

ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราของสารสกัดหยาบไบโอชาร์

Antifungal Efficiency of Biochar Crude Extracts

แก้วกัลยา สอดิธสวัสดิ์^{1*} เทพกร ลีลาแต่ม² นลินี ศิริมงคล³ และ บุษบา พรมเทพ³

Kaewkanlaya Sotthisawad^{1*} Tappagorn Leelatam² Naline Sirimongkhon³ and Budsaba Phomthep³

¹สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

²ศูนย์เทคโนโลยีที่เหมาะสม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

³หลักสูตรสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

¹Division of Biology, Faculty of Science and Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University

²Center of Appropriate Technology, Faculty of Science and Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University

³Biology Program, Faculty of Science and Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University

*E-mail: kaewkanlaya@snru.ac.th

Received: Feb 01, 2022

Revised: Mar 09, 2022

Accepted: Mar 16, 2022

บทคัดย่อ

ไบโอชาร์ คือวัสดุจำพวกถ่านที่ได้จากการเผาชีวมวล เช่น วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ภายใต้กระบวนการที่เรียกว่าไพโรไลซิส ในปัจจุบันมีการนำไบโอชาร์มาใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตรเพื่อปรับปรุงคุณภาพของดิน นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคพืชในดิน ด้วยเหตุนี้การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus* sp. และ *Penicillium* sp. ของสารสกัดหยาบไบโอชาร์ที่ผลิตจากขี้เลื่อย กะลามะพร้าว ไม้กระถิน เปลือกหุ้มเมล็ดยางพารา และไม้ยางพารา โดยทำการสกัดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิดคือ เมทานอลและน้ำกลั่น และใช้ความเข้มข้นของสารสกัดไบโอชาร์ในการทดสอบ 3 ระดับคือ 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร จากผลการศึกษาพบว่า สารสกัดไบโอชาร์ต่างชนิดกันสามารถยับยั้งเชื้อราทดสอบได้แตกต่างกัน และความเข้มข้นของสารสกัดไบโอชาร์ที่ใช้มีผลโดยตรงต่อการลดลงของปริมาณเส้นใยรา สารสกัดเมทานอลของไบโอชาร์จากไม้ยางพาราที่ระดับความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ยับยั้งการเจริญของ *Aspergillus* sp. ได้ดีที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา เท่ากับ 10.56 ± 0.60 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สารสกัดเมทานอลของไบโอชาร์จากกะลามะพร้าวที่ระดับความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ยับยั้งการเจริญของ *Penicillium* sp. ได้ดีที่สุด คือ มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา เท่ากับ 24.31 ± 0.76 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการต้านเชื้อราของไบโอชาร์ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านต่าง ๆ ต่อไปนี้

คำสำคัญ: ไบโอชาร์ ไพโรไลซิส ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อรา สารสกัดหยาบ

Abstract

Biochar is a charcoal-like substance made by burning biomass such as agricultural wastes in a process called pyrolysis. Currently, biochar has been used in agriculture to improve soil quality. It has also been reported to inhibit plant pathogenic microorganisms in the soil. Therefore, this study aimed to investigate the antimicrobial efficiency against *Aspergillus* sp. and *Penicillium* sp. of crude extracts of biochar produced from sawdust, coconut shell, acacia wood, rubber pericarp and rubber wood. The biochar was extracted with two solvents including methanol and distilled water. Three concentration levels of the methanolic and aqueous extracts used in the experiments were 1, 2 and 3 % (v/v). From the results, it was found that different biochar extracts inhibited the tested fungi differently and their concentrations had direct effect on the reduction of fungal mycelia. The methanolic rubber wood derived

biochar with the concentration of 3% (v/v) exhibited the highest antifungal activity against *Aspergillus* sp. with the % growth inhibition of $10.56 \pm 0.60\%$ while the methanolic coconut shell derived biochar with the concentration of 3% (v/v) exhibited the highest antifungal activity against *Penicillium* sp. with the % growth inhibition of $24.29 \pm 9.31\%$. This study demonstrates the antifungal potential of biochar which can be applied in various fields in the future.

Keywords: Biochar, Pyrolysis, Antifungal efficiency, Crude extract

1. บทนำ

ไบโอชาร์ (Biochar) หรือถ่านชีวภาพ คือวัสดุที่เป็นผลพลอยได้จากการเผาชีวมวล (Biomass) ได้แก่ เศษพืชผล มูลสัตว์ ของเสียชีวภาพ หรือวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ผ่านการเผาแบบไพโรไลซิส (Pyrolysis) ซึ่งเป็นกระบวนการแยกสลายด้วยความร้อนที่อุณหภูมิสูงมาก ภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจนหรือมีออกซิเจนอย่างจำกัด [1], [2] ไบโอชาร์เป็นวัสดุที่อุดมไปด้วยคาร์บอน โดยมีความแตกต่างจากถ่านทั่วไปหรือชาร์โคล (Charcoal) ตรงจุดมุ่งหมายของการใช้ประโยชน์ ซึ่งชาร์โคลหมายถึงถ่านที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง ในขณะที่ไบโอชาร์คือถ่านที่เน้นการใช้ประโยชน์เพื่อเก็บกักคาร์บอนในดินและปรับปรุงดิน

ปัจจุบันนี้ไบโอชาร์ได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตรอย่างมาก เนื่องจากไบโอชาร์เป็นวัสดุที่มีพื้นที่ผิวมาก มีประจุลบ มีรูพรุน และมีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช จึงถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพดิน เพิ่มผลผลิตทางการเกษตร และเพิ่มความต้านทานของพืชต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมในพืชหลายชนิด รวมทั้งการปรับปรุงและฟื้นฟูดินปนเปื้อนจากมลสารต่าง ๆ (Pollutants) [1], [3], [4], [5] นอกจากนี้ไบโอชาร์ยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงประชากรของแบคทีเรียในดิน [6] และส่งเสริมแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์บางชนิด โดยเฉพาะแบคทีเรียกลุ่มที่มีบทบาทเป็นตัวควบคุมทางชีวภาพ เช่น *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp. และ *Streptomyces* spp. และแบคทีเรียต้านรา *Phytophthora capsica* (สาเหตุของโรคไหม้ไฟทอป (Phytophthora blight) ในพริกไทย) [7], [8] เช่นเดียวกับการศึกษาของ Wang et al. ที่รายงานว่าไบโอชาร์เป็นวัสดุเชิงนิเวศชนิดใหม่ที่มีศักยภาพในการควบคุมโรคที่เกิดจากจุลินทรีย์ก่อโรคในดิน โดยช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพและทำให้ควบคุมโรคในพืชได้ [9] นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่พบว่าสารสกัดไบโอชาร์มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรคพืชหลายชนิดได้ เช่น เชื้อรา *Fusarium oxysporum* Schlecht ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคเหี่ยวเหลือง (Fusarium wilt) ในผักหลายชนิด [10]

ข้อมูลจากงานวิจัยเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของไบโอชาร์ในแง่การยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาศักยภาพของสารสกัดไบโอชาร์ที่ผลิตจากวัสดุทางการเกษตรที่หาง่ายและมีราคาถูก ได้แก่ ชี้อ้อย กะลามะพร้าว ไม้กระถิน เปลือกหุ้มเมล็ดยางพารา และไม้ยางพารา เพื่อทดสอบการยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus* sp. และ *Penicillium* sp. ซึ่งเป็นรากลุ่มซาโปรไฟต์ (Saprophyte) ขนาดใหญ่ที่สามารถพบการปนเปื้อนราเหล่านี้ได้ทั่วไปในแหล่งธรรมชาติ และพบว่ามีหลายสายพันธุ์ที่เป็นสาเหตุของโรคพืชหลายชนิด ทำให้เกิดความเสียหายแก่ผลผลิตทางการเกษตรอย่างมาก [13], [14], [15] สำหรับองค์ความรู้ที่ได้จะเป็นข้อมูลทางวิชาการที่สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดสู่การส่งเสริมประสิทธิภาพและการประยุกต์ใช้ไบโอชาร์เพื่อพัฒนานวัตกรรมด้านการเกษตรที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคชนิดอื่น ๆ ซึ่งเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการลดการใช้สารเคมีหรือยาปฏิชีวนะที่อาจก่อให้เกิดความไม่ปลอดภัยแก่มนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อม หรืออาจนำไปสู่แนวทางในการลดต้นทุนด้านการเกษตรในระยะยาวอย่างยั่งยืนต่อไป

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1. การเตรียมตัวอย่างไบโอชาร์

ตัวอย่างไบโอชาร์ที่ใช้ในการศึกษามีทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ ไบโอชาร์ที่ผลิตจากชี้อ้อย กะลามะพร้าว ไม้กระถิน เปลือกหุ้มเมล็ดยางพารา และไม้ยางพารา (Figure 1) โดยนำไบโอชาร์ทั้งหมดมาบดให้เป็นผงละเอียดด้วยเครื่องบด ก่อนบรรจุใส่ถุงซิปปิดสนิท

2.2. การสกัดและการเตรียมสารสกัดหยาดไบโอชาร์

ชั่งไบโอชาร์แต่ละชนิด ๆ ละ 20 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร จำนวน 2 ชุด บีกเกอร์ชุดแรกเติมเมทานอลปริมาตร 100 มิลลิลิตร และชุดที่ 2 เติมน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร แช่ไบโอชาร์ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 สัปดาห์ แล้วกรองสารละลายไบโอชาร์ด้วยผ้ามัสลินปลอดเชื้อ

โดยนำส่วนของเหลวไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (Rotary evaporator) ที่อุณหภูมิห้อง [12] หลังจากนั้นจึงชั่งน้ำหนักสารสกัดไบโอชาร์ และคำนวณหาค่าร้อยละของผลผลิตที่ได้ (%Yield)



Figure 1 Biochar produced from (A) sawdust, (B) coconut shell, (C) acacia wood, (D) rubber pericarp and (E) rubber wood

2.3. การศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราของไบโอชาร์

2.3.1. การเตรียมสารทดสอบ

ชั่งน้ำหนักสารสกัดไบโอชาร์ที่ได้ชนิดละ 0.385 กรัม ผสมกับน้ำกลั่นปลอดเชื้อ โดยปรับปริมาตรสุดท้ายให้ได้ 1.9 มิลลิลิตร ก่อนนำสารสกัดแต่ละชนิดที่เตรียมได้มาเจือจางในอาหารเหลวปลอดเชื้อสูตร Malt extract (ME) ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ให้มีความเข้มข้นของสารสกัดแต่ละชนิดเป็น 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร โดยการเติมสารสกัดแต่ละชนิดในปริมาตร 0.3, 0.6 และ 0.9 มิลลิลิตร ตามลำดับลงในอาหารเหลว ME ปริมาตร 59.7, 59.4 และ 59.1 มิลลิลิตร ตามลำดับ โดยกำหนดให้อาหารเหลว ME ที่ไม่เติมสารสกัดเป็นชุดควบคุมการทดลอง แล้วนำอาหารเหลว ME ที่ผสมสารสกัด (สารทดสอบ) ทั้งหมดไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที [12]

2.3.2. การเตรียมเชื้อทดสอบ

เชื้อทดสอบสำหรับใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราของไบโอชาร์ มีจำนวน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ *Aspergillus* sp. และ *Penicillium* sp. โดยทำการเพาะเลี้ยงบนอาหาร Potato dextrose agar (PDA) ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 7 วัน

2.3.3. การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อรา

ตัดเส้นใยรา (ภายหลังการเจริญครบ 7 วัน) ด้วย Cork borer ปกติเพื่อให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ใส่ลงในสารทดสอบแต่ละชนิดที่เตรียมไว้ ก่อนนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน หลังจากนั้นจึงทำการกรองแยกส่วนของของเหลวออกจากเส้นใยรา แล้วนำส่วนของเส้นใยมาอบจนแห้งและมีน้ำหนักคงที่ ทำการชั่งน้ำหนักเส้นใยด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง แล้วบันทึกน้ำหนักแห้งของราหรือชีวมวลรา (Fungal biomass) [12] เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา (% Growth inhibition) ดังสมการนี้ [16]

$$\% \text{ Growth inhibition} = \frac{(FBC - FBB)}{FBC} \times 100$$

FBC = น้ำหนักแห้งของราที่เจริญในชุดควบคุมการทดลอง

FBB = น้ำหนักแห้งของราที่เจริญในสารทดสอบ

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

3.1. ผลการสกัดไบโอชาร์

ไบโอชาร์แต่ละชนิดถูกนำมาสกัดด้วยตัวทำละลายสองชนิดคือ เมทานอลและน้ำกลั่น ก่อนนำไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุนที่อุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักสารสกัดหยาบบิโอาชาร์ที่ได้เพื่อนำมาคำนวณหาค่าร้อยละของผลผลิตที่ได้ ซึ่งพบว่าสารสกัดไบโอชาร์จากเปลือกหุ้มเมล็ดยางพาราที่สกัดด้วยตัวทำละลายทั้งสองชนิด ให้ร้อยละของผลผลิตสูงมากที่สุดคือ 3.13 และ 3.24 ตามลำดับ ในขณะที่สารสกัดไบโอชาร์จากตัวอย่างอื่น ๆ มีค่าร้อยละของผลผลิตที่ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.00-2.00 เปอร์เซ็นต์ (Figure 2)

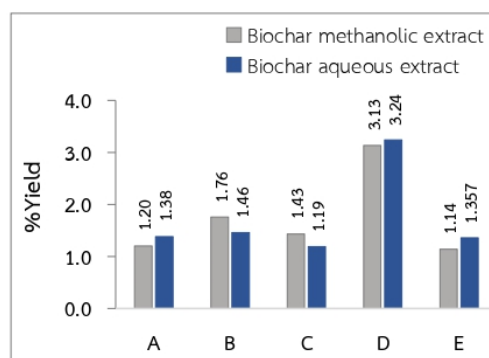


Figure 2 Percent yields of biochar extracts when extracted with methanol and aqueous solvent (A: Sawdust, B: Coconut shell, C: Acacia wood, D: Rubber pericarp and E: Rubber wood)

3.2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราของสารสกัดไบโอชาร์

การศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญ *Aspergillus* sp. และ *Penicillium* sp. ของสารสกัดไบโอชาร์ ทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ ไบโอชาร์จากข้าวเปลือก กะลามะพร้าว ไม้กระถิน เปลือกหุ้มเมล็ดยางพารา และไม้ยางพารา ที่สกัดด้วยน้ำกลั่นและเมทานอล โดยใช้ความเข้มข้นของสารสกัดไบโอชาร์แต่ละชนิด (ที่ผสมในอาหาร ME) แตกต่างกัน 3 ระดับคือ 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และกำหนดให้อาหาร ME ที่ไม่เติมสารสกัดเป็นตัวควบคุม ภายหลังการบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน จึงทำการวัดการเจริญของเชื้อราทดสอบโดยพิจารณาจากน้ำหนักแห้งของราหรือชีวมวลราที่เจริญในสารทดสอบแต่ละชนิด ดังแสดงผลใน Figure 3 และ Figure 4 ตามลำดับ หลังจากนั้นจึงนำผลน้ำหนักแห้งมาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง การเจริญของเชื้อรา จากผลการศึกษาพบว่า สารสกัดไบโอชาร์จากไม้กระถินที่สกัดด้วยตัวทำละลายทั้งสองชนิดไม่สามารถยับยั้งการเจริญของ *Aspergillus* sp. ได้ในทุกระดับความเข้มข้นของสารสกัดที่ใช้ โดยที่ระดับความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ของสารสกัดไบโอชาร์จากไม้ยางพาราที่สกัดด้วยเมทานอลมีผลยับยั้งการเจริญของ *Aspergillus* sp. มากที่สุด ที่ 10.56 ± 0.60 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือที่ระดับความเข้มข้นของสารสกัดไบโอชาร์จากไม้ยางพารา 2 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ที่สกัดด้วยเมทานอล และสารสกัดไบโอชาร์จากเปลือกหุ้มเมล็ดยางพารา 3 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ที่สกัดด้วยเมทานอล โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเท่ากับ 7.60 ± 0.46 และ 7.00 ± 0.62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 1)

สำหรับการศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้ง *Penicillium* sp. ของสารสกัดไบโอชาร์ พบว่ามีเพียงสารสกัดไบโอชาร์จากกะลามะพร้าวและไม้กระถินเท่านั้นที่สามารถยับยั้งการเจริญของ *Penicillium* sp. ได้ โดยที่ระดับความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ของสารสกัดไบโอชาร์จากกะลามะพร้าวที่สกัดด้วยเมทานอล มีผลยับยั้งการเจริญของ *Penicillium* sp. มากที่สุด โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญที่ 24.31 ± 0.76 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือสารสกัดไบโอชาร์จากไม้กระถิน ที่สกัดด้วยเมทานอลและน้ำกลั่น ที่ระดับความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญที่ 19.56 ± 0.47 และ 10.83 ± 0.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2)

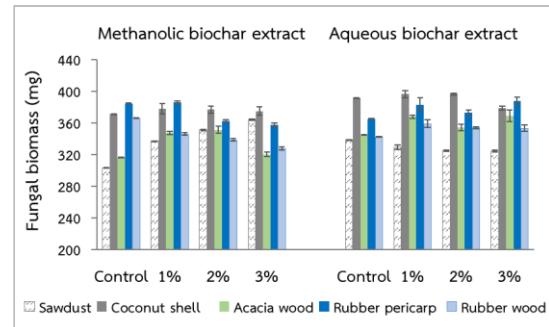


Figure 3 Effects of methanolic and aqueous extracts of biochar on growth of *Aspergillus* sp.

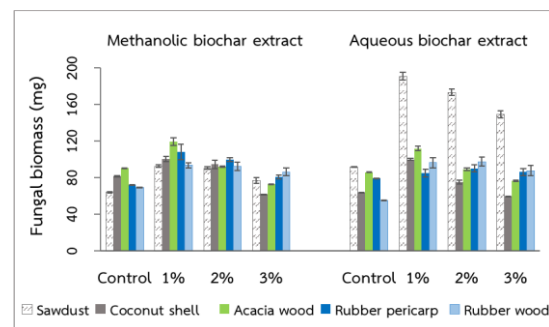


Figure 4 Effects of methanolic and aqueous extracts of biochar on growth of *Penicillium* sp.

จากผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่าสารสกัดไบโอชาร์จากไม้ยางพาราที่สกัดด้วยเมทานอล มีผลยับยั้งการเจริญของ *Aspergillus* sp. ได้ดีที่สุด ซึ่งจากการศึกษาองค์ประกอบหลักทางเคมีของไม้ยางพาราโดย Petchpradab et al. พบว่ามีลิกนิน (Lignin) เป็นองค์ประกอบสูงถึง 28 เปอร์เซ็นต์ [17] โดยที่ Lobo et al. ระบุว่าลิกนินจัดเป็นสารไบโอพอลิเมอร์ธรรมชาติ (Natural biopolymers) ที่มีคุณสมบัติของการต้านจุลินทรีย์ (Antimicrobial agents) [18] รวมถึงการยับยั้งการเจริญของ *Aspergillus* sp. และราสกุลอื่น ๆ [19] ในขณะที่ผลการยับยั้งการเจริญของ *Penicillium* sp. พบว่าสารสกัดไบโอชาร์จากกะลามะพร้าวที่สกัดด้วยเมทานอลนั้นมีประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งจากการศึกษาองค์ประกอบหลักทางเคมีของกะลามะพร้าว พบว่ามีลิกนินเป็นองค์ประกอบหลักที่สูงมากที่สุดคือ 29.4 เปอร์เซ็นต์ [20] โดยที่ Pritha และ Karpagam พบว่าน้ำมันมะพร้าวที่สกัดได้จากกะลามะพร้าวมีกรดลอริก (Lauric acid) ซึ่งจัดเป็นสารออกฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์หลายชนิด ได้แก่ แบคทีเรีย (*Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumonia*, *Pseudomonas aeruginosa* และ *Salmonella typhi*) ฟังไจ (*Penicillium*,

Epidemophyton floccosum, *Aspergillus niger*, *Microsporum canis*, *Candida albicans* และ *Aspergillus flavus*) [21] และไวรัส [22]

นอกจากนี้ยังพบว่าความเข้มข้นของสารสกัดไบโอชาร์ที่ใช้ในการทดสอบการยับยั้งการเจริญของเชื้อทดสอบมีผลต่อการลดลงของปริมาณเส้นใยราของเชื้อทดสอบโดยตรง แม้ว่าสารสกัดไบโอชาร์ที่สกัดด้วยเมทานอล จะแสดงให้เห็นว่าสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อทดสอบได้สูงที่สุดที่ระดับความเข้มข้นของ 3 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร แต่ในขณะเดียวกันก็พบว่าสารสกัดไบโอชาร์ที่สกัดด้วยน้ำกลั่นก็มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อทดสอบทั้งสองสายพันธุ์ด้วยเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Munawwar et al. [12] ที่รายงานไว้ก่อนหน้านี้ว่าสารสกัดไบโอชาร์จากซังข้าวโพดที่สกัดด้วยน้ำกลั่น มีผลทำให้การเจริญของ *Botrytis cinerea* (เชื้อราที่ก่อโรคในผักผลไม้หลายชนิด) ลดลง 36-67 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Sehar et al. [11] ที่พบว่า สารสกัดไบโอชาร์ด้วยน้ำกลั่นมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญ

ของเชื้อราก่อโรค *Botryodiplodia theobromae* สูงกว่าสารสกัดไบโอชาร์ที่สกัดด้วยเมทานอล

4. บทสรุป

จากการศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของ *Aspergillus* sp. และ *Penicillium* sp. ของสารสกัดหยาบไบโอชาร์ พบว่าเชื้อทดสอบทั้งสองสายพันธุ์มีความอ่อนไหว (Sensitive) ต่อสารสกัดไบโอชาร์แต่ละชนิดในระดับที่แตกต่างกัน โดยทั้งชนิดของตัวทำละลายและระดับความเข้มข้นของสารสกัดที่ใช้ในการศึกษา พบว่ามีผลต่อเชื้อทดสอบทั้งสองสายพันธุ์โดยตรง ผลการศึกษานี้ทำให้เห็นถึงศักยภาพของสารสกัดหยาบไบโอชาร์แต่ละชนิดในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคบางชนิด นอกจากนี้การวิเคราะห์หาสารสำคัญที่มีฤทธิ์ด้านเชื้อราในไบโอชาร์แต่ละชนิดอาจเป็นสิ่งจำเป็นต่อการเพิ่มพูนองค์ความรู้ สำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านที่เกี่ยวข้องกับการยับยั้งหรือควบคุมจุลินทรีย์ก่อโรคชนิดอื่น ๆ ต่อไปในอนาคตได้

Table 1 Effects of methanolic and aqueous extracts of biochar on growth of *Aspergillus* sp.

Source of Biochar extract	Growth inhibition (%)					
	Concentrations of methanolic extract			Concentrations of aqueous extract		
	1%	2%	3%	1%	2%	3%
Sawdust	-	-	-	2.71±0.80	2.71±0.32	4.04±0.35
Coconut shell	-	-	-	-	-	3.32±0.61
Acacia wood	-	-	-	-	-	-
Rubber pericarp	-	5.67±0.26	7.00±0.62	-	-	-
Rubber wood	5.51±0.52	7.60±0.46	10.56±0.60	-	-	-

Note: - = No inhibition of *Aspergillus* sp. by biochar extracts

Table 2 Effects of methanolic and aqueous extracts of biochar on growth of *Penicillium* sp.

Source of Biochar extract	Growth inhibition (%)					
	Concentrations of methanolic extract			Concentrations of aqueous extract		
	1%	2%	3%	1%	2%	3%
Sawdust	-	-	-	-	-	-
Coconut shell	-	-	24.31±0.76	-	-	6.61±0.67
Acacia wood	-	-	19.56±0.47	-	-	10.83±0.53
Rubber pericarp	-	-	-	-	-	-
Rubber wood	-	-	-	-	-	-

Note: - = No inhibition of *Penicillium* sp. by biochar extracts

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิชัย รสชาติ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างไบโอชาร์ และขอบคุณสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ที่ให้การสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยนี้

6. References

- [1] Tomczyk, A., Sokołowska, Z. and Boguta, P. 2020. Biochar physicochemical properties: pyrolysis temperature and feedstock kind effects. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**. 19: 191-215.
- [2] Wijitkosum, S. and Jivnok, P. 2019. Elemental composition of biochar obtained from agricultural waste for soil amendment and carbon sequestration. **Applied Sciences**. 9: 3980.
- [3] Yu, H. and et al. 2019. Biochar amendment improves crop production in problem soils: A review. **Journal of Environmental Management**. 232: 8-21.
- [4] Yooyen, J., Wijitkosum, S and Sriburi, T. 2015. Increasing yield of soybean by adding biochar. **Journal of Environmental Research and Development**. 9: 1066–1074.
- [5] Pituya, P. and Popradit, A. 2017. Development and restoration of sandy soil in the rain-shadow area with bio-charcoal. **VRU Research and Development Journal Science and Technology**. 12(3): 27-38. (in Thai)
- [6] Farrell, M. and et al. 2013. Microbial utilization of biochar-derived carbon. **Science of the Total Environment**. 465, 288-297.
- [7] Wang, G. and et al. 2019. Suppression of phytophthora blight of pepper by biochar amendment is associated with improved soil bacterial properties. **Biology and Fertility of Soils**. 55: 813-824.
- [8] Thaenthanee, S. and Daosukho, S. 2016. The survival of agricultural microorganisms in biochar. **Bulletin of Applied Sciences**. 5(5): 89-95. (in Thai)
- [9] Wang, G. and et al. 2020. Biochar mediated control of phytophthora blight of pepper is closely related to the improvement of the rhizosphere fungal community. **Frontiers in Microbiology**. 11: 1-12.
- [10] Shahid, M., Jabeen, K. and Iqbal, S. 2018. Evaluation of antifungal potential of wood biochar against *Fusarium oxysporum* Schlecht. **Journal of Biological Society of Pakistan**. 64(2): 227-232.
- [11] Sehar, A. and et al. 2017. Assessment of biochar and compost antifungal potential against *Botryodiplodia theobromae* Pat. **International Journal of Biology and Biotechnology**. 14(4): 585-589.
- [12] Munawwar, M., Jabeen, K. and Iqbal, S. 2018. Biochar and compost antifungal activity against *Botrytis cinerea* Pers. Ex Fr. **Bangladesh Journal of Botany**. 47(1): 141-146.
- [13] Muangkote, S. and et al. 2017. Effect of roasting temperatures of garlic, shallot and dried chili on antifungal activity of *Aspergillus niger*. **Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University**. 19(3): 88-100. (in Thai)
- [14] Ghuffar, S. and et al. 2021. Studies of *Penicillium* species associated with blue mold disease of grapes and management through plant essential oils as non-hazardous botanical fungicides. **Green Processing and Synthesis**. 10: 21-36.
- [15] Habib, W. and et al. 2021. Occurrence and characterization of *Penicillium* species isolated from post-harvest apples in Lebanon. **Toxins**. 13: 730.

- [16] Teoh, Y.P., Mashitah, M.D. and Salmiah, U. 2015. Antifungal activities of selected wood-degrading fungi of rubberwood. **Journal of Tropical Forest Science**. 27(3): 325–333.
- [17] Petchpradab, P. and et al. 2009. Hydrothermal pretreatment of rubber wood for the saccharification process. **Industrial & Engineering Chemistry Research**. 48: 4587–4591.
- [18] Lobo, F.C.M. and et al. 2021. An Overview of the antimicrobial properties of lignocellulosic materials. **Molecules**. 26: 1749.
- [19] de Meo, C.M.L. and et al. 2020. Lignin isolated from *Caesalpinia pulcherrima* leaves has antioxidant, antifungal and immunostimulatory activities. **International Journal of Biological Macromolecules**. 162(1): 1725-1733.
- [20] Husseinsyah, S. and Mostapha, M. 2011. The effect of filler content on properties of coconut shell filled polyester composites. **Malaysian Polymer Journal**. 6(1): 87-97.
- [21] Pritha, S.D.S.J. and Karpagam, S. 2018. Antimicrobial activity of coconut shell oil. **International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research**. 9(4): 1628-1631.
- [22] Dayrit, F.M. 2015. The properties of lauric acid and their significance in coconut oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**. 92: 15.