ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
249522

ประสิทธิภาพของแอนโทไซยานิน (ไซยานิดิน) โคโปรพอร์ไฟริน กับอิริโทรซิน ในการสร้างรีแอคทีฟออกซิเจนสปีชีส์ และการฆ่าเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จิงจิวาลิส ในไบโอฟิล์มโดยการบำบัดด้วยโฟโตไดนามิกส์ในหลอดทดลอง

EFFICIENCIES OF ANTHOCYANIN (CYANIDIN), COPROPORPHYRIN AND ERYTHROSINE IN GENERATING REACTIVE OXYGEN SPECIES AND KILLING OF *PORPHYROMONAS GINGIVALIS* IN BIOFILMS BY PHOTODYNAMIC THERAPY *IN VITRO*

นายเทิมรัตน์ ธีระเทวิน

วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
พ.ศ. 2554

ประสิทธิภาพของแอนโทไซยานิน (ไซยานิดิน) โคโปรพอร์ไฟริน กับอีริโทรซิน ในการสร้างรีแอคทีฟออกซิเจนสปีชีส์ และการฆ่าเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จิงจิวาลิส ในไบโอฟิล์มโดยการบำบัดด้วยโฟโตไดนามิกส์ในหลอดทดลอง

นายเพิ่มรัตนะ สรีระเทวิน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาปริทันตวิทยา
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น
พ.ศ. 2554

EFFICIENCIES OF ANTHOCYANIN (CYANIDIN), COPROPORPHYRIN AND ERYTHROSINE IN GENERATING REACTIVE OXYGEN SPECIES AND KILLING OF *PORPHYROMONAS GINGIVALIS* IN BIOFILMS BY PHOTODYNAMIC THERAPY *IN VITRO*

MR. PERMRATTANA SAREERATAWIN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE

IN PERIODONTOLOGY

GRADUATE SCHOOL KHON KEAN UNIVERSITY

2011

ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
หลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาปริทันตวิทยา

ชื่อวิทยานิพนธ์: ประสิทธิภาพของแอนโทไซยานิน (ไซยานิดิน) โคโปรพอร์ไฟริน กับอีริโทรซินในการสร้างรีแอคทีฟออกซิเจนสปีชีส์ และการฆ่าเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จิงจิวาลิส ในไบโอฟิล์มโดยการบำบัดด้วยโฟโตไดนามิกส์ในหลอดทดลอง

ชื่อผู้ทำวิทยานิพนธ์: นายเพิ่มรัตนะ สรีระเทวิน

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์:

รศ. ดร. นวรัตน์ วราอัศวปติ เจริญ	ประธานกรรมการ
รศ. ดร. ศจี สัตยุตม์	กรรมการ
ผศ. ดร. นพวรรณ ภู่มาลา มอราเลส	กรรมการ
รศ. อรุณ ทีรฆพงศ์	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์:

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ อรุณ ทีรฆพงศ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ เหลืองไพรินทร์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุพัตรา ปรศุพัฒนา)

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. ลำปาง แม่นมาตย์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. นวรัตน์ วราอัศวปติ เจริญ)
คณบดีคณะทันตแพทยศาสตร์

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยขอนแก่น

เพิ่มรัตนะ สรีระเทวิน. 2554. **ประสิทธิภาพของแอนโทไซยานิน (ไซยานิดิน) โคโปรพอร์ไฟริน กับอีริโทรซินในการสร้างรีแอคทีฟออกซิเจนสปีชีส์ และการฆ่าพอร์ไฟโรโมแนส จิงจิวาลิส ในไบโอฟิล์มโดยการบำบัดด้วยโฟโตไดนามิกส์ในหลอดทดลอง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาปริทันตวิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: รศ. อรุณ ทีรฆพงศ์,
ผศ. ดร. สมเกียรติ เหลืองไพรินทร์,
ผศ. ดร. สุพัตรา ปรศุพัฒนา

บทคัดย่อ

249522

เชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จิงจิวาลิส เป็นเชื้อก่อโรคสำคัญของโรคปริทันต์อักเสบที่ทำให้สูญเสียอวัยวะปริทันต์ วิธีโฟโตไดนามิกส์ ถูกนำมาประยุกต์ร่วมในการรักษาโรคปริทันต์อักเสบ ปัจจุบันมีรายงานถึงคุณสมบัติของอีริโทรซิน โคโปรพอร์ไฟริน และแอนโทไซยานินเป็นสารไวต่อแสง

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการสร้างรีแอคทีฟออกซิเจนสปีชีส์ในกระบวนการโฟโตไดนามิกส์ระหว่างการใช้อีริโทรซิน แอนโทไซยานิน โคโปรพอร์ไฟริน อีริโทรซินร่วมกับแอนโทไซยานินหรือโคโปรพอร์ไฟริน และเปรียบเทียบการทำลายเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จิงจิวาลิส ในแผ่นฟิล์มชีวภาพฟัน

วิธีดำเนินการวิจัยคือ ทดสอบการสร้างซิงเกลทออกซิเจนและรีแอคทีฟออกซิเจนสปีชีส์ของด้วยวิธี spin trapping electron paramagnetic resonance โดยหลอดทังสเตนเป็นแหล่งกำเนิดแสง และทดสอบการทำลายเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จิงจิวาลิสในแผ่นฟิล์มชีวภาพฟัน โดยวิธีการนับจำนวนโคโลนีบนเพลท

ผลการศึกษาการสร้างซิงเกลทออกซิเจนพบว่า อีริโทรซินความเข้มข้น 220 ไมโครโมลาร์ อีริโทรซินความเข้มข้น 220 ไมโครโมลาร์ร่วมกับแอนโทไซยานิน ความเข้มข้น 101,202, 303 ไมโครโมลาร์ อีริโทรซินความเข้มข้น 220 ไมโครโมลาร์ร่วมกับโคโปรฟอร์ไฟรินความเข้มข้น 22, 88, 220 ไมโครโมลาร์ และโคโปรพอร์ไฟรินความเข้มข้น 88 ไมโครโมลาร์ สามารถสร้างซิงเกลทออกซิเจนได้อีริโทรซินความเข้มข้น 220 ไมโครโมลาร์ร่วมกับแอนโทไซยานิน ความเข้มข้น 202 ไมโครโมลาร์ สามารถสร้างซิงเกลทออกซิเจนได้มากที่สุด

ผลการทดสอบการสร้างรีแอคทีฟออกซิเจนสปีชีส์พบว่า อีริโทรซินความเข้มข้น 220 ไมโครโมลาร์ร่วมกับโคโปรฟอร์ไฟรินความเข้มข้น 220 ไมโครโมลาร์ อีริโทรซินความเข้มข้น 220

240522

ไมโครโมลาร์ และโคโปรฟอร์ไฟรินความเข้มข้น 22, 88, 220 ไมโครโมลาร์ สามารถสร้างรีแอคทีฟออกซิเจนสปีชีส์ได้ โดยที่โคโปรพอร์ไฟรินสามารถสร้างรีแอคทีฟออกซิเจนสปีชีส์ได้มากที่สุด

ผลการทดสอบการฆ่าเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จิงจิวาลิสในไบโอฟิล์มพบว่า อีริโทรซินความเข้มข้น 220 ไมโครโมลาร์ และอีริโทรซินความเข้มข้น 220 ไมโครโมลาร์ร่วมกับโคโปรพอร์ไฟรินความเข้มข้น 220 ไมโครโมลาร์ร่วมกับวิธีโฟโตไดนามิกส์ สามารถทำลายเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จิงจิวาลิส ได้มากกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) และไม่แตกต่างจากคลอเฮกซีดีนความเข้มข้นร้อยละ 0.12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

การศึกษาครั้งนี้แสดงประสิทธิภาพของสารไวต่อแสงร่วมกับการกระตุ้นด้วยแสงในการสร้างรีแอคทีฟออกซิเจนสปีชีส์ และการฆ่าเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จิงจิวาลิส โดยที่การใช้อีริโทซินหรืออีริโทรซินร่วมกับโคโปรพอร์ไฟรินเป็นสารไวต่อแสง สามารถฆ่าเชื้อได้ดีเทียบเท่ากับคลอเฮกซีดีน จึงมีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาการใช้สารกลุ่มนี้ในการรักษาผู้ป่วยโรคปริทันต์ต่อไป

Permrattana Sareeratawin. 2011. **Efficiencies of anthocyanin (cyanidin), coproporphyrin and erythrosine in generating reactive oxygen species and killing of *Porphyromonas gingivalis* in biofilms by photodynamic therapy *in vitro***. Master of Science Thesis in Periodontology, Graduate School, Khon Kaen University.

Thesis Advisors: Assoc. Prof. Aroon Teerakapong,
Assist. Prof. Dr. Somkiat Luengpailin,
Assist. Prof. Dr. Supatra Porasuphatana

ABSTRACT

249522

Porphyromonas gingivalis is a major pathogenic bacterium of periodontitis, a destructive disease affecting the periodontal tissues. Photodymanic therapy (PDT) has been introduced as the adjunctive treatment in periodontal diseases. Recent reports have indicated that erythrosine, coproporphyrin and anthocyanin have some properties as photosensitizer.

Objective: The aim of this study was to compare the efficiency of erythrosine, anthocyanin, coproporphyrin and their combinations in generating reactive oxygen species (ROS) and killing of *P. gingivalis* in biofilm by PDT.

Methods: All photosensitizers were measured for ROS by spin trapping electron paramagnetic resonance. Tungsten lamp was used as the light source. Killing of *P. gingivalis* in biofilm by PDT was determined by plate count technique.

Results: Erythrosine (220 μM), erythrosine (220 μM) combined with anthocyanin (101, 202, 303 μM), erythrosine (220 μM) combined with coproporphyrin (22, 88, 220 μM) and coproporphyrin (88 μM) generated singlet oxygen, whereas the highest concentration of singlet oxygen was produced by erythrosine (220 μM) combined with anthocyanin (202 μM).

Erythrosine (220 μM) combined with coproporphyrin (220 μM), erythrosine (220 μM), and coproporphyrin (22, 88, 220 μM) as photosensitizers generated ROS. The highest concentration of produced ROS was obtained by coproporphyrin photosensitization at 220 μM.

Erythrosine (220 μM) and erythrosine combined with coproporphyrin (220 μM), but not other groups, were as effective as 0.12% chlohexidine in killing significant numbers of *P. gingivalis* in biofilm by PDT ($p < 0.01$).

249522

Summary: This study demonstrates that erythrosine or erythrosine combined with coproporphyrin induce the highest ROS production by PDT and were as effective as chlohexidine in killing *P. gingivalis* in biofilm. Thus, it is possible to further develop these reagents for periodontal

งานวิทยานิพนธ์นี้ขอมอบส่วนดีให้แก่บุพการีและคณาจารย์

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษาได้แก่ รองศาสตราจารย์ อรุณ ทีรฆพงศ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ เหลืองไพรินทร์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพัตรา ปรศุพัฒนา ที่กรุณาให้ความรู้และข้อเสนอแนะในการทำวิจัย อ. ทพ. ดร. อเนก ชยสดมภ์ ให้คำแนะนำและสอนวิธีการทำพีซีอาร์ ขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. นวรัตน์ วราอัศวปติ เจริญ ประธานกรรมการสอบ รองศาสตราจารย์ ดร. ศจี สัตยุตม์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพวรรณ ภู่มาลา มอราเลส ที่กรุณาให้ความรู้และข้อเสนอแนะในการทำวิจัย คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดลที่กรุณาสนับสนุนเครื่อง Electron paramagnetic resonance spectrometer ขอบคุณรองศาสตราจารย์ เกตุแก้ว เพียรชัยทวี ขอบคุณภาควิชาจุลชีววิทยา คณะแพทยศาสตร์และ ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะเทคนิคการแพทย์ที่กรุณาสนับสนุนอุปกรณ์การวิจัย ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ ขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่สนับสนุนทุนวิจัยและวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณบิดามารดาและครอบครัวที่สนับสนุนข้าพเจ้ามาโดยตลอด ขอบคุณนักศึกษาบัณฑิตศึกษาและเจ้าหน้าที่คณะทันตแพทยศาสตร์ทุกท่าน

เพิ่มรัตนะ สรีระเทวิน

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ค
คำอุทิศ		จ
กิตติกรรมประกาศ		ฉ
สารบัญตาราง		ฌ
สารบัญภาพ		ฎ
บทที่ 1	บทนำ	1
	1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
	2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
	3. สมมติฐานการวิจัย	3
	4. ขอบเขตของการวิจัย	3
	5. ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	4
บทที่ 2	วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
	1. เชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จิงจิวาลิส (*Porphyromonas gingivalis*)	5
	2. วิธีการตรวจเชื้อ	7
	3. การรักษาโดยวิธีโฟโตไดนามิกส์ (Photodynamic therapy)	8
	4. สารที่ใช้ในการศึกษา	11
	5. วิธีการตรวจวัดอนุมูลอิสระ	14
บทที่ 3	วิธีการดำเนินการวิจัย	18
	1. การออกแบบวิจัย	18
	2. การคัดเลือกอาสาสมัครในการเก็บคราบจุลินทรีย์	18
	3. รูปแบบการดำเนินการวิจัย	18
	4. เครื่องมือ	19
	5. วิธีดำเนินการวิจัย	20
	6. การวิเคราะห์ทางสถิติ	28
	7. สถานที่ดำเนินการวิจัย	28

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 4	ผลการทดลอง	32
	1. ผลการทดสอบวิธีดำเนินการวิจัย	33
	2. ผลการดำเนินการวิจัย	45
บทที่ 5	อภิปรายผล	69
	1. อภิปรายผล	69
	2. สรุป	73
	3. ข้อเสนอแนะ	73
เอกสารอ้างอิง		74
ภาคผนวก		85
ภาคผนวก ก	หนังสือรับรองจริยธรรมในมนุษย์	86
ภาคผนวก ข	คำชี้แจงสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย	92
ภาคผนวก ค	แบบฟอร์มยินยอมอาสาสมัคร	95
ภาคผนวก ง	แบบฟอร์มบันทึกสภาวะปริทันต์	97
ภาคผนวก จ	ภาพถ่ายรังสีภายในช่องปากอาสาสมัคร	99
ภาคผนวก ฉ	ตารางข้อมูลวิจัย	101
ประวัติผู้เขียน		125

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	แสดงปริมาณซิงเกลทออกซิเจนเมื่อใช้สารทดสอบกลุ่มต่าง ๆ ที่ความเข้มข้น 22 ไมโครโมลาร์ ณ เวลา 5 นาที	34
ตารางที่ 2	แสดงปริมาณไฮดรอกซิลเรดิเคิลเมื่อใช้สารทดสอบกลุ่มต่าง ๆ ที่ความเข้มข้น 22 ไมโครโมลาร์ ณ เวลา 90 วินาที	35
ตารางที่ 3	แสดงปริมาณซิงเกลทออกซิเจนเมื่อใช้อีริโทรซิน ณ เวลาต่างๆ ของการฉายแสง	102
ตารางที่ 4	แสดงปริมาณซิงเกลทออกซิเจนเมื่อใช้แอนโทไซยานิน ณ เวลาต่าง ๆ ของการฉายแสง	102
ตารางที่ 5	แสดงปริมาณซิงเกลทออกซิเจนเมื่อใช้โคโปรพอร์ไฟริน ณ เวลาต่างๆ ของการฉายแสง	103
ตารางที่ 6	แสดงปริมาณซิงเกลทออกซิเจนเมื่อใช้อีริโทรซินร่วมกับโคโปรพอร์ไฟริน ณ เวลาต่างๆของการฉายแสง	103
ตารางที่ 7	แสดงปริมาณซิงเกลทออกซิเจนเมื่อใช้อีริโทรซินร่วมกับแอนโทไซยานิน ณ เวลาต่างๆของการฉายแสง	104
ตารางที่ 8	แสดงปริมาณซิงเกลทออกซิเจนเมื่อใช้แอนโทไซยานินร่วมกับโคโปรพอร์ไฟริน ณ เวลาต่างๆของการฉายแสง	104
ตารางที่ 9	แสดงปริมาณความเข้มสัญญาณ DMPO-OH เมื่อใช้อีริโทรซิน ณ เวลาต่างๆ ของการฉายแสง	105
ตารางที่ 10	แสดงปริมาณความเข้มสัญญาณ DMPO-OH เมื่อใช้โคโปรพอร์ไฟริน ณ เวลาต่างๆของการฉายแสง	105
ตารางที่ 11	แสดงปริมาณความเข้มสัญญาณ DMPO-OH เมื่อใช้อีริโทรซินร่วมกับโคโปรพอร์ไฟริน ณ เวลาต่างๆของการฉายแสง	106
ตารางที่ 12	แสดงปริมาณความเข้มสัญญาณ DMPO-OH เมื่อใช้อีริโทรซินร่วมกับแอนโทไซยานิน ณ เวลาต่างๆของการฉายแสง	106
ตารางที่ 13	แสดงปริมาณความเข้มสัญญาณ DMPO-OH เมื่อใช้แอนโทไซยานินร่วมกับโคโปรพอร์ไฟริน ณ เวลาต่างๆ ของการฉายแสง	107

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 14	แสดงปริมาณเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จิงจิวาลิส ที่การเลี้ยงในแผ่นชีวภาพฟัน	108
ตารางที่ 15	แสดงปริมาณเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จิงจิวาลิส ผ่านกระบวนการโฟโตไดนามิกส์โดยใช้อีริโทรซินความเข้มข้นต่าง ๆ	108
ตารางที่ 16	แสดงปริมาณซิงเกลทออกซิเจนเมื่อใช้อีริโทรซิน โคโปรพอร์ไฟริน และแอนโทไซยานิน ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของการฉายแสง	109
ตารางที่ 17	แสดงปริมาณรีแอคทีฟออกซิเจนสปีชีส์เมื่อใช้อีริโทรซิน โคโปรพอร์ไฟริน และแอนโทไซยานิน ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของการฉายแสง	114
ตารางที่ 18	แสดงปริมาณเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จิงจิวาลิสเมื่อผ่านกระบวนการโฟโตไดนามิกส์ในหน่วย cfu/mg	119
ตารางที่ 19	แสดงปริมาณเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จิงจิวาลิสเมื่อผ่านกระบวนการโฟโตไดนามิกส์ในหน่วย $\log_{10}$(cfu/mg)	122

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 1	แสดงองค์ประกอบการเกิดปฏิกิริยาโฟโตไดนามิกส์	10
ภาพที่ 2	แสดงกลไกที่ 1 และ 2 ในปฏิกิริยาโฟโตไดนามิกส์	11
ภาพที่ 3	โครงสร้างของแอนโทไซยานิดิน	12
ภาพที่ 4	แสดงโครงสร้างของอีริโทรซิน	14
ภาพที่ 5	แสดงความสัมพันธ์ของโคโปรพอร์ไฟริน III การสังเคราะห์ฮีมของเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จิงจิวาลิส	14
ภาพที่ 6	แสดงโครงสร้าง coproporphyrin III tetramethyl ester	15
ภาพที่ 7	แสดงการเรืองแสงของ fluorophore เมื่อทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระ	15
ภาพที่ 8	ปฏิกิริยาการสปินแทรพ	17
ภาพที่ 9	แสดง EPR spectrum	18
ภาพที่ 10	แสดงสัญญาณ TEMPO เมื่อใช้อีริโทรซิน โคโปรพอร์ไฟริน และแอนโทไซยานิน ก่อนการฉายแสงและฉายแสงเป็นเวลา 3 และ 5 นาที	36
ภาพที่ 11	แสดงสัญญาณ TEMPO เมื่อใช้อีริโทรซินร่วมกับโคโปรพอร์ไฟริน แอนโทไซยานินและแอนโทไซยานินร่วมกับโคโปรฟอร์ไฟริน ก่อนการฉายแสงและฉายแสงเป็นเวลา 3 และ 5 นาที	37
ภาพที่ 12	กราฟแสดงปริมาณซิงเกลทออกซิเจนเมื่อใช้อีริโทรซิน โคโปรพอร์ไฟรินและแอนโทไซยานิน ณ เวลาต่างๆ ของการฉายแสง	38
ภาพที่ 13	แสดงสัญญาณ DMPO-OH เมื่อใช้อีริโทรซิน โคโปรพอร์ไฟริน และแอนโทไซยานิน ก่อนการฉายแสงและฉายแสงเป็นเวลา 90 วินาที และ 5 นาที	39
ภาพที่ 14	แสดงสัญญาณ DMPO-OH เมื่อใช้อีริโทรซินร่วมกับโคโปรพอร์ไฟริน แอนโทไซยานินและแอนโทไซยานินร่วมกับโคโปรฟอร์ไฟริน ก่อนการฉายแสงและฉายแสงเป็นเวลา 90 วินาที และ 5 นาที	40
ภาพที่ 15	กราฟแสดงปริมาณสัญญาณ DMPO-OH เมื่อใช้อีริโทรซิน โคโปรพอร์ไฟริน และแอนโทไซยานิน ณ เวลาต่างๆ ของการฉายแสง	41

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ 16	กราฟแสดงจำนวนเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จิงจิวาลิส ที่เพาะเลี้ยงนาน 1-4 วัน	42
ภาพที่ 17	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จิงจิวาลิสในไบโอฟิล์ม เมื่อผ่านกระบวนการโฟโตไดนามิกส์ โดยใช้อิริโทซินที่ความเข้มข้นต่างๆ	43
ภาพที่ 18	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จิงจิวาลิสในไบโอฟิล์มในหน่วย $\log_{10}$ (cfu/mg) เมื่อผ่านกระบวนการโฟโตไดนามิกส์ โดยใช้อิริโทซินที่ความเข้มข้นต่างๆ	44
ภาพที่ 19	แสดงสัญญาณ TEMPO เมื่อใช้อีริโทรซินความเข้มข้น 220 ไมโครโมลาร์ ก่อนการฉายแสงและฉายแสงเวลา 5 นาที และ 15 นาที	46
ภาพที่ 20	แสดงสัญญาณ TEMPO เมื่อใช้โคโปรฟอร์ไฟรินความเข้มข้น 22, 88, 220 ไมโครโมลาร์ ก่อนการฉายแสงและฉายแสงเวลา 5 นาที และ 15 นาที	46
ภาพที่ 21	แสดงสัญญาณ TEMPO เมื่อใช้แอนโทไซยานินความเข้มข้น 101, 202, 303 ไมโครโมลาร์ ก่อนการฉายแสงและฉายแสงเวลา 5 นาที และ 15 นาที	47
ภาพที่ 22	แสดงสัญญาณ TEMPO เมื่อใช้อีริโทรซินความเข้มข้น 220 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับโคโปรฟอร์ไฟรินความเข้มข้น 22, 88, 220 ไมโครโมลาร์ก่อนการฉายแสงและฉายแสงเวลา 5 นาที และ 15 นาที	48
ภาพที่ 23	แสดงสัญญาณ TEMPO เมื่อใช้อีริโทรซินความเข้มข้น 220 ไมโครโมลาร์ ร่วมกับแอนโทไซยานินความเข้มข้น 101, 202, 303 ไมโครโมลาร์ก่อนการฉายแสงและฉายแสงเวลา 5 นาที และ 15 นาที	49
ภาพที่ 24	กราฟแสดงปริมาณซิงเกลทออกซิเจนเมื่อใช้อีริโทรซินในกระบวนการโฟโตไดนามิกส์ ณ เวลาต่าง ๆ ของการฉายแสง	50
ภาพที่ 25	กราฟแสดงปริมาณซิงเกลทออกซิเจนเมื่อใช้โคโปรฟอร์ไฟรินในกระบวนการโฟโตไดนามิกส์ ณ เวลาต่าง ๆ ของการฉายแสง	51

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ 26	กราฟแสดงปริมาณซิงเกลทออกซิเจนเมื่อใช้แอนโทไซยานินในกระบวนการโฟโตไดนามิกส์ ณ เวลาต่าง ๆ ของการฉายแสง	53
ภาพที่ 27	กราฟแสดงปริมาณซิงเกลทออกซิเจนเมื่อใช้อีริโทรซินร่วมกับโคโปรพอร์ไฟรินในกระบวนการโฟโตไดนามิกส์ ณ เวลาต่าง ๆ ของการฉายแสง	54
ภาพที่ 28	กราฟแสดงปริมาณซิงเกลทออกซิเจนเมื่อใช้อีริโทรซินร่วมกับแอนโทไซยานินในกระบวนการโฟโตไดนามิกส์ ณ เวลาต่าง ๆ ของการฉายแสง	55
ภาพที่ 29	สัญญาณออกซิเดชันร่วมกับลิปิดไฮโดรเปอร์ออกไซด์เมื่อใช้อิริโทรซินความเข้มข้น 220 ไมโครโมลาร์ ก่อนการฉายแสงและฉายแสงเวลา 30 วินาทีและ 15 นาที	56
ภาพที่ 30	สัญญาณลิปิดไฮโดรเปอร์ออกไซด์และ DMPO-OOH เมื่อใช้โคโปรพอร์ไฟรินความเข้มข้น 22, 88, 220 ไมโครโมลาร์	57
ภาพที่ 31	แสดงสัญญาณ EPR เมื่อใช้แอนโทไซยานินความเข้มข้น 101, 202, 303 ไมโครโมลาร์ก่อนการฉายแสงและฉายแสงเวลา 5 นาทีและ 15 นาที	58
ภาพที่ 32	แสดงสัญญาณปฏิกิริยาออกซิเดชันและ DMPO-OOH เมื่อใช้อีริโทรซินความเข้มข้น 220 ไมโครโมลาร์ร่วมกับโคโปรพอร์ไฟรินความเข้มข้น 22, 88, 220 ไมโครโมลาร์ก่อนการฉายแสงและฉายแสงเวลา 30 วินาที และ 15 นาที	59
ภาพที่ 33	แสดง EPR spectrum เมื่อใช้อีริโทรซินความเข้มข้น 220 ไมโครโมลาร์ร่วมกับแอนโทไซยานินความเข้มข้น 101, 202, 303 ไมโครโมลาร์ก่อนการฉายแสงและฉายแสงเวลา 5 นาที และ 15 นาที	60
ภาพที่ 34	แสดงปริมาณรีแอคทีฟออกซิเจนสปีชีส์เมื่อใช้อีริโทรซิน โคโปรพอร์ไฟริน และแอนโทไซยานิน ณ เวลาต่าง ๆ ของการฉายแสง	61

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ 35	แสดงปริมาณปริมาณรีแอคทีฟออกซิเจนสปีชีส์เมื่อใช้อีริโทรซินร่วมกับโคโปรพอร์ไฟริน ณ เวลาต่าง ๆ ของการฉายแสง	62
ภาพที่ 36	แสดงปริมาณปริมาณรีแอคทีฟออกซิเจนสปีชีส์เมื่อใช้อีริโทรซินร่วมกับแอนโทไซยานิน ณ เวลาต่าง ๆ ของการฉายแสง	63
ภาพที่ 37	แสดงผลการตรวจเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จิงจิวาลิส โดยวิธี PCR	64
ภาพที่ 38	แสดงปริมาณเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จิงจิวาลิสแต่ละกลุ่มการทดลองในหน่วย cfu/mg	65
ภาพที่ 39	แสดงปริมาณเชื้อพอร์ไฟโรโมแนส จิงจิวาลิสแต่ละกลุ่มการทดลองในหน่วย $\log_{10}$ (cfu/mg)	67
ภาพที่ 40	แสดงภาพรังสีในช่องปากอาสาสมัคร	100