

ผลของน้ำส้มควันไม้จากไม้สะเดาต่อการยับยั้งเชื้อรา บนผลิตภัณฑ์เชือกกล้วยน้ำว้า

EFFECTS OF NEEM WOOD VINEGAR ON ANTIFUNGAL GROWTH OF NAM WAH BANANA ROPE PRODUCTS

สุทธาทิพย์ ทองเล่ม* วิภา ภาชี เปมิกา ขำวีระ ณรงค์ฤทธิ์ หล้าพันธ์ และวรวดี สุชัยยะ

Sutatip Thonglem*, Wipa Pasee, Pemika Khamweera,

Narongrit Lahpun and Voravadee Suchaiya

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำส้มควันไม้จากไม้สะเดาต่อการยับยั้งเชื้อราบนผลิตภัณฑ์เชือกกล้วยน้ำว้าพันธุ์มะลิอ่อนในพื้นที่อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี ทำการทดลองโดยใช้ตัวอย่างเชือกกล้วยที่เตรียมจาก 4 กรรมวิธี ได้แก่ Rope_A (ตัวอย่างควบคุม) Rope_B (พอกขาวด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์) Rope_AN (แช่น้ำส้มควันไม้จากไม้สะเดา) และ Rope_BN (พอกขาวด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์และแช่น้ำส้มควันไม้จากไม้สะเดา) ผลการวิจัยพบเชื้อราเส้นใยขาวในเชือกกล้วย Rope_A เท่านั้น เนื่องจากโซเดียมไฮโปคลอไรท์และน้ำส้มควันไม้จากไม้สะเดา สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราเส้นใยขาวนี้ได้ จากนั้นทดสอบเชือกกล้วยตัวอย่างควบคุมที่เก็บไว้ 30 วัน ในธรรมชาติ (Rope_A30) พบเชื้อรา 3 ชนิด ที่มีเส้นใยสีขาว สีดำ และสีเขียว แต่เชือกกล้วยที่ผ่านการพอกขาวด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์และ/หรือแช่น้ำส้มควันไม้จากไม้สะเดา (Rope_B30 Rope_AN30 และ Rope_BN30) พบเชื้อราเส้นใยดำเท่านั้นและมีจำนวนน้อยกว่าเชือกกล้วย Rope_A30 ผลการวิจัยนี้บ่งชี้ได้ว่าโซเดียมไฮโปคลอไรท์และน้ำส้มควันไม้จากไม้สะเดาสามารถยับยั้งการเกิดเชื้อราและลดการเจริญของเชื้อราในระหว่างการเก็บรักษาได้ แต่สารทั้ง 2 ชนิดส่งผลให้ความแข็งแรงลดลง น้ำส้มควันไม้ไม่ทำให้ความแข็งแรงของเชือกกล้วยลดลงน้อยกว่าการพอกขาวด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์แต่ทำให้สีของเชือกกล้วยเข้มขึ้น

คำสำคัญ: เชือกกล้วย เชื้อรา น้ำส้มควันไม้ ไม้สะเดา

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220

Faculty of Science and Technology, Phranakhon Rajabhat University, Bangkokhen District, Bangkok 10220

*corresponding author e-mail: sutatip.t@pnru.ac.th

Received: 3 April 2024; Revised: 30 August 2024; Accepted: 20 September 2024

DOI: <https://doi.org/10.14456/lsej.2024.21>

Abstract

This research was aimed to examine the influence of neem-wood vinegar on inhibiting fungal growth of banana ‘Namwa Mali-ong’ ropes produced in Chai Badan district, Lopburi province. The experiment was conducted using banana rope samples prepared by four methods: Rope_A (control sample), Rope_B (bleached with sodium hypochlorite), Rope_AN (treated with neem-wood vinegar), and Rope_BN (bleached with sodium hypochlorite and treated with neem-wood vinegar). The results showed the growth of white mycelium fungi in the Rope_A sample only. Sodium hypochlorite and neem wood vinegar solutions could inhibit the growth of the white mycelium fungi. After 30 days of storage at natural condition, 3 mycelium fungi (white, black and green mycelium fungi) were found in Rope_A30 sample (Rope_A after 30 days of storage at natural condition). While Rope_B30, Rope_AN30, and Rope_BN30 samples (banana ropes bleached with sodium hypochlorite and/or treated with neem-wood vinegar after 30 days of storage at natural condition) showed only black mycelium fungi and their numbers were less than in the Rope_A30 sample. This research indicated that sodium hypochlorite and neem wood vinegar could inhibit and reduce fungal growth during product storage but decrease the tensile strength of banana rope products. Neem wood vinegar affected strength reduction less than sodium hypochlorite but increased darkness in banana rope color.

Keywords: banana rope, mold, wood vinegar, *Azadirachta indica* A. Juss.

บทนำ

กล้วย (*Musa* spp.) เป็นพืชล้มลุกขนาดใหญ่ที่ชอบอากาศร้อนชื้น จัดอยู่ในวงศ์ Musaceae มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชีย โดยเฉพาะเอเชียใต้และตะวันออกเฉียงใต้ ในประเทศไทยมีกล้วยหลากหลายสายพันธุ์ โดยกล้วยสายพันธุ์ที่นิยมปลูกเชิงพาณิชย์ ได้แก่ กล้วยน้ำว้า กล้วยหอม และกล้วยไข่ (Suthanukool, 2015) สำหรับพื้นที่อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี นิยมปลูกกล้วยน้ำว้าพันธุ์มะลิอ่อง ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สร้างรายได้หลักชนิดหนึ่งแก่เกษตรกรในพื้นที่เป็นอย่างมาก มีการจำหน่ายกล้วยน้ำว้าพันธุ์มะลิอ่องทั้งในรูปแบบการขายผลกล้วยสด และผลิตภัณฑ์กล้วยแปรรูปต่าง ๆ เช่น กล้วยตาก กล้วยฉาบ กล้วยอบน้ำผึ้ง แป้งกล้วย และแป้งกล้วยโรยเต้า เป็นต้น แต่ชุมชนพบปัญหาหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตกล้วย คือต้นกล้วยที่ออกผลแล้วจะถูกตัดทิ้งเนื่องจากไม่สามารถให้ผลผลิตได้อีก ต้นกล้วยนี้จึงกลายเป็นขยะเหลือทิ้งจำนวนมากในพื้นที่การเกษตร การย่อยสลายตามธรรมชาติต้องใช้ระยะเวลา

พอสมควร และส่งกลิ่นเหม็นระหว่างการเน่าเสีย คนในชุมชนจึงมีความต้องการจะแปรรูปต้นกล้วยที่เป็นขยะเหล่านี้ให้เกิดประโยชน์และมีมูลค่าสามารถจำหน่ายได้

ต้นกล้วยหรือลำต้นเทียม (pseudostem) เกิดจากการอัดแน่นของกาบใบ (leaf sheath) โดยกาบใบเหล่านี้มีเส้นใยอยู่มาก ประกอบไปด้วยเซลลูโลส (43.46 wt%) เฮมิเซลลูโลส (38.54 wt%) ลิกนิน (9 wt%) และอื่น ๆ (9 wt%) คนในแถบเอเชียใช้ประโยชน์จากกาบกล้วยในการผลิตเป็นเชือกกล้วยกันอย่างแพร่หลายตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน เนื่องจากเส้นใยกล้วยมีความเหนียวและแข็งแรงมาก สามารถทนแรงดึงได้มากถึง 600-750 MPa ปัจจุบันกาบกล้วยได้ถูกนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อย่างหลากหลาย เช่น ภาชนะ เชือก สินค้าหัตถกรรม ผ้า กระดาษ เป็นต้น (Mohanty et al., 2005; Jústiz et al., 2008; Kongkeaw & Ratchapho, 2015) ดังนั้นเกษตรกรในพื้นที่อำเภอชัยบาดาลและผู้วิจัยจึงมีแนวคิดร่วมกันในการผลิตผลิตภัณฑ์เชือกกล้วยจากกาบกล้วยเหลือทิ้งเหล่านี้ สำหรับนำไปใช้ในงานประดิษฐ์และจักสานเป็นผลิตภัณฑ์หัตถกรรมต่อไป อย่างไรก็ตามเชือกกล้วยที่ชุมชนผลิตได้ในปัจจุบันประสบปัญหาคุณภาพของเส้นใยที่เกิดเชื้อราได้ง่าย ซึ่งเป็นปัญหาใหญ่สำหรับผลิตภัณฑ์จากเส้นใยธรรมชาติต่าง ๆ เช่น ต้นกล้วย ผักตบชวา ไม้ไผ่ หวาย กระจุต กก เป็นต้น เชื้อราจะทำลายเส้นใยพืชทำให้ความแข็งแรงลดลง ผลิตภัณฑ์เกิดจุดต่างด้า ลดความสวยและคุณค่าของผลิตภัณฑ์ (Somchai et al., 1993) นอกจากนี้สปอร์ของเชื้อราที่ฟุ้งกระจายในอากาศเมื่อสัมผัสทางผิวหนังหรือสูดดมเข้าสู่ร่างกายจะส่งผลกระทบต่าง ๆ เช่น เกิดภูมิแพ้ได้แก่ ปวดศีรษะ เวียนศีรษะ ระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ คัดจมูก คลื่นไส้ และเกิดผื่นคันตามผิวหนัง รวมถึงเกิดอาการอักเสบของระบบทางเดินหายใจส่วนบน และปอด และเป็นสารก่อมะเร็ง (Kimnarak, 2015)

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม (กสอ.) กระทรวงอุตสาหกรรม จึงได้มีการกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.) เพื่อยกระดับผลิตภัณฑ์ชุมชนให้ได้รับความน่าเชื่อถือ ความปลอดภัย และสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภค โดยกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์จากเส้นใยธรรมชาติต่าง ๆ ต้องไม่มีราปรากฏให้เห็นเด่นชัดตลอดชิ้นงาน ซึ่งชิ้นงานสามารถผ่านขบวนการต้มหรืออบ และแช่น้ำยาเพื่อป้องกันการเกิดเชื้อราให้ถูกต้องตามกรรมวิธี จึงจะได้รับการรับรองมาตรฐาน ข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับการใช้เส้นใยกล้วย เช่น ผลิตภัณฑ์จากเชือกกล้วย มผช. 56/2560 ผลิตภัณฑ์จากกล้วย มผช.943/2548 และเครื่องเรือนเชือกกล้วย มผช.1248/2558 เป็นต้น (database to promote and enhance the quality of OTOP product, 2019) ในปัจจุบันวิธีการฆ่าเชื้อราและป้องกันการเกิดเชื้อราที่นิยมใช้กับผลิตภัณฑ์เส้นใยจากพืชคือการอบวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์เส้นใยพืชด้วยกำมะถัน แต่การเผากำมะถันในกระบวนการอบทำให้เกิดก๊าซพิษซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและทำให้เกิดฝนกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ที่ทำลายทั้งสุขภาพ ไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และมีฤทธิ์กัดกร่อนสิ่งก่อสร้างที่ทำจากโลหะให้เกิดสนิม ผุกร่อนก่อนเวลาอันสมควรอีกด้วย (Khongsai et al., 2012)

แนวทางหนึ่งที่แก้ปัญหาก็คือการเกิดเชื้อราในผลิตภัณฑ์เส้นใยจากกาบใบกล้วยที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมต่ำ คือ การใช้สารเคมีธรรมชาติที่ไม่อันตราย เช่น น้ำส้มควันไม้ ซึ่งสามารถยืดอายุการใช้งานของเครื่องจักสานไม้ไผ่จากแมลงและกันเชื้อราได้ (Toomthongkum, 2015) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าน้ำส้มควันไม้ (ความเข้มข้น 5% โดยปริมาตร) สามารถกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ แบคทีเรีย เชื้อรา และฆ่าแมลงในดิน ประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการอบฆ่าเชื้อด้วยการรมควัน (Phuengwongyat, 2002) เนื่องจากน้ำส้มควันไม้มีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ กรดอินทรีย์ 3% และสารอินทรีย์อื่น ๆ ประมาณ 12% ในน้ำ 85% สารประกอบทางเคมีที่สำคัญที่พบในน้ำส้มควันไม้มีมากกว่า 200 ชนิด เช่น กรดอะซิติก (acetic acid) ฟอรัลมาดิไฮด์ (formaldehyde) เอธิล-เอ็น-วาเลอเรต (ethyl-n-valerate) เมทานอล (methanol) และน้ำมันทาร์ (tar) ฯลฯ มีคุณสมบัติโดดเด่นในเรื่องกำจัดและป้องกันแมลงทั่วไปและแมลงศัตรูพืช ออกฤทธิ์ยับยั้งและฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในสัตว์และในอาหาร มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อราในพืชและเชื้อราผิวหนังได้ (Duamkhanmanee, 2015; Viroj, 2019) อีกทั้งน้ำส้มควันไม้เป็นสารเคมีที่มีราคาถูก สามารถหาได้ง่ายในชุมชนอำเภอชัยบาดาล โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำส้มควันไม้จากไม้สะเดาที่เกษตรกรนิยมผลิตและใช้กำจัดแมลงศัตรูพืชในพื้นที่การเกษตร ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของน้ำส้มควันไม้จากไม้สะเดาต่อการยับยั้งเชื้อราและสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เชือกที่ผลิตจากกาบใบกล้วยน้ำว่า พันธ์มะลิอ่อนในพื้นที่อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมเชือกกล้วย

ในการวิจัยนี้ใช้ต้นกล้วยน้ำว่าพันธ์มะลิอ่อน ที่ปลูกในพื้นที่อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี ซึ่งเหลือทิ้งหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต นำมาแกะเอากาบใบชั้นใน ชั้นที่ 3-7 ของต้นกล้วยมาทำการผลิตเป็นเชือกกล้วย โดยหลักการแกะกาบใบด้านนอก 1-2 ชั้นแรก เพราะจะมีจุดตำหนิและรอยโรคค่อนข้างมาก ทำให้เชือกกล้วยหลังแห้งมีตำหนิไม่สวยงาม รวมถึงจะมีเชื้อราตามธรรมชาติของต้นกล้วย และไม่ควรเลือกกาบใบที่อยู่ลึกและขาวจนเกินไปเพราะความแข็งแรงของเชือกกล้วยหลังตากแห้งจะต่ำ

นำกาบใบมาตัดให้เป็นเส้น กว้างประมาณ 1.5 cm ลอกเอาเฉพาะเส้นใยบริเวณผิวด้านนอกของกาบใบให้มีความหนาประมาณ 3 mm ด้วยเครื่องจักตอกไม้ไผ่ นำไปตากแดดให้แห้งประมาณ 1-2 วัน (จนมีน้ำหนักแห้งน้อยกว่า 20% ของน้ำหนักสด) จะได้เชือกกล้วยตัวอย่างควบคุม สำหรับการเตรียมเชือกกล้วยที่ผ่านการฟอกขาวทำได้เช่นเดียวกับวิธีการข้างต้น แต่ให้นำเส้นใยบริเวณผิวของกาบใบมาแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (sodium hypochlorite (NaOCl) ; Haiteir) ความเข้มข้น 2% โดยปริมาตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นล้างด้วยน้ำประปาจนค่าความเป็นกรดต่าง (pH) เป็นกลางก่อนตากให้แห้ง ต่อมานำเชือกกล้วยทั้ง 2 แบบมาแช่ในน้ำส้มควันไม้จากไม้สะเดาซึ่งผลิตในพื้นที่อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี ความเข้มข้น 5% โดยปริมาตร ตามการศึกษาของ Phuengwongyat (2002) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วตากให้แห้งอีกครั้ง กำหนดชื่อตัวอย่างเชือกกล้วยเงื่อนไขต่าง ๆ

ดังตารางที่ 1 (Table 1) โดยแบ่งเชือกกล้วยที่ผลิตได้เป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกนำไปแยกเชื้อราทันทีหลังผลิต (day 0) กลุ่มที่ 2 เก็บในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ เป็นเวลา 30 วัน ก่อนนำไปแยกเชื้อรา (day 30)

Table 1 Code of banana rope samples with various conditions

Group	Treatment	Description
day 0	Rope_A	Control sample
	Rope_B	Rope_A bleached with sodium hypochlorite
	Rope_AN	Rope_A treated with Neem tree vinegar solution
	Rope_BN	Rope_B treated with Neem tree vinegar solution
day 30	Rope_A30	Rope_A after 30 days of storage at natural condition
	Rope_B30	Rope_B after 30 days of storage at natural condition
	Rope_AN30	Rope_AN after 30 days of storage at natural condition
	Rope_BN30	Rope_BN after 30 days of storage at natural condition

2. การศึกษาสมบัติทางกายภาพของเชือกกล้วย

นำเชือกกล้วยหลังผลิต (day 0) ทั้ง 4 ตัวอย่าง มาศึกษาสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ สีและแรงดึง ทำซ้ำตัวอย่างละ 10 ซ้ำ โดยศึกษาสีด้วยเครื่องวัดสี (colorimeter; 3nh รุ่น NR20XE) ตามระบบ CIE L*a*b* color scale ซึ่งค่า L* คือค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0-100 โดย 0 คือความมืด และ 100 คือความสว่าง ในขณะที่ a* คือค่าที่บอกแกนสีเขียวกับสีแดง ถ้าค่า -a* จะมีค่าสีเป็นสีเขียว และถ้าค่า +a* จะมีค่าสีเป็นสีแดง ส่วนค่า b* คือค่าที่บอกแกนสีน้ำเงินและสีเหลือง ถ้าค่า -b* จะมีค่าสีเป็นสีน้ำเงิน และถ้าค่า +b* จะมีค่าสีเป็นสีเหลือง และทดสอบแรงดึงด้วยเครื่องทดสอบแรงกล เอนกประสงค์ (universal testing machine; BEMACS รุ่น ITK-1066A/B) เตรียมตัวอย่างให้มีขนาด กว้าง x ยาว x หนา เท่ากับ 0.7 cm x 15.0 cm x 0.07 cm โดยประมาณ มีระยะทดสอบ (gauge length) 10 cm ทำการทดสอบด้วยแรงดึง 1 kg ความเร็ว 1 mm/min แสดงผลค่าการทนแรงดึง (tensile strength) และมอดูลัสความยืดหยุ่น (elastic modulus) ของเชือกกล้วย

3. การตรวจสอบเชื้อราที่พบในตัวอย่างเชือกกล้วยด้วยวิธีการ spread plate

เตรียมอาหาร PDB (potato dextrose broth) และ PDA (potato dextrose agar) แล้วฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งแรงดันสูง ที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 15 นาที ต่อมาทำการเก็บตัวอย่างเชื้อราในเชือกกล้วยทุกตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มหลังผลิต (Rope_A Rope_B Rope_AN และ Rope_BN) และกลุ่มหลังเก็บไว้นาน 30 วัน (Rope_A30 Rope_B30 Rope_AN30 และ Rope_BN30) โดยการนำเชือกกล้วยมาป่นให้ละเอียด ผสมกับอาหาร PDB ในอัตราส่วน 25:225 (g:ml) แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้องพร้อมเขย่า (shaker) ที่ 150 rpm. เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นดูดเอาอาหาร PDB ปริมาตร 0.1 ml หยดลงบนอาหาร PDA เกลี่ยเชื้อให้กระจายไปทั่วอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยแท่งแก้วปลอดเชื้อรูป 3 เหลี่ยมที่

ปราศจากเชื้อ แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ทำซ้ำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ รายงานผลจำนวนเชื้อเป็น CFU/ml สุดท้ายทำการตรวจสอบลักษณะเชื้อราที่เกิดขึ้นบนอาหาร PDA ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (compound microscope; OLYMPUS รุ่น BX43)

ผลการวิจัย

1. ผลของน้ำส้มควันไม้จากไม้สะเดาที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของเชือกกล้วย

1.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของเชือกกล้วย

ลักษณะของเชือกกล้วยหลังผลิตทุกตัวอย่าง (Rope_A Rope_B Rope_AN และ Rope_BN) แสดงในภาพที่ 1 (Figure 1) เชือกกล้วยทุกตัวอย่างหลังตากแห้ง มีความกว้าง และความหนาลดลงไม่แตกต่างกันประมาณ 52.26% และ 75.67% ตามลำดับ โดยเชือกกล้วยหลังตากแห้งมีความกว้างประมาณ 0.715 ± 0.015 cm และความหนาประมาณ 0.070 ± 0.011 cm

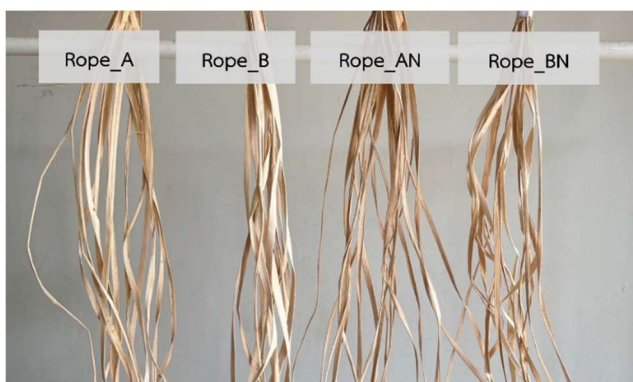


Figure 1 Appearance of various banana rope samples (described in Table 1)

1.2 ค่าสีของเชือกกล้วยตามระบบ CIE L*a*b* color scale

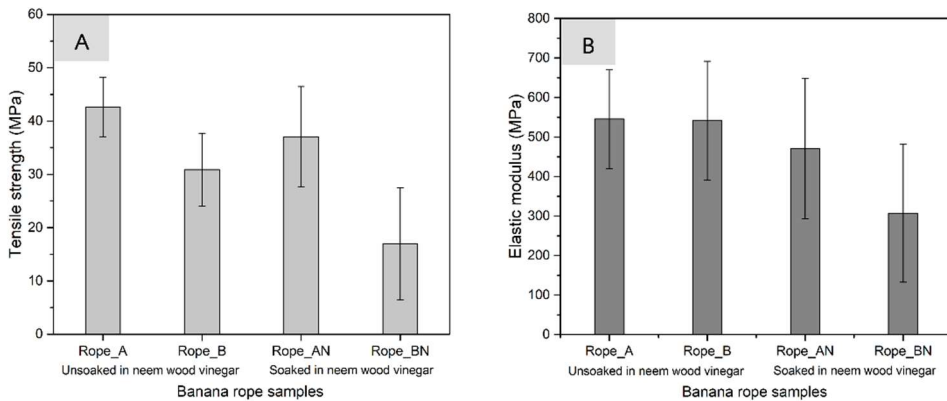
ค่าสีของเชือกกล้วยตัวอย่างควบคุม Rope_A มีสีเหลืองอ่อน ที่มีค่าสีเหลือง (+b*) 20.70 ± 3.43 ค่าสีแดง (+a*) 7.65 ± 1.63 และค่าความสว่าง (L*) 64.70 ± 6.83 ส่วนเชือกกล้วยที่ผ่านการฟอกขาว Rope_B มีสีอ่อนลง ค่าความสว่าง (L*) เพิ่มขึ้นเป็น 79.33 ± 3.74 ในขณะที่ค่าสีเหลือง (+b*) และค่าสีแดง (+a*) ลดลงเล็กน้อย แต่เชือกกล้วยที่ผ่านการแช่น้ำส้มควันไม้ Rope_AN และ Rope_BN มีสีเข้มขึ้นเล็กน้อย ค่าความสว่าง (L*) ลดลง และค่าสีแดง (+a*) เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับ Rope_A และ Rope_B ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 The CIE L*a*b* color scale of various banana rope samples

Treatment	CIE L*a*b* color scale		
	L*	a*	b*
Rope_A	64.70 ± 6.83	7.65 ± 1.63	20.70 ± 3.43
Rope_B	79.33 ± 3.74	4.71 ± 1.08	17.2 ± 2.01
Rope_AN	60.69 ± 2.63	8.31 ± 0.79	18.01 ± 1.42
Rope_BN	76.57 ± 1.82	5.31 ± 0.56	17.70 ± 1.30

1.3 สมบัติเชิงกลของเชือกกล้วย

เชือกกล้วยตัวอย่างควบคุม Rope_A มีค่าการทนแรงดึงเฉลี่ย 42.65 ± 5.56 MPa แต่การฟอกขาวส่งผลทำให้ค่าการทนแรงดึงของเชือกกล้วย Rope_B ลดลง 27.62% (30.87 ± 6.79 MPa) ดังภาพที่ 2A (Figure 2A) ในขณะที่มอดูลัสความยืดหยุ่นของเชือกกล้วยตัวอย่าง Rope_A และ Rope_B มีค่าไม่แตกต่างกันดังภาพที่ 2B (Figure 2B) จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าการฟอกขาวด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (Rope_B) ส่งผลทำให้ความแข็งแรงของเส้นใยลดลง (เมื่อเทียบกับ Rope_A) เนื่องจากโซเดียมไฮโปคลอไรท์ มีบทบาทในการกำจัดลิกนินออกจากโครงสร้างพืช ซึ่งลิกนินเป็นองค์ประกอบที่สร้างความแข็งแรงให้แก่เซลล์พืช

**Figure 2** Tensile strength (A) and elastic modulus (B) of various banana rope samples

ส่วนน้ำส้มควันไม้จากไม้สะเดาส่งผลทำให้ค่าการทนแรงดึงของเชือกกล้วย Rope_AN และ Rope_BN ลดลง 13.11% (37.06 ± 9.43 MPa) และ 55.60% (18.94 ± 7.82 MPa) ตามลำดับ ดังภาพที่ 2A (Figure 2A) และมอดูลัสความยืดหยุ่นลดลง 13.55% และ 43.66% ตามลำดับ ดังภาพที่ 2B (Figure 2B) เมื่อเทียบกับเชือกกล้วย Rope_A ผลการวิจัยบ่งชี้ได้ว่า เชือกกล้วยที่ไม่ผ่านการฟอกขาวมาก่อนแช่น้ำส้มควันไม้ (Rope_AN) ความทนแรงดึงลดลงไม่มากนัก เมื่อเทียบกับเชือกกล้วยที่ผ่านการฟอกขาว (Rope_B) และผ่านทั้งการฟอกขาวและแช่น้ำส้มควันไม้ (Rope_BN)

2. ผลของโซเดียมไฮโปคลอไรท์และน้ำส้มควันไม้จากไม้สะเดาต่อการยับยั้งเชื้อราในเชือกกล้วย

ผลการศึกษาเชื้อราในเชือกกล้วยกลุ่มหลังผลิต (day 0) พบว่าเชือกกล้วยตัวอย่างควบคุม Rope_A มีราขาวที่มีเส้นใยฟูละเอียดและขยายเป็นวงกว้างบนอาหาร PDA ดังภาพที่ 3A (Figure 3A) จำนวน 47 CFU/ml แต่ไม่พบเชื้อราชนิดนี้เจริญบนอาหาร PDA ที่เก็บเชื้อจากเชือกกล้วยที่ผ่านการฟอกขาว Rope_B เมื่อนำเส้นใยราขาวจากตัวอย่าง Rope_A มาศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง พบเชื้อมีไมโครโคนิเดีย (microconidia) เซลล์เดี่ยว ใสไม่มีสี รูปไข่ถึงรูปทรงกระบอก หัวท้ายมน ดังภาพที่ 3B (Figure 3B) คล้ายคลึงกับลักษณะของเชื้อรา *Colletotrichum* sp. (Pattarasaikul et al., 2018; Saepaisan & Thonroshrapee, 2019) ส่วนการศึกษาเชือกกล้วยกลุ่มหลังผลิต (day 0) แบบที่ผ่านการแช่น้ำส้มควันไม้ ปรากฏว่าไม่พบเชื้อราเจริญบนอาหาร PDA ที่เก็บเชื้อจากเชือกกล้วยทั้ง Rope_AN และ Rope_BN ผลการทดลองนี้บ่งชี้ได้ว่า ในการผลิตเชือกกล้วยโดยผ่านขั้นตอนการฟอกขาวด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (ความเข้มข้น 2% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง) หรือการแช่น้ำส้มควันไม้จากไม้สะเดา (ความเข้มข้น 5% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง) สามารถยับยั้งการเจริญของราขาวนี้ได้

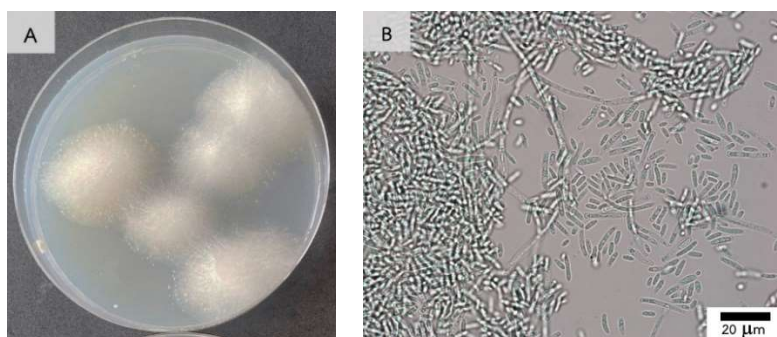


Figure 3 Morphological characteristics of white fungi isolated from control sample (Rope_A); (A) mycelial colony on PDA medium, and (B) microconidia under compound microscope

3. ผลของการเก็บรักษาเชือกกล้วยต่อการเจริญของเชื้อรา

ลักษณะทางกายภาพโดยทั่วไปของเชือกกล้วยทั้ง 4 แบบ ที่ถูกเก็บในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติเป็นเวลา 30 วัน (day 30) ไม่ปรากฏเชื้อราให้เห็นบนเชือกกล้วยทุกตัวอย่าง (Rope_A30 Rope_B30 Rope_AN30 และ Rope_BN30) แต่เมื่อแยกเชื้อราจากเชือกกล้วย Rope_A30 ปรากฏเชื้อรา 3 ชนิด ได้แก่ ราขาว ราดำ และราเขียว ดังภาพที่ 4A (Figure 4A) จำนวน 43 23 และ 15 CFU/ml ตามลำดับตามตารางที่ 3 (Table 3) ส่วนเชือกกล้วยที่ผ่านการฟอกขาวและ/หรือแช่น้ำส้มควันไม้ (Rope_B30 Rope_AN30 และ Rope_BN30) ไม่ปรากฏราขาวและราเขียว พบราดำเพียงชนิดเดียวเจริญบนอาหาร PDA (Figure 4B-D) ซึ่งเป็นราดำชนิดเดียวกับที่พบในเชือกกล้วย Rope_A30 โดยเชือกกล้วย Rope_B30

ดั่งภาพที่ 4B (Figure 4B) พบราดำจำนวน 20 CFU/ml แต่เชื้อกกล้วย Rope_AN30 และ Rope_BN30 ที่ผ่านการแช่น้ำส้มคว้นไม้พบราดำน้อยลงเพียง 10 CFU/ml ดังตารางที่ 3 (Table 3)

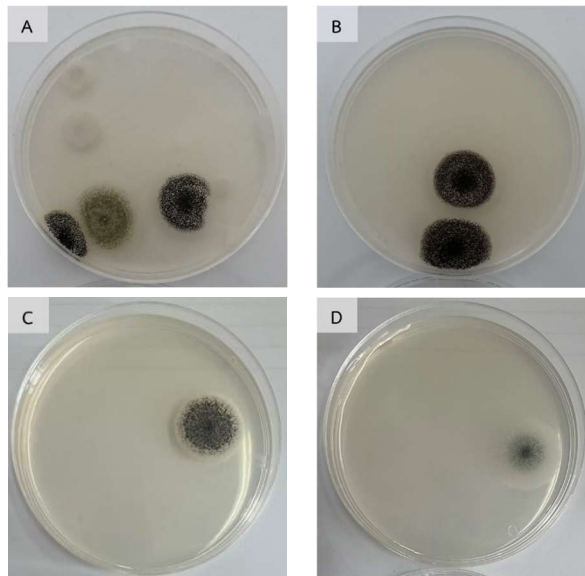


Figure 4 Colony morphology of fungi on PDA medium isolated from various banana rope samples after 30 days of storage at natural condition; (A) Rope_A30, (B) Rope_B30, Rope_AN30, and Rope_BN30 samples

Table 3 Colony forming units (CFU/mL) of fungi isolated from various banana rope samples after drying (day 0) and 30 days of storage (day 30)

Group	Treatment	Colony forming units (CFU/ml)			Total
		White mycelium fungi	Green mycelium fungi	Black mycelium fungi	
day 0	Rope_A	47	-	-	47
	Rope_B	-	-	-	-
	Rope_AN	-	-	-	-
	Rope_BN	-	-	-	-
day 30	Rope_A30	43	15	23	81
	Rope_B30	-	-	20	20
	Rope_AN30	-	-	10	10
	Rope_BN30	-	-	10	10

พิจารณาสัณฐานวิทยาของเชื้อราทั้ง 3 ชนิดภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง พบว่าราขาวโคโลนีสมีเส้นใยสีขาวฟูละเอียด มีไมโครโคนิเดียเซลล์เดี่ยว ใสไม่มีสี รูปไข่ถึงรูปทรงกระบอกหัวท้ายมน ดังภาพที่ 5A (Figure 5A) คล้ายคลึงกับลักษณะของเชื้อรา *Colletotrichum* sp. (Pattarasakul et al., 2018; Saepaisan & Thonroshrapee, 2019) เป็นชนิดเดียวกับที่พบในตัวอย่าง Rope_A ซึ่งโซเดียมไฮโปคลอไรท์และน้ำส้มคว้นไม่จากไม้สะเดา สามารถยับยั้งการเจริญของราขาวนี้ได้ จึงไม่พบเชื้อราชนิดนี้ในเชื้อกกล้วยตัวอย่างอื่น ๆ ส่วนราเขียวโคโลนีสมีสีเขียวและมีเส้นใยสีขาวเจริญในอาหาร PDA เชื้อมีโคนิดิโอฟอร์ (conidiophores) ยาวชูก้านตรง ส่วนปลายมีเวสิเคิล (vesicle) โป่งออกมีรูปร่างค่อนข้างกลมสีเขียวมีส่วนที่ยื่นออกมาเป็นสเตอริกมา (sterigma) ทำหน้าที่สร้างสปอร์โคนิเดีย (conidia) มีรูปร่างค่อนข้างกลมต่อกันเป็นลูกโซ่ (Figure 5B) คล้ายคลึงกับเชื้อรา *Aspergillus* sp. (Chayawat, 2004; Suwan, 2012) ในขณะที่ราดำโคโลนีสมีสีดำและมีเส้นใยสีขาวเจริญในอาหาร PDA เชื้อมีโคนิดิโอฟอร์ยาว ชูก้านตรงส่วนปลายมีเวสิเคิลโป่งออกมีรูปร่างกลมขนาดใหญ่สีน้ำตาลเข้มออกดำ มีสเตอริกมาแบบชั้นเดียวและมีโคนิเดียรูปร่างกลมเรียงกันดังภาพที่ 5C (Figure 5C) คล้ายคลึงกับเชื้อรา *Aspergillus* sp. ชนิด *Aspergillus niger* (Suwan, 2012) ซึ่งเป็นราดำชนิดเดียวกันที่พบในตัวอย่าง Rope_B30 Rope_AN30 และ Rope_BN30

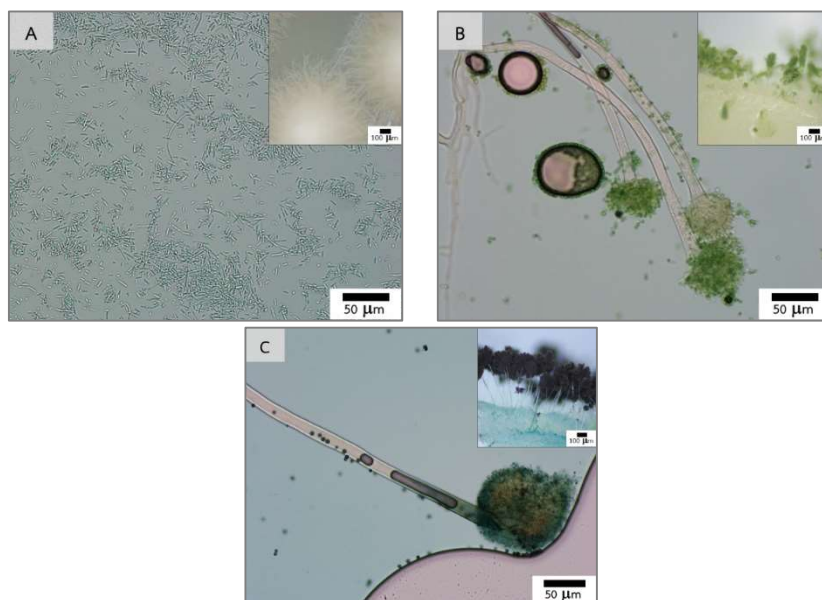


Figure 5 Morphological characteristics of fungi isolated from Rope_A30 sample; (A) white mycelium fungi, (B) green mycelium fungi, and (C) black mycelium fungi

พิจารณาตารางที่ 3 (Table 3) จะเห็นได้ว่าเชื้อกกล้วยทุกตัวอย่างที่ถูกเก็บไว้เป็นเวลา 30 วัน (Rope_A30 Rope_B30 Rope_AN30 และ Rope_BN30) จะพบเชื้อราปนเปื้อนเจริญบนอาหาร PDA ทุกตัวอย่าง โดยตัวอย่างควบคุม Rope_A30 พบการปนเปื้อนของเชื้อราที่คล้ายคลึงกับเชื้อรากลุ่ม

Aspergillus sp. ถึง 2 ชนิด รวมกันจำนวน 38 CFU/ml นอกเหนือจากราขาวที่พบอยู่ก่อนแล้ว ในขณะที่ตัวอย่างอื่น ๆ ที่ผ่านการฟอกขาวและ/หรือผ่านการแช่น้ำส้มควันไม้ (Rope_B30 Rope_AN30 และ Rope_BN30) พบการปนเปื้อนของเชื้อราที่คล้ายคลึงกับ *Aspergillus niger* เพียงชนิดเดียว ในจำนวนที่ต่ำกว่าตัวอย่าง Rope_A30 และพบการปนเปื้อนต่ำที่สุดใน 2 ตัวอย่างที่ผ่านการแช่น้ำส้มควันไม้ (Rope_AN30 และ Rope_BN30) การทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าเชื้อกกล้วยที่ผ่านการฟอกขาวด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (ความเข้มข้น 2%) และ/หรือแช่น้ำส้มควันไม้ (ความเข้มข้น 5%) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สามารถลดการปนเปื้อนและยับยั้งการเจริญของเชื้อราบนเชื้อกกล้วยในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้

อภิปรายผล

ราขาวที่พบในเชื้อกกล้วย Rope_A ลักษณะคล้ายคลึงกับเชื้อรา *Colletotrichum* sp. เป็นเชื้อราที่พบได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในดิน ย่อยสลายซากพืชและต้นกล้วยที่ตายในแปลงปลูก สปอร์มีชีวิตอยู่ได้ภายใต้สภาวะที่มีความชื้นและอุณหภูมิสูง แพร่กระจายได้ในอากาศ เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคหัวเหี่ยว (Crown rot) และแอนแทรคโนส (Anthracnose) ในกล้วย (Pattarasakul et al., 2018; Saepaisan & Thonroshrapee, 2019) ในงานวิจัยนี้พบว่าเชื้อกกล้วยที่ผ่านการฟอกขาวด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 2% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Rope_B) ไม่พบราขาวนี้เจริญบนอาหาร PDA เนื่องจากโซเดียมไฮโปคลอไรท์มีคุณสมบัติที่สามารถยับยั้งการเกิดราขาวที่พบในเส้นใยกาบใบกล้วยได้ เพราะสารประกอบคลอรีนต่าง ๆ มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อราได้ดี เมื่อละลายในน้ำจะให้กรดไฮโปคลอรัส (Hypochlorous acid: -HOCL) เข้าทำปฏิกิริยากับโปรตีนภายในเซลล์ของเชื้อรา (Sirtes et al., 2005; Chimvaree et al., 2017)

นอกจากนี้ไม่พบราขาวเจริญบนอาหาร PDA ในตัวอย่างเชื้อกกล้วย Rope_AN ที่แช่น้ำส้มควันไม้จากไม้สะเดาความเข้มข้น 5% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เช่นเดียวกัน เนื่องจากน้ำส้มควันไม้จากไม้สะเดามีฤทธิ์ในการยับยั้งการเกิดเชื้อราขาวได้ เพราะในน้ำส้มควันไม้จากไม้สะเดามีสารสำคัญคือ กรดอะซิติกมากที่สุด 44.43% รองลงมาคือ กรดฟอร์มิก (formic acid) 30.44% และสารฟีนอลอื่น ๆ ซึ่งมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราในพืชได้ ความเป็นกรดนี้ทำให้เกิดสภาวะที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ (Viroj, 2019) จากคุณสมบัติข้อนี้ทำให้มีการศึกษาฤทธิ์ของน้ำส้มควันไม้ที่มีต่อพืชชนิดต่าง ๆ ในการยับยั้งและควบคุมการเกิดเชื้อราก่อโรคกลุ่ม *Colletotrichum* sp. ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคแอนแทรคโนส ในมะม่วงน้ำดอกไม้ พริกแห้ง และถั่วเหลืองฝักสด เป็นต้น (Sangnak & Nalumpang, 2010; Suwancharoen & Boonmee, 2015; Mahawan et al., 2019) รวมถึงมีการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการเกิดเชื้อราของน้ำส้มควันไม้บนยางแผ่นธรรมชาติอีกด้วย (Chungsiriporn et al., 2018; Chungsiriporn et al., 2020)

ต่อมาทำการแยกเชื้อราจากเชื้อกกล้วยตัวอย่างควบคุมที่เก็บไว้ 30 วัน (Rope_A30) พบว่ามีราเขียวและราดำปนเปื้อน คาดว่าเป็นเชื้อรากลุ่ม *Aspergillus* sp. เป็นเชื้อราที่เจริญได้ดีในสภาวะที่มีอุณหภูมิอบอุ่นและมีความชื้นสูง โดยเฉพาะในประเทศเขตร้อนและเขตอบอุ่น เจริญได้ดีบนผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเซลลูโลส (Wattanuruk, 2007) จึงพบได้ทั่วไปบนผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เช่น พริกกระเทียม ถั่วลิสง พริกป่น พริกไทย ข้าว ข้าวโพด และเมล็ดธัญพืชต่าง ๆ รวมถึงผลิตภัณฑ์จักสานจาก กระจุต ผักตบชวา กก และ กาบกล้วย เป็นต้น เป็นเชื้อราสำคัญในการลดคุณภาพผลผลิตทางการเกษตรที่พบในระยะหลังเก็บเกี่ยว รวมถึงสามารถก่อความเสียหายให้กับผลิตภัณฑ์จักสานอย่างมาก (Wattanuruk, 2007; Suwan, 2012; Vorapunthu et al., 2016; Saortap et al., 2017) นอกจากนี้เชื้อรากลุ่ม *Aspergillus* sp. สามารถสร้างสารพิษอะฟลาทอกซิน (Aflatoxin) ก่อให้เกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจและโรคมะเร็งในมนุษย์และสัตว์ จากการรับสปอร์ของเชื้อราเข้าสู่ร่างกาย และเป็นสาเหตุหนึ่งของโรคมะเร็งในอวัยวะต่าง ๆ เนื่องจากเชื้อรากลุ่มนี้สามารถสร้างสารพิษได้หลายชนิด (Wattanuruk, 2007; Suwan, 2012; Vorapunthu et al., 2016; Ponkham et al., 2017; Saortap et al., 2017; Rattanakreetakul et al., 2021)

ในขณะที่เชื้อกกล้วยที่ผ่านการฟอกขาวและ/หรือแช่น้ำส้มควันไม้ ที่เก็บไว้ 30 วัน (Rope_B30 Rope_AN30 และ Rope_BN30) พบเพียงราดำเท่านั้น เป็นราดำชนิดเดียวกับที่พบในเชื้อกกล้วย Rope_A30 ที่คาดว่าน่าจะเป็นเชื้อราชนิด *Aspergillus niger* และเป็นที่น่าสังเกตว่าพบในปริมาณน้อยกว่า แต่ไม่พบการเจริญของราเขียวบนอาหาร PDA จะเห็นได้ว่าเชื้อกกล้วยที่ผ่านการฟอกขาวด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 2% หรือแช่น้ำส้มควันไม้ความเข้มข้น 5% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สามารถยับยั้งและลดการเจริญของเชื้อราในระหว่างการเก็บรักษาสถิตภัณฑ์ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chimvaree et al. (2017) ที่ได้ทำการศึกษาการจุ่มมะละกอสุกตัดแต่งพร้อมบริโภคพันธุ์เรตมาราดอลในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 100 ppm นาน 1 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (อีโคไล โคลิฟอร์ม แบคทีเรีย ยีสต์และรา) ได้ และยังสามารถชะลอการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้ทำให้มะละกอสุกตัดแต่งมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น และงานวิจัยของ Chungsiriporn et al. (2020) ที่ได้ทำการศึกษาการใช้น้ำส้มควันไม้ต่อการยับยั้งเชื้อราบนยางแผ่นธรรมชาติ โดยเลือกใช้น้ำส้มควันไม้จากไม้ไผ่ ไม้ยางพารา และไม้ยูคาลิปตัส ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีหลักคือกรดอะซิติก เช่นเดียวกันกับน้ำส้มควันไม้จากไม้สะเดาที่ใช้ในการทดลองนี้และมีปริมาณใกล้เคียงกัน พบว่าน้ำส้มควันไม้ทั้ง 3 ชนิด สามารถใช้เป็นสารยับยั้งการเจริญของเชื้อราบนยางแผ่นได้เป็นอย่างดีและสามารถลดการเจริญของเชื้อราในระหว่างการเก็บรักษาได้

แต่อย่างไรก็ตามการฟอกขาวด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์และน้ำส้มควันไม้จากไม้สะเดาส่งผลต่อการลดลงของทนแรงดึงหรือความแข็งแรงของเชื้อกกล้วย เนื่องจากโซเดียมไฮโปคลอไรท์สามารถกำจัดลินินที่สร้างความแข็งแรงให้แก่เซลล์พืชออกจากโครงสร้างพืชได้ และความเป็นกรดของน้ำส้มควันไม้ลดความแข็งแรงของโครงสร้างเซลลูโลสในพืช แต่การแช่เชื้อกกล้วยในน้ำส้มควันไม้ลด

ความแข็งแรงของเชือกกล้วยลงน้อยที่สุดเพียง 13.11% ในขณะที่เชือกกล้วยที่ผ่านการฟอกขาวความแข็งแรงลดลงถึง 27.62% และลดลงอย่างมากถึง 55.60% ถ้าเชือกกล้วยนั้นผ่านทั้งการฟอกขาวและแช่น้ำส้มควันไม้ ดังนั้นเชือกกล้วย Rope_AN ที่ผ่านการแช่น้ำส้มควันไม้จากไม้สะเดาโดยไม่ผ่านการฟอกขาวสามารถยับยั้งการเกิดเชื้อราและลดการเจริญของเชื้อราในระหว่างการเก็บรักษาได้ โดยที่ความแข็งแรงลดลงน้อยที่สุด แต่น้ำส้มควันไม้มีผลทำให้เชือกกล้วยมีสีเข้มขึ้นเล็กน้อย อาจเนื่องจากน้ำส้มควันไม้มีสีออกน้ำตาลแดงจึงทำหน้าที่เป็นสีย้อมในระหว่างการแช่

ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นได้ว่าน้ำส้มควันไม้สามารถยับยั้งและลดการเจริญของเชื้อราในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ ดังนั้นในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เชือกกล้วย อาจใช้น้ำส้มควันไม้จากไม้สะเดามาทดแทนการใช้สารเคมียับยั้งเชื้อรา เพื่อลดการใช้สารเคมี ปลอดภัยต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค รวมทั้งเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาวิจัยต่อยอดการใช้น้ำส้มควันไม้จากไม้สะเดาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา การยืดอายุการเก็บรักษาพัฒนาสีและความแข็งแรงของตัวอย่างเชือกกล้วยให้ตรงตามความต้องการของตลาดผู้บริโภคต่อไป

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติของน้ำส้มควันไม้จากไม้สะเดา (ที่ผลิตในพื้นที่อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี) ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราและลักษณะทางกายภาพของเชือกกล้วย ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า เชือกกล้วยที่ผ่านการฟอกขาวด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ และน้ำส้มควันไม้จากไม้สะเดา สามารถยับยั้งการเกิดเชื้อราและลดการเจริญของเชื้อราในระหว่างการเก็บรักษาได้ แต่ส่งผลทำให้ความแข็งแรง (การทนแรงดึง) ของเชือกกล้วยลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม โดยน้ำส้มควันไม้ลดความแข็งแรงของเชือกกล้วยน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับการฟอกขาวด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ และความแข็งแรงของเชือกกล้วยลดลงมากที่สุดถ้าเชือกกล้วยผ่านทั้งการฟอกขาวและแช่น้ำส้มควันไม้ แต่อย่างไรก็ตามน้ำส้มควันไม้มีผลทำให้เชือกกล้วยมีสีเข้มขึ้น (ค่าความสว่างลดลง) เล็กน้อย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ที่พิจารณาอนุมัติทุนวิจัย งบประมาณด้านวิจัยและนวัตกรรม ประเภท Fundamental Fund ประจำปีงบประมาณ 2566 รหัสโครงการ 178941 ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Chayawat C. Inoculation method and effect of water-logging on *Aspergillus flavus* infection in Peanut. Master of Science Program in Agronomy Thesis, Graduate School, Chiang Mai University; 2004.
- Chimvaree C, Boonyariththongchai P, Poubol J. Effect of sodium hypochlorite solution dipping on microbial population changes of fresh-cut 'Red Maradol' papaya. *Agricultural Science Journal* 2017;48(3):253-256.
- Chungsiriporn J, Pongyeela P, Iewkittayakorn J. Use of wood vinegar as fungus and malodor retarding agent for natural rubber products. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 2018;40(1):87-92.
- Chungsiriporn J, Pongyeela P, Kantakapun K, Chairerk N. Application of wood vinegar for antifungal growth on natural rubber sheet. *King Mongkut's Agricultural Journal* 2020;38(3):351-355.
- Database to promote and enhance the quality of OTOP products. Banana processing. 2019. Source: <http://otop.dss.go.th/index.php/en/knowledge/interesting-articles/340-2019-12-11-02-25-03>. Accessed March 25, 2024.
- Duamkhanmanee R. The application of wood vinegar for controlling *sclerotium rolfsii* sacc. causing damping-off disease in tomato (Research Report). Phranakhon Si Ayutthaya: Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi; 2015.
- Jüstiz-Smith NG, Virgo GJ, Buchanan VE. Potential of jamaican banana, coconut coir and bagasse fibres as composite materials. *Materials Characterization* 2008;59(9):1273-1278.
- Khongsai S, Chalad C, Na - Ranong S. Sulfur dioxide emission from *Nypa Fruitcans* 's leaf curing. *Rajamangala University of Technology Srivijaya Research Journal* 2012;4(2):23-30.
- Kimnarak P. Distribution of fungi in medical technology laboratory: case study of medical technology laboratory, nakhon phathom hospital, nakhon pathom province. Master of Science Program in Environmental Science Thesis, Graduate School, Silpakorn University; 2015.
- Kongkeaw P, Ratchapho T. The studies of the mechanical and physical properties of plastic reinforced with banana (*Musa*) and Coconut Coir Fiber (Research Report). Maha Sarakham: Rajabhat Maha Sarakham University; 2015.
- Mahawan K, Doungsa-ard C, Nalumpang S. Efficiency of eucalyptus wood vinegar in controlling *Colletotrichum truncatum* s. l. causing vegetable soybean anthracnose of cabendazim resistance. *Khon Kaen Agriculture Journal* 2019;47(2):235-248.
- Mohanty AK, Misra M, Drzal LT. Natural fiber, biopolymers, and biocomposites. 1st ed. USA: CRC Press; 2005.
- Pattarasakul W, Soyong K, Poemaim S. Biological control of anthracnose disease on banana var 'Namwa Mali-Ong' by *Neosartorya* species. *International Journal of Agricultural Technology* 2018;14(7): 1589-1598.
- Phuengwongyat P. Wood vinegar from the charcoal kiln. *Technologychaoban* 2002;15(301):31-32.
- Ponkham P, Thancharoen K, Thongthammachai S, Wangkulangkul M, Wanich S. The study of antifungal effect of organic acid against the mat fungi (Research Report). Maha Sarakham: Rajabhat Maha Sarakham University; 2017.

- Rattanakreetakul C, Rangsuwan S, Pongpisutta R, Keawmanee P. Detection of aflatoxin producing *aspergillus flavus* with the primer afl R. The Agricultural Science Journal 2021;52(2):53-56.
- Saepaisan S, Thonroshrapee V. Efficiency of fungicides in controlling the fungal pathogens, causing crown rot disease of cultivated. Khon Kaen Agriculture Journal 2019;47(suppl. 1):1657-1664.
- Sangnak V, Nalumpang S. Efficiency of wood vinegar extracts from eucalyptus and neem trees for controlling *Colletotrichum gloeosporioides*. Journal of Agriculture 2010;26(3):213-222.
- Saortap W, Piasai O, Chaijuckam P. Identification of *Aspergillus* spp. and *Penicillium* spp. contaminated in food, agriculture products and cultivated soil and aflatoxin B1 production. The Agricultural Science Journal 2017;48(1):127-113.
- Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder M. The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. Journal of Endodontics 2005; 31(9):669-671.
- Somchai P, Suyanandana P, Artjariyasriping S. Antifungal control of handicrafts made from water-hyacinth fibre. The 31st Kasetsart University Annual Conference 1993; 207-215.
- Suthanukool P. Research and development of banana production for improvement of quality production and high value-added products (Research Report). Bangkok: Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives; 2015.
- Suwan N. Isolation and characterization of antagonistic bacteria to control postharvest disease of Karen chili. Master of Science Program in Plant Pathology Thesis, Graduate School, Chiang Mai University; 2012.
- Suwancharoen S, Boonmee A. Chemical constituents and antifungal activities of pyroligneous acid from mangosteen fruit and branch (Research Report). Chanthaburi: Rambhai Barni Rajabhat University; 2015.
- Toomthongkum N. Study and development of prolong process from local wisdom for bamboo product (Research Report). Phetchabun: Phetchabun Rajabhat University; 2015.
- Viroj J. Physicochemical properties of wood vinegar from neem trees, eucalyptus trees, corn trees, and mango leaves. Journal of Science and Technology Mahasarakham University 2019;39(1):136-143.
- Vorapunthu S, Nuangmek W, Suwannarach N, Pithakpol W. Efficiency of fumigation with volatile from clove, cinnamon and pepper mint essential oil on fungi growth inhibition of water hyacinth handicraft product. Khon Kaen Agriculture Journal 2016;44(1):205-211.
- Wattanuruk D. Use of medicinal herb extracts to inhibit fungi of banana slab. The 7th STOU National Research Conference 2007;2312-2318.