สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	
คำย่อและสัญลักษณ์	
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย	3
1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 เคมีสีเขียว	4
2.2 ประวัติศาสตร์นาโนและเทคโนโลยี	
2.2.1 ประวัติศาสตร์นาโน	5
2.2.2 ความหมายของนาโน	8
2.2.3 ความหมายของนาโนเทคโนโลยี	8
2.2.4 คุณสมบัติของอนุภาคนาโน	10
2.2.5 ผลิตภัณฑ์นาโนในปัจจุบัน	14
2.3 อนุภาคเงินระดับนาโน	15

2.4 การสังเคราะห์อนุภาคเงินในระดับนาโน

2.4.1 วิธีทางเคมี 16

2.4.2 การแตกตัวด้วยความร้อน 16

2.4.3 วิธีเลเซอร์แบบกระแทก 17

2.4.4 เทคนิคเฟลม สเปรย์ ไพโรลิซิส 18

2.4.5 วิธีเคมีสีเขียว

2.4.5.1 Polysaccharide Method 18

2.4.5.2 Tollens Method 19

2.4.5.3 Irradiation Method 20

2.4.5.4 Biological Method 20

2.5 Surface Plasmon Resonance 20

2.6 พอลิเมอร์ที่มีประจุ 21

2.7 การเคลือบผิวหน้าบนวัสดุด้วยวิธีการเคลือบชั้นต่อชั้น 22

2.8 เชื้อจุลินทรีย์ 23

2.9 เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการศึกษา

2.9.1 *Staphylococcus aureus* 27

2.9.2 *Pseudomonas aeruginosa* 28

2.9.3 *Candida albicans* 29

2.10 แอมโมเนีย 29

2.11 กรดออกซาลิก 30

2.12 การประยุกต์ใช้สารละลายอนุภาคเงินระดับนาโน

2.12.1 การวิเคราะห์แอมโมเนียและกรดออกซาลิกด้วยอนุภาคเงินระดับนาโน 31

2.12.2 การฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยอนุภาคเงินระดับนาโน 31

2.13 ความปลอดภัยของอนุภาคเงินระดับนาโน 31

2.14 เครื่องมือในการวิเคราะห์

2.14.1 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) 32

2.14.2 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) 34

2.14.3 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-Vis Spectroscopy) 35

2.14.4 เครื่องวัดค่าศักย์ซีต้า (Zeta sizer :ζ) 36

2.15 บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.15.1 เคมีสีเขียวของการสังเคราะห์อนุภาคเงินในระดับนาโน โดยใช้สารสกัดจากใบบานไม่รู้โรยฝรั่งที่อุณหภูมิห้องและการออกฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย 37

2.15.2 เคมีสีเขียวของการสังเคราะห์อนุภาคเงินในระดับนาโน โดยใช้สารสกัดจากฝื่นหนามและการประเมินผลการออกฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย 37

2.15.3 เทคนิค In situ และเคมีสีเขียวของการสังเคราะห์อนุภาคเงินระดับนาโนและการต้านเชื้อแบคทีเรีย 38

2.14.4 เคมีสีเขียวของการสังเคราะห์และการศึกษาคุณสมบัติของอนุภาคเงินระดับนาโนโดยใช้สารสกัดจากผักขมหินเพื่อใช้ในการต้านเชื้อแบคทีเรีย 38

2.15.5 การสังเคราะห์อนุภาคเงินระดับนาโนด้วยรังสีไมโครเวฟร่วมกับโซเดียมอะจิเนตและการศึกษาการต้านเชื้อแบคทีเรีย 39

2.15.6 การยึดเกาะอนุภาคเงินระดับนาโนที่สามารถต้านเชื้อแบคทีเรียบนเส้นใยสิ่งทอด้วยเทคนิค Layer-by-Layer 39

2.15.7 การตรึงอนุภาคเงินระดับนาโนบนเส้นใยสิ่งทอด้วยเทคนิค PEM 40

2.15.8 การใช้อนุภาคเงินระดับนาโนเพื่อตรวจหายูเรีย 40

2.15.9 การสังเคราะห์และฤทธิ์การต้านเชื้อแบคทีเรียของอนุภาคเงินระดับนาโนด้วยขนาดที่แตกต่างกัน 41

2.15.10 การสังเคราะห์อนุภาคเงินระดับนาโนที่เป็นตัวต้านเชื้อจุลินทรีย์ โดยทำการศึกษา E. coli ที่เป็นตัวแทนของแบคทีเรียชนิดแกรมลบ 42

2.15.11 การทดลองผลการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของอนุภาคเงินระดับนาโน 42

2.15.12 เคมีสีเขียวการสังเคราะห์ของอนุภาคเงินระดับนาโนและการประยุกต์ใช้สำหรับควบคุมยุง 43

2.15.13 เคมีสีเขียวของการสังเคราะห์อนุภาคเงินระดับนาโน เพื่อใช้เป็นตัวรับรู้แอมโมเนีย 43

2.15.14 เคมีสีเขียวของการสังเคราะห์อนุภาคเงินระดับนาโนโดยการใช้ Artocarpusheterophyllus Lam. Seed extract เพื่อใช้ในการต้านเชื้อแบคทีเรีย 44

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการทดลอง

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์

3.1.1 สารเคมี 45

3.1.2 วัสดุและอุปกรณ์ 46

3.1.3 เครื่องมือ 47

3.2 การเตรียมสารละลาย

3.2.1 สารละลายเพื่อการสังเคราะห์อนุภาคเงินระดับนาโนด้วยวิธีเคมีสีเขียว

3.2.1.1 สารละลายอะซิติกอะซิเตทบัฟเฟอร์(สารละลายบัฟเฟอร์) 48

3.2.1.2 สารละลาย $AgNO_3$ ความเข้มข้น 10 mM 48

3.2.1.3 สารละลายพอลิเมอร์ที่มีประจุทางไฟฟ้าชนิดลบ (Anionic Polyelectrolyte) 48

3.2.2 สารละลายเพื่อการสังเคราะห์อนุภาคเงินระดับนาโนด้วยวิธีทางเคมี

3.2.2.1 สารละลาย AgNO3 ความเข้มข้น 100 mM 50

3.2.2.2 สารละลายพอลิเมอร์ที่มีประจุทางไฟฟ้าชนิดลบ (Anionic Polyelectrolyte) 51

3.2.2.3 สารละลายโซเดียมโบโรไฮไดรด์ (NaBH4) ความเข้มข้น 100 mM 52

3.2.3 สารละลายและเตรียมความพร้อมบนพื้นผิวของวัสดุ (ไส้กรอง)

3.2.3.1 สารละลาย PDAD ความเข้มข้น 10 mM 52

3.2.3.2 สารละลาย PSS ความเข้มข้น 10 mM 53

3.2.4 สารละลายเพื่อใช้เป็นตัวรับรู้

3.2.4.1 สารละลาย NH4OH ความเข้มข้น 100 mM 55

3.2.4.2 สารละลาย Oxalic acid ความเข้มข้น 100 mM 55

3.3 การเตรียมความพร้อมของไส้กรองเครื่องปรับอากาศ (ไส้กรอง) 55

3.4 การสังเคราะห์อนุภาคเงินระดับนาโน 56

3.4.1 วิธีเคมีสีเขียว 56

3.4.2 วิธีทางเคมี (Chemical Synthesis) 57

3.5 การประยุกต์ใช้งานอนุภาคเงินระดับนาโน

3.5.1 ศึกษาความสามารถในการรับรู้สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (NH_4OH) 60

3.5.2 ศึกษาความสามารถในการรับรู้สารละลายกรดออกซาลิก (Oxalic) 61

3.5.3 การประยุกต์ใช้กับการต้านเชื้อจุลินทรีย์

3.5.3.1 สารละลาย 62

3.5.3.2 จุ่มเคลือบบนไส้กรอง 64

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ผลการศึกษาการหาสภาวะที่เหมาะที่ใช้ในการสังเคราะห์อนุภาคเงินระดับนาโน

4.1.1 ผลการศึกษาการสังเคราะห์อนุภาคเงินระดับนาโนด้วยวิธีเคมีสีเขียว

4.1.1.1 ใช้สารรักษาเสถียรภาพ PAA 65

4.1.1.2 ใช้สารรักษาเสถียรภาพ CoPSS 74

4.1.1.3 ใช้สารรักษาเสถียรภาพ PMA 82

4.1.2 กลไกการเกิดอนุภาคเงินระดับนาโนที่สังเคราะห์โดยวิธีการรีดักชันทางแสง 90

4.1.3 ผลการศึกษาการสังเคราะห์อนุภาคเงินระดับนาโนด้วยวิธีทางเคมี

4.1.3.1 ใช้สารรักษาเสถียรภาพ PAA 91

4.1.3.1 ใช้สารรักษาเสถียรภาพ CoPSS 95

4.1.3.4 ใช้สารรักษาเสถียรภาพ PMA 99

4.1.4 กลไกการเกิดอนุภาคเงินระดับนาโนที่สังเคราะห์โดยวิธีการใช้สารเคมี 103

4.2 ผลการศึกษาการประยุกต์เป็นตัวรับรู้

4.2.1 ตัวรับรู้สารละลายแอมโมเนีย

4.2.1.1 สารรักษาเสถียรภาพ PAA 9 mM 105

4.2.1.2 สารรักษาเสถียรภาพ CoPSS 7 mM 106
4.2.1.3 สารรักษาเสถียรภาพ PMA 7 mM 107
4.2.2 ตัวรับรู้สารละลายกรดออกซาลิก
4.2.2.1 สารรักษาเสถียรภาพ PAA 9 mM 105
4.2.2.2 สารรักษาเสถียรภาพ CoPSS 7 mM 106
4.2.2.3 สารรักษาเสถียรภาพ PMA 7 mM 107
4.3 ผลการศึกษาการต้านเชื้อจุลินทรีย์
4.3.1 ศึกษาผ่านสารละลาย 118
4.3.2 ศึกษาผ่านวัสดุ(ไส้กรอง)
4.3.2.1 วิธีเคมีสีเขียว 121
4.3.2.2 วิธีทางเคมี 125
4.3.3 ผลการศึกษาการต้านเชื้อจุลินทรีย์
4.3.3.1 วิธีเคมีสีเขียว 128
4.3.3.2 วิธีทางเคมี 129

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย 130
5.2 ข้อเสนอแนะ 132

เอกสารอ้างอิง

ภาคผนวก

อัตชีวประวัติ

สรุปการใช้จ่ายเงิน

การเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ