

ความสามารถในการกำจัดโลหะ และโลหะหนัก จากน้ำบาดาลของถ่านกัมมันต์จากทางปาล์ม

Ability to Remove Metals and Heavy Metals from Groundwater of Activated Carbon from Palm Frond

สุนารี บดีพงษ์^{1*} พลชัย ขาวนวล² และนพดล โพยก่ำเหิน²

Sunaree Bordeepong^{1*}, Palachai Khaonuan² and Noppadon Podkumnerd²

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดปัตตานี

¹ Department of Science, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani

²สาขาศึกษาทั่วไป คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา

²Department of General Education, Faculty of Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla

*Corresponding author Email: sunaree.b@psu.ac.th

บทคัดย่อภาษาไทย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพน้ำบาดาลพื้นที่ ต.บางเขียด อ.สิงหนคร จ.สงขลา ก่อนและหลังการกรองด้วยถ่านกัมมันต์จากทางปาล์ม โดยเตรียมถ่านกัมมันต์จากถ่านทางปาล์ม แล้วนำมากระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริก เข้มข้น 85% เวลาในการกระตุ้น 6 ชั่วโมง อุณหภูมิ 400 °C อัตราส่วนโดยมวลของถ่านต่อปริมาตรกรดฟอสฟอริกเท่ากับ 1 : 3 และนำไปทดสอบการกรองน้ำบาดาล ผลการทดสอบในน้ำก่อนกรองความเข้มข้นของ Fe ในแหล่งน้ำ A และ B ต่ำกว่าค่าเกณฑ์อนุโลมสูงสุด (1.0 mg/L) ส่วน C และ D มีค่าสูงกว่าเกณฑ์อนุโลมสูงสุดคือ 2.330 และ 1.657 mg/L ตามลำดับ Mn ตรวจไม่พบในแหล่งน้ำ A ส่วนในแหล่งน้ำ B C และ D มีค่าสูงกว่าเกณฑ์อนุโลมสูงสุด (0.5 mg/L) เท่ากับ 1.589, 1.295 และ 0.964 mg/L ตามลำดับ Zn ในแหล่งน้ำบาดาล A B C และ D มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์อนุโลมสูงสุด (15 mg/L) ตรวจไม่พบ Cu Cd และ Pb ในแหล่งน้ำ A B C และ D หลังกรองความเข้มข้นของ Fe Mn Zn Cu Cd และ Pb เพิ่มขึ้นทุกแหล่ง ผลการวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวด้วย SEM เมื่อกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกสภาพพื้นผิวด้านข้างจะเปลี่ยนไป ปริมาณกรดที่สูงเกินไปทำให้โครงสร้างรูพรุนถูกทำลายและสูญเสียความสามารถในการดูดซับ ส่วนบริเวณภาคตัดขวางไม่มีการทำปฏิกิริยา อีกทั้งผลการทดสอบ XRF พบ Fe Mn Cu ปนเปื้อนในถ่านทางปาล์ม มีผลให้น้ำบาดาลทั้ง 4 แหล่งมีปริมาณของโลหะ และโลหะหนักเพิ่มขึ้นหลังจากผ่านกระบวนการกรองด้วยถ่านกัมมันต์จากทางปาล์ม

คำสำคัญ : ทางปาล์ม, ถ่านกัมมันต์, การปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาล

ABSTRACT

The purpose of this research was to investigate the quality of groundwater in Bangkeiad Subdistrict, Singhanakhon District, Songkhla Province before and after the filtration with activated carbon from palm charcoal frond. Then it was activated with phosphoric acid,

[22]

ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 มกราคม– มิถุนายน 2567

Received 1-05-2024

Revised 20-06-2024

Accepted 28-06-2024

concentration 85%, activation time 6 hours, temperature 400 °C. The mass ratio of charcoal to phosphoric acid volume is 1 : 3 and used to test groundwater filtration. Test results in water before filtering Fe concentrations in water sources A and B were lower than the maximum allowance (1.0 mg/L), while C and D had values higher than the maximum allowable limit of 2.330 mg/L. and 1.657 mg/L, respectively. Mn was not detected in water source A, while in water source B, C, and D the values were higher than the maximum tolerance limit (0.5 mg/L) equal to 1.589, 1.295 and 0.964 mg/L, respectively. Zn in water sources A, B, C, and D had values lower than the maximum tolerance limit (15 mg/L). Cu, Cd, and Pb were not detected in water sources A, B, C, and D. After filtration, the concentrations of Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, and Pb increased at all sources. Results of surface characterization using SEM, when activated with phosphoric acid, the lateral surface condition changes. The acid content is too high, causing the pore structure to be destroyed and the adsorption capacity lost. The cross-sectional area, there was no reaction. Moreover, XRF test results found Fe Mn Cu contamination in palm charcoal. As a result, groundwater from all 4 sources contained trace amounts of metals and heavy metals increased after going through the palm frond activated carbon filtration process.

Keyword: palm frond, activated carbon, groundwater improvement

1. บทนำ

น้ำบาดาลบางแหล่งจะมีสารปนเปื้อนเช่น มีกลิ่นสนิม แก๊สไข่เน่า และมักมีสีแดงที่เกิดจากสนิม เหล็กอีกทั้งมีหินปูน แร่กาลีเนียมทั้งสารอื่นๆ ปะปนอยู่ด้วย ส่งผลต่อสุขภาพอนามัย ทำให้เครื่องสุขภัณฑ์เกิดคราบสนิมและเสื้อผ้าเปรอะเปื้อน จากปัญหาที่กล่าวมาในข้างต้น พื้นที่ ต.บางเขียด อ.สิงหนคร จ.สงขลา เป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ได้ประสบปัญหานี้เช่นกัน น้ำบาดาลในพื้นที่ ต.บางเขียดประสบปัญหานี้เป็นสนิมเหล็ก มีกลิ่นเหม็น ทำให้อุปกรณ์บางอย่าง เช่น ท่อน้ำ เกิดคราบสนิม จากการตรวจสอบของการประปาส่วนภูมิภาค เขต 5 พบว่าน้ำบาดาลบริเวณคาบสมุทรสทิงพระ อ.สิงหนคร เป็นสนิมและมีหินปูน [1]

การนำน้ำบาดาลมาใช้ในการอุปโภค บริโภค นั้นจำเป็นต้องมีการปรับปรุงคุณภาพเพื่อให้ น้ำบาดาลมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานดังตารางที่ 1 [2] การปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาลโดยการกรองเป็นทางเลือกหนึ่ง สารที่ใช้ในการกรอง เช่น ทราย เรซิน ถ่านกัมมันต์ และดินเบา [3] ถ่านกัมมันต์เป็นหนึ่งในทางเลือกที่ใช้ในการกรองน้ำบาดาล โดยสามารถกำจัดกลิ่น สี รส คลอรีน และโลหะหนักต่าง ๆ ได้ เนื่องจากมีอำนาจในการดูดซับสูง [4] วัสดุที่ใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์ส่วนใหญ่เป็นพวกอินทรีย์สารซึ่งมีคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ เช่น ไม้ยางพารา ไม้ไผ่ และวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ แกลบ กะลามะพร้าว ชังข้าวโพด เป็นต้น [3]

การผลิตถ่านกัมมันต์ถูกแบ่งออกเป็นสองขั้นตอน ขั้นตอนแรกเป็นการเผาเผาไต้สภาวะที่ไม่มี

แก๊สออกซิเจนเพื่อเปลี่ยนวัตถุดิบให้เป็นถ่านหรือคาร์บอน (Carbonization) ขั้นตอนที่สองคือการกระตุ้น (Activation) เพื่อให้เกิดรูพรุนบนพื้นผิวของคาร์บอน ทำให้ได้ผลผลิตคาร์บอนที่โครงสร้างภายในเป็นรูพรุนมีพื้นที่ผิวสูง เรียกผลผลิตนี้ว่า “ถ่านกัมมันต์” การกระตุ้นแบ่งเป็นสองวิธี คือการกระตุ้นทางกายภาพ และการกระตุ้นทางเคมี สำหรับการกระตุ้นทางกายภาพ จะใช้ไอน้ำหรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนการกระตุ้นทางเคมีจะจุ่มถ่านลงในกรดฟอสฟอริก ซิงค์คลอไรด์ โพแทสเซียมคาร์บอเนต หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ [5] การกระตุ้นด้วยวิธีทางเคมีเป็นที่นิยมเนื่องจากกรดฟอสฟอริก และซิงค์คลอ

ไรด์ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ใช้อุณหภูมิในการกระตุ้นต่ำ และระยะเวลาในการกระตุ้นเร็วกว่าแบบกายภาพ ส่งผลให้ประหยัดพลังงานและต้นทุนต่ำ [6]

ปาล์มเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่ง และมีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในแต่ละปีเป็นจำนวนมาก ทางปาล์มเป็นส่วนที่เหลือทิ้งที่มีปริมาณมากที่สุด แต่มีการนำกลับไปใช้งานน้อยที่สุด ซึ่งในแต่ละปีจะมีเหลือประมาณ 6.5 ล้านตัน [7] ซึ่งวัสดุเหล่านี้ถ้าปล่อยทิ้งเน่าสลายไปตามธรรมชาติจะมีความเสี่ยงที่จะปล่อยแก๊สมีเทน ซึ่งทำให้เกิดมลพิษทางอากาศได้

ตารางที่ 1 มาตรฐานน้ำบาดาล

คุณลักษณะ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	มาตรฐาน	
			เกณฑ์กำหนดสูงสุด	เกณฑ์อนุโลมสูงสุด
ทางกายภาพ	ความเป็นกรด ด่าง (pH)	-	6.5-8.5	9.2
ทางเคมี	ปริมาณสารทั้งหมด	mg/L	500	1500
	เหล็ก (Fe)	mg/L	0.5	1.0
	แมงกานีส (Mn)	mg/L	0.3	0.5
	เหล็กและแมงกานีส	mg/L	0.5	1.0
	ทองแดง (Cu)	mg/L	1.0	1.5
	สังกะสี (Zn)	mg/L	5.0	15.0
	แคดเมียม (Cd)	mg/L	ต้องไม่มี	0.01
	ตะกั่ว (Pb)	mg/L	ต้องไม่มี	0.05

ที่มา: ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม [2]

ตารางที่ 2 แหล่งน้ำบาดาลพื้นที่ ต.บางเขียด อ.สิงหนคร จ.สงขลา

แหล่ง	พิกัด		ที่ตั้ง	พื้นที่ใช้งาน	ประเภท
	N	E			
A	7°19'52"	100°26'53"	หมู่ 1	หมู่ 1	น้ำใต้ดิน
B	7°19'44"	100°25'37"	หมู่ 2	หมู่ 2	น้ำผิวดิน
C	7°21'18"	100°26'9"	หมู่ 3	หมู่ 3 และ 4	น้ำใต้ดิน
D	7°22'5"	100°25'51"	หมู่ 5	หมู่ 5	น้ำผิวดิน

ด้วยประเด็นของปัญหาดังที่กล่าวมานี้ คณะผู้วิจัยต้องการเตรียมถ่านกัมมันต์จากทางปาล์ม โดยการกระตุ้นทางเคมีด้วยกรดฟอสฟอริก เพื่อนำมาทดสอบความสามารถในการกำจัดโลหะ และโลหะหนักจากน้ำบาดาล ตำบลบางเขียด อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 เก็บตัวอย่างน้ำบาดาลพื้นที่ ต.บางเขียด อ.สิงหนคร จ.สงขลา จำนวน 4 แหล่ง ดังตารางที่ 2 และภาพที่ 1

2.2 การวิเคราะห์น้ำบาดาล

2.2.1 ตรวจสอบคุณภาพน้ำบาดาลเบื้องต้น ดังนี้ สี pH และปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS)

2.2.2 หาปริมาณโลหะ และโลหะหนักด้วยเครื่อง atomic absorption spectrometer (AAS) Aanalyst 100, Perkin Elmer, USA โดยใช้เทคนิค Flame สำหรับธาตุ Fe Mn Zn และ Cu และ ใช้เทคนิค Graphite สำหรับธาตุ Cd และ Pb

2.2.2.1 นำตัวอย่างน้ำบาดาล 50 mL เทลงในบีกเกอร์ขนาด 200 mL

2.2.2.2 นำน้ำกลั่นใส่ในบีกเกอร์ เติมกรดไนตริก (HNO₃) 65% โดยปริมาตร

2.2.2.3 นำกรดไนตริก ที่ผสมกับน้ำ

กลั่น ไปเปรต 5 mL ใส่ในตัวอย่างน้ำบาดาล

2.2.2.4 นำตัวอย่างน้ำบาดาลย่อยบนเตาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 300 °C โดยย่อยจนตัวอย่างใส

2.2.2.5 ปรับปริมาตรตัวอย่างน้ำบาดาลให้ได้ 50 mL ในขวดวัดปริมาตรโดยใช้น้ำกลั่นในการปรับ

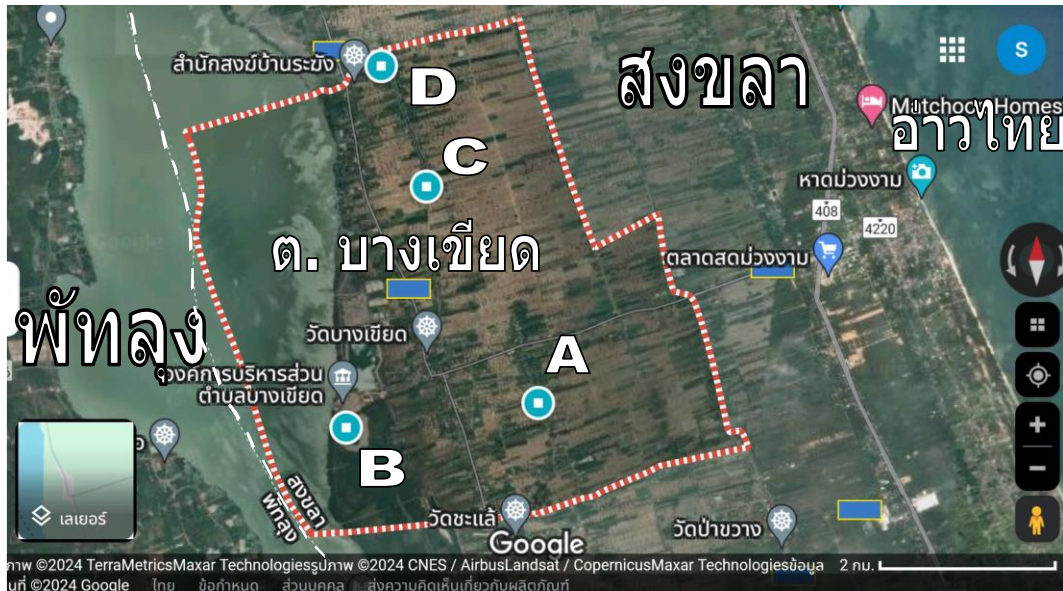
2.3 การเตรียมถ่านกัมมันต์จากทางปาล์ม [8]

2.3.1 หาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการแปรสภาพชีวมวลทางปาล์มให้กลายเป็นถ่านด้วย เครื่อง Thermo Gravimetric Analysis (TGA) TGA 7, Perkin Elmer, USA

2.3.2 เสาทางปาล์มยาว 10 cm ให้กลายเป็นให้กลายเป็นถ่าน ที่อุณหภูมิ 500 °C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

2.3.3 กระตุ้นถ่านทางปาล์มด้วยกรดฟอสฟอริก เข้มข้น 85% อัตราส่วนโดยมวลของถ่านต่อปริมาตรกรดฟอสฟอริก 1 : 3 อุณหภูมิ 400 °C เวลาในการกระตุ้น 6 ชั่วโมง

2.3.4 ล้างถ่านกัมมันต์ด้วยน้ำกลั่นจนมีค่า pH คงที่ หลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 110 °C นาน 24 ชั่วโมง บดถ่านกัมมันต์และนำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 mesh



ภาพที่ 1 ตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งน้ำบาดาล ต.บางเขิน อ.สิงหนคร จ.สงขลา ดัดแปลงจาก Google Map [9]

2.4 ตรวจสอบลักษณะของถ่านกัมมันต์ทางปาล์ม

2.4.1 วิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวด้วย Scanning Electron Microscope (SEM) JSM-5800, JEOV, Japan

2.4.2 ศึกษาโครงสร้างผลึกด้วย X-rays Diffraction (XRD) X' Pert MPD, Philips, Netherlands

2.4.3 หาปริมาณธาตุในถ่านทางปาล์ม และถ่านกัมมันต์ทางปาล์ม ด้วย X-ray Fluorescence Spectroscopy (XRF) PW2400, Philips, Netherlands

2.5 การปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาล

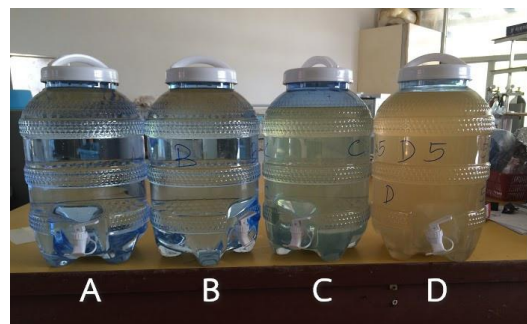
2.5.1 นำถ่านกัมมันต์ทางปาล์ม ใส่ในภาชนะทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 cm สูง 100 cm

2.5.2 เทน้ำบาดาล ปริมาตร 1,000 mL ให้ไหลผ่านถ่านกัมมันต์ทางปาล์มที่บรรจุอยู่ในภาชนะ

ทรงกระบอก จากนั้นนำน้ำบาดาลที่ไหลผ่านถ่านกัมมันต์ทางปาล์มไปทดสอบโลหหนักด้วยเครื่อง AAS

3. ผลการทดลอง และอภิปรายผล/

3.1 คุณภาพน้ำบาดาล ต.บางเขิน อ.สิงหนคร จ.สงขลา ได้แก่ สี pH และปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) แสดงในภาพที่ 2 และตารางที่ 3



ภาพที่ 2 สีของน้ำบาดาลจากพื้นที่ ต.บางเขินทั้ง 4 แหล่ง

ตารางที่ 3 ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) และ ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS)

แหล่งน้ำ	pH	TDS (mg/L)
A	7.0±0.2	1,150±3
B	5.4±0.2	1,724±5
C	7.4±0.2	1,214±3
D	7.1±0.2	1,173±5

จากภาพที่ 2 น้ำจากแหล่ง A และ B จะมีลักษณะสีใส ในขณะที่น้ำจากแหล่ง C และ D มีลักษณะสีขุ่น โดย น้ำจากแหล่ง D มีลักษณะขุ่นที่สุด

จากตารางที่ 3 พบว่าค่าความเป็นกรดต่างของแหล่งน้ำทั้ง 4 แหล่ง มีค่าความเป็นกรดต่าง เป็น 3 กลุ่ม คือ แหล่งน้ำที่เป็นกลาง คือแหล่งน้ำ A (7.0 ± 0.2) และแหล่งน้ำ D (7.1 ± 0.2) แหล่งน้ำที่เป็นเบสอ่อน คือแหล่งน้ำ C (7.4 ± 0.2) และแหล่งน้ำที่เป็นกรด คือแหล่งน้ำ B (5.4 ± 0.2)

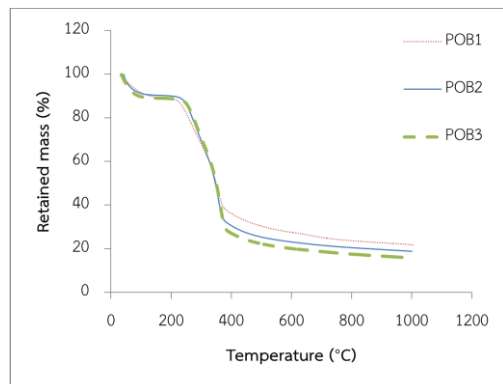
ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ของแหล่งน้ำทั้ง 4 แหล่ง แหล่งน้ำ B มีปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดสูงสุด ($1,724\pm5$ mg/L) และมีค่าเกินเกณฑ์อนุโลมสูงสุด [13] รองลงมาได้แก่แหล่งน้ำ C ($1,214\pm3$ mg/L) แหล่งน้ำ D ($1,173\pm5$ mg/L) และแหล่งน้ำ A ($1,150\pm3$ mg/L) ตามลำดับ

คุณภาพน้ำบาดาลแต่ละแหล่งแตกต่างกันเนื่องจากขณะที่ฝนตกลงมาน้ำส่วนหนึ่งจะไหลสู่ชั้นดินชั้นหินที่อยู่ลึกลงไปตามรอยแตกรอยแยกหินจนถึงชั้นหินอุ้มน้ำที่เป็นแหล่งกักเก็บน้ำบาดาล ขณะที่น้ำซึมผ่านชั้นดินชั้นหินจะมีการละลายเอาแร่ธาตุและสารเคมีในชั้นดินและหินลงไปด้วย สมบัติของน้ำบาดาลจึงขึ้นกับดินและหินบริเวณที่น้ำไหลซึมผ่าน

รวมถึงการใช้ประโยชน์ที่ดิน การเติบโตของชุมชนเมือง อาจทำให้มีการปนเปื้อนของน้ำบาดาล [10]

3.2 ผลการตรวจสอบลักษณะถ่านกัมมันต์จากทางปาล์ม ในงานวิจัยนี้ใช้ทางปาล์มที่เป็นเศษวัสดุเหลือใช้มาเป็นวัตถุดิบในการเตรียมถ่านกัมมันต์ และปรับสภาพผิวทางเคมีด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก เนื่องจากเป็นสารที่ได้รับความนิยม เพราะนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และอุณหภูมิในการกระตุ้นต่ำ [11] นอกจากนี้กรดฟอสฟอริกยังเหมาะสำหรับการกระตุ้นวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร [7] ผลการทดสอบมีดังนี้

3.2.1 อุณหภูมิในการแปรสภาพชีวมวลทางปาล์มให้กลายเป็นถ่าน โดยการวิเคราะห์ การสูญเสียมวลเมื่อได้รับความร้อน (TGA) แสดงดังภาพที่ 3

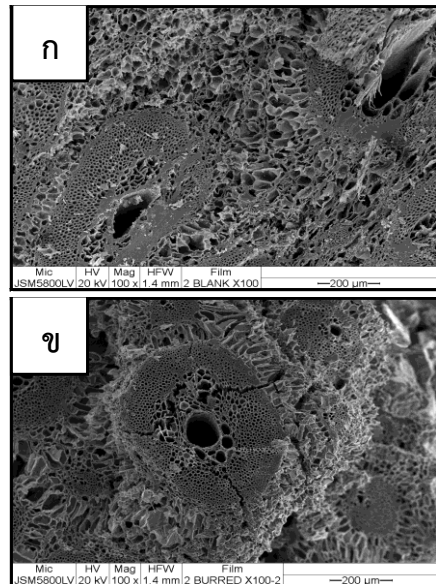


ภาพที่ 3 ผลทดสอบ TGA ของทางปาล์ม (POB1-3 ทดสอบซ้ำ 3 ตัวอย่าง)

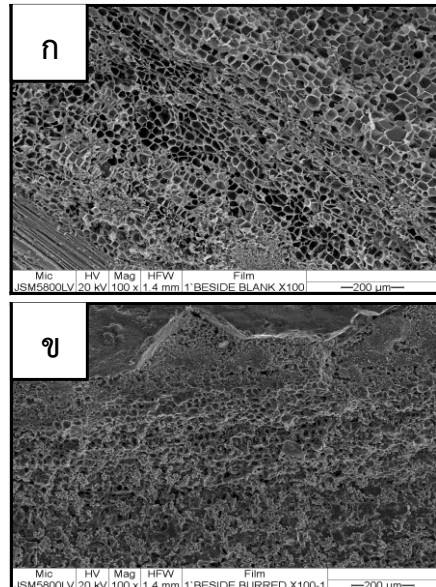
การสลายตัวของชีวมวลทางปาล์มมีการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบระหว่างเกิดปฏิกิริยาไพโรไลซิสเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินจะถูกย่อยสลายเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เศษของแข็งที่เหลือคือ ชาร์ ซึ่งมีผลผลิต 10 – 25% ในช่วงการสลายตัวของปฏิกิริยาไพโรไลซิส ความชื้นจะระเหย

ก่อนที่อุณหภูมิ 100 - 110 °C หลังจากนั้นฮีมิเซลลูโลสจะสลายตัวที่อุณหภูมิ 200 - 260 °C ตามด้วยเซลลูโลสที่อุณหภูมิ 240 - 340 °C และลิกนินที่อุณหภูมิ 280 - 500 °C การสลายตัวของทั้งสามองค์ประกอบนี้ให้ผลิตภัณฑ์ คือ น้ำมัน ถ่าน และก๊าซ [12] อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเผาชีวมวลทางปาล์มอยู่ในช่วง 400 - 600 °C

3.2.2 การตรวจสอบลักษณะพื้นผิวโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (SEM) ก่อนและหลังกระตุ้นด้วย กรดฟอสฟอริก 85% เวลา 6 ชั่วโมง อุณหภูมิ 400 °C อัตราส่วนโดยมวลของถ่านต่อปริมาณกรดฟอสฟอริก 1 : 3 แสดงในภาพที่ 4-5 บริเวณภาคตัดขวางก่อนและหลังกระตุ้นกรดฟอสฟอริก แสดงในภาพที่ 4 บริเวณพื้นผิวด้านข้างก่อนและหลังกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกแสดงในภาพที่ 5 โดยใช้กำลังขยาย 100 เท่า ซึ่งผลการตรวจสอบในภาพที่ 4 ถ่านทางปาล์มมีขนาดรูพรุนขนาดใหญ่เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 100 μm รูพรุนขนาดกลาง เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10 μm และรูพรุนขนาดเล็กเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 μm หลังการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริก ลักษณะพื้นผิวบริเวณภาคตัดขวางยังคงมีสภาพเดิม ส่วนพื้นผิวบริเวณด้านข้าง แสดงในภาพที่ 5 พบร่องรอยการทำปฏิกิริยาของสารกระตุ้นกรดฟอสฟอริกและผิวถ่านสอดคล้องกับ [13] ซึ่งเตรียมถ่านกัมมันต์จากทางจาก โดยผลการถ่ายภาพด้วยเทคนิค SEM สภาพพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ทางปาล์มเมื่อผ่านการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกสภาพพื้นผิวด้านข้างจะเปลี่ยนไป แต่ปริมาณกรดสูงเกินไปทำให้โครงสร้างรูพรุนถูกทำลาย [14] ดังแสดงในรูป ที่ 5 (ข)

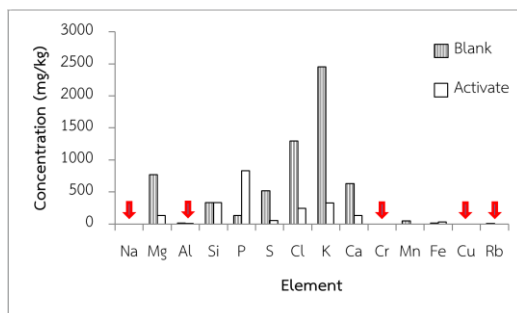


ภาพที่ 4 ภาพ SEM กำลังขยาย 100 เท่า พื้นผิวด้านภาคตัดขวางของ (ก) ถ่านทางปาล์ม (ข) ถ่านกัมมันต์ทางปาล์มหลังกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริก 85%



ภาพที่ 5 ภาพ SEM กำลังขยาย 100 เท่า พื้นผิวด้านข้างของ (ก) ถ่านทางปาล์ม (ข) ถ่านกัมมันต์ทางปาล์มหลังกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริก 85%

3.2.3 ผลจากการศึกษาถ่านกัมมันต์ด้วย X-ray Fluorescence (XRF) ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุในถ่านทางปาล์ม และถ่านกัมมันต์ทางปาล์มพบ Fe Mn และ Cu ในถ่านทางปาล์ม และถ่านกัมมันต์ทางปาล์มดังแสดงในภาพที่ 6 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ธาตุในถ่านทางปาล์ม และถ่านกัมมันต์ทางปาล์มพบว่าธาตุส่วนใหญ่มีปริมาณลดลงหลังจากถ่านกัมมันต์ด้วยกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) ยกเว้นธาตุ P เนื่องจากผู้วิจัยล้างกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) ออกไม่หมด



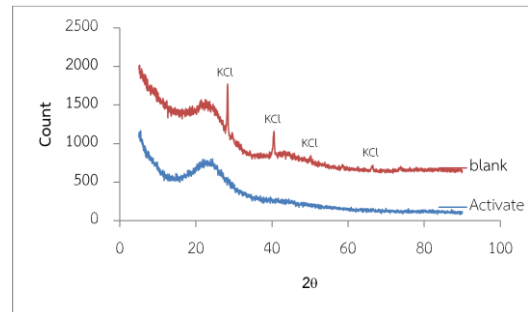
ภาพที่ 6 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ธาตุในถ่านทางปาล์ม และถ่านกัมมันต์ทางปาล์ม

หมายเหตุ: LOQ = 1 mg/kg, ↓ < LOQ

3.2.4 ผลจากการศึกษาถ่านกัมมันต์ด้วย X-ray Diffraction (XRD) ในภาพที่ 7 แสดงผลการทดสอบ XRD ของถ่านทางปาล์ม และถ่านกัมมันต์ทางปาล์มไม่พบโครงสร้างที่เป็นผลึกของ C แต่ตรวจพบผลึก KCl ในถ่านจากทางปาล์มสอดคล้องกับผลการทดสอบ XRF ตรวจพบธาตุ K = 2,452 mg/kg และ Cl = 1,296 mg/kg และผลึกของ KCl ได้สลายตัวไปหลังจากถ่านกัมมันต์ด้วยกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4)

3.2.5 ลักษณะน้ำบาดาลก่อนกรอง และหลังผ่านการกรองโดยถ่านกัมมันต์ทางปาล์ม หลังจากกรอง วิเคราะห์ธาตุ Fe Mn Zn Cu Cd และ Pb ด้วย

เครื่อง AAS แล้วนำมาเปรียบเทียบกับความเข้มข้นกับน้ำบาดาลก่อนกรอง ผลดังตารางที่ 4



ภาพที่ 7 ผลการทดสอบ XRD ของถ่านทางปาล์ม และถ่านกัมมันต์ทางปาล์ม

จากตารางที่ 4 ความเข้มข้นของโลหะ และโลหะหนักในน้ำบาดาลก่อนกรอง และหลังกรองด้วยถ่านกัมมันต์ทางปาล์ม ผลการทดลองรายงานเป็น $mean \pm S.D.$

Fe หลังจากการกรองมีปริมาณที่สูงกว่าเกณฑ์ ซึ่งแหล่งน้ำ C และ D มีปริมาณของ Fe สูงกว่าเกณฑ์ตั้งแต่ก่อนผ่านกระบวนการกรอง (1.0 mg/L)

Mn มีปริมาณที่สูงกว่าเกณฑ์หลังกรองด้วยถ่านกัมมันต์ทางปาล์ม โดยที่แหล่งน้ำ B C และ D มีปริมาณ Mn สูงกว่าเกณฑ์ก่อนผ่านกระบวนการกรอง (0.5 mg/L)

Zn และ Cu ต่างมีปริมาณที่สูงขึ้นหลังจากกรองด้วยถ่านกัมมันต์ทางปาล์ม แต่มีปริมาณที่ต่ำกว่าเกณฑ์ (15 และ 1.5 mg/L ตามลำดับ)

Cd มีปริมาณเพิ่มขึ้นทั้ง 4 แหล่ง หลังกรองด้วยถ่านกัมมันต์ทางปาล์มโดยแหล่ง B และ D มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ (0.05 mg/L)

ตารางที่ 4 ความเข้มข้นโลหะ และโลหะหนักในน้ำบาดาลก่อนกรองและหลังกรองด้วยถ่านกัมมันต์ทาง
ปาล์ม

แหล่ง น้ำ	ปริมาณโลหะ และโลหะหนัก (mg/L)					
	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Pb
A ก่อน	0.112±0.015	<LOD	0.009±0.006	<LOD	<LOD	<LOD
หลัง	3.126±0.051	1.801±0.022	0.258±0.018	0.051±0.003	0.048±0.001	0.284±0.051
B ก่อน	0.186±0.008	1.589±0.020	0.020±0.003	<LOD	<LOD	<LOD
หลัง	5.519±0.041	3.660±0.029	0.416±0.010	0.078±0.002	0.082±0.001	0.439±0.041
C ก่อน	2.330±0.361	1.295±0.032	0.005±0.001	<LOD	<LOD	<LOD
หลัง	3.411±0.032	2.737±0.004	0.216±0.013	0.041±0.001	0.048±0.01	0.273±0.032
D ก่อน	1.657±0.137	0.964±0.009	0.009±0.005	<LOD	<LOD	<LOD
หลัง	5.624±0.182	3.268±0.009	0.313±0.010	0.064±0.002	0.076±0.01	0.395±0.182
เกณฑ์	1.0 mg/L	0.5 mg/L	15 mg/L	1.5 mg/L	0.05 mg/L	0.01 mg/L

หมายเหตุ: LOD Fe = 0.009, Mn = 0.006, Zn = 0.003, Cu = 0.009, Cd = 0.001 และ Pb = 0.005 mg/L

: ตัวอักษรสีแดงหมายถึงค่าเกินเกณฑ์อนุโลมสูงสุด

: เกณฑ์ใช้อุณหภูมิสูงสุดอ้างอิงจาก ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม,
2551 [2]

Pb มีปริมาณที่สูงกว่าเกณฑ์หลังจากผ่านกระบวนการกรองถ่านกัมมันต์ทางปาล์ม โดยแหล่งน้ำทั้ง 4 แหล่ง มีปริมาณของ Pb ต่ำกว่าค่าเกณฑ์ก่อนกรองด้วยถ่านกัมมันต์ (0.01 mg/L)

การปนเปื้อนโลหะ และโลหะหนักในน้ำบาดาลก่อนกรองที่เกินค่าเกณฑ์อนุโลมสูงสุดในตารางที่ 4 เกิดได้หลายปัจจัย เช่น น้ำเสียจากชุมชน หรือโรงงานที่ปล่อยออกมาโดยไม่ได้อำนาจ จากการใช้สารกำจัดศัตรูพืช โดยโลหะหนักเหล่านี้จะซึมผ่านชั้นดินลงไปยังชั้นหินอุ้มน้ำ เกิดการปนเปื้อนของส่วนผสมอันตรายเช่น Cr Hg Fe Mn Pb เป็นต้น โดยน้ำบาดาลมักจะพบแร่ธาตุ หรือโลหะหนักสูงกว่ามาตรฐาน ซึ่ง

แต่ละพื้นที่จะพบปัญหาที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นกับสภาพแวดล้อม โลหะ และโลหะหนักที่พบในน้ำบาดาลทั่วไปคือ Fe Mn Pb Hg As [15]

ปริมาณของ Fe Mn Zn Cu Cd และ Pb ในตัวอย่างน้ำบาดาลเพิ่มขึ้นหลังการกรองผ่านถ่านกัมมันต์ทางปาล์ม สอดคล้องกับผลการทดสอบ SEM ผิวบริเวณด้านข้างของถ่านกัมมันต์ทางปาล์มที่โครงสร้างรูพรุนถูกทำลาย ทำให้สูญเสียความสามารถในการดูดซับ รวมทั้งการตรวจพบ Fe Mn และ Cu ด้วย XRF ในถ่านทางปาล์มทำให้เกิดปนเปื้อนของโลหะเพิ่มขึ้นในน้ำบาดาลหลังกรอง ทั้งนี้อาจเนื่องจากผลกระทบของกิจกรรมทางการเกษตร เช่นการ

ใช้ยาปราบวัชพืช และศัตรูพืช หรืออาจจะมาจากสภาพแวดล้อมในบริเวณนั้นๆ หรือบริเวณใกล้เคียงทำให้ปาล์มมีโอกาสที่จะดูดโลหะเหล่านี้เข้ามา โดยดินในบริเวณที่เพาะปลูกปาล์มก็อาจมีโลหะหนักปนเปื้อนอยู่ ซึ่ง [16] ได้ตรวจสอบโลหะหนักในดินบริเวณที่เพาะปลูกปาล์มในประเทศไนจีเรีย 15 แห่ง พบว่า Fe Mn Zn Cu Cd และ Pb ที่พบในดินบริเวณเพาะปลูกปาล์มอยู่ในช่วง 0.05-29.83, 0.12-29.38, 12.36-78.62, 12.92-69.11 mg/kg 120-4260 และ 6840-13610 µg/kg ตามลำดับ และในผลิตภัณฑ์จากปาล์มก็พบโลหะหนักจำพวกนี้อยู่ด้วย น้ำมันปาล์มในรัฐ Abia ทางตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไนจีเรีย พบ Fe Mn Zn Cu Cd และ Pb ในปริมาณ 65-232, 6.55-12.05, 3.6-14.6, 0.56-2.09 mg/L 24-89 และ 24-67 µg/L ตามลำดับ [17]

4. สรุปผล

การเตรียมถ่านกัมมันต์จากทางปาล์ม โดยการกระตุ้นทางเคมีด้วยกรดฟอสฟอริกเข้มข้น 85% เวลาในการกระตุ้น 6 ชั่วโมง อุณหภูมิ 400 °C อัตราส่วนโดยมวลของถ่านต่อปริมาตรกรดฟอสฟอริก 1 : 3 จากการวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิว ด้วย SEM ถ่านกัมมันต์ทางปาล์มบริเวณภาคใต้ของมาเลเซียพบการทำปฏิกิริยาพบการทำปฏิกิริยากับกรดฟอสฟอริกบริเวณเฉพาะบริเวณด้านข้าง โดยโครงสร้างรูพรุนถูกทำลาย ทำให้สูญเสียความสามารถในการดูดซับ เมื่อนำไปทดสอบการกรองจึงไม่สามารถกำจัด Fe Mn Zn Cu Cd และ Pb ในน้ำบาดาลได้ อีกทั้งยังตรวจพบ Fe Mn Cu

ปนเปื้อนในถ่านทางปาล์ม มีผลให้น้ำบาดาลทั้ง 4 แหล่งมีปริมาณของโลหะ และโลหะหนักเพิ่มขึ้นหลังจากผ่านกระบวนการกรองด้วยถ่านกัมมันต์ทางปาล์ม สาเหตุการปนเปื้อนเนื่องจากผลกระทบของกิจกรรมทางการเกษตร เช่นการใช้ยาปราบวัชพืช และศัตรูพืช หรือสภาพแวดล้อมในบริเวณนั้น ๆ ดังนั้นวัตถุดิบที่จะนำมาใช้ผลิตถ่านกัมมันต์ควรเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ไม่มีการปนเปื้อน โลหะ และโลหะหนักอยู่ก่อนแล้ว โดยควรนำวัตถุดิบมาทดสอบการปนเปื้อนก่อนนำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณเงินแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ. 2559

6. อ้างอิง

- [1] การประปาส่วนภูมิภาค เขต 5. การแก้ปัญหาประปาในคาบสมุทรสงขลา. [อินเทอร์เน็ต]. สงขลา; 2565 [เข้าถึงเมื่อ 2 กุมภาพันธ์ 2567]. จาก : https://reg5.pwa.co.th/pdf/listen_opinions/listen165.pdf
- [2] กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กำหนดหลักเกณฑ์และมาตรการในทางวิชาการสำหรับการป้องกัน ด้านสาธารณสุขและการป้องกันในเรื่องสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ พ.ศ. 2551. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 125; 2552

- [3] อูราวรรณ อุ่นแก้ว, อรุณ คงแก้ว. สารกรองน้ำเพื่อการบริโภคอุปโภค. วารสารกรมวิทยาศาสตร์. 2545;50(158):14-16.
- [4] Adepoju B. , Osagiede S. A. and Oguntibeju O.O. Evaluation of the Concentration of Some Toxic Metals in Dietary Red Palm Oil. *Bioanal Biomed.* 2012;4(5):92-95.
- [5] Hadoun H, Sadaoui Z, Souami N, et al. Characterization of mesoporous carbon prepared from date stems by H_3PO_4 chemical activation. *Applied Surface Science.* 2013; 280:1–7.
- [6] Lim WC, Srinivasakannan C, Balasubra manian N. Activation of palm shells by phosphoric acid impregnation for high yielding activated carbon. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis.* 2010;88 :181–186.
- [7] ธารพงษ์ วิฑิตศานต์. ถ่านกัมมันต์ การผลิตและการนำไปใช้. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2554
- [8] พลชัย ขาวนวล, นพดล โพธิ์คำเหน็ด, สุนารี บดีพงศ์. การศึกษาความเป็นไปได้ของถ่านกัมมันต์จากทางปาล์มน้ำมันสำหรับปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาลบริเวณลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ตำบลบางเขียด อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา. รายงานการวิจัย. สงขลา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย; 2559.
- [9] Google. Google Maps. [Internet] .; 2024 [cited 2024 Jan 9]. Available from: https://maps.app.goo.gl/JYUyGEH2XFoR4GvZ6?g_st=il.
- [10] กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. โครงการประเมินศักยภาพด้านคุณภาพน้ำบาดาลวางระบบติดตามการปนเปื้อนและวางแผนรายละเอียดการฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาลในพื้นที่จังหวัดระยองและชลบุรี. กรุงเทพฯ:เมทริกซ์ แอสโซซิเอทส์; 2551.
- [11] อีรดิษฐ์ โพธิ์ตันติมงคล, ปิยธิดา อูระชื่น. การกำจัดตะกั่วในน้ำเสียอุตสาหกรรมโดยใช้ถ่านกัมมันต์จากไม้มะขามที่ผ่านการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริก. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2560; 25(2):191-209.
- [12] สมาคมชีวมวลเอเชีย. คู่มือสารชีวมวลเอเชีย.[อินเทอร์เน็ต]. 2545. [เข้าถึงเมื่อ 29 พฤษภาคม 2562] . จาก : <http://www.jie.or.jp/biomass/Asia>.
- [13] สุปรานี วุ่นศรี, วราวุฒิ ดวงศิริ, นพดล โพธิ์คำเหน็ด. การผลิตถ่านกัมมันต์จากทางจากในแหล่งชุมชนลุ่มน้ำปะเหลียน จังหวัดตรัง. วารสารวิจัย มทร.กรุงเทพ. 2562;13(1):30-41.
- [14] ณัฐพล จันทร์ศรี, มาลี สันติคุณาภรณ์. การศึกษาอุณหภูมิคาร์บอนเซชันและ

- ปริมาณของกรดฟอสฟอริกต่อการดูดซับสารฟีนอลบนถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากเม็ดบั่วย. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2565;32(1):26-37.
- [15] ธีรสร จิรเสถียรพร, ชนกานต์ สกุลแก้ว, ชนัตถ์ โชคเจริญรัตน์, และคณะ. การปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำบาดาล. วารสารวิทยาศาสตร์สุขภาพสัตว์และเทคโนโลยี. 2562;3(2):16-23.
- [16] Olafisoye OB, Fatoki OS, Oguntibeju OO, et al. Accumulation and risk assessment of metals in palm oil cultivated on contaminated oil palm plantation soils. Toxicology Reports. 2020;7:324-334.
- [17] Nnorom IC, Alagbaoso JE, Amaechi UH, et al. Determination of Beneficial and Toxic Metals in Fresh Palm Oil (*Elaeis guineensis* Jacq.) from South- Eastern Nigeria: Estimation of Dietary Intake Benefits and Risk. Journal of Scientific Research & Reports. 2014; 3(16):2216-222