การพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล เพื่อลดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพลงสู่ชุมชน

สัจมาน ตรันเจริญ[*a], ทัยธัช หิรัญเรือง[*], อุรชา เติมศรีรัตน์[**], พนิตา เจริญสุข[***]

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการโดยใช้กระบวนการ PAOR ใช้รูปแบบการวิจัยแบบผสมผสานทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ซึ่งประกอบด้วย การวางแผน, การปฏิบัติ,การสังเกต และการสะท้อนผล โดยทำการศึกษาในโรงพยาบาลกลุ่มตัวอย่าง 18 แห่ง ในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา

ผลการศึกษา พบว่าก่อนการพัฒนา มีโรงพยาบาลที่ตรวจพบเชื้อดื้อยาในระบบบำบัดน้ำเสีย สูงถึง 94.44% จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติ (Pearson's Chi-square) พบว่า ประเภทของโรงพยาบาลและประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียไม่มีความสัมพันธ์กับการพบเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในน้ำทิ้งและกากตะกอนอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$), และปริมาณคลอรีนอิสระคงเหลือ มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) กล่าวคือ หากค่าคลอรีนน้อยกว่า 0.5 mg/L จะพบเชื้อดื้อยา แต่หากรักษาค่าคลอรีนให้อยู่ระหว่าง 0.5-1 mg/L และมีระยะเวลาสัมผัสไม่น้อยกว่า 30 นาที จะไม่พบเชื้อดื้อยาชนิด *ESBL producing E.coli, Fluoroquinolone resistant Salmonella spp.* และ *Vancomycin resistant Enterococci (VRE)* ในน้ำทิ้ง และแนวทางต้นแบบ 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การกำจัดของแข็งแขวนลอย 2) การจ่ายคลอรีนอัตโนมัติ 3) การจัดการบ่อฆ่าเชื้อโรคแบบ Plug flow 4) ระบบตรวจวัดคลอรีนอิสระคงเหลือแบบ Real-time 5) การควบคุมตามเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งภายหลังการพัฒนาโรงพยาบาลทั้ง 18 แห่ง ไม่พบเชื้อดื้อยาในน้ำทิ้ง

การศึกษานี้สรุปได้ว่า ความสำเร็จเกิดจากนโยบายที่ชัดเจน ความตระหนักของผู้บริหาร และการมีส่วนร่วมของพหุวิชาชีพ, ผู้วิจัยเสนอให้ใช้แนวทาง Multi-barrier approach ภายใต้บริบท สุขภาพหนึ่งเดียว (One health) และควรมีการบริหารจัดการกากตะกอนอย่าง ถูกวิธีเนื่องจากเป็นแหล่งสะสมของเชื้อ

คำสำคัญ: ต้นแบบ; การจัดการเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพ; ระบบบำบัดน้ำเสีย; โรงพยาบาล

[*] นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการพิเศษ สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย
[**] นักวิชาการสาธารณสุขปฏิบัติการ สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย
[***] นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการพิเศษ กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย
[a] Corresponding author: สัจมาน ตรันเจริญ Email: sutchamarn.t@anamai.mail.go.th
รับบทความ: 25 ส.ค. 69; รับบทความแก้ไข: 17 ก.ย. 69; ตอบรับตีพิมพ์: 18 ก.ย. 69; ตีพิมพ์ออนไลน์: 26 ต.ค. 69

Developing Hospital Wastewater Treatment Systems to Reduce Antimicrobial Resistance in the Community

Sutchamarn Trancharoen[*a], Taiyatach Hirunreang[*], Uracha Termsrirat[**], Panita Charoensuk[***]

Abstract

This action research utilizing a mixed-methods approach was conducted across 18 hospitals in the Chao Phraya River basin. Prior to system improvements, antimicrobial-resistant bacteria (ARB) were detected in 94.44% of the hospitals' wastewater systems. Statistical analysis revealed no significant correlation ($p>0.05$) between the detection of ARB and factors such as hospital type or the specific wastewater treatment system used. Instead, the critical factors were treatment and disinfection efficiency, specifically, residual free chlorine levels showed a significant correlation ($p<0.05$). ARB persisted when chlorine levels fell below 0.5 mg/L. However, maintaining chlorine levels between 0.5–1.0 mg/L with a contact time of at least 30 minutes successfully eliminated key ARB—such as ESBL-producing *E. coli, fluoroquinolone-resistant Salmonella, and vancomycin-resistant Enterococci (VRE)*—from the effluent. The prototype consisted of five components: 1) suspended solids removal, 2) automated chlorine dosing, 3) plug-flow system management, 4) real-time monitoring, and 5) standard-based control. Following implementation, none of the 18 hospitals showed detectable AMB in wastewater.

The study concluded that this success stemmed from clear policies, executive awareness, and multidisciplinary collaboration. The researchers propose adopting a "multi-barrier approach" within the "One Health" framework and ensuring proper sludge management, as sludge serves as a reservoir for these pathogens.

Keywords: Prototype; Antimicrobial resistance management; Wastewater treatment system; Hospitals

[*] Public Health Technical Officer, Senior Professional Level, Bureau of Environmental Health, Department of Health
[**] Public Health Technical Officer, Practitioner Level, Bureau of Environmental Health, Department of Health
[***] Public Health Technical Officer, Senior Professional Level, Health Impact Assessment Division, Department of Health
[a] Corresponding author: Sutchamarn Trancharoen Email: sutchamarn.t@anamai.mail.go.th
Received: Aug. 25, 26; Revised: Sep. 17, 26; Accepted: Sep. 18, 26; Published Online: Oct. 26, 26

บทนำ

สถานการณ์เชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในสิ่งแวดล้อม มีการติดตามสถานการณ์ในสิ่งแวดล้อม โดยดำเนินการในแหล่งน้ำผิวดิน (Surface water) น้ำทิ้ง (Wastewater) และตะกอนบ่อน้ำทิ้ง (Sludge) งานวิจัยของ วิษณุ ธรรมลิขิตกุล[1] ที่สำรวจเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำสาขาพบว่า อัตราดื้อยาของเชื้อแบคทีเรียไม่ได้ขึ้นกับช่วงต้นน้ำหรือปลายน้ำแต่ขึ้นกับการเป็นชุมชนเมือง โดยพบว่าแหล่งน้ำที่ใกล้กับเมืองที่มีคนอาศัยอยู่หนาแน่นจะพบเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพมากกว่า สำหรับในชุมชน งานวิจัยได้ศึกษาเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในสิ่งแวดล้อมของตลาดสด พบว่าร้อยละ 80 ของตัวอย่างน้ำล้างตลาด ร้อยละ 60 ของตัวอย่างน้ำจากขยะในตลาด ร้อยละ 80 ของตัวอย่างแมลงสาบ และร้อยละ 100 ของตัวอย่างหนูและแมลงวัน พบเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพ โดยเชื้อดื้อยาที่พบ นอกจาก ESBL-producing Enterobacteriaceae แล้ว ยังพบเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพชนิดที่เป็นปัญหาสำคัญในโรงพยาบาล เช่น CRE, CRAB, VRE, Carbapenem-resistant, Psuedomonas aeruginosa, Colistin-resistant Enterobacteriaceae และ MRSA โรงพยาบาลนับได้ว่ามีความสำคัญเนื่องจากเป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดเชื้อโรคจากระบบบำบัดน้ำเสีย

ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลมีหน้าที่ในการป้องกันสุขอนามัยและสภาพแวดล้อมของชุมชน จะเกิดขึ้นจากน้ำเสียของโรงพยาบาลเนื่องจากน้ำเสียที่เกิดขึ้นมีปริมาณมากและในน้ำเสียยังประกอบด้วย สารอินทรีย์ ยาปฏิชีวนะและเชื้อโรค น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดต่างๆ จะไหลลงสู่ท่อรวบรวมน้ำเสียแล้วจะถูกส่งเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล เพื่อบำบัดให้ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งของกรมทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคเพื่อให้ได้ตามข้อกำหนดของกรมอนามัยก่อนระบายออกสู่แหล่งน้ำ สาธารณะบำบัดน้ำเสียมีความแตกต่างกันตามบริบทของพื้นที่ ประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในโรงพยาบาลในประเทศไทย ได้แก่ 1) ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ หรือระบบเอเอส ประเภทต่างๆ 2) ระบบบ่อปรับสเถียร และ 3) ถังบำบัดแบบติดกับที่ (Onsite treatment) วัตถุประสงค์ของระบบบำบัดน้ำเสียได้แก่ 1) กำจัดของแข็งแขวนลอยและของแข็งลอยน้ำ 2) กำจัดสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ 3) กำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัส และ 4) กำจัดเชื้อโรค สารพิษและสารที่ไม่ต้องการออกจากน้ำเสีย แม้ว่าคุณภาพของน้ำทิ้งจะถูกกำหนดให้มีค่าคงที่ที่แต่อัตราไหลของน้ำเสียและคุณภาพของน้ำเสียมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาตามช่วงเวลาในแต่ละวันและฤดูกาลและ การเปลี่ยนแปลงยังเกิดขึ้นจากจำนวนเตียงของโรงพยาบาลที่เพิ่มขึ้นและจากจำนวนผู้ป่วยและผู้ติดตามที่มาใช้บริการที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นสุขอนามัยและสภาพแวดล้อมของชุมชนจึงขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้ปฏิบัติงานในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียและการแก้ไขปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้น ผู้ปฏิบัติงานและผู้ควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียจึงต้องมีความรู้ความเข้าใจรวมถึงสามารถดูแลและควบคุมทุกองค์ประกอบของระบบบำบัดน้ำเสียอย่างถูกต้อง เพื่อให้บำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในปี 2567 กรมอนามัย[2] ได้เล็งเห็นความสำคัญของการจัดการเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพจึงได้ทำการศึกษาการประเมินความพร้อมภาคการสาธารณสุขสู่การพัฒนาต้นแบบการจัดการเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล เพื่อประเมินความพร้อมของโรงพยาบาลในการจัดการเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลในสังกัดกระทรวงสาธารณสุข และเพื่อพัฒนามาตรฐานเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลในสังกัดกระทรวงสาธารณสุข รวมทั้งเพื่อจัดทำต้นแบบการจัดการเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลในสังกัดกระทรวงสาธารณสุขแต่ทั้งนี้ต้นแบบที่ได้มานั้นมีหลาย

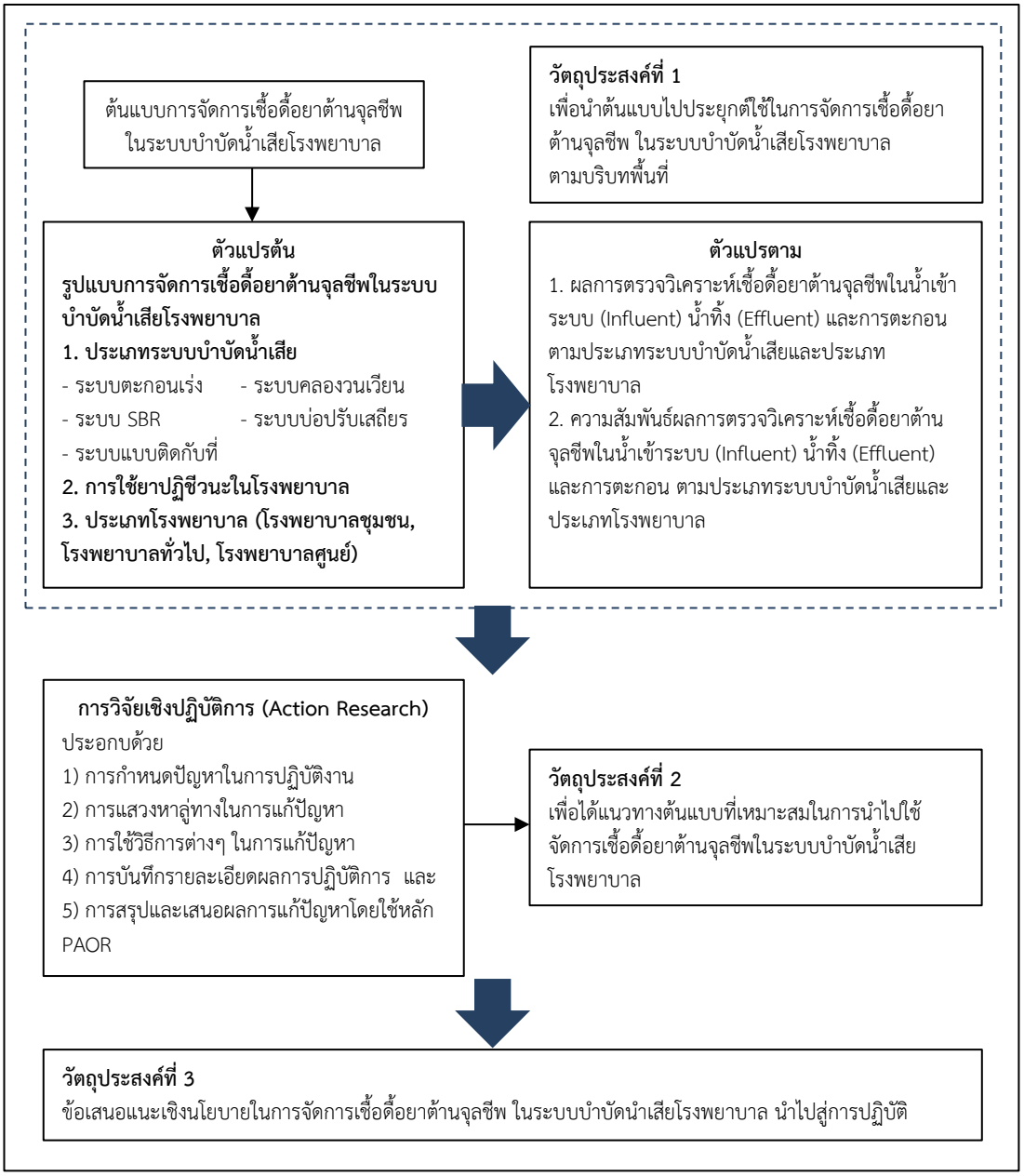
รูปแบบตามประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียและเกิดคำถามวิจัยว่าการนำต้นแบบจะสามารถใช้เป็นต้นแบบการจัดการเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียตามบริบทพื้นที่ได้หรือไม่และรูปแบบใดที่จะเหมาะสมตามความแตกต่างของประเภทโรงพยาบาลผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลเพื่อลดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพลงสู่ชุมชนเพื่อรับมือกับปัญหาดังกล่าว โครงการวิจัยนี้มีเป้าหมายในการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล โดยมุ่งเน้นที่การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบเดิมผ่านการควบคุมและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้คลอรีน เพื่อกำจัดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพอย่างมีประสิทธิผล

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อหาความสัมพันธ์ประเภทของโรงพยาบาลและประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียกับการพบเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล
2. เพื่อหาความสัมพันธ์ปริมาณคลอรีนอิสระคงเหลือที่ความเข้มข้น 0.5mg/Lกับการพบเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล
3. เพื่อได้แนวทางต้นแบบที่เหมาะสมในการนำไปใช้การจัดการเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยนี้มีกรอบแนวคิดโดยดำเนินการกำหนดโรงพยาบาลเป้าหมายเพื่อพัฒนาต้นแบบการจัดการเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล[(2)] โดยกำหนดรูปแบบการจัดการเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลโดยพิจารณาตัวแปรต้น ได้แก่ประเภทโรงพยาบาลและประเภทระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลและการพิจารณาคลอรีนอิสระคงเหลือที่ความเข้มข้น 0.5mg/L กับการพบเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพนระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล และดำเนินการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้หลัก PAOR โดยกำหนดปัญหาโดยการตรวจวัดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพก่อนการพัฒนาจากการแสวงหาลู่ทางในการแก้ปัญหา รวมทั้งการใช้วิธีการต่างๆ ในการแก้ปัญหา และดำเนินการการวางแผน, การปฏิบัติ, การสังเกต และการสะท้อนผล เพื่อให้ได้แนวทางต้นแบบที่เหมาะสมในการนำไปใช้ในการจัดการเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลและกำหนดเป็นข้อเสนอเชิงนโยบายในการจัดการและนำไปสู่การปฏิบัติ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

รูปแบบการวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action research) ใช้วิธีการแบบผสมผสาน (Mixed methods) ทั้งข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative data) และข้อมูลเชิงปริมาณ Quantitative data) โดยใช้กระบวนการ PAOR ตามแนวคิดของ Kemmis & McTaggart[3]

วิจัยเชิงเชิงปริมาณ (Quantitative research) พิจารณาผลการตรวจวิเคราะห์เชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในน้ำเข้าระบบ (Influent) น้ำทิ้ง (Effluent) และกากตะกอนตามประเภทระบบบำบัดน้ำเสียและประเภทโรงพยาบาลและเปรียบเทียบความแตกต่างผลการตรวจวิเคราะห์ เชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในน้ำเข้าระบบ (Influent) น้ำทิ้ง (Effluent) และกากตะกอนตามประเภทระบบบำบัดน้ำเสียกับ ประเภทระบบบำบัดน้ำเสียและประเภทโรงพยาบาลการวิจัยมุ่งเน้นการตรวจวัดเชื้อดื้อยาเป้าหมาย 3 ชนิด: ESBL producing E.coli, Salmonella spp. และ Vancomycin resistant Enterococci (VRE) โดยใช้เทคนิคการตรวจวัดเชิงปริมาณ (CFU/100mL)

วิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative research) เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action research) เป็นวิธีการศึกษาที่มีระเบียบวิธีการเฉพาะ ประกอบด้วย 1) การกำหนดปัญหาในการปฏิบัติงาน 2) การแสวงหาลู่ทางในการแก้ปัญหา 3) การใช้วิธีการต่างๆ ในการแก้ปัญหา 4) การบันทึกรายละเอียดผลการปฏิบัติการ และ 5) การสรุปและเสนอผลการแก้ปัญหา

ประชากรและตัวอย่างที่ศึกษา

กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา เลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างโรงพยาบาลในสังกัดกระทรวงสาธารณสุข แบ่งตามประเภทโรงพยาบาล (โรงพยาบาลชุมชน, โรงพยาบาลทั่วไป และโรงพยาบาลศูนย์) ในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา จำนวน 18 แห่ง

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย

1. แบบสอบถาม (Questionnaire) เพื่อวิเคราะห์ปัญหาระบบบำบัดน้ำเสียในโรงพยาบาล
2. แบบสังเกต (Observation form) การดำเนินการปฏิบัติตามรูปแบบ/วิธีการของต้นแบบ
3. แบบสอบหรือบันทึก (Examining/record)
4. วิธีการเก็บตัวอย่างเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียรวมทั้งอุปกรณ์การเก็บตัวอย่างภาคสนาม โดยมีค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) เฉลี่ยที่ 0.749

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ข้อมูลเชิงปริมาณ นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากแบบสอบถามต่างๆ มาตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล จากนั้นประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป และใช้สถิติเชิงพรรณนาในการวิเคราะห์ ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความสัมพันธ์
2. ข้อมูลเชิงคุณภาพ นำข้อมูลมาเรียบเรียง และจัดกลุ่มเพื่อสรุปรายละเอียดเนื้อหาตามประเด็นต่างๆ

การพิทักษ์สิทธิของอาสาสมัคร

การวิจัยได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 808/2567 การดำเนินการของผู้วิจัยในการพิทักษ์สิทธิ์ของอาสาสมัคร ในส่วนของการจัดการกับข้อมูลที่ระบุตัวตน แม้จะไม่มีข้อมูลส่วนบุคคล แต่ครอบคลุมหน่วยงานที่ผู้วิจัยศึกษา

ผลการศึกษา

1. การวิเคราะห์สภาพปัญหาและต้นแบบการจัดการ (Situation analysis & prototype development)

1.1 การวิเคราะห์สภาวะ Baseline (Pre-development)

จากการสำรวจเชิงลึกในโรงพยาบาล 18 แห่งก่อนเริ่มโครงการ พบ "จุดบอด" ของระบบบำบัดเดิมที่ปล่อยให้มีการหลุดรอดของเชื้อดื้อยาสู่น้ำทิ้งถึงร้อยละ 33.33 โดยผลการตรวจพบมีรายละเอียดดังนี้:

- น้ำเสียขาเข้า (Influent): ตรวจพบ ESBL E. Coli ร้อยละ 83.33 และ VRE ร้อยละ 50 โดยพบ Salmonella spp. ในบางแห่ง เช่น รพ.พระนั่งเกล้า และ รพ.สมุทรปราการ

- กากตะกอน (Sludge): เป็นแหล่งสะสมสำคัญ (Hotspot) พบ ESBL E.coli สูงถึงร้อยละ 63.64 ซึ่งเป็นความเสี่ยงสูงหากไม่มีการจัดการที่เหมาะสม

- น้ำทิ้ง (Effluent): พบการปนเปื้อนของ ESBL E. coli และ VRE ในสัดส่วนร้อยละ 33.33 ของกลุ่มตัวอย่าง

ตาราง 1 ข้อมูลทั่วไปของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลเป้าหมายบริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยา 18 แห่ง

ลำดับ	รายชื่อโรงพยาบาล	ประเภท	ขนาดเตียง	ระบบบำบัดน้ำเสีย	ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม./วัน)	ความจุระบบ (ลบ.ม./วัน)
1	สวรรค์ประชารักษ์	ศูนย์	670	SBR	900	800
2	โกรกพระ	ชุมชน	30	AL	5	10
3	ชัยนาทนเรนทร	ทั่วไป	300	OD)	350	250
4	สรรพยา	ชุมชน	30	OD	48	1,000
5	อินทร์บุรี	ชุมชน	150	AS	350	500
6	สิงห์บุรี	ทั่วไป	150	OD	350	1,000
7	อ่างทอง	ทั่วไป	150	OD	320	450
8	ป่าโมก	ชุมชน	60	SP	50	100
9	พระนครศรีอยุธยา	ศูนย์	524	AS	500	1,000
10	บางปะอิน	ชุมชน	60	OT	90	120
11	ปทุมธานี	ทั่วไป	410	OD	500	700
12	สามโคก	ชุมชน	30	AS	28	100
13	พระนั่งเกล้า	ศูนย์	700	AS	650	900

ตาราง 1 (ต่อ) ข้อมูลทั่วไปของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลเป้าหมายบริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยา 18 แห่ง

ลำดับ	รายชื่อโรงพยาบาล	ประเภท	ขนาดเตียง	ระบบบำบัดน้ำเสีย	ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม./วัน)	ความจุระบบ (ลบ.ม./วัน)
14	บางกรวย	ชุมชน	60	AS	650	900
15	วชิระ	มหาวิทยาลัย	600	AS	1,200	1,200
16	ตากสิน	กทม.	418	AS	600	550
17	บางจาก	ชุมชน	30	AS	100	500
18	สมุทรปราการ	ศูนย์	600	AS	650	1,000

หมายเหตุ :

1. SBR (Sequencing Batch Reactor)
2. AL (Aerated Lagoon) ระบบสระเติมอากาศ
3. OD (Oxidation Ditch) ระบบคลองวนเวียน
4. AS (Activated Sludge) ระบบตะกอนเร่ง
5. SP (Stabilization Pond) ระบบบ่อปรับเสถียร
6. OT (Onsite Treatment) ระบบแบบติดกับที่

1.2 องค์ประกอบของต้นแบบการจัดการ (The Prototype)

ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังภาพที่ 2

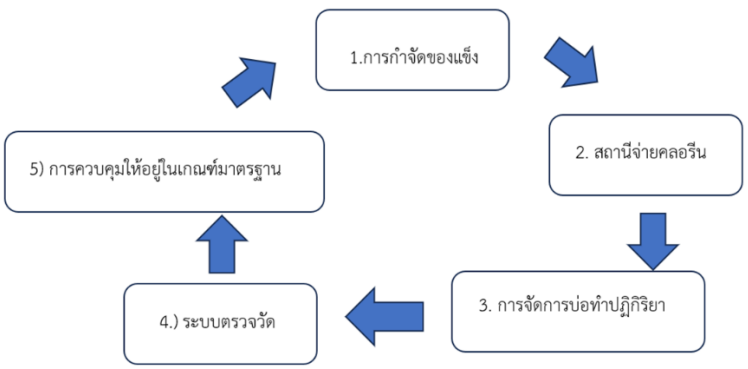
1) การกำจัดของแข็ง (Solids removal): การกำจัดของแข็งแขวนลอย (SS) เพื่อมิให้เป็นแหล่งกำบัง (Shielding effect) ของเชื้อโรคจากการสัมผัสคลอรีน

2) สถานีจ่ายคลอรีน (Automatic NaClO station): ระบบจ่ายคลอรีนอัตโนมัติที่รักษาความเข้มข้นให้คงที่สม่ำเสมอ

3) การจัดการบ่อทำปฏิกิริยา (Plug flow reacting tank): การปรับปรุงทางเดินน้ำเป็นแบบรางคดเคี้ยวเพื่อป้องกัน Short circuit และเพิ่มระยะเวลาสัมผัส (HRT)

4) ระบบตรวจวัด (Real-time monitoring): ระบบตรวจวัดค่า pH และ Free residual chlorine ตลอด 24 ชั่วโมง

5) การควบคุมให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (Standard control): กำหนดเกณฑ์ Free chlorine ที่ 0.5-1.0 mg/L และ Contact time ไม่น้อยกว่า 30 นาที



ภาพที่ 2 การดำเนินการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียตามต้นแบบ (Prototype)

1.3 วิเคราะห์เชิงลึก: ในทางวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม การรักษาระดับคลอรีนที่ 0.5-1.0 mg/L เนื่องจากหากปริมาณคลอรีนต่ำกว่านี้ (Sub-lethal dose) จะกระตุ้นให้แบคทีเรียเกิดสภาวะดื้อยาปฏิชีวนะได้ (SOS Response) ซึ่งเป็นกลไกที่เร่งการส่งผ่านยีนดื้อยาผ่านกระบวนการ Conjugation (HGT) หรือทำให้เชื้อเข้าสู่สภาวะที่มีชีวิตอยู่ได้ แต่ไม่สามารถเพาะเลี้ยงได้ (VBNC: Viable but non-culturable) ที่เชื้อยังไม่ตายแต่เพาะเชื้อไม่ขึ้นในห้องปฏิบัติการ และอาจฟื้นตัว (Resuscitation) ได้ในแหล่งน้ำธรรมชาติ การรักษาระดับมาตรฐานนี้จึงเป็นการตัดวงจรการส่งผ่านยีนดื้อยาอย่างเบ็ดเสร็จ

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบอุบัติการณ์เชื้อดื้อยาในน้ำทิ้ง (Effluent) ก่อนและหลังพัฒนา

ระยะการศึกษา	*ESBL producing E. coli*	*Vancomycin resistant Enterococci (VRE)*	*Salmonella spp.*
ก่อนพัฒนา (Baseline)	พบ 6 แห่ง (33.33%)	พบ 6 แห่ง (33.33%)	ไม่พบในน้ำทิ้ง*
หลังพัฒนา (PAOR cycle)	ไม่พบ (0%)	ไม่พบ (0%)	ไม่พบ (0%)

***หมายเหตุ:** Salmonella spp. ถูกตรวจพบใน Influent และ Sludge ก่อนพัฒนา แต่ไม่พบใน Effluent ของโรงพยาบาลส่วนใหญ่ตั้งแต่ต้น

ตารางที่ 3 ผลการปฏิบัติการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อลดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพ

กิจกรรม/ขั้นตอน	วิธีการ	ผลการดำเนินงาน	ปัญหาอุปสรรค/ประเด็นสำคัญ
ขั้นตอนที่ 1 สร้างความเข้าใจให้กับผู้บริหารโรงพยาบาล	1. ประชุมชี้แจงวัตถุประสงค์ในการดำเนินการให้กับกลุ่มเป้าหมาย 2. จัดทำคู่มือแนวทางการพัฒนาต้นแบบการจัดการเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล 3. จัดประชุมเชิงปฏิบัติการพัฒนาศักยภาพการเฝ้าระวังเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลให้กับโรงพยาบาลเป้าหมายและหน่วยงานที่สนใจ	1. ผู้บริหารโรงพยาบาลเข้าใจและมีนโยบายที่จะพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลในการจัดการเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพ 2. โรงพยาบาลประกาศเป็นนโยบายในระดับหน่วยงาน	ความพร้อมในการประกาศเป็นนโยบายแต่ละโรงพยาบาลไม่เท่ากันมีบางโรงพยาบาลมีปัญหาในการซ่อมแซมระบบบำบัดน้ำเสีย

ตารางที่ 3 (ต่อ) ผลการปฏิบัติการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อลดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพ

กิจกรรม/ขั้นตอน	วิธีการ	ผลการดำเนินงาน	ปัญหาอุปสรรค/ประเด็นสำคัญ
ขั้นตอนที่ 2 สร้างการมีส่วนร่วมของเจ้าหน้าที่ภายในโรงพยาบาล	ขั้นตอนนี้มีการดำเนินการ 2 ส่วน ได้แก่ 1. การประชุมเพื่อสร้างความเข้าใจภายในโรงพยาบาลและดำเนินการตามแนวทางพัฒนาต้นแบบการจัดการเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล 2. การลงพื้นที่แห่งละ 2 ครั้ง เพื่อตรวจสอบปัญหาการจัดการเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียและให้คำแนะกับโรงพยาบาลในการแก้ไข	มีการสร้างการมีส่วนร่วมของเจ้าหน้าที่ในโรงพยาบาลในประเด็น 1. การประชุมสร้างความรู้ความเข้าใจให้กับเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลระบบบำบัดน้ำเสียและผู้ที่เกี่ยวข้องดำเนินการแห่งละ 1 ครั้งเจ้าหน้าที่สามารถวิเคราะห์ปัญหาและหาแนวทางแก้ไขได้ 2. เจ้าหน้าที่ภายในโรงพยาบาลมีส่วนร่วมในการควบคุมการใช้สารเคมีภายในโรงพยาบาลเพื่อควบคุมปริมาณคลอรีนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย ทั้งจากโรงซักฟอก ห้องส้วมและการล้างพื้น 3. มีการควบคุมการใช้ยาปฏิชีวนะภายในโรงพยาบาลเพื่อควบคุมปริมาณยาปฏิชีวนะตกค้างเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย 4. มีการดำเนินการให้การฆ่าเชื้อโรคจากระบบบำบัดน้ำเสียเป็นไปโดยประสิทธิภาพโดยควบคุมปริมาณคลอรีนตั้งต้นให้มีค่าคลรีนอิสระคงเหลืออยู่ที่ 0.5-1 มิลลิกรัมต่อลิตรและระยะเวลาสัมผัสคลอรีนไม่น้อยกว่า 30 นาที 5. มีการปรับปรุงบ่อเติมฆ่าเชื้อโรคโดยเพิ่มความสูงของแผ่นกั้นให้มีระยะเวลาสัมผัสคลอรีนเพิ่มขึ้น 6. มีการเปลี่ยนมาใช้เครื่องเติมคลอรีนอัตโนมัติ เพื่อควบคุมปริมาณการเติมคลอรีนให้อยู่ในที่ 0.5-1 มิลลิกรัมต่อลิตร	1.บางโรงพยาบาลมีปัญหาในการซ่อมแซมระบบบำบัดน้ำเสียทำให้เป็นกรณีศึกษาว่ากรณีที่โรงพยาบาลมีปัญหาเรื่องการเดินระบบบำบัดน้ำเสียจะจัดการเชื้อดื้อยาได้อย่างไร

ตารางที่ 3 (ต่อ) ผลการปฏิบัติการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อลดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพ

กิจกรรม/ขั้นตอน	วิธีการ	ผลการดำเนินงาน	ปัญหาอุปสรรค/ประเด็นสำคัญ
ขั้นตอนที่ 3 การดำเนินการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียตามต้นแบบ (Prototype)	การดำเนินการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียตามต้นแบบ (Prototype)	1. ลงพื้นที่โรงพยาบาลที่พบเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโดยดำเนินการประเมินระบบบำบัดน้ำเสียของแต่ละโรงพยาบาล 2. เสนอแนะปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียเป็นรายโรงพยาบาลกลุ่มเป้าหมาย 3. วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างประเภทโรงพยาบาล ประเภทระบบบำบัดน้ำเสีย กับการพบเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในน้ำทิ้งและกากตะกอน 4. วิเคราะห์ Flow analysis ของการพบเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสีย	
ขั้นตอนที่ 4 การกำกับติดตามและประเมินผล	1. การกำกับติดตามโดยดำเนินการประชุมและลงพื้นที่ประเมินแห่งละ 2 ครั้ง และเก็บตัวอย่างเชื้อดื้อยา 2.จัดประชุมเชิงปฏิบัติการถอดบทเรียนการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลเพื่อลดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพลงสู่ชุมชน	1. ได้ข้อเสนอแนะในการนำไปปรับปรุงแนวทางแนวทางการพัฒนาการจัดการเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล 2. พัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้รูปแบบการจัดการเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลจากต้นแบบ (Prototype) โดยใช้คลอรีนเป็นสารฆ่าเชื้อ 3. น้ำทิ้งก่อนเริ่มพัฒนาต้นแบบพบเชื้อดื้อดื้อยาต้านจุลชีพทั้ง 18 โรงพยาบาล หลังพัฒนาต้นแบบฯ ไม่พบเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในน้ำทิ้งระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล	ได้แนวทางเฉพาะรูปแบบการจัดการเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลโดยใช้คลอรีนเป็นสารฆ่าเชื้อ

1.4 การวิเคราะห์ผลลัพธ์เชิงวิเคราะห์ (Diagnostic analysis)

- **Statistical Significance:** ผลการวิเคราะห์ด้วย Pearson's Chi-square ชี้ชัดว่า ค่าคลอรีนอิสระคงเหลือ มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งต่อการพบเชื้อดื้อยา ($p<0.05$) ในขณะที่ ประเภทโรงพยาบาลและประเภทระบบบำบัด ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

- **Flow analysis hotspots:** การวิเคราะห์ตามระบบการไหลพบว่า กากตะกอน (Sludge) และ บ่อเติมอากาศ (Aeration tank) คือแหล่งสะสมเชื้อหนาแน่นที่สุด โดยเฉพาะในระบบตะกอนเร่ง (AS: Activated sludge) ที่พบเชื้อในตะกอนสูงกว่าในน้ำอย่างชัดเจน) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าเทคโนโลยีบำบัดขั้นทุติยภูมิเพียงอย่างเดียวไม่สามารถกำจัด AMR ได้หากขาดกระบวนการ Disinfection ที่มีประสิทธิภาพ

สรุปผลการศึกษา

1. การวางแผน (Planning): คัดเลือกโรงพยาบาล 18 แห่งในลุ่มน้ำเจ้าพระยา ประชุมชี้แจง และวิเคราะห์ปัญหา
2. การปฏิบัติ (Acting): ปรับปรุงระบบบำบัดตามต้นแบบ (Prototype) 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) กำจัดของแข็งแขวนลอย 2) ติดตั้งสถานีจ่ายคลอรีนอัตโนมัติ 3) จัดการบ่อปฏิกิริยาแบบ Plug Flow 4) ติดตั้งระบบตรวจวัด Real-time และ 5) ควบคุมค่ามาตรฐาน
3. การสังเกต (Observing): ตรวจวิเคราะห์เชื้อดื้อยา 3 ชนิด (*ESBL producing E.coli*, *Salmonella spp.*, *VRE*) ในน้ำเข้า น้ำทิ้ง และกากตะกอน ทั้งก่อนและหลังการพัฒนา
4. การสะท้อนผล (Reflecting): ถอดบทเรียนความสำเร็จและข้อจำกัดร่วมกับพหุวิชาชีพ
5. หลังจากการดำเนินงานตามวงจร PAOR ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพเชิงประจักษ์ในการลดภาระทางชีวภาพ (Biological load) อย่างมีนัยสำคัญ
6. ความสำเร็จในการจัดการ AMR ในโรงพยาบาล 18 แห่งนี้ ยืนยันว่าปัจจัยตัดสินไม่ได้อยู่ที่ "งบประมาณในการสร้างระบบใหม่" แต่อยู่ที่ "การเพิ่มประสิทธิภาพการเดินระบบเดิม" ผ่านการควบคุมทางวิศวกรรมที่แม่นยำ

การอภิปรายผล

จากการวิจัยพบว่าประเภทโรงพยาบาลไม่มีผลต่อปริมาณเชื้อในน้ำทิ้ง สามารถอธิบายได้ด้วยปรากฏการณ์ **"Resitome Convergence"** ซึ่งหมายความว่าแม้ระบบน้ำเสียขาเข้า (Influent) จะมีลักษณะเฉพาะ (Specific fingerprints) ตามประเภทการรักษา แต่เมื่อผ่านระบบบำบัด (WWTP) ระบบจะทำหน้าที่เป็น "Standard filter" ที่ปรับสภาพจุลชีววิทยาให้เข้าสู่จุดเดียวกัน ผลภาพรวมจึงขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของระบบ (Removal efficiency) มากกว่าแหล่งกำเนิด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Gandra et al.,[4] และ Yang et al.[5] อย่างไรก็ตาม ในฐานะวิศวกรสิ่งแวดล้อม ต้องตระหนักถึงอิทธิพลของ **"Dilution Effect"** (ตามข้อค้นพบของ Buelow et al.)[6] ในโรงพยาบาลขนาดใหญ่ที่มีการใช้น้ำในกิจกรรมอื่นสูงจนทำให้ความเข้มข้นของเชื้อดูเจือจางลง แต่ภาระเชื้อรวม (Mass load) ยังคงสูงอยู่ นอกจากนี้ ปัจจัยเรื่อง **Co-selection Pressure** จากโลหะหนัก (Cu, Zn, Ag) ที่ปนเปื้อนในน้ำเสียโรงพยาบาล ยังเป็นตัวกระตุ้นให้แบคทีเรียรักษาคุณสมบัติการดื้อยาไว้แม้จะอยู่ในสภาวะที่ไม่มีความกดดันจากยาปฏิชีวนะโดยตรง นอกจากนี้ประเด็นด้านความปลอดภัยในการทำงาน (Occupational health)

ถือเป็นเรื่องวิกฤต เนื่องจากตรวจพบเชื้อดื้อยาหนาแน่นในบ่อเติมอากาศ ซึ่งมีความเสี่ยงในการแพร่กระจายผ่าน **“ละอองลอย” (Aerosol)** สู่ผู้ปฏิบัติงาน การใช้อุปกรณ์ป้องกัน (PPE) และการจัดการพื้นที่บ่อเติมอากาศจึงเป็นเรื่องที่มองข้ามไม่ได้

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

Standard Optimization: ยกระดับมาตรฐานการฆ่าเชื้อน้ำทิ้งโรงพยาบาล โดยกำหนดค่าคลอรีนอิสระคงเหลือที่ 1.0 mg/L และระยะเวลาสัมผัส 30 นาทีเป็นเกณฑ์บังคับขั้นต่ำ เพื่อป้องกันสภาวะ SOS Response ของเชื้อ

1. **Source Segregation:** ส่งเสริมการบำบัดเฉพาะจุด (Pre-treatment) ในพื้นที่เสี่ยงสูง เช่น ICU และแล็บจุลชีววิทยา ด้วยระบบ Autoclave หรือ Advanced oxidation processes (AOPs) ก่อนปล่อยลงระบบรวม
2. **Active Surveillance:** บรรจุตัวชี้วัดเชื้อดื้อยา (เช่น CRE) ลงในมาตรฐานน้ำทิ้งสถานพยาบาล และใช้มาตรฐานเดียวกันทุกระดับโดยไม่แบ่งแยกขนาดโรงพยาบาล
3. **Integrated One Health Sludge Management:** ห้ามนำกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลไปใช้เป็นปุ๋ยหรือใช้ประโยชน์ทางการเกษตรโดยเด็ดขาด เนื่องจากเป็นแหล่งสะสมยีนดื้อยาที่อาจกลับเข้าสู่ห่วงโซ่อาหาร
4. **ปรับปรุงเกณฑ์มาตรฐาน:** ควรเพิ่มตัวชี้วัดด้านเชื้อดื้อยา (เช่น CRE) ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้งโรงพยาบาลโดยไม่แบ่งแยกขนาดสถานพยาบาล
5. **Multi-barrier approach:** ในจุดเสี่ยงสูง เช่น หอผู้ป่วยวิกฤต (ICU) ควรมีการบำบัดน้ำเสียเฉพาะจุดก่อนปล่อยลงระบบรวม และพิจารณาใช้เทคโนโลยีเสริม เช่น UV หรือ Ozone เพื่อทำลายโครงสร้างยีนดื้อยา
6. **One health:** บูรณาการการจัดการน้ำเสียควบคู่กับการใช้ยาอย่างสมเหตุผล (RDU) เพื่อลดภาระเชื้อตั้งแต่ต้นทาง

ข้อเสนอแนะการศึกษาครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจัดการกากตะกอน (Sludge) ในระบบบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากตะกอนมักเป็นแหล่งสะสมของยีนดื้อยาในปริมาณมหาศาล เพื่อหาวิธีการกำจัดหรือจัดการกากตะกอนที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและห่วงโซ่อาหาร
2. ควรมีการศึกษาโครงสร้างประชากรจุลินทรีย์ (Microbial community structure) ในแต่ละขั้นตอนของระบบบำบัด เพื่อระบุว่าแบคทีเรียกลุ่มใดที่เป็นพาหะหลัก (Main hosts) ของยีนดื้อยา และปัจจัยใดที่กระตุ้นให้พวกมันอยู่รอดได้ดีในระบบประเภทนั้นๆ
3. ควรมีการวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับอิทธิพลของโลหะหนัก (เช่น Cu, Zn, Ag) ที่ปนเปื้อนในน้ำเสียว่าส่งผลต่อการคงอยู่ของยีนดื้อยาในระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละประเภทหรือแม้จะเป็นระบบประเภทเดียวกัน
4. ควรมีการศึกษาต่อเนื่องเพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของชุมชนรอบจุดปล่อยน้ำทิ้ง เพื่อกำหนดมาตรฐาน “ค่าความปลอดภัย” ของยีนดื้อยาในน้ำทิ้งรวมทั้งยาปฏิชีวนะตกค้างและเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพโดยใช้การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณ (Quantitative Microbial Risk Assessment-QMRA): ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีเกณฑ์มาตรฐานที่ชัดเจนเหมือนค่า BOD หรือ COD

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกรมอนามัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม และสำนักคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิในการสนับสนุนและให้โอกาสในการจัดทำวิจัยและได้ดูแลให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ดี และสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (สกสว.) ที่ได้สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินการโครงการวิจัยรวมทั้งโรงพยาบาลเป้าหมายทั้ง 18 แห่งบริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยาที่ให้ความร่วมมือและยินดีเข้าร่วมการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อลดเชื้อดื้อยาลงสู่ชุมชน

เอกสารอ้างอิง

1. Thamlikitkul V, Tiengrim S, Thamthaweechok N, Buranapakdee P, Chiemchaisri W. Contamination by Antibiotic-Resistant Bacteria in Selected Environments in Thailand. Int J Environ Res Public Health. 2019 Oct 5;16(19):3753. doi: 10.3390/ijerph16193753.
2. สัจมาน ตรันเจริญ, ประโชติ กราบกราน, ทัยธัช หิรัญเรือง, พนิตา เจริญสุข. การประเมินความพร้อมภาคการสาธารณสุขสู่การพัฒนาต้นแบบการจัดการเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพจากระบบบำบัดน้ำเสียในโรงพยาบาล. วารสารสุขาภิบาลอาหารและน้ำ. 2568; 16(1): 20-36.
3. Kemmis S, McTaggart R. The action research planner. 3rd ed. Deakin University Press; 1990
4. Gandra S, Trett A, Klein EY, Laxminarayan R. Is Antimicrobial Resistance a Bigger Problem in Tertiary Care Hospitals Than in Small Community Hospitals in the United States? Clin Infect Dis. 2017 Sep 1;65(5):860-863. doi: 10.1093/cid/cix413.
5. Yang Y, Li B, Zou S, Fang HH, Zhang T. Fate of antibiotic resistance genes in sewage treatment plant revealed by metagenomic approach. Water Res. 2014 Oct 1;62:97-106. doi: 10.1016/j.watres.2014.05.019.
6. Buelow E, Bayjanov JR, Majoor E, Willems RJ, Bonten MJ, Schmitt H, van Schaik W. Limited influence of hospital wastewater on the microbiome and resistome of wastewater in a community sewerage system. FEMS Microbiol Ecol. 2018 Jul 1;94(7). doi: 10.1093/femsec/fiy087.