

การวิเคราะห์คุณภาพและการกำจัดความกระด้างของน้ำกระด้างจากแหล่งน้ำโดยรอบบริเวณ

โรงเรียนแก่งสนามนางพิทยาคม อำเภอแก่งสนาม จังหวัดนครราชสีมา

Analysis of Water Quality and Water Softening of Water Samples from Water Resources

around Kaengsanamnangpittayakom School, Amphoe Kaengsanamnang,

Nakhon Ratchasima Province

รุจิรา จันทร์ศรีหา (Rujira Chansriha)* ดร.เฉลิม เรืองวิริยะชัย (Dr.Chalerm Ruangviriyachai)**

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ได้ทดลองเพื่อวิเคราะห์คุณภาพและกำจัดความกระด้างของน้ำกระด้างจากแหล่งน้ำโดยรอบบริเวณโรงเรียนแก่งสนามนางพิทยาคม อำเภอแก่งสนาม จังหวัดนครราชสีมา โดยเก็บตัวอย่างน้ำตามฤดูกาลต่างๆ จำนวน 5 แหล่ง แล้วนำมาวิเคราะห์หาดัชนีที่ใช้บอกคุณภาพน้ำทั้งทางด้านกายภาพและเคมี การศึกษาพบว่า อุณหภูมิ ความเป็นกรด-เบส ของดัชนีคุณภาพน้ำที่ได้ศึกษาอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินและน้ำบริโภค ส่วนปริมาณคลอไรด์ ปริมาณซัลเฟต และปริมาณความกระด้างทั้งหมด ที่พบในตัวอย่างน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 72.31 - 507.10, 164.07 - 893.29 และ 306.12 - 623.36 mg/L ตามลำดับ ซึ่งค่าความกระด้างทั้งหมดมีค่าค่อนข้างสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมกำหนด คือ 300 mg/L ดังนั้นจึงได้กำจัดความกระด้างของน้ำกระด้างโดยใช้วิธีการแลกเปลี่ยนไอออน พบว่าเรซินชนิด Amberlite IR-120 มีประสิทธิภาพการกำจัดค่าความกระด้างทั้งหมดของน้ำสูงที่สุด คือ 94.40 % ส่วนเรซินชนิด Dowex 50w x 8 ผักตบชวาและชานอ้อย มีประสิทธิภาพการกำจัดค่าความกระด้างทั้งหมดของน้ำเท่ากับ 84.78 %, 67.82 % และ 57.27% ตามลำดับ

ABSTRACT

This study was conducted to analyze of water quality and water softening of water samples from water resources around Kaengsanamnangpittayakhom School, Kaengsanamnang Amphoe, Nakhon Ratchasima Province. The water samples consisting of five sources water samples were collected as following seasons to analyze and determine the water quality index for both physical and chemical properties. The results were found that the temperature and pH of the water quality index was fit with the standard criteria of surface water and drinking water quality. The chloride content, sulfate content and total hardness content found in all water samples were in the range of 72.31 - 507.10, 164.07 - 893.29 and 306.12 - 623.36 mg/L, respectively. The water hardness in this study was quite higher than the standard criteria set by the Ministry of Natural Resources and Environment, Thailand, which is 300 mg/L. Therefore, the problem of water hardness was solved by water softening using ion exchange method, it was found that the resin of Amberlite IR-120 had the highest efficiency in removal of total water hardness that it was 94.40%, while the resin of Dowex 50w x 8, Water Hyacinth and Bagasse had the efficiency of the total hardness removal of 84.78%, 67.82% and 57.27% respectively.

คำสำคัญ: วิธีการแลกเปลี่ยนไอออน ปริมาณความกระด้างทั้งหมด มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินและน้ำบริโภค

Keywords: Water hardness, Ion exchange method, Water quality index

*นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีสำหรับครู คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

**รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

น้ำหรือแหล่งน้ำมีความสำคัญในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต ไม่ว่าจะเป็นมนุษย์ สัตว์ หรือพืช ในอดีตนั้นแหล่งน้ำไม่ว่าจะเป็นน้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน น้ำชายฝั่งทะเล จะไม่เน่าเสียหรือเกิดภาวะมลพิษ เนื่องจากธรรมชาติสามารถปรับสมดุลและฟื้นฟูตัวเองได้ในระดับหนึ่ง ทำให้เกิดการหมุนเวียน แต่เมื่อมีการเจริญเติบโตของสังคมจนเกิดเป็นชุมชน มีการพัฒนาด้านอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และพาณิชยกรรม ทำให้ธรรมชาติไม่สามารถปรับเปลี่ยนหมุนเวียนฟื้นตัวเองได้ทัน ปัญหาน้ำเน่าเสียในแหล่งน้ำจึงเกิดขึ้นและก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยาของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งการใช้ประโยชน์ของแหล่งน้ำนั้นๆด้วย (ไพฑูรย์, 2556)

มนุษย์ได้รับประโยชน์มากมายจากทรัพยากรน้ำ แต่ในปัจจุบันแหล่งน้ำมีความเสื่อมโทรมมากขึ้นเนื่องจากมนุษย์มีการใช้น้ำโดยไม่ตระหนักถึงความสำคัญของน้ำและขาดจิตสำนึกในการดูแลรักษาแหล่งน้ำ ซึ่งเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อ การดำเนินชีวิต สุขภาพอนามัยของประชาชน การประกอบอาชีพทางการประมง ตลอดจนระบบนิเวศของแหล่งน้ำถูกทำลายหรือเสื่อมคุณภาพจนไม่เหมาะสมที่สิ่งมีชีวิตจะอาศัยอยู่ได้ แหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนสารพิษ ยาฆ่าแมลง โลหะหนัก คราบน้ำมัน หรือเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆที่ปะปนมากับน้ำที่ใช้ในการอุปโภค บริโภค ซึ่งจะก่อให้เกิดโรคและเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์ (นพฤทธิ์, รัชนิวรรณ, 2558)

อำเภอแก้งสนามนาง จังหวัดนครราชสีมา มีจำนวนประชากรประมาณ 37,584 คน มีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ลาดตอนลูกคลื่น มีลำน้ำชีล้อมรอบ ที่ราบลุ่ม เหมาะแก่การเพาะปลูก มีโรงงานน้ำตาล ซึ่งเป็นแหล่งอุตสาหกรรมที่สำคัญของอำเภอและผู้คนในชุมชน (สำนักงานพัฒนาชุมชนอำเภอแก้งสนามนาง, 2559) ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้มองเห็นถึงความสำคัญของแหล่งน้ำที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของผู้คนในชุมชน โดยมุ่งเน้นศึกษาแหล่งน้ำของโรงเรียนแก้งสนามนางพิทยาคม อำเภอแก้งสนามนาง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นโรงเรียนประจำอำเภอขนาดเล็ก ได้ศึกษาแหล่งน้ำที่อยู่รอบๆ บริเวณโรงเรียนจำนวน 5 แหล่ง ซึ่งมีความสำคัญต่อการบริโภค อุปโภค ของบุคคลากรในโรงเรียน และคนในชุมชน เมื่อนำน้ำจากแหล่งน้ำต่างๆ ไปใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น การซักผ้า พบว่ามีปัญหาเรื่องความกระด้างของน้ำซึ่งสังเกตจากการไม่เกิดฟอง แสดงให้เห็นถึงคุณภาพของแหล่งน้ำที่ส่งผลกระทบต่อ การดำรงชีวิตของผู้คนในชุมชน ผู้วิจัยจึงได้มองเห็นถึงความสำคัญและสนใจศึกษาคุณภาพของแหล่งน้ำทั้ง 5 แหล่ง เพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน พร้อมกับปรับปรุงคุณภาพของน้ำก่อนที่จะมีการนำไปใช้ประโยชน์ โดยกรมควบคุมมลพิษของกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาสมบัติพื้นฐานบางประการ ของน้ำในแหล่งน้ำบริเวณรอบๆ โรงเรียนแก้งสนามนางพิทยาคม อำเภอแก้งสนามนาง จังหวัดนครราชสีมา
2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำตามฤดูกาล บริเวณรอบๆ โรงเรียนแก้งสนามนางพิทยาคม อำเภอแก้งสนามนาง จังหวัดนครราชสีมา
3. เพื่อกำจัดความกระด้างของน้ำจากน้ำผิวดินทั้ง 5 แหล่งโดยรอบบริเวณโรงเรียนแก้งสนามนางพิทยาคม อำเภอแก้งสนามนาง จังหวัดนครราชสีมา ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้โดยใช้วิธีการแลกเปลี่ยนไอออน

วิธีการวิจัย

การเก็บตัวอย่างน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำที่เวลาประมาณ 06.00 – 07.00 น. โดยใช้วิธีการเก็บน้ำตัวอย่างลึกประมาณ 30 เซนติเมตร (สำนักวิจัยและพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ กรมชลประทาน, 2550) จากผิวน้ำบริเวณรอบๆ โรงเรียนแก่งสนามนางพิทยาคม จำนวน 5 แหล่ง ตามฤดูกาลต่างๆ โดยใช้ภาชนะที่ใช้ในการบรรจุน้ำเป็นขวดพลาสติกชนิด PE (Polyethylene) ขนาด 2,500 ml ในกรณีขวดที่จะวิเคราะห์หาความกระด้างของน้ำ เติมนครไดนาทริกซึมขึ้น ขวดละ 3.00 ml สำหรับตัวอย่างน้ำที่จะวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพอื่นๆ นั้น จำเป็นต้องเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการต่อไป

ความถี่ในการเก็บน้ำตัวอย่าง

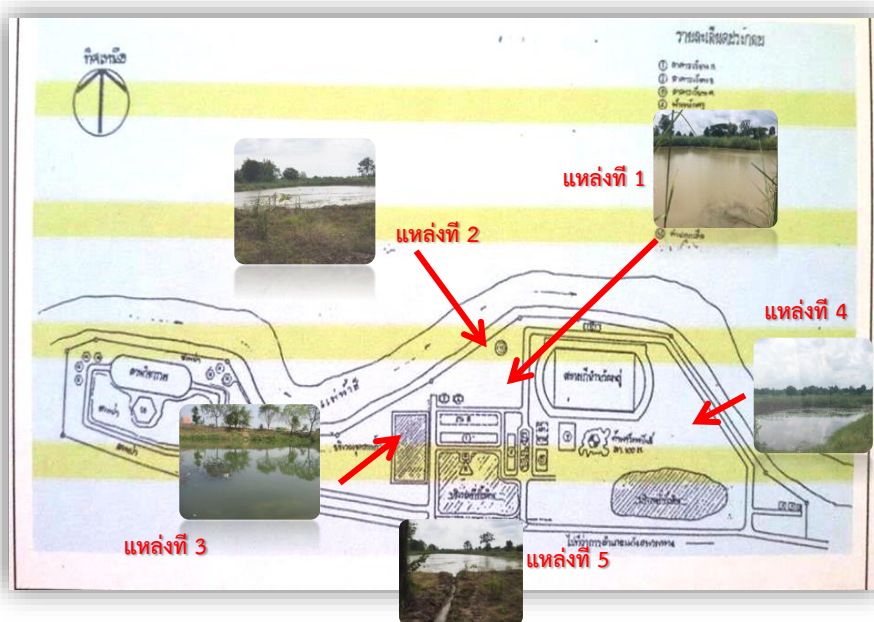
ได้ดำเนินการเก็บน้ำตัวอย่าง ในระหว่างเดือนมีนาคม พ.ศ.2561 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 รวม 3 ครั้งตามฤดูกาล ดังนี้

ครั้งที่ 1 : ฤดูร้อน เดือนมีนาคม พ.ศ. 2561

ครั้งที่ 2 : ฤดูฝน เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2561

ครั้งที่ 3 : ฤดูหนาว เดือนธันวาคม พ.ศ. 2561

เพื่อศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของค่าดัชนีคุณภาพน้ำ โดยเก็บน้ำตัวอย่างจากแหล่งที่อยู่บริเวณรอบๆ โรงเรียนจำนวน 5 แหล่ง โดยแหล่งที่ 1 ถึงแหล่งที่ 5 อยู่ห่างจากโรงเรียน 500 เมตร 550 เมตร 200 เมตร 800 เมตร และ 200 เมตร ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 1 (สำนักงานพัฒนาชุมชนอำเภอแก่งสนามนาง, 2559)



ภาพที่ 1 แผนผังแหล่งน้ำบริเวณรอบๆ โรงเรียนแก่งสนามนางพิทยาคม อำเภอแก่งสนามนาง จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 5 แหล่ง

ดัชนีคุณภาพน้ำที่ศึกษาและวิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ได้ดำเนินการวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐานที่กำหนดสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย (Standard Methods for Examination of Water and Wastewater) ซึ่งหน่วยงานทาง American Public Health Association

(APHA) กับ American Water Works Association (AWWA) และ Water Pollution Control Federation (WPCF) (1998) ได้ร่วมกันกำหนดวิธีตรวจวิเคราะห์ ดัชนีคุณภาพน้ำที่จะศึกษาและวิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ดัชนีคุณภาพน้ำที่ศึกษา วิธีการวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆ และเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินและน้ำบริโภค

ดัชนีคุณภาพน้ำ	วิธีการ/อุปกรณ์/เครื่องมือวิเคราะห์	เกณฑ์มาตรฐาน
1. อุณหภูมิ (Temperature)	เทอร์โมมิเตอร์ เครื่องวัดความเป็นกรดและเบสของน้ำ	๓ ^๑
2. ความเป็นกรด-เบส (pH)	(pH meter) และวิธีหาค่าแบบ Electrometric	6.5-9.2
3. ความกระด้างทั้งหมด (Total Hardness)	วิธีไทเทรตกับ EDTA	300 mg/L
4. คลอไรด์ (Chloride)	วิธีไทเทรตแบบมอร์	600 mg/L
5. ซัลเฟต (Sulphate)	วิธีไทเทรตแบบตกตะกอน	250 mg/L

*๓^๑ อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิธรรมชาติ เกิน 3 °C

(วรารณ, 2542)

วิธีการทดลอง

การวัดอุณหภูมิ โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิของน้ำตัวอย่างทันทีหลังจากเก็บตัวอย่าง พร้อมจดบันทึกอุณหภูมิที่วัดได้และวัดซ้ำ 2 ครั้ง

การหาค่าความเป็นกรด-เบส ในการหาค่าความเป็นกรด-เบส ได้ใช้วิธีการวิเคราะห์ตาม Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA 4500 HB: 2005)

การหาความกระด้างทั้งหมด ได้ใช้วิธีการวิเคราะห์ตาม Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA 4500 HB: 2005) ดังนี้

- (1) ปิเปตตัวอย่างน้ำ ปริมาตร 25.00 ml ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 ml
- (2) เติมน้ำฟอสเฟอริกของแอมโมเนีย (pH ~10) ปริมาตร 5 ml ลงในตัวอย่างน้ำ แล้วเขย่าเบาๆ
- (3) เติม Eriochrome Black T จำนวน 3 หยด สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงแดง
- (4) ไทเทรตด้วยสารละลาย EDTA เข้มข้น 0.0103 M (เจือจางมาจากสารละลายมาตรฐาน EDTA เข้มข้น 0.1037 M ที่เตรียมไว้) จนถึงจุดยุติ สีของสารละลายเปลี่ยนจากสีม่วงแดงเป็นสีน้ำเงินของหยดสุดท้าย
- (5) บันทึกปริมาตร EDTA ที่ใช้
- (6) จากผลการทดลองที่ได้นำไปคำนวณหาค่าความกระด้างทั้งหมดของน้ำ และทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง

การคำนวณ

$$\text{ความกระด้างทั้งหมด (mg/L)} = \frac{\text{กรัมของคลอไรด์}}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ (ml)}} \times 1,000$$

โดย A = ปริมาตรของ EDTA ที่ใช้ในการไทเทรต (ml)

B = mg แคลเซียมคาร์บอเนต ซึ่งสมมูลกับ 1.00 ml EDTA หรือ ความเข้มข้น EDTA (M) x 100

การหาปริมาณคลอไรด์ โดยวิธีของมอร์ (Mohr's method) ตามวิธีการวิเคราะห์ (ชุดิมา คูคู่สมุทร และคณะ, 2541) ดังนี้

- (1) ปิเปตตัวอย่างปริมาตร 10.00 ml ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 ml
- (2) เติมสารละลายโพแทสเซียมโครเมทจำนวน 5 หยด เป็นอินดิเคเตอร์

- (3) ไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรทเข้มข้น 0.0268 M จะได้ตะกอนสีขาวของซิลเวอร์คลอไรด์
- (4) เมื่อไทเทรตจนถึงจุดยุติสารละลายจะมีตะกอนน้ำตาลแดงแขวนลอยปนอยู่ในสารละลาย
- (5) บันทึกปริมาตร AgNO_3 ที่ใช้
- (6) จากผลการทดลองที่ได้นำไปคำนวณหาค่าปริมาณคลอไรด์ในน้ำ และทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณคลอไรด์ (mg/L)} = \frac{\text{กรัมของคลอไรด์}}{\text{ปริมาณตัวอย่างน้ำ (ml)}} \times 10^6$$

$$\text{โดย กรัมของคลอไรด์} = \frac{\text{ปริมาตร } \text{AgNO}_3 \text{ ที่ใช้} \times 0.0268 \text{ M} \times 35.50}{1,000}$$

การหาปริมาณซัลเฟตโดยวิธีการไทเทรตแบบตกตะกอน ตามวิธีการวิเคราะห์ (ชุดิมา และคณะ, 2541) ดังนี้

- (1) ปิเปตน้ำตัวอย่างปริมาตร 10.00 ml ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 ml
- (2) เติมเด็กซ์ทรีนจำนวน 10 หยด เขย่าและเติมซิลโฟนาโซจำนวน 2 หยด เขย่าจะได้สารละลายสีม่วง
- (3) ไทเทรตด้วยสารละลายแบเรียมไนเตรท เข้มข้น 0.0633 M ที่จุดยุติสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีฟ้าเงิน
- (4) บันทึกปริมาตรที่ใช้
- (5) จากผลการทดลองที่ได้นำไปคำนวณหาค่าปริมาณซัลเฟตในน้ำ และทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณซัลเฟต (mg/L)} = \frac{\text{กรัมของซัลเฟต}}{\text{ปริมาตรตัวอย่างน้ำ}} \times 10^6$$

$$\text{โดย กรัมของซัลเฟต} = \frac{\text{ปริมาตร } \text{Ba(NO}_3)_2 \text{ ที่ใช้} \times 0.0633 \text{ M} \times 96.00}{1,000}$$

การเตรียมเรซิน

เตรียมเรซินก่อนจะนำไปบรรจุในคอลัมน์โดยนำเรซินชนิด Dowex 50w -x8 และเรซินชนิด Amberlite IR-120 ไปแช่ในน้ำประมาณ 12 ชั่วโมง รวมถึงนำขานอ้อยและผักตบชวาที่ผ่านการบดและอบแห้งแล้วมาแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 M ในอัตราส่วน 100 g ต่อสารละลาย 2 L (Altundogan et al. 2016) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นทำการกรองสารละลายทิ้งแล้วล้างด้วยน้ำกลั่นหลายๆครั้งจนโซเดียมไฮดรอกไซด์ถูกล้างออกไปหมด (ทดสอบโดยการวัดพีเอชของน้ำล้าง) นำผักตบชวาและขานอ้อย มาอบที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมงจนน้ำหนักคงที่ นำไปแช่ในน้ำประมาณ 12 ชั่วโมงเช่นเดียวกัน

การกำจัดความกระด้างของน้ำกระด้างโดยวิธีการแลกเปลี่ยนไอออน

เตรียมคอลัมน์โดยใช้เรซินปริมาตร 40 ml ใส่ลงในคอลัมน์ (ที่มีสาลี่อยู่) ในขณะที่ถ่ายเรซินต้องมือน้ำท่วมเรซินเล็กน้อยเสมอ จากนั้นค่อยๆเติมกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 2 M ปริมาตร 5 ml ลงในคอลัมน์ให้ของเหลวออกทางปลายด้านล่างอย่างช้าๆ และเติมน้ำจนกระทั่งสารละลายเป็นกลาง (ทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส) จากนั้นนำตัวอย่างน้ำกระด้างปริมาตร 25 ml ผ่านลงไปคอลัมน์โดยอัตราการไหล 5 ml/min แล้วเติมเติมน้ำกลั่นจนกระทั่งสารละลายเป็นกลาง นำไปไทเทรตโดยใช้วิธีไทเทรตกับ EDTA เพื่อหาความกระด้างทั้งหมด โดยทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง ซึ่งทำการทดลองเช่นเดียวกันทั้ง 4 ชนิด และคำนวณหาประสิทธิภาพการกำจัดความกระด้างทั้งหมดของน้ำ

การคำนวณ

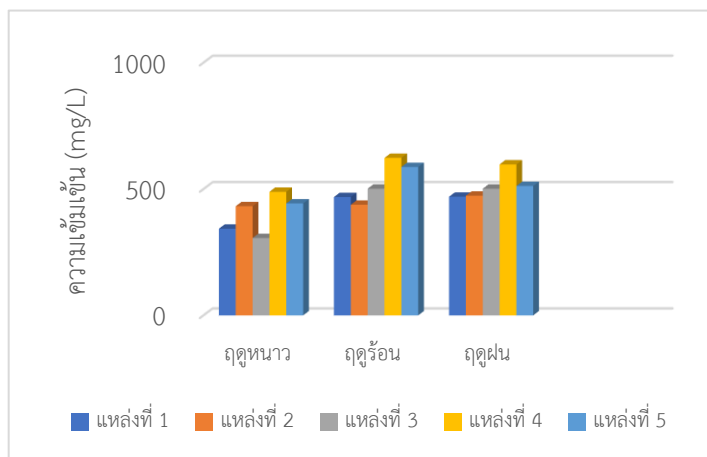
$$\% \text{removal} = \frac{\text{ค่าความกระด้างเริ่มต้น} - \text{ค่าความกระด้างหลังกำจัดความกระด้าง}}{\text{ค่าความกระด้างเริ่มต้น}} \times 100$$

ผลการวิจัย

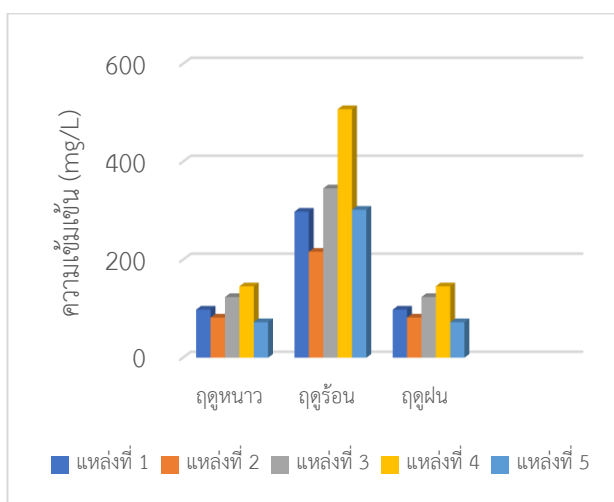
การวิจัยนี้ได้ทำการทดลองเพื่อวิเคราะห์และกำจัดความกระด้างของน้ำกระด้างในแหล่งน้ำโดยรอบบริเวณโรงเรียนแก้งสนามนางพิทยาคม อำเภอแก้งสนามนาง จังหวัดนครราชสีมา ผลการวิจัยสามารถนำเสนอตามดัชนีคุณภาพน้ำ ทั้งทางด้านกายภาพและเคมี แสดงดังตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาดัชนีคุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมีในฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ของแหล่งน้ำบริเวณรอบๆ โรงเรียนแก้งสนามนางพิทยาคม อำเภอแก้งสนามนาง จังหวัดนครราชสีมา

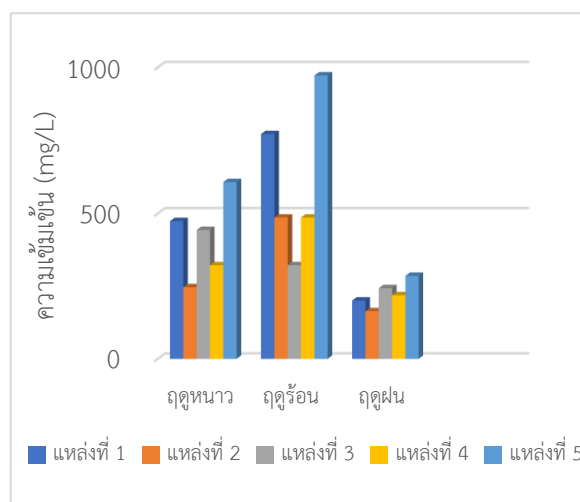
ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่าเฉลี่ยดัชนีคุณภาพน้ำ				
	แหล่งที่ 1	แหล่งที่ 2	แหล่งที่ 3	แหล่งที่ 4	แหล่งที่ 5
ฤดูร้อน					
1. อุณหภูมิ (°C)	27.3±0.30	28.2±0.30	28.2±0.30	27.2±0.80	27.8±0.30
2. ความเป็นกรด-เบส (pH)	6.76±0.04	6.84±0.05	6.97±0.07	6.95±0.05	6.32±0.00
3. ความกระด้างทั้งหมด (mg/L)	468.44±29.23	473.80±29.23	501.40±31.47	623.36±6.29	587.36±6.81
4. คลอไรด์ (mg/L)	297.79±5.49	215.97±5.49	345.36±5.49	507.10±2.75	301.59±5.49
5. ซัลเฟต (mg/L)	771.75±35.08	486.14±0.00	322.07±35.08	486.14±0.00	893.29±35.08
ฤดูฝน					
1. อุณหภูมิ (°C)	26.5±0.00	26.3±0.60	26.3±0.60	26.5±0.50	27.0±0.00
2. ความเป็นกรด-เบส (pH)	6.94±0.02	6.98±0.02	6.74±0.01	6.87±0.01	6.27±0.08
3. ความกระด้างทั้งหมด (mg/L)	469.68±6.29	473.80±2.38	501.40±31.47	597.40±20.60	512.12±21.14
4. คลอไรด์ (mg/L)	97.99±14.53	81.82±5.49	123.68±9.51	145.56±5.49	72.31±5.49
5. ซัลเฟต (mg/L)	164.07±35.08	164.07±35.08	243.07±0.00	224.84±35.08	285.61±35.08
ฤดูหนาว					
1. อุณหภูมิ (°C)	24.5±0.00	24.6±0.30	25.6±0.30	25.6±0.30	26.0±0.00
2. ความเป็นกรด-เบส (pH)	7.30±0.02	7.32±0.02	7.25±0.03	7.26±0.01	7.29±0.01
3. ความกระด้างทั้งหมด (mg/L)	343.20±2.38	432.60±4.76	306.12±6.29	489.04±10.90	443.72±17.95
4. คลอไรด์ (mg/L)	237.85±5.49	149.37±14.53	139.13±14.53	357.73±5.49	126.53±14.53
5. ซัลเฟต (mg/L)	467.91±35.08	346.38± 35.08	382.84± 35.08	322.07± 35.08	625.91± 35.08



ภาพที่ 2 ความกระด้างทั้งหมดของน้ำตามฤดูกาล



ภาพที่ 3 ปริมาณคลอไรด์ของน้ำในแต่ละแหล่งเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล



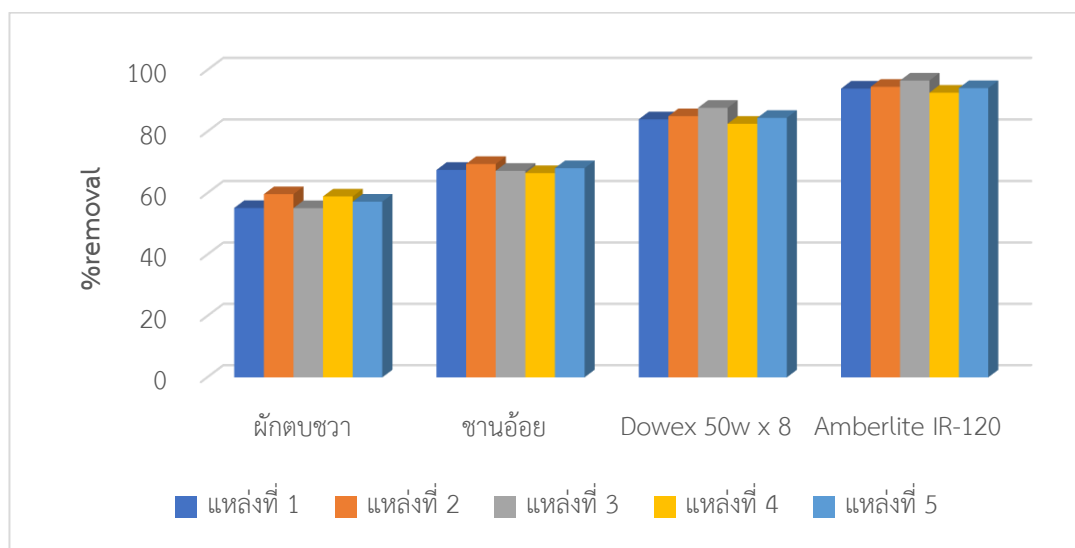
ภาพที่ 4 ปริมาณซัลเฟตของน้ำในแต่ละแหล่งเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล

ตารางที่ 3 ผลการศึกษาค่าความกระด้างทั้งหมดของน้ำกระด้างในฤดูแล้ง ของแหล่งน้ำบริเวณรอบๆ โรงเรียนแก่งสนามนางพิทยาคม อำเภอแก่งสนามนาง จังหวัดนครราชสีมา หลังจากที่มีการกำจัดความกระด้างของน้ำโดยวิธีการแลกเปลี่ยนไอออน

ตัวอย่างน้ำ	ค่าความกระด้าง	ค่าความกระด้างทั้งหมด			
	ทั้งหมด	หลังกำจัดความกระด้างโดยวิธีแลกเปลี่ยนไอออน (mg/L)			
	ก่อนกำจัดความกระด้าง (mg/L)	ผักตบชวา	ชานอ้อย	Dowex 50w x 8	Amberlite IR-120
แหล่งที่ 1	343.20±2.38	153.68±2.38	111.24±0.00	54.80±0.00	20.60±2.38
แหล่งที่ 2	432.60±4.76	174.28±2.38	131.84±4.12	64.68±2.38	23.48±2.38
แหล่งที่ 3	306.12±6.29	137.20±6.29	100.12±2.38	38.32±4.12	16.48±4.12
แหล่งที่ 4	489.04±10.90	200.64±2.38	163.56±2.38	85.28±2.38	35.84±2.38
แหล่งที่ 5	443.72±17.95	189.52±0.00	141.32±2.38	68.80±2.38	25.96±2.38

ตารางที่ 4 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดความกระด้างทั้งหมดของน้ำ ของแหล่งน้ำบริเวณรอบๆ โรงเรียนแก่งสนามนางพิทยาคม อำเภอแก่งสนามนาง จังหวัดนครราชสีมา หลังจากที่มีการกำจัดความกระด้างของน้ำ

ตัวอย่างน้ำ	ประสิทธิภาพการกำจัดค่าความกระด้างทั้งหมดของน้ำ (%removal)			
	ผักตบชวา	ขานอ้อย	Dowex 50w x 8	Amberlite IR-120
แหล่งที่ 1	55.22±0.00	67.59±0.00	84.03±0.69	93.99±0.00
แหล่งที่ 2	59.71±0.55	69.52±0.95	85.05±0.55	94.57±0.55
แหล่งที่ 3	55.18±2.01	67.29±0.78	87.75±0.78	96.62±1.34
แหล่งที่ 4	58.97±0.48	66.55±0.48	82.56±0.84	92.67±0.48
แหล่งที่ 5	57.28±0.00	68.15±0.53	84.49±0.53	94.15±0.55
ค่าเฉลี่ย	57.27±1.87	67.82±1.00	84.78±1.70	94.40±1.28



ภาพที่ 5 ประสิทธิภาพการกำจัดค่าความกระด้างทั้งหมดของน้ำ (%removal)

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ในภาพรวมลักษณะและสภาพทั่วไปของแหล่งน้ำบริเวณรอบๆ โรงเรียนแก่งสนามนางพิทยาคม อำเภอแก่งสนามนาง จังหวัดนครราชสีมา ส่วนใหญ่มีสีเหลืองขุ่น มีการเจริญเติบโตของพืชน้ำ เช่น ผักกระเฉดน้ำ ผักตบชวา เป็นต้น ซึ่งบุคลากรในโรงเรียนและคนในชุมชนที่อาศัยอยู่บริเวณโดยรอบ มีการใช้น้ำจากแหล่งน้ำบริเวณนี้ ไม่ว่าจะเป็นการอุปโภค-บริโภค การเกษตรกรรม รวมถึงการทำการประมง โดยปัญหาหลักที่พบคือ ปัญหาเรื่องความกระด้างของน้ำซึ่งสังเกตจากการไม่เกิดฟองสบู่ และสิ่งที่น่าสนใจมีผลต่อความกระด้างของน้ำ ประการแรกคือ คนในชุมชนที่อาศัยอยู่โดยรอบมีการปล่อยของเสียเช่น ขยะหรือมูลสัตว์ ลงในแหล่งน้ำ และได้มีการนำสัตว์เลี้ยงลงไปอาบน้ำก่อนนำเข้าคอก ประการที่สอง คือ มีแหล่งโรงงานอุตสาหกรรม (โรงงานน้ำตาล) อยู่ในบริเวณใกล้เคียง ประการที่สามคือ การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล สภาพภูมิอากาศในประเทศ และประการที่สี่คือ ปริมาณฝนที่ตกลงมา ทั้งสี่ประการนี้น่าจะมีผลต่อดัชนีคุณภาพน้ำ ทั้งด้านกายภาพและด้านเคมี ดังนี้

อุณหภูมิของน้ำ มีค่าต่ำสุด คือในช่วงฤดูหนาว แหล่งที่ 1 คือ 24.5°C และมีค่าสูงสุดคือ 27.8 °C ของแหล่งที่ 5 ในฤดูร้อน ตามลำดับ ความเป็นกรด-เบสของน้ำ มีค่าระหว่าง 6.27- 7.32 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของแหล่งน้ำผิวดิน ปริมาณคลอไรด์ มีค่าสูงในแหล่งที่ 4 ในช่วงฤดูร้อนมีค่า 507.10 mg/L และมีค่าต่ำสุดคือ 72.31 mg/L ในแหล่งที่ 5 ช่วงฤดูฝนตามลำดับ โดยปริมาณคลอไรด์ที่เพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับปริมาณเกลือแร่ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งแหล่งที่ 4 อยู่ในพื้นที่ใกล้กับชุมชนอาจได้รับปริมาณคลอไรด์ที่เพิ่มขึ้นจากหลายทาง โดยเฉพาะการขับถ่ายของเสียของมนุษย์หรือสัตว์ลงสู่แหล่งน้ำ รวมไปถึงเกลือที่อยู่ในชั้นใต้ดิน ปริมาณซัลเฟต มีค่าสูงในแหล่งที่ 5 ในช่วงฤดูร้อนมีค่า 893.29 mg/L โดยปริมาณซัลเฟตส่วนใหญ่ในแหล่งน้ำความเข้มข้นสูงกว่า 250 mg/L ซึ่งเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด (กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์, 2537) มีเพียงในช่วงฤดูฝนที่ปริมาณซัลเฟตต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน สาเหตุที่พบปริมาณซัลเฟตมากอาจจะเป็นผลกระทบมาจากในอำเภอมี่นาคำ อุตสาหกรรม คือโรงงานน้ำตาล ที่เกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากกระบวนการผลิต รวมถึงมีการระบายน้ำทิ้ง ซึ่งมีสารจำพวก ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ฝุ่นละออง ที่ปกคลุมในบริเวณที่ใกล้เคียงส่งผลให้ปริมาณซัลเฟตมีมาก ซึ่งแหล่งที่ 5 ในฤดูร้อนมีค่าสูงที่สุดเนื่องจากอยู่ใกล้กับโรงงานน้ำตาลมากกว่าแหล่งอื่นๆ นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยเคมีในการเกษตร ทำให้มีสารเคมีตกค้างตามผิวดินและถูกชะล้างไปกับฝนและไหลลงสู่แหล่งน้ำในการศึกษาความกระด้างทั้งหมด พบว่าจะมีค่าอยู่ในช่วง 306.12 – 623.36 mg/L ซึ่งส่วนใหญ่จะมีค่าความกระด้างทั้งหมดสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนด คือ 300 mg/L (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2551) โดยแหล่งที่ 4 ในฤดูร้อนจะมีค่าความกระด้างสูงที่สุด คือ 623.36 mg/L เมื่อเทียบความสัมพันธ์ของปริมาณของสารและการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลพบว่าในฤดูร้อนจะมีค่าสูงกว่าในฤดูฝนและฤดูหนาว ตามลำดับ โดยที่ฤดูร้อนมีค่าความกระด้างสูงที่สุดเป็นเพราะ สภาพอากาศที่แห้งแล้ง ฝนไม่ตก ปริมาณของน้ำในแหล่งน้ำโดยรอบบริเวณโรงเรียนลดลง อาจจะส่งผลทำให้มีความเข้มข้นของ SO_4^{2-} Cl^- Mg^{2+} และ Ca^{2+} ซึ่งเป็นสาเหตุของความกระด้างเพิ่มขึ้นมากกว่าฤดูฝน

เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยดัชนีคุณภาพน้ำต่างๆเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำแหล่งน้ำผิวดิน พบว่า แหล่งน้ำบริเวณรอบๆโรงเรียนแก่นสภานางพิตายคม อำเภอกันสภานาง จังหวัดนครราชสีมา มีค่าความกระด้างค่อนข้างสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมกำหนด คือ 300 mg/L จึงเป็นปัญหาที่ควรได้รับการปรับปรุง โดยได้ใช้วิธีการแลกเปลี่ยนไอออนในการกำจัดความกระด้างของน้ำ พบว่าเรซินชนิด Amberlite IR-120 มีประสิทธิภาพการกำจัดค่าความกระด้างทั้งหมดของน้ำสูงที่สุด คือ 94.40 % รองลงมาคือเรซินชนิด Dowex 50w x 8 มีประสิทธิภาพการกำจัดค่าความกระด้างทั้งหมดของน้ำเท่ากับ 84.78 % ซึ่งเรซินชนิด Amberlite IR-120 และ Dowex 50w x 8 เป็นเรซินชนิดกรดแก่มีหมู่ sulfonic acid ซึ่งสามารถแลกเปลี่ยนไอออนกับประจุบวกในน้ำกระด้างทำให้ค่าความกระด้างของน้ำลดลง ส่วนผักตบชวาและขานอ้อยมีองค์ประกอบเป็นสารเซลลูโลส ซึ่งมีสมบัติเป็นเรซินสังเคราะห์ เซลลูโลสในธรรมชาติจะมีหมู่คาร์บอกซิลเป็นองค์ประกอบซึ่งจัดเป็น cation resin ชนิดกรดอ่อน (พอดา, 2557) สามารถแลกเปลี่ยนไอออนกับประจุบวกในน้ำกระด้างได้เช่นเดียวกัน โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดค่าความกระด้างทั้งหมดของน้ำเท่ากับ 67.82 % และ 57.27% ตามลำดับ หลังจากปรับปรุงคุณภาพของน้ำโดยวิธีการแลกเปลี่ยนไอออนพบว่าเรซินทุกชนิดสามารถกำจัดความกระด้างทั้งหมดของน้ำทำให้มีค่าความกระด้างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินและน้ำบริโภค แต่อย่างไรก็ตามในการทดลองอาจจะมีการกำจัดความกระด้างไม่ได้ 100% อาจเนื่องมาจากเรซินที่ใช้อาจได้ประสิทธิภาพไม่สูงหรือเสื่อมคุณภาพจากใช้งานหลายครั้ง ในการศึกษาโดยใช้เรซินสังเคราะห์ในธรรมชาติซึ่งประหยัดค่าใช้จ่ายกว่าเรซินทั่วไปก็สามารถกำจัดความกระด้างให้มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานได้เช่นเดียวกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร.เฉลิม เรืองวิริยะชัย ในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะและข้อเสนอแนะต่างๆ พร้อมทั้งสนับสนุน ส่งเสริมให้โอกาส และขอขอบคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ได้ให้การสั่งสอนรายวิชาที่เป็นพื้นฐานในการศึกษา รวมถึงให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ และห้องปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์และข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์ต่อการทำการศึกษาอิสระในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มาตรฐานคุณภาพน้ำและเกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำในประเทศไทย.

กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์บริษัทเบญจผล; 2537.

กองจัดการสิ่งแวดล้อมและมลพิษ. พื้นฐานการใช้งานการแลกเปลี่ยนไอออนสำหรับระบบผลิตน้ำทั่วไป. กรุงเทพฯ: [ม.ป.พ.]; 2545.

กัณธรีย์ ศรีพงศ์พันธุ์. มลพิษทางน้ำ. นครปฐม: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร; 2540.

ชุดิมา คุณุสมุทร และคณะ. ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ (สำหรับวิชา 312 243). พิมพ์ครั้งที่ 8. ขอนแก่น: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2559.

นพฤทธิ์ ทองดา และ รัชนิวรรณ เวียงวะลัย. การศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากอาคารภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร; 2558.

ไพฑูรย์ หมายมั่นสมสุข. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย; 2556.

พอลตา ประสานนาม. การกำจัดโลหะหนักออกจากสารละลายโดยใช้สารแลกเปลี่ยนไอออนที่ผลิตจาก Hydroxyethyl Cellulose. นครปฐม: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร; 2557.

วรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์. วิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี. พิมพ์ครั้งที่ 4. ขอนแก่น: แก่นคำออฟเซ็ทการพิมพ์; 2542.

สำนักงานพัฒนาชุมชนอำเภอแก้งสนามนาง. ข้อมูลอำเภอแก้งสนามนาง. นครราชสีมา: [ม.ป.พ.]; 2559.

สำนักวิจัยและพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ กรมชลประทาน. คู่มือการปฏิบัติงานและการวิเคราะห์น้ำ. กรุงเทพฯ: วิบูลกิจ; 2550.

Altundogan HS, Topdermir A, Cakmak M and Bahar N. Hardness removal from waters by using citric acid modified pine cone. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers 2016; 58: 219-225.

American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation. Standard methods for examination of water and water. 20th ed. New York: American Public Health Association 1998; 37: 253-281.