

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผล

สรุปผล

จากการศึกษาการดูดซับทองแดง (II) ไอออน ในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ส่วนต่าง ๆ ของยูคาลิปตัส และศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมมาใช้ในการศึกษาการดูดซับทองแดง (II) ไอออน ในน้ำเสียจากโรงงานรีดเหล็ก สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

ผลการศึกษาส่วนต่าง ๆ ของยูคาลิปตัสพบว่า เปลือกลำต้นยูคาลิปตัสมีประสิทธิภาพในการดูดซับทองแดง (II) ไอออน ได้ดีที่สุด โดยสามารถดูดซับได้ร้อยละ 81.50 ± 0.87 คิดเป็น 0.03 มิลลิกรัมต่อกรัม (น้ำหนักแห้ง) และเมื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับทองแดง (II) ไอออน พบว่าพีเอชที่เหมาะสมเท่ากับ 6 ระยะเวลาในการรคนเท่ากับ 20 นาที และปริมาณตัวดูดซับที่เหมาะสมคือ 3 กรัม ส่วนผลการฟื้นฟูสภาพของยูคาลิปตัสหลังผ่านการใช้งาน พบว่าเปลือกยูคาลิปตัสมีประสิทธิภาพการดูดซับทองแดง (II) ไอออนลดลงจากการใช้งานครั้งแรก ตามจำนวนครั้งของการฟื้นฟูสภาพ และเมื่อทำการทดลองกับน้ำเสียจริงจาก โรงงานรีดเหล็ก พบว่าเมื่อใช้เปลือกยูคาลิปตัสปริมาณมากจะมีประสิทธิภาพการดูดซับดีขึ้น โดยเมื่อใช้เปลือกยูคาลิปตัส 6 กรัม พบว่าประสิทธิภาพในการดูดซับทองแดง (II) ไอออนจากโรงงานที่ 1 และ โรงงานที่ 2 มีค่าเท่ากับร้อยละ 93.30 ± 0.45 และ 99.83 ± 0.30 ตามลำดับ

อภิปรายผล

1. การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับทองแดง (II) ไอออนในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ส่วนต่าง ๆ ของยูคาลิปตัส จากผลการศึกษาพบว่าเปลือกลำต้นยูคาลิปตัสสามารถดูดซับทองแดง (II) ไอออน ได้ดีที่สุดซึ่งมีค่าการดูดซับร้อยละ 81.50 ± 0.87 รองลงมาคือ ผล ใบแห้ง และใบสด โดยมีค่าการดูดซับร้อยละ 43.33 ± 1.26 , 35.67 ± 1.04 และ 31.17 ± 0.76 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของทรรศนีย์ พัฒนเสรี และชูจิตร อนันตโชค (ม.ป.ป.) ได้ทำการศึกษาปริมาณองค์ประกอบทางเคมีจากเปลือกและใบยูคาลิปตัส พบว่าในเปลือกมีปริมาณไฮโดรเซลลูโลสร้อยละ 63.02 และลิกนินร้อยละ 30.95 ในขณะที่ใบมีไฮโดรเซลลูโลสร้อยละ 36.63 และลิกนินร้อยละ 38.39 และพบว่าในเปลือกของยูคาลิปตัสจะมีแทนนินชนิดคอนเดนส์แทนนิน ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีที่มีหมู่ไฮดรอกซิลเป็นจำนวนมาก หมู่ไฮดรอกซิลมีคุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนไอออน โดยมีประจุลบ

ซึ่งสามารถจับกับประจุบวกของไอออนของโลหะหนักได้ (นิริรัชต์ สงวนเดือน, 2545) และจากงานวิจัยของ Ghodbane 2008 พบว่าการดูดซับโลหะหนักโดยใช้เปลือกยูคาลิปตัสสอดคล้องกับสมการของแลงเมียร์

2. การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับ

2.1 การศึกษาพีเอชที่เหมาะสมในการดูดซับทองแดง (II) ไอออน

จากผลการศึกษาพบว่าเมื่อพีเอชมีค่าสูงขึ้น ประสิทธิภาพในการดูดซับทองแดง (II) ไอออนในสารละลายจะมีค่าเพิ่มขึ้นจนกระทั่งพีเอชเท่ากับ 6 โดยมีค่าการดูดซับทองแดง (II) ไอออนสูงสุดเท่ากับร้อยละ 86.83 ± 0.29 หลังจากนั้นประสิทธิภาพในการดูดซับจะมีค่าลดลง การที่พีเอชต่ำทำให้มีปริมาณการดูดซับโลหะหนักได้น้อย เนื่องจากที่พีเอชต่ำจะเกิดการจับกันระหว่างไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) กับ active site ที่เป็นประจุลบบริเวณผิวเซลล์ได้ดี ซึ่งไฮโดรเนียมไอออนจะส่งแรงผลักไม่ให้โลหะหนักเข้าจับกับ active site ที่เป็นประจุลบบริเวณผิวเซลล์จึงทำให้โลหะหนักถูกดูดซับได้น้อยลง โดยผลของแรงผลักจะเพิ่มขึ้นเมื่อพีเอชลดต่ำลง (Zhou & Kiff, 1991) และการที่พีเอชสูงขึ้นจะทำให้ปริมาณการดูดซับลดลง อธิบายได้ว่าเป็นผลมาจากการก่อสารเชิงซ้อนไฮดรอกไซด์ เพราะค่าพีเอชสูงขึ้น ลิแกนด์ (ligands) เช่นหมู่ carboxylate และ sulfonate สามารถดูดซับไอออนโลหะหนักได้น้อย (Kalyani et al., 2004) สำหรับการศึกษาการดูดซับทองแดง (II) ไอออน โดยเปลือกยูคาลิปตัสพบว่าช่วง พีเอชของสารละลายที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 6 ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับ อรพิน โทณเดี้ยว (2550) ได้ทำการศึกษาการบำบัดสังกะสีและทองแดงในน้ำเสียจากโรงงานผลิตโลหะซึ่งพบว่าพีเอชที่เหมาะสมในการกำจัดทองแดงเท่ากับ 6

2.2 การศึกษาผลของระยะเวลาในการคนที่เหมาะสมในการดูดซับทองแดง (II) ไอออน

จากผลการศึกษาพบว่าเมื่อระยะเวลาในการคนเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพในการดูดซับทองแดง (II) ไอออนในสารละลายมีค่าเพิ่มขึ้นจนกระทั่งระยะเวลาในการคน 30 นาที การดูดซับจะมีค่ามากที่สุด เท่ากับร้อยละ 99.83 ± 0.29 และหลังจากนั้นประสิทธิภาพในการดูดซับจะมีค่าลดลงแล้วเริ่มคงที่ ซึ่งอธิบายได้ว่า อัตราเร็วของการดูดซับดำเนินไปอย่างรวดเร็วในช่วงแรกเนื่องจาก active site ที่สามารถดูดซับโลหะหนักบนพื้นผิววัสดุยังมีอยู่มาก อัตราการดูดซับในช่วงนี้จึงมีมากกว่าอัตราการคาย แต่เมื่อเวลาผ่านไป active site จะลดลงเพราะมีไอออนโลหะหนักเข้าไปเกาะ อัตราการดูดซับจึงลดลง (Kuh & Kim, 2000) จากการทดลองพบว่าที่เวลา 20 นาที มีค่าการดูดซับทองแดง (II) ไอออนเท่ากับร้อยละ 99.67 ± 0.29 ซึ่งต่างจากเวลา 30 นาที เพียงเล็กน้อย ดังนั้นจึงเลือกเวลาในการคนที่ 20 นาที เป็นเวลาที่เหมาะสม

2.3 การศึกษาผลของปริมาณตัวดูดซับที่เหมาะสมในการดูดซับทองแดง (II) ไอออน

จากผลการศึกษาพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณตัวดูดซับมากขึ้นร้อยละของการดูดซับทองแดง (II) ไอออนจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากพื้นที่ผิวของตัวดูดซับขึ้นอยู่กับปริมาณของตัวดูดซับด้วย โดยปริมาณเปลือกยูคาลิปตัส 6 กรัม จะได้ร้อยละของการดูดซับทองแดง (II) ไอออนมากที่สุด เท่ากับร้อยละ 99.83 ± 0.29 การใช้ปริมาณตัวดูดซับ 3 กรัม ให้ค่าการดูดซับเท่ากับร้อยละ 98.50 ± 0.87 ใกล้เคียงกับการใช้ปริมาณตัวดูดซับ 6 กรัม แต่เนื่องจาก ปริมาณ 6 กรัม ไม่สามารถนสารละลายได้อย่างสม่ำเสมอ ดังนั้นจึงเลือกสถานะที่ 3 กรัม มาใช้ในการทดลองขั้นต่อไปและเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับกับงานวิจัยอื่น ๆ พบว่าเปลือกยูคาลิปตัสมีค่าการดูดซับน้อยกว่ากามมะพร้าว กากชา และเปลือกเมล็ดสนุดำ แต่ข้อดีของเปลือกยูคาลิปตัสคือหาได้ง่าย ราคาถูก และยังเป็นของเหลือทิ้งที่มีเป็นจำนวนมากในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ เราจึงสามารถนำเปลือกยูคาลิปตัสมาใช้ประโยชน์ในการกำจัดทองแดง (II) ไอออนได้ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับโดยเปลือกยูคาลิปตัสกับงานวิจัยอื่น ๆ แสดงดังตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 แสดงปริมาณทองแดง (II) ไอออนที่ถูกดูดซับโดยเปลือกยูคาลิปตัสในงานวิจัยนี้ เปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น ๆ

ปริมาณทองแดง (II) ไอออนที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักตัวดูดซับ (mg/g)	ตัวดูดซับ	อ้างอิง
0.03	เปลือกยูคาลิปตัส	งานวิจัยนี้
0.21	กามมะพร้าว	รัตนา มหาชัย (2542)
0.56	กากชา	อรพิน โทนเคียว (2550)
1.00	เปลือกเมล็ดสนุดำ	ปรารธนา โป่งฟ้า (2551)

2.4 การศึกษาการฟื้นฟูสภาพของเปลือกยูคาลิปตัสที่ผ่านการใช้งานแล้ว

จากผลการศึกษาพบว่าเปลือกยูคาลิปตัสที่ผ่านการฟื้นฟูสภาพมีประสิทธิภาพการดูดซับทองแดง (II) ไอออนลดลงตามจำนวนครั้งในการฟื้นฟู สาเหตุอาจมาจากการสูญเสียพื้นที่ผิวในการดูดซับบางส่วนไปกับการดูดซับที่เกิดขึ้นก่อนหน้านี้ รวมทั้งในการฟื้นฟูสภาพนั้นด้วย โดยการฟื้นฟูสภาพที่ให้ผลการดูดซับร้อยละ 90 ขึ้นไปด้วยวิธีการอบสามารถนำมาใช้ซ้ำได้มากกว่าวิธีการผึ่งลม ซึ่งวิธีการอบสามารถทำซ้ำได้ถึง 6 ครั้งในขณะที่วิธีการผึ่งลมสามารถทำซ้ำได้เพียง 3 ครั้ง ดังนั้นการทำให้ตัวดูดซับแห้งในกระบวนการฟื้นฟูโดยวิธีการอบจึงมีประสิทธิภาพการดูดซับสูงกว่าวิธีการผึ่งลมโดยการฟื้นฟูสภาพด้วยวิธีการอบน้ำหนักตัวดูดซับจะลดลงเนื่องจากการสูญเสีย

ปริมาณตัวดูดซับบางส่วนในการฟื้นฟูสภาพ แต่การฟื้นฟูสภาพด้วยวิธีการฝังลมหักมีน้ำหนักตัวดูดซับเพิ่มขึ้น ในขณะที่มีการสูญเสียปริมาณตัวดูดซับบางส่วนในการฟื้นฟูสภาพเช่นกัน ทั้งนี้ เนื่องจากการที่ไม่สามารถกำจัดความชื้นจากตัวดูดซับได้หมด ดังนั้น ผลการทดลองการเชื่อมต่อแบบอบมากกว่า อย่างไรก็ตามในการนำไปใช้งานจริงไม่ควรนำตัวดูดซับที่ผ่านการใช้งานแล้วกลับมาใช้ใหม่ เพราะในการฟื้นฟูสภาพต้องใช้กรดไนตริกเข้มข้นในการชะทองแดง ซึ่งทำให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมจากกรดเข้มข้นดังกล่าวด้วย และตัวดูดซับจากยูคาลิปตัสหาได้ง่าย ราคาถูก ควรพิจารณานำตัวดูดซับที่เหลือจากการใช้งานดังกล่าวไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น เช่น ใช้เป็นปุ๋ยทางการเกษตร มากกว่าการนำมาใช้ซ้ำ

2.5 การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับทองแดง (II) ไอออนในน้ำเสียจากโรงงานรีดเหล็ก

จากผลการศึกษาพบว่าเมื่อใช้เปลือกยูคาลิปตัส 3 กรัมจะสามารถดูดซับทองแดง (II) ไอออนในน้ำเสียจากโรงงานรีดเหล็กโรงงานที่ 1 ได้น้อยกว่าโรงงานที่ 2 โดยดูดซับได้ร้อยละ 85.27 ± 0.45 และ 99.65 ± 0.30 ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มปริมาณเปลือกยูคาลิปตัสเป็น 6 กรัม พบว่าประสิทธิภาพในการดูดซับทองแดง (II) ไอออนในน้ำเสียจากทั้งสองโรงงานมีค่าเพิ่มขึ้น โดยโรงงานที่ 1 มีค่าการดูดซับน้อยกว่าโรงงานที่ 2 ซึ่งมีค่าร้อยละ 93.30 ± 0.45 และ 99.83 ± 0.30 ตามลำดับ การที่ประสิทธิภาพในการดูดซับทองแดง (II) ไอออนในน้ำเสียจากโรงงานรีดเหล็กมีค่าน้อยกว่าที่ได้จากการดูดซับน้ำเสียสังเคราะห์ อาจเนื่องมาจากมีสารอื่นหรือโลหะหนักชนิดอื่นมารบกวนการดูดซับ จึงได้ทำการศึกษาหาปริมาณโลหะหนักชนิดอื่นพบว่า โรงงานที่ 1 มีปริมาณอะลูมิเนียม 4.38 มิลลิกรัมต่อลิตร มีสังกะสี 7.59 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีเหล็ก 10.26 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนโรงงานที่ 2 มีปริมาณสังกะสี มิลลิกรัมต่อลิตร และมีเหล็ก 6.18 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอาจทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับทองแดง (II) ไอออนลดลงเมื่อเทียบกับน้ำเสียสังเคราะห์ สอดคล้องกับงานวิจัยของอุบลชาติ จังคยานนท์ (2545) ที่ได้กล่าวว่าประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักหลายชนิดในสารละลายจะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าการกำจัดโลหะหนักชนิดเดียวในสารละลาย เนื่องจากเกิดการแข่งขันของโลหะต่างๆในสารละลายที่ถูกดูดซับบนตัวดูดซับ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาประสิทธิภาพของเปลือกยูคาลิปตัสในการดูดซับโลหะหนักชนิดอื่น เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมโลหะหนักอื่น ๆ
2. ควรทำการศึกษาประสิทธิภาพของเปลือกยูคาลิปตัสในการดูดซับโลหะหนักแบบต่อเนื่องหรือแบบคอลัมน์ เพื่อสามารถนำไปใช้งานจริงในอุตสาหกรรม
3. ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายทองแดง เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานในอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ
4. ควรศึกษาวิธีการกำจัดสีของเปลือกยูคาลิปตัสที่เกิดจากการดูดซับ เพื่อให้ที่น้ำที่ผ่านการดูดซับสามารถนำกลับมาใช้ในการอุปโภคได้
5. ควรศึกษาเรื่องขนาดอนุภาคของตัวดูดซับ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของพื้นที่ผิวตัวดูดซับต่อการดูดซับ
6. ในการอบส่วนต่าง ๆ ของยูคาลิปตัสที่บดเป็นผงแล้วควรใช้อุณหภูมิสูงเพื่อไล่ความชื้นและเก็บในเคซิเคเตอร์แห้ง เพื่อไม่ให้มีผลต่อการทำให้น้ำหนักเปลี่ยนแปลงได้