

# การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตามข้อกำหนดของ USP 41

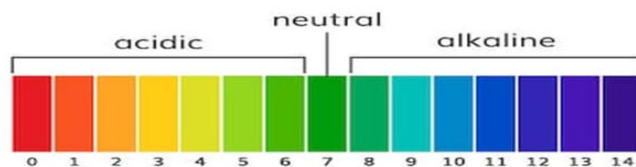
ภญ.ปวีณา กำเหนิดนนท์, ภญ.วิภาพรรณ ไสยสมบัติ  
กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้ผู้อ่านมีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง
2. เพื่อให้สามารถทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่างได้อย่างถูกต้อง

## 1. บทนำ

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) คือ ค่าที่แสดงถึงความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน ( $H^+$ ) หรือไฮโดรเนียมไอออน ( $H_3O^+$ ) ใช้บอกความเป็นกรด (acidity) หรือด่าง (alkalinity) ของสารละลาย โดยค่า pH ของสารละลายจะเป็นค่าลอการิทึมของไฮโดรเจนไอออน (หรือไฮโดรเนียมไอออน) ที่เป็นลบ สเกลทั้งหมดของค่า pH ของสารละลายจะมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 14 โดยใช้แบ่งความเป็นกรด-ด่างได้ดังภาพ



ภาพที่ 1 แสดงความเป็นกรด-ด่างที่ค่า pH ต่างๆ

มีงานในห้องปฏิบัติการจำนวนมากที่ต้องอาศัยสารละลายที่ทราบค่าความเป็นกรด-ด่างที่แน่นอน เช่น การแยกสารต่างชนิดออกจากกันโดยใช้ความแตกต่างของค่าพีเอช การตรวจวัดปริมาณแอนไอออน การเพาะเลี้ยงเชื้อ ฯลฯ การควบคุมคุณภาพก็เป็นงานหนึ่งที่ต้องอาศัยสารละลายที่ทราบค่าความเป็นกรด-ด่างในการปฏิบัติงาน ซึ่งค่า pH ที่วัดได้ต้องมีความถูกต้อง จึงต้องอาศัยเครื่องมือในการวัดค่า pH เพื่อให้ผลทดสอบที่ได้มีความน่าเชื่อถือ

## 2. หลักการวัด pH

การวัด pH คือ การวัดสภาพความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย อาศัยหลักการ Electrochemistry โดยวัดความต่างศักย์ที่เกิดขึ้น (Potential) ระหว่างอิเล็กโทรดอ้างอิง (Reference Electrode) กับอิเล็กโทรดวัด (Measuring Electrode) ความต่างศักย์ที่ได้เกิดจากจำนวนของไฮโดรเจนไอออน ( $H^+$ ) ซึ่งจะถูกเปลี่ยนให้เป็นความต่างศักย์ทางไฟฟ้า (Electronic Potential) แล้วขยายให้ความต่างศักย์สูงขึ้นด้วยเครื่องวัด pH (pH meter)

## 3. เครื่องวัด pH (pH meter)

pH meter เป็นเครื่องมือวัดขั้นพื้นฐานที่มีใช้อยู่ในห้องปฏิบัติการที่มีความสำคัญต่อการควบคุมคุณภาพในงานด้านต่างๆ เช่น การควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิตวัตถุติด และผลิตภัณฑ์ ควบคุมการเกิดปฏิกิริยาเคมีในการวิเคราะห์ทดสอบทางเคมี รวมทั้งการควบคุมคุณภาพด้านสิ่งแวดล้อม มีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน ได้แก่ อิเล็กโทรด และเครื่องวัดศักย์ไฟฟ้า เครื่องวัดศักย์ไฟฟ้าจะเปลี่ยนค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้ให้เป็นค่า pH ซึ่งในการวัด pH จะต้องสอบเทียบ pH meter ก่อนการใช้งานทุกครั้ง โดยการเปรียบเทียบกับค่าสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน การวัดค่า pH ของสารละลายตัวอย่างที่ต้องการทราบค่า เมื่อเปรียบเทียบกับค่า pH ของสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน คำนวณได้จากสมการ

$$\text{pH} = \text{pH}_s + [(E - E_s)/k]$$

E = ศักย์ไฟฟ้าของสารละลายที่ต้องการทราบค่า

$E_s$  = ศักย์ไฟฟ้าของบัฟเฟอร์มาตรฐาน

pH = ค่า pH ของสารละลายที่ต้องการทราบค่า

$\text{pH}_s$  = ค่า pH ของบัฟเฟอร์มาตรฐาน

k = การเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วย pH ซึ่งตัดแปลงมาจาก Nernst equation ดังสมการ

$$k = \log_e(10) \times (RT/nF)$$

R = ค่าคงที่ของแก๊ส = 8.314 Joules/mole/degree kelvin

T = อุณหภูมิ (องศาเคลวิน)

N = moles/half-reaction

F = ค่าคงที่ของฟาราเดย์ = 96485 coulombs/mole

#### 4. ระบบการวัด pH (pH measurement system) ประกอบด้วย

1. อิเล็กโทรดวัด (Measuring electrode) หมายถึง อิเล็กโทรดที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปตามแอคติวิตีของไอออนที่ต้องการวัด การวัด pH นิยมใช้อิเล็กโทรดแก้ว (glass electrode) ชนิดที่ธาตุภายในเป็น Ag/AgCl
2. อิเล็กโทรดอ้างอิง (Reference electrode) หมายถึง อิเล็กโทรดที่สามารถสร้างความต่างศักย์ไฟฟ้าที่คงที่ (fixed potential) ตัวอย่างเช่น ไฮโดรเจนอิเล็กโทรด (Hydrogen electrode), คาลอเมลอิเล็กโทรด (calomel electrode) และซิลเวอร์/ซิลเวอร์คลอไรด์ อิเล็กโทรด (Ag/AgCl electrode)
3. อิเล็กโทรดรวม (Combined electrode) หมายถึง อิเล็กโทรดที่รวมอิเล็กโทรดอ้างอิงและอิเล็กโทรดวัดไว้ด้วยกัน เป็นอิเล็กโทรดที่สร้างขึ้นมาเพื่อความสะดวกในการใช้งาน จึงนิยมใช้มากในห้องปฏิบัติการทั่วไป
4. เครื่องวัดศักย์ไฟฟ้า (Potentiometer) หมายถึง เครื่องวัดความต่างศักย์ไฟฟ้า โดยทั่วไป มีจุดประสงค์หลักในการวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าปริมาณน้อยที่เกิดจากอิเล็กโทรดวัด pH หรืออิเล็กโทรดจำเพาะไอออน โดยการใช่วงจรขยายที่มีความต้านทานเชิงซ้อน (impedance) สูง และมีเสถียรภาพมาก ซึ่งอาจเป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่าย จนถึงระบบไมโครโพรเซสเซอร์ (microprocessor system) ที่ซับซ้อน

#### 5. การเลือกเครื่องวัด pH

การเลือกเครื่องวัด pH เพื่อใช้งานนั้นแตกต่างกันตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน, ชนิดของงานและงบประมาณ สิ่งที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นคุณลักษณะของเครื่องวัด pH ที่ต้องมีตามข้อกำหนดของตำรายาของประเทศสหรัฐอเมริกา เล่มที่ 41 (USP 41)

- ระบบการวัดของเครื่องวัด pH จะต้องสามารถสอบเทียบแบบ 2 จุด (two-point calibration) หรือมากกว่าได้
- Resolution ของการวัดไม่น้อยกว่า 0.01 pH
- เครื่องมือต้องมีระบบชดเชยค่าอุณหภูมิ (Temperature-compensating) เพื่อเปลี่ยนค่า millivolt signal ให้เป็นค่า pH ได้ทุกช่วงอุณหภูมิ โดยการชดเชยจะด้วยวิธีอัตโนมัติหรือแบบใส่ค่าเองก็ได้

- Accuracy ของการวัดอุณหภูมิต้องเป็น  $\pm 1^{\circ}\text{C}$
- Resolution ของการวัดอุณหภูมิไม่น้อยกว่า  $0.1^{\circ}\text{C}$

## 6. การสอบเทียบเครื่องมือก่อนการวัดค่า pH

เนื่องจากระบบการวัดค่า pH มีความแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของเครื่องวัด pH ดังนั้นเป็นการยากที่จะมีคู่มือในเรื่องการสอบเทียบเครื่องวัด pH ที่จะสามารถใช้ได้กับทุกเครื่อง ดังนั้นสิ่งที่กล่าวต่อไปนี้เป็นหลักการโดยทั่วไปในการสอบเทียบเครื่องวัด pH ตามข้อกำหนดของ USP 41 ซึ่งเป็นการสอบเทียบแบบ 2 จุด แต่การสอบเทียบที่มากกว่า 2 จุด สามารถนำหลักการไปปรับใช้ได้ โดยการสอบเทียบมีขั้นตอนดังนี้

1. เลือกสารละลายบัฟเฟอร์ (buffer) 3 ชนิด โดย 2 ชนิดใช้สำหรับกระบวนการ calibration (calibration buffer) และชนิดที่ 3 ใช้สำหรับกระบวนการ verification (verification buffer) โดย verification buffer ต้องมีค่า pH อยู่ระหว่าง calibration buffer
2. ล้าง electrode ด้วยน้ำหลายๆครั้ง เช็ดให้แห้ง แล้วจึงล้างด้วยสารละลาย buffer ชนิดที่ 1
3. จุ่ม electrode ลงในสารละลาย buffer ชนิดที่ 1
4. หาก pH meter ไม่มีระบบชดเชยค่าอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ ให้ทำการใส่ค่า pH ของสารละลาย buffer ที่อุณหภูมินี้ด้วยตนเอง
5. เริ่มทำการสอบเทียบแบบ 2 จุด โดยเริ่มจากการวัดค่าสารละลาย buffer ชนิดที่ 1
6. นำ electrode ออกจากสารละลาย buffer ชนิดที่ 1 จากนั้นล้าง electrode ด้วยน้ำหลายๆครั้ง เช็ดให้แห้ง แล้วจึงล้างด้วยสารละลาย buffer ชนิดที่ 2
7. จุ่ม electrode ลงในสารละลาย buffer ชนิดที่ 2
8. หาก pH meter ไม่มีระบบชดเชยค่าอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ ให้ทำการใส่ค่า pH ของสารละลาย buffer ที่อุณหภูมินี้ด้วยตนเอง
9. ทำการสอบเทียบแบบ 2 จุดต่อ โดยทำการวัดค่าสารละลาย buffer ชนิดที่ 2
10. หลังจากการสอบเทียบแบบ 2 จุดเสร็จสิ้น ให้ทวนสอบผลการสอบเทียบว่าพารามิเตอร์อยู่ในเกณฑ์การยอมรับหรือไม่ โดยพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพิจารณาคือ slope และ offset โดยค่า slope ต้องอยู่ในช่วง 90%-105% และค่า offset ต้องอยู่ในช่วง  $0\pm 30$  mV หรือ 0.5 pH units ที่อุณหภูมิ  $25^{\circ}\text{C}$  หากพารามิเตอร์ไม่อยู่ในเกณฑ์การยอมรับให้ทำความสะอาด electrode และเริ่มทำการสอบเทียบใหม่
11. นำ electrode ออกจากสารละลาย buffer ชนิดที่ 2 จากนั้นล้าง electrode ด้วยน้ำหลายๆครั้ง เช็ดให้แห้ง แล้วจึงล้างด้วยสารละลาย buffer ชนิดที่ 3 (verification buffer)
12. จุ่ม electrode ลงใน verification buffer
13. หาก pH meter ไม่มีระบบชดเชยค่าอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ ให้ทำการใส่ค่า pH ของสารละลาย buffer ที่อุณหภูมินี้ด้วยตนเอง
14. ค่า pH ของ verification buffer ที่วัดได้ต้องอยู่ในช่วง  $\pm 0.05$  pH ของค่าจริงของสารละลาย buffer ที่อุณหภูมินี้
15. ทำการวัดค่า pH ของสารละลายที่ต้องการทราบค่า pH เมื่อทวนสอบผลการสอบเทียบแล้วพบว่าอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ โดยการวัดค่า pH ต้องวัดเมื่ออุณหภูมิของสารละลายอยู่ในช่วง  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$

## 7. บทสรุป

ในปัจจุบันเครื่องวัด pH ถูกพัฒนาให้มีขนาดเล็กลง มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และใช้งานง่ายแต่สิ่งที่ยังควรคำนึงอยู่เสมอคือ การใช้งานอย่างถูกต้อง และการบำรุงรักษาอิเล็กโทรด ซึ่งเป็นหัวใจของการวัด pH นอกจากนี้การสอบเทียบเครื่องมืออย่างเหมาะสมก็เป็นกิจกรรมหนึ่งที่สำคัญ เพื่อให้เครื่องมือวัดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการมีความแม่นยำ ความเที่ยง และความน่าเชื่อถือของผลการวัด ซึ่งจะทำให้ผลทดสอบที่ได้จากห้องปฏิบัติการมีความน่าเชื่อถือด้วย

## 8. บรรณานุกรม

1. United States Pharmacopeial Convention. <791> pH. The United States Pharmacopeia - National Formulary: USP 41 - NF 36 2018. 36<sup>th</sup> ed. Baltimore, MD: The United Book Press, Inc.; 2017. p. 6543.
2. A Guide to pH Measurement. (2007). Switzerland: Mettler-Tolerdo AG, Analytical.
3. Home.kku.ac.th. (2018). [online] Available at: <https://home.kku.ac.th/chuare/12/pHmeter.pdf> [Accessed 1 Sep. 2018].
4. Sa.sciencetech.co.th. (2018). [online] Available at: <http://www.sa.sciencetech.co.th/pdf/Micro.pdf> [Accessed 3 Sep. 2018].

## คำสำคัญ

calibration, pH