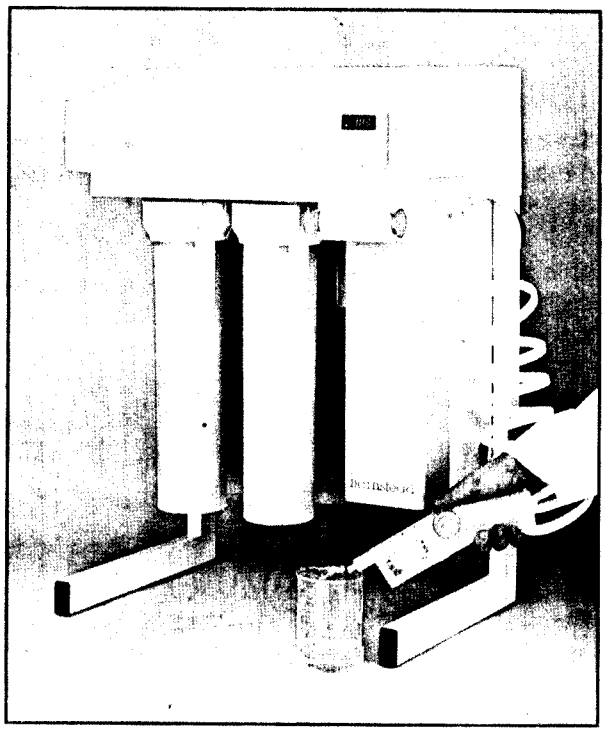
น้ำสำหรับห้องปฏิบัติการ

ดุษฎี มั่นความดี
นักวิทยาศาสตร์ 6 กองเคมี



Deionizer

ปัจจุบันมนุษย์เราต้องประสบกับปัญหามลภาวะต่าง ๆ มากมาย ทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น สารพิษที่ปนเปื้อนในอาหาร น้ำดื่ม เครื่องสำอาง สารพิษตกค้างในผัก ผลไม้ น้ำแม่น้ำลำคลอง อากาศ ซึ่งล้วนแต่เป็นสิ่งบั่นทอนสุขภาพอนามัย ส่วนราชการและเอกชนที่ได้เล็งเห็นความสำคัญในปัญหานี้ จึงกระตุ้นให้มีการรณรงค์ต่อต้านเพื่อให้มลภาวะดังกล่าวลดน้อยลง ขั้นตอนที่จำเป็นและสำคัญสำหรับการรณรงค์ดังกล่าว คือ การรวบรวมข้อมูลปริมาณสารพิษทั้งจำพวกโลหะ อโลหะ สารประกอบอินทรีย์ เช่น ตะกั่ว ปรอท สารหนู แคดเมียม โครเมียม เหล็ก สังกะสี ไซอะไนด์ สารประกอบฮาโลคาร์บอน ยาฆ่าแมลง เป็นต้น หน่วยงานวิเคราะห์ทางเคมีต้องวิเคราะห์เชิงปริมาณอย่างละเอียดด้วยวิธีการทางเคมี ด้วยเครื่องมือที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่มีความถูกต้องแม่นยำสูงสุดสำหรับประกอบการพิจารณาสภาวะก่อนและหลังการบำบัดว่าได้ผลดีเพียงไร ดังนั้นห้องปฏิบัติการจึงมีบทบาทสำคัญ เมื่อกล่าวถึงห้องปฏิบัติการอาจจะนึกถึงห้องสี่เหลี่ยมที่เต็มไปด้วยเครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ สารเคมีต่าง ๆ มากมาย ซึ่งล้วนแล้วแต่มีความสำคัญทั้งสิ้น แต่สิ่งหนึ่งที่ควรคำนึงถึงสำหรับงานการวิเคราะห์เชิงปริมาณของสารที่มีปริมาณน้อยมาก ๆ ในระดับ ppm จนถึง ppb นั่นคือน้ำสำหรับห้องปฏิบัติการ ซึ่งโดยทั่วไปเรียกกันว่า น้ำกลั่น ที่จริงแล้วน้ำกลั่นนับเป็นเพียงน้ำชนิดหนึ่งของน้ำสำหรับห้องปฏิบัติการเท่านั้น

การวิเคราะห์วิจัยทางวิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องใช้น้ำในหลาย ๆ ขั้นตอน เช่น ตั้งแต่การ

ล้างทำความสะอาดเครื่องมือและภาชนะต่าง ๆ การเจือจาง การใช้สำหรับเป็นสาระละลายแบล็งค์ น้ำสำหรับห้องปฏิบัติการ จำแนกตามปริมาณของสารปนเปื้อน ซึ่งยึดถือตาม Department of Defense และจัดเป็นเกณฑ์กำหนดตามมาตรฐานของ DoD Index แบ่งได้เป็น 4 ชนิด

Type I เป็นน้ำที่มีสารปนเปื้อนน้อยที่สุด ซึ่งวิเคราะห์โดยวิธีที่มีความแม่นยำสูงสุดและความผิดพลาด เบี่ยงเบนต่ำสุด น้ำชนิดนี้ควรเตรียมแล้วใช้ทันทีสำหรับงานวิเคราะห์ที่ต้องการให้มีความถูกต้องแม่นยำสูงสุด และปราศจากการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ ได้แก่งานวิเคราะห์สารพิษที่มีปริมาณน้อยมากในระดับ ppb ถึง ppt

Type II เป็นน้ำที่ยอมให้มีสารปนเปื้อนได้บ้างเล็กน้อย ใช้สำหรับการวิเคราะห์หาสารเชิงปริมาณในระดับ ppm ถึง ppb และการวิเคราะห์ที่ยอมให้มีสารอินทรีย์ปนเปื้อนน้อยมาก ควรเก็บน้ำนี้ในขวดแก้ว ขวด Teflon หรือขวดพลาสติกที่มีความทนทานต่อการกัดกร่อนของสารเคมี เช่น polyethylene

Type III น้ำชนิดนี้เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ทดลองในห้องปฏิบัติการทั่วไป นอกจากนี้ยังใช้ในอุตสาหกรรมบางชนิด เช่น อุตสาหกรรมฟอกย้อม ใช้เป็นน้ำสำหรับหม้อต้มน้ำ (boiler) เป็นต้น

Type IV เป็นน้ำที่ยอมให้มีสารปนเปื้อนมากกว่าชนิดอื่น ๆ ใช้สำหรับการทดลองที่ต้องใช้น้ำปริมาณมาก เช่น ใช้เตรียมสารเคมีที่ใช้ในการสังเคราะห์สาร ใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตน้ำ Type I Type II หรือ Type III ใช้ล้างเครื่องแก้ว นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติที่จัดเป็นน้ำกลั่นสำหรับแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดได้ด้วย

น้ำสำหรับห้องปฏิบัติการทั้ง 4 ชนิดที่กล่าวมาแล้วมีคุณสมบัติดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่

Quality parameter	Type I	Type II	Type III	Type IV
Total matter, max.,mg/litre	0.1	0.1	1.0	2.0
Electrical conductivity, max, μmho/cm at 25°C	0.06	1.0	1.0	5.0
Electrical resistivity, min, MΩ-cm at 25°C	16.67	1.0	1.0	0.2
pH at 25°C	-	-	6.2-7.5	5.0-8.0
Minimum colour retention time of potassium permanganate, minutes	60	60	10	10
Maximum soluble silica	not detectable	not detectable	10μg/litre	no limit

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่าสภาพนำไฟฟ้า (electrical conductivity) ของน้ำ Type I, Type II, Type III ไม่เกิน 1 μmhos/cm ดังนั้นจึงจำเป็นต้องติดตั้งเครื่องวัดสภาพนำไฟฟ้าในขั้นตอนสุดท้ายของระบบการผลิตเพื่อให้ได้ค่าสภาพนำไฟฟ้าที่แท้จริงก่อนที่จะมีการปนเปื้อนโดยก๊าซต่าง ๆ เช่น CO_2, NH_3 ฯลฯ

น้ำ Type I, Type II ไม่มีการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เนื่องจากน้ำทั้ง 2 ชนิดมีคุณภาพสูงมากจนอาจมีการผิดพลาดจากการปนเปื้อนของอีเลคโทรดของเครื่องวัด

ในกรณีที่มีความจำเป็นต้องใช้น้ำที่มีการควบคุมปริมาณแบคทีเรียจะมีการจำแนกเฉพาะในด้านจุลินทรีย์ ดังนี้:

	Type A	Type B	Type C
Maximum total bacteria count	0/ml	10/ml	100/ml

การเตรียมน้ำสำหรับห้องปฏิบัติการ

Type I เตรียมโดยการกลั่นแล้วตามด้วย deionization โดยใช้ mixed-bed ion exchange resin และ 0.2 μm membrane filter น้ำที่ใช้เป็นสารตั้งต้นควรมีสภาพนำไฟฟ้า ไม่เกิน 20 μmhos/cm ที่ 25°C

Type II เตรียมโดยการกลั่น น้ำที่ใช้เป็นสารตั้งต้นอาจต้องผ่านกรรมวิธีอื่น ๆ มาก่อน เช่น deionization การกลั่นหรือ reverse osmosls ขึ้นอยู่กับสภาพเริ่มต้นของน้ำดิบ

Type III เตรียมโดยการกลั่น, deionization, reverse osmosis หรือร่วมกันทั้ง 3 วิธี แล้วกรองด้วย 0.45 μm membrane filter

Type IV เตรียมโดยการกลั่น, deionization, reverse osmosis หรือร่วมกันทั้ง 3 วิธี

อย่างไรก็ตามการจัดจำแนกชนิดของน้ำสำหรับห้องปฏิบัติการต้องจัดตามคุณสมบัติของน้ำที่เตรียมได้ ดังนั้นขั้นตอนและวิธีการเตรียมน้ำแต่ละชนิดอาจเปลี่ยนแปลงได้ตามสภาพของน้ำที่ใช้เป็นสารตั้งต้นเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้

วิธีเตรียมน้ำสำหรับห้องปฏิบัติการ

1. **การกลั่น** (distillation) เป็นวิธีการทำน้ำให้บริสุทธิ์ที่ดีวิธีหนึ่ง ภาชนะที่ใช้ในการกลั่นควรทำจากแก้วชนิด borosilicate หรือ fused quartz, tin, titanium ถ้าน้ำที่จะนำมากลั่นมีปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม ไบคาร์บอเนตอิออนสูง จำเป็นต้องกำจัดแร่ธาตุต่าง ๆ เหล่านี้ก่อน เพื่อป้องกันการเกิดตะกรัน โดยวิธี reverse osmosis หรือ deionization ก็ได้ ในการกลั่นควรเติมกรดแร่ เช่น กรดซัลฟุริก ลงในขวดกลั่นเล็กน้อย เพื่อกำจัดก๊าซแอมโมเนีย และนำน้ำที่กลั่นได้มาต้มเดือดนาน 15 นาที ทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว และปิดด้วยหลอดแก้วที่บรรจุโซดาไลม์ หรือแอสคาไรท์ เพื่อป้องกันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2. **Deionization** เป็นวิธีการทำน้ำให้ปราศจากสิ่งเจือปนประเภทเกลือละลาย โดยใช้วิธี cation และ anion exchange reaction ด้วย resin ซึ่งเป็นสารโพลิเมอร์โมเลกุลใหญ่ โมเลกุลของ resin พวกนี้ปลายข้างหนึ่งจะมีประจุลบหรือประจุบวก ถ้ามีประจุลบเรียกว่า cationic resin (R_1) กลไกในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเป็นดังสมการ

$$6R_1^- - H^+ + Na^+ \longrightarrow R_1 - Na + 6H^+$$

$$Ca^{++} \qquad (R_1)_2 - Ca$$

$$Mg^{++} \qquad (R_1)_2 - Mg$$

$$K^+ \qquad R_1 - K$$

ถ้ามีประจุบวกเรียกว่า anionic resin (R_2) กลไกในการแลกเปลี่ยนประจุลบเป็นดังสมการ

$$6R_2^+ - OH^- + SO_4^{=} \longrightarrow (R_2)_2 - SO_4 + 60H^-$$

$$Cl^- \qquad R_2 - Cl$$

$$PO_4^{\equiv} \qquad (R_2)_3 - PO_4$$

resin ที่ใช้ในกระบวนการ ion exchange นี้มีลักษณะเป็นเม็ดกลม ๆ แยกบรรจุ cation resin ไว้ในคอลัมน์แรก และ anion resin ไว้ในคอลัมน์ที่ 2 ถ้าจะให้กระบวนการ ion exchange มีประสิทธิภาพสูงจะต้องมีคอลัมน์ที่ 3 ซึ่งเป็นของผสมระหว่าง cation และ anion resin อยู่ในคอลัมน์เดียวกัน เมื่อปล่อยให้น้ำดิบ (raw water) ที่ผ่านการ treat เบื้องต้น เช่น แยกตะกอนทรายและสารคอลลอยด์ลอยออกไปก่อนแล้ว เข้าสู่คอลัมน์ที่ 1 ที่เป็น cation resin ในคอลัมน์นี้ cation ทั้งหมดจะถูก cation resin จับไว้โดยปฏิกิริยา cation exchange แล้วปล่อย H^+ ออกมา ดังนั้นหากมีคาร์บอเนตหรือไบคาร์บอเนตอิออนอยู่จะเกิดกรดคาร์บอนิกขึ้น จึงควรให้น้ำที่ผ่านคอลัมน์นี้ผ่านเครื่องเติมอากาศ (aerator) เพื่อไล่ CO_2 ออกจากน้ำก่อนเข้าสู่คอลัมน์ที่ 2 ซึ่ง anion ทั้งหมดจะถูก anion resin จับไว้แล้วปล่อย OH^- ออกมาในน้ำ ทำให้เกิดปฏิกิริยา neutrallization กับ H^+ จากคอลัมน์แรกทำให้ไม่มี ions ต่าง ๆ เหลืออยู่เลย สำหรับน้ำที่ต้องการความบริสุทธิ์สูงเพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการควรเพิ่มคอลัมน์ที่ 3 ซึ่งมีของผสมระหว่าง cation resin และ anion resin อยู่ปนกันอย่างสม่ำเสมอ ในคอลัมน์นี้จะเกิดปฏิกิริยา ion exchange กับ ions ต่าง ๆ ที่หลงเหลืออยู่จนหมด เมื่อใช้ cation และ anion resin ไปนาน ๆ active site ของ cation และ anion resin จะลดน้อยลง จนกระทั่งเหลือน้อยจนไม่สามารถจับ ions ต่าง ๆ ได้อีกแล้ว จะต้อง regenerate cation resin ด้วยกรดแก่ ที่นิยมใช้ก็คือ HCl ส่วน anion resin นั้น regenerate ด้วย NaOH เมื่อ active site ของ cation resin มี H^+ และ active site ของ anion resin มี OH^- เต็มแล้ว ก็สามารถนำไปบรรจุในคอลัมน์เพื่อใช้งานต่อไปได้จนกว่า resin จะเสื่อมสภาพ น้ำที่เตรียมได้โดยวิธีนี้เรียกว่า deionized water หรือเรียกย่อ ๆ ว่าน้ำ DI

3. **Reverse osmosis** เป็นวิธีการนำหลักการออสโมซิสมาใช้ โดยทำให้เกิดขบวนการที่ตรงกันข้ามกับ osmosis คือเพิ่มความดันจำนวนหนึ่งซึ่งมากกว่า osmotic pressure เข้าไปยังสารละลายที่มีความเข้มข้นมาก ตัวทำละลายหรือน้ำก็จะไหลผ่านเยื่อ semipermeable membrane ออกมาสู่สารละลายที่มีความเข้มข้นน้อยกว่า ส่วนอิออนหรือสารอื่น ๆ ที่ไม่สามารถผ่านไปได้ก็ยังคงค้างอยู่อีกด้านหนึ่ง โดยปกติใช้ความดันประมาณ 200 psi วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมมากในการทำน้ำทะเลหรือน้ำกร่อยให้เป็นน้ำจืด ซึ่งต้องใช้ความดันสูงกว่าปกติ สำหรับน้ำทะเลใช้ความดันประมาณ 800-1,000 psi ส่วนน้ำกร่อยใช้ความดันประมาณ 400-600 psi ในเรื่องอุณหภูมิก็ทำให้เยื่อ semipermeable membrane ที่ใช้มีปัญหาเรื่องอัดตัวแน่น ปัจจุบันมีการพัฒนาในเรื่องสารที่ใช้เป็นเนื้อเยื่อให้มีคุณภาพสูงขึ้น เช่น cellulose acetate, aramid, thin film composite โดยที่ cellulose acetate ถูกจุลินทรีย์ทำลายได้ง่าย จึงต้องมีการปรับสภาพก่อนโดยเติม Cl_2 เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

4. **Carbon adsorption** วิธีนี้ใช้สำหรับกำจัด Cl_2 สารอินทรีย์ โดยใช้หลักการดูดซับของ activated carbon ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของสารนั้น ๆ คุณสมบัติทางกายภาพของ activated carbon รวมทั้งวิธีการบรรจุ ปริมาณ และความสูงของ activated carbon ลงในคอลัมน์ รวมทั้งอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านคอลัมน์ด้วย

วิธีเตรียมทั้ง 4 วิธีที่กล่าวมานี้ เป็นวิธีที่ใช้กันมากและได้ผลดี สามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม นอกจากนี้ยังมีวิธีอื่น ๆ อีก เช่น Ultrafiltration, Ultraviolet oxidation เป็นต้น ซึ่งไม่ได้นำมากล่าวในที่นี้

วิธีการเตรียมน้ำสำหรับห้องปฏิบัติการดังได้กล่าวมาแล้วนั้น ความสามารถในการกำจัดสารปนเปื้อนของแต่ละวิธีจะแตกต่างกัน ทำให้เราสามารถเลือกวิธีที่เหมาะสมกับสภาพที่ใช้เป็นสารตั้งต้น ดังแสดงในตาราง 2

ตารางที่ 2

Process	Major classes of Contaminants					
	Dissolved Ionized solids	Dissolved Ionized gases	Dissolved organics	Particulates	Bacteria	Pyrogens
Distillation	G-E+	P	G	E	E	E
Deionization	E	E	P	P	P	P
Reverse osmosis	G ≠	P	G	E	E	E
Carbon adsorption	P	P§	G-E II	P	P	P
Filtration	P	P	P	E	E	P
Ultrafiltration	P	P	G#	E	E	G-E
Ultraviolet oxidation	P	P	G-E**	P	G++	P

หมายเหตุ ตารางนี้คัดลอกมาจาก "Preparation and Testing of Reagent water in the Clinical Laboratory ซึ่งได้รับการรับรองจาก National Committee for Clinical Laboratory Standards

ความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ในตารางนี้มีดังนี้

E = Excellent = กำจัดได้เกือบทั้งหมด

G = Good = กำจัดได้เป็นส่วนใหญ่

P = Poor = กำจัดได้เล็กน้อย หรือไม่ได้เลย

+ = ค่าการนำไฟฟ้าจำเพาะของน้ำที่ได้จากการกลั่นจะต่ำกว่าจากการ deionization เนื่องจากถ้าน้ำดิบมี H_2S, NH_3, CO_2 ปนอยู่ การกลั่นจะกำจัดก๊าซเหล่านี้ได้ยาก

≠ = ค่าการนำไฟฟ้าจำเพาะที่เกิดจาก Dissolved ionized solids จะขึ้นอยู่กับน้ำดิบ

§ = Activated carbon กำจัด Cl_2 โดยขบวนการ adsorption

II = การเลือกใช้ activated carbon ควรเลือกให้เหมาะสมกับ adsorbent ที่ใช้ควบคู่กัน

= Ultrafilters ที่ใช้ลดปริมาณสารอินทรีย์จะได้ผลดีมากถ้าเลือกชนิดให้เหมาะสมกับสารอินทรีย์ที่ต้องการกำจัด

** = 185 nm Ultraviolet oxidation มีประสิทธิภาพดีมากในการกำจัดสารอินทรีย์

tt = 254 nm UV sterilizers สามารถฆ่าหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย แต่มิได้กำจัดออก

จะเห็นว่าน้ำสำหรับห้องปฏิบัติการมีหลายประเภท ซึ่งมีคุณภาพต่างกันและเหมาะสมสำหรับใช้งานต่างกันด้วย ดังนั้นก่อนที่จะเตรียมน้ำสำหรับห้องปฏิบัติการต้องคำนึงถึงคุณภาพของน้ำและวัตถุประสงค์ของการใช้งานด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. **Standard methods for the Examination of Water and waste water.** 17 th ed. Washington, DC : American Public Health Association, 1989, P.1-54-P.1-58
2. American Society for Testing and Materials. **Annual book of ASTM Standards** section 11 volume 11.01. Philadelphia, PA : the Society, 1987, P.48-50
3. American Society for Testing and Materials. **Annual book of ASTM standards** section 11 volume 11.01 Philadelphia, PA : the Society, 1990, P.45-47
4. Faust, Samuel D. **Chemistry of water treatment.** Boston : Butterworth Publisher, 1983, P.40-45
5. ศักดิ์ชัย ทักขิญเสถียร การสกัดน้ำบริสุทธิ์ด้วยวิธีรีเวิร์สออสโมซิส **เทคนิคการจัดการและวิศวกรรม** (9) เม.ย. 2528 62-66.
6. เทวารักษา เครือคล้าย การทำน้ำสะอาด **การอนามัยและสิ่งแวดล้อม** (6)2 พ.ค.-ส.ค. 2526 33-36.