



ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดเฮกซะวาเลนท์โครเมียม ร่วมกับสารอินทรีย์ธรรมชาติด้วยเยื่อกรองนาโน

Factors Affecting Hexavalent Chromium and Natural organic matter Removal by Nanofiltration Membrane

Jatupon Jaisin* Supatpong Mattaraj** and Aditsuda Jamroensan**

จตุพล จัยสิน* สุพัฒน์พงษ์ มัตราจ** และ อติศย์สุตา จำโรเณสาน**

*สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190

**ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190

E-mail : supatpong.mj@gmail.com, jatupol_pe@yahoo

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดเฮกซะวาเลนท์โครเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์ร่วมกับสารอินทรีย์ธรรมชาติ โดยใช้ชุดทดลองแบบไหลตายตัวเยื่อกรองแบบนาโนภายใต้สภาวะที่ควบคุม ปัจจัยที่แตกต่างได้แก่ ความเข้มข้นของเฮกซะวาเลนท์โครเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์ ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ธรรมชาติ ค่าพีเอชสารละลาย ความเร็วรอบการกวนผสม และความดันในระบบ จากการศึกษาพบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของเฮกซะวาเลนท์โครเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์เป็นสาเหตุทำให้เกิดการอุดตันบนผิวของเยื่อกรองแบบนาโนมากขึ้น ส่งผลให้ค่าการลดลงของฟลักซ์เพิ่มขึ้น และค่าการกำจัดโครเมียมลดลง สารเฮกซะวาเลนท์โครเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสารอินทรีย์ธรรมชาติแสดงการลดลงของฟลักซ์สูงกว่า ฟลักซ์สารละลายที่ไม่มีสารอินทรีย์ธรรมชาติ การเพิ่มพีเอชสารละลายจาก 3 ถึง 10 ส่งผลทำให้การลดลงของฟลักซ์และการกำจัดเฮกซะวาเลนท์โครเมียมสูงขึ้น การเพิ่มความเร็วรอบการกวนผสมจาก 0 ถึง 400 รอบต่อนาที ทำให้การลดลงของค่าฟลักซ์สารละลายลดลงเนื่องจากลดการสะสมของอนุภาคบนผิวเยื่อกรองแบบนาโน การเพิ่มความดันในระบบส่งผลให้การกำจัดเฮกซะวาเลนท์โครเมียมลดลง ประกอบกับความดันในระบบที่สูงขึ้นส่งผลให้เฮกซะวาเลนท์โครเมียมผ่านเยื่อกรองมากขึ้น ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ธรรมชาติที่เพิ่มขึ้นทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดเฮกซะวาเลนท์โครเมียมเพิ่มขึ้น อาจเป็นผลเนื่องจากการรวมตัวระหว่างสารอินทรีย์ธรรมชาติกับเฮกซะวาเลนท์โครเมียมที่ถูกแยกจากผิวของเยื่อกรองแบบนาโน

คำสำคัญ : เฮกซะวาเลนท์โครเมียม; เยื่อกรองแบบนาโน; สารอินทรีย์ธรรมชาติ

Abstract

This objective of this research was to study is to investigate several factors affecting the removal efficiency of hexavalent chromium from synthetic wastewater and natural organic matter (NOM) by a dead-end nanofiltration membrane under controlled conditions. Different factors were the concentrations of hexavalent chromium derived from synthetic wastewater, natural organic matter (NOM) concentration, pH solution, mixed solution's speed, and controlled pressure. Experimental results found that increased concentrations of hexavalent chromium from synthetic wastewater caused more fouling on nanofiltration membrane surface, thus enhancing flux decline and decreasing chromium rejection. Hexavalent chromiums from synthetic wastewater containing NOM showed greater flux decline than those without NOM. Increased pH solution from 3 to 10 resulted in greater flux decline and hexavalent chromium removal. Increased mixed solution's speeds from 0 to 400 rpm decreased flux decline caused by a reduced solution accumulation on NF membrane surface. Increased operating pressures caused a reduction in chromium rejection. This was attributed to high operating pressure allowing hexavalent chromium passing through membrane surface. Increased NOM concentration resulted in increased hexavalent chromium rejection due to the combination between NOM and hexavalent chromium separated from NF membrane surface.

Keywords : Hexavalent Chromium; Nanofiltration; Natural Organic Matter

บทนำ

การเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจ การพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และกิจกรรมต่างๆ ส่งผลให้มีสินค้าและสิ่งอำนวยความสะดวกเพิ่มปริมาณมากขึ้นตามความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตเหล่านี้มักมีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบ หากกำจัดไม่ถูกวิธีหรือมีการปล่อยของเสียสู่สิ่งแวดล้อมจะส่งผลกระทบต่อมนุษย์ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ทั้งนี้โลหะหนักเป็นสารคงตัว ไม่สามารถสลายตัวได้เองตามธรรมชาติ ก่อให้เกิดการสะสมในสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ทำให้มนุษย์ได้รับผลกระทบหากมีการนำโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายทั้งทางตรงและทางอ้อม

โครเมียมและสารประกอบโครเมียมเป็นโลหะหนักที่ถูกใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมเคลือบโลหะ การชุบโลหะ สี ย้อม สีทาอาคาร สิ่งทอ เครื่องหนัง การพิมพ์ และปิโตรเลียม ซึ่งโครเมียมไตรวาเลนต์ (Trivalent chromium) และโครเมียมเฮกซะวาเลนต์ (Hexavalent chromium) เป็นกลุ่มที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต หากมีปริมาณมากเกินไปจะก่อให้เกิดอันตรายต่อ

สุขภาพ กระบวนการกำจัดโครเมียมมีหลายวิธี เช่น การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และเถ้าลอย [1] การดูดซับด้วยสารหยาบเซลเดียว แต่มีข้อจำกัดคือมีต้นทุนสูงและต้องการพื้นที่มาก [2] การใช้กระบวนการกรองแบบนาโนสามารถที่จะแยกสารอินทรีย์ทางธรรมชาติออกจากน้ำได้ [3] และสามารถที่จะกรองสารอินทรีย์ที่มีไอออนบวกแบบประจุคู่ได้ และสามารถแยกสารอินทรีย์ทางธรรมชาติออกจากน้ำได้ด้วย [4] โดยมีความต้องการพื้นที่น้อยและค่าบำรุงรักษาต่ำ [5] ดังนั้นกระบวนการกรองด้วยเยื่อกรองนาโนจึงสามารถที่จะแยกสารอินทรีย์ทางธรรมชาติออกจากน้ำและเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมในน้ำเสียได้ การรวมตัวระหว่างเฮกซะวาเลนต์โครเมียมกับสารอินทรีย์ธรรมชาติ (Natural Organic matter, NOM) ซึ่งพบได้โดยทั่วไปตามแหล่งน้ำผิวดิน จะส่งผลทำให้เกิดการอุดตันของเยื่อกรองได้ง่ายขึ้นซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญของระบบเยื่อกรองที่ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตน้ำลดลง

เยื่อกรองแบบนาโน (Nanofiltration, NF) เป็นกระบวนการที่นิยมนำมาใช้ในการผลิตน้ำดื่ม การทำน้ำอ่อน และบำบัดน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรม โดยใช้

ความดันอยู่ระหว่างอัลตราฟิลเตรชัน (ultrafiltration) และออสโมซิสแบบผันกลับ (reverse osmosis) ซึ่งเยื่อกรองแบบนาโนมีข้อได้เปรียบ คือการใช้ความดันที่น้อยกว่าในการดำเนินระบบแบบออสโมซิสผันกลับ (reverse osmosis) และปริมาณน้ำที่ผลิตได้มีปริมาณมาก และยังสามารถใช้ในการกำจัดสารอินทรีย์และสารอินทรีย์ที่ปนมากับน้ำได้เป็นอย่างดี [6, 7] ทั้งนี้ปัญหาของกระบวนการเยื่อกรอง คือ การลดลงของอัตราการไหล โดยมีสาเหตุมาจากการเกิด Concentration Polarization (CP) ทำให้เกิดการอุดตันที่ผิวของเยื่อกรอง โดยการอุดตันที่เกิดขึ้นสามารถเกิดได้ใน 2 ลักษณะ คือ เกิดการอุดตันบริเวณผิวหน้าของเยื่อกรอง (surface fouling) และการอุดตันที่เกิดภายในรูพรุนของเยื่อกรอง (internal pore fouling) [8] เมื่อเยื่อกรองเกิดการอุดตันจะส่งผลให้ค่าฟลักซ์สารละลายมีค่าลดลง ต้องทำความสะอาดบ่อยครั้งขึ้น และทำให้อายุการใช้งานของเยื่อกรองสั้นลง [9] ซึ่งวัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อหาประสิทธิภาพการลดลงของฟลักซ์สารละลายและการกำจัดเฮกซะวาเลนท์โครเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์ร่วมกับสารอินทรีย์ธรรมชาติโดยใช้เยื่อกรองแบบนาโน

อุปกรณ์และวิธีการ

สารเคมีที่ใช้และเครื่องมือวิเคราะห์

สารเคมีที่ใช้มีดังนี้ คือ Potassium dichromate ($K_2Cr_2O_7$), Hydrochloric acid 36% (HCl), Sodium hydroxide (NaOH), Sodium metabisulphite ($Na_2S_2O_5$), Citric acid ($C_6H_8O_7 \cdot H_2O$) เยื่อกรองแบบนาโน รุ่น HL4040FM การตรวจวิเคราะห์ผลความเข้มข้นด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrometer (AAnalyst 200)

สารอินทรีย์ธรรมชาติ

สารอินทรีย์ธรรมชาติที่ใช้ในการศึกษารั้งนี้ได้มาจากแหล่งน้ำผิวดินที่อยู่ภายในมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ซึ่งใช้ผลิตน้ำอุปโภคและบริโภคภายในมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี คุณสมบัติของน้ำผิวดินมีดังนี้ สารคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมด 4.27 mg/L มีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร เท่ากับ 0.178 1/cm ค่าการนำ

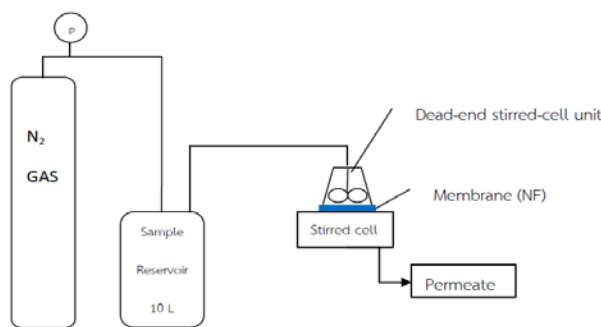
ไฟฟ้าอยู่ที่ $44 \mu S \cdot cm^{-1}$ พีเอชอยู่ที่ 7.1 และค่าความขุ่น 7.4 NTU การเตรียมสารอินทรีย์ธรรมชาติโดยการนำน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินภายในมหาวิทยาลัยอุบลราชธานีมาจำนวน 1,000 ลิตร ผ่านระบบเยื่อกรองแบบไมโครฟิลเตรชันขนาด 5 ไมครอน และ 1 ไมครอนตามลำดับ เพื่อบำบัดเบื้องต้นก่อนเข้าเยื่อกรองแบบออสโมซิสผันกลับ เพื่อแยกสารอินทรีย์ธรรมชาติในส่วนคอนเซนเตรทให้เหลือปริมาตรสารอินทรีย์ธรรมชาติเข้มข้นประมาณ 30 ลิตร นำสารอินทรีย์ธรรมชาติเข้มข้นบรรจุในภาชนะที่ปิดสนิทและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อเป็นการรักษาสารอินทรีย์ธรรมชาติให้อยู่ในสภาวะพร้อมใช้งานในการทดลอง

เยื่อกรองแบบนาโน

การศึกษารั้งนี้ใช้เยื่อกรองแบบนาโนของ GE Water & Process Technologies รุ่น HL4040FM ผลิตจากโพลีเอไมด์ มีความสามารถในการกำจัดสารที่มีขนาดโมเลกุล 150-300 ดาลตัน พีเอชที่ใช้ในการดำเนินระบบอยู่ระหว่าง 3-9 และพีเอชของสารที่ใช้ในการทำมาสะอาดมีค่าอยู่ระหว่าง 2-10.5 ความดันที่ใช้ในการดำเนินงานอยู่ที่ 70-300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นำมาตัดเป็นแผ่นวงกลมขนาดพอดีกับชุดทดลอง สำหรับแผ่นเยื่อกรองที่ได้ตัดเสร็จเรียบร้อยแล้ว นำเก็บรักษาโดยแช่ไว้ในสารละลาย sodium metabisulphite ($Na_2S_2O_5$) ความเข้มข้น 1% เพื่อป้องกันการทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจน แล้วนำไปแช่ไว้ในตู้เย็นเพื่อลดการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่มีผลต่อผิวหน้าเยื่อกรอง

ชุดทดลองการไหลแบบตายตัว

รูปที่ 1 แสดงแผนภาพการทำงานของระบบเยื่อกรองแบบนาโน ระบบนี้ใช้เป็นชุดทดสอบการไหลแบบตายตัว พื้นที่ใส่แผ่นเยื่อกรองขนาด 0.0044 ตารางเมตร โดยคำนวณตามพื้นที่ของชุดทดสอบ โดยควบคุมการทดลองด้วยระบบเยื่อกรองนาโน ด้วยความดันให้คงที่ตลอดการทดลองที่ 30 psi และใช้เวลาในการทดลอง 240 นาที วัดอัตราการไหลของเพอร์มิเอทและเก็บตัวอย่างตามช่วงเวลา



รูปที่ 1 แผนภาพการทำงานของระบบเยื่อกรองแบบนาโน

สมการที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการอุดตันของเยื่อกรองอันเป็นผลมาจากสารอินทรีย์ธรรมชาติในการกรองแบบนาโนซึ่งมีค่าอัตราการกรองแสดงได้ในสมการที่ (1)

$$J_v = \frac{Q_{perm}}{A_m} \quad (1)$$

ค่า J_v คือ อัตราการกรองผ่านเยื่อกรองหรือฟลักซ์สารละลาย ($L \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$, LMH), Q_{perm} คืออัตราการไหลของน้ำที่กรอง ($L \cdot h^{-1}$), A_m คือ พื้นที่ที่ใช้ในการกรอง (m^2), ส่วนการกำจัดสารละลายออกจากน้ำ (Rejection) โดยการกรองผ่านเยื่อกรองจะแยกสารละลายต่างๆ ออกจากน้ำ ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2)

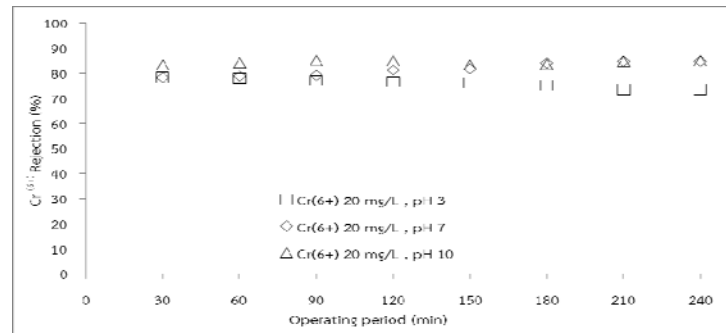
$$R = 1 - \frac{C_{perm}}{C_{reten}} \quad (2)$$

ค่า R คือ อัตราการกำจัดสารละลายออกจากน้ำ ค่า C_{perm} คือ ความเข้มข้นของสารละลายที่ผ่านการกรอง ($mg \cdot L^{-1}$) ค่า C_{reten} คือ ความเข้มข้นของสารละลายที่ไม่ผ่านการกรอง ($mg \cdot L^{-1}$)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลของค่าพีเอชของเฮกซะวาเลนทีโครเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีอิทธิพลต่อค่าฟลักซ์สารละลาย

ผลการศึกษาค่าพีเอช เฮกซะวาเลนทีโครเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์ต่อการลดลงของค่าการกำจัด โดยทดลองที่ความเข้มข้นของเฮกซะวาเลนทีโครเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ปรับพีเอชประมาณ 3 7 และ 10 ที่ความแรงประจุ (ionic strength) 0.01 โมลต่อลิตร โดยใช้ความดันในระบบคงที่ 30 psig จากการทดลองพบว่า เมื่อทำการเดินระบบต่อเนื่องจนถึงนาที่ที่ 240 ที่ความเข้มข้นของเฮกซะวาเลนทีโครเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร พีเอช 3 7 และ 10 มีค่าการกำจัดสูงสุดร้อยละ 78.28 84.84 และ 84.93 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการลดลงของค่าพีเอชอาจส่งผลให้ไดโครเมตไอออน ($Cr_2O_7^{2-}$) เปลี่ยนรูปเป็นกรดไดโครมิก ($H_2Cr_2O_7$) ซึ่งอยู่ในสภาวะไม่มีประจุ ดังนั้น Electrostatic repulsion จึงไม่มีผลต่อการกักกัน ส่งผลให้เฮกซะวาเลนทีโครเมียมผ่านเยื่อกรองออกมามากขึ้น ค่าประสิทธิภาพการกักกันจึงลดลง ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ผลของค่าพีเอช ต่อประสิทธิภาพการกำจัดเฮกซะวาเลนท์โครเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์

ผลของความเร็รรอบของเครื่องกวนสารที่มีอิทธิพลต่อค่าฟลักซ์สารละลาย

ผลการศึกษาความเร็รรอบของเครื่องกวนสารที่มีต่อการลดลงของค่าการกำจัดเฮกซะวาเลนท์โครเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีต่อการกำจัด โดยทดลองที่ความเข้มข้นของเฮกซะวาเลนท์โครเมียมที่ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับสารอินทรีย์ธรรมชาติเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปรับพีเอชประมาณ 7 ที่ความแรงประจุ (ionic strength) 0.01 โมลต่อลิตร โดยใช้ความดันในระบบคงที่ 30 psig โดยกำหนดความเร็รรอบของเครื่องกวนสารที่ 0 250 และ 400 รอบต่อนาที จากการทดลองพบว่าเมื่อทำการเดินระบบต่อเนื่องจนถึงนาทีที่ 240 ที่ความเร็รรอบของเครื่องกวนสารที่ 0 250 และ 400 รอบต่อนาที มีค่าการกำจัดสูงสุดร้อยละ 84.07 94.71 และ 93.71 ตามลำดับ ทั้งนี้ค่าการกำจัดเฮกซะวาเลนท์โครเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่เปิดเครื่องกวนสารความเร็รรอบ 250 และ 400 รอบต่อนาที มีค่าสูงขึ้นอาจเนื่องมาจากแท่งแม่เหล็กของเครื่องกวนสารจะช่วยลดการสะสมของอนุภาคที่ผิวของเยื่อกรองทำให้น้ำผ่านเยื่อกรองนาโนได้ดีขึ้น ส่งผลให้ค่าการกำจัดเฮกซะวาเลนท์โครเมียมเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3

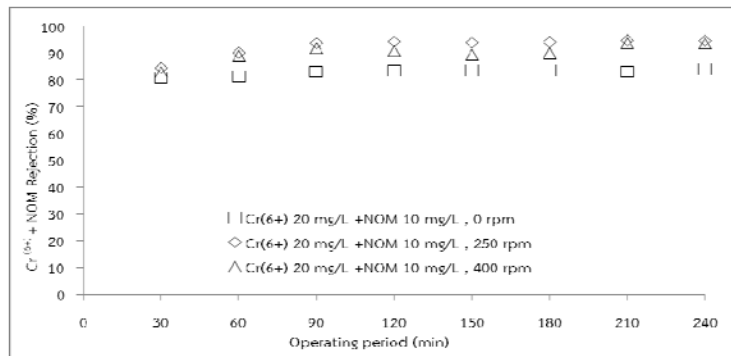
ผลของค่าความดันในการเดินระบบต่อประสิทธิภาพการกำจัด

ผลการศึกษาความดันที่ใช้ในการเดินระบบที่มีต่อการกำจัดเฮกซะวาเลนท์โครเมียม โดยใช้สารละลายเฮกซะวาเลนท์โครเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์ เข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับสารอินทรีย์ธรรมชาติเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปรับพีเอชประมาณ 7 ที่ความแรงประจุ (ionic strength) 0.01 โมลต่อลิตร และใช้ความดันในระบบที่ 10 30 และ 50 psig จากการทดลองพบว่าเมื่อทำการเดินระบบต่อเนื่องจนถึงนาทีที่ 240 ความดันใน

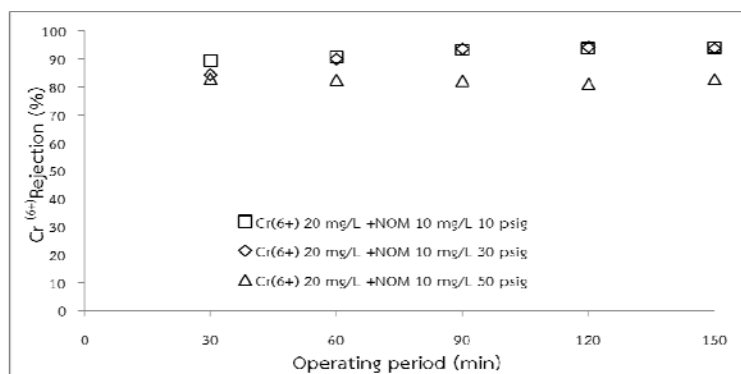
ระบบ 10 30 และ 50 psig มีค่าการกำจัดสูงสุดร้อยละ 94.11 94.71 และ 83.02 ตามลำดับ ทั้งนี้ค่าการกำจัดเฮกซะวาเลนท์โครเมียมที่ค่าความดันในการเดินระบบ 50 psig มีประสิทธิภาพน้อยสุด อาจเนื่องมาจากค่าแรงดันที่ใช้ในการเดินระบบมีค่ามากกว่าค่าความต้านทานทางชลศาสตร์ของเยื่อกรองนาโน ส่งผลให้เฮกซะวาเลนท์โครเมียมผ่านเยื่อกรองนาโนในส่วนของเพอร์มิเอตเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4

ผลของความเข้มข้นของสารอินทรีย์ธรรมชาติร่วมกับเฮกซะวาเลนท์โครเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีอิทธิพลต่อค่าฟลักซ์สารละลาย

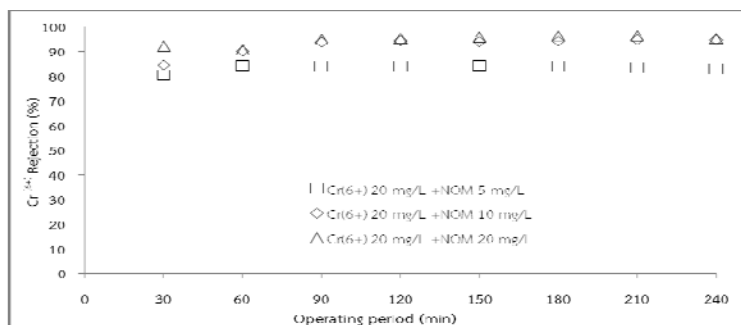
ผลของความเข้มข้นของสารอินทรีย์ธรรมชาติร่วมกับเฮกซะวาเลนท์โครเมียมที่มีต่อการกำจัด จากการทดลองพบว่าเมื่อทำการเดินระบบต่อเนื่องจนถึงนาทีที่ 240 ที่ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ธรรมชาติ 5 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับเฮกซะวาเลนท์โครเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์เข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ความแรงประจุ (ionic strength) 0.01 โมลต่อลิตร ปรับพีเอชประมาณ 7 และความดันในระบบคงที่ 30 psig มีค่าการกำจัดเฮกซะวาเลนท์โครเมียมสูงสุดร้อยละ 84.17 94.71 และ 96.41 ตามลำดับ โดยค่าการกำจัดเฮกซะวาเลนท์โครเมียมในสารละลายที่มีสารอินทรีย์ธรรมชาติเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับเฮกซะวาเลนท์โครเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์เข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงสุด เนื่องจากสารอินทรีย์ธรรมชาติมีขนาดใหญ่กว่าขนาดเยื่อกรองนาโน เกิดการกักกันโดยใช้กลไกในการคัดขนาด (Size Exclusion) ส่งผลให้เกิดการกักกันที่ผิวของเยื่อกรองเพิ่มมากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดเฮกซะวาเลนท์โครเมียมสูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 3 ผลการศึกษาความเร็รรอบของเครื่องกวนสารที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดเฮกซะวาเลนท์โครเมียมของเฮกซะวาเลนท์โครเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์ร่วมกับสารอินทรีย์ธรรมชาติ



รูปที่ 4 ผลการศึกษาค่าความดันที่ใช้ในการเดินระบบที่มีต่อการค่าการกำจัดเฮกซะวาเลนท์โครเมียม



รูปที่ 5 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดเฮกซะวาเลนท์โครเมียมของความเข้มข้นของสารอินทรีย์ธรรมชาติร่วมกับเฮกซะวาเลนท์โครเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์

สรุป

1. ผลของค่าพีเอชในสารละลายเฮกซะวาเลนท์โครเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์ ต่อค่าการลดลงของค่าฟลักซ์สารละลายและประสิทธิภาพการกำจัดด้วยเยื่อกรองนาโน พบว่าค่าฟลักซ์สารละลายที่ค่าพีเอชสูงขึ้นมีค่าการลดลงของฟลักซ์สารละลายเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออน (H_3O^+) สูง ทำให้ประจุลบที่บริเวณผิวของเยื่อกรองส่งผลต่อความหนาของชั้น double Layer ส่งผลให้แรงผลัก (Electrostatic repulsion) ระหว่างเฮกซะวาเลนท์โครเมียมกับผิวของเยื่อกรองต่ำลงทำให้เฮกซะวาเลนท์โครเมียมมีโอกาสที่จะอยู่ใกล้บริเวณผิวของเยื่อกรองมากขึ้นและอาศัยความดันในระบบในการผ่านระบบเยื่อกรอง นอกจากนี้การลดลงของค่าพีเอชอาจส่งผลให้ไดโครเมตไอออน ($Cr_2O_7^{2-}$) เปลี่ยนรูปเป็นกรดไดโครมิก ($H_2Cr_2O_7$) ซึ่งอยู่ในสภาวะ ไม่มีประจุ ดังนั้น Electrostatic repulsion จึงไม่มีผลต่อการกักกัน ส่งผลให้ค่าฟลักซ์น้ำเพอร์มิเอทมีการลดลงน้อยที่สุด

2. ผลของความเร็วรอบของเครื่องกวนสารที่มีต่อค่าฟลักซ์สารละลายเฮกซะวาเลนท์โครเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์ร่วมกับสารอินทรีย์ธรรมชาติ พบว่าความเร็วรอบของเครื่องกวนสารที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้การลดลงของค่าฟลักซ์สารละลายลดลง เนื่องจากการลดการสะสมของอนุภาคบริเวณผิวของเยื่อกรอง ทำให้เยื่อกรองมีประสิทธิภาพการทำงานดีขึ้น

3. ความดันในการเดินระบบมีผลต่อการกำจัดเฮกซะวาเลนท์โครเมียม เมื่อความดันเพิ่มขึ้นส่งผลให้อัตราการกำจัดเฮกซะวาเลนท์โครเมียมลดลง เนื่องจากความดันที่ใช้ในระบบมีค่าสูงกว่าค่าความต้านทานทางศาสตร์ของเยื่อกรองนาโน ส่งผลให้เฮกซะวาเลนท์โครเมียมผ่านเยื่อกรองนาโนในส่วนของเพอร์มิเอทเพิ่มขึ้น

4. ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ธรรมชาติที่เพิ่มขึ้นในสารละลายเฮกซะวาเลนท์โครเมียม มีผลทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดเฮกซะวาเลนท์โครเมียมเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารอินทรีย์ธรรมชาติมีขนาดใหญ่กว่าขนาดเยื่อกรองนาโน เกิดการกักกันโดยใช้กลไกในการคัดขนาด (Size Exclusion) ส่งผลให้เกิดการกักกันที่ผิวของเยื่อกรองเพิ่มมากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดเฮกซะวาเลนท์โครเมียมสูงขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Sawangyutitum, P., Chaidan, S. and Khongsubjareon, S. 2543. Adsorption of lead (II) and chromium (VI) on activated carbon and fly ash. Bachelor Thesis of Science. Faculty of Industrial Education King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. (in Thai)
- [2] Jaiyong, S., Ajsakorn, O. and Rimwatthana, A. 2540. Absorption of Hexavalent Chromium by Chlorella sp. Bachelor Thesis of Science. Faculty of Industrial Education King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. (in Thai)
- [3] Kilduff, J.E., Mattaraj, S. and Belfort, G. Flux decline during nanofiltration of naturally occurring dissolved organic matter: effect of osmotic pressure, membrane permeability, and cake formation. J. Membr. Sci. 239(1): 39-53.
- [4] Conlon, W. and McClellan, S. 1989. Membrane Softening: A Treatment Process Comes of Age. Journal AWWA. 81(11): 47-51.
- [5] Yildiz, E. Nuhoglu, A. Keskinler, B. Akay, G. and Farizoglu, B. 2003. Water softening in a crossflow membrane reactor. Desalination. 159(2): 139-152.
- [6] Bruggen, Bart Van der and Carlo Vandecasteele. 2003. Removal of pollutants from surface water and groundwater by nanofiltration: overview of possible applications in the drinking water industry. Environ. Pollut. 122: 435-44.
- [7] Conteras, A.E., Albert Kimb and Qilin lia. 2009. Combined fouling of nanofiltration membranes: Mechanisms and effect of organic matter. J. Membr. Sci. 327: 87-95.

- [8] Tu, S., Varadarajan, R. and Massoud, P. 2005. A pore diffusion transport model for forecasting the performance of membrane processes. *J. Membr. Sci.* 265: 29-50.
- [9] Vrouwenvelder, J.S., Kappelhof, J.W.N.M., Heijrnan, S.G.J., Schippers, J.C., van der Kooij D. 2003. Tools for fouling diagnosis of NF and RO membranes and assessment of the fouling potential of feed water. *Desalination.* 157: 361-365.
- [10] Kilduff, J. E., Mattaraj, S., Pieracci, J. P. and Belfort, G. 2000. Photochemical modification of polyether sulfone and sulfonated polysulfone nanofiltration membranes for control of fouling by natural organic matter. *Desalination.* 132: 133-142.
- [11] Cho, J., Amy, G. and Pellegrino, J. 2000. Membrane Filtration of Natural Organic Matter: Comparison of flux decline, NOM rejection, and foulants during filtration with three UF membranes. *Desalination.* 127: 283-298.