

งานประจำงานวิจัย



การพัฒนาเครื่องหยดคลอรีนในน้ำประปา

เมียน รอดสาย *

สุภาวดี บุญชู **

เกษรมาศ อยู่ถิณ***

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ : เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่องหยดคลอรีนในน้ำประปา

วัสดุและวิธีการ : การวิจัยและพัฒนา กลุ่มตัวอย่าง คือ น้ำประปาจุดต้นท่อระบบจ่ายน้ำและจุดปลายท่อระบบจ่ายน้ำในสถาบันจิตเวชศาสตร์สมเด็จพระเจ้าพระยา 4 จุด ได้แก่ บ่อใหญ่ ตึกระบบประสาธ ตึก 84 ปี และตึกฟื้นฟู เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ เครื่องหยดคลอรีนในน้ำประปา เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ เครื่องตรวจค่าความเป็นกรดเบสในน้ำประปา เครื่องตรวจค่าคลอรีนอิสระคงเหลือในน้ำประปา แบบบันทึกค่าคลอรีนอิสระคงเหลือในน้ำประปา และแบบบันทึกค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องหยดคลอรีนในน้ำประปา วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยการแจกแจงความถี่ ร้อยละ ของค่าคลอรีนอิสระคงเหลือในน้ำประปา ระหว่างวันที่ 15 มิถุนายน- 31 กรกฎาคม 2554

ผล : น้ำประปาที่ผ่านเครื่องหยดคลอรีนที่พัฒนาขึ้นมีค่าคลอรีนอิสระคงเหลือในน้ำประปาอยู่ในเกณฑ์ปกติ คือ ระหว่าง 0.2-0.5 มิลลิกรัม/ลิตร

สรุป : เครื่องหยดคลอรีนในน้ำประปาที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพและมีต้นทุนค่าใช้จ่ายต่ำ

คำสำคัญ : คลอรีน ค่าคลอรีนอิสระคงเหลือ เครื่องหยดคลอรีน น้ำประปา

* ช่างท่อ สถาบันจิตเวชศาสตร์สมเด็จพระเจ้าพระยา

** พยาบาลวิชาชีพปฏิบัติการ สถาบันจิตเวชศาสตร์สมเด็จพระเจ้าพระยา

*** นักจัดการงานทั่วไป สถาบันจิตเวชศาสตร์สมเด็จพระเจ้าพระยา

บทนำ

การฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปา เป็นกระบวนการหนึ่งในการผลิตน้ำประปา ซึ่งมีหลายวิธี ได้แก่ การใช้แสงอุลตราไวโอเลต การใช้โอโซนหรือการใช้สารเคมีในการฆ่าเชื้อโรค เป็นต้น การใช้ “คลอรีน” ฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาเป็นที่นิยมใช้กันแพร่หลายสำหรับระบบประปาทั่วโลก การผลิตน้ำประปาในประเทศไทยก็เช่นเดียวกัน การประปาทุกแห่งจะใช้ “คลอรีน” ฆ่าเชื้อโรคเนื่องจากคลอรีนมีราคาถูก หาได้ง่าย กำจัดสิ่งสกปรกในระบบผลิตแล้วยังช่วยป้องกันเชื้อโรคที่อาจปะปนอยู่ในถังเก็บและระบบท่อจ่ายน้ำอีกด้วย ทั้งยังไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ และสัตว์เลี้ยงอย่างรุนแรง สามารถตรวจสอบประสิทธิภาพได้ และที่สำคัญ คือ คลอรีนมีฤทธิ์ตกค้างเพื่อฆ่าเชื้อโรคที่อาจปนเปื้อนในน้ำต่อไป องค์การอนามัยโลกได้กำหนดคลอรีนอิสระคงเหลือในน้ำประปาไว้ไม่ต่ำกว่า 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร และสูงสุดไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร ความเข้มข้นและปริมาณของคลอรีนที่เติมลงในน้ำไม่ใช่สิ่งที่สำคัญที่สุดในการฆ่าเชื้อโรค หากแต่เป็นปริมาณคลอรีนอิสระที่เหลืออยู่ในน้ำ ซึ่งสามารถวัดได้หลังจากทิ้งไว้ระยะหนึ่ง การเติมคลอรีนน้อยเกินไป จะไม่ทำให้เกิดคลอรีนอิสระขึ้นและอาจจะทำลายเชื้อโรคในน้ำได้ไม่ทั้งหมด แต่การเติมคลอรีนในปริมาณที่มากเกินไป จะทำให้น้ำมีกลิ่นฉุนของคลอรีนและทำให้รสชาติของน้ำเสียไปด้วย ทั้งยังเป็นการสิ้นเปลืองคลอรีนโดยใช้เหตุ นอกจากนี้ คลอรีนยังมีฤทธิ์กัดกร่อน อาจทำให้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ เสียหายได้ ดังนั้น ในการเติมคลอรีนจึงต้องเติมในปริมาณที่เหมาะสม คือ สามารถฆ่าเชื้อโรคได้หมด รวมทั้งก่อให้เกิดคลอรีนอิสระที่แนะนำ คือระหว่าง 0.2-0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (พิเชฐพิศภา, มปท.)

การประปานครหลวงมีการรักษาระดับคลอรีนให้คงเหลือ ณ จุดจ่ายน้ำที่ไกลที่สุดไม่ต่ำกว่า 0.2 มิลลิกรัม/ลิตร เพื่อฆ่าเชื้อโรค ที่อาจปนเปื้อน ในระ

หว่างน้ำประปาอยู่ในเส้นท่อดูดันท่าง จึงต้องมีระดับคลอรีนสูงบ้าง แต่ก็อยู่ระหว่าง 1.0 -1.2 มิลลิกรัม/ลิตร (การประปานครหลวง, 2552) แต่เมื่อตรวจน้ำประปาในสถาบันจิตเวชศาสตร์สมเด็จพระยาพอบว่า “น้ำประปาดื่มไม่ได้” มีค่าคลอรีนอิสระคงเหลือในน้ำประปาดำกว่าเกณฑ์ บางจุดเป็น 0 พบการปนเปื้อนเชื้อโรคในระบบน้ำประปา ส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้ป่วยและบุคลากรในสถาบันฯ ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำประปา ปี 2551 ที่พบว่าระบบประปาเขตเมืองและเขตชนบทที่มีการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียสูงถึงร้อยละ 75.9 และ ร้อยละ 91.9 ตามลำดับ และผลการตรวจระดับคลอรีนอิสระคงเหลือในน้ำประปาด้วยพบว่า ไม่ปรากฏระดับคลอรีนอิสระคงเหลือจากจุดต้นท่อ สูงถึงร้อยละ 91.7 และ ร้อยละ 78.6 ที่ปลายท่อ ซึ่งมาตรฐานทั่วไปกำหนดว่า ควรมีระดับคลอรีนอิสระคงเหลือในน้ำประปาในระดับ 0.2-0.5 มิลลิกรัม/ลิตร (กองสุขาภิบาลอาหารและน้ำ กรมอนามัย, 2551) จากการค้นหาสาเหตุ พบว่าเกิดจาก 1. ระบบท่อเก่ามีการชำรุด 2. ระบบถังสำรองน้ำในแต่ละจุด ขาดต่อการบำรุงรักษา 3. ขาดระบบการเฝ้าระวัง / การตรวจสอบน้ำประปาเพื่อคงค่าคลอรีนในระบบน้ำให้มีประสิทธิภาพเพียงพอในการทำลายเชื้อ แต่เดิมช่างประปาของสถาบันฯ ใช้วิธีการขึ้นไปเติมคลอรีนที่เป็นผงในถังสูงเก็บน้ำประปา ซึ่งสร้างความยุ่งยากและก่อให้เกิดอันตรายจากการขึ้นไปบนถังสูงเก็บน้ำประปา จากการค้นคว้าหาข้อมูลพบว่าการคงค่าคลอรีนในระบบน้ำให้มีประสิทธิภาพเพียงพอในการทำลายเชื้อ จำเป็นต้องใช้เครื่องหยดคลอรีนเพื่อควบคุมปริมาณคลอรีนให้อยู่ในเกณฑ์ แต่เครื่องหยดคลอรีนดังกล่าวมีราคาแพง และต้องใช้ระบบไฟฟ้าในการควบคุม ซึ่งทำให้สถาบันต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น จากสภาพปัญหาดังกล่าว ช่างประปาในสถาบันฯ จึงใช้ภูมิปัญญาและประสบการณ์จากการทำงานในการคิดค้นผลิตและพัฒนาเครื่องหยดคลอรีนในน้ำประปา

ขึ้น โดยอาศัยแรงดันน้ำในการควบคุมการทำงานของเครื่องจากวัสดุเหลือใช้และวัสดุอุปกรณ์ต้นทุนต่ำ ที่มีความทนทาน สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในการคงค่าคลอรีนในระบบน้ำให้เพียงพอในการทำลายเชื้อ ส่งผลให้ผู้ป่วยและบุคลากรในสถาบันมีระบบน้ำประปาที่สะอาดในการอุปโภคและบริโภค นอกจากนี้ยังช่วยประหยัดพลังงาน ไม่ต้องใช้ไฟฟ้าในการควบคุม เป็นการลดค่าใช้จ่ายของสถาบันได้ด้วย

วัสดุและวิธีการ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของเครื่องหยดคลอรีนในน้ำประปา โดยใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R & D)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ เครื่องหยดคลอรีนในน้ำประปา โดยใช้วัสดุเหลือใช้และอุปกรณ์ที่มีต้นทุนต่ำ ได้แก่ ถังสี่ สายยาง วาล์วทองแดง ก๊อกน้ำ ทดลองหยดคลอรีนโดยผ่านเครื่องที่สร้างขึ้น 30 นาที แล้วตรวจวัดระดับคลอรีนอิสระคงเหลือในน้ำประปาที่ผ่านเครื่องหยดคลอรีน ปรับปรุงเครื่องหยดคลอรีนต้นแบบโดยใช้ วาล์วทองเหลืองแทน วาล์วทองแดง และใช้วาล์วพลาสติกแทนวาล์วทองเหลือง ตามลำดับ หากความเที่ยงของเครื่องมือโดยนำเครื่องหยดคลอรีนไปทดลองใช้แล้ววัดระดับคลอรีนอิสระคงเหลือในน้ำประปาที่ผ่านเครื่องหยดคลอรีนบริเวณบ่อใหญ่ ตึกระบบประสาธ ตึก 84 ปี และตึกฟื้นฟู จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่าคลอรีนอิสระคงเหลือเปรียบเทียบกับค่าคลอรีนอิสระคงเหลือมาตรฐานในน้ำประปาคือ 0.2-0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ เครื่องตรวจค่าความเป็นกรดเบสในน้ำประปา เครื่องตรวจค่าคลอรีนอิสระคงเหลือในน้ำประปาแบบบันทึกค่าคลอรีนอิสระคงเหลือในน้ำประปา ปรับปรุง

จากแบบบันทึกการตรวจสอบค่าคลอรีนอิสระคงเหลือในน้ำประปาของช่างประปา สถาบันฯ ประกอบด้วย จุดที่ทำการตรวจสอบน้ำประปา วัน/เวลา ที่ทำการตรวจสอบ ค่าความเป็นกรดเบสของน้ำ อุณหภูมิของอากาศในขณะที่ทำการตรวจสอบ และระดับค่าคลอรีนอิสระคงเหลือในน้ำประปา ตรวจสอบความตรงโดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความถูกต้อง ความชัดเจนในเนื้อหาและนำเสนอแนะข้อคิดเห็นมาแก้ไขปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริงและแบบบันทึกค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องหยดคลอรีนในน้ำประปา ซึ่งสร้างขึ้นเอง ประกอบด้วย รายการวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ และราคาของอุปกรณ์แต่ละชนิด

วิธีการทดลอง แบ่งขั้นตอนการวิจัย ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ระยะเตรียมการ ศึกษาสภาพของระบบน้ำประปาในสถาบันฯ จากการสุ่มตรวจค่าคลอรีนอิสระคงเหลือในน้ำประปาจุดต้นท่อระบบจ่ายน้ำและจุดปลายท่อระบบจ่าย คำนวณหาข้อมูลเกี่ยวกับการทำน้ำประปาสะอาดดื่มได้ และวิธีการเติมคลอรีนในน้ำประปา

ขั้นตอนที่ 2 ระยะดำเนินการทดลอง

1. สร้างเครื่องหยดคลอรีนในน้ำประปาต้นแบบที่ออกแบบโดยใช้วาล์วทองแดงและวัสดุอุปกรณ์เหลือใช้ นำเครื่องหยดคลอรีนในน้ำประปาที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้โดยสุ่มตรวจน้ำประปาบริเวณบ่อใหญ่ ตรวจวัดค่าความเป็นกรดเบสของน้ำประปา ตรวจค่าคลอรีนอิสระคงเหลือในน้ำ ประเมินต้นทุนค่าใช้จ่าย และความทนทานต่อการกัดกร่อนของคลอรีนของอุปกรณ์ที่ใช้

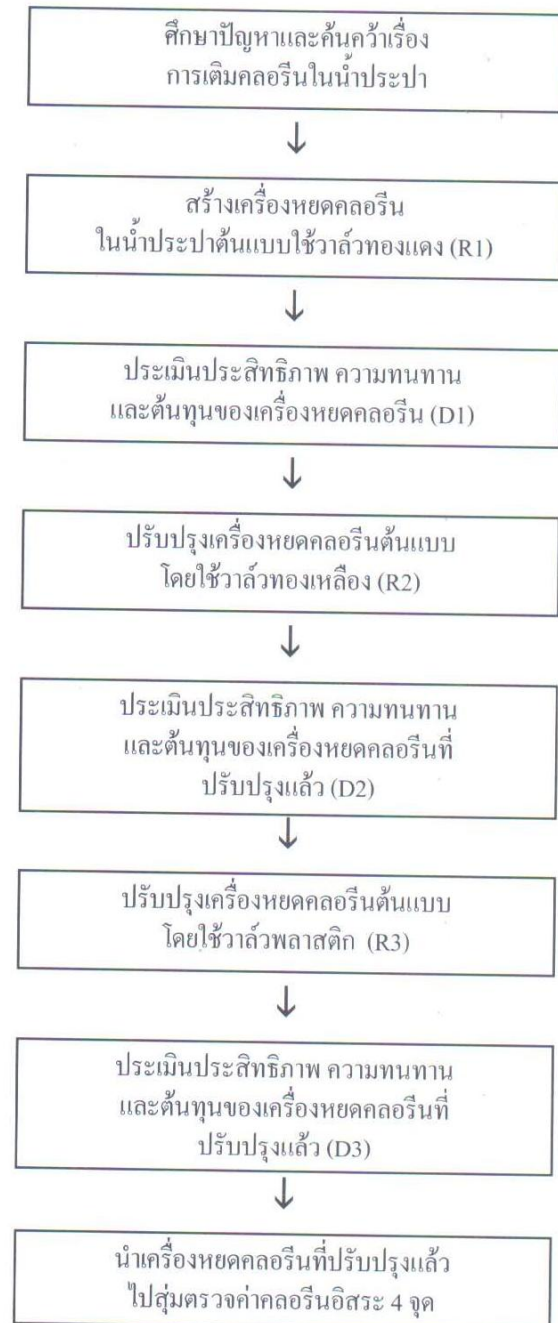
2. ปรับปรุงเครื่องหยดคลอรีนในน้ำประปา (ครั้งที่ 1) โดยเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีความทนทานต่อการกัดกร่อนของคลอรีนมากกว่าทองแดงและมีต้นทุนต่ำแทนโดยใช้วาล์วทองเหลือง นำเครื่องหยดคลอรีนในน้ำประปาที่ปรับปรุงขึ้นไปทดลองใช้โดยสุ่มตรวจน้ำประปาบริเวณบ่อใหญ่ ประเมินต้นทุนค่าใช้จ่าย และ

ความทนทานต่อการกัดกร่อนของคลอรีนของอุปกรณ์ที่ใช้

3. ปรับปรุงเครื่องหยดคลอรีนในน้ำประปา (ครั้งที่ 2) โดยใช้อุปกรณ์ที่มีความทนทานต่อการกัดกร่อนของคลอรีนมากกว่าทองแดงและมีต้นทุนต่ำโดยใช้วาล์วพลาสติก นำเครื่องหยดคลอรีนในน้ำประปาที่ปรับปรุงขึ้นไปทดลองใช้โดยสุ่มตรวจน้ำประปาบริเวณบ่อใหญ่ ประเมินต้นทุนค่าใช้จ่าย และความทนทานต่อการกัดกร่อนของคลอรีนของอุปกรณ์ที่ใช้

ขั้นตอนที่ 3 ระยะประเมินผลการทดลอง ประเมินประสิทธิภาพของเครื่องหยดคลอรีนในน้ำประปา โดยตรวจวัดค่าคลอรีนอิสระคงเหลือในน้ำจากจุดต้นท่อน้ำเข้าสู่เครื่องหยดคลอรีน สุ่มตรวจค่าคลอรีนอิสระคงเหลือในน้ำประปาจุดต้นท่อน้ำจ่ายน้ำและจุดปลายท่อน้ำจ่ายน้ำทั้ง 4 จุด ได้แก่ บ่อใหญ่ ตึกระบบประสา ตึก 84 ปี และตึกฟื้นฟู ตามตารางที่กำหนดไว้เป็นเวลา 1 สัปดาห์ และสุ่มตรวจสัปดาห์ละ 1 ครั้งเป็นเวลา 1 เดือน เปรียบเทียบต้นทุนค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องหยดน้ำต้นแบบจากวัสดุอุปกรณ์ที่นำมาใช้ และเปรียบเทียบความทนทานในการใช้งาน

กระบวนการสร้างเครื่องหยดคลอรีนในน้ำประปา



การเก็บรวบรวมข้อมูล

ตรวจค่าคลอรีนอิสระคงเหลือในน้ำประปา จุดต้นท่อก่อนเข้าสู่เครื่องหยดคลอรีนและจาก 4 จุด ได้แก่ บ่อใหญ่ ตึกระบบประสาธ ตึก 84 ปี และตึกพื้นฟูทุกวันเป็นเวลา 1 สัปดาห์ และสัปดาห์ละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในแบบบันทึกค่าคลอรีนอิสระคงเหลือในน้ำประปา

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป โดยการแจกแจงความถี่ ร้อยละ ของค่าคลอรีนอิสระคงเหลือในน้ำประปา

ผล

ในสัปดาห์แรก น้ำประปา 4 จุด ได้แก่ บ่อใหญ่ ตึกระบบประสาธ ตึก 84 ปี และตึกพื้นฟู มีค่า PH เฉลี่ย 6.90, 6.97 และ 7.02 ในเวลา 16.00 น, 8.00 น. และ 12.00 น. ตามลำดับ อุณหภูมิเฉลี่ย สูงสุดในเวลา 12.00 น. คือ 34.0 องศาเซลเซียส รองลงมาคือ 30.0 องศาเซลเซียส ในเวลา 16.00 น. และ 27.75 องศาเซลเซียส ในเวลา 8.00 น. ตามลำดับ ส่วน ค่าคลอรีนอิสระคงเหลือเท่ากับ 0.25 ในเวลา 8.00 น. และเท่ากับ 0.27 เท่ากันทั้ง ในเวลา 12.00 น. และ 16.00 น.

ในสัปดาห์ที่ 2-5 น้ำประปา 4 จุด ได้แก่ บ่อใหญ่ ตึกระบบประสาธ ตึก 84 ปี และตึกพื้นฟู มีค่า PH เฉลี่ย สูงสุด ที่บ่อตึกระบบประสาธ เท่ากับ 6.95 รองลงมา เท่ากับ 6.90 ที่บ่อตึก 84 ปี และ 6.85 เท่ากันทั้งบ่อใหญ่และบ่อตึกพื้นฟู อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 29.0 องศาเซลเซียส เท่ากันทั้งบ่อใหญ่และบ่อตึก 84 ปี รองลงมาคือบ่อตึกพื้นฟู เท่ากับ 28.5 องศาเซลเซียส และบ่อตึกระบบประสาธเท่ากับ 28.0 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ส่วนค่าคลอรีนอิสระคงเหลือ บ่อใหญ่ เท่ากับ 0.27 รองลงมาคือบ่อตึกพื้นฟู เท่ากับ 0.25 และ บ่อตึกระบบประสาธกับบ่อตึก 84 ปี มีค่าเท่ากัน

คือ 0.22 ค่าเฉลี่ยทั้ง 4 บ่อในช่วง 4 สัปดาห์ พบว่า ค่า PH เท่ากับ 6.71 อุณหภูมิ เท่ากับ 28.56 องศาเซลเซียส ค่าค่าคลอรีนอิสระคงเหลือ เท่ากับ 0.24

ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องหยดคลอรีนใช้ข้อทองเหลือง มากที่สุด เท่ากับ 1,480 บาท รองลงมาคือเครื่องหยดคลอรีนใช้ข้อทองแดง เท่ากับ 1,430 บาท และเครื่องหยดคลอรีนใช้ข้อท่อพลาสติก PVC ใช้ต้นทุนน้อยที่สุด คือ 1,280 บาท

วิจารณ์

เครื่องหยดคลอรีนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ เนื่องจากน้ำประปาที่ผ่านเครื่องหยดคลอรีนที่พัฒนาขึ้นมีค่าคลอรีนอิสระคงเหลือในน้ำประปาค้างได้อยู่ในเกณฑ์ปกติ คือ ระหว่าง 0.2-0.5 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นไปตามที่องค์การอนามัยโลกกำหนดไว้ (กรมอนามัย, 2553)

เครื่องหยดคลอรีนที่ผลิตจากท่อพลาสติก PVC มีต้นทุนในการผลิตเครื่องต่ำกว่าการใช้ข้อต่อทองเหลืองและทองแดง และมีอายุการใช้งานนานกว่าทองแดงและทองเหลืองซึ่งเป็นโลหะ เนื่องจากคลอรีนเหลวจะทำปฏิกิริยาเคมีกับโลหะแทบทุกชนิด (พิเชฐพิศภา, มปท.) ซึ่งจากการพัฒนาเครื่องหยดคลอรีนในระยะเริ่มต้นใช้ข้อต่อทองแดง พบว่า เมื่อใช้ไปได้ระยะเวลานาน้ำมีสีสนิมเกิดขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ อติชัย บุตรเพชร และ ณรงค์ ผังวิวัฒน์ (2544) ที่พบว่า ทองแดงมีอัตราการสึกหรอสูงกว่าทองเหลือง ต่อมาจึงพัฒนามาใช้ข้อต่อทองเหลืองขึ้น แต่ก็มีค่าใช้จ่ายสูงกว่าการใช้ข้อต่อทองแดง จึงมีการพัฒนามาใช้ข้อต่อพลาสติก PVC เนื่องจากพลาสติกมีคุณสมบัติทางโครงสร้างพิเศษที่เรียกว่า High Molecular Weight คือในหนึ่งโมเลกุลมีจำนวนอะตอมมากกว่าสารชนิดอื่น จึงทำให้มีคุณสมบัติหลาย ๆ อย่างพร้อมกันไป ได้แก่ คุณสมบัติทางกายภาพ คือ มีความแข็งแรงเหนียวยืดหยุ่น คุณสมบัติทางไฟฟ้า คือ

เป็นฉนวนไฟฟ้า ส่วนคุณสมบัติทางเคมี คือ ทนกรด ด่าง และสารเคมีอื่น ๆ ซึ่งจากการพัฒนาเครื่องหยดคลอรีน โดยใช้ข้อต่อพลาสติก PVC ได้ผลดี มีอายุการใช้งาน นาน และใช้ต้นทุนต่ำกว่าการใช้ข้อต่อทองแดงและทองเหลือง

สรุป

เครื่องหยดคลอรีนที่พัฒนาขึ้น เมื่อนำมาใช้กับระบบน้ำประปาในสถาบันทั้ง 4 บ่อ ได้ค่าคลอรีนอิสระคงเหลือในน้ำประปามีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่องค์การอนามัยโลกกำหนดไว้คือ อยู่ระหว่าง 0.2-0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องหยดคลอรีนในน้ำประปาที่ทำจากข้อต่อพลาสติกมีต้นทุนค่าใช้จ่ยต่ำกว่าการใช้ทองแดงและทองเหลือง ตามลำดับ แต่ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องค่าคงที่ของจำนวนหยดคลอรีนที่ใช้ เนื่องจากการคิดค้นด้วยภูมิปัญญาและอาศัยประสบการณ์จากการทำงานในการกำหนดการหยดของคลอรีน และควรศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อค่าคลอรีนอิสระคงเหลือในสถาบันฯ รวมทั้งขยายผลนำไปใช้ในจุดรับน้ำเข้าของสถาบันฯ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ น.ส.สุธาสินี ศรีศรีศาสตร์ ที่ให้ความกรุณาในการตรวจเครื่องมือวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. กรมอนามัย. 2553. ประกาศกรมอนามัย เรื่อง เกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้. [Online]. Available from: <http://203.157.64.28:81/info/pdf/f687beb3dc9b5974f362d600114283fb.pdf>. [2011, June 9].
2. กองสุขภาพอาหารและน้ำ กรมอนามัย. 2551. รายงานการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำประปา ปี 2551. เอกสารโรเนียว.
3. การประปานครหลวง. 2552. ประปาเย็นยันคลอรีนในน้ำประปา ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง. น้ำก๊อก. 25(3). 16-17.
4. จินดารัตน์ ไตกมลธรรม, สุรัชย์ อังคนาสาพันธ์, เฉลียว เพชรทอง, นิชชรี นิลนนท์, หฤทกัฏ กิรติเสวีและปริญญ์ เกิดศิริ. 2549. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำประปาหมู่บ้านในตำบลหนองบัว อ.เมือง จ. กาญจนบุรี. ปริญญานิพนธ์มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี.
5. พิเชฐ พิศภา. มปท. การฆ่าเชื้อโรคในน้ำด้วยคลอรีน. [Online]. Available from: http://www.cco.moph.go.th/hp_group/nana/chlorine.html. [2011, May 20].
6. ภัทรา วงษ์พันธุ์กมล, นริศรา ยุทธแสน, พัชร จันทเรษฐเลิศและรุจิรา ทนงกิจ. 2551. การปรับปรุงคุณภาพน้ำประปาผิวดินมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตพายัพ. ปริญญานิพนธ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
7. วสันต์ อดิศักดิ์. 2546. การบูรณาการนวัตกรรมเทคโนโลยีในการฝึกหัดครู. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. 15 (1).1-13.

8. วาสนา คณะวาปี. 2552. สถานการณ์การดูแลและการจัดการระบบประปาในเขตพื้นที่รับผิดชอบศูนย์อนามัยที่ 1 กรุงเทพฯ. [Online]. Available from: <http://203.157.64.28:81/info/pdf/d542d1d24dace2a99effd7ce60ba0926.pdf>. [2011, June 9].
9. วิริยะ ฤาชัยพาณิชย์. 2554. กระแสนวัตกรรม Innovation ประเทศไทยมีผู้คิดผู้สร้างนวัตกรรมมากประเทศนั้นที่ร่ำรวย. [Online]. Available from: <http://blog.eduzones.com/wiriya/7205>. [2011, June 15].
10. สิริวรรณ เพิ่มพูล, ลักษณะาวดี บริบูรณ์, สรัญญา ลีลาพจน์สกุล, อติสร โคตรชุม, สราวุธ กังวานพาณิชย์ และนิทัศน์ กมลเดชเดชา. 2541. การศึกษาผลของคลอรีนในน้ำประปาต่อความต้านทานการกัดกร่อนของ ถังน้ำเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดออสเทนนิติก AISI 304. ปรินญาณิพนธ์ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
11. อติชัย บุตรเพชร และ ณรงค์ พังวิวัฒน์. 2544. การสึกหรอและการกัดกร่อนของทองแดงและทองเหลือง. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 11(4). 49-55.
12. อภิชัย วรสิทธิ์ขจร. 2552. คู่มือ 1675 รหัส (ไม่) ลับ ไขทุกปริศนาอนามัยใกล้ตัว. [Online]. Available from: <http://www.thaihealth.or.th/healthcontent/healthtips/12243>. [2011, June 9].
13. Everette M. Rogers .1983. Diffusion of innovations/ Everett N. Rogers- 5th ed. New York. FREE PRESS.
14. Hughes, T.P. 1971. Elmer Sperry-Inventor and Engineer. Baltimore, Maryland: The Johns Hopkins University Press.