

การผลิตไส้กรองจากเถ้าลอยเพื่อกำจัดเหล็กในน้ำบาดาล

PRODUCTION OF FLY ASH FILTER FOR IRON REMOVAL IN GROUNDWATER

รอมสัน หมาดมานัง*, สะอูดี มะประสิทธิ์, นฤมล ทองมาก, ปิยะรักษ์ ประดับเพชรรัตน์,
สิทธิพงศ์ สาธะวงศ์, รัชดา บุญแก้ว

Romsan Madmanang*, Saudee Maprasit, Narumol Thongmak, Piyaruk Pradabphetrat,
Sidhipong Sathawong, Rachada Boonkaew

คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University.

*Corresponding author, e-mail: romsan.mad@yru.ac.th

Received: 14 September 2021; **Revised:** 5 August 2022; **Accepted:** 20 September 2022

บทคัดย่อ

เถ้าลอยเป็นวัสดุที่มีศักยภาพในการกำจัดเหล็ก เนื่องจากประกอบด้วยออกไซด์ของซิลิกาและอะลูมิเนียม ซึ่งเมื่อสัมผัสกับน้ำจะเกิดประจุลบ และจะดึงดูดประจุบวกของไอออนโลหะหนักไปที่ตำแหน่งดูดซับ อีกทั้งการดัดแปลงสารกรองด้วยด้วย KMnO_4 จะส่งผลให้สารกรองมีพื้นที่ผิวมากขึ้นในการกำจัดเหล็ก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสารดูดซับสนิมเหล็ก และประสิทธิภาพในการลดปริมาณเหล็กในน้ำบาดาลโดยใช้เถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าชีวมวล ซึ่งทำการศึกษาสารกรอง 2 รูปแบบ คือ สารกรองที่ไม่ผ่านการเผา และผ่านการเผา (500°C) โดยทุกชุดการทดลองนำเถ้าลอยแช่ที่ความเข้มข้น 0% 1% 3% 5% 7% และ 9% w/v ของ KMnO_4 เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นทำให้แห้งโดยการให้ความร้อนเถ้าลอยด้วยเตาแก๊ส ผลการศึกษากการพัฒนาสารกรอง พบว่าปริมาณเหล็กในน้ำหลังผ่านสารกรองทุกความเข้มข้นของ KMnO_4 มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการกรองที่เพิ่มขึ้น โดยสารกรองที่ผ่านการเผามีการซึมผ่านของน้ำได้ดีกว่าสารกรองที่ไม่ผ่านการเผา และจากการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กในน้ำบาดาล เมื่อเปรียบเทียบกับที่ประสิทธิภาพการกำจัด 50% พบว่าสารกรองที่ผ่านการเผาทุกชุดการทดลองใช้ระยะเวลาในการกำจัดเหล็กในน้ำได้เร็วกว่าสารกรองที่ไม่ผ่านการเผา โดยสารกรองที่ความเข้มข้น 0% KMnO_4 สามารถลดปริมาณเหล็กในน้ำจาก 0.69 mg/L เหลือ 0.25 mg/L ภายในเวลา 1 ชั่วโมง ในขณะที่สารกรองที่ไม่ผ่านการเผาใช้ระยะเวลา 3 ชั่วโมง ซึ่งปริมาณเหล็กที่เหลืออยู่ในน้ำหลังผ่านสารกรองมีค่าผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภคขององค์การอนามัยโลก และเมื่อพิจารณาค่า pH พบว่า pH มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการกรองที่เพิ่มขึ้น และมีค่าผ่านเกณฑ์อนุโลมสูงสุดของเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล

คำสำคัญ: เถ้าลอย; สนิมเหล็ก; น้ำบาดาล

Abstract

Fly ash is a potential material for iron removal because it contains oxides of silicate and aluminum, when in contact with water molecules develop anions and attract the cations of heavy metal ions to the adsorption site. Moreover, the modification of the filter with KMnO_4 resulted in a higher surface area for iron removal. The aim of this research was to study the development of iron adsorbent and efficiency to reduce iron content in groundwater by using fly ash from biomass power plants. Two types of filter media were studied, namely, no burning and burning (500°C). All experiments, the fly ash was soaked at a concentration of 0%, 1%, 3%, 5%, 7% and 9% w/v of KMnO_4 for 12 hours, then dried by heating the fly ash with a gas stove. Result of filter development was found that all concentrations of KMnO_4 , the iron content after the filtration tended to decrease with increasing filtration time, which the burning filter media had better water permeability than the no burning filter media. The study of iron removal efficiency in groundwater was revealed that all experiments of burning filter media were faster filtering time than no burning filter media when comparing at 50% of iron removal efficiency. The 0% KMnO_4 concentration of burning filter media could reduce iron content in water from 0.69 mg/L to 0.25 mg/L within 1 hour, which passed the World Health Organization's Standard for drinking water quality while the no burning filter media took 3 hours. When considering the pH, it was shown that the pH increased with the increasing of filtering time and passed the highest approval criteria of the groundwater quality standard for consumption by the Department of Groundwater Resources.

Keywords: Fly Ash; Iron; Groundwater

บทนำ

น้ำบาดาลเป็นหนึ่งในแหล่งน้ำสำคัญสำหรับการอุปโภคบริโภค ซึ่งเป็นน้ำที่เกิดจากการซึมผ่านชั้นดินชั้นหินลงสู่ชั้นใต้ดิน โดยหนึ่งในองค์ประกอบที่สำคัญของน้ำบาดาล คือ ธาตุเหล็ก ซึ่งเหล็กเป็นโลหะที่มีปริมาณมากเป็นอันดับสองในเปลือกโลก ดังนั้นจึงเป็นองค์ประกอบที่มีทั่วไปในน้ำบาดาล ซึ่งธาตุเหล็กที่อยู่ในน้ำบาดาลจะอยู่ในรูปละลายน้ำ (Fe^{2+} : Ferrous) และเมื่อสัมผัสกับอากาศจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ (Fe^{3+} : Ferric) และจับตัวเป็นตะกอนเหล็กสีน้ำตาลแดง ธาตุเหล็กที่มีอยู่ในน้ำบาดาลจะทำให้เกิดสีที่รุนแรง ส่งผลให้เกิดคราบสีบนเสื้อผ้า เครื่องใช้ หรือสุขภัณฑ์เกิดการตกตะกอนและอุดตันในท่อจ่ายน้ำ เกิดรสและกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ ซึ่งองค์การอนามัยโลก (WHO) ได้กำหนดให้ความเข้มข้นของธาตุเหล็กในน้ำดื่มควรน้อยกว่า 0.3 mg/L [1-2] ดังนั้นการที่จะนำน้ำบาดาลมาใช้งานอุปโภคและบริโภคนั้น ควรที่จะมีวิธีการกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำออกก่อนเพื่อให้ให้น้ำนั้นสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และไม่ส่งผลเสียต่อผู้ใช้งาน

การกำจัดค่าเหล็กในน้ำบาดาลให้เป็นไปตามที่มาตรฐานกำหนดมีหลายวิธีการที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ เช่น กระบวนการออกซิเดชัน การตกตะกอน การกรอง การใช้ปูนขาว การแลกเปลี่ยนไอออน และกระบวนการเมมเบรน เป็นต้น [1] นอกจากกระบวนการดังกล่าวข้างต้น กระบวนการดูดซับโดยใช้ถ่านกัมมันต์ ดินเหนียว และซีโอไลต์ เป็นหนึ่งในกระบวนการที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็ก [3] นอกจากวัสดุดังกล่าวข้างต้น ถ่านหั้ว ถ่านลว และเบนโทไนท์ เป็นวัสดุที่มีศักยภาพในการกำจัดเหล็ก เนื่องจากวัสดุดังกล่าวส่วนใหญ่ประกอบด้วยออกไซด์ของซิลิกาและอะลูมิเนียม ซึ่งเมื่อสัมผัสกับน้ำจะเกิดประจุลบ และจะดึงดูดประจุบวกของ

ไอออนโลหะหนักไปที่ตำแหน่งดูดซับ ซึ่งถั่วลอยที่เป็นตัวสามารถทำหน้าที่เป็นสารคงตัวหรือสารยึดเกาะสำหรับการตรึงโลหะหนักและธาตุอาหารที่มีอยู่ในของเสียอันตรายและของเสียอันตรายได้ [4-5]

ถั่วลอยเป็นวัสดุเหลือใช้ที่เกิดขึ้นเป็นจำนวนมากจากการเผาไหม้ถ่านหินหรือชีวมวลในการกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าจะก่อให้เกิดถั่วลอยสูงถึง 80-95% ของปริมาณถั่วที่เกิดขึ้นทั้งหมด [6] ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงมุ่งเน้นไปที่การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดเหล็กในน้ำบาดาลด้วยถั่วลอยที่เป็นวัสดุเหลือใช้และมีปริมาณมากในพื้นที่มาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยนำถั่วลอยมาผ่านการดัดแปลงด้วย KMnO_4 ซึ่งจากงานวิจัยของ Xuwen et al. [7] แสดงให้เห็นว่า การใช้ KMnO_4 ในการดัดแปลงทรายกรองสนิมเหล็ก หรือ Manganese Sand ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กและแมงกานีสดีกว่าทรายกรองสนิมเหล็กที่ไม่ผ่านการดัดแปลงด้วย KMnO_4 และพบว่าทรายกรองสนิมเหล็กที่ผ่านการดัดแปลงด้วย KMnO_4 มีพื้นที่ผิวมากกว่าซึ่งเอื้อต่อการกำจัดเหล็กและแมงกานีส

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาสารดูดซับสนิมเหล็กในน้ำบาดาลที่ผลิตจากถั่วลอยที่ผ่านการดัดแปลงด้วย KMnO_4 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการลดปริมาณเหล็กในน้ำบาดาลด้วยไส้กรองที่ผลิตจากถั่วลอยผ่านการดัดแปลงด้วย KMnO_4 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1) ดำเนินการเก็บถั่วลอยจากโรงไฟฟ้าชีวมวล ตำบลพร่อน อำเภอเมือง จังหวัดยะลา เพื่อเตรียมเป็นสารดูดซับสนิมเหล็กในน้ำ โดยดำเนินการร่อนคัดแยกสิ่งปนเปื้อนออกจากถั่วลอยด้วยตะแกรงขนาด 1 mm ล้างถั่วลอยที่ผ่านการร่อน (ถั่วลอยที่มีขนาดเล็กกว่า 1 mm) ด้วยน้ำประปาจนกระทั่งค่า pH อยู่ในช่วง 8.00 ± 0.50 เพื่อเตรียมใช้ในขั้นตอนต่อไป

2) ดำเนินการเตรียมสารกรองสำหรับเครื่องกรองน้ำ โดยนำถั่วลอยที่เตรียมในขั้นตอนที่ 1) แช่ลงในต่างทับทิม (Potassium permanganate: KMnO_4) โดยแช่ถั่วลอย 1L ($465 \pm 12\text{g}$) ลงในต่างทับทิม 1L ที่ความเข้มข้นต่างกัน คือ 0% w/v (ถั่วลอยที่ไม่ผ่านการดัดแปลงด้วย KMnO_4) 1% 3% 5% 7% และ 9% w/v ของ KMnO_4 เป็นเวลา 12 hr [7] จากนั้นให้ความร้อนถั่วลอยด้วยเตาแก๊ส โดยให้ความร้อนอย่างต่อเนื่อง และคนจนกระทั่งแห้ง

3) นำสารกรองที่เตรียมไว้ในขั้นตอนที่ 2) จำนวน 0.3 L บรรจุลงในท่อกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 cm สูง 24.5 cm ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 สารกรองที่บรรจุลงในท่อกรองที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของ KMnO_4

4) ดำเนินการติดตั้งเครื่องกรองน้ำ ดังภาพที่ 2 ซึ่งใช้น้ำบาดาลภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลาเป็นน้ำตัวอย่างในการทดลอง และควบคุมอัตราการกรองโดยควบคุมวาล์วน้ำเข้า กำหนดอัตราการกรองเริ่มต้นที่ $10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hr}$ [8] เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดเหล็กของสารกรองที่เตรียม ผ่านการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กที่ละลายอยู่ในน้ำก่อนและหลังผ่านเครื่องกรองน้ำ



ภาพที่ 2 ชุดเครื่องกรองน้ำในการวิจัย

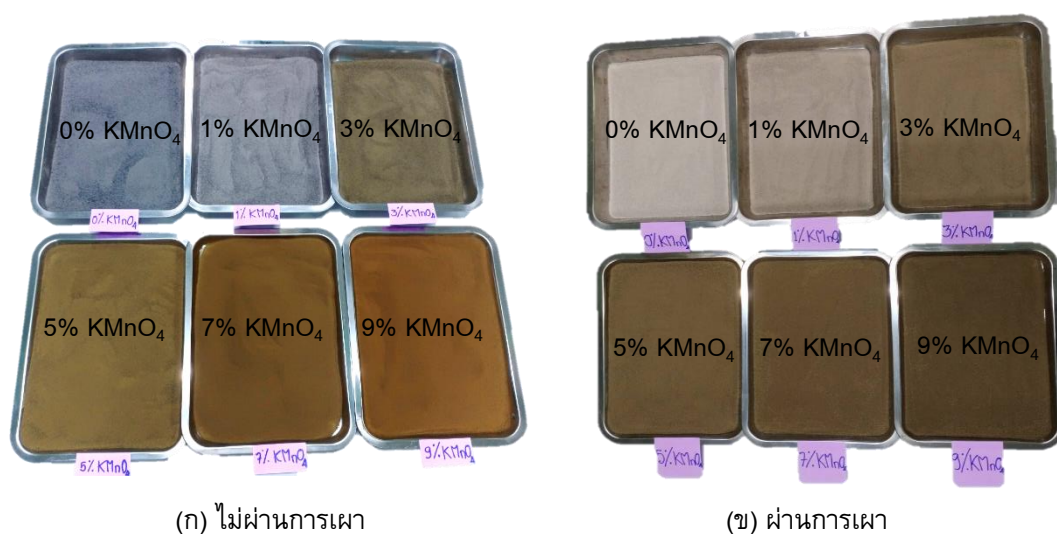
5) วัดค่าความเข้มข้นของปริมาณเหล็กที่ผ่านออกจากเครื่องกรองน้ำทุก ๆ 1 ชั่วโมงเป็นเวลา 12 ชั่วโมง โดยใช้เครื่องวัดปริมาณสารละลายเหล็กในน้ำ Colorimeter Hanna USA รุ่น HI721 ซึ่งน้ำตัวอย่างทุกชุดการทดลองจะถูกกรองเพื่อกำจัดอนุภาคแขวนลอยที่อาจส่งผลการวิเคราะห์สารละลายเหล็ก พร้อมทั้งติดตามค่า pH ของน้ำที่ผ่านออกจากเครื่องกรองน้ำ

6) ดำเนินการตามขั้นตอนที่ 2) ถึง ขั้นตอนที่ 5) อีกครั้ง แต่ในขั้นตอนที่ 2) นำสารกรองทุกความเข้มข้นไปเผาที่อุณหภูมิ 500°C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง [9] จากนั้นนำผลการทดลองทั้ง 2 ชุดการทดลองมาเปรียบเทียบกัน เพื่อหาประสิทธิภาพของสารกรอง

ผลการวิจัย

1. การพัฒนาสารดูดซับสนิมเหล็กในน้ำบาดาล

สารกรองสำหรับเครื่องกรองน้ำที่ดำเนินการเตรียมจากถ้ำลอยที่ผ่านการดัดแปลงด้วย KMnO_4 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ถ้ำลอยที่ได้จากกระบวนการดัดแปลงด้วย KMnO_4 แสดงดังภาพที่ 3 (ก) ซึ่งเป็นถ้ำลอยที่ไม่ผ่านการเผา และภาพที่ 3 (ข) คือ สารกรองทุกความเข้มข้นที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 500°C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดสารเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์ที่บริเวณผิวของถ้ำลอย ซึ่งสารกรองที่เคลือบผิวด้วยแมงกานีสไดออกไซด์เป็นอีกทางเลือกที่นิยมใช้ในการแยกสนิมเหล็กออกจากน้ำ ซึ่งวิธีการที่ทำให้เกิดสารเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์ คือ การเผาละลายตัวสาร KMnO_4 อีกทั้งสารแมงกานีสไดออกไซด์เป็นหนึ่งในสารเคมีที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับเหล็กเพื่อเปลี่ยนเหล็กเฟอร์รัส (Fe^{2+}) ที่ละลายน้ำ ให้เป็นเหล็กเฟอร์ริก (Fe^{3+}) ที่ตกผลึกได้ง่ายกว่า และการใช้สารกรองที่เคลือบผิวด้วยแมงกานีสไดออกไซด์ เป็นวิธีการที่สะดวก ไม่ยุ่งยากซับซ้อน [9]



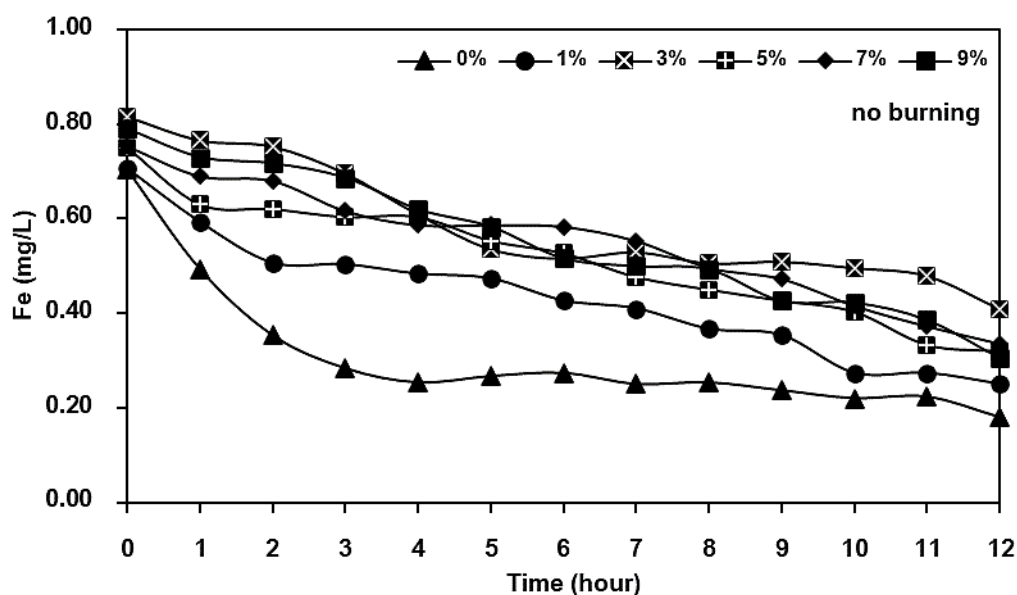
ภาพที่ 3 แก้วลอมที่ปริมาณความเข้มข้นต่าง ๆ ของ KMnO_4

2. ประสิทธิภาพการกำจัดปริมาณเหล็กในน้ำบาดาล

เมื่อติดตั้งเครื่องกรองน้ำที่บรรจุสารกรอง 2 รูปแบบ คือ สารกรองที่ไม่ผ่านการเผา และสารกรองที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 500°C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของ KMnO_4 และควบคุมอัตราการกรองโดยควบคุมวาล์วน้ำเข้า เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดเหล็กของสารกรองที่เตรียมผ่านการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กที่ละลายน้ำก่อนและหลังผ่านเครื่องกรองน้ำ ผลการวิจัยดังนี้

2.1 สารกรองที่ไม่ผ่านการเผา

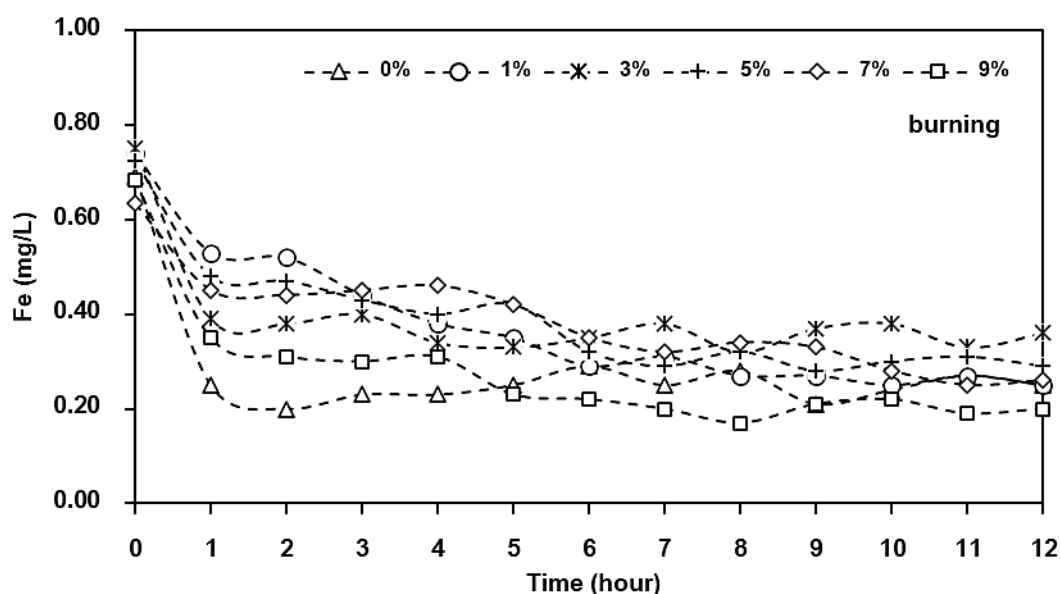
ผลการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดเหล็กผ่านการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กที่ละลายน้ำก่อนและหลังผ่านสารกรองที่ไม่ผ่านการเผา ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของ KMnO_4 แสดงดังภาพที่ 4 พบว่าปริมาณเหล็กหลังผ่านสารกรองน้ำทุกความเข้มข้นของ KMnO_4 มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการกรองที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจากภาพจะเห็นได้ว่าปริมาณเหล็กหลังผ่านสารกรองน้ำที่ความเข้มข้นของ 0% KMnO_4 ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะลดลงเล็กน้อย ตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น โดยลดลงจาก $0.70 \pm 0.01 \text{ mg/L}$ เหลือ $0.28 \pm 0.03 \text{ mg/L}$ และเมื่อเดินระบบกรองต่อเนื่อง พบว่าน้ำที่ผ่านสารกรองของชั่วโมงที่ 12 มีปริมาณเหล็กเท่ากับ $0.18 \pm 0.02 \text{ mg/L}$ ในขณะที่ค่า pH ตลอดการทดลอง 12 ชั่วโมง พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยอยู่ในช่วง 6.56 ± 0.03 ถึง 6.73 ± 0.01 (pH น้ำเข้าระบบกรอง เท่ากับ 5.42 ± 0.03)



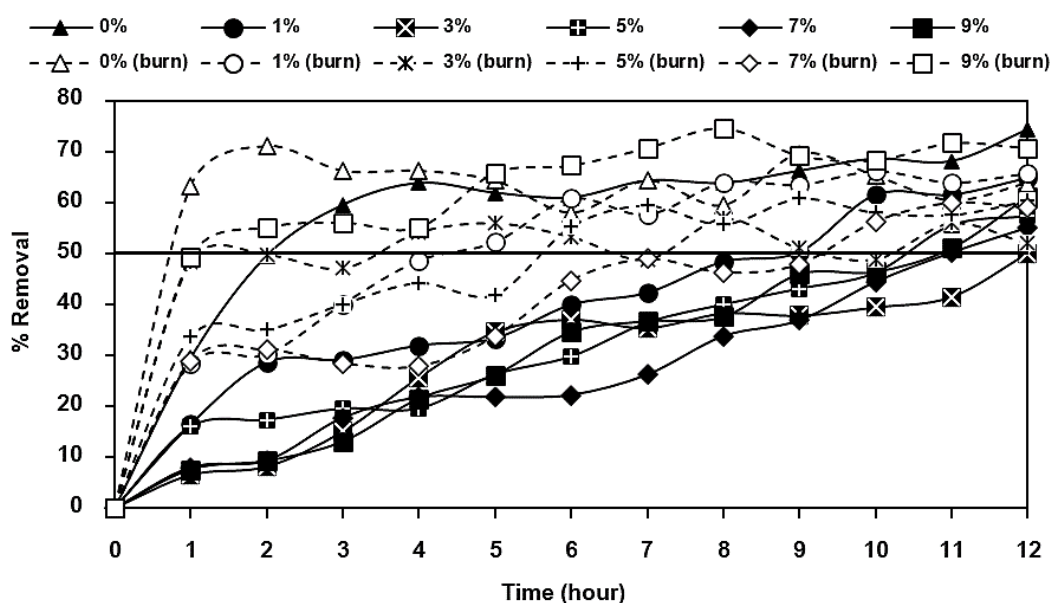
ภาพที่ 4 ปริมาณเหล็กหลังผ่านสารกรองน้ำ (ไม่ผ่านการเผา) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของ KMnO_4

2.2 สารกรองที่ผ่านการเผา

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดเหล็กผ่านการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กที่ละลายน้ำก่อนและหลังผ่านสารกรองที่ผ่านการเผา ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของ KMnO_4 แสดงดังภาพที่ 5 พบว่าปริมาณเหล็กหลังผ่านสารกรองน้ำทุกความเข้มข้นของ KMnO_4 มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการกรองที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจากภาพจะเห็นได้ว่าปริมาณเหล็กหลังผ่านสารกรองน้ำที่ความเข้มข้นของ 0% KMnO_4 ลดลงอย่างรวดเร็วใน 1 ชั่วโมงแรก โดยปริมาณเหล็กในน้ำลดลงจาก 0.69 ± 0.01 mg/L เหลือ 0.25 ± 0.02 mg/L ซึ่งมีแนวโน้มคงที่ตลอดระยะเวลาการทดลอง และเมื่อพิจารณาค่า pH จากการเดินระบบกรองต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง พบว่า pH มีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 6.41 ± 0.01 ถึง 6.85 ± 0.02 เมื่อ pH น้ำเข้าระบบกรอง เท่ากับ 5.26 ± 0.01



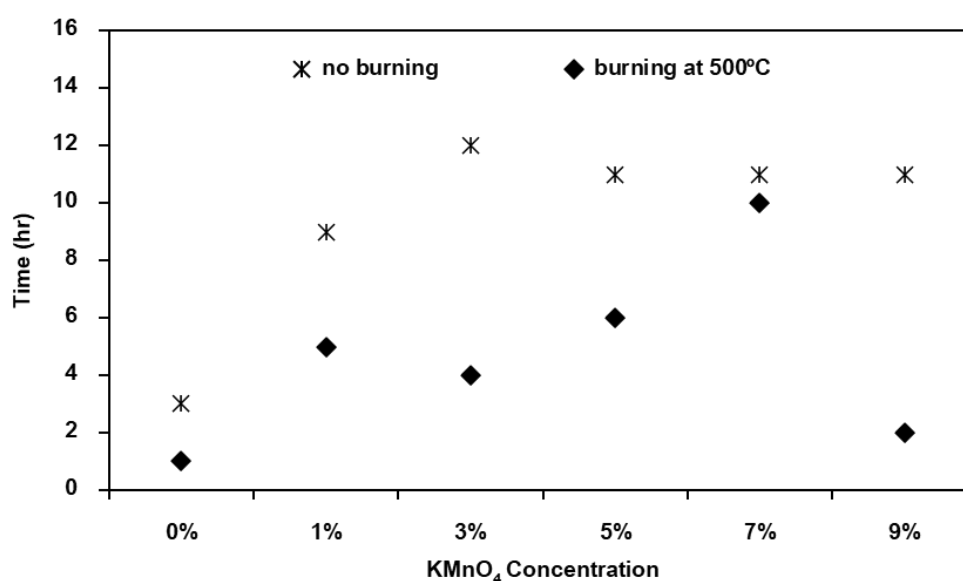
ภาพที่ 5 ปริมาณเหล็กหลังผ่านสารกรองน้ำ (ผ่านการเผา) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของ KMnO_4



ภาพที่ 6 ประสิทธิภาพการกำจัดเหล็กของสารกรองที่ไม่ผ่านการเผาและผ่านการเผา

2.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพสารกรองที่ไม่ผ่านการเผาและผ่านการเผา

เมื่อนำผลการศึกษาของสารกรองที่ไม่ผ่านการเผาและผ่านการเผามาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดเหล็ก พบว่าสารกรองที่ผ่านการเผามีประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กดีกว่าสารกรองที่ไม่ผ่านการเผา เนื่องจากสารกรองที่ผ่านการเผาเกิดการสลายตัวของ KMnO_4 เป็นแมงกานีสไดออกไซด์ ซึ่งทำหน้าที่ออกซิเดชันเหล็กเฟอร์รัส (Fe^{2+}) ให้เป็นเหล็กเฟอร์ริก (Fe^{3+}) [10] ดังแสดงในภาพที่ 6 โดยสารกรองที่ผ่านการเผา ที่ความเข้มข้น 0% KMnO_4 ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กสูงกว่า 50% ตั้งแต่ชั่วโมงแรกของการทดลอง ในขณะที่สารกรองที่ไม่ผ่านการเผาที่ความเข้มข้น 0% KMnO_4 พบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กสูงกว่า 50% ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 2 เป็นต้นไป



ภาพที่ 7 ระยะเวลาการเดินระบบกรองแบบต่อเนื่องที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดเหล็กที่ 50% ของสารกรองที่ไม่ผ่านการเผา และผ่านการเผา

เมื่อพิจารณาผลการศึกษิตตามระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดเหล็กในน้ำที่ 50% ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของ KMnO_4 ของสารกรองที่ไม่ผ่านการเผา และผ่านการเผา ผลการศึกษิตแสดงในภาพที่ 7 ซึ่งให้เห็นว่าสารกรองที่ผ่านการเผาทุกชุดการทดลองใช้ระยะเวลาที่สั้นกว่าสารกรองที่ไม่ผ่านการเผาในการที่ได้ออกซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กได้ 50% เนื่องจากสารกรองที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลาย KMnO_4 และผ่านการเผาจะเกิดการสลายตัวของ KMnO_4 เป็นแมงกานีสไดออกไซด์ ซึ่งเหล็กเฟอร์รัส (Fe^{2+}) จะถูกออกซิไดซ์ให้เป็นเหล็กเฟอร์ริก (Fe^{3+}) [10] จึงส่งผลให้สารกรองที่ผ่านการเผามีประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กได้ดีกว่า และใช้ระยะเวลาน้อยกว่าการใช้สารกรองที่ไม่ผ่านการเผา

สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาการพัฒนาสารกรองสนิมเหล็ก และประสิทธิภาพในการลดปริมาณเหล็กในน้ำบาดาล โดยใช้ถ้ำลอยจากโรงไฟฟ้าชีวมวล ซึ่งทำการศึกษิตสารกรอง 2 รูปแบบ คือ สารกรองที่ไม่ผ่านการเผา และผ่านการเผา (500 °C) ที่ความเข้มข้น 0% 1% 3% 5% 7% และ 9% ของ KMnO_4 พบว่าเมื่อสิ้นสุดการเดินระบบกรอง สารกรองที่ไม่ผ่านการเผา มีลักษณะคล้ายโคลนอุ่มน้ำ น้ำไหลซึมผ่านสารกรองได้ช้า ในขณะที่สารกรองที่ผ่านการเผา พบว่าน้ำไหลซึมผ่านสารกรองได้ดี ไม่มีการอุ่มน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในถ้ำลอยถูกเผาทำลายไป ทำให้คงเหลือเฉพาะในส่วนของสารอินทรีย์ซึ่งเป็นของแข็งคงตัว ซึ่งอาจส่งผลต่อการซึมผ่านของน้ำผ่านสารกรอง ผลการศึกษิตการกำจัดเหล็กผ่านการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กที่ละลายน้ำก่อนและหลังผ่านสารกรอง พบว่า สารกรองที่ผ่านการเผาสามารถกำจัดเหล็กได้ดีกว่าสารกรองที่ไม่ผ่านการเผา เมื่อพิจารณิตเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดเหล็กที่ 50% พบว่าสารกรองที่ผ่านการเผามีประสิทธิภาพในการกำจัดปริมาณเหล็กในน้ำเร็วกว่าสารกรองที่ไม่ผ่านการเผาในทุกความเข้มข้นของ KMnO_4 โดยความเข้มข้น 0% KMnO_4 ทั้ง 2 รูปแบบ เป็นชุดการทดลองที่สามารถกำจัดเหล็กในน้ำบาดาลได้ดีที่สุด ซึ่งสารกรองที่ผ่านการเผาที่ความเข้มข้น 0% KMnO_4 สามารถลดปริมาณเหล็กในน้ำจาก 0.69 mg/L เหลือ 0.25 mg/L ภายในเวลา 1 ชั่วโมง และสารกรองที่ไม่ผ่านการเผาที่ความเข้มข้น 0% KMnO_4 พบว่าใช้เวลา 3 ชั่วโมง ในการลดปริมาณเหล็กในน้ำจาก 0.70 mg/L เหลือ 0.28 mg/L ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่องค์การอนามัยโลก (WHO) กำหนดให้มีในน้ำดื่มได้ คือ ไม่เกิน 0.30 mg/L และมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการบริโภคของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล คือ ไม่เกิน 0.50 mg/L เมื่อพิจารณิตค่า pH พบว่าค่า pH ของน้ำที่ผ่านสารกรองทั้งที่ผ่านการเผา และไม่ผ่านการเผา พบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากในถ้ำลอยมีแร่ธาตุออกไซด์เป็นองค์ประกอบ ดังนั้นเมื่อน้ำผ่านสารกรองจึงเกิดปฏิกิริยาการละลายและปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของแร่ธาตุออกไซด์ที่มีในถ้ำลอย จึงส่งผลให้ค่า pH ของน้ำที่ผ่านสารกรองมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย [11] แต่อย่างไรก็ตามค่า pH ของน้ำที่ผ่านสารกรองในภาพรวมมีค่าอยู่ในเกณฑ์อนุโลมสูงสุด (6.5-9.2) ของเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาลเพื่อการบริโภค ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล [12] นอกจากนี้ พบว่าสารกรองทั้ง 2 รูปแบบ ที่ไม่ผ่านการแช่ด้วยสารละลาย KMnO_4 (0% KMnO_4) ใช้ระยะเวลาในการกำจัดเหล็กในน้ำบาดาลเร็วกว่าทุก ๆ ชุดการทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากในชุดการทดลองที่มีการแช่ด้วยสารละลาย KMnO_4 อาจเกิดการดูดซับของ KMnO_4 บางส่วนบนถ้ำลอย จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพในการดูดซับสารละลายเหล็กลดลง ซึ่งเหตุผลดังกล่าวเป็นไปตาม การศึกษิตอิทธิพลของ KMnO_4 ส่วนเกินต่อการดูดซับผงถ่านกัมมันต์ (Powdered activated carbon, PAC) ซึ่งพบว่า PAC ที่ผ่านการออกซิไดซ์ และไม่ผ่านการออกซิไดซ์มีลักษณะรูปร่างที่คล้ายคลึงกัน แต่ PAC ที่ถูกออกซิไดซ์มีพื้นที่ผิวเฉพาะ ปริมาตรรวมของรูพรุน และรัศมีรูพรุนเฉลี่ยลดลง ทั้งนี้เนื่องจาก KMnO_4 บางส่วนถูกดูดซับและส่งผลให้ PAC บางส่วนสูญเสียความสามารถในการดูดซับ [13]

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ในการสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบบำรุงการศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2564

เอกสารอ้างอิง

- [1] Sharma, S. K., Petrusevski, B., and Schippers, J. C. (2005). Biological iron removal from groundwater: A review. *Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA*, 54(4), 239-247.
- [2] Jusoh, A., Cheng, W. H., Low, W. M., Nora'aini, A., and Noor, M. M. M. (2005). Study on the removal of iron and manganese in groundwater by granular activated carbon. *Desalination*, 182(1-3), 347-353.
- [3] Negris, L., Santos, H. N., Picoloto, R. S., Alves, F. E., Flores, E. M., Santos, M. F., and Vicente, M. A. (2022). Ultrasound-assisted adsorption on porous ceramic for removal of iron in water. *Environmental Technology*, 43(8), 1211-1224.
- [4] Orakwue, E. O., Asokbunyarat, V., Rene, E. R., Lens, P. N., and Annachhatre, A. (2016). Adsorption of Iron(II) from acid mine drainage contaminated groundwater using coal fly ash, coal bottom ash, and bentonite clay. *Water, Air, & Soil Pollution*, 227(3). <https://doi.org/10.1007/s11270-016-2772-8>
- [5] Alinnor, I. J. (2007). Adsorption of heavy metal ions from aqueous solution by fly ash. *Fuel*, 86(5-6), 853-857.
- [6] Dasaesamoh, A., Maming, J., Radeang, N., and Awae, Y. (2011). Physical properties and mechanical properties of para rubber wood fly ash brick. *Journal of Yala Rajabhat University*, 6(1), 25-35.
- [7] Xuwen, H. E., Huimin, Y. A. N. G., and Yong, H. E. (2010). Treatment of mine water high in Fe and Mn by modified manganese sand. *Mining Science and Technology (China)*, 20(4), 571-575.
- [8] Sharma, S. K., Kappelhof, J., Groenendijk, M., Schippers, J. C., and Schippers, J. C. (2001). Comparison of physicochemical iron removal mechanisms in filters. *Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA*, 50(4), 187-198.
- [9] Thaneerat, C. (1998). *Preparation of manganese dioxide coating filter to remove iron in groundwater*. Department of Science Service, Ministry of Science, Technology and Environment.
- [10] Thaneerat, C. (2005). Preparation of manganese dioxide coating filter to remove iron in groundwater. *Ceramics Journal*, 20, 44-45.
- [11] Komonweeraket, K., Cetin, B., Aydilek, A. H., Benson, C. H., and Edil, T. B. (2015). Effects of pH on the leaching mechanisms of elements from fly ash mixed soils. *Fuel*, 140, 788-802.
- [12] Bureau of Groundwater Resources Region 8. (2021). *Water quality standard for consumption*. Retrieved from <http://www.dgr.go.th/bgr8/th/download/371>
- [13] Zhang, Y., Wang, Y., and Zhou, L. (2013). Influence of excess KMnO_4 on the adsorption of powdered activated carbon. *Chemical engineering journal*, 226, 279-285.