

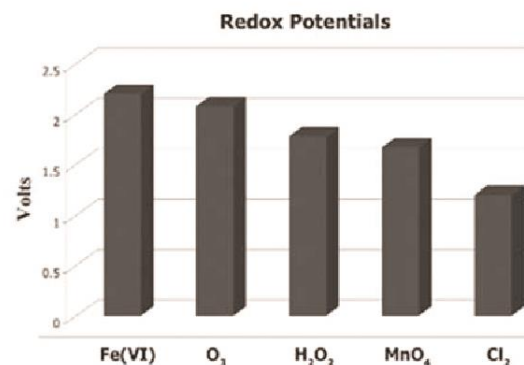
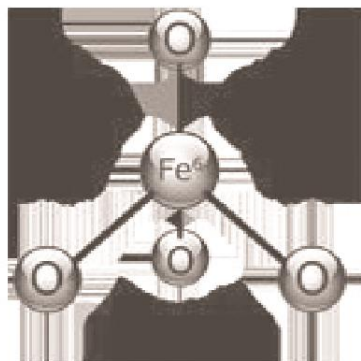


เฟอร์เรทกับการบำบัดน้ำเสีย

รองศาสตราจารย์ ดร.ศรีศักดิ์ สุนทรไชย D.Sc.

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

เฟอร์เรท (Ferrate (FeO_4^{2-})) เป็นโมเลกุลของเหล็กที่มีประจุที่มีสถานะออกซิเดชัน (Oxidation State) +6 นักวิทยาศาสตร์ได้ทดสอบเฟอร์เรทมาเป็นเวลา 50 ปีแล้ว ได้มีความพยายามที่จะทำเป็นผลิตภัณฑ์เฟอร์เรททางการค้า แต่ไม่สำเร็จเนื่องจากต้นทุนการสังเคราะห์ การบรรจุ และการขนส่งค่อนข้างสูงจนทำให้เฟอร์เรทมีต้นทุนสูงเกินไปที่จะนำไปใช้ในทางอุตสาหกรรม ต่อมาได้มีวิธีการแก้ปัญหาโดยวิธีการผลิตเฟอร์เรทเหลว (Liquid Ferrate) ที่มีราคาถูกและมีประสิทธิภาพสูงสุด



	Chlorine	Hydrogen Peroxide	Ozone	Ferrate
Oxygen atoms	None	2	3	4
Redox potential	1.39	1.78	2.08	2.20
Coagulant	No	No	No	Yes

ความแรงของสารเคมีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียออกมาเป็นโวลต์คล้ายกับวงจรไฟฟ้า นักวิทยาศาสตร์เปรียบเทียบความต่างศักย์ของปฏิกิริยารีดอกซ์และออกซิเดชัน (Reduction-Oxidation Potential) หรือที่เรียกว่า ความต่างศักย์รีดอกซ์ (Redox Potential) สำหรับสารประกอบที่แตกต่างกันซึ่งเป็นความสามารถที่จะรับหรือให้อิเล็กตรอนในปฏิกิริยาเคมี ถ้ามีความต่างศักย์รีดอกซ์มากเท่าใด ปฏิกิริยายิ่งรุนแรงมากขึ้นเท่านั้น เพอร์เรทเป็นสารออกซิแดนท์หรือสารกำจัดเชื้อโรคที่นิยมใช้และมีฤทธิ์รุนแรงสำหรับการบำบัดน้ำและน้ำเสีย เพอร์เรทมีความต่างศักย์รีดอกซ์ -2.2 มากกว่าไฮโปคลอไรต์ (-2.08) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (-1.78) เปอร์แมงกานेट (-1.68) ไฮโปคลอไรต์ (-1.48) เปอร์คลอเรต (-1.39) คลอรีน (-1.36) ออกซิเจนละลายน้ำ (-1.23) คลอรีนไดออกไซด์ (-0.95)

ในการนำเพอร์เรทไปใช้งานพบว่า เพอร์เรททำหน้าที่เป็นสารออกซิแดนท์ (Oxidant) สารทำให้จับกันเป็นก้อน (Coagulant) และสารฆ่าเชื้อโรค (Disinfectant) ตามที่กล่าวแล้วว่า เพอร์เรทมีฤทธิ์มากกว่าสารออกซิแดนท์อื่นๆ เช่น ไฮโปคลอไรต์ ไดออกไซด์ เป็นต้น จึงนำมาใช้แทนสารทำให้จับกันเป็นก้อน เช่น เพอร์เรทไฮดรอกไซด์ สารส้ม (Alum) โพลีเมอร์เพื่อกำจัดโลหะ อะโลหะ และกรดฮิวมิก (Humic Acid) เป็นต้น เพอร์เรททำหน้าที่เป็นสารฆ่าเชื้อโรคดีกว่าวิธีอื่นๆ เช่น แสงอัลตราไวโอเล็ต ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ คลอรีน เป็นต้น เพอร์เรทสามารถทำลายจุลินทรีย์ที่ทนทานต่อคลอรีน เช่น เชื้อที่สามารถสร้างสปอร์และทนต่อออกซิเจน (Aerobic Spore-Formers) และเชื้อคลอสตริเดียม (Clostridium) ที่รีดิวซ์ซัลไฟต์ (Sulphite-Reducing Clostridium) เพอร์เรทไม่สลายตัวง่าย มีฤทธิ์รุนแรง และใช้ได้หลากหลายในเทคโนโลยีการบำบัดน้ำและน้ำเสีย



เพอร์เรทสามารถสังเคราะห์ได้จากโซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมหรือแคลเซียมไฮโปคลอไรต์ และเพอร์เรทคลอไรด์ เพอร์เรทสามารถนำมาใช้แทนคลอรีนในการบำบัดน้ำโดยไม่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ฆ่าเชื้อโรคที่อันตราย โดยทั่วไปการใช้คลอรีนในน้ำที่เรียกว่า คลอรีเนชัน (Chlorination) ในภาวะที่มีสารอินทรีย์จะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่เป็นสารก่อมะเร็งที่มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรค (Carcinogenic Disinfection Byproducts; DBPs) ที่เรียกว่า ไตรฮาโลมีเทน (Trihalomethanes; THMs) และกรดฮาโลอะซีติก (Haloacetic acids; HAAs) โอโซนทำปฏิกิริยากับสารโบรมีนในธรรมชาติให้สารโบรมेट (Bromates) ที่เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ การหันมาใช้เพอร์เรทจะไม่เกิด DBPs

เพอร์เรทออกฤทธิ์รุนแรงและรวดเร็วในปริมาณน้อยๆ และผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการบำบัดด้วยเพอร์เรทคือเพอร์เรทไฮดรอกไซด์ (Ferric hydroxide) ที่เป็น Fe^{+3} ซึ่งเป็นสารประกอบที่ไม่อันตรายต่อสิ่งแวดล้อม หรืออาจกล่าวได้ว่า เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ประโยชน์ทางสิ่งแวดล้อมของเพอร์เรทพบในการทดสอบนาร่องในรัฐเพนซิลเวเนีย (Pennsylvania) ที่มีวัตถุประสงค์เบื้องต้นคือ การฆ่าเชื้อโรคที่ไม่ก่อให้เกิดคลอรีนตกค้างและไตรฮาโลมีเทน การใช้เพอร์เรทขนาด 2 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ทำให้ระดับของฟิคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform) ซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดความสะอาดของน้ำในน้ำที่บำบัดไม่เกิน 200 โคโลนี/100 มิลลิลิตร (CFU/100mL) ในขณะเดียวกันการทดสอบความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำจืดของแดฟเนีย (Daphnia) แสดงผลที่ไม่สามารถสังเกตอาการผิดปกติ (No Observable Effects) เมื่อได้รับสัมผัสกับ 100% ของน้ำเสียที่ปล่อยออกมาจากโรงงานตลอดวงจรการสืบพันธุ์ 3 ช่วงชีวิต ไม่พบคลอรีนตกค้างและไตรฮาโลมีเทนในระดับเล็กน้อย (Trace Levels) ในน้ำเสียที่ปล่อยออกมา





เฟอร์เรททำลายยาปฏิชีวนะ ฮอร์โมน สารกำจัดศัตรูพืช และผลิตภัณฑ์ดูแลสุขภาพในน้ำโสโครก และน้ำที่ผ่านไปยังโรงบำบัดของเทศบาล ระดับต่ำของเฟอร์เรทยับยั้งการทำลายฮอร์โมน (Endocrine Disrupting Compounds; EDCs) และผลิตภัณฑ์ยาและผลิตภัณฑ์ดูแลสุขภาพ (Pharmaceuticals and Personal Care Products; PPCPs) เนื่องจากการที่เป็นสารออกซิแดนท์ สารกำจัดเชื้อโรคหรือสารทำให้จับกันเป็นก้อน เฟอร์เรทถูกนำไปใช้ในการบำบัดน้ำดื่มในฟลอริดาเพื่อลดทั้งปัญหาสี กลิ่น รสชาติ และสารก่อมะเร็งที่มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคตกค้างโดยการออกซิไดซ์ไฮโดรเจนซัลไฟด์ให้เป็นซัลเฟต และเป็นสารออกซิไดซ์ที่ร่วมในการตกตะกอนสารอินทรีย์ที่ก่อให้เกิดสีและรวมทั้งไม่เกิด THMs และ HAAs ที่เกิดโดยปฏิกิริยาเปอร์คลอรีนชัน (Perchlorination) เฟอร์เรทสามารถฆ่าเชื้อในน้ำที่มีสีหรือขุ่นมากๆ ซึ่งแสงอัลตราไวโอเล็ตไม่สามารถส่องผ่านลงไปได้ ทำให้สามารถฟื้นฟูพื้นที่ราบลุ่ม (Wetland) ทำให้เกิดการรีไซเคิลน้ำ ซึ่งเหลือตกค้างของเฟอร์เรทเป็นสารอาหารปริมาณน้อย (Micronutrient) สำหรับการเจริญเติบโตของพืชน้ำ

เฟอร์เรทได้รับการพิสูจน์แล้วว่า เป็นส่วนผสมที่สำคัญสารหนึ่งในกระบวนการผลิตใหม่ของของแข็งชีวภาพเป็นปุ๋ย (Biosolids-to-Fertilizer) เฟอร์เรทฆ่าเชื้อและทำให้ของแข็งชีวภาพคงตัวเพื่อไปยับยั้งการย่อยสลาย การทำลายกลิ่น และเพิ่มเหล็กที่เป็นสารอาหารปริมาณน้อย (Vital Micronutrient) เฟอร์เรทยังช่วยจับฟอสฟอรัส และไนโตรเจนกับสารอินทรีย์เพื่อก่อให้เกิดปุ๋ยที่ค่อยๆ ออกฤทธิ์ช้า (Slow-Release Fertilizer) ซึ่งทำให้ปุ๋ยคงเหลืออยู่ได้นาน เพิ่มการดูดซึมเข้าสู่บริเวณรากพืช และลดสารอาหารที่ถูกชะล้างไปในลำธารและแม่น้ำต่างๆ

เฟอร์เรทเป็นสารประกอบที่ประหยัดและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจริงๆ เป็นทางเลือกของเทคโนโลยีบำบัดน้ำแบบดั้งเดิมและน้ำเสีย ในการประยุกต์ไปใช้งานหลายครั้งพบว่า ต้นทุนอุปกรณ์หลักและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการที่ใช้เฟอร์เรทน้อยกว่าวิธีบำบัดอื่นๆ การสังเคราะห์เฟอร์เรทใช้สารเคมีในท้องตลาดที่มีอยู่ในโรงบำบัดน้ำและโรงบำบัดน้ำเสียส่วนใหญ่ และระบบการบำบัดที่ใช้เฟอร์เรทใช้สารสถานที่ และพลังงานน้อยกว่าวิธีอื่น ในด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เฟอร์เรทเป็นเทคโนโลยีสีเขียว (Green Technology) อย่างแท้จริงที่มีประสิทธิภาพและไม่สิ้นเปลือง

โดยสรุป อาจกล่าวได้ว่า เฟอร์เรทมีบทบาทที่สำคัญต่อการบำบัดน้ำเสียโดยที่ไม่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่เป็นสารฆ่าเชื้อโรค เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และแก้ไขการบำบัดน้ำเสียที่ยั่งยืน ซึ่งสารออกซิแดนท์อื่นๆ ไม่สามารถทำได้ เฟอร์เรทมีราคาถูกที่สุดและเป็นทางเลือกในการบำบัดน้ำที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- www.cleantechinvestor.com >...> Ferrate Treatment Technologies LLC ค้นคืนเมื่อวันที่ 23 สิงหาคม 2556
www.ferratetreatment.com/whatisferrate.htm
ค้นคืนเมื่อวันที่ 23 สิงหาคม 2556