บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

การสังเคราะห์อนุภาคเงินระดับนาโนด้วยวิธีเคมีสีเขียว เตรียมได้จากปฏิกิริยาโฟโตรีดักชัน (Photo Reduction) ของซิลเวอร์ไนเตรทและพอลิอิเล็คโทรไลต์ ซึ่งละลายในสารละลายอะซีติกอะซิเตท ที่มีค่า pH เท่ากับ 4.75 (สารละลายบัฟเฟอร์) จากนั้นนำไปสัมผัสพลังงานจากแสงของหลอด UV-C ที่มีความยาวคลื่น 100 - 280 นาโนเมตร ซึ่งแสงจากหลอด UV-C และสารพอลิอิเล็คโทรไลต์ จะทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์ (reducing agent) และยังเป็นสารรักษาเสถียรภาพได้อีกด้วย ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมที่ใช้ในการสังเคราะห์อนุภาคเงินระดับนาโน ไม่ว่าจะเป็นความเข้มข้นและชนิดของสารพอลิอิเล็คโทรไลต์ สารพอลิอิเล็คโทรไลต์ที่ใช้ได้แก่ PAA, CoPSS และPMA

ผลการศึกษาการหาสภาวะที่เหมาะสมของสารรักษาเสถียรภาพ PAA พบว่า สภาวะที่เหมาะสม คือ ความเข้มข้น 9 มิลลิโมลาร์ เมื่อได้รับพลังงานจากแสงจากหลอด UV-C เป็นเวลา 50 นาที จะได้สารละลายอนุภาคเงินระดับนาโนสีฟ้า ซึ่งมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 405 นาโนเมตร มีค่า Zeta potential เท่ากับ -14.32 mV และจากการศึกษาลักษณะทางกายภาพด้วยเครื่อง TEM พบว่าอนุภาคมีขนาดประมาณ 6-10 นาโนเมตร, สารรักษาเสถียรภาพ CoPSS พบว่า สภาวะที่เหมาะสม คือ ความเข้มข้น 7 มิลลิโมลาร์ เมื่อได้รับพลังงานจากแสงจากหลอด UV-C เป็นเวลา 50 นาที จะได้สารละลายอนุภาคเงินระดับนาโนสีส้ม ซึ่งมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 410 นาโนเมตรมีค่า Zeta potential เท่ากับ -27.36 mV และจากการศึกษาลักษณะทางกายภาพด้วยเครื่อง TEM พบว่าอนุภาคมีขนาดประมาณ 6-10 นาโนเมตร และสารรักษาเสถียรภาพ PMA พบว่า สภาวะที่เหมาะสม คือ ความเข้มข้น 7 มิลลิโมลาร์ เมื่อได้รับพลังงานจากแสงจากหลอด UV-C เป็นเวลา 30 นาที จะได้สารละลายอนุภาคเงินระดับนาโนสีชมพู ซึ่งมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 459 นาโนเมตรมีค่า Zeta potential เท่ากับ -37.90 mV และจากการศึกษาลักษณะทางกายภาพด้วยเครื่อง TEM พบว่าอนุภาคมีขนาดน้อยกว่า 5 นาโนเมตร

เนื่องจากการใช้พลังงานของแสงจากหลอด UV-C มีพลังงานต่ำ ส่งผลให้ปฏิกิริยารีดักชันของซิลเวอร์ไอออนเปลี่ยนไปเป็นซิลเวอร์นาโนเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ มีซิลเวอร์ไอออนหลงเหลืออยู่จะเข้าทำปฏิกิริยากับอนุภาคเงินระดับนาโน ทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนในรูป Ag^{+}/COO^{-} รอบๆ อนุภาค

นาโน ซึ่งสารประกอบเชิงซ้อนในรูป Ag^{+}/COO^{-} ที่เกิดจะผลักโมเลกุลของน้ำที่อยู่รอบๆ เกิดการเคลื่อนที่ห่างออกไป ส่งผลทำให้สารประกอบเชิงซ้อนในรูป Ag^{+}/COO^{-} มีความชอบน้ำลดลง การที่โมเลกุลของน้ำลดลงส่งผลให้ความเป็นขั้วของสิ่งแวดล้อมที่ล้อมรอบอนุภาคเงินระดับนาโนน้อยลง ส่งผลให้สารละลายอนุภาคเงินระดับนาโนได้สีต่างๆ

การนำสารละลายอนุภาคเงินระดับนาโนไปประยุกต์ใช้เป็นตัวรับรู้สารละลายแอมโมเนีย และสารละลายกรดออกซาลิก ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้สารละลายอนุภาคเงินระดับนาโนซึ่งใช้สารรักษาเสถียรภาพ PAA ความเข้มข้น 9 มิลลิโมลาร์, CoPSS ความเข้มข้น 7 มิลลิโมลาร์ และPMA ความเข้มข้น 7 มิลลิโมลาร์ แต่สารรักษาเสถียร PMA ความเข้มข้น 7 มิลลิโมลาร์ มีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีชมพูเป็นสีเหลืองได้ชัดเจน หลังจากการเติมสารละลายแอมโมเนีย หรือสารละลายกรดออกซาลิก ในการเติมสารละลายแอมโมเนียลงไปในสารละลายอนุภาคเงินระดับนาโน แอมโมเนีย หรือกรดออกซาลิกสามารถทำปฏิกิริยากับซิลเวอร์ไอออนที่หลงเหลืออยู่ในสารละลาย เกิดเป็นสารประกอบโคออร์ดิเนชันอยู่ในรูป $Ag(NH_3)_2^{+}$ หรือ $Ag(COO^{-})_2$ ตามลำดับ ซึ่งสารประกอบดังกล่าวสามารถที่จะเพิ่มประจุให้กับอนุภาคเงินระดับนาโน ทำให้เกิดการผลักกันระหว่างอนุภาคน้อยลง และส่งผลให้อนุภาคเงินระดับนาโนมีโมเลกุลของน้ำเข้าใกล้มากขึ้น ระยะทางที่โมเลกุลของน้ำเข้ามาใกล้ขึ้น ส่งผลให้เกิดการสะท้อนกลับของสี สารละลายจึงเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นสีเหลือง

ในส่วนของการนำสารละลายอนุภาคเงินระดับนาโนไปประยุกต์ใช้เป็นตัวต้านเชื้อจุลินทรีย์ สารละลายอนุภาคเงินระดับนาโนเมื่อทำการศึกษาการต้านเชื้อจุลินทรีย์ชนิด Staphylococcus aureus (S.aureus), Pseudomonas aeruginosa (P. aeruginos) และ Candida albicans (C. albicans) พบว่าสารละลายอนุภาคเงินระดับนาโนมีฤทธิ์ในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ชนิด S.aureus ให้ประสิทธิภาพดีที่สุด ดังนั้น เราจึงได้ทำการยึดติดอนุภาคเงินระดับนาโนบนไส้กรองอากาศ ด้วยเทคนิคเลเยอร์บายเลเยอร์ และทำการยืนยันผลด้วยเครื่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบว่ามีอนุภาคเงินระดับนาโนยึดติดอยู่บนไส้กรองอากาศ จากนั้นนำไปตรวจหาฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งผลการศึกษาผลว่า สารรักษาเสถียรภาพ PAA ความเข้มข้น 9 มิลลิโมลาร์ ที่จุ่มเคลือบนาน 15 นาที มีค่า %reduction 37.50, สารรักษาเสถียรภาพ CoPSS ความเข้มข้น 7 มิลลิโมลาร์ ที่จุ่มเคลือบนาน 90 นาที มีค่า %reduction 41.66 และสารรักษาเสถียรภาพ PMA ความเข้มข้น 7 มิลลิโมลาร์ ที่จุ่มเคลือบนาน 15 นาที มีค่า %reduction 50.00

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการประยุกต์ใช้สารละลายอนุภาคเงินระดับนาโนกับการต้านเชื้อจุลินทรีย์ ส่วนของสารละลายสามารถต้านเชื้อจุลินทรีย์ชนิด S.aureus ได้ดีที่สุด ส่วนเชื้อชนิดอื่นต้านเชื้อจุลินทรีย์ได้ไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งอาจจะเป็นผลมาความแข็งแรงของเชื้อจุลินทรีย์ เป็นต้น และในส่วนของการจุ่มเคลือบสารละลายลงบนไส้กรองกับเชื้อจุลินทรีย์ชนิด S.aureus พบว่าการใช้สารเพิ่มความคงตัว PMA ความเข้มข้น 7 มิลลิโมลาร์ ที่จุ่มเคลือบนาน 15 นาทีสามารถต้านเชื้อได้ดีที่สุด ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากชนิดของสารเพิ่มความคงตัว