โครงการการศึกษาความรอบรู้เฉพาะเรื่อง (Senior Project)

เรื่อง

การทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะตะกั่ว ในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยตัวดูดซับใบกะเพราแดง

นางสาวษรัญธร จาปะเกษตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมพัฒนาผู้เรียน

โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา

ปีการศึกษา 2565

ษรัญธร จาปะเกษตร์ 2565 : โครงการการศึกษาความรอบรู้เฉพาะเรื่อง
เรื่อง การทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยตัวดูดซับใบกะเพราแดง
โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ทัศนีวรรณ์ เลิศเจริญฤทธิ์
ผู้เชี่ยวชาญ : นายธวัช จาปะเกษตร์
ผู้ปกครอง : นางกฤติยา จาปะเกษตร์

บทคัดย่อ

โครงการการศึกษาความรอบรู้เฉพาะเรื่อง เรื่องการทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยตัวดูดซับใบกะเพราแดง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตัวดูดซับใบกะเพราแดงและประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ มีขั้นตอนการศึกษาแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 เป็นการเตรียมตัวดูดซับใบกะเพราแดง และขั้นตอนที่ 2 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยตัวดูดซับใบกะเพราแดง

ผลการศึกษาพบว่าการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัวดูดซับใบกะเพราแดงที่ใส่ลงในสารละลายเลด (II) ไนเตรต ส่งผลให้น้ำหนักตะกอนเลด (II) ไอโอไดด์ที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มลดลง โดยน้ำหนักตัวดูดซับใบกะเพราแดง 10.00 กรัม ทำให้มีน้ำหนักตะกอนเลด (II) ไอโอไดด์ที่เกิดขึ้นน้อยที่สุด รองลงมาคือน้ำหนักตัวดูดซับใบกะเพราแดง 8.00, 6.00, 4.00 และ 2.00 กรัม ตามลำดับ แสดงว่าการเพิ่มปริมาณตัวดูดซับใบกะเพราแดงทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์เพิ่มสูงขึ้น

สารบัญ

	หน้า
หลักการและเหตุผล	1
วัตถุประสงค์	1
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
สมมติฐาน	2
ตัวแปร	2
นิยามเชิงปฏิบัติการ	2
ขอบเขตการศึกษา	2
ระยะเวลาในการศึกษา	2
นิยามศัพท์เฉพาะ	3
แนวคิดที่ใช้ในการศึกษา	
ตะกั่ว	3
กะเพราแดง	3
แทนนิน	4
กระบวนการดูดซับ	4
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาและรูปแบบวิธีการศึกษา	6
การเก็บรวบรวมข้อมูล	13
การวิเคราะห์ข้อมูล	14
ผลการศึกษา	14
สะท้อนความคิด	16
บรรณานุกรม	18

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 1	IR Spectrum ของตัวดูดซับใบผักแพวก่อนดูดซับและหลังการดูดซับตะกั่วในน้ำเสีย	6
ภาพที่ 2	กะเพราแดงสด	7
ภาพที่ 3	ใบกะเพราแดงสด	7
ภาพที่ 4	การตากใบกะเพราแดง วันที่ 1	7
ภาพที่ 5	การตากใบกะเพราแดง วันที่ 9	7
ภาพที่ 6	ใบกะเพราแดงแห้ง	8
ภาพที่ 7	ตัวดูดซับใบกะเพราแดง	8
ภาพที่ 8	การเตรียมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ ความเข้มข้น 0.4 โมลาร์	12
ภาพที่ 9	การทำปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารละลายเลด (II) ไนเตรตที่ผ่านการกรองในตอนที่ 3 และสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ที่ได้จากการเตรียมในตอนที่ 4	13
ภาพที่ 10	ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัวดูดซับใบกะเพราแดงกับน้ำหนักตะกอนเลด (II) ไอโอไดด์ที่เกิดขึ้นรวมกับกระดาษกรอง	15

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่		หน้า
ตารางที่ 1	รายชื่อพืชและส่วนที่นำมาใช้ศึกษา	4
ตารางที่ 2	ค่า total phenolic compound (TPC) และ tannin content ของตัวอย่างสารสกัดจากพืช 10 ชนิด ที่ผ่านและไม่ผ่านการ oxidation	5
ตารางที่ 3	ตารางแสดงปริมาตรของสารละลายเลด (II) ไนเตรต	9
ตารางที่ 4	ตารางแสดงน้ำหนักตัวดูดซับใบกะเพราแดง	10
ตารางที่ 5	ตารางแสดงปริมาตรของสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์	12
ตารางที่ 6	ตารางแสดงผลของน้ำหนักตัวดูดซับใบกะเพราแดงที่มีต่อน้ำหนักตะกอนเลด (II) ไอโอไดด์ที่เกิดขึ้นรวมกับกระดาษกรอง	14

หลักการและเหตุผล

น้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตและเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ จากการที่น้ำเป็นตัวทำละลายที่ดี หากมีสารพิษเจือปนอยู่ในน้ำจะส่งผลให้เกิดมลพิษทางน้ำ ในปัจจุบันน้ำทิ้งจากภาคอุตสาหกรรมเป็นสาเหตุประการหนึ่งที่ทำให้โลหะตะกั่วเข้าสู่สิ่งแวดล้อม ดังนั้นเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานก่อนปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมจึงจำเป็นต้องนำน้ำเสียเข้าสู่กระบวนการกำจัดโลหะหนักก่อนที่จะมีการนำกลับมาใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคอีกครั้ง

วิธีการบำบัดโลหะหนักในน้ำเสียที่มีโลหะหนักเจือปนสามารถทำได้ทั้งวิธีทางกายภาพและวิธีทางเคมี ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกัน แต่พบว่าวิธีการบำบัดโลหะหนักส่วนใหญ่มีข้อเสียคือขั้นตอนในการบำบัดมีความซับซ้อนและจำเป็นต้องใช้สารเคมีที่มีราคาสูง จึงทำให้ในปัจจุบันวิธีการดูดซับด้วยตัวดูดซับที่มาจากธรรมชาติ เป็นวิธีที่ได้รับความนิยม เนื่องจากขั้นตอนไม่ซับซ้อนและมีราคาถูก โดยมุ่งเน้นไปที่การปรับปรุงประสิทธิภาพของตัวดูดซับให้ดียิ่งขึ้น (มาริสา ทองหล่อง และคณะ, 2562)

หนึ่งในประเภทของตัวดูดซับที่มีการค้นคว้าวิจัยคือตัวดูดซับที่มีองค์ประกอบของสารแทนนิน จากโครงสร้างของแทนนินที่ประกอบด้วย หมู่ hydroxyl เป็นจำนวนมาก ทำให้แทนนินมีความสามารถในการจับกับไอออนของโลหะได้หลายชนิด โดยแทนนินสามารถพบได้ในพืชทั่ว ๆ ไปตามธรรมชาติ ทำให้งานวิจัยที่ใช้สารแทนนินเป็นตัวดูดซับในการแยกโลหะจากสารละลายได้ถูกศึกษาและมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (ประกร รามกุล, 2553)

ประกอบกับมีรายงานผลการวิจัยว่าใบกะเพราแดงมีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสารแทนนินในปริมาณที่สูง (ปารมี สงขัย และ วรางคณา สมพงษ์, 2560)

ผู้ศึกษาจึงสนใจนำใบกะเพราแดงซึ่งเป็นผักพื้นบ้านของไทยมาผลิตเป็นตัวดูดซับใบกะเพราแดงและทำการศึกษาการกำจัดตะกั่วไอออนออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยตัวดูดซับใบกะเพราแดง ซึ่งนอกจากจะเป็นตัวดูดซับทางชีวภาพที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังนับเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผักพื้นบ้านของไทยอีกด้วย

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตัวดูดซับใบกะเพราแดงและประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เป็นแนวทางให้กับผู้ที่สนใจได้ข้อมูลเกี่ยวกับตัวดูดซับทางชีวภาพซึ่งเป็นทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถนำเอาตัวดูดซับใบกะเพราแดงไปพัฒนาเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของระบบบำบัดน้ำเสียในระดับชุมชน

สมมุติฐาน

ถ้าตัวดูดซับใบกะเพราแดงที่ใส่ลงในน้ำเสียสังเคราะห์มีปริมาณมาก ดังนั้นประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์จะสูงขึ้น

ตัวแปร

ตัวแปรต้น : ปริมาณตัวดูดซับใบกะเพราแดง

ตัวแปรตาม : ประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะตะกั่ว

ตัวแปรควบคุม : เวลาที่ใช้ในการดูดซับ

นิยามเชิงปฏิบัติการ

ประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะตะกั่ว วัดจากน้ำหนักตะกอนของเลด (II) ไอโอไดด์ที่เกิดขึ้นหลังการทดลอง

ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้ใช้วิธีการตกตะกอนสาร โดยกำหนดให้ปริมาณโลหะตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์หลังการดูดซับมีความสัมพันธ์โดยตรงกับน้ำหนักตะกอนเลด (II) ไอโอไดด์ที่เกิดขึ้น และใช้สารละลายเลด (II) ไนเตรตเสมือนตัวแทนของสารละลายโลหะหนักเท่านั้น

น้ำหนักตะกอนเลด (II) ไอโอไดด์ วัดจากน้ำหนักของตะกอนเลด (II) ไอโอไดด์ที่เกิดขึ้นรวมกับกระดาษกรอง

ระยะเวลาในการศึกษา

เดือนมีนาคม พ.ศ.2564 - เดือนธันวาคม พ.ศ.2565 เป็นระยะเวลา 1 ปี 9 เดือน

นิยามศัพท์เฉพาะ

น้ำเสียสังเคราะห์ หมายถึง น้ำเสียที่เตรียมขึ้นในห้องปฏิบัติการ สำหรับการศึกษาในครั้งนี้คือ สารละลายเลด (II) ไนเตรต ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ (เลด (II) ไนเตรต 33.12 กรัม ในสารละลาย 500 มิลลิลิตร)

แนวคิดที่ใช้ในการศึกษา

ตะกั่ว

ตะกั่วเป็นโลหะหนักมีสีเทาเงินหรือแกมน้ำเงิน ตะกั่วถูกใช้ในการทำอุปกรณ์อิเล็คโทรนิคและชิ้นส่วนของคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำให้เกิดการปลดปล่อยตะกั่วและสารประกอบของตะกั่วในรูปของสารมลพิษออกสู่สภาวะแวดล้อม ทำให้มีการปนเปื้อนของตะกั่วทั้งในดิน น้ำ และอากาศ ตะกั่วสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือ ทางอาหาร ทางการหายใจ และทางผิวหนัง เมื่อสารตะกั่วเข้าสู่ร่างกาย ส่วนใหญ่จะจับยึดอยู่กับเม็ดเลือดแดงจะไปลดการสร้าง heme ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเม็ดเลือดแดงโดยไปยับยั้งเอ็นไซม์ที่เกี่ยวกับการสร้าง heme นอกจากนี้ ตะกั่วยังมีผลต่อตับ หัวใจและเส้นเลือด ภาวะเจริญพันธุ์ โครโมโซม ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง และความพิการแต่กำเนิดอีกด้วย (กองตรวจสอบคุณภาพสินค้า กรมประมง, ม.ป.ป: ออนไลน์)

กะเพราแดง

ชื่อวิทยาศาสตร์ : Ocimum tenuiflorum L.

ชื่อวงศ์ : Lamiaceae (Labiatae)

กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข (ม.ป.ป: ออนไลน์) กล่าวถึงสารสำคัญในใบกะเพราแดง โดยใบกะเพราแดงมีองค์ประกอบหลักเป็นน้ำมันระเหยง่าย (volatile oil) ซึ่งอาจพบได้ถึงร้อยละ 2 น้ำมันระเหยง่ายนี้ประกอบด้วยสารกลุ่มเทอร์พีนอยด์ (terpenoids) ที่สำคัญได้แก่ ยูจีนอล (eugenol) เมทิลยูจีนอล (methyl eugenol) แอลฟา-แคริโอฟิลลีน (α-caryophyllene) บีตา-แคริโอฟิลลีน (β-caryophyllene) เป็นต้น ซึ่งชนิดของสารและปริมาณจะขึ้นอยู่กับแหล่งที่ปลูก นอกจากนั้นยังพบสารกลุ่มแทนนิน (tannin) และเมทิลชาวิคอล (methyl chavicol) เป็นต้น

แทนนิน

ในส่วนต่าง ๆ ของพืชหลายชนิด สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ กลุ่มคอนเดนส์แทนนิน (condensed tannins) หรือเรียกอีกอย่างว่า โปรแอนโทรไซยานิน (proanthrocyanin) พบในส่วนเปลือกต้น เนื้อไม้ และแก่นไม้เป็นส่วนใหญ่ และกลุ่มไฮโดรไลซ์แทนนิน (hydrolysable tannins) ซึ่งเป็นสารแทนนินที่สามารถแตกตัวได้เป็นโมเลกุลขนาดเล็ก พบมากในส่วนต่าง ๆ ของพืช ได้แก่ ใบ ฝัก เปลือก ผล และส่วนที่ปูดออกมาจากลำต้นปกติ เมื่อพืชได้รับอันตรายหรือทำให้เกิดรอยแผล (gall) เป็นต้น แทนนินมีคุณสมบัติช่วยในการตกตะกอนโปรตีน ทำให้หนังสัตว์ไม่เน่าเปื่อย จึงมีการใช้สารแทนนินในอุตสาหกรรมการฟอกหนังด้วย ในทางการแพทย์ พบว่าสารแทนนินสามารถใช้เป็นยารักษาโรคท้องเสียได้

กระบวนการดูดซับ

นิ่มนวล มานพ (2552) กล่าวว่าการดูดซับเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการสะสมตัวของสารหรือความเข้มข้นของสารที่บริเวณพื้นผิวหรือระหว่างผิวหน้า (Interface) กระบวนการนี้สามารถเกิดที่บริเวณผิวสัมผัสระหว่าง 2 สภาวะใด ๆ เช่น ของเหลวกับของเหลว ก๊าซกับของเหลว ก๊าซกับของแข็ง หรือ ของเหลวกับของแข็ง โดยโมเลกุลหรือคอลลอยด์ที่ถูกดูดจับเรียกว่า สารถูกดูดซับ (adsorbate) ส่วนสารที่ทำหน้าที่ดูดซับเรียกว่า สารดูดซับ (adsorbent)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปารมี สงขัย และ วรางคณา สมพงษ์ (2560) ทำการศึกษาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณแทนนินของสารสกัดจากพืช 10 ชนิด ดังแสดงรายชื่อในตารางที่ 1 และปรากฏผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 รายชื่อพืชและส่วนที่นำมาใช้ศึกษา

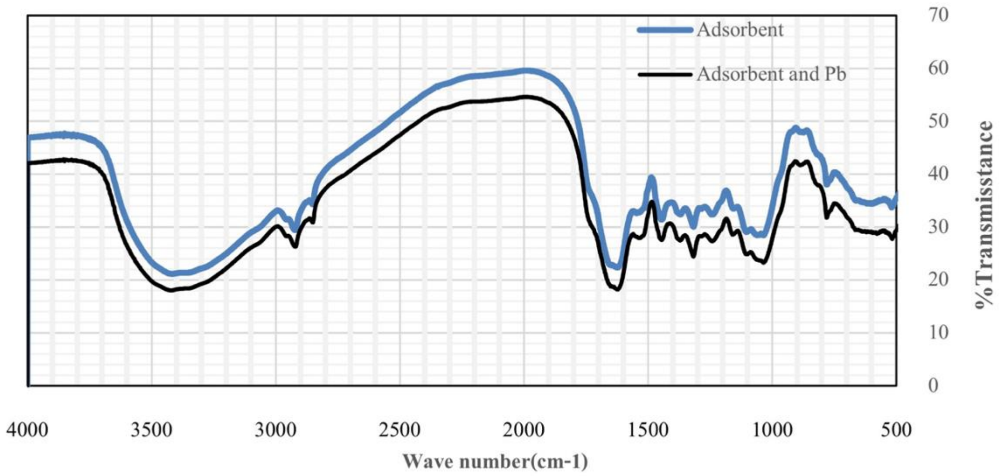
ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ (ไทย/อังกฤษ)	ส่วนที่นำมาใช้
Allium tuberosum Rottl. ex Spreng	กุยช่าย / Chinese chives	ส่วนกลางใบ
Brassica oleracea L. var. italica	บรอกโคลี / Broccoli	ดอก
Centella asiatica (L.) Urban	บัวบก / Asiatic pennywort	ใบโตเต็มวัย
Coccinia grandis (L.) Voigt	ตำลึง / Ivy gourd	ใบโตเต็มวัย
Garcinia cowa Roxb. ex DC.	ชะมวง / Cowa	ใบโตเต็มวัย
Morinda citrifolia L.	ยอ / Noni	ใบโตเต็มวัย
Ocimum basilicum L.	โหระพา / Thai basil	ใบโตเต็มวัย
Ocimum tenuiflorum L.	กะเพราแดง / Holy basil	ใบโตเต็มวัย
Persicaria odorata (Lour.) Soják	ผักแพว / Vietnamese coriander	ใบโตเต็มวัย
Tiliacora triandra (Colebr.) Diels	ย่านาง / Yanang	ใบโตเต็มวัย

ตารางที่ 2 ค่า total phenolic compound (TPC) และ tannin content ของตัวอย่างสารสกัดจากพืช 10 ชนิด ที่ผ่านและไม่ผ่านการ oxidation

ชื่อพืช	Total phenolic compound (TPC) (mg GAE/g DW)		Tannin content (mg GAE/g DW)	
	non-oxidation	oxidation	non-oxidation	oxidation
กุยช่าย	26.29±5.48[g]	23.05±1.83[e]	10.03±4.73[e]	6.01±3.48[e]
บรอกโคลี	41.04±1.31[ef]	38.23±2.32[de]	24.70±1.48[de]	22.27±2.03[de]
บัวบก	79.23±22.48[c]	59.30±31.43[d]	67.49±19.92[c]	45.70±32.6[c]
ตำลึง	77.08±24.6[cd]	64.12±20.5[c]	44.48±17.05[cd]	35.76±14.53[d]
ชะมวง	63.70±22.25[cde]	50.29±15.79[de]	57.60±20.67[c]	42.18±13.37[d]
ยอ	43.61±5.13[ef]	42.20±1.55[de]	27.26±3.54[de]	25.19±0.34[de]
โหระพา	61.17±10.85[cde]	50.45±11.14[de]	46.97±9.43[cd]	31.30±3.77[de]
กะเพราแดง	119.47±18.97[b]	115.49±18.02[b]	98.74±18.68[b]	93.77±18.28[b]
ผักแพว	197.86±3.15[a]	170.18±16.09[a]	171.77±3.30[a]	127.27±8.66[a]
ย่านาง	51.31±2.65[def]	46.30±3.94[de]	26.94±0.54[de]	25.88±5.22[de]

จากผลการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณแทนนินในพืช 10 ชนิด พบว่าตัวอย่างสารสกัดจากพืชที่ไม่ผ่านการออกซิไดซ์นั้นมีปริมาณแทนนินอยู่ในช่วง 10.03 - 171.77 มิลลิกรัม gallic acid/กรัมตัวอย่าง โดยตัวอย่างสารสกัดจากพืชที่มีปริมาณแทนนินสูงที่สุดคือ ผักแพว รองลงมา ได้แก่ กะเพราแดง บัวบก ชะมวง โหระพา ตาลึง ยอ ย่านาง บรอกโคลี และกุยช่าย ตามลำดับ ($p \leq 0.05$)

รัฐพล หงส์เกรียงไกร และคณะ (2562) ศึกษาการกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยตัวดูดซับใบผักแพว โดยวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันทางเคมีของตัวดูดซับใบผักแพวก่อนการดูดซับและหลังการดูดซับด้วยเครื่องฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟาเรดสเปกโตรมิเตอร์พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของหมู่ไฮดรอกซิลที่เลขคลื่นประมาณ 3300 โดยตัวดูดซับที่ผ่านการดูดซับตะกั่วมีลักษณะของเส้นสเปกตรัมที่แตกต่างจากสเปกตรัมของตัวดูดซับใบผักแพวก่อนการดูดซับ ทั้งนี้อาจเกิดขึ้นเนื่องจากมีการดูดซับกันระหว่างไอออนของตะกั่ว (Pb^{2+}) และหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ในโมเลกุลของแทนนินที่เป็นองค์ประกอบของใบผักแพว



ภาพที่ 1 IR Spectrum ของตัวดูดซับใบผักแพวก่อนดูดซับและหลังการดูดซับตะกั่วในน้ำเสีย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาและรูปแบบวิธีการศึกษา

โครงการการศึกษาความรอบรู้เฉพาะเรื่อง เรื่องการทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยตัวดูดซับใบกะเพราแดง มีขั้นตอนการดำเนินงานศึกษาแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 เป็นการเตรียมตัวดูดซับใบกะเพราแดง และขั้นตอนที่ 2 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยตัวดูดซับใบกะเพราแดง

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมตัวดูดซับใบกะเพราแดง

อุปกรณ์ที่ใช้

1. กะเพราแดงสด 9 กิโลกรัม
2. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง
3. มุ้งตากแห้ง
4. โกร่งบดยา
5. ตะแกรงร่อน
6. ถุงมือยาง
7. ภาชนะบรรจุ

วิธีการทดลอง

1. นำกะเพราแดงสด 9 กิโลกรัม มาตัดให้เหลือเฉพาะใบกะเพราแดงสด

ภาพที่ 2 กะเพราแดงสด ภาพที่ 3 ใบกะเพราแดงสด

2. ชั่งน้ำหนักใบกะเพราแดงสด
3. นำใบกะเพราแดงสดมาล้างด้วยน้ำสะอาด แล้วจึงนำไปตากในมุ้งตากแห้ง โดยตากให้แห้งด้วยแสงแดดประมาณ 9 วัน

ภาพที่ 4 การตากใบกะเพราแดง วันที่ 1 ภาพที่ 5 การตากใบกะเพราแดง วันที่ 9

4. ชั่งน้ำหนักใบกะเพราแดงแห้ง

5. บดใบกะเพราแดงแห้งให้ละเอียดแล้วนำไปร่อนด้วยตะแกรงร่อน ได้ตัวดูดซับใบกะเพราแดง

ภาพที่ 6 ใบกะเพราแดงแห้ง

ภาพที่ 7 ตัวดูดซับใบกะเพราแดง

6. บรรจุตัวดูดซับใบกะเพราแดงใส่ภาชนะบรรจุ

ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยตัวดูดซับใบกะเพราแดง

การทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยผงใบกะเพราแดง แบ่งออกเป็น 5 ตอน คือ

<u>ตอนที่ 1</u> การเตรียมสารละลายเลด (II) ไนเตรต ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์

อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้

1. สารเลด (II) ไนเตรต 33.12 กรัม
2. น้ำ DI
3. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร
4. บีกเกอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร
5. บีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร
6. บีกเกอร์ ขนาด 1000 มิลลิลิตร
7. ขวดวัดปริมาตร ขนาด 500.00 มิลลิลิตร
8. ปิเปต ขนาด 25.00 มิลลิลิตร
9. ลูกยางปิเปต
10. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง
11. ช้อนตักสาร
12. กรวยแก้ว

13. หลอดหยด
14. อะลูมิเนียมฟอยด์
15. หนังยาง

วิธีการทดลอง

1. ชั่งสารเลด (II) ไนเตรต 33.12 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์
2. ค่อย ๆ เติมน้ำ DI ลงในบีกเกอร์ที่มีสารเลด (II) ไนเตรตอยู่
3. ใช้แท่งแก้วคน คนให้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน
4. เทสารละลายเลด (II) ไนเตรตผ่านกรวยแก้วลงในขวดวัดปริมาตร
5. ปิดจุกขวดวัดปริมาตรให้สนิท แล้วพลิกขวดวัดปริมาตรเพื่อให้สารละลายเข้ากัน
6. ปิเปตสารละลายเลด (II) ไนเตรตลงในขวดรูปชมพู่ ดังนี้

ตารางที่ 3 ตารางแสดงปริมาตรของสารละลายเลด (II) ไนเตรต

ชุดการทดลองที่	ปริมาตรของสารละลายเลด (II) ไนเตรต (มิลลิลิตร)
1 (ชุดควบคุม)	60.00
2	75.00
3	75.00
4	75.00
5	75.00
6	75.00

<u>ตอนที่ 2</u> การแช่ตัวดูดซับใบกะเพราแดง

อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้

1. สารละลายเลด (II) ไนเตรต ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์
2. ตัวดูดซับใบกะเพราแดง
3. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง
4. ช้อนตักสาร
5. อะลูมิเนียมฟอยด์
6. หนังยาง

วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักตัวดูดซับใบกะเพราแดงใส่ในขวดรูปชมพู่แต่ละใบ ดังนี้

ตารางที่ 4 ตารางแสดงน้ำหนักตัวดูดซับใบกะเพราแดง

ชุดการทดลองที่	น้ำหนักตัวดูดซับใบกะเพราแดง (กรัม)
1 (ชุดควบคุม)	0.00
2	2.00
3	4.00
4	6.00
5	8.00
6	10.00

2. ปิดฝาขวดรูปชมพู่ด้วยอะลูมิเนียมฟอยด์
3. ใช้มือเขย่าขวดรูปชมพู่เพื่อให้สารละลายเลด (II) ไนเตรตกับตัวดูดซับใบกะเพราแดงเข้ากัน ตั้งทิ้งไว้หนึ่งคืน

<u>ตอนที่ 3</u> การกรองตัวดูดซับใบกะเพราแดงออก

อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้

1. สารละลายเลด (II) ไนเตรตที่ผสมกับผงกะเพราแดงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร
2. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร
3. กรวยแก้ว
4. กระดาษกรอง

วิธีการทดลอง

1. พับกระดาษกรองแบบกรวย 4 ทบ
2. วางกระดาษกรองลงในกรวยแก้ว
3. รินสารละลายผ่านแท่งแก้วคนลงในกรวยแก้วผ่านกระดาษกรอง
4. นำสารละลายที่ได้จากการกรองไปทดลองต่อในตอนที่ 5

ตอนที่ 4 การเตรียมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ ความเข้มข้น 0.4 โมลาร์

อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้

1. สารโพแทสเซียมไอโอไดด์ 66.40 กรัม
2. น้ำ DI
3. บีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร
4. บีกเกอร์ ขนาด 1000 มิลลิลิตร
5. ขวดวัดปริมาตร ขนาด 1000.00 มิลลิลิตร
6. ปิเปต ขนาด 25.00 มิลลิลิตร
7. ปิเปต ขนาด 10.00 มิลลิลิตร
8. ลูกยางปิเปต
9. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง
10. ช้อนตักสาร
11. หลอดหยด
12. กรวยแก้ว
13. อะลูมิเนียมฟอยด์
14. หนังยาง

วิธีการทดลอง

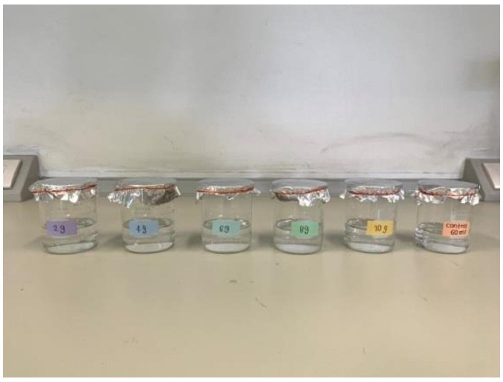
1. ชั่งสารโพแทสเซียมไอโอไดด์ 66.40 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์
2. ค่อย ๆ เติมน้ำ DI ลงในบีกเกอร์ที่มีสารเลด (II) ไนเตรตอยู่
3. ใช้แท่งแก้วคน คนให้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน
4. เทสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ผ่านกรวยแก้วลงในขวดวัดปริมาตร
5. ปิดจุกขวดวัดปริมาตรให้สนิท แล้วพลิกขวดวัดปริมาตรเพื่อให้สารละลายเข้ากัน

6. ปิเปตสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ลงในขวดรูปชมพู่ ดังนี้

ตารางที่ 5 ตารางแสดงปริมาตรของสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์

ชุดการทดลองที่	ปริมาตรของสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (มิลลิลิตร)
1 (ชุดควบคุม)	60.00
2	75.00
3	75.00
4	75.00
5	75.00
6	75.00

7. ปิดอะลูมิเนียมฟอยด์บริเวณปากบีกเกอร์



ภาพที่ 8 การเตรียมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ ความเข้มข้น 0.4 โมลาร์

<u>ตอนที่ 5</u> การทำปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารละลายเลด (II) ไนเตรตที่ผ่านการกรองในตอนที่ 3 และสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ที่ได้จากการเตรียมในตอนที่ 4 และชั่งน้ำหนักตะกอนเลด (II) ไอโอไดด์

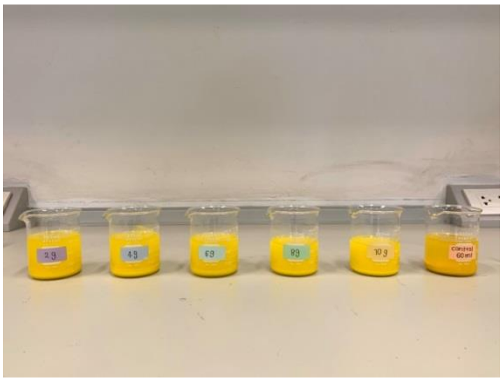
อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้

1. สารละลายเลด (II) ไนเตรต ปริมาตร 60.00 ml (ชุดควบคุม) จำนวน 1 บีกเกอร์
2. สารละลายที่ได้จากการกรองในตอนที่ 1 จำนวน 5 บีกเกอร์
3. สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ จำนวน 6 บีกเกอร์
4. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง
5. กระดาษกรอง

6. กรวยแก้ว
7. ขวดรูปชมพู่
8. แท่งแก้วคน

วิธีการทดลอง

1. นำสารละลายเลด (II) ไนเตรต (ชุดควบคุม) และสารละลายที่ได้จากการกรองในขั้นตอนที่ 1 ทำปฏิกิริยากับสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ ในบีกเกอร์ 6 ใบ
2. พับกระดาษกรองแบบกรวย 4 ทบ
3. วางกระดาษกรองลงในกรวยแก้ว
4. ฉีดน้ำกลั่นลงบนกระดาษกรองให้เปียกชื้น เพื่อให้กระดาษกรองแนบสนิทกับกรวยแก้ว
5. รินสารละลายผ่านแท่งแก้วคน ผ่านกระดาษกรองลงในกรวยแก้ว
6. กรองได้ตะกอนเลด (II) ไอโอไดด์บนกระดาษกรอง
7. ตั้งทิ้งไว้ให้ตะกอนเลด (II) ไอโอไดด์แห้ง
8. ชั่งน้ำหนักตะกอนเลด (II) ไอโอไดด์รวมกับกระดาษกรอง
9. บันทึกน้ำหนักตะกอนเลด (II) ไอโอไดด์รวมกับกระดาษกรอง



ภาพที่ 9 การทำปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารละลายเลด (II) ไนเตรตที่ผ่านการกรองในตอนที่ 3 และสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ที่ได้จากการเตรียมในตอนที่ 4

การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บข้อมูลโดยบันทึกข้อมูลจากการทดลองลงในตาราง

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลในตารางที่เก็บข้อมูลผลการทดลองมาเขียนแผนภูมิแท่ง โดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของตัวดูดซับใบกะเพราแดง (กรัม) กับน้ำหนักตะกอนเลด (II) ไอโอไดด์ที่เกิดขึ้นรวมกับกระดาษกรอง (กรัม)

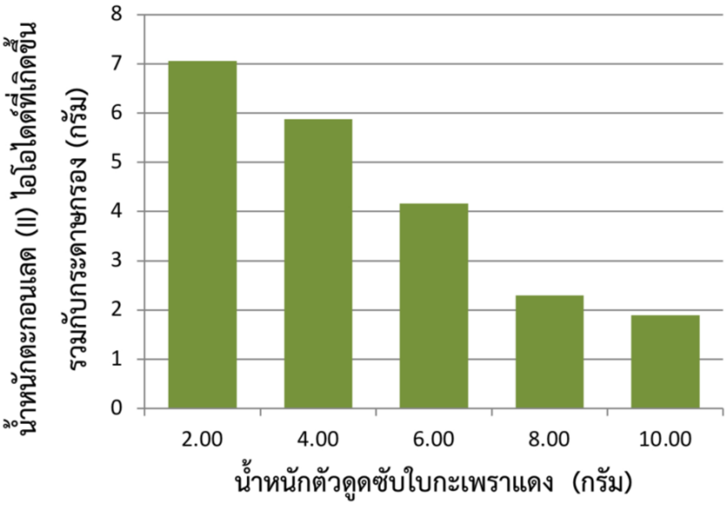
ผลการศึกษา

จากการศึกษาการทำปฏิกิริยาการทำปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารละลายเลด (II) ไนเตรตกับสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ สามารถแสดงผลการศึกษาได้ดังนี้

ตารางที่ 6 ตารางแสดงผลของน้ำหนักตัวดูดซับใบกะเพราแดงที่มีต่อน้ำหนักตะกอนเลด (II) ไอโอไดด์ที่เกิดขึ้นรวมกับกระดาษกรอง

ชุดการทดลองที่	ปริมาตรของสารละลายเลด (II) ไนเตรต (มิลลิลิตร)	ปริมาตรของสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (มิลลิลิตร)	น้ำหนักตัวดูดซับใบกะเพราแดง (กรัม)	น้ำหนักตะกอนเลด (II) ไอโอไดด์ที่เกิดขึ้นรวมกับกระดาษกรอง (กรัม)
1	60.00	60.00	0.00	7.68
2	75.00	75.00	2.00	7.06
3	75.00	75.00	4.00	5.88
4	75.00	75.00	6.00	4.16
5	75.00	75.00	8.00	2.30
6	75.00	75.00	10.00	1.90

ข้อมูลจากตารางที่ 7 ชุดการทดลองที่ 2 ถึง 6 สามารถนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัวดูดซับใบกะเพราแดงกับน้ำหนักตะกอนเลด (II) ไอโอไดด์ที่เกิดขึ้นรวมกับกระดาษกรอง ดังแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัวดูดซับใบกะเพราแดงกับน้ำหนักตะกอนเลด (II) ไอโอไดด์ที่เกิดขึ้นรวมกับกระดาษกรอง

จากกราฟในภาพที่ 10 จะเห็นได้ว่า การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัวดูดซับใบกะเพราแดงที่ใส่ลงในสารละลายเลด (II) ไนเตรต ส่งผลให้น้ำหนักตะกอนเลด (II) ไอโอไดด์ที่เกิดขึ้นรวมกับกระดาษกรองมีแนวโน้มลดลง โดยน้ำหนักตัวดูดซับใบกะเพราแดง 10.00 กรัม ทำให้มีน้ำหนักตะกอนเลด (II) ไอโอไดด์ที่เกิดขึ้นรวมกับกระดาษกรองน้อยที่สุด รองลงมาคือน้ำหนักตัวดูดซับใบกะเพราแดง 8.00, 6.00, 4.00 และ 2.00 กรัม ตามลำดับ

อภิปรายผลการทดลอง

เนื่องจากการเพิ่มปริมาณตัวดูดซับใบกะเพราแดง เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของตัวดูดซับ ซึ่งทำให้ตัวดูดซับใบกะเพราแดงสามารถดูดซับโลหะตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ได้มากขึ้นตามพื้นที่ผิวที่เพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์เพิ่มสูงขึ้น

การศึกษาในครั้งนี้ใช้การชั่งตะกอนเลด (II) ไอโอไดด์ที่เกิดขึ้นรวมกับกระดาษกรองจึงอาจทำให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อนได้

สรุปผลการทดลอง

ปริมาณตัวดูดซับใบกะเพราแดงที่ใส่ลงในน้ำเสียสังเคราะห์ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยการเพิ่มปริมาณตัวดูดซับใบกะเพราแดงทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์เพิ่มสูงขึ้น

สะท้อนความคิด

สิ่งที่ได้เรียนรู้จากการศึกษา

ผู้ศึกษาได้แสวงหาคำตอบของข้อคำถามด้วยการทำงานตามกระบวนการวิจัย โดยออกแบบชุดการทดลองให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการทดลอง เป็นการศึกษาการทำปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารละลายเลด (II) ไนเตรตกับสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ และใช้วิธีการตกตะกอนสาร จากนั้นพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ศึกษา จากกระบวนการทำงานทั้งหมดทำให้ผู้ศึกษาได้เรียนรู้และเข้าใจกระบวนการของการนำองค์ความรู้ที่มีอยู่มาพัฒนาเป็นองค์ความรู้ใหม่ อันนำมาสู่ความสนใจในการทำงานวิจัยในอนาคต

ปัญหาหรืออุปสรรค

1. ในขั้นตอนการเตรียมสารละลายเลด (II) ไนเตรต ปริมาตร 500.00 มิลลิลิตร เนื่องจากจุกปิดขวดวัดปริมาตรไม่พอดีกับขวดวัดปริมาตรทำให้สารละลายรั่วซึมออกมา ส่งผลให้ปริมาตรของสารละลายที่เหลืออยู่ไม่เพียงพอสำหรับการเตรียมสารละลายเลด (II) ไนเตรต ปริมาตร 75.00 มิลลิลิตร จำนวน 6 ชุดการทดลอง
2. เนื่องจากผลการทดลองโดยการวัดน้ำหนักตะกอนเลด (II) ไอโอไดด์ที่เกิดขึ้นรวมกับกระดาษกรอง มีน้ำหนักของกระดาษกรองรวมอยู่ด้วย ทำให้การแปรผลไม่สามารถเทียบปริมาตรของชุดควบคุม จาก 60.00 มิลลิลิตรเป็น 75.00 โดยการเทียบบัญญัติไตรยางศ์ได้ เพราะจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน

แนวทางการแก้ไขปัญหาหรืออุปสรรค

1. ในตอนที่ 1 กำหนดให้สารละลายเลด (II) ไนเตรต ชุดควบคุมมีปริมาตรเป็น 60.00 มิลลิลิตร และในตอนที่ 4 เตรียมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ทั้งหมด 1000.00 มิลลิลิตร โดยกำหนดให้สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ ชุดควบคุมมีปริมาตรเป็น 60.00 มิลลิลิตร

2. เลือกพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัวดูดซับใบกะเพราแดงกับน้ำหนักตะกอนเลด (II) ไอโอไดด์ที่เกิดขึ้นรวมกับกระดาษกรองเฉพาะชุดการทดลองที่ 2 ถึง 6

ข้อเสนอแนะ

1. ในขั้นตอนการศึกษาควรวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักอย่างละเอียดด้วยเครื่องมือที่มีความแม่นยำสูง เช่น เครื่องวิเคราะห์ธาตุโลหะหนัก Atomic Absorption Spectrophotometer, เครื่อง UV-Visible Spectrophotometer, เครื่อง Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer เป็นต้น
2. ควรศึกษาปัจจัยอื่นที่มีผลต่อการกำจัดโลหะตะกั่วออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ เช่น เวลาที่ใช้ในการดูดซับ ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่ว เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดโลหะตะกั่วออกจากน้ำเสีย

บรรณานุกรม

กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข. ม.ป.ป. **กะเพราแดง** (Online). https://ittm.dtam.moph.go.th/images/knowleaga/3/15กระเพาแดง%20หน้า41-43.pdf, 10 กันยายน 2565

กองตรวจสอบคุณภาพสินค้า กรมประมง. ม.ป.ป. **โลหะหนัก (Heavy Metals)** (Online). https://www.fisheries.go.th/quality/บทความ-โลหะหนัก-250858.pdf, 10 กันยายน 2565

นิ่มนวล มานพ. 2552. **การดูดซับสารประกอบโพลีไซคลิกแอโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในน้ำใต้ดินสังเคราะห์บนเขม่า: เปรียบเทียบระหว่างเขม่าจากเชื้อเพลิงปิโตรเลียมและเชื้อเพลิงชีวมวล.**วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ประกร รามกุล. 2553. “นวัตกรรมตัวดูดซับแทนนินในการแยกโลหะจากสารละลาย.” **วิศวกรรมสาร มก. (พฤษภาคม - กรกฎาคม 2553): 17 - 29.**

ปารมี สงขัย และ วรางคณา สมพงษ์. 2560. “การเชื่อมประสานของแอกโตไมโอซินธรรมชาติ โดยการเติมสารสกัดจากใบพืช.” **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (มกราคม – กุมภาพันธ์ 2560): 86 - 100.**

พีรศักดิ์ วรสุนทโรสถ. 2544. **ทรัพยากรพืชในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ 3 พืชที่ให้สีย้อม และแทนนิน.** สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.). ห้างหุ้น ส่วนจำกัดโรงพิมพ์ชวนพิมพ์, กรุงเทพฯ.

มาริสา ทองหล่อง และคณะ. 2562. “ประสิทธิภาพของวัสดุดูดซับทางชีวภาพจากสารแทนนินที่ตรึงบนเส้นใยปอสาในการกำจัดไอออนตะกั่ว.” **วารสารวิทยาศาสตร์ แห่งมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี. (กรกฎาคม – ธันวาคม 2562): 11 - 21.**

รัฐพล หงส์เกรียงไกร และคณะ. 2562. “การกำจัดตะกั่วออกจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยตัวดูดซับใบผักแพว.” **Science and Technology RMUTT Journal. (2562) : 31 – 39.**