บทที่ 2

ทฤษฎี และหลักการเบื้องต้น

2.1 พีเอช [ปกาสิต วานิชกุล, 2542]

ค่าพีเอช (pH) หรือความเป็นกรด-ด่าง เป็นตัวบ่งบอกถึงความเข้มข้นของประจุไฮโดรเจน (Hydrogen ion) ซึ่งจะเป็นไปตามความสัมพันธ์

$$pH = -\log[H^+]$$

โดยที่ $[H^+]$ แทนความเข้มข้นของประจุไฮโดรเจน โดยที่ปริมาณของประจุไฮโดรเจนในสารละลายจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นกรดในสารละลาย และชนิดของกรด ถ้าเป็นกรดแก่จะแตกตัวให้ $[H^+]$ ได้มาก ส่วนกรดอ่อนจะแตกตัวให้ $[H^+]$ ได้น้อย ตัวอย่างเช่น น้ำบริสุทธิ์มีฤทธิ์เป็นกลาง และสามารถแตกตัวได้ดังปฏิกิริยา

$$H_2O \leftrightarrows H^+ + OH^-$$

$$pH = -\log[H^+]$$

ในกรณีนี้ ความเข้มข้นของประจุไฮโดรเจนเท่ากับความเข้มข้นของประจุไฮดรอกซิล ดังนั้น

$$[H^+] = [OH^-] = 10^{-7} \text{ โมล/ลิตร}$$

หรือ

$$pH = -\log[H^+]$$
$$= -\log[10^{-7}]$$
$$= 7.0$$

นั่นคือ สารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกลางจะมีค่าพีเอชเท่ากับ 7.0 ส่วนสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกรดจะมีค่าพีเอชต่ำกว่า 7.0 และสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นด่างจะมีค่าพีเอชสูงกว่า 7.0 ซึ่งโดยทั่วไปสารละลายต่างๆมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 0 ถึง 14

2.2 บัฟเฟอร์ [คณาจารย์ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541]

บัฟเฟอร์ คือสารละลายที่ทีส่วนผสมของกรดอ่อนกับคู่เบส หรือด่างอ่อนกับคู่กรด ซึ่งมีคุณสมบัติด้านทานการเปลี่ยนพีเอชของสารละลายที่ต้องการศึกษา ความสามารถของบัฟเฟอร์ในการต้านทานการเปลี่ยนพีเอช (Buffering capacity) ซึ่งหมายถึงจำนวนโมล/ลิตรของ $[H^+]$ หรือ $[OH^-]$ ที่เติมลงในสารละลายแล้วทำให้ค่าพีเอชเปลี่ยนไป 1 หน่วย

การเลือกใช้บัฟเฟอร์เพื่อควบคุมพีเอช ต้องเลือกชนิดของบัฟเฟอร์ที่มีคุณสมบัติควบคุมพีเอชในช่วงที่ต้องการศึกษา ดังแสดงในตาราง 2-1 ตัวอย่างเช่น ในการศึกษาการทำงานของเอนไซม์แอลคาไลฟอสทาเทส (Alkaline phosphatase) ซึ่งทำงานได้ดีที่สุดที่พีเอช 10.5 ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้ Carbonate และ Hydrogen carbonate เป็นบัฟเฟอร์ เพราะสามารถควบคุมพีเอชให้อยู่ในช่วง 9.2-11.1 ได้

ตาราง 2-1 ช่วงพีเอชของบัฟเฟอร์บางชนิด
(ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2541. "ตำราปฏิบัติการชีวเคมีเบื้องต้น". กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.)

องค์ประกอบ	ช่วงพีเอช
Glycine และ HCl	1.0-3.7
Acetate และ Acetic acid	3.7-5.6
KH_2PO_4 และ K_2HPO_4	6.1-7.5
Tris (hydroxymethyl) aminomethane และ HCl	7.2-9.0
Carbonate และ Hydrogen carbonate	9.2.11.1
Na_2HPO_4 และ NaOH	11.0-12.0

2.3 การวัดค่าพีเอชของสารละลาย [คณาจารย์ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541]

ในทางปฏิบัติเราสามารถวัดค่าพีเอชของสารละลายได้หลายวิธีเช่น โดยใช้อินดิเคเตอร์ (Indicator), กระดาษบอกพีเอช หรือเครื่องวัดความเป็นกรด-เบส ซึ่งวิธีหลังจะให้ผลที่แน่นอนกว่าสองวิธีแรก

2.3.1 อินดิเคเตอร์ เป็นสารอินทรีย์ประเภทกรดอ่อนหรือด่างอ่อน ซึ่งจะให้สีต่างกันที่ช่วงพีเอชหนึ่งๆ ช่วงการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์แต่ละชนิดแตกต่างกันตามคุณสมบัติเฉพาะตัว ดังแสดงในตาราง 2-2

ตาราง 2-2 ช่วงการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์

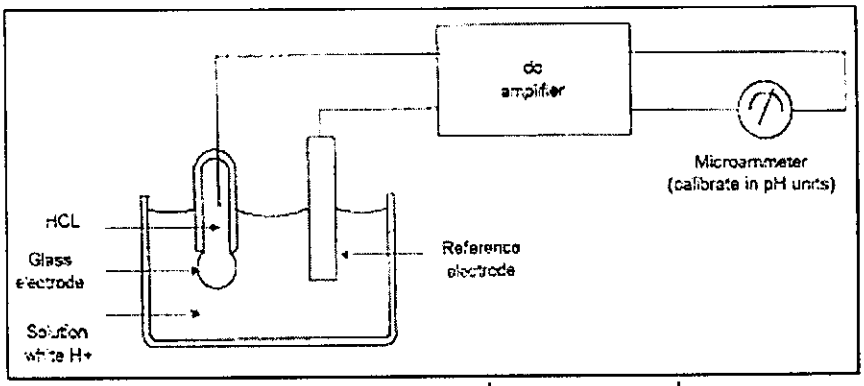
(ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2541. "ตำราปฏิบัติการชีวเคมีเบื้องต้น". กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.)

Indicator	pH range	Color change		
		Acid	Transition	Basic
Bromphenol blue	3.0-5.0	Yellow	Green	Purple
Bromthymol blue	6.0-8.0	Yellow	Green	Blue
Phenolphthalein	8.2-10.2	Colorless	Pink	Pink
Methyl orange	3.1-4.4	Red	Orange	Orange-Yellow
Methyl red	4.2-6.3	Red	Yellow	Yellow
Phenol red	6.8-8.4	Yellow	Orange-Red	Red

2.3.2 การะดาษวัดพีเอช เป็นกระดาษพิเศษที่ชุบด้วยอินดิเคเตอร์ ซึ่งจะเปลี่ยนสีไปตามค่าพีเอช การใช้กระดาษวัดพีเอชนี้จะบอกค่าพีเอชโดยประมาณได้ในช่วงพีเอช 2 ถึง พีเอช 4 ในการใช้กระดาษวัดพีเอช จะไม่ใช้วิธีจุ่มกระดาษลงในสารละลายโดยตรง แต่จะใช้แท่งแก้วจุ่มลงในสารละลายที่ต้องการทราบพีเอช แล้วนำมาแตะกับกระดาษวัดพีเอชแทน

2.4 ลักษณะของเครื่องวัดพีเอชโดยทั่วไป [ปกาสิต วานิชกุล, 2542]

เครื่องวัดค่าพีเอชโดยทั่วไปจะประกอบด้วย อิเลคโทรดแก้ว อิเลคโทรดอ้างอิง และวงจรขยาย (Amplifier) แรงดันที่มีความต้านทานขาเข้าสูง ดังแสดงในภาพประกอบ 2-1



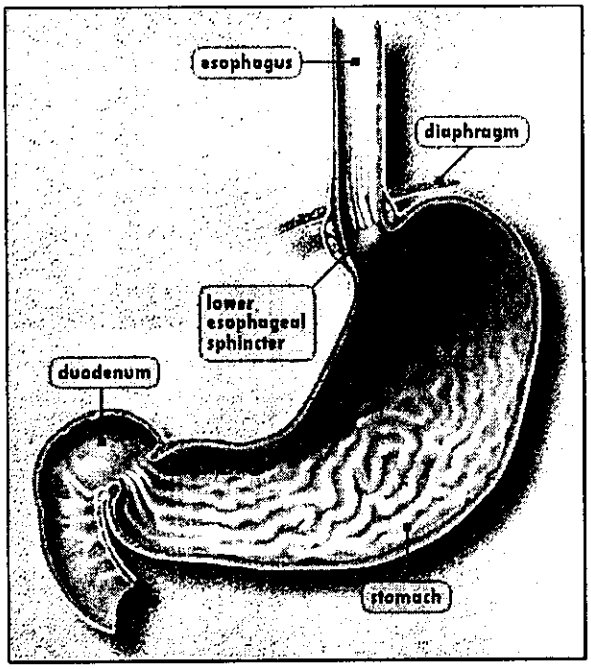
ภาพประกอบ 2-1 โครงสร้างเครื่องวัดพีเอชโดยทั่วไป

(ที่มา: ปกาสิต วานิชกุล. 2542. "เครื่องบันทึกค่าพีเอชในหลอดอาหาร ตอน 2". ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.)

โดยอิเลคโทรดแก้วจะทำมาจากแก้วชนิดพิเศษที่ยอมให้เฉพาะประจุของไฮโดรเจนเท่านั้นที่สามารถซึมผ่านได้ และส่วนล่างของอิเลคโทรดแก้วจะบาง ซึ่งทำหน้าที่เป็นเยื่อเมมเบรน (Membrane) ภายใน อิเลคโทรดแก้วจะบรรจุกรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid, HCl) เข้มข้น 1 N โดยที่กรดดังกล่าวจะสัมผัสกับเยื่อเมมเบรน, แก้ว และขั้วอิเลคโทรดที่อยู่ด้านบน หากอิเลคโทรดที่อยู่ภายในอิเลคโทรดแก้วเป็นชนิดเดียวกันหรือเหมือนกันกับอิเลคโทรดอ้างอิง จะทำให้ความต่างศักย์เทียบกับอิเลคโทรดอ้างอิงมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้นแรงดันสุทธิที่ตกคร่อมอิเลคโทรดที่ต่ออยู่กับวงจรขยายจึงเป็นแรงดันของเมมเบรนเท่านั้น

เนื่องจากความต้านทานของเยื่อเมมเบรนค่อนข้างสูง (ประมาณ 10^6-10^8 โอห์ม) ในการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าจึงต้องใช้วงจรขยายแรงดันที่มีความต้านทานขาเข้าสูง วงจรขยายที่เหมาะสมจึงเป็นวงจรขยายที่ใช้ออปแอมป์ที่มีอินพุทแบบเฟต (FET) ซึ่งจะมีความต้านทานอินพุทสูง ในส่วนของตัวมิเตอร์จะถูกปรับแต่งให้ค่าที่วัดได้อยู่ในหน่วยของพีเอช และจะต้องมีการปรับออฟเซตของมิเตอร์ให้เป็นศูนย์เพื่อชดเชยความไม่สมดุลย์ของศักย์ไฟฟ้าเมื่อเทียบกับอิเลคโทรดอ้างอิง ซึ่งโดยปกติแล้วจะปรับโดยการแช่อิเลคโทรดไว้ในสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน (พีเอช 7.0) และปรับออฟเซตของมิเตอร์ไปที่ค่าพีเอชนั้น

2.5 ลักษณะโดยทั่วไปของกระเพาะอาหาร [กนกธร ปิยธำรงรัตน์, 2542]



ภาพประกอบ 2-2 ลักษณะของกระเพาะอาหาร

(ที่มา: http://www.gerd.com/intro/frame/grossovw.htm)

กระเพาะอาหารมีลักษณะเป็นกระพุ้งรูปตัว J ดังภาพประกอบ 2-2 ผนังหนาเป็นกล้ามเนื้อเรียบยืดหดได้ดี เวลาหดตัวทำให้มีรอยย่นข้างใน (Rugae) เยื่อบุผิวด้านในประกอบด้วยเซลล์หลายชนิดที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะการสร้างและหลั่งน้ำย่อยย่อยอาหารในกระเพาะ (Gastric juice) ซึ่งมีสภาพเป็นกรด ประกอบด้วย HCl ที่มีความเข้มข้นสูง (พีเอชประมาณ 2) และเอนไซม์ Pepsin ที่จะทำงานได้ดีในสิ่งแวดล้อมที่เป็นกรด Pepsin เป็นเอนไซม์ย่อยโปรตีนให้ได้โมเลกุลของโพลีเปปไทด์ขนาดเล็กลง โดยการสลายพันธะเปปไทด์ของกรดอะมิโนเฉพาะ ได้แก่ Tyrosine และ Phenylalanine เป็นต้น อาหารที่ถูกย่อยจากกระเพาะ (Chyme) จะมีลักษณะเป็นของเหลวข้นๆและมีสภาพเป็นกรด

Pepsin ถูกสร้างและหลั่งในรูปที่ยังไม่ทำงาน (Inactive form) ที่เรียกว่า Pepsinogen เป็นการป้องกันเซลล์ของกระเพาะอาหารเองไม่ให้ถูกย่อย เมื่อ Pepsinogen มาพบกับ HCl ที่หลั่งออกมาจากเซลล์คนละชนิดก็จะถูกเปลี่ยนเป็น Pepsin ที่ทำงานได้ การกระตุ้น Pepsinogen ให้กลายเป็น Pepsin โดย HCl เป็นปฏิกริยาลูกโซ่คือ Pepsin ที่ได้จะไปกระตุ้นโมเลกุลอื่นๆของ Pepsinogen ให้เปลี่ยนเป็น Pepsin ได้อีกด้วย

นอกจากที่กล่าวแล้ว ส่วนประกอบที่เป็นสารเมือกที่หลั่งออกมาจากเซลล์ทั่วๆไปของกระเพาะก็ยังช่วยเคลือบผิวด้านในของกระเพาะ ป้องกันการถูกย่อยด้วย Pepsin และกรด ขณะเดียวกันเยื่อบุผิวของกระเพาะเองก็ถูกสร้างขึ้นทดแทนอย่างสม่ำเสมอ และถ้าหากการถูกทำลายมากกว่าการสร้างขึ้นทดแทนก็จะทำให้เกิดแผลในกระเพาะอาหาร (Gastriculcer) หรือโรคกระเพาะนั่นเอง

ตรงรอยต่อระหว่างหลอดอาหารส่วนปลายกับกระเพาะอาหารจะมีหูรูดที่เรียกว่า Gastroesophageal sphincter หรือ Lower esophageal sphincter ซึ่งจะกันไม่ให้อาหารและกรดในกระเพาะอาหารไหลย้อนขึ้นไปยังหลอดอาหารได้ หากหูรูดดังกล่าวหย่อนปิดไม่สนิท จะทำให้เกิดการไหลย้อนของกรดจากกระเพาะอาหารขึ้นสู่หลอดอาหาร ซึ่งจะเรียกความผิดปกติดังกล่าวว่า "Gastroesophageal Reflux (GER)"