รายงานวิจัย

การพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *Bacillus altitudinis* YRU_S1-1 และ *Bacillus stratosphericus* YRU_S1-6 เพื่อควบคุมเชื้อราก่อโรคพืชและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

The development prototype of bioactive compound product from endophytic bacteria *Bacillus altitudinis* YRU_S1-1 and *Bacillus stratosphericus* YRU_S1-6 for plant pathogenic fungi and Environmentally Friendly Products

นางสาววารุณี หะยีมะสาและ

นางสาวยาสมี เลาหสกุล

นางสาวนิสาพร มูหะมัด

นางสาวปิยศิริ สุนทรนนท์ สินไชย

นางสาวซันวานี จิใจ

นางสาวนฤมล ทองมาก

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษา

ประจำปีการศึกษา 2565

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

หัวข้อวิจัย การพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *Bacillus altitudinis* YRU_S1-1 และ *Bacillus stratosphericus* YRU_S1-6 เพื่อควบคุมเชื้อราก่อโรคพืชและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ชื่อผู้วิจัย วารุณี หะยีมะสาและ ยาสมี เลาหสกุล นิสาพร มูหะมัด ปิยศิริ สุนทรนนท์ สินไชย ซันวานี จิใจ นฤมล ทองมาก

คณะ/หน่วยงาน คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร

มหาวิทยาลัย ราชภัฏยะลา

ปีงบประมาณ 2565

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบศักยภาพสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ B. *stratosphericus* YRU_S1-6 ในการควบคุมเชื้อรา *Fusarium oxysporum* ระดับห้องปฏิบัติการและเรือนทดลอง ในระดับห้องปฏิบัติการ ทำการทดสอบของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ที่ระดับความเข้มข้น 20,000, 40,000, 60,000, 80,000 และ 100,000 ppm ด้วยเทคนิค poisoned food technique และวิเคราะห์ชนิดของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ทั้ง 2 ไอโซเลต ด้วยเทคนิค Liquid Chromatography-Positive and Negative Electrospray Ionization/Mass Spectrometry พบว่า เมื่อทดสอบด้วยเทคนิค poisoned food technique สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 มีประสิทภาพในการยับยั้งการเจริญเชื้อรา *F. oxysporum* สูงสุดที่ระดับความเข้มข้น 100,000 ppm มีเปอเซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อราเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 24.96 แต่สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 มีประสิทภาพต่ำกว่าสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา carbendazim ที่มีเปอเซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อราเท่ากับ 100 ส่วนสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากแบคทีเรียเอนโดไฟต์ B. *stratosphericus* YRU_S1-6 ไม่สามารถยับยั้งการเจริญเชื้อรา *F. oxysporum* ในทุกระดับความเข้มข้น สำหรับผลการวิเคราะห์ชนิดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ทั้ง 2 ไอโซเลต พบสารเมทาบอไลต์ที่เกี่ยวข้องกับการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคพืช ได้แก่ L-phenylalanine ammonia-lyase, tetraacetylethylenediamine และpyroglutamic ส่วน phytosphingosine พบเฉพาะสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 และระดับเรือนทดลอง ทำการทดสอบประสิทธิภาพสารออกฤทธิ์ทาง

ชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ทั้ง 2 ไอโซเลตในต้นกล้าทุเรียน พบว่า สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ในต้นกล้าทุเรียนหลังการได้รับเชื้อ *F. oxysporum* เป็นเวลา 14 วัน พบว่าสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ทั้ง 2 ไอโซเลตที่ระดับความเข้มข้น 100,000 ppm มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อรา *F. oxysporum* ได้มีประสิทธิภาพสูงสุด (9.25 และ 9.50 ต้น ตามลำดับ) ซึ่งไม่แตกต่างกับการใช้สารเคมี carbendazim ที่สามารถยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อ 8.00 ต้น

ส่วนการทดสอบผลิตภัณฑ์ผงสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 พบว่า ผลิตภัณฑ์ผงสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 ที่ระดับความเข้มข้น 100,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *F. oxysporum* ได้เทียบเท่าสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา carbendazim เมื่อทดสอบด้วยวิธี poisoned food technique

คำสำคัญ: แบคทีเรียเอนโดไฟต์, สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ, เชื้อรา *Fusarium* sp.

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
YALA RAJABHAT UNIVERSITY

Research Title	The development prototype of bioactive compound product from endophytic bacteria *Bacillus altitudinis* YRU_S1-1 and *Bacillus stratosphericus* YRU_S1-6 for plant pathogenic fungi and Environmentally Friendly Products
Researchers	Warunee Hajimasalaeh Yasmi Loushasakul Nisaporn Muhamad Piyasiri Soontornnon Sinchai Sunwanee Jijai Narumol Thongmak
Faculty/Section	Science Technology and Agriculture
University	Yala Rajabhat
Year	2022

ABSTRACT

This study aimed to investigate the antifungal efficiency of bioactive compound from endophytic bacteria *Bacillus altitudinis* YRU_S1-1 and *Bacillus stratosphericus* YRU_S1-6 against fungal plant pathogen *Fusarium oxysporum* on laboratory and green house examination. In laboratory examination, bioactive compound from endophytic bacteria *Bacillus altitudinis* YRU_S1-1 and *Bacillus stratosphericus* YRU_S1-6 at concentrations of 20,000, 40,000, 60,000, 80,000 and 100,000 ppm by poisoned food technique and analysis of bioactive compounds by Liquid Chromatography-Positive and Negative Electrospray Ionization/Mass Spectrometry. The result of poisoned food technique indicated that 100,000 ppm of bioactive compound from endophytic bacteria *B. altitudinis* YRU_S1-1 could growth inhibition of *F. oxysporum* higher than anathor concentrations with 24.96% of growth inhibition however efficiency lower than commercial fungicide; carbendazim, it could inhibit *F. oxysporum* at 100% . Nevertheless, efficiency of bioactive compound from endophytic bacteria *B. stratosphericus* YRU_S1-6 could not growth inhibition of *F. oxysporum*. Putative identification of secondary metabolites were antimicrobial agents, such as L-phenylalanine ammonia-lyase, tetraacetylethylenediamine and pyroglutamic of bioactive compound from two isolated of endophytic bacteria and phytosphingosine of bioactive compound from *B. stratosphericus* YRU_S1-6. In green house examination, both bioactive compound from endophytic bacteria of growth inhibition *F. oxysporum*

on durian seeding for 14 days. The result indicated both bioactive compound from endophytic bacteria at 100,000 ppm were the most effective in inhibiting of *F. oxysporum* (9.25 and 9.50 plants, respectively), which was not different from that of carbendazim that can inhibit the destruction of 8.00 trees.

The section of bioactive compound from endophytic bacteria *B. altitudinis* YRU_S1-1 powder indicated 100,000 ppm of this powder could growth inhibition of *F. oxysporum* be the same as carbendazim by poisoned food technique

Keywords: endophytic bacteria, bioactive compound, *Fusarium* spp.

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
YALA RAJABHAT UNIVERSITY

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี จากความร่วมมือของผู้ช่วยศาสตราจารย์ สมทบ เวชโอสถ อาจารย์ประจำหลักสูตรเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ในการทดสอบระดับโรงเรือนทดลอง รวมทั้งขอขอบคุณหลักสูตรชีววิทยาเทคโนโลยีและนวัตกรรม คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ในการอนุเคราะห์เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ และขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาชายแดนภาคใต้ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ที่สนับสนุนเงินวิจัย 69,900 บาท ในการดำเนินการวิจัย

คณะผู้วิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
YALA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญภาพ	ซ
สารบัญตาราง	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
วัตถุประสงค์การวิจัย	3
ขอบเขตการวิจัย	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
ความรุนแรงของเชื้อราก่อโรคพืช *Fusarium oxysporum* และ *Fusarium solani*	4
การพัฒนาชีวภัณฑ์จากแบคทีเรียในการควบคุมโรคพืช	7
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	10
วัสดุ/อุปกรณ์	10
วิธีทดลอง	11
การทดสอบศักยภาพของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *F. oxysporum* และ *F. solani* ในระดับห้องปฏิบัติการและโรงเรือนทดลอง	10
การวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ในการควบคุมเชื้อราก่อโรคพืช	11
การผลิตและทดสอบผลิตภัณฑ์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6	11

สารบัญ (ต่อ)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	12
ระยะเวลาการวิจัย	12
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	13
ศักยภาพของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ในการควบคุมเชื้อรา *F. oxysporum* และ *F. solani* ในระดับห้องปฏิบัติการและโรงเรือนทดลอง	13
การวิเคราะห์ชนิดของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ในการควบคุมเชื้อราก่อโรคพืช	17
ผลจากการผลิตและทดสอบผลิตภัณฑ์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ B. *stratosphericus* YRU_S1-6	17
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	18
สรุป	18
ข้อเสนอแนะ	18
บรรณานุกรม	19
ประวัติผู้วิจัย	23

YALA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *F. oxysporum* (A - C) ลักษณะโคโลนีบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) (D) microconidia, (E) macroconidia และ (F) chlamydospores	4
2.2	ลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *F. solani* (A - C) ลักษณะโคโลนีบนอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) (D) microconidia, (E) macroconidia และ (F) chlamydospores	5
2.3	ลักษณะต้นกล้วยที่เป็นโรคตายพลาย	6
2.4	ลักษณะต้นมะเขือเทศที่เป็นโรคเหี่ยวเหลือง	6
2.5	ลักษณะลำต้นของทุเรียนที่เป็นโรคกิ่งแห้ง	7
4.1	ผลการทดสอบศักยภาพของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 ในการควบคุมเชื้อรา *F. oxysporum* ด้วยวิธี poisoned food technique ที่ระดับความเข้มข้น (A) 20,000 (B) 40,000 (C) 60,000 (D) 80,000 และ (E) 100,000 ppm โดยเทียบกับ (F) ตัวควบคุมบวก สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา carbendazim ที่ระดับความเข้มข้น 1,500 ppm และ (G) ตัวควบคุมลบ	14
4.2	ผลการทดสอบศักยภาพของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ในการควบคุมเชื้อรา *F. oxysporum* ด้วยวิธี poisoned food technique ที่ระดับความเข้มข้น (A) 20,000 (B) 40,000 (C) 60,000 (D) 80,000 และ (E) 100,000 ppm โดยเทียบกับ (F) ตัวควบคุมบวก สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา carbendazim ที่ระดับความเข้มข้น 1,500 ppm และ (G) ตัวควบคุมลบ	15
4.3	ลักษณะอาการติดเชื้อรา *F. oxysporum* ของต้นทุเรียน ที่ถูกปลูกเชื้อเป็นเวลา 14 วัน (A) ใบทุเรียนเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (B) ปลายใบทุเรียนแห้ง (C) เนื้อไม้บริเวณลำต้นมีสีน้ำตาลเข้ม	16

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	เปอเซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *F. oxysporum* ของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ	15

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา YALA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

โรคพืชเป็นปัญหาสำคัญที่สร้างความเสียหายต่อผลผลิตทางการเกษตร โดยเฉพาะโรคพืชที่เกิดจากเชื้อราเป็นสาเหตุ เนื่องจากเชื้อราก่อโรคพืชส่วนใหญ่เป็น soil borne fungi สามารถมีชีวิตอยู่รอดในดินได้นาน ดังเช่น เชื้อรา *Fusarium* spp. เป็นเชื้อราที่อาศัยในดิน และสามารถมีชีวิตอยู่รอดในดินได้นานในรูปแบบสปอร์ (Lester et al, 1988) ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคเหี่ยว (Fusarium Wilt) ที่ก่อความเสียหายต่อผัก ไม้ดอก ไม้ประดับ และพืชไร่หลายชนิด (อภิรัชต สมฤทธิ์ และคณะ, 2555) ทำให้เกษตรกรเลือกการจัดการและควบคุมเชื้อราก่อโรคพืชที่เกิดขึ้นโดยการใช้สารเคมีเป็นหลัก ส่งผลให้เกิดการตกค้างของสารเคมีกำจัดเชื้อราก่อโรคพืชในสิ่งแวดล้อม รวมทั้งยังไม่ได้ประสิทธิภาพผลดีเท่าที่ควร เนื่องจากเชื้อราในสกุล Fusarium อยู่รอดในเศษซากพืชข้ามฤดูได้ เพื่อเพิ่มทางเลือกในการควบคุมการแพร่ระบาดของเชื้อราชนิดนี้ได้มีการพัฒนาวิธีการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี (Biological Control) ด้วยการใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์ (Su et al., 2020) เพื่อทดแทนการใช้สารเคมี ซึ่งเป็นการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (antagonistic microorganism) ในการควบคุมเชื้อโรคของโรคพืช (เกษม สร้อยทอง, 2551) โดยเฉพาะเอนโดไฟต์ (endophyte) เนื่องจากเป็นจุลินทรีย์ที่อาศัยภายในเซลล์พืชที่สามารถผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิดภายในพืชได้ (Tan and Zou, 2001) สามารถพบกลไกการเป็นเชื้อปฏิปักษ์โดยตรง (antibiosis) และกลไกการเป็นเชื้อปฏิปักษ์ทางอ้อม (competition) เช่น การผลิตสารต้านแบคทีเรียและเชื้อราก่อโรคพืชได้เป็นต้น (Sessitsch et al, 2002) ตัวอย่างเช่น แบคทีเรียเอนโดไฟต์ *Arthrobacter, Achromobacter, Bacillus, Enterobacter, Erwinia, Pseudomonas, Pantoea, Serratia* และ *Stenotrophomonas* มีความสามารถในการควบคุมโรครากเน่าของมะเขือเทศสาเหตุจากเชื้อรา *F. oxysporum* (Egamberdieva et al. 2017)

ทุเรียนเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย มีการส่งออกทุเรียนเป็นอันดับต้นๆ ของโลกซึ่งในปี พ.ศ. 2561 พบว่าปริมาณการส่งออกทุเรียนรวมของประเทศสูงถึง 530,226 ตัน มากกว่าปี พ.ศ. 2560 ในช่วงเวลาเดียวกันถึง 16,343 ตัน แสดงให้เห็นถึงการขยายตัวของตลาดทุเรียนไทยที่มีมูลค่า

สูงขึ้น คิดเป็นสัดส่วน 80 เปอร์เซ็นต์ ของส่วนแบ่งตลาดโลก (รัติยา พงศ์พิสุทธา และคณะ, 2563) แต่สถานการณ์ปัจจุบันมีการพบการระบาดของของโรคกิ่งแห้งในทุเรียนสายพันธุ์หมอนทองที่เกิดจากการติดเชื้อรา *F. solani* เมื่อเข้าทำลายบริเวณกิ่ง จะทำให้ท่อลำเลียงน้ำและอาหารถูกทำลาย น้ำจากรากที่ถูกลำเลียงขึ้นมาไปเลี้ยงกิ่งและใบไม่ได้ ทำให้กิ่งแห้ง แผลแห้ง สีน้ำตาลเข้ม ถึงน้ำตาลอ่อน เนื้อแผลด้านในสีน้ำตาลอ่อน อาการแผลสีน้ำตาลบริเวณต้น ใบเหลืองและแห้ง ร่วง และต้นตายในที่สุด (รัติยา พงศ์พิสุทธา และคณะ, 2563) รวมทั้งในพืชเศรษฐกิจอีกหลายชนิดที่ได้รับผลกระทบจากการติดเชื้อ *F. oxysporum* เช่น โรคตายพรายของกล้วย โรคเหี่ยวของมะเขือเทศ และโรคเหี่ยวของพืชตระกูลแตง (อภิรัชต สมฤทธิ์ และคณะ, 2555)

จากงานวิจัยก่อนหน้าของคณะผู้วิจัยสามารถคัดแยกแบคทีเรียเอนโดไฟต์ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Fusarium* sp. ได้ 2 ไอโซเลท ได้แก่ *Bacillus altitudinis* YRU_S1-1 และ *Bacillus stratosphericus* YRU_S1-6 (วารุณี หะยีมะสาและ และคณะ, 2564) ซึ่งมีการรายงานเกี่ยวกับกลุ่ม Bacillus ว่าสามารถผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่เป็นสารเมทาบอไลต์ทุติยภูมิที่มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคหลายชนิด (Yu et al, 2002 and Ongena and Jacques, 2008) รวมทั้งได้ศึกษาการนำมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบสารชีวภัณฑ์หรือผลิตภัณฑ์ชีวภาพ เนื่องจากทางคณะผู้วิจัยคาดว่าจะสามารถนำมาประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์ควบคุมการเจริญของเชื้อรา Fusarium ชนิดที่ก่อโรคพืชรุนแรงได้ ตัวอย่างเช่น การพัฒนาผงชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิปักษ์ในการยับยั้งเชื้อก่อโรคขอบใบแห้งในข้าว เชื้อ *Xanthomonas oryzaepv* Oryzae (Xoo) pt และทดสอบประสิทธิภาพผงชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิปักษ์ในการยับยั้งเชื้อก่อโรคขอบใบแห้งในข้าว พบว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งได้จากการทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการ โดยต้องรักษาเซลล์แบคทีเรียให้อยู่รอดที่ $4x10^4$ CFU/ml (สุกัญญา พุ่มคง และสุวิชญา บัวชาติ, 2561) การศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ Bacillus สูตร encapsulate ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของพริกที่เกิดจากเชื้อรา Colletotrichum พบว่าสามารถลดอัตราการเกิดโรคได้ (ดาราวดี วงษ์ชาลี, 2558) ดังนั้นในงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ในการควบคุมเชื้อรา *F. oxysporum* และ *F. solani* เพื่อเป็นทางเลือกในการควบคุมและยับยั้งการระบาดของเชื้อรา *F. oxysporum* และ *F. solani* ที่มีความปลอดภัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อทดสอบศักยภาพของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ในการควบคุมเชื้อรา *F. oxysporum* และ *F. solani* ในระดับห้องปฏิบัติการและโรงเรือนทดลอง

2. เพื่อวิเคราะห์ชนิดของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ในการควบคุมเชื้อราก่อโรคพืช

3. เพื่อผลิตและทดสอบผลิตภัณฑ์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ B. *stratosphericus* YRU_S1-6

ขอบเขตการวิจัย

ทำการทดสอบศักยภาพของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ในการควบคุมเชื้อรา *F. oxysporum* และ *F. solani* ในระดับห้องปฏิบัติการ ด้วยเทคนิค poisoned food technique ส่วนในระดับโรงเรือนทดลอง ทำการทดสอบในต้นทุเรียนที่ปลูกเชื้อรา *F. oxysporum* และ *F. solani*

ทำการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 จากนั้นทำการผลิตและทดสอบผลิตภัณฑ์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 โดยทำการทดสอบความคงตัวด้วยการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *F. oxysporum* และ *F. solani*

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

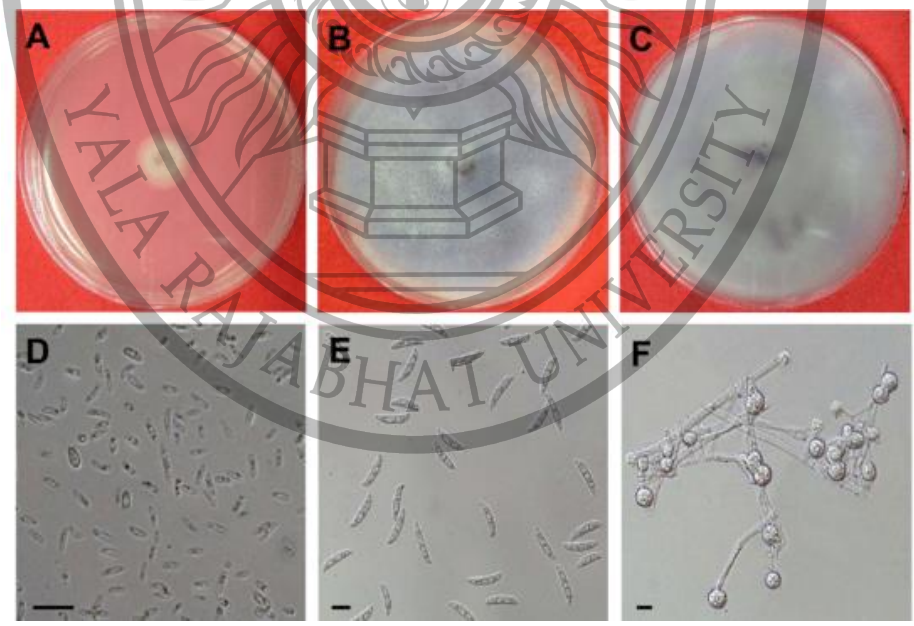
1. ได้ต้นแบบผลิตภัณฑ์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในรูปแบบผงในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคพืช

2. เป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาเกษตรอินทรีย์โดยใช้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพทดแทนสารเคมี

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

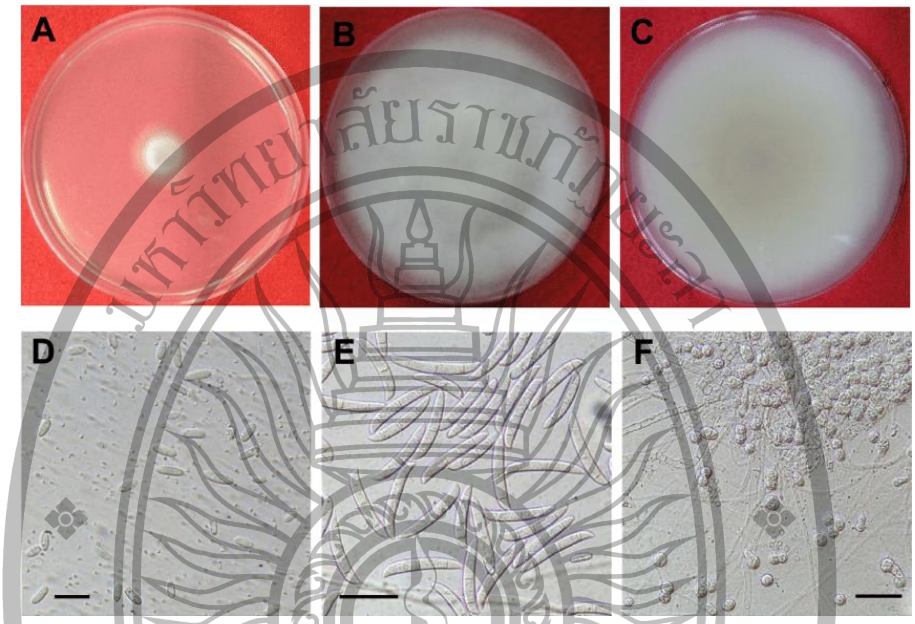
ความรุนแรงของเชื้อราก่อโรคพืช *Fusarium oxysporum* และ *Fusarium solani*

ในธรรมชาติเชื้อราก่อโรคพืชสกุล Fusarium เป็นเชื้อราที่ก่อโรครุนแรงและทำความเสียหายแก่พืชไร่ พืชหัว พืชผัก ไม้ดอก ไม้ประดับ และไม้ผลทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว เป็นจำนวนมาก โดยเข้าทำลายและทำให้เกิดโรคทางระบบท่อลำเลียงของพืช ซึ่งสปอร์เชื้อที่อยู่ในดินจะงอกเป็นเส้นใยเล็กๆ แล้วแทงทะลุผ่านเซลล์พืชชั้น cortex จนถึงท่อลำเลียง xylem และเจริญแตกกิ่งก้านและสร้าง conidia ให้ท่ออุดตันทำให้พืชตายในที่สุด (อุไรวรรณ จันทร์เหล่าหลวง, 2551) ทำให้เกิดโรคเน่าในหัว โรคเหี่ยว และโรครากเน่าของพืช โดยเฉพาะเชื้อรา *F. oxysporum* และ *F. solani* ซึ่งลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อราทั้งสองชนิด จะประกอบด้วยสปอร์แบบ microconidia, macroconidia และ chlamydospores แต่มีรูปร่างที่แตกต่างกัน โดยเชื้อรา *F. oxysporum* มี microconidia รูปรางคล่ายขวดหรือพินโบวลิ่ง ไมมีสี ส่วน macroconidia รูปรางโคงแบบ fusoid-subculate เซลลที่ฐานมีลักษณะคล่ายเทา (foot-shaped) เซลลที่ปลายเรียวแหลม ไมมีสี และ chlamydospore รูปไข หรือทรงกลมผนังเรียบ หรือผนังขรุขระ (ภาพที่ 2.1)



ภาพที่ 2.1 ลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *F. oxysporum* (A - C) ลักษณะโคโลนีบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) (D) microconidia, (E) macroconidia และ (F) chlamydospores
ที่มา : (Jeon et al, 2013. หน้า 443)

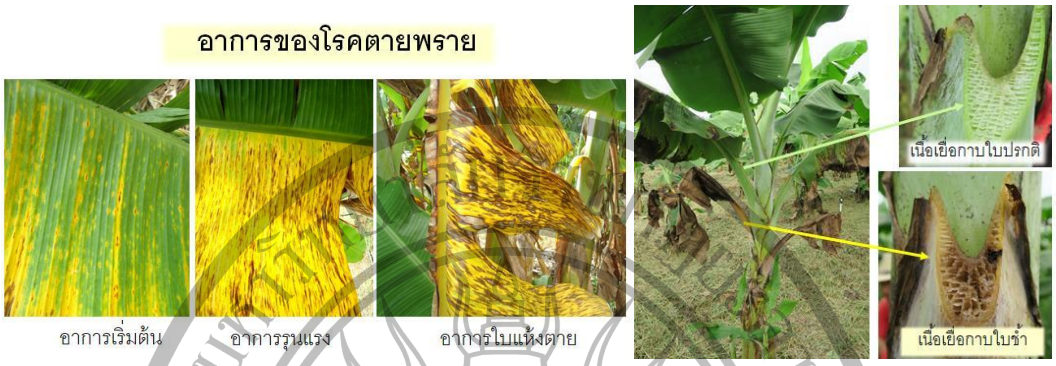
สำหรับเชื้อรา *F. solani* มี microconidium รูปไข หรือรูปไต ไมมีสี ส่วน macroconidia ไมมีสี รูปทรงกระบอกลักษณะอวน (stout) สวนหัวและสวนท้ายเซลลปลายโค้งมน เซลลที่ฐานมีลักษณะคลายเทาขนาดสั้น และ chlamydospore สีน้ำตาลรูปไขหรือ ทรงกลมผนังเรียบ หรือขรุขระ (ภาพที่ 2.2)



ภาพที่ 2.2 ลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *F. solani* (A - C) ลักษณะโคโลนีบนอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) (D) microconidia, (E) macroconidia และ (F) chlamydospores ที่มา : (Jeon et al, 2013. หน้า 442)

ในการติดเชื้อรา *F. oxysporum* มีลักษณะอาการที่คล้ายคลึงกัน คือ เชื้อราจะเข้าสู่พืชผ่านทางราก เนื่องจากเป็นเชื้อราที่อาศัยในดิน แล้วเจริญเข้าไปในท่อลำเลียงซึ่งทำให้พืชมีอาการขาดอาหารและน้ำ ส่งผลให้เกิดโรคเหี่ยว การเกิดโรคในพืชจะมีชื่อโรคแตกต่างตามชนิดของพืชที่ติดเชื้อ เช่น ในต้นกล้วยจะเกิดโรคตายพราย เชื้อราเข้าทำลายราก และมีการเจริญเข้าไปในท่อลำเลียงน้ำ xylem และท่อลำเลียงอาหาร phoem ทำให้เกิดอุดตัน ส่งผลให้ใบมีอาการขาดน้ำ เหี่ยวเฉา และเปลี่ยนเป็นสีเหลือง หักพับ (ภาพที่ 2.3) เกิดการหยุดการเจริญ และตายในที่สุด (สำนักงานเกษตรจังหวัดสงขลา, 2561) ส่วนในต้นมะเขือเทศจะเกิดโรคเหี่ยวเหลือง (ภาพที่ 2.4) โดยเชื้อราเข้าทำลายมะเขือเทศได้ทุกระยะการเจริญเติบโต และมีผลทำให้ผลผลิตลดลง ซึ่งสามารถแพร่ระบาดได้ในดินเข้าสู่ต้นมะเขือเทศโดยอาศัยบาดแผลบริเวณราก (วราภรณ์ บุญเกิด จีรนันท์ แหยมสูงเนิน และนัฐธิภรณ์ เดชบุรัมย์, 2560) ในต้นพริกจะเกิดโรคเหี่ยวของพริก โดยเชื้อราเข้าทางรากผ่านท่อลำเลียงอาหารไปยังส่วนต่างๆ ของพริก ส่งผลตั้งแต่รากถึงใบกลายเป็นสีเหลือง เหี่ยว ใบร่วง ต้นแห้งตายในที่สุด มักพบอาการของโรคในระยะย้ายกล้าและระยะออกดอกของต้นพริก (สมาพร เรืองสังข์ และจุฬารักษ์

ศรีศักดา, 2563) และโรคเหี่ยวที่เกิดกับพืชตระกูลแตง ตัวอย่างเช่น แตงโม เกิดโรคเฉาเหี่ยว มักพบในระยะออกดอก จะแสดงอาการใบเหลือง โดยเริ่มจากใบบริเวณโคนเถาและเหลืองต่อเนื่องไปสู่ยอด ต่อมาเถาแตงจะเหี่ยวและตาย เป็นต้น (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2562)



ภาพที่ 2.3 ลักษณะต้นกล้วยที่เป็นโรคตายพลาย
ที่มา : (http://www.dynamicseeds.com)

ภาพที่ 2.4 ลักษณะต้นมะเขือเทศที่เป็นโรคเหี่ยวเหลือง
ที่มา : (https://www.svgroup.co.th/blog/)

ในการติดเชื้อรา *F. solani* มีกลไกการเกิดโรคเช่นเดียวกับเชื้อรา *F. oxysporum* ซึ่งจะทำให้เป็นโรคและมักเกิดในระยะต้นกล้าของพืชผัก คือ โรคเน่าคอดิน (damping-off) เชื้อราเข้าทำลายบริเวณโคนต้น ราก รวมถึงเมล็ดที่กำลังงอกในพืชอวบน้ำ ทำให้เมล็ดไม่งอก หรืองอกมีต้นอ่อนสีน้ำตาลหงิกงอ โคนต้นยุบ ต้นกล้าล้ม (กองส่งเสริมการอารักขาพืชและจัดการดินปุ๋ย, 2560) นอกจากนี้ยังมีรายงานในพืชยืนต้นอีกหลายชนิด เช่น รัติยา พงศ์พิสุทธา และคณะ (2563) ได้รายงานการเกิดโรคกิ่งแห้งของทุเรียน ที่มีสาเหตุมาจากการติดเชื้อ *F. solani* โดยเข้าทำลายบริเวณกิ่งทำให้ท่อ

ลำเลียงน้ำและอาหารถูกทำลาย ทำให้ลำเลียงน้ำจากรากไปเลี้ยงกิ่งและใบไม่ได้ ทำให้กิ่งแห้ง แผลแห้ง อาการแผลสีน้ำตาลบริเวณต้น (ภาพที่ 2.5) ใบเหลืองและแห้ง ร่วง และต้นตายในที่สุด ส่วนมันสำปะหลังจะเกิดโรคเน่าแห้งและเน่าดำ พบในระยะลงหัว ส่วนรากและหัวมีอาการเน่าแห้ง ฝ่อ มีกลิ่นเหม็นคล้ายไม้เน่า และต้นเหี่ยวเหลือง (พรปวีณ์ ธิวัฒน์วรานิกุล, 2561)

ภาพที่ 2.5 ลักษณะลำต้นของทุเรียนที่เป็นโรคกิ่งแห้ง
ที่มา : (รัติยา พงศ์พิสุทธา และคณะ, 2563, หน้า 712)

การพัฒนาชีวภัณฑ์จากแบคทีเรียในการควบคุมโรคพืช

จากรายงานวิจัยทั่วโลกได้รายงานเกี่ยวกับประสิทธิภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ในการควบคุมหรือต้านทานเชื้อก่อโรคในพืช ตัวอย่างเช่น รายงานของฉัตรฎา กันทะเรียน (2559) ความสามารถในการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์จากข้าวและสัปปะรด ได้แก่ *Bacillus* sp., *Enterobacter* sp. และ *Klebsiella* sp. สามารถแสดงกิจกรรมการต้านเชื้อราก่อโรคพืชหลายชนิด ได้แก่ *Ascomycetes* sp., *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp. และ *Rhizopus nigricans* และแบคทีเรียเอนโดไฟต์ที่แยกได้จากข้าวหอมปทุมธานี 1 และข้าวสังข์หยดมีความสามารถในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุก่อโรคในข้าว 4 ชนิด ได้แก่ *Helminthosporium oryzae*, *Rhizoctonia solani*, *F. fujikuroi* และ *Pyricuralia oryzae* ของ (วรัญญา พริ้งแป้น, สุรพล ฐิติธนากลุ และดวงแขฑิตา กาญจนโสภา, 2563) นอกจากนี้แบคทีเรียเอนโดไฟต์ Arthrobacter, Achromobacter, Bacillus, Enterobacter, Erwinia, Pseudomonas, Pantoea, Serratia และ Stenotrophomonas ที่คัดแยกจากต้น *Hypericum perforatum* และต้น *Ziziphora capitata* มี

ความสามารถในการควบคุมโรครากเน่าของมะเขือเทศสาเหตุจากเชื้อรา *F. oxysporum* (Egamberdieva et al. 2017) เป็นต้น

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาชีวภัณฑ์จากแบคทีเรียสกุล Bacillus เพื่อควบคุมโรคพืชหลายชนิด เช่น ชีวภัณฑ์ที่พัฒนาจากแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. subtillis* NS–03 โดยใช้ผงถ่านชีวภาพผสมกับทัลคัมเป็นสารพาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 เดือน มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *C. oryzae* สาเหตุโรคใบขีดสีน้ำตาลของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ทั้งในห้องปฏิบัติการและในโรงเรือน (ปัณณวิชญ์ เย็นจิตต์, ศรัณยา เพ่งผล และวาริน อินทนา, 2563) ส่วนชีวภัณฑ์เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. subtilis* B076 โดยการทำผงแห้งของแบคทีเรียปฏิปักษ์ผสมสารเคลือบ BS-coat2 เพื่อการผลิตชีวภัณฑ์เคลือบเมล็ดแคนตาลูป พบว่ามีประสิทธิภาพการเป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อแบคทีเรีย *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* (Aac) ไอโซเลต KK9 สาเหตุโรคผลเน่าจากแบคทีเรีย (bacterial fruit blotch) ในระดับห้องปฏิบัติการ และเมื่อนำผงแห้งของแบคทีเรีย *B. subtilis* B076 มาพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์สูตรน้ำผสมสารจับใบ (polyoxyethylene alkyl aryl ether + organic sulfonate sodium salt 62%) สามารถลดการเกิดโรคที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย Aac-KK9 บนใบแตงแคนตาลูปได้ดีในระดับเรือนทดลอง (กุศล ถมมา และพิศาล ศิริธร, 2556)

YALA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุ/อุปกรณ์

1. Micropipette tip
2. Auto pipettes
3. Pipette controllers
4. Aluminium foil
5. Pipette
6. Test tube
7. Cork borers
8. Laboratory bottles
9. Petri dishes
10. Loop
11. Forceps
12. Spatula
13. Alcohol burners
14. Spreader
15. Erlenmeyer flasks
16. slides
17. Graduated cylinders
18. Needle deep
19. Microcentrifuge tube
20. Pestle & Mortar
21. Beaker
22. Eppendorf tube

มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย LOEI RAJABHAT UNIVERSITY

วิธีทดลอง

1. การทดสอบศักยภาพของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *F. oxysporum* และ *F. solani* ในระดับห้องปฏิบัติการและโรงเรือนทดลอง

1.1 การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *F. oxysporum* และ *F. solani* ด้วยวิธี poisoned food technique

ในการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *F. oxysporum* และ *F. solani* ด้วยวิธี poisoned food technique ดัดแปลงจากวิธีการของ Vincent (1947) โดยนำสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ระดับความเข้มข้น 20,000, 40,000, 60,000, 80,000 และ 100,000 ppm (v/v) มาผสมในอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) จากนั้นวางเชื้อรา *F. oxysporum* และ *F. solani* ตรงกลางจานเพาะเชื้อ ส่วนตัวควบคุมบวก มีการเติมสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา carbendazim ในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA อัตราส่วนตามที่ระบุบนฉลาก (ระดับความเข้มข้น 1,500 ppm) และตัวควบคุมลบ เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA เพียงอย่างเดียว และบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน ทำการพิจารณาประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *F. oxysporum* และ *F. solani* จากเปอเซ็นต์การยับยั้ง (percentage inhibition of radial growth: PIRG) สามารถคำนวณได้จากสูตร

เปอเซ็นต์การยับยั้ง = [(Dc-Dt)/Dc]*100

กำหนดให้

Dc คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของเชื้อราจากชุดควบคุม

Dt คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของเชื้อราจากชุดทดสอบ

1.2 ทดสอบศักยภาพของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ในการยับยั้งการก่อโรคของเชื้อรา *F. oxysporum* และ *F. solani* บนทุเรียนในโรงเรือนทดลอง

เลี้ยงเชื้อราทั้งสองชนิดบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน จากนั้นนำสปอร์ของเชื้อรามาทำสปอร์แขวนลอย (spore suspension) ความเข้มข้น 10^6 สปอร์/มิลลิลิตร ฉีดพ่นลงบนต้นทุเรียนระยะต้นกล้า จำนวน 210 ต้น ที่ทำให้เกิดบาดแผลโดยใช้เข็มเจาะลึก 5 มิลลิเมตร นำมาวางในสภาพโรงเรือน เป็นเวลา 14 วัน บันทึกข้อมูลลักษณะอาการ และพัฒนาการของโรค จากนั้นนำสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ที่ระดับความเข้มข้น 20,000,

40,000, 60,000, 80,000 และ 100,000 ppm ราดบนดินปลูกในกระถาง และทำการบันทึกข้อมูลลักษณะอาการ และอัตราการรอดของต้นทุเรียน เป็นเวลา 16 วัน เทียบกับสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา carbendazim

2. การวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ในการควบคุมเชื้อราก่อโรคพืช

ในการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ด้วยเครื่อง Liquid Chromatograph-Quadrupole Time-of-Flight Mass Spectrometer (LC-QTOF-MS) อาศัยเทคนิค Liquid Chromatography-Positive and Negative Electrospray Ionization/Mass Spectrometry (AutoMSMS) โดยส่งวิเคราะห์ที่สำนักเครื่องมือวิทยาศาสตร์และการทดสอบ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

3. การผลิตและทดสอบผลิตภัณฑ์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6

ในการผลิตและทดสอบผลิตภัณฑ์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ดัดแปลงจากวิธีการของสุกัญญา พุ่มคง และสุวิชญา บัวชาติ (2561) ดังนี้ ทำการเก็บน้ำเลี้ยงเซลล์จากเพาะเลี้ยงแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ในอาหารเลี้ยงเชื้อ nutrient broth (NB) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน จากนั้นนำมาปั่นเหวี่ยงที่ 12,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที และทำการกรองด้วยกระดาษกรองขนาด 0.2 ไมโครครอน แล้วนำมาทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze dry) จนเป็นผง จากนั้นนำผงผลิตภัณฑ์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมาทดสอบความคงตัวด้วยการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *F. oxysporum* และ *F. solani*

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี One –way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างชุดการทดสอบด้วย Duncan's New Multiple Range-Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Tool for Agricultural Research (STAR) Version: 2.0.1

ระยะเวลาการวิจัย

ระยะเวลาในการวิจัยตั้งแต่วันที่ 1 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2564 ถึงวันที่ 31 เดือนสิงหาคม พ.ศ.2565

บทที่ 4

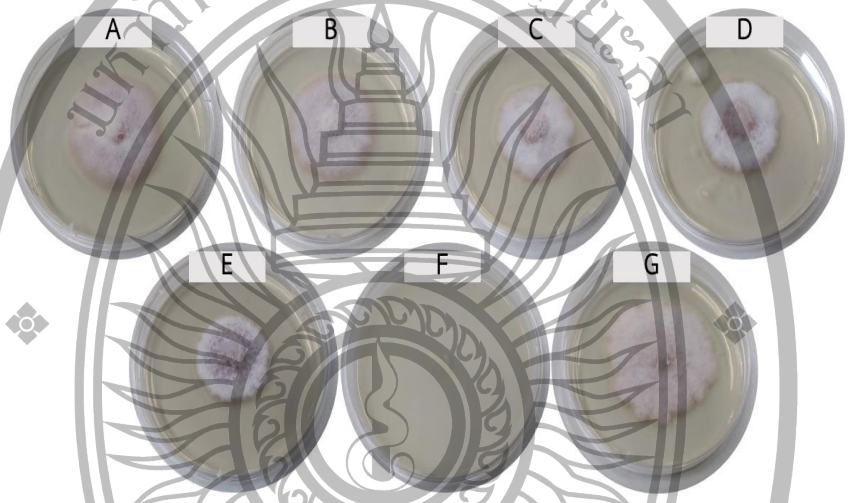
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในงานวิจัย เรื่อง การพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากแบคทีเรียเอนโด-ไฟต์ *Bacillus altitudinis* YRU_S1-1 และ *Bacillus stratosphericus* YRU_S1-6 เพื่อควบคุมเชื้อราก่อโรคพืช 2 ชนิด คือ *Fusarium oxysporum* และ *Fusarium solani* ที่ก่อให้เกิดโรคเหี่ยวในพืชหลายชนิด แต่เนื่องจาก *F. solani* ได้ประสบปัญหาเกี่ยวกับการปนเปื้อนจุลินทรีย์ระหว่างการทดสอบ ทำให้ในวิจัยนี้สามารถทดสอบเพียง *F. oxysporum* เท่านั้นในทุกวัตถุประสงค์ และได้ผลการวิจัยดังต่อไปนี้

4.1 ศักยภาพของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ในการควบคุมเชื้อรา *F. oxysporum* ในระดับห้องปฏิบัติการและโรงเรือนทดลอง

ผลจากการทดสอบศักยภาพของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ที่ระดับความเข้มข้น 20,000, 40,000, 60,000, 80,000 และ 100,000 ppm ในการควบคุมการเจริญของเชื้อรา *F. oxysporum* ด้วยวิธี poisoned food technique เทียบกับสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา carbendazim ในระดับห้องปฏิบัติการ พบว่า สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *F. oxysporum* ได้ แต่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา carbendazim (ภาพที่ 4.1) โดยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 ที่ระดับความเข้มข้น 100,000 ppm มีเปอเซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อราเฉลี่ยสูงสุด (ภาพที่ 4.1E) และระดับความเข้มข้น 80,000 ppm รองลงมา (ภาพที่ 4.1D) เท่ากับ 24.96 และ 21.50 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1) จากผลการทดสอบคาดว่าระดับความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 ที่ใช้มีผลโดยตรงต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *F. oxysporum* โดยสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *F. oxysporum* ได้สูงขึ้นเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 มากกว่า 100,000 ppm ขึ้นไป เมื่อพิจารณาจากผลการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดว่านน้ำในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคผลเน่าที่แยกได้จากผลลิ้นจี่ ผลการทดสอบบนจานเพาะเชื้อด้วยวิธี poisoned food technique แสดงให้เห็นว่าสารสกัดว่านน้ำมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรคผลเน่าในลิ้นจี่จำนวน 21 สายพันธุ์ ที่ระดับความเข้มข้น

10,000 ppm เป็นต้นไป โดยแสดงร้อยละการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราเฉลี่ยมากกว่าร้อยละ 80 (สุวรรณี แทนธานี และคณะ, 2557) ส่วนประสิทธิภาพของสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา carbendazim มีคุณสมบัติเป็นสารดูดซึมออกฤทธิ์กว้าง เพื่อกำจัดโรคที่มีสาเหตุจากเชื้อราในพืชผัก พืชไร่ ผลไม้ข้าว และธัญพืช จัดอยู่ในกลุ่ม benzimidazole มีกลไกการออกฤทธิ์บริเวณ β - tubulin เป็นหลัก และจะไปรบกวนการทำงานของ microtubule dynamic การขนส่งของสารภายในเซลล์ และยับยั้งการแบ่งตัวของนิวเคลียส ทำให้เชื้อราไม่สามารถเจริญได้ (Hammerschlag and Sisler, 1973; Thelingwani et al., 2009)



ภาพที่ 4.1 ผลการทดสอบศักยภาพของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 ในการควบคุมเชื้อรา *F. oxysporum* ด้วยวิธี poisoned food technique ที่ระดับความเข้มข้น (A) 20,000 (B) 40,000 (C) 60,000 (D) 80,000 และ (E) 100,000 ppm โดยเทียบกับ (F) ตัวควบคุมบวก สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา carbendazim ที่ระดับความเข้มข้น 1,500 ppm และ (G) ตัวควบคุมลบ

ส่วนสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ไม่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *F. oxysporum* ได้ เนื่องจากขนาดของเชื้อรา *F. oxysporum* ของชุดทดสอบทั้ง 5 ความเข้มข้น ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม (ภาพที่ 4.2 และตารางที่ 4.1) ซึ่งอาจเกิดจากเสื่อมสภาพของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ระหว่างการทดสอบ (ทำการทดสอบ 7 วัน)

ภาพที่ 4.2 ผลการทดสอบศักยภาพของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ในการควบคุมเชื้อรา *F. oxysporum* ด้วยวิธี poisoned food technique ที่ระดับความเข้มข้น (A) 20,000 (B) 40,000 (C) 60,000 (D) 80,000 และ (E) 100,000 ppm โดยเทียบกับ (F) ตัวควบคุมบวก สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา carbendazim ที่ระดับความเข้มข้น 1,500 ppm และ (G) ตัวควบคุมลบ

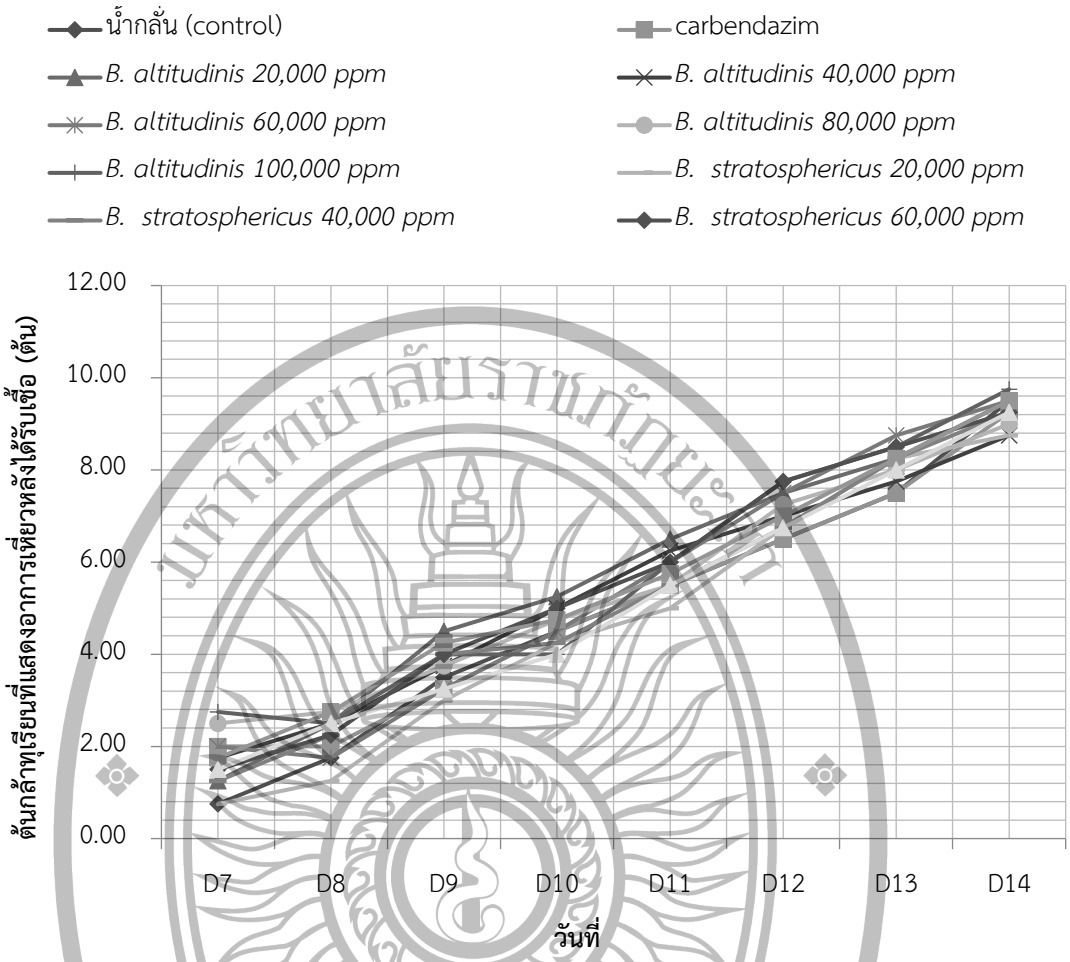
ตารางที่ 4.1 เปอเซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *F. oxysporum* ของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ชนิดของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ	เปอเซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *F. oxysporum*					
	ชุดควบคุมบวก (carbendazim)	ชุดทดสอบที่ 1 (20,000 ppm)	ชุดทดสอบที่ 2 (40,000 ppm)	ชุดทดสอบที่ 3 (60,000 ppm)	ชุดทดสอบที่ 4 (80,000 ppm)	ชุดทดสอบที่ 5 (100,000 ppm)
แบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1	100	12.88±0.89	18.10±0.56	19.91±0.77	21.50±0.88	24.96±0.57
แบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. stratosphericus YRU_S1-6*	100	0.86±0.93	0.37±1.89	0.34±2.63	0.94±1.06	0.21±1.99

ส่วนผลการทดสอบศักยภาพของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ในการยับยั้งการก่อโรคของเชื้อรา *F. oxysporum* ในระดับเรือนทดลอง ได้ทดสอบทั้งหมด 12 วิธีการ ดังนี้ ทดสอบด้วยสารออกฤทธิ์ทาง

ชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ที่ระดับความเข้มข้น 20,000, 40,000, 60,000, 80,000 และ 100,000 ppm เทียบกับสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา carbendazim (ชุดควบคุมบวก) และน้ำกลั่น (ชุดควบคุมลบ) โดยก่อนการทดสอบได้ทำการปลูกเชื้อรา *F. oxysporum* ในต้นกล้าทุเรียนฉีดพ่นด้วยการสปอร์ของเชื้อราความเข้มข้น 10^6 สปอร์/มิลลิลิตร ลงบริเวณบาดแผลบนต้นต้นกล้าทุเรียน พบว่า ต้นกล้าทุเรียนของทุกชุดการทดสอบหลังจากการปลูกเชื้อรา *F. oxysporum* มีการแสดงอาการเหี่ยวตั้งแต่ 7 - 14 วัน หลังได้รับเชื้อ ซึ่งแสดงอาการดังต่อไปนี้ คือ ใบทุเรียนเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง แห้งและหลุดร่วง ส่วนเนื้อไม้มีสีน้ำตาลเข้ม เมื่อผ่าดูด้านในของลำต้น (ภาพที่ 4.3) โดยต้นกล้าทุเรียนจากทุกชุดการทดสอบแสดงอาการเหี่ยวจากการติดเชื้อไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 4.4) แสดงให้เห็นว่าเชื้อรา *F. oxysporum* ได้เข้าไปเจริญเติบโตภายในท่อลำเลียงของต้นกล้าทุเรียน

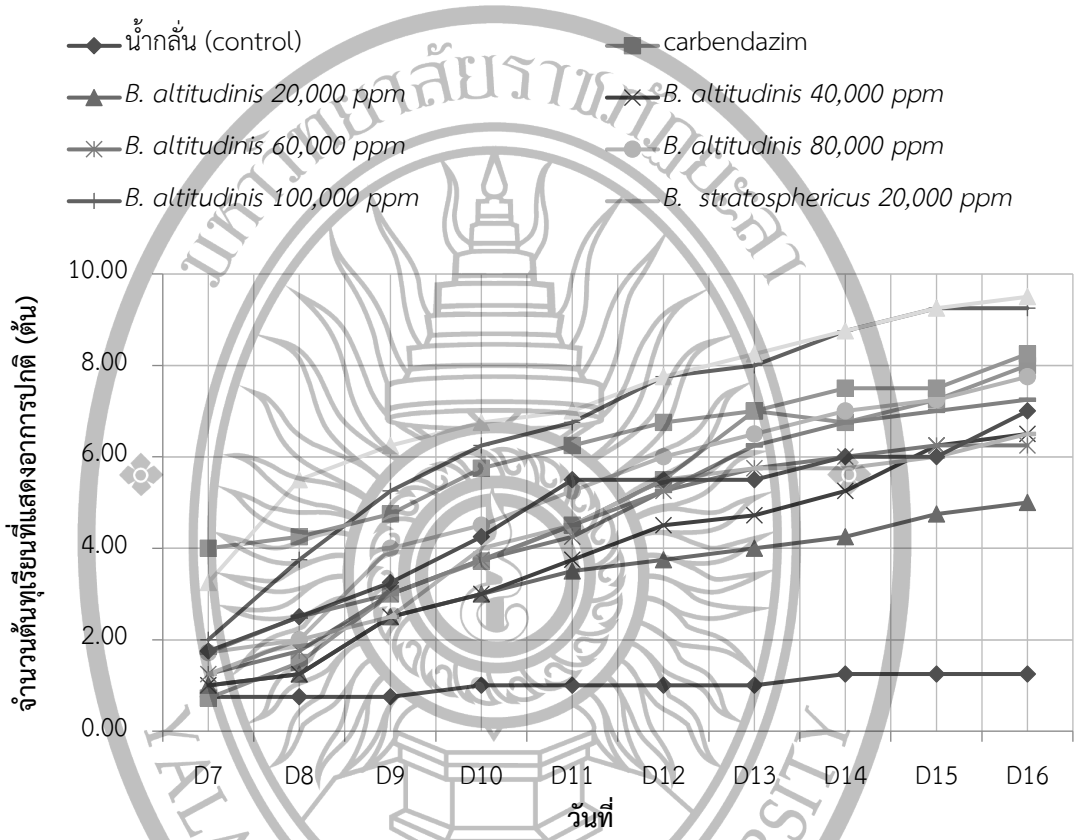
ภาพที่ 4.3 ลักษณะอาการติดเชื้อรา *F. oxysporum* ของต้นกล้าทุเรียน ที่ถูกปลูกเชื้อเป็นเวลา 14 วัน (A) ใบทุเรียนเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (B) ปลายใบทุเรียนแห้ง (C) เนื้อไม้บริเวณลำต้นมีสีน้ำตาลเข้ม



ภาพที่ 4.4 จำนวนต้นกล้าทุเรียนที่แสดงอาการเหี่ยวหลังปลูกเชื้อรา *F. oxysporum* ตั้งแต่ 7-14 วัน ก่อนการทดสอบ

หลังจากนั้นทำการฉีดพ่นด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เทียบกับสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา carbendazim และน้ำกลั่น พบว่า หลังการฉีดพ่นต้นกล้าทุเรียนเป็นเวลา 16 วัน ลักษณะของต้นกล้าทุเรียนทั้ง 12 กรรมวิธีมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) โดยต้นกล้าทุเรียนที่ได้รับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากทั้งสองสายพันธุ์ทุกระดับความเข้มข้นสามารถยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อรา *F. oxysporum* เมื่อเทียบกับต้นกล้าทุเรียนที่ได้รับสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา carbendazim ไม่แตกต่างกัน จากการสังเกตต้นกล้าทุเรียนที่ฉีดพ่นด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 พบว่า ต้นกล้าทุเรียนแสดงอาการเหี่ยวลดลง โดยเฉพาะที่ระดับความเข้มข้น 100,000 ppm ของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากทั้งสองสายพันธุ์มีประสิทธิภาพในการยับยั้ง

การเข้าทำลายของเชื้อรา *F. oxysporum* ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด พิจารณาจากอาการปกติหลังจากการทดสอบฉีดพ่น (9.25 และ 9.50 ต้น ตามลำดับ) เทียบเท่ากับสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา carbendazim ที่มีการยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อได้ 8.00 ต้น (ภาพที่ 4.5 และตารางที่ 4.2) ส่วนต้นกล้าทุเรียนที่ได้ฉีดพ่นน้ำกลั่นยังแสดงอาการเหี่ยวจากการเข้าทำลายของเชื้อ *F. oxysporum* ชัดเจน



ภาพที่ 4.5 จำนวนต้นกล้าทุเรียนที่แสดงอาการปกติหลังทดสอบด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา carbendazim และน้ำกลั่น ตั้งแต่ 7-16 วัน ของการทดสอบ

จากผลการทดสอบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 ในผลทดสอบที่สอดคล้องกันทั้งในระดับห้องปฏิบัติการและระดับเรือนทดลอง โดยที่ระดับความเข้มข้น 100,000 ppm มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อรา *F. oxysporum* ได้เป็นอย่างดี แต่ผลการทดสอบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ในห้องปฏิบัติการแตกต่างกับเรือนทดลอง โดยไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *F. oxysporum* ในระดับห้องปฏิบัติการ แต่การทดสอบในต้นกล้าทุเรียนพบว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อรา *F. oxysporum* ได้ที่ระดับความเข้มข้น 100,000

ppm ได้ โดยสามารถช่วยป้องกันการเข้าทำลายจากเชื้อรา *F. oxysporum* ได้สูงสุด 9.50 ต้น อาจเกิดจากปัจจัยทางกายภาพของดิน และปัจจัยทางชีวภาพของต้นกล้าทุเรียนที่มีผลเชิงบวกต่อประสิทธิภาพการทำงานของโดยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 เช่นเดียวกับรายงานของ Cucu et al., (2020) ที่รายงานว่าการใช้สารชีวภัณฑ์ที่ได้จาก *Bacillus subtilis* ผสมในปุ๋ยหมักก่อนนำไปใช้ในการปลูกมะเขือเทศเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้ใช้สารชีวภัณฑ์สามารถลดการเหี่ยวของมะเขือเทศที่เกิดจากเชื้อ *F. oxysporum* ได้ถึง 70 เปอเซ็นต์ แต่ประสิทธิภาพในการกำจัดอาจต้องพิจารณาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินซึ่งจะมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเชื้อ *B. subtilis* ที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.2 จำนวนต้นกล้าทุเรียนที่แสดงอาการเหี่ยวหลังจากปลูกเชื้อรา *F. oxysporum* เป็นเวลา 14 วัน และต้นกล้าทุเรียนที่มีอาการปกติหลังจากการทดสอบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 เป็นเวลา 16 วัน

วิธีการทดสอบ	**จำนวนต้นกล้าทุเรียนที่แสดงอาการหลังปลูกเชื้อ *F. oxysporum* (ต้น)**	**จำนวนต้นกล้าทุเรียนที่มีอาการปกติหลังทดสอบ(ต้น)**
น้ำกลั่น	9.50±0.58	1.25±0.50 [b]
carbendazim	9.25±0.96	8.00±4.00 [a]
B. altitudinis 20,000 ppm	9.50±0.58	5.00±2.16 [ab]
B. altitudinis 40,000 ppm	8.75±0.96	6.50±2.38 [ab]
B. altitudinis 60,000 ppm	9.50±0.58	6.25±2.22 [ab]
B. altitudinis 80,000 ppm	9.00±0.01	7.75±1.89 [a]
B. altitudinis 100,000 ppm	9.75±0.50	9.25±1.50 [a]
B. stratosphericus 20,000 ppm	8.75±0.50	6.50±2.38 [ab]
B. stratosphericus 40,000 ppm	9.25±0.50	7.25±2.87 [a]
B. stratosphericus 60,000 ppm	9.25±0.96	7.00±2.71 [a]
B. stratosphericus 80,000 ppm	9.50±1.00	8.25±2.22 [a]
B. stratosphericus 100,000 ppm	9.25±0.50	9.50±1.00 [a]
F-test	ns	**
CV (%)	7.47	33.72

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, ** มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01)

4.2 การวิเคราะห์ชนิดของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ในการควบคุมเชื้อราก่อโรคพืช

ผลการวิเคราะห์ชนิดของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ทั้ง 2 ไอโซเลต ด้วยเทคนิค Liquid Chromatography-Positive and Negative Electrospray Ionization/Mass Spectrometry พบว่า สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 มีสารเมทาบอไลต์ที่เกี่ยวข้องกับการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคพืช ได้แก่ L-phenylalanine ammonia-lyase, tetraacetylethylenediamine และ pyroglutamic acid โดยเอนไซม์ L-phenylalanine ammonia-lyase ที่พบสอดคล้องกับรายงานของ Sunar et al (2015) ที่รายงานความสามารถของแบคทีเรีย *B. altitudinis* ที่แยกได้จากรากของฟักแม้ว (*Sechium edule*) ในการยับยั้งโรครากเน่า (root rot disease) ในถั่วเขียว ซึ่งเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ phenylalanine ammonia lyase, peroxidase, β-1,3-glucanase, and chitinase ส่วน tetraacetylethylenediamine มีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ (Shakouie et al, 2016) และ pyroglutamic acid มีฤทธิ์ในการกำจัดเชื้อราก่อโรคพืชได้ โดยสามารถลดการสะสมของสารพิษ trichothecenes ที่เชื้อราก่อโรคพืชสร้างขึ้น (Bilska et al, 2018)

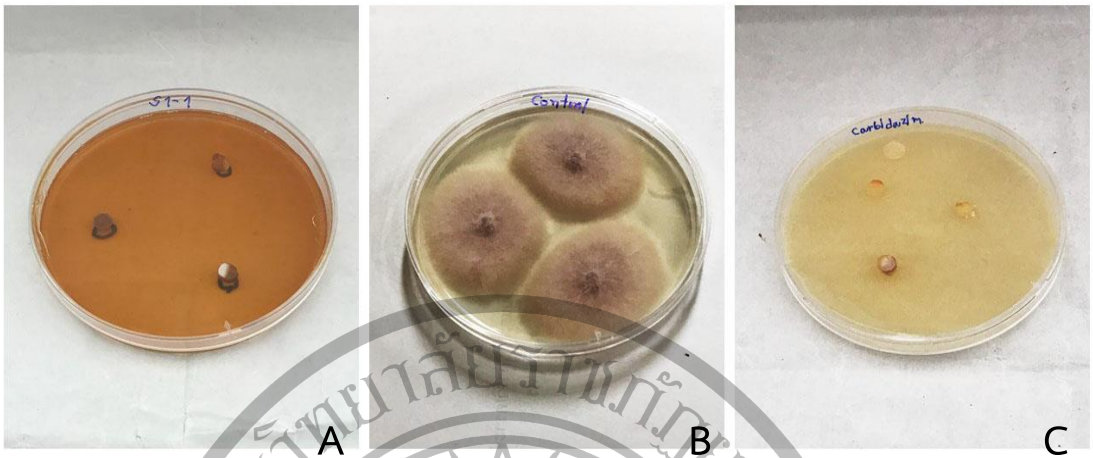
ส่วนสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 พบมีสารเมทาบอไลต์ที่เกี่ยวข้องกับการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคพืชเช่นเดียวกัน ได้แก่ L-phenylalanine ammonia-lyase, tetraacetylethylenediamine, pyroglutamic acid และ phytosphingosine โดยสารเมทาบอไลต์ 3 ชนิดแรกมีสมบัติเช่นเดียวกับในสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 ส่วน phytosphingosine สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราและแบคทีเรียก่อโรคพืช ได้แก่ เชื้อรา *Verticillium longisporum*, *F. graminearum* และ *Sclerotinia sclerotiorum* และแบคทีเรีย *Pseudomonas syringae* pv. tomato (Pst) และ *Agrobacterium tumefaciens* (Glenz et al, 2022)

4.3 ผลจากการผลิตและทดสอบผลิตภัณฑ์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ B. *stratosphericus* YRU_S1-6

จากผลของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 ที่ระดับความเข้มข้น 100,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *F. oxysporum* ด้วยวิธี poisoned food technique จึงเลือกทดสอบที่ระดับความเข้มข้นดังกล่าวในการผลิตผลิตภัณฑ์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 โดยนำน้ำเลี้ยงเซลล์จากเพาะเลี้ยงแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze dry) จน

เป็นผง จากนั้นนำผงผลิตภัณฑ์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมาทดสอบความคงตัวด้วยการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *F. oxysporum* ด้วยวิธี poisoned food technique ที่ระดับความเข้มข้น 100,000 ppm โดยเทียบกับสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา carbendazim พบว่าสามารถยับยั้งยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *F. oxysporum* ได้เทียบเท่าสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา carbendazim (ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ) (ภาพที่ 4.6) นั่นแสดงว่าสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ได้จากส่วนใสปราศจากเซลล์ (cell-free supernatant ; CFS) ซึ่งเป็นสารทุติยภูมิที่แบคทีเรียหลั่งออกมานอกเซลล์ ที่ประกอบด้วยสารเมทาบอไลต์ที่เกี่ยวข้องกับการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคพืช ได้แก่ L-phenylalanine ammonia-lyase, tetraacetylethylenediamine และ pyroglutamic acid สอดคล้องกับรายงานของ Sutyak et al., (2008) และ Torres et al., (2015) ที่กล่าวว่าส่วนใสปราศจากเซลล์ของแบคทีเรียในสกุล Bacillus ประกอบด้วยสารประกอบที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อราหลายชนิด ทั้งที่เป็น antifungal proteins และ lipopeptides antibiotics ซึ่งสารกลุ่มนี้มีความสามารถในการยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อก่อโรคพืชได้ ผ่านกลไกที่หลากหลาย เช่น การรบกวนกิจกรรมของสปอร์ของเชื้อรา การเข้าทำลายเส้นใย (hyphae) ของเชื้อรา และการเพิ่มความสามารถในการต้านทานเชื้อโรคของพืช เป็นต้น (Yanez-Mendizabal and Falconi, 2021) และจากการศึกษาของ Zhao H et al., (2022) พบว่า ส่วนใสปราศจากเซลล์ของแบคทีเรีย *B. velezensis* สามารถทำลายเยื่อหุ้มของเส้นใย ซึ่งเกิดจาก exosmosis ของเซลล์ และ เซลล์มีการสะสม reactive oxygen species (ROS) ทำให้เส้นใยของเชื้อรา *Botrytis cinerea* เสียหาย

ส่วนสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ไม่นำมาผลิตผงผลิตภัณฑ์และทดสอบประสิทธิภาพ เนื่องจากไม่สามารถยับยั้งยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *F. oxysporum* ด้วยวิธี poisoned food technique



ภาพที่ 4.2 ผลการทดสอบผงผลิตภัณฑ์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 ในการควบคุมเชื้อรา *F. oxysporum* ด้วยวิธี poisoned food technique ที่ระดับความเข้มข้น 100,000 ppm (A) โดยเทียบกับตัวควบคุมลบ (B) และสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา carbendazim ที่ระดับความเข้มข้น 1,500 ppm (C)

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
YALA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ให้ผลการยับยั้งการก่อโรคของเชื้อรา *F. oxysporum* ที่แตกต่างกัน โดยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 ที่ระดับความเข้มข้น 100,000 ppm มีเปอเซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อราเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 24.96 ส่วนสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา โดยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 มีประสิทธิภาพน้อยกว่าสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา carbendazim เมื่อทดสอบด้วยวิธี poisoned food technique ส่วนผลการทดสอบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 และ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 ในต้นกล้าทุเรียนหลังการได้รับเชื้อ *F. oxysporum* เป็นเวลา 14 วัน พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 100,000 ppm มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อรา *F. oxysporum* ได้มีประสิทธิภาพสูงสุด (9.25 และ 9.50 ต้น ตามลำดับ) ซึ่งไม่แตกต่างกับการใช้สารเคมี carbendazim ที่สามารถยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อ 8.00 ต้น

เมื่อทำการวิเคราะห์ชนิดของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ทั้ง 2 ไอโซเลต ด้วยเทคนิค Liquid Chromatography-Positive and Negative Electrospray Ionization/Mass Spectrometry พบว่า มีสารเมทาบอไลต์ที่มีเกี่ยวข้องกับการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคพืช ได้แก่ L-phenylalanine ammonia-lyase, tetraacetylethylenediamine และ pyroglutamic ในกรณีแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 ส่วนสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. stratosphericus* YRU_S1-6 พบมีสารเมทาบอไลต์ที่เกี่ยวข้องกับการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคพืชเช่นเดียวกัน ได้แก่ L-phenylalanine ammonia-lyase, tetraacetylethylenediamine, pyroglutamic acid และ phytosphingosine

ผลของผลิตภัณฑ์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 ที่ระดับความเข้มข้น 100,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *F. oxysporum* ได้เทียบเท่าสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา carbendazim เมื่อทดสอบด้วยวิธี poisoned food technique

ข้อเสนอแนะ

1. ผลการวิจัยนี้ทำให้ทราบว่าสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 สามารถนำไปพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์เพื่อยับยั้งเชื้อรา *F. oxysporum*. ได้ โดยการใช้ระดับความเข้นข้น 100,000 ppm ขึ้นไป ดังนั้นควรมีการทดสอบระดับความเข้มข้นที่สูงกว่า 100,000 ppm เพิ่มเติม เพื่อเพิ่มศักยภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *F. oxysporum*

2. ควรทดสอบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *B. altitudinis* YRU_S1-1 กับสายพันธุ์อื่นของเชื้อราในสกุล Fusarium เพิ่มเติม

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
YALA RAJABHAT UNIVERSITY

บรรณานุกรม

กุศล ถมมา และพิศาล ศิริธร. (2556). ชีวภัณฑ์เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus subtilis* B076 เพื่อการเคลือบเมล็ดและพ่นทางใบ เพื่อควบคุมเชื้อแบคทีเรีย *Acidovorax avenae* subsp. *แก่นเกษตร 41*(1), 340-345.

เกษม สร้อยทอง. (2551). *เทคโนโลยีการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ฉัตรชฎา กันทะเรียน. (2559). *การผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากเชื้อแบคทีเรียเอนโดไฟต์ที่คัดแยกได้จากระบบเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ดาราวดี วงษ์ชาลี. (2558). *ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ Bacillus สูตร ENCAPSULATE ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของพริก*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ปัณณวิชญ์ เย็นจิตต์ ศรัณยา เพ่งผล และวาริน อินทนา. (2563). ประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus subtillis* NS–03 ในการควบคุมโรคใบขีดสีน้ำตาลของข้าวที่เกิดจากเชื้อรา *Cercospora oryzae*. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 51*(1), 11–21.

พรปวีณ์ ธิวัฒน์วรานิกุล ภาณุวัฒน์ มูลจันทะ วรรณวิไล อินทนู และจินตนา อันอาตม์งาม. (2561). การวิเคราะห์ลายพิมพ์ดีเอ็นเอและการก่อให้เกิดโรคเน่าแห้ง-เน่าดำมันสำปะหลังที่เกิดจากเชื้อรา *Fusarium solani* และ *Neoscytalidium hyalinum*. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ, 1*(2), 22-34.

รัติยา พงศ์พิสุทธา ชัยณรงค์ รัตนกรีฑากุล สัณฐิติ บินคาเดอร์ กนกพร ฉัตรไชยศิริ และพัชรี บุญเรือง รอด. (2563). การตรวจสอบเชื้อราสาเหตุของโรคกิ่งแห้งของทุเรียน. *วารสารแก่นเกษตร*, *48*(4), 703-714.

วารุณี หะยีมะสาและ นายจารุ นิคม ยาสมี เลาหสกุล นิสาพร มูหะมัด ปิยศิริ สุนทรนนท์ สินไชย ซันวานี จิใจ และนฤมล ทองมาก. (2564). การคัดเลือกแบคทีเรียเอนโดไฟต์จากทุเรียนสายพันธุ์พื้นบ้านเพื่อพัฒนาชีวภัณฑ์ควบคุมเชื้อราก่อโรคในพืช (รายงานผลการวิจัย). มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

วราภรณ์ บุญเกิด, จีรนันท์ แหยมสูงเนิน,และนัฐธิภรณ์ เดชบุรัมย์. (2560). การควบคุมโรคเหี่ยวเหลืองของมะเขือเทศด้วยสารป้องกันกำจัดโรคพืชและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสภาพเรือนทดลองน. 258-265. ใน: *การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 55* มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วรัญญา พริ้งแป้น สุรพล ฐิติธนากลุ และดวงแขฑิตา กาญจนโสภา. (2563). ประสิทธิภาพของเอนโดไฟติกแบคทีเรียต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชและศักยภาพการควบคุมเชื้อราก่อโรคข้าว. *วารสารแก่นเกษตร*, *48*(1), 325-330.

สมาพร เรืองสังข์ และจุฬารักษ์ ศรีศักดา. (2563). การคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์จากใบพืชที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อก่อโรคเหี่ยวของพริก. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 14*(2), 190-199.

สุกัญญา พุ่มคง และสุวิชญา บัวชาติ. (2561). ประสิทธิภาพผงชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิปักษ์ในการยับยั้งเชื้อก่อโรคขอบใบแห้งในข้าว. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 49*(3), 172-177.

สุวรรณี แทนธานี จารวี สุขประเสริฐ สายจิต ดาวสุโข และโสรญา รอดประเสริฐ. (2557). การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดว่านน้ำในการยับยั้งเชื้อราก่อโรคผลเน่าที่แยกได้จากผลลิ้นจี่. *วารสารผลงานวิชาการ กรมวิทยาศาสตร์บริการ*, *3*(3), 88-101.

อภิรัชต์ สมฤทธิ์ ยุทธศักดิ์ เจียมไชยศรี ธารทิพย ภาสบุตร และสุณีรัตน์ สีมะเดื่อ. (2555). *การคัดเลือกและทดสอบศักยภาพของเชื้อรา Fusarium oxysporum สายพันธุ์ที่ไม่ก่อให้เกิดโรค (non-pathogenic Fusarium) ในการควบคุมเชื้อรา Fusarium oxysporum*. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2555 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.

อุไรวรรณ จันทร์เหล่าหลวง. (2551). *การคัดเลือกเชื้อแอคติโนไมสีทที่สามารถผลิตสารปฏิชีวนะสำหรับ ยับยั้งการเจริญของ Fusarium sp. ซึ่งก่อโรคหลังการเก็บเกี่ยวในกล้วย*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Abou–Shanab, R.A., Angle, J.S., Delorme, T.A., Chaney, R.L., van Berkum, P., Moawad H., Ghanem K., and Ghozlan HA. (2003). Rhizobacterial effectson nickel from soil and uptake by Alyssum murale. *New Phytologist*, *158*, 219–224.

Bilska, K., Szablewska, K.S., Kulik, T., Busko, M., Załuski, D. and Perkowski, J. (2018). Resistance-Related L-Pyroglutamic Acid Affects the Biosynthesis of Trichothecenes and Phenylpropanoids by *F. graminearum Sensu Stricto*. *Toxins*, *10*, 492.

Booth, C. (1971). *The Genus Fusarium*. The East- ern Press Limited, London.

Chen, L., Luo, s., Chen, J.L., Wan, Y., Liu, C., Liu, Y.T., Pang X.Y, L.C., and Zeng G.M. (2012). Diversity of endophytic bacterial populations associated with hyperaccumulator plant *solanum nigrum* L. grown in mine tailings. *Applied soil Ecology*, *62*, 24-30.

Cucu, M.A., Gilardi, G., Pugliese, M., Gullino, M.L. & Garibaldi, A. (2020). An assessment of the modulation of the population dynamics of pathogenic *Fusarium*

oxysporum f. sp. *lycopersici* in the tomato rhizosphere by means of the application of *Bacillus subtilis* QST 713, *Trichoderma* sp. TW2 and two composts. *Biological Control, 142*, 1-10.

Egamberdieva D., Wirth S., Behrendt U., Ahmad P. and Berg G. (2017). Antimicrobial activity of medicinal plants correlates with the proportion of antagonistic endophytes. *Frontiers in Microbiology*, *8*, 199.

Hammerschlag, R.S. and H.D. Sisler. 1973. Benomyl and methyl-2 benzimidazolecarbamate (MBC): Biochemical, cytological and chemical aspects of toxicity to *Ustilago maydis* and *Saccharomyces cerevesiae*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, *3*, 42-54.

Jeon, C.J., Kim, G.H., Son, K.I., Hur, J.S., Jeon, K.S., Yoon, J.H. and Koh, Y.J. (2013). Root Rot of Balloon Flower (*Platycodon grandiflorum*) Caused by *Fusarium solani* and *Fusarium oxysporum*. *The Plant Pathology Journal 29*(4), 440-445.

Lester, W.B., C.M., Liddell, and B.A., Summerell. 1988. Laboratory Manual for FusariumResearch Incorporating a Key and Descriptions of Common Species Found in Australia, 2nd ed. Australia: University of Sydney, Australia.

Nelson, P. E., T. A. Toussoun, and Marasas, W. F. O. (1983). *Fusarium species: AnIllustrated Manual for Identification*. Pennsylvania State University Press, University Park, Pennsylvania.

Ongena, M. and Jacques, P. (2008). Bacillus lipopeptides: Versatile Weapons for Plant Disease Biocontrol. *Trends in Microbiology, 16*, 115-125.

Ryan R.P., Germaine K., Franks A., Ryan D.J. (2008). Bacterial endophytes: recent developments and applications. *FEMS Microbiology Letters, 278*, 1-9.

Santoyoa G., Moreno – Hagelsiebb G., Orozco – Mosquedac M.D.C., Bernard R. G. (2016). Plant growth-promoting bacterial endophytes. *Microbiological Research*, *183*, 92–99.

Sessitsch, A., Reiter, B. and Berg G. (2004). Endophytic bacterial communities of field-grownpotato plants and their plant-growth-promotingand antagonistic abilities. *The Canadian Journal of Microbiology, 50*, 239-249.

Shakouie, S., Milani, A.S., Eskandarnejad, M., Rahimi, S., Froughreyhani, M., Galedar, S. and Ranjbar, E. (2016). Antimicrobial activity of tetraacetylethylenediamine-

sodium perborate versus sodium hypochlorite against *Enterococcus faecalis. Journal of Dental Research Dental Clinics Dental Prospects*, *10*(1), 43–47.

Singh M., Kumar A., Singh R. and Pandey K.D. (2017). Endophytic bacteria: a new source of bioactive compounds. *3 Biotech, 7*(315), 1-14.

Sunar, K., Dey, P., Chakraborty, U. and Chakraborty, B. (2015). Biocontrol efficacy and plant growth promoting activity of Bacillus altitudinis isolated from Darjeeling hills, India. *Journal of Basic Microbiology*, *55*(1), 91-104.

Sutyak, K. E., Wirawan, R. E., Aroutcheva, A. A., and Chikindas, M. L. (2008). Isolation of the *Bacillus subtilis* antimicrobial peptide subtilosin from the dairy product-derived *Bacillus amyloliquefaciens*. *Journal of Applied Microbiology*, *104*, 1067–1074. doi: 10.1111/j.1365-2672.2007.03626.x

Tan, R. and Zou, W. (2001) Endophytes: A Rich Source of Functional Metabolites. *Natural Product Reports, 18*, 448-459.

Torres, M. J., Petroselli, G., Daz, M., Erra-Balsells, R., and Audisio, M. C. (2015). *Bacillus subtilis* Subsp *subtilis* Cbmdc3f with antimicrobial activity against gram positive foodborne pathogenic bacteria: Uv-Maldi-Tof Ms analysis of its bioactive compounds. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, *31*, 929–940. doi: 10.1007/s11274-015-1847-9

Thelingwani, R., Zvada, S. Dolgos, H. Ungell, A.L. and Masimirembwa, C. (2009). In vitro and in silico Identification and characterization of thiabendazole as a mechanism-based inhibitor of CYP1A2 and simulation of possible pharmacokinetic drug-drug Interactions. *Drug metabolism and disposition: the biological fate of chemicals*, *37*, 1286-1294.

Vincent J.M. (1947). Distribution of fungal hyphae in the presence of certain inhibitors. *Nature*, *159*, 850.

Whiting S.N., De Souza MP., and Terry N. (2001). Rhizosphere bacteria mobilize Zn for hyperaccumulation by *Thlaspi caerulescens*. *Environmental Science and Technology, 35*, 3144-3150.

Wiraswati, S.M., Rusmana, I., Nawangsih, A.A. and Wahyudi, A.T. (2019). Antifungal activities of bacteria producing bioactive compounds isolated from rice

phyllosphere against *Pyricularia oryzae*. *Journal of Plant Protection Research, 59*(1), 86–94.

Yanez-Mendizabal, V., and Falconi, C. E. (2021). *Bacillus subtilis* Ctpxs2-1 induces systemic resistance against anthracnose in andean lupin by lipopeptide production. *Biotechnology Letters*, *43*, 719–728. doi: 10.1007/s10529-020-03066-x

Yu, G.Y., Sinclair, J.B., Hartman, G.L. and Bertagnolli, B.L. (2002). Production of iturin A by *Bacillus amyloliquefaciens* suppres-sing *Rhizoctonia solani*. *Soil Biology and Biochemistry, 34*, 955–963.

Zhao, H., Liu, K., Fan, Y., Cao, J., Li, H., Song, W., Liu, Y. and Miao, M. (2022). Cell-free supernatant of *Bacillus velezensis* suppresses mycelial growth and reduces virulence of *Botrytis cinerea* by inducing oxidative stress. *Frontiers in Microbiology*, 13:980022. doi: 10.3389/fmicb.2022.980022

YALA RAJABHAT UNIVERSITY

ประวัติผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาววารุณี หะยีมะสาและ
(ภาษาอังกฤษ) Miss Warunee Hajimasalaeh
2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
3. สถานที่ติดต่อ สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตรเทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 133 ถ. เทศบาล 3 ตำบลสะเตง อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000
4. โทรศัพท์ 0869680873
5. โทรสาร ไม่มี
6. E-mail – address warunee.h@yru.ac.th
7. ที่อยู่ (ที่บ้าน) 139-141 ถ.ท่าเสด็จ ต.ตะลุบัน อ.สายบุรีจ.ปัตตานี 94110
8. ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี วท.บ. (เทคโนโลยีการผลิตสัตว์น้ำ) มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
ปริญญาโท วท.ม. (เทคโนโลยีชีวภาพ) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปริญญาเอก ปร.ด. (เทคโนโลยีชีวภาพ) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

9. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

เทคนิคทางชีวโมเลกุล พันธุวิศวกรรม เทคนิคทางภูมิคุ้มกัน การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสัตว์

10. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

10.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย: ไม่มี

10.2 หัวหน้าโครงการวิจัย:

- การคัดเลือกแบคทีเรียเอนโดไฟต์จากทุเรียนสายพันธุ์พื้นบ้านเพื่อพัฒนาชีวภัณฑ์ควบคุมเชื้อราก่อโรคในพืช. (2564)

- การปนเปื้อนของแบคทีเรีย *Vibrio* spp. ในหอยพอก (*Geloina erosa*) ในป่าชายเลนยะหริ่ง จังหวัดปัตตานี. (2561)

- การปนเปื้อนของแบคทีเรีย *Vibrio* spp. ในหอยแครง (*Anadara granosa*) บริเวณอ่าวปัตตานี. (2560)

- การตรวจแยกแบคทีเรีย *Vibrio paraheamolyticus* ที่ปนเปื้อนในหอยแครงบริเวณอ่าวปัตตานี โดยใช้โมโนโคลนอลแอนติบอดีที่จำเพาะต่อ *Vibrio* spp. ชนิดต่างๆ. (2559)

10.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

- ยาสมี เลาหสกุล, **วารุณี หะยีมะสาและ,** เบญจมาส เชียรศิลป์, ลักขณา รักขพันธ์, และนิสาพร มูหะหมัด. (2564) การหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตสารสีเหลืองจากเชื้อรา *Monascus* sp. YRU01 บนเปลือกกล้วยหิน. ในการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 31 ในวันที่ 20-21 พฤษภาคม 2564 (หน้า 188-196) สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ.

- ซีตีฮามีเนาะ ดือเระซอ, นูอาฟีซา ตีเย๊าะ, **วารุณี หะยีมะสาและ**. (2563). การตรวจสอบการปนเปื้อน *Vibrio parahaemolyticus* ในหอยพอกที่จำหน่ายในจังหวัดปัตตานี ด้วยวิธี Polymerase Chain Reaction (PCR). ในการประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเครือข่ายภาคใต้ครั้งที่ 5 วันที่ 6-7 กุมภาพันธ์ 2563 (หน้า 800–806) คณะวิทยาศาสตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช.

- ภัทรภร ชูปาน, **วารุณี หะยีมะสาและ,** วิชิต เรืองแป้น และนิสาพร มูหะมัด. (2563). การพัฒนารูปแบบการจัดการป่าสาคูของประเทศไทยในอนาคต. วารสารวิทยาลัยบัณฑิตเอเชีย. 10(1): 63-71.

- วิพัฒน์ ถาวโรฤทธิ์, วิชิต เรืองแป้น, ศศิธร พังสุบรรณ และ**วารุณี หะยีมะสาและ**. (2562). การพัฒนารูปแบบการบริหารจัดการเพื่อใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพของชุมชนท้องถิ่นบริเวณรอยต่อเขตอุทยานแห่งชาติน้ำตกทรายขาว จังหวัดปัตตานี. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. 14(1): 11-22.

- นาซีเราะ ตาเฮ, เจะอาอีดะห์ มะดีเยาะ, และ**วารุณี หะยีมะสาและ**. (2562). ผลของสมุนไพรทองถิ่นต่อความเครียดของไกเบตง.ในการประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเครือข่ายภาคใต้ครั้งที่ 4 วันที่ 7-8 กุมภาพันธ์ 2562 (หน้า 166–171) คณะวิทยาศาสตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

- นุรฟาน มะดีเยาะ, การีหมะ มะลี, อลภา ทองไชย, **วารุณี หะยีมะสาและ**, วิพัฒน ถาวโรฤทธิ์ และลักขณา รักขพันธ. (2562). จุลพยาธิวิทยาของเนื้อเยื่อสืบพันธุในหอยพอก (*Geloina erosa*) ในปาชายเลนยะหริ่งอำเภอยะหริ่ง จังหวัดปตตานี. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเครือข่ายภาคใต้ครั้งที่ 4 วันที่ 7-8 กุมภาพันธ์ 2562 (หน้า 1034–1043) คณะวิทยาศาสตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

- ณัฏฐิยา ยอดเอียด, วิชิต เรืองแป้น และ**วารุณี หะยีมะสาและ**. (2562). การจัดการพืชสมุนไพรเพื่อความยั่งยืนในลุ่มน้ำและชายฝั่งปัตตานี. วารสารวิชาการมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า. 6: 107-137.

- วารุณี หะยีมะสาและ. (2561). การตรวจสอบการปนเปื้อน *Vibrio parahaemolyticus* ในหอยแครงด้วยโมโนโคลนอลแอนติบอดี. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 36 (6): 756-763.

- ศศิธร พังสุบรรณ, วิพัฒน์ ถาวโรฤทธิ์, ฉันทนา รุ่งพิทักษ์ไชย, อลภา ทองไชย, อิสมะแอ เจ๊ะหลง, สายใจ แก้วอ่อน, **วารุณี หะยีมะสาและ** และลักขณา รักขพันธ์. (2561). ความหลากหลายของแมลงและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในพื้นที่นาร้างซึ่งถูกฟื้นฟูเป็นพื้นที่ปลูกหญ้าเลี้ยงสัตว์ จังหวัดยะลา. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเครือข่ายภาคใต้ครั้งที่ 3 วันที่ 11-12 กุมภาพันธ์ 2561 (หน้า 442–52) คณะวิทยาศาสตรเทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

- วารุณี หะยีมะสาและ, วิพัฒน์ ถาวโรฤทธิ์, อลภา ทองไชย และ ลักขณา รักขพันธ์. (2560). ความปลอดภัยจากแบคทีเรียก่อโรคสกุล Vibrio ในหอยแครง (*Anadara granosa*) บริเวณอ่าวปัตตานี. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 6 วันที่ 18 ตุลาคม 2560 (หน้า 1850-1864). ยะลา: สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยฟาฏอนี.

- วิพัฒน์ ถาวโรฤทธิ์, อลภา ทองไชย, **วารุณี หะยีมะสาและ**, ศศิธร พังสุบรรณ, สายใจ แก้วอ่อน, ฉันทนา รุ่งพิทักษ์ไชย และ ลักขณา รักขพันธ์. (2559). พืชสมุนไพรท้องถิ่นกับการประยุกต์ใช้และการอนุรักษ์อย่างยั่งยืนในตำบลทรายขาว อำเภอโคกโพธิ์ จังหวัดปัตตานี. ใน การประชุมใหญ่โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษา ครั้งที่ 4 (The Fourth Higher Education Research Promotion Congress) วันที่ 8–10 มีนาคม 2559. (หน้า 77). มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

10.4 งานวิจัยที่กำลังดำเนินการ

- การพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *Bacillus altitudinis* YRU_S1-1 และ *Bacillus stratosphericus* YRU_S1-6 เพื่อควบคุมเชื้อราก่อโรคพืชและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (หัวหน้าโครงการ: ทุนบำรุงการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ปีงบประมาณ 2565)

- โอกาสและศักยภาพของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากเปลือกสะตอเพื่อการประยุกต์ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง (ผู้ร่วมวิจัย: ทุนบำรุงการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ปีงบประมาณ 2565)

ผู้ร่วมวิจัยคนที่ 1

ชื่อ-นามสกุล นางสาวยาสมี เลาหสกุล
Ms. Yasmi Louhasakul
ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
สถานที่ติดต่อ หลักสูตรชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 133 ถนนเทศบาล3 ตำบลสะเตง อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000
อีเมล์: yasmi.lo@yru.ac.th
โทรศัพท์มือถือ: (+66) 81 599 4526

ประวัติการศึกษา (ปริญญาตรี – เอก ; สาขา และสถาบัน)

ปริญญาตรี วท.บ. (เทคโนโลยีชีวภาพ) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ปริญญาโท วท.ม. (เทคโนโลยีชีวภาพ) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ปริญญาเอก ปร.ด. (เทคโนโลยีชีวภาพ) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ผลงานวิจัย

ก. ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติและนานาชาติ (ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา)

Louhasakul, Y., Treu, L., Kougias, P.G., Campanaro, S., Cheirsilp, B., Angelidaki, I. (2021). Valorization of palm oil mill wastewater for integrated production of microbial oil and biogas in a biorefinery approach. **Journal of Clean Production**, *296*, 126606.

Sae-Ngae, S., Cheirsilp, B., Louhasakul, Y., Suksaroj, T.T., Intharapat, P. (2020). Techno-economic analysis and environmental impact of biovalorization of agro-industrial wastes for biodiesel feedstocks by oleaginous yeasts. **Sustainable Environment Research**, 30, 1-13.

Intasit, R., Cheirsilp, B., Louhasakul, Y., Boonsawang, P. (2020). Consolidated Bioprocesses for Efficient Bioconversion of Palm Biomass Wastes into Biodiesel Feedstocks by Oleaginous Fungi and Yeasts. **Bioresource Technology**, 123893.

Intasit, R., Cheirsilp, B., Louhasakul, Y., Boonsawang, P., Chaiprapat, S. & Yeesang, J. *(2020). Valorization of palm biomass wastes for biodiesel feedstock and clean solid biofuel through non-sterile repeated solid-state fermentation.* **Bioresource Technology**, *298*, 122551.

Tayeh, N. Ayukhen, A. & Louhasakul, Y. (2019). Property changes of the traditional beef curry product 'Gulai-Besar' packed in retort pouch during storaging. **Journal of Food Health and Bioenvironmental Science**. 12(3), 28-35.

ยาสมี เลาหสกุล นูรีซัน สาและ ฟายีมะห์ อาแด ฮินดล วาโด รอฮานา ลาเตะ และลักขณา รักขพันธ์ 2563. การผลิตสารสีบนเปลือกกล้วยหินของเชื้อราโมแนสคัสที่แยกจากข้าวแดง. ใน งานประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเครือข่ายสถาบันอุดมศึกษาภาคใต้ครั้งที่ 5 (น. 807).

ยาสมี เลาหสกุล วารุณี หะยีมะสาและ เบญจมาส เชียรศิลป์ ลักขณา รักขพันธ์ และนิสาพร มูหะหมัด 2564. การหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตสารสีเหลืองจากเชื้อรา *Monascus* sp. YRU01 บนเปลือกกล้วยหิน. ใน งานประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 31 (น. 188).

Louhasakul, Y., Wado, H., Lateh, R., Hajimasalaeh, W. and Cheirsilp, B. (2021). Utilization of saba banana peel for pigment production by *Monascus purpureus*. In the 4th International Annual Meeting on STEM Education (IAMSTEM 2021). August 12-14, 2021, Keelung, Taiwan. (Online).

ข. ผลงานวิจัยที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

-

ค. ผลงานอื่นๆ เช่น ตำรา บทความ สิทธิบัตร ฯลฯ

ยาสมี เลาหสกุล. (2563). จุลินทรีย์ไขมันสูงและวิถีการสังเคราะห์น้ำมัน. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย.**, 5(1), 58-67.

ยาสมี เลาหสกุล และนุชเนตร ตาเยะ กรรมวิธีการผลิตสีอังคักจากเชื้อราในรูปแบบผง เลขที่คำขอ 2103000803 วันที่ยื่นขอ 16 มีนาคม 2564

นุชเนตร ตาเยะ และยาสมี เลาหสกุล ผลิตภัณฑ์แหนมปลาใบยอที่ใช้ผงอังคักและกรรมวิธีผลิตผลิตภัณฑ์ดังกล่าว เลขที่คำขอ 2103000914 วันที่ยื่นขอ 26 มีนาคม 2564

ง. รางวัลผลงานวิจัยที่เคยได้รับ

-

จ. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ (สามารถตอบได้มากกว่า 1 สาขา)

กระบวนการชีวภาพ (Bioprocess) เทคโนโลยีการหมัก (Fermentation Technology) เทคโนโลยีเอนไซม์ (Enzyme Technology) เชื้อเพลิงชีวภาพ (Biofuels) การใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือ (Waste Utilization)

ฉ. ภาระงานในปัจจุบัน

1. งานประจำ งานบริหาร (ประธานหลักสูตร) 16 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ งานสอน 8 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ งานวิจัย 6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ งานบริการวิชาการ ทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม และอื่นๆ 5 ชั่วโมงต่อสัปดาห์
2. งานวิจัยที่รับผิดชอบในปัจจุบัน -

ผู้ร่วมวิจัยคนที่ 2

1. ชื่อ นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวนิสาพร มูหะมัด
   ชื่อ นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Nisaporn Muhamad
2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
3. หน่วยงานและสังกัด หลักสูตรวิทยาศาสตร์เครื่องสำอางและความงาม สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
4. ที่อยู่ 4 ถ.ผังเมือง 4 ซ.แสนสุข ต.สะเตง อ.เมืองยะลา จ. ยะลา 95000
5. โทรศัพท์ 081-3883515
6. โทรสาร ไม่มี
7. อีเมล์ nisaporn.m@yru.ac.th
8. ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี	วท.บ. (วิทยาศาสตร์ทั่วไป (เคมี-ชีววิทยา)) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ปริญญาโท	วท.ม. (ชีวเคมี) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ปริญญาเอก	ปร.ด. (ชีวเคมี) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

9. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

ชีวเคมีทางด้านพืช เอนไซม์และโปรตีน กระบวนการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีชีวภาพ

10. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

10.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย: ไม่มี

10.2 หัวหน้าโครงการวิจัย:

- โอกาสและศักยภาพของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากเปลือกสะตอเพื่อการประยุกต์ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง (2565) งบบำรุงการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
- สารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสในสารสกัดจากเปลือกกล้วยหินสำหรับการตั้งตำรับโลชั่นสูตรผิวกระจ่างใส (2563) งบบำรุงการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
- การนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์เพื่อมุ่งสู่ยะลาเมืองน่าอยู่ (2563) งบบำรุงการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

10.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

- สารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์การยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสในสารสกัดจากเปลือกกล้วยหินสำหรับการตั้งตำรับโลชั่นสูตรผิวกระจ่างใส (2563) งบบำรุงการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

- การกำจัดสีย้อมโดยใช้กระบวนการทางชีวภาพและการดูดซับจากเปลือกกล้วยหิน (2560) งบแผ่นดิน มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

- การดูดซับสีย้อมโดยใช้กากชา (2559) งบบำรุงการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

10.4 งานวิจัยที่กำลังดำเนินการ

- โอกาสและศักยภาพของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากเปลือกสะตอเพื่อการประยุกต์ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง (หัวหน้าโครงการ: ทุนบำรุงการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ปีงบประมาณ 2565)

- การพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *Bacillus altitudinis* YRU_S1-1 และ *Bacillus stratosphericus* YRU_S1-6 เพื่อควบคุมเชื้อราก่อโรคพืชและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (ผู้ร่วมวิจัย: ทุนบำรุงการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ปีงบประมาณ 2565)

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา YALA RAJABHAT UNIVERSITY

ผู้ร่วมวิจัยคนที่ 3

1. ชื่อ นามสกุล (ภาษาไทย) ปิยศิริ สุนทรนนท์ สินไชย
   ชื่อ นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) PIYASIRI SOONTORNNON SINCHAI
2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
3. หน่วยงานและสังกัด หลักสูตรวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
4. ที่อยู่ 160/39 หมู่ 1 ถนน ตรัง-ปะเหลียน ตำบลย่านตาขาว อำเภอย่านตาขาว จังหวัดตรัง
5. โทรศัพท์ 084-0654076
6. โทรสาร ไม่มี
7. อีเมล์ Piyasiri.s@yru.ac.th
8. ประวัติการศึกษา

   ปริญญาตรี : วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

   ปริญญาโท : วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีวเคมี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
9. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

   เคมี และชีวเคมี
10. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

    10.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย: ไม่มี

    10.2 หัวหน้าโครงการวิจัย:

    10.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

    10.4 งานวิจัยที่กำลังดำเนินการ

- การพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากแบคทีเรียเอนโดไฟต์ *Bacillus altitudinis* YRU_S1-1 และ *Bacillus stratosphericus* YRU_S1-6 เพื่อควบคุมเชื้อราก่อโรคพืชและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (ผู้ร่วมวิจัย: ทุนบำรุงการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ปีงบประมาณ 2565)

- โอกาสและศักยภาพของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดจากเปลือกสะตอเพื่อการประยุกต์ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง (ผู้ร่วมวิจัย: ทุนบำรุงการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ปีงบประมาณ 2565)

ผู้ร่วมวิจัยคนที่ 4

1. ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) ผศ.ดร. ซันวานี จิใจ
   (ภาษาอังกฤษ) Asst. Prof. Dr. Sunwanee Jijai
2. ตำแหน่งปัจจุบัน : อาจารย์พนักงานมหาวิทยาลัย
3. หน่วยงานและสังกัด : สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
4. ที่อยู่ : สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 133 ถ.เทศบาล 3 ต.สะเตง อ.เมือง จ.ยะลา 95000
5. โทรศัพท์ 089-7362513, 073-299628
6. โทรสาร 073-299629
7. E-mail: sunwanee.j@yru.ac.th
8. ประวัติการศึกษา
   - ปริญญาเอก ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ พ.ศ. 2558
   - ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ. 2549
   - ปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับสอง) สาขาอนามัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ พ.ศ. 2546
9. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ
   - เคมีสิ่งแวดล้อม
   - จุลชีววิทยาสิ่งแวดล้อม
   - การวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม
   - การจัดการสิ่งแวดล้อม
   - เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสีย
   - เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ
10. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

    <u>10.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย</u>

    - แผนงานวิจัยเรื่อง ศักยภาพการใช้ประโยชน์จากน้ำเสียและวัสดุเหลือทิ้งในชุมชน

10.2 หัวหน้าโครงการวิจัย

- การประเมินคาร์บอนฟุตปริ้นขององค์กรและแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. (2564). งบบำรุงการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- ความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าชีวมวลทดแทนสารเคมีในกระบวนการโซดาเพื่อผลิตกระดาษอย่างง่ายจากวัสดุเหลือทิ้งที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม. (2564). งบบำรุงการศึกษาคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักร่วมระหว่างน้ำเสียจากกระบวนการผลิตขนมจีนกับแกลบและมูลสัตว์ชนิดต่าง ๆ. (2562). งบแผ่นดิน วช.
- การเพิ่มศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มโดยการปรับปรุงแกรนูลในระบบยูเอเอสบี. (2561). งบสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- ผลของระดับเสียงและสภาพแวดล้อมทางกายภาพต่อการเลี้ยงนกเขาชวาในพื้นที่จังหวัดยะลา. (2561). งบบำรุงการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- การผลิตก๊าซชีวภาพโดยการย่อยสลายร่วมน้ำเสียจากกระบวนการผลิตขนมจีนกับแกลบโดยการปรับสภาพ. (2561). งบบำรุงการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- การหมักร่วมแบบไร้อากาศระหว่างมูลไก่กับน้ำเสียจากกระบวนการผลิตขนมจีนโดยถังปฏิกรณ์แบบกวนสมบูรณ์. (2560). งบบำรุงการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์. (2560). งบบำรุงการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- การผลิตก๊าซชีวภาพโดยการหมักร่วมระหว่างมูลไก่กับน้ำเสียจากกระบวนผลิตขนมจีน. (2559). งบบำรุงการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- ผลของอัตราส่วนการเจือจางและพีเอชต่อศักยภาพในการผลิตมีเทนโดยน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม. (2559). งบบำรุงการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- การบำบัดน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์แบบยึดเกาะตัวกลางจากวัสดุในท้องถิ่นโดยระบบเติมอากาศ. (2553). งบบำรุงการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- คุณภาพน้ำทิ้งจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. (2553). งบบำรุงการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- การกำจัดน้ำมันและไขมันจากน้ำทิ้งโรงอาหารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. (2553). งบบำรุงการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

10.3 ผู้ร่วมโครงการวิจัย

- การกำจัดของเสียอุตสาหกรรมจากโรงงานยางพาราที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและสร้างคุณค่าทางเศรษฐศาสตร์ สำนักงานปลัดกระทรวง การอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (2563)
- การนำเมล็ดทุเรียนมาใช้ประโยชน์ในการกำจัดความขุ่นของน้ำเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำ. งบบำรุงการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา (2563)
- การส่งเสริมและเฝ้าระวังการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยในศูนย์พัฒนาเด็กเล็กของเทศบาลนครยะลา. งบบำรุงการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา (2563)
- ประสิทธิภาพของเถ้าลอยปาล์มน้ำมันในการบำบัดน้ำเสียจากอาคารที่พักอาศัยภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา งบบำรุงการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา (2562)
- การผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบร่วมกับมูลไก่โดยใช้ขี้เถ้าปรับความเป็นกรด-ด่าง. งบทุนวิจัยภายในประเภทบุคคล มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ (2562)
- การพัฒนาระบบควบคุมการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียโรงงานบีบน้ำมันปาล์ม (POME) ร่วมกับกากตะกอนปาล์ม. (2562). สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา (สกอ)
- ผลของขี้เถ้าต่อการสร้างขนาดตะกอนจุลินทรีย์ในระบบยูเอสเอบีเพื่อบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตขนมจีน. (2562). งบแผ่นดิน วช
- ผลของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตขนมจีน แกลบ และมูลสัตว์ต่อการผลิตปุ๋ยหมักชีวภาพ. (2562). งบแผ่นดิน วช
- ประสิทธิภาพของเถ้าลอยปาล์มน้ำมันในการบำบัดน้ำเสียจากอาคารที่พักอาศัย. (2562). งบบำรุงการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

บทความในวารสารทางวิชาการ

นฤมล ทองมาก**, ซันวานี จิใจ**, วารุณี หะยีมะสาและ, ไซนะ มูเล็ง และพรทิพย์ ศรีแดง. (2564). ประสิทธิภาพของเถ้าลอยปาล์มน้ำมันในการบำบัดน้ำเสียจากอาคารที่พักอาศัย. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. 13(2): 269-284

ซันวานี จิใจ และรอวียะ ซอเด็ง**.** (2563). การใช้เถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าชีวมวลเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำผิวดิน. วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา. 1(2): 1-10.

ซันวานี จิใจ. (2558). Biogas พลังงานทางเลือกสำหรับชุมชน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื่องในสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ. 19(1): 104-109.

ซันวานี จิใจ. (2553). คุณภาพน้ำทิ้งจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื่องในสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ. 14(1). หน้า 14-19.

ซันวานี จิใจ. (2552). “Solar cell พลังงานทางเลือกหนึ่งสำหรับอนาคต”. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื่องในสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ. 13(1). หน้า 116-121.

ซันวานี จิใจ. (2551). “มารู้จัก E85 กันเถอะ”. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื่องในสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ. 12(1). หน้า 85-90.

ซันวานี จิใจ. (2550). การบำบัดน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์แบบยึดเกาะตัวกลางชนิดเส้นใยไนล่อนโดยระบบถังกรองไร้อากาศ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื่องในสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ. 11(1). หน้า 99-107.

Jijai, S., Muleng, S., Noynoo, L., & Siripatana, C. (2020). Kinetic model of biogas production from co-digestion of Thai rice noodle wastewater with rice husk and different type of manure with ash supplement. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 463, 012008. 1-7

SANGSRI, S., SIRIPATANA, C., RAKMAK, N., WADCHASIT, P., & JIJAI, S. (2021). Evaluating Biomethane Potential of Inocula from Different Active Biogas Digesters for Palm Oil Mill Effluent by BMP and SMA: Effect of Dilution and Sources. Walailak Journal of Science and Technology (WJST), 18(1), Article 6515 (12 pages).

Jijai, S. and Siripatana, C. (2017). Kinetic Model of Biogas Production from Co-digestion of Thai Rice Noodle Wastewater (Khanomjeen) with Chicken Manure. Energy Procedia. 138 (1) : 386-392.

Jijai, S., Muleng, M. and Siripatana, C. (2017). Effect of Dilution and Ash Supplement on the Bio-methane Potential of Palm Oil Mill Effluent (POME). AIP Conference Proceeding. 1868 (1) : 020013-1-10.

Jijai, S., O-Thong, S., Ismail, N. and Siripatana, C. (2016). Kinetic Models for Prediction of COD Effluent from Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor for Cannery Seafood Wastewater Treatment. Jurnal Teknologi. 78 (5-6) : 93-99.

Siripatana, C., Jijai, S. and Kongjan, P. (2016). Analysis and Extension of Gompertz-type and Monod-type equations for estimation of design parameters from batch anaerobic digestion experiments. AIP Conference Proceedings**.** 1775 (1) : 03007-1-8.

Jijai, S., Srisuwan, G., O-Thong, S., Ismail, N. and Siripatana, C., (2016), Effect of Substrates and Granules/Inocula Sizes on Biochemical Methane Potential (BMP) and Methane Kinetics, *Iranica Journal of Energy and Environment*, 7(2), 94-101

Jijai, S., Srisuwan, G., O-Thong, S., Ismail, N. and Siripatana, C., (2015), Effect of Granule Sizes on the Performance of UASB Reactors for Cassava Wastewater Treatment. *Energy Procedia*, 79(1), 90-97

บทความวิจัยใน Proceeding

ซันวานี จิใจ, ไซนะ มูเล็ง, ลิขิต ลาเต๊ะ, สุรเดช มัจฉาเวช, บุญธิดา จิรรัตนโสภา, นฤมล ทองมาก และเมธิยา หมวดฉิม. (2563). แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติวิจัยรำไพพรรณี ครั้งที่ 14 18 ธันวาคม 2563. (หน้า 582-592). จันทบุรี : มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ซารีนา สะแลแม และ **ซันวานี จิใจ**. (2564). ศักยภาพของธูปฤาษี ผักตบชวา และบอนในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเครือข่ายภาคใต้ ครั้งที่ 6 1-2 เมษายน 2564. (หน้า 482-491). สงขลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

อุไรวรรณ บัวทอง, นูรฮีดายะห์ มะแอ, ไซนะ มูเล็ง, นฤมล ทองมาก, เมธิยา หมวดฉิม, **ซันวานี จิใจ**. (2562). แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักร่วมผักตบชวากับมูลวัว. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เครือข่ายภาคใต้ครั้งที่ 4 วันที่ 7-8 กุมภาพันธ์ 2562. (หน้า 335-347). สงขลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

ไซนะ มูเล็ง, ฟาดีละห์ นิดิง, **ซันวานี จิใจ**, เมธิยา หมวดฉิม และนฤมล ทองมาก. (2562). ผลของนมเหลือทิ้งและน้ำซาวข้าวต่อการผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เครือข่ายภาคใต้ครั้งที่ 4 วันที่ 7-8 กุมภาพันธ์ 2562. (หน้า 607-616). สงขลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

ซันวานี จิใจ และไซนะ มูเล็ง. (2561). ความต้องการศึกษาต่อ และคุณลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ตามความต้องการของผู้ใช้บัณฑิต หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (สุขาภิบาลสิ่งแวดล้อม) คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 4 เรื่อง “การบูรณาการสหวิทยาการกับอิสลามานุวัตรสู่การสร้างสันติภาพและสังคมคุณธรรมอย่างยั่งยืน” วันที่ 18 ธันวาคม 2561. (หน้า 1480-1491). ปัตตานี : มหาวิทยาลัยฟาฏอนี.

ซันวานี จิใจ และไซนะ มูเล็ง. (2561). ระดับความดังเสียง สภาพแวดล้อมทางกายภาพ และความคิดเห็นปัจจัยทางสภาพแวดล้อมต่อการเลี้ยงนกเขาชวาในพื้นที่เทศบาลนครยะลา จังหวัดยะลา.

ใน การประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 4 เรื่อง “การบูรณาการสหวิทยาการกับอิสลามานุวัตรสู่การสร้างสันติภาพและสังคมคุณธรรมอย่างยั่งยืน” วันที่ 18 ธันวาคม 2561. (หน้า 1831-1841). ปัตตานี: มหาวิทยาลัยฟาฏอนี.

อุไรวรรณ บัวทอง, **ซันวานี จิใจ** และไซนะ มูเล็ง. (2561). แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการผลิตก๊าซชีวภาพโดยการหมักร่วมน้ำเสียจากกระบวนการผลิตขนมจีนกับแกลบ. ใน การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมระดับปริญญาตรี ปี 2561ครั้งที่ 1 วันที่ 25-26 พฤษภาคม 2561 (หน้า 22). นครศรีธรรมราช : สมาคมสถาบันอุดมศึกษาสิ่งแวดล้อมไทย (สอสท).

นูรฮีดายะห์ มะแอ, **ซันวานี จิใจ** และไซนะ มูเล็ง. อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพจากผักตบชวาหมักร่วมกับมูลโค. (2561). ใน การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมระดับปริญญาตรี ปี 2561 ครั้งที่ 1 วันที่ 25-26 พฤษภาคม 2561. (หน้า 23). นครศรีธรรมราช : สมาคมสถาบันอุดมศึกษาสิ่งแวดล้อมไทย (สอสท).

ซันวานี จิใจ, ไซนะ มูเล็ง และชัยรัตน์ ศรีพัธนะ. (2561). การหมักร่วมแบบไร้อากาศระหว่างมูลไก่กับน้ำเสียจากกระบวนการผลิตขนมจีนโดยถังปฏิกรณ์แบบกวนสมบูรณ์. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติวลัยลักษณ์วิจัยครั้งที่ 10 วันที่ 27-28 มีนาคม 2561 (หน้า 147). นครศรีธรรมราช : มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.

ไซนะ มูเล็ง, **ซันวานี จิใจ**, สุไฮลา บือลือดู และยะยา กานุงนิง. (2561). ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทิ้งจากหลุมฝังกลบขยะเทศบาลนครยะลาโดยก้อนเชื้อเห็ดเหลือทิ้ง Schizophyllum commune และ Pleurotus sajor-caju. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติวลัยลักษณ์วิจัยครั้งที่ 10 วันที่ 27-28 มีนาคม 2561 (หน้า 156). นครศรีธรรมราช : มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.

รอมละห์ ระแว้ง, **ซันวานี จิใจ** และไซนะ มูเล็ง. (2561). การผลิตแก๊สชีวภาพจากการหมักร่วมใบยางพาราร่วมกับมูลโค. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีครั้งที่ 3 วันที่ 11-12 กุมภาพันธ์ 2561 (หน้า 737-744). ยะลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

อุไรวรรณ บัวทอง, **ซันวานี จิใจ** และไซนะ มูเล็ง. (2561). การผลิตก๊าซชีวภาพโดยการหมักร่วมน้ำเสียจากกระบวนการผลิตขนมจีนกับแกลบโดยการปรับสภาพ. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีครั้งที่ 3 วันที่ 11-12 กุมภาพันธ์ 2561 (หน้า 8-18). ยะลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

ไซนะ มูเล็ง, จุฑามาศ แก้วมณี, **ซันวานี จิใจ** และซูฟียัน เจ๊ะมิง. (2560). คุณภาพน้ำดื่มจากตู้หยอดเหรียญอัตโนมัติ ในเทศบาลนครยะลา. ใน การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 16 วันที่ 17-18 พฤษภาคม 2560 (หน้า 1-5). กรุงเทพฯ : สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

วิชิต เรืองแป้น, จริยาภรณ์ มาสวัสดิ์, นฤมล ทองมาก, จุฑามาศ แก้วมณี, **ซันวานี จิใจ**, ไซนะ มูเล็ง และดวงพร หนูจันทร์. (2560). นิเวศพัฒนาบริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนอัน

เนื่องมาจากพระราชดำริ. ใน The 4th YRU National and International Conference in ISLAMIC Education and Educational Development วันที่ 18-19 พฤษภาคม พ.ศ. 2560 (หน้า 577-585). ยะลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

ซันวานี จิใจ, ฟาตีเม๊าะ ลาดิสง และไซนะ มูเล็ง. (2560). ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะเศษผักในตลาดสดเทศบาลนครยะลา. ใน การประชุมวิชาการราชภัฏวิชาการ 2560 วันที่ 13-14 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 (หน้า 400-408). นครศรีธรรมราช : มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช.

ซันวานี จิใจ, ไซนะ มูเล็ง และวิชิต เรืองแป้น. (2558). การบำบัดน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์แบบยึดเกาะตัวกลางจากวัสดุในท้องถิ่นด้วยการเติมอากาศ. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ มหกรรมวิจัยแห่งชาติ วันที่ 16-20 สิงหาคม 2558 (หน้า 475-481). กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช).

ซีลาวาตี มาซอรี, **ซันวานี จิใจ**, ไซนะ มูเล็ง, วรินธา วศินะเมฆินทร์, สนทยา โสสนุย และไตรภพ ทองมั่ง. (2558). ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดในน้ำทะเลบริเวณหาดกะรนและเกาะสิเหร่, จังหวัดภูเก็ต. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ครั้งที่ 3 วันที่ 28-29 พฤษภาคม 2558 (หน้า 823-831). สงขลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

ซันวานี จิใจ, กัลยา ศรีสุวรรณ, วีระศักดิ์ ทองลิมป์ และสมพงศ์ โอทอง. (2555). ความสามารถเฉพาะในการผลิตมีเทนและขนาดของจุลินทรีย์แบบแกรนูลในการบำบัดน้ำเสียที่มีสารอาหารต่างกัน. ใน การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทยครั้งที่ 22 วันที่ 25-26 ตุลาคม 2555 (หน้า 57-58). นครราชศรีมา : สมาคมวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย

Jijai, S., Noynoo, Muleng, S., L., & Siripatana, C. (2019). Kinetic model of biogas production from co-digestion of Thai rice noodle wastewater with rice husk and different type of manure with ash supplement. In the International Conference on Sustainable Energy and Green Technology 2019 (SEGT 2019). 11th-14th December 2019, (pp.195). Thailand, Bangkok.

Noynoo, L., Promraksa, A., Rakmak, N., **Jijai, S.,** & Siripatana, C. (2019). Application of Volumetric Dispersion Approach in Modeling of UASB Reactors: The Role of In-Granules Diffusion, Reactions and External dispersion. In the International Conference on Sustainable Energy and Green Technology 2019 (SEGT 2019). 11th-14th December 2019, (pp.152). Thailand, Bangkok.

Noynoo L., **Jijai S**., Phayunphan K., Rakmak N., Siripatana C.,. (2018). Gompertz-Type Two-Substrate Models for Batch Anaerobic Co-Digestion. In the Applied Mathematics and Applied Science in Engineering International Conference 18th-20th December 2018, (pp. 2-2). Langkawi, MALTESAS.

Thongnan R, **Jijai S.,** Siripatana C.,. Rakmak N. (2018). Kinetics of Anaerobic Digestion of Chicken Manure Co-Digested with Wastewater from Thai-noodle Factory: The Effect of Dilution and Ash Supplement. In the Applied Mathematics and Applied Science in Engineering International Conference 18th-20th December 2018, (pp. 3-3). Langkawi, MALTESAS.

Rakmak N, Noynoo L., **Jijai S.,** Siripatana C.,. (2018). Monod-Type Two-Substrate Models for Batch Anaerobic Co-Digestion. In the Applied Mathematics and Applied Science in Engineering International Conference 18th-20th December 2018, (pp. 4-4). Langkawi, MALTESAS.

Jijai, S. and Siripatana, C**.** (2017). Kinetic Model of Biogas Production from Co-digestion of Thai Rice Noodle Wastewater (Khanomjeen) with Chicken Manure. In Proceeding of the International Conference on Alternative Energy in Developing Countries and Emerging Economies 25th -26th May 2017, (pp. 97-97). Bangkok: Taksin University.

Rangpan, V., Rangpan, N., **Jijai, S.,** Thongmak, N., Masawat, J., Kaewmanee, J., Muleng, S., Nujan, D. and Buerangae, S. (2017). The Local Scientific Lesson for Rehabilitation and Conservation of Pattani River to non-contamination of Lead. In The 4th YRU National and International Conference in ISLAMIC Education and Educational Development 18th-19th May 2017, (pp. 820-824). Yala: Yala Rajabhat University.

Jijai, S., Muleng, M. and Siripatana, C**.** (2017). Effect of Dilution and Ash Supplement on the Bio-methane Potential of Palm Oil Mill Effluent (POME). In Proceeding of the 4th International Conference on Research, Implementation and Education of Mathematics and Science 15th-16th May 2017, (pp. 25-25). Yogyakarta: UNY.

Jijai, S., O-Thong, S., Ismail, N. and Siripatana, C. (2015). Kinetic Models for Prediction of COD Effluent from Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor for Cannery Seafood Wastewater Treatment. In the Proceeding of the 2015 Advancement Research

on Biotechnology, and Biofuels International Conference (AR2BIO2015), 10th-12th December 2015, (pp. 3-3). Medan: MALTESAS.

Jijai, S., Srisuwan, G., O-Thong, S., Ismail, N., &Siripatana, C., (2014). Specific Methanogenic Activities (SMA) and Biogas Production of Different Granules Size and Substrates. In the Environment and Natural Resources International Conference (ENRIC 2014) 6th-7th November 2014, (pp. 1-4). Bangkok: Thailand

Jijai, S., Srisuwan, G., O-Thong, S., Ismail, N., &Siripatana, C., (2015). Effect of Substrates and Granules/Inocula Sizes to Biogas Production in Anaerobic Batch Digestion. In the International Conference on Environmental Research and Technology 27th-29th May 2015, (pp. 67-73). Penang: Malaysia

Siripatana, C., **Jijai, S.,** O-Thong, S. & Ismail, N., (2015). Modeling of Biogas Production from Agro-Industrial Wastewater with Constant Biomass: Analysis of Gompertz Equation. In the International Conference on Environmental Research and Technology 27th-29th May 2015, (pp. 37-38). Penang: Malaysia.

Jijai, S., Srisuwan, G., O-Thong, S., Ismail, N., &Siripatana, C., (2015). Effect of Granule Sizes on the Performance of UASB Reactors for Cassava Wastewater Treatment. In the International Conference on Alternative Energy in Developing Countries and Emerging Economies 28th-29th May 2015, (pp. 233-234). Bangkok: Thailand.

Jijai, S., O-Thong, S., Ismail, N. and Siripatana, C., (2015). Kinetic Models for Prediction of COD Effluent from Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor for Cannery Seafood Wastewater Treatment. In the 2015 Advancement Research on Biotechnology, and Biofuels International Conference (AR2BIO2015) 10th-12th December 2015, Medan: Indonesia.

ผู้ร่วมวิจัยคนที่ 5

1. ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นฤมล ทองมาก

(ภาษาอังกฤษ) Narumol Thongmak

2. ตำแหน่งปัจจุบัน : อาจารย์พนักงานมหาวิทยาลัย

3. หน่วยงานและสังกัด: สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

4. ที่อยู่ : สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 133 ถ.เทศบาล 3 ต.สะเตง อ.เมือง จ.ยะลา 95000

5. โทรศัพท์ 087-3941815, 073-299628

6. โทรสาร 073-299629

7. E-mail: Narumol.t@yru.ac.th

8. ประวัติการศึกษา

- ปริญญาเอก ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พ.ศ. 2558
- ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พ.ศ. 2552
- ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พ.ศ. 2550

9. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

- การบำบัดน้ำ/น้ำเสีย
- เทคโนโลยีเมมเบรน
- การจัดการของเสีย

10. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

10.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย: ไม่มี

10.2 หัวหน้าโครงการวิจัย:

- ประสิทธิภาพของเถ้าลอยปาล์มน้ำมันในการบำบัดน้ำเสียจากอาคารที่พักอาศัย. (2562). งบบำรุงการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- การนำเมล็ดทุเรียนมาใช้ประโยชน์ในการกำจัดความขุ่นของน้ำเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำ. (2563). งบบำรุงการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

- การใช้ประโยชน์เถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าชีวมวลในการบำบัดน้ำทิ้งผ้าบาติก. (2564). งบบำรุงการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

- การใช้ประโยชน์จากเปลือกทุเรียนและกากกาแฟเพื่อผลิตถ่านอัดแท่ง. (2564). งบบำรุงการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

10.3 ผู้ร่วมโครงการวิจัย

- การสำรวจความพึงพอใจในการจัดตั้งธนาคารขยะอย่างเต็มรูปแบบภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลาเพื่อพัฒนาสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน. (2560). งบบำรุงการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

- การบำบัดซัลเฟตในน้ำเสียจากยางสกิม โดยใช้เถ้าลอยจากโรงไฟฟ้ากัลฟ์ยะลากรีน. (2561). งบบำรุงการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

- กระบวนการกำหนดทางเลือกในการจัดการขยะภายในโรงเรียนบ้านเตรียมปัญญา ตำบลละแอ อำเภอยะหา จังหวัดยะลา. (2561). งบบำรุงการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

- การคัดเลือกแบคทีเรียเอนโดไฟต์จากทุเรียนสายพันธุ์พื้นบ้านเพื่อพัฒนาชีวภัณฑ์ควบคุมเชื้อราก่อโรคในพืช. (2564). งบบำรุงการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

- การประเมินคาร์บอนฟุตปริ้นขององค์กรและแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. (2564). งบบำรุงการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

- แผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนจากกระดาษเหลือทิ้งและขี้เถ้าไม้ยางพาราจากโรงไฟฟ้า. (2564). งบบำรุงการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

10.4 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

<u>บทความในวารสารทางวิชาการ</u>

นฤมล ทองมาก, ซันวานี จิใจ, วารุณี หะยีมะสาและ, ไชนะ มูเล็ง และพรทิพย์ ศรีแดง. (2564, พฤษภาคม - สิงหาคม). ประสิทธิภาพของเถ้าลอยจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มในการบำบัดน้ำเสียจากอาคารที่พักอาศัย. *วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย*, 13(2), 269-284.

กมลรัตน์ เกลี้ยงประดิษฐ์, **นฤมล ทองมาก** และพรทิพย์ ศรีแดง. (2564, มกราคม - เมษายน). การดูดซับสารอินทรีย์และสีย้อมจากน้ำทิ้งการผลิตผ้าบาติกด้วยเถ้าลอยไม้ยางพารา. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, 17(1), 1-14.

เพลินพิศ พงศ์ปริญญากุล, วิชิต เรืองแป้น, วารุณี หะยีสามะสา, นิสาพร มูหะมัด, ชมพูนุช สุภาพวานิช และ**นฤมล ทองมาก.** (2562, กรกฎาคม - สิงหาคม). อนาคตภาพที่พึงประสงค์ของหน่วยบริการปฐมภูมิบริเวณพื้นที่ชายแดนไทย-มาเลเซียในทศวรรษหน้า. วารสารวิชาการสาธารณสุข. 28(ฉบับเพิ่มเติม 1), S52- S64.

นิมัศตูรา แว, วิชิต เรืองแปน, วารุณี หะยีสามะสา, นิสาพร มูหะมัด และ**นฤมล ทองมาก**. (2561, มกราคม-เมษายน). รูปแบบที่เหมาะสมในการดูแลผู้สูงอายุในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ในทศวรรษหน้า. วารสารการพยาบาล การสาธารณสุข และการศึกษา. 19(1), 86-96.

Charfi, A., **Thongmak, N**., Benyahia, B., Aslam, M., Harmand, J., Amar, N.B., Lesage, G., Sridang, P., Kim, J. and Heran, M. (2017, December). A Modelling Approach to Study the Fouling of an Anaerobic Membrane Bioreactor for Industrial Wastewater Treatment. Bioresource Technology. 245, 207–215.

Rangpan, V., Rangpan, N., Matchimapiro, D., Treepaiboon, N., **Thongmak, N.** and Nujan, D. (2017, July-December). The local scientific lesson for conservation and utilizing biological diversity in the Pattani watershed. Journal of Rangsit University: Teaching & Learning, 11(2), 123-132.

Thongmak, N. and Sridang, P. (2016, September–October). Effect of Temperature on Field Latex Preservation and Potential of Membrane Fouling from Latex Serum. Veridian E–Journal Science and Technology Silpakorn University. 3(5), 128-138.

Thongmak, N., Sridang, P., Puetpaiboon, U., Heran, M., Lesage, G. and Grasmick, A. (2016, September). Performances of a Submerged Anaerobic Membrane Bioreactor (AnMBR) for Latex Serum Treatment. Desalination and Water Treatment. 57(44), 20694–20706.

Thongmak, N., Sridang, P., Puetpaiboon, U. and Grasmick, A. (2015, October). Concentration of Field and Skim Latex by Microfiltration – Membrane Fouling and Biochemical Methane Potential of Serum. Environmental Technology. 36(19), 2459-2467.

Sridang, P., **Thongmak, N**., Danteravanich, S., Grasmick, A. (2012, July). Stability of skim latex suspension and rubber content recovery by microfiltration process: operating conditions and fouling characteristics. Desalination and Water Treatment. 45(1-3), 70-78.

<u>บทความวิจัยใน Proceeding</u>

อุไรวรรณ บัวทอง, นูรฮีดายะห์ มะแอ, ไซนะ มูเล็ง, **นฤมล ทองมาก**, เมธิยา หมวดฉิม, ชันวานี จิใจ. (2562). แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักร่วมผักตบชวา

กับมูลวัว. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เครือข่ายภาคใต้ครั้งที่ 4 วันที่ 7-8 กุมภาพันธ์ 2562*. (หน้า 335-347). สงขลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

ไซนะ มูเล็ง, ฟาดีละห์ นิดิง, ซันวานี จิใจ, เมธิยา หมวดฉิม และ**นฤมล ทองมาก.** (2562). ผลของนมเหลือทิ้งและน้ำซาวข้าวต่อการผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เครือข่ายภาคใต้ครั้งที่ 4 วันที่ 7-8 กุมภาพันธ์ 2562.* (หน้า 607-616). สงขลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

ซูซาน มะเซ็ง, วิชิต เรืองแป้น, **นฤมล ทองมาก**, จริยาภรณ์ มาสวัสดิ์ และจุฑามาศ แก้วมณี. (2560). นิเวศวิทยาป่าไม้และสัตว์ป่า: องค์ความรู้สู่การวิจัย. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 6 เรื่อง สร้างสรรค์งานวิจัยเพื่อขับเคลื่อนประเทศสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน ในยุค Thailand 4.0 วันที่ 18 ตุลาคม 2560* (หน้า 867-880). ปัตตานี : มหาวิทยาลัยฟาฏอนี.

นัสรี กือนิ, วิชิต เรืองแป้น, **นฤมล ทองมาก**, จริยาภรณ์ มาสวัสดิ์, ปิยะรักษ์ ประดับเพชรรัตน์, สะอุดี มะประสิทธิ์, จุฑามาศ แก้วมณี และซูซาน มะเซ็ง. (2560). ระบบนิเวศพื้นที่ชุ่มน้ำ: คุณประโยชน์ของพื้นที่ชุ่มน้ำ. *ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 6 เรื่อง สร้างสรรค์งานวิจัยเพื่อขับเคลื่อนประเทศสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน ในยุค Thailand 4.0 วันที่ 18 ตุลาคม 2560* (หน้า 929-937). ปัตตานี : มหาวิทยาลัยฟาฏอนี.

ประดับ นวลละออง, วิชิต เรืองแป้น, **นฤมล ทองมาก**, จริยาภรณ์ มาสวัสดิ์, ปิยะรักษ์ ประดับเพชรรัตน์, สะอุดี มะประสิทธิ์, จุฑามาศ แก้วมณี และซูซาน มะเซ็ง. (2560). น้ำบาดาล: คุณภาพในลุ่มน้ำปัตตานี. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 6 เรื่อง สร้างสรรค์งานวิจัยเพื่อขับเคลื่อนประเทศสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน ในยุค Thailand 4.0 วันที่ 18 ตุลาคม 2560* (หน้า 1024-1031). ปัตตานี : มหาวิทยาลัยฟาฏอนี.

ปาซีลา เจ๊ะนุ, วิชิต เรืองแป้น, **นฤมล ทองมาก**, จริยาภรณ์ มาสวัสดิ์, จุฑามาศ แก้วมณี และซูซาน มะเซ็ง. (2560). ระบบอุตสาหกรรมและมลพิษ. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 6 เรื่อง สร้างสรรค์งานวิจัยเพื่อขับเคลื่อนประเทศสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน ในยุค Thailand 4.0 วันที่ 18 ตุลาคม 2560* (หน้า 881-898). ปัตตานี : มหาวิทยาลัยฟาฏอนี.

ปิยะรักษ์ ประดับเพชรรัตน์, วิชิต เรืองแป้น, **นฤมล ทองมาก**, จริยาภรณ์ มาสวัสดิ์, สะอุดี มะประสิทธิ์, จุฑามาศ แก้วมณี และซูซาน มะเซ็ง. (2560). สภาพทางชีววิทยาของ หอยหวาน และการจัดการ. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 6 เรื่อง สร้างสรรค์งานวิจัยเพื่อขับเคลื่อนประเทศสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน ในยุค Thailand 4.0 วันที่ 18 ตุลาคม 2560* (หน้า 1004-1010). ปัตตานี : มหาวิทยาลัยฟาฏอนี.

ฟิรดาว ดาโอะ, วิชิต เรืองแป้น, **นฤมล ทองมาก**, จริยาภรณ์ มาสวัสดิ์, ปิยะรักษ์ ประดับเพชรรัตน์, สะอุดี มะประสิทธิ์, จุฑามาศ แก้วมณี และซูซาน มะเซ็ง. (2560). ระบบนิเวศป่า

ชายเลน: สิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิต. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 6 เรื่อง สร้างสรรค์งานวิจัยเพื่อขับเคลื่อนประเทศสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน ในยุค Thailand 4.0 วันที่ 18 ตุลาคม 2560* (หน้า 987-1003). ปัตตานี : มหาวิทยาลัยฟาฏอนี.

มาซง หะเล๊าะ, วิชิต เรืองแป้น, **นฤมล ทองมาก**, จริยาภรณ์ มาสวัสดิ์, ปิยะรักษ์ ประดับเพชรรัตน์, สะอุดี มะประสิทธิ์, จุฑามาศ แก้วมณี และซูซาน มะเซ็ง. (2560). ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศป่าพรุ. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 6 เรื่อง สร้างสรรค์งานวิจัยเพื่อขับเคลื่อนประเทศสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน ในยุค Thailand 4.0 วันที่ 18 ตุลาคม 2560* (หน้า 977-986). ปัตตานี : มหาวิทยาลัยฟาฏอนี.

รอวียะ ซอเด็ง, วิชิต เรืองแป้น, **นฤมล ทองมาก**, จริยาภรณ์ มาสวัสดิ์, ปิยะรักษ์ ประดับเพชรรัตน์, สะอุดี มะประสิทธิ์, จุฑามาศ แก้วมณี และซูซาน มะเซ็ง. (2560). ระบบวนเกษตร: ความสัมพันธ์ของไม้ยืนต้นพืชเกษตรและปศุสัตว์. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 6 เรื่อง สร้างสรรค์งานวิจัยเพื่อขับเคลื่อนประเทศสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน ในยุค Thailand 4.0 วันที่ 18 ตุลาคม 2560* (หน้า 911-928). ปัตตานี : มหาวิทยาลัยฟาฏอนี.

ลาตีปะห์ กาลง, วิชิต เรืองแป้น, **นฤมล ทองมาก**, จริยาภรณ์ มาสวัสดิ์, ปิยะรักษ์ ประดับเพชรรัตน์, สะอุดี มะประสิทธิ์, จุฑามาศ แก้วมณี และซูซาน มะเซ็ง. (2560). ดินกับการเพิ่มอินทรียวัตถุ. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 6 เรื่อง สร้างสรรค์งานวิจัยเพื่อขับเคลื่อนประเทศสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน ในยุค Thailand 4.0 วันที่ 18 ตุลาคม 2560* (หน้า 899-910). ปัตตานี : มหาวิทยาลัยฟาฏอนี.

วิชิต เรืองแป้น, จริยาภรณ์ มาสวัสดิ์, **นฤมล ทองมาก**, จุฑามาศ แก้วมณี, ไชนะ มูเล็ง และดวงพร หนูจันทร์. (2560). ทฤษฎีใหม่ “วัดชัยมงคลพัฒนา” โครงการทฤษฎีใหม่ “วัดชัยมงคลพัฒนา” ตามแนวทางพระราชดำริอย่างยั่งยืน. ใน *The 4th YRU National and International Conference in ISLAMIC Education and Educational Development วันที่ 18-19 พฤษภาคม พ.ศ. 2560* (หน้า 570-576). ยะลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

วิชิต เรืองแป้น, จริยาภรณ์ มาสวัสดิ์, **นฤมล ทองมาก**, จุฑามาศ แก้วมณี, ซันวานี จิใจ, ไชนะ มูเล็ง และดวงพร หนูจันทร์. (2560). นิเวศพัฒนาบริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. ใน *The 4th YRU National and International Conference in ISLAMIC Education and Educational Development วันที่ 18-19 พฤษภาคม พ.ศ. 2560* (หน้า 577-585). ยะลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

วิชิต เรืองแป้น, จริยาภรณ์ มาสวัสดิ์, **นฤมล ทองมาก**, จุฑามาศ แก้วมณี, ไชนะ มูเล็ง และดวงพร หนูจันทร์. (2560). สิ่งแวดล้อมศึกษากับการพัฒนาอย่างยั่งยืน. ใน *The 4th YRU National and International Conference in ISLAMIC Education and Educational*

Development วันที่ 18-19 พฤษภาคมพ.ศ. 2560 (หน้า 586-597). ยะลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

วิชิต เรืองแป้น, จริยาภรณ์ มาสวัสดิ์, **นฤมล ทองมาก**, จุฑามาศ แก้วมณี, ไชนะ มูเล็ง และดวงพร หนูจันทร์. (2560). ทฤษฎีใหม่: การบริหารจัดการที่ดิน เพื่อการเกษตรอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. ใน *The 4th YRU National and International Conference in ISLAMIC Education and Educational Development วันที่ 18-19 พฤษภาคมพ.ศ. 2560* (หน้า 749-760). ยะลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

วิชิต เรืองแป้น, **นฤมล ทองมาก**, จริยาภรณ์ มาสวัสดิ์, จุฑามาศ แก้วมณี และซูซาน มะเซ็ง. (2560). นิเวศวิทยา: ความเป็นมาและขอบเขตการศึกษา. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 6 เรื่อง สร้างสรรค์งานวิจัยเพื่อขับเคลื่อนประเทศสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน ในยุค Thailand 4.0 วันที่ 18 ตุลาคม 2560* (หน้า 839-850). ปัตตานี : มหาวิทยาลัยฟาฏอนี.

สุไฮลา ยูโซะ, วิชิต เรืองแป้น, **นฤมล ทองมาก**, จริยาภรณ์ มาสวัสดิ์, ปิยะรักษ์ ประดับเพชรรัตน์, สะอุดี มะประสิทธิ์, จุฑามาศ แก้วมณี และซูซาน มะเซ็ง. (2560). น้ำในดินและความชื้นในดิน. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 6 เรื่อง สร้างสรรค์งานวิจัยเพื่อขับเคลื่อนประเทศสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน ในยุค Thailand 4.0 วันที่ 18 ตุลาคม 2560* (หน้า 938-952). ปัตตานี : มหาวิทยาลัยฟาฏอนี.

อับดุลย์ ยามาเร็ง, วิชิต เรืองแป้น, **นฤมล ทองมาก**, จริยาภรณ์ มาสวัสดิ์, ปิยะรักษ์ ประดับเพชรรัตน์, สะอุดี มะประสิทธิ์, จุฑามาศ แก้วมณี และซูซาน มะเซ็ง. (2560). คุณภาพน้ำชายฝั่งและมาตรฐานคุณภาพน้ำในประเทศไทย. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 6 เรื่อง สร้างสรรค์งานวิจัยเพื่อขับเคลื่อนประเทศสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน ในยุค Thailand 4.0 วันที่ 18 ตุลาคม 2560* (หน้า 968-976). ปัตตานี : มหาวิทยาลัยฟาฏอนี.

อัยลัต มะแซ, วิชิต เรืองแป้น, **นฤมล ทองมาก**, จริยาภรณ์ มาสวัสดิ์, ปิยะรักษ์ ประดับเพชรรัตน์, สะอุดี มะประสิทธิ์, จุฑามาศ แก้วมณี และซูซาน มะเซ็ง. (2560). สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศแหล่งน้ำ. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 6 เรื่อง สร้างสรรค์งานวิจัยเพื่อขับเคลื่อนประเทศสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน ในยุค Thailand 4.0 วันที่ 18 ตุลาคม 2560* (หน้า 1011-1023). ปัตตานี : มหาวิทยาลัยฟาฏอนี.

อัสมี กามานะไทย, วิชิต เรืองแป้น, **นฤมล ทองมาก**, จริยาภรณ์ มาสวัสดิ์, ปิยะรักษ์ ประดับเพชรรัตน์, สะอุดี มะประสิทธิ์, จุฑามาศ แก้วมณี และซูซาน มะเซ็ง. (2560). ระบบพหุกสิกรรมบนฐานของความยั่งยืน. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 6 เรื่อง สร้างสรรค์งานวิจัยเพื่อขับเคลื่อนประเทศสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน ในยุค Thailand 4.0 วันที่ 18 ตุลาคม 2560* (หน้า 953-967). ปัตตานี : มหาวิทยาลัยฟาฏอนี.

Rangpan, V., Junditтawong, W., Roadchanasuwan, S., **Thongmak, N.**, Masawat, J., Kaewmanee, J., Muleng, S., Nujan, D. and Buerangae, S. (2017). The Use EDFR for the Development of Model Using the Philosophy of Sufficiency Economy with Agriculture in Three Southern Border Provinces in Thailand in Future. In *The 4th YRU National and International Conference in ISLAMIC Education and Educational Development 18th-19th May 2017* (pp. 542-552). Yala : Yala Rajabhat University.

Rangpan, V., Rangpan, N., Jijai, S., **Thongmak, N.**, Masawat, J., Kaewmanee, J., Muleng, S., Nujan, D. and Buerangae, S. (2017). The Local Scientific Lesson for Rehabilitation and Conservation of Pattani River to non contamination of Lead. In *The 4th YRU National and International Conference in ISLAMIC Education and Educational Development 18th-19th May 2017* (pp. 820-824). Yala : Yala Rajabhat University.

YALA RAJABHAT UNIVERSITY