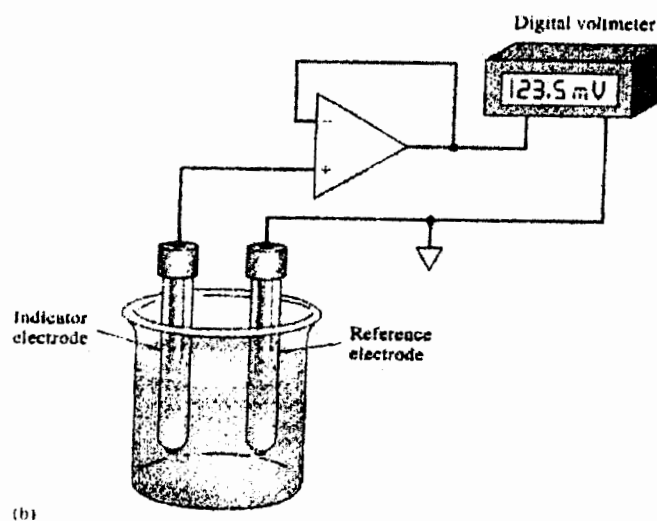


บทที่ 6

การวิเคราะห์ด้วยโพเทนชิโอเมตรี (Potentiometry Analysis)

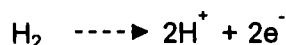
Potentiometry (โพเทนชิโอเมตรี) เป็นวิธีการวิเคราะห์สารตัวอย่างโดยการวิเคราะห์เคมีไฟฟ้า ซึ่งสารตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์เกิดปฏิกิริยาได้ที่ผิวหน้าของขั้วไฟฟ้าโดยไม่ต้องอาศัยพลังงานจากภายนอก เทคนิคนี้ไม่สามารถใช้วิเคราะห์เชิงคุณภาพ เนื่องจากว่าค่าความต่างศักย์แปรตามปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น การวิเคราะห์ทางโพเทนชิโอเมตรีอาศัย electrode (ขั้วไฟฟ้า)



(b)
ภาพที่ 6.1 อุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า
ที่มา : เพ็ญศรี (2542)

Electrode ที่แบ่งได้ 2 ชนิด

1. **Indicator electrode** ที่ใช้มากที่สุดคือ ขั้วไฟฟ้าแก้ว (glass electrode) ซึ่งประกอบด้วย ขั้วไฟฟ้าเยื่อแก้ว (glass membrane) ภายในบรรจุด้วย hydrochloric acid ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า โดยมี silver-silver chloride electrode จุ่มในสารละลาย hydrochloric acid, dry glass membrane layer ประกอบด้วย membrane และชั้นที่มีสารละลาย เพื่อให้ membrane เกิดการพองตัวด้วยสารละลาย



$$E = E^0 - \frac{0.0591}{2} \log \frac{(\text{aH}^+)^2}{(\text{aH}_2)}$$

$$\log (\text{aH}^+)^2 = 2 \log (\text{aH}^+)$$

$$(\text{aH}_2) = 1$$

$$E = E^0 - \frac{0.0591 \times 2 \times \log (\text{aH}^+)}{2}$$

$$\text{pH} = -\log (\text{aH}^+)$$

$$E = E^0 + 0.0591 \text{ pH}$$

ค่า pH จะเกี่ยวกับ electrode potential ดังนั้น pH meter จึงมีทั้งค่า millivolt และ pH scale ค่า pH จะเป็นเส้นตรงซึ่งขึ้นตรงกับค่าความต่างศักย์

ปฏิกิริยาที่ glass electrode และสารละลายมีดังนี้



เมื่อ membrane สัมผัสกับสารละลาย sodium พวก anions จะไม่เปลี่ยนแปลง pH และ mass balance ของ cation exchange จะขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงของ Sodium เท่านั้น potential ของ electrode จะขึ้นกับ hydrogen ion concentration ของ test solution, glass electrode ใช้วัด pH ได้ดีใน pH range 1-9 ถ้า test solution มี alkalinity สูงจะทำให้เกิด

alkalinity error ซึ่งจะทำให้เกิด alkaline error ซึ่งจะทำให้วัด pH ของสารละลายได้ค่าต่ำกว่าความจริง ในทำนองเดียวกันในสารละลายที่มีความเป็นกรดสูงจะทำให้เกิด acid error ซึ่งมีผลให้วัด pH ของสารละลายได้สูงกว่าความจริง

(ขั้วไฟฟ้าเยื่อแก้ว) เป็นขั้วไฟฟ้าแบบแรกที่ใช้วัดความเป็นกรด-ด่าง ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1909 ซึ่งจะวัดการเปลี่ยนแปลงของสารละลายเมื่อ pH เปลี่ยนแปลง โดยตอบสนองจำเพาะต่อ H^+ ที่สัมผัสกับเยื่อนี้ได้ โดยใช้วัด pH หรือความเป็นกรดต่างของสารละลาย

ขั้วไฟฟ้าเยื่อแก้วประกอบด้วย Ag/AgCl (ซิลเวอร์/ ซิลเวอร์คลอไรด์) เป็น ขั้วไฟฟ้าอ้างอิง ภายในมีสารละลาย 0.1 M HCl ที่อิ่มตัวด้วย AgCl เป็นสารละลายอ้างอิงภายใน โดยส่วนของเยื่อแก้วเป็นกระเปาะอยู่ส่วนปลายสุดของขั้วไฟฟ้า

กลไกการเกิดความต่างศักย์ของเยื่อแก้ว การเกิดความต่างศักย์ที่เยื่อแก้วส่วนของเยื่อแก้วต้องสามารถนำไฟฟ้าได้โดยการเคลื่อนที่ของไฮโดรเจนไอออนในชั้นแก้ว (เยื่อแก้วที่แห้งจะไม่มี การแลกเปลี่ยนประจุไฟฟ้าเนื่องจากตาข่ายและไอออนของโลหะจะนั่งตั้งนั้นก่อนใช้งานต้องให้เยื่อแก้วนี้จุ่มอยู่ในสารละลายซึ่งสามารถใช้ น้ำบริสุทธิ์หรือ buffer ที่ใช้แช่เยื่อแก้ว เป็นเวลา 30 นาที) เมื่อไฮโดรเจนไอออนเกิดไฮเดรชันหรือชุ่มน้ำจะเกิดการเคลื่อนที่โดยโซเดียมไอออนเป็นตัวนำพาประจุข้ามรอยต่อเยื่อแก้วที่แห้งไปยังรอยต่ออีกด้านหนึ่งตำแหน่งสมดุลของทั้งสองปฏิกิริยาที่ผิวแก้วทั้งสองด้านของเยื่อแก้วขึ้นกับความแตกต่างของความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนในสารละลายทั้งสองด้านของเยื่อแก้วนี้ ขนาดความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นนี้ขึ้นกับอัตราส่วนของความเข้มข้นไฮโดรเจนไอออนของสารละลายอ้างอิงภายในและสารละลายตัวอย่าง ค่าความต่างศักย์สามารถคำนวณได้จากสมการ

E^0 = potential of system when all species are at unit activity

$$E_{\text{actual}} = E^0 + \frac{2.3RT}{NF} \log a_{\text{ox}}/ a_{\text{red}}$$

R = gas constant = 8.316 joules/mol-degree

T = the temperature in K

N = the number of electrons involved

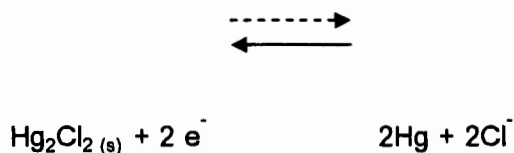
F = Faraday (96,500 coulombs)

a_{ox} = the actual activity of the oxidized species

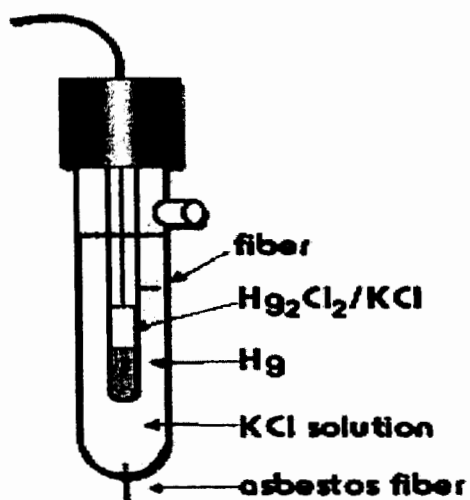
a_{red} = the actual activity of the reduced species

2. ขั้วไฟฟ้าอ้างอิง (reference electrode) มีคุณสมบัติที่ไม่แปรตามกระแสที่เปลี่ยนแปลงในวงจร ไม่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิและเวลาที่เก็บรักษา ขั้วไฟฟ้าอ้างอิงทำให้เซลล์ไฟฟ้าครบวงจร การมีขั้วไฟฟ้าอ้างอิงในวงจรเซลล์ไฟฟ้าทำให้รู้ผลการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาเคมีของสารตัวอย่าง มีหลายชนิด เช่น standard hydrogen electrode(SHE), saturated calomel (SCE), silver-silver chloride electrode

2.1 ขั้วไฟฟ้าคาโลเมล (Calomel electrode) ประกอบด้วยหลอดแก้วสวมกันสองชั้น หลอดแก้วชั้นในมีหลอดตัวจุ่มในส่วนผสมของโลหะปรอทและเมอคิวรัสคลอไรด์ (Hg_2Cl_2) หลอดแก้วชั้นนอกเป็น KCl ที่อิ่มตัว ปฏิกิริยาของครึ่งเซลล์ไฟฟ้าเป็นดังนี้



Calomel electrode จะสลายที่อุณหภูมิสูงกว่า 80°C ซึ่งถ้าใช้อุณหภูมิสูงกว่า ควรใช้ Ag-AgCl



ภาพที่ 6.2 ขั้วไฟฟ้าคาโลเมล

ที่มา : [http:// www. Wikipedia.org](http://www.Wikipedia.org)

ข้อจำกัดในการใช้ขั้วไฟฟ้าคาโลเมล

1. ถ้าสารตัวอย่างมีไอออนของคลอไรด์ และโพแทสเซียม ไม่สามารถใช้ขั้วไฟฟ้าคาโลเมลในการวิเคราะห์ จะทำการวิเคราะห์ผิดพลาด
2. ใช้กับการทดลองที่อุณหภูมิไม่เกิน 80 องศาเซลเซียส การระเหยของไอปรอทและเมอร์คิวริกในขั้วไฟฟ้า ทำให้ขั้วไฟฟ้าเสีย

การระวังรักษาขั้วไฟฟ้าคาโลเมล

1. ขั้วไฟฟ้าที่เก็บไว้นานจะมีผลึกเกลือ KCl เกาะอยู่รอบขั้วไฟฟ้าบนผนังหลอดแก้ว ให้จุ่มขั้วไฟฟ้าในน้ำอุ่นๆ (อุณหภูมิไม่เกิน 80 องศาเซลเซียส)
2. ก่อนใช้งานจะต้องตรวจสอบปริมาณสารละลาย KCl ที่อิ่มตัวต้องอยู่ในระดับสูงกว่าขั้วคาโลเมล ถ้าไม่สูงพอต้องเติมสารละลาย KCl ลงไป แต่ต้องให้ขั้วไฟฟ้าสู่สมดุลก่อนใช้งาน
3. เมื่อใช้งานเสร็จ ต้องล้างด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด และแช่ในน้ำกลั่นหรือ buffer pH 7.0 ตลอดเวลาเพื่อไม่ให้ขั้วไฟฟ้าแห้งซึ่งจะเสื่อมเสีย

2.2 ขั้วไฟฟ้าไฮโดรเจน (Standard hydrogen electrode) อาจเรียกขั้วไฟฟ้าแก๊สซึ่งประกอบด้วยแก๊สไฮโดรเจนในสารละลายที่มีไฮโดรเจนไอออนซึ่งอิ่มตัวด้วยแก๊สไฮโดรเจนตลอดเวลา ศักย์ไฟฟ้าของไฮโดรเจนอิเล็กโทรดแปรตามอุณหภูมิและปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลของสารละลายและไฮโดรเจน ข้อจำกัดของการใช้ขั้วไฟฟ้าไฮโดรเจน

2.2.1 ต้องมีถังแก๊สไฮโดรเจนตลอดเวลา

2.2.2 สารละลายที่ต้องการวัดความต่างศักย์ต้องไม่มีส่วนผสมที่จะเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์เพราะจะทำให้มาตรฐานไฟฟ้าเสียไป

ในการใช้ SHE เป็นขั้วไฟฟ้าอ้างอิงมีข้อกำหนดว่า ไอออนของไฮโดรเจน มีค่าเป็นหนึ่งภายใต้ความกดดันของแก๊สไฮโดรเจนในสารละลายต้องเจือจางมาก จนค่าแอกทिवิตีของไอออนไฮโดรเจน มีค่าเป็นหนึ่งภายใต้ความกดดันของแก๊สไฮโดรเจน 1 บรรยากาศ ณ สภาวะเช่นนี้ค่าศักย์ของ SHE เท่ากับศูนย์ที่ทุกอุณหภูมิ

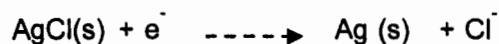
ข้อดีของขั้วไฟฟ้าไฮโดรเจน คือ

1. เป็นขั้วไฟฟ้าที่ทำขึ้นง่าย
2. มีความถูกต้องแม่นยำสูง
3. ใช้ได้ผลดีในช่วง pH ที่กว้าง 0-14 โดยไม่มีความผิดพลาด เช่น ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของ pH อันเนื่องมาจากความแปรปรวนของไอออนในสารละลาย
4. มีความต้านทานต่อไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าต่ำเกิดปฏิกิริยาผันกลับได้

2.3 ขั้วไฟฟ้าซิลเวอร์-ซิลเวอร์คลอไรด์ เป็นหลอดแก้วที่มีขดลวดโลหะเงินจุ่มอยู่ในสารละลายที่อิ่มตัวของโพแทสเซียมคลอไรด์และซิลเวอร์คลอไรด์ ส่วนปลายของหลอดแก้วเป็นแผ่นพรุนในสภาพแห้ง กั้นส่วนของโพแทสเซียมคลอไรด์กับสารละลายตัวอย่างตามแผนภาพของขั้วไฟฟ้าศักย์ไฟฟ้าของซิลเวอร์-ซิลเวอร์คลอไรด์ขึ้นกับความเข้มข้นของคลอไรด์ไอออนในขั้วไฟฟ้า



Ag-AgCl electrode เป็น electrode ที่นิยมใช้อีกชนิดหนึ่งซึ่งขึ้นกับปฏิกิริยาดังนี้



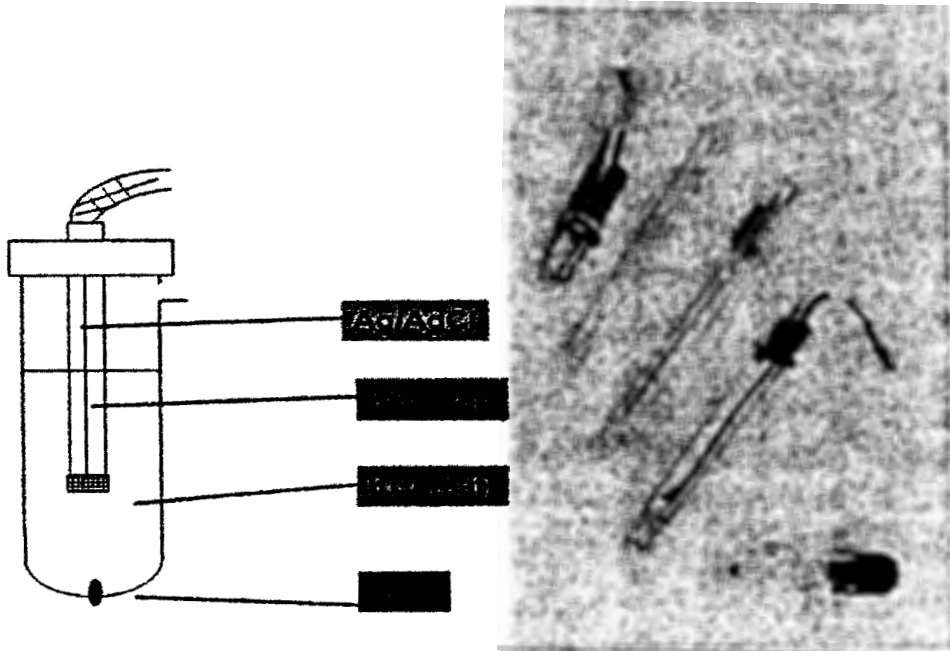
ขั้วไฟฟ้าต้องแช่ในสารละลาย KCl ที่อิ่มตัว และ AgCl ซึ่งจะ sensitive มากกับ Bromide ion และ oxygen ครั้งแรกที่ใช้จะต้องแช่ electrode เป็นเวลา 30 ชั่วโมง

ข้อดีของขั้วไฟฟ้าซิลเวอร์-ซิลเวอร์คลอไรด์

1. เป็นขั้วไฟฟ้าที่มีขนาดเล็ก สามารถนำไปใช้ในงานต่าง ๆ ได้กว้างขวางกว่าขั้วไฟฟ้าคาโลเมล
2. มีความคงตัว ใช้กับอุณหภูมิสูง ๆ ได้ (ไม่เกิน 275° องศาเซลเซียส)
3. ใช้ได้ดีกับการไตเตรดในสารละลายที่ไม่ใช้น้ำ โดยผลที่ได้จะอยู่ในช่วง ± 10 ถึง ± 2 มิลลิโวลต์ ในตัวทำละลายที่เป็นน้ำ และ ± 50 มิลลิโวลต์ในตัวกลางที่ไม่มีน้ำ แต่ต้องใช้สะพานเกลือให้เหมาะสมด้วย

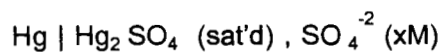
ข้อเสีย

การเตรียมขั้วไฟฟ้ามีความยุ่งยาก เพราะซิลเวอร์คลอไรด์ละลายได้ในสารละลายคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นสูง ดังนั้นในการทำจะต้องใส่ซิลเวอร์คลอไรด์ลงในสารละลายจนไม่ละลายอีก



ภาพที่ 6.3 ขั้วไฟฟ้าอ้างอิงซิลเวอร์-ซิลเวอร์คลอไรด์
ที่มา : [http:// www. Wikipedia.org](http://www.Wikipedia.org)

2.4 ขั้วไฟฟ้าเมอร์คิวรี-เมอร์คิวรัสซัลเฟต (Mercury-mercurous sulfate electrode) ขั้วไฟฟ้านี้มีความแตกต่างจากขั้วไฟฟ้าคาโลเมล ตรงส่วนประกอบ ของเกลือของปรอท ซึ่งเป็นเมอร์คิวรัสซัลเฟต (Hg_2SO_4) และสารละลายอิ่มตัวของโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) เขียนแผนภาพของครึ่งเซลล์ได้ดังนี้



ขั้วไฟฟ้าชนิดนี้ถูกนำมาใช้เป็นขั้วไฟฟ้าอ้างอิง ต่อเมื่อสารตัวอย่างที่วิเคราะห์มีไอออนคลอไรด์อยู่ด้วย ทำให้ไม่สามารถใช้ขั้วไฟฟ้าคาโลเมลและขั้วไฟฟ้าซิลเวอร์-ซิลเวอร์คลอไรด์

2.5 ขั้วไฟฟ้าแทลเลียมอะเมัลกัม-แทลลัสคลอไรด์ (Thallium amalgam-thallic chloride electrode) ขั้วไฟฟ้าแทลเลียมอะเมัลกัม-แทลลัส คลอไรด์ จะประกอบ ด้วยขั้วไฟฟ้าเป็นโลหะแทลเลียมที่มีอะเมัลกัมอยู่ 40% และอยู่ในสารละลายอิ่มตัวของแทลลัสคลอไรด์และโพแทสเซียมคลอไรด์ เขียนแผนภาพครึ่งเซลล์ ดังนี้

Tl (40% amalgam) | TlCl (sat'd), KCl (sat'd)

การใช้ขั้วไฟฟ้าชนิดนี้แทนขั้วไฟฟ้าคาโลเมลหรือซิลเวอร์คลอไรด์ ในช่วง pH ที่ไม่สามารถใช้ขั้วไฟฟ้าทั้งสองได้โดยขั้วไฟฟ้าชนิดนี้มีคุณสมบัติที่จะปรับศักย์ไฟฟ้าให้เข้าสู่สมดุลได้อย่างรวดเร็ว หลังจากมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

Salt bridge (สะพานเกลือ) เป็นตัวเชื่อมของกระแสไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้า (electrode) กับสารละลายตัวอย่าง ซึ่ง 3N HCl หรือ 1N KNO₃ เป็น salt bridge ที่ดีที่สุด ถ้า ion ที่มี Chloride ion ปนอยู่ต้องใช้ NaNO₃ เป็น salt bridge

Metal electrode ได้แก่ platinum electrode, silver electrode, mercury electrode

- solid state electrode and precipitate electrode
- liquid-liquid membrane electrode
- enzyme and gas-sensing electrode

เช่น glass membrane ที่ประกอบด้วย

SiO₂ 72.2 %, SiO₂ 64.4%, CaO 6.4%, Na₂O 21.4% วัด H⁺

SiO₂ 71%, Al₂O₃ 18 %, Na₂O 11% ใช้วัด Na⁺

SiO₂ 68%, Al₂O₃ 5%, Na₂O 27% ใช้วัด K⁺

ข้อดีของ ion-selective electrode คือไม่ sensitive กับ redox interferences และสารพิษที่ล้อมรอบ

2.6 ขั้วไฟฟ้าเยื่อสถานะของแข็ง (Solid-State Electrodes)

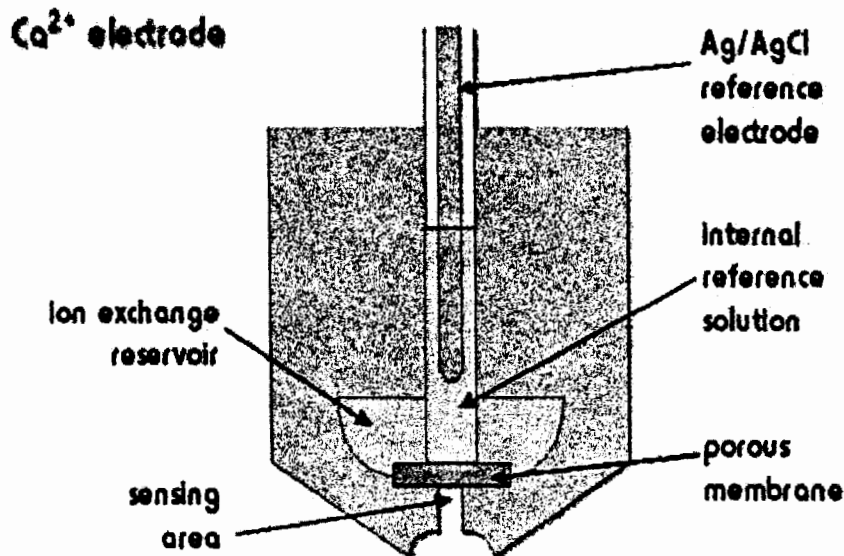
เป็นขั้วไฟฟ้าที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้เจาะจงกับแอนไอออนเท่านั้น ศักย์ไฟฟ้าที่เกิดที่

แผ่นเยื่อจะมีความสัมพันธ์กับ activity ของสารละลายตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ ส่วนที่เป็น active membrane ของ solid state electrode ประกอบด้วย single inorganic crystal ซึ่งเคลือบด้วย rare earth element เช่น orion fluoride electrode เป็นผลึกของ lanthanum fluoride ซึ่งเคลือบด้วย europium II ซึ่งเป็น electrode ที่เหมาะในการวัด fluoride ion Solid-state electrodes นิยมใช้วัด anion ประเภท Cl^- , Br^- , I^- , S^{2-} และ cation

2.7 ขั้วไฟฟ้าเยื่อของเหลว (Liquid-liquid Membrane Electrode)

เป็น ion-selective electrode ชนิดหนึ่งซึ่งวัสดุที่ใส่ใน electrode เป็นของเหลว ปัญหาที่เกิดขึ้นคือ ถ้าใช้ membrane ชนิดนี้ เมื่อ liquid ion exchanger เกิดขึ้นจะทำให้ liquid phases ลดลง

electrode ชนิดนี้นิยมใช้วัด Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{2+} , ClO_3^- , NO_3^-



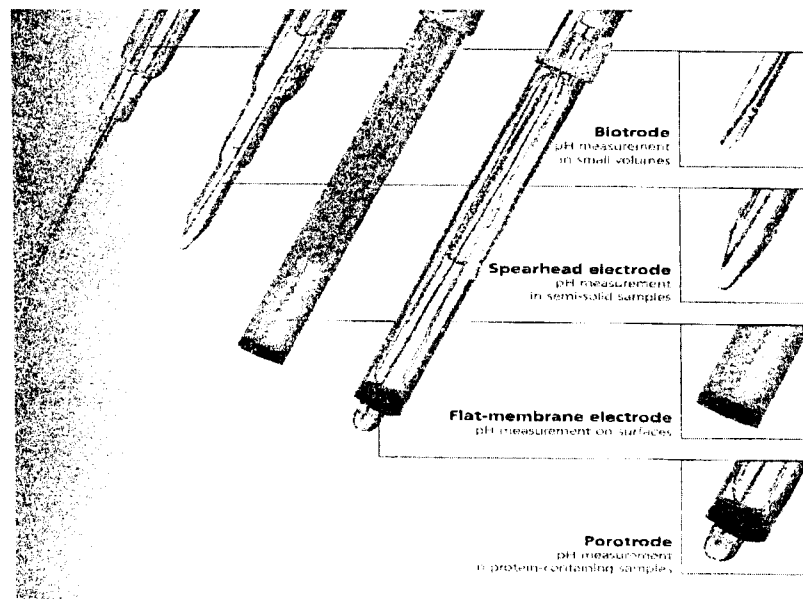
ภาพที่ 6.4 ขั้วไฟฟ้าเยื่อของเหลว

ที่มา : www.ycscale.net/phectdsmeter.htm

2.8 ขั้วไฟฟ้าเอนไซม์ (Enzyme Electrode) ใช้วัดสารละลายที่ไม่มีประจุ ซึ่งขั้วไฟฟ้าที่ใช้จะประกอบด้วยเอนไซม์ ซึ่งจะเปลี่ยนโมเลกุลที่ต้องการวัดให้มีประจุซึ่งสามารถใช้กับขั้วไฟฟ้าทั่วๆ ไปได้ เช่น การวิเคราะห์ urea จาก electrode ชนิดนี้โดยเคลือบ

ammonium ion electrode ด้วย uricase, urea ที่มีอยู่ในสารละลายตัวอย่างซึ่งจะผ่าน membrane เข้าไปทำปฏิกิริยากับ ammonia ในน้ำจะ form ตัวเป็น ammonium ion ซึ่งวัดโดย ammonium ion electrode

3. ขั้วไฟฟ้าเจาะจงไอออน (Ion-selective electrode) เป็นขั้วไฟฟ้าแก้วอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบภายใน และส่วนผสมของแผ่นเยื่อเพื่อให้มีคุณสมบัติวัดไอออนแต่ละชนิดได้ ส่วนประกอบภายในขั้วไฟฟ้าแก้วมีการเปลี่ยนแปลงให้เหมาะกับสารละลายที่ต้องการวัด ถ้ามีความแตกต่างของ activity ของสารละลายตัวอย่างและสารละลายอ้างอิงที่อยู่ในขั้วไฟฟ้าจะเกิดความต่างศักย์ตรงแผ่นเยื่อนี้ ซึ่งขั้วไฟฟ้านี้จะมีปฏิกิริยาต่อแคทไอออน (cation) ที่นิยมใช้คือขั้วไฟฟ้าสำหรับวัด Na, K, Ag, Li, Cs และ Rb

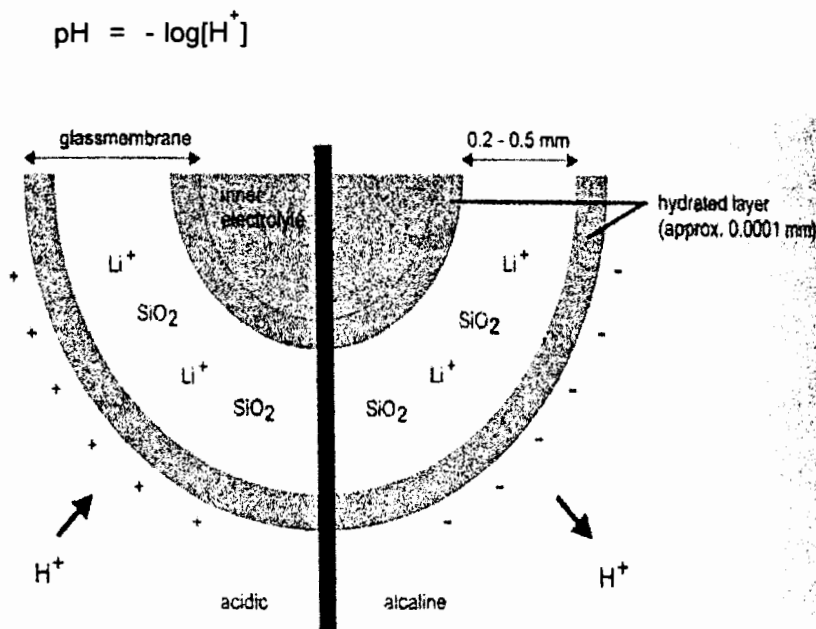


ภาพที่ 6.5 ขั้วไฟฟ้าชนิดต่างๆ

ที่มา : [http:// www. Wikipedia.org](http://www.Wikipedia.org)

ความเป็นกรดในอาหาร

หมายถึงปริมาณกรดทั้งหมดในอาหารซึ่งรวมทั้งกรดอินทรีย์ และอินทรีย์ ค่าความเป็นกรดของอาหารมีความสำคัญต่อกระบวนการแปรรูปอาหารและคุณภาพอาหาร ถ้าอาหารที่มีความเป็นกรดสูงคือค่าความเป็นกรดต่าง (pH) น้อยกว่า 3.5 จะสามารถถนอมอาหารซึ่งทำให้คุณภาพอาหารคงที่เนื่องจากจุลินทรีย์ไม่สามารถขยายจำนวน และป้องกันการเปลี่ยนแปลงของเอ็นไซม์ในอาหาร ช่วยยืดอายุการเก็บอาหารไม่เน่าเสีย ผู้บริโภคได้อาหารที่ปลอดภัย ไม่ต้องเติมวัตถุกันเสีย ทั้งนี้สามารถลดจำนวนสารเคมีที่เติมลงในอาหาร การวัดความเป็นกรดของอาหารโดยวัดด้วยเครื่องพีเอชมิเตอร์ ซึ่งค่าพีเอช คือค่า \log ของสารละลายที่มีไฮโดรเจนไอออน 1 กรัมสมมูลย์

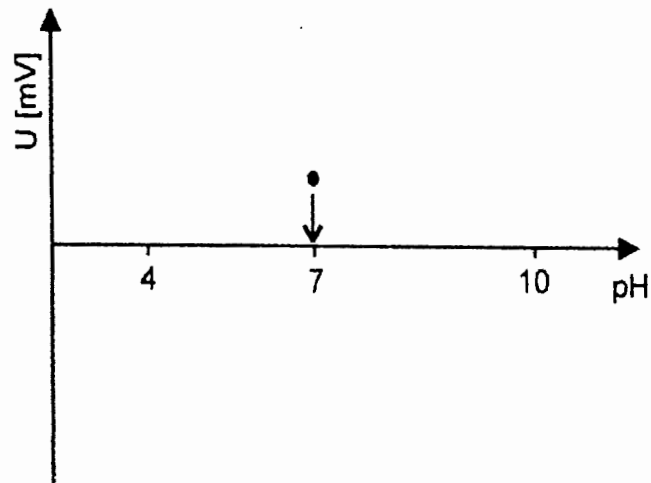


ภาพที่ 6.6 แสดงภาพตัดขวางของอิเล็กโทรด

อาหารทุกชนิดที่เราคุ้นเคยกันในชีวิตประจำวัน สามารถแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่มตามคุณสมบัติทางเคมีของอาหารคือ อาหารที่มีความเป็นกรด (Acid-forming diets) และอาหารที่มีความเป็นด่าง (Alkaline or Base-forming diets) การรับประทานอาหารที่ส่งผลดีต่อร่างกายนั้นควรเลือกกลุ่ม Base-forming diets ได้แก่ น้ำผักผลไม้สด นมสด ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองและข้าวบาร์เลย์ สมุนไพรตระกูลโสม ผลไม้ทุกชนิด และพวกเครื่องเทศต่างๆเช่น พริกไทย ขิง และอบเชย

ขณะเดียวกันควรหลีกเลี่ยง อาหารที่เป็น Acid-forming food เช่น เนื้อสัตว์ทุกชนิด ไขมัน แป้ง เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ชา กาแฟ ซ็อกโกแลต น้ำตาลขัดสี อาหารสำเร็จรูป น้ำมันพืชที่ไม่ได้ผ่านกรรมวิธีบีบเย็น (Cold Pressed) และ cheese

ดังนั้นควรเพิ่มสัดส่วนของอาหารที่ช่วยควบคุมสภาวะค่างของร่างกาย ชนิดค่อยเป็นค่อยไป (<http://www.gnc.co.th>)



ภาพที่ 6.7 แสดงค่าสภาวะสมดุลของอิเล็กโทรด

ที่มา : <http://www.gnc.co.th>