

นิพนธ์ต้นฉบับ

ผลของสารประกอบควอเทอร์นารีแอมโมเนียม และซิงค์ไพริไทออน ที่มีคุณสมบัติยับยั้ง
จุลินทรีย์ในกระดาษาบรรจุภัณฑ์กล้วยไม้ตัดดอก

**Effect of Quaternary Ammonium Compounds and Zinc Pyrithione on
Antimicrobial Properties in Packaging Containers for Orchid Cut Flowers**

บังอร นกครุฑ

สาวตรี พิสุทธิพิเชษฐ์

บัวผัน พวงศิลป์*

Bang-on Nokkrut

Sawitree Pisutpiched

Buapan Puangsin *

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: fforbpb@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 4 สิงหาคม 2559

รับลงพิมพ์ 22 กันยายน 2559

ABSTRACT

The objective of this research was to investigate the inhibitory characteristics of paper to be used as packaging containers for orchid cut flowers on the growth of Black Anther diseases caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. First of all, Quaternary Ammonium Compounds (QAC) and Zinc Pyrithione (ZPT) were tested on their antifungal efficiency of *C. gloeosporioides* by Agar well diffusion method. The results showed that QAC of 1.5% and ZPT of 3, 4 and 5% could inhibit the mycelium growth of *C. gloeosporioides* on Potato Dextrose Agar. Then paper specimens were coated with a solution having 8% hydrophobic starch and two types of antifungal substance, namely QAC and ZPT. Concentrations levels of 2, 4 and 6% and 3, 5 and 6% were used for QAC and ZPT, respectively. The antifungal activity of coated paper samples against *C. gloeosporioides* was also evaluated employing Disc diffusion method on Potato Dextrose Agar. Based on the finding of this study it was determined that QAC with 2, 4 and 6% and ZPT with 3, 5 and 6% could inhibit the mycelium growth of *C. gloeosporioides* on Potato Dextrose Agar. Also ZPT having the most concentration displayed the strongest inhibition of *C. gloeosporioides* within 5 days experimental time. QAC and ZPT resulted in mycelium growth inhibitions rates of 15 and 22%, respectively.

Keywords: Packaging containers paper, Black anther diseases, Quaternary ammonium compounds, Zinc pyrithion, Orchid cut flowers

บทคัดย่อ

การศึกษาสารประกอบควอเทอร์นารีแอมโมเนียม (Quaternary Ammonium Compounds; QAC) และซิงค์ไพริไทออน (Zinc Pyrithione; ZPT) ที่มีผลต่อคุณสมบัติการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* สาเหตุของโรคเกอร์ดำในกระดาศบรจกัณฑ์กล้วยไม้ตัดดอก โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* โดยวิธี Agar well diffusion พบว่า QAC ที่ระดับความเข้มข้น 1.5% และ ZPT ที่ระดับความเข้มข้น 3, 4 และ 5% สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar จากนั้นทดสอบประสิทธิภาพของกระดาศเคลือบต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* โดยใช้สารเคลือบแป้งไฮโดรโฟบิก ที่ระดับความเข้มข้น 8% ผสมกับสารทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ QAC ที่ระดับความเข้มข้น 2, 4 และ 6% และ ZPT ที่ระดับความเข้มข้น 3, 5 และ 6% บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar โดยวิธี Disc diffusion พบว่า ZPT มีประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ดีกว่า QAC โดยเฉพาะในระยะเวลากวควบคุมโรควันที่ 5 ซึ่ง QAC และ ZPT มีร้อยละการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ดีที่สุดที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุดคือ 15 และ 22% ตามลำดับ

คำสำคัญ: กระดาศบรจกัณฑ์ โรคเกอร์ดำ สารประกอบควอเทอร์นารีแอมโมเนียม ซิงค์ไพริไทออน กล้วยไม้ตัดดอก

คำนำ

ปัจจุบันกล้วยไม้เป็นสินค้าส่งออกด้านเกษตรกรรมที่สำคัญ ซึ่งจัดอยู่ในอันดับที่ 19 ของสินค้าเกษตรกรรมส่งออกของประเทศไทย และพบว่าในปี พ.ศ. 2557 มีอัตราการขยายตัวการส่งออกจากปี พ.ศ. 2556 เพิ่มขึ้นร้อยละ 4.18 (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์, 2558) สำหรับการส่งออกกล้วยไม้ตัดดอกมีมูลค่ามากถึง 2,000 ล้านบาทต่อปี โดยประเทศที่นำเข้ากล้วยไม้ตัดดอกจากประเทศไทยมากที่สุด 3 อันดับ คือ ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา และอิตาลี แต่ในปีพ.ศ. 2557 พบว่าอัตราการขยายตัวมีแนวโน้มลดลง (ศูนย์บริการข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) อันเนื่องมาจากการค้ากล้วยไม้สดไทยระหว่างประเทศมีข้อด้อย คือ ผู้ส่งออกไทยขาดความสม่ำเสมอในการควบคุมคุณภาพกล้วยไม้ (สำนักงานส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ ณ เมืองไมอามี กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์, ม.ป.ป.) ปัญหาหนึ่งที่พบ คือ โรคเกอร์ดำในดอกกล้วยไม้ (Black Anther Diseases) แสดงอาการเด่นชัดในช่วงระหว่างการส่งออก อาการของโรคจะเกิด

ที่บริเวณส่วนกลางดอก เรียกว่า เส้าเกอร์ มีลักษณะจุดแผลสีดำ ขุดตัวจากเนื้อเยื่อปกติ (วัชร และคณะ, 2555) ทำให้กลีบดอกมีดำหนิ และถูกเผาทำลายเมื่อถึงปลายทาง โดยสาเหตุหลักเกิดจากเชื้อรา *C. gloeosporioides* (พุทธชินนทร์ และคณะ, 2552)

ในระหว่างการขนส่งดอกกล้วยไม้จากสวนเกษตรจนถึงสนามบิน มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในกล่องบรรจุหีบห่ออย่างรวดเร็ว เป็นผลทำให้เกิดการกลั่นเป็นหยดน้ำสะสมในกลีบดอกหรือบริเวณรอยซ้ำของช่อดอก เมื่อสภาวะแวดล้อมเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ติดไปกับน้ำและจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคพืช จุลินทรีย์เหล่านี้จะแสดงอาการของโรคเกอร์ดำและส่งผลต่อการเสื่อมสภาพของดอกกล้วยไม้ ในกล่องบรรจุภัณฑ์ นอกจากการเข้าของช่อดอกหลังการเก็บเกี่ยวยังมีผลต่อการชื้ออายุของช่อดอกกล้วยไม้ด้วย เช่น การอัดแน่นในระหว่างการบรรจุหีบห่อและการขนส่ง เซลล์ที่ซ้ำจะผลิตก๊าซเอทิลีนออกมา เมื่อดอกไม้อยู่ในพื้นที่จำกัด ดอกไม้จะเกิดการสะสมความเข้มข้นก๊าซเอทิลีนเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้ดอกโดนทำลายและเกิดอาการเหี่ยวเฉา เป็นต้น (ช.ณัฐศิริ, 2545)

โดยทั่วไปกระดาษที่มีสมบัติในการยับยั้งจุลินทรีย์ ผลิตโดยการเคลือบสารยับยั้งจุลินทรีย์บนแผ่นกระดาษเพื่อให้มีสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย หรือเชื้อราบนผิวกระดาษได้ ดังนั้นการเคลือบกระดาษด้วยสารเคลือบที่มีส่วนผสมของสารยับยั้งจุลินทรีย์เป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนากระดาษเคลือบที่มีสมบัติต่อยับยั้งจุลินทรีย์ ซึ่งในปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้สารยับยั้งจุลินทรีย์กับบรรจุภัณฑ์มากขึ้น สารยับยั้งที่นิยมใช้จัดอยู่ในกลุ่มสารอนินทรีย์ เพราะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า และให้ความปลอดภัยกับมนุษย์มากกว่าสารอินทรีย์อีกทั้งในด้านการนำมาใช้งาน สารยับยั้งจุลินทรีย์ประเภทอนินทรีย์มีความสามารถในการทนความร้อนได้ดีกว่า และการกระจายตัวบนชิ้นงานมีการกระจายตัวดีกว่า (สุภาวดี และสุกัญญา, 2558) ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้ เพื่อทำการศึกษาคูณลักษณะของกระดาษเคลือบสารที่มีสมบัติยับยั้งจุลินทรีย์โดยใช้สารยับยั้งจุลินทรีย์ ได้แก่ สารประกอบควอเทอร์นารี แอมโมเนียม และซิงค์ไพริไทออน

อุปกรณ์ และวิธีการ

วัสดุและสารเคมี

กระดาษที่ใช้สำหรับการเคลือบสารยับยั้งจุลินทรีย์คือ กระดาษลูกฟูกเกรด KS170/CA105/TA125 ลอน B เคลือบหน้าเดียวบนกระดาษเกรด TA เป็นกระดาษสำหรับทำฟิวล่องสี่เหลี่ยมทอง ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท Panthep Packaging จำกัด และบริษัท Siam Kraft Industry จำกัด

แป้งไฮโดรโฟบิก (Hydrophobic Starch: FILMKOTE 370™) ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท National Starch & Chemical (Thailand) Limited และสารยับยั้งจุลินทรีย์ ได้แก่ สารประกอบควอเทอร์นารี แอมโมเนียม (Silicon-Functional Tetraalkylammonium Compound in a High-Boiling Glycol ether: TH 99-19)

และซิงค์ไพริไทออน (Zinc Pyrithione: TH 22-27) จากบริษัท Sanitized Incorporation ประเทศ สวิตเซอร์แลนด์ เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ *C. gloeosporioides* เชื้อราสาเหตุของการเกิดโรคเกสรดำในดอกกล้วยไม้ตัดดอก ได้รับความอนุเคราะห์จากกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ประเทศไทย และอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) จากบริษัท HiMedia Laboratories จำกัด ประเทศอินเดีย

การเตรียมสารเคลือบ

ทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อรา *C. gloeosporioides* ของสาร QAC และ ZPT และหาความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งจุลินทรีย์ *C. gloeosporioides* โดยวิธี Agar well diffusion (วราภรณ์ และคณะ, 2557) โดยเทอาหาร PDA ลงจานเลี้ยงเชื้อปริมาตร 10 มิลลิลิตร ในตู้ปลอดเชื้อ ทิ้งไว้ให้เย็นและเปิดรังสียูวีมาเชื้ออื่นๆ ที่ปนเปื้อนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นใช้อุปกรณ์เจาะหลุมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) เจาะนำเอาชิ้นอาหาร PDA ออกเจาะหลุมให้ห่างจากขอบจานอาหารเลี้ยงเชื้อ 1.5 เซนติเมตร โดยเจาะ 6 หลุมต่อจานในแนวตรงข้ามกัน ใช้ไมโครปิเปตขนาด 200 ไมโครลิตร หยดสารยับยั้งจุลินทรีย์ลงในหลุม หลุมละ 100 ไมโครลิตร โดยใช้ความเข้มข้น QAC 6 ระดับ (0, 0.15, 0.30, 0.50, 1.00 และ 1.50%) และ ZPT 9 ระดับ (0, 0.15, 0.30, 0.50, 1.00, 1.50, 2.00, 3.00, 4.00 และ 5.00%) ปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 4.5 - 5.0 เมื่อหยดสารยับยั้งจุลินทรีย์ครบทุกหลุมแล้ว นำน้ำล้างสปอร์ *C. gloeosporioides* ความเข้มข้น 10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร หยดลงหลุมกลางจานเลี้ยงเชื้อ บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3, 5 และ 7 วัน สังเกตการเจริญของเส้นใยเชื้อรา บันทึกความเข้มข้นสารยับยั้งจุลินทรีย์ที่แสดงพื้นที่ยับยั้งจุลินทรีย์

เตรียมสารละลายแป้งไฮโดรโฟบิกที่ความเข้มข้น 8% (โดยน้ำหนักแห้งของแป้งไฮโดรโฟบิกต่อน้ำหนักน้ำกลั่น) ให้ความร้อนและกวนอย่างสม่ำเสมอ

ที่อุณหภูมิ 90 ± 5 องศาเซลเซียส จนกระทั่งสารละลายมีลักษณะใส จากนั้นลดอุณหภูมิของสารละลายแบ่งไฮโดรโฟบิกให้เหลือ 65 ± 5 องศาเซลเซียส และทิ้งไว้ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ

เติมสารยับยั้งจุลินทรีย์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ที่ได้จากการทดสอบระดับความเข้มข้นของสารยับยั้งจุลินทรีย์ต่อสมบัติการยับยั้งเชื้อราโดยวิธี Agar well diffusion ลงในสารละลายแบ่งไฮโดรโฟบิก 8% (โดยไม่เจือจางความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์) คนให้เข้ากันด้วย Hotplate stirrer เป็นเวลา 5 นาที โดยควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 65 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 5 นาที เพื่อให้สารเคลือบมีอุณหภูมิคงที่ก่อนการเคลือบกระดาษ

การเคลือบกระดาษ

นำสารเคลือบที่มีความเข้มข้นของสารยับยั้งจุลินทรีย์ QAC และ ZPT ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ผสมกับสารละลายแบ่งไฮโดรโฟบิก 8% เคลือบลงบนกระดาษขนาด 150×100 มิลลิเมตร โดยเครื่องเคลือบหน้ากระดาษด้วยมือ เทสารเคลือบลงบนกระดาษตลอดแนวหน้ากว้างกระดาษ (แนว CD) เคลื่อนแท่งเหล็กพาสารเคลือบไปบนกระดาษตามแนวความยาวของกระดาษ (แนว MD) ควบคุมน้ำหนักสารเคลือบ 4 ± 0.5 กรัมต่อตารางเมตร นำกระดาษที่เคลือบเข้าตู้อบที่ 105 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมงและเข้าโถดูดความชื้น 30 นาที นำมาทดสอบหาน้ำหนักมูลฐาน (International Standard ISO 536, 1995) ความหนา (International Standard ISO 534, 2005) ความต้านทานแรงกดในแนวตั้ง (International Standard ISO 3037, 2007) และความต้านทานแรงกดในแนวนอน (International Standard ISO 7263, 2011)

การทดสอบประสิทธิภาพของกระดาษต้านจุลินทรีย์

นำกระดาษที่ไม่ผ่านการเคลือบสารยับยั้งจุลินทรีย์ และผ่านการเคลือบสารยับยั้งจุลินทรีย์มาทดสอบสมบัติการยับยั้งเชื้อรา *C. gloeosporioides* ด้วยวิธี Disc Diffusion โดยใช้ Cork borer ตัดกระดาษให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 มิลลิเมตร จากนั้นตัดขอบของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* อายุ 3 วัน ที่ปลูกเชื้อจากน้ำล้างสปอร์ด้วย cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร นำขึ้นเชื้อราและขึ้นกระดาษทดสอบวางห่างจากขอบจานเลี้ยงเชื้อ 1.5 เซนติเมตร ในแนวตรงกันข้ามกัน บ่มเชื้อเป็นเวลา 3 5 และ 7 วัน สังเกตการเจริญของเส้นใยเชื้อราและทำการวัดขอบเขตการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA โดยวัดจากจุดปลูกเชื้อไปยังขอบเส้นใยเชื้อราที่เจริญในจานที่ไม่มีขึ้นทดสอบ บันทึกค่าเป็นชุดควบคุม (A) สำหรับจานที่มีขึ้นทดสอบ บันทึกค่าเป็นชุดทดสอบ (B) ดังแสดงใน Figure 1 คำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา (Percent Inhibition of Radial Growth : PIRG) จากสูตร วิชัย และชัยณรงค์ (2548); วาริน และคณะ (2550); พิระวรรณ และคณะ (2554); ปวีณา (2554); วชิร และคณะ (2555); สุวรรณิ และคณะ (2557)

$$\% \text{Inhibition} = \frac{A-B}{A} \times 100$$

เมื่อ A คือ ระยะระหว่างจุดปลูกเชื้อกับขอบเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคราในชุดควบคุม
B คือ ระยะระหว่างจุดปลูกเชื้อกับขอบเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคราในจานทดสอบ

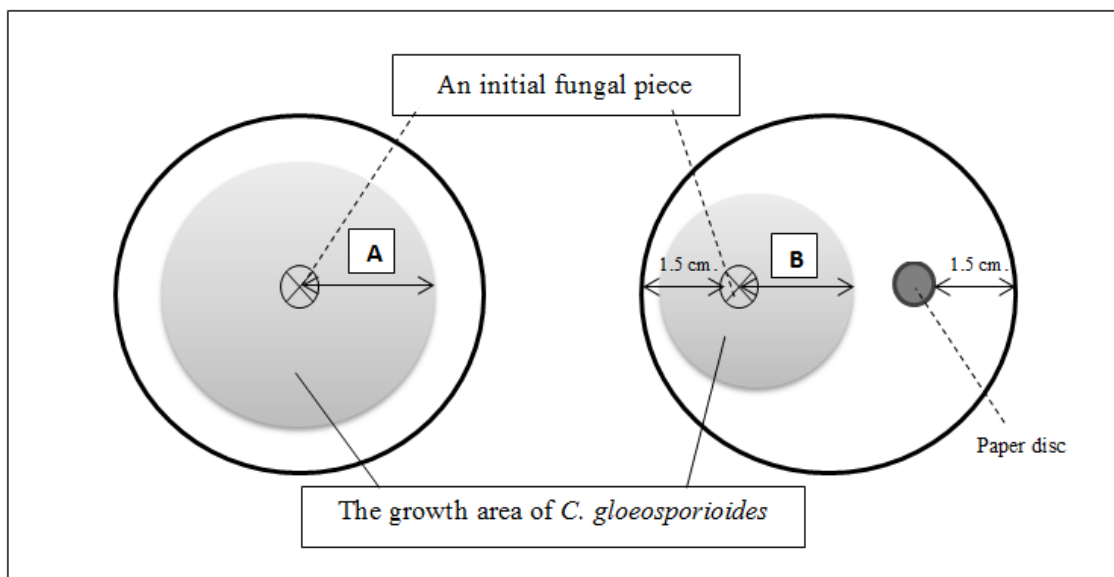


Figure 1 Disc diffusion test model.

ผลและวิจารณ์

การศึกษาประสิทธิภาพของสาร ZPT และ QAC ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เพื่อหาความเข้มข้นต่ำสุด (Minimum Inhibition Concentration; MIC) ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* เป็นเวลา 3, 5 และ 7 วัน โดยสังเกตผลการทดสอบประสิทธิภาพของสาร QAC และ ZPT ในระยะวันที่ 7 จากการทดลองใช้ QAC ที่ระดับความเข้มข้น 0-1.5% พบว่า QAC มีสมบัติการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุด

1.5% และจากการทดลองใช้ ZPT ที่ระดับความเข้มข้น 0-5% พบว่า ZPT มีสมบัติการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุด 3% ดังแสดงใน Table 1 จากข้อมูลดังกล่าว สามารถนำไปกำหนดสภาวะการเคลือบสารยับยั้งจุลินทรีย์บนกระดาษกราฟที่ระดับความเข้มข้นเริ่มต้นของ QAC และ ZPT คือ 2-6% และ 3-6% ตามลำดับ เพื่อดูความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ของทั้ง 2 สาร ภายหลังจากการนำไปเคลือบกระดาษกราฟต่อไป

Table 1 Inhibit of *C. gloeosporioides* mycelium growth on PDA with different QAC and ZPT concentrations.

Antimicrobial agent concentration (%)	Inhibit growth
QAC 0.00	-
QAC 0.15	-
QAC 0.30	-
QAC 0.50	-
QAC 1.00	-
QAC 1.50	+
ZPT 0.00	-
ZPT 0.15	-
ZPT 0.30	-
ZPT 0.50	-
ZPT 1.00	-
ZPT 1.50	-
ZPT 2.00	-
ZPT 3.00	+
ZPT 4.00	+
ZPT 5.00	+

Notes: + Positive inhibit *C. gloeosporioides* mycelium growth.

- Negative inhibit *C. gloeosporioides* mycelium growth.

การทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของกระดาษคราฟท์ก่อนและหลังการเคลือบ ดังแสดงใน Table 2 พบว่ากระดาษเคลือบด้วยสารละลายแป้งไฮโดรโฟบิก 8 % เป็นองค์ประกอบ มีผลต่อค่า ECT ของกระดาษคราฟท์ โดยเพิ่มขึ้นจาก 3.11 เป็น 3.69 กิโลกรัมต่อเซนติเมตร เนื่องจากสารละลายแป้งไฮโดรโฟบิกเมื่อแห้งแล้ว จะทำหน้าที่ช่วยในการเป็นตัวประสานหรือเป็นสารเชื่อมระหว่างชั้นของกระดาษได้ และความแข็งแรงของกระดาษจะเพิ่มขึ้น เมื่อมีการซึมของสารละลาย

แป้งเข้าสู่โครงสร้างของกระดาษ นอกจากนี้ในกรณีค่า FCT ของกระดาษเคลือบที่มีค่าลดลงเล็กน้อยจาก 2.31 เป็น 2.13 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เนื่องจากระดับความเข้มข้นของสารเคลือบที่กำหนดในการทดลองนี้มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ค่า FCT จึงยังไม่แตกต่างกันมากอย่างชัดเจน(ณัฐวิภา และคณะ, 2553) เนื่องจากปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อค่า FCT คือจำนวนและชนิดของลอนลูกฟูก ซึ่งในการทดลองครั้งนี้เป็นการเคลือบที่ผิวกระดาษ (Liner) เท่านั้น (กิตติมา, 2552)

Table 2 Mechanical properties of uncoated and coated paper.

Sample	Properties			
	Basis weight (g/m ²)	Thickness (mm.)	Edge crush test (kg/cm)	Flat crush test (kg/cm ²)
Uncoated paper	431	3.07	3.11	2.31
Standard deviation	3.16	0.04	0.03	0.21
Coated paper	457	3.14	3.69	2.13
Standard deviation	2.33	0.03	0.11	0.22

จากการทดสอบสมบัติการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ด้วยวิธี Disc diffusion ของกระดาษกราฟที่หลังการเคลือบด้วยสารละลายแป้งไฮโดรโพลิเมอร์ร่วมกับสารยับยั้งจุลินทรีย์ของ QAC และ ZPT ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อรา *C. gloeosporioides* จากผลการทดลองแสดงใน Table 3 พบว่า ในระยะวันที่ 5 QAC ที่ระดับความเข้มข้น 2 และ 4% และ ZPT ที่ระดับความเข้มข้น 3 5 และ 6% มีประสิทธิภาพต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* สูงสุด โดย QAC และ ZPT มีประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* สูงสุดคือ 14.94% และ 23.28% ตามลำดับ และพบว่าหลังจากระยะวันที่ 5

มีประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ลดต่ำลง ดังแสดงใน Figure 2 และ Figure 3 โดยสังเกตจากกราฟแสดงการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* หลังจากวันที่ 5 ระยะระหว่างจุดปลูกเชื้อรากับขอบเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคในจานทดสอบใกล้เคียงระยะระหว่างจุดปลูกเชื้อรากับขอบเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคในชุดควบคุมแสดงถึงอัตราการปลดปล่อยของสารยับยั้งจุลินทรีย์ลดลง ซึ่งดูได้จากเชื้อรา *C. gloeosporioides* มีการเจริญได้ใกล้เคียงในสภาวะปกติหรือไม่มีการยับยั้งจุลินทรีย์ในจานเลี้ยงเชื้อรา เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของสารทั้ง 2 ชนิดที่มีประสิทธิภาพสูงสุคนั้น ไม่สามารถบ่งชี้ได้อย่างแน่ชัด

Table 3 Efficacy of coated paper inhibition to mycelium growth of *C. gloeosporioides* on PDA.

Treatment	Inhibition (%)		
	3 days	5 days	7 days
QAC 2 %	9.98	14.94	12.23
QAC 4 %	7.30	14.83	1.22
QAC 6 %	0.00	6.90	3.67
ZPT 3%	6.02	23.28	14.86
ZPT 5%	21.05	22.41	13.31
ZPT 6%	17.29	21.84	17.44

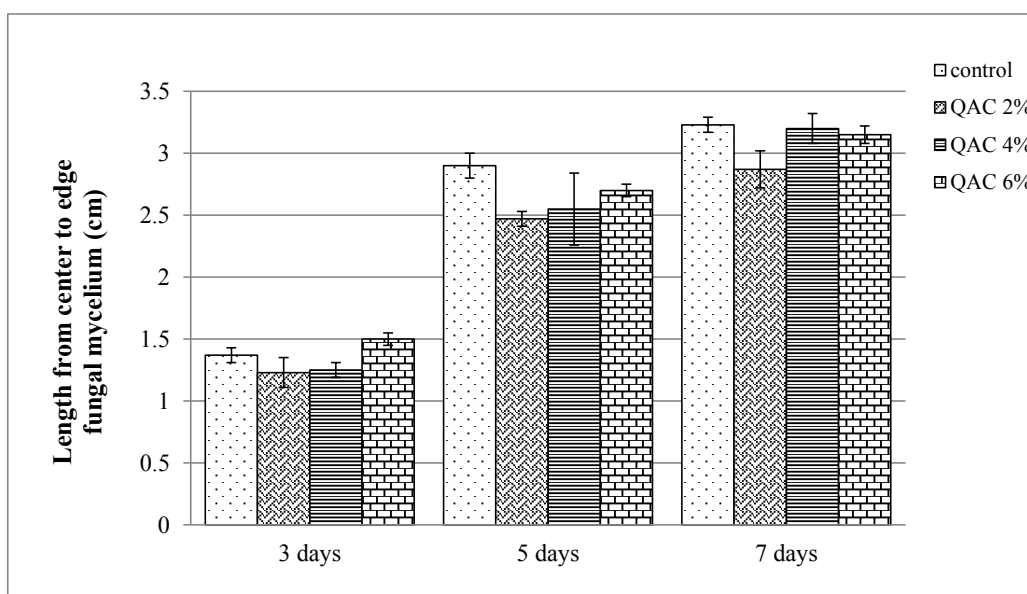


Figure 2 Relationship between times and average length from center to edge fungal mycelium of *C. gloeosporioides* in control and QAC paper disc.

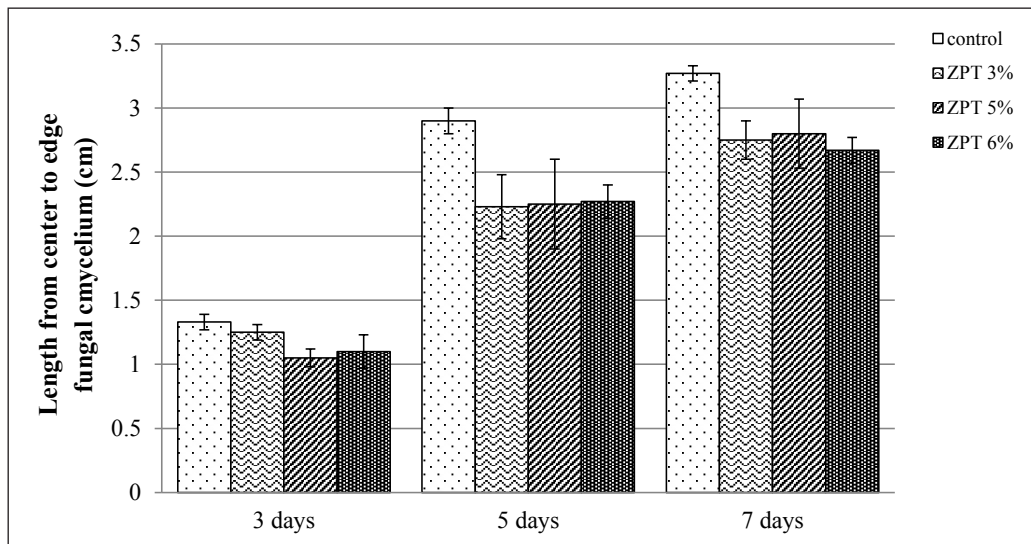


Figure 3 Relationship between times and average length from center to edge fungal mycelium of *C. gloeosporioides* in control and ZPT paper disc.

สรุป

จากการศึกษาประสิทธิภาพของสารยับยั้งจุลินทรีย์ QAC และ ZPT ต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* พบว่า สารยับยั้งจุลินทรีย์ที่สามารถยับยั้งการเจริญเชื้อราสาเหตุการเกิดโรคเน่าดำของดอกกล้วยไม้บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ในห้องปฏิบัติการ โดยวิธี Agar well diffusion คือ QAC ที่ระดับความเข้มข้น 1.5% และ ZPT ที่ระดับความเข้มข้น 3, 4 และ 5 % เปรียบเทียบกับกรรมวิธีการใช้ น้ำกลั่นนิ่งมาเชื้อเป็นเวลา 7 วัน จากข้อมูลข้างต้น นำไปเคลือบกระดาษกราฟที่ด้วยสารละลายแป้งไฮโดรฟอบิก ร่วมกับสารยับยั้งจุลินทรีย์ ZPT ที่ระดับความเข้มข้น 3, 5 และ 6% และ QAC ที่ระดับความเข้มข้น 2, 4 และ 6% พบว่า QAC และ ZPT ทุกระดับความเข้มข้นของทั้ง 2 ชนิด มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้มากกว่า 7 วัน โดยประสิทธิภาพการยับยั้งสูงสุดของ ZPT และ QAC เป็น 23.28% และ 14.94% ในระยะทดลองวันที่ 5 ตามลำดับ และเพื่อเป็นประโยชน์ ในการนำผลการทดลองนี้ไปประยุกต์ใช้เป็นวัสดุบรรจุภัณฑ์กล้วยไม้เพื่อการส่งออกพบว่า กระดาษที่เคลือบด้วย ZPT มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ดีกว่า QAC นอกจากนี้ปริมาณความเข้มข้นของ ZPT

ยังสามารถใช้ได้ตามข้อกำหนดของสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อม (United States Environmental Protection Agency : US EPA กำหนดให้ใช้ที่ระดับความเข้มข้นไม่มากกว่า 5 %) หากนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมควรเลือกสารยับยั้งจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ได้สูงที่สุด และใช้ในปริมาณน้อย ซึ่งจากการทดลองพบว่า ZPT ที่ระดับความเข้มข้น 3% มีความเหมาะสมในการนำไปพัฒนาเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมต่อไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กิตติมาเจริญสุข. 2552. คุณลักษณะของกระดาษเคลือบที่มีสมบัติต่อต้านแบคทีเรีย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ช.ณิษฐ์ศิริ สุธสุวรรณ. 2545. เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวไม้ตัดดอก. ประดิพัทธ์, กรุงเทพฯ.
- ณัฐพิชา ทรัพย์ประทานพร, รังรอง ยกसान, เลอพงศ์ จารุพันธ์ และธัญญารัตน์ จัญกาญจน์. 2553. ผลของความเข้มข้นและชนิดของสารเคลือบพอลิเมอร์ชีวภาพต่อสมบัติของแผ่นกระดาษลูกฟูก, น. 499-507. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48 (สาขาอุตสาหกรรมเกษตร). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- ปวีณา อุตะมะติง. 2554. ประสิทธิภาพการใช้เชื้อรา *Trichoderma virens* และแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ในการป้องกันกำจัดโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกชี้ฟ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.
- พีระวรรณ พัฒนวิภาส, ทศนาพร ทศกร และธารทิพย์ ภาสบุตร. 2554. การป้องกันกำจัดโรคดอกจุดสนิมของกล้วยไม้ที่มีสาเหตุจากเชื้อ *Curvularia eragrostidis* โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์และสารเคมี. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 248-293.
- พุทธชินันท์ จารุวัฒน์, ชูศักดิ์ ขวประคิมฐ์, จงวัฒนา พุ่มหิรัญ, คุรุวรรณ ภามาศย์, ยงยุทธ คงชาน, สากร วีรียานันท์ และวัชร วิทยวรรณกุล. 2552. การวิจัยและพัฒนาเครื่องลดความชื้นกล้วยไม้แบบอุโมงค์ลม. วารสารวิชาการเกษตร 30 (1): 23-38.
- วรารณ สุทธิสา, ภาณุวัฒน์ เทพคำราม, วัชรกาญจน์รัช และพนิดา อริมตสี. 2557. ประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชสมุนไพรไทยในการควบคุมเชื้อรา *Colletotrichum sp.* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของมะม่วง. แก่นเกษตร 42 (1) (พิเศษ): 665-670.
- วัชร วิทยวรรณกุล, ทศนาพร ทศกร และธารทิพย์ ภาสบุตร. 2555. การควบคุมโรคเกสรดำในกล้วยไม้สกุลหวายหลังการเก็บเกี่ยว. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43 (3) (พิเศษ): 584-587.
- วาริน อินทนา, มนต์ริ อีสรไกรศีล, สุภัตลักษณ์ เศรษฐกุลชัย. ประกองเย็นจิตต์และทักษิณ สุวรรณโน. 2550. ประสิทธิภาพของเชื้อราไตรโคเดอร์มา ฮาซิเอนัม สายพันธุ์กลายในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยและลดปริมาณเชื้อราไฟทอปทอรา พาล์มมิโวราในสวนทุเรียน. วิทยาสารกำแพงแสน 5 (3): 1-9.
- วิชัย ก่อประดิษฐ์สกุล, และชัยณรงค์ รัตนกริฑากุล. 2548. อุณหภูมิของสารสำคัญจากพืชสมุนไพรในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสในมะม่วง: 57 หน้า.
- ศูนย์บริการข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (ผู้เผยแพร่). 2558. สถิติส่งออกกล้วยไม้สด 2554-2558. (ไฟล์ข้อมูล). ศูนย์บริการข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ (ผู้เผยแพร่). 2558. การส่งออกสินค้าสำคัญเรียงตามมูลค่าปี 2554-2558. (ไฟล์ข้อมูล). กรุงเทพฯ.
- สุภาวดี ชีรธรรมการ และศุภณี เรียบเลิศหิรัญ. 2558. แนวโน้มบรรจุภัณฑ์ในอนาคตและสารต้านจุลินทรีย์สำหรับบรรจุภัณฑ์อาหาร, ใน รายงานการเข้าร่วมสัมมนา ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทยในงาน Food Pack Asia 2015. 5-8 กุมภาพันธ์ 2558. กรุงเทพฯ.
- สุวรรณทิ แทนธานี, จารวี สุขประเสริฐ, สายจิต ดาวสุโข และโสธรรอดประเสริฐ. 2557. การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดว่านน้ำในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคผลเน่าที่แยกได้จากผลลิ้นจี่. Bulletin of Applied Sciences (3): 1-9.
- สำนักงานส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ ณ เมืองไมอามี กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์. ม.ป.ป.. รายงานสถานะสินค้ากล้วยไม้ตัดดอก Cut Orchids. แหล่งที่มา: http://www.ditp.go.th/contents_attach/73709/73709.pdf, 21 มิถุนายน 2558
- International Standard ISO 534. 2005. **Paper and board Determination of thickness, density and specific volume.** 3rd ed. Case postale 56, CH-1211, Geneva 20, Switzerland.
- _____. ISO 536. 1995. **Paper and board - Determination of grammage.** 2nd ed. Case postale 56, CH-1211, Geneva 20, Switzerland.
- _____. ISO 3037. 2007. **Corrugated fibreboard - Determination of edgewise crush resistance (unwaxed edge method).** 4th ed. Case postale 56, CH-1211, Geneva 20, Switzerland.
- _____. ISO 7263. 2011. **Corrugated medium - Determination of the flat crush resistance after laboratory fluting.** 4th ed. Case postale 56, CH-1211, Geneva 20, Switzerland.