

การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บสารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์ A Study on the Appropriate Time to Keep Fluoride Standard Solution

พชร รุทธระกาญจน์¹ พีรพงษ์ ตัวงาม^{2*}
Pachara Rudranjana¹, Peerapong Tua-Ngam^{2*}

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ เป็นการศึกษาระยะเวลาการเก็บที่เหมาะสมของสารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์ที่ยังสามารถนำมาทำ Calibration Curve ได้จาก Expandable Ion Analyzer EA 940 โดยเตรียมจากสารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์ความเข้มข้น 100 ppm โดยปกติการเตรียมสารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์สำหรับค่า Calibration Curve จะต้องเตรียมใหม่เสมอ ทุกครั้งที่เตรียม Calibration Curve ทำให้เกิดปัญหาการเปลี่ยนแปลงทั้งสารเคมีและเวลาในช่วงการเตรียมสารมาตรฐานฟลูออไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ สำหรับทำ Calibration Curve ในกรณีที่ต้องทำอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะศึกษาถึงความเป็นไปได้ที่จะแก้ปัญหาดังกล่าว

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา ตัวอย่างความเข้มข้นของปริมาณฟลูออไรด์ 0.1 1.0 และ 10.0 ppm ซึ่งเก็บในตู้เย็น 4 องศาเซลเซียส นำมาวัดปริมาณฟลูออไรด์ในแต่ละสัปดาห์จนครบ 9 สัปดาห์ วิเคราะห์ปริมาณฟลูออไรด์ออกมาทุกตัวอย่างด้วย Expandable Ion Analyzer EA 940 โดยทำการเตรียมสารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์ขึ้นใหม่ทุกครั้งที่ทำการ Calibration Curve เครื่อง วัดปริมาณฟลูออไรด์จากตัวอย่างที่เก็บไว้ บันทึกค่าไว้ เพื่อหาค่าเฉลี่ยของปริมาณความเข้มข้นของฟลูออไรด์ จากนั้นทำการวัดปริมาณฟลูออไรด์ซ้ำในทุกสัปดาห์จนครบกำหนด นำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS Version 16

ผลการศึกษา จากการศึกษพบว่า ฟลูออไรด์ที่ความเข้มข้น 0.1, 1.0 และ 10.0 ppm ในสภาวะอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน พบว่าเมื่อวัดปริมาณความเข้มข้นของฟลูออไรด์ตั้งแต่ ตั้งต้น จนถึง สัปดาห์ที่ 9 ความเข้มข้นของฟลูออไรด์ทั้ง 3 ค่า (0.1, 1.0 และ 10.0 ppm) เมื่อดูจากค่า Mean $\pm$ SD พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงในสัปดาห์ที่ 1 ถึง สัปดาห์ที่ 4 และจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดในสัปดาห์ที่ 5 และ 9 ของความเข้มข้นฟลูออไรด์ที่ 10.0 ppm โดยมีค่า Mean $\pm$ SD เท่ากับ 10.94 ± 0.055 และ 10.78 ± 0.045 ตามลำดับ

บทสรุป ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์ 0.1, 1.0 และ 10 ppm พบว่าเมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ย และกราฟพบว่าในช่วงตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสัปดาห์ที่ 4 ในสภาวะอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการสร้าง Calibration Curve เพื่อการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของฟลูออไรด์ ซึ่งการทดสอบดังกล่าวเป็นการทดสอบที่ควรต้องควบคุมปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป

^{1-2*} ตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ งานประยุกต์ผลงานวิจัย สำนักงานการวิจัย คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

* corresponding author E-mail: peerapong.tua@mahidol.ac.th

คำสำคัญ: ระยะเวลา สารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์ ฟลูออไรด์ไอออนซีล็คทีฟอิเล็กโทรด

Abstract

Objective: To study the appropriate storage duration of the standard fluoride solutions and to test the level of fluoride ions using calibration curve obtained by Selective Electrode method.

Materials and methods: The study samples comprised of standard fluoride solutions with fluoride concentrations of 0.1, 1.0 and 10.0 ppm The solutions were stored at 4°C for a total of 9 weeks and the average fluoride content of each solution was checked on a weekly basis using Selective Electrode method. Freshly prepared fluoride solution was used to make control calibration curves and compared with the stored samples at different durations. Data analysis was done using SPSS version 16.

Results: In this study the fluoride concentration of 0.1, 1.0, and 10 ppm was stored at an extreme temperature of 4C for a total of 9 weeks. There was no change in the fluoride concentration (Mean $\pm$ SD) from week 1 to week 4. However, in 10.0 ppm fluoride solution there were noticeable changes at week 5 (10.94 $\pm$ 0.055) and week 9 (10.78 $\pm$ 0.045).

Discussion and Conclusion: The 0.1, 1.0, and 10 ppm fluoride solutions could be stored for up to 4 weeks at 4C without significant changes in their average concentration. During long storage periods, a calibration curve should be created to test the concentrations of stored fluoride solutions.

Keywords: Timing, Fluoride Standard Solution, Fluoride Ion-Selective Electrode

หลักการและเหตุผล

ฟลูออไรด์ เป็นธาตุที่พบมาในธรรมชาติเป็นธาตุแรกของหมู่ VIIA (ไม่นับ H) ตารางธาตุพบได้ทั่วไปใน ดิน น้ำ และก๊าซ จัดเป็นอโลหะ มีประจุไฟฟ้าลบที่มีความสามารถในการทำปฏิกิริยาสูงสุดในหมู่ของ Halogens ในน้ำพบได้หลายความเข้มข้นมีความสำคัญกับทางทันตสุขภาพ โดยประโยชน์ของฟลูออไรด์ในทางทันตกรรมคือ สนับสนุนการเกิดกระบวนการคืนกลับของแร่ธาตุในระยะเริ่มต้น เพิ่มการต้านทานจากการละลายของแร่ธาตุโดยการคืนกลับของแร่ธาตุ (Acid Remineralization) ฟลูออไรด์ไฮดรอกไซด์สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับผลึกของแร่ธาตุที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของฟันและกระดูก ทำให้สามารถป้องกันการกัดกร่อนของกรดที่เกิดจากการกระบวนการสร้างโดยจุลินทรีย์ภายในช่องปากโดยฟลูออไรด์สามารถเปลี่ยนผลึก Hydroxy Apatite ให้เป็น Fluorapatite ซึ่งเป็นผลึกที่สมบูรณ์และแข็งแรง (Perfect Crystal-Fluorapatite) และกระบวนการของกรดที่ผลิตจากจุลินทรีย์ในคราบจุลินทรีย์บนผิวฟัน ส่งผลทำให้เกิดมีประโยชน์อย่างมากในการป้องกันฟันผุ^{2,3}

ฟลูออไรด์นอกจากมีประโยชน์ทางทันตกรรมยังมีโทษถ้าได้รับเข้าไปในร่างกายในปริมาณที่มากเกินไป คือ จะทำให้เกิดความเป็นพิษโดยแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ 1. การเกิดพิษแบบเฉียบพลัน (Acute Toxicity) พบได้ในกรณีที่ร่างกายได้รับฟลูออไรด์ในปริมาณที่มากเกินไปในครั้งเดียว หรือได้รับฟลูออไรด์ในเวลาใกล้เคียงกันเป็นจำนวนมาก ถ้าได้รับปริมาณฟลูออไรด์ 32 – 64 มิลลิกรัม (mg) ต่อน้ำหนักหนึ่งกิโลกรัม (kg) อาการที่พบ คือ มีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง ท้องเดิน กกระบังการเดินหายใจ และอาจทำให้เสียชีวิตได้ 2. การเกิดพิษฟลูออไรด์อย่างเรื้อรัง (Chronic Toxicity) พบได้ในกรณีที่ได้รับฟลูออไรด์จำนวนมากเป็นประจำ

อาการที่พบบ่อย คือ ฟันตกกระ (Mottled Enamel or Dental Fluorosis) เป็นลักษณะของฟันที่เกิดจากการได้รับฟลูออไรด์มากกว่า 1 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ในระยะที่มีการสร้างฟัน พบได้ในช่วงอายุที่เด็กมีอายุน้อยกว่า 5 ปี ซึ่งเป็นระยะที่มีการสร้างฟันแท้ทุกซี่ ยกเว้นฟันกรามซี่ที่สาม⁴

การตรวจฟลูออไรด์ในแหล่งน้ำดื่ม หรือในอาหารที่รับประทานจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องทราบเพื่อจะได้เป็นแนวทางว่าร่างกายได้รับฟลูออไรด์ในปริมาณมากน้อยเท่าใด และอาหารหรือน้ำประเภทใดควรหลีกเลี่ยงเพื่อลดการได้รับฟลูออไรด์ที่มากเกินไป โดยมีการศึกษา Stannad และคณะ ในปี ค.ศ. 1991 ศึกษาพบว่าน้ำอู่งมีฟลูออไรด์ในปริมาณที่มากกว่า 1 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ซึ่งเป็นปริมาณฟลูออไรด์ที่มากเกินไปกว่าที่ควรจะได้รับในแต่ละวัน⁵ โดยฟลูออไรด์ที่อยู่ในแหล่งน้ำนั้นร่างกายสามารถดูดซึมได้ดีที่สุด แต่ถ้าละลายในสารละลายอื่น เช่น น้ำนมการดูดซึมจะมีอัตราที่ช้าลงเมื่อเทียบกับน้ำ⁶ และร่างกายสามารถดูดซึมผ่านเยื่อหุ้มกระเพาะและลำไส้ได้เร็วมากโดยเป็นการดูดซึมแบบ Diffusion ซึ่งความเร็วของการดูดซึมจะขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นของฟลูออไรด์ที่ร่างกายได้รับเข้าไป⁷

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณฟลูออไรด์มีหลายวิธี แต่วิธีที่ได้รับความนิยม ราคาถูก และมีความแม่นยำคือการวัดด้วยการหาปริมาณไอออนโดยวิธีดังกล่าวอาศัยหลักการวิเคราะห์ไอออนของฟลูออไรด์ที่แตกตัวออกอย่างอิสระภายในสารละลายตัวอย่างสามารถวิเคราะห์ปริมาณฟลูออไรด์ได้ในระดับ หนึ่งในล้านส่วน (ppm) โดยการเติม Total Ionic Strength Adjustment Buffer (TISAB III) เพื่อให้เกิดสภาพสมดุลความเป็นกรดต่าง (Acid-Base Balance) และทำให้ฟลูออไรด์แตกตัวออกอย่างอิสระ และวัดปริมาณฟลูออไรด์ด้วย Probe สำหรับวิเคราะห์ปริมาณฟลูออไรด์ไอออน ซึ่งเชื่อมต่อ

กับเครื่องวิเคราะห์ปริมาณไอออน (Expandable Ion Analyzer EA940) การใช้เครื่องวิเคราะห์ปริมาณไอออน (Expandable Ion Analyzer EA940) ดังกล่าวต้องมีการหาความสัมพันธ์กับค่าความเข้มข้นของสารอ้างอิงที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนหรือปริมาณของเนื้อสารนั้น เพื่อนำมาหาความสัมพันธ์และสร้างกราฟในลักษณะความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง เรียกกราฟความเข้มข้นมาตรฐาน (Calibration Curve) กราฟความเข้มข้นมาตรฐานนี้มีประโยชน์มากในเชิงปริมาณวิเคราะห์ เนื่องจากเป็นกราฟที่เกิดจากการนำสารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์ ที่ทราบค่าที่แน่นอนมาสร้างเป็น Calibration Curve หากต้องการทราบปริมาณความเข้มข้นของฟลูออไรด์ในตัวอย่างไม่ทราบค่าทำได้โดยนำสารตัวอย่างหรือสารที่เราไม่ทราบค่าปริมาณความเข้มข้นของฟลูออไรด์มาเทียบกับกราฟความเข้มข้นมาตรฐานนี้ เพื่อที่จะได้ทราบค่าปริมาณความเข้มข้นของฟลูออไรด์ที่แน่นอนของสารตัวอย่งนั้นๆ^๓

ทั้งนี้ความเข้มข้นของปริมาณฟลูออไรด์ในสารตัวอย่างที่จะวัดควรอยู่ในช่วงความเข้มข้นมาตรฐานที่ทราบค่าแล้วโดยปกติการเตรียมสารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์สำหรับค่า Calibration Curve จะต้องเตรียมใหม่เสมอ ทุกครั้งที่เตรียม Calibration Curve ทำให้เกิดปัญหาการสิ้นเปลืองทั้งสารเคมีและเวลา ในช่วงการเตรียมสารมาตรฐานฟลูออไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ สำหรับทำ Calibration Curve ในกรณีที่ต้องทำอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะศึกษาถึงความเป็นไปได้ที่จะแก้ปัญหาดังกล่าว

ดังนั้นการเตรียมสารละลายมาตรฐานในความเข้มข้นที่แตกต่างกันจึงมีความสำคัญ รวมไปถึงการเก็บรักษาสารละลายมาตรฐานในสภาวะที่เหมาะสมโดยเลือกทำการทดลองที่อุณหภูมิ 4 องศา

เซลเซียสในการทดลองนี้ เนื่องจากเป็นอุณหภูมิของตู้เย็นปกติที่มีการใช้งานอย่างกว้างขวางเพื่อใช้เก็บสารเคมีทั่วไป หรือสารละลายที่เจือจางแล้วที่มีใช้ในห้องปฏิบัติการทั่วไป

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาระยะเวลาการเก็บที่เหมาะสมของสารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์ความเข้มข้นที่ 0.1, 1.0 และ 10.0 ppm ที่ยังสามารถนำมาทำ Calibration Curve ได้ โดยเตรียมจากสารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์ความเข้มข้น 100 ppm

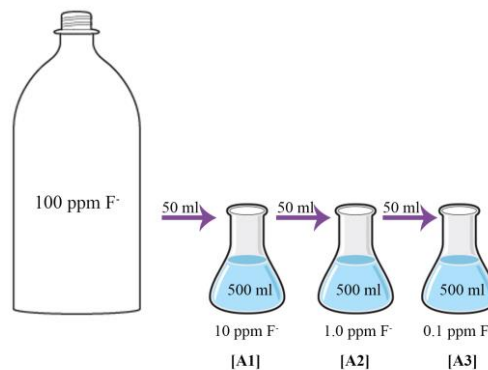
วัสดุอุปกรณ์

1. ขวดวัดปริมาตรพลาสติกขนาด 500 ml และ 25 ml
2. บีกเกอร์พลาสติกขนาด 30 ml
3. ขวดพลาสติกเล็กฝาเกลี้ยง
4. ขวดพลาสติกขนาด 500 ml
5. แท่งแม่เหล็กขนาดเล็กสำหรับกวนสาร (Magnetic Stirrer)
6. เครื่องให้ความร้อนและกวนสาร (Hotplate stirrer)
7. เครื่องวิเคราะห์ปริมาณไอออน (Expandable Ion Analyzer EA940)
8. Ion Selective Electrode for Fluoride (Probe สำหรับวิเคราะห์ปริมาณฟลูออไรด์ไอออน)
9. สารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์ความเข้มข้น 100 ppm
10. น้ำปราศจากไอออน (Deionized water)
11. Total Ionic Strength Adjustment Buffer (TISAB III)

วิธีการศึกษา

การเตรียมตัวอย่าง เป็นการเตรียมตัวอย่างโดยใช้สารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์ความเข้มข้น 100 ppm มาเจือจางให้มีความเข้มข้น 10, 1, 0.1 ppm โดยนำสารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ปริมาตร 50 ml ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 500 ml จากนั้นนำมาเจือจางด้วยน้ำปราศจากไอออน ให้มีปริมาตร 500 ml ติดฉลากให้เป็นตัวอย่าง A1 ซึ่งจะมีมีความเข้มข้น 10 ppm นำตัวอย่าง A1 มา 50 ml ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด

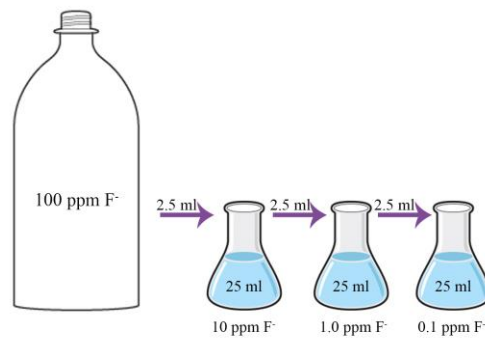
500 ml จากนั้นนำมาเจือจางด้วยน้ำปราศจากไอออน ให้มีปริมาตร 500 ml ติดฉลากให้เป็นตัวอย่าง A2 ซึ่งจะมีมีความเข้มข้น 1 ppm นำตัวอย่าง A2 มา 50 ml ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 500 ml จากนั้นนำมาเจือจางด้วยน้ำปราศจากไอออน ให้มีปริมาตร 500 ml ติดฉลากให้เป็นตัวอย่าง A3 ซึ่งจะมีมีความเข้มข้น 0.1 ppm เมื่อเตรียมตัวอย่างครบแล้วจะได้ตัวอย่างทั้งหมด 3 ขวด เป็น A1, A2 และ A3 เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณฟลูออไรด์ต่อไป ตามรูปด้านล่าง



รูปที่ 1 ภาพแสดงการเตรียมตัวอย่างโดยใช้สารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์ความเข้มข้น 100 ppm มาเจือจางให้มีความเข้มข้น 10.0 1.0 0.1 ppm

การเตรียมสารละลายมาตรฐานสำหรับทำกราฟมาตรฐาน (Calibration Curve) เตรียมสารละลายมาตรฐาน ที่ 0.1, 1, 10 ppm ตามลำดับเพื่อทำกราฟมาตรฐาน โดย การเตรียมสารละลายมาตรฐานที่ 10 ppm นำสารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์ความเข้มข้น 100 ppm มา 2.5 ml ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 ml จากนั้นนำมาเจือจางด้วยน้ำปราศจากไอออน ให้มีปริมาตร 25 ml จะได้สารละลายมาตรฐาน ที่ 10 ppm การเตรียมสารละลายมาตรฐาน ที่ 1 ppm นำสารละลาย

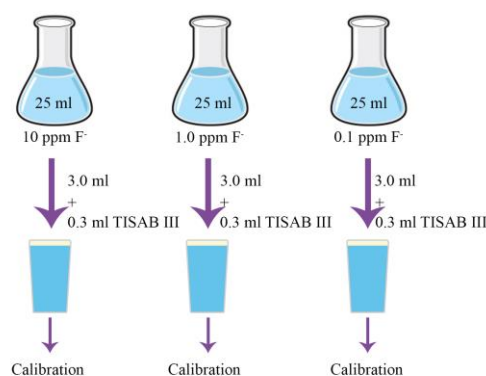
มาตรฐานฟลูออไรด์ความเข้มข้น 10 ppm มา 2.5 ml ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 ml จากนั้นนำมาเจือจางด้วยน้ำปราศจากไอออน ให้มีปริมาตร 25 ml จะได้สารละลายมาตรฐาน ที่ 1 ppm การเตรียมสารละลายมาตรฐาน ที่ 0.1 ppm นำสารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์ความเข้มข้น 1 ppm มา 2.5 ml ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 ml จากนั้นนำมาเจือจางด้วยน้ำปราศจากไอออน ให้มีปริมาตร 25 ml จะได้สารละลายมาตรฐาน ที่ 0.1 ppm ตามรูปด้านล่าง



รูปที่ 2 ภาพแสดงการเตรียมสารละลายมาตรฐานสำหรับทำกราฟมาตรฐาน (Calibration Curve)

การวิเคราะห์ปริมาณฟลูออไรด์ด้วยเครื่อง Expandable Ion Analyzer EA 940 การทำกราฟสารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์ ก่อนวิเคราะห์ปริมาณฟลูออไรด์ ต้องมีการทำกราฟมาตรฐานฟลูออไรด์ก่อน โดยใช้สารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 0.1, 1, 10 ppm ที่เตรียมขึ้นใหม่ไม่เกิน 8 ชั่วโมง นำสารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์ทุกความเข้มข้น มาอย่างละ 3 ml ใส่ในขวดพลาสติกเล็กใส่ TISAB III ลงไปทุกขวดๆ ละ 0.3 ml (อัตราส่วน 10:1) เพื่อปรับสภาพสมดุลความเป็นกรดต่าง (Acid-Base Balance) และทำให้ฟลูออไรด์แตกตัวได้ Magnetic

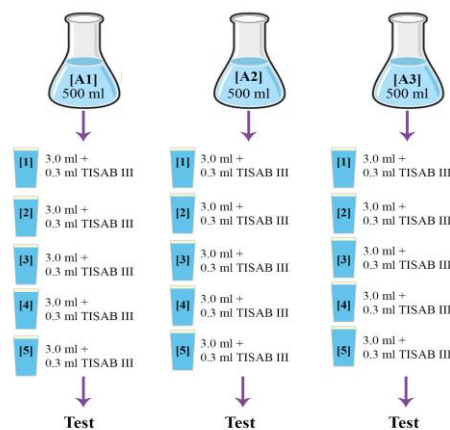
Stirrer ลงไปตั้งบน Hotplate Stirrer เปิดเครื่องกวนสารนำ Probe สำหรับวิเคราะห์ปริมาณฟลูออไรด์ ไอออนจุ่มลงไป ให้พื้นที่หน้าตัดปลาย Probe จมอยู่ในสารละลายและไม่มีฟองอากาศรบกวนตรงบริเวณพื้นผิวหน้าตัดของ Probe จากนั้น วิเคราะห์ปริมาณฟลูออไรด์ด้วยเครื่อง Expandable Ion Analyzer EA 940 โดยเรียงลำดับจากความเข้มข้นน้อยไปหามากเพื่อทำกราฟมาตรฐานจะได้กราฟมาตรฐาน สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณฟลูออไรด์ในตัวอย่างต่อไปตามรูปด้านล่าง



รูปที่ 3 ภาพแสดงการวิเคราะห์ปริมาณฟลูออไรด์ด้วยเครื่อง Expandable Ion Analyzer EA940 เพื่อทำกราฟสารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์

การวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของฟลูออไรด์ไอออนในตัวอย่าง สำหรับตัวอย่าง A1, A2, A3 ทุกขวดเทออกมาประมาณ 20 ml ใส่บีกเกอร์ไว้ (แล้วนำทุกขวดแช่ในตู้เย็น 4 องศาเซลเซียส นำสารละลายออกจากบีกเกอร์ใส่ขวดพลาสติกเล็ก 5 ขวดๆ ละ 3 ml ใส่ TISAB III ลงไปทุกขวดๆ ละ 0.3 ml ใส่ Magnetic Stirrer ลงไป ตั้งบน Hotplate Stirrer เปิดเครื่องกวนสารนำ Probe สำหรับวิเคราะห์ปริมาณฟลูออไรด์ไอออนจุ่มลงไป ให้พื้นที่หน้าตัดปลาย Probe จมอยู่ในสารละลายและไม่มีฟองอากาศ

รบกวนตรงบริเวณพื้นผิวหน้าตัดของ Probe วิเคราะห์ปริมาณฟลูออไรด์ออกมาทุกตัวอย่างด้วยเครื่อง Expandable Ion Analyzer EA 940 บันทึกค่าไว้ เพื่อหาค่าเฉลี่ยของปริมาณความเข้มข้นของฟลูออไรด์ จากนั้นทำการวัดปริมาณฟลูออไรด์ซ้ำ ในทุกสัปดาห์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบประเมินระยะเวลาและสภาวะอุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส ของสารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์ที่เตรียมขึ้นต่อไปตามรูปด้านล่าง



รูปที่ 4 ภาพแสดงการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของฟลูออไรด์ไอออนในตัวอย่าง

ผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์ปริมาณฟลูออไรด์ที่เตรียมจากสารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์ความเข้มข้น 100 ppm โดยเตรียมความเข้มข้น 0.1, 1.0 และ 10 ppm ในสภาวะอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน โดยระยะเวลาการเก็บตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ที่มีการเตรียมสารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์ จนถึง สัปดาห์ที่ 9 ค่าการกระจายตัวของข้อมูลที่ออกห่างจากค่าเฉลี่ยกลางของข้อมูล พบว่า ในความเข้มข้น 0.1 ppm จะมีค่า Std.Deviation อยู่ระหว่าง .001

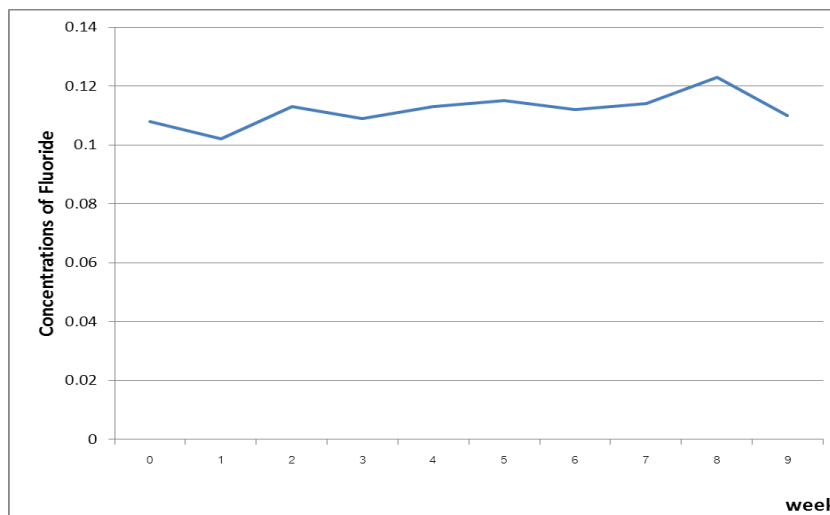
- .007 ใน ความเข้มข้น 1.0 ppm จะมีค่า Std.Deviation อยู่ระหว่าง .002 - .016 ในความเข้มข้น 10.0 ppm จะมีค่า Std.Deviation อยู่ระหว่าง .030 - .183 (ตามตารางที่ 1) ฟลูออไรด์ที่ความเข้มข้น 0.1, 1.0 และ 10 ppm ในสภาวะอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน พบว่าเมื่อวัดปริมาณความเข้มข้นของฟลูออไรด์ตั้งแต่เริ่มต้น จนถึง สัปดาห์ที่ 9 ความเข้มข้นของฟลูออไรด์ทั้ง 3 ค่า (0.1, 1.0 และ 10.0 ppm) โดยมีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของ 0.1 ppm ในสัปดาห์ที่ 1 2 3

และ 4 เท่ากับ 0.102 ± 0.007 , 0.113 ± 0.004 , 0.109 ± 0.001 และ 0.113 ± 0.002 ตามลำดับ ค่า Mean $\pm$ SD ของ 1.0 ppm ในสัปดาห์ที่ 1 2 3 และ 4 เท่ากับ 1.00 ± 0.016 , 0.997 ± 0.002 , 1.05 ± 0.013 และ 0.955 ± 0.009 ตามลำดับค่า Mean $\pm$ SD ของ 10.0 ppm ในสัปดาห์ที่ 1 2 3 และ 4 เท่ากับ 9.972 ± 0.030 , 9.92 ± 0.033 , 10.18 ± 0.084 และ 9.65 ± 0.115 ตามลำดับ และเมื่อดูจากกราฟจะพบว่าลักษณะกราฟมีการเปลี่ยนแปลง

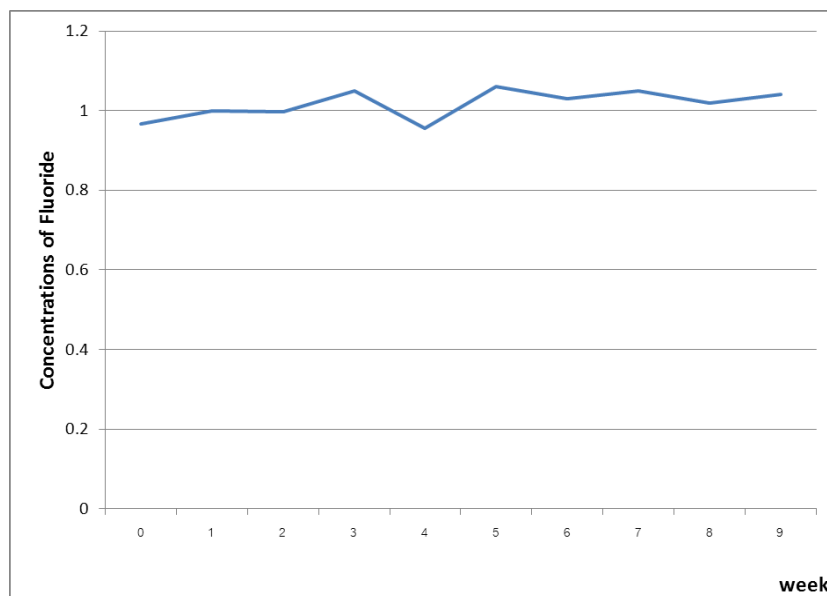
ในสัปดาห์ที่ 1 ถึง สัปดาห์ที่ 4 ที่มีลักษณะไม่เป็นรูปแบบ มีเพิ่มขึ้นและลดลง แต่มีการเปลี่ยนแปลงที่น้อย และจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดในสัปดาห์ที่ 5 และ 9 ของความเข้มข้นฟลูออไรด์ที่ 10.0 ppm โดยมีค่า Mean $\pm$ SD เท่ากับ 10.94 ± 0.055 และ 10.78 ± 0.045 ตามลำดับ (รูปที่ 5, 6, 7)

ตารางที่ 1 ค่า Mean และ Std.Deviation ของปริมาณฟลูออไรด์ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน

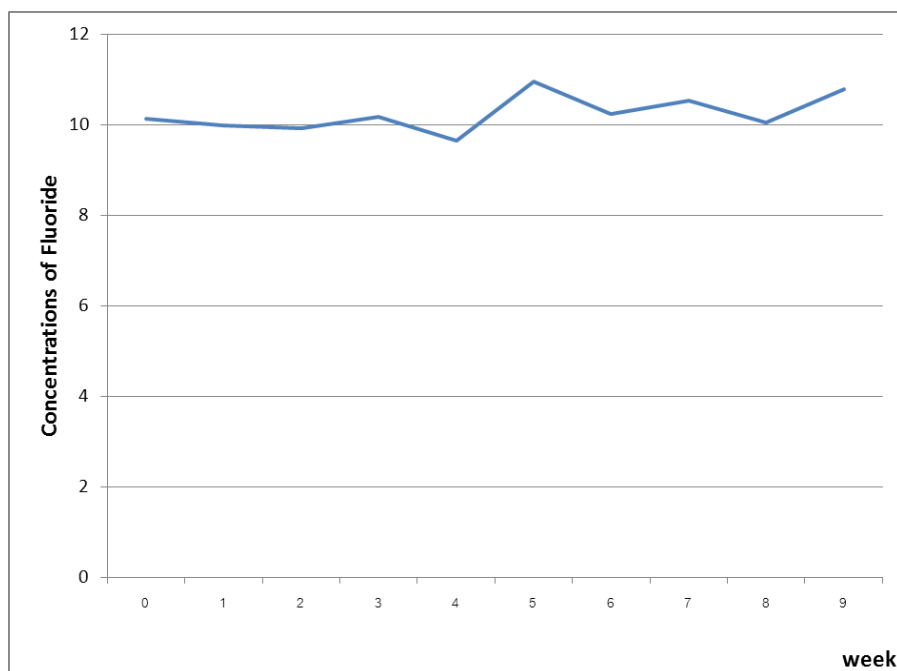
เวลา (week)	0.1 ppm	1.0 ppm	10.0 ppm
	Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD	Mean $\pm$ SD
0	0.108 ± 0.004	0.967 ± 0.012	10.120 ± 0.044
1	0.102 ± 0.007	1.000 ± 0.016	9.972 ± 0.030
2	0.113 ± 0.004	0.997 ± 0.002	9.920 ± 0.033
3	0.109 ± 0.001	1.050 ± 0.013	10.180 ± 0.084
4	0.113 ± 0.002	0.955 ± 0.009	9.650 ± 0.115
5	0.115 ± 0.001	1.060 ± 0.005	10.940 ± 0.055
6	0.112 ± 0.003	1.030 ± 0.011	10.240 ± 0.152
7	0.114 ± 0.003	1.050 ± 0.005	10.520 ± 0.084
8	0.123 ± 0.006	1.020 ± 0.005	10.050 ± 0.183
9	0.110 ± 0.001	1.040 ± 0.013	10.780 ± 0.045



รูปที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับปริมาณความเข้มข้นฟลูออไรด์
ของสารมาตรฐานฟลูออไรด์ 0.1 ppm



รูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับปริมาณความเข้มข้นฟลูออไรด์
ของสารมาตรฐานฟลูออไรด์ 1.0 ppm



รูปที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับปริมาณความเข้มข้นฟลูออไรด์
ของสารมาตรฐานฟลูออไรด์ 10.0 ppm

อภิปรายผลการทดลอง

จากการเปรียบเทียบผลการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณฟลูออไรด์ในความเข้มข้น 0.1, 1.0 และ 10 ppm ในสภาวะอุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิของตู้เย็นปกติที่มีใช้ในห้องปฏิบัติการทั่วไป ในระยะเวลาที่แตกต่างกัน พบว่าเมื่อวัดปริมาณความเข้มข้นของฟลูออไรด์ตั้งแต่ เริ่มต้น คือ เริ่มเตรียมสารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์ในสัปดาห์ที่ 0 เก็บไปจนถึง สัปดาห์ที่ 9 ความเข้มข้นของฟลูออไรด์ทั้ง 3 ค่า (0.1, 1.0 และ 10.0 ppm) มีการเปลี่ยนแปลงในสัปดาห์ที่ 1 ถึง สัปดาห์ที่ 4 ซึ่งแสดงว่าสารละลายมาตรฐานมีความเสถียรไม่คงตัวและไม่เป็นแบบแผน คือ

ความเข้มข้นของฟลูออไรด์ ที่ 0.1 ppm ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากัน 0.108 ±0.004, 0.102 ±0.007, 0.113 ±0.004, 0.109 ±0.001 และ 0.113 ±0.002 ตามลำดับ

ความเข้มข้นของฟลูออไรด์ ที่ 1.0 ppm ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากัน 0.967 ±0.012, 1.000 ±0.016, 0.997 ±0.002, 1.050 ±0.013 และ 0.955 ±0.009 ตามลำดับ

ความเข้มข้นของฟลูออไรด์ ที่ 10.0 ppm ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากัน 10.120 ±0.044, 9.972 ±0.030, 9.920 ±0.033, 10.180 ±0.084 และ 9.650 ±0.115 ตามลำดับ โดยหลังจากสัปดาห์ที่ 5 เป็นต้นไป พบว่าความเข้มข้นของฟลูออไรด์ที่ 10 ppm มีการเปลี่ยนแปลงซึ่งค่าเริ่มไม่เสถียร โดย สัปดาห์ที่ 5 มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 10.940 ppm และในสัปดาห์ที่ 9 มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 10.780 ppm ซึ่งค่าความไม่คงตัวในสัปดาห์ที่ 5 และ 9 อาจเกิดจากตัวแปรอื่นๆ ที่ต้องศึกษาและควบคุมเพิ่มเติมต่อไป

บทสรุปและประโยชน์ที่ได้จากการศึกษา

จากการเปรียบเทียบตัวอย่างในแต่ละความเข้มข้นของปริมาณฟลูออไรด์ในช่วงความเข้มข้นมาตรฐานต่างๆ ในช่วงเวลา 0 - 9 สัปดาห์ หลังจากวันที่เตรียม สรุปได้ว่าในแต่ละความเข้มข้นมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลง ไม่มีรูปแบบ โดยเมื่อวิเคราะห์จากตาราง ซึ่งอาจเกิดจากสภาวะความไม่คงตัวของฟลูออไรด์ ในตัวอย่างเดียวกัน บางช่วงมีค่าลดลงและกลับมีค่าสูงขึ้นในช่วงถัดไป โดยไม่ได้มีการลดลงตามระยะเวลาซึ่งสอดคล้องกับรายงานของกองควบคุมเครื่องสำอาง สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา¹ ในการศึกษาเรื่องการแผ่รังสีสภาวะความคงตัวของฟลูออไรด์ในยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ โดยความคลาดเคลื่อนอาจเกิดมาจากสาเหตุ ตัวผู้วิเคราะห์เอง หรือ อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากมีการศึกษาว่าสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษาหรือช่วงคงตัวของฟลูออไรด์ในยาสีฟันนั้นคือประมาณ 21 องศาเซลเซียส แต่ในการทดลองนี้ทำในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเท่านั้น เหตุผลที่เลือกทำการทดลองที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสในการทดลองนี้ เนื่องจากเป็นอุณหภูมิของตู้เย็นปกติที่มีการใช้อย่างกว้างขวาง และใช้การเก็บสารเคมี หรือสารที่เจือจางแล้วที่มีใช้ในห้องปฏิบัติการทั่วไป

ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษานี้สามารถนำมาอ้างอิงเวลาเพื่อใช้ในการเก็บรักษาสารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่เตรียมขึ้นใช้เอง ภายในห้องปฏิบัติการทางด้านทันตกรรม ซึ่งการเตรียมสารละลายมาตรฐานควรมีการเตรียมใหม่ทุกครั้ง เพื่อป้องกันการคลาดเคลื่อนเนื่องจากปริมาณฟลูออไรด์ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่เป็นแบบแผน และเพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงแนะนำแก่เจ้าหน้าที่ หรือนักศึกษา ผู้ทำวิจัยที่เข้ามาใช้บริการดังกล่าวของคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ข้อเสนอแนะ

ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานฟลูออไรด์ 0.1, 1.0 และ 10 ppm พบว่าเมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ย และกราฟพบว่าค่าในช่วงตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสัปดาห์ที่ 4 ในสภาวะอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการสร้างกราฟมาตรฐาน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของฟลูออไรด์จากตัวอย่างต่างๆ ซึ่งการทดสอบดังกล่าวเป็นการทดสอบที่ควรต้องศึกษาปัจจัยอื่นๆ เพิ่มเติมที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟลูออไรด์ ได้แก่ ความหลากหลายของอุณหภูมิที่เก็บ ความเข้มของแสงในที่เก็บ ความบริสุทธิ์ของสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมความเป็นกรด ต่างของน้ำ ที่ใช้ในการเตรียมซึ่งในการทดสอบดังกล่าวไม่ได้มีการวัดความเป็นกรด-ด่างไว้หรือภาชนะที่ใช้เก็บสาร เพื่อให้การวิจัยมีความสมบูรณ์ควรจะมีการดำเนินการทดสอบ ปัจจัยดังกล่าวเพิ่มเติมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่จากสำนักงานการวิจัยทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์วัสดุอุปกรณ์ รวมไปถึงอำนวยความสะดวกในด้านสถานที่ในการทำวิจัยนี้ จนทำให้การวิจัยดังกล่าวแล้วเสร็จไปด้วยความเรียบร้อย

เอกสารอ้างอิง

1. กองควบคุมเครื่องสำอาง สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. รายงานการศึกษา เรื่อง การแผ่รังสีสภาวะความคงตัวของฟลูออไรด์ในยาสีฟันผสมฟลูออไรด์ (ตุลาคม 2531 – กันยายน 2533)

2. Dean HT, Chronic endemic dental fluorosis
(mottled enamel) . J Am Med Assoc.
1936; 107: 1269-72. จ.นครปฐม
3. Ericsson Y, State of fluoride in milk and its
absorption and retention when
administered in milk. Acta.
Odont. Scand. 1958; 16: 51-57.
4. Heifetz SB. Horowitz HS. The amounts of
fluoride in current fluoride therapies:
safety consideration for children.
J Dent Child. 1984; 257-69.
5. LG Sillen, AE Martell. Stability constants of
metal-ion complexes. Special
Publication #17. London: The Chemical
Society. Burlington House. 1964.
6. Robinson C, Kirkham J, Weatherell JA.
Fluoride in teeth and bone. In Fejerskov
O, Ekstrand J, Burt BA, eds. Fluoride in
Dentistry, 2nd ed. Copenhagen:
Munksgaard. 1996; 69-87.
7. Ten Cart JM, Featherstone JDB.
Physiochemical aspects of fluoride-
enamel interactions. In Fejerskov
O, Ekstrand J, Burt BA, eds. Fluoride in
Dentistry, 2nd ed. Copenhagen:
Munksgaard. 1996; 252-72.
8. Volker, J.F., Sognnaes, R.F., Bibby, B.G.
Studies on the distribution of ¹⁸F in the
bones and teeth of experimental
animals. Amer. J. Physiol. 1941;
132:707-712.