นฤมล ตปนียะกุล
นักวิทยาศาสตร์การแพทย์เชี่ยวชาญฯ
วาสนา คงสุข
นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ชำนาญการ
รวบรวมและเรียบเรียง :

2. คุณภาพน้ำทางเคมีทั่วไป

น้ำบริสุทธิ์หาได้ยากในธรรมชาติ การปนเปื้อนทางเคมีทั่วไปเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงยาก ด้วยน้ำบริโภคที่มีแหล่งน้ำดิบมาจากน้ำใต้ดิน ซึ่งไหลผ่านสิ่งต่าง ๆ ทั้งชั้นดินและชั้นหิน ความเป็นกรด-ด่าง ความกระด้างและอุณหภูมิล้วนเป็นองค์ประกอบที่มีผลต่อการละลายของสารปนเปื้อนจากชั้นหินและดินที่น้ำไหลผ่าน ส่วนน้ำผิวดินที่เกิดจากการไหลลงของน้ำจากที่สูงผ่านที่ต่าง ๆมายังที่ต่ำ ย่อมมีโอกาสชะล้างสิ่งปนเปื้อนต่าง ๆมาอยู่ในน้ำผิวดิน การปนเปื้อนทางเคมีมีหลายระดับและส่งผลกระทบต่อสุขภาพที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นกับชนิด ความเป็นพิษของแต่ละชนิด ชนิดของสิ่งปนเปื้อนและปริมาณของสิ่งปนเปื้อน ซึ่งได้มีการศึกษาวิจัยอย่างต่อเนื่องจนได้พัฒนาและกำหนดเป็นค่าที่กำหนดให้มีได้ในน้ำประปาที่สามารถดื่มได้อย่างปลอดภัยโดยองค์กรที่มีความน่าเชื่อถือในด้านการกำหนดเกณฑ์เสนอแนะหรือเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้

2.1 สารละลายทั้งหมดที่เหลือจากการระเหย (Total Dissolved Solids, TDS)

สารละลายทั้งหมดที่เหลือจากการระเหยหรือค่า TDS หมายถึงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ซึ่งของแข็งที่ละลายน้ำได้เหล่านี้มักเป็นพวกอิออนทั้งแคทอิออน (cation) และแอนอิออน (anion) เช่น Na^{+}, Mg^{2+}, Cl^{-}, HCO_3^{-}, SO_4^{2-} ของแข็งที่ละลายน้ำได้ถ้ามีปริมาณในความเข้มข้นที่เหมาะสมจะทำให้น้ำมีรสชาติน่าชวนดื่ม โดยมีค่าTDS อยู่ที่ระดับ 600 มิลลิกรัมต่อลิตรถ้าไม่มีหรือมีค่า TDS ต่ำ น้ำมักมีรสชาติจืดชืดไม่ชวนดื่มแต่ถ้ามีมากหรือมีค่า TDS สูง คิดเป็นค่า TDS มากกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำจะมีรสชาติไม่ชวนดื่มและไม่เป็นที่พึงประสงค์ของผู้บริโภค อีกทั้งยังทำให้เกิดคราบหินปูนในเส้นท่อ เครื่องทำน้ำร้อน หม้อต้มน้ำและอุปกรณ์บรรจุน้ำ จึงได้กำหนดค่า TDS ในน้ำบริโภคไม่ควรเกิน 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนผลกระทบต่อสุขภาพของ TDS ยังไม่ปรากฏมีข้อมูลที่ชัดเจนและน่าเชื่อถือ

2.2 ความกระด้าง (Hardness)

ความกระด้างในน้ำเกิดจากอิออนโลหะที่มีประจุ +2 ต่าง ๆ เช่น Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+}, Sr^{2+} แต่เนื่องจากแคลเซียมและแมกนีเซียมเป็นอิออนบวกส่วนใหญ่ที่พบในน้ำ จึงเป็นที่เข้าใจว่าความกระด้างของน้ำเกิดจากแคลเซียมและแมกนีเซียม

น้ำบาดาลมักมีความกระด้างสูงกว่าน้ำผิวดิน ด้วยในน้ำบาดาลมีคาร์บอนไดออกไซด์ทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายแร่แคลเซียมและแมกนีเซียมที่มีอยู่ในชั้นดิน

น้ำที่มีความกระด้างมากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้เกิดแผ่นคราบในกระบวนการผลิตน้ำ เช่น ในระบบเส้นท่อและถังเก็บน้ำ ในด้านการอุปโภค ทำให้เปลืองสบู่ในการทำความสะอาดหรือซักล้างรวมทั้งการเกิดไขสบู่ ในการต้มน้ำจะทำให้เกิดแผ่นคราบหินปูน ($CaCO_3$) แต่ถ้าน้ำมีความกระด้างน้อยกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร (น้ำอ่อน หรือ Soft Water) อาจก่อผลเสียในระบบเส้นท่อ ซึ่งมีโอกาสทำให้เกิดการกัดกร่อนในระบบเส้นท่อของการประปา

มีการแบ่งแยกความกระด้างของน้ำเป็น 2 ประเภทคือความกระด้างชั่วคราวและความกระด้างถาวรดังนี้

1. ความกระด้างชั่วคราว (Temporary Hardness หรือ Carbonate Hardness) ได้แก่ น้ำที่มีกลุ่ม CO_3^{2-} และ HCO_3^- ที่เป็นสาเหตุของน้ำกระด้างเช่น $Ca(HCO_3)_2$, $CaCO_3$, $Mg(HCO_3)_2$, $MgCO_3$ ซึ่งสามารถกำจัดได้โดยการต้ม
2. ความกระด้างถาวร (Permanent Hardness หรือ Non-carbonate Hardness) ได้แก่ น้ำที่มีกลุ่ม SO_4^{2-}, Cl^- ที่เป็นสาเหตุของน้ำกระด้าง เช่น $CaSO_4$, $CaCl_2$, $MgSO_4$, $MgCl_2$ ซึ่งไม่สามารถกำจัดได้โดยการต้ม

ความกระด้างของน้ำไม่ได้เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค แต่มีความจำเป็นในการควบคุมระดับความกระด้างของน้ำบริโภคไม่ให้เกิน 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้ขึ้นกับวัตถุประสงค์ในการอุปโภคและการใช้งานในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ดังนี้

1. ไม่สิ้นเปลืองการใช้สบู่
2. ป้องกันหรือลดการอุดตันท่อน้ำเย็นหรือท่อน้ำร้อน
3. ลดการอุดตันของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนต่าง ๆ

หมายเหตุ : ในบางกรณีอาจพบ Na^+ เป็นสาเหตุของการขัดขวางการเกิดฟองสบู่ น้ำพวกนี้จะมีรสกร่อย จึงไม่ใช่ความกระด้างที่แท้จริงเรียก Pseudo Hardness

2.3 ซัลเฟต (Sulfate)

ซัลเฟตเป็นสารประกอบซัลเฟอร์ที่มีความคงตัวที่สุดเนื่องจากมีเลขออกซิเดชัน(Oxidation Number) สูงสุด (+6) และต่ำที่สุด (-2)

ซัลเฟตพบอยู่ทั่วไปในน้ำธรรมชาติเพราะมีแหล่งที่มาจากแร่ธาตุตามธรรมชาติและถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเคมีในเชิงการค้าและถูกระบายสู่น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและน้ำทิ้งจากเหมืองต่าง ๆ ในทางอุตสาหกรรม ซัลเฟตมีบทบาทสำคัญเพราะเป็นตัวที่ทำให้เกิดตะกรันในหม้อน้ำ ในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เป็นสารประกอบที่ทำให้เกิดปัญหาเรื่องกลิ่นและการกัดกร่อนในท่อน้ำเสีย เนื่องจากเกิดปฏิกิริยารีดักชันของซัลเฟตเป็นซัลไฟด์ (กลิ่นไข่เน่า) ภายใต้สภาวะไร้อากาศ

ผลจากการวิจัยพบว่าถ้ามีซัลเฟตในน้ำดื่มเป็นจำนวนมาก (1.000-1,200 มิลลิกรัมต่อลิตร) จะก่อให้เกิดการระบายท้องแก่ผู้บริโภค ดังนั้น U.S. Public Health Service จึงให้คำแนะนำในการกำหนดน้ำที่ใช้ดื่มไม่ควรมีซัลเฟตเกิน 250 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.4 คลอไรด์ (Chloride)

คลอไรด์สามารถพบได้ทั่วไปในธรรมชาติในรูปของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) โปแตสเซียมคลอไรด์ (KCl) และแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) ปนมากับสิ่งขับถ่ายของมนุษย์ ในน้ำเสียน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและน้ำไหลบ่าจากเหมืองแร่

ถ้าน้ำประปาในเส้นท่อของระบบประปามีคลอไรด์สูง จะทำให้เพิ่มอัตราการกัดกร่อนโลหะในระบบเส้นท่อ ทั้งนี้ขึ้นกับความเป็นกรด-ด่างของน้ำและยังเป็นสาเหตุที่ทำให้เพิ่มความเข้มข้นการปนเปื้อนโลหะสูงในน้ำประปา

น้ำบริโภคที่มีปริมาณคลอไรด์มากกว่า 250 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีรสเค็ม จึงกำหนดมาตรฐานน้ำบริโภคให้พบคลอไรด์ได้ไม่เกิน 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลที่ชัดเจนที่สามารถยืนยันผลกระทบต่อสุขภาพจากการบริโภคคลอไรด์ เพียงแต่มีผลการศึกษารายงานถึงภาวะความดันโลหิตสูงมีความเชื่อมโยงกับโซเดียมมากกว่าคลอไรด์

2.5 ไนเตรท (Nitrate)

ไนเตรท (NO_3^-) พบได้ในธรรมชาติในรูปของอิออนซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวงจรไนโตรเจน (Nitrogen Cycle) ไนเตรทยังถูกใช้เป็นหลักในรูปของปุ๋ยอินทรีย์ น้ำใต้ดินและน้ำผิวดินมักพบในเตรทในปริมาณน้อยแต่อาจมีโอกาสพบในปริมาณสูง ซึ่งเป็นผลจากน้ำไหลซึมและน้ำไหลบ่าในพื้นที่การเกษตรหรืออาจปนเปื้อนจากสิ่งขับถ่ายของมนุษย์และสัตว์ ซึ่งเป็นผลจากกระบวนการออกซิเดชั่น (Oxidation) ของแอมโมเนีย (NH_3)

ไนเตรทไม่เป็นสารก่อมะเร็ง (Carcinogen) แต่ความเป็นพิษของไนเตรทคือการที่ ไนเตรทถูกรีดิวซ์ให้เป็นไนไตรท์ (Nitrite) ผลกระทบทางชีววิทยาของ Nitrite ที่มีต่อคนหรือผู้บริโภคคือ Nitrite เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) ของ Normal Haemoglobin ไปเป็น Methaemoglobin ซึ่ง Methaemoglobin ไม่สามารถทำหน้าที่ลำเลียงออกซิเจน (O_2) ไปยังเนื้อเยื่อต่าง ๆของร่างกาย ซึ่งผลจากการศึกษาวิจัยพบว่าถ้าร่างกายมี Methaemoglobin เข้มข้นเป็น 10% ของ Haemoglobin จะเกิดอาการ Methaemoglobinaemia โดยทำให้เกิดตัวเขียว (Cyanosis) ซึ่งทารกอายุน้อยกว่า 3 เดือน มักจะอ่อนไหวต่ออาการนี้มากกว่าเด็กโตและผู้ใหญ่จึงถูกเรียกเป็น “Blue-baby Syndrome” และถ้าอาการมากขึ้น จะส่งผลให้เกิดอาการขาดออกซิเจน (Asphyxia)

Low oxygen levels in the blood cause the lips , fingers , and toes to look blue (Cyanotic)

A cyanotic newborn, or “blue baby”

Blue spot on feet

ภาพที่ 2.1 แสดงอาการของทารกที่ป่วยเป็น “ Blue Baby ” จากพิษของไนเตรทที่ส่งผลกระทบต่อกระแสเลือดของทารก

เพื่อการคุ้มครองสุขภาพของผู้บริโภค จึงกำหนดให้น้ำบริโภคมีค่าไนเตรทไม่มากกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากผลการศึกษาพบว่าถ้าดื่มน้ำที่มีปริมาณ Nitrate มากกว่า 50-100 มิลลิกรัมต่อลิตร จะส่งผลให้เกิดอาการ Methaemoglobinaemia

2.6 ฟลูออไรด์ (Fluoride)

ฟลูออไรด์พบได้ในแหล่งน้ำต่าง ๆในปริมาณความเข้มข้นที่ต่างกันเช่นน้ำใต้ดิน น้ำบ่อตื้น น้ำบาดาล น้ำทะเล ฟลูออไรด์ในธรรมชาติมาจากการแตกตัวเป็นอิออนของแร่ฟลูออริน (Fluorine) ซึ่งจัดเป็นธาตุที่มีความไวมากที่สุดในการเกาะติดและลื่นไหล ในดิน หิน แหล่งน้ำต่าง ๆที่มีสายแร่ผ่านและน้ำพุร้อน

ปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำขึ้นกับการปนเปื้อนฟลูออไรด์ของแหล่งน้ำธรรมชาติจากดินและน้ำพุร้อนในประเทศไทย จังหวัดที่มีสายแร่และพบฟลูออไรด์สูงได้แก่ แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน ลำปาง สุโขทัย ตาก กำแพงเพชร กาญจนบุรี ราชบุรี เพชรบุรี สุพรรณบุรี ชลบุรี สุราษฎ์ธานี กระบี่ สงขลา ปัตตานี ฟลูออไรด์ตามธรรมชาติสามารถละลายปนเปื้อนเข้าไปสู่แหล่งน้ำของประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณที่มีสายแร่ ทำให้แหล่งน้ำมีปริมาณฟลูออไรด์ค่อนข้างสูง

ฟลูออไรด์จำเป็นต่อมนุษย์ แต่ต้องไม่มากเกินไป เพราะจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพในการบริโภคปริมาณสูงอย่างต่อเนื่อง ฟลูออไรด์เข้าสู่ร่างกายได้ทางน้ำ อาหารและอากาศ เมื่อเข้าสู่ร่างกายฟลูออไรด์จะเข้าไปสะสมที่กระดูกและฟัน บางส่วนจะถูกขับออกทางไตและผิวหนัง ทางปัสสาวะและเหงื่อ ฟลูออไรด์ในปริมาณที่เหมาะสมจะเสริมสร้างให้กระดูกและฟันแข็งแรงยิ่งขึ้น ฟลูออไรด์ที่สะสมที่ฟันภายหลังจากฟันขึ้นแล้ว เช่นฟลูออไรด์ในยาสีฟัน น้ำยาอมบ้วนปากและฟลูออไรด์รูปแบบต่าง ๆ จะช่วยในการป้องกันฟันพุ แต่ถ้าได้รับฟลูออไรด์มากเกินไปและเข้าสู่ร่างกายอย่างต่อเนื่อง กลับเกิดผลเสียต่อร่างกาย เช่นฟันตกกระ ความผิดปกติที่กระดูก ปวดข้อ ข้ออักเสบ กระดูกแขนขา สะโพกและกระดูกสันหลังหนาตัวแต่เปราะและหักง่าย อาการขาโก่งของผู้สูงอายุ กระทบต่อการทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง ลดไอคิวของเด็ก ทำลายสารสื่อประสาท เป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดโรคอัลไซเมอร์ มะเร็งกระดูก ความผิดปกติเกี่ยวกับระบบย่อยอาหาร กระเพาะอาหารอักเสบ ปวดข้อต่อต่าง ๆ ปวดศรีษะ กล้ามเนื้ออ่อนแอ แขนขาอ่อนแรง ประสิทธิภาพการมองเห็นลดลง อีกทั้งยังยับยั้งการทำงานของฮอร์โมนไทรอยด์ (TSH)

ฟันตกกระเป็นความผิดปกติของฟัน เกิดจากการได้รับฟลูออไรด์ในปริมาณสูงในขณะที่มีการสร้างฟันแท้ (เด็กอายุระหว่าง 2-8 ปี) ฟลูออไรด์ที่มากเกินไปจะรบกวนการสร้างฟัน ทำให้เนื้อฟันที่เกิดขึ้นไม่แข็งแรง กร่อนง่ายและมีสีขาวขุ่นหรือสีน้ำตาลไม่เหมือนฟันธรรมชาติ

กรมอนามัยได้กำหนดค่าปริมาณฟลูออไรด์สูงสุดในน้ำบริโภคไม่เกิน 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากข้อมูลในประเทศไทยพบว่า ฟลูออไรด์ในน้ำบริโภคธรรมชาติถ้ามากกว่า 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้เกิดปัญหาฟันตกกระในระดับชุมชน

ภาพที่2.2 แสดงบ่อน้ำสาธารณะซึ่งปนเปื้อนฟลูออไรด์สูงซึ่งเป็นแหล่งน้ำอุปโภคบริโภคของชุมชนในหมู่บ้านแม่เติน จังหวัดลำพูนและอาการของชุมชนผู้ได้รับผลกระทบทางสุขภาพจากฟลูออไรด์

เอกสารอ้างอิง :

1. Guidelines for Drinking – water Quality, 3 rd ed., WHO (Geneva), 2004
2. Guidance Manual for Drinking Water Quality Monitoring and Assessment – Second Edition , WHO (Country Office for India), 2010
3. Sawyer, C.N. , Mc Carty , P.L. and Parkin, G.F. “Chemistry for Environmental Engineering” 4th ed., Mc Grow – Hill, New York, 1994.
5. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA , AWWA & WEF, 21st ed., 2005