

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติกในการฆ่าเชื้อ  
ในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลชุมชนแห่งหนึ่ง  
ในจังหวัดนนทบุรี

นางสาวสุพัชรา พิมพ์

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
วิชาเอกการจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

พ.ศ. 2564

**Comparison of of Efficacy of Chlorine and Peracetic Acid in Disinfection  
of Wastewater Treatment System Effluent at a Community Hospital  
in Nonthaburi Province.**

**Mrs.Supattra Pimpa**

An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for  
the Degree of Master of Science in Industrial Environment Management

School of Health Science

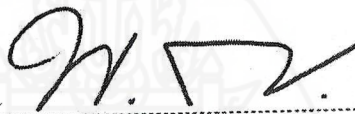
Sukhothai Thammathirat Open University

2021

หัวข้อการศึกษาค้นคว้าอิสระ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก  
ในการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล  
ชุมชนแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนนทบุรี  
ชื่อและนามสกุล นางสาวศุภัตรา พิมพ์  
วิชาเอก การจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม  
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช  
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรสวรรค์ ศรีสวัสดิ์

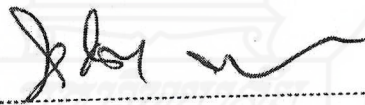
การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2565

คณะกรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าอิสระ



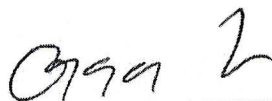
ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรสวรรค์ ศรีสวัสดิ์)



กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลธิดา บรรจงศิริ)



(รองศาสตราจารย์ ดร.อารยา ประเสริฐชัย)

ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ

**ชื่อการศึกษาค้นคว้าอิสระ** การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติกในการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลชุมชนแห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรี

**ผู้ศึกษา** นางสาวสุพัตรา พิมพา **รหัสนักศึกษา** 2605000054 **ปริญญา** วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม) **อาจารย์ที่ปรึกษา** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรสวรรค์ ศรีสวัสดิ์ **ปีการศึกษา** 2564

#### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาประสิทธิภาพของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติกในการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล และ (2) เปรียบเทียบความแตกต่างของประสิทธิภาพของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติกในการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล

การดำเนินการศึกษาในระบบบำบัดน้ำเสียจริงของโรงพยาบาล ได้แก่ (1) การเก็บตัวอย่าง ตัวอย่างน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจากบ่อดักตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสีย (2) ดำเนินการศึกษาประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งด้วยการเติมสารฆ่าเชื้อในขั้นตอนการฆ่าเชื้อของระบบบำบัดน้ำเสีย สารฆ่าเชื้อที่ใช้ในการศึกษาคือคลอรีนที่ระดับความเข้มข้น 33 มิลลิกรัมต่อลิตร เปรียบเทียบกับกรดเปอร์อะซิติกที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร (3) นำตัวอย่างน้ำเสียก่อนการฆ่าเชื้อและตัวอย่างน้ำทิ้งที่ผ่านระบบการฆ่าเชื้อแล้ว วิเคราะห์หาค่า สารแขวนลอย ความเป็นกรด-ด่าง บีโอดี โคลิฟอร์มแบคทีเรีย และฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียการวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติอนพารามेटริก โดยการเปรียบเทียบความแตกต่างใช้การทดสอบ แมนน์วิทนีย์ ยู

ผลการวิจัยพบว่า (1) การฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียและเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียได้ร้อยละ 40.63 และ 40.04 ตามลำดับ การฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติกมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียและเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียได้ร้อยละ 99.61 และ 99.96 ตามลำดับ และ (2) กรดเปอร์อะซิติกที่ระดับความเข้มข้นในน้ำเสียทิ้ง 5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียและเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียมากกว่าคลอรีนที่ระดับความเข้มข้นในน้ำทิ้ง 33 มิลลิกรัมต่อลิตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\text{-value} < 0.05$ )

**คำสำคัญ** ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อ ระบบบำบัดน้ำเสีย น้ำทิ้งจากโรงพยาบาล คลอรีน กรดเปอร์อะซิติก



**Independent Study title:** Comparison of Efficacy of Chlorine and Peracetic Acid in Disinfection of Wastewater Treatment System Effluent at a Community Hospital in Nonthaburi Province

**Author:** Miss Supattra Pimpa; ID: 2605000054;

**Degree:** Master of Science (Environmental Management);

**Independent Study advisor:** Ponsawas Srisawat, Assistant Professor;

**Academic year:** 2021

### Abstract

The objectives of this study were (1) to explore the efficacy of chlorine and peracetic acid in the disinfection of effluent and (2) to compare the efficacy of chlorine and peracetic acid in the disinfection of effluent, from the wastewater treatment system of a community hospital.

The study conducted in the hospital wastewater treatment system involved: (1) collection of samples of treated wastewater from a sedimentation pond of the wastewater treatment system; (2) determination of the efficacy of chlorine and peracetic acid in disinfecting the effluent samples, whose disinfectant concentrations in the effluent were 33 mg/L and 5 mg/L, respectively; and (3) determination of solid suspensions, pH, BOD, coliform bacteria and fecal coliform bacteria in the effluent samples (pre-disinfection and post-disinfection). Data analyses with non-parametric statistics and difference comparison using the Mann-Whitney U test were performed.

The results showed that: (1) chlorine was effective in killing coliform bacteria and fecal coliform bacteria in the effluent from the wastewater treatment system up to 40.63% and 40.04%, respectively, whereas peracetic acid was effective in killing 99.61% and 99.96% of both kinds of bacteria, respectively, in the effluent; and (2) peracetic acid (5 mg/L in effluent) was more significantly effective in killing coliform and fecal coliform bacteria than chlorine (33 mg/L in effluent) ( $P < 0.05$ ).

**Keywords:** Disinfection efficacy, Wastewater treatment system, Hospital effluent, Chlorine, Peracetic acid

## กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้โดยได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจาก โรงพยาบาลไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรสวัสดิ์ ศรีสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษา การศึกษาค้นคว้าอิสระหลัก อาจารย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลธิดา บรรจงศิริ กรรมการสอบ การศึกษาค้นคว้าอิสระที่กรุณาเสียสละเวลาให้คำแนะนำคำปรึกษา ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องด้วยความ เอาใจใส่ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของอาจารย์และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณบุคลากร และเจ้าหน้าที่ จากโรงพยาบาลไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ที่ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ สนับสนุน และคอยให้คำปรึกษาตลอดระยะเวลาการศึกษาในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่เป็นกำลังใจและสนับสนุน ให้การช่วยเหลือทำให้งานการศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คุณประโยชน์อันเกิด จากการศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้ขอน้อมบูชาแต่พระคุณบิดา มารดา และครูอาจารย์ที่คอยอบรมสั่ง สอน ให้คำแนะนำ สนับสนุน และให้กำลังใจอย่างดียิ่งแก่ผู้วิจัย หวังเป็นอย่างยิ่งว่าการศึกษานี้คง จะเป็นประโยชน์แก่ผู้นำไปศึกษาค้นคว้าเพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

สุพัตรา พิมพา

กุมภาพันธ์ 2565

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ .....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ .....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ .....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ในการศึกษา.....	3
กรอบแนวคิดการวิจัย.....	4
สมมติฐานการศึกษา.....	4
ขอบเขตการวิจัย .....	4
ข้อจำกัดในงานวิจัย .....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ .....	5
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง .....	6
ความหมายของน้ำเสีย แหล่งกำเนิด และปริมาณน้ำเสียจากโรงพยาบาล .....	6
ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย การบำบัดน้ำเสีย และมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงพยาบาล .....	8
การตรวจสอบคุณภาพน้ำ.....	16
กระบวนการฆ่าเชื้อในน้ำเสีย.....	18
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	26
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	30
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง .....	30
เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา.....	30
การเก็บรวบรวมข้อมูล .....	31
การวิเคราะห์ข้อมูล .....	33

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	34
ลักษณะน้ำทิ้งของโรงพยาบาล .....	34
การทดสอบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก .....	36
การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก .....	38
บทที่ 5 อภิปรายผล.....	41
สรุปผลการศึกษา .....	41
อภิปรายผล .....	42
ข้อเสนอแนะ .....	53
บรรณานุกรม.....	54
ภาคผนวก .....	57
ภาคผนวก ก หนังสือขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาเก็บข้อมูลเพื่อการศึกษาค้นคว้าอิสระ .....	58
ภาคผนวก ข เอกสารรับรองโครงการวิจัย.....	59
ภาคผนวก ค ข้อมูลการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนนทบุรี.....	60
ภาคผนวก ง ข้อมูลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก จากตัวอย่างน้ำทิ้งของโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนนทบุรี .....	63
ภาคผนวก จ ภาพถ่ายการเก็บตัวอย่าง.....	68
ประวัติผู้ศึกษา.....	72





## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด ลงวันที่ 7 พฤศจิกายน 2548 .....	12
ตารางที่ 2.2 คุณลักษณะของน้ำเสียก่อนการบำบัดและน้ำทิ้งหลังการบำบัดด้วยระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน .....	13
ตารางที่ 2.3 วิธีการตรวจสอบลักษณะน้ำทิ้ง .....	16
ตารางที่ 4.1 ลักษณะสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ของน้ำเสียจากโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนนทบุรี .....	34
ตารางที่ 4.2 ลักษณะสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ของน้ำทิ้งที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน และกรดเปอร์อะซิติก จากโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนนทบุรี .....	35
ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างการบำบัดกรดต่าง (pH) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีน และกรดเปอร์อะซิติก .....	36
ตารางที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างการบำบัดสารแขวนลอย (Suspended Solids) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีน และกรดเปอร์อะซิติก .....	36
ตารางที่ 4.5 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างการการบำบัดบีโอดี (BOD) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีน และกรดเปอร์อะซิติก .....	37
ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีน และกรดเปอร์อะซิติก .....	37
ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีน และกรดเปอร์อะซิติก .....	38
ตารางที่ 4.8 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดกรดต่าง (pH) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก .....	38
ตารางที่ 4.9 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดสารแขวนลอย (SS) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก .....	39
ตารางที่ 4.10 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี (BOD) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก .....	39
ตารางที่ 4.11 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก .....	40



## สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.12 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก .....	40
ตารางที่ 5.1 ผลการทดสอบความแตกต่างการบำบัดกรด-ด่าง (pH) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีน และกรดเปอร์อะซิติก .....	43
ตารางที่ 5.2 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดกรด-ด่าง (pH) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก .....	44
ตารางที่ 5.3 การทดสอบความแตกต่างการบำบัดสารแขวนลอย (Suspended Solids) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก .....	45
ตารางที่ 5.4 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดสารแขวนลอย (SS) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก .....	46
ตารางที่ 5.5 การทดสอบความแตกต่างการบำบัดบีโอดี (BOD) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก .....	46
ตารางที่ 5.6 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี (BOD) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก .....	48
ตารางที่ 5.7 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก .....	48
ตารางที่ 5.8 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก .....	50
ตารางที่ 5.9 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก .....	51
ตารางที่ 5.10 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก .....	52

## สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 5.1 ผลการทดสอบความแตกต่างการบำบัดกรด-ด่าง (pH) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีน และกรดเปอร์อะซิติก.....	43
ภาพที่ 5.2 การทดสอบความแตกต่างการบำบัดสารแขวนลอย (Suspended Solids) ด้วยสารฆ่าเชื้อ คลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก.....	45
ภาพที่ 5.3 การทดสอบความแตกต่างการบำบัดบีโอดี (BOD) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีน และกรดเปอร์อะซิติก.....	47
ภาพที่ 5.4 ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีน และกรดเปอร์อะซิติก.....	49
ภาพที่ 5.5 ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก.....	51



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันปัญหามลพิษในแหล่งน้ำผิวดินนับว่าเป็นปัญหาที่สำคัญทั่วทุกภาคของประเทศไทย ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำอุปโภคบริโภคของประชาชนและการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ แหล่งกำเนิดน้ำเสียที่ระบายลงสู่แหล่งน้ำที่สำคัญมาจาก 3 แหล่ง ได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรม ชุมชน และเกษตรกรรม ซึ่งโรงพยาบาลก็นับว่าเป็นแหล่งกำเนิดน้ำเสียจากการให้บริการรักษาพยาบาลผู้ป่วยด้วยโรคติดต่อและไม่ติดต่อ ของเสียที่เกิดขึ้นจากการให้บริการรักษาผู้ป่วยอาจมีเชื้อโรคปะปนได้ รวมทั้งน้ำเสียที่เกิดจากการล้างทำความสะอาดร่างกาย และอุปกรณ์ต่างๆ อาจมีเชื้อโรคและสิ่งสกปรกปนเปื้อน จากการศึกษาพบว่าข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษจากระบบศูนย์กลางแลกเปลี่ยนข้อมูล สิ่งแวดล้อม (EDX) ในปี 2554 ประเทศไทยมีโรงพยาบาลจำนวนรวม 1,221 แห่ง น้ำเสียที่เกิดขึ้นจะถูกบำบัดและฆ่าเชื้อโรคก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม จากการรวบรวมข้อมูลโดยกรมควบคุมมลพิษในการติดตามตรวจสอบแหล่งกำเนิดมลพิษจากอาคารประเภท ก และ ข พบว่า โรงพยาบาลบางแห่งมีค่าน้ำทิ้งเกินค่ามาตรฐานแหล่งกำเนิดมลพิษจาก อาคารประเภท ก และ ข พารามิเตอร์ส่วนใหญ่ที่เกินค่ามาตรฐานคือ ค่าบีโอดี (BOD) รองลงมา คือ สารแขวนลอย (TSS) และทีเคเอ็น (TKN) หากน้ำเสียเหล่านี้ไม่ได้รับการบำบัดอย่างเหมาะสมก่อนปล่อยออกสู่ธรรมชาติก็อาจส่งผลกระทบต่อทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสุขภาพอนามัยของผู้ใช้ประโยชน์จากแหล่งรองรับน้ำเสีย โดยเฉพาะผลที่จะเกิดขึ้นจากการแพร่ระบาดของโรคต่างๆ ในคนที่มีน้ำเป็นพาหะนำโรค เช่น โรคบิด โรคอุจจาระร่วง ไข้ไทฟอยด์ ที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย โรคโปลิโอ ไวรัสตับอักเสบที่เกิดจากเชื้อไวรัส เป็นต้น

ระบบการบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลในปัจจุบัน จะใช้ระบบบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางชีวภาพ เนื่องจากเป็นวิธีที่ประหยัด เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการอื่นๆ ระบบบำบัดน้ำเสียในโรงพยาบาลส่วนใหญ่ที่ใช้ ได้แก่ คลอโรวินเวียน ระบบตะกอนเร่ง ระบบแบบบ่อฝิ่ง เป็นต้น ซึ่งระบบน้ำเสียทางชีวภาพจะอาศัยหลักการที่ใช้จุลินทรีย์ต่างๆ มาทำการย่อยแปรเปลี่ยนสภาพของสารอินทรีย์ต่างๆ (เกรียงศักดิ์ อุทมนสินโรจน์, 2542) ซึ่งโรงพยาบาลทุกแห่งจะต้องมีระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อควบคุมให้คุณภาพน้ำทิ้งเป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบาง

ประเภทและบางขนาด ก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม เนื่องจากน้ำทิ้งของโรงพยาบาลมีการปนเปื้อนของเชื้อโรคในปริมาณมาก โดยเฉพาะการปนเปื้อนสารคัดหลั่งต่างๆ ซึ่งเป็นแหล่งรวมของเชื้อโรค ไม่ว่าจะเป็นเลือด น้ำหนอง เสมหะ น้ำลาย ปัสสาวะ น้ำเมือก น้ำอสุจิ หรืออุจจาระ (รุ่งฤดี ศิริรักดี, 2541)

อย่างไรก็ตามการฆ่าเชื้อโรคในน้ำทิ้งก่อนที่จะปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม โดยทั่วไปนิยมใช้คลอรีนในการฆ่าเชื้อโรคซึ่งสามารถหยุดการเจริญเติบโตของแบคทีเรียส่วนใหญ่ได้ สามารถทำลายเชื้อโรคได้มากกว่า 99% รวมทั้งอี-โคไล (E.coli) และเชื้อไวรัส (กองสุขาภิบาลอาหารและน้ำ, 2549) แต่จากการศึกษาของคณะกรรมการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2543) ได้ระบุว่าโรงพยาบาลซึ่งมีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้คลอรีนในการบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยออกจากระบบบำบัดถึงแม้ว่ามีปริมาณคลอรีนคงเหลือตกค้างอยู่ในน้ำเสียระหว่าง 0.1-1.85 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่คงตรวจพบปริมาณ Coliform และ Fecal Coliform ที่สูงในช่วง  $<2-1.6 \times 10^8$  และ  $<2-5 \times 10^6$  MPN/100ml ตามลำดับ นอกจากนี้ ทิตยา แซ่อิ่ง และคณะ (2543) รายงานว่าไม่มีความเปลี่ยนแปลงด้าน Coliform และ Fecal Coliform เมื่อเปรียบเทียบระหว่างน้ำก่อนเข้าและน้ำออกจากบ่อเติมคลอรีน ทั้งที่ตรวจปริมาณคลอรีนตกค้างอยู่ระหว่าง 0.1 - 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยกระทรวงอุตสาหกรรมได้กำหนดค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานไว้ว่าต้องมีคลอรีนอิสระ (Free Chlorine) ไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2560) ซึ่งคลอรีนอิสระคงเหลือนี้สามารถทำปฏิกิริยากับกลุ่มสารประกอบอินทรีย์เกิดเป็นสารประกอบกลุ่มไตรฮาโลมีเทน (Trihalomethanes, THMs) และสารประกอบกลุ่มฮาโลอะซิติกแอซิด (Haloacetic acids, HAAs) สารประกอบเหล่านี้เป็นสารก่อมะเร็ง และยังทำให้เกิดเนื้องอกในอวัยวะหลายส่วน เช่น ลำไส้และไต คลอรีนยังสามารถก่ออันตรายได้ในขณะใช้งานเนื่องจากคลอรีนที่อยู่ในสภาวะก๊าซยังมีฤทธิ์กัดกร่อนและเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ และในปัจจุบันพบว่า การฆ่าเชื้อโรคจากการบำบัดน้ำเสียในต่างประเทศมีการหันมาใช้เทคโนโลยีทางเลือกอื่น ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าและอันตรายน้อยกว่า เช่น การใช้โอโซน หรือแสงอัลตราไวโอเล็ต หรือแสงยูวี แต่อย่างไรก็ตามโอโซนยังส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ เนื่องจากโอโซนจะทำปฏิกิริยากับสารบางชนิดทำให้เกิดเป็นสารก่อมะเร็ง ในด้านของการใช้ เทคโนโลยีทางกายภาพและเคมี ยังมีข้อจำกัด เนื่องจากมีการใช้สารเคมีในการกำจัดนอกจากจะสิ้นเปลืองแล้วตะกอนที่เกิดขึ้นมีปริมาณมาก และเป็นการเพิ่มสารเคมีในสิ่งแวดล้อมด้วย



กรดเปอร์อะซิติก เป็นสารเคมีฆ่าเชื้อโรคที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความแรงด้วยความเข้มข้นต่ำและสามารถกำจัดเชื้อได้หลายชนิด กรดเปอร์อะซิติกมีลักษณะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี และไม่ก่อให้เกิดฟอง มีกลิ่นฉุนของน้ำส้มสายชู ค่าพีเอชต่ำ น้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยกรดเปอร์อะซิติกพบสารพิษน้อยมากอยู่ในรูปกรดคาร์บอกซิลิกซึ่งไม่เป็นสารก่อกลายพันธุ์ กรดคาร์บอกซิลิกที่พบเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารอินทรีย์ในน้ำโดยกรดเปอร์อะซิติก ไม่มีผลิตภัณฑ์พลอยได้ที่เป็นสารประกอบฮาโลเจน กรดเปอร์อะซิติกจึงนิยมใช้ในการฆ่าเชื้อในพื้นที่ที่ไม่ต้องการสารพิษตกค้างเช่นโรงงานอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม เนื่องจากสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย, รา, ยีสต์, ฟังไจ, ไวรัสต่างๆ ได้ดี ปัจจุบันเริ่มมีการศึกษาวิจัยในต่างประเทศเกี่ยวกับการใช้กรดเปอร์อะซิติกฆ่าเชื้อในน้ำที่ชุมชนเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติที่ไม่มีสารพิษตกค้างหลังจากการทำปฏิกิริยากับน้ำเสีย จากการศึกษาพบว่าระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโคลิฟอร์มทั้งหมด เชื้อฟีคัลโคลิฟอร์ม และเชื้อ อีโคไล ในน้ำทิ้งจากโรงพยาบาลดีกว่าคลอรีนที่ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุด และสามารถฆ่าเชื้อเอนเทอโรคอคไคได้ร้อยละ 60 ในขณะที่คลอรีนไม่สามารถลดปริมาณเชื้อเอนเทอโรคอคไคได้ (พรสวรรค์ ศรีสวัสดิ์, 2561)

ดังนั้นการเลือกวิธีการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลจึงต้องพิจารณาถึง ข้อดีและข้อด้อยของวิธีฆ่าเชื้อแต่ละวิธี ต้นทุนค่าใช้จ่ายต่อปริมาตรของน้ำที่บำบัด และผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากวิธีการฆ่าเชื้อวิธีนั้น ๆ ทั้งนี้การศึกษาวิจัยในเรื่องประสิทธิภาพของคลอรีนในการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดและประสิทธิภาพของการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดด้วยสารทดแทนคลอรีนในประเทศไทยยังคงมีอยู่น้อยมาก ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาเปรียบเทียบการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนนทบุรี ที่ผ่านการบำบัดแล้วด้วยคลอรีนซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน กับวิธีการฆ่าเชื้อวิธีอื่น ๆ ที่สามารถทดแทนกันได้ ได้แก่ กรดเปอร์อะซิติก เพื่อหาประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการฆ่าเชื้อด้วยวิธีนั้น

## 2. วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1.1 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติกในการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล

1.2 เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของประสิทธิภาพของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติกในการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล



### 3. กรอบแนวคิดการวิจัย



### 4. สมมติฐานการศึกษา

ประสิทธิภาพของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติกในการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลชุมชนแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนนทบุรี มีความแตกต่างกัน

### 5. ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้จะทำการศึกษาการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลชุมชนแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนนทบุรี โดยจะพิจารณาถึงประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากโรงพยาบาล สารฆ่าเชื้อที่เลือกใช้ได้แก่ คลอรีน และกรดเปอร์อะซิติก พารามิเตอร์บ่งชี้ที่เลือกใช้ประกอบด้วย กรด-ด่าง (pH), สารแขวนลอย (Suspended Solid), บีโอดี (BOD), โททอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Total Coliform Bacteria), ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Faecal Coliform Bacteria)

## 6. ข้อจำกัดในการวิจัย

6.1 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียมีการผันแปรตามประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล

6.2 จุลินทรีย์ที่สนใจศึกษาในครั้งนี้ ได้แก่ โททอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Total Coliform Bacteria) ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Faecal Coliform Bacteria)

6.3 การเติมสารฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนในน้ำเสียของโรงพยาบาล เป็นการเติมคลอรีนชนิดผงลงในน้ำทิ้งโดยเจ้าหน้าที่ ซึ่งทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อได้

## 7. นิยามศัพท์เฉพาะ

7.1 ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อ หมายถึง การลดลงของปริมาณจุลินทรีย์ที่ใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ ได้แก่ กรดต่าง (pH) สารแขวนลอย (Suspended Solid) บีโอดี (BOD) โททอลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Total Coliform Bacteria) ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Faecal Coliform Bacteria) ในน้ำทิ้งของโรงพยาบาลชุมชนแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนนทบุรี

7.2 น้ำทิ้ง หมายถึง น้ำเสียของโรงพยาบาลชุมชนแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนนทบุรี ที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียแล้ว จนเป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งตามที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด

7.3 การบำบัดน้ำเสีย หมายถึง กระบวนการทำหรือปรับปรุงน้ำเสียในโรงพยาบาลชุมชนแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนนทบุรีเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด แต่ทั้งนี้ ห้ามมิให้ใช้วิธีการทำให้เจือจาง

7.4 โรงพยาบาล หมายถึง โรงพยาบาลชุมชนแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนนทบุรี เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดประเภทของอาคารเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม วันที่ 29 ธันวาคม 2548

7.5 คลอรีน หมายถึง สารอนินทรีย์ในกลุ่มแฮโลเจน มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาว มีกลิ่นฉุน ใช้สำหรับฆ่าเชื้อในการบำบัดน้ำเสียขั้นสุดท้าย เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ รา รวมทั้งจุลินทรีย์ก่อโรค (pathogen) ในโรงพยาบาลชุมชนแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนนทบุรี

7.6 กรดเปอร์อะซิติค หมายถึง ของเหลวใส ไม่มีสี และไม่ก่อให้เกิดฟอง มีกลิ่นฉุนของน้ำส้มสายชู ค่าพีเอชต่ำ ใช้สำหรับฆ่าเชื้อโรคในน้ำเสีย สามารถกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความแรงด้วยความเข้มข้นต่ำ

## บทที่ 2

### วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัยเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติคในการฆ่าเชื้อในน้ำที่มาจากโรงพยาบาลชุมชนแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนนทบุรี ประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ความหมายของน้ำเสีย แหล่งกำเนิด และปริมาณน้ำเสียจากโรงพยาบาล
2. ลักษณะของน้ำเสีย การบำบัดน้ำเสีย และมาตรฐานน้ำที่จากโรงพยาบาล
3. การตรวจสอบคุณภาพน้ำ
3. กระบวนการฆ่าเชื้อในน้ำเสีย
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 1. ความหมายของน้ำเสีย แหล่งกำเนิด และปริมาณน้ำเสียจากโรงพยาบาล

##### 1.1 น้ำเสีย

น้ำเสีย หมายถึง หมายถึง ของเสียที่อยู่ในสภาพของเหลวรวมทั้งมลสารที่ปะปนและปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น (พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535)

แหล่งกำเนิดมลพิษที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ได้แก่ แหล่งที่มีจุดกำเนิดแน่นอน (Point Source) ได้แก่ แหล่งชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น และแหล่งที่มีจุดกำเนิดไม่แน่นอน (Non-Point Source) ได้แก่ การเกษตร เป็นต้น

น้ำเสียจากชุมชนได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชน น้ำเสียนี้มีสกปรกในรูปของสารอินทรีย์สูง

น้ำเสียจากอุตสาหกรรมได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการอุตสาหกรรม ตั้งแต่ขั้นตอนการล้างวัตถุดิบ กระบวนการผลิตจนถึงการทำความสะอาดโรงงาน รวมทั้งน้ำเสียที่ยังไม่ได้รับการบำบัดหรือน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว แต่ยังไม่เป็นไปตามมาตรฐานน้ำที่อุตสาหกรรม องค์ประกอบของน้ำที่จากโรงงานอุตสาหกรรมจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของน้ำที่ประเภทและขนาดของโรงงาน

น้ำเสียจากเกษตรกรรมได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมทางการเพาะปลูก การเลี้ยงสัตว์ น้ำเสียจากการเพาะปลูกจะมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม และสารพิษต่าง ๆ ในปริมาณสูง ส่วนน้ำเสียจากการเลี้ยงสัตว์ จะพบสิ่งสกปรกในรูปของสารอินทรีย์เป็นส่วนมาก (กรมควบคุมมลพิษ, 2545)

น้ำเสียจากโรงพยาบาล หมายถึง น้ำเสียที่มีแหล่งกำเนิดจากกิจกรรมต่างๆที่มีการใช้น้ำในโรงพยาบาล ซึ่งจัดเป็นประเภทของน้ำเสียที่มีแหล่งกำเนิดจากชุมชนประเภทหนึ่ง กิจกรรมที่เกิดจากการให้บริการรักษาผู้ป่วยต่างๆ ภายในโรงพยาบาลก่อให้เกิดน้ำเสีย ดังนี้

- 1.1.1 สถานที่ตรวจผู้ป่วยนอก มีผู้ป่วยและญาติมาใช้ห้องน้ำ
- 1.1.2 สถานที่ตรวจผู้ป่วยใน มีผู้ป่วยมารับการรักษาตัวในโรงพยาบาลรวมทั้งญาติมาเฝ้า ลักษณะน้ำเสียจะแตกต่างกันตามสภาพการบริการ ลักษณะน้ำเสียจึงอาจมีการปนเปื้อนน้ำยาฆ่าเชื้อโรค ในการทำความสะอาดแผล
- 1.1.3 โรงซักผ้า ผ้าที่ซัก ได้แก่ เสื้อผ้าผู้ป่วย ปลอกหมอน ผ้าคลุมเตียง ผ้าห่ม น้ำเสียอาจปนเปื้อนเชื้อโรค น้ำยาซักผ้า และน้ำร้อน
- 1.1.4 โรงครัวและห้องอาหาร น้ำเสียมีเศษอาหาร และไขมันปนเปื้อนมาก
- 1.1.5 ห้องผ่าตัด ห้องคลอด และห้องเก็บศพ น้ำเสียมีการปนเปื้อนของเลือด น้ำยาฆ่าเชื้อโรค
- 1.1.6 ห้องปฏิบัติการ ลักษณะน้ำเสียประกอบด้วยเชื้อโรคที่ตรวจวิเคราะห์ อาหารเลี้ยงเชื้อ และสารเคมีฆ่าเชื้อโรค
- 1.1.7 ห้องยา น้ำเสียเกิดจากการปรุงยา
- 1.1.8 อาคารบ้านพักภายในโรงพยาบาล น้ำเสียมีลักษณะเหมือนกับน้ำเสียชุมชน
- 1.1.9 อาคารสถานที่ทำการต่างๆ เช่น ตึกอำนวยการ มีน้ำเสียจากอ่างล้างมือ และน้ำโสโครกจากชักโครก

สรุปได้ว่าน้ำเสียจากโรงพยาบาลมีความสกปรกสูงกว่าน้ำเสียจากบ้านเรือน โดยมีทั้งน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมการดำรงชีวิต และน้ำเสียจากผู้ป่วยที่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ทั้งนี้ น้ำเสียที่เกิดจากทุกกิจกรรมภายในโรงพยาบาล จะต้องได้รับการบำบัด และผ่านการฆ่าเชื้อโรคก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม (กรมควบคุมมลพิษ, 2545)

## 1.2 ปริมาณน้ำเสียจากโรงพยาบาล

โรงพยาบาลมีปริมาณน้ำเสียที่ 800 ลิตรต่อเตียงต่อวัน (กรมควบคุมมลพิษ) ในปัจจุบันประเทศไทย มีโรงพยาบาลศูนย์ 33 แห่ง โรงพยาบาลทั่วไป 83 แห่ง โรงพยาบาลชุมชน 780 แห่ง โรงพยาบาลนอกสังกัดสำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข 59 แห่ง โรงพยาบาลนอกสังกัดกระทรวง

สาธารณสุข 119 แห่ง โรงพยาบาลเอกชน 347 แห่ง รวมโรงพยาบาลทั้งภาครัฐและเอกชน จำนวน 1421 แห่ง มีจำนวนเตียง 157,072 เตียง (สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ 2564)

ดังนั้นการคาดการณ์ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นต่อวันจากโรงพยาบาล จากข้อมูลอัตราการเกิดน้ำเสีย 800 ลิตรต่อเตียงต่อวัน พบว่าโรงพยาบาลทั้งประเทศไทยมีอัตราการเกิดน้ำเสียอยู่ที่ 125,657 ลบ./ต่อวัน ซึ่งน้ำเสียจากโรงพยาบาลมีการปนเปื้อนของเชื้อโรคอันตรายมากกว่าน้ำเสียชุมชนทั่วไป จึงนับว่าเป็นสิ่งที่มองข้ามไม่ได้ในการที่จะต้องกำจัดน้ำเสียเหล่านี้อย่างถูกวิธี

## 2. ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย การบำบัดน้ำเสีย และมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงพยาบาล

### 2.1 ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย

น้ำเสียจากโรงพยาบาลมีลักษณะคล้ายกับน้ำเสียจากบ้านเรือน มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์และอาจมีสารอันตราย ได้แก่ จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ยาที่มีองค์ประกอบที่เป็นอันตราย สารเคมีฆ่าเชื้อโรค และสารกัมมันตรังสี ซึ่งเกิดจากกิจกรรมการให้บริการรักษาผู้ป่วย มีองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้

สารอินทรีย์ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เช่น สิ่งขับถ่ายจากคน เศษข้าว ก๋วยเตี๋ยว พิซซิก น้ำทำความสะอาด เป็นต้น สารอินทรีย์ในน้ำเสียมักมีทั้งที่อยู่ในรูปสารแขวนลอยและสารละลาย ซึ่งสามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจน ทำให้เกิดสภาพขาดออกซิเจน และอาจเกิดสภาพเน่าเสียได้ ปริมาณของสารอินทรีย์ในน้ำนิยมนวัดด้วยค่าบีโอดี (BOD) เมื่อค่าบีโอดีในน้ำสูงแสดงว่ามีสารอินทรีย์ปะปนอยู่มาก และสภาพเน่าเหม็นจะเกิดขึ้นได้ง่าย

จุลินทรีย์ น้ำเสียจากโรงพยาบาลจะมีจุลินทรีย์เป็นจำนวนมาก จุลินทรีย์เหล่านี้ใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิตสามารถลดระดับของออกซิเจนละลายน้ำทำให้เกิดสภาพเน่าเหม็น นอกจากนี้จุลินทรีย์บางชนิดอาจเป็นเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อประชาชน

โลหะหนักและสารพิษ อาจอยู่ในรูปของสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์และสามารถสะสมอยู่ในวงจรอาหาร เกิดเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น โลหะหนัก ยา สารเคมีต่างๆ ที่ใช้และถ่ายทิ้งลงในน้ำเสียจากโรงพยาบาล (คู่มือการจัดการน้ำเสียจากอาคารประเภทโรงพยาบาล, กรมควบคุมมลพิษ)

### 2.2 การบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล

โรงพยาบาลเป็นแหล่งรวมของเชื้อโรคจากผู้ป่วยที่มารับการรักษาพยาบาล น้ำเสียจากกิจกรรมต่างๆ ในโรงพยาบาล จึงมีการปนเปื้อนด้วยเชื้อโรคเหล่านี้ ดังนั้น หากระบบบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพการบำบัดไม่ดี ก็จะมีโอกาสเกิดการแพร่กระจายของเชื้อโรคออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก



โรงพยาบาล น้ำเสียจากโรงพยาบาลมีทั้งปริมาณความเข้มข้น และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ดังนั้น น้ำเสียที่เกิดจากอาคารให้บริการรักษาผู้ป่วยทุกหลังภายในโรงพยาบาลต้องผ่านการบำบัดและใช้น้ำยาฆ่าเชื้อโรคก่อนระบายออกสู่คู/ท่อระบายน้ำสาธารณะนอกโรงพยาบาล

การบำบัดน้ำเสีย (Wastewater treatment System) คือ การปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียให้ดีขึ้น ทำให้หมดอันตรายหรืออันตรายน้อยลง โดยใช้กระบวนการต่างๆ เช่น กระบวนการทางกายภาพ กระบวนการทางเคมี หรือกระบวนการทางเคมี

### 2.3 รูปแบบการบำบัดน้ำเสียในโรงพยาบาล (กระทรวงสาธารณสุข)

**2.3.1 ระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge system)** เป็นการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบใช้อากาศแบบจุลินทรีย์แขวนลอย (Suspended Growth) โดยอาศัยสิ่งมีชีวิตพวกจุลินทรีย์ทั้งหลายในการย่อยสลาย ดูดซับ หรือเปลี่ยนรูปของมลสารต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำเสียให้มีความสกปรก ลดลง สารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสียจะถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายโดยใช้เป็นอาหารและเจริญเติบโตขยายพันธุ์ต่อไป จุลินทรีย์จะรวมตัวเป็นตะกอนจุลินทรีย์มีน้ำหนักมากกว่าน้ำและสามารถแยกออกได้ง่ายด้วยการตกตะกอนในถังตกตะกอน ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะลอยขึ้นไปในอากาศ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม) ในปัจจุบันระบบเอเอสมีการพัฒนาใช้งานหลายรูปแบบ ที่นิยมใช้ในโรงพยาบาลมีดังนี้ ระบบเอเอสแบบกวนสมบูรณ์ (Completely Mixed Activated Sludge) ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch) ระบบเอสปีอาร์ (Sequencing Batch Reactor) และระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon)

**2.3.2 ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch)** การทำงานของระบบคลองวนเวียนจะเหมือนกับระบบเอเอสทั่วไป แต่จะมีลักษณะสำคัญคือ ถังเติมอากาศจะมีลักษณะเป็นวงรี ทำให้ระบบคลองวนเวียนจึงใช้พื้นที่มากกว่าระบบเอเอสแบบอื่น โดยรูปแบบของถังเติมอากาศแบบวงรี ทำให้น้ำไหลวนเวียนตามแนวยาว (Plug Flow) ของถังเติมอากาศ และการกวนจะใช้เครื่องกลเติมอากาศ ซึ่งตีน้ำในแนวนอน (Horizontal Surface Aerator) จากลักษณะการไหลแบบตามแนวยาวทำให้สภาวะในถังเติมอากาศแตกต่างไปจากระบบเอเอสแบบกวนสมบูรณ์ (Completely Mixed Activated Sludge) โดยค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำ ในถังเติมอากาศจะลดลงเรื่อยๆ ตามความยาวของถังจนกระทั่งมีค่าเป็นศูนย์ เรียกว่าเขตแอน็อกซิก (Anoxic Zone) ซึ่งจะมีระยะเวลาในช่วงนี้ไม่

เกิน 10 นาที การที่ถังเติมอากาศมีสภาวะเช่นนี้ทำให้เกิดไนตริฟิเคชัน (Nitrification) และดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) ขึ้นในถังเดียวกัน ทำให้ระบบสามารถบำบัดไนโตรเจนได้ดีขึ้นด้วย (สุริย์ บุญญานพวงศ์ และณัชญพวงศ์ วรรณวิจิตร, 2551:ออนไลน์)

**2.3.3 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor ; SBR)** มีกระบวนการบำบัดเหมือนระบบ AS อื่นๆ คือมีการเติมอากาศและตกตะกอนทำน้ำใสในระบบทั้งสอง แต่ข้อแตกต่างที่สำคัญคือ ในระบบ AS กระบวนการทั้งสองจะเกิดในถังปฏิกริยาสองถังต่อเนื่องกัน ในขณะที่ในระบบ SBR กระบวนการทั้งสองจะเกิดต่อเนื่องเป็นลำดับในถังปฏิกริยาใบเดียวกัน โดยทำงานแบบกะ (Batch)

## 2.4 การบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลชุมชนแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนนทบุรี

ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลชุมชนแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนนทบุรี เป็นแบบ Activated Sludge โดยมีน้ำเสียเข้าสู่ระบบเฉลี่ยวันละ 78.82 ลบ.ม./วัน น้ำเสียจะเข้าไปยังบ่อพักน้ำเสียรวม (Sump Tank) ของระบบบำบัดน้ำเสียและผ่านขั้นตอนการบำบัด ดังนี้

### ขั้นตอนที่ 1 บ่อพักน้ำเสียรวม (Sump Tank)

น้ำเสียที่มาจาก การ สถานที่ตรวจผู้ป่วยนอก สถานที่ตรวจผู้ป่วยใน โรงซักผ้า โรงครัวและห้องอาหาร ห้องผ่าตัด ห้องคลอด ห้องเก็บศพ ห้องปฏิบัติการ ห้องยา อาคารบ้านพัก ภายในโรงพยาบาล อาคารสถานที่ทำการต่างๆ เช่น ตึกอำนวยการ

### ขั้นตอนที่ 2 บ่อดักไขมัน (Grease Trap)

น้ำเสียจากบ่อพักน้ำเสียรวม (Sump Tank) จะถูกดูดมาไว้ที่บ่อดักไขมัน เพื่อทำหน้าที่ทำหน้าที่ ดักน้ำมันและไขมันให้แยกตัวออกจากน้ำเสียและลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ จากนั้นน้ำเสียจะไหลเข้าสู่บ่อปรับสภาพ

### ขั้นตอนที่ 3 บ่อปรับสภาพ (Equalization Tank)

น้ำเสียจะถูกสูบเข้ามาในบ่อปรับสภาพ (Equalization Tank) เพื่อทำหน้าที่ปรับสภาพน้ำเสียที่มีคุณลักษณะ แตกต่างกันในช่วงเวลาต่างๆ ให้คุณลักษณะใกล้เคียงกันก่อนที่จะสูบเข้าสู่ระบบบำบัดในบ่อเติมอากาศ (Aeration Tank) ซึ่งจำเป็นต้องปรับสภาพให้เป็นกลาง เนื่องจากเป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการแบ่งเซลล์ของจุลินทรีย์ และน้ำเสียจะเข้าสู่บ่อเติมอากาศ (Aeration Tank)

#### ขั้นตอนที่ 4 บ่อเติมอากาศ (Aeration Tank)

น้ำเสียที่ไหลมาจาก บ่อปรับสภาพ (Equalization Tank) จะถูกบำบัดในบ่อ Aeration Tank ซึ่งบ่อนี้จะเป็นบ่อเลี้ยงเชื้อหรือบ่อบำบัดโดยจะต้องมีการควบคุมค่า pH ให้มีค่าเป็นกลาง 6.5 - 7.5 โดยการเติมอากาศจากเครื่องเติมอากาศ (Air Blower) ผ่านหัวกระจายอากาศ (Diffuser) รวมทั้งเป็นการช่วยให้จุลินทรีย์ได้สัมผัสกับน้ำเสียได้มากขึ้นเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดได้มากขึ้น เมื่อน้ำเสียได้รับการเติมอากาศและกวนผสมในระยะเวลาที่เพียงพอแล้ว น้ำเสียจะไหลเข้าสู่บ่อตกตะกอน (Sedimentation Tank)

#### ขั้นตอนที่ 5 บ่อตกตะกอน (Sedimentation Tank)

น้ำเสียที่ถูกบำบัดแล้วจะถูกส่งมาเพื่อทำการตกตะกอนในบ่อตกตะกอน (Sedimentation Tank) โดยตะกอนจะจมตัวลงสู่ด้านล่างของบ่อ และมีการเติมสารฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนชนิดผง ด้วยระดับความเข้มข้นที่ 33 มิลลิกรัมต่อลิตรผสมกับน้ำ และใช้วิธีการหยดสารเคมีลงในน้ำทิ้งโดยใช้อินเจ็คชั่นวาล์ว (Injection Valve) และปล่อยน้ำทิ้งที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะต่อไป

### 2.5 มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงพยาบาล

โรงพยาบาลเป็นสถานที่ที่ต้องมีการกำหนดให้เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดประเภทของอาคารเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม ลงวันที่ 7 พฤศจิกายน 2548 และจะต้องมีการควบคุมคุณภาพน้ำทิ้งก่อนการปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด ลงวันที่ 7 พฤศจิกายน 2548

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด ลงวันที่ 7 พฤศจิกายน 2548

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด		
	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุดตามประเภทมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง	
		ก. (สถานพยาบาล 30 เตียง ขึ้นไป)	ข. (สถานพยาบาล ขนาด 10 ถึง 30 เตียง)
1. ค่าความเป็นกรดและด่าง (PH)		5-9	5-9
2. บีโอดี (BOD)	มก./ล.	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 30
3. ปริมาณของแข็ง (Solids)			
3.1 ค่าสารแขวนลอย (Suspended Solids)	มก./ล.	ไม่เกิน 30	ไม่เกิน 40
3.2 ค่าตะกอนหนัก (Settleable Solids)	มก./ล.	ไม่เกิน 0.5	ไม่เกิน 0.5
3.3 ค่าสารละลายทั้งหมด (Total Dissolved Solid)	มก./ล.	ไม่เกิน 500*	ไม่เกิน 500*
4. ซัลไฟด์ (Sulfide)	มก./ล.	ไม่เกิน 1.0	ไม่เกิน 1.0
5. ไนโตรเจน (Nitrogen) ในรูป ทีเคเอ็น (TKN)	มก./ล.	ไม่เกิน 35	ไม่เกิน 35
6. น้ำมันและไขมัน (Oil and Grease)	มก./ล.	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 20
7. ซีโอดี (COD)	มก./ล.	ไม่เกิน 120**	ไม่เกิน 120**
8. แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	MPN/100 ml	ไม่เกิน 5,000***	ไม่เกิน 5,000***
9. แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria)	MPN/100 ml	ไม่เกิน 1,000***	ไม่เกิน 1,000***

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ

จากตารางดังกล่าวจะเห็นว่า ยังไม่ได้มีการกำหนดมาตรฐานด้านจุลินทรีย์ที่ยอมให้มีได้ในน้ำทิ้งจากโรงพยาบาล

อุไรวรรณ อินทร์ม่วง (2541) ได้ศึกษาคุณลักษณะของน้ำเสียก่อนการบำบัดและน้ำทิ้งหลังการบำบัดด้วยระบบบำบัดน้ำเสีย ของโรงพยาบาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน

ตารางที่ 2.2 คุณลักษณะของน้ำเสียก่อนการบำบัดและน้ำทิ้งหลังการบำบัดด้วยระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน

ดัชนีคุณภาพน้ำเสีย	หน่วย	ความเข้มข้น			
		น้ำเสียก่อนการบำบัด	เฉลี่ย	น้ำทิ้งหลังการบำบัด (ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด)	เฉลี่ย
pH		6.3-8.8	7.34	6.5-9.3	7.55
ตะกอนหนัก	Mg/L	2.0-222	60.4	0-283.0	28.11
BOD	Mg/L	10.4-328	282	4.8-87.0	24.55
TKN	Mg/L	5.3-44.2	18.3	0.66-22.96	6.66
สารแขวนลอย	Mg/L	1-375	110.8	0-303.0	54.21
Total coliform	MPN/100 ml	$4.6 \times 10^3 - 1.1 \times 10^9$	$1.5 \times 10^8$	$0.03 - 2.70 \times 10^6$	$1.93 \times 10^6$
Fecal coliform	MPN/100 ml	$9.3 \times 10^2 - 1.1 \times 10^9$	$1.2 \times 10^8$	$3.0 - 9.4 \times 10^6$	$1.254 \times 10^6$
คลอรีนอิสระตกค้าง	Mg/L	-	-	0.0-1.0	0.13

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า น้ำทิ้งจากโรงพยาบาลยังมีการปนเปื้อนโคลิฟอร์ม และฟีคัลโคลิฟอร์มแม้ว่าจะผ่านการบำบัดแล้ว

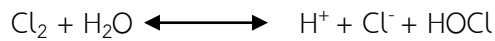
นอกจากนี้ นิสิต อินลี (2553) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลในจังหวัดนนทบุรี ที่ใช้ระบบตะกอนเร่งในการบำบัดน้ำเสียพบว่า ยังคงพบการปนเปื้อน โคลิฟอร์ม ฟีคัลโคลิฟอร์ม ในน้ำทิ้งจากโรงพยาบาล

จากมาตรฐานน้ำทิ้งและผลการวิจัยข้างต้น พบว่ายังคงมีการตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์ที่ถูกใช้เป็นตัวชี้วัดการปนเปื้อนปะปนออกมากับน้ำทิ้งจากโรงพยาบาลและยังไม่มีการศึกษาถึงจุลินทรีย์ที่ก่อโรคอื่น ๆ ได้ ดังนั้นเป็นที่น่าสงสัยว่าระบบฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนในน้ำทิ้งจากโรงพยาบาลมีประสิทธิภาพเพียงพอในการกำจัดจุลินทรีย์ก่อโรคหรือไม่และมีทางเลือกอื่น เช่นกรดเปอร์อะซิติก ให้ประสิทธิภาพดีกว่าการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนหรือไม่ และผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมแตกต่างจากการใช้คลอรีนหรือไม่



## 2.6 ไตรฮาโลมีเทน

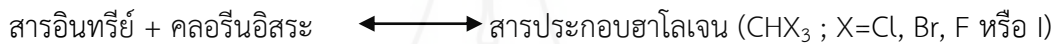
สารไตรฮาโลมีเทน (Trihalomethanes :THMs) เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารอินทรีย์ธรรมชาติในน้ำ เช่น กรดฮิวมิกกับคลอรีนอิสระที่เกิดขึ้นขั้นตอนการเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรค โดยเมื่อเติมคลอรีนลงไปในน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสดังสมการ



กรดเกลือ HCl สามารถแตกตัวได้อย่างสมบูรณ์ กรดไฮโปคลอรัส (HOCl) เป็นกรดอ่อนจึงแตกตัวได้บางส่วนเกิดเป็นคลอรีนอิสระ



สารอินทรีย์ในน้ำทำปฏิกิริยากับคลอรีนอิสระ(OCl<sup>-</sup>) เกิดเป็นสารประกอบฮาโลเจน (CHX<sub>3</sub>) ดังสมการ



สารกลุ่ม THMs ประกอบไปด้วย คลอโรฟอร์ม (CHCl<sub>3</sub>), โบรโมไดคลอโรมีเทน (CHCl<sub>2</sub>Br), ไดโบรโมคลอโรมีเทน (CHClBr<sub>2</sub>), และโบรโมฟอร์ม (CHBr<sub>3</sub>) ซึ่งคลอโรฟอร์มเป็นสารที่พบในสัดส่วนมากที่สุด ผลรวมของสารTHMs ทั้งสี่ชนิดรวมเรียกว่า Total Trihalomethanes (TTHMs) ความเป็นพิษของสาร THMs ส่วนใหญ่เกิดจากความเป็นพิษของ CHCl<sub>3</sub>, CHCl<sub>2</sub>Br, CHClBr<sub>2</sub> และ CHBr<sub>3</sub> คือ มีผลต่อความสามารถในการสืบพันธุ์ การคลอด ระบบไหลเวียนโลหิต และอาจส่งผลกระทบต่ออวัยวะภายใน เช่น ตับ ไต และอาจมีผลต่อการเกิดมะเร็งในมนุษย์ได้ ซึ่ง International Agency for Research on Cancer (IARC) ได้ กำหนดให้ CHCl<sub>3</sub>, CHCl<sub>2</sub>Br เป็นสารอาจก่อมะเร็งในมนุษย์ได้ (Group 2 B) และ CHClBr<sub>2</sub>, CHBr<sub>3</sub> ยังจำแนกไม่ได้ว่าเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ (Group 3) U.S.EPA กำหนดไว้คือไม่เกิน 80 g/ml(6) (ศศิธร และคณะ, 2561)

## 2.7 จุลินทรีย์ที่ใช้เป็นตัวชี้วัด

เนื่องจากจุลินทรีย์ในธรรมชาติมีหลากหลายชนิด ทั้งกลุ่มที่ไม่ก่อให้เกิดโรค และกลุ่มที่ก่อให้เกิดโรค จุลินทรีย์บางกลุ่มอาจก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำได้หากมีมากเกินไป ในการบ่งชี้ปัญหามลพิษทางน้ำจากจุลินทรีย์นั้นไม่สามารถทำการตรวจจำแนกจุลินทรีย์ที่ก่อโรคได้โดยตรงเนื่องจากการจำแนกจุลินทรีย์กลุ่มนี้ทำได้ยากและใช้เวลานาน ดังนั้นจึงนิยมใช้จุลินทรีย์ที่มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม ตรวจวิเคราะห์ได้ง่าย และเป็นจุลินทรีย์ที่มาจากแหล่งกำเนิดมลพิษทางน้ำ เช่น ใช้โคลิฟอร์มแบคทีเรียเป็นตัวบ่งชี้ว่าน้ำมีการปนเปื้อนด้วยอุจจาระของสัตว์เลื้อยคืบ

โคลิฟอร์ม เป็นกลุ่มแบคทีเรียที่จัดอยู่ในวงศ์ Enterobacteriaceae แบ่งเป็น 4 กลุ่ม คือ Escherichia, Citrobacter spp., Klebsiella spp., และ Enterobacter spp., (Freeman, 1979) แบคทีเรียกลุ่มนี้จะอยู่ในลำไส้ของมนุษย์และสัตว์มากที่สุด โดยจะมีอยู่ในลำไส้ของ สัตว์เลือดอุ่นทุกชนิด ในอุจจาระของคน 1 กรัม จะมีเชื้อแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มประมาณ  $10^5$ - $10^9$  เซลล์ (โกมล ศิวะบวร, เขายุทธ พรพิมลเทพ, และสุวิทย์ ชุมนุมศิริวัฒน์, 2523) โคลิฟอร์ม แบ่งตามแหล่งที่มา ได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. พีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform) พวกนี้อาศัยอยู่ในลำไส้ของคน และสัตว์เลือดอุ่น ถูกขับถ่ายออกมาที่อุจจาระ เมื่อเกิดการระบาดของโรกระบบทางเดินอาหาร จะพบแบคทีเรียชนิดนี้ได้แก่ อี.โค.ไล (E.coli)
2. นันพีคัลโคลิฟอร์ม (Non-fecal coliform) พวกนี้อาศัยอยู่ในดิน และ พืชมี อंत्रาย น้อยกว่าพวกแรก ใช้เป็นแบคทีเรียชี้แนะถึงความไม่สะอาดของน้ำได้ เช่น เอ. แอโรจิเนส (A. aerogenes)

คุณสมบัติของโคลิฟอร์มแบคทีเรีย มีดังนี้

1. รูปร่างเป็นท่อนเล็ก ๆ ไม่มีสปอร์ (non-spore forming)
2. เป็นพวกแกรมลบ (Gram negative)
3. สามารถย่อยพวกแล็กโทส (Lactose) ให้เกิดกรดและก๊าซ เมื่อเอาไปอบที่ อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เวลา 24 ชั่วโมง - 48 ชั่วโมง
4. สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพที่มีอากาศ (Aerobic) และไม่มีอากาศ (Anaerobic) จึงนับแบคทีเรียพวกนี้เป็นแฟคคัลเตตีฟ (Facultative anaerobes)
5. สามารถทำให้เกิดก๊าซจากอาหารเหลวบริลเลียนกรีนแล็กโทส ไบล์บรอส (Briliant Green Lactose Bile broth) ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ภายใน เวลา 48 ชั่วโมง หรือเร็วกว่านั้น
6. สามารถเจริญเติบโตในอาหารแข็ง (Solid Media) อีเอ็มบี (EMB, Eosine Methylene Blue Agar) ที่ 35 องศาเซลเซียส ในเวลา 24 ชั่วโมง

ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำด้านจุลชีววิทยา จะให้ความสำคัญกับแบคทีเรียกลุ่มพีคัลโคลิ ฟอร์มมากกว่าแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มอื่น เพราะแบคทีเรียกลุ่มพีคัลโคลิฟอร์มจะเป็นตัวบ่งบอกได้ถึง การปนเปื้อนของสิ่งขับถ่ายหรืออุจจาระลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ

### 3. การตรวจสอบคุณภาพน้ำ

วิธีการตรวจสอบลักษณะน้ำที่จากอาคารเป็นไปตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียใน Standard Methods for Examination of water and Wastewater ซึ่ง APHA : American Public Health Assosiation, AWWA : American Water Works Association และ WPCF Water Pollution Control Federation ร่วมกันกำหนดไว้

ตารางที่ 2.3 วิธีการตรวจสอบลักษณะน้ำที่

พารามิเตอร์	วิธีการตรวจวัด
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	Electrometric
BOD	Azide Modification
สารแขวนลอย (Suspended Solids)	SS Dried at 103-105 °C
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria)	Multiple-Tube Fermentation Technique
ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria)	Multiple-Tube Fermentation Technique

#### 3.1 การประเมินคุณภาพน้ำ

ประเมินตามเกณฑ์การประเมินค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (General Water Quality Index, WQI) ที่กำหนดโดยสำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ โดยใช้ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ พื้นฐานสำคัญ ได้แก่

ค่าความสกปรกในรูปสารอินทรีย์หรือบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD) คือ ค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำ แหล่งน้ำที่มีค่าบีโอดีมากย่อมแสดงว่ามีความสกปรกมาก เนื่องจากจุลินทรีย์ต้องใช้ออกซิเจนจำนวนมากในการย่อยสลายสารอินทรีย์หรือสิ่งปฏิกูลส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนละลาย (DO) ในแหล่งน้ำลดลงและอาจเกิดความเน่าเสียได้ การหาปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียต้องการใช้ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ภายใต้ภาวะที่มีออกซิเจนที่อุณหภูมิ  $20 \pm 1$  องศาเซนติเกรดในเวลา 5 วัน ทั้งนี้เพราะเป็นอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับของน้ำทั่วไป และแบคทีเรียเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมินี้ (กรมอนามัย, 2537) ซึ่งกรณีการ (2525) กล่าวว่าค่าบีโอดี จะบอกให้ทราบถึง ปริมาณการเจือปนของอินทรีย์สารที่มีอยู่ในน้ำ และเป็นการวัดความสามารถของแหล่งน้ำที่จะกำจัดความสกปรกโดยธรรมชาติ นอกจากนี้ค่าบีโอดีจะบอกถึงกำลังความสามารถของน้ำในรูปของออกซิเจน ซึ่งแบคทีเรียต้องการใช้ ถ้ามีสารอินทรีย์ในน้ำมากออกซิเจนจะถูกใช้ในกระบวนการทางชีวเคมีมากขึ้น ทำให้ค่าบีโอดีสูง แต่ถ้าสารอินทรีย์นี้น้อย กระบวนการย่อยสลายก็จะมีน้อย ทำให้ค่าบีโอดีต่ำ ดังนั้น ค่าบีโอดี

จะเป็นดัชนีบอกถึงความสกปรกของน้ำ และเป็นดัชนีตรวจสอบการระบายของเสียลงแหล่งน้ำอีกด้วย (กรมอนามัย, 2537) ซึ่ง Hawker flow และ Linter (1974) รายงานว่า การเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียในแหล่งน้ำจืดจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเพิ่มของสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำนั้นๆ ด้วยการชะล้าง (erosion) เกิดจากการที่ฝนตกถึงผิวน้ำดิน เม็ดฝนที่จะทำให้ลายเม็ดดินผิวน้ำ แตกกระจายเป็นเม็ดเล็กๆ ซึ่งจะไปอุดรูดินทำให้น้ำซึมผ่านผิวน้ำดินได้น้อยลงเกิด surface flow และไหลไปตามผิวน้ำดินลงสู่ที่ต่ำ (เกษม, 2526) ซึ่งฝนจะชะล้างจุลินทรีย์ และสิ่งสกปรกต่างๆบนพื้นดิน ลงสู่แหล่งน้ำได้มากขึ้น จนทำให้เกิดมลพิษในน้ำได้ โดยเฉพาะการที่ฝนตกหนักหลังจากที่ผ่านระยะเวลาแห้งแล้งมานาน น้ำฝนจะชะล้างจุลินทรีย์หน้าดินลงสู่แหล่งน้ำได้มากขึ้นแต่ภายหลังที่ฝนตกติดต่อกันเป็นประจำจะมีผลทำให้แบคทีเรียลดลง (ไกรฤกษ์, 2538) จากการศึกษาของ สิริณี (2527) เกี่ยวกับโคลิฟอร์มแบคทีเรียในห้วยแม่ราก จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าปัจจัยที่ทำให้แบคทีเรียมีปริมาณสูงมากในแหล่งน้ำที่สำคัญ คือ ปริมาณน้ำฝน และกิจกรรมของมนุษย์

ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform bacteria, TCB) คือ กลุ่มแบคทีเรียชนิดหนึ่ง อาศัยอยู่ในลำไส้มนุษย์หรือสัตว์ แต่บางครั้งอาจพบในบริเวณอื่น เช่น พืช ดิน เมล็ดธัญพืช เป็นต้น การตรวจแบคทีเรียชนิดนี้ในแหล่งน้ำจะแสดงถึงความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนหรือแพร่กระจายของเชื้อโรคในระบบทางเดินอาหาร ในแหล่งน้ำ อาทิ โรคอหิวาต์ บิด ไทฟอยด์ หรือ อูจจาระร่วง เป็นต้น ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดมีหน่วยวัดเป็น MPN (เอ็ม พี เอ็น) /100 มิลลิลิตร (มล.)

ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform bacteria, FCB) คือ ปริมาณเชื้อโรคแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม ที่มีอยู่ในอุจจาระของมนุษย์และสัตว์เลือดอุ่น การตรวจพบแบคทีเรียชนิดนี้ในแหล่งน้ำ จะบ่งชี้เฉพาะหรือยืนยันเพิ่มขึ้นจากค่าการตรวจวัดปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมดว่าแหล่งน้ำนั้นมีโอกาสปนเปื้อนหรือมีการแพร่กระจายของเชื้อโรคที่ทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินอาหารสูง ส่วนใหญ่แบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มจะตรวจพบมากในแหล่งน้ำที่ไหลผ่านชุมชนที่ระบายน้ำทิ้งสู่แหล่งน้ำโดยตรง ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มมีหน่วยวัดเช่นเดียวกับปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด

ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย มีลักษณะคุณสมบัติเช่นเดียวกับโคลิฟอร์มแบคทีเรีย แต่มีความสามารถในการหมักย่อยน้ำตาลแลคโทสที่อุณหภูมิ  $44.5 \pm 0.2$  องศาเซลเซียส และให้ผลผลิตเป็นกรดและแก๊สภายในเวลา 24 ชั่วโมง สามารถมีชีวิตอยู่นอกลำไส้ของคนและสัตว์เลือดอุ่นได้หลายวัน โดยขึ้นกับความเหมาะสมของสภาพแวดล้อม ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่สำคัญ ได้แก่ Escherichia Coli นฤมล (2535) รายงานว่า การใช้โคลิฟอร์มแบคทีเรียเป็นดัชนีในการปนเปื้อนเนื่องจาก มีแหล่งกำเนิดมาจากอุจจาระของคนและสัตว์เลือดอุ่น โดยทั่วไปแล้วจะไม่พบในน้ำบริสุทธิ์

มักปนเปื้อนอยู่ในน้ำที่มีการปนเปื้อนของแบคทีเรียก่อโรค และมีจำนวนแปรผันตรงตามจำนวนของแบคทีเรียก่อโรค มีความคงทนต่อสภาพแวดล้อมมากกว่าแบคทีเรียที่ก่อโรค วิธีการตรวจวิเคราะห์ทำได้ง่ายและสะดวก

#### 4. กระบวนการฆ่าเชื้อในน้ำเสีย

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้อากาศโดยทั่วไป เช่นระบบตะกอนเร่ง จะมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียประมาณร้อยละ 80 เมื่อมีการควบคุมสภาวะการทำงานของระบบที่เหมาะสม แต่ไม่สามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโรคที่มีอยู่ในน้ำเสียลงได้ ดังนั้นจึงต้องมีการทำลายเชื้อโรคในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยก่อนที่จะปล่อยออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะ การทำลายเชื้อโรคหรือการฆ่าเชื้อโรคในน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบบำบัดน้ำเสีย มีหลายวิธี เช่น การฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน การฆ่าเชื้อด้วยก๊าซโอโซน การฆ่าเชื้อด้วยรังสีเหนือม่วง หรือแสงอัลตราไวโอเล็ต หรือการใช้สารเคมีอื่นๆ

##### 4.1 การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์เป็นกระบวนการเพื่อลดจำนวนของจุลินทรีย์ให้อยู่ในระดับที่ไม่สามารถก่อโรคได้ ลดการแพร่กระจายในสิ่งแวดล้อม โดยทำให้อยู่ภายในภาพที่ไม่ก่อโรคหรือถูกทำลาย ทั้งนี้วิธีการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำทั้งสามารถเป็นออกตามกลไกที่ใช้ในการฆ่าเชื้อได้ 2 ประเภท ดังนี้

##### 4.1.1 วิธีทางกายภาพ (Physical disinfection)

รังสีอัลตราไวโอเล็ต หรือ รังสียูวี (ultraviolet) หรือในชื่อภาษาไทยว่า รังสีเหนือม่วง เป็นช่วงหนึ่งของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่าแสงที่มองเห็น แต่ยาวกว่ารังสีเอกซ์อย่างอ่อน มีความยาวคลื่นในช่วง 100-400 นาโนเมตร และมีพลังงานในช่วง 3-124 eV

##### 1) ข้อดีของการบำบัดด้วยรังสียูวี

เป็นการฆ่าเชื้อทันทีอย่างปลอดภัยโดยไม่เติมสารเคมี ซึ่งฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อจะพัฒนาเองโดยไม่ยึดค่า pH ไม่เกิดการก่อตัวของสารที่ไม่พึงประสงค์ น้ำไม่เสียกลิ่นและรสชาติ ไม่จำเป็นต้องเก็บรักษาและใช้สารเคมีอีกด้วย นอกจากนั้น ไม่จำเป็นต้องมีวิธีการเกิดปฏิกิริยาหรือถังปฏิกิริยา ระบบยูวีใช้พื้นที่น้อยมากและรักษาต้นทุนในการลงทุนและการดำเนินงานต่ำมากเนื่องจากมีความน่าเชื่อถือและสมรรถนะสูง

##### 4.1.2 วิธีทางเคมี (Chemical disinfection)

เป็นวิธีที่ใช้หลักการทางชีวภาพเพื่อกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ การกำจัดเชื้อจุลินทรีย์โดยวิธีใช้สารประกอบคลอรีน (Chlorination disinfection), การกำจัดเชื้อจุลินทรีย์โดยวิธีใช้สารโอโซน (Ozonation disinfection), การกำจัดเชื้อจุลินทรีย์โดยใช้สารประกอบกรดเปอร์อะซิติก (Peracetic acid disinfection)



## 4.2 การกำจัดเชื้อจุลินทรีย์โดยวิธีใช้สารประกอบคลอรีน (Chlorination disinfection)

### 4.2.1 สารคลอรีน

คลอรีน ( $\text{Cl}_2$ ) เป็นธาตุที่อยู่ในกลุ่มฮาโลเจน (กลุ่มO) ในตารางธาตุมีลักษณะเป็นก๊าซ สีเหลืองแกมเขียว มีกลิ่นฉุน ไม่พบในธรรมชาติ สารคลอรีนโดยทั่วไป มี 2 ชนิด คือ

1) ชนิดก๊าซคลอรีน มีสีเหลืองแกมเขียว มีความหนาแน่นประมาณ 2.5 เท่าของอากาศ และเมื่อเป็นของเหลว (คลอรีนเหลว 99%) จะมีสีเหลืองอำพัน มีความหนาแน่นเป็น 1.44 เท่าของน้ำซึ่งเป็นอันตรายต่อดูดและเนื้อเยื่อต่างๆ โดยจะทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบหายใจ เยื่อจมูก และผิวหนัง ซึ่งผลกระทบที่เป็นอันตรายจากการสัมผัสกับก๊าซคลอรีนที่จะเริ่มเห็นได้ชัดเจน คือที่ความเข้มข้นประมาณ 5 ppm. ขึ้นไป และที่ความเข้มข้น 5-10 ppm. จะทำให้การหายใจติดขัด น้ำตาไหล ระคายเคืองผิวหนัง ระคายเคืองปอด และเมื่อความเข้มข้นสูงขึ้น เช่น หากได้รับก๊าซคลอรีนในปริมาณ 1,000 ppm. จะทำให้เสียชีวิตได้ ดังนั้นจึงต้องใช้ความระมัดระวัง และต้องมีผู้เชี่ยวชาญในการติดตั้งและควบคุมการทำงาน คลอรีนไม่ไหม้ไฟแต่ช่วยในการสันดาปเหมือนออกซิเจน และพบว่าก๊าซคลอรีนทำปฏิกิริยารุนแรงกับไขมัน แอมโมเนีย เทอร์เพนไทน์ และไฮโดรคาร์บอน ไม่เป็นตัวนำไฟฟ้า ไม่กัดกร่อน(Corrosive) เมื่อแห้ง

2) ชนิดคลอรีนผง หรือที่รู้จักกันในนามของ “ผงปูนคลอรีน” มีหลายชนิด คือ

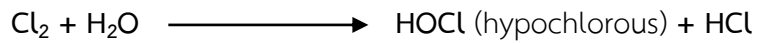
(1) แคลเซียมไฮโปคลอไรต์ (Calcium hypochlorite) เป็นผงสีขาว ละลายน้ำได้ดีมีสูตรทางเคมี คือ  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$  มักจะผลิตให้มีความเข้มข้นระหว่าง 60-70% โดยน้ำหนัก คลอรีนผงชนิดนี้หาได้ง่าย ราคาไม่แพง ไม่เป็นอันตรายต่อคนและสัตว์เลี้ยงอย่างรุนแรง ไม่ทำให้เสียรสชาติ ฆ่าเชื้อโรคในเวลาไม่นานเกินไป และยังมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคต่อไปได้อีก สะดวกต่อการใช้งาน และสามารถตรวจสอบประสิทธิภาพได้ง่าย ดังนั้น จึงเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุด

(2) โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (Sodium hypochlorite) เป็นสารละลายใส สีเหลืองอมเขียวมีสูตรทางเคมี คือ  $\text{NaOCl}$  ความเข้มข้นประมาณ 16% โดยน้ำหนัก มีความเสถียรน้อยกว่าแคลเซียมไฮโปคลอไรต์ ทำให้เสื่อมสภาพได้อย่างรวดเร็ว จึงควรเก็บไว้ในที่มืดและอุณหภูมิไม่สูงกว่า  $30^\circ\text{C}$  เพื่อชะลออัตราการเสื่อมคุณภาพและอายุในการเก็บไม่ควรเกิน 60-90 วัน สำหรับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ เมื่ออยู่ในสภาวะ pH ต่ำ จะระเหยเป็นหมอกคลอรีนสามารถระเหยได้

(3) ปูนคลอรีน (Chlorinated Lime or Chloride of Lime or Bleaching Powder) หรือบางที่เรียกว่า “ผงฟอกสี” มีสูตรทางเคมี คือ  $\text{CaOCl}_2$  ผลิตได้จากปฏิกิริยาเคมีระหว่างคลอรีนและปูนขาว มีความเข้มข้นประมาณ 35% โดยน้ำหนัก

#### 4.2.2 ปฏิกริยาของคลอรีนในน้ำ

คลอรีนก๊าซ (Cl<sub>2</sub>) ก๊าซคลอรีนเมื่ออยู่ในน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสให้กรดไฮโปคลอรัสและกรดไฮโดรคลอริกดังสมการ



กรด HOCl แตกตัวในน้ำจะให้ hydrogen ion และ hypochlorite ion ดังสมการ



Cl<sub>2</sub>, HOCl และ OCl<sup>-</sup> เรียกว่าคลอรีนอิสระคงเหลือ (Free residual Chlorine) ปริมาณคลอรีนอิสระคงเหลือชนิดใดจะมากหรือน้อยกว่ากันอยู่ที่สภาพ pH ของน้ำ

#### 4.2.3 การใช้คลอรีนฆ่าเชื้อโรคในน้ำสะอาด

การใช้คลอรีนฆ่าเชื้อโรคในน้ำสะอาดอย่างมีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ดังนี้

1) ความเข้มข้นของคลอรีนอิสระ (Free chlorine residual) ความเข้มข้นและปริมาณของคลอรีนที่เติมลงในน้ำไม่ใช่สิ่งสำคัญที่สุดในการ ฆ่าเชื้อโรค หากแต่เป็นปริมาณคลอรีนอิสระที่เหลืออยู่ในน้ำ ซึ่งวัดได้หลังจากช่วงระยะเวลาสัมผัสอันหนึ่งแต่การเติมคลอรีนน้อยเกินไป จะไม่ทำให้เกิดคลอรีนอิสระขึ้นและอาจจะทำลายเชื้อโรคในน้ำได้ไม่ทั้งหมด แต่การเติมคลอรีนในปริมาณที่มากเกินไป จะทำให้น้ำมีกลิ่นฉุนของคลอรีนและทำให้รสชาติของน้ำเสียไปด้วย ทั้งยังเป็น การสิ้นเปลืองคลอรีนโดยใช่เหตุ นอกจากนี้ คลอรีนยังมีฤทธิ์กัดกร่อน อาจทำให้เครื่องมือและอุปกรณ์ ต่างๆ เสียหายได้ ดังนั้น ในการเติมคลอรีนจึงต้องเติมในปริมาณที่เหมาะสม คือ สามารถฆ่าเชื้อโรคได้ หมด รวมทั้งก่อให้เกิดคลอรีนอิสระที่แนะนำ คือระหว่าง 0.2-0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (0.2-0.5 ppm.) ณ เวลาสัมผัส 30 นาที กล่าวคือภายหลังจากที่ทำการเติมสารละลายคลอรีนไปแล้ว 30 นาที ต้องสามารถวัดปริมาณคลอรีนอิสระได้ระหว่าง 0.2-0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

2) ระยะเวลาในการฆ่าเชื้อโรค (Duration of contact) ทั้งนี้โดยเริ่มตั้งแต่เวลาที่เติมสารละลายผงปูนคลอรีนลงในน้ำจน ถึงเวลาที่ผู้ใช้เริ่มใช้น้ำเป็นรายแรกไม่ควรน้อยกว่า 30 นาที หรือถ้านานกว่านั้นการฆ่าเชื้อโรคของสารละลายผงปูนคลอรีนก็จะมากขึ้นด้วย และทำให้กลิ่นลดลง

3) อุณหภูมิ (Temperature) ถ้าอุณหภูมิสูงประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคของผงคลอรีนจะลดลง แต่ในทางตรงข้ามถ้าอุณหภูมิต่ำ ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคของผงปูนคลอรีนจะดีขึ้น

4) ความขุ่นของน้ำ (Turbidity) อนุภาคความขุ่นในน้ำอาจเป็นเกราะกำบังให้เชื้อโรค ทำให้คลอรีนไม่สามารถเข้าไปสัมผัสและฆ่าเชื้อโรคได้ ดังนั้น ถ้าต้องการให้คลอรีนมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคได้ดีจึงต้องทำให้น้ำมีความใสสูง คือ ต้องมีความขุ่นน้อยกว่า 10 NTU (Nephelometric Turbidity Units) โดยการเติมสารส้ม เพื่อให้อนุภาคของความขุ่นจับตัวรวมกัน ตกตะกอน และผ่านถังกรอง

5) สภาพความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH) มีผลต่อการฆ่าเชื้อโรคของคลอรีน เนื่องจากคลอรีนจะแตกตัวเป็นไฮโปคลอรัส (Hypochlorous : HOCl ) ซึ่งมีอำนาจในการฆ่าเชื้อโรคได้ดีเมื่อน้ำมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย หาก pH สูงกว่า 7.5 จะทำให้เกิด OCl<sup>-</sup> มากขึ้น ซึ่ง OCl<sup>-</sup> นี้มีประสิทธิผลในการฆ่าเชื้อโรคต่ำกว่า HOCl จะทำให้ต้องสิ้นเปลืองคลอรีนมากขึ้น และหากค่า pH สูงถึง 9.5 จะเกิด OCl<sup>-</sup> ถึง 100%

#### 4.2.4 ข้อดี-ข้อด้อยของการใช้คลอรีนในการฆ่าเชื้อโรค

##### 1) ข้อดีของการใช้คลอรีน

เป็นสารเคมีที่หาได้ง่าย ราคาไม่แพง ละลายน้ำได้ดีที่อุณหภูมิปกติ ไม่ทำให้น้ำเสียรสชาติ ไม่เป็นอันตรายต่อคนและสัตว์เลี้ยงอย่างรุนแรง คลอรีนสามารถฆ่าเชื้อโรคในเวลาไม่นานเกินไปและมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคในน้ำต่อไปได้อีก จึงทำให้สามารถตรวจสอบประสิทธิภาพได้ด้วยการหาปริมาณคลอรีนตกค้างในน้ำ ส่วนการฆ่าเชื้อในน้ำทั้งจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว มักจะเติมคลอรีนในน้ำจนกระทั่งมีปริมาณคลอรีนตกค้างประมาณ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร

##### 2) ข้อด้อยของการใช้คลอรีน

การใช้คลอรีนในน้ำที่มีสารอินทรีย์เจือปนอยู่ คลอรีนจะทำปฏิกิริยากับกลุ่มของกรดอินทรีย์ (Organic acid) คือ กรดฮิวมิก (Humic acid) เกิดไตรฮาโลมีเทน (Trihalomethanes : THMs) และกรดฮาโลอะซีติก (Haloacetic acids: HAAs) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง ดังนั้นในแง่ของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ สำนักงานพิทักษ์สิ่งแวดล้อม สหรัฐอเมริกา จึงกำหนดความเข้มข้นสูงสุดของไตรฮาโลมีเทน (THMs) ไว้ที่ 0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร (ppm.) ในน้ำดื่ม ขณะที่องค์การอนามัยโลก (World Health Organization : WHO) กำหนดความเข้มข้นของไตรฮาโลมีเทน (THMs) ที่ไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (ppm.)

จากข้อดีและข้อด้อยของการใช้สารคลอรีนพบว่า คลอรีนสามารถฆ่าเชื้อในน้ำประปาได้ดีกว่าน้ำเสีย เนื่องจากรู้ในน้ำเสียมีสารอินทรีย์ในปริมาณที่สูง คลอรีนจะทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ที่มีในน้ำเสีย ทำให้มีผลิตภัณฑ์ได้จากการทำปฏิกิริยาดังกล่าว คือ สารกลุ่ม ไตรฮาโลมีเทน (THMs) ซึ่งจัดเป็นสารก่อมะเร็ง ดังนั้นการเลือกใช้สารฆ่าเชื้อในน้ำทั้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชนิดอื่นจึงอาจเป็นวิธีที่เหมาะสมกว่า

### 4.3 การกำจัดเชื้อจุลินทรีย์โดยวิธีใช้สารโอโซน (Ozonation disinfection)

โอโซน ( $O_3$ ) คือก๊าซไม่เสถียรเกิดจากการรวมตัวของออกซิเจน 3 อะตอม โอโซนถูกสร้างขึ้นได้โดยการแยกอะตอมของออกซิเจน 2 อะตอม ออกจากกัน ( $O_2$  to  $2O$ ) อะตอมหนึ่งที่แยกไปจะไปรวมกับโมเลกุลออกซิเจน  $O_2$  กลายเป็นโอโซน  $O_3$  โอโซนเป็นสาร Oxidizing Agent ที่มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อโรคได้ดีกว่าคลอรีนถึง 3,000 เท่า แต่มีความเสถียรต่ำสามารถละลายอยู่ในน้ำ 25 องศาเซลเซียสได้ไม่เกิน 2 นาที และสลายเมื่ออุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

โอโซนจัดเป็นตัวออกซิไดส์ (oxidizing agent) ที่แรงที่สุดที่อนุญาตให้นำมาใช้ประโยชน์ในปัจจุบัน โดยมีฤทธิ์สูงกว่าก๊าซคลอรีนถึง 51% และมีประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ ได้เร็วกว่า 3.125 เท่าตัว สารอินทรีย์ที่มีอยู่ในเยื่อเมมเบรนของแบคทีเรียเมื่อทำปฏิกิริยากับโอโซนทำให้ผนังเซลล์อ่อนแอและแตกออก ทำให้เซลล์ตาย โอโซนสามารถเกิดปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ ส่วนใหญ่รวมทั้งสารอินทรีย์ ทำให้เกิดการแตกตัวและสลายตัวในกระบวนการสลายตัวทางชีวภาพ ได้ง่าย สารอินทรีย์บางชนิดทำปฏิกิริยากับโอโซนอย่างสมบูรณ์ได้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ โอโซนสามารถกำจัดเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส สปอร์ ราเมือก ราน้ำค้าง เชื้อรา อะมีบา และเชื้อที่อยู่ในรูปของถุงน้ำตามปริมาณความเข้มข้นและระยะเวลาที่ใช้ต่างกัน

#### 4.3.1 อันตรายของโอโซน

โอโซนจัดเป็นก๊าซพิษ การมีปริมาณโอโซนสูงมากผิดปกติในบางพื้นที่เป็นผลเสียต่อสุขภาพมากกว่าที่จะเป็นผลดี มีการกำหนดเกณฑ์ปริมาณความเข้มข้นสูงสุดที่ได้รับโดยเฉลี่ยไม่เกิน 0.1 ppm ในช่วงระยะเวลาของการทำงานนาน 8 ชั่วโมง อันตรายจากการได้รับโอโซนเป็นประจำ อาจจะเป็นอันตรายต่อปอด โดยเฉพาะในวัยเด็กที่ปอด กำลังพัฒนา อาจก่อให้เกิดความเสียหายกับระบบสืบพันธุ์และพันธุกรรม อาจจะเป็นอันตรายต่อเด็ก ในครรภ์ ทำให้เกิดโรคปอดกำเริบ เช่น กลีบปอดพองลม และโรคหลอดลมอักเสบ ทำให้ภูมิคุ้มกันใน ระบบหายใจลดลง อาการหอบหืดและโรคหัวใจกำเริบ ลดปริมาณลมหายใจ รวมทั้ง ทำให้ปริมาณของเหลวในปอดเพิ่มขึ้นทำให้หายใจขัด ก๊าซโอโซนทำให้เกิดอาการระคายเคือง ในระบบหายใจ ทำให้ไอ ระคายคอหรือแน่นหน้าอก ปวดศีรษะ ท้องเสีย แน่นท้อง มีอาการป่วย และอาเจียน การสัมผัสโอโซน ที่อยู่ในสภาพของเหลวที่มีความเข้มข้นสูงที่ผิวหนังหรือดวงตา อาจจะทำให้เกิดอาการระคายเคือง อาการไหม้รุนแรง ปวดแสบปวดร้อน

#### 4.4 การกำจัดเชื้อจุลินทรีย์โดยใช้สารประกอบกรดเปอร์อะซิติก (Peracetic acid disinfection)

กรดเปอร์อะซิติก หรือเรียกว่ากรด peroxyacetic หรือ PAA) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มี ( $C_2H_4O_3$ ) เป็นส่วนผสมของกรดอะซิติก ( $CH_3COOH$ ) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ( $H_2O_2$ ) ในสารละลายที่เป็นน้ำ กรดอะซิติกซึ่งจะแตกตัวเป็นน้ำออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ผลิตภัณฑ์ย่อยสลายกรดเปอร์อะซิติกไม่เป็นพิษและสามารถละลายในน้ำได้ง่าย กรดเปอร์อะซิติกเป็นสารออกซิแดนท์ที่มีศักยภาพในการเกิดออกซิเดชันสูงกว่าคลอรีนและคลอรีนไดออกไซด์ กรดเปอร์อะซิติกส่วนใหญ่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารซึ่งใช้เป็นน้ำยาทำความสะอาดและเป็นสารฆ่าเชื้อ ตั้งแต่ต้นปี 1950 เป็นต้น กรดเปอร์อะซิติกถูกนำไปใช้ในการกำจัดแบคทีเรียและเชื้อราจากผักและผลไม้ นอกจากนี้ยังใช้สำหรับการฆ่าเชื้อโรคในน้ำล้างที่ใช้สำหรับอาหาร ปัจจุบันกรดเปอร์อะซิติกถูกนำไปใช้ในการฆ่าเชื้อเวชภัณฑ์และเพื่อป้องกันการเกิดฟิล์มชีวภาพในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ สามารถใช้ในระหว่างการทำน้ำให้บริสุทธิ์เพื่อเป็นสารฆ่าเชื้อและสำหรับการฆ่าเชื้อโรคในน้ำ เหมาะสำหรับการฆ่าเชื้อโรคในน้ำหล่อเย็น ช่วยป้องกันการสร้างฟิล์มชีวภาพและควบคุมแบคทีเรีย Legionella

กรดเปอร์อะซิติก นำมาใช้เป็นสารฆ่าเชื้อโรค (disinfectant) สำนักงานคณะกรรมการอาหาร และยาประเทศสหรัฐอเมริกา (USFDA) ได้อนุญาตให้ใช้กรดกรดเปอร์อะซิติก เป็นสารฆ่าเชื้อโรคที่สามารถสัมผัสกับอาหารได้โดยตรงในน้ำล้างผัก และผลไม้ในระหว่างขั้นตอนการทำทำความสะอาด โดยการล้างหรือแช่ ความเข้มข้นที่ใช้จะอยู่ในช่วง 85-300 มิลลิกรัมต่อลิตร นอกจากนี้ยังมีความเป็นพิษต่ำและมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับสารเคมีชนิดอื่น เช่น คลอรีน และโซเดียมไฮโปคลอไรต์ เป็นต้น กลไกการทำลายจุลินทรีย์เป็นผลมาจากการออกซิไดส์ที่รุนแรงร่วมกับค่าพีเอชต่ำ โดยสารออกซิไดส์จะไปออกซิไดส์เยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรีย และสปอร์ของยีสต์และรา (Soliva-Fortuney and Martin-belloso, 2003)

ในปัจจุบันพบว่า กรดเปอร์อะซิติกสามารถทำลายจุลินทรีย์ก่อโรคและจุลินทรีย์ที่ถูกใช้เป็นตัวชี้วัดในน้ำเสียได้เป็นอย่างดี และยังสามารถใช้ร่วมกับระบบฆ่าเชื้ออื่น ๆ เช่น ระบบรังสีอัลตราไวโอเล็ตหรือระบบแสงยูวี ทำให้ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อของระบบแสงยูวี สูงขึ้นเป็นอย่างมาก ในสถานะสมดุลจะมีสารที่ประกอบด้วย AA, ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์, PAA และน้ำตามสมการเคมีดังนี้



โดย  $CH_3COOH$  คือ กรดอะซิติก,  $CH_3CO_3H$  คือ กรดเปอร์อะซิติก,  $H_2O_2$  คือไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กรดเปอร์อะซิติกเป็นสารกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความแรงด้วยความเข้มข้นต่ำและสามารถกำจัดเชื้อได้หลายชนิด จากการศึกษาพบว่าที่ระดับการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ระดับเดียวกันต้องใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ปริมาณมากกว่ากรดเปอร์อะซิติกในด้านความคงสภาพกรดเปอร์อะซิติกมี



ความเสถียรน้อยกว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ กรดเปอร์อะซิติกที่ความเข้มข้น 40% ในน้ำจะมีการสูญเสียปริมาณสารสำคัญ 1-2% ต่อเดือนในขณะที่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้น 30-90 % มีอัตราการสูญเสียปริมาณสารสำคัญเพียง 1% ต่อปี และกรดเปอร์อะซิติกที่ความเข้มข้น 1% จะสูญเสียปริมาณสารสำคัญ 50% ด้วยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสภายใน 6 วัน อย่างไรก็ตามกรดเปอร์อะซิติกที่จำหน่ายที่ระดับความเข้มข้น 10-15 % มีความคงสภาพมากกว่าที่ระดับความเข้มข้นสูงกว่าหรือต่ำกว่านี้การเก็บรักษาให้เก็บรักษาในสภาวะปกติ เย็น ในภาชนะที่ผู้จำหน่ายใส่มา สามารถเก็บได้ในแก้ว แต่ไม่ควรเก็บไว้ในภาชนะพลาสติกที่มีส่วนประกอบของไวนิลและยางสังเคราะห์

#### 4.4.1 กลไกการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของกรดเปอร์อะซิติก

กรดเปอร์อะซิติกสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ด้วยการทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับผนังเยื่อหุ้มเซลล์ อิเล็กตรอนจะถูกส่งผ่านเข้าไปภายในเซลล์และทำลายกลไกการทำงานของเซลล์ ทำให้เชื้อจุลินทรีย์หยุดการทำงานอย่างรวดเร็วกลไกการต้านเชื้อจุลินทรีย์ของกรดเปอร์อะซิติกจะเป็นคุณสมบัติของออกซิไดส์โดยการปลดปล่อยออกซิเจนไปทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน ส่งผลให้เกิดการขัดขวางการทำงานของระบบ chemiosmotic ของ lipoprotein cytoplasmic membrane และการขนส่งผ่านการแตกออกของผนังเซลล์ การทำงานของกรดเปอร์อะซิติกคือทำให้โปรตีนเสียสภาพทำให้เกิดการทำลายสปอร์และไข่ของจุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังมีผลในการออกซิไดส์เอนไซม์ภายในเซลล์ ทำให้เกิดความเสียหายของสารที่อยู่ภายในเซลล์

#### 4.4.2 ผลิตภัณฑ์พลอยได้

ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการเสื่อมสลายของกรดเปอร์อะซิติกคือ กรดอะซิติก ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ออกซิเจนและน้ำปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในน้ำมี 3 ปฏิกิริยา คือ spontaneous decomposition, hydrolysis, และ transition-metalcatalyzed decomposition สำหรับที่ค่าพีเอช 5.5-8.2 ปฏิกิริยาหลักที่เกิดขึ้นคือ spontaneous decomposition ได้ผลิตภัณฑ์เป็น กรดอะซิติกและออกซิเจนน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยกรดเปอร์อะซิติกพบสารพิษน้อยมาก ในรูปกรดคาร์บอกซิลิกซึ่งไม่เป็นสารก่อกลายพันธุ์ กรดคาร์บอกซิลิกที่พบเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารอินทรีย์ในน้ำโดยกรดเปอร์อะซิติก ไม่มีผลิตภัณฑ์พลอยได้ที่เป็นสารประกอบฮาโลเจน ซึ่งถือว่าเป็นข้อดีของกรดเปอร์อะซิติกเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ก๊าซคลอรีน คลอรีนออกไซด์ โซเดียมไฮโปคลอไรต์ หรือโอโซน ดังนั้นจึงมีการใช้กรดเปอร์อะซิติก ในการฆ่าเชื้อหรือการทำปลอดเชื้อในห้องปฏิบัติการอุตสาหกรรมอาหาร-เครื่องดื่ม การแพทย์ และเกษตรกรรม นอกจากนี้ยังมีการใช้กรดเปอร์อะซิติกในการฆ่าเชื้อและฟอกสีของอุตสาหกรรมกระดาษและสิ่งทอ ใช้เป็นสารฆ่าเชื้อในการทำความสะดวกสะอาดห้องเย็น

#### 4.4.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์โดยใช้กรดเปอร์อะซิติกสำหรับน้ำเสีย

- 1) อุณหภูมิ กรดเปอร์อะซิติกสามารถทำงานได้ในช่วงอุณหภูมิกว้าง ทั้งนี้เมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นระหว่างที่ทำการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์จะมีผลทำให้ปริมาณของจุลินทรีย์ลดลงมากขึ้นด้วย
- 2) ค่าพีเอช กรดเปอร์อะซิติกจะสามารถทำงานได้ดีที่ค่าพีเอชต่ำ รูปของกรดเปอร์อะซิติกที่มีผลในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์คือรูปกรดที่ไม่แตกตัว โดยค่าคงที่ของการแตกตัวของกรดเปอร์อะซิติก (pKa) เท่ากับ 8.2 ดังนั้นในสารละลายต่างจะทำให้เกิดการแตกตัวของกรดเป็นผลให้ประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อลดลงสำหรับแบคทีเรียความสามารถในการกำจัดเชื้อจะมีความแตกต่างเพียงเล็กน้อยในช่วงค่าพีเอช 5 ถึง 8 แต่ประสิทธิภาพจะลดลงที่ค่าพีเอชเท่ากับ 9
- 3) TSS และบีโอดี ประสิทธิภาพของกรดเปอร์อะซิติกจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการลดลงของปริมาณ TSS และบีโอดีสำหรับน้ำเสียที่จะนำมากำจัดเชื้อจุลินทรีย์
- 4) จลนศาสตร์ ความเข้มข้นของจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะลดลงในช่วง 10 นาทีของการสัมผัสลักษณะของการลดลงเป็นรูปแบบปฏิกิริยาอันดับที่ 1 ในปัจจุบันพบว่า กรดเปอร์อะซิติกสามารถทำลายจุลินทรีย์ก่อโรคและจุลินทรีย์ที่ถูกใช้เป็นตัวชี้วัดในน้ำเสียได้เป็นอย่างดี และยังสามารถใช้ร่วมกับระบบฆ่าเชื้ออื่น ๆ เช่น ระบบรังสีอัลตราไวโอเล็ตหรือระบบแสงยูวี ทำให้ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อของระบบแสงยูวีสูงขึ้นเป็นอย่างมาก

#### 4.4.4 ข้อเด่นของการใช้กรดเปอร์อะซิติกฆ่าเชื้อในน้ำเสียคือกรดเปอร์อะซิติก

ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ข้างเคียงของสารที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ (Disinfection byproducts, DBPs) ที่เป็นสารก่อให้เกิดมะเร็งน้อยมาก กรดเปอร์อะซิติกจึงเป็นสารฆ่าเชื้อหนึ่งในห้าชนิดที่หน่วยงานคุ้มครองสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (US EPA) แนะนำให้ใช้ในการฆ่าเชื้อในน้ำที่ไหลล้นท่อระบายน้ำสาธารณะ

สามารถใช้แทนสารละลายคลอรีนในระบบฆ่าเชื้อที่ใช้คลอรีนซึ่งติดตั้งในระบบบำบัดน้ำเสียอยู่แล้วในปัจจุบันโดยต้องการการดัดแปลงอุปกรณ์เพียงเล็กน้อย จึงเป็นข้อเด่นที่เอื้อประโยชน์ให้ผู้ดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย สามารถนำกรดเปอร์อะซิติกมาใช้ทดแทนสารละลายคลอรีนเพื่อการฆ่าเชื้อในน้ำที่ไหลล้นท่อระบายน้ำสาธารณะข้อดีอีกประการหนึ่งของกรดเปอร์อะซิติกคือสามารถใช้แทน

#### 4.4.5 ข้อดีของการใช้กรดเปอร์อะซิติกฆ่าเชื้อในน้ำเสีย

กรดเปอร์อะซิติกก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ข้างเคียงของสารที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ (Disinfection byproducts, DBPs) ที่เป็นสารก่อให้เกิดมะเร็งน้อยมาก กรดเปอร์อะซิติกจึงเป็นสารฆ่าเชื้อหนึ่งในห้าชนิดที่หน่วยงานคุ้มครองสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (US EPA) แนะนำให้ใช้ในการฆ่าเชื้อในน้ำที่ไหลล้นท่อระบายน้ำสาธารณะข้อดีอีกประการหนึ่งของกรดเปอร์อะซิติกคือสามารถใช้แทน

สารละลายคลอรีนในระบบฆ่าเชื้อที่ใช้คลอรีนซึ่งติดตั้งในระบบบำบัดน้ำเสียอยู่แล้วในปัจจุบัน โดยดัดแปลงอุปกรณ์เพียงเล็กน้อย จึงเป็นข้อเด่นที่เอื้อประโยชน์ให้ผู้ดูแลระบบบำบัดน้ำเสียสามารถนำกรดเปอร์อะซิติกมาใช้ทดแทนสารละลายคลอรีนเพื่อการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียโดยมีการเปลี่ยนแปลงหรือดัดแปลงระบบฆ่าเชื้อดั้งเดิมที่มีอยู่แล้วน้อยมาก จากการศึกษาของ Park E. และคณะ(2014) พบว่า กรดเปอร์อะซิติกที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการลด จุลินทรีย์ในน้ำได้สูงถึงร้อยละ 99.9 และ Pradhan S.K. และคณะ(2013) พบว่า กรดเปอร์อะซิติกที่ระดับความเข้มข้น 3 – 5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพดีในการลดจุลินทรีย์ตัวชี้วัดในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย

ทั้งนี้การเลือกใช้สารฆ่าเชื้อแต่ละชนิดนั้น จะต้องพิจารณาถึงการปรับปรุงลักษณะน้ำทิ้งให้มีความเหมาะสม และต้นทุนในการดำเนินการ ตลอดจนความง่ายในการดูแลระบบฆ่าเชื้อให้คงประสิทธิภาพ ดังนั้นระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงพยาบาล มักเลือกใช้สารคลอรีนในการฆ่าเชื้อ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง การควบคุมระบบ และการบำบัดต่ำกว่าระบบฆ่าเชื้ออื่น เช่น ระบบโอโซน และแสงยูวี นอกจากนี้ระบบการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนเป็นระบบที่ใช้เทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อน ง่ายต่อการดำเนินการ จึงถูกนำมาใช้ในการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว

ดังนั้นการวิจัยเพื่อหาประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงพยาบาลของสารเคมีที่นิยมใช้ในปัจจุบันได้แก่ คลอรีน และสารเคมีอื่นได้แก่ กรดเปอร์อะซิติก จึงถูกจัดทำขึ้นเพื่อหาประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ก่อโรคที่พบได้ในน้ำทิ้งจากโรงพยาบาลของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

## 5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

คลอรีนเป็นสารเคมีที่รู้จักมานานและนิยมใช้ในการฆ่าเชื้อทั้งในน้ำสะอาดและน้ำเสีย เนื่องจากใช้ได้สะดวก และราคาไม่สูง แต่การใช้คลอรีนกับน้ำเสียนั้นก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์พลอยได้ ตกค้างในน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว ส่วนกรดเปอร์อะซิติกนั้น นิยมใช้ในการฆ่าเชื้อในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตอาหาร และเริ่มมีการนำมาใช้ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนเนื่องจากไม่มีสารตกค้าง เหมือนกับคลอรีน ซึ่งตัวอย่างการศึกษาการใช้กรดเปอร์อะซิติกในการบำบัดน้ำเสียมียังมีดังนี้

พรสวรรค์ ศรีสวัสดิ์ (2561) ทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติกในการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากโรงพยาบาลในสังกัดกระทรวงสาธารณสุขในเขตกรุงเทพมหานคร ผลการศึกษาพบว่า 1) ปริมาณของคลอรีนที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากโรงพยาบาล คือ 54 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโคลิฟอร์มทั้งหมด เชื้อฟิโคลิฟอร์ม และเชื้อ อี โคไล ร้อยละ 99.98 99.86 และ 99.6 ตามลำดับ และปริมาณของกรดเปอร์อะซิติกที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากโรงพยาบาล คือ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโคลิฟอร์มทั้งหมด

เชื้อพีคัลโคลิฟอร์ม และเชื้อ อี โคไล ร้อยละ 99.63 99.84 และ 99.87 ตามลำดับ 2) กรดเปอร์อะซิติค ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุด ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโคลิฟอร์มทั้งหมด เชื้อพีคัลโคลิฟอร์ม และเชื้อ อี โคไล ในน้ำทิ้งจากโรงพยาบาลดีกว่าคลอรีนที่ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุด และสามารถฆ่าเชื้อเอนเทอโรคอคโคได้ร้อยละ 60 ในขณะที่คลอรีนไม่สามารถลดปริมาณเชื้อ เอนเทอโรคอคโคได้ จากผลการทดลองสรุปได้ว่า กรดเปอร์อะซิติคมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งได้ดีกว่าคลอรีน

สายธาร ทองพร้อม (2013) ทำการศึกษาคุณภาพน้ำคลองบางใหญ่ จังหวัดภูเก็ต ทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ ทั้งหมด 14 พารามิเตอร์ ได้แก่ อุณหภูมิ สี พีเอช การนำไฟฟ้า ความเค็ม ความขุ่น ปริมาณสารละลายน้ำทั้งหมด ปริมาณสารแขวนลอย ดีโอ บีโอดี ค่าไนเตรท-ไนโตรเจน ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ตะกั่ว และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ทำการเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วง (Grab sampling) ตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำ ระยะทาง 20 กิโลเมตร จำนวน 4 สถานี คือ น้ำตกกะทู้ สะพานโรงเหล้าหลังโรงพยาบาลกรุงเทพและ สะพานกอจ้าน จำนวน 4 ครั้ง ฤดูน้ำน้อย 2 ครั้ง (มีนาคม 2553) และฤดูน้ำมาก 2 ครั้ง (มิถุนายน-กรกฎาคม 2553) ผลการวิจัย พบว่า ฤดูน้ำน้อยคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมกว่าฤดูน้ำมาก เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำในแต่ละสถานี พบว่า น้ำตกกะทู้ ( ต้นน้ำ) เพียงสถานีเดียวที่เทียบอยู่ในเกณฑ์คุณภาพน้ำดีมาก แต่สถานีอื่นๆ คุณภาพน้ำเสื่อมโทรมมาก เนื่องจากไหลผ่านแหล่งชุมชนและสถานประกอบการต่างๆ ซึ่งปล่อยน้ำทิ้งลงสู่คลองบางใหญ่โดยไม่ผ่านการบำบัด

S. Stampi, G. De Luca, F. Zanetti (2008) ทำการศึกษาการประเมินประสิทธิภาพของกรดเปอร์อะซิติคในการฆ่าเชื้อน้ำเสียในโรงบำบัดน้ำเสียขนาดใหญ่ พบว่าการฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติคช่วยลดระดับการปนเปื้อนของอุจจาระได้ 97% ดังนั้นจึงเป็นไปตามขีดจำกัดที่แนะนำโดยกฎหมายอิตาลีในปัจจุบัน (*Escherichia coli* ≤ 5000 MPN 100 ml<sup>-1</sup>) สำหรับการปล่อยลงสู่แหล่งน้ำผิวดิน

Ronald Gehr (2002) และคณะ ทำการศึกษาการฆ่าเชื้อโรคในน้ำเสียด้วยกรดเปอร์อะซิติค : การพัฒนาขั้นตอนการวัดสารฆ่าเชื้อที่ตกค้างและการประยุกต์ใช้กับน้ำทิ้งในชุมชนที่ผ่านการบำบัดด้วยเคมีกายภาพ พบว่า ปริมาณกรดเปอร์อะซิติคที่สามารถฆ่าเชื้อโคลิฟอร์มในอุจจาระคือ 0.6 ถึง 1.6 มก./ลิตร ดังนั้น กรดเปอร์อะซิติคจึงเป็นสารฆ่าเชื้อที่ดีที่สุดสำหรับน้ำทิ้งทางเคมี ทั้งขั้นต้น และต่อระบายน้ำทิ้งรวม

Gunjan Katara (2016) และคณะ ทำการศึกษาประสิทธิภาพของกรดเปอร์อะซิติคต่อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาประสิทธิภาพในการต่อต้านเชื้อโรคในโรงพยาบาล เช่น *Mycobacterium fortuitum*, *Mycobacterium tuberculosis* และ *Candida albicans* และสปอร์ของ *Bacillus subtilis*, *Clostridium perfringens* และ *Aspergillus niger* พบว่า แบคทีเรียลดลง



มากกว่า 5 รายการ สำหรับแบคทีเรียจากพืชหลังจากสัมผัสกับกรดเปอร์อะซิติก 1 นาที และการสัมผัสกับกรดเปอร์อะซิติกเป็นเวลา 10 นาที สามารถยับยั้งสปอร์ของแบคทีเรียและเชื้อราได้ 99.5% กรดเปอร์อะซิติกยับยั้งแบคทีเรียก่อโรครอย่างรวดเร็วภายใน 1 นาที และยับยั้งไมโคแบคทีเรียและเชื้อราภายใน 10 นาที และฆ่าเชื้อสปอร์ภายใน 30 นาที และยังคงทำงานเมื่อมีโปรตีนอยู่

M. Antonelli (2006) และคณะ ได้ทำการศึกษาการประเมินประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อในระยะเวลาของกรดเปอร์อะซิติก (PAA) โดยมีการตรวจวิเคราะห์แบคทีเรียซ้ำหลังจากการทดสอบการฆ่าเชื้อ 5, 24 และ 29 ชั่วโมง เพื่อจำลองสภาวะการเจริญเติบโตซ้ำ ผลการศึกษาพบว่า ระยะเวลา 29 ชั่วโมง หลักจากการทดสอบการฆ่าเชื้อ, ปริมาณความเข้มข้นของกรดเปอร์อะซิติก (PAA) ที่ต่ำที่สุด และถึงแม้ว่าไม่มีสารฆ่าเชื้อตกค้าง ก็ยังคงไม่มีการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย จึงสรุปได้ว่าแบคทีเรียไม่สามารถซ่อมแซมความเสียหายที่เกิดจากการฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติก PAA ได้แม้ในปริมาณที่น้อยที่สุด

Juliana Berninger da Costa (2014) และคณะ ได้ทำการศึกษา ความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำที่สัมผัสกับน้ำทิ้งในการบำบัดขั้นที่สองที่ฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน กรดเปอร์อะซิติก โอโซน และรังสียูวี พบว่าการใช้โอโซนและคลอรีนส่งผลให้มีอัตราการตายของ *D.similis* และ *D.rerio* มากถึง 60-100% เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ และในการทดลองกับน้ำทิ้งที่ฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติก (PAA) และรังสี UV พบว่าการรอดชีวิตของ *D.rerio* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Eunyoung Park และคณะ (2014) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของกรดเปอร์อะซิติกในการยับยั้งแบคทีเรีย ไวรัสและสปอร์ในน้ำ พบว่ากรดเปอร์อะซิติกที่ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถยับยั้ง *E. faecium* ได้และการยับยั้ง coliphage(male-specific(F+) coliphage) และ โพรโตซัว (*Bacillus subtilis* spores) ต้องใช้กรดเปอร์อะซิติกเข้มข้น 50 มิลลิกรัม/ลิตร และ 3000 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

M. Antonelli และ คณะ (2013) ทำการประเมินการใช้กรดเปอร์อะซิติกฆ่าเชื้อในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดในระบบบำบัดน้ำเสียขั้นที่สอง ก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติและการใช้ประโยชน์ทางการเกษตรในประเทศอิตาลี พบว่ากรดเปอร์อะซิติกที่ระดับความเข้มข้นมากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถลดปริมาณ ฟีคัลโคลิฟอร์มและ อีโคไล ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้ง และการนำไปใช้เพื่อการเกษตรและไม่พบการเจริญเติบโตของแบคทีเรียภายหลังการบำบัด และความเป็นพิษของกรดเปอร์อะซิติกต่อสัตว์น้ำ

จากการศึกษารวบรวม และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การเลือกวิธีการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลจึงต้องพิจารณาถึงข้อดีและข้อด้อยของวิธีฆ่าเชื้อแต่ละวิธี ต้นทุน



ค่าใช้จ่ายต่อปริมาตรของน้ำที่บำบัด และผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากวิธีการฆ่าเชื้อวิธีนั้น ๆ ทั้งนี้การศึกษาวิจัยในเรื่องประสิทธิภาพของคลอรีนในการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดและประสิทธิภาพของการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดด้วยสารทดแทนคลอรีนในประเทศไทยยังคงมีอยู่น้อยมาก ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาเปรียบเทียบการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนนทบุรี ที่ผ่านการบำบัดแล้วด้วยคลอรีนซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน กับวิธีการฆ่าเชื้อวิธีอื่น ๆ ที่สามารถทดแทนกันได้ ได้แก่ กรดเปอร์อะซิดิก เพื่อหาประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อ



## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการศึกษา

#### 1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

##### 1.1 ประชากร

น้ำที่นำมาทดลองเป็นน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลชุมชนแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนนทบุรี ที่ผ่านถังเติมอากาศและการตกตะกอนขั้นที่สองแล้ว แต่ยังไม่ผ่านระบบฆ่าเชื้อ โดยตัวอย่างจะถูกเก็บแบบจ้วง (Grab sampling) ในรางน้ำของบ่อตกตะกอนขั้นที่สอง

##### 1.2 กลุ่มตัวอย่าง

1.2.1 น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ผ่านถังเติมอากาศและการตกตะกอนขั้นที่สองแล้ว แต่ยังไม่ผ่านระบบฆ่าเชื้อ

1.2.2 น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ผ่านถังเติมอากาศและการตกตะกอนขั้นที่สอง และผ่านระบบฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน

1.2.3 น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ผ่านถังเติมอากาศและการตกตะกอนขั้นที่สอง และผ่านระบบฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติค

#### 2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

##### 2.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำเสีย

###### 1.2.1 ขวดแก้วปากกว้าง

ขนาด 125 มิลลิลิตร มีฝาจุกด้วยกระดาษอะลูมิเนียมบรรจุในกระป๋องเหล็กกล้าไร้สนิม ซึ่งผ่านการอบฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 160-180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง บรรจุตัวอย่างน้ำปริมาตรประมาณ 100 มิลลิลิตร เพื่อทดสอบทางแบคทีเรีย เก็บรักษาคุณภาพน้ำตัวอย่างระหว่างการนำส่งห้องปฏิบัติการโดยแช่เย็นที่ ขนาด 4-10 องศาเซลเซียส

###### 1.2.2 ขวดพลาสติกที่สะอาดมีฝาปิดสนิท

ความจุประมาณ 4-5 ลิตร บรรจุตัวอย่างน้ำเพื่อตรวจวิเคราะห์ทางเคมี กายภาพ เก็บรักษาคุณภาพตัวอย่างน้ำระหว่างการนำส่งห้องปฏิบัติการโดยแช่เย็นที่ อุณหภูมิประมาณ 4-10 องศาเซลเซียส

## 2.2 วิธีทดสอบ

### 1.2.3 การตรวจวิเคราะห์ ณ จุดเก็บตัวอย่าง

- 1) ความเป็นกรดและด่าง (pH) ใช้วิธี Electrometric

### 1.2.4 การส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการ

- 1) สารแขวนลอย (Suspended Solids) ใช้วิธี SS Dried at 103-105°C
- 2) บีโอดี (BOD) ใช้วิธี Azide Modification
- 3) โคลิฟอร์มแบคทีเรีย และฟิคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ใช้วิธี Multiple-Tube Fermentation Technique

## 2.3 สารเคมีในการฆ่าเชื้อ

1.2.5 สารละลายคลอรีน จัดเตรียมโดยใช้คลอรีนชนิดผงผสมกับน้ำ ใช้วิธีการหยดสารเคมีลงในน้ำทิ้งโดยใช้อินเจคชั่นวาล์ว (Injection Valve) ที่ระดับความเข้มข้น 33 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้คลอรีนชนิดผง

1.2.6 กรดเปอร์อะซิติก ใช้เครื่องจ่ายสารเคมีอัตโนมัติ ระดับความเข้มข้นของ Park E. และคณะ (2014) คือระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

## 3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการทดลอง ซึ่งขั้นตอนการทดลองมีดังนี้

### 3.1 การเก็บตัวอย่าง

ตัวอย่างน้ำถูกเก็บแบบจ้วง โดยใช้ถังพลาสติกขนาดใหญ่ ในการตักน้ำจากบ่อตกตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียที่ระดับความลึกประมาณครึ่งหนึ่งของบ่อ และบรรจุน้ำเสียในขวดแก้ว และขวดพลาสติก บรรจุเก็บน้ำเสียในถังน้ำแข็งเพื่อนำมาห้องปฏิบัติการ

### 3.2 ตัวอย่างน้ำจะถูกนำไปวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ

การวิเคราะห์ลักษณะของตัวอย่างน้ำจะใช้วิธีการทดสอบตามที่ระบุไว้ใน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23<sup>rd</sup> edition 2017 ส่งตรวจศูนย์ห้องปฏิบัติการกรมอนามัย ลักษณะน้ำที่จะทำการวิเคราะห์ได้แก่

#### 3.2.1 ลักษณะทางกายภาพ

สารแขวนลอย (Suspended Solids) วิธีที่ใช้ทดสอบคือ SS Dried at 103-105 °C

#### 3.2.2 ลักษณะทางเคมี

- 1) กรด-ด่าง (pH) ใช้เครื่องมือ Electrometric
- 2) บีโอดี (BOD) วิธีที่ใช้ทดสอบคือ Azide Modification

### 3.2.3 ลักษณะทางชีวภาพ

1) โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) วิธีที่ใช้ทดสอบคือ Multiple-Tube Fermentation Technique

2) ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal coliform Bacteria) ใช้วิธี Multiple-Tube Fermentation Technique

### 3.3 การดำเนินการทดลองการฆ่าเชื้อ

#### ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมตัวอย่าง

1. เก็บตัวอย่างน้ำเสียก่อนการเติมสารฆ่าเชื้อด้วย Chlorine สัปดาห์ละ 3 ครั้ง

2. การเติมคลอรีนชนิดผง ใช้คลอรีนชนิดผงผสมกับน้ำ และใช้วิธีการหยดสารเคมีลงในน้ำทิ้งโดยใช้อินเจคชั่นวาล์ว (Injection Valve) ที่ระดับความเข้มข้น 33 มิลลิกรัมต่อลิตร

3. เก็บตัวอย่างน้ำหลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน ในการบำบัดขั้นสุดท้ายของระบบบำบัดน้ำเสีย และเก็บตัวอย่างสัปดาห์ละ 3 ครั้ง

4. การเติมกรดเปอร์อะซิติก ใช้เครื่องจ่ายสารเคมีอัตโนมัติ ที่ระดับความเข้มข้นของ Park E. และคณะ (2014) คือระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

3. เก็บตัวอย่างน้ำหลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติก ในการบำบัดขั้นสุดท้ายของระบบบำบัดน้ำเสีย และเก็บตัวอย่างสัปดาห์ละ 3 ครั้ง

ขั้นตอนที่ 2 การทดลองการฆ่าเชื้อเพื่อหาประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อของสารเคมีที่มีการทดลองดังนี้

1. นำตัวอย่างน้ำเสียก่อนการเติมสารฆ่าเชื้อด้วย Chlorine สัปดาห์ละ 3 ครั้ง ส่งห้องปฏิบัติการภายนอก

2. นำตัวอย่างน้ำเสียหลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน ในการบำบัดขั้นสุดท้ายของระบบบำบัดน้ำเสีย และเก็บตัวอย่างสัปดาห์ละ 3 ครั้ง ส่งตรวจห้องปฏิบัติการภายนอก

3. นำตัวอย่างน้ำเสียหลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติก ในการบำบัดขั้นสุดท้ายของระบบ บำบัดน้ำเสีย และเก็บตัวอย่างสัปดาห์ละ 3 ครั้ง ส่งตรวจห้องปฏิบัติการภายนอก

นำผลพารามิเตอร์ ได้แก่ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) และฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal coliform Bacteria) มาคำนวณหาประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อจะใช้วิธีการคำนวณดังนี้

ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อ

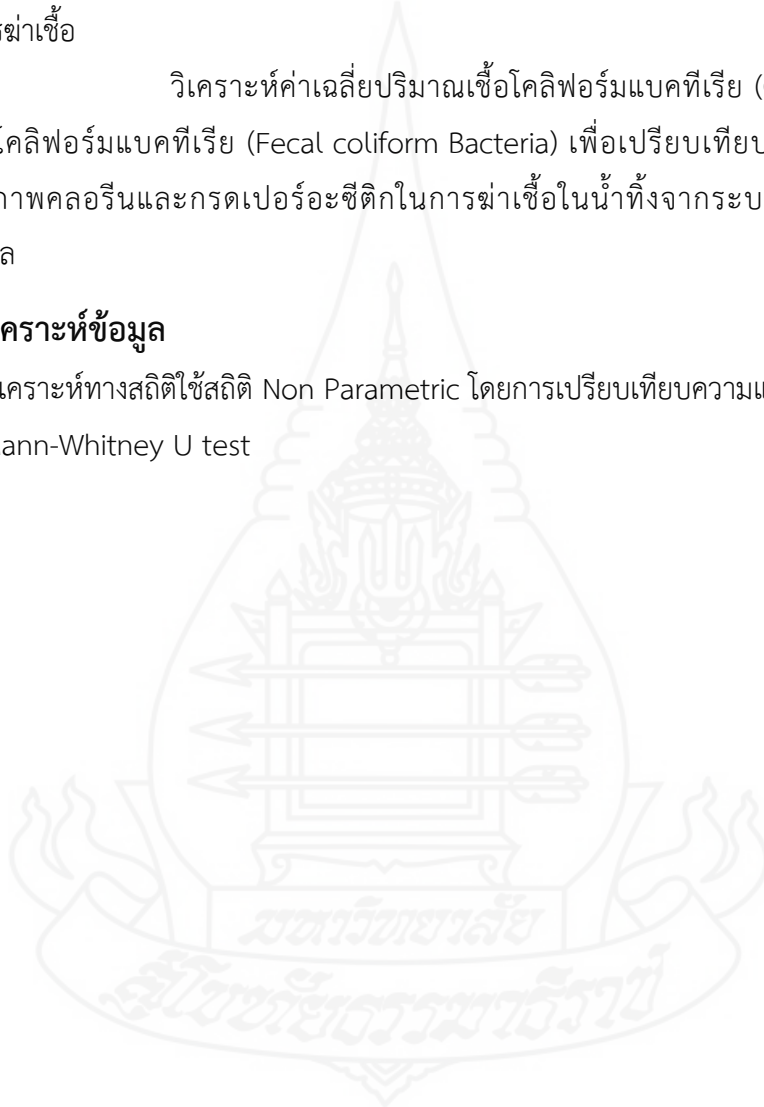
$$\frac{(\text{ปริมาณเชื้อก่อนการฆ่าเชื้อ} - \text{ปริมาณเชื้อหลังการฆ่าเชื้อ})}{\text{ปริมาณเชื้อก่อนการฆ่าเชื้อ}} * 100$$

**ขั้นตอนที่ 3** เปรียบเทียบความแตกต่างของประสิทธิภาพของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติกในการฆ่าเชื้อ

วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) และฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal coliform Bacteria) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของประสิทธิภาพคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติกในการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล

#### 4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ทางสถิติใช้สถิติ Non Parametric โดยการเปรียบเทียบความแตกต่างใช้การทดสอบ Mann-Whitney U test





## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติกในการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง จังหวัดนนทบุรี

#### 1. ลักษณะน้ำทิ้งของโรงพยาบาล

นำน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรี มาวิเคราะห์ลักษณะสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ของน้ำเสีย ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ลักษณะสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ของน้ำเสียจากโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรี

ลำดับ	สารแขวนลอย (มก./ลิตร)	กรดต่าง	บีโอดี (มก./ลิตร)	โคลิฟอร์ม แบคทีเรีย (MPN/100ml)	ฟีคัลโคลิฟอร์ม แบคทีเรีย (MPN/100ml)
1	39	7.6	5	16,000	16,000
2	32	7.7	18	16,000	16,000
3	11	7.6	1	16,000	16,000

จากผลการทดลองเก็บตัวลักษณะสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ของน้ำเสียจากโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรี จำนวน 3 ครั้ง พบว่า มีปริมาณสารแขวนลอย (Suspended Solids) มีค่าเท่ากับ 39, 32, 11 มก./ลิตร ตามลำดับ กรดต่าง (pH) มีค่าเท่ากับ 7.6, 7.7, 7.6 ตามลำดับ บีโอดี (BOD) มีค่าเท่ากับ 5, 18, 1 มก./ลิตร ตามลำดับ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย Coliform Bacteria มีค่าเท่ากับ 16,000, 16,000, 16,000 MPN/100ml ตามลำดับ และฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย Fecal Coliform Bacteria มีค่าเท่ากับ 16,000, 16,000, 16,000 MPN/100ml ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 ลักษณะสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ของน้ำทิ้งที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน และกรดเปอร์อะซิติก จากโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนนทบุรี

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ย	
	คลอรีน	กรดเปอร์อะซิติก
<b>ลักษณะทางกายภาพ</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>● สารแขวนลอย (Suspended Solids) (มก./ลิตร)</li> </ul>	9.33	25.22
<b>ลักษณะทางเคมี</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>● ความเป็นกรดต่าง (pH)</li> </ul>	7.58	6.91
<ul style="list-style-type: none"> <li>● บีโอดี (BOD) (มก./ลิตร)</li> </ul>	2.78	5.00
<b>ลักษณะทางชีวภาพ</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>● โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) (MPN/100ml)</li> </ul>	9499.98	62.57
<ul style="list-style-type: none"> <li>● ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) (MPN/100ml)</li> </ul>	8953.50	7.07

จากผลการทดลองพบว่า น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรีที่ฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนที่ระดับความเข้มข้น 33 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณสารแขวนลอย (Suspended Solids) เฉลี่ยเท่ากับ 7.48 มก./ลิตร ความเป็นกรดต่าง (pH) เฉลี่ยเท่ากับ 7.58 บีโอดี (BOD) เฉลี่ยเท่ากับ 2.78 มก./ลิตร โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) เฉลี่ยเท่ากับ 9499.98 MPN/100ml และฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) 8953.50 MPN/100ml และน้ำทิ้งที่ฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติกที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณสารแขวนลอย (Suspended Solids) เฉลี่ยเท่ากับ 25.22 มก./ลิตร ความเป็นกรดต่าง (pH) เฉลี่ยเท่ากับ 6.91 บีโอดี (BOD) เฉลี่ยเท่ากับ 5.00 มก./ลิตร โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) เฉลี่ยเท่ากับ 62.57 MPN/100ml และฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) 7.07 MPN/100ml

## 2. การทดสอบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

การทดลองนี้ใช้ค่าความเข้มข้นของคลอรีน 33 มิลลิกรัมต่อลิตร และความเข้มข้นของกรดเปอร์อะซิติก 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ในการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรี เมื่อทำการทดลองหาประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติกได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างการบำบัดกรดต่าง (pH) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ยปริมาณกรด-ต่าง (pH)
ก่อนเติมสารฆ่าเชื้อ	7.63
หลังเติมคลอรีน	7.58
หลังเติมกรดเปอร์อะซิติก	6.91

จากผลการทดลองพบว่า น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรี ก่อนเติมสารฆ่าเชื้อมีค่าเฉลี่ยปริมาณกรด-ต่าง (pH) เท่ากับ 7.63 หลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน มีค่าเฉลี่ยปริมาณกรด-ต่าง (pH) เท่ากับ 7.58 และหลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติกมีค่าเฉลี่ยปริมาณกรด-ต่าง (pH) เท่ากับ 6.91

ตารางที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างการบำบัดสารแขวนลอย (Suspended Solids) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีน และกรดเปอร์อะซิติก

พารามิเตอร์	สารแขวนลอย (Suspended Solids) มก./ล.
ก่อนเติมสารฆ่าเชื้อ	27.33
หลังเติมคลอรีน	9.33
หลังเติมกรดเปอร์อะซิติก	25.22

จากผลการทดลองพบว่า น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรี ก่อนเติมสารฆ่าเชื้อมีค่าเฉลี่ยปริมาณสารแขวนลอย (Suspended Solids) เท่ากับ 27.33 มก./ล. หลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน มีค่าเฉลี่ยปริมาณสารแขวนลอย (Suspended Solids) เท่ากับ 9.33 มก./ล. และหลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติก มีค่าเฉลี่ยปริมาณสารแขวนลอย (Suspended Solids) เท่ากับ 25.22 มก./ล.

ตารางที่ 4.5 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างการการบำบัดบีโอดี (BOD) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีน และกรดเปอร์อะซิติก

พารามิเตอร์	บีโอดี (BOD) มก./ล.
ก่อนเติมสารฆ่าเชื้อ	8.00
หลังเติมคลอรีน	2.78
หลังเติมกรดเปอร์อะซิติก	5.00

จากผลการทดลองพบว่า น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรี ก่อนเติมสารฆ่าเชื้อมีค่าเฉลี่ยปริมาณบีโอดี (BOD) เท่ากับ 8.00 มก./ล. หลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.78 มก./ล. และหลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 มก./ล.

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีน และกรดเปอร์อะซิติก

พารามิเตอร์	โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) MPN/100 ml
ก่อนเติมสารฆ่าเชื้อ	1,6000
หลังเติมคลอรีน	9499.98
หลังเติมกรดเปอร์อะซิติก	62.57

จากผลการทดลองพบว่า น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรี ก่อนเติมสารฆ่าเชื้อมีค่าเฉลี่ยโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) เท่ากับ 1,6000 MPN/100 ml หลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนมีค่าเฉลี่ยโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) เท่ากับ 9499.98 MPN/100 ml และหลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติกมีค่าเฉลี่ยโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) เท่ากับ 62.57 MPN/100 ml

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีน และกรดเปอร์อะซิติก

พารามิเตอร์	เชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) MPN/100 ml
ก่อนเติมสารฆ่าเชื้อ	1,6000
หลังเติมคลอรีน	8953.50
หลังเติมกรดเปอร์อะซิติก	7.07

จากผลการทดลองพบว่า น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรี ก่อนเติมสารฆ่าเชื้อมีค่าเฉลี่ยฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) เท่ากับ 1,6000 MPN/100 ml หลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนมีค่าเฉลี่ยฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) เท่ากับ 8953.50 MPN/100 ml และหลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติกมีค่าเฉลี่ยฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) เท่ากับ 7.07 MPN/100 ml

### 3. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

การทดลองนี้ใช้ค่าความเข้มข้นของคลอรีน 33 มิลลิกรัมต่อลิตร และความเข้มข้นของกรดเปอร์อะซิติก 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ในการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรี เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติกได้ผลดังนี้

#### 3.1 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดกรดต่าง (pH) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

ตารางที่ 4.8 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดกรดต่าง (pH) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

		N=9				
chemical	N	Z	SD	Mann-Whitney U	Asymp. Sig. (2 – tailed)	
pH chlorine	9	-3.635	7.58	0.000	0.000	
Peracetic Acid	9		6.91			

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดกรดต่าง (pH) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก พบว่าได้ค่าสถิติทดสอบ Z เท่ากับ -3.635, ค่า SD ของการบำบัดกรดต่าง (pH) ด้วยคลอรีนมีค่าเท่ากับ 7.58 ค่า SD ของการบำบัดกรดต่าง (pH) ด้วยกรดเปอร์อะซิติกมีค่าเท่ากับ 6.91,



ค่าสถิติ Mann-Whitney U เท่ากับ 0.000 เมื่อพิจารณาค่า Asymp. Sig. (2 – tailed) ของการทดสอบได้เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ( $\alpha=0.05$ )

3.2 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดสารแขวนลอย (SS) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

ตารางที่ 4.9 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดสารแขวนลอย (SS) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

N=9						
	chemical	N	Z	SD	Mann-Whitney U	Asymp. Sig. (2 – tailed)
SS	chlorine	9	-3.447	15.63	1.500	0.001
	Peracetic Acid	9		30.10		

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดสารแขวนลอย (SS) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก พบว่าได้ค่าสถิติทดสอบ Z เท่ากับ -3.447, ค่า SD ของการบำบัดสารแขวนลอย (SS) ด้วยคลอรีนมีค่าเท่ากับ 15.63 ค่า SD ของการบำบัดสารแขวนลอย (SS) ด้วยกรดเปอร์อะซิติกมีค่าเท่ากับ 30.10, ค่าสถิติ Mann-Whitney U เท่ากับ 1.500 เมื่อพิจารณาค่า Asymp. Sig. (2 – tailed) ของการทดสอบได้เท่ากับ 0.001 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ( $\alpha=0.05$ )

3.3 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี (BOD) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

ตารางที่ 4.10 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี (BOD) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

N=9						
	chemical	N	Z	SD	Mann-Whitney U	Asymp. Sig. (2 – tailed)
BOD	chlorine	9	-1.432	21.45	24.500	0.152
	Peracetic Acid	9		42.85		

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี (BOD) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก พบว่าได้ค่าสถิติทดสอบ Z เท่ากับ -1.432, ค่า SD ของการบำบัดบีโอดี (BOD) ด้วยคลอรีน มีค่าเท่ากับ 21.45 ค่า SD ของการบำบัดบีโอดี (BOD) ด้วยกรดเปอร์อะซิติกมีค่าเท่ากับ 42.85, ค่าสถิติ Mann-Whitney U เท่ากับ 24.500 เมื่อพิจารณาค่า Asymp. Sig. (2 – tailed) ของการทดสอบได้เท่ากับ 0.152 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ( $\alpha=0.05$ )

3.4 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

ตารางที่ 4.11 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

N=9

	chemical	N	Z	SD	Mann-Whitney U	Asymp. Sig. (2 – tailed)
Coliform	chlorine	9	-2.596	49.26	15.00	0.009
	Peracetic Acid	9		1.12		

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก พบว่าได้ค่าสถิติทดสอบ Z เท่ากับ -2.596, ค่า SD ของการบำบัดเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) ด้วยคลอรีนมีค่าเท่ากับ 49.26 ค่า SD ของการบำบัดเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) ด้วยกรดเปอร์อะซิติกมีค่าเท่ากับ 1.12, ค่าสถิติ Mann-Whitney U เท่ากับ 15.00 เมื่อพิจารณาค่า Asymp. Sig. (2 – tailed) ของการทดสอบได้เท่ากับ 0.009 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ( $\alpha=0.05$ )

3.5 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

ตารางที่ 4.12 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

N=9

	chemical	N	Z	SD	Mann-Whitney U	Asymp. Sig. (2 – tailed)
Fecal	chlorine	9	-3.505	52.24	3.000	0.000
	Peracetic Acid	9		0.10		

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก พบว่าได้ค่าสถิติทดสอบ Z เท่ากับ -3.505, ค่า SD ของการบำบัดเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) ด้วยคลอรีนมีค่าเท่ากับ 52.24 ค่า SD ของการบำบัดเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) ด้วยกรดเปอร์อะซิติกมีค่าเท่ากับ 0.10, ค่าสถิติ Mann-Whitney U เท่ากับ 3.000 เมื่อพิจารณาค่า Asymp. Sig. (2 – tailed) ของการทดสอบได้เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ( $\alpha=0.05$ )

## บทที่ 5

### อภิปรายผล สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

#### 1. สรุปผลการศึกษา

การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติกในการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากโรงพยาบาลชุมชนแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนนทบุรี เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติกในการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล และเปรียบเทียบความแตกต่างของประสิทธิภาพคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติกในการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล โดยการนำน้ำทิ้งจากโรงพยาบาลที่ผ่านกระบวนการบำบัดขั้นที่สองมาทำการศึกษาการฆ่าเชื้อ โดยใช้คลอรีน ที่ระดับความเข้มข้น 33 มิลลิกรัมต่อลิตร และกรดเปอร์อะซิติก ที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

##### 1.1 การทดสอบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

1.1.1 การทดสอบความแตกต่างการบำบัดกรด-ด่าง (pH) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีน และกรดเปอร์อะซิติก

น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรี หลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนมีปริมาณกรด-ด่าง (pH) โดยเฉลี่ยเท่ากับ 7.58 และหลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติก มีปริมาณกรด-ด่าง (pH) โดยเฉลี่ยเท่ากับ 6.91

เมื่อคำนวณประสิทธิภาพในการบำบัดกรด-ด่าง (pH) ในน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรี พบว่าหลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนมีประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ ร้อยละ 0.73 และหลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติก มีประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ ร้อยละ 9.46 สรุปว่ากรดเปอร์อะซิติกมีประสิทธิภาพการบำบัดกรด-ด่าง (pH) มากกว่าคลอรีน

##### 1.2 การทดสอบความแตกต่างการบำบัดสารแขวนลอย (Suspended Solids) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีน และกรดเปอร์อะซิติก

น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรี หลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนมีปริมาณสารแขวนลอย (Suspended Solids) โดยเฉลี่ยเท่ากับ 9.33 มก./ล. และหลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติก มีปริมาณสารแขวนลอย (Suspended Solids) โดยเฉลี่ยเท่ากับ 25.22 มก./ล

### 1.3 สรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

เนื่องจากการเก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก น้ำเสียที่เข้าระบบเป็นน้ำที่ต่างช่วงเวลากัน จึงไม่สามารถสรุปได้ว่า กรดเปอร์อะซิติกมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) และเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) แตกต่างกัน ทั้งนี้ในการฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติก พบว่าปริมาณกรดต่าง (pH), บีโอดี (BOD) สูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามน้ำทิ้งที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติกยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของกรมควบคุมมลพิษ และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการใช้สารฆ่าเชื้อคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก พบว่ากรดเปอร์อะซิติกจะใช้ปริมาณความเข้มข้นที่น้อยกว่าคลอรีน

## 2. อภิปรายผล

ลักษณะน้ำเสียในโรงพยาบาลชุมชนแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนนทบุรี จะมีลักษณะคล้ายกับน้ำเสียจากบ้านเรือน แต่จะมีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์และสารอันตราย ได้แก่ จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคยาที่มีองค์ประกอบที่เป็นอันตราย สารเคมีฆ่าเชื้อโรค และสารกัมมันตรังสี ซึ่งเกิดจากกิจกรรมการให้บริการรักษาผู้ป่วย

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติกในการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากโรงพยาบาลชุมชนแห่งหนึ่ง จังหวัดนนทบุรี ที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแล้ว สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

### 2.1 ลักษณะน้ำทิ้งของโรงพยาบาล

น้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรี มีค่าสารแขวนลอย (Suspended Solids) กรดต่าง (pH) บีโอดี (BOD) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของกรมควบคุมมลพิษที่กำหนด และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของกรมควบคุมมลพิษที่กำหนด จึงจำเป็นต้องฆ่าเชื้อก่อนระบายสู่สิ่งแวดล้อมด้วยสารเคมีที่ใช้ในการฆ่าเชื้อในขั้นต่อไป

น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรี เมื่อผ่านการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน พบว่า มีค่าเฉลี่ยสารแขวนลอย (Suspended Solids) กรดต่าง (pH) บีโอดี (BOD) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของกรมควบคุมมลพิษที่กำหนด และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของกรมควบคุมมลพิษที่กำหนด และน้ำทิ้งที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติก มีค่าเฉลี่ยสารแขวนลอย (Suspended Solids) กรดต่าง (pH) บีโอดี (BOD) โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) ฟีคัลโค

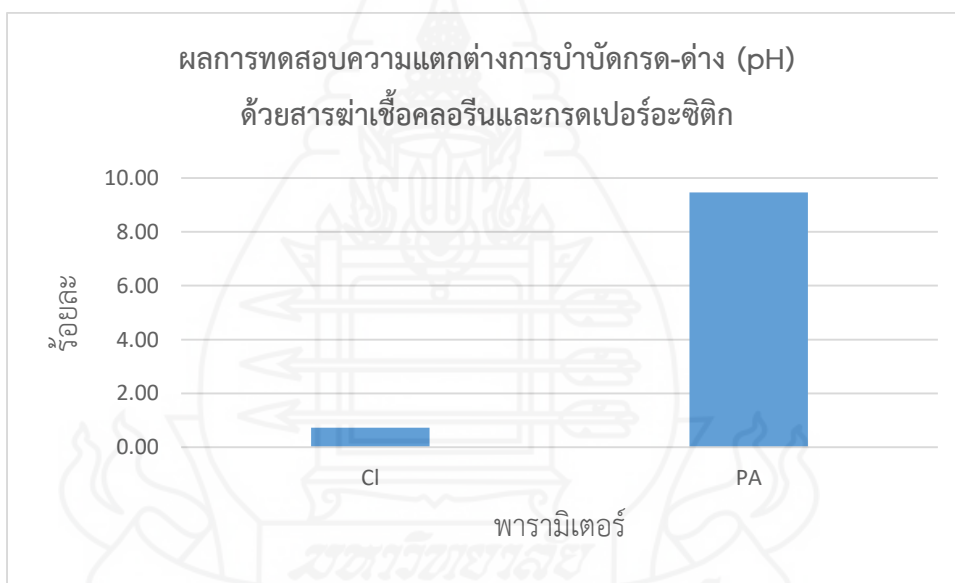
ลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของกรมควบคุมมลพิษที่กำหนด

## 2.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

2.2.1 การทดสอบความแตกต่างการบำบัดกรด-ด่าง (pH) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีน และกรดเปอร์อะซิติก

ตารางที่ 5.1 ผลการทดสอบความแตกต่างการบำบัดกรด-ด่าง (pH) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีน และกรดเปอร์อะซิติก

พารามิเตอร์	ร้อยละ
คลอรีน	0.73
กรดเปอร์อะซิติก	9.46



ภาพที่ 5.1 ผลการทดสอบความแตกต่างการบำบัดกรด-ด่าง (pH) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีน และกรดเปอร์อะซิติก

จากผลการทดลองเพื่อทดสอบความแตกต่างของการบำบัดกรด-ด่าง (pH) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีน และกรดเปอร์อะซิติก ในน้ำทิ้งจากโรงพยาบาลชุมชนแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนนทบุรี โดยทำการเติมคลอรีนลงในน้ำทิ้งที่ระดับความเข้มข้น 33 มิลลิกรัมต่อลิตร และความเข้มข้นของกรดเปอร์อะซิติก 5 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่ากรดเปอร์อะซิติกมีประสิทธิภาพการบำบัดกรด-ด่าง (pH) มากกว่าคลอรีน โดยหลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนมีประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ ร้อยละ 0.73 และหลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติก มีประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ ร้อยละ 9.46 เนื่องจากความ



เป็นกรด-ด่างของน้ำทิ้งที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนจะมีค่าสูงขึ้น ซึ่งมาจากการแตกตัวของคลอรีนเป็น  $\text{OCl}^-$  นั้น จะทำให้ความเป็นกรด-ด่างของน้ำสูงขึ้น ในขณะที่การใช้กรดเปอร์อะซิติก ฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากโรงพยาบาล ทำให้ความเป็น กรด-ด่างของน้ำมีค่าต่ำลง เนื่องจากอนุภาคไฮโดรเจนที่แตกตัวออกจากกรดอะซิติก และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เป็นส่วนผสมของกรดเปอร์อะซิติก อย่างไรก็ตาม กรด-ด่าง (pH) ของน้ำทิ้งที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยสารเคมีสองชนิด ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของกรมควบคุมมลพิษที่กำหนดค่ากรด-ด่าง (pH) ไม่เกิน 5-9

### 2.2.2 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดกรด-ด่าง (pH) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

ตารางที่ 5.2 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดกรด-ด่าง (pH) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

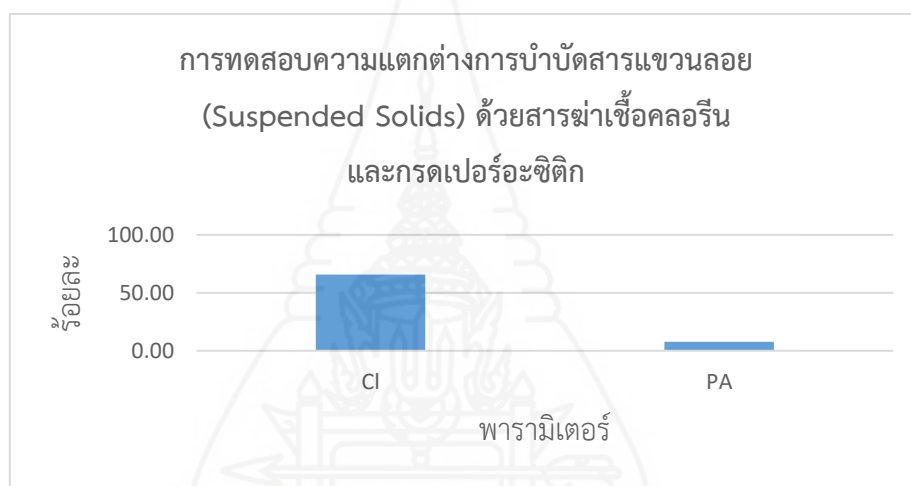
		N=9			
	chemical	N	Z	Mann-Whitney U	Asymp. Sig. (2 – tailed)
pH	chlorine	9	-3.635	0.000	0.000
	Peracetic Acid	9			

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดกรด-ด่าง (pH) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก พบว่าได้ค่าสถิติทดสอบ Z เท่ากับ -3.635, ค่าสถิติ Mann-Whitney U เท่ากับ 0.000 เมื่อพิจารณาค่า Asymp.Sig. (2 – tailed) ของการทดสอบได้เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ( $\alpha=0.05$ ) หมายความว่าคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติกมีประสิทธิภาพในการบำบัดกรด-ด่าง (pH) แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของพรสวรรค์ ศรีสวัสดิ์ 2561 ได้ศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติกในการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากโรงพยาบาลในสังกัดกระทรวงสาธารณสุขในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำทิ้งที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนจะมีค่าสูงขึ้น เนื่องมาจากการแตกตัวของคลอรีน เป็น  $\text{OCl}^-$  นั้น จะทำให้ความเป็นกรด-ด่างของน้ำสูงขึ้น ในขณะที่การใช้กรดเปอร์อะซิติก ฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากโรงพยาบาล ทำให้ความเป็น กรด-ด่างของน้ำมีค่าต่ำลง เนื่องจากอนุภาคไฮโดรเจนที่แตกตัวออกจาก กรดอะซิติก และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เป็นส่วนผสมของกรดเปอร์อะซิติก อย่างไรก็ตาม กรด-ด่าง (pH) ของน้ำทิ้งที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยสารเคมีสองชนิด ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของกรมควบคุมมลพิษที่กำหนดค่ากรด-ด่าง (pH) ไม่เกิน 5-9

### 2.2.3 การทดสอบความแตกต่างการบำบัดสารแขวนลอย (Suspended Solids) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

ตารางที่ 5.3 การทดสอบความแตกต่างการบำบัดสารแขวนลอย (Suspended Solids) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

พารามิเตอร์	ร้อยละ
คลอรีน	65.85
กรดเปอร์อะซิติก	7.72



ภาพที่ 5.2 การทดสอบความแตกต่างการบำบัดสารแขวนลอย (Suspended Solids) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

จากผลการทดสอบความแตกต่างของการบำบัดสารแขวนลอย (Suspended Solids) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีน และกรดเปอร์อะซิติก ในน้ำทิ้งจากโรงพยาบาลชุมชนแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนนทบุรี โดยทำการเติมคลอรีนลงในน้ำทิ้งที่ระดับความเข้มข้น 33 มิลลิกรัมต่อลิตร และความเข้มข้นของกรดเปอร์อะซิติก 5 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าคลอรีนมีประสิทธิภาพการบำบัดสารแขวนลอย (Suspended Solids) มากกว่ากรดเปอร์อะซิติก โดยหลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนมีประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ ร้อยละ 65.85 และหลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติก มีประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ ร้อยละ 7.72 จากการทดลองโดยการเติมสารฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติกเป็นช่วงฤดูฝนจึงทำให้มีปริมาณน้ำฝน และตะกอนเข้าสู่ระบบเป็นจำนวนมาก จึงไม่สามารถสรุปความแตกต่างของการบำบัดสารแขวนลอย (SS) ได้ อย่างไรก็ตามปริมาณสารแขวนลอย (Suspended Solids) ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของกรมควบคุมมลพิษที่กำหนด

#### 2.2.4 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดสารแขวนลอย (SS) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

ตารางที่ 5.4 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดสารแขวนลอย (SS) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

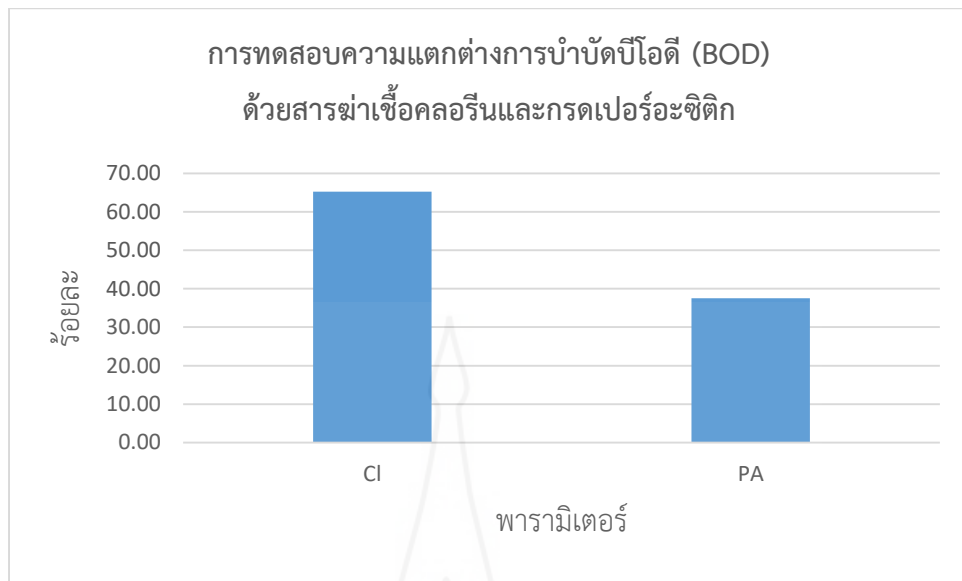
		N=9			
	chemical	N	Z	Mann-Whitney U	Asymp. Sig. (2 – tailed)
SS	chlorine	9	-3.447	1.500	0.001
	Peracetic Acid	9			

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดสารแขวนลอย (SS) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก พบว่าได้ค่าสถิติทดสอบ Z เท่ากับ -3.447, ค่าสถิติ Mann-Whitney U เท่ากับ 1.500 เมื่อพิจารณาค่า Asymp. Sig. (2 – tailed) ของการทดสอบได้เท่ากับ 0.001 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ( $\alpha=0.05$ ) หมายความว่าคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติกมีประสิทธิภาพในการบำบัดสารแขวนลอย (SS) แตกต่างกัน เนื่องจากการทดลองโดยการเติมสารฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติกเป็นช่วงฤดูฝนจึงทำให้มีปริมาณสารแขวนลอย (SS) เข้าระบบบำบัดน้ำเสียในโรงพยาบาลจำนวนมาก

#### 2.2.5 การทดสอบความแตกต่างการบำบัดบีโอดี (BOD) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

ตารางที่ 5.5 การทดสอบความแตกต่างการบำบัดบีโอดี (BOD) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

พารามิเตอร์	ร้อยละ
คลอรีน	65.28
กรดเปอร์อะซิติก	37.50



ภาพที่ 5.3 การทดสอบความแตกต่างการบำบัดบีโอดี (BOD) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีน และกรดเปอร์อะซิติก

จากผลการทดสอบความแตกต่างการบำบัดบีโอดี (BOD) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีน และกรดเปอร์อะซิติก ในน้ำทิ้งจากโรงพยาบาลชุมชนแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนนทบุรี โดยทำการเติมคลอรีนลงในน้ำทิ้งที่ระดับความเข้มข้น 33 มิลลิกรัมต่อลิตร และความเข้มข้นของกรดเปอร์อะซิติก 5 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า คลอรีนมีประสิทธิภาพการบำบัดการบำบัดบีโอดี (BOD) มากกว่ากรดเปอร์อะซิติก โดยหลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนมีประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ ร้อยละ 65.28 และหลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติก มีประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ ร้อยละ 37.50 ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยปริมาณ BOD หลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนพบว่ามีค่าเฉลี่ยปริมาณบีโอดี (BOD) น้อยกว่าหลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติก หมายความว่าน้ำทิ้งหลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนมีการปนเปื้อนและสกปรกน้อยกว่าน้ำทิ้งหลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติก อย่างไรก็ตามค่า BOD ของน้ำทิ้งที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยสารเคมีสองชนิด ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของกรมควบคุมมลพิษที่กำหนดค่า BOD ไม่เกิน 20 มก./ล.

2.2.6 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี (BOD) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

ตารางที่ 5.6 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี (BOD) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

		N=9			
	chemical	N	Z	Mann-Whitney U	Asymp. Sig. (2 – tailed)
BOD	chlorine	9	-1.432	24.500	0.152
	Peracetic Acid	9			

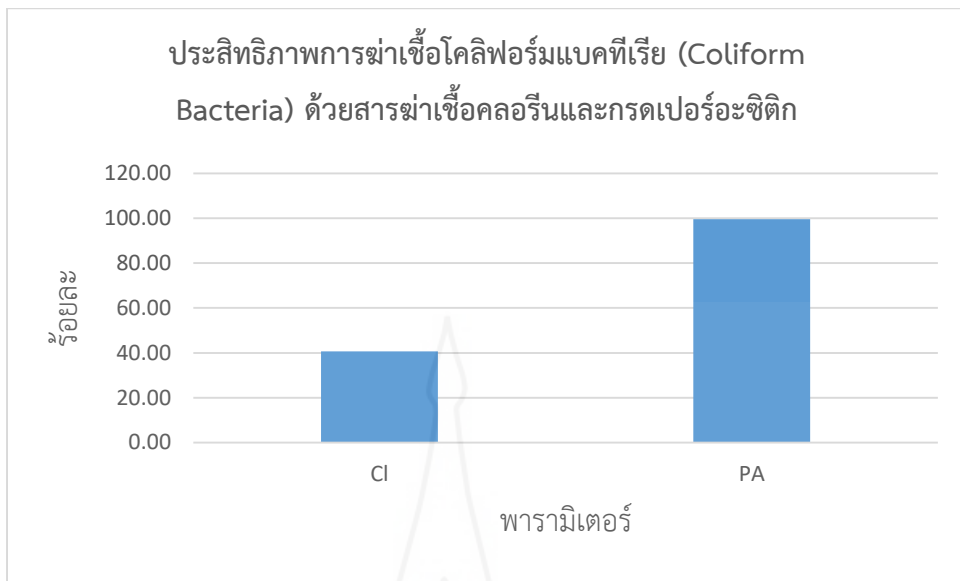
ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี (BOD) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติกพบว่าได้ค่าสถิติทดสอบ Z เท่ากับ -1.432, ค่าสถิติ Mann-Whitney U เท่ากับ 24.500 เมื่อพิจารณา ค่า Asymp. Sig. (2 – tailed) ของการทดสอบได้เท่ากับ 0.152 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ( $\alpha=0.05$ ) หมายความว่าคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติกมีประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดี (BOD) ไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามค่าบีโอดี (BOD) ของน้ำทิ้งที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยสารเคมีสองชนิด ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของกรมควบคุมมลพิษที่กำหนดค่าบีโอดี (BOD) ไม่เกิน 20 มิลลิกรัม/ลิตร

2.2.7 การทดสอบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

ตารางที่ 5.7 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

	พารามิเตอร์	ร้อยละ
	คลอรีน	40.63
	กรดเปอร์อะซิติก	99.61





ภาพที่ 5.4 ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

จากผลการทดลองเพื่อศึกษาการฆ่าเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีน และกรดเปอร์อะซิติก ในน้ำทิ้งจากโรงพยาบาลชุมชนแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนนทบุรี โดยทำการเติมคลอรีนลงในน้ำทิ้งที่ระดับความเข้มข้น 33 มิลลิกรัมต่อลิตร และความเข้มข้นของกรดเปอร์อะซิติก 5 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่ากรดเปอร์อะซิติก มีประสิทธิภาพการการฆ่าเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) มากกว่าคลอรีน โดยหลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนมีประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ ร้อยละ 40.63 และหลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติก มีประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ ร้อยละ 99.61 เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของกรมควบคุมมลพิษที่กำหนดค่าโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) ไม่เกิน 5,000 MPN/100 ml พบว่าน้ำทิ้งหลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนมีค่าเฉลี่ยปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) เท่ากับ 9499.98 MPN/100 ml ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของกรมควบคุมมลพิษที่กำหนด และหลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติกมีค่าเฉลี่ยปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) เท่ากับ 62.57 MPN/100 ml ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของกรมควบคุมมลพิษที่กำหนด

2.2.8 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

ตารางที่ 5.8 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

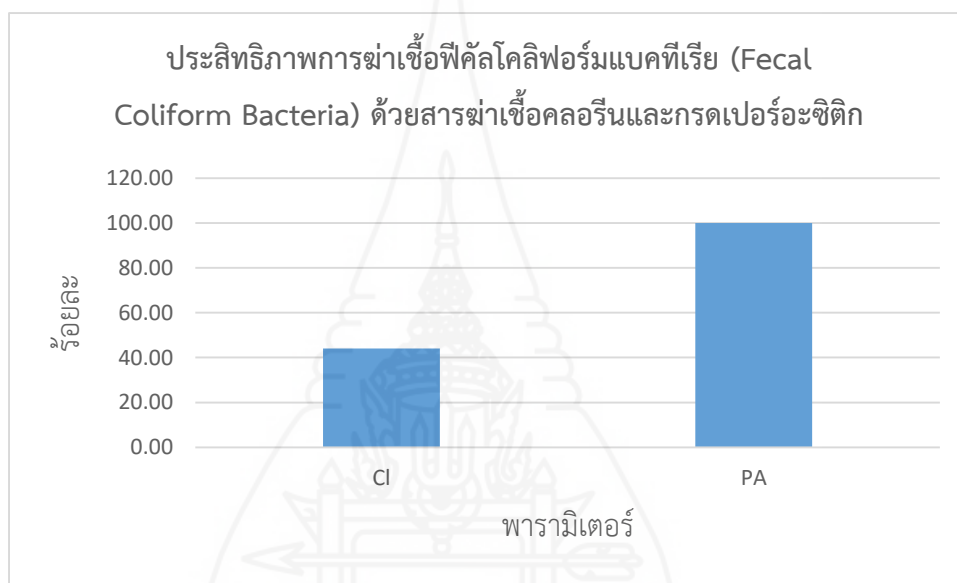
N=9					
	chemical	N	Z	Mann-Whitney U	Asymp. Sig. (2 – tailed)
Coliform	chlorine	9	-2.596	15.00	0.009
	Peracetic Acid	9			

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก พบว่าได้ค่าสถิติทดสอบ Z เท่ากับ -2.596, ค่าสถิติ Mann-Whitney U เท่ากับ 15.00 เมื่อพิจารณาค่า Asymp. Sig. (2 – tailed) ของการทดสอบได้เท่ากับ 0.009 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ( $\alpha=0.05$ ) หมายความว่าคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติกมีประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของพรสวรรค์ ศรีสวัสดิ์ 2561 ได้ศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติกในการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากโรงพยาบาลในสังกัดกระทรวงสาธารณสุขในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่าปริมาณของคลอรีนที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากโรงพยาบาล คือ 54 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโคลิฟอร์มทั้งหมด ร้อยละ 97.65 และกรดเปอร์อะซิติกระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากโรงพยาบาลคือ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโคลิฟอร์มทั้งหมด ร้อยละ 98.94

2.2.9 การทดสอบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

ตารางที่ 5.9 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

พารามิเตอร์	ร้อยละ
คลอรีน	40.04
กรดเปอร์อะซิติก	99.96



ภาพที่ 5.5 ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

จากผลการทดลองเพื่อศึกษาการฆ่าเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) ด้วยสารฆ่าเชื้อคลอรีน และกรดเปอร์อะซิติก ในน้ำทิ้งจากโรงพยาบาลชุมชนแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนนทบุรี โดยทำการเติมคลอรีนลงในน้ำทิ้งที่ระดับความเข้มข้น 33 มิลลิกรัมต่อลิตร และความเข้มข้นของกรดเปอร์อะซิติก 5 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่ากรดเปอร์อะซิติก มีประสิทธิภาพการการฆ่าเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) มากกว่า คลอรีน โดยหลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนมี ประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ ร้อยละ 40.04 และหลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติก มี ประสิทธิภาพการบำบัดเท่ากับ ร้อยละ 99.96 เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของ กรมควบคุมมลพิษที่กำหนดค่าฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) ไม่เกิน 1,000 MPN/100 ml พบว่าน้ำทิ้งหลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนมีค่าเฉลี่ยปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) เท่ากับ 8953.50 MPN/100 ml ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของกรม

ควบคุมมลพิษที่กำหนด และหลังเติมสารฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติกมีค่าเฉลี่ยปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) เท่ากับ 7.07 MPN/100 ml ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของกรมควบคุมมลพิษที่กำหนด

2.2.10 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

ตารางที่ 5.10 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

		N=9			
	chemical	N	Z	Mann-Whitney U	Asymp. Sig. (2 – tailed)
Fecal	chlorine	9	-3.505	3.000	0.000
	Peracetic Acid	9			

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria)

ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก พบว่าได้ค่าสถิติทดสอบ Z เท่ากับ -3.505, ค่าสถิติ Mann-Whitney U เท่ากับ 3.000 เมื่อพิจารณาค่า Asymp. Sig. (2 – tailed) ของการทดสอบได้เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด ( $\alpha=0.05$ ) หมายความว่าคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติกมีประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับการศึกษาของพรสวรรค์ ศรีสวัสดิ์ 2561 ได้ศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติกในการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากโรงพยาบาลในสังกัดกระทรวงสาธารณสุขในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่าปริมาณของคลอรีนที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากโรงพยาบาล คือ 54 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์ม ร้อยละ 85.00 และกรดเปอร์อะซิติกในระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากโรงพยาบาลคือ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์ม ร้อยละ 85.33

### 3. ข้อเสนอแนะ

#### 3.1 ข้อจำกัดในการวิจัย

ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยพบข้อจำกัดในการวิจัยดังนี้

3.1.1 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียมีการผันแปรตามประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล

3.1.2 ระบบฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนในน้ำทิ้งของโรงพยาบาลเป็นการเติมคลอรีนลงในน้ำทิ้งโดยเจ้าหน้าที่ ในขณะที่ระบบฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติกเป็นการใช้เครื่องจ่ายสารเคมีอัตโนมัติ

#### 3.2 จากข้อจำกัดดังกล่าวอาจสรุปเป็นข้อเสนอแนะดังนี้

##### 3.2.1 ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

1) ควรมีการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ตลอดจนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแหล่งน้ำที่ใช้อบรมน้ำทิ้งต่อไป

2) ควรมีการศึกษาการฆ่าเชื้อ *Enterococci* ในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วเพิ่มเติม เนื่องจากเชื้อประเภทนี้มีความทนทานต่อสารเคมีฆ่าเชื้อ ดังนั้น ควรมีการศึกษาสารฆ่าเชื้อประเภทอื่นเพิ่มเติม

##### 3.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป

1) ควรมีการส่งเสริมศึกษาวิจัยถึงประสิทธิภาพของสารเคมีฆ่าเชื้อแต่ละชนิดในการฆ่าเชื้อไวรัสในน้ำทิ้ง (Coliphage) จากโรงพยาบาลด้วย

2) ควรมีการศึกษาการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำทิ้งด้วยวิธีอื่นๆ เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดมาตรฐานน้ำทิ้งด้านจุลินทรีย์ต่อไป



## บรรณานุกรม

- กรมควบคุมมลพิษ (ม.ป.ป.). คู่มือการจัดการน้ำเสียจากอาคารประเภท ก ประเภทโรงพยาบาล. เล่มที่ 3/3 กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กรรณิการ์ สิริสิงห. (2525). เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์ (พิมพ์ครั้งที่ 2) กรุงเทพมหานคร: ประยูรวงศ์
- กองวิศวกรรมการแพทย์. 2559. การดูแลบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล. 1. นนทบุรี: กองวิศวกรรมการแพทย์.
- เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. (2542). การบำบัดน้ำเสีย : Wastewater treatment. (พิมพ์ครั้งที่ 1) กรุงเทพฯ : มิตรนราการพิมพ์.
- ไกรฤกษ์ ขุนรักษ์พะเนาว์. (2538) การฟอกตัวเองของน้ำทางแบคทีเรียบริเวณลุ่มน้ำแม่กลองตอนบน อำเภอลำลูกกา จัหวัดกาญจนบุรี. (กรณีศึกษาไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์/กรุงเทพฯ.
- ทิตยา แซ่อึ้ง. (2543). ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (พิมพ์ครั้งที่ 2) กรุงเทพมหานคร: สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์.
- นิสิต อินลี. (2553). การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล กรณีศึกษาจังหวัดนนทบุรี สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กระทรวงสาธารณสุข สืบค้นจาก [http://kcenter.anamai.moph.go.th/download.php?info\\_id=768&download\\_file=doc/51229600607bf27d17afaafe10c84f2c.doc](http://kcenter.anamai.moph.go.th/download.php?info_id=768&download_file=doc/51229600607bf27d17afaafe10c84f2c.doc)
- ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดประเภทของอาคารเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม พุทธศักราช 2548. (2554, 2 ธันวาคม).
- พรสวรรค์ ศรีสวัสดิ์. (2558). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติกในการฆ่าเชื้อในน้ำทิ้งจากโรงพยาบาลในสังกัดกระทรวงสาธารณสุขในเขตกรุงเทพมหานคร (กรณีศึกษาไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.
- พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 (2535, 29 มีนาคม.) ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 109 ตอนที่ 37. หน้า 28-30 ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 128 ตอนที่ 146. หน้า 8-9.
- รุ่งฤดี ศิริลักษณ์. (2541). การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลขนาดใหญ่. สงขลา, โรงพยาบาลหาดใหญ่.

- สงขลานครินทร์. มหาวิทยาลัย. คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม. 2543. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการตรวจสอบระบบกำจัดของเสียในโรงพยาบาล, ม.ป.ท.
- สายธาร ทองพร้อม. (2013 ). *การตรวจสอบคุณภาพน้ำคลองบางใหญ่ในจังหวัดภูเก็ต (JSTR)*.มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต, ภูเก็ต.
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2562). *รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2562*. รายงานผลการวิจัย. กรุงเทพฯ: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม (2552). *คู่มือเรื่องมาตรฐานอนามัยสิ่งแวดล้อม (ด้านอากาศ น้ำ ดิน เสียง ความสั่นสะเทือน ความร้อน และความเข้มแสงสว่าง)*. (พิมพ์ครั้งที่ 1) กรุงเทพมหานคร: สำนักงานกิจการโรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก
- สิรินี ทิพพากร. (2527). *การฟอกตัวเองของน้ำทางแบคทีเรียในห้วยแม่รำภอกบริเวณโครงการหลวงพัฒนาต้นน้ำ หน่วยที่ 1 (ทุ่งจ้อย) อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่* (พิมพ์ครั้งที่ 1) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย : กรุงเทพฯ
- สุรีย์ บุญญานุพงศ์ และณัฐพงษ์ วรรณวิจิตร. (2551). *คู่มือการจัดการน้ำเสีย*. ค้นเมื่อ พฤษภาคม 23, 2562, จาก <http://www.sri.cmu.ac.th/~srilocal /water/mainpage.htm>
- อุไรวรรณ อินทร์ม่วง. (2544 ). *รายงานการวิจัยการเปลี่ยนแปลงของปริมาณพีคัลโคลิฟอร์มและพีคัลสเตอร์ปโตคอคคัสแบคทีเรียในลำน้ำพอง (ไม่ได้ตีพิมพ์)*.มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- APHA, AWWA and WEF. 1998. *Standard Methods for Examination of water and Wastwater*. 20 th ed. Washington DC.:American Pubic Health Associated
- Eunyoung Park. (2014). *Efficiency of peracetic acid in inactivating bacteria, viruses, and spores in water determined with ATP bioluminescence, quantitative PCR, and culture-based methods*, Form <https://iwaponline.com/jwh/article/12/1/13/7924/Efficiency-of-peracetic-acid-in-inactivating>
- Gehr R., Wagner M., Veerasubramanian P., and Payment P., (2003). Disinfection efficiency of peracetic acid, UV and ozone after enhanced primary treatment of municipal wastewater. *Water Research*, 37, 4537-4568.
- Global Water Pathogen Project. (2019). *Activated Sludge*. Retrieved May 22, 2019, Form <https:// www.semanticscholar.org /paper/GLOBAL-WATER-PATHOGEN-PROJECT-PART-FOUR.-MANAGEMENT-SLUDGENaughton/769daa0b3033b4a071c30cec 0399689428/figure/>

- Gunjan Katara. (2016). *Efficacy studies on peracetic acid against pathogenic microorganisms*, Form <https://www.jpsiconline.com/article.asp?issn=2214-207X;year=2016;volume=4;issue=1;spage=17;epage=21;aulast=Katara>
- Juliana Berninger da Costa. (2014). *Toxicity on aquatic organisms exposed to secondary effluent disinfected with chlorine, peracetic acid, ozone and UV radiation*, Form <https://link.springer.com/article/10.1007/s10646-014-1346-z>
- M. Antonelli. (2006). *Secondary Effluent Disinfection: PAA Long Term Efficiency*, Form <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es060273f>
- Park E., Lee C., Bisesi M., Lee J., (2014). *Efficiency of peracetic acid in inactivating bacteria, viruses, and spores in water determined with ATP bioluminescence, quantitative PCR, and culture-based methods*. *Journal of Water and Health*, 12(1), 13-23.
- Pradhan S.K., Kauppinen A., Martikainen K., Pitkanen T., Kusnetsov J., Miettinen I.T., Pessi M., Poutiainen H., Heinonen-Tanski H..(2013). *Microbial reduction in wastewater treatment using Fe<sup>3+</sup> and Al<sup>3+</sup> coagulants and PAA disinfectant*. *Journal of Water and Health*, 11(4), 581-589.
- Ronald Gehr. (2002). *Disinfection of Wastewater by Hydrogen Peroxide or Peracetic Acid: Development of Procedures for Measurement of Residual Disinfectant and Application to a Physicochemically Treated Municipal Effluent*, Form <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2175/106143002X139730>
- S. Stampi, G. De Luca, F. Zanetti. (2008). *Legionella waterline colonization: detection of Legionella species in domestic, hotel and hospital hot water systems*, Form <https://sfamjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2672.2004.02458.x>

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

หนังสือขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาเก็บข้อมูลเพื่อการศึกษาค้นคว้าอิสระ





ภาคผนวก ข

เอกสารรับรองโครงการวิจัย



ภาคผนวก ค

ข้อมูลการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนนทบุรี



## 1. ลักษณะน้ำทิ้งของโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรี

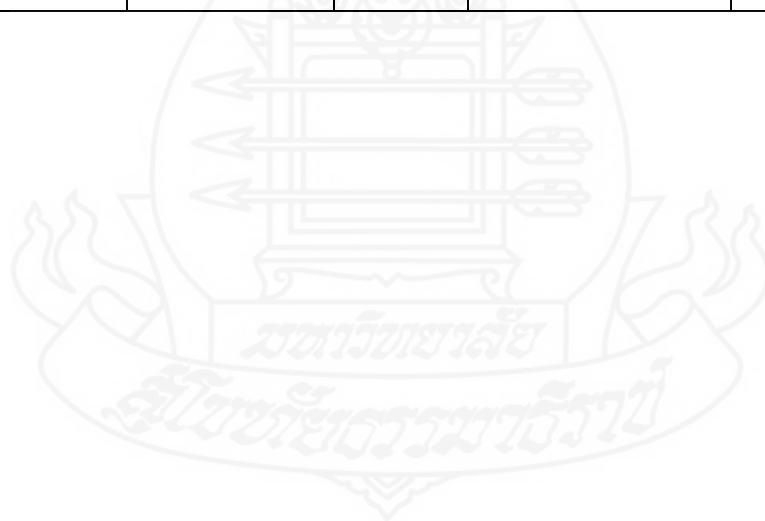
พารามิเตอร์	กรด-ด่าง PH	สารแขวนลอย (Suspended Solids)	บีโอดี (BOD)	โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria)	ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria)
หน่วยนับ	-	มก./ล.	มก./ล.	เอ็มพีเอน/100 มล.	เอ็มพีเอน/100 มล.
ค่ามาตรฐาน	5-9	ไม่เกิน 30	ไม่เกิน 20	ไม่เกิน 5,000	ไม่เกิน 1,000
1	7.6	39	5	16,000	16000
2	7.7	32	18	16000	16,000
3	7.6	11	1	16000	16000

## 2. ลักษณะสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ของน้ำทิ้งที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน จากโรงพยาบาลแห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรี

ลำดับ	กรด-ด่าง PH	สารแขวนลอย (Suspended Solids)	บีโอดี (BOD)	โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria)	ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria)
		มก./ล.	มก./ล.	เอ็มพีเอน/100 มล.	เอ็มพีเอน/100 มล.
1	7.6	6	2	5,400	540
2	7.7	11	2	16,000	16,000
3	7.6	10	4	7.8	4.5
4	7.6	6	5	70	33
5	7.5	12	5	22	4
6	7.5	13	1	16,000	16,000
7	7.5	16	4	16,000	16,000
8	7.6	8	1	16,000	16,000
9	7.6	2	1	16,000	16,000

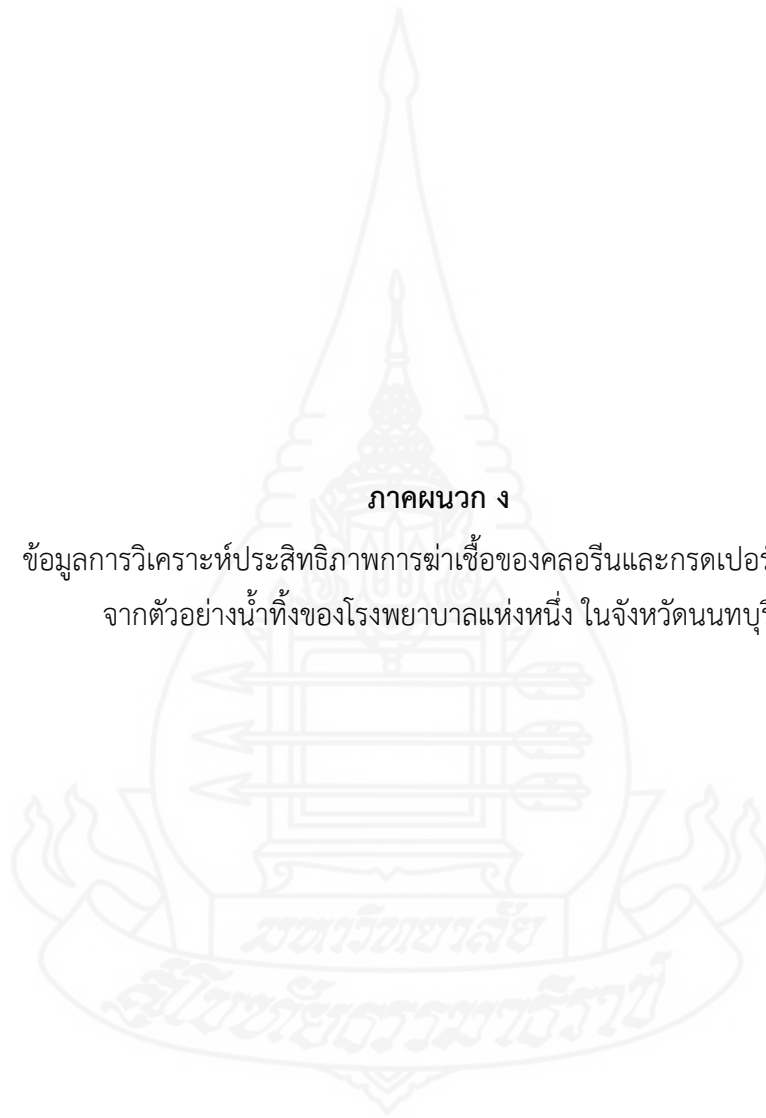
3. ลักษณะสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ของน้ำทิ้งที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติก จากโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนนทบุรี

ลำดับ	กรด-ด่าง PH	สารแขวนลอย (Suspended Solids)	บีโอดี (BOD)	โคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria)	ฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria)
		มก./ล.	มก./ล.	เอ็มพีเอน/100 มล.	เอ็มพีเอน/100 มล.
10	7	23	4	1.8	1.8
11	7	14	3	4.5	2
12	6.8	16	2	1.8	1.8
13	7.2	20	1	1.8	1.8
14	7.2	26	7	7.8	1.8
15	6.8	25	6	1.8	1.8
16	6.8	31	10	1.8	1.8
17	6.7	40	10	1.8	1.8
18	6.7	32	2	540	49



ภาคผนวก ง

ข้อมูลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก  
จากตัวอย่างน้ำทิ้งของโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนนทบุรี





การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

1. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดกรด-ด่าง (pH) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

### Mann-Whitney Test

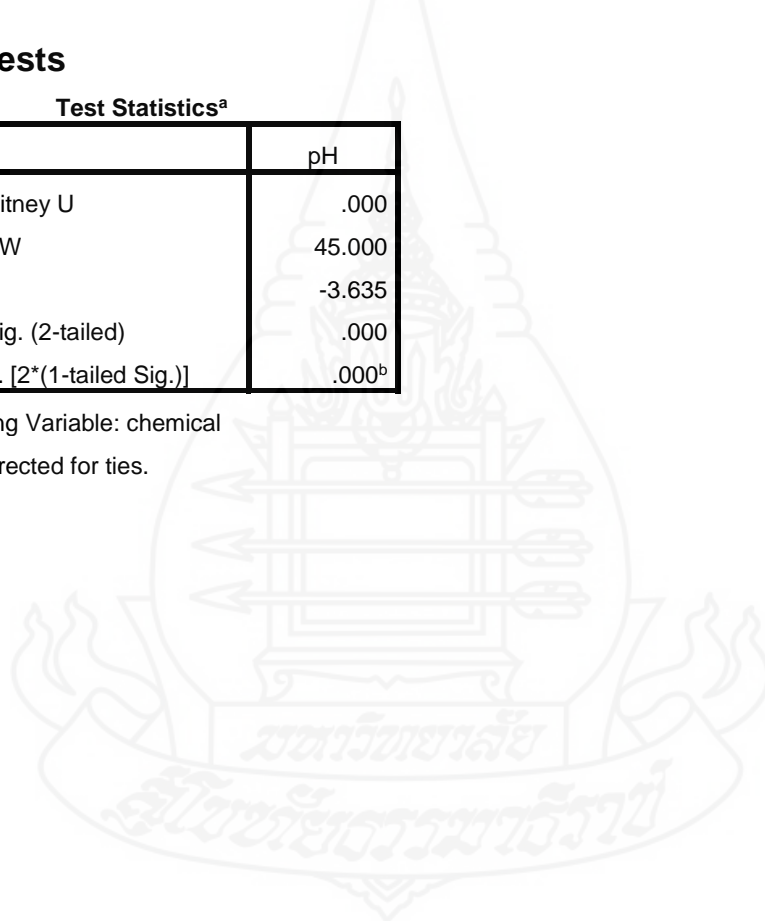
		Ranks		
	chemical	N	Mean Rank	Sum of Ranks
pH	chlorine	9	5.00	45.00
	Peracetic Acid	9	14.00	126.00
	Total	18		

### NPar Tests

Test Statistics <sup>a</sup>	
	pH
Mann-Whitney U	.000
Wilcoxon W	45.000
Z	-3.635
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.000 <sup>b</sup>

a. Grouping Variable: chemical

b. Not corrected for ties.



2. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดสารแขวนลอย (SS) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

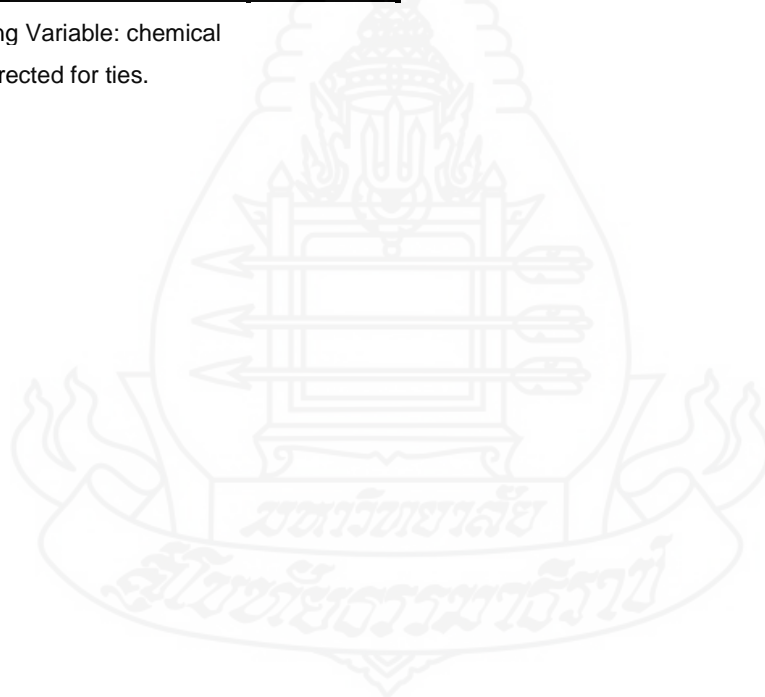
### Mann-Whitney Test

Ranks				
	chemical	N	Mean Rank	Sum of Ranks
SS	chlorine	9	13.83	124.50
	Peracetic Acid	9	5.17	46.50
	Total	18		

Test Statistics <sup>a</sup>	
	SS
Mann-Whitney U	1.500
Wilcoxon W	46.500
Z	-3.447
Asymp. Sig. (2-tailed)	.001
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.000 <sup>b</sup>

a. Grouping Variable: chemical

b. Not corrected for ties.



3. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดี (BOD) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

### Mann-Whitney Test

Ranks				
	chemical	N	Mean Rank	Sum of Ranks
BOD	chlorine	9	11.28	101.50
	Peracetic Acid	9	7.72	69.50
	Total	18		

Test Statistics <sup>a</sup>	
	BOD
Mann-Whitney U	24.500
Wilcoxon W	69.500
Z	-1.432
Asymp. Sig. (2-tailed)	.152
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.161 <sup>b</sup>

a. Grouping Variable: chemical

b. Not corrected for ties.

4. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Coliform Bacteria) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

### Mann-Whitney Test

Ranks				
	chemical	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Coliform	chlorine	9	6.67	60.00
	Peracetic Acid	9	12.33	111.00
	Total	18		

Test Statistics <sup>a</sup>	
	Coliform
Mann-Whitney U	15.000
Wilcoxon W	60.000
Z	-2.596
Asymp. Sig. (2-tailed)	.009
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.024 <sup>b</sup>

a. Grouping Variable: chemical

b. Not corrected for ties.

5. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อฟีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Fecal Coliform Bacteria) ของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก

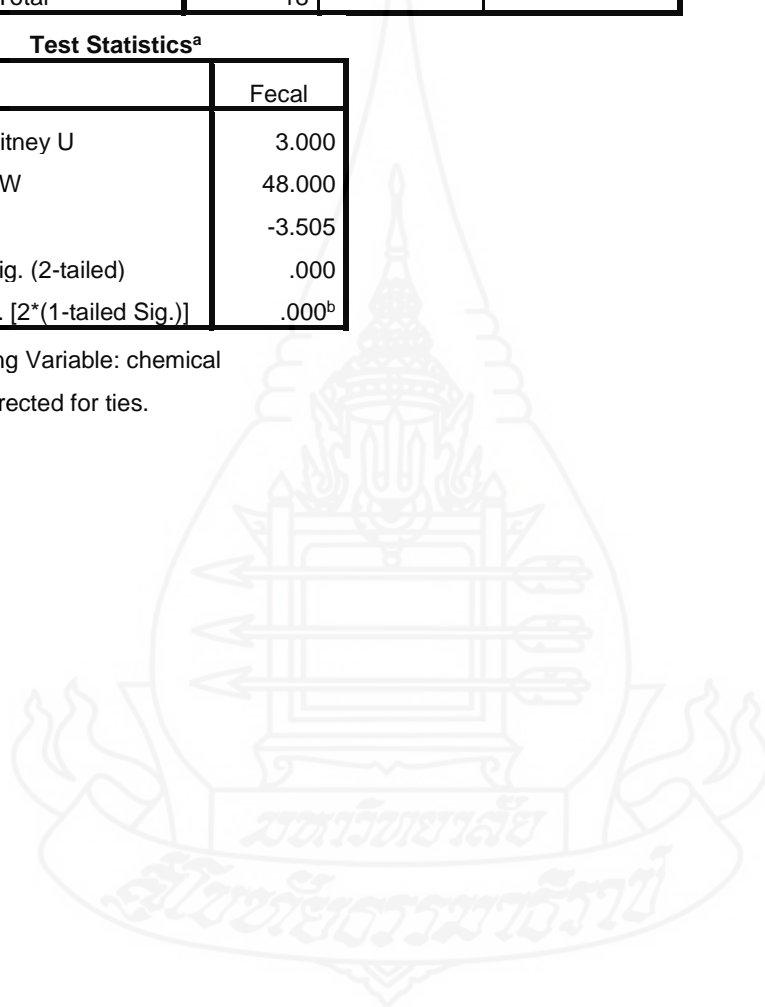
### Mann-Whitney Test

		Ranks		
	chemical	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Fecal	chlorine	9	5.33	48.00
	Peracetic Acid	9	13.67	123.00
	Total	18		

Test Statistics <sup>a</sup>	
	Fecal
Mann-Whitney U	3.000
Wilcoxon W	48.000
Z	-3.505
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	.000 <sup>b</sup>

a. Grouping Variable: chemical

b. Not corrected for ties.



ภาคผนวก จ  
ภาพถ่ายการเก็บตัวอย่าง



ภาพระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลชุมชนแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนนทบุรี



น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ผ่านถังเติมอากาศและการตกตะกอนชั้นที่สอง



จุดเติมสารฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน





จุดเติมสารฆ่าเชื้อดัดสยกรดเปอร์อะซิติก



กรดเปอร์อะซิติก

ภาพระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลชุมชนแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนนทบุรี (ต่อ)



การเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง



การติดตั้งเครื่องจ่ายสารเคมีฆ่าเชื้อด้วยกรดเปอร์อะซิติก

## ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ	นางสาวสุพัตรา พิมพา
วัน เดือน ปีเกิด	2 มิถุนายน 2537
สถานที่เกิด	กรุงเทพฯ
ประวัติการศึกษา	สาธารณสุขศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเวชระเบียน มหาวิทยาลัยบูรพา 2559
สถานที่ทำงาน	โรงพยาบาลเกษมราษฎร์ อ.เมือง จ.สระบุรี
ตำแหน่ง	หัวหน้าเวชระเบียน

