สารกรองน้ำเพื่อการบริโภคอุปโภค

อุราวรรณ อุ่นแก้ว
อรุณ คงแก้ว

เมื่อพูดถึง "น้ำ" ทุกคนคงปฏิเสธไม่ได้ว่าน้ำมีความสำคัญมากในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ในชีวิตประจำวันเราจำเป็นต้องใช้น้ำในการอุปโภคและบริโภคเป็นปริมาณมาก นอกจากนั้นยังใช้ในการเกษตรและอุตสาหกรรมอีกด้วย น้ำที่ใช้ในชีวิตประจำวันมีความสะอาดเพียงพอสำหรับผู้บริโภคหรือไม่ ซึ่งเป็นการยากที่จะบอกได้นอกจากจะทำการวิเคราะห์และนำผลเปรียบเทียบกับมาตรฐานเท่านั้น การบริโภคน้ำที่ไม่สะอาดอาจเป็นการนำเชื้อโรคเข้าสู่ร่างกายได้เนื่องจากน้ำตามแหล่งธรรมชาติเป็นแหล่งของแบคทีเรีย โปรโตซัว และไวรัสที่ทำให้เกิดโรคต่างๆ เช่น โรคท้องร่วง อหิวาตกโรค ไทฟอยด์ โรคระบบทางเดินอาหาร เป็นต้น การใช้น้ำภายในอาคารบ้านเรือนและสถานประกอบการ ผู้ใช้ย่อมต้องการใช้น้ำที่มีคุณภาพ โดยทั่วไปแม้น้ำที่ใช้จะนำมาจากแหล่งหรือระบบจ่ายน้ำที่ผ่านกระบวนการทำความสะอาดจนมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับแล้วก็ตาม แต่ในบางสภาพของพื้นที่ ท่อในระบบส่งน้ำอาจชำรุดและอาจมีสารปนเปื้อนทำให้น้ำมีคุณภาพไม่เหมาะสมต่อการใช้ วิธีการทำน้ำให้สะอาดมีหลายวิธีให้เลือกใช้ วิธีที่ง่ายที่สุดก็คือ การนำน้ำมาต้มให้เดือดเพื่อฆ่าเชื้อโรคที่อาจมี แต่การต้มก็ไม่สามารถกำจัดตะกอน สารแขวนลอย และสารประกอบคลอรีนที่เหลือมากับกระบวนการผลิตน้ำได้ ดังนั้นก่อนการบริโภคและอุปโภคน้ำจึงควรมีการกรองเพื่อกำจัดตะกอน สารประกอบคลอรีนและสารปนเปื้อนที่ปนมากับน้ำ ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาสารปนเปื้อนที่ทำให้เกิดความขุ่น สี กลิ่น และความกระด้างได้

การกรองน้ำเป็นการให้น้ำไหลผ่านสารกรองหรือตัวกลาง ได้แก่ ทราย ถ่าน เรซิน เป็นต้น ประสิทธิภาพการกรองน้ำขึ้นอยู่กับชนิดของสารกรอง กรรมวิธีการกรอง อัตราการไหลของน้ำและแหล่งน้ำที่ใช้ ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะสารกรองซึ่งมีหน้าที่กำจัดสารแขวนลอย ความขุ่น ความกระด้าง สี กลิ่น ฯลฯ ออกจากน้ำ เพื่อให้น้ำสะอาดสามารถนำมาอุปโภคและบริโภคได้ โดยทั่วไปสารกรองที่ใช้มีหลายชนิดแต่ที่นิยมใช้กันส่วนมากมีดังนี้คือ

1. ทราย (sand) สามารถกรองสิ่งสกปรก ฝุ่นละออง สารแขวนลอยในน้ำ ทรายที่จะนำมาใช้กรองต้องทำความสะอาด โดยแช่ในกรดเกลือเข้มข้นประมาณ 20-24 ชั่วโมง และล้างออกเพื่อกำจัดหินปูนที่ผิวเม็ดทราย และเม็ดทรายที่นิยมใช้จะมีขนาด 0.2-0.4 มิลลิเมตร

2. สารกรองเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์ เป็นสารกรองที่สามารถกรองหรือกำจัดเหล็ก แมงกานีส และแก๊สไข่เน่า (hydrogensullfide, H_2S) ในน้ำ ซึ่งเหล็กหรือสนิมเหล็กนี้เป็นสิ่งสกปรกอย่างหนึ่งที่ก่อปัญหาให้แก่ผู้ใช้น้ำบาดาลตามหมู่บ้านในชนบท รวมทั้งหมู่บ้านจัดสรรแถบชานเมือง และโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากทำให้น้ำมีสีแดงและมีกลิ่น เมื่อนำมาใช้ซักล้างจะทำให้เสื้อผ้าเปรอะเปื้อน นอกจากนั้นยังทำให้เกิดคราบสนิมเหล็กขึ้นกับเครื่องสุขภัณฑ์ การกำจัดเหล็กไม่สามารถกรองออกด้วยวิธีการกรองแบบธรรมดา จำเป็นต้องตกตะกอนสารละลายเหล็กในน้ำก่อนที่จะกรองเหล็กออกจากน้ำ ปัจจุบันนิยมแยกสารละลายเหล็กออกจากน้ำโดยใช้สารกรองเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์ เพราะสารกรองชนิดนี้ทำหน้าที่ตกตะกอนสารละลายเหล็กโดยการออกซิเดชันเหล็กในรูปของเฟอร์รัส (Fe^{2+}) ให้เป็นเฟอร์ริก (Fe^{3+}) และทำหน้าที่เป็นตัวกรองอีกด้วย ซึ่งเป็นวิธีที่สะดวก และบำรุงรักษาง่าย

สารกรองชนิดนี้สามารถผลิตได้จากวัสดุหลายชนิด เช่น ทราย ซีโอไลต์ ดิน เป็นต้น โดยนำวัสดุดังกล่าวเคลือบผิวด้วยโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต (potassium permanganate, $KMnO_4$) และเผาให้สลายตัวเป็นแมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2) กรรมวิธีการเคลือบผิวต้องทำในสภาวะควบคุมเฉพาะ ไม่เช่นนั้นโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตจะไม่เกาะติดผิววัสดุ ปริมาณโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตที่ใช้เคลือบถ้าน้อยเกินไปการเคลือบก็จะไม่สม่ำเสมอ แต่ถ้าใช้ปริมาณมากเกินไปก็ไม่มีผลดีต่อประสิทธิภาพการกรอง เพราะประสิทธิภาพการกำจัดสารละลายเหล็กขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวของสารกรอง ไม่ขึ้นอยู่กับความหนาชั้นเคลือบ การเผาเพื่อให้เกิดการสลายตัวของโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนตเป็นแมงกานีสไดออกไซด์ต้องใช้อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมเช่นกัน สารกรองไม่สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องตลอดไป เพราะเมื่อถูกใช้งานไประยะหนึ่งประสิทธิภาพ

จะลดลงหรือหมดประสิทธิภาพ เนื่องจากแมงกานีสไดออกไซด์จะเปลี่ยนเป็นแมงกานีสออกไซด์ (Mn_2O_3) ซึ่งสามารถนำกลับมาเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานใหม่ได้อีก โดยการแช่ในสารละลายโพแทสเซียมเพอร์แมงกาเนต เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนแมงกานีสออกไซด์กลับคืนเป็นแมงกานีสไดออกไซด์ที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงของเดิม

3. เรซิน เป็นสารกรองที่สามารถกำจัดไอออนต่างๆ ที่แตกตัวอยู่ในน้ำ โดยปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนระหว่างไอออนของเรซินกับไอออนต่างๆ ในน้ำ

เรซินหมายถึงสารพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบเชื่อมโยง (cross-linked) หรือแบบร่างแห (network) เรซินที่ใช้แลกเปลี่ยนไอออนมี 2 ประเภท คือ

1). เรซินแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange resin) คือ เรซินที่ประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชัน เช่น หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) หมู่กรดซัลฟอนิก ($-SO_3H$) เป็นต้น สามารถทำปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนไอออนของเรซินกับไอออนบวก (cation) ในน้ำ ได้แก่ ไอออนของแคลเซียม (Ca^{2+}) แมกนีเซียม (Mg^{2+}) เหล็ก (Fe^{2+}) สังกะสี (Zn^{2+}) แมงกานีส (Mn^{2+}) เป็นต้น

2). เรซินแลกเปลี่ยนแอนไอออน (anion exchange resin) คือ เรซินที่ประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชัน เช่น หมู่อะมิโน ($-NH_2$) เป็นต้น สามารถทำปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนไอออนของเรซินกับไอออนลบ (anion) ในน้ำ ได้แก่ ไอออนของซัลเฟต (SO_4^{2-}) คลอไรด์ (Cl^-) ฟลูออไรด์ (F^-) ไนเตรต (NO_3^-) เป็นต้น

โดยทั่วไปการเลือกใช้เรซินประเภทใดขึ้นอยู่กับการใช้งาน ปัจจุบันการใช้ประโยชน์ของกระบวน การแลกเปลี่ยนไอออน ส่วนใหญ่มักเกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการทำน้ำให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น เช่น การปรับปรุงน้ำกระด้างให้เป็นน้ำอ่อนใช้เรซินชนิดแลกเปลี่ยนแคตไอออนที่เป็นกรดแก่ซึ่งมีหมู่ฟังก์ชันเป็น $-SO_3Na$ โดยโซเดียมไอออน (Na^+) ของเรซินจะเป็นตัวแลกเปลี่ยนไอออนบวกในน้ำ ได้แก่ แคลเซียมไอออนและแมกนีเซียมไอออนที่เป็นสาเหตุของน้ำกระด้าง พร้อมทั้งเปลี่ยนโซเดียมไอออนในเรซินออกไปอยู่ในน้ำแทน ดังนั้นน้ำที่ผ่านกระบวนการนี้จึงมีสมบัติเป็นน้ำอ่อน เป็นต้น นอกจากนี้เทคนิคของการแลกเปลี่ยนไอออน ยังใช้ในการทำน้ำให้บริสุทธิ์โดยการกำจัดสารต่างๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำให้แตกตัวเป็นไอออน (deionization) ซึ่งวิธีนี้ทำได้โดยให้น้ำผ่านชั้นของเรซินทั้งสองประเภทอย่างต่อเนื่องกัน

เมื่อเรซินถูกใช้งานจนหมดสภาพในการจับแคลเซียมไอออนและแมกนีเซียมไอออนแล้วสามารถทำให้เรซินคืนสภาพ (regeneration) ได้โดยดึงเอาแคลเซียมไอออนและแมกนีเซียมไอออนออก ขณะเดียวกันก็เติมโซเดียมไอออนเข้าไปในเรซินใหม่ การคืนสภาพทำได้โดยล้างเรซินด้วยสารละลายเกลือแกงหรือน้ำเกลือ ก็จะได้เรซินที่สามารถใช้งานได้ จากนั้นจึงล้างเรซินด้วยน้ำสะอาดหลายๆ ครั้ง เพื่อไล่สารละลายเกลือแกงที่ตกค้างอยู่ สำหรับระยะเวลาที่จะนำเรซินมาคืนสภาพนั้นขึ้นอยู่กับน้ำที่มีเกลือแคลเซียมและแมกนีเซียมละลายอยู่มากหรือน้อยเพียงใด

4. ถ่านกัมมันต์ (activated carbon) สามารถกำจัดสี กลิ่น รส คลอรีนในกระบวนการทำน้ำประปา (ซึ่งบางครั้งในกระบวนการทำน้ำประปาจำเป็นต้องเติมคลอรีนจำนวนมาก เพื่อให้ได้ผลเฉียบพลันในการฆ่าเชื้อโรค จึงทำให้มีคลอรีนตกค้างในน้ำมากเกินไป) นอกจากนี้ยังสามารถกำจัดโลหะหนักและสามารถลดความเข้มข้นของโลหะต่างๆ เช่น ตะกั่ว ทองแดง จนเหลือในปริมาณที่ยอมให้มีได้ในน้ำดื่ม เป็นต้น ถ่านกัมมันต์เป็นถ่านที่มีสมบัติพิเศษที่ได้รับการเพิ่มคุณภาพหรือประสิทธิภาพมากขึ้น โดยการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพิ่มรูพรุนขนาดเล็ก และพื้นที่ผิวสัมผัสให้มีมากขึ้น ทำให้มีสมบัติหรืออำนาจในการดูดซับสูง

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์มีหลายชนิด ส่วนใหญ่มักเป็นพวกอินทรีย์สารซึ่งมีคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ พวกเซลลูโลสที่มาจากพืชและต้นไม้ เช่น ไม้ยางพารา ไม้ไผ่ เศษไม้เหลือทิ้ง และวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น แกลบ กะลามะพร้าว ขี้เลื่อย ซังข้าวโพด เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีพวกถ่านหิน เช่น ลิกไนต์ แอนทราไซต์ เป็นต้น ส่วนวัตถุดิบที่มาจากสัตว์นั้นมีไม่มาก เช่น กระดูกหรือเขาสัตว์ เป็นต้น

การผลิตถ่านกัมมันต์โดยทั่วๆ ไปแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนการเผาวัตถุดิบให้เป็นถ่าน โดยทั่วไปมักใช้วิธีเผาที่ไม่มีอากาศเพื่อไม่ให้วัตถุดิบกลายเป็นเถ้า ซึ่งอุณหภูมิในการเผาประมาณ 200-400 องศาเซลเซียส และขั้นตอนการนำถ่านไปเพิ่มคุณภาพด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เรียกว่า การกระตุ้น (activation) ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ การกระตุ้นทางเคมี และการกระตุ้นทางกายภาพ

1. การกระตุ้นทางเคมี เป็นการกระตุ้นโดยการใช้สารเคมีเช่น แคลเซียมคลอไรด์ สังกะสีคลอไรด์ กรดฟอสฟอริก เป็นต้น ซึ่งสามารถแทรกซึมได้ทั่ว ทำให้ส่วนที่ไม่บริสุทธิ์ละลายหมดไปได้เร็วขึ้น

2. การกระตุ้นทางกายภาพ เป็นการกระตุ้นโดยการใช้แก๊สหรือไอน้ำ ซึ่งใช้อุณหภูมิในการเผากระตุ้นค่อนข้างสูงประมาณ 800-1000 องศาเซลเซียส เพื่อ

ทำให้สารอินทรีย์ต่างๆ สลายไป

การกระตุ้นทั้งสองวิธีจะได้ถ่านกัมมันต์ที่มีลักษณะโครงสร้างภายในมีรูพรุนอยู่ทั่วไป แต่การกระตุ้นทางเคมีมีข้อเสียตรงที่ต้องล้างสารเคมีที่ใช้ในการกระตุ้นซึ่งติดมากับถ่านกัมมันต์ออกให้หมดไม่ให้เหลือตกค้างอยู่เลยเพื่อความปลอดภัยในการนำไปใช้งาน ส่วนการกระตุ้นทางกายภาพมีข้อดีที่สามารถนำมาใช้งานได้เลยทันทีโดยไม่ต้องล้างสารเคมีที่เหลือตกค้าง

ถ่านกัมมันต์เมื่อใช้ไปจนหมดประสิทธิภาพในการดูดซับแล้วสามารถนำกลับมาใช้ได้อีกเช่น ถ้าเป็นการดูดกลิ่นภายในตู้เย็นหรือในรถยนต์ ก็นำมาตากแดดหรืออบให้ร้อน สำหรับกรณีใช้ดูดซับสีและกลิ่นในของเหลวสามารถนำถ่านกัมมันต์มากระตุ้นอีกครั้ง แต่การทำเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่มักไม่คุ้มทุน นอกเสียจากกระทำเป็นจำนวนมาก โดยทั่วไปมักจะใช้กันแต่เพียงเมื่อหมดประสิทธิภาพแล้วก็ทิ้งไป

5. ดินเบา (diatomaceous earth) เป็นดินที่เกิดจากซากของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กคือ ไดอะตอม (diatom) มีลักษณะเป็นดินซุย เบา เนื้อพรุน ใช้กรองแบคทีเรียและกรองน้ำที่มีความขุ่นไม่เกิน 200 ppm

สารกรองแต่ละชนิดมีสมบัติการใช้งานที่แตกต่างกัน ดังนั้นการเลือกใช้สารกรองชนิดใดจึงขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำที่ต้องการ เช่น ถ่านกัมมันต์มีสมบัติในการกำจัด สี กลิ่น รส ส่วนเรซินมีสมบัติในการกำจัดไอออนต่างๆ ในน้ำ เป็นต้น ดังนั้นสารกรองที่นำไปใช้ในเครื่องกรองน้ำ จึงอาจใช้สารกรองมากกว่าหนึ่งชนิดก็ได้ น้ำที่ผ่านกระบวนการที่มีสารกรองส่วนใหญ่ยังคงมีจุลินทรีย์อยู่ จึงต้องนำน้ำมาผ่านการกำจัดเชื้อโรคก่อนนำมาดื่ม เช่น ต้ม ผ่านรังสีอุตราไวโอเลต ผ่านโอโซน หรือผ่านแผ่นเยื่อบาง (membrane) บางชนิดเป็นต้น

ปัจจุบันการปรับปรุงคุณภาพน้ำได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการได้เล็งเห็นความสำคัญดังกล่าวจึงได้จัดทำโครงการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ตัวกลางสารกรองน้ำ ได้แก่ โครงการวิจัยการผลิตสารกรองสนิมเหล็กในน้ำโดยใช้ทรายเคลือบผิวด้วยแมงกานีสไดออกไซด์ ซึ่งสารกรองนี้ยังไม่มีการผลิตในประเทศยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศ และโครงการวิจัยการผลิตไส้กรองคาร์บอนจากถ่านกัมมันต์ โดยโครงการวิจัยทั้ง 2 โครงการสามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีให้ผู้ประกอบการในเชิงพาณิชย์ในประเทศได้ ถ่านกัมมันต์เป็นสารกรองที่สามารถผลิตได้ภายในประเทศ โดยกระบวนการผลิตเป็นเทคโนโลยีที่นำเข้าจากต่างประเทศ แต่มีบางบริษัทที่ทำการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตด้วยตนเอง และขายเทคโนโลยีดังกล่าวออกสู่ต่างประเทศ ผลิตภัณฑ์ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ส่วนใหญ่จะส่งไปขายยังต่างประเทศโดยคิดเป็นมูลค่าการส่งออกประมาณ 170 ล้านบาท แต่มูลค่าการนำเข้าสูงประมาณ 340 ล้านบาท [ข้อมูลจากกรมศุลกากรปี พ.ศ. 2543 และ พ.ศ. 2544 (ม.ค-ก.ย. 44)] จากการวิเคราะห์ทดสอบสมบัติถ่านกัมมันต์ของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อมที่ส่งมาวิเคราะห์พบว่า สมบัติของถ่านกัมมันต์ยังต่ำกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์ (มอก.900-2532) ดังนั้นโครงการวิจัยที่จัดทำขึ้นนี้จะสามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตถ่านกัมมันต์และทรายเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์ แก่ผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อมให้สามารถผลิตถ่านกัมมันต์และทรายเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์ที่มีคุณภาพให้จำหน่ายภายในประเทศและลดการนำเข้าจากต่างประเทศ

เอกสารอ้างอิง

Belfort, G. **Synthetic membbrane process.** Orlando : Academic Press. 1984, p. 1-18.

Clark, RM. And Lykins, BW. **Granular activated carbon.** Michigan: Lewis Publishers, 1989, p.1-28.

Masschelein, WJ. **Unit Process in drinking water treatment.** New York : Marcel Dekker,1992.

กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรมวิทยาศาสตร์บริการ. **เทคโนโลยีการกรองสนิมเหล็กในน้ำ.** (Technology for removal of iron from water) กรุงเทพมหานคร : กรมวิทยาศาสตร์บริการ 2544, 23 หน้า.

นวลอนงค์ ศรีพงษ์ และอุราวรรณ อุ่นแก้ว. **การผลิตถ่านกัมมันต์เพื่ออุตสาหกรรม.** กรุงเทพมหานคร : กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2531, 63 หน้า.

สุรพล โชติวรรณ. **เรซินที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนไอออน.** วารสารสสท ฉบับเทคโนโลยี. กรกฎาคม- สิงหาคม, 2527, ปีที่ 12, ฉบับที่ 60, หน้า 30-37.