

การควบคุมตัวแปรสำหรับการสังเคราะห์ที่แม่นยำของแผ่นนาโนเงิน
ที่มีแป้งเป็นสารช่วยเสถียร

Controlling of parameter for the precise synthesis of
starch-capped silver nanoplates

โดย
นายธีรศิลป์ จิตพลี

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2563

โครงการ การควบคุมตัวแปรสำหรับการสังเคราะห์ที่แม่นยำของแผ่นนาโนเงินที่มีแปงเป็นสารช่วยเสถียร

โดย นายธีรศิลป์ จิตพลี

ได้รับอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบโครงการ

- | | |
|---|-----------------------|
| 1. ศาสตราจารย์ ดร.สัมฤทธิ์ วัชรสินธุ์ | ประธานกรรมการ |
| 2. รองศาสตราจารย์ ดร.เฟื่องฟ้า อุ่นอบ | กรรมการ |
| 3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พร้อมพงศ์ เพียรพิณิชธรรม | อาจารย์ที่ปรึกษา |
| 4. นายณัฐพล คุปต์เสถียรวงศ์ | ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ |

รายงานฉบับนี้ได้รับความเห็นชอบและอนุมัติโดยหัวหน้าภาควิชาเคมี

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พร้อมพงศ์ เพียรพิณิชธรรม)
อาจารย์ที่ปรึกษา

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.วรวิทย์ โฮเว้น)
หัวหน้าภาควิชาเคมี

วันที่ 15 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2563

Project Title Controlling of parameter for the precise synthesis of starch-capped silver nanoplates

Student Name Mr. Teerasilp Jitplee Student ID 6033045423

Advisor Name Assistant Professor Dr. Prompong Pienpinijtham

Co-advisor Name Mr. Nutthaphol Khupsathianwong

Department of Chemistry, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Academic Year 2020

Abstract

Each synthesis of silver nanoplates by chemical reduction to obtain the absorbance in the range of 750–800 nanometers was not precise. Therefore, experiments were performed to find parameters for controlling the precise synthesis of silver nanoplates. Synthesis of silver nanoparticles, using silver nitrate as a metal salt, sodium borohydride as a reducing agent, and starch as a stabilizer, provided a yellow colloid of spherical silver nanoparticles with an absorbance in the range 398–400 nanometers. This colloid was used as a precursor to produce silver nanoplates. In this process, spherical silver nanoparticles were oxidized by hydrogen peroxide into silver ions and, in this state, silver ions were reduced by hydrogen peroxide to form silver nanoplates. Therefore, size and shape of nanoparticles were changed. From the study, when the temperature of spherical silver nanoparticles was increased, the absorption wavelength of silver nanoplates shifted to shorter wavelength. Next, when the volume of spherical silver nanoparticles was increased, the absorption wavelength of silver nanoplates shifted to shorter wavelength. It was shown that the control of temperature and volume of silver nanoparticles was an important parameter, for the precise synthesis of silver nanoplates with the absorbance in the range 750–800 nanometers. Accordingly, the factors affecting the synthesis of silver nanoplates should be controlled, for example, controlling the initial spherical silver nanoparticles to be the same every time, using the original ratio for the synthesis of silver nanoplates and controlling the temperature and volume of spherical silver nanoparticles. These suggestions provided a condition that can produce silver nanoplates with the absorbance in the range 750–800 nanometers every time.

Keywords: silver nanoplates, starch, shape conversion

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากความอนุเคราะห์ของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พร้อมพงศ์ เพียรพิณิจธรรม อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ และนายณัฐพล คุปต์เสถียรวงศ์ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการแก้ปัญหา ให้ความรู้ในทุกขั้นตอนของการทำงานวิจัย ตลอดจนการทำรูปเล่มรายงานวิจัยจนเสร็จสมบูรณ์ อีกทั้งยังได้ให้ข้อคิดและกำลังใจ ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร.สัมฤทธิ์ วัชรสินธุ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.เฟื่องฟ้า อุ่นอบ ที่ให้ความกรุณาเป็นกรรมการสอบการวิจัยและตรวจสอบแก้ไขรายงานให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดความรู้ ประสบการณ์ รวมทั้งเทคนิคปฏิบัติการพื้นฐานในการทำงานวิจัย และขอระลึกถึงกำลังใจและความช่วยเหลือจากครอบครัว เพื่อน และพนักงานบริษัท ไพรม์ นาโน เทคโนโลยี จำกัด จนสามารถดำเนินงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการเสนอโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตงานวิจัย	2
1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
บทที่ 2 การทดลอง	6
2.1 รายการเครื่องมือ อุปกรณ์	6
2.2 รายการสารเคมี	6
2.3 การสังเคราะห์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินความเข้มข้น 1,200 ppm ปริมาตร 300 มิลลิลิตร	7
2.4 การสังเคราะห์แผ่นนาโนเงินโดยการควบคุมตัวแปรที่ส่งผลให้การสังเคราะห์มีความแม่นยำมากที่สุด	7
บทที่ 3 ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง	8
3.1 การสังเคราะห์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงิน	8
3.2 ผลของอุณหภูมิของคอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินต่อการสังเคราะห์แผ่นนาโน	10
3.3 ผลของปริมาตรของคอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินต่อการสังเคราะห์แผ่นนาโน	14
บทที่ 4 สรุปผลการทดลอง	18
เอกสารอ้างอิง	19
ประวัติผู้วิจัย	21

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 ภาพกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินที่มีแป้งเป็นสารช่วยเสถียร [13]	3
รูปที่ 1.2 ฮิสโตแกรมแสดงการกระจายขนาดของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินที่มีแป้งเป็นสารช่วยเสถียรในรูปที่ 1.1 [13]	4
รูปที่ 1.3 รูปกระบวนการเปลี่ยนรูปร่างของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินด้วยการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นตัวออกซิไดส์และตัวรีดิวซ์ [14]	5
รูปที่ 3.1 สเปกตรัมยูวี-วิซิบิลของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินในช่วง 300–700 นาโนเมตร	8
รูปที่ 3.2 คอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินที่สังเคราะห์ได้ (A) ความเข้มข้น 1200 ppm, (B) เจือจางเหลือความเข้มข้น 30 ppm	9
รูปที่ 3.3 สเปกตรัมยูวี-วิซิบิลของแผ่นนาโนเงินที่สังเคราะห์ด้วยคอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินที่อุณหภูมิต่างกันในช่วง 325–1100 นาโนเมตร	10
รูปที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของคอลลอยด์อนุภาคนาโนเมตรของโลหะเงินกับความยาวคลื่นของแผ่นนาโนเงินที่สังเคราะห์ได้	11
รูปที่ 3.5 สเปกตรัมยูวี-วิซิบิลของแผ่นนาโนเงินที่สังเคราะห์ด้วยคอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินที่อุณหภูมิต่างกัน (A) 50 องศาเซลเซียส, (B) 60 องศาเซลเซียส, (C) 70 องศาเซลเซียสในช่วง 325–1100 นาโนเมตร	12
รูปที่ 3.6 สเปกตรัมยูวี-วิซิบิลของแผ่นนาโนเงินที่สังเคราะห์ด้วยคอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินที่ปริมาตรต่างกันในช่วง 325–1100 นาโนเมตร	14
รูปที่ 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของคอลลอยด์อนุภาคนาโนเมตรของโลหะเงินกับความยาวคลื่นของแผ่นนาโนเงินที่สังเคราะห์ได้	15
รูปที่ 3.8 สเปกตรัมยูวี-วิซิบิลของแผ่นนาโนเงินที่สังเคราะห์ด้วยคอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินที่ปริมาตร (A) 15 มิลลิลิตร, (B) 20 มิลลิลิตร, (C) 25 มิลลิลิตรในช่วง 325–1100 นาโนเมตร	16

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.2.1 ค่าความยาวคลื่นการดูดกลืนแสงของแผ่นนาโนเงิน โดยเปรียบเทียบผลของการเพิ่ม อุณหภูมิของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงิน	9
ตารางที่ 3.3.1 ค่าความยาวคลื่นการดูดกลืนแสงของแผ่นนาโนเงิน โดยเปรียบเทียบผลของการเพิ่ม ปริมาตรของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงิน	11

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันมีการใช้อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงิน (silver nanoparticles) ในอุตสาหกรรมอาหาร การแพทย์ ในชีวิตประจำวัน และถูกใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น เสื้อผ้า ครีมกันแดด และเครื่องสำอางเป็นจำนวนมาก [1] มีการศึกษาและพัฒนาเกี่ยวกับอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงิน ทำให้ผู้คนสามารถเข้าถึงและเรียนรู้ได้ง่ายขึ้น อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินถูกใช้ประโยชน์ในหลากหลายด้าน เช่น การนำสมบัติการนำไฟฟ้ามาใช้ทำเซ็นเซอร์ในระดับนาโนเมตรที่ตอบสนองไว หรือใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา [2, 3] ในอีกทางหนึ่งอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินถูกใช้อย่างมากในการต่อต้านและยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย [1, 4] จากประโยชน์เหล่านี้จึงเกิดธุรกิจที่นำอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินมาต่อยอด โดยบริษัท ไพรม์ นาโนเทคโนโลยี จำกัด ได้นำอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินมาปรับปรุงและพัฒนาเป็น ผลิตภัณฑ์ วัสดุพิเศษส่งออก และประยุกต์ให้สามารถใช้ในชีวิตประจำวันได้ บริษัท ไพรม์ นาโนเทคโนโลยี จำกัด สังเคราะห์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินด้วยวิธีการรีดักชันทางเคมี (chemical reduction) [5, 12] ซึ่งมีองค์ประกอบสำคัญ 3 อย่างคือ ซิลเวอร์ไนเตรตเป็นเกลือโลหะ (metal precursors) โซเดียมโบโรไฮไดรด์เป็นตัวรีดิวซ์ (reducing agent) และแป้งเป็นตัวช่วยเสถียร (stabilizer) [6, 8] เมื่อทำการสังเคราะห์จะได้คอลลอยด์ของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินที่มีสีเหลือง รูปทรงของอนุภาคเป็นทรงกลม [7] และมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดในช่วงความยาวคลื่น 398–400 นาโนเมตร จากนั้นนำคอลลอยด์สีเหลืองมาเข้าสู่กระบวนการเปลี่ยนรูปร่าง (shape conversion) โดยการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทำให้อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินถูกออกซิไดส์เป็นไอออนของเงิน และในสภาวะนี้ไอออนของเงินจะถูกรีดิวซ์ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ได้ [6, 14] ซึ่งหากใช้อัตราส่วนที่เหมาะสมจะทำให้อนุภาคที่เป็นทรงกลมเปลี่ยนรูปร่างไปเป็นรูปทรงแผ่นสามเหลี่ยม ทำให้สีของคอลลอยด์เปลี่ยนแปลงไปจากสีเหลืองเป็นสีฟ้า ดังนั้นสีที่เปลี่ยนไปจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงรูปร่างจะช่วยเพิ่มความหลากหลายให้กับผลิตภัณฑ์เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค

อย่างไรก็ตาม การสังเคราะห์แผ่นนาโนเงินของทางบริษัท ไพรม์ นาโนเทคโนโลยี จำกัด ในบางครั้งผลิตภัณฑ์ที่สังเคราะห์ได้กลับมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดไม่อยู่ในช่วง 750–800 นาโนเมตร ทั้ง ๆ ที่ใช้อัตราส่วนเดิมที่เหมาะสมในการสังเคราะห์แล้ว ซึ่งการสังเคราะห์ที่ไม่แม่นยำนั้นไม่เป็นผลดีต่อบริษัท เพราะส่งผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือของบริษัทที่ไม่สามารถสังเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่มีความแม่นยำได้ จึงเป็นที่มาของโครงการนี้ ในการศึกษาผลจากตัวแปรอื่น ๆ ที่ส่งผลให้ได้สภาวะที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์แผ่นนาโนเงินที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดอยู่ในช่วง 750–800 นาโนเมตร ให้มีความแม่นยำมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

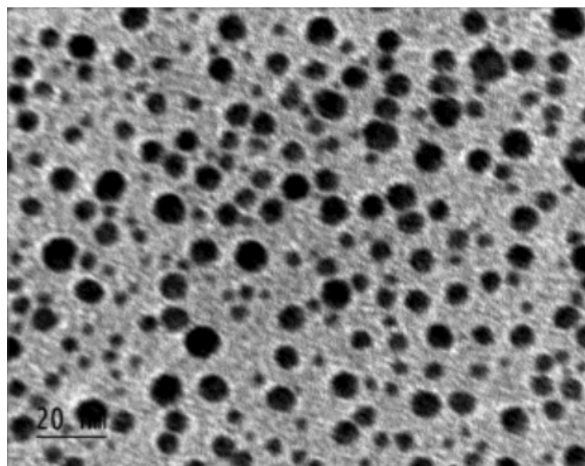
1. ศึกษาตัวแปรที่ใช้ควบคุมการสังเคราะห์แผ่นนาโนเงิน
2. สังเคราะห์แผ่นนาโนเงินที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดอยู่ในช่วง 750–800 นาโนเมตร

1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การสังเคราะห์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบหลัก ๆ คือ การสังเคราะห์แบบใหญ่ไปเล็ก (top-down approach) และการสังเคราะห์แบบเล็กไปใหญ่ (bottom-up approach) การสังเคราะห์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินแบบใหญ่ไปเล็ก เป็นการสร้างอนุภาคโดยใช้การตัดเฉือน หรือการทำเทคนิคใด ๆ ให้มีขนาดเล็กลงตามต้องการ การสังเคราะห์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินแบบเล็กไปใหญ่ เป็นการสร้างจากอนุภาคขนาดเล็ก เช่น จากหลาย ๆ อะตอม หรือหลาย ๆ โมเลกุล มารวมกันเป็นโครงสร้างขนาดใหญ่ บางครั้งเรียกเทคโนโลยีแบบนี้ว่า นาโนเทคโนโลยีเชิงโมเลกุล (molecular nanotechnology) เช่น การสังเคราะห์โดยจัดวางโมเลกุลอย่างเป็นระเบียบได้ด้วยตัวเอง (self-assembly) เป็นการรวมตัวของสสารด้วย พันธะเคมีของวัตถุที่มีโครงสร้างระดับนาโนเมตรจนเกิดเป็นโครงสร้างขนาดใหญ่ เช่น การรวมตัวของสารคอลลอยด์ เป็นต้น [15] จากวิธีการสังเคราะห์ข้างต้น สามารถแบ่งวิธีการสังเคราะห์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินแบ่งออกเป็น 3 วิธีหลัก ๆ คือ การสังเคราะห์ด้วยวิธีการทางฟิสิกส์ ชีวภาพ และเคมี [9] การสังเคราะห์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินด้วยวิธีการทางฟิสิกส์มีด้วยกันหลากหลายวิธี หนึ่งในวิธีที่เป็นที่นิยมคือวิธีการยิงด้วยเลเซอร์ (laser ablation) ซึ่งเป็นการยิงแสงเลเซอร์ลงบนผิวของโลหะเงินภายในสารละลาย อนุภาคเงินที่แตกออกมาจะอยู่ในสารละลายจนเกิดเป็นคอลลอยด์ของเงิน ซึ่งจัดเป็น “top-down approach” ข้อดีของการสังเคราะห์ด้วยการยิงด้วยเลเซอร์คือจะได้คอลลอยด์ของเงินที่บริสุทธิ์ ไม่มีการปนเปื้อนจากสิ่งเจือปนและขนาดของอนุภาคที่สม่ำเสมอ แต่วิธีนี้มีข้อเสียคือ เครื่องมือมีขนาดใหญ่ จึงต้องใช้พื้นที่มาก ใช้พลังงานมหาศาลในการสังเคราะห์แต่ละครั้ง [10] ซึ่งสูญเสียทรัพยากรไปจำนวนมาก ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงพัฒนาวิธีการสังเคราะห์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินให้สามารถสังเคราะห์ได้ง่ายและลดการใช้พลังงานและทรัพยากร จึงเกิดวิธีการสังเคราะห์ทางชีวภาพและวิธีการสังเคราะห์ทางเคมีขึ้นมา ซึ่งทั้งสองวิธีนี้มีองค์ประกอบหลัก 3 อย่างที่ใช้ในการสังเคราะห์ คือ เกลือโลหะ (metal precursor) ตัวรีดิวซ์ (reducing agent) และตัวช่วยเสถียร (stabilizer, capping agent, protective agent) ในการสังเคราะห์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินด้วยวิธีการทางชีวภาพ จะใช้สิ่งที่มีอยู่ในธรรมชาติเป็นตัวรีดิวซ์และตัวช่วยเสถียรในการสังเคราะห์ เช่น ตัวรีดิวซ์จากเอนไซม์ แป้ง หรือโปรตีน เป็นต้น หรือใช้ออกแทนภายในแบคทีเรียและฟังไจเป็นตัวรีดิวซ์และสารช่วยเสถียร [10] และอีกวิธีหนึ่งคือการสังเคราะห์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินด้วยวิธีการทางเคมี เป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน มีองค์ประกอบหลักในการสังเคราะห์เหมือนกับการสังเคราะห์ทางชีวภาพ คือ เกลือโลหะ ตัวรีดิวซ์ และตัวช่วยเสถียร โดยตัวรีดิวซ์ที่ใช้อาจเป็นสารอินทรีย์ หรืออนินทรีย์ เช่น โซเดียมซิติเรท แอสคอร์เบต และโซเดียมโบโร

ไฮโดรด์ เป็นต้น สารเหล่านี้จะไปรีดิวซ์ไอออนของเงินให้เป็นโลหะเงิน จากนั้นโลหะเงินจะจับตัวกันเป็นโพลิโกลเมอริกคลัสเตอร์ และในที่สุดก็จะจับตัวกันเป็นอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงิน ซึ่งจัดเป็น “bottom-up approach” [10, 11] อีกสิ่งหนึ่งที่สำคัญที่ใช้ในการสังเคราะห์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงิน คือ ตัวช่วยเสถียร ซึ่งเป็นสารที่ช่วยในการเพิ่มความเสถียรแก่อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงิน ช่วยป้องกันอนุภาคมาดูดซับหรือยึดติดกันเอง สารช่วยเสถียรจะมีองค์ประกอบที่สามารถเกิดอันตรกิริยากับผิวของอนุภาคได้ เช่น หมู่ไทออล หมู่เอมีน หมู่คาร์บอกซิลิก และ หมู่แอลกอฮอล์ องค์ประกอบเหล่านี้จะเพิ่มความเสถียร ป้องกันไม่ให้อนุภาคตกตะกอน ป้องกันไม่ให้อนุภาครวมตัวกันและช่วยรักษาสมบัติบนพื้นผิวของอนุภาค สารที่นิยมใช้เป็นตัวช่วยเสถียร เช่น พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ พอลิไวนิลไพโรลิโดน หรือพอลิเอทิลีนไกลคอล เป็นต้น [10, 11]

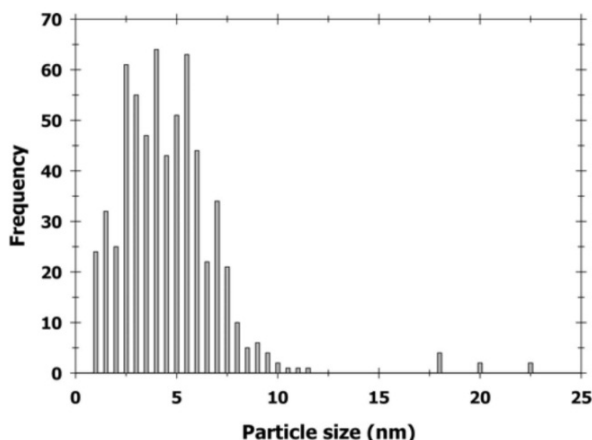
แป้ง เป็นอีกสารหนึ่งที่ยิยมเลือกใช้เป็นตัวช่วยเสถียร ด้วยเหตุผลหลายประการ ประการแรก แป้งสามารถกระจายตัวในน้ำได้อย่างสมบูรณ์ทำให้หลีกเลี่ยงการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ได้ ประการที่สอง อันตรกิริยาของพันธะระหว่างแป้งกับอนุภาคนาโนค่อนข้างอ่อน เมื่อเทียบกับอันตรกิริยาของพันธะระหว่างอนุภาคนาโนกับสารกลุ่มไทออลทั่วไป ทำให้ที่อุณหภูมิสูงสามารถแยกอนุภาคของแป้งกับอนุภาคนาโนออกจากกันได้ง่ายกว่า ซึ่งส่งผลให้แป้งสามารถทำหน้าที่ปรับขนาดอนุภาคนาโนได้ดีกว่า และประการสุดท้าย คือ อนุภาคนาโนที่ใช้แป้งเป็นสารช่วยเสถียรสามารถรวมเข้ากับระบบที่เกี่ยวเนื่องกับการใช้งานในด้านเภสัชกรรมและชีววิทยาได้ดี [13] ภาพกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินที่สังเคราะห์ได้ด้วยวิธีนี้ แสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ภาพกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินที่มีแป้งเป็นสารช่วยเสถียร [13]

การกระจายขนาดอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางอนุภาคเฉลี่ย 5.3 นาโนเมตร และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.6 นาโนเมตร อนุภาคมากกว่า 90% อยู่ในช่วงขนาด 1–8 นาโนเมตร ดังแสดงในรูปที่ 1.2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแป้งมีความสามารถในการควบคุมขนาดของอนุภาคให้ขนาดใกล้เคียงกัน และอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงิน

ที่มีแบ่งเป็นสารช่วยเสถียร ค่อนข้างมีความเสถียรสูงและอนุภาคไม่เกิดการรวมตัวกันถึงแม้จะผ่านการเก็บไว้แล้ว 2 เดือน



รูปที่ 1.2 ฮิสโตแกรมแสดงการกระจายขนาดของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินที่มีแบ่งเป็นสารช่วยเสถียรในรูปที่ 1.1 [13]

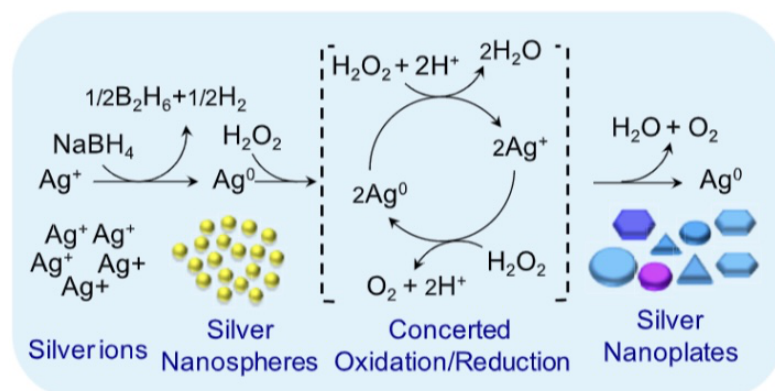
การสังเคราะห์แผ่นนาโนเงินจะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นแรกคือการสังเคราะห์คอลลอยด์ของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินที่มีรูปร่างทรงกลม และขั้นที่สองคือการเปลี่ยนรูปร่างของอนุภาคนาโนเงิน โดยขั้นตอนการสังเคราะห์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินสามารถสังเคราะห์ได้โดยใช้โซเดียมโบโรไฮไดรด์เป็นตัวรีดิวซ์ที่แตกต่างกัน 4 สภาวะ

- สภาวะแรกสังเคราะห์อนุภาคระดับนาโนเมตรของเงินโดยไม่ใส่ตัวช่วยเสถียร
- สภาวะที่สองใช้พอลิไวนิลไพร์โรลิดอลเป็นตัวช่วยเสถียร
- สภาวะที่สามใช้ไตรโซเดียมซิเตรตเป็นตัวช่วยเสถียร
- สภาวะสุดท้ายใช้สารผสมระหว่างพอลิไวนิลไพร์โรลิดอลและไตรโซเดียมซิเตรตเป็นตัวช่วยเสถียร

นำสารผสมระหว่างสารละลายซิลเวอร์ไนเตรตและตัวช่วยเสถียรทั้ง 4 สภาวะมาทำปฏิกิริยากับโซเดียมโบโรไฮไดรด์ที่แช่เย็นและคนให้เข้ากันอย่างรวดเร็ว จะได้คอลลอยด์สีเหลืองของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงิน ซึ่งคอลลอยด์จะต้องเสถียรและไม่ตกตะกอนภายใน 48 ชั่วโมง ก่อนนำคอลลอยด์ไปใช้ในขั้นตอนการเปลี่ยนรูปร่างต้องตั้งสารละลายทิ้งไว้อย่างน้อย 1 ชั่วโมงเพื่อให้โซเดียมโบโรไฮไดรด์สลายตัวจนหมด จากนั้นทำการเปลี่ยนรูปร่างของอนุภาคจากทรงกลมเป็นแผ่นโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นตามสมการดังนี้



โดยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทำหน้าที่เป็นทั้งออกซิไดส์ในสมการที่ (4) และตัวรีดิวซ์ในสมการที่ (5) โดยใส่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลงไปและผสมให้เข้ากัน สัดส่วนของความเข้มข้นระหว่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และซิลเวอร์ไนเตรตได้จากการปรับปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ พบว่าสีของคอลลอยด์จะขึ้นกับปริมาณของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งการเปลี่ยนสีของคอลลอยด์นั้นหมายถึงการเปลี่ยนรูปร่างของอนุภาคนาโนเงินจากทรงกลมเป็นแบบแผ่น [14] ดังแสดงในรูปที่ 1.3 และวิธีการเปลี่ยนรูปร่างอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ของงานวิจัยนี้ ยังถูกนำมาใช้ในการสังเคราะห์แผ่นนาโนเงินของบริษัท ไพรม์ นาโนเทคโนโลยี จำกัด และใช้ในการทดลองของโครงการนี้ด้วย



รูปที่ 1.3 รูปกระบวนการเปลี่ยนรูปร่างของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินด้วยการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นตัวออกซิไดส์และตัวรีดิวซ์ [14]

บทที่ 2

การทดลอง

2.1 รายการเครื่องมือ อุปกรณ์

1. บีกเกอร์ (beaker)
2. เทอร์โมมิเตอร์ (thermometer)
3. หลอดหยดสาร (dropper)
4. กระบอกลวด (cylinder)
5. ช้อนตักสารแบบเหล็ก (spatula)
6. ช้อนตักสารแบบพลาสติก (spoon)
7. แท่งแม่เหล็กกวนสาร (magnetic stirrer)
8. สายยางขนาดใหญ่ (large rubber tube)
9. สายยางขนาดเล็ก (small rubber tube)
10. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)
11. ขาตั้งและที่หนีบ (stand & clamp)
12. ไมโครปิเปต (micropipette)
13. เครื่องชั่งไฟฟ้า 3 ตำแหน่ง (3-digit analytical balance)
14. เครื่องให้ความร้อน (hotplate)
15. เครื่องปั๊มแบบกระบอกฉีด (syringe pump)
16. ปั๊มแบบเพอร์ริสทอลติก (peristaltic pump)
17. เครื่องกวนผสมสาร (overhead stirrer RW20, IKA)
18. เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรมิเตอร์ (UV-visible spectrometer) รุ่น GENESYSTEM 30 Visible Spectrophotometer

2.2 รายการสารเคมี

1. ซิลเวอร์ไนเตรต (silver nitrate, AgNO_3)
2. โซเดียมโบโรไฮไดรด์ (sodium borohydride, NaBH_4)
3. แป้ง (starch)
4. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide, H_2O_2)
5. น้ำปราศจากไอออน (deionized water)

2.3 การสังเคราะห์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินความเข้มข้น 1,200 ppm ปริมาตร 300 มิลลิลิตร

1. ชั่งแป้งบนเครื่องชั่งไฟฟ้า 3 ตำแหน่ง
2. ต้มน้ำปราศจากไอออนปริมาตร 300 มิลลิลิตรให้เดือด จากนั้นเติมแป้งลงในน้ำปราศจากไอออนที่ต้มอยู่ใช้แท่งแม่เหล็กกวนสารช่วยในการคน และต้มน้ำแป้งต่ออีก 15 นาที (พร้อมทั้งคนตลอดเวลา) จากนั้นตั้งน้ำแป้ง ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 18 ชั่วโมง
3. ชั่งซิลเวอร์ไนเตรตและโซเดียมโบโรไฮไดรด์บนเครื่องชั่งไฟฟ้า 3 ตำแหน่ง
4. ละลายซิลเวอร์ไนเตรตด้วยน้ำแป้งโดยใช้แท่งแม่เหล็กกวนสารช่วยในการคน และคนสารละลายทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาที
5. ละลายโซเดียมโบโรไฮไดรด์ด้วยน้ำแป้งโดยใช้แท่งแม่เหล็กกวนสารช่วยในการคน
6. นำสารละลายทั้งสองมาผสมกันโดยใช้ปั๊มแบบเพอร์ริสทอลติกดูตสารละลายซิลเวอร์ไนเตรตใส่ลงในสารละลายโซเดียมโบโรไฮไดรด์ จากนั้นให้ความร้อนและคนสารละลายทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
7. ปรับปริมาตรของสารละลายให้เป็น 300 มิลลิลิตร
8. นำคอลลอยด์จากข้อ 7 มาเจือจางเพื่อนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง พร้อมบันทึกค่าการดูดกลืนแสงและความยาวคลื่นสูงสุด

2.4 การสังเคราะห์แผ่นนาโนเงินโดยการควบคุมตัวแปรที่ส่งผลให้การสังเคราะห์มีความแม่นยำมากที่สุด

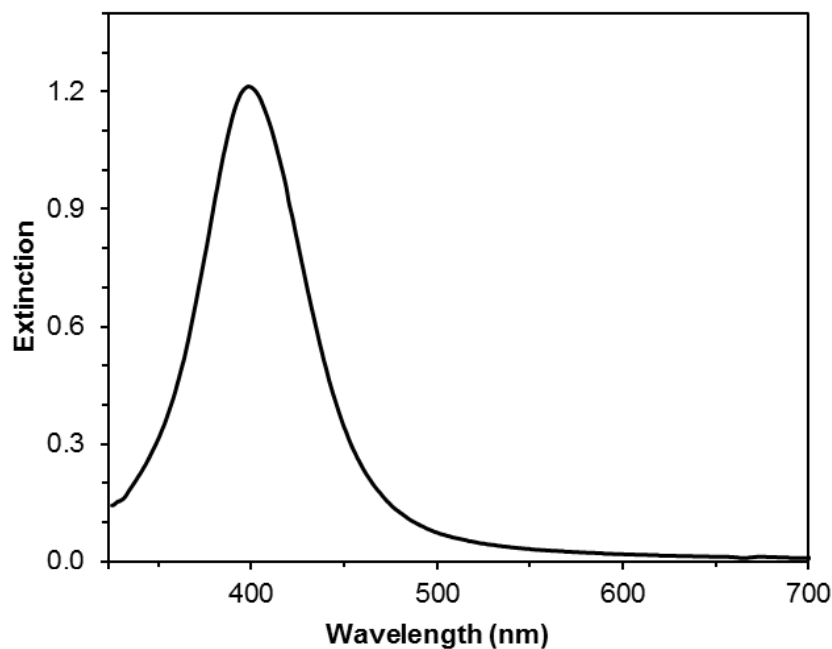
1. นำคอลลอยด์ของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินใส่ในภาชนะทรงสูงให้ความร้อนและคนสารละลายอย่างต่อเนื่องด้วยเครื่องกวนผสมสาร จากนั้นเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลงในคอลลอยด์
2. ศึกษาผลของการเพิ่มอุณหภูมิของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินต่อค่าความยาวคลื่นของการดูดกลืนแสงของอนุภาคที่สังเคราะห์ได้ โดยกำหนดอุณหภูมิของคอลลอยด์ที่ใช้เป็น 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส
3. ศึกษาผลของการเพิ่มปริมาตรของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินต่อค่าความยาวคลื่นของการดูดกลืนแสงของอนุภาคที่สังเคราะห์ได้ โดยกำหนดปริมาตรของคอลลอยด์ที่ใช้เป็น 15, 20 และ 25 มิลลิลิตร

บทที่ 3

ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

3.1 การสังเคราะห์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงิน

จากการสังเคราะห์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินโดยใช้ซิลเวอร์ไนเตรตเป็นเกลือโลหะ ใช้โซเดียมโบโรไฮไดรด์เป็นตัวรีดิวซ์ และใช้แป้งเป็นตัวช่วยเสถียร พบว่าอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดอยู่ในช่วง 398–400 นาโนเมตรและค่า full width at half maximum (FWHM) ในช่วง 65–68 นาโนเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.1

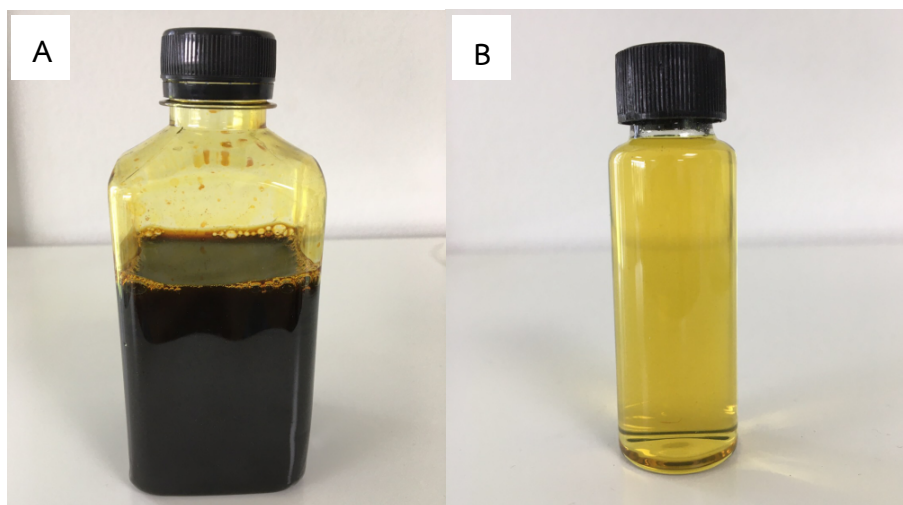


รูปที่ 3.1 สเปกตรัมยูวี-วิซิเบิลของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินในช่วง 300–700 นาโนเมตร

โดยค่าการดูดกลืนแสงในช่วงยูวี-วิซิเบิล เป็นค่าที่บ่งบอกถึงสมบัติทางแสงและทางไฟฟ้าของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงิน ช่วงการดูดกลืนแสงจะสัมพันธ์กับขนาดของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงิน เช่น อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินจะแสดงสีที่ต่างกันไปขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงิน สมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงิน คือ อิเล็กตรอนอิสระสามารถเกิดการสั่นพ้อง (resonance) ที่ผิวของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงิน เมื่ออนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินมีขนาดเล็กกว่าความยาวคลื่นของแสงที่มากระตุ้น สนามแม่เหล็กไฟฟ้าของแสงจะทำให้อิเล็กตรอนของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินเคลื่อนย้ายมาที่ผิวหน้าของโลหะ โดยที่ประจุลบจะรวมตัวกันที่ด้านหนึ่งของผิวหน้าและประจุบวกจะรวมตัวกันอยู่ด้านตรงข้าม สถานะนี้จะทำให้เกิดอิเล็กทริกไดโพล (electric dipole) ขึ้น โดยขั้วที่เกิดขึ้นจะสร้างสนามไฟฟ้าระหว่างอนุภาคระดับนาโนเมตร

ของโลหะเงิน ซึ่งทำหน้าที่เป็นแรงดึงกลับมาที่ตำแหน่งสมดุล (restoring force) เมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ออกจากตำแหน่งสมดุลจะเกิดการสั่นที่ความถี่เรโซแนนซ์ (plasmonic frequency) เรียกการสั่นรวม (collective oscillation) ของอิเล็กตรอนอิสระนี้ว่า เซอร์เฟซ พลาสมอน เรโซแนนซ์ (surface plasmon resonance, SPR)

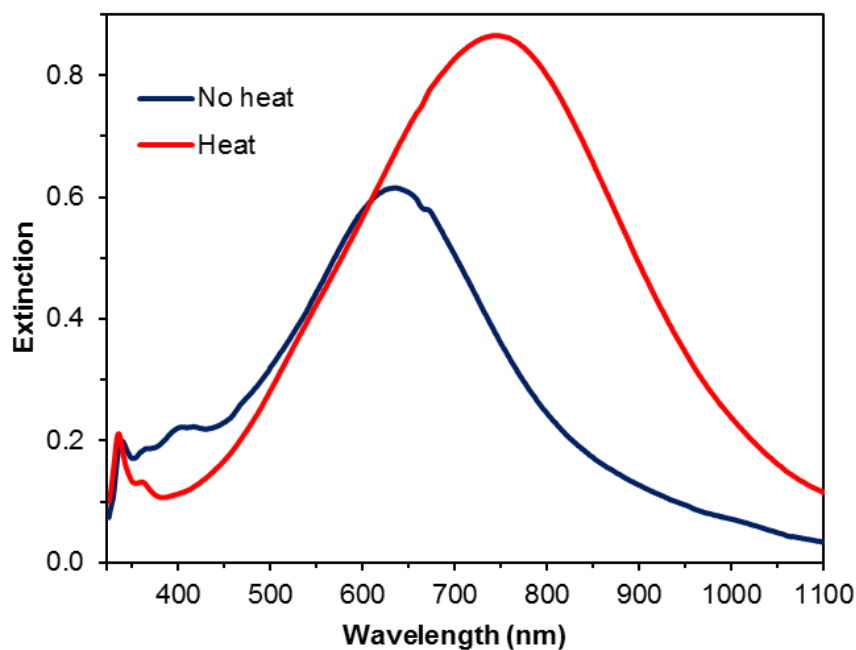
ดังนั้น พิกในรูปที่ 3.1 จึงสามารถบ่งบอกรูปทรง ขนาด และสีของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินที่สังเคราะห์ได้ โดยคอลลอยด์ที่สังเคราะห์ได้จะมีรูปทรงของอนุภาคเป็นทรงกลมทำให้สีของคอลลอยด์ที่สังเคราะห์ได้แสดงสีออกมาเป็นสีเหลือง ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 คอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินที่สังเคราะห์ได้ (A) ความเข้มข้น 1200 ppm, (B) เจือจางเหลือความเข้มข้น 30 ppm

3.2 ผลของอุณหภูมิของคอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินต่อการสังเคราะห์แผ่นนาโนเงิน

ในการสังเคราะห์แผ่นนาโนเงินด้วยอัตราส่วนโมลระหว่างอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็น 1:25 พบว่าแผ่นนาโนเงินที่ได้จากการสังเคราะห์ได้ มีพีคเกิดขึ้น 2 ช่วง คือที่ 400–402 และ 761–763 นาโนเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.3 (สีน้ำเงิน) จึงนำคอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินไปให้ความร้อนแล้วนำกลับมาทดลองอีกครั้ง พบว่าพีคของแผ่นนาโนเงินที่สังเคราะห์ได้มีการดูดกลืนแสงเกิดขึ้นที่ความยาวคลื่นที่ยาวขึ้น พีคเกิดขึ้นช่วงเดียวที่ 791–800 นาโนเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.4 (สีแดง) จึงคาดว่าอุณหภูมิของคอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินน่าจะมีผลต่อการสังเคราะห์แผ่นนาโนเงินทำให้เกิดการศึกษาผลของอุณหภูมิของคอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินต่อการสังเคราะห์แผ่นนาโนเงินขึ้น

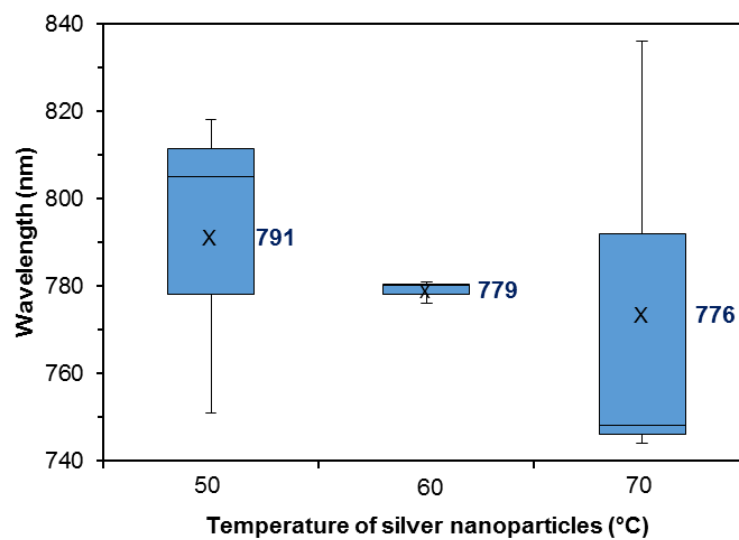


รูปที่ 3.3 สเปกตรัมยูวี-วิสิเบิลของแผ่นนาโนเงินที่สังเคราะห์ด้วยคอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินที่อุณหภูมิต่างกันในช่วง 325–1100 นาโนเมตร

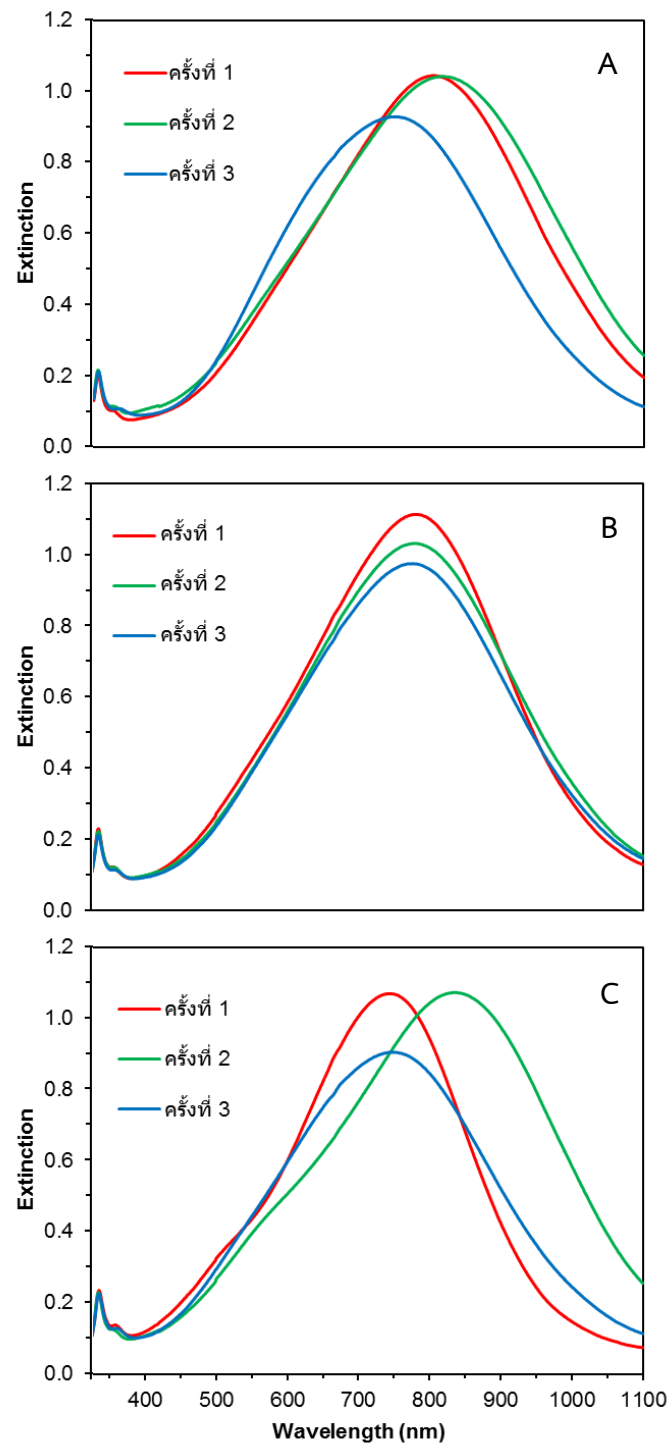
การศึกษาผลของอุณหภูมิของคอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินที่มีต่อการสังเคราะห์แผ่นนาโนเงินทำได้โดยสังเคราะห์แผ่นนาโนเงินด้วยอัตราส่วนโมลระหว่างอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็น 1:25 และทำการสังเคราะห์ที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส ได้ผลดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่าความยาวคลื่นการดูดกลืนแสงของแผ่นนาโนเงินที่สังเคราะห์ด้วยคอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน โดยเปรียบเทียบผลของการเพิ่มอุณหภูมิของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงิน

อุณหภูมิของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงิน (°C)	ค่าความยาวคลื่นการดูดกลืนแสงสูงสุด (nm)				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
50	805	818	751	791	36
60	781	780	776	779	3
70	744	836	748	776	52



รูปที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของคอลลอยด์อนุภาคนาโนเมตรของโลหะเงินกับความยาวคลื่นของแผ่นนาโนเงินที่สังเคราะห์ได้

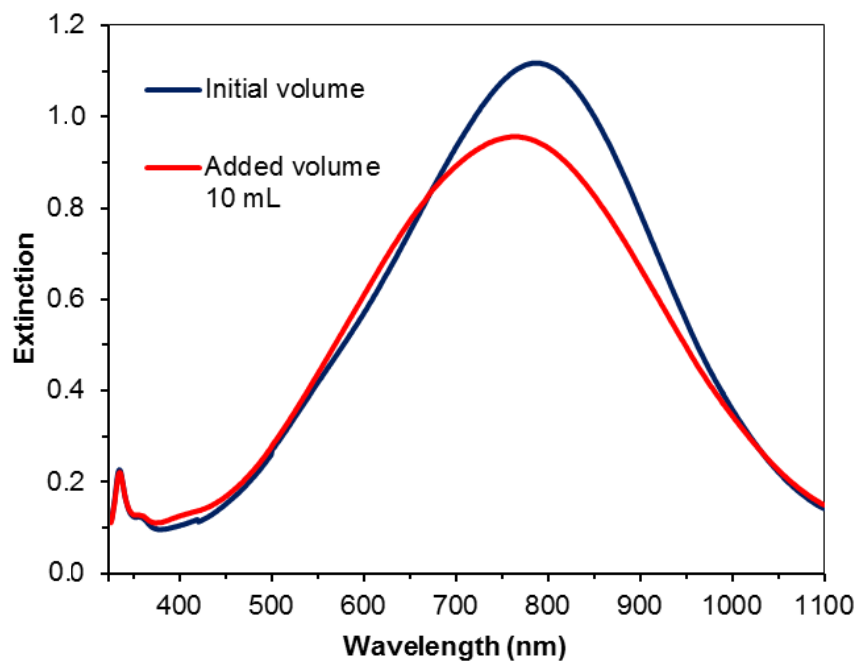


รูปที่ 3.5 สเปกตรัมยูวี-วิสิเบิลของแผ่นนาโนเงินที่สังเคราะห์ด้วยคอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของ โลหะเงินที่อุณหภูมิต่ำ (A) 50 อนุภาคเซลล์เซียส, (B) 60 อนุภาคเซลล์เซียส, (C) 70 อนุภาคเซลล์เซียส ในช่วง 325–1100 นาโนเมตร

จากผลการทดลองสังเคราะห์แผ่นนาโนเงินโดยการเพิ่มอุณหภูมิของคอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินพบว่า การเพิ่มอุณหภูมิของคอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินเป็น 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส ในการสังเคราะห์แผ่นนาโนเงิน ได้ค่าเฉลี่ยของความยาวคลื่นการดูดกลืนแสงสูงสุด เท่ากับ 791, 779 และ 776 นาโนเมตร ตามลำดับ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 36, 3 และ 52 นาโนเมตร ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3.1 จะเห็นได้ว่าการเพิ่มอุณหภูมิของคอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินที่ใช้ในการสังเคราะห์แผ่นนาโนเงินจะทำให้การดูดกลืนแสงเกิดขึ้นที่ความยาวคลื่นที่สั้นลง ดังแสดงในรูปที่ 3.4 แสดงว่าแผ่นนาโนเงินที่สังเคราะห์ได้มีขนาดเล็กลง เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงจะส่งผลให้อนุภาคมีพลังงานจลน์เพิ่มขึ้น ทำให้อนุภาคเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น ส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เร็วขึ้น จึงส่งผลให้อนุภาคนาโนของเงินถูกออกซิไดซ์กลายเป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็กที่เคลื่อนที่ไปรวมตัวกับอนุภาคขนาดใหญ่ได้เร็วขึ้น และเพิ่มโอกาสให้อนุภาครวมตัวกันได้ทุกอนุภาคอย่างเท่า ๆ กัน ทำให้อนุภาครวมตัวกันเสร็จเร็วขึ้น อนุภาคที่รวมตัวกันเร็วกว่าจึงมีขนาดเล็กกว่าเมื่อเทียบกับอนุภาคที่รวมตัวกันช้ากว่าในสถานะที่อุณหภูมิต่ำกว่า และเมื่ออนุภาคเล็กลงจะส่งผลให้การดูดกลืนแสงเกิดขึ้นที่ความยาวคลื่นที่สั้นลง ส่วนอุณหภูมิของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินที่เหมาะสมในการควบคุมการสังเคราะห์แผ่นนาโนเงินให้มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดในช่วง 750–800 นาโนเมตร สามารถใช้ได้ทุกอุณหภูมิที่ทดลอง แต่ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีความเหมาะสมที่สุด เพราะมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแคบที่สุดเมื่อเทียบกับที่อุณหภูมิ 50 และ 70 องศาเซลเซียส

3.3 ผลของปริมาตรของคอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินต่อการสังเคราะห์แผ่นนาโนเงิน

หลังจากที่ได้อัตราส่วนโดยโมลระหว่างอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็น 1:25 และอุณหภูมิของคอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินที่เหมาะสม ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มาแล้ว ต่อไปทำการเพิ่มขนาดของการทดลองให้ใหญ่ขึ้น เพื่อที่จะได้สังเคราะห์แผ่นนาโนเงินในแต่ละครั้งให้มีปริมาณมากขึ้น โดยการเพิ่มปริมาตรของคอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงิน และเพิ่มปริมาตรของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ แต่ยังคงอัตราส่วนโดยโมลให้คงเดิมไว้ พบว่าการดูดกลืนแสงเกิดขึ้นที่ความยาวคลื่นที่สั้นลง ดังแสดงในรูปที่ 3.6 จึงคาดว่าปริมาตรของคอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินน่าจะมีผลต่อการสังเคราะห์แผ่นนาโนเงินทำให้เกิดการศึกษาผลของปริมาตรของคอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินต่อการสังเคราะห์แผ่นนาโนเงินขึ้น

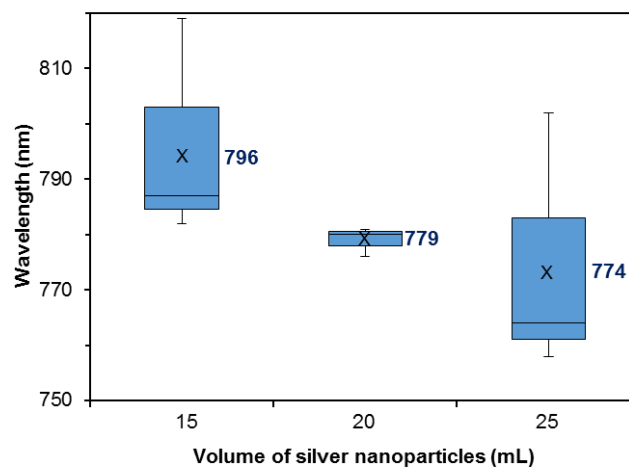


รูปที่ 3.6 สเปกตรัมยูวี-วิซิเบิลของแผ่นนาโนเงินที่สังเคราะห์ด้วยคอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินที่ปริมาตรต่างกันในช่วง 325–1100 นาโนเมตร

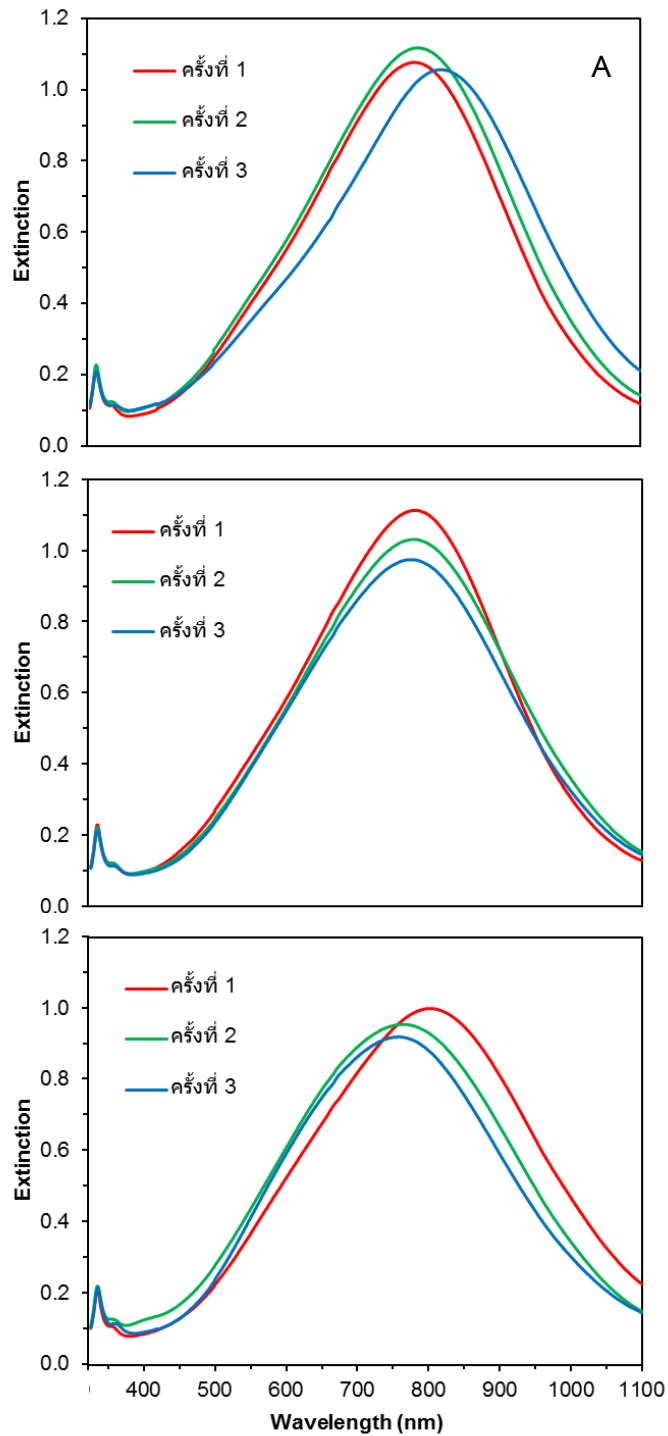
การศึกษาผลของปริมาตรของคอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินที่มีต่อการสังเคราะห์แผ่นนาโนเงินทำได้โดยสังเคราะห์แผ่นนาโนเงินด้วยอัตราส่วนโมลระหว่างอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินต่อไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็น 1:25 และทำการสังเคราะห์ที่ปริมาตร 15, 20 และ 25 มิลลิลิตร ได้ผลดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ค่าความยาวคลื่นการดูดกลืนแสงของแผ่นนาโนเงินที่สังเคราะห์ด้วยคอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินที่มีปริมาตรแตกต่างกัน โดยเปรียบเทียบผลของการเพิ่มปริมาตรของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงิน

ปริมาตรของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงิน (mL)	ค่าความยาวคลื่นการดูดกลืนแสงสูงสุด (nm)				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
15	782	787	819	796	20
20	781	780	776	779	3
25	802	764	758	774	24



รูปที่ 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของคอลลอยด์อนุภาคนาโนเมตรของโลหะเงินกับความยาวคลื่นของแผ่นนาโนเงินที่สังเคราะห์ได้



รูปที่ 3.8 สเปกตรัมยูวี-วิซิบิลของแผ่นนาโนเงินที่สังเคราะห์ด้วยคอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินที่ปริมาตร (A) 15 มิลลิลิตร, (B) 20 มิลลิลิตร, (C) 25 มิลลิลิตร ในช่วง 325–1100 นาโนเมตร

จากผลการทดลองสังเคราะห์แผ่นนาโนเงินโดยการเพิ่มปริมาตรของคอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินพบว่า การเพิ่มปริมาตรของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินเป็น 15, 20 และ 25 มิลลิลิตร ในการสังเคราะห์แผ่นนาโนเงิน ได้ค่าเฉลี่ยของความยาวคลื่นการดูดกลืนแสงสูงสุด เท่ากับ 796, 779 และ 774 นาโนเมตร ตามลำดับ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 20, 3 และ 24 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3.2 จะเห็นได้ว่าการเพิ่มปริมาตรของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินที่ใช้ในการสังเคราะห์แผ่นนาโนเงินจะทำให้การดูดกลืนแสงเกิดขึ้นที่ความยาวคลื่นที่สั้นลง ดังแสดงในรูปที่ 3.7 แสดงว่าแผ่นนาโนเงินที่สังเคราะห์ได้มีขนาดเล็กลง เนื่องจากการกำหนดอัตราส่วนโดยโมลที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา ทำให้เมื่อเพิ่มปริมาตรของคอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงิน จะต้องเพิ่มปริมาตรของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ให้ได้อัตราส่วนเท่าที่กำหนดไว้ด้วย ทำให้ปริมาตรรวมของคอลลอยด์มีปริมาตรเพิ่มขึ้น แต่เวลาที่ใช้ในการผสมเท่าเดิม เนื่องจากในการทดลองนี้มีการกำหนดเวลาในการผสมให้เท่ากันทุกครั้ง ส่งผลให้เวลาในการผสมไม่สอดคล้องกับปริมาตรของคอลลอยด์ การผสมสารในคอลลอยด์จึงไม่ทั่วถึง ทำให้อนุภาคที่สังเคราะห์ได้มีขนาดเล็กลง และเมื่ออนุภาคเล็กลงจะส่งผลให้การดูดกลืนแสงเกิดขึ้นที่ความยาวคลื่นที่สั้นลง ส่วนปริมาตรของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินที่เหมาะสมในการควบคุมการสังเคราะห์แผ่นนาโนเงินให้มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดในช่วง 750–800 นาโนเมตร คือ การใช้ปริมาตร 20 มิลลิลิตร เพราะมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแคบที่สุดเมื่อเทียบกับการใช้ปริมาตร 15 และ 25 มิลลิลิตร

บทที่ 4

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิของคอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงิน พบว่าเมื่ออุณหภูมิคอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินสูงขึ้น จะส่งผลให้การดูดกลืนแสงเกิดขึ้นที่ความยาวคลื่นที่สั้นลง

จากนั้นศึกษาผลของปริมาตรของคอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงิน พบว่าเมื่อปริมาตรคอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ได้การดูดกลืนแสงเกิดขึ้นที่ความยาวคลื่นที่สั้นลง

จากการสังเคราะห์แผ่นนาโนเงินในสภาวะต่าง ๆ พบว่าอุณหภูมิและปริมาตรของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินที่ทำให้การสังเคราะห์แผ่นนาโนเงินที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดในช่วง 750–800 นาโนเมตร มีความแม่นยำมากที่สุด คือ สภาวะที่ใช้คอลลอยด์อนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ทำให้ผลิตภัณฑ์ของบริษัท ไพรม์ นาโนเทคโนโลยี จำกัด มีสีที่หลากหลายมากขึ้น และมีความเชื่อมั่นในการผลิตสินค้าที่มีคุณภาพสีที่คงที่ทุกครั้ง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาปัจจัยที่ใช้ควบคุมการหยุดทำปฏิกิริยาของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่ม เนื่องจากไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่อยู่ในคอลลอยด์แผ่นนาโนเงินยังคงทำปฏิกิริยาต่อ ส่งผลให้ขนาดของอนุภาคใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้ค่าความยาวคลื่นการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บไว้นาน ๆ ซึ่งหากสามารถหยุดการทำปฏิกิริยาของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ได้ จะส่งผลให้ขนาดของอนุภาคคงเดิมไม่เปลี่ยนแปลง ทำให้สีของคอลลอยด์ไม่เปลี่ยนแม้จะเก็บไว้นาน ๆ
2. สามารถนำแนวโน้มของอุณหภูมิและปริมาตรของอนุภาคระดับนาโนเมตรของโลหะเงินที่มีผลต่อแผ่นนาโนเงิน ไปประยุกต์ใช้กับการสังเคราะห์แผ่นนาโนที่มีช่วงความยาวคลื่นอื่น ๆ ได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] M. Ahamed, M.S. Alsalhi, and M.K.J. Siddiqui, Silver nanoparticle applications and human health, *Clinica Chimica Acta*, 2010, 411, 1841-1848.
- [2] A.D. Ardianrama, Y.N. Wijaya, S.H. Hur, H. Woo, and M.H. Kim, Reshaping of triangular silver nanoplates by a non-halide etchant and its application in melamine sensing, *Journal of Colloid and Interface Science*, 2019, 552, 485-493.
- [3] K.B.A. Ahmed, R. Senthilnathan, and S. Megarajan, Sunlight mediated synthesis of silver nanoparticle using redox phytoprotein and their application in catalysis and colorimetric mercury sensing, *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 2015, 151, 39-45.
- [4] R. Fan, Y. Yang, J. xue, F. Zhang, J. Sun, H. Xu, and T. Jiang, Synthesis of photothermally stable triangular silver nanoplates for SERS applications, photokilling of bacteria, *CHEMNANOMAT*, 2019, 6, 148-153.
- [5] K.M.M. Abou El-Nour, A. Eftaiha, and A. Al-Warthan, Synthesis and application of silver nanoparticles, *Arabian Journal of Chemistry*, 2010, 3, 135-140.
- [6] T. Parnklang, C. Lerrtvachirapaiboon, P. Pienpinijtham, K. Wongravee, C. Thammacharoen, and S. Ekasit, H₂O₂-triggered shape transformation of silver nanospheres to nanoprisms with controllable longitudinal LSPR wavelengths, *RSC Advance*, 2013, 3, 12886-12894.
- [7] H. Liang, W. wang, Y. Huang, S. Zhang, H. Wei, and H. Xu, Controlled synthesis of uniform silver nanospheres, *The Journal of Physical Chemistry C*, 2010, 114, 7427-7431.
- [8] V.B. Arce, J.M.J. Santillan, D.M. Arboleda, D. Muraca, L.B. Scaffardi, and D.C. Schinca, Characterization and stability of silver nanoparticles in starch solution obtained by femtosecond laser ablation and salt reduction, *The Journal of Physical Chemistry C*, 2017, 121, 10501-10513.
- [9] L. Sun, Z.J. Zhang, Z.S. Wu, and H.X. Dang, Synthesis and characterization of DDP coated Ag nanoparticles, *Materials Science and Engineering A*, 2004, 379, 378-383.
- [10] H. Korbrkandi and S.Iranvani, Silver nanoparticles, *The Delivery of Nanoparticles*, InTech, 2012, <http://www.intechopen.com/books/the-delivery-ofnanoparticles/silvernanoparticles>.

- [11] S. K. Das and E. Marcili, Bioinspired metal nanoparticle: synthesis, properties and application, in *Nanotechnology and Nanomaterials*, 2011, 11, 253–278.
- [12] H. Wang, X. Qiao, J. Chen, and S. Ding, Preparation of silver nanoparticles by chemical reduction method, *Colloids Surf. A*, 2005, 256, 111–115.
- [13] P. Raveendran, J. Fu, and S.L. Wallen, Completely “green” synthesis and stabilization of metal nanoparticles, *J. Am. Chem. Soc.*, 2003, 125, 13940–13941.
- [14] T. Parnklang, H. Gatemala, C. Thammacharoen, S. Kuimalee, B. Lohwongwatana, B. Lamlua, and S. Ekgasit, “Shape transformation of silver nanospheres to silver nanoplates induced by redox reaction of hydrogen peroxide”, *Material Chemistry and Physics*, 2015, 153, 127-134.
- [15] C.D. Pascual and P.S. Paternault, Sustainable processing and nanomanufacturing, *Supercritical Fluid Nanotechnology*, 2015, 1, 1-18.

ประวัติผู้วิจัย

นายธีรศิลป์ จิตพลี เกิดเมื่อวันที่ 11 เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2542 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษา
ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนฤทธิยะวรรณาลัย จังหวัดกรุงเทพมหานคร เมื่อปีการศึกษา 2559 เข้า
ศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2560 ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้ บ้านเลขที่ 489/37 แขวงสายไหม เขตสายไหม
จังหวัดกรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10220 อีเมล moodear42ppppp@gmail.com