

การสังเคราะห์อนุภาคนาโนของทองแดงโดยวิธีไฟฟ้าเคมี

A Synthesis of Copper Nanoparticles by Electrochemical Method

นินนา จันทรสุรีย์^{1*} ศุภกร กตาทิการกุล² และสุเจนต์ พรหมเหมือน³

Ninna Jansoon^{1*}, Supagorn Katathikarnkul² and Suchane Prommuean³

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอวิธีการสังเคราะห์อนุภาคนาโนของทองแดงด้วยวิธีไฟฟ้าเคมีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมง่าย และลดต้นทุนการสังเคราะห์เพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนรู้ ทองแดงนาโนสังเคราะห์ด้วย Plating & Nano-Synthesis Kit โดยใช้กรด L- แอสคอร์บิก และเคอร์คูมินเป็นตัวรีดิวซ์และสตาบิไลเซอร์ตามลำดับ ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ เช่น ศักย์ไฟฟ้า ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า และปริมาณเคอร์คูมิน พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์คือศักย์ไฟฟ้า 12.0 โวลต์ ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า 1.0 เซนติเมตร และปริมาณเคอร์คูมิน 2.0 มิลลิลิตร คอลลอยด์ทองแดงนาโนสีน้ำตาลแดงที่สังเคราะห์ได้เกิดปรากฏการณ์ทินดอลล์ และเมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่องสเปกโทรสโกปีพบว่าค่าการดูดกลืนสูงสุดที่ความยาวคลื่น (λ_{max}) 595 นาโนเมตร และนำผงทองแดงนาโนไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอนุภาคทองแดงนาโนมีรูปร่างเป็นทรงกลมขนาด 250-300 นาโนเมตร

คำสำคัญ: อนุภาคนาโนทองแดง การสังเคราะห์ วิธีไฟฟ้าเคมี เคอร์คูมิน สื่อการเรียนรู้

Abstract

This article presents an eco-friendly, simple, and costly effective electrochemical method of copper nanoparticle for Learning Media. Copper nanoparticles were synthesized by Plating & Nano-Synthesis Kit, using L-ascorbic acid and curcumin as a reducing agent and stabilizer, respectively. The applied voltage of 12.0 V, electrode distance of 1.0 cm and curcumin volume of 2.0 ml, respectively were obtained as the optimums synthesis conditions. The colloidal copper nanoparticles were characterized by Tyndall effect and UV-visible spectrophotometry. The UV-visible spectroscopic analysis showed the maximum absorbance wavelength (λ_{max}) of 595 nm. The obtained powders were characterized by X-ray diffraction (XRD), and scanning electron microscope (SEM), which indicated the 250-300 nm diameter and spherical particle shape of copper nanoparticles.

Keywords: Copper Nanoparticles, Synthesis, Electrochemical Method, Curcumin, Learning Media

¹ ผศ.ดร., สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

² นักวิทยาศาสตร์, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

³ นักวิทยาศาสตร์, สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

¹ Asst. Prof. Dr., Department of Basic Science and Mathematics, Faculty of Science, Thaksin University, Songkhla, 90000

² Scientist, Department of Basic Science and Mathematics, Faculty of Science, Thaksin University, Songkhla, 90000

³ Scientist, Department of Physics, Faculty of Science, Thaksin University, Patthalung, 93210

* Corresponding author: E-mail address: ninnajansoon@gmail.com

บทนำ

นาโนเทคโนโลยีเป็นศาสตร์ที่บูรณาการองค์ความรู้วิทยาศาสตร์บริสุทธิ์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ นาโนเทคโนโลยีเป็นเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการจัดการ การสร้าง หรือการสังเคราะห์วัสดุที่มีขนาดเล็กในระดับนาโนเมตร (1-100 นาโนเมตร) เนื่องจากวัสดุมีอนุภาคนาโนเล็กจึงส่งผลให้สัดส่วนของจำนวนอะตอมที่อยู่บริเวณผิวหน้าและผิวสัมผัสของวัสดุเพิ่มขึ้นทำให้สมบัติทางไฟฟ้า สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางแม่เหล็ก และสมบัติทางแสงแตกต่างจากวัสดุที่มีขนาดใหญ่จึงทำให้นาโนเทคโนโลยีมีบทบาทต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ในด้านต่างๆ เช่น เทคโนโลยีสารสนเทศ การแพทย์และสาธารณสุข วัสดุและการผลิต มนุษย์อวกาศและการสำรวจอวกาศ พลังงานและสิ่งแวดล้อม เป็นต้น กระบวนการสังเคราะห์อนุภาคนาโนในระดับนาโนถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่องเพื่อเตรียมอนุภาคให้ได้ขนาดตามต้องการ การสังเคราะห์อนุภาคนาโนมีหลายวิธี เช่น การบด (Grinding) ปฏิกิริยาเคมี (Chemical Reaction) ไฟฟ้าเคมี (Electrochemical Method) โฟโตเคมีสตรี้ (Photochemistry) และโซโนเคมีสตรี้ (Sonochemistry) เป็นต้น โดยทั่วไปจะสังเคราะห์อนุภาคนาโนโดยวิธีปฏิกิริยาเคมี นำแคโทดของโลหะ (M^{n+}) มาทำปฏิกิริยากับตัวรีดิวซ์ (Reducing Agent) ไอออนของโลหะจะถูกรีดิวซ์ทำให้โลหะมีประจุเป็นศูนย์ และถูกควบคุมขนาดของอนุภาคด้วยสารสตาบิไลเซอร์ (Stabilizer) เกิดเป็นคอลลอยด์ (Met_{col}) นอกจากนี้ไฟฟ้าเคมีเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ยังไม่ซับซ้อน ประหยัด และมีความจำเพาะ [1-2] ในกระบวนการสังเคราะห์ผ่านกระแสไฟฟ้าผ่านขั้วไฟฟ้าที่ทำจากแผ่นโลหะบริสุทธิ์

ทองแดงนาโนเป็นอนุภาคโลหะในระดับนาโนที่มีคุณสมบัตินำไฟฟ้าได้ดีและมีต้นทุนการผลิตต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับโลหะชนิดอื่นๆ นอกจากนี้ทองแดงนาโนสามารถนำมาใช้ในงานด้านต่างๆ เช่น สารต้านจุลชีพ [3] สารเร่งปฏิกิริยา [4] หมึกพิมพ์ [5] และหมึกนำไฟฟ้า [6] เป็นต้น การสังเคราะห์ทองแดงนาโนด้วยปฏิกิริยาเคมีนำคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตมาเป็นสารตั้งต้น ในกระบวนการสังเคราะห์สารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตถูกรีดิวซ์ด้วยกรดแอสคอร์บิก [7-10] และควบคุมขนาดของอนุภาคด้วยสารสตาบิไลเซอร์ชนิดต่างๆ เช่น แป้ง [8] โคลิซาน [9] และขมิ้น [10] นอกจากนี้ทองแดงนาโนสามารถสังเคราะห์ได้ด้วยวิธีไฟฟ้าเคมี [11-13] Theivasanthi และ Alagar [11] สังเคราะห์ทองแดงนาโนด้วยวิธีไฟฟ้าเคมีใช้แผ่นทองแดงบริสุทธิ์เป็นขั้วแอโนดและขั้วแคโทด ผ่านกระแสไฟฟ้า 15 โวลต์ ที่อุณหภูมิห้อง

ศตวรรษที่ 21 การจัดการศึกษานับพัฒนาเยาวชนให้มีความรู้ที่สามารถเชื่อมโยงความรู้สู่ชีวิตจริง สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ให้ความสำคัญกับเนื้อหาที่ทันต่อการเปลี่ยนแปลงและความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาการด้านต่างๆ ในสาระที่ 5 เคมี มาตรฐาน ว 5.2 และ ว 5.3 ศึกษาเกี่ยวกับเคมีไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะและการบูรณาการความรู้กับสาขาวิชาอื่นๆ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่บูรณาการความรู้ทางเคมีเรื่องไฟฟ้าเคมีกับนาโนเทคโนโลยีโดยการศึกษากระบวนการสังเคราะห์อนุภาคนาโนของทองแดงด้วยกระบวนการอิเล็กโทรไลซิสใช้ Plating & Nano-Synthesis Kit ที่ออกแบบมาเพื่อใช้เป็นสื่อในการเรียนรู้ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ใช้งานง่าย และลดต้นทุนการสังเคราะห์

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการ

1. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ทองแดงนาโนด้วยวิธีไฟฟ้าเคมี

1.1 การศึกษาศักย์ไฟฟ้าในการสังเคราะห์ทองแดงนาโน

ชั่งกรดแอสคอร์บิก 0.25 กรัมใส่ลงในบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร เติมนิโคติมคลอไรด์ 0.01 โมลาร์ 0.2 มิลลิลิตร สารละลายคอปเปอร์มิน 1.5 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่นจนสารละลายมีปริมาตร 40 มิลลิลิตร นำแผ่นทองแดงต่อกับขั้วบวก และเสียบดินสอต่อกับขั้วลบของเครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง โดยมีระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า 2.0 เซนติเมตร และใส่ลงในบีกเกอร์ คนสารละลายด้วยแท่งแม่เหล็กกวนสารและผ่านกระแสไฟฟ้าความต่างศักย์ 12.0 โวลต์นาน 8 นาที

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารละลาย การเกิดลำแสงเมื่อส่องด้วยปากกาเลเซอร์ และค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่อง UV-1800 spectrophotometer ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนค่าศักย์ไฟฟ้าจาก 12.0 โวลต์ เป็น 3.0 6.0 และ 9.0 โวลต์ ตามลำดับ

1.2 การศึกษาระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าในการสังเคราะห์ทองแดงนาโน

การทดลองในหัวข้อนี้ทำเช่นเดียวกับหัวข้อ 1.1 โดยเปลี่ยนระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าจาก 2.0 เซนติเมตร เป็น 1.0 1.5 และ 2.5 เซนติเมตร ตามลำดับ

1.3 การศึกษาปริมาณของเอร์คูมินในการสังเคราะห์ทองแดงนาโน

การทดลองในหัวข้อนี้ทำเช่นเดียวกับหัวข้อ 1.2 โดยเปลี่ยนปริมาณของเอร์คูมินจาก 1.5 มิลลิลิตร เป็น 0.0 1.0 2.0 และ 2.5 มิลลิลิตร ตามลำดับ

2. การออกแบบและการสร้าง Plating & Nano-Synthesis Kit

2.1 การออกแบบ และการสร้างฐานจับ/ยึดขั้วไฟฟ้าและฐานวางบีกเกอร์

ฐานจับ/ยึดขั้วไฟฟ้าและฐานวางบีกเกอร์เป็นอุปกรณ์ช่วยในการยึดติดขั้วไฟฟ้าบีกเกอร์ และเครื่อง Plating & Nano-Synthesis ให้แน่นและใช้งานได้สะดวก ฐานจับ/ยึดขั้วไฟฟ้าออกแบบมาเพื่อให้สามารถศึกษาระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า (1.0 และ 2.0 เซนติเมตร) ฐานจับ/ยึดขั้วไฟฟ้าและฐานวางบีกเกอร์ออกแบบโดยใช้โปรแกรม Designspark mechanical 2.0 และพิมพ์โดยใช้เครื่องพิมพ์แบบ 3 มิติ

2.2 การออกแบบ และการสร้างเครื่อง Plating & Nano-Synthesis

เครื่อง Plating & Nano-Synthesis เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC Power Supply) และเครื่องกวนสาร (Stirrer) เครื่อง Plating & Nano-Synthesis ออกแบบโดยอาศัยข้อมูลการศึกษาศักย์ไฟฟ้าในการสังเคราะห์ทองแดงนาโน (3.0 6.0 9.0 และ 12.0 โวลต์)

3. การศึกษาการสังเคราะห์ทองแดงนาโนโดยใช้ Plating & Nano-Synthesis Kit

ชั่งกรดแอสคอร์บิก 0.25 กรัมใส่ลงในบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร เติมนโซเดียมคลอไรด์ 0.01 โมลาร์ 0.2 มิลลิลิตร สารละลายเอร์คูมิน 2.0 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่นจนสารละลายมีปริมาตร 40 มิลลิลิตร นำแผ่นทองแดงต่อกับขั้วบวก และได้ดินสอดต่อกับขั้วลบของเครื่อง Plating & Nano-Synthesis โดยเลือกระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า 1.0 เซนติเมตร ขณะสังเคราะห์คนสารละลายด้วยแท่งแม่เหล็กกวนสารและผ่านกระแสไฟฟ้าความต่างศักย์ 12.0 โวลต์นาน 8 นาที ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารละลาย การเกิดลำแสงเมื่อส่องด้วยปากกาเลเซอร์ และค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่อง UV-1800 spectrophotometer เครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X' Pert MPO, PHILIPS) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกาว (SEM-Quanta)

ผลการวิจัย และการอภิปรายผล

1. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ทองแดงนาโนด้วยวิธีไฟฟ้าเคมี

1.1 การศึกษาศักย์ไฟฟ้าในการสังเคราะห์ทองแดงนาโน

จากการศึกษาศักย์ไฟฟ้าในการสังเคราะห์ทองแดงนาโนโดยผ่านกระแสไฟฟ้าความต่างศักย์ 3.0 6.0 9.0 และ 12.0 โวลต์ ตามลำดับ นำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร ($\lambda_{\max}$) โดยใช้เครื่อง UV-1800 Spectrophotometer ได้ข้อมูลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลของศักย์ไฟฟ้าในการสังเคราะห์ทองแดงนาโน

การทดลอง	ความต่างศักย์ (V)	ค่าการดูดกลืนแสง
1	3.0	0.0579
2	6.0	0.3871
3	9.0	0.8431
4	12.0	1.2743

1.2 การศึกษาระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าในการสังเคราะห์ทองแดงนาโน

นำทองแดงนาโนที่ได้จากการสังเคราะห์ที่ความต่างศักย์ 12.0 โวลต์ไปศึกษาระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า 1.0 1.5 2.0 และ 2.5 เซนติเมตรตามลำดับ นำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร ($\lambda_{\max}$) โดยใช้เครื่อง UV-1800 Spectrophotometer ได้ข้อมูลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลของระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าในการสังเคราะห์ทองแดงนาโน

การทดลอง	ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า (cm)	ค่าการดูดกลืนแสง
1	1.0	1.3144
2	1.5	0.9631
3	2.0	0.7706
4	2.5	0.6634

1.3 การศึกษาปริมาณของเคอร์คูมินในการสังเคราะห์ทองแดงนาโน

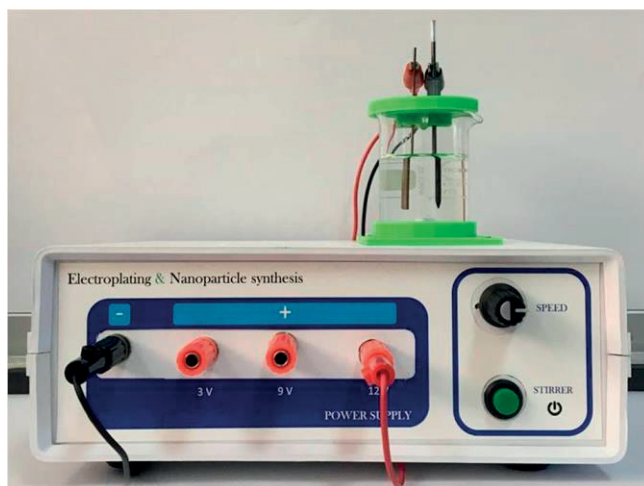
นำทองแดงนาโนที่ได้จากการสังเคราะห์โดยใช้ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า 1.0 เซนติเมตรไปศึกษาปริมาณเคอร์คูมิน 0.0 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 มิลลิกรัมตามลำดับ นำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร ($\lambda_{\max}$) โดยใช้เครื่อง UV-1800 Spectrophotometer ได้ข้อมูลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลของปริมาณของเคอร์คูมินในการสังเคราะห์ทองแดงนาโน

การทดลอง	ปริมาณของเคอร์คูมิน (ml)	ค่าการดูดกลืนแสง
1	0.0	0.0882
2	0.5	0.0664
3	1.0	1.0893
4	1.5	1.4989
5	2.0	2.2724

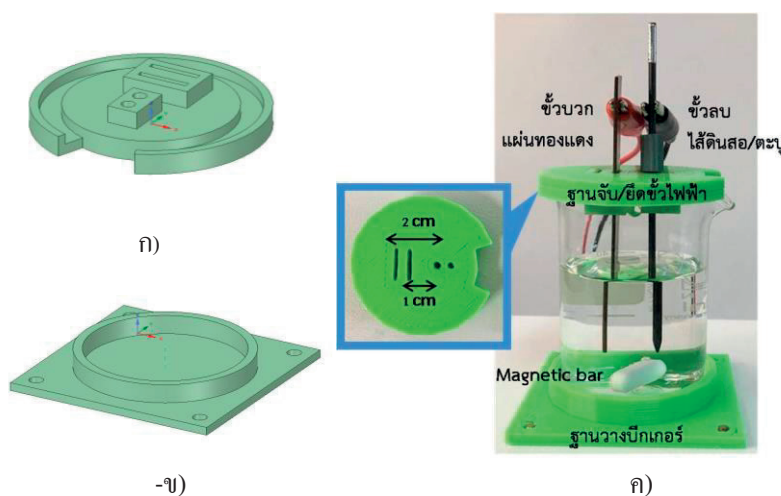
2. การออกแบบและการสร้าง Plating & Nano-Synthesis Kit

สื่อการเรียนรู้ “Plating & Nano-Synthesis Kit” ประกอบด้วยประกอบต่างๆ ดังนี้ (1) ขั้วแอโนดทำจากแผ่นทองแดง (2) ขั้วแคโทดทำจากไส้ดินสอ (3) ฐานจับ/ยึดขั้วไฟฟ้า (4) ฐานวางบีกเกอร์ (5) แท่งแม่เหล็กกวนสาร และ (6) เครื่อง Electroplating & Nanosynthesis ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 Plating & Nano-Synthesis Kit

เครื่อง Plating & Nano-Synthesis เป็นแหล่งให้ไฟฟ้ากระแสตรงความต่างศักย์ 3.0 6.0 9.0 และ 12.0 โวลต์ และสามารถคนสารละลายด้วยแท่งแม่เหล็กกวนสารละลาย ฐานจับ/ยึดขั้วไฟฟ้าและฐานวางบีกเกอร์ออกแบบโดยใช้โปรแกรม Designspark mechanical 2.0 สามารถเลือกระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า 1.0 และ 2.0 เซนติเมตร และพิมพ์โดยใช้เครื่องพิมพ์แบบ 3 มิติ ฐานจับ/ยึดขั้วไฟฟ้าและฐานวางบีกเกอร์นำมาประกอบชุดอุปกรณ์ Plating & Nano-Synthesis Kit แสดงดังภาพที่ 2

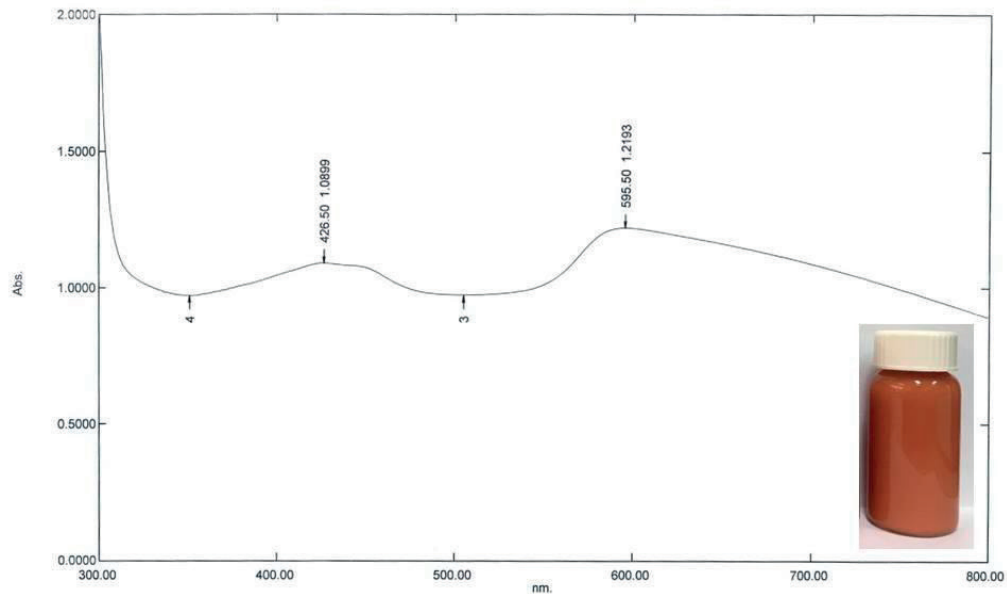


ภาพที่ 2 ชุดอุปกรณ์ Plating & Nano-Synthesis Kit ก) แบบร่าง ฐานจับ/ยึดขั้วไฟฟ้า ข) แบบร่าง ฐานวางบีกเกอร์
ค) การประกอบชุดอุปกรณ์ Plating & Nano-Synthesis Kit

3. การศึกษาการสังเคราะห์ทองแดงนาโนโดยใช้ Plating & Nano-Synthesis Kit

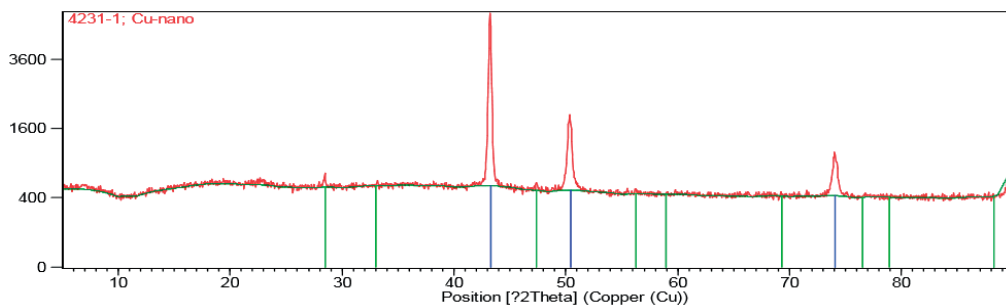
สังเคราะห์ทองแดงนาโนโดยใช้สภาวะในการทดลองในข้อ 1 ด้วยเครื่อง Plating & Nano-Synthesis เป็นแหล่งให้ไฟฟ้ากระแสตรงและคนสารละลายและใช้ฐานจับ/ยึดขั้วไฟฟ้าและฐานวางบีกเกอร์ นำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่อง UV-1800 Spectrophotometer สารดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร แสดงดังภาพที่ 3 สเปกตรัมที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับผลการทดลองของ Jayandran และคณะ [10] ที่สังเคราะห์ทองแดงนาโนใช้น้ำมะนาวเป็นตัวรีดิวซ์และขม้นเป็นสารสเตบิไลเซอร์ ทองแดงนาโนที่สังเคราะห์ได้มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 585 นาโนเมตร และรูปร่างของอนุภาคทองแดงนาโนเป็นทรงกลม มีขนาด 60-100 นาโนเมตร และ Khanna และคณะ [13] สังเคราะห์

ทองแดงนาโนโดยใช้ PVA, HH และ SFS เป็นตัวรีดิวซ์และสารสแตบิไลเซอร์ ทองแดงนาโนที่สังเคราะห์ได้มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด 595 นาโนเมตร

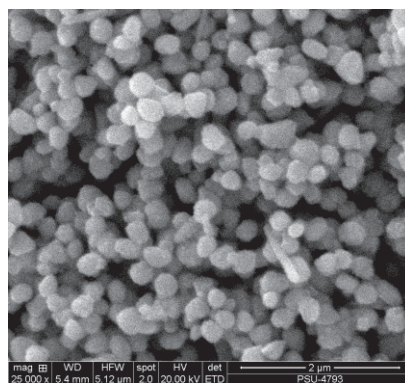


ภาพที่ 3 UV-Spectrum ของทองแดงนาโน

นำทองแดงนาโนที่สังเคราะห์ได้ไปทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze-dryer) และวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ได้ข้อมูลดังแสดงในภาพที่ 4 และภาพที่ 5



ภาพที่ 4 XRD Spectrum ของผงทองแดงนาโน



ภาพที่ 5 ภาพถ่าย SEM ของผงทองแดงนาโน

จากผลการศึกษาโครงสร้างผลึกด้วย XRD สเปกตรัมแสดงตำแหน่งมุม 2θ เท่ากับ 43.291 50.419 และ 74.078 เมื่อเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลตาม JCPDS (Copper file No.04-0836) ตำแหน่งมุม 2θ เท่ากับ 43.297 50.433 และ 74.130 ตรงกับระนาบ (111) (200) และ (220) ตามลำดับซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของทองแดงนาโนและมีโครงสร้างผลึกแบบลูกบาศก์ [7, 11] และจากภาพถ่าย SEM แสดงให้เห็นว่าอนุภาคมีรูปร่างเป็นทรงกลมขนาด 250-300 นาโนเมตร

สรุปผลการวิจัย

การสังเคราะห์อนุภาคนาโนของทองแดงด้วย Plating & Nano-Synthesis Kit เพื่อใช้เป็นตัวในการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี โดย Plating & Nano-Synthesis Kit ประกอบด้วยขั้วแอโนด ขั้วแคโทด ฐานจับ/ยึดขั้วไฟฟ้า ฐานวางบีกเกอร์ แท่งแม่เหล็กกวนสารละลาย และเครื่อง Plating & Nano-Synthesis ที่สามารถศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ทองแดงนาโนอาทิเช่นระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า (1.0 และ 2.0 เซนติเมตร) และศักย์ไฟฟ้า (3.0 6.0 9.0 และ 12.0 โวลต์) กระบวนการสังเคราะห์ทองแดงนาโนใช้กรดแอสคอร์บิก 0.25 กรัมและโซเดียมคลอไรด์ 0.01 โมลาร์ 0.2 มิลลิลิตร ผ่านกระแสไฟฟ้าความศักย์ไฟฟ้า 12.0 โวลต์ ระยะห่างระหว่างขั้ว 1.0 เซนติเมตร และปริมาณแคโทดมิน 2.0 มิลลิลิตร คอลลอยด์สีน้ำตาลแดงที่สังเคราะห์ได้เกิดปรากฏการณ์ทินคอลล และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง UV-1800 spectrophotometer ที่ $\lambda_{\max}$ 595 นาโนเมตร และวิเคราะห์ผงทองแดงนาโนด้วยเครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดพบว่าอนุภาคทองแดงนาโนเป็นทรงกลมขนาด 250-300 นาโนเมตร

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากเงินงบประมาณเงินรายได้มหาวิทยาลัยทักษิณ ปี พ.ศ.2559 และผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตสงขลาที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์จนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] Reetz, M. and Helbig, W. (1994). "Size-Selective Synthesis of Nanostructured Transition Metal Clusters", **Journal of the American Chemical Society**. 116, 7401-7402.
- [2] Khaydarov, R.A., Khaydarov, R.R., Gapurova, O., Estrin, Y. and Thomas Scheper, T. (2009). "Electrochemical Method for the Synthesis of Silver nanoparticles", **Journal of Nanoparticle Research**. 11, 1193-1200.
- [3] Nourbakhsh, S., Habibi, S. and Rahimzadeh, M. (2017). "Copper Nano-Particles for Antibacterial Properties of Wrinkle Resistant Cotton Fabric", **Materials Today: Proceedings**. 4, 7032-7037.
- [4] Ojha, N. K., Zyryanov, G.V., Majee, A., Charushin, V. N., Chupakhin, O.N. and Santra, S. (2017). "Copper Nanoparticles as Inexpensive and Efficient Catalyst: A Valuable Contribution in Organic Synthesis", **Coordination Chemistry Reviews**. 353, 1-57.
- [5] Son, Y., Jang, J., Kang, M. K., Ahn, S. and Lee, C.S. (2018). "Application of Flash-Light Sintering Method to Flexible Inkjet Printing using Anti-Oxidant Copper Nanoparticles", **Thin Solid Films**. 656, 61-67.
- [6] Tang, X., Yang, Z., Wang and W. (2010). "A Simple Way of Preparing High-Concentration and High-Purity Nano Copper Colloid for Conductive Ink in Inkjet Printing Technology", **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**. 360, 99-104.

- [7] Wu, S. (2007). "Preparation of Fine Copper Powder using Ascorbic Acid as Reducing Agent and Its Application in MLCC", **Materials Letters**. 61, 1125-1129.
- [8] Valodkar, M., Modi, S., Pal, A. and Thakore, S. (2011). "Synthesis and Anti-Bacterial Activity of Cu, Ag and Cu-Ag Alloy Nanoparticles: A Green Approach", **Materials Research Bulletin**. 46, 384-389.
- [9] Zain, M.N., Stapley, A.G.F. and Shama, G. (2014). "Green Synthesis of Silver and Copper Nanoparticles using Ascorbic Acid and Chitosan for Antimicrobial Applications", **Carbohydrate polymer**, 112, 195-202.
- [10] Jayandran, M., Haneefa, M.M. and Balasubramanian, V. (2015). "Green Synthesis of Copper Nanoparticles using Natural Reducer and Stabilizer and an Evaluation of Antimicrobial Activity", **Journal of Chemical and Pharmaceutical Research**. 7, 251-259.
- [11] Theivasanthi, T. and Alagar, M. (2011). "Nano Sized Copper Particles by Electrolytic Synthesis and Characterizations", **International Journal of the Physical Science**. 6, 3662-3671.
- [12] Nekouei, R. K., Rashchi, F. and Ravanbakhsh, A. (2013). "Copper Nanopowder Synthesis by Electrolysis Method in Nitrate and Sulfate Solutions", **Power Technology**. 250, 91-96.
- [13] Khanna, P.K., Gaikwad, S., Adhyapak, P.V., Singh, N. and Marimuthu, R. (2007). "Synthesis and Characterization of Copper Nanoparticles", **Materials Letters**. 61, 4711-4714.