บทความ

การดูดซับโครเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์บนซังข้าวโพด

*อุมารัจน์ สันติสุขเกษม**

ที่มาของโครเมียม

การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศไทยในช่วง 3 ทศวรรษที่ผ่านมาได้กระตุ้นให้เกิดการพัฒนาด้านอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ยังรวมไปถึงผลิตผลทางเกษตรกรรมที่มากขึ้นอีกด้วย

โรงงานเคลือบโลหะเป็นอุตสาหกรรมหลักอันดับต้นๆ ของประเทศไทย ผลิตภัณฑ์เกือบทุกชนิดที่มีส่วนผสมของโลหะล้วนผ่านกระบวนการต่างๆจากโรงงานเคลือบโลหะ ซึ่งส่งผลให้มีการเจริญเติบโตอย่างเห็นได้ชัดของโรงงานเคลือบโลหะรวมไปถึงผู้ผลิตโลหะและโรงงานวิศวกรรมต่างๆทั่วประเทศ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานเคลือบโลหะมากกว่า 2,000 โรงงานจดทะเบียนถูกต้องตามกฎหมาย ประมาณ 95% ของโรงงานตั้งอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร ทั้งนี้ยังมีโรงงานอีกจำนวนมากที่ไม่ได้จดทะเบียนอยู่นอกพื้นที่กรุงเทพมหานคร แต่ยังไม่มีการรายงานยอดที่แน่ชัด

โรงงานเคลือบโลหะท้องถิ่นในประเทศไทยก่อตัวอย่างรวดเร็วจากกิจการเล็กๆสำหรับผู้ผลิตรายเล็ก เช่น ผู้ผลิตอัญมณี ไปจนถึงโรงงานขนาดใหญ่ เช่น โรงงานผลิตรถยนต์ โรงงานฟอกหนัง และโรงงานผลิตโลหะ ตลาดของโรงงานที่ต้องการใช้บริการการเคลือบโลหะมีมากพอจนโรงงานเคลือบโลหะสามารถเจริญเติบโตและดำเนินธุรกิจได้จนถึงทุกวันนี้

โรงงานเคลือบโลหะใช้ระบบต่างๆมากมายโดยใช้สารเคมีเพื่อทำความสะอาด กัดสลัก และเคลือบพื้นผิวโลหะและอโลหะ เพื่อเพิ่มคุณสมบัติของพื้นผิว สารละลายต่างๆถูกนำมาใช้ในระบบ เช่น สารละลายที่ประกอบด้วยกรดและเบสแก่ สารละลายไซยาไนด์ และสารละลายต่างๆที่ประกอบด้วยโลหะหนัก ดังนั้นน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากระบบการผลิตจึงเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

เมื่อไม่นานมานี้มีโรงงานเคลือบโลหะนำระบบเคลือบโลหะโดยใช้โครเมียมมาใช้ ซึ่งส่งผลให้มีการปนเปื้อนของโครเมียมในน้ำเสียที่มาจากโรงงาน จึงทำให้เกิดวิกฤตในด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากโรงงานเคลือบโลหะในประเทศไทย

โครเมียมเป็นสารอันตรายอันดับต้นๆ ในมลพิษอันตราย กลุ่ม A นิยามโดย U.S. EPA เนื่องจากโครเมียมเป็นสารก่อมะเร็งต่อมนุษย์ โครเมียมสามารถเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารโดยผ่านการสูดดมอากาศปนเปื้อน การบริโภคอาหารปนเปื้อน และการซึมของสารปนเปื้อนเข้าสู่ผิวหนัง และสะสมในร่างกายมนุษย์และสัตว์ได้จึงนำมาซึ่งโรคร้ายและโรคร้ายแรงต่างๆ การบริโภควัตถุปนเปื้อนโครเมียมจำนวนมากก่อให้เกิดอาการปวดท้องรุนแรง แผลเปื่อย แผลพุพอง และมีอาการชักดิ้นชักงอ นอกจากนี้ยังทำลายระบบของตับและไต รวมไปถึงการเสียชีวิต การสูดดมอากาศปนเปื้อนโครเมียมก่อให้เกิดอาการคัดจมูก น้ำมูกและเลือดกำเดาไหล เกิดแผลพุพองและรูในโพรงจมูก การซึมของสารปนเปื้อนเข้าสู่ผิวหนังก่อให้เกิดแผลพุพองและผิวหนังเน่าเปื่อย บุคคลที่มีภูมิแพ้โครเมียมจะเกิดผื่นแดง และผิวหนังบวม

กรมควบคุมมลพิษได้ออกมาตรฐานสำหรับความเข้มข้นของน้ำเสียจากโรงงานที่ 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างไรก็ตามผลสำรวจรายงานว่ามีความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำเสียมากถึง 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมากกว่ามาตรฐานหลายเท่า

โรงงานเคลือบโลหะต่างๆในกรุงเทพมหานครจึงประสบปัญหาการบำบัดน้ำเสีย เนื่องมาจากมาตรฐานที่สูงขึ้นของกฎหมายสิ่งแวดล้อมโดยรัฐบาลไทย ระบบการบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมและประหยัดจึงเป็นที่ต้องการก่อนที่น้ำเสียจะถูกปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม

ในอีกมุมหนึ่ง ประเทศไทยยังเป็นประเทศเกษตรกรรม ซึ่งมีการผลิตขยะเกษตรกรรมจำนวนมากสืบเนื่องมาจากการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ ดังนั้นจึงก่อให้เกิดปัญหาการกำจัดและทำลายขยะเหล่านั้น การศึกษาและการเก็บข้อมูลแสดงให้เห็นว่ามีขยะเกษตรกรรมมากถึง 34.43 ล้านตันต่อปี มีจำนวนเศษข้าวแห้งถึง 25.45 ล้านตันต่อปี ส่วนที่

* *หลักสูตรการจัดการสิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา/นานาชาติ) บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*

อุมารัจน์ สันติสุขเกษม. "การดูดซับโครเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์บนซังข้าวโพด" *วารสารสิ่งแวดล้อม* 9, 4 (ต.ค.-ธ.ค. 2548) 25-27

เหลือคือเศษข้าวโพด ถั่วเหลือง และข้าวฟ่าง

ประเทศไทยยังไม่มีการวางระบบการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการกำจัดขยะเกษตรกรรมที่ถูกต้อง จึงทำให้ชาวนาชาวสวนพากันทิ้งขยะเหล่านั้นตามแบบที่ตนเข้าใจ ทำให้มีการปนเปื้อนของขยะเหล่านั้นกับขยะมีพิษอื่นๆ และมีการทิ้งสู่แม่น้ำลำคลองต่างๆ จึงก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำ ทำลายคุณภาพน้ำและระบบนิเวศน์ของสัตว์น้ำ

การบำบัดน้ำเสียปนเปื้อนโครเมียม

โดยทั่วไปแล้ว โครเมียมมักถูกบำบัดด้วยวิธีการตกตะกอนโดยใช้สารเคมีช่วยให้เกิดการรวมตัวกันของโลหะและตกสู่ด้านล่างตามแรงของพันธะเคมีและแรงโน้มถ่วง อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้ไม่สามารถลดความเข้มข้นของโครเมียมให้ต่ำกว่ามาตรฐานของกฎหมายสิ่งแวดล้อมดังที่กล่าวมาข้างต้นได้ ทั้งนี้การตกตะกอนยังมีปัญหาและผลเสียที่ตามมา เช่น เกิดการรวมตัวของตะกอนโลหะ เหลือตะกอนหลังการบำบัด ใช้เวลาบำบัดนาน และมีค่าใช้จ่ายสูงสำหรับหลุมฝังกลบ เมมเบรนฟิลเทรชั่น (membrane filtration) เช่น วิธีการรีเวอร์สออสโมซิส (reverse osmosis)หรือ การกรองผ่านชั้นต่างๆ เช่น นาโนฟิลเทรชั่น (nanofiltration) และอัลตร้าฟิลเทรชั่น (ultrafiltration) ก็ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการบำบัดโครเมียม แต่เทคโนโลยีนี้ต้องการพลังงานสูง ดังนั้นจึงมีค่าใช้จ่ายที่สูงตามมาเช่นกัน การแลกเปลี่ยนอิออน (ion exchange) อาจเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่แก้ปัญหาการเกิดตะกอนหลังการบำบัด แต่เป็นเทคโนโลยีสำหรับประเทศที่พัฒนาแล้ว จากวิธีการบำบัดต่างๆข้างต้น จึงสามารถสรุปได้ว่าทุกวิธียังมีข้อจำกัดทางเศรษฐกิจ มีค่าใช้จ่ายในระบบและการจัดการที่สูง ดังนั้นวิธีการต่างๆเหล่านั้นจึงไม่สามารถเป็นตัวเลือกที่ดีและตรงตามความต้องการของโรงงานได้

การบำบัดโครเมียมโดยวิธีดูดซับ

การดูดซับเป็นระบบที่วัตถุชิ้นเล็กๆหรือโมเลกุลต่างๆถูกดูดซับลงบนพื้นผิวของตัวกลาง ตัวกลางที่เป็นที่นิยมมากที่สุดในอุตสาหกรรมคือถ่านกัมมันต์ ซิลิกาเจล (silica gel) และอลูมินั่ม (aluminum) เนื่องจากเป็นตัวกลางที่มีพื้นที่ผิวกว้าง อย่างไรก็ตามเนื่องด้วยความยากลำบากและระบบที่ซับซ้อนในการผลิต ถ่านกัมมันต์ยังมีราคาที่สูงอยู่ ดังนั้นจึงมีงานวิจัยมากมายที่ศึกษาเกี่ยวกับสสารชีวภาพเพื่อนำมาใช้เป็นตัวกลางแทนที่ถ่านกัมมันต์ สสารชีวภาพเหล่านี้มีราคาต่ำและส่วนใหญ่เป็นขยะเกษตรกรรม เช่น เปลือกข้าว กะลามะพร้าว ชานอ้อย และเปลือกลูกยาง

ซังข้าวโพดเป็นขยะเกษตรกรรมที่มีอยู่แพร่หลาย มีราคาถูกและมีความต้องการในการนำไปรีไซเคิลและใช้ใหม่เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด เนื่องจากทุกวันนี้ซังข้าวโพดที่ได้จากการแกะเมล็ดข้าวโพดไปขายแล้วถูกทิ้งอย่างไร้ประโยชน์ตามความเข้าใจของชาวไร่ชาวสวนและพ่อค้าแม่ค้า ซึ่งข้าวโพดนั้นจัดได้ว่าเป็นขยะที่มีโครงสร้างโมเลกุลที่ใหญ่และซับซ้อนประกอบด้วยเซลลูโลส ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์เป็นตัวกลางที่ดีในการดูดซับโครเมียมได้

การทดลองใช้ซังข้าวโพดดูดซับโครเมียม

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยก็เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของซังข้าวโพดในการดูดซับโครเมียม พัฒนาซังข้าวโพดให้มีความสามารถในการดูดซับโครเมียมสูงขึ้น หาข้อสรุปสภาวะต่างๆที่เหมาะสมและดีที่สุดในการดูดซับโครเมียม และเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการดูดซับโครเมียมของซังข้าวโพดทั้งสองชนิด โมดิฟายด์และไม่โมดิฟายด์

การทดลองนี้ใช้น้ำเสียปนเปื้อนโครเมียมที่สังเคราะห์ขึ้น ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงการรบกวนของสารปนเปื้อนชนิดอื่นที่อาจมีในน้ำเสียจากโรงงาน สำหรับซังข้าวโพดเก็บมาจากตลาดไท จังหวัดปทุมธานี ล้าง ตาก บด และนำไปคัดขนาดเพื่อใช้เป็นตัวกลาง ซังข้าวโพดบางส่วนนำมาโมดิฟายด์โดยใช้ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์โดยหวังว่าจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับโครเมียม

วิธีการศึกษา

การทดลองแบบ batch ถูกนำมาใช้เพื่อหาข้อสรุปของสภาวะที่ดีที่สุดของการดูดซับ โดยขึ้นอยู่กับปริมาณของตัวกลาง ค่า pH และระยะเวลาสัมผัส การทดลองถูกแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ทั้งนี้ได้ศึกษาทั้งซังข้าวโพดที่ได้รับการโมดิฟายด์และไม่ได้ถูกนำไปโมดิฟายด์

อิทธิพลของปริมาณ

โดยแรกเริ่มความเข้มข้นของโครเมียมมีปริมาณเท่ากันทุกตัวอย่างที่ 10 ppm และผันแปรปริมาณของตัวกลาง (จาก 1 - 20 กรัมต่อลิตร ซึ่งก็คือซังข้าวโพดบดในที่นี้ ตัวอย่างถูกเขย่า เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำมากรอง และวัดความเข้มข้นโดยใช้สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่นเท่ากับ 540 นาโนเมตร (nanometer)

อิทธิพลของ pH

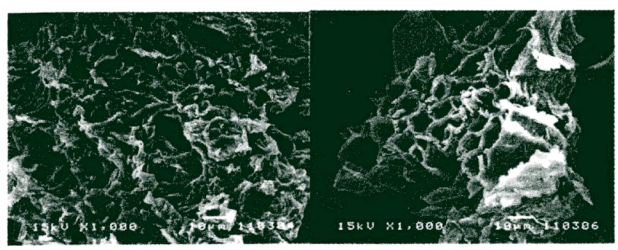
หลังจากปริมาณที่ดีที่สุดได้ถูกสรุป ปริมาณนั้นจะถูกนำมาใช้สำหรับการทดลองช่วงที่สอง โดยผันแปรค่า pH (จาก 3 ถึง 9) และวิเคราะห์โดยใช้วิธีเดียวกันกับการทดลองช่วงแรก

อิทธิพลของระยะเวลาสัมผัส

การทดลองในช่วงที่สาม ทำได้โดยใช้ปริมาณตัวกลางและค่า pH ที่ดีที่สุดจากช่วงแรกและช่วงที่สอง โดยผันแปรระยะเวลาสัมผัส (ชั่วโมงที่ 1, 3, 6, 12 ตามลำดับ) โดยวิเคราะห์วิธีเดียวกับการทดลองช่วงแรกเช่นกัน

การศึกษาการดูดซับ

การศึกษาการดูดซับทำได้โดยการศึกษาจากพฤติกรรมทั้ง แลงเมียร์ (Langmuir) และเฟรนลิค (Freudlich) แล้วหาพฤติกรรมที่เหมาะสมและข้อสรุปของพฤติกรรมการดูดซับ



รูปที่ 1 โครงสร้างซังข้าวโพดที่ยังไม่ได้โมดิไฟด์ (ก) และที่โมดิไฟด์แล้ว

สรุปผลการทดลอง

1.ซังข้าวสามารถใช้ดูดซับโครเมียมได้

2.การโมดิฟายด์ซังข้าวโพดโดยใช้ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ได้เพิ่มความสามารถในการดูดซับโครเมียม ได้มากถึง 99.59 % จาก 55 % โดยซังข้าวโพดที่ไม่ได้รับการโมดิฟายด์

3. ประสิทธิภาพในการดูดซับเพิ่มขึ้นที่สภาวะเป็นกรดหรือที่ pH ต่ำ

4. ระยะเวลาสัมผัสที่ดีที่สุด คือ 6 ชั่วโมงสำหรับซังข้าวโพดที่ไม่ได้รับการโมดิฟายด์ และเพียงแค่ 3 ชั่วโมงสำหรับซังข้าวโพดที่ถูกโมดิฟายด์

5. ซังข้าวโพดมีพฤติกรรมการดูดซับแบบแลงเมียร์ไอโซเทิร์ม (Langmuir isotherm) ซึ่งอธิบายว่าโครเมียมปกคลุมเต็มพื้นที่ผิวของซังข้าวโพดแบบชั้นเดียวและเป็นปฏิกิริยาแบบไปกลับ

การนำซังข้าวโพดมาประยุกต์ในการบำบัดโครเมียมจากน้ำเสียของโรงงานเคลือบโลหะในประเทศไทย นับเป็นนิมิตหมายใหม่ในการป้องกันและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมศึกษาเกี่ยวกับการนำซังข้าวโพดที่ใช้ในการดูดซับแล้วมาใช้ใหม่เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในระบบโรงงานจริง และขยายกรอบแนวทางการบำบัดจากที่เคยมีมา

เอกสารอ้างอิง

1. Aggarwal, D., Goyal, M., Basal, R.C., (1999). Adsorption of chromium by activated carbon from aqueous solution. Carbon, 37, 1989-1997.

2. Babel, S., and Kurniawan A. T., (2004). Cr (VI) removal from synthetic wastewater using coconut shell charcoal and commercial activated carbon modified with oxidizing agents and/or chitosan. Chemosphere, 54 (2004) 951-967

3. Gode, F., and Pehlivan, E., (2003). A comparative study of two chelating ion-exchange resins for the removal of chromium(III) from aqueous solution. Journal of Hazardous Materials, in press

4. Kongsricharoern, N. (1994). Application of electrochemical precipitation of treatment of Cr wastewater. PhD thesis, Asian Institute of Technology, Thailand

5. Kurniawan A. T. (2003). A research study on Cr (VI) removal from contaminated wastewater using chemically modified low cost adsorbents and commercial activated carbon. M.Sc. thesis, Sirindhorn International Institute of Technology, Thammasat University, Thailand

6. Rengaraj, S., Yeon, K., and Moon, S., (2001). Removal of chromium from water and wastewater by ion exchange resins. Journal of Hazardous Materials, B87, 273-287

7. Sirichote, O., Innajitara, W., Chuenchom, L., Chunchit, D., and Naweekan, K., (2002). Adsorbtion of iron (III) ion on activated carbons obtained from bagasses, pericarp of rubber fruit and coconut shell. Songklanakarin J. Sci. Tech.,

8. Vaughan, T., Seo, C. W., Marshall, W. E., (2001). Removal of selected metal ions from aqueous solution using modified corncobs. Bioresource Technology, 78 , 133-139