บทที่ 3

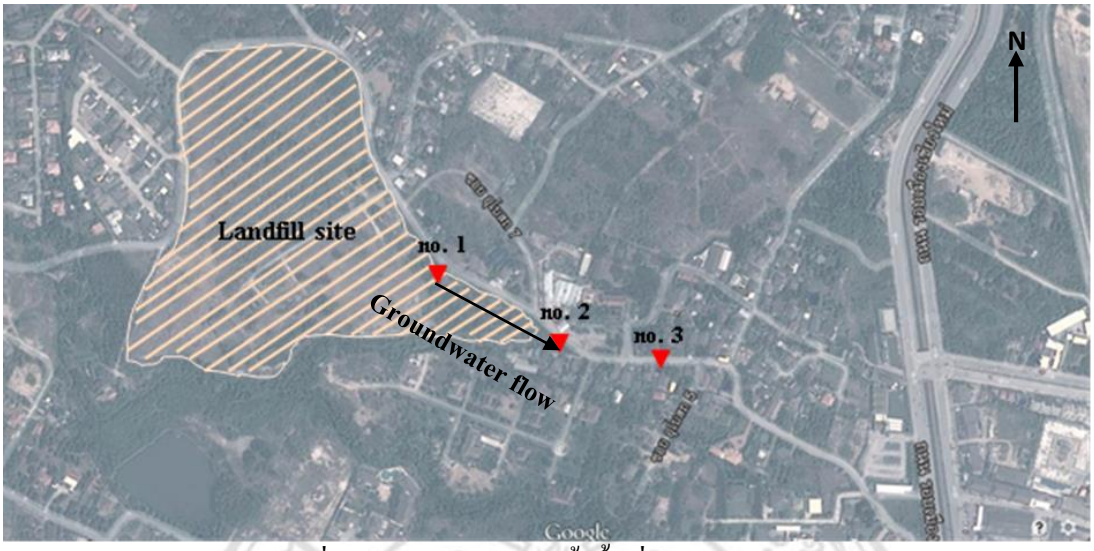
วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยและรวบรวมข้อมูลทำภายในห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งมีรายละเอียดการดำเนินการวิจัยดังนี้

3.1 แหล่งน้ำดิบที่ใช้ในการวิจัย

น้ำใต้ดินจากบ่อน้ำตื้นบริเวณใกล้เคียงพื้นที่เทกอง/ฝังกลบขยะแบบไม่ถูกหลักสุขาภิบาลที่ปิดดำเนินการแล้ว ซึ่งตั้งอยู่ในตำบลแม่เหียะ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ โดยการวิจัยนี้จะใช้น้ำใต้ดินในการศึกษาคุณภาพน้ำใต้ดินจากบ่อน้ำตื้นบริเวณใกล้เคียงพื้นที่เทกอง/ฝังกลบขยะทั้งหมด 3 บ่อ ดังนี้ บ่อที่ 1 เป็นบ่อน้ำตื้นที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่เทกอง/ฝังกลบขยะ บ่อที่ 2 เป็นบ่อน้ำตื้นที่ยังมีการใช้งานบริเวณใกล้เคียงพื้นที่เทกอง/ฝังกลบขยะและบ่อที่ 3 เป็นบ่อน้ำตื้นที่ไม่มีการใช้งานแล้วบริเวณใกล้เคียงพื้นที่เทกอง/ฝังกลบขยะ โดยตำแหน่งของบ่อน้ำตื้นทั้ง 3 บ่อจะแสดงดังรูปที่ 3.1 และจะใช้น้ำใต้ดินจากบ่อที่ 2 ในการศึกษาลักษณะสารอินทรีย์ละลายน้ำและศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสารตั้งต้นของผลิตผลพลอยได้ที่เกิดจากการใช้สารฆ่าเชื้อโดยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบผงและการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน เนื่องจากน้ำใต้ดินจากบ่อที่ 2 ยังถูกนำมาใช้ในชีวิตประจำวันและยังเป็นบ่อน้ำตื้นที่ตั้งในบริเวณชุมชนที่มีระยะห่างจากศูนย์กลางหลุมเทกอง/ฝังกลบขยะน้อยสุด ซึ่งอาจจะทำให้มีโอกาสได้รับการปนเปื้อนจากน้ำขยะสูงสุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.1 ตำแหน่งของบ่อน้ำตื้นที่ใช้ในการศึกษา

ลักษณะทางกายภาพและรูปของบ่อน้ำตื้นที่ใช้ในงานวิจัยแสดงดัง ตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ลักษณะทางกายภาพของบ่อน้ำตื้นที่ใช้ในการวิจัย

ลำดับบ่อ	ความกว้างบ่อ	ความสูงจากระดับน้ำทะเล	ความลึกของน้ำจากปากบ่อ
1	2 ม.	327.32 ม.	1 ม.
2	1 ม.	327.01 ม.	3 ม.
3	1 ม.	325.83 ม.	ไม่สามารถระบุได้

ก. บ่อน้ำตื้นที่ 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข. บ่อน้ำตื้นที่ 2

ค. บ่อน้ำตื้นที่ 3

รูปที่ 3.2 ลักษณะทางกายภาพบ่อตื้นทั้ง 3 บ่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการ

น้ำตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้ทำการเก็บเมื่อวันที่ 13 สิงหาคม พ.ศ. 2557, 17 ตุลาคม พ.ศ. 2557 และ 4 มีนาคม พ.ศ.2558 ซึ่งการเก็บน้ำตัวอย่างจะทำการเก็บแบบตัวอย่างเฉพาะ (grab sample) โดยการเก็บในครั้งที่ 1 เพื่อใช้ศึกษาคุณภาพของน้ำใต้ดินบริเวณใกล้เคียงพื้นที่เทกอง/ฝังกลบขยะ ส่วนครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 จะเก็บมาเฉพาะน้ำใต้ดินจากบ่อที่ 2 เพื่อใช้เป็นตัวแทนแหล่งน้ำใต้ดินบริเวณใกล้เคียงพื้นที่เทกอง/ฝังกลบขยะ เพื่อใช้ศึกษาคุณลักษณะของถ่าน ศึกษาลักษณะสารอินทรีย์ละลายน้ำและศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสารตั้งต้นของผลิตผลพลอยได้ที่เกิดจากการใช้สารฆ่าเชื้อด้วย

กระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบผงและการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน โดยน้ำดิบที่เก็บมานั้นจะถูกกรองและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งกระบวนการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

3.2.1 ขั้นตอนการสำรวจและวิเคราะห์คุณภาพของน้ำใต้ดินบริเวณใกล้เคียงพื้นที่เทกอง/ฝังกลบขยะ

การเก็บน้ำตัวอย่างจะเก็บทั้งหมด 3 บ่อ บ่อละประมาณ 10 ลิตร แล้วทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์พื้นฐานทั่วไปได้แก่ พีเอช (pH) อุณหภูมิ (Temperature; Temp.) ความเป็นด่าง (Alkalinity; Alk) ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity; EC) ออกซิเจนละลาย(Dissolved oxygen; DO) และความขุ่น (Turbidity; Turb.) หลังจากนั้นจะทำการกรองน้ำตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง 0.7 µm GF/F Glass Fiber Filters และ 0.45 µm Nylon Membrane Filters ตามลำดับ จากนั้นนำน้ำที่ผ่านการกรองมาวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติ ได้แก่ ไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ (Dissolved organic nitrogen; DON) คาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ (Dissolved organic carbon; DOC) ค่าการดูดกลืนแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร (Ultraviolet absorbance at wavelength 254 nm, UV-254) และ ค่าการดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเลตจำเพาะ (Specific ultraviolet absorbance; SUVA)

3.2.2 ขั้นตอนการหาเวลาและปริมาณถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์

เก็บน้ำตัวอย่างจากบ่อน้ำตื่นบ่อที่ 2 ทั้งหมดประมาณ 100 ลิตร แล้วทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์พื้นฐานทั่วไป ได้แก่ พีเอช อุณหภูมิ ความเป็นด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ออกซิเจนละลายและความขุ่น หลังจากนั้นจะทำการกรองน้ำตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง 0.7 µm GF/F Glass Fiber Filters และ 0.45 µm Nylon Membrane Filters ตามลำดับ จากนั้นนำน้ำที่ผ่านการกรองมาวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติ ได้แก่ ไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ คาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ ค่าการดูดกลืนแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตรและค่าการดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเลตจำเพาะ ต่อมานำน้ำที่ผ่านการกรองแล้วมาหาเวลาและปริมาณถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ ซึ่งจะใช้คาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำเป็นพารามิเตอร์ตัวแทนในการวิเคราะห์

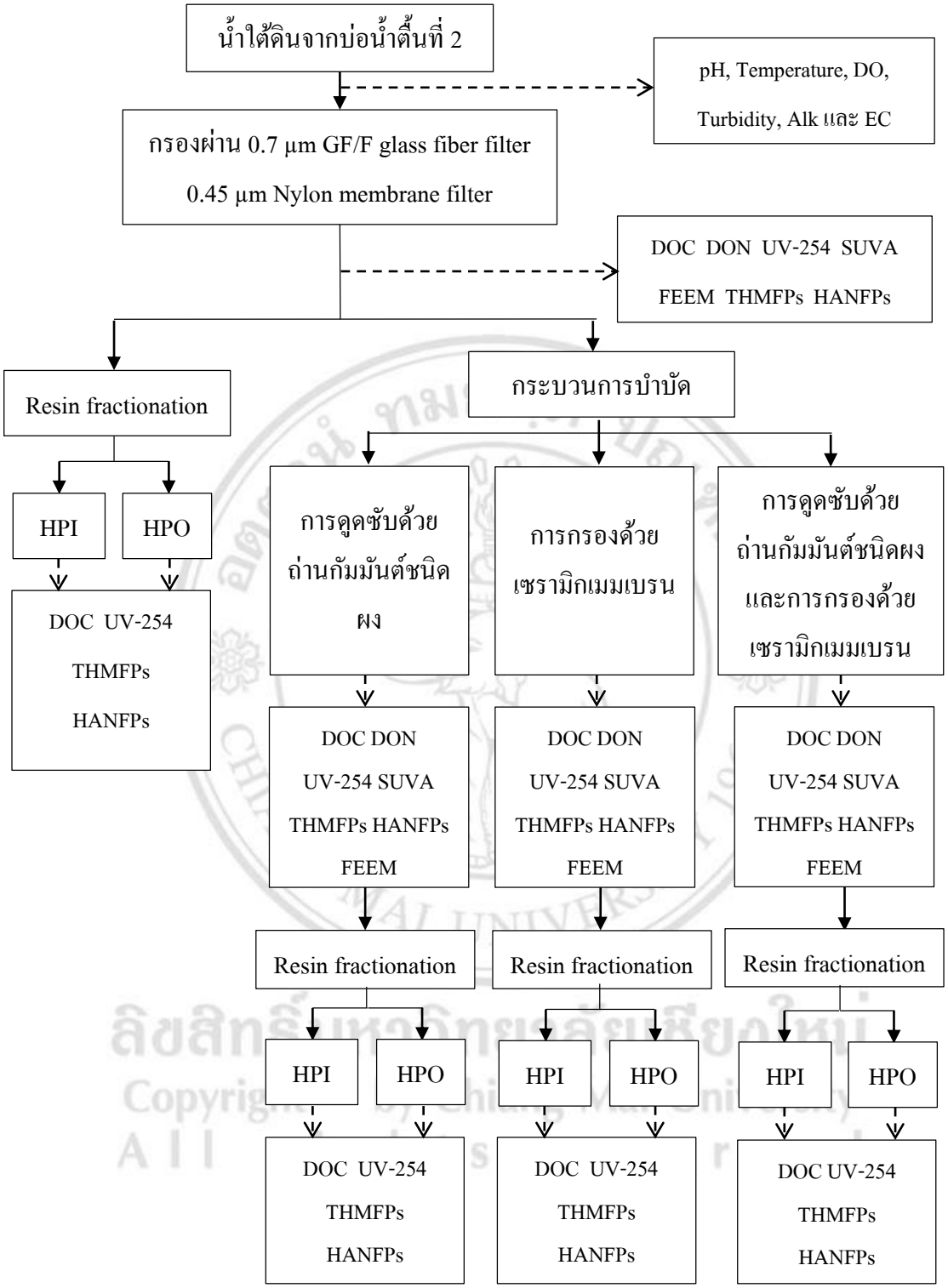
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.3 ขั้นตอนการหาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำใต้ดินปนเปื้อนและโอกาสการก่อตัวของผลิตผลพลอยได้ที่เกิดจากการใช้สารฆ่าเชื้อ

เก็บน้ำตัวอย่างจากบ่อน้ำตื้นบ่อที่ 2 ทั้งหมดประมาณ 100 ลิตร แล้วทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์พื้นฐานทั่วไป ได้แก่ พีเอช อุณหภูมิ ความเป็นด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ออกซิเจนละลายและความขุ่น หลังจากนั้นจะทำการกรองน้ำตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง 0.7 μm GF/F Glass Fiber Filters และ 0.45 μm Nylon Membrane Filters ตามลำดับ จากนั้นนำน้ำที่ผ่านการกรองมาวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติ ได้แก่ ไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ คาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ ค่าการดูดกลืนแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ค่าการดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเลตจำเพาะ ค่าการก่อตัวของไตรฮาโลมีเทน (Trihalomethanes formation potential, THMFPs) ค่าการก่อตัวของฮาโลอะซิโตไนไตรล์ (Haloacetonitriles formation potential, HANFPs) และค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ (FEEM) ต่อมานำน้ำที่ผ่านการกรองแล้วมาแบ่งเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรกนำมาเข้ากระบวนการแฟรกชัน จากนั้นนำน้ำที่ได้มาวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติ น้ำหลังการกรองส่วนที่ 2 จะถูกนำมาผ่านกระบวนการบำบัด 3 แบบที่แตกต่างกัน คือ การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ชนิดผง การกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน และการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ชนิดผงและการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน หลังจากนั้นน้ำหลังการบำบัดแล้วจะถูกแยกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะนำมาวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติทันที และส่วนที่สองจะถูกนำไปเข้ากระบวนการแฟรกชันก่อนแล้วจึงนำน้ำที่ได้มาวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติ

โดยขั้นตอนการหาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำใต้ดินปนเปื้อนและโอกาสการก่อตัวของผลิตผลพลอยได้ที่เกิดจากการใช้สารฆ่าเชื้อทั้งหมดจะแสดงดังรูปที่ 3.3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

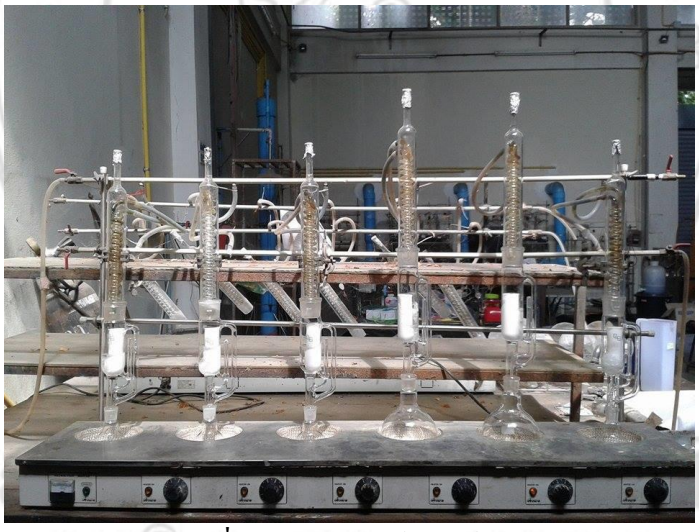


รูปที่ 3.3 แผนผังกระบวนการบำบัดทั้งหมด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3 การแยกสารอินทรีย์ธรรมชาติละลายน้ำ

การแยกสารอินทรีย์ธรรมชาติละลายน้ำนี้จะใช้กระบวนการแยกด้วยเรซิน (Resin Fractionation) ซึ่งเป็นกระบวนการที่สามารถแยกสารอินทรีย์ละลายน้ำออกเป็น 2 ประเภท คือ สารอินทรีย์ชนิดชอบน้ำและไม่ชอบน้ำ เรซินที่ใช้เป็นชนิด DAX-8 ซึ่งมีค่าความพรุนเท่ากับ 0.6 ซึ่งขั้นตอนแรกจะทำการล้างตัวเรซิน ซึ่งการล้างจะใช้วิธีการสกัดด้วยระบบซอกห์เลต (Soxhlet Extraction) เริ่มต้นจากการโดยนำเรซินมาแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มัล เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะนำเรซินไปล้างด้วยน้ำ Milli-Q ให้สะอาด แล้วนำไปใส่ในทิมเมอร์ (thimmer) แล้วต่อเข้าชุดอุปกรณ์ซอกห์เลตดังแสดงดังรูปที่ 3.4 ซึ่งในการสกัดนั้นจะใช้อะซิโตนและเฮกเซนทำปฏิกิริยาอย่างละ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยใช้อัตราส่วนเรซิน 100 กรัมต่ออะซิโตนหรือเฮกเซน 200 มิลลิลิตร เรซินที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วจะถูกแช่ในเมทานอลอย่างน้อย 24 ชั่วโมงหรือจนกระทั่งไม่เหลือเฮกเซนติดที่ตัวเรซิน

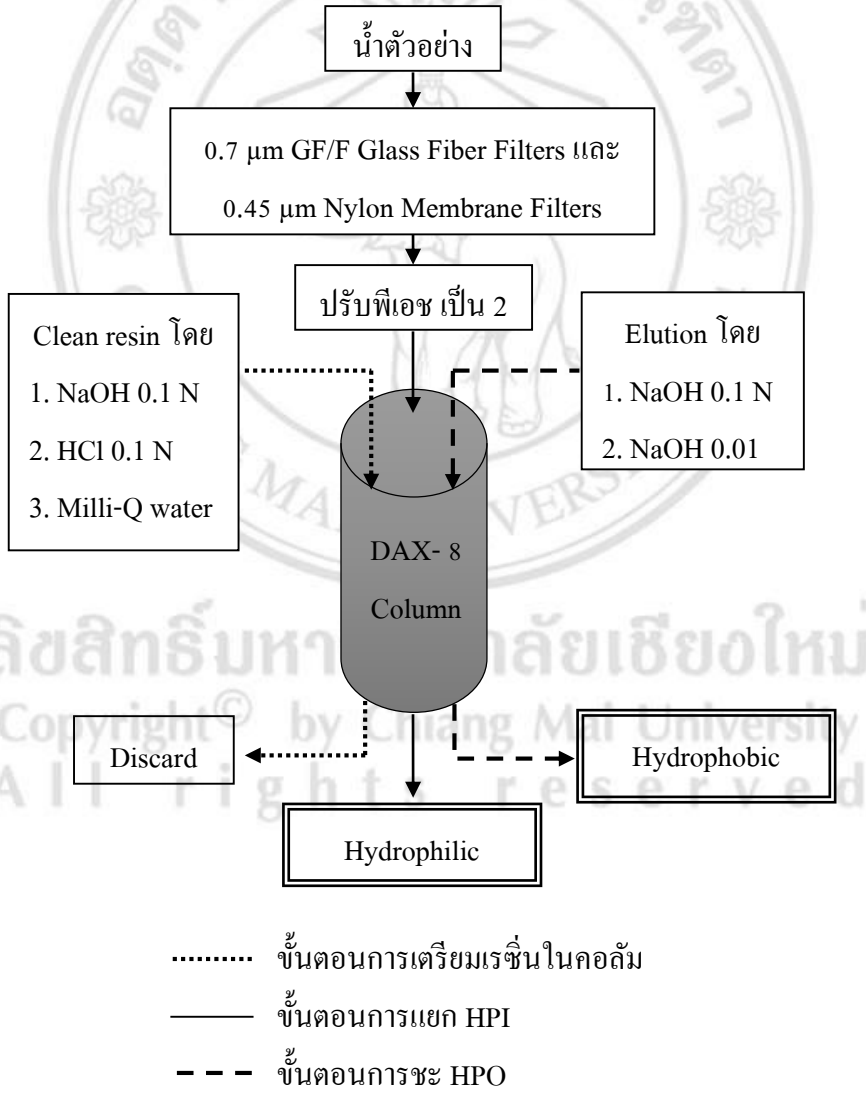


รูปที่ 3.4 ชุดอุปกรณ์ซอกห์เลต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต่อมาเป็นขั้นตอนการเตรียมเรซินลงในคอลัมน์ โดยขั้นตอนนี้จะเริ่มจากการนำเรซินที่แช่ในเมทานอลมาใส่ลงในคอลัมน์ที่มีใยแก้วรองอยู่ด้านล่างและล้างโดยการปล่อยผ่านด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัลและสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์มัล เป็นปริมาณเท่ากับ 2.5 bed volume ตามลำดับจากนั้นล้างเรซินด้วยน้ำ Milli-Q จนกระทั่งค่าการนำไฟฟ้ามีค่าต่ำกว่า 10 ไมโครซีเมนต่อซีเอ็มหรือคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำมีค่าต่ำกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

ส่วนการแยกสารอินทรีย์ธรรมชาติละลายน้ำ นำน้ำที่ผ่านการกระดาษกรอง 0.7 µm GF/F Glass Fiber Filters และ 0.45 µm Nylon Membrane Filters มา 4 ลิตร ปรับพีเอชให้มีค่าประมาณ 2 ด้วยกรดซัลฟุริค แล้วนำมาผ่านเรซินที่บรรจุในคอลัมน์โดยให้มีอัตราเร็วในการไหลผ่านเรซินต่ำกว่า 12 bed volumes ต่อชั่วโมง น้ำส่วนที่ไหลผ่านเรซินออกมาจะเป็นส่วนของสารอินทรีย์ชนิดชอบน้ำ (Hydrophilic; HPI) หลังจากนั้นทำการล้างเรซินด้วยน้ำ Milli-Q 1 bed volume และปล่อยทิ้ง ในส่วนของสารอินทรีย์ชนิดไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic; HPO) จะใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล ปริมาตร 0.25 bed volume และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.01 นอร์มัล ปริมาตร 1.25 bed volume ชะผ่านเรซินด้วยความเร็วไม่เกิน 2 bed volume ต่อชั่วโมง โดยแผนผังกระบวนการแยกสารอินทรีย์ธรรมชาติละลายน้ำแสดงในรูปที่ 3.5

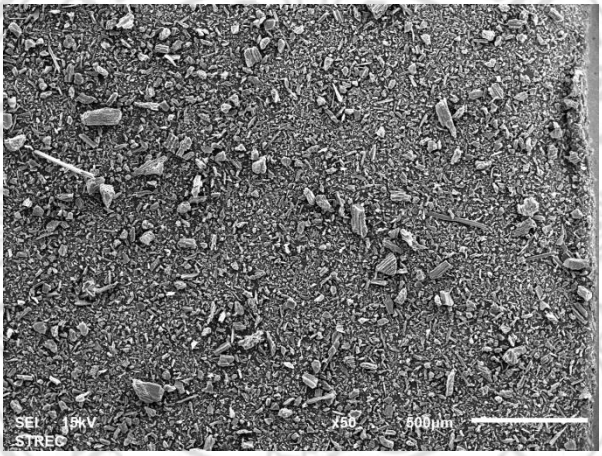


รูปที่ 3.5 แผนผังกระบวนการแยกสารอินทรีย์ธรรมชาติละลายน้ำ

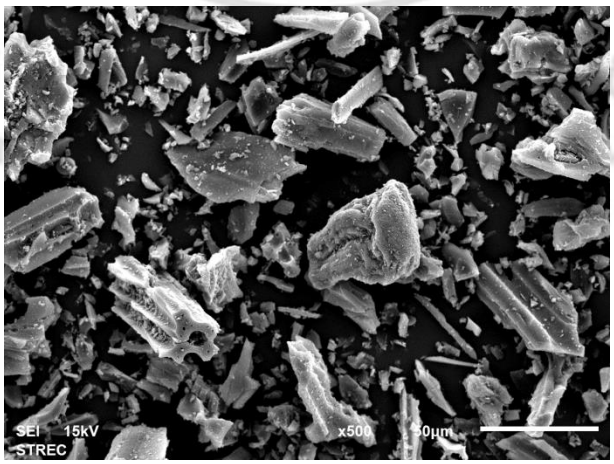
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.4 กระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์

งานวิจัยนี้ใช้ถ่านกัมมันต์แบบผงและเมื่อนำถ่านที่ได้ไปตรวจสอบคุณสมบัติเฉพาะด้วย วิธี BET (Brauner Emmet Teller; BET) พบว่า มีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงที่สุด เท่ากับ 647.48 ตารางเมตรต่อกรัม ปริมาตรรูพรุนทั้งหมด เท่ากับ 0.4627 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม ขนาดรูพรุนเฉลี่ยเท่ากับ 2.85 นาโนเมตร และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scaning Eletron Microscopy; SEM) จะสามารถแสดงลักษณะสัณฐานและรายละเอียดของลักษณะพื้นผิวได้ดังรูปที่ 3.6

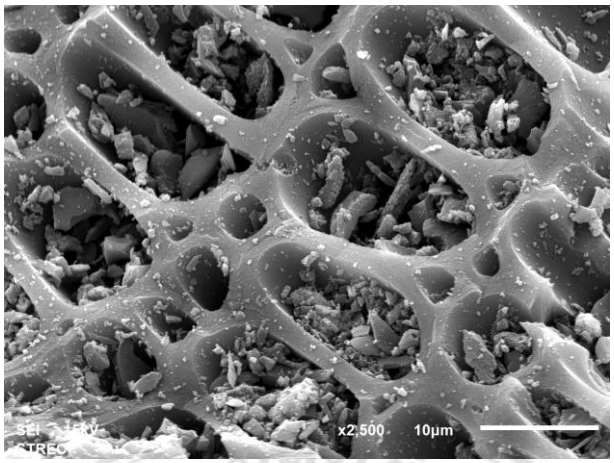


ก. กำลังขยาย 50X



ข. กำลังขยาย 500X

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ค. กำลังขยาย 2500X

รูปที่ 3.6 ภาพที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนไมโครสโคปแบบส่องกราด (SEM)

ขั้นตอนแรกเป็นขั้นตอนการเตรียมถ่านกัมมันต์ โดยก่อนนำถ่านกัมมันต์มาใช้ในงานวิจัยต้องล้างถ่านให้สะอาดด้วยน้ำ Milli-Q และแช่ถ่านค้างคืนด้วยน้ำ Milli-Q อย่างน้อย 1 สัปดาห์ แล้วนำถ่านที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียลเป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปทิ้งให้เย็นในตู้ดูดความชื้น

ขั้นตอนต่อมาเป็นการหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการดูดซับ โดยมีการควบคุมค่าความปั่นป่วนและอุณหภูมิให้คงที่ โดยใช้เครื่องเขย่าสารละลาย (Shaker) ในการสร้างความปั่นป่วน โดยกำหนดความเร็วรอบที่ 200 รอบต่อนาทีและทำการทดลองในห้องที่มีการควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส วิธีการทดสอบคือ จะนำน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองแล้วปริมาตร 350 มิลลิลิตร มาใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมถ่านตามช่วงค่าที่ต้องการทดสอบ คือ 100 500 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แล้วนำไปเหวี่ยงเป็นเวลาตามช่วงที่ทดสอบ คือ 10 20 30 60 120 180 360 720 และ 1,440 นาที จากนั้นนำน้ำที่ผ่านการดูดซับมากรองถ่านออกด้วย 0.45 µm Nylon Membrane Filters นำน้ำส่วนที่กรองได้ไปวิเคราะห์ค่า คาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ แล้วนำค่าที่ได้มาวาดกราฟไอโซเทอมและจลนพลศาสตร์ของการดูดซับเพื่อหาเวลาและปริมาณถ่านที่เหมาะสม ตามลำดับ

ขั้นสุดท้ายเป็นการบำบัด ซึ่งขั้นตอนนี้จะใช้น้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วย 0.7 µm GF/F Glass Fiber Filters และ 0.45 µm Nylon Membrane Filters ปริมาตร 5 ลิตร มาผ่านกระบวนการดูดซับโดยใช้เวลาและปริมาณถ่านที่เหมาะสมจากขั้นตอนข้างต้น เมื่อได้น้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับแล้วจะนำไปกรองโดยใช้ 0.45 µm Nylon Membrane Filters หลังจากนั้นน้ำหลังการบำบัดแล้วจะถูกแยกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะนำมาวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติ ได้แก่ ไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ คาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ ค่าการดูดกลืนแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 254 นา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

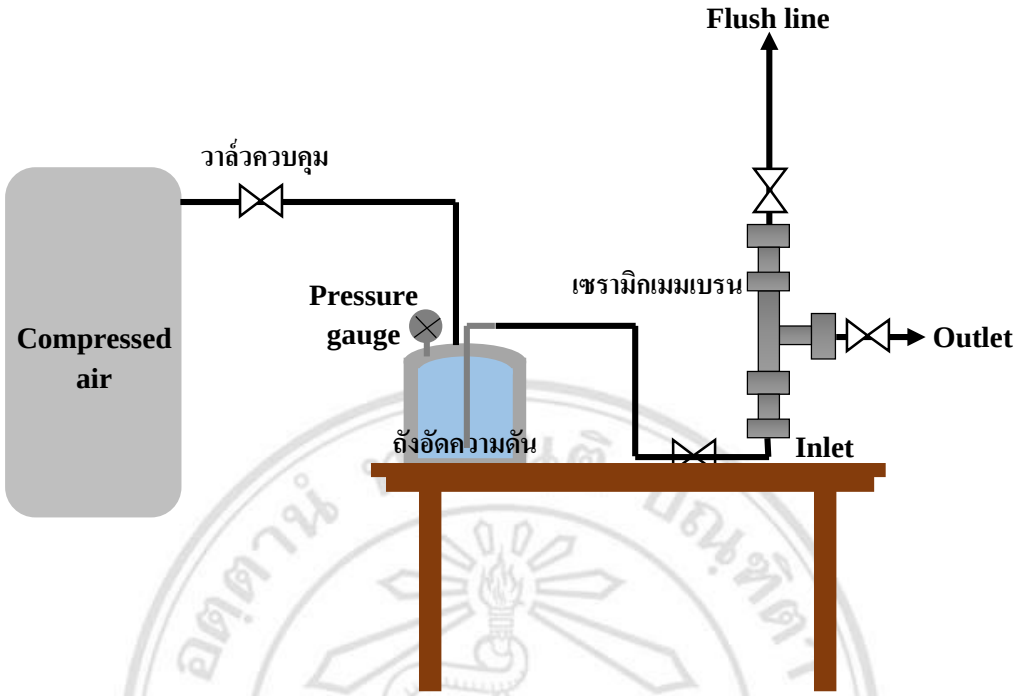
โนเมตร SUVA FEEM และโอกาสการก่อตัวของผลิตผลพลอยได้ที่เกิดจากการใช้คลอรีนทันที และส่วนที่สองจะถูกนำไปเข้ากระบวนการแฟรกชันก่อนแล้วจึงนำน้ำที่ได้มาวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติ ได้แก่ คาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำและโอกาสการก่อตัวของผลิตผลพลอยได้ที่เกิดจากการใช้คลอรีน

3.5 กระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

การวิจัยครั้งนี้ใช้เซรามิกเมมเบรนขนาดรูพรุน 0.1 ไมโครเมตร พื้นที่ผิวการกรอง 0.042 ตารางเมตร ขนาดความสูง 10 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.7 โดยจะทำการเดินระบบแบบทีละเท (Batch experiment) โดยที่น้ำตัวอย่างจะไหลผ่านตัวเมมเบรนแบบการไหลข้ามข้าง (Cross Flow) ที่ความดันเท่ากับ 0.1 MPa โดยมีแผนผังกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนแสดงดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.7 เซรามิกเมมเบรน

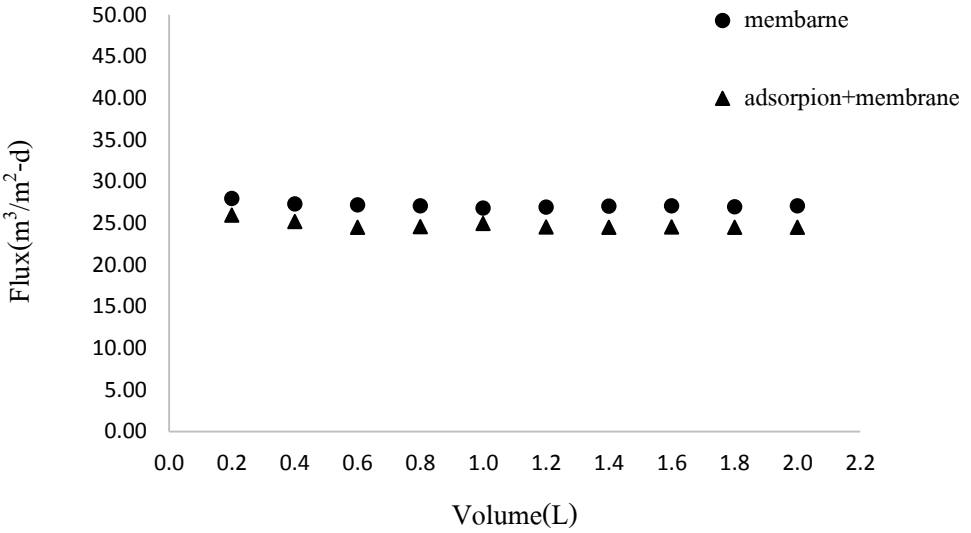
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.8 แผนผังการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

งานวิจัยนี้ใช้เซรามิกเมมเบรนจำนวน 2 แท่ง โดยแท่งที่ 1 ใช้กระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน ส่วนแท่งที่ 2 ใช้ในกระบวนการดูดซับและเซรามิกเมมเบรน ขั้นตอนการบำบัดด้วยกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนจะเริ่มจากการหาฟลักซ์ของน้ำสะอาด ซึ่งจะทำการเดินระบบโดยใช้น้ำ Milli-Q แล้วบันทึกระยะเวลาที่ใช้เดินระบบทุกๆ 200 มิลลิลิตรของน้ำด้านเพอมิเอต แล้วจะนำค่าที่ได้ไปคำนวณฟลักซ์โดยใช้ปริมาตรน้ำหารด้วยผลคูณระหว่างพื้นที่ผิวของเมมเบรนและระยะเวลาที่ใช้ ซึ่งค่าฟลักซ์ของน้ำสะอาดของเมมเบรนทั้งสองแท่งจะดังแสดงรูปที่ 3.9

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์น้ำสะอาดกับปริมาตรของน้ำสะอาด

เมื่อพิจารณาเพอมิเอตฟลักซ์ของน้ำสะอาดของเมมเบรนที่ใช้ในงานวิจัยพบว่า เมมเบรนทั้ง 2 แท่ง มีค่าฟลักซ์ใกล้เคียงกันอยู่ในช่วงประมาณ 25-30 m^3/m^2-d

ขั้นต่อมาจะนำน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วย 0.7 µm GF/F Glass Fiber Filters และ 0.45 µm Nylon Membrane Filters ปริมาตร 5 ลิตร มาเดินระบบต่อจากน้ำ Milli-Q โดยใช้เมมเบรนแท่งเดียวกันเมื่อได้น้ำที่ผ่านกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนแล้วจะนำไปกรองโดยใช้ 0.45 µm Nylon Membrane Filters หลังจากนั้นน้ำหลังการบำบัดแล้วจะถูกแยกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะนำมาวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติ ได้แก่ ไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ คาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ ค่าการดูดกลืนแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร SUVA FEEM และโอกาสการก่อตัวของผลิตผลพลอยได้ที่เกิดจากการใช้คลอรีนทันที และส่วนที่สองจะถูกนำไปเข้ากระบวนการแฟรกชันก่อนแล้วจึงนำน้ำที่ได้มาวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติ ได้แก่ คาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำและโอกาสการก่อตัวของผลิตผลพลอยได้ที่เกิดจากการใช้คลอรีน

3.6 กระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

การบำบัดโดยกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนจะเริ่มต้นโดยทำการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบผงตามสภาวะที่เหมาะสม โดยเมื่อถ่านมันมันต์ดูดซับสารครบตามเวลาที่กำหนดจะนำน้ำตัวอย่างที่ได้รวมทั้งถ่านกัมมันต์ไปกรองผ่านเมมเบรนทันที เมื่อได้น้ำที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผ่านกระบวนการกรองผ่านเมมเบรนแล้วจะนำไปกรองโดย 0.45 μm Nylon Membrane Filters หลังจากนั้นน้ำหลังการบำบัดแล้วจะถูกแยกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะนำมาวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติ ได้แก่ ไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ คาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ ค่าการดูดกลืนแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร SUVA FEEM และโอกาสการก่อตัวของผลิตผลพลอยได้ที่เกิดจากการใช้คลอรีนทันที และส่วนที่สองจะถูกนำไปเข้ากระบวนการแฟรกชันก่อนแล้วจึงนำน้ำที่ได้มาวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติ ได้แก่ คาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำและโอกาสการก่อตัวของผลิตผลพลอยได้ที่เกิดจากการใช้คลอรีน

3.7 วิธีวิเคราะห์และเครื่องมือ

วิธีวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ จะแสดงดังตารางที่ 3.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3.2 วิธีวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์	มาตรฐานการตรวจวัด	เครื่องมือมือที่ใช้ในการวิเคราะห์
pH	วัดโดยตรง	-	pH meter (HORIBA, pH METER F-21)
Temperature	วัดโดยตรง	-	Dissolved Oxygen meter (WTW, Oxi 3205 set 3)
Alkalinity	Titration method	Standard Method 2320B	
EC	วัดโดยตรง	-	Conductometer (SCHOTT, handy lab LF1)
DO	วัดโดยตรง	-	Dissolved Oxygen meter (WTW, Oxi 3205 set 3)
Turbidity	วัดโดยตรง	-	Turbidimeter (WTW, Turb 430T)
NO_2-N และ NO_3-N	วัดโดยตรง	-	Portable spectrophotometer (HACH, DR/890 colorimeter)
NH_3-N และ DON*	Phenate method	Standard method 4500 NH_3 F	
DOC	Wet-Oxidation Method	Standard Method 5310C	TOC analyzer (O.I. analytical 1010)
UV-254	วัดโดยตรง	-	UV/VIS spectrophotometer (Perkin-Elmer, Model Lambda 25)
SUVA*	คำนวณ	-	
FEEM	Spectrofluorometer	-	Spectrofluorometer (JASCO, FP – 6200)
THMFP และ HANFP	Liquid-liquid extraction gas chromatography method	Standard method 5710 B., 4500-Cl B., 6232 B.	gas chromatograph:GC-ECD (Hewlette Packard, HP 6890 GC)

* วิธีการคำนวณแสดงในภาคผนวก ค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.7.1 ขั้นตอนการวัดค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซ้น (FEEM)

ในขั้นตอนการวัด FEEM โดยใช้เครื่อง Spectrofluorometer นั้นจะนำน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วย 0.45 μm Nylon Membrane Filters ไปปรับค่าพีเอชให้มีค่าเป็นกลาง (pH 7) จากนั้นนำน้ำที่ปรับค่าพีเอชแล้วใส่ลงในคิวเว็ตโปร่งแสงทั้งสี่ด้านเพื่อทำการวัดค่า ความเข้มแสงฟลูออเรสเซนต์ โดยมีการตั้งค่าโปรแกรมดังนี้

Measurement Mode: Emission

Band with excitation: 10 nm

Band with emission: 10 nm

Response: Medium

Sensitivity: Medium

Scanning speed: 2000 nm/min

Excitation wavelength: Start at 220 nm, end at 600 nm

Emission wavelength: Start at 220 nm, end at 600 nm

Excitation wavelength interval: 5 nm

Emission wavelength interval: 1 nm

ทั้งนี้การเปิดใช้งานเครื่อง Spectrofluorometer ทุกครั้งต้องมีการทำ Photometric Stability ของเครื่องทั้งก่อนและหลังการวัดน้ำตัวอย่างเพื่อลดความผิดพลาดจากการให้พลังงานแสงของตัวหลอด Xenon นอกจากนี้เพื่อแก้ปัญหาหลอด Xenon ให้พลังงานแสงไม่เท่ากันจึงต้องมีการทำ Calibration Standard โดยใช้สาร Quinine Sulfate เป็นสารละลายมาตรฐาน ซึ่งการเตรียมสารละลายมาตรฐานนี้ทำได้โดยเตรียม Quinine Sulfate ในสารละลายกรดซัลฟุริคเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ที่ความเข้มข้น 1, 5, 10, 15 และ 20 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปวัด Fluorescent Intensity ที่ Em เท่ากับ 450 นาโนเมตรและใช้พลังงานกระตุ้นที่ Ex เท่ากับ 345 นาโนเมตร โดย 1 Quinine Sulfate Unit (1 QSU) เท่ากับความเข้มแสงฟลูออเรสเซนต์ของสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้น 1 ไมโครกรัมต่อลิตร

การวิเคราะห์ข้อมูลดิบของ FEEM ที่ได้จากการเครื่องนั้นทำได้โดย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1) เปิดไฟล์ผล FEEM ของน้ำตัวอย่าง ซึ่งมีนามสกุลเป็น .JWB โดยใช้โปรแกรม 3D fluorescent analysis จากนั้น save ไฟล์ให้อยู่ในรูปนามสกุล .TXT

2) คัดลอกข้อมูลในไฟล์ .TXT มาใส่ในโปรแกรม Excel แล้วคัดข้อมูลให้เหลือเฉพาะช่วงข้อมูลของความเข้มแสงฟลูออเรสเซ้นที่ Excitation และ Emission ที่ลงท้ายด้วย 0 และ 5

3) นำข้อมูล Excel ที่ปรับค่าแล้วมาคำนวณในโปรแกรม Model ซึ่งโปรแกรมคำนวณโดยนำค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนต์ของน้ำตัวอย่างมาลบค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนต์ของน้ำ Milli-Q ออกแล้วนำมาหารด้วย 4 ซึ่งเป็นค่าเท่ากับ 1 QSU

4) นำผล FEEM ที่ได้จากโปรแกรม Model ไปพล็อตในรูปแบบคอนทัวร์

3.7.2 ขั้นตอนการศึกษาความสามารถในการก่อตัวของผลิตผลพลอยได้ที่เกิดจากการใช้คลอรีน

งานวิจัยนี้จะศึกษาผลิตผลพลอยได้ที่เกิดจากการใช้คลอรีนในสารประกอบ 2 กลุ่ม ได้แก่ไตรฮาโลมีเทนและฮาโลอะซิโตไนไตรล์ โดยในกลุ่มของสารประกอบไตรฮาโลมีเทนจะวิเคราะห์หา คลอโรฟอร์ม โบรโมไดคลอโรมีเทน ไดโบรโมคลอโรมีเทน และโบรโมฟอร์ม ส่วนในกลุ่มของสารประกอบฮาโลอะซิโตไนไตรล์จะวิเคราะห์หาโมโนคลอโรอะซิไนไตรล์ ไดคลอโรอะซิโตไนไตรล์ และไตรคลอโรอะซิโตไนไตรล์

ขั้นตอนนี้จะแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การหาปริมาณคลอรีนคงเหลือ (free chlorine residual) การสกัด (liquid-liquid extraction) และการวิเคราะห์ตัวอย่างและสารละลาย โดยรายละเอียดต่างๆดังต่อไปนี้

1) ขั้นตอนการหาปริมาณคลอรีนคงเหลือ (free chlorine residual)

เริ่มจากการเติมสารละลาย Chlorine dosing solution ปริมาตร 2.7 มิลลิลิตรและสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (phosphate buffer) ลงในขวด Durant ขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วนำน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วย 0.7 μm GF/F Glass Fiber Filters และ 0.45 μm Nylon Membrane Filters มาเติมต่อในขวดเดิมจนปริมาตรเต็มขวด (น้ำตัวอย่างที่ใช้ต้องมีการปรับ pH ประมาณ 7) จากนั้นนำไปบ่มในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วันแล้วจึงทำการวัดปริมาณคลอรีน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่คงเหลือด้วยเครื่อง DR/890 colorimeter ซึ่งปริมาณคลอรีนที่คงเหลือดังกล่าวต้องอยู่ในช่วง 3-5 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงจะสามารถนำมาสกัดต่อได้

2) ขั้นตอนการสกัด (liquid-liquid extraction)

ทำการสกัดโดยการเติมน้ำตัวอย่างที่ผ่านการบ่มในขั้นตอนแรกลงในขวด vial ขนาด 40 มิลลิลิตร ปริมาณ 35 กรัม และเติมตัวทำละลาย (นอร์มอลเพนเทน) ลงไป ปริมาณ 2 มิลลิลิตร แล้วเขย่าด้วยมือเป็นเวลา 2 นาที แล้วทิ้งไว้ให้เกิดแยกชั้น 2 นาที ดูดเอาเฉพาะสารละลายในชั้นของตัวทำละลายสกัดซึ่งอยู่บริเวณชั้นบนลงในขวดเก็บตัวอย่างสำหรับสารละลายสกัดและทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส

3) ขั้นตอนการวิเคราะห์ตัวอย่างและสารละลาย

นำตัวอย่างที่สกัดได้ในขั้นต้นมาทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตรกราฟี (Gas chromatography, GC) รุ่น HP 6890 GC โดยใช้คอลัม RTX624 และตั้งค่าโปรแกรมดังนี้

Inlet conditions	Mode: Split Initial temp: 200 ˚C Pressure: 23.93 psi Split ratio: 50:1 and Split flow: 99.8 ml/min Total flow 105 ml/min Gas type: Helium
Column	HP-5 5% phenyl Methyl Siloxane Length: 30 m and Diameter: 320 µm Film thickness: 0.25 µm Mode: constant flow Initial flow: 9.6 ml/min Initial pressure: 31.15 psi
Detector	ECD : Temperature: 250 ºC Make up flow: 45.0 ml/min

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

	Make up Gas type: Nitrogen
Oven	Initial : 75 ˚C initial time 0.00 min
	Ramp 1 : 15 ˚C/min to 130 ˚C for 2 minute
	Post Run 180 ˚C for 1 minute
Final time duration	6.67 minutes

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved