บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เซลล์ไฟฟ้าเคมี

ประเภทของเซลล์ไฟฟ้าเคมี

เซลล์ไฟฟ้าเคมีจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. เซลล์กัลวานิก (Galvanic cell) ตามชื่อของ Luigi Galvani (ค.ศ. 1737-1798) ชาวอิตาลี ผู้คนพบว่าไฟฟ้าสามารถทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ หรือเซลล์วอลเทอิก (Voltaic cell) ตามชื่อของ Alessandro Volta (ค.ศ.1745-1872) ชาวอิตาลี ผู้คิดค้นประดิษฐ์แบตเตอรี่เพื่อใช้เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้า เซลล์กัลวานิกเป็นเซลล์ไฟฟ้าที่ใช้ปฏิกิริยาเคมีทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า เช่น เซลล์ถ่านไฟฉาย เซลล์แบตเตอรี่ เซลล์อัลคาไลน์ เซลล์ปรอท เซลล์เงิน เซลล์เชื้อเพลิง เซลล์นิกเกิล-แคดเมียม เซลล์โซเดียม-ซัลเฟอร์ และแบตเตอรี่อากาศ ซึ่งมีแบตเตอรี่อะลูมิเนียม-อากาศ และแบตเตอรี่สังกะสี-อากาศ เป็นต้น

2. เซลล์อิเล็กโทรไลติก (Electrolytic cell) เป็นเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปในเซลล์จะมีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นและได้สารใหม่ เรียกกระบวนการนี้ว่า อิเล็กโทรไลซิส (Electrolysis) เช่น การแยกสารละลายด้วยไฟฟ้า การชุบโลหะ และการทำโลหะให้บริสุทธิ์ (เกสร พะลัง และคณะ, 2550; สุธน เสถียรยานนท์, 2553)

องค์ประกอบของเซลล์ไฟฟ้าเคมี

เซลล์ไฟฟ้าเคมีประกอบด้วยขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว ขั้วหนึ่งเรียกว่า แอโนด (Anode) คือ ขั้วที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน อีกขั้วหนึ่ง เรียกว่า แคโทด (Cathode) คือขั้วไฟฟ้าที่เกิดปฏิกิริยารีดักชันขั้วทั้งสองจุ่มอยู่ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ (เกสร พะลัง และคณะ, 2550)

สารละลายอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte solution) คือสารละลายที่นำไฟฟ้าได้เนื่องจากการเคลื่อนที่ของไอออนในสารละลาย เช่น สารละลายไอออนของเกลือในน้ำซึ่งแตกตัวให้ไอออนบวกและไอออนลบ (รานี สุวรรณพฤกษ์, 2549)

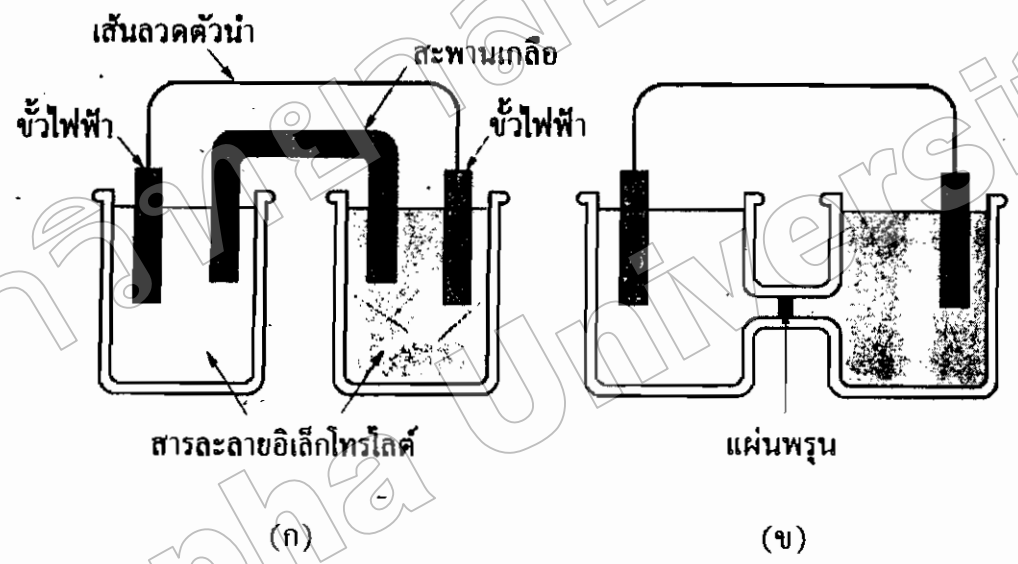
เซลล์กัลวานิก

เซลล์กัลวานิกหรือเซลล์วอลเทอิก มี 2 แบบ คือ

1. แบบเดเนียลเซลล์ (Daniel cell) ซึ่งไม่มีสะพานเกลือ (Salt bridge)
2. แบบที่มีสะพานไอออนหรือสะพานเกลือ (วิโรจน์ ปียวัชรพันธุ์, 2540)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เซลล์กัลวานิกจะต้องประกอบด้วยขั้วไฟฟ้าที่เป็นแอโนดและแคโทดโดยที่แอโนดเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ให้อิเล็กตรอน มีศักย์ขั้วไฟฟ้า (Electrode potential) ต่ำ เป็นขั้วไฟฟ้าลบ ส่วนแคโทดเกิดปฏิกิริยารีดักชัน รับอิเล็กตรอน มีศักย์ขั้วไฟฟ้าสูงเป็นขั้วไฟฟ้าบวก ซึ่งอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่จากศักย์ขั้วไฟฟ้าต่ำไปสูง แต่กระแสจะไหลจากศักย์ไฟฟ้าสูงไปต่ำ โลหะที่ใช้ทำเป็นแอโนดจะจุ่มอยู่ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่มีไอออนบวกเหมือนกับโลหะที่ทำเป็นแอโนดและโลหะที่ใช้ทำแคโทดจะจุ่มอยู่ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่มีไอออนบวกเหมือนกับโลหะที่ใช้ทำเป็นแคโทด จากนั้นนำสองครึ่งเซลล์ต่างชนิดกันมาต่อด้วยสะพานเกลือ (สุธน เสถียรยานนท์, 2553)



ภาพที่ 1 ภาพเซลล์กัลวานิก (ก) ใช้สะพานเกลือ (ข) ใช้แผ่นพรุน (รานี สุวรรณพฤกษ์, 2549)

สะพานเกลือ

สะพานเกลือสามารถเตรียมได้หลายวิธี เช่น

1. ใช้แก้วรูปตัวยู (U) ภายในบรรจุสารละลายอิเล็กโทรไลต์ เช่น Na_2SO_4 ซึ่งโซเดียมไอออนและซัลเฟตไอออนไม่ทำปฏิกิริยากับไอออนอื่นใดในเซลล์หรือขั้วไฟฟ้า ในการเตรียมสะพานเกลือมักผสมเจลกับอิเล็กโทรไลต์ เพื่อทำให้อิเล็กโทรไลต์ไม่ไหลออกจากหลอดแก้วรูปตัวยูเมื่อคว่ำลงขณะใช้งาน เมื่อเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชันที่ขั้วไฟฟ้าไอออนจากสะพานเกลือจะเคลื่อนที่ทำให้ประจุเป็นกลางในแต่ละครึ่งเซลล์โดยแอนไอออน (ไอออนลบ) เคลื่อนที่ไปที่แอโนดและแคทไอออน (ไอออนบวก) เคลื่อนที่ไปที่แคโทด ที่จริงยังไม่มีการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนผ่านวงจรภายนอกหากยังไม่มีเส้นทางที่จะทำให้ไอออนเคลื่อนที่จากขั้วไฟฟ้าหนึ่งไปยัง

อีกขั้วไฟฟ้าหนึ่งเพื่อทำให้เกิดเป็นวงจรที่สมบูรณ์ (พินิดิ รตะนานุกูล, เทพจำนงค์ แสงสุนทร, นัยนา ชวนเกริกกุล, พรพรรณ อุดมกาญจนนันท์ และสุชาดา จูอนุวัฒนกุล, 2550)

2. การเตรียมสะพานเกลือโดยใช้ 3% Agar-Saturate Potassium Chloride Salt และใช้น้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ผสมกับ 3 กรัม Granulated agar ให้ความร้อนโดยใช้อ่างอังไอน้ำเขย่าจนสารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน เติม 25 กรัม โพแทสเซียมคลอไรด์ (Potassium chloride) ลงไป คนให้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ทิ้งไว้ให้เย็นลง เติมลงในท่อแก้วที่จะใช้เป็นสะพานเกลือโดยใช้แก้วที่ซึ่งมีรูพรุน (Porous glass) หรือเซรามิคที่มีรูพรุน (Ceramic Plug) อุดที่ปลายทั้งสองด้านของท่อแก้ว (วิรัช เรืองศรีตระกูล, 2549)

3. ใช้อิเล็กโทรไลต์ที่เป็นสารละลายอิ่มตัวของสาร เช่น KNO_3, KCl, NH_4NO_3, Na_2SO_4 เป็นต้น บรรจุอยู่ในหลอดแก้วรูปตัว U โดยไอออนบวก K^+, NH_4^+, Na^+ ดุลประจุลบที่มากเกินพอของครึ่งเซลล์ด้านหนึ่ง และ NO_3^-, Cl^-, SO_4^{2-} ดุลประจุบวกที่มากเกินพอของอีกครึ่งเซลล์หนึ่ง ถ้าไม่มีสะพานเกลือกระแสไฟฟ้าจะหยุดไหล เนื่องจากไม่ครบวงจรและไอออนบวกกับไอออนลบในอิเล็กโทรไลต์ไม่ตุล (สุธน เสถียรยานนท์, 2553)

ขั้วไฟฟ้า

ในการทดลองโลหะที่ทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าได้แก่ สังกะสี ทองแดง ตะกั่ว แมกนีเซียม เป็นต้น โดยสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของโลหะแต่ละชนิดแสดงดังนี้

สังกะสี

สังกะสีมีสัญลักษณ์เคมี Zn เลขอะตอม 30 น้ำหนักอะตอม 65.41 เป็นโลหะที่ใช้ทำกล่องใส่แบตเตอรี่แห้งและใช้เคลือบรั้วลวดหนามที่ใช้อยู่ทั่วโลกโดยปกติสังกะสีเป็นโลหะสีเทาไม่เป็นเงา แต่เมื่อขัดใหม่ๆมีสีขาวอมฟ้า สังกะสีเป็นโลหะที่ว่องไวต่อปฏิกิริยา ดังนั้นจึงไม่พบเป็นโลหะบริสุทธิ์ ความว่องไวต่อปฏิกิริยาทำให้สังกะสีมีประโยชน์พิเศษ สามารถเกาะติดกับโลหะอื่นเป็นสังกะสีเคลือบ และผสมกับโลหะอื่นได้ง่ายเพื่อทำเป็นโลหะผสม เช่น ทองเหลือง (ไบรอัน แนพพ์, 2544)

ทองแดง

สัญลักษณ์เคมีของทองแดงคือ Cu เลขอะตอม 29 น้ำหนักอะตอม 63.54 จุดหลอมเหลว 1,084 องศาเซลเซียส จุดเดือด 2,336 องศาเซลเซียส เป็นโลหะที่อ่อน สีสด นำความร้อนและไฟฟ้าได้ดี ค้นพบในยุคก่อนประวัติศาสตร์ ชื่อว่า Cupper ตัดแปลงมาจากภาษาละตินจากคำว่า Cuprum ในธรรมชาติพบทั้งที่อยู่เป็นสารบริสุทธิ์กับอยู่รวมกับสินแร่อื่นๆ ใช้ในครัวเรือนและทำโลหะเจือ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

โลหะเจือที่มีความสำคัญมากสองชนิดคือ ทองเหลืองกับบรอนซ์ (วิริยะ สิริสิงห, ยิ่งศักดิ์ นิตยฤกษ์ และมั่นเกียรติ โกศลนิรัตติวงษ์, ม.ป.ป.)

ตะกั่ว

สัญลักษณ์เคมีของตะกั่วคือ Pb เลขอะตอม 82 น้ำหนักอะตอม 207.19 จุดหลอมเหลว 327.4 องศาเซลเซียส จุดเดือด 1,620 องศาเซลเซียส ความถ่วงจำเพาะ 11.35 มีสีขาวปนฟ้า เป็นโลหะมันเป็นเงา อ่อนนุ่ม เป็นตัวนำไฟฟ้าที่เลว รู้จักกันตั้งแต่ครั้งโบราณ "Lead" เป็นชื่อในภาษาแองโกล-แซกซอน ส่วนสัญลักษณ์ Pb ย่อมาจากคำในภาษาละติน จากคำว่า Plumbum มีมากในธรรมชาติ สินแร่ที่สำคัญคือกาลีนา หรือตะกั่วซัลไฟด์ ใช้ในการทำท่อ ทำขั้วแบตเตอรี่ ทำลูกปืน และสีทา (วิริยะ สิริสิงห, ยิ่งศักดิ์ นิตยฤกษ์ และมั่นเกียรติ โกศลนิรัตติวงษ์, ม.ป.ป.)

แมกนีเซียม

สัญลักษณ์ทางเคมีของแมกนีเซียม คือ Mg มีเลขอะตอม 12 มีน้ำหนักอะตอม 24.312 จุดหลอมเหลว 651 องศาเซลเซียส จุดเดือด 1,107 องศาเซลเซียส เป็นโลหะอัลคาไลน์เอิร์ท เบา สีขาวอ่อนและเหนียว เกิดอยู่รวมกับแร่ธาตุหลายชนิดอยู่รวมกับกลุ่มคาร์บอเนตและซิลิเกต ใช้ทำโลหะเจือซึ่งใช้ในการสร้างเครื่องบินและใช้ในการผลิตยา (วิริยะ สิริสิงห, ยิ่งศักดิ์ นิตยฤกษ์ และมั่นเกียรติ โกศลนิรัตติวงษ์, ม.ป.ป.)

แรงเคลื่อนไฟฟ้าของเซลล์

เพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้นเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิกกับการไหลของน้ำจากน้ำตก การที่น้ำตกไหลได้เองเนื่องจากความแตกต่างของพลังงานศักย์ระหว่างน้ำตกตอนบนและกระแสน้ำตอนล่างด้วยหลักการเดียวกันอิเล็กตรอนไหลจากแอโนดไปยังแคโทด เนื่องจากความต่างของพลังงานศักย์ของอิเล็กตรอนที่แอโนดมีค่าสูงกว่าที่แคโทด ดังนั้นจึงไหลได้เองผ่านวงจรภายนอกจากแอโนดไปยังแคโทด

ความแตกต่างของพลังงานศักย์ต่อประจุไฟฟ้า (ความต่างศักย์) ระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้งสอง วัดหน่วยเป็นโวลต์โดยที่ 1 โวลต์ (1V) คือความต่างศักย์ที่ต้องใช้พลังงาน1 จูล (J) ต่อประจุ 1 คูลอมบ์ (C) ดังสมการที่ 1

$$1V = 1\frac{J}{C} \qquad (1)$$

ความต่างศักย์ระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้งสองทำให้เกิดแรงขับเคลื่อนอิเล็กตรอนไปยังวงจรภายนอก เราเรียกความต่างศักย์นี้ว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้า (Electromotive force หรือ emf) ค่า emf ของ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เซลล์แทนด้วย E_{cell} ซึ่งสามารถเรียกว่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ (Cell potential) เนื่องจาก E_{cell} ซึ่งวัดเป็นโวลต์ บางครั้งจึงสามารถเรียกว่า โวลต์เทจของเซลล์ (Cell voltage) เซลล์ที่ต่อขึ้นมาแล้วทำให้มีปฏิกิริยาเกิดขึ้นเอง ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์มีค่าเป็นบวก (พินิติ รตะนานุกูล และคณะ, 2550)

แรงเคลื่อนไฟฟ้าของเซลล์กัลวานิกชนิดหนึ่งๆขึ้นอยู่กับชนิดของปฏิกิริยาที่เกิดที่แคโทดและแอโนด ความเข้มข้นของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิโดยทั่วไปกำหนดอุณหภูมิเป็น 25 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะมาตรฐาน (Standard condition) ซึ่งหมายถึงสภาวะที่ความเข้มข้นของสารละลายเป็น 1 โมลาร์ และความดันเป็น 1 บรรยากาศ (สำหรับแก๊ส) ภายใต้สภาวะมาตรฐานนั้น ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้ามาตรฐาน (Standard emf) หรือค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์มาตรฐาน(Standard cell potential) จะใช้สัญลักษณ์ เป็น E°_{cell} ตัวอย่างเช่นเซลล์กัลวานิก Zn/Cu มีค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์มาตรฐานที่ 25 องศาเซลเซียส เท่ากับ 1.10 โวลต์ (พินิติ รตะนานุกูล และคณะ, 2550)

เนื่องจากไอออนบวกและไอออนลบเคลื่อนที่ในสารละลายได้เร็วไม่เท่ากัน จึงทำให้เกิดความต่างศักย์เล็กน้อยที่รอยต่อระหว่างสารละลายอิเล็กโทรไลต์ทั้งสอง เรียกว่า ศักย์ไฟฟ้าที่รอยต่อ (Junction potential) ซึ่งสามารถจะมีได้ทั้งค่าบวกและค่าลบ นอกจากนี้ค่าศักย์ไฟฟ้ารอยต่อยังมีการเปลี่ยนแปลงตามค่าความเป็นกรด-เบสของสารละลายอีกด้วย (เกสร พะลัง และคณะ, 2550; วิรัช เรืองศรีตระกูล, 2549)

ศักย์ไฟฟ้ารีดักชันมาตรฐาน

ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์คือความแตกต่างระหว่างศักย์ของขั้วไฟฟ้าทั้งสองของเซลล์โดยมีเงื่อนไขว่าศักย์ของแต่ละขั้วไฟฟ้าหมายถึงศักย์ในการเกิดรีดักชันของขั้วไฟฟ้านั้น ดังนั้นศักย์ของขั้วไฟฟ้ามาตรฐานที่จัดเรียงเป็นตารางตามปฏิกิริยารีดักชัน คือศักย์ไฟฟ้ารีดักชันมาตรฐาน (Standard reduction potential) ซึ่งเขียนเป็น E°_{red} ส่วนศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ E°_{cell} หมายถึงศักย์ไฟฟ้ารีดักชันมาตรฐานของปฏิกิริยาที่แคโทด E°_{red} (แคโทด) ลบ ศักย์ไฟฟ้ารีดักชันมาตรฐานของปฏิกิริยาที่แอโทด E°_{red} (แอโทด) ดังสมการที่ (2)

$$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{red}\text{ (แคโทด)} - E^{\circ}_{red}\text{ (แอโทด)} \qquad (2)$$

เนื่องจากเซลล์กัลวานิกทุกชนิดประกอบด้วยสองครึ่งเซลล์ จึงเป็นไปไม่ได้ที่จะวัดศักย์ไฟฟ้ารีดักชันมาตรฐานของแต่ละครึ่งปฏิกิริยาโดยตรง อย่างไรก็ตามถ้ากำหนดศักย์ไฟฟ้ารีดักชันมาตรฐานของครึ่งปฏิกิริยาอ้างอิงชนิดหนึ่ง ก็สามารถหาค่าศักย์ไฟฟ้ารีดักชันมาตรฐานของอีกครึ่งปฏิกิริยาอื่นๆได้ โดยเทียบกับครึ่งปฏิกิริยาอ้างอิงนั้น ซึ่งโดยทั่วไปใช้ปฏิกิริยารีดักชันของ H^{+} (aq) เป็น H_2 (g) ภายใต้สภาวะมาตรฐานซึ่งกำหนดให้มีค่าศักย์ไฟฟ้ารีดักชันมาตรฐานเป็น 0.00

โวลต์ เรียกว่า ขั้วไฟฟ้าไฮโดรเจนมาตรฐาน(Standard Hydrogen Electrode,SHE) (พินิติ รตะนานุกูล และคณะ, 2550)

น้ำเสาวรส

เสาวรสหรือกระทกรกฝรั่งหรือ Passion Fruit อยู่ในตระกูล Passifloraceae มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนพื้นที่สูงในอเมริกาใต้ นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2498 เพื่อส่งโรงงานแปรรูป โดยมีแหล่งปลูกสำคัญอยู่ที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย น่าน เพชรบูรณ์ ปราจีนบุรี ระยอง ตราด กาญจนบุรี บุรีรัมย์ ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานีและนราธิวาส เป็นไม้ผลประเภทเถาเลื้อยมีอายุนานหลายปี ลักษณะดอกเป็นดอกเดี่ยวสมบูรณ์เพศ แต่ส่วนใหญ่ผสมตัวเองไม่ติดต้องผสมข้ามต้น ดอกเสาวรสจะเกิดที่ข้อบริเวณโคนก้านใบของเถาใหม่พร้อมกับการเจริญของเถา โดยต้นที่ได้จากการเพาะเมล็ดจะออกดอกติดผลเมื่อต้นมีอายุประมาณ 4-5 เดือน หลังย้ายปลูก แต่ถ้าเป็นต้นที่เสียบยอดหรือปักชำจะสามารถออกดอกติดผลได้เร็วขึ้น

ผลเสาวรสเป็นผลเดี่ยวสามารถเก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุ 50-70 วัน หลังติดผล ผลมีหลายลักษณะทรงกลม รูปไข่หรือรียาว ขึ้นอยู่กับพันธุ์ เปลือกผลและเนื้อส่วนนอกแข็งไม่สามารถรับประทานได้ ผลมี 2 สีคือผลสีม่วงและผลสีเหลือง ภายในมีเมล็ดสีน้ำตาลเข้มหรือดำเป็นจำนวนมาก แต่ละเมล็ดจะถูกหุ้มด้วยยรกซึ่งบรรจุน้ำสีเหลืองมีลักษณะเหนียวข้นอยู่ภายในมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว มีความเป็นกรดสูง สามารถรับประทานส่วนนี้ได้ มีรสเปรี้ยวมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับพันธุ์

เสาวรสสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือผลสีม่วงและชนิดผลสีเหลืองซึ่งมีลักษณะแตกต่างกันดังนี้

1. ชนิดผลสีม่วง (*Passiflora eduils* Forma *edulis* Sims) เสาวรสชนิดนี้ผลมีลักษณะกลมหรือรูปไข่ เปลือกผลสีม่วง ดอกสมบูรณ์เพศสามารถผสมตัวเองได้ดีโดยจะบานในตอนเช้าเมื่อผลสุกมีรสวานมีกลิ่นหอม แต่มักจะมีขนาดเล็กเส้นผ่านศูนย์กลางผลประมาณ 4-5 เซนติเมตร น้ำหนัก 50-60 กรัมต่อผล เสาวรสชนิดสีม่วงที่ปลูกในประเทศไทยนั้นมีทั้งพันธุ์สำหรับแปรรูปและสำหรับรับประทานสด

2. ชนิดผลสีเหลือง (*Passiflora eduils* Forma *flavicarpa* Deneger) เสาวรสชนิดนี้ผลมีลักษณะใหญ่เส้นผ่านศูนย์กลางผลประมาณ 6 เซนติเมตร น้ำหนักประมาณ 80-120 กรัมต่อผล เปลือกผลมีสีเหลือง เนื้อในให้ความเป็นกรดสูงกว่าชนิดสีม่วงจึงมีรสเปรี้ยวมากและใช้แปรรูปเป็นหลัก ดอกสมบูรณ์เพศจะบานในตอนเที่ยงส่วนใหญ่จะผสมตัวเองไม่ติดต้องผสมข้ามแต่มีความทนทานต่อโรคต้นเน่า โรคเถาเหี่ยว โรคไวรัสและไส้เดือนฝอยมากกว่าพันธุ์สีม่วงจึงนิยมใช้เป็นต้นตอในการเสียบกิ่งของพันธุ์สีม่วง (บรรจง ปานตี และประสิทธิ์ โนรี, 2546)

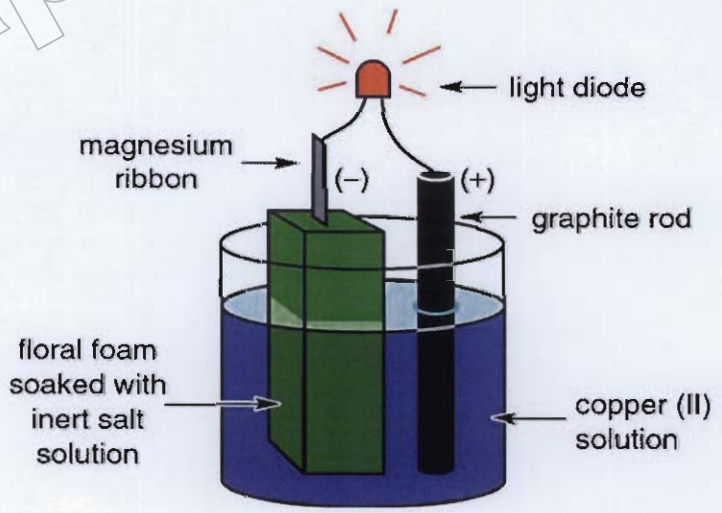
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ในผลสดเสาวรส 1 ผล มีส่วนเปลือกประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสด ในเนื้อผลที่รับประทานได้ 100 กรัม มีส่วนประกอบดังนี้ น้ำ 69-80 กรัม โปรตีน 2.3 กรัม ไขมัน 2.0 กรัม (ส่วนใหญ่อยู่ในเมล็ด) คาร์โบไฮเดรต 16 กรัม เส้นใย 3.5 กรัม แคลเซียม 10 มิลลิกรัม เหล็ก 1.0 มิลลิกรัม วิตามิน 2.0 มิลลิกรัม ให้พลังงาน 385 กิโลจูลต่อ 100 กรัม นอกจากนี้ยังมีวิตามินเอและสารอาหารอื่นๆ อีกหลายอย่าง (กรกัญญา อักษรเนียม, 2551)

แม้ผลเสาวรสจะให้น้ำผลไม้เปรี้ยวจี๊ด แต่รสเปรี้ยวก็มิได้เกิดจากวิตามินซี ความเปรี้ยวเกิดจากกรดมะนาว เสาวรสสีม่วง 1 ผลมีวิตามินซีเพียง 5 มิลลิกรัม เสาวรสมีแคลเซียม ฟอสฟอรัส ธาตุเหล็ก วิตามินเอ แมกนีเซียมในระดับต่ำ ส่วนดีของเสาวรสอยู่ตรงสีเหลืองของน้ำคั้น ซึ่งเป็นสารพวกแคโรทีนมีประโยชน์ต่อสุขภาพ (สรจักร ศิริบริรักษ์, 2547)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

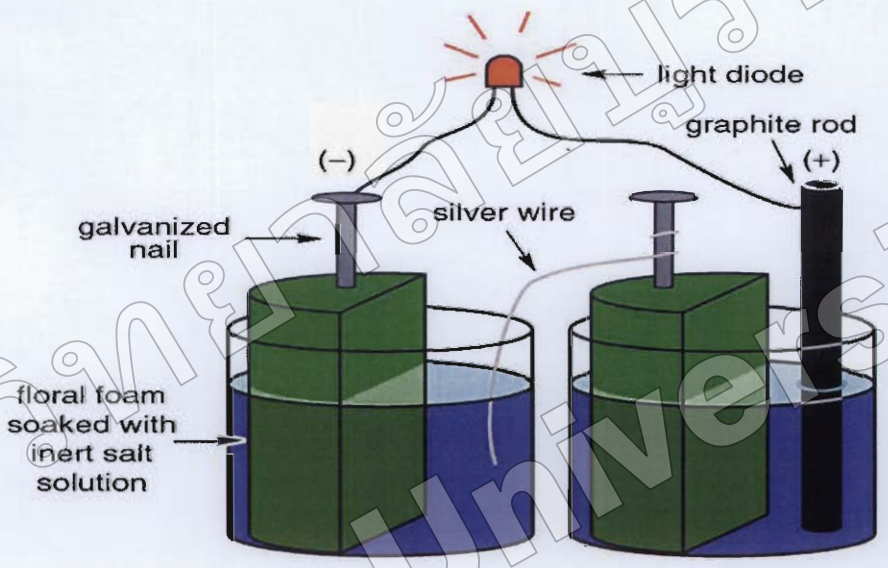
Eggen, Grønneberg, and Kvittingen (2006) ได้ศึกษาการสร้างเซลล์กัลวานิคที่สามารถเป็นเครื่องมือวัดขนาดเล็กและราคาถูก โดยนำภาชนะบรรจุสารละลาย $CuSO_4$ อิ่มตัว แล้วใส่รุกขชาติโฟมที่ตัดให้มีความสูงมากกว่าระดับของสารละลาย $CuSO_4$ ทิ้งไว้ให้รุกขชาติโฟมชุ่มไปด้วยสารละลาย แล้วจึงปักโลหะแมกนีเซียมความยาว 4-5 เซนติเมตร ลงบนรุกขชาติโฟม นำแท่งแกรไฟต์ซึ่งมีความสูงมากกว่าระดับของสารละลาย $CuSO_4$ จุ่มลงในสารละลาย $CuSO_4$ จากนั้นนำไดโอดเปล่งแสงมาต่อเข้ากับเซลล์กัลวานิกที่สร้างขึ้นโดยให้แมกนีเซียมเป็นขั้วลบและแกรไฟต์เป็นขั้วบวก ดังภาพที่ 2 ซึ่งผลปรากฏว่าไดโอดสามารถเปล่งแสงได้



ภาพที่ 2 เซลล์กัลวานิกอย่างง่ายจำนวน 1 เซลล์ (Eggen, Grønneberg, & Kvittingen, 2006)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

นอกจากนี้ยังได้ทดลองสร้างแบตเตอรี่อย่างง่ายโดยการใช้เซลล์กัลวานิกที่สร้างขึ้นจำนวน 2 เซลล์ แต่เปลี่ยนจากโลหะแมกนีเซียมเป็นตะปู เชื่อมทั้ง 2 เซลล์โดยใช้เส้นลวดเงิน จุ่มลงในสารละลาย $CuSO_4$ ของในเซลล์ที่ 1 แทนการใช้แท่งแกรไฟต์และนำปลายอีกด้านพันเข้ากับตะปูของเซลล์ที่ 2 จากนั้นนำไดโอดเปล่งแสงมาต่อเข้ากับทั้ง 2 เซลล์โดยให้ตะปูของเซลล์ที่ 1 เป็นขั้วลบและแท่งแกรไฟต์ของเซลล์ที่ 2 เป็นขั้วบวก ดังภาพที่ 3 ผลปรากฏว่าไดโอดสามารถเปล่งแสงได้



ภาพที่ 3 เซลล์กัลวานิกอย่างง่ายจำนวน 2 เซลล์ (Eggen, Grønneberg, & Kvittingen, 2006)

Eggen, Grønneberg and Kvittingen (2007) ได้ศึกษาการสร้างขั้วไฟฟ้าที่สามารถเป็นเครื่องมือวัดขนาดเล็กและราคาถูกสำหรับการวัดค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชันโดยสร้างขั้วไฟฟ้า 3 ชนิด ตามขั้นตอนดังนี้

1. ขั้วทองแดงจากการเติมสารละลาย $CuSO_4$ เข้มข้น 1.0โมลาร์ ลงในปิเปตพลาสติกที่ตัดปลายด้านล่างออกแล้วจนเต็มแล้วบีบให้ปลายปิเปตพลาสติกดูดเอาสารละลายเกลือ KNO_3 ในรูปของของแข็งอ่อนตัวเข้าไปในปิเปตพลาสติกเพื่อเป็นการปิดไม่ให้รั่วของสารจากนั้นนำลวดทองแดงเสียบจากทางด้านบนของปิเปตพลาสติกเข้าไปในปิเปตพลาสติกแต่อย่าให้สัมผัสกับสารละลายเกลือ KNO_3 ในรูปของของแข็งอ่อนตัว ดังภาพที่ 4

ภาพที่ 4 ขั้วไฟฟ้าทองแดง (Eggen, Grønneberg, & Kvittingen, 2007)

2. ขั้วไฟฟ้าไฮโดรเจนและขั้วไฟฟ้าคลอรีนโดยนำลวดแพลตทินัมเสียบจากทางด้านบนของปิเปตพลาสติกเข้าไปในปิเปตพลาสติกทั้งสองหลอดจากนั้นปิเปตสารละลาย HCl เข้มข้น1.0 โมลาร์ใส่ในปิเปตพลาสติกทั้งสองหลอด และใส่ขั้วทั้งสองลงในขวดใบเล็กต่อขั้วทั้งสองเข้ากับแบตเตอรี่ขนาด 9 โวลต์ จะเกิดก๊าซที่บริเวณลวดแพลตทินัมของขั้วทั้งสองที่ต่อเข้ากับแบตเตอรี่ทำให้ขั้วไฟฟ้าที่ต่อเข้ากับขั้วลบ จะเกิดก๊าซไฮโดรเจน จึงเป็นขั้วไฟฟ้าไฮโดรเจน ขั้วไฟฟ้าที่ต่อเข้ากับขั้วบวก จะเกิดก๊าซคลอรีนจึงให้เป็นขั้วไฟฟ้าคลอรีน

จากนั้นทดลองนำขั้วไฟฟ้าไฮโดรเจนและขั้วไฟฟ้าคลอรีนมาวัดค่าศักย์ไฟฟ้า พบว่าได้ค่าศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 1.36 โวลต์ ดังภาพที่ 5 ซึ่งมีค่าเท่ากับการคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าตามทฤษฎี

ภาพที่ 5 การวัดค่าศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้าไฮโดรเจนและขั้วไฟฟ้าคลอรีน (Eggen, Grønneberg, & Kvittingen, 2007)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากนั้นทดลองนำขั้วไฟฟ้าไฮโดรเจนและขั้วไฟฟ้าทองแดงมาวัดค่าศักย์ไฟฟ้า พบว่าได้ค่าศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 0.34 โวลต์ ดังภาพที่ 6 ซึ่งมีค่าเท่ากับการคำนวณค่าศักย์ไฟฟ้าตามทฤษฎี

ภาพที่ 6 การวัดค่าศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้าไฮโดรเจนและขั้วไฟฟ้าทองแดง (Eggen, Grønneberg, & Kvittingen, 2007)

Maske, Nigh and Weinstein (2007) ได้ทำการทดลองผลิตแบตเตอรี่จากน้ำมะนาวเพื่อนำไปประยุกต์เป็นแหล่งพลังงานที่มีค่าสูงขึ้นโดยการใช้โลหะแมกนีเซียมกับทองแดงเป็นขั้วของเซลล์จุ่มในน้ำมะนาว ซึ่งผลปรากฏว่าเซลล์ดังกล่าว จำนวน 1 เซลล์ให้ค่าศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 1.5 โวลต์ เมื่อนำ 6 เซลล์ มาต่อแบบอนุกรมจะให้ค่าศักย์ไฟฟ้า 9.0 โวลต์ ซึ่งสามารถเป็นแหล่งพลังงานในการขับเคลื่อนของรถยนต์เด็กเล่นได้ แต่สิ่งที่เกิดขึ้นคือจะมีฟองก๊าซไฮโดรเจนเกิดขึ้นที่ขั้วของแมกนีเซียม เพราะไฮโดรเจนไอออนซึ่งมาจากความเป็นกรดของน้ำมะนาวจะรับอิเล็กตรอนจากการแตกตัวเป็นแมกนีเซียมไอออนของโลหะแมกนีเซียม ฟองก๊าซดังกล่าวสามารถลดลงด้วยการเพิ่มความเข้มข้นของเกลือลงไปแต่ค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ก็จะลดลงด้วยเช่นกัน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University