



รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5  
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

การพัฒนาเทคนิคการตรวจสอบแคลเซียมในตัวอย่างน้ำแร่  
Developing Measurement Techniques of Calcium in Mineral Water

ไตรรงค์ เปลี่ยนแสง<sup>1</sup>, พรรณทิพา มีสิน<sup>2</sup>, สุรี มโนมัย<sup>2</sup>, อนงค์ ศรีโสภา<sup>3</sup>  
Trairong Pliansaeng<sup>1</sup>, Pantipa Meesin<sup>2</sup>, Suree Manomai<sup>2</sup>, Anong Srisopa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

<sup>2</sup>นักศึกษาประจำคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

<sup>3</sup>อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

**บทคัดย่อ**

การพัฒนาเทคนิคการตรวจสอบแคลเซียมในตัวอย่างน้ำแร่ โดยใช้อุปกรณ์ของไหลจุลภาคแบบกระดาษเปรียบเทียบกับเทคนิควิธีคัลเลอร์ิเมตรีและเฟลมโฟโตเมตรี โดยใช้ตัวอย่างน้ำแร่บรรจุขวด จากร้านสะดวกซื้อ 3 แห่ง แหล่งละ 6 ตัวอย่าง โดยกำหนดตัวอย่างน้ำแร่เป็น A,B,C,D,E และ F เทคนิคการตรวจสอบแคลเซียมโดยใช้อุปกรณ์ของไหลจุลภาคแบบกระดาษอาศัยหลักการการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีแดงระหว่างแคลเซียมกับสารละลายไกลออกแซล-บิส-(2-ไฮดรอกซีเอนิล) สามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจนที่ความเข้มข้น 12.5 mg/L ผลปรากฏว่าทั้ง 3 เทคนิคให้ผลการตรวจสอบแคลเซียมแปรผลไปในทิศทางเดียวกัน คือพบแคลเซียมในตัวอย่างน้ำแร่ทั้ง 6 ตัวอย่าง และเทคนิคอุปกรณ์ของไหลจุลภาคแบบกระดาษเป็นเทคนิคที่ใช้สารเคมีปริมาณน้อยสะดวกในการปฏิบัติการทดลอง ช่วยลดค่าใช้จ่าย และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

**คำสำคัญ :** แคลเซียม / น้ำแร่ / คัลเลอร์ิเมตรี/ เฟลมโฟโตเมตรี/ ของไหลจุลภาคแบบกระดาษ

**Abstract**

Developing techniques to detect calcium in mineral water samples. Using a paper-based microfluidic device was developed. Compare the technique colorimetry and flame photometry. Using the example of mineral waters The convenience store 3 of the 6 sample by sample water as A, B, C, D, E and F detection technique calcium using fluid microstructure paper relies Complexing red between calcium solution. further glyoxal-bis-(2-hydroxyanil) can clearly notice the changes at a concentration of 12.5 mg / L results showed that all three techniques were used to monitor calcium interpretation. The same direction Calcium is found in water samples, 6 samples and technical equipment, fluid micro paper is a technique that uses small amounts of chemicals. In the laboratory Reduce costs And environmentally friendly.

**Keywords :** Calcium / Mineral Water / Colorimetry / Flame Photometry / Paper-based Microfluidic Device

**ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย**

การเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์จัดเป็นวิธีการสอนประเภทหนึ่งที่ทำให้ประสบการณ์ตรงแก่ผู้เรียนโดยผ่านกระบวนการพิสูจน์ตรวจสอบและเห็นผลการทดลองด้วยตนเองทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้มีความเข้าใจสามารถจดจำ การเรียนรู้ได้นานและเป็นการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งยัง ได้พัฒนาคุณลักษณะนิสัยการใฝ่รู้ด้วย (Khammani,T., 2011, 28)



## รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5 สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

การเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์แบบปฏิบัติการหรือการสอนแบบทดลองจัดเป็นการเรียนการสอนโดยมีผู้เรียนเป็นศูนย์กลางซึ่งช่วยให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงได้ฝึกทักษะการทดลองใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการสอนและได้เรียนผ่านประสาทสัมผัสหลายด้านโดยตรงทำให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองทำให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี

ปฏิบัติการการตรวจวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมเป็นปฏิบัติการที่สามารถเชื่อมโยงหลักการทางวิทยาศาสตร์กับชีวิตประจำวันได้อย่างดีเนื่องจากแคลเซียมเป็นแร่ธาตุที่จำเป็นสำหรับร่างกายและพบได้ในอาหารและเครื่องดื่มหลายชนิดเช่นผักใบเขียว นม งาดำ เต้าหู้ ปลา และ สัตว์น้ำที่รับประทานทั้งตัว (Janarpapronkul, A., 2007) การหาปริมาณแคลเซียมโดยทั่วไปนิยมใช้เทคนิคฟลูออโรเมทรี (Flame photometry) (Pickett, 2005) และเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรี (spectrophotometry) (Angel Lopez-Molinero and group, 2012) ซึ่งที่กล่าวมาจัดเป็นเทคนิคที่ต้องใช้เครื่องมือชิ้นสูงราคาแพงและผู้ปฏิบัติงานต้องมีความชำนาญ

อุปกรณ์ของไหลจุลภาคแบบกระดาษ (paper-based microfluidic device) เป็นเทคนิคที่เตรียมง่ายใช้สารเคมีปริมาณน้อยและราคาถูกโดยอาศัยการใช้ของเหลวปริมาณน้อยให้ไหลบนกระดาษซึ่งเป็นวัสดุที่ชอบน้ำ (hydrophilic) ภายในขอบเขตที่เกิดจากส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) โดยมีวิธีการสร้างเส้นทางการไหลบนกระดาษหลายวิธีเช่นการพิมพ์ด้วยแสง (photolithography) การพิมพ์ด้วยเครื่องพล็อตเตอร์ (plotter) การสลักด้วยหมึก (ink-jet etching) การพิมพ์ด้วยหมึก (ink-jet printing) การใช้พลาสมา (plasma treatment) และการพิมพ์ด้วยขี้ผึ้ง (wax printing) เป็นต้น (Cate, Adkins, Mettakoonpitak, & Henry, 2015) ในปัจจุบันอุปกรณ์ของไหลจุลภาคแบบกระดาษได้ถูกนำมาใช้ในการทดลองมากขึ้นเช่นการตรวจสอบนิโคตินและเกลือในน้ำดื่มโดยการสกัดด้วยเทียนและออกแบบให้สามารถวิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็วและมีความจำเพาะและเปรียบเทียบความถูกต้องกับวิธีมาตรฐาน Inductively coupled plasma optical emission spectrometry, ICP-OES (Ninwong, B., et al. 2016) และยังได้มีการออกแบบอุปกรณ์ของไหลจุลภาคแบบกระดาษกับนักเรียนได้แก่การทดลองการตรวจสอบกรดอะมิโนในสารสกัดชาเขียวโดยใช้ปากกาไข (wax pen) สร้างขอบเขตการไหลของสารละลายบนกระดาษกรองและประเมินผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักเรียน (Cai, Wu, Xu, & Chen, 2013) นอกจากนี้ยังได้มีการใช้อุปกรณ์ของไหลจุลภาคแบบกระดาษกับนักศึกษาระดับปริญญาตรีในการตรวจสอบปริมาณไนโตรที่ไอออนโดยใช้ปากกาชนิดกันน้ำในการสร้างขอบเขตการไหลของสารละลายเป็นรูปวงกลม (Wang, Lin, & Wang, 2015)

ผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นถึงข้อดีของการใช้อุปกรณ์ของไหลจุลภาคแบบกระดาษ ได้แก่ วัสดุอุปกรณ์หาง่ายราคาถูกใช้สารปริมาณน้อยมีความปลอดภัยกับผู้ทดลองและให้ผลการทดลองที่เชื่อถือได้มาพัฒนาเพื่อใช้ในการทดสอบปริมาณของแคลเซียมในน้ำแร่โดยอาศัยหลักการการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีแดงระหว่างแคลเซียมและไกลออกแซล-บิส-(2-ไฮดรอกซีเอนิล) และตรวจสอบความถูกต้องของผลการทดลองกับเทคนิคมาตรฐาน ได้แก่ เทคนิค คัลเลอร์ิเมทรีและเฟลมโฟโตเมทรี

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาเทคนิคการตรวจสอบแคลเซียมในน้ำแร่โดยใช้หลักการของไหลจุลภาคแบบกระดาษ
2. เพื่อเปรียบเทียบเทคนิคการตรวจสอบแคลเซียมในน้ำแร่โดยใช้เทคนิคคัลเลอร์ิเมทรี เทคนิคเฟลมโฟโตเมทรีและอุปกรณ์ของไหลจุลภาคแบบกระดาษ

### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ได้พัฒนาอุปกรณ์ของไหลจุลภาคแบบกระดาษในการตรวจสอบปริมาณแคลเซียมในน้ำแร่และเปรียบเทียบความถูกต้องของผลการทดลองที่ได้กับเทคนิคคัลเลอร์ิเมทรี และเฟลมโฟโตเมทรี โดยมีรายละเอียด ดังนี้



## รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5 สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

### การตรวจสอบแคลเซียมในน้ำแร่

เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ อุปกรณ์ของไหลจุลภาคแบบกระดาษที่สร้างขึ้นโดยการวาดวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร โดยใช้แผ่นเทมเพลตเรขาคณิตพลาสติก (ผลิตโดย Rotring, Germany) ด้วยสีเทียน (ตราม้า, ประเทศไทย) บนกระดาษกรอง (Whatman No. 1, Germany) ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาทีเพื่อให้สีเทียนละลายเข้าไปในชั้นของกระดาษ

เครื่องมือที่ใช้สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของผลการทดลองที่ได้จากอุปกรณ์ของไหลจุลภาคแบบกระดาษที่พัฒนาขึ้น ได้แก่ เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis Spectrophotometer, ผลิตโดย PerkinElmer, USA) และเครื่องเฟลมสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (ผลิตโดย Jenway, UK)

### วิธีการทดลอง

การตรวจสอบแคลเซียมในน้ำแร่ เก็บตัวอย่างน้ำแร่จากร้านสะดวกซื้อ 3 แห่ง ได้แก่ ร้านสะดวกซื้อสาขาตลาดบ้านคลอง จังหวัดพิษณุโลก, ร้านสะดวกซื้อภายในปั้มน้ำมัน สาขากำแพงเพชร-พิจิตร จังหวัดกำแพงเพชร และร้านสะดวกซื้อภายในปั้มน้ำมัน สาขาพิษณุโลกพลังงาน จังหวัดพิษณุโลก ประกอบด้วยตัวอย่างน้ำแร่จำนวน 6 ตัวอย่าง คือน้ำแร่ A,B,C,D,E และ F ทำการตรวจสอบปริมาณแคลเซียมในตัวอย่างน้ำแร่โดยใช้อุปกรณ์ของไหลจุลภาคแบบกระดาษ เปรียบเทียบกับเทคนิคัลเลอร์ิเมทรีและเทคนิคเฟลมโฟโตเมทรี ดังนี้

1. อุปกรณ์ของไหลจุลภาคแบบกระดาษ ตรวจสอบปริมาณแคลเซียมในตัวอย่างน้ำแร่ทั้ง 6 ตัวอย่าง โดยหยดน้ำตัวอย่าง 1 หยด NaOH (ผลิตโดย Loba Chemie Pvt, India) เข้มข้น 0.8 M จำนวน 1 หยด และ Glyoxal-bis-(2-hydroxyanil, GBHA (ผลิตโดย Merck, Germany) 0.2 % w/v (ใน Methanol) จำนวน 1 หยด ลงในวงกลมที่วาดไว้บนกระดาษกรอง เปรียบเทียบสีแดงที่เกิดขึ้นกับสีแดงที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างสารละลายมาตรฐานแคลเซียมความเข้มข้นต่างๆ กับ NaOH และ GBHA บนกระดาษกรอง

2. เทคนิคัลเลอร์ิเมทรี สร้างกราฟมาตรฐานที่ได้จากสารละลายมาตรฐานแคลเซียม ความเข้มข้น 1.56-50 mg/L โดยปิเปต  $\text{CaCO}_3$  2.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร ให้เป็นขวดที่ 1 จากนั้นเจือจางโดยการดูดสารละลายในขวดที่ 1 50 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขวดที่ 2 แล้วปรับปริมาตรให้เรียบร้อยทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆจนครบ 6 ขวด จะได้ความเข้มข้นดังต่อไปนี้ 50 ppm, 25 ppm, 12.5 ppm, 6.25 ppm, 3.12 ppm และ 1.56 ppm ตามลำดับ เสร็จแล้วปิเปตแต่ละความเข้มข้นมาอย่างละ 1 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 mL เติม NaOH 0.4 M ปริมาตร 1 mL และ GBHA เข้มข้น 0.05 % w/v (ใน Methanol) ปริมาตร 5 mL แล้วปรับปริมาตรให้ถึงขีดบอกปริมาตรด้วยน้ำกลั่น วัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis Spectrophotometer, ผลิตโดย PerkinElmer USA) ที่ความยาวคลื่น 516 nm หาปริมาณแคลเซียมในตัวอย่างน้ำแร่ 6 ชนิด โดยปิเปตน้ำแร่ ชนิดละ 1 mL ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 mL เติม NaOH 1 mL และ GBHA 5 mL แล้วปรับปริมาตรให้ถึงขีดบอกปริมาตรด้วยน้ำกลั่น วัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 516 nm และคำนวณความเข้มข้นของแคลเซียมในน้ำแร่เทียบกับกราฟมาตรฐาน

3. เทคนิคเฟลมโฟโตเมทรี สร้างกราฟมาตรฐานที่ได้จากสารละลายมาตรฐานแคลเซียม ความเข้มข้น 1.56-50 mg/L โดยปิเปต  $\text{CaCO}_3$  2.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร ให้เป็นขวดที่ 1 จากนั้นเจือจางโดยการดูดสารละลายในขวดที่ 1 50 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขวดที่ 2 แล้วปรับปริมาตรให้เรียบร้อยทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆจนครบ 6 ขวด จะได้ความเข้มข้นดังต่อไปนี้ 50 ppm, 25 ppm, 12.5 ppm, 6.25 ppm, 3.12 ppm และ 1.56 ppm ตามลำดับ และดูดสารละลายมาตรฐานแคลเซียมและวัดค่าการคายแสงจากเครื่องเฟลมโฟโตมิเตอร์ (ผลิตโดย Jenway, UK) ตรวจวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมในน้ำแร่ตัวอย่างโดยดูดสารละลายเข้าเครื่องเฟลมโฟโตมิเตอร์ และคำนวณความเข้มข้นโดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน



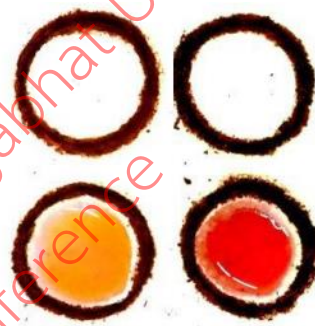
รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5  
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

### ผลการวิจัย

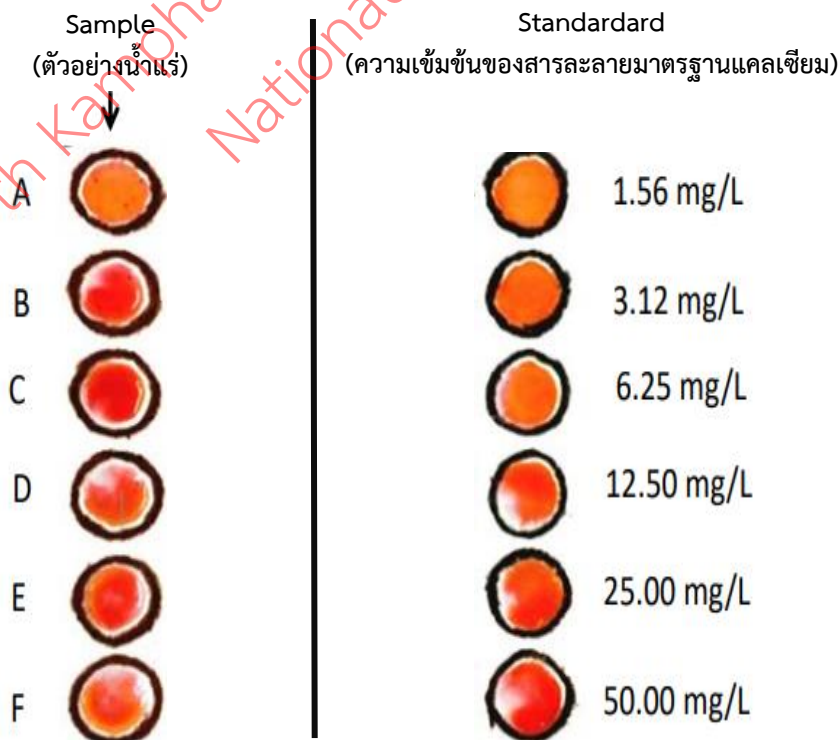
การพัฒนาเทคนิคการตรวจสอบแคลเซียมในตัวอย่างน้ำแร่ ได้ทำการพัฒนาเทคนิคของไหลจุลภาคแบบกระดาษเพื่อตรวจสอบปริมาณแคลเซียมในตัวอย่างน้ำแร่ 6 ตัวอย่าง โดยใช้สีเทียนวางรูปวงกลมขนาด 2 เซนติเมตร ให้ความร้อนจนสีเทียนซึมเข้าไปในรูพรุนของกระดาษ (ภาพ 1) โดยสีเทียนเป็นส่วนที่ไม่ชอบน้ำ และทำหน้าที่กำหนดขอบเขตสารละลายบนกระดาษกรองซึ่งทำหน้าที่เป็นส่วนที่ชอบน้ำ จากนั้นหยดรีเอเจนต์ได้แก่ NaOH และ GBHA จะทำให้เกิดการเปลี่ยนสีจากสีเหลืองเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีแดงภายในวงกลมของสีเทียน ดังภาพ 2 และเมื่อเทียบความเข้มของสีแดงด้วยตาเปล่ากับสารละลายมาตรฐานแคลเซียม (ภาพ 3) พบว่าอุปกรณ์ของไหลจุลภาคแบบกระดาษสามารถตรวจวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมในน้ำตัวอย่างน้ำแร่ได้ โดยปรากฏสีแดงเข้มของสารละลายมาตรฐานแคลเซียม พบว่ามีความเข้มข้นของแคลเซียมประมาณ 12.5 mg/L หรือ 12.5 ppm โดยให้สีแดงเข้มชัดเจน



ภาพที่ 1 การให้ความร้อนกับสีเทียน



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนสีของสารละลายจากสีเหลืองเป็นสีแดง



ภาพที่ 3 ผลการตรวจสอบแคลเซียมด้วยเทคนิคอุปกรณ์ของไหลจุลภาคแบบกระดาษ



รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5  
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

ภาพน้ำตัวอย่าง (A-F) เทียบกับสารละลายมาตรฐานแคลเซียมความเข้มข้นต่างกัน



ภาพที่ 4 สีของสารละลายมาตรฐานแคลเซียม (1.56-50.00 mg/L) สำหรับตรวจสอบด้วยเทคนิคัลเลอริเมทรี

เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของผลการทดลองที่ได้จากอุปกรณ์ของไหลจุลภาคแบบกระดาษจึงได้ทำการตรวจวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมเปรียบเทียบกับเทคนิคัลเลอริเมทรีคำนวณความเข้มข้นของแคลเซียมในตัวอย่างจากการดูดกลืนแสงเทียบกับการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานแคลเซียม (ภาพ 4) โดยกราฟมาตรฐานของสารละลายแคลเซียมเข้มข้น 1.56-50.00 mg/L มีสมการเส้นตรงเป็น  $y = 0.0341x + 0.0183$  ( $R^2 = 0.9987$ ) และเทียบกับเทคนิคเฟลมโฟโตเมทรีซึ่งกราฟมาตรฐานเป็นเส้นตรงในช่วง 1.56-50.00 mg/L สมการเส้นตรงเป็น  $y = 1.2148x + 0.2387$  ( $R^2 = 0.9998$ ) ปริมาณแคลเซียมในหน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร หรือ พีพีเอ็ม ในตัวอย่างน้ำแร่ 6 ชนิดแสดงดังตาราง 1 พบว่าผลการทดลองที่ได้จากเทคนิคการวิเคราะห์ที่ต่างกัน 3 เทคนิคมีความสอดคล้องกันโดยปริมาณแคลเซียมที่วัดโดยเทคนิคัลเลอริเมทรีในตัวอย่างน้ำแร่ 6 ตัวอย่าง มีค่าอยู่ระหว่าง 1.40 – 56.74 ppm

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบปริมาณแคลเซียมในตัวอย่างน้ำแร่เมื่อใช้เทคนิคการตรวจวิเคราะห์ที่ต่างกัน

น้ำแร่	Colorimetry (mg/L)	Flame photometry (mg/L)	Paper-based microfluidic device (mg/L)
A	1.40	2.28	น้อยกว่า 12.5
B	39.37	18.17	มากกว่า 12.5
C	56.74	37.27	มากกว่า 12.5
D	29.09	16.25	มากกว่า 12.5
E	26.94	15.59	มากกว่า 12.5
F	26.62	13.07	มากกว่า 12.5

### สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

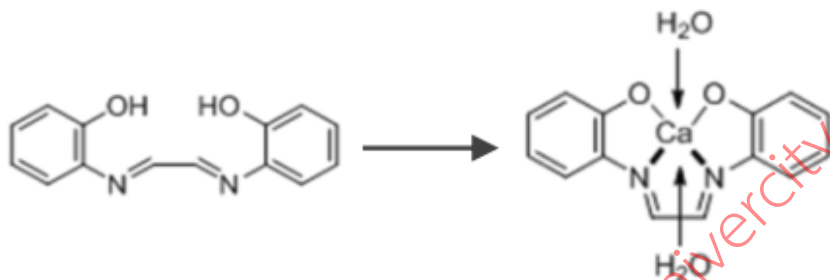
ผลการพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคนิคตรวจสอบแคลเซียมในน้ำแร่โดยใช้หลักการของไหลจุลภาคแบบกระดาษพบว่า สามารถตรวจสอบปริมาณแคลเซียมได้ชัดเจนที่ความเข้มข้น 12.5 mg/L โดยสีของสารละลายจะมี สีแดงเนื่องจากเกิดสารประกอบเชิงซ้อนดังภาพ 5 รูปแบบอุปกรณ์แบบวงกลมสามารถสังเกตเห็นปฏิกิริยาได้ชัดเจนและการใช้สีเทียบซึ่งมีส่วนผสมของไขมันสัตว์หรือซีผึ้งทำหน้าที่กักสารไม่ให้ซึมออกมาจนขอบเขตที่กำหนดไว้ได้อย่างดี และยัง





รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5  
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

พบว่า สามารถประหยัตรีเอนต์ที่ใช้ทดสอบได้แก่ Glyoxal-bis-(2-hydroxyanil) ได้มากกว่า บทปฏิบัติการเดิม  
ที่ใช้ในการทดลองแต่ละครั้ง และลดมลพิษที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม



Glyoxal-bis-(2-hydroxyanil) Red chelate complex

ภาพที่ 5 สมการเคมีของการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง GBHA และ  $Ca^{2+}$

(ที่มา : Perjési, Almási, & Rozmer, 2014)

จากการพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคนิคการตรวจสอบแคลเซียมในตัวอย่างน้ำแร่ โดยเทคนิคอุปกรณ์ของไหล  
จุลภาคแบบกระดาษ เปรียบเทียบกับเทคนิคคลอริเมทรี และเฟลมโฟโตเมทรี พบว่า การตรวจสอบแคลเซียม โดย  
เทคนิคดังกล่าวมีความสัมพันธ์กันทุกเทคนิค แสดงว่าเทคนิคของไหลจุลภาคแบบกระดาษสามารถใช้ตรวจสอบแคลเซียม  
ได้โดยรูปแบบอุปกรณ์แบบวงกลมสามารถสังเกตเห็นปฏิกิริยาได้ชัดเจนและการใช้สีเทียบ สามารถกักสารไม่ให้ซึมออกมา  
นอกขอบเขตที่กำหนดไว้ได้อย่างดีสามารถประหยัตรีเอนต์ที่ใช้ทดสอบได้มากกว่าบทปฏิบัติการเดิมที่ใช้ในการทดลองแต่ละ  
ครั้ง และไม่เปื้อนมลพิษกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธนสาร เฟิงพุ่มและอนงค์ ศรีโสภาในการพัฒนา  
อุปกรณ์ของไหลจุลภาคแบบกระดาษโดยใช้หลักการเทียบสีเพื่อใช้ในการปฏิบัติการเคมี อุปกรณ์ของไหลจุลภาคแบบ  
กระดาษสามารถทำได้ง่าย โดยการสร้างขอบเขตที่ไม่ละลายน้ำด้วยปากกาชนิดไฮ หรือปากกาชนิดไม่ละลายน้ำบน  
กระดาษกรอง อุปกรณ์ดังกล่าวได้นำไปประยุกต์ใช้สำหรับการศึกษาเรื่องสมดุลเคมีและการวัดความเป็นกรด-เบส และ  
สอดคล้องกับงานวิจัยของกนกวรรณ พิสน์เที่ยงและยุภาพร สมิน้อย ในการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์แอลกอฮอล์โดยใช้  
อุปกรณ์ตรวจวัดของไหลจุลภาคแบบกระดาษที่ทำงานร่วมกับ เอนไซม์ออกซิเดสและเอนไซม์ฮอร์สราดิสเปอร์ออกซิเดส  
โดยมี 3,3',5,5'-เตตระเมทิลเบนซิดีน เป็นซับสเตรทที่เปลี่ยนสี จากไม่มีสีเป็นสีเขียวปนน้ำเงิน สามารถตรวจวัดความเข้มข้น  
บนอุปกรณ์แบบกระดาษด้วยโปรแกรมประมวลผลภาพ จากผลการทดลองเบื้องต้นชี้ให้เห็นว่าอุปกรณ์ตรวจวัด ที่  
พัฒนาขึ้นมีแนวโน้มสามารถใช้หาปริมาณแอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้นต่ำ มีราคาถูก และเหมาะสำหรับการตรวจวัด  
ภาคสนาม

### ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. การตรวจวัดสีที่ได้จากปฏิกิริยามีหลายเทคนิคเช่นการสังเกตด้วยตาเปล่า ซึ่งมีข้อดีคือสะดวกแต่สีที่เกิดขึ้น  
ต้องมีความชัดเจนง่ายแก่การสังเกต ทั้งนี้หากสารที่ใช้มีปริมาณน้อยส่งผลให้สีที่เกิดขึ้นสังเกตยากอาจใช้การตรวจวัดสี  
ด้วยกล้องจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ร่วมกับซอฟต์แวร์การอ่านค่าสี
2. เนื่องจากการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง GBHA กับ  $Ca^{2+}$  เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและหากตั้งทิ้งไว้นาน สี  
ที่เกิดขึ้นจะมีการเปลี่ยนแปลง จึงต้องทำการตรวจวัดสีที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้อาจพัฒนางานวิจัยด้าน โพลีอิน  
เจคชันอะนาไลซิสควบคู่กับเทคนิคคลอริเมทรีเพื่อการตรวจวิเคราะห์ที่รวดเร็วยิ่งขึ้น



รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 5  
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

เอกสารอ้างอิง

- Angel Lopez-Moliner, Valle Tejedor Cubero, Rosa Domingo Irigoyen, Daniel Sipiera Piazuolo. (2012). **Feasibility of digital image colorimetry—Application for water calcium hardness determination.**
- Azlan, A., et al. (2012). Evaluation of Minerals Content of Drinking Water in Malaysia. **The Scientific World Journal**, 2012(1), 1-10.
- Cai, L., et al. (2013). A Simple Paper-Based Microfluidic Device for the Determination of the Total Amino Acid Content in a Tea Leaf Extract. **Journal of Chemical Education**, 90(2), 232-234.
- Cate, D.M., et al. (2015). Recent Developments in Paper-Based Microfluidic Devices. **Analytical Chemistry**, 87(1), 19-41.
- Lyra, F.H., et al. (2010). Determination of Na, K, Ca and Mg in biodiesel samples by flame atomic absorption spectrometry (F AAS) using microemulsion as sample preparation. **Microchemical Journal**, 96(1), 180-185.
- Pereira, J.B., & Dantas, K.G.F. (2016). Evaluation of inorganic elements in cat's claw teas using ICP OES and GF AAS. **Food Chemistry**, 196, 331-337.
- Perjési, P., Almási, A., & Rozmer, Z. (2014). **Pharmaceutical Chemistry I – Laboratory**. Experiments and Commentary : Department of Pharmaceutical Chemistry, University of Pecs Medical School.
- Pickett, E.E. (2005). **ATOMIC EMISSION SPECTROMETRY | Flame Photometry\* A2 – Worsfold, Paul**. In A. Townshend & C. Poole (Eds.), **Encyclopedia of Analytical Science (Second Edition)** (pp. 203-210). Oxford : Elsevier.
- Uždavinienė, D., & Tautkus, S. (2007). Determination of calcium in mineral waters by flame atomic absorption spectrometry. **CHEMIJA**, 18(4), 34-37.
- Wang, B., Lin, Z., & Wang, M. (2015). Fabrication of a Paper-Based Microfluidic Device To Readily Determine Nitrite Ion Concentration by Simple Colorimetric Assay. **Journal of Chemical Education**, 92(4), 733-736