

บทที่ 4

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผลการศึกษา

4.1 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำดิบ

4.1.1 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำใต้ดินจากบ่อน้ำตื้นบริเวณใกล้เคียงพื้นที่เทกอง/ฝังกลบขยะ

น้ำใต้ดินจากบ่อน้ำตื้นบริเวณใกล้เคียงพื้นที่เทกอง/ฝังกลบขยะแบบไม่ถูกหลักสุขาภิบาลที่ปิดดำเนินการแล้วมีลักษณะทั่วไปทางกายภาพและเคมีดังแสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งน้ำดิบนี้ ได้ทำการเก็บในเดือนสิงหาคม ปีพ.ศ. 2557 โดยพารามิเตอร์ต่างๆ จะมีค่าสูงสุดในบ่อที่ 1 และลดต่ำลงตามลำดับในบ่อที่ 2 และ 3

ตารางที่ 4.1 ลักษณะของน้ำใต้ดินจากบ่อน้ำตื้นบริเวณใกล้เคียงพื้นที่เทกอง/ฝังกลบขยะ

พารามิเตอร์	ลำดับบ่อน้ำตื้น		
	1	2	3
พีเอช	7.0	6.8	6.7
อุณหภูมิ, องศาเซลเซียส	27.7	27.0	27.5
ความเป็นด่าง, มิลลิกรัมแคลเซียมคาร์บอเนตต่อลิตร	1,305	220	203
ค่าการนำไฟฟ้า, ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร	3,757	675	604
ออกซิเจนละลาย, มิลลิกรัมต่อลิตร	1.3	3.3	3.0
ความขุ่น, หน่วยเอ็นทียู	27.9	4.7	1.2
แอมโมเนียไนโตรเจน, มิลลิกรัมต่อลิตร	69.5	0.35	0.02
ค่าการดูดกลืนแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร, ต่อเซนติเมตร	1.701	0.161	0.020
คาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ, มิลลิกรัมต่อลิตร	10.9	5.7	2.1
ไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ, มิลลิกรัมต่อลิตร	2.10	0.17	0.05
SUVA, ลิตรต่อมิลลิกรัมเมตร	15.6	2.8	0.96

จากการศึกษาทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินพบว่า น้ำใต้ดินในบริเวณนี้จะไหลจากบ่อที่ 1 ไปยังบ่อที่ 2 เนื่องจากบ่อที่ 1 มีระดับของผิวน้ำใต้ดินอยู่ที่ประมาณ 326.32 เมตรที่ความสูงจากระดับน้ำทะเล ซึ่งคำนวณได้จากค่าความสูงจากระดับน้ำทะเลของพิกัดบ่อลบด้วยระยะจากระดับผิวดินถึงผิวน้ำใต้ดิน ส่วนบ่อที่ 2 มีระดับของผิวน้ำใต้ดินอยู่ที่ประมาณ 325.01 เมตรที่ความสูงจากระดับน้ำทะเล โดยจะสังเกตได้ว่า ระดับผิวน้ำบ่อที่ 2 จะอยู่ต่ำกว่าระดับผิวน้ำบ่อที่ 1 ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า น้ำใต้ดินนี้มีทิศทางการไหลจากบ่อที่ 1 ไปยังบ่อที่ 2 ซึ่งก็สอดคล้องกับการศึกษาของ (พูลเพิ่ม, 2554) ที่กล่าวว่า ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินบริเวณนั้นจะไหลจากทางทิศตะวันตกไปยังทิศตะวันออก ซึ่งจะมีผลทำให้น้ำใต้ดินในบริเวณนี้ไหลจากบ่อที่ 1 ไปบ่อที่ 2 ส่วนทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินในบ่อที่ 3 นั้นไม่สามารถสรุปได้ เนื่องจากฝาบ่อได้ถูกปิดตาย จึงไม่สามารถระบุผิวน้ำใต้ดินได้ ดังนั้นทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินในบ่อที่ 3 จึงเป็นไปได้ทั้ง 2 กรณี คือ กรณีแรกคือมีทิศทางการไหลจากบ่อที่ 2 ไปยังบ่อที่ 3 ตามการศึกษาของพูลเพิ่มที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น หรือกรณีที่ 2 คือมีทิศทางการไหลจากบ่อที่ 3 ไปยังบ่อที่ 2 เนื่องจากบ่อที่ 3 ไม่ได้ถูกใช้งานแล้ว ส่วนบ่อที่ 2 ยังมีการใช้งานอยู่ ระดับน้ำของบ่อที่ 2 จึงลดลงเรื่อยๆ จึงทำให้ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินมีทิศทางจากบ่อที่ 3 ไปยังบ่อที่ 2

จากตารางที่ 4.1 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำใต้ดินบ่อที่ 1 2 และ 3 มีเท่ากับ 3,757 675 และ 604 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้นั้นลดลงตามลำดับ โดยจะสังเกตได้ว่าน้ำในบ่อที่ 1 มีค่าสูงกว่าบ่ออื่นค่อนข้างมากเนื่องจากเป็นบ่อที่ตั้งอยู่ในพื้นที่เทกอง/ฝังกลบขยะ ดังนั้นจึงถูกปนเปื้อนโดยน้ำชะขยะโดยตรง ซึ่งในน้ำชะขยะมักจะมีสารประกอบอนินทรีย์ละลาย เช่น ไอออนที่มีประจุลบของคลอไรด์ ไนเตรต ซัลเฟต และฟอสเฟต หรือไอออนที่มีประจุบวกของโซเดียม แมกนีเซียม เหล็ก และอะลูมิเนียม ค่อนข้างสูง ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าจะวัดจากปริมาณไอออนที่มีในน้ำ ดังนั้นจึงทำให้ค่าการนำไฟฟ้าในบ่อที่ 1 มีค่าสูง

ค่าความขุ่นที่วิเคราะห์ได้นั้นมีค่าลดลงตามระยะห่างจากจุดศูนย์กลางพื้นที่เทกอง/ฝังกลบขยะที่เพิ่มขึ้น โดยบ่อที่ 1 2 และ 3 มีค่าความขุ่นเท่ากับ 27.9 4.7 และ 1.2 เอ็นทียู ซึ่งน้ำบ่อที่ 1 มีค่าความขุ่นสูงมาก ซึ่งเกินกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้บริโภคของประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปี 2551 ที่กำหนดให้ค่าความขุ่นไม่เกิน 5 เอ็นทียู และอนุโลมสูงสุดได้ไม่เกิน 20 เอ็นทียู (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2552)

คาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำจากทั้ง 3 บ่อนั้นมีปริมาณเท่ากับ 10.9 5.7 และ 2.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำมีค่าเท่ากับ 2.1 0.17 และ 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ปริมาณไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำในบ่อที่ 1 มีค่าค่อนข้างสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของแหล่งน้ำใต้ดินทั่วไปที่วัดจากโรงบำบัดน้ำ 28 แห่งในประเทศอเมริกาและน้ำใต้ดินจากเมืองเจิ้งโจว ประเทศจีน ซึ่งพบปริมาณไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำเพียง 0.2 และ 0.19 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (Hou et al., 2012; W. Lee, 2006) ซึ่งค่าคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำและไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำที่สูงมากในบ่อที่ 1 นี้เกิดขึ้นจากการปนเปื้อนน้ำชะขยะจากพื้นที่เทกอง/ฝังกลบขยะโดยตรง เนื่องจากในน้ำชะขยะจะมีปริมาณสารอินทรีย์ละลายน้ำที่ค่อนข้างสูงดังนั้นเมื่อมีการปนเปื้อนลงสู่บ่อน้ำใต้ดินจึงทำให้น้ำใต้ดินในบริเวณนั้นมีปริมาณสารอินทรีย์ละลายน้ำสูงขึ้นอย่างผิดปกติ และจากข้อมูลข้างต้นพบว่า คาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำและไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำของน้ำทั้ง 3 บ่อพบว่า มีสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของค่าความขุ่นที่วัดได้ เนื่องจากคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำและไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำเป็นดัชนีชี้วัดสารอินทรีย์ธรรมชาติ ซึ่งสารอินทรีย์ธรรมชาตินี้ส่งผลทำให้ความขุ่นของน้ำเพิ่มขึ้นได้

ค่าการดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร ถูกนำมาใช้เพื่อศึกษาสารจำพวกสารประกอบอะโรมาติกและโมเลกุลที่เป็นพันธะคู่ ซึ่งจากการศึกษาพบว่า น้ำใต้ดินจากบ่อที่ 1 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 1.701 0.161 และ 0.020 ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ

SUVA เป็นดัชนีชี้วัดสารอินทรีย์ที่ได้จากการคำนวณ โดยนำค่าการดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตรหารด้วยค่าคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ ดังนั้น SUVA จึงเป็นพารามิเตอร์ชี้วัดความเหมาะสมในการเลือกใช้กระบวนการกำจัดสารอินทรีย์ละลายน้ำด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชัน (USEPA, 1999) โดยจากการวิเคราะห์พบว่าน้ำใต้ดินจากบ่อที่ 1 2 และ 3 มีค่า SUVA เท่ากับ 15.59 2.81 และ 0.96 ลิตรต่อมิลลิกรัมต่อเมตร ตามลำดับ จากผลที่ได้นั้นจะสามารถประเมินได้ว่า น้ำบ่อที่ 1 มีค่า SUVA เกินกว่า 4 ลิตรต่อมิลลิกรัมต่อเมตร ดังนั้นน้ำในบ่อน้ำจะมีสารอินทรีย์ประเภทฮิวมิกสูงและเหมาะสมกับการใช้กระบวนการโคแอกกูเลชันซึ่งมีแนวโน้มว่าจะสามารถกำจัดคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำได้มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนน้ำในบ่อที่ 2 นั้นมีสารอินทรีย์คละกันทั้งส่วนที่เป็นประเภทฮิวมิกและไม่ใช่อิวมิก และสุดท้ายน้ำในบ่อที่ 3 มีค่า SUVA ต่ำกว่า 2 ลิตรต่อมิลลิกรัมต่อเมตร จะประเมินได้ว่า มีสารอินทรีย์ประเภทฮิวมิกต่ำและไม่เหมาะสมกับกระบวนการโคแอกกูเลชัน

4.1.2 ลักษณะของสารอินทรีย์ละลายน้ำในน้ำดิบ

น้ำใต้ดินจากบ่อที่ 2 เป็นบ่อที่ตั้งในบริเวณในชุมชนที่อาศัยอยู่รอบพื้นที่เทกอง/ฝังกลบขยะ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้น้ำใต้ดินจากบ่อนี้ในการศึกษาลักษณะของสารอินทรีย์ละลายน้ำและศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดโดยใช้กระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน ซึ่งน้ำดิบนี้ได้ทำการเก็บในเดือนมีนาคม ปีพ.ศ. 2558 และมีลักษณะของสารอินทรีย์ละลายน้ำดังนี้

1) ดัชนีตัวแทนสารอินทรีย์ธรรมชาติ

การศึกษาดัชนีตัวแทนสารอินทรีย์ธรรมชาติโดยพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ ไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ (DON) ค่าการดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร (UV-254) และการดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเล็ตจำเพาะ (SUVA) ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ดัชนีตัวแทนสารอินทรีย์ธรรมชาติของน้ำดิบ

พารามิเตอร์	น้ำตัวอย่างก่อนแฟรกชัน	น้ำตัวอย่างประเภทชอบน้ำ	น้ำตัวอย่างประเภทไม่ชอบน้ำ
ค่าการดูดกลืนแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร, ต่อเซนติเมตร	0.128	0.051	0.054
ไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ, มิลลิกรัมต่อลิตร	0.60	-	-
SUVA, ลิตรต่อมิลลิกรัมต่อเมตร	1.71	1.27	2.38

ค่าไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำในน้ำดิบที่วิเคราะห์ได้นั้นมีค่าเท่ากับ 0.60 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งถือว่ามีค่าสูงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำใต้ดินทั่วไป เช่น น้ำใต้ดินเมืองเจิ้งโจว ประเทศจีน ซึ่งพบเพียง 0.19 มิลลิกรัมต่อลิตร (Hou et al., 2012) หรือเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยน้ำบ่อตื้นและน้ำใต้ดินในประเทศอเมริกาซึ่งพบ ไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำเพียง 0.24 และ 0.18 มิลลิกรัมต่อลิตร (Mash, 2002)

ค่าการดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร พบว่า น้ำก่อนกระบวนการแฟรกชันและหลังกระบวนการแฟรกชันทั้งชนิดชอบน้ำและชนิดไม่ชอบน้ำ มีค่าเท่ากับ

0.128, 0.051 และ 0.054 ลิตรต่อมิลลิกรัมต่อเมตร ตามลำดับ ค่าที่ได้นั้นก็สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Vasuree, 2003) ซึ่งพบว่า น้ำใต้ดินในบริเวณใกล้เคียงพื้นที่เทกอง/ฝังกลบขยะหลังกระบวนการแฟรกชันแล้วมีสารอินทรีย์ละลายน้ำชนิดไม่ชอบน้ำมากกว่าชนิดชอบน้ำเล็กน้อย และในน้ำก่อนกระบวนการแฟรกชันมีค่า UV-254 ลดลงจากปีค.ศ. 2003 ซึ่งก็จะแสดงว่า ปัจจุบันน้ำใต้ดินบริเวณนี้มีปริมาณของสารประกอบอะโรมาติกและโมเลกุลที่เป็นพันธะคู่ลดลง

SUVA ของน้ำก่อนและหลังกระบวนการแฟรกชันทั้งชนิดชนิดชอบน้ำและชนิดไม่ชอบน้ำ มีค่าเท่ากับ 1.71 1.27 และ 2.38 ลิตรต่อมิลลิกรัมต่อเมตร ตามลำดับ ซึ่งประเมินได้ว่า น้ำใต้ดินจากบ่อที่ 2 นั้นมีสารอินทรีย์ประเภทสิวมีคอยู่ค่อนข้างต่ำ (USEPA, 1999)

2) การกระจายมวลของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำในสารอินทรีย์กลุ่มชอบน้ำและไม่ชอบน้ำ

ในงานวิจัยนี้จะแบ่งประเภทของสารอินทรีย์ละลายน้ำออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทชอบน้ำ (HPI) และไม่ชอบน้ำ (HPO) โดยใช้กระบวนการแฟรกชันด้วยเรซินชนิด DAX-8 และเมื่อนำน้ำดิบที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรอง 0.7 μm GF/F Glass Fiber Filters และ 0.45 μm Nylon Membrane Filters ตามลำดับ มาเข้ากระบวนการแฟรกชัน จะได้ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สมดุลมวลของ DOC

พารามิเตอร์	Unfractionated DOC mass	HPI	HPO	HPI + HPO	% Diff
DOC (mg)	37.5	20.5	11.3	31.8	-15

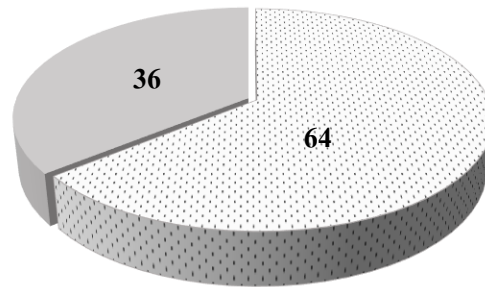
Unfractionated DOC mass = มวลของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำก่อนแฟรกชัน

HPI+HPO = มวลรวมของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำหลังแฟรกชัน

% Diff = ((HPI+HPO)-Unfraction)*100/Unfraction

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นว่า เปอร์เซ็นต์ผลต่างระหว่างมวลคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำก่อนและหลังกระบวนการแฟรกชัน (% Diff) เท่ากับ -15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าที่ติดลบนี้อาจมีสาเหตุเนื่องจากความสามารถในการชะสารอินทรีย์ออกจากเรซินของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ นอกจากนี้เปอร์เซ็นต์ผลต่างที่คำนวณได้นั้นก็อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ตามเกณฑ์ (Marhaba and Pu, 2000) ที่กล่าวไว้ว่า ค่าผลต่างที่ยอมรับได้ควรอยู่ระหว่าง 10-15 เปอร์เซ็นต์

จากผลการศึกษาข้างต้นยังพบว่า น้ำดิบมีสัดส่วนของสารอินทรีย์ละลายน้ำชนิดชอบน้ำมากกว่าชนิดไม่ชอบน้ำ โดยคิดเป็นสัดส่วนเท่ากับ 64 และ 36 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ (Busaya, 2013) ที่พบว่า น้ำใต้ดินบริเวณพื้นที่เทกอง/ฝังกลบขยะมีสัดส่วนของสารอินทรีย์ละลายน้ำชนิดชอบน้ำมากกว่าชนิดไม่ชอบน้ำ แต่ขัดแย้งกับการศึกษาของ (Vasuree, 2003) ที่พบว่า ในน้ำใต้ดินบริเวณนี้มีสัดส่วนของสารอินทรีย์ละลายน้ำชนิดชอบน้ำน้อยกว่าไม่ชอบน้ำ



สารอินทรีย์ชนิดชอบน้ำ
 สารอินทรีย์ชนิดไม่ชอบน้ำ

รูปที่ 4.1 สัดส่วนของสารอินทรีย์ชนิดชอบน้ำและชนิดไม่ชอบน้ำ

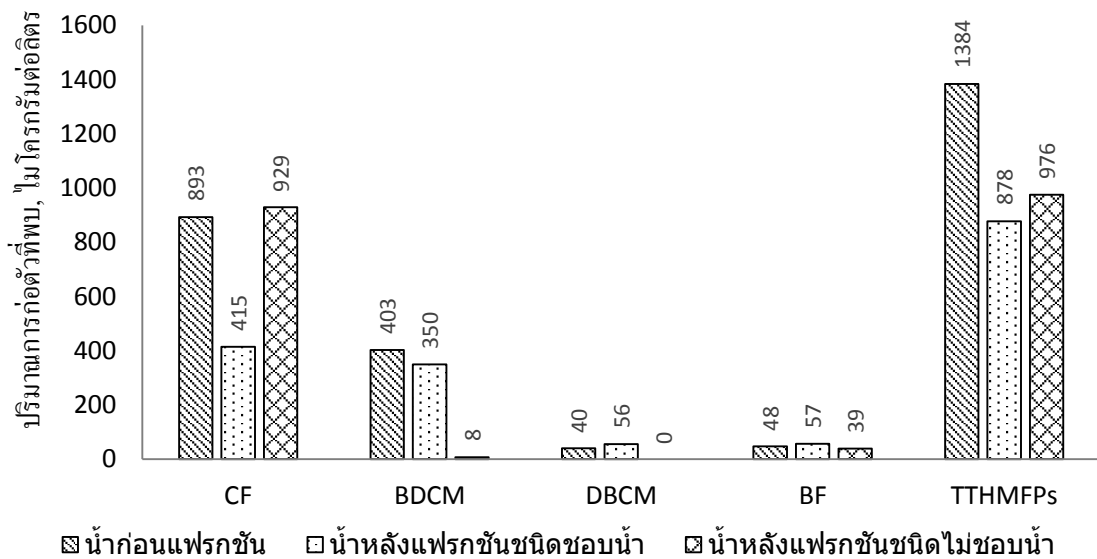
สัดส่วนของสารอินทรีย์ละลายน้ำชนิดชอบน้ำและไม่ชอบน้ำที่เปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบในน้ำชะขยะจากพื้นที่เทกอง/ฝังกลบที่ปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำใต้ดิน ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ลักษณะองค์ประกอบของน้ำชะขยะจะเปลี่ยนแปลงตามอายุของหลุมฝังกลบ (He et al., 2011)

จากปริมาณของสารอินทรีย์ละลายน้ำที่ค่อนข้างสูง จะส่งผลให้เกิดปัญหาการก่อตัวของผลิตภัณฑ์ลอยได้ที่เกิดจากการฆ่าเชื้อเมื่อเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อ จากการศึกษาของ (Vasuree, 2003; Zhang et al., 2009) ซึ่งพบว่า โอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทน (THMFPs) มีความสัมพันธ์กับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ ดังนั้นจึงมีตรวจวิเคราะห์การก่อตัวสูงสุดของผลิตภัณฑ์ลอยได้ที่เกิดจากการใช้คลอรีนต่างๆ ในน้ำใต้ดินก่อนและหลังกระบวนการแยกแפרกชัน

3) โอกาสการก่อตัวของผลิตภัณฑ์ลอยได้ที่เกิดจากสารฆ่าเชื้อ

การศึกษาโอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทน (THMFPs) จะประกอบด้วย การก่อตัวของคลอโรฟอร์ม (CF) การก่อตัวของโบรโมไดคลอโรมีเทน (BDCM) การก่อตัวของได

โบรโมคลอโรมีเทน (DBCM) การก่อดัวของโบรโมฟอร์ม (BF) และการก่อดัวของสารไตรฮาโลมีเทนรวม (TTHMFPs) ซึ่งผลการศึกษาระบุแสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ปริมาณการก่อดัวของสารไตรฮาโลมีเทนในน้ำดิบ

จากรูปที่ 4.2 เมื่อพิจารณาน้ำดิบก่อนแฟรกชัน พบการก่อดัวของ CF BDCM DBCM และ BF เท่ากับ 893 403 40 และ 48 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ คิดเป็น TTHMFPs เท่ากับ 1,384 ไมโครกรัมต่อลิตร ส่วนน้ำดิบหลังแฟรกชันชนิดชอบน้ำ พบการก่อดัวของ CF BDCM DBCM และ BF เท่ากับ 415 350 56 และ 57 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ คิดเป็น TTHMFPs เท่ากับ 878 ไมโครกรัมต่อลิตร และเมื่อพิจารณาชนิดไม่ชอบน้ำ พบการก่อดัวของ CF BDCM และ BF เท่ากับ 929 8 และ 39 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ คิดเป็น TTHMFPs เท่ากับ 976 ไมโครกรัมต่อลิตร ซึ่งถ้าสังเกตจะพบว่า หลังผ่านกระบวนการแยกแฟรกชันแล้ว โอกาสการก่อดัวของไตรฮาโลมีเทนแต่ละตัวจะสูงขึ้น ทั้งนี้ก็เนื่องมาจาก เมื่อแยกประเภทของสารอินทรีย์แล้วคลอรีนจะสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับสารตั้งต้นได้เฉพาะเจาะจงขึ้น ทำให้โอกาสในการเกิดปฏิกิริยาดีขึ้น

จากข้อมูลในรูปที่ 4.2 เมื่อนำค่าการก่อดัวของ CF BDCM DBCM และ BF มาคิดเป็นสัดส่วนของ TTHMFPs จะข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.4 สัดส่วนของการก่อตัวสารประกอบไตรฮาโลมีเทนที่ตรวจพบ

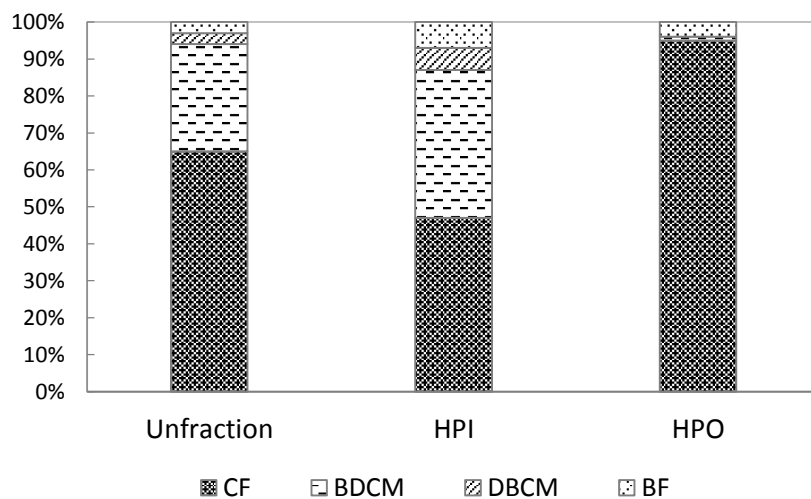
THMFPs	สัดส่วนของการก่อตัวที่ตรวจพบ		
	Unfraction	HPI	HPO
CF	65	47	95
BDCM	29	40	1
DBCM	3	6	ND
BF	3	7	4

Unfraction = น้ำตัวอย่างก่อนแฟรกชัน

HPI = น้ำตัวอย่างหลังแฟรกชันชนิดชอบน้ำ

HPO = น้ำตัวอย่างหลังแฟรกชันชนิดไม่ชอบน้ำ

ND = ตรวจไม่พบ



รูปที่ 4.3 สัดส่วนของการก่อตัวสารประกอบไตรฮาโลมีเทนที่ตรวจพบ

จากตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.3 ทำให้ทราบว่า คลอโรฟอร์มเป็นสารประกอบหลักของสารประกอบในกลุ่มไตรฮาโลมีเทน เนื่องจากตรวจพบในสัดส่วนที่มากที่สุด ซึ่งก็สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ซึ่งพบว่า คลอโรฟอร์มจะเป็นสารที่มีโอกาสก่อตัวมากที่สุด (Pharkphum, 2013; นิษา, 2556)

เนื่องจากค่าการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทนที่วิเคราะห์ได้นั้นไม่ได้เป็นที่เกิดขึ้นจริงเป็นเพียงโอกาสการก่อตัวที่สามารถเกิดสารในกลุ่มไตรฮาโลมีเทนได้สูงสุดเท่านั้น จึงไม่สามารถ

นำมาสรุปได้ว่า ค่าที่วิเคราะห์ได้จะเกิดขึ้นจริงในปริมาณเท่าไร แต่สามารถบอกได้เพียงว่ามีโอกาสที่จะเกิดขึ้นได้ในปริมาณสูงสุดเท่าไร ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทนที่เกิดจากการใช้คลอรีนในน้ำดิบก่อนแฟรกชันกับค่ามาตรฐานพบว่า ค่าการก่อตัวของไตรฮาโลมีเทนรวมมีค่าเกินกว่ามาตรฐานของสำนักงานพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา (USEPA) ซึ่งกำหนดค่ามาตรฐานของไตรฮาโลมีเทนรวมที่ยอมรับได้ ต้องมีค่าไม่เกิน 80 ไมโครกรัมต่อลิตร และเมื่อพิจารณาโดยใช้มาตรฐานขององค์การอนามัยโลก (World Health Organization; WHO) ซึ่งกำหนดค่าอัตราส่วนความเข้มข้นของสารประกอบในกลุ่มไตรฮาโลมีเทน ซึ่งได้แก่ คลอโรฟอร์ม โบรโมไดคลอโรมีเทน ไดโบรโมคลอโรมีเทนและโบรโมฟอร์ม ให้มีค่าแนะนำ (guideline values, GV) สูงสุดเท่ากับ 300 60 100 และ 100 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และมีค่าผลรวมอัตราส่วนความเข้มข้นของสารประกอบทั้ง 4 ตัว ไม่เกิน 1 ซึ่งแสดงได้ดังสมการ

$$\frac{C_{Chloroform}}{GV_{Chloroform}} + \frac{C_{DBCM}}{GV_{DBCM}} + \frac{C_{BDCM}}{GV_{BDCM}} + \frac{C_{Bromoform}}{GV_{Bromoform}} \leq 1$$

โดยที่ ;

C = concentration

GV = guideline value

เมื่อพิจารณาตามค่าอัตราส่วนความเข้มข้นของสารประกอบในกลุ่มไตรฮาโลมีเทนพบว่า น้ำดิบมีค่าอัตราส่วนเท่ากับ 12.21 ซึ่งเกินกว่ามาตรฐานกำหนด

จากการศึกษาโอกาสการก่อตัวของฮาโลอะซิโตไนไตรล์ (HANFPs) ในรูปของการก่อตัวของโมนอคลอโรอะซิโตไนไตรล์ (MCAN) ไดคลอโรอะซิโตไนไตรล์ (DCAN) ไตรคลอโรอะซิโตไนไตรล์ (TCAN) และการก่อตัวของสารฮาโลอะซิโตไนไตรล์รวม (THANFPs) ได้แสดงผลในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การก่อตัวของสารฮาโลอะซิโตไนไตรล์ของน้ำดิบ

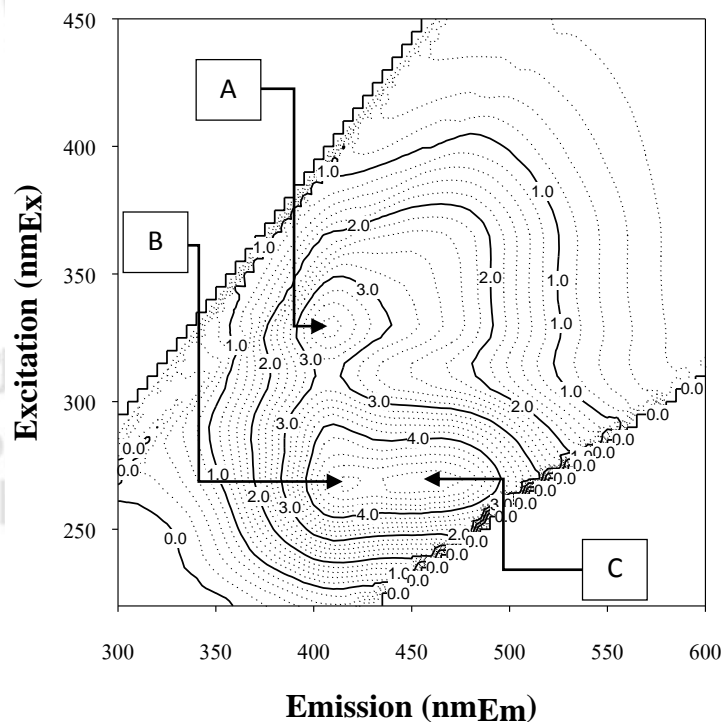
HANFPs (µg/L)	Raw water
MCAN	ND
DCAN	1
TCAN	ND
THANFPs	1

ND = ตรวจไม่พบ

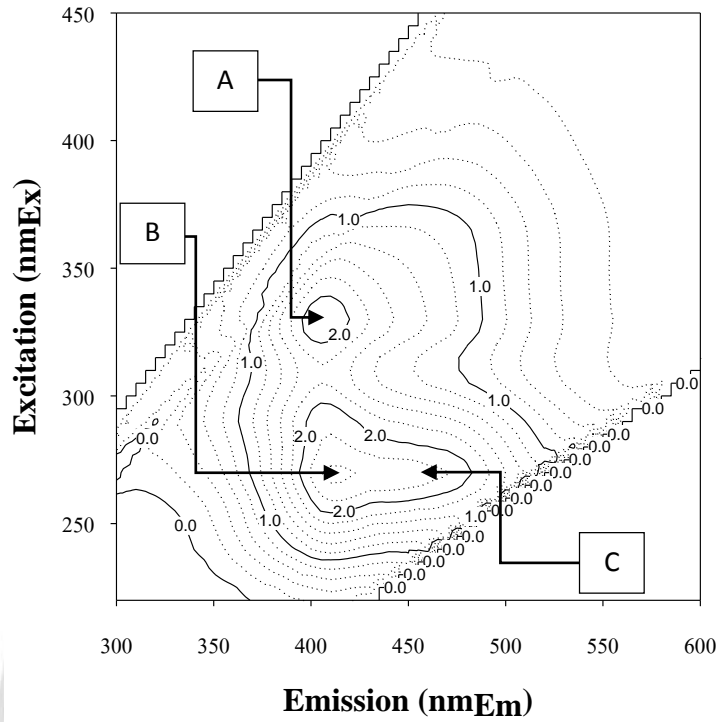
จากตารางที่ 4.5 พบโอกาสการก่อตัวของไดคลอโรอะซิโตนในไตรล์ในน้ำดิบเท่ากับ 1 ไมโครกรัมต่อลิตร และตรวจไม่พบการก่อตัวของโมโนคลอโรอะซิโตนในไตรล์และไตรคลอโรอะซิโตนในไตรล์ เมื่อนำโอกาสการก่อตัวสูงสุดที่พบนั้นไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานขององค์การอนามัยโลกพบว่า ปริมาณสูงสุดที่มีโอกาสเกิดขึ้นนั้นมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ว่า ปริมาณไดคลอโรอะซิโตนในไตรล์และไตรคลอโรอะซิโตนในไตรล์ที่พบต้องมีค่าไม่เกิน 90 และ 1 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

4) ความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์

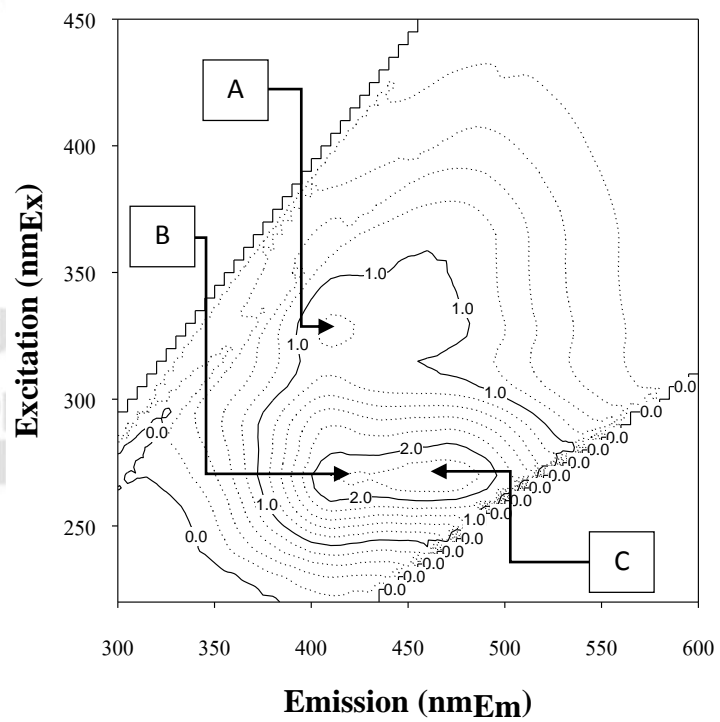
ความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์เป็นดัชนีตัวแทนสารอินทรีย์ที่สามารถบ่งชี้ถึงลักษณะกลุ่มของสารอินทรีย์ธรรมชาติที่ปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำ โดยการใช้เทคนิค Fluorescence Excitation-Emission matrix (FEEM) ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์มีค่าสูงอย่างชัดเจนใน 3 ตำแหน่งดังแสดงดังรูปที่ 4.4



ก. น้ำตัวอย่างก่อนแฟรกชัน



ข. น้ำตัวอย่างหลังแปรกษณชนิดชอบน้ำ



ค. น้ำตัวอย่างหลังแปรกษณชนิดไม่ชอบน้ำ

รูปที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ของน้ำดิบ

จากรูป 4.4 ผลการวิเคราะห์ความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์พบว่า ในน้ำดิบก่อนและหลังกระบวนการแฟรกชันมีความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่มีค่าสูงอย่างชัดเจน 3 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่ง A: 325 nm_{Ex}/ 410 nm_{Em} ตำแหน่ง B: 270 nm_{Ex}/ 420 nm_{Em} และตำแหน่ง C: 270 nm_{Ex}/ 440-470 nm_{Em} โดยตำแหน่ง A เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์กลุ่ม Fulvic-like (Baker and Curry, 2004) และตำแหน่ง B และ C เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์กลุ่ม humic acid-like (Chen et al., 2003)

จากความสัมพันธ์ระหว่างอายุของหลุมฝังกลบขยะกับองค์ประกอบของสารอินทรีย์ธรรมชาติของน้ำชะขยะ พบว่า น้ำชะขยะจากหลุมฝังกลบที่มีอายุน้อยกว่า 3 ปี สารอินทรีย์ส่วนใหญ่ที่พบจะเป็นกลุ่มสารอินทรีย์ชอบน้ำและรองลงมาเป็นกลุ่มกรดฟูลวิก ถ้าน้ำชะขยะจากหลุมฝังกลบที่มีอายุในช่วง 3-10 ปี ปริมาณกลุ่มสารอินทรีย์ชอบน้ำจะเริ่มลดลงและสัดส่วนของสารอินทรีย์กลุ่มฟูลวิกจะเพิ่มขึ้น และในส่วนของน้ำชะขยะจากหลุมฝังกลบที่มีอายุมากกว่า 10 ปี สารอินทรีย์ส่วนใหญ่จะอยู่ในกลุ่มของกรดฮิวมิกและกรดฟูลวิก (Huo et al., 2008) ตัวอย่างสัดส่วนของสารอินทรีย์ในน้ำชะขยะจากหลุมฝังกลบ Asuwei เมืองปักกิ่ง ประเทศจีนที่อายุต่างกันจะแสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 สัดส่วนของกลุ่มสารอินทรีย์ในน้ำชะขยะ

กลุ่มของสารอินทรีย์	หลุมฝังกลบที่มีอายุน้อยกว่า 3 ปี	หลุมฝังกลบที่มีอายุในช่วง 3-10 ปี	หลุมฝังกลบที่มีอายุมากกว่า 10 ปี
สารอินทรีย์ชอบน้ำ	76.4%	47.0%	7.0%
กรดฟูลวิก	23.2%	40.4%	48.9%
กรดฮิวมิก	0.4%	13.6%	44.1%

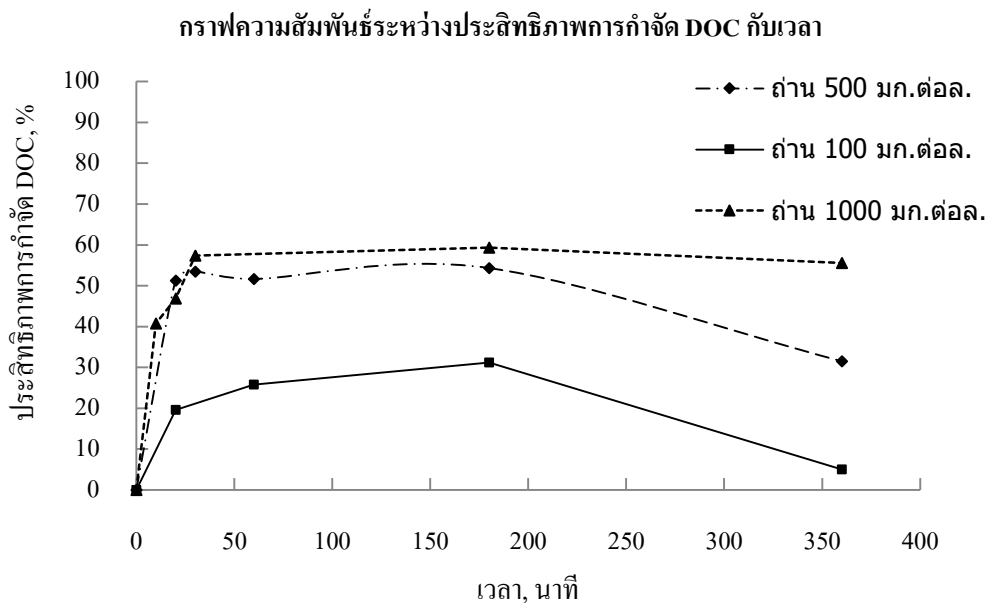
ที่มา: (Huo et al., 2008)

น้ำดิบซึ่งเป็นน้ำใต้ดินจากบริเวณหลุมฝังกลบขยะแม่เหียะซึ่งมีเวลามากกว่า 10 ปี เมื่อถูกนำมาทดสอบความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ โดยใช้เทคนิค Fluorescence Excitation-Emission matrix (FEEM) จะสามารถวิเคราะห์ได้ว่า องค์ประกอบของสารอินทรีย์ในน้ำดิบเป็นสารอินทรีย์ในกลุ่มฮิวมิกและฟูลวิก ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลขององค์ประกอบในน้ำชะขยะที่มีอายุมากกว่า 10 ปีขึ้นไป ที่องค์ประกอบส่วนใหญ่จะเป็นสารอินทรีย์ในกลุ่มฮิวมิกและฟูลวิก ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้สูงที่น้ำใต้ดินในบริเวณนี้จะถูกปนเปื้อนด้วยน้ำชะขยะ เนื่องจากองค์ประกอบของสารอินทรีย์ในน้ำที่เหมือนกัน

4.2 ลักษณะของผงถ่านกัมมันต์ที่ใช้

4.2.1 การศึกษาเวลาและปริมาณถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสม

จากการทดลองเติมผงถ่านกัมมันต์ลงไปใต้น้ำตามช่วงค่าที่ทดสอบ คือ 100 500 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แล้วนำไปเหวี่ยงตามช่วงเวลาทดสอบ คือ 10 20 30 60 120 180 360 720 และ 1,440 นาที จากนั้นนำน้ำที่ผ่านการดูดซับมากรองถ่านออกด้วย 0.45 μm Nylon Membrane Filters แล้ว นำน้ำส่วนที่กรองได้ไปวิเคราะห์ค่าการบำบัดอินทรีย์ละลายน้ำจะได้ค่าประสิทธิภาพการบำบัดอินทรีย์ละลายน้ำ จากนั้นเมื่อนำค่าที่ได้มาพล็อตหาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการบำบัดอินทรีย์ละลายน้ำกับเวลาจะได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.5

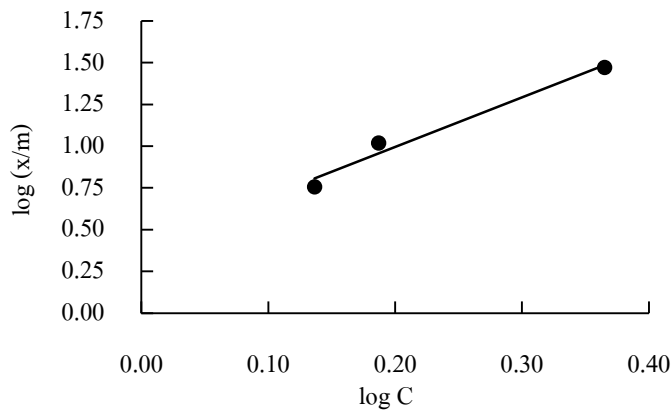


รูปที่ 4.5 ประสิทธิภาพการกำจัดสารคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ

จากกราฟพบว่า การดูดซับของผงถ่านกัมมันต์จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 30 นาทีแรก และจะเข้าสู่สมดุลเมื่อเวลาผ่านไป 180 นาที หลังจากนั้นถ่านจะเริ่มคายคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำที่ดูดซับไปออกมา และเมื่อพิจารณาที่ปริมาณถ่านกัมมันต์จะพบว่า ยิ่งเพิ่มปริมาณถ่านที่ใช้ทำปฏิกิริยาประสิทธิภาพในการดูดซับคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำก็จะมากขึ้นตาม ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเลือกใช้ผงถ่านกัมมันต์ที่อัตราส่วน 1,000 มิลลิกรัมของถ่านต่อน้ำตัวอย่าง 1 ลิตรในการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ละลายน้ำด้วยถ่านกัมมันต์แบบผงและใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 180 นาที เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการดูดซับสูงสุด

4.2.2 ไอโซเทอมและจลนศาสตร์ของการดูดซับ

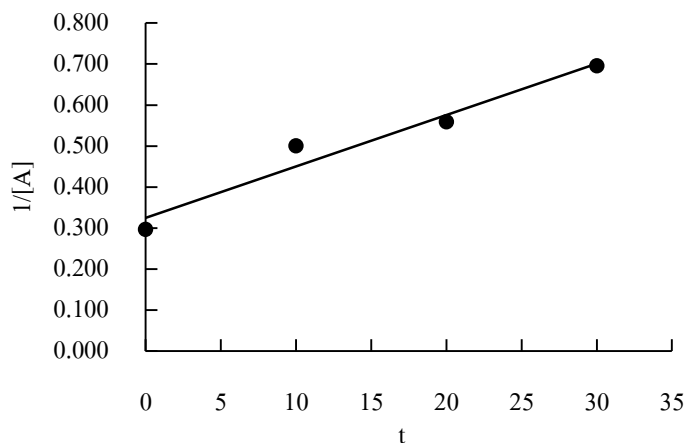
ไอโซเทอมของการดูดซับเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของตัวถูกดูดซับกับความดันหรือความเข้มข้นของสารละลายที่สภาวะสมดุลของการดูดซับ โดยทั่วไปมักจะมีการควบคุมให้อุณหภูมิของการดูดซับให้คงที่ ซึ่งไอโซเทอมการดูดซับในงานวิจัยนี้ได้แสดงรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ไอโซเทอมการดูดซับแบบฟรอยด์ลิซ

จากการศึกษาพบว่า ไอโซเทอมของการดูดซับที่เกิดขึ้นนั้นสอดคล้องกับสมการฟรอยด์ลิซ มีค่า R-Squared ของกราฟเท่ากับ 0.97 จากสมการของฟรอยด์ลิซจะได้ค่าคงที่ k และ n เท่ากับ 2.51 มิลลิกรัมต่อลิตรต่อกรัม และ 0.336 กรัม ตามลำดับ ดังนั้นจะกล่าวได้ว่าการดูดซับของถ่านกัมมันต์แบบผงนี้เป็นการดูดซับบนพื้นที่ผิวที่ไม่สม่ำเสมอ (rough surface) โดยแต่ละพื้นผิวที่เกิดการดูดซับจะให้ค่าความร้อนของการดูดซับออกมาไม่คงที่ และมีการรวมพื้นผิวที่ให้ค่าความร้อนของการดูดซับเท่ากันเข้าด้วยกัน

การศึกษาอัตราเร็วปฏิกิริยาของการดูดซับที่เกิดขึ้น พบว่า ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นแบบปฏิกิริยาอันดับสอง มีค่า R-Squared ของกราฟเท่ากับ 0.96 และมีค่าคงที่อัตราเร็วของปฏิกิริยามีค่าเท่ากับ 0.0126 ลิตรต่อมิลลิกรัมต่อนาที ดังแสดงดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ปฏิกริยาอันดับสองของการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบผง

4.3 การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ละลายน้ำ

ในการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ละลายน้ำจะเปรียบเทียบกระบวนการบำบัด 3 แบบ คือ กระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ กระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน และ กระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

4.3.1 กระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบผง

จากการศึกษากระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ โดยการใช้ถ่านกัมมันต์ชนิดผง (PAC) ในอัตราส่วนของถ่านกัมมันต์ 1,000 มิลลิกรัมต่อน้ำตัวอย่าง 1 ลิตร โดยอัตราส่วนนี้ได้มาจากการหาลักษณะของถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในหัวข้อที่ 4.2 ซึ่งเมื่อนำถ่านกัมมันต์ผสมลงไปน้ำแล้วจะนำไปทำให้เกิดการปั่นป่วนด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงปล่อยให้ตกตะกอนแล้วนำมาเฉพาะส่วนน้ำใสด้านบนเพื่อนำมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ต่างๆดังนี้

- 1) คาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำและไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ

หลังผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบผง พบว่า ปริมาณของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำและไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ มีค่าลดลงดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ปริมาณ DOC และ DON ก่อนและหลังกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบผง

ลักษณะของน้ำ	DOC (mg/L)			DON (mg/L)
	Unfraction	HPI	HPO	Unfraction
raw water	7.5	4.1	2.3	0.60
adsorption	3.4	2.8	0.3	0.26

raw water = น้ำดิบ

adsorption = น้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบผง

Unfraction = น้ำตัวอย่างก่อนแฟรกชัน

HPI = น้ำตัวอย่างหลังแฟรกชันชนิดชอบน้ำ

HPO = น้ำตัวอย่างหลังแฟรกชันชนิดไม่ชอบน้ำ

จากตารางที่ 4.7 จะเห็นว่ากระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบผง สามารถลดปริมาณของ DOC และ DON จาก 7.5 และ 0.60 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือ 3.4 และ 0.26 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ คิดเป็นสัดส่วนการกำจัด เท่ากับ 55 และ 57 เปอร์เซ็นต์

เมื่อสังเกตที่ปริมาณของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำหลังผ่านกระบวนการแฟรกชันจะเห็นว่า พงถ่านกัมมันต์มีความสามารถในการดูดซับคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำทั้งในกลุ่มสารอินทรีย์ที่ชอบน้ำและสารอินทรีย์ที่ไม่ชอบน้ำ แต่มีประสิทธิภาพในการดูดซับสารอินทรีย์ในกลุ่มที่ไม่ชอบน้ำมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Wang et al., 2015) ที่พบว่า ถ่านกัมมันต์ชนิดผงมีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ในกลุ่มไม่ชอบน้ำมากกว่ากลุ่มชอบน้ำ

2) ค่าการดูดกลืนแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร

หลังผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบผง พบว่า ค่าการดูดกลืนแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร มีค่าลดลงดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่า UV-254 ก่อนและหลังกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบผง

ลักษณะของน้ำ	UV-254 (cm ⁻¹)
raw water	0.128
adsorption	0.009

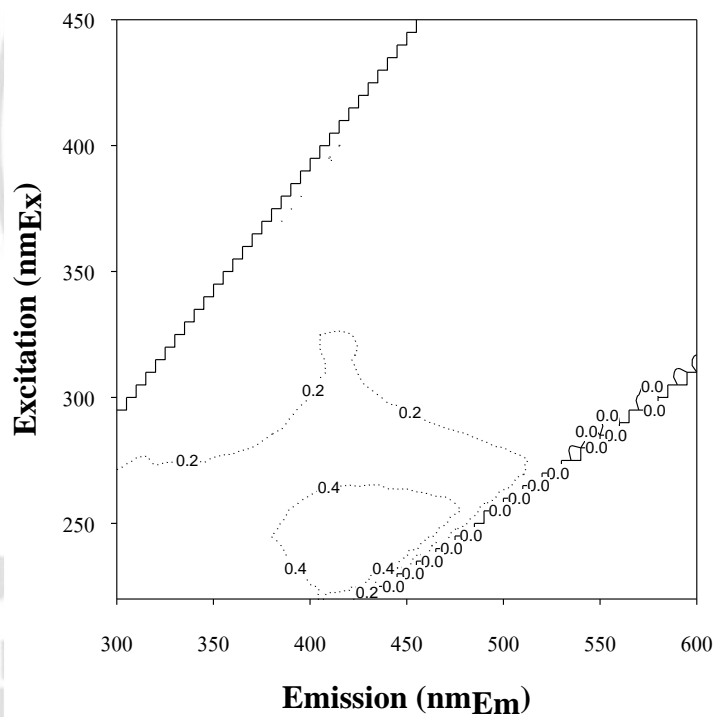
raw water = น้ำดิบ

adsorption = น้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบผง

จากตารางที่ 4.8 จะเห็นว่ากระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบผงสามารถลดค่า UV-254 จาก 0.128 ต่อเซนติเมตร เหลือ 0.009 ต่อเซนติเมตร ซึ่งค่า UV-254 เป็นค่าที่ใช้ประเมินปริมาณของสารอินทรีย์ในกลุ่มอะโรมาติกและพันธะคู่ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ถ่านกัมมันต์แบบผงนั้นมีประสิทธิภาพในการลดสารอินทรีย์ในกลุ่มอะโรมาติกและพันธะคู่ได้

3) ความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์

หลังผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบผง พบว่า ความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ มีลักษณะดังแสดงดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ของน้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบผง

จากรูป 4.8 จะเห็นได้ว่า ตำแหน่ง peak ทั้งสามตำแหน่ง ที่ปรากฏในน้ำดิบนั้นหายไปหรือมีขนาดเล็กลง ดังนั้นจะกล่าวได้ว่า ผงถ่านกัมมันต์มีประสิทธิภาพในการลดสารในกลุ่มฮิวมิกและฟุลวิกได้

4) โอกาสการก่อตัวของผลิตภัณฑ์ที่ได้ที่เกิดจากการใช้คลอรีน

หลังผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบผง พบว่า โอกาสการก่อตัวของผลิตภัณฑ์ที่ได้ที่เกิดจากการใช้คลอรีน มีค่าลดลงดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 โอกาสการก่อตัวของผลิตภัณฑ์ที่ได้ที่เกิดจากการใช้คลอรีน ก่อนและหลังกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบผง

ลักษณะของน้ำ	TTHMFP (µg/L)			THANFP (µg/L)
	Unfraction	HPI	HPO	Unfraction
raw water	1,384	878	976	1
adsorption	367	418	132	ND

ND = ตรวจไม่พบ

raw water = น้ำดิบ

adsorption = น้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบผง

TTHMFP = โอกาสการก่อตัวของสารกลุ่มไตรฮาโลมีเทน ซึ่งได้แก่ คลอโรฟอร์ม โบรโมไดคลอโรมีเทน ไดโบรโมคลอโรมีเทน และโบรโมฟอร์ม

THANFP = โอกาสการก่อตัวของสารกลุ่มฮาโลอะซิโตไนไตรล์ ซึ่งได้แก่ โมโนคลอโรอะซิโตไนไตรล์ ไดคลอโรอะซิโตไนไตรล์ และ ไตรคลอโรอะซิโตไนไตรล์

Unfraction = น้ำตัวอย่างก่อนแฟรกชัน

HPI = น้ำตัวอย่างหลังแฟรกชันชนิดชอบน้ำ

HPO = น้ำตัวอย่างหลังแฟรกชันชนิดไม่ชอบน้ำ

จากตารางที่ 4.9 จะเห็นว่ากระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบผงสามารถลดปริมาณของ TTHMFP ก่อนแฟรกชันจาก 1,384 ไมโครกรัมต่อลิตร เหลือ 367 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ คิดเป็นสัดส่วนการลดลงของ TTHMFP เท่ากับ 73 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่า THANFP พบโอกาสเกิดเฉพาะในน้ำดิบในปริมาณ 1 ไมโครกรัมต่อลิตร เนื่องจากค่า THANFP ที่วิเคราะห์ได้นั้น ไม่ได้เป็นที่เกิดขึ้นจริงเป็นเพียงโอกาสการก่อตัวที่สามารถเกิดสารในกลุ่มไตรฮาโลมีเทนได้สูงสุดเท่านั้น จึงไม่สามารถนำมาสรุปได้ว่า ค่าที่วิเคราะห์ได้จะเกิดขึ้นจริงในปริมาณเท่าไร แต่สามารถบอกได้เพียงว่ามีโอกาสที่จะเกิดขึ้นได้ในปริมาณสูงสุดเท่าไร ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทนที่เกิดจากการใช้คลอรีนในน้ำหลังผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบผง ก่อนแฟรกชันกับค่ามาตรฐานพบว่า ค่าที่วิเคราะห์ได้นั้นก็ยังไม่ผ่านมาตรฐานของ USEPA และ WHO

5) กลไกการกำจัดสารอินทรีย์

เมื่อทำการเติมถ่านกัมมันต์แบบผงลงไปในน้ำแล้วทำการกวนผสม จะทำให้น้ำเกิดการปั่นป่วน กลไกการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์จึงเกิดขึ้น ซึ่งกลไกดังกล่าวจะเริ่มต้นจากการเคลื่อนตัวของโมเลกุลสารอินทรีย์ละลายน้ำแทรกผ่านฟิล์มน้ำที่รอบล้อมถ่านกัมมันต์ (film diffusion) จากนั้น โมเลกุลสารอินทรีย์ละลายน้ำจะแทรกเข้าไปในช่องว่างภายในของถ่านกัมมันต์ (pore diffusion) ด้วยกลไกดังกล่าวจึงทำให้ถ่านกัมมันต์แบบผงสามารถดูดติดโมเลกุลของสารอินทรีย์ละลายน้ำได้ (มั่งสิน, 2542)

4.3.2 กระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

จากการศึกษากระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน โดยการใช้เซรามิกเมมเบรนขนาดรูพรุน 0.1 ไมโครเมตร ทำการเดินระบบแบบทีละเท (Batch experiment) โดยที่น้ำตัวอย่างจะไหลผ่านตัวเมมเบรนแบบการไหลข้ามข้าง (Cross Flow) ที่ความดันเท่ากับ 0.1 เมกะปาสคาล เมื่อทำการเดินระบบเสร็จจะเก็บน้ำที่ออกจากด้านเพอมีอเทมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ต่างๆดังนี้

1) คาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำและไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ

หลังผ่านกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน พบว่า ปริมาณของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำและไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ มีค่าลดลงดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ปริมาณ DOC และ DON ก่อนและหลังกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

ลักษณะของน้ำ	DOC (mg/L)			DON (mg/L)
	Unfraction	HPI	HPO	Unfraction
raw water	7.5	4.1	2.3	0.60
membrane	7.1	4.4	2.3	0.56

raw water = น้ำดิบ

membrane = น้ำที่ผ่านกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

Unfraction = น้ำตัวอย่างก่อนแฟรกชัน

HPI = น้ำตัวอย่างหลังแฟรกชันชนิดชอบน้ำ

HPO = น้ำตัวอย่างหลังแฟรกชันชนิดไม่ชอบน้ำ

จากตารางที่ 4.10 จะเห็นว่ากระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนสามารถลดปริมาณของ DOC และ DON จาก 7.5 และ 0.60 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือ 7.1 และ 0.56 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ คิดเป็นสัดส่วนการกำจัด เท่ากับ 5 และ 7 เปอร์เซ็นต์

เมื่อสังเกตที่ปริมาณของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำและไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำจะเห็นว่า กระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนไม่สามารถลดปริมาณสารอินทรีย์ได้หรือลดได้ในปริมาณที่น้อยมาก ทั้งนี้เนื่องจากสารอินทรีย์ที่สนใจในการศึกษาครั้งนี้เป็นสารอินทรีย์ประเภทละลายน้ำซึ่งมีขนาดของโมเลกุลที่เล็กกว่า 0.45 ไมครอน ในขณะที่เซรามิกเมมเบรนที่ใช้มีขนาดรูพรุนของผิวตัวกรองขนาด 0.1 ไมครอน ดังนั้นโมเลกุลของสารอินทรีย์ที่เมมเบรนนี้กำจัดออกจากน้ำได้จะอยู่ในช่วง 0.45 ถึง 0.1 ไมครอน ซึ่งเป็นช่วงค่าความสามารถในการกำจัดที่ค่อนข้างแคบ นอกจากนี้ยังประเมินได้ว่า สารอินทรีย์ละลายน้ำส่วนใหญ่มีขนาดของโมเลกุลต่ำกว่า 0.1 ไมโครเมตร

2) ค่าการดูดกลืนแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร

หลังผ่านกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน พบว่า ค่าการดูดกลืนแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร มีค่าลดลงดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ค่า UV-254 ก่อนและหลังกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

ลักษณะของน้ำ	UV-254 (cm ⁻¹)
raw water	0.128
membrane	0.121

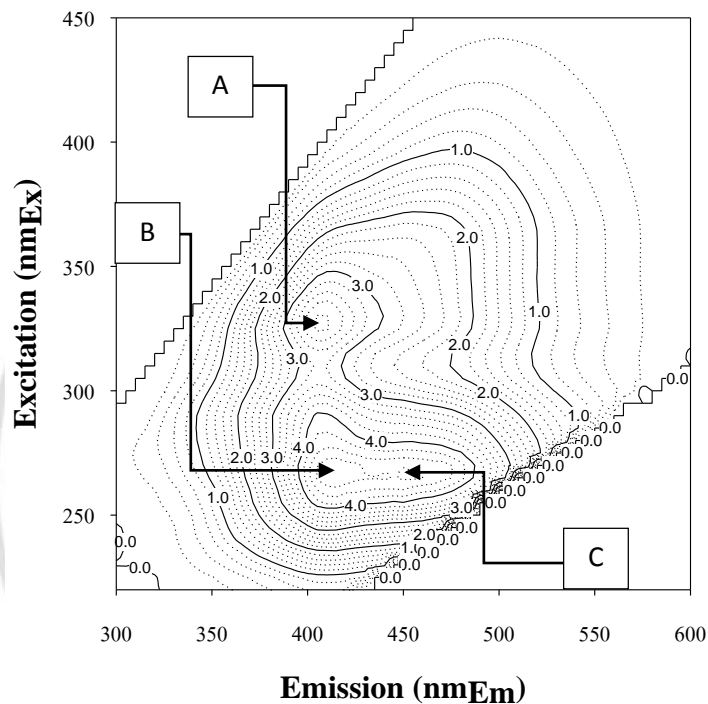
raw water = น้ำดิบ

membrane = น้ำที่ผ่านกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

จากตารางที่ 4.11 จะเห็นว่า กระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนสามารถลดค่า UV-254 จาก 0.128 ต่อเซนติเมตร เหลือ 0.121 ต่อเซนติเมตร ซึ่งเป็นค่าน้อยมากหรือแทบไม่มีการเปลี่ยนแปลง โดยค่า UV-254 เป็นค่าที่ใช้ประเมินปริมาณของสารอินทรีย์ในกลุ่มอะโรมาติกและพันธะคู่ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า เซรามิกเมมเบรนไม่มีประสิทธิภาพในการลดสารอินทรีย์ในกลุ่มอะโรมาติกและพันธะคู่

3) ความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์

หลังผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบผง พบว่า ความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ มีลักษณะดังแสดงดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ของน้ำที่ผ่านกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

จากรูป 4.9 จะเห็นได้ว่า ตำแหน่ง peak ทั้งสามตำแหน่ง ได้แก่ peak A B และ C ซึ่งปรากฏในน้ำดิบนั้นยังปรากฏในอยู่ที่ตำแหน่งเดิม ในขณะที่ความสูงของ peak ก็ไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นจะกล่าวได้ว่า เซรามิกเมมเบรนไม่มีประสิทธิภาพในการลดสารในกลุ่มฮิวมิกและฟุลวิกได้

4) โอกาสการก่อตัวของผลิตภัณฑ์ได้ที่เกิดจากการใช้คลอรีน

หลังผ่านกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน พบว่า โอกาสการก่อตัวของผลิตภัณฑ์ได้ที่เกิดจากการใช้คลอรีน มีค่าลดลงดังแสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 โอกาสการก่อตัวของผลิตภัณฑ์พลอยได้ที่เกิดจากการใช้คลอรีน ก่อนและหลัง
กระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

ลักษณะของน้ำ	TTHMFP (µg/L)			THANFP (µg/L)
	Unfraction	HPI	HPO	Unfraction
raw water	1,384	878	976	1
membrane	1,265	755	621	6

raw water = น้ำดิบ

membrane = น้ำที่ผ่านกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

TTHMFP = โอกาสการก่อตัวของสารกลุ่มไตรฮาโลมีเทน ซึ่งได้แก่ คลอโรฟอร์ม โบรโมไดคลอโรมีเทน ไดโบรโมคลอโรมีเทน และ โบรโมฟอร์ม

THANFP = โอกาสการก่อตัวของสารกลุ่มฮาโลอะซิโตนไตรัส ซึ่งได้แก่ โมโนคลอโรอะซิโตนไตรัส ไดคลอโรอะซิโตนไตรัส และ ไตรคลอโรอะซิโตนไตรัส

Unfraction = น้ำตัวอย่างก่อนแฟรกชัน

HPI = น้ำตัวอย่างหลังแฟรกชันชนิดชอบน้ำ

HPO = น้ำตัวอย่างหลังแฟรกชันชนิดไม่ชอบน้ำ

จากตารางที่ 4.12 จะเห็นว่ากระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนสามารถลดปริมาณของ TTHMFP และ THANFP ก่อนแฟรกชันจาก 1,384 และ 1 ไมโครกรัมต่อลิตร เหลือ 1,265 และ 6 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ คิดเป็นสัดส่วนการลดลงของ TTHMFP เท่ากับ 9 เปอร์เซ็นต์เนื่องจากค่า TTHMFP ที่วิเคราะห์ได้นั้น ไม่ได้เป็นที่เกิดขึ้นจริงเป็นเพียงโอกาสการก่อตัวที่สามารถเกิดสารในกลุ่มไตรฮาโลมีเทนได้สูงสุดเท่านั้น จึงไม่สามารถนำมาสรุปได้ว่า ค่าที่วิเคราะห์ได้จะเกิดขึ้นจริงในปริมาณเท่าไร แต่สามารถบอกได้เพียงว่ามีโอกาสที่จะเกิดขึ้นได้ในปริมาณสูงสุดเท่าไร ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทนที่เกิดจากการใช้คลอรีนในน้ำหลังผ่านกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนก่อนแฟรกชันกับค่ามาตรฐานพบว่า ค่าที่วิเคราะห์ได้นั้นก็ยังไม่ผ่านมาตรฐานของ USEPA และ WHO

5) กลไกการกำจัดสารอินทรีย์

การกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนซึ่งมีขนาดรูพรุนเท่ากับ 0.1 ไมครอนหรือมีขนาดของรูพรุนเป็นระดับอัลตรา จะใช้การกรองโดยอาศัยขนาดของรูพรุนในการแยกสารอินทรีย์ออกจากน้ำ หลักการทำงานของกระบวนการเมมเบรน คือ การอาศัยความดันเป็นแรงขับเคลื่อนทำให้สารละลายไหลผ่านเมมเบรนและเกิดการแยก โดยพิจารณาได้จากขนาดรูพรุน (จิระรัตนานนท์, 2541)

4.3.3 กระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

จากการศึกษากระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน จะเริ่มต้นจากการนำถ่านกัมมันต์ชนิดผง (PAC) ในอัตราส่วนของถ่านกัมมันต์ 1,000 มิลลิกรัมต่อน้ำตัวอย่าง 1 ลิตร ผสมลงไปใต้น้ำแล้วนำไปทำให้เกิดการปั่นป่วนด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำน้ำตัวอย่างพร้อมทั้งผงถ่านกัมมันต์เข้าระบบการกรองโดยใช้เซรามิกเมมเบรนขนาดรูพรุน 0.1 ไมโครเมตรทันทีโดยไม่ต้องแยกถ่านออกจากน้ำหรือรอให้ถ่านตกตะกอน ทำการเดินระบบแบบทีละเท (Batch experiment) โดยที่น้ำตัวอย่างจะไหลผ่านตัวเมมเบรนแบบการไหลข้ามข้าง (Cross Flow) ที่ความดันเท่ากับ 0.1 เมกะปาสคาล เมื่อทำการเดินระบบเสร็จจะเก็บน้ำที่ออกจากด้านเพอมีอเทมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ต่างๆดังนี้

- 1) คาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำและไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ

หลังผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน พบว่า ปริมาณของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำและไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ มีค่าลดลงดังแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ปริมาณ DOC และ DON ก่อนและหลังกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

ลักษณะของน้ำ	DOC (mg/L)			DON (mg/L)
	Unfraction	HPI	HPO	Unfraction
raw water	7.5	4.1	2.3	0.60
ad.+memb.	1.3	1.0	0.2	0.15

raw water = น้ำดิบ

ad.+memb. = น้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

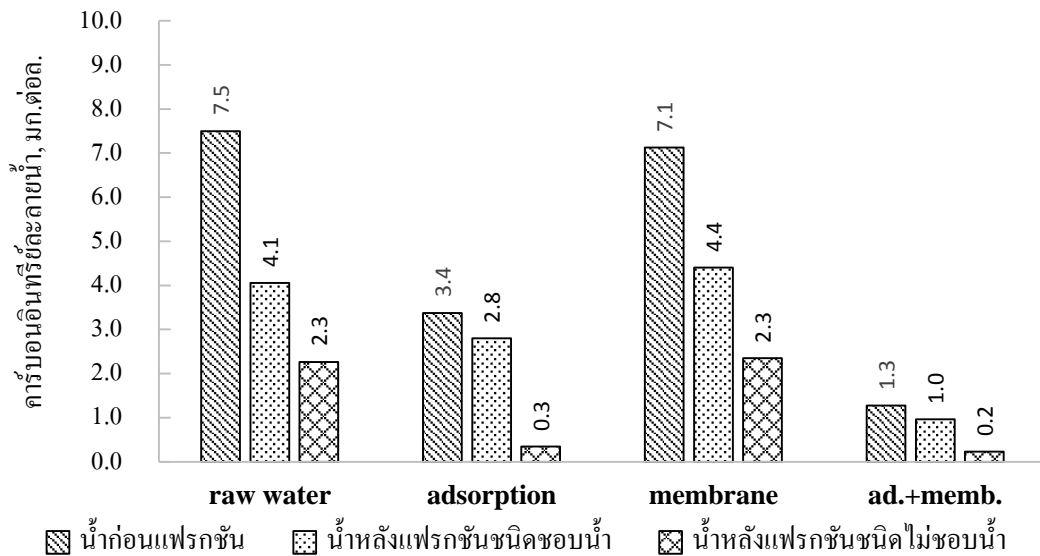
Unfraction = น้ำตัวอย่างก่อนแฟรกชัน

HPI = น้ำตัวอย่างหลังแฟรกชันชนิดชอบน้ำ

HPO = น้ำตัวอย่างหลังแฟรกชันชนิดไม่ชอบน้ำ

จากตารางที่ 4.13 จะเห็นว่ากระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนสามารถลดปริมาณของ DOC และ DON จาก 7.5 และ 0.60 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือ 1.3 และ 0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ คิดเป็นสัดส่วนการกำจัด เท่ากับ 83 และ 75 เปอร์เซ็นต์

ทั้งนี้เมื่อนำปริมาณของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำและไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำของทั้ง 3 กระบวนการกำจัดมาเปรียบเทียบกันจะได้ข้อมูลดังแสดงรูปที่ 4.10 และ 4.11



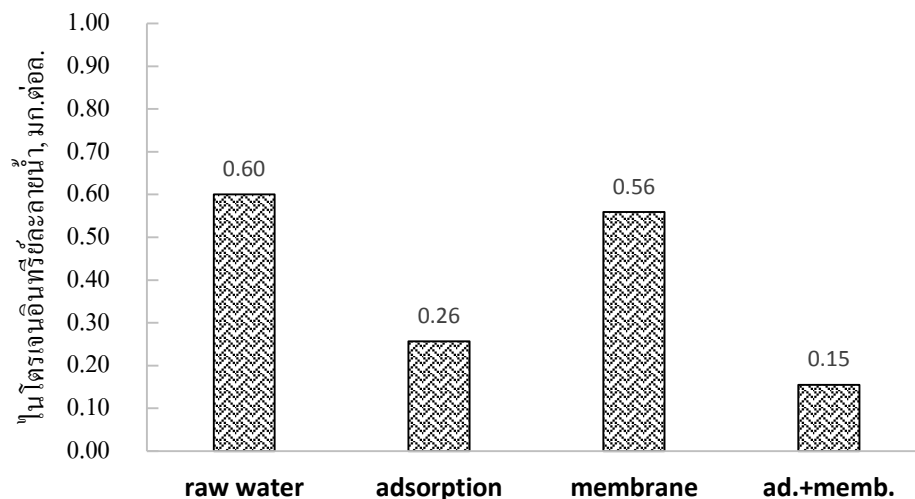
raw water : น้ำดิบ

adsorption : น้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์

membrane : น้ำที่ผ่านกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

ad.+memb. : น้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

รูปที่ 4.10 ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำก่อนและหลังผ่านกระบวนการบำบัด



raw water : น้ำดิบ

adsorption : น้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์

membrane : น้ำที่ผ่านกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

ad.+memb. : น้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

รูปที่ 4.11 ปริมาณไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำก่อนและหลังผ่านกระบวนการบำบัด

จากรูปที่ 4.10 และ 4.11 จะเห็นว่า เมื่อนำกระบวนการกำจัดสารอินทรีย์ทั้ง 3 แบบ ซึ่งได้แก่ กระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ กระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน และ กระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน มาเปรียบเทียบกันจะพบว่า กระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนจะสามารถกำจัดสารอินทรีย์ ในรูปของคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำและไนโตรเจนอินทรีย์ละลายน้ำ ได้มากที่สุด รองลงมาเป็น กระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน ตามลำดับ ซึ่งสาเหตุ อาจเนื่องมาจาก เมื่อน้ำตัวอย่างผ่านการดูดซับสารอินทรีย์ด้วยผงถ่านกัมมันต์แล้วจะถูกนำไปผ่าน ระบบการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนต่อในทันทีโดยไม่มี การนำผงถ่านกัมมันต์ออกจากน้ำก่อน ซึ่ง เมื่อผงถ่านกัมมันต์นี้ถูกนำไปผ่านกระบวนการเมมเบรนจะไปอุดตันอยู่ที่บริเวณผิวหน้าของเมมเบรน ทำให้อนุภาคของน้ำที่จะผ่านตัวเมมเบรนมีโอกาที่จะสัมผัสอนุภาคของผงถ่านกัมมันต์ได้มากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพของกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ดีขึ้น

2) ค่าการดูดกลืนแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร

หลังผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนพบว่า ค่าการดูดกลืนแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร มีค่าลดลงดังแสดงในตารางที่ 4.14

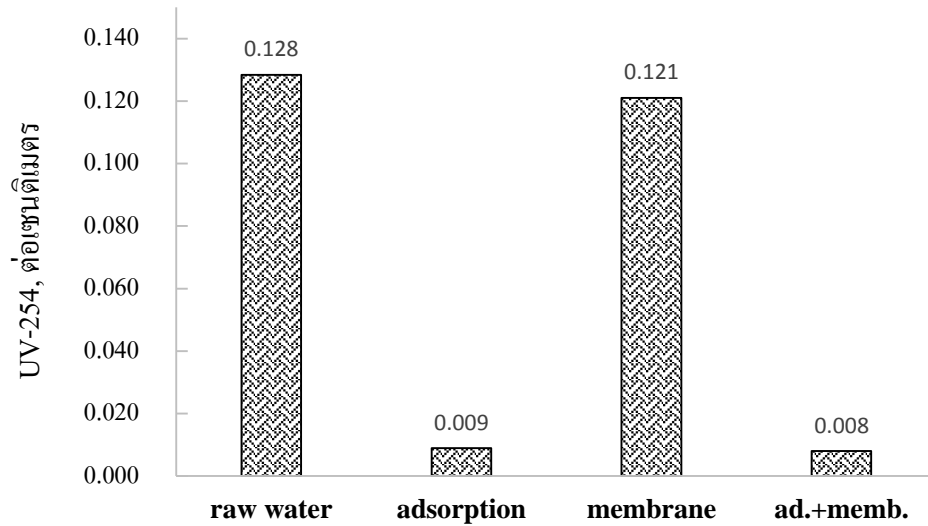
ตารางที่ 4.14 ค่า UV-254 ก่อนและหลังกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

ลักษณะของน้ำ	UV-254 (cm^{-1})
raw water	0.128
ad.+memb.	0.008

raw water = น้ำดิบ

ad.+memb. = น้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

จากตารางที่ 4.14 จะเห็นว่า กระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนสามารถลดค่า UV-254 จาก 0.128 ต่อเซนติเมตร เหลือ 0.008 ต่อเซนติเมตร ซึ่งค่า UV-254 เป็นค่าที่ใช้ประเมินปริมาณของสารอินทรีย์ในกลุ่มอะโรมาติกและพันธะคู่ จึงกล่าวได้ว่า กระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนนั้นมีประสิทธิภาพในการลดสารอินทรีย์ในกลุ่มอะโรมาติกและพันธะคู่ได้ แต่จากขั้นตอนการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์โดยใช้กระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนเพียงอย่างเดียว พบว่า เซรามิกเมมเบรนไม่สามารถกำจัดสารอินทรีย์ในกลุ่มอะโรมาติกและพันธะคู่ได้และค่า UV-254 ที่เหลือจากกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนก็มีค่าใกล้เคียงกับค่า UV-254 ที่เหลือจากกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์เพียงอย่างเดียว (ซึ่งจะแสดงค่าเปรียบเทียบผลการลดลงของค่า UV-254 ของกระบวนการต่างๆ ในรูปที่ 4.12) ดังนั้นจากข้อมูลประกอบทั้งหมดจึงสามารถสรุปได้ว่า ผลของการลดลงทั้งหมดของค่า UV-254 ในกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนเกิดขึ้นในขั้นตอนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แต่เพียงอย่างเดียว



raw water : น้ำดิบ

adsorption : น้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์

membrane : น้ำที่ผ่านกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

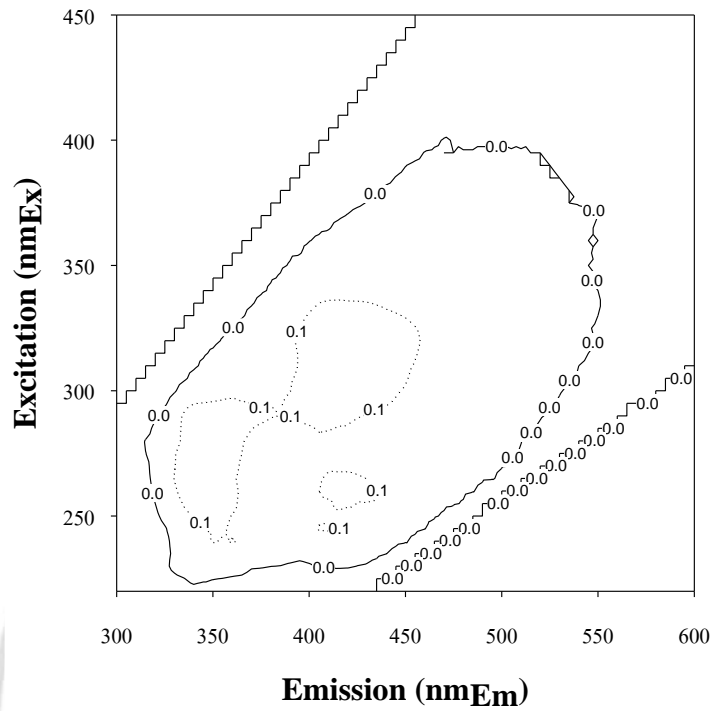
ad.+memb. : น้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

รูปที่ 4.12 ค่าการดูดกลืนแสงอัตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตรก่อนและหลังผ่านกระบวนการบำบัด

3) ความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์

หลังผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนพบว่า ความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ มีลักษณะดังแสดงดังรูปที่ 4.13

สงวนลิขสิทธิ์โดยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ของน้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

จากรูป 4.13 จะเห็นได้ว่า ตำแหน่ง peak ทั้งสามตำแหน่ง ที่ปรากฏในน้ำดิบนั้น หายไปหรือมีขนาดเล็กลงอย่างชัดเจน ซึ่งสังเกตได้จากความสูงของ peak ดังนั้นจะกล่าวได้ว่า กระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนมีประสิทธิภาพในการลดสารอินทรีย์ในกลุ่มฮิวมิกและฟุลวิกได้ แต่จากขั้นตอนการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ โดยการใช้กระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนเพียงอย่างเดียว พบว่า เซรามิกเมมเบรนไม่สามารถกำจัดสารอินทรีย์ในกลุ่มฮิวมิกและฟุลวิกได้หรือได้น้อยมาก ดังนั้นจากข้อมูลประกอบนี้จึงสามารถสรุปได้ว่า ผลของการลดลงทั้งหมดของ peak ทั้งสามตำแหน่งจากการวิเคราะห์ความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ในน้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนเกิดขึ้นจากขั้นตอนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แต่เพียงอย่างเดียว

4) โอกาสการก่อตัวของผลิตภัณฑ์ที่ได้ที่เกิดจากการใช้คลอรีน

หลังผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน พบว่า โอกาสการก่อตัวของผลิตภัณฑ์ที่ได้ที่เกิดจากการใช้คลอรีน มีค่าลดลงดังแสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 โอกาสการก่อตัวของผลิตภัณฑ์ที่ได้ที่เกิดจากการใช้คลอรีน ก่อนและหลัง กระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

ลักษณะของน้ำ	TTHMFP ($\mu\text{g/L}$)			THANFP ($\mu\text{g/L}$)
	Unfraction	HPI	HPO	Unfraction
raw water	1,384	878	976	1
ad.+memb.	159	144	183	ND

ND = ตรวจไม่พบ

raw water = น้ำดิบ

ad.+memb. = น้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

TTHMFP = โอกาสการก่อตัวของสารกลุ่มไตรฮาโลมีเทน ซึ่งได้แก่ คลอโรฟอร์ม ไบรโมไดคลอโรมีเทน ได-ไบรโมคลอโรมีเทน และ ไบรโมฟอร์ม

THANFP = โอกาสการก่อตัวของสารกลุ่มฮาโลอะซิโตนไนไตรล์ ซึ่งได้แก่ โมโนคลอโรอะซิโตนไนไตรล์ ไดคลอโรอะซิโตนไนไตรล์ และ ไตรคลอโรอะซิโตนไนไตรล์

Unfraction = น้ำตัวอย่างก่อนแฟรกชัน

HPI = น้ำตัวอย่างหลังแฟรกชันชนิดชอบน้ำ

HPO = น้ำตัวอย่างหลังแฟรกชันชนิดไม่ชอบน้ำ

จากตารางที่ 4.15 จะเห็นว่ากระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนสามารถลดปริมาณของ TTHMFP ก่อนแฟรกชันจาก 1,384 ไมโครกรัมต่อลิตร เหลือ 159 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ คิดเป็นสัดส่วนการลดลงของ TTHMFP เท่ากับ 89 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่า THANFP พบโอกาสเกิดเฉพาะในน้ำดิบในปริมาณ 1 ไมโครกรัมต่อลิตร เนื่องจากค่า THANFP ที่วิเคราะห์ได้นั้น ไม่ได้เป็นที่เกิดขึ้นจริงเป็นเพียงโอกาสการก่อตัวที่สามารถเกิดสารในกลุ่มไตรฮาโลมีเทนได้สูงสุดเท่านั้น จึงไม่สามารถนำมาสรุปได้ว่า ค่าที่วิเคราะห์ได้จะเกิดขึ้นจริงในปริมาณเท่าไร แต่สามารถบอกได้เพียงว่ามีโอกาสที่จะเกิดขึ้นได้ในปริมาณสูงสุดเท่าไร ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทนที่เกิดจากการใช้คลอรีนในน้ำหลังผ่านกระบวนการ

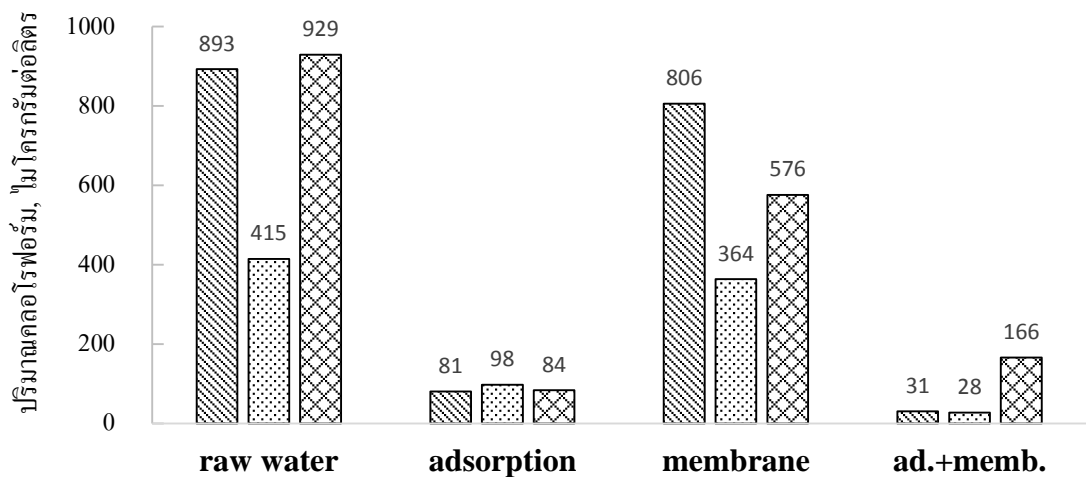
ดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนก่อนแฟรกชันกับค่ามาตรฐานพบว่า ค่าที่วิเคราะห์ได้นั้นก็ยังไม่ผ่านมาตรฐานของ USEPA และ WHO

4.4 การก่อตัวของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการใช้คลอรีน

4.4.1 การก่อตัวของสารในกลุ่มไตรฮาโลมีเทน

1) การศึกษาโอกาสการก่อตัวของสารคลอโรฟอร์ม

จากการศึกษาโอกาสการก่อตัวของสารคลอโรฟอร์มในน้ำดิบ น้ำหลังผ่านกระบวนการบำบัดและน้ำหลังการแฟรกชันแล้วได้ผล ดังแสดงในรูปที่ 4.14



▨ น้ำก่อนแยกแฟรกชัน ▩ น้ำหลังแยกแฟรกชันประเภทชอบน้ำ ▩ น้ำหลังแยกแฟรกชันประเภทไม่ชอบน้ำ

raw water : น้ำดิบ

adsorption : น้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์

membrane : น้ำที่ผ่านกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

ad.+memb. : น้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

รูปที่ 4.14 ปริมาณโอกาสการก่อตัวของคลอโรฟอร์มในน้ำประเภทต่างๆ

โอกาสการก่อตัวของคลอโรฟอร์มในน้ำดิบ น้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบผง น้ำที่ผ่านกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน และน้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนพบว่า ปริมาณคลอโรฟอร์มในน้ำ

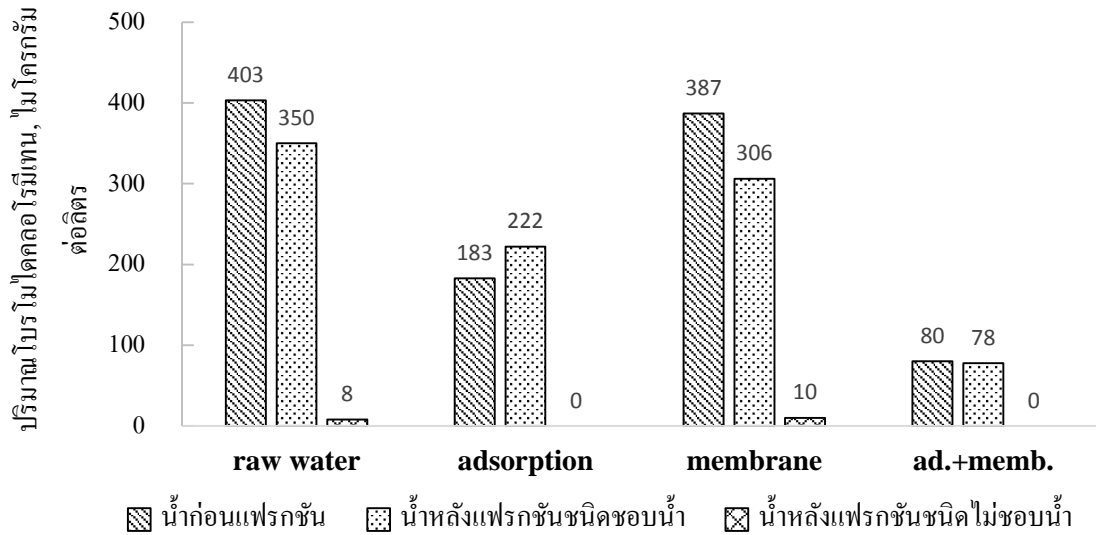
เท่ากับ 893, 81 806 และ 31 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และเมื่อนำน้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการบำบัดทั้ง 3 แบบมาเข้ากระบวนการแฟรกชันต่อแล้วนำไปศึกษาโอกาสการก่อตัวของคลอโรฟอร์มจะพบว่า ในน้ำดิบหลังแฟรกชันชนิดชอบน้ำและชนิดไม่ชอบน้ำมีปริมาณคลอโรฟอร์มเท่ากับ 415 และ 929 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนน้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบผง กระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน และกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนหลังแฟรกชันชนิดชอบน้ำจะมีปริมาณคลอโรฟอร์มเท่ากับ 98 364 และ 28 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และหลังแฟรกชันชนิดไม่ชอบน้ำจะมีปริมาณคลอโรฟอร์มเท่ากับ 84 576 และ 166 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

จากแนวโน้มของกราฟพบว่า หลังผ่านกระบวนการแฟรกชันแยกแล้วความสามารถในการก่อตัวของสารคลอโรฟอร์มจะมากขึ้น และเมื่อพิจารณาการก่อตัวในสารอินทรีย์ทั้ง 2 ประเภทจะพบว่า สารอินทรีย์ละลายน้ำชนิดไม่ชอบน้ำสามารถก่อตัวได้ดีกว่าสารอินทรีย์ละลายน้ำชนิดชอบน้ำ

2) การศึกษาโอกาสการก่อตัวของสาร โบรโมไดคลอโรมีเทน

จากการศึกษาโอกาสการก่อตัวของสาร โบรโมไดคลอโรมีเทนในน้ำดิบ น้ำหลังผ่านกระบวนการบำบัดและน้ำหลังการแฟรกชันแล้วได้ผล ดังแสดงในรูปที่ 4.15

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



raw water : น้ำดิบ

adsorption : น้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์

membrane : น้ำที่ผ่านกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

ad.+memb. : น้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

รูปที่ 4.15 โอกาสการก่อตัวของปริมาณโบรโมไคคลอโรมีเทนในน้ำประเภทต่างๆ

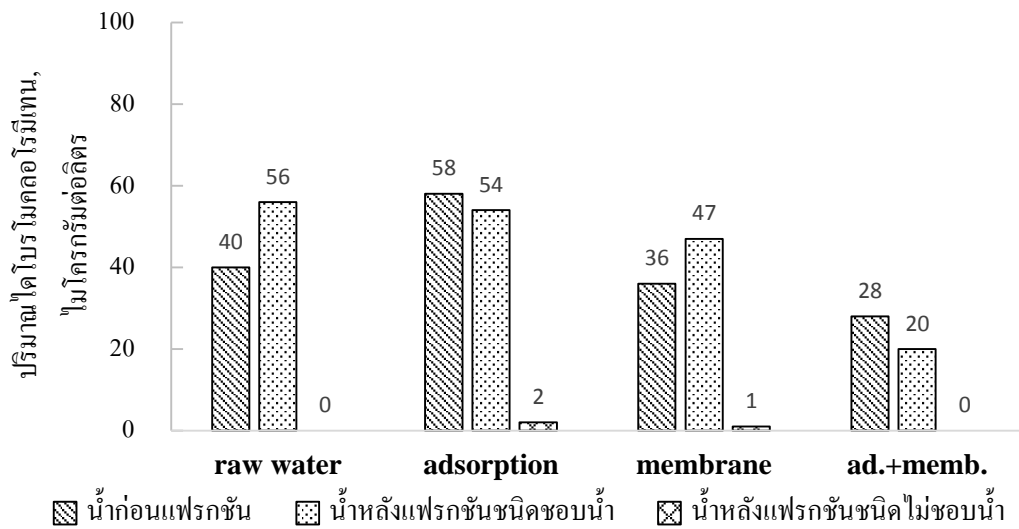
โอกาสการก่อตัวของสารโบรโมไคคลอโรมีเทนในน้ำดิบ น้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบผง น้ำที่ผ่านกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนและน้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนพบว่า ปริมาณโบรโมไคคลอโรมีเทนในน้ำเท่ากับ 403 183 387 และ 80 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และเมื่อนำน้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการบำบัดทั้ง 3 แบบมาเข้ากระบวนการแฟรกชันต่อแล้วนำไปศึกษาโอกาสการก่อตัวของโบรโมไคคลอโรมีเทน จะพบว่า ในน้ำดิบหลังแฟรกชันชนิดชอบน้ำและชนิดไม่ชอบน้ำมีปริมาณคลอโรฟอร์มเท่ากับ 350 และ 8 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนน้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบผง กระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน และกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนหลังแฟรกชันชนิดชอบน้ำจะมีปริมาณโบรโมไคคลอโรมีเทนเท่ากับ 222 306 และ 78 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และหลังแฟรกชันชนิดไม่ชอบน้ำจะพบสารโบรโมไคคลอโรมีเทนเฉพาะในน้ำที่ผ่านกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนเท่านั้นและพบเพียง 10 ไมโครกรัมต่อลิตร

จากแนวโน้มของกราฟพบว่า ส่วนใหญ่สารโบรโมไคคลอโรมีเทนจะถูกพบจากกลุ่มของสารอินทรีย์ชนิดชอบน้ำ ดังนั้นอาจอธิบายได้ว่า โบรโมไคคลอโรมีเทนก่อตัวมาจาก

สารอินทรีย์ชนิดชอบน้ำมากกว่าไม่ชอบน้ำหรือเนื่องจากปริมาณสารอินทรีย์ละลายน้ำประเภทชอบน้ำ มีปริมาณที่มากกว่าประเภทไม่ชอบน้ำทำให้โอกาสในการเข้าทำปฏิกิริยาระหว่างสารตั้งต้นกับคลอรีน มีสูงขึ้นสามารถก่อตัวจากสารอินทรีย์ชนิดชอบน้ำได้มากกว่าชนิดไม่ชอบน้ำ

3) การศึกษาโอกาสการก่อตัวของสารไดโบรโมคลอโรมีเทน

จากการศึกษาโอกาสการก่อตัวของสารไดโบรโมคลอโรมีเทนในน้ำดิบ น้ำหลัง ผ่านกระบวนการบำบัดและน้ำหลังการแฟรงชันแล้วได้ผล ดังแสดงในรูปที่ 4.16



raw water : น้ำดิบ

adsorption : น้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์

membrane : น้ำที่ผ่านกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

ad.+memb. : น้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

รูปที่ 4.16 โอกาสการก่อตัวของปริมาณไดโบรโมคลอโรมีเทนในน้ำประเภทต่างๆ

โอกาสการก่อตัวของสารไดโบรโมคลอโรมีเทนในน้ำดิบ น้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบผง น้ำที่ผ่านกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน และน้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนพบว่า ปริมาณโบรโมไดคลอโรมีเทนในน้ำเท่ากับ 40 58 36 และ 28 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และเมื่อนำน้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการบำบัดทั้ง 3 แบบมาเข้ากระบวนการแฟรงชันต่อแล้วนำไปศึกษาโอกาสการก่อตัวของไดโบรโมคลอโรมีเทนจะพบว่า ในน้ำดิบหลังแฟรงชันตรวจพบเฉพาะในสารอินทรีย์ชนิด

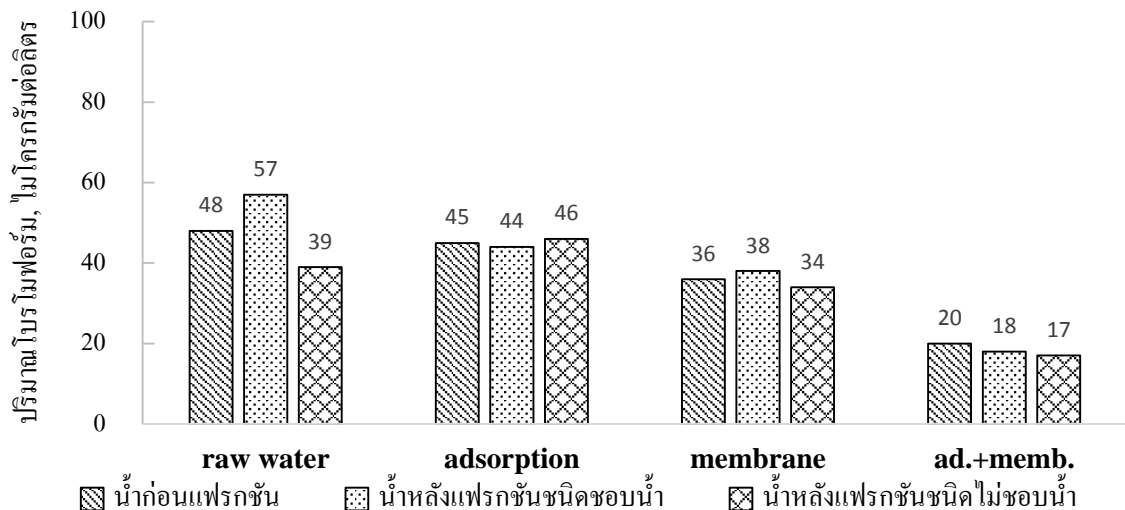
ชอบน้ำ โดยพบ 56 ไมโครกรัมต่อลิตร ส่วนน้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบผง กระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน และกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนหลังแฟรกชันชนิดชอบน้ำจะมีปริมาณไดโอรโมคลอโรมีเทนเท่ากับ 54.47 และ 20 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และหลังแฟรกชันชนิดไม่ชอบน้ำจะพบสารไดโอรโมคลอโรมีเทนเฉพาะในน้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนเท่านั้นและพบเพียง 2 และ 1 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

จากแนวโน้มของกราฟพบว่า หลังแยกสารอินทรีย์เป็นประเภทชอบน้ำและไม่ชอบน้ำแล้วจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า ส่วนใหญ่สารไดโอรโมคลอโรมีเทนจะถูกพบจากกลุ่มของสารอินทรีย์ชนิดชอบน้ำ ดังนั้นอาจอธิบายได้ว่าสารไดโอรโมคลอโรมีเทนก่อตัวมาจากสารอินทรีย์ชนิดชอบน้ำมากกว่าไม่ชอบน้ำหรือเนื่องจากปริมาณสารอินทรีย์ละลายน้ำประเภทชอบน้ำมีปริมาณที่มากกว่าประเภทไม่ชอบน้ำทำให้โอกาสในการเข้าทำปฏิกิริยาระหว่างสารตั้งต้นกับคลอรีนมีสูงขึ้น ซึ่งก็สอดคล้องกับการก่อตัวในสารโบรโมไดคลอโรมีเทน

4) การศึกษาโอกาสการก่อตัวของสารโบรโมฟอร์ม

จากการศึกษาโอกาสการก่อตัวของสารโบรโมฟอร์มในน้ำดิบ น้ำหลังผ่านกระบวนการบำบัดและน้ำหลังการแฟรกชันแล้วได้ผล ดังแสดงในรูปที่ 4.17

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



raw water : น้ำดิบ

adsorption : น้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์

membrane : น้ำที่ผ่านกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

ad.+memb. : น้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

รูปที่ 4.17 โอกาสการก่อตัวของปริมาณ โบรโมฟอร์มในน้ำประเภทต่างๆ

โอกาสการก่อตัวของสารโบรโมฟอร์มในน้ำดิบ น้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบผง น้ำที่ผ่านกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน และน้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนพบว่า ปริมาณโบรโมฟอร์มในน้ำเท่ากับ 48 45 36 และ 20 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และเมื่อนำน้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการบำบัดทั้ง 3 แบบมาเข้ากระบวนการแฟรกชันต่อแล้วนำไปศึกษาโอกาสการก่อตัวของโบรโมฟอร์ม จะพบว่า ในน้ำดิบหลังแฟรกชันชนิดชอบน้ำและชนิดไม่ชอบน้ำมีปริมาณคลอโรฟอร์มเท่ากับ 57 และ 39 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนน้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบผง กระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน และกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนหลังแฟรกชันชนิดชอบน้ำจะมีปริมาณโบรโมฟอร์มเท่ากับ 44 38 และ 18 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และหลังแฟรกชันชนิดไม่ชอบน้ำจะมีปริมาณโบรโมฟอร์มเท่ากับ 46 34 และ 17 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

จากแนวโน้มของกราฟพบว่า หลังผ่านกระบวนการแฟรกชันแล้วความสามารถในการก่อตัวของสารโบรโมฟอร์มจะมากขึ้น อาจเนื่องมาจากคลอรีนสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับสารในกลุ่มที่จำเพาะเจาะจงได้ดีขึ้นและยังพบว่า สารอินทรีย์ละลายน้ำชนิดไม่ชอบน้ำสามารถก่อตัวได้

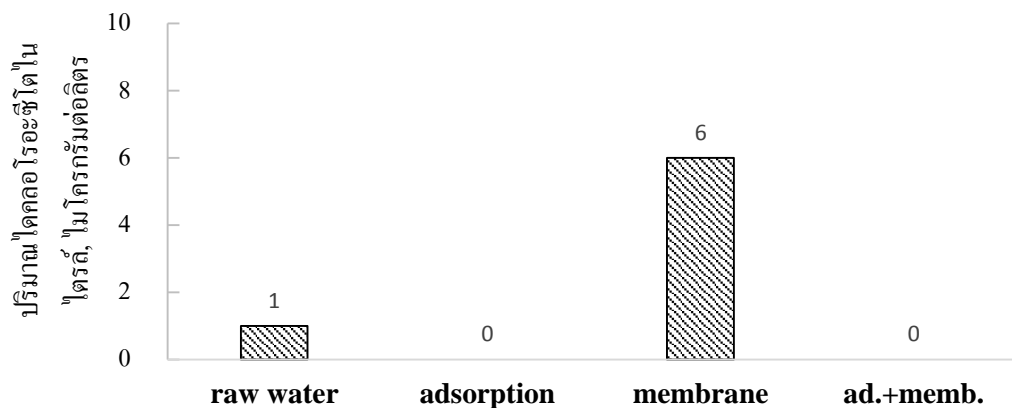
ดีกว่าสารอินทรีย์ละลายน้ำชนิดชอบน้ำ นอกจากนั้นน้ำที่ผ่านกระบวนการบำบัดด้วยเมมเบรนยังมีประสิทธิภาพในการลดโอกาสในการก่อตัวของไบโอฟิล์มได้ดีกว่าน้ำที่ผ่านกระบวนการบำบัดด้วยการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์แบบผง

5) กลไกการก่อตัวของสารกลุ่มไตรฮาโลมีเทน

หลังผ่านกระบวนการบำบัดพบว่า การก่อตัวของสารในกลุ่มไตรฮาโลมีเทนที่มีคลอรีนเป็นธาตุองค์ประกอบหลักมีการลดลงอย่างชัดเจน ซึ่งค่าการก่อตัวนี้ลดลงตามปริมาณการลดลงของสารตั้งต้นซึ่งได้แก่ สารอินทรีย์ละลายน้ำต่างๆ ที่เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อปริมาณการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทนที่เกิดขึ้น (Hua and Reckhow, 2007) ส่วนการก่อตัวของสารในกลุ่มไตรฮาโลมีเทนที่มีโบรมีนเป็นองค์ประกอบหลักการลดลงหรือเพิ่มขึ้นจะไม่เป็นไปตามปริมาณสารตั้งต้น แต่จะเป็นไปตามสารฆ่าเชื้อที่เข้าทำปฏิกิริยากับสารตั้งต้น ซึ่งก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีผลต่อโอกาสการก่อตัวของผลิตภัณฑ์ได้ที่เกิดจากสารฆ่าเชื้อ

4.4.2 การก่อตัวของสารในกลุ่มฮาโลอะซีโตไนไตรล์

จากการศึกษาโอกาสการก่อตัวของสารในกลุ่มฮาโลอะซีโตไนไตรล์ พบเพียงการก่อตัวของสารไดคลอโรอะซีโตไนไตรล์ ดังแสดงในรูปที่ 4.18



raw water : น้ำดิบ

adsorption : น้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์

membrane : น้ำที่ผ่านกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

ad.+memb. : น้ำที่ผ่านกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน

รูปที่ 4.18 โอกาสการก่อตัวของสารไดคลอโรอะซีโตไนไตรล์ในน้ำประเภทต่างๆ

โอกาสการก่อตัวของสารไดคลอโรอะซิโตนในไตรล์พบว่า ในน้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการเมมเบรนมีการก่อตัวเท่ากับ 1 และ 6 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

จากการศึกษางานวิจัยต่างๆก่อนหน้านี้พบว่า สาเหตุของการเพิ่มขึ้นของการก่อตัวของ N-DBPs หลังผ่านกระบวนการกำจัดสารอินทรีย์ นั้นอาจมีความเกี่ยวข้องกับอัตราส่วนระหว่าง DOC ต่อ DON หรือปริมาณแอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำตัวอย่าง กรณีแรกอัตราส่วนระหว่าง DOC ต่อ DON จากการศึกษาแนวโน้มที่ส่งผลต่อการก่อตัวของ N-DBPs พบว่า หาก DOC ต่อ DON มีค่าลดลงจะทำให้ตรวจพบการก่อตัวของ N-DBPs เพิ่มมากขึ้น ซึ่งอธิบายได้ว่า เมื่อปริมาณของ DOC ลดลง ก็เท่ากับว่าปริมาณของสารตั้งต้นในการก่อตัวของ THMs ลดลงเช่นกัน ดังนั้นคลอรีนก็จะมีโอกาสเข้าทำปฏิกิริยากับ DON ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของ HANs ได้มากขึ้น ทำให้การก่อตัวของ HANs เพิ่มมากขึ้นตาม(Lee et al., 2007) และเมื่อนำผลของงานวิจัยนี้มาพิจารณาพบว่า อัตราส่วนของ DOC ต่อ DON ในน้ำหลังผ่านการบำบัดด้วยเซรามิกเมมเบรนมีค่าเพิ่มขึ้นจากในน้ำดิบ โดยอัตราส่วนของ DOC ต่อ DON เพิ่มขึ้นเป็น 12.7 ในน้ำหลังการบำบัดจาก 12.5 ในน้ำดิบ ซึ่งจากผลที่ได้การวิจัยนี้ก็ขัดแย้งกับสมมติฐานของ Lee และคณะ (2007)

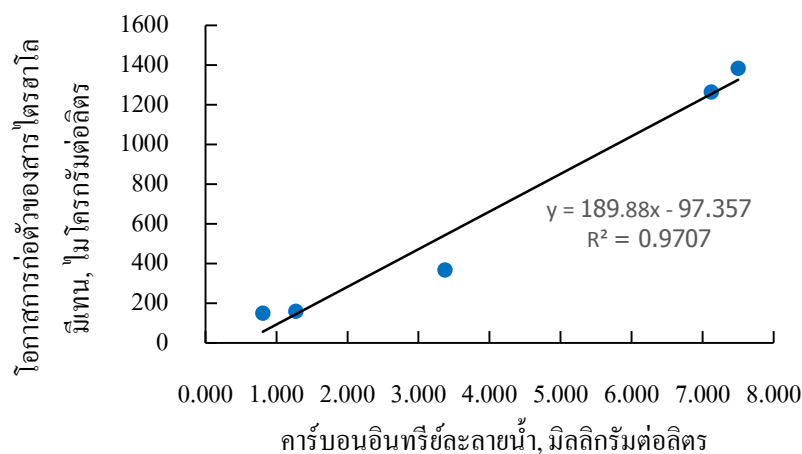
กรณีที่ 2 คือ การก่อตัวของ HANs มีความเกี่ยวข้องกับปริมาณของ $\text{NH}_3\text{-N}$ โดย $\text{NH}_3\text{-N}$ จะทำปฏิกิริยากับคลอรีนและก่อให้เกิดสารประกอบคลอรามิน 3 ชนิด ได้แก่ โมโนคลอรามิน (NH_2Cl), ไดคลอรามิน (NHCl_2) และไตรคลอรามิน (NCl_3) (White, 1992) การก่อตัวของคลอรามินนั้นขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างปริมาณคลอรีนต่อปริมาณ $\text{NH}_3\text{-N}$ และคลอรามินจะทำปฏิกิริยากับกรดฮิวมิกหรือสารฮิวมิกอื่นๆ เกิดเป็น HANs (Trehy et al., 1986) ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าปริมาณ $\text{NH}_3\text{-N}$ ในน้ำหลังการบำบัดอาจมีอัตราส่วนที่ทำปฏิกิริยาที่พอดีกับคลอรีนทำให้การก่อตัวของคลอรามินมากขึ้น ทำให้การก่อตัวของ HANs เพิ่มขึ้นมากตามไปด้วย

4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างโอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทนกับดัชนีตัวแทนสารอินทรีย์ละลายน้ำต่างๆ

การศึกษาความสัมพันธ์โอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทนกับดัชนีตัวแทนสารอินทรีย์ละลายน้ำต่างๆ เป็นการหาความเกี่ยวข้องของตัวแปร 2 ตัวแปร ซึ่งนำไปสู่การทำนายการเกิดของตัวแปรหนึ่งจากอีกตัวแปรหนึ่ง ซึ่งการจำแนกระดับความสัมพันธ์นั้นจะใช้ค่าทางสถิติซึ่งก็คือ ค่า R-Squared จำแนกออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับแรก R-Squared > 0.9 แสดงว่าความสัมพันธ์อยู่ในระดับดี ระดับที่สอง R-Squared อยู่ในช่วงระหว่าง 0.7 ถึง 0.9 แสดงว่าความสัมพันธ์อยู่ในระดับปาน

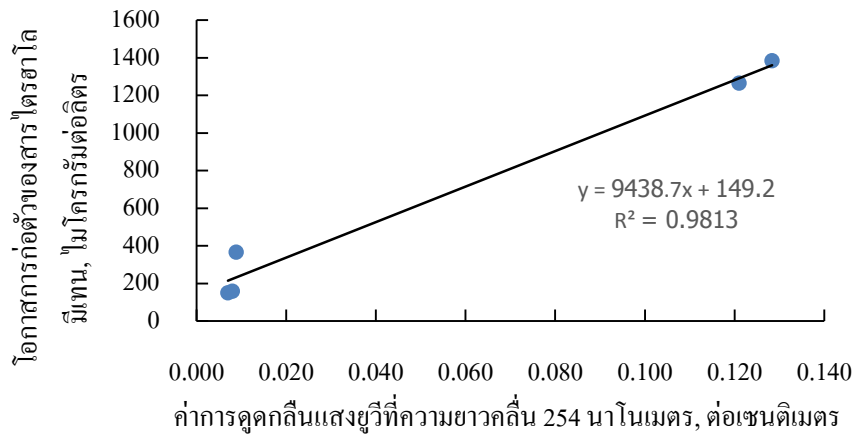
กลาง ระดับที่สาม R-Squared อยู่ในช่วงระหว่าง 0.5 ถึง 0.7 แสดงว่าความสัมพันธ์อยู่ในระดับพอใช้ และระดับที่สี่ R-Squared < 0.5 แสดงว่าความสัมพันธ์อยู่ในระดับไม่ดี (AWWA, 1993)

รูปที่ 4.19-4.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทนกับดัชนีตัวแทนสารอินทรีย์ละลายน้ำต่างๆ ในน้ำดิบ น้ำหลังกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ น้ำหลังกระบวนการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรน น้ำหลังกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนแบบที่ 1 และน้ำหลังกระบวนการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์และการกรองด้วยเซรามิกเมมเบรนแบบที่ 2 โดยจากการศึกษาพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างโอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทนกับคาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำและความสัมพันธ์ระหว่างโอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทนกับค่าการดูดกลืนแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตรมีความสัมพันธ์ระดับดี ซึ่งมีค่า R-Squared เท่ากับ 0.9707 และ 0.9813 ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างโอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทนกับ SUVA มีความสัมพันธ์ระดับปานกลาง ซึ่งมีค่า R-Squared เท่ากับ 0.7883

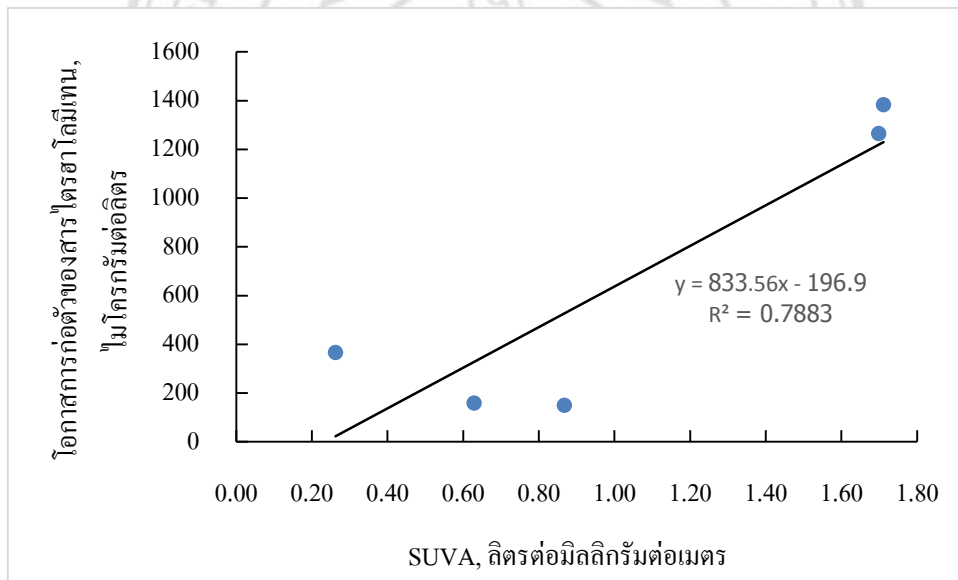


รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างโอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทนกับคาร์บอนอินทรีย์ละลาย

Copyright © by Chang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างโอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทนกับค่าการดูดกลืนแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร



รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างโอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทนกับค่า SUVA

จากความสัมพันธ์ระหว่างโอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทนกับดัชนีตัวแทนสารอินทรีย์ละลายน้ำต่างๆ สามารถนำมาทำเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\text{THMFP} = 189.88 \text{ DOC} - 97.357$$

โดยที่ ; THMFP = โอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทน, ไมโครกรัมต่อลิตร
 DOC = คาร์บอนอินทรีย์ละลายน้ำ, มิลลิกรัมต่อลิตร

$$\text{THMFP} = 9438.7 \text{ UV254} + 149.2$$

โดยที่ ; THMFP = โอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทน, ไมโครกรัมต่อลิตร
UV254 = ค่าการดูดกลืนแสงยูวีที่ความยาวคลื่น 254 นาโนเมตร, ต่อ
เซนติเมตร

$$\text{THMFP} = 833.56 \text{ SUVA} - 196.9$$

โดยที่ ; THMFP = โอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทน, ไมโครกรัมต่อลิตร
SUVA = ค่า SUVA, ลิตรต่อมิลลิกรัมต่อเมตร



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved