การเตรียมและการหาลักษณะเฉพาะของถ่านกัมมันต์ไมโครกากกาแฟเพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสียโรงงานยาง

Preparation and characterization of micro spent coffee ground activated carbon for the treatment of rubber industry wastewater

สุปานดี มณีโลกย์[1] และ ชลธิรา แสงสุบัน[2,*]

[1]สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ จ.พัทลุง
[2] สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ จ.พัทลุง
**Corresponding author; E-mail address: schontira@tsu.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเตรียมและการหาลักษณะเฉพาะของถ่านกัมมันต์ไมโครกากกาแฟเพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสียโรงงานยาง เนื่องจากน้ำเสียจากโรงงานยางมีสารประกอบอินทรีย์ ไนโตรเจน สารซัลเฟตและสิ่งปนเปื้อนอื่นๆ ที่มีความเข้มข้นสูง สารซัลเฟตก่อให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟล์ที่มีกลิ่นเหม็น น้ำเสียโรงงานยางมีค่าความขุ่นเท่ากับ 29.8 NTU และค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 8.4 เมื่อทำการเตรียมผงถ่านกัมมันต์ไมโครกากกาแฟด้วยเครื่องบดย่อยพลังงานสูงเป็นเวลา 60 นาที ผ่านกระบวนการคาร์บอไนเซชันที่ 400 ℃ กระตุ้นด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ 30% สามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของน้ำได้ โดยจากการถ่ายภาพผงถ่านกัมมันต์ไมโครกากกาแฟด้วยเครื่องจุลทรรศ์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดพบว่ารูพรุนมีขนาดอยู่ในช่วง 1-4 ไมโครเมตร และผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุพบว่าผงถ่านกัมมันต์ไมโครกากกาแฟประกอบด้วยธาตุ C, O, Na และ Cl หลังจากนั้นนำผงถ่านกัมมันต์ไมโครกากกาแฟแช่ในน้ำเสียเป็นเวลา 5 วัน พบว่าน้ำเสียมีค่าความขุ่นเท่ากับ 9.6 NTU มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 8.5 และพบว่าผงถ่านกัมมันต์ไมโครกากกาแฟกระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์ที่แช่ในน้ำเสียตรวจพบธาตุ K, Mg, Ca, P และ S เพิ่มขึ้นมาซึ่งจากเดิมประกอบด้วยธาตุ C, O, Na และ Cl

คำสำคัญ: ไมโครกากกาแฟ, ถ่านกัมมันต์, น้ำเสีย

Abstract

This research was conducted to study the preparation and characterization of micro spent coffee ground activated carbon for the treatment of rubber industry wastewater. The rubber industry wastewater contains high concentrations of organic compounds, nitrogen, sulfate and other contaminants. The sulfate can cause the release of the toxic hydrogen sulfide gas that smells like rotten eggs. Early experiments showed that untreated rubber industry wastewater had a turbidity value of 29.8 NTU and a pH value of 8.4. The preparation of micro spent coffee ground activated carbon powder (using high-energy ball milling by carbonization at 400 °C via sodium chloride at 30%) was successful in helping to improve wastewater quality. The micro spent coffee ground activated carbon powder was characterized using scanning electron microscopy. It was found that the porous size of the powder is in the range of 1-4 μm. The analysis of energy dispersive x-ray showed that the micro spent coffee ground activated carbon powder contained mainly C, O, Na and Cl. The result of soaking micro spent coffee ground activated carbon powder in the wastewater for a period of 5 days showed that the treated rubber industry wastewater turbidity value is 9.6 NTU and the pH value is 8.5. It was also found that after being soaked in the wastewater, the micro spent coffee ground activated carbon powder also contained K, Mg, Ca, P and S, on top of C, O, Na and Cl that were originally detected.

Keywords: micro spent coffee ground, sodium chloride, activated carbon, wastewater

คำนำ

กากกาแฟเป็นสารชีวมวลที่เหลือทิ้งจากร้านกาแฟและโรงงานอุตสาหกรรมผลิตกาแฟ โดยทั่วไปกากกาแฟประกอบไปด้วยสารต่างๆ ดังนี้ คาเฟอีน โพลีแซคคาไรด์ โปรตีน กรดไขมัน สารประกอบฟีนอล และแร่ธาตุต่าง ๆ ซึ่งในปัจจุบันสามารถนำมาใช้เตรียมเป็นถ่านกัมมันต์ เนื่องจากอุดมไปด้วยธาตุคาร์บอน และพื้นผิวมีรูพรุนเป็นจำนวนมาก โดยทั่วไปแล้ว

ถ่านกัมมันต์เป็นถ่านที่เตรียมจากวัตถุดิบธรรมชาติที่มีองค์ประกอบของธาตุคาร์บอนเป็นหลัก ได้แก่ ถ่านหิน [1] กะลามะพร้าว [2] กะลาปาล์ม [3] กากกาแฟ [4] ขี้เลื่อย ไม้ และแกลบ [5-7] โดยผ่านกระบวนการกระตุ้นเป็นขั้นตอนที่ทำให้ความพรุนและพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์เพิ่มขึ้น ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่เตรียมได้จะมีโครงสร้างเป็นรูพรุนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 2-2,000 นาโนเมตร และมีพื้นที่ผิวสูงอยู่ในช่วง 500-2,000 ตารางเมตรต่อกรัม โดยทั่วไปสามารถเตรียมได้ 2 วิธี ได้แก่ วิธีการทางกายภาพ และวิธีการทางเคมี ผ่านกระบวนการคาร์บอไนซ์เซชันเพื่อให้พลังงานความร้อนส่งผลให้สารประกอบบริเวณพื้นผิวของถ่านกัมมันต์หลุดออกไปเกิดรูพรุนและมีอิเล็กตรอนอิสระอยู่บริเวณผิวและรูพรุน ซึ่งอยู่ในสภาพที่ไม่เสถียรสามารถเกาะกับโมเลกุลหรืออะตอมอื่นได้ เช่น ออกซิเจนในอากาศ หรืออะตอมที่อยู่ในสารตั้งต้น และสามารถสร้างพันธะที่แข็งแรงกับอะตอมไฮโดรเจน และสามารถดึงอะตอมไนโตรเจนออกจากโมเลกุลแอมโมเนีย และซัลเฟอร์ออกจากโมเลกุลไฮโดรเจนซัลไฟด์ [8] นอกจากนี้พบว่าบริเวณพื้นผิวของถ่านกัมมันต์จะประกอบไปด้วยคาร์บอนที่เป็นประจุลบ (COO-) สามารถดูดจับกับอะตอมของธาตุอื่นที่มีประจุตรงกันข้ามได้ รวมไปถึงการดูดจับโลหะหนักในน้ำเสียได้ เช่น Cd^{2+}, Cu^{2+}, Cr^{2+}, Mn^{2+}, Fe^{2+},Zn^{2+}, Ni^{2+} และ Pb^{2+} [8-14] ในปัจจุบันได้มีการนำถ่านกัมมันต์มาใช้ประโยชน์ในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย เพื่อขจัดสารอินทรีย์ที่เป็นพิษสารอินทรีย์ระเหยได้ และสารจำพวกโลหะหนัก นอกจากนี้การทำการกระตุ้นด้วยสารเคมีช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับให้สูงขึ้น โดยการเติมสาร เช่น $ZnCl_2$ [15], K_2CO_3 [16], NaOH [17], KOH [18], H_3PO_4 [19] และ NaCl [20] ซึ่งโดยทั่วไปน้ำเสียจากโรงงานยางจะมีสารประกอบในกลุ่มของซัลเฟอร์ แอมโมเนีย กรดซัลฟูริก ซิลิกา ไซนาเคลย์ แคลเซียมคาร์บอเนต ซิงค์ออกไซด์ เป็นต้น

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ทำการเตรียมและการหาลักษณะเฉพาะของถ่านกัมมันต์ไมโครกากกาแฟเพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสียโรงงานยาง โดยการนำกากกาแฟผ่านกระบวนการบดด้วยเครื่องบดย่อยพลังงานสูง และผ่านกระบวนการคาร์บอไนซ์เซชันร่วมกับการกระตุ้นด้วยสารเคมีโซเดียมคลอไรด์ เพื่อให้ได้ถ่านไมโครกากกาแฟที่มีประสิทธิภาพสามารถนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานยาง

ระเบียบวิธีวิจัย

วิธีการเตรียมถ่านกัมมันต์ไมโครกากกาแฟ เริ่มจากการนำกากกาแฟผ่านกระบวนการบดด้วยเครื่องบดย่อยพลังงานสูง เป็นเวลา 30 และ 60 นาที ตามลำดับ เพื่อให้ได้สารที่มีขนาดเล็กในระดับไมโครเมตร นำไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำสารที่ได้ผ่านกระบวนการคาร์บอไนซ์เซชันที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ด้วยอัตราขึ้นลงของอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส/นาที หลังจากนั้นนำไปแช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์และน้ำ แล้วปิดฝาจากนั้นทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำสารที่เตรียมได้ใส่ลงในหลอดทดลองในน้ำเสีย ปิดฝาแล้วนำไปเขย่าทำการเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 5 วัน ทำการบันทึกผล และตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของสารตัวอย่างที่เตรียมได้ โดยการตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) การวิเคราะห์ธาตุโดยใช้เครื่อง EDX ความเป็นกรดเป็นด่าง และการวัดค่าความขุ่นด้วยเครื่องวัดความขุ่นแบบพกพา Hach 2100Q โดยกำหนดตัวแปร และผลการทดลอง ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 สารตัวอย่าง

ลำดับ	อักษรย่อ	สารตัวอย่าง
1	C	กากกาแฟ
2	C30	กากกาแฟบด 30 นาที
3	C60	กากกาแฟบด 60 นาที
4	C_N30	กากกาแฟแช่ NaCl (30%)
5	C30_N30	กากกาแฟบด 30 นาที แช่ NaCl (30%)
6	C60_N10	กากกาแฟบด 60 นาที แช่ NaCl (10%)
7	C60_N20	กากกาแฟบด 60 นาที แช่ NaCl (20%)
8	C60_N30	กากกาแฟบด 60 นาที แช่ NaCl (30%)
9	C60_N40	กากกาแฟบด 60 นาที แช่ NaCl (40%)
10	C_N30W	กากกาแฟแช่ NaCl (30%) และน้ำเสีย
11	C30_N30W	กากกาแฟบด 30 นาที แช่ NaCl (30%) และน้ำเสีย
12	C60_N10W	กากกาแฟบด 60 นาที แช่ NaCl (10%) และน้ำเสีย
13	C60_N20W	กากกาแฟบด 60 นาที แช่ NaCl (20%) และน้ำเสีย
14	C60_N30W	กากกาแฟบด 60 นาที แช่ NaCl (30%) และน้ำเสีย
15	C60_N40W	กากกาแฟบด 60 นาที แช่ NaCl (40%) และน้ำเสีย

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี สัณฐานวิทยาของสารตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการคาร์บอไนซ์เซชันที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส กระตุ้นทางเคมีด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ที่ส่วนผสมต่างกัน และผลของการวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และการวัดค่าความขุ่นของสารตัวอย่างในน้ำเสีย

ผลการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคและองค์ประกอบทางเคมีของสารตัวอย่าง

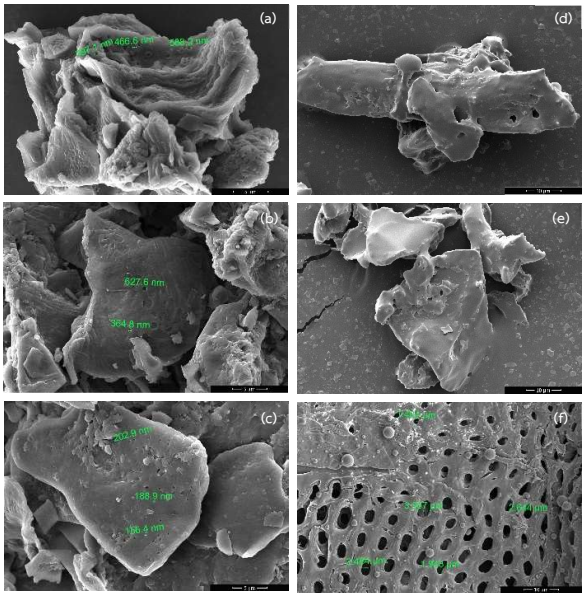
เมื่อนำสารตัวอย่างไปวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาคและองค์ประกอบธาตุด้วยเครื่อง SEM และ EDX พบว่า กากกาแฟที่ใช้เป็นสารตั้งต้นมีลักษณะพื้นผิวที่ไม่เรียบ รูปทรงไม่แน่นอน เกาะกลุ่มกันเป็นแผ่น รูพรุนมีขนาดใหญ่มีค่าอยู่ระหว่าง 300-600 นาโนเมตร ประกอบไปด้วยธาตุออกซิเจน 11% และ คาร์บอนในปริมาณที่สูงมีค่า 88% ตามลำดับ แสดงผลดังรูปที่ 1(a), 2(a) และตารางที่ 2

ผลของกากกาแฟผ่านการบดเป็นเวลา 30 นาที พบว่าพื้นผิวไม่เรียบ รูปทรงไม่แน่นอน รูพรุนมีขนาดใหญ่มีค่าอยู่ระหว่าง 300-700 นาโนเมตร

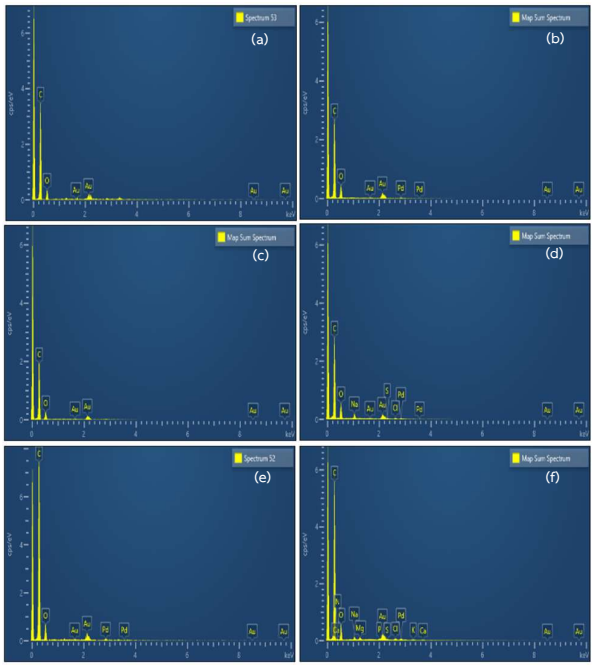
ประกอบไปด้วยธาตุออกซิเจน 9% และ คาร์บอนในปริมาณที่สูงมีค่า 88% ตามลำดับ แสดงผลดังรูปที่ 1(b), 2(c) และตารางที่ 2

ผลของกากกาแฟผ่านการบดเป็นเวลา 60 นาที พบว่ามีลักษณะเป็นแผ่นขนาดประมาณ 20 ไมโครเมตร รูปทรงไม่แน่นอนแสดงรูพรุนมีขนาดใหญ่มีค่าอยู่ระหว่าง 200-300 นาโนเมตร ประกอบไปด้วยธาตุออกซิเจน 13% และ คาร์บอนในปริมาณที่สูงมีค่า 86% ตามลำดับ แสดงผลดังรูปที่ 1(c) , 2(e) และตารางที่ 2

เมื่อนำกากกาแฟทั้งสามตัวอย่างมาผ่านกระบวนการเผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส และกระตุ้นด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ (30%) พบว่ารูพรุนมีจำนวนเพิ่มขึ้น และมีขนาดใหญ่ขึ้นมีค่าอยู่ระหว่าง 1-4 ไมโครเมตร ประกอบไปด้วยธาตุออกซิเจน และ คาร์บอน แสดงผลดังรูปที่ 1(d)-1(f) และตารางที่ 2 ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากกระบวนการคาร์บอไนซ์เซชันที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส โดยเมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิส่งผลให้น้ำในโครงสร้างโมเลกุลเริ่มระเหย รวมทั้งสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในกากกาแฟเกิดการเผาไหม้ ทำให้อะตอมของคาร์บอนเรียงตัวกันเป็นชั้นๆ เชื่อมโยงกันอย่างไม่เป็นระเบียบและเกิดช่องว่างหรือโพรง และต่อมาจะกลายเป็นรูพรุนที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสมากขึ้น และมีความสามารถในการดูดซับได้ โดยผ่านกระบวนการกระตุ้นด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ [8] ซึ่งแสดงผลการทดลองในรูปที่ 1(f) พบรูพรุนเป็นจำนวนมาก มีขนาดแตกต่างกัน



รูปที่ 1 ภาพ SEM ของสารตัวอย่างที่เตรียมได้ (a) C, (b) C30, (c) C60, (d) C_N30, (e) C30_N30 และ (f) C60_N30 ตามลำดับ



รูปที่ 2 สเปกตรัม EDX ของสารตัวอย่าง (a) C, (b) C_N30W, (c) C30, (d) C30_N30W, (e) C60 และ (f) C60_N30W ตามลำดับ (สารตัวอย่างฉาบด้วย Au และ Pd)

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุของสารตัวอย่างด้วยเครื่อง EDX (สารตัวอย่างฉาบด้วย Au และ Pd)

สารตัวอย่าง	ธาตุ (Atomic %)										
	C	O	Na	Cl	Mg	P	S	K	Ca	Au	Pd
C	88	11								1	
C30	88	9								3	
C60	86	13								1	
C_N30	73	11	4	5						7	
C30_N30	86	10	2	1						1	
C60_N10	86	12	0.7	0.7						0.6	
C60_N20	88	7	1.7	2.7						0.6	
C60_N30	83	12	1.8	1.6						0.9	0.7
C60_N40	65	12	3	3						9	8
C_N30W	81	13								4	2
C30_N30W	77	12	2	3			1			3	2
C60_N10W	84	13								3	
C60_N20W	81	11	1				0.4	0.4		3.2	3
C60_N30W	87	10	0.5	0.5	0.4	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2
C60_N40W	67	16	3.1	2			2.9			6	3

เมื่อนำกากกาแฟที่เตรียมได้ไปแช่ในน้ำเสียเป็นเวลา 5 วัน วิเคราะห์ผลการดูดซับธาตุด้วยเครื่อง EDX แสดงผลดังตารางที่ 2 พบว่า การเตรียมถ่านกัมมันต์ที่ส่วนผสม C_N30W ไม่สามารถดูดซับธาตุได้ โดยจากผลตรวจไม่พบธาตุเพิ่มจากเดิม ซึ่งประกอบด้วยธาตุ C, O แสดงรูปที่ 2(a), 2(b) และ

ตารางที่ 2 ถ่านกัมมันต์ที่ส่วนผสม C30_N30W ตรวจพบธาตุ S เพิ่มขึ้นมา ซึ่งจากเดิมประกอบด้วยธาตุ C, O แสดงรูปที่ 2(c), 2(d) และตารางที่ 2 นอกจากนี้พบว่าถ่านไมโครกากกาแฟ ผ่านการบดเป็นเวลา 60 นาที เผาที่ 400 องศาเซลเซียส ไปกระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์ 30% เมื่อนำไปแช่ในน้ำเสียเป็นเวลา 5 วัน สามารถดูดซับน้ำเสียจากโรงงานยางได้ดี โดยธาตุที่ถ่านตัวอย่างสามารถดูดซับได้ ได้แก่ K, Mg, Ca, P และ S ซึ่งจากเดิมประกอบด้วยธาตุ C, O แสดงรูปที่ 2(e), 2(f) และตารางที่ 2 นอกจากนี้ยังพบว่าการเตรียมถ่านกัมมันต์ที่ส่วนผสม C60_N20W และ C60_N40W สามารถดูดซับธาตุซัลเฟอร์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Gupta และคณะ [11, 21]

ผลการศึกษาการวัดคุณภาพน้ำ

ผลการศึกษาการวัดความเป็นกรดเป็นด่าง และการวัดค่าความขุ่นของน้ำ โดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้แช่ในน้ำเสียเป็นเวลา 5 วัน แสดงผลดังตารางที่ 3 ก่อนการทดลองสีของน้ำเสียมีสีเหลืองใส และมีกลิ่นเหม็น วัดค่าความขุ่นมีค่าเท่ากับ 29.8 NTU และมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง เท่ากับ 8.4 เมื่อทำการใส่ถ่านกัมมันต์และแช่ในน้ำเสียเป็นเวลา 5 วัน ในหลอดทดลอง พบว่าสีของน้ำเสียในหลอดทดลองมีความเข้มของสีลดลง และไม่มีกลิ่นทุกส่วนผสม และพบว่าค่าความขุ่นและค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเสียในหลอดทดลองเมื่อทำการเตรียมถ่านกัมมันต์โดยผ่านการบดเป็นเวลา 60 นาที เผาที่ 400 องศาเซลเซียส กระตุ้นด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ที่อัตราส่วน 10%, 20% และ 40% มีค่าความขุ่นเท่ากับ 11.8, 11.4 และ 12.6 NTU ตามลำดับ และค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 8.6, 8.5 และ 8.6 ตามลำดับ แสดงดังผลดังตารางที่ 3 รวมทั้งผลการทดลองค่าความขุ่นและความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเสีย โดยการเตรียมถ่านกัมมันต์โดยผ่านการบดเป็นเวลา 30 นาที เผาที่ 400 องศาเซลเซียส กระตุ้นด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ที่อัตราส่วน 30% มีค่าความขุ่นเท่ากับ 10.7 NTU และค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 8.5 ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าการเตรียมถ่านกัมมันต์ด้วยการบดด้วยเครื่องบดย่อยพลังงานสูงเป็นเวลา 60 นาที และ เผาที่ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำการกระตุ้นด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ที่อัตราส่วน 30% มีประสิทธิภาพในการดูดซับสารได้ดีที่สุด โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดเป็นเวลา 5 วัน ไม่มีกลิ่นเหม็น มีค่าความขุ่นลดลง มีค่าความขุ่นเท่ากับ 9.6 NTU และค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 8.5 แสดงผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่าง และการวัดค่าความขุ่นของสารตัวอย่างในน้ำเสียโรงงานยาง

ลำดับ	สารตัวอย่าง	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	ค่าความขุ่น (NTU)
1	น้ำเสีย	8.4	29.8
2	C_N30W	8.5	13.2
3	C30_N30W	8.5	10.7
4	C60_N10W	8.6	11.8
5	C60_N20W	8.5	11.4
6	C60_N30W	8.5	9.6
7	C60_N40W	8.6	12.6

สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเตรียมและการหาลักษณะเฉพาะของถ่านกัมมันต์ไมโครกากกาแฟเพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสียโรงงานยาง จากผลการทดลองพบว่าน้ำเสียโรงงานยางมีค่าความขุ่นเท่ากับ 29.8 NTU และค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 8.4 เมื่อทำการเตรียมกากกาแฟผ่านการบดย่อยด้วยเครื่องบดพลังงานงานสูงเป็นเวลา 30 และ 60 นาที เพื่อให้ได้ผงถ่านที่มีอนุภาคขนาดเล็กในระดับไมโคร หลังจากนั้นผ่านกระบวนการคาร์บอไนซ์เซชันที่อุณหภูมิ 400°C และกระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์ที่อัตราส่วนต่างๆ และนำถ่านที่เตรียมได้แช่น้ำเสียเป็นเวลา 5 วัน ทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางทางเคมี และวัดคุณภาพน้ำ พบว่าถ่านกัมมันต์ไมโครกากกาแฟบดที่ 60 นาที กระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์ 30% มีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำเสียได้ดีที่สุด โดยผลจากภาพถ่าย SEM พบว่าถ่านกัมมันต์ไมโครกากกาแฟมีขนาดของรูพรุนอยู่ในช่วง 1-4 ไมโครเมตร และผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่าผงถ่านกัมมันต์ไมโครกากกาแฟประกอบด้วยธาตุ C, O, Na และ Cl หลังจากนั้นนำผงถ่านกัมมันต์ไมโครกากกาแฟแช่ในน้ำเสียเป็นเวลา 5 วัน พบว่าน้ำเสียมีค่าความขุ่นลดลงเท่ากับ 9.6 NTU ไม่มีกลิ่นเหม็น มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 8.5 และพบว่าผงถ่านกัมมันต์ไมโครกากกาแฟกระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์ที่แช่ในน้ำเสียสามารถดูดซับธาตุ K, Mg, Ca, P และ S

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยทักษิณที่ให้การสนับสนุนเงินทุนวิจัยในโครงการวิจัยนี้ และขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยทักษิณ และสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือ และอุปกรณ์สำหรับการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] Zou, Y. and Han, B. (2001). High-surface-area activated carbon from chinese coal. *Energy and Fuels,* 15, pp. 1383-1386.

[2] Lua, C.A. and Guo, J. (1998). Preparation and characterization of chars from oil palm waste. *Carbon*, 36, pp. 1663-1670.

[3] Tam, M.S. and Antal, M.J., Jr. (1999). Preparation of activated carbons from macadamia nut shell and coconut shell by air activation. *Industrial and Engineering Chemistry Research,* 38, pp. 4268-4276.

[4] Lamine, S. M., Ridha, C., Mahfoud, H., Mouad, C., Lotfi, B. and Al-Dujaili, A. H. (2014). Chemical activation of an activated carbon prepared from coffee residue. *Energy Procedia*, 50, pp. 393-400.

[5] Hamadi, NK., Chen. XD., Farid, MM. and Lu, MGQ. (2001). Adsorption kinetics for the removal of chromium (VI) from aqueous solution by adsorbents derived from used tyres and sawdust. *Journal of Chemical Engineering*, 84, pp. 95-105.

[6] Carrott, P.J.M., Carrott, M.M.L.R., Mouro, P.A.M. and Lima, R.P. (2003). Preparation of activated carbons from cork by physical activation in carbon dioxide. *Adsorption Science & Technology,* 21, pp. 669- 681.

[7] Arnelli, U.H.H.P, Fandi, N.C. and Yayuk, A. (2019). Use of microwave radiation for activating carbon from rice husk using ZnCl activator. *Jornal kimia sains dan Aplikasi,* 22(6), pp. 283-291.

[8] Ahmad, M., Rajapaksha, AU., Lim, JE., Zhang, M., Bolan, N. and Mohan, D. (2014). Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water, A review. Chemosphere, 99, pp. 19-33.

[9] Baccar, R., Bouzid, J., Feki, M. and Montiel, A. (2009). Preparation of activated carbon from Tunisian olive-waste cakes and its application for adsorption of heavy metal ions. *Journal of hazardous materials,* 162, pp. 1522-1529.

[10] Kiener, J., Limousy, L., Jeguirim, M., Le., Meins. J-M., Hajjar-Garreau, S., Bigoin, G., Ghimbeu, MC. (2019). Activated carbon/transition metal (Ni, In, Cu) hexacyanoferrate nanocomposites for caesium adsorption. *Mater,* 12, pp. 1–17.

[11] Gupta, K., Ganjali, M.R., Nayak, A., Bhushan, B. and Agarwal, S. (2012). Enhanced heavy metals removal and recovery by mesoporous adsorbent prepared from waste rubber tire. *Chemical Engineering Journal,* 197, pp. 330-342.

[12] Saleh, T. A., Gupta, V. K. and Al-Saadi, A. A. (2013). Adsorption of lead ions from aqueous solution using porous carbon derived from rubber tires: Experimental andcomputationa study. *Journal of Colloid and Interface Science,* 396, pp. 264-269.

[13] Gonsalvesh, L., Marinov, S. P., Gryglewicz, G. and Yperman, J. (2016). Preparation characterization and application of polystyrene based activated carbon for Ni (II) removal from aqueous solution. *Fuel Processing Technology*, 149, pp. 75-85.

[14] Rahman, M. M., Bari, Q. H. and Yousuf, M. A. (2011). Treatment of textile wastewater with activated carbon produced from rice husk. *Journal of Engineering Science*, *KUET, Khulna, Bangladesh*, 2(1/2), pp. 73-79.

[15] Guo, J. and Lua, AC. (2003). Adsorption of sulphur dioxide onto activated carbon prepared from oil-palm shells with and without pre-impregnation. *Sep Purif Technol*, 30, pp. 265–273.

[16] Adinata D, Daud, WMAW. And Aroua, MK. (2007). Preparation and characterization of activated carbon from palm shell by chemical activation with K_2CO_3. *Bioresour Technol,* 98, pp. 145–149.

[17] Lin, L., Zhai, S., Xiao, Z., Song, Y., An, Q. And Song, X. (2013). Dye adsorption of mesoporous activated carbons produced from NaOH-pretreated rice husks. *Bioresource Technology,* 136, pp. 437-443.

[18] Njoku, V. O., FOO, K. Y., Asif, M. And Hameed, B. H. (2014). Preparation of activated carbons from rumbutan (Nephelium lappaceum) peel by microwave-induced KOH activation for acid yellow 17 dye adsorption. *Chemical Engineering Journal,* 250, pp. 198-204.

[19] Guo, J. and Lua, AC. (2003). Textural and chemical properties of adsorbent prepared from palm shell by phosphoric acid activation. *Mater Chem Phys,* 80, pp. 114–119.

[20] Aaron, D. and Annie, C. (2019). Production and optimization of NaCl-activated carbon from mango seed using response surface methodology. *Biomass Conversion and Biorefinery,* 9, pp. 21–431.

[21] Jia, Y. L., Lock, H. N., Siti, S. H., Jiuan, J. C. and Jaka, S. (2021). Review of oil palm-derived activated carbon for CO_2 Capture. *Carbon Letters*, 31, pp. 201–252.