

ทางเลือกใหม่ในการกำจัดเชื้อโรคโดยใช้คลอรีนไดออกไซด์ (Chlorine Dioxide, ClO₂)

โดย น.ด.หญิง นันทพร เกาสวรรณ

ระบบฆ่าเชื้อในการผลิตน้ำประปาสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้ความร้อน การใช้รังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet, UV) และการใช้สารเคมี เป็นต้น ทั้งนี้ในการเลือกจะต้องพิจารณาจากคุณภาพของน้ำที่จะนำมาใช้ ขนาดของระบบผลิต รวมถึงความปลอดภัยในระบบที่ใช้ด้วย การใช้สารเคมีเป็นวิธีที่สะดวกและปลอดภัยกว่าวิธีอื่นๆ ในการเลือกใช้สารเคมีจะต้องคำนึงถึงผลผลิตข้างเคียงที่เกิดจากการใช้สารฆ่าเชื้อ (Disinfection by Product, DBP) และปริมาณสารเคมีที่ตกค้าง (residue) สารเคมีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายคือกลุ่มของสารเคมีประเภทสารประกอบของคลอรีน เช่น Calcium hypochlorite, Ca(ClO)₂ เป็นต้น ซึ่งสารประกอบคลอรีนเหล่านี้เมื่อทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำจะเกิด DBP อยู่ในรูปของสารประกอบในกลุ่มของ Trihalomethanes (THMs) และ Dioxin ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งที่รุนแรงชนิดหนึ่ง ระบบการกำจัดเชื้อโรคเป็นระบบที่ต้องการลดปริมาณของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ที่ปนเปื้อนมากับน้ำ ระบบการกำจัดเชื้อโรคเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญที่สุดในกระบวนการผลิตน้ำดื่ม เพราะในน้ำธรรมชาติมีจุลินทรีย์ปนเปื้อนอยู่มาก ทั้งชนิดและปริมาณ ขั้นตอนในการบำบัดน้ำโดยทั่วไป เช่น การกรอง การตกตะกอน ไม่สามารถทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ลดลงได้ การกำจัดเชื้อโรคที่ปนเปื้อนมากับน้ำสามารถทำได้หลายวิธี เช่น ใช้สารเคมีประเภทอัลลัม (Alum) ช่วยให้เกิดการรวมตัวของตะกอน จากนั้นทิ้งให้ตะกอนจมตัวและกรอง พบว่าสามารถกำจัดไวรัส Coxsackie ได้ 95-99% แต่ไวรัสจะถูกรวมอยู่ที่กากตะกอน (sludge) ซึ่งอาจก่อให้เกิดการระบาดของโรคต่อไปได้ หรือใช้การปรับสภาพน้ำให้มีค่า pH สูงทำได้โดยการเติมแคลเซียม ไฮดรอกไซด์ (Ca(OH)₂) จะทำให้น้ำมีค่า pH ประมาณ 10.5 และจะต้องทิ้งไว้นานกว่า 6 ชั่วโมง จึงจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อโรค ประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อโรค ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอีกหลายประการ เช่น ระยะเวลาในการดำเนินการ การปรับสภาพของน้ำก่อนการใช้งาน เป็นต้น

ระบบการกำจัดเชื้อโรคที่ดีควรมีลักษณะดังนี้

1. มีประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อโรคได้หลายชนิด
2. ไม่ทำให้เกิดการปนเปื้อน และเป็นพิษ
3. คุณภาพของน้ำ เช่น pH และอุณหภูมิ ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อโรค
4. ไม่ทำให้คุณภาพน้ำในด้านอื่นๆเปลี่ยนแปลง เช่น กลิ่น และรส
5. สะดวก และปลอดภัยในการใช้งาน
6. บำรุงรักษาง่าย
7. สามารถคงปริมาณอยู่ในน้ำได้ในระยะเวลาหนึ่ง เพื่อป้องกันการกลับมาปนเปื้อนของเชื้อโรค

วิธีที่ใช้ในการกำจัดเชื้อโรค

วิธีที่ใช้ในการกำจัดเชื้อโรคโดยทั่วไปสามารถทำได้หลายวิธีวิธีที่ใช้โดยทั่วไปมีดังนี้

1. การใช้รังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet radiation)

การกำจัดเชื้อโรคโดยใช้รังสีอัลตราไวโอเล็ตได้ถูกนำมาใช้ตั้งแต่ปี 1940 ในการควบคุมการแพร่ระบาดของเชื้อโรค และได้ถูกนำมาใช้ในระบบบำบัดน้ำในเรือบรรทุกผู้โดยสาร ในปัจจุบันการใช้รังสีอัลตราไวโอเล็ตยังไม่ถูกใช้อย่างกว้างขวาง เนื่องจากยังมีการศึกษาผลของผลผลิตข้างเคียงที่เกิดขึ้นไม่มาก



รูปที่ 1 การใช้รังสีอัลตราไวโอเล็ตกำจัดเชื้อโรคในระบบผลิตน้ำประปา

รังสีอัลตราไวโอเล็ตเป็นรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 240-280 นาโนเมตร ความยาวคลื่นที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อโรคมากที่สุดคือ 250 นาโนเมตร การใช้รังสีอัลตราไวโอเล็ตในการกำจัดเชื้อโรค พบว่าไม่ก่อให้เกิดผลผลิตข้างเคียง (by-product) ที่เป็นพิษและสารก่อมะเร็ง ไม่ทำให้เกิดรสและกลิ่น ไม่ต้องการพื้นที่ในการเก็บสารเคมีที่เป็นพิษ มีความปลอดภัยในการใช้สูง ไม่ทำปฏิกิริยากับแอมโมเนีย แต่การใช้การใช้รังสีอัลตราไวโอเล็ตยังไม่เป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูงกว่าการใช้วิธีอื่นมาก แหล่งกำเนิดรังสีอัลตราไวโอเล็ตมีราคาแพง การดูแลรักษามีขั้นตอนมาก ควบคุมขนาดของการใช้ (dose) ที่เหมาะสมยาก และรังสีอัลตราไวโอเล็ตมีระยะเวลาในการคงตัวอยู่ในน้ำได้น้อย

2. การใช้โอโซน (Ozone)

โอโซนได้ถูกใช้เป็นสารกำจัดเชื้อโรคในน้ำครั้งแรกในปี ค.ศ.1893 ที่เมือง Oudshoorn ประเทศเนเธอร์แลนด์ และในปี ค.ศ.1906 ได้ถูกใช้ในการควบคุมคุณภาพน้ำโดยใช้ในการกำจัดรสและกลิ่นของน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ นิวยอร์ก สหรัฐอเมริกาโอโซนเป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่เสถียรเมื่ออยู่ในรูปก๊าซและสารละลาย สลายตัวได้ง่าย มีครึ่งชีวิตประมาณ 20 นาที จึงจำเป็นที่จะต้องมีการผลิตโอโซนในพื้นที่ ที่อุณหภูมิห้องโอโซนมีครึ่งชีวิตอยู่ในช่วง 20-100 ชั่วโมง ความสามารถในการละลายน้ำเท่ากับ 40 มิลลิกรัม/ลิตร ช่วงความเข้มข้นของโอโซนที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อโรคคือ 3-10 มิลลิกรัม/ลิตร โอโซนมีความสามารถในการออกซิไดซ์สูง ปฏิกิริยาการสลายตัวของโอโซนเป็นปฏิกิริยาที่ซับซ้อน



รูปที่ 2 การใช้โอโซนกำจัดเชื้อโรคในระบบผลิตน้ำประปา

ปัจจัยที่ควบคุมการสลายตัวของโอโซน คือ pH, อุณหภูมิ, ปริมาณสารอินทรีย์ และสารประกอบอนินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำ การใช้โอโซนในการกำจัดเชื้อโรคไม่ก่อให้เกิดผลผลิตข้างเคียงที่เป็นอันตรายตกค้าง ไม่ทำปฏิกิริยากับแอมโมเนีย โอโซนยังสามารถใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้ โดยจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ในน้ำ ทำให้ค่า BOD5 และค่า COD ลดลง ใช้ในการบำบัดสี และกลิ่นของน้ำเสีย โอโซนมีประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อโรคดีกว่าการใช้วิธีอื่นๆ แต่การใช้โอโซนในการกำจัดเชื้อโรคเป็นเทคนิคที่มีค่าใช้จ่ายสูงมากเมื่อเทียบกับการใช้วิธีอื่นๆ และจะต้องมีการผลิตโอโซนในพื้นที่ที่ทำให้ขาดความสะดวกในการดำเนินการ การบำรุงและดูแลรักษาค่อนข้างยุ่งยากและซับซ้อน ดังนั้นการใช้โอโซนในการกำจัดเชื้อโรคจึงยังไม่ถูกใช้อย่างกว้างขวางนัก

3. การใช้คลอรีนและสารประกอบของคลอรีน

คลอรีนได้ถูกใช้ในการกำจัดเชื้อโรคในน้ำครั้งแรกในปี ค.ศ.1908 ที่ Bubbly Creek นิวเจอร์ค สหรัฐอเมริกา และได้ถูกใช้อย่างกว้างขวางในเวลาต่อมา คลอรีนและสารประกอบของคลอรีนที่ใช้ในการกำจัดเชื้อโรคมียหลายชนิด ประสิทธิภาพคลอรีนและสารประกอบของคลอรีนในการกำจัดเชื้อโรคจะถูกเปรียบเทียบในเทอมของ Available Chlorine เป็นการเปรียบเทียบความสามารถในการออกซิไดซ์ โดยพิจารณาจากการเกิดปฏิกิริยากับไอโอดีน (I₂) ดังสมการ



กำหนดให้ก๊าซคลอรีน (Cl₂) เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์กับไอโอดีน (I₂) และ Available Chlorine อยู่ในรูปของเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของก๊าซคลอรีน Cl₂ (มวลโมเลกุล=70.91) ดังนั้น

$$\% \text{ Available Chlorine} = n \text{ MWc} \times 100 \text{ Mwa}$$

n คือ จำนวนโมลของไอโอดีนที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยา

MWa คือ มวลโมเลกุลของสารประกอบคลอรีน

MWc คือ มวลโมเลกุลของคลอรีน = 70.91

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่า % Available Chlorine ของสารประกอบคลอรีนชนิดต่างๆ

สารประกอบคลอรีน	% Available Chlorine
Chlorine, Cl ₂	100 (โดยค่าจำกัดความ)
Bleaching powder	35-37
Calcium Hypochlorite, Ca(OCl) ₂	99.2
Sodium Hypochlorite, NaOCl	95.2
Chlorine Dioxide, ClO ₂	263.0
Trichloroisocyanuric Acid	91.5
Dichloroisocyanuric Acid	71.7
Sodium Dichloroisocyanurate	64.5

3.1 ก๊าซคลอรีน (Cl₂) เมื่ออยู่ในสถานะก๊าซจะมีสีเขียวอ่อน มีความหนาแน่น 3.21 กรัม/ลิตร (ที่ 0 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ) มีกลิ่นฉุน ระคายเคืองต่อเยื่อตา ระบบทางเดินหายใจ ผิวหนัง ละลายน้ำได้ 5.6 กรัม/ลิตร (ที่ 30 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ) ไม่สะดวกในการใช้งาน เพราะจะต้องมีอุปกรณ์ติดตั้งบริเวณที่มีการใช้งาน



รูปที่ 1 การใช้คลอรีนในระบบประปา

3.2 สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl solution) ไม่เสถียร สลายตัวได้ง่ายที่ความเข้มข้นสูง มีครึ่งชีวิต 60-1700 วันขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลาย ปลอดภัยในการใช้งานแต่ต้องใช้ในปริมาณมาก จึงต้องมีพื้นที่ในการเก็บรักษา ทำให้ไม่เป็นที่นิยมใช้ เมื่ออยู่ในน้ำเกิดปฏิกิริยาดังสมการ



รูปที่ 2 บริเวณที่เก็บโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl)

3.3 แคลเซียมไฮโปคลอไรท์ (Ca(OCl)₂) สะดวกในการใช้งาน ไม่เสื่อมสภาพง่ายถ้ามีการเก็บรักษาที่ดี เป็นที่นิยมใช้อย่างกว้างขวาง แคลเซียมไฮโปคลอไรท์สามารถละลายน้ำได้ 23.4 กรัม/100 มิลลิลิตร ที่ 40 องศาเซลเซียส เมื่ออยู่ในน้ำเกิดปฏิกิริยาดังสมการ





รูปที่ 3 แคลเซียมไฮโปคลอไรท์ (Ca(OCl)₂)

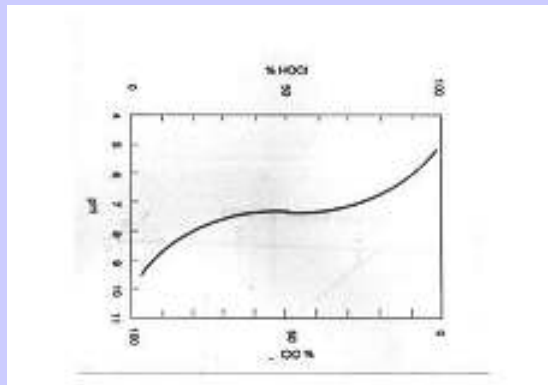
ประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อโรคของสารประกอบคลอรีนขึ้นอยู่กับรูปแบบทางเคมีซึ่งจะสามารถเปลี่ยนรูปได้ตามสภาวะต่างๆที่เปลี่ยนไป เช่น pH, อุณหภูมิ, ปริมาณสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำ และคุณภาพน้ำในด้านอื่นๆ ก๊าซคลอรีนเมื่อละลายน้ำจะถูกไฮโดรไลซ์เป็นกรดไฮโปคลอรัส (HOCl) และกรดไฮโดรลิก ดังสมการ



ปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และถูกควบคุมโดย pH ของสารละลาย โดยในสภาวะที่ pH น้อย กรดไฮโปคลอรัสจะแตกตัวเป็น ไฮโปคลอไรท์อ็อกไซด์ (OCl⁻) ดังสมการ



ปริมาณของกรดไฮโปคลอรัสและไฮโปคลอไรท์อ็อกไซด์จะแปรเปลี่ยนตาม pH ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณของกรดไฮโปคลอรัสและไฮโปคลอไรท์อ็อกไซด์ เมื่อ pH เปลี่ยนแปลง

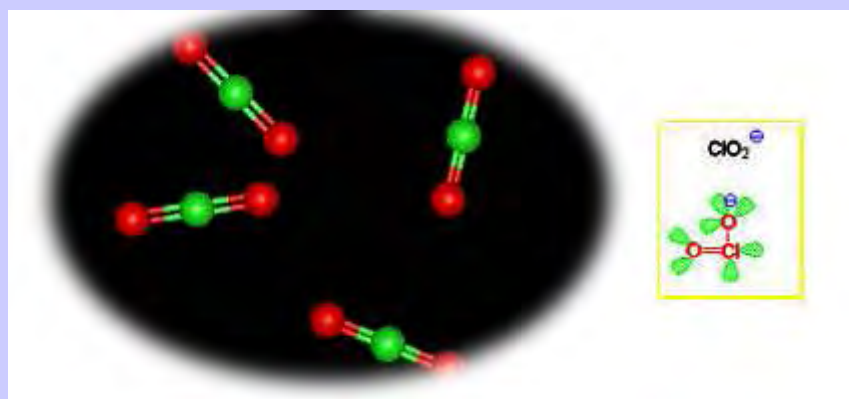
กรดไฮโปคลอรัสมีประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อโรคดีกว่าไฮโปคลอไรท์อ่อน ประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อโรคจะลดลงเมื่อ pH เพิ่มขึ้น กรดไฮโปคลอรัส 1 มิลลิกรัม/ลิตรในเวลาไม่น้อยกว่า 30 นาที มีประสิทธิภาพในการกำจัดแบคทีเรียได้มากกว่า 99 เปอร์เซ็นต์ การเลือกสารประกอบคลอรีนที่ใช้กำจัดเชื้อโรคต้องพิจารณาถึง ขนาดของและ ที่ตั้งของระบบ ความสะดวกและความปลอดภัยในการใช้งาน รวมถึงผลผลิตข้างเคียงที่เกิดขึ้นจากการใช้สารกำจัดเชื้อโรค (Disinfection by product, DBP) การใช้สารประกอบคลอรีนในการกำจัดเชื้อโรคจะทำให้เกิด DBP ที่เป็นสารก่อมะเร็งในกลุ่มของ Trihalomethanes, THMs ซึ่งมีมากมายหลายชนิด เช่น chloroform, dichloromethane, bromodichloromethane, bromoform, 1,2-dichloroethane, carbon tetrachloride ซึ่ง USEPA 1998 กำหนดให้ TTHMs, Total Trihalomethanes มีปริมาณการปนเปื้อนต่ำสุด (Maximum Contaminant Level, MCL) ได้ไม่มากกว่า 0.080 มิลลิกรัม/ลิตร จึงทำให้เกิดการพัฒนาการใช้สารประกอบคลอรีนในรูปแบบอื่นในการกำจัดเชื้อโรค เช่น การพัฒนาการใช้คลอรีนไดออกไซด์ (ClO₂) เป็นต้น

4. การใช้คลอรีนไดออกไซด์ (ClO₂)

คลอรีนไดออกไซด์ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางเป็นสารฟอกขาวในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ และในปี 1944 คลอรีนไดออกไซด์ได้ถูกใช้เป็นสารควบคุมกลิ่นและรส ในนิวยอร์ก สหรัฐอเมริกา และในปัจจุบันได้ถูกใช้ในการกำจัดเชื้อโรคอย่างกว้างขวาง ทั้งในยุโรปและอเมริกา คลอรีนไดออกไซด์ไม่เสถียรเมื่ออยู่ในสถานะก๊าซ มีจุดเดือดที่ 11 องศาเซลเซียส มีกลิ่นฉุนคล้ายกลิ่นคลอรีน คลอรีนไดออกไซด์เหลวเกิดระเบิดได้เมื่อมีอุณหภูมิมากกว่า -40 องศาเซลเซียส และเมื่อมีความเข้มข้นมากกว่า 11 เปอร์เซ็นต์ในอากาศ เมื่อละลายน้ำจะได้สารละลายสีเหลือง ค่อนข้างเสถียรเมื่อเป็นสารละลาย CHLORINE DIOXIDE



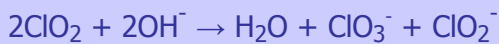
รูปที่ 5, 6 แสดงโครงสร้างของคลอรีนไดออกไซด์ ClO₂



คลอรีนไดออกไซด์มีประสิทธิภาพในการออกซิไดซ์มากกว่าก๊าซคลอรีน (Cl₂) 2.5 เท่า แต่เนื่องจากคลอรีนไดออกไซด์เกิดการระเหิดได้ง่าย เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเล็กน้อย และสัมผัสกับสารอินทรีย์ ไม่สามารถเก็บรักษาได้อย่างปลอดภัย ไม่สะดวกในการขนส่ง เมื่อต้องการใช้ จึงจำเป็นต้องมีการผลิตในพื้นที่ที่ใช้งาน โดยวิธีเตรียมคลอรีนไดออกไซด์ที่ใช้ทั่วไปมี 2 วิธีคือ จากโซเดียมคลอไรด์ทำปฏิกิริยากับก๊าซคลอรีน และโซเดียมคลอไรด์ทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริก หรือกรดซัลฟูริก เกิดปฏิกิริยาดังสมการ



เมื่ออยู่ในสารละลายที่มีสภาวะเป็นเบส คลอรีนไดออกไซด์จะเกิดการแตกตัวได้ คลอไรต์ไอออน (ClO₂⁻) และ คลอเรทไอออน (ClO₃⁻) ดังสมการ



การเกิดผลผลิตข้างเคียงที่เป็นคลอไรต์ไอออน (ClO₂⁻) และ คลอเรท ไอออน(ClO₃⁻) เป็นข้อจำกัดของการใช้คลอรีนไดออกไซด์ในการกำจัดเชื้อโรคเนื่องจาก USEPA 1998 กำหนดให้มีการปนเปื้อนต่ำสุดของคลอไรต์ (Maximum Contaminant Level, MCL) ได้ไม่มากกว่า 1.0 มิลลิกรัม/ลิตร จึงต้องมีการควบคุมและพัฒนการใช้คลอรีนไดออกไซด์ในการกำจัดเชื้อโรค เพื่อลดการเกิดคลอไรต์ ประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อโรคของคลอรีนไดออกไซด์จะขึ้นอยู่กับ pH และ อุณหภูมิของสารละลาย โดยจะเพิ่มขึ้นเมื่อ pH เพิ่มขึ้นและอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ช่วงของ pH ที่เหมาะสมในการกำจัดเชื้อโรคคือ pH อยู่ระหว่าง 5-9 มีประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อโรคดีกว่าการใช้คลอรีนและสารประกอบคลอรีนชนิดอื่น ไม่ทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์เกิดเป็นผลผลิตข้างเคียงที่เกิดขึ้นจากการใช้สารกำจัดเชื้อโรค (Disinfection by product, DBP)ในกลุ่มของ Trihalomethanes, THMs จึงมีการใช้คลอรีนไดออกไซด์ในการกำจัดเชื้อโรคเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดย FDA อนุญาตให้มีการใช้คลอรีนไดออกไซด์เป็นสารกำจัดเชื้อโรคในอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็ง กำหนดให้มีคลอรีนไดออกไซด์เหลือตกค้างในอาหารได้ไม่มากกว่า 3 มิลลิกรัม/ลิตร และยังมีการพัฒนาการใช้คลอรีนไดออกไซด์ในกระบวนการกำจัดเชื้อโรคของเวชภัณฑ์อีกด้วย

เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของวิธีที่ใช้ในการกำจัดเชื้อโรคได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของวิธีที่ใช้ในการกำจัดเชื้อ

ข้อพิจารณา	Cl2	O3	ClO2	UV
อุปกรณ์	ดี	ดี	ดี	ค่อนข้างดี
ความซับซ้อนของเทคโนโลยี	ไม่ซับซ้อน	ซับซ้อน	ค่อนข้างซับซ้อน	ค่อนข้างซับซ้อน
ความปลอดภัย	ปลอดภัย	ค่อนข้างปลอดภัย	ปลอดภัย	ค่อนข้างปลอดภัย
ประสิทธิภาพในการกำจัดแบคทีเรีย	ดี	ดี	ดี	ดี
ประสิทธิภาพในการกำจัดไวรัส	ค่อนข้างดี	ดี	ค่อนข้างดี	ดี
การเกิดผลผลิตข้างเคียง	มี	ค่อนข้างน้อย	ค่อนข้างน้อย	ไม่มีการศึกษา
การเกิดปฏิกิริยากับแอมโมเนีย	เกิดปฏิกิริยา	ไม่เกิดปฏิกิริยา	ไม่เกิดปฏิกิริยา	ไม่เกิดปฏิกิริยา
อิทธิพลของ pH	มีผลมาก	มีผลเล็กน้อย	มีผลเล็กน้อย	ไม่มีผล
ระบบควบคุม	ดี	ต้องปรับปรุง	ต้องปรับปรุง	ต้องปรับปรุง
การบำรุงรักษา	น้อย	มาก	ปานกลาง	มาก
การคงตัวของสาร	นาน	ไม่มี	ปานกลาง	ไม่มี

ตัวอย่างของการใช้คลอรีนไดออกไซด์เป็นสารฆ่าเชื้อ (Disinfection) มีดังนี้

1. กำจัดเชื้อโรคในอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ไม่สามารถทำการทำได้ด้วยความร้อน หรืออุปกรณ์ที่ไม่สามารถฆ่าเชื้อได้โดยง่าย เช่น เป็นท่อขนาดเล็ก ไม่สามารถโค้งงอได้
2. ควบคุมปริมาณแบคทีเรียในผลิตผลทางการเกษตร เช่น Green pepper นาที่ สามารถควบคุมปริมาณแบคทีเรียที่อยู่บนผิวของ Green pepper ได้อย่างมีประสิทธิภาพกว่าการใช้น้ำทำความสะอาดตามปกติ



รูปที่ 7 การใช้คลอรีนไดออกไซด์ความเข้มข้นที่เหมาะสมที่เรียกในผลิตผลทางการเกษตร

3. ในประเทศสวีเดนได้มีการใช้คลอรีนไดออกไซด์เป็นสารฆ่าเชื้อในน้ำดื่ม และมีการศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นในสตรี ที่มีความแตกต่างกันของสารเคมีที่นำมาใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อในน้ำดื่ม พบว่า กลุ่มสตรีที่อาศัยอยู่ในบริเวณที่มีการใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์เป็นสารฆ่าเชื้อในน้ำดื่มมีสถิติที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในเรื่องของ ระยะเวลาในการตั้งครรภ์ที่สั้น ทารกที่เกิดมีน้ำหนักตัวที่น้อย ลำตัวสั้น มีวงรอบศีรษะเล็กกว่าปกติ ซึ่งผลดังกล่าวไม่ชัดเจนในกลุ่มสตรีที่อาศัยอยู่ในบริเวณที่มีการใช้คลอรีนไดออกไซด์เป็นสารฆ่าเชื้อในน้ำดื่ม
4. ใช้คลอรีนไดออกไซด์ในการฆ่าเชื้อในอาหารทะเลแช่แข็ง พบว่าการใช้สารละลายคลอรีนไดออกไซด์ในการเก็บรักษามีปริมาณแบคทีเรียน้อยกว่าในส่วนที่ไม่ได้ใช้สารละลายคลอรีนไดออกไซด์ แต่พบว่าเนื้อปลาที่ผ่านกระบวนการจะมีสีผิวซีดจางลง เล็กน้อยและบริเวณเหงือกมีสีคล้ำ
5. ใช้คลอรีนไดออกไซด์ในการปรับปรุงคุณภาพของน้ำบาดาลที่มีรสกร่อย และมีกลิ่นของก๊าซไฮเน่า สามารถกำจัดกลิ่นได้อย่างสมบูรณ์ แต่พบว่ามี DBP เกิดขึ้น คือ chlorite และ chlorate ซึ่งมีปริมาณเกินกำหนด
6. ใช้คลอรีนไดออกไซด์เป็นส่วนผสมของน้ำยาบ้วนปาก เสพริยก่าจัดกลิ่นปาก ยาสีฟัน สามารถลดปัญหากลิ่นปากได้

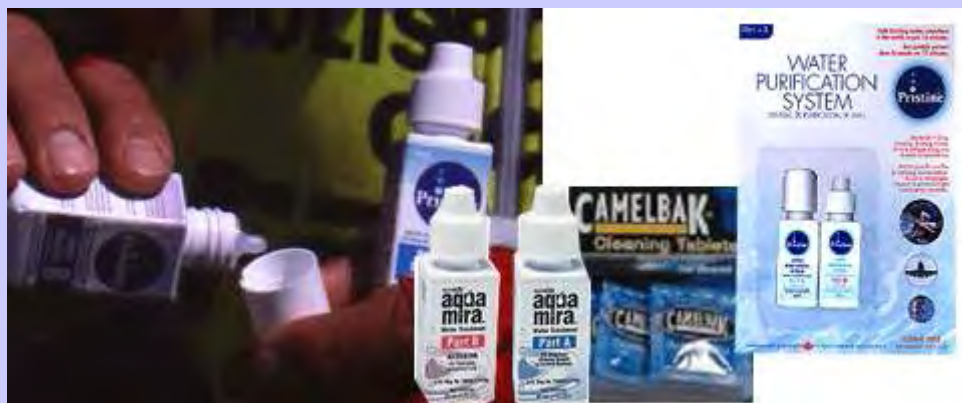


รูปที่ 8 เสพริยก่าจัดกลิ่นปาก ยาสีฟัน และน้ำยาบ้วนปาก

7. ใช้ในการควบคุมการเกิดและการกระจายของเชื้อรา โดยการใช้สารละลายคลอรีนไดออกไซด์ ทำความสะอาดหนังสือที่มีเชื้อราเกิดขึ้น และอุปกรณ์ในห้องสมุด พบว่าคลอรีนไดออกไซด์มีผลกระทบระยะยาวต่อสุขภาพในด้านการเป็นสารก่อมะเร็งน้อยกว่าการใช้สารชนิดอื่น
8. มีการใช้คลอรีนไดออกไซด์ทดแทนการใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์เป็นสารกำจัดเชื้อโรคในอุตสาหกรรมอาหาร
9. ใช้คลอรีนไดออกไซด์เป็นส่วนผสมในกระดาษเช็ดเปียก
10. ใช้คลอรีนไดออกไซด์ทดแทนการใช้ไอโอดีนในการกำจัดเชื้อโรคแบบพกพา



รูปที่ 9 กระดาษเช็ดเปียกที่มีส่วนผสมของคลอรีนไดออกไซด์



รูปที่ 10 ใช้คลอรีนไดออกไซด์ในการกำจัดเชื้อโรคแบบพกพา



รูปที่ 11 ใช้คลอรีนไดออกไซด์ในอุตสาหกรรมการทำน้ำสะอาดขวด

จะเห็นว่าคลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2) มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อได้ดีและรวดเร็ว สามารถใช้ในช่วง pH ที่กว้าง ไม่ก่อให้เกิด DBP ที่เป็นพิษ ไม่ทำให้เกิดการกัดกร่อน (corrosion) ก๊าซคลอรีนไดออกไซด์ เป็นก๊าซที่ไม่เสถียร สลายตัวได้ง่ายที่ความเข้มข้นสูงสามารถระเบิดได้เมื่อสัมผัสความร้อน แสงหรือ เปลวไฟ ไม่ปลอดภัยในการเก็บรักษา ในระบบการผลิตก๊าซคลอรีนไดออกไซด์ที่ใช้ในกระบวนการฆ่าเชื้อในระบบประปาที่มีขนาดใหญ่จะต้องมีอุปกรณ์ที่ซับซ้อนและมีค่าใช้จ่ายสูง หากมีน้ำ ก๊าซคลอรีนไดออกไซด์มาใช้ในระบบฆ่าเชื้อทดแทนการใช้สารประกอบคลอรีน ควรจะต้องพิจารณาใช้ในระบบที่มีขนาดเล็กสามารถใช้ได้อย่างสะดวกและปลอดภัย หรือมีกระบวนการในการควบคุมการผลิต และปลดปล่อยให้เป็นไปตามต้องการทั้งในปริมาณและระยะเวลาที่ต้องการ โดยใช้โพลีเมอร์บางชนิดเป็นตัวควบคุมการผลิตและปลดปล่อย

ที่มา <http://www.navy.mi.th/science/Webpage/newdocument/clo2.htm>