



การกำจัดความขุ่นและปริมาณสารคาร์บอนอินทรีย์ละลายในน้ำผิวดิน
ของระบบการผลิตประปาเทศบาลตาสุม จังหวัดอุบลราชธานี

Removal of Turbidity and Dissolved Organic Carbon in Surface Water of Water Treatment Plant of Tansum Municipality, Ubon Ratchathani

อมรรัตน์ วงษ์กลม^{1*}

Received: February, 2018; Accepted: June, 2018

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมีของน้ำผิวดินจากแม่น้ำมูลและน้ำประปาของระบบการผลิตน้ำประปาเทศบาลตาสุม อำเภอตาสุม จังหวัดอุบลราชธานี เก็บตัวอย่าง 2 ช่วง คือ ช่วงฤดูแล้ง (เดือนกุมภาพันธ์ 2559) และช่วงฤดูน้ำหลาก (เดือนมิถุนายน กรกฎาคม และ ตุลาคม 2559) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกำจัดความขุ่นและสารคาร์บอนอินทรีย์ละลาย ได้แก่ ชนิดและปริมาณสารสร้างตะกอน ความแรงไอออนและค่าความเป็นกรดด่างของน้ำผิวดิน จากการศึกษาพบว่าคุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำ ยกเว้นน้ำผิวดินที่เก็บในช่วงฤดูน้ำหลากจะมีความขุ่นสูงเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำจากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกำจัดความขุ่นและปริมาณสารคาร์บอนอินทรีย์ละลายในน้ำผิวดินโดยอาศัยกระบวนการสร้างและรวมตะกอนใช้สารสร้างตะกอน 4 ชนิด ได้แก่ เฟอร์ริกคลอไรด์ เฟอร์รัสซัลเฟต อะลูมิเนียมซัลเฟต และโพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ทดสอบโดยใช้เครื่องจาร์เทสด้วยการกวนเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที กวนช้า 30 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที และตกตะกอนเป็นเวลา 60 นาที พบว่าการใช้ชนิดและปริมาณสารสร้างตะกอนและระดับ pH ที่เหมาะสมจะสามารถกำจัดความขุ่นและปริมาณ สารคาร์บอนอินทรีย์ละลายในน้ำผิวดินได้

¹ Faculty of Science, Ubon Ratchathani Rajabhat University

* Corresponding Author E - mail Address: amornrat_dekarnkon@hotmail.com

ในขณะที่ความแรงไอออนของน้ำจะมีผลต่อการกำจัดความขุ่นและสารคาร์บอนอินทรีย์ละลายในน้ำผิวดิน ในสภาวะที่ไม่มีการเติมปูนขาวเพียงเล็กน้อย การเติม FeCl_3 20 mg/L FeSO_4 10 mg/L Alum 20 mg/L และ PACl 20 mg/L ในน้ำผิวดินและควบคุม pH เท่ากับ 7 จะมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงถึงร้อยละ 93.72 50.27 93.92 และ 96.36 ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพการกำจัดสารคาร์บอนอินทรีย์ละลายสูงถึงร้อยละ 79.54 61.95 79.02 และ 79.32 ตามลำดับ โดยความขุ่นและสารคาร์บอนอินทรีย์ละลายของน้ำผิวดินอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำของการประปาส่วนภูมิภาค

คำสำคัญ : ความขุ่น; สารคาร์บอนอินทรีย์ละลาย; น้ำผิวดิน

Abstract

The objective of this research was to study physical and chemical qualities of surface water from Moon river, and tap water from Water Treatment Plant of Tansum Municipality, Ubon Ratchathani. Samples were collected in two periods including in the dry season (February 2016) and rainy season (June, July, and October 2016). The effects of coagulants types and concentrations, pH and ionic strength on removal of turbidity and dissolved organic carbon content in surface water were studied. It was found that surface water from Moon river, and tap water from Water Treatment Plant were in the range of water quality except surface water collected in the rainy season. The effects on removal of turbidity and dissolved organic carbon content in surface water by chemical precipitation process were studied. The coagulants used in these experiments were ferric chloride, ferrous sulfate, aluminium sulphate and polyaluminium chloride. The jar test was used with 100 rpm rapid mixing for 10 minutes, follow by slow mixing 30 rpm for 20 minutes and setting for 60 minutes. It was found that the use of optimized type and concentration of coagulants and pH levels were affected on removal of turbidity and dissolved organic carbon content in surface water while the ionic strength was affected in the condition without a little amount of lime. The addition of FeCl_3 20 mg/L, FeSO_4 10 mg/L, Alum 20 mg/L and PACl 20 mg/L at pH 7 could be high efficiency removal of turbidity and total organic carbon content in surface water. The percentages of removal of turbidity were 93.72, 50.27, 93.92 and 96.36, respectively. The percentages of removal of dissolved organic carbon were 79.54, 61.95, 79.02 and 79.32, respectively. Turbidity and dissolved organic carbon were in the quality of tap water by Provincial Waterworks Authority.

Keywords: Turbidity; Dissolved Organic Carbon; Surface Water

บทนำ

ประปาเทศบาลตาสุม อำเภอตาสุม จังหวัดอุบลราชธานี มีระบบการผลิตน้ำประปาที่ใช้น้ำผิวดินจากแม่น้ำมูลมาผ่านกระบวนการสร้างและรวมตะกอน แต่การใช้น้ำดิบจากแหล่งน้ำผิวดินมักพบปัญหาต่าง ๆ เช่น การปนเปื้อนของสารอินทรีย์ และความขุ่นในน้ำอาจมาจากสภาพพื้นที่หรือสภาพของฤดูกาลที่ส่งผลทำให้ดัชนีคุณภาพของน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ เช่น ความขุ่นของน้ำหรือการเจือจางขององค์ประกอบของสารอินทรีย์ในน้ำ ซึ่งการเปลี่ยนสภาพขององค์ประกอบของน้ำอาจส่งผลต่อปริมาณการใช้สารเคมีสำหรับผลิตน้ำประปา เช่น การเติมสารเคมีเพื่อช่วยในการสร้างและการรวมตะกอน การใช้สารที่เป็นกรดและเบสสำหรับปรับสภาพของค่าความเป็นกรด - ด่าง การใช้สารคลอรีนเพื่อใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อโรค [1] - [2] การเติมปริมาณสารเคมีมากเกินไปหรือน้อยไปอาจส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายในการลงทุนเพื่อผลิตน้ำประปาและประสิทธิภาพการผลิตน้ำประปา นอกจากนี้การใช้สารเคมีบางชนิดอาจทำให้มีปริมาณของตะกอนมากขึ้นและยากต่อการกำจัดตะกอนหรืออาจใช้พื้นที่ในการบำบัดเพิ่มขึ้น

สำหรับกระบวนการสร้างและการรวมตะกอน น้ำดิบที่สูบเข้ามาแล้วจะนำมาผสมกับสารเคมี เช่น สารสร้างตะกอน (สารส้ม) และปูนขาวเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบ สารส้มจะช่วยให้มีการรวมตะกอน ส่วนสารละลายปูนขาวจะช่วยปรับความเป็นด่างรวมทั้งยับยั้งการเจริญเติบโตของตะไคร่น้ำหรือสาหร่ายในน้ำ สิ่งที่ต้องให้ความสำคัญคือ การศึกษาประสิทธิภาพของการรวมตะกอนกับปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการรวมตะกอน การเติมสารเคมีช่วยสร้างตะกอนและกำจัดสารอินทรีย์ในกระบวนการรวมตะกอนอาจส่งผลให้สารอินทรีย์ที่เกิดปฏิกิริยากับคลอรีนในกระบวนการฆ่าเชื้อโรคได้ แล้วทำให้เกิดสารไตรฮาโลมีเทน (Trihalomethanes, THMs) ขึ้น ซึ่งสารที่เกิดขึ้นเป็นสารก่อมะเร็งที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ [2] - [3] ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการเกิดสารกลุ่ม THMs ได้แก่ ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำ ปริมาณคลอรีน ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างสารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำกับคลอรีน ค่าความเป็นกรด - ด่างของน้ำ อุณหภูมิของน้ำและปริมาณความเข้มข้นของโบรมีนซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเกิดสารประกอบกลุ่ม THMs [4] การป้องกันการเกิดสารกลุ่ม THMs สามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น การเปลี่ยนแหล่งน้ำที่มีสารอินทรีย์ในปริมาณน้อย การเลือกสารเคมีในการฆ่าเชื้อโรคชนิดอื่น เช่น การใช้โอโซนหรือแสงอัลตราไวโอเลตในการฆ่าเชื้อโรคแทนคลอรีน แต่อย่างไรก็ตามการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีนก็ยังเป็นที่นิยมอย่างกว้างขวาง เนื่องจากคลอรีนสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียหรือไวรัสในน้ำได้และง่ายต่อการควบคุมดูแลระบบประปา ดังนั้นการจัดการที่ต้นเหตุคือ การกำจัดสารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำจึงง่ายกว่าการเปลี่ยนแปลงระบบสารเคมี การกำจัดสารอินทรีย์สามารถทำได้โดยการสร้างและการรวมตะกอน [5] - [6] การเกิดออกซิเดชันทางเคมี และการกรองโดยผ่านเยื่อบาง [7] การกรองโดยผ่านเยื่อบางเป็นวิธีที่สามารถบำบัดสารอินทรีย์ได้ดี แต่ค่าใช้จ่ายในการบำบัดค่อนข้างสูง จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการบำบัดน้ำในขั้นต้น ก่อนนำมาผ่านแผ่นเยื่อบางเพื่อยืดอายุการใช้งานของแผ่นเยื่อบางและเป็นการลดต้นทุนในการผลิตน้ำสะอาด การกำจัดหรือการลดปริมาณสารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำด้วยกระบวนการสร้างและรวมตะกอนโดยใช้สารประกอบของโลหะหรือเกลือของโลหะที่ละลายน้ำแล้วได้ประจุบวก เมื่อรวมตัวกับสารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำที่แตกตัวให้ประจุลบเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนซึ่งเป็นของแข็งแยกตัวออกจากน้ำ [8] - [10] ก่อนที่จะทำการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีนต่อไป ซึ่งวิธีการนี้จะเป็นวิธีการที่ง่าย สะดวกต่อการจัดการและค่าใช้จ่ายในการบำบัดต่ำ โครงการวิจัยจึงมุ่งศึกษาคุณภาพน้ำ

ทางกายภาพและทางเคมี [11] ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกำจัดความขุ่นและปริมาณสารคาร์บอนอินทรีย์ละลาย (Dissolved Organic Carbon, DOC) ในน้ำผิวดินด้วยกระบวนการสร้างและรวมตะกอนโดยใช้วิธี Jar test [12] ได้แก่ ชนิดและปริมาณสารสร้างตะกอน ความแรงไอออนและระดับความเป็นกรด - ด่างของน้ำผิวดิน [13] - [15] เพื่อใช้ในการดำเนินระบบการผลิตน้ำประปาของประปาเทศบาลตาสุม อำเภอตาสุม จังหวัดอุบลราชธานี

วิธีดำเนินงานวิจัย

1. เก็บตัวอย่างน้ำผิวดินจากแม่น้ำมูลที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา และน้ำประปาของการประปาเทศบาลตาสุม อำเภอตาสุม จังหวัดอุบลราชธานี 2 ช่วง คือ ช่วงฤดูแล้ง (เดือนกุมภาพันธ์ 2559) และช่วงฤดูน้ำหลาก (เดือนมิถุนายน กรกฎาคม และเดือนตุลาคม 2559) เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีบางประการ

เก็บตัวอย่างน้ำผิวดินจากแม่น้ำมูลโดยใช้แรงดันจากปั๊มสูบน้ำในเดือนกรกฎาคม 2559 (รูปที่ 1) เก็บใส่ถังพลาสติกขนาด 20 ลิตร จำนวน 10 ถัง เพื่อทดสอบการกำจัดความขุ่นและสารคาร์บอนอินทรีย์ละลายด้วยกระบวนการสร้างและรวมตะกอน โดยเก็บรักษาตัวอย่างภายใต้อุณหภูมิ 4 °C ดำเนินการทำ Jar test ภายใน 24 วัน สำหรับวิเคราะห์ความขุ่น และภายใน 7 วัน สำหรับการวิเคราะห์สารคาร์บอนอินทรีย์ละลาย ดำเนินการทดลองสภาวะละ 5 ซ้ำ



รูปที่ 1 ท่อสูบน้ำผิวดินจากแม่น้ำมูลเข้าสู่ระบบการผลิตน้ำประปา

2. วิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพ ได้แก่ ความขุ่น และวิเคราะห์ทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรด - ด่าง ค่าความเป็นด่าง ค่าความเป็นกรด ความกระด้างทั้งหมด คลอไรด์ ซัลเฟต ไนเตรต ฟอสเฟต เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และตะกั่ว [11] ของน้ำผิวดินและน้ำประปา โดยดำเนินการทดลอง 5 น้ำ

3. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกำจัดความขุ่นและปริมาณสารคาร์บอนอินทรีย์ละลาย (DOC) ในน้ำผิวดินโดยอาศัยกระบวนการสร้างและรวมตะกอน โดยใช้เครื่อง Jar test

3.1 ชนิดและปริมาณสารสร้างตะกอน สารสร้างตะกอนที่ใช้ ได้แก่ อะลูมิเนียมซัลเฟต ($\text{Alum} ; \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$) เพอร์ริกคลอไรด์ (FeCl_3) เพอร์รัสซัลเฟต (FeSO_4) และพอลิอะลูมิเนียม

คลอไรด์ (PACl, Polyaluminium chloride 18 % Al_2O_3) เข้มข้น 10 20 40 60 80 และ 100 mg/L [16] - [17] โดยใช้การกวนเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที และกวนช้า 30 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที [12]

3.2 ความแรงไอออน โดยใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้น 0.01 0.02 0.04 0.06 0.08 และ 0.1 mol/L เพื่อทดสอบกับสารสร้างตะกอนที่ให้ผลการตกตะกอนได้ดีที่สุด

3.3 ความเป็นกรด - ด่าง โดยปรับสภาพน้ำผิวดินให้มี pH 4 7 และ 10 [17] เพื่อทดสอบกับสารสร้างตะกอนที่ให้ผลการตกตะกอนได้ดีที่สุด

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมีของน้ำผิวดินและน้ำประปา

จากตารางที่ 1 และ 2 เป็นผลการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมีของน้ำผิวดินจากแม่น้ำมูลที่ใช้ในการผลิตน้ำประปาและน้ำประปาของการประปาเทศบาลตำบล อำเภอตำบล จังหวัดอุบลราชธานี ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน และคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค พบว่าค่าความเป็นกรด ค่าความเป็นด่าง ปริมาณคลอไรด์ ปริมาณซัลเฟต ปริมาณไนเตรท ปริมาณฟอสเฟต ค่าความกระด้างทั้งหมด มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 (แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทั้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยไม่ต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน การอนุรักษ์สัตว์น้ำ การประมง การว่ายน้ำ และกีฬาทางน้ำ) และมาตรฐานคุณภาพน้ำของการประปาส่วนภูมิภาคส่วนค่าความเป็นกรด - ด่าง ความขุ่น และโลหะหนัก จะมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินและมาตรฐานคุณภาพน้ำของการประปาส่วนภูมิภาคในช่วงฤดูน้ำหลาก ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงฤดูน้ำหลากจะเกิดการพัดพาเอาตะกอนท้องน้ำและสารอินทรีย์มาจำนวนมาก จึงทำให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนของสารอินทรีย์และความขุ่นในน้ำ และส่งผลต่อค่า pH ที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่หรือสภาพของฤดูกาลจะส่งผลทำให้ดัชนีคุณภาพของน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ และส่งผลต่อปริมาณการใช้สารเคมีเพื่อการผลิตน้ำประปา

ตารางที่ 1 คุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมีของน้ำผิวดินที่ใช้ผลิตน้ำประปาของเทศบาลตำบล อำเภอตำบล จังหวัดอุบลราชธานี

ปัจจัยบ่งชี้คุณภาพน้ำ	มาตรฐานคุณภาพน้ำ ในแหล่งน้ำผิวดิน	ปริมาณที่ตรวจวัดได้			
		กุมภาพันธ์	มิถุนายน	กรกฎาคม	ตุลาคม
ค่าความเป็นกรด (mg/L)	ไม่ระบุ	9.88	12.41	5.13	8.00
ค่าความเป็นด่าง (mg/l as $CaCO_3$)	ไม่ระบุ	42.05	46.65	28.08	32.13
คลอไรด์ (mg/L)	ไม่ระบุ	1.73	2.18	1.16	16.73
ซัลเฟต (mg/L)	ไม่ระบุ	0.658	0.324	2.965	4.177

ตารางที่ 1 คุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมีของน้ำผิวดินที่ใช้ผลิตน้ำประปาของประปาเทศบาลตาสุม อำเภอตาสุม จังหวัดอุบลราชธานี (ต่อ)

ปัจจัยบ่งชี้คุณภาพน้ำ	มาตรฐานคุณภาพน้ำ ในแหล่งน้ำผิวดิน	ปริมาณที่ตรวจวัดได้			
		กุมภาพันธ์	มิถุนายน	กรกฎาคม	ตุลาคม
ไนเตรท (mg/L)	ไม่เกิน 5.0 mg/L	0.287	0.330	0.432	0.309
ฟอสเฟต (mg/L)	ไม่ระบุ	0.018	0.021	0.008	0.036
ความกระด้างทั้งหมด (mg/l as CaCO ₃)	ไม่ระบุ	58.33	44.86	27.02	31.95
ค่าความเป็นกรด - ด่าง	5 - 9	6.620	6.450	6.550	6.670
ความขุ่น (NTU)	ไม่เกิน 5 NTU	1.66	0.62	4.56	14.80
เหล็ก (Fe, mg/L)	ไม่ระบุ	0.213	0.470	0.808	0.834
แมงกานีส (Mn, mg/L)	ไม่เกิน 1.00 mg/L	0.033	0.210	n.d.	n.d.
สังกะสี (Zn, mg/L)	ไม่เกิน 1.00 mg/L	0.203	0.117	1.762	1.173
ตะกั่ว (Pb, mg/L)	ไม่เกิน 0.05 mg/L	0.038	0.050	0.067	0.017

ตารางที่ 2 คุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมีของน้ำประปาของประปาเทศบาลตาสุม อำเภอตาสุม จังหวัดอุบลราชธานี

ปัจจัยบ่งชี้คุณภาพน้ำ	มาตรฐานคุณภาพน้ำ ประปา	ปริมาณที่ตรวจวัดได้			
		กุมภาพันธ์	มิถุนายน	กรกฎาคม	ตุลาคม
ค่าความเป็นกรด (mg/L)	ไม่ระบุ	3.850	3.940	8.930	3.720
ค่าความเป็นด่าง (mg/l as CaCO ₃)	ไม่ระบุ	20.43	21.24	10.15	18.87
คลอไรด์ (mg/L)	ไม่เกิน 250 mg/L	1.67	2.58	1.42	17.78
ซัลเฟต (mg/L)	ไม่เกิน 250 mg/L	4.66	5.66	4.54	5.71
ไนเตรท (mg/L)	ไม่เกิน 50 mg/L	0.170	0.241	0.176	0.075
ฟอสเฟต (mg/L)	ไม่ระบุ	0.0056	0.0081	0.0029	0.0340
ความกระด้างทั้งหมด (mg/l as CaCO ₃)	ไม่เกิน 300 mg/L	58.74	82.69	41.62	54.37
ค่าความเป็นกรด - ด่าง	6.5 - 8.5	6.150	5.170	5.450	6.580
ความขุ่น (NTU)	ไม่เกิน 4 NTU	0.89	0.86	0.62	0.76
เหล็ก (Fe, mg/L)	ไม่เกิน 0.30 mg/L	0.185	0.067	0.283	0.886
แมงกานีส (Mn, mg/L)	ไม่เกิน 0.30 mg/L	0.028	0.230	0.023	n.d.
สังกะสี (Zn, mg/L)	ไม่เกิน 3.0 mg/L	0.127	0.327	0.093	0.075
ตะกั่ว (Pb, mg/L)	ไม่เกิน 0.01 mg/L	0.038	0.033	0.094	0.034

หมายเหตุ: มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคตามคำแนะนำขององค์การอนามัยโลก (WHO) ปี 2011

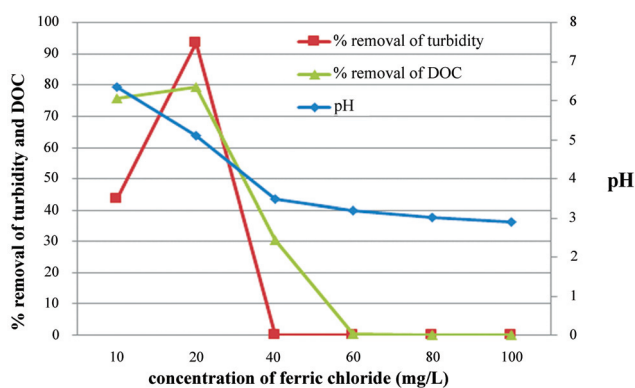
2. ผลของชนิดและปริมาณสารสร้างตะกอนต่อการกำจัดความขุ่นและปริมาณ DOC

จากการนำน้ำผิวดินมาทดสอบกรณีไม่เติมปูนขาวร่วมกับการเติม FeCl_3 พบว่า เมื่อเติม FeCl_3 ลงไปในน้ำผิวดิน (ความขุ่น 14.80 NTU, ค่า DOC 26.88 mg/L) ที่ระดับความเข้มข้น 10 - 100 mg/L จะทำให้ค่า pH ของน้ำผิวดิน (pH 6.67) มีค่า pH ต่ำลงถึง 2.90 ซึ่งการเติม FeCl_3 20 mg/L สามารถกำจัดความขุ่นและปริมาณ DOC ได้ดีที่สุด โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นร้อยละ 93.72 (0.93 NTU) และประสิทธิภาพการกำจัด DOC ร้อยละ 79.54 (5.50 mg/L) ในขณะที่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ FeCl_3 เป็น 40 - 100 mg/L จะมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นและประสิทธิภาพการกำจัด DOC ลดลง (ความขุ่น 14.2 - 16.5 NTU, DOC 18.72 - 37.79 mg/L) ดังแสดงในรูปที่ 2 (ก) ซึ่งที่ระดับความเข้มข้น 40 - 100 mg/L จะเป็นระดับความเข้มข้นที่มากเกินไปของการกำจัดความขุ่นและ DOC ตัวอย่างน้ำผิวดินจะมีสีน้ำตาลอมส้มของ FeCl_3 และได้ตะกอนสีน้ำตาลแดง จากการทดลองนี้จึงเลือกใช้ความเข้มข้นของ FeCl_3 20 mg/L เพื่อทำการทดสอบต่อไป

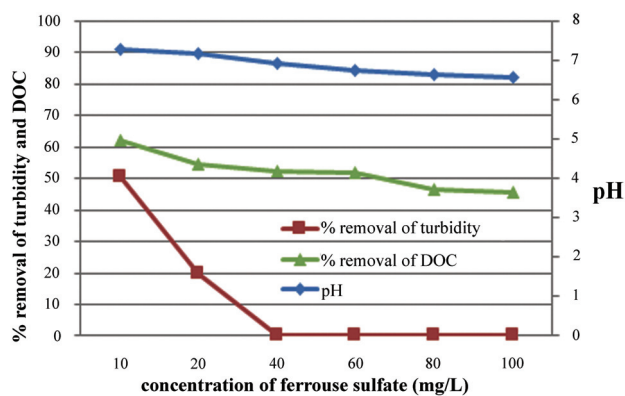
การเติม FeSO_4 10 - 100 mg/L ลงในน้ำผิวดินในสภาวะที่ไม่มีการเติมปูนขาวจะทำให้ค่า pH ของน้ำผิวดิน (pH 6.67) มีค่า pH ต่ำลงถึง 6.55 ซึ่งการเติม FeSO_4 10 mg/L สามารถกำจัดความขุ่นและปริมาณ DOC ได้ดีที่สุด โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นร้อยละ 50.27 (7.36 NTU) และมีประสิทธิภาพการกำจัด DOC ร้อยละ 61.95 (10.23 mg/L) เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ FeSO_4 20 - 100 mg/L จะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นและ DOC ลดลง (ความขุ่น 11.9 - 29.5 NTU, DOC 12.20 - 14.61 mg/L) ดังแสดงในรูปที่ 2 (ข) ซึ่งที่ระดับความเข้มข้นของ FeSO_4 เป็น 20 - 100 mg/L เป็นระดับความเข้มข้นมากเกินไปของการกำจัดความขุ่นและ DOC จะทำให้ตัวอย่างน้ำมีสีน้ำตาลอมส้มของ FeSO_4 จากการทดลองนี้จึงเลือกใช้ FeSO_4 10 mg/L เพื่อทำการทดสอบต่อไป

การเติม $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$ (Alum) 10 - 100 mg/L ลงในน้ำผิวดินในสภาวะที่ไม่มีการเติมปูนขาวจะทำให้ค่า pH ของน้ำผิวดิน (pH 6.67) มีค่า pH ต่ำลงถึง 4.25 ซึ่งการเติม Alum 20 mg/L สามารถกำจัดความขุ่นและปริมาณ DOC ได้ดีที่สุด โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นร้อยละ 93.92 (0.90 NTU) และมีประสิทธิภาพการกำจัด DOC ร้อยละ 79.02 (5.64 mg/L) เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ Alum 40 - 100 mg/L จะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นลดลงเพียงเล็กน้อย (ความขุ่น 2.8 - 3.58 NTU, DOC 5.71 - 5.82 mg/L) คือ ร้อยละ 75.81 - 81.09 และ 78.35 - 78.76 ดังแสดงในรูปที่ 2 (ค) จากการทดลองนี้จึงเลือกใช้ Alum 20 mg/L เพื่อทำการทดสอบต่อไป

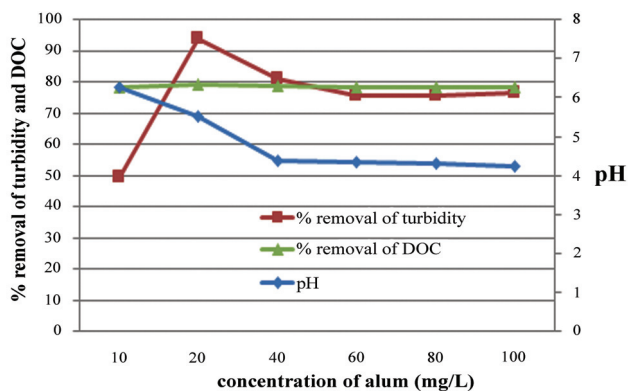
การเติม PACl 10 - 100 mg/L ลงในน้ำผิวดินในสภาวะที่ไม่มีการเติมปูนขาวจะทำให้ค่า pH ของน้ำผิวดิน (pH 6.67) มีค่า pH ต่ำลงที่ pH 5.13 ซึ่งการเติม PACl 10 - 40 mg/L จะมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นร้อยละ 78.72 - 96.36 (ความขุ่น 0.548 - 3.15 NTU) และมีประสิทธิภาพการกำจัดสารคาร์บอนอินทรีย์ละลายร้อยละ 73.70 - 79.32 (DOC 5.56 - 7.07 mg/L) และที่ระดับความเข้มข้น 20 mg/L จะมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นและ DOC สูงที่สุด คือ ร้อยละ 96.36 (0.548 NTU) และร้อยละ 79.32 (5.56 mg/L) ตามลำดับ ในขณะที่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ PACl 60 - 100 mg/L จะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นและ DOC ลดลงเพียงเล็กน้อยร้อยละ 64.40 - 70.21 (4.41 - 5.27 NTU) และร้อยละ 58.37 - 72.47 ดังแสดงในรูปที่ 2 (ง) จากการทดลองนี้จึงเลือกใช้ PACl 20 mg/L เพื่อทำการทดสอบต่อไป



(ก) FeCl_3

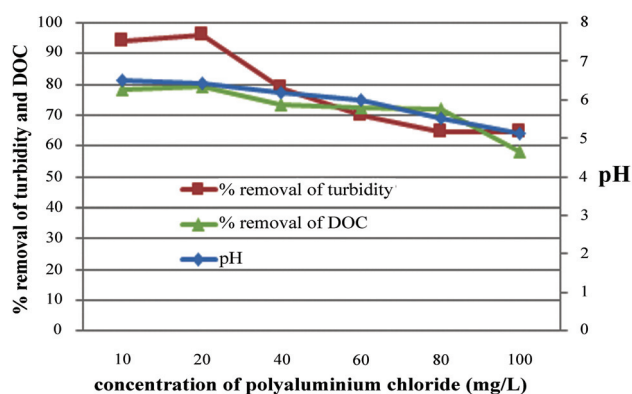


(ข) FeSO_4



(ค) Alum

รูปที่ 2 ผลของชนิดและปริมาณสารสังกะสีต่อการกำจัดความขุ่นและปริมาณ DOC ในน้ำผิวดินจากแม่น้ำมูล

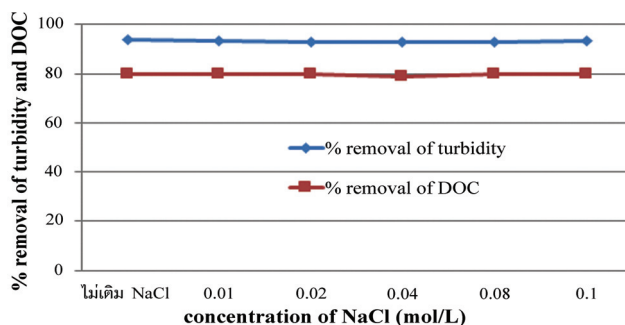


(ง) PACl

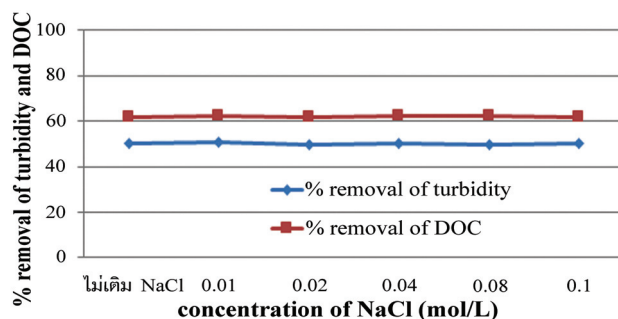
รูปที่ 2 ผลของชนิดและปริมาณสารสร้างตะกอนต่อการกำจัดความขุ่นและปริมาณ DOC ในน้ำผิวดินจากแม่น้ำมูล (ต่อ)

3. ผลของความแรงไอออนต่อการกำจัดความขุ่นและปริมาณ DOC

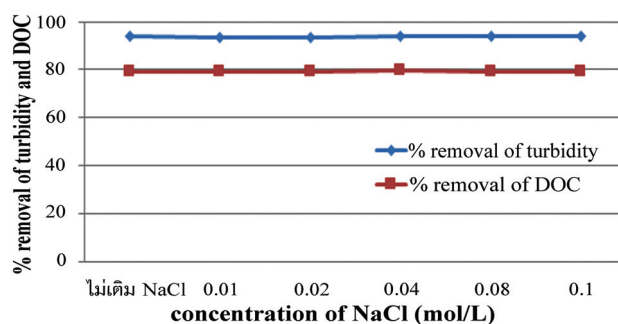
การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จะปรับให้น้ำผิวดินมีความแรงไอออนด้วยสารละลาย NaCl 0.01 - 0.1 mol/L เพื่อทดสอบกับสารสร้างตะกอนแต่ละชนิดที่ระดับความเข้มข้นที่ให้ผลการตกตะกอนดีที่สุดและสามารถลดความขุ่นและปริมาณ DOC ในน้ำผิวดินได้สูงที่สุด จากรูปที่ 3 แสดงให้เห็นว่า การเติม FeCl_3 20 mg/L (รูปที่ 3 ก) FeSO_4 10 mg/L (รูปที่ 3 ข) Alum 20 mg/L (รูปที่ 3 ค) และ PACl 20 mg/L (รูปที่ 3 ง) ในน้ำผิวดินที่ปรับให้มีความแรงประจุด้วยสารละลาย NaCl 0.01 - 0.1 mol/L จะมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นและ DOC ในน้ำผิวดินที่ผ่านกระบวนการสร้างและรวมตะกอนในสถานะที่ไม่มีการเติมปูนขาว เพียงเล็กน้อย โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นร้อยละ 92.64 - 93.72, 49.67 - 50.68, 93.38 - 94.19 และ 96.09 - 96.36 ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพการกำจัด DOC ร้อยละ 79.02 - 79.91, 61.57 - 62.54, 78.95 - 79.62 และ 79.06 - 79.84 ตามลำดับ โดยที่ความขุ่นของน้ำผิวดินอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำของการประปาส่วนภูมิภาค กำหนดให้ค่าความขุ่นของน้ำไม่เกิน 4 NTU ยกเว้น การเติม FeSO_4 10 mg/L ให้ความขุ่นมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำของการประปาส่วนภูมิภาค

(ก) FeCl_3 20 mg/L

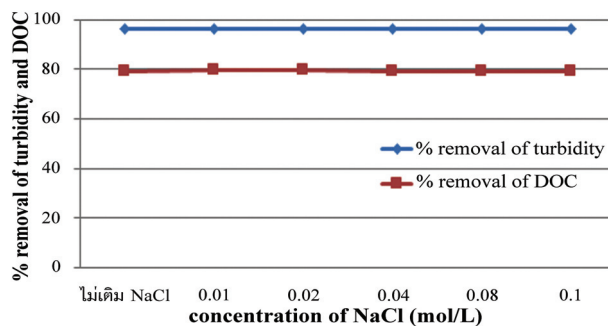
รูปที่ 3 ผลของความแรงไอออนต่อการกำจัดความขุ่นและปริมาณ DOC เมื่อทดสอบกับสารสร้างตะกอนที่ระดับความเข้มข้นที่ให้ผลการตกตะกอนดีที่สุด



(ข) FeSO_4 10 mg/L



(ค) Alum 20 mg/L



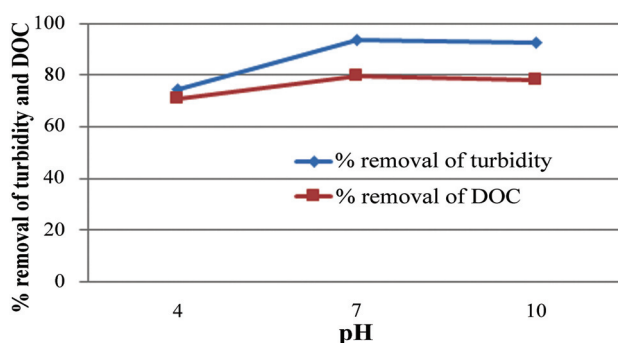
(ง) PACl 20 mg/L

รูปที่ 3 ผลของความแรงไอออนต่อการกำจัดความขุ่นและปริมาณ DOC เมื่อทดสอบกับสารสร้างตะกอนที่ระดับความเข้มข้นที่ให้ผลการตกตะกอนดีที่สุด (ต่อ)

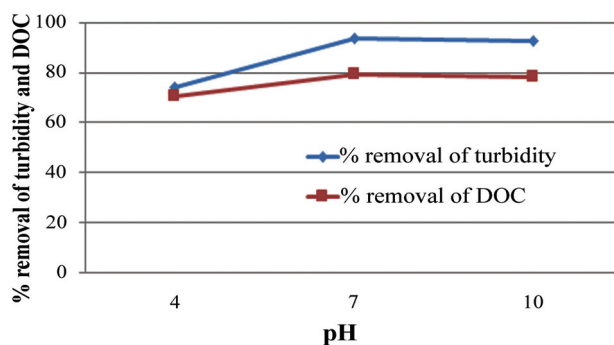
4. ผลของความเป็นกรด - ด่างต่อการกำจัดความขุ่นและปริมาณ DOC

การศึกษาผลของค่าความเป็นกรด - ด่างต่อการลดค่าความขุ่นและปริมาณ DOC โดยปรับสภาพน้ำผิวดินให้มี pH 4 7 และ 10 เพื่อทดสอบกับสารสร้างตะกอนที่ระดับความเข้มข้นที่ให้ผลการตกตะกอนดีที่สุด จากรูปที่ 4 แสดงให้เห็นว่า การเติม FeCl_3 20 mg/L (ก) FeSO_4 10 mg/L (ข) Alum 20 mg/L (ค) และ PACl 20 mg/L (ง) ในน้ำผิวดินที่ปรับ pH 7 จะมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นและปริมาณ DOC ในน้ำผิวดินที่ผ่านกระบวนการสร้างและรวมตะกอนในสภาวะที่ไม่มีการเติมปูนขาว

ได้สูงที่สุด ในขณะที่เมื่อควบคุม pH ของน้ำผิวดินที่ pH 4 และ 10 จะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นและ DOC ลดลงโดยการใช้ FeCl_3 20 mg/L FeSO_4 10 mg/L Alum 20 mg/L และ PACl 20 mg/L จะมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นสูงถึงร้อยละ 93.72, 50.27, 93.92 และ 96.36 ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพการกำจัด DOC สูงถึงร้อยละ 79.54, 61.95, 79.02 และ 79.32 ตามลำดับ โดยที่ความขุ่นของน้ำผิวดินอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำของการประปาส่วนภูมิภาค กำหนดให้ค่าความขุ่นของน้ำไม่เกิน 4 NTU ยกเว้น การเติม FeSO_4 10 mg/L ทำให้ความขุ่นมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำของการประปาส่วนภูมิภาค

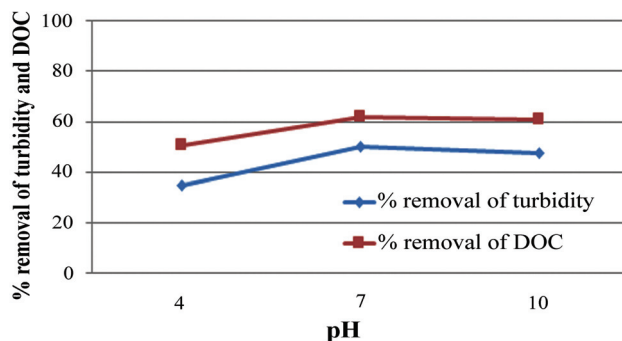


(ก) FeCl_3 20 mg/L

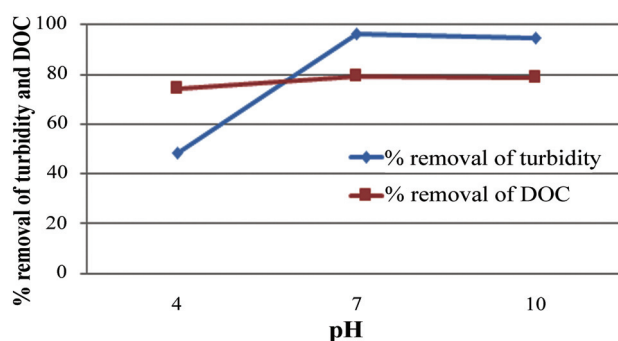


(ข) FeSO_4 10 mg/L

รูปที่ 4 ผลของความเป็นกรด - ด่างต่อการกำจัดความขุ่นและปริมาณ DOC เมื่อทดสอบกับสารสร้างตะกอนที่ระดับความเข้มข้นที่ให้ผลการตกตะกอนดีที่สุด



(ค) Alum 20 mg/L



(ง) PACl 20 mg/L

รูปที่ 4 ผลของความเป็นกรด - ด่างต่อการกำจัดความขุ่นและปริมาณ DOC เมื่อทดสอบกับสารสร้างตะกอนที่ระดับความเข้มข้นที่ให้ผลการตกตะกอนดีที่สุด (ต่อ)

การอภิปรายผล

จากการนำน้ำผิวดินมาทดสอบกรณีไม่เติมปูนขาวโดยมีการเติม FeCl_3 20 mg/L สามารถกำจัดความขุ่นและปริมาณ DOC ได้ดีที่สุด โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นร้อยละ 93.72 ซึ่งทำให้ค่าความขุ่นของน้ำมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำของการประปาส่วนภูมิภาค (ต้องไม่เกิน 4 NTU) และประสิทธิภาพการกำจัด DOC ร้อยละ 79.54 ในขณะที่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ FeCl_3 จะมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นและประสิทธิภาพการกำจัด DOC ลดลง โดยการเพิ่มความเข้มข้นของ FeCl_3 มากเกินไป (40 mg/L) จะทำให้ตัวอย่างน้ำในระบบบำบัดมีสีน้ำตาลแดงของ FeCl_3 และเกิดตะกอนสีน้ำตาลจมตัวอยู่ใต้ท้องน้ำ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Rizzo, L. et al. [9] ได้ทำการศึกษาผลของ FeCl_3 ในการบำบัดความขุ่นและสารอินทรีย์พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณ FeCl_3 ระหว่าง 10 - 60 mg/L จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นและสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นสูงขึ้นประสิทธิภาพการกำจัดจะลดลง

การเติม FeSO_4 10 - 100 mg/L ลงในน้ำผิวดินในสถานะที่ไม่มีการเติมปูนขาวจะทำให้ค่า pH ของน้ำผิวดิน (pH 6.67) มีค่า pH ต่ำลงถึง 6.55 ซึ่งการเติม FeSO_4 10 mg/L สามารถกำจัดความขุ่นและปริมาณ DOC ได้ดีที่สุด โดยสามารถลดความขุ่นได้ 7.36 NTU ซึ่งมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำ

ของการประปาส่วนภูมิภาค ซึ่งกำหนดให้ค่าความขุ่นของน้ำไม่เกิน 4 NTU และมีปริมาณ DOC 10.23 mg/L ในขณะที่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ FeSO_4 เป็น 20 - 100 mg/L จะทำให้ความขุ่น (11.9 - 29.5 NTU) และปริมาณ DOC เพิ่มขึ้น (DOC 9.370 - 12.20 mg/L) ดังแสดงในรูปที่ 2 (ข) ซึ่งที่ระดับความเข้มข้นของ FeSO_4 เป็น 20 - 100 mg/L เป็นระดับความเข้มข้นมากเกินไปของการกำจัดความขุ่นและ DOC จะทำให้ตัวอย่างน้ำมีสีน้ำตาลอมส้มของ FeSO_4 จากการทดลองนี้จึงเลือกใช้ FeSO_4 10 mg/L เพื่อทำการทดสอบต่อไป

จากการนำน้ำผิวดินมาทดสอบกรณีไม่เติมปูนขาวโดยมีการเติม Alum 20 mg/L สามารถกำจัดความขุ่นและปริมาณ DOC ได้ดีที่สุด โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นร้อยละ 93.92 และมีประสิทธิภาพการกำจัด DOC ร้อยละ 79.02 สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Qin, J. et al. [8] ได้ทำการศึกษากระบวนการ Coagulation เพื่อบำบัดสารอินทรีย์ธรรมชาติ (Natural Organic Matter, NOM) ในน้ำของประเทศสิงคโปร์พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณ Alum ในการทำ Jar test ประสิทธิภาพในการบำบัดความขุ่นและสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ Alum เป็น 40 - 100 mg/L จะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นและ DOC ลดลงเพียงเล็กน้อย โดยความขุ่นและปริมาณ DOC มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำของการประปาส่วนภูมิภาค (ต้องไม่เกิน 4 NTU) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Gregor, J. E. et.al. [13] พบว่า ความขุ่นมีค่าลดลงและเริ่มคงที่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ Alum เนื่องจากในการเติม Alum ในช่วงแรกเป็นกลไกแบบกวาด (Sweep Coagulation) คือ เมื่อถึงจุดที่สารสร้างตะกอน (Coagulant) เพียงพอในการห่อหุ้มอนุภาคคอลลอยด์แล้วการเติม Coagulant เพิ่มขึ้นอีกจะไม่ทำให้ความขุ่นของน้ำเปลี่ยนแปลง

จากการนำน้ำผิวดินมาทดสอบกรณีไม่เติมปูนขาวโดยมีการเติม PACl 20 mg/L จะมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นและ DOC สูงที่สุด คือ ร้อยละ 96.36 และ 79.32 ตามลำดับ ในขณะที่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ PACl 60 - 100 mg/L จะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นและ DOC ลดลง คือ ร้อยละ 64.60 - 78.72 และ 58.37 - 73.70 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความขุ่นและ DOC ระหว่าง 4.41 - 5.27 NTU และ 7.40 - 11.19 mg/L ตามลำดับ โดยความขุ่นที่ได้มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาคที่ระบุไว้ว่าความขุ่นต้องไม่เกิน 4 NTU ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhonglian, Y. et al. [14] ได้ทำการศึกษาการบำบัดความขุ่นและสารอินทรีย์โดยกระบวนการ Coagulation ด้วย PACl และ Alum กรณีศึกษาแม่น้ำเหลือง ประเทศจีนพบว่า ทั้ง PACl และ Alum มีประสิทธิภาพในการบำบัดความขุ่นได้ดีกว่าสารอินทรีย์ในรูป DOC

จากการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นในน้ำดิบของสารสร้างตะกอนทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ FeCl_3 , FeSO_4 , Alum และ PACl พบว่า ช่วงความขุ่นของน้ำดิบระหว่าง 10 - 20 NTU สารสร้างตะกอนทั้ง 4 ชนิด มีประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นและ DOC ร้อยละ 50.27 - 96.36 และ 61.95 - 79.54 ตามลำดับ ซึ่งการใช้ Alum และ PACl จะมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นและ DOC ได้ดีที่สุดและใกล้เคียงกัน แต่การใช้ Alum จะมีต้นทุนการบำบัดต่ำกว่าการใช้ PACl ที่ระดับความเข้มข้น 20 mg/L ส่วน FeCl_3 จะไม่ค่อยนิยมใช้เนื่องจากเมื่อใช้ระดับความเข้มข้นมากเกินไปจะทำให้สีน้ำที่ได้จากการบำบัดมีสีน้ำตาลแดงทำให้คุณภาพน้ำทางกายภาพของน้ำประปาไม่เป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yupaporn, A. et al. [17] ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นและสารคาร์บอนอินทรีย์ละลายในน้ำผิวดินโดยใช้สารสร้างตะกอน

3 ชนิด ได้แก่ FeCl_3 , Alum และ PACl ที่ช่วงความเข้มข้น 10 - 90 mg/L พบว่า สารสร้างตะกอนทั้ง 3 ชนิด จะมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นและ DOC 49.87 - 95.93 % และ 53.41 - 71.59 % ตามลำดับ โดยกระบวนการผลิตน้ำประปาที่อาศัยสารสร้างตะกอนจะสามารถลดค่าความขุ่นและ DOC ได้สูงกว่ากระบวนการผลิตน้ำประปาแบบเดิมขององค์การบริหารส่วนตำบลลำโรง จังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งไม่มีการเติมปูนขาวช่วยเพิ่มความเป็นด่างให้กับน้ำผิวดินในระบบการผลิตน้ำประปา

ในน้ำผิวดินที่ปรับให้มีความแรงประจุด้วยสารละลาย NaCl 0.01 - 0.1 mol/L จะไม่มีผลหรือมีผลน้อยมากต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นและปริมาณ DOC ที่ผ่านกระบวนการสร้างและรวมตะกอนในสภาวะที่ไม่มีการเติมปูนขาว โดยการเติม FeCl_3 20 mg/L จะทำให้ความขุ่นและ DOC เปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 1.012 - 1.091 NTU และ 5.40 - 5.64 mg/L การเติม FeSO_4 10 mg/L จะทำให้ความขุ่นและ DOC เปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 7.30 - 7.45 NTU และ 10.07 - 10.33 mg/L การเติม Al_2SO_4 20 mg/L จะทำให้ความขุ่นและ DOC เปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 0.88 - 0.98 NTU และ 5.48 - 5.66 mg/L และการเติม PACl 20 mg/L จะทำให้ความขุ่นและ DOC เปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 0.56 - 0.59 NTU และ 5.42 - 5.63 mg/L โดยที่ความขุ่นของน้ำผิวดินอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค กำหนดให้ค่าความขุ่นของน้ำไม่เกิน 4 NTU ยกเว้นการเติม FeSO_4 10 mg/L ทำให้ความขุ่นมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำของการประปาส่วนภูมิภาค

การเติม FeCl_3 20 mg/L (ความขุ่น 0.93 NTU, DOC 5.5 mg/L) Alum 20 mg/L (ความขุ่น 0.90 NTU, DOC 5.64 mg/L) และ PACl 20 mg/L (ความขุ่น 0.55 NTU, DOC 5.56 mg/L) ในน้ำผิวดินที่ปรับ pH 7 จะมีประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นและปริมาณ DOC โดยที่ความขุ่นของน้ำผิวดินอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำของการประปาส่วนภูมิภาค กำหนดให้ค่าความขุ่นของน้ำไม่เกิน 4 NTU ยกเว้นการเติม FeSO_4 10 mg/L ทำให้ความขุ่นมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำของการประปาส่วนภูมิภาค คือ มีค่าความขุ่น 7.36 NTU และ DOC 10.23 mg/L ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yupaporn, A. et al. [17] ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นและสารคาร์บอนอินทรีย์ในน้ำผิวดินโดยควบคุม pH เริ่มต้นของน้ำผิวดินที่ pH 4 7 และ 10 พบว่า กระบวนการตกตะกอนด้วยสารสร้างตะกอนชนิด FeCl_3 , Alum และ PACl ควรมีค่า pH เป็นกลางหรือเป็นกรดเล็กน้อย เนื่องจาก pH จะเป็นตัวกำหนดการแตกตัวเป็นไอออนของสารสร้างตะกอนในน้ำที่ pH เป็นกลางหรือกรดอ่อน สารสร้างตะกอนมักจะแตกตัวให้ไอออนประจุบวกมาก ซึ่งช่วยให้ประสิทธิภาพในการทำลายเสถียรภาพอนุภาคคอลลอยด์สูงและน้ำไม่ควรมี pH สูงหรือเป็นด่าง เพราะจะได้ไอออนที่มีประจุลบมากเกินไป ซึ่งไม่มีผลในการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ (มีประจุเหมือนอนุภาคคอลลอยด์) นอกจากนี้ pH ที่เหมาะสมของสารสร้างตะกอนทั้ง 4 ชนิด ยังใกล้เคียงกับค่า pH เฉลี่ยของน้ำผิวดิน ซึ่งจะเป็นผลดีในทางปฏิบัติ เนื่องจากไม่จำเป็นต้องใช้สารเคมีในการปรับ pH ของน้ำผิวดิน และเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการกำจัดความขุ่นและสารคาร์บอนอินทรีย์ละลายโดยอาศัยกระบวนการสร้างและรวมตะกอนในระบบการผลิตน้ำประปา

สรุป

การใช้ชนิดและปริมาณสารสร้างตะกอนและระดับ pH ที่เหมาะสมจะมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นและ DOC ในน้ำผิวดิน ในขณะที่ความแรงไอออนของน้ำจะมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นและ

DOC ที่ผ่านกระบวนการสร้างและรวมตะกอนในสภาวะที่ไม่มีการเติมปูนขาวเพียงเล็กน้อย โดยการเติม FeCl_3 20 mg/L FeSO_4 10 mg/L Alum 20 mg/L และ PACl 20 mg/L ที่ระดับ pH 7 จะทำให้มีประสิทธิภาพกำจัดความขุ่นและ DOC ได้สูงที่สุด คือ ร้อยละ 93.72 และ 79.54 (FeCl_3 20 mg/L) ร้อยละ 50.27 และ 61.95 (FeSO_4 10 mg/L) ร้อยละ 93.92 และ 79.02 (Alum 20 mg/L) 96.36 และ 79.32 (PACl 20 mg/L) ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2559

References

- [1] Tokmak, B., Capar, G., Dilek, R. B., and Yetis, U. (2003). Trihalomethanes and Associated Potential Cancer Risks in the Water Supply in Ankara, Turkey. **Environmental Research**. Vol. 96, Issue 3, pp. 345-352. DOI: 10.1016/j.envres.2003.11.005
- [2] Wang, G. S., Deng, Y. C., and Lin, T. F. (2007). Cancer Risk Assessment from Trihalomethanes in Drinking Water. **Science of the Total Environment**. Vol. 387, Issue 1-3, pp. 86-95. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2007.07.029
- [3] Ottawa, Ontario. (2006). **Trihalomethanes, Guidelines for Canadian Drinking Water Quality: Guideline Technical Document**. Federal-Provincial-Territorial Committee on health and the Environment, Health Canada
- [4] Duong, H. A., Berg, M., Pha, H. V., Gallard, H., Giger, W., and Gunten, U. (2003). Trihalomethanes Formation by Chlorination of Ammonium and Bromide-Containing Groundwater in Water Supplies of Hanoi, Vietnam. **Water Research**. Vol. 37, Issue 13, pp. 3242-3252. DOI: 10.1016/S0043-1354(03)00138-6
- [5] Abbas, H. S., Abdul-Fattah, M. A., and Saadi, D. A. N. (2009). Natural Organic Matter Removal from Tigris River Water in Baghdad, Iraq. **Desalination**. Vol. 245, Issue 1-3, pp. 155-168. DOI: 10.1016/j.desal.2008.06.017
- [6] Amuda, O. S. and Amoo, I. A. (2006). Coagulation/Flocculation Process in the Treatment of Abattoir Wastewater. **Desalination**. Vol. 196, Issue 1-3, pp. 22-31. DOI: 10.1016/j.desal.2005.10.039
- [7] Zularisam, A. W., Ismail, A. F., and Razman, S. (2006). Behaviours of Natural Organic Matter in Membrane Filtration for Surface Water Treatment-Areview. **Desalination**. Vol. 194, Issue 1-3, pp. 211-231. DOI: 10.1016/j.desal.2005.10.030

- [8] Qin, J., Maungm, H. O., Kiran, A. K., Frans, K., and Peter, M. (2006). Impact of Coagulation pH on Enhanced Removal of Natural Organic Matter in Treatment of Reservoir Water. **Separation and Purification Technology**. Vol. 49, Issue 3, pp. 295-298. DOI: 10.1016/j.seppur.2005.09.016
- [9] Rizzo, L., Belgiornom, V., Gallo, M., and Merric, S. (2005). Removal of THM Precursors form a High-Alkaline Surface Water by Enhanced Coagulation and Behavior of THMFP Toxicity on *D. Magma*. **Desalination**. Vol. 176, Issue 1-3, pp. 177-188. DOI: 10.1016/j.desal.2004.10.020
- [10] Sharp E. L., Jarvis P., Parsons S. A. and Jefferson B. (2006). Impact of fractional character on the coagulation of NOM. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**. Vol. 286, Issue 1-3, pp. 104-111. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2006.03.009
- [11] APHA/AWWA, WPCP. (2005). **Collection and Preservation of Samples**. In Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed. Edited by M.A.H. Franson American Public Health Association, Washington, D.C
- [12] Wongklom, A. (2016). Total Hardness Removal of Groundwater by Chemical Precipitation Process. **SNRU Journal of Science and Technology**. Vol. 8, No. 2, pp. 216-223
- [13] Gregor, J. E., Nokesm, C. J., and Fenton, E. (1997). **Optimising Natural Organic Matter Removal from Low Turbidity Waters by Controlled pH Adjustment of Aluminium Coagulation**. Institute of Environmental Science and Research Limited, Christchurch, New Zealand. 2949-2957
- [14] Zhonglian, Y., Baoyu, G., and Qinyan, Y. (2010). Coagulation Performance and Residual Aluminum Speciation of $Al_2(SO_4)_3$ and Polyaluminum Chloride (PAC) in Yellow River Water Treatment. **Chemical Engineering Journal**. Vol. 165, pp. 122-132
- [15] Kabsch-Korbutowicz M. (2005). Effect of Al Coagulation Type on Natural Organic Matter Removal Efficiency in Coagulation/Ultrafiltration Process. **Desalination**. Vol. 185, Issue 1-3, pp. 327-333. DOI: 10.1016/j.desal.2005.02.083
- [16] Musikavong, C., Suraphong, W., Tana, F. M., and Prasert, P. (2005). Reduction of Organic Matter and Trihalomethane Formation Potential in Reclaimed Water from Treat Industrial Estate Wastewater by Coagulation. **Journal of Hazardous Materials**. Vol. 127, Issue 1-3, pp. 48-57. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2005.06.042
- [17] Yupaporn, A., Teerawan, B., and Nanthaphorn, S. (2011). **Improvement of Coagulation-Flocculation Process for Water Supply System of Samrong Sub District Administrative Organization at Samrong District, Ubon Ratchathani Province**. (Research Report). Ubon Ratchathani Rajabhat University. (in Thai).