

นิพนธ์ต้นฉบับ

การกำจัดฟลูออไรด์ในน้ำ โดยใช้เปลือกไข่ ถ่านกัมมันต์และถั่วแกลบดำ

อนันต์ ตันติจรรยาโรจน์*, ประชุมพร เล่าห์ประเสริฐ* และเชาวฤทธิ์ พรพิมลเทพ**

* คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ** คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการลดปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำ โดยใช้เปลือกไข่ ถ่านกัมมันต์และถั่วแกลบดำ โดยกระบวนการดูดติดผิว ใช้การทดลองแบบต่อเนื่องด้วยถังดูดติดผิวแบบคอลัมน์ ซึ่งมีความสูงของชั้นวัสดุดูดติดผิวในถัง 60 เซนติเมตร และความเข้มข้นของฟลูออไรด์ในน้ำสังเคราะห์เริ่มต้น 10 มก./ล. การทดลองแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์ของวัสดุดูดติดผิวต่างชนิด ขั้นตอนที่ 2 นำวัสดุดูดติดผิวมาเรียงตัวในรูปแบบที่ต่างกัน ขั้นตอนที่ 3 นำวัสดุดูดติดผิวมาคลุกผสมกัน เก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านคอลัมน์ต่างๆ มาวิเคราะห์หาปริมาณฟลูออไรด์ที่เหลืออยู่ในน้ำด้วยวิธี Electrode method ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ผลจากการทดลอง พบว่า วัสดุดูดติดผิวทุกชนิดมีประสิทธิภาพการลดปริมาณฟลูออไรด์มากกว่า 40 % โดยที่เปลือกไข่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์สูงสุดคือ 61.8 % รองลงมาคือ ถ่านกัมมันต์ มีประสิทธิภาพ 53.4 % และถั่วแกลบดำมีประสิทธิภาพ คือ 42.5% การเรียงตัวของวัสดุดูดติดผิวในรูปแบบที่ต่างกัน มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์ที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (p-value=0.960) และการนำวัสดุดูดติดผิวมาคลุกเคล้าให้เข้ากัน จะทำให้ประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์ได้ 62%

คำสำคัญ: การกำจัดฟลูออไรด์, เปลือกไข่, ถ่านกัมมันต์, ถั่วแกลบดำ

Original Article

The Fluoride Removal in Water by Egg Shell, Activated Carbon, and Rice Husk Ash

Anan Tantijaroonroj*, Prachumporn Lauprasert* and Chaovayut Phornpimolthape**

* Faculty of Public Health, Mahasarakham University ** Faculty of Public Health, Mahidol University

Abstract

This research objective was to examine the efficiency of fluoride removal from the water by egg shell, activated carbon, and rice husk ash by using adsorption process. The continuous adsorption columns were used in this experiment. The heights of adsorbents were 60 cm. and the primary concentration of fluoride in synthetic water was 10 mg/l. The experiments were divided into 3 phases. The first phase was the comparison of the efficiency of fluoride removal from the water by 3 adsorbents. The second phase was the comparison of the efficiency of fluoride removal from a sequence different of adsorbents. The third phase was the examination of mixed adsorbents for fluoride removal. The water samples were collected after tested and composite samples were taken to analyze the residues fluoride concentration by using Electrode method (3 replications).

The results found that the 3 adsorbents had the efficiency of fluoride removal exceeded 40 %. The egg shell had the highest fluoride removal efficiency at 61.8 %, following by activated carbon (53.4 %) and rice husk ash (42.5 %), respectively. The comparison of the efficiency of fluoride removal from a sequence different of adsorbents were not significantly different at 0.05 (p-value = 0.960). And the mixed adsorbents showed the reductions in fluoride up to 62%.

Key words: Fluoride Removal, Egg Shell, Activated Carbon, Rice Husk Ash

บทนำ

ฟลูออไรด์ ช่วยป้องกันฟันผุได้ถ้าได้รับในปริมาณที่เหมาะสม แต่การได้รับฟลูออไรด์ที่เกินมาตรฐานมากๆ จะทำให้เกิดโรคกระดูกงู เกิดการสะสมของแคลเซียมที่กระดูกส่วนหลัง ทำให้หลังโค้งงอและทำลายเนื้อเยื่อสมอง กองทันตสาธารณสุขได้ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำบาดาลและน้ำประปาหมู่บ้านจากพื้นที่ต่างในจังหวัดสุพรรณบุรี เมื่อ พ.ศ. 2545 พบว่าในอำเภอด่านช้างมีปริมาณฟลูออไรด์สูงถึง 8.00 มก./ล.และทำการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำประปา และน้ำบาดาลในปี พ.ศ. 2547 พบว่า มีปริมาณฟลูออไรด์สูงถึง 8.57 และ 8.67 มก./ล. ใน พ.ศ.2549 พบว่าปริมาณฟลูออไรด์ยังคงสูงถึง 8.37 และ 8.67 มก./ล.ในน้ำประปา และน้ำบาดาลตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าค่าเกณฑ์กำหนดสูงสุดของปริมาณฟลูออไรด์ในมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลที่ใช้ในการบริโภคคือ 1.0 มก./ล.(กองทันตสาธารณสุข , 2549)ผลการสำรวจสุขภาพชุมชนในช่องปากของนักเรียนโรงเรียนบ้านน้ำร้อน จำนวน 409 คนพบเด็กที่มีลักษณะของฟันตกกระ จำนวน 68 คน คิดเป็นร้อยละ 16.62 (สำนักงานสาธารณสุขอำเภอด่านช้าง, 2551) จากการศึกษาค้นคว้าคุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุที่ใช้ในการลดปริมาณฟลูออไรด์พบว่าคุณสมบัติของวัสดุชนิดนั้นต้องมีองค์ประกอบของแคลเซียมและวัสดุที่จะใช้ควรที่จะหาง่าย หรือเป็นวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้จากสิ่งที่เหลือใช้เช่น เปลือกไข่ ถ่านกัมมันต์และเถ้าแกลบดำ (ตยาดี ตรงสถิตกุล, 2547) จากการศึกษาที่พบว่าเปลือกไข่มีองค์ประกอบของแคลเซียม (Ca) ประมาณ 97% ทำให้มีคุณสมบัติลดปริมาณฟลูออไรด์ด้วยการแลกเปลี่ยนประจุได้เช่นเดียวกับเถ้าแกลบดำเมื่อพิจารณาคุณสมบัติทางเคมีแล้วพบว่าซิลิกา (Si) เป็นองค์ประกอบหลักประมาณ 44.78% และเป็นสารที่มีประจุบวกสามารถจับกับฟลูออไรด์ได้ ทำให้สามารถลดปริมาณฟลูออไรด์ได้ (พรพิมล พัดภู, 2547)

ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการศึกษาลดปริมาณฟลูออไรด์ที่มีอยู่ในน้ำที่สูงเกินมาตรฐาน ในอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรีโดยใช้วัสดุที่เหลือใช้ในท้องถิ่นของจังหวัดสุพรรณบุรีได้แก่ เปลือกไข่ ถ่านกัมมันต์ และเถ้าแกลบดำ โดยกระบวนการกรองไหลลงแบบต่อเนื่องผ่านวัสดุดูดติดผิว (Adsorption) ซึ่งการวิจัยครั้งนี้คาดว่าจะช่วยลดปริมาณ

ฟลูออไรด์ที่เกินมาตรฐานในน้ำดื่มที่เป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดฟันตกกระรวมทั้งยังเป็นการนำเอาวัสดุที่เหลือใช้มาทำให้เกิดประโยชน์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการลดปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำโดยใช้เปลือกไข่ ถ่านกัมมันต์และเถ้าแกลบดำ โดยใช้วิธีการดูดติดผิว (Adsorption) โดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเปลือกไข่ ถ่านกัมมันต์ เถ้าแกลบดำในการลดปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำ เมื่อเรียงลำดับของวัสดุตัวกรองในรูปแบบที่แตกต่างกัน และการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการลดปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำเมื่อใช้วัสดุตัวกรองที่ผสมรวมกัน

วิธีการ

1. ขั้นตอนเตรียมวัสดุติดผิว ประกอบด้วย

- 1.1) นำเปลือกไข่ มาล้าง แยกเอาเศษวัสดุที่ไม่ต้องการออก ผึ่งแดดให้แห้ง แล้วนำไปบด
- 1.2) คัดขนาดเปลือกไข่ ถ่านกัมมันต์ เถ้าแกลบดำ โดยร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 30 และค้ำบนตะแกรงเบอร์ 50 วัสดุดูดติดผิวที่ได้จะมีขนาด 0.3 – 0.6 มล
- 1.3) นำวัสดุดูดติดผิวที่ได้ล้างด้วยน้ำกลั่น แล้วอบที่อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 1 ชม.

2. การเตรียมน้ำตัวอย่างสังเคราะห์ ประกอบด้วย

- 2.1) การเตรียมสารละลายฟลูออไรด์เข้มข้น 10 มก./ล. โดยเริ่มต้นจากการนำสารละลายฟลูออไรด์เข้มข้น 100 มก./ล. มา 100 มล.
- 2.2) ใส่ลงในขวดปริมาตรขนาด 1,000 มล. แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่น จะได้ฟลูออไรด์ที่มีความเข้มข้น 10 มก./ล.

3. วิธีการทดลอง ประกอบด้วย

- 3.1) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเปลือกไข่ ถ่านกัมมันต์และเถ้าแกลบดำในการลดปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำ
 - 3.1.1) เตรียมน้ำฟลูออไรด์สังเคราะห์ ความเข้มข้นเท่ากับ 10 มก./ล. นำน้ำฟลูออไรด์สังเคราะห์ ผ่านคอลัมน์ที่บรรจุสารดูดติดผิวขนาด 0.3-0.6 มล. สูง 60 ซม. ลงคอลัมน์ทรงกระบอกสูง 1 ม. โดยไม่ต้องกระทุ้งวัสดุตัวกรองจำนวน 4 คอลัมน์ ดังนี้

คอลัมน์ที่ 1 บรรจุเปลือกไข่สูง 60 ซม.

คอลัมน์ที่ 2 บรรจุถ่านกัมมันต์สูง 60 ซม.

คอลัมน์ที่ 3 บรรจุถ่านกัมมันต์สูง 60 ซม.

คอลัมน์ที่ 4 ไม่มีวัสดุดูดติดผิว (กลุ่มควบคุม)

3.1.2) เติมน้ำผ่านระบบแบบไหลลงอย่างต่อเนื่อง เก็บน้ำตัวอย่างหลังจากผ่านระบบทุก 1 ชม.จนสิ้นสุดการทดลอง

3.1.3) วิเคราะห์ปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ประสิทธิภาพของวัสดุดูดติดผิวแต่ละชนิด

3.2) เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์ เมื่อเรียงลำดับวัสดุดูดติดผิวในรูปแบบที่แตกต่างกัน

3.2.1) เตรียมน้ำฟลูออไรด์สังเคราะห์ ความเข้มข้นเท่ากับ 10 มก./ล. นำน้ำฟลูออไรด์สังเคราะห์ ผ่านคอลัมน์ที่บรรจุสารดูดติดผิวขนาด 0.3 – 0.6 มล. สูง 60 ซม. ลงคอลัมน์ทรงกระบอกสูง 1 ม. จำนวน 6 คอลัมน์ดังนี้

คอลัมน์ที่ 1 บรรจุเปลือกไข่ ตามด้วยถ่านกัมมันต์และตามด้วยถ่านกัมมันต์อย่างละ 20 ซม.

คอลัมน์ที่ 2 บรรจุถ่านกัมมันต์ ตามด้วยเปลือกไข่และตามด้วยถ่านกัมมันต์อย่างละ 20 ซม.

คอลัมน์ที่ 3 บรรจุถ่านกัมมันต์ ตามด้วยเปลือกไข่และตามด้วยถ่านกัมมันต์อย่างละ 20 ซม.

คอลัมน์ที่ 4 บรรจุเปลือกไข่ตามด้วยถ่านกัมมันต์ และตามด้วยถ่านกัมมันต์อย่างละ 20 ซม.

คอลัมน์ที่ 5 บรรจุถ่านกัมมันต์ตามด้วยถ่านกัมมันต์ และตามด้วยเปลือกไข่อย่างละ 20 ซม.

คอลัมน์ที่ 6 บรรจุถ่านกัมมันต์ตามด้วยถ่านกัมมันต์ และตามด้วยเปลือกไข่อย่างละ 20 ซม.

3.2.2) เติมน้ำผ่านระบบแบบไหลลงอย่างต่อเนื่อง เก็บน้ำตัวอย่างหลังจากผ่านระบบทุก 1 ชม.จนสิ้นสุดการทดลอง

3.2.3) วิเคราะห์ปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำทำการทดลอง 3 ซ้ำ ประเมินประสิทธิภาพของวัสดุดูดติดผิวเมื่อเรียงลำดับของวัสดุดูดติดผิวในรูปแบบที่แตกต่างกัน

3.3) เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์ เมื่อใช้วัสดุดูดติดผิวที่ผสมรวม

3.3.1) เตรียมน้ำฟลูออไรด์สังเคราะห์ ความเข้มข้นเท่ากับ 10 มก./ล. นำน้ำผ่านคอลัมน์ที่บรรจุสารดูดติดผิวขนาด 0.3 – 0.6 มล. อัตราส่วนของปริมาณเปลือกไข่: ถ่านกัมมันต์: ถ่านกัมมันต์ เท่ากับ 1:1:1 (วัสดุดูดติดผิว 1 ส่วนที่ความสูง 20 ซม.) นำมาคลุกเคล้าวัสดุตัวกรองทั้ง 3 ชนิดให้เข้ากันแล้วเทลงคอลัมน์ทรงกระบอกสูง 1 ม. จำนวน 1 คอลัมน์

3.3.2) เติมน้ำผ่านระบบแบบไหลลงอย่างต่อเนื่อง เก็บน้ำตัวอย่างหลังจากผ่านระบบทุก 1 ชม.จนสิ้นสุดการทดลอง

3.3.3) วิเคราะห์ปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำทำการทดลอง 3 ซ้ำ ประเมินประสิทธิภาพของวัสดุดูดติดผิวเมื่อใช้วัสดุดูดติดผิวที่ผสมรวม

ผลการศึกษา

1. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์

จากการศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์ โดยใช้ฟลูออไรด์สังเคราะห์ ความเข้มข้นเท่ากับ 10 มก./ล. ปริมาตรเท่ากับ 500 มล. ใช้วัสดุดูดติดผิวขนาด 0.3–0.6 มล. สูง 60 ซม. ผลการทดลอง พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณฟลูออไรด์ที่เหลือของเปลือกไข่เท่ากับ 3.82 ± 0.04 มก./ล. ถ่านกัมมันต์ 4.66 ± 0.05 มก./ล. และถ่านกัมมันต์ 5.75 ± 0.06 มก./ล. ตามลำดับ โดยวัสดุดูดติดผิวทุกชนิดมีประสิทธิภาพการลดปริมาณฟลูออไรด์ได้มากกว่า 40% โดยที่เปลือกไข่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดคือ 61.8% รองลงมาคือ ถ่านกัมมันต์ มีประสิทธิภาพในการกำจัดได้ 53.4% ส่วนถ่านกัมมันต์มีประสิทธิภาพต่ำที่สุด คือ 42.5% (ตารางที่ 7.1) และผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์ที่เหลือของวัสดุดูดติดผิว คือ เปลือกไข่ (3.82 ± 0.04 มก./ล.) ถ่านกัมมันต์ (4.66 ± 0.05 มก./ล.) และถ่านกัมมันต์ (5.75 ± 0.06 มก./ล.) พบว่า ประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์ของวัสดุดูดติดผิวทั้ง 3 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 7.2)

2. การศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์ เมื่อเรียงลำดับของวัสดุดูดติดผิวในรูปแบบที่แตกต่างกัน

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์โดยใช้ฟลูออไรด์สังเคราะห์ความเข้มข้นเท่ากับ 10

มก./ล. ปริมาตรเท่ากับ 500 มล. ใช้วัสดุดูดติดผิวขนาด 0.3–0.6 มม. ที่มีการเรียงลำดับของวัสดุดูดติดผิวในรูปแบบที่แตกต่างกัน เก็บตัวอย่างจากทางน้ำออกทุกชั่วโมง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์ พบว่า ประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์ของวัสดุดูดติดผิวเมื่อเรียงมีการเรียงตัวในรูปแบบที่แตกต่างกันในชั่วโมงที่ 1 ชั่วโมงที่ 2 และชั่วโมงที่ 3 ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 7.3, 7.4, 7.5)

3. การศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์ เมื่อใช้วัสดุดูดติดผิวคลุกรวมกัน ผลการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณฟลูออไรด์ที่เหลือของวัสดุดูดติดผิวที่คลุกรวมกันในชั่วโมงที่ 1 เท่ากับ 3.78 ± 0.03 มก./ล. เมื่อเวลาผ่านไปชั่วโมงที่ 2 ค่าเฉลี่ยปริมาณฟลูออไรด์ที่เหลือเท่ากับ 4.43 ± 0.04 มก./ล. และเมื่อสิ้นสุดการทดลองค่าเฉลี่ยปริมาณฟลูออไรด์ที่เหลือ มีค่าเท่ากับ 5.36 ± 0.03 มก./ล. และผลการศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์ เมื่อนำวัสดุดูดติดผิวมาคลุกรวมกัน สรุปได้ว่า ประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์ของวัสดุดูดติดผิวในชั่วโมงที่ 1 มีประสิทธิภาพการลดปริมาณฟลูออไรด์ได้ 62.20% เมื่อระยะเวลาผ่านไป ประสิทธิภาพการลดปริมาณฟลูออไรด์ของวัสดุดูดติดผิว มีประสิทธิภาพที่ 55.70% หลังจากสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดฟลูออไรด์ เหลืออยู่ที่ 46.40% (ตารางที่ 7.6)

บทวิจารณ์

การศึกษาประสิทธิภาพการลดปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำ โดยใช้เปลือกไข่ ถ่านกัมมันต์และถ่านแกลบดำ โดยใช้วิธีการดูดติดผิว (Adsorption) ค่าเฉลี่ยปริมาณฟลูออไรด์ที่เหลือของเปลือกไข่ เท่ากับ 3.82 ± 0.04 มก./ล. ถ่านกัมมันต์ 4.66 ± 0.05 มก./ล. และถ่านแกลบดำ 5.75 ± 0.06 มก./ล. วัสดุดูดติดผิวทุกชนิดมีประสิทธิภาพการลดปริมาณฟลูออไรด์ได้มากกว่า 40% โดยที่เปลือกไข่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดคือ 61.8% รองลงมาคือ ถ่านกัมมันต์ มีประสิทธิภาพในการกำจัดได้ 53.4% ส่วนถ่านแกลบดำมีประสิทธิภาพต่ำที่สุด คือ 42.5% ซึ่งใกล้เคียงกับงานวิจัยของตยาดี ตรงสถิตกุล (2547) ที่ได้ทำการศึกษากการลดปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำดื่มโดยใช้เปลือกไข่ เปลือกหอยลาย และถ่านแกลบดำ พบว่า วัสดุดูดติดผิวทุกชนิดมีประสิทธิภาพในการลด

ปริมาณฟลูออไรด์มากกว่า 75% โดยเปลือกไข่ไก่ มีประสิทธิภาพสูงที่สุดถึง 95.87% ในขณะที่เปลือกไข่เป็ดและเปลือกหอยลาย มีประสิทธิภาพ 95.19% และ 78.48% ตามลำดับ ส่วนถ่านแกลบมี ประสิทธิภาพต่ำสุดคือ 75.57% เนื่องจากว่า เปลือกไข่มีองค์ประกอบทางเคมีส่วนใหญ่เป็น แคลเซียม จึงทำให้ฟลูออไรด์ดูดติดได้มาก ส่วนถ่านกัมมันต์ มีคาร์บอน และไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก มีสมบัติในการดูดซับสารต่างๆ ได้ดี และถ่านแกลบดำ เมื่อพิจารณาคุณสมบัติทางเคมีแล้วพบว่า มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบหลัก ซิลิกาเป็นสารที่มีประจุบวก สามารถจับกับฟลูออไรด์ได้จึงมีคุณสมบัติในการลดปริมาณฟลูออไรด์ได้ แต่อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะช้ากว่าแคลเซียม ถ่านแกลบดำมีความหนาแน่นน้อยกว่า ส่งผลให้ประสิทธิภาพโดยรวมในการลดปริมาณฟลูออไรด์จึงไม่ดันทันเมื่อเปรียบเทียบกับเปลือกไข่และถ่านกัมมันต์ เนื่องจากประสิทธิภาพในการลดปริมาณของฟลูออไรด์ส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับ การดูดติดผิว (มันลิน ตันซุลเวสม์, 2538)

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์ที่เหลือของวัสดุดูดติดผิว เมื่อมีการเรียงตัวในรูปแบบที่แตกต่างกัน พบว่า ประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์ของวัสดุดูดติดผิวเมื่อเรียงมีการเรียงตัวในรูปแบบที่แตกต่างกัน ไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับ 0.05 เพราะว่าจะมีการเรียงตัวของวัสดุดูดติดผิวในรูปแบบไหนน้ำฟลูออไรด์สังเคราะห์จะต้องไหลผ่านวัสดุดูดติดผิวทั้ง 3 ชนิดเหมือนกัน แต่ระยะเวลาที่สัมผัสเป็นพารามิเตอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการดูดติดผิวระยะเวลาสัมผัสที่ใช้จะต้องเหมาะสมที่ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดที่ดีที่สุด ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุดูดติดผิวและตัวถูกดูดติดผิว (มันลิน ตันซุลเวสม์, 2538)

การลดปริมาณฟลูออไรด์เมื่อนำวัสดุดูดติดผิวมาคลุกรวมกัน ประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์ของวัสดุดูดติดผิวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากเมื่อระยะเวลาในการบ่อน้ำตัวอย่างเพิ่มขึ้นและปริมาณน้ำที่ผ่านชั้นกรองเพิ่มมากขึ้น ความสามารถในการลดปริมาณฟลูออไรด์จะเริ่มลดลง ความสามารถในการดูดติดผิวของวัสดุดูดติดผิว มีความสัมพันธ์โดยตรงกับพื้นที่ผิวจำเพาะและอัตราการดูดติดผิวเป็นสัดส่วนผกผันกับขนาดของวัสดุดูด

ติดผิว และพื้นที่ผิวของวัสดุดูดติดผิวมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการดูดติดผิว คือ วัสดุดูดติดผิวที่มีพื้นที่ผิวมากย่อมดูดโมเลกุลได้มากกว่าวัสดุดูดติดผิวที่มีพื้นที่น้อย เพราะพื้นที่ผิว ส่วนใหญ่ของตัวดูดติดผิวได้มาจากโพรงภายใน การดูดติดผิวจะเกิดขึ้นได้ดีที่สุดเมื่อมีสารขนาดเล็กกว่าโพรงเล็กน้อยหรือเข้ากับโพรงได้พอดี เพราะทำให้มีแรงดึงดูดระหว่างตัวดูดติดผิวและวัสดุดูดติดผิวมีค่ามากที่สุด โดยโมเลกุลขนาดเล็กจะเข้าไปในโพรงก่อนโมเลกุลขนาดใหญ่ โครงสร้างของซิลิกาเป็นโพรงซึ่งทำหน้าที่ในการกรองได้ดี การมีถ่านปนอยู่ด้วยจะช่วยในการฟอกสีและดูดกลิ่น(มันสิน ตันกุลเวศม์, 2538)

บทสรุป

จากการศึกษาประสิทธิภาพการลดปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำโดยใช้เปลือกไข่ ถ่านกัมมันต์ และถ่านแกลบดำ สรุปผลการทดลองได้ว่า วัสดุดูดติดผิวทุกชนิดมีประสิทธิภาพการลดปริมาณฟลูออไรด์ได้มากกว่า 40% โดยที่เปลือกไข่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดคือ 61.8% รองลงมาคือ ถ่านกัมมันต์ มีประสิทธิภาพในการกำจัดได้ 53.4% ส่วนถ่านแกลบดำมีประสิทธิภาพต่ำที่สุด คือ 42.5% และผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์ที่เหลือของวัสดุดูดติดผิว เมื่อมีการเรียงตัวในรูปแบบที่แตกต่างกันในชั่วโมงที่ 1 ชั่วโมงที่ 2 และชั่วโมงที่ 3 ของทั้ง 6 คอลัมน์ ผลการวิเคราะห์สรุปได้ว่า ประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์ของวัสดุดูดติดผิวเมื่อเรียงมีการเรียงตัวในรูปแบบที่แตกต่างกันไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับ 0.05 และจากการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุข กรมอนามัย กองทันตสาธารณสุข. (2549). ผลการสำรวจปริมาณฟลูออไรด์ในประเทศไทย. กรุงเทพฯ, โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.
- ตยาดี ตรงสถิตกุล. (2547). การลดปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำดื่มโดยใช้เปลือกไข่ เปลือกหอยลายและถ่านแกลบดำ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พรพิมล พัดภู. (2547). การกำจัดฟลูออไรด์ในน้ำดื่มโดยใช้หินภูเขาไฟและเปลือกหอยแครง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มันสิน ตันกุลเวศม์. (2538). วิศวกรรมประปา เล่ม 2. กรุงเทพฯ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำนักงานสาธารณสุขอำเภอด่านช้าง. (2551). รายงานเฝ้าระวังทันตสุขภาพในโรงเรียนประถมศึกษา อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี. สุพรรณบุรี, สำนักงาน.

การประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์ โดยใช้เปลือกไข่ ถ่านกัมมันต์และถ่านแกลบดำ นำมาคลุกเคล้าให้เข้ากัน สามารถสรุปผลการทดลองได้ว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณฟลูออไรด์ที่เหลือของวัสดุดูดติดผิวที่คลุกรวมกันในชั่วโมงที่ 1 เท่ากับ 3.78 ± 0.03 มก./ล. เมื่อเวลาผ่านไปชั่วโมงที่ 2 ค่าเฉลี่ยปริมาณฟลูออไรด์ที่เหลือเท่ากับ 4.43 ± 0.04 มก./ล. และเมื่อสิ้นสุดการทดลองค่าเฉลี่ยปริมาณฟลูออไรด์ที่เหลือเท่ากับ 5.36 ± 0.03 มก./ล. ประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์เมื่อนำวัสดุดูดติดผิวมาคลุกรวมกัน ในชั่วโมงที่ 1 มีประสิทธิภาพการลดปริมาณฟลูออไรด์ได้ 62.20% เมื่อระยะเวลาผ่านไปประสิทธิภาพการลดปริมาณฟลูออไรด์ของวัสดุดูดติดผิว มีประสิทธิภาพที่ 55.70% หลังจากสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดฟลูออไรด์ เหลืออยู่ที่ 46.40% และในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์ที่เหลือของวัสดุดูดติดผิวที่คลุกรวมกัน สรุปได้ว่า ประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์ของวัสดุดูดติดผิวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ประจำปี 2552 และเงินรายได้คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคามปี 2552 และขอขอบคุณ กองทันตสาธารณสุข ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ห้องปฏิบัติการและการตรวจวิเคราะห์

ตารางที่ 7.1 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์โดยใช้วัสดุอุดติดผิวที่แตกต่างกัน

ชนิดของวัสดุอุดติดผิว	ปริมาณฟลูออไรด์ที่เหลือ (มก./ล.)	ประสิทธิภาพในการกำจัด (%)
	ค่าเฉลี่ย ± SD	
เปลือกไข่	3.82 ± 0.04	61.8
ถ่านกัมมันต์	4.66 ± 0.05	53.4
เถ้าแกลบดำ	5.75 ± 0.06	42.5

ตารางที่ 7.2 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของปริมาณฟลูออไรด์ที่เหลือจากการใช้วัสดุอุดติดผิวที่แตกต่างกัน

ประเด็น	ชนิดของวัสดุอุดติดผิว			F-test	p-value
	เปลือกไข่	ถ่านกัมมันต์	เถ้าแกลบดำ		
	ค่าเฉลี่ย ± SD	ค่าเฉลี่ย ± SD	ค่าเฉลี่ย ± SD		
ปริมาณฟลูออไรด์ที่เหลือ	3.82 ± 0.04	4.66 ± 0.05	5.75 ± 0.06	851.559	0.000*

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 7.3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณฟลูออไรด์ที่เหลือในน้ำเมื่อเรียงลำดับของวัสดุอุดติดผิวในรูปแบบที่แตกต่างกันในชั่วโมงที่ 1, 2 และ 3 ของทั้ง 6 คอลัมน์

ชั่วโมงที่	คอลัมน์ที่						F-test	p-value
	1	2	3	4	5	6		
1	4.45 ± 0.03	4.46 ± 0.04	4.46 ± 0.01	4.47 ± 0.05	4.44 ± 0.03	4.46 ± 0.04	0.191	0.960
2	4.83 ± 0.05	4.73 ± 0.05	4.74 ± 0.20	4.84 ± 0.02	4.84 ± 0.03	4.83 ± 0.05	0.893	0.516
3	5.60 ± 0.03	5.62 ± 0.03	5.61 ± 0.04	5.57 ± 0.04	5.56 ± 0.05	5.62 ± 0.08	0.687	0.642

ตารางที่ 7.4 ประสิทธิภาพในการลดปริมาณฟลูออไรด์ เมื่อใช้วัสดุดูดติดผิวคลุกรวมกัน

เวลา (ชั่วโมง)	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3	ปริมาณฟลูออไรด์ที่เหลือ (มก./ล.) ค่าเฉลี่ย \pm SD	ประสิทธิภาพใน การกำจัด (%)
	ฟลูออไรด์ที่เหลือ (มก./ล.)	ฟลูออไรด์ที่เหลือ (มก./ล.)	ฟลูออไรด์ที่เหลือ (มก./ล.)		
1	3.78	3.76	3.82	3.78 \pm 0.03	62.20
2	4.48	4.39	4.44	4.43 \pm 0.04	55.70
3	5.32	5.47	5.31	5.36 \pm 0.08	46.40