

Received: December 18, 2022; Revised: February 9, 2023; Accepted: February 16, 2023

ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อรากอโรคราน้ำค้างในใบเมล่อน  
ด้วยซิงค์ออกไซด์ผสมสารสกัดจากขิง ข่า และไพล

Efficiency fungal inhibition of downy mildew in melon leaves  
by zinc oxide compounding ginger, galangal and phlai

รัตนาภรณ์ สมฤทธิ์<sup>1</sup> วรุตม์ คุณสุทธิ<sup>1\*</sup> ธีระวิทย์ พลโคกกอง<sup>1</sup> อารีรัตน์ เมืองแสน<sup>2</sup> ปัฐพงศ์ เทียมตรี<sup>2</sup>  
ชนิตา บุตรรัตน์<sup>2</sup> นีรันดรไชนันท์ ชาญชาติ<sup>2</sup> และณัฐธิญา สุธาจารี<sup>2</sup>

Rattanaporn Somrit<sup>1</sup>, Warut Koonasoot<sup>1\*</sup>, Thirawit Phonkhokkong<sup>1</sup>, Areerat Muangsan<sup>2</sup>,  
Pattapong Tiemtreet<sup>2</sup>, Chanita Butrattana<sup>2</sup>, Nirunchanan Chanchad<sup>2</sup>  
and Natthiya Sudcharee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์

<sup>1</sup>Faculty of Sciences, Buriram Rajabhat University, Buriram Province

<sup>2</sup>คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์

<sup>2</sup>Faculty of Education, Buriram Rajabhat University, Buriram Province

\*Corresponding Author E-mail Address: warut.ks@bru.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาด้านประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อรากอโรคราน้ำค้างในใบเมล่อนของซิงค์ออกไซด์ร่วมกับขิง ข่า และไพล โดยเตรียมซิงค์ออกไซด์ด้วยวิธีการโซล-เจล และเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำซิงค์ออกไซด์ที่ได้มาผสมกับสารสกัดจากขิง ข่า และไพล แล้วทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อรากอโรคราน้ำค้างในใบเมล่อน จากการศึกษาโครงสร้างผลึกด้วยเครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์ (X-ray Diffractometer: XRD) พบว่า มีโครงสร้างผลึกแบบเฮกซะโกนอล โดยมีขนาดผลึก 58.07 นาโนเมตร ส่วนการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่มีสมรรถนะสูงชนิดฟิลด์อิมิสชัน (Field Emission Scanning Electron Microscope: FE-SEM) พบว่าซิงค์ออกไซด์มีลักษณะของอนุภาคเป็นแท่งกลมซ้อนทับกัน และเมื่อวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (Fourier Transform Infrared Spectroscopy: FT-IR) ของสารสกัดขิง ข่า และไพล พบว่ามีพันธะ O-H พันธะ C-H พันธะ C=O พันธะ C=C-C=C และพันธะ C-O จากการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อรากอโรคราน้ำค้างในใบเมล่อนของซิงค์ออกไซด์และสารสกัดขิง ข่า และไพล กับอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีความเข้มข้น 4,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร ที่อัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก พบว่า ซิงค์ออกไซด์ที่ผสมสารสกัดจากข่า มีประสิทธิภาพในการยับยั้งที่สูงที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 68.40 รองลงมา คือ ไพล และขิง โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 67.29 และ 46.47 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ซิงค์ออกไซด์ กระบวนการโซล-เจล โรคราน้ำค้าง

## Abstract

The aim of this research is to evaluate the efficacy of a treatment for downy mildew in melon leaves using a composite of ZnO synthesized via the sol-gel method and calcined at 700°C for 1 hour. The synthesized ZnO was then mixed with the extract of ginger, galangal, and phlai and tested the efficacy of a treatment for downy mildew in melon leaves. The analysis of the samples with an X-ray diffractometer (XRD) revealed a hexagonal crystal structure. Furthermore, the crystal size of ZnO is 58.07 nm. The result of morphological with field emission scanning electron microscope (FE-SEM) is represented that the particles phase of ZnO is rod-shaped and also overlapped. Fourier transform Infrared Spectroscopy (FT-TR) of functional groups of ginger, galangal, and phlai are shown the presence of O-H bonds, C-H bonds, C=O bonds, C=C-C=C bonds, and C-O bonds. The anti-mildew efficacy in melon leaves of zinc oxide and ginger, galangal, and phlai with agar medium at a concentration of 4,000 µg/mL at a ratio of 1:1 by weight is found that ZnO mixed with galangal extract influences The highest percentage of infection was inhibited as 68.40 followed by phlai and ginger with percentage of infection was inhibited as 67.29 and 46.47, respectively.

**Keywords:** Zinc oxide, Sol-gel method, Downy mildew

## บทนำ

เมล่อน (Melon) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cucumis melo* L. var. *cantalpensis* อยู่ในวงศ์ Cucurbitaceae ซึ่งอยู่ในตระกูลเดียวกับแตงไทย มีชื่อเรียกหลากหลายตามท้องถิ่น เช่น แตงเทศ หรือแตงหอม มีลักษณะผลค่อนข้างใหญ่เปลือกหนา ส่วนผิวเปลือกมีทั้งแบบเรียบ และแบบมีร่างแห เนื้อมีสีส้ม หรือสีเหลือง มีรสชาติที่หวานและมีกลิ่นหอม (กนกอร, 2563) จึงเป็นที่ต้องการของตลาด แต่การปลูกเมล่อนให้ได้คุณภาพไม่เป็นเรื่องง่าย เนื่องจากเป็นพืชที่อ่อนแอต่อการเกิดโรค เช่น โรคเหี่ยว (ชาลิสา และคณะ, 2562) โรคราแป้ง โรคใบด่าง โรครากเน่าโคนเน่า (วรารัตนา และคณะ, 2565) โรคราน้ำค้าง เป็นต้น โดยเฉพาะโรคราน้ำค้างจะเกิดจากการเข้าทำลายของเชื้อรา *Pseudoperonospora cubensis* (Berk. & M. A. Curtis) Rostovzev ทำให้เกิดเป็นปื้นเหลืองบนใบ จากนั้นปื้นสีเหลืองจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ทำให้ใบของเมล่อนแห้งและทำให้ต้นตายในที่สุด (สุริยวัลย์ และคณะ, 2559; กรมส่งเสริมการเกษตร, 2562)

ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) นอกจากจะเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ยังใช้เป็นสารเคมีเพื่อป้องกันและกำจัดโรคพืชอีกด้วย มีงานวิจัยที่ทำการศึกษาศึกษาการใช้นาโนซิงค์ออกไซด์ในการยับยั้งการเกิดโรคราแป้งของมะม่วงน้ำดอกไม้ ทำให้พบว่าสามารถควบคุมโรคได้ (สุปราณี, 2558) และซิงค์ออกไซด์ที่สังเคราะห์ด้วยวิธีการโซล-เจลสามารถยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum sp.* ได้ร้อยละ 79.39 (สุนันท์ และเสาวนีย์, 2561)

พืชสมุนไพรเป็นสิ่งที่มนุษย์ได้รู้จักนำมาใช้เป็นอาหารและรักษาโรครักษาไข้เจ็บตั้งแต่โบราณกาล ประเทศไทยเป็นแหล่งทรัพยากรทางธรรมชาติอันอุดมสมบูรณ์ มีพืชต่าง ๆ ที่ใช้เป็นสมุนไพรได้อย่างมากมายนับหมื่นชนิด ในปัจจุบันได้มีการศึกษาเพื่อนำสมุนไพรมาใช้ประโยชน์มากมาย เช่น การใช้สารสกัดจากใบฝรั่ง ใบสะเดา ใบสาบเสือและโคโตซานเพื่อยับยั้งเชื้อก่อโรคพืชในแตงกวา (สมฤทัย และณรงค์ฤทธิ์, 2562) การใช้สารสกัดหยาบจากสมุนไพรของขิง (*Zingiber officinale*) และไพล ความเข้มข้น 10,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม ในอาหาร Potato dextrose agar (PDA) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา (สุภัทรา, 2547) กระชาย (*Boesenbergia rotunda*) ขิง และข่า (*Alpinia galanga*) ใช้ยับยั้งโรคเหี่ยวแคนตาลูป

(ขาลีสา และคณะ, 2562) กระทบ กระชวยขาว ข่า ขมิ้น และตะไคร้ ในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคหอมเลื้อยในหอมแดง (วิมลศิริ และคณะ, 2565) มีการใช้ขมิ้นชัน กระทบ และขิงในการยับยั้งโรคราน้ำค้างในเมล่อน (วิริญญา และแสงดาว, 2563) นอกจากนี้มีการใช้ซิงค์ออกไซด์ที่เผาแล้วนำไปผสมกับสารสกัดจากขิงในการยับยั้งการเจริญเติบโตของตัวเชื้อรา *Colletotrichum sp.* พบว่า อุณหภูมิการเผาแคลไซน์ 700 องศาเซลเซียส ผสมกับสารสกัดจากขิงมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อรามากที่สุด (ศิริส และอิทธิพล, 2562)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราก่อโรคราน้ำค้างในเมล่อนด้วยนาโนซิงค์ออกไซด์ที่สังเคราะห์ด้วยวิธีการโซล-เจล ผสมกับสารสกัดจากขิง ข่า และไพล เพื่อศึกษาโครงสร้างผลึกด้วยเครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรกโตมิเตอร์ (X-ray Diffractometer: XRD) ศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่มีสมรรถนะสูงชนิดฟิลด์อีมิสชัน (Field Emission Scanning Electron Microscope: FE-SEM) วิเคราะห์องค์ประกอบทางโครงสร้างเคมีของสารโดยใช้ความยาวคลื่นช่วงอินฟราเรด (Fourier Transform Infrared Spectroscopy: FT-IR) และศึกษาประสิทธิภาพของนาโนซิงค์ออกไซด์ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อราน้ำค้างในเมล่อน

## วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

### สารเคมีและอุปกรณ์

Zn(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O ความบริสุทธิ์ 99.5 เปอร์เซ็นต์ (บริษัท QReC® ประเทศนิวซีแลนด์)  
 NaOH ความบริสุทธิ์ 99.5 เปอร์เซ็นต์ (ยี่ห้อ RCI-Labscan บริษัท QReC® ประเทศนิวซีแลนด์)  
 น้ำยา Clorox (บริษัท เอกชัย ดิสทริบิวชันซิสเต็ม จำกัด ประเทศไทย)  
 เอทานอลความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ (ห้างหุ้นส่วนจำกัด Science Physics ประเทศไทย)  
 ตู้อบลมร้อน รุ่น ED53 ยี่ห้อ BENDER  
 เครื่อง Rotary evaporator รุ่น R-3001 ยี่ห้อ Greatwall  
 เครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรกโตมิเตอร์ (X-ray Diffractometer: XRD) รุ่น D8 Advance บริษัท Bruker ประเทศเยอรมัน  
 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่มีสมรรถนะสูงชนิดฟิลด์อีมิสชัน (Field Emission Scanning Electron Microscope: FE-SEM) รุ่น JSM-7800F บริษัท JEOL ประเทศญี่ปุ่น  
 เครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม อินฟราเรดสเปกโตรไมโครสโคปี (Fourier Transform Infrared Spectroscopy: FT-IR) รุ่น Spectrum two FT-IR Spectrometer บริษัท PerkinElmer Scientific ประเทศสหรัฐอเมริกา

### กระบวนการเตรียมผงซิงค์ออกไซด์

ในการสังเคราะห์ซิงค์ออกไซด์จะดำเนินการด้วยวิธีโซล-เจล (Hasnidawani et al., 2016; Sangchay and Ubolchollakhat, 2016) โดยนำ Zn(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O ปริมาณ 2.1949 กรัม ผสมกับน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 0.8 โมลาร์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงไปอย่างช้า ๆ กวนสารละลายด้วยเครื่องกวนแห้งแม่เหล็กเป็นเวลา 45 นาที ที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปกรองด้วยกระดาษกรอง และใช้น้ำกลั่นล้างจำนวน 3 ครั้ง ทิ้งไว้ให้แห้ง แล้วนำไปเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะได้ผงซิงค์ออกไซด์ออกมา

### กระบวนการเตรียมสารสกัดจากสมุนไพรวงศ์ขิง

ในการเตรียมสารสกัดจากขิงจะสกัดด้วยวิธีการสกัดหยาบ (ขาลีสา และคณะ, 2562) โดยนำเหง้าขิงแก่มาล้างให้สะอาด แล้วหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ อบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปบดให้ละเอียด บรรจุใส่

ภาชนะแก้ว เติมน้ำอุณหภูมิความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ให้ท่วมตัวอย่าง ปิดฝาให้สนิท เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ทำการเขย่าตัวอย่างทุก ๆ 24 ชั่วโมง จนครบ 168 ชั่วโมง นำสารละลายมากรองด้วยผ้าขาวบาง หลังจากนั้นนำส่วนที่เป็นของเหลวที่ได้ไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง Rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จะได้สารสกัดของขิงในรูปของเหลวข้นหนืด ในส่วนกระบวนการเตรียมสารสกัดของข่าและไพล ก็ดำเนินการซ้ำเช่นเดียวกับขิง

### กระบวนการเพาะเลี้ยงเชื้อราด้วยวิธี Tissue Transplanting

ตัดชิ้นส่วนบริเวณรอยต่อระหว่างเนื้อเยื่อที่ติดกับเนื้อเยื่อที่เป็นโรครอกเป็นชิ้นเล็กขนาด 5x5 มิลลิเมตร ด้วยใบมีดที่ลนไฟฆ่าเชื้อแล้วนำไปฆ่าเชื้อด้วยน้ำยา Clorox เข้มข้นร้อยละ 15 เป็นเวลา 5 นาที ในจานเลี้ยงเชื้อ หลังจากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง และซับด้วยกระดาษฆ่าเชื้อ นำชิ้นส่วนที่เกิดโรควางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA บ่มไว้ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ทำการเก็บเชื้อไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (สุวรรณณี และคณะ, 2557)

### การวิเคราะห์คุณลักษณะของขิงค็อกซ์และสารสกัดสมุนไพรร

นำขิงค็อกซ์ที่สังเคราะห์ได้มาศึกษาโครงสร้างผลึกด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์ (X-ray Diffractometer: XRD) ที่มุม 2 $\theta$  ตั้งแต่ 20 ถึง 80 องศา ศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่มีสมรรถนะสูงชนิดฟิลด์อิมิชั่น (Field Emission Scanning Electron Microscope: FE-SEM) โดยใช้ศักย์ไฟฟ้าในการเร่งอิเล็กตรอนที่ 10 กิโลโวลต์ และวิเคราะห์องค์ประกอบทางโครงสร้างเคมีของสารสกัดสมุนไพรรโดยใช้ความยาวคลื่นช่วงอินฟราเรด (Fourier Transform Infrared Spectroscopy: FT-IR)

### การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อรา

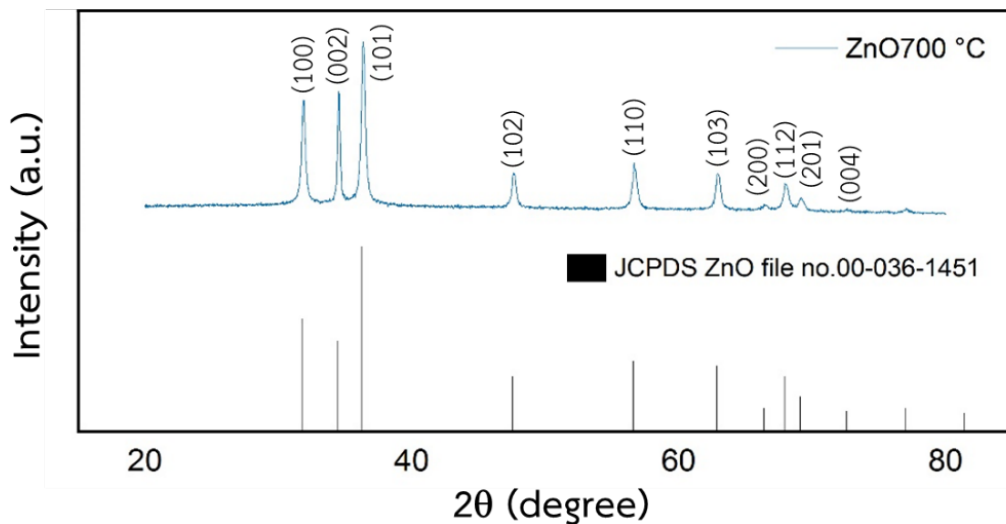
ทดสอบประสิทธิภาพของขิงค็อกซ์ และสารสกัดสมุนไพรรในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคราน้ำค้างในใบมะล่อนด้วยวิธี Poisoned food technique (นิสาชล และการะเกด, 2559) โดยนำผงขิงค็อกซ์ที่สังเคราะห์ได้มาผสมกับอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) ให้ได้ความเข้มข้น 4,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นเทลงในจานเพาะเชื้อปริมาตร 20 มิลลิลิตร ทิ้งไว้จนอาหารแข็ง นำ Cork borer เจาะบริเวณปลายเส้นใยของเชื้อราที่เลี้ยงไว้ที่มีอายุ 7 วัน ย้ายชิ้นวงมาวางบริเวณกลางจานเพาะเชื้อที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ผสมขิงค็อกซ์ บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อราเปรียบเทียบกับจานเลี้ยงเชื้อชุดควบคุม คือ น้ำกลั่น (ไม่ผสมขิงค็อกซ์) และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราด้วยขิงค็อกซ์ผสมสารสกัดจากขิงในอัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 45 นาที จากนั้นนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เติมน้ำอุณหภูมิในผงขิงค็อกซ์ที่ผสมสารสกัดจากขิงแล้วคนให้เข้ากัน จากนั้นนำไปผสมกับอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) ให้ได้ความเข้มข้น 4,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร แล้วนำไปทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราโรคราน้ำค้างในใบมะล่อน ในส่วนของข่าและไพลก็ดำเนินการซ้ำเช่นเดียวกับขิง

### ผลการวิจัย และการอภิปรายผล

#### ผลการวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์ (X-ray Diffractometer, XRD)

ผลการวิเคราะห์รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของอนุภาคขิงค็อกซ์ที่สังเคราะห์ด้วยวิธีโซล-เจล แล้วเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส โดยใช้เครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์ ที่หน่วยบริการวิชาการด้านเครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะ

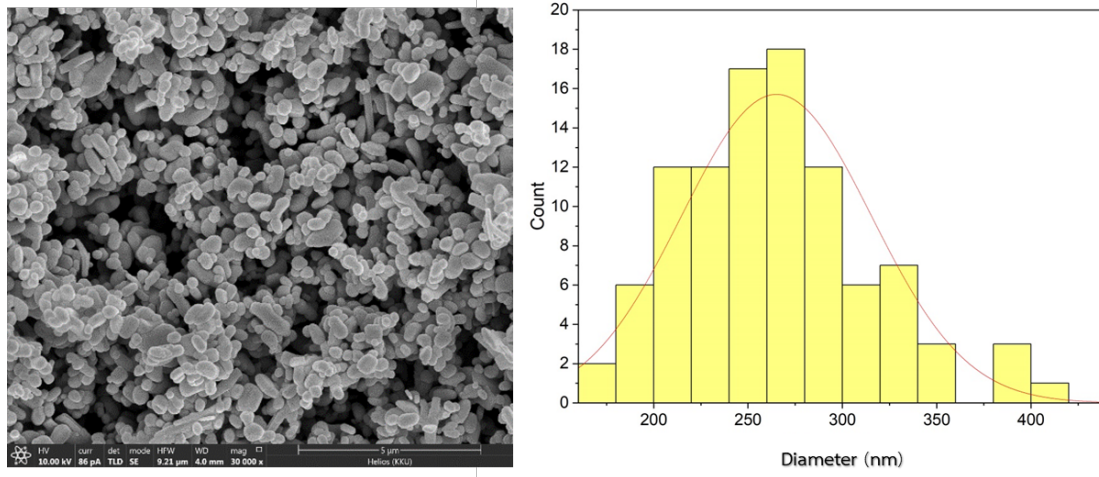
วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ซึ่งใช้แหล่งในการกำเนิดรังสีเอกซ์จากเป้าทองแดง (Cu-K $\alpha$ ) ที่มีความยาวของรังสีเอกซ์เท่ากับ 0.15406 นาโนเมตร ทำการกวาดมุม 2 $\theta$  ตั้งแต่ 20 ถึง 80 องศา แสดงผลดังรูปที่ 1 พบว่าที่มุม 2 $\theta$  ที่ตำแหน่ง 31.77, 34.42, 36.25, 47.53, 56.59, 62.85, 66.37, 67.94, 69.08 และ 72.56 องศา ตรงกับการเลี้ยวเบนของระนาบ (100) (002) (101) (102) (110) (103) (200) (112) (201) และ (004) ตามลำดับ โดยซิงค์ออกไซด์มีโครงสร้างผลึกแบบเฮกซะโกนอลเวิร์ทไซต์ (Hexagonal wurtzite) ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลมาตรฐานที่ทำการตรวจวัดโดย Joint Committee on Powder Diffraction Standard (JCPDS) หมายเลข 36-1451 (Fakharia et al., 2019) และมีตำแหน่งพีคสูงสุดที่ระนาบ (101) แสดงให้เห็นว่าระนาบนี้มีการเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบและขนาดของผลึกมีความสม่ำเสมอ ทำให้มีความเป็นผลึกสูง (Bohan et al., 2017) โดยสามารถหาขนาดผลึกโดยใช้สมการเชอร์เรอร์ พบว่าซิงค์ออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้ มีขนาดผลึก 58.06734 นาโนเมตร



รูปที่ 1 ผลการวิเคราะห์ X-ray Diffractometer ของซิงค์ออกไซด์เฟาเคลไซน์ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส

#### ผลการวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Field Emission Scanning Electron Microscope: FE-SEM)

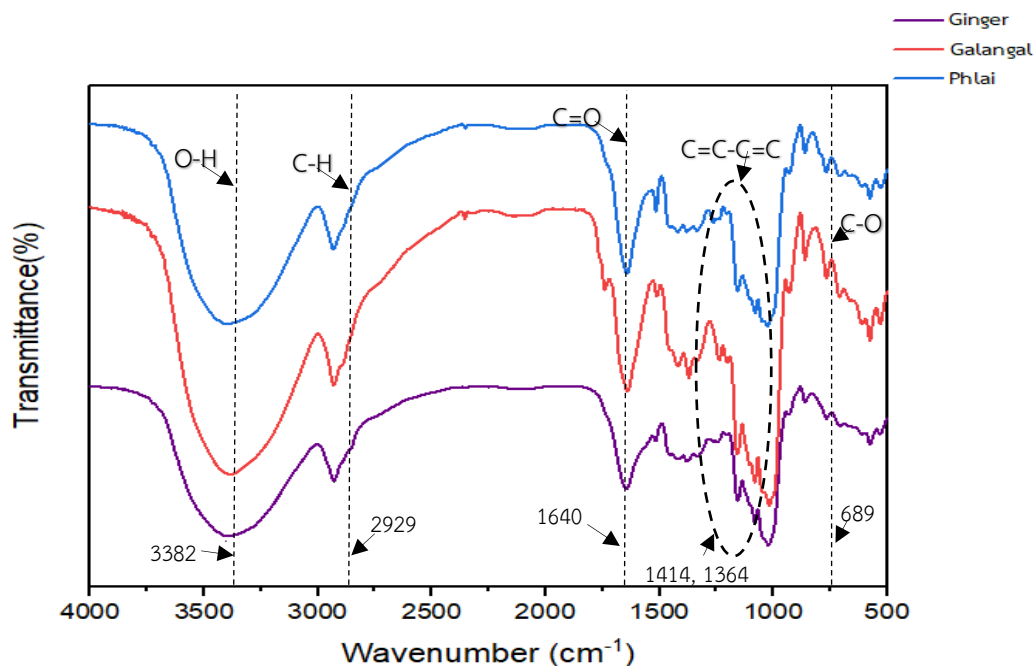
จากการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาและกราฟฮิสโตแกรมการกระจายตัวของอนุภาคซิงค์ออกไซด์เฟาเคลไซน์ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดงดังรูปที่ 2 พบว่า ลักษณะทางกายภาพของอนุภาคซิงค์ออกไซด์มีลักษณะเป็นทรงกลมและวงรีปะปนกัน และจับกลุ่มหนาแน่น ทำให้มีช่องว่างระหว่างอนุภาคน้อยลง ขอบเขตเกรน (Grain boundary) ของอนุภาคมีลักษณะที่ชัดเจน (Sabeeh and Jassam, 2018) จากการวัดขนาดอนุภาคด้วยโปรแกรม Image J มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 264.81 นาโนเมตร



รูปที่ 2 แสดงภาพ Field Emission Scanning Electron Microscope กำลังขยาย 30,000 เท่า และฮิสโตแกรมของซิงค์ออกไซด์เผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส

### ผลการวิเคราะห์การกระตุ้นสารด้วยพลังงานแสงช่วงแสงอินฟราเรด (Fourier Transform Infrared Spectroscopy: FT-IR)

จากการศึกษาหมู่ฟังก์ชันของสารสกัดขิง ข่า และไพล ด้วยเครื่องฟูเรียร์ทรานฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์ (FT-IR) ซึ่งการดูดกลืนรังสีอยู่ในช่วงอินฟราเรดที่อยู่ในช่วงเลขคลื่น (Wave number) 4000–500 ต่อเซนติเมตร ดังรูปที่ 3 พบว่า ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของขิง ข่า และไพล ปรากฏสเปกตรัมที่ตำแหน่งพีก 3382 ต่อเซนติเมตร แสดงการสั่นแบบยืดของพันธะ O–H (Ismail et al., 2022) ตำแหน่งพีก 2929 ต่อเซนติเมตร แสดงการสั่นแบบยืดของพันธะ C–H (Amalraj et al., 2020) ตำแหน่งพีก 1640 ต่อเซนติเมตร แสดงการสั่นแบบยืดของพันธะ C=O ตำแหน่งพีก 1414 ต่อเซนติเมตร กับตำแหน่งพีก 1364 ต่อเซนติเมตร แสดงการสั่นแบบยืดของพันธะ C=C–C=C (Zhou et al., 2020) และตำแหน่งพีกที่ 689 ต่อเซนติเมตร แสดงการสั่นแบบยืดของพันธะ C–O



รูปที่ 3 ผลการวิเคราะห์ Fourier Transform Infrared Spectroscopy ของสารสกัดขิง ข่า และไพล

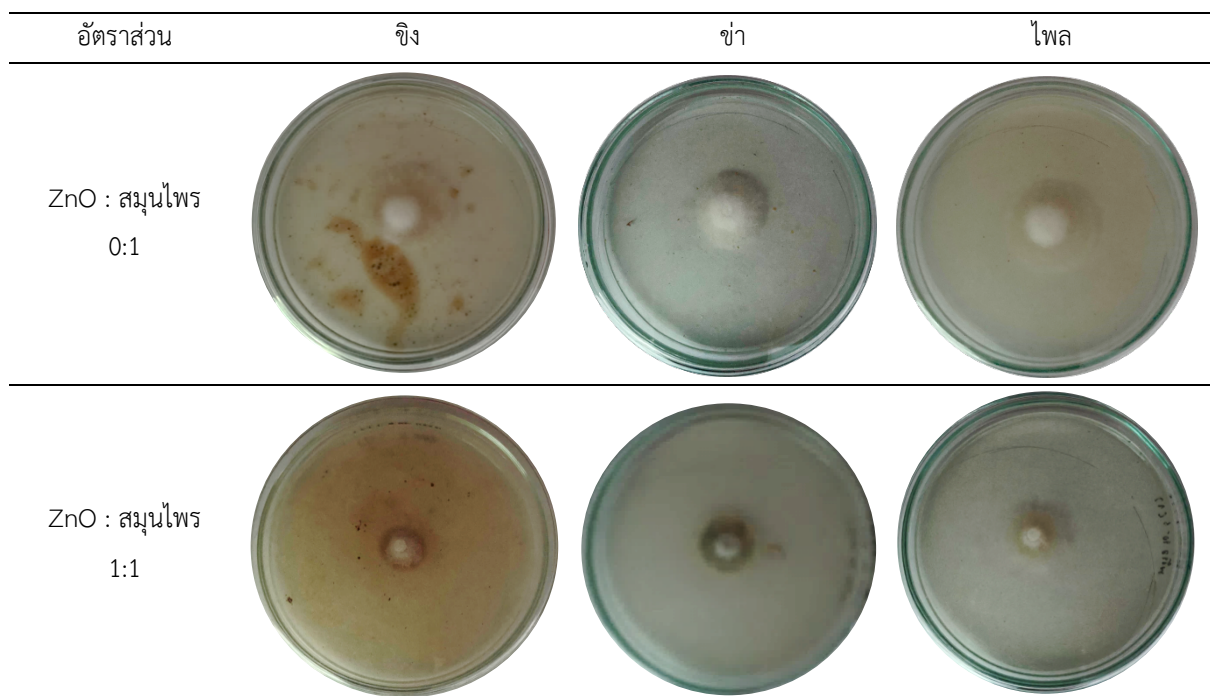
### ผลการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราก่อโรคราน้ำค้างในใบเมล่อน

จากการทำการทดสอบประสิทธิภาพของซิงค์ออกไซด์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของโคโลนีตัวเชื้อรา *Pseudoperonospora cubensis* (Berk. & M. A. Curtis) Rostovzev ที่เป็นสาเหตุก่อให้เกิดโรคราน้ำค้างในใบเมล่อน ระยะเวลาในการทดลอง 4 วัน ได้ลักษณะทางกายภาพของโคโลนีเชื้อราที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) ผสมกับซิงค์ออกไซด์เผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส ที่ความเข้มข้น 4,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เทียบกับชุดควบคุม (ไม่ผสมซิงค์ออกไซด์) ดังตารางที่ 1 และซิงค์ออกไซด์ที่เผาแคลไซน์อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส ผสมกับสารสกัดจากขิง ข่า และไพล ในอัตราส่วน 0:1 และ 1:1 ให้ความเข้มข้น 4,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ดังตารางที่ 2 แล้วทำการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อราที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA เพื่อหาประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราในใบเมล่อนกับเชื้อราในชุดควบคุมและหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง ตามสมการที่ (1) ได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราของซิงค์ออกไซด์เผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส



ตารางที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราก่อโรคราน้ำค้างของซิงค์ออกไซด์เผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส ผสมกับสารสกัดจาก ขิง ข่า และไพล ที่อัตราส่วน 0:1 และ 1:1



ตารางที่ 3 แสดงประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคราน้ำค้างของ สารสกัดจากขิง ข่า และไพล ชิงค์ออกไซด์เผาแคลไซน์ที่ อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส ผสมสารสกัดจากขิง ข่า และไพล ที่ความเข้มข้น 4,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

เงื่อนไข	อัตราส่วน (ZnO : สมุนไพร)	ชุดควบคุม (เซนติเมตร)	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของเชื้อรา (เซนติเมตร)	เปอร์เซ็นต์ การยับยั้ง
ZnO 700 °C	1:0	5.38	3.16	41.26
สารสกัดจากขิง	0:1	5.38	3.77	29.93
สารสกัดจากข่า	0:1	5.38	2.39	55.58
สารสกัดจากไพล	0:1	5.38	2.98	44.61
ZnO 700 °C ผสม สารสกัดจากขิง	1:1	5.38	2.88	46.47
ZnO 700 °C ผสม สารสกัดจากข่า	1:1	5.38	1.70	68.40
ZnO 700 °C ผสมสารสกัด จากไพล	1:1	5.38	1.76	67.29

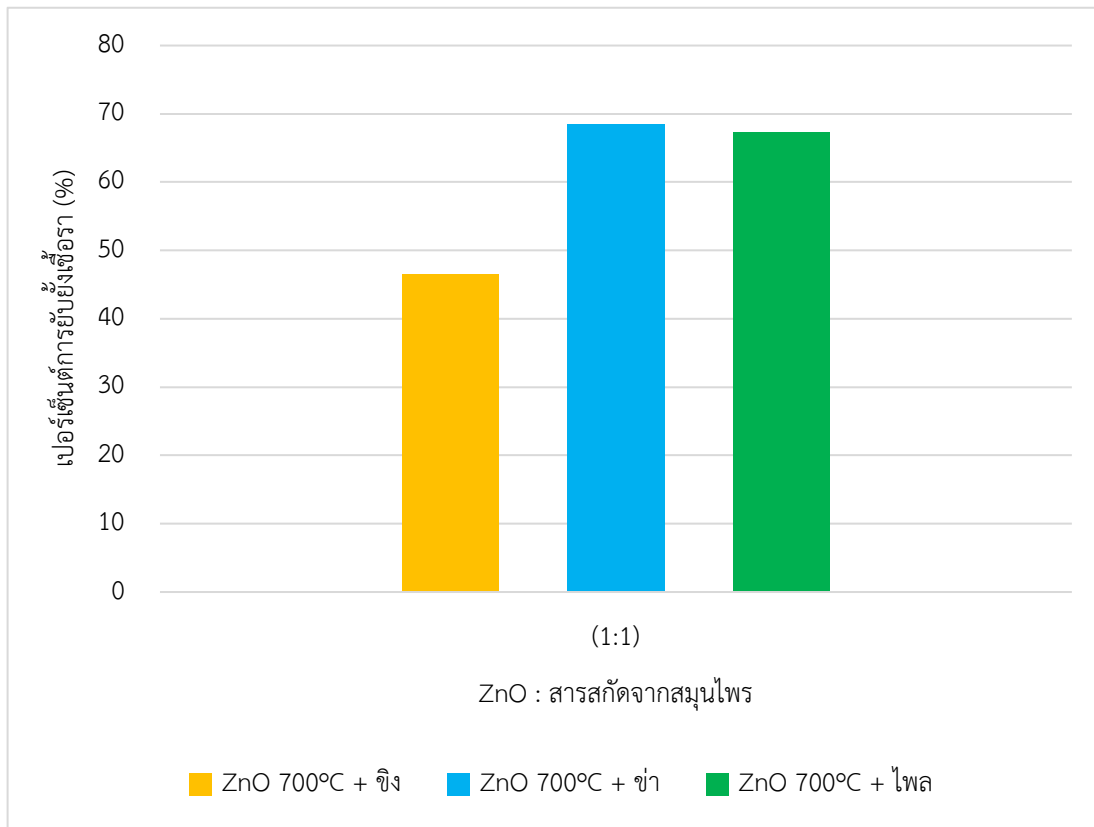
การเจริญของเส้นใยเชื้อราเป็นการเพิ่มความยาว และปริมาณของเส้นใย (Hyphae) การแบ่งนิวเคลียสจะเกิดภายในเส้นใยขณะที่เชื้อราเจริญ ดังนั้นการศึกษาลักษณะการเจริญของเชื้อราจะวัดจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยเปรียบเทียบกันระหว่างชุดควบคุมและชุดทดลอง (นิสาชล และการะเกด, 2559)

$$\text{เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเติบโต} = \frac{C-T}{C} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ C คือ ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อราบนจานเลี้ยงเชื้อชุดควบคุม (ไม่ได้ผสมชิงค์ออกไซด์) หน่วยเซนติเมตร

T คือ ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อราบนจานเลี้ยงเชื้อชุดทดลองที่มีอาหารผสมชิงค์ออกไซด์ หน่วยเซนติเมตร





รูปที่ 4 แสดงประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราก่อโรคราน้ำค้าง

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อรา พบว่า ชิงค็อกไซด์มีผลต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา โดยทำให้ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อรามีค่าลดลง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราเท่ากับ 41.26 แสดงให้เห็นว่าชิงค็อกไซด์มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราได้ มีรายงานการวิจัยถึงประสิทธิภาพในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคของอนุภาคนาโนชิงค็อกไซด์ เนื่องจากการซึมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์และการดูดซึมซิงค์ไอออนที่เป็นพิษ (ฉัตร, 2560) สามารถสร้างความเสียหายและเป็นอันตรายต่อโคนีเดียของเชื้อรา (Bohan et al., 2017) และยังพบว่า มีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของไมซีเลียของเชื้อรา *Erythricium salmonicolor* (Arciniegas-Grijalba et al., 2017) สำหรับสารสกัดจากเหง้าของสมุนไพร พบว่า ชำมีประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราได้ดีที่สุด คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราเท่ากับ 55.58 โดยมีรายงานวิจัยพบว่า สารสกัดจากขำมีสารออกฤทธิ์ที่สำคัญ คือ 1'-acetoxychavicol acetate และ 1'-acetoxyeugenol acetate สามารถยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคราก (บงกช, 2545) สารสกัดหยาบจากขำมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Fusarium sp.* (ชาลีสา และคณะ, 2562) สำหรับประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราในอัตราส่วนของอนุภาคชิงค็อกไซด์ต่อสารสกัดจากสมุนไพร 1:1 พบว่า ประสิทธิภาพของการยับยั้งเชื้อจะมากที่สุดเมื่อใช้ชิงค็อกไซด์ผสมกับสารสกัดจากขำ รองลงมาเป็นไพล และชิง โดยมีเปอร์เซ็นต์ในการยับยั้งเชื้อเท่ากับ 68.40, 67.29 และ 46.47 ตามลำดับ ดังตารางที่ 3 และรูปที่ 4 ซึ่งจะเห็นว่า สารสกัดจากขำมีความสามารถในการยับยั้งเชื้อราและยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราร่วมกับชิงค็อกไซด์ได้

## บทสรุป

ซิงค์ออกไซด์สามารถสังเคราะห์ได้ด้วยกระบวนการโซล-เจล และเมื่อผ่านการเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส จะทำให้ซิงค์ออกไซด์มีรูปร่างเป็นแท่งกลมและมีขอบเกรนชัดเจนขึ้น และมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pseudoperonospora cubensis* (Berk. & M. A. Curtis) Rostovzev ได้ โดยมีเปอร์เซ็นต์ในการยับยั้งเชื้อเท่ากับ 41.26 เมื่อนำซิงค์ออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้มาใช้ร่วมกับสมุนไพรวงศ์ขิง ได้แก่ ขิง ข่า และไพล ในการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อรา พบว่าซิงค์ออกไซด์ที่ผสมสารสกัดจากข่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราดีที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์ในการยับยั้งเชื้อเท่ากับ 68.40 โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคในพืชชนิดอื่นต่อไป

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกลุ่มวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ที่เอื้อเฟื้อทุนวิจัยและสถานที่ทดลองในการดำเนินการวิจัยให้ลุล่วงเป็นไปอย่างเรียบร้อย

## เอกสารอ้างอิง

- กนกอร อัมพรายน, อนันต์ พิริยะภัทรกิจ, ปวริศ ตั้งบรรธรรมา และศิริพร เปรมฤทธิ์. (2563). การผลิตเมล่อนแบบให้ปุ๋ยครั้งเดียว. *Thai Journal of Science and Technology*. 9(2): 211-217.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2562). เตือนภัย “ระวังโรคราน้ำค้างพืชตระกูลแตง”. ค้นเมื่อ 8 พฤศจิกายน 2565. <http://www.wdoae.doae.go.th/wp2018>.
- ฉัตร ผลนาค. (2560). อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์กับการต้านเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค. *Thai Journal of Physics*. 34(3-4): 37-47.
- ชาลีสา ศรีหอม, อรุมา เพี้ยซ้าย, เนตรนภิส เขียวขำ และจำเริญ บัวเรือง. (2562). ประสิทธิภาพของสารสกัดยับยั้งเชื้อรา *Fusarium sp.* สาเหตุโรคเหี่ยวแค้นตาในทองปฏิบัติการ. ใน การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 57 29 มกราคม - 1 กุมภาพันธ์ 2562. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 1-8.
- นิสาชล เทศศรี และการะเกด เทศศรี. (2559). ฤทธิ์การต้านเชื้อราก่อโรคพืชของนาโนซิงค์ออกไซด์. *วารสารพืชศาสตร์ สงขลานครินทร์*. 3(3): 7-14.
- วรางคมา จันดา, คณิตา ตั้งคณานุกรักษ์ และอลงกรณ์ อำนวยกาญจนสิน. (2565). ชีวิตทางเลือกของสารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืชในโรงเรือนเมล่อน. *วารสารแก่นเกษตร*. 5(6): 1683-1700.
- วิมลศิริ สีหะวงษ์, สายันท์ สืบผาง และสุวิจักขณ์ อรุณลักษณ์. (2565). การควบคุมการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* เชื้อสาเหตุของโรคหอมเลี้ยวด้วยสารสกัดจากสมุนไพร. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มธย*. 7(2): 35-42.
- วิริญญา สอนมัวมิต และแสงดาว ชัยสุวรรณ. (2563). การศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราก่อโรคราน้ำค้างในเมล่อนด้วยนาโนซิงค์ออกไซด์ผสมสารสกัดจากกระเทียม ขิง และขมิ้นชัน. รายงานการวิจัย. สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ บุรีรัมย์.

- ศิริส บัวเรียน และอิทธิพล คงบรรทัด. (2562). การศึกษาการสังเคราะห์อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ผสมกับสารสกัดจากขิงที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งโรคใบจุดในใบหม่อน. รายงานการวิจัย. สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ บุรีรัมย์.
- สมฤทัย ตันมา และณรงค์ฤทธิ์ ตี๋คำป้อ. (2562). ผลของสารสกัดหยาบพืชสมุนไพรและโคโตซานต่อการยับยั้งเชื้อก่อโรคแตงกวา. วารสารวิจัยรามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 22(2): 23-34.
- สุปราณี พิสมัย. (2558). ผลของสารนาโนซิงค์ออกไซด์ในการยับยั้งเชื้อราแป้งของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. ใน การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ “สร้างสรรค์และพัฒนา เพื่อก้าวหน้าสู่ประชาคมอาเซียน” ครั้งที่ 2 18-19 มิถุนายน 2558. วิทยาลัยนครราชสีมา นครราชสีมา. 217-221.
- สุภัทรา จามกระโทก, ชัยณรงค์ รัตนกริชากุล, ชลิตา เล็กสมบูรณ์, นवलวรรณ ฟ้ารุ่งแสง, กวิศร์ วานิชกุล และอุดม ฟ้ารุ่งแสง. (2547). ผลของสารสกัดจาก กระจับปี่, ขมิ้นและขิง ต่อราสาเหตุโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยว. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42. 3-6 ก.พ. 2547. สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย. กรุงเทพฯ. 521-528.
- สุรียวัฒน์ เมฆกมล, กาญจนา วิชิตตระกูลถาวร และเรณู สุวรรณพรสกุล. (2559). ผลของโพแทสเซียมซัลเฟตในการควบคุมโรคราแป้งและราดำค้ำของแตงกวาญี่ปุ่นภายใต้สภาพโรงเรือนและแปลงปลูกของเกษตรกร. วารสารเกษตร. 32(1): 51-59.
- สุนันท์ โสมะมี และเสาวนีย์ สายบุตร. (2561). การสังเคราะห์ซิงค์ออกไซด์ด้วยกระบวนการโซล-เจล ที่มีต่อประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราก่อโรคราสนิมในใบหม่อน. รายงานการวิจัย. สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ บุรีรัมย์.
- สุวรรณณี แทนธานี, จารวี สุขประเสริฐ, สายจิต ดาวสุโข และโสธรรญา รอดประเสริฐ. (2557). การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดว่านน้ำในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคผลเน่าที่แยกได้จากผลลิ้นจี่. Bulletin of Applied Sciences. 3(3): 88-101.
- Amalraj A., Haponiuk J.T., Thomas S. and Gopi S. (2021). Preparation, characterization and antimicrobial activity of polyvinyl alcohol/gum arabic/chitosan composite films incorporated with black pepper essential oil and ginger essential oil. International Journal of Biological Macromolecules. 151: 366-375.
- Arciniegas-Grijalba P.A., Patinˆo-Portela M.C., Mosquera-Sa´nchez L.P., Guerrero-Vargas J.A. and Rodr´ıguez-Pa´ez J.E. (2017). ZnO nanoparticles (ZnO-NPs) and their antifungal activity against coffee fungus *Erythricium salmonicolor*. Applied Nanoscience. 7: 225-241.
- Bohan A.J., Althetal E.D. and Shaker Kh.S. (2017). Synthesis nano zinc oxide materials and their activity on fungus growth. Engineering & Technology Journal. 35(1): 76-84.
- Fakharia S., Jamzada M. and Kabiri Fard H. (2019). Green synthesis of zinc oxide nanoparticles: a comparison. Green Chemistry Letters and Reviews. 12(1): 19-24.
- Hasnidawani J.N., Azlina H.N., Norita H., Bonnia N.N., Ratim S. and Ali E.S. (2016). Synthesis of ZnO nanostructures using sol-gel method. Procedia Chemistry. 19: 211-216.
- Ismail K.A., Askary A.E., Farea M.O., Awwad N.S., Ibrahim H.A., Moustapha M.E. and Menazea A.A. (2022). Perspectives on composite films of chitosan-based natural products (Ginger, Curcumin, and Cinnamon) as biomaterials for wound dressing. Arabian Journal of Chemistry. 15: 103716.
- Sangchay W. and Ubolchollakhat K. (2016). Photocatalytic and antibacterial activities of ZnO powders prepared via a sol-gel method. KCU Engineering Journal. 43(1): 21-25.

- Sabeeh S.H. and Jassam R.H. (2018). The effect of annealing temperature and Al dopant on characterization of ZnO thin films prepared by sol-gel method. *Results in Physics*. 10: 212-216.
- Zhou C., Abdel-Samie M.A., Li C., Cui H., and Lin L. (2020). Active packaging based on swim bladder gelatin/galangal root oil nanofibers: Preparation, properties and antibacterial application. *Food Packaging and Shelf Life*. 26: 100586.