

Original Article

นิพนธ์ต้นฉบับ

ประสิทธิภาพไส้กรองน้ำเซรามิกเนื้อดินเผา ประจำครัวเรือนสำหรับพื้นที่ปนเปื้อน แคดเมียม อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

วิรัช ประวันเตา

วินัย ทองซุบ

กอบโชค วุฒิชัยวิชญ์กิจ

สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 9 พิษณุโลก

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงทดลองนี้เพื่อศึกษาประสิทธิภาพไส้กรองน้ำเซรามิกเนื้อดินเผาซึ่งเผาที่อุณหภูมิแตกต่างกันอาศัยหลักการแลกเปลี่ยนไอออนและการดูดซับดินที่ใช้เป็นชุดดินทำเรือผสมร่วมกับอะลูมินา โดโลไมท์ และผงถ่านกัมมันต์ คัดเลือกสูตรส่วนผสมที่เหมาะสมนำไปขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ เผาที่อุณหภูมิ 800, 900, 1000 และ 1100 องศาเซลเซียส แล้วทดสอบประสิทธิภาพการกรองตามสภาพน้ำ ธรรมชาติและสารละลาย แคดเมียมสังเคราะห์ วิเคราะห์เปรียบเทียบคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และ ชีวภาพ หลังการกรองผ่าน ไส้กรองน้ำเซรามิกเนื้อดินเผาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน ในการศึกษาได้คัดเลือกสูตรผสมในอัตราส่วนที่เหมาะสมคือชุดดินทำเรือ : อะลูมินา : โดโลไมท์ เป็น 60 : 30 : 10 และผงถ่านกัมมันต์ผสมเพิ่มร้อยละ 20 ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์นำไปเผาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน แล้วทดสอบพบค่าความแข็งแรงได้ เท่ากับ 2.7, 2.3, 2.3, 2.0 นิวตัน/ตารางเมตร ค่าการดูดซับ อัตราร้อยละ 29.92, 39.39, 33.96, 33.56 ตามลำดับอุณหภูมิเผา ที่เพิ่มขึ้น ทดสอบประสิทธิภาพการกรองน้ำ พบว่าไส้กรองเซรามิกเนื้อดินเผาที่อุณหภูมิ 1100 องศา เซลเซียส มีอัตราการกรองน้ำเฉลี่ยได้สูงสุดที่ 118 ลิตร/ชั่วโมง รองลงมาได้แก่ไส้กรองชนิดเผาที่อุณหภูมิ 900, 1000 และ 800 องศาเซลเซียส โดยมีอัตราการกรองน้ำเฉลี่ย 75, 62 และ 31 ลิตร/ชั่วโมง ตามลำดับ ทดสอบคุณภาพน้ำหลังผ่านการกรองพบไส้กรองทุกชนิดสามารถกรองความ ขุ่น เหล็ก และแมงกานีสใน น้ำได้ตามเกณฑ์มาตรฐานประปาดื่มได้ของกรมอนามัยและพบว่าเพียงน้ำผ่านไส้กรองเซรามิกเนื้อดินเผาที่ อุณหภูมิ 900 และ 1100 องศาเซลเซียสกรองโคลิฟอร์มแบคทีเรียก็จะได้ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภคชนบท กรมอนามัย เฉพาะไส้กรองเผาที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียสเท่านั้นกรองสารแคดเมียมได้ตามเกณฑ์มาตรฐานตั้งแต่ชั่วโมงแรกของการกรอง สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ที่ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แบบส่องกราดที่ได้ตรวจพบสารแคดเมียมและเหล็กบริเวณผิวหน้าและ ภายในไส้กรองแสดงว่าไส้กรองเซรามิก เนื้อดินเผาที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียส มีคุณสมบัติดูดซับแคดเมียมและเหล็กที่ละลายในน้ำได้ดีจึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดทำที่กรองน้ำประจำครอบครัว สำหรับปรับปรุงคุณภาพน้ำป้องกันการ ได้รับสารแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายประชาชนในพื้นที่ได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: ไส้กรองน้ำเซรามิก, แคดเมียมปนเปื้อน, ชุดดินทำเรือ

บทนำ

แคดเมียมเป็นธาตุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติที่อยู่ในเปลือกโลก โดยทั่วไปแคดเมียมจะถูกพบในรูปสาร

ประกอบต่าง ๆ เช่น แคดเมียมออกไซด์มีสีแดง แคดเมียมซัลเฟตมีสีเหลือง ใช้ในการผลิตสีและแบตเตอรี่ นิกเกิล-แคดเมียม ซึ่งใช้กับโทรศัพท์มือถือ เป็นต้น⁽¹⁾

แคดเมียมอยู่ด้วยกันกับธาตุสังกะสี แคดเมียมจึงเป็นผลพลอยได้จากการทำเหมืองแร่สังกะสีที่ถูกปล่อยออกมาปนเปื้อนสิ่งแวดล้อมมีพิษต่อสุขภาพมนุษย์⁽²⁾ เข้าสู่ร่างกาย ได้ทางการบริโภค การหายใจ และการสัมผัสทางผิวหนังเกิดพิษต่อร่างกายทั้งการเป็นพิษแบบเฉียบพลัน (acute effect) และการเป็นพิษแบบเรื้อรัง (chronic effect) แคดเมียมสามารถสะสมที่อวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายเช่นตับ ไต ปอด ก่อนถูกขับออกจากร่างกายทางปัสสาวะและอุจจาระ⁽³⁾ ประเทศญี่ปุ่นเคยมีการระบาดของพิษของแคดเมียมจากโรงผลิตแร่ทองแดง ตะกั่ว สังกะสีได้ทั้งกากแร่ที่มีแคดเมียมปะปนกับน้ำเข้าสู่ไรนาที่ปลูกข้าวและพืชผักต่าง ๆ เป็นเหตุให้เข้าสู่ร่างกายเกิดโรคพิษแคดเมียมจะเจ็บปวดมากทั่วร่างกายจนเดินไม่ไหว เรียกว่าโรคอิไต อิไต ซึ่งแปลว่าโรคปวดเจ็บจนร้องไห้อี ไ้อี⁽⁴⁾

พ.ศ.2546 พบการปนเปื้อนแคดเมียมในประเทศไทยบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำตาบ อำเภอแม่สอด จังหวัด ตาก โดยพบว่าปริมาณแคดเมียมปนเปื้อนเกินมาตรฐานที่กำหนดซึ่งปริมาณสารแคดเมียมที่พบนี้มีค่าใน พืชเดี่ยวกับข้าวที่เกิดโรคอิไตอิไตในประเทศญี่ปุ่น⁽⁵⁾ และจากการตรวจเฝ้าระวังการได้รับสัมผัสสาร แคดเมียมในประชาชน จำนวนคน 6,000 คน พบว่ามีผู้ที่ได้รับสัมผัสสารแคดเมียม จำนวน 623 คน มีระดับแคดเมียมในปัสสาวะสูงกว่ามาตรฐาน (5 ไมโครกรัม/กรัมครีเอตินีน) และมีระดับแคดเมียมสูงกว่า 10 ไมโครกรัม/กรัมครีเอตินีน 172 คน ผู้สัมผัสสารแคดเมียม 185 คน มีปัญหาโรคไตที่อาจมีสาเหตุมาจากการอุปโภคบริโภคอาหารและน้ำที่ปนเปื้อนแคดเมียม⁽⁶⁾ จากการเฝ้าระวังการได้รับสัมผัสสารแคดเมียมในพืชห่วงโซ่อาหารที่นิยมบริโภค พ.ศ.2551 พบว่าผักหนามมีปริมาณการปนเปื้อน (ดูดซับ) แคดเมียมมากที่สุดคือ 29.19 มิลลิกรัม/กิโลกรัม รองลงมาได้แก่ยอดกระเจียบแดง ผักกูด ตะไคร้ มีค่าเท่ากับ 11.56, 8.51 และ 4.66 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดในอาหารของประเทศไทย (แคดเมียม < 0.2 มิลลิกรัม/

กิโลกรัม) และจากการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำในลำห้วยแม่ตาบตอนบนพบปริมาณแคดเมียมปน เปื้อนสูงถึง 10.10 ส่วนในพันล้านส่วน (พีพีบี) เกินกว่าที่เกณฑ์กำหนด (5 พีพีบีหรือ 0.005 มิลลิกรัม/ลิตร)⁽⁷⁾ จากการปนเปื้อนสารแคดเมียมในสิ่งแวดล้อมดังกล่าวอาจทำให้ประชาชนซึ่งเป็นผู้บริโภคตามระบบห่วงโซ่อาหารได้รับผลกระทบต่อสุขภาพ เนื่องจากตามเกณฑ์องค์การอนามัยโลกกำหนดให้มีสารแคดเมียมปนเปื้อนในน้ำดื่มไม่เกิน 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร⁽⁸⁾

การพัฒนาเทคโนโลยีการบำบัดน้ำสำหรับดื่มในปัจจุบันมีค่าใช้จ่ายสูงจึงควรมีการศึกษาการนำวัสดุธรรมชาติมาใช้กำจัดโลหะหนัก เนื่องจากจะทำให้มีราคาถูกลงและเป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างคุ้มค่า เช่น การใช้ซีดีแอลอมาใช้กำจัดโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำ การใช้ฟางข้าวบาร์เลย์ผสมปูนขาวเป็นวัสดุดูดซับโลหะหนัก แต่ปัญหาของวัสดุธรรมชาติคือความไม่คงที่ของประสิทธิภาพการดูดซับเนื่องจากการสลายตัวของวัสดุธรรมชาติเหล่านั้น⁽⁹⁾ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchange capacity: CEC) คือประสิทธิภาพของดินในการดูดซับธาตุอาหารหรือสารประกอบในดินที่มีประจุบวก (cation) เป็นการแสดงถึงความสามารถของดินในการดูดซับและแลกเปลี่ยนไอออนบวก อนุภาคดินเหนียวเป็นอินทรีย์สารที่มีรูปร่างแบนบางและมีขนาดอนุภาคเล็กที่สุด จะมีพื้นที่ผิวต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักมากที่สุด และอนุภาคเหล่านี้มีประจุลบ จึงสามารถดูดซับประจุบวกไว้ที่ผิวของมันได้เช่นเดียวกับ อิวมัส ซึ่งเป็นอินทรีย์สารที่มีขนาดเล็กและมีพื้นที่ผิวมากเช่นกัน ก็สามารถดูดซับประจุบวกได้เช่นเดียวกับอนุภาคดินเหนียว ประจุบวกเหล่านี้ดูดซับที่ผิวของอนุภาคดินเหนียวและอิวมัสด้วยแรงที่เหนียวแน่นพอสมควร และทนทานต่อการชะล้างของน้ำ แต่ในขณะเดียวกัน ก็สามารถถูกไล่ที่ให้ออกหรือหลุดโดยไอออนอีกชนิดหนึ่งที่เป็นอิสระอยู่ใน soil solution ได้ ปรากฏการณ์นี้เรียกว่าการแลกเปลี่ยนไอออนบวก และไอออนบวกที่ดูดซับอยู่ที่พื้นที่ผิวของ

อนุภาคดิน หรือฮิวมัส นี้เรียกว่า ไอออนบวกที่แลกเปลี่ยนที่ได้ และปริมาณไอออนบวกทั้งหมดที่ดูดซับสามารถวัดได้โดยคิดจำนวนเป็น milliequivalent (me) ต่อน้ำหนัก 100 กรัมของดินอบแห้ง เรียกคุณสมบัตินี้ว่าความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกของดิน ซึ่งส่วนใหญ่เนื้อดินละเอียดมักมีค่า CEC มากกว่าดินเนื้อหยาบ⁽¹⁰⁾ การศึกษาคุณสมบัติของดินเหนียวพบว่าสามารถพัฒนาเป็นทางเลือกหนึ่งได้ เนื่องจากดินเหนียวสามารถแลกเปลี่ยนประจุบวกกับโลหะหนักได้ดี สลายตัวช้าและดูดซับโลหะหนักได้ดี โดยเฉพาะดูดซับสารแคดเมียมได้เพิ่มขึ้นเมื่อความเป็นด่างเพิ่มขึ้นดินที่มีค่าความสามารถแลกเปลี่ยนประจุระดับสูงจะดูดซับได้ดีกว่าดินที่มีค่าระดับปานกลางและต่ำโดยสามารถดูดซับได้ร้อยละ 71.73, 68.49 และ 59.72 ตามลำดับ⁽¹¹⁾ และจากการวิเคราะห์พบว่าดินเหนียวชุดทำเรือเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส สามารถดูดติดสารแคดเมียมได้ดีและดินไม่ละลายในสารละลายเมื่อเปรียบเทียบกับดินชุดทางดงและดินชุดแม่สาย⁽¹²⁾

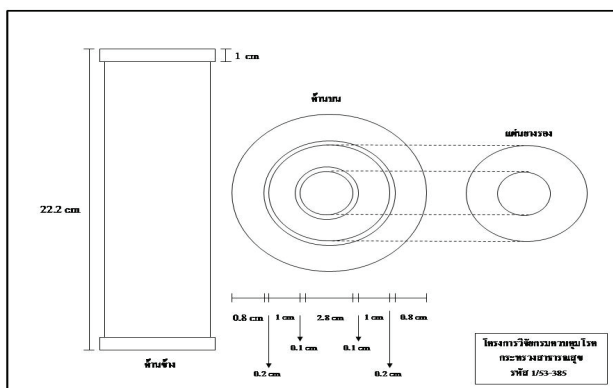
เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำดินเหนียวชุดทำเรือมาใช้ดูดติดสารแคดเมียมที่ปนเปื้อนในน้ำอุปโภคและบริโภคโดยศึกษาเปรียบเทียบผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำและประสิทธิภาพไส้กรองน้ำเซรามิกเนื้อดินชุดทำเรือทดลองเผาที่อุณหภูมิแตกต่างกันและเพิ่มส่วนผสมเพื่อเพิ่มความแข็งแรงได้แก่อะลูมินา โดโลไมท์ โดยมีผงถ่านละเอียดเป็นสารเพิ่มเติมไว้ดูดซับกลิ่น ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัยครั้งนี้คือสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบถังกรองน้ำ ประปาหมู่บ้าน หรือ ประปาภูเขาหรือที่กรองน้ำประจำครัวเรือนในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากสารแคดเมียมปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมลุ่มน้ำแม่ตาบ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก จึงศึกษาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพไส้กรองน้ำเซรามิกเนื้อดินซึ่งเผาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน โดยมีสมมุติฐานการวิจัยในครั้งนีคือไส้กรองน้ำเซรามิกเนื้อดินเผาที่อุณหภูมิแตกต่างกันสามารถกรองสารแคดเมียมในน้ำบริโภคได้คุณภาพ

แตกต่างกัน

วิธีการศึกษา

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) วัสดุที่ใช้เป็นชุดดินทำเรือที่สุ่มเก็บในพื้นที่อำเภอบางมูลนาก จังหวัดพิจิตรจากแผนที่ชุดดินของกรมพัฒนาที่ดิน ตรวจสอบวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีได้แก่สภาพความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้เครื่องตรวจวัดพีเอช (pH meter) ตรวจการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC) โดยวิธีการใช้สารละลายแอมโมเนียมอะซิเตต ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$) ที่พีเอช 7 ตามวิธีมาตรฐานที่ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2 พิษณุโลก จากนั้นจัดทำชิ้นงานทดสอบวัสดุด้วยการเตรียมชุดดินทำเรือผสมรวมกับอะลูมินา โดโลไมท์ โดยมีผงถ่านกัมมันต์สัดส่วนร้อยละ 20 เพิ่มเติมทุกส่วนผสมเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและประสิทธิภาพการดูดซับสารอินทรีย์ จากนั้นทำการคัดเลือกที่ผสม โดยสุ่มตัวอย่างจากการใช้ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า (tri axial diagram) จำนวน 21 สูตรส่วนผสม ใช้การเผาแบบออกซิเดชันที่อุณหภูมิ 800, 900, 1000 และ 1100 องศาเซลเซียส รวมทั้งสิ้น 84 ชิ้นงาน ที่ห้องปฏิบัติการสาขาเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พร้อมทั้งทดสอบการดูดซึมน้ำ (water absorption) และการทดสอบค่าความแข็งแรง (bending strength) ภายหลังการเผาผู้วิจัยคัดเลือกสัดส่วนผสมเพียง 1 สูตรจากสัดส่วนผสมตามตารางของแต่ละอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา โดยผลทดสอบชิ้นงานที่ได้ต้องสอดคล้องกับผลงานวิจัยที่ผ่านมา จากนั้นขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ไส้กรองน้ำเซรามิกเนื้อดินเผาด้วยวิธีหล่อแบบกลวง (hollow casting) เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีรูปทรงตามต้องการโดยอาศัยพิมพ์ที่ทำด้วยปูนปลาสเตอร์สามารถดูดซับน้ำดินให้แห้ง และคงรูปตามพิมพ์ซึ่งออกแบบให้ใช้ได้กับ ชุดกรองน้ำที่จำหน่ายตามท้องตลาดมีลักษณะไส้กรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้วและยาว 10 นิ้ว เป็นผลิตภัณฑ์ไส้กรองน้ำเซรามิก

เนื้อดินเผาที่มีสูตรส่วนผสมเดียวกันแต่ต่างเฉพาะอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา มี 4 ชุดทดลอง คือที่อุณหภูมิ 800, 900, 1,000 และ 1,100 องศาเซลเซียส จากนั้นทดลองโดยใช้ไส้กรองเซรามิกเนื้อดินเผาที่อาศัยหลักการแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange) และการดูดติด (adsorption) เข้าสู่โพรงพื้นที่ผิวของดินชุดทำเรือทดสอบการกรองจากน้ำสังเคราะห์สารละลายแคดเมียมเข้มข้น 0.009 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ได้จากการเตรียมน้ำตามสภาพธรรมชาติในพื้นที่ปนเปื้อนลุ่มน้ำแม่ตาบ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก (เพื่อให้ปริมาณความเข้มข้นน้ำเข้าเกินกว่าประกาศกรมอนามัยเรื่องเกณฑ์คุณภาพน้ำประปา พ.ศ. 2553 ที่กำหนดมีปริมาณแคดเมียมไม่เกิน 0.003 มิลลิกรัมต่อลิตร) และเก็บตัวอย่างน้ำทุกชั่วโมงเป็นระยะเวลา 4 ชั่วโมงเพื่อส่งตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ ตามเกณฑ์ประปาได้ของกรมอนามัย พ.ศ. 2553⁽¹⁷⁾ (ความขุ่น ปริมาณเหล็ก แมงกานีส โคลิฟอร์มแบคทีเรีย พิคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และแคดเมียม) ณ ศูนย์ห้องปฏิบัติการกรมอนามัย ตามวิธี Standard Method for The Examination of Water and Waste Water 20th edition, AWWA 2005 และวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพไส้กรองเซรามิก รวมทั้งวิเคราะห์ร้อยละองค์ประกอบธาตุทางเคมีที่ดูดติดบนผิวนอกและผิวในไส้กรองน้ำเซรามิกเนื้อดินเผาหลังผ่านการกรองด้วย



รูปที่ 1 แบบผลิตภัณฑ์ไส้กรองเซรามิกเนื้อดินเผา

เทคนิค Energy Dispositive X-ray Spectrometer (EDS) ที่ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการระหว่าง มกราคม - กันยายน 2554 ทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติ ค่าเฉลี่ย และค่าสูงสุด-ต่ำสุด

ผลการศึกษา

ตัวอย่างชุดดินทำเรือนำมาตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี พบว่ามีสภาพความเป็นกรดเล็กน้อย (pH 6.19) ผลการทดสอบชิ้นงานทางห้องปฏิบัติการเพื่อคัดเลือกสูตรส่วนผสมวัตถุดิบขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ไส้กรองน้ำเซรามิกเนื้อดินเผาโดยพิจารณาจากคุณสมบัติทางเคมี การดูดซับ อัตราการไหลผ่านของน้ำที่เหมาะสมและการยึดเกาะกันแข็งแรงของอนุภาค จากการใช้ชุดดินทำเรือเป็นองค์ประกอบหลักในการทดสอบสูตรส่วนผสมตามตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าจำนวน 21 สูตร สามารถคัดเลือกสูตรส่วนผสมที่เหมาะสมคือสูตรส่วนผสมที่ 4 ประกอบด้วย ชุดดินทำเรือร้อยละ 50 อนุภาคน้ำร้อยละ 30 และโดโลไมต์ ร้อยละ 10 มีส่วนผสมของถ่านกัมมันต์ ร้อยละ 20 ทั้งขึ้นทดสอบการเผาที่อุณหภูมิ 800, 900, 1000 และ 1100 องศาเซลเซียส พบมีค่าความแข็งแรงที่ 2.7, 2.3, 2.3 และ 2.0 นิวตัน/ตารางเมตร ตามลำดับ และร้อยละการดูดซึมเพิ่มขึ้นในตอนแรกและลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เท่ากับ 29.92, 39.39, 33.96 และ 33.56 ตามลำดับจึงมีความเหมาะสมมากที่สุดเมื่อเทียบกับสูตรอื่นและ จากการทดสอบไส้กรองเซรามิกเนื้อดินเผาชนิดเผาที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียส มีอัตราการกรองน้ำเฉลี่ยสูงสุด 118 ลิตร/ชั่วโมง รองลงมาได้แก่ เผาที่อุณหภูมิ 900, 1000 และ 800 องศาเซลเซียสโดยมีอัตราการกรองเฉลี่ยเท่ากับ 31.75 และ 62 ลิตร/ชั่วโมง ตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพการกรองไส้กรองเซรามิกเนื้อดินเผาตามสูตรที่ 4 ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ข้างต้นเป็นแหล่งน้ำใต้ดินเพื่ออุปโภคและบริโภคภายในครัวเรือนเก็บจาก หมู่ที่ 1 ตำบล แม่ตาบ อำเภอแม่สอด

จังหวัดตาก และใช้ตัวอย่างน้ำที่ได้จากการเตรียมน้ำ
สังเคราะห์สารละลายแคดเมียม เพื่อใช้ในกระบวนการ
ดูดติดสารละลายของไส้กรองน้ำเซรามิกเนื้อดินเผา ผล
การทดลองมีดังนี้

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อน
เข้าระบบกรอง ค่าความขุ่นต่ำกว่าเกณฑ์ประปาดื่มได้
ของกรมอนามัยทั้งก่อนและหลังการกรอง โดยก่อนการ
กรองมีค่าอยู่ระหว่าง 3.25 - 6.72 เอ็นทียู และหลัง
การกรองน้ำสิ้นสุด ชั่วโมงที่ 4 พบว่า ไส้กรองทุกชนิด

สามารถกรองความขุ่นของน้ำได้ค่าระหว่าง 0.13 - 0.32
เอ็นทียู ค่าประสิทธิภาพการกรองมีค่าระหว่างร้อยละ
90.77-98.07 ค่าต่ำสุดที่ 900 องศาเซลเซียส สูงสุดที่
1000 องศาเซลเซียส ส่วนค่าปริมาณเหล็กต่ำกว่า
เกณฑ์ประปาดื่มได้ของกรมอนามัยทั้งก่อน และหลัง
การกรองเช่นเดียวกันโดยก่อนการกรองมีค่า ระหว่าง
0.115 - 0.193 มิลลิกรัม/ลิตร หลังการกรองน้ำ สิ้นสุด
ชั่วโมงที่ 4 พบว่าไส้กรอง ทุกชนิดสามารถกำจัดเหล็ก
ได้ค่าระหว่าง 0.063 - 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าประสิทธิ-

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบคุณภาพน้ำก่อน-หลังการกรองน้ำผ่านไส้กรองเซรามิกเนื้อดินเผาที่อุณหภูมิต่าง ๆ

รายการ	800°C	900°C	1,000°C	1,100°C	เกณฑ์กรมอนามัย
ความขุ่น (เอ็นทียู)					
ก่อน	3.25	3.25	6.72	6.72	5
หลัง	0.14	0.17	0.13	0.32	
ประสิทธิภาพ (%)	95.69	90.77	98.07	95.24	
เหล็ก (มก./ล.)					
ก่อน	0.115	0.115	0.193	0.193	0.5
หลัง	ND	< 0.015	ND	0.063	
ประสิทธิภาพ (%)	100.00	86.96	100.00	67.36	
แมงกานีส (มก./ล.)					
ก่อน	0.104	0.104	0.107	0.107	0.3
หลัง	0.029	0.074	0.077	0.091	
ประสิทธิภาพ (%)	72.12	28.85	28.04	14.95	
โคลิฟอร์ม (MPN/100 มล.)					
ก่อน	1600	1600	540	540	ไม่พบ
หลัง	49	2	13	ไม่พบ	
ประสิทธิภาพ(%)	96.94	99.88	97.59	100.00	
ฟีคัลโคลิฟอร์ม (MPN/100 มล.)					
ก่อน	920	920	350	350	ไม่พบ
หลัง	7.8	ไม่พบ	2	ไม่พบ	
ประสิทธิภาพ(%)	99.15	100.00	99.43	100.00	
แคดเมียม (มก./ล.)					
ก่อน	0.002	0.002	0.009	0.009	ไม่เกิน 0.003
หลัง	0.008	0.065	0.011	0.002	
ประสิทธิภาพ(%)	-300.00	-3150.00	-22.22	77.78	

หมายเหตุ ND: Not Detectable

ภาพการกรองมีค่าระหว่างร้อยละ 67.36-100.00 ค่าต่ำสุดที่ 1,100 องศาเซลเซียส สูงสุดที่ 800 องศาเซลเซียส สำหรับค่าปริมาณแมงกานีสต่ำกว่าเกณฑ์ประปาดื่มได้ของกรมอนามัยทั้งก่อนและหลังการกรองเช่นเดียวกัน โดยก่อนกรองมีค่าระหว่าง 0.104 - 0.107 มิลลิกรัม/ลิตร หลังการกรองน้ำล้นสุดชั่วโมงที่ 4 พบแมงกานีสมีค่าอยู่ระหว่าง 0.029 - 0.091 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าประสิทธิภาพการกรองมีค่าระหว่างร้อยละ 14.95-72.12 ค่าต่ำสุดที่ 1,100 องศาเซลเซียส สูงสุดที่ 800 องศาเซลเซียส ค่าปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรีย จากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำตามสภาพธรรมชาติก่อนการกรองพบว่ามีปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียมีค่า 540 - 1,600 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร สูงกว่าเกณฑ์ประปาดื่มได้ของกรมอนามัย หลังการกรองน้ำล้นสุดชั่วโมงที่ 4 พบว่าไส้กรองเซรามิกเนื้อดินเผาสามารถกำจัดโคลิฟอร์มแบคทีเรียได้เหลือค่าระหว่าง <1.8-46 เอ็มพีเอ็น/ 100 มิลลิลิตร ประสิทธิภาพการกรองมีค่าใกล้เคียงกันโดยมีค่าระหว่าง ร้อยละ 96.94-99.88 ค่าต่ำสุดที่ 800 องศาเซลเซียส สูงสุดที่ 900 องศาเซลเซียส เฉพาะไส้กรองเซรามิกเนื้อดินเผาที่ 1,100 องศาเซลเซียส สามารถกำจัดโคลิฟอร์มแบคทีเรียได้ดีจนมีระดับต่ำกว่าเกณฑ์ประปาดื่มได้ของกรมอนามัยส่วนค่าพีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ในสภาพน้ำธรรมชาติก่อนเข้าระบบกรองมีค่าระหว่าง 350 - 920 เอ็มพีเอ็น/ 100 มิลลิลิตร มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ประปาดื่มได้ของกรมอนามัย หลังการกรองน้ำล้นสุดชั่วโมงที่ 4 พบว่า ไส้กรองสามารถกำจัดพีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียได้ค่าระหว่าง < 1.8 - 7.8 เอ็มพีเอ็น/100 มิลลิลิตร ค่าประสิทธิภาพการกรองมีค่าใกล้เคียงกันโดยมีค่าระหว่าง ร้อยละ 99.15-99.80

ค่าต่ำสุดที่ 800 องศาเซลเซียส สูงสุดที่ 900 องศาเซลเซียส เฉพาะไส้กรองเซรามิกเนื้อดินเผาที่ 900 และ 1,100 สามารถกำจัดโคลิฟอร์มแบคทีเรียได้ดีมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ประปาดื่มได้ของกรมอนามัย

จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการกรองแคดเมียม คณะผู้วิจัยได้เตรียมสารละลายแคดเมียมไนเตรท เข้มข้น 0.05 พีพีเอ็ม ในน้ำ 100 ลิตร ผสมในถังกวนเพื่อสูบจ่ายทดสอบผลตามเวลาการกรองสารละลาย แคดเมียม ในน้ำผ่านไส้กรองเซรามิกเนื้อดินเผาที่อุณหภูมิแตกต่างกันพบว่า ไส้กรองทุกชนิดอุณหภูมิสามารถ กรองแคดเมียมได้ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 3 น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.003 มิลลิกรัม/ลิตร ยกเว้นเวลากรองผ่านชั่วโมงที่ 1 พบเพียงไส้กรองชนิดที่เผาที่ 1,100 องศาเซลเซียส สามารถกรองน้ำปนเปื้อนแคดเมียมได้เท่ากับ <0.002 มิลลิกรัม/ลิตร โดยมีค่าประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับร้อยละ 77.78 กรองแคดเมียมได้ค่าต่ำกว่าเกณฑ์ประปาดื่มได้ของกรมอนามัย

จากตารางที่ 2 มีการการนำตัวอย่างไส้กรองเซรามิกเนื้อดินเผาหลังการกรองน้ำตรวจวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดศึกษาลักษณะทางกายภาพพื้นผิวและขนาดรูพรุนผลวิเคราะห์ พบว่าลักษณะทางกายภาพแสดงพื้นที่ผิวหน้าและพื้นผิวภายในชั้นไส้กรองเซรามิกเนื้อดินเผาที่อุณหภูมิ 800, 900, 1,000 และ 1,100 องศาเซลเซียสพบบริเวณภายในชั้นไส้กรองซึ่งเมื่อผ่านการกรองน้ำเวลา 4 ชั่วโมง บริเวณผิวหน้าไส้กรองมีปริมาณสารละลายตกค้างเคลือบอยู่ด้านนอกและบริเวณด้านในชั้นกรองมีปริมาณสารละลายถูกดูดติดอยู่ชั้นภายในเมื่อวิเคราะห์องค์

ตารางที่ 2 สัดส่วนการดูดติดธาตุแคดเมียมและเหล็กของพื้นที่ผิวไส้กรองเซรามิกเนื้อดินเผาที่อุณหภูมิต่าง ๆ (ร้อยละ)

ธาตุ	800 °C		900 °C		1,000 °C		1,100 °C	
	นอก	ใน	นอก	ใน	นอก	ใน	นอก	ใน
แคดเมียม	5.44	2.62	2.46	5.19	3.65	5.27	1.97	3.31
เหล็ก	48.43	7.61	54.36	10.83	60.41	8.83	24.38	9.70

ประกอบธาตุทางเคมีพบว่าบริเวณผิวหน้าไส้กรองตรวจพบแคดเมียมระหว่าง ร้อยละ 1.97-5.44 และเหล็กระหว่าง ร้อยละ 24.38-60.41 และบริเวณภายในชั้นกรองตรวจพบแคดเมียม ระหว่างร้อยละ 2.62- 5.27 และเหล็กร้อยละ 7.61-10.83 แสดงให้เห็นว่า ไส้กรองเซรามิก เนื้อดินเผาที่อุณหภูมิต่าง ๆ ข้างต้นมีความสามารถในการดูดติดสารแคดเมียมและเหล็ก

วิจารณ์

ดินเหนียวชุดดินท่าเรือที่นำมาวิจัยเป็นดินที่มีคุณสมบัติค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคดเมียมสูงกว่าดินชนิดอื่น ๆ โดยค่าความจุที่วัดได้ในครั้งนี้เท่ากับ 25.64 ซีโมล/กิโลกรัม ซึ่งถือได้ว่าอยู่ในระดับสูง กล่าวคืออยู่ในช่วงความจุการแลกเปลี่ยนอออนประเภทดินร่วนปนดินเหนียวซึ่งมีค่าความจุระหว่าง 15 - 30 ซีโมล/กิโลกรัม⁽¹³⁾ จึงมีความเหมาะสมในการนำมาเป็นตัวดูดซับสารแคดเมียมในน้ำ สำหรับส่วนผสมตาม สูตรที่ได้รับการคัดเลือกจากการศึกษาในครั้งนี้คือสูตร ชุดดินท่าเรือ : อนุมินา : โดโลไมท์ อัตราเท่ากับ 60 : 30 : 10 และผงถ่านกัมมันต์เพิ่มร้อยละ 20 เผาที่อุณหภูมิ 800, 900, 1,000 และ 1,100 องศาเซลเซียส พบว่ามีความเหมาะสม เนื่องจากมีค่าความแข็งแรงและค่าร้อยละการ ดูดซึมน้ำสูงกว่าสูตรอื่น ๆ เฉพาะชนิด เผาที่ 900 องศาเซลเซียส พบค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่าการศึกษาของนิวัตรพัฒนะ⁽¹⁴⁾ รวมทั้งค่าความ แข็งแรงและอัตราการไหลของน้ำก็มีค่าสูงกว่าสูตรอื่น ๆ สำหรับเนื้อดินชนิดเผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส มีค่าความแข็งแรงและรับแรงกดได้ดี มีอัตราการกรองน้ำ เฉลี่ย 118 ลิตร/ชั่วโมง สูงกว่าค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไส้กรองความจุเครื่องกรองน้ำเซรามิกเลขที่ มอก. 1420-2540 ส่วนผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำหลังการกรองสิ้นสุด ชั่วโมงที่ 4 ซึ่งเป็นระยะดูดติดคงที่พบว่าไส้กรองทุกชนิดอุณหภูมิ เผาสามารถกรองสนิมเหล็กได้ สอดคล้องกับการศึกษาของพนมศักดิ์ สุวิสุทธิ⁽¹⁵⁾ สำหรับค่าประสิทธิภาพการกรองได้สูงสุดถึง ร้อยละ 100.00 มี

ค่าสูงกว่าการศึกษาของไซดอม ชูย และเชียรอง ฮวง⁽¹⁶⁾ โดยการกรองครั้งนี้ ทั้งก่อน-หลังการกรอง ธาตุเหล็กและแมงกานีสอยู่ในเกณฑ์น้ำบริโภคในชนบท ของกรมอนามัย⁽¹⁷⁾ นอกจากนี้พบว่าเฉพาะไส้กรองชนิดเผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส สามารถกรอง โคลิฟอร์มแบคทีเรีย รวมทั้งไส้กรองชนิดเผาที่ 900 และ 1,100 องศาเซลเซียส สามารถกรอง พีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียได้ตามเกณฑ์น้ำบริโภคชนบทกรมอนามัย สำหรับประสิทธิภาพในการกรองสาร แคดเมียมพบเพียงไส้กรองชนิดเผาที่ 1,100 องศาเซลเซียส มีประสิทธิภาพในการกรองแคดเมียม ได้ตามเกณฑ์น้ำบริโภคชนบทกรมอนามัยตั้งแต่ชั่วโมงแรกของการกรอง สอดคล้องกับผลตรวจวิเคราะห์ ผิวหน้าไส้กรองเซรามิก เนื้อดินเผาทุกชนิดอุณหภูมิเผา ที่พบสารแคดเมียมบริเวณผิวหน้าและภายในชั้นกรอง แสดงให้เห็นว่าไส้กรองชุดนี้สามารถดูดติดหรือกรองสารละลายแคดเมียมได้

สรุปได้ว่าไส้กรองเซรามิกเนื้อดินเผาที่อุณหภูมิแตกต่างกันมีประสิทธิภาพการกรองความขุ่น เหล็ก แมงกานีส โคลิฟอร์มแบคทีเรีย และพีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรียได้แตกต่างกัน โดยชนิดเผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส มีประสิทธิภาพการกรองน้ำสารละลายแคดเมียมได้สูงสุด และสามารถกรองความขุ่น เหล็ก แมงกานีส โคลิฟอร์มแบคทีเรีย พีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และสารแคดเมียมได้ตามเกณฑ์น้ำบริโภคชนบท กรมอนามัย

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาสูตรสัดส่วนผสมที่หลากหลายของไส้กรองเซรามิกเนื้อดินเผาสามารถดูดติดสารละลายแคดเมียมในน้ำได้อย่างไร
2. ควรศึกษาร่วมกับสารกรองชนิดอื่นเพื่อกำจัดความกระด้าง กลิ่น ปริมาณสารตัวทำลายระเหยง่าย (VOC) โลหะหนักชนิดอื่น และพีคัลโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เพื่อสร้างความเชื่อมั่นของผู้บริโภค

3. ควรศึกษารูปแบบทางกายภาพของที่กรองน้ำที่มีประสิทธิภาพและชาวบ้านพึงพอใจ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย ขอขอบคุณ คณะกรรมการจริยธรรม กรมควบคุมโรคที่พิจารณาอนุมัติให้ดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และอาจารย์จุมพฏ พงศ์ศักดิ์ศรี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่ปรึกษาโครงการวิจัย และขอขอบคุณ ดร.นายแพทย์ศักดิ์ชัย ไชยมหาพฤกษ์ ผู้อำนวยการสำนักงานป้องกัน ควบคุมโรคที่ 9 พิษณุโลก ที่ให้การส่งเสริม สนับสนุนการวิจัยอย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

1. วิลาวัลย์ จึงประเสริฐ, สุรจิต สุนทรธรรม. อาชีวเวชศาสตร์ ฉบับพิเศษ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : ไชเบอร์เพลส; 2542.
2. พิมพ์ เรียงวัฒนา, ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์, เคมีสภาวะแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์; 2540.
3. Jarup L. In hazards of heavy metal contamination. London : Chemistry technology biotechnology; 1998; 68:167-82.
4. Department of Medical Science. Cadmium contamination in Mae Sod Tak [online] 2008 [cited 2009 Aug 30]; Available from: URL : http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic/a_tx_21_002.c.asp?info_id=258.
5. Pisuttikul K. The kidney problems after Cadmium contamination [online] 2004 [cited 2009 Aug 30]; Available from: URL : <http://www.chinaview.cn.accessed>.
6. สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 9 พิษณุโลก. สรุปผลการเฝ้าระวังป้องกันควบคุมโรคจากการ ประกอบอาชีพ และสิ่ง-

7. วัตถุประสงค์ พิมพ์; 2548.
7. สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 9 พิษณุโลก. สรุปผลการเฝ้าระวังป้องกันควบคุมโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม. พิษณุโลก: มงคลการพิมพ์; 2552.
8. WHO. Water sanitation [online] 2009 [cited 2012 Aug 10]; Available from: URL: http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/9789241548151_ch08.pdf
9. โรจน์ คุณอนก. การศึกษาเบื้องต้นในการใช้ดินเหนียวบำบัดน้ำเสียที่มีโลหะหนักเจือปน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2546;12:43-48.
10. สถาบันคลังความรู้สู่ความเป็นเลิศ. ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก [online] 2009 [cited 2009 Nov 13]; Available from: URL : <http://www.scimath.org/index.php/socialnetwork/groups/viewbulletin/6501?groupid=178>.
11. ปันณวัฒน์ หมี่คุ้ม. การดูดซับตะกั่วและแคดเมียมในน้ำเสียโดยใช้ดินที่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว : ผลของความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินและความเป็นกรด-ด่าง ของสารละลายต่อการดูดซับตะกั่วและแคดเมียมที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, บัณฑิตวิทยาลัย. พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร; 2545.
12. สิทธิศักดิ์ ลัมสาลา. การบำบัดตะกั่วและแคดเมียมที่ปนเปื้อนในน้ำดิบโดยการตีควนกับดินเหนียว : บัณฑิตวิทยาลัย. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร; 2546.
13. Wilailuke Univercity. สมบัติทางเคมีของดิน [online] 2009 [cited 2009 Nov 13]; Available from: URL : <http://www.wu.ac.th/msomsak/Soil/Lecture/.../SurfaceCharge>
14. นิวัตร พัฒนะ. ไส้กรองน้ำเซรามิกส์ : เทคโนโลยีอุตสาหกรรม. พิษณุโลก : สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม; 2543.
15. พนมศักดิ์ สุวิสุทธิ. ประสิทธิภาพไส้กรองเซรามิก: เทคโนโลยีอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร: สถาบันราชภัฏพระนคร; 2545.
16. Xiadong S, Xiaorong H. การตรวจสอบคุณสมบัติของไส้กรองเซรามิก. กรุงเทพมหานคร: 2546
17. C-FORMTH.CO.,LTD. เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภค[online] 2009 [cited 2009 Aug 30]; Available from: URL : <http://www.c-formth.com/index.asp?catid=1&contentID=10000004>

Abstract **Effectiveness of Household Ceramic Water Filters for the Cadmium Contamination Area in Mae Sot, Tak**

Virat Prawantao, Winai Thongchub, Gobchok Wuthichotwanichgij

The Office of Disease Prevention and Control at 9th Phitsanulok

Journal of Health Science **2012; 21:122-30.**

This experimental research was aimed at comparing effectiveness of ion exchange and adsorption water filters that made of ceramic fired at 4 different burning temperatures. In order to make filters, Tha Rua soil series was mixed with alumina, dolomite at the ratio of 60 : 30 : 10 and 20 percent activated carbon was added. The compositions were molded and burned at 4 different temperatures; 800 °C, 900 °C, 1,000 °C and 1,100 °C. Filtered water was tested for physical, chemical, biological quality. Bending strength test results of the filters were 2.7, 2.3, 2.3 and 2.0 while percentage of adsorption were 29.92, 39.39, 33.96, and 33.56, respectively. The burned ceramic type at 1,100 °C filter had highest flow rate of 118 liters per hour while that of the other types were 75, 62 and 31 respectively. Meanwhile, all types could reduce turbidity, ferric, and manganese to below limits. The ceramic type fired at 1,100 °C filter was the only filter that could reduce coliform bacteria and cadmium down to less than drinking water standard, for cadmium could be separated onward in the first hour. This capacity agreed with surface Cd and Fe tests which were analyzed by Energy Dispersive X-ray Spectrometer (SEM/EDS). In conclusion, the ceramic water filter made at 1,100 °C could be used to reduce cadmium in household affected by environmental cadmium contamination.

Key words: **ceramic water filter, cadmium contamination, Tha Rua soil series**