คำแนะนำทางวิชาการในการแก้ไขปัญหาน้ำประปา แยกตามพารามิเตอร์ที่ตรวจพบ

ปัญหาที่พบ	ผลต่อสุขภาพ	ข้อเสนอแนะ
1.ความเป็นกรด-ด่าง (pH) 6.5–8.5	ความเป็นกรด-ด่าง จะมีค่าตั้งแต่ 0-14 ค่าต่ำกว่า 7 หมายถึงสภาพเป็นกรด ถ้ามีค่าเท่ากับ 7 แสดงว่าน้ำนั้นมีค่าเป็นกลาง แต่ถ้าสูงกว่า 7 แสดงว่าน้ำนั้นเป็นด่าง ภาวะความเป็นกรด-ด่างของน้ำ มีผลต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตและปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น ถ้าความเป็นกรด-ด่าง ไม่อยู่ระหว่าง 6.5-8.5 คือ น้ำมีค่า pH ต่ำมากจะทำให้เกิดปัญหาการกัดกร่อนโลหะ เช่น ระบบท่อจ่ายน้ำ ในท่อโลหะ เป็นต้น แต่การที่น้ำมีค่า pH สูง ๆ กลับไม่ค่อยมีผลเสียอย่างชัดเจน ร้ายแรงเท่าใดนัก ในการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีนให้มีประสิทธิภาพ ควรมี pH น้อยกว่า 8 ถ้าบริโภคน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่างสูง จะมีผลต่อการทำงานของระบบการย่อยอาหาร และอาจเป็นอันตรายต่อเยื่อบุทางเดินอาหารได้	แก้ไขได้โดย ถ้าค่า pH เป็นกรด ให้เติมโซเดียมคาร์บอเนต (Sodium Carbonate) หรือ โซดาแอช (Soda Ash) หรือน้ำปูนขาวชนิดใช้ผลิตน้ำประปา ที่กรองเอาเฉพาะน้ำส่วนใสลงไปในน้ำที่เป็นกรด เพื่อปรับสภาพเพิ่มค่าความด่างให้น้ำ วัด pH ปรับให้อยู่ระหว่าง 6.5-8.5 แล้วค่อยนำมาใช้ อีกกรณีคือ น้ำต้นท่อมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แต่น้ำปลายท่อเป็นกรด แสดงว่ามีสารเคลือบท่อลอยออกมาปนกับน้ำ ทำให้เกิดสภาพเป็นกรด ต้องสำรวจท่อประปาแล้วเปลี่ยนท่อใหม่ การแก้ไขความเป็นด่าง แก้ไขโดยให้เติมกรดเกลือ (HCl) ลงไปแล้วปรับ pH ให้อยู่ระหว่าง 6.5-8.5 ก่อนนำมาใช้ <u>หมายเหตุ</u> ถ้าค่า pH เป็นกรด เนื่องจากใช้กระบวนการกรอง RO จัดว่าเป็นกรดที่เกิดจาก CO_2 ในอากาศละลายลงในน้ำ ด้วยคุณสมบัติความเป็น Buffer ของน้ำหมดไปจากการกรอง ค่า pH เป็นกรดนี้มีผลกระทบต่อสุขภาพน้อย แต่เนื่องจากมาตรฐานกำหนดไว้ pH = 6.5-8.5 ดังนั้นควรหารือทางผู้ผลิตเครื่องกรอง RO ถึงแนวทางแก้ไข ว่าจะมีกลไกกระบวนการปรับปรุงอย่างไร เช่น การเพิ่มไส้กรอง Post carbon หลังจากผ่าน RO การพ่นอากาศสะอาดในน้ำเพื่อไล่ CO_2 เป็นต้น เพื่อให้เครื่องกรองสามารถผลิตน้ำให้ได้ค่า pH ตามมาตรฐาน
2. สีปรากฏ ไม่เกิน 15 แพลตตินัมโคบอลท์	สีของน้ำ เกิดจากสารละลายของสารอินทรีย์วัตถุ เช่น ต้นหญ้า พืชน้ำ หรือใบไม้ที่เน่าเปื่อย ทำให้น้ำมีสีเหมือนสีชาหรือสีน้ำตาลปนแดง ทำให้น้ำไม่น่าดื่ม เป็นที่น่ารังเกียจต่อการบริโภค และมีความยุ่งยากในกระบวนการผลิตน้ำประปา คนส่วนใหญ่มองเห็นสีที่ มากกว่า 15 TCU ระดับของสีที่ต่ำกว่า 15 TCU จึงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ค่าสีที่สูงจากสารอินทรีย์ธรรมชาติ เช่น กรดฮิวมิคทำให้เกิด By-products จากกระบวนการฆ่าเชื้อโรค	แก้ไขโดย ให้น้ำผ่านไปยังชั้นกรองผงถ่าน หรือเครื่องกรอง Activated carbon ชนิดเกล็ด และผงทรายกรองก่อนนำไปบริโภค กรณีน้ำประปาต้นท่อไม่มีสี แต่น้ำประปาปลายท่อมีสีอาจเป็นเพราะสารเคลือบท่อหลุดออกมาทำให้น้ำมีสี ควรเปลี่ยนท่อน้ำใหม่
3. ความขุ่น ไม่เกิน 5 NTU	ความขุ่นของน้ำมีความสำคัญต่อปัญหาทางด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม ในด้านความน่าดื่มน่าใช้ เพราะส่วนใหญ่มนุษย์มักนิยมใช้น้ำที่สะอาด เมื่อเห็นน้ำมีความขุ่นมักจะเข้าใจว่าน้ำนั้นคงได้รับการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรก นอกจากนี้ความขุ่นของน้ำยังมีความสำคัญต่อความสามารถของเครื่องกรองน้ำ เพราะถ้าน้ำมีความขุ่นมากอายุการใช้งานของเครื่องกรองก็จะย่อมสั้น อาจพังไม่สามารถใช้การได้ ต้องทำการล้างเครื่องกรองถี่กว่าปกติ	แก้ไขโดย ให้น้ำไหลลงบ่อตกตะกอน หรือสระพักน้ำ ทิ้งให้ตกตะกอนตามธรรมชาติ หรือลดความเร็วในการไหลของน้ำ ก่อนเข้าระบบปรับปรุง เพื่อให้ตะกอนหนักตกลง ลดความขุ่นในน้ำที่จะเข้าไปสู่ระบบปรับปรุงคุณภาพต่างๆ ใช้สารส้มทำให้เกิดการตกตะกอนก่อน แล้วให้น้ำผ่านไปยังระบบทรายกรองเพื่อกรองเอาตะกอนออก กรณี

ปัญหาที่พบ	ผลต่อสุขภาพ	ข้อเสนอแนะ
	และความขุ่นจะทำให้เกิดปัญหาต่อการใช้สารทำลายเชื้อโรค ไม่สามารถสัมผัสกับเชื้อโรคเป็นผลให้ประสิทธิผลในการทำลายเชื้อโรคในน้ำไม่ดีเท่าที่ควร ความขุ่นที่สูงจะลดประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน ความขุ่นที่ 1 NTU จะทำให้ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีนดี แต่ยากในทางปฏิบัติ ความขุ่นที่ 4 NTU จะทำให้ไม่เกิดความรู้สึกน่ารังเกียจของผู้บริโภค (ไม่สามารถสังเกตความขุ่นด้วยตาเปล่า) ความขุ่นที่ 5 NTU เป็นค่าที่ประปาขนาดเล็กสามารถทำได้ WHO แนะนำสำหรับประปา อปท./หมู่บ้าน ซึ่งมีทรัพยากรจำกัด	น้ำประปาต้นท่อไม่ขุ่นแต่น้ำประปาปลายท่อขุ่น อาจเป็นเพราะมีสารเคลือบท่อหลุดออกมาทำให้น้ำขุ่นจึงควรเปลี่ยนท่อน้ำใหม่ หรือ นำน้ำผ่านเข้าเครื่องกรองชนิดไส้กรอง Sediment filter หรือไส้กรอง Polypropylene หรือไส้กรอง 5 ไมครอน
4. ความกระด้าง ไม่เกิน 300 มก/ล.	● ไม่มีผลต่อสุขภาพมากนัก แต่ถ้าบริโภคไปนาน ๆ อาจทำให้เกิดนิ่วในกระเพาะปัสสาวะ ● มีผลต่อการซักล้างทำให้เปลืองสบู่/ผงซักฟอก ● ทำให้เกิดตะกรันหม้อไอน้ำ อุปกรณ์ถ่ายเทความร้อน (Condenser) ท่อต่าง ๆ ซึ่งทำให้การถ่ายเทความร้อนไม่สะดวก ก่อให้เกิดความร้อนสูงเฉพาะจุด เป็นเหตุให้อุปกรณ์ต่าง ๆ เสียหายได้ ● ตั้งน้ำทิ้งไว้จะมีฝ้าลอยอยู่บนผิวหน้า และความกระด้างทำให้น้ำมีรสเฝื่อน ส่งผลต่อการยอมรับน้ำดื่ม และความรู้สึกผู้ใช้น้ำ	แก้ไขโดย ถ้าเป็นความกระด้างชั่วคราว (เกลือคาร์บอเนต ไบคาร์บอเนตของแคลเซียมหรือแมกนีเซียม) แก้ไขโดยการต้ม ถ้าเป็นความกระด้างถาวร (เกลือคลอไรด์ และเกลือซัลเฟตของแคลเซียม) แก้ไขโดยการเติมปูนขาว แคลเซียมไฮดรอกไซด์ $Ca(OH_2)$ หรือโซดาแอซ (โซเดียมคาร์บอเนต Na_2CO_3) หรือโซดาไฟ (โซเดียมไฮดรอกไซด์ NaOH) เพื่อให้เกิดการตกตะกอนของแคลเซียมและแมกนีเซียม และใส่สารส้ม เพื่อให้ตะกอนที่เกิดขึ้นรวมตัวกันและจับตัวเป็นก้อนตะกอนได้เร็วยิ่งขึ้น แล้วกรองตะกอนออก หรือแก้ไขโดยให้น้ำผ่านกรองเรซิน (Cation Exchange Resin) ซึ่งสามารถแลกเปลี่ยนอนุมูลบวกก่อนนำมาใช้ เมื่อเรซิ่นทำการจับประจุจนอิ่มตัวแล้ว ต้องฟื้นฟูสภาพ (Regeneration) ด้วยการใช้เกลือบริสุทธิ์ 10% แช่นาน 45 -60 นาที และล้างให้หมดความเค็มด้วยน้ำสะอาด สำหรับเรซิ่นประจุบวก หรือ Cation Resin Na^+ Form และ HCl Cation Resin H^+ Form ใช้งานในการดึงไอออนประจุบวกออกจากน้ำ ส่วนเรซิ่นประจุลบ หรือ Anion Resin ใช้ดึงไอออนลบออกจากน้ำนั้น เราใช้ NaOH หรือ โซดาไฟ มาทำการฟื้นฟูสภาพ การปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยผ่านกรองเรซิ่น ไม่เหมาะกับน้ำที่มีค่าคลอไรด์สูงๆ เพราะน้ำที่ผ่านเรซินแล้วอาจเค็ม รวมถึงน้ำที่มีคลอรีน 1 ppm. จะทำให้เรซิ่นหมดสภาพได้
5.ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) ไม่เกิน 500 มก./ล.	เนื่องจากน้ำที่มี TDS สูง จะส่งผลให้น้ำมีรสชาติเฝื่อน แสดงถึงการมีแร่ธาตุละลายอยู่มาก การบริโภคน้ำดื่มที่มี TDS สูงอาจทำให้เกิดนิ่วในกระเพาะปัสสาวะ และการที่ในน้ำมีปริมาณของแข็งละลายทั้งหมดอยู่ระหว่าง 900-1,200 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้น้ำมีรสชาติไม่ดี และถ้า	แก้ไขโดย ใช้สารส้มทำให้เกิดการตกตะกอนก่อน แล้วผ่านน้ำไปบนทรายกรอง เพื่อกรองตะกอนออกก่อนนำมาใช้ หรือแก้ปัญหาโดยให้น้ำผ่านกรองเรซิ่น ซึ่งสามารถแลกเปลี่ยนอนุมูลลบ หรือให้น้ำผ่านเครื่องกรองน้ำระบบ Reverse Osmosis (RO) ก่อนนำมาใช้ หรือ

ปัญหาที่พบ	ผลต่อสุขภาพ	ข้อเสนอแนะ
	มากกว่า 1,200 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้รสชาติของน้ำไม่เป็นที่ยอมรับที่จะใช้ในการบริโภค	ถ้าน้ำมีค่าคลอไรด์ หรือ ฟอสเฟตละลายอยู่ปริมาณสูงมาก ไม่คุ้มค่าที่จะปรับปรุงเพื่อการบริโภค ควรพิจารณาให้เป็นน้ำใช้ และหาแหล่งน้ำอื่นทดแทน
6. ซัลเฟต ไม่เกิน 250 มก./ล.	ถ้าน้ำมีซัลเฟตมากจะเกิดสภาพน้ำกระด้างถาวรเป็นตะกรันในหม้อต้ม ถ้าพบปนเปื้อน >250 mg/l จะมีผลต่อรสชาติของน้ำ และถ้าปริมาณสูง 1,000 – 1,200 mg/l อาจส่งผลให้เกิดการระบายท้องได้	แก้ไขโดย การกำจัดซัลเฟต ทำให้โดยการให้น้ำผ่านเรซิ่น (Anion Exchange Resin) ซึ่งสามารถแลกเปลี่ยนอนุมูลลบ ก่อนนำมาใช้ แต่กรณีน้ำต้นท่อไม่พบปริมาณซัลเฟตเกินมาตรฐานแต่น้ำปลายท่อพบปริมาณซัลเฟตเกินมาตรฐาน อาจเป็นเพราะสารเคลือบท่อหลุดออกมา หรือท่อแตกร้าวทำให้สารในดินปนเปื้อนเข้าไปได้ สำหรับพื้นที่ที่มีแร่โปแตสเซียมสูง มักจะมีปริมาณซัลเฟตสูงด้วย ควรพิจารณาหาแหล่งน้ำอื่นทดแทน
7. คลอไรด์ ไม่เกิน 250 มก./ล.	ไม่มีข้อมูลที่บ่งชี้ปริมาณคลอไรด์ในน้ำดื่มว่าจะเกิดผลเสียต่อสุขภาพ ถ้ามีปริมาณคลอไรด์ในน้ำมากกว่า 250 มิลลิกรัมต่อลิตร Cl จะทำปฏิกิริยารวมตัวกับ Na เกิดเป็น NaCl ทำให้น้ำมีรสเค็มและกร่อย ไม่น่าบริโภค ส่งผลต่อการยอมรับน้ำดื่ม และอาจกัดกร่อนโลหะในระบบท่อจ่ายน้ำทำให้โลหะในน้ำมีปริมาณเพิ่มขึ้น	แก้ไขโดย ให้เพิ่มระบบทรายกรองในระบบประปา หรือแก้โดยให้น้ำผ่านเรซิ่น (Anion Exchange Resin) ซึ่งสามารถแลกเปลี่ยนอนุมูลลบ ก่อนนำมาใช้ หรือใช้การกรองระบบ RO (Reverse Osmosis)
8. ไนเตรท ไม่เกิน 50 มก./ล.	ไนเตรท เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียบางชนิด มีผลต่อสุขภาพอนามัยโดยในหญิงตั้งครรภ์ ทำให้คลอดก่อนกำหนดและมีโอกาสแท้งได้ ส่วนในทารกจะทำให้ร่างกายขาดออกซิเจน มีอาการตัวเขียวซึ่งเรียกว่าโรค baby Blue หรือ Methemoglobinemia และอาจทำให้ถึงแก่ความตายได้ สารตัวนี้จะเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยา Chloramination (แอมโมเนียทำปฏิกิริยากับคลอรีน) จะช่วยเร่งให้เกิด Nitrification (NH_3 --> NO_2 จากนั้น NO_2 --> NO_3 ในระบบจ่ายน้ำ) หากไม่มีการควบคุมปริมาณจะส่งผลกระทบต่อการกัดกร่อนท่อส่งน้ำ และความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งได้	แก้ไขโดย ให้น้ำผ่านเรซิ่น (Anion Exchange Resin) ซึ่งสามารถแลกเปลี่ยนอนุมูลลบก่อนนำมาใช้ เรียกเทคนิคนี้ว่า Ion exchange โดยต้องปรับอัตราการไหลของน้ำให้อยู่ในระดับต่ำ เพื่อให้เรซิ่นสามารถจับไนเตรทได้ และพิจารณาหาแหล่งน้ำอื่นสำรอง เพื่อให้มีน้ำเพียงพอต่อการใช้ หรือให้น้ำผ่านเครื่องกรองน้ำระบบ Reverse Osmosis (RO) จะสามารถลดปริมาณไนเตรทได้
9. ฟลูออไรด์ ไม่เกิน 0.7 มก./ล.	ฟลูออไรด์ในระดับ 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตรในน้ำช่วยป้องกันโรคฟันผุได้ดีที่สุด ถ้าฟลูออไรด์น้อยกว่า 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร อำนาจในการป้องกันโรคฟันผุจะลดน้อยลงไปตามส่วน แต่ถ้าน้ำมีฟลูออไรด์สูงกว่า 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อการเกิดฟันตกกระในเด็กเล็ก (อายุ 0 – 3 ปี) ช่วงที่ฟันกำลังพัฒนา และมีผลต่อการเกิดกระดูกโค้งงอในผู้ใหญ่ (Skeleton Fluorosis) และประเทศไทยมีอากาศร้อน ประชาชนจะดื่มน้ำมากกว่าประชาชนในประเทศแถบหนาว โอกาสที่จะส่งผลต่อสุขภาพทำให้ฟันตกกระได้มากกว่า	แก้ไขโดย ให้ใช้สารส้มตกตะกอนฟลูออไรด์ก่อนนำมาใช้ หรือถ้าจะให้ดีแก้ไขโดยกรองด้วยถ่านกัมมันต์ (activated carbon) หรือ ถ่านกระดูก หรือ ให้น้ำผ่านเครื่องกรองน้ำระบบ Reverse Osmosis (RO) หรือ ให้น้ำผ่านเรซิ่น (Anion Exchange Resin) ที่แลกเปลี่ยนอนุมูลลบ จะสามารถลดปริมาณฟลูออไรด์ หรือ หาแหล่งน้ำอื่น เช่น น้ำฝน น้ำผิวดิน มาทดแทน

ปัญหาที่พบ	ผลต่อสุขภาพ	ข้อเสนอแนะ
<u>โลหะหนักทั่วไป</u> **10. เหล็ก** ไม่เกิน 0.3 มก./ล	เหล็กสามารถละลายน้ำได้ดีในสภาพที่มีอากาศน้อย เช่น ในน้ำบาดาล และเมื่อถูกกับอากาศจะตกตะกอนเป็นของแข็งสีน้ำตาลแดง มีกลิ่นสนิมเหล็กเฉพาะตัว และรสที่ไม่พึงประสงค์ ทำให้เป็นที่น่ารังเกียจของผู้บริโภค นอกจากนั้นยังทำให้เกิดการอุดตันของท่อน้ำ เกิดปัญหาในการซักล้างทำให้เกิดคราบสนิมที่สุขภัณฑ์	แก้ไขโดย การนำน้ำที่มีสนิมเหล็กมาผ่านเครื่องเติมอากาศ หรือเติมออกซิเจน (แบบเดียวกับที่ใช้ในตู้ปลา) หรือสเปรย์ให้น้ำสัมผัสกับอากาศ เพื่อให้ก๊าซออกซิเจนทำปฏิกิริยากับอิออนของเหล็กที่ปนอยู่ในน้ำเกิดเป็นตะกอนของเหล็กขึ้นอย่างรวดเร็ว หากมีกลิ่นไม่พึงประสงค์ให้ใส่ถ่านเพื่อดูดซับกลิ่นสี แล้วนำมากรองด้วยชั้นทรายกรอง เพื่อเอาตะกอนเหล็กออกจากน้ำก่อนนำมาใช้ หรืออาจแก้ไขโดยให้น้ำที่มีเหล็กเกินมาตรฐานผ่านกรองเรซิน (Cation Exchange Resin) ซึ่งสามารถแลกเปลี่ยนอนุมูลบวกก่อนนำมาใช้
11. แมงกานีส ไม่เกิน 0.3 มก./ล.	แมงกานีสมักพบอยู่ในน้ำพร้อมกับเหล็ก แต่ในปริมาณที่น้อยกว่า แมงกานีสก็เช่นเดียวกับเหล็ก คือมีอยู่ในน้ำบาดาลมากกว่าน้ำผิวดิน และละลายอยู่ในน้ำในรูปของแมงกานีสไบคาร์บอเนต แมงกานีสคลอไรด์หรือแมงกานีสซัลเฟต นอกจากนี้ยังพบแมงกานีสได้ที่ก้นอ่างเก็บน้ำปราศจากออกซิเจน เนื่องจากมีการเน่าเปื่อยของพืชและสารอินทรีย์ต่างๆ สารประกอบแมงกานีส เมื่อถูกกับอากาศจะตกตะกอนเป็นสีดำ ถ้าปริมาณเกินมาตรฐาน ถึงแม้จะไม่มีอาการเฉียบพลัน แต่พิษจะสะสมเรื้อรัง มีความเป็นพิษต่อระบบประสาท ทำให้มีอาการสั่นคล้ายโรคพาร์กินสัน เรียก อาการ manganism และมีผลต่อการเรียนรู้ของเด็ก นอกจากนี้อาจทำให้เสื้อผ้ามีรอยเปื้อนหรือทำให้น้ำขุ่น	แก้ไขโดย การนำน้ำที่มีแมงกานีสมาผ่านเครื่องเติมอากาศ หรือเติมออกซิเจน (แบบเดียวกับที่ใช้ในตู้ปลา)หรือสเปรย์ให้น้ำสัมผัสอากาศ ปรับ pH อยู่ระหว่าง 9-10 ใส่คลอรีนหรือคลอรีนไดออกไซด์ หรือโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต หรือ Manganese greensand เพื่อให้แมงกานีสตกผลึกแล้วผ่านน้ำไปบนทรายกรอง เพื่อกรองเอาตะกอนแมงกานีสออกจากน้ำแล้วค่อยนำน้ำมาใช้ หรืออาจแก้ไขโดยให้น้ำที่มีแมงกานีสเกินมาตรฐานผ่านเรซิ่น (Cation Exchange Resin) ซึ่งสามารถแลกเปลี่ยนอนุมูลบวกก่อนนำมาใช้
12. ทองแดง ไม่เกิน 1 มก./ล.	เป็นธาตุรอง ที่ร่างกายต้องการ ปนเปื้อนในน้ำจากท่อ วาล์ว และข้อต่อกัดกร่อน พบในอัลลอยด์ และผิวเคลือบ มีการใช้ $CuSO_4$ pentahydrate ในการควบคุมสาหร่ายในน้ำผิวดิน การปนเปื้อนในน้ำจึงมีช่วงที่กว้างมาก บางครั้งอาจ >1 mg/l. โดยมักสูงขึ้น ในช่วงการกระจายน้ำ ที่น้ำเป็นกรดหรือด่างสูงๆ เสื้อจะตกสีถ้ามี Cu> 1 mg/l. ถ้า >2.5 mg/l จะทำให้น้ำขม ถ้าสูงกว่านี้ ค่ากำหนดสูงกว่ามาตรฐานน้ำผิวดิน ที่กำหนดไว้ 0.1 mg/l (น้ำเข้า) เนื่องจาก น้ำผิวดินกำหนดเพื่อการรักษาระบบนิเวศ และสัตว์น้ำ ถ้ามีทองแดงมากจะฆ่าสาหร่าย พืชขนาดเล็ก ทำให้ไม่เจริญเติบโต ขณะที่ WHO กำหนด ค่าทองแดง โดยคำนึงถึงความปลอดภัยของการบริโภค และทองแดงเป็นสารอาหารที่จำเป็นสำหรับมนุษย์ ความเข้มข้นที่มากเกินจะมีผลต่อรสชาติ ความน่าดื่มของน้ำ	แก้ไขโดย ให้ใช้สารส้ม หรือ PAC ตกตะกอนทองแดง และกรองออกโดยผ่านกรองทราย หรือถ่าน Activated carbon ชนิดเกล็ด หรืออาจแก้ไขโดยให้น้ำที่มีทองแดงเกินมาตรฐานผ่านสารกรองเรซิ่น (Cation Exchange Resin) ซึ่งสามารถแลกเปลี่ยนอนุมูลบวกก่อนนำมาใช้
13. สังกะสี ไม่เกิน 3 มก./ล.	สังกะสี เป็นสารอาหารที่จำเป็นสำหรับมนุษย์ และความเป็นพิษค่อนข้างต่ำ การที่ต้องกำหนดให้สังกะสี มีค่าสูงกว่ามาตรฐานน้ำผิวดิน 1.0 mg/l เนื่องจาก ท่อประปาที่ใช้ในประเทศไทยบางแห่งเป็นท่อเหล็กเคลือบสังกะสี Galvanize ซึ่งสังกะสีอาจละลายออกมาจากท่อได้ อย่างไรก็ตามการพบสังกะสีปนเปื้อนในน้ำดื่มที่ปริมาณ	แก้ไขโดย ให้ใช้สารส้ม หรือ PAC ตกตะกอนสังกะสี และกรองออกโดยผ่านกรองทราย หรืออาจแก้ไขโดยให้น้ำที่มีสังกะสีเกินมาตรฐานผ่านสารกรองเรซิ่น (Cation Exchange Resin) ซึ่งสามารถแลกเปลี่ยนอนุมูลบวกก่อนนำมาใช้

ปัญหาที่พบ	ผลต่อสุขภาพ	ข้อเสนอแนะ
	>3 mg/l อาจไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ในด้านรสชาติ ความน่าดื่มของน้ำ ถ้าร่างกายได้รับ >2 g. จะเกิดการระคายเคืองทางเดินอาหารแบบเฉียบพลัน อาการปวดท้อง อาเจียน และถ้ารับประทาน >100 mg/day เป็นระยะเวลานาน จะส่งผลให้ไขมัน HDL ลดลง	
<u>โลหะหนักสารเป็นพิษ</u> **14. ตะกั่ว** ไม่เกิน 0.01 มก./ล.	เมื่อร่างกายได้รับจะไม่สามารถขับตะกั่วออกได้หมด จะเกิดการสะสมในร่างกายก่อให้เกิดความเป็นพิษทั้งแบบเฉียบพลันและเรื้อรัง อาการแบบเฉียบพลับซึ่งจะพบในเด็ก ได้แก่ เบื่ออาหาร อาเจียน อ่อนเพลีย การชักหดตัวอย่างแรงของกล้ามเนื้อ เนื่องจากแรงดันภายในกะโหลกศีรษะ อาจทำให้สมองบางส่วนเสียหาย ส่วนอาการเรื้อรังในเด็กจะพบอาการน้ำหนักลด อ่อนเพลีย ภาวะโลหิตจาง สำหรับผู้ใหญ่อาการที่พบบ่อยเป็นอาการเกี่ยวกับกระเพาะอาหาร ลำไส้ และระบบประสาท การเสียชีวิตเนื่องจากโรคหัวใจ ไตล้มเหลว ความดันโลหิตสูง การตั้งครรภ์หรือทารกผิดปกติ พัฒนาการสมองผิดปกติในเด็ก ซึ่งจะสัมพันธ์กับความเข้มข้นของตะกั่วในเลือด - IARC จัดให้ตะกั่วอยู่ในกลุ่ม 2B (อาจเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์)	แก้ไขโดย ควรเปลี่ยนภาชนะเก็บน้ำหรือท่อน้ำใหม่ เลือกใช้วัสดุที่ไม่มีการใช้สีตะกั่วหรือสีผสมตะกั่ว และระวังอย่าให้มีการปนเปื้อนจากยาฆ่าแมลงที่มีสารตะกั่วผสมอยู่ และสามารถกำจัดตะกั่วออกไปจากน้ำโดยการให้น้ำผ่านหรือถ่าน Activated carbon ชนิดเกล็ด หรือกรองเรซิ่น (Cation Exchange Resin) ซึ่งสามารถแลกเปลี่ยนอนุมูลบวกก่อนนำน้ำมาใช้
15. โครเมียมรวม ไม่เกิน 0.05 มก./ล.	พบอยู่ในเปลือกโลก อยู่ในรูป +2 และ +6 และ Cr (III) เป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย ทั่วไปพบน้ำปนเปื้อน Cr 2 µg/l. แม้จะมีรายงาน พบปนเปื้อนถึง 120 µg/l. บ้าง ไม่มีการศึกษาพิษวิทยาที่ใช้ระบุ NOAEL การศึกษาพบเฮกซะวาเลนต์โครเมียม ก่อให้เกิดมะเร็ง จากการสูดดม/กิน เช่น มะเร็งปอด ในอุตสาหกรรมรถยนต์ สี ผู้ได้รับ Cr (VI) จะระคายเคืองผิวหนัง เป็นหอบหืด โรคระบบทางเดินหายใจ ทำให้ปอด ตับ ลำไส้ถูกทำลาย มีอาการบวมน้ำ เจ็บแถวกระบังลม หรือ ลิ้นปี่ ที่ปริมาณสูง Cr (VI) reduced เป็น Cr (III) ในทางเดินอาหาร - IARC จัด Cr (VI) อยู่ในกลุ่ม 1 เป็นสารก่อมะเร็งในคน ส่วน Cr (III) อยู่ในกลุ่ม 3 ไม่ก่อมะเร็งในคน - มาตรฐานต้องกำหนดเป็น Total Chromium เนื่องจาก ในการวิเคราะห์ Total Chromium จะใช้เครื่อง AA แต่การจำแนกหรือตรวจวิเคราะห์ลง species (3+ หรือ 6+) จำเป็นต้องใช้เทคนิคอื่นๆ ร่วมขั้นตอนในการเก็บตัวอย่าง และการเตรียมตัวอย่างค่อนข้างมาก	แก้ไขโดย ให้ใช้สารส้ม หรือ PAC ตกตะกอนโครเมียม และกรองออกโดยผ่านกรองทราย หรืออาจแก้ไขโดยให้น้ำที่มีโครเมียมเกินมาตรฐานผ่านกรองเรซิ่น (Cation Exchange Resin) ซึ่งสามารถแลกเปลี่ยนอนุมูลบวกก่อนนำมาใช้
16. แคดเมียม ไม่เกิน 0.003 มก./ล.	ใช้มากในอุตสาหกรรมเหล็ก พลาสติก แบตเตอรี่ มักปนเปื้อนในน้ำเสีย ส่วนการปนเปื้อนในน้ำดื่ม เกิดจากท่อน้ำสังกะสี หรือ ข้อต่อ ข้องอที่ผลิตจากโลหะแคดเมียมส่งผลต่อไต Half-life ในคนนาน 10-35 ปี	แก้ไขโดย ให้ใช้สารส้ม หรือ PAC ตกตะกอนแคดเมียม และกรองออกโดยผ่านกรองทราย หรืออาจแก้ไขโดยให้น้ำที่มีแคดเมียมเกินมาตรฐานผ่านเรซิ่น (Cation Exchange Resin) ซึ่งสามารถแลกเปลี่ยนอนุมูลบวกก่อนนำมาใช้

ปัญหาที่พบ	ผลต่อสุขภาพ	ข้อเสนอแนะ
	- IARC จัดให้แคดเมียมอยู่ในกลุ่ม 2A (มีความเป็นไปได้ที่เป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ มีหลักฐานการศึกษาด้านระบาดวิทยา)	
17. สารหนู ไม่เกิน 0.01 มก./ล.	พบได้ทั่วไปในชั้นเปลือกโลก ในน้ำธรรมชาติพบ As^{5+} แต่ในสภาพไร้อากาศจะเปลี่ยนเป็น As^{3+} สารหนูไม่มีความจำเป็นต่อคน IARC จัดให้สารหนูอยู่ในกลุ่ม 1 (เป็นสารก่อมะเร็งในคน) ปริมาณที่พบในธรรมชาติทั่วไป 1-2 µg/l (อาจสูงถึง 12 µg/l ในบางที่) ที่ปริมาณน้อย ความเสี่ยงยังมีความไม่แน่นอน และการกำจัดสารหนูที่ <10µg/l ทำได้ยาก	แก้ไขโดย ให้ใช้สารส้ม หรือ PAC ตกตะกอนสารหนู และกรองออกโดยผ่านกรองทราย หรืออาจแก้ไขโดยให้น้ำที่มีสารหนูเกินมาตรฐานผ่านเรซิ่น (Anion Exchange Resin) ซึ่งสามารถแลกเปลี่ยนอนุมูลลบก่อนนำมาใช้
18 ปรอท ไม่เกิน 0.001 มก./ล.	การได้รับสารปรอทสะสมเป็นเวลานานจะทำให้มีอาการมือ และใบหน้าเกิดอาการบวมและเจ็บ เหน็บชา บางส่วนจนเป็นอัมพาต โรคที่เกิดจากปรอท เรียกว่า “โรคมินามาตะ - ความเป็นพิษของสารประกอบปรอทอนินทรีย์ส่งผลต่อไต และ Mercury (II) chloride สามารถเพิ่มการเกิดเนื้องอก - กำหนดค่าค่อนข้างต่ำ เนื่องจากเป็นสารที่มีพิษที่รุนแรงสูง ในสถานการณ์ปกติน้ำธรรมชาติตรวจไม่ค่อยพบ ผลตรวจส่วนใหญ่เป็น ND สารชนิดนี้เป็นโลหะหนักจะตกตะกอนลงดิน ก้นลำน้ำ ยิ่งถ้าผ่านระบบประปาสารนี้จะตกตะกอนลงมา ส่วนใหญ่จึงไม่พบในน้ำบริโภค	แก้ไขโดย ให้ใช้สารส้ม หรือ PAC ตกตะกอนปรอท และกรองออกโดยผ่านกรองทราย หรือถ่าน Activated carbon ชนิดเกล็ด หรืออาจแก้ไขโดยให้น้ำที่มีปรอทเกินมาตรฐานผ่านเรซิ่น (Cation Exchange Resin) ซึ่งสามารถแลกเปลี่ยนอนุมูลบวกก่อนนำมาใช้
19. โคลิฟอร์มแบคทีเรีย ต้องไม่พบ/100 มล. หรือ น้อยกว่า 1.1 MPN/100 มล.	เป็นตัวบ่งชี้ว่าหากพบโคลิฟอร์มแบคทีเรีย (Indicator Microorganism) ในน้ำดื่มมีโอกาสที่จะพบเชื้อโรคระบบทางเดินอาหาร เช่น บิด ไทฟอยด์ ปนเปื้อนอยู่ด้วย โคลิฟอร์มแบคทีเรีย สามารถอยู่รอดและเจริญเติบโตในน้ำได้ ใช้ในการประเมินความสะอาดแหล่งน้ำทั่วไป ปนเปื้อนด้วยสิ่งปฏิกูล ต้นไม้ ใบไม้ ดิน บ่งบอกถึงประสิทธิภาพและความสมบูรณ์ของกระบวนการผลิตและระบบจ่ายน้ำ รวมถึงการมี Biofilm ในระบบ ใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อได้	แก้ไขโดย ใช้คลอรีนฆ่าเชื้อในน้ำโดยมีความเข้มข้น 0.2-0.5 ppm (ส่วนในล้านส่วน) หรือให้ผ่านรังสี UV ของเครื่องกรองน้ำหรือโอโซน หรือแก้ไขโดยการต้มเดือดไม่น้อยกว่า 1 นาที ก่อนนำมาบริโภค และควรปิดภาชนะที่เก็บน้ำบริโภคเพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากเชื้อโรคในอากาศหรือจากมูลของสัตว์ แมลง/จิ้งจก
20. อี.โคไล (*E.coli*) ต้องไม่พบ/100 มล. หรือ น้อยกว่า 1.1 MPN/100 มล.	เป็นดัชนีบ่งชี้ว่าเพิ่งถูกปนเปื้อนจากสิ่งปฏิกูลหรืออุจจาระของสัตว์เลือดอุ่น เมื่อบริโภคน้ำเข้าไป อาจมีความเสี่ยงต่อสุขภาพ (Health risk) เกิดอาการท้องเสียเนื่องจากได้รับเชื้อก่อโรค ซึ่งอาจจะเป็นสาเหตุของโรคอหิวาตกโรค บิด ไทฟอยด์ ก็ได้ เป็นตัวเลือกอันดับต้นๆ ในการตรวจติดตามเฝ้าระวังในระดับสากล เพื่อการทวนสอบคุณภาพน้ำดื่ม และเป็นดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อ	แก้ไขโดย ใช้คลอรีนฆ่าเชื้อในน้ำโดยมีความเข้มข้น 0.2-0.5 ppm (ส่วนในล้านส่วน) หรือให้ผ่านรังสี UV ของเครื่องกรองน้ำหรือโอโซน หรือแก้ไขโดยการต้มเดือดไม่น้อยกว่า 1 นาที ก่อนนำมาบริโภคและควรปิดภาชนะที่เก็บน้ำบริโภคเพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากเชื้อโรคในอากาศหรือจากมูลของสัตว์ แมลง/จิ้งจก
21. สารส้ม	ถ้าใช้สารส้มปริมาณมากเกินไป น้ำจะเหนียว รสชาติปล่า น้ำมีความเป็นกรด ส่งผลให้การตกตะกอนไม่ดี ตะกอนมีขนาดเล็ก และเกิดการฟุ้งกระจายขึ้นมาใหม่	จุดประสงค์ของการใส่สารส้มในน้ำก็คือการให้อลูมินั่มซึ่งมีประจุบวกไปจับกับคอลลอยด์ซึ่งมีประจุลบ เกิดเป็นตะกอนก้อนใหญ่ หนักพอที่จะตกลงหรือใหญ่พอที่จะกรองออกจากน้ำได้ ดังนั้นถ้าน้ำขุ่นมากอาจจำเป็นต้องใส่สารส้มหรืออลูมินั่มให้มากขึ้น

ปัญหาที่พบ	ผลต่อสุขภาพ	ข้อเสนอแนะ
	แต่ถ้าใช้ในปริมาณที่เหมาะสม อลูมินั่มซึ่งเป็นสารที่มีผลกระทบต่อสุขภาพและเป็นส่วนประกอบของสารส้มจะไม่เหลือ จะตกตะกอนไปพร้อมกับตะกอนในน้ำ	เพื่อให้ความขุ่นจับกับอลูมินั่มตกตะกอนให้มากที่สุด ซึ่งในทางปฏิบัติแทบไม่มีอลูมินั่มหลงเหลือในน้ำ เพราะอลูมินั่มไปทำปฏิกิริยากับความขุ่น ตกตะกอนนอนก้นหมด ปริมาณสารส้มที่ใส่ในน้ำสำหรับการผลิตน้ำประปาโดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 10-50 มก./ล. แต่ให้ดีควรทำการทดลอง Jar test เพื่อให้ได้ปริมาณสารส้มที่ถูกต้อง เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด และไม่เกิดการสิ้นเปลือง ถ้าน้ำขุ่นมากการใช้สารส้มเพียงอย่างเดียวอาจเปลืองเกินไป ต้องหาวิธีการอื่นหรือทางเลือกอื่น เช่น ให้น้ำขุ่นนั้นตกตะกอนในเบื้องต้นก่อน หรือใช้โพลิเมอร์ช่วยในการรวมตะกอนเพื่อเป็นการประหยัดปริมาณสารส้ม

<u>การทำ Jar Test</u>

อุปกรณ์ บีกเกอร์หรือแก้วสำหรับทดลอง แท่งคนสาร สารส้ม เครื่องวัดความขุ่น เครื่องวัด pH

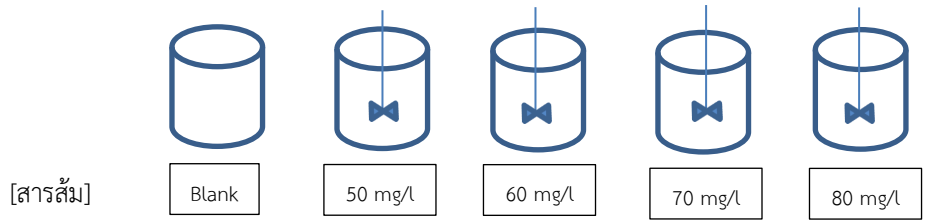
ขั้นตอน

วัดค่าความขุ่นของน้ำดิบ เริ่มต้น = ... NTU

วัดค่า pH ของน้ำดิบ เริ่มต้น = ...

สูตรคำนวณที่ใช้ $C_1V_1 = C_2V_2$

เตรียมสารละลายสารส้มเข้มข้น ให้มีความเข้มข้นมากกว่าที่จะใช้ทดสอบ เป็น Stock สำหรับเจือจางและใช้ในการทดลอง



กวนเร็ว 15 นาที → กวนช้า 15 นาที → ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

วัดความขุ่น = 4 - 5 วัด pH = 6 – 8 → เลือก [สารส้ม] ที่เหมาะสมที่สุด สำหรับนำไปใช้ในการผลิตประปา

22. คลอรีน	องค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (US-EPA) กำหนดความเข้มข้นสูงสุดของไตรฮาโลมีเทนในน้ำดื่มไว้ไม่เกิน 0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งผู้บริโภคจะต้องดื่มน้ำนานถึง 252 ปี จึงจะมีความเสี่ยงในระดับที่ทำให้เป็นโรคมะเร็งได้ เมื่อเปรียบเทียบความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งกับการเกิดโรคระบบทางเดินอาหารที่เกิดจากน้ำเป็นสื่อและผลกระทบต่อสุขภาพ พบว่า อันตรายจากการใช้คลอรีนฆ่าเชื้อโรคในน้ำและการเกิดสารไตรฮาโลมีเทน มีความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งจากการดื่มน้ำประปาน้อยมาก ดังนั้นการใช้คลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อโรคในน้ำและมีปริมาณคลอรีนอิสระคงเหลือที่พอเหมาะตามเกณฑ์เสนอแนะขององค์การอนามัยโลก 0.2 – 0.5	- วิธีการเตรียมคลอรีน ตัวอย่างการเตรียมสารละลายคลอรีน 100 ppm ปริมาณ 10 กิโลกรัม (ppm คือ Part Per Million : หรือ 1 ส่วน จาก 1,000,000 ส่วน) การคำนวณ 1. ต้องการเตรียมกี่ ppm สมมติกรณีนี้ต้องการ 100 ppm คือ ต้องการ 100 ส่วน จาก 1,000,000 ส่วน 2. เทียบง่ายๆ สารละลาย 1,000,000 กิโลกรัม ใส่คลอรีนผง 100 กิโลกรัม สารละลาย 1 กิโลกรัม ใส่คลอรีนผง 100/1,000,000 กิโลกรัม สารละลาย 10 กิโลกรัม ใส่คลอรีนผง $\frac{100 \times 10}{1,000,000}$ = 0.001 กิโลกรัม หรือ 1 กรัม

ปัญหาที่พบ	ผลต่อสุขภาพ	ข้อเสนอแนะ
	ppm (mg./l.) รวมทั้งกลิ่นและรส ไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภค	3. คลอรีนที่นำมาใช้ เป็นชนิดกี่เปอร์เซ็นต์ หากเป็น คลอรีนผงหรือแคลเซียมไฮโปรคลอไรด์ 60 % นำเปอร์เซ็นต์มาหารจำนวนน้ำหนักที่คำนวณได้ เช่น ในสารละลาย 10 กิโลกรัม ต้องชั่งแคลเซียมไฮโปรคลอไรด์ 60% จำนวน $\frac{1 \text{ กรัม}}{0.6} = 1.67 \text{ กรัม}$ การเตรียมนี้ จะได้คลอรีนที่ต้องการ แต่ไม่ใช่คลอรีนที่เหลืออยู่ free residual chlorine เพราะคลอรีนที่เตรียม จะเหลือน้อยกว่าที่ใส่เข้าไป เนื่องจากตัวคลอรีนบางส่วน จะไปทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์บางชนิดในน้ำ หรือ สามารถ Download การคำนวณปริมาณคลอรีนที่ใช้ได้จาก File Excel ด้านล่างนี้ https://www.mwa.co.th/download/file_upload/prepare_cl2.xls - การกำจัดกลิ่นคลอรีน คลอรีนเป็นสารระเหยได้ง่าย การกำจัดกลิ่น เพียงรองน้ำตั้งทิ้งไว้ในภาชนะประมาณ 30 นาที กลิ่นจะระเหยไป สามารถนำไปใช้ดื่มหรือทำอาหารได้

หมายเหตุ

ข้อคำถามจากหน่วยงานในพื้นที่ที่น่าสนใจ คือ การกำหนด specification ของสารเคมีเพื่อใช้ในระบบประปา โดยให้ระบุว่าสารเคมีต้องไม่มี สารหนู ตะกั่ว ทองแดง สังกะสี แต่คณะกรรมการกำหนด Specification ไม่เห็นชอบกับเรื่องดังกล่าว และ อีกประเด็นในเรื่องของการกำหนดรายละเอียดมาตรฐานของตัวแทนจำหน่ายสารเคมี

คำตอบข้อหารือ ประเด็นข้อกำหนดสารเคมี ได้ประยุกต์ใช้จากสารเคมีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งต้องการความเที่ยงตรง แม่นยำ ไม่ต้องการผลข้างเคียง (error) จากสารเคมีที่ปนเปื้อนที่อาจเกิดในการทดลอง จึงเป็นมาตรฐานส่วนของ Lab grade แต่ในส่วนของผลิตประปาซึ่งเป็นการผลิตปริมาณมาก สารเคมีที่ใช้ได้กำหนดมาตรฐานความปลอดภัยไว้ โดยปกติเป็นสารเคมีชนิด Commercial grade มีคุณสมบัติและปลอดภัยเพียงพอต่อการใช้งาน ไม่จำเป็นต้องกำหนดรายละเอียด ส่วนประเด็นของตัวแทนจำหน่ายสารเคมี ให้เป็นตัวแทนจำหน่ายที่ได้จดทะเบียนการค้าถูกต้อง เพื่อการติดตามตรวจสอบ อาจไม่จำเป็นต้องมีรายละเอียดอื่นๆ แต่มุ่งหวังเพื่อการเป็นตัวแทนที่มีตัวตน สามารถติดตาม หากมีกรณีการรับผิดชอบในอนาคตได้

อ้างอิงเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ กรมอนามัย พ.ศ. 2563

จัดทำโดย
กลุ่มพัฒนาระบบจัดการคุณภาพน้ำบริโภค
สำนักสุขาภิบาลอาหารและน้ำ
กรมอนามัย