



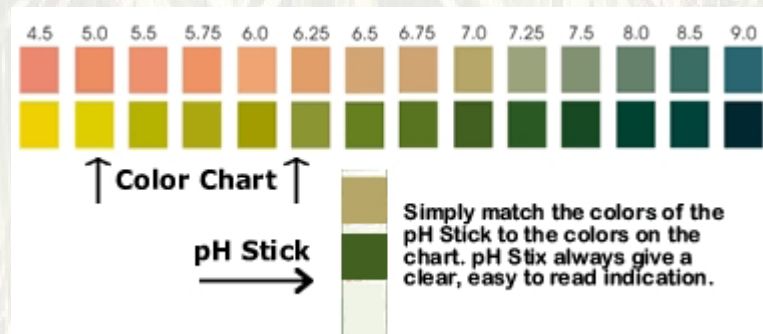
ชุดทดสอบ (ทางเคมี) อย่างง่าย ทำงานอย่างไร?

ชุดทดสอบอย่างง่าย (test kit) มีหลายชนิด เช่น ชุดทดสอบค่าความเป็นกรด-ด่าง ความกระด้างของน้ำ ปริมาณโลหะหนักในน้ำ ปริมาณน้ำตาล และการตั้งครรภ์ เป็นต้น ชุดทดสอบอย่างง่ายมักใช้เพื่อกู้คืนกรองตัวอย่าง ก่อนที่จะนำไปทดสอบอย่างละเอียดด้วยเครื่องมือในห้องปฏิบัติการที่มีความเที่ยงตรงและแม่นยำสูง เพื่อให้ได้ผลถูกต้องมากขึ้น

ชุดทดสอบอย่างง่ายมีข้อดีหลายประการ คือ การทดสอบทำได้ง่าย ใช้เวลาไม่นาน และผู้ทดสอบไม่จำเป็นต้องมีความรู้จำเพาะทางด้านเทคนิคมากนัก ที่สำคัญคือต้นทุนต่ำ และผลการทดสอบน่าเชื่อถือ

หลักการของชุดทดสอบอย่างง่ายส่วนใหญ่อาศัยการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารเป้าหมายที่สนใจกับสารทดสอบที่มีความไวและจำเพาะต่อการเกิดปฏิกิริยากับสารเป้าหมายหนึ่งๆ โดยสารทดสอบมักถูกเคลือบหรือตรึงอยู่บนแผ่นทดสอบที่เป็นวัสดุรองรับ หรืออาจอยู่

ในรูปสารละลายก็ได้ เมื่อสารที่ใช้ทดสอบทำปฏิกิริยากับสารเป้าหมายจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่มองเห็นด้วยตาเปล่า เช่น สีเปลี่ยนไปจากเดิม (ภาพที่ 1) หรือการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางแสง เช่น เกิดการเรืองแสงหรือเกิดสารประกอบตัวใหม่หลังเกิดปฏิกิริยาเคมี หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าทางไฟฟ้า ทั้งนี้อาจมีการผนวกวงจรอย่างง่ายสำหรับแปลผลให้เป็นตัวเลขที่อ่านค่าได้โดยสะดวกอีกด้วย



ภาพที่ 1 แผ่นพีเอชอินดิเคเตอร์ พร้อมแผนภาพแสดงสีเทียบกับค่าพีเอช [2]

ชุดทดสอบอย่างง่ายที่ดีควรมีสมบัติดังต่อไปนี้

1. ความไวต่อปฏิกิริยาเคมี: ชุดทดสอบควรมีความไวต่อปฏิกิริยาในช่วงเวลาระดับวินาทีและไม่ควรเกิน 10 นาที
2. ความเที่ยงตรงและแม่นยำในการทดสอบ: ชุดทดสอบอย่างง่ายควรให้ผลการทดสอบที่แม่นยำ มีความเบี่ยงเบนต่ำ สามารถทดสอบซ้ำเดิมได้โดยผลการทดสอบไม่ขึ้นกับผู้ใช้งาน
3. การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นสามารถแปรเป็นผลการทดสอบที่อ่านค่าได้ชัดเจน
4. ค่าต่ำสุดที่สามารถทดสอบได้ (detection limit): ชุดทดสอบที่ดีควรปรับเลือกค่าต่ำสุดของการทดสอบได้ เพื่อให้ช่วงการทดสอบครอบคลุมความเข้มข้นของสารที่ต้องการตรวจวัด

ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นบนแผ่นทดสอบอย่างง่าย

ปฏิกิริยาเคมีที่นำมาใช้กับชุดทดสอบอย่างง่ายมีหลายปฏิกิริยา ได้แก่

1) ปฏิกิริยาระหว่างกรดกับด่าง

ตัวอย่างของชุดทดสอบอย่างง่ายที่อาศัยปฏิกิริยาระหว่างกรดกับด่างที่เด่นชัดที่สุดคือ ฟิเอชอินดิเคเตอร์ที่ใช้หาค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลงสีจะเกิดขึ้นบนวัสดุรองรับที่อาจเป็นแผ่นกระดาษ หรือแผ่นพลาสติกที่เคลือบสารอินดิเคเตอร์ที่ไวต่อปฏิกิริยาระหว่างกรด-ด่างไว้

สิ่งสำคัญในการเตรียมแผ่นฟิเอชอินดิเคเตอร์ ได้แก่ การทำให้สารอินดิเคเตอร์ยึดติดบนแผ่นรองรับโดยไม่ละลายน้ำ หรือหลุดร่อนจากวัสดุรองรับ แรงที่ใช้ตรึงสารอินดิเคเตอร์ให้อยู่บนวัสดุรองรับมีหลายแบบ เช่น แรงดูดซับทางกายภาพที่พื้นผิวของวัสดุรองรับดูดซับสารอินดิเคเตอร์ด้วยแรงอ่อนๆ อย่างแรงแวนเดอร์วาลส์ แต่มีโอกาสสูงที่สารอินดิเคเตอร์จะละลายออกจากวัสดุรองรับ ถ้าสารอินดิเคเตอร์ที่ใช้มีค่าการละลายน้ำดี

การเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างสารอินดิเคเตอร์กับวัสดุรองรับให้แน่นหนามากขึ้นจะใช้แนวทางไฟฟ้าสถิต หรือแรงจากพันธะโคเวเลนต์ซึ่งมีความแข็งแรงของการตรึงมากที่สุด

2) ปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน

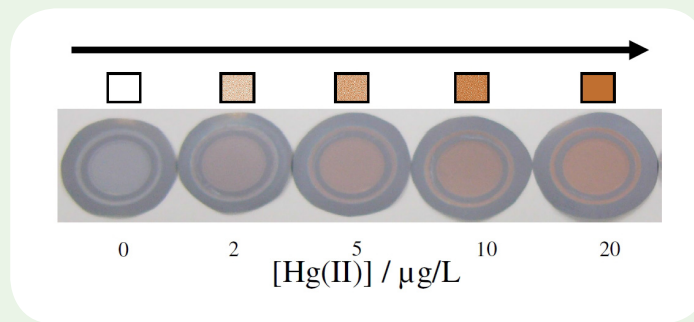
เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นและมีการเปลี่ยนแปลงค่าศักย์ไฟฟ้า การเปลี่ยนแปลงค่าศักย์ไฟฟ้าเกิดจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันของสารเป้าหมายกับสารที่ถูกยัดตรึงไว้กับวัสดุรองรับ ตัวอย่างการทดสอบที่อาศัยปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน ได้แก่ การหาปริมาณโคบอลต์โคบอลต์ (Cobalt; Co(II)) ด้วยสาร 1-(2-pyridylazo)-2-naphthol (PAN) โดยมีสารโพแทสเซียมเพอร์ไอโอดेट (KIO_4) เป็นตัวออกซิไดซ์มีหน้าที่ทำให้ Co(II) เปลี่ยนเป็น Co(III) ที่มีความไวต่อการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับ PAN ซึ่งสารประกอบเชิงซ้อนนี้มีสีเขียว

3) ปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบเชิงซ้อน

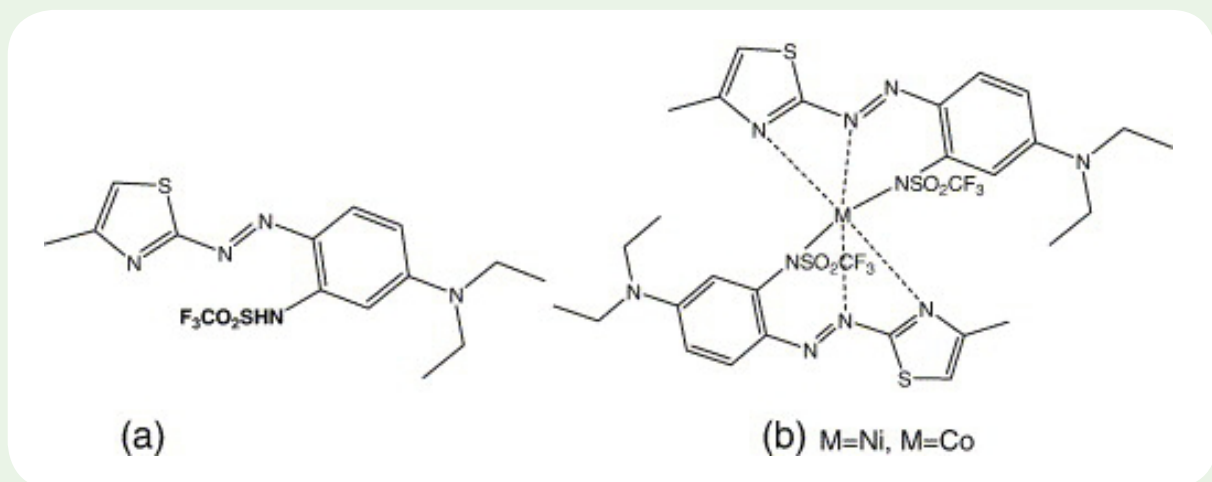
ชุดทดสอบที่อาศัยการเกิดปฏิกิริยาเชิงซ้อนนิยมใช้อย่างกว้างขวางในการวิเคราะห์หาปริมาณไอออนของโลหะหนัก แต่มีบางที่ใช้หาปริมาณสารอินทรีย์ สารทดสอบที่นำมาใช้คือ ไดไทโซน (dithizone) เพราะสามารถเกิดปฏิกิริยาเชิงซ้อนกับไอออนของโลหะได้หลายชนิดและเกิดสีที่แตกต่างกัน ความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาเชิงซ้อนของสารไดไทโซนกับไอออนของโลหะเรียงลำดับดังนี้ $Ag > Hg > Pd > Pt > Au > Cu > Bi > In > Sn > Zn > Cd > Co > Pb > Ni > Fe(II) > Mn > Ti(II)$

การเลือกใช้ไดไทโซนในการทดสอบหาไอออนของโลหะชนิดต่างๆ สามารถเพิ่มความจำเพาะโดยการปรับเปลี่ยนค่าพีเอชระหว่างการทดสอบ ดังเช่น การทดสอบหาไอออนของปรอท (Hg) สารประกอบเชิงซ้อนของไดไทโซนและปรอท จะเกิดได้ดีเมื่อพีเอชเป็น 2 ดังภาพที่ 2 เป็นต้น

การเกิดปฏิกิริยาเชิงซ้อนของสารอินทรีย์ที่มีพันธะ π เช่น กลุ่มเฮเทอโรไซคลิก (heterocyclic) กับไอออนของโลหะเป้าหมายเป็นแนวทางที่ใช้พัฒนาชุดทดสอบโลหะหนักที่ได้รับความสนใจอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสารประกอบกลุ่มนี้มีค่าความจำเพาะต่อการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับไอออนของโลหะที่แตกต่างกัน เช่น สารประกอบกลุ่มเฮเทอโรไซคลิก



ภาพที่ 2 แผนภาพแสดงสีของแผ่นทดสอบที่ปริมาณปรอทแตกต่างกัน โดยทดสอบสารละลายตัวอย่างที่พีเอช 2



ภาพที่ 3 ตัวอย่างภาพโครงสร้างของสารเฮตเทอโรไซคลิกเอโซ; a) โครงสร้างโมเลกุลของสีย้อมชนิดเอโซ (azo dye) (2-(4-methyl-2-thiazolyazo)-5-diethylaminotrifluoromethane sulfonanilide); b) สารประกอบเชิงซ้อนของไอออนโลหะ Ni และ Co กับสีย้อมชนิดเอโซ [4]

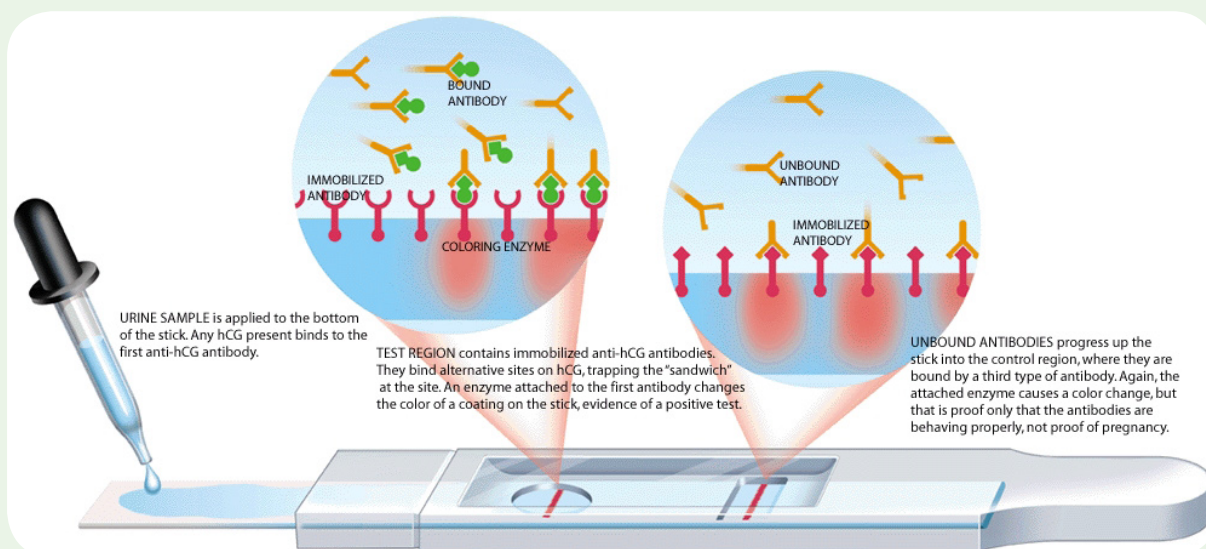
เอโซ (heterocyclic azo) ที่ใช้ในการทดสอบไอออนโลหะได้ดี มีความไวต่อการทดสอบสูง ให้ความแตกต่างของสีที่ปรากฏบนแผ่นทดสอบก่อน และหลังทดสอบชัดเจนดี อีกทั้งสารประกอบกลุ่มนี้ยังสามารถตรึงบนวัสดุรองรับที่เป็นทั้งสารอินทรีย์ หรืออนินทรีย์ได้ง่ายอีกด้วย ดังตัวอย่างในภาพที่ 3

4) ปฏิกริยาของเอนไซม์

ปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ภายในร่างกาย แตกต่างจากปฏิกิริยาที่เกิดจากสารเคมีทั่วไป เนื่องจากมีความจำเพาะต่อการเกิดปฏิกิริยาสูงมาก สารเป้าหมายที่มีปริมาณเพียงน้อยนิดก็สามารถตรวจพบได้ ดังนั้นจึงมีการพัฒนาชุดทดสอบอย่างง่ายที่อาศัยการเกิดปฏิกิริยาในลักษณะดังกล่าว เช่น แผ่นทดสอบการตั้งครรภ์

แผ่นทดสอบการตั้งครรภ์ (ภาพที่ 4) เป็นแผ่นทดสอบที่ใช้ตรวจหาฮอร์โมน HCG (Human Chorionic Gonadotropin) ที่สร้างขึ้นภายหลังการปฏิสนธิ ลักษณะของแผ่นทดสอบจะเป็นแถบยาว ด้านหน้ามีแผ่นสำหรับรับน้ำปัสสาวะของผู้ทดสอบ ถัดมาจะมีร่องเล็กๆ 2 ร่อง ร่องแรกเป็นร่องที่ใช้ทดสอบ ซึ่งเคลือบด้วยสารภูมิต้านทานสำหรับฮอร์โมน HCG (anti-HCG antibodies) เคลือบติดกับเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแถบสีได้ ส่วนร่องที่สองใช้เป็นตัวควบคุมการทดสอบ ซึ่งมีสารภูมิต้านทานอีกชนิดตรึงอยู่กับเอนไซม์ที่ทำให้เกิดสีได้เช่นเดียวกัน

ปัสสาวะของผู้ทดสอบที่มีฮอร์โมน HCG ซึ่งโดยธรรมชาติจะเกิดพันธะระหว่างฮอร์โมน HCG กับสารภูมิต้านทานในร่างกาย (Y) อยู่แล้ว เมื่อปัสสาวะผ่าน



ภาพที่ 4 แสดงการทำงานของแผ่นทดสอบการตั้งครรภ์ [5]

มาที่ร่องแรก ฮอร์โมน HCG ที่เกิดพันธะกับสารภูมิต้านทาน (Y) จะสร้างพันธะกับ anti-HCG antibodies ที่เคลือบไว้บนร่องที่ 1 อีก ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีขึ้น จากนั้น สารภูมิต้านทาน (Y) ของผู้ทดสอบที่เหลือและไม่เกิดพันธะกับ HCG จะเคลื่อนไปจับกับสารภูมิต้านทาน อีกตัวหนึ่งที่เคลือบอยู่ในร่องควบคุม (ร่องที่ 2) ทำให้เกิดแถบสีขึ้นเช่นกัน เมื่อเกิดแถบสีครบสองแถบแสดงว่า ผู้ทดสอบตั้งครรภ์

ในกรณีที่ผู้ทดสอบไม่ได้ตั้งครรภ์ก็จะมี ฮอร์โมน HCG ดังนั้น ในร่องแรกที่ใช้ทดสอบก็จะไม่เกิดแถบสี แต่จะเกิดแถบสีเฉพาะในร่องควบคุมเท่านั้น เนื่องจากมีเพียงสารภูมิต้านทาน (Y) ของผู้ทดสอบที่สร้างพันธะกับสารภูมิต้านทานที่ร่องควบคุม

นอกจากแผ่นทดสอบการตั้งครรภ์แล้ว ยังมี ชุดทดสอบอย่างง่ายที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาของเอนไซม์ เช่น ชุดทดสอบการตกไข่ ชุดทดสอบเชื้ออินฟลูเอนซา (influenza) และชุดตรวจสื่อน้ำตาลในปัสสาวะ เป็นต้น

กล่าวโดยสรุป ชุดทดสอบอย่างง่ายเหมาะที่จะใช้ทดสอบเบื้องต้นสำหรับคัดกรองตัวอย่าง หรือใช้สำหรับทดสอบในพื้นที่ที่ไม่สามารถทดสอบด้วยเครื่องมือในห้องปฏิบัติการได้ โดยมีหลักการพื้นฐานจากการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารบนแผ่นทดสอบและสารเป้าหมาย แต่ปฏิกิริยาเคมีนั้นๆ จำเป็นต้องเกิดการเปลี่ยนแปลงที่สามารถตรวจวัดได้อย่างชัดเจน

เอกสารอ้างอิง

1. Y.A.Zolotov, V.M.Ivanov and V.G. Amelin, "Test Methods for Extra-laboratory Analysis", Trens in Analytical Chemistry"Vol. 21, no.4, 2002.
2. http://microwaterman.com/Alkalive__pH/Alkalive__Ph__Test__stix.html
3. <http://www.heavymetalstest.com/>
4. W. Chen, Y. Wu, D. Gu and F. Gan, "Synthesis, optical and thermal characterization of novel thiazolyl heterocyclic azo dye" Materials Letters Volume 61, Issues 19-20, August 2007, Pages 4181-4184.
5. http://webphysics.iupui.edu/webscience/bio__archive/goodfor3.html

