บทที่ 1

บทนำ

1. บทนำต้นเรื่อง

น้ำเป็นทรัพยากรที่สำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ เพื่อใช้ในการอุปโภค บริโภค และเพื่อใช้ในการประกอบกิจกรรมต่าง ๆ จากกิจกรรมการใช้น้ำที่เกิดขึ้นทำให้น้ำมีลักษณะสมบัติที่เปลี่ยนไป กลายเป็นน้ำเสียโดยมีการปนเปื้อนของมลสารต่าง ๆ อันได้แก่ สารอินทรีย์ ธาตุอาหาร สารพิษ และจุลินทรีย์นำโรค เป็นต้น (สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์, 2541) ดังนั้นน้ำเสียที่เกิดขึ้นจึงควรมีการบำบัดก่อนปล่อยสู่แหล่งรองรับธรรมชาติ เพื่อป้องกันผลกระทบที่จะเกิดขึ้นทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสุขภาพอนามัยของผู้ใช้ประโยชน์จากแหล่งรองรับน้ำเสีย โดยเฉพาะผลที่จะเกิดขึ้นจากการแพร่ระบาดของโรคต่าง ๆ ในคนที่มีน้ำเป็นพาหะนำโรค เช่น โรคบิด อุจจาระร่วง ไข้ไทฟอยด์ ที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย โรคโปลิโอ ไวรัสตับอักเสบ ที่เกิดจากเชื้อไวรัส เป็นต้น ซึ่งล้วนแล้วเป็นโรคที่เคยระบาดทำลายชีวิตผู้คนในเมืองต่าง ๆ มามาก

น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากโรงพยาบาล ซึ่งเป็นสถานบริการสุขภาพอนามัยของประชาชนและเป็นแหล่งรวมของผู้ป่วยด้วยโรคนานาชนิด จะมีลักษณะที่แตกต่างจากน้ำเสียที่เกิดจากอาคารที่พักอาศัยทั่วไป (สุเทพ ศิลปานันทกุลและคณะ, 2536) คือ มีการปนเปื้อนด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อโรคซึ่งโรงพยาบาลใช้ในการทำลายเชื้อในวัสดุอุปกรณ์ทางการแพทย์ประเภทต่าง ๆ ที่ใช้กับผู้ป่วย เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรคไปสู่บุคคลอื่น และมีการปนเปื้อนของเชื้อโรคในปริมาณมาก โดยเฉพาะการปนเปื้อนสารคัดหลั่งต่าง ๆ ซึ่งเป็นแหล่งรวมของเชื้อโรคไม่ว่าจะเป็นเลือด น้ำหนอง เสมหะ น้ำลาย ปัสสาวะ น้ำเมือก น้ำอสุจิ หรืออุจจาระ เป็นต้น (รุ่งฤดี ศิริรักษ์, 2541) นอกจากนี้น้ำเสียของโรงพยาบาลยังมีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์สูง เช่น เลือด เศษอาหาร สิ่งปฏิกูล ฯลฯ โดยเกิดจากกิจกรรมการใช้น้ำจากแหล่งต่าง ๆ ของโรงพยาบาล เช่น ห้องน้ำ ห้องส้วมโรงครัว โรงอาหาร โรงซักรีด อาคารผู้ป่วยต่าง ๆ ตลอดจนบ้านพักของบุคลากร ฯลฯ ซึ่งสารอินทรีย์เหล่านี้เป็นแหล่งอาหารชั้นดีของเชื้อโรค จึงส่งผลให้น้ำเสียของโรงพยาบาลที่มีปริมาณของเชื้อมากอยู่แล้วอาจมีปริมาณของเชื้อโรคเพิ่มมากขึ้นได้ หากมีอาหารและปัจจัยอื่นที่เหมาะสม (Feachem, *et al.*, 1983) และอาจเกิดการแพร่ระบาดของโรคติดต่อที่อาศัยน้ำเป็นสื่อได้อย่างรวดเร็ว รุนแรงและกว้างขวางได้ หากระบบบำบัดน้ำเสียไม่มีประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อโรคที่ดีพอ อนึ่งโดยทั่วไประบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลจะใช้คลอรีนหรือสารประกอบคลอรีนในการทำลายเชื้อก่อน

ปล่อยออกสู่แหล่งรองรับน้ำเสีย เนื่องจาก มีฤทธิ์ในการทำลายจุลชีพได้สูง ใช้ได้ในอุณหภูมิทั่วไป และมีราคาถูกกว่าการใช้โอโซน หรือรังสี UV (สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์, 2541) โดยการทำลายเชื้อโรคด้วยคลอรีน ต้องใช้คลอรีนในปริมาณที่มากพอ เพื่อให้มีปริมาณคลอรีนตกค้างเหลืออยู่ในน้ำ ซึ่งจะเป็นคลอรีนสำรองไว้เพื่อฆ่าเชื้อโรคได้

การศึกษาของ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2543) ได้ระบุว่าโรงพยาบาลซึ่งมีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้คลอรีนในการบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยออกจากระบบบำบัด ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณคลอรีนเหลือตกค้างอยู่ในน้ำเสียระหว่าง 0.1-1.85 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่คงตรวจพบปริมาณ coliform และ fecal coliform ที่สูงในช่วง $<2\text{-}1.6\times10^{8}$ และ $<2\text{-}5\times10^{6}$ MPN/100 ml ตามลำดับ นอกจากนี้ ทิตยา แซ่อึ้ง และคณะ (2543) รายงานว่าไม่มีความเปลี่ยนแปลงด้านปริมาณของ coliform และ fecal coliform เมื่อเปรียบเทียบระหว่างน้ำก่อนเข้าและน้ำออกจากบ่อเติมคลอรีน ทั้งที่ตรวจพบปริมาณคลอรีนตกค้างอยู่ระหว่าง 0.1-0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ในน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสียในโรงพยาบาล และจากข้อสังเกตที่ว่าน้ำเสียของโรงพยาบาล ประกอบด้วยเชื้อโรค น้ำยาฆ่าเชื้อโรคต่าง ๆ รวมถึงมีปริมาณสารอินทรีย์อยู่สูง จึงอาจจะเป็นปัจจัยที่เอื้อให้เกิดสภาพการคงชีพของเชื้อโรคและอาจส่งผลต่อการทำลายเชื้อโรคในน้ำเสียได้ในขณะเดียวกัน ฉะนั้น การวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการคงชีพและการทำลายเชื้อในการบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล โดยเฉพาะกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนจึงควรที่จะมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติม ซึ่งผู้วิจัยได้สนใจในประเด็นดังกล่าว และได้เลือกใช้ *E.coli* K-12, F^{+} (A/λ) และ Qβ coliphage เป็นตัวแทนของแบคทีเรียและไวรัสในน้ำเสียเพื่อการศึกษา ทั้งนี้คาดหวังว่าผลจากการวิจัยที่ได้ จะทำให้ทราบข้อมูลเพิ่มเติมอันนำไปประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงหรือพัฒนาวิธีการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน ในน้ำเสียโรงพยาบาลให้มีประสิทธิภาพต่อไป

2. การตรวจเอกสาร

2.1 สิ่งมีชีวิตที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย

การใช้ประโยชน์จากน้ำที่มีการปนเปื้อนของเชื้อโรค อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อ สุขภาพอนามัยได้ โดยเกิดจากเชื้อโรคต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุของโรคโดยมีน้ำเป็นพาหะหรือสื่อนำโรค ซึ่งได้แก่

- เชื้อแบคทีเรีย ก่อให้เกิดโรค ไทฟอยด์ พาราไทฟอยด์ อุจจาระร่วง อหิวาตกโรค บิด ฯลฯ
- เชื้อไวรัส ก่อให้เกิดโรค โปลิโอ ไวรัสตับอักเสบ ฯลฯ

- โปรโตซัว ก่อให้เกิดโรค บิด อุจจาระร่วง ฯลฯ

โรคต่าง ๆ เหล่านี้เป็นปัญหาที่สำคัญของการสาธารณสุข เนื่องจากบางโรคมีอันตรายถึงตายได้ และโรคโดยส่วนใหญ่ยังเป็นโรคติดต่อที่สามารถแพร่กระจายเชื้อได้อย่างรวดเร็วและกว้างขวางอีกด้วย น้ำที่ผ่านการใช้และมีการปนเปื้อนของเชื้อโรคแล้ว เมื่อปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม (ไม่ว่าจะเป็นการปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติหรือปล่อยให้ซึมผ่านชั้นดิน) อาจทำให้เกิดโรคต่าง ๆ ดังกล่าวได้ จากการรับเชื้อทั้งทางตรงและทางอ้อมของคน เช่น การสันทนาการ การว่ายน้ำ การคมนาคม หรือจากการนำน้ำมาอุปโภค บริโภค หรือจากห่วงโซ่อาหาร ดังนั้นน้ำที่ผ่านการใช้แล้วจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการบำบัดก่อนปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม และการบำบัดน้ำเสียนั้นจะต้องมีประสิทธิภาพเพียงพอในการทำลายเชื้อ มิฉะนั้นอาจเกิดอันตรายต่อสุขภาพขึ้นได้อีก เช่น รายงานของประเทศอินเดียพบประชากร 35,000 คน เกิดการติดเชื้อไวรัสตับอักเสบที่มีการปนเปื้อนในน้ำเสียที่มีการเติมคลอรีนแล้ว (Metcalf, 1978 : 303) นอกจากนี้ยังพบว่ามีการระบาดของโรคลำไส้อักเสบ (Gastroenteritis) มากกว่า 50 % ของหมู่บ้านในสวิตเซอแลนด์ ที่เกิดจากการดื่มน้ำที่มีการปนเปื้อนของ fecal coliform จากระบบบำบัดน้ำเสีย (Häfliger, *et al.*, 2000) ในการตรวจสอบประสิทธิภาพของการทำลายเชื้อโรคในระบบบำบัดน้ำเสียนั้น สามารถทำได้โดยการตรวจหา total coliform หรือ fecal coliform โดยเฉพาะการตรวจหาเชื้อ *E. coli* ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียอยู่ในกลุ่ม fecal coliform และอาศัยอยู่ในลำไส้ของคนและสัตว์เลือดอุ่น และสามารถตรวจพบได้เสมอในอุจจาระ นอกจากนี้ *E. coli* ยังมีความทนทานในการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนมากกว่าแบคทีเรียชนิดอื่น ๆ *E. coli* มีหลายชนิด (Type) ทั้งที่ก่อให้เกิดโรคและไม่ก่อให้เกิดโรค ประเภทที่ไม่ก่อให้เกิดโรค เช่น *E. coli B, E. coli C, E.coli* K-12, $F^{+}(A/\lambda)$ และประเภทที่ก่อให้เกิดโรคในคนได้แก่ *E. coli* 0157:H7 การใช้ *E. coli* เป็นที่นิยมกันแพร่หลาย ที่จะใช้เป็นดัชนีวัดคุณภาพน้ำ เพราะถ้าตรวจพบในตัวอย่างน้ำแสดงว่าน้ำนั้นมีการปนเปื้อนของอุจจาระ ซึ่งจะเป็นการเตือนว่าอาจมีการปนเปื้อนเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคในตัวอย่างน้ำนั้น (กรรณิการ์ สิริสิงห, 2525 : 340)

นอกจากนี้ยังสามารถตรวจสอบประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อขนาดเล็กในกลุ่มของไวรัสในระบบบำบัดน้ำเสียได้ โดยการตรวจหา bacteriophage ซึ่งเป็นไวรัสกลุ่มหนึ่งที่สามารถทำลายเซลล์ของแบคทีเรียได้ ไวรัสพวกนี้จำเพาะในการทำลายเซลล์ของแบคทีเรียแต่ละชนิด เช่น ทำลายเซลล์ของ coliform bacteria เรียกว่า coliphage

Qβ coliphage จัดอยู่ในกลุ่ม 3 ของ RNA–F-specific bacteriophage จากการจำแนกภายใต้การตอบสนองของเอนไซม์ และพบว่าน่าจะมีแหล่งกำเนิดมาจากมนุษย์ (Furuse, *et al.*, 1981) Qβ coliphage เป็น bacteriophage ที่สามารถทำลายเซลล์ของแบคทีเรีย

E.coli K-12, $F^{+}(A/\lambda)$ สำหรับ RNA–F-specific bacteriophage ได้มีรายงานว่าสามารถพบได้ในน้ำเสียชุมชนทั่วไป และมีความทนทานต่อสิ่งแวดล้อมได้ดี อีกทั้งยังมีขนาดและโครงสร้างคล้ายคลึงกันกับไวรัสที่ก่อโรคในคน การเลือกใช้ RNA–F-specific bacteriophage อาจเป็นทางเลือกหนึ่งที่ใช้เป็นดัชนีในการวัดคุณภาพน้ำ เนื่องจากคุณสมบัติที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว การตรวจสอบยังทำได้ง่าย รวดเร็ว ถูกต้อง และมีค่าใช้จ่ายไม่มากนัก (Bitton, 1980)

2.2 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล

ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลส่วนใหญ่ที่ใช้ในปัจจุบัน จะใช้ระบบบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางชีวภาพ เนื่องจากเป็นวิธีที่ประหยัด เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการบำบัดอื่น ๆ ระบบบำบัดน้ำเสียในโรงพยาบาลส่วนใหญ่ที่ใช้ ได้แก่ ระบบคลองวนเวียน ระบบตะกอนเร่ง ระบบแบบบ่อผึ่ง เป็นต้น ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพจะอาศัยหลักการที่ใช้จุลชีพต่าง ๆ มาทำการย่อยแปรเปลี่ยนสภาพของสารอินทรีย์ต่าง ๆ ไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ถ้าใช้ระบบเติมอากาศ) หรือไปเป็นก๊าซมีเทน (ถ้าใช้ระบบไม่เติมอากาศ) , (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2542) ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้กระบวนการทางชีวภาพนี้ จะสามารถกำจัดจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคได้ประมาณ 99-99.9% แต่ถ้าในระบบมีการใช้คลอรีนทำลายเชื้อร่วมด้วยจะสามารถทำลายเชื้อแบคทีเรียได้ $\geq$ 99.99% (Hammer, 1996)

คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2543) ได้ประเมินประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลในภาคใต้ตอนล่าง โดยใช้วิธี MPN (Most Probable Number)ในการวิเคราะห์หาปริมาณของจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นวิธีการคาดคะเนความเข้มข้นของจุลินทรีย์ พบว่าศูนย์ส่งเสริมสุขภาพเขต 12 จ.ยะลา ในน้ำเสียก่อนเข้าระบบมีปริมาณของ total coliform และ fecal coliform ในช่วง 1.6×10^{5} - 5.0×10^{6} และ 5.0×10^{4} - 2.4×10^{6} MPN/100 ml ตามลำดับ ในบ่อตกตะกอนมีปริมาณ total coliform และ fecal coliform ในช่วง 3.0×10^{4}- 1.7×10^{6} และ 3.0×10^{4}- 1.7×10^{6} MPN/100 ml ตามลำดับ และในน้ำทิ้งที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนแล้วพบว่าระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัด total coliform และ fecal coliform ได้ระหว่าง 56-99.7 % และ 66-99.7 % ตามลำดับ สำหรับโรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชสายบุรี จ.ยะลา พบปริมาณ fecal coliform ในบ่อตกตะกอน ในช่วง 1.4×10^{4}- 3.5×10^{7} MPN/100 ml และจากการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลในภาคตะวันออก พบปริมาณ fecal coliform ในบ่อตกตะกอนของ โรงพยาบาลชลบุรี และ โรงพยาบาลระยอง ในช่วง 2.0×10^{4}- 1.6×10^{7} และ 2.8×10^{4}- 1.6×10^{6} MPN/100 ml ตามลำดับ (วิชัย สิริวิบูลย์กิตและคณะ,

2537) ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ว่าน้ำในบ่อตกตะกอนก่อนเข้าสู่บ่อเติมคลอรีนของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล โดยทั่วไปแล้วพบ fecal coliform ในช่วง 10^4 - 10^7 MPN/100 ml

นิตยา มหาผลและคณะ (2530) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย แบบถังกรองไร้อากาศในโรงพยาบาลพระนครศรีอยุธยา จากการประเมินคุณภาพน้ำในถังอิมฮอฟ (Imhoff Tank) พบว่าระบบมีประสิทธิภาพในการกำจัด coliform และ bacteriophage ได้ 17.8 % และ 91.2 % ตามลำดับ คือมีปริมาณ coliform เท่ากับ 2.3×10^6 organisms/ml และ bacteriophage เท่ากับ 2.2×10^3 PFU/ml ถึงแม้ว่าระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลบางแห่งจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อโรคได้ถึง 99 หรือ 99.9% ก็ตาม แต่ปริมาณเชื้อโรคที่เหลืออยู่อาจก่อให้เกิดโรคได้ โดยเฉพาะน้ำเสียของโรงพยาบาลที่มีปริมาณของเชื้อโรคมากกว่าน้ำเสียชุมชน กล่าวคือ มีเชื้อโรคประมาณ 2.8×10^8 MPN/100 ml (นิตยา มหาผลและกิตติพงษ์ ธนศานติ, 2533) ถึงแม้ว่าจะกำจัดเชื้อได้ 99 หรือ 99.9% ก็ยังคงมีเชื้อโรคเหลืออยู่ 2.8×10^5 และ 2.8×10^4 MPN/100 ml ตามลำดับ ถึงแม้ว่าจะไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียชนิดใดที่มีประสิทธิภาพได้ 100% แต่การทำลายเชื้อของระบบบำบัดน้ำเสียต้องมีประสิทธิภาพเพียงพอในการทำลายเชื้อที่จะไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

2.3 ลักษณะน้ำเสียของโรงพยาบาล

น้ำเสียหมายถึงน้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์ต่าง ๆ เช่น การชำระร่างกาย การประกอบอาหาร การขับถ่ายของเสีย ฯลฯ ทำให้ลักษณะสมบัติของน้ำเปลี่ยนไปจากเดิม เนื่องจากมีสิ่งสกปรกต่าง ๆ ทั้งสารอินทรีย์ สารมลพิษ และจุลินทรีย์นำโรคเจือปนอยู่ในน้ำ ปริมาณสิ่งสกปรกหรือความสกปรกในน้ำเสียจะขึ้นอยู่กับการใช้น้ำ จากกิจกรรมหลักที่ให้บริการสุขภาพอนามัยของประชาชน ซึ่งเป็นแหล่งรวมของผู้ป่วยโรคนานาชนิด จึงทำให้น้ำเสียของโรงพยาบาลมีความสกปรกหรือมีลักษณะที่แตกต่างจากน้ำเสียชุมชนโดยทั่วไปดังนี้

2.3.1 การปนเปื้อนของน้ำยาฆ่าเชื้อโรค

น้ำยาฆ่าเชื้อเป็นชื่อเรียกสารเคมีทั่วไปที่มีฤทธิ์ทำให้ปลอดเชื้อหรือทำลายเชื้อ โดยส่วนใหญ่อยู่ในสถานะของเหลว (กลุ่มเภสัชกรภาคกลาง, 2531 : 5) ซึ่งน้ำยาฆ่าเชื้อที่นิยมใช้ในทางการแพทย์ ได้แก่ hypochlorite, benzalkonium chloride, lysol เป็นต้น โดยมีวัตถุประสงค์การใช้ในเวชปฏิบัติ ดังนี้ (สมหวัง ด่านชัยวิจิตร, 2540)

(1) การใช้น้ำยาฆ่าเชื้อสำหรับบุคลากร เพื่อป้องกันการแพร่กระจายเชื้อไปสู่ผู้ป่วยหรือป้องกันแพร่กระจายเชื้อจากผู้ป่วยสู่บุคลากร เช่น การใช้น้ำยาฆ่าเชื้อโรค

ล้างมือก่อนทำหัตถกรรม หรือหลังสัมผัสผู้ป่วยหรือสิ่งของที่ปนเปื้อนเชื้อโรค เป็นต้น

(2) การใช้น้ำยาฆ่าเชื้อสำหรับผู้ป่วย เช่น การใช้ทำความสะอาดผิวหนังก่อนผ่าตัด การใช้ในการทำความสะอาดบาดแผล เป็นต้น

(3) การใช้น้ำยาทำลายเชื้อสำหรับวัสดุ อุปกรณ์ต่าง ๆ และสถานที่ ที่มีการปนเปื้อนของเชื้อโรค เช่น การใช้สารเคมีฆ่าเชื้อในผ้าที่ปนเปื้อนเชื้อโรคก่อนทำความสะอาด เป็นต้น

สารเคมีเหล่านี้เมื่อถูกใช้แล้ว จะถูกเททิ้งลงสู่ท่อระบายน้ำของโรงพยาบาลและปนเปื้อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลต่อไป

พิชัย เจนจำรัสศรี (2538) ได้ศึกษาลักษณะน้ำเสียของโรงพยาบาลต่าง ๆ ในภาคใต้ ได้แก่ โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ โรงพยาบาลหาดใหญ่ โรงพยาบาลสงขลา และโรงพยาบาลปัตตานี โดยการประเมินหาปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีฆ่าเชื้อในน้ำเสียของโรงพยาบาล ซึ่งประกอบด้วย lysol (cresol) และ savlon พบว่ามีความเข้มข้นของ lysol ปนเปื้อนอยู่เท่ากับ 4.28, 5.89, 5.08 และ 2.23 ppm. ตามลำดับ และมี savlon ปนเปื้อนอยู่เท่ากับ 1.01, 7.06, 18.34 และ 11.60 ppm ตามลำดับ จากการวัดปริมาณคลอรีนตกค้างในน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสียของศูนย์ส่งเสริมสุขภาพเขต 11 จังหวัดนครศรีธรรมราช สามารถวัดค่าคลอรีนตกค้างได้ในระดับ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้ง ๆ ที่ไม่มีการเติมคลอรีนในระบบบำบัดน้ำเสีย (มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม, 2543)

2.3.2 การปนเปื้อนของเชื้อโรค

ผู้ป่วยที่เข้ามาใช้บริการของโรงพยาบาลเกือบทั้งหมดล้วนเป็นพาหะของโรค การใช้น้ำในกิจกรรมและแหล่งต่าง ๆ ของโรงพยาบาล ได้แก่ สถานที่ตรวจคนไข้นอก สถานที่รับคนไข้ใน โรงซักฟอก โรงครัวและโรงอาหาร ห้องปฏิบัติการ ห้องผ่าตัดและห้องคลอด ห้องเอ็กซเรย์ อาคารบ้านพักและสถานที่ทำการต่าง ๆ ล้วนเป็นแหล่งกำเนิดน้ำเสียที่ทำให้น้ำเสียจากโรงพยาบาลต่างกับน้ำเสียจากบ้านเรือน ทั้งในด้านปริมาณและเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (พักตร์วิมล เพียรล้ำเลิศ และ ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2537) โดยเฉพาะจากการปนเปื้อนของสารคัดหลั่งต่าง ๆ ของผู้ป่วย ซึ่งเป็นแหล่งรวมของเชื้อโรค ไม่ว่าจะเป็น เลือด น้ำหนอง เสมหะ น้ำลาย ปัสสาวะ น้ำเมือก น้ำอสุจิ หรืออุจจาระของผู้ป่วย (รุ่งฤดี ศิริรักษ์, 2541) และจากประสบการณ์ของกองอนามัยสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นผู้ออกแบบระบบบ่อกำจัดน้ำเสียแบบบ่อเขียวให้โรงพยาบาล

ชุมชนใช้งาน ได้ระบุว่าน้ำเสียของโรงพยาบาลมีเชื้อโรคที่มากกว่าน้ำเสียทั่วไป โดยมีประมาณ 2.8×10^{8} MPN/100 ml (นิตยา มหาผลและกิตติพงษ์ ธนศานติ, 2533)

2.3.3 การปนเปื้อนของสารอินทรีย์

น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากแหล่งต่าง ๆ ในโรงพยาบาลโดยเฉพาะจาก โรงครัว โรงอาหาร โรงซักฟอก และจากการใช้ห้องน้ำ ห้องส้วม การชำระร่างกาย ที่เกิดขึ้นในแผนกต่าง ๆ ส่งผลให้น้ำเสียมีการปนเปื้อนของเศษอาหาร สิ่งปฏิกูล ไขมัน สบู่ ฯลฯ ซึ่งล้วนเป็นอินทรีย์สาร ทั้งนั้น สารอินทรีย์ในน้ำเสียมีส่วนประกอบที่สำคัญ ๆ ได้แก่ ธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และซัลเฟอร์ โดยที่สารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่ปะปนมากับน้ำเสียจะเป็นอาหารอย่างดีสำหรับจุลินทรีย์ เพื่อนำไปใช้ในการสร้างเซลล์และการเจริญเติบโต

2.4 ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์

อัตราการเจริญและการตายของจุลินทรีย์เป็นอิทธิพลโดยตรงของสิ่งแวดล้อม ซึ่งจุลินทรีย์ประเภทต่าง ๆ จะมีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันไป ขึ้นกับสิ่งแวดล้อมที่เอื้อและเหมาะสมแก่การเจริญเติบโต การเจริญของแบคทีเรียเป็นการแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มปริมาณให้มากขึ้นจากการแบ่ง 1 เซลล์ เป็น 2 เซลล์ และจาก 2 เป็น 4 เรื่อยไป แบคทีเรียที่เจริญเติบโตในระบบบำบัดน้ำเสียแบบต่าง ๆ จะขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ดังนี้ (สมทิพย์ ด่านธีรวนิชย์, 2541)

2.4.1 pH ต้องไม่เป็นกรดเกินไปหรือด่างเกินไป ค่า pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรียด้วย แต่โดยทั่วไป pH จะมีค่าระหว่าง 5-9 และมีค่าที่เหมาะสมที่สุดคือ 7 สำหรับการเจริญของเชื้อ *E. coli*

2.4.2 อุณหภูมิ อัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะสูงขึ้นตามอุณหภูมิจนถึงจุดหนึ่งก็จะลดลง และตายในที่สุดเมื่อมีอุณหภูมิสูงเกินไป

2.4.3 ออกซิเจน ความสำคัญของออกซิเจนขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรีย ถ้าในน้ำไม่มีออกซิเจน aerobic bacteria จะตายหมด ส่วน anaerobic bacteria จะเติบโตได้ดี

2.2.4 อาหาร อาหารของแบคทีเรีย แบ่งออกได้เป็นสองชนิด คือ อาหารที่ใช้เป็นพลังงานและในการสร้างเซลล์ ซึ่งโดยทั่วไปได้แก่สารอินทรีย์ที่ประกอบด้วยคาร์บอนเป็นส่วนใหญ่ อาหารอีกชนิดได้แก่ อาหารเสริม (nutrients) ซึ่งจำเป็นในการดำรงชีวิต ได้แก่ สารประกอบแร่ธาตุต่าง ๆ เช่นไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

Central Library
Prince of Songkla University

2.5 การฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน (chlorination)

การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีนซึ่งเรียกว่า คลอริเนชั่น (chorination) มีวัตถุประสงค์เพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์ รวมทั้งแบคทีเรียและไวรัสที่ก่อโรค (Tchobanoglous , *et al.*, 1991) ซึ่งการใช้คลอรีนหรือสารประกอบคลอรีนในการทำลายเชื้ออย่างกว้างขวางในระบบบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากมีข้อดีหลายประการ อันได้แก่ มีฤทธิ์ในการทำลายจุลชีพสูง วิธีการใช้ไม่ยุ่งยากมาก ใช้ได้ดีในสภาพอุณหภูมิทั่วไป อีกทั้งการฆ่าเชื้อด้วยโอโซนและแสงอัลตราไวโอเลต (UV) มีราคาแพงกว่าจึงไม่เป็นที่นิยมเท่าคลอรีน ชนิดของคลอรีนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำเสียนั้นมีอยู่หลายชนิด โดยทั่วไปจะใช้ในรูปของก๊าซคลอรีน, คลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2) และสารประกอบไฮโปคลอไรด์ เช่น $Ca(OCl)_2$, NaOCl ซึ่งแต่ละชนิดจะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป คลอรีนทั้งในรูปของก๊าซคลอรีนและรูปของสารละลายคลอรีน เมื่อเติมลงไปในน้ำจะเกิดปฏิกิริยาดังนี้

$$Cl_2 + H_2O \rightleftharpoons HOCl + HCl \qquad (1)$$

$$HOCl \rightleftharpoons H^+ + OCl^- \qquad (2)$$

จากปฏิกิริยาที่ 2 พบว่าที่ pH ประมาณ 7.3 จะได้ HOCl และ OCl^- อย่างละ 50% และถ้า pH สูงก็จะทำให้ได้ OCl^- มากขึ้น แต่ในทางกลับกันที่ pH ต่ำ ๆ (pH<6) จะเกิด HOCl เป็นจำนวนมาก ซึ่งทำให้มีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อได้ดีกว่าเพราะ HOCl จะมีฤทธิ์การทำลายสูงกว่า OCl^- นอกจากนี้โดยทั่วไปน้ำเสียจะมีสารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนีย เมื่อเติมคลอรีนลงไปคลอรีนจะไปทำปฏิกิริยากับแอมโมเนีย และส่วนที่เหลือจากการทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียจึงจะสามารถทำลายเชื้อโรคในน้ำเสียได้ ดังนั้นปริมาณคลอรีนที่ใช้ทำลายเชื้อในระบบบำบัดน้ำเสีย จึงต้องใช้ในปริมาณที่เพียงพอที่จะทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียและเหลือสำรองไว้เชื้อโรค และเรียกปริมาณคลอรีนที่เหลือสำรองไว้ทำลายเชื้อว่า คลอรีนตกค้าง (chlorine residual), (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2542)

2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อคลอรีนในการทำลายเชื้อโรค

การใช้คลอรีนในการทำลายเชื้อในระบบบำบัดน้ำเสีย มีปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการทำลายเชื้อ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.6.1 ความเข้มข้นของปริมาณคลอรีน

คลอรีนเป็นสารออกซิไดส์อย่างแรง ดังนั้นเมื่อเติมลงไปในน้ำ คลอรีนจะไปทำปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว ถ้าเติมคลอรีนน้อยเกินไปก็จะไม่มีคลอรีนอิสระเหลือตกค้าง แต่ถ้าเติมคลอรีนให้มากพอ หลังจากทำปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ ก็จะมีคลอรีนอิสระหรือคลอรีนรวมเหลือตกค้างอยู่ในน้ำ ทำให้สามารถใช้ฆ่าเชื้อได้ ปริมาณของคลอรีนที่ใช้ในการทำปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ ในน้ำ เรียกว่า ความต้องการคลอรีน (chlorine demand) ด้วยเหตุนี้ ปริมาณคลอรีนที่เติมเพื่อฆ่าเชื้อโรคในน้ำจึงเท่ากับปริมาณคลอรีนที่ต้องการและคลอรีนตกค้างเพื่อสำรองไว้ฆ่าเชื้อโรค โดยทั่วไประบบตะกอนเร่ง (activated sludge) จะใช้คลอรีน ประมาณ 2-8 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อฆ่าเชื้อในน้ำทิ้ง (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2542) และในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลควรมีคลอรีนอิสระตกค้างอยู่ในน้ำหลังผ่านบ่อเติมคลอรีนประมาณ 0.5-1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ปีติ พูนไชยศรี, 2538) ซึ่งในการเติมคลอรีนจะต้องควบคุมไม่ให้ปริมาณคลอรีนเหลืออยู่ในน้ำมากเกินเกณฑ์ที่กำหนด เนื่องจากมีปริมาณคลอรีนที่มากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในแหล่งรองรับน้ำทิ้ง โดยกระทรวงอุตสาหกรรมได้กำหนดค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานไว้ว่าต้องมีคลอรีนตกค้างไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร (กระทรวงอุตสากรรม, 2539)

2.6.2 pH

เนื่องจาก HOCl มีอำนาจออกซิไดส์สูงกว่า OCl^- และในสภาวะที่เป็นกรด การกระจายของ HOCl จะมากกว่า OCl^- ดังนั้น หากต้องการให้การฆ่าเชื้อโรคได้ผลดี ควรทำให้น้ำเสียก่อนเข้าบ่อเติมคลอรีนมีสภาพ pH ต่ำกว่า 7 เล็กน้อย และโดยส่วนใหญ่แล้วเชื้อโรคหรือจุลชีพต่าง ๆ จะถูกทำลายได้ง่ายเมื่อน้ำมีสภาพ pH เป็นกลาง

2.6.3 ระยะเวลาที่สัมผัส

การฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีนจะต้องมีเวลาสัมผัสนานพอเพียง จึงจะได้ผล นอกจากนี้เวลาที่ใช้จะต้องสัมพันธ์กับปริมาณคลอรีนที่ใช้ด้วย หากใช้คลอรีนมาก เวลาสัมผัสจะน้อย หากใช้คลอรีนน้อยเวลาสัมผัสในการฆ่าเชื้อโรคจำเป็นต้องใช้เวลาให้นานขึ้น โดยปกติจะใช้เวลาในการทำลายหรือฆ่าเชื้อโรคระหว่าง 15-30 นาที กองอนามัยสิ่งแวดล้อม กระทรวงสาธารณสุข ได้ออกแบบบ่อเติมคลอรีนของระบบบำบัดน้ำเสียในโรงพยาบาลให้มีเวลาทำปฏิกิริยาได้นาน 30 นาที ก่อนที่จะให้น้ำนั้นไหลออกจากระบบบำบัดน้ำเสีย (ปีติ พูนไชยศรี, 2538)

2.6.4 ความขุ่นของน้ำ

ความขุ่นอาจเป็นเกราะกำบังไม่ให้คลอรีนสามารถเข้าไปสัมผัสกับเชื้อโรคหรือจุลินทรีย์อื่น ๆ ได้โดยตรง ทำให้อำนาจในการฆ่าเชื้อโรคลดลงหรือไม่ได้ผลเป็นการสิ้นเปลืองสาร

เคมีและงบประมาณ ดังนั้นระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง จึงต้องควบคุมถังตกตะกอนขั้นที่สองให้มีประสิทธิภาพในการตกตะกอนให้ดีอยู่เสมอ มิฉะนั้นตะกอนจากถังตกตะกอนจะล้นมาที่บ่อเติมคลอรีนทำให้มีความขุ่นมากและประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจะลดลง

2.6.5 ปริมาณสารอินทรีย์และแอมโมเนีย

เนื่องจากทั้งสารอินทรีย์และแอมโมเนียสามารถทำปฏิกิริยากับคลอรีนได้ ซึ่งเมื่อคลอรีนทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ก็จะทำให้ต้องใช้คลอรีนเพิ่มมากขึ้น และถ้ามีแอมโมเนียอยู่มาก ก็จะทำให้เกิดคลอรีนซึ่งมีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อได้ต่ำกว่าคลอรีนอิสระ

2.7 การวัดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำ

สารอินทรีย์ในน้ำมีผลต่อคลอรีนในการทำลายจุลินทรีย์ การวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำจึงมีความสำคัญ เพื่อที่จะทำให้ทราบปริมาณสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำที่จะส่งผลกระทบต่อคลอรีนในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ การวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์สามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีมีขีดความสามารถในการวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ได้แตกต่างกันไป เช่น การวัดปริมาณสารอินทรีย์ในเทอม BOD (Biochemical Oxygen Demand) เป็นการวัดปริมาณของออกซิเจนที่ถูกใช้ในการย่อยสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ การวัดปริมาณสารอินทรีย์ในเทอม COD (Chemical Oxygen Demand) เป็นการวัดปริมาณของออกซิเจนที่ถูกใช้ในการออกซิไดส์สารอินทรีย์ในน้ำโดยสารเคมี ซึ่งสารอินทรีย์เกือบทั้งหมด(ยกเว้นบางตัวเป็นส่วนน้อย)จะสามารถถูกออกซิไดส์โดยสารเคมีภายใต้สภาวะที่เป็นกรด

โดยปกติแล้วค่า COD จะมีค่าสูงกว่าค่า BOD ทั้งนี้เนื่องจากสารอินทรีย์บางชนิดจุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายได้หรือย่อยสลายได้ยาก ในขณะที่สารเคมีจะสามารถออกซิไดส์สารอินทรีย์ได้เกือบทั้งหมด จึงส่งผลให้น้ำเสียมีค่า COD สูงกว่าค่า BOD และจะสูงกว่ามากถ้ามีสารอินทรีย์ที่ไม่สามารถถูกออกซิไดส์ทางชีวะอยู่ด้วย เช่น เซลลูโลส ดังนั้นการวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ในเทอมของ COD จึงทำให้ทราบปริมาณสารอินทรีย์ที่ส่งผลกระทบต่อการทำลายเชื้อด้วยคลอรีนในการบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลได้ดีกว่าการวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ในเทอมของ BOD

2.8 ผลการศึกษาของคลอรีนต่อการทำลายเชื้อต่าง ๆ

จากการศึกษาผลของคลอรีนที่มีฤทธิ์ทำลาย *E. coli* O157 : H7 ที่สามารถก่อโรคในคนได้ และ *E. coli C* ในอาหารเลี้ยงเชื้อ พบว่าที่คลอรีนอิสระตกค้าง 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ในเวลา 1 นาที สามารถทำลาย *E. coli* ทั้งสองชนิดได้ถึง 99.99% ซึ่งปริมาณคลอรีนตกค้าง

1.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นปริมาณของคลอรีนที่ใช้กันทั่วไปสำหรับการผลิตน้ำประปาของประเทศอเมริกา และจะใช้เวลาสัมผัสประมาณ 45 นาที (Rice, *et al.*, 1999) ในขณะที่น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว เมื่อเติมคลอรีนในปริมาณ 2-6 มิลลิกรัมต่อลิตร จะสามารถทำลาย *E. coli* ได้ในระหว่าง 24-99.999% (Kampelmacher, *et al.*, 1977 quoted in Feachem, *et al.*, 1983 : 229) และเมื่อเติมคลอรีนในปริมาณ 5 , 10 และ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ลงในน้ำเสีย พบว่าภายใน 30 นาที จะสามารถทำลายเชื้อ coliform ได้ประมาณ 99.9, 99.99 และ มากกว่า 99.999% ตามลำดับ (Irvin, 1980 quoted in Feachem, *et al.*, 1983 : 230) และในน้ำเสียที่มีคลอรีนตกค้างอยู่ 11-23 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส, pH 8.2-9.2 จะสามารถกำจัดไวรัสได้ 85-99%, fecal coliform 99.95->99.99998% หลังจาก 15 นาทีผ่านไป (Berg, *et al.*, 1977 quoted in Feachem, *et al.*, 1983 : 229)

Ohgaki และ Mongkonsiri (1990) ได้ศึกษาถึงผลของคลอรีนต่อการทำลาย Qβ coliphage ในน้ำดี พบว่า คลอรีนอิสระตกค้าง 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถลด Qβ coliphage ได้ ในช่วง 99.99-99.999% คลอรีนอิสระตกค้าง 0.5 สามารถลด Qβ coliphage ได้ประมาณ 99.9999% ในเวลา 50 วินาที ในขณะที่น้ำเสียที่มีค่า BOD เพิ่มปริมาณขึ้น 2 เท่า จะทำให้ความสามารถในการกำจัดลดลงจาก 80% เหลือ 64% (Kaneko, 1997)

จากข้อมูลรายงานการทำลายเชื้อโรคด้วยคลอรีนต่าง ๆ นั้น พบว่าการทำลายเชื้อให้มีประสิทธิภาพทำได้ไม่ยากนัก เพียงเพิ่มปริมาณของคลอรีนลงไปในระบบบำบัด และทำการกำจัดคลอรีนด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เพื่อป้องกันคลอรีนที่เหลือตกค้างอยู่ ที่อาจก่ออันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำได้ แต่การทำเช่นนี้จะเป็นการสิ้นเปลืองโดยใช่เหตุ จากปริมาณของสารเคมีที่ต้องใช้ทั้งคลอรีนและซัลเฟอร์ไดออกไซด์ WHO (World Health Organization), (1993) ได้กล่าวไว้ว่า "โดยทั่วไปแล้วคลอรีนจะสามารถกำจัด *E. coli* และ ไวรัสได้มากกว่า 99% ถ้าอยู่ในสภาวะที่มีคลอรีนอิสระตกค้างมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร , pH ต่ำกว่า 8 ความขุ่นน้อยกว่า 1 NTU และใช้เวลาสัมผัสอย่างน้อย 30 นาที" แต่คำกล่าวนี้อาจจะใช้ไม่ได้กับน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากโรงพยาบาล ที่มีการปนเปื้อนของคลอรีนอยู่แล้ว และมีปริมาณอาหารมากพอ ซึ่งในสภาวะเช่นนี้ *E. coli* สามารถเพิ่มปริมาณขึ้นได้ (Feachem, 1983 : 59) อีกทั้ง *E. coli* ที่อยู่ในกลุ่มของ coliform bacteria ยังมีการทนทานต่อการทำลายเชื้อด้วยคลอรีนอีกด้วย จากรายงานของ ทิตยา แซ่อึ้ง และคณะ (2543) ได้ประเมินประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียประเภทบ่อเติมอากาศตามด้วยบ่อผึ่ง ของโรงพยาบาลสงขลานครินทร์ ซึ่งระบุว่า total coliform และ fecal coliform มีปริมาณเท่ากับ 3,933 และ 1,343 MPN/100 ml ตามลำดับ ในน้ำเสียก่อนเข้าบ่อผึ่ง

ในขณะที่น้ำที่ผ่านบ่อเติมคลอรีนแล้วพบว่าปริมาณของ total coliform และ fecal coliform ยังคงมีปริมาณเท่าเดิมคือ 3,933 และ 1,343 MPN/100 ml ตามลำดับ ทั้งที่พบว่ามีปริมาณคลอรีนตกค้าง 0.18 มิลลิกรัมต่อลิตร และจากการประเมินระบบบำบัดน้ำเสียของศูนย์ส่งเสริมสุขภาพเขต 12 จ.ยะลา ซึ่งเป็นระบบบำบัดแบบตะกอนเร่ง พบว่ามีปริมาณ total coliform เท่ากับ 1.7×10^6 MPN/100 ml ในน้ำบ่อตกตะกอนขั้นที่สอง (BOD 26.2 มิลลิกรัมต่อลิตร และ SS 49 มิลลิกรัมต่อลิตร) ขณะที่น้ำออกจากบ่อเติมคลอรีนมีปริมาณ total coliform เพิ่มมากขึ้น คือมีปริมาณเท่ากับ 2.2×10^6 MPN/100 ml ทั้งที่จากรายงานได้ระบุว่ามีปริมาณคลอรีนตกค้าง 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ในน้ำทิ้ง (มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม, 2543)

ดังนั้นการศึกษาเพื่อให้ทราบถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อด้วยคลอรีน จึงเป็นสิ่งที่จำเป็น สำหรับระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อจะได้ข้อมูลที่จะนำไปปรับปรุงแก้ไขให้ระบบมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ซึ่งนอกจากจะป้องกันผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อสุขภาพอนามัยแล้ว ยังอาจสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายจากการใช้สารเคมีได้อีกด้วย

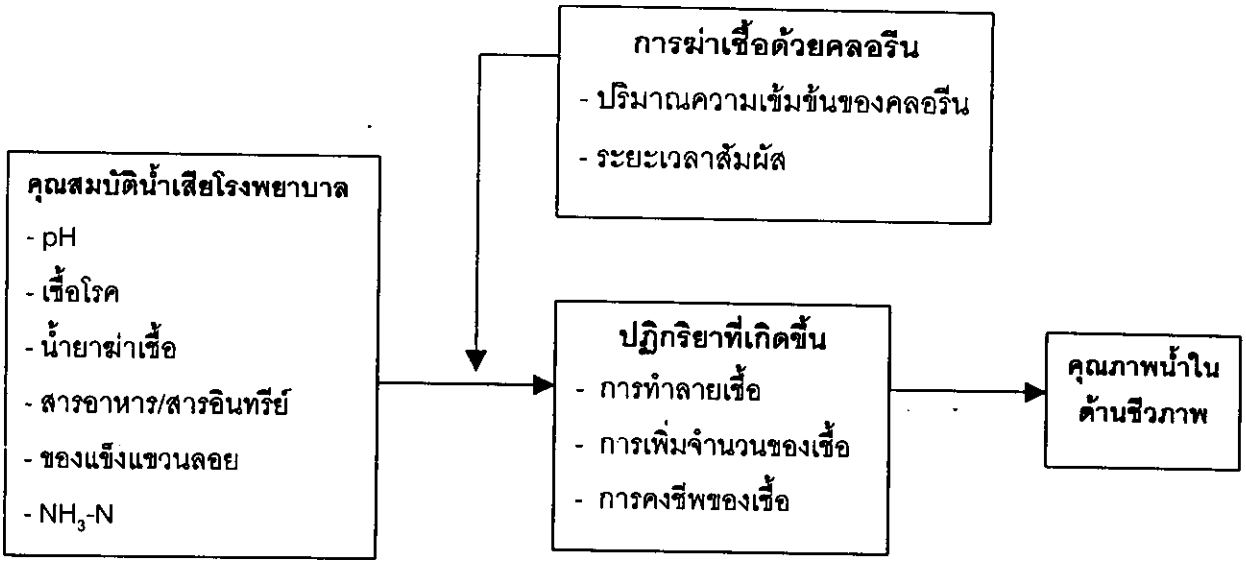
3. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาปัจจัยและอธิบายกลไกที่มีผลต่อการคงชีพและผลต่อประสิทธิภาพการทำลายเชื้อด้วยคลอรีน ของระบบการบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล โดยใช้เชื้อ *E. coli* และ bacteriophage เป็นตัวแทนในการศึกษา

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ข้อมูลซึ่งสามารถนำไปอธิบายปัจจัยและกลไกต่าง ๆ ที่มีผลต่อการทำลายเชื้อและการคงชีพของเชื้อ(ทั้งแบคทีเรียและไวรัส) ในกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลและสามารถนำความรู้ที่ได้ไปพัฒนาเทคนิคการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน ที่มีประสิทธิภาพในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลต่อไป

5. กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพประกอบ 1 แสดงกรอบแนวคิดของการวิจัย

6 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้จะครอบคลุมการทดลองในห้องปฏิบัติการโดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์และน้ำเสียจริง (น้ำจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลที่ผ่านการบำบัดทางชีววิทยา โดยเก็บน้ำจากจุดออกของน้ำในถังตกตะกอน) การศึกษาจะมีการเติมเชื้อ *E.coli* K-12, $F^+(A/\lambda)$ และ Qβ coliphage ลงไปในตัวอย่างน้ำทั้ง 2 ประเภท (น้ำเสียสังเคราะห์และน้ำเสียจริง) เพื่อใช้เป็นตัวแทนของแบคทีเรียและไวรัสในน้ำเสียเพื่อศึกษาถึงปัจจัยต่าง ๆ อาทิ ค่า pH ค่าปริมาณสารอินทรีย์ (วัดในเทอมของ COD) ปริมาณของแข็งแขวนลอย ปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนีย เวลาสัมผัสและปริมาณความเข้มข้นของคลอรีน ที่ส่งผลต่อการทำลายเชื้อและการคงชีพของเชื้อดังกล่าว ผลการทดลองที่ได้จะนำมาวิเคราะห์ต่อทางคณิตศาสตร์ เพื่อคำนวณหาค่าคงที่ของการทำลายเชื้อหรือการคงอยู่ของเชื้อทั้งสองกลุ่มภายใต้เงื่อนไขปัจจัยต่าง ๆ ทั้งนี้เพื่ออธิบายกลไกของการทำลายเชื้อหรือการคงชีพของเชื้อต่อไป นอกจากนี้สำหรับตัวอย่างน้ำเสียจริงจะได้มีการศึกษาถึงคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ COD pH chlorine residual SS NH_3-N ปริมาณ fecal coliform และ coliform bacteria รวมทั้ง bacteriophage เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบสำหรับการวิเคราะห์ผลการศึกษาที่ได้