สารเคมีจากการบำบัดน้ำในระบบสูบจ่าย

ข้อมูลเบื้องต้น

สารเคมีจากการบำบัดและการสูบจ่ายปนเปื้อนสู่น้ำประปาได้ 3 ช่องทางหลักคือ

- เกิดจากการเติมสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการบำบัดน้ำเพื่อตกตะกอน และ ฆ่าเชื้อโรค – สารเคมีที่จำเป็นต้องใช้ในกระบวนการนี้ทำให้เกิดสารคงเหลือ หรือ สารตกค้างได้
- สารฆ่าเชื้อที่เติมลงไปในปริมาณที่ต้องการเพื่อให้มีสารฆ่าเชื้อคงเหลือในระบบสูบจ่ายจนถึงก๊อกน้ำ – อาจทำให้เกิดสารตกค้าง
- สารที่เกิดจากวัสดุที่ใช้ในระบบสูบจ่าย หรือ ระบบประปา หรือ จากท่อน้ำเกิดการกัดกร่อน

ค่าแนะนำสำหรับคุณภาพน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก (WHO, 2004) ครอบคลุมชนิดและปริมาณของสารที่ใช้ในการบำบัดน้ำ หรือ ระบบสูบจ่ายน้ำ โดยมีสารเคมีอยู่เพียงไม่กี่ชนิดที่จำเป็นต้องใช้อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ สิ่งสำคัญคือองค์กรที่ข้องเกี่ยวกับการผลิตน้ำประปาต้องจัดการสารเคมีได้อย่างเหมาะสม ซึ่งวิธีที่ดีที่สุดคือการควบคุมโดยจัดการด้านปฏิบัติการ ตัวอย่างเช่น การบำบัดน้ำให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด และ ควบคุมวัสดุรวมทั้งสารเคมีต่าง ๆ ที่สัมผัสกับน้ำประปา มากกว่าจะควบคุมโดยการเฝ้าระวัง และ ตรวจสอบคุณภาพน้ำทางเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการบำบัดน้ำ

1. สารฆ่าเชื้อโรค และ สารที่เกิดจากการฆ่าเชื้อโรค

สารเคมีที่มักใช้เป็นสารหลักในการฆ่าเชื้อโรค คือ คลอรีน คลอรีนไดออกไซด์ และ โอโซน รวมถึงโมโนคลอรามีน หรือ คลอรามีน ซึ่งใช้เป็นสารฆ่าเชื้อโรคคงเหลือในระบบสูบจ่าย

คลอรีน

คลอรีนเป็นสารหลักที่ใช้มากที่สุดในการฆ่าเชื้อโรค และ ทำให้เกิดสารฆ่าเชื้อโรคคงเหลือในระบบสูบจ่ายการตรวจสอบการเติมคลอรีนในระบบสูบจ่ายน้ำมีความสำคัญอย่างยิ่ง ใช้เพื่อบ่งบอกว่ามีการฆ่าเชื้อโรคเกิดขึ้นจากการตรวจติดตาม ปัญหาการยอมรับเรื่องรสชาติจากผู้บริโภคอาจเกิดขึ้นเมื่อมีความเข้มข้นคลอรีนคงเหลือประมาณ 0.6 มก./ล. หรือ มากกว่า จึงต้องมีการตรวจติดตามคลอรีนอิสระบริเวณจุดต่าง ๆ ในระบบสูบจ่าย อีกทั้งเพื่อตรวจสอบว่าไม่มีปริมาณความต้องการคลอรีน (chlorine demand) มากเกินไปในระบบ ซึ่งแสดงถึงปัญหาอื่น ๆ ที่เกิดขึ้น เช่น ปัญหาจากการปนเปื้อน

เมื่อคลอรีนทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในน้ำดิบ ทำให้เกิดสารตกค้างที่ไม่ต้องการ ซึ่งค่าแนะนำฯของสารเหล่านี้ได้มีการกำหนดไว้แล้ว สารประกอบที่มีการพิจารณาอย่างแพร่หลายให้เป็นตัวแทนสารตกค้างเนื่องจากการเติมคลอรีน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการกำหนดค่าแนะนำคือ ไตรฮาโลมีเทน (THMs) ซึ่งประกอบด้วย คลอโรฟอร์ม โบรโมไดคลอโรมีเทน คลอโรไดโบรโมมีเทน และ โบรโมฟอร์ม ส่วนสารฮาโลอะเซติก แอซิด (HAAs) เช่น โมโนคลอโรอะซิเตต ไดคลอโรอะซิเตต และ ไตรคลอโรอะซิเตต ถือเป็นผลจากการเกิดปฏิกิริยาระหว่างคลอรีนกับสารอินทรีย์ในน้ำดิบเช่นกัน ในบางประเทศจึงตรวจสอบ HAAs ร่วมกับ THMs แต่การวิเคราะห์ HAAs นั้นยากและมีราคาสูงกว่า THMs

THMs และ HAAs เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในระบบสูบจ่าย ดังนั้นการตรวจสอบเฝ้าระวังจึงยุ่งยาก แต่การตกตะกอนและ การกรองที่มีประสิทธิภาพสูงสุดมีความสำคัญอย่างมากที่ช่วยกำจัดสารตั้งต้นในการเกิดสารตกค้างเหล่านี้ ซึ่งมีผลทำให้เป็นการลดปริมาณ THMs และ HAAs รวมทั้งสารตกค้างที่ไม่ต้องการตัวอื่น ๆ ได้

เพื่อให้แน่ใจว่าน้ำประปาปลอดภัยจากจุลินทรีย์ ดังนั้นจึงต้องมีการเติมสารฆ่าเชื้อโรคในระดับที่เหมาะสม อีกทั้งต้องอยู่ในเกณฑ์กำหนดสำหรับสารตกค้างอันเนื่องจากกระบวนการฆ่าเชื้อโรค

คลอรีนไดออกไซด์

คลอรีนไดออกไซด์ แตกตัวทำให้เกิดสารอนินทรีย์เคมี คือ คลอไรต์ และ คลอเรต วิธีจัดการที่ดีที่สุดคือการควบคุมปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ที่เติมในน้ำ แม้จะไม่มีค่าแนะนำสำหรับคลอเรตเพราะข้อมูลด้านความเป็นพิษมีจำกัด ถึงกระนั้นก็มีการแสดงให้เห็นว่าความเป็นพิษและปริมาณความเข้มข้นที่พบมีน้อยกว่าคลอไรต์ ดังนั้นการควบคุมคลอไรต์ก็เพียงพอในการควบคุมปริมาณคลอเรต

โอโซน

โอโซนใช้เป็นสารฆ่าเชื้อโรคแต่ไม่สามารถตรวจติดตามในน้ำประปาได้ เพราะไม่มีโอโซนคงเหลือเกิดขึ้น การเติมโอโซนในแหล่งที่ประกอบด้วยสารอนินทรีย์โบรไมด์ ซึ่งพบตามธรรมชาติในแหล่งน้ำดิบ ทำให้เกิดสารโบรเมตที่มีความเข้มข้นต่ำ การวิเคราะห์โบรเมตทำได้ยากและราคาสูงเนื่องด้วยอาจมีการรบกวนการวิเคราะห์จากสารอนินทรีย์ตัวอื่น ดังนั้นจึงไม่นิยมตรวจติดตามโบรเมต แต่จะพิจารณาการจัดการควบคุมสภาวะการเติมโอโซนแทน

โมโนคลอรามีน

โมโนคลอรามีน เป็นสารฆ่าเชื้อโรคคงเหลือในระบบสูบจ่ายมักเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างคลอรีนกับแอมโมเนีย การควบคุมการเกิดโมโนคลอรามีนในการผลิตน้ำมีความสำคัญมากเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้ไดคลอรามีน และไตรคลอรามีน เนื่องจากสารเหล่านี้ทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติที่ไม่น่าพึงพอใจ การเกิดไนไตรต์เป็นไปตามกระบวนการทางจุลินทรีย์ในเยื่อชีวภาพ (biofilm) ในระบบสูบจ่ายน้ำ ซึ่งเกิดขึ้นได้เมื่อใช้โมโนคลอรามีนเป็นสารฆ่าเชื้อโรคคงเหลือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีที่ไม่สามารถควบคุมระดับแอมโมเนียได้

2. สารตกตะกอน

การตกตะกอนและการรวมตะกอนเป็นอุปสรรคสำคัญสำหรับสิ่งปนเปื้อนทางจุลินทรีย์ รวมทั้งเป็นกระบวนการหลักในการลดสารอินทรีย์ธรรมชาติและความขุ่น ซึ่งส่งผลกระทบอย่างยิ่งยวดต่อประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโรค สารเคมีที่ใช้เป็นสารตกตะกอนในการผลิตน้ำประปาประกอบด้วยอลูมิเนียมและเกลือของเหล็ก เช่น อลูมิเนียมซัลเฟต โพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ หรือ เฟอริคซัลเฟต ไม่มีการกำหนดค่าแนะนำพื้นฐานทางสุขภาพของอลูมิเนียมและเหล็ก เพราะต่างก็ไม่มีอันตรายต่อสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้ในระดับปกติของกระบวนการผลิตน้ำ แต่อย่างไรก็ตามถ้ามีสารทั้งสองมากเกินไปจะเกิดปัญหาเรื่องสี และการสะสมของตะกอนในระบบสูบจ่าย ความเข้มข้นในน้ำประปาที่อาจก่อให้เกิดปัญหาได้คือเหล็กเข้มข้น 0.3 มก./ล. ส่วนอลูมิเนียม 0.2 มก./ล. โรงงานผลิตน้ำทั่วไปควรรักษาระดับของอลูมิเนียมไม่เกินนี้ แต่กรณีหน่วยงานผลิตน้ำขนาดใหญ่ควรมีระดับอลูมิเนียมคงเหลือเฉลี่ยที่ 0.1 มก./ล.

กลยุทธ์ในการจัดการที่ดีที่สุดสำหรับอลูมิเนียมและเหล็กในการบำบัดน้ำ คือต้องแน่ใจว่าการตกตะกอนนั้นมีประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อป้องกันไม่ให้มีปริมาณที่มากเกินพอหลงเหลือในน้ำประปา

บางครั้งสารอินทรีย์โพลิเมอร์ ซึ่งใช้เป็นสารช่วยตกตะกอน อาจมีอะคริลาไมด์ หรือเอพิคลอโรไฮดรินโมโนเมอร์คงเหลือ การตรวจติดตามสารเคมีเหล่านี้ในน้ำประปาเป็นเรื่องที่ไม่ปกติ เนื่องจากการตรวจวัดในน้ำทำได้ยากมาก ดังนั้นจึงจัดการโดยกำหนดปริมาณโมโนเมอร์คงเหลือสูงสุดในโพลิเมอร์ และความเข้มข้นสูงสุดของโพลิเมอร์ที่เติมลงในกระบวนการผลิตน้ำ WHO 2004 จึงได้มีข้อแนะนำเกี่ยวกับการอนุมัติและควบคุมสารเคมีกับวัสดุที่สัมผัสกับน้ำประปา

สารเคมีและวัสดุชนิดอื่น ๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำ

สารเคมีชนิดอื่นๆ ที่อาจเติมลงไปในกระบวนการผลิตน้ำ เช่นโซเดียมไฮครอกไซด์เพื่อปรับความเป็นกรด-ด่าง (pH) หรือ การเติมฟลูออไรด์ในน้ำประปาในบางสถานการณ์ ซึ่งทุกกรณีสารเคมีที่เติมลงไปจะต้องเหมาะสมและมีปริมาณที่ถูกต้องเพื่อให้น้ำประปาปราศจากสารปนเปื้อน เพื่อให้แน่ใจว่าสารเคมีที่ใช้มีคุณภาพเหมาะสม จึงต้องมีการจัดการที่ดีที่สุดเกี่ยวกับรายละเอียดคุณสมบัติของสารมากกว่าตรวจสอบเฝ้าระวังน้ำประปา WHO 2004 จึงมีข้อกำหนดเพื่อการควบคุมสารเคมีและวัสดุที่สัมผัสกับน้ำประปา

อาจมีสารเคมีปนเปื้อนจากวัสดุที่ใช้ในระบบผลิต ที่มีการแลกเปลี่ยนอิออนด้วยเรซิน และ กระบวนการบำบัดน้ำขั้นสูงด้วยเมมเบรนเพิ่มขึ้นในการผลิตน้ำประปา จึงต้องมีการจัดการผลิตภัณฑ์และวัสดุอย่างเหมาะสมด้วย

ระบบสูบจ่ายน้ำ

โลหะหนักที่ใช้อย่างแพร่หลายสำหรับท่อน้ำ และ อุปกรณ์ประปาในระบบสูบจ่ายน้ำ คือ เหล็ก ซึ่งอาจเกิดการกัดกร่อน สารที่เกิดจากการกัดกร่อนนี้ทำให้สีของน้ำเปลี่ยนแปลง ถ้ามีการจัดการระบบสูบจ่ายน้ำไม่ดีพอ การจัดการที่ถูกต้องคือ การจัดการปัญหาการกัดกร่อน และ สารที่มีการสะสมเนื่องจากการกัดกร่อนในระบบสูบจ่ายน้ำมากกว่าตรวจติดตามสารจากการกัดกร่อน ในบางครั้งเครื่องสูบน้ำแรงมือที่ทำด้วยเหล็กทำให้เกิดสีในน้ำได้หากมีการกัดกร่อนเนื่องจากน้ำมีสภาวะความเป็นกรดสูง ในกรณีเช่นนี้หากพบน้ำดิบที่มีค่า pH ต่ำ ควรเลือกวัสดุอื่นสำหรับเครื่องสูบน้ำ นอกจากนี้ยังมีหลายปัจจัยที่ทำให้น้ำมีคุณสมบัติในการกัดกร่อน เช่น pH ค่าความเป็นด่างต่ำ อิออนของคลอไรด์และ ซัลเฟต ตะกอน และ ปฏิกิริยาทางจุลินทรีย์ (มีระบุใน WHO 2004)

ในน้ำประปาอาจพบตะกั่ว ทองแดง และสังกะสีในบางครั้ง ขึ้นกับการเลือกใช้ชนิดของวัสดุ ท่อน้ำสาธารณะในอาคาร และ บ้านเรือน การตรวจติดตามเป็นเรื่องที่ยุ่งยาก เนื่องจากปัจจัยในการเกิด และ ความเข้มข้นที่เปลี่ยนแปลงจากอาคารแต่ละอาคารในเวลาแตกต่างกัน ความเข้มข้นจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่น้ำขังในท่อ น้ำที่ปล่อยมาครั้งแรกจะมีความเข้มข้นสูงกว่าน้ำที่มีการไหลต่อเนื่องเต็มที่ในระบบ ระดับความเข้มข้นของทองแดงและสังกะสีที่เกิดขึ้นไม่ค่อยเป็นปัญหาเท่าตะกั่ว นอกจากกรณีสร้างตึกใหม่ หรือ น้ำมีสภาพการกัดกร่อนสูง ความเข้มข้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใช้ท่อทองแดงเป็นสายดินสำหรับระบบไฟฟ้าตามอาคาร ถ้ามีการใช้ท่อน้ำมีส่วนผสมจากตะกั่วและการเชื่อมท่อด้วยตะกั่ว ความเข้มข้นของตะกั่วมักมีค่ามากกว่าค่าแนะนำในกรณีที่ใช้ท่อตะกั่วและการเชื่อมท่อด้วยตะกั่ว ตะกั่วเป็นส่วนผสมอย่างหนึ่งของทองเหลือง ทองสัมฤทธ์ (bronze) และโลหะผสม (gun-metal) ในน้ำ การใช้วัสดุเหล่านี้ในระบบประปาเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้เกิดการสะสมของตะกั่ว

การตรวจติดตามโลหะจากระบบประปาเป็นการยากเพราะการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นกับเวลา และ ปัจจัยจำเพาะอื่น ๆ สิ่งที่สำคัญมากที่สุดสำหรับอาคารหลายอาคารที่มีการใช้ท่อตะกั่ว คือการควบคุมดูแลสุขภาพของ

ประชาชน เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีปัญหาที่สำคัญต่อสุขภาพ และมีการบ่งชี้อาคารที่ใช้ท่อตะกั่ว การตรวจวัดปริมาณตะกั่วในน้ำประปาเป็นส่วนหนึ่งของกลยุทธ์ในการลดปริมาณตะกั่ว เพราะปริมาณตะกั่วที่มาจากแหล่งอื่นอาจสำคัญมากกว่า การลดปริมาณตะกั่วในน้ำที่ได้ผลดีที่สุดคือการเปลี่ยนท่อตะกั่วที่มีการกัดกร่อนและควบคุมสภาพการกัดกร่อนของน้ำ

ตะกั่วเพิ่มปริมาณขึ้นได้ถ้ามีการเชื่อมท่อด้วยตะกั่วในการติดตั้งท่อทองแดง เพื่อควบคุมปัญหาในกรณีนี้จึงต้องหลีกเลี่ยงไม่ให้มีการเชื่อมท่อด้วยตะกั่วในระบบน้ำประปา

ท่อโพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในระบบสูบจ่ายน้ำ ที่ยังคงมีการใช้ตะกั่วเป็นตัวยึดท่อไวนิล (Unplasticised PVC) อาจมีผลให้ระดับตะกั่วในน้ำประปาเพิ่มขึ้นระยะหนึ่งหลังการติดตั้งใหม่ ท่อเหล่านี้ปกติมักมีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่ ดังนั้นเมื่อน้ำไหลผ่านท่อจะไปเจือจางทำให้ปริมาณตะกั่วต่ำกว่าค่าแนะนำ อย่างไรก็ตามวิธีการจัดการที่เหมาะสมที่สุดคือการควบคุมวัสดุและสารเคมีที่ใช้ เพื่อจัดการผลิตน้ำประปาให้ได้ตามที่ต้องการมากกว่าที่จะทำเพียงตรวจสอบคุณภาพน้ำทางเคมี ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

ตาราง กลยุทธ์การจัดการ สำหรับสารเคมีในน้ำจากระบบผลิตและสูบจ่าย

สารเคมี	ความสัมพันธ์ในการตรวจติดตาม	กลยุทธ์การจัดการ
สารเคมีในการบำบัด *สารฆ่าเชื้อโรค:*		
คลอรีน	เป็นตัวบ่งชี้ที่มีประโยชน์มากในการปฏิบัติและตรวจติดตาม การฆ่าเชื้อโรค	จำเป็นมากสำหรับการฆ่าเชื้อโรคที่ดี การติดตามเฝ้าระวังหลังการบำบัดน้ำเพื่อให้มั่นใจประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรค
คลอรีนไดออกไซด์	ตรวจติดตาม ร่วมกับการตรวจติดตามคลอไรต์ และ คลอเรต	ควบคุมโดยเติมสารในปริมาณที่เหมาะสม
โมโนคลอรามีน	ตรวจติดตาม	จัดการให้ปริมาณแอมโมเนียอยู่ในความเข้มข้นและสภาวะที่ถูกต้อง
โอโซน	ไม่มีการตรวจติดตาม	ควบคุมโดยเติมสารในปริมาณที่เหมาะสม
สารตกตะกอน :		
อลูมิเนียม	ตรวจติดตาม	ปริมาณคงเหลือมากกว่า 0.2 มก./ล. ทำให้เป็นปัญหาต่อคุณภาพน้ำ ควบคุมโดยการบำบัดน้ำให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด

เหล็ก	ตรวจติดตาม	ปริมาณคงเหลือมากกว่า 0.3 มก./ล. ทำให้เป็นปัญหาต่อคุณภาพน้ำ ควบคุมโดยการบำบัดน้ำให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด
สารช่วยตกตะกอน :		
อะคริลาไมด์	ไม่มีการตรวจติดตาม	ตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ และใช้ตามปริมาณบ่งชี้
เอพิคลอโรไฮดริน	ไม่มีการตรวจติดตาม	ตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ และใช้ตามปริมาณบ่งชี้
สารตกค้างจากการฆ่าเชื้อโรค:		
ไตรฮาโลมีเทน	ตรวจติดตาม	ควบคุมการตกตะกอน และ การกรอง ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อลดสารตั้งต้นของสารไตรฮาโลมีเทน
สารตกค้างตัวอื่นที่เกิดจากการฆ่าเชื้อโรค	อาจตรวจติดตาม เฉพาะ ฮาโลอะเซติก (HAAs)	ควบคุมการตกตะกอน และ การกรอง ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อลดสารตั้งต้น
วัสดุท่อน้ำ:		
เหล็ก	ตรวจติดตาม	ตรวจสอบและป้องกันการกัดกร่อน
ตะกั่ว	ตรวจสอบสุขภาพของประชาชน	สิ่งสำคัญในการพิจารณา: ตรวจสอบระบบท่อในอาคาร
ทองแดง	ตรวจสอบคุณภาพน้ำในอาคาร	ปกติระบบท่อจะไม่ก่อให้เกิดปัญหา ถ้าน้ำไม่มีฤทธิ์ในการกัดกร่อน
สังกะสี	ตรวจสอบคุณภาพน้ำในอาคาร	เปลี่ยนท่อใหม่เมื่อหมดอายุการใช้งาน
ไวนิลคลอไรด์	ไม่มีการตรวจติดตาม	ตรวจสอบคุณภาพของท่อโพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC)

ที่มา : www.who.int/water_sanitation_health/dwq/cmp130704chap8.pdf