมพูปรากฏล้อมรอบอนุภาคเมื่อส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์ แสดงถึงความเป็นเมือกของทั้ง 4 สิ่งทดลอง โดยพบว่า Ruthenium red จะจับกับสารประกอบประเภท มิวโคพอลิแซ็กคาไรด์ ส่งผลให้สีชมพูของสาร Ruthenium red ปรากฏล้อมรอบอนุภาค [19] และค่าความหนืดของสารสกัดผักปลังก่อนอบและหลังจากการคืนรูปหลังอบ ดังตารางที่ 3 พบว่า ความหนืดของสารสกัดผักปลัง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยความหนืดของสารสกัดก่อนนำไปอบของ WCL มีค่ามากที่สุด ตามด้วย RCS, WCS และ RCL ตามลำดับ หลังจากนั้นได้ทำการคืนรูปของผงผักปลังหลังจากที่นำไปอบซึ่งมีความเข้มข้นเท่ากับร้อยละ 1.2 และนำมาวัดความหนืดพบว่ามีค่าความหนืดที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับความหนืดของสารสกัดก่อนนำไปอบ โดยความหนืดมีค่าน้อยกว่า 10 เซนติพอยส์ ทั้ง 4 สิ่งทดลอง

ตารางที่ 3 การทดลองความเป็นเมือก ค่าความหนืดของสารสกัดเมือกผักปลัง

สายพันธุ์	ส่วน	Ruthenium red test		ก่อนอบ	b*
ขาว	ใบ	WCL	+	44.4 ± 0.8 ^a	6.0 ± 0.4 ^b
	ลำต้น	WCS	+	11.4 ± 0.6 ^c	7.3 ± 0.2 ^a
แดง	ใบ	RCL	+	10.4 ± 1.2 ^c	6.3 ± 0.4 ^b
	ลำต้น	RCS	+	13.1 ± 0.4 ^b	7.2 ± 0.1 ^a

ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงถึงค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

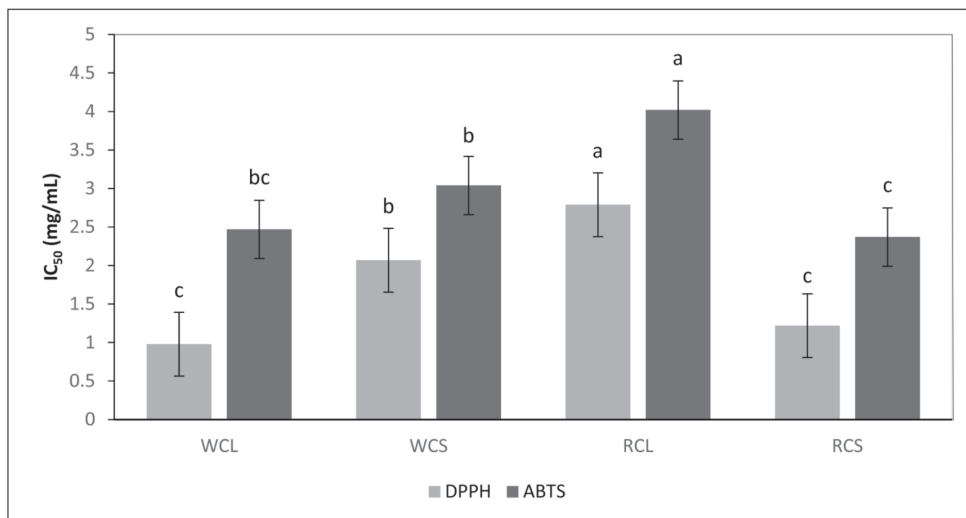
จากการตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันของผงเมือกผักปลังด้วยเทคนิค Fourier transform infrared spectroscopy; FT-IR ในช่วงความยาวคลื่นเท่ากับ 4000-650 cm^{-1} พบว่าทุกสิ่งทดลองมีหมู่ฟังก์ชันบริเวณใกล้เคียงกับความยาวคลื่น เท่ากับ 3200 cm^{-1} ซึ่งแสดงถึงการสั่นแบบ Stretching ของหมู่ไฮดรอกซิล และพบว่า WCL และ WCS รวมถึง RCS มีองค์ประกอบของหมู่ฟังก์ชัน Alkane (C-H Stretching), Allene (C=C=C Stretching), Conjugated alkene (C=C Stretching), Amine (N-H Bending) และ Phenol (O-H Bending, C-O Stretching) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Harika และคณะ [20] ซึ่งพบว่า WCL มีองค์ประกอบของหมู่ไฮดรอกซิล รวมถึงหมู่คาร์บอกซิล โดยหมู่ฟังก์ชัน Phenol (หมู่ -OH) ที่พบในผักปลังส่งผลให้ผักปลังมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและต้านจุลินทรีย์ได้ [21] ในขณะที่ RCL มีหมู่ฟังก์ชันบริเวณใกล้เคียงกับความยาวคลื่น เท่ากับ 2175-2140 cm^{-1} ซึ่งแสดงถึงการสั่นแบบ Stretching ของหมู่ไทโอไซยานेट ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ชนิดของหมู่ฟังก์ชันของผงเมือกผักปลัง

หมู่ฟังก์ชัน Interpretation		ผักปลังขาว ส่วนใบ (WCL)	ผักปลังขาว ส่วนลำต้น (WCS)	ผักปลังแดง ส่วนใบ (RCL)	ผักปลังแดง ส่วนลำต้น (RCS)
Intermolecular bonded alcohol	-OH Stretching	3270	3204	3282	3270
Alkane	C-H Stretching	2919		2921	2918
Thiocyanate	S-C≡N			2161	
Allene	C=C=C Stretching	1979	1979 1961 1944	1983 1967 1951	1979
Conjugated alkene	C=C Stretching	1618	1618	1618	1591
Amine	N-H Bending				
Phenol	O-H Bending	1366	1382	1313	1310
		1310	1316		
		C-O Stretching	1020	1039	1019

2. ผลของสายพันธุ์ผักปลังและส่วนของผักปลังต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ

สำหรับค่า IC_{50} ต่อสารอนุมูลอิสระ DPPH พบว่า WCL และ RCS มีค่า IC_{50} ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.98 และ 1.22 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า WCL และ RCS มีประสิทธิภาพในการยับยั้งอนุมูลอิสระที่ดีกว่า เนื่องจากมีค่า IC_{50} ที่ต่ำกว่า โดยสามารถใช้ความเข้มข้นของสารสกัดที่ต่ำกว่าในการยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 เมื่อเปรียบเทียบกับ WCS และ RCL โดย WCS และ RCL มีค่า IC_{50} เท่ากับ 2.07 และ 2.79 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรตามลำดับ โดยค่า IC_{50} ของ RCL มีค่าสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kumar และคณะ [22] ส่วนค่า IC_{50} ของสารสกัดจากผักปลังต่อสารอนุมูลอิสระ ABTS พบว่า WCL และ RCS มีค่า IC_{50} ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 2.47 และ 2.37 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า WCL และ RCS มีประสิทธิภาพในการยับยั้งอนุมูลอิสระที่ดีกว่า เนื่องจากมีค่า IC_{50} ที่ต่ำกว่า โดยสามารถใช้ความเข้มข้นของสารสกัดที่ต่ำกว่าในการยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS ได้ร้อยละ 50 เมื่อเปรียบเทียบกับ WCS และ RCL แสดงให้เห็นว่าแนวโน้มของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระทั้ง 2 ชนิด คือ DPPH และ ABTS มีแนวโน้มในทิศทางเดียวกัน ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ค่า IC_{50} ของสารสกัดจากผักปลังส่วนใบและลำต้นที่สายพันธุ์ต่างกัน โดยที่ WCL คือ ผักปลังพันธุ์ขาวส่วนใบ WCS คือ ผักปลังพันธุ์ขาวส่วนลำต้น RCL คือ ผักปลังพันธุ์แดงส่วนใบ และ RCS คือ ผักปลังพันธุ์แดงส่วนลำต้น

3. ผลของสายพันธุ์ผักปลังและส่วนของผักปลังต่อสมบัติการต้านจุลินทรีย์

จากการวิเคราะห์สมบัติในการต้านจุลินทรีย์ของสารสกัดผักปลังโดยใช้เอทานอลในการสกัด โดยทำการวัด inhibition zone เพื่อทำการตรวจสอบความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียชนิดต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 5 พบว่า สารสกัด WCL ความเข้มข้น 110 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้ง *P. aeruginosa* ได้ โดยมี inhibition zone เท่ากับ 6.6 มิลลิเมตร สารสกัด WCS ที่ความเข้มข้น 110 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ 2 ชนิด โดยมี inhibition zone ของ *S. Typhimurium* และ *P. aeruginosa* เท่ากับ 7.5 และ 7.2 มิลลิเมตรตามลำดับ โดยสารสกัด RCL ความเข้มข้น 120 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ 2 ชนิด โดยมี inhibition zone ของ *S. Typhimurium* และ *P. aeruginosa* เท่ากับ 7.1 และ 6.6 มิลลิเมตรตามลำดับ สำหรับสารสกัด RCS ความเข้มข้น 120 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้ 2 ชนิด โดยมี inhibition zone ของ *S. Typhimurium* และ *P. aeruginosa* เท่ากับ 8.2 และ 7.4 มิลลิเมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดผักปลัง

สายพันธุ์	ส่วน	ความเข้มข้น (mg/mL)	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย (มิลลิเมตร)			
			<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. Typhimurium</i>	<i>P. aeruginosa</i>
ขาว	ใบ	60	-	-	-	-
		100	-	-	-	-
		110	-	-	-	6.6 ^b ± 0.3
	ลำต้น	60	-	-	-	6.0 ^b ± 0.3
		100	-	-	7.2 ^{cd} ± 0.7	6.9 ^b ± 1.1
		110	-	-	7.5 ^{bc} ± 1.0	7.2 ^b ± 0.9
แดง	ใบ	60	-	-	6.5 ^d ± 0.5	-
		100	-	-	6.6 ^d ± 0.8	-
		120	-	-	7.1 ^{cd} ± 0.6	6.6 ^b ± 0.8
	ลำต้น	60	-	-	7.9 ^{bc} ± 0.8	6.3 ^b ± 1.3
		100	-	-	7.6 ^{bc} ± 1.1	6.8 ^b ± 1.4
		120	-	-	8.2 ^b ± 1.2	7.4 ^b ± 1.8
Positive control			28.2 ^a ± 0.8	24.7 ^a ± 0.7	27.4 ^a ± 0.6	15.5 ^a ± 1.9

ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์ แสดงถึงค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

จากการทำการศึกษาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งและฆ่าเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดผักปลังทั้ง 4 สิ่งทดลองพบว่า ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งและฆ่าเชื้อแบคทีเรีย *P. aeruginosa* ของสารสกัด WCL มีค่าเท่ากับ 55 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Oyewole และคณะ [23] และพบว่าสารสกัด WCS มีค่า MIC และ MBC เท่ากับ 28 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยแสดงให้เห็นว่าสารสกัด WCS มีความสามารถในการยับยั้งและการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย *P. aeruginosa* ได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัด WCL, RCL และ RCS ดังตารางที่ 6-7 และรูปที่ 3 พบว่าสารสกัด WCS มีสมบัติในการต้านจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด เนื่องจากมีค่า MIC และ MBC ที่ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัด WCL, RCL และ RCS สำหรับสารสกัดเอทานอลของผักปลังพบว่ามีความสามารถในการยับยั้งและฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ดี เนื่องจากเอทานอลเป็นตัวทำละลายอินทรีย์และสามารถละลายสารประกอบอินทรีย์ออกมาได้ดี ซึ่งสารประกอบอินทรีย์ดังกล่าวส่งผลให้สารสกัดมีความสามารถในการต้านเชื้อแบคทีเรียได้ดี [24]

ตารางที่ 6 ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดผักปลัง

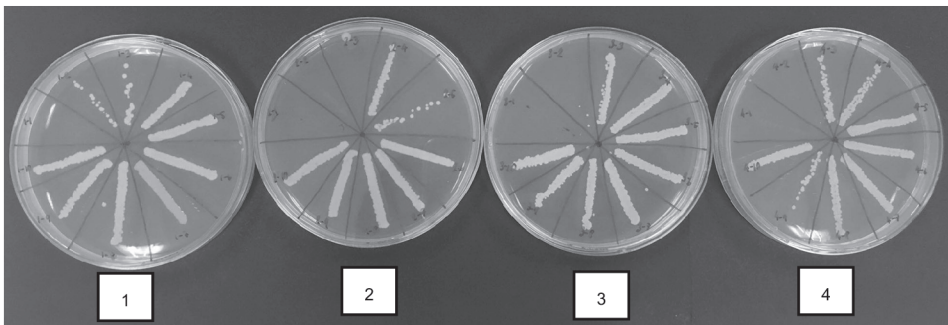
สายพันธุ์	ส่วน		Minimum Inhibition Concentration, MIC (mg/mL)			
			<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. Typhimurium</i>	<i>P. aeruginosa</i>
ขาว	ใบ	WCL	55	55	28	28
	ลำต้น	WCS	28	55	28	55
แดง	ใบ	RCL	60	60	30	30
	ลำต้น	RCS	60	60	30	30

ตารางที่ 7 ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดผักปลัง

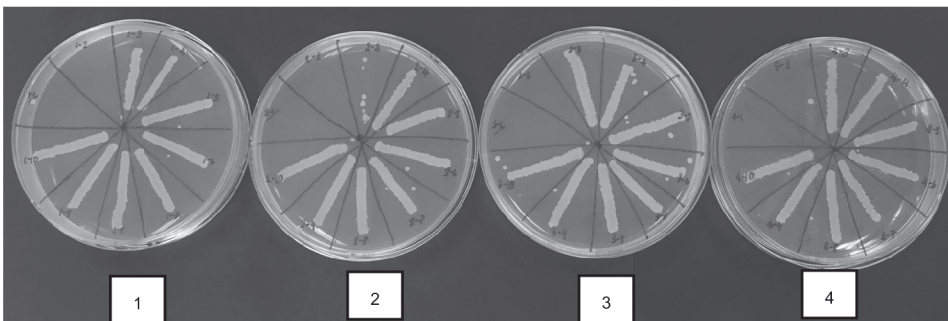
สายพันธุ์	ส่วน		Minimum Bactericidal Concentration, MBC (mg/mL)			
			<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. Typhimurium</i>	<i>P. aeruginosa</i>
ขาว	ใบ	WCL	110	55	55	55
	ลำต้น	WCS	28	55	28	28
แดง	ใบ	RCL	60	60	60	60
	ลำต้น	RCS	60	60	60	60

สรุปและอภิปรายผล

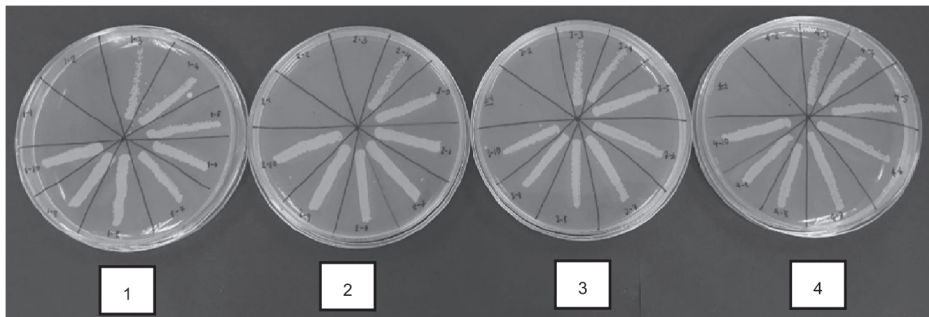
จากการศึกษาผลของสายพันธุ์และส่วนของผักปลังต่อสมบัติการต้านอนุมูลอิสระและต้านจุลินทรีย์ของเมือกผักปลังพบว่า ผักปลังพันธุ์ขาวส่วนใบและผักปลังพันธุ์แดงส่วนลำต้นมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่ดีที่สุด โดยค่า DPPH IC_{50} ของผักปลังพันธุ์ขาวส่วนใบและผักปลังพันธุ์แดงส่วนลำต้นมีค่าเท่ากับ 0.98 และ 1.22 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และค่า ABTS IC_{50} ของผักปลังพันธุ์ขาวส่วนใบและผักปลังพันธุ์แดงส่วนลำต้น มีค่าเท่ากับ 2.47 และ 2.37 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และพบว่าผักปลังพันธุ์ขาวส่วนลำต้นมีความสามารถในการต้านจุลินทรีย์ที่ดีที่สุดเมื่อทำการเปรียบเทียบกับสารสกัดจากส่วนอื่น และความเข้มข้นต่ำสุดซึ่งจะสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus*, *S. Typhimurium* และ *P. aeruginosa* เท่ากับ 28 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* เท่ากับ 60 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยหมู่ฟังก์ชันฟีนอล (หมู่ -OH) ที่พบในผักปลัง ส่งผลให้ผักปลังมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและต้านจุลินทรีย์ได้ ซึ่งอาจจะมีการศึกษาเพิ่มเติมด้านความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างของสารสกัดต่อสมบัติในการต้านจุลินทรีย์ และประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่อไป เช่น นำสารสกัดจากเมือกมาใช้ในการชะลอการเน่าเสียเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา โดยมีงานวิจัยที่ได้ทำการสกัดเมือกจากเมล็ดต้นหอม น้อยหรือผักกาดน้ำ และนำไปผสมรวมกับน้ำมันที่สกัดได้จากผักชีลาว เพื่อใช้ในการยืดอายุการเก็บเนื้อวัว โดยพบว่าเนื้อวัวที่เคลือบด้วยสารสกัดเมือกรวมกับน้ำมันจากผักชีลาว มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลง โดยมีการลดลงของ *E. coli*, *S. aureus* และฟังไจ เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษายาวนานขึ้น [4] และมีการนำสารสกัดจากผักใบเขียว 10 ชนิด ใช้เป็นสารกันเสียในผลิตภัณฑ์เนื้อ [5]



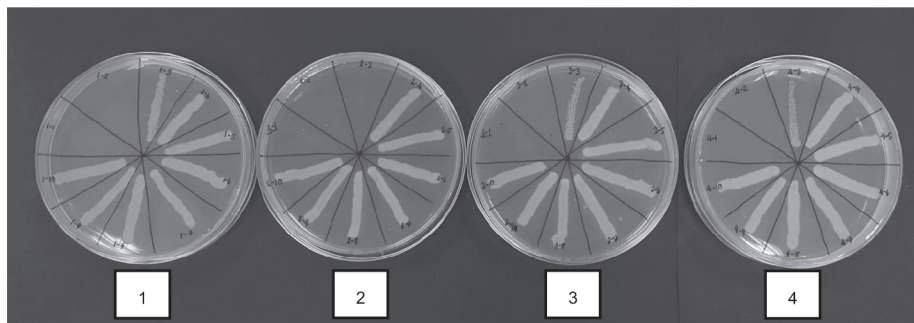
S. aureus



E. coli



S. Typhimurium



P. aeruginosa

รูปที่ 3 ค่า MBC (1) WCL คือ ผักปลังพันธุ์ขาวส่วนใบ (2) WCS คือ ผักปลังพันธุ์ขาวส่วนลำต้น (3) RCL คือ ผักปลังพันธุ์แดงส่วนใบ (4) RCS คือ ผักปลังพันธุ์แดงส่วนลำต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) สำหรับทุนสนับสนุนงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Gyawali, R., & Ibrahim, S. A. (2014). Natural products as antimicrobial agents. *Food Control*, 46, 412-429.
2. Vineet, B., Vikesh, V., Narendra, G., Rishabha, M., & Sharma, P. K. (2010). Formulation and evaluation of different concentration chitosan based periodontal film of ofloxacin. *Journal of Pharmacy Research*, 3(3), 528-532.
3. Jani, G. K., Shah, D. P., Prajapati, V. D., & Jain, V. C. (2009). Gums and mucilages: versatile excipients for pharmaceutical formulations. *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 4(5), 309-323.
4. Behbahani, B. A., Shahidi, F., & Yazdi, F. T. (2017). Use of *Plantago major* seed mucilage as a novel edible coating incorporated with *Anethum graveolens* essential oil on shelf life extension of beef in refrigerated storage. *International Journal of Biological Macromolecules*, 94, 515-526.

5. Kim, S. J., Cho, A. R., & Han J. (2013). Antioxidant and antimicrobial activities of leafy green vegetable extracts and their applications to meat product preservation. *Food Control*, 29, 112-120.
6. Toshiyuki, M., Kazuhiro, H., & Masayuki, Y. (2001). Medicinal foodstuffs XXIII structures of new oleanane-type triterpene oligoglycosides, Basellasaponins A, B, C, and D. from the fresh aerial parts of *Basella rubra* L. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 49(6), 776-779.
7. Adhikari, R., Kumar, HN. N., & Shruthi, SD. (2012). A Review on Medical Importance of *Basella alba* L. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research*, 4(2), 110-114.
8. Hexiang, W., & Tzi, B. N. (2004). Antifungal peptides, a heat shock protein-like peptide, and a serine-threonine kinase-like protein for ceylon spinach seeds. *Peptides*, 25, 1209-1214.
9. Chatchawal, C., & Nualkaew, N. (2009). Ceylon Spinach (*Basella alba* L.), A Nutritious Local Vegetable with Potential for Health Food Production. *Journal of Thai Traditional and Alternative Medicine*, 7(2-3), 197-201.
10. Jaicheun, P., & Samutsri, W. (2014). The optimum extraction temperature of mucilage polysaccharide from okra, jew's ear mushroom, ceylon spinach, and paco fern. Proceeding of the Rethink: 4th Social Development for sustainability in ASEAN community; 11-13 June 2014. Centara Hotel and Convention Centre, Khon Kaen, Thailand. p. 415-419. (in Thai)
11. AOAC. (2000). Official Method of Analysis of AOAC International. 17th ed., Washington D.C., USA: The Association of Official Analytical Chemists.
12. Alalor, C. A., Avbunudiogba, J. A., & Augustine, K. (2014). Isolation and characterization of mucilage obtained from *Colocasia exculenta*. *International Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 4(2), 25-29.
13. Deogade, U. K., Deshmukh, V. N., & Sakarkar, D. M. (2012). Natural gums and mucilage's in NDDS: Applications and recent approaches. *International Journal of PharmTech Research*, 4(2), 799-814.
14. Surin, S., Seesuriyachan, P., Thakeow, P., You, S. G., & Phimolsiripol, Y. (2018). Antioxidant and Antimicrobial Properties of Polysaccharides from Rice Brans. *Chiang Mai Journal of Science*, 45, 1372-1382.
15. Chatchawal, C., Nualkaew, N., Preeprame, S., Porasuphatana, S., & Priprame A. (2009). Physical and biological properties of mucilage from *Basella alba* L. Stem and Its gel formulation. *Isan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 6(3), 104-112. (in Thai)
16. Suguna, J., Thenmozhi, S., Parimalam, K., Kalaiselvi, K., & Selvam, K. P. (2015). Antimi-

- icrobial and antioxidant activity of the leaf extract of *Basella alba*. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Research*, 3(2), 66-77.
17. Sen, K., Goel, A., Rawal, S., Mahajan, N., Baboo, S., & Alok, S. (2012). Antimicrobial activity of *Basella rubra* leaves. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 1(2), 88-91.
 18. Alma, M. H., Nitz, S., Kollmannsberger, H., Digrak, M., Efe, F. T., & Yilmaz, N. (2004). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils from the gum of Turkish pistachio (*Pistacia vera* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(12), 3911-3914.
 19. Luft, J. H. (1971). Ruthenium red and violet. I. chemistry, purification, methods of use for electron microscopy and mechanism of action. *The Anatomical Record*, 171, 347-368.
 20. Harika, B., Shammuganathan, S., & Gowthamarajan, K. (2016). Formulation and evaluation of controlled release cefixime Nanoparticles prepared using *Basella alba* leaf mucilage and chitosan as matrix formers. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 8(2), 92-99.
 21. Gelssman, T. A., (1963). Flavonoid compounds tannins lignins and related compounds. *Comprehensive Biochemistry*, 9, 213-215.
 22. Kumar, S. S., Manoj, P., & Giridhar, P. (2015). Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) analysis, chlorophyll content and antioxidant properties of native and defatted foliage of green leafy vegetables. *Journal of Food Science and Technology*, 52(12), 8131-8139.
 23. Oyewole, O. A., Owolabi, O. A., & Okoliegbe, I. N. (2012). The antimicrobial activities of crude methanolic extracts of *Basella alba* on selected microorganisms. *Natural Products: An Indian Journal*, 8(8), 336-340.
 24. Priya, L., Gupta, A., Mahajan, S., Agnihitri, R. K., and Sharma, R. (2015). Evaluation of antimicrobial properties of *Basella rubra* methanolic extracts on selected microorganisms. *International Journal of Pharma Sciences and Research*, 6(2), 334-336.