การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล

The study of the efficiency of removal antimicrobial resistance in hospital wastewater treatment systems

นายประโชติ กราบกราน

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินการวิจัยไดสำเร็จลุลวงไดตองขอขอบพระคุณ พี่ ๆ และนองๆ กลุมพัฒนาการสุขาภิบาล รวมทั้งเจาหนาที่สำนักอนามัยสิ่งแวดลอมทุกทาน ที่ไดใหขวัญกำลังใจและกระตุนใหการดำเนินการวิจัยสำเร็จลุลวงและสมบูรณ แมจะมีการปรับแกอยูหลายครั้งแตก็ดำเนินการมาไดจนลุลวง ขอขอบพระคุณกรมอนามัยที่ไดเห็นความสำคัญของ “การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล” ขอขอบคุณโรงพยาบาลทั้ง 36 โรงพยาบาลที่ให้ความร่วมมือในการเก็บตัวอย่างน้ำเสียและกากตะกอนและสถาบันวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ที่ทำการตรวจวิเคราะห์เชื้อดื้อยาและศูนย์ปฏิบัติการกรมอนามัย รวมทั้งผู้อำนวยการสำนักอนามัยสิ่งแวดล้อมที่สนับสนุนการวิจัยครั้งนี้

ผูวิจัยหวังเปนอยางยิ่งวาการศึกษาครั้งนี้จะกอใหเกิดประโยชนตองานดานวิชาการและการพัฒนางานนำไปสูสุขภาวะที่ดีของประชาชนต่อไป

ประโชติ กราบกราน

2566

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพที่ปนเปื้อนในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพและปริมาณ ทำการสุ่มตัวอย่างโรงพยาบาลแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาสถานการณ์เชื้อดื้อยาที่มีในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลและเพื่อจัดทำข้อเสนอการแก้ไขปัญหาเชื้อดื้อยาในระบบบำบัดน้ำเสีย โดยดำเนินการเก็บตัวอย่างเชื้อดื้อยาในน้ำเข้า (Influent) น้ำทิ้ง (Effluent) และในกากตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล จำนวน 36 แห่ง ทำการตรวจวิเคราะห์เชื้อดื้อยา *Escherichia coli, Salmonella spp.* และ *Enterococcus spp.* พบว่ามีโรงพยาบาลที่ตรวจพบเชื้อดื้อยาในระบบบำบัดน้ำเสีย คือในน้ำเข้า (Influent) น้ำทิ้ง (Effluent) หรือในกากตะกอนอย่างใดอย่างหนึ่งจำนวน 34 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 94.44 จำแนกการตรวจพบในส่วนต่างๆคือ ในน้ำเข้า (Influent) จำนวน 28 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 77.78 ในน้ำทิ้ง (Effluent) จำนวน 17 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 47.22 และในกากตะกอน จำนวน 15 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 41.67 เชื้อดื้อยาที่พบมากที่สุดคือ *Escherichia coli* นอกจากนี้ยังพบว่าโรงพยาบาลที่พบเชื้อดื้อยาทั้งในน้ำเข้า น้ำทิ้ง และกากตะกอนมีจำนวน 4 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 11.11 พบเชื้อดื้อยาในน้ำเข้าและน้ำทิ้ง จำนวน 8 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 22.22 พบเชื้อดื้อยาในน้ำเข้าและกากตะกอน จำนวน 8 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 22.22 พบเชื้อดื้อยาทั้งในน้ำทิ้งและกากตะกอน จำนวน 2 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 5.56 จากการตรวจหาปริมาณคลอรีนอิสระคงแหลือ (Free Residual chlorine)ในน้ำทิ้งพบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (0.5มก./ล.) ร้อยละ 52.00 ระยะเวลาสัมผัสคลอรีนมากกว่า30นาทีร้อยละ 76.00 ประสิทธิภาพการกำจัดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล พบในน้ำเข้าระบบบำบัดเสียแต่ไม่พบในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจำนวน 15 โรงพยาบาล คิดเป็นร้อยละ 60 วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างการการพบเชื้อดื้อยากับระยะเวลาการสัมผัสคลอรีนของระบบการฆ่าเชื้อโรค พบว่าค่า r เท่ากับ -0.144 แสดงให้เห็นว่าการพบเชื้อดื้อยาจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการสัมผัสคลอรีนในระบบฆ่าเชื้อโรคลดลง และหาความสัมพันธ์ระหว่างการพบเชื้อดื้อยากับ ค่าคลอรีนอิสระคงเหลือในระบบฆ่าเชื้อโรค พบว่าค่า r เท่ากับ - 0.147 แสดงให้เห็นว่าการพบเชื้อดื้อยาจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าคลอรีนอิสระคงเหลือของระบบการฆ่าเชื้อโรคมีค่าลดลง หาความสัมพันธ์ระหว่างการพบเชื้อดื้อยากับ ค่าของแข็งแขวนลอย พบว่าค่า r เท่ากับ 0.313 นั่นคือการพบเชื้อดื้อยามากขึ้นเมื่อค่าของแข็งแขวนลอยเพิ่มขึ้น ไม่มีนัยสำคัญทางสิถิติ ($p>0.05$) เกณฑ์มาตรฐานแบคทีเรียดื้อยาต้านจุลชีพในน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลในน้ำทิ้ง คือเปอร์เซ็นไทล์ 25(P_{25}) คือเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพอยู่ในช่วง 0-99 CFU/100ml และในกากตะกอนคือเปอร์เซ็นไทล์ 25(P_{25}) คือเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพอยู่ในช่วง 0-9 CFU/100ml

คำสำคัญ : เชื้อดื้อยาต้านจุลชีพ,ระบบบำบัดน้ำเสีย,โรงพยาบาล

Abstract

This research is a qualitative and quantitative study of antimicrobial resistant bacteria contaminated in hospital wastewater treatment systems. Purposive sampling was performed with the objective of To study the situation of antimicrobial resistant bacteria in the hospital wastewater treatment system and to prepare a proposal to solve the problem of antimicrobial resistant bacteria in the wastewater treatment system. Samples of antimicrobial resistant bacteria were collected in the influent, effluent, and sludge of the wastewater treatment system of 36 hospitals. antimicrobial resistant bacteria such as *Escherichia coli, Salmonella spp.* and *Enterococcus spp*. were analyzed. There are 34 hospitals that detect antimicrobial resistant bacteria in the wastewater treatment system, namely in influent, effluent, or in either sludge, representing 94.44%. In the influent of 28 hospitals, accounting for 77.78 %, in effluent 17 hospitals, accounting for 47.22 %, and 15 hospitals in sludge , accounting for 41.67 %. The most common type of drug resistant strain was Escherichia coli. It also found that there were 4 hospitals with antimicrobial resistant bacteria in the influent ,effluent and sludge, accounting for 11.11%. antimicrobial resistant bacteria were found in influent and effluents of 8 hospitals, accounting for 22.22%. antimicrobial resistant bacteria were found in influent and sludge at 8 hospitals, representing 22.22%, found antimicrobial resistant bacteria in both effluents and sludge of 2 hospitals, amounting to 5.56%. From the detection of the amount of free residual chlorine in effluents was found the standard criteria (0.5 mg/L) representing 52 %, chlorine contact time was more than 30 minutes accounting for 76 %. The Efficacy of eliminating antimicrobial resistant bacteria in hospital wastewater treatment systems Found in influent, but not found in effluent in 15 hospitals, accounting for 60 %.The r-value of the disinfection system was found to be -0.144 the resistance to bacteria increased as the duration of the chlorine exposure of the disinfection system decreased. and to find a relationship between the presence of drug-resistant bacteria and The residual free chlorine of the disinfection

system was found that the r value was - 0.147, that is, the resistance to bacteria increased when the residual free chlorine of the disinfection system was reduced. to find a relationship between the presence of antimicrobial resistant bacteria and The r value was 0.313, meaning that the drug resistance was increased when the suspended solid was increased .There are not statistically significant ($p>0.05$). Benchmark for Antimicrobial Resistant Bacteria in Hospital Wastewater Treatment System in effluent the 25 percentile(P_{25}) is antimicrobial resistant in the range 0-99 CFU/100ml and in the sludge, the 25(P_{25}) percentile is antimicrobial resistant in the 0-9 CFU/100ml range.

Keywords: antimicrobial resistance bacteria, wastewater treatment system ,hospital

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 นิยามศัพท์	2
1.5 ระยะเวลาทำการวิจัย	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.7 กรอบแนวคิด	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ยาต้านจุลชีพ	4
2.2 กลไกการดื้อยาต้านจุลชีพในเชื้อแบคทีเรีย	4
2.3 กลไกการดื้อยาต้านจุลชีพในเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกที่พบบ่อย	5
2.4 แบคทีเรียแกรมลบดื้อยาต้านจุลชีพที่มีความสำคัญทางการแพทย์	5

2.5 เชื้อแบคทีเรียดื้อยาในสัตว์และสิ่งแวดล้อม 6

หน้า

2.6 การเป็นพาหะของเชื้อแบคทีเรียดื้อยาในคนในชุมชน 7

2.7แหล่งกำเนิดน้ำเสียในโรงพยาบาล 7

2.8 ลักษณะของน้ำเสียน้ำทิ้งโรงพยาบาล 8

2.9 ระบบบำบัดน้ำเสีย 8

2.10 การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน 15

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 18

บทที่ 3 วิธีการศึกษา 20

3.1 รูปแบบการศึกษา 20

3.2 ขอบเขตการศึกษา 21

3.3 วิธีดำเนินการศึกษา 21

3.4 ประชากรและตัวอย่างที่ศึกษา 22

3.5 เครื่องมือที่ใช้ศึกษา 22

3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล 24

บทที่ 4 ผลการศึกษา 26

4.1การวิเคราะห์เชื้อดื้อยาจากห้องปฏิบัติการและประสิทธิภาพการกำจัดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล 26

4.2 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล 27

4.3 การวิเคราะห์หาปัจจัยความสัมพันธ์ระหว่างการพบเชื้อดื้อยากับระยะเวลาการสัมผัสคลอรีนของระบบการฆ่าเชื้อโรคคลอรีนอิสระคงเหลือและค่าของแข็งแขวนลอย 29

4.4 เกณฑ์มาตรฐานแบคทีเรียดื้อยาต้านจุลชีพในน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล 31

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 33

5.1สรุปผลการศึกษา 33

หน้า

5.2 อภิปรายผลการศึกษา 34

5.3 ข้อเสนอแนะ 35

เอกสารอ้างอิง 37

ภาคผนวก 39

สารบัญ – ตาราง

ตารางที่	**หน้า**
ตารางที่ 2-1 สัดสวนของเสียที่เกิดจากกิจกรรมตาง ๆ ในโรงพยาบาลและมลพิษหลักที่พบ	8
ารางที่ 2-2 ความเขมขนของคลอรีนที่เหมาะสมสำหรับน้ำทิ้งจากระบบตาง ๆ	16
ตารางที่ 4-1 แสดงจำนวนโรงพยาบาลและผลการตรวจพบแบคทีเรียดื้อยาในน้ำตัวอย่างน้ำเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดและกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย	26
ตารางที่ 4-2 แบคทีเรียเชื้อดื้อยาที่ตรวจพบในน้ำเสีย น้ำทิ้งที่และกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย	27
ตารางที่ 4-3 แสดงข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสีย	28
ตารางที่4-4 แสดงค่าการพบเชื้อดื้อยากับระยะเวลาการสัมผัสคลอรีนของระบบการฆ่าเชื้อโรคคลอรีนอิสระคงเหลือและค่าของแข็งแขวนลอย	29
ตารางที่ 4-5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการพบเชื้อดื้อยากับระยะเวลาการสัมผัสคลอรีนของระบบการฆ่าเชื้อโรคคลอรีนอิสระคงเหลือและค่าของแข้งแขวนลอย	30

ตารางที่ 4-6 แสดงการแปลความหมายของระดับเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล 32

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ปัจจุบันนี้ทั่วโลกมีผู้เสียชีวิตจากเชื้อดื้อยาปีละ 7 แสนคนหรือนาทีละ 1 คน ประเทศไทยเสียชีวิตปีละ 3 หมื่นคนสูญเสียค่าใช้จ่ายปีละ 6,084 ล้านบาทต่อปี เชื้อดื้อยาต้านจุลชีพโดยเฉพาะเชื้อตัวเดียวแต่สามารถดื้อยาได้หลายขนานมีจำนวนเพิ่มขึ้นทุกปีแต่ยาต้านจุลชีพชนิดใหม่มีจำนวนลดลง คาดการณ์ว่าในปี ค.ศ. 2050 เชื้อดื้อยาต้านจุลชีพจะมีความรุนแรงทำคนเสียชีวิต 3 วินาทีต่อคน(1)เชื้อดื้อยาต้านจุลชีพ เป็นเชื้อโรคที่ดื้อยาต้านจุลชีพที่เคยรักษาได้ผลเมื่อเชื้อโรคเปลี่ยนแปลงโครงสร้างยีนส์ทำให้ยาต้านจุลชีพรักษาไม่ได้ผล ซึ่งเชื้อโรคสามารถดื้อยาได้ทุกกลุ่มทั้งแบคทีเรีย ไวรัส เชื้อปรสิต และเชื้อรา โดยเฉพาะในโรงพยาบาลจากการศึกษาผลกระทบจากการติดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในไทย โดยสถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข(2)ได้ศึกษาข้อมูลผู้ป่วยที่รักษาตัวในโรงพยาบาลทุกระดับ และข้อมูลการติดเชื้อในโรงพยาบาล ทุกระดับทั่วประเทศจำนวน 1,023 แห่ง ในปี 2553 พบว่าเชื้อจุลชีพ 5 ชนิดที่พบบ่อยในโรงพยาบาลและมักดื้อยาปฏิชีวนะหลายขนาน ได้แก่ 1.เอสเชอริเชีย โคไลหรืออี.โคไล (Escherichia coli) ที่ทำให้เกิดโรคติดเชื้อในระบบทางเดินปัสสาวะและทางเดินอาหาร 2.เคลบซีลลา นิวโมเนอี (Klebsiella pneumoniae) ทำให้เกิดโรคระบบทางเดินหายใจ โรคปอดอักเสบ 3.เชื้ออะซีนีโตแบคเตอร์ บอแมนนิอาย (Acinetobactor baumannii) เป็นโรคติดเชื้อระบบทางเดินหายใจ เช่น โรคปอดบวม 4.ซูโดโมแนส แอรูจิโนซา (Pseudomonas aeruginosa) ทำให้เกิดโรคติดเชื้อหลายระบบของร่างกาย เช่น โรคปอดบวม ติดเชื้อในกระแสเลือด และ 5.สแตปฟิโลคอคคัส ออเรียส (Staphylococcus aureus) ที่ดื้อต่อยาเมทิซิลินซึ่งดื้อยาต้านจุลชีพจำนวน 87,751 ครั้งทำให้ผู้ป่วยต้องนอนโรงพยาบาลนานขึ้นประมาณ 3.24 ล้านวัน เสียชีวิต 38,481 ราย[1-2]

โรคติดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพเกิดขึ้นทั้งโรคติดเชื้อที่เกิดในชุมชนและโรคติดเชื้อที่เกิดในโรงพยาบาล โดยโรคติดเชื้อที่เกิดในโรงพยาบาลมีความชุกของเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพมากกว่าโรคติดเชื้อที่เกิดในชุมชน กล่าวคือโรคติดเชื้อที่เกิดในโรงพยาบาลมีความชุกเฉลี่ยของเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพมากกว่าร้อยละ 50 ส่วนโรคติดเชื้อที่เกิดในชุมชนมีความชุกเฉลี่ยของเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพน้อยกว่าร้อยละ 20 ผู้ป่วยโรคติดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพใช้ทรัพยากรในการรักษามากกว่าโรคติดเชื้อที่ไม่ดื้อยาต้านจุลชีพ และผู้ป่วยโรคติดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพมีอัตราเสียชีวิตจากการติดเชื้อสูงและมากกว่าผู้ป่วยโรคติดเชื้อที่ไม่ดื้อยาต้านจุลชีพอย่างน้อย 1 เท่า

การเฝ้าระวังการดื้อยาต้านจุลชีพภายใต้แนวคิดสุขภาพหนึ่งเดียวเป็นหนึ่งในยุทธศาสตร์ตามแผนยุทธศาสตร์การจัดการดื้อยาต้านจุลชีพประเทศไทย พ.ศ. 2560-2564 [3-4] มีเป้าหมายให้เกิดระบบเฝ้าระวัง

เชื้อดื้อยาระดับประเทศสำหรับบ่งชี้ปัญหา กำกับ ติดตามและรายงานสถานการณ์ด้านระบาดวิทยาของ เชื้อดื้อยาทั้งในคน สัตว์ และสิ่งแวดล้อม ซึ่งกรมอนามัยมีหน้าที่ดูแลระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลจากการศึกษาของวิไล เจียมไชยศรีและคณะ [5] ได้ตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียชนิดเอเอส ของโรงพยาบาลอภัยภูเบศร พบว่า การบำบัดดัชนีพื้นฐานได้ร้อยละ 68-99 การบำบัดยาปฏิชีวนะได้ร้อยละ 20-100 พบประชากรเชื้อดื้อยาของ E.coli, K. pneumoniae และ A. baumannii ร้อยละ 60-100 ในน้ำเสียและน้ำทิ้งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) กรมอนามัยในฐานะหน่วยงานหลัก ในการพัฒนาอนามัยสิ่งแวดล้อมได้รับมอบหมายให้ดำเนินการเฝ้าระวังการดื้อยาต้านจุลชีพในน้ำเสียที่ปล่อยทิ้งจากโรงพยาบาลและจากงานวิจัยที่ผ่านมายังมีการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดเชื้อดื้อยาในระบบบำบัดน้ำเสียค่อนข้างน้อย ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล ซึ่งผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์และเป็นแนวทางในการจัดการ น้ำเสียโรงพยาบาลที่ปนเปื้อนเชื้อดื้อยาต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสถานการณ์เชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล
2.เพื่อประเมินประสิทธิภาพการกำจัดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล
3. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล
4. เพื่อได้แนวทางการแก้ไขปัญหาการจัดการเชื้อดื้อยาในน้ำเสียโรงพยาบาล

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยเชิงพรรณนาและปริมาณแบบภาคตัดขวาง (crsossectional study)

2. ประชากร

โรงพยาบาลที่ตั้งอยู่ลุ่มน้ำ คือลุ่มน้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำแม่กลอง

3. กลุ่มตัวอย่าง

โดยดำเนินการสุ่มตัวอย่างโรงพยาบาลแบบเจาะจง (purposive sampling) ในโรงพยาบาลประเภทต่าง ๆ ได้แก่ โรงพยาบาลชุมชน โรงพยาบาลทั่วไป โรงพยาบาลศูนย์และโรงพยาบาลนอกสังกัดปลัดกระทรวงสาธารณสุข ที่ตั้งอยู่ลุ่มน้ำ คือลุ่มน้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำแม่กลอง จำนวน 36 โรงพยาบาล

1.4 นิยามศัพท์

1.เชื้อดื้อยาต้านจุลชีพ หมายถึง เกิดจากการที่เชื้อแบคทีเรียมีการปรับตัวด้วยวิธีการต่าง ๆ ทำให้เชื้ออยู่รอดได้ในสภาวะที่มียาต้านจุลชีพเป็นเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพที่พบในสิ่งแวดล้อมมี 3 ตัวได้แก่ Escherichia coli, Salmonella spp. และ Enterococcus spp.

2.ระบบบำบัดน้ำเสีย หมายถึง การกำจัดหรือทำลายสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียให้หมดไป หรือเหลือน้อยที่สุดให้ได้มาตรฐานที่กำหนดและไม่ทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม น้ำเสียจากแหล่งต่างกันจะมีคุณสมบัติไม่เหมือนกัน ดังนั้นกระบวนการบำบัดน้ำจึงมีหลายวิธี สำหรับระบบบำบัดในที่นี้คือระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล

3.โรงพยาบาล หมายถึง เป็นสถานที่สำหรับให้บริการด้านสุขภาพให้กับผู้ป่วย โดยมักที่จะมุ่งเน้นการส่งเสริม ป้องกัน รักษา และฟื้นฟูภาวะความเจ็บป่วย หรือโรคต่าง ๆ ทั้งทางร่างกายและทางจิตใจ โรงพยาบาลได้แก่โรงพยาบาลชุมชน โรงพยาบาลทั่วไป โรงพยาบาลศูนย์และโรงพยาบาลนอกสังกัดปลัดกระทรวงสาธารณสุขที่ตั้งอยู่ลุ่มน้ำ คือลุ่มน้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำแม่กลอง

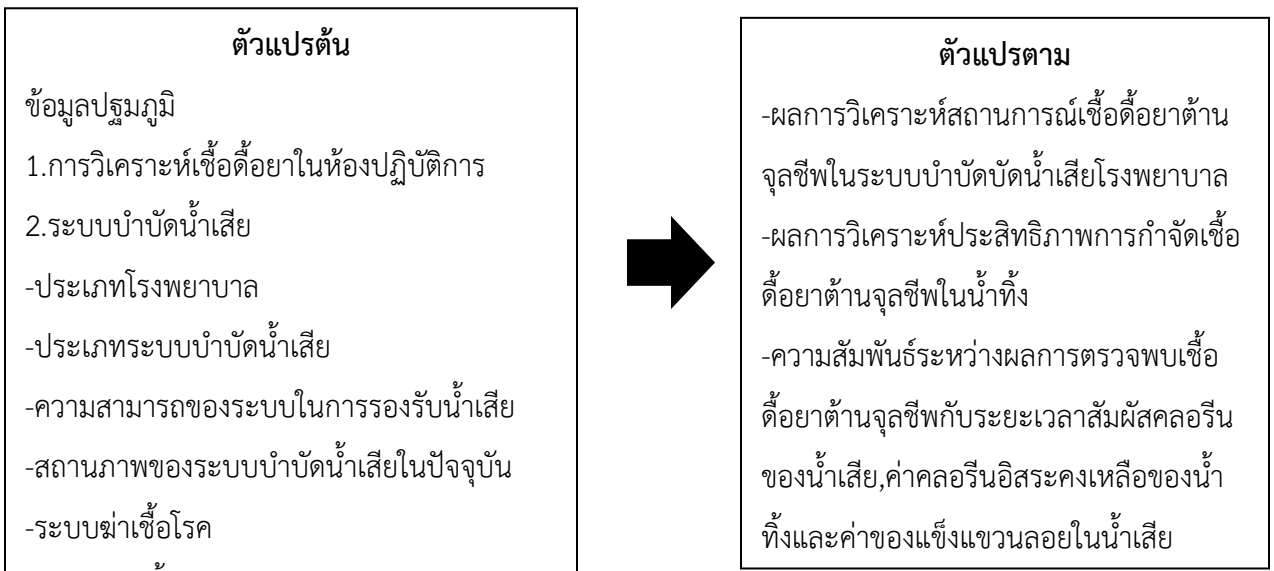
1.5 ระยะเวลาทำการศึกษา

ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาโดยการสอบถามและเก็บตัวอย่างน้ำเข้าระบบ น้ำทิ้งและกากตะกอน ระหว่างเดือนพฤษภาคม 2565 ถึงเดือน สิงหาคม 2565

1.6ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้อยู่ในปัจจุบันและปรับปรุงการเดินระบบให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น
2. มีแนวทางการจัดการน้ำเสียที่ปนเปื้อนเชื้อดื้อยาที่เหมาะสมกับโรงพยาบาล
3. เพื่อสร้างความตระหนักในการควบคุมการใช้ยาในโรงพยาบาล

1.7 กรอบแนวคิด



ภาพ 1-1 กรอบแนวคิด (Conceptual framework)

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

2.1 ยาต้านจุลชีพ

ยาต้านจุลชีพคือ สารที่มีฤทธิ์ในการทำลาย หรือยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียยาต้านจุลชีพหลายชนิดสร้างมาจากเชื้อแบคทีเรียในดิน (โดยเฉพาะแบคทีเรียในจีนัส Streptomyces spp., Actinomyces spp., Bacillus spp.) และเชื้อรา (Penicillium spp., Cephalosporium spp.) ยาบางชนิดได้มาจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารที่ได้จากธรรมชาติ เรียกว่ายาต้านจุลชีพกึ่งสังเคราะห์ (semisynthetic drug) เพื่อให้ได้คุณสมบัติตามที่ต้องการ เช่น มีความเป็นพิษต่ำ มีความเสถียรมากขึ้น หรือยาบางชนิดได้จากการสังเคราะห์ทางเคมีในห้องปฏิบัติการ (chemotherapeutic drug)

ยาต้านจุลชีพบางชนิดมีฤทธิ์ฆ่าหรือทำลายเชื้อ (bactericidal activity) ในขณะที่ยาบางชนิดมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อ แต่ไม่สามารถทำลายเชื้อได้ (bacteriostatic activity) และให้ระบบภูมิคุ้มกันของโฮสต์ เช่น กระบวนการฟาโกไซโตซิส ทำหน้าที่ทำลายเชื้อ ขอบเขตในการออกฤทธิ์ (spectrum of activity) ของยาต้านจุลชีพ มี 2 แบบ คือ ยาต้านจุลชีพที่มีฤทธิ์กว้าง (broad-spectrum activity) และยาต้านจุลชีพที่มีฤทธิ์แคบ (narrow-spectrum activity) ยาต้านจุลชีพที่มีฤทธิ์กว้างคือ ยาที่สามารถทำลายหรือยับยั้งแบคทีเรียได้หลายชนิด เช่นยา tetracycline มีฤทธิ์ทำลายเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก แกรมลบ รวมทั้ง Rickettsia spp.และ Mycoplasma spp. ส่วนยาต้านจุลชีพที่มีฤทธิ์แคบ คือยาที่มีฤทธิ์ทำลายหรือยับยั้งแบคทีเรียได้จำกัด เช่น ยา vancomycin ซึ่งเป็นยาต้านจุลชีพที่มีฤทธิ์ทำลายแบคทีเรียแกรมบวกเท่านั้น เนื่องจากโมเลกุลของยามีขนาดใหญ่ไม่สามารถแพร่ผ่านผนังชั้นนอกของแบคทีเรียแกรมลบได้

2.2 กลไกการดื้อยาต้านจุลชีพในเชื้อแบคทีเรีย

การดื้อยาต้านจุลชีพในเชื้อแบคทีเรีย เกิดจากการที่เชื้อแบคทีเรียมีการปรับตัวด้วยวิธีการต่าง ๆ ทำให้เชื้ออยู่รอดได้ในสภาวะที่มียาต้านจุลชีพ แบ่งได้เป็น 2 แบบ ได้แก่การดื้อยาโดยธรรมชาติ (intrinsic หรือ natural resistance) คือ การดื้อยาที่มีในเซลล์แบคทีเรียอยู่แล้ว และการดื้อยาที่ได้รับมาภายหลัง (acquired resistance) การดื้อยาที่ได้มาภายหลังนั้น อาจเกิดจากการกลายพันธุ์ (spontaneous mutation) บนโครโมโซม ทำให้เกิดการดื้อยา ซึ่งการกลายพันธุ์เพียงตำแหน่งเดียวก็อาจทำให้เกิดการดื้อยาได้ เช่น การดื้อยา fluoroquinolone การดื้อยาบางชนิดอาจเกิดจากการกลายพันธุ์ในหลายตำแหน่งบนโครโมโซมตัวอย่างเช่นการดื้อยา penicillin หรือ tetracycline ซึ่งกระบวนการกลายพันธุ์นั้นอาจใช้เวลานาน ทำให้การดื้อยาที่เกิดจากการกลายพันธุ์บนโครโมโซม

พบไม่บ่อยนัก ส่วนใหญ่แล้วการดื้อยาที่ได้รับมาภายหลัง มักเกิดจากการที่แบคทีเรียได้รับยีนดื้อยามาจากภายนอกเซลล์ (acquisition of new gene) โดยผ่านทางการถ่ายทอดยีนในแนวราบซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.3 กลไกการดื้อยาต้านจุลชีพในเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกที่พบบ่อย

ปัจจุบัน มีรายงานของโรคติดเชื้อแบคทีเรียดื้อยาต้านจุลชีพเพิ่มมากขึ้นทั่วโลกโดยเกิดจากการที่เชื้อมีการปรับตัวในหลาย ๆ วิธี เพื่อที่จะทำลายหรือลดประสิทธิภาพของยา การดื้อยาอาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติของเชื้อนั้น ๆ หรืออาจเกิดภายใต้แรงกดดันจากการใช้ยาต้านจุลชีพ (selective pressure) เชื้อแบคทีเรียหลายสปีชีส์มีการดื้อยาหลายขนาน (multidrug resistance) ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญทางการแพทย์และสาธารณสุข นอกจากนี้ยังพบว่าเชื้อดื้อยามีการแพร่กระจายอย่างรวดเร็วทั้งในโรงพยาบาลและในชุมชน ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการรักษา อัตราการทุพพลภาพ และอัตราการตายสูงขึ้น ในบทนี้จะขอกล่าวถึงกลไกการดื้อยาในแบคทีเรียแกรมบวกดื้อยาที่พบบ่อย ได้แก่ Streptococcus pneumoniae, Enterococcus spp. และ Staph4. กลไกการดื้อยาต้านจุลชีพในเชื้อแบคทีเรียแกรมลบที่พบบ่อย

2.4 แบคทีเรียแกรมลบดื้อยาต้านจุลชีพที่มีความสำคัญทางการแพทย์ และเป็นสาเหตุของโรคติดเชื้อในคนที่พบได้บ่อย ได้แก่ Enterobacteriaceae, Pseudomonas aeruginosa และ Acinetobacter baumannii

1.Enterobacteriaceae

เชื้อแบคทีเรียในวงศ์ Enterobacteriaceae เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปท่อนมีการดำรงชีวิตแบบใช้หรือไม่ใช้ออกซิเจนก็ได้ (facultative anaerobe) เจริญเติบโตง่ายพบได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเป็นเชื้อประจำถิ่นในลำไส้ของคนและสัตว์หลายชนิด ตัวอย่างของเชื้อในกลุ่มนี้ ได้แก่ Escherichia coli, Klebsiella spp., Proteus spp., Morganella spp., Enterobacter spp., Serratia spp. โดยเชื้อที่เป็นสาเหตุของโรคติดเชื้อในคนที่พบบ่อยได้แก่ E. coli และ Klebsiella pneumoniae เชื้อในวงศ์ Enterobacteriaceae เป็นสาเหตุสำคัญของการติดเชื้อทั้งในโรงพยาบาลและชุมชน โดยพบว่าทำให้เกิดการติดเชื้อในคนและสัตว์ในหลายระบบของร่างกาย เช่น การติดเชื้อที่ผิวหนัง ระบบทางเดินอาหาร ทางเดินปัสสาวะ ทางเดินหายใจ รวมไปถึงการติดเชื้อในช่องท้อง ระบบประสาท และในกระแสเลือด ฯลฯ ปัจจุบันมีรายงานการพบเชื้อ Enterobacteriaceae ดื้อยาหลายขนานเกิดขึ้นจำนวนมากทำให้การรักษาไม่ได้ผล กลไกการดื้อยาแต่ละชนิดก็จะต่างกันออกไป ในบทนี้จะกล่าวถึงกลไกการดื้อยา beta-lactam และ colistin

2.Pseudomonas aeruginosa

Pseudomonas aeruginosa เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปท่อน มีการดำรงชีวิตแบบใช้ออกซิเจนเท่านั้น (obligate aerobe) พบได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม พืช สัตว์ คน เจริญได้แม้ในที่ที่มีสารอาหารจำกัด สามารถสร้างสารพิษ และเอนไซม์หลายชนิดที่ช่วยเพิ่มความรุนแรงของเชื้อ เป็นแบคทีเรียก่อโรคที่พบได้บ่อยและเป็นสาเหตุสำคัญของโรคติดเชื้อฉวยโอกาสในโรงพยาบาล โดยที่เชื้อจะมีการเจริญและเพิ่มจำนวนอยู่ในบริเวณที่มีความชื้นหรืออุปกรณ์ทางการแพทย์ เช่น เครื่องช่วยหายใจ เชื้อ P. aeruginosa มักจะทำให้เกิดการติดเชื้อในผู้ป่วยที่มีแผลบริเวณผิวหนัง แผลไฟไหม้ ผู้สูงอายุ ผู้ป่วยที่มีภูมิคุ้มกันต่ำหรือได้รับยากดภูมิคุ้มกัน เมื่อเชื้อเข้าสู่ร่างกายก็จะทำให้เกิดการติดเชื้อในกระแสเลือดและปอดอักเสบได้ง่าย นอกจากนี้คุณสมบัติที่สำคัญคือ P. aeruginosa มีการดื้อต่อยาโดยธรรมชาติ (intrinsic resistance) โดยเฉพาะยา beta-lactam และยังมีความสามารถในการรับคุณสมบัติการดื้อยาจากภายนอกเซลล์ (acquired resistance) ได้ดี ทำให้เชื้อมีคุณสมบัติดื้อยาหลายขนาน และผู้ป่วยมีอัตราการทุพพลภาพและอัตราการตายสูง1

3.Acinetobacter baumannii

Acinetobacter baumannii เป็นเชื้อแบคทีเรียแกรมลบ รูปท่อน พบมากในสิ่งแวดล้อม และเป็นสาเหตุที่สำคัญของการติดเชื้อของผู้ป่วยในโรงพยาบาลโดยเฉพาะผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาในหออภิบาลผู้ป่วยหนัก (Intensive Care Unit) การติดเชื้อที่พบบ่อย คือการติดเชื้อที่ผิวหนัง ทางเดินปัสสาวะ และ ทางเดินหายใจ (ventilator-associated pneumonia) นอกจากนี้ยังมีรายงานของการติดเชื้อ A. baumannii ในชุมชน (community-acquired A. baumannii) มากขึ้น ปัจจุบันเชื้อ A. baumannii ดื้อยาต้านจุลชีพเกือบทั้งหมดที่มีใช้อยู่ในโรงพยาบาล รวมทั้งยา carbapenem โดยมีกลไกในการดื้อยาหลายกลไกร่วมกัน ไม่ว่าจะเป็น การสร้างเอนไซม์ออกมาทำลายยา การลดการนำเข้าของยา และการขับยาออกนอกเซลล์ ทำให้เชื้อดื้อยาหลายขนาน

2.5 เชื้อแบคทีเรียดื้อยาในสัตว์และสิ่งแวดล้อม

การดื้อยาต้านจุลชีพของเชื้อแบคทีเรีย จัดเป็นปัญหาที่สำคัญทางการแพทย์และสาธารณสุขในหลายประเทศทั่วโลก รวมทั้งประเทศไทย โรคติดเชื้อที่เกิดจากแบคทีเรียดื้อยาทำให้ผู้ป่วยมีอัตราการทุพพลภาพและอัตราการตาสูง โดยเฉพาะผู้ป่วยที่มีภูมิคุ้มกันต่ำ เช่น ผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัด ผู้ป่วยที่มีการเปลี่ยนถ่ายอวัยวะ หรือผู้ป่วยที่มีการให้เคมีบำบัด ในอดีต ปัญหาของเชื้อแบคทีเรียดื้อยาที่มีรายงานกันมากนั้น มักเป็นเชื้อที่พบในโรงพยาบาล เพราะเห็ได้ชัดเจนจากการเกิดปัญหาในการรักษา เนื่องจากเชื้อจะไม่ถูกยับยั้งหรือทำลายด้วยยาต้านจุลชีพเดิมที่เคยใช้ได้ผล อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบัน การดื้อยาต้านจุลชีพนั้น พบมากในเชื้อแบคทีเรียจากสัตว์และ

สิ่งแวดล้อมเช่นกัน สาเหตุส่วนหนึ่งเกิดจากการใช้ยาต้านจุลชีพในการรักษาโรคติดเชื้อแบคทีเรียทั้งในคนและสัตว์ในปริมาณสูงรวมทั้งประชาชนสามารถซื้อยาต้านจุลชีพตามร้านขายยาทั่วไปโดยไม่ต้องมีใบสั่งแพทย์ส่งผลให้เชื้อแบคทีเรียก่อโรคและเชื้อประจำถิ่นเกิดการดื้อยาอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ในด้านอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ยังมีการเติมยาต้านจุลชีพลงไปในอาหารสัตว์อีกด้วย ยาต้านจุลชีพเหล่านี้ส่วนใหญ่ก็จะมีการปนเปื้อนลงไปในสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะไปกระตุ้นให้เชื้อแบคทีเรียในสิ่งแวดล้อมปรับตัวให้ดื้อต่อยา รายงานการศึกษาเชื้อดื้อยาในฟาร์มสุกรจากประเทศเดนมาร์ก ในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2554 พบว่าในฟาร์มสุกรที่มีการใช้ยา cephalosporin รุ่นที่ 3 หรือ 4 จะพบเชื้อ Escherichia coli ที่สร้างเอนไซม์ extended-spectrum beta-lactamase (ESBL) ได้ร้อยละ 201 เชื้อแบคทีเรียดื้อยาเหล่านี้สามารถแพร่จากสิ่งแวดล้อมไปยังคนและสัตว์ได้ ทั้งการสัมผัสโดยตรง หรือผ่านทางการบริโภคอาหารและน้ำที่มีเชื้อดื้อยาปนเปื้อน หรือมีแมลงเป็นพาหะ เนื่องจากยีนที่ควบคุมการดื้อยามักพบอยู่ด้วยกันเป็นกลุ่ม และอยู่บนหน่วยพันธุกรรมที่เคลื่อนที่ได้ (mobile genetic element) ดังนั้นการแพร่กระจายของเชื้อดื้อยาจึงเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

2.6 การเป็นพาหะของเชื้อแบคทีเรียดื้อยาในคนในชุมชน

การเป็นพาหะ (carrier) ของเชื้อแบคทีเรียดื้อยา คือการที่บุคคลหนึ่งมีเชื้อดื้อยาอยู่ในร่างกาย แต่ไม่แสดงอาการของโรคออกมา โดยเชื้อดื้อยานั้นอาจเกิดจากการใช้ยาต้านจุลชีพที่ไม่เหมาะสม ส่งผลให้เกิดแรงกดดัน (selective pressure) ทำให้เชื้อแบคทีเรียประจำถิ่นเกิดการดื้อยาขึ้นมาได้ หรือเกิดจากการที่แบคทีเรียก่อโรคถ่ายทอดยีนดื้อยาให้กับแบคทีเรียประจำถิ่น ซึ่งมีหลักฐานทางวิชาการที่สนับสนุนว่ามีการถ่ายทอดยีนดื้อยาระหว่างแบคทีเรียชนิดต่าง ๆ ได้ทั้งสปีชีส์เดียวกันและต่างสปีชีส์ในระบบทางเดินอาหารในร่างกายคน เช่น การถ่ายทอดยีน blaCTX-M-1 (กำหนดการสร้างเอนไซม์ extended-spectrum beta-lactamase, ESBL) ระหว่างเชื้อ Escherichia coli ในลำไส้ของผู้ป่วยที่พักรักษาตัวในโรงพยาบาลในประเทศนอร์เวย์ หรือการถ่ายทอดยีน blaKPC (กำหนดการสร้างเอนไซม์ carbapenemase) จากเชื้อ Klebsiella pneumoniae ไปยัง E. coli ในลำไส้ของผู้ป่วยที่พักรักษาตัวในโรงพยาบาลในประเทศอิสราเอล

2.7แหล่งกำเนิดน้ำเสียในโรงพยาบาล

น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่ผานการใชจากการประกอบกิจกรรมตาง ๆ เชน การชำระลางรางกายและสิ่งของ การขับถาย การประกอบอาหาร แลวทำใหมีสิ่งเจือปนและความสกปรกตาง ๆ ในปริมาณมากจนไมเปนที่ตองการและนารังเกียจ แหลงที่มาของน้ำเสียในโรงพยาบาลมีดังตอไปนี้

1) อาคารผูปวย เกิดจากกิจกรรมการรักษาพยาบาล และการใชหองน้ำหองสวมของญาติและผูปวย

โดยน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากสวนนี้จะมีการปนเปอนสารอินทรียและจุลินทรีย ทั้งจุลินทรียที่กอโรคหรือไมกอโรค และการปนเปอนสารเคมีจากน้ำยาฆาเชื้อโรค น้ำยาลางแผล เปนตน

2) บานพักของเจาหนาที่/สถานที่ทำการตาง ๆ ลักษณะน้ำเสียที่เกิดขึ้นคลายกับน้ำเสียชุมชน โดยกิจกรรมสวนใหญเกิดจากกิจกรรมการอุปโภคบริโภคจากการชำระลางรางกาย การขับถาย เปนตน น้ำเสียสวนนี้มักปนเปอนสิ่งสกปรกจำพวกสารอินทรีย

3) โรงซักฟอก กิจกรรมสวนใหญเกิดจากการซักฟอกเสื้อผาผูปวย ซึ่งมีทั้งติดเชื้อและไมติดเชื้อ น้ำเสียจึงมีการปนเปอนสารอินทรียและจุลินทรียจากคราบเศษอาหาร คราบเลือด คราบเสมหะ เปนตน และนอกจากนี้ในการซักลางยังมีการปนเปอนจากผงซักฟอก น้ำยาซักผาปรับผานุม เปนตน

4) โรงครัวและโรงอาหาร ประกอบดวย อาหารที่มีไขมัน เศษอาหาร ซึ่งเปนสารพวกอินทรียที่ปะปนมาในน้ำทิ้ง ทำใหเกิดปญหาการอุดตันของเศษอาหาร อาจกอใหเกิดปญหาการเพาะเลี้ยงจุลินทรียในระบบ

5) หองปฏิบัติการ ลักษณะของน้ำเสียประกอบดวยจุลินทรียจากการเพาะเลี้ยงเชื้อในหองปฏิบัติการ มีทั้งจุลินทรียที่กอโรคและไมกอโรค นอกจากนี้ยังมีสารเคมีที่ใชในหองปฏิบัติการ รวมทั้งสารอินทรีย เชน เลือดสด ปสสาวะ อุจจาระ ชิ้นเนื้อของผูปวย เปนตน

6) น้ำเสียจากหองผาตัด หองคลอด และหองเก็บรักษาศพ ลักษณะของน้ำเสียที่เกิดขึ้นจะมีการปนเปอนของเลือด จากการทำคลอดทารก และที่เกิดจากการใชสารเคมี น้ำยาฆาเชื้อโรค

7) หองจายยา/หองผลิตยา ลักษณะของน้ำเสียที่จากการปนเปอนของเภสัชภัณฑ

8) หนวยลางไต ลักษณะของน้ำเสียมีสารละลายเกลือสูง ถาจัดการไมอาจสงผลใหคาของแข็งละลายน้ำ (TDS) ของน้ำทิ้งเกินมาตรฐาน

9) สวนอื่น ๆ เชน รานคาสวัสดิการตาง ๆ เปนตน ลักษณะของน้ำเสียที่เกิดขึ้นคลายกับน้ำเสียชุมชน โดยกิจกรรมสวนใหญเกิดจากกิจกรรมการอุปโภคบริโภค

อัตราการใชน้ำเฉลี่ยของโรงพยาบาลที่มีการสำรวจในตางประเทศมีคาอยูในชวง 200 - 1200 ลิตร/เตียง-วัน ซึ่งอัตราการเกิดน้ำเสียจะขึ้นกับจำนวนเตียง อัตราการครองเตียง สภาพภูมิอากาศ ภูมิประเทศศาสนา สังคมและวัฒนธรรม และอายุของโรงพยาบาล สำหรับในประเทศไทยใชอัตราการใชน้ำที่ 800 - 1200 ลิตร/เตียง-วัน การประมาณปริมาณน้ำเสียนิยมคิดจากอัตราการใชน้ำโดยคิดที่รอยละ 80 ของปริมาณน้ำใชที่จดจากมิเตอร ทำใหปริมาณน้ำเสียเฉลี่ยมีคาเทากับ 800 ลิตร/เตียง-วัน

2.8 ลักษณะของน้ำเสียน้ำทิ้งโรงพยาบาล

น้ำเสียโรงพยาบาลประกอบดวยน้ำเสียจากกิจกรรมตาง ๆ ที่มีมลพิษหลักแตกตางกันตามกิจกรรม

ที่ใช้น้ำตารางที่ 1-1 แสดงสัดส่วนของน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ในโรงพยาบาล (ไม่มีรวมน้ำหล่อเย็นของระบบปรับอากาศของโรงพยาบาลขนาดใหญ่) และมลพิษหลักที่พบ เนื่องจากมลพิษที่เกิดขึ้นมีความแตกต่างกันตามกิจกรรม จึงควรพิจารณาติดตั้งระบบบำบัดขั้นต้นเพื่อลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากมลพิษเหล่านี้ เช่น การติดตั้งถังดักไขมันที่โรงครัว เป็นต้น

ตารางที่ 2-1 สัดส่วนของเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ในโรงพยาบาลและมลพิษหลักที่พบ

กิจกรรมใช้น้ำ	ร้อยละ	ประเภทของมลพิษหลัก
สิ่งอำนวยความสะดวกด้านสุขาภิบาล (อ่างล้าง, อาบน้ำ, ห้องน้ำ)	60	สารอินทรีย์ (BOD, COD), SS, TKN (NH4+-N , org-N), แบคทีเรีย, ไวรัส, ฮอร์โมน, สารเมตาโบไลท์
การรักษาพยาบาล	20	สารเคมี, ยา, สารกัมมันตรังสี, โลหะหนัก, ยาปฏิชีวนะ, สารฆ่าเชื้อโรค
ห้องอาหาร/ครัว	12	สารอินทรีย์, TKN, น้ำมันและไขมัน
การซักผ้า	7	สารซักฟอก, สารฆ่าเชื้อโรค
การล้างไต	1	TDS

2.9 ระบบบำบัดน้ำเสีย

วัตถุประสงค์ของระบบบำบัดน้ำเสียได้แก่ (1) กำจัดของแข็งแขวนลอยและของแข็งละลายน้ำ (2) กำจัดสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ (3) กำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัส และ (4) กำจัดเชื้อโรค สารพิษและสารที่ไม่ต้องการออกจากน้ำเสีย แม้ว่าคุณภาพของน้ำทิ้งจะถูกกำหนดให้มีค่าคงที่ แต่อัตราไหลของน้ำเสียและคุณภาพของน้ำเสียมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาตามช่วงเวลาในแต่ละวันและฤดูกาล และการเปลี่ยนแปลงยังเกิดขึ้นจากจำนวนเตียงของโรงพยาบาลที่เพิ่มขึ้นและจากจำนวนผู้ป่วยและผู้ติดตามที่มาใช้บริการที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นสุขอนามัยและสภาพแวดล้อมของชุมชนจึงขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้ปฏิบัติงานในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียและการแก้ไขปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้น ผู้ปฏิบัติงานและผู้ควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียจึงต้องมีความรู้ ความเข้าใจ รวมถึงสามารถดูแลและควบคุมทุกองค์ประกอบของระบบบำบัดน้ำเสียอย่างถูกต้อง เพื่อให้บำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 2-11 ได้แก่

1) ระบบบำบัดขั้นต้น เป็นขั้นตอนการเตรียมคุณภาพน้ำเสียให้เหมาะสำหรับการบำบัดทางชีวภาพ น้ำมันและไขมันจะต้องถูกกำจัดตั้งแต่ต้นทางด้วยถังดักไขมัน ของแข็งขนาดใหญ่จะต้องถูกกำจัดด้วยตะแกรงอาจมีการใช้ถังปรับเสมอเพื่อช่วยในการปรับอัตราไหลและความเข้มข้นของน้ำเสียที่ไหลเข้าระบบบำบัดน้ำเสียในแต่ละชั่วโมงให้มีค่าใกล้เคียงกัน

2) ระบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่สอง เป็นขั้นตอนของการเปลี่ยนสารอินทรีย์ทั้งที่อยู่ในรูปของสารละลายและ

สารแขวนลอยใหอยูในรูปของมวลชีวภาพที่สามารถกำจัดได้ด้วยการตกตะกอน และต้องสามารถลดความเขมขนของ BOD5 ในน้ำเสียจาก 50 - 250 มก./ล. หรือมากกวาใหเหลือคา BOD5 ในน้ำทิ้งเพียง 5 - 15 มก./ล. ระบบบำบัดขั้นที่สองสวนใหญประกอบดวยระบบบำบัดทางชีวภาพ ถังตกตะกอน และระบบบำบัดสลัดจ

3) ระบบบำบัดขั้นที่สาม โดยปกติแลวระบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่สองเพียงพอที่จะทำใหน้ำทิ้งผานมาตรฐานน้ำทิ้งของทางราชการทางดานสารอินทรียและสารแขวนลอยแลว แตสำหรับน้ำทิ้งของโรงพยาบาลยังมีขอกำหนดของแบคทีเรียอีโคไลและไขพยาธิ จึงตองติดตั้งระบบการฆาเชื้อโรค หรือในกรณีที่ต้องการนำน้ำกลับมาใชใหม อาจตองติดตั้งระบบกำจัดสารแขวนลอยดวยการกรองเพิ่มเติม เปนตน

1.ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ

ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ (activated sludge) หรือระบบเอเอสเปนระบบบำบัดน้ำเสียที่ใชจุลินทรียในการยอยสลายสารอินทรียในน้ำเสียในสภาวะที่มีออกซิเจนอยางเพียงพอ สารอินทรียในน้ำเสียที่อยูในรูปสารละลายและของแข็งแขวนลอยจะถูกจุลินทรียทำการยอยสลายไปเปนคารบอนไดออกไซดและน้ำ และบางสวนของสารอินทรียจะถูกนำไปสรางเซลลใหมซึ่งจะตองถูกกำจัดออกดวยการตกตะกอนประสิทธิภาพของการฆาเชื้อโรค

แอกทิเวเต็ดสลัดจคือ กลุมจุลินทรียที่ประกอบดวยแบคทีเรีย โปรโตซัว โรติเฟอรและเชื้อรา แบคทีเรียเปนจุลินทรียที่ทำหนาที่หลักในการยอยสลายสารอินทรียในสภาวะที่มีออกซิเจน โปรโตซัวและโรติเฟอรมีความสำคัญในการกำจัดแบคทีเรียที่แขวนลอยในน้ำเสียเพื่อไมใหหลุดลอดออกไปกับน้ำเสียที่ผานการบำบัดแล้ว การเกิดสลัดจในระบบเอเอส สามารถอธิบายไดเปน 3 ขั้นตอนดังนี้คือ

1) การไดอาหาร โมเลกุลของสารอินทรียจะสัมผัสกับผนังเซลลแบคทีเรีย สารอินทรียโมกุลเล็กที่อยูในรูปสารละลายเทานั้นที่สามารถเคลื่อนที่ผานผนังเซลลของแบคทีเรียได สารอินทรียขนาดใหญและของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียไมสามารถผานเขาสูเซลลไดโดยตรง ในขั้นแรกสารอินทรียจะตองถูกดูดซับที่ผิวดานนอกเซลลหรือผนังเซลล และถูกยอยได้สารอินทรียที่มีขนาดเล็กจนสามารถผานผนังเซลลได ดวยเอ็กซตราเซลลูลาเอนไซม (extracellular enzyme) ที่ขับออกมาจากเซลลหรือจากเอนไซมที่ติดอยูที่ผนังเซลลของแบคทีเรีย

2) การไดพลังงานและการเจริญเติบโต โมเลกุลของสารอินทรียขนาดเล็กจะเคลื่อนที่เขาสูเซลลและเกิดกระบวนการเมตาบอลิซึมภายในเซลล สารอินทรียสวนหนึ่งจะถูกออกซิไดซได CO2, H2O และพลังงาน กระบวนการนี้ต้องการออกซิเจน และสารอินทรียอีกสวนหนึ่ง (รอยละ 50) จะถูกนำไปใชในกระบวนการสังเคราะหเพื่อสรางเซลลใหม ทั้ง 2 กระบวนการเกิดขึ้นภายในเซลลจุลินทรีย์

3) การรวมตัวเปนฟล็อกที่ตกตะกอนได้ง่าย การรวมตัวกันเปนฟล็อกของแบคทีเรียถูกควบคุมดวยสภาวะทางสรีรวิทยาของจุลินทรีย และจะเกิดขึ้นเมื่อแบคทีเรียอยูในสภาวะที่ขาดแคลนสารอินทรีย การรวมตัวกัน

เปนฟล็อกเปนผลมาจากการทำปฏิกิริยากันของโพลิเมอรที่สะสมอยูรอบ ๆ ผิวดานนอกของเซลลซึ่งจะเกิดขึ้นในสภาวะที่เซลลขาดแคลนสารอินทรียและมีอายุแกเหมาะสม เซลลแบคทีเรียจะเชื่อมติดกันเปนกลุมกอนดวยพันธะทางกายภาพและพันธะทางไฟฟาสถิตของโพลิเมอรเหลานี้กับผิวนอกของเซลลรวมกันเปนฟล็อก

มวลชีวภาพหรือสลัดจจะตองถูกกำจัดออกจากน้ำเสียที่ผานการบำบัดแลวเพื่อใหไดน้ำทิ้งที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน เนื่องจากมวลชีวภาพเองเปนสารอินทรียชนิดหนึ่งและสามารถวิเคราะหเปนคา BOD ไดเชนกัน ถังตกตะกอนจะถูกใชเปนขั้นตอนกำจัดมวลชีวภาพและทำใหไดน้ำทิ้งที่มีคุณภาพ โดยปกติคา BOD5 ละลายน้ำในน้ำทิ้งจากระบบเอเอสจะมีคาต่ำประมาณ 5 ถึง 10 มก./ล.เทานั้น แตเนื่องจากมวลชีวภาพบางสวนจะไหลลนออกจากถังตกตะกอนปะปนไปกับน้ำทิ้งจึงอาจทำใหคา BOD5 รวมของน้ำทิ้งมีคาใกลเคียง 20 มก./ล.หรือมากกวาหลังจากการแยกน้ำสวนใสออกจากสลัดจแลวจะตองกำจัดสลัดจสวนเกินที่เพิ่มขึ้น และนำสลัดจสวนที่เหลือกลับเขาสูถังเติมอากาศเพื่อรักษาความเขมขนของสลัดจในระบบใหมีความเขมขนสูงและมีคาคอนขางคงที่ ประสิทธิภาพของกระบวนการบำบัดจะขึ้นกับการสูบสลัดจกลับในปริมาณที่เพียงพอ ถาการแยกน้ำใสและการรวบรวมมวลชีวภาพเพื่อสูบกลับลมเหลวจะทำใหระบบบำบัดทั้งหมดลมเหลวไปดวย แผนภูมิของระบบเอเอส

1.1องคประกอบที่สำคัญของระบบเอเอส

1) ถังเติมอากาศ ถังเติมอากาศเปนหัวใจหลักของระบบเอเอส น้ำเสียถูกสงเขาถังเติมอากาศที่มีความเขมขนของจุลินทรียสูงมาก ถังเติมอากาศตองมีปริมาตรเพียงพอเพื่อใหมีเวลาสัมผัสเพียงพอสำหรับจุลินทรียและน้ำเสียในการยอยลายสารอินทรีย ภายในถังเติมอากาศมีการเติมออกซิเจนดวยเครื่องเติมอากาศ พรอมกับทำใหเกิดการผสมของน้ำเสียกับจุลินทรียและทำใหสวนผสมอยูในสภาพแขวนลอยตลอดเวลา ซึ่งเรียกวา Mixed liquor suspended solids หรือ MLSS สวนหนึ่งของ MLSS เปนมวลชีวภาพหรือเซลลจุลินทรียที่แทจริง ซึ่งวิเคราะหไดในรูปของของแข็งแขวนลอยระเหย (Volatile suspended solids) จึงเรียกมวลชีวภาพที่แทจริงนี้ว่า Mixed liquor volatile suspended solids หรือ MLVSS น้ำสลัดจจะไหลลนจากถังเติมอากาศเขาสูถังตกตะกอน จุลินทรียจะรวมตัวกันเปนฟล็อกตกตะกอนและมีความเขมขนสูงขึ้นดานลางถังตกตะกอน ลักษณะที่สำคัญของระบบเอเอสคือการเกิดฟล็อกของจุลินทรียที่มีขนาด 20 ถึง 50 ไมโครเมตร [11] และถูกกำจัดออกจากน้ำทิ้งไดดวยการตกตะกอนดวยแรงโนมถวงของโลกและไดน้ำทิ้งที่ใสไหลลนออกไป ปกติรอยละ 99 ของของแข็งแขวนลอยจะถูกกำจัดที่ถังตกตะกอน มวลชีวภาพที่ตกตะกอนนี้คือ activated sludge ซึ่งภายในมีจุลินทรียที่มีชีวิตที่ทำหนายอยสลายสารอินทรียอยูเป็นจำนวนมาก สวนหนึ่งของสลัดจที่ตกตะกอนแลวจะถูกสงกลับเขาสูถังเติมอากาศเพื่อรักษาความเขมขนของ MLSS ใหสูงตามคาที่ตองการ และสวนหนึ่งจะตองถูกกำจัดออกในแตละวันหรือเปนครั้งคราว เพื่อปองกันการสะสมของมวลชีวภาพที่จะมีคาสูงเกินไปเนื่องจากมวลชีวภาพเกิดขึ้นใหมตลอดเวลา และเพื่อกำจัดของแข็งที่ยอยสลายไมไดที่ในน้ำเสียและสะสมอยูภายในสลัดจ ถาไมมีการกำจัดของแข็ง

ที่สะสมในท่ายที่สุดของแข็งเหลานี้จะไหลลนออกไปกับน้ำทิ้งที่ถังตกตะกอน ความเข่มขนของ MLSS ในถังเติมอากาศของระบบเอเอสของโรงพยาบาลที่มีอัตราไหลของน้ำเสียตามที่ออกแบบไว่ควรมีคาระหวาง 2,000 ถึง 4,000 มก./ล. ขึ้นกับอัตราภาระบีโอดี

2) ระบบเติมอากาศ อัตราการใชออกซิเจนโดยจุลินทรียในถังเติมอากาศของระบบเอเอสจะมีสูงกวาอัตราการใชออกซิเจนของจุลินทรียในธรรมชาติมาก อัตราการใชออกซิเจนจะขึ้นกับอัตราการไหลของน้ำเสีย คา BOD ของน้ำเสียและประเภทของระบบเอเอส เชนระบบเอเอสแบบเติมอากาศยืดเวลาที่มีถังเติมอากาศขนาดใหญมีอัตราการใชออกซิเจนต่ำที่ 10 มก./ล.-ชม. และระบบเอเอสแบบปกติมีอัตราการใชออกซิเจนสูงถึง 30 มก./ล.-ชม. เปนตน [13] ในทางปฏิบัติอัตราการไหลและคา BOD ของน้ำเสียจะมีคาสูงขึ้นในเวลากลางวัน จึงควรเพิ่มอัตราการใหอากาศเพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนตามความต่องการที่สูงขึ้น สวนในเวลากลางคืนอัตราการไหลของน้ำเสียและคา BOD จะลดต่ำลง ทำใหสามารถลดอัตราการเติมอากาศลงได ดังนั้นการเติมออกซิเจนจะตองเพียงพอตออัตราการใชออกซิเจนที่เพิ่มขึ้นขึ้นและทำใหมีออกซิเจนละลายน้ำ (DO) หลงเหลืออยูตลอดเวลาเพื่อใหเกิดสภาวะการยอยสลายแบบใชออกซิเจน หนาที่ของเครื่องเติมอากาศนอกจากจะเปนการใหออกซิเจนอยางเพียงพอตอการยอยสลายสารอินทรียแลว ยังทำใหเกิดความปนปวนของน้ำเพื่อใหเกิดการผสมของมวลชีวภาพ สารอินทรียและออกซิเจนอยางทั่วถึงในถังเติมอากาศ เครื่องเติมอากาศที่ใชในปจจุบันแบงออกไดเปน 2 ประเภทไดแก (1) เครื่องเติมอากาศแบบหัวฟู และ (2) เครื่องเติมอากาศแบบกล

3**) ถังตกตะกอน** ปกติมวลชีวภาพหรือ MLSS มีสภาพที่รวมตัวกันเปนฟล็อกโดยธรรมชาติ และเมื่อ MLSS ไหลเขาสูถังตกตะกอน จะรวมตัวกันตกตะกอนทำใหความเขมขนของ MLSS เพิ่มมากขึ้นที่กนถังตกตะกอน ระบบเอเอสจะบำบัดน้ำเสียไดอยางมีประสิทธิภาพเมื่อถังตกตะกอนทำหนาที่ดังตอไปนี้ไดอยางมีประสิทธิภาพ คือ (1) แยกมวลชีวภาพออกจากน้ำสลัดจ เพื่อใหไดน้ำทิ้งที่มีความเข่มขนของแข็งแขวนลอยต่ำ มวลชีวภาพที่เกิดขึ้นจากระบบบำบัดน้ำเสียจะตองถูกกำจัดออกจากน้ำที่ผานการบำบัดแลวเพื่อใหไดคุณภาพตามมาตรฐานน้ำทิ้ง เนื่องจากมวลชีวภาพคือสารอินทรียชนิดหนึ่งและสามารถวัดเปนคา BOD ไดเชนกัน และ (2) รวบรวมสลัดจใหมีความเข่มขนสูงกอนสูบกลับเขาถังเติมอากาศ จุดมุงหมายของการใชถังตกตะกอนคือการใหน้ำเสียอยูนิ่ง ๆ ในระยะเวลาที่เพียงพอเพื่อใหเกิดการตกตะกอนด่วยแรงโนมถวงของโลก ตัวแปรสำหรับการออกแบบและควบคุมการดำเนินงานของถังตกตะกอน ไดแก อัตราน้ำลนถัง นอกจากนี้จะพิจารณาตัวแปรที่สำคัญอื่น ๆ รวมดวย ไดแก ระยะเวลากักน้ำ อัตราน้ำลนเวียร โครงสรางทางเขาและออกของน้ำ ระยะเวลากักน้ำจะขึ้นกับขนาดพื้นที่หนาตัดและระดับความลึกของถัง โดยปกติระยะเวลากักน้ำของถังตกตะกอนขั้นที่สองควรมีคาอยูในชวง 2 - 4 ชมถังตกตะกอนที่ใชในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลสวนใหญเปนถังตกตะกอนทรงสี่เหลี่ยมจตุรัส ซึ่งเหมาะสำหรับระบบบัดน้ำเสียขนาดเล็ก โดยไมต่องติดตั้งเครื่องกวาดตะกอนที่กนถัง และกอสรางไดงาย

ซึ่งทำให้สามารถประหยัดคากอสรางจากการใชผนังรวมกันได สวนถังตกตะกอนทรงกลมจะใชเมื่อเสนผาน ศูนยกลางของถังมากกวา 4 เมตรซึ่งสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลที่มีขนาดใหญโครงสรางทางเขา ของน้ำเสียเปนแบบปอนตรงกลางถัง (Center feed) น้ำเสียจะเขาสูถังตกตะกอนตรงกลางถังผานทางทอเขาสูบ อปอนน้ำ (feed well) ซึ่งมีขนาดเสนผานศูนยกลาง ≥0.8 เมตร น้ำเสียจะกระจายตัวออกโดยรอบแลวไหลลงสูด านลางแลวไหลขึ้นลนออกจากถังผานเวียรและสลัดจจะจมลงสูกนถัง ทอระบายน้ำสลัดจขนจะตอเขากับบอเก็บน้ำ สลัดจที่ติดตั้งเครื่องสูบจมน้ำที่ทำหนาที่สูบสลัดจกลับไปถังเติมอากาศและสงสวนหนึ่งไปกำจัด ถังตกตะกอนบาง แหงอาจติดตั้งเครื่องสูบจมน้ำที่กนถังตกตะกอนเพื่อสูบตะกอนออกจากถังโดยตรง หรือตอทอจากกนถังตกตะกอน เขาเครื่องสูบแบบหอยโขงที่ติดตั้งบนพื้นดิน ซึ่งมีขอไดเปรียบไดคือเรื่องของการบำรุงรักษาสลัดจที่กนถังตกตะกอน ควรถูกถายเทออกใหเร็วที่สุดเพื่อใหไดจุลินทรียที่ยังมีชีวิตกลับไปสูถังเติมอากาศ และยังชวยปองกันการเกิดสภาพ ไรอากาศในถังตกตะกอน เนื่องจากออกซิเจนที่มีในถังตกตะกอนจะถูกจุลินทรียใชไปเรื่อย ๆ จนเกิดสภาพไร อากาศและทำใหจุลินทรียตายกลายเปนตะกอนสีดำลอยขึ้นสูผิวน้ำของถังตกตะกอน การสูบสลัดจกลับนอกจาก จะชวยทำใหความเขมขนของ MLSS ในถังเติมอากาศใหมีคาสูงตลอดเวลาแลวยังชวยใหมีน้ำที่มีออกซิเจนจากถัง เติมอากาศหมุนเวียนเขาถังตกตะกอน อัตราการสูบสลัดจกลับควรมีคาสูงถึงรอยละ 100 ของอัตราการสูบน้ำเสีย เมื่อระบบบำบัดเกิดสภาวะลมเหลวหรือมีความเขมขนของ MLSS ไมเพียงพอในชวงเริ่มเดินระบบใหม (startup) แตในสภาวะปกติอัตราการสูบสลัดจกลับอาจอยูในชวงรอยละ 40 - 60 ของอัตราการไหลของน้ำเสียขึ้นกับความเข มขนของ MLSS ที่มีอยูในถังเติมอากาศและในกนถังตกตะกอน

4) ระบบกำจัดสลัดจสวนเกิน สลัดจสวนเกินที่จะนำไปทิ้งจะตองรีดน้ำออกกอนใหเปนกอนสลัดจ หรือ sludge cake เพื่อใหมีปริมาตรลดลงและสามารถขนสงไปกำจัดไดสะดวกหรือสามารถนำไปใชในพื้นที่ การเกษตรโดยการหมักทำปุย ฝงกลบหรือเผาเพื่อกำจัดไขหนอนพยาธิ อนุภาคของแข็งในสลัดจจากน้ำเสียชุมชน เปนอนุภาคขนาดเล็ก อุมน้ำและมีประจุบนผิว คุณสมบัติเหลานี้ทำใหการรีดน้ำสลัดจทำไดยาก ดังนั้นจึงตองมี การปรับสภาพสลัดจเพื่อทำลายสภาพการแขวนลอยนี้เพื่อใหสามารถรีดน้ำออกดวยเครื่องจักรกลได ระบบรีดน้ำสลัดจมีตั้งแตเปนระบบที่ใชเครื่องมืองาย ๆ ไปจนถึงการใชเครื่องมือที่มีความซับซอน เครื่องมืองาย ๆ จะเกี่ยวของกับการระเหยและการไหลซึมของน้ำ ไดแก ลานทรายตากสลัดจ (sand drying bed) ที่ตองใชเวลาหลายวันเพื่อใหสลัดจแหง ระบบที่ใชเครื่องจักรกลซับซอนจะใชควบคูกับการปรับสภาพสลัดจดวย โพลิเมอรเพื่อใหรีดน้ำออกไดงายขึ้น ไดแก เครื่อง filter press และ belt press สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียของ โรงพยาบาลขนาดเล็กนิยมใชลานทรายตากสลัดจ เครื่องรีดน้ำสลัดจแบบ filter press สามารถรีดน้ำไดแหงกวา สวนเครื่อง belt press เปนที่นิยมใชในระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนขนาดใหญและในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจาก สามารถรีดน้ำสลัดจไดอยางตอเนื่อง การใชเครื่องจักรกลในการรีดน้ำสลัดจจะใชเวลานอยกวาการใชลานทราย

แตการเดินเครื่องจักรรีดน้ำสลัดจตองการชางประจำที่มีความชำนาญ

1.2 ประเภทของระบบเอเอส

ระบบเอเอสมีหลายรูปแบบซึ่งแตกตางกันตามลักษณะของการไหลเขาของน้ำเสียแบบตอเนื่องหรือไมตอเนื่อง การไหลของน้ำเสียภายในถังเติมอากาศและรูปทรงของถังเติมอากาศ อาจพิจารณาแบงระบบเอเอสออกเปน 2 กลุมตามอัตราภาระสารอินทรีย ไดแก (1) กลุมที่ออกแบบและเดินระบบที่คา F/M ปานกลางและอายุสลัดจปานกลาง ไดแก ระบบเอเอสแบบธรรมดาและระบบเอเอสแบบผสมสมบูรณ และ (2) กลุมที่ออกแบบและเดินระบบที่คา F/M ต่ำและอายุสลัดจสูง ไดแก ระบบเอเอสแบบเติมอากาศยืดเวลา ระบบเอเอสแบบคูวนเวียนและระบบเอเอสแบบเอสบีอาร มีรายละเอียดดังตอไปนี้

1) ระบบเอเอสแบบธรรมดา (Conventional activated sludge) เปนระบบเอเอสแบบแรกที่มีการใชงาน น้ำเสียภายในถังจะเกิดการกวนผสมเฉพาะในแนวตั้งและไมเกิดการผสมในแนวระนาบ น้ำเสียจะไหลไปตามความยาวของถัง เรียกลักษณะการไหลแบบนี้วาการไหลตามกัน (Plug flow) ถังปฏิกรณประเภทนี้นิยมใช ระบบเติมอากาศแบบหัวฟู สลัดจหรือจุลินทรียจะถูกสงกลับเขาสูถังเติมอากาศบริเวณตนทางและผสมกับน้ำเสีย ทำใหบริเวณตนถังมีความตองการออกซิเจนสูงและอาจสูงกวาปริมาณออกซิเจนที่ไดรับจากหัวฟูในบริเวณดังกลาว เนื่องจากรูปแบบของการไหลที่ไมมีการผสมของน้ำภายในถังในแนวระนาบ ทำใหมีความเสี่ยงตอการที่ระบบจะเสียหายจากการเกิดสารพิษหรือสารอินทรียปริมาณสูงที่เขาสูระบบอยางกะทันหัน (Shock load) จึงไมนิยมใช ระบบประเภทนี้สำหรับบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ขอดีของการใชระบบนี้คือสลัดจที่ไดรวมตัวกันเปนฟล็อกที่ตกตะกอนไดดี และไมมีปญหาสลัดจอืด

2) ระบบเอเอสแบบกวนผสมสมบูรณ (Completely Mixed Activated Sludge) เปนระบบเอเอสที่ออกแบบใหมีการผสมอยางสมบูรณ ทำใหความเขมขนของสารตาง ๆ มีคาเทากันตลอดทั่วถังเติมอากาศ (รูปที่ 2-36) น้ำเสียที่ไหลเขาสูถังจะเกิดการผสมกับน้ำที่มีอยูภายในถังอยางรวดเร็วทำใหความเขมขนของน้ำเสียเกิดการเจือจางลงทันที ซึ่งมีผลทำใหระบบมีความคงทนตอสภาวะ Shock load ของสารพิษและสารอินทรียปริมาณสูง นิยมใชระบบเอเอสแบบนี้สำหรับบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

3) ระบบเอเอสแบบเติมอากาศยืดเวลา (Extended Aeration) เปนระบบเอเอสแบบผสมสมบูรณที่มีถังเติมอากาศขนาดใหญ เหมาะสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็ก ออกแบบใหมีคา F/M 0.05 ถึง 0.15 และอายุสลัดจ 20 ถึง 30 วัน ซึ่งแบคทีเรียในถังเติมอากาศจะถูกรักษาใหอยูในสภาวะที่มีความเขมขนสารอินทรียต่ำและมีมวลชีวภาพสูง เรียกวาสภาวะการเจริญเติบโตแบบเอนโดจีนัส (Endogenous growth) ในสภาวะนี้สารอินทรียเกือบทั้งหมดจะถูกนำไปใชในการสรางพลังงาน ทำใหเกิดเซลลใหมไมมากนักและอาจไมตองกำจัดสลัดจสวนเกิน แตในทางปฏิบัติจะพบการสะสมของแข็งที่ยอยสลายไมไดภายในถังเติมอากาศ สงผลใหความ

เขมขนของ MLSS เพิ่มสูงขึ้นตามเวลา จึงยังคงต้องมีระบบกำจัดสลัดจออกเปนครั้งคราว

4) ระบบเอเอสแบบคูวนเวียน (Oxidation Ditches) เปนระบบเอเอสที่ออกแบบใหมีคา F/M ต่ำ และอายุสลัดจสูงเชนเดียวกันกับระบบเอเอสแบบเติมอากาศยืดเวลา แตกตางกันที่รูปทรงของถังเติมอากาศ ซึ่งมีลักษณะเปนถังรูปวงรีลักษณะของการไหลทางชลศาสตรในถังเปนแบบไหลตามกัน (plug flow) ทั้งน้ำเสียและน้ำสลัดจจะถูกดันใหไหลไปตามถังเติมอากาศแบบแคบ ๆ รูปวงรีดวยเครื่องเติมอากาศแบบกล ที่ติดตั้งเหนือผิวน้ำตามทิศทางการไหล เชน เครื่องเติมอากาศแบบแปรงหรือแบบเจท ทำใหน้ำไหลดวยความเร็ว 0.2 - 0.3 เมตร/วินาทีสงผลใหจุลินทรียในถังเติมอากาศแขวนลอยอยูตลอดเวลา ความลึกน้ำมีคาเทากับ 1.5 เมตร ปจจุบันมีการพัฒนาถังเติมอากาศแบบนี้ใหมีความลึกเพิ่มขึ้นเพื่อใชสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียขนาดใหญ และใชระบบการเติมอากาศแบบหัวฟูรวมกับเครื่องกวนผสมเพื่อใตน้ำ หรือใชเครื่องเติมอากาศแบบเจทที่ทำหนาที่เติมอากาศและผลักดันน้ำในถังเติมอากาศ ขอดีของการใชระบบคูวนเวียนคือสลัดจที่ไดรวมตัวกันเปนฟล็อกที่ตกตะกอนไดดีเมื่อน้ำสลัดจไหลผานเครื่องเติมอากาศความเขมขนของออกซิเจนละลายน้ำจะมีคาเพิ่มสูงขึ้นทันที และความเขมขนของออกซิเจนจะมีคาลดลงตามระยะทางของการไหล และสามารถปรับแตงระบบเอเอสแบบคูวนเวียนใหเกิดปฏิกิริยาไนตริฟเคชันและดีไนตริฟเคชันในถังเดียวกันไดดวยการปรับตำแหนงของจุดเติมน้ำเสีย ตำแหนงปลอยสลัดจสูบกลับและตำแหนงเครื่องเติมอากาศ สำหรับการกำจัด BOD หรือไนตริฟเคชันจะเกิดขึ้นเมื่อน้ำเสียไหลเขาในตำแหนงใกลเครื่องเติมอากาศ

5) ระบบเอเอสแบบเอสบีอาร (Sequencing Batch Reactor, SBR) เปนระบบเอเอสที่ออกแบบใหเดินระบบแบบแบตช ใชเพียงถังเติมอากาศใบเดียว ไมมีการใชถังตกตะกอน ไมมีการสูบสลัดจกลับ การเติมอากาศและการตกตะกอนเกิดขึ้นในถังเติมอากาศ ทำใหการควบคุมระบบทำไดงาย การเติมน้ำเสียเขาและระบายออกจากถังจะทำเมื่อครบรอบเวลาตามวัฏจักร โดยใชระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ โดยปกติจะประกอบดวย 5 ขั้นตอนตอเนื่องกันดังตอไปนี้

(1) เติมน้ำเสีย (Fill) เปนขั้นตอนการเติมน้ำเสียเขาสูถังเติมอากาศ ปริมาตรของน้ำเสียในถังเดิมอาจมีอยูที่รอยละ 25 ของถังเติมอากาศจากขั้นตอนพัก และเพิ่มขึ้นเปนรอยละ 100 ในชวงของการเติมน้ำเสีย ในชวงนี้จะเดินเครื่องเติมอากาศเพื่อผสมน้ำเสียและน้ำสลัดจ จุลินทรียจะดูดซึมสารอินทรียเขาสูเซลลอยางรวดเร็วและเริ่มปฏิกิริยาการยอยสลายสารอินทรียของมวลชีวภาพ ขั้นตอนนี้อาจใชเวลาประมาณรอยละ 25 ของเวลาทั้งหมด

(2) ทำปฏิกิริยา (React) เปนชวงของการเกิดปฏิกิริยากำจัดสารอินทรียดวยการเติมอากาศ ซึ่งที่จริงแลวปฏิกิริยาไดเริ่มตั้งแตเติมน้ำเสียเขาสูถังเติมอากาศแลว และเปนการใหเวลาสำหรับการยอยสลายสารอินทรียที่ถูกดูดซับไวในเซลลจนหมด คา DO จะต่ำมากชวงแรกและคอย ๆ สูงขึ้นจนมีคามากกวา 2 มก./ล. สามารถ

ใชคา DO ในการตรวจสอบการยอยสลายสารอินทรียในถังเติมอากาศ ขั้นตอนนี้จะใชเวลาประมาณร่อยละ 35 ของเวลาทั้งวัฏจักรขึ้นกับความเขมขนของสารอินทรียในน้ำเสีย

(3) ตกตะกอน (Settle) เปนขั้นตอนการตกตะกอนของมวลชีวภาพดวยการหยุดการทำงานของเครื่องเติมอากาศและปลอยใหมวลชีวภาพตกตะกอนดวยแรงโนมถวงของโลก เพื่อใหไดน้ำทิ้งที่ใสกอนจะระบายทิ้งออกจากถังเติมอากาศ และปกติสลัดจในระบบเอสบีอารจะตกตะกอนไดดีกวาสลัดจในระบบเอเอสแบบน้ำเสียไหลเขาอยางตอเนื่อง ขั้นตอนนี้อาจใชเวลาในชวงรอยละ 10 ถึง 15 ของเวลาทั้งวัฏจักร (30 นาทีถึง 1 ชั่วโมง)

(4) ระบายน้ำออก (Draw) เปนการกำจัดน้ำทิ้งออกจากถังเติมอากาศ โดยรักษาระดับน้ำเหนือชั้นสลัดจที่ตกตะกอนแนนแลวประมาณ 0.6 - 1 เมตร ระบายน้ำทิ้งออกจากถังเติมอากาศดวยแรงโนมถวงของโลก โดยใชอุปกรณหลายรูปแบบ และบางแหงใชเครื่องสูบน้ำแบบลอยน้ำเพื่อสูบน้ำใสออกทิ้ง ขั้นตอนนี้อาจใชเวลาในชวงรอยละ 5 ถึง 30 ของเวลาทั้งวัฏจักร

(5) พัก (Idle) สำหรับระบบที่ใชถังเติมอากาศเอสบีอารหลายใบ อาจใชขั้นตอนนี้เพื่อรอเวลาใหถังเติมอากาศใบอื่นทำงานจบครบวัฏจักรกอนที่จะเริ่มวัฏจักรการทำงานใหม ซึ่งขั้นตอนนี้เปนขั้นตอนที่ไมจำเปน อาจจะมีหรือไมมีก็ได

ระบบเอสบีอารที่ใชในโรงพยาบาลสวนใหญเปนระบบที่กอสรางมานานกวา 20 ป เปนระบบเอสบีอารที่สูบน้ำเสียเขาถังเติมอากาศอยางสม่ำเสมอตามระดับน้ำเสียในบอสูบ โดยสูบน้ำเขาถังเติมอากาศบริเวณที่มีแผนกั้น เพื่อใหน้ำเสียไหลลงดานลางกอน แมในชวงตกตะกอนไมมีการเติมอากาศเปนเวลา 1 ชั่วโมง น้ำเสียใหมที่เขาถังจะไหลผานชั้นสลัดจที่ตกตะกอนอยู สลัดจในระบบเอสบีอารมีความสามารถในการดูดซับสารอินทรียไวภายในเซลลและของแข็งแขวนลอยถูกจับไวในฟล็อก และจะถูกออกซิไดซในชวงของการเติมอากาศ

2.ระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศ (Aerated Lagoon)

ระบบสระเติมอากาศเปนระบบบำบัดน้ำเสียที่ใชบอน้ำขนาดใหญที่ไดออกซิเจนจากเครื่องเติมอากาศ เปรียบเสมือนระบบเอเอสที่ไมมีการสูบสลัดจกลับ เครื่องเติมอากาศทำหนาที่ถายเทออกซิเจนลงสูน้ำและทำใหเกิดการผสมของน้ำภายในบอ ดังนั้นน้ำในสระจึงปนปวนและมีความขุนตลอดเวลา แสงแดดไมสามารถสองผานได ทำใหสาหรายเจริญเติบโตไดน่อยหรือไมไดเลย มีตะกอนสารอินทรียจะสะสมอยูที่กนบอและเกิดการยอยสลายแบบไรอากาศ น้ำเสียที่ผานการบำบัดจากบอเติมอากาศแลวจะเขาสูบอตกตะกอน เปนระบบที่มีประสิทธิภาพการบำบัดสูงและไมตองการผูควบคุมที่มีความรูทางดานเทคนิคมากนัก แตตองการพื้นที่ในการกอสรางระบบมากกวาระบบเอเอส

ระบบสระเติมอากาศเปนระบบที่สามารถดัดแปลงจากระบบบอปรับเสถียรไดงายโดยติดตั้งเครื่องเติมอากาศเพิ่มเติมเมื่ออัตราภาระ BOD สูงเกินกวาที่ระบบบอปรับเสถียรจะสามารถรองรับได นอกจากนี้ยังสามารถ

ดัดแปลงใหเปนระบบเอเอสไดโดยติดตั้งถังตกตะกอนเพิ่มเติมพรอมกับระบบสูบสลัดจกลับ ระบบสระเติมอากาศที่นิยมใชสำหรับโรงพยาบาลเปนระบบสระเติมอากาศแบบผสมบางสวน แสดงขอมูลเปรียบเทียบระหวางระบบสระเติมอากาศและระบบเอเอสแบบเติมอากาศยืดเวลา ซึ่งระบบสระเติมอากาศตองใชถังเติมอากาศที่มีปริมาตรใหญกวาระบบเอเอสแบบยืดเวลา 5 – 8 เทา

3.**บ่อปรับเสถียร**

บอปรับเสถียรเปนบอที่มีความลึกไมมาก เกิดปฏิกิริยาสังเคราะหแสงของสาหรายไดตลอดความลึกของบอที่แสงแดดสองถึง ในชวงกลางวันที่มีแสงแดดออกซิเจนจะถูกผลิตขึ้นอยางมากมายจากกระบวนการสังเคราะหแสง สวนในชวงกลางคืนกระแสลมที่พัดผานผิวน้ำของบอตื้นจะทำใหเกิดคลื่นและเกิดการผสมของน้ำภายในบอ ทำใหการถายเทออกซิเจนจากอากาศลงสูผิวน้ำมีคาสูงขึ้น การกำจัดสารอินทรียเกิดจากการยอยสลายของแบคทีเรียแบบใชออกซิเจน แบคทีเรียและสาหรายมีความสัมพันธกันแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน สาหรายผลิตออกซิเจนใหแบคทีเรียและแบคทีเรียผลิตคารบอนไดออกไซดใหสาหราย บอปรับเสถียรตองการพื้นที่ขนาดใหญในการบำบัดน้ำเสีย

4.บึงประดิษฐ์

บึงประดิษฐถูกสรางขึ้นเพื่อจำลองสภาพของพื้นที่ชุมน้ำที่มีในธรรมชาติดวยการปลูกพืชในบอที่เก็บกักน้ำ พืชที่ปลูกอาจเปนพืชที่โตจากดินจำพวก กก แฝก ธูปฤาษี หรือพืชลอยน้ำเชน บัว ผักตบชวา จอก แหน และผักกระเฉด เปนตน ความลึกน้ำในบึงประดิษฐมีคาประมาณ 0.6 ถึง 0.8 ม. และน้ำจะไหลผานพื้นที่ที่มีพืชขึ้นอยูอยางหนาแนน โดยปกตินิยมใชบึงประดิษฐในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งที่ผานการบำบัดแลวหรือบำบัดน้ำเสียที่มีคา BOD ไมสูงมาก เชน น้ำเสียชุมชน เปนตน

2.10 การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีน

น้ำเสียที่ผานการบำบัดแลวเมื่อระบายลงสูแหลงน้ำธรรมชาติ เชน แมน้ำ ลำคลองหรือซึมลงสูใตดิน มีโอกาสที่น้ำเหลานี้จะไปสัมผัสกับมนุษย ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยจึงตองฆาเชื้อโรคกอนระบายทิ้งสูสิ่งแวดลอม การฆาเชื้อโรคในน้ำเสียจะทำเชนเดียวกันกับการฆาเชื้อโรคในระบบการผลิตน้ำประปา สารเคมีที่นิยมใชมากที่สุดคือคลอรีน แตปริมาณการเติมคลอรีนที่ใชในการฆาเชื้อโรคในน้ำเสียจะสูงกวาในน้ำประปา เนื่องจากในน้ำเสียมีสารประกอบที่ทำปฏิกิริยาไดดีกับคลอรีนปะปนอยู เชน สารอินทรีย ของแข็งแขวนลอยและแอมโมเนีย เปนตน สารประกอบคลอรีนที่ในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล ไดแก สารละลายคลอรีนในรูปของโซเดียมไฮโปคลอไรท (NaOCl) และคลอรีนผงในรูปของแคลเซียมไฮโปคลอไรท (Ca(OCl)2) สวนคลอรีนเม็ดที่ใชในสระวายน้ำมีใชในระบบบำบัดน้ำเสียแบบสำเร็จรูปของโรงพยาบาลหลายแหง ปกตินิยมใชโซเดียมไฮโปคลอไรท

เมื่อสามารถจัดหาได้ในท้องถิ่น เนื่องจากเป็นสารละลายสามารถเจือจางน้ำแล้วใช้ได้ทันที สำหรับแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ไม่นิยมใช้เมื่อต้องใช้ในปริมาณมาก เนื่องจากจะเกิดตะกอนปูนขาวที่ทำให้เกิดการอุดตันเครื่องสูบสารเคมี และท่อจ่ายสารเคมี นิยมใช้กรณีที่ใช้ไม่มากหรือไม่ต่อเนื่อง สารคลอรีนทั้งสองชนิดแตกตัวในน้ำได้ OCl

จากสมการแสดงว่าเมื่อใช้ไฮโปคลอไรท์ทั้งสองชนิดจะทำให้ค่า pH ของน้ำสูงขึ้น และเมื่อค่า pH สูงขึ้นจะทำให้ได้ OCl- สูงขึ้นและ HOCl ลดลง และการใช้สารละลายไฮโปรคลอไรท์จะทำให้ค่า TDS ของน้ำเพิ่มสูงขึ้นด้วย ความเข้มข้นของ HOCl และ OCl- ที่มีอยู่ในน้ำรวมกันเรียกว่าคลอรีนอิสระที่เหลืออยู่ (free chlorine residuals) และ HOCl มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคสูงกว่า OCl- 40 ถึง 60 เท่า และที่ pH 7 จะพบ HOCl ร้อยละ 75 และที่ pH 8 จะพบ HOCl เพียงร้อยละ 49 จึงทำให้การฆ่าเชื้อโรคในน้ำเสียที่มีค่า pH ≤ 7 ให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าเมื่อเติมสารประกอบคลอรีนลงในน้ำเสีย ไฮโปคลอไรท์เป็นสารออกซิไดซ์ที่รุนแรง จะทำปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ ที่มีในน้ำเสียได้อย่างรวดเร็ว เช่น สารรีดิวซ์ แอมโมเนียและสารอินทรีย์ เป็นต้น ดังนั้นจะไม่พบคลอรีนอิสระที่เหลืออยู่ที่ความเข้มข้นที่ต้องการจนกว่าสารต่าง ๆ เหล่านี้ถูกทำปฏิกิริยาจนหมด จากนั้นจึงจะพบคลอรีนอิสระที่เหลืออยู่สำหรับฆ่าเชื้อโรคในน้ำเสีย ทำให้การฆ่าเชื้อโรคจะเป็นไปได้เมื่อเติมคลอรีนในปริมาณมากพอ (Excess) เกินความต้องการคลอรีนในการทำปฏิกิริยา (Chlorine demand) กับสารต่าง ๆ ในน้ำ

1.ประสิทธิภาพของการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีนจะขึ้นกับตัวแปรดังต่อไปนี้ (1) ระยะเวลาสัมผัส (Contact time) (2) ความเข้มข้นของคลอรีนอิสระที่เหลืออยู่ (3) อุณหภูมิ (4) pH (5) คุณลักษณะของน้ำและของแข็งแขวนลอย และ (6) ชนิดและจำนวนของจุลินทรีย์ สำหรับการฆ่าเชื้อโรคในน้ำเสียควรมีระยะเวลาสัมผัส 30 นาทีและหลังทำปฏิกิริยาแล้วควรมีความเข้มข้นคลอรีนอิสระที่เหลืออยู่ 0.5 มก./ล. น้ำเสียที่จะเข้าสู่กระบวนการฆ่าเชื้อโรคจะต้องมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์และของแข็งแขวนลอยต่ำ

ในกรณีที่ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลมีปัญหาไม่สามารถเดินระบบได้ และต้องการระบายน้ำเสียที่ยังไม่ผ่านการบำบัดออกสู่สิ่งแวดล้อม ทางโรงพยาบาลจะต้องเติมคลอรีนสูงกว่าปกติเพื่อให้มีความเข้มข้นของคลอรีนอิสระที่หลงเหลืออยู่เพียงพอในการฆ่าเชื้อโรค ตารางที่ 2-8 แสดงตัวอย่างความเข้มข้นของคลอรีนที่เติมสำหรับการฆ่าเชื้อโรคในน้ำเสียและน้ำทิ้งจากแหล่งต่าง ๆ แสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2-2 ความเข้มข้นของคลอรีนที่เหมาะสมสำหรับน้ำทิ้งจากระบบต่าง ๆ

แหล่งน้ำทิ้ง	**ปริมาณคลอรีนที่เติม (มก./ล.)**
น้ำเสียที่ยังไม่ผ่านการบำบัด	6-25
ระบบเอเอส	2-8
น้ำทิ้งจากระบบเอเอสที่ผ่านการกรองด้วยถังกรองทราย	1-5

จำนวนและชนิดของจุลินทรียมีผลตอประสิทธิภาพการฆาเชื้อโรค น้ำเสียที่มีปริมาณจุลินทรียเปนจำนวนมากจะตองใชระยะเวลาสัมผัสที่มากขึ้น ปกติแตละคนจะระบายโคลิฟอรมแบคทีเรียจำนวน 100 – 400 ลานตัวตอวันรวมทั้งแบคทีเรียประเภทอื่น ๆ ทำใหในน้ำเสียกอนการบำบัดมีจำนวนโคลิฟอรมประมาณ 26 – 100 x 106 ตอ 100 มล. [14] การคงอยูของโคลิฟอรมในน้ำเสียแสดงวาในน้ำเสียอาจมีเชื้อโรคทางเดินอาหารปนเปอนอยู

2.ถังสัมผัสคลอรีน

โดยปกติจะออกแบบถังผสมคลอรีนใหเปนรางคดเคี้ยว (รูปที่ 2-49) เพื่อใหน้ำเสียไหลไปตามความยาวของรางในถัง เปนลักษณะของการไหลแบบตามกัน คลอรีนที่เติมลงในน้ำเสียจะทำใหปฏิกิริยาฆาเชื้อโรคไปตามการไหลของน้ำ ถังในลักษณะนี้จะชวยปองกันไมใหเกิดการไหลลัดวงจร และถังสัมผัสควรมีปริมาตรเพียงพอใหมีระยะเวลาเก็บกักน้ำอยางนอย 30 นาที อาจตองเติมคลอรีนใหมีความเขมขนเริ่มตนประมาณ 2 ถึง 4 มก./ล. ลงในน้ำที่ผานการบำบัดแลว เพื่อใหไดคลอรีนอิสระที่เหลืออยู 0.5 มก./ล. หลังจากทำปฏิกิริยาไปแลว 30 นาที ถาระยะเวลาทำปฏิกิริยาหรือระยะเวลาสัมผัสนอยกวา 30 นาที จะตองเพิ่มความเขมขนคลอรีนอิสระที่เหลืออยูใหมีคามากกวา 0.5 มก./ล

3.อัตราการใชคลอรีน

โซเดียมไฮโปคลอไรทที่นิยมใชในโรงพยาบาลอยูในรูปสารละลายเขมขนรอยละ 10 มีคลอรีนอิสระที่มีความเขมขน 100,000 มก./ล. เปนของเหลวสีเหลืองออน กัดกรอนปานกลาง เปนสารเคมีที่ไมเสถียร สวนใหญบรรจุอยูในถัง 20 ลิตร ความเขมขนของสารละลายนี้จะเปลี่ยนแปลงนอยมากภายใน 10 วัน [15] สามารถเก็บไวใชงานไดแตไมควรเก็บไวนานเกินไป เนื่องจากสารละลายมีความเขมขนสูงดังนั้นเวลานำไปใชจึงตองปรับความเขมขนใหเหมาะสม และโซเดียมไฮโปคลอไรทเปนสารที่กัดกรอนรุนแรงผูปฏิบัติงานควรใชถุงมือและแวนตาทุกครั้งที่ผสมสารละลายเพื่อความปลอดภัย

แคลเซียมไฮโปคลอไรทมีจำหนายในรูปของแข็งที่มีคลอรีนรอยละ 60 ถึง 70 โดยน้ำหนัก เปนสารเคมีที่เสถียร มีพิษมาก กัดกรอนปานกลาง ไมเปนนิยมใชเนื่องจากการเตรียมใหเปนสารละลายยุงยาก ฟุงกระจายและพบตะกอนปูนขาวเกิดขึ้นจำนวนมากและทำใหคา pH ของน้ำทิ้งเพิ่มขึ้น การเตรียมเปนสารละลายใหใสผงปูนคลอรีนลงในถังพลาสติกที่เตรียมน้ำตามปริมาตรที่ตองการ ผสมใหเขากันและตั้งทิ้งไวจนตะกอนนอนกนประมาณ 20 นาทีแลวจึงรินเอาน้ำใสใชในถังเตรียมสารละลายคลอรีน ไมควรผสมปูนคลอรีนกับน้ำในถังเตรียม

สารละลายคลอรีน เพราะวาจะทำใหทอที่ปลอยน้ำยาอุดตันดวยผงคลอรีนได ควรใชถุงมือ แวน ผากันเปอน ผาปดปากและจมูก ในขณะที่ทำการตัก ชั่งและผสมน้ำยาคลอรีนได หลังจากทำการผสมน้ำยาแลวควรทำการลางมือ ทำความสะอาดเครื่องมือและอุปกรณใหสะอาดทุกครั้ง

การเสื่อมสภาพของคลอรีนจะเกิดไดเร็วขึ้นเมื่อเตรียมเปนสารละลายเจือจาง คลอรีนจะสลายตัวไปจากการทำปฏิกิริยากับสารเคมีที่มีในน้ำและออกซิเจนที่ละลายลงในสารละลาย สารละลายคลอรีนจะสลายตัวไดเร็วขึ้นเมื่อโดนแสงแดดและความรอน ดังนั้นจึงควรปองกันถังเจือจางของสารละลายคลอรีนจากแสงแดดและความรอน นอกจากนี้ถังเตรียมสารละลายคลอรีนควรสะอาดปราศจากตะกอนและสนิมเหล็ก ซึ่งจะทำตัวเปนตัวเรงการเสื่อมสภาพของคลอรีน สารละลายคลอรีนที่เตรียมทั้งจากโซเดียมไฮโปคลอไรทและแคลเซียมไฮโปคลอไรทควรใชใหหมดภายใน 2 วัน

อัตราการเติมสารละลายคลอรีนจะขึ้นกับความเขมขนของสารละลายคลอรีนที่เตรียม อัตราการเติมจะสูงเมื่อใชสารละลายที่มีความเขมขนต่ำ นอกจากนี้จะตองพิจารณาอัตราสูบจายสารละลายของเครื่องสูบสารเคมีควบคูไปดวย เนื่องจากเครื่องสูบสารเคมีรุนที่ใหความดันสูงจะมีอัตราสูบจายสารละลายต่ำ สวนเครื่องสูบสารเคมีรุนที่ใหความดันต่ำกวาจะใหอัตราสูบจายที่สูง เชน เครื่องสูบสารเคมีรุนความดันสูง 10 บารมีอัตราสูบจายสารละลายตั้งแต 0 ถึง 0.7 ล./ชม. สวนรุนความดันต่ำ 3 บารมีอัตราสูบสารละลายตั้งแต 0 ถึง 8 ล./ชม.

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Hassan Waseemและคณะ(2560)[9]ทำการศึกษาการดื้อยาต้านจุลชีพในสิ่งแวดล้อม การศึกษานี้รีวิวนี้สรุปการเลือกสิ่งพิมพ์ประจำปี 2559 โดยเน้นที่การเกิดขึ้นและการรักษายีนดื้อยาปฏิชีวนะและแบคทีเรียในสิ่งแวดล้อมทางน้ำและน้ำเสียและน้ำดื่ม โรงบำบัด การตรวจสอบจะดำเนินการโดยเน้นที่ การสร้างแบบจำลอง การประเมินความเสี่ยง และการวิเคราะห์ข้อมูล วิธีการกำหนดลักษณะความอุดมสมบูรณ์ หลังจากเป็นการแนะนำสั้น ๆ ทบทวนแบ่งออกเป็นสี่ส่วนต่อไปนี้: i) การเกิดขึ้นของ AMR ในสิ่งแวดล้อม ii) เทคโนโลยีการบำบัดสำหรับ AMR iii)แบบจำลอง ความเสี่ยง และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของ AMR และ iv) ฐานข้อมูล ARG และไปป์ไลน์

วิษณุ ธรรมลิขิตกุล และคณะ (2562)[13]ทำการศึกษาการปนเปื้อนจากแบคทีเรียที่ดื้อต่อยาปฏิชีวนะในสภาพแวดล้อมที่เลือกในประเทศไทยการศึกษานี้ระบุถึงการมีอยู่ของแบคทีเรียที่ดื้อต่อยาปฏิชีวนะที่สำคัญในการคัดเลือกสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย รวมทั้งตัวอย่างน้ำเสียจากโรงพยาบาล 60 แห่ง; น้ำยาล้าง, น้ำชะขยะ,แมลงวัน แมลงสาบ และหนูที่เก็บมาจากตลาดเปิดห้าแห่ง น้ำยาล้างจากรถบรรทุกขยะและน้ำชะขยะที่มีความเสถียรจากโรงฝังกลบ แบคทีเรียที่ดื้อยาปฏิชีวนะอย่างน้อยหนึ่งชนิดคือแยกได้จากตัวอย่างของเหลวที่มีอิทธิพลก่อนการ

บำบัดในโรงพยาบาล จากการบำบัดน้ำเสียปริมาณถังในโรงพยาบาล และจากตัวอย่างน้ำทิ้ง 15% หลังการบำบัดด้วยคลอรีนก่อนระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ แบคทีเรียที่ดื้อยาปฏิชีวนะถูกกู้คืนจาก80% ของตัวอย่างของเหลวในตลาดที่ถูกชะล้าง, 60% ของตัวอย่างน้ำชะชะขยะในตลาด, ตัวอย่างแมลงวันทั้งหมด, 80% ของตัวอย่างแมลงสาบ และตัวอย่างเนื้อหาในลำไส้ทั้งหมดของหนูที่เก็บรวบรวมจากตลาดเปิดนำแบคทีเรียที่ดื้อยาปฏิชีวนะกลับมาได้จากตัวอย่างทั้งหมดจากหลุมฝังกลบ ขยายสเปกตรัมbeta-lactamase (ESBL) - การผลิต Escherichia coli และ/หรือ Klebsiella pneumoniae เป็นเชื้อที่พบได้บ่อยที่สุดแบคทีเรียที่ดื้อยาปฏิชีวนะฟื้นจากตัวอย่างทุกประเภท ตามด้วย carbapenem-resistantE. coli และ/หรือ K. pneumoniae Enterobacteriaceae ที่ดื้อต่อโคลิสติน, Psuedomonas ที่ดื้อต่อ carbapenemaeruginosa, Acinetobacter baumannii ที่ทนต่อ carbapenem, Enterobacteriaceae ที่ทนต่อ colistin,Enterococci ที่ดื้อต่อ vancomycin และ S. aureus ที่ดื้อต่อ methicillin พบได้น้อยกว่า การค้นพบนี้แนะนำให้มีการปนเปื้อนอย่างกว้างขวางจากแบคทีเรียที่ดื้อยาปฏิชีวนะในโรงพยาบาลและชุมชนสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย

วิไล เจียมไชยศรีและคณะ(2564)[5]ทำการศึกษาการปนเปื้อนและการควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อดื้อยาปฏิชีวนะจากแหล่งกำเนิดน้ำเสียประเภทโรงพยาบาลและฟาร์มสุกรมีการทำแบบสอบถามและเก็บตัวอย่างสิ่งแวดล้อมจากฟาร์มสุกร 4 ฟาร์ม ที่ตั้งใกล้แหล่งน้ำในพื้นที่จังหวัดปราจีนบุรี มีผลสรุปสำคัญ ดังนี้ มีการใช้ยาในฟาร์มเพื่อการรักษาโรคและป้องกันอย่างละร้อยละ 50 และมีการผสมยาปฏิชีวนะในอาหารร้อยละ 50 ยาปฏิชีวนะที่ใช้บ่อย ได้แก่ Amoxycillin Enrofloxacin และ colistin ร้อยละ 100, 75, 25 ตามลำดับ พบยาปฏิชีวนะตกค้างในน้ำเสียในช่วงหน้าฝน คือ Amoxycillin Florfenicol และ Tiamulin ร้อยละ 54, 14, 13 ตามลำดับ ส่วนฤดูร้อนพบ Oxytetracycline Amoxicillin และ Florfenicol ร้อยละ 59, 20, 11 ตามลำดับ ทั้งนี้ Trimethroprim มีค่าเฉลี่ยในฤดูฝนสูงกว่าในฤดูร้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในการศึกษาการดื้อยาจาก E.coli 143 ไอโซเลท พบเชื้อดื้อยาในมูลสุกรร้อยละ 29 และน้ำเสียร้อยละ 36 และน้ำผ่านบำบัดร้อยละ 33 แต่ยาที่พบการดื้อมากกว่าร้อยละ 50 ได้แก่ Ampicillin Florfenicol Tetracycline และ ESBL 13 ร้อยละ 90, 67, 66, 13 ตามลำดับ ไม่พบการดื้อยา Imipenem ตรวจพบยีนของอีโคไลดื้อยากลุ่ม beta-lactamase มากที่สุดสอดคล้องกับการพบการดื้อยา Ampicillin โดยพบ bla-TEM มากกว่า bla_PSE รองลงมา ได้แก่ Tetracycline (tetA, tetB) และ Aminoglycoside (aadA1, aadA2, aadB) และไม่พบยีน mcr1 ในทุกตัวอย่าง โดยมีโอกาสที่เชื้อจากต่างสถานที่กันจะมีลักษณะของสัณฐานของยีน 1 คู่ ที่เหมือนกันร้อยละ 100 และโอกาสที่ลักษณะสัณฐานของยีนที่เหมือนกันมากกว่าร้อยละ 80 พบว่า มีประมาณร้อยละ 20 การตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียชนิดเอเอสของโรงพยาบาลอภัยภูเบศร พบว่า การบำบัดดัชนีพื้นฐานได้ร้อยละ 68-99 การบำบัดยาปฏิชีวนะได้ร้อยละ 20-100 พบประชากรเชื้อดื้อยาของ E.coli, K. pneumoniae และ A. baumannii ร้อยละ

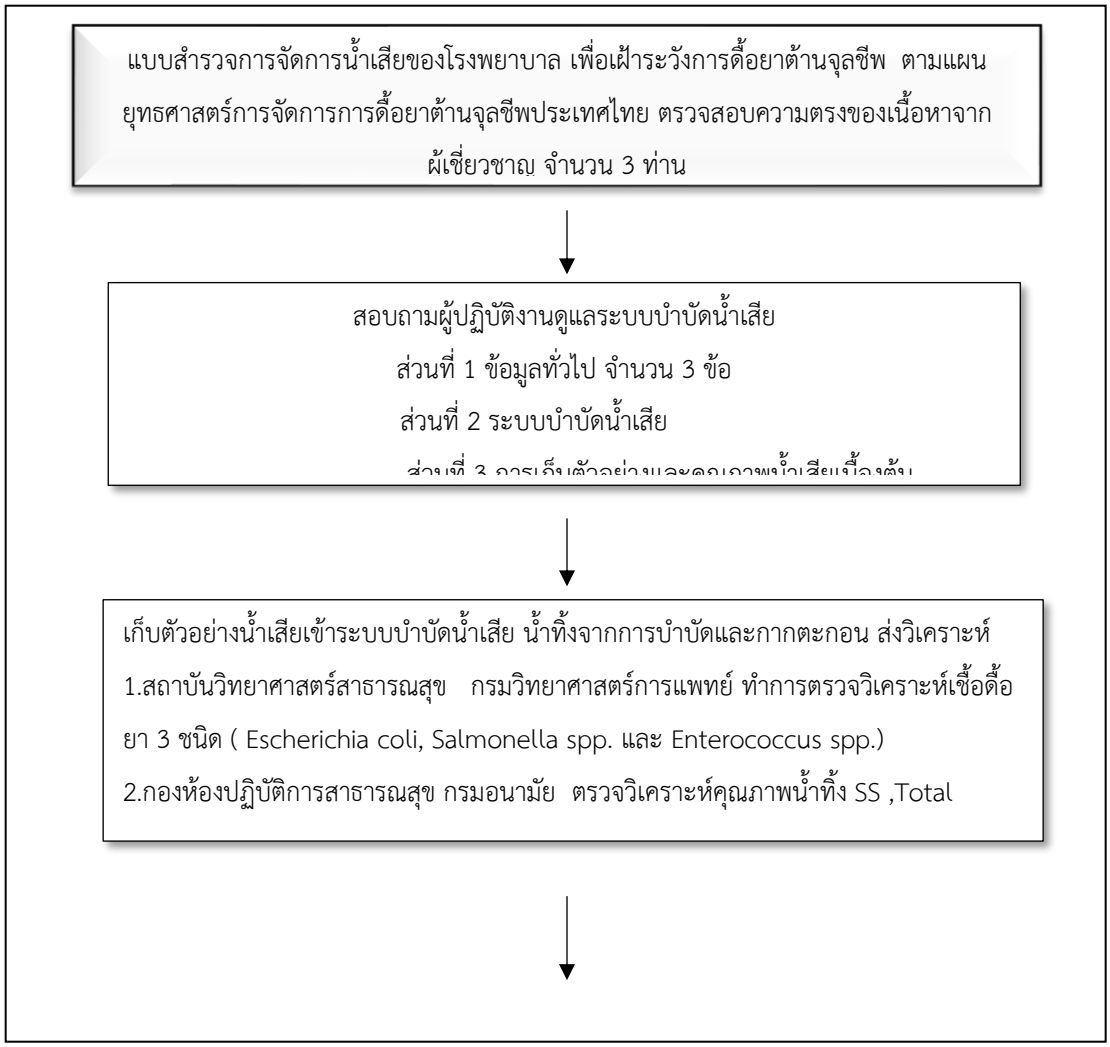
60-100 ในน้ำเสียและน้ำทิ้งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) สำหรับการศึกษาระบบเยื่อกรองชีวภาพขนาดสาธิตในการบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลโดยไม่มีการระบายตะกอนออกจากระบบเป็นเวลา 6 เดือน พบว่า การบำบัดดัชนีพื้นฐานได้ร้อยละ 79-100 การบำบัดยาปฏิชีวนะร้อยละ 32-100 และระบบกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ได้ร้อยละ 100 การตรวจวัดเชื้อดื้อยาของตะกอนจุลินทรีย์ที่กักเก็บในระบบ ผลพบว่า มีจำนวนเชื้อทั้งสามชนิดในตะกอนที่กักเก็บในระบบมีร้อยละของความไวของการดื้อยาเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะเชื้อ K. pneumoniae และ A. baumannii พบจำนวนเชื้อมากกว่าร้อยละ 80 ที่มีความไวของยาทดสอบจำนวนร้อยละ 75-85 ตรวจพบยีนดื้อยา 106-1010 copies/ml ในน้ำเสีย ซึ่งระบบสามารถบำบัดยีนดื้อยาได้ 1-2 log การใช้คลอรีนและโอโซนสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดยีนดื้อยาได้ดีขึ้นเล็กน้อย

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพการกำจัดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลรวมทั้งเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลและเพื่อได้แนวทางการแก้ไขปัญหาการจัดการเชื้อดื้อยาในน้ำเสียโรงพยาบาลซึ่งมีรายละเอียดและขั้นตอนการศึกษา ดังนี้

3.1รูปแบบการศึกษา

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพที่ปนเปื้อนในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล: ข้อเสนอแนะแนวทางการแก้ไขปัญหาเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพและปริมาณแบบภาคตัดขวาง (crsossectional study) มุงศึกษาเพื่อตอบคำถามการวิจัยถึงระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลมีประสิทธิภาพการกำจัดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพหรือไม่และอย่างไร รวมทั้งปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพอย่างไรบ้าง โดยดำเนินการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสำรวจและเก็บตัวอย่างน้ำเสียเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย น้ำทิ้งจากการบำบัดและกากตะกอน



ประมวลผลและอภิปรายผลพร้อมจัดทำรายงาน

ภาพ 3-1 รูปแบบการศึกษา (Research Design)

3.2 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษานี้มุงเนนศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล ให้ได้ข้อเสนอแนะแนวทางการแก้ไขปัญหา ดังนี้

3.2.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

การศึกษานี้ ประชากรที่ศึกษาคือโรงพยาบาลที่ตั้งอยู่ลุ่มน้ำ คือลุ่มน้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำแม่กลองโดยดำเนินการสุ่มตัวอย่างโรงพยาบาลแบบเจาะจง (purposive sampling) ในโรงพยาบาลประเภทต่าง ๆ ได้แก่ โรงพยาบาลชุมชน โรงพยาบาลทั่วไป โรงพยาบาลศูนย์และโรงพยาบาลนอกสังกัดปลัดกระทรวงสาธารณสุข ที่ตั้งอยู่ลุ่มน้ำ คือลุ่มน้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำแม่กลอง จำนวน 36 แห่ง โดยมีประเด็นเนื้อหาดังนี้

1.การวิเคราะห์เชื้อดื้อยาจากห้องปฏิบัติการและประสิทธิภาพการกำจัดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล

2.ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล

3.การวิเคราะห์หาปัจจัยความสัมพันธ์ระหว่างการพบเชื้อดื้อยากับระยะเวลาการสัมผัสคลอรีนของระบบการฆ่าเชื้อโรคคลอรีนอิสระคงเหลือและค่าของแข็งแขวนลอย

4.เกณฑ์มาตรฐานแบคทีเรียดื้อยาต้านจุลชีพในน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล

3.2.2 ขอบเขตด้านระยะเวลา

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ใชระยะเวลาศึกษาเดือนเดือนพฤษภาคม 2565 ถึงเดือนสิงหาคม 2565

3.3 วิธีดำเนินการศึกษา

1.แบบสำรวจการจัดการน้ำเสียของโรงพยาบาล เพื่อเฝ้าระวังการดื้อยาต้านจุลชีพ ตามแผนยุทธศาสตร์การจัดการการดื้อยาต้านจุลชีพประเทศไทย

2.ประสานงาน ดำเนินการประสานงานไปยังโรงพยาบาลประเภทต่าง ๆ ได้แก่ โรงพยาบาลชุมชน โรงพยาบาลทั่วไป โรงพยาบาลศูนย์และโรงพยาบาลนอกสังกัดปลัดกระทรวงสาธารณสุข ที่ตั้งอยู่ลุ่มน้ำ คือลุ่มน้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำแม่กลอง จำนวน 36 แห่ง

3. เก็บข้อมูลตามแบบสำรวจและเก็บตัวอย่างน้ำเสียเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย น้ำทิ้งจากการบำบัดและกากตะกอน ส่งวิเคราะห์ที่สถาบันวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ทำการตรวจวิเคราะห์เชื้อดื้อยา 3 ชนิด (Escherichia coli, Salmonella spp. และ Enterococcus spp.)และกองห้องปฏิบัติการสาธารณสุข กรมอนามัย ตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง SS ,Total Coliform และ Fecal Coliform)

4. ประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล ดำเนินการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

5. จัดทำรายงานวิจัย ดำเนินการจัดทำรายงานวิจัยประกอบด้วยบทนำ วัตถุประสงค์ วิธีการศึกษา ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ผลการศึกษา สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5. จัดส่งรายงานวิจัยและคำแนะนำทางวิชาการไปยังโรงพยาบาลที่ตั้งอยู่ลุ่มน้ำ คือลุ่มน้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำแม่กลอง จำนวน 36 แห่ง เพื่อทำการพัฒนาปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียรวมทั้งประสานศูนย์อนามัยทั้ง ๑๒ เขตในการติดตามการปรับปรุงโรงพยาบาลที่พบเชื้อดื้อยาในน้ำทิ้งและกากตะกอน

3.4ประชากรและตัวอย่างที่ศึกษา

3.4.1 ประชากร

โรงพยาบาลที่ตั้งอยู่ลุ่มน้ำ คือลุ่มน้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำแม่กลอง

3.4.2 กลุ่มตัวอย่าง

โดยดำเนินการสุ่มตัวอย่างโรงพยาบาลแบบเจาะจง (purposive sampling) ในโรงพยาบาลประเภทต่าง ๆ ได้แก่ โรงพยาบาลชุมชน โรงพยาบาลทั่วไป โรงพยาบาลศูนย์และโรงพยาบาลนอกสังกัดปลัดกระทรวงสาธารณสุข ที่ตั้งอยู่ลุ่มน้ำ คือลุ่มน้ำเจ้าพระยาและลุ่มน้ำแม่กลอง จำนวน 36 โรงพยาบาล โดยสำรวจจำนวนโรงพยาบาล ทั้งหมด จำนวน 39 แห่ง แบ่งเป็น

โรงพยาบาลที่ตั้งอยู่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา จำนวน 21 แห่ง

โรงพยาบาลที่ตั้งอยู่ลุ่มน้ำแม่กลอง จำนวน 18 แห่ง

การคำนวณขนาดตัวอย่าง โดยใช้สูตรของ Taro Yamane $n = N \div (1 + Ne^2)$

โดยที่ n คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง (ที่อยากรู้), N คือ จำนวนประชากรทั้งหมด,

และ e คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

แทนค่า $n = 39 \div (1 + 39(0.05)^2) = 35.54$ หรือ 36 แห่ง

3.5 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

3.5.1 แบบสำรวจการจัดการน้ำเสียของโรงพยาบาล เพื่อเฝ้าระวังการดื้อยาต้านจุลชีพ ตามแผนยุทธศาสตร์การจัดการการดื้อยาต้านจุลชีพประเทศไทย ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ตรวจสอบความตรงของเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน และปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้เกิดความเหมาะสมและชัดเจน แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป จำนวน 3 ข้อ ประกอบด้วย ชื่อโรงพยาบาล ประเภทโรงพยาบาล จำนวนเตียง

ส่วนที่ 2 ระบบบำบัดน้ำเสีย ประกอบด้วย ประเภทระบบบำบัดน้ำเสีย ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น ความสามารถของระบบบำบัดในการรองรับปริมาณน้ำเสีย สถานภาพของระบบบัดน้ำเสียในปัจจุบัน ระบบฆ่าเชื้อโรค การปล่อยน้ำทิ้งหลังผ่านการบำบัด ระบบการจัดการกากตะกอน การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง

ส่วนที่ 3 การเก็บตัวอย่างและคุณภาพน้ำเสียเบื้องต้นวิเคราะห์ข้อมูลผลจากแหล่งปฐมภูมิ ที่ได้จากข้อมูลการเก็บในภาคสนาม โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย กากตะกอน และการใช้แบบสำรวจระบบบำบัดเสีย และการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3.5.2 การเก็บตัวอย่างน้ำเสียเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดและกากตะกอนเพื่อตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของ สถาบันวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ และน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดส่งห้องปฏิบัติการ กองห้องปฏิบัติการสาธารณสุข กรมอนามัย

1. วิธีการเก็บตัวอย่าง ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ

การเก็บแบบจวง (Grab sample) คือการเก็บตัวอยางแบบจวงเก็บและแยกกันวิเคราะหแตละตัวอยาง โดยปกติการเก็บตัวอยางน้ำเสียในโรงพยาบาลจะใชวิธีนี้ ตัวอยางน้ำเสียที่เก็บจะมีคุณสมบัติแตกตางกันตามเวลาที่เก็บจึงทำใหตองพิจารณาถึงความถี่ในการเก็บที่จะทำใหได่ขอมูลที่ถูกต่อง

2.อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างน้ำเสียเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย น้ำทิ้งจากการบำบัดและกากตะกอน ใช้ภาชนะที่ทำจากพลาสติกคุณภาพดี ความจุพอเพียงกับปริมาณตัวอย่างที่ตรวจวิเคราะห์ ภาชนะบรรจุตัวอย่างมีดังนี้

-ภาชนะบรรจุตัวอย่างสำหรับการทดสอบเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในสิ่งแวดล้อม 3 ชนิด(Escherichia coli, Salmonella spp. และ Enterococcus spp.) ได้แก่ขวดเก็บตัวอย่างขนาด 250 มิลลิลิตร และถุงใส่ตะกอนซิปล๊อค

-ภาชนะบรรจุตัวอย่างสำหรับการทดสอบแบคทีเรีย (Total Coliform และ Fecal Coliforn)

-ภาชนะบรรจุตัวอย่างสำหรับการตรวจวิเคราะห์ทางเคมี-กายภาพ (ของแข็งแขวนลอย :SS (Suspended solids))

3. ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งเพื่อการตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

-เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งที่ระดับความลึกประมาณครึ่งหนึ่งของบ่อที่ต้องการสุ่มตัวอย่างนั้น

-เทตัวอย่างน้ำที่ได้จากการสุ่มเก็บ รวบรวมในถังรวมก่อนนำไปแยกบรรจุภาชนะอื่น ๆ เพื่อตรวจวิเคราะห์และทดสอบต่อไป ทั้งนี้ควรบรรจุตัวอย่างน้ำลงในขวดบรรจุตัวอย่างเพื่อทดสอบทางแบคทีเรียก่อนภาชนะอื่น ๆ

3.1ขั้นตอนและวิธีการบรรจุตัวอย่างน้ำเพื่อทดสอบทางแบคทีเรีย

1.ชุดบรรจุตัวอย่างน้ำเพื่อการทดสอบทางแบคทีเรีย ประกอบด้วย ขวดแก้วขนาดความจุ 125 มิลลิลิตร ภายในมีคราบของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตเข้มข้น 10 % ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร หุ้มจุกขวดด้วยกระดาษอะลูมิเนียม บรรจุในกระป๋องทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิม ชุดบรรจุตัวอย่างผ่านการอบฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 160-180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

2.ใช้แท่งแก้วสะอาดคนตัวอย่างน้ำทิ้งที่ได้สุ่มเก็บให้ผสมเข้ากัน วางชุดกระป๋องเหล็กกล้าไร้สนิม (ภายในบรรจุขวดแก้ว เพื่อบรรจุตัวอย่างน้ำบนฝ่ามือ)

3.คว่ำกระป๋องลงบนฝ่ามืออีกข้างหนึ่ง ดึงกระป๋องใบล่างออก จับก้นขวดแก้วบรรจุตัวอย่างให้ตั้งขึ้นแล้ววางไว้บนบริเวณที่สะอาด จากนั้นเช็ดมือให้สะอาดด้วยสำลีชุบแอลกอฮอล์ 70 % คลี่กระดาษอะลูมิเนียมที่หุ้มปากขวดออก (ห้ามดึงกระดาษอะลูมิเนียมออกจากฝาขวดและใช้มือจับบนกระดาษอะลูมิเนียมบนฝาขวด แล้วหมุนจุกขวดให้คลายออก ดึงจุกขวดพร้อมกระดาษอะลูมิเนียมออกจากตัวขวดแล้วถือไว้โดยระวังไม่ให้มือสัมผัสฝาขวดด้านใน เพื่อป้องกันการปนเปื้อน

4.รินตัวอย่างน้ำที่สุ่มเก็บมาแล้วลงในขวดแก้วประมาณ 100 มิลลิลิตร แล้วนำจุกขวดที่หุ้มทับด้วยกระดาษอะลูมิเนียมมาปิดขวดโดยมือต้องไม่สัมผัสกับจุกขวดโดยตรง จากนั้นหมุนเพื่อปิดจุดขวดให้แน่นซึ่งตัวอย่างน้ำต้องไม่ซึมออกนอกขวด รีดกระดาษอะลูมิเนียมให้แนบชิดคอขวด

5.แสดงขวดบรรจุตัวอย่างหลังการบรรจุตัวอย่างน้ำในสภาพเรียบร้อยก่อนเก็บใส่กระป๋องเหล็กกล้าไร้สนิม แล้ววางขวดบรรจุตัวอย่างน้ำลงในประป๋องเหล็กกล้าไร้สนิม โดยคว่ำขวดลงในฝากระป๋อง ตามปิดด้วยตัวกระป๋องแล้วจึงตั้งกระป๋องขึ้น แสดงชุดบรรจุตัวอย่างน้ำเพื่อทดสอบทางแบคทีเรียที่บรรจุตัวอย่างน้ำเป็นที่เรียบร้อยแล้วพันรอยต่อของกระป๋องด้วยกระดาษกาวย่น 2-3 รอบให้แน่นเพื่อไม่ให้น้ำซึมผ่านเข้าไปในกระป๋อง

6.บันทึกรายละเอียดขอตัวอย่างลงบนลากบันทึกรายละเอียดของตัวอย่างน้ำและติดฉลากซึ่งบันทึกรายละเอียดของการสุ่มเก็บไว้ที่กระป๋องตัวอย่างให้เรียบร้อย นำกระป๋องตัวอย่างพร้อมฉลากบรรจุลงในถุงพลาสติกมัดปากถุงพลาสติกให้แน่นเพื่อกันน้ำเข้าถุง จากนั้นนำกระป๋องบรรจุตัวอย่างน้ำ เก็บรักษาในภาชนะควบคุมอุณหภูมิประมาณ 4-10 องศาเซลเซียส หรือภาชนะที่มีน้ำแข็งบรรจุอยู่ภายในแล้วนำส่งห้องปฏิบัติการทันที

2.ขั้นตอนและวิธีการบรรจุตัวอย่างน้ำเพื่อตรวจวิเคราะห์ทางเคมี-กายภาพ

1.ภาชนะบรรจุตัวอย่างน้ำ เป็นพลาสติกขนาดความจุ 4-5 ลิตรปราศจากการปนเปื้อนใดๆ จากนั้นคนตัวอย่างน้ำทิ้งที่ได้สุ่มเก็บให้ผสมเข้ากัน แล้วรินตัวอย่างน้ำลงในภาชนะบรรจุประมาณ 1/4 ของภาชนะบรรจุและเขย่าภาชนะตัวอย่างน้ำขึ้น-ลง ประมาณ 20 ครั้ง เพื่อชะสิ่งปนเปื้อนที่อาจตกค้างอยู่ในภาชนะแล้วเทตัวอย่างน้ำในภาชนะบรรจุทิ้งไปทำซ้ำ 2 ครั้ง

2.รินตัวอย่างน้ำที่สุ่มเก็บมาแล้วลงในภาชนะบรรจุให้ได้ตัวอย่างน้ำประมาณ 80 % ของภาชนะบรรจุ ปิดฝาให้สนิท บันทึกรายละเอียดของตัวอย่างลงบนฉลากบันทึกแล้วติดฉลากไว้กับภาชนะบรรจุตัวอย่างให้เรียบร้อย นำภาชนะบรรจุตัวอย่างน้ำ เก็บรักษาในภาชนะควบคุมอุณภูมิประมาณ 4-10 องศาเซลเซียส หรือภาชนะที่มีน้ำแข็งบรรจุอยู่ภายในแล้วนำส่งห้องปฏิบัติการทันที

3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

1.ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลแบบสำรวจ และการเก็บตัวอย่างน้ำเสียเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแลกากตะกอนเพื่อตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของ สถาบันวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ และน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดส่งห้องปฏิบัติการ กองห้องปฏิบัติการสาธารณสุข กรมอนามัย

2. ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้ตรวจสอบความสมบูรณ์เรียบร้อยแล้ว มาดำเนินการลงข้อมูล และดำเนินการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ประมวลด้วย สถิติดังนี้

-สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic) ร้อยละ การแจกแจงความถี่และเปอร์ณซ์นไทล์ เพื่ออธิบายให้เห็นลักษณะประชากรและอธิบายผลการสำรวจ

-สถิติเชิอนุมาน (Inferential statistics) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการพบเชื้อดื้อยากับค่าของแข็งแขวนลอย ระยะเวลาสัมผัสคลอรีนกับค่าคลอรีนอิสระคงเหลือ ด้วยสถิติสหสัมพันธ์ (correlation) ค่า r โดยความหมายของค่า r

1.ค่า r เป็น + แสดงว่า x กับ y มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน

2.ค่า r เป็น - แสดงว่า x กับ y มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม

3.ค่า r เป็น 0 แสดงว่า x กับ y ไม่มีความสัมพันธ์กันเลย

4.ค่า |r| มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่า x กับ y มีความสัมพันธ์กันมาก

5.ค่า |r| มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่า x กับ y มีความสัมพันธ์กันน้อย

บทที่ 4
ผลการศึกษา

4.1การวิเคราะห์เชื้อดื้อยาจากห้องปฏิบัติการและประสิทธิภาพการกำจัดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล

ดำเนินการเก็บตัวอย่างเพื่อเป็นการเฝ้าระวังเชื้อยาที่ปล่อยทิ้งออกสู่สิ่งแวดล้อมพบว่ามีโรงพยาบาลที่ส่งตัวอย่างทั้งหมด จำนวน 36 แห่ง ทำการตรวจวิเคราะห์เชื้อดื้อยา Escherichia coli, Salmonella spp. และ Enterococcus spp. พบว่า เชื้อดื้อยาที่พบมากที่สุดคือ Escherichia coli มีโรงพยาบาลที่ตรวจพบเชื้อดื้อยาในระบบบำบัดน้ำเสีย คือในน้ำเข้า (Influent) น้ำทิ้ง (Effluent) หรือในกากตะกอนอย่างใดอย่างหนึ่งจำนวน 34 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 94.44 สามารถจำแนกการตรวจพบเฉพาะส่วนต่างๆคือ ในน้ำเข้า (Influent) จำนวน 28 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 77.78 ในน้ำทิ้ง (Effluent) จำนวน 17 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 47.22 และในกากตะกอน จำนวน 15 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 41.67 ในน้ำเข้าอย่างเดียว จำนวน 8 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 22.22 น้ำทิ้งอย่างเดียว จำนวน 3 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 8.33 กากตะกอนอย่างเดียว จำนวน 1 แห่งคิดเป็นร้อยละ 2.78 นอกจากนี้ยังพบว่าโรงพยาบาลที่พบเชื้อดื้อยาทั้งในน้ำเข้า น้ำทิ้ง และกากตะกอนมีจำนวน 4 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 11.11 พบเชื้อดื้อยาในน้ำเข้าและน้ำทิ้ง จำนวน 8 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 22.22 พบเชื้อดื้อยาในน้ำเข้าและกากตะกอน จำนวน 8 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 22.22 พบเชื้อดื้อยาทั้งในน้ำทิ้งและกากตะกอน จำนวน 2 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 5.56 และประสิทธิภาพการกำจัดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล พบในน้ำเข้าระบบบำบัดเสียแต่ไม่พบในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจำนวน 15 โรงพยาบาล คิดเป็นร้อยละ 60

ตารางที่ 4-1 แสดงจำนวนโรงพยาบาลและผลการตรวจพบแบคทีเรียดื้อยาในน้ำตัวอย่างน้ำเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดและกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย

ตัวอย่างจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ตรวจ	จำนวนโรงพยาบาลทั้งหมด	จำนวนโรงพยาบาลที่พบแบคทีเรียดื้อยา	ร้อยละโรงพยาบาลที่พบแบคทีเรียดื้อยา
น้ำเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย	36	8	22.22
น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัด	36	3	8.33

กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย	36	1	2.78
น้ำเข้าระบบบำบัดน้ำเสียและน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัด	36	8	22.22
น้ำเข้าระบบบำบัดน้ำเสียและกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย	36	8	22.22
น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดและกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย	36	2	5.56
น้ำเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย,น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดและกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย	36	4	11.11

ตารางที่ 4-2 แบคทีเรียเชื้อดื้อยาที่ตรวจพบในน้ำเสีย น้ำทิ้งที่และกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย

ประเภทน้ำเสีย	**แบคทีเรียดื้อยา (N=26)**					
	Escherichia coli		**Enterococcus spp. (VRE)**		**Salmonella spp.**	
	จำนวนโรงพยาบาล	**ร้อยละ**	**จำนวนโรงพยาบาล**	**ร้อยละ**	**จำนวนโรงพยาบาล**	**ร้อยละ**
น้ำเข้า	28	77.78	1	2.78	ND	-
น้ำทิ้ง	12	33.33	2	5.56	ND	-
กากตะกอน	15	41.67	2	5.56	ND	-
รวม	55		5		ND	

ND = Not Detect ไม่พบเชื้อ

4.2 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล

จากการเก็บข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสียจำนวน 25 โรงพยาบาล จากทั้งหมด 36 โรงพยาบาล พบว่า **ประเภทโรงพยาบาล** เป็นโรงพยาบาลชุมชนจำนวน 11แห่ง คิดเป็นร้อยละ 44.00 โรงพยาบาลทั่วไป จำนวน 8 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 32.00 โรงพยาบาลศูนย์ จำนวน 4 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 16.00 โรงพยาบาลสังกัดกรมการแพทย์ จำนวน 1 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 4.00 โรงพยาบาลสังกัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 1 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 4.00 **ประเภทระบบบำบัดน้ำเสีย** พบว่าเป็นแบบตะกอนเร่ง (Activated sludge: AS) จำนวน 14 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 56.00 ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch: OD) จำนวน 8 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 32.00 ระบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond:SP) จำนวน 1 แห่งคิดเป็นร้อยละ 4.00 ระบบเอสบีอาร์ (SBR) จำนวน 2 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 8.00 **ความสามารถของระบบในการรองรับปริมาณน้ำเสีย** พบว่า เพียงพอจำนวน 13 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 52.00 ไม่เพียงพอจำนวน 12 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 48.00 **สถานภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย ในปัจจุบัน** พบว่า ใช้งานได้ ตามปกติจำนวน 24 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 96.00 ใช้งานได้บางส่วน จำนวน 1 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 4.00 **ระบบการฆ่าเชื้อโรค** พบว่า ขนาดของบ่อกับระยะเวลาสัมผัสคลอรีนไม่ถึง30 นาที จำนวน 6 แห่งคิดเป็นร้อยละ 24 **การปล่อยน้ำทิ้งหลังบำบัด** พบว่า ปล่อยสู่ท่อระบายน้ำเสียสาธารณะ จำนวน 15 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 60.00 ปล่อยสู่แม่น้ำ/ลำคลอง จำนวน 6 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 24.00 ไม่ปล่อยออกสู่นอกโรงพยาบาล จำนวน 4 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 16.00 **ระบบการจัดการกากตะกอน** พบว่า ไม่มีระบบการจัดการจำนวน 3 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 12.00 มีระบบการจัดการกากตะกอนและใช้งานได้ตามปกติจำนวน 22 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 88.00 มีการนำกากตะกอนไปใช้ประโยชน์ จำนวน 11 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 44.00 นำไปกำจัดเป็นขยะติดเชื้อจำนวน 1 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 4.00 ไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์ จำนวน 9 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 36.00 **การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง** พบว่าส่วนใหญ่มีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง จำนวน 23 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 92.00

ตารางที่ 4-3 แสดงข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสีย

ข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสีย	จำนวน (แห่ง)	ร้อยละ
ประเภทโรงพยาบาล		
โรงพยาบาลชุมชน	**11**	**44.00**
โรงพยาบาลทั่วไป	**8**	**32.00**
โรงพยาบาลศูนย์	4	**16.00**

โรงพยาบาลสังกัดกรมการแพทย์	1	**4.00**
โรงพยาบาลสังกัด กรุงเทพมหานคร	1	**4.00**
ประเภทระบบบำบัดน้ำเสีย		
แบบตะกอนเร่ง (Activated sludge: AS)	14	56.00
ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch: OD)	8	32.00
ระบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond:SP)	1	4.00
ระบบเอสบีอาร์ (SBR)	2	8.00
ความสามารถของระบบในการรองรับปริมาณน้ำเสีย		
เพียงพอ	13	52.00
ไม่เพียงพอ	12	48.00
สถานภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในปัจจุบัน		
ใช้งานได้ตามปกติ	24	96.00
ใช้งานได้บางส่วน	1	4.00
ระบบการฆ่าเชื้อโรค		
ขนาดของบ่อกับระยะเวลาสัมผัสคลอรีนไม่ถึง 30 นาที	6	24.00
การปล่อยน้ำทิ้งหลังบำบัด		
ปล่อยสู่ท่อระบายน้ำเสียสาธารณะ	15	60.00
ปล่อยสู่แม่น้ำ/ลำคลอง	6	24.00
ไม่ปล่อยออกสู่นอกโรงพยาบาล	4	16.00

ข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสีย	จำนวน (แห่ง)	ร้อยละ
ระบบการจัดการกากตะกอน		
ไม่มีระบบการจัดการ	3	**12.00**
มีระบบการจัดการกากตะกอนและใช้งานได้ตามปกติ	**22**	**88.00**
มีการนำกากตะกอนไปใช้ประโยชน์	11	**44.00**
นำไปกำจัดเป็นขยะติดเชื้อ	1	**4.00**
ไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์	9	**36.00**
การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง		
พบว่ามีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง	**23**	**92.00**

4.3 การวิเคราะห์หาปัจจัยความสัมพันธ์ระหว่างการพบเชื้อดื้อยากับระยะเวลาการสัมผัสคลอรีนของระบบการฆ่าเชื้อโรคคลอรีนอิสระคงเหลือและค่าของแข็งแขวนลอย

ตารางที่4-4 แสดงค่าการพบเชื้อดื้อยากับระยะเวลาการสัมผัสคลอรีนของระบบการฆ่าเชื้อโรคคลอรีนอิสระคงเหลือและค่าของแข็งแขวนลอย

โรงพยาบาล	ระยะเวลาการสัมผัสคลอรีน (Contact time)นาที	คลอรีนอิสระคงเหลือ (Residual Chlorine) มก./ลิตร	ค่าของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids : SS) มก./ลิตร	ร้อยละการพบเชื้อดื้อยา
1	94.25	1.48	14	22.22
2	216	0.14	5	22.22
3	30.24	1.7	3	22.22
4	119.2	0.17	12	16.67
5	96.77	0.19	2	22.22
6	540	0.23	2	16.67
7	921.6	5.7	3	22.22

8	16.2	3	<1	11.11
9	28.28	0.94	10	22.22
10	51.43	0.27	29	22.22
11	341.72	0.6	13	22.22
12	612	0.5	11	11.11
13	22.2	0.2	19	22.22
14	61.55	0.3	22	22.22
15	90.00	0.2	16	44.44
16	84.69	0.5	2	11.11
17	27.09	1.7	-	22.22
18	865.38	0	-	22.22
19	39.72	0.1	2	33.33
20	4.372	0.12	-	0
21	40.351	0.8	17	22.22
22	18.90	0.66	45	44.44
23	120.95	1.4	13	11.11
24	103.68	2.1	88	16.67
25	31.49	0.3	50	55.56

ตารางที่ 4-5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการพบเชื้อดื้อยากับระยะเวลาการสัมผัสคลอรีนของระบบการฆ่าเชื้อโรคคลอรีนอิสระคงเหลือและค่าของแข้งแขวนลอย

	ร้อยละการพบเชื้อดื้อยา	
	r	**p-value**
ระยะเวลาการสัมผัสคลอรีน	-0.144	0.493
คลอรีนอิสระคงเหลือ	-0.147	0.485
ค่าของแข็งแขวนลอย	0.313	0.167

เมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างการการพบเชื้อดื้อยากับค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้ง พบว่าค่า r เท่ากับ 0.313 นั่นคือการพบเชื้อดื้อยากับค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน นั่นคือ เมื่อค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งมีค่ามากขึ้นการพบเชื้อดื้อยาก็มากขึ้น อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

เมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างการการพบเชื้อดื้อยากับระยะเวลาการสัมผัสคลอรีนของระบบการฆ่าเชื้อโรค พบว่าค่า r เท่ากับ -0.144 นั่นคือการพบเชื้อดื้อยากับระยะเวลาการสัมผัสคลอรีนของระบบการฆ่าเชื้อโรคมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงกันข้ามกัน นั่นคือ เมื่อระยะเวลาสัมผัสคลอรีนนานขึ้นการพบเชื้อดื้อยาก็น้อยลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

เมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างการการพบเชื้อดื้อยากับค่าคลอรีนอิสระคงเหลือของระบบการฆ่าเชื้อโรค พบว่าค่า r เท่ากับ - 0.147 นั่นคือการพบเชื้อดื้อยากับค่าคลอรีนอิสระคงเหลือของระบบการฆ่าเชื้อโรคมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงกันข้ามกัน เมื่อค่าคลอรีนอิสระคงเหลือเพิ่มขึ้นการพบเชื้อดื้อยาก็น้อยลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

4.4 เกณฑ์มาตรฐานแบคทีเรียดื้อยาต้านจุลชีพในน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล

ในการแบ่งระดับเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลแต่ละมิติด้วยเปอร์เซ็นไทล์ แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ตามหลักการ แบ่งเกณฑ์ที่น่าเชื่อถือ คือ ใช้เปอร์เซ็นไทล์ 25 , เปอร์เซ็นไทล์ 50 และเปอร์เซ็นไทล์ 75 เป็นเกณฑ์ในการแบ่งริมาณเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพ สามารถแบ่งช่วงได้ ดังนี้

1.น้ำเสียเข้าระบบบำบัดนำเสีย

1. เปอร์เซ็นไทล์ 75.00 ขึ้นไป หมายถึง เชื้อดื้อยาต้านจุลชีพ 1,500,00 CFU/100ml ขึ้นไป
2. เปอร์เซ็นไทล์ 50.00 - เปอร์เซ็นไทล์ 74.99 หมายถึง เชื้อดื้อยาต้านจุลชีพ 300,000 -1,499,999 CFU/100ml
3. เปอร์เซ็นไทล์ 25.00 - เปอร์เซ็นไทล์ลงไป หมายถึง เชื้อดื้อยาต้านจุลชีพ 0-299,999 CFU/100ml

2.น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย

1. เปอร์เซ็นไทล์ 75.00 ขึ้นไป หมายถึง เชื้อดื้อยาต้านจุลชีพ 5,000 CFU/100ml ขึ้นไป
2. เปอร์เซ็นไทล์ 50.00 - เปอร์เซ็นไทล์ 74.99 หมายถึง เชื้อดื้อยาต้านจุลชีพ 100 -4,999 CFU/100ml
3. เปอร์เซ็นไทล์ 25.00 - เปอร์เซ็นไทล์ลงไป หมายถึง เชื้อดื้อยาต้านจุลชีพ 0-99 CFU/100ml

3.กากตะกอน

1. เปอร์เซ็นไทล์ 75.00 ขึ้นไป หมายถึง เชื้อดื้อยาต้านจุลชีพ 4,000 CFU/100ml ขึ้นไป
2. เปอร์เซ็นไทล์ 50.00 - เปอร์เซ็นไทล์ 74.99 หมายถึง เชื้อดื้อยาต้านจุลชีพ 10-3,999 CFU/100ml

3. เปอร์เซ็นไทล์ 25.00 - เปอร์เซ็นไทล์ลงไป หมายถึง เชื้อดื้อยาต้านจุลชีพ 0-9 CFU/100ml

ตารางที่ 4-6 แสดงการแปลความหมายของระดับเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล

ตัวอย่าง	**เปอร์เซ็นไทล์ 25 (P_{25})**			**เปอร์เซ็นไทล์ 50(P_{50})**			**เปอร์เซ็นไทล์ 75(P_{75})**		
	E coli	**Salmonella**	**VRE**	**E coli**	**Salmonella**	**VRE**	**E coli**	**Salmonella**	**VRE**
น้ำเข้าระบบ	11 (44)	25 (100)	25 (100)	4 (16)	0	0	7 (28)	0	0
น้ำทิ้ง	15 (60)	24 (96)	24 (96)	4 (16)	0	0	6 (24)	0	1 (4)
กากตะกอน	13 (52)	25 (100)	25 (100)	6 (24)	0	0	6 (24)	0	0
รวม	**39**			**14**			**19**		**1**

จากตารางเกณฑ์มาตรฐานแบคทีเรียดื้อยาต้านจุลชีพในน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลในน้ำทิ้ง คือ เปอร์เซ็นไทล์ 25(P_{25}) คือเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพอยู่ในช่วง 0-99 CFU/100ml และในกากตะกอนคือเปอร์เซ็นไทล์ 25(P_{25}) คือเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพอยู่ในช่วง 0-9 CFU/100ml

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1สรุปผลการศึกษา

1.จากการศึกษาสถานการณ์เชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล พบว่าพบว่า เชื้อดื้อยาที่พบมากที่สุดคือ Escherichia coli มีโรงพยาบาลที่ตรวจพบเชื้อดื้อยาในระบบบำบัดน้ำเสีย คือในน้ำเข้า (Influent) น้ำทิ้ง (Effluent) หรือในกากตะกอนอย่างใดอย่างหนึ่งจำนวน 34 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 94.44 พบในน้ำเข้า (Influent)มากที่สุด จำนวน 28 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 77.78 รองลงมาในน้ำทิ้ง (Effluent) จำนวน 17 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 47.22 และในกากตะกอน จำนวน 15 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 41.67 พบเชื้อดื้อยาในน้ำเข้าและน้ำทิ้ง จำนวน 8 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 22.22

จากการเก็บข้อมูลระบบบำบัดน้ำเสียจำนวน 25 โรงพยาบาล จากทั้งหมด 36 โรงพยาบาล พบว่าประเภทโรงพยาบาล เป็นโรงพยาบาลชุมชนมากที่สุดจำนวน 11แห่ง คิดเป็นร้อยละ 44.00,ประเภทระบบบำบัดน้ำเสีย พบว่าเป็นแบบตะกอนเร่ง (Activated sludge: AS)มากที่สุด จำนวน 14 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 56.00 ความสามารถของระบบในการรองรับปริมาณน้ำเสีย พบว่า เพียงพอจำนวน 13 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 52.00 ไม่เพียงพอจำนวน 12 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 48.00 สถานภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย ในปัจจุบัน พบว่า ใช้งานได้ตามปกติจำนวน 24 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 96.00ระบบการฆ่าเชื้อโรค พบว่า ขนาดของบ่อกับระยะเวลาสัมผัสคลอรีนไม่ถึง30 นาที จำนวน 6 แห่งคิดเป็นร้อยละ 24 การปล่อยน้ำทิ้งหลังบำบัด พบว่า ปล่อยสู่ท่อระบายน้ำเสียสาธารณะ จำนวน 15 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 60.00 ปล่อยสู่แม่น้ำ/ลำคลอง จำนวน 6 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 24.00 ไม่ปล่อยออกสู่นอกโรงพยาบาลจำนวน 4 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 16.00 ระบบการจัดการกากตะกอน พบว่าไม่มีระบบการจัดการจำนวน 3 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 12.00 มีระบบการจัดการกากตะกอนและใช้งานได้ตามปกติจำนวน 22 แห่งคิดเป็นร้อยละ 88.00 มีการนำกากตะกอนไปใช้ประโยชน์ จำนวน 11 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 44.00 นำไปกำจัดเป็นขยะติดเชื้อจำนวน 1 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 4.00 ไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์ จำนวน 9 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 36.00 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง พบว่าส่วนใหญ่มีการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้งจำนวน 23 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 92.00

2.เมื่อประเมินประสิทธิภาพการกำจัดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล พบในน้ำเข้าระบบบำบัดเสียแต่ไม่พบในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจำนวน 15 โรงพยาบาล คิดเป็นร้อยละ 60

3. เมื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล พบว่า เมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างการการพบเชื้อดื้อยากับค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้ง พบว่าค่า r เท่ากับ 0.313 นั่นคือการพบเชื้อดื้อยากับค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน นั่นคือ เมื่อค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งมีค่ามากขึ้นการพบเชื้อดื้อยาก็มากขึ้น อย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

เมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างการการพบเชื้อดื้อยากับระยะเวลาการสัมผัสคลอรีนของระบบการฆ่าเชื้อโรค พบว่าค่า r เท่ากับ -0.144 นั่นคือการพบเชื้อดื้อยากับระยะเวลาการสัมผัสคลอรีนของระบบการฆ่าเชื้อโรคมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงกันข้ามกัน นั่นคือ เมื่อระยะเวลาสัมผัสคลอรีนนานขึ้นการพบเชื้อดื้อยาก็น้อยลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

เมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างการการพบเชื้อดื้อยากับค่าคลอรีนอิสระคงเหลือของระบบการฆ่าเชื้อโรค พบว่าค่า r เท่ากับ - 0.147 นั่นคือการพบเชื้อดื้อยากับค่าคลอรีนอิสระคงเหลือของระบบการฆ่าเชื้อโรคมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงกันข้ามกัน เมื่อค่าคลอรีนอิสระคงเหลือเพิ่มขึ้นการพบเชื้อดื้อยาก็น้อยลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

4.เกณฑ์มาตรฐานแบคทีเรียดื้อยาต้านจุลชีพในน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล พบว่าเกณฑ์มาตรฐานแบคทีเรียดื้อยาต้านจุลชีพในน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลในน้ำทิ้ง คือเปอร์เซ็นไทล์ 25(P_{25}) คือเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพอยู่ในช่วง 0-99 CFU/100ml และในกากตะกอนคือเปอร์เซ็นไทล์ 25(P_{25}) คือเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพอยู่ในช่วง 0-9 CFU/100ml

5.2 อภิปรายผลการศึกษา

1.การศึกษานี้ดำเนินการตรวจวิเคราะห์เชื้อดื้อยา Escherichia coli, Salmonella spp. และ Enterococcus spp. เนื่องจากเป็นแบคทีเรียดื้อยาที่พบในสิ่งแวดล้อมรวมทั้งองค์การอนามัยโลก(WHO) ระบุแบคทีเรียมี 12 สายพันธุ์และโปรไฟล์เชื้อดื้อยาต้านจุลชีพ (AMR)ที่มาพร้อมกันซึ่งเป็นภัยคุกคามต่อสุขภาพของมนุษย์มากที่สุดซึ่ง มีทั้ง Escherichia coli, Salmonella spp. และ Enterococcus spp[10-11-12]ผลการวิเคราะห์เชื้อดื้อยาพบว่าโรงพยาบาลทั้ง 36 แห่ง ส่วนใหญ่พบเชื้อดื้อยาและเป็นเชื้อ Escherichia coli พบเชื้อดื้อยาในน้ำเข้าและน้ำทิ้ง จำนวน 8 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 22.22 แสดงให้เห็นประสิทธิภาพของระบบในการกำจัดเชื้อดื้อยาว่ายังไม่มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคและประสิทธิภาพการกำจัดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล พบในน้ำเข้าระบบบำบัดเสียแต่ไม่พบในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจำนวน 15 โรงพยาบาล คิดเป็นร้อยละ 60

2.เมื่อพิจารณาระบบบำบัดน้ำเสียและระบบการฆ่าเชื้อโรคของโรงพยาบาล พบว่า ยังมีประสิทธิภาพต่ำ คือ มีระยะเวลาสัมผัสคลอรีนน้อยกว่า 30 นาที จำนวน 6 โรงพยาบาล คิดเป็น ร้อยละ 24.00 โรงพยาบาลจึงควรปรับปรุงระบบการฆ่าเชื้อโรคโดยให้มีระยะเวลาสัมผัสคลอรีนนาน 30 นาที นอกจากนี้ควรปรับปรุงกากตะกอนโดยการเติมปูนขาว เพื่อฆ่าเชื้อโรคก่อนนำไปใช้ประโยชน์ซึ่งประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียและการฆ่าเชื้อมีผลต่อการลดลงของเชื้อดื้อยา[9] ประเภทระบบบำบัดน้ำเสียส่วนใหญ่เป็นแบบตะกอนเร่ง จำนวน 14 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 56.00 มีความสามารถในการรองรับน้ำเสียเพียงพอ จำนวน 13 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 52.00 ระบบบำบัดน้ำเสียใช้งานได้ในปัจจุบัน จำนวน 24 แห่งร้อยละ 96.00 มีการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่ที่สาธารณะ จำนวน 15 แห่งคิดเป็นร้อยละ 60.00 มีระบบจัดการกากตะกอน จำนวน 22 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 88

3.ด้านจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเชื้อดื้อยากับปัจจัยต่างๆ พบว่า ปริมาณเชื้อดื้อยาจะมีค่ามากขึ้นเมื่อค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งมีค่ามากขึ้น นอกจากนี้เมื่อระยะเวลาสัมผัสคลอรีนนานขึ้นการพบเชื้อดื้อยาก็น้อยลงและเมื่อค่าคลอรีนอิสระคงเหลือเพิ่มขึ้นการพบเชื้อดื้อยาก็น้อยลงสอดคล้องกับการศึกษาของHassan Waseemและคณะ [9] พบว่า ค่าคลอรีนมีความสัมพันธ์กับเชื้อดื้อยา ส่วนการพิจารณาเกณฑ์มาตรฐานแบคทีเรียดื้อยาต้านจุลชีพในน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลในน้ำทิ้งโดยใช้เปอร์เซ็นไทล์ 25(P25) พบว่า เชื้อดื้อยาต้านจุลชีพมีค่าอยู่ในช่วง 0-99 CFU/100ml และในกากตะกอนมีค่าอยู่ในช่วง 0-9 CFU/100ml

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1ข้อเสนอแนะจากงานวิจัย

1.ควรให้ความรู้กับเจ้าหน้าที่และสร้างความเข้าใจกับผู้บริหารโรงพยาบาลในการจัดให้มีระบบฆ่าเชื้อโรคให้อยู่ในมาตรฐานโดยมีค่าคลอรีนอิสระคงเหลือในน้ำทิ้งอยู่ที่ 0.5-1 มิลลิกรัมต่อลิตรและมีระยะเวลาสัมผัสคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อไม่ต่ำกว่า30 นาที

2.จากผลการวิเคราะห์เชื้อดื้อยาและระบบบำบัดน้ำเสียยังขาดการจัดการน้ำทิ้งอย่างมีประสิทธิภาพเพราะอาจเป็นสาเหตุทำให้มีการปนเปื้อนเชื้อดื้อยาลงสู่แม่น้ำ ซึ่งอาจส่งผลกระทบกับสิ่งแวดล้อม/สิ่งมีชีวิตในน้ำ และคนใช้น้ำตามมา จึงเสนอแนะให้โรงพยาบาลที่ปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แม่น้ำ/ลำคลองเปลี่ยนระบบการปล่อยทิ้งลงสู่ท่อน้ำสาธารณะ

3. ควรนำเกณฑ์มาตรฐานแบคทีเรียดื้อยาต้านจุลชีพในน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลไปกำหนดเป็นมาตรฐานและกำหนดมาตรฐานคลอรีนอิสระคงเหลือในน้ำทิ้งเสนอต่อคณะกรรมการกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งต่อไป

4..กระทรวงสาธารณสุข ควรจะมีการเฝ้าระวังเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในคุณภาพน้ำทิ้งก่อนปล่อยลงสู่สาธารณะและกากตะกอนก่อนนำไปใช้ประโยชน์

5.ระบบบำบัดน้ำเสียในปัจจุบันไม่ได้มีการออกแบบให้สามารถกำจัดยาที่ตกค้างได้จากรายงานการวิจัยอุตสาหกรรมน้ำของสหราชอาณาจักร พบยาในน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสียเกือบ 160 แห่ง ที่มีความเข้มข้นสูงมากพอที่จะให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศได้ ยาที่ถูกปล่อยออกไปกับน้ำทิ้งส่วนใหญ่ตกค้างอยู่ในน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน นอกจากนี้ยังพบยาตกค้างอยู่ในกากตะกอน (sludge) ของระบบบำบัดน้ำเสียอีกด้วย ซึ่งกากตะกอนเหล่านี้มักมีการนำไปทำปุ๋ยและใช้ประโยชน์อื่นๆ ดังนั้นโรงพยาบาลทุกแห่งควรมีมาตรการการควบคุมการใช้ยาต้านจุลชีพที่ปลอดภัย ใช้ยาอย่างสมเหตุสมผลหรือใช้อย่างมีคุณภาพ ต้องให้การศึกษาแก่แพทย์และเภสัชกรเพื่อทบทวนการจ่ายยาให้แก่ผู้ป่วยอย่างเหมาะสม เพื่อที่จะลดการจ่ายยาปริมาณมากเกินไปให้แก่ผู้ป่วย ทั้งนี้หลักการใช้ยาอย่างสมเหตุสมผลขององค์การอนามัยโลกต้องรวมถึงเรื่องผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้ยาไว้ด้วย[7]

5.3.2 ข้อเสนอแนะการศึกษาครั้งต่อไป

1.ควรศึกษาการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพที่อยู่ในน้ำทิ้งที่ปล่อยลงสู่ที่สาธารณะว่ามีความเสี่ยงเป็นอย่างไรเพื่อใช้ประกอบการพิจารณาเกณฑ์มาตรฐานแบคทีเรียดื้อยาต้านจุลชีพในน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลในน้ำทิ้ง

2.ควรศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลเพิ่มเติมเพื่อดูนัยสำคัญของปัจจัยเนื่องจากการศึกษานำข้อมูลที่พบเชื้อดื้อยาทั้งในน้ำเข้าระบบ,น้ำทิ้งและกากตะกอนมาพิจารณาอาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้

3.ควรศึกษาการเฝ้าระวังเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลอย่างต่อเนื่องเพื่อดูแนวโน้มรวมถึงการจัดการระบบบำบัดน้ำเสียว่ามีประสิทธิภาพหรือไม่

อ้างอิง

1.สถานการณ์เชื้อดื้อยาปฏิชีวนะในประเทศไทย.ศูนย์เฝ้าระวังเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพแห่งชาติ (National Antimicrobial Resistant Surveillance Center).http://narst.dmsc.moph.go.th/news001.html เข้าถึงข้อมูลวันที่ 20 มีนาคม 2565

2.ภาณุมาศ ภูมาศและคณะ.ผลกระทบด้านสุขภาพและเศรษฐศาสตร์จากการติดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพในประเทศไทย : การศึกษาเบื้องต้น.สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข https://kb.hsri.or.th/dspace/handle/11228/3699?locale-attribute=th เข้าถึงข้อมูลวันที่ 20 มีนาคม 2565

3.กระทรวงสาธารณสุข.แผนยุทธศาสตร์การจัดการการดื้อยาต้านจุลชีพประเทศไทย พ.ศ. 2560-2564.พิมพ์ครั้งที่ 2 มีนาคม 2562

4.คณะทำงานประสานการขับเคลื่อนแผนยุทธศาสตร์การจัดการการดื้อยาต้านจุลชีพประเทศไทย พ.ศ. 2560-2564.ความก้าวหน้าระยะครึ่งแผนการขับเคลื่อนแผนยุทธศาสตร์การจัดการการดื้อยาต้านจุลชีพประเทศไทย พ.ศ. 2560-2564

5.วิไล เจียมไชยศรีและคณะ. การศึกษาการปนเปื้อนและการควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อดื้อยาปฏิชีวนะจากแหล่งกำเนิดน้ำเสียประเภทโรงพยาบาลและฟาร์มสุกร.สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข https://kb.hsri.or.th/dspace/handle/11228/5431?locale-attribute=th เข้าถึงข้อมูลวันที่ 20 มีนาคม 2565

6.พรรณนิกา ฤตวิรุฬห์.แบคทีเรียดื้อยา (Antimicrobial-resistant bacteria).สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร; 2563

7.ศูนย์วิชาการเฝ้าระวังและพัฒนาระบบยา (กพย.) คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.ยาวิพากษ์.จดหมายข่าวศูนย์ข้อมูลเฝ้าระวังระบบยา ปีที่ 9 ฉบับที่ 37 สิงหาคม-กันยายน 2561

8.คณะเภสัชศาสตร์.มหาวิทยาลัยมหิดล.บทความเผยแพร่ความรู้สู่ประชาชน.อันตรายจากยาตกค้างในสิ่งแวดล้อม.[อินเตอร์เนต].2560 [เข้าถึงเมื่อ 9 กุมภาพันธ์ 2565].เข้าถึงได้จาก https://pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/390/อันตรายจากยาตกค้างในสิ่งแวดล้อม

9.Hassan Waseem,, Maggie R. Williams,, Robert D. Stedtfeld and Syed A. Hashsham . Antimicrobial Resistance in the Environment.Water Environment Research,Volume 89,Number 89,921-941.[Internet].2017[cited 2021 Nov 8] Avilable from:

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2175/106143017X15023776270179.

10. Nour Fouz , Krisna N. A. Pangesti , Muhammad Yasir , Abdulrahman L. Al-Malki ,Esam I. Azhar Grant A. Hill-Cawthorne , and Moataz Abd El Ghany. The Contribution of Wastewater to the Transmission of Antimicrobial Resistance in the Environment: Implications of Mass Gathering Settings. Tropical Medicine and Infectious Disease,5,33;1- 25
11. World Health Organization. Report on Global Priority List of Antibiotic-Resistant Bacteria to Guide Research, Dicovery, and Development of New Antibiotics. [Internet]. 2018 [cited 2021 Nov 8]. Avilable from: https://www.who.int/medicines/publications/global-priority-list-antibiotic-resistant-bacteria/en/
12. Nahar, A.; Islam, M.A.; Sobur, M.A.; Hossain, M.J.; Binte, S.; Zaman, M.; Rahman, B.; Kabir, S.L.; Rahman, M.T.Detection of tetracycline resistant E. coli and Salmonella spp. in sewage, river, pond and swimming pool in Mymensingh, Bangladesh. Afr. J. Microbiol. Res. 2018
13. Visanu Thamlikitkul , Surapee Tiengrim , Narisara Thamthaweechok ,Preeyanuch Buranapakdee and Wilai Chiemchaisri . Contamination by Antibiotic-Resistant Bacteria in Selected Environments in Thailand. International Journal of Environmental Research and Public Health : 5 October 2019