



รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

การพัฒนาเทคนิคการตรวจสอบเหล็กในตัวอย่างน้ำแร่
Developing Measurement Techniques of Iron in Mineral Water

ไตรรงค์ เปลี่ยนแสง¹, ปณัฐดา คำสุวรรณ², ณิชารี เพียรกิจกรรม², อนงค์ ศรีโสภา³
Trairong Phlansaeng¹, Panatda Khamsuwan², Nicharee Peankijjakam², Anong Srisopa³

¹ อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

² นักศึกษาประจำคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

³ อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพบูลสงคราม

บทคัดย่อ

การพัฒนาเทคนิคการตรวจสอบเหล็ก โดยใช้อุปกรณ์ของไหลจุลภาคแบบกระดาษ โดยอาศัยหลักการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีส้มอมชมพูระหว่างเหล็กกับสารละลายฟีนานทอริน การตรวจสอบความถูกต้องของอุปกรณ์ของไหลจุลภาคแบบกระดาษที่พัฒนาขึ้น โดยการทดลองใช้ตัวอย่างน้ำแร่บรรจุขวดในการตรวจสอบจากแหล่งที่มาแตกต่างกันจากร้านสะดวกซื้อทั้ง 3 แห่ง กำหนดน้ำแร่ตัวอย่างในการตรวจสอบทั้ง 3 แห่ง แหล่งละ 6 ตัวอย่าง โดยกำหนดตัวอย่างแร่ที่ใช้ในการตรวจสอบเป็น น้ำตัวอย่าง A B C D E และ F ซึ่งใช้วิธีการเปรียบเทียบผลการตรวจสอบเหล็กในน้ำแร่โดยเทคนิคคัลเลอร์เมทรี และเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตเมทรี ผลการวิจัยพบว่า ผลการตรวจสอบเหล็กในตัวอย่างน้ำแร่จากทั้ง 3 เทคนิคเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ปรากฏผลการทดลองว่า ไม่มีเหล็กในน้ำแร่ตัวอย่างทั้ง 6 ตัวอย่าง ซึ่งจากผลการวิจัยสามารถสรุป ได้ว่า เทคนิคของไหลจุลภาคแบบกระดาษสามารถตรวจสอบเหล็กได้ เป็นบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่ปลอดภัย และลดมลภาวะ ลดการทำลายสิ่งแวดล้อม เมื่อทดสอบแล้วพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของสีที่ชัดเจน สังเกตได้ง่าย และเป็นกรนำเอาหลักการเคมีสีเชื่อมโยงมาประยุกต์ใช้ในการทดลองนี้

คำสำคัญ : เหล็ก / น้ำแร่ / คัลเลอร์เมทรี / อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตเมทรี / ของไหลจุลภาคแบบกระดาษ

Abstract

Developing techniques to detect iron. Using micro fluid paper. Guided by the principle Complexing orange pink slurry feed to the steel Nancy taurine. To check the authenticity of paper micro fluid developed. The trial sample bottle of mineral water in check from sources different from the convenience store and 3 sources defined mineral samples to monitor all 3 of the 6 samples by mineral used in the investigation. a water sample ABCDE and F, which is used to compare the results to determine the iron minerals by Technicolor's Mate Creek. Technical and atomic absorption spectrophotometry applications may Mate Creek. The research found that Inspection results in iron mineral samples from the three techniques is in the same direction. The results show that No iron in water samples, 6 samples from which the findings can be summarized as that. Technical fluid microscopic examination paper to steel. A scientific laboratory safety and reduce pollution, reduce environmental degradation. When tested, it was found that there was a clear change of color. Observable And the introduction of green chemistry principles applied in this trial.

Keywords : Iron / Mineral Water / Colorimetry / Atomic Absorption Spectrophotometry / Paper-based Microfluidic Device



รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5 สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การทดลองทางวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีดำเนินการอย่างมีระเบียบเพื่อพิสูจน์ยืนยัน หักล้างหรือสร้างความสมเหตุสมผลของสมมุติฐาน การทดลองที่มีการควบคุมทำให้ได้วิจารณ์ญาณ โดยการแสดงว่าผลลัพธ์ใดจะเกิดขึ้นหากเปลี่ยนแปลงปัจจัยหนึ่ง ๆ การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์จะต้องใช้วิธีการทดลอง ซึ่งจำเป็นต่อการเรียนการสอนในทุกระดับชั้น สามารถอธิบายเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกันได้จะต้องคิด อย่างมีวิจารณ์ญาณและสร้างสรรค์ โดยต้องอาศัยขั้นตอนการแก้ปัญหาตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และยังสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้กับสถานการณ์ใหม่ การนำความรู้ไปใช้เพื่อเทคนิคประเมิน ความเข้าใจว่ามีความเข้าใจในเรื่องที่เรียนมากน้อยเพียงใด ถ้าเข้าใจย่อมสามารถนำไปใช้หรืออธิบายเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกันได้ แต่การทดลองทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่จำเป็นต้องใช้สารเคมีในการทำการทดลอง การทดลองบางการทดลองใช้สารเคมีในปริมาณที่มาก และสุดท้ายหลังจากการทดลอง สารเคมีจากการทำการทดลองนั้นส่งผลเสียกับสิ่งแวดล้อมอย่างมาก ผลกระทบของของเสียที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมการจัดการของเสียที่เป็นอันตรายโดยไม่ระมัดระวัง หรือไม่ถูกต้อง ไม่เหมาะสมจะก่อให้เกิดปัญหาพื้นฐาน ที่มีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้ 4 ประการ คือ 1.ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง การสัมผัสหรือเกี่ยวข้องกับของเสียที่เป็นอันตราย 2. ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคอื่น การที่ได้รับสารเคมี หรือสารโลหะหนักบางชนิด เข้าไปในร่างกาย อาจทำให้เจ็บป่วยเป็นโรคต่างๆ จนอาจถึงตายได้ 3. ทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศ สารโลหะหนัก หรือสารเคมีต่างๆ ที่เจือปนอยู่ในของเสียที่เป็นอันตราย นอกจากจะเป็นอันตรายต่อมนุษย์แล้ว ยังเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ทั้งพืชและสัตว์ ทำให้เจ็บป่วยและตายได้เช่นกัน หรือถ้าได้รับสารเหล่านั้นในปริมาณไม่มากพอ ที่จะทำให้เกิดอาการอย่างเฉียบพลันก็อาจมีผลกระทบต่อโครงสร้างของโครโมโซม 4. ทำให้เกิดผลเสียหลายต่อทรัพย์สินและสังคม (ลิขสิทธิ์โครงการสารานุกรมไทย สำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว)

ปัจจุบันเหล็กที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่พบได้ในตามธรรมชาติ แหล่งน้ำ หรือพบในดิน หากมีปริมาณที่มากเกินไปจะส่งผลเสียกับสิ่งแวดล้อม และอันตรายต่อร่างกายของมนุษย์นอกจากนี้ ความเป็นพิษจากเหล็กยังเกิดในกรณีอื่นๆ อีก เช่น ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์บางชนิด แทนที่โลหะสำคัญของ enzymes ทำให้เอนไซม์ทำงานได้น้อยลงหรือไม่ได้เลย เปลี่ยนแปลงโครงสร้างของชีวโมเลกุล โดยหลักการ “เคมีสีเขียว” (Green Chemistry) ซึ่งเป็นศาสตร์แขนงหนึ่งที่ยึดหลักปรัชญา ในกระบวนการออกแบบและสังเคราะห์วัสดุหรือสารเคมี โดยการลด ละ หรือหลีกเลี่ยงการใช้ หรือสังเคราะห์สารที่ก่อให้เกิดอันตรายและเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงผลกระทบต่อกิจกรรมในการดำรงชีวิตของมนุษย์ซึ่ง “เคมีสีเขียว” สามารถสอดแทรกอยู่ได้ในเคมีพื้นฐานแขนงต่างๆไม่ว่าจะเป็นอินทรีย์เคมี อนินทรีย์เคมี ชีวเคมี เคมีชีวภาพ เคมีวิเคราะห์ ตลอดจนมีการประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมที่มีการใช้กระบวนการทางเคมีในแขนงต่างๆ เช่น ปิโตรเคมี โพลีเมอร์ นาโนเทคโนโลยี เป็นต้น ทั้งนี้เป็นการทำให้เกิดมลภาวน้อยที่สุด แต่เพิ่มประสิทธิภาพและศักยภาพ ของกระบวนการผลิตและสังเคราะห์ เพื่อการออกแบบกระบวนการสังเคราะห์ให้ได้ผลิตผลมากที่สุด การเลือกใช้กระบวนการที่ปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การออกแบบและเลือกใช้กระบวนการที่ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด สิ่งที่ดีที่สุดของการจัดการของเสียคือการไม่สร้างของเสีย (Paul Anastas และ John C. Warner, 2554) ซึ่งในปัจจุบันใช้การตรวจสอบปริมาณของเหล็กในน้ำ โดยวิธีการพื้นฐานซึ่งมีการใช้สารเคมีในปริมาณที่มาก สารบางตัวมีราคาแพงและยังเป็นอันตรายต่อผู้ทำการทดลองและสิ่งแวดล้อมรอบๆตัว ในสารเคมีที่หลงเหลือจากการทดลองก็ยากต่อการกำจัดทิ้ง

จากข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจบทบาทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่ปลอดภัย และลดมลภาวะ ลดการทำลายสิ่งแวดล้อม ในปฏิบัติการตรวจสอบเหล็กในน้ำมีการใช้สารเคมีในการตรวจสอบอยู่หลายชนิดและสารดังกล่าวล้วนก่อให้เกิดมลพิษต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจบทบาทปฏิบัติการตรวจสอบเหล็กในน้ำที่ปลอดภัยและช่วยลดมลภาวะดังกล่าว โดยการใช้เครื่องมือแบบกระดาษ เพื่อลดมลภาวะของสารเคมีที่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมเมื่อทดสอบแล้วพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของสีที่ชัดเจน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกปฏิบัติการตรวจสอบเหล็กในน้ำดังกล่าว เพราะสังเกตได้ง่าย และเป็นการนำเอาหลักการเคมีสีเขียวมาประยุกต์ใช้ในการทดลองนี้



รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5 สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาเทคนิคการตรวจสอบเหล็กในน้ำแร่โดยใช้อุปกรณ์ของไหลจุลภาคแบบกระดาษ
2. เพื่อเปรียบเทียบเทคนิคการตรวจสอบเหล็กในตัวอย่างน้ำแร่โดยใช้เทคนิคคัลเลอร์ิเมทรี เทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตเมทรี และอุปกรณ์ของไหลจุลภาคแบบกระดาษ

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ได้พัฒนาอุปกรณ์ของไหลจุลภาคแบบกระดาษในการตรวจสอบปริมาณเหล็กในน้ำแร่และเปรียบเทียบความถูกต้องของผลการทดลองที่ได้กับเทคนิคคัลเลอร์ิเมทรีและอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตเมทรี โดยมีรายละเอียด ดังนี้

การตรวจสอบเหล็กในน้ำแร่

เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ อุปกรณ์ของไหลจุลภาคแบบกระดาษที่สร้างขึ้นโดยการวาดวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร โดยใช้แผ่นเทมเพลตเรขาคณิตพลาสติก (ผลิตโดย Rotring, Germany) ด้วยปากกาเยื่อ Chanpie สีน้ำเงินบนกระดาษกรอง (Whatman No. 1, Germany)

เครื่องมือที่ใช้สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของผลการทดลองที่ได้จากอุปกรณ์ของไหลจุลภาคแบบกระดาษที่พัฒนาขึ้น ได้แก่ เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis Spectrophotometer, ผลิตโดย PerkinElmer, USA) และเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (ผลิตโดย Jenway, UK)

วิธีการทดลอง

การตรวจสอบเหล็กในน้ำแร่ เก็บตัวอย่างน้ำแร่บรรจุขวดจากร้านสะดวกซื้อ 3 แห่ง ได้แก่ ร้านสะดวกซื้อสาขาตลาดบ้านคลอง จังหวัดพิษณุโลก, ร้านสะดวกซื้อภายในปั้มน้ำมัน สาขากำแพงเพชร-พิจิตร จังหวัดกำแพงเพชร และร้านสะดวกซื้อภายในปั้มน้ำมัน สาขาพิษณุโลกพลังงาน จังหวัดพิษณุโลก ประกอบด้วยตัวอย่างน้ำแร่จำนวน 6 ตัวอย่าง ทำการตรวจสอบปริมาณเหล็กในตัวอย่างน้ำแร่โดยใช้อุปกรณ์ของไหลจุลภาคแบบกระดาษ เปรียบเทียบกับเทคนิคคัลเลอร์ิเมทรีและเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตเมทรี ดังนี้

1. อุปกรณ์ของไหลจุลภาคแบบกระดาษ ตรวจสอบปริมาณเหล็กในตัวอย่างน้ำแร่ทั้ง 6 ชนิดโดยหยดน้ำตัวอย่าง 2 หยด phenanthroline จำนวน 2 หยด ลงในวงกลมที่วาดไว้บนกระดาษกรอง เปรียบเทียบสีส้มอมชมพูที่เกิดขึ้นกับสีส้มอมชมพูที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างสารละลายมาตรฐานเหล็กความเข้มข้นต่างๆ กับ phenanthroline บนกระดาษกรอง

2. เทคนิคคัลเลอร์ิเมทรี สร้างกราฟมาตรฐานที่ได้จากสารละลายมาตรฐานเหล็กความเข้มข้น 0.19-25 mg/L ชั่ง $\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ 0.35 กรัม ใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ลงในขวด ปริมาตร 500 มิลลิลิตร ปิเปต sulfuric acid H_2SO_4 0.5 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ต้องการ $\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ ความเข้มข้น 25 ppm ในปริมาตร 50 มิลลิลิตร ปิเปต $\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ จากการเตรียม 1.25 มิลลิลิตร (จากสูตร $C1V1=C2V2$) แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร 50 มิลลิลิตร เจือจางความเข้มข้น 12.5 ppm , 6.25 ppm , 3.125 ppm , 1.56 ppm , 0.78 ppm , 0.39 ppm และ 0.19 ppm ด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร 50 มิลลิลิตร ตามลำดับ เสร็จแล้วปิเปต Standard แต่ละความเข้มข้นมาอย่างละ 2 มิลลิลิตร แยกใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร จากนั้นปิเปต Phenanthroline 0.2% W/V 1 มิลลิลิตร และปิเปต Hydroxylamine 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตร 10 มิลลิลิตร จากนั้นปิเปต Fe^{2+} จาก $\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ ความเข้มข้น 25 ppm , 12.5 ppm , 6.25 ppm , 3.125 ppm , 1.56 ppm , 0.78 ppm , 0.39 ppm และ 0.19 ppm 2 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร 10 มิลลิลิตร วัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis Spectrophotometer, ผลิตโดย PerkinElmer USA) ที่ความยาวคลื่น 510 nm หาปริมาณเหล็กในตัวอย่างน้ำแร่ 6 ชนิด โดยปิเปตน้ำแร่ตัวอย่างใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร เสร็จแล้วปิเปต Sodium acetate 10% 0.8 มิลลิลิตร ปิเปต Phenanthroline 0.2% W/V 1 มิลลิลิตร และปิ



รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5 สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

เปต Hydroxylamine 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตร 10 มิลลิลิตร วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 nm และคำนวณความเข้มข้นของเหล็กในน้ำแร่เทียบกับกราฟมาตรฐาน

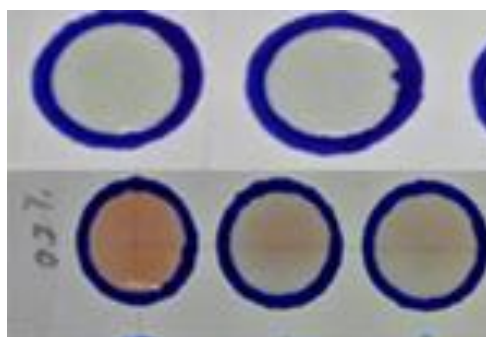
3. เทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตเมทรี สร้างกราฟมาตรฐานเหล็กโดยเตรียมสารละลายเหล็กมาตรฐานเข้มข้น 0.19-25 mg/L โดยปิเปต Sodium acetate 10% 0.8 มิลลิลิตร ปิเปต Phenanthroline 0.2% W/V 1 มิลลิลิตร และปิเปต Hydroxylamine 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตร 10 มิลลิลิตร จากนั้นปิเปต Fe²⁺ จาก Fe(SO₄)₂ ความเข้มข้น 25 ppm , 12.5 ppm , 6.25 ppm , 3.125 ppm , 1.56 ppm , 0.78 ppm , 0.39 ppm และ 0.19 ppm มาอย่างละ 2 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นในขวดปรับปริมาตร 10 มิลลิลิตร จากนั้น นำ Standard และน้ำแร่ตัวอย่างไปเข้าเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) นำค่าที่ได้ไปสร้างเป็นกราฟและคำนวณสมการเส้นตรงเพื่อหาค่าความเข้มข้น

ผลการวิจัย

การพัฒนาเทคนิคการตรวจสอบเหล็กในน้ำแร่ได้ทำการพัฒนาเทคนิคของไหลจุลภาคแบบกระดาษเพื่อตรวจสอบปริมาณเหล็กในตัวอย่างน้ำแร่ 6 ตัวอย่าง โดยใช้ปากกา Chanpie สีน้ำเงินวาดรูปวงกลมขนาด 2 เซนติเมตรลงบนกระดาษกรอง (ภาพที่ 1) ทำหน้าที่กำหนดขอบเขตสารละลายบนกระดาษกรอง ซึ่งทำหน้าที่เป็นส่วนที่ขบนำ จากนั้นหยด Phenanthroline จะทำให้เกิดการเปลี่ยนสีจากสีใสเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีส้มชมพูภายในวงกลมของปากกา ดังภาพที่ 2 และเมื่อเทียบความเข้มของสีส้มชมพูด้วยตาเปล่ากับสารละลายมาตรฐานเหล็ก (ภาพที่ 3) พบว่าอุปกรณ์ของไหลจุลภาคแบบกระดาษสามารถตรวจวิเคราะห์เหล็กได้ตั้งแต่ 0.78-25 ppm โดยให้สีส้มชมพูชัดเจน



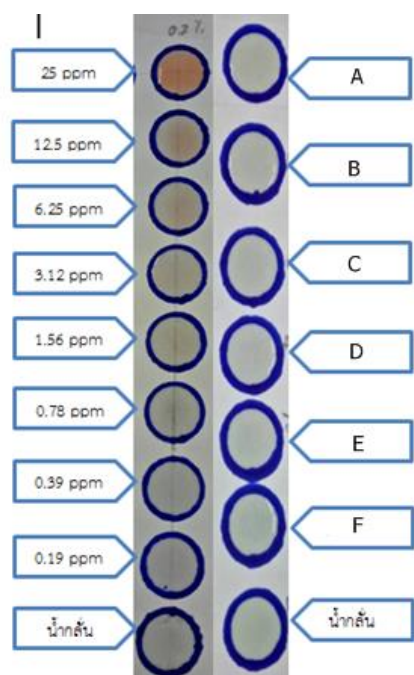
ภาพที่ 1 วาดรูปวงกลมลงบนกระดาษ



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนสีของสารละลายจากใสเป็นสีส้มชมพู



รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร



ภาพที่ 3 การตรวจสอบเหล็กด้วยเทคนิคของไหลจุลภาคแบบกระดาษ

เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของผลการทดลองที่ได้จากอุปกรณ์ของไหลจุลภาคแบบกระดาษจึงได้ทำการตรวจวิเคราะห์เหล็กเปรียบเทียบกับเทคนิคสเปกโตรเมตรี ค่าความเข้มข้นของเหล็กในตัวอย่างจากการดูดกลืนแสงเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานเหล็ก (ภาพที่ 4) โดยกราฟมาตรฐานของสารละลายเหล็กเข้มข้น 0.19-25 mg/L มีสมการเส้นตรงเป็น $y = 0.0545x + 0.002$ ($R^2 = 1$) และเทียบกับเทคนิคอะตอมมิคแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตเมตรี ซึ่งกราฟมาตรฐานเป็นเส้นตรงในช่วง 0.19-25 mg/L สมการเส้นตรงเป็น $y = 1.0028x + 0.0223$ ($R^2 = 0.9968$) ปริมาณเหล็กในหน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร หรือ พีพีเอ็ม ในตัวอย่างน้ำแร่ 6 ชนิด แสดงดังตารางที่ 1 พบว่าผลการตรวจสอบเหล็กในน้ำโดยเทคนิค Colorimetry, AAS และของไหลจุลภาคแบบกระดาษ พบว่าเทคนิคสเปกโตรเมตรี และ เทคนิคอะตอมมิคแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตเมตรี ปริมาณของเหล็กที่ตรวจพบมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ทั้งสองวิธี และวิธีการของไหลจุลภาคแบบกระดาษ มีผลการสังเกตคือไม่เกิดการเปลี่ยนสี และมีสีคล้ายกับสีของน้ำกลั่น ดังนั้นสรุปได้ว่าการตรวจสอบเหล็กในน้ำด้วยวิธีการทั้ง 3 วิธีนี้มีความสัมพันธ์กัน คือน้ำตัวอย่างที่นำมาตรวจสอบไม่มีเหล็ก

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบปริมาณเหล็กในตัวอย่างน้ำแร่เมื่อใช้เทคนิคการตรวจวิเคราะห์ที่ต่างกัน

น้ำแร่ตัวอย่าง	วิธี Colorimetry	วิธี AAS	วิธีของไหลจุลภาคแบบกระดาษ
A	0.0067	0.0190	ไม่เกิดการเปลี่ยนสี และมีสีคล้ายกับสีของน้ำกลั่น
B	0.0158	0.0194	ไม่เกิดการเปลี่ยนสี และมีสีคล้ายกับสีของน้ำกลั่น
C	0.0067	0.0197	ไม่เกิดการเปลี่ยนสี และมีสีคล้ายกับสีของน้ำกลั่น
D	0.0114	0.0200	ไม่เกิดการเปลี่ยนสี และมีสีคล้ายกับสีของน้ำกลั่น
E	0.0097	0.0196	ไม่เกิดการเปลี่ยนสี และมีสีคล้ายกับสีของน้ำกลั่น
F	0.0128	0.0192	ไม่เกิดการเปลี่ยนสี และมีสีคล้ายกับสีของน้ำกลั่น



ภาพที่ 4 สีของสารละลายมาตรฐานเหล็ก (0.19-25 mg/L) สำหรับตรวจสอบด้วยเทคนิคสเปกโตรเมตรี



รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5 สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การออกแบบ พัฒนาอุปกรณ์ และทดสอบอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยผลการพัฒนาชุดอุปกรณ์และการทดสอบการใช้อุปกรณ์ ในการตรวจสอบเหล็กในน้ำโดยใช้หลักการของไหลจุลภาคแบบกระดาษ พบว่า ชุดอุปกรณ์ในการตรวจสอบเหล็กในน้ำโดยใช้หลักการของไหลจุลภาคแบบกระดาษ สามารถลดการใช้สารเคมีลงได้ เมื่อเทียบกับการตรวจสอบเหล็กในน้ำแบบทั่วไป และพบว่าค่าความเข้มข้นของสารที่วิเคราะห์ได้ไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของณิกานต์ อยู่พ่วง และคณะ (2559) จากการพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การตรวจสอบเหล็กในน้ำโดยใช้หลักการของไหลจุลภาคแบบกระดาษ รูปแบบอุปกรณ์แบบวงกลมสามารถสังเกตเห็นปฏิกิริยาได้ชัดเจนและการใช้ปากกา chanpie สามารถกักสารไม่ให้ซึมออกมาจนขอบเขตที่กำหนดไว้ได้อย่างดี ความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่เหมาะสมคือ 25 ppm ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า สามารถประหยัดสารตั้งต้น Ferrous sulfate ได้มากกว่าบทปฏิบัติการเดิมที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้งและไม่เป็นมลพิษกับสิ่งแวดล้อม

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. การตรวจวัดสีที่ได้จากปฏิกิริยามีหลายเทคนิคเช่นการสังเกตด้วยตาเปล่า ซึ่งมีข้อดีคือสะดวก แต่สีที่เกิดขึ้นต้องมีความชัดเจนง่ายแก่การสังเกต ทั้งนี้หากสารที่ใช้มีปริมาณน้อยส่งผลให้สีที่เกิดขึ้นสังเกตยาก อาจใช้การตรวจวัดสีด้วยกล้องจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ร่วมกับซอฟต์แวร์การอ่านค่าสี
2. เนื่องจากการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง Phenanthroline กับ Fe^{2+} เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและหากตั้งทิ้งไว้นาน สีที่เกิดขึ้นจะมีการเปลี่ยนแปลง จึงต้องทำการตรวจวัดสีที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้อาจพัฒนางานวิจัยด้านโพลีเมอร์เจลชนิดนาโนลิซโซควบคู่กับเทคนิคเซลล์อิมเมทรีเพื่อการตรวจวิเคราะห์ที่รวดเร็วยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กนกวรรณ พิสน์เทียะ และยุภาพร สมน้อย. (2557). อุปกรณ์แบบกระดาษสำหรับวิเคราะห์แอลกอฮอล์โดยอาศัยการตรวจวัดทางเอนไซม์.วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2526). เทคโนโลยีการศึกษา: หลักการและแนวปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.
- ณปภัช พิมพ์ดี. (2560). เคมีสีเขียว(Green Chemistry). สืบค้นเมื่อ 14 ธันวาคม 2560, จาก
เว็บไซต์ : <http://www.etm.sc.mahidol.ac.th/a7.shtml>
- ดร. นพพร ทัดนา. (2552). 12 หลักการของ “เคมีสีเขียว”. สืบค้นเมื่อ 14 ธันวาคม 2560, จาก
เว็บไซต์ : <http://www.etm.sc.mahidol.ac.th/a7.shtml>
- ดวงพร แป้นพุ่ม และจุไรรัตน์ มหาเทียน. (2554). คู่มือทดสอบตัวอย่างน้ำห้องปฏิบัติการสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่6 (นนทบุรี). สืบค้นเมื่อ 10 ธันวาคม, 2560.จาก
เว็บไซต์ :<http://reo06.mnre.go.th/newweb/images/file/report2557/manual- water.pdf>
- ถวัลย์ มาศจรัส และ รัตนา ชิตชอบ. (2548). นวัตกรรมการศึกษาชุดบทเรียนแบบโปรแกรม: กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ: ธารอักษร.
- ชาวิต สุวรรณไตร. (2558). อุปกรณ์แบบกระดาษอย่างง่ายสำหรับการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างชา โดยอาศัยการวัดระยะทาง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเคมีศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
- สถาบันนวัตกรรมและพัฒนาระบบการเรียนรู้ออนไลน์ มหาวิทยาลัยมหิดล.(ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์). การวัดการ ดูดกลืน. สืบค้นเมื่อ 17, มกราคม, 2560.จาก เว็บไซต์ : <http://www.il.mahidol.ac.th/emedial/color-light/index.html>