

แก้ไขความผิด (Erratum)

การสังเคราะห์อนุภาคทองขนาดนาโนเพื่อใช้ตรวจวัดปริมาณสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

Synthesis of Gold Nanoparticles to Measure Quantitative of Organophosphate Insecticide

Compounds

ปาริชาติ ชะอ่อม (Parichart Cha-oom)* ดร.ฤทธิ มีสัตย์ (Dr.Ridthee Meesat)**

บทคัดย่อ

การใช้สารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตเพื่อการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชมีการใช้อย่างแพร่หลาย ปัญหานี้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โครงการวิจัยนี้ได้พัฒนาการใช้อนุภาคทองขนาดนาโนด้วยวิธีการฉายรังสีเพื่อตรวจวัดสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ปริมาณรังสีที่ใช้สำหรับการสังเคราะห์อนุภาคทองขนาดนาโนคือ 4 และ 8 kGy ลักษณะสัณฐานและรูปร่างวิเคราะห์ด้วยวิธีการถ่ายภาพอิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน และการดูกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นแสงอัลตราไวโอเล็ตและช่วงที่ตามองเห็น การตรวจวัดปริมาณสารเคมีกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตอยู่บนพื้นฐานที่ว่าสารเคมีกำจัดแมลงนี้ทำให้อนุภาคทองเกิดการรวมตัวมีขนาดใหญ่ขึ้นทำให้การดูกลืนแสงในช่วงที่ตามองเห็น การดูกลืนแสงของอนุภาคทองขนาดนาโนเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณความเข้มข้นของสารเคมี ด้วยวิธีการนี้สามารถตรวจวัดสารเคมีกำจัดแมลงในระดับความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0 ถึง 300 ส่วนในพันล้านส่วน (ppb) เมื่อใช้ความเข้มข้นของอนุภาคทองขนาดนาโนเข้มข้น 0.125 มิลลิโมลาร์

ABSTRACT

Using organophosphate insecticides are extensively used to protect and against harmful insects. These problems lead to effects directly on environment. In this project, a method to detect the insecticide based on gold nanoparticles (GNPs) radiation synthesis was developed. The radiation absorbed doses to prepare GNPs were 4 and 8 kGy. The morphology and shape of the metal nanoparticles were analyzed by electron transmission microscope and UV-Vis spectrophotometer. The quantitative measurement of the insecticide resulted from aggregations of GNPs, leading to changing visible light absorptions. The absorption depended on quantitative of organophosphate insecticides. With this method, it could be used to measure the chemical compounds in range 0-300 part per billion (ppb) when the concentration of GNPs was 0.125 mM.

คำสำคัญ : อนุภาคทองนาโน สารเคมีฆ่าแมลง กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

Keywords: Gold nanoparticles, Insecticide, Organophosphate

* นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**อาจารย์ ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทนำ

สารเคมีกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตมีการใช้งานอย่างแพร่หลายมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อควบคุม ป้องกันและกำจัดศัตรูพืช ทำให้มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร (พืชมงคล, ม.ป.ป.) ซึ่งสารเคมีกำจัดแมลงส่วนใหญ่มีความเป็นพิษและอาจทำให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงหรือเรื้อรังกับสิ่งแวดล้อม สัตว์และมนุษย์ ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาได้มีการใช้สารเคมีกำจัดแมลงจำนวนมากจึงทำให้มีการตกค้างในปริมาณที่สูง (Wenhui et al., 2015) สารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตมีความเป็นพิษสูง มีผลโดยตรงต่อมนุษย์ โดยจะทำให้เกิดการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ cholinesterase ในระบบประสาทส่วนกลาง ระบบหัวใจหลอดเลือด และระบบทางเดินหายใจ (Costa, 2006) ดังนั้นสารตกค้างจากสารเคมีกำจัดแมลงอาจจะเข้าไปในห่วงโซ่อาหาร อากาศ น้ำ และดิน ทำให้เกิดปัญหาต่อมนุษย์และสัตว์ (Sun et al., 2011) การตรวจวัดระดับปริมาณการปนเปื้อนของสารเคมีกลุ่มนี้จึงเป็นสิ่งจำเป็น

โดยทั่วไปการตรวจวัดสารเคมีอันตรายทางการเกษตรใช้วิธีการ Gas chromatography (GC), Liquid chromatography (LC) และ High performance liquid chromatography (HPLC) ซึ่งการตรวจวิเคราะห์เหล่านี้แสดงออกในรูปของกราฟที่มีความจำเพาะของสารนั้นๆ วิธีการเหล่านี้เป็นวิธีที่มีความไวในการตรวจวัดสูง สามารถตรวจวัดสารเคมีในระดับที่ต่ำมากได้ อย่างไรก็ตามวิธีการเหล่านี้ต้องมีการเตรียมตัวอย่างที่ซับซ้อนใช้เวลานาน การใช้งานเครื่องมือตรวจวัดที่ซับซ้อนและมีราคาแพง การใช้งานยาก ใช้เวลาในการตรวจวัดนาน และค่าใช้จ่ายในการตรวจวัดที่สูง (Sharma et al., 2010) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการพัฒนาระบบที่มีความละเอียดอ่อน มีประสิทธิภาพ และรวดเร็วสำหรับการตรวจหาสารเคมีกำจัดแมลง โครงการวิจัยนี้ต้องการศึกษาการตรวจวัดปริมาณสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

การตรวจวัดปริมาณสารเคมีกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตด้วยสารละลายอนุภาคทองคำขนาดนาโนมีหลักการคือ เมื่อทำให้อนุภาคทองคำขนาดนาโนมีขนาดเล็กกว่าความยาวคลื่นแสงที่ตกกระทบมากๆ ทำให้เกิดการปรากฏการณ์ที่เรียกว่า Surface Plasmon Resonance (SPR) ซึ่งจะทำให้ดูคลื่นแสงสีเขียวที่ความยาวคลื่นประมาณ 520 นาโนเมตร จึงทำให้อนุภาคทองคำขนาดนาโนมีสีแดงทับทิม (ruby red) และอนุภาคทองคำขนาดนาโนมีอัตราส่วนระหว่างผิวต่อปริมาตรสูงมากส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาเคมีบนพื้นผิวได้ง่ายมากขึ้นและยังเอื้อต่อการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆ เป็นที่ทราบกันว่าอนุภาคทองคำขนาดนาโนได้รับความสนใจในการใช้เป็นตัวรับรู้ทางชีววิทยา หรือไบโอเซ็นเซอร์ (Biosensor) ในการตรวจหาสารชีวภาพต่างๆ ได้ ในการศึกษาครั้งนี้สนใจการวัดปริมาณสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต โดยใช้วิธีพื้นฐานการเปลี่ยนสีของสารละลายหรือ colorimetric (Fahimi-Kashani and Hormozi-Nezhad, 2016) ซึ่งการเปลี่ยนสีของสารละลายจะมีความไวสูงต่อขนาด รูปร่าง สารให้ความคงตัว ซึ่งการจากการรวมตัวของอนุภาคทองคำขนาดนาโนที่ได้รับอิทธิพลมาจากสารเคมี สามารถยืนยันได้จากการเปลี่ยนแปลงของค่าความยาวคลื่นของการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไป (Xia et al., 2015)

นอกจากนี้การที่อนุภาคทองคำขนาดนาโนดูดกลืนแสงในช่วงที่ตามองเห็นได้ จึงสามารถพัฒนาการให้เป็นเครื่องตรวจวัดที่เปลี่ยนสีได้ และสามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ด้วยตาเปล่า และสามารถตรวจวัดการดูดกลืนแสงของอนุภาคนาโนด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer ที่เป็นเครื่องมือพื้นฐานทั่วไปได้ การเปลี่ยนสีของสารละลายเช่นนี้สามารถนำไปประยุกต์ให้ใช้งานตรวจวัดสารกำจัดแมลงที่ตกค้างโดยทั่วไปได้ เช่น การทดสอบอาหาร ผัก ผลไม้ ก่อนการบริโภค จากการตรวจเอกสารพบว่าการตรวจวิเคราะห์ปริมาณของสารเคมีกำจัดแมลงในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่อยู่บนพื้นฐานของการดูดกลืนแสงของอนุภาคทองคำขนาดนาโนพบว่า โดยส่วนใหญ่วิธีการที่กล่าวมานี้

สามารถตรวจวัดสารกำจัดแมลงได้ในระดับความเข้มข้นที่พื้นส่วนในล้านส่วน (ppm) (Fahimi-Kashani and Hormozi-Nezhad, 2016; Kiran, 2013; Han X et al., 2011; Lisha et al., 2009) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายที่ต้องการพัฒนาวิธีการตรวจวัดสารกำจัดแมลงกลุ่มนี้ ที่ใช้หลักการการตรวจวัดการดูดกลืนแสงของอนุภาคของขนาดนาโน ที่สามารถตรวจวัดในระดับความเข้มข้นต่ำๆ หรือมีความไว (Sensitivity) ที่มากยิ่งขึ้นได้ ขนาดของอนุภาคของขนาดนาโนมีความสำคัญเป็นอย่างมากกับความไวของการตรวจวัดด้วยวิธีการดูดกลืนแสง (Han et al., 2011) จากรายงานวิจัยพบว่ารังสีมีคุณสมบัติที่สามารถใช้สำหรับการสังเคราะห์อนุภาคของขนาดนาโนที่เล็กลงและมีขนาดสม่ำเสมอได้ (Gachard et al., 1998) งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้การสังเคราะห์อนุภาคของด้วยวิธีการฉายรังสี นอกจากนั้นการเพิ่มปริมาณของเกลือมีผลทำให้เกิดความสมดุลของประจุที่อยู่บนอนุภาคของ จึงทำให้มีความคงตัวและเพิ่มความไว (Han et al., 2011) ในการตรวจวัดได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาการสังเคราะห์อนุภาคของขนาดนาโนด้วยวิธีฉายรังสีที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวัดสารเคมีกำจัดแมลง
2. เพื่อศึกษาคุณลักษณะของอนุภาคของขนาดนาโนจากการสังเคราะห์โดยวิธีฉายรังสี
3. เพื่อศึกษาการตรวจวัดปริมาณสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตโดยใช้อนุภาคของขนาดนาโน
4. เพื่อใช้สารละลายอนุภาคทองในการตรวจวัดสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในตัวอย่างจากสิ่งแวดล้อม

วิธีการวิจัย

1. สารเคมี

99 % ออริกคลอไรด์ (auric chloride) ในรูป $\text{HAuCl}_4 \cdot \text{XH}_2\text{O}$, 99 % ไตรโซเดียมซิเตรท (Tri-Sodium citrate), 99 % โซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride), 99 % ไอโซโพรพานอล (2-propanol), สารเคมีเหล่านี้เป็นสารเคมีจาก Sigma-Aldrich ไม่ได้ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ใดๆก่อนใช้งาน สารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ชื่อทางการค้า คลอโรไพริฟอส (Chlorpyrifos)

2. การสังเคราะห์อนุภาคของขนาดนาโนโดยวิธีการฉายรังสี

เตรียมสารละลาย 0.25 มิลลิโมลาร์ออริกคลอไรด์ ผสมกับสารละลาย 0.5 มิลลิโมลาร์ โซเดียมไตซิเตรทความ และ 0.2 โมลาร์ไอโซโพรพานอล ปริมาณ 250 มิลลิลิตร นำสารละลายไปฉายรังสีแกมมาจากต้นกำเนิดโคบอลต์-60 (Gamma Chamber 5000) ที่อัตราปริมาณรังสี 3.2 กิโลเกรย์ต่อชั่วโมง อัตรารังสีนี้วัดด้วย Fricke dosimeter โดยการฉายรังสีแกมมาในปริมาณรังสีที่ 4 และ 8 กิโลเกรย์ หลังจากการฉายรังสีสังเกตเห็นสารละลายเปลี่ยนเป็นสีไวน์แดง เก็บสารละลายไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

3. ศึกษาสมบัติ และลักษณะพื้นฐานของอนุภาคของนาโน

นำสารละลายของนาโนที่ได้จากการสังเคราะห์โดยวิธีฉายรังสี วิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงด้วย UV-Vis Spectrophotometer (Biochrom Libra S32, UK) ที่ความยาวคลื่น 400-800 นาโนเมตร และศึกษาลักษณะพื้นฐานขนาด

และรูปร่างของอนุภาคทองคำนาโนด้วยภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (Transmission electron microscopy, TEM) ยี่ห้อ JEOL รุ่น JEM-3100F(HR)

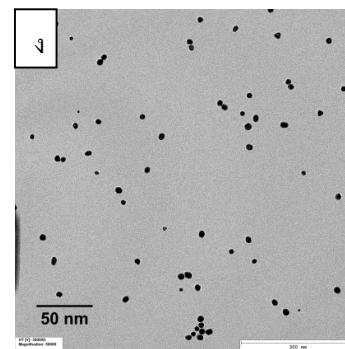
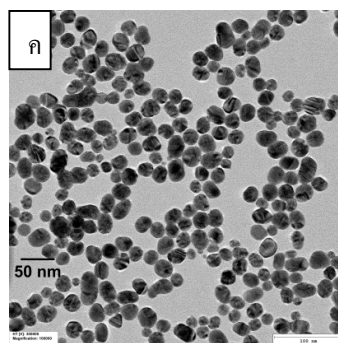
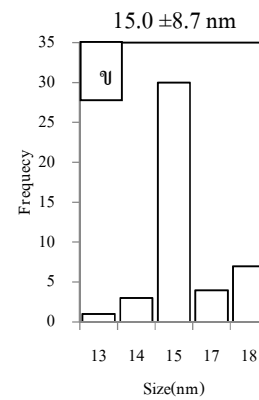
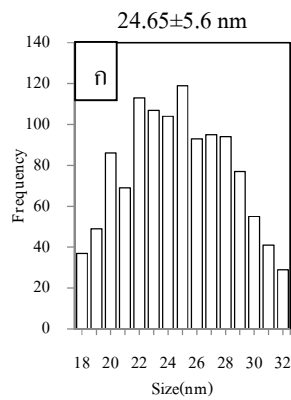
4. การตรวจวัดสารเคมีกำจัดแมลงด้วยสารละลายอนุภาคทองคำนาโน

เตรียมสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตความเข้มข้นแตกต่างกันที่ 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300 ppb ผสมกับสารละลายอนุภาคทองคำนาโนที่สังเคราะห์ได้ความเข้มข้น 0.125 มิลลิโมลาร์ และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 5 มิลลิโมลาร์ ควรต้องหมายเหตุไว้ว่าตามรายงานของ Han et al. แสดงให้เห็นว่าโซเดียมคลอไรด์สามารถเพิ่มการรวมตัวของอนุภาคทองคำนาโน (Han et al., 2011) ดังนั้นในกรณีนี้สามารถเพิ่มความไวในการตรวจวัดสารเคมีได้มากขึ้น ปล่อยให้สารละลายทำปฏิกิริยา 20 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Vis spectrophotometer

ผลการวิจัย

1. การสังเคราะห์อนุภาคทองคำนาโนโดยวิธีฉายรังสี

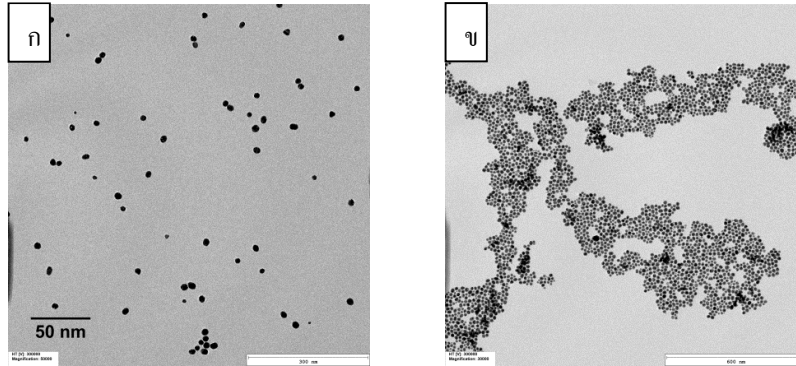
สารละลายอนุภาคทองคำที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยวิธีการฉายรังสีพบว่ามีความดูดกลืนแสงสูงสุดในช่วงความยาวคลื่น 520 ถึง 530 นาโนเมตร ที่ปริมาณรังสี 4 และ 8 กิโลเกรย์ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานของอนุภาคทองคำนาโนด้วยเทคนิคการถ่ายภาพ TEM พบว่าอนุภาคทองคำนาโนที่ฉายรังสีในปริมาณรังสี 4 และ 8 กิโลเกรย์มีรูปร่างเป็นทรงกลม มีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 24.65 ± 5.6 นาโนเมตร และ 15.0 ± 8.7 นาโนเมตร ตามลำดับดังแสดงในภาพที่ 1 ยิ่งปริมาณรังสีสูงยิ่งทำให้ขนาดของอนุภาคนาโนมีขนาดเล็กลง ในการฉายรังสีสำหรับตัวอย่างที่เป็นสารละลายที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่าก่อให้เกิดปฏิกิริยา radiolysis (Radiolysis) ซึ่งนำไปสู่การเกิดเป็นอนุมูลอิสระและโมเลกุลต่างๆ จากกระบวนการฉายรังสี อนุมูลอิสระที่สำคัญ คือ ไฮดรอกซิลเรดิคัล ($\cdot\text{OH}$), ไฮโดรเจนเรดิคัล ($\text{H}\cdot$) และ solvated electron (e_{aq}^-) อนุมูลอิสระเหล่านี้สามารถแบ่งเป็นสารรีดิวซ์ ซึ่งก็คือ e_{aq}^- ส่วน $\cdot\text{OH}$ และ $\text{H}\cdot$ เป็นสารที่ถูกจัดเป็นสารออกซิไดซ์ ในกรณีการสังเคราะห์อนุภาคทองคำจำเป็นต้องใช้ e_{aq}^- เพื่อรีดิวซ์อะตอมของ Au^{3+} ให้เป็น Au^0 เพื่อให้เกิดการรวมตัว (Aggregation) เกิดเป็นอนุภาคทองคำนาโน นอกจากนี้สารที่เป็นออกซิไดซ์สามารถทำปฏิกิริยากับไอโซโพรพานอลนำไปสู่การเกิดอนุมูลอิสระของไอโซโพรพานอล ซึ่งสามารถรีดิวซ์อะตอมของทอง (Gachard et al., 1998) ได้อีกด้วย ดังนั้นการฉายรังสีในปริมาณที่สูงมากขึ้นจะทำให้เกิดสารอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้น จึงสามารถทำให้อนุภาคทองคำมีขนาดเล็กลงได้เมื่อปริมาณรังสีเพิ่มมากขึ้น



ภาพที่ 1 แสดงแผนภูมิแท่งแสดงการกระจายขนาดของอนุภาคทองคำนาโน และภาพถ่าย TEM แสดงรูปร่างของอนุภาคทองคำนาโน ที่ได้จากสังเคราะห์ด้วยการฉายรังสี (ก, ข) อนุภาคทองคำนาโนที่ฉายปริมาณรังสี 4 kGy และ (ง, ง) อนุภาคทองคำนาโนที่ฉายปริมาณรังสี 8 kGy

2. การตรวจสอบสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตกับสารละลายอนุภาคทองคำนาโน

อนุภาคทองคำนาโนที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยการฉายรังสี เมื่อนำไปใช้ในการตรวจวัดสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่เตรียมขึ้นมีความเข้มข้น 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300 ppb โดยใช้สารละลายอนุภาคทองคำนาโนความเข้มข้น 0.125 มิลลิโมลาร์ พบว่าเมื่อเติมสารละลายสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตกับสารละลายอนุภาคทองคำนาโนทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของอนุภาคทองคำนาโนจากสีแดงเป็นสีม่วงหรือสีน้ำเงินตามความเข้มข้นของสารเคมีกำจัดแมลงที่เพิ่มขึ้น การเปลี่ยนสีนี้แสดงให้เห็นถึงการรวมกลุ่มของอนุภาคทองและสารเคมีกำจัดแมลงซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lisha et al., (2009) เมื่อความเข้มข้นสารเคมีเพิ่มขึ้นอนุภาคทองคำนาโนก็จะเกิดการรวมตัวกันมากขึ้น และจากการเติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์จะช่วยเปลี่ยนสารละลายจากสีแดงเป็นสีม่วงหรือสีน้ำเงินอย่างรวดเร็ว ซึ่งสามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า แสดงดังภาพที่ 2

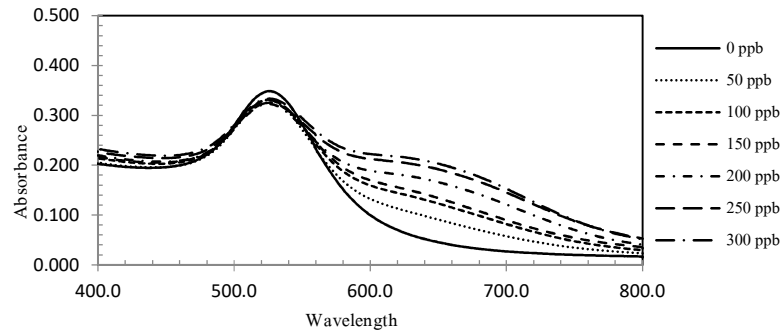


ภาพที่ 2 แสดงภาพถ่าย TEM ของอนุภาคทองที่ไม่มีสารเคมีกำจัดแมลง (ก) และมีสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์โธโรสเฟต (ข)

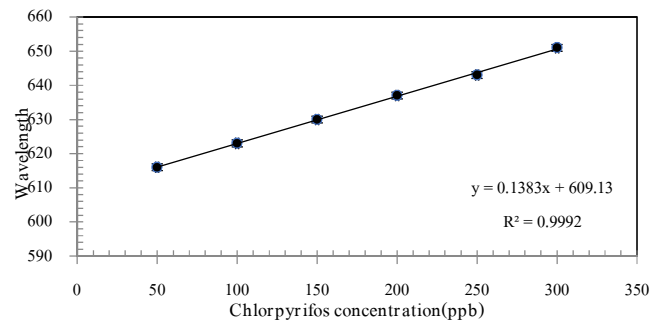
ปรากฏการณ์รวมตัวของอนุภาคทองสามารถสังเกตได้จากภาพที่ 3 และ 5 แสดงกราฟช่วงการดูดกลืนแสงสูงสุดของอนุภาคทองขนาดนาโนที่ 520 นาโนเมตร โดยที่ช่วงความยาวดูดกลืนแสงในช่วง 600-700 นาโนเมตร มีการเพิ่มขึ้น ซึ่งหมายถึงอนุภาคทองเกิดการรวมตัวกัน สังเกตได้จากค่าการดูดกลืนแสงที่เพิ่มขึ้นและความยาวของการดูดกลืนแสงสูงสุดที่เพิ่มขึ้น (Red-shifts) (Han et al., 2011) และความสัมพันธ์ของความยาวคลื่นกับความเข้มข้นของสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์โธโรสเฟตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เป็นแบบเส้นตรงดังแสดงในภาพที่ 4 และ 6

กราฟค่าการดูดกลืนแสงของอนุภาคทองนาโนก่อนและหลังการเติมสารเคมีกำจัดแมลงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจากภาพที่ 3 และ 5 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของอนุภาคทองขนาดนาโนที่ 520 นาโนเมตร และมีการเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่นของการดูดกลืนเมื่อเติมสารเคมีกำจัดแมลง การเปลี่ยนสีเป็นสีม่วงแดงให้เห็นว่าอนุภาคทองนาโนที่ล้อมรอบด้วยไอออนซิลิเกตจับกับสารเคมีกำจัดแมลง โดยมีโซเดียมคลอไรด์เป็นตัวช่วยในการเปลี่ยนสี และเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินเนื่องจากความเข้มข้นของสารเคมีกำจัดแมลง ไอออนของซิลิเกตทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์ในการสังเคราะห์อนุภาคทองนาโนทำให้สารละลายเป็นสีไวน์แดง นอกจากนี้ยังเป็นตัวคงสถานะ (Stabilizer) สำหรับอนุภาคทองได้อีกด้วย และเมื่อเติมโซเดียมคลอไรด์ลงในสารละลายอนุภาคทองนาโน จะเปลี่ยนสีจากไวน์แดงเป็นสีน้ำเงินซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารเคมีกำจัดแมลง (Kiran, 2013) ดังแสดงในภาพที่ 5 และ 8 ตามลำดับ

การสังเคราะห์อนุภาคทองที่ได้จากการฉายรังสีในปริมาณที่ต่างกัน คือ 4 และ 8 kGy ปริมาณรังสีนี้ Gachard et. al., (1998) ได้ศึกษาปริมาณรังสีพบว่าเป็นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการสังเคราะห์อนุภาคทองขนาดนาโน จากโครงการวิจัยนี้พบว่าการสังเคราะห์อนุภาคทองขนาดนาโนที่ปริมาณรังสีเหล่านี้ สามารถใช้สำหรับการตรวจวัดสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์โธโรสเฟตได้ โดยอนุภาคทองจากการฉายรังสีในปริมาณรังสี 4 kGy มีขนาดใหญ่กว่าอนุภาคทองจากการฉายรังสีในปริมาณรังสี 8 kGy ดังแสดงในภาพที่ 1 เนื่องจากขนาดของอนุภาคทองจากการฉายรังสีในปริมาณที่ 8 kGy มีขนาดเล็กกว่า ทำให้ความไว (Sensitivity) ในการตรวจวัดมากกว่า สังเกตได้จากค่าความชันของความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารเคมีกำจัดแมลง แสดงในภาพที่ 6 มีความชันมากกว่าการใช้อนุภาคทองจากการฉายรังสีในปริมาณที่ 4 kGy ดังแสดงในภาพที่ 4 ตามลำดับ

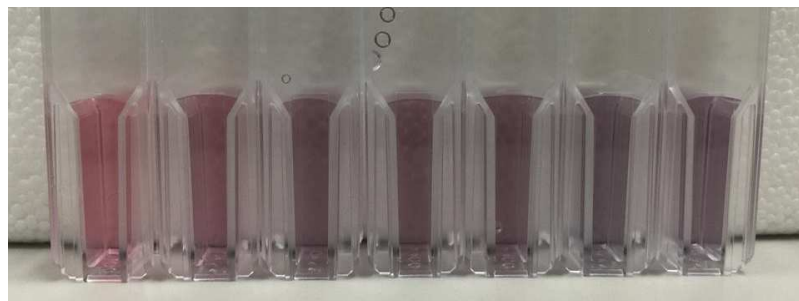


ภาพที่ 3 แสดงค่าการดูดกลืนแสงยูวี ของสารละลาย 0.125 มิลลิโมลาร์ของอนุภาคทองนาโนจากการฉายรังสีในปริมาณรังสี 4 kGy ทำปฏิกิริยาเคมีกับสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นจาก 0 ถึง 300

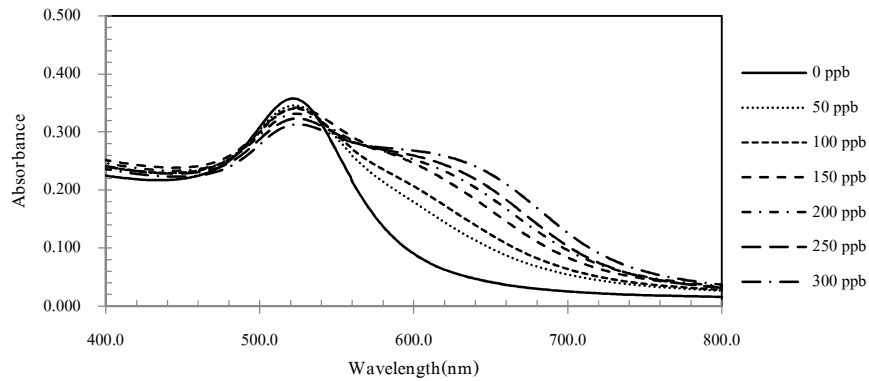


ppb

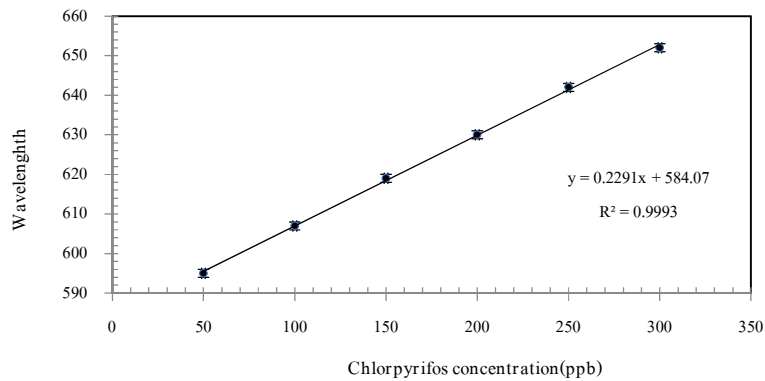
ภาพที่ 4 แสดงกราฟเส้นตรงแสดงค่าการเพิ่มของความยาวคลื่นของสารละลาย 0.125 มิลลิโมลาร์อนุภาคทองนาโนจากการฉายรังสีในปริมาณรังสี 4 kGy ทำปฏิกิริยาเคมีกับสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นจาก 0 ถึง 300 ppb



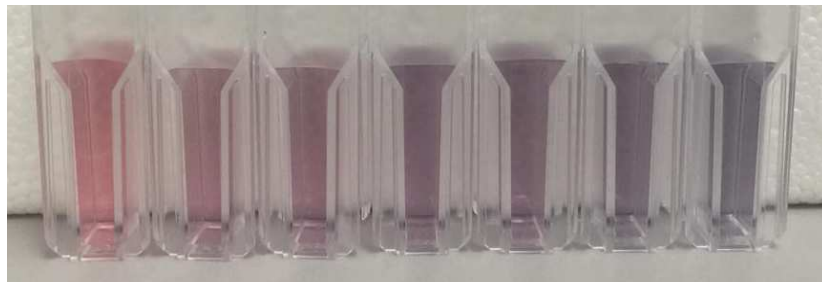
ภาพที่ 5 แสดงการเปลี่ยนสีของสารละลาย 0.125 มิลลิโมลาร์ของอนุภาคทองนาโนจากการฉายรังสีในปริมาณรังสี 4 kGy ทำปฏิกิริยาเคมีกับสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นจาก 0 ถึง 300 ppb



ภาพที่ 6 แสดงค่าการดูดกลืนแสงยูวี ของสารละลาย 0.125 มิลลิโมลาร์ของอนุภาคทองนาโนจากการฉายรังสีในปริมาณรังสี 8 kGy ทำปฏิกิริยาเคมีกับสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นจาก 0 ถึง 300 ppb



ภาพที่ 7 แสดงกราฟเส้นตรงแสดงค่าการเพิ่มความยาวคลื่นของสารละลาย 0.125 มิลลิโมลาร์อนุภาคทองนาโนจากการฉายรังสีในปริมาณรังสี 8 kGy ทำปฏิกิริยาเคมีกับสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นจาก 0 ถึง 300 ppb



ภาพที่ 8 แสดงการเปลี่ยนสีของสารละลาย 0.125 มิลลิโมลาร์ของอนุภาคทองนาโนจากการฉายรังสีในปริมาณรังสี 8 kGy ทำปฏิกิริยาเคมีกับสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นจาก 0 ถึง 300 ppb

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

อนุภาคทองขนาดนาโนสามารถสังเคราะห์ด้วยวิธีการฉายรังสีโดยใช้สารไตรโซเดียมไซเตรทเป็นสารรีดิวซ์ทำให้ขนาดของอนุภาคมีความสม่ำเสมอ และเมื่อทำการฉายรังสีในปริมาณที่สูงขึ้นมีผลทำให้ขนาดของอนุภาคเล็กลงแล้วมีขนาดใกล้เคียงกันมากขึ้น ซึ่งอนุภาคทองขนาดนาโนที่สังเคราะห์ด้วยวิธีการฉายรังสีสามารถใช้สำหรับการตรวจวัดสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตได้ การตรวจวัดระดับสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตขึ้นอยู่กับขนาดและความสม่ำเสมอของอนุภาค หากอนุภาคทองขนาดนาโนมีความสม่ำเสมอของอนุภาคมาก ยิ่งทำให้เกิดความแม่นยำในการตรวจวัดมากขึ้น อนุภาคทองขนาดนาโนที่มีการเติมไซเดียมคลอไรด์ด้วย จะช่วยให้ประสิทธิภาพในการตรวจวัดสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตมากถึงระดับ ppb ซึ่งสามารถสังเกตได้ด้วยการเปลี่ยนสีอย่างรวดเร็วของสารละลาย และใช้การวิเคราะห์จาก UV-Vis spectrophotometer และ TEM แสดงให้เห็นกลไกที่ชัดเจนของสารประกอบเชิงซ้อนของอนุภาคทองขนาดนาโนและสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ด้วยวิธีดังกล่าวสามารถนำไปตรวจสอบสารเคมีกำจัดแมลงในตัวอย่างจริงได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และได้รับทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัย แผนพัฒนาศักราชบัณฑิตวิทยาลัยรุ่นใหม่ จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2561 และขอขอบพระคุณภาคีวิจัยรังสีประยุกต์และไอโซโทป และสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์วัสดุอุปกรณ์และเครื่องสำหรับการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

พิ้วพลเทพ ศ: เอกสารประกอบการสอน สารกำจัดศัตรูพืช. ม.ป.ป.:77.

Costa LG: Current issues in organophosphate toxicology. *Clinica chimica acta* 2006;366:1-13.

Fahimi-Kashani N, Hormozi-Nezhad MR: Gold-nanoparticle-based colorimetric sensor array for discrimination of organophosphate pesticides. *Analytical chemistry* 2016;88:8099-8106.

Han X, Goebel J, Lu Z, Yin Y: Role of salt in the spontaneous assembly of charged gold nanoparticles in ethanol. *Langmuir* 2011;27:5282-5289.

Kiran K: Detection of chlorpyrifos pesticide in various water samples using gold nanoparticles. *Int J Res Eng Technol* 2013;2:218-221.

Lisha KP, Anshup, Pradeep T: Enhanced visual detection of pesticides using gold nanoparticles. *Journal of Environmental Science and Health Part B* 2009;44:697-705.

Sharma D, Nagpal A, Pakade YB, Katnoria JK: Analytical methods for estimation of organophosphorus pesticide residues in fruits and vegetables: A review. *Talanta* 2010;82:1077-1089.

Sun J, Guo L, Bao Y, Xie J: A simple, label-free AuNPs-based colorimetric ultrasensitive detection of nerve agents and highly toxic organophosphate pesticide. *Biosensors and Bioelectronics* 2011;28:152-157.



Wenhui B, Chao Z, Jinchuan L, Mengmeng Y, Shuming Y, Ailiang C: Gold nanoparticle-based colorimetric aptasensor for rapid detection of six organophosphorous pesticides. *Environmental toxicology and chemistry* 2015;34:2244-2249.

Xia N, Wang Q, Liu L: Nanomaterials-based optical techniques for the detection of acetylcholinesterase and pesticides. *Sensors* 2015;15:499-514.

Gachard E., H. Remita, J. Khatouri, B. Keita, L. Nadjo and J. Belloni : Radiation-Induced and Chemical Formation of Gold Clusters. *New journal of chemistry* 1998; 22(11): 1257-1265.