**ชุดโครงการวิจัย การลดการใช้สารเคมีเพื่อป้องกันกำจัดศัตรูพืชหลังการเก็บเกี่ยว**

**โครงการวิจัย การจัดการโรคและสารพิษจากเชื้อราในผลิตผลเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวโดยไม่ใช้สารเคมี**

**กิจกรรม การควบคุมโรคและสารพิษจากเชื้อราด้วยจุลินทรีย์**

# การใช้สาร GRAS ร่วมกับน้ำร้อนในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของพริกหวานหลังการเก็บเกี่ยว

# Control of Sweet Pepper Postharvest Anthracnose by Generally Recognized as Safe (GRAS) Combined with Heat Treatment

บุญญวดี จิระวุฒิ รัมม์พัน โกศลานันท์ รัตตา สุทธาคม

สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

## บทคัดย่อ

โรคแอนแทรคโนสของพริกหวาน มีสาเหตุจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* เป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้คุณภาพของพริกหวานลดลง อายุการเก็บรักษาสั้น เพื่อลดการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการใช้สารปลอดภัยร่วมกับน้ำร้อนในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของพริกหวานหลังการเก็บเกี่ยว ดำเนินการทดลองที่สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2554 – กันยายน 2556 โดยการทดสอบประสิทธิภาพของสาร 4 ชนิด คือ โปแตสเซียม ซอร์เบท กรดออกซาลิก โพรพิลพาราเบน และ กรดซาลิไซลิก เปรียบเทียบกับน้ำ และโปรคลอราช วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด พบว่า สารโพรพิลพาราเบนความเข้มข้น 500 และ 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการงอกของสปอร์ของเชื้อรา *C. gloeosporioides* พบว่า โพรพิลพาราเบน ความเข้มข้น 100, 250, 500 และ 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร โปแตสเซียม ซอร์เบท ความเข้มข้น 500 และ 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร และ กรดซาลิไซลิก ความเข้มข้น 500 และ 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำสารแขวนลอยสปอร์ของเชื้อรา *C. gloeosporioides* มาจุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที อุณหภูมิ 55 และ 57 เซลเซียส เป็นเวลา 2 และ 4 นาที สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 100 เปอร์เซ็นต์

สารกลุ่มปลอดภัยมีประสิทธิภาพในการยับยั้งความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกหวานมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ส่วนการเกิดโรคไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ผลพริกหวานที่จุ่มกรดออกซาลิก 250 มิลลิกรัม/ลิตร มีการเกิดโรคน้อยที่สุด 67.50 เปอร์เซ็นต์ และ สามารถยับยั้งความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนสได้ดีที่สุด 62.45 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ โพรพิลพาราเบน 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร และกรดออกซาลิก 100 มิลลิกรัม/ลิตร มีการยับยั้งความรุนแรงของโรค

แอนแทรคโนส 54.06 และ 47.24 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกหวานโดยการใช้สารปลอดภัยที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส มีการเกิดโรคและประสิทธิภาพในการยับยั้งความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกหวานได้ มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ผลพริกหวานที่จุ่มในโปแตสเซียม ซอร์เบท 500 มิลลิกรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที มีการเกิดโรคน้อยที่สุด 35.00 เปอร์เซ็นต์ และมีการยับยั้งความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกหวาน 91.45 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ โพรพิลพาราเบน 500 มิลลิกรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิ 53 องศา-เซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที มีการเกิดโรค 45.00 เปอร์เซ็นต์ และมีการยับยั้งความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกหวาน 88.83 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่าคุณภาพของผลพริกหวานที่จุ่มในโปแตสเซียม ซอร์เบท 500 มิลลิกรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที หลังจากเก็บรักษา 7 วัน มีการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ และการเปลี่ยนแปลงสีของผลพริกหวานไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับผลพริกหวานที่จุ่มในน้ำ เป็นเวลา 4 นาที

## คำนำ

พริกหวาน เป็นพืชเศรษฐกิจจัดอยู่ในวงศ์ *Solanaceae* มีชื่อวิทยาศาสตร์*Capsicum annuum* มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปอเมริกากลางและใต้ (มณีฉัตร, 2541) ผลพริกหวานมีลักษณะโคนตัด มีพูสี่ถึงหกพู ส่วนกว้างของผลประมาณ 5-6 เซนติเมตร เนื้อหนา มีทั้งสีเขียว แดง เหลือง ส้ม ช็อคโกแลต รสชาติหวาน ไม่เผ็ด ภายในผลโปร่ง ภายในมีเมล็ดแบนมาก นิยมรับประทานเป็นผักสดในสลัดหรือนำมาปรุงอาหาร (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, 2556ก) มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีสารแคบไซซินช่วยยับยั้งอนุมูลอิสระ ลดความเสี่ยงของการเป็นหลอดเลือดโรคต้อกระจกโรคมะเร็ง เป็นต้น (นิรนาม, 2556ก)

ปัญหาสำคัญของพริกหวานหลังการเก็บเกี่ยวคือโรคแอนแทรคโนสหรือโรคกุ้งแห้ง มีสาเหตุจากเชื้อรา *Colletotrichum* spp. ใน 4 species คือ *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc., *C. capsici* (Syd.) Bultl. & Bisby, *C. acutatum* Simmonds และ *C. coccodes* (Wallr.) Hughes (Hadden and Black, 1987) ในประเทศไทยพบเชื้อรา 2 ชนิด เป็นสาเหตุของโรคแอนแทรคโนสบนผลพริก คือเชื้อรา *C. gloeosporioides* (Telemorp; *Glomerella cingulata*) และ *C. capsici* สามารถเข้าทำลายผลพริกทุกพันธุ์ แต่ความรุนแรงของโรคแตกต่างกัน สมศิริ (2521) พบว่า เชื้อรา *C. gloeosporioides* ทำให้เกิดโรคอย่างรุนแรงกับพริกยักษ์ แสดงอาการปานกลางกับพริกชี้ฟ้าและพริกหวาน แต่เป็นโรคน้อยที่สุดกับพริกขี้หนู ส่วนเชื้อรา *C. capsici* จะทำให้เกิดโรคอย่างรุนแรงกับพริกหยวก พริกเหลืองและพริกบางช้าง แสดงอาการปานกลางกับพริกชี้ฟ้า และเป็นโรคน้อยที่สุดกับพริกขี้หนู

เชื้อรา *Colletotrichum* spp. มีการเข้าทำลายแบบแฝงบนผลพริก Adikaram *et al.* (1982) ศึกษาการเข้าทำลายแบบแผงของเชื้อรา *Glomerella cingulata* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกสีเขียวยังไม่สุก พบว่า เมื่อเส้นใยของเชื้อราเจริญอยู่ในผลพริกสีเขียวยังไม่สุก หลังจากนั้นจะหยุดการเจริญและไม่แสดงอาการของโรค จนกระทั่งผลพริกเริ่มสุกเชื้อสามารถเจริญต่อไปได้ แต่มีบางสปอร์สามารถเข้าทำลายผลพริกสีเขียวยังไม่สุกได้แต่เป็นส่วนน้อย สาเหตุที่เกิดการเข้าทำลายแบบแฝง เนื่องจากผลพริก

สร้างสาร phytoalexin ซึ่งเป็นพิษต่อเชื้อราคือ capsicannol ความเข้มข้นของสาร capsicannol มีปริมาณมากในผลพริกสีเขียว เมื่อผลพริกสุกความเข้มข้นของสารจะลดลงจนไม่เพียงพอต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา ทำให้ผลพริกแสดงอาการของโรค

การควบคุมโรคของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวในปัจจุบัน มุ่งเน้นเรื่องความปลอดภัยของผู้บริโภคเป็นหลัก ผู้ผลิตให้ความสำคัญต่อการลดการใช้สารเคมีในขบวนการผลิตตั้งแต่แปลงปลูกจนถึงผู้บริโภค การควบคุมโรคมีหลายวิธีที่มีความปลอดภัย เช่น การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ สารสกัดจากพืช สารกระตุ้นความต้านทาน และสารกลุ่มปลอดภัย มาทดแทนการใช้สารเคมีที่มีอันตรายต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาเรื่องพิษตกค้างในผลผลิตและสภาพแวดล้อม **สารกลุ่มปลอดภัย (Generally recognized as safe, GRAS)** เป็นสารเคมีที่ผ่านการรับรองโดยองค์การอาหารและยา (Food and Drug Administration, FAD) ว่าสามารถเติมไปในอาหารได้อย่างปลอดภัย (Anonymous, 2012) การใช้สารที่ปลอดภัยเป็นอีกแนวทางการป้องกันกำจัดโรคที่มีความปลอดภัยต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค สารปลอดภัยที่นำมาใช้ในงานวิจัยครั้งนี้มี 4 ชนิด คือ 1) สารโปแตสเซียม ซอร์เบท (potassium sorbate) เป็นวัตถุกันเสียในอาหาร (food preservatives) สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร ได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์ที่เกี่ยวข้องกับอาหาร และเชื้อรา (Sofos and Busta, 1993) ปริมาณสูงสุดที่อนุญาตให้ใช้ในผลิตภัณฑ์ ได้ไม่เกิน 0.1 เปอร์เซ็นต์ (นิรนาม, 2557) โดยไปทำลายผนังเซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ หรือไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ หรือไปทำลายสารควบคุมพันธุกรรม ทำให้เซลล์ไม่สามารถเพิ่มจำนวนหรือสืบพันธุ์ได้ตามปกติ 2) โพรพิลพาราเบน (propyl paraben) เป็นวัตถุกันเสีย (preservative) ที่ใช้ในอาหาร ยา เครื่องสำอาง เป็นสารต่อต้านเชื้อรา ยีสต์ แบคทีเรีย อัตราที่แนะนำไม่เกิน 0.25 เปอร์เซ็นต์ 3) กรดออกซาลิก (oxalic acid) เป็นกรดอินทรีย์มีอยู่ทั่วไปในพืช เชื้อรา และสัตว์ นำมาใช้เป็นวัตถุกันเสียสำหรับอาหารและเป็นสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผักหลังการเก็บเกี่ยว (Castafier*et al.,* 1997) ไม่ควรรับประทานอาหารที่มีกรดออกซาลิกเกินวันละ 22 กรัมต่อน้ำหนักตัว 60 กิโลกรัม (นิรนาม, 2556ข) และ 4) กรดซาลิไซลิก (salicylic acid) เป็นสารประกอบฟีนอล มีผลต่อกระบวนการเจริญของพืช เช่น การเปิดปิดของปากใบ การงอกของเมล็ด เป็นต้น กรดซาลิไซลิก หรือ บี เอช เอ (BHA) มีประสิทธิภาพในการผลัดเซลล์ผิว ทางการแพทย์ใช้ในการลอกหน้า รักษาสิว และแผลเป็นที่เกิดจากสิว นอกจากนี้กรดซาลิไซลิกยังเกี่ยวข้องกับกลไกของการชักนำให้เกิดความต้านทานในพืช (Anonymous, 2010)

การใช้ความร้อนเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ให้ผลดีในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของผลไม้ การใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ให้ผลดีที่สุดในการควบคุมโรคแอนแทรคโนส เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ความร้อนในระดับต่างๆ คือ 45, 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10, 20 และ 30 นาที ตามลำดับ (Sampaio *et al.,* 1979) การใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 55 หรือ 57 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสในมะม่วงน้ำดอกไม้ (อังสุมา, 2530) นอกจากนี้มีการใช้ความร้อนร่วมกับการใช้สารปลอดภัยเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมโรคได้ดียิ่งขึ้น ผลมะนาว (lemon) ที่จุ่มในสารละลาย

โปแตสเซียม ซอร์เบท 1 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที สามารถลดการเกิดโรค sour rot ของมะนาวที่เกิดจากเชื้อรา *Geotrichum citri-aurantii* มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นมากกว่าผลมะนาวที่จุ่มในสารละลายโปแตสเซียม ซอร์เบท หรือ โซเดียมไบคาร์บอร์เนต 1 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (Smilanick *et al.*, 2008) งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาหาสารปลอดภัยร่วมกับการใช้ความร้อนในควบคุมโรคแอนแทรคโนสของพริกหวาน ลดการใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายต่อผู้ผลิต และผู้บริโภคแล้ว ยังสามารถเพิ่มศักยภาพในการส่งออกพริกหวานไปยังต่างประเทศได้อีกด้วย

## วิธีดำเนินการ

**อุปกรณ์**

1. ผลพริกหวานสีเหลือง
2. อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (Potato Dextrose Agar), PCA (Potato Carrot Agar)
3. โปแตสเซียม ซอร์เบท (potassium sorbate), กรดออกซาลิก (oxalic acid), โพรพิลพาราเบน (propyl paraben), กรดซาลิไซลิก (salicylic acid), เอทิล แอลกอฮอล์ (ethyl alcohol), คลอร็อกซ์ (Clorox), โปรคลอราซ (prochloraz)
4. จานเลี้ยงเชื้อ กระบอกตวง บีกเกอร์ หลอดทดลอง
5. เข็มเขี่ยเชื้อ ปากคีบ กรรไกร มีด
6. ตะกร้า, ถังพลาสติก
7. ถุงพลาสติก active packaging ชนิด M2 ขนาด 7 x 10 นิ้ว
8. พาราฟิลม์ กระดาษทิชชู
9. กระดาษหนังสือพิมพ์ กระดาษฟาง
10. ตะเกียงแอลกอฮอล์
11. เครื่องเจาะรู (cork borer)
12. ปิเปตต์ (pipettes)
13. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง
14. นาฬิกาจับเวลา
15. ตู้เขี่ยเชื้อ
16. หม้อนึ่งความดันไอ (autoclave)
17. ตู้ฆ่าเชื้อแบบความร้อนแห้ง (Hot air oven)
18. กล้องจุลทรรศน์

**วิธีการ**

**1. ศึกษาเชื้อราสาเหตุโรคและลักษณะอาการของโรคแอนแทรคโนสของพริกหวานหลังการเก็บเกี่ยว**

นำผลพริกหวานที่แสดงอาการของโรคแอนแทรคโนส มาแยกเชื้อราสาเหตุ โดยการตัดเนื้อเยื่อของผลพริกหวานที่เป็นโรคบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อเยื่อปกติและเนื้อเยื่อที่แสดงอาการของโรค ขนาด 5x5 ตารางมิลลิเมตร นำชิ้นเนื้อเยื่อจุ่มในสารละลายคลอร็อกซ์ (Clorox) 10 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 นาที แล้วนำมาวางในจานเลี้ยงเชื้อที่มีอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA) บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน นำมาแยกเชื้อให้บริสุทธิ์ ศึกษารูปร่างลักษณะของเชื้อและจำแนกชนิดของเชื้อราสาเหตุโรค บันทึกลักษณะอาการของโรคแอนแทรคโนส

**2. ทดสอบประสิทธิภาพของสารกลุ่มปลอดภัย (GRAS) และน้ำร้อน ในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสในห้องปฏิบัติการ**

**2.1 ทดสอบประสิทธิภาพของสารกลุ่มปลอดภัยต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา**

ทดสอบประสิทธิภาพของสารกลุ่มปลอดภัย ด้วยวิธี Poisoned food technique เตรียมอาหาร PDA ผสมกับสารให้ได้ความเข้มข้นของสาร 25 กรรมวิธี แล้วเทอาหารที่ผสมสารลงในจานเลี้ยงเชื้อ ใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร เจาะเส้นใยรอบโคโลนีของเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของพริกหวาน นำชิ้นวุ้นที่ได้ มาวางตรงกลางผิวหน้าอาหาร บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) เปรียบเทียบ 25 กรรมวิธี จำนวน 5 ซ้ำ

| | | | |
|---|---|---|---|
| กรรมวิธีที่ 1 | กรรมวิธีควบคุม (PDA ) | กรรมวิธีที่ 14 | กรดออกซาลิก 500 มก./ล. |
| กรรมวิธีที่ 2 | โปรคลอราช 50 มก./ล. | กรรมวิธีที่ 15 | กรดออกซาลิก 1,000 มก./ล. |
| กรรมวิธีที่ 3 | โปรคลอราช 100 มก./ล. | กรรมวิธีที่ 16 | โพรพิลพาราเบน 50 มก./ล. |
| กรรมวิธีที่ 4 | โปรคลอราช 250 มก./ล. | กรรมวิธีที่ 17 | โพรพิลพาราเบน 100 มก./ล. |
| กรรมวิธีที่ 5 | โปรคลอราช 500 มก./ล. | กรรมวิธีที่ 18 | โพรพิลพาราเบน 250 มก./ล. |
| กรรมวิธีที่ 6 | โปแตสเซียม ซอร์เบท 50 มก./ล. | กรรมวิธีที่ 19 | โพรพิลพาราเบน 500 มก./ล. |
| กรรมวิธีที่ 7 | โปแตสเซียม ซอร์เบท 100 มก./ล. | กรรมวิธีที่ 20 | โพรพิลพาราเบน 1,000 มก./ล. |
| กรรมวิธีที่ 8 | โปแตสเซียม ซอร์เบท 250 มก./ล. | กรรมวิธีที่ 21 | กรดซาลิไซลิก 50 มก./ล. |
| กรรมวิธีที่ 9 | โปแตสเซียม ซอร์เบท 500 มก./ล. | กรรมวิธีที่ 22 | กรดซาลิไซลิก 100 มก./ล. |
| กรรมวิธีที่ 10 | โปแตสเซียม ซอร์เบท 1,000 มก./ล. | กรรมวิธีที่ 23 | กรดซาลิไซลิก 250 มก./ล. |
| กรรมวิธีที่ 11 | กรดออกซาลิก 50 มก./ล. | กรรมวิธีที่ 24 | กรดซาลิไซลิก 500 มก./ล. |
| กรรมวิธีที่ 12 | กรดออกซาลิก 100 มก./ล. | กรรมวิธีที่ 25 | กรดซาลิไซลิก 1,000 มก./ล. |
| กรรมวิธีที่ 13 | กรดออกซาลิก 250 มก./ล. | | |

บันทึกผลการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา โดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา นำค่าที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญโดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใย = [ ( A – B ) / A ] x 100

A คือค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อราที่เจริญบนอาหาร PDA (กรรมวิธีที่1 ควบคุม)

B คือค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อราที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารกรรมวิธีที่ 2-25

**2.2 ทดสอบประสิทธิภาพของสารกลุ่มปลอดภัยต่อการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา**

เตรียมอาหารที่ผสมสารทั้ง 25 กรรมวิธี (กรรมวิธีเช่นเดียวกับข้อ 2.1) เทลงในจานเลี้ยงเชื้อ หยดสปอร์แขวนลอย (spore suspension) ของเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของพริกหวาน 10 ไมโครลิตร บนผิวหน้าอาหาร 5 จุด บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 9 ชั่วโมง วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) เปรียบเทียบ 25 กรรมวิธี จำนวน 5 ซ้ำ บันทึกลักษณะการงอกของสปอร์ของเชื้อราและตรวจนับเปอร์เซ็นต์การงอกของสปอร์เชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของพริกหวานในแต่ละกรรมวิธีด้วยกล้องจุลทรรศน์ นำค่าที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการงอกของสปอร์โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา = [ ( A – B ) / A ] x 100

A คือค่าเฉลี่ยของการงอกของสปอร์เชื้อราบนอาหาร PDA (กรรมวิธีที่1 ควบคุม)

B คือค่าเฉลี่ยของการงอกของสปอร์เชื้อราบนอาหาร PDA ผสมสารกรรมวิธีที่ 2-25

**2.3 ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำร้อนต่อการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา**

เตรียมสปอร์แขวนลอยของเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของพริกหวานใส่ในขวดแก้วขนาดเล็ก ขวดละ 1 มิลลิลิตร จำนวน 10 ขวด จุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิต่างๆ 10 กรรมวิธี

กรรมวิธีที่ 1 กรรมวิธีควบคุม (ไม่จุ่มน้ำร้อน )

กรรมวิธีที่ 2 น้ำร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที

กรรมวิธีที่ 3 น้ำร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที

กรรมวิธีที่ 4 น้ำร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที

กรรมวิธีที่ 5 น้ำร้อนอุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที

กรรมวิธีที่ 6 น้ำร้อนอุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที

กรรมวิธีที่ 7 น้ำร้อนอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที

กรรมวิธีที่ 8 น้ำร้อนอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที

กรรมวิธีที่ 9 น้ำร้อนอุณหภูมิ 57 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที

กรรมวิธีที่10 น้ำร้อนอุณหภูมิ 57 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที

นำสปอร์แขวนลอย (spore suspension) ของเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของพริกหวานที่จุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิต่างๆ และไม่จุ่มน้ำร้อน (กรรมวิธีควบคุม) มาหยดลงบนอาหาร PDA ในจานเลี้ยงเชื้อ 10 ไมโครลิตร บนผิวหน้าอาหาร 5 จุด บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 9 ชั่วโมง วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) เปรียบเทียบ 10 กรรมวิธี จำนวน 5 ซ้ำ บันทึกลักษณะการงอกของสปอร์ของเชื้อราและตรวจนับเปอร์เซ็นต์การงอกของสปอร์เชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของพริกหวาน

ในแต่ละกรรมวิธีด้วยกล้องจุลทรรศน์ นำค่าที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการงอกของสปอร์โดยใช้สูตร(เช่นเดียวกับ 2.2) และเลือกอุณหภูมิที่มีประสิทธิภาพ มาใช้ในการทดลองข้อ 4

**3. ทดสอบประสิทธิภาพของการใช้สารกลุ่มปลอดภัย (GRAS) ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกหวาน**

นำผลพริกหวานที่สมบูรณ์ และไม่เป็นโรค มาปลูกเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของพริกหวาน โดยทำการปลูกเชื้อ 4 ตำแหน่ง ทำแผลลึกประมาณ 3 มิลลิเมตร แล้วหยดสปอร์แขวงลอยของเชื้อราสาเหตุโรค 5 ไมโครลิตร นำมาเรียงใส่ตะกร้าพลาสติก คลุมด้วยถุงพลาสติกที่พ่นด้วยน้ำกลั่น เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นจุ่มพริกหวานในสารความเข้มข้นต่างๆ 20 กรรมวิธี เป็นเวลา 5 นาที ผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำผลพริกหวานบรรจุในถุงพลาสติก M2 ขนาด 7 x 10 นิ้ว จำนวนถุงละ 1 ผล รัดด้วยยางวง เรียงใส่ตะกร้าพลาสติก เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด เปรียบเทียบ 20 กรรมวิธี จำนวน 10 ซ้ำ

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| กรรมวิธีที่ 1 | กรรมวิธีควบคุม (น้ำ ) | | กรรมวิธีที่ 11 | กรดออกซาลิก | 500 มก./ล. |
| กรรมวิธีที่ 2 | โปรคลอราซ | 100 มก./ล. | กรรมวิธีที่ 12 | กรดออกซาลิก | 1,000 มก./ล. |
| กรรมวิธีที่ 3 | โปรคลอราซ | 250 มก./ล. | กรรมวิธีที่ 13 | โพรพิลพาราเบน | 100 มก./ล. |
| กรรมวิธีที่ 4 | โปรคลอราซ | 500 มก./ล. | กรรมวิธีที่ 14 | โพรพิลพาราเบน | 250 มก./ล. |
| กรรมวิธีที่ 5 | โปแตสเซียม ซอร์เบท | 100 มก./ล. | กรรมวิธีที่ 15 | โพรพิลพาราเบน | 500 มก./ล. |
| กรรมวิธีที่ 6 | โปแตสเซียม ซอร์เบท | 250 มก./ล. | กรรมวิธีที่ 16 | โพรพิลพาราเบน | 1,000 มก./ล. |
| กรรมวิธีที่ 7 | โปแตสเซียม ซอร์เบท | 500 มก./ล. | กรรมวิธีที่ 17 | กรดซาลิไซลิก | 100 มก./ล. |
| กรรมวิธีที่ 8 | โปแตสเซียม ซอร์เบท | 1,000 มก./ล. | กรรมวิธีที่ 18 | กรดซาลิไซลิก | 250 มก./ล. |
| กรรมวิธีที่ 9 | กรดออกซาลิก | 100 มก./ล. | กรรมวิธีที่ 19 | กรดซาลิไซลิก | 500 มก./ล. |
| กรรมวิธีที่10 | กรดออกซาลิก | 250 มก./ล. | กรรมวิธีที่ 20 | กรดซาลิไซลิก | 1,000 มก./ล. |

บันทึกการเกิดโรค (%) โดยนับจำนวนแผลที่เป็นโรคบนผล และวัดขนาดของแผลที่แสดงอาการของโรคนำค่าที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความรุนแรงของโรค โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

เปอร์เซ็นต์การยับยั้งความรุนแรงของโรคบนผลพริก = [ ( A – B ) / A ] x 100

A คือค่าเฉลี่ยของขนาดแผลที่แสดงอาการของโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกชองกรรมวิธีที่ 1

B คือค่าเฉลี่ยของขนาดแผลที่แสดงอาการของโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกของกรรมวิธีที่ 2-20

หลังจากนั้นทำการคัดเลือกสารกลุ่มปลอดภัยที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคได้ดี นำมาใช้ในการทดลองข้อ 4

**4. ทดสอบประสิทธิภาพของการใช้สารในกลุ่มปลอดภัยร่วมกับน้ำร้อน ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกหวาน**

นำผลพริกหวานที่สมบูรณ์ และไม่เป็นโรค มาปลูกเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของพริกหวาน โดยทำการปลูกเชื้อ 4 ตำแหน่ง ทำแผลลึกประมาณ 3 มิลลิเมตร แล้วหยดสปอร์แขวงลอยของเชื้อ

ราสาเหตุโรค 5 ไมโครลิตร นำมาเรียงใส่ตะกร้าพลาสติก คลุมด้วยถุงพลาสติกที่พ่นด้วยน้ำกลั่น เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นจุ่มพริกหวานกรรมวิธีต่างๆ 12 กรรมวิธี แล้วเป่าด้วยพัดลมเพื่อลดอุณหภูมิในผลพริกหวาน ผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำผลพริกหวานบรรจุในถุงพลาสติก M2 ขนาด 7 x 10 นิ้ว จำนวนถุงละ 1 ผล รัดด้วยยางวง เรียงใส่ตะกร้าพลาสติก เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด เปรียบเทียบ 12 กรรมวิธี จำนวน 10 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 กรรมวิธีควบคุม (น้ำ )
กรรมวิธีที่ 2 โปรคลอราช 500 มก./ล.
กรรมวิธีที่ 3 น้ำร้อนอุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที
กรรมวิธีที่ 4 น้ำร้อนอุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที
กรรมวิธีที่ 5 โปแตสเซียม ซอร์เบท 500 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที
กรรมวิธีที่ 6 โปแตสเซียม ซอร์เบท 500 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที
กรรมวิธีที่ 7 กรดออกซาลิก 250 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที
กรรมวิธีที่ 8 กรดออกซาลิก 250 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที
กรรมวิธีที่ 9 โพรพิลพาราเบน 500 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที
กรรมวิธีที่ 10 โพรพิลพาราเบน 500 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที
กรรมวิธีที่ 11 กรดซาลิไซลิก 500 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที
กรรมวิธีที่ 12 กรดซาลิไซลิก 500 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที

บันทึกการเกิดโรค (%) โดยนับจำนวนแผลที่เป็นโรคบนผล และวัดขนาดของแผลที่แสดงอาการของโรคนำค่าที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งความรุนแรงของโรค โดยใช้สูตร (เช่นเดียวกับข้อ 3) หลังจากนั้นทำการคัดเลือกกรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคได้ดี มาศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลพริกหวานในการทดลองขั้นต่อไป

**5. ศึกษาผลของการใช้สารกลุ่มปลอดภัย (GRAS) ร่วมกับน้ำร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลพริกหวานหลังการเก็บเกี่ยว**

ผลพริกหวานที่สมบูรณ์ และไม่เป็นโรค นำมาจุ่มในกรรมวิธีต่างๆ 6 กรรมวิธี หลังจากนั้นเป่าด้วยพัดลมเพื่อลดอุณหภูมิในผลพริกหวาน ผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำผลพริกหวานบรรจุในถุงพลาสติก M2 ขนาด 7 x 10 นิ้ว จำนวนถุงละ 1 ผล เรียงใส่ตะกร้าพลาสติก เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด เปรียบเทียบ 6 กรรมวิธี จำนวน 10 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 กรรมวิธีควบคุม (น้ำ )
กรรมวิธีที่ 2 โปรคลอราช 500 มก./ล.
กรรมวิธีที่ 3 น้ำร้อนอุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 7 นาที
กรรมวิธีที่ 4 โปแตสเซียม ซอร์เบท 500 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 7 นาที
กรรมวิธีที่ 5 กรดออกซาลิก 250 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 4 นาที
กรรมวิธีที่ 6 โพรพิลพาราเบน 500 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 4 นาที

**บันทึกผลการทดลอง**

- การสูญเสียน้ำหนัก โดยชั่งน้ำหนักของผลพริกหวานก่อนและหลังการเก็บรักษา นำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักจากสูตร

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักก่อนเก็บรักษา} - \text{น้ำหนักหลังเก็บรักษา}) \times 100}{\text{น้ำหนักก่อนเก็บรักษา}}$$

- วัดปริมาณของแข็งละลายในน้ำได้ โดยการหยดน้ำคั้นจากผลพริกหวานลงบนเครื่อง Digital refractometer ยี่ห้อ Atago รุ่น 10 PAL ประเทศญี่ปุ่น ค่าที่อ่านได้มีหน่วยวัดเป็นองศาบริกซ์

- การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของผลพริกหวาน วัดสีผลพริกหวานด้วยเครื่องวัดสี (Minolta Model DP-301) ในการวัดใช้หัววัดแนบให้สัมผัสกับผิวของผลพริกหวาน โดยวาง probe ให้ตั้งฉากกับผลพริกหวาน บริเวณหัว กลาง และท้ายของผล รายงานผลเป็นค่า Hunter's scale ซึ่งประกอบด้วยค่าต่างๆ ดังนี้

ค่า L เป็นค่าที่รายงานถึงความสว่างของสี มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ถ้าค่า L สูงหมายถึงมีความสว่างมาก แต่ถ้าค่า L ต่ำ หมายถึง มีสีเข้มมากกว่าสว่างน้อย

ค่า a เป็นค่าที่รายงานถึงการเปลี่ยนแปลงของสีในช่วงสีเขียว-แดง ค่า a เป็นลบแสดงว่ามีช่วงสีเขียว แต่ถ้า a เป็นบวก แสดงว่าอยู่ในช่วงสีแดง

ค่า b เป็นค่าที่รายงานถึงการเปลี่ยนแปลงของสีในช่วงสีน้ำเงิน-เหลือง ค่า b เป็นลบแสดงว่ามีช่วงสีน้ำเงิน แต่ถ้า b เป็นบวก แสดงว่าอยู่ในช่วงสีเหลือง

**ระยะเวลา**

เริ่มต้นตุลาคม 2554 - สิ้นสุดกันยายน 2556

**สถานที่ทำการทดลอง**

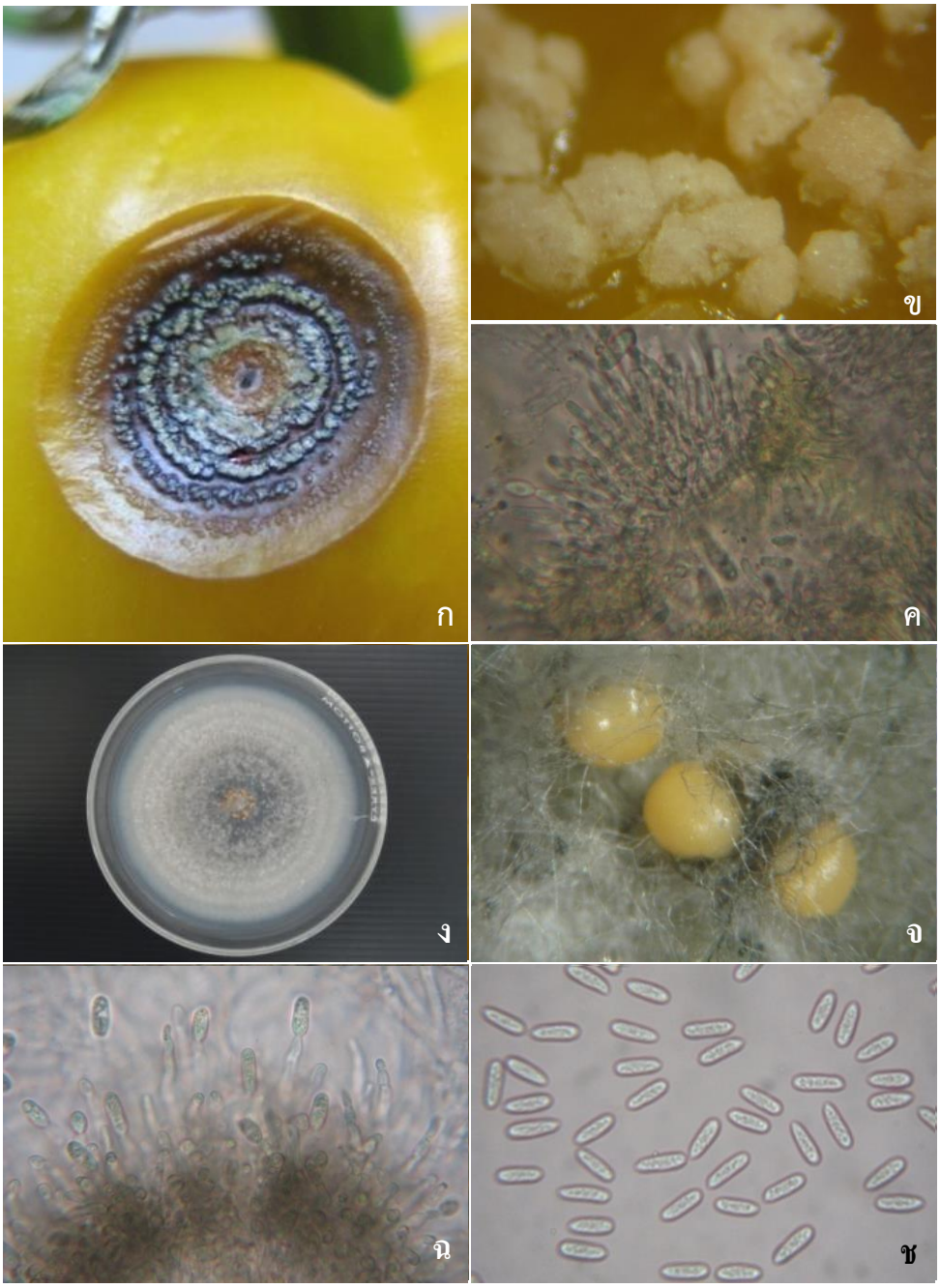
สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

## ผลการทดลองและวิจารณ์

**1. ศึกษาเชื้อราสาเหตุโรคและลักษณะอาการของโรคแอนแทรคโนสของพริกหวานหลังการเก็บเกี่ยว**

ผลพริกหวานที่เป็นโรคแอนแทรคโนส อาการเริ่มแรกเป็นจุดแผลฉ่ำน้ำ แผลจะยุบตัวลงเล็กน้อย มีสีน้ำตาลบริเวณรอบแผล ต่อมาแผลจะขยาย ลักษณะเป็นวงกลม หรือวงรี เป็นวงดำซ้อนกันเป็นชั้นๆ และมีกลุ่มของสปอร์เป็นเมือกเยิ้มสีส้มบริเวณแผล (ภาพที่ 1ก) เมื่อตัดเนื้อเยื่อมาตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ แบบ stereo พบเชื้อราสร้างฟรุตติ้งบอดี (fruiting body) แบบอะเซอวูลัส (acervulus) ลักษณะโค้งเว้าฝังตัวลงไปในเนื้อเยื่อผลพริกหวานชั้นอีพิเดอมีส (epidermis) เมื่อแก่จะดันชั้นอิพิเดอร์มิสให้แตกออกมีรูปร่างเป็น cushion shaped ค่อนข้างแบน (ภาพที่ 1ข) และชิ้นเนื้อเยื่อมาตัดแล้วตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบว่าภายในอะเซอวูลัส มีการสร้างโคนิดิโอฟอร์ (conidiophores) และโคนิเดีย (conidia) (ภาพที่ 1ค)

นำผลพริกหวานที่แสดงอาการของโรคแอนแทรคโนส มาแยกเชื้อราสาเหตุโรคด้วยวิธี tissue transplanting และแยกต่อจนได้เชื้อบริสุทธิ์ นำมาเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน พบว่าลักษณะโคโลนี (colony) ของเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสบนอาหาร PDA มีสีขาวอมเทา เส้นใยของเชื้อราละเอียด ฟูเล็กน้อย เจริญเป็นวงแหวนซ้อนกัน (concentric ring) ตรงกลางจะมีกลุ่มของสปอร์เจริญอยู่มากกว่าบริเวณขอบโคโลนี (ภาพที่ 1ง และ 1จ) เชื้อราสร้างโคนิดิโอฟอร์เป็นก้านตรงเซลล์เดียว สีใส ที่ปลายโคนิดิโอฟอร์ให้กำเนิดโคนิเดียเซลล์เดียว รูปไข่ถึงทรงกระบอก หัวท้ายมน (ovoid หรือ oblong) สีใส (ภาพที่ 1ฉ และ 1ช) ซึ่งตรงกับลักษณะทางสัณฐานวิทยาตามเกณฑ์ของ Sutton (1980) เป็นเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* และสอดคล้องกับการศึกษาของสมศิริ (2521) พบว่าเชื้อรา *C. gloeosporioides* ทำให้เกิดโรคอย่างรุนแรงกับพริกยักษ์ แสดงอาการปานกลางกับพริกชี้ฟ้าและพริกเหลือง แต่เป็นโรคน้อยที่สุดกับพริกขี้หนู




**ภาพที่ 1** โรคแอนแทรคโนสของพริกหวานที่เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*

ก) ลักษณะอาการของโรคบนผลพริกหวาน

ข) อะเซอวูลัสของเชื้อราบนผิวผลพริกหวาน

ค) โคนิดิโอฟอร์ และโคนิเดียของเชื้อราบนเนื้อเยื่อพริกหวาน

ง) โคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA

จ) กลุ่มของโคนิเดียของเชื้อรา

ฉ) โคนิดิโอฟอร์ และโคนิเดียของเชื้อรา

ช) โคนิเดียของเชื้อรา

**2. ทดสอบประสิทธิภาพของสารกลุ่มปลอดภัย (GRAS) และน้ำร้อน ในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสในห้องปฏิบัติการ**

**2.1 ทดสอบประสิทธิภาพของสารกลุ่มปลอดภัยต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา**

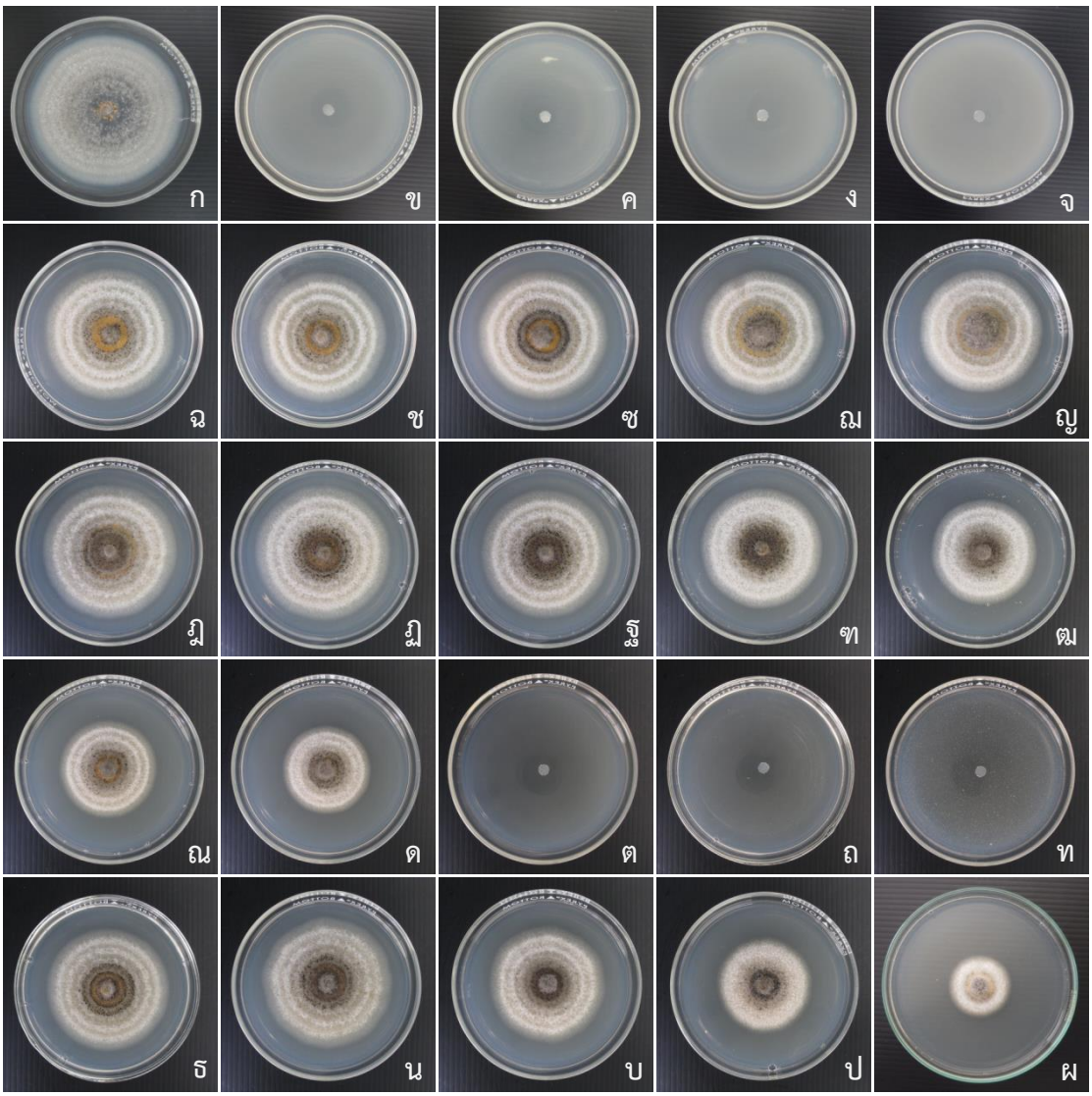
ทดสอบประสิทธิภาพของสารกลุ่มปลอดภัย 4 ชนิด คือ โปแตสเซียม ซอร์เบท โพรพิลพาราเบน กรดออกซาลิกและ กรดซาลิไซลิก ที่ความเข้มข้น 50 100 250 500 และ 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของพริกหวาน พบว่า สารปลอดภัยมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสได้แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 1) โพรพิลพาราเบนสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสได้ดีที่สุด รองลงมาคือ กรดซาลิไซลิก โปแตสเซียม ซอร์เบท และ กรดออกซาลิก ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้น ความเข้มข้นสูงสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีกว่าความเข้มข้นต่ำ

โพรพิลพาราเบนความเข้มข้น 1,000 และ 500 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ โพรพิลพาราเบน ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัม/ลิตร กรดซาลิไซลิก ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร โพรพิลพาราเบน ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/ลิตร และโปแตสเซียม ซอร์เบท ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร ยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ 92.13, 58.06, 46.02 และ 37.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนกรดออกซาลิกมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสารปลอดภัยชนิดอื่นที่ระดับความเข้มข้นเท่ากัน (ตารางที่ 1 และภาพที่ 2) สอดคล้องกับการศึกษาของ บุญญวดี และคณะ (2553) พบว่า โพรพิลพาราเบน ความเข้มข้น 500 และ 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยของเชื้อรา *C. gloeosporioides* สาเหตุของโรคแอนแทรคโนสของมะม่วงได้ 100 เปอร์เซ็นต์ และกรดซาลิไซลิกความเข้มข้น 500 และ 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยของเชื้อรา *C. gloeosporioides* สาเหตุของโรคแอนแทรคโนสของมะม่วงได้ 44.32 และ 71.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และจากการศึกษาสารปลอดภัยในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคขั้วหวีเน่าของกล้วยหอม พบว่า โปแตสเซียม ซอร์เบท ความเข้มข้น 1,000, 500, 250 และ 100 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *C. musae* ได้ 52.22, 46.77, 36.22 และ 10.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนกรดออกซาลิก ความเข้มข้น 1,000, 500, 250 และ 100 มิลลิกรัม/ลิตร ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *C. musae* ได้ (บุญญวดี, 2554)

**ตารางที่ 1** ประสิทธิภาพของสารกลุ่มปลอดภัยต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* บนอาหาร PDA เป็นเวลา 7 วัน

| กรรมวิธี | การยับยั้งการเจริญของเส้นใย (%)[1] |
|---|---|
| กรรมวิธีควบคุม (PDA) | 0.00 l |
| โปรคลอราช 50 มก./ล. | 100.00 a |
| โปรคลอราช 100 มก./ล. | 100.00 a |
| โปรคลอราช 250 มก./ล. | 100.00 a |
| โปรคลอราช 500 มก./ล. | 100.00 a |
| โปแตสเซียม ซอร์เบท 50 มก./ล. | 2.28 kl |
| โปแตสเซียม ซอร์เบท 100 มก./ล. | 6.92 hijk |
| โปแตสเซียม ซอร์เบท 250 มก./ล. | 8.56 hij |
| โปแตสเซียม ซอร์เบท 500 มก./ล. | 10.55 ghi |
| โปแตสเซียม ซอร์เบท 1,000 มก./ล. | 37.09 e |
| กรดออกซาลิก 50 มก./ล. | 3.54 jkl |
| กรดออกซาลิก 100 มก./ล. | 3.80 jkl |
| กรดออกซาลิก 250 มก./ล. | 4.64 ijkl |
| กรดออกซาลิก 500 มก./ล. | 16.18 g |
| กรดออกซาลิก 1,000 มก./ล. | 23.64 f |
| โพรพิลพาราเบน 50 มก./ล. | 24.19 f |
| โพรพิลพาราเบน 100 มก./ล. | 46.02 d |
| โพรพิลพาราเบน 250 มก./ล. | 92.13 b |
| โพรพิลพาราเบน 500 มก./ล. | 100.00 a |
| โพรพิลพาราเบน 1,000 มก./ล. | 100.00 a |
| กรดซาลิไซลิก 50 มก./ล. | 1.26 kl |
| กรดซาลิไซลิก 100 มก./ล. | 6.73 hijk |
| กรดซาลิไซลิก 250 มก./ล. | 15.17 gh |
| กรดซาลิไซลิก 500 มก./ล. | 27.42 f |
| กรดซาลิไซลิก 1,000 มก./ล. | 58.06 c |
| *F*-test | ** |
| CV (%) | 11.55 |

(1) การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา (%) ที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแต่ละกรรมวิธี ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%




**ภาพที่ 2** ประสิทธิภาพของสารกลุ่มปลอดภัย ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* บนอาหาร PDA อายุ 7 วัน

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ก) | กรรมวิธีควบคุม (น้ำ) | | | ข) | โปรคลอราช | 50 | มก./ล. |
| ค) | โปรคลอราช | 100 | มก./ล. | ง) | โปรคลอราช | 250 | มก./ล. |
| จ) | โปรคลอราช | 500 | มก./ล. | ฉ) | โปแตสเซียม ซอร์เบท | 50 | มก./ล. |
| ช) | โปแตสเซียม ซอร์เบ | 100 | มก./ล. | ซ) | โปแตสเซียม ซอร์เบท | 250 | มก./ล. |
| ฌ) | โปแตสเซียม ซอร์เบท | 500 | มก./ล. | ญ) | โปแตสเซียม ซอร์เบท | 1,000 | มก./ล. |
| ฎ) | กรดออกซาลิก | 50 | มก./ล. | ฏ) | กรดออกซาลิก | 100 | มก./ล. |
| ฐ) | กรดออกซาลิก | 250 | มก./ล. | ฑ) | กรดออกซาลิก | 500 | มก./ล. |
| ฒ) | กรดออกซาลิก | 1,000 | มก./ล. | ณ) | โพรพิลพาราเบน | 50 | มก./ล. |
| ด) | โพรพิลพาราเบน | 100 | มก./ล. | ต) | โพรพิลพาราเบน | 250 | มก./ล. |
| ถ) | โพรพิลพาราเบน | 500 | มก./ล. | ท) | โพรพิลพาราเบน | 1,000 | มก./ล. |
| ธ) | กรดซาลิไซลิก | 50 | มก./ล. | น) | กรดซาลิไซลิก | 100 | มก./ล. |
| บ) | กรดซาลิไซลิก | 250 | มก./ล. | ป) | กรดซาลิไซลิก | 500 | มก./ล. |
| ผ) | กรดซาลิไซลิก | 1,000 | มก./ล. | | | | |

**2.2 ทดสอบประสิทธิภาพของสารกลุ่มปลอดภัยต่อการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา**

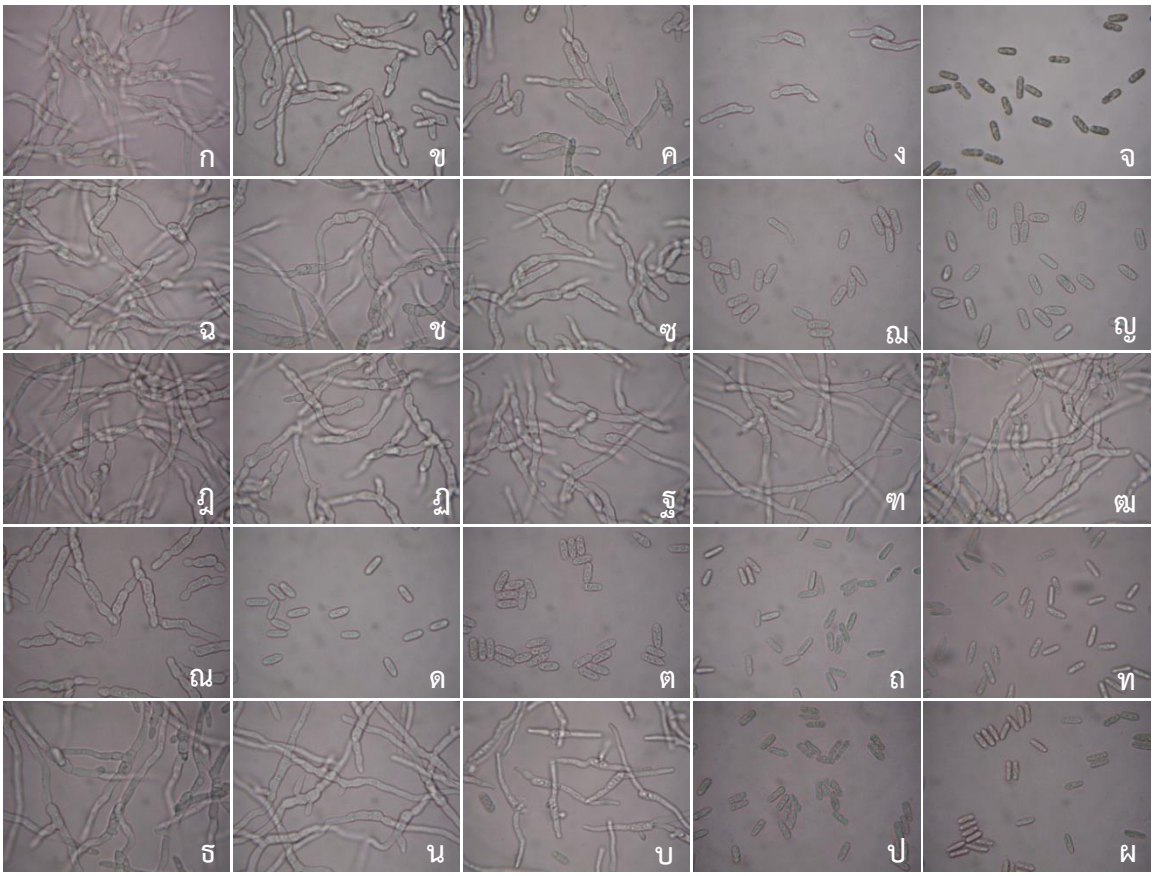
ทดสอบประสิทธิภาพของสารกลุ่มปลอดภัย 4 ชนิด คือ โปแตสเซียม ซอร์เบท โพรพิลพาราเบน กรดออกซาลิก และ กรดซาลิไซลิก ที่ความเข้มข้น 50 100 250 500 และ 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร ในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *C. gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของพริกหวาน พบว่า สารปลอดภัยมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 2) พบว่า โพรพิลพาราเบน ความเข้มข้น 100, 250, 500 และ 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร โปแตสเซียม ซอร์เบท ความเข้มข้น 500 และ 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร และ กรดซาลิไซลิก ความเข้มข้น 500, 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ โปแตสเซียม ซอร์เบท ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 24.00 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกรดออกซาลิกสามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อราได้น้อยมากในทุกความเข้มข้น (ตารางที่ 2 และ ภาพที่ 3) สอดคล้องกับงานวิจัยของวีรภรณ์ (2556) พบว่า โพรพิลพาราเบน ความเข้มข้น 100, 250, 500, 750 และ 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร และกรดซาลิไซลิก ความเข้มข้น 500, 750 และ 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อรา *C. gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของมะม่วงได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกรดออกซาลิกมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *C. gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของมะม่วงได้ 5.3-8.5 %

ลักษณะของสปอร์เชื้อรา *C. gloeosporioides* ที่งอกในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ผสมโปแตสเซียม ซอร์เบท และกรดซาลิไซลิก มีลักษณะใกล้เคียงกัน ไม่มีความผิดปกติ ยกเว้นระยะเวลาที่สปอร์งอกมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารโปแตสเซียม ซอร์เบท และกรดซาลิไซลิก ถ้าความเข้มข้นของ โปแตสเซียม ซอร์เบท และกรดซาลิไซลิกสูง สปอร์เชื้อราจะงอกช้ากว่าความเข้มข้นต่ำ จะเห็นได้จากความยาวของเส้นใยเชื้อราที่งอกออกจากสปอร์ ส่วนกรดออกซาลิกลักษณะการงอกและระยะเวลาที่สปอร์งอกใกล้เคียงกันในทุกความเข้มข้น (ภาพที่ 3)

**ตารางที่** 2 ประสิทธิภาพของสารกลุ่มปลอดภัยต่อการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* บนอาหาร PDA เป็นเวลา 9 ชั่วโมง

| กรรมวิธี | การยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา (%)[1] |
|---|---|
| กรรมวิธีควบคุม (PDA) | 0.00 f |
| โปรคลอราช 50 มก./ล. | 0.00 f |
| โปรคลอราช 100 มก./ล. | 0.80 ef |
| โปรคลอราช 250 มก./ล. | 1.00 ef |
| โปรคลอราช 500 มก./ล. | 100.00 a |
| โปแตสเซียม ซอร์เบท 50 มก./ล. | 3.80 d |
| โปแตสเซียม ซอร์เบท 100 มก./ล. | 8.40 c |
| โปแตสเซียม ซอร์เบท 250 มก./ล. | 24.00 b |
| โปแตสเซียม ซอร์เบท 500 มก./ล. | 100.00 a |
| โปแตสเซียม ซอร์เบท 1,000 มก./ล. | 100.00 a |
| กรดออกซาลิก 50 มก./ล. | 1.20 ef |
| กรดออกซาลิก 100 มก./ล. | 0.40 ef |
| กรดออกซาลิก 250 มก./ล. | 1.40 ef |
| กรดออกซาลิก 500 มก./ล. | 0.80 ef |
| กรดออกซาลิก 1,000 มก./ล. | 0.40 ef |
| โพรพิลพาราเบน 50 มก./ล. | 1.80 e |
| โพรพิลพาราเบน 100 มก./ล. | 100.00 a |
| โพรพิลพาราเบน 250 มก./ล. | 100.00 a |
| โพรพิลพาราเบน 500 มก./ล. | 100.00 a |
| โพรพิลพาราเบน 1,000 มก./ล. | 100.00 a |
| กรดซาลิไซลิก 50 มก./ล. | 1.80 e |
| กรดซาลิไซลิก 100 มก./ล. | 1.00 ef |
| กรดซาลิไซลิก 250 มก./ล. | 1.80 e |
| กรดซาลิไซลิก 500 มก./ล. | 100.00 a |
| กรดซาลิไซลิก 1,000 มก./ล. | 100.00 a |
| *F*-test | ** |
| CV (%) | 2.96 |

(1) การยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา (%) ที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแต่ละกรรมวิธี ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดย Duncan ที่ระดับ ความเชื่อมั่น 99%




**ภาพที่ 3** เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารกลุ่มปลอดภัยต่อการงอกของสปอร์เชื้อรา *Colletotrichum. gloeosporioides* บนอาหาร PDA เป็นเวลา 9 ชั่วโมง

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ก) | กรรมวิธีควบคุม (น้ำ) | | | ข) | โปรคลอราช | 50 | มก./ล. |
| ค) | โปรคลอราช | 100 | มก./ล. | ง) | โปรคลอราช | 250 | มก./ล. |
| จ) | โปรคลอราช | 500 | มก./ล. | ฉ) | โปแตสเซียม ซอร์เบท | 50 | มก./ล. |
| ช) | โปแตสเซียม ซอร์เบ | 100 | มก./ล. | ซ) | โปแตสเซียม ซอร์เบท | 250 | มก./ล. |
| ฌ) | โปแตสเซียม ซอร์เบท | 500 | มก./ล. | ญ) | โปแตสเซียม ซอร์เบท | 1,000 | มก./ล. |
| ฎ) | กรดออกซาลิก | 50 | มก./ล. | ฏ) | กรดออกซาลิก | 100 | มก./ล. |
| ฐ) | กรดออกซาลิก | 250 | มก./ล. | ฑ) | กรดออกซาลิก | 500 | มก./ล. |
| ฒ) | กรดออกซาลิก | 1,000 | มก./ล. | ณ) | โพรพิลพาราเบน | 50 | มก./ล. |
| ด) | โพรพิลพาราเบน | 100 | มก./ล. | ต) | โพรพิลพาราเบน | 250 | มก./ล. |
| ถ) | โพรพิลพาราเบน | 500 | มก./ล. | ท) | โพรพิลพาราเบน | 1,000 | มก./ล. |
| ธ) | กรดซาลิไซลิก | 50 | มก./ล. | น) | กรดซาลิไซลิก | 100 | มก./ล. |
| บ) | กรดซาลิไซลิก | 250 | มก./ล. | ป) | กรดซาลิไซลิก | 500 | มก./ล. |
| ผ) | กรดซาลิไซลิก | 1,000 | มก./ล. | | | | |

**2.3 ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำร้อนต่อการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา**

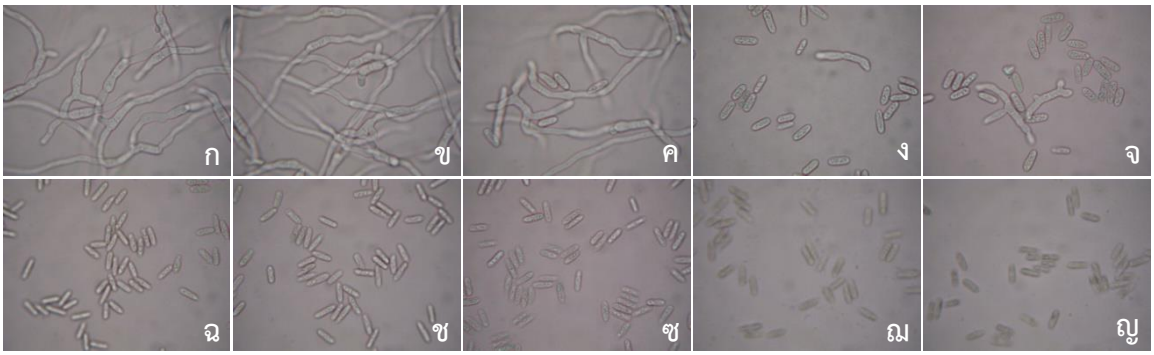
น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 53 55 และ 57 องศาเซลเซียส มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 3) พบว่าสปอร์ของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ที่จุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที อุณหภูมิ 55 และ 57 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 และ 4 นาที สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสปอร์ที่จุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เมื่อระยะเวลาในการจุ่มน้ำร้อนนานขึ้นสามารถการยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อราได้มากขึ้น (ตารางที่ 3 และภาพที่ 4) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Schirra *et al.* (2000) พบว่า การใช้ความร้อนมีผลโดยตรงทำให้การงอกของสปอร์เชื้อราช้าลง หรือ ฆ่าสปอร์ทำให้ไม่สามารถงอกได้ต่อไป และจากการศึกษาของ Sopee (2005) สปอร์ของเชื้อรา*C. gloeosporioides* สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของมะม่วง ที่จุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 3 5 และ 10 นาที สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 98.25 98.49 99.23 และ100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 3 5 และ 10 นาที สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 88.38 90.20 95.51 และ 97.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากผลการทดลอง สปอร์ของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ที่จุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ และเป็นอุณหภูมิที่อยู่ในช่วงที่มีการศึกษาว่าสามารถควบคุมโรคแอนแทรคโนสของผลไม้ได้ดี เช่นการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของผลมะม่วงและมะละกอ โดยแช่ผลในน้ำร้อนประมาณ 50-55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-10 นาที (จริงแท้, 2542) ดังนั้นจึงเลือกอุณหภูมิของน้ำร้อน 53 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการจุ่มผลพริกหวาน 4 และ 7 นาที มาใช้ในการทดลองข้อ 4 เหตุผลที่เลือกใช้เวลาในการจุ่มพริกหวาน 2 ช่วง เพื่อดูประสิทธิภาพในการควบคุมโรค และถ้าจุ่มน้ำร้อนนานขึ้นจะมีผลต่อคุณภาพของพริกหวานทำให้ผิดปกติหรือไม่ นอกจากนี้การเลือกอุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส ยังมีข้อดีเกี่ยวกับการลดอาการสะท้านหนาว (chilling injury) ในผลพริกอีกด้วยอีกด้วย จากการศึกษาของ Gonzalez-Aguilar *et al.* (2000) พบว่าผลพริกหวานที่จุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที ลดอาการสะท้านหนาว และชะลอการเสื่อม หลังจากเก็บผลพริกหวานที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 และ 28 วัน

**ตารางที่** 3 ประสิทธิภาพของน้ำร้อนต่อการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* เป็นเวลา 9 ชั่วโมง บนอาหาร PDA

| กรรมวิธี | การยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา (%)[1] |
|---|---|
| กรรมวิธีควบคุม (PDA) | 0.00 f |
| น้ำร้อน อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 2 นาที | 10.48 e |
| น้ำร้อน อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 4 นาที | 36.28 d |
| น้ำร้อน อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 7 นาที | 90.12 b |
| น้ำร้อน อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 2 นาที | 76.23 c |
| น้ำร้อน อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 4 นาที | 100.00 a |
| น้ำร้อน อุณหภูมิ 55 °C เป็นเวลา 2 นาที | 100.00 a |
| น้ำร้อน อุณหภูมิ 55 °C เป็นเวลา 4 นาที | 100.00 a |
| น้ำร้อน อุณหภูมิ 57 °C เป็นเวลา 2 นาที | 100.00 a |
| น้ำร้อน อุณหภูมิ 57 °C เป็นเวลา 4 นาที | 100.00 a |
| *F*-test | ** |
| CV (%) | 3.04 |

[1]การยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา (%) ที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแต่ละกรรมวิธี ไม่แตกต่างกันทางสถิติโดย Duncan ที่ระดับ ความเชื่อมั่น 99%




ภาพที่ 4 ประสิทธิภาพของน้ำร้อนต่อการงอกของสปอร์ของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* บนอาหารPDA เป็นเวลา 9 ชั่วโมง

ก) กรรมวิธีควบคุม (น้ำ)
ข) น้ำร้อน อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 2 นาที
ค) น้ำร้อน อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 4 นาที
ง) น้ำร้อน อุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 7 นาที
จ) น้ำร้อน อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 2 นาที
ฉ) น้ำร้อน อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 4 นาที
ช) น้ำร้อน อุณหภูมิ 55 °C เป็นเวลา 2 นาที
ซ) น้ำร้อน อุณหภูมิ 55 °C เป็นเวลา 4 นาที
ฌ) น้ำร้อน อุณหภูมิ 57 °C เป็นเวลา 2 นาที
ญ) น้ำร้อน อุณหภูมิ 57 °C เป็นเวลา 4 นาที

**3. ทดสอบประสิทธิภาพของการใช้สารกลุ่มปลอดภัย (GRAS) ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกหวาน**

ศึกษาประสิทธิภาพของสารกลุ่มปลอดภัย 4 ชนิด คือ โปแตสเซียม ซอร์เบท กรดออกซาลิก โพรพิลพาราเบน และกรดซาลิไซลิก ที่ความเข้มข้น 100, 250, 500 และ 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของพริกหวาน ที่เกิดจากการปลูกเชื้อรา *C. gloeosporioides* พบว่า สารกลุ่มปลอดภัยมีประสิทธิภาพในการยับยั้งความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกหวานมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ส่วนการเกิดโรคไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ผลพริกหวานที่จุ่มกรดออกซาลิก 250 มิลลิกรัม/ลิตร มีการเกิดโรคน้อยที่สุด 67.50 เปอร์เซ็นต์ และ สามารถยับยั้งความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนสได้ดีที่สุด 62.45 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ โพรพิลพาราเบน 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร กรดออกซาลิก 100 มิลลิกรัม/ลิตร โพรพิลพาราเบน 500 มิลลิกรัม/ลิตร และ โปแตสเซียม ซอร์เบท 500 มิลลิกรัม/ลิตร มีการยับยั้งความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนส 54.06, 47.24, 42.58 และ 42.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่4 และภาพที่ 5) เปรียบเทียบกับโปรคลอราช มีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนสได้ถึง 79.65 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งโปรคลอราชเป็นสารเคมีที่ใช้ป้องกันกำจัดเชื้อราได้อย่างกว้างขวาง และมีการนำมาใช้ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของมะม่วง โดยการจุ่มในสารเคมีโปรคลอราช 10 ซีซี ต่อน้ำ 20 ลิตร โดยจุ่มแล้วยก ผึ่งไว้ให้แห้งจึงบรรจุเพื่อจำหน่ายต่อไป โดยในกระบวนการจุ่มสารเคมีนี้ควรทำภายในระยะเวลาไม่เกิน 6 ชั่วโมง หลังจากเก็บผลมะม่วง (สมศิริ, 2555)

จากผลการทดลองพบว่า การควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกหวานที่เกิดจากการปลูกเชื้อรา *C. gloeosporioides* เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยการใช้สารปลอดภัยเพียงอย่างเดียวมีประสิทธิภาพในการยับยั้งความรุนแรงของโรคน้อยกว่าการใช้โปรคลอราช เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของสารกลุ่มปลอดภัยในการควบคุมโรคแอนแทรคโนส โดยมาใช้ร่วมกับน้ำร้อน ทำการคัดเลือกสารกลุ่มปลอดภัย 4 ชนิด คือ โปแตสเซียม ซอร์เบท กรดออกซาลิก โพรพิลพาราเบน และกรดซาลิไซลิก โดยเลือกความเข้มข้นที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกหวานได้ดี แต่ความเข้มข้นที่เลือกไม่ควรเกิน 500 มิลลิกรัม/ลิตร เนื่องจากว่าถ้าความเข้มข้นของสารสูงเกินไปเมื่อมาใช้ร่วมกับน้ำร้อนอาจทำผลพริกหวานเกิดลักษณะผิดปกติ (toxic) ได้ สารปลอดภัยที่คัดเลือกเพื่อใช้ในการทดสอบขั้นต่อไป คือ โปแตสเซียม ซอร์เบท 500 มิลลิกรัม/ลิตร กรดออกซาลิก 250 มิลลิกรัม/ลิตร โพรพิลพาราเบน 500 มิลลิกรัม/ลิตร และกรดซาลิไซลิก 500 มิลลิกรัม/ลิตร

**ตารางที่ 4** ประสิทธิภาพของสารกลุ่มปลอดภัย ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกหวาน ที่เกิดจากการปลูกเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน

| กรรมวิธี | การเกิดโรค (%) | การยับยั้งความรุนแรงของโรค (%)[1] |
|---|---|---|
| กรรมวิธีควบคุม (น้ำ) | 97.50 | 0.00 f |
| โปรคลอราช 100 มก./ล. | 72.50 | 65.09 abc |
| โปรคลอราช 250 มก./ล. | 72.50 | 69.03 ab |
| โปรคลอราช 500 มก./ล. | 50.00 | 79.65 a |
| โปแตสเซียม ซอร์เบท 100 มก./ล. | 75.00 | 37.16 bcde |
| โปแตสเซียม ซอร์เบท 250 มก./ล. | 80.00 | 40.58 bcde |
| โปแตสเซียม ซอร์เบท 500 มก./ล. | 72.50 | 42.15 bcde |
| โปแตสเซียม ซอร์เบท 1,000 มก./ล. | 87.50 | 27.71 def |
| กรดออกซาลิก 100 มก./ล. | 72.50 | 47.24 abcde |
| กรดออกซาลิก 250 มก./ล. | 67.50 | 62.45 abcd |
| กรดออกซาลิก 500 มก./ล. | 72.50 | 35.85 bcde |
| กรดออกซาลิก 1,000 มก./ล. | 77.50 | 39.66 bcde |
| โพรพิลพาราเบน 100 มก./ล. | 90.00 | 31.06 cdef |
| โพรพิลพาราเบน 250 มก./ล. | 65.00 | 37.42 bcde |
| โพรพิลพาราเบน 500 มก./ล. | 77.50 | 42.58 bdec |
| โพรพิลพาราเบน 1,000 มก./ล. | 77.50 | 54.06 abcde |
| กรดซาลิไซลิก 100 มก./ล. | 82.50 | 24.51 ef |
| กรดซาลิไซลิก 250 มก./ล. | 82.50 | 33.62 bcde |
| กรดซาลิไซลิก 500 มก./ล. | 82.50 | 36.31 bcde |
| กรดซาลิไซลิก 1,000 มก./ล. | 87.50 | 20.29 ef |
| *F*-test | ns | ** |
| CV (%) | 34.84 | 80.39 |

[1] การยับยั้งความรุนแรงของโรค ที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแต่ละกรรมวิธี ไม่แตกต่างกันทางสถิติโดย Duncan ที่ระดับ ความเชื่อมั่น 99%

ภาพที่ 5 ประสิทธิภาพของสารกลุ่มปลอดภัย ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกหวาน ที่เกิดจากการปลูกเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ก) กรรมวิธีควบคุม (น้ำ) | | | ข) โปรคลอราช | 100 | มก./ล. |
| ค) โปรคลอราช | 250 | มก./ล. | ง) โปรคลอราช | 500 | มก./ล. |
| จ) โปแตสเซียม ซอร์เบ | 100 | มก./ล. | ฉ) โปแตสเซียม ซอร์เบท | 250 | มก./ล. |
| ช) โปแตสเซียม ซอร์เบท | 500 | มก./ล. | ซ) โปแตสเซียม ซอร์เบท | 1,000 | มก./ล. |
| ฌ) กรดออกซาลิก | 100 | มก./ล. | ญ) กรดออกซาลิก | 250 | มก./ล. |
| ฎ) กรดออกซาลิก | 500 | มก./ล. | ฏ) กรดออกซาลิก | 1,000 | มก./ล. |
| ฐ) โพรพิลพาราเบน | 100 | มก./ล. | ฑ) โพรพิลพาราเบน | 250 | มก./ล. |
| ฒ) โพรพิลพาราเบน | 500 | มก./ล. | ณ) โพรพิลพาราเบน | 1,000 | มก./ล. |
| ด) กรดซาลิไซลิก | 100 | มก./ล. | ต) กรดซาลิไซลิก | 250 | มก./ล. |
| ถ) กรดซาลิไซลิก | 500 | มก./ล. | ท) กรดซาลิไซลิก | 1,000 | มก./ล. |

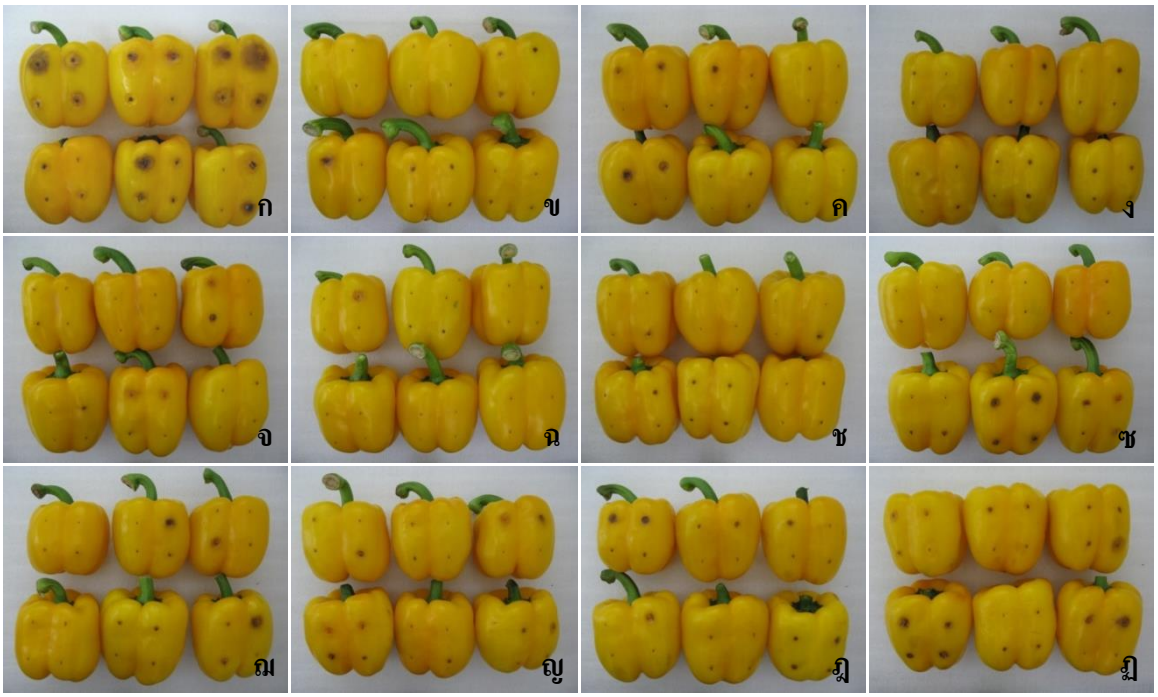
**4. ทดสอบประสิทธิภาพของการใช้สารในกลุ่มปลอดภัยร่วมกับน้ำร้อน ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกหวาน**

ศึกษาประสิทธิภาพของสารกลุ่มปลอดภัย 4 ชนิด โปแตสเซียม ซอร์เบท 500 มิลลิกรัม/ลิตร กรดออกซาลิก 250 มิลลิกรัม/ลิตร โพรพิลพาราเบน 500 มิลลิกรัม/ลิตร และกรดซาลิไซลิก 500 มิลลิกรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 และ 7 นาที ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของพริกหวานที่เกิดจากการปลูกเชื้อรา *C. gloeosporioides* พบว่า สารกลุ่มปลอดภัยที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส มีการเกิดโรคและมีประสิทธิภาพในการยับยั้งความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกหวานได้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ผลพริกหวานที่จุ่มในโปแตสเซียม ซอร์เบท 500 มิลลิกรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที มีการเกิดโรคน้อยที่สุด 35.00 เปอร์เซ็นต์ และมีการยับยั้งความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกหวาน 91.45 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ โพรพิลพาราเบน 500 มิลลิกรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที มีการเกิดโรค 45.00 เปอร์เซ็นต์ และมีการยับยั้งความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกหวาน 88.83 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 5 และภาพที่ 6) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Smilanick *et al.* (2008) พบว่า ผลมะนาว (lemon) ที่จุ่มในสารละลายโปแตสเซียม ซอร์เบท หรือ โซเดียมไบคาร์บอร์เนต 1 เปอร์เซ็นต์ มีการเกิดโรค sour rot ของมะนาวที่เกิดจากเชื้อรา *Geotrichum citri-aurantii* 49.1 และ 47.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เปรียบเทียบกับผลมะนาวที่จุ่มในน้ำ (กรรมวิธีควบคุม) มีการเกิดโรค 94.3 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้น เมื่อจุ่มผลมะนาวในสารละลายโปแตสเซียม ซอร์เบท หรือ โซเดียมไบคาร์บอร์เนต 1 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที มีการเกิดโรค sour rot ของมะนาว 37.5 และ 15.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

**ตารางที่ 5** ประสิทธิภาพของสารกลุ่มปลอดภัยที่อุณหภูมิ 53 °C ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกหวานที่เกิดจากการปลูกเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน

| กรรมวิธี | การเกิดโรค (%) [1] | การยับยั้งความรุนแรงของโรค (%)[2] |
|---|---|---|
| กรรมวิธีควบคุม (PDA) | 95.00 e | 0.00 d |
| โปรคลอราซ 500 มก./ล. | 50.00 abc | 84.86 a |
| น้ำร้อน อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 4 นาที | 75.00 bcde | 62.11 bc |
| น้ำร้อน อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 7 นาที | 60.00 abcd | 80.86 ab |
| โปแตสเซียม ซอร์เบท 500 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 4 นาที | 65.00 bcde | 76.40 abc |
| โปแตสเซียม ซอร์เบท 500 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 7 นาที | 35.00 a | 91.45 a |
| กรดออกซาลิก 250 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 4 นาที | 55.00 abcd | 75.95 abc |
| กรดออกซาลิก 250 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 7 นาที | 77.50 cde | 61.02 bc |
| โพรพิลพาราเบน 500 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 4 นาที | 45.00 ab | 88.83 a |
| โพรพิลพาราเบน 500 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 7 นาที | 82.50 de | 60.76 bc |
| กรดซาลิไซลิก 500 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 4 นาที | 70.00 bcde | 78.46 abc |
| กรดซาลิไซลิก 500 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 7 นาที | 82.50 de | 57.97 c |
| *F*-test | ** | ** |
| CV (%) | 44.72 | 31.87 |

[1]การเกิดโรค และ [2]การยับยั้งความรุนแรงของโรค ที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแต่ละกรรมวิธี ไม่แตกต่างกันทางสถิติโดย Duncan ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%




**ภาพที่ 6** ประสิทธิภาพของสารกลุ่มปลอดภัยที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกหวานที่เกิดจากการปลูกเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน

ก) กรรมวิธีควบคุม (น้ำ)

ข) โปรคลอราช 500 มก./ล.

ค) น้ำร้อน อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 4 นาที

ง) น้ำร้อน อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 7 นาที

จ) โปแตสเซียม ซอร์เบท 500 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 4 นาที

ฉ) โปแตสเซียม ซอร์เบท 500 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 7 นาที

ช) กรดออกซาลิก 250 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 4 นาที

ซ) กรดออกซาลิก 250 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 7 นาที

ฌ) โพรพิลพาราเบน 500 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 4 นาที

ญ) โพรพิลพาราเบน 500 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 7 นาที

ฎ) กรดซาลิไซลิก 500 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 4 นาที.

ฏ) กรดซาลิไซลิก 500 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 7 นาที

**5. ศึกษาผลของการใช้สารกลุ่มปลอดภัย (GRAS) ร่วมกับน้ำร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลพริกหวานหลังการเก็บเกี่ยว**

ผลพริกหวานที่จุ่มสารปลอดภัย 3 ชนิด คือ โปแตสเซียม ซอร์เบท 500 มก./ล. อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที กรดออกซาลิก 250 มิลลิกรัม/ลิตร อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที และโพรพิลพาราเบน 500 มิลลิกรัม/ลิตร อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที เปรียบเทียบกับ ผลพริกหวานที่จุ่มน้ำ โปรคลอราช เป็นเวลา 4 นาที และ ผลพริกจุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน การสูญเสียน้ำหนักของผลพริกหวานมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่ง พบว่า ผลพริกหวานที่จุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด คือ 1.79 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ โปแตสเซียมซอร์เบท 500 มิลลิกรัม/ลิตร อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที โพรพิลพาราเบน 500 มิลลิกรัม/ลิตร อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที และ กรดออกซาลิก 250 มิลลิกรัม/ลิตร อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที มีการสูญเสียน้ำหนัก 1.77 1.76 และ 1.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับจุ่มผลพริกหวานในน้ำ และโปรคลอราช 500 มิลลิกรัม/ลิตร มีการสูญเสียน้ำหนักน้อย คือ 1.50 และ 1.48 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 6) การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งมาจากการสูญเสียน้ำจากเนื้อเยื่อพืช เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ความดันไอของน้ำในเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น จึงมีผลให้การคายน้ำของผลไม้เพิ่มขึ้นด้วย ผลพริกหวานในสารกลุ่มปลอดภัยที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าผลพริกที่จุ่มน้ำหรือโปรคลอราช

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยผลพริกหวานที่จุ่มน้ำ (กรรมวิธีควบคุม) มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากที่สุด เท่ากับ 6.68 องศาบริกซ์ ส่วนกรรมวิธีอื่นๆ มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ใกล้เคียงกัน คือ 6.35-6.60 องศาบริกซ์ (ตารางที่ 7) แสดงว่าผลพริกหวานที่จุ่มสารกลุ่มปลอดภัย ที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลและกรดอินทรีย์ พริกหวานจัดอยู่ในกลุ่มผลไม้ non climacteric ซึ่งหมายถึง ผลไม้ที่มีอัตราการหายใจค่อยๆ ลดลงเมื่อผลไม้อายุมากขึ้น และเมื่อผลไม้สุกอัตราการหายใจก็ไม่เพิ่มขึ้น เมื่อเก็บมาจากต้นแล้วไม่สุกต่อ (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, 2556ข) ผลไม้ในพวก non climacteric ที่สุกในระหว่างที่ยังติดอยู่บนต้นปริมาณน้ำตาลในผลเพิ่มขึ้น โดยผ่านทางการเคลื่อนย้ายน้ำตาลซูโครสมาจากใบ น้ำตาลซูโครสจะถูกย่อยได้น้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุตโตส โดยเอนไซม์ invertase เมื่อเข้าสู่ระยะการสุกจะมีปริมาณน้ำตาลสูงขึ้น (สังคม, 2557)

การเปลี่ยนแปลงสีของผลพริกหวาน พบว่าการเปลี่ยนแปลงสีความสว่าง (L) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสีน้ำเงิน-เหลือง (b-value) มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยผลพริกหวานที่จุ่มกรดออกซาลิก 250 มิลลิกรัม/ลิตร อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที มีความแตกต่างทางสถิติจากกรรมวิธีอื่นๆ มีค่า b-value น้อยที่สุด เท่ากับ 54.01 ส่วนกรรมวิธีอื่นๆ มีค่า b-value อยู่ในช่วง 61.53-64.91 เมื่อค่า b เป็นบวก แสดงว่าอยู่ในช่วงสีเหลือง ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสีเขียว-แดง (a-value) มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยผลพริกหวานที่

จุ่มน้ำร้อน อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที มีค่า a-value มากที่สุด เท่ากับ 11.03 รองลงมา คือ โพรพิลพาราเบน 500 มิลลิกรัม/ลิตร อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที เท่ากับ 10.73 เมื่อค่า a เป็นบวก แสดงว่าอยู่ในช่วงสีแดง และถ้าค่า a เป็นลบแสดงว่ามีช่วงสีเขียว (ตารางที่ 8) การเปลี่ยนแปลงสีในระหว่างการสุกของผล สามารถเป็นดัชนีชี้ให้ทราบถึงระยะการสุกได้ เมื่อผลแก่จัดหรือเริ่มสุก สีพื้นเดิม (Ground color) จะเริ่มซีดจางลงจากสีเขียวเข้ม เป็นสีเขียวที่อ่อนกว่า และเกิดสีทับ (Over color) สีต่างๆ เช่น สีเหลือง แดง ม่วง ฯลฯ ขึ้นแทนที่ ปรากฏการณ์เช่นนี้เกิดจากการเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์ (chlorophyll degradation) เป็นผลให้คาโรทีนอยด์ (Carotenoids) หรือรงควัตถุอื่น แสดงความเด่นขึ้นมา ทำให้ผลไม้มีสีเหลือง ซึ่งเป็นอาการของการชรา (สังคม, 2557) จากผลการทดลองแสดงว่ากรดออกซาลิก 250 มิลลิกรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที สามารถยืดอายุผลพริกหวานได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ โดยดูจากค่า b-value และ a-value น้อยที่สุด สีผลมีการเปลี่ยนแปลงช้า ส่วนผลพริกที่จุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที มีการชราหรือเสื่อมสภาพเร็วกว่ากรรมวิธีอื่นๆ โดยดูจากค่า a-value มากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ มีการเปลี่ยนแปลงสีผลเร็ว

**ตารางที่** 6 ผลของสารกลุ่มปลอดภัยที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส ต่อการสูญเสียน้ำหนักของผลพริกหวาน ภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน

| กรรมวิธี | การสูญเสียน้ำหนัก [(1)] (%) |
|---|---|
| กรรมวิธีควบคุม (น้ำ) | 1.50 a |
| โปรคลอราซ 500 มก./ล. | 1.48 a |
| น้ำร้อน อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 7 นาที | 1.79 b |
| โปแตสเซียม ซอร์เบท 500 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 7 นาที | 1.77 b |
| กรดออกซาลิก 250 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 4 นาที | 1.73 b |
| โพรพิลพาราเบน 500 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 4 นาที | 1.76 b |
| *F*-test | ** |
| CV (%) | 7.60 |

[(1)] การเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก ที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแต่ละกรรมวิธี ไม่แตกต่างกันทางสถิติโดย Duncan ที่ระดับ ความเชื่อมั่น 99%

**ตารางที่** 7 ผลของสารกลุ่มปลอดภัยที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลพริกหวานภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน

| กรรมวิธี | ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (°Brix) |
|---|---|
| กรรมวิธีควบคุม (PDA) | 6.68 |
| โปรคลอราช 500 มก./ล. | 6.50 |
| น้ำร้อน อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 7 นาที | 6.48 |
| โปแตสเซียม ซอร์เบท 500 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 7 นาที | 6.35 |
| กรดออกซาลิก 250 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 4 นาที | 6.58 |
| โพรพิลพาราเบน 500 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 4 นาที | 6.60 |
| *F*-test | ns |
| CV (%) | 5.96 |

**ตารางที่** 8 ผลของสารกลุ่มปลอดภัยที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส ต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผลพริกหวานภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน

| กรรมวิธี | ความสว่าง (L-value) | ค่าสีน้ำเงิน-เหลือง [(1)] (b-value) | ค่าสีเขียว-แดง [(1)] (a-value) |
|---|---|---|---|
| กรรมวิธีควบคุม (PDA) | 52.21 | 64.91 a | 9.72 ab |
| โปรคลอราช 500 มก./ล. | 51.74 | 62.91 a | 9.81 ab |
| น้ำร้อน อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 7 นาที | 53.78 | 64.28 a | 11.03 a |
| โปแตสเซียม ซอร์เบท 500 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 7 นาที | 52.95 | 64.07 a | 9.86 ab |
| กรดออกซาลิก 250 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 4 นาที | 54.07 | 54.01 b | 8.78 b |
| โพรพิลพาราเบน 500 มก./ล. ที่อุณหภูมิ 53 °C เป็นเวลา 4 นาที | 52.18 | 61.53 a | 10.73 a |
| *F*-test | ns | ** | * |
| CV (%) | 4.96 | 9.74 | 14.91 |

[(1)] การเปลี่ยนแปลงสีที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแต่ละกรรมวิธี ไม่แตกต่างกันทางสถิติโดย Duncan ที่ระดับ ความเชื่อมั่น 99%

## สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

โรคแอนแทรคโนสของพริกหวาน มีสาเหตุจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* อาการเริ่มแรกเป็นจุดแผลฉ่ำน้ำ ต่อแผลจะขยาย ลักษณะเป็นวงกลมซ้อนกันเป็นชั้นๆ และมีกลุ่มของสปอร์เป็นเมือกเยิ้มสีส้มบริเวณแผล พริกหวานสีเหลืองจะมีความอ่อนแอต่อโรคแอนแทรคโนสมากที่สุด รองลงมาเป็นพริกหวานสีแดง และพริกหวานสีเขียว ตามลำดับ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เลือกพริกหวานสีเหลืองมาใช้ในการทดลอง

การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของผลพริกหวานโดยสารปลอดภัย โพรพิลพาราเบน ความเข้มข้น 1,000 และ 500 มิลลิกรัม/ลิตร มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ โพรพิลพาราเบน ความเข้มข้น 250 มิลลิกรัม/ลิตร กรดซาลิไซลิก ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร โพรพิลพาราเบน ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/ลิตร และโปแตสเซียม ซอร์เบท ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ 92.13, 58.06, 46.02 และ 37.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การงอกของสปอร์ของเชื้อรา *C. gloeosporioides* พบว่า โพรพิลพาราเบน ความเข้มข้น 100, 250, 500 และ 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร โปแตสเซียม ซอร์เบท ความเข้มข้น 500 และ 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร และ กรดซาลิไซลิก ความเข้มข้น 500, 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำสารแขวนลอยสปอร์ของเชื้อรา *C. gloeosporioides* มาจุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที อุณหภูมิ 55 และ 57 เซลเซียส เป็นเวลา 2 และ 4 นาที สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ 100 เปอร์เซ็นต์

กรดออกซาลิก 250 มิลลิกรัม/ลิตร มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสที่เกิดจากการปลูกเชื้อรา *C. gloeosporioides* มีการเกิดโรคน้อยที่สุด 67.50 เปอร์เซ็นต์ และ สามารถยับยั้งความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนสได้ดีที่สุด 62.45 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ โพรพิลพาราเบน 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร กรดออกซาลิก 100 มิลลิกรัม/ลิตร โพรพิลพาราเบน 500 มิลลิกรัม/ลิตร และ โปแตสเซียม ซอร์เบท 500 มิลลิกรัม/ลิตร มีการยับยั้งความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนส 54.06, 47.24, 42.58 และ 42.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมโรคแอนแทรครโนสบนผลพริกหวานโดยการใช้สารปลอดภัยร่วมกับน้ำร้อน ทำให้สามารถลดการเกิดโรคและยับยั้งความรุนแรงของโรคเพิ่มขึ้น โดยผลพริกหวานที่จุ่มในโปแตสเซียม ซอร์เบท 500 มิลลิกรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที มีการเกิดโรคน้อยที่สุด 35.00 เปอร์เซ็นต์ และสามารถยับยั้งความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกหวานได้ 91.45 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ โพรพิลพาราเบน 500 มิลลิกรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที มีการเกิดโรค 45.00 เปอร์เซ็นต์ และมีการยับยั้งความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกหวาน 88.83 เปอร์เซ็นต์

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลพริกหวานที่จุ่มในโปแตสเซียม ซอร์เบท 500 มิลลิกรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที หลังจากเก็บรักษา 7 วัน มีการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณ

ของแข็งที่ละลายน้ำ และการเปลี่ยนแปลงสีของผลพริกหวานไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับผลพริกหวานที่จุ่มในน้ำ เป็นเวลา 4 นาที

## การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ทราบชนิดเชื้อราสาเหตุที่สำคัญของโรคแอนแทรคโนสของพริกหวาน และลักษณะอาการของโรคแอนแทรคโนสบนผลพริกหวาน

2. ผลของการทดสอบประสิทธิภาพสารปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ ทำให้ทราบข้อมูลประสิทธิภาพของโพรพิลพาราเบน สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสและการงอกของสปอร์เชื้อราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสได้ดีที่สุด รองลงมาคือ กรดซาลิไซลิก โปแตสเซียม ซอร์เบท และกรดออกซาลิก ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราและการงอกของสปอร์เชื้อราขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้น ความเข้มข้นสูงสามารถยับยั้งได้ดีกว่าความเข้มข้นต่ำ นำไปประยุกต์ใช้กับโรคแอนแทรคโนสของผลไม้ชนิดอื่นโดยไม่ต้องทำการทดลองในห้องปฏิบัติการอีก

3. น้ำร้อนอุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที และอุณหภูมิที่สูงกว่า 53 องศาเซลเซียส มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *C. gloeosporioides* ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโรคแอนแทรคโนสของผลไม้ชนิดอื่นโดยไม่ต้องทำการทดลองในห้องปฏิบัติการอีก

4. ผลของสารกลุ่มปลอดภัยมาใช้ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของพริกหวาน พบว่า การใช้กรดออกซาลิก 250 มิลลิกรัม/ลิตร จุ่มสาร 5 นาที ให้ผลดีในการควบคุมโรค และใช้สารในการควบคุมโรคในปริมาณที่น้อย ประหยัดต้นทุนการผลิต ผลจากการทดลองสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลไม้ชนิดอื่นได้

5. การใช้สารปลอดภัยร่วมกับน้ำร้อนทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมโรคแอนแทรคโนส สารโปแตสเซียม ซอร์เบท 500 มิลลิกรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของพริกหวานได้ดี แต่อย่างไรก็ตามควรมีการจัดการในแปลงปลูกที่ดี ปลอดสารเคมีที่เป็นพิษ เพิ่มศักยภาพในการส่งออกพริกหวานของประเทศไทยมากขึ้น

6. การใช้สารปลอดภัย ช่วยลดการใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค

## เอกสารอ้างอิง


บุญญวดี จิระวุฒิ 2553. การใช้สารในกลุ่มปลอดภัยในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของมะม่วง (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. ของผลมะม่วง (*Mangifera indica* L.). วารสารวิชาการเกษตร. 28:232-239.

บุญญวดี จิระวุฒิ รัตตา สุทธยาคม อมรา ชินภูติ และ เสริมสุข สลักเพ็ชร์. 2554. โรคขั้วหวีเน่าของกล้วยหอมทองและการควบคุมโดยใช้สารปลอดภัย. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา http://it.doa.go.th/refs/files/1850_2554.pdf?PHPSESSID=fde28283a21ee1cda736d2228d1c79e8. 30 /5/ 2556.

นิรนาม. 2556ก. พริกหวาน Sweet Pepper, Bell Pepper, Capcicum. http://www.vegetweb.com 11/12/2556.

นิรนาม. 2556ข. ผักอะไรบ้างมี Oxalic Acid สูง เหตุเกิดนิ่ว. women.thaiza.com/ผักอะไรบ้างมี **Oxalic-Acid** สูง /172262 11/12/2556.

นิรนาม. 2557. โปแตสเซียมซอร์เบต (Potassium Sorbate). http://www.foods-solution.com/products/myproducts1 /chemical_000031.ph. 11/12/2556.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2556ก. พริกหวาน. www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1395/sweet-pepper-พริกหวาน 11/12/2556

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2556ข. Non climacteric fruit. www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1104/non-climacteric-fruit 11/12/2556

มณีฉัตร นิกรพันธุ์. 2541. พริก. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 196 หน้า

วีรภรณ์ เดชนำบัญชาชัย. 2556. การกระตุ้นความต้านทานในผลมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวโดยใช้สารเคมีที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ปลอดภัยที่มีต่อโรคแอนแทรคโนส. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 93 หน้า.

สังคม เตชะวงศ์เสถียร. 2557. บทที่ 4 สรีรวิทยาการสุกของผล. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. ag.kku.ac.th/suntec/113401/HortPhysiol-chapter%204_TXT.pdf 20/2/2557

สมศิริ จิ๋วสกุล. 2521. เซรุ่มวิทยาการถ่ายทอดทางเมล็ดของโรคแอนแทรคโนสของพริกและประสิทธิภาพของสารเคมีควบคุมโรคบนใบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สมศิริ แสงโชติ. 2556. การควบคุมโรคแอนแทรคโนสของผลมะม่วง. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน. แหล่งที่มา www.phtnet.org/article/view-article.asp?alD=52

อังสุมา ชยสมบัติ. 2530. โรคหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงที่เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. และการควบคุม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 116 หน้า.

Anonymous. 2010. Salicylic acid . Wikipedia, The free encyclopedia, http:// *wikipedia.org/wiki l*, 20 /3/ 2010.

Anonymous. 2012. Genetally Recognized as Safe (GRAS) Fda.gov. http://www.fda.gov/Food/FoodKngredientsPackaging/GenerallyRecognizedasSafeGRAS/default.htm. 6/9/2012

Adikaram, N.K.B., A.E. Brown and T.R. Swinburne. 1982. Phytoalexin involvement in the latent infection of*Capsicum annuum* L. fruit caused by *Glomerella cingulata* (Stonem). Physiol. Plant Pathol. 21:161-170.

Castafier, M., M.I. Gil, and F. Artes. 1997. Organic acids as browning inhibitors on harvested “Baby” lettuce and endive. Z. Lebensm. Unters. Forsch. A 205: 375-379

Gonzalez-Aguilar G.A., L. Gayosso, R. Cruz, J. Fortiz, R. Baez. 2000. Polyamines induced by hot water treatments reduce chilling injury and decay in pepper fruit. Postharvest Biology and Technology 18 :19–26

Hadden, J.F. and L.L. Black. 1987. Comparison of virulence of tomato and pepper isolates of tomato and pepper isolates of *Colletotrichum* spp. (Abstc). Phytopathology 70:641.

Sampaio, V.R., C.G.B. Demetrio and D. Barbin. 1979. Heat treatment of mango. I. Variation in temperature and time of immersion. Anais-da-Escola-Superior-de-Agricultura-“Luiz-de-Queiroz” 36:659-669. CAB Abstracts, Accession no. 801369738.

Schirra ,M., G. D'hallewin, S. Ben-Yehoshua and E. Fallik. 2000. Host–pathogen interactions modulated by heat treatment. Postharvest Biology and Technology 21 :71–85

Smilanick, J.L., M.F. Mansour, F.M. Gabler and D. Sorenson. 2008. Control of citrus postharvest green mold and sour rot by potassium sorbate combined with heat and fungicides. Postharvest Biology and Technology 47: 226-238.

Sofos, J.N. and Busta, F.F., 1993. Sorbic acid and sorbates. *In*: Davidson, P.M., Branen, A.L. (Eds.), Antimicrobials in Foods, Second ed. Marcel Dekker, Inc., New York, USA, pp. 49–94.

Sopee. J. 2005. Effect of Heat Treatment on Anthracnose Disease of Mangoes cv. Nam Dok Mai. M.Sc. Thesis, Kasetsart University, Bangkok.

Sutton, B. C. 1980. The Coelomycetes, Fungi Imperfecti with Pyxnidia, Acervuli and Stromata, p. 696. Surrey, England: Commonwealth Mycological Institue, Kew, UK. 696 p.