ตัวชี้วัดที่ 3.38

ระดับความสำเร็จของการพัฒนาชุดทดสอบไนเตรท สำหรับการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำบริโภค

ผลการวิเคราะห์สถานการณ์ของตัวชี้วัด และความรู้ที่นำมาใช้ประกอบการวิเคราะห์

ประเทศไทย เป็นประเทศที่ใช้ปุ๋ยและสารเคมีในภาคการเกษตรอย่างมาก ซึ่งไนโตรเจนเป็นแร่ธาตุอาหารหลักสำคัญที่จำเป็นอย่างมากสำหรับการปลูกพืช ไนโตรเจนเป็นกลุ่มสารอาหารอนินทรีย์และการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในสิ่งแวดล้อมตามวัฏจักรไนโตรเจนมีความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อม เพราะหากมีสารประกอบไนโตรเจนที่มากเกินไป อาจทำให้เกิดเป็นแหล่งมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้ ปริมาณไนเตรทในแหล่งน้ำเกิดจากการเน่าเปื่อยของซากพืชซากสัตว์ น้ำเน่า ปุ๋ย และสารเคมีจากเกษตรกรรม เมื่อแบคทีเรียย่อยสลายอินทรีย์ไนโตรเจน จากน้ำเสีย อุจจาระ และสารประกอบโปรตีน เปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนีย (NH_3) จากนั้นเป็นไนไตรท์ (NO_2) และสุดท้ายไปเป็นไนเตรท (NO_3) ซึ่งสามารถละลายได้ดีในน้ำ จึงไหลซึมผ่านการกรองของชั้นดินลงสู่ใต้ดินและสู่แหล่งน้ำบาดาล แต่บางส่วนพืชใช้เป็นอาหาร ดังนั้น การเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์และปุ๋ย เป็นสาเหตุหลักของการปนเปื้อนไนเตรทในแหล่งน้ำซึ่งอาจเพิ่มความเข้มข้นของไนเตรท ในน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินมากขึ้น

ผลกระทบด้านสุขภาพ มีผลการศึกษาวิจัยจากต่างประเทศยืนยันชัดเชนว่า เด็กทารกที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่ประกอบเกษตรกรรมในเชิงอุตสาหกรรม ที่มีการปนเปื้อนไนเตรทในแหล่งน้ำชุมชนสูง จะเป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยงทางสุขภาพสูงสุด พิษของไนเตรทจะทำให้เด็กเกิดโรค "Blue-baby syndrome" หรือ methemoglobinemia และมักเกิดในเด็กทารกอายุต่ำกว่า ๔ เดือน ที่ดื่มน้ำมีไนเตรทเจือปนในปริมาณสูงซึ่งอาการของ Blue-baby syndrome จะเป็นในลักษณะที่ แบคทีเรียในลำไส้เปลี่ยนรูปไนเตรตให้เป็นไนไตรต์ ทำให้ฮีโมโกลบินผิดปกติ (methemoglobin) พบว่าถ้าร่างกายมี Methemoglobin เข้มข้นเป็น ๑๐% ของ Haemoglobin จะเกิดอาการ Methaemoglobinaemia-ไม่สามารถนำพาออกซิเจนไปใช้ได้ ทำให้เกิดอาการตัวเขียว(Cyanosis) ถ้าอาการมากขึ้น จะส่งผลให้เกิดอาการขาดออกซิเจน (Asphyxia) อาการนี้เป็นอันตรายมากหากเกิดในเด็ก สตรีมีครรภ์ ผู้ที่มีภาวะซีดหรือมีปัญหาโรคเลือด สำหรับผู้ใหญ่หากดื่มน้ำที่มีไนเตรทปนเปื้อนปริมาณน้อยเป็นระยะเวลานาน จะเกิดพิษเรื้อรังมีความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งทางเดินอาหาร มะเร็งต่อมน้ำเหลืองชนิด NHL มะเร็งกระเพาะปัสสาวะ มะเร็งรังไข่ ฯลฯ และเมื่อรับประทานอาหารที่ไนเตรทสะสมอยู่ในปริมาณสูง เช่น สัตว์น้ำ หรือผักที่ปลูก พิษที่ตกค้างจะทำให้เกิดภาวะทางประสาท สูญเสียความทรงจำ เป็นอัมพาต หรือท้องร่วงได้

ดังนั้น เพื่อการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำบริโภค โดยมาตรฐานคุณภาพน้ำของประเทศไทยกำหนดให้น้ำบริโภคมีปริมาณไนเตรท (NO_3) ไม่เกิน ๕๐ มิลลิกรัม/ลิตร น้ำดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท มีไนเตรท ในรูปของ ไนเตรทไนโตรเจน(NO_3-N) ไม่เกิน ๔.๐ มิลลิกรัม/ลิตร และน้ำบาดาลที่ใช้บริโภคมีไนเตรท (NO_3) ไม่เกิน ๔๕ มิลลิกรัม/ลิตร นอกจากนี้มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน กำหนดให้มีไนเตรท ในรูปของไนเตรท ไนโตรเจน (NO_3-N) ไม่เกิน ๕.๐ มิลลิกรัม/ลิตร และแอมโมเนีย ในรูปของแอมโมเนีย ไนโตรเจน (NH_3-N) ไม่เกิน ๐.๕ มิลลิกรัม/ลิตร

จากการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำประปาทางห้องปฏิบัติการของกองห้องปฏิบัติการสาธารณสุขกรมอนามัยโดย เทียบกับเกณฑ์คุณภาพน้ำประปากรมอนามัยพ.ศ. ๒๕๖๓ ของจังหวัดต่างๆ ทั่วประเทศย้อนหลัง ๓ ปีงบประมาณ (ปีงบประมาณ ๒๕๖๓-๒๕๖๕) พบว่า ปริมาณไนเตรท มีแนวโน้มเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด ในหลายจังหวัด เช่น แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ เชียงราย ตาก ลำปาง แพร่ สุพรรณบุรี สระบุรี ชลบุรี สมุทรสาคร ลำพูน และสุราษฎร์ธานี เป็นต้น ซึ่งในการตรวจวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำโดยวิธีมาตรฐานต้องใช้เวลาในการตรวจวิเคราะห์และต้องดำเนินการในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ได้มาตรฐาน มีความน่าเชื่อถือ ใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ใช้เทคโนโลยีชั้นสูง ที่มีราคาแพง และใช้บุคลากรที่มีความรู้ความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์เฉพาะทางเป็นผู้ตรวจวิเคราะห์

เพื่อสนับสนุนให้ภาคีเครือข่ายทุกภาคส่วน ชุมชนและประชาชนในพื้นที่ ร่วมเฝ้าระวังคุณภาพน้ำที่มีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนทุกกลุ่มวัย กองห้องปฏิบัติการสาธารณสุขกรมอนามัย จึงดำเนินการศึกษาและพัฒนาชุดทดสอบไนเตรทในน้ำประปา ที่ง่ายต่อการใช้งาน เพื่อใช้เฝ้าระวังปริมาณไนเตรทน้ำ ประปาได้ อีกทั้งยังช่วยให้ผู้เกี่ยวข้องใช้เป็นเครื่องมือในการช่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำได้อย่างทันท่วงที

ความรู้ที่นำมาใช้ประกอบการวิเคราะห์

ชุดทดสอบ

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

ชุดทดสอบอย่างง่ายมีข้อดีหลายประการ คือการทดสอบทำได้ง่าย ใช้เวลาไม่นาน และผู้ทดสอบไม่จำเป็นต้องมีความรู้จำเพาะทางด้านเทคนิคมากนักที่สำคัญคือต้นทุนต่ำ และผลการทดสอบน่าเชื่อถือ

หลักการของชุดทดสอบอย่างง่ายส่วนใหญ่อาศัยการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารเป้าหมายที่สนใจกับสารทดสอบที่มีความไวและจำเพาะต่อการเกิดปฏิกิริยากับสารเป้าหมายหนึ่งๆ โดยสารทดสอบมักถูกเคลือบหรือตรึงอยู่บนแผ่นทดสอบที่เป็นวัสดุรองรับ หรืออาจอยู่ในรูปสารละลายก็ได้ เมื่อสารที่ใช้ทดสอบทำปฏิกิริยากับสารเป้าหมายจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่มองเห็นด้วยตาเปล่า เช่น สีเปลี่ยนไปจากเดิม หรือการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางแสง เช่น เกิดการเรืองแสง หรือเกิดสารประกอบตัวใหม่หลังเกิดปฏิกิริยาเคมี หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าทางไฟฟ้า ทั้งนี้อาจมีการผนวกวงจรอย่างง่ายสำหรับแปรผลให้เป็นตัวเลขที่อ่านค่าได้โดยสะดวกอีกด้วย

ชุดทดสอบอย่างง่ายที่ดีควรมีสมบัติดังต่อไปนี้

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

กล่าวโดยสรุป ชุดทดสอบอย่างง่ายเหมาะที่จะใช้ทดสอบเบื้องต้นสำหรับคัดกรองตัวอย่าง หรือใช้สำหรับทดสอบในพื้นที่ที่ไม่สามารถทดสอบด้วยเครื่องมือในห้องปฏิบัติการได้ โดยมีหลักการพื้นฐานจากการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารบนแผ่นทดสอบและสารเป้าหมายแต่ปฏิกิริยาเคมีนั้นๆ จำเป็นต้องเกิดการเปลี่ยนแปลงที่สามารถตรวจวัดได้อย่างชัดเจน

ผลกระทบของไนโตรเจนต่อสิ่งแวดล้อม

*เทพวิทูรย์ ทองศรี**

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่มีมากที่สุดในบรรยากาศ ถึงร้อยละ 78 ของมวลบรรยากาศของโลก ก๊าซไนโตรเจนไม่มีสี ไม่มีกลิ่นและไม่มีรส มีจุดเดือดต่ำ คือที่ 25 องศาเซลเซียส สิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ไม่สามารถนำก๊าซไนโตรเจนมาใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตได้โดยตรงเพราะสิ่งมีชีวิตสามารถนำไนโตรเจนอยู่ในรูปของแอมโมเนีย (NH_3) หรือไนเตรท (NO_3^-) ประโยชน์ได้เท่านั้น ไนโตรเจนยังมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตเนื่องจากเป็นองค์ประกอบของโปรตีนและกรดนิวคลีอิกซึ่งเป็นส่วนประกอบของร่างกายสัตว์

ในธรรมชาติ โดยเฉพาะระบบนิเวศที่เป็นน้ำ พบว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสามารถเปลี่ยนแก๊สไนโตรเจนให้กลายเป็นแอมโมเนียและไนเตรท ซึ่งพืชน้ำสามารถนำไปใช้ได้ สัตว์ที่กินพืชน้ำเหล่านี้นำไนโตรเจนที่ได้ไปสร้างโปรตีน เมื่อพืชและสัตว์ตายลงโมเลกุลของโปรตีนจะถูกย่อยให้เล็กลงโดยแบคทีเรียกลายเป็นแอมโมเนีย จากนั้นแบคทีเรียชนิดอื่นๆ จะออกซิไดซ์แอมโมเนียให้กลายเป็นไนไตรท์และไนเตรท แต่ในสภาวะที่ขาดออกซิเจนหรือมีออกซิเจนในปริมาณน้อย พบว่าไนเตรทจะเปลี่ยนรูปโดยแบคทีเรียชนิดอื่นๆ กลายเป็นแอมโมเนียนั่นคือเกิดการหมุนเวียนของไนโตรเจนหรือเกิดวัฏจักรของไนโตรเจนเพื่อที่จะเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของไนโตรเจนไปเป็นโมเลกุลอื่นที่เหมาะสมกับสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ให้สามารถนำโมเลกุลเหล่านั้นนำไปใช้ได้ โดยอาศัยการทำปฏิกิริยาทางเคมีคือปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน นั่นเอง แสดงดังสมการ

$$N_2 + 8H^+ + 6e^- \longrightarrow 2NH_4^+$$

$$2NO_3^- + 12H^+ + 10e^- \longrightarrow N_2 + 6H_2O$$

$$NO_3^- + 10H^+ + 8e^- \longrightarrow NH_4^+ + 3H_2O$$

$$NH_4^+ + 2H_2O \longrightarrow NO_2^- + 8H^+ + 6e^-$$

$$NO_2^- + H_2O \longrightarrow NO_3^- + 2H^+ + 2e^-$$

$$NH_4^+ + 3H_2O \longrightarrow NO_3^- + 10H^+ + 8e^-$$

$$N_2 + 8H^+ + 6e^- \longrightarrow 2NH_3 + H_2$$

ทั้งนี้ โมเลกุลที่เกิดขึ้นในวัฏจักรไนโตรเจน มีดังนี้

ไนโตรเจน (N_2)ที่อยู่ในรูปแก๊ส

แอมโมเนีย (NH_3)ที่อยู่ในรูปแก๊สเกิดจากสิ่งมีชีวิต เช่น สิ่งปฏิกูล หรือบริเวณผิวหน้าของปุ๋ย

ไนตริกออกไซด์(NO)พบอยู่ในบรรยากาศซึ่งได้มาจากกระบวนการ denitrification ท่อไอเสีย และ กระบวนการอุตสาหกรรม

แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) อยู่ในดินสามารถดูดซึมโดยพืช แอมโมเนียมไอออนส่วนใหญ่พร้อมที่จะเปลี่ยนไปเป็นไนเตรต

ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) อยู่ในรูปของแก๊สพบอยู่ในบรรยากาศ ซึ่งได้มาจากกระบวนการ denitrification ท่อไอเสีย และกระบวนการอุตสาหกรรม

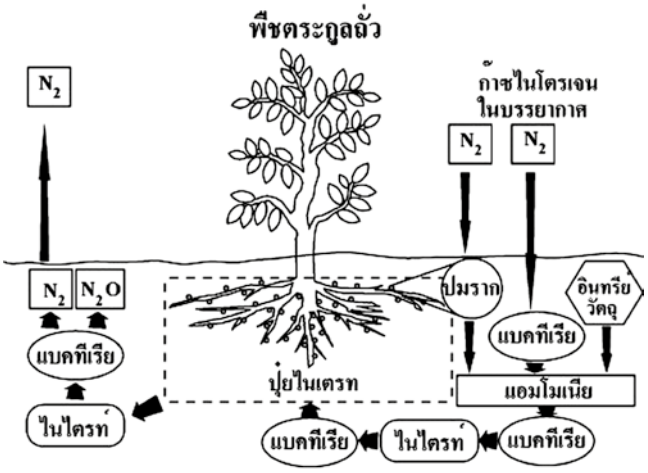
ไนเตรต(NO_3^-) ไม่ได้อยู่ในดิน แต่สามารถถูกดูดซึมได้ด้วยพืช หรือ ย้ายจากดินไปในส่วนของราก

นอกจากนั้น แบคทีเรียไรโซเบียม (Rhizobium) ที่พบในปมรากของพืชตระกูลถั่วสามารถตรึงก๊าซไนโตรเจนจากบรรยากาศของโลกไปเก็บไว้ที่ปมราก และแบคทีเรียบางชนิดที่อยู่ในดินก็สามารถตรึงก๊าซไนโตรเจนจากบรรยากาศของโลกไปเป็นไนเตรทในดิน ไนเตรทเป็นสารอนินทรีย์สามารถละลายน้ำได้ พืชจึงนำไปสังเคราะห์เป็นอินทรีย์ไนโตรเจนซึ่งเป็นส่วนประกอบของพืชและร่างกายของสัตว์ ได้แก่ โปรตีน เปปไทด์ และกรดนิวคลีอิค เก็บไว้ที่พืช เมื่อสัตว์ไปกินพืชก็ได้รับสารอาหารเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตต่อไป

เมื่ออินทรีย์ไนโตรเจนต่างๆที่มาจากพืชและสัตว์รวมถึงซากพืชซากสัตว์ลงสู่ดินแบคทีเรียบางชนิดในดินจะย่อยสลายอินทรีย์ไนโตรเจนเหล่านี้ไปเป็นแอมโมเนีย ไนไตรท์ (NO_2) และ ไนเตรท (NO_3) ตามลำดับ จากนั้นพืชใช้ไนเตรทไปในการเจริญเติบโตและไนเตรทบางส่วนถูกแบคทีเรียในดินย่อยสลายไปเป็นไนไตรท์ และกลายไปเป็นก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ขึ้นสู่บรรยากาศของโลกต่อไป การเปลี่ยนแปลงรูปของไนโตรเจนตั้งแต่ ก๊าซไนโตรเจนจากบรรยากาศสู่ดิน พืช สัตว์ และจาก

* นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม วศ.

พืช สัตว์สู่ดิน และขึ้นสู่บรรยากาศ วนเวียนเป็นวงจรไปอย่างนี้ไม่สิ้นสุดเราเรียกว่า “วัฏจักรไนโตรเจน”



ภาพที่ 1 แสดงการหมุนเวียนของไนโตรเจน

• ผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

ไนโตรเจนเป็นกลุ่มสารอาหารอนินทรีย์และการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในสิ่งแวดล้อมตามวัฏจักรไนโตรเจนมีความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมเพราะหากมีสารประกอบไนโตรเจนที่มากเกินไปที่ผิวหน้าดินของพื้นที่การเกษตร การระบายน้ำทิ้งจากแหล่งอาศัยในเมืองน้ำโสโครก และน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม อาจทำให้เกิดเป็นแหล่งมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้

ปริมาณไนเตรทในแหล่งน้ำเกิดจากการเน่าเปื่อยของซากพืชซากสัตว์ อุจจาระ น้ำเน่า ปุ๋ย และน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและสารเคมีจากเกษตรกรรม เมื่อแบคทีเรียย่อยสลายอินทรีย์ไนโตรเจน จากน้ำเสีย อุจจาระ และสารประกอบโปรตีน เปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนีย (NH_3) จากนั้นเป็นไนไตรท์ (NO_2) และสุดท้ายไปเป็นไนเตรท (NO_3) ซึ่งสามารถละลายได้ดีในน้ำ จึงไหลซึมผ่านการกรองของชั้นดินลงสู่ใต้ดินและสู่แหล่งน้ำบาดาล แต่บางส่วนพืชใช้เป็นอาหาร เนื่องจากไนเตรทเป็นสารอาหารของพืชผัก และจำเป็นต่อสิ่งมีชีวิต ดังนั้นการเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์ และปุ๋ย เป็นสาเหตุหลักของการปนเปื้อนไนเตรทในแหล่งน้ำ ซึ่งอาจเพิ่มความเข้มข้นของไนเตรทในน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินมากขึ้นจนถึงปริมาณที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตได้

การมีปริมาณไนเตรทในน้ำบริโภคสูงเป็นสาเหตุให้เด็กทารกป่วยเกี่ยวกับเมธฮีโมโกลบินในเลือดได้ คือทำให้ทารกมีอาการตัวเขียว เนื่องจากไนเตรทไปทำให้ฮีโมโกลบินเป็นเมธฮีโมโกลบิน ซึ่งทำให้เม็ดเลือดแดงไม่สามารถนำออกซิเจนไปเลี้ยงส่วนต่างๆของร่างกายได้ ดังนั้นเพื่อการเฝ้าระวังคุณภาพของสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะคุณภาพน้ำจึงจำเป็นต้องมีการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการหาปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนในรูป ที เค เอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen, TKN), แอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N), ไนเตรท (NO_3) หรือ ไนเตรท-ไนโตรเจน (NO_3-N), ไนไตรท์ (NO_2) หรือไนไตรท์-ไนโตรเจน (NO_2-N) โดยมาตรฐานคุณภาพน้ำของประเทศไทยกำหนดให้น้ำบริโภคมีปริมาณไนเตรท (NO_3) ไม่เกิน 45 มิลลิกรัม/ลิตร น้ำดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท มีไนเตรท ในรูปของ ไนเตรท ไนโตรเจน (NO_3-N) ไม่เกิน 4.0 มิลลิกรัม/ลิตร และน้ำบาดาลที่ใช้บริโภคมีไนเตรท (NO_3) ไม่เกิน 45 มิลลิกรัม/ลิตร นอกจากนี้มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน กำหนดให้มีไนเตรท ในรูปของไนเตรท ไนโตรเจน (NO_3-N) ไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัม/ลิตร และแอมโมเนีย ในรูปของแอมโมเนีย ไนโตรเจน (NH_3-N) ไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร และมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง กำหนดให้น้ำทิ้งจากโรงงานอุสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม มีไนโตรเจนในรูปของ TKN ไม่เกิน 100 มิลลิกรัม/ลิตร หรือแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง แต่ไม่เกิน 200 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาดให้มีไนโตรเจนในรูป TKN ไม่เกิน 35 และ 40 มิลลิกรัม/ลิตร ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากที่ดินจัดสรร มีไนโตรเจนในรูป TKN ไม่เกิน 35 มิลลิกรัม/ลิตร และมาตรฐานเพื่อควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร มีไนโตรเจนในรูป TKN ไม่เกิน 120 มิลลิกรัม/ลิตร หรือ 200 มิลลิกรัม/ลิตร

กรมวิทยาศาสตร์บริการ ได้ให้บริการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในรูป TKN แอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N), ไนเตรท (NO_3) หรือ ไนเตรท-ไนโตรเจน (NO_3-N)ในตัวอย่างน้ำเสีย น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ผู้สนใจสามารถขอรับบริการได้ในเวลาราชการ

เอกสารอ้างอิง

American Public Health Association. Standard methods for the examination of water & Wastewater. 22nd ed. New York: APHA, 2012.

Maria Csuros. Environmental sampling & analysis for technicians. London: Taylor & Francis,1994, 336 p.

กรรณิการ์ สิริสิงห์. เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร:ประยูรวงศ์, 2549.

กรมควบคุมมลพิษ. มาตรฐานคุณภาพน้ำ. [ออนไลน์]. [อ้างถึงวันที่ 17 เมษายน 2555]. เข้าถึงจาก : http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water01.html

ไมตรี สุทธิจิตต์. สารพิษรอบตัว. ดวงกมลพับลิชชิ่ง : กรุงเทพมหานคร, 2551, หน้า 320-327.

นวัตกรรม ชุดทดสอบภาคสนาม (Test Kit) จากผลงานวิจัย เพื่อสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยผู้บริโภค

ความเป็นมาของชุดทดสอบภาคสนาม

การปนเปื้อนของสารเคมีในแหล่งน้ำ เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นได้ทั้งในเมืองใหญ่และในชนบท สารเคมีเหล่านี้ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า แต่สามารถตรวจสอบได้ด้วย **"ชุดทดสอบภาคสนาม"** ชุดทดสอบดังกล่าว เป็นนวัตกรรมซึ่งผ่านการวิจัยพัฒนามาอย่างต่อเนื่องและเป็นตัวช่วยสำคัญที่จะเฝ้าระวังสารพิษปนเปื้อนในแหล่งน้ำให้กับผู้บริโภค

ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.ยุวดี เชี่ยววัฒนา อดีตอาจารย์ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยมหิดล เป็นหนึ่งในผู้ก่อตั้งและกรรมการบริษัท เทสคิต อินโนเวชัน จำกัด (www.testkitinnovation.com) กล่าวว่า ขณะรับราชการในมหาวิทยาลัย มีทีมวิจัยทำการวิจัยการพัฒนาวิธีวิเคราะห์สาร ซึ่งมีงานวิจัยส่วนหนึ่งได้เน้นพัฒนาวิธีวิเคราะห์ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในภาคสนามได้ เรียกว่า วิธีทดสอบสารภาคสนาม วิธีทดสอบสารภาคสนามนี้มีการพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์และเคยได้รับรางวัลสิ่งประดิษฐ์จากสภาวิจัยแห่งชาติถึง 2 ครั้งด้วยกัน

มหาวิทยาลัยมหิดลตระหนักในคุณภาพของผลงานและประโยชน์เชิงใช้งาน จึงผลักดันให้งานวิจัยนี้ พัฒนาสู่เชิงพาณิชย์ แต่ด้วยขณะนั้น ดร.ยุวดี ยังรับราชการในมหาวิทยาลัย จึงทำงานวิจัยในลักษณะของการเผยแพร่และบริการทางวิชาการ เมื่อเกษียณอายุราชการและด้วยการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยมหิดล จึงได้นำผลงานวิจัยที่มีศักยภาพและเป็นนวัตกรรม ออกสู่เชิงพาณิชย์ด้วยการจัดตั้งบริษัทขึ้น บริษัทได้ทำการผลิต "ชุดทดสอบสารภาคสนาม" โดยมีผลิตภัณฑ์ซึ่งสามารถวิเคราะห์สารได้ 18 ชนิดด้วยกัน

ความจำเป็นที่ต้องเป็นชุดทดสอบภาคสนาม

ดร.ยุวดี กล่าวต่อว่า การพัฒนาชุดทดสอบภาคสนาม มีจุดเริ่มต้นจากความต้องการทดสอบปริมาณการปนเปื้อนของสารหนูในแหล่งน้ำ เมื่อครั้งที่เกิดเหตุปนเปื้อนในอำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช นักวิจัยมีความต้องการใช้ชุดทดสอบที่นำไปใช้ในภาคสนามและสามารถตรวจวัดได้อย่างสะดวก รวดเร็ว โดยมีความถูกต้องในระดับความเข้มข้นที่ต่ำมาก (ประมาณ 10 ppb ตามมาตรฐานของ WHO) นักวิจัยพบว่าชุดทดสอบที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดมีปัญหาในด้าน ความถูกต้องและมีราคาค่อนข้างสูง

ทีมวิจัยของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล จึงได้ริเริ่มงานวิจัยเพื่อพัฒนาชุดทดสอบที่มีความไวและประสิทธิภาพสูง โดยได้รับการสนับสนุนจาก UNICEF จนได้เป็นชุดทดสอบสารหนูที่พัฒนาโดยนักวิทยาศาสตร์ไทย กับทั้งได้รับการยอมรับจาก UNICEF นำไปใช้อย่างกว้างขวางในประเทศต่างๆ เช่น มองโกเลีย, พม่า, จีน, กัมพูชาและเวียดนาม

จากความสำเร็จกับชุดทดสอบสารหนูภาคสนาม ทีมวิจัยจึงมีการพัฒนาชุดทดสอบสารปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมชนิดอื่นๆ ออกมาตามลำดับ โดยได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานต่างๆ เช่น กรมควบคุมมลพิษและศูนย์นวัตกรรมทางเคมี (PERCH-CIC) ทำให้ได้ต้นแบบชุดทดสอบสารภาคสนามที่พร้อมจะนำออกสู่ตลาดในเชิงพาณิชย์ โดยเป็นชุดทดสอบที่พัฒนาโดยทีมนักวิจัยชาวไทย พกพาสะดวก ใช้งานง่าย สามารถอ่านผลได้ในเวลาอันสั้น มีความถูกต้องแม่นยำ มีคุณภาพสูงและราคาถูก

ดร.ยุวดี กล่าวเพิ่มเติมว่า ชุดทดสอบภาคสนามใช้เพื่อวัดค่าของปริมาณสาร ณ จุดเก็บตัวอย่าง ในเวลานั้น เพื่อให้สามารถทดสอบค่าได้ถูกต้องมากที่สุด ทั้งนี้ เนื่องจากสารบางอย่างไม่เสถียร หากเก็บตัวอย่างน้ำกลับไป ค่าสารที่ในสถานที่จริง กับค่าที่วัดได้ในห้องปฏิบัติการจะต่างกัน เช่น ปริมาณออกซิเจนละลาย (ในน้ำ) หากนำกลับไปวัดที่ห้องปฏิบัติการ ค่าจะลดลง หรือเปลี่ยนแปลงได้ การวัดที่ภาคสนามจึงได้ค่าที่ถูกต้อง

ผู้ใช้ชุดทดสอบสารภาคสนาม

ชุดทดสอบภาคสนาม ใช้ในการเฝ้าระวังในเรื่องสิ่งแวดล้อม นั้น การวัดปริมาณสาร เป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับคุณภาพของสิ่งแวดล้อม เช่น ออกซิเจนละลายใช้บ่งบอกถึงคุณภาพของน้ำ เน่าเสียหรือไม่ มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่เพียงพอกับสิ่งมีชีวิตในน้ำหรือไม่ หรือปริมาณของฟอสเฟตในน้ำ มีมากจนเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม หรือยัง ฯลฯ

สารบางตัวมีปนเปื้อนมาโดยธรรมชาติ ขณะที่สารบางตัวปนเปื้อนเนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การทำเหมืองแร่ โรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ อาจปล่อยสารเคมีลงสู่แม่น้ำ เพราะฉะนั้น จึงต้องมีการเฝ้าระวัง โรงงานบางประเภทอาจปล่อยปรอท โรงงานบางประเภทอาจปล่อยตะกั่ว โรงงานบางประเภทอาจปล่อยทองแดง การเฝ้าระวังจึงขึ้นอยู่กับว่าโรงงานเหล่านั้น ทำการผลิตอะไรและมีโอกาสปล่อยสารอะไร เราก็ต้องมีการเฝ้าระวังสารตัวนั้น ในการนี้จึงต้องมีชุดทดสอบภาคสนามให้สอดคล้องกัน นอกจากนั้น โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ยังใช้ชุดทดสอบสารในการตรวจสอบคุณภาพของน้ำในกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่างๆ ตลอดจนน้ำทิ้งที่จะปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมว่าเป็นไปตามมาตรฐาน หรือไม่ได้อีกด้วย

ชุดทดสอบของบริษัท ผลิตตามความต้องการของตลาด ชุดทดสอบภาคสนามเหล่านี้ ไม่จำเป็นต้องใช้ในภาคอุตสาหกรรมการผลิต อุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเท่านั้น เราสามารถใช้ชุดทดสอบภาคสนามในการตรวจสารปนเปื้อนในบ่อน้ำตามแหล่งน้ำธรรมชาติได้ด้วย อาทิ ทางภาคเหนือของประเทศ เราพบปัญหาของสารฟลูออไรด์ปนเปื้อนในบ่อน้ำจำนวนมาก ทำให้เด็กที่ดื่มน้ำมีปัญหาเรื่องฟันตกกระ ในกรณีนี้ก็สามารถใช้ชุดทดสอบภาคสนามตรวจสอบเพื่อเฝ้าระวังได้เช่นกัน

การใช้ชุดทดสอบภาคสนามสำหรับโรงเรียน

ด้วยคุณลักษณะพิเศษของชุดทดสอบภาคสนามที่ใช้ง่าย สะดวก รวดเร็ว ไม่ต้องใช้ความชำนาญของนักวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการ เด็กๆ หรือคนทั่วไป เพียงอ่านคำแนะนำก็ทำได้แล้ว จึงมีความเหมาะสมอีกประการหนึ่งในการนำมาใช้เป็นสื่อการสอนในโรงเรียนได้ เพราะธรรมชาติของเด็กชอบทดลอง ทดสอบเป็นพื้นฐานอยู่แล้ว ชุดทดสอบสารจึงสามารถนำมาใช้เป็นสื่อการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนได้เป็นอย่างดี เช่น เราสามารถนำมาใช้เป็นโครงงานวิทยาศาสตร์ให้นักเรียน ใช้เฝ้าระวังแหล่งน้ำในโรงเรียน โดยเราไม่จำเป็นต้องซื้อหลอดทดลองและเครื่องแก้วราคาแพง ทั้งนี้ ชุดทดสอบนี้ สามารถนำไปใช้ทดสอบวัดในสถานที่จริง สภาพจริงและรู้ผลได้ทันที

การนำชุดทดสอบไปเผยแพร่ในโรงเรียน นอกจากจะให้ประโยชน์ด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แล้ว ยังสามารถใช้ในการรณรงค์ไม่ดื่มน้ำอัดลมที่มีผลเสียต่อสุขภาพด้วย ทั้งนี้โดยผ่านการให้เด็กได้เรียนรู้และเห็นผลกระทบด้วยตนเอง โดยให้เด็กนำชุดทดสอบภาคสนามไปวัดปริมาณ เพื่อให้รู้ว่าในน้ำอัดลมมีส่วนประกอบอะไรบ้าง เด็กสามารถเรียนรู้ว่าในน้ำอัดลมประกอบด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ กรดฟอสฟอริค ซึ่งสามารถวัดค่าออกมาได้ พร้อมทั้งสามารถวัดค่า ความเป็นกรดด่าง เมื่อได้ผลออกมาเด็กก็ได้เรียนรู้ด้วยตนเองว่า น้ำอัดลมไม่มีประโยชน์ต่อร่างกาย อันช่วยให้สามารถลดพฤติกรรมการดื่มน้ำอัดลมของนักเรียนได้

นวัตกรรมที่เป็นผลงานวิจัยจากนักวิทยาศาสตร์ไทยก้าวสู่เชิงพาณิชย์

"ชุดทดสอบภาคสนาม ไม่ใช่ของใหม่ ปฏิกิริยาเคมีที่เอามาใช้ในการพัฒนาชุดทดสอบเพื่อนำไปใช้ในภาคสนาม เป็นปฏิกิริยาที่ใช้ในห้องปฏิบัติการซึ่งเป็นที่ยอมรับในหมู่นักวิชาการ แต่สิ่งที่เป็นนวัตกรรม คือ การพัฒนาให้นำไปใช้งานได้ง่าย นำไปใช้ในภาคสนามได้ สิ่งที่เราพัฒนาและแตกต่างจากผู้อื่น คือ การคิดค้นประดิษฐ์ชุดทำปฏิกิริยา อันเป็นนวัตกรรม ซึ่งความแตกต่างทำให้ผลิตภัณฑ์ของเรามีความโดดเด่น อันเป็นผลให้เราได้รับรางวัลสิ่งประดิษฐ์จากสภาวิจัยแห่งชาติและได้พัฒนาต่อมาเป็นนวัตกรรมทางผลิตภัณฑ์ จากนวัตกรรมดังกล่าว ทำให้สิ่งประดิษฐ์ของเรามีความแตกต่าง มีสามารถวัดปริมาณสารด้วยความน่าเชื่อถือสูง โดยในผลิตภัณฑ์ 4 ชนิดของเรา มีนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ที่ทำให้เกิดการปรับปรุงทำให้สามารถวัดปริมาณสารในระดับต่ำมากถึง PPB (Part Per Billion) ส่วนในพันล้านส่วน โดยปกติแล้ว สารระดับต่ำขนาดนี้ จะไม่สามารถทดสอบในภาคสนามได้เลย" ดร.ยุวดี กล่าวทิ้งท้าย TPA news

บทความ

ดร.ศุภมาส ด่านวิทยากุล

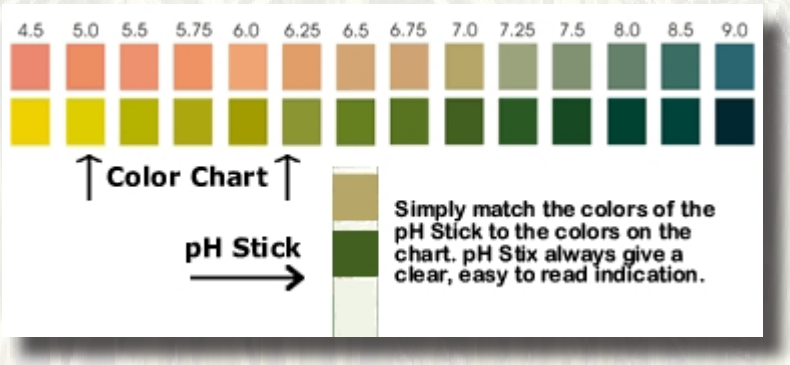
ห้องปฏิบัติการวัสดุสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากสารอันตราย
หน่วยวิจัยด้านสิ่งแวดล้อม
• ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
e-mail: supamasd@mtec.or.th

ชุดทดสอบ (ทางเคมี) อย่างง่าย ทำงานอย่างไร?

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

ชุดทดสอบอย่างง่ายมีข้อดีหลายประการ คือ การทดสอบทำได้ง่าย ใช้เวลาไม่นาน และผู้ทดสอบไม่จำเป็นต้องมีความรู้จำเพาะทางด้านเทคนิคมากนัก ที่สำคัญคือต้นทุนต่ำ และผลการทดสอบน่าเชื่อถือ

หลักการของชุดทดสอบอย่างง่ายส่วนใหญ่อาศัยการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารเป้าหมายที่สนใจกับสารทดสอบที่มีความไวและจำเพาะต่อการเกิดปฏิกิริยากับสารเป้าหมายหนึ่งๆ โดยสารทดสอบมักถูกเคลือบหรือตรึงอยู่บนแผ่นทดสอบที่เป็นวัสดุรองรับ หรืออาจอยู่ในรูปสารละลายก็ได้ เมื่อสารที่ใช้ทดสอบทำปฏิกิริยากับสารเป้าหมายจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่มองเห็นด้วยตาเปล่า เช่น สีเปลี่ยนไปจากเดิม (ภาพที่ 1) หรือการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางแสง เช่น เกิดการเรืองแสง หรือเกิดสารประกอบตัวใหม่หลังเกิดปฏิกิริยาเคมี หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าทางไฟฟ้า ทั้งนี้อาจมีการผนวกวงจรอย่างง่ายสำหรับแปรผลให้เป็นตัวเลขที่อ่านค่าได้โดยสะดวกอีกด้วย



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 พีเอชอินดิเคเตอร์ที่ใช้หาค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลงสีจะเกิดขึ้นบนวัสดุรองรับที่อาจเป็นแผ่นกระดาษ หรือแผ่นพลาสติกที่เคลือบสารอินดิเคเตอร์ที่ไวต่อปฏิกิริยาระหว่างกรด-ด่างไว้

สิ่งสำคัญในการเตรียมแผ่นพีเอชอินดิเคเตอร์ได้แก่ การทำให้สารอินดิเคเตอร์ยึดติดบนแผ่นรองรับโดยไม่ละลายน้ำ หรือหลุดร่อนจากวัสดุรองรับ แรงที่ใช้ตรึงสารอินดิเคเตอร์ให้อยู่บนวัสดุรองรับมีหลายแบบ เช่น แรงดูดซับทางกายภาพที่พื้นผิวของวัสดุรองรับดูดซับสารอินดิเคเตอร์ด้วยแรงอ่อนๆ อย่างแรงแวนเดอร์วาลส์ แต่มีโอกาสสูงที่สารอินดิเคเตอร์จะละลายออกจากวัสดุรองรับ ถ้าสารอินดิเคเตอร์ที่ใช้มีค่าการละลายน้ำดี การเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างสารอินดิเคเตอร์กับวัสดุรองรับให้แน่นหนามากขึ้นจะใช้แรงทางไฟฟ้าสถิต หรือแรงจากพันธะโคเวเลนต์ซึ่งมีความแข็งแรงของการตรึงมากที่สุด

2) ปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน

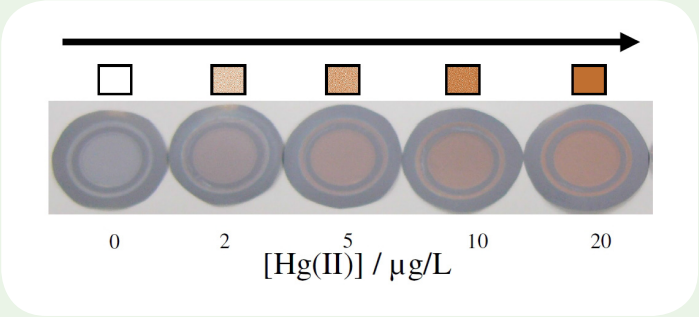
เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นและมีการเปลี่ยนแปลงค่าศักย์ไฟฟ้า การเปลี่ยนแปลงค่าศักย์ไฟฟ้าเกิดจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชันของสารเป้าหมายกับสารที่ถูกยึดตรึงไว้กับวัสดุรองรับ ตัวอย่างการทดสอบที่อาศัยปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน ได้แก่ การหาปริมาณไดเวเลนต์โคบอลต์ (Cobalt; Co(II)) ด้วยสาร 1-(2-pyridylazo)-2-napthol (PAN) โดยมีสารโพแทสเซียมเพอริโอเดต (KIO_4) เป็นตัวออกซิไดซ์มีหน้าที่ทำให้ Co(II) เปลี่ยนเป็น Co(III) ที่มีความไวต่อการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับ PAN ซึ่งสารประกอบเชิงซ้อนนี้มีสีเขียว

3) ปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบเชิงซ้อน

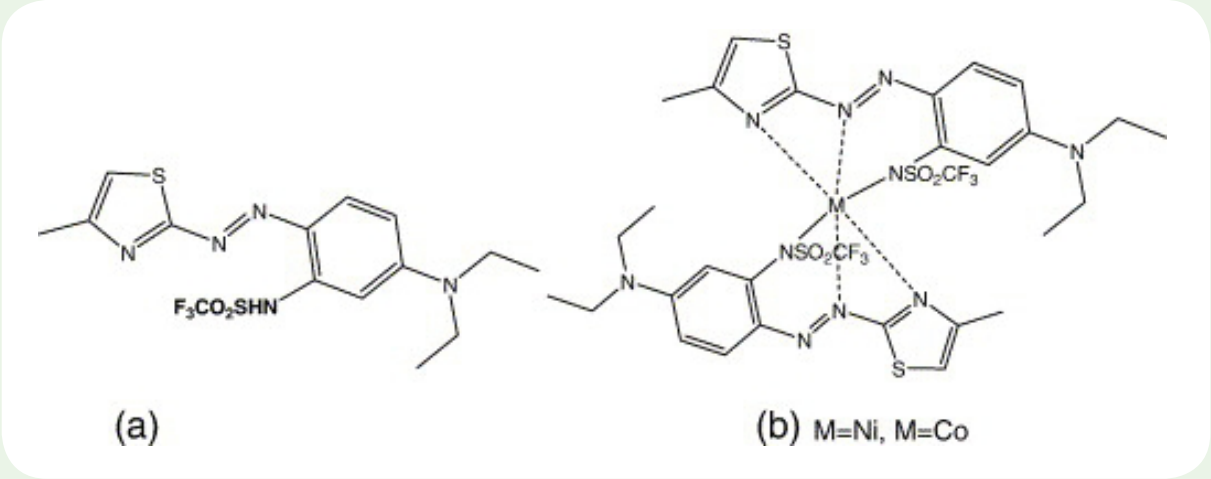
ชุดทดสอบที่อาศัยการเกิดปฏิกิริยาเชิงซ้อนนิยมใช้อย่างกว้างขวางในการวิเคราะห์หาปริมาณไอออนของโลหะหนัก แต่มีบางที่ใช้หาปริมาณสารอินทรีย์ สารทดสอบที่นำมาใช้คือ ไดไทโซน (dithizone) เพราะสามารถเกิดปฏิกิริยาเชิงซ้อนกับไอออนของโลหะได้หลายชนิดและเกิดสีที่แตกต่างกัน ความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาเชิงซ้อนของสารไดไทโซนกับไอออนของโลหะเรียงลำดับดังนี้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

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]

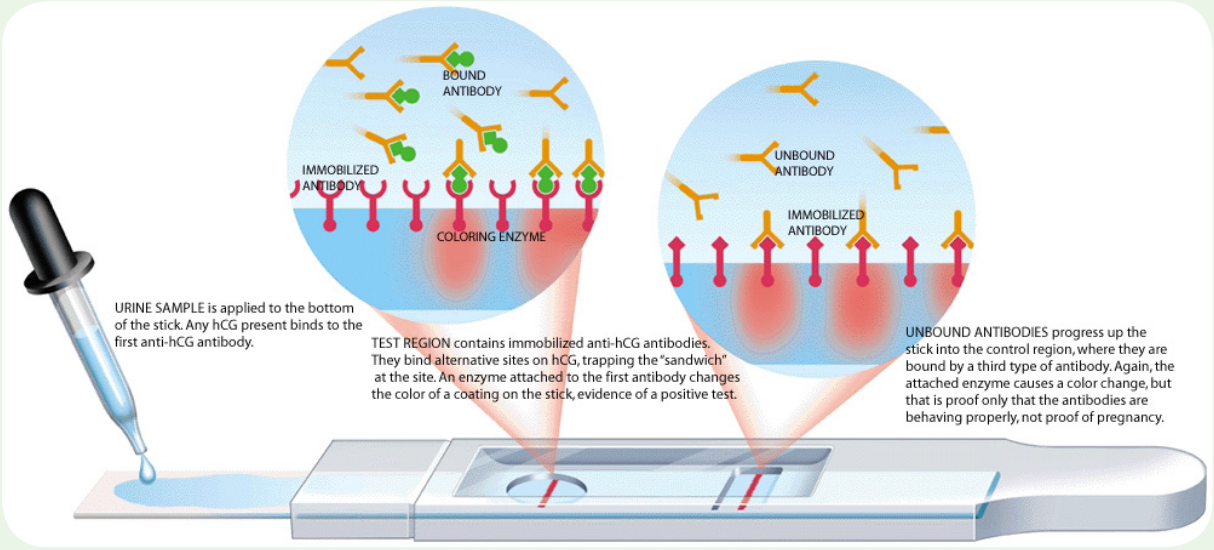
เอโซ (heterocyclic azo) ที่ใช้ในการทดสอบไอออนโลหะได้ดี มีความไวต่อการทดสอบสูง ให้ความแตกต่างของสีที่ปรากฏบนแผ่นทดสอบก่อน และหลังทดสอบชัดเจนดี อีกทั้งสารประกอบกลุ่มนี้ยังสามารถตรึงบนวัสดุรองรับที่เป็นทั้งสารอินทรีย์ หรืออนินทรีย์ได้ง่ายอีกด้วย ดังตัวอย่างในภาพที่ 3

4) ปฏิกิริยาของเอนไซม์

ปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ภายในร่างกายแตกต่างจากปฏิกิริยาที่เกิดจากสารเคมีทั่วๆ ไป 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 anitibodies ที่เคลือบไว้บนร่องที่ 1 อีก ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีขึ้น จากนั้น สารภูมิต้านทาน (Y) ของผู้ทดสอบที่เหลือและไม่เกิดพันธะกับ HCG จะเคลื่อนไปจับกับสารภูมิต้านทานอีกตัวหนึ่งที่เคลือบอยู่ในร่องควบคุม (ร่องที่ 2) ทำให้เกิดแถบสีขึ้นเช่นกัน เมื่อเกิดแถบสีครบสองแถบแสดงว่าผู้ทดสอบตั้งครรภ์

ในกรณีที่ผู้ทดสอบไม่ได้ตั้งครรภ์ก็จะไม่มีฮอร์โมน HCG ดังนั้น ในร่องแรกที่ใช้ทดสอบก็จะไม่เกิดแถบสี แต่จะเกิดแถบสีเฉพาะในร่องควบคุมเท่านั้น เนื่องจากมีเพียงสารภูมิต้านทาน (Y) ของผู้ทดสอบที่สร้างพันธะกับสารภูมิต้านทานที่ร่องควบคุม

นอกจากแผ่นทดสอบการตั้งครรภ์แล้ว ยังมีชุดทดสอบอย่างง่ายที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาของเอนไซม์ เช่น ชุดทดสอบการตกไข่ ชุดทดสอบเชื้ออินฟลูเอนซา (influenza) และชุดตรวจสอบน้ำตาลในปัสสาวะ 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