مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (١٠) العدد (٥) ٢٠٢٦
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (10) No. (5) 2026

المعالجة الأولية لمياه الصرف لمعاصر الزيتون باستخدام تخثير الجير(هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$)

أ. د. هناء كمال سلمان** *
د. نسرين نزيه خلوف ***
م. أمل محسن محمد

(تاريخ الإيداع ٢٠٢٥/١١/٣٠ . قُبِل للنشر في ٢٠٢٦/٣/٤)

□ ملخّص □

تشكل مياه الصرف لمعاصر الزيتون olive mill wastewater (OMW) قضية بيئية مهمة في بلدان البحر الأبيض المتوسط، حيث يتم انتاج كميات كبيره من هذه المياه التي تشكّل تحدياً اقتصاديا وتكنولوجيا كونها تتصف بمحتوى عالٍ من المركبات العضوية ومركباتها الفينولية السامة للنباتات، وطبيعتها المضادة للبكتيريا والتي تقاوم التحلل البيولوجي، بالإضافة لكونها عملية موسمية، ذات انتشار جغرافي كبير للمعاصر. اقتُرحت العديد من التقنيات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لمعالجة مياه (OMW) بفعالية، ولكن جميعها تتصف بمزايا ونقاط ضعف يجب التغلب عليها. يهدف هذا البحث إلى استخدام التخثير الكيميائي كخطوة معالجة أولية، بهدف تقليل محتوى المركبات العضوية والمركبات الفينولية في مياه (OMW)، تمثلت الخطوة الأولى في تحسين عملية التخثر بتحديد جرعة مادة التخثر، تم فيها استخدام جهاز Jar Test مع إضافة كمية المخثر المناسبة مباشرة الى العينة، حيث تم استخدام الجير بجرعات تتراوح من g/l (70-10) وتحديد فعالية المعالجة للبارامترات (COD-TSS-TPC) قبل وبعد المعالجة، وقد كانت كفاءة إزالة الطلب الكيميائي للأكسجين (COD) 37.81%، والفينول الكلي (TPC) 68.85%، والمواد الصلبة العالقة (TSS) 93.9 %. تشير هذه الدراسة إلى أن استخدام الجير (هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$) يمكن أن يكون طريقة معالجة أولية فعالة في معالجة مياه OMW.

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي لمعاصر الزيتون، التخثير الكيميائي، المركبات الفينولية، الجير معالجة هيدروكسيد الكالسيوم.

** أستاذ - قسم الهندسة البيئية-كلية الهندسة المدنية-جامعة اللاذقية-اللاذقية-سورية.
E-mail: hanaksalman@gmail.com
*** أستاذ مساعد - قسم الهندسة البيئية-كلية الهندسة المدنية-جامعة اللاذقية-اللاذقية-سورية.
E-mail: Noor5011@gmail.com

* طالب دراسات عليا (ماجستير) قسم الهندسة البيئية-كلية الهندسة المدنية-جامعة اللاذقية-اللاذقية-سورية.
E-mail: amal.mohammad@latakia-univ.edu.sy

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (١٠) العدد (٥) ٢٠٢٦
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (10) No. (5) 2026

Primary treatment of olive mill wastewater using coagulation Lime (Calcium Hydroxide $Ca(OH)_2$)

Dr. Hana Salman **
Dr. Nisreen Khalouf ***
Eng. Amal Mohammad *

(Received 30/11/2025 . Accepted 4/3/2026)

□ ABSTRACT □

Olive mill wastewater (OMW) is a significant environmental issue in Mediterranean countries, where large quantities of this water are produced. It presents an economic and technological challenge due to its high content of organic compounds and phytotoxic phenolic compounds, its antibacterial properties, and its resistance to biodegradation. Furthermore, the seasonal nature of the process and the widespread geographical distribution of olive mills exacerbate the problem. Numerous physical, chemical, and biological technologies have been proposed for the effective treatment of OMW, but each has its own advantages and disadvantages that must be addressed. This research aims to utilize chemical coagulation as a primary treatment step to reduce the content of organic and phenolic compounds in OMW. The first step involved optimizing the coagulation process by determining the coagulant dosage. A Jar Test apparatus was used, with the appropriate amount of coagulant added directly to the sample. Lime was used at dosages ranging from 10 to 70 g/l, and the treatment effectiveness was determined based on parameters (COD, TSS, TPC) before and after treatment. The efficiency of removing chemical oxygen demand (COD) was 37.81%, total phenols (TPC) 68.85%, and total suspended solids (TSS) 93.9%. This study indicates that the use of lime (calcium hydroxide (Ca(OH)2)) can be an effective primary treatment method for OMW water.

Keywords: olive mill wastewater, chemical coagulation, phenolic compounds, Lime, Calcium Hydroxide treatment.

** Professor - Department of Environmental Engineering - Faculty of Civil Engineering - Latakia University - Latakia - Syria. E-mail: hanaksalman@gmail.com.
*** Associate Professor - Department of Environmental Engineering - Faculty of Civil Engineering - Latakia University - Latakia - Syria. E-mail: Noor5011@gmail.com.

* Postgraduate Student (Master) Department of Environmental Engineering - Faculty of Civil Engineering - Latakia University - Latakia - Syria. E-mail: amal.mohammad@latakia-univ.edu.sy.

1- مقدمة:

يعتبر انتاج زيت الزيتون من أهم الأنشطة الزراعية في دول البحر الأبيض المتوسط، ومنها سورية حيث يعد محصول الزيتون ثالث أكبر المحاصيل بعد القطن والقمح في سورية (Takriti et al., 2012)، ونتيجة لذلك يتم إنتاج كميات هائلة من مياه الصرف لمعاصر الزيتون olive oil mill waste water (OMW) تتميز بمحتواها العالي من المواد العضوية والمركبات الفينولية السامة، حيث يحتوي OMW على (100-150) مرة من الملوثات اكثر من مياه الصرف الصحي المنزلية من COD الذي يصل حتى 220 g/l وBOD حتى 100g/l (Mostafa et al., 2018)، وTSS حتى 120 g/l، والمركبات الفينولية تصل حتى 10 g/l (Ginos et al.,2006)، مما يجعل عملية المعالجة ضرورية لأنه يتم تصريف هذه النفايات السائلة إلى التربة أو في أقرب مجرى مائي والذي يؤدي إلى مشاكل بيئية محلية(Mostafa et al., 2018). في الوقت الحالي لا يوجد تشريع ينظم بشكل خاص معاصر الزيتون ويتيح عملية معالجة فعالة واقتصادية لتحقيق معايير لتصريف مياه الصرف لمعاصر الزيتون (Enaime et al., 2019)، اقترح الباحثون عددا من الطرق للتخلص من ملوثات OMW مثل: التركيز، بحيرات التبخير، أنظمة الاحتراق، الترشيح الفائق، التناضح العكسي، عمليات الأكسدة المتقدمة، المعالجة البيولوجية والتخثير الكيميائي ولم تحقق أي عملية بشكل منفصل الحد المقبول لإزالة المركبات العضوية والسامة. يمكن ان يؤدي الجمع بين ثلاثة طرق معالجة او اكثر الى تقليل الملوثات بنسب تصل الى أكثر من99%، ومع ذلك فان هذا غير ممكن على نطاق واسع بسبب تكلفة العملية (Mostafa et al., 2018). وبما أن المعالجة الناجحة تتطلب مرحلة تهيئة مسبقة يمكن القيام بذلك عن طريق عمليات الفصل، حيث تهدف المعالجة الكيميائية لمياه صرف معاصر زيت الزيتون إلى إزالة المواد العالقة والغروية منها، والتي تتم بإضافة مادة مخثرة مثل (كبريتات الألمنيوم المائية – كلوريد الحديد – الكلس المطفأ-كبريتات الحديد ...وغيرها)، والتي بمجرد إضافتها إلى المياه تتحلمه مشكلة ندفا تجذب المواد العالقة، حيث أن الناتج الرئيسي لعملية الحلمهة مادة غروية تحمل ذراتها شحنات موجبة، في حين شحنة المواد الملوثة سالبة بالتالي تتجاذب وتكون جزيئات أكبر وتترسب معا. وقد نُشرت العديد من الدراسات حول استخدام التخثير الكيميائي لتقليل ملوثات OMW، فمثلا وجد أن المعالجة بالجير المقترحة لتقليل التأثير الملوث لـ OMW هي طريقة قابلة للتطبيق، حيث أنه أرخص من المواد الكيميائية الأخرى (مثل كبريتات الألومنيوم، كلوريد الحديديك، كبريتات المغنيسيوم ، إلخ) المستخدمة في المعالجة المسبقة لمياه الصرف وكمية كبيرة من المواد الملوثة في OMW يمكن إزالتها بنسبة عالية إلى حد ما مع هذه العملية فقد وجد أن الجير (عند الرقم الهيدروجيني 12) أدى إلى نسب تخفيض 46.3% من COD و62.5% من البوليفينول و46.9% من إجمالي المواد الصلبة(Aktas et al., 2001). كذلك وجد أن الجير يساهم في رفع الكفاءة الى حد كبير في البداية وبعد ردود الفعل الجذرية حيث تم إجراء المعالجة باستخدام الجير و UV / H_2O_2 و تحققت إزالة الفينول 90% زادت الى 99.5% عندما عولجت نفس العينات لاحقاً مع الجير (الرقم الهيدروجيني: حتى7) وإزالة اللجنين 30% زادت الى 40%. بالتالي إن التنقية المسبقة التي أجريت باستخدام بيروكسيد الهيدروجين والجير قد تشكل خطوة مهمة لمزيد من عمليات التنقية مثل عمليات الغشاء وما إلى ذلك(Ugurlu et al., 2007). وأيضا وجد أن ترسيب الجير يقلل من تركيز المواد الصلبة الذائبة والعكارة بمعدلات عالية ويقلل اجمالي الفينولات واللون ويضاعف نسبة اختزال COD ويرفع الرقم الهيدروجيني الى القيمة المرغوبة من اجل تنفيذ عملية الأوزون دون تكلفة إضافية، حيث تم دراسة المعالجة

المسبقة بفائض الأوزون وعملية الترسيب الأولية ، يليها التخثير الكهربائي ثم يضاف محلول الجير المعلق حيث تقلل هذه المرحلة بشكل رئيسي على التوالي (58.7%، 86%، 90.9%، 69.9%) من COD و إجمالي الفينولات والمواد الصلبة العالقة واللون(Jomaa et al., 2020). كما تم تطبيق هيبوكلوريت الكالسيوم والجير حيث بعد ترشيح العينات على عمود رملي تعرضت النفايات السائلة الى التجيير في ظل الظروف المثلى. أدى تطبيق الجير إلى تقليل محتويات البوليفينول وCOD الى نصف قيمها الأولية ولكن لوحظ اسوداد مهم عند إضافة تركيزات عالية من الجير 10% و 15% (وزن / حجم). ثم تطبيق المرحلة الثانية من العلاج باستخدام هيبوكلوريت الكالسيوم، وصلت الإزالة للمركبات المدروسة إلى 95%، والقادر على إزالة اللون من هذه النفايات السائلة شديدة التلوين علاوة على ذلك، ذكر أنه يتبخر الطور السائل بعد معالجة الجير بسهولة أكبر من مياه الصرف الخام الموجودة في البرك. نظرًا لإزالة كمية كبيرة من المكونات الدهنية، التي لا تسمح بتبخر الماء عن طريق تكوين غشاء مانع للتسرب على سطح مياه الصرف في البرك، بواسطة الجير (Boukhoubza et al., 2009).

كما تمت دراسة المعالجة المسبقة OMW عن طريق اقتران التخثر والتلبد بمواد غير عضوية مختلفة وعديد الإلكتروليتات العضوية، حيث أدى اقتران الجير بالإلكتروليتات الموجبة المتعددة (في المجال من 200 إلى 300 مجم / لتر) إلى إزالة كمية TSS وحوالي 40-10% و 80-30% على التوالي من COD, TP اعتمادًا على المواد والنفايات السائلة المعنية(تم اختبار اثنين من OMW بمواصفات مختلفة) كما انخفضت السمية النباتية للسائل الناتج لبذور الخس بشكل كبير بعد العلاج بالجير والكهارل المتعددة الموجبة وهذا ينسب إلى إزالة الفينولات والأنواع الأخرى السامة للنبات من المرحلة السائلة((Enaime et al., 2019. كما اختُبر الجير وكلوريد الحديديك كمُخَثِّرات مرجعية، وتبين أنهما فعالان للغاية من حيث إزالة المواد الصلبة العالقة الكلية (TSS) فقد حقق كلاهما نسبة إزالة 90% وبالنسبة لدرجة خفض الطلب الكيميائي للأكسجين (COD) كانت نسبة الإزالة 21% عند استخدام كلوريد الحديد و23%عند استخدام الجير(Sarika et al., 2005). وانطلاقا من أهمية مرحلة التهيئة المسبقة كان الهدف من هذه الدراسة هو دراسة كفاءة استخدام التخثير الكيميائي كمعالجة أولية لمياه الصرف لمعاصر الزيتون باستخدام الجير(هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ Lime). من أجل تخفيف ملوثات OMW.

2- أهمية البحث وأهدافه:

تعد مياه صرف معاصر الزيتون مصدراً مهما للتلوث البيئي، فعندما يتم التخلص منها في البيئة تسبب تدهورات خطيره من تلوين المياه الطبيعية وتهديداً خطيراً للحياة المائية، وتلوثا في المياه السطحية والجوفية وتغيرات في جودة التربة والسمية النباتية، إضافة إلى الرائحة الكريهة والتأثير السلبي على أنظمة معالجة مياه الصرف الصحي في حال صرف هذه المياه فيها.

بالتالي فإن الهدف الأساسي لهذا البحث هو دراسة فعالية المعالجة الأولية باستخدام التخثير الكيميائي لتخفيف تأثير OMW من خلال تحديد فعالية بارامترات المعالجة الأولية لمياه OMW، وذلك باستخدام مخثر الجير(هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ Lime).

3- منهجية إجراء البحث ومراحله:

تم إجراء المعالجة والتحاليل الكيميائية اللازمة على مياه الصرف لمعصرة زيتون في ريف مدينة جبلة محافظة اللاذقية في الشهر العاشر للعام 2024 وهذا المصنع يعتمد عملية استخلاص زيت الزيتون ثلاثية المراحل، حيث تم تخزين المياه في براد عند درجة حرارة 4 درجة مئوية حتى استخدامها، أما مراحل العمل فكانت على النحو التالي:

أولا: الطرق التحليلية :

تم إجراء مجموعة من التحاليل الكيميائية لتحديد فعالية المعالجة المسبقة بالتخثير الكيميائي لمياه صرف معاصر الزيتون OMWحيث أجريت التحاليل المخبرية في مخبر البيئة في كلية الهندسة المدنية، وفي مخابر المعهد العالي لبحوث البيئة، في جامعة اللاذقية.

تم فيها تحديد محتوى المركبات الفينولية الكلية بطريقة Folin-Ciocalteu باستخدام (كاشف فولن عياريته 2N كربونات الصوديوم نقاوته 99.5% وحمض الغاليك 98%)، وكذلك تحديد الاحتياج الكيميائي للأوكسجين (COD) وإجمالي المواد الصلبة العالقة (TSS).

١- تحديد الاحتياج الكيميائي للأوكسجين(COD)Chemical Oxygen Demand :

تم قياس مستوى الطلب الكيميائي للأكسجين (COD) بعد تخفيف العينات بالماء المقطر، باستخدام طريقة المعايرة- التكثيف المغلق:

تؤكسد العينة في محلول حمض قوي مع زيادة معروفة من ثنائي كرومات البوتاسيوم $k_2Cr_2O_7$. بعد الهضم تعاير $k_2Cr_2O_7$ المتبقية والغير متفاعلة بواسطة كبريتات الحديدي النشادرية Ferrous Ammonium (FAS) Sulfate وذلك لتحديد كمية الـ $k_2Cr_2O_7$ المستهلكة وتحسب المواد العضوية المؤكسدة بالمكافئ الأوكسجيني (Bela, 2005).

حيث وضعت في المكثف الهاضم وتم التسخين حتى درجة 160°C لمدة نصف ساعة، بعدها تم تبريد العينات لدرجة حرارة الغرفة ثم تمت المعايرة بعد إضافة مشعر الفيروئين .

٢-تحديدالمواد الصلبة العالقة (TSS) Total Suspended Solids :

تم تحديد تركيز TSS من خلال الترشيح بعد ذلك تم تجفيف البقايا المحتجزة على المرشح عند درجة حرارة 105 درجة مئوية لمدة 60 دقيقة (Oz et al., 2014). وتم حساب تركيز TSS بالعلاقة:

$$TSS = \frac{(M2-M1)*1000}{V} \quad (1)$$

حيث:

M2 : وزن المواد الصلبة العالقة مع ورقة الترشيح بعد التجفيف (g).

M1 : وزن ورقة الترشيح (g)

V: حجم العينة (ml).

٣-تحديد المحتوى الكلي للمركبات الفينولية TPC Total Phenol Content :

تم تحديد محتوى المركبات الفينولية الكلية باستخدام طريقة Folin-Ciocalteu (Meghdad et al., 2020)، مع بعض التعديلات، حيث تم خلط 2.5 مل من كاشف Folin-Ciocalteu (0.2 N) مع 0.5 مل من العينة، وتم الاحتفاظ بالتفاعل في الظلام لمدة 5 دقائق، ثم تمت إضافة 2 مل من محلول كربونات الصوديوم (75 جم/ل) إلى الخليط وتم الاحتفاظ بالتفاعل في الظلام لمدة ساعة. تم قياس الامتصاصية عند 765 نانومتر في مطياف Jasco V-630باستخدام حمض الغاليك كمعيار مركب فينولي لمنحنى المعايرة بتراكيز (50-10) جم/لتر، كانت معادلة المنحني:

$$y = 0{,}0653\ x - 0{,}0378 \quad (2)$$

حيث يمثل x وy على التوالي تركيز حمض الغاليك (مجم/لتر) والامتصاص عند 765 نانومتر، (R^2 = 0,942) حيث تم التعبير عن محتويات المركبات الفينولية الكلية في OMW كمكافئات لحمض الغاليك بالجرام لكل لتر(جرام GAE/لتر). وتم أخذ سلسلة التراكيز mg/l (50-0) الموضحة في الجدول (1).

الجدول (1) تراكيز السلسلة المعيارية لقياس المركبات الفينولية

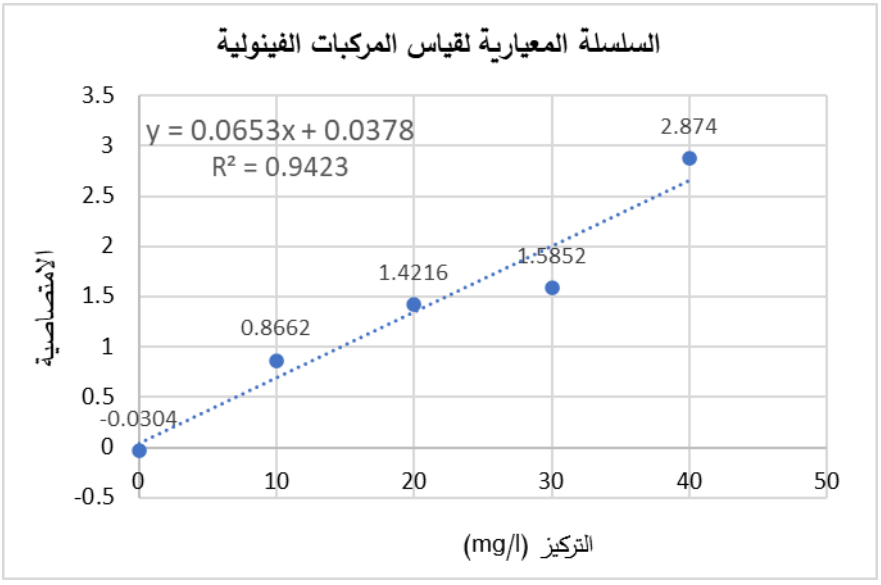
التركيز mg/l	0	10	20	30	40	50
الحجم ml	0	0.25	0.5	0.75	1	1.25

وعند قراءة الامتصاصية لكل عينة من جهاز الامتصاصية عند طول موجة 765 نانومتر كانت النتائج كما هو وضح بالجدول رقم (2) أدناه.

الجدول (2) نتائج الامتصاصية للسلسة المعيارية

التركيز mg/l	0	10	20	30	40	50
الامتصاصية	-0.0304	0.8662	1.4216	1.5852	2.8740	7.0087

وبعد تمثيل السلسلة المعيارية تمثيلا بيانيا تم أخذ معادلة السلسلة للحصول على تركيز المركبات الفينولية المطلوب كما هو موضح في الشكل (1) :



الشكل (1) السلسلة المعيارية لقياس المركبات الفينولية

بتعويض قيمة الامتصاصية في المعادلة (2) مع الضرب بنسبة التمديد نحصل على تركيز المركبات الفينولية.

ثانياً: التخثير الكيميائي باستخدام الجير $Ca(OH)_2$ Lime :

تتمثل الخطوة الأولى في تحسين عملية التخثر بتحديد جرعة مادة المخثر، وقد حددت اعتماداً على سلسلة من التجارب التي عالجت مياه الصرف لمعاصر الزيتون لتحقيق أفضل كفاءة إزالة، باستخدام جهاز (Jar Test) مزود بـ6 أكواب سعة 1 لتر، حيث تم رج العينات جيدا لإعادة تعليق المواد الصلبه المستقره المحتملة وتم نقل العينة إلى الكوب وإضافة كمية المخثر المناسبة مباشرة الى العينة بجرعات من g/l (10−70) (Ginos et al.,2006) مع بعض التعديلات، فكانت التراكيز لجرعات الجير المستخدمة موضحه في الجدول (3).

الجدول (3) تراكيز الجير لعينات مياه OMW

العينات	1	2	3	4	5	6
الجرعةg/l	10	20	40	50	60	70

مع التحريك لمدة 5 دقيقة عند 150 دوره بالدقيقة لزعزعة استقرار التعليق وتبع ذلك التحريك لمدة 15 دقيقة عند 30 دوره بالدقيقة، ثم تمت مراقبة العينات وتدوين الحجم الطافي كل 5 دقائق، وتبع ذلك سحب وتحليل القسم الطافي بعد 60 دقيقة (Ginos et al.,2006).

4- النتائج والمناقشة:

أولا: نتائج توصيف مياه صرف المعصرة OMW:

تم تحليل عينات OMW الخام بدرجة حرارة الغرفة (20.8) وكانت التراكيز الأولية كما يظهر في الجدول رقم (4).

الجدول (4) نتائج توصيف مياه صرف معصرة الزيتون

خصائص العينة	نوع المعصرة	نوع الزيتون	TSS g/l	COD g/l	TPC g/l	pH
العينة	ثلاثية المراحل	Khoderi	8.89	89.2	1.22	3.82

ثانيا: نتائج التخثير بالجير (هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$) Lime ($Ca(OH)_2$) :

لقد تم استخدام الجير بجرعات أوردناها سابقا في الجدول رقم (3) حيث تم سحب القسم الطافي وإجراء التحاليل في نهاية مدة الترسيب بعد 60 دقيقة، وكانت النتائج على النحو التالي:

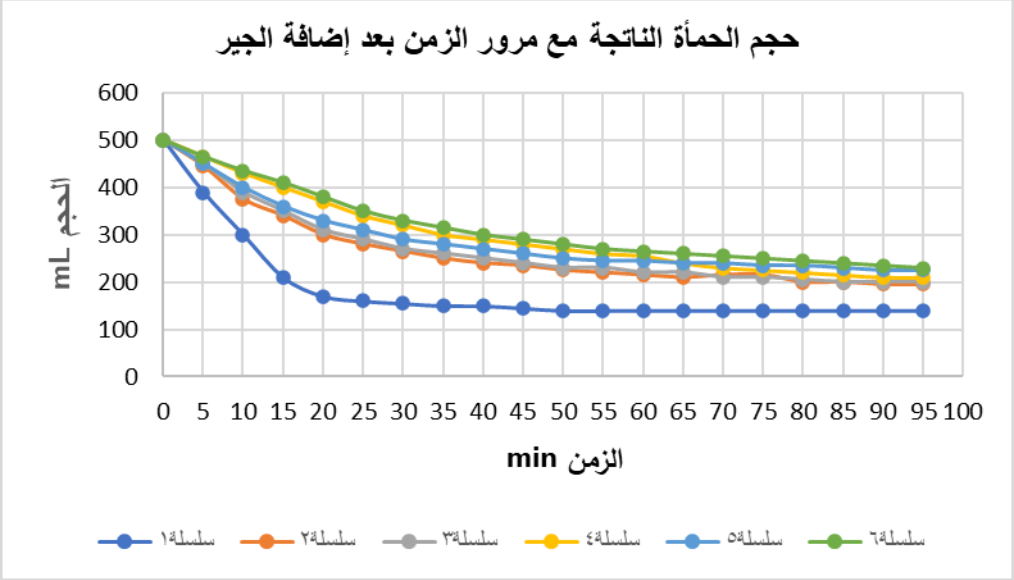
1-حجم الحمأة(ml) مع مرور الزمن(كل5 دقائق) :

تمت مراقبة عملية الفصل وتدوين النتائج كل 5 دقائق لترسب الحمأة وحساب حجم الحمأة لكل عينة في نهاية مدة الترسيب أي بعد 60 دقيقة حيث كانت نسب الحمأة الناتجة تتراوح من % (46-28) من حجم المياه الكلي كما هو موضح في الجدول (5).

الجدول (5) حجم الحمأة (ml) مع مرور الزمن (كل 5 دقائق)

الزمن/الحجم	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
1	500	390	300	210	170	160	155	150	150	145	140
2	500	445	375	340	300	280	265	250	240	235	225
3	500	450	390	350	310	290	270	260	250	240	230
4	500	465	430	400	370	340	320	300	290	280	270
5	500	450	400	360	330	310	290	280	270	260	250
6	500	465	435	410	380	350	330	315	300	290	280
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	S/T %
1	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	28
2	225	220	215	210	215	215	200	200	195	195	39
3	230	230	220	220	210	210	205	200	200	200	40
4	270	260	255	240	230	225	220	215	210	210	42
5	250	245	245	240	240	235	235	230	225	225	45
6	280	270	265	260	255	250	245	240	235	230	46

يلاحظ بدء تحقيق الفصل بين الحمأة والقسم الطافي بعد حوالي 90 min من عملية الترسيب كما هو موضح في الشكل (2).



الشكل (2) حجم الحمأة (ml) مع مرور الزمن (كل 5 دقائق)

2-درجة الحرارة :

كانت تغيرات درجة الحرارة ودرجة الحموضة PH بعد إضافة الجير موضحة في الجدول (6):

الجدول (6) تغير درجات حرارة العينات، ودرجة الحموضة بعد إضافة الجرعات المختلفة من الجير

العينات المعالجة بالتخثير	القيمة الاولية	1	2	3	4	5	6
درجة الحرارة	13	13.8	13.9	13.9	14	14	14
PH	3.82	12.04	12.41	12.48	12.55	12.63	12.66

لم تؤدي جرعات الجير المضافة إلى تغيرات كبيرة في درجة الحرارة كما هو موضح في الجدول (6) أعلاه، فقد كانت تغيرات الحرارة بمقدار درجة واحدة عن درجة العينة الخام، بينما وصلت تغيرات الPH حتى أكبر من 12 .

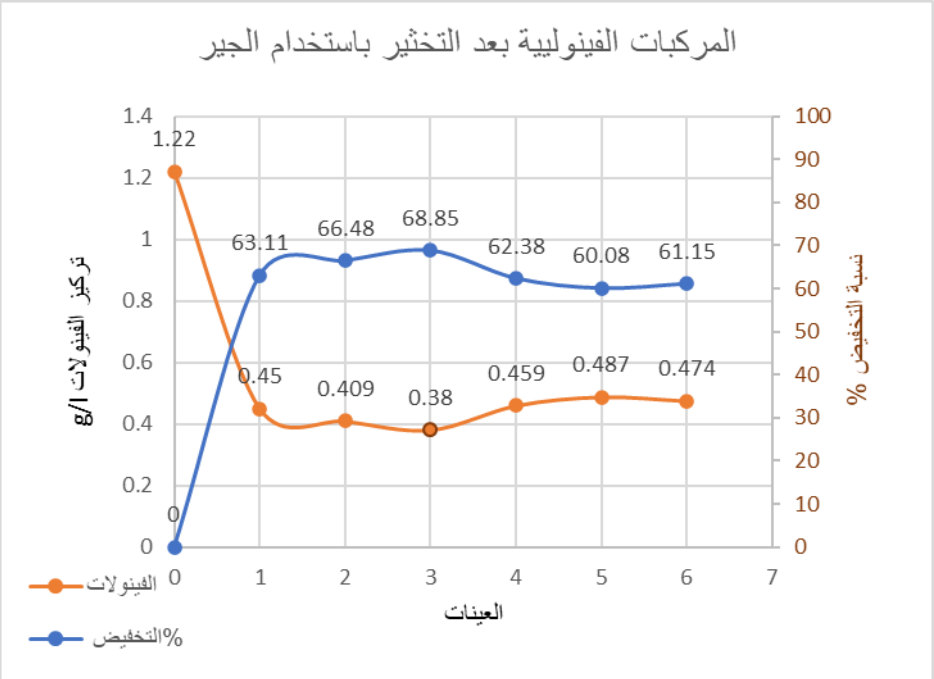
٣-المركبات الفينولية بعد التخثير بالجير:

بعد تجهيز العينات تم قراءة نتائج الامتصاصية واستخدام معادلة منحني المعايرة لإيجاد التراكيز بالتعويض بالمعادلة (2) (y = 0,0653 x + 0,0378) مع الضرب بنسبة التمديد لكل عينة من عينات التخثير، كانت تراكيز المركبات الفينولية ونسبة التخفيض الموافقة لكل منها لكل عينة موضحه بالجدول (7).

الجدول(7) تركيز المركبات الفينولية للعينات ونسب تخفيضها بعد الجير

العينات المعالجة بالتخثير	TPC (g/l)	Reduction %
القيمة الاولية	1.22	0
1	0.45	63.11
2	0.409	66.48
3	0.380	68.85
4	0.459	62.38
5	0.487	60.08
6	0.474	61.15

من الجدول أعلاه نجد أن الجرعة من الجير التي تحقق عندها أخفض تركيز للمركبات الفينولية وصل حتى القيمة 0.380 g/l الموافقة لأعلى نسبة تخفيض 68.85% هي العينة رقم 3 الموافقة لتركيز الجير 40 g/l بالتالي هي الجرعة المثالية كما هو موضح بالشكل (3) أدناه:



الشكل (3) المركبات الفينولية للعينات بعد التخثير باستخدام الجير

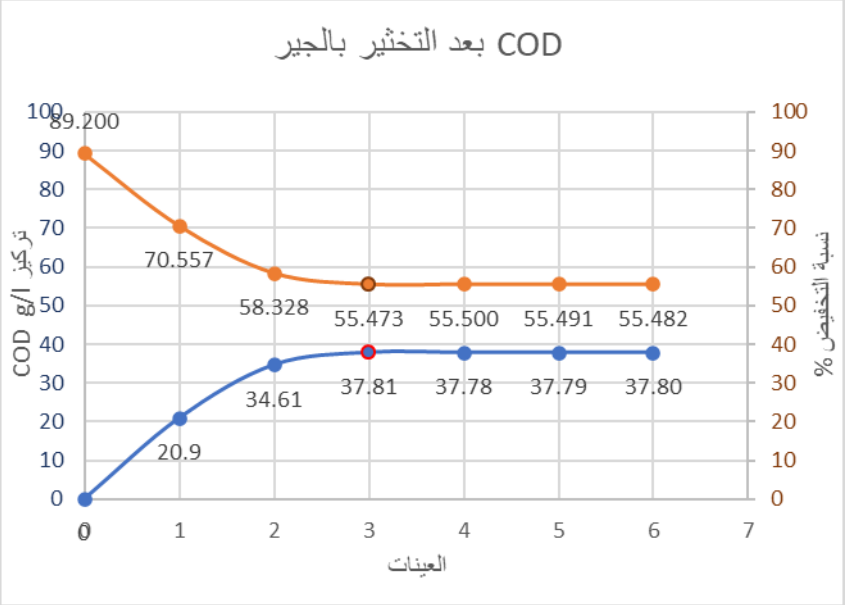
٤-الاحتياج الكيميائي للأوكسجين(COD) Chemical Oxygen Demand :

بعد تحليل كل عينة من عينات التخثير كانت قيم COD ونسب التخفيض الموافقة لكل منها كما هو موضح بالجدول (8):

الجدول(8) تركيز COD للعينات ونسب تخفيضها بعد التخثير باستخدام الجير

العينات المعالجة بالتخثير	COD (mg/l)	Reduction %
القيمة الاولية	89200	0
1	70557	20.9
2	58328	34.61
3	55473	37.81
4	55500	37.78
5	55491	37.79
6	55482	37.80

من الجدول أعلاه نجد أن الجرعة من الجير التي تحقق عندها أخفض قيمة COD وصل حتى القيمة 55.47 g/l الموافقة لأعلى نسبة تخفيض % 37.81 هي العينة رقم 3 الموافقة لتركيز الجير 40 g/l بالتالي هي الجرعة المثالية كما هو موضح بالشكل (4) أدناه:



الشكل (4) COD للعينات بعد التخثير باستخدام الجير

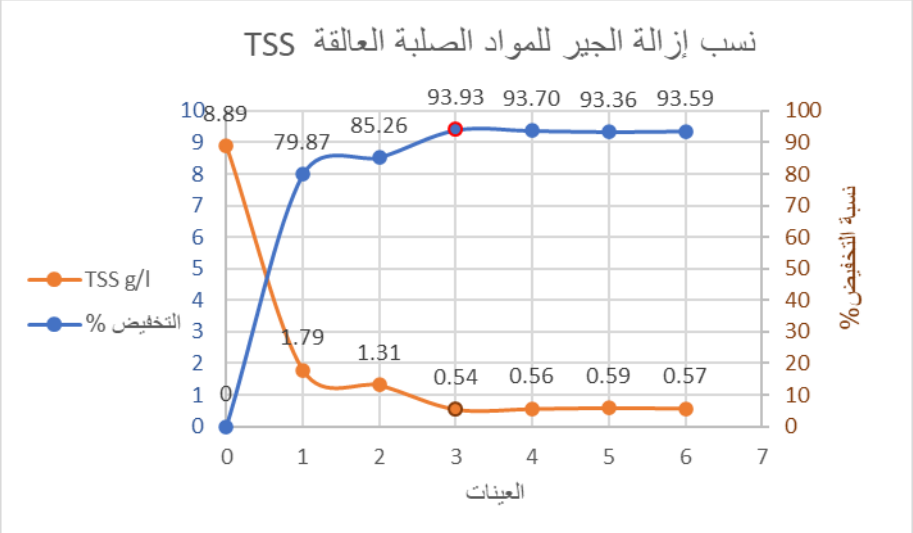
٥-المواد الصلبة العالقة TSS:

بعد تحديد تركيزTSS لكل عينة من عينات التخثير كانت القيم ونسب التخفيض الموافقة لها كما هو موضح بالجدول (9).

الجدول(9) تركيز TSS للعينات ونسب تخفيضها

العينات المعالجة بالتخثير	TSS (g/l)	Reduction %
القيمة الاولية	8.89	0
1	1.79	79.87
2	1.31	85.26
3	0.54	93.93
4	1.56	82.45
5	2.1	76.38
6	1.87	78.97

من الجدول أعلاه نجد أن الجرعة من الجير التي تحقق عندها أخفض قيمة TSS الموافقة لأعلى نسبة تخفيض % 93.93 هي العينة رقم 3 الموافقة لتركيز الجير 40 g/l بالتالي هي الجرعة المثالية كما هو موضح بالشكل (5) أدناه:



الشكل(5) TSS العينات بعد التخثير باستخدام الجير

تُعدّ المعالجة المسبقة بالجير المُقترحة للحد من التأثير الملوث لمياه الصرف المعالجة طريقةً قابلةً للتطبيق عمليًا، إذ يُمكن شراء الجير بسهولة من أي مكان، وهو أرخص من المواد الكيميائية الأخرى، مثل كبريتات الألومنيوم، وكلوريد الحديديك، وكبريتات المغنيسيوم، وغيرها. وهي مُناسبة للمعاصر الصغيرة والمتوسطة والكبيرة، وخاصةً تلك المُنتشرة جغرافيًا ولا تتأثر بالإنتاج الموسمي لهذه المياه. بالإضافة إلى دوره المهم في إزالة الروائح الكريهة يمكن إزالة كمية كبيرة من المواد الملوثة في مياه الصرف المعالجة بنسبة عالية نسبيًا حيث تحقق خفضًا فعالًا وسريعًا لجميع العوامل الأكثر تلويثًا، مثل الطلب الكيميائي للأكسجين (COD) فقد كانت كفاءة التخفيض37.81% ، والمواد الصلبة العالقة (TSS) والتي بلغت نسبة تخفيضها 93.93% والمركبات الفينولية كذلك التي حققت تخفيضا بنسبة

68.85%، في الوقت الذي لوحظ فيه وجود مرحلة منفصلة واضحة من الحمأة والتي تُعادل حجميًا 40% من المياه عند قيمة الجرعة المثالية من المخثر والتي تعد كمية كبيرة نسبيا.

5- الاستنتاجات والتوصيات:

لقد سمحت مناقشة نتائج اختبارات استخدام الجير لمعالجة مياه OMW كخطوة معالجة أولية بالتوصل إلى الاستنتاجات والتوصيات التالية:

1) كان نظام المعالجة المسبقة هذا قادراً على فصل الجزء الصلب من OMW تماماً، وكانت نسبة الحمأة الناتجة عند الجرعة المثالية للتخثير % 40 من حجم المياه الكلي.

2) تم تخفيض تركيز المواد العضوية والفينولية، حيث بلغت نسبة التخفيض عند قيمة الجرعة المثالية % 68.85 من المركبات الفينولية، و 37.81% من COD، والمواد الصلبة العالقة % 93.93.

3) لم يؤدِ استخدام الجير إلى تغير كبير في درجات الحرارة للعينات عن درجة حرارة الغرفة.

4) يعمل الجير بفعالية في درجة الحموضة لـOMW ولا حاجة إلى تعديل درجة الحموضة قبل الفصل.

يوصى في هذا البحث:

1) دراسة فعالية هذه المعالجة متبوعة بطرق الأكسدة المتقدمة أو العمليات البيولوجية أو مزيج منهما.

2) تزداد أهمية هذه النتيجة عند توليد هذه النفايات السائلة في البلدان التي تعاني تقص في موارد المياه ومنه دراسة إعادة استخدام هذه النفايات السائلة المعالجة كمورد مياه بديل.

3) مياه الصرف الصحي المعالجة هي مياه صرف معقدة للغاية تحتوي على مكونات سامة ولكنها قيّمة وذات أهمية حيوية، تشير هذه الحقيقة إلى ضرورة تطبيق عمليات مستدامة يمكنها استعادة المكونات القيّمة من هذه المياه.

6- المراجع

AKTAS, E.S. IMRE, S. L. ERSOY, *Characterization and lime treatment of olive mill wastewater*, Water Res. 35 2001 2336–2340.

BELA TOROK Department of Chemistry University of Massachusetts Boston Boston, MA, *Advanced Organic Chemistry/Organic Synthesis – CH 621Ultrasound Assisted Organic Synthesis* (Sonochemistry).

BOUKHOUBZA A, A. JAIL B, F. KORCHI C, L. LOUKILI IDRISSI A, H. HANNACHE C, J.C. DUARTE D, L. HASSANI B,A. NEJMEDDINE, *Application of lime and calcium hypochlorite in the dephenolisation and discolouration of olive mill wastewate*.2009.

ENAIME, G., BAÇAOUI, A., YAACOUBI, A., WICHERN, M., & LÜBKEN, M. 2019. *Olive mill wastewater pretreatment by combination of filtration on olive stone filters and coagulation–flocculation. Environmental technology*, 40(16), 2135-2146.

GINOS, A., MANIOS, T., & MANTZAVINOS, D. 2006. *Treatment of olive mill effluents by coagulation–flocculation–hydrogen peroxide oxidation and effect on phytotoxicity*. Journal of hazardous materials, 133(1-3), 135-142.

JOMAA, N., & HOURIEH, Y. 2020. *Integrated Process for the Treatment of Olive Oil Mill Waste Water (OMW)*. *Chem. Res. J*, *5*, 121-129.

MEGHDAD PIRSAHEB AND NEGIN MORADI, *Sonochemical degradation of pesticides in aqueous solution: investigation on the influence of operating parameters and degradation pathway* –a systematic review RSC Adv., 2020, 10, 7396.

MOSTAFA, H., IQDIAM, B. M., ABUAGELA, M., MARSHALL, M. R., PULLAMMANAPPALLIL, P., & GOODRICH-SCHNEIDER, R. 2018. *Treatment of olive mill wastewater using High Power Ultrasound (HPU) and Electro-Fenton (EF) method*. Chemical Engineering and Processing-Process Intensification, 131, 131-136.

OZ, N.A. UZUN, A.C. *Ultrasound pretreatment for enhanced bıogas productıon from olıve mıll wastewater*, Ultrasonics Sonochemistry 2014.

SARIKA, R., KALOGERAKIS, N., & MANTZAVINOS, D. 2005. *Treatment of olive mill effluents: Part II. Complete removal of solids by direct flocculation with poly-electrolytes*. *Environment international*, *31*(2), 297-304.

TAKRITI, S., AL-KAID, A., & IBRAHEM, S. 2012. *Radiation processing of the olive-press waste waters for detoxifying the water from organic pollutants*. Aalam Al-Zarra.

Ugurlu M, Kula I 2007*: Decolourization and Removal of Some Organic Compounds from Olive Mill Wastewater by Advanced Oxidation Processes and Lime Treatment.*