



โครงการวิทยาศาสตร์

เรื่อง การศึกษาการดูดซับโลหะหนักทองแดงในสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟต

ด้วยถ่านกัมมันต์จากไผ่และซังข้าวโพด

A Study on the Adsorption of Heavy Metal Copper from Copper (II) Sulfate Solution

Using Activated Carbon Derived from Bamboo and Corncobs

จัดทำโดย

นาย ธนกฤต ยะนาวงศ์

นางสาว เพียงหทัย บุญเสริม

นางสาว วรวลัญช์ จันมะโน

โรงเรียนบุญวาทย์วิทยาลัย

รายงานนี้เป็นส่วนประกอบของการนำเสนอโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์

เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม ตามหลักสูตร สพฐ

ชื่อโครงการ	การศึกษาการดูดซับโลหะหนักทองแดงในสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตด้วยถ่านกัมมันต์จากไผ่และซังข้าวโพด A Study on the Adsorption of Heavy Metal Copper from Copper (II) Sulfate Solution Using Activated Carbon Derived from Bamboo and Corncobs
ผู้จัดทำโครงการ	นายธนกฤต ยะนาวงศ์ นางสาวเพ็ญหทัย บุญเสริม นางสาววรลัญช์ จันมะโน
โรงเรียน	บุญวาทย์วิทยาลัย
ครูที่ปรึกษา	คุณครูฟองสิริ ธรรมธิกุล คุณครูชนกกานต์ เนตรรัศมี
อาจารย์ที่ปรึกษาพิเศษ	ผศ. ดร. ศิวัช ตั้งประเสริฐ

บทคัดย่อ

โครงการการศึกษาการดูดซับโลหะหนักทองแดงในสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตด้วยถ่านกัมมันต์จากไผ่และซังข้าวโพด มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะหนักทองแดง ของถ่านกัมมันต์จากไผ่และซังข้าวโพดและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์แต่ละชนิด จากการศึกษาพบว่า ถ่านกัมมันต์สามารถดูดซับโลหะหนักทองแดงได้ เนื่องจากมีพื้นที่ผิวมากและมีรูพรุนมากซึ่งช่วยในการดูดซับ ในการทดลองจะศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับ 2 ปัจจัย ได้แก่ ชนิดของถ่านกัมมันต์ และเวลา โดยในการทดลองจะแบ่งถ่านกัมมันต์เป็น 3 ชนิด ได้แก่ ถ่านกัมมันต์จากไผ่ ถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพด และถ่านกัมมันต์แบบผสมจากไผ่และซังข้าวโพดในอัตราส่วน 1 : 1 โดยถ่านกัมมันต์ทั้ง 3 ชนิด ผ่านการทดสอบหาค่าไอโอดีนัมเบอร์และความหนาแน่นพบว่า ถ่านกัมมันต์ทั้ง 3 ชนิดมีค่าไอโอดีนัมเบอร์และความหนาแน่นเป็นไปตามมาตรฐานของถ่านกัมมันต์ ในการทดลองการดูดซับโลหะหนักทองแดง นำมาซึ่งมวลชนิดละ 1 กรัม แล้วนำไปแช่ในสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตที่มีความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ เป็นเวลา 4, 8, 12, 16, 20 และ 24 ชั่วโมง ตรวจสอบความเข้มข้นสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตด้วยเครื่อง Spectrophotometer พบว่า ถ่านกัมมันต์ทั้ง 3 ชนิดดูดซับโลหะหนักทองแดงได้ โดยถ่านกัมมันต์จากไผ่ดูดซับโลหะหนักทองแดงได้ดีที่สุด มีจุดอิ่มตัวที่ 20 ชั่วโมง รองลงมาคือถ่านกัมมันต์แบบผสมจากไผ่และซังข้าวโพดในอัตราส่วน 1 : 1 และถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพด มีจุดอิ่มตัวที่ 16 ชั่วโมง ตามลำดับ

Project	A Study on the Adsorption of Heavy Metal Copper from Copper (II) Sulfate Solution Using Activated Carbon Derived from Bamboo and Corncobs
Author	Mister Thanakrit Yanawong Miss Pienghathai Boonserm Miss Worawaran Janmano
Schools	Bunyawat Witthayalai
Advisor	Miss Fongsiri Thamtikul Miss Chanokkarn Neadratsamee
Supervisor	Asst. Prof. Dr. Siwat Thungprasert

Abstract

This project aimed to study the adsorption of a heavy metal copper, from copper (II) sulfate solution using activated carbon derived from bamboo and corncobs. The objectives were to study the adsorption efficiency of each type of activated carbon, compare their performance, and explore potential applications for mitigating heavy metal copper contamination in natural water sources. It is founded that activated carbon is known for its high surface area and porous structure, which enhance its adsorption capacity. The study investigated two key factors affecting adsorption efficiency: the type of activated carbon and contact time. Three types of activated carbon were prepared: bamboo-based, corncob-based, and a 1 : 1 mixture of both. All samples were tested for iodine number and density, and the results confirmed that they met standard specifications for activated carbon. For the adsorption experiment, 1 gram of each activated carbon type was immersed in 0.20 M copper (II) sulfate solution for 4, 8, 12, 16, 20, and 24 hours. The concentration of copper (II) sulfate solution was measured using a spectrophotometer. The results showed that all three types of activated carbon were capable of adsorbing heavy metal copper. Bamboo-based activated carbon demonstrated the highest adsorption capacity, reaching saturation at 20 hours. The mixed activated carbon (bamboo and corncob, 1 : 1) and the corncob-based activated carbon both reached saturation at 16 hours.

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำโครงการครั้งนี้บรรลุล่วงวัตถุประสงค์สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากคุณครูฟองสิริ ธรรมธิกุล และคุณครูชนกกานต์ เนตรรัศมี คุณครูที่ปรึกษาโครงการที่ได้ให้คำแนะนำและแนวคิด ตลอดจนสละเวลาอันมีค่าให้การช่วยเหลือในการแก้ไขข้อบกพร่องจนโครงการนี้เสร็จสมบูรณ์ คณะผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณคุณครูทั้งสองท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ศิวัช ตั้งประเสริฐ จากคณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาเคมีและเคมีประยุกต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง จังหวัดลำปางและมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง จังหวัดลำปางที่ได้ให้ความกรุณาในการช่วยเหลือแนะนำและสนับสนุนในการยืมสถานที่และเครื่องมือในการทดลองจัดทำโครงการ

ขอขอบพระคุณผู้ปกครองและครอบครัวที่ให้การสนับสนุนและแรงใจในการจัดทำโครงการและขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งสำหรับผู้เขียนเอกสารค้นคว้า ตำรา หนังสือ งานวิจัย ที่ทำให้เข้าใจการทำโครงการมากยิ่งขึ้น

ท้ายสุดคุณค่าและประโยชน์ของการจัดทำโครงการนี้ คณะผู้จัดทำขออุทิศเป็นเครื่องบูชา บูรพาจารย์ บุพการี และผู้ที่มีอุปการคุณทุกท่านที่มีส่วนให้การช่วยเหลือและสนับสนุนในโครงการนี้

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
บทที่ 1 บทนำ	1
ที่มาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์	1
สมมติฐาน	1
ตัวแปรในการทดลอง	1
ขอบเขตการดำเนินงาน	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 งานวิจัยที่คาดว่าจะเกี่ยวข้อง	3
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการทดลอง	8
บทที่ 4 ผลการทดลอง	14
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และ ข้อเสนอแนะ	16
เอกสารอ้างอิง	17
ภาคผนวก	18

บทที่ 1

บทนำ

1. ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะการปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำเสียซึ่งปล่อยลงสู่แหล่งน้ำต่างๆ จากความก้าวหน้าทางอุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้น ได้มีการใช้โลหะหนักทองแดงกันแพร่หลาย การบำบัดน้ำเสียที่มีโลหะหนักปนเปื้อนมีหลายวิธีที่สามารถกำจัดโลหะหนักได้ดีแต่ต้องมีค่าใช้จ่ายสิ้นเปลือง ผู้จัดทำจึงเลือกนำไผ่และซังข้าวโพดซึ่งมีองค์ประกอบของคาร์บอนสูงและเป็นวัสดุทางธรรมชาติที่เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ ผู้จัดทำจึงเกิดความสนใจที่จะนำไผ่และซังข้าวโพดมาศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์เพื่อใช้ในการดูดซับโลหะหนักทองแดงและเปรียบเทียบประสิทธิภาพถ่านกัมมันต์จากไผ่ ถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพด และถ่านกัมมันต์จากไผ่ผสมซังข้าวโพดนั้นว่าถ่านกัมมันต์ชนิดใดมีประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะหนักทองแดงได้ดีกว่า และมีประสิทธิภาพพอเพื่อแก้ปัญหามลพิษการปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำเสียต่อไป

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาว่าถ่านกัมมันต์ที่ได้จากไผ่และซังข้าวโพดนั้นมีประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะหนักทองแดง
2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์จากไผ่ ซังข้าวโพดและจากไผ่ผสมซังข้าวโพด

3. สมมติฐาน

1. ถ่านกัมมันต์ที่ได้จากไผ่และซังข้าวโพดสามารถดูดซับโลหะหนักทองแดงได้
2. ถ่านกัมมันต์จากไผ่ผสมซังข้าวโพดมีประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะหนักทองแดงได้ดีที่สุด

4. ตัวแปรในการทดลอง

ตัวแปรต้น คือ ปริมาณไผ่ ปริมาณซังข้าวโพด

ตัวแปรตาม คือ ประสิทธิภาพในการดูดซับโลหะหนักทองแดงของถ่านกัมมันต์แต่ละชนิด

ตัวแปรควบคุม คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาไผ่และซังข้าวโพด, ชนิดของไผ่และซังข้าวโพด,

ระยะเวลาที่ใช้ในการเผาแบบคาร์บอนไนเซชัน

5. ขอบเขตการดำเนินงาน

ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับโลหะหนักทองแดงของถ่านกัมมันต์ที่ทำมาจากไผ่ ชังข้าวโพดและไผ่ผสมชังข้าวโพด

6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดปัญหาโลหะหนักปนเปื้อนในน้ำเสียในแหล่งน้ำต่างๆ
2. ลดปัญหาการกำจัดขยะอย่างไม่ถูกวิธี
3. นำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการจัดทำการศึกษาการดักจับโลหะทองแดงในสารละลายคอปเปอร์ (II) ซัลเฟตด้วยถ่านกัมมันต์จากไม้และซังข้าวโพด คณะผู้จัดทำโครงการได้ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นจากแหล่งสารสนเทศต่างๆ แบ่งข้อมูลออกเป็นสามตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ ไม้ และ ซังข้าวโพด

1.1 ไม้ (Bamboo)

กระบวนการผลิตไม้แผ่นประกอบด้วยขั้นตอนหลักต่างๆ ได้แก่ การเลื่อยตัด การผ่า การยิง และการตาก เพื่อผลิตไม้เส้นตามขนาดของผลิตภัณฑ์ที่ผลิต เศษไม้เหลือทิ้งที่ได้ คือ ขี้เลื่อย และเศษไม้หลังจากผ่านขั้นตอนการยิงหรือซี้ย เป็นเศษไม้เหลือทิ้งที่ไม่สามารถนำมาใช้ผลิตผลิตภัณฑ์จากไม้ได้ คิดเป็น 20 เปอร์เซ็นต์ และ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยประมาณ ของน้ำหนักลำไม้ที่ใช้ในการผลิต ตามลำดับ และพบว่า ปริมาณเศษไม้เหลือทิ้งจะผันแปร ตามฤดูกาล โดยฤดูร้อนและฤดูหนาวจะมีปริมาณเศษไม้เหลือทิ้งมากกว่าฤดูฝน เนื่องจากลำไม้ ไม้สามารถหาซื้อได้ง่ายกว่า เพราะการขนส่งลำไม้ที่ใช้ในการผลิตไม้แผ่นซึ่งนำมาจากป่าธรรมชาติจะสะดวกกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับฤดูฝน และตลาดผู้บริโภคมีความต้องการใช้ ผลิตภัณฑ์จากไม้ ไม้มากกว่าด้วย นอกจากนี้ ปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อปริมาณเศษไม้เหลือทิ้ง ได้แก่ ประสิทธิภาพของเครื่องยิง ชนิด และอายุของลำไม้ และความชำนาญของผู้ยิง

กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ไม้จากไม้แผ่นประกอบด้วยขั้นตอนหลักต่างๆ ได้แก่ การเย็บอัดเสี้ยน การตัดปลายและเหลาแหลม การขัดละเอียด และการคัดคุณภาพ ผลจากการสัมภาษณ์ พบว่า เศษไม้ที่ไม่ได้จากการขัดเสี้ยน การตัดปลายและเหลาแหลม และการคัด คุณภาพ เป็นเศษไม้เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต ขั้นตอนนี้ คิดเป็น 5 เปอร์เซ็นต์ 2.85 เปอร์เซ็นต์ และ 4.61 เปอร์เซ็นต์ โดยประมาณ ของน้ำหนักไม้แผ่นที่ใช้ในกระบวนการผลิต ตามลำดับ นอกจากนี้ ปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลปริมาณเศษไม้เหลือทิ้ง ได้แก่ คุณภาพของไม้ ไม้แผ่น ประสิทธิภาพของเครื่องจักร และความชำนาญของผู้คัดคุณภาพผลิตภัณฑ์

1.2 ซังข้าวโพด (Corn cob)

ซังข้าวโพด คือ ส่วนแกนกลางของฝักข้าวโพด ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีดังนี้ คือ เซลลูโลส 34.1% เฮมิเซลลูโลส 42.5 % ลิกนิน 12.8 % โปรตีน 1.64 % และ เถ้า 5.46%

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีผลผลิตทางการเกษตรหลากหลาย ส่งผลให้เกิดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจำนวนมาก ส่วนใหญ่เกษตรกรจะกำจัดโดยการไถ ฝังกลบ และเผา เพื่อใช้พื้นที่เพาะปลูกพืชในฤดูกาลถัดไป แต่การเผาก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศ ส่งผลทำให้เกิดหมอกควัน ฝุ่นละออง PM 2.5 และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพของประชาชนในหลายพื้นที่ของประเทศไทยและทำให้เกิดภาวะโลกร้อน รวมทั้งผลเสียทางโครงสร้างของดิน ทำให้ดินเสื่อมโทรม ขาดความอุดมสมบูรณ์ เป็นเหตุให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น และผลผลิตที่ได้รับต่ำกว่าปกติ โดยเฉพาะการเผาทำลายตอซังข้าว ซังข้าวโพด และเปลือกข้าวโพด ดังนั้น รัฐบาลจึงมีการประชาสัมพันธ์ให้เกษตรกรทราบถึงปัญหาและความเสียหายที่จะเกิดขึ้นจากการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร พร้อมทั้งกำหนดมาตรการต่าง ๆ เพื่อลดปัญหาดังกล่าว ทั้งนี้ กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จึงมีนโยบายการหยุดเผาในพื้นที่ทำการเกษตร และส่งเสริมให้เกษตรกรหรือกลุ่มวิสาหกิจชุมชนนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในพื้นที่ของตนมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากขึ้น

ตอนที่ 2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ การเตรียมถ่านไบโอชาร์จากการคาร์บอนไนเซชัน (Carbonization)

2.1 ถ่านชีวภาพ หรือถ่านไบโอชาร์ (Biochar)

ถ่านชีวภาพ หรือไบโอชาร์ (Biochar) ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการปรับปรุงดินมีลักษณะเป็นรูพรุน มีองค์ประกอบของคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์และซีลีเนียม แต่องค์ประกอบจะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของชีวมวลและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการย่อยสลายเชิงความร้อนของชีวมวล หรือสารอินทรีย์ซึ่งเป็นสารประกอบของสิ่งมีชีวิตที่ย่อยสลาย ได้ตามธรรมชาติ (เช่น ต้นไม้เศษใบไม้กิ่งไม้เศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร เช่น ฟางข้าว ตอซัง ซังข้าวโพด เปลือกถั่ว เปลือกผลไม้แห้งมันสำปะหลัง เศษอาหารในครัวเรือน หรือมูลสัตว์เป็น ต้น) กระบวนการย่อยสลายเชิงความร้อนนี้เรียกว่า “ไพโรไลซิส (pyrolysis)” เป็นกระบวนการให้ความร้อนโดยจำกัดอากาศหรือปราศจากอากาศ ที่มีการ ดำเนินการอยู่ 2 วิธี คือ การแยกสลายด้วยความร้อนแบบช้า (slow pyrolysis) คือ การเผาไหม้ด้วย การแยกสลายสารอินทรีย์แบบช้า ๆ ใช้ระยะเวลาเป็นชั่วโมงและใช้อุณหภูมิระหว่าง 350-600 องศา เซลเซียส (°C) ในสถานะที่ไม่มีออกซิเจน และการแยกสลายด้วยความร้อนแบบเร็ว (fast pyrolysis) ที่ใช้ระยะเวลาในการเผาไหม้เป็นวินาที ใช้อุณหภูมิในการเผาตั้งแต่ 500-1,000 °C ซึ่งทั้ง 2 วิธีการนี้ จะได้ผลผลิตที่แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ น้ำมัน (bio-oil) ก๊าซ (bio-gas) และ ถ่านชีวภาพ (bio-char)

2.1.1 ความแตกต่างระหว่างถ่านไบโอชาร์ (Biochar) กับถ่าน (Charcoal)

ถ่านชีวภาพ มีความหมายต่างจากถ่านทั่วไป (charcoal) ตรงจุดมุ่งหมายการใช้ประโยชน์คือถ่านทั่วไปจะหมายถึงถ่านที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง ขณะที่ไบโอชาร์คือถ่านที่ใช้ประโยชน์เพื่อกักเก็บคาร์บอนลงในดินและปรับปรุงสภาพทางกายภาพของดิน เนื่องจากคุณสมบัติของถ่านชีวภาพ คือมีรูพรุนตามธรรมชาติเมื่อใส่ลงในดินจะช่วยการระบายอากาศ การซึมน้ำ การอุ้มน้ำ ดูดซับธาตุอาหาร เป็นที่อยู่ของจุลินทรีย์ลดความเป็นกรดของดิน

2.2 การคาร์บอนไนเซชัน (Carbonization)

กระบวนการคาร์บอนไนเซชัน เป็นการเผาซึ่งเกิดขึ้นในที่อับอากาศ เพื่อเพิ่มสัดส่วนคาร์บอนของสารอินทรีย์ ขณะเดียวกันก็ได้ผลิตภัณฑ์ อื่นที่เป็นของเหลวและแก๊สออกมาด้วย โดยโครงสร้างวงแหวนอะโรมาติกหลักที่เลื่อยกลายเป็นโครงสร้างของถ่านชาร์ (Char) ส่วนกลุ่มโครงสร้างโมเลกุลหรือหมู่อนุมูลที่มีขนาดเล็กกว่าจะกลั่นสลายตัวออกมาเป็น ผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ น้ำ แอมโมเนีย น้ำมันทาร์ และแก๊สต่างๆ

ตอนที่ 3 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon)

3.1 ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon)

ถ่านกัมมันต์ คือ วัสดุที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ โดยการนำวัสดุธรรมชาติที่มี คาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก นำมาผ่านกระบวนการก่อกัมมันต์ ซึ่งทำให้วัสดุนั้นมีโครงสร้างรูพรุนและมีพื้นที่ผิวภายในสูง ซึ่ง หากดูพื้นที่หน้าตัดของถ่าน กัมมันต์จะมีลักษณะคล้ายกับรังผึ้ง โดยถ่านกัมมันต์จะมีคาร์บอนเป็น องค์ประกอบหลัก (87-90%) และมีธาตุอื่นที่เป็นองค์ประกอบคือ ไฮโดรเจน ออกซิเจน ซัลเฟอร์ และไนโตรเจน โดยจะมีปริมาณ มากน้อยเท่าใดนั้นขึ้นกับปริมาณที่มีในวัตถุดิบและอาจเกิดขึ้นได้อีก ในขั้นตอนการผลิต

3.2 คุณลักษณะของถ่านกัมมันต์

3.2.1 ไอโอดีนัมเบอร์ (Iodine Number)

เป็นค่าสำคัญที่ใช้บอกประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ และเป็นตัวบ่งชี้พื้นที่ผิวทั้งหมดโดยการดูดซับไอโอดีนจากการละลายเทียบกับพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์จำนวนมิลลิกรัมของไอโอดีนที่ถูกดูดซับไว้ด้วยถ่านกัมมันต์ 1 กรัม เมื่อความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีนหลังถูกดูดซับเป็น 0.01 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

3.2.2 ค่าความหนาแน่น (Apparent Density)

ถ่านกัมมันต์ที่มีค่าความหนาแน่นสูงจะเป็นถ่านที่มีคุณภาพสูงสามารถดูดซับได้ดี

3.2.3 ค่าความแข็ง (Hardness / Abrasion Number)

เป็นค่าความต้านทานต่อการสึกกร่อนของถ่านกัมมันต์ค่านี้จะบอกถึงความสามารถในการทนต่อแรงเสียดสีและความสามารถในการคงสภาพของถ่านกัมมันต์ที่มีต่อกระบวนการล้างวัสดุกรอง ซึ่งค่านี้จะแตกต่างกันอย่างชัดเจนตามชนิดวัตถุดิบ และระดับที่ถ่านถูกกระตุ้น

3.2.4 ค่าการกระจายตัวของขนาดอนุภาค (Particle Size Distribution)

ถ่านที่มีขนาดอนุภาคละเอียดมากเท่าใดก็จะยิ่งเพิ่มพื้นที่ผิวของถ่านให้มากขึ้น ซึ่งส่งผลให้โมเลกุลก๊าซถูกดูดซับเข้าไปในโครงสร้างถ่านได้เร็วขึ้น

3.2.5 ปริมาณเถ้า (Ash Content)

หากปริมาณเถ้ามากประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์จะลดลงและลดประสิทธิภาพการนำถ่านไปกระตุ้นซ้ำ

3.2.6 เมทิลีนบลู (Methylene Blue)

ถ่านกัมมันต์ที่โครงสร้างมีรูพรุนจะดูดซับโมเลกุลขนาดกลาง เช่น สีย้อม เมทิลีนบลูสารที่ใช้สีนี้ถูกใช้เป็นตัวแทนของสารที่มีโมเลกุลขนาดกลาง ค่าเมทิลีนบลูมีหน่วยวัดเป็น มิลลิกรัมต่อกรัม

3.3 การผลิตถ่านกัมมันต์

3.3.1. การกระตุ้นทางกายภาพ (Physical Reactivation)

เป็นการนำถ่านที่ผ่านการเผาไหม้ในสภาพบอบอากาศหรือจำกัดอากาศทำให้มีออกซิเจนน้อยมากระตุ้นโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) หรือไอน้ำที่มีอุณหภูมิกระตุ้น (Steam Activation) ประมาณ 600 – 950 องศาเซลเซียส ซึ่งจำเป็นต้องใช้พลังงานมากเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายในทางอ้อม แต่เป็นวิธีกระตุ้นที่มีความปลอดภัยมากที่สุด เนื่องจากไม่ได้ใช้สารเคมี

3.3.2. การกระตุ้นด้วยสารเคมี (Chemical Activation)

เป็นการเปลี่ยนวัตถุดิบโดยใช้สารเคมีบางชนิด เช่น ซิงค์คลอไรด์ (Zinc Chloride) กรดฟอสฟอริก (Phosphoric Acid) โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium Hydroxide) ร่วมกับการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 450 – 900 องศาเซลเซียส ในภาคอุตสาหกรรม นิยมผลิตถ่านด้วยวิธีนี้มากกว่าวิธีกระตุ้นทางกายภาพเนื่องจากใช้ความร้อนและเวลาในการผลิตน้อยกว่า

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการทดลอง

3.1 วัสดุอุปกรณ์

1. ไมไฟ
2. ชั่งข้าวโพด
3. ปีกเกอร์
4. ขวดปรับปริมาตรขนาด 500 mL
5. ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 mL
6. แก้วพลาสติก 30 แก้ว
7. ปีเปตต์
8. ตู้อบลมร้อน
9. เตาเผาอุณหภูมิสูง
10. Spectrophotometer
11. กระบอกตวง 10 mL

3.2 สารเคมี

1. Potassium Hydroxide
2. Copper (II) Sulfate

3.3 ขั้นตอนการทำงาน

ส่วนที่ 1 การเตรียมซังข้าวโพดและไม้ไผ่

1. หั่นซังข้าวโพดและไม้ไผ่เป็นชิ้นเล็กๆ
2. ล้างซังข้าวโพดและไม้ไผ่ให้สะอาดด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับ pH ให้อยู่ที่ 7
3. อบซังข้าวโพดและไม้ไผ่ในตู้อบลมร้อน ที่ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

ส่วนที่ 2 การกระตุ้นซังข้าวโพดและไม้ไผ่เป็นถ่านกัมมันต์

1. นำซังข้าวโพดและไม้ไผ่ที่อบแล้ว ไปกระตุ้น ด้วย Potassium Hydroxide ด้วยอัตราส่วน 1 : 1.5 โดยมวล เป็นเวลา 12 ชั่วโมง
2. กรองด้วยผ้าขาวบางแล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อน ที่ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
3. นำไปเผาในเตาเผาอุณหภูมิสูง ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

ส่วนที่ 3 หาปริมาณความหนาแน่น

1. นำกระบอกตวงปริมาตร 10 มิลลิลิตร เช็ดให้แห้ง ชั่งน้ำหนักกระบอกตวง
2. เติมถ่านให้ได้ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เคาะสารให้มีช่องว่างให้น้อยที่สุด ชั่งน้ำหนัก
3. เติมถ่านเพิ่มเป็น 2 3 4 และ 5 มิลลิลิตร ชั่งน้ำหนักในแต่ละปริมาตรที่เพิ่มขึ้น
4. หาค่าความหนาแน่น = น้ำหนักถ่าน/ปริมาตรถ่าน
5. หาค่าความหนาแน่นเฉลี่ย

ส่วนที่ 4 หาค่าไอโอดีนนมเบอร์

4.1 สารเคมีและวิธีการเตรียม

1. สารละลายกรดไฮโดรคลอริกร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก กรดไฮโดรคลอริก 13.5 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร
2. สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.1 นอร์มัล ละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต 24.82 กรัม กับโซเดียมคาร์บอเนต 0.1 กรัม ด้วยน้ำแล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ด้วยขวดวัดปริมาตร เก็บสารละลายไว้ในขวดสีชา แล้วนำไปตรวจสอบความเข้มข้น
3. สารละลายมาตรฐานไอโอดีน 0.1 นอร์มัล ชั่งไอโอดีน 12.7 กรัม และโพแทสเซียมไอโอไดน์ 19.1 กรัม นำมาที่ละน้อยค่อยๆ ผสมกัน เติมน้ำคนให้ละลาย ถ่ายสารละลายลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 1 ลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร
4. สารละลายโปแตสเซียมไอโอเดต 0.1 นอร์มัล ชั่งโปแตสเซียมไอโอเดตที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาทีแล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นจำนวน 0.35667 กรัม ละลายในน้ำแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

4.2 การตรวจสอบความเข้มข้นของสารละลาย

การตรวจสอบความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต

1. ใช้ปิเปตดูดสารละลายโปแตสเซียมไอโอเดต 25 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่
2. เติมโพแทสเซียมไอโอไดน์ 2 กรัม เขย่าจนละลาย
3. ปิเปตกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่แล้วไทเทรตทันทีด้วยสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตไทเทรตจนสารละลายไม่มีสี
4. บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้ ทำการไทเทรตซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง คำนวณหาความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต โดยใช้สูตร

$$N_1 = (P.R)/S$$

เมื่อ N_1 = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต (นอร์มัล)

P = ปริมาตรสารละลายโปแตสเซียมไอโอเดต (มิลลิลิตร)

R = ความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมไอโอเดต (นอร์มัล)

S = ปริมาตรสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้ (มิลลิลิตร)

การตรวจความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีน

1. ปิเปตดูดสารละลายไอโอดีน 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่
2. ไทเทรตทันทีด้วยสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.1 นอร์มัล จนสารละลายไม่มีสี บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้ ทำการไทเทรตซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง คำนวณหาความเข้มข้นสารละลายไอโอดีน โดยใช้สูตร

$$N_2 = (S \cdot N_1) / I$$

เมื่อ N_2 = ความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีน (มิลลิลิตร)

S = ปริมาตรสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต (มิลลิลิตร)

N_1 = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต (นอร์มัล)

I = ปริมาตรสารละลายไอโอดีน (มิลลิลิตร)

4.3 วิธีการวิเคราะห์

1. บดถ่านกัมมันต์ที่จะทำการวิเคราะห์ให้ละเอียด อบความชื้นที่อุณหภูมิ 100 ถึง 155 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น
2. ชั่งน้ำหนักถ่าน 0.2 0.4 และ 0.6 กรัม ที่ขวดรูปชมพู่
3. ปิเปต 5 เปอร์เซ็นต์ สารละลายกรดไฮโดรคลอริกจำนวน 5 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่เขย่าเบา ๆ เพื่อให้ตัวอย่างเปียกทั่ว นำไปตั้งบน hot plate ในตู้ดูดควันทิ้งให้เดือดประมาณ 30 วินาที แล้วทิ้งให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง
4. ปิเปตสารละลายไอโอดีน 0.1 นอร์มัล จำนวน 50 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่เขย่า เป็นเวลา 30 นาที แล้วกรองสารละลายผ่านกระดาษกรองพับจีบหมายเลข 42
5. ปิเปตสารละลายที่กรองได้ 10 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ 3 ขวด ไทเทรตสารละลายด้วยสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.1 นอร์มัล จนสารละลายไม่มีสี บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้

4.4 การคำนวณ

1. การคำนวณ residual iodine

$$C = (N_1 \cdot S) / F$$

เมื่อ C = residual iodine (นอร์มัล)

N_1 = ความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมไอโอเดต (นอร์มัล)

S = ปริมาตรสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต (มิลลิลิตร)

F = ปริมาตรไอโอดีนหลังการกรอง (10 มิลลิลิตร)

2. การคำนวณค่าไอโอดีนนมเบอร์

$$X/M = [A - (DF)(B)(S)] / M$$

เมื่อ X/M = ค่าไอโอดีนที่ถูกดูดติดผิวต่อกรัมของถ่าน (มิลลิลิตร/กรัม)

$$A = (N_2)(12693)$$

$$B = (N_1)(126.93)$$

$$DF = \text{dilation factor} = 2.2$$

S = ปริมาตรสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต (มิลลิลิตร)

M = น้ำหนักถ่าน (กรัม)

สร้างกราฟโดยใช้ค่า X/M เป็นค่าแกนตั้ง (Y) และค่า C เป็นค่าในแกนนอน (X)

คำนวณหาค่า X/M ที่ $C = 0.02$ นอร์มัล

ส่วนที่ 5 การเตรียมสารละลาย Copper (II) Sulfate ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์

1. ชั่ง Copper (II) Sulfate 31.8 กรัม
2. ละลายในน้ำกลั่น นำไปปรับปริมาตรในขวดปรับปริมาตรขนาด 1,000 mL
3. ตวงสารละลาย Copper (II) Sulfate ใส่แก้วพลาสติกแก้วละ 20 mL

ส่วนที่ 6 การเตรียมสารละลาย Copper (II) Sulfate เพื่อทำการกราฟมาตรฐานและการทำการกราฟมาตรฐาน

1. ชั่ง Copper (II) Sulfate 15.9 กรัม
2. ละลายในน้ำกลั่น แล้วนำไปปรับปริมาตรในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 mL
3. แบ่งสารละลาย Copper (II) Sulfate เป็น 4 , 8 , 12 , 16 และ 20 mL แล้วนำไปปรับ ปริมาตรในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 mL
4. นำไปวัดความเข้มข้นด้วย Spectrophotometer

ส่วนที่ 7 การทดลองการดูดซับโลหะหนักทองแดงใน Copper (II) Sulfate

1. แบ่งถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพด, ไม้ไผ่และแบบผสมอย่างละ 1 กรัม
2. นำไปถ่านกัมมันต์ 1 กรัม แช่ในสารละลาย Copper (II) Sulfate เป็นเวลา 4 , 8 , 12, 16, 20 และ 24 ชั่วโมงและเก็บสารที่ ผ่านการแช่ไปแล้ว
3. นำสารที่ได้ในแต่ละวัน มาวัดความเข้มข้นด้วย Spectrophotometer

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การผลิตถ่านกัมมันต์จากไม้ ชั่งข้าวโพดและไม้ผสมชั่งข้าวโพด

นำไม้ ชั่งข้าวโพด และไม้ผสมชั่งข้าวโพดในอัตราส่วน 1 : 1 ที่ผ่านการอบแห้งและกระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์อัตราส่วน 1 : 1.5 โดยมวลเป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วนำไปเผาแบบคาร์บอนไนเซชันที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง จะได้ถ่านกัมมันต์จากไม้ ชั่งข้าวโพด และไม้ผสมชั่งข้าวโพดในอัตราส่วน 1 : 1 ดังรูป



ภาพที่ 1 ไม้ ชั่งข้าวโพด และผสม ก่อนนำไปเผา



ภาพที่ 2 ถ่านจากกัมมันต์ไม้ ชั่งข้าวโพด

และแบบผสม หลังนำไปเผา

4.2 ผลการตรวจสอบความหนาแน่นและค่าไอโอดีนนัมเบอร์

ชนิดของถ่านกัมมันต์	ค่าไอโอดีน (mg/g)	ค่าความหนาแน่น (g/mL)
ถ่านกัมมันต์จากไม้	673.76	0.66
ถ่านกัมมันต์จากชั่งข้าวโพด	596.75	0.75
ถ่านกัมมันต์ผสมจากไม้และชั่งข้าวโพด ในอัตราส่วน 1 : 1	609.09	0.69

3.3 การตรวจสอบคุณลักษณะและทดลองใช้ในการดูดซับโลหะหนักทองแดง

ชนิดของถ่านกัมมันต์	เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้นของ CuSO_4 เมื่อเทียบกับสารละลายมาตรฐาน (M)	ร้อยละความเข้มข้นของ CuSO_4 ที่คงเหลือเมื่อเทียบกับความเข้มข้นเริ่มต้น
ถ่านกัมมันต์จากไผ่	4	0.00692	3.46
	8	0.00654	3.27
	12	0.00525	2.63
	16	0.00525	2.63
	20	0.00517	2.56
	24	0.00641	3.20
ถ่านกัมมันต์จากขี้ข้าวโพด	4	0.02550	12.75
	8	0.02410	12.05
	12	0.02270	11.34
	16	0.02063	10.34
	20	0.02230	11.15
	24	0.02064	13.20
ถ่านกัมมันต์จากไผ่และขี้ข้าวโพด อัตราส่วน 1 : 1	4	0.01641	8.20
	8	0.01474	7.87
	12	0.01371	6.86
	16	0.01051	5.26
	20	0.01281	6.41
	24	0.01653	8.27

ตารางแสดง ความเข้มข้นของสารละลาย CuSO_4 หลังจากแช่ด้วยถ่านกัมมันต์แต่ละชนิด เมื่อเทียบกับสารละลายมาตรฐาน และแสดงร้อยละความเข้มข้นของสารละลาย CuSO_4 ที่คงเหลือเมื่อเทียบกับความเข้มข้นเริ่มต้น

บทที่ 5

อภิปรายผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 อภิปรายผลการทดลอง

จากการทดลอง เมื่อได้ถ่านจำนวน 3 ชนิดออกมา และนำไปตรวจสอบและพิจารณาคุณลักษณะ พบว่า ค่าความหนาแน่นของถ่านกัมมันต์จากไฟ ชิงข้าวโพด และไฟผสมชิงข้าวโพดในอัตราส่วน 1 : 1 นั้นมีค่าความหนาแน่นตามมาตรฐานของถ่านกัมมันต์ และในส่วนของค่าไอโอดีนนัมเบอร์ พบว่า ถ่านกัมมันต์จากไฟและไฟผสมชิงข้าวโพด มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แต่ถ่านกัมมันต์จากชิงข้าวโพดมีค่าไอโอดีนนัมเบอร์ไม่ถึงเกณฑ์เมื่อนำถ่านกัมมันต์ทั้ง 3 ชนิดไปทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับโลหะหนักทองแดง แล้วตรวจวัดค่าโดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 815 nm แล้วนำค่าที่ได้เทียบกับกราฟมาตรฐาน พบว่า ถ่านกัมมันต์จากไฟดูดซับโลหะหนักทองแดงได้ดีที่สุด และมีจุดอิ่มตัวอยู่ที่ 20 ชั่วโมง และถ่านกัมมันต์จากไฟผสมชิงข้าวโพดในอัตราส่วน 1 : 1 ดูดซับโลหะหนักทองแดงดีรองลงมา และมีจุดอิ่มตัวอยู่ที่ 16 ชั่วโมง และถ่านกัมมันต์จากชิงข้าวโพดดูดซับโลหะหนักทองแดงรองลงมาตามลำดับ และมีจุดอิ่มตัวอยู่ที่ 16 ชั่วโมง จากการทดสอบประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ ทำให้ทราบว่า ถ่านกัมมันต์ที่ดูดซับโลหะหนักทองแดงได้ดีที่สุด คือถ่านกัมมันต์จากไฟ เนื่องจากมีค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงที่สุด นั่นคือมีพื้นที่ผิวและรูพรุนมาก ซึ่งช่วยในการดูดซับโลหะหนักทองแดง

5.2 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสรุปได้ว่า ถ่านกัมมันต์ทั้ง 3 ชนิดสามารถดูดซับโลหะหนักทองแดงได้ โดยถ่านกัมมันต์จากไฟดูดซับโลหะหนักทองแดง ในสารละลาย Copper (II) Sulfate ได้ดีที่สุด และได้จุดอิ่มตัวอยู่ที่ 20 ชั่วโมง รองลงมา คือ ถ่านกัมมันต์จากไฟผสมชิงข้าวโพดในอัตราส่วน 1 : 1 และถ่านกัมมันต์จากชิงข้าวโพดดูดซับโลหะหนักทองแดง ในสารละลาย Copper (II) Sulfate รองลงมาตามลำดับและมีจุดอิ่มตัวอยู่ที่ 16 ชั่วโมง

5.3 ข้อเสนอแนะ

ควรเพิ่มชั่วโมงสังเกตการดูดซับถ่านกัมมันต์ให้มีความถี่มากกว่านี้

เอกสารอ้างอิง

(References)

- ธนศิษฐ์ วงศ์ศิริอำนวย. (2562). การผลิตถ่านชีวภาพและแนวทางการใช้ประโยชน์.
(ออนไลน์).erp.mju.ac.th. (วันที่สืบค้นข้อมูล 29 ตุลาคม 2567).
- สารนารูเกี่ยวกับ “ถ่านกัมมันต์”, ม.ป.ป. (ออนไลน์). lib3.dss.go.th/fulltext/techno_file/
CF97(A3).pdf. (วันที่สืบค้นข้อมูล 29 ตุลาคม 2567).
- ฉวีวรรณ เพ็งพิทักษ์. (2562). ถ่านกัมมันต์. (ออนไลน์).lib3.dss.go.th/fulltext/dess
knowledge/chem-2-62-charcoal.pdf. (วันที่สืบค้นข้อมูล 29 ตุลาคม 2567).
- ฉัญพิสิษฐ์ พวงจิก. (2558). “ถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่ : ตลาดยังคงมีความต้องการสูง?”.
(ออนไลน์). li01.tci-thaijo.org. (วันที่สืบค้นข้อมูล 29 ตุลาคม 2567).
- พัชรารณ สุริยะ. (2562). การผลิตถ่านกัมมันต์จากขี้ข้าวโพดเพื่อบำบัดสีย้อมแอซิดแดง.
(ออนไลน์). kukr.lib.ku.ac.th. (วันที่สืบค้นข้อมูล 29 ตุลาคม 2567).
- อมรรัตน์ แท่งทอง. (2566). การดูดซับโลหะหนักคอปเปอร์(II)ไอออน,เหล็ก(III)ไอออน,และ
โคเมียม(III)ไอออนจากของเสียในท้องปฏิบัติการทางเคมีโดยใช้ถ่านกัมมันต์จาก
กะลามะพร้าว. (ออนไลน์). ris.snru.ac.th. (วันที่สืบค้นข้อมูล 29 ตุลาคม 2567).
- พินิจ จารุสมบัติ. (2547). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์. (ออนไลน์). shorturl.asia.
(วันที่สืบค้นข้อมูล 3 พฤศจิกายน 2567).
- บทที่2 หลักการและทฤษฎี. (ออนไลน์). archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2552/enen1052kt_ch2.pdf.
(วันที่สืบค้นข้อมูล 3 พฤศจิกายน 2567).

ภาคผนวก



ซังไม้และซังข้าวโพดเพื่อแยกชุดทดลอง

ไม้และซังข้าวโพดที่ผ่านการแช่ KOH
ในอัตราส่วน 1 : 1 และผ่านการอบแห้ง

เผาและกระตุ้นไม้ ซังข้าวโพด และผสมที่อุณหภูมิ

700 องศาเซลเซียส



ถ่านกัมมันต์จากไม้ ผสมและซังข้าวโพดที่ผ่าน

การเผาและกระตุ้น



ตรวจสอบความหนาแน่น และค่าไอโอดีนัมเบอร์
ของถ่านกัมมันต์แต่ละชนิด



พูดคุยปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาพิเศษ



ทดสอบการดูดซับโลหะหนักทองแดง
ของถ่านกัมมันต์แต่ละชนิด



วัดค่าโดยใช้เครื่อง spectrophotometer