

ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยเก่าโดยใช้ระบบเยื่อกรอง ไมโครฟิลเตรชันร่วมกับถ่านกัมมันต์

Treatment Efficiency of Activated Carbon-Microfiltration (AC-MF) System Treating Stabilized Leachate

Thirdpong Srisukphun* and Chart Chiemchaisri**

เทอดพงศ์ ศรีสุขพันธุ์* และ ชชาติ เขียมไชยศรี**

*สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ สมุทรปราการ 10540

**ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

E-mail: thirdpong.s@hcu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยเก่าจากสถานีกำจัดมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนจังหวัดนนทบุรี โดยใช้ระบบเยื่อกรองไมโครฟิลเตรชันร่วมกับถ่านกัมมันต์ จากการทดลองพบว่าการเดินระบบที่อัตราการกรองต่ำ (< 0.21 เมตร/วัน) ช่วยยืดอายุการใช้งานของระบบ ส่วนการใช้ถ่านกัมมันต์ที่ความเข้มข้น 5 กรัม/ลิตรของถังปฏิกรณ์ สามารถลดสารอินทรีย์ สารแขวนลอย และความขุ่นได้ดี แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นเป็น 20 กรัม/ลิตรของถังปฏิกรณ์ ระบบสามารถลดความเป็นพิษของน้ำชะมูลฝอยได้ด้วย ส่วนกระบวนการโคแอกกูเลชันด้วย $FeCl_3$ ที่ความเข้มข้น 2.5 กรัม/ลิตร ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับสารอินทรีย์ของถ่านกัมมันต์

คำสำคัญ : น้ำชะมูลฝอย; เยื่อกรองไมโครฟิลเตรชัน; ถ่านกัมมันต์; การบำบัดน้ำเสีย

Abstract

This lab scale experiment focused on treatment efficiency of activated carbon-microfiltration system (AC-MF) treating stabilized leachate collected from the municipal solid waste disposal station, Nonthaburi Provincial Administrative Organization. It was found that, a low flux operation (<0.21 m/d) prolonged the system life. The addition of activated carbon at 5 g/L of reactor gave high removal efficiency of organic matters suspended solids and turbidity. At the concentration of 20 g/L of reactor, the toxicity of stabilized leachate was decreased. Moreover, the pretreatment using chemical coagulation with FeCl_3 of 2.5 g/L improved adsorption capacity of activated carbon.

Keywords : leachate; microfiltration membrane; activated carbon; wastewater treatment

บทนำ

น้ำชะมูลฝอยมีองค์ประกอบของสารอินทรีย์ทั้งที่ย่อยสลายได้ง่ายและย่อยสลายได้ยาก [1] รวมถึงมีธาตุอาหาร สี และสารที่เป็นพิษต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิต [2-4] ซึ่งทำให้การบำบัดด้วยวิธีทางชีวภาพเพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาระบบบำบัดแบบผสม ซึ่งผสมผสานวิธีการทางชีวภาพเข้ากับกระบวนการทางกายภาพและเคมี หรือใช้กระบวนการทางกายภาพและเคมี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำชะมูลฝอย ตัวอย่างเช่น การใช้ถังปฏิกรณ์เยื่อกรองไมโครฟิลเตรชัน (Membrane bioreactor, MBR) หรือการกรองด้วยเยื่อกรองไมโครฟิลเตรชันร่วมกับถ่านกัมมันต์ (Activated carbon-microfiltration, AC-MF) หรือการใช้การกรองด้วยเยื่อกรองแบบออสโมซิสผันกลับ (Reverse osmosis, RO) เป็นต้น [5-7]

ระบบ AC-MF เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูงเหมาะสำหรับการกำจัดสารที่ปนเปื้อนจากแม่น้ำ น้ำเสียและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว เช่น สารอินทรีย์ที่เป็นพิษ จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่และการผลิตน้ำประปา [8-11] กลไกที่ใช้ในการบำบัดประกอบด้วย การดูดซับของถ่านกัมมันต์และกลไกการกรองของเยื่อกรอง ซึ่ง

เยื่อกรองไมโครฟิลเตรชันจะสามารถกำจัดความขุ่นและอนุภาคขนาดใหญ่ออกจากน้ำได้รวมทั้งช่วยป้องกันมิให้ถ่านกัมมันต์หลุดออกไปกับน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัด ถ่านกัมมันต์ที่ใส่ลงในถังปฏิกรณ์มีส่วนช่วยลดการอุดตันบนเยื่อกรองเนื่องจากการอุดตันของสารอินทรีย์ (Organic fouling) ซึ่งช่วยเพิ่มอายุการใช้งานของระบบและเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัด [12-14]

งานวิจัยนี้เป็นการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบ AC-MF ในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยเก่าจากสถานีกำจัดมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนจังหวัดนนทบุรี ซึ่งได้เปิดดำเนินการมานานกว่า 20 ปี รองรับมูลฝอยที่เกิดขึ้นในจังหวัดนนทบุรีที่มีปริมาณประมาณ 850-900 ตัน/วัน ในปัจจุบันมีน้ำชะมูลฝอยเก็บกักอยู่ในบ่อพักขนาดใหญ่มีปริมาตรมากกว่า 300,000 ลูกบาศก์เมตร [15]

อุปกรณ์และวิธีการ

ถังปฏิกรณ์ AC-MF ที่ใช้ในการทดลอง มีความจุ 20 ลิตร ภายในบรรจุถ่านกัมมันต์ (Eunicarb : Iodine number of 1,000 mg/g, Surface area of 1,080 m^2/g , Pore volume of 0.81 cm^3/g , Average pore diameter of 85 Å) และเยื่อกรองไมโครฟิลเตรชัน (Toray Industries Co. Ltd., model Membray) ชนิด Flat sheet ผลิตจาก PVDF

(Polyvinylidene Fluoride) ขนาดรูพรุน 0.08 ไมโครเมตร พื้นที่ผิว 0.114 ตารางเมตร มีอัตราการกรองน้ำบริสุทธิ์จำเพาะ (specific pure water flux) 52 เมตร/วัน-บาร์ บริเวณด้านล่างของถังปฏิกรณ์ได้ติดตั้งหัวกระจายอากาศเพื่อลดการอุดตันบนเยื่อกรองไมโครฟิลเตรชัน ควบคุมการจ่ายอากาศที่อัตราไหล 10 ลิตรต่อนาที ใช้ Peristaltic pump ดูดน้ำใสที่ผ่านการบำบัดออกจากถังปฏิกรณ์ผ่านเยื่อกรองไมโครฟิลเตรชัน (รูปที่ 1)

ศึกษาการอุดตันบนเยื่อกรองไมโครฟิลเตรชันโดยใช้อัตราการกรองในช่วงระหว่าง 0.21-1.05 เมตร/วัน ความเข้มข้นของถ่านกัมมันต์เท่ากับ 0, 5 และ 20 กรัม/ลิตรของถังปฏิกรณ์ ตามลำดับ บันทึกการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่ใช้กรอง (Trans-membrane pressure, TMP) และควบคุมแรงดันสูงสุดไม่เกิน 0.8 บาร์

ศึกษาประสิทธิภาพของระบบ AC-MF ในการลดค่าความสกปรกของน้ำเสีย โดยเติมถ่านกัมมันต์แบบ Batch dosing ควบคุมความเข้มข้น 0, 5 และ 20 กรัม/ลิตรของถังปฏิกรณ์ และเก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านการบำบัดระหว่างการดูดซับระหว่าง 0-360 นาที ตรวจสอบวัดค่าความเป็นพิษ (Toxicity), EC, COD, TOC, SS และความขุ่น ทั้งนี้ดำเนินการตรวจวัดค่าความเป็นพิษโดยนำน้ำชะมูลฝอยที่เจือจางจนได้ความเข้มข้นต่างๆ มาใช้เพาะเมล็ดพืช (ข้าวเปลือก) เปรียบเทียบการงอกของลำต้นอ่อน (Seed germination) และการงอกของราก (Root elongation)

กับการเพาะด้วยน้ำประปา แล้วทำการคำนวณหาค่า Effective concentration (EC_{50}) [16]

ทำการทดลองศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ AC-MF โดยใช้กระบวนการโคแอกกูเลชันด้วยเฟอร์ริกคลอไรด์ ($FeCl_3$) ที่ความเข้มข้น 2.5 กรัมต่อลิตรของน้ำเสีย [15] ทำการเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับสารอินทรีย์ของถ่านกัมมันต์ระหว่างกรณีที่ใช้และไม่ใช้กระบวนการโคแอกกูเลชันโดยใช้สมการ Langmuir isotherm [17] ดังแสดงในสมการต่อไปนี้

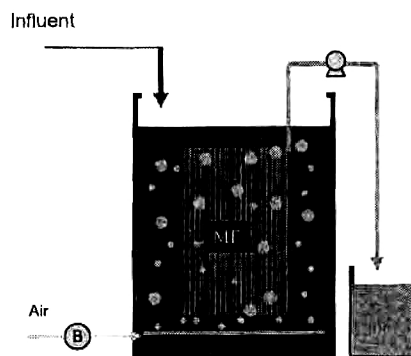
$$q_e = \frac{K_L C_e}{1 + a_L C_e} = \left[\frac{C_o - C_e}{M} \right] \cdot V$$

เมื่อ K_L และ a_L คือ ค่าคงที่ของสมการ Langmuir มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกรัม และ มิลลิกรัมต่อมิลลิกรัม ตามลำดับ

C_o และ C_e คือ ความเข้มข้นก่อนและหลังการทดลองของน้ำชะมูลฝอย (มิลลิกรัม/มิลลิกรัม)

M คือ มวลของถ่านกัมมันต์ที่ใช้ทดลอง (กรัม)

V คือ ปริมาตรของน้ำชะมูลฝอยที่ใช้ทดลอง (มิลลิกรัม)



รูปที่ 1 ระบบ AC-MF

ผลการทดลองและวิจารณ์

ลักษณะสมบัติของน้ำชะมูลฝอย

น้ำชะมูลฝอยเก่าที่ถูกเก็บอยู่ในบ่อพักของสถานีกำจัดมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนจังหวัดนนทบุรีมีสีดำเข้ม มีความขุ่นและของแข็งแขวนลอยจำนวนมาก มีค่า pH เฉลี่ยเท่ากับ 8.35 ± 0.06 มีค่าความขุ่นเฉลี่ยเท่ากับ 185 ± 28 NTU มีค่า Electro-conductivity เฉลี่ยเท่ากับ $22,060 \pm 295$ ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร มีค่า SS, COD และ TOC เฉลี่ยเท่ากับ 3870 ± 60 , 1237 ± 21 และ 1577 ± 21 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ นอกจากนี้ น้ำชะมูลฝอยได้ถูกนำมาทดสอบความเป็นพิษ ซึ่งพบว่าน้ำชะมูลฝอยยับยั้งการงอกของรากและลำต้นอ่อนได้ร้อยละ 100 เมื่อใช้ความเข้มข้นตั้งแต่ร้อยละ 50 และ 80 ขึ้นไปตามลำดับ และยับยั้งการงอกของรากและลำต้นอ่อนลดต่ำลงสัมพันธ์กับความเข้มข้นของน้ำชะมูลฝอยที่ลดลง ซึ่งสามารถนำมาคิดเป็นค่า EC_{50} เฉลี่ยได้เท่ากับร้อยละ 27.8 ± 1.3 (Seed germination) และร้อยละ 23.2 ± 5.3 (Root elongation) ตามลำดับ

การอุดตันบนเยื่อกรองไมโครฟิลเตรชัน

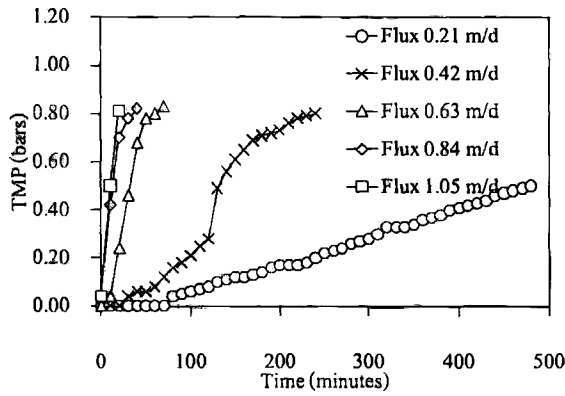
การศึกษาการอุดตันบนเยื่อกรองไมโครฟิลเตรชันที่เกิดขึ้นจากการกรองน้ำชะมูลฝอยเก่าด้วยระบบเยื่อกรองไมโครฟิลเตรชัน ดำเนินการโดยตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของค่า TMP ที่อัตราการกรองต่างๆ (0.21, 0.42, 0.63, 0.84 และ 1.05 เมตร/วัน) โดยไม่มีการเติมถ่านกัมมันต์ลงในถังปฏิกรณ์

จากผลการทดลองในรูปที่ 2(ก) พบว่าเมื่อเดินระบบด้วยอัตราการกรอง 0.63, 0.84 และ 1.05 เมตร/วัน ค่า TMP จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จาก 0-0.8 บาร์ ภายในเวลา 20, 40 และ 60 นาที ตามลำดับ เมื่อพิจารณาลักษณะของการเพิ่มของ TMP พบว่าเกิดการอุดตัน (Fouling) เนื่องจากการกรองแบบเค้ก (Cake filtration) [18] จนกระทั่งแรงเฉือนที่เกิดจากฟองอากาศไม่สามารถ

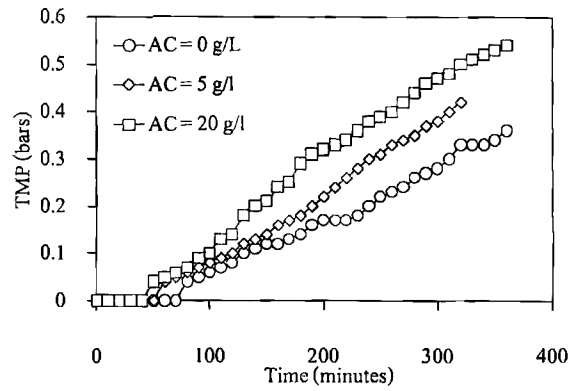
ทำความสะอาดผิวหน้าเยื่อกรองได้ทัน และเมื่อพิจารณาผลของการเปลี่ยนแปลง TMP เมื่อเดินระบบฯ ด้วยอัตราการกรอง 0.42 เมตร/วัน พบการอุดตันบนรูพรุนอย่างสมบูรณ์ (Complete pore blocking) [18] ในช่วงแรกของการกรอง สังเกตได้จากการเพิ่มขึ้นของ TMP จาก 0 ถึง 0.28 บาร์ ในเวลา 120 นาที (0.0023 บาร์/นาที) และหลังจากนั้นพบการเกิดชั้นเค้กขึ้น โดย TMP เพิ่มจาก 0.28-0.80 บาร์ใน 130 นาที (0.04 บาร์/นาที) สำหรับการเดินระบบที่อัตราการกรอง 0.21 เมตร/วัน ภายหลังจากการทดลองต่อเนื่อง 360 นาที พบการอุดตันบนรูพรุนอย่างสมบูรณ์เช่นเดียวกับพฤติกรรมกรอุดตันที่เกิดขึ้นในช่วงแรกของการกรอง 0.42 เมตร/วัน สังเกตได้จากการเพิ่มขึ้นของ TMP อย่างช้าๆ จาก 0 ถึง 0.36 บาร์ ในเวลา 360 นาที (0.001 บาร์/นาที)

จากผลการทดลองข้างต้นสรุปได้ว่าพฤติกรรมการอุดตันที่เกิดขึ้นบนเยื่อกรองเป็นแบบการอุดตันบนรูพรุนในช่วงแรกของการกรอง หลังจากนั้นจะเปลี่ยนเป็นการสะสมของชั้นเค้ก โดยที่อัตราการกรองสูงสุดที่ทำให้ระบบเดินได้อย่างมีประสิทธิภาพคือ 0.21 เมตร/วัน และจะเป็นค่าอัตราการกรองที่ใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

สำหรับพฤติกรรมการอุดตันของเยื่อกรองไมโครฟิลเตรชันเนื่องจากถ่านกัมมันต์ในถังปฏิกรณ์ศึกษาโดยการตรวจวัดค่า TMP ที่เปลี่ยนแปลงทุกๆ 10 นาที เมื่อทำการเติมถ่านกัมมันต์ด้วยความเข้มข้น 0, 5 และ 20 กรัม/ลิตรของปริมาตรถังปฏิกรณ์ตามลำดับ กรองน้ำชะมูลฝอยเก่าด้วยอัตราค่าที่เท่ากับ 0.21 เมตร/วัน จากรูปที่ 2(ข) พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของถ่านกัมมันต์ในถังปฏิกรณ์ทำให้เกิดการอุดตันเร็วขึ้น ซึ่งพิจารณาได้จากความชันของกราฟที่เพิ่มสูงขึ้น โดยค่าความชันเฉลี่ยของการใช้ถ่านกัมมันต์ 0, 5 และ 20 กรัม/ลิตรของปริมาตรถังปฏิกรณ์ เท่ากับ 0.001, 0.00125 และ 0.0015 บาร์/นาที ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของสารแขวนลอยในถังปฏิกรณ์



(ก) TMP & Filtration flux



(ข) TMP & AC concentration

รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่าง TMP, Filtration flux และ AC concentration

การอุดตันที่เกิดขึ้นบนเยื่อกรองไมโครฟิลเตรชันที่ใช้ในการทดลองเกิดค่อนข้างเร็ว เนื่องจากเยื่อกรองไมโครฟิลเตรชันที่ใช้มีขนาดรูพรุนค่อนข้างเล็กค่อนข้างไปทางเยื่อกรองอัลตราฟิลเตรชัน หากต้องการยืดอายุในการใช้งานของเยื่อกรอง ในทางปฏิบัติสามารถเปลี่ยนไปใช้เยื่อกรองที่มีขนาดรูพรุนใหญ่ขึ้นได้

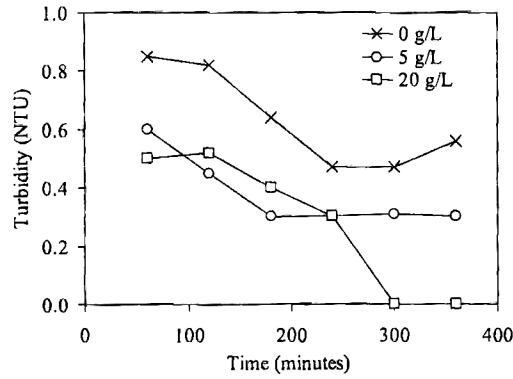
ประสิทธิภาพของระบบในการลดค่าความขุ่น

การศึกษาประสิทธิภาพของระบบ AC-MF ดำเนินการ โดยทำการทดลองด้วยอัตราการกรอง 0.21 เมตร/วัน เก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านการบำบัดเพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการบำบัด โดยเติมถ่านกัมมันต์ 0, 5 และ 20 กรัม/ลิตรของถังปฏิกรณ์ จากผลการทดลองในรูปที่ 3 พบว่าระบบ AC-MF สามารถลดความขุ่นของน้ำชะมูลฝอยต่ำกว่า 185 NTU ลงเหลือต่ำกว่า 1 NTU ในทุกการทดลอง ส่วนการเพิ่มปริมาณถ่านกัมมันต์ในถังปฏิกรณ์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลดค่าความขุ่น และเมื่อเยื่อกรองไมโครฟิลเตรชันเริ่มอุดตัน ขนาดรูพรุนของเยื่อกรองมีขนาดเล็กลงเนื่องจากการสะสมอนุภาคต่างๆ ที่มากขึ้น ส่งผลให้ระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นได้เพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อพิจารณาการทดลองที่ใช้ถ่านกัมมันต์ 5 กรัม/ลิตรของปริมาณถังปฏิกรณ์ ระบบจะมีประสิทธิภาพในการกำจัด

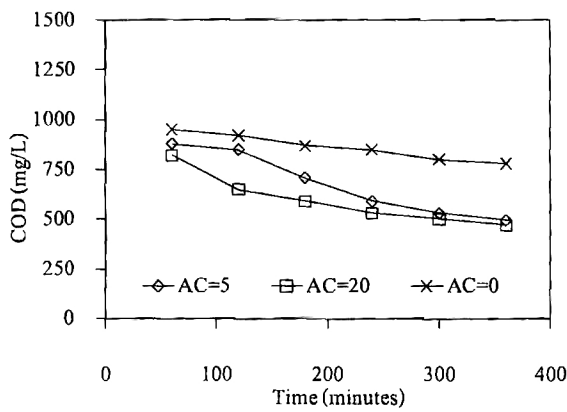
ความขุ่นสูงที่สุดเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 180 นาที โดยลดค่าความขุ่นลงเหลือ 0.3 NTU การใส่ถ่านกัมมันต์ 20 กรัม/ลิตรของปริมาณถังปฏิกรณ์ ระบบจะมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงที่สุดที่เวลาผ่านไปประมาณ 300 นาที โดยลดค่าความขุ่นลงเหลือ 0 NTU จะเห็นได้ว่าเมื่อเติมถ่านกัมมันต์จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากถ่านกัมมันต์มีความสามารถในการดูดซับอนุภาคขนาดเล็กที่มีขนาดเล็กกว่ารูพรุนของเยื่อกรองไมโครฟิลเตรชันจึงทำให้ค่าความขุ่นในน้ำที่ผ่านการบำบัดลดต่ำลง

ประสิทธิภาพของระบบในการกำจัดสารอินทรีย์

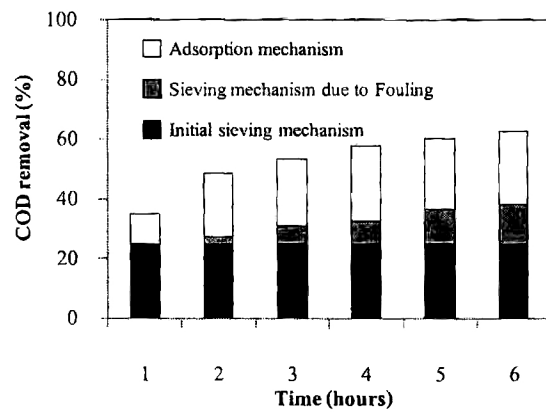
กรณีทำการทดลองบำบัดน้ำชะมูลฝอยด้วยระบบ AC-MF โดยไม่ใส่ถ่านกัมมันต์ ซึ่งเป็นการบำบัดที่อาศัยกลไกการกรอง (Sieving mechanism) ของเยื่อกรองไมโครฟิลเตรชันในการกำจัดสารอินทรีย์ออกจากน้ำชะมูลฝอย จากรูปที่ 4 พบว่าระบบ AC-MF สามารถลดค่า COD จาก 1,220 ลดลงเหลือ 950 มิลลิกรัม/ลิตร ในชั่วโมงแรกของการกรอง หรือคิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัดร้อยละ 24.6 แสดงให้เห็นว่าสารอินทรีย์ในน้ำชะมูลฝอยส่วนใหญ่อยู่ในรูปของสารละลายหรือมีขนาดเล็กกว่า 0.08 ไมโครเมตร ซึ่งสามารถผ่านรูพรุนของเยื่อกรองออกไปกับน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดได้ และ



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความขุ่นในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัด



(ก) ค่า COD ในน้ำที่ผ่านการบำบัด



(ข) ประสิทธิภาพในการบำบัดของระบบเมื่อ

เติมถ่านกัมมันต์ 20 กรัม/ลิตรของถังปฏิกรณ์

รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัด

เมื่อเกิดการอุดตัน (Fouling) รูปทรงมีขนาดเล็กกลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการบำบัดของเยื่อกรองเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถคิดประสิทธิภาพของกลไกการกรองเนื่องจากการอุดตัน (Sieving mechanism due to fouling) ได้เท่ากับร้อยละ 13.5 ที่เวลา 6 ชั่วโมง

กรณีการทดลองบำบัดน้ำชะมูลฝอยร่วมกับการเติมถ่านลงในถังปฏิกรณ์ 5 และ 20 กรัม/ลิตรของถังปฏิกรณ์ พบว่าการเพิ่มปริมาณถ่านกัมมันต์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดค่า COD หากพิจารณาประสิทธิภาพในการบำบัด COD ของกรณีเติมถ่านกัมมันต์ 20 กรัม/ลิตรของถังปฏิกรณ์ (รูปที่ 4 ข) พบว่าในช่วงแรกของการบำบัด ถ่านกัมมันต์สามารถบำบัดสารอินทรีย์ได้ด้วยกลไกการดูดซับ (Adsorption mechanism) ร้อยละ

10.3 และประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับเวลาในการดูดซับที่เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 24.6 เมื่อเวลาดูดซับเป็น 6 ชั่วโมง

จากผลการทดลองข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าระบบ AC-MF กำจัดสารอินทรีย์ในน้ำชะมูลฝอยด้วยกลไกการกรอง (Sieving mechanism) โดยอาศัยเยื่อกรองไมโครฟิลเตรชัน ร่วมกับกลไกการดูดซับ (Adsorption mechanism) ของถ่านกัมมันต์

ประสิทธิภาพของระบบในการลดค่าการนำไฟฟ้า

จากผลการทดลองพบว่าน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดมีค่า EC เฉลี่ยเท่ากับ 22,000 ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร ใกล้เคียงกับน้ำชะมูลฝอยก่อนการบำบัดในทุกการ

ทดลอง (ความเข้มข้นของด่างกัมมันต์เท่ากับ 0, 5 และ 20 กรัม/ลิตรของปริมาตรถังปฏิกรณ์) แสดงว่าระบบ AC-MF ไม่มีประสิทธิภาพในการลดค่าการนำไฟฟ้าในสถานะที่ทำการทดลอง ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจาก ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำชะมูลฝอยเกิดจากอิออนละลายน้ำซึ่งมีขนาดเล็กกว่าขนาดรูพรุนของเยื่อกรอง และน้ำชะมูลฝอยเก่าที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบค่อนข้างมาก (COD 1,220 mg/L) ซึ่งสารอินทรีย์เหล่านี้ อาจเป็นอุปสรรคต่อการดูดซับอิออนของด่างกัมมันต์ออกจากน้ำชะมูลฝอย จึงทำให้ด่างกัมมันต์ที่ใช้ในการทดลองมีประสิทธิภาพในการดูดซับไม่ดีเท่าที่ควรในสถานะที่ทำการทดลอง

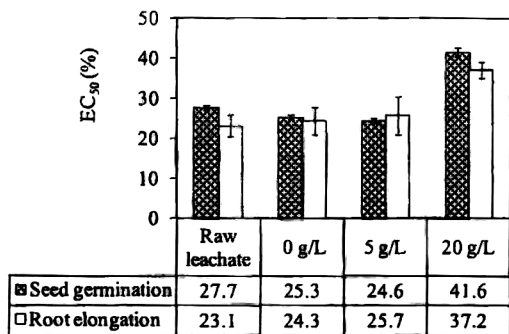
ประสิทธิภาพของระบบในการลดค่าความเป็นพิษ

จากการทดลองในรูปแบบที่ 5 แสดงค่า EC₅₀ ของน้ำชะมูลฝอยก่อนและหลังการบำบัดด้วยระบบ AC-MF พบว่าการกรองน้ำชะมูลฝอยด้วยเยื่อกรองไมโครฟิลเตรชัน โดยไม่มีการเติมด่างกัมมันต์ และการบำบัดด้วยการเติมด่างกัมมันต์ 5 กรัม/ลิตรของปริมาตรถังปฏิกรณ์ มีฤทธิ์ยับยั้งการงอกของลำต้นอ่อนและการงอกของราก ไม่แตกต่างกับน้ำชะมูลฝอยก่อนการบำบัด แต่เมื่อเติม

ด่างกัมมันต์ 20 กรัม/ลิตรของปริมาตรถังปฏิกรณ์ พบว่าความเป็นพิษของน้ำชะมูลฝอยลดต่ำลง

การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบฯ โดยกระบวนการโคแอกกูเลชันด้วย FeCl₃

กระบวนการโคแอกกูเลชันด้วย FeCl₃ ที่ความเข้มข้น 2.5 g/L สามารถลดค่าความสกปรกของน้ำชะมูลฝอยในรูปของ COD จาก 1,170 mg/L ลงเหลือ 670 mg/L คิดเป็นประสิทธิภาพในการลดค่า COD เท่ากับร้อยละ 42.7 น้ำชะมูลฝอยเก่าและน้ำชะมูลฝอยเก่าที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันถูกนำมาศึกษาไอโซเทอมการดูดซับโดยใช้ Langmuir isotherm จากการทดลองพบว่ากระบวนการโคแอกกูเลชันด้วย FeCl₃ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของด่างกัมมันต์ในการดูดซับ COD ได้เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 15.17 เป็น 54.63 สอดคล้องกับผลการศึกษาของจุฑารัตน์ อินทร์นา และประกอบกิจ ไชยา [17] ที่สรุปว่าประสิทธิภาพในการดูดซับจะเพิ่มขึ้นเมื่อสารที่ถูกดูดซับมีความเข้มข้นลดต่ำลง เมื่อคำนวณหาค่าคงที่ของ Langmuir isotherm พบว่ามีค่า K_L และ a_L ดังแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 5 EC₅₀ ก่อนและหลังการบำบัด

ตารางที่ 1 ค่าคงที่ของ Langmuir isotherm

ตัวอย่างน้ำเสีย	K _L	a _L	R ²
น้ำชะมูลฝอยเก่า	0.40	-0.32	0.963
น้ำชะมูลฝอยเก่าที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน	21.32	-0.75	0.851

สรุป

การศึกษาประสิทธิภาพของระบบ AC-MF ในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยเก่าพบว่า

1. การอุดตันที่เกิดขึ้นบนเยื่อกรองแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ได้แก่ การอุดตันบนรูพรุน การสะสมของชั้นเค้ก และการเดินที่อัตราการกรองต่ำจะช่วยยืดอายุการใช้งานของระบบกรอง

2. การเติมถ่านกัมมันต์ลงในถังปฏิกรณ์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารแขวนลอย สารอินทรีย์ และความเป็นพิษ ออกจากรน้ำชะมูลฝอย แต่ทำให้เยื่อกรองอุดตันเร็วขึ้น

3. กลไกการบำบัดของระบบ AC-MF ประกอบด้วย 2 กลไก ได้แก่ กลไกการกรอง และกลไกการดูดซับ โดยที่ประสิทธิภาพในการบำบัดส่วนใหญ่เกิดเนื่องจากกลไกการกรอง

4. กระบวนการโคแอกกูเลชันด้วย $FeCl_3$ ช่วยลดค่าความสกปรกของน้ำชะมูลฝอยก่อนบำบัดด้วยระบบ AC-MF และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับสารอินทรีย์ของถ่านกัมมันต์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณองค์การบริหารส่วนจังหวัดนนทบุรีที่อนุเคราะห์ตัวอย่างน้ำชะมูลฝอยและอำนวยความสะดวกในการเข้าทำวิจัย ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] Hermosilla, D., Cortijo, M. and Huang, C.P. 2009. Optimizing the treatment of landfill leachate by conventional Fenton and photo-Fenton processes. *Sci Total Environ.* 407: 3473-3481.
- [2] Cho, E.a., Tameda, K., Hanashima, M., Yamada, T. and Higuchi, S. 2009. Toxicological evaluation of the chemical oxidation methods for landfill stabilization. *Waste Manage.* 29: 1006-1011.
- [3] Kjeldsen, P., Barlaz, M.A., Rooker, A.P., Baun, A., Ledin, A. and Christensen, T.H. 2002. Present and Long-Term Composition of MSW Landfill Leachate: A Review. *Crit Rev in Env Sci Tec.* 32(4): 297-336.
- [4] Renou, S., Poulain, S., Givaudan, J.G. and Moulin, P. 2008. Treatment process adapted to stabilized leachates: Lime precipitation–prefiltration–reverse osmosis. *J Membrane Sci.* 313: 9-22.
- [5] Amokrane, A., Comel, C. and Veron, J. 1997. Landfill leachates pretreatment by coagulation-flocculation. *Water Res.* 31: 2775-2782.
- [6] Ahn, W.Y., Kang, M.S., Yim, S.K. and Choi, K.H. 2002. Advanced landfill leachate treatment using an integrated membrane process. *Desalination.* 149: 109-114.
- [7] Tatsi, A.A., Zouboulis, A.I., Matis, K.A. and Samaras, P. 2003. Coagulation-flocculation pretreatment of sanitary landfill leachates. *Chemosphere.* 53: 737-744.
- [8] Pirbazari, M., Badriyha, B.N. and Ravindran, V. 1992. MF-PAC for treating waters contaminated with natural and synthetic organics. *J Am Water Works Ass.* 84(12): 95-103.
- [9] Suzuki, T., Watanabe, Y., Ozawa, G. and Ikeda, S. 1998. Removal of soluble organics and manganese by a hybrid MF hollow fiber membrane system. *Desalination.* 117: 119-129.

- [10] Lebeau, T., Lelievre, C., Buisson, H., Cleret, D., Larry, W., Van de Venter and Cote, P. 1998. Immersed Membrane filtration for the production of drinking water: combination with PAC for NOM and SOCs removal. *Desalination*. 117: 219-231.
- [11] Ujang, Z., Au, Y.L. and Nagaoka, H. 2002. Comparative study on microbial removal in immersed membrane filtration (IMF) with and without powdered activated carbon (PAC). *Water Sci and Technol*. 46 (9): 109-115.
- [12] Kim, H.S., Katayama, H., Takizawa, S. and Ohgaki, S. 2005. Development of a microfilter separation system coupled with a high dose of powdered activated carbon for advanced water treatment. *Desalination*. 186: 215-226.
- [13] Kim, K.Y., Kim, H.S., Kim, J., Nam, J.W., Kim, J.M. and Son, S. 2009. A hybrid microfiltration-granular activated carbon system for water purification and wastewater reclamation/reuse. *Desalination*. 243: 132-144.
- [14] Song, K.Y., Park, P.K., Kim, J.H., Lee, C.H. and Lee, S. 2009. Coupling effect of 17 β -estradiol and natural organic matter on the performance of a PAC adsorption/membrane filtration hybrid system. *Desalination*. 237: 392-399.
- [15] Rukapan, W., Theamngern, P., Srisukphun, T. and Chiemchaisri, C. Performance of full-scale physico-chemical pretreatment and reverse osmosis system for stabilized leachate treatment. At 7th International Symposium on Southeast Asian Water Environment, AIT Conference Center, Pathum Thani, Thailand on October 28-30, 2009.
- [16] EPA: United States Environmental Protection Agency. 1996. Prevention, pesticides and toxic substances (7101) EPA 712-C-96-154. Ecological effect test guideline (OPPTS 850.4200 Seed Germination/Root Elongation Toxicity Test).
- [17] Inna, J. and Kitchaiya, P. Adsorption of carotenoids from crude palm oil using resin adsorbents. The 17th Thailand Chemical Engineering and Applied Chemistry Conference. The Empress Chiangmai Hotel, Chiangmai, Thailand on October 29-30, 2007. (In Thai)
- [18] Purkait, M.K., Bhattacharya, P.K. and De, S. 2005. Membrane filtration of leather plant effluent: Flux decline mechanism. *J Membrane Sci*. 258: 85-96.