

บทที่ 4

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผลการศึกษา

4.1 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะและเขื่อนภูมิพล

ตารางที่ 4.1 แสดงลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะและเขื่อนภูมิพล ค่าพีเอชของน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะและเขื่อนภูมิพล มีค่าเท่ากับ 6.91 และ 7.72 ตามลำดับ ค่าความขุ่นของอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะมีค่า เท่ากับ 4.36 NTU และเขื่อนภูมิพลมีค่าเท่ากับ 3.26 NTU

ค่าความเป็นด่างของน้ำตัวอย่างจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะและเขื่อนภูมิพลมีค่าเท่ากับ 50 และ 92 mg/L as CaCO₃ ตามลำดับ เนื่องจากค่าความเป็นด่างของอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะมีค่าน้อยและไม่เพียงพอในการทำปฏิกิริยาในกระบวนการโคแอกกูเลชันที่สภาวะควบคุมพีเอชที่ค่าต่ำๆ ทำให้ต้องมีการเพิ่มความเป็นด่างเพื่อให้เพียงพอในการทำปฏิกิริยาโดยการเติม โซเดียมคาร์บอเนต (Na₂CO₃) ส่วนน้ำตัวอย่างจากเขื่อนภูมิพลมีค่าความเป็นด่างสูงเพียงพอในการทำปฏิกิริยาของกระบวนการ โคแอกกูเลชัน

ค่า Total Organic Carbon (TOC) และ Dissolved Organic Carbon (DOC) โดยทั่วไปใช้เป็นพารามิเตอร์ตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติ ในการหาค่า TOC จะนำน้ำดิบมาผ่านกระดาษกรอง GF/C ขนาด 1.2 μm ซึ่ง TOC ประกอบด้วยสารอินทรีย์ประเภทคอลลอยด์ และสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำ (DOC) ซึ่งสามารถแยกออกได้โดยใช้กระดาษกรอง GF/F ขนาด 0.7 μm ค่า TOC จากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะและเขื่อนภูมิพลมีค่าเท่ากับ 6.98 และ 3.02 mg/L ตามลำดับ ในส่วนของ DOC ในน้ำตัวอย่างจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะและเขื่อนภูมิพลมีค่าเท่ากับ 6.43 และ 2.50 mg/L ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่าอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะและเขื่อนภูมิพลมีสารอินทรีย์ประเภทคอลลอยด์ในน้ำดิบ เท่ากับ 0.55 และ 0.52 มก./ล. ตามลำดับ

ค่า UV-254 ซึ่งใช้ในการวัดสารประกอบอินทรีย์ประเภท aromatic หรือ extended conjugation โดยสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำจะดูดกลืนแสง UV ที่ความยาวคลื่น 254 nm ได้ดีที่สุดซึ่งสามารถใช้เป็นดัชนีตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติได้ ในตารางที่ 4.1 แสดงผลการวัดค่า UV-254 ของอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะและเขื่อนภูมิพลซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.191 และ 0.077 1/cm ตามลำดับ

เนื่องจากน้ำตัวอย่างจากทั้งสองแหล่งน้ำมีการนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตน้ำประปา เพื่อการอุปโภคและบริโภค จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาการกำจัดสารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำ ดังกล่าว เนื่องจากสารอินทรีย์ธรรมชาติสามารถทำปฏิกิริยากับสารคลอรีนในระบบฆ่าเชื้อโรคทำให้เกิดสารก่อมะเร็งได้ ดังนั้นในส่วนถัดไปจะแสดงผลการศึกษาการลดสารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำตัวอย่างจากทั้งสองแหล่งโดยใช้กระบวนการโคแอกกูเลชันด้วยปริมาณสารส้มและสภาวะควบคุมพีเอชที่แตกต่างกัน

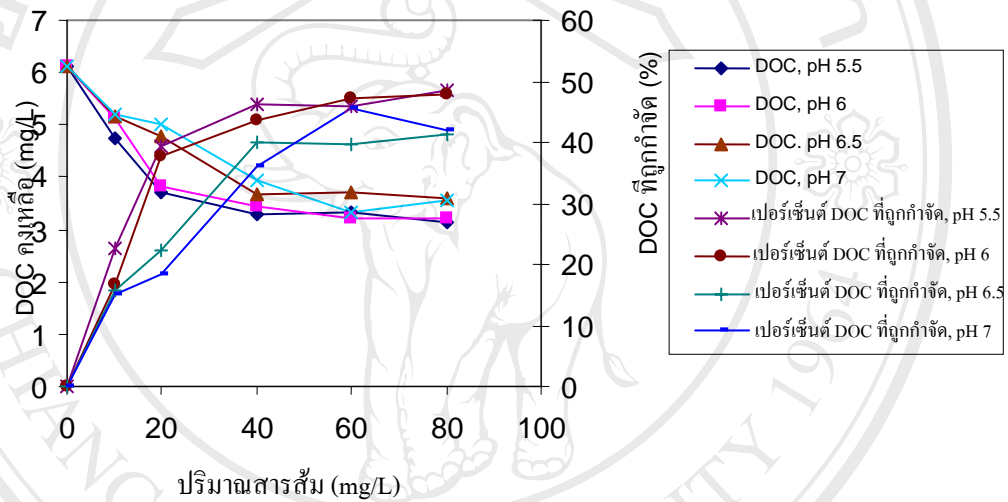
ตารางที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำแม่เหียะและเขื่อนภูมิพล

พารามิเตอร์	แหล่งน้ำ	
	อ่างเก็บน้ำแม่เหียะ	เขื่อนภูมิพล
พีเอช (pH)	6.91	7.72
ความขุ่น (NTU)	4.36	3.26
ความเป็นด่าง (mg/L as CaCO ₃ /L)	50	92
อุณหภูมิ (°C)	26.5	25.7
TOC (mg/L)	6.98	3.02
DOC (mg/L)	6.43	2.50
UV-254 (1/cm)	0.191	0.077
SUVA (L/mg-m)	2.96	3.07

4.2 การกำจัด DOC และ SUVA โดยกระบวนการโคแอกกูเลชันโดยใช้ปริมาณสารส้มและควบคุมค่าพีเอชที่แตกต่างกัน

ค่า DOC คงเหลือและเปอร์เซ็นต์การกำจัด DOC ในน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันโดยใช้สารส้มและควบคุมค่าพีเอชที่แตกต่างกันของน้ำตัวอย่างจากอ่างเก็บน้ำแม่เหียะ แสดงในรูปที่ 4.1 จากรูปที่ 4.1 พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณสารส้มในกระบวนการโคแอกกูเลชันทำให้ค่า DOC ในน้ำมีค่าลดลงโดยปริมาณสารส้ม 20 mg/L และควบคุมค่าพีเอชระหว่างกระบวนการโคแอกกูเลชันให้คงที่ที่ประมาณ 5.5 และ 6 สามารถลดค่า DOC ในน้ำดิบจากค่าเริ่มต้นเท่ากับ 6.13 mg/L ให้ลดลงเหลือ 3.73 และ 3.81 mg/L ตามลำดับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ DOC ที่ถูกกำจัดเท่ากับ 39 และ 38 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยเมื่อเพิ่มปริมาณสารส้มให้มีค่าตั้งแต่ 40, 60 และ 80 mg/L พบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

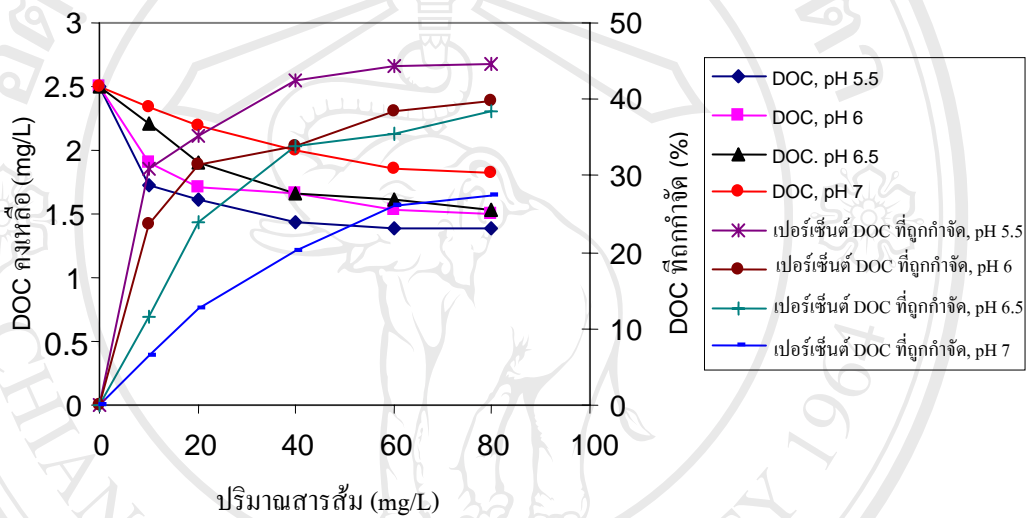
ในกรณีของกระบวนการโคแอกกูเลชันที่สภาวะการควบคุมค่าพีเอชให้คงที่ที่ประมาณ 6.5 และ 7 นั้น จากรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการกำจัด DOC มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มปริมาณสารส้ม อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพการกำจัดค่า DOC ที่สภาวะการควบคุมค่าพีเอชให้คงที่ที่ประมาณ 6.5 และ 7 นั้นมีค่าน้อยกว่าประสิทธิภาพการกำจัดค่า DOC ที่สภาวะการควบคุมค่าพีเอชให้คงที่ที่ประมาณ 5.5 และ 6 ปริมาณสารส้ม 80 mg/L และที่สภาวะควบคุมค่าพีเอชให้มีค่าประมาณ 5.5 สามารถกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำตัวอย่างจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะได้ดีที่สุด โดยสามารถกำจัดสารอินทรีย์ได้เท่ากับ 49 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.1 ค่า DOC คงเหลือและเปอร์เซ็นต์การกำจัด DOC ในน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน โดยใช้ปริมาณสารส้มและควบคุมค่าพีเอชที่แตกต่างกันของน้ำตัวอย่างจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะ

จากรูปที่ 4.2 DOC คงเหลือและเปอร์เซ็นต์การกำจัด DOC ในน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน โดยใช้สารส้มและควบคุมค่าพีเอชที่แตกต่างกันของน้ำตัวอย่างจากเขื่อนภูมิพล พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณสารส้มในกระบวนการโคแอกกูเลชันทำให้ค่า DOC ในน้ำมีค่าลดลง โดยปริมาณสารส้ม 40 mg/L และควบคุมค่าพีเอชระหว่างกระบวนการโคแอกกูเลชันให้คงที่ประมาณ 5.5 สามารถกำจัดค่า DOC ในน้ำดิบจากค่าเริ่มต้นลงเท่ากับ 2.50 mg/L ลงเหลือ 1.44 mg/L เมื่อเพิ่มปริมาณสารส้มให้มีค่าตั้งแต่ 60 และ 80 mg/L ประสิทธิภาพในการกำจัด DOC เพิ่มขึ้นเล็กน้อย

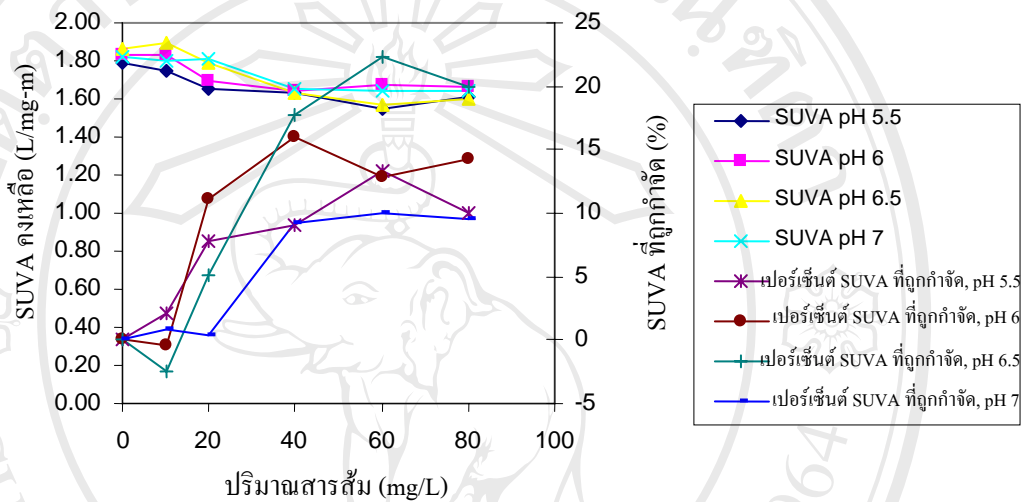
ในส่วนของการบวนการโคแอกกูเลชันที่สภาวะควบคุมพีเอชให้คงที่ที่ประมาณ 6, 6.5 และ 7 จากรูปที่ 4.2 พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณสารส้มสามารถกำจัดค่า DOC ได้มากขึ้น อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพการกำจัดค่า DOC ที่สภาวะการควบคุมค่าพีเอชให้คงที่ที่ประมาณ 6, 6.5 และ 7 นั้น มีค่าน้อยกว่าประสิทธิภาพการกำจัดค่า DOC ที่สภาวะการควบคุมค่าพีเอชให้คงที่ที่ประมาณ 5.5 และที่สภาวะควบคุมค่าพีเอชให้มีค่าประมาณ 5.5 ปริมาณสารส้มเท่ากับ 80 mg/L สามารถกำจัดค่า DOC ได้มากที่สุดโดยสามารถกำจัดค่า DOC ได้เท่ากับ 45 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.2 ค่า DOC คงเหลือและเปอร์เซ็นต์การกำจัด DOC ในน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน โดยใช้ปริมาณสารส้มและควบคุมค่าพีเอชที่แตกต่างกันของน้ำตัวอย่างจากเขื่อนภูมิพล

ค่า SUVA คงเหลือและเปอร์เซ็นต์การกำจัด SUVA ในน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน โดยใช้สารส้มและควบคุมค่าพีเอชที่แตกต่างกันของน้ำตัวอย่างจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะ แสดงในรูปที่ 4.3 จากรูปที่ 4.3 พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณสารส้มในกระบวนการโคแอกกูเลชันทำให้ค่า SUVA ในน้ำมีค่าลดลง โดยที่ปริมาณสารส้มเท่ากับ 20 mg/L และควบคุมค่าพีเอชให้คงที่ที่ประมาณ 5.5 สามารถลดค่า SUVA ในน้ำดิบจากค่าเริ่มต้นเท่ากับ 1.786 L/mg-m ให้ลดลงเหลือ 1.650 L/mg-m

ในกรณีของกระบวนการโคแอกกูเลชันที่สภาวะการควบคุมค่าพีเอชให้คงที่ที่ประมาณ 6, 6.5 และ 7 นั้น จากรูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพในการกำจัด SUVA มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารส้ม โดยที่ปริมาณสารส้ม 60 mg/L และที่สภาวะควบคุมค่าพีเอชให้มีค่าประมาณ 6.5 สามารถกำจัดค่า SUVA ในน้ำตัวอย่างจากอ่างเก็บน้ำแม่เหียะได้ดีที่สุด โดยสามารถกำจัดค่า SUVA ได้เท่ากับ 22 เปอร์เซ็นต์



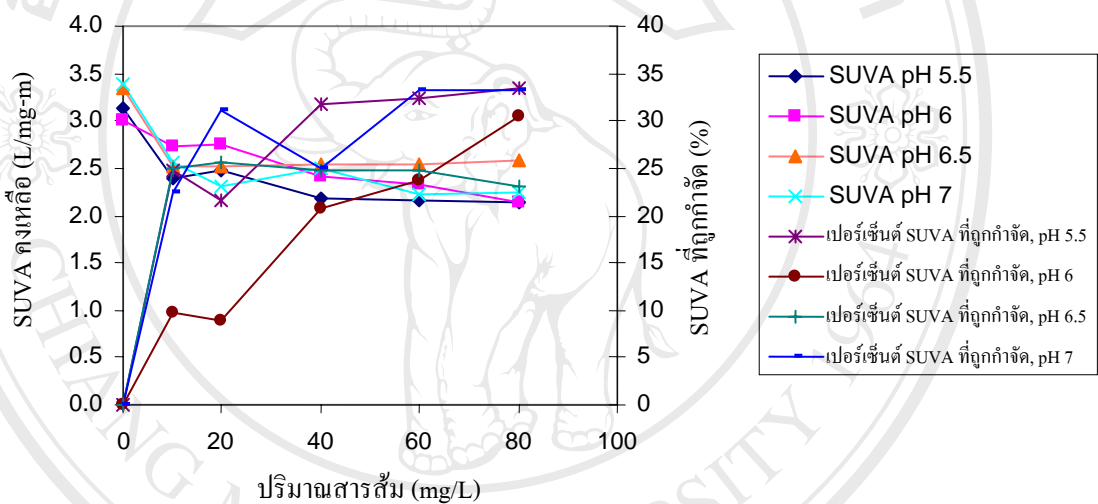
รูปที่ 4.3 ค่า SUVA คงเหลือและเปอร์เซ็นต์การกำจัด SUVA ในน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน โดยใช้ปริมาณสารส้มและควบคุมค่าพีเอชที่แตกต่างกันของน้ำตัวอย่างจากอ่างเก็บน้ำแม่เหียะ

ในรูปที่ 4.4 แสดงค่า SUVA คงเหลือและเปอร์เซ็นต์การกำจัด SUVA ในน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันโดยใช้สารส้มและควบคุมค่าพีเอชที่แตกต่างกันของน้ำตัวอย่างจากเขื่อนภูมิพล โดยที่ปริมาณสารส้มเท่ากับ 20 mg/L และที่สภาวะควบคุมค่าพีเอชระหว่างกระบวนการโคแอกกูเลชันให้มีค่าประมาณ 5.5 สามารถกำจัดค่า SUVA ในน้ำดิบจากค่าเริ่มต้นเท่ากับ 3.14 L/mg-m ให้ลดลงเหลือ 2.49 L/mg-m และเมื่อเพิ่มปริมาณสารส้มให้มากขึ้นประสิทธิภาพในการกำจัด SUVA จะมากขึ้นด้วย

ในส่วนของกระบวนการโคแอกกูเลชันที่สภาวะควบคุม ค่าพีเอชให้คงที่ประมาณ 6, 6.5 และ 7 นั้น จากรูปที่ 4.4 พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัด SUVA มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารส้ม และที่สภาวะควบคุมค่าพีเอชให้มีค่าประมาณ 5.5 และปริมาณสารส้มเท่ากับ 80 mg/L สามารถกำจัดค่า SUVA ในน้ำตัวอย่างได้ดีที่สุดโดยสามารถกำจัดค่า SUVA ได้เท่ากับ 33 เปอร์เซ็นต์

จากการศึกษาของ White et al, (1997) พบว่าน้ำที่มีค่า SUVA สูงจะมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ชนิด hydrophobic สูงด้วย ซึ่งสามารถใช้กระบวนการโคแอกกูเลชันลดสารอินทรีย์ได้ดีกว่าน้ำที่มีค่า SUVA ต่ำ และ USEPA (1999) ได้อธิบายถึงลักษณะของน้ำตัวอย่างที่มีค่า SUVA น้อยกว่า 3 L/mg-m จะประกอบด้วยส่วนของ non-humic เป็นส่วนใหญ่ และเมื่อค่า SUVA มีค่าอยู่ในช่วง 4-5 L/mg-m ชนิดของน้ำจะประกอบด้วยส่วนของ humic เป็นหลัก

ดังนั้นจากผลการศึกษาน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะและเขื่อนภูมิพลแสดงให้เห็นว่า น้ำจากเขื่อนภูมิพลมีแนวโน้มที่จะกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำได้ดีกว่าน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะ เนื่องจากค่า SUVA ของน้ำจากเขื่อนภูมิพลมีค่าสูงกว่า SUVA ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะ



รูปที่ 4.4 ค่า SUVA คงเหลือและเปอร์เซ็นต์การกำจัด SUVA ในน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน โดยใช้ปริมาณสารส้มและควบคุมค่าพีเอชที่แตกต่างกันของน้ำตัวอย่างจากเขื่อนภูมิพล

4.3 ค่าพีเอชและปริมาณสารส้มที่เหมาะสมเพื่อใช้ในกระบวนการโคแอกกูเลชันในการกำจัดสารอินทรีย์

ในการกำหนดค่าปริมาณสารส้มและค่าพีเอชที่เหมาะสมในกระบวนการโคแอกกูเลชัน นั้น ต้องใช้สองปัจจัยในการพิจารณาคือความสามารถในการกำจัดสารอินทรีย์และความเหมาะสมทางด้านค่าใช้จ่าย ทั้งนี้เนื่องจากการที่เราเพิ่มปริมาณสารส้มและควบคุมค่าพีเอชให้มีค่าต่ำนั้น ต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นในส่วนของสารเคมีที่ใช้ ดังนั้นการกำหนดค่าปริมาณสารส้มและค่าพีเอชที่เหมาะสมในกระบวนการโคแอกกูเลชันนั้นทำได้โดยการเลือกสภาวะที่สามารถกำจัดสารอินทรีย์ได้ดีพอสมควรและใช้สารเคมีในปริมาณน้อย

จากรูปที่ 4.1 แสดงค่า DOC คงเหลือและเปอร์เซ็นต์การกำจัด DOC ในน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน โดยใช้ปริมาณสารส้มและควบคุมค่า pH ที่แตกต่างกันของน้ำตัวอย่างจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะ พบว่าปริมาณสารส้ม 80 mg/L และควบคุมค่า pH ระหว่างกระบวนการโคแอกกูเลชันให้คงที่ที่ประมาณ 5.5 สามารถกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำตัวอย่างจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะได้ดีที่สุด โดยสามารถกำจัดสารอินทรีย์ได้ประมาณ 49 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.1 ที่ปริมาณสารส้ม 40 ,60 และ 80 mg/L และควบคุมค่าพีเอชให้คงที่ที่ประมาณ 5.5 และ 6 ค่า DOC ที่ถูกกำจัดมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการโคแอกกูเลชันของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะคือที่ปริมาณสารส้มเท่ากับ 40 mg/L และที่สภาวะการควบคุมค่าพีเอชให้คงที่ที่ประมาณ 6 เนื่องจากประสิทธิภาพในการกำจัด DOC ในน้ำตัวอย่างที่ปริมาณสารส้ม 40, 60 และ 80 mg/L และควบคุมค่าพีเอชให้คงที่ที่ประมาณ 5.5 และ 6 มีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

จากรูปที่ 4.2 แสดงค่า DOC คงเหลือและเปอร์เซ็นต์การกำจัด DOC ในน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน โดยใช้ปริมาณสารส้มและควบคุมค่าพีเอชที่แตกต่างกันของน้ำตัวอย่างจากเขื่อนภูมิพล เมื่อพิจารณาจากรูปพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัด DOC ที่ปริมาณสารส้มเท่ากับ 60 mg/L และที่สภาวะควบคุมค่าพีเอชให้คงที่ที่ประมาณ 5.5 มีค่าสูงกว่าที่สภาวะอื่นอย่างชัดเจน ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการโคแอกกูเลชันของน้ำจากเขื่อนภูมิพลคือที่ปริมาณสารส้มเท่ากับ 60 mg/L และที่สภาวะการควบคุมค่าพีเอชให้คงที่ที่ประมาณ 5.5

เนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้มุ่งเน้นที่จะลดปริมาณสารอินทรีย์ละลายน้ำ ดังนั้นค่าพีเอชที่ได้จากการศึกษาจึงมีค่าต่ำกว่าที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา ซึ่งโดยทั่วไปจะมีค่าพีเอชของน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำ

เมื่อได้สภาวะที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการโคแอกกูเลชันของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะและเขื่อนภูมิพลแล้ว จะนำน้ำตัวอย่างมาผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันที่สภาวะที่เหมาะสมอีกครั้งหนึ่งเพื่อให้ได้น้ำตัวอย่างปริมาณ 5 ลิตร หลังจากนั้นนำน้ำตัวอย่างไปผ่านกระดวยกรอง GF/F ขนาด 0.7 μm ก่อนที่จะนำไปผ่านกระบวนการแฟรกชัน เพื่อแยกชนิดของน้ำออกเป็นชนิดชอบน้ำ (Hydrophilic) และไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic)

4.4 การกระจายมวลของสารอินทรีย์ในรูปของ DOC ในน้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน

สารอินทรีย์ละลายน้ำแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนหลักๆคือ สารอินทรีย์ธรรมชาติชนิดชอบน้ำ (Hydrophilic) และไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) ซึ่งสามารถแยกออกได้โดยใช้เรซินชนิด DAX-8 ในกระบวนการแยกเฟรคชันใช้น้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันของอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะและเขื่อนภูมิพลที่เป็นปริมาณอย่างละ 5 ลิตร ซึ่งค่าการกระจายมวล (Mass distribution) ของ DOC ในน้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน ของอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะและเขื่อนภูมิพลแสดงในตารางที่ 4.2

ค่ามวล DOC ของน้ำดิบจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะมีค่าเท่ากับ 29.32 mg และค่ามวล DOC ของ hydrophilic และ hydrophobic ในน้ำดิบมีค่าเท่ากับ 13.58 และ 12.83 mg ตามลำดับ และมีค่ารวมกันเท่ากับ 26.41 mg ทำให้มวล DOC ก่อนผ่านกระบวนการแยกเฟรคชัน มีค่ามากกว่า ผลรวมของมวล DOC หลังจากการแยกเฟรคชัน (fraction) ประมาณ 9.9 เปอร์เซ็นต์ อาจเป็นผลเนื่องมาจากขั้นตอนการ elution ในกระบวนการเฟรคชัน โดยใช้ด่างไม่สามารถชะสาร hydrophobic ออกมาจาก DAX-8 เรซินได้ทั้งหมด ในกรณีของน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันมีค่ามวล DOC เท่ากับ 15.83 mg และค่ามวล DOC ของ hydrophilic และ hydrophobic มีค่าเท่ากับ 9.86 และ 5.17 mg ตามลำดับ และมีค่ารวมกันเท่ากับ 15.03 mg ทำให้มวล DOC ก่อนผ่านกระบวนการแยกเฟรคชัน มีค่ามากกว่าผลรวมของมวล DOC หลังจากการแยกเฟรคชัน ประมาณ 5.1 เปอร์เซ็นต์

จากตารางที่ 4.2 ค่ามวล DOC ของน้ำดิบจากเขื่อนภูมิพลมีค่าเท่ากับ 12.01 mg และค่ามวล DOC ของ hydrophilic และ hydrophobic ในน้ำดิบมีค่าเท่ากับ 5.55 และ 5.37 mg ตามลำดับ และมีค่ารวมกันเท่ากับ 10.92 mg ทำให้มวล DOC ก่อนผ่านกระบวนการแยกเฟรคชัน มีค่ามากกว่าผลรวมของมวล DOC หลังจากการแยกเฟรคชัน ประมาณ 9.1 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันมีค่ามวล DOC เท่ากับ 5.55 mg และค่ามวล DOC ของ hydrophilic และ hydrophobic มีค่าเท่ากับ 3.13 และ 2.62 mg โดยมีค่าผลรวม DOC เท่ากับ 5.75 ทำให้มวล DOC ก่อนผ่านกระบวนการแยกเฟรคชัน มีค่าน้อยกว่าผลรวมของมวล DOC หลังจากการแยกเฟรคชัน ประมาณ 3.6 เปอร์เซ็นต์

สมดุลมวล (Mass balance) ใช้ในการแสดงประสิทธิภาพของกระบวนการเฟรคชันนั้น ค่าผลต่างระหว่างมวล DOC ก่อนผ่านกระบวนการแยกเฟรคชัน และ ผลรวมของมวล DOC หลังจากการแยกเฟรคชัน ที่ยอมรับได้มีค่าอยู่ระหว่าง 10-15 เปอร์เซ็นต์ (Mathaba, 2000) ซึ่งสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นนั้นอาจเกิดระหว่างการทดลองเช่นในกระบวนการล้างเรซิน สารอินทรีย์ในน้ำที่นำมาล้างอาจจะถูกดูดซับในเรซินเป็นการเพิ่มสารอินทรีย์นอกเหนือจากที่มีอยู่ในน้ำตัวอย่าง และในส่วนของผลรวมสารอินทรีย์ที่ลดลงอาจเกิดในส่วนของกระบวนการ Elute โดยการ Elute นั้นไม่สามารถชะ สารอินทรีย์ที่อยู่ในเรซินออกมาได้ทั้งหมด

ตารางที่ 4.2 การกระจายมวลของ DOM ในน้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน

แหล่งน้ำดิบ	พารามิเตอร์	Fractionation									
		น้ำดิบ					น้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน				
		HPI ¹	HPO ²	HPI + HPO	Total ³	% Diff ⁴	HPI ¹	HPO ²	HPI + HPO	Total ³	% Diff ⁴
อ่างเก็บน้ำแม่เหิยะ	DOC (mg)	13.58	12.83	26.41	29.32	9.9	9.86	5.17	15.03	15.83	5.1
เขื่อนภูมิพล	DOC (mg)	5.55	5.37	10.92	12.01	9.1	3.13	2.62	5.75	5.55	-3.6

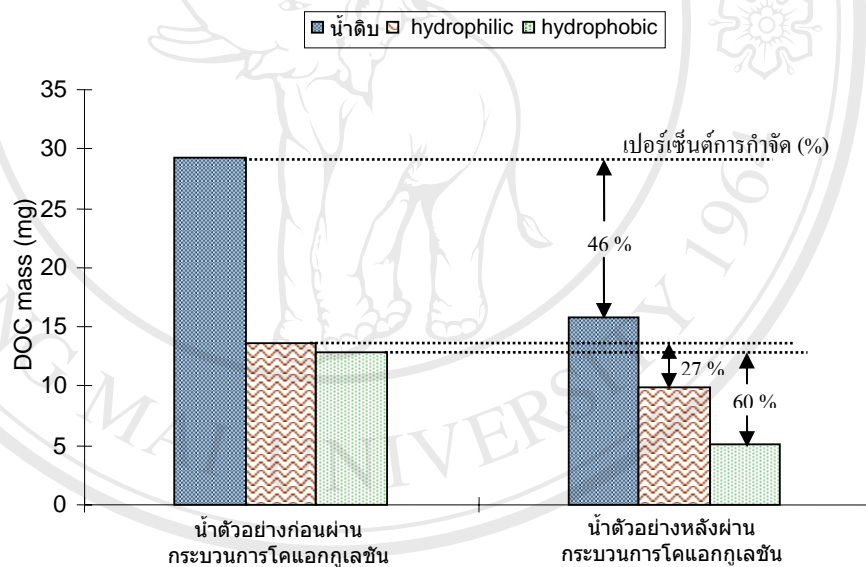
HPI¹ = Hydrophilic fraction

HPO² = Hydrophobic fraction

Total³ = DOC ก่อน fraction

% Diff⁴ = (Total-(HPI+HPO))*100/Total

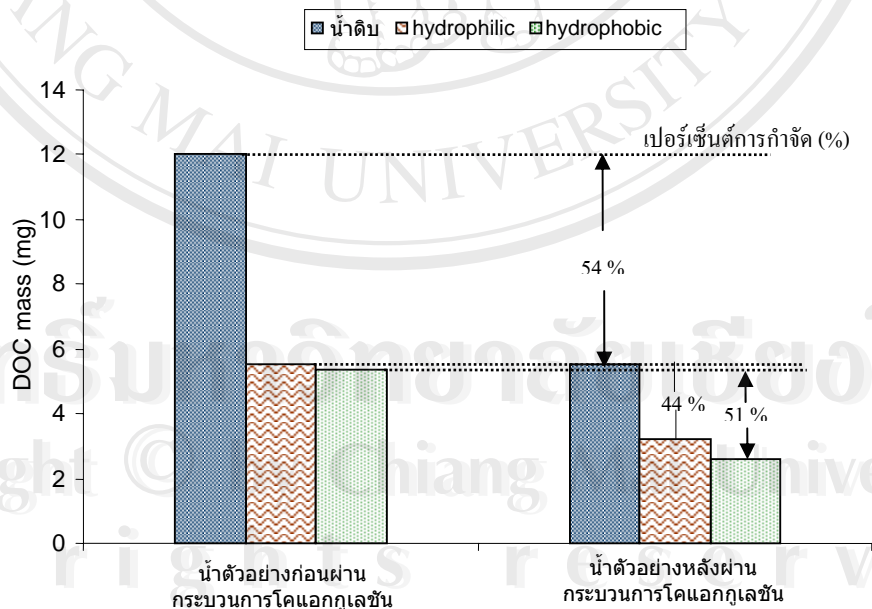
รูปที่ 4.5 แสดงค่า DOC ของน้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันของอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะ ซึ่งประกอบด้วยสารอินทรีย์ hydrophilic และ hydrophobic ในน้ำดิบซึ่งมีค่าเท่ากับ 51 และ 49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ กรณีของน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันประกอบด้วยสารอินทรีย์ hydrophilic และ hydrophobic เท่ากับ 66 และ 34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่า DOC ของสารอินทรีย์ hydrophobic ในน้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน พบว่ากระบวนการโคแอกกูเลชันสามารถกำจัด hydrophobic เท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเปรียบเทียบค่า DOC ของสารอินทรีย์ hydrophilic ในน้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน พบว่ากระบวนการโคแอกกูเลชันสามารถกำจัด hydrophilic เท่ากับ 27 เปอร์เซ็นต์ สามารถกล่าวได้ว่ากระบวนการโคแอกกูเลชันโดยใช้สารส้มสามารถกำจัดสารอินทรีย์ hydrophobic ได้ดีกว่าสารอินทรีย์กลุ่ม hydrophilic



รูปที่ 4.5 DOC Distribution ของน้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันรวมถึงสารอินทรีย์ Hydrophilic และ Hydrophobic และการลดลงของสารดังกล่าวโดยกระบวนการโคแอกกูเลชันของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะ

จากรูปที่ 4.6 แสดงค่า DOC ของน้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันของเขื่อนภูมิพล ซึ่งประกอบด้วยสารอินทรีย์ hydrophilic และ hydrophobic ในน้ำดิบโดยมีค่าเท่ากับ 51 และ 49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในส่วนของน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันประกอบด้วยสารอินทรีย์ hydrophilic และ hydrophobic เท่ากับ 55 และ 45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่า DOC ของสารอินทรีย์ hydrophobic ในน้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน พบว่ากระบวนการโคแอกกูเลชันสามารถกำจัด hydrophobic เท่ากับ 51 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเปรียบเทียบค่า DOC ของสารอินทรีย์ hydrophilic ในน้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน พบว่ากระบวนการโคแอกกูเลชันสามารถกำจัด hydrophilic เท่ากับ 44 เปอร์เซ็นต์ สามารถกล่าวได้ว่ากระบวนการโคแอกกูเลชันโดยสารส้มสามารถกำจัดสารอินทรีย์ hydrophobic ได้ดีกว่าสารอินทรีย์กลุ่ม hydrophilic

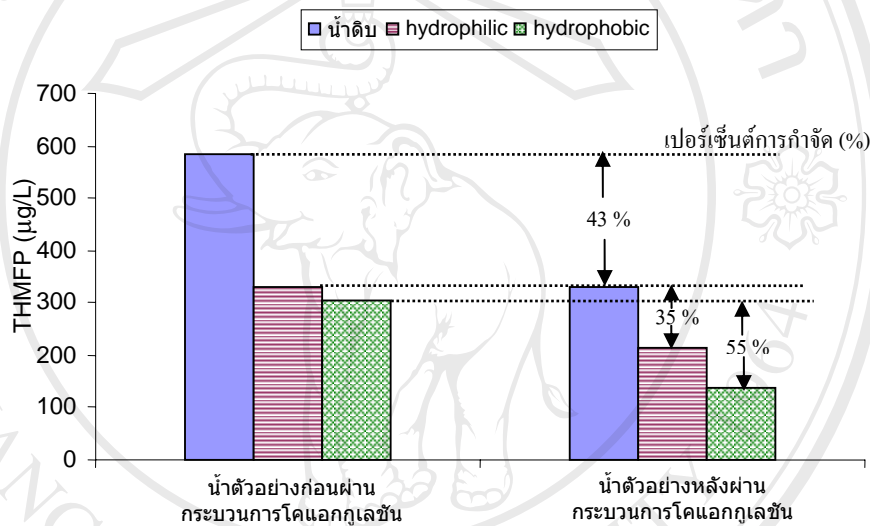
จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้นนี้ สอดคล้องกับ White et al, (1997) ซึ่งทำการศึกษาโดยใช้กระบวนการโคแอกกูเลชันที่ใช้สารส้มเพื่อลดสารอินทรีย์ในน้ำ พบว่าสามารถลดส่วนของ hydrophobic ได้ดีกว่าส่วนของ hydrophilic เช่นเดียวกับน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะและเขื่อนภูมิพลที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันซึ่งสามารถลดส่วนของ hydrophobic ได้ดีกว่าส่วนของ hydrophilic



รูปที่ 4.6 DOC Distribution ของน้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันรวมถึงสารอินทรีย์ Hydrophilic และ Hydrophobic และการลดลงของสารดังกล่าวโดยกระบวนการโคแอกกูเลชันของน้ำจากเขื่อนภูมิพล

4.5 การลด Trihalomethane formation potential โดยกระบวนการโคแอกกูเลชันที่ใช้สารส้ม

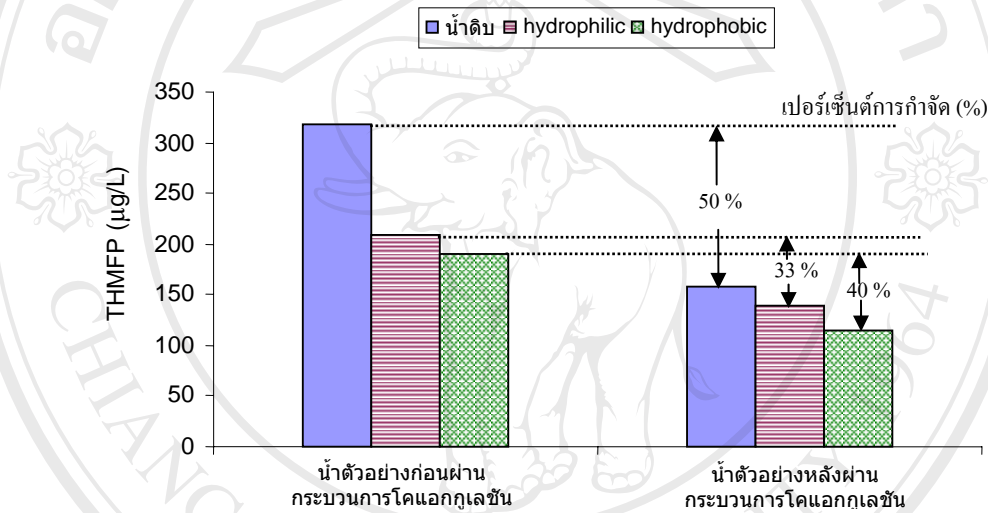
ผลการทดลองของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะแสดงในตารางที่ 4.3 และในรูปที่ 4.7 กระบวนการโคแอกกูเลชันที่สภาวะที่เหมาะสมสามารถลด THMFP ในน้ำดิบจาก 582.91 $\mu\text{g/L}$ ลงเหลือ 329.46 $\mu\text{g/L}$ ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ THMFP ที่ถูกกำจัดเท่ากับ 43 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดค่า THMFP ในสารอินทรีย์ hydrophilic และ hydrophobic ในน้ำดิบจาก 330.39 และ 305.29 $\mu\text{g/L}$ ตามลำดับ ลงเหลือเท่ากับ 215.59 และ 138.02 $\mu\text{g/L}$ ตามลำดับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ THMFP ที่ถูกกำจัดเท่ากับ 35 และ 55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



รูปที่ 4.7 THMFP ของน้ำดิบ น้ำที่ผ่านกระบวนการ โคแอกกูเลชันและน้ำที่ผ่านกระบวนการ Resin fractionation ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะ

ในรูปที่ 4.8 แสดงค่า THMFP ของน้ำจากเขื่อนภูมิพล โดยค่า THMFP ในน้ำดิบมีค่าเท่ากับ 317.39 $\mu\text{g/L}$ และเมื่อนำมาผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันที่สภาวะที่เหมาะสมพบว่าสามารถลดค่า THMFP ลดลงเหลือ 157.16 $\mu\text{g/L}$ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ THMFP ที่ถูกกำจัดเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ และ กระบวนการโคแอกกูเลชันสามารถลดค่า THMFP ในสารอินทรีย์ hydrophilic และ hydrophobic จากค่าเริ่มต้นเท่ากับ 208.53 และ 189.59 $\mu\text{g/L}$ ตามลำดับ ลดลงเหลือ 139.61 และ 114.08 $\mu\text{g/L}$ ตามลำดับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ THMFP ที่ถูกกำจัดเท่ากับ 33 และ 40 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

จากผลการศึกษาพบว่ากระบวนการโคแอกกูเลชันที่สภาวะที่เหมาะสมของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะและเขื่อนภูมิพล สามารถลดค่า THMFP ในสารอินทรีย์ชนิด hydrophobic ได้มากกว่าสารอินทรีย์ชนิด hydrophilic สอดคล้องกับการศึกษาของ Edzwald (1993) ซึ่งได้อธิบายว่ากระบวนการโคแอกกูเลชันมีประสิทธิภาพในการลดสารอินทรีย์ชนิด hydrophobic ได้ดีกว่าสารอินทรีย์ชนิด hydrophilic รวมถึงสามารถลดสารประกอบที่มีมวลโมเลกุลสูงได้ดีกว่าสารประกอบที่มีมวลโมเลกุลต่ำ



รูปที่ 4.8 THMFP ของน้ำดิบ น้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันและน้ำที่ผ่านกระบวนการ Resin fractionation ของน้ำจากเขื่อนภูมิพล

ตารางที่ 4.3 THMFP ของน้ำดิบ น้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันและน้ำที่ผ่านกระบวนการ Resin fractionation

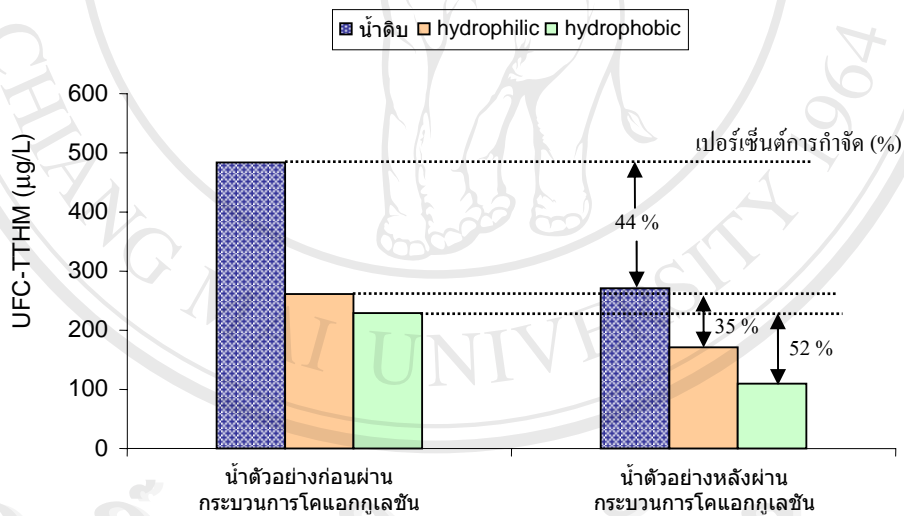
แหล่งน้ำ	ชนิดน้ำ		THMFP ($\mu\text{g/L}$)				
			Chloroform	Bromodichloromethane	Dibromochloromethane	Bromoform	TTHMFP
อ่างเก็บน้ำแม่เหียะ	น้ำดิบ	ก่อน fraction	559.53	23.38	ND	ND	582.91
		Hydrophilic	313.06	17.33	ND	ND	330.39
		Hydrophobic	302.24	3.05	ND	ND	305.29
	น้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน	ก่อน fraction	311.27	18.19	ND	ND	329.46
		Hydrophilic	199.54	16.05	ND	ND	215.59
		Hydrophobic	124.33	3.22	10.47	ND	138.02
เขื่อนภูมิพล	น้ำดิบ	ก่อน fraction	291.79	25.60	ND	ND	317.39
		Hydrophilic	181.51	27.02	ND	ND	208.53
		Hydrophobic	189.59	ND	ND	ND	189.59
	น้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน	ก่อน fraction	138.61	18.55	ND	ND	157.16
		Hydrophilic	116.01	20.38	3.22	ND	139.61
		Hydrophobic	114.08	ND	ND	ND	114.08

ND = Not Detected (ไม่มีการตรวจพบ)

4.6 การทดสอบหาปริมาณ THMs โดยใช้วิธี Uniform formation condition

การทดลอง Uniform formation condition เป็นการเปรียบเทียบการเกิด Disinfection by-products (DBPs) ระหว่างแหล่งน้ำที่แตกต่างกันโดยความเค็มที่สภาวะการเติมคลอรีนคงที่ ซึ่งเป็นสภาวะที่ใช้ในระบบแจกจ่ายน้ำประปาของประเทศสหรัฐอเมริกา

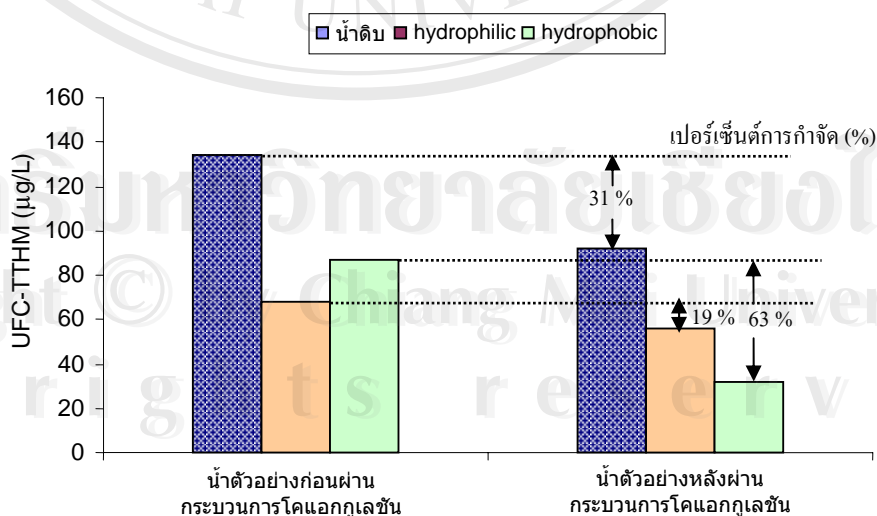
ผลการทดลอง Uniform formation condition (UFC) ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะ แสดงในตารางที่ 4.4 และในรูปที่ 4.9 กระบวนการโคแอกกูเลชันที่สภาวะที่เหมาะสมสามารถลด UFC-TTHM ในน้ำดิบจาก 483.03 $\mu\text{g/L}$ ลงเหลือ 269.63 $\mu\text{g/L}$ ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ UFC-TTHM ที่ถูกกำจัดเท่ากับ 44 เปอร์เซ็นต์และสามารถลดค่า UFC-TTHM ในสารอินทรีย์ hydrophilic และ hydrophobic จากค่าเริ่มต้นเท่ากับ 261.35 และ 230.19 $\mu\text{g/L}$ ตามลำดับ เหลือเท่ากับ 170.58 และ 111.12 $\mu\text{g/L}$ ตามลำดับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ UFC-TTHM ที่ถูกกำจัดเท่ากับ 35 และ 52 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ



รูปที่ 4.9 UFC-TTHM ของน้ำดิบ น้ำที่ผ่านกระบวนการ โคแอกกูเลชันและน้ำที่ผ่านกระบวนการ Resin fractionation ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะ

จากรูปที่ 4.10 และตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดลอง Uniform formation condition ของน้ำจากเขื่อนภูมิพล โดยค่า UFC-TTHM ของน้ำดิบมีค่าเท่ากับ 134.13 $\mu\text{g/L}$ เมื่อนำน้ำดิบมาผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันที่สภาวะที่เหมาะสม พบว่ามีค่า UFC-TTHM ลดลงเหลือ 92.36 $\mu\text{g/L}$ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ UFC-TTHM ที่ถูกกำจัดเท่ากับ 31 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของสารอินทรีย์ชนิด hydrophilic และ hydrophobic กระบวนการโคแอกกูเลชันสามารถลดค่า UFC-TTHM ในสารอินทรีย์ hydrophilic และ hydrophobic จากค่าเริ่มต้นเท่ากับ 68.19 และ 86.89 $\mu\text{g/L}$ ตามลำดับ เหลือเท่ากับ 55.49 และ 31.95 $\mu\text{g/L}$ ตามลำดับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ UFC-TTHM ที่ถูกกำจัดเท่ากับ 19 และ 63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิชะกับน้ำจากเขื่อนภูมิพลพบว่าน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิชะมีปริมาณ UFC-TTHM สูงกว่าน้ำจากเขื่อนภูมิพล ซึ่งกระบวนการโคแอกกูเลชันสามารถลดสารอินทรีย์ชนิด hydrophobic ได้ดีกว่า สารอินทรีย์ชนิด hydrophilic ซึ่งเป็นผลที่ได้จากการทดลองของทั้ง 2 แหล่งน้ำ เมื่อเปรียบเทียบผลของ TTHM ที่ได้จากการทดลอง Uniform formation condition และ THMFp พบว่าปริมาณของ TTHM ที่ได้จากการทดลอง Uniform formation condition มีค่าน้อยกว่าที่เกิดขึ้นจากการทดลอง THMFp เนื่องจากการทดลอง THMFp มีการใช้คลอรีนในปริมาณที่สูงและใช้เวลาในการทำปฏิกิริยานานกว่าการทดลอง Uniform formation condition จึงทำให้ ปริมาณ THMs เกิดขึ้นจากการทดลอง THMFp มีค่าสูงกว่า THMs ที่ได้จากการทดลอง Uniform formation condition



รูปที่ 4.10 UFC-TTHM ของน้ำดิบ น้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันและน้ำที่ผ่านกระบวนการ Resin fractionation ของน้ำจากเขื่อนภูมิพล

ตารางที่ 4.4 UFC-TTHM ของน้ำดิบ น้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันและน้ำที่ผ่านกระบวนการ Resin fractionation

แหล่งน้ำ	ชนิดน้ำ		UFC-TTHM ($\mu\text{g/L}$)				
			Chloroform	Bromodichloromethane	Dibromochloromethane	Bromoform	TTHM
อ่างเก็บน้ำแม่เหียะ	น้ำดิบ	ก่อน fraction	462.51	20.52	ND	ND	483.03
		Hydrophilic	250.04	11.31	ND	ND	261.35
		Hydrophobic	230.19	ND	ND	ND	230.19
	น้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน	ก่อน fraction	257.15	12.48	ND	ND	269.63
		Hydrophilic	158.88	12.70	ND	ND	170.58
		Hydrophobic	111.12	ND	ND	ND	111.12
เขื่อนภูมิพล	น้ำดิบ	ก่อน fraction	112.57	19.30	2.26	ND	134.13
		Hydrophilic	48.86	13.92	5.41	ND	68.19
		Hydrophobic	86.89	ND	ND	ND	86.89
	น้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน	ก่อน fraction	74.03	18.33	ND	ND	92.36
		Hydrophilic	37.69	12.76	5.04	ND	55.49
		Hydrophobic	31.95	ND	ND	ND	31.95

ND = Not Detected (ไม่มีการตรวจพบ)

สารประกอบ THMs ที่ได้จากการทดลอง UFC-TTHM กับมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปานครหลวง Japan Water Works Association (JWWA) และ USEPA แสดงในตารางที่ 4.5 โดยความเข้มข้นของ chloroform ในน้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะที่ได้จากการทดลอง UFC-TTHM มีค่าเท่ากับ 462.51 $\mu\text{g/L}$ และ 257.15 $\mu\text{g/L}$ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาในตารางที่ 4.5 พบว่ามีค่าสูงกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปานครหลวงและ JWWA ในส่วนของ Bromodichloromethane ในน้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันมีความเข้มข้นเท่ากับ 20.52 $\mu\text{g/L}$ และ 12.48 $\mu\text{g/L}$ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปานครหลวงและ JWWA พบว่ามีค่าไม่เกินมาตรฐาน แต่เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของ USEPA ซึ่งแสดงเป็นผลรวมของสารประกอบ THMs ทั้งหมด พบว่าสารประกอบ THMs ทั้งหมดของน้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันมีค่าสูงกว่ามาตรฐาน

น้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันจากเขื่อนภูมิพลเมื่อนำมาทดลอง UFC-TTHM มีความเข้มข้นของ chloroform เท่ากับ 112.57 $\mu\text{g/L}$ และ 74.03 $\mu\text{g/L}$ ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปานครหลวง พบว่ามีค่าไม่เกินมาตรฐาน แต่เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของ JWWA พบว่ามีค่าเกินมาตรฐาน ในส่วนของ Bromodichloromethane ในน้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันมีความเข้มข้นเท่ากับ 19.30 $\mu\text{g/L}$ และ 18.33 $\mu\text{g/L}$ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปานครหลวงและ JWWA พบว่ามีค่าไม่เกินมาตรฐาน และในน้ำดิบมีการตรวจพบ Dibromochloromethane ซึ่งมีความเข้มข้นเท่ากับ 2.26 $\mu\text{g/L}$ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปานครหลวงและ JWWA พบว่ามีค่าไม่เกินมาตรฐาน เมื่อนำผลรวมของสารประกอบ THMs ของน้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของ USEPA พบว่ามีค่าเกินมาตรฐาน

ตารางที่ 4.5 สารประกอบ THMs ที่ได้จากการทดลอง UFC-TTHM ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะและเขื่อนภูมิพล และมาตรฐานคุณภาพน้ำประปา

แหล่งน้ำ	สารประกอบ THMs	UFC-TTHM ($\mu\text{g/L}$)		มาตรฐานคุณภาพน้ำประปา ($\mu\text{g/L}$)		
		น้ำดิบ	น้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน	การประปานครหลวง	JWWA	USEPA
อ่างเก็บน้ำแม่เหิยะ	Chloroform	462.51	257.15	200	60 หรือน้อยกว่า	สารประกอบ THMs รวมกันไม่เกิน 40
	Bromodichloromethane	20.52	12.48	60	30 หรือน้อยกว่า	
	Dibromochloromethane	ND	ND	100	100 หรือน้อยกว่า	
	Bromoform	ND	ND	100	90 หรือน้อยกว่า	
เขื่อนภูมิพล	Chloroform	112.57	74.03	200	60 หรือน้อยกว่า	สารประกอบ THMs รวมกันไม่เกิน 40
	Bromodichloromethane	19.30	18.33	60	30 หรือน้อยกว่า	
	Dibromochloromethane	2.26	ND	100	100 หรือน้อยกว่า	
	Bromoform	ND	ND	100	90 หรือน้อยกว่า	

ND = Not Detected (ไม่มีการตรวจพบ)

4.7 สารประกอบ THMs

THMs ทั้งหมด (TTHM) เป็นผลรวมของสารประกอบ THMs 4 ชนิด ได้แก่ Chloroform, Bromodichloromethane, Dibromochloromethane และ Bromoform ซึ่งอาจตรวจพบในน้ำที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน โดยผลจากการทดลอง Trihalomethane formation potential (THMFP) ของน้ำดิบ น้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันและน้ำที่ผ่านกระบวนการ Resin fractionation ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะและเขื่อนภูมิพลแสดงในตารางที่ 4.6 และผลจากการทดลอง Uniform formation condition (UFC-TTHM) ของน้ำดิบ น้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันและน้ำที่ผ่านกระบวนการ Resin fractionation ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะและเขื่อนภูมิพลแสดงในตารางที่ 4.7

จากตารางที่ 4.6 และตารางที่ 4.7 ซึ่งแสดงปริมาณความเข้มข้นของสารประกอบ THMs ที่ได้จากการทดลอง THMFP และ UFC-TTHM ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะ พบว่าสารประกอบ THMs ที่มีความเข้มข้นสูงที่สุดคือ chloroform และ Bromodichloromethane มีค่าความเข้มข้นรองลงมา dibromochloromethane มีค่าน้อยที่สุดและไม่มีการตรวจพบสาร bromoform

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารประกอบ THMs ที่ได้จากการทดลอง THMFP และ UFC-THMFP พบว่าสารประกอบ THMs ที่ได้จากการทดลอง THMFP มีค่าสูงกว่าสารประกอบ THMs ที่ได้จากการทดลอง UFC-THMFP โดยในน้ำดิบมีค่า chloroform สูงที่สุด ซึ่งผลจากการทดลอง THMFP มีความเข้มข้นของ chloroform ในน้ำดิบเท่ากับ 559.53 $\mu\text{g/L}$ และจากการทดลอง UFC-THMFP ความเข้มข้นของ chloroform ในน้ำดิบเท่ากับ 462.51 $\mu\text{g/L}$ ในส่วนของน้ำที่ผ่านกระบวนการแฟรกชัน ซึ่งสามารถแยกออกเป็นสารอินทรีย์ชนิด hydrophilic และ hydrophobic จากการทดลอง THMFP มีความเข้มข้นของ chloroform สูงที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 313.06 และ 302.24 $\mu\text{g/L}$ ตามลำดับ และจากการทดลอง UFC-THMFP มีความเข้มข้นของ chloroform สูงที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 250.04 และ 230.19 $\mu\text{g/L}$ ตามลำดับ

สำหรับน้ำตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันที่ใช้สารส้ม เมื่อนำมาทดลอง THMFP และ UFC-THMFP พบว่าสามารถกำจัดสารประกอบ THMs ประเภท chloroform ในน้ำดิบได้เท่ากับ 44 เปอร์เซ็นต์ และ 44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และกระบวนการโคแอกกูเลชันสามารถลดสารประกอบ THMs ประเภท chloroform ในสารอินทรีย์ชนิด hydrophilic และ hydrophobic ที่ได้จากการทดลอง THMFP เท่ากับ 36 และ 59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสามารถลดสารประกอบ THMs ประเภท chloroform ในสารอินทรีย์ชนิด hydrophilic และ hydrophobic ที่ได้จากการทดลอง UFC-THMFP เท่ากับ 36 และ 52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.6 สารประกอบ THMs ที่ได้จากการทดลอง THMFP และเปอร์เซ็นต์การกำจัดของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะและเขื่อนภูมิพล

แหล่งน้ำ	สารประกอบTHMs	น้ำดิบก่อนผ่านกระบวนการ โคแอกกูเลชัน			น้ำดิบหลังผ่านกระบวนการ โคแอกกูเลชัน			เปอร์เซ็นต์การกำจัด (%)		
		น้ำดิบ	hydrophilic	hydrophobic	น้ำดิบ	hydrophilic	hydrophobic	น้ำดิบ	hydrophilic	hydrophobic
		อ่างเก็บน้ำ แม่เหิยะ	Chloroform	559.53	313.06	302.24	311.27	199.54	124.33	44
Bromodichloromethane	23.38		17.33	3.05	18.19	16.05	3.22	22	7	-6
Dibromochloromethane	ND		ND	ND	ND	ND	10.47	NA	NA	NA
Bromoform	ND		ND	ND	ND	ND	ND	NA	NA	NA
เขื่อนภูมิพล	Chloroform	291.79	181.51	189.59	138.61	116.01	114.08	52	36	40
	Bromodichloromethane	25.60	27.02	ND	18.55	20.38	ND	28	25	NA
	Dibromochloromethane	ND	ND	ND	ND	3.22	ND	NA	NA	NA
	Bromoform	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NA	NA	NA

ND = Not Detected (ไม่มีการตรวจพบ)

NA = Not Available (ไม่สามารถหาค่าได้)

ตารางที่ 4.7 สารประกอบ THMs ที่ได้จากการทดลอง UFC-TTHM และเปอร์เซ็นต์การกำจัดของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะและเขื่อนภูมิพล

แหล่งน้ำ	สารประกอบTHMs	น้ำดิบก่อนผ่านกระบวนการ โคแอกกูเลชัน			น้ำดิบหลังผ่านกระบวนการ โคแอกกูเลชัน			เปอร์เซ็นต์การกำจัด (%)		
		น้ำดิบ	hydrophilic	hydrophobic	น้ำดิบ	hydrophilic	hydrophobic	น้ำดิบ	hydrophilic	hydrophobic
		อ่างเก็บน้ำ แม่เหิยะ	Chloroform	462.51	250.04	230.19	257.15	158.88	111.12	44
Bromodichloromethane	20.52		11.31	ND	12.48	12.70	ND	39	-12	NA
Dibromochloromethane	ND		ND	ND	ND	ND	ND	NA	NA	NA
Bromoform	ND		ND	ND	ND	ND	ND	NA	NA	NA
เขื่อนภูมิพล	Chloroform	112.57	48.86	86.89	74.03	37.69	31.95	34	23	63
	Bromodichloromethane	19.30	13.92	ND	18.33	12.76	ND	5	8	NA
	Dibromochloromethane	2.26	5.41	ND	ND	5.04	ND	100	7	NA
	Bromoform	ND	ND	ND	ND	ND	ND	NA	NA	NA

ND = Not Detected (ไม่มีการตรวจพบ)

NA = Not Available (ไม่สามารถหาค่าได้)

สารประกอบ THMs ที่ได้จากการทดลอง THMFP และ UFC-THMFP ของน้ำจากเขื่อนภูมิพลแสดงในตารางที่ 4.6 และตารางที่ 4.7 พบว่าสารประกอบ THMs ที่มีค่าสูงสุดจากการทดลอง THMFP และ UFC-THMFP ของน้ำดิบ คือ chloroform ซึ่งมีค่าเท่ากับ 291.79 และ 112.57 $\mu\text{g/L}$ ตามลำดับ และสารประกอบ THMs ที่มีค่ารองลงมาคือ Bromodichloromethane มีค่าเท่ากับ 25.60 และ 19.30 $\mu\text{g/L}$ ตามลำดับ ในส่วนของน้ำดิบที่ผ่านกระบวนการ fraction ซึ่งสามารถแยกสารอินทรีย์ได้เป็นชนิด hydrophilic และ hydrophobic จากผลการทดลอง THMFP มีความเข้มข้นของ chloroform สูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 181.51 และ 189.59 $\mu\text{g/L}$ ตามลำดับและจากการทดลอง UFC พบว่ามีสารประกอบ THMs ประเภท chloroform สูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 48.86 และ 86.89 $\mu\text{g/L}$ ตามลำดับ

เมื่อนำน้ำดิบมาผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันและทำการทดลองหา THMFP และ UFC-THMFP ซึ่งกระบวนการโคแอกกูเลชันสามารถลดสารประกอบ THMs ประเภท chloroform ได้ดีกว่า ประเภท Bromodichloromethane โดยสามารถลดสารประกอบ THMs ประเภท chloroform ได้เท่ากับ 52 และ 34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อนำน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันมาผ่านกระบวนการแฟรกชันเพื่อแยกสารอินทรีย์เป็นชนิด hydrophilic และ hydrophobic พบว่ากระบวนการโคแอกกูเลชันสามารถลดสารประกอบ THMs ประเภท chloroform ในสารอินทรีย์ชนิด hydrophilic และ hydrophobic ที่ได้จากการทดลอง THMFP เท่ากับ 36 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ กระบวนการโคแอกกูเลชันสามารถลดสารประกอบ THMs ประเภท chloroform ในสารอินทรีย์ชนิด hydrophilic และ hydrophobic ที่ได้จากการทดลอง UFC-THMFP เท่ากับ 23 และ 63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากผลการทดลอง THMFP และ UFC-THMFP ค่าของสารประกอบ THMs ที่ได้จากการทดลอง THMFP จะมีค่ามากกว่าค่าของสารประกอบ THMs ที่ได้จากการทดลอง UFC-THMFP เนื่องจากการทดลอง THMFP เป็นการทดลองที่ใช้คลอรีนในปริมาณที่สูงเพื่อทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำตัวอย่าง และใช้เวลาในการเก็บเพื่อให้ทำปฏิกิริยาเป็นระยะเวลานานซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับสถานะที่ใช้ในการทดลอง UFC-THMFP พบว่าการทดลอง UFC-THMFP ใช้ปริมาณคลอรีนน้อยกว่าและระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาสั้นกว่าการทดลอง THMFP ดังนั้นค่าของสารประกอบ THMs ที่ได้จากการทดลอง THMFP จึงมีค่าสูงกว่าค่าของสารประกอบ THMs ที่ได้จากการทดลอง UFC-THMFP

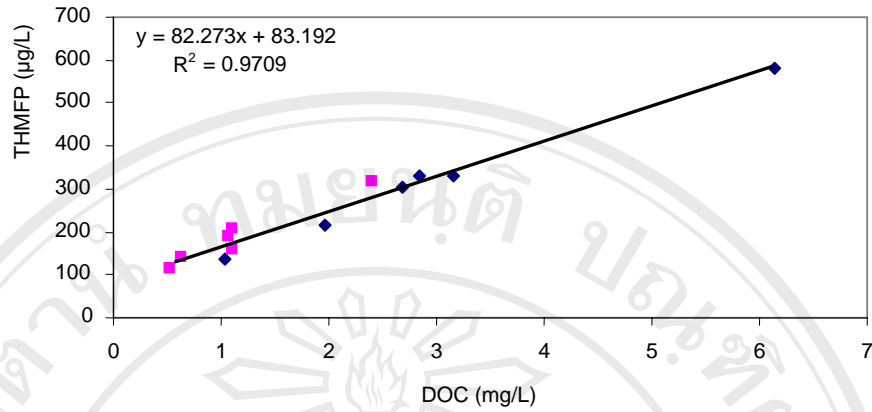
4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติ กับ THMFP

ในการพิจารณาหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติเช่น DOC, UV-254 และ SUVA กับ THMFP มีจุดมุ่งหมายเพื่อใช้ดัชนีตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติ ทำนายปริมาณของ THMFP ของน้ำตัวอย่างจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะและเขื่อนภูมิพล

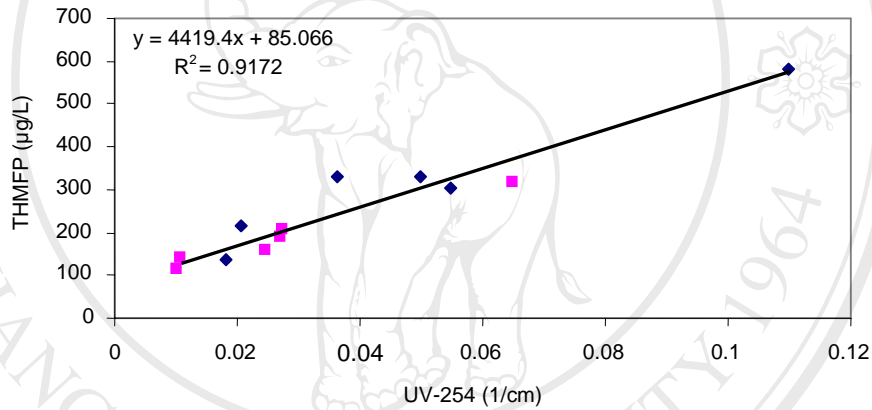
American Water Works Association (AWWA, 1993) ได้จำแนกระดับความสัมพันธ์ ออกเป็น 4 ประเภท เมื่อค่าของความสัมพันธ์ (R^2) > 0.9 เป็นระดับความสัมพันธ์ดี เมื่อค่าความสัมพันธ์มีค่า $0.7 < R^2 < 0.9$ เป็นระดับความสัมพันธ์ปานกลาง เมื่อค่าระดับความสัมพันธ์มีค่า เป็น $0.5 < R^2 < 0.7$ เป็นระดับความสัมพันธ์พอใช้ และเมื่อค่าของความสัมพันธ์เป็น $R^2 < 0.5$ เป็นระดับความสัมพันธ์ที่ไม่ดี สำหรับการพิจารณาระดับความสัมพันธ์ที่ไม่ดีนั้น จะไม่นำมาแสดงผล เนื่องจากค่าความชัน (slope) และค่า intercept ของสมการไม่เป็นที่ยอมรับ

ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำดิบและน้ำที่ผ่าน กระบวนการโคแอกกูเลชันของอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะและเขื่อนภูมิพลแสดงในรูปที่ 4.11 และใน ตารางที่ 4.6 จากรูป แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง DOC, UV-254 และ SUVA กับ THMFP โดยที่ ค่าความสัมพันธ์ (R^2) ระหว่าง DOC กับ THMFP มีค่าเท่ากับ 0.9709 ซึ่งเป็นระดับความสัมพันธ์ดี เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง UV-254 กับ THMFP โดยค่า R^2 มีค่าเท่ากับ 0.9172 เป็นระดับ ความสัมพันธ์ดี และความสัมพันธ์ระหว่าง SUVA กับ THMFP มีค่า R^2 เท่ากับ 0.0136 ซึ่งมีค่าต่ำกว่า 0.5 โดยเป็นระดับความสัมพันธ์ไม่ดี

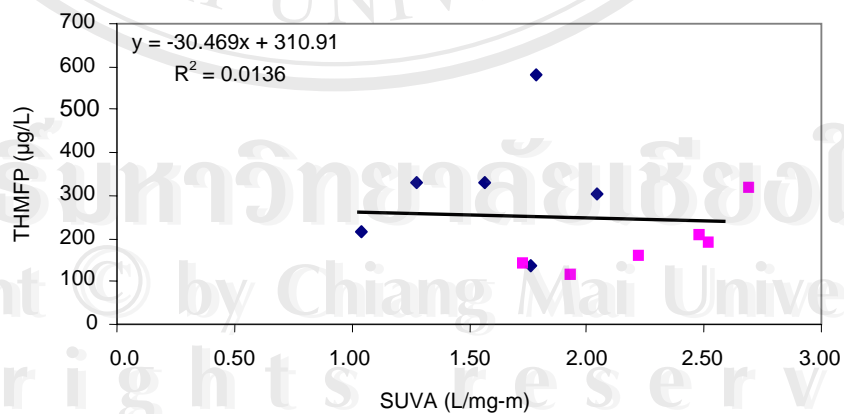
จากผลการศึกษาระดับความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติ กับ THMFP พบว่าระดับความสัมพันธ์ระหว่าง DOC กับ THMFP มีระดับความสัมพันธ์ดีที่สุด ดังนั้น DOC จึงเหมาะสมที่สุดในการอธิบายปริมาณ THMFP ที่เกิดขึ้น อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ ระหว่าง UV-254 กับ THMFP ซึ่งมีระดับความสัมพันธ์ดี ก็สามารถนำมาใช้ในการพิจารณา ปริมาณการเกิด THMFP ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะและเขื่อนภูมิพลได้



ก. ความสัมพันธ์ระหว่าง DOC กับ THMF



ข. ความสัมพันธ์ระหว่าง UV-254 กับ THMF



ค. ความสัมพันธ์ระหว่าง SUVA กับ THMF

รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีตัวแทนของน้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน ก่อนผ่านกระบวนการแฟรกชันและหลังผ่านกระบวนการแฟรกชันกับ THMF

ตารางที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติกับ THMFP

ตัวแปรตาม	ตัวแปรอิสระ	สถานะ	N	R ²	สมการ	หมายเหตุ
THMFP	DOC	น้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันก่อนและหลังผ่านกระบวนการแฟรกชัน	12	0.9709	$Y = 82.273X + 83.192$	ระดับความสัมพันธ์ดี
THMFP	UV-254	น้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันก่อนและหลังผ่านกระบวนการแฟรกชัน	12	0.9172	$Y = 4419.4X + 85.066$	ระดับความสัมพันธ์ดี
THMFP	SUVA	น้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันก่อนและหลังผ่านกระบวนการแฟรกชัน	12	0.0136	-	ระดับความสัมพันธ์ที่ไม่ดี

การถดถอย (Regression) จะไม่นำมาแสดงเมื่อมีค่า $R^2 < 0.5$ ดังนั้น ค่าความชันและค่า intercept สำหรับสมการจะไม่ถูกคำนวณ

4.9 Three-dimensional fluorescent spectroscopy (excitation-emission matrix, EEM) ของ น้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันรวมถึงน้ำที่ผ่านกระบวนการแฟรกชัน

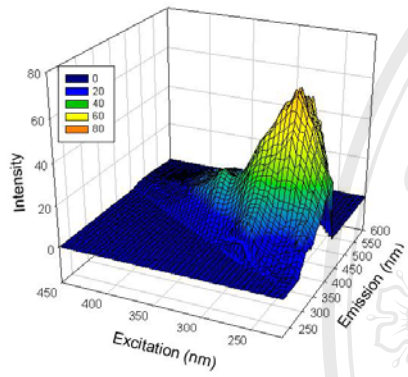
Three-dimensional fluorescent spectroscopy (excitation-emission matrix, EEM) เทคนิค เป็นวิธีการที่ค่อนข้างใหม่ในการวัดปริมาณสารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำ อย่างไรก็ตาม EEM เป็น วิธีการวัดที่สะดวก รวดเร็ว ใช้ปริมาณน้ำตัวอย่างน้อยและสามารถใช้บ่งชี้ลักษณะของสารอินทรีย์ ธรรมชาติในน้ำได้ ตลอดจนสามารถปรับปรุงและพัฒนาเพื่อใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในการวัด EEM นั้น โมเลกุลของสารอินทรีย์ละลายน้ำถูกกระตุ้นโดยพลังงานแสง Fluorescence จากหลอด Xenon ทำให้โมเลกุลดังกล่าวเปลี่ยนจาก ground state ไปสู่ low energy state แล้วโมเลกุลของสารอินทรีย์ดังกล่าวจะปล่อยพลังงานส่วนเกินที่รับเข้าไปออกมาเพื่อเปลี่ยน จาก low energy state ไปสู่ ground state อีกครั้งหนึ่ง โดยพลังงานที่ปล่อยออกมาจะมีค่าน้อยกว่า พลังงานที่ใช้กระตุ้นและความยาวคลื่นที่วัดได้ในขณะที่โมเลกุลปล่อยพลังงานออกมามีสูงกว่า ความยาวคลื่นที่ใช้ในการกระตุ้น

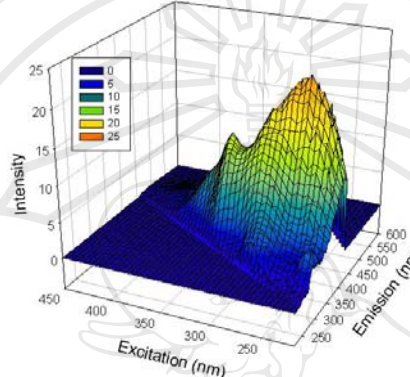
EEM ของน้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการแฟรกชัน (fraction) ของน้ำตัวอย่างจากอ่าง เก็บน้ำแม่เหิยะแสดงในรูปที่ 4.12 และ 4.13 ค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ ของ EEM ที่ตำแหน่ง ความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่มีค่าสูงอย่างชัดเจนแสดงในตารางที่ 4.7 ในกรณีของน้ำดิบตรวจ พบความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่มีค่าสูงอย่างชัดเจนของ EEM ที่ 260 nm/420 nm (P1) และ 330 nm/ 400 nm (P2) โดยที่ตำแหน่ง P1 มีค่า ความเข้มของแสงฟลูออเรสเซนซ์ (Fluorescent Intensity) สูงสุด เมื่อพิจารณา EEM ของ hydrophilic และ hydrophobic แฟรกชัน ที่ได้จากการแยกแฟรก ชันของน้ำดิบ ตรวจพบความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่มีค่าสูงอย่างชัดเจนของ EEM ที่ตำแหน่ง 260 nm/420 nm และ 330 nm/ 400 nm ซึ่งเป็นตำแหน่งเดียวกันกับน้ำดิบ

ส่วนของน้ำตัวอย่างจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะที่ผ่านกระบวนการ โคแอกกูเลชันและน้ำตัวอย่าง ดังกล่าวที่ผ่านกระบวนการแฟรกชัน พบว่าตำแหน่งความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่มีค่าสูงอย่างชัดเจนของ EEM ตรวจพบที่ตำแหน่งเดียวกันกับตำแหน่งความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่มีค่าสูงอย่างชัดเจนของ EEM ของน้ำดิบคือที่ 260 nm/420 nm และ 330 nm/ 400 nm แต่ความเข้มของแสงฟลูออเรสเซนซ์ ของ EEM ของ น้ำที่ผ่านกระบวนการ โคแอกกูเลชันและ EEM ของ hydrophilic และ hydrophobic แฟรกชันที่แยกได้จากน้ำ ที่ผ่านกระบวนการ โคแอกกูเลชันมีค่าต่ำกว่าค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ของน้ำดิบที่ตำแหน่งเดียวกัน

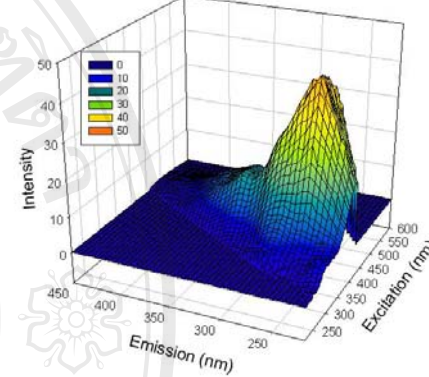
จากรูปที่ 4.13 พบว่า EEM ของ hydrophilic ของน้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการ โคแอกกูเลชันมี ค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์สูงสุดที่ตำแหน่ง 330 nm/400 nm และ EEM ของ hydrophobic ของน้ำดิบและ น้ำที่ผ่านกระบวนการ โคแอกกูเลชันมีค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ สูงอย่างชัดเจนที่ตำแหน่ง 260 nm/420



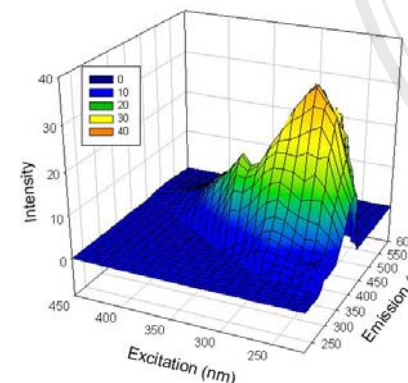
1. น้ำดิบ



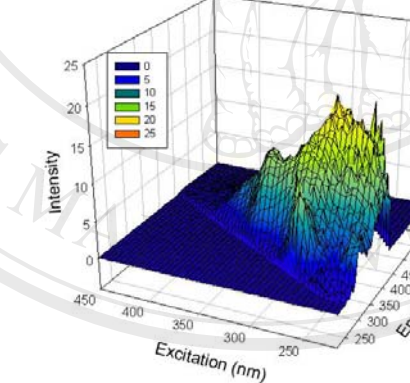
2. Hydrophilic ของน้ำดิบ



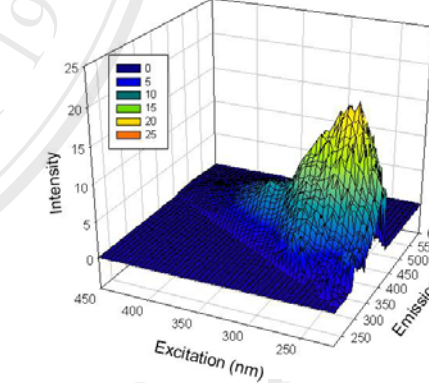
3. Hydrophobic ของน้ำดิบ



4. น้ำที่ผ่านกระบวนการ โคลแอกกูเลชัน

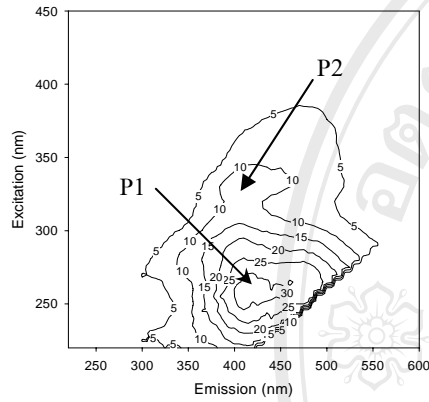


5. Hydrophilic ของน้ำที่ผ่านกระบวนการ โคลแอกกูเลชัน

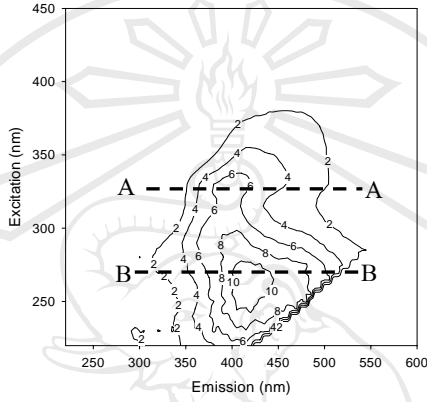


6. Hydrophobic ของน้ำที่ผ่านกระบวนการ โคลแอกกูเลชัน

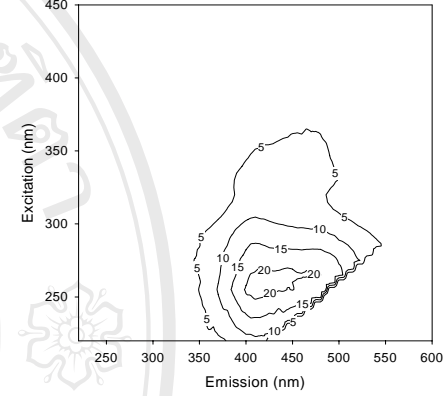
รูปที่ 4.12 EEM ในรูปแบบสามมิติ ของน้ำดิบ น้ำที่ผ่านกระบวนการ โคลแอกกูเลชันและน้ำที่ผ่านกระบวนการเพรคชันของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหีะ, 2 QSU



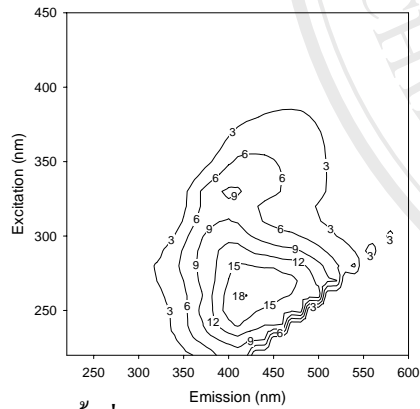
1. น้ำดิบ



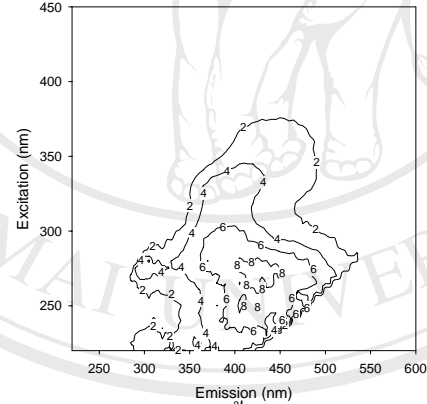
2. Hydrophilic ของน้ำดิบ



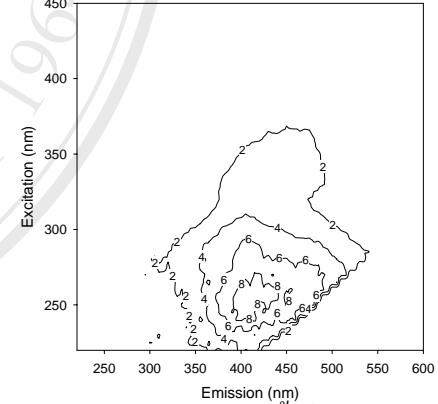
3. Hydrophobic ของน้ำดิบ



4. น้ำที่ผ่านกระบวนการ โคลอเอกกูเลชัน



5. Hydrophilic ของน้ำที่ผ่านกระบวนการ



6. Hydrophobic ของน้ำที่ผ่านกระบวนการ

โคลอเอกกูเลชัน

โคลอเอกกูเลชัน

รูปที่ 4.13 EEM ในรูปแบบ contour ของน้ำดิบ น้ำที่ผ่านกระบวนการ โคลอเอกกูเลชันและน้ำที่ผ่านกระบวนการแฟรกชันของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะ,2 QSU

เมื่อพิจารณา EEM โดยใช้หลักการของ Chen et al. (2003) ซึ่งได้อธิบายขอบเขตของความยาวคลื่น Excitation (Ex) และ Emission (Em) โดยแบ่งออกเป็น 5 ส่วน (region) ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.14 และสามารถแบ่งได้ดังนี้

Region ที่ 1, Ex/Em มีค่าอยู่ในช่วง 220-250 nm/280-330 nm จะเป็นค่า EEM ที่เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์กลุ่ม Tyrosine หรือ aromatic protein.

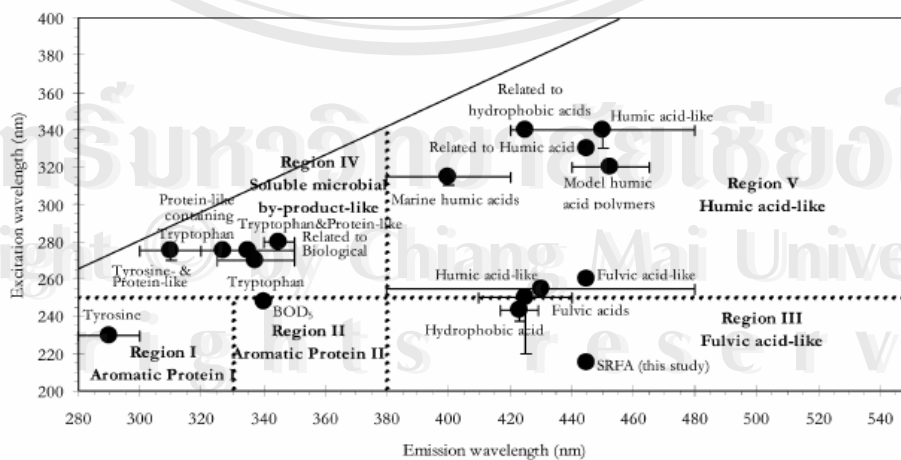
Region ที่ 2, Ex/Em มีค่าอยู่ในช่วง 220-250 nm/330-380 nm จะเป็นค่า EEM ที่เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์กลุ่ม BOD₅ หรือ aromatic protein

Region ที่ 3, Ex/Em มีค่าอยู่ในช่วง 220-250 nm/ >380 nm จะเป็นค่า EEM ที่เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์กลุ่ม Hydrophobic acid หรือ fulvic acid-like

Region ที่ 4, Ex/Em มีค่าอยู่ในช่วง >250 nm/ 280-380 nm จะเป็นค่า EEM ที่เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์กลุ่ม soluble microbial by-product-like

Region ที่ 5, Ex/Em มีค่าอยู่ในช่วง >250 nm/ >380 nm จะเป็นค่า EEM ที่เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์กลุ่ม humic acid-like

ดังที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น EEM ของน้ำตัวอย่างจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะ EEM ของน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน EEM ของ hydrophobic และ hydrophilic ของน้ำดิบและ EEM ของ hydrophobic และ hydrophilic ของน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน ตรวจพบความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่มีค่าสูงอย่างชัดเจนที่ตำแหน่ง 260 nm/420 nm และ 330 nm/ 400 nm เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับขอบเขตของความยาวคลื่น ของ Chen et al. (2003) พบว่าที่ตำแหน่ง 260 nm/420 nm และ 330 nm/ 400 nm อยู่ในส่วนของ region V ซึ่งเป็นตัวแทนของ humic acid-like



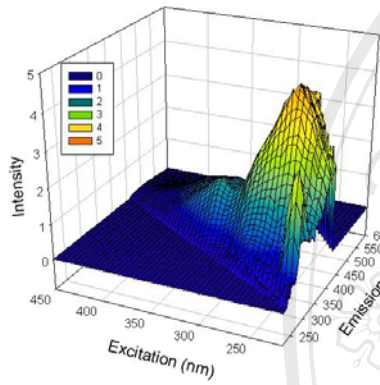
รูปที่ 4.14 ตำแหน่งของ EEM ที่มีค่าสูงและขอบเขตของความยาวคลื่น Excitation และ Emission สำหรับ EEM ทั้ง 5 ส่วน (region)

EEM ของน้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการแฟรกชัน ของน้ำตัวอย่างจากเขื่อนภูมิพลแสดง ในรูปที่ 4.15 และ 4.16 ค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ ของ EEM ที่ตำแหน่งความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่มีค่าสูงอย่างชัดเจนแสดงในตารางที่ 4.7 โดยน้ำดิบตรวจพบความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่มีค่าสูงอย่างชัดเจนของ EEM ที่ 260 nm/420 nm (P3) และ 330 nm/ 410nm (P4) โดยที่ตำแหน่ง P3 มีความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์สูงสุด เมื่อพิจารณา EEM ของ hydrophilic และ hydrophobic แฟรกชัน ที่ได้จากการแยกได้น้ำดิบตรวจพบความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่มีค่าสูงอย่างชัดเจน ของ EEM ที่ ตำแหน่ง 260 nm/420 nm และ 330 nm/ 410 nm ซึ่งเป็นตำแหน่งเดียวกันกับน้ำดิบ

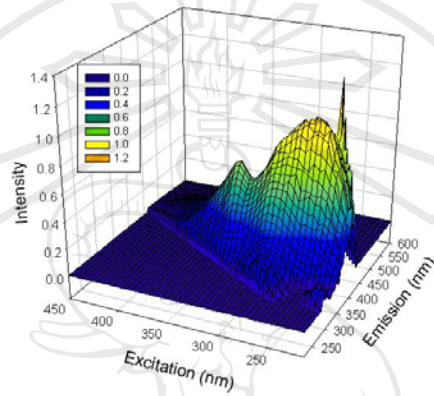
ในส่วนของน้ำตัวอย่างจากเขื่อนภูมิพลที่ผ่านกระบวนการ โคแอกกูเลชันและน้ำตัวอย่าง ดังกล่าวที่ผ่านกระบวนการแฟรกชัน พบว่าตำแหน่งความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่มีค่าสูงอย่าง ชัดเจนของ EEM ตรวจพบที่ตำแหน่งเดียวกันกับตำแหน่งความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่มีค่าสูงอย่าง ชัดเจน ของ EEM ของน้ำดิบคือที่ 260 nm/420 nm และ 330 nm/ 410 nm แต่ความเข้มแสงฟลูออ เรสเซนซ์ของ EEM จากน้ำที่ผ่านกระบวนการ โคแอกกูเลชันและ EEM ของ hydrophilic และ hydrophobic แฟรกชันที่ได้น้ำที่ผ่านกระบวนการ โคแอกกูเลชันมีค่าต่ำกว่าค่าความเข้มแสง ฟลูออเรสเซนซ์ของน้ำดิบที่ตำแหน่งเดียวกัน

จากรูปที่ 4.16 พบว่า EEM ของ hydrophilic ของน้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการ โคแอกกูเลชันมีค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์สูงสุดที่ตำแหน่ง 330 nm/ 410 nm และ EEM ของ hydrophobic ของน้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการ โคแอกกูเลชันมีค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ สูงอย่างชัดเจนที่ตำแหน่ง 260 nm/420 nm

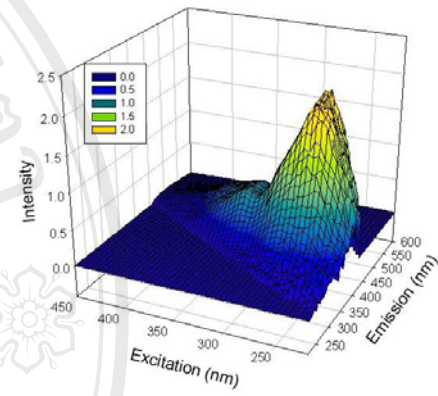
จากผล EEM ของน้ำตัวอย่างจากเขื่อนภูมิพล พบว่า EEM ของน้ำตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการ โคแอกกูเลชัน EEM ของ hydrophobic และ hydrophilic ของน้ำดิบและ EEM ของ hydrophobic และ hydrophilic ของน้ำที่ผ่านกระบวนการ โคแอกกูเลชัน ตรวจพบความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่มี ค่าสูงอย่างชัดเจนที่ตำแหน่ง 260 nm/420 nm และ 330 nm/ 410 nm เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับขอบเขต ของความยาวคลื่น ของ Chen et al. (2003) พบว่าที่ตำแหน่ง 260 nm/420 nm และ 330 nm/ 410 nm อยู่ใน ส่วนที่ 5 (region V) ซึ่งเป็นตัวแทนของ humic acid-like



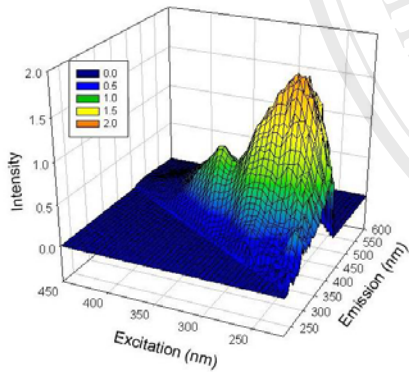
1. น้ำดิบ



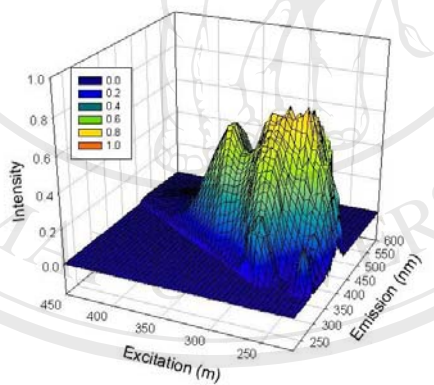
2. Hydrophilic ของน้ำดิบ



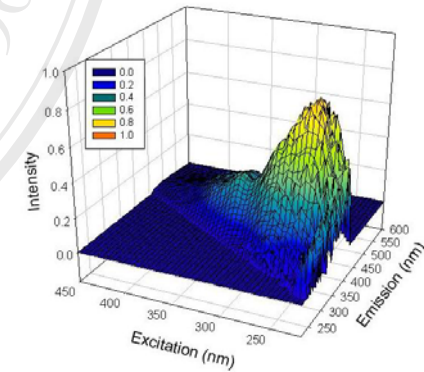
3. Hydrophobic ของน้ำดิบ



4. น้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน

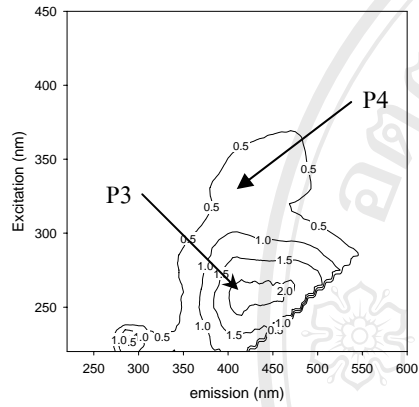


5. Hydrophilic ของน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน

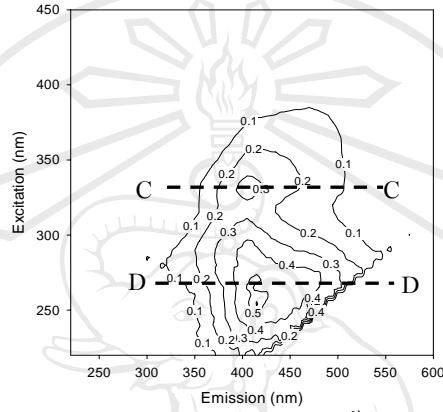


6. Hydrophobic ของน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน

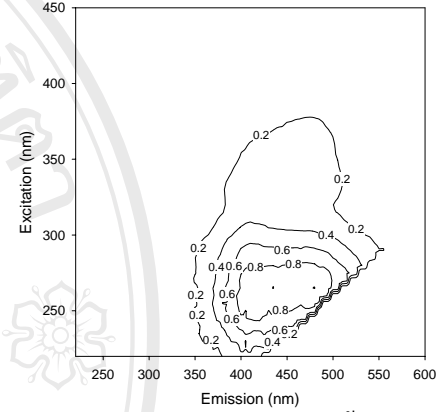
รูปที่ 4.15 EEM ในรูปแบบสามมิติ ของน้ำดิบ น้ำที่ผ่านกระบวนการ โคแอกกูเลชันและน้ำที่ผ่านกระบวนการแฟรกชันของน้ำจากเขื่อนภูมิพล, 2 QSU



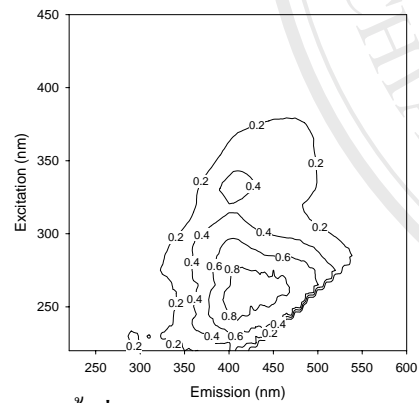
1. น้ำดิบ



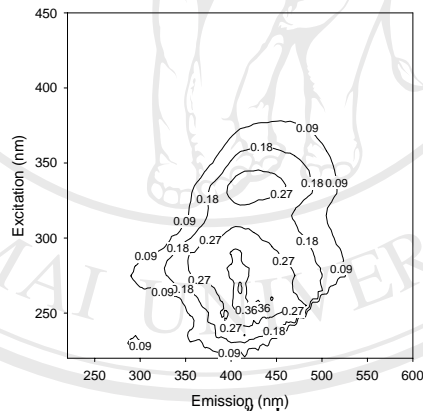
2. Hydrophilic ของน้ำดิบ



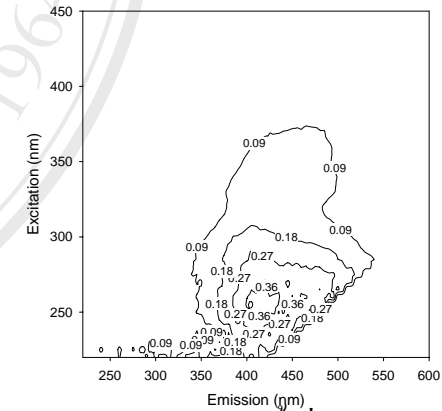
3. Hydrophobic ของน้ำดิบ



4. น้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน



5. Hydrophilic ของน้ำที่ผ่านกระบวนการ



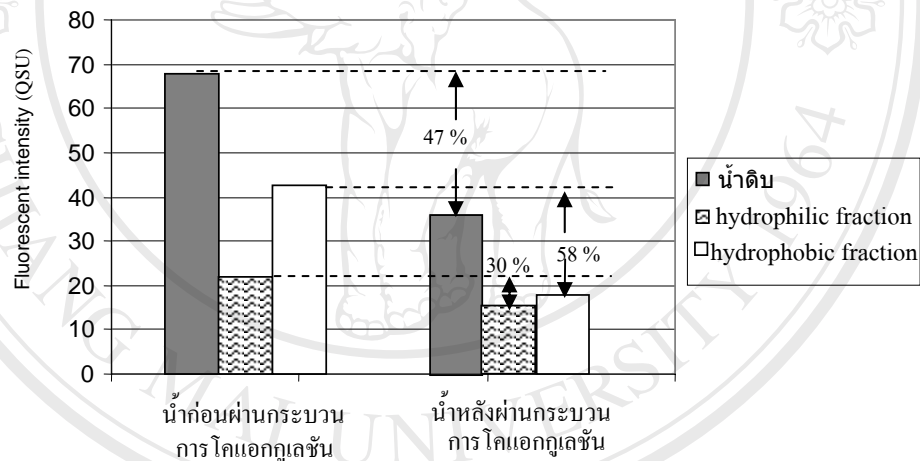
6. Hydrophobic ของน้ำที่ผ่านกระบวนการ

โคแอกกูเลชัน

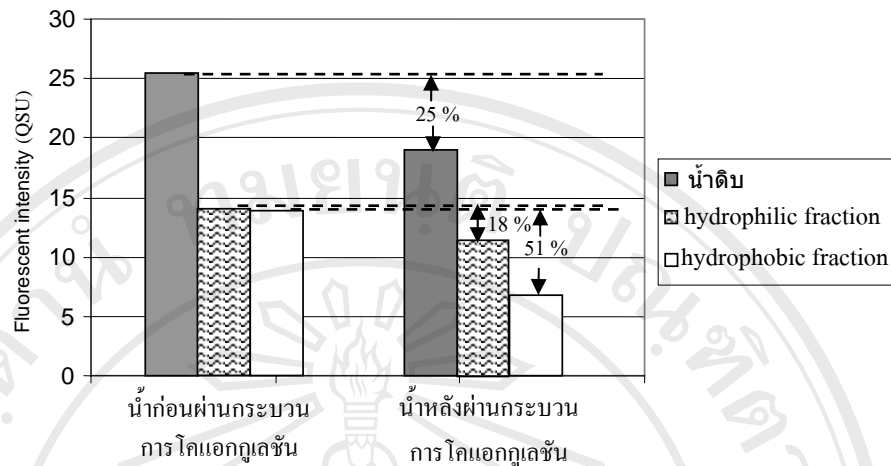
โคแอกกูเลชัน

รูปที่ 4.16 EEM ในรูปแบบ contour ของน้ำดิบ น้ำที่ผ่านกระบวนการ โคแอกกูเลชันและน้ำที่ผ่านกระบวนการแฟรกชันของน้ำจากเขื่อนภูมิพล,2 QSU

เมื่อพิจารณาค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะที่ 260 nm/420 nm ดังแสดงในรูปที่ 4.17 ความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ของน้ำดิบจะมีค่าสูงที่สุดและเมื่อนำน้ำดิบผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน พบว่าสามารถลดความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ ได้ 47 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ ในส่วนของ hydrophilic และ hydrophobic แฟรคชันของน้ำตัวอย่างได้เท่ากับ 30 เปอร์เซ็นต์ และ 58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากรูปที่ 4.18 แสดงค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ของน้ำตัวอย่างจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะที่ 330 nm/400 nm ซึ่งกระบวนการโคแอกกูเลชันสามารถลดความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ในน้ำดิบได้เท่ากับ 25 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ ของ hydrophilic และ hydrophobic แฟรคชันได้เท่ากับ 18 เปอร์เซ็นต์ และ 51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้นกระบวนการ โคแอกกูเลชันสามารถลดความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ ที่ 260 nm/420 nm ได้ดีกว่าที่ 330 nm/400 nm



รูปที่ 4.17 ค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ ที่ 260/420 nm (excitation / emission) ของน้ำดิบ น้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันและน้ำที่ผ่านกระบวนการ Resin fractionation ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะ

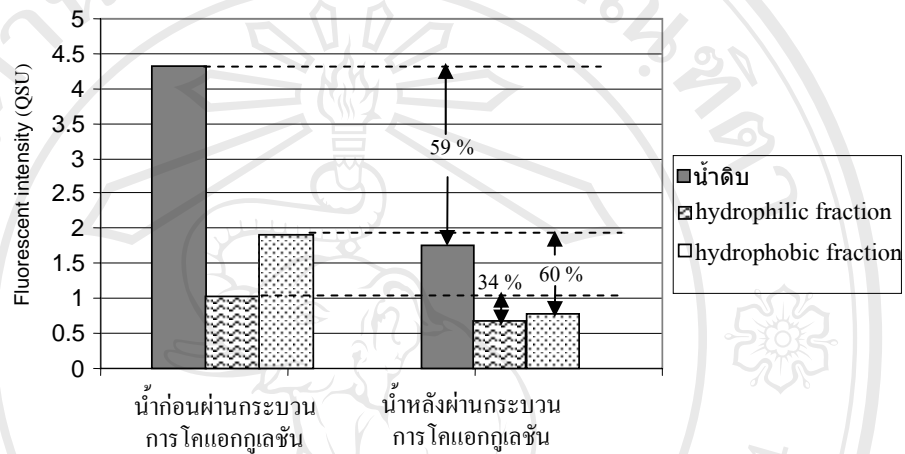


รูปที่ 4.18 ค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ ที่ 330/400 nm (excitation / emission) ของน้ำดิบ น้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันและน้ำที่ผ่านกระบวนการ Resin fractionation ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะ

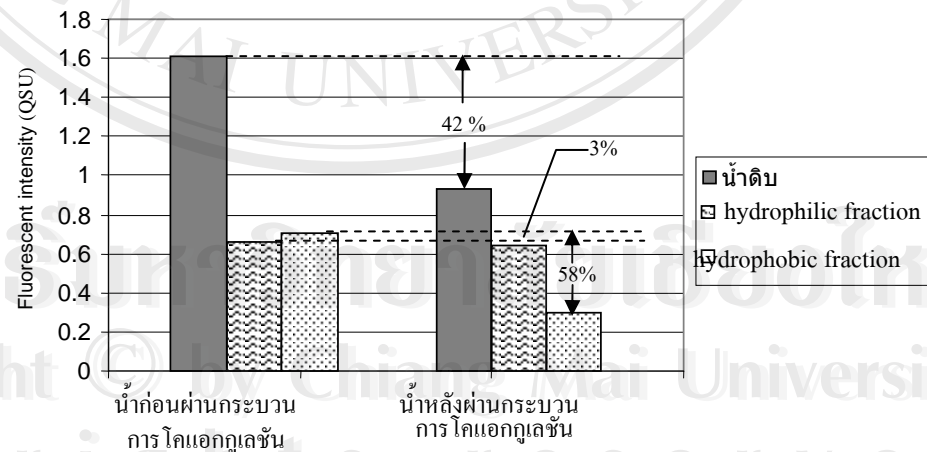
จากรูปที่ 4.19 ซึ่งแสดงค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ ของน้ำจากเขื่อนภูมิพลที่ 260 nm/420 nm พบว่าน้ำดิบเมื่อนำมาผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันสามารถลดค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ ลงได้เท่ากับ 59 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ ของ hydrophilic และ hydrophobic แพรกชันได้เท่ากับ 34 เปอร์เซ็นต์ และ 60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากรูปที่ 4.20 แสดงค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ของน้ำตัวอย่างจากเขื่อนภูมิพลที่ 330 nm/410 nm ซึ่งกระบวนการโคแอกกูเลชันสามารถลดความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ในน้ำดิบได้เท่ากับ 42 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ ของ hydrophilic และ hydrophobic แพรกชันได้เท่ากับ 3 เปอร์เซ็นต์ และ 58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากรูปที่ 4.19 และ 4.20 พบว่ากระบวนการโคแอกกูเลชันสามารถลดความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ ที่ 260 nm/420 nm ได้ดีกว่าที่ 330 nm/400 nm

จากผลการทดลองที่ได้ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะและเขื่อนภูมิพล กระบวนการโคแอกกูเลชันสามารถลดค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ ในส่วนของ hydrophobic แพรกชัน ซึ่งเป็นส่วนของ humic acid-like ได้มากที่สุด และกระบวนการโคแอกกูเลชันสามารถลดค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ ของ hydrophobic แพรกชัน ได้มากกว่าของ hydrophilic แพรกชัน

ทั้งนี้เนื่องจากการวัดค่าตัวแทนสารอินทรีย์ธรรมชาติบางค่าเช่น สารอินทรีย์ละลายน้ำ (DOC) และ โอกาสการก่อตัวของสารไตรฮาโลมีเทน (THMFP) ต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์ตัวอย่างค่อนข้างนานและสิ้นเปลืองสารเคมี ดังนั้นในส่วนถัดไปจะเป็นการนำเสนอการประยุกต์ใช้ EEM มาเป็นตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติ



รูปที่ 4.19 ค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ ที่ 260/420 nm (excitation / emission) ของน้ำดิบ น้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันและน้ำที่ผ่านกระบวนการ Resin fractionation ของน้ำจากเขื่อนภูมิพล



รูปที่ 4.20 ค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ ที่ 330/410 nm (excitation / emission) ของน้ำดิบ น้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันและน้ำที่ผ่านกระบวนการ Resin fractionation ของน้ำจากเขื่อนภูมิพล

ตารางที่ 4.9 ความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่มีค่าสูง ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะและเขื่อนภูมิพล

แหล่งน้ำ	ประเภท	ค่าความเข้มแสงของฟลูออเรสเซนซ์ ที่มีค่าสูงอย่างชัดเจนในตำแหน่งต่างๆ (Excitation: nm/ Emission: nm), QSU		
		260 nm/420 nm	330 nm/400 nm	330 nm/410 nm
อ่างเก็บน้ำแม่เหิยะ	น้ำดิบ	67.89	25.49	
	สารอินทรีย์ชนิด hydrophilic	21.85	14.01	
	สารอินทรีย์ชนิด hydrophobic	42.56	13.87	
	น้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน	36.11	18.98	
	สารอินทรีย์ชนิด hydrophilic	15.34	11.53	
	สารอินทรีย์ชนิด hydrophobic	17.75	6.82	
เขื่อนภูมิพล	น้ำดิบ	4.31		1.61
	สารอินทรีย์ชนิด hydrophilic	1.04		0.66
	สารอินทรีย์ชนิด hydrophobic	1.90		0.71
	น้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชัน	1.77		0.93
	สารอินทรีย์ชนิด hydrophilic	0.69		0.64
	สารอินทรีย์ชนิด hydrophobic	0.77		0.30

4.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง EEM กับดัชนีตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติ

ในส่วนนี้เป็นการนำเสนอการใช้ค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ (Fluorescent intensity) และค่าพื้นที่ใต้กราฟของ Excitation spectrum มาใช้เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติโดยใช้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear regression)

4.10.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ กับดัชนีตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติ

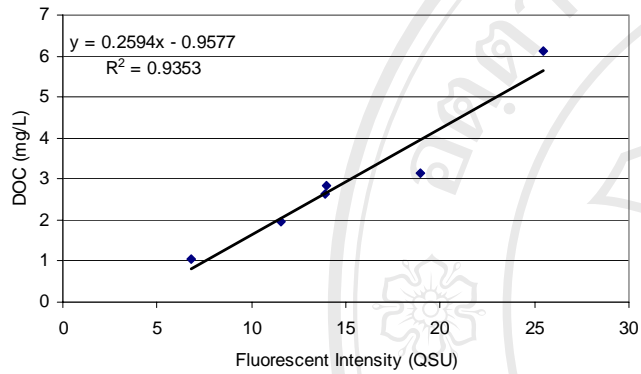
การทำนายค่าดัชนีตัวแทนของสารอินทรีย์โดยใช้เทคนิค Three-dimensional fluorescent spectroscopy (EEM) เป็นการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่ตำแหน่งความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่มีค่าสูงอย่างชัดเจนที่ตรวจพบทั้งสองตำแหน่งคือ 260 nm/420 nm และ 330 nm/400 nm กับค่าดัชนีตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติ เช่น DOC, UV-254, THMFP และ UFC-TTHM โดยรูปที่ 4.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่ 330 nm /400 nm กับ DOC ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะซึ่งมีระดับความสัมพันธ์ดีกับค่า DOC โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9353

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ กับ UV-254 แสดงในรูปที่ 4.22 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่ตำแหน่ง 260 nm/420 nm กับ UV-254 มีระดับความสัมพันธ์ปานกลางกับค่า UV-254 ซึ่งมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8651

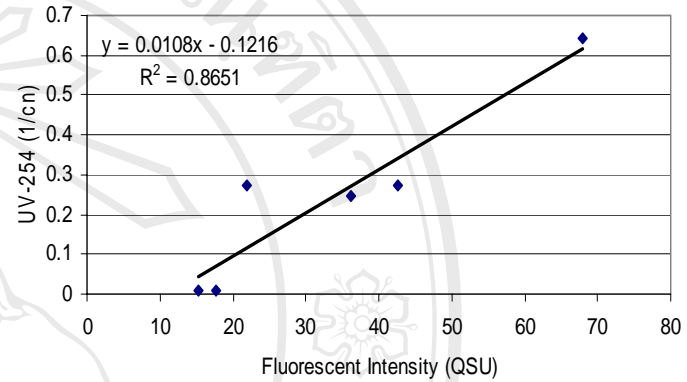
ในรูปที่ 4.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์กับ THMFP พบว่าค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่ตำแหน่ง 330 nm/400 nm มีระดับความสัมพันธ์ดีกับค่า THMFP โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9223

ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์กับ UFC-TTHM แสดงในรูปที่ 4.24 พบว่าค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่ 330 nm/400 nm มีระดับความสัมพันธ์ดีกับค่า UFC-TTHM โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9304

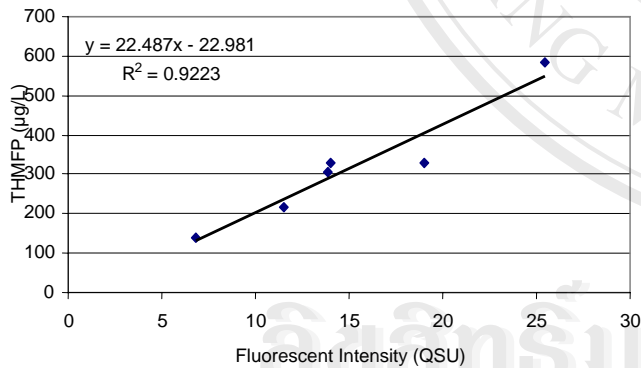
จากการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์กับดัชนีตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะพบว่า EEM ที่ตำแหน่ง 260 nm/420 nm สามารถใช้ในการทำนายค่า UV-254 ได้ดีกว่าที่ตำแหน่ง 300 nm/400 nm ในส่วนของ EEM ที่ตำแหน่ง 330 nm/ 400 nm สามารถใช้ในการทำนายค่า DOC THMFP และ UFC-TTHM ได้ดีกว่าที่ตำแหน่ง 260 nm/420 nm



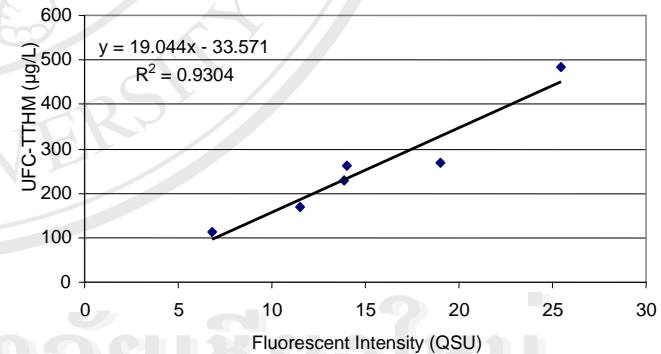
รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ ที่ 330 nm/400 nm กับ DOC ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะ



รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่ 260 nm/420 nm กับ UV-254 ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะ



รูปที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ ที่ 330 nm/400 nm กับ THMFP ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะ



รูปที่ 4.24 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ ที่ 330 nm/400 nm กับ UFC-TTHM ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะ

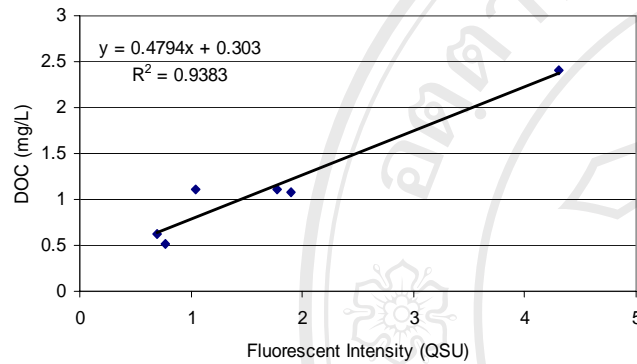
ในส่วนของการสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์กับ DOC ของน้ำจากเขื่อนภูมิพลแสดงในรูปที่ 4.25 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่ตำแหน่ง 260 nm/420 nm กับ DOC มีระดับความสัมพันธ์ดี โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9383

สำหรับค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ กับ UV-254 แสดงในรูปที่ 4.26 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่ตำแหน่ง 260 nm/420 nm มีระดับความสัมพันธ์ดี โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9719

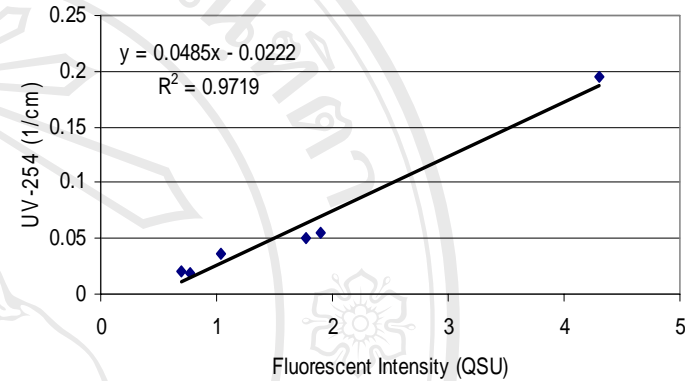
ในรูปที่ 4.27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์กับ THMFP ของน้ำจากเขื่อนภูมิพล ค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่ตำแหน่ง 260 nm/420 nm มีระดับความสัมพันธ์ปานกลางกับค่า THMFP โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.815

สำหรับค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์กับ UFC-TTHM แสดงในรูปที่ 4.28 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่ตำแหน่ง 330 nm/410 nm มีระดับความสัมพันธ์ดีกับค่า UFC-TTHM โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.924

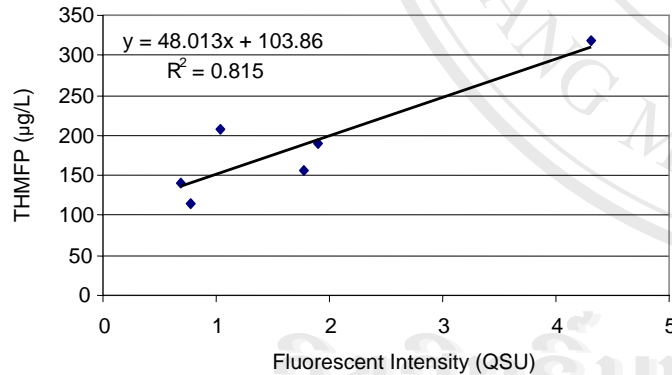
ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์กับดัชนีตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติของน้ำจากเขื่อนภูมิพลพบว่า EEM ที่ตำแหน่ง 260 nm/420 nm สามารถใช้ในการทำนายค่า DOC UV-254 และ THMFP ได้ดีกว่าที่ตำแหน่ง 300 nm/400 nm ในส่วนของ EEM ที่ตำแหน่ง 330 nm/ 410 nm สามารถใช้ในการทำนายค่า UFC-TTHM ได้ดีกว่าที่ตำแหน่ง 260 nm/420 nm



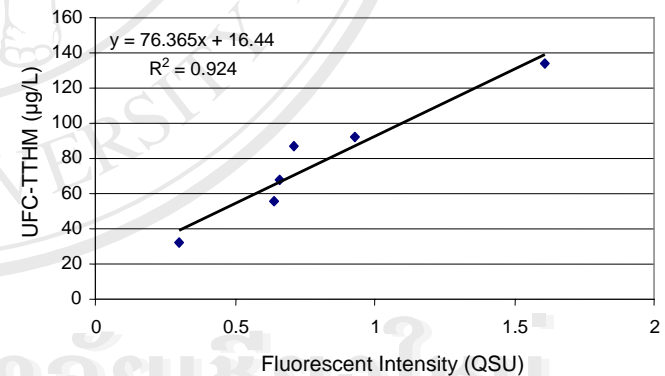
รูปที่ 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่ 260 nm/420 nm กับ DOC ของน้ำจากเขื่อนภูมิพล



รูปที่ 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่ 260 nm/420 nm กับ UV-254 ของน้ำจากเขื่อนภูมิพล



รูปที่ 4.27 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่ 260 nm/420 nm กับ THMFP ของน้ำจากเขื่อนภูมิพล

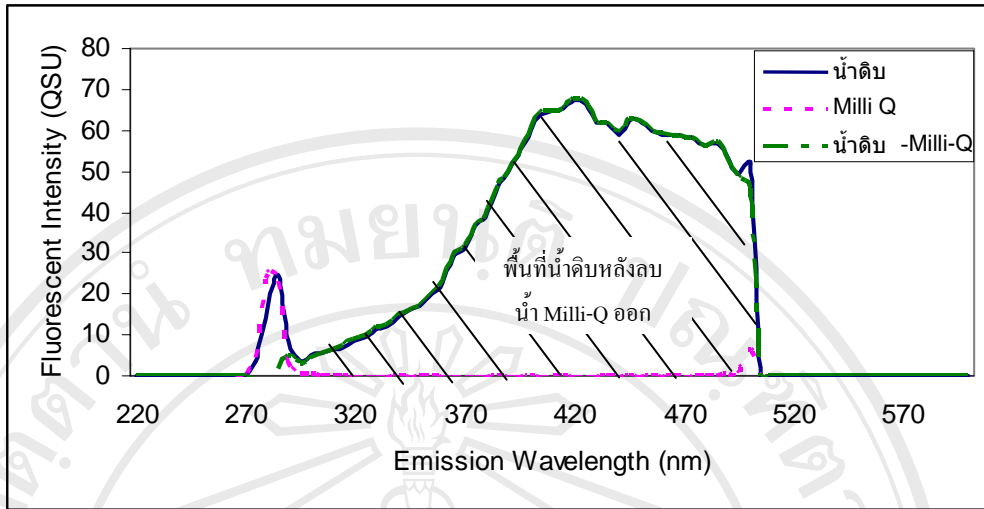


รูปที่ 4.28 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่ 330 nm/410 nm กับ UFC-TTHM ของน้ำจากเขื่อนภูมิพล

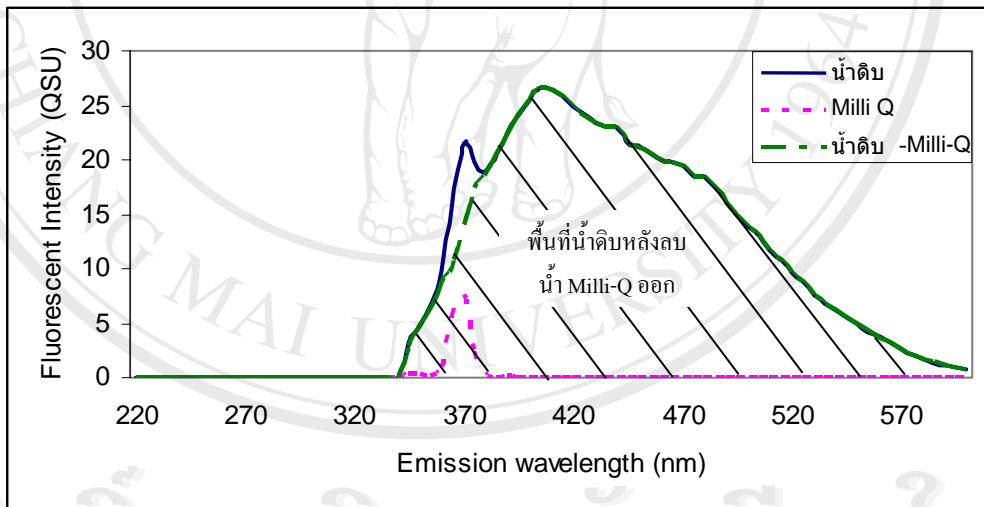
4.10.2 ความสัมพันธ์พื้นที่ได้กราฟ fluorescent excitation กับดัชนีตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติ

ในการพิจารณาหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนของพื้นที่ได้กราฟของ Fluorescent excitation กับดัชนีตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาตินั้น เพื่อนำมาใช้ทำนายปริมาณของสารอินทรีย์ธรรมชาติดังกล่าวได้ จากรูปที่ 4.13 (2) ซึ่งแสดง EEM ของน้ำดิบและน้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันและน้ำที่ผ่านกระบวนการแฟรกชันของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะ และแสดงเส้นตัวแทนของพื้นที่ได้กราฟของ Fluorescent excitation spectrum พบว่า ตัวแทนของพื้นที่ได้กราฟของ Fluorescent excitation ประกอบด้วยส่วน A-A และ B-B ในกรณีของส่วน A-A EEM จะถูกตัดที่ความยาวคลื่น excitation เท่ากับ 260 nm และความยาวคลื่น emission อยู่ในช่วง 300 – 490 nm และในกรณีของส่วน B-B EEM จะถูกตัดที่ความยาวคลื่น excitation เท่ากับ 330 nm และความยาวคลื่น emission อยู่ในช่วง 345 – 600 nm

จากรูปที่ 4.29 fluorescent excitation spectrum ถูกตัดที่ตำแหน่ง 260 nm และ 330 nm เนื่องจาก fluorescent excitation spectrum ที่ตำแหน่ง 260 nm และ 330 nm เป็นค่าที่ผ่านตำแหน่งความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่มีค่าสูงอย่างชัดเจน ของ EEM ดังที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น พื้นที่ได้กราฟของ Fluorescent excitation spectrum ของน้ำดิบ ที่ตำแหน่ง 260 nm และ 330 nm แสดงในรูปที่ 4.29 ก และ 4.29 ข ตามลำดับและ เมื่อนำพื้นที่ได้กราฟของ Fluorescent excitation spectrum ของ Milli-Q ที่ 260 nm และ 330 nm มาลบออกจากพื้นที่ได้กราฟของ Fluorescent excitation spectrum ของน้ำดิบ จะได้พื้นที่ได้กราฟของ Fluorescent excitation spectrum ของน้ำดิบซึ่งแสดงในส่วนที่ถูกแรเงาดังรูปที่ 4.29 ในส่วนของพื้นที่ได้กราฟของ Fluorescent excitation spectrum ของน้ำตัวอย่างอื่นหาได้จากการดำเนินการแบบเดียวกันกับการหาพื้นที่ได้กราฟของ Fluorescent excitation spectrum ของน้ำดิบ เมื่อหาค่าพื้นที่ได้กราฟของ Fluorescent excitation spectrum ของน้ำตัวอย่างทั้งหมดได้แล้วก็สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าพื้นที่ได้กราฟของ Fluorescent excitation spectrum กับดัชนีตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติเช่น DOC, UV-254, THMFP และ UFC-TTHM ได้ ซึ่งค่าดังกล่าวได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.30 – 4.33



ก .



ข .

รูปที่ 4.29 ความเข้มแสง fluorescent ในหน่วย QSU ของน้ำดิบ น้ำ Milli-Q และน้ำดิบหลังลบน้ำ Milli-Q ออก ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิชะที่ความยาวคลื่น excitation 260 nm (ก. ส่วน A-A) และที่ 330 nm (ข. ส่วน B-B) กับความยาวคลื่น emission ในช่วงระหว่าง 220 nm และ 600 nm

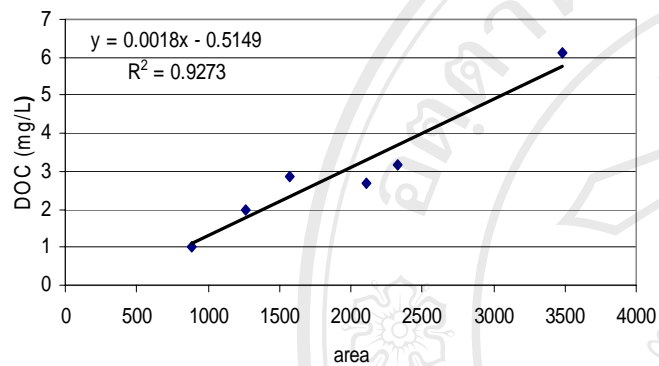
ผลจากความสัมพันธ์ของพื้นที่ได้กราฟ fluorescent excitation ที่ 330 nm กับ DOC ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหียะ แสดงในรูปที่ 4.30 ซึ่งมีระดับความสัมพันธ์ดีกับค่า DOC โดยมีค่า correlation coefficient (R^2) เท่ากับ 0.9273

จากรูปที่ 4.31 แสดงความสัมพันธ์ของพื้นที่ได้กราฟ fluorescent excitation ที่ 330 nm กับ UV-254 พบว่ามีระดับความสัมพันธ์ปานกลาง โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8935

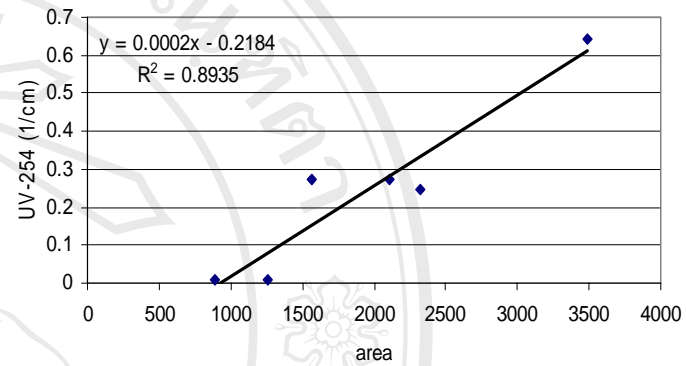
สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ได้กราฟ fluorescent excitation ที่ 330 nm กับ THMFP แสดงในรูปที่ 4.32 พบว่ามีระดับความสัมพันธ์ดีกับ THMFP โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9151

ในส่วนของความสัมพันธ์ของพื้นที่ได้กราฟ fluorescent excitation ที่ 330 nm กับ UFC-TTHM แสดงในรูปที่ 4.33 พบว่า มีระดับความสัมพันธ์ดีกับค่า UFC-TTHM โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9107

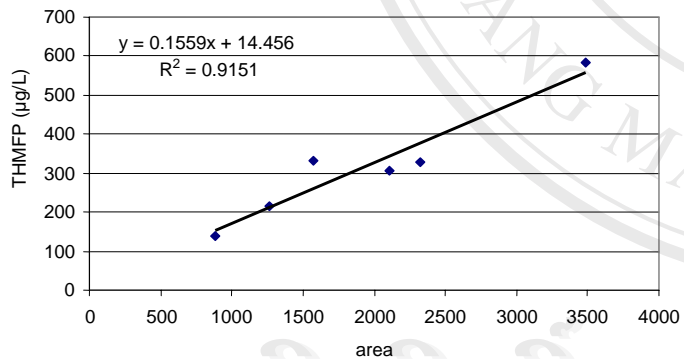
จากการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ได้กราฟ fluorescent excitation กับ ดัชนีตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาตินั้น พบว่าที่ตำแหน่ง excitation เท่ากับ 330 nm สามารถใช้ในการทำนายค่าของ DOC, UV-254, THMFP และ UFC-TTHM ของน้ำดิบ น้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันและน้ำที่ผ่านกระบวนการแฟรกชัน เนื่องจากมีระดับความสัมพันธ์ดีกว่าที่ตำแหน่ง excitation 260 nm



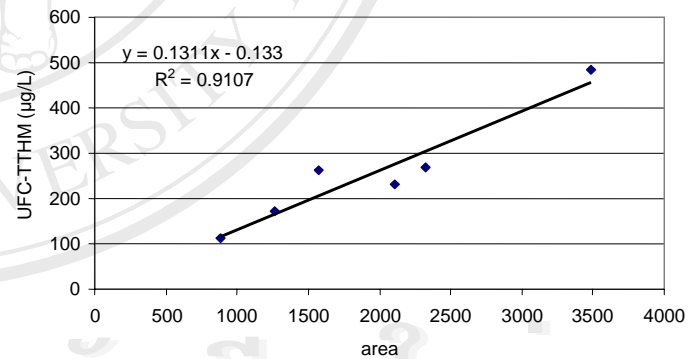
รูปที่ 4.30 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้กราฟที่ excitation 330 nm กับ DOC ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะ



รูปที่ 4.31 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้กราฟที่ excitation 330 nm กับ UV-254 ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะ



รูปที่ 4.32 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้กราฟที่ excitation 330 nm กับ THMFP ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะ



รูปที่ 4.33 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้กราฟที่ excitation 330 nm กับ UFC-TTHM ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะ

ในการพิจารณาหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนของพื้นที่ได้กราฟของ Fluorescent excitation กับดัชนีตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติของน้ำจากเขื่อนภูมิพล ใช้วิธีการหา เช่นเดียวกันกับการหาพื้นที่ได้กราฟของ Fluorescent excitation ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหียะ โดย EEM ของน้ำดิบ น้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันและน้ำที่ผ่านกระบวนการแฟรกชันของน้ำจากเขื่อนภูมิพล ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.16(2) และแสดงเส้นตัวแทนของพื้นที่ได้กราฟของ Fluorescent excitation spectrum พบว่าตัวแทนของพื้นที่ได้กราฟของ Fluorescent excitation ประกอบด้วยส่วน C-C และ D-D ในส่วน C-C EEM จะถูกตัดที่ความยาวคลื่น excitation 260 nm และที่ความยาวคลื่น emission อยู่ในช่วง 300-500 nm และในส่วนของ D-D EEM จะถูกตัดที่ความยาวคลื่น excitation 330 nm และที่ความยาวคลื่น emission ในช่วง 350-600 nm

เมื่อหาค่าพื้นที่ได้กราฟของ Fluorescent excitation spectrum ของน้ำตัวอย่างได้ทั้งหมดแล้วจะนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าพื้นที่ได้กราฟของ Fluorescent excitation spectrum กับดัชนีตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติเช่น DOC UV-254 THMFMP และ UFC-TTHM ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.34 – 4.37 โดยรูปที่ 4.34 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ได้กราฟของ Fluorescent excitation กับ DOC ของน้ำจากเขื่อนภูมิพลพบว่าที่ตำแหน่ง excitation 330 nm มีระดับความสัมพันธ์ดี โดยมีค่า correlation coefficient (R^2) เท่ากับ 0.9077

ผลจากความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ได้กราฟของ Fluorescent excitation กับ UV-254 แสดงในรูปที่ 4.35 พบว่าที่ตำแหน่ง excitation 330 nm มีระดับความสัมพันธ์ดี โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9036

ผลจากความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ได้กราฟของ Fluorescent excitation กับ THMFMP แสดงในรูปที่ 4.36 พบว่าที่ตำแหน่ง excitation 330 nm มีระดับความสัมพันธ์ปานกลาง โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.792

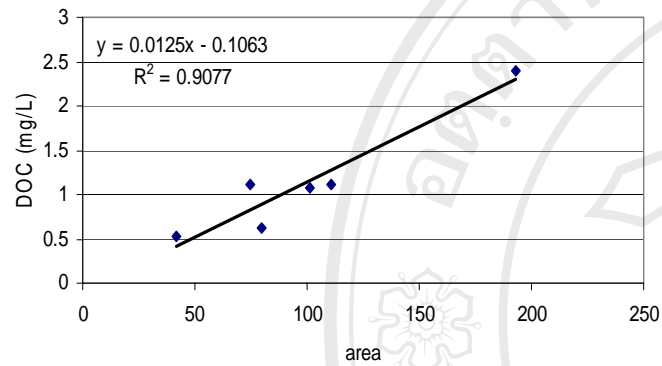
สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ได้กราฟของ Fluorescent excitation กับ UFC-TTHM แสดงในรูปที่ 4.37 โดยที่ตำแหน่ง excitation 330 nm มีระดับความสัมพันธ์ดี โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9448

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ได้กราฟ fluorescent excitation กับดัชนีตัวแทนของสารอินทรีย์ธรรมชาติของน้ำตัวอย่างจากเขื่อนภูมิพล พบว่าที่ตำแหน่ง excitation เท่ากับ 330 nm สามารถใช้ในการทำนายค่าของ DOC, UV-254, THMFMP และ UFC-

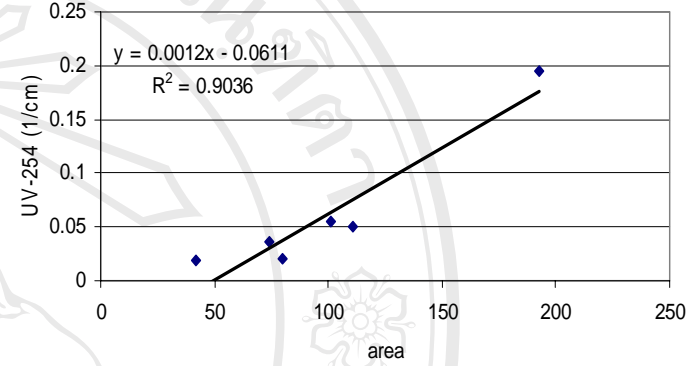
TTHM ของน้ำดิบ น้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันและน้ำที่ผ่านกระบวนการแฟรกชัน
ได้ดีกว่า ที่ตำแหน่ง excitation เท่ากับ 260 nm เนื่องจากมีระดับความสัมพัทธ์ดีกว่า



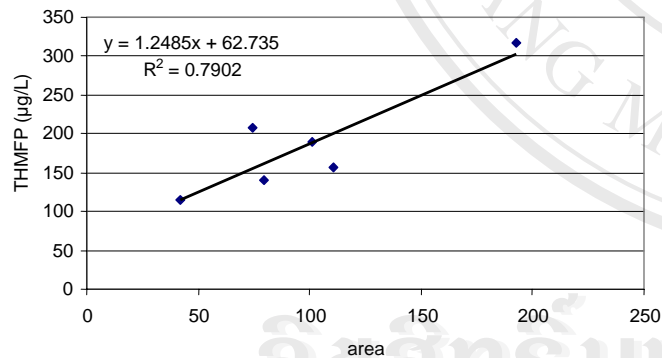
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



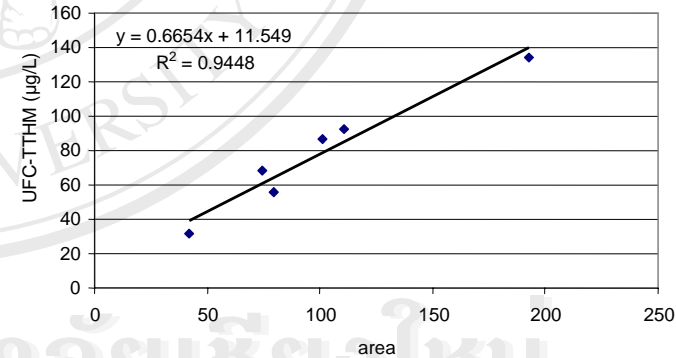
รูปที่ 4.34 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้กราฟที่ excitation 330 nm กับ DOC ของน้ำจากเขื่อนภูมิพล



รูปที่ 4.35 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้กราฟที่ excitation 330 nm กับ UV-254 ของน้ำจากเขื่อนภูมิพล



รูปที่ 4.36 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้กราฟที่ excitation 330 nm กับ THMFP ของน้ำจากเขื่อนภูมิพล



รูปที่ 4.37 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้กราฟที่ excitation 330 nm กับ UFC-TTHM ของน้ำจากเขื่อนภูมิพล

4.11 การประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ EEM เพื่อหาค่า DOC และ THMF

ในการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์กับค่า DOC และ THMF จะทำการเลือกสมการความสัมพันธ์จากหัวข้อที่ 4.10.1 ซึ่งมีระดับความสัมพันธ์ที่ดีที่สุด เช่นเดียวกันกับการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้กราฟ fluorescent excitation กับค่า DOC และ THMF จะทำการเลือกสมการความสัมพันธ์จากหัวข้อที่ 4.10.2 ซึ่งมีระดับความสัมพันธ์ที่ดีที่สุดมาใช้ในการพิจารณา เมื่อเปรียบเทียบสมการความสัมพันธ์ที่ได้จากความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์กับสมการความสัมพันธ์ที่ได้จากพื้นที่ใต้กราฟ fluorescent excitation พบว่าสมการความสัมพันธ์ที่ได้จากความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์มีระดับความสัมพันธ์ดีกว่าสมการที่ได้จากพื้นที่ใต้กราฟ fluorescent excitation ดังนั้นในการหาค่า DOC และ THMF ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะและเขื่อนภูมิพลจะใช้สมการความสัมพันธ์ที่ได้จากความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์มาพิจารณา

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่ 330 nm/400 nm กับค่า DOC ของน้ำดิบ น้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันและน้ำที่ผ่านกระบวนการแฟรกชันของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะ มีสมการความสัมพันธ์ที่ใช้ในการพิจารณาคือ $DOC = 0.2594(\text{ความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่ } 330 \text{ nm/400 nm}) + 0.9577$ ซึ่งมีระดับความสัมพันธ์ ($R^2 = 0.9353$)

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่ 330 nm/400 nm กับค่า THMF ของน้ำดิบ น้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันและน้ำที่ผ่านกระบวนการแฟรกชันของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะ มีสมการความสัมพันธ์ที่ใช้ในการพิจารณาคือ $THMF = 22.487(\text{ความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่ } 330 \text{ nm/400 nm}) + 22.981$ ซึ่งมีระดับความสัมพันธ์ ($R^2 = 0.9223$)

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่ 260 nm/420 nm กับค่า DOC ของน้ำดิบ น้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันและน้ำที่ผ่านกระบวนการแฟรกชันของน้ำจากเขื่อนภูมิพล มีสมการความสัมพันธ์ที่ใช้ในการพิจารณาคือ $DOC = 0.4794(\text{ความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่ } 260 \text{ nm/420 nm}) + 0.303$ ซึ่งมีระดับความสัมพันธ์ ($R^2 = 0.9383$)

ในส่วน of ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่ 260 nm/420 nm กับค่า THMF ของน้ำดิบ น้ำที่ผ่านกระบวนการโคแอกกูเลชันและน้ำที่ผ่านกระบวนการแฟรกชันของน้ำจากเขื่อนภูมิพล มีสมการความสัมพันธ์ที่ใช้ในการพิจารณาคือ $THMF = 48.013(\text{ความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่ } 260 \text{ nm/420 nm}) + 103.86$ ซึ่งมีระดับความสัมพันธ์ปานกลาง ($R^2 = 0.8150$)

สำหรับวิธีการใช้สมการความสัมพันธ์ในการวิเคราะห์หาค่า DOC และ THMF ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำแม่เหิยะและเขื่อนภูมิพลแสดงในภาคผนวก ค ซึ่งเป็นการใช้สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มแสงฟลูออเรสเซนซ์ กับ DOC และ THMF เนื่องจากมีระดับความสัมพันธ์ดีกว่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้กราฟ fluorescent excitation กับค่า DOC และ THMF