تحضير وتوصيف الفحم الفعّال من نوى التمر والزيتون

م. آلاء حسن الخضر [1]، أ. د. محمد هلال [2]، د. نوفا جمعة [3]

الملخص

تُقدّم هذه الدراسة حلول فعّالة ومستدامة، لاستغلال المخلّفات الزراعيّة من نوى التمر والزيتون المتوافرة بشكل واسع في مناطق عديدة من البلاد في تحضير الفحم الفعّال كلُ على حدا. تمّ في هذا البحث تحضير الفحم الفعّال عبر كَربنة النوى وتنشيطها بطرق كيميائية وتحديد خصائصه، من حيث المسامية، مساحة السطح الداخلية، والمجموعات الفعّالة. أكدت النتائج أنّ الفحم الفعّال المحضّر من نوى التمر و الزيتون يمتلك خصائص امتزازية جيدة، و يتمتّع بمساحة سطحية عالية وبنية مسامية دقيقة تختلف باختلاف النوع. حيث أظهر تحليل المجهر الالكتروني الماسح (SEM) للفحم المحضّر من نوى التمر بأنّه يتمتع ببنية مساميّة عالية وتوزيع غير منتظم للمسام فقد تراوحت اقطارها بين الميكروية الدقيقة والمتوسطة ضمن المجال (0.4-3.2) ميكرومتر، مقارنة مع تحليل الفحم المحضّر من نوى الزيتون الذي يظهر مسامية أكبر حجماً وأكثر انتظاماً نسبياً من نوى التمر وبأقطار تتراوح بين (1.1-3.2) ميكرومتر . كما أظهرت النتائج أنّ الرقم اليودي للفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون بلغ 560.5 ملغ/غ مقارنةً مع قيمته للفحم المحضّر من نوى التمر 520.1 ملغ/غ. تُوصي الدراسة بتبني استخدام الفحم الفعّال المحضّر محلّيا كمادة معالجة مساعدة في التطبيقات الصناعية المختلفة كمحطات تنقية المياه، لما له من فعاليّة عالية وتوافر مواد الأولية.

الكلمات المفتاحية: المسامية - الفحم الفعّال - نوى التمر - نوى الزيتون.

---

1. طالبة ماجستير- قسم الهندسة الكيميائية - كلية الهندسة الكيميائية والبترولية - جامعة حمص. (عضو هيئة فنية - كلية الهندسة البتروكيميائية - جامعة الفرات)

2. أستاذ- قسم الهندسة الكيميائية - كلية الهندسة الكيميائية والبترولية - جامعة حمص. (المشرف الرئيسي)

3. مدرّس - كلية الهندسة البتروكيميائية - جامعة الفرات. (المشرف المشارك)

Preparation and Classification of an Activated Charcoal from the Seeds of Dates and Olives

Abstract

This study presents effective and sustainable solutions to benefit from the agricultural residues as date and olive pits, which are widely available in our country to prepare the activated carbon as separated. In this research, activated carbon was prepared by carbonizing the nuclei and activating them using chemical and thermal methods., and determine their properties as porosity, interior surface area, and active groups. The results showed that the carbon prepared from date and olive pits has good adsorption properties as it has a high surface area and a fine porous structure. Scanning electron microscope (SEM) analysis of charcoal prepared from date pits showed that it has a highly porous structure with irregular pore distribution, ranging in size from fine to medium within the range of (0.4-3.2) micrometres, compared to charcoal prepared from olive pits, which exhibits larger and relatively more uniform porosity with pore sizes ranging between (1.1-3.2) micrometres. The results also showed that the iodine number of activated charcoal prepared from olive pits reached 560.5 mg/g compared to 520.1 mg/g for charcoal prepared from date pits. The study recommends the use of locally produced activated carbon as an auxiliary treatment material in industries application as purification plants, given its effectiveness, availability of raw materials.

Keywords:porosity, an activated charcoal, seeds of dates , olive stones.

1- مقدمة Introduction

يُعرّف الفحم الفعّال بأنّه مادة كربونية ذات مسامية غير متبلورة، تتمتع هذه المادة بمساحة سطحية داخلية كبيرة تجعلها مادة فعّالة تجاه امتزاز المواد الكيميائية من أوساطها الغازية أو السائلة، وذات كلفة إنتاجية منخفضة نسبياً مقارنةً مع المواد المازّة اللاعضوية الأخرى. لذلك تحتل تجارة الفحم الفعّال مركزاً متقدماً في الأسواق العالمية.

من جهة أخرى، تعتبر بلادنا ذات طبيعة زراعيّة بالدرجة الأولى، تكثر فيها المخلّفات الزراعية بوفرة دائمة طيلة أيام السنة. بالتالي يُمكن استغلال هذه المخلّفات الزراعية المتوفرة بكثرة (وخاصة نوى الزيتون والتمر) كمادة أولية لتحضير الفحم، انطلاقاً من مبدأ المحافظة على البيئة من التلوث والاستفادة من المخلفات الزراعية في تحضير مواد كالفحم الفعّال ذو الاستخدامات المتعدّدة وخاصة في مجال تنقية المياه، مما ينعكس إيجابياً على الناحية الاقتصادية للبلد من حيث الحد من استيراد الفحم التجاري المستورد واستبداله بمنتج محلي مصنع من مواد أولية متوافرة بكثرة.

تأتي أهمية تحضير الفحم الفعّال من نوى التمر والزيتون، التي تعتبر كمخلّفات زراعية متوفرة بكثرة في المنطقة، كون هذه الطريقة اقتصادية، صديقة للبيئة، ومستدامة. لها استخدامات تطبيقية عديدة، وخاصة في مجال إزالة بعض الملوّثات الضّارة بشكل فعّال من أوساطها السائلة والغازية. ويحقق التوازن بين الكفاءة التقنية والمتطلبات البيئية والجدوى الاقتصادية.

تناولت عدّة دراسات وأبحاث علميّة طرق تحضير الفحم الفعّال من المخلّفات الزراعية واستخدامه في التطبيقات الصناعية، ومنها:

- دراسة أجريت في العام2009، أظهرت إمكانية استخدام نوى التمر بعد معالجته حرارياً وكيميائياً لإنتاج فحم فعّال قادر على إزالة المعادن الثقيلة كالرصاص والنحاس والكروم من المياه العادمة بكفاءة عالية. بيّنت نتائج الدراسة أنّ استخدام الكربون الفعّال من نوى التمر يُعدُّ بديلاً مستدامًا للفحم المستورد[1] .
- ففي دراسة لعام 2013 تضمنت تحضير الفحم الفعّال من عدّة مخلفات نباتية كقشور الرمّان والبلّوط والجوز واختبارها في امتزاز صِباغ أزرق الميثيلين. ثمّ حددت خواص الفحم الفعّال عن طريق قياس كلّا من الرقم اليودي وسعة الامتزاز لصِباغ أزرق

الميثيلين ومحتوى الرماد والرطوبة ومقارنتها مع نموذج من الفحم التجاري من شركةBDH. أشارت النتائج إلى أنّ خصائص جميع نماذج الفحم المحضّرة في هذه الدراسة كانت أفضل من خصائص الفحم المستورد، وخاصة فحم قشور البلّوط كونها تتمتع بصلادة عالية، حيث بلغت السعة الامتزازية 247 ملغ/غ والرقم اليودي 649 ملغ/غ ومحتوى رماد1%[2].

- وفي دراسة أخرى عام 2015 تم تحضير الفحم الفعّال من قشور جوز الهند الخضراء بطريقة التنشيط الكيميائي واستخدامه في معالجة المياه الملوثة بأزرق الميثيلين. أشارت النتائج إلى أنّ قدرة الامتزاز تعتمد على حجم المسام، ومساحة السطح، وحجم المسام الدقيقة للفحم الفعّال [3].
- أجريت في نفس السياق في عام 2020 دراسة تضمّنت اختبار امتزاز أيونات النترات من الماء باستخدام الفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون، حيث قام الباحث بتحضير الفحم وتنشيطه كيميائياً باستخدام كلوريد الزنك، حيث يتميز الفحم الفعّال ($ZnCl_2$-AC) بمساحة سطح نوعية تبلغ حوالي (1480 متر مربع/غ). أظهرت النتائج أنّ هذا للفحم الفعّال يمتز النترات من الماء بفعالية عالية أي ما يعادل أربعة أضعاف سعة امتزاز الفحم الفعّال التجاري (CACs) [4].
- تم إجراء دراسة في عام 2022، استخدمت فحم فعّال مُعد من كعكة مخلفات الزيتون لإزالة مبيد الأعشاب " ميتريبوزين " من المياه. أظهرت الدراسة قدرة امتزاز تصل إلى 144.93 ملغ/غ، مع توافق البيانات مع نموذج لانغمويز، مما يدّل على فعالية هذا الفحم في إزالة الملوّثات الكيميائية من المياه[5].
- وفي دراسة نُشرت عام2023 ، تم استخدام فحم فعّال مشتق من نوى التمر في مفاعل سرير مميع عكسي لإزالة الملوثات من مياه الصرف النفطي .أظهرت الدراسة كفاءة عالية في إزالة الملوثات، مما يؤكد إمكانية استخدام هذا النوع من الفحم في معالجة المياه الصناعية [6]

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

تتجلّى أهمية هذا البحث، في تحضير الفحم الفعّال من خلال إعادة تدوير المخلّفات الزراعية من نوى التمر والزيتون المتوفرة بكثرة في بلادنا(كلا على حدا)، و تتميّز هذه المادة (الفحم) بأنّها ذات مساميّة عالية، تُستخدم على نطاق واسع في عمليات الامتزاز وإزالة الملوّثات من الأوساط السائلة والغازية بشكل فعّال، بمعنى لها تطبيقات صناعية كبيرة. تُنتج من مصادر كربونية طبيعية مثل الخشب، المخلّفات الزراعية. أثبتت الدراسات أنّ المخلّفات الغنية بالكربون، مثل نوى التمر والزيتون، يُمكن أنّ تُحوّل إلى فحم فعّال ذي كفاءة امتزازية عالية باستخدام معالجة كيميائية مناسبة. تتوافر هذه المواد بكثرة في مناطق عديدة من سوريا، ممّا يجعلها مصدراً محليّاً منخفض التكلفة لإنتاج الفحم الفعّال. تكمنُ أهمية هذه الدراسة بتحقيق المعالجة البيئية للمخلّفات الزراعية، بالاستفادة منها في تحضير فحم فعّال وذلك بطريقة تنشيط جديدة تعتمد على المعالجة بالحمض ومن ثم المعالجة بأساس عند درجة كربنة متوسطة تبلغ 400^oC. يُسهم البحث في تحسين البيئة والتنمية بالاستفادة من المخلّفات الزراعيّة المتوفرة بكثرة في تحضير مواد مفيدة، يمكن استخدامها في التطبيقات الصناعية المختلفة.

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

i. تحضير فحم فعّال من نوى التمر والزيتون (كلّا على حدا) باستخدام طرق فيزيائية وكيميائية مناسبة. تعتمد بالدرجة الأولى على مواد أولية محلّية متوفرة بكثرة.
ii. تحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية للفحم الفعّال المحضّر، مثل المساحة السطحية والمسامية والمجموعات الفعّالة.
iii. يُعد هذا البحث مُقدّمة لعمل بحثي قادم، حول إمكانية استخدام هذا الفحم في التطبيقات الصناعية (كمحطات معالجة مياه الشرب).

3- مواد وطرق البحث Materials and the research methods

3-1- المواد المستخدمة في الدراسة

تناولت عدة أبحاث دراسة إمكانية استخدام المخلّفات الزراعيّة المحليّة كمصدر للفحم الفعّال واستخدامه في تطبيقات صناعية مختلفة، كقشور جوز الهند ونوى الزيتون والتمر. ما يُميّز هذا البحث، الاهتمام بمحاولة الاستفادة من المخلّفات الزراعية في تحضير الفحم بطريقة جديدة، وخاصة نوى التمر ونوى الزيتون المتوفرة بكثرة في بلادنا الزراعية، لما تحتويه هذه النوى من

مكوّنات كيميائية وفيزيائية تُميّزها عن غيرها في المناطق أخرى، و تؤهّلها للاستخدام في تحضير الفحم.

3-1-1- نوى التمر (Date Pits): تُعدُّ نوى التمر- كتركيب كيميائي - من المخلفات الزراعيّة الغنيّة بالمكوّنات الكربونيّة، ما يجعلُها مناسبة للاستخدام كمادة أولية لإنتاج الفحم الفعّال. تحتوي نوى التمر تقريباً على:

1. سليلوز (Cellulose): % (20 to 30)
2. هيميسليلوز (Hemicellulose): % (10 to 15)
3. لجنين (Lignin): % (30 to 35)
4. محتوى رماد منخفض (Ash content): % (1 to 2)
5. محتوى كربون مرتفع (Carbon content): يصل % (50 to 60) بعد الكربنة.

توفر هذه المكوّنات، وخاصة اللجنين والسليلوز، قاعدة ممتازة لتكوين بنية مساميّة بعد المعالجة الحراريّة أو الكيميائيّة، ممّا يُعزّز خصائص الامتزاز للفحم الفعّال[7].

3-1-2- نوى الزيتون (Olive Stones/ Olive Pits): تُعدُّ نوى الزيتون كتركيب كيميائي من المواد الغنيّة بالمركّبات العضويّة التي تجعل منها مادة أولية ممتازة لتحضير الفحم الفعّال. 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.

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

3-1-3- الخصائص المشتركة لنوى التمر والزيتون كمصدر للفحم الفعّال:

تشترك نوى التمر والزيتون كمصدر محلي لإنتاج الفحم الفعّال بالميزات الآتية :

1. توفر واسع وانخفاض التكلفة.

2. ارتفاع محتوى الكربون، مما يزيد من فعالية الامتزاز.
3. إنتاج مسامية كبيرة بعد التفعيل.

تمّت دراسة نوى التمر والزيتون في إطار البحث للحصول على بديل محلّي للفحم الفعّال، وتبيّن للباحثين إمكانية استخدام هاتان المادتان المحليتان المتوافرتان في منطقتنا بكثرة، كبديل عن الفحم الفعّال المستورد، ممّا يعطي منافع بيئيّة واقتصاديّة هائلة للاقتصاد الوطني ولصناعة الفحم المحليّة.

2-3- الدراسة التجريبية Experimental study

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

استخدمت الأجهزة والأدوات التالية في الدراسة التجريبية، وهي : مجفف حراري و مرمدة (فرن حرق) و ميزان حساس إلكتروني و مسخّن ومحرّك مغناطيسي و أرلينات و بياشر وسليندر وأقماع زجاجية وجفنات بورسلان و ورق قصدير وهاون بورسلان و جهاز تحليل مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتقنية تحويل فوريه FTIR و أوعية نظيفة ومعقّمة لحفظ عينات الفحم - المجهر الالكتروني الماسح SEM وجهاز قياسpH .

3-2-2- المواد الكيميائية المستخدمة في الدراسة التجريبية

تتضمّن المواد التالية: ماء مقطّر و حمض كلور الماء HCl (ذو نقاوة 37%) و هيدروكسيد الصوديوم NaOH .

3-2-3- مراحل الدراسة التجريبية

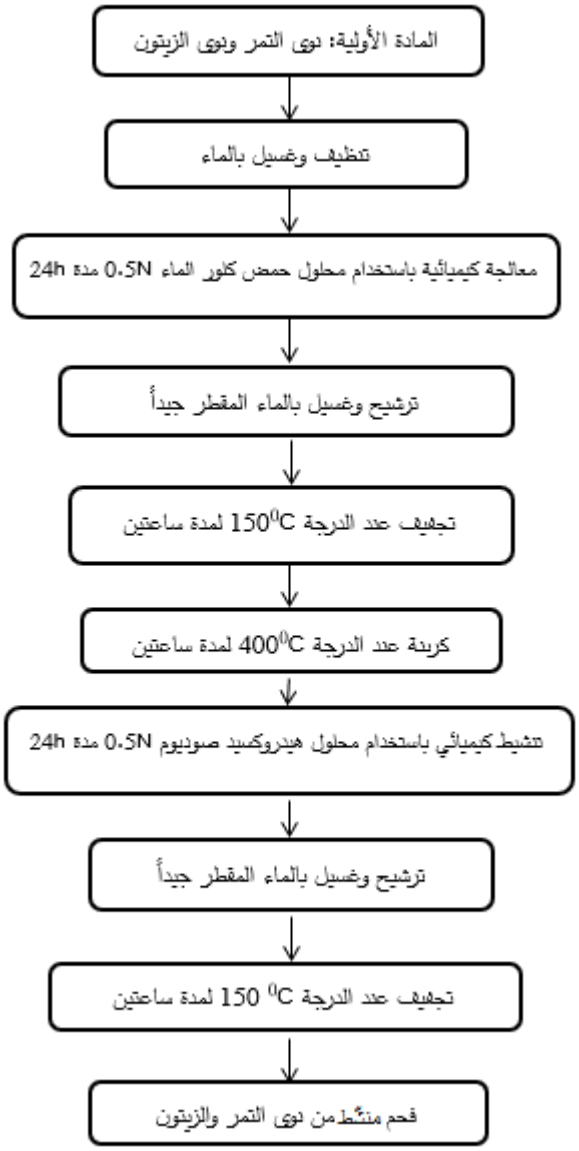
3-2-3-1- تحضير عينات الفحم الفعّال: وتتضمن المراحل التالية:

1) - تهيئة المادة الأولية:

تمّ جمع نوى الزيتون ونوى التمر 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 التمر والزيتون:

يُظهر الشكل (1) المخطط الصندوقي لعملية الحصول على عينات الفحم من نوى التمر والزيتون.



الشكل (1) المخطط الصندوقي لعملية الحصول على عينات الفحم من نوى التمر والزيتون.

أُخذت العينات المنظّفة والمجفّفة في مرحلة التحضير الأولى، عند الدرجة 105 ^{0}C 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 $400\ ^0C$ 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 التمر والزيتون كلا لوحده، وحفظهما في عبوات بلاستيكية لحين لاستخدام.

3-2-3-2- توصيف الفحم الفعّال:

تُعدّ معرفة 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 كلا النوعين من الفحم الفعّال من نوى الزيتون ونوى التمر، ووُضعت في أرلينة سعة250 ml على مسخّن ومحرّك وأضيف له 10 ml من محلول حمض كلور الماء 3%، ليتمّ التسخين إلى درجة الغليان لأقل من دقيقة واحدة، ثمّ تمّ التبريد إلى درجة حرارة المخبر، 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. حُسب حجم محلول ثيوسلفات الصوديوم المستهلك من السحاحة، وتمّ حساب وزن اليود الممتز من قبل الفحم الفعّال من خلال المعادلتين (1) و (2):

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

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

2)- قياس الكثافة:

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

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

3)- تحديد النسبة المئوية للرماد:

تمّ وزن 10 g من كلا النوعين للفحم الفعّال بعد التجفيف إلى 105°C في جفنة بورسلانية معلومة الوزن مسبقاً، وتم وضع الجفنة 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 لكل عينة من عينات الفحم الفعّال المحضّر من خلال المعادلة (4):

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

4)- تقدير النسبة المئوية للرطوبة:

تمّ وزن 10g من كل عينة 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):

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

5)- تحديد pHs سطح الفحوم الفعّالة:

قِيست PH سطح عينات الفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون والتمر والفعّالة كيميائياً بحمض كلور الماء وهيدروكسيد الصوديوم بواسطة ورق PH، حيث تمّ وضع 1.0g من كل من عينات الفحم الفعّال الجاف في أرلينة سعة 250ml وأضيفت لها 100ml ماء مقطّر، وسُخّن المزيج حتى الغليان لمدة 10min وبعدها رُشّح وعُينت قيم PH الرشاحة.

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

يُفيد جهاز مطياف الأشعة تحت الحمراء (FTIR) في التعرف على التركيبة الكيميائية للكربون الفعّال و أهم 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.

7)- توصيف الفحم الفعّال باستخدام المجهر الالكتروني الماسح SEM

تمّ استخدام المجهر الإلكتروني لدراسة بنية السطح لكل من عينات الفحم الفعّال في مخابر هيئة الطاقة الذرية بدمشق.

4 - النتائج والمناقشة Results and Discussion

4-1- توصيف الفحم الفعّال:

4-1-1- نسبة الرطوبة والرماد والكثافة

يُبيّن الجدول (1) نسب الرطوبة والرماد والكثافة للعينات المقاسة في التجارب.

الجدول (1) يُبيّن نسبة الرطوبة والرماد والكثافة لعينات الفحم المختبرة.

الفحم والتنشيط / نوع التحليل	فحم فعّال محضّر من نوى الزيتون كربنة وتنشيط كيميائي	فحم فعّال محضّر من نوى التمر كربنة وتنشيط كيميائي
الرقم اليودي mg/g	560.5	520.1
الكثافة g/cm^3	0.565	0.595
الرماد %	10.2	10.3
الرطوبة%	10.5	10

4-1-2- pHs السطح : يُمكننا ملاحظة أنّ قيم pHs لعينات الفحم الفعّال المدروسة تساوي 7.2 لنموذج الفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون و 7.1 لنموذج الفحم المحضّر من نوى التمر.

4-1-3- تحليل طيف الاشعة تحت الحمراء FTIR:

تمّ تسجيل طيف الأشعة تحت الحراء باستخدام تقنية (FTIR) لعينتي فحم نوى التمر والزيتون بهدف تحديد المجموعات الوظيفية المتبقية بعد عملية التفحيم، وتقييم طبيعة البنية الكيميائية للعينات الموضّحة في الشكلين (2) و(3).

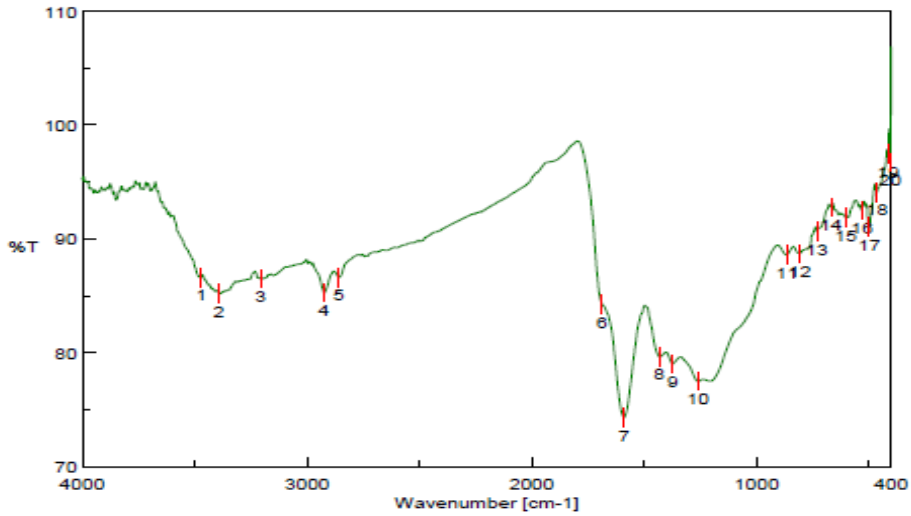
أظهر الشكل (2) طيف الأشعة تحت الحمراء لعينة فحم نوى الزيتون عدداً من القمم الامتصاصية المميزة، والتي يمكن تحليلها كما يلي:

a) 3472.2 - 3391.2 - 3208 cm^{-1}:

عائدة إلى اهتزازات O-H (روابط هيدروكسيلية)، غالباً تعود لمجموعات الهيدروكسيل المرتبطة بالماء الممتص أو مجموعات الكحول والفينولات على سطح الفحم الفعّال.

b) 2923.56 - 2857.99 cm^{-1}:

عائدة إلى اهتزازات C-H في المجموعات الأليفاتية (Aliphatic CH)، وغالباً تدّلُ على وجود بقايا هيدروكربونية ناتجة عن مكونات عضوية كالدهون على سطح الفحم.



الشكل (2) يوضّح المجموعات الوظيفية في الفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون.

c) $1686.44\ cm^{-1}$:

عائدة إلى اهتزاز C=O (كربونيل)، والتي قد تعود لمجموعات كربوكسيلية أو ألدهيدية أو كيتونية متبقية على سطح الفحم الفعّال.

d) $1589.06\ cm^{-1}$:

عائدة إلى اهتزازات C=C في الحلقات العطريّة، مما يدل على وجود بنية عطرية في الفحم الفعّال.

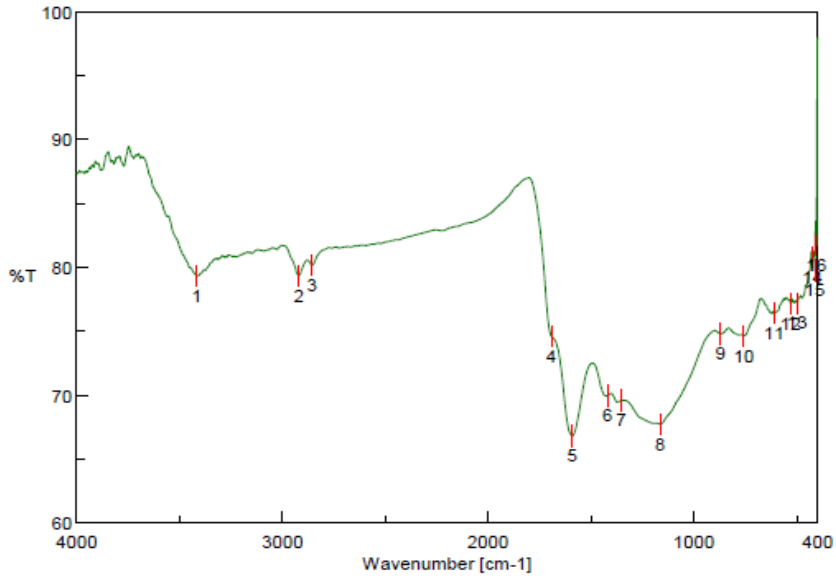
e) $1430.92 - 1373.07\ cm^{-1}$:

عائدة إلى اهتزازات C-H في المجموعات الميثيلية.

f) $1259.29\ cm^{-1}$:

عائدة إلى اهتزازات C-O الإيترية.

أظهر طيف FTIR لعينة فحم من نوى التمر في الشكل (5) عدداً من القمم الامتصاصية والتي يمكن تحليلها كما يلي:



الشكل (3) يوضّح المجموعات الوظيفية في الفحم الفعّال المحضّر من نوى التمر.

a') $3416\ cm^{-1}$:

تعود هذه القمة إلى اهتزازات O-H ، وتشير إلى وجود مجموعات الهيدروكسيل، سواء من الماء الممتص أو من الكحولات والفينولات المتبقية على السطح.

b') $2920\ cm^{-1}$ و2857:

تُمثّل اهتزازات C-H في المجموعات الأليفاتية، مما يدّل على بقايا هيدروكربونية على سطح الفحم الفعّال.

(c' 1692 cm^{-1}: تُشير إلى اهتزازات C=O (كربونيل)، وغالباً ما تعود لمجموعات كربوكسيلية أو ألدهيدية أو كيتونية، وهي مجموعات وظيفية متبقية من المادة الخام أو نتجت أثناء التنشيط.

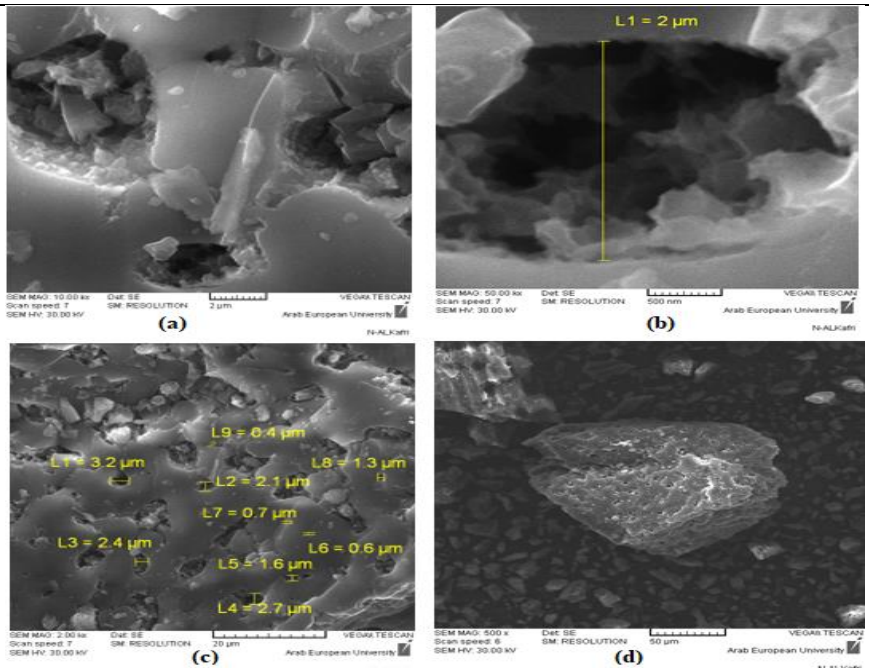
(d' 1591 cm^{-1}: تعود هذه القمة إلى اهتزازات C=C في الحلقات العطرية.

(e' 1421 cm^{-1} و 1354: تُمثّل اهتزازات C-H في المجموعات الميثيلية.

(f' 1164 cm^{-1}: تعود إلى اهتزازات C-O .

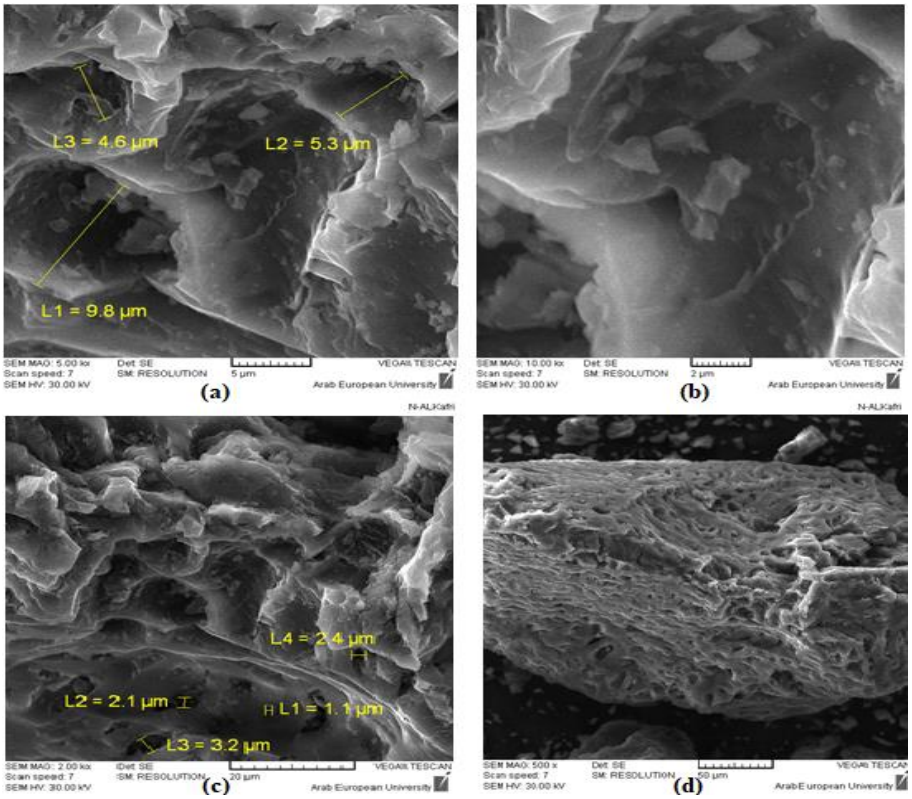
4-1-4- تحليل المجهر الالكتروني الماسح SEM:

تمّ فحص عينتي الفحم الفعّال المحضّر من نوى التمر والزيتون باستخدام المجهر الالكتروني الماسح (SEM)، وباستخدام نسب تكبير مختلفة(200,500,10000)وذلك بهدف دراسة خصائص السطح والمساميّة الناتجة عن التنشيط الكيميائي والتي تلعب دوراً جوهرياً في أداء الامتزاز. تُبيِّن صور SEM للفحم المحضّر من نوى التمر أنّه يتمتع ببنية مساميّة عالية وتوزيع غير منتظم للمسام مع تنوع في حجمها، فقد تراوحت بين الميكروية الدقيقة (Micropores) والمتوسطة، حيث أقطارها المتوسطة تقع في المجال µ m (3.2 - 0.4) كما هو موضّح في الشكل (4).



الشكل (4) يبين صور المجهر الالكتروني الماسح للفحم الفعّال المحضّر من نوى التمر.

بينما تُظهر صور SEM للفحم المحضّر من نوى الزيتون مسامية أكبر حجماً وأكثر انتظاماً نسبياً من نوى التمر حيث يتراوح القطر المتوسط للمسام المقاس بين 1.13.2) µ m –) ، وكما يبدو التركيب السطحي خشناً مع وجود تجاويف أوسع نسبياً من تلك الموجودة في فحم نوى التمر كما هو موضَح في الشكل (5).



الشكل (5) يبين صور المجهر الالكتروني الماسح للفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون.

5- الاستنتاجات والتوصيات Recommendations and Conclusion

1)- تُشير النتائج إلى فعالية التنشيط الكيميائي باستخدام كل من حمض كلور الماء وهيدروكسيد الصوديوم والذي ساهم في إزالة المكوّنات غير الكربونية وتشكيل مسامية جيدة مناسبة لتطبيقات عديدة.

2)- أظهر تحليل SEM أنّ الفحم الفعّال المحضّر من نوى التمر يمتلك قدرة أكبر على الامتزاز الدقيق وذلك لمساميته الدقيقة والموزعة بكثافة في حين أنّ الفحم المحضّر من نوى الزيتون قد يكون مناسباً لتطبيقات تتطلب امتزاز جزيئات أكبر .

3)- أشارت نتائج تحليل FTIR لعينات الفحم الفعّال المدروسة إلى وجود عدد متنوع من المجموعات الوظيفية النشطة على سطح كل من الفحمين المحضرين ممّا يُعزّز من قدرتهما

على إمتزاز مجموعة واسعة من الملوّثات العضويّة وغير العضويّة وذلك يجعلهما خياراً مناسباً في تطبيقات المعالجة البيئية.

4)- تزداد قيم امتزاز اليود من محلوله بشكل كبير لدى تطبيق التنشيط الكيميائي، وهذا يُعزى إلى أنّ الحمض المستخدم أدى إلى تحطيم الفجوات والمسامات على سطح الفحم الفعّال ممّا أدى إلى زيادة السطح النوعي للفحم المحضّر من كل من نوى الزيتون ونوى التمر، حيث أنّ الحموض والأسس تسببان نخر في بنية المادة الأولية وتغيير التركيب المسامي للفحم الفعّال الناتج.

5)- انخفضت الكثافة نتيجة التنشيط الكيميائي في الفحم المحضّر من نوى الزيتون أكثر منه في الفحم المحضر من نوى التمر لأنّ المادة الأولية ذات مسامية أعلى، وهذا يعني أنّ قيم الامتزاز ستكون أفضل بالنسبة للفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون.

6)- أظهرت القياسات التجريبية،أنّ قيم pHs لعينات الفحم الفعّال المدروسة كانت مساوية 7.2 لنموذج الفحم الفعّال المحضّر من نوى الزيتون، و 7.1 لنموذج الفحم المحضّر من نوى التمر.

بالنتيجة:

يُمكن اعتبار نوى التمر والزيتون خياراً مثالياً لتحضير الفحم الفعّال بشكل اقتصادي وصديق للبيئة كونها من أكثر المخلّفات الزراعية وفرة في المنطقة. ممّا يؤدي إلى تحقيق الوفر الاقتصادي المطلوب بتأمين الفحم الفعّال كمنتج محلي يستخدم في التطبيقات الصناعية المختلفة.

References:

1. Al-Qodah, Z., and Shawabkah, R., 2009- Production and characterization of granular activated carbon from activated sludge. *Environmental Technology*, 30(13).
2. Albadrani, M., 2013- Preparation of activated carbon from different plant sources using chemical treatment. *Journal of Education and Science*, 26(2), 41- 46.

3. Das, D., Debi, P., S., and Meikap, B., C. 2015- Preparation of activated carbon from green coconut shell and its characterization. *Journal Chemical Engineering Process Technology*, 6.5 ,1000248.

4. 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.

5. Guesmi, A., Bouaziz, M., and Hamdi, H., 2022- Adsorption of metribuzin herbicide using activated carbon from Olive cake: equilibrium and isotherm studies. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19(6), 4803–4814.

6. Mohamed, A. A., and Al-Kayiem, H. H. 2023- Utilization of date pits derived activated carbon in a reverse fluidized bed reactor for treating petroleum wastewater. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 48, 15123–15135.

7. Belhachemi, M., and Addoun, F. 2011- Physico-chemical characteristics of activated carbon prepared from date stones using phosphoric acid. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 86(6), 789–794.

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.