معالجة مياه محطة تنقية مياه الشرب في دير الزور باستخدام فحم فعّال محضّر من نوى الزيتون

اعداد : آلاء الخضر اشراف : أ.د محمد هلال ،د. نوفة جمعة

الملخص

تمَّ في هذا البحث تحضير الفحم الفعّال عبر كَربنة نوى الزيتون وتنشيطه بطرق كيميائية وحرارية، ومن ثمّ اختباره كمادة مازّة لإزالة الملوثات المتبقية في مياه الشرب المعالجَة كالملوثات العضوية، العكارة، والملوثات اللاعضوية. كما تشمل الدراسة تحليل خصائص الفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون، من حيث المسامية، مساحة السطح، والمجموعات الفعّالة، وتقييم كفاءته في إزالة الملوثات من مياه الشرب المعالجَة ومقارنة النتائج مع المعايير البيئية المحلية والدولية. أظهرت النتائج التجريبية أنّ الفحم المحضّر المذكور يمتلك خصائص امتزازيه جيدة، وأثبت كفاءته في إزالة ملوثات متعددة من المياه الخارجة من محطات التنقية في دير الزور، حيث تم تحقيق إزالة تجاوزت 60% في بعض المعايير مثل COD. كما تبيّن أنّ كفاءة الإزالة تعتمد على الظروف التشغيليّة مثل الزمن، التركيز الابتدائي، وأن زمن الامتزاز الأفضل بالنسبة للمعالجة بالفحم المحضّر المذكور هو 90 min وذلك لأغلب المؤشرات، بينما كانت جُرعة الفحم الأنسب 1.5g. تُوصي الدراسة بتبني استخدام الفحم الفعّال المحضّر كمادة معالجِة مساعِدة في محطات تنقية مياه الشرب، لما له من فعاليّة، ولتوافر مواده الاولية، وذو تكلفة منخفضة، مما يجعله خياراً مستداماً لمعالجَة المياه في المناطق ذات الموارد المحدودة.

الكلمات المفتاحية: معالجة مياه، محطة تنقية، الفحم الفعّال، نوى الزيتون، ديرالزور.

Treating Drinking Water at a Water Purification Plant in Deir ez-Zor Using Activated Charcoal Prepared from Olive Pits.

Abstract

In this research, activated carbon was prepared by carbonizing the nuclei and activating them using chemical and thermal methods, and then tested as an adsorbent to remove residual pollutants in treated water, such as organic pollutants, turbidity, and inorganic pollutants. Also, the study included analyzing the properties of activated carbon prepared from the olive pits in terms of porosity, surface area, and active groups, and evaluating its efficiency in removing pollutants from treated water by comparing the results with local and international environmental standards. The experimental results showed that the carbon prepared from olive pits has good adsorption properties, and has higher efficiency in removing several pollutants of the water coming out of purification plants in Deir Ezzor. So, more than 60 % of the excess has removed for some standards as COD. In addition, it was also shown that the removal efficiency depends on operational conditions such as time, initial concentration, and that optimal adsorption time for treating by the activated carbon was of 90 min for plurality of the standards, while the optimal activated carbon quantity was 1.5 g. The study recommends the use of locally produced activated carbon as an auxiliary treatment material in purification plants, given its effectiveness, availability of raw materials, and low cost, making it a sustainable option for water treatment in resource-limited areas.

Keywords: Water treatment, Purification plant, Activated charcoal, Seeds of Olives, Deir -Ezzor.

1- مقدمة Introduction:

تُعّد المياه الصالحة للشرب من أهم مقومات الحياة والاستقرار البشري، ويزداد الطلب عليها مع تزايد عدد السكّان، وتوسّع النشاطات الزراعيّة والصناعيّة. يُمثّل نهر الفرات في محافظة دير الزور المصدر الأساسي، وربما الوحيد لمياه الشرب والاستخدامات اليومية، مما يجعل جودة مياهه أمرًا بالغ الأهمية في الحفاظ على الصحة العامة وسلامة البيئة. تُعاني المحافظة من تحدّيات متفاقمة تتعلّق بتلوّث مياه نهر الفرات، نتيجة تراكم الملوّثات المختلفة وتراجع كفاءة بعض محطات التنقية الحالية، مما يؤدي إلى انتاج مياه غير مطابقة للمعايير الصحية المطلوبة. من هنا، تبرز الحاجة في هذا الإطار إلى تعزيز كفاءة عمليات وحدات معالجة المياه من خلال إدخال تقنيات مبتكرة وفعّالة و قادرة على تحسين نوعية المياه المعالجَة، ومن بين هذه التقنيات الواعدة في هذا المجال، تبرز تقنيّة الامتزاز باستخدام الفحم الفعّال. حيث يعتبر استخدام الفحم الفعّال من الطرق الحديثة والفعّالة في عدة مجالات في معالجة مياه الصرف الصناعي والصحي[1] ، أو استخدامه في المجال الطبي في علاج حالات التسمم لقدرته العالية على امتزاز المواد السامة[2]. كما يمكن أن يستخدم كحفاز وداعم للحفّاز في مجال تنقية المياه[1]، بفضل قدرته العالية على امتزاز الملوّثات العضوية والـلا عضوية. تزداد أهمية استخدام الفحم الفعّال عند توافر مواد تحضيره الأولية محلّياً. من هنا، تأتي أهمية هذا العمل الذي يتبّنى تقنية تحضير الفحم الفعّال من نوى الزيتون، التي تعتبر مخلّفات زراعية متوافرة بكثرة في المنطقة، مما يُكسب طريقة تحضيره بعداً اقتصادياً، صديقاً للبيئة، ومستداماً.

تتمثّل مشكلة البحث في ضعف كفاءة المعالجَة النهائية للمياه الخارجة من محطات التنقية في دير الزور، وعدم القدرة على إزالة بعض الملوّثات الضّارة بشكل فعّال مما يسبب ضرراً جسيماً على صحة سكان المحافظة الذي يقدر بمئات الالاف. كما إنّ الاعتماد على المواد المستوردة - فحم تجاري مستورد- لاستخدامه في محطات معالجة وتنقية المياه يزيد العبء الاقتصادي. بالتالي، تأتي أهمية الحاجة إلى تطوير مادة معالجِة فعّالة تكون محليّة الصنع، قادرة على إزالة الملوّثات بكفاءة عالية وبتكلفة منخفضة، ممَّ يُسهم في تحسين الخواص الفيزيائية والكيميائية للمياه المعالجَة، ويحقّق التوازن بين الكفاءة التقنية والمتطلبات البيئية والجدوى الاقتصادية.

تناولت العديد من الدراسات والأبحاث العلميّة طرق تحضير الفحم الفعّال من المخلّفات الزراعية المختلفة واستخدامه في معالجة المياه، ففي دراسة لعام 2013 تضمّنت تحضير الفحم الفعّال من عدّة مخلفات نباتية كقشور الرمّان والبلّوط والجوز واختبارها في امتزاز صِباغ أزرق الميثيلين ومقارنتها مع نموذج من الفحم التجاري من شركةB.D.H. أشارت النتائج إلى أنّ خصائص جميع نماذج الفحم المحضّرة في هذه الدراسة كانت أفضل من خصائص الفحم التجاري المستورد، وخاصة فحم قشور البلّوط كونها تتمتع بصلادة عالية، حيث بلغت السعة الامتزازية 247 ملغ/غ والرقم اليودي 649 ملغ/غ ومحتوى رماد 1% [3]. وأجريت دراسة في عام 2016لبحث إمكانية إزالة مادة خماسي كلورفينول (PCP) من المحاليل المائية والذي يعتبر من المركبات ذات التأثير السام ويتواجد كمنتج ثانوي أثناء تعقيم مياه الشرب وذلك بالامتزاز على الفحم المحضّر من نوى التمر، أثبتت النتائج الحاصلة، قدرة الفحم الفعّال المحضّر على امتزاز مادة خماسي كلورفينول من المحاليل المائية بكفاءة عالية بحيث يمكن استخدامه عوضاً من المواد الأكثر كلفة [4]. في نفس السياق في عام2020، قُدّمت دراسة تضمّنت اختبار امتزاز أيونات النترات من الماء باستخدام الفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون، حيث قامت الباحثة بتحضير الفحم وتنشيطه كيميائياً باستخدام كلوريد الزنك. أظهرت النتائج أنّ الفحم المنشّط يمتز النترات من الماء بفعالية عالية بما يعادل أربعة أضعاف سعة امتزاز الفحم المنشّط التجاري [5]. في العام 2024، نُشرت دراسة تضمّنت استخدام فحم منشّط مُعّد من بذور الزيتون لإزالة بقايا المنظفات من مياه الصرف الصحي المعالجَة. أظهرت الدراسة قدرة الفحم على تقليل تركيز المنظفات إلى أقل من 5 ملغ/لتر، مما يجعله مناسباً لإعادة استخدام المياه في الري أو تغذية المياه الجوفية[6]. تم إجراء بحث - في عام 2025 -يتضمّن دراسة إمكانية استخدام نوى الزيتون لإنتاج الكربون الفعّال لاستخدامه في معالجة مياه محطات التنقية. أظهرت النتائج أن هذا الفحم المحضّر صديق للبيئة ذو مواد أولية متجددة و حلّاً مستداماً للتخلص من المخلفات الزراعية من جهة واستخدامه في محطات معالجة تنقية المياه من جهة أخرى [7].

2- أهمية البحث وأهدافه Importance of the research and it aims:

تتجلّى أهمية هذا البحث، أنّه يقّدم حلولاً عمليّة و اقتصادية، وصديقة للبيئة، تتمثّل في استخدام مادة الفحم الفعّال في مجال معالجة مياه محطات التنقية. يتميّز الفحم الفعّال بأنّه ذو مساميّة

عالية، يُستخدم على نطاق واسع في عمليات الامتزاز وإزالة الملوّثات من المياه. ويُنتج من مصادر كربونية طبيعية مثل الخشب و المخلّفات الزراعية. أثبتت الدراسات أنّ المخلفات الغنية بالكربون، مثل نوى الزيتون، يُمكن أنّ تُحوّل إلى فحم فعّال ذي كفاءة امتزازية عالية باستخدام معالجة حرارية مناسبة. تتوافر هذه المواد بكثرة في مناطق عديدة من سوريا، وخاصة في محافظة دير الزور والمناطق المحيطة بها، ممّا يجعلها مصدراً محليّاً منخفض التكلفة لإنتاج الفحم الفعّال. تكمنُ أهمية هذه الدراسة في دمج تقنيتين مهمتين معاً: المعالجة البيئية للمياه، وإعادة تدوير المخلّفات الزراعيّة بهدف تحقيق الاستدامة البيئية والاقتصادية.

يهدفُ هذا العمل - بشكل أساسي - إلى **تحقيق الأهداف التالية:**

i. تحضير فحم فعّال من نوى الزيتون - مخلّفات زراعية متوافرة بكثرة محلياً- باستخدام طرق فيزيائية وكيميائية مناسبة.

ii. تعيين الخصائص الفيزيائية والكيميائية للفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون، تتضمّن تحديد المساحة السطحية والمسامية والمجموعات الفعّالة.

iii. تقييم كفاءة الفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون، في إزالة الملوّثات كالمواد العضوية و اللاعضوية و العكارة من مياه محطات التنقية في دير الزور.

3- مواد وطرق البحث Materials and the research methods:

3-1- المواد المستخدمة في الدراسة:

- **نوى الزيتون (Olive Pits):** تُعدُّ نوى الزيتون - كتركيب كيميائي - من المواد الغنيّة بالمركّبات العضويّة، التي تجعل منها مادة أولية ممتازة لتحضير الفحم الفعّال. عموماً، تتكوّن نوى التمر بشكل تقريبي من:

1. سليلوز (Cellulose): % (30 to 35)
2. هيميسليلوز (Hemicellulose): % (15 to 25)
3. لجنين (Lignin): % (25 to 30)
4. محتوى دهني (زيوت وشحوم): % (5 to 8)
5. محتوى رماد (Ash content): % (1 to 3)
6. كربون ثابت (Fixed Carbon): يصل إلى % 60 بعد الكربنة.

ينتج عن نوى الزيتون- بفضل هيكله الصلب ومحتواه المرتفع من الكربون - فحم فعّال يتميز بمسامية عالية وسطح نوعي كبير عند تفعيله كيميائياً أو فيزيائياً [8].

- **استخدمت المواد الكيميائية التالية خلال اجراء التجارب:**

ماء مقطر - حمض كلور الماء HCl (ذو تركيز 37%) - هيدروكسيد الصوديوم NaOH - كواشف كيميائية لتقدير بعض مؤشرات المياه (كاشف تقدير الأمونيا- كاشف تقدير الكلور الحر- كاشف تقدير النتريت - كاشف تقدير النترات - كاشف تقدير الكبريتات).

2-3- الدراسة التجريبية Experimental Study:

3-2-1- الأدوات والأجهزة المستخدمة في الدراسة التجريبية

استخدمت الأجهزة والأدوات التالية في الدراسة التجريبية في عمليات تحضير الفحم الفعال من نوى الزيتون، وهي : مجفف حراري - مرمدة (فرن حرق) - ميزان حساس إلكتروني - مسخّن ومحرّك مغناطيسي - أرلينات و بياشر وسليندر وأقماع زجاجية وجفنات بورسلان - ورق قصدير - هاون بورسلان - جهاز التحليل بالأشعة تحت الحمراء(FTIR) - جهاز قياس العكارة بواحدة NTU - جهاز تحليل الطيف المرئي فوق البنفسجي (سبيكترو فوتومتر DR3900) - جهاز جار (JAR) - أوعية نظيفة ومعقّمة لحفظ عينات الفحم - جهاز المجهر الالكتروني الماسح - (SEM)جهاز قياس pH - جهاز قياس الناقلية الكهربائية النوعية و TDS.

3-2-2- مراحل الدراسة التجريبية

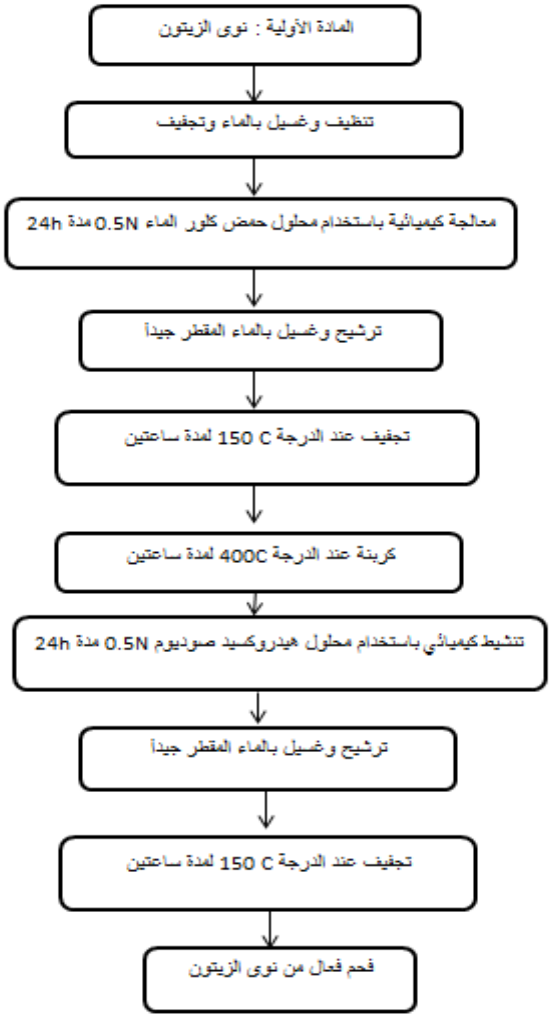
3-2-2-1- تحضير عيّنات الفحم الفعّال: تتضمّن عملية تحضير الفحم المراحل التالية:

1)- تهيئة المادة الأولية:

تمّ جمع نوى الزيتون وتنظيفها من الشوائب العالقة بها عن طريق غسلها بالماء عدة مرات بشكل جيد، ثم تجفيفها عند درجة حرارة الغرفة مدة يوم كامل، بعد ذلك جُففّت العينات في مجفّف حراري عند الدرجة $105\ ^0C$ حتى ثبات الوزن.

2)- عملية الكربنة (التفحيم) والتنشيط الكيميائي لنوى الزيتون:

يُبين الشكل (1) المخطط الصندوقي - تسلسل مراحل - لعملية الحصول على عينات الفحم من نوى الزيتون.



الشكل (1) المخطط الصندوقي لعملية الحصول على عيّنات الفحم من نوى الزيتون.

تمّت عملية الحصول على عينات الفحم وفق التسلسل التالي: أُخذت العينات المنظّفة والمجفّفة في مرحلة التحضير الأولى، عند الدرجة $105\ ^0C$ إلى فرن تجفيف حراري، ومن ثمّ تمّ طحن النوى إلى قطع صغيرة وتمّت معالجتها بحمض كلور الماء، حيث غُمرت في محلول حمض كلور الماء ذو التركيز 0.5 N لمدة 24 ساعة من الزمن، رُشّحت بعد ذلك العينات وغُسلت جيداً بالماء المقطّر عدّة مرات حتى التأكّد من خلو السائل الرّاشح من شوارد الكلوريد، بعد اتمام عملية الترشيح جُففّت العينات من جديد عند درجة حرارة المخبر، ثمّ وُضعت عند الدرجة 150

^0C حتى ثبات الوزن ليوم كامل. من ثمّ نُقلت إلى مرمدة (فرن حرق) لتفحيمها عند الدرجة ^0C 400 لمدة ساعتين بوسط خامل وفق برنامج حراري بمعدّل تسخين ($15\ ^0C/min$)، وبعد حرق العينات تُركت لتبرد ومن ثُمّ نُقلت إلى هاون بورسلان لسحقها بشكل جيد حتى الحصول على مسحوق ناعم جداً. في اليوم التالي تمّت معالجة الفحم الناتج بهيدروكسيد الصوديوم ذو التركيز 0.5 N لمدة 24 ساعة، وليتمّ بعدها إجراء عملية الغسل والتجفيف عند الدرجة $150\ ^0C$ لمدة ساعتين، ومن ثم الحصول على عينات الفحم الفعّال من نوى الزيتون، وحفظهما في عبوات بلاستيكية لحين لاستخدام.

3-2-2-2- توصيف الفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون:

إنّ تحديد وتعيين الخصائص الفيزيائية والكيميائية والهيكلية لأي مادة مازّة امراً ضرورياً للمساهمة في فهم ظاهرة الامتزاز من أجل تحدي استخداماته ولاسيما في تطبيقات المعالجة البيئة، تتمّثل هذه الخصائص فيما يلي:

1)- قياس المساحة السطحية الداخلية للفحم الفعّال عن طريق امتزاز اليود من محلوله المائي

تُمثّل هذه القيمة عدد المليغرامات من اليود الممتزّة من محلوله المائي بواسطة غرام واحد من الفحم الفعّال، حيث تمّ وزن غرام واحد من الفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون، ووُضعت في أرلينة سعة 250 ml على مسخّن ومحرّك وأضيف له 10 ml من محلول حمض كلور الماء 3%، ليتمّ التسخين إلى درجة الغليان لأقل من دقيقة واحدة، ثمّ التبريد إلى درجة حرارة المخبر الوسطية $25\ ^0C$ ، وأضيف بعد ذلك 100 ml من محلول اليود 0.1 N مع التحريك المغناطيسي لمدة نصف ساعة. بعد ذلك تم ترشيح العينات، جُمع حجم مقداره 25ml من السائل الرّاشح بعد إهمال 25ml الأولى وتمّت معايرة الحجم المقطّر باستخدام محلول 0.1N من ثيوسولفات الصوديوم وبوجود مطبوخ النشاء ككاشف. حُسِب حجم محلول ثيوسلفات الصوديوم المستهلك من السحاحة، وتمّ حساب وزن اليود الممتز من قبل الفحم الفعّال باستخدام المعادلتين (1) و (2):

$$N_1.V_1 = N_2.V_2 \quad \text{(ثيوسلفات) (يود)} \qquad (1)$$

$$\text{رقم اليود } I\,N = \frac{\text{وزن اليود الممتز بواسطة الفحم المنشط } (mg)}{\text{وزن الفحم المنشط المستخدم } (g)} \qquad (2)$$

أظهرت النتائج المحسوبة قيمة للرقم اليودي للفحم الفعّال المستخدم: 560.5 mg/g.

2)- قياس الكثافة:

تمّ وضع كمية الفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون في مقياس مدرج 5ml، بعد ذلك تمّ وزن هذا الحجم من الفحم الفعّال باستخدام ميزان حساس، وليتم حساب الكثافة باستخدام المعادلة (3):

$$\rho = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}\ g/cm^3 \qquad (3)$$

بيّنت القياسات التجريبية للكثافة للفحم الفعّال المستخدم، إنها مساوية $10.5\ g/cm^3$

3)- تحديد النسبة المئوية للرماد:

تمّ وزن 10g من الفحم الفعّال بعد التجفيف إلى 105°C في جفنة بورسلانية معلومة الوزن مسبقاً، ثمّ وضعت في فرن حرق عند الدرجة 1000°C لمدة ثلاث ساعات، و تُركت لتبرد، ثم وُزنت بواسطة ميزان حساس وتمّ حساب وزن الرماد المتبقي، علماً أنّه تمّ حساب النسبة المئوية للرماد لعينة الفحم الفعّال المحضّر من خلال المعادلة (4):

$$\text{النسبة المئوية للرماد} = \left(\frac{\text{وزن الرماد}}{\text{وزن النوى المجففة قبل الترميد}}\right) \times 100 \qquad (4)$$

وقد أظهرت القياسات التجريبية، قيمة لنسبة الرماد للفحم الفعّال المستخدم: 10.2%.

4)- تقدير النسبة المئوية للرطوبة:

تمّ وزن 10g من الفحم الفعّال ووُضعت في جفنة بورسلان في فرن تجفيف عند الدرجة 105°C لمدة ثلاث ساعات، ثمّ وُزنت الجفنة من جديد وتمّ حساب النسبة المئوية للرطوبة من خلال المعادلة (5):

$$\text{النسبة المئوية للرطوبة} = \frac{\text{وزن النوى قبل التجفيف عند } 105°c - \text{وزن النوى بعد التجفيف}}{\text{وزن النوى قبل التجفيف}} \times 100 \qquad (5)$$

بالنتيجة، أظهرت القياسات التجريبية قيمة لنسبة الرطوبة للفحم الفعّال: 10.5%.

5)- تحديد pHs سطح الفحوم الفعّالة:

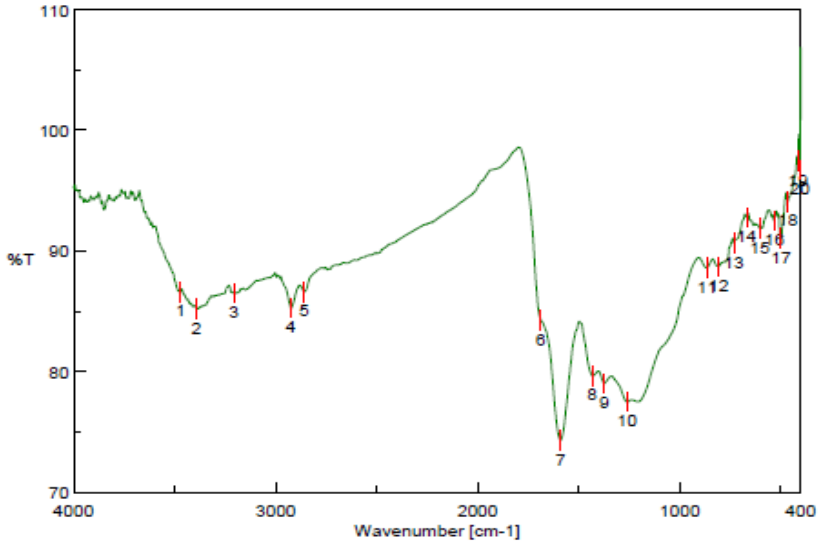
قِيست PH سطح عينات الفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون والفعّالة كيميائياً بحمض كلور الماء وهيدروكسيد الصوديوم بواسطة ورق PH، حيث تمّ وضع 1.0g من الفحم الفعّال الجاف في أرلينة سعة 250ml وأضيفت لها 100ml ماء مقطّر، وسُخّن المزيج حتى الغليان لمدة

10min، بعدها رُشّح وعُينت قيم PH الرشاحة. بيّنت النتائج التجريبية أنّ قيم pHs لعينات الفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون مساوية ل 7.2.

6)- توصيف الفحم الفعّال باستخدام طيف الأشعة تحت الحمراء FTIR

يُفيد جهاز مطياف الأشعة تحت الحمراء (FTIR) في التعرّف على التركيبة الكيميائية للكربون الفعّال وأهم المجموعات الوظيفية الموجودة فيه، كما يعتمد التحليل الطيفي باستخدام الأشعة تحت الحمراء على امتصاص الأشعة بواسطة المادة المراد تحليلها، ليسمح بالكشف عن الاهتزازات المميزة للروابط والوظائف الكيميائية الموجودة في المادة.

حيث تمّ أثناء التحليل، تسجيل طيف الأشعة تحت الحمراء باستخدام تقنية FTIR لعينة الفحم، بهدف تحديد المجموعات الوظيفية المتبقية بعد عملية التفحيم، وتقييم طبيعة البنية الكيميائية للعينة والموضّحة في الشكل (2).

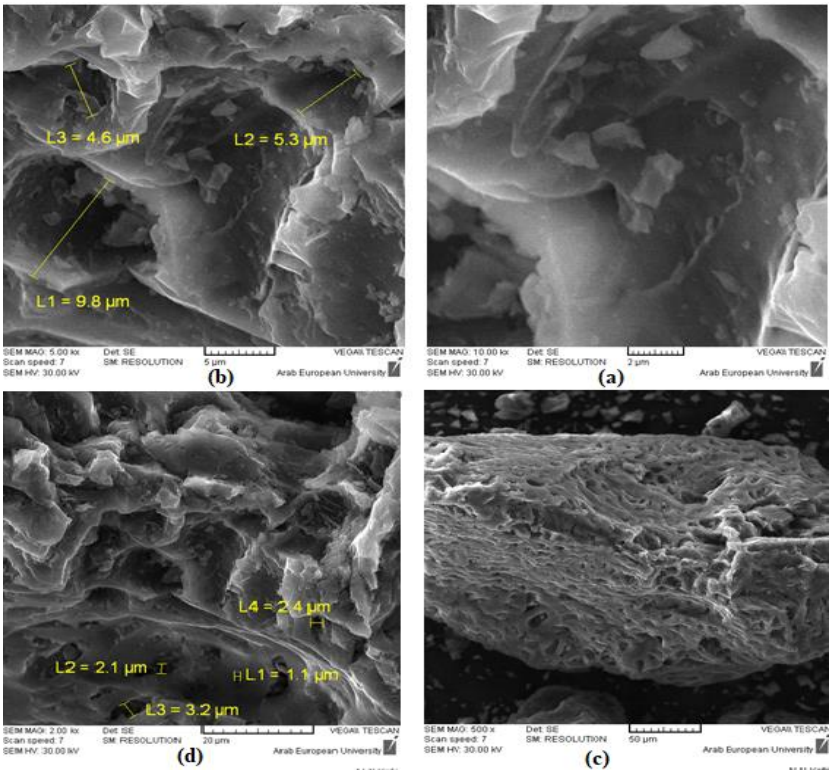


الشكل (2) يُوضّح المجموعات الوظيفية في الفحم المنشّط المحضّر من نوى الزيتون.

7)- توصيف الفحم الفعّال باستخدام المجهر الالكتروني الماسح SEM

تمّ استخدام المجهر الإلكتروني بهدف دراسة بنية السطح لعينة الفحم الفعّال في مخابر هيئة الطاقة الذرية بدمشق. أظهرت نتائج صور المجهر الالكتروني الماسح SEM - للفحم المحضّر من نوى الزيتون- مسامية كبيرة ومنتظمة نسبياً، حيث يتراوح حجم المسام المقاسة بين المتوسطة

والكبيرة بقطر µm (1.1-3.2)، وبينما يبدو التركيب السطحي خشناً مع وجود تجاويف واسعة، كما موضّح في الشكل (3)).



الشكل (3) يبين صور المجهر الالكتروني الماسح للفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون.

3-2-2-3- معالجة عينات من مياه محطة التنقية المدروسة لاختبار القدرة الامتزازية للفحم المنشّط المحضّر:

في الدراسة التحليلية، تمّ أخذ عينات من المياه الخارجة من مخرج إحدى محطات التنقية وتحديداً المحطة 53 التي تمدُّ أغلب أحياء المدينة بمياه الشرب وتحليلها في مخبر المؤسسة العامة لمياه الشرب والصرف الصحي بدير الزور كما هو مبين في الجدول(1)

الجدول (1) يوضّح نتائج تحليل عينات من مياه محطة التنقية 53

المكوّن	الرمز	الوحدة	نتيجة التحليل
الرقم الهيدروجيني	Ph	-	7.4
العكارة	TUR	NTU	8.7
الناقلية	Cond	µs/cm	986
القساوة الكلية	T.H	mg/l	151
مجموع المواد الصلبة المنحلة	T.D.S	mg/l	597
الكلور الحر المتبقي:		mg/l	0.6
الكبريتات	SO_4^{-2}	mg/l	160
الأمونيا	NH_4^{+}	mg/l	0.28
النتريت	NO_2^{-}	mg/l	0.05
النترات	NO_3^{-}	mg/l	4.9
الأوكسجين الكيميائي	COD	mg/l	2.8

الجدول (2) المواصفة القياسية السورية رقم 45 للعام 1994 الخاصة بمياه الشرب[9].

المكوّن	الرمز	الوحدة	الحد الأقصى المسموح به
الرقم الهيدروجيني	Ph	-	6.5-8.5
العكارة	TUR	NTU	5
الناقلية	Cond	µs/cm	1500
القساوة الكلية	T.H	mg/l	500
مجموع المواد الصلبة المنحلة	T.D.S	mg/l	1000
الكلور الحر المتبقي: أ- الحالات العادية ب- حالات الطوارئ		mg/l	 0.2-0.4 0.5
الكبريتات	SO_4^{-2}	mg/l	250

الأمونيا	NH_4^+	mg/l	0.05
النتريت	NO_2^-	mg/l	0.01
النترات	NO_3^-	mg/l	10
الأوكسجين الكيميائي	COD	mg/l	2

بهدف إجراء التجارب والتحاليل لقياس المؤشرات التالية (العكارة والناقلية والنترات والنتريت والأمونيا والكلور الحر والكبريتات وCOD) الخاصة بعينات مياه الشرب المدروسة، بهدف إجراء مقارنتها مع قيمها حسب المواصفات القياسية السورية لمياه الشرب رقم (45) للعام 1994 المبيّنة بالجدول (2). بيّنت نتائج الدراسة التحليلية وبعد المقارنة بين قيم الجدولين (1) و(2)، أنّ عينات المياه المأخوذة من المحطة المدروسة 53، غير صالحة للشرب بالنسبة لبعض المؤشرات، حيث وُجِد أنّ قيم الأمونيا والنتريت والكلور الحر المتبقي والعكارة و (COD) الخاصة بها غير مطابقة للمواصفات القياسية، وبالتالي كان من الضروري استخدام تقنيات جديدة لمعالجة هذا المشكلة الهامة والتي تتعلّق بحياة السكان المحليين، إحدى أهم هذه التقنيات معالجة مياه الشرب بالامتزاز على الفحم الفعّال.

3-2-2-4- معالجة عينات من مياه محطة التنقية لاختبار القدرة الامتزازية للفحم المنشّط المحضّر:

أجريت المعالجة بالامتزاز على الفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون عند جرعات متزايدة من الفحم وأزمنة متزايدة على سلسلتين من التجارب، وذلك مع التحريك بسرعة 200 دورة بالدقيقة وعند درجة حرارة المخبر الوسطية 25^0C.

أولاً- تغيير جرعة الفحم الفعّال:

تمّ دراسة تأثير إضافة جرعات متزايدة من الفحم على تغيّر تراكيز مؤشرات المياه المعالجَة عند زمن ثابت ساعة واحدة وبدرجة حرارة المخبر 25^0C. تمّ إجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه المعالجة عند جرعات فحم منتجة من نوى الزيتون تراوحت ضمن المجال 250 / g ml(2.5 - 0.5)، علماً أنّ المؤشرات المحلّلة للمياه المعالجة هي:

- المؤشرات الفيزيائية (عكارة و ناقلية و pH و TDS).
- المؤشرات الكيميائية (الأمونيا - النترات-النتريت- الكلور الحر- الكبرتيات).
- المؤشرات العضوية (COD).

ثانياً- تغيير زمن الامتزاز:

تمّ في هذه السلسلة، دراسة تأثير زمن الامتزاز على تغيّر تراكيز مؤشرات المياه المعالجَة عند درجة حرارة المخبر وجرعة الفحم المُثلى من حيث كفاءة المعالجة، وهي 1.5 غرام للزيتون مع تغيير الزمن ضمن مجال يتراوح بين 120 min - 15 بعد اجراء الامتزاز عند جرعة فحم محددة وأزمنة امتزاز مختلفة، تمّ ترشيح العينات المعالجَة من المياه على ورق ترشيح 0.4µm و قطر 9cm، ثمّ حُلّلت المؤشرات المختلفة باستخدام أجهزة التحليل الموجودة في مخبر مؤسسة المياه في محافظة دير الزور بتاريخ 3-10-2024.

4- النتائج والمناقشة Results and Discussion:

4-1- نتائج معالجة عينات المياه بالامتزاز على الفحم المحضّر من نوى الزيتون:

4-1-1- دراسة تأثير جرعة الفحم على تغير تراكيز مؤشرات المياه المعالجَة:

الجدول (3) يوضّح تأثير تغير جرعة الفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون على مؤشرات مختلفة لمياه الشرب.

المؤشرات المدروسة	مياه المحطة	جرعة فحم منشّط محضّر من نوى الزيتون عند حجم للعينّة المعالجَة 250 ml مياه				
		0.5	1	1.5	2	2.5
pH	7.5	7.41	7.32	7.3	7.21	7.34
الناقلية µs/cm	986	924	865	831	846	852
القساوة الكلية	151	96	115	105	100	107
العكارة (NTU)	8.7	7.1	5.9	4.8	3.1	3.9
(ppm)TDS	597	463	432	467	472	476
الكلور الحر المتبقي ($mg\ Cl^-/l$)	0.5	0.28	0.2	0.12	0.01	0.05
الأمونيا ($mg\ NH_4^+/l$)	0.28	0.25	0.23	0.21	0.18	0.2
النترات ($mg\ NO_3^-/l$)	4.9	0.9	1.4	0.8	0.5	1
النتريت ($mgNO_2^-/l$)	0.004	0.007	0.007	0.004	0.011	0.007
الكبريتات ($mg\ SO_4^{-2}/l$)	160	185	180	190	200	175

COD (mg/l)	2.5	2.1	1.8	1.5	1	1.1

تمّت دراسة تأثير إضافة جرعات مختلفة للفحم المنشّط عند جرعات فحم من نوى الزيتون تراوحت ضمن المجال 250 ml / g (2.5 - 0.5)، ونُظمّت النتائج في الجدولين (3) و(4). بمقارنة النتائج التي تمّ الحصول عليها بعد معالجة عينات مياه الشرب المأخوذة من محطات التنقية بجرعات مختلفة من الفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون. تبيّن أنّ عينات المياه أصبحت صالحة للشرب عند قيمة لجرعة فحم فعّال مساوية ل 1.5g/250ml، حيث انخفضت العكارة إلى 4.8NTU والكلور الحر انخفض إلى 0.12. أصبحت قيمة العكارة ضمن المجال المسموح حسب المواصفات القياسية السورية لمياه الشرب رقم (45) لعام1994. يمكن القول أنّه عند الجرعة 1.5g كانت قيمة الأمونيا 0.21 mg/l مقارنة مع القيمة المسموحة كانت 0.5 mg/l ، وبحساب كفاءة الامتزاز للمؤشرات المختلفة حصلنا على تخفيض جيد للقساوة الكلية وهذا يعطي مواصفات جيدة لمياه الشرب حيث وصلت نسبة التخفيض عند جرعة فحم 1.5 g إلى 30%.

الجدول (4) يُبيّن كفاءة الامتزاز لبعض مؤشرات عينات مياه الشرب المعالجة.

جرعة فحم نوى الزيتون g/250ml	كفاءة المعالجة %					
	القساوة الكلية mg/l	**الكلور الحر** mg Cl^-/l	**العكارة** NTU	**COD** mg/l	**النترات** mg NO_3^-/l	**الناقلية** µs/cm
0.5	36.423	44	18.39	16	81.632	6.288
1	23.841	60	32.18	28	71.428	12.271
1.5	30.463	76	44.82	40	83.673	15.72
2	33.774	98	64.36	60	89.795	14.198
2.5	29.139	90	55.17	65	79.591	13.59

يمكن أنّ نستنتج ما يلي من خلال معطيات قراءات الجداول السابقة:

1) ازدادت كفاءة تخفيض الكلور الحر وكذلك العكارة و النترات وCOD ، وأصبحت قيم العكارة وTDS ضمن الحدود المسموحة حسب المواصفات القياسية لمياه الشرب الصادرة من منظمة الصحة العالمية. وقد حصل تخفيض أكبر بزيادة جرعة الفجم الفعال المضافة، وهذا مؤشر جيد لنوعية المياه ويمكننا اعتبار الجرعة المثلى لمعالجة عينة المياه هي 6g/l.

2) لاحظنا تخفيض قيمة الناقلية مع زيادة جرعات الفحم الفعال وذلك حتى القيمة 8g/l حيث تراجع الانخفاض بعد هذه القيمة وذلك يرجع إلى امتلاء المسام.

4-1-2- دراسة تأثير زمن الامتزاز على تغير تراكيز مؤشرات المياه المعالجَة:

وذلك بتغيير الزمن ضمن مجال يتراوح بين 120 min – 15 .

يُبيّن الجدول (5) تأثير تغير الزمن على مؤشرات المياه عند درجة حرارة المخبر C 25^0 وجرعة فحم نوى زيتون1.5g/250ml

الجدول (5) يُظهر تأثير زمن الامتزاز باستخدام فحم منشّط من نوى الزيتون على مؤشرات المياه.

المؤشرات المدروسة	مياه المحطة		زمن الامتزاز (min) باستخدام جرعة فحم محضّر من نوى الزيتون 1.5gوحجم عينة 250ml مياه + كمية الفحم المعتمدة			
		15 min	30 min	60 min	90min	120 min
pH	7.4	7.4	7.3	7.3	7.4	7.2
العكارة (NTU)	13	12	10.7	8.6	3.8	3
الناقلية	915	856	843	840	859	839
(ppm)TDS	457	435	421	415	430	431
الأمونيا (mg/l)	0.29	0.28	0.27	0.28	0.3	0.4
النتريت (mg/l)	0.05	0.009	0.008	0.007	0.005	0.005
النترات (mg/l)	2	0.6	0.4	0.3	0.2	0.5
الكبريتات(mg/l)	165	156	145	140	180	160
الكلور الحر المتبقي (mg/l)	0.3	0.25	0.21	0.1	0.00	0.00
COD (mg/l)	3.8	3.1	2.8	1.8	1.6	1.8

بمقارنة قيم المؤشرات المختلفة للمياه المعالجة والتي يتم مد شبكة مياه الشرب فيها تبين ارتفاع في تركيز العكارة وتركيز الأمونيا والنتريت و COD ، وهذا يتطلب معالجتها لذلك تم اعتماد أفضل قيمة لجرعة الفحم والتي تم تحديدها من نتائج سابقة تمت دراستها عند جرعات فحم مختلفة، وكانت الجرعة الأفضل 1.5g/250ml ، ويتغير زمن الامتزاز في المجال 15- min 120.

الجدول (6) يبين كفاءة الامتزاز لبعض مؤشرات المياه بتغير زمن الامتزاز.

زمن امتزاز باستخدام فحم زيتون (min)	كفاءة المعالجة % عند استخدام فحم نوى الزيتون بتركيز 8g/l				
	الكلور الحر	العكارة	COD	النترات	الناقلية
15	16.6	7.69	18.42	70	6.44
30	30	17.69	26.31	80	7.868
60	66.66	33.84	52.63	85	8.196
90	100	70.76	57.89	90	6.12
120	100	76.92	52.63	75	8.31

من تحليل العينات المعالجة تبين أن المؤشرات المختلفة انخفضت عند زمن امتزاز 90 min إلى الحدود المسموح بها حسب القياسية ، حيث انخفضت العكارة من 13 NTU إلى 3.8 NTU والنتريت من 0.05 إلى 0.005 mg/l والكلور الحر انخفض إلى الصفر و COD من 3.8 إلى 1.6 mg/l. وبذلك تكون كفاءات التخفيض على الترتيب : العكارة 70.76% - النتريت 90% - COD 57.89% والكلور الحر انخفض إلى 100% ، وهذا يستوجب معالجة لاحقة بالكلور للحفاظ على تركيز كلور متبقي 0.2-0.4 mg/l. يُستثنى من التخفيضات السابقة الأمونيا حيث بقيت ضمن مجال أعلى من القيمة المسموحة حسب منظمة الصحة العالمية والمواصفات القياسية السورية للعام 1994. ترافقت عملية التخفيض للمؤشرات بتخفيض مهم للنترات التي انخفضت من 2 إلى 0.2mg/l ، وبنسبة تخفيض مقدارها 90% ولم يطرأ تغير يذكر على الكبريتات و TDS.

5- الاستنتاجات والتوصيات (Conclusions and Recommendations)

1)- أثبت النتائج التجريبية فعالية التنشيط الكيميائي باستخدام كل من حمض كلور الماء وهيدروكسيد الصوديوم في تحضير الفحم الفعّال من نوى الزيتون وذلك لقدرتها على التفاعل وحل الأملاح والمعادن والتي تمثل المركبات اللاعضوية الموجودة وتشكيل بنية مسامية جيدة مناسبة لتطبيقات عديدة،

2)- أظهرت القياسات التجريبية كفاءة الفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون في إزالة ملوّثات متعدّدة من المياه الخارجة من محطات التنقية في ديرالزور، حيث تم تحقيق إزالة تجاوزت 60% في بعض المعايير مثل COD.

3)- كان للعوامل التشغيلية مثل زمن الامتزاز وكمية الفحم أثر كبير في كفاءة الإزالة حيث يمكن من خلالها تحسين الأداء في التطبيقات العملية، و تبيّن من خلال البحث أنّ زمن الامتزاز الأفضل بالنسبة للمعالجة بالفحم المحضّر من نوى الزيتون هو 90 min وذلك لأغلب المؤشرات ويُعدُّ رفع الزمن بعده غير مجدي، بينما كانت كمية الفحم الأنسب مساوية ل 1.5g.

4)- **وفقاً للنتائج السابقة:** يمكن اعتبار نوى الزيتون خياراً مثالياً لتحضير الفحم الفعّال كطريقة اقتصادية وصديقة للبيئة كونها من أكثر المخلفات الزراعية وفرة في المنطقة.

بناء عليه، تُوصي الدراسة بما يلي:

1. تحضير فحم فعّال من نوى الزيتون وذلك عند درجات كربنة مختلفة و باستخدام تراكيز أخرى من حمض كلور الماء المستخدم للتنشيط واختيار التركيز الأفضل، الذي عنده يتم حل جميع الأملاح والمعادن الموجودة في المادة الخام وكذلك الأمر بالنسبة لهيدروكسيد الصوديوم.

2. إجراء مزيد من الدراسات والأبحاث حول العوامل أخرى على الامتزاز كدرجة الحرارة، سرعة التحريك و pH لمعرفة مدى مطابقتها مع النتائج التي تم الحصول عليها.

3. التوسّع في استخدام الفحم المحضّر محلياً من نوى الزيتون في محطات معالجة المياه، بعد تعديل التصميمات بما يناسب خصائص هذا الفحم.

4 . إجراء دراسات على أنواع أخرى من المخلفات الزراعية في المنطقة (مثل نوى التمر أو قش القمح) لتحضير أنواع بديلة من الفحم الفعّال. كمشروع بحثي مستقبلي

References

1. Bansal R. H., and Goyal M. 2005-Activated carbon adsorption applications, Chapter 5, Activated Carbon Adsorption, *Taylor & Francis Group*, pp.243-296.
2. Mustafa R., Asmatulu E. 2020- Preparation of activated carbon using fruit, paper and clothing wastes for wastewater treatment, *Journal of Water Process Engineering* 1(35), pp.1-16.
3. Albadrani, M., 2013- Preparation of activated carbon from different plant sources using chemical treatment. *Journal of Education and Science*, 26(2), 41- 46.
4. El-Samanoudy, M. A., Abo El-Enin, S., A., El-Gendy, A.S., and Al-Refaie, I. K., 2016- Removal of pentachlorophenol from aqueous solutions by adsorption on data-pits activated carbon, *Journal of Environmental Science,* 33.2 ,143-164.
5. Nassar, H. N., Zyoud, A, H., El-Hamouz, A. M., and Tanbour, R.K., 2020 - Aqueous nitrate ion adsorption/desorption by olive solid waste-based carbon activated using $ZnCl_2$. *Sustainable Chemistry and Pharmacy,* 18 , 100335.
6. Fekih, K., and Elouissi, A., 2024 - Elimination of detergents from treated wastewater using activated carbon derived from Olive seeds. *Asian Journal of Chemistry*, 36(2), 177–182.
7. Girimonte, R., Astorino, N., Turano, M., Sofia, D., Katovic, A. 2025- Olive stones as optimal precursor of activated carbons for water purification process, *Chemical Engineering Tansactions,(*117)
8. Bouchelta, C., Medjram, M. S., Bertrand, O., and Bellat, J. P. 2008- Preparation and characterization of activated carbon from olive stones by physical activation with steam. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 82(1), 70 –77.

9. المواصفة القياسية السورية رقم 45 للعام 1994 الخاصة بمياه الشرب، هيئة المواصفات والمقاييس السورية، وزارة الصناعة. دمشق. سورية.