

تطوير تقنية المخثرات الطبيعية في معالجة مياه الصرف الصحي المُتأتية من مصانع النسيج

الهادي بن منصور · أميرة الوسلاتي · نصره المثناني

2024-05-13

1- المقدمة

تُمثّل صناعة النسيج أحد أهم القطاعات الاقتصادية في الجمهورية التونسية؛ حيث يوجد بها أكثر من 2086 مصنعاً للنسيج، وتتركز أغلب هذه المصانع (80%) بشكل رئيسي على الشريط الساحلي للبلاد التونسية، كما تُعتبر محافظات المنستير وسوسة والمهدية من أهم وأقدم مراكز الطباعات النسيجية والتي تحظى بطلب دولي كبير. عادة ما ترتبط صناعة النسيج باستهلاك مرتفع للمياه ممّا ينجز عنه صرف كميات كبيرة من المياه المستعملة. وقد وصفت البحوث السابقة التركيبة الكيميائية لهذه المياه المُستعملة على أنها معقدة؛ إذ تحتوي على مركبات مختلفة من الأصباغ، والمعادن الثقيلة السامة، والأمينات المسببة للسرطان، ومواد مبيضة، ومواد غير عضوية، والمُنظّفات، والأملاح، والمبيدات الحيوية، والمُذيبات، والمُليّنات (الشكل 1). ويكمن خطر هذه المركبات السامة في ثباتها في مياه الصرف الصحي للنسيج والتي يتم التخلص منها في المحيط البيئي المجاور ممّا يتسبب في تلوث المياه السطحية والجوفية، وهو ما يُعرّض صحّة الحيوانات والنباتات والإنسان للخطر في حال لم يتم تطبيق تقنية المعالجة المناسبة (الشكل 2).

ووثقت العديد من الأبحاث العلمية السابقة العلاقة بين المخاطر السُمّية الخلوية والجينية المرتبطة بمخلفات هذه المياه المستعملة، والطفرة، والسرطنة، واضطرابات الغدد الصماء، ومشاكل في التكاثر؛ وبالتالي، أصبح هنالك حاجة مُلحة لمعالجة هذه المياه المستعملة من أجل إزالة المُلوثات والمواد السامة. ويكمن خطر هذه المركبات السامة في ثباتها في مياه الصرف الصحي للنسيج والتي يتم التخلص منها في المحيط البيئي المجاور ممّا يتسبب في تلوث المياه السطحية والجوفية، وهو ما يُعرّض صحّة الحيوانات والنباتات والإنسان للخطر (الشكل 2). وبالتالي، أصبح هنالك حاجة مُلحة لمعالجة هذه المياه المستعملة من أجل إزالة المُلوثات والمواد السامة. ودكرت المقالات العلمية السابقة العديد من تقنيات المعالجة الفيزيوكيميائية مثل التثخن والتلبد

ويرتكز مبدأ المعالجة الفيزيوكيميائية باعتماد تقنية التخثر والتلبد على تغيير الحالة الفيزيائية للأجسام العالقة والمادّة الغرويّة، وذلك عن طريق إضافة مواد كيميائية تسمح بتكوين تجمعات يتم التخلص منها من خلال الترسيب (الشكل 3). تُعتبر كلوريد الحديد وكلوريد الألومنيوم وبولي كلوريد الألومنيوم من المخثرات الكيميائية المتعارف عليها في معالجة المياه المستعملة المتأثية من مصانع النسيج . سمية بيئية على الكائنات المائية والأسماك والخضراوات. في الوقت الحالي ونظراً لسُميّة المخثرات الكيميائية، هنالك الكثير من الأبحاث الجارية لتطوير مواد تخثر بديلة تكون غير مكلفة، ومتوفرة، وقابلة للتحلل البيولوجي، وتكون خاصّةً صديقة للبيئة.

الشكل 1. التركيبة الكيميائية لمياه الصرف الصحي المتأثية من قطاع النسيج



الشكل 2. الأثار السلبية لمياه الصرف الصحي على البيئة

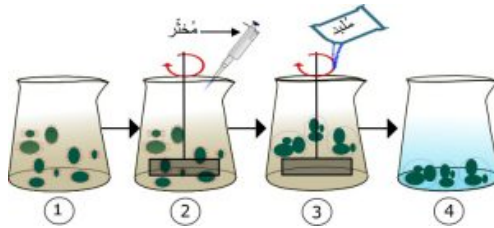
الشكل 3. مراحل معالجة مياه الصرف الصحي باستعمال تقنية التخثر والتلبد

2- المواد وطرق البحث

2-1 أخذ العينات



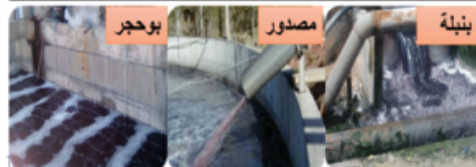
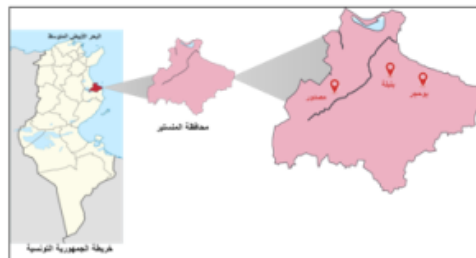
تمّ جمع عينات مياه الصرف الصحي النسيجي غير المعالجة من ثلاثة مصانع مختلفة للنسيج، تقع هذه المصانع في ثلاث بلدات متجاورة (بوججر، مصدر، بنبله) من محافظة المنستير- تونس) (الشكل 4)



الشكل 4. مراكز جمع عينات مياه الصرف الصحي الصناعي

2-2 التحاليل الفيزيوكيميائية للمياه قبل وبعد المعالجة

أجريت التحاليل الفيزيوكيميائية لمياه الصرف الصحي للنسيج بواسطة



أجهزة مختلفة لتحديد تركيز العديد من مؤشرات التلوث (الشكل 5).

الشكل 5. الأجهزة المستعملة لقياس مؤشرات التلوث



2-3 المواد النباتية المستعملة لمعالجة مياه الصرف الصحي

خلال هذه التجربة تم استعمال نوعين من النباتات لمعالجة مياه الصرف الصحي المتأتية من مصانع

النسيج وهي كالآتي:

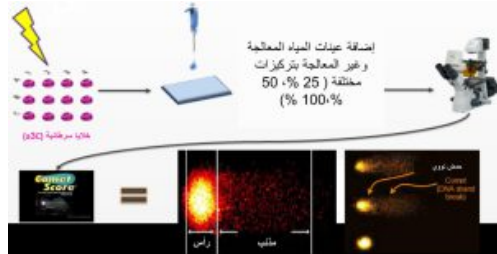
النوع الأول: مسحوق ألواح التين الشوكي *Opuntia ficus indica* هو نبات من فصيلة الصبارية.

النوع الثاني: مسحوق قشور الباذنجان *Solanum melongena* هو نبات عشبي ينتمي إلى عائلة *Solanaceae*.

2-4 اختبار السُميَّة خارج الجسم (in vitro) في أنظمة الخلايا حقيقية النواة (اختبار المذنب)

لاختبار السمية خارج الجسم تم زرع خلايا من نوع C3a على طبق متكون من 12 بئراً بكثافة 2×10^5 خلية لكل بئر. وحُضنت الخلايا لمدة 24 ساعة في درجة حرارة 37 درجة مئوية و 5% من ثاني أكسيد الكربون. بعد ذلك، تم التخلص من محلول اللُّعْم، وتمت إضافة عينات المياه المعالجة وغير المعالجة بتركيزات مختلفة (25 %، 50 %، 100 %). بعد مرور 24 ساعة من الحضنة، اتضح أنّ الخلايا كانت قد تعرضت لمفعول الترسين، حيث تم بعد ذلك إضافة محلول PBS وحفظ الخلايا في الجليد؛ لتجنب تلف الحمض النووي ومنع أي عملية تفاعل لإصلاحه (الشكل 8).

الشكل 8. مراحل اختبار السُميَّة خارج الجسم في أنظمة الخلايا حقيقية النواة



2-4 عملية معالجة مياه الصرف الصحي باستعمال تقنية التخرن والتلبد

والتلبد

تمت عملية المعالجة في حرارة الغرفة، حيث تم استخدام منضدة اختبار من نوع Jar-test (VELP, JLT 4USA)، متكونة من أربعة دوارق، وتمت إضافة 500 مل من

المياه غير المعالجة . في كل دورق، ثم تمت إضافة تركيزات صاعدة (0.4 ، 0.8 ، 1.2 ، 1.6 غ/لتر) من مسحوق الصبار ومسحوق قشور الباذنجان (شكل 9) بالتوازي مع استعمال المخثرات الطبيعية تم استعمال كبريتات الألومنيوم كمخثر كيميائي تقليدي بنفس التركيزات السابق ذكرها. بعد عملية ترسيب المحاليل، والتي استمرت لمدة 20 دقيقة، تم جمع الطبقة الطافية وتصفيتها؛ لقياس مدى فاعلية المخثرات المُستعملة، قُفنا بالتحاليل الفيزيوكيميائية بعد المعالجة.

شكل 9. معالجة مياه الصرف الصحي
باعتقاد تقنية التخثر والتلبد



3- النتائج

بينت نتائج التحاليل الفيزيوكيميائية لعينات مياه الصرف الصحي الغير

المعالجة من ثلاثة مصانع مختلفة للنسيج بمحافظة المنستير، وجود تركيزات عالية لغالبية القيم. كما تجاوزت تركيزات BOD، COD، TSS والموصولة الكهربائية في جميع العينات غير المعالجة التي تمّت دراستها المعايير الخاصة بالمياه المستعملة لقطاع النسيج التي وضعتها السلطات التونسية، باستثناء مستوى المواد العالقة في مياه الصرف والتي تم جمعها من مصنع بنبله. تمّت معالجة المياه المستعملة عن طريق اعتماد تقنية التخثر والتلبد، وذلك باستخدام تركيزات متفاوتة من كبريتات الألومنيوم، ومسحوق ألواح التين الشوكي ومسحوق قشور الباذنجان وأُبرزت نتائج التحاليل أنّ التركيز 0.8 غ/لتر مكن من الحصول على أفضل النتائج بالنسبة لجميع المخثرات الطبيعية المُستعملة. علاوةً على ذلك، أدت المعالجة باستعمال مساحيق المخثرين الطبيعيين إلى إزالة صبغة الكريستال البنفسجي (CV) حيث تم الكشف عن وجود هذه الصبغة في العينة غير المعالجة لمصنع مصدور فقط بتركيز 0.015 ميكروغرام/لتر.

تمّ اختبار مدى قدرة عينات مياه الصرف الصحي المُعالجة وغير المُعالجة في إحداث تسكّم على مستوى الحمض النووي في أنظمة الخلايا حقيقية النواة من صنف C3a عن طريق قياس النسبة المئوية للحمض النووي في ذيل المُذنب بعد تعرّضه لمدة 24 ساعة لتركيزات متفاوتة لهذه العينات. لكلّ عيّنة تمّ اختبار ثلاثة تركيزات مختلفة (25 %، 50 %، 100 %). في نهاية التجربة، بالرجوع للنظر لاختبار NRU ، لم تتسبب أيّ من هذه التركيزات في إحداث أيّ خطر خلوي للخلايا

4- الخلاصة

أصبحت معالجة مياه الصرف الصحي المُتأثية من مصانع النسيج قبل تصريفها في المياه السطحية أمراً ضرورياً لمنع تلوث البيئة في المستقبل وحماية مصادر المياه. وبالاعتماد على البيانات الفيزيوكيميائية، أظهر كلٌ من المخثرات الطبيعية (مسحوق ألواح التين الشوكي ومسحوق قشور الباذنجان) تطهيراً أفضل لعينات مياه الصرف الصحي المُجمعة من ثلاثة مصانع مختلفة للنسيج بمحافظة المنستير مقارنة بالمُختر الكيمائي. ولم يظهر التحليل الكروماتوغرافي وجود مُلوثات في عينات المياه ما عدا العينة غير المعالجة لمصنع مصدور فقد أظهرت وجود مُلوث واحد وهو الكريستال البنفسجي. ومن المثير للاهتمام، أنّ تقنيات المعالجة كانت قادرة على إزالة هذا المُلوث. ولم نلاحظ أيّ سُمية جينية لجميع العينات الثلاثة المعالجة، مما يشير إلى أنه قد يكون قد تمّ إزالة المركب أو المركبات المُسببة للسمية الجينية.

تواصل مع الكاتب: hdbenmansour@gmail.com

يسعدنا أن تشاركونا آرائكم وتعليقاتكم حول هذه المقالة عبر التعليقات المباشرة بالأسفل أو عبر وسائل التواصل الاجتماعي الخاصة بالمنظمة

[Arab](#)



[Scientific Community Organization \(ARSCO\) · arsko-ai.org](https://www.arsco-ai.org)