



อนุสิทธิบัตร

อาศัยอำนาจตามความในพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ. 2522
แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2542
บทตีกรมทรัพย์สินทางปัญญาออกอนุสิทธิบัตรฉบับนี้ให้แก่

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

สำหรับการประดิษฐ์ตามรายละเอียดการประดิษฐ์ ข้อถ้อยสิทธิ และรูปเขียน (ถ้ามี)
ตามกฎหมายในอนุสิทธิบัตรนี้

เลขที่คำขอ 1503001874
ขอรับอนุสิทธิบัตร 2 พฤศจิกายน 2558
ประดิษฐ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ภาณุ ด่านวานิชกุล และคณะ
แสดงถึงการประดิษฐ์ กรรมวิธีการผลิตอนุภาคนาโนของเงินจากหางน้ำยางธรรมชาติ
และอนุภาคนาโนของเงินโดยกรรมวิธีนี้



ให้ผู้ทรงอนุสิทธิบัตรและหน้าที่ตามกฎหมายว่าด้วยสิทธิบัตรทุกประการ

ออกให้ ณ วันที่ 31 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2559

หมดอายุ ณ วันที่ 1 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2564



(ลงชื่อ).....

(นายสุภวัฒน์ สังวณติกุล)
รองอธิบดีกรมทรัพย์สินทางปัญญา ปฏิบัติราชการแทน
อธิบดีกรมทรัพย์สินทางปัญญา
ผู้ออกอนุสิทธิบัตร



พนักงานเจ้าหน้าที่

- หมายเหตุ
1. ผู้ทรงอนุสิทธิบัตรต้องชำระค่าธรรมเนียมรายปีเริ่มแต่ปีที่ 5 ของอายุสิทธิบัตร มิฉะนั้น อนุสิทธิบัตรจะสิ้นสุดอายุ
 2. ผู้ทรงอนุสิทธิบัตรจะขอชำระค่าธรรมเนียมรายปีล่วงหน้าโดยชำระทั้งหมดในคราวเดียวกันก็ได้
 3. ภายใน 90 วันก่อนวันสิ้นสุดอายุอนุสิทธิบัตร ผู้ทรงอนุสิทธิบัตรมีสิทธิขอต่ออายุอนุสิทธิบัตรได้ 2 ครั้ง มีกำหนดคราวละ 2 ปี โดยยื่นคำขอต่ออายุ ต่อพนักงานเจ้าหน้าที่
 4. การอนุญาตให้ใช้สิทธิตามอนุสิทธิบัตรและการโอนอนุสิทธิบัตรต้องทำเป็นหนังสือและจดทะเบียนต่อพนักงานเจ้าหน้าที่

รายละเอียดการประดิษฐ์

ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์

กรรมวิธีการผลิตอนุภาคนาโนของเงินจากทางน้ำยางธรรมชาติ
และอนุภาคนาโนของเงิน โดยกรรมวิธีนี้

5 ลักษณะและความมุ่งหมายของการประดิษฐ์

อนุภาคนาโนของเงิน (silver nanoparticle) ถูกสังเคราะห์ด้วยวิธีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (green synthesis) ผ่านปฏิกิริยารีดักชัน (reduction reaction) ที่อุณหภูมิห้อง (room temperature) โดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรต (silver nitrate: AgNO_3) เป็นแหล่งของซิลเวอร์ไอออน (Ag^+) และใช้ทางน้ำยางธรรมชาติ (skim natural rubber latex) เป็นแหล่งของตัวรีดิวซ์ (reduce) ที่ให้อิเล็กตรอน (e^-) กับ ซิลเวอร์ไอออนเพื่อให้เกิดเป็นอนุภาคนาโนของเงิน (Ag^0) ทั้งยังเป็นแหล่งของตัวстаบิไลซ์ (stabilizer) ที่ทำหน้าที่ควบคุมขนาดของอนุภาคที่เกิดขึ้นอีกด้วย

ปัจจุบันวิธีการสังเคราะห์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมกำลังได้รับความสนใจอย่างมาก ดังนั้นความมุ่งหมายของการประดิษฐ์นี้คือ การสังเคราะห์อนุภาคนาโนของเงินด้วยวิธีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยใช้ทางน้ำยางธรรมชาติในการสังเคราะห์ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งเป็นการใช้สารจากธรรมชาติทดแทนสารเคมีจากโรงงานอุตสาหกรรม จึงเป็นหนทางเพิ่มมูลค่าของทางน้ำยาง

15 นอกจากนี้การสังเคราะห์ที่อุณหภูมิห้องนั้นไม่ต้องใช้พลังงานความร้อนช่วย จึงเป็นการประหยัดพลังงาน และอนุภาคที่ได้มีคุณสมบัติในการยับยั้งแบคทีเรียที่มักพบในชีวิตประจำวัน

สาขาวิทยาการที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์

สาขาวิศวกรรมเคมี ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์อนุภาคนาโนของเงิน

20 ภูมิหลังของศิลปะหรือวิทยาการที่เกี่ยวข้อง

อนุภาคนาโนของเงินมีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงมีการนำไปใช้ร่วมกับกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลาย เพื่อเพิ่มคุณสมบัติพิเศษให้กับผลิตภัณฑ์ อนุภาคนาโนของเงินสามารถสังเคราะห์ได้หลายวิธี โดยวิธีที่ได้รับความนิยมอย่างมากคือการสังเคราะห์ด้วยปฏิกิริยารีดักชันของซิลเวอร์ไนเตรต โดยใช้สารที่ทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์เพื่อให้เกิดเป็นอนุภาคนาโนของเงิน แหล่งของตัวรีดิวซ์ส่วนมากจะเป็นสารเคมีที่ขายเชิงพาณิชย์ซึ่งจะเป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมหากเกิดการรั่วไหล อีกทั้งการสังเคราะห์มักทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูงทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน ส่งผลให้ในปัจจุบันวิธีการสังเคราะห์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมีแนวโน้มได้รับความสนใจมากขึ้น และเมื่อพิจารณาองค์ประกอบต่างๆ ใน

25

5 น้ำยางธรรมชาติ (natural rubber latex) พบว่าโดยทั่วไปน้ำยางธรรมชาติที่เพิ่งกรีดออกจากต้นยาง หรือที่เรียกว่า น้ำยางสด (fresh natural rubber latex) จะมีลักษณะสีขาวขุ่นมีสมบัติเป็นคอลลอยด์ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเนื้อยางประมาณ 35% และส่วนที่ไม่ใช่เนื้อยาง (non-rubber) ประมาณ 65% ในส่วนที่เป็นเนื้อยางจะเป็นอนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในน้ำยาง และไม่ละลาย

10 น้ำ เนื้อยางถูกห่อหุ้มด้วยชั้นของสารกลุ่มไขมันและโปรตีน ส่วนที่ไม่ใช่เนื้อยางมีส่วนของลูทอยด์ (lutoid) และส่วนที่เป็นน้ำหรือเซรัม (serum) ประกอบด้วยสารกลุ่มคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และ กรดอะมิโน ส่วนประกอบที่ไม่ใช่ยางเหล่านี้ของน้ำยางธรรมชาติสามารถทำปฏิกิริยารีดักชันกับ ซิลเวอร์ไนเตรตได้ นอกจากนี้แอมโมเนียที่เติมหลังการกรีดน้ำยางเพื่อเป็นการรักษาสภาพของน้ำ

15 ยางยังสามารถทำหน้าที่สร้างสารประกอบเชิงซ้อนไดอะมีนซิลเวอร์ไอออน(I) (Diamminesilver (I) ion: $(Ag(NH_3)_2)^+$) ก่อนรับอิเล็กตรอนจากสารกลุ่มคาร์โบไฮเดรต อาทิเช่น กลูโคส ภายในน้ำ ยางธรรมชาติเพื่อเกิดเป็นอนุภาคนาโนของเงินได้ นอกจากนี้ยังมีรายงานการวิจัยว่าแอมโมเนีย และกลูโคสสามารถทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์โดยตรงให้กับซิลเวอร์ไอออน และบางรายงานกล่าวว่า

20 โปรตีนมีคุณสมบัติในการเป็นตัวสติวบิลไลซ์เพื่อควบคุมขนาดของอนุภาคที่เกิดขึ้น เมื่อไม่นานมานี้ ได้มีการเผยแพร่รายงานการวิจัยเรื่อง Green synthesis of colloidal silver nanoparticles using rubber latex extracted from *Hevea brasiliensis* ของ Guidelli และคณะ ซึ่งถูกตีพิมพ์ใน

25 วารสารวิชาการ Spectrochimica Acta Part A ฉบับที่ 82 หน้า 140-145 ปี 2554 ได้สังเคราะห์ อนุภาคนาโนของเงินในระบบน้ำยางธรรมชาติ โดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรตเป็นสารตั้งต้น และใช้น้ำยางข้น (concentrated natural rubber latex) เป็นแหล่งของตัวรีดิวซ์ ที่อุณหภูมิ 100 องศา

30 เซลเซียส (°C) พบว่าได้อนุภาคนาโนของเงินที่มีลักษณะเป็นทรงกลมและมีขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 2-100 นาโนเมตร (nm) แต่เนื่องจากน้ำยางข้นเป็นสารตั้งต้นในการผลิต ผลิตภัณฑ์ภายในกระบวนการผลิตแบบจุ่ม เช่น ถุงมือยาง จุกนมยาง ถุงยางอนามัย เป็นต้น น้ำยาง

ข้นสามารถผลิตได้จากน้ำยางสดด้วยกระบวนการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบสูง ซึ่งในกระบวนการ นี้จะได้น้ำยางข้นที่มีปริมาณเนื้อยาง (dry rubber content: DRC) ประมาณ 60% และผลพลอยได้

35 จากการผลิตคือ ส่วนของหางน้ำยาง (skim natural rubber latex) ที่มีปริมาณเนื้อยางประมาณ 5% ในบางอุตสาหกรรมนั้น หางน้ำยางจะนำไปผลิตเป็นสกริมเครพ หรือผลิตภัณฑ์อื่นซึ่งมีมูลค่าต่ำ แต่ในอุตสาหกรรมขนาดเล็กหางน้ำยางจะถูกปล่อยทิ้งไป เนื่องจากมีปริมาณเนื้อยางน้อยและมี

สารที่ไม่ใช่ยางในปริมาณมากจึงไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากเท่าที่ควร ซึ่งเป็นการสร้าง

มลภาวะและเป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากรโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้นการประดิษฐ์นี้จึงมุ่งเน้นและ

40 ให้ความสนใจกับส่วนของหางน้ำยางเนื่องจากองค์ประกอบของหางน้ำยางเหมือนกับน้ำยางข้นแต่

มีความเข้มข้นของเนื้อยางและสารที่ไม่ใช่ยางต่างกัน โดยหางน้ำยางมีเนื้อยางน้อยแต่มีสารที่ไม่ใช่

ยางที่ละลายอยู่ในส่วนของน้ำเซรัมมากกว่าน้ำยางข้นทำให้การสังเคราะห์อนุภาคนาโนของเงิน

เกิดได้ดีกว่าในน้ำยางข้น

การเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

1.วิธีการประดิษฐ์

1.1 อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้

1.1.1 วัสดุ และอุปกรณ์

5 - ถุงไดอะไลซิส (Dialysis tube, Molecular weight cut-off: MWCO = 12-14 kD)

1.1.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

- หางน้ำยาง และน้ำยางข้น

- ซิลเวอร์ไนเตรต ($AgNO_3$)

- กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid: H_2SO_4)

10 - น้ำกลั่น (Distilled) หรือน้ำระบบรีเวิร์ส ออสโมซิส (Reverse osmosis, RO)

หรือน้ำดีไอออไนซ์ DI (Deionized)

1.2 วิธีการ

1.2.1 การหาปริมาณเนื้อยางแห้งในหางน้ำยาง (Dry rubber content: DRC)

15 ชั่งน้ำหนักน้ำยาง 5.0 กรัม (g) ลงบนจานแก้วกลม และจดบันทึกน้ำหนัก ก่อนเติมกรดซัลฟิวริก ความเข้มข้น 2% (w/v) ปริมาณ 2-3 มิลลิลิตร (ml) เพื่อจับก้อนยาง จากนั้นนำก้อนยางที่ได้ไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ($^{\circ}C$) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักยางแห้งและคำนวณปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางจากสูตร

$$DRC = \frac{\text{น้ำหนักหางน้ำยางอบแห้งหลังจากจับยาง} \times 100}{\text{น้ำหนักหางน้ำยางเริ่มต้น}}$$

20 1.2.2 การสังเคราะห์อนุภาคนาโนของเงินในหางน้ำยางธรรมชาติที่อุณหภูมิห้อง

เตรียมสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต ความเข้มข้น 8 มิลลิโมลต่อลิตร ($mmol/dm^3$) หรือ 0.13 % จากนั้นผสมสารละลายซิลเวอร์ไนเตรตกับหางน้ำยาง เพื่อให้ได้สารละลายที่มีความเข้มข้นของซิลเวอร์ไนเตรตเท่ากับ 0.6-2.4 มิลลิโมลต่อลิตร และใช้ความเข้มข้นของหางน้ำยางเท่ากับ 0.03-0.20 %เนื้อยางแห้ง แล้วนำสารละลายที่ได้ไปกวนที่ความเร็ว 100 รอบต่อนาที (rpm) เป็นเวลา 15 และ 30 นาที โดยสารละลายจะเปลี่ยนจากสีขาวขุ่นเป็นสีเหลืองอ่อน วัดค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) และค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance: ABS) ของสารแขวนลอยที่ความยาวคลื่น 350-600 นาโนเมตรก่อนจะบีบเปิดไปใส่ในถุงไดอะไลซิสที่มีขนาดรูเล็กรูผ่าน (Molecular weight cut-off: MWCO) เท่ากับ 12-14 กิโลดาลตัน (kD) แล้วนำถุงไดอะไลซิสไปแช่ในบีกเกอร์ที่มีน้ำกลั่น โดยอัตราส่วนระหว่างสารละลายภายในถุงไดอะไลซิสต่อน้ำกลั่นเท่ากับ 1 ต่อ 30 พร้อมกับกวนด้วยความเร็วต่ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง หลังจาก 24 ชั่วโมง นำสารแขวนลอยที่ได้ไปวัดค่าการนำไฟฟ้า ค่าความเป็นกรดต่าง และค่าการดูดกลืนแสงอีกครั้ง

30

เก็บตัวอย่างที่ได้ไปทดสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (Transmission electron microscope: TEM)

1.2.3 การเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน

5 เริ่มต้นด้วยการปิเปตสารแขวนลอยปริมาตร 2,000 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลอด
เซนตริฟิวจ์ขนาดเล็กก่อนจะเติมน้ำกลั่นลงไป 1,000 ไมโครลิตร แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว
รอบ 13,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นปิเปตของเหลวที่อยู่ด้านบนออก ให้เหลือ
เฉพาะตะกอนของอนุภาคนาโนของเงินเท่านั้น จากนั้นเติมน้ำกลั่นปริมาตร 200 ไมโครลิตร แล้ว
10 เขย่าด้วยเครื่องเขย่าสาร (Vortex mixture) เพื่อให้ตะกอนกระจายตัวเป็นสารแขวนลอยอีกครั้ง
แล้วจึงเก็บ หลอดเซนตริฟิวจ์ที่อุณหภูมิต่ำ ก่อนจะปิเปตตัวอย่างใส่กริด แล้วนำไปตรวจสอบ
ลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน

1.2.4 การเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบคุณสมบัติในการยับยั้งแบคทีเรียของอนุภาคนาโนของเงินที่สังเคราะห์ได้

15 เริ่มต้นด้วยการปิเปตสารแขวนลอยปริมาตร 10 มิลลิลิตร และจะเติมน้ำกลั่น
ลงไป 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 13,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที
หลังจากนั้นปิเปตของเหลวที่อยู่ด้านบนออก ให้เหลือเฉพาะตะกอนของอนุภาคนาโนของเงิน
เท่านั้น ก่อนจะเจือจางด้วยน้ำปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วเขย่าด้วยเครื่องเขย่าสาร แล้วนำไปทดสอบ
20 คุณสมบัติในการยับยั้งแบคทีเรียชนิดเอสเชอริเชีย โคลิ (*Escherichia coli* ATCC 25922, gram
negative) และอีกชนิดคือสแตปฟีโลคอคคัส ออเรียส (*Staphylococcus aureus* ATCC 6538P,
gram positive) ด้วยวิธีการวัดขนาดขอบเขตใส (Performance standards for antimicrobial disk
susceptibility tests or Clear zone test) โดยไม่มีการทำให้ตัวอย่างปราศจากเชื้อ ใช้ยาปฏิชีวนะเจน
ตามัยซิน (Gentamicin) สำหรับเชื้อแบคทีเรียเอสเชอริเชีย โคลิ และแวนโคมัยซิน (Vancomycin)
25 สำหรับเชื้อแบคทีเรียสแตปฟีโลคอคคัส ออเรียสเป็นตัวเทียบ (Positive control) และหยดสาร
แขวนลอยลงบนแผ่นตัวอย่างกลม (disk) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร โดยใช้ปริมาตร
40 ไมโครลิตร ต่อ 1 แผ่นตัวอย่าง

1.2.5 การหาค่าผลผลิตร้อยละ (%Yield) ของอนุภาคนาโนของเงินที่ได้

การหาค่าผลผลิตร้อยละของอนุภาคนาโนของเงินที่สังเคราะห์โดยใช้ความเข้มข้นของซิลเวอร์ไนเตรดเท่ากับ 1.2 มิลลิโมลต่อลิตร และหางน้ำยงที่มีปริมาณเนื้อเยื่อแห้ง

เท่ากับ 0.05% โดยหลังจากการทำไออะไลซิส ปิเปตสารแขวนลอยปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 13,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นปิเปตของเหลวที่อยู่ด้านบนออกให้เหลือเฉพาะตะกอนของอนุภาคนาโนของเงินเท่านั้น ทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้องแล้วนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาค่าผลผลิตร้อยละจากสมการ

5

$$\%Yield = \frac{\text{น้ำหนักของอนุภาคนาโนของเงินที่ได้}}{\text{น้ำหนักของซิลเวอร์ไอออนเริ่มต้นน้ำ}} \times 100$$

2. ผลการทดลอง

2.1 ผลการสังเคราะห์อนุภาคนาโนของเงินในทางน้ำยงที่อุณหภูมิห้อง

10 การสังเคราะห์อนุภาคนาโนของเงินในทางน้ำยงที่อุณหภูมิห้อง โดยผสมซิลเวอร์ไนเตรด ที่มีความเข้มข้นเริ่มต้น 8 มิลลิโมลต่อลิตร กับทางน้ำยงเจือจาง เพื่อให้ในระบบมีปริมาณเนื้อยงแห้งเท่ากับ 0.08% และมีความเข้มข้นของซิลเวอร์ไอออนเท่ากับ 1.2 มิลลิโมลต่อลิตร แล้วนำไปกวนที่ความเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 15 และ 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง หรือประมาณ 26 องศาเซลเซียส พบว่าสารผสมเปลี่ยนจากสีขาวขุ่นเป็นสีเหลืองอ่อน เป็นการแสดงว่ามีอนุภาคนาโนของเงินเกิดขึ้นและมีสีที่เข้มขึ้นเมื่อใช้ระยะเวลาสังเคราะห์นานขึ้น ดังรูปที่ 1(ก) และค่าการดูดกลืนแสงของสารแขวนลอยของอนุภาคนาโนของเงินจะแตกต่างจากค่าการดูดกลืนแสงของทางน้ำยงเจือจาง 0.08 %เนื้อยงแห้ง และซิลเวอร์ไนเตรดเข้มข้น 1.2 มิลลิโมลต่อลิตรอย่างชัดเจน โดยปรากฏค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น (wavelength) 350, 360 และ 15 370 นาโนเมตร เมื่อใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาเท่ากับ 0, 15 และ 30 นาที ตามลำดับ ดังรูปที่ 1(ข) โดยการเลื่อนของค่าสูงสุดจาก 350 ไปเป็น 360 และ 370 นาโนเมตร แสดงว่าอนุภาคมีขนาดใหญ่ขึ้น นอกจากนี้ความสูงของค่าสูงสุดจะสูงขึ้นตามระยะเวลาด้วย แสดงว่าอนุภาคมีปริมาณมากขึ้นหรือขนาดใหญ่ขึ้นไม่มากนัก เมื่อระยะเวลาผ่านไปพบค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้น ดังรูปที่ 1(ค) แสดงว่าเกิดอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ขึ้นหรือปริมาณเพิ่มขึ้น เนื่องจากอนุภาคนาโนของเงินที่เกิดขึ้นได้ไปเหนี่ยวนำให้ไอออนต่างๆ ในระบบสามารถเคลื่อนที่ได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้มีค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้น และยังพบว่าค่าความเป็นกรดต่างลดต่ำลง ดังรูปที่ 1(ค) เนื่องจากแอมโมเนียถูกใช้ในการทำปฏิกิริยากับซิลเวอร์ไอออนเพื่อเกิดเป็นไออะไมนซิลเวอร์ไอออน ($Ag(NH_3)_2^+$) ก่อนจะได้รับอิเล็กตรอนจากตัวรีดิวซ์เกิดเป็นอนุภาคนาโนของเงิน ดังสมการเคมีในรูปที่ 1(ง) และแอมโมเนียบางส่วนอาจจะหายไประหว่างทำปฏิกิริยา รวมทั้งแอมโมเนียยังอาจทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์โดยตรงให้กับซิลเวอร์ไอออนด้วย

30 นอกจากปัจจัยทางด้านระยะเวลาแล้ว พบว่ายังมีปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการสังเคราะห์อนุภาคนาโนของเงินในทางน้ำยงที่อุณหภูมิห้อง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1

ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์อนุภาคนาโนของเงินในทางน้ำยงที่อุณหภูมิห้อง

ปัจจัย	ขนาดและปริมาณ ของอนุภาค	เหตุผล
ระยะเวลา ทำปฏิกิริยา	เพิ่มขึ้นตาม ระยะเวลาทำปฏิกิริยา	ปฏิกิริยาดำเนินต่อไปเรื่อยๆ ถ้ายังมีสารตั้งต้น
ซิลเวอร์ไอออน	เพิ่มขึ้นตาม ปริมาณซิลเวอร์ไอออน	ซิลเวอร์ไอออนเป็นสารตั้งต้น
เนื้อยางแห้ง (ปรับด้วยการเจือ จางด้วยน้ำ)	เพิ่มขึ้นตาม ปริมาณเนื้อยางแห้ง	เป็นการเพิ่มปริมาณ แอมโมเนียซึ่งเป็นตัวรีดิวซ์หรือเกิดเป็น ไดอะมินซิลเวอร์ไอออน, กลูโคส ซึ่งเป็นตัวรีดิวซ์ และโปรตีนซึ่งเป็นตัวстаบิไลซ์ (โดยโปรตีนส่งผลน้อยกว่า)
แอมโมเนีย	เพิ่มขึ้นตาม ปริมาณแอมโมเนีย	แอมโมเนียเป็นตัวรีดิวซ์ หรือเกิดเป็นไดอะมินซิลเวอร์ไอออนก่อน ได้รับอิเล็กตรอน
กลูโคส	เพิ่มขึ้นตาม ปริมาณกลูโคส	กลูโคสเป็นตัวรีดิวซ์
โปรตีน	ลดลงตาม ปริมาณโปรตีน	โปรตีนเป็นตัวстаบิไลซ์ โดยไปสร้างรีเวิร์สไมเซลล์ (reverse micelle) ทำให้มีปริมาณของซิลเวอร์ไอออนที่จำกัด
ถุงไดอะไลซิส	เป็นการควบคุมให้ขนาดโต ช้าลงและปริมาณเพิ่มขึ้นไม่ มาก	การทำไดอะไลซิส เป็นการเจือจางสารที่ มีขนาดเล็กกว่ารูพรุนของถุงไดอะไลซิส ได้แก่ แอมโมเนีย กลูโคส โปรตีนและ ไอออนต่างๆ จึงเกิดปฏิกิริยาต่อไปอย่างช้าๆ
ระยะเวลาที่เก็บ	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ตามระยะเวลาที่เก็บ	อนุภาคเกิดการรวมตัวกัน และสารตั้งต้นที่ เหลือจากการการทำไดอะไลซิสอาจทำ ปฏิกิริยาต่อไป

2.2 ผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของอนุภาคนาโนของเงินที่สังเคราะห์ได้

การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของอนุภาคนาโนของเงินที่สังเคราะห์ได้ โดยการสังเคราะห์อนุภาคภายใต้สภาวะที่คาดว่าน่าจะได้อนุภาคที่มีขนาดเล็กที่สุดหรือสภาวะที่ดีที่สุดคือใช้หางน้ำยางที่มี %เนื้อยางแห้ง เริ่มต้นเท่ากับ 4.82 มี %แอมโมเนีย เท่ากับ 0.057, ปริมาณโปรตีนและปริมาณกลูโคสในน้ำเซรั่มเริ่มต้นเท่ากับ 7.26 โมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และ 0.04 กรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับจากนั้นนำไปเจือจางให้มี %เนื้อยางแห้ง เท่ากับ 0.05 และนำไปทำปฏิกิริยากับซิลเวอร์ไนเตรต 8 มิลลิโมลต่อลิตร เพื่อให้มีความเข้มข้นของซิลเวอร์ไอออนเท่ากับ 1.2 มิลลิโมลต่อลิตร ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 26 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 นาที และเมื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของอนุภาคนาโนของเงินที่สังเคราะห์ได้โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านพบว่าอนุภาค ณ วันสังเคราะห์มีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 13.9 นาโนเมตร ดังรูปที่ 2(ก-ข) มีผลผลิตร้อยละ 56.67 หลังจากการทำไคอะไลซิส พบว่าอนุภาคมีขนาดเฉลี่ยใหญ่ขึ้นเป็น 89.3 นาโนเมตร ดังรูปที่ 2(ค) และมีฟิล์มบางหนาประมาณ 14 นาโนเมตร ล้อมรอบอนุภาคอยู่ มีผลผลิตร้อยละ 83.08 และจากภาพของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน ณ วันสังเคราะห์ พบว่ากราฟการกระจายตัวของขนาดมีลักษณะเบ้ขวา แสดงว่าอนุภาคส่วนใหญ่มีขนาดเล็ก ดังรูป 2(ง)

2.3 ผลการศึกษาคูณสมบัติในการยับยั้งแบคทีเรียของอนุภาคนาโนของเงินที่สังเคราะห์ได้

การศึกษาคูณสมบัติในการยับยั้งแบคทีเรียของอนุภาคนาโนของเงินที่สังเคราะห์ได้ โดยการสังเคราะห์อนุภาคภายใต้สภาวะที่คาดว่าน่าจะได้อนุภาคที่มีขนาดเล็กที่สุดเช่นเดียวกับการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา จากนั้นนำอนุภาคที่ได้ไปทดสอบด้วยวิธีการวัดขนาดขอบเขตใส (Performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests or Clear zone test) โดยทดสอบคูณสมบัติในการยับยั้งเชื้อเอสเชอริเชีย โคลิ (*Escherichia coli* ATCC 25922, Gram negative) และ สแตปฟีโลค็อกคัส ออเรียส (*Staphylococcus aureus* ATCC 6538P, Gram positive) โดยไม่มีการทำให้ตัวอย่างปราศจากเชื้อ ซึ่งในเชื้อเอสเชอริเชีย โคลิ จะมีตัวคอนโทรลเป็นยาปฏิชีวนะเงินตามycin และใน สแตปฟีโลค็อกคัส ออเรียส จะคอนโทรลด้วยแวน โคมัยซิน จากการทดสอบพบว่าอนุภาคที่มีขนาดเฉลี่ย 13.9 นาโนเมตร ณ วันสังเคราะห์ ปริมาณ 40 ไมโครกรัม มีระยะการยับยั้งเชื้อชนิดเอสเชอริเชีย โคลิ เท่ากับ 8 มิลลิเมตร และสแตปฟีโลค็อกคัส ออเรียส เท่ากับ 8 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3(ก-ข) และหลังกรองด้วยถุงไคอะไลซิสอนุภาคมีขนาดเฉลี่ย 89.3 นาโนเมตร ปริมาณ 40 ไมโครกรัม มีระยะการยับยั้งเชื้อชนิดเอสเชอริเชีย โคลิ เท่ากับ 8 มิลลิเมตร และสแตปฟีโลค็อกคัส ออเรียส เท่ากับ 8 มิลลิเมตร เช่นกัน ดังรูปที่ 3(ค-ง)

2.4 ผลการเปรียบเทียบการสังเคราะห์อนุภาคนาโนของเงินในน้ำยางข้นและหางน้ำยางที่
อุณหภูมิห้อง

- 5 การเปรียบเทียบการสังเคราะห์อนุภาคนาโนของเงินในน้ำยางข้นและหางน้ำยางที่
อุณหภูมิห้อง โดยการสังเคราะห์อนุภาคภายใต้สภาวะเดียวกัน พบว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาของ
การสังเคราะห์อนุภาคนาโนของเงินในน้ำยางข้นที่อุณหภูมิห้องนั้นเกิดช้ามาก เมื่อเทียบกับในหาง
น้ำยาง เนื่องจากค่าการดูดกลืนแสงของสารแขวนลอยของอนุภาคนาโนของเงินที่ใช้หางน้ำยาง
แตกต่างจากค่าการดูดกลืนแสงของหางน้ำยางเจือจางอย่างเห็นได้ชัด เพราะว่าหางน้ำยางมี
องค์ประกอบส่วนที่ไม่ใช่ยาง (Non-rubber part) มากกว่าในน้ำยางข้น จึงเหมาะสมมากกว่าที่จะ
นำมาสังเคราะห์อนุภาคนาโนของเงิน

10 คำอธิบายรูปเขียน โดยย่อ

- รูปที่ 1 แสดงผลการทดลองเมื่อใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาแตกต่างกัน
รูปที่ 2 แสดงภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ชนิดส่องผ่าน
รูปที่ 3 แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติในการต้านเชื้อแบคทีเรีย

วิธีการในการประดิษฐ์ที่ดีที่สุด

- 15 ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อการเปิดเผยการประดิษฐ์โดยสมบูรณ์

ข้อถ้อยสิทธิ

1. กรรมวิธีการผลิตอนุภาคนาโนของเงินจากหางน้ำยางธรรมชาติ ตามการประดิษฐ์ มีขั้นตอนดังนี้

5 ก. ผสมสารละลายซิลเวอร์ไนเตรดกับสารละลายหางน้ำยางเจือจางเพื่อให้ได้สารละลายหรือสารแขวนลอยที่มีความเข้มข้นของซิลเวอร์ไนเตรดเท่ากับ 0.6 - 2.4 มิลลิโมลต่อลิตรและความเข้มข้นของหางน้ำยางเท่ากับ 0.03 - 0.20 %เนื้อยางแห้ง

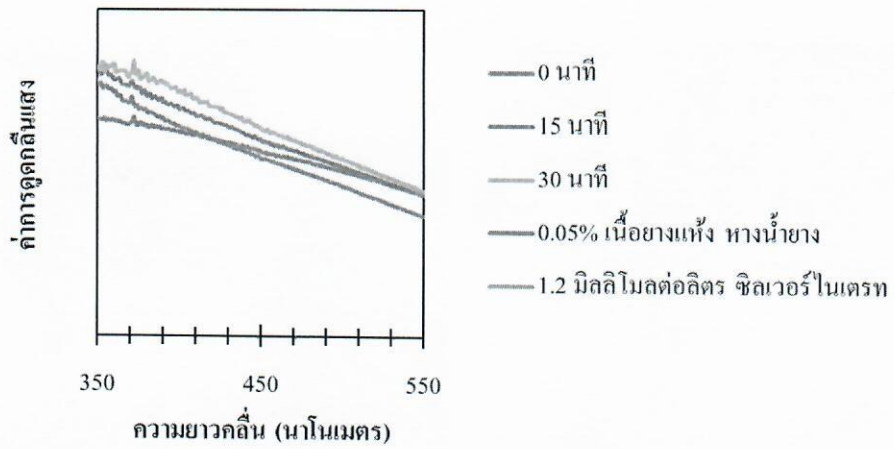
ข. นำสารแขวนลอยที่ได้ไปกวนด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาที เพื่อให้สารแขวนลอยเปลี่ยนจากสีขาวขุ่นเป็นสีเหลืองอ่อน

10 ค. วัดค่าการนำไฟฟ้า ค่าพีเอชและค่าการดูดกลืนแสง ของสารแขวนลอยก่อนจะเปิดไปใส่ในถุงไคอะไลซิส

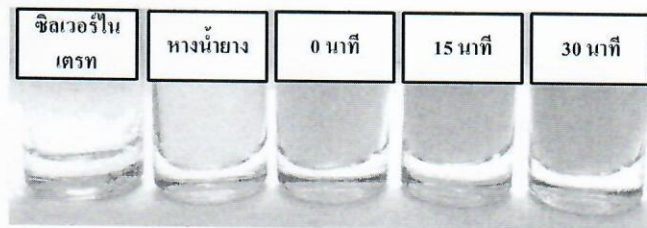
ง. นำถุงไคอะไลซิสที่มีสารแขวนลอยไปแช่ในบีกเกอร์ที่มีน้ำกลั่น พร้อมกับกวนด้วยความเร็วต่ำ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง

2. อนุภาคนาโนของเงินจากหางน้ำยางธรรมชาติ ที่ได้ตามกรรมวิธีในข้อถ้อยสิทธิ 1

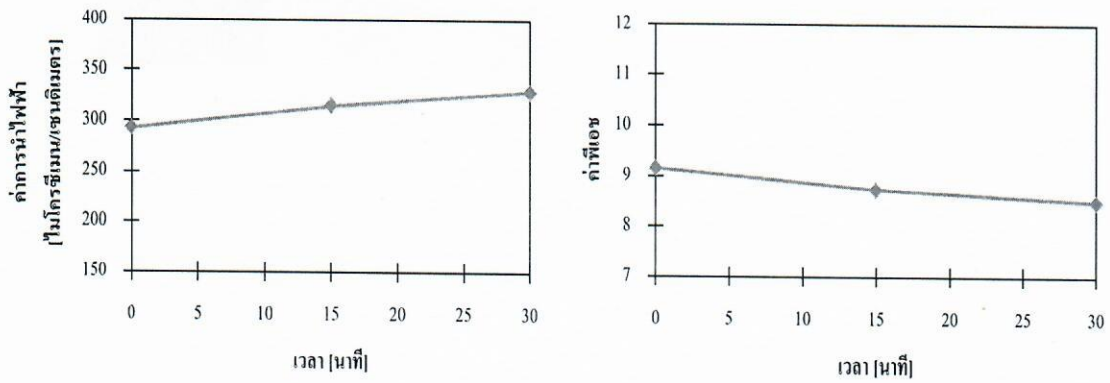
หน้า 1 ของจำนวน 3 หน้า



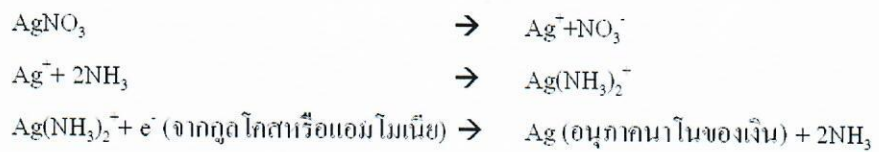
(ก)



(ข)

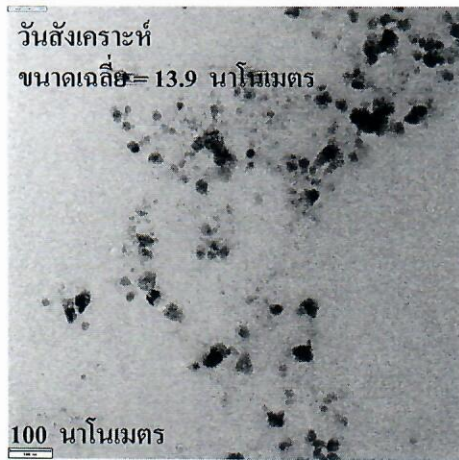


(ค)

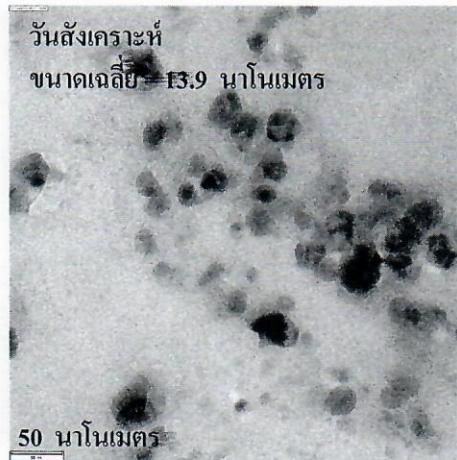


(ง)

หน้า 2 ของจำนวน 3 หน้า



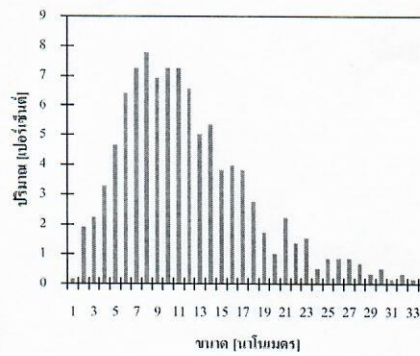
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 2



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 3

บทสรุปการประดิษฐ์

อนุภาคนาโนของเงินที่มีขนาดเฉลี่ยประมาณ 13.9 นาโนเมตรสามารถสังเคราะห์ได้ใน
ทางน้ำอย่างธรรมชาติที่อุณหภูมิห้องโดยการผสมสารละลายซิลเวอร์ไนเตรดกับทางน้ำยางเงือก
เพื่อให้สารแขวนลอยมีปริมาณซิลเวอร์ไอออนเท่ากับ 1.2 มิลลิโมลต่อลิตรและมีปริมาณเนื้อยาง
5 แห่งเท่ากับ 0.05% แล้วนำไปกวนด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาทีที่อุณหภูมิห้อง สารแขวนลอยจะ
เปลี่ยนจากสีขาวขุ่นเป็นสีเหลืองอ่อน แล้วเมื่อนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงจะได้ผลค่าการดูดกลืน
แสงที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดอยู่ที่ความยาวคลื่นประมาณ 350-400 นาโนเมตร ซึ่งเป็นการ
แสดงให้เห็นว่ามีอนุภาคนาโนของเงินเกิดขึ้น หลังจากนั้นนำสารแขวนลอยไปปั่นเหวี่ยงด้วย
10 ความเร็วสูงเพื่อแยกอนุภาคออกจากสารแขวนลอย โดยกรรมวิธีการผลิตนี้เป็นระบบที่ประหยัด
พลังงาน โดยใช้ส่วนที่ไม่ใช่ยาง ที่มีอยู่ในทางน้ำยางสารตั้งต้นในการสังเคราะห์แทนการใช้
สารเคมีต่างๆ จึงเป็นการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งในแง่ของพลังงานและสารเคมี นอกจากนี้
ยังเป็นการนำทางน้ำยางซึ่งจัดว่าเป็นผลพลอยได้หรือบางครั้งก็จัดเป็นของเสียจากกระบวนการ
ผลิตน้ำยางขึ้นมาใช้ให้เกิดประโยชน์ อีกทั้งอนุภาคที่สังเคราะห์ได้มีคุณสมบัติในการต้านเชื้อ
15 แบคทีเรียชนิดเอสเชอริเชีย โคลิไล และสแตปฟีโลค็อกคัส ออเรียส การนำอนุภาคที่สังเคราะห์ได้
ไปใช้ประโยชน์สามารถทำได้ใน 2 ลักษณะ ลักษณะแรก คือ นำสารแขวนลอยของอนุภาคนาโน
ของเงิน ไปผสมกับน้ำยางพาราและส่วนประกอบอื่นๆ ก่อนจะขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยการจุ่ม อาทิ
เช่น ถุงมือยางหรือพื้นรองเท้าที่ทำจากยาง และลักษณะที่สอง คือ แยกอนุภาคนาโนของเงินออก
จากสารแขวนลอย ก่อนนำไปกระจายตัวในรูปสารแขวนลอยใหม่เพื่อผสมกับผลิตภัณฑ์อื่นๆ เพื่อ
เพิ่มคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียหรือเชื้อรา