ST-017

ประสิทธิภาพการใช้กรดอินทรีย์และเกลืออนินทรีย์กลุ่ม GRAS ในการควบคุมโรคเน่าของมะเขือเทศหลังการเก็บเกี่ยวที่เกิดจากเชื้อรา *Alternaria* sp.

The efficacy of GRAS organic acids and inorganic salts in controlling postharvest tomato fruit rots caused by *Alternaria* sp.

สุพรรณิการ์ สมใจเพ็ง[1,*] และศศิธร ทรัพย์ชุ่มชื่น[2]

Supunnika Somjaipeng[1,*] and Sasithorn Sapchumchuen[2]

[1,2]สาขาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี

[1,2]Division of Agricultural Technology, Faculty of Science and Arts Burapha University, Chanthaburi Campus

*Corresponding author's e-mail: supunnika@buu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษากิจกรรมการยับยั้งการเจริญของสารกลุ่มปลอดภัย GRAS กรดอินทรีย์ (4 ชนิด) และเกลืออนินทรีย์ (7 ชนิด) ต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Alternaria* sp. ที่คัดแยกได้จากมะเขือเทศพันธุ์สีดา (*Lycopersicon esculentum* Mill.) ที่จำหน่ายในจังหวัดจันทบุรี โดยรวมเชื้อรา *Alternaria* sp. มีความไวต่อกรดอินทรีย์มากกว่าเกลืออนินทรีย์เกือบทุกความเข้มข้นที่ใช้ในการทดสอบ การใช้กรดอะซิติก กรดออกซาลิก และกรดโพพิโอนิกที่ระดับความเข้มข้น 0.5 และ 1% (w/v) สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ 100% สำหรับการใช้เกลืออนินทรีย์พบว่าเกลือแอมโมเนียมคาร์บอเนต เกลือโซเดียมคาร์บอเนต เกลือโพแทสเซียมคาร์บอเนต และเกลือโพแทสเซียมไบคาร์บอเนต ที่ระดับความเข้มข้น 3% (w/v) สามารถควบคุมการเจริญของเชื้อราได้ 100% การทดสอบการควบคุมการเจริญของเชื้อรา *Alternaria* sp. บนผลมะเขือเทศพันธุ์สีดาด้วยวิธีชุบผล พบว่าการใช้กรดอินทรีย์ (กรดอะซิติก และกรดโพพิโอนิก) ที่ระดับความเข้มข้น 1% (w/v) และเกลืออนินทรีย์ (แอมโมเนียมคาร์บอเนต เกลือโซเดียมคาร์บอเนต และเกลือโพแทสเซียมคาร์บอเนต) ที่ระดับความเข้มข้น 3% (w/v) ทำให้ขนาดแผลโดยเฉลี่ยบนผลมะเขือเทศลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม การใช้กรดโพพิโอนิก (1% (w/v)) สามารถลดการพัฒนาอาการโรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Alternaria* sp. ทำให้มีขนาดแผลบนผลมะเขือเทศน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

คำสำคัญ: *Alternaria* sp., สารกลุ่มปลอดภัย, มะเขือเทศ, กรรมวิธีหลังการเก็บเกี่ยว

ABSTRACT

This study examined the inhibitory activity of several GRAS organic acids (4 types) and inorganic salts (7 types) on mycelium growth of *Alternaria* sp. isolated from tomatoes in Chanthaburi. Overall, *Alternaria* sp. exhibited more noticeable sensitivity to organic acids than inorganic salts nearly all concentration used. Supplementing the media with acetic acid, oxalic acid and propionic acid at a concentration of 0.5 and 1% (w/v) resulted in the most significant inhibitory effect on growth, completely limiting mycelial growth by 100%. For inorganic salts, significant growth control was observed with 3% (w/v) of ammonium carbonate, sodium carbonate, potassium carbonate and potassium bicarbonate. These inorganic salts inhibited the growth of *Alternaria* sp. by 100%. The in vivo experiments involved immersing tomato fruits in a solution containing 1% (w/v) organic acids (acetic acid and propionic acid) and 3% (w/v) inorganic salts (ammonium carbonate, sodium carbonate, and potassium carbonate). These experiments confirmed the findings observed in the in vitro tests, in which the average size of the lesions decreased when compared to the control group. The use of a 1% (w/v) propionic acid solution effectively decreased the development of fruit rot symptoms in tomato fruits caused by *Alternaria* sp., resulting in the lowest occurrence of fruit rot lesions when compared to the control.

Keywords: *Alternaria* sp., Generally recognized as safe, tomato fruits, postharvest treatment

บทนำ

ความเสียหายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้เป็นปัญหาที่สำคัญอย่างมากทำให้เกิดการสูญเสียทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพของผลผลิตสามารถเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุเช่นการเก็บผลผลิตที่มีระยะสุกแก่ที่แตกต่างกันการบรรจุรวมถึงกระบวนการขนส่งที่ขาดการจัดการที่ดีทำให้เกิดการปนเปื้อนและการแพร่กระจายเชื้อก่อโรคพืชได้อย่างรวดเร็ว มะเขือเทศเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย เป็นแหล่งของวิตตามินและแร่ธาตุหลายชนิด ความต้องการในการบริโภคเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องดูได้จากปริมาณผลผลิตระดับประเทศที่เพิ่มขึ้นทุกปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2567) จากการที่ผลของมะเขือเทศที่มีปริมาณความชื้นและสารอาหารที่ละลายน้ำมาก ส่งผลให้เกิดการเสื่อมเสียง่ายและไวต่อการปนเปื้อนเชื้อราก่อโรคในพืชหลายชนิด ได้แก่ *Alternaria alternata*, *Phoma* spp., *Didymella lycopersici*, *Geotrichum candidum*, *Botrytis cinerea*, *Fusarium acuminatum*, *Rhizopus stolonifera*, *Penicillium* sp.

(Petrasch et al., 2019; Živković et al., 2021; Khan and Javaid, 2022) และยังพบรายงานเกี่ยวกับการสร้างสารไมโคทอกซินจากเชื้อราก่อโรคที่ถูกคัดแยกได้จากผลมะเขือเทศ (Van de Perre et al., 2014; Hegazy, 2017) เชื้อราในสกุล *Alternaria* sp. เป็นเชื้อราก่อโรคในพืชที่สามารถพบได้ตลอดช่วงอายุการปลูกและก่อให้เกิดโรคในมะเขือเทศได้หลายโรค เช่น โรคใบจุดวง โรคใบจุดดำ และโรคใบไหม้ เป็นต้น (Caldas et al., 1994; Chaerani et al., 2006; Somma et al., 2011; Stammler et al., 2014) เชื้อรา *Alternaria* sp. ยังเป็นเชื้อราสาเหตุของการเสื่อมเสียระหว่างการเก็บรักษาทำให้ผลมะเขือเทศเน่าเสียหาย และจะมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นเมื่อผลมะเขือเทศเกิดบาดแผล (Rizwana et al., 2021; Ventura-Aguilar et al., 2021) ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อคุณภาพรวมทั้งความปลอดภัยของอาหารที่อาจปนเปื้อนของสารไมโคทอกซิน ในการลดการปนเปื้อนของเชื้อราในพืชอาหารโดยใช้สารเคมีเป็นวิธีดั้งเดิมที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและผู้บริโภค ส่งผลให้มีการศึกษาพัฒนาวิธีที่ปลอดภัยและลดการใช้สารเคมีที่อันตราย เช่นการใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพร การควบคุมอุณหภูมิในการเก็บรักษา การใช้ความร้อน การใช้สารชีวภัณฑ์ การฉายรังสี รวมถึงการใช้วัตถุเจือปนอาหารเป็นต้น (Feng et al., 2013; Irshad et al., 2014; Khaleghi et al., 2014; Daundasekera et al., 2015; Arah et al, 2016; Mama et al., 2016; Alaoui et al., 2017; Cristina et al., 2018; Mvumi et al., 2018; Palou, 2018; Rizwana et al., 2021) สารประกอบ Generally recognized as safe (GRAS) เป็นสารที่ใช้เพื่อการถนอมอาหาร (food preservation) มีความเป็นพิษต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมต่ำมากและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ (Palou et al., 2002; Palou, 2018) กรดอินทรีย์และเกลืออนินทรีย์จัดเป็นกลุ่มสารปลอดภัยที่มีการนำไปใช้ในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคหลังการเก็บเกี่ยวหลายชนิด ตัวอย่างเช่นการใช้กรดอะซิติกในการควบคุมการเจริญของเชื้อรา *Penicillium digitatum* Venditti et al., 2009) การใช้กรดออกซาลิกในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Alternaria alternata* ในผลลูกแพร์ (Tian et al., 2006) นอกจากนี้เชื้อรา *Alternaria alternata* ยังสามารถถูกควบคุมการเจริญได้โดยการใช้เกลือโซเดียมคาร์บอเนต (Muhanna and Elwan, 2020) เป็นต้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของกรดอินทรีย์และเกลืออนินทรีย์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Alternaria* sp. ในระดับห้องปฏิบัติการ
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของกรดอินทรีย์และเกลืออนินทรีย์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Alternaria* sp. ในผลมะเขือเทศพันธุ์สีดา

กรอบแนวคิดการวิจัย

ในการเพาะปลูกมะเขือเทศปัญหาที่เกษตรกรมักพบอยู่เสมอคือ ปัญหาโรคพืชที่เกิดขึ้นทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อปริมาณและคุณภาพและมักจะใช้สารเคมีในการป้องกันและจัดการโรคพืชที่เกิดขึ้น การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยมุ่งเน้นศึกษาการใช้สารประกอบกลุ่มปลอดภัย GRAS ได้แก่ กรดอินทรีย์และเกลืออนินทรีย์ที่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคและเกษตรกร มาใช้ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรค *Alternaria* sp. ที่พบในผลมะเขือเทศ โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพของสารทดสอบทั้งในระดับห้องปฏิบัติการและในผลมะเขือเทศ เพื่อลดการสูญสียผลผลิต ยืดอายุการเก็บรักษา และเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ปลอดภัยต่อการบริโภค

วิธีดำเนินการวิจัย

สายพันธุ์เชื้อรา

เชื้อรา *Alternaria* sp. ที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้คัดแยกได้ผลมะเขือเทศพันธุ์สีดา (*Lycopersicon esculentum* Mill.) ที่จำหน่ายในพื้นที่ อ. ท่าใหม่ และ อ. เมือง จ. จันทบุรี เก็บรักษาเชื้อราที่คัดแยกได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อทำการศึกษาต่อไป

การศึกษาประสิทธิภาพของกรดอินทรีย์และเกลืออนินทรีย์ต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Alternaria* sp.

เชื้อเริ่มต้นเตรียมได้จากการเพาะเลี้ยงเชื้อราในอาหาร MEA บ่มที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ใช้ cork borer ที่ฆ่าเชื้อแล้วเจาะอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีเส้นใยเชื้อราเจริญ นำ mycelium agar plug ที่ได้ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มม.) วางลงบนอาหารทดสอบ โดยอาหารเลี้ยงเชื้อพื้นฐานที่ใช้ในการทดลดลองนี้คือ PDA ที่มีการเติมกรดอินทรีย์ (acetic acid, citric acid, oxalic acid และ propionic acid) ปริมาณ 0.5 และ 1% (w/v) และมีการเติมเกลืออนินทรีย์ (sodium carbonate, sodium bicarbonate, sodium chloride, potassium chloride, potassium carbonate, potassium bicarbonate, และ ammonium carbonate) ปริมาณ 1% และ 3% (w/v) พันปิดจานเพาะเลี้ยงด้วยเทปพาราฟิลม์ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใย (Percentage of mycelial growth inhibition: MGI) (ดัดแปลงจาก Bekker et al., 2006) คำนวณได้จาก

$$\text{MGI}\ (\%) = \frac{\text{dc} - \text{dt}}{\text{dc}} \times 100$$

เมื่อ dc คือเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยเชื้อราในชุดควบคุม และ dt คือเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยเชื้อราในชุดทดสอบ

การทดสอบความเป็นไปได้ในการใช้กรดอินทรีย์และเกลืออนินทรีย์ในการควบคุมการเจริญของเชื้อรา *Alternaria* sp. ในผลมะเขือเทศ

ทำการทดสอบกับผลมะเขือเทศพันธุ์สีดาที่มีระยะการแก่และการสุกของผลมะเขือมะเทศที่แตกต่างกัน 2 กลุ่มดังนี้ (Camelo et al., 2004) กลุ่มที่ 1 ได้แก่มะเขือเทศระยะเริ่มเปลี่ยนสี (Breaker stage) และระยะเปลี่ยนสี (Turning stage) ส่วนกลุ่มที่ 2 ได้แก่มะเขือเทศระยะสีชมพู (Pink stage) และระยะสีเริ่มแดง (Light red stage) ล้างทำความสะอาดผลมะเขือเทศและฆ่าเชื้อที่ผิวด้วย Clorox 10% นาน 1 นาที แล้วล้างออกด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ผึ่งให้แห้ง ทำการปลูกเชื้อรา *Alternaria* sp. ลงบนผลมะเขือเทศโดยทำแผลที่ผลมะเขือเทศด้วยไมโครปิเปตทิป (gel-loading pipette tips) เจาะลงบนผลมะเชือเทศ วางแผ่นชิ้นวุ้นของเชื้อรา *Alternaria* sp. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มม. ลงบนบาดแผล บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดนำแผ่นชิ้นวุ้นที่มีเชื้อราออก ล้างผลมะเขือเทศด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้ออีกครั้งก่อนผึ่งให้แห้ง ทำการทดสอบโดยการจุ่มผลมะเขือเทศที่ปลูกเชื้อแล้วลงในสารทดสอบ ในเบื้องต้นเลือกใช้กรดอะซิติกและกรดโพพิโอนิก ที่ระดับความเข้มข้น 1% (w/v)) และเกลืออนินทรีย์ (เกลือโซเดียมคาร์บอเนต เกลือโพแทสเซียมคาร์บอเนตและเกลือแอมโมเนียมคาร์บอเนต ที่ระดับความเข้ม 3% (w/v)) นาน 10 นาที หลังจากนั้นบรรจุในกล่องพลาสติกที่มีฝาปิดแบบสภาพกล่องชื้น (moisture chamber) เก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน วัดขนาดแผลบนผลมะเขือเทศเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีการจุ่มสารทดสอบ

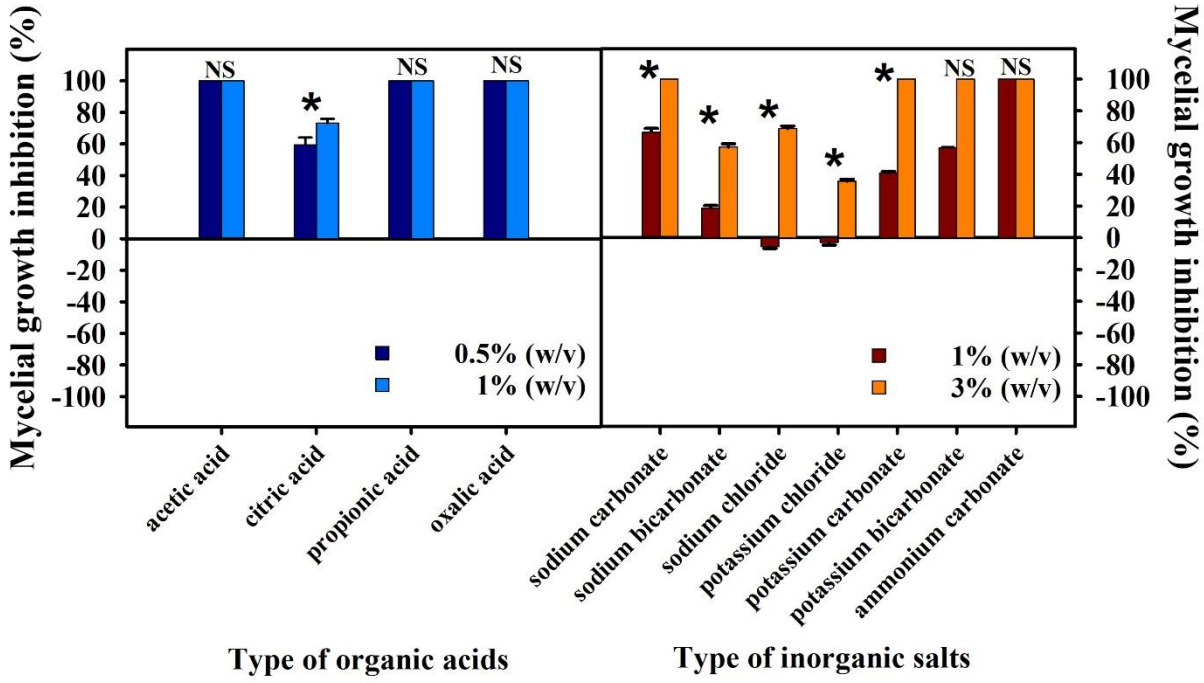
การวิเคราะห์ทางสถิติ

เมื่อข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีการกระจายของข้อมูลแบบปกติจะทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และใช้วิธีทดสอบแบบ Tukey multiple comparisons test ($P<0.05$) เพื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่าง และเมื่อข้อมูลที่ได้มีการกระจายตัวแบบไม่ปกติในการวิเคราะห์ความแปรปรวนจะใช้ Kruskal-Wallis nonparametric ANOVA ($P < 0.05$) และใช้วิธีการทดสอบแบบ Mann-Whitney U test เพื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่าง วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม Minitab 16 (Minitab, Inc., USA)

สรุปผลการวิจัย

จากการใช้กรดอินทรีย์และเกลืออนินทรีย์ในการควบคุมการเจริญของเชื้อรา *Alternaria* sp. พบว่าเชื้อรามีความไวต่อกรดอินทรีย์ มากกว่าเกลืออนินทรีย์ (ภาพที่ 1) การใช้กรดอะซิติก กรดโพพิโอนิกและกรดออกซาลิกสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยได้ 100% ที่ระดับความเข้มข้นทดสอบ 0.5% และ 1% (w/v) ส่วนการใช้กรดซิตริกพบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นเท่ากับ 1% (w/v) สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้เพิ่มขึ้น ในการใช้เกลืออนินทรีย์เพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อรา พบว่าเชื้อรา *Alternaria* sp. มีความไวในการ

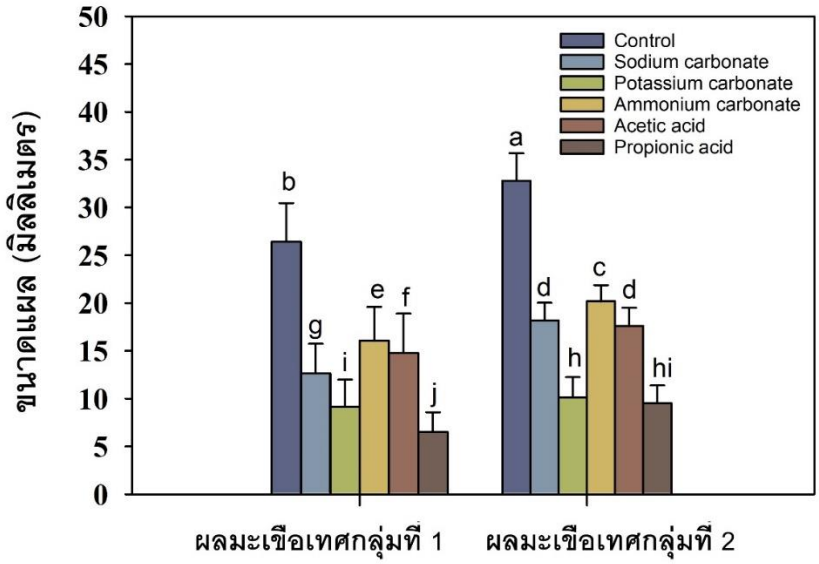
ตอบสนองต่อกิจกรรมการยับยั้งการเจริญของเกลือแอมโมเนียมคาร์บอเนตมากที่สุด โดยสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ 100% ที่ระดับความเข้มข้น 1% และ 3% (w/v) ในการใช้เกลือโซเดียมคาร์บอเนต และเกลือโพแทสเซียมไบคาร์บอเนต การเจริญของเชื้อราสามารถถูกยับยั้งได้ 100% เมื่อเพิ่มความเข้นข้นของเกลือเท่ากับ 3% (w/v) ในขณะที่การใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ และเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ (1% w/v) ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Alternaria* sp. ได้ แต่กลับช่วยสนับสนุนการเจริญของเชื้อราโดยมีอัตราการเจริญของเส้นใยมากกว่าชุดควบคุม แต่เมื่อเพิ่มความเข้นข้นเกลือโซเดียมคลอไรด์และเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ 3% (w/v) พบว่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราเพิ่มขึ้นมากกว่า 40%



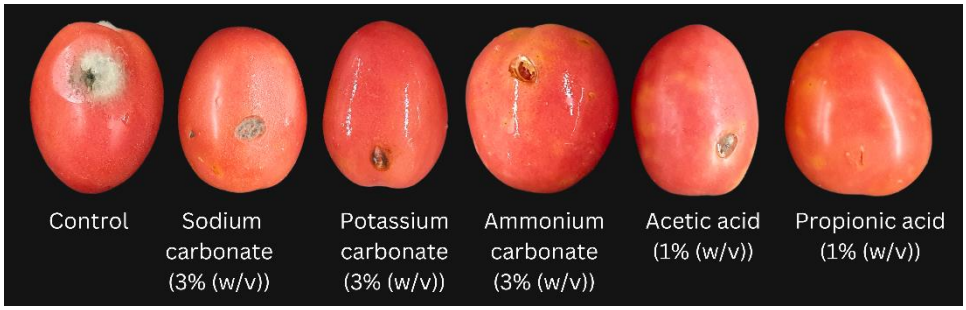
ภาพที่ 1 การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Alternaria* sp. ที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่มีการเติมกรดอินทรีย์และเกลืออนินทรีย์ที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(สัญลักษณ์ * หมายถึงค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P <0.05, Mann-Whitney U test) ในขณะที่ NS หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ)

จากการทดสอบความเป็นไปได้ในการใช้กรดอินทรีย์ (กรดอะซิติกและกรดโพพิโอนิก ที่ระดับความเข้มข้น 1% (w/v)) และเกลืออนินทรีย์ (เกลือโซเดียมคาร์บอเนต เกลือโพแทสเซียมคาร์บอเนตและเกลือแอมโมเนียมคาร์บอเนต ที่ระดับความเข้ม 3% (w/v)) ในการยับยั้งการเกิดโรคผลเน่าในมะเขือเทศ พบว่าการใช้สารประกอบทั้งสองกลุ่มสามารถลดขนาดแผลที่เกิดขึ้นบนผลมะเขือเทศได้เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

(P<0.05) นอกจากนี้ยังพบว่าระยะการแก่และการสุกของผลมะเขือมะเทศมีผลต่อการเกิดโรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Alternaria* sp. ในผลมะเขือเทศกลุ่มที่ 2 ที่เป็นมะเขือเทศระยะสีชมพู (Pink stage) และระยะสีเริ่มแดง (Light red stage) มีขนาดแผลที่ใหญ่กว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลมะเขือเทศกลุ่มที่ 1 ที่เป็นมะเขือเทศระยะเริ่มเปลี่ยนสี (Breaker stage) และระยะเปลี่ยนสี (Turning stage) ถึงแม้ว่าจะมีการใช้สารทดสอบในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา (ภาพที่ 2, 3) การใช้กรดโพพิโอนิกสามารถยับยั้งการเกิดโรคผลเน่าในมะเขือเทศทั้ง 2 กลุ่มได้ดีโดยเฉพาะอย่างยิ่งในมะเขือเทศกลุ่มที่ 1 (P<0.05) ส่วนการใช้เกลือโพแทสเซียมคาร์บอเนตสามารถลดขนาดของแผลที่เกิดจากเชื้อเข้าทำลายได้ดีที่สุดเมื่อทดสอบกับผลมะเขือเทศทั้ง 2 กลุ่มเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เกลือชนิดอื่น (P<0.05)



ภาพที่ 2 ประสิทธิภาพของกรดอินทรีย์ (1% (w/v) และเกลืออนินทรีย์ (3% (w/v)) ทดสอบในการยับยั้งการเกิดโรคผลเน่าในมะเขือเทศจากเชื้อรา *Alternaria* sp. เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน (ตัวอักษร a-j บนกราฟแท่งหมายถึงการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%)



ภาพที่ 3 ตัวอย่างการยับยั้งการเกิดโรคผลเน่าจากเชื้อรา *Alternaria* sp. ในผลมะเขือเทศกลุ่มที่ 2 ด้วยกรดอินทรีย์และเกลืออนินทรีย์ทดสอบเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาการใช้กรดอินทรีย์ในครั้งนี้พบว่ากรดอะซิติก กรดโพพิโอนิก และกรดออกซาลิก ที่ระดับความเข้มข้นทดสอบ (0.5% และ 1% (w/v)) เป็นกรดอินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Alternaria* sp. และยังมีรายงานถึงประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรคพืชชนิดอื่นเมื่อใช้กรดอะซิติก เช่น *Aspergillus flavus* (PelÃ et al., 2012), *Colletotrichum* sp. (Kang et al., 2003), *C. gloeosporioides* (Yanos et al., 2021) และยังมีรายงานถึงความสามารถในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา *Penicillium expansum* (Radi et al., 2010) รวมทั้งการใช้สารประกอบที่มีกรดอะซิติกเพื่อควบคุมการเจริญของเชื้อรา เช่นการใช้น้ำส้มสายชู สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P.chrysogenum* (Rogawansamy et al., 2015) และเชื้อรา *Alternaria alternata* และ *Botrytis cinerea* ได้ (Alawlaqi and Alharbi, 2014) การใช้กรดโพพิโอนิกสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราหลายชนิดเช่น *A. parasiticus* (Molina and Giannuzzi, 1999) *Macrophomina phaseolina, Botrytis cinerea, Sclerotinia sclerotiorum, Fusarium oxysporum* และ *Rhizoctonia solani* (Şehirli and Saydam, 2016) กิจกรรมการยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่เกิดขึ้นจากการใช้กรดอ่อนเกี่ยวข้องกับหลายกลไก สามารถอธิบายได้จากทฤษฎี weak-acid preservatives (PelÃ et al., 2012; Manuja et al., 2013; Stratford et al., 2013; Meira et al., 2017) gเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของกรดอ่อน เช่นกรดอะซิติก จะส่งผลรบกวนการเจริญของเชื้อราเนื่องจากทำให้มีค่า pH ต่ำกว่าค่า pH ที่เหมาะสมในการเจริญ กรดอะซิติกเป็นกรดอ่อนที่มีค่าคงที่ของการแตกตัวต่ำ ภายใต้สภาวะที่มีค่า pH ต่ำกรดอะซิติกที่อยู่ในรูปที่ไม่แตกตัวนี้สามารถผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้อิสระเกิดการสะสมภายในเซลล์เพิ่มมากขึ้น เมื่อมีการแตกตัวจะส่งผลให้ค่า pH ภายในเซลล์เปลี่ยนแปลง การใช้กรดอินทรีย์หลังการเก็บเกี่ยวนอกจากจะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา

โรคพืชแล้ว ยังสามารถลดอาการสะท้านหนาว (Chilling Injury, CI) ที่เกิดจากการเก็บรักษาผลผลิตที่อุณหภูมิต่ำได้อีกด้วย เช่นการใช้กรดออกซาลิกสามารถลดการเกิด CI ในมะเขือเทศ (Li et al. 2016)

จากการทดสอบประสิทธิภาพเกลืออนินทรีย์ในการควบคุมการเจริญของเชื้อรา *Alternaria* sp. ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าการใช้เกลือแอมโมเนียมคาร์บอเนตมีผลต่อการเจริญของเชื้อรามากที่สุดแม้ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ 1% (w/v) มีรายงานถึงประสิทธิภาพของการใช้เกลือแอมโมเนียมคาร์บอเนตที่ระดับความเข้มข้น 10mM มีผลยับยั้งการเจริญของเส้นใยและการงอกของสปอร์เชื้อรา *B. Cinerea* (Türkkan et al., 2017), เชื้อรา *Alternaria porri* และ *Alternaria mali* (Imhammed and Alhdad, 2022) เป็นต้น ความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราโดย อาจเนื่องจากการลดค่าแรงดันเต่งภายในเส้นใย ส่งผลให้เส้นใยหดตัวและเสียสภาพ (Fallik et al, 1997) นอกจากนี้แอมโมเนียมอิออนอาจมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยด้วยเช่นกัน (Palmer et al., 1997) ถึงแม้ว่าจะมีรายงานที่ได้จากการศึกษาส่วนใหญ่เกี่ยวกับประสิทธิภาพในการควบคุมการเจริญของเชื้อราหลายชนิดต่อการใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์และเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ แต่จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าการใช้เกลืออนินทรีย์ทั้งสองชนิดนี้ให้ผลการทดลองที่ตรงข้าม โดยพบว่าที่ระดับความเข้มข้นต่ำ (1% (w/v)) มีผลสนับสนุนการเจริญของเชื้อรา สามารถพบได้ในเชื้อราหลายสกุล เช่นการใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ (2% (w/v)) พบว่าเชื้อรา *Fusarium oxysporum* มีการเจริญเพิ่มขึ้น (Türkkan, 2013) และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ความไวต่อการตอบสนองต่อเกลืออนินทรีย์ทั้งสองชนิดนี้ของราก่อโรคในพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน กลไกที่เชื้อราใช้ในการต้านทานหรือการตอบสนองที่ไวต่อสารประกอบเกลือยังไม่ทราบแน่ชัด ซึ่งอาจอธิบายได้จากการที่เชื้อรามีการปรับตัวต่อสภาวะความเครียดที่เกิดขึ้นต่างกัน

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาในครั้งนี้ทำให้ได้ข้อมูลที่มีประโยชน์เกี่ยวกับการตอบสนองของเชื้อรา *Alternaria* sp. ต่อสารกลุ่มปลอดภัยกรดอินทรีย์และเกลืออนินทรีย์จากสารเคมีทดสอบทั้งหมด 11 ชนิด ทั้งในระดับห้องปฏิบัติการและในผลมะเขือเทศ พบว่ากรดอะซิติก กรดโพพิโอนิก กรดออกซาลิก เกลือโพแทสเซียมคาร์บอเนต เกลือโพแทสเซียมไบคาร์บอเนต และเกลือแอมโมเนียมคาร์บอเนต เป็นสารเคมีที่มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Alternaria* sp. ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในการนำสารกลุ่มปลอดภัยนี้มาใช้ในการลดการปนเปื้อนของเชื้อราก่อโรคที่อาจพบได้หลังการเก็บเกี่ยว เช่นการแช่หรือจุ่มผลมะเขือเทศในสารละลายก่อนการแปรรูปหรือหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อได้ผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค แต่อย่างไรก็ตามยังคงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปริมาณ และสภาวะที่เหมาะสม สายพันธุ์และระยะการแก่สุกของผลมะเขือมะเทศเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพของการใช้สูงสุด

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2567). *ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร.* https://www.oae.go.th

Alaoui, F., Askarne, L., Boubaker, H., Boudyach, E., & Aoumar, A. A. B. (2017). Control of gray mold disease of tomato by postharvest application of organic acids and salts. *Plant Pathology Journal (Faisalabad)*, *16*(2), 62-72.

Alawlaqi, M., & Alharbi, A. (2014). Impact of acetic acid on controlling tomato fruit decay. *Life Sci. J*, *11*, 114-119.

Arah, I. K., Ahorbo, G. K., Anku, E. K., Kumah, E. K., & Amaglo, H. (2016). Postharvest handling practices and treatment methods for tomato handlers in developing countries: A mini review. *Advances in Agriculture*, *2016*, 1-9.

Bekker, T., Kaiser, C., vd Merwe, R., & Labuschagne, N. (2006). In-vitro inhibition of mycelial growth of several phytopathogenic fungi by soluble potassium silicate. *South African Journal of Plant and Soil*, *23*(3), 169-172.

Caldas, E. D., Jones, A. D., Ward, B., Winter, C. K., & Gilchrist, D. G. (1994). Structural characterization of three new AAL toxins produced by *Alternaria alternata* f. sp. *lycopersici*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *42*(2), 327-333.

Chaerani, R., & Voorrips, R. E. (2006). Tomato early blight (*Alternaria solani*): the pathogen, genetics, and breeding for resistance. *Journal of general plant pathology*, *72*, 335-347.

Cristina, R.-A., Perez, J., Guillermo, H.-M. L., Bernardo, M. A., & Omar, R. P. E. (2018). Control of phytopathogenic microorganisms of post-harvest in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) with the use of citrus extract. *Journal of Plant Science and Phytopathology*, *2*, 037-043.

Daundasekera, W., Liyanage, G., Wijerathne, R., & Pieris, R. (2015). Preharvest calcium chloride application improves postharvest keeping quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Ceylon Journal of Science*, *44* (1*),* 55-60.

Fallik, E., Ziv, O., Grinberg, S., Alkalai, S., & Klein, J. D. (1997). Bicarbonate solutions control powdery mildew (Leveillula taurica) on sweet red pepper and reduce the development of postharvest fruit rotting. *Phytoparasitica*, *25*, 41-43.

Feng, W., Zheng, X., & Chen, J. (2013). Combined inhibitory effect against postharvest storage rots and their effects on postharvest quality parameters in cherry tomatoes by cassia oil and calcium chloride. *Journal of food protection*, *76*(11), 1873-1878.

Hegazy, E. M. (2017). Mycotoxin and fungal contamination of fresh and dried tomato. *Annual Research & Review in Biology*, *17*(6), 1-9.

Imhammed, A. A., & Alhdad, G. M. (2022). Control of apple fruit rot caused by *Alternaria porri* and *Alternaria mali* by using hot water treatment and some inorganic salts. *Scientific Journal for Faculty of Science-Sirte University*, *2*(1), 47-56.

Irshad, G., Haider, Z., Ikram, Z., Iqbal, A., Hyder, S., & Inam-ul-Haq, M. (2014). Chemical control of fungal diseases of stored *Solanum lycopersicum* fruit by potassium bicarbonate and calcium chloride. *Pakistan Journal of Phytopathology*, *26*(2), 281-287.

Kang, H.-C., Park, Y.-H., & Go, S.-J. (2003). Growth inhibition of a phytopathogenic fungus, Colletotrichum species by acetic acid. *Microbiological research*, *158*(4), 321-326.

Khaleghi, S. S., Ansari, N. A., Rahemi, M., & Peidayesh, M. (2014). Effect of hot water treatment and surface disinfection with NaCl on storage life and reducing decay of tomato fruit. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, *3*(2), 155-160.

Khan, I. H., & Javaid, A. (2022*). Penicillium echinulatum* causing blue mold on tomato in Pakistan. *Journal of Plant Pathology*, *104*(3), 1143-1143.

Li, P., Yin, F., Song, L., & Zheng, X. (2016). Alleviation of chilling injury in tomato fruit by exogenous application of oxalic acid. *Food chemistry*, *202*, 125-132.

Mama, S., Yemer, J., & Woelore, W. (2016). Effect of hot water treatments on shelf life of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Journal of Natural Sciences Research*, *6*(17), 69-77.

Manuja, R., Sachdeva, S., Jain, A., & Chaudhary, J. (2013). A comprehensive review on biological activities of p-hydroxy benzoic acid and its derivatives. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, *22*(2), 109-115.

Meira, N. V., Holley, R. A., Bordin, K., de Macedo, R. E., & Luciano, F. B. (2017). Combination of essential oil compounds and phenolic acids against *Escherichia coli* O157: H7 in vitro and in dry-fermented sausage production. *International journal of food microbiology*, *260*, 59-64.

Molina, M., & Giannuzzi, L. (1999). Combined effect of temperature and propionic acid concentration on the growth of *Aspergillus parasiticus*. *Food research international*, *32*(10), 677-682.

Muhanna, N. A., & Elwan, S. E. (2020). Salts as controlling agents of lettuce leaf spot diseases. *Zagazig Journal of Agricultural Research*, *47*(1), 119-133.

Mvumi, C., Ngadze, E., Marais, D., DuToit, E. S., & Kugara, J. (2018). Determination and quantification of sinigrin glucosinolates in *Alternaria solani* susceptible tomato (*Solanum lycopersicum*) leaves treated with moringa (*Moringa oleifera*) leaf extract. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, *51*(7-8), 432-444.

Palmer, C. L., Horst, R. K., & Langhans, R. W. (1997). Use of bicarbonates to inhibit in vitro colony growth of *Botrytis cinerea*. *Plant disease*, *81*(12), 1432-1438.

Palou, L. (2018). Postharvest treatments with GRAS salts to control fresh fruit decay. *Horticulturae*, *4*(4), 46.

Palou, L., Usall, J., Smilanick, J. L., Aguilar, M. J., & Vinas, I. (2002). Evaluation of food additives and low‐toxicity compounds as alternative chemicals for the control of *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum* on citrus fruit. *Pest management science*, *58*(5), 459-466.

PelÃ, A. L. n., CataÃ±o, C. S., Yepes, E. Q., Villarroel, R. G., De Antoni, G., & Giannuzzi, L. (2012). Inhibitory activity of lactic and acetic acid on *Aspergillus flavus* growth for food preservation.

Petrasch, S., Silva, C. J., Mesquida-Pesci, S. D., Gallegos, K., Van Den Abeele, C., Papin, V., Fernandez-Acero, F. J., Knapp, S. J., & Blanco-Ulate, B. (2019). Infection strategies deployed by Botrytis cinerea, *Fusarium acuminatum*, and *Rhizopus stolonifer* as a function of tomato fruit ripening stage. *Frontiers in Plant Science*, *10*, 223.

Radi, M., Jouybari, H. A., Mesbahi, G., Farahnaky, A., & Amiri, S. (2010). Effect of hot acetic acid solutions on postharvest decay caused by *Penicillium expansum* on Red Delicious apples. *Scientia Horticulturae*, *126*(4), 421-425.

Rizwana, H., Bokahri, N. A., Alsahli, S. A., Al Showiman, A. S., Alzahrani, R. M., & Aldehaish, H. A. (2021). Postharvest disease management of Alternaria spots on tomato fruit by Annona muricata fruit extracts. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *28*(4), 2236-2244.

Rogawansamy, S., Gaskin, S., Taylor, M., & Pisaniello, D. (2015). An evaluation of antifungal agents for the treatment of fungal contamination in indoor air environments. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *12*(6), 6319-6332.

Şehirli, S., & Saydam, C. (2016). The effect of acetic, formic and propionic acids on plant pathogenic fungi. *Journal of Biological & Environmental Sciences*, *10*(30), 129-137.

Somma, S., Pose, G., Pardo, A., Mulè, G., Pinto, V. F., Moretti, A., & Logrieco, A. F. (2011). AFLP variability, toxin production, and pathogenicity of *Alternaria* species from Argentinean tomato fruits and puree. *International journal of food microbiology*, *145*(2-3), 414-419.

Stammler, G., Böhme, F., Philippi, J., Miessner, S., & Tegge, V. (2014). Pathogenicity of *Alternaria*-species on potatoes and tomatoes. *PPO Special Report, 16,* 85-96.

Stratford, M., Nebe-von-Caron, G., Steels, H., Novodvorska, M., Ueckert, J., & Archer, D. B. (2013). Weak-acid preservatives: pH and proton movements in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *International journal of food microbiology*, *161*(3), 164-171.

Tian, S., Wan, Y., Qin, G., & Xu, Y. (2006). Induction of defense responses against Alternaria rot by different elicitors in harvested pear fruit. *Applied microbiology and biotechnology*, *70*, 729-734.

Türkkan, M. (2013). Antifungal effect of various salts against *Fusarium oxysporum* f. sp. cepae, the causal agent of Fusarium basal rot of onion. *Journal of Agricultural Sciences*, *19*(3), 178-187.

Türkkan, M., Özcan, M., & Erper, İ. (2017). Antifungal effect of carbonate and bicarbonate salts against *Botrytis cinerea*, the casual agent of grey mould of kiwifruit. *Akademik Ziraat Dergisi*, *6*(2), 107-114.

Van de Perre, E., Deschuyffeleer, N., Jacxsens, L., Vekeman, F., Van Der Hauwaert, W., Asam, S., Rychlik, M., Devlieghere, F., & De Meulenaer, B. (2014). Screening of moulds and mycotoxins in tomatoes, bell peppers, onions, soft red fruits and derived tomato products. *Food Control*, *37*, 165-170.

Venditti, T., Dore, A., Molinu, M. G., Agabbio, M., & D'hallewin, G. (2009). Combined effect of curing followed by acetic acid vapour treatments improves postharvest control of *Penicillium digitatum* on mandarins. *Postharvest biology and technology*, *54*(2), 111-114.

Ventura-Aguilar, R. I., Bautista-Baños, S., Hernández-López, M., & Llamas-Lara, A. (2021). Detection of *Alternaria alternata* in tomato juice and fresh fruit by the production of its biomass, respiration, and volatile compounds. *International journal of food microbiology*, *342*, 109092.

Yanos, R. M., Hernandez, H. P., Sabularse, V. C., & Dalisay, T. U. (2021). Bioefficacy of Organic Acids against *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. and Sacc., Causal Organism of Mango (*Mangifera indica* L. cv."Carabao") Anthracnose. *Philippine Journal of Science*, *150*.

Živković, S., Ristić, D., & Stošić, S. (2021). First report of *Penicillium olsonii* causing postharvest fruit rot on tomato in Serbia. *Plant disease*, *105*(8), 2246.