

การออกแบบและพัฒนาระบบฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาหมู่บ้าน ด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตแบบอัตโนมัติ

Design and development of automatic village water disinfection system using ultraviolet radiation

อาภาพร สินธุสาร¹, อนุชา สินธุสาร¹

Apaporn Sinthusam¹, Anucha Sinthusam¹

รับบทความ 29 เมษายน 2568 แก้ไขบทความ 29 กรกฎาคม 2568 ยอมรับตีพิมพ์ 1 สิงหาคม 2568

บทคัดย่อ

น้ำประปาหมู่บ้านของประเทศส่วนใหญ่ยังพบปัญหาด้านการปนเปื้อนของเชื้อโรค ทำให้คุณภาพน้ำไม่ได้มาตรฐานตามเกณฑ์น้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย การศึกษาวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาหมู่บ้านด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตแบบอัตโนมัติในระดับห้องปฏิบัติการ และเพื่อเป็นองค์ความรู้ในการพัฒนาต่อยอดสำหรับการนำไปใช้ทดแทนสารละลายคลอรีนสำหรับการฆ่าเชื้อโรคในระบบประปาหมู่บ้านของประเทศ โดยเน้นให้ระบบมีการใช้งานไม่ซับซ้อน ประสิทธิภาพดี ต้นทุนต่ำ และมีความปลอดภัย มีวิธีการวิจัยเริ่มจากขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา การออกแบบ การสร้างและพัฒนา การทดลองใช้งานในระดับห้องปฏิบัติการ และตรวจสอบคุณภาพน้ำทางจุลชีววิทยา ผลจากการวิจัยสรุปได้ว่า การออกแบบและพัฒนาระบบฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาหมู่บ้านด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตแบบอัตโนมัติ โดยใช้หลอดผลิตรังสีอัลตราไวโอเลต ชนิดไอปรอทแรงดันต่ำ ขนาดกำลังไฟ 18 วัตต์ เมื่อคำนวณตามสูตร Keitz formula พบว่า ความเข้มรังสีอัลตราไวโอเลต (E_{UV}) ที่ผลิตจากระบบฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาหมู่บ้านด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตแบบอัตโนมัติ มีค่าเท่ากับ 27.6 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร (mW/cm^2) หากใช้เวลาในการฆ่าเชื้อโรค 1 วินาที จะมีปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลต (UV dose) เท่ากับ 27.6 มิลลิวัตต์.วินาทีต่อตารางเซนติเมตร ($mW.s/cm^2$) ซึ่งมีค่าสูงกว่าปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตที่สามารถทำให้โอ.โคไลและเชื้อโรคส่วนใหญ่ ลดลงร้อยละ 99 (2-log หรือ D_{99}) การทดลองใช้งานระบบฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาหมู่บ้านด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตแบบอัตโนมัติ ที่พัฒนาและออกแบบในห้องปฏิบัติการ พบว่า ตัวอย่างน้ำดิบที่ตกตะกอนแล้ว มีค่าความขุ่น เท่ากับ 1.37 เอ็นทียู และความเป็นกรดและด่าง เท่ากับ 6.7 เมื่อได้รับรังสีอัลตราไวโอเลตเวลามากกว่า 5 นาทีขึ้นไป ไม่พบโคลิฟอร์มแบคทีเรียในตัวอย่างน้ำ ดังนั้นจึงสามารถขยายผลโดยการออกแบบและคำนวณปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตที่เหมาะสมกับปริมาณและอัตราการไหล รวมทั้งคุณภาพน้ำดิบสำหรับการผลิตน้ำประปาหมู่บ้าน เพื่อพัฒนาเป็นระบบฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาหมู่บ้านด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตแบบอัตโนมัติที่มีประสิทธิภาพสำหรับนำไปติดตั้งร่วมกับการผลิตน้ำประปาหมู่บ้านในบริเวณหอดังสูงก่อนปล่อยน้ำสู่ท่อจ่ายน้ำประปาหมู่บ้านเพื่อส่งน้ำให้แก่ประชาชน ช่วยลดปริมาณเชื้อโรคในน้ำประปาหมู่บ้าน และทำให้มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย

คำสำคัญ: ระบบฆ่าเชื้อโรค, น้ำประปาหมู่บ้าน, รังสีอัลตราไวโอเลต

¹สถาบันวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีชุมชน กรมวิทยาศาสตร์บริการ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10400 ประเทศไทย

Abstract

Most village water supply systems in the country continue to face problems related to microbial contamination, resulting in water quality that does not meet the potable water standards set by the Department of Health. This research was conducted with the objective of designing and developing an automatic Ultraviolet radiation (UV) disinfection system for village water supply at the laboratory scale. It also aims to contribute knowledge that can be further developed for replacing chlorine solutions traditionally used for disinfection in rural water supply systems. The design emphasizes simplicity, high efficiency, low cost, and safety. The research methodology involved problem analysis, design, construction and development, laboratory testing, and microbiological water quality assessment. The results of the study indicated that the design and development of the automatic UV disinfection system, using a low-pressure mercury UV lamp with a power of 18 watts, produced UV irradiance (E_{UV}) calculated by the Keitz formula at 27.6 milliwatts per square centimeter (mW/cm^2). With an exposure time of 1 second, the UV dose reached 27.6 milliwatt-seconds per square centimeter ($mW \cdot s/cm^2$), which is higher than the dose required to reduce *E. coli* and most pathogens by 99% (2-log or D_{99}). Laboratory testing of the developed system revealed that, when treating settled raw water with a turbidity of 1.37 NTU and pH of 6.7, UV exposure of more than 5 minutes resulted in no detectable coliform bacteria in the water samples. Therefore, this system can be scaled up through design and calculation of the appropriate UV dose relative to water volume, flow rate, and raw water quality for use in village water supply systems. The system can be installed at elevated water tanks prior to distribution, helping reduce microbial contamination and enabling water to meet potable standards as defined by the Department of Health.

Keywords: Disinfection system, Village water supply, Ultraviolet radiation

¹Institute of Community Science Technology, Department of Science Service, Bangkok 10400, Thailand

*Corresponding author e-mail address: apaporn@dss.go.th

1. บทนำ (Introduction)

ข้อมูลผลสำรวจของศูนย์ควบคุมโรคติดต่อ ประเทศสหรัฐอเมริกา (CDC) ที่ให้คำแนะนำสำหรับผู้ที่จะเดินทางไป 244 ประเทศทั่วโลก แจ้งว่ามีเพียง 56 ประเทศที่น้ำประปาสามารถดื่มได้ ในขณะที่อีก 188 ประเทศ ซึ่งรวมถึงประเทศไทย แนะนำให้หลีกเลี่ยงการดื่มน้ำประปา [1] ทั้งนี้เนื่องจากการอนามัยโลกและการสาธารณสุขของแต่ละประเทศได้กำหนดเกณฑ์คุณภาพน้ำดื่ม โดยกำหนดปริมาณสารที่ปนเปื้อนในน้ำให้มีได้แต่ต้องไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด ประเทศไทยโดยกรมอนามัยได้ประกาศเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาได้ พ.ศ. 2563 หมายถึงน้ำประปาที่มีการควบคุมคุณภาพตั้งแต่ระบบผลิตจนถึงบ้านผู้ใช้น้ำ โดยกำหนดคุณภาพน้ำประปาทางกายภาพ เคมีทั่วไป โลหะหนักทั่วไป และแบคทีเรีย ได้แก่ โคลิฟอร์มแบคทีเรีย และอี.โคไล ซึ่งเป็นเชื้อก่อโรคที่ระบุไว้ในประกาศฉบับนี้ [2] ทั้งนี้ประเทศไทยสามารถผลิตน้ำประปาที่สามารถดื่มได้ แต่ยังไม่สามารถครอบคลุมได้ทั่วทั้งประเทศ โดยเฉพาะระบบประปาหมู่บ้านส่วนใหญ่ พบว่า น้ำประปาที่ผลิตได้ยังไม่สามารถดื่มได้อย่างปลอดภัย

ประเทศไทยได้จัดทำแผนแม่บทการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580) สำหรับใช้เป็นกรอบแนวทางการพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศ ในส่วนของแผนแม่บทด้านที่ 1 การจัดการน้ำอุปโภคบริโภค มีเป้าประสงค์จัดหาน้ำสะอาดเพื่อการอุปโภคบริโภคแก่ชุมชน ครบทุกหมู่บ้านหรือทุกครัวเรือน ชุมชนเมือง แหล่งท่องเที่ยวสำคัญ และพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษ รวมทั้งการจัดหาแหล่งน้ำสำรองในพื้นที่ซึ่งขาดแคลนแหล่งน้ำต้นทุน พัฒนาน้ำดื่มให้ได้มาตรฐานในราคาที่เหมาะสม และการประหยัดน้ำโดยลดการใช้น้ำภาคครัวเรือน ภาคบริการ และภาคราชการ [3] ซึ่งแผนแม่บทด้านที่ 1 นี้มีความสอดคล้องตรงกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) เป้าหมายที่ 6 การเข้าถึงการใช้น้ำสะอาดและสุขาภิบาลที่ดี ทั้งนี้ หลายหน่วยงานราชการได้นำแผนไปปฏิบัติงานเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้อย่างไรก็ดี การผลิตน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคในภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศไทยยังไม่มีคุณภาพมาตรฐานที่ดีพอ โดยเฉพาะพื้นที่ที่อยู่นอกเขตการให้บริการของการประปาส่วนภูมิภาค หมู่บ้านชุมชนมีการใช้น้ำจากระบบประปาหมู่บ้านที่ออกแบบโดยกรมทรัพยากรน้ำ ซึ่งรูปแบบระบบประปาหมู่บ้านจะเป็นไปตามความเหมาะสมของแหล่งน้ำที่จะใช้ในการผลิตและขนาดของครัวเรือนในชุมชน โดยส่วนใหญ่แบ่งเป็นระบบประปาแบบใช้น้ำบาดาลและน้ำผิวดิน สำหรับระบบประปาหมู่บ้านแบบผิวน้ำขนาดใหญ่ มีขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพน้ำดิบโดยการตกตะกอนด้วยสารละลายสารส้มและกรองตะกอน นำน้ำเข้าสู่ถังเก็บน้ำใสและฆ่าเชื้อโรคด้วยสารละลายคลอรีน จากนั้นสูบน้ำขึ้นสู่หอถังสูงแล้วจึงจ่ายน้ำเข้าสู่ท่อจ่ายน้ำประปาหมู่บ้าน ซึ่งในขั้นตอนการทำให้ น้ำประปาสามารถดื่มได้จำเป็นต้องมีการควบคุมดูแลระบบการผลิตน้ำอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่การเติมสารส้มเพื่อตกตะกอนเพื่อควบคุมความขุ่นของน้ำให้เป็นไปตามมาตรฐานน้ำประปา การฆ่าเชื้อโรคด้วยสารละลายคลอรีน โดยเตรียมความเข้มข้นสารละลายคลอรีนให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมเพื่อประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคตลอดท่อส่งน้ำด้านทางจนถึงปลายทาง และจำเป็นต้องมีการตรวจวัดคุณภาพน้ำอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้ระบบการผลิตน้ำประปาหมู่บ้านได้น้ำที่มีคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย

ระบบประปาหมู่บ้านส่วนใหญ่ของประเทศไทยยังไม่สามารถผลิตน้ำประปาให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย จากผลการรายงานสรุปสถานการณ์คุณภาพน้ำบริโภคในครัวเรือน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 ของกรมอนามัย พบว่า คุณภาพน้ำด้านชีวภาพ ที่ใช้พารามิเตอร์ด้านแบคทีเรียเป็นตัวบ่งชี้ พบการปนเปื้อนสูงมากที่สุด โคลิฟอร์มแบคทีเรีย ร้อยละ 54 อี.โคไล ร้อยละ 31 คุณภาพทางด้านกายภาพพบความขุ่น ร้อยละ 11 [4] ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ยังมีการปนเปื้อนของแร่ธาตุและเชื้อโรคที่มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐาน ในส่วนของปัญหาการปนเปื้อนของเชื้อโรคในน้ำประปาหมู่บ้านนั้น สาเหตุที่พบบทมาจากผู้ควบคุมการผลิตระบบน้ำประปาหมู่บ้านไม่มีความเชี่ยวชาญในการเตรียมความเข้มข้นสารละลายคลอรีนที่เหมาะสมกับการฆ่าเชื้อโรคที่ปนเปื้อนในน้ำและต้องให้มีปริมาณคลอรีนอิสระคงเหลือไว้ในน้ำตามข้อแนะนำของกรมอนามัย อีกทั้งบางพื้นที่ยังขาดแคลนสารละลายคลอรีนสำหรับใช้งาน จึงทำให้คุณภาพน้ำประปาหมู่บ้านไม่สามารถดื่มได้ ส่งผลกระทบต่อสุขภาพชีวิตของประชาชนและไม่สามารถขับเคลื่อนประเทศให้เป็นไปตามเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs)

จากปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยมีแนวคิดในการออกแบบและพัฒนาระบบฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาหมู่บ้านด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตแบบอัตโนมัติที่เหมาะสมกับระบบประปาหมู่บ้าน แบบผิวดินขนาดใหญ่ การฆ่าเชื้อโรคด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตเป็นกระบวนการทางกายภาพที่ปราศจากสารเคมี ถือได้ว่าเป็นเทคโนโลยีที่มีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ระบบนิเวศ และมนุษย์ เทคโนโลยีนี้มีคุณค่ามากต่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายทั่วโลก งานวิจัยดังกล่าวจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบและพัฒนาระบบฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาหมู่บ้านด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตแบบอัตโนมัติ และ 2) ทดลองใช้งานระบบในห้องปฏิบัติการ โดยมุ่งหวังให้ระบบฆ่าเชื้อโรคดังกล่าว สามารถขยายผลทดแทนการใช้สารละลายคลอรีนในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาหมู่บ้านได้ มีการใช้งานไม่ซับซ้อนและประสิทธิภาพดี ต้นทุนต่ำ มีความปลอดภัย ซึ่งจะทำให้ผู้ควบคุมการผลิตน้ำประปาหมู่บ้านสามารถเรียนรู้และสะดวกต่อการใช้งานในพื้นที่ และสิ่งสำคัญสามารถขยายผลให้มีการนำไปใช้กับระบบประปาหมู่บ้านได้ทั่วประเทศ เป็นการนำวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมสู่การดูแลประชาชน ทำให้ทุกพื้นที่ในประเทศไทยมีน้ำสะอาดเพื่อการอุปโภคบริโภคและเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มของกรมอนามัย สร้างคุณภาพชีวิตที่ดี เป็นสังคมแห่งความสุขและยั่งยืนตลอดไป

2. วิธีการวิจัย (Experimental methods)

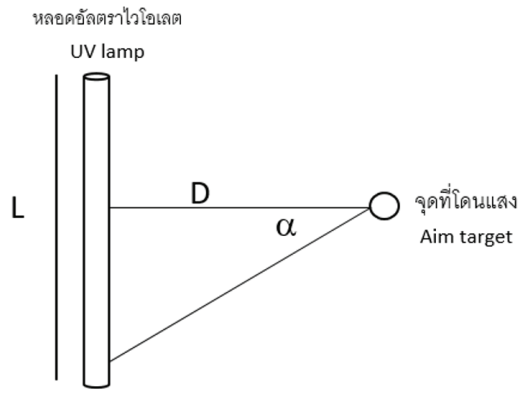
2.1 การวิเคราะห์ปัญหา (Analysis)

จากรายงานสรุปสถานการณ์คุณภาพน้ำบริโภคในครัวเรือน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 โดยกรมอนามัยระบุว่ากลุ่มตัวอย่างน้ำประปาหมู่บ้านจำนวน 863 ตัวอย่าง มีเพียงร้อยละ 34.4 ที่สามารถนำมาเป็นน้ำบริโภคในครัวเรือนได้จำนวนร้อยละ 54.2 จำเป็นต้องปรับปรุงคุณภาพก่อนที่จะนำมาบริโภค เช่น การกรอง การต้มและการเติมคลอรีน เพราะมีสี ความขุ่นและแบคทีเรียเกินค่าที่กำหนด และจำนวนร้อยละ 11.4 มีคุณภาพน้ำไม่เหมาะสมที่จะนำมาบริโภคในครัวเรือน เพราะมีปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ความกระด้าง เหล็ก ฟลูออไรด์ แมงกานีส สารหนู คลอไรด์ ตะกั่ว ไนเตรต สังกะสี และทองแดงเกินค่ามาตรฐานที่กำหนด ทั้งนี้จากการสุ่มประเมินคุณภาพน้ำบริโภคในครัวเรือนที่ประชาชนใช้เป็นน้ำบริโภคหลักในครัวเรือน ได้แก่ น้ำประปา (ที่ผลิตจากการประปานครหลวง การประปาส่วนภูมิภาค องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น และหมู่บ้าน) น้ำดื่มบรรจุถัง 20 ลิตร น้ำตู้หยอดเหรียญ น้ำฝน น้ำบาดาล น้ำบ่อตื้น และน้ำประปาภูเขา โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์น้ำประปาดื่มได้กรมอนามัย พ.ศ. 2563 จำนวนประมาณ 1,500 ตัวอย่าง พบว่า น้ำประปาหมู่บ้านมีคุณภาพน้ำได้มาตรฐาน เพียงร้อยละ 20 ซึ่งต่ำกว่าคุณภาพน้ำของการประปาส่วนภูมิภาคและการประปานครหลวงถึง 4 เท่า [4]

ปัญหาคุณภาพน้ำประปาหมู่บ้านในหลายพื้นที่ของประเทศไทยจึงสะท้อนให้เห็นถึงความเหลื่อมล้ำด้านโครงสร้างขั้นพื้นฐานและกระบวนการบริหารจัดการในระดับชุมชนที่ยังขาดองค์ความรู้และทรัพยากรอย่างเพียงพอ การนำวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม มาใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงเป็นส่วนสำคัญที่จะช่วยให้ประชาชนมีน้ำบริโภคที่มีคุณภาพเหมาะสมตามเกณฑ์มาตรฐาน และสร้างความเชื่อมั่นในคุณภาพน้ำประปาให้แก่ประชาชน และเป็นความจำเป็นเร่งด่วนในการยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนในพื้นที่ชนบททั่วประเทศ

2.2 การออกแบบ (Design) การสร้างและพัฒนา (Development)

การหาปริมาณความเข้มรังสีอัลตราไวโอเลตของหลอดผลิตรังสีอัลตราไวโอเลตสามารถใช้เครื่องมือมิเตอร์ (UV meter) หรือใช้สูตรคำนวณสมการของ Keitz formula [5] ที่เป็นการคำนวณเบื้องต้นจากข้อมูลของผลิตภัณฑ์หลอดผลิตรังสีอัลตราไวโอเลต และข้อมูลในการติดตั้งสำหรับใช้งาน ตามรูปภาพพื้นฐานสำหรับสูตรคำนวณ



รูปที่ 1 ภาพสำหรับสูตรคำนวณสมการ Keitz formula

สมการ Keitz formula

$$E_{uv} = \frac{P_{uv}(2\alpha + \sin 2\alpha)}{2LD\pi^2}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{L}{2D}$$

- เมื่อ P_{uv} หมายถึง กำลังไฟฟ้าของหลอดผลิตรังสีอัลตราไวโอเล็ต หน่วยเป็น วัตต์ (W)
 L หมายถึง ระยะห่างขั้วหลอดผลิตรังสีอัลตราไวโอเล็ต หน่วยเป็น เมตร (m)
 D หมายถึง ระยะห่างของจุดที่ต้องการให้โดนรังสี หน่วยเป็น เมตร (m)
 E_{uv} หมายถึง ความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ต หน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)
 α หมายถึง ครึ่งหนึ่งของมุมที่รับโดยหลอดอัลตราไวโอเล็ต หน่วยเป็น เรเดียน

สูตรคำนวณปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ต

$$D = It$$

- เมื่อ D หมายถึง ปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV dose) หน่วย $mW\cdot s/cm^2$ หรือ $W\cdot s/m^2$ หรือ mJ/cm^2
 I หมายถึง ความเข้มของรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV intensity) หน่วย mW/cm^2 หรือ W/m^2
 t หมายถึง ระยะเวลาสัมผัสรังสีอัลตราไวโอเล็ต (Exposure time) หน่วย วินาที (s)

การแปลงหน่วย $1 W/m^2$ เท่ากับ $0.1 mW/cm^2$

ความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตต้องมีปริมาณที่สามารถฆ่าเชื้อโรคได้ โดยสามารถตรวจสอบข้อมูลปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เหมาะสมตามตารางปริมาณความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่สามารถทำลายเชื้อโรคได้ แยกแต่ละประเภทเชื้อโรค ทั้งนี้ 1-log หรือ D_{90} หมายถึง ค่าปริมาณความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ต ที่ทำให้จำนวนเชื้อโรคตั้งต้นลดลงร้อยละ 90 ดังนั้น 2-log ลดลงร้อยละ 99, 3-log ลดลงร้อยละ 99.9 และ 4-log ลดลงร้อยละ 99.99

ตารางที่ 1 Log reduction แสดงปริมาณความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่สามารถทำลายเชื้อโรค [6]

Log reduction	Reduction factor	%Reduced
1	10	90%
2	100	99%
3	1,000	99.9%
4	10,000	99.99%
5	100,000	99.999%
6	1,000,000	99.9999%

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณความเข้มรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่สามารถทำลายเชื้อโรคได้ [7]

Micro-organisms	Dosage of Ultraviolet radiation (UV dose) in mWsec / cm ² needed to kill the selected micro-organisms	
Bacteria	90% (1 log reduction)	99% (2 log reduction)
<i>Bacillus subtilis</i>	5.8	11
<i>Escherichia coli</i>	3	6.6
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	5.5	10.5
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	3.5	6.6
<i>Salmonella enteritidis</i>	4	7.6
<i>Salmonella paratyphi</i> - Enteric fever	3.2	6.1
<i>Salmonella typhosa</i> - Typhoid fever	2.1	4.1
<i>Salmonella typhimurium</i>	8	15.2
<i>Sarcina lutea</i>	19.7	26.4
<i>Shigella dysenteriae</i> - Dysentery	2.2	4.2
<i>Shigella flexneri</i> - Dysentery	1.7	3.4
<i>Shigella paradysenteriae</i>	1.68	3.4
<i>Staphylococcus aerus</i>	2.6	6.6
<i>Vibrio comma</i> - Cholera	3.4	6.5
Virus	90% (1 log reduction)	99% (2 log reduction)
Bacteriophage - <i>E.coli</i>	2.6	6.6
Infectious Hepatitis	5.8	8
Poliovirus - Poliomyelitis	3.15	6.6

การออกแบบและพัฒนาระบบฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาหมู่บ้านด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตในระดับห้องปฏิบัติการ ได้ใช้หลอดรังสีอัลตราไวโอเลต ขนาดกำลังไฟฟ้า 18 วัตต์ ชนิดโอปรอทแรงดันต่ำ เนื่องจากเป็นหลอดรังสีอัลตราไวโอเลตสำหรับใช้งานฆ่าเชื้อทั่วไป จึงมีความเหมาะสมสำหรับการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ และราคาไม่แพง อายุการใช้งาน 9000 ชั่วโมง ขนาดความยาวหลอดเหมาะสมกับความลึกของระดับน้ำในภาชนะที่ใช้ในการทดลองขนาดบรรจุ 80 ลิตร โดยออกแบบระบบฆ่าเชื้อให้เป็นแบบอัตโนมัติ มีการใช้อุปกรณ์ควบคุมเปิดปิดการทำงานด้วยการกำหนดเวลา (Timer) เชื่อมต่อเข้ากับสายไฟฟ้าของหลอดรังสีอัลตราไวโอเลต และทำเป็นชุดอุปกรณ์สำหรับการติดตั้งหลอดรังสีอัลตราไวโอเลตที่สามารถป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตได้ รวมทั้งมีการควบคุมป้องกันกระแสไฟรั่วไหล เพื่อป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้า

2.3 การทดลองใช้งานระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตแบบอัตโนมัติในห้องปฏิบัติการ

2.3.1 ตัวอย่างน้ำดิบ อุปกรณ์ และสารเคมี

2.3.1.1 ตัวอย่างน้ำดิบจากแหล่งน้ำธรรมชาติ

2.3.1.2 สารละลายสารส้ม เข้มข้นร้อยละ 10

2.3.1.3 เครื่องวัดความขุ่น (ยี่ห้อ HACH รุ่น 2100N Turbidimeter)

2.3.1.4 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (ยี่ห้อ Thermo Scientific รุ่น ORION 2 STAR)

2.3.1.5 ชุดตรวจโคลิฟอร์มแบคทีเรีย อ.11 ของกรมอนามัย

2.3.1.6 หลอดผลิตรังสีอัลตราไวโอเลต ประเภทแรงดันโอปรอทต่ำ ขนาดกำลังไฟ 18 วัตต์ เส้นผ่าศูนย์กลาง

5.5 เซนติเมตร จำนวน 1 หลอด ความยาวของหลอด (L) 0.16 เมตร ความยาวระยะห่างจากจุดที่ต้องการให้โดนแสง (D) 0.0225 เมตร ประสิทธิภาพการเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าเป็นความเข้มแสงอัลตราไวโอเลต ร้อยละ 35

2.3.1.7 ภาชนะบรรจุน้ำ เป็นถังพลาสติก พร้อมก๊อกน้ำ ขนาดบรรจุ 80 ลิตร

2.3.1.8 ชุดอุปกรณ์สำหรับการติดตั้งหลอดรังสีอัลตราไวโอเลต ประกอบด้วย ท่อพีวีซีขนาด 4 นิ้ว ความยาวไม่น้อยกว่า 40 เซนติเมตร

2.3.2 ขั้นตอนการทดลอง

2.3.2.1 นำตัวอย่างน้ำดิบ ปริมาตร 80 ลิตร ใส่ลงในภาชนะบรรจุน้ำ

2.3.2.2 ตรวจวัดค่าความขุ่น ความเป็นกรดและด่าง (pH) ในตัวอย่างน้ำดิบ

2.3.2.3 เติมสารละลายสารส้ม เข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ใส่ลงในน้ำดิบ จำนวนปริมาตร 48 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ รอจนตะกอนที่เกิดขึ้นตกลงก้นภาชนะบรรจุน้ำ

2.3.2.4 ตรวจวัดค่าความขุ่น ความเป็นกรดและด่าง (pH) หลังจากเติมสารละลายสารส้ม

2.3.2.5 นำหลอดผลิตรังสีอัลตราไวโอเลต ขนาด 18 วัตต์ มาติดกับชุดท่อพีวีซีสำหรับครอบคุมแสงติดตั้งตำแหน่งท่อจ่ายน้ำออก ของภาชนะบรรจุน้ำ

2.3.2.6 เปิดสวิตช์ไฟเพื่อให้หลอดผลิตรังสีอัลตราไวโอเลตทำงาน และเก็บตัวอย่างน้ำตามช่วงเวลา 0, 5, 10, 20 นาที

2.3.2.7 ตรวจสอบโคลิฟอร์มแบคทีเรียในตัวอย่างน้ำ (ข้อ 6) ด้วยชุดตรวจโคลิฟอร์มแบคทีเรีย อ.11 ของกรมอนามัย

2.4 การอภิปรายผลและสรุปผลการดำเนินงาน

3. ผลและวิจารณ์ (Results and discussion)

3.1 ผลการวิเคราะห์ปัญหา

ปัญหาคุณภาพน้ำประปาหมู่บ้านในปัจจุบันที่ยังไม่ได้มาตรฐานสำหรับการนำมาบริโภคนั้น ส่วนหนึ่งมาจากกระบวนการบริหารจัดการในระดับชุมชนที่ยังขาดองค์ความรู้และทรัพยากรอย่างเพียงพอ ซึ่งกรมทรัพยากรน้ำได้จัดทำเอกสารเผยแพร่เรื่อง คู่มือผู้ควบคุมการผลิตน้ำประปา ระบบประปาผิวดิน รูปแบบของกรมทรัพยากรน้ำ [8] เพื่อให้ความรู้

แก่ผู้ควบคุมการผลิตและผู้บริหารกิจการระบบประปา ในการควบคุมการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพและการบำรุงรักษา ระบบประปาอย่างถูกต้อง ซึ่งมีรายละเอียดของการเตรียมและปรับตั้งอัตราการจ่ายสารละลายคลอรีนที่เหมาะสมสำหรับ แหล่งน้ำดิบของระบบประปาหมู่บ้าน โดยผู้ควบคุมการผลิตน้ำประปาเป็นผู้ปฏิบัติหน้าที่เตรียมสารละลายคลอรีนดังกล่าว ดังนั้นผู้ควบคุมการผลิตและผู้บริหารกิจการระบบประปา จำเป็นต้องมีทักษะความเชี่ยวชาญในการคำนวณและการเตรียม สารละลายคลอรีนที่เหมาะสมกับคุณภาพน้ำดิบ ปริมาณและอัตราการไหลของน้ำ รวมทั้งต้องให้มีปริมาณคลอรีนอิสระ คงเหลือไว้ในน้ำตามข้อแนะนำของกรมอนามัย เพื่อให้ได้น้ำประปาที่สะอาดตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำบริโภคของกรมอนามัย การวิจัยพัฒนาและออกแบบระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตแบบอัตโนมัติ สามารถใช้งานทดแทนการเติมสารละลาย คลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปา โดยระบบมีการทำงานแบบอัตโนมัติ ไม่ต้องใช้สารเคมีและไม่ต้องกังวลถึงปริมาณ คลอรีนอิสระที่ตกค้างในน้ำในปริมาณที่มากเกินไปเกินเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภคน้ำได้ จึงช่วย ทำให้ผู้ควบคุมการผลิตและผู้บริหารกิจการระบบประปา ใช้งานระบบนี้ได้อย่างสะดวกและสร้างความมั่นใจให้กับประชาชน ผู้ใช้น้ำประปาหมู่บ้านด้านความปลอดภัย ตามเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย

3.2 ผลการออกแบบ (Design) การสร้างและพัฒนานวัตกรรม (Development)

การออกแบบระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตแบบอัตโนมัติ เพื่อใช้ทดลองในห้องปฏิบัติการ สามารถ คำนวณความเข้มรังสีอัลตราไวโอเลต โดยหลอดผลิตรังสีอัลตราไวโอเลต ชนิดไอปรอทแรงดันต่ำ ขนาดกำลังไฟ 18 วัตต์ กว้าง 5.5 เซนติเมตร ใส่น้ำยาว 16 เซนติเมตร ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าเป็นความเข้มรังสีอัลตราไวโอเลต ร้อยละ 35 ติดตั้งหลอดไฟรังสีอัลตราไวโอเลต ภายในท่อพีวีซี เส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างหลอดกับ ผังท่อพีวีซี 2.25 เซนติเมตร

คำนวณผลตาม สมการ Keitz formula

$$E_{uv} = \frac{P_{uvc}(2\alpha + \sin 2\alpha)}{2LD\pi^2}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{L}{2D}$$

แทนค่า

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{0.16}{2 \times 0.0225} = 1.297$$

$$E_{uv} = \frac{6.3(2 \times 1.297 + \sin 2 \times 1.297)}{2 \times 0.16 \times 0.0225 \times \pi^2}$$

$$= 27.6 \text{ mW/cm}^2$$

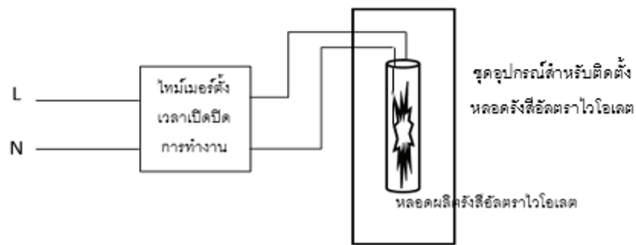
ผลการออกแบบระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตแบบอัตโนมัติ สำหรับใช้ทดลองในห้องปฏิบัติการ โดย ใช้หลอดผลิตรังสีอัลตราไวโอเลต ขนาดกำลังไฟ 18 วัตต์ เมื่อคำนวณตามสูตร Keitz formula พบว่า ความเข้มรังสี อัลตราไวโอเลตที่ผลิตจากระบบฆ่าเชื้อโรค มีค่าเท่ากับ 27.6 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร (mW/cm²) หากใช้เวลาใน การฆ่าเชื้อโรค 1 วินาที จะมีปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลต เท่ากับ 27.6 มิลลิวัตต์วินาทีต่อตารางเซนติเมตร (mW.s/cm²) ซึ่งเมื่ออ้างอิงจากตารางที่ 2 พบว่า มีค่าสูงกว่าปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตที่สามารถทำให้โคไลลดลง ที่ 6.6 มิลลิวัตต์วินาที ต่อตารางเซนติเมตร หรือร้อยละ 99 (2-log หรือ D₉₉)

ระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตแบบอัตโนมัติ ประกอบด้วย

3.2.1 หลอดผลิตรังสีอัลตราไวโอเลต ขนาดกำลังไฟ 18 วัตต์

3.2.2 ชุดอุปกรณ์สำหรับติดตั้งหลอดรังสีอัลตราไวโอเลต

3.2.3 ระบบตั้งเวลา เปิดปิดการทำงาน



รูปที่ 2 แผนภาพระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 3 หลอดผลิตรังสีอัลตราไวโอเลต
ประเภทแรงดันไอปรอทต่ำ ขนาดกำลังไฟ 18 วัตต์



รูปที่ 4 ระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต
แบบอัตโนมัติ (ต้นแบบทดลองในห้องปฏิบัติการ)

3.3 ผลการทดลองใช้งานระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตแบบอัตโนมัติในห้องปฏิบัติการ

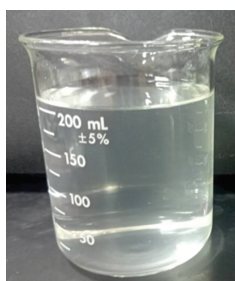
ผลการทดลองใช้งานระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตแบบอัตโนมัติในห้องปฏิบัติการ พบว่า น้ำดิบผ่านการตกตะกอน มีค่าความขุ่นลดลงจากค่า 125 เอ็นทียู เหลือเพียง 1.37 เอ็นทียู ค่าความเป็นกรดและด่าง เท่ากับ 6.7 และเมื่อผ่านระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอัลตราไวโอเลตแบบอัตโนมัติ ในช่วงเวลา 5 นาทีเป็นต้นไป ไม่พบโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ซึ่งผลการตรวจสอบมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาบริโภคได้ของกรมอนามัย

ตารางที่ 3 ผลทดสอบความเป็นกรดและด่าง และความขุ่น ของตัวอย่างน้ำดิบที่ผ่านการทดลองในห้องปฏิบัติการ

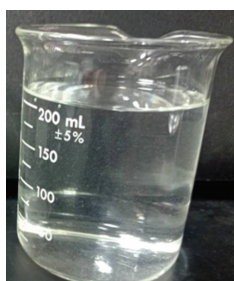
ลำดับ	รายการทดสอบคุณภาพน้ำ	หน่วยวัด	ค่ามาตรฐาน	ผลทดสอบ	
				น้ำดิบ	น้ำดิบที่ผ่านการตกตะกอน
1	ความขุ่น (Turbidity)	เอ็นทียู	ไม่เกิน 5	125	1.37
2	ความเป็นกรดและด่าง (pH)	-	6.5 – 8.5	7.6	6.7

ตารางที่ 4 ผลทดสอบโคลิฟอร์มแบคทีเรียของตัวอย่างน้ำดิบที่ผ่านการทดลองในห้องปฏิบัติการ ด้วยชุดตรวจโคลิฟอร์มแบคทีเรีย อ.11 ของกรมอนามัย

ช่วงเวลาที่ผ่านระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตแบบอัดโนมิตี (นาทื)	ผลทดสอบ	ข้อแนะนำ
0	สีเหลืองมีความขุ่น (+)	พบโคลิฟอร์มแบคทีเรีย
5	สีแดงจางเล็กน้อย (-)	ไม่พบโคลิฟอร์มแบคทีเรีย
10	สีแดงจางเล็กน้อย (-)	ไม่พบโคลิฟอร์มแบคทีเรีย
20	สีแดงจางเล็กน้อย (-)	ไม่พบโคลิฟอร์มแบคทีเรีย



รูปที่ 5 ตัวอย่างน้ำดิบ



รูปที่ 6 ตัวอย่างน้ำดิบผ่านเครื่องกรอง



รูปที่ 7 ผลการตรวจโคลิฟอร์มแบคทีเรียด้วยชุดตรวจโคลิฟอร์มแบคทีเรีย อ.11 ของกรมอนามัย

3.4 การอภิปรายผล

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาหมู่บ้านด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตแบบอัดโนมิตีและทดสอบการใช้งานเบื้องต้นในห้องปฏิบัติการ ซึ่งผลการวิจัยสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

3.4.1 การฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาหมู่บ้านของประเทศไทยใช้สารละลายคลอรีนยังพบปัญหา ไม่สามารถควบคุมคุณภาพน้ำประปาหมู่บ้านให้เป็นไปตามมาตรฐานน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัยกระบวนการฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาหมู่บ้านให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น ซึ่งระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตแบบอัดโนมิตีที่ดำเนินการออกแบบและพัฒนาสามารถผลิตปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลต เท่ากับ 27.6 มิลลิวัตต์.วินาทีต่อตารางเซนติเมตร (mW.s/cm^2) ทำให้จำนวนไอ.โคไลและเชื้อโรคส่วนใหญ่ ลดลงร้อยละ 99 (2-log หรือ D_{99}) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองใช้งานระบบฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาหมู่บ้านด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตแบบอัดโนมิตี ในตัวอย่างน้ำดิบที่ผ่านการตกตะกอนแล้ว มีความขุ่น เท่ากับ 1.37 เอ็นทียู และความเป็นกรดและด่าง เท่ากับ 6.7 โดยค่าตามมาตรฐานน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย คือ ความขุ่นน้อยกว่า 5 เอ็นทียู และค่าความเป็นกรดและด่าง ระหว่าง 6.5 – 8.5 และเมื่อได้รับรังสีอัลตราไวโอเลตเวลามากกว่า 5 นาทีขึ้นไป ไม่พบโคลิฟอร์มแบคทีเรียในตัวอย่างน้ำ ดังนั้นการนำระบบฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาหมู่บ้านด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตแบบอัดโนมิตีไปใช้งานจริงในพื้นที่ต่าง ๆ ในชนบทและถิ่นทุรกันดาร จึงมีความเป็นไปได้ที่จะทำให้ระบบประปาหมู่บ้านของประเทศไทยมีคุณภาพน้ำเป็นไปตามมาตรฐานน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย ทั้งนี้ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องความคุ้มค่าจากการใช้ระบบฆ่าเชื้อโรคและแนวทางการขยายผลการใช้งานเชิงพื้นที่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับเสนอแนะให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่อไป

3.4.2 ในการทดลองประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโรคในน้ำดิบตัวอย่างด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตในห้องปฏิบัติการ คณะผู้วิจัยได้จำลองการทดลองให้ใกล้เคียงลักษณะการเก็บน้ำในหลอดสูง มีปริมาณน้ำและกำลังไฟฟ้าของหลอดรังสีอัลตราไวโอเลตที่เหมาะสม เพื่อเป็นข้อมูลให้สามารถขยายผลการคำนวณจำนวนหลอดรังสีอัลตราไวโอเลตและกำลังไฟฟ้า

สำหรับการติดตั้งระบบฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาหมู่บ้านด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตแบบอัตโนมัติบนหอถังสูงต่อไป โดยมีข้อจำกัดของการทดลองในด้าน (1) เวลาสำหรับการตรวจสอบเชื้อโรค ซึ่งต้องใช้เวลาน้อย 24 ชั่วโมง ตามวิธีการเปรียบเทียบกับสสารละลายของชุดตรวจโคลิฟอร์มแบคทีเรีย อ.11 ของกรมอนามัย ทำให้ต้องวางแผนการทดลองให้เหมาะสม และ (2) การใช้งานหลอดรังสีอัลตราไวโอเลตที่ต้องมีความระมัดระวังสูง จากการได้รับรังสีอัลตราไวโอเลตในขณะที่ทำการทดลอง และกรณีหลอดรังสีอัลตราไวโอเลตชำรุดเสียหาย ซึ่งจะทำให้ไอปรอทรั่วไหลออกมา จึงจำเป็นต้องจัดทำชุดอุปกรณ์สำหรับติดตั้งและครอบหลอดรังสีอัลตราไวโอเลตเพื่อป้องกันและทำให้เกิดความสะดวกในการทดลอง การทำความสะอาด และการตรวจสอบขณะใช้งาน ซึ่งโดยทั่วไปหลอดรังสีอัลตราไวโอเลตจะมีอายุการใช้งาน 9000 ชั่วโมงหรือ 1 ปีโดยประมาณ

3.4.3 ปัจจุบันในประเทศไทยมีการใช้ระบบฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตในระบบกรองน้ำเพื่อดื่มทั่วไปในระดับครัวเรือนและเชิงพาณิชย์ แต่ยังไม่มีการนำมาใช้กับระบบประปาหมู่บ้าน ซึ่งมีท่อจ่ายน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ส่วนต่างประเทศในทวีปยุโรปมีการนำมาใช้ตั้งแต่ ครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ.1910 ที่เมืองมาร์กเซย ประเทศฝรั่งเศส นอกจากนี้ในประเทศสหรัฐอเมริกา หรือในเอเชียอย่างสาธารณรัฐประชาชนจีน มีการนำระบบฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตมาใช้อย่างแพร่หลาย โดยติดตั้งระบบฆ่าเชื้อโรคทั้งในโรงผลิตน้ำประปาและโรงบำบัดน้ำเสีย และมีอุปกรณ์ระบบฆ่าเชื้อด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตจำหน่ายทั้งในระดับครัวเรือนและระดับชุมชนเมือง [9] ผลงานวิจัยนี้จึงเป็นข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ในการขยายผลการติดตั้งระบบฆ่าเชื้อโรคให้กับระบบประปาหมู่บ้านในพื้นที่ต่าง ๆ ตามที่มีการใช้งานในต่างประเทศ เพื่อแทนการใช้สารละลายคลอรีน ซึ่งยังคงเป็นปัญหาในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำประปาในระดับชุมชนของประเทศในปัจจุบัน

4. สรุป (Conclusion)

ปัญหาในระบบประปาหมู่บ้านส่วนใหญ่ของประเทศยังไม่สามารถผลิตน้ำประปาให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย ได้แก่ แหล่งน้ำดิบที่มีคุณภาพต่ำ กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ไม่มีมาตรฐาน และการขาดแคลนบุคลากรที่มีความรู้ในการดูแลระบบประปาหมู่บ้าน การศึกษานี้จึงต้องการออกแบบและพัฒนาระบบฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาหมู่บ้านด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตแบบอัตโนมัติ เพื่อแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนเชื้อโรคในน้ำประปาหมู่บ้าน อันเกิดจากกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำและการขาดแคลนทรัพยากรบุคคลดังกล่าว

ระบบฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาหมู่บ้านด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตแบบอัตโนมัติที่ได้จากงานวิจัยนี้ เป็นแบบเบื้องต้นสำหรับการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยให้หลอดผลิตรังสีอัลตราไวโอเลต ชนิดไอปรอทแรงดันต่ำ ขนาดกำลังไฟ 18 วัตต์ เมื่อคำนวณตามสูตร Keitz formula พบว่า ความเข้มรังสีอัลตราไวโอเลตที่ผลิตจากระบบฆ่าเชื้อโรค มีค่าเท่ากับ 27.6 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร (mW/cm^2) หากใช้เวลาในการฆ่าเชื้อโรค 1 วินาที จะมีปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลต เท่ากับ 27.6 มิลลิวัตต์.วินาทีต่อตารางเซนติเมตร ($\text{mW.s}/\text{cm}^2$) ซึ่งมีค่าสูงกว่าปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลตที่สามารถทำให้โอ.โคไลและเชื้อโรคส่วนใหญ่ ลดลงร้อยละ 99 (2-log หรือ D_{99}) การทดลองใช้งานระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่พัฒนาและออกแบบในห้องปฏิบัติการ พบว่า ตัวอย่างน้ำดิบที่ตกตะกอนแล้ว มีค่าความขุ่น เท่ากับ 1.37 เอ็นทียู และความเป็นกรดและด่าง เท่ากับ 6.7 เมื่อได้รับรังสีอัลตราไวโอเลตเวลามากกว่า 5 นาทีขึ้นไป ไม่พบโคลิฟอร์มแบคทีเรียในตัวอย่างน้ำ ดังนั้นผลการทดสอบระบบฆ่าเชื้อโรคในระดับห้องปฏิบัติการสามารถใช้ฆ่าเชื้อโรคในตัวอย่างน้ำดิบได้

จากผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ช่วยให้สามารถขยายผลทำการศึกษาระดับระบบประปาหมู่บ้านได้ต่อไป โดยคณะผู้วิจัยมีแนวคิดในการใช้หลอดรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีปริมาณความเข้มรังสีที่เหมาะสมกับปริมาณการใช้น้ำของชุมชน และใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ทนทานต่อแรงดันน้ำสูงเพื่อรองรับการใช้งานแบบในน้ำได้ปลอดภัยและป้องกันการแตกของหลอดรังสีอัลตราไวโอเลตเนื่องจากภายในบรรจุไอปรอทไว้ ทำการตั้งติดระบบตั้งเวลาทำงานแบบอัตโนมัติเพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งานและรักษาอายุการใช้งานของหลอดรังสีอัลตราไวโอเลต รวมทั้งกำหนดคุณภาพน้ำประปาที่ระบบประปาผลิตได้ต้องมีค่าความขุ่นเกิน 5 เอ็นทียู ซึ่งเป็นค่าความขุ่นตามมาตรฐานน้ำประปาดื่มได้ของกรมอนามัย โดยทำการติดตั้งระบบฆ่าเชื้อโรคร่วมกับการผลิตน้ำประปาหมู่บ้าน ในบริเวณหอถังสูงก่อนปล่อยน้ำสู่ท่อจ่ายน้ำประปาหมู่บ้านเพื่อจ่ายน้ำ

ให้แก่ประชาชน พร้อมทั้งวางแผนการฝึกอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อให้ประดิษฐ์ใช้งานได้เองของชุมชนในพื้นที่ ซึ่งจะเป็นการช่วยเสริมสร้างศักยภาพความสามารถพึ่งตนเองของชุมชน เพื่อยกระดับด้านสุขภาพอนามัยของชุมชนให้ดีขึ้น และสามารถขยายผลไปในพื้นที่อื่น ๆ ทั่วประเทศต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ผู้นิพนธ์บทความวิจัย ขอขอบคุณบุคลากรสถาบันวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีชุมชน กรมวิทยาศาสตร์บริการ ที่ให้ความร่วมมือสนับสนุนงานวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] AMARC. ทำไมเราถึงดื่มน้ำประปา (ยัง) ไม่ได้ [อินเทอร์เน็ต]. 2566 [เข้าถึงเมื่อ 19 ธันวาคม 2567]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.amarc.co.th/en/amarc-en-article-tap-water/>
- [2] กรมอนามัย. ประกาศกรมอนามัย เรื่อง เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ พ.ศ. 2563 [อินเทอร์เน็ต]. 2563 [เข้าถึงเมื่อ 19 ธันวาคม 2567]. เข้าถึงได้จาก: <https://laws.anamai.moph.go.th/th/practices/201133>
- [3] สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ. ประกาศสำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ เรื่อง แผนแม่บทการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580). ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 136 ตอนพิเศษ 234 ง, 18 กันยายน 2562. 11.
- [4] กรมอนามัย, สำนักสุขาภิบาลอาหารและน้ำ. รายงานสรุปสถานการณ์คุณภาพน้ำบริโภคในครัวเรือน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565. กรุงเทพฯ: สำนักสุขาภิบาลอาหารและน้ำ; 2565.
- [5] สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ. คำแนะนำสำหรับการใช้หลอดยูวี ทำลายเชื้อโควิด 19 [อินเทอร์เน็ต]. 2563 [เข้าถึงเมื่อ 12 ธันวาคม 2567]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.nimt.or.th/main/>
- [6] Caroline Kochelek. Misleading math: Kill claims and log reduction [Internet]. 2019 [cited 2024 Dec 12]. Available from: <https://infectioncontrol.tips/2019/06/17/kill-claims-and-log-reduction/>
- [7] Paidalwar AA, Khedikar IP. Overview of water disinfection by UV technology – A review. Int J Sci Technol Eng. 2016;2(09):213-9. doi: 10.13140/RG.2.2.30976.25608.
- [8] กรมทรัพยากรน้ำ, สำนักบริหารจัดการน้ำ. คู่มือผู้ควบคุมการผลิตน้ำประปา ระบบประปาผิวดิน รูปแบบของกรมทรัพยากรน้ำ. กรุงเทพฯ: สำนักบริหารจัดการน้ำ; 2553.
- [9] Sun W, Ao X, Lu D, Zhang Y, Xue Y, He S, et al. Ultraviolet technology application in urban water supply and wastewater treatment in China: Issues, challenges and future directions. Water Research X. 2024;23:1-8. doi: 10.1016/j.wroa.2024.100225.