วารสารการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม
ปีที่ 45 ฉบับที่ 1 มกราคม – มีนาคม 2565

บทวิทยาการ

การพัฒนาคุณภาพน้ำเสียและน้ำทิ้งของสถานพยาบาลในประเทศไทย

ธนชีพ พีระธรณิศร์
สำนักคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ กรมอนามัย
ศิราณี ศรีใส
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
วันนี มากันต์
วาสนา คงสุข
ศูนย์ห้องปฏิบัติการกรมอนามัย
สุภาวิตา สุวรรณศิลป์
นักศึกษาปริญญาโท มหาวิทยาลัยมหิดล

วันรับ 15 กุมภาพันธ์ 2565, วันแก้ไข 28 มีนาคม 2565, วันตอบรับ 30 มีนาคม 2565.

บทคัดย่อ

น้ำเสียจากโรงพยาบาล เป็นน้ำที่กฎหมายกำหนดให้ต้องมีการบำบัดด้วยระบบบำบัดน้ำเสีย โดยน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วต้องมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง ก่อนปล่อยสู่สาธารณะ หรือสิ่งแวดล้อม ประเทศไทยมีน้ำเสียเกิดจากสถานพยาบาลให้บริการทั้งภาครัฐ และเอกชนมากกว่า 25,747 แห่ง โดยเฉพาะในสถานการณ์การระบาดของโรค Covid-19 ซึ่งเกิดจากเชื้อ SARS-CoV-2 จึงมีผลต่อสุขภาพของประชาชน ดังนั้นการวิจัยจึงมุ่งเน้นที่จะดูสถานการณ์และแนวโน้มของคุณภาพน้ำเสียและน้ำทิ้ง ศึกษาพัฒนากระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อของระบบบำบัด ให้เกิดแนวทางใหม่ นำไปสู่ข้อเสนอเชิงนโยบายการบริหารจัดการน้ำเสีย น้ำทิ้ง ให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น ผลการศึกษาพบว่ามีตัวอย่างน้ำเสียและน้ำทิ้ง เฉลี่ย 1,355 ตัวอย่าง/ปี ผ่านมาตรฐานน้ำทิ้ง เพียงร้อยละ 15.1-56.0 แนวโน้มคุณภาพลดลง พบค่าเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้สูงสุด 3 อันดับแรก คือ 1) ปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด 2) โคลิฟอร์มแบคทีเรีย 3) ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เกินมาตรฐานเฉลี่ยร้อยละ 40, 31, และ 31 ตามลำดับ การบำบัดน้ำเสียยังมีผลดีต่อคุณภาพน้ำทิ้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกพารามิเตอร์ รวมถึงน้ำเสียและน้ำทิ้งที่ตรวจปนเปื้อนเชื้อ SARS-CoV-2 ด้วย ยังพบอีกว่าสัดส่วนของของแข็งละลายทั้งหมด คือ Total Dissolved Solid (TDS) บีโอดี ซีโอดี โคลิฟอร์มแบคทีเรีย และฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p-value<0.01) จำแนกประเภทน้ำและการปนเปื้อนเชื้อ SARS-CoV-2 มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ (p-value = 0.023) ยังพบค่าความเสี่ยงระหว่างค่าพารามิเตอร์และการปนเปื้อนเชื้อ SARS-CoV-2 คือ บีโอดี และซีโอดี โดยน้ำเสีย/น้ำทิ้งที่มีค่าบีโอดี ที่ไม่ได้มาตรฐานจะตรวจพบเชื้อ SARS-CoV-2 ประมาณ 2.956 เท่าเมื่อเทียบกับที่ได้มาตรฐาน และมีค่าซีโอดีที่ 2.881 เท่า น้ำเสียและน้ำทิ้งจึงอันตรายหากปล่อยสู่ธรรมชาติ สำหรับการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำลายเชื้อของคลอรีนกับเปอร์อะซิติก พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เปอร์อะซิติกสามารถฆ่าเชื้อได้ดีกว่าที่ระยะเวลาสัมผัส 30 นาที และกรดเปอร์อะซิติกยังมีผลทำให้ปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมด ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ซีโอดี และบีโอดี ในน้ำทิ้งลดลง คุณภาพน้ำหลังการใช้กรดเปอร์อะซิติกเป็นสารทำลายเชื้อดีกว่าการใช้คลอรีนได้อย่างชัดเจน การวิจัยมีข้อเสนอแนะ ในการจัดการน้ำเสียของสถานพยาบาล และการเฝ้าระวังเชื้อ SARS-CoV-2 ในน้ำเสียและน้ำทิ้งจากจึงมีข้อเสนอการบริหารจัดการทั้งระดับหน่วยงานและระดับประเทศ คือ 1) ควร

มีการออกแบบระบบควบคุมคุณภาพน้ำ ประเภทต่างๆ ที่ยังไม่ได้มาตรฐาน ให้เป็นระบบที่สามารถบูรณาการ และเชื่อมโยงให้เห็นภาพรวมของสถานการณ์คุณภาพน้ำของพื้นที่และประเทศไทยได้ โดยต้องร่วมกำหนดวัตถุประสงค์การใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำ แนวทางการออกแบบระบบควบคุมคุณภาพน้ำ และการจัดการใช้ประโยชน์ข้อมูลคุณภาพน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้การดำเนินงานต้องครอบคลุมบทบาทของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกภาคส่วน 2) กรมอนามัยควรมีการออกแบบระบบบริการและควบคุมคุณภาพตัวอย่างน้ำที่ทำการวิเคราะห์ ตั้งแต่การออกแบบและนำเข้าระบบข้อมูลตัวอย่างน้ำ การควบคุมคุณภาพทางห้องปฏิบัติการ การรายงานผลการตรวจวิเคราะห์ และการประมวลผลข้อมูลเพื่อสอดรับกับระบบควบคุมคุณภาพน้ำที่ภาคส่วนต่างๆ ออกแบบไว้ 3) ควรมีการดำเนินงานทวนสอบ ระบบควบคุมคุณภาพน้ำ และติดตามตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบบริหารจัดการ โดยจัดทำเป็นฐานข้อมูล ที่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายและเท่าทันต่อการเปลี่ยนแปลงต่างๆ 4) ศึกษา และพัฒนาการใช้เปอร์อะซิติก แทนคลอรีนที่ยังมีสารตกค้างอันตราย และสนับสนุนให้เป็นมาตรการหลักของการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอนาคต 5) สร้างและพัฒนา Test kit จากการวัดน้ำเสียน้ำทิ้งที่สามารถบ่งชี้คุณภาพและปริมาณจุลินทรีย์จากค่า BOD และ COD ที่เป็นตัวบ่งชี้จากผลการวิจัยนี้

คำสำคัญ : น้ำเสีย น้ำทิ้ง การฆ่าเชื้อ SARS-CoV-2 คุณภาพน้ำเสีย

A Thailand health services wastewater and efuent quality development

Thanacheep Perathornich
Office of Senior Advisors Committee, Department of Health.
Siranee Sreesai
Faculty of Public Health, Mahidol University.
Wannee Magun
Wassana Kongsuk
Research and Laboratory Development Center, Department of Health.
Supavita Suwannasin
Faculty of Public Health, Mahidol University

Received 15 February 2022, Revised 28 March 2022, Accepted 30 March 2022.

Abstract

The health services or Hospital's wastewater and effluents has been treated with the standard before eliminated to a public or environment. They are many services activities to generate waste water. They are 25,474 government and public places in Thailand. Especially in the situation of the Covid-19 outbreak, which is caused by SARS-CoV-2, thus affecting public health. Therefore, the research focuses on the situation and trends of wastewater and effluents quality, study and develop the new process to increase the efficiency of disinfection of the treatment system and leading to policy proposals for greater quality wastewater and effluents management. The results showed that there were an average of 1,355

wastewater and effluent samples/year. Most of them sustained the parameters standard just 15.1 – 56.0 percentage. With a quality trend was decreasing. The three level of a water parameters got over the standard were; Total dissolved solid, Coliform bacteria and Fecal coliform bacteria. They were over average 40, 31 and 31 percentage respectively. A Wastewater treatment also had a statistically significant effect on effluent quality in all parameters. including the wastewater contaminated with SARS-CoV-2. It was also found that the proportion of total dissolved solids (TSS), BOD, COD, coliform bacteria and fecal coliform bacteria significantly different (p-value < 0.01). The water type and SARS-CoV-2 contamination were significantly related (p-value = 0.023). Also found the risk values between the parameters and the contamination of SARS-CoV-2 were BOD and COD. A non-standard BOD value of wastewater/effluent with SARS-CoV-2 will be detected approximately 2.956 times as compared to the standard and 2.881 times of COD value. Then a wastewater and effluents are dangerous if released into nature. The comparation effectiveness disinfection microorganism test by Chlorine and Peracetic acid found significant difference (p < 0.05). The Peracetic was better disinfected than Chlorine. Peracetic acid helped dissolved all solid particles and Nitrogen, reduced BOD, COD in waste water. Then Peracetic was treated wastewater and effluents quality absolutely perfect than Chlorine. These research suggestion on the hospital management of wastewater and surveillance of SARS-CoV-2 from medical services by improving the management. Then the organization and country suggestion on waste water management are; 1) A different types of water quality control systems should be designed as a system that can integrate and have linked to an overview of the water quality situation of the area and country, by various departments must jointly the objectives for the use of water quality data Design guidelines on water quality control systems and efficient management of water quality data utilization, the operation must cover the roles of all stakeholders. 2) There should be an operation to verify the water quality control system and monitor the efficiency of the management system by creating a database that relevant stakeholder can easily use and keep up with changing. 3) Economic principles and systematic performance appraisals should be applied to assist in the continuous assessment of management efficiency every year. In order for agencies at both local and national levels to adjust their management to be more efficient and maximum efficiency 4) Study and develop the use of peracetic instead of chlorine that still has harmful substances and support it as the main measure of microorganism disinfection in the future. 5) Build and develop a test kit based on the measurement of wastewater and effluents that can indicate the quality and quantity of microorganisms from the BOD and COD values as indicators from this research.

Keywords: Waste water, Effluent, Disinfection, SARS-CoV-2, Waste water Quality

■ บทนำ

ประเทศไทยเกิดน้ำเสีย น้ำทิ้ง จากกิจกรรมต่างๆ ของสถานพยาบาลต้องเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียให้ได้มาตรฐานน้ำทิ้ง ก่อนปล่อยสู่ท่อสาธารณะหรือสิ่งแวดล้อม[1] ด้วยเหตุที่น้ำเสีย น้ำทิ้งมีเชื้อโรค มีสารเคมีอันตราย ประสิทธิภาพและคุณภาพการกำจัดจึงขึ้นอยู่กับระบบบำบัดน้ำเสียของสถานพยาบาล รวมถึงในระหว่างปี 2563 ถึง 2564 มีการระบาดของโรคโควิด-19 ด้วยเชื้อ SARS-CoV-2[2] มีการสร้างสถานพยาบาลเร่งด่วนต่างๆ มากมาย แต่ยังขาดระบบจัดการบำบัดน้ำเสียอย่างมีประสิทธิภาพและคุณภาพ น้ำเสียจำนวนมากของสถานพยาบาลต่างๆ จึงเป็นหนึ่งในสาเหตุหลักของมลพิษในแหล่งน้ำ น้ำทิ้งในโรงพยาบาลมีสารมลพิษที่เป็นอันตราย เช่น สารเคมีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการตรวจวินิจฉัยและการรักษาโรค สารคัดหลั่งของผู้ป่วยและผู้ติด

เชื้อ อนินทรียสาร อินทรียสาร สิ่งปฏิกูล จุลินทรีย์ก่อโรค และอื่น ๆ จึงต้องมีการบำบัดจนมีคุณภาพได้มาตรฐานทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ และไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อประชาชนและสิ่งแวดล้อม[3]

โดยทั่วไปน้ำเสียของโรงพยาบาลเกือบทั้งหมดในประเทศไทย ได้รับการปรับปรุงคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ส่วนการบำบัดจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำ ก่อนที่จะปล่อยเป็นน้ำทิ้ง ที่เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำที่สำคัญ[1] มักจะบำบัดด้วยคลอรีนที่ได้รับความนิยม ในการใช้เป็นสารทำลายเชื้อ เนื่องจากมีราคาที่ต่ำกว่า และความสามารถในการทำลายเชื้อที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับสารทำลายเชื้อเชิงพาณิชย์อื่นๆ แต่การใช้สารคลอรีนทำลายเชื้อมากเกินไป จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนและสิ่งแวดล้อม การใช้คลอรีนในปริมาณมากเกินไป และ/หรือการใช้คลอรีนอย่างไม่เหมาะสมอาจสร้างการก่อตัวของผลพลอยได้จากการทำลายเชื้อ (DBPs) หรือไตรฮาโลมีเทน[4] ที่เป็นสารก่อมะเร็งที่สำคัญ ดังนั้นการวิจัยนี้ จึงวิจัยพัฒนากระบวนการฆ่าเชื้อที่สำคัญ ให้เกิดประสิทธิภาพ ได้ทำการทดสอบ ทดลอง เปรียบเทียบ กระบวนฆ่าเชื้อระหว่างคลอรีน และกรดเปอร์อะซิติก ในน้ำเสียน้ำทิ้งจากสถานพยาบาล ในเวลาที่ต่างๆ กัน จึงเป็นที่มาของการวิจัยพัฒนาคุณภาพน้ำเสียและน้ำทิ้งของสถานพยาบาลในประเทศไทยครั้งนี้

■ วัตถุประสงค์การศึกษา

1. ศึกษาสถานการณ์ แนวโน้มคุณภาพน้ำเสียและน้ำทิ้งจากสถานพยาบาล 11 ปีย้อนหลังของประเทศไทย

2. ศึกษาเปรียบเทียบกระบวนการฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพของน้ำเสียและน้ำทิ้งที่ได้มาตรฐาน

3. จัดทำข้อเสนอเชิงนโยบายในการบริหารจัดการน้ำเสียและน้ำทิ้งจากสถานพยาบาลของประเทศไทย

■ วิธีการศึกษา

ส่วนที่ 1 การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัย Descriptive อธิบายข้อมูลทุติยภูมิจากฐานข้อมูลน้ำเสียและน้ำทิ้งของโรงพยาบาลที่ได้รับการตรวจคุณภาพน้ำจากศูนย์ห้องปฏิบัติการกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ย้อนหลัง 11 ปี ทุกตัวอย่าง ตั้งแต่ พ.ศ. 2553–2563 จำนวน 14,912 ตัวอย่าง[1] และการเฝ้าระวังการปนเปื้อนเชื้อโควิด ในน้ำเสียหรือน้ำทิ้ง และน้ำเสียที่กฎหมายกำหนด[5]ของสถานพยาบาลที่รักษาผู้ป่วยโควิด–19 ในปีงบประมาณ 2564 จำนวน 100 ตัวอย่าง ตามระบบของกรมอนามัย ทำการตรวจมาตรน้ำทิ้ง และการตรวจหาเชื้อโควิด โดยข้อมูลพารามิเตอร์ทั้งหมดจะถูกนำมาตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลก่อนการวิเคราะห์ข้อมูล โดยข้อมูลที่ถูกระบุว่า not define จะไม่ถูกนำมาคิดวิเคราะห์ในการศึกษา พารามิเตอร์ของน้ำเสีย–น้ำทิ้งจะถูกนำมาจำแนกตามเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากสถานพยาบาล ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่ 122 ตอนที่ 125 ลงวันที่ 29 ธันวาคม 2548[6] สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัย ได้แก่ จำนวนและร้อยละเพื่อใช้ในการอธิบายพารามิเตอร์ในแต่ละชนิด ใช้สถิติเชิงอนุมาน Chi square และ

Fisher's exact test เพื่อศึกษาความแตกต่างระหว่างพารามิเตอร์ การหาค่าความเสี่ยงและความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์เชื่อมโยงกับเชื้อโควิดที่ตรวจพบในน้ำเสียและน้ำทิ้ง

ส่วนที่ 2 ทดสอบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนและเปอร์อะซิติกในน้ำเสียของโรงพยาบาลจากระบบกรมอนามัย อย่างละ 36 ตัวอย่าง (ทำซ้ำเพื่อความถูกต้องเพิ่ม 3 ตัวอย่างตามช่วงเวลา) ที่ยังไม่ผ่านการฆ่าเชื้อจากระบบบำบัดมาก่อน ตัวอย่างจะถูกเก็บที่ท่อระบายน้ำหลังจากน้ำเสียผ่านการบำบัดไปที่บ่อตกตะกอนและไม่เติมด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อเคมีหรือสารฆ่าเชื้ออื่นๆ น้ำเสียได้รับการบำบัดโดยระบบบำบัดตะกอนเร่ง เป็นเบื้องต้น ให้ได้ปริมาณ ความเข้มข้น และเวลาในการฆ่าเชื้อที่เหมาะสม

– การใช้คลอรีน ประกอบด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 10% โดยน้ำหนัก ความเข้มข้นของคลอรีนที่ศึกษาจะเป็นคลอรีนตกค้างหลังจากพบคลอรีนทำปฏิกิริยาถึงจุด Break point chlorination ในน้ำทิ้งที่ศึกษาของโรงพยาบาลตัวอย่าง

– การใช้กรดเปอร์อะซิติก ประกอบด้วยกรดอะซิติก (CH_3COOH) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ในสารละลายน้ำ เป็นการผลิตเชิงพาณิชย์และจะได้รับจากบริษัทเอกชน

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วย

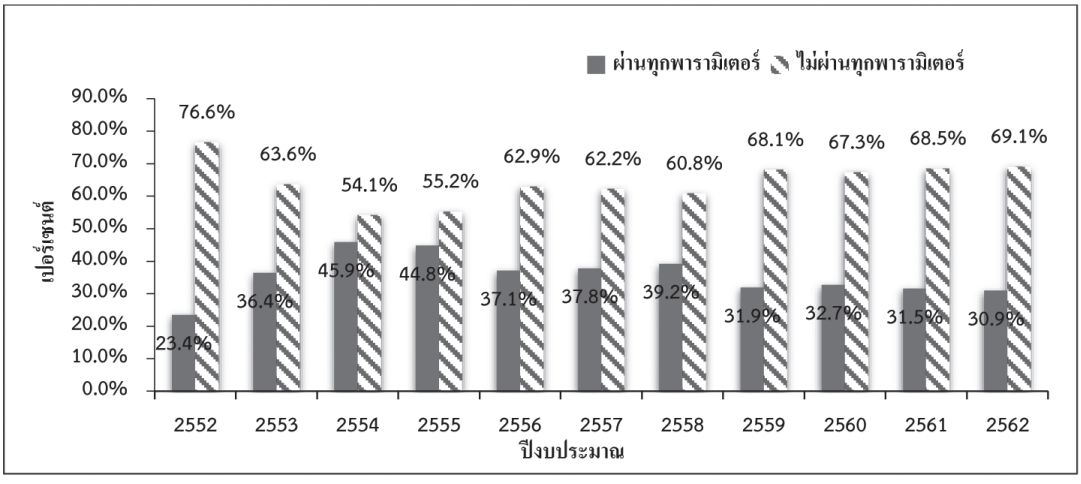
1. การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ ใช้สำหรับอธิบายผลการศึกษาลักษณะสมบัติของน้ำเสีย น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัด และสถานการณ์ทั่วไป

2. การวิเคราะห์สถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ One-way ANOVA ใช้สำหรับการอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรในตำหรับทดลองต่างๆ และประสิทธิภาพของสารทำลายเชื้อจุลินทรีย์บ่งชี้ต่างๆ ในน้ำทิ้งของโรงพยาบาลตัวอย่าง

- **การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มตัวอย่าง** ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยเกี่ยวกับมนุษย์กรมอนามัย เลขที่ 552/2565

■ ผลการศึกษา

1. จากการทบทวน รวบรวม วิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำเสีย และน้ำทิ้งของสถานพยาบาลต่างๆ จากห้องปฏิบัติการของศูนย์ห้องปฏิบัติการกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ในปี พ.ศ.2552 ถึง 2563 โดยมีแหล่งที่มาของตัวอย่างน้ำเสีย และน้ำทิ้งหลากหลาย[1] โดยพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์มีทั้งพารามิเตอร์ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำ และเชื้อ SARS-COV-2 โดยในแต่ละปีจะมีการเก็บตัวอย่างน้ำเสียและน้ำทิ้งจากสถานพยาบาลต่าง ๆ ของรัฐทั่วประเทศไทย จำนวนเฉลี่ย 1,355 ตัวอย่าง น้ำทิ้งจากสถานพยาบาลส่วนใหญ่ผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากสถานพยาบาลเพียงร้อยละ 15.1–56.0 แนวโน้มคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านเกณฑ์ทุกพารามิเตอร์มีแนวโน้มที่ลดลง ดังรูปที่ 1 ค่าเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้สูงสุด 3 อันดับแรก คือ 1) ปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด 2) โคลิฟอร์มแบคทีเรีย 3) ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เกินมาตรฐานเฉลี่ยร้อยละ 40, 31, และ 31 ตามลำดับ เมื่อแบ่งประเภทน้ำ (น้ำเสียและน้ำทิ้ง) ในช่วงปี พ.ศ. 2553–2563 คัดคุณภาพข้อมูลมีเพียงจำนวน 10,970 ตัวอย่าง จำแนกเป็นน้ำทิ้งจำนวน 6,408 ตัวอย่าง และน้ำเสียจำนวน 4,562 ตัวอย่าง พบว่ามีดัชนีคุณภาพน้ำอยู่ใน



รูปที่ 1 น้ำเสียในโรงพยาบาลสังกัดกระทรวงสาธารณสุข ตามเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทบางขนาด ตั้งแต่ปีงบประมาณ พ.ศ. 2552–2562

เกณฑ์มาตรฐานการควบคุมการระบายน้ำทิ้ง ประกอบด้วย ปริมาณของแข็งแขวนลอย (ร้อยละ 75.4) ตะกอนหนัก (ร้อยละ 82.1) ซัลไฟด์ (ร้อยละ 96.0) ความเป็นกรด-ด่าง (ร้อยละ 97.8) น้ำมันและไขมัน (ร้อยละ 97.2) ไนโตรเจนทั้งหมด (ร้อยละ 85.4) บีโอดี (ร้อยละ 75.8) ซีโอดี (ร้อยละ 74.6) โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (ร้อยละ 61.3) และ ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (ร้อยละ 61.6) แต่เมื่อพิจารณาตามประเภทน้ำ พบว่า การบำบัดน้ำเสียมีผลดีต่อคุณภาพน้ำทิ้งซัดเจนและมีนัยสำคัญทางสถิติทุกพารามิเตอร์ โดยน้ำทิ้งมีค่าของพารามิเตอร์ต่างๆ เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดในสัดส่วนที่มากกว่าน้ำเสียหลายพารามิเตอร์ อย่างไรก็ตามมากกว่าร้อยละ 20 ของตัวอย่างน้ำที่ยังมีดัชนีคุณภาพน้ำไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน เช่น ปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด (TDS) (ร้อยละ 41.4) โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (ร้อยละ 38.7) ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (ร้อยละ 38.4) ซีโอดี (ร้อยละ 25.4) ของแข็งแขวนลอย (ร้อยละ 24.6) และ บีโอดี (ร้อยละ 24.2) ตามลำดับน้ำทิ้งมีคุณภาพดีกว่าน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัด

2. สำหรับการตรวจวิเคราะห์น้ำเสียและน้ำทิ้งของโรงพยาบาลโดยวิเคราะห์การปนเปื้อนเชื้อ SARS-CoV-2 ในระหว่างเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม ปี พ.ศ. 2564 จำนวน 100 ตัวอย่างจากการเฝ้าระวังของกรมอนามัย ที่ยังไม่ผ่านการบำบัด พบว่า น้ำเสียมีค่าของแข็งแขวนลอย ตะกอนหนัก น้ำมันและไขมัน ไนโตรเจนทั้งหมด บีโอดี ซีโอดี โคลิฟอร์มแบคทีเรีย และฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ไม่ได้ตามมาตรฐานในสัดส่วนที่มากกว่าน้ำทิ้ง น้ำเสียและน้ำทิ้งมีสัดส่วนของค่าของแข็งละลายทั้งหมด (TDS) บีโอดี ซีโอดี โคลิฟอร์มแบคทีเรีย และฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p-value <0.01) เฉพาะคุณภาพน้ำทิ้งหลังการบำบัดพบปัญหาสำคัญ 5 อันดับแรก ได้แก่ ของแข็งละลายทั้งหมด (ร้อยละ 55.4) โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (ร้อยละ 37.9) ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (ร้อยละ 34.5) ของแข็ง

แขวนลอย (ร้อยละ 34.5) ไนโตรเจนทั้งหมด (ร้อยละ 20.7) และซีโอดี (ร้อยละ 20.7) และตรวจพบเชื้อ SARS-CoV-2 ร้อยละ 57.1 ในน้ำเสีย ส่วนน้ำทิ้งตรวจพบ ร้อยละ 29.3 น้ำเสียและน้ำทิ้งตรวจพบเชื้อ SARS-CoV-2 มีความสัมพันธ์กัน (p-value = 0.023) ดังตารางที่ 1 พบความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์และการตรวจพบเชื้อ SARS-CoV-2 จำนวน 2 พารามิเตอร์ ประกอบด้วย บีโอดี และซีโอดี ที่พบความสัมพันธ์กับการตรวจพบเชื้อ SARS-CoV-2 โดยน้ำเสีย/น้ำทิ้งที่มีค่าบีโอดีที่ไม่ได้มาตรฐาน จะตรวจพบเชื้อ SARS-CoV-2 ประมาณ 2.956 เท่าเมื่อเทียบกับน้ำเสีย/น้ำทิ้งที่มีค่าบีโอดีที่ได้มาตรฐาน (Crude OR=2.956, 95%CI=(1.114,7.840)) และค่าซีโอดี ประมาณ 2.881 เท่า (Crude OR=2.881, 95%CI=(1.069,7.765)) ตามลำดับ ดังตารางที่ 2

3. ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยสารเคมี ในน้ำเสียและน้ำทิ้ง ตามระบบกรมอนามัย จากระบบบำบัดน้ำเสีย จำนวน 36 ตัวอย่าง พบว่าลักษณะสมบัติทางแบคทีเรียในตัวอย่างน้ำทิ้งบ่งชี้ว่า น้ำทิ้งหลังการบำบัดด้วยระบบบำบัด

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างประเภทน้ำและการตรวจพบเชื้อ SARS-CoV-2

ประเภทน้ำ	ไม่พบเชื้อ COVID-19		พบเชื้อ COVID-19		Chi square	p-value
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ		
ประเภทน้ำ					5.141	0.023
					(1)	
น้ำเสีย	11	42.9	15	57.1		
น้ำทิ้ง	52	70.7	22	29.3		
BOD					4.899	0.027
					(1)	
≤ 20	48	71.1	19	28.3		
>20	15	46.2	18	53.8		
COD					4.522	0.033
					(1)	
≤ 20	49	70.9	20	29.1		
>120	14	45.8	16	54.2		

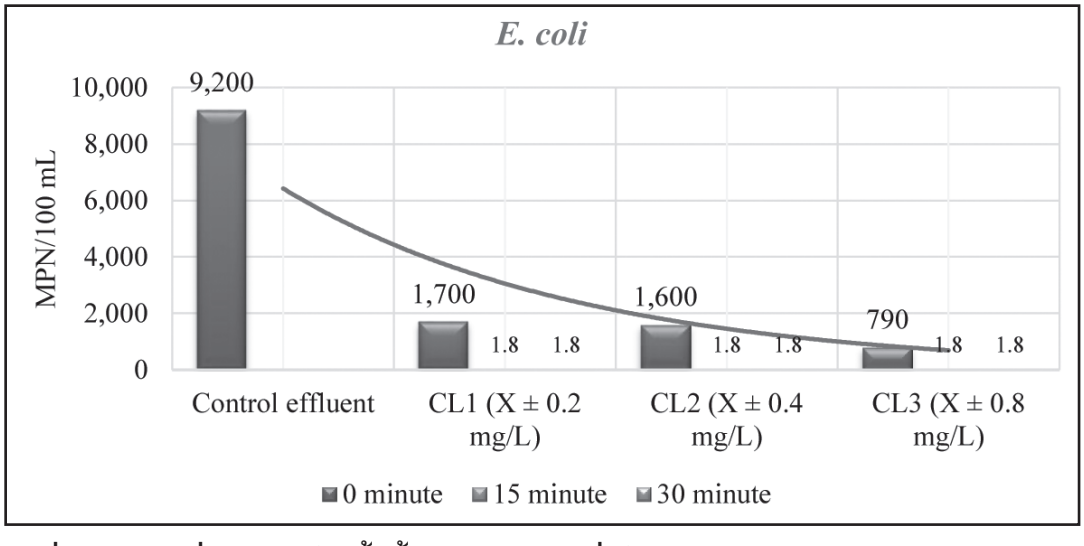
*f = fisher's exact test

ตารางที่ 2 ตัวชี้วัดความเสี่ยงปัจจัยของพารามิเตอร์ดัชนีคุณภาพน้ำและการตรวจพบเชื้อ COVID-19 ในตัวอย่างน้ำ

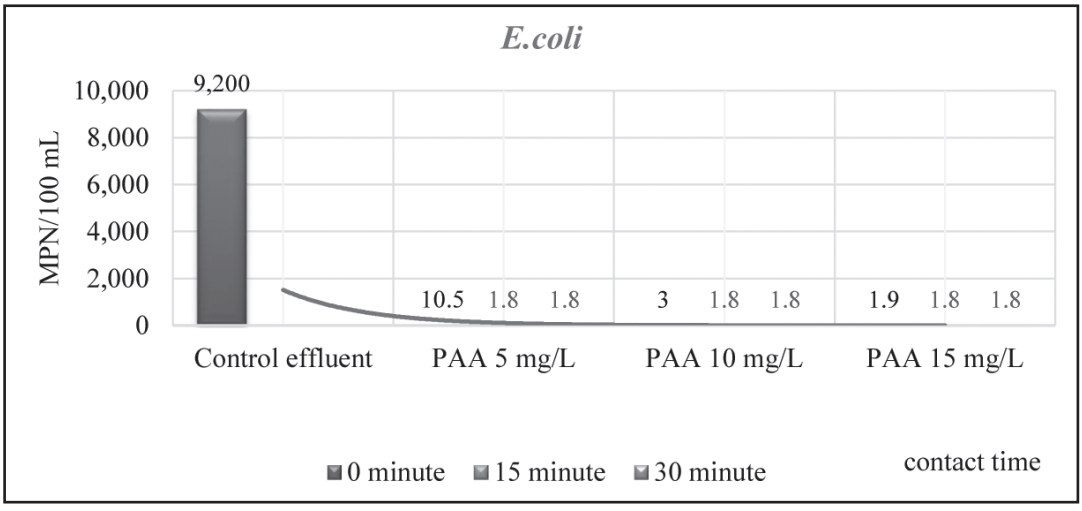
Parameter	Wald (df)	Crude OR	95%CI
BOD (Ref = >20)	4.740 (1)	2.956	(1.114,7.840)
COD (Ref = >120)	4.373 (1)	2.881	(1.069,7.765)

ของโรงพยาบาลซึ่งเป็นระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) เป็นส่วนใหญ่ ยังพบเชื้อจุลินทรีย์บ่งชี้จำนวนมาก เช่น พบโคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมด (9.19×10^7 MPN/100 mL) ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (2.19×10^7 MPN/100 mL) และ E. coli (7.89×10^6 MPN/100 mL) ตามลำดับ โดยเกณฑ์ฯ ที่กำหนดคือ โคลิฟอร์มแบคทีเรียทั้งหมดไม่เกิน 5,000 MPN/100 mL และฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียไม่เกิน 1,000 MPN/100 mL ตามลำดับ การทดลองเปรียบประสิทธิภาพการทำลายเชื้อของคลอรีนกับเปอร์อะซิติกทำลายเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และ E. coli ที่แสดงดังรูปที่ 2 และ 3 มีความแตกต่างการฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ความเข้มข้นของคลอรีนที่สามารถลดโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และอีโคไล เท่ากับ 0.46 ± 0.26 มก./ล. ที่ระยะเวลาสัมผัส 15.00 ± 12.99 นาที ส่วนความเข้มข้นของกรดเปอร์อะซิติกเท่ากับ 10.00 ± 4.33 มก./ล. ที่ระยะเวลาสัมผัส 15.00 ± 12.99 นาที ดังนั้น การใช้กรดเปอร์อะซิติกจะสามารถทำให้ลดจำนวนการปนเปื้อนของแบคทีเรียและกำจัดโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำทิ้งของโรงพยาบาลได้มากขึ้น โดยแนะนำสภาวะที่อัตราความเข้มข้นของกรดเปอร์อะซิติกระหว่าง 5 มก./ลิตร ถึง 10 มก./ลิตร ที่ระยะเวลาสัมผัส 30 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการเลือกสำหรับทำลายเชื้อจุลินทรีย์บ่งชี้ในน้ำทิ้งโรงพยาบาล

ในส่วนของการติดตามผลพลอยได้จากการใช้สารทำลายเชื้อจุลินทรีย์ทั้งสองชนิด พบว่า น้ำทิ้งที่ทำการศึกษาก่อนใช้สารทำลายเชื้อมีลักษณะสมบัติทางเคมีที่ไม่ผ่านมาตรฐาน คือ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand) และบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) อีกทั้งยังตรวจพบสารกลุ่มไตรฮาโลมีเทน ดังนี้ Chloroform 46.9 ไมโครกรัม/ลิตร, Bromodichloromethane



รูปที่ 2 อีโคไลที่เหลืออยู่ในน้ำทิ้งโรงพยาบาลเมื่อใช้เข้มข้นของการบำบัดด้วยคลอรีน X ± 0.2 มก./ลิตร, X ± 0.4 มก./ลิตร และ X ± 0.8 มก./ลิตร ที่เวลา 0, 15, และ 30 นาที



รูปที่ 3 E. coli ที่เหลืออยู่ในน้ำทิ้งของโรงพยาบาลที่มีความเข้มข้นของการบำบัดด้วยกรดเปอร์อะซิติก 5 มก./ล., 10 มก./ล. และ 15 มก./ล. ที่เวลาสัมผัส 0, 15 และ 30 นาที

20.9 ไมโครกรัม/ลิตร, Dibromochloromethane 7.3 ไมโครกรัม/ลิตร, และ Bromoform < 2.7 ไมโครกรัม/ลิตร น้ำทิ้งที่ทดลองมีคุณภาพดีกว่าก่อนใช้สารทำลายเชื้อ โดยตรวจไม่พบสารกลุ่มไตรฮาโลมีเทนที่ศึกษาทุกชนิด แต่การทดลองกรดเปอร์อะซิติกมีผลทำให้ปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมด ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ซีโอดี และบีโอดี ในน้ำทิ้งลดลง คุณภาพน้ำหลังการใช้กรดเปอร์อะซิติกเป็นสารทำลายเชื้อดีกว่าการใช้คลอรีนอย่างชัดเจน

■ อภิปรายผล

สถานการณ์ แนวโน้ม คุณภาพน้ำเสียจากสถานพยาบาลของรัฐ 795 แห่ง[7] การเก็บตัวอย่างน้ำเสียและน้ำทิ้ง จำนวนเฉลี่ย 1,355 ตัวอย่าง/ปี ไม่ผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากสถานพยาบาลร้อยละ 15.1–56.0 แนวโน้มคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านเกณฑ์ทุกพารามิเตอร์มีแนวโน้มที่ลดลง พบค่าเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้สูงสุด 3 อันดับแรก คือ 1) ปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด (Total Dissolved Solids (TDS)) 2) โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) 3) ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) เกินมาตรฐานเฉลี่ยร้อยละ 40, 31, และ 31 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของกรมควบคุมมลพิษ[2] และกองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย[8] ภาพรวมน้ำเสีย/น้ำทิ้งจากโรงพยาบาลส่วนใหญ่มีดัชนีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการควบคุมการระบายน้ำทิ้ง การบำบัดน้ำเสียมีผลต่อคุณภาพน้ำทิ้งชัดเจนและมีนัยสำคัญทางสถิติทุกพารามิเตอร์ แสดงถึงประสิทธิภาพของระบบบำบัด สำหรับการตรวจตัวอย่างในการเฝ้าระวังช่วงระบาดโควิด เดือนกรกฎาคม–สิงหาคม ปี พ.ศ. 2564 ตรวจวิเคราะห์น้ำเสียและน้ำทิ้งของโรงพยาบาลพร้อมทั้งตรวจการปนเปื้อนเชื้อ SARS-CoV-2 จำนวน 100 ตัวอย่าง พบว่าน้ำเสียตรวจพบเชื้อ SARS-CoV-2 ร้อยละ 57.1 และน้ำทิ้งตรวจพบเชื้อ SARS-CoV-2

ร้อยละ 29.3 ประเภทของน้ำและการตรวจพบเชื้อ SARS-CoV-2 มีความสัมพันธ์กัน (p-value = 0.023) โดยน้ำเสียจะตรวจพบเชื้อ SARS-CoV-2 เป็น 3.216 เท่าเมื่อเทียบกับน้ำทิ้งเช่นเดียวกับการวิจัยของ Jayaprakash Saththasivam และคณะ[9] ที่ตรวจพบเชื้อโควิดในน้ำเสีย ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์และการตรวจพบเชื้อ SARS-CoV-2 ในตัวอย่างน้ำ พบว่า มีเพียงค่าบีโอดี และซีโอดี ที่พบความสัมพันธ์กับการตรวจพบเชื้อ SARS-CoV-2 โดยน้ำเสีย/น้ำทิ้งที่มีค่าบีโอดีที่ไม่ได้มาตรฐาน จะตรวจพบเชื้อ SARS-CoV-2 ประมาณ 2.956 เท่าเมื่อเทียบกับ ที่ได้มาตรฐาน และซีโอดี ประมาณ 2.881 แสดงให้เห็นว่าเชื้อโควิดติดต่อทางน้ำเสีย น้ำทิ้งได้ จึงเป็นแนวทางใหม่ในการประมาณค่าความเสี่ยงจากการปนเปื้อนเชื้อ SARS-CoV-2 และการฆ่าเชื้อต่อไปได้

การศึกษาทดลองประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ โดยใช้คลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก ในส่วนของคลอรีนได้ใช้ทำการฆ่าเชื้อมาเป็นระยะเวลานาน การทดสอบโคลิฟอร์มแบคทีเรีย สามารถฆ่าเชื้อได้ ราคาถูก เข้าถึงได้ง่าย ในประเทศไทยใช้คลอรีนฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ทั้งในน้ำดื่ม และน้ำเสีย ในส่วนของการทดสอบความเข้มข้นในการทำลายเชื้อของกรดเปอร์อะซิติก ได้ทดสอบ 5 มก./ล., 10 มก./ล., และ 15 มก./ล. ที่เวลาสัมผัส 0 นาที (เริ่มต้น) ปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียเริ่มต้น 54,000 MPN/100 mL สามารถลดเหลือ 49-280 MPN/100 mL เมื่อเพิ่มเวลาสัมผัสที่ 15 นาที และ 30 นาที เมื่อเปรียบประสิทธิภาพการทำลายเชื้อของคลอรีนกับกรดเปอร์อะซิติก พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามหากเราใช้คลอรีนฆ่าเชื้อเราควรใช้ในอัตราความเข้มข้นของคลอรีนระหว่าง X ± 0.2 มก./ลิตร (1.3888 ppm) ถึง X ± 0.4 มก./ลิตร (1.588 ppm) ที่ระยะเวลาสัมผัส 30 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการเลือกสำหรับทำลายเชื้อจุลินทรีย์บ่งชี้ในน้ำทิ้งโรงพยาบาล ส่วนการใช้กรดเปอร์อะซิติก แนะนำสภาวะที่อัตราความเข้มข้นของกรดเปอร์อะซิติกระหว่าง 5 มก./ลิตร ถึง 10 มก./ลิตร ที่ระยะเวลาสัมผัส 30 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการเลือกสำหรับทำลายเชื้อจุลินทรีย์บ่งชี้ในน้ำทิ้งโรงพยาบาล

ตามที่เราทราบกันแล้วว่า หากใช้คลอรีนฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ การวิจัยยังตรวจพบสารกลุ่มไตรฮาโลมีเทน[10] ที่สำคัญคือ Chloroform 46.9 ไมโครกรัม/ลิตร, Bromodichloromethane 20.9 ไมโครกรัม/ลิตร, Dibromochloromethane 7.3 ไมโครกรัม/ลิตร, และ Bromoform < 2.7 ไมโครกรัม/ลิตร ถึงจะไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ก็ตาม และกรดเปอร์อะซิติก มีผลทำให้ปริมาณของแข็งละลายได้ทั้งหมด ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ซีโอดี และบีโอดี ในน้ำทิ้งลดลง คุณภาพน้ำหลังการใช้กรดเปอร์อะซิติก[11] เป็นสารทำลายเชื้อจึงดีกว่าการใช้คลอรีนอย่างชัดเจน จึงควรเป็นแนวทางใหม่ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ต่อไป

■ ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการออกแบบระบบควบคุมคุณภาพน้ำประเภทต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับดัชนีที่ไม่ผ่านมาตรฐาน ให้เป็นระบบที่สามารถบูรณาการและเชื่อมโยงให้เห็นภาพรวมของสถานการณ์คุณภาพน้ำของพื้นที่และประเทศไทยได้ โดยหน่วยงานต่างๆ ต้องร่วมกำหนดวัตถุประสงค์การใช้ข้อมูลคุณภาพน้ำ แนวทางการออกแบบระบบควบคุมคุณภาพน้ำ

และการจัดการใช้ประโยชน์ข้อมูลคุณภาพน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้การดำเนินงานต้องครอบคลุมบทบาทของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกภาคส่วน

2. ศูนย์ห้องปฏิบัติการกรมอนามัย ควรมีการออกแบบระบบ การจัดเก็บ เฝ้าระวัง ควบคุมคุณภาพตัวอย่างน้ำที่ทำการวิเคราะห์ ตั้งแต่การออกแบบและนำเข้าระบบข้อมูลตัวอย่างน้ำ การควบคุมคุณภาพทางห้องปฏิบัติการ การรายงานผลการตรวจวิเคราะห์ และการประมวลผลข้อมูลเพื่อสอดรับกับระบบควบคุมคุณภาพน้ำที่ภาคส่วนต่างๆ ออกแบบไว้

3. ควรมีการดำเนินงานทวนสอบระบบควบคุมคุณภาพน้ำ และติดตามตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบบริหารจัดการ โดยจัดทำเป็นฐานข้อมูลที่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายและเท่าทันต่อการเปลี่ยนแปลงต่างๆ

4. ควรมีการประยุกต์ใช้หลักเศรษฐศาสตร์และการประเมินผลการดำเนินงานเชิงระบบมาช่วยในการประเมินประสิทธิภาพการบริหารจัดการอย่างต่อเนื่องทุกปี เพื่อให้หน่วยงานทั้งระดับพื้นที่และประเทศได้ปรับเปลี่ยนการบริหารจัดการให้มีประสิทธิภาพ และประสิทธิผลสูงสุด

5. ศึกษาและพัฒนาการใช้เปอร์อะซิติก แทนคลอรีนที่ยังมีสารตกค้างอันตรายและสนับสนุนให้เป็นมาตรการหลักของการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในอนาคต

6. สร้างและพัฒนา Test kit จากการวัดน้ำเสียน้ำทิ้งที่สามารถบ่งชี้คุณภาพและปริมาณจุลินทรีย์จากค่า BOD และ COD ที่เป็นตัวบ่งชี้จากผลการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

1. ศูนย์ห้องปฏิบัติการกรมอนามัย. รายงานผลการตรวจตัวอย่างน้ำเสียโรงพยาบาล. [อินเทอร์เน็ต]. 2563 [เข้าถึงเมื่อ 3 กันยายน 2563]. เข้าถึงได้จาก: https://rldc.anamai.moph.go.th.
2. กรมควบคุมโรค. โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) [อินเทอร์เน็ต]. 2563 [เข้าถึงเมื่อ 12 กันยายน. 2564]. เข้าถึงได้จาก: http://ddc.moph.go.th/viralpneumonia/
3. Pumpimwater. ผลกระทบของน้ำเสียต่อสิ่งแวดล้อม. [อินเทอร์เน็ต]. มปป [เข้าถึงเมื่อ 3 กันยายน 2564]. เข้าถึงได้จาก: https://sites.google.com/site/pumpimwater/payha-na-seiy/phlk-ra-thb-khxng-na-seiy-tx-sing-waedlxm
4. Jurairat N. 4 ลักษณะของ “น้ำดื่ม” ที่ควรหลีกเลี่ยง ก่อนเสี่ยงโรค [อินเทอร์เน็ต]. 2561 [เข้าถึงเมื่อ 3 กันยายน 2564]. เข้าถึงได้จาก: https://www.sanook.com/health/10793/
5. กรมควบคุมมลพิษ. รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2562 [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม; 2562 [เข้าถึงเมื่อ 3 กันยายน 2564]. เข้าถึงได้จาก: http:// https://www.pcd.go.th/publication/3657/
6. WHO. Guidelines for drinking-water quality [Internet]. 3rd ed.; Volume 1 – Recommendations World Health Organization; 2008 [cited 2020 Sep 3]. Available from: https:// www.who.int/water_sanitation_health publications/ gdwq3rev/en.
7. กระทรวงสาธารณสุข สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข สำนักบริหารสาธารณสุข. การพัฒนาการจัดการกำลังคนของสหวิชาชีพ ปี 2555. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย; 2555.
8. กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. เอกสารประกอบการดำเนินงานตอบโต้ภาวะฉุกเฉินด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม “มลพิษทางน้ำและผลกระทบต่อสุขภาพ”. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย; 2558.

9. Saththasivam J, El-Malah SS, Gomez TA, Jabbar KA, Remanan R, Krishnankutty AK, et.al. COVID-19 (SARS-CoV-2) outbreak monitoring using wastewater-based epidemiology in Qatar. Sci Total Environ [Internet]. 2021 [cited 3 Sep 2020];774:145608. Available from: www.elsevier.com/locate/scitotenv.
10. World Health Organization. Trihalomethanes in Drinking-water [Internet]. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality; 2005 [cited 2021 Sep 3]. Available from: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/THM200605.pdf.
11. Technical Evaluation Report. Peracetic Acid. Handling/Processing [Internet]. 2016 [cited 2021 Sep 3]: 1-20. Available from: https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Peracetic%20Acid%20TR%203_3_2016%20Handling%20final.pdf.