



การกำจัดโบรอนในน้ำทะเล ด้วยระบบรีเวอร์สออสโมซิส (RO)

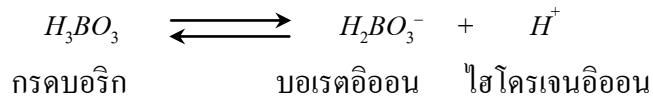
แสวง เกิดประทุม

E-mail: water108@hotmail.com

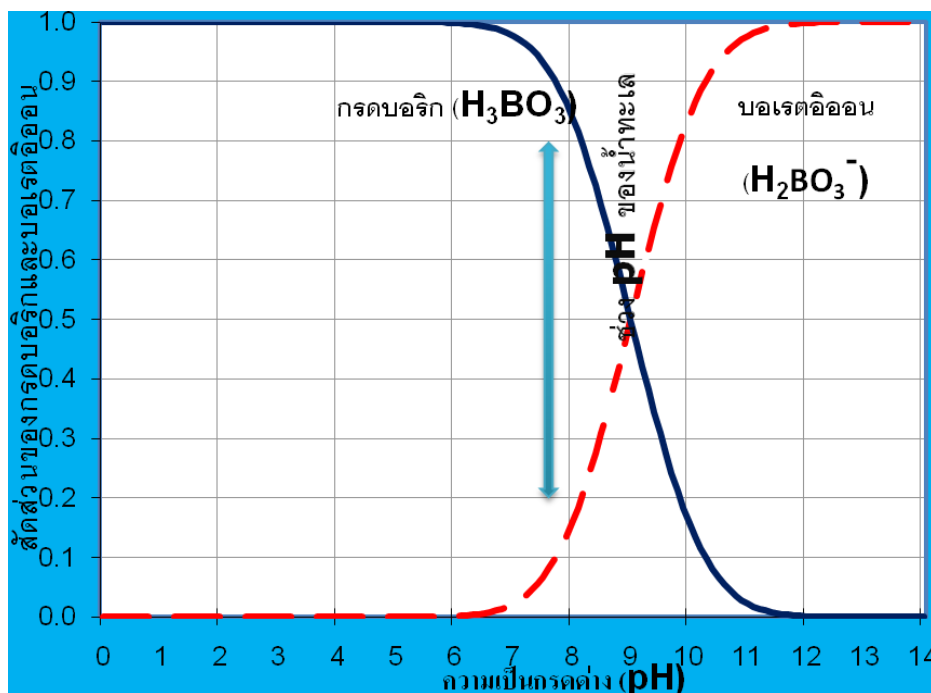
บริษัท น้ำใสไทย จำกัด

โดยปกติน้ำทะเลจะมีโบรอนอยู่ประมาณ 4-5 ส่วนในล้านส่วน (ppm) แต่ในน้ำในแม่น้ำลำคลองจะมีโบรอนประมาณ 0.01 ppm น้ำบาดาลจะมีโบรอนปนอยู่ในปริมาณแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสภาพดิน พื้นที่น้ำไหลผ่านว่ามีโบรอนเป็นองค์ประกอบอยู่หรือไม่และอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ดีหรือไม่ [6]

โบรอนที่ละลายในน้ำจะอยู่ในรูปของสารละลายกรดบอริก (Boric acid) หรือสารละลายของบอเรตไอออน (Borate ion) กรดบอริกเป็นกรดอ่อนจะแตกตัวเป็นไอออนได้น้อย ดังสมการการแตกตัวของกรดบอริก ดังนี้



ที่ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของน้ำต่ำกว่า 7 กรดบอริกส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปโมเลกุลของกรดบอริกที่ไม่มีประจุ แต่เมื่อ pH สูงขึ้น กรดบอริกจะแตกตัวเป็นบอเรตไอออนมากขึ้น ดังแสดงปริมาณของโมเลกุลกรดบอริก และบอเรตไอออนที่ pH ต่างๆ ในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงปริมาณ โมเลกุลกรดบอริก และบอเรตไอออนที่ pH ต่างๆ

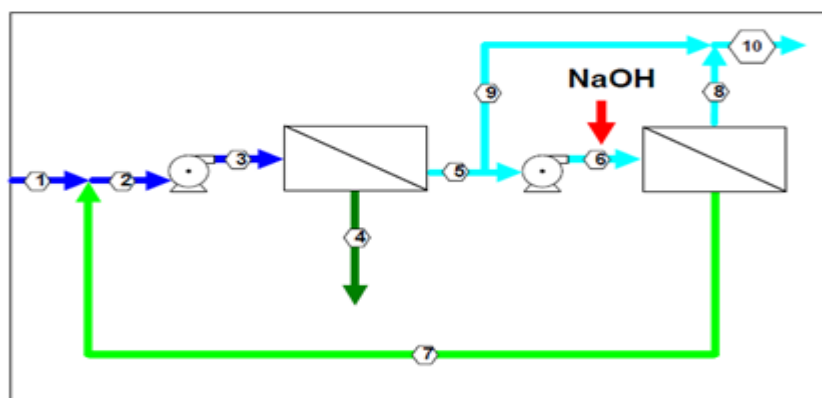


จากรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่าที่ pH 7 กรดบอริกเกือบไม่แตกตัวเป็นไอออน เมื่อค่า pH สูงขึ้นที่ 11.5 (ภาวะที่เป็นด่าง) กรดบอริกจะแตกตัวเป็นไอออนเกือบทั้งหมดความสามารถในการแตกตัวของกรดบอริกที่อุณหภูมิ 25° มีค่า $pK_a = 9.2$ ซึ่งเป็นกรดที่อ่อนกว่ากรดน้ำส้ม (Acetic acid) $pK_a = 4.7$ (pK_a มากๆ เป็นกรดอ่อนกว่า pK_a น้อยๆ) กรดบอริกมีขนาดโมเลกุลเพียง 62 ดัลตัน

ดังนั้นเมื่อ pH ต่ำกว่า 7 โมเลกุลของกรดบอริกจะแพร่ผ่านเมมเบรนในระบบรีเวอร์สออสโมซิส ได้ดี จึงทำให้ที่ pH ต่ำกว่า 7 ระบบระบบรีเวอร์สออสโมซิสจะสามารถคัดกรองโบรอนในรูป กรดบอริกได้เพียง 50 – 60% เมื่อ pH สูงขึ้นประมาณ 10 ความสามารถในการคัดกรองโบรอนจะสูงขึ้นเป็น 90% ทั้งนี้เพราะที่ pH 10 โบรอนจะอยู่ในรูปสารละลายบอเรตไอออนที่มีประจุ จึงไม่สามารถซึมแพร่ผ่านเมมเบรนในระบบระบบรีเวอร์สออสโมซิสได้ [3]

โดยปกติการกรองน้ำด้วยระบบรีเวอร์สออสโมซิส (Reverse Osmosis RO) จะสามารถคัดกรองสิ่งเจือปนที่เป็นสารละลายน้ำเป็นประจุ หรือ ไอออนได้ดี ส่วนสารที่ละลายอยู่ในน้ำในรูปที่เป็นโมเลกุลที่ไม่มีประจุความสามารถในการคัดกรองจะขึ้นอยู่กับขนาดโมเลกุลของสารนั้นๆ โดยปกติเมมเบรนระบบรีเวอร์สออสโมซิสจะคัดกรองโมเลกุลขนาด 150 ดัลตันขึ้นไปได้ดี ส่วนโมเลกุลที่มีขนาดเล็กกว่า 150 ดัลตัน จะสามารถแพร่ผ่านเมมเบรนระบบรีเวอร์สออสโมซิสได้

ในน้ำทะเลมีโบรอนอยู่ประมาณ 4.0 – 5.0 ppm pH 8 เครื่องกรองน้ำทะเลระบบรีเวอร์สออสโมซิสจะสามารถคัดกรองโบรอนได้ประมาณ 60% น้ำจืดที่กรองได้จะยังคงมีโบรอนประมาณ 1.5-2.0 ppm ซึ่งยังสูงกว่ามาตรฐานน้ำดื่มที่องค์การอนามัยโลก (WHO) กำหนดให้น้ำดื่มต้องมีปริมาณโบรอนไม่เกิน 0.5 ppm [1] ถ้าต้องการลดปริมาณโบรอนในน้ำจืดที่ยังมีโบรอนสูงกว่า 0.5 สามารถทำได้โดยการนำน้ำจืดที่กรองได้ในครั้งแรกมากรองด้วยเครื่องกรองระบบรีเวอร์สออสโมซิสสำหรับน้ำกร่อยที่ใช้แรงดันต่ำ (150 psi) ต้องปรับ pH ของน้ำให้สูงกว่า 8 ก่อน ทำให้สามารถคัดกรองโบรอน ได้จนมีปริมาณโบรอนในน้ำกรองในครั้งที่สองนี้ต่ำกว่า 0.5 ppm [4] ซึ่งเรียกว่าการกรองแบบสองขั้นตอน (Two pass RO)



รูปที่ 2 การกรองน้ำทะเลระบบรีเวอร์สออสโมซิสแบบสองขั้นตอน(Two pass RO) เพื่อลดปริมาณโบรอน



จากรูปที่ 2 บรรยายระบบการกรองระบบรีเวอร์สออสโมซิสแบบสองขั้นตอนโดยสังเขปได้ดังนี้
(1) น้ำทะเลป้อนเข้าระบบ (2) น้ำทะเลผสมกับน้ำจืดที่ทิ้งจากการกรองขั้นที่สอง(7) (3) บีมน้ำแรงดันสูง (800-1,000 psi)เข้ากรองด้วยเมมเบรนกรองน้ำทะเล (4) ทิ้งน้ำทะเลเข้มข้น (5) น้ำจืดที่มีโบรอนสูงกว่า 0.5 ppm (6) บีมน้ำจืดโบรอนสูงบางส่วนกรองด้วยเมมเบรนกรองน้ำกร่อย ที่ความดันประมาณ 100-150 psi พร้อมปรับ pH ให้สูงกว่า 8 ด้วยด่าง(NaOH) (8) น้ำจืด (1) โบรอนต่ำผสมกับ (9) น้ำจืดโบรอนสูงส่วนที่เหลือ (10) เป็นน้ำจืดที่มีโบรอนต่ำกว่า 0.5 ppm (7) น้ำจืดโบรอนสูงที่เหลือทิ้งจากการกรองขั้นที่สองนำย้อนกลับป้อนเข้าระบบใหม่

แต่ถ้าจะกรองน้ำทะเลโดยการปรับสภาพน้ำทะเลให้มีค่า pH สูงๆ ก่อน เพื่อเพิ่มความสามารถในการคัดกรองโบรอนของเมมเบรนกรองน้ำทะเล โดยการกรองขั้นตอนเดียวไม่สามารถทำได้ เพราะจะเกิดการตกผลึกของหินปูนอุดตันบนผิวหน้าเมมเบรน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้วิธีการกรอง 2 ขั้นตอนดังที่กล่าวข้างต้น เพราะการกรองน้ำทะเลในครั้งแรกสารที่จะทำให้เกิดตะกอนได้ถูกคัดกรองทิ้งไปก่อนแล้ว ทำให้การกรองในขั้นตอนที่สองสามารถปรับ pH ให้สูงกว่า 8 ได้โดยไม่เกิดการตกผลึกของหินปูนและตะกอนอื่นๆ บนผิวหน้าเมมเบรน

บริษัทผลิตเมมเบรนกรองน้ำทะเลได้มีการพัฒนาเมมเบรนชนิดที่สามารถคัดกรองโบรอนได้ดี (High boron rejection membrane) ที่สามารถกรองน้ำทะเลจนได้น้ำจืดที่มีปริมาณโบรอนต่ำแต่ยังใช้ในวงจำกัด และยังมีราคาสูงอยู่ ในอนาคตอาจจะมีเครื่องกรองน้ำทะเลเป็นน้ำจืดและมีโบรอนต่ำโดยการกรองเพียงครั้งเดียว และการที่จะกำจัดโบรอนอาจใช้วิธีการดูดซับด้วยแอคทีเวตเตดอลูมินา (Activated alumina) ก็สามารถทำได้เช่นกัน [2]

ตารางที่ 1 แสดงความสามารถในการคัดกรองโบรอนของเมมเบรนกรองน้ำทะเลชนิดต่างๆ

ทดสอบที่ pH 8 ความเข้มข้นของโบรอน 6.5 มิลลิกรัมต่อลิตร(mg/l) [4]

บริษัทผู้ผลิตเมมเบรน	ชนิดเมมเบรน	ความสามารถคัดกรองโบรอน(R%)	ความเข้มข้นของโบรอนในน้ำกรอง (Permeate) mg/l
Dow FILMTEC	SW 30-380	88% (85 - 90%)	0.78
	SW 30 HR-380	90% (88 - 92%)	0.66
Toray	TM820 - 370	92% (91 - 93%)	0.53
	TM820A - 370	95% (94 - 96%)	0.33
Hydranautics	8WC3	89% (NA)	0.72
	SWC4	92% (NA)	0.53

R% สัดส่วนร้อยละของปริมาณน้ำจืดที่ได้ ต่อน้ำทะเลที่ป้อนเข้าระบบรีเวอร์สออสโมซิส

แหล่งข้อมูล : R. Shane Trussell, Feb. 05, <http://www.trusselltech.com>



ดังนั้นในการกรองน้ำทะเลด้วยระบบรีเวอร์สออสโมซิสถึงแม้ว่าน้ำที่กรองได้จะเป็นน้ำจืดที่สามารถนำไปใช้เพื่อการอุปโภคได้ แต่ถ้าจะนำมาใช้เป็นน้ำเพื่อการบริโภคใช้น้ำดื่มควรต้องพิจารณาว่ายังมีสารพิษอื่นเหลืออยู่หรือไม่ และสารที่ปนอยู่เกินกว่ามาตรฐานน้ำดื่มหรือไม่ บทความนี้น่าจะเป็นอนุสติหนึ่งที่ให้ท่านพิจารณา

อนึ่ง ที่ฝ่ายวิศวกรรมของ วว. ได้จัดทำห้ององค์ความรู้ด้านการกรองด้วยเมมเบรน ที่ได้รวบรวมเอกสารบทความ ตำรา และตัวอย่างชิ้นงานด้านการกรองด้วยเมมเบรน ให้บริการให้แก่ผู้ที่สนใจได้เข้ามาศึกษา ถ้าท่านใดสนใจสามารถติดต่อห้ององค์ความรู้ ได้ที่ชั้น 3 ตึกวิศวกรรม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย(วว.) เทคโนธานี คลองห้า โทร. 02-577-9252 , 02-5779254 ในเวลาราชการ



เอกสารอ้างอิง

1. World Health Organization (WHO), Geneva, Boron in drinking water, Guidelines for drinking water quality, 2 nd 2004
2. W.Bonguerra , A.Mnif, Bora removal by adsorption on to activated alumina and by Reverse Osmosis , Elsevier, 2008
3. Hoon Hyung; A mechanistic study on boron rejection by water reverse osmosis membranes, Jerald of membrane science, 2004
4. R. Shane Trussell, Boron Removal and Reverse Osmosis <http://www.trusselltech.com>
5. Hydranautics Technical Application Bulletin, Boron Remover by Hydranautics RO membrane, November 2005
6. <http://www.greenfacts.com> , Scientific Facts on Boron, 2004