

ประสิทธิภาพที่เถ้าแกลบชะลอการสุกของผลไม้ผสมกานพลูอัดเม็ดต่อการยับยั้ง การเจริญของเชื้อราก่อโรคช้ำหวีเน่าในกล้วยหอมทอง

Efficacy of anti-ripening rice husk ashes mixed with clove in pellet form for growth
inhibiting of fungi causing stem rot disease in Hom Thong bananas

กิตติ เมืองดุ่ม^{1*}
Kitti Mueangtoom^{1*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาตัวยอดผลิตภัณฑ์เถ้าแกลบชะลอการสุกผสมกานพลูอัดเม็ดให้มีคุณสมบัติยับยั้งเชื้อราก่อโรคช้ำหวีเน่าในกล้วยหอมทอง โดยการคัดแยกเชื้อราจากช้ำหวีกล้วยหอมทองที่เป็นโรค ด้วยวิธี tissue transplanting และศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วยเทคนิค slide culture พบว่า เชื้อราสาเหตุโรคช้ำหวีเน่าที่คัดแยกจากช้ำหวีกล้วยหอมทอง ได้แก่ *Fusarium* sp. จำนวน 3 ไอโซเลต *Colletotrichum* sp. จำนวน 1 ไอโซเลต และ *Lasiodiplodia* sp. จำนวน 1 ไอโซเลต ทำการขึ้นรูปเม็ดเถ้าแกลบชะลอการสุกผสมกานพลู จำนวน 6 สูตรผสม ตามอัตราส่วน ดังนี้ 50:50, 60:40, 70:30, 80:20, 90:10 และ 100:0 (w/w) แล้วทดสอบคุณลักษณะทางกายภาพ และปริมาณจุลินทรีย์ของเม็ดเถ้าแกลบชะลอการสุกผสมกานพลู จากนั้นนำเม็ดผลิตภัณฑ์สูตรต่าง ๆ ไปทดสอบการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราก่อโรค พบว่า สูตรผสม 50:50 และ 60:40 สามารถยับยั้งเชื้อราก่อโรคช้ำหวีเน่าได้ดีที่สุด โดยสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum* sp. ไอโซเลต 2 และ *Fusarium* sp. ไอโซเลต 5 ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ยับยั้งการเจริญของ *Fusarium* sp. ไอโซเลต 1 และ *Fusarium* sp. ไอโซเลต 4 ได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ แต่ยังไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. ไอโซเลต 3 ได้ เมื่อพิจารณาคุณลักษณะทางกายภาพของเม็ดเถ้าแกลบผสมกานพลู สูตรผสม 50:50 และ 60:40 พบว่า มีลักษณะเม็ดมีความแข็งสูง โดยมีค่าความแข็งของเม็ดที่ 7.27 kg/cm² และ 7.35 kg/cm² และมีเปอร์เซ็นต์การร่อนที่ต่ำ อยู่ที่ 0.27 และ 0.28 ตามลำดับ และไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ภายในเม็ด

คำสำคัญ: กล้วยหอมทอง เชื้อราก่อโรคช้ำหวีเน่า เม็ดเถ้าแกลบชะลอการสุก กานพลู

Abstract

The objective of this research was to develop a product of anti-ripening rice husk ashes mixed with clove powder, for inhibitory property against fungi that caused stem rot in Hom Thong bananas. Pathogenic fungi were isolated from infected stem of Hom Thong banana using tissue transplanting. Their morphological characteristics were

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

¹ Faculty of Science and Technology, Uttaradit Rajabhat University

* Corresponding author. E-mail: kitti.mue@uru.ac.th

studied by using slide culture techniques. It was found that fungi causing stem rot in Hom Thong bananas were three isolates of *Fusarium* sp., one isolate of *Colletotrichum* sp. and one isolate of *Lasiodiplodia* sp. Six pellets mixture of anti-ripening rice husk ashes and cloves powder were formulated at ratios of 50:50, 60:40, 70:30, 80:20, 90:10 and 100:0 (w/w). Physical properties and microbial populations of the pellets were evaluated. The formulated products were tested for their inhibitory effects on fungal growth using disc diffusion technique. The 50:50 and 60:40 formulations were the most effective in inhibiting the growth of fungal pathogens causing stem rot disease, with 100% inhibition of *Colletotrichum* sp. isolate 2 and *Fusarium* sp. isolate 5 hyphal growth. *Fusarium* sp. isolate 1 and *Fusarium* sp. isolate 4 were inhibited up-to 90%. However, *Lasiodiplodia* sp. isolate 3 was not effectively inhibited. When considering the physical characteristics of the pellet mixture of anti-ripening rice husk ashes and cloves powder, the 50:50 and 60:40 formulations exhibited high hardness, with pellet hardness values of 7.27 kg/cm² and 7.35 kg/cm², respectively, and low friability with friability percentages of 0.27 and 0.28 respectively. Additionally, no microbial contamination was observed within these pellets.

Keywords: Hom Tong bananas, fungi causing stem rot disease, anti-ripening rice husk ashes, clove

บทนำ

กล้วยหอมทอง (*Musa acuminata*) เป็นผลไม้ที่สร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรไทยจำนวนมากในแต่ละปี เนื่องจากกล้วยหอมทองในประเทศไทยมีลักษณะผลสวยงาม น้ำหนักมาก เปลือกบาง กลิ่นหอม และรสชาติดี จึงทำให้ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศ แต่เกษตรกรที่ปลูกกล้วยหอมทอง ส่วนใหญ่มักประสบปัญหาการสุกของกล้วยหอมทอง ซึ่งมีสาเหตุจากการที่ผลกล้วยมีอัตราการทำลายและการผลิตเอทิลินที่เพิ่มอย่างรวดเร็ว จากข้อมูลการสำรวจความคิดเห็นกลุ่มผู้ปลูกกล้วยหอมทองในเขตอำเภอเมืองพิษณุโลก จำนวน 48 คน โดย Kaewmanee, & Krajayklang (2018) พบว่า ปัญหาการสุกสร้างความเสียหายให้แก่ผลผลิตคิดเป็น 30.80 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนผลผลิตทั้งหมด อีกหนึ่งปัญหา คือ การเน่าเสียที่ขั้วหวี ซึ่งเกิดจากการเข้าทำลายของเชื้อรา *Colletotrichum musae*, *Fusarium* sp. และ *Lasiodiplodia theobromae* โดยจากการศึกษาของ Joybundit (2016) ที่ศึกษาความเสียหาย

ของกล้วยหอมทองหลังการเก็บเกี่ยว พบโรค 4 โรค ได้แก่ โรคขั้วหวีเน่า โรคแอนแทรคโนส โรคขั้วผลเน่า และโรค *Botryodiplodia* finger rot โดยโรคขั้วหวีเน่าเป็นโรคที่รุนแรงที่สุด ซึ่งสร้างความเสียหายประมาณ 91.43-100 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนผลผลิตทั้งหมด จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นเกษตรกรจำเป็นต้องหาวิธีป้องกัน เพื่อให้ได้กล้วยหอมทองที่ปลอดโรค มีคุณภาพดี และสามารถเก็บรักษาได้นาน ปัจจุบันมีการใช้สารโพแทสเซียมซอร์เบต (potassium sorbate) ปริมาณ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อให้ได้กล้วยคุณภาพดีและเก็บรักษาได้นาน โดยนำกล้วยที่ตัดแยกหวีเรียบร้อยแล้ว นำมาจุ่มกับสารดังกล่าว 5 นาที ผึ่งทิ้งไว้จนแห้ง (Jirawut, Sutthayakom, Chinaphuti, & Salakpet, 2012) แต่เพื่อให้ปลอดภัยต่อผู้บริโภคและเป็นที่ยอมรับของตลาด โดยเฉพาะตลาดจีนและญี่ปุ่น เกษตรกรจำเป็นต้องแก้ปัญหาเหล่านี้โดยอาศัยการใช้สารปลอดภัยจากธรรมชาติ

ทั้งนี้เพื่อเป็นการแก้ปัญหาทั้งในส่วนของการชะลอและควบคุมการสุก และการลดการเกิดโรคขั้วหวีเน่า

หลังการเก็บเกี่ยว ทำให้มีแนวคิดในการต่อยอดที่เ้าแปลงเสริมฤทธิ์ชะลอการสุกที่สามารถแก้ปัญหาการสุกระหว่างการขนส่งได้ (Mueangtoom, 2018) โดยเสริมประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุโรคข้าวหีเ้าด้วยการประยุกต์ใช้สมุนไพร โดยมีงานวิจัยหลายชิ้นที่ทำการการศึกษาเพื่อแก้ปัญหาเ้าด้วยการใช้สารสกัดจากสมุนไพร แต่เป็นเพียงวิธีการในห้องปฏิบัติการและยังไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ เนื่องจากไม่สามารถหารูปแบบที่เหมาะสมในการนำมาใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งรูปแบบที่ง่ายและสะดวกต่อการใช้และนำไปใช้ในบรรจุภัณฑ์ได้หลายรูปแบบคือรูปแบบเม็ดแข็ง (Sawadsukho et al., 2022) โดยสมุนไพรที่มีฤทธิ์ในการกำจัดและยับยั้งเชื้อก่อโรคข้าวหีเ้า ได้แก่ ขี้เหล็ก กานพลู พริก ขมิ้น ข่า กระชาย ขิง และพบว่ากานพลูมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคข้าวหีเ้าดีที่สุด (Thaisuchat, & Boonkon, 2014) โดยการศึกษาผลของการเคลือบเมล็ดด้วยน้ำมันหอมระเหยต่อเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่าการเคลือบเมล็ดด้วยน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus niger* และ *Fusarium* sp. (Akaranuchat, Changtang, Thobunluepop, Vearsilp, & Thanapornpoonpong, 2010) และการควบคุมเชื้อราปนเปื้อนในกระเทียมด้วยสารสกัดจากพืชและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสภาพห้องทดลอง พบว่า สารสกัดจากกานพลู พริก และขมิ้น มีฤทธิ์การยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp. และ *Penicillium* sp. โดยสารสกัดจากกานพลูที่ความเข้มข้น 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรมีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยยับยั้งเชื้อราทั้งหมดที่ทดสอบได้อย่างสมบูรณ์ (Thaisuchat, & Boonkon, 2014) งานวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของขี้เ้า

แปลงชะลอการสุกผสมกานพลูอัดเม็ดในการยับยั้งเชื้อก่อโรคข้าวหีเ้าในกล้วยหอมทองจังหวัดอุดรดิตถ์

วิธีการศึกษา

1. การคัดแยกเชื้อราก่อโรคข้าวหีเ้า

นำกล้วยหอมทองที่แสดงอาการของโรคข้าวหีเ้ามาแยกเชื้อสาเหตุโรคด้วยวิธี tissue transplanting โดยตัดชิ้นส่วนบริเวณข้าวหีเ้ากล้วยหอมทองที่เป็นโรคขนาดประมาณ 5x5 มิลลิเมตร ฆ่าเชื้อบริเวณผิวของชิ้นส่วนพืชด้วยสารละลายคลอโรกซ์ 10 เปอร์เซ็นต์นาน 5 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ 2 ครั้ง ๆ ละ 3 นาที นำชิ้นส่วนพืชวางบนอาหาร PDA บ่มที่อุณหภูมิห้องเมื่อเส้นใยเจริญ ทำเชื้อบริสุทธิ์โดยเขียนใยเชื้อลงเลี้ยงบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) บ่มที่อุณหภูมิห้องจนเชื้อเจริญเต็มจานอาหาร จากนั้นทำการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา ได้แก่ ลักษณะสปอร์และลักษณะเส้นใยภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า นำมาเทียบรูปวิธานจากหนังสือโรคผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว (Postharvest and Processing Research and Development Division, Department of Agriculture, 2013) ด้วยเทคนิค slide culture

2. การขึ้นรูปเม็ดขี้เ้าแปลงเสริมฤทธิ์ชะลอการสุกผสมกานพลู

2.1 การเตรียมกานพลู

นำดอกกานพลูอบแห้ง (ตราต้นครัว, กรุงเทพฯ) มาบดให้ละเอียด ร่อนด้วยตะแกรกร่อนแบ่งขนาดความถี่ของตาข่าย 40 เมช ซึ่งปริมาณ 200 กรัม นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ จากนั้นนำกานพลูที่ได้บดให้ละเอียดและเก็บใส่ถุงซิปล็อค

2.2 อัตราส่วนในการผสม

- 1) เตรียมซี้เถ้าแกลบเสริมฤทธิ์ชะลอการสุกตามกรรมวิธีของ Mueangtoom (2018) โดยใช้ซี้เถ้าแกลบที่ผ่านการอบแห้งผสมกับต่างทับทิม (Potassium Permanganate: KMnO_4) ที่ 0.10 เปอร์เซนต์
- 2) นำผงกานพลูจากข้อ 2.1 มาผสมกับซี้เถ้าแกลบเสริมฤทธิ์ชะลอการสุกให้เข้ากัน จำนวน 6 สูตรผสมดัง (Table 1)

Table 1 Ratio of anti-ripening rice husk ashes to clove powder.

formula	anti-ripening rice husk ashes (gram)	clove powder (gram)
1	50	50
2	60	40
3	70	30
4	80	20
5	90	10
6	100	0

จากนั้นนำไปผสมกับแป้งเปียกในอัตราส่วน 1:1 (w/w) อัดขึ้นรูปเป็นเม็ดด้วยเครื่องอัดเม็ด กำหนดให้ขนาดเม็ดหนา 0.5 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร นำเม็ดที่ขึ้นรูปแล้วมาอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปวัดความหนาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่อเม็ด เพื่อคัดเม็ดที่มีขนาดเท่ากันในการทำการทดสอบ จากนั้นเก็บใส่ถุงซิปล็อคเพื่อนำไปใช้ต่อไป

2.3 การทดสอบคุณลักษณะทางกายภาพและจุลินทรีย์ของเม็ดซี้เถ้าแกลบผสมกานพลู

การทดสอบคุณลักษณะทางกายภาพและจุลินทรีย์ของเม็ดซี้เถ้าแกลบผสมกานพลู ตามกรรมวิธีของ Hudge, Nagoba, Mulaje, Chau, & Kondapure, (2024) ดังนี้

- 1) การทดสอบแปรปรวนของน้ำหนัก (weight variation) ทำการสุ่มตัวอย่างจากสูตรตำรับ มาอย่างละ 20 เม็ด จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักเม็ดในแต่ละเม็ดหาค่าน้ำหนักเฉลี่ยของเม็ด
- 2) การทดสอบความหนาของเม็ด (tablet thickness test) ทำการสุ่มตัวอย่างจากสูตรตำรับ มาอย่างละ 20 เม็ด จากนั้นนำไปวัดความหนาของเม็ดด้วยเครื่องคาลิเปอร์ (vernier caliper)
- 3) ความแข็งของเม็ดซี้เถ้าแกลบชะลอการสุกผสมกานพลู ทดสอบโดยการสุ่มตัวอย่างสูตรละจำนวน 10 เม็ด จากนั้นนำไปวัดความแข็งของเม็ดด้วยเครื่องวัดความแข็งของเม็ดแบบมอนแซนโต (hardness tablet tester: MONSANTO)
- 4) การทดสอบความกรอบของเม็ด (friability test) ความกรอบของเม็ดซี้เถ้าแกลบชะลอการสุกผสมกานพลู โดยการสุ่มตัวอย่างจากการชั่งน้ำหนักสูตรละ 6.50 กรัม ค่าความแปรปรวน 650 มิลลิกรัม นำเข้าเครื่องวัดความกรอบของยา (friability tester, CS-1 model, China) ความเร็ว 100 รอบ ในเวลา 4 นาที ทำการชั่งน้ำหนักอีกครั้งเพื่อหาน้ำหนักที่หายไป ทำซ้ำ 3 ครั้ง คำนวณหาค่าความกรอบ หาค่าเฉลี่ยและค่า S.D. ดังสมการ (1)

$$\% \text{ Friability} = \left[\frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนทดสอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังทดสอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังทดสอบ}} \right] \times 100 \quad (1)$$

5) การทดสอบปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ โดยนำเมดชี้เค้าแกลบผสมกานพลูแต่ละอัตราส่วน จำนวน 3 เม็ด วางบนอาหาร PDA บ่มที่อุณหภูมิห้อง สังเกตการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทุกวัน เป็นเวลา 3 วัน

3. การทดสอบการยับยั้งเชื้อราก่อโรคข้าวเหนียว

นำเมดชี้เค้าแกลบผสมกานพลูแต่ละอัตราส่วนของชี้เค้าแกลบชะลอการสุกต่อผสมกานพลู ได้แก่ 50:50, 60:40, 70:30, 80:20, 90:10 และ 100:0 (w/w) ด้วยวิธี disc diffusion techniques โดยเจาะเส้นใยเชื้อราก่อโรคจากจานอาหารเลี้ยงเชื้อด้วย cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร วางบนกึ่งกลางจานอาหาร PDA จำนวน 3 จาน จานที่ 1 ไม่ใส่เมดชี้เค้าแกลบผสมกานพลู

(จานควบคุม) และจานที่ 2 ใช้ปากคีบปลอดเชื้อคีบเมดชี้เค้าแกลบชะลอการสุกผสมกานพลูแต่ละอัตราส่วน วางบนอาหาร PDA ที่มีเชื้อราอยู่กลางจานเพาะเชื้อ จำนวน 4 เม็ด โดยวางให้เมดห่างกัน 3.50 เซนติเมตร และห่างจากจุดกึ่งกลางจานอาหาร 2.50 เซนติเมตร (จานทดสอบ) บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน สังเกตและบันทึก โดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเชื้อราในจานควบคุมที่วางกลางจานเพาะเชื้อพร้อมจานทดสอบ นำค่าที่ได้หาค่าเฉลี่ยและคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดโรค ตามสมการของ Kaewgrajang, Manjit, & Tosomboon (2018) ดังสมการ (2)

$$\text{การยับยั้งการเกิดโรค (\%)} = [(A - B)/A] \times 100 \quad (2)$$

โดยที่ A หมายถึง ระยะของเส้นใยจากจุดศูนย์กลางของโคโลนีของเชื้อถึงขอบเส้นใยในจานควบคุม
B หมายถึง ระยะของเส้นใยจากจุดศูนย์กลางของโคโลนีของเชื้อถึงขอบเส้นใยในจานทดสอบ

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำผลการดำเนินงานวิจัยมาวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยสมการของ Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

1. การตัดแยกเชื้อราก่อโรคหลังการเก็บเกี่ยว

จากการตัดแยกเชื้อก่อโรคข้าวเหนียวในกล้วยหอมทองด้วยวิธี tissue transplanting ด้วยเทคนิค slide culture ซึ่งจากการศึกษาลักษณะสปอร์และ

ลักษณะเส้นใยภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า พบทั้งหมด 5 ไอโซเลต มีลักษณะดังนี้

ไอโซเลต 1 ลักษณะการเกิดโรคจะสร้างเส้นใยสีขาวบริเวณข้าวหิวกล้วย เมื่อทำการตัดแยกเชื้อพบลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA เป็นเส้นใยสีขาว ลักษณะกลมขอบเรียบ มีกลุ่มสปอร์สีส้มน้ำตาลแทรกอยู่ในโคโลนี เมื่อศึกษาลักษณะสปอร์และลักษณะเส้นใยภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า พบว่าสปอร์มีรูปร่างยาวรี ใสไม่มีสี มีผนังกัน 3-5 อัน และลักษณะเส้นใยเป็นเส้นใยแบบมีผนังกัน ดัง (Figure 1)

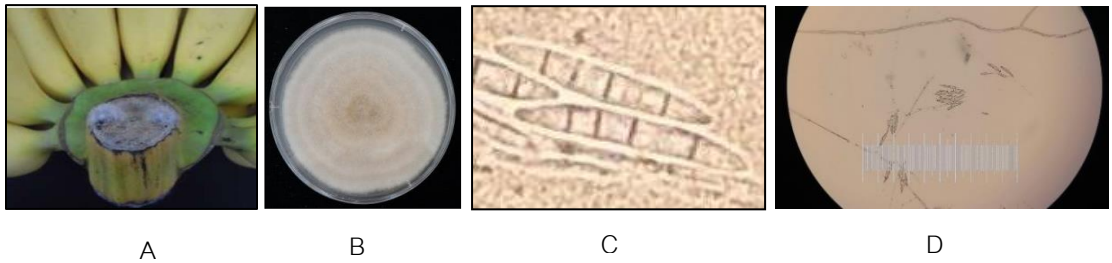


Figure 1 Characteristics of pathogenic fungi isolate 1. (A) disease symptoms (B) colonies on PDA medium (C) characteristics of fungal spores and (D) characteristics of fungal hyphae.

ไอโซเลต 2 ลักษณะการเกิดโรคจะเป็นแผลสีน้ำตาลจนถึงดำ และเกิดเส้นใยสีขาวบริเวณบาดแผล เมื่อทำการคัดแยกเชื้อพบลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA เป็นเส้นใยสีขาว ลักษณะกลม

ไม่ฟู ขอบเรียบ เมื่อศึกษาลักษณะสปอร์และลักษณะเส้นใยภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า พบว่า สปอร์มีรูปทรงกระบอกสั้น หัวท้ายมน ใสไม่มีสี ลักษณะเส้นใยเป็นเส้นใยแบบมีผนังกัน ดัง (Figure 2)

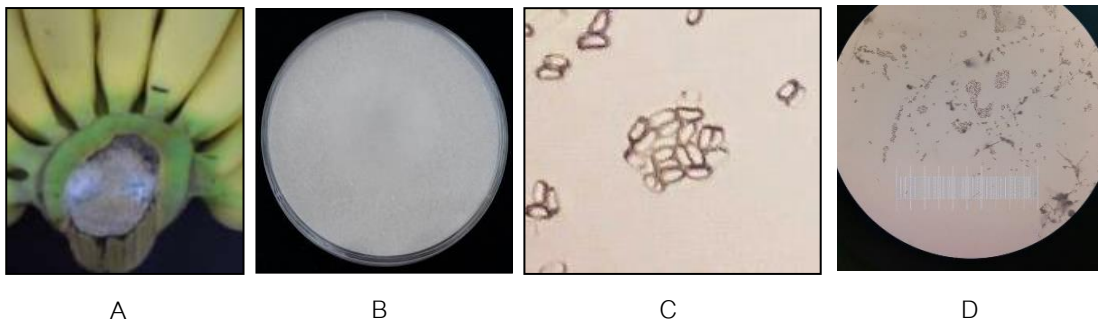


Figure 2 Characteristics of pathogenic fungi isolate 2. (A) disease symptoms (B) colonies on PDA medium (C) characteristics of fungal spores and (D) characteristics of fungal hyphae.

ไอโซเลต 3 ลักษณะการเกิดโรคจะเป็นแผลสีน้ำตาลเข้มและมีเส้นใยสีเทาฟูบนแผล และเชื้อราจะทำลายเนื้อเยื่อบริเวณหัวหรืออย่างรวดเร็วทำให้หัวเกิดเป็นสีดำ เมื่อทำการคัดแยกเชื้อพบลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA เป็นเส้นใยสีขาวละเอียด ค่อนข้างฟู จะเจริญเต็มจานเลี้ยงเชื้อหลังจาก

วางเชื้อเป็นเวลา 2 วัน เมื่อโคโลนีแก่เส้นใยจะเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีเทาดำ เมื่อศึกษาลักษณะสปอร์และลักษณะเส้นใยภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า พบว่าสปอร์มีรูปร่างรีคล้ายไข่ สีน้ำตาลเข้ม มีผนังกัน และเส้นใยมีลักษณะเป็นเส้นใยแบบไม่มีผนังกัน ดัง (Figure 3)

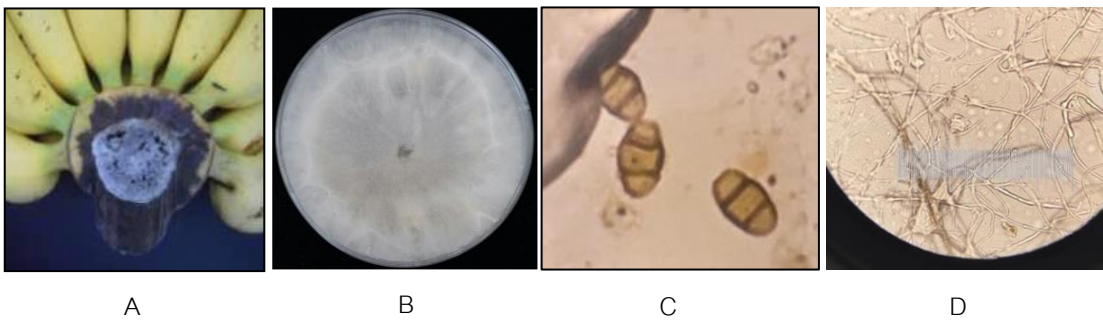


Figure 3 Characteristics of pathogenic fungi isolate 3. (A) disease symptoms (B) colonies on PDA medium (C) characteristics of fungal spores and (D) characteristics of fungal hyphae.

ไอโซเลต 4 ลักษณะการเกิดโรคจะสร้างเส้นใยสีขาวบริเวณซั้วหีกล้วย เมื่อทำการคัดแยกเชื้อพบลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA เป็นเส้นใยสีขาว ลักษณะกลมขอบเรียบมีกลุ่มสปอร์สีส้มน้ำตาลแทรกอยู่ในโคโลนี เมื่อศึกษาลักษณะ

สปอร์และลักษณะเส้นใยภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า พบว่า สปอร์มีรูปร่างโค้งคล้ายพระจันทร์เสี้ยว ใสไม่มีสีมีผนังกัน 3-5 อัน และลักษณะเส้นใย เป็นเส้นใยแบบมีผนังกัน ดัง (Figure 4)



Figure 4 Characteristics of pathogenic fungi isolate 4. (A) disease symptoms (B) colonies on PDA medium (C) characteristics of fungal spores and (D) characteristics of fungal hyphae.

ไอโซเลต 5 ลักษณะการเกิดโรคจะสร้างเส้นใยสีขาวบริเวณซั้วหีกล้วย เมื่อทำการคัดแยกเชื้อพบลักษณะโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA เป็นเส้นใยสีขาว ลักษณะกลมขอบเรียบมีกลุ่มสปอร์สีส้มน้ำตาลแทรกอยู่ในโคโลนี เมื่อศึกษาลักษณะสปอร์และลักษณะเส้นใยภายใต้กล้องจุลทรรศน์

กำลังขยาย 400 เท่า พบว่า สปอร์มีรูปร่างยาวรี ใสไม่มีสี มีผนังกัน 3-5 อัน และลักษณะเส้นใยเป็นเส้นใยแบบมีผนังกัน ดัง (Figure 5)

เมื่อนำลักษณะสปอร์และลักษณะเส้นใยมาเทียบรูปสัณฐานวิทยา สามารถสรุปความเป็นไปได้ของสายพันธุ์เชื้อราก่อโรคซั้วหีเน่า ดัง (Table 2)



Figure 5 Characteristics of pathogenic fungi isolate 5. (A) disease symptoms (B) colonies on PDA medium (C) characteristics of fungal spores and (D) characteristics of fungal hyphae.

Table 2 Possible fungal species isolated from stem rot infected bananas.

isolate	possible fungal species
1	<i>Fusarium</i> sp.
2	<i>Colletotrichum</i> sp.
3	<i>Lasiodiplodia</i> sp.
4	<i>Fusarium</i> sp.
5	<i>Fusarium</i> sp.

จาก (Table 2) พบว่าเชื้อก่อโรคข้าวหีเน่าที่แยกได้ มีลักษณะของสปอร์และเส้นใย ตามรูปวิธานที่มีความเป็นไปได้ในการเป็นเชื้อราในกลุ่ม *Fusarium* sp. จำนวน 3 ไอโซเลต ได้แก่ ไอโซเลตที่ 1 ไอโซเลตที่ 4 และ ไอโซเลตที่ 5 เชื้อรา *Colletotrichum* sp. จำนวน 1 ไอโซเลต ได้แก่ ไอโซเลตที่ 2 และ เชื้อ *Lasiodiplodia* sp. จำนวน 1 ไอโซเลต ได้แก่ ไอโซเลตที่ 3 ซึ่ง สอดคล้อง

กับงานวิจัยของ Joybundit (2016); Kamel, Cortesi, & Saracchi (2016) ที่คัดแยกเชื้อราก่อโรคหลังการเก็บเกี่ยวในกล้วย พบเชื้อ *Fusarium* sp., *Colletotrichum* sp. และ *Lasiodiplodia* sp. ซึ่งเป็นเชื้อราที่มีความสำคัญต่อการสร้างความเสียหายของกล้วยหอมทองทั้ง 3 สายพันธุ์

2. ผลการขึ้นรูปเม็ดซีเถ้าแกลบชะลอการสุกผสมถ่านพลู

2.1 ลักษณะของเม็ดซีเถ้าแกลบชะลอการสุกผสมถ่านพลู

จากการนำซีเถ้าแกลบเสริมฤทธิ์ชะลอการสุกมาผสมผงถ่านพลูและอัดขึ้นรูปเป็นเม็ดโดยใช้แบ่งเปียกเป็นตัวประสาน จำนวน 6 สูตรผสม ได้แก่ 50:50, 60:40, 70:30, 80:20, 90:10 และ 100:0 (w/w) พบว่า ทุกสูตรผสมสามารถขึ้นรูปเป็นเม็ดได้ และที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอกสีดำ ดัง (Figure 6)

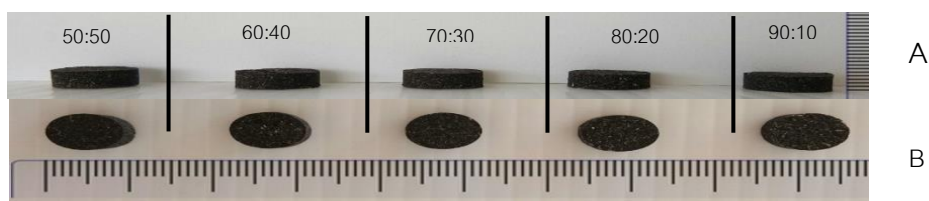


Figure 6 Characteristics of anti-ripening rice husk ash pellets mixed with cloves. (A) side view and (B) top view.

2.2 คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้า้เถ้า กลบชะลอการสุกผสมกานพลู

ผลของการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้า้เถ้ากลบชะลอการสุกผสมกานพลู พบว่าทุกอัตราส่วนให้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก และความสูงของเมล็ดไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ที่อัตราส่วนผสมต่าง ๆ พบว่า ในอัตราส่วน 50:50, 60:40 และ 70:30 ให้ความแข็งแรงมากที่สุดโดยไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) รองลงมาคือ อัตราส่วน 80:20 และ 90:10 ในขณะที่อัตราส่วน 100:0 มีความแข็งแรงน้อยที่สุด เนื่องจากผงกานพลูมีความละเอียดกว่าข้า้เถ้ากลบ ทำให้จับกับตัวประสานได้ดีกว่าและทำให้เมล็ดมีความแข็งแรงมากขึ้นในอัตราส่วนของผงกานพลูที่มีปริมาณมากขึ้น สอดคล้องกับผลของการวัดความแกร่ง ซึ่งที่อัตราส่วน 100:0 ให้เปอร์เซ็นต์การกร่อนที่สูงที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน 80:20 และ 90:10 ในขณะที่อัตราส่วน 50:50, 60:40 และ 70:30 พบว่า เปอร์เซ็นต์การกร่อนน้อยที่สุด ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานยาเม็ดสมุนไพรที่จะต้องมีการกร่อนไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ (World Health Organization, 2003) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Luangtaweepoon, et al. (2011); Pararug (2021) ที่พบว่าแกรนูลและความละเอียดของสมุนไพร รวมถึงสารหอมระเหย มีผลต่อการทอดเม็ดยาในด้านคุณสมบัติความแข็งแรง และเปอร์เซ็นต์การกร่อน และในการตรวจวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนในเมล็ดข้า้เถ้ากลบชะลอการสุกผสมกานพลู พบว่า ไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในทุกอัตราส่วน ดัง (Table 3)

3. ผลการยับยั้งเชื้อราก่อโรคของเมล็ดข้า้เถ้า กลบชะลอการสุกผสมกานพลู

จากการทดสอบการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราก่อโรคทั้ง 5 ไส้หลอดที่แยกได้จากข้าวหิวกด้วยที่มีอาหารของโรค พบว่า จานควบคุมจะมีการเจริญของเส้นใยเชื้อราเต็มจานเพาะเชื้อในระยะเวลา 7 วันในทุกไส้หลอด ในขณะที่เมื่อวางเมล็ดข้า้เถ้ากลบชะลอการสุกผสมกานพลูลงในจานเพาะเชื้อ เลี้ยงร่วมกับเชื้อราสาเหตุโรคทั้ง 5 ไส้หลอดพบว่า ในส่วนของเมล็ดข้า้เถ้ากลบชะลอการสุกผสมกานพลูในอัตราส่วนที่สูง จะผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดี โดยในสูตรที่ 1 พบว่าสามารถยับยั้งเชื้อ *Colletotrichum* sp. isolate 2 ดัง (Figure 7A) และ *Fusarium* sp. isolate 5 ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือการยับยั้ง *Fusarium* sp. isolate 1 และ *Fusarium* sp. isolate 4 มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งที่ 93.11 เปอร์เซ็นต์ และ 92.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่มีการยับยั้งเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. isolate 3 ได้ 11.11 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ สามารถแปลผลได้ว่าไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. isolate 3 ได้ (Kaewgrajang, Manjit, & Tosomboon, 2018) โดยในสูตรที่ 2 มีผลการยับยั้งในลักษณะเดียวกับสูตรที่ 1 คือ สามารถยับยั้งเชื้อ *Colletotrichum* sp. Isolate 2 และ *Fusarium* sp. isolate 5 ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือการยับยั้ง *Fusarium* sp. isolate 1 และ *Fusarium* sp. isolate 4 และไม่สามารถยับยั้ง *Lasiodiplodia* sp. isolate 3 ได้เช่นกัน โดยเปอร์เซ็นต์การยับยั้งของสูตรที่ 1 และ 2 ไม่มีความแตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) และประสิทธิภาพการยับยั้งจะลดลงตามปริมาณของกานพลูที่เป็นส่วนผสม โดยในสูตรที่ 6 เป็นสูตรที่มีแต่ข้า้เถ้ากลบชะลอการสุก พบว่า ไม่มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อได้ทั้ง 5 ไส้หลอด (Figure 7B) ผลการทดสอบ ดัง (Table 4)

Table 3 Physical and microbial contamination properties of anti-ripening rice husk ash mixed with clove pellets.

formular	properties			
	average weight (gram/pellet) [*]	average height (centimeter/pellet) [*]	friability (%) ^{**}	hardness (kg/cm ²) ^{**}
1 (50:50)	1.47±0.02	0.50±0.02	0.27±0.02 ^a	7.35±0.24 ^a
2 (60:40)	1.45±0.02	0.48±0.02	0.28±0.02 ^a	7.27±0.26 ^a
3 (70:30)	1.45±0.02	0.48±0.02	0.28±0.02 ^a	7.20±0.02 ^a
4 (80:20)	1.43±0.02	0.49±0.02	0.35±0.02 ^b	6.73±0.02 ^b
5 (90:10)	1.43±0.02	0.50±0.02	0.39±0.02 ^{bc}	6.24±0.02 ^c
6 (100:0)	1.42±0.02	0.51±0.02	0.45±0.02 ^c	5.08±0.02 ^d

^{*} the means in the same column are not significantly different at the 95% confidence level.

^{**} a/ b/ c/... means with different letters indicate a statistically significant difference at the 95% confidence level.

Table 4 Inhibitory property of anti-ripening rice husk ash mixed with clove pellets against fungi causing stem rot.

formular	fungal colony diameter (cm) and percentage of inhibition [*]				
	<i>Fusarium</i> sp. isolate 1	<i>Colletotrichum</i> sp. isolate 2	<i>Lasiodiplodia</i> sp. isolate 3	<i>Fusarium</i> sp. isolate 4	<i>Fusarium</i> sp. isolate 5
control	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
formular 1	0.31±0.09 ^a	0 ^a	4.00±0.22 ^a	0.33±0.09 ^a	0 ^a
inhibition (%)	93.11	100	11.11	92.67	100
formular 2	0.33±0.09 ^{ab}	0 ^a	4.10±0.12 ^{ab}	0.35±0.09 ^a	0 ^a
inhibition (%)	92.67	100	8.89	92.00	100
formular 3	0.37±0.06 ^b	0 ^a	4.2±0.04 ^b	0.37±0.10 ^b	0 ^a
inhibition (%)	91.78	100	6.67	91.77	100
formular 4	1.5±0.08 ^c	0 ^a	4.30±0.03 ^{bc}	0.39±0.09 ^b	0.55±0.06 ^b
inhibition (%)	66.66	100	4.44	91.33	87.77
formular 5	2.48±0.95 ^d	0.39±0.09 ^b	4.35±0.45 ^c	2.12±0.33 ^c	1.45±0.21 ^c
inhibition (%)	44.88	91.33	3.33	52.89	67.78
formular 6	4.50 ^e	4.50 ^c	4.50 ^c	4.50 ^d	4.50 ^d
inhibition (%)	0	0	0	0	0

^{*} a/ b/ c/... means with different letters indicate a statistically significant difference at the 95% confidence level.

จาก (Table 4) ทำให้เห็นได้ว่าการปนเปื้อนเป็นส่วนสำคัญในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรคข้าวหิวน้ำในกล้วยหอมทอง เนื่องจากกล้วยมีสารยูจีนอลเป็นองค์ประกอบ ซึ่งเป็นสารจำพวก phenolic compound ที่ประกอบไปด้วยกลุ่ม hydroxyl (OH group) มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อรา (Nanasombat, Watthanasuk, Sangphitak, & Singkaban, 2017) และมีสารซินนามาลดีไฮด์ (cinnamaldehyde) ที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ (Sukatta, Haruthaithanasan, Chantarapanont, Dilokkunanant, & Suppakul, 2008) ซึ่งสารทั้งสองมีกลไกในการยับยั้งจุลินทรีย์ คือ จะเข้าไปทำลายผนังเซลล์และยับยั้งเอนไซม์ที่จำเป็นในจุลินทรีย์ ทำให้เชื้อไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (Castellanos et al., 2020) ซึ่งจากงานวิจัยของ Nuchnuanrat, & Jitsatta (2021) พบว่าสารกลุ่ม hydroxyl (OH group) เช่น benzimidazole เป็นสารเคมีที่นิยมใช้ในการกำจัดเชื้อราก่อโรคในกลุ่ม *Colletotrichum* sp. ดังนั้น จึงเป็นการลดการใช้สารเคมี โดยใช้สารกลุ่ม hydroxyl จากกล้วยในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราก่อโรคทดแทนได้ และยังช่วยลดโอกาสเกิดความต้านทานต่อสารเคมีของเชื้อราในแปลงด้วย โดยปริมาณของผงกล้วยที่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราก่อโรคในกลุ่ม *Colletotrichum* sp. และ *Fusarium* sp. คือปริมาณ 40 กรัม ซึ่งผงกล้วยจะมีสารในกลุ่มยูจีนอลที่ 5% (w/v) (Bisergaeva, Takaeva, & Sirieva, 2021) ซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญของเส้นใย ดังนั้น อภิปรายได้ว่าสารยูจีนอล 2 กรัม สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราก่อโรคข้าวหิวน้ำได้เมื่อเทียบกับสารสกัดอื่นๆ พบว่าผลการยับยั้งการ

เจริญของเส้นใยของ *Colletotrichum* sp. สารสกัดยูจีนอลจากกล้วย 5% (w/v) เทียบเท่ากับการใช้สารสกัดพอร์คลอราซ ความเข้มข้น 5% (w/v) และเทียบกับสารไพโรคลอราซ (prochloraz) ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ (Nuchnuanrat, & Jitsatta, 2023)

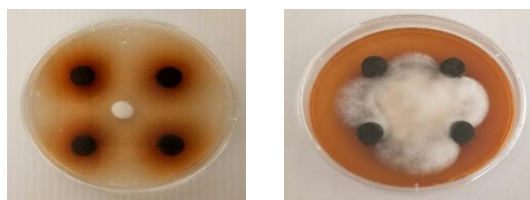


Figure 7 Inhibitory property of anti-ripening rice husk ash mixed with clove pellets against *Colletotrichum* sp. isolate 2 (A) formular 1 and (B) formular 6.

ในการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้ประโยชน์จากผลการวิจัยพบว่า เม็ดซี้เถ้าแกลบชะลอการสุกผสมกล้วย มีประสิทธิภาพในการนำไปใช้กับไม้ผลหลังการเก็บเกี่ยวที่มีโอกาสติดเชื้อก่อโรคข้าวผลเน่า *Colletotrichum* sp. และ *Fusarium* sp. เช่น กล้วยสายพันธุ์ต่างๆ มะม่วง เงาะ และมังคุด เป็นต้น (Postharvest and Processing Research and Development Division, Department of Agriculture, 2013) ทำให้ลดความเสียหายที่เกิดขึ้น อีกทั้งยังช่วยชะลอการสุกได้จากประสิทธิภาพของซี้เถ้าแกลบเสริมฤทธิ์ชะลอการสุกทำให้ยืดระยะเวลาในการขนส่งได้ รวมถึงคุณสมบัติร้อยละของการกร่อนของเม็ด มีประสิทธิภาพเทียบเคียงมาตรฐานยาเม็ดทำให้ไม่เกิดเป็นฝุ่นผงระหว่างการใช้งานด้วย (Mali et al., 2023)

สรุป

ที่เก่าแก่ของการสุกผสมกันพลูในอัตราส่วน 50:50 และ 60:40 เมื่อทำการขึ้นรูปเป็นเม็ดแล้ว พบว่ามีความแข็งแรงและทนต่อการกร่อนในระดับเดียวกับมาตรฐานยาเม็ด คือมีความกร่อนไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ และมีความแข็งแรงสูง ซึ่งมีผลต่อความสามารถในการดูดซับความชื้น ทำให้ไม่แตกง่ายเมื่อโดยความชื้นจากกระบวนการหายใจของผลไม้ และมีประสิทธิภาพสามารถยับยั้งเชื้อก่อโรคหัวเหี่ยวในกล้วยหอมทองในกลุ่มเชื้อ *Colletotrichum* sp. และ *Fusarium* sp. โดยสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรคได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ในระดับห้องปฏิบัติการ ดังนั้นสรุปได้ว่ากระบวนการขึ้นรูปเม็ดที่เก่าแก่ของการสุกผสมกันพลู ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพในการนำไปใช้กับไม้ผลหลังการเก็บเกี่ยวที่มีโอกาสติดเชื้อก่อโรคหัวผลเน่า *Colletotrichum* sp. และ *Fusarium* sp. เช่น กล้วยสายพันธุ์ต่าง ๆ มะม่วง เงาะ และ มังคุด เป็นต้น ซึ่งจะต้องมีการศึกษาปริมาณการใช้ต่อน้ำหนักผลไม้แต่ละชนิดต่อไป

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากอุทยานวิทยาศาสตร์ภาคเหนือ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ และความช่วยเหลือจาก นางสาวคันฉนีย์ คำตัน นางสาวอัจฉราภรณ์ ชันทะสอน และนางสาวธิดิศิพร สิงห์หลอ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

เอกสารอ้างอิง

Akaranuchat, P., Changtang, S., Thobunluepop, P., Vearsilp, S., & Thanapornpoonpong, S. (2010). Effect of

essential oils coating on seed-borne fungi in maize seeds. *Journal of Agriculture*, 26(1), 85-92. (in Thai)

Bisergaeva, R. A., Takaeva, M. A., & Sirieva, Y. N. (2021).

Extraction of eugenol, a natural product, and the preparation of eugenol benzoate. *Journal of Physics: Conference Series*, 1889, 022085.

Castellanos, L. M., Olivas, N. A., Ayala-Soto, J., De La O Contreras,

C. M., Ortega, M. Z., Salas, F. S., & Hernández-Ochoa, L. (2020). In Vitro and In Vivo antifungal activity of clove (*Eugenia caryophyllata*) and pepper (*Piper nigrum* L.) essential oils and functional extracts against *Fusarium oxysporum* and *Aspergillus niger* in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *International Journal of Microbiology*, 2020, 1702037.

Hudge, A. B., Nagoba, S. N., Mulaje, S. S., Chaus, W. N., &

Kondapure, A. A. (2024). Formulation and evaluation of fast dissolving tablet containing *Lagenaria siceraria*. *Journal of emerging technologies and innovative research*, 11(1), h198-h210.

Jirawut, B., Sutthayakom, R., Chinaphuti, A., & Salakpet, S.

(2012). Crown rot disease of banana cv. Hom Thong and its control by GRAS (research report). Bangkok: Department of Agriculture. (in Thai)

Joybundit, R. (2016). *Comparative analysis of methods for*

controlling fruit rot disease of Hom Thong bananas during storage (master's thesis). Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Kaewgrajang, T., Manjit, P., & Tosomboon, N. (2018).

Biological control for inhibiting fungi caused leaf blight disease of eucalyptus. *Agricultural Science Journal*, 49(3), 265-277. (in Thai)

Kaewmanee, P., & Krajayklang, M. (2018). Post-harvest

management and post-harvest loss of golden Banana. *Agricultural Science Journal*, 49(Suppl. 3), 25-31. (in Thai)

- Kamel, M., Cortesi, P., & Saracchi, M. (2016). Source and spread of fungal pathogens causing crown rot disease in organic bananas. *Acta Horticulturae*, 1144, 253-258.
- Luangtaweepoon, I., Pleuktivorapongkul, A., Sirithunyalug, J., Leesawat, P., Charumanee, S. & Yotsawimonwat, S. (2011). Effects of herbal powder composition on flow and compaction properties. In *Proceedings of 49th Kasetsart University Annual Conference* (pp. 113-120). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)
- Mali, D. P., Kamble, S. P., Gaikwad, D. T., Wadkar, G. H., Bhutkar, M. A., Tamboli, F. A., & Pawar, V. T. (2023). Standardization and evaluation of herbal antihypertensive Sarpagandha (Reserpine) tablet formulations. *International Journal of Pharmaceutical Quality Assurance*, 14(1), 7-11.
- Mueangtoom, K. (2018). Effect of improved rice husk ash for delay ripen and increase shelf life of cavendish banana. *Agricultural Science Journal*, 49(Suppl.2), 529-532. (in Thai)
- Nanasombat, S., Watthanasuk, Th., Sangphitak, M., & Singkaban, W. (2017). Antifungal and synergistic effects of some plant essential oils on agricultural produce spoilage mold. *Journal of Science & Technology, Ubon Ratchathani University*, 19(1)(Suppl.), 12-21. (in Thai)
- Nuchnuanrat, P., & Jitsatta, N. (2021). Evaluation of fungicide carbendazim resistance in *Colletotrichum gloeosporioides* causing anthracnose disease of mango cv. Aokrong in Chanthaburi province. *RMUTSB Academic Journal*, 9(2), 164-173. (in Thai)
- Nuchnuanrat, P., & Jitsatta, N. (2023). Efficacy of propolis extract against *Colletotrichum* sp. causing anthracnose diseases of mango fruit cv. Aok Rong. *RMUTSB Academic Journal*, 11(1), 67-78. (in Thai)
- Pararug, S. (2021). *Robust design of tableting parameters in pharmaceutical raw materials* (master's thesis). Chulalongkorn University. Bangkok. (in Thai)
- Postharvest and Processing Research and Development Division, Department of Agriculture. (2013). *Post-harvest fruit diseases*. Bangkok: Chamchuree Products Co., LTD. (in Thai)
- Sawadsukho, S., Narkprasom, N., Jaturonglumler, S., Nitatwichit, C., Amornlerdpison, D., & Narkprasom, K. (2022). Development of herbal extract tablet formulation and shelf-life evaluation. *Burapha Science Journal*, 27(1), 504-523. (in Thai)
- Sukatta, U., Haruthaithanasan, V., Chantarapanont, W., Dilokkunanant, U. & Suppakul, P. (2008). Antifungal activity of clove and cinnamon oil and their synergistic against postharvest decay fungi of grape *in vitro*. *Kasetsart Journal (Natural Science)*, 42(5), 169-174.
- Thaisuchat, H., & Boonkon, P. (2014). *In vitro* control of fungal contamination in stored garlic by herbal extracts and microbial antagonists. *KKU Science Journal*, 42(4), 771-780. (in Thai)
- World Health Organization. (2003). *The International pharmacopoeia: pharmacopoeia internationalis. volume 5, tests and general requirements for dosage forms; quality specifications for pharmaceutical substances and tablets*. Geneva: World Health Organization.