مجلـة الاقتصاد والتنمية المستدامة
المجلد:05/ العـدد:02 (2022)، ص 485-498
EISSN: 2661-7986 ISSN : 2773-2606

تبني تقنية التحفيز الضوئي في معالجة النفايات الطبية:نحو تحقيق الاستدامة البيئية- تحليل للعوائد المتوقعة وفقا لتطبيقات ميدانية-

Adoption of Photocatalytic Technology in Medical Waste Treatment: Towards Achieving The Environmental Sustainability-Analysis of expected yields according to field applications

آمال ينون[1*] ، إلهام بوالكور[2]

[1] جامعة محمد الصديق بن يحي- جيجل-، amel.yennoune@niv-jijel.dz

[2] جامعة محمد الصديق بن يحي- جيجل- ، ilham.boulkour@univ-jijel.dz

تاريخ الاستلام:2022/03/17 تاريخ القبول:2022/07/02 تاريخ النشر:2022/09/01

مستخلص:

غذت تقنية التحفيز الضوئي من التقنيات الواعدة في مجال معالجة النفايات الطبية، والتخلص من مضارها السلبية والخطيرة على النظم الصحية والبيئية. وقد لاقت هذه التقنية تسويقا مهما في مجال معالجة المياه، وهذا ما صوب الرؤية لإمكانية اعتمادها في المجال الطبي لما يميزها عن باقي التقنيات ولما تطرحه من خيار إستراتيجي يتماشى مع أهداف التنمية المستدامة. وفي هذا المنحنى، تهدف هذه الدراسة للوقوف على آلية عمل هذه التقنية في مجال معالجة النفايات الطبية. وتوصلت الدراسة، إلى أن تقنية التحفيز الضوئي تعد بارقة أمل للحقل الطبي في تحقيق أداء متميز للمنظمات الإستشفائية، وأنها التقنية التي يتوقع أن تسهم في بناء قطاع صحي وبيئي مستدام محققا لأهداف جودة الحياة البشرية.

الكلمات المفتاحية: تحفيز ضوئي؛ نفايات طبية؛ تنمية مستدامة؛ استدامة بيئية.

تصنيفات JEL: N7؛ Q53؛ Q01؛ Q560

Abstract:

The photocatalytic technology became one of the promising technologies in the field of medical waste treatment and the disposal of its negative and dangerous effects on environmental and health systems. This technology has received significant marketing in water treatment field; this is to be adopted in the medical field; because of what distinguishes it from other technologies, and because it offers a strategic choice consistent with the sustainable development goals. this regard, this study aims to determine the work mechanism of this technology in the area of medical waste treatment, and its importance for environmental sustainability.

The study concluded that the photocatalytic technology is a glimmer of hope for the medical field in achieving an outstanding performance for hospital organizations, and that it is the technology that is expected to contribute in building a sustainable health and environmental sector to achieve the goals of the quality of human human life.

Keywords: Photocatalytic Technology; Medical Waste; Sustainable Development; Environmental Sustainability.

JEL Classification: N7 ; Q53 ; Q01 ; Q560.

* المؤلف المرسل.

مقدمة

تعتبر إدارة النفايات الطبية قضية عامة ومسؤولية اجتماعية قبل أن تكون ضرورة قانونية. لذلك، فالإدارة الفعالة والناجحة للنفايات الطبية تتطلب تقنيات معالجة مختلفة باختلاف أصناف هذه النفايات. ومع اختلاف طبيعة وخصائص أصناف بعض هذه النفايات، فإن الأمر يحول دون إمكانية تطبيق تقنيات المعالجة التقليدية المتعارف عليها، لذلك وردت الحاجة لتطوير تقنيات جديدة أكثر ملائمة من حيث التكلفة ومناسبة من حيث النوعية لمعالجة النفايات الصلبة، السائلة وكذا تنقية الهواء.

أولا: إشكالية الدراسة

أضحت تقنية التحفيز الضوئي من التقنيات الدقيقة ذات التكنولوجيا المتطورة، والتي يعول عليها في مجال معالجة النفايات الطبية من منطلقات تطبيقية تقوم عليها، وتتماشى مع حماية البيئة وضمان استدامتها. وضمن هذا الجانب نتساءل:

ما هي القيمة المضافة التي يمكن تحقيقها من اعتماد تقنية التحفيز الضوئي في مجال معالجة النفايات الطبية بالنسبة للنظم البيئية ؟

ثانيا: فرضية الدراسة

تتمثل القيمة المضافة التي يحققها اعتماد تقنية التحفيز الضوئي في معالجة النفايات الطبية في تقليل تأثيراتها ومضارها الخطيرة على النظم البيئية بما يسهم في تحقيق الاستدامة البيئية.

ثالثا: أهداف الدراسة

- تأصيل المفاهيم الأساسية للنفايات الطبية؛
- استعراض بعض التقنيات المعتمدة في معالجة النفايات الطبية؛
- إبراز مزايا الاعتماد على تقنية التحفيز الضوئي في معالجة النفايات الطبية.

رابعا: منهج الدراسة

بغية الإحاطة بالموضوع تم الاعتماد على المنهج الوصفي التحليلي، وذلك من خلال وصف وتحليل المعلومات التي تم جمعها أساسا من مصادر ثانوية متمثلة في كتب ومنشورات علمية حول ا لمشكلة محل الدراسة لإثبات صحة الفرضية من عدمه والخروج بنتائج علمية وتقديم اقتراحات .

1- دلالة النفايات الطبية

حظيت النفايات الطبية في العقدين الأخيرين بأهمية كبيرة لدى المختصين في مجال إدارة النفايات وتقليل تأثيراتها المختلفة على مختلف مجالات الحياة. وبدا الأمر يأخذ منحى تصاعديا في مجال الاهتمام بدراسة أصناف هذه النفايات، وسلوكها البيئي وكيفية إداراتها بشكل يتلاءم مع أهداف التنمية المستدامة.

وتعرف النفايات على أنها: "كل ما ينتج من استهلاك المواد الطبيعية بواسطة الإنسان والحيوان وكافة الكائنات الحية، أو المواد التي تنتج من استخدام الصناعات ولم يعد لها قيمة، ومن ثم يلزم التخلص منها". (فهمي، 2011،ص116)

1-1 تعريف النفايات الطبية

من بين التعاريف التي قدمت للنفايات الطبية نجد:

أ)" كل النفايات الناتجة عن عملية التشخيص والمعالجة والتلقيح البشري أو الحيواني، وكذا عن أنشطة البحوث والتجارب المرتبطة بالمواد البيولوجية". (خلادي، هزلة، وسباع، 2020،ص ص167_168)

ب) " مواد يمكن أن يؤدي استعمالها بحسب الكمية أو التركيز أو حسب خواصها الفيزيائية أو الكيميائية إلى التأثير سلبا على البيئة عند معالجتها أو تحويلها أو نقلها بطريقة غير سليمة". (العنزي، 2008،ص273)

وتجدر الإشارة إلى أنه يستدل على النفايات الطبية بعدة مسميات على غرار: "نفايات الرعاية الصحية"، وهو المصطلح الأكثر شيوعا أو"" مخلفات الأنشطة العلاجية".

2-1 أصناف النفايات الطبية

يتوزع إجمالي النفايات الطبية حسب النسبة المئوية كما يلي:(لبصير والعسكري، 2021، ص995)

- من 75% إلى 90%، نفايات عامة شبيهة بالنفايات المنزلية: وهي نفايات لا تشكل أي خطر معين، وهي مواد قابلة لإعادة التدوير، مثل: الورق، البلاستيك والزجاج غير الملوث ومواد أخرى قابلة للتحلل كبقايا الطعام.
- من 10% إلى 25%، تعبر عن نفايات خطيرة خاصة إذا تمت إدارتها أو التخلص منها بشكل غير صحيح ومناسب.

الجدول رقم(01): تصنيف النفايات الطبية

أصناف النفايات	وصفها
النفايات العادية	نفايات قابلة لإعادة الاستخدام والتدوير على غرار الزجاج، الأوعية المعدنية مواد التغليف البلاستيكية والورق وغيرها من النفايات مشابهة الخصائص بالنفايات المنزلية.
النفايات المعدية	النفايات التي تحتوي أو يشتبه أنها تحتوي عل مسببات الأمراض المعدية (البكتيريا، فيروسات ، طفيليات، فطريات).
النفايات الحادة	الأدوات التي قد تسبب قطع أو وخز في الجسم البشري، مثل: الإبر، المشارط والشفرات المستخدمة في العمليات الجراحية وغيرها من المعدات الحادة.
النفايات الكيميائية	النفايات السامة للجينات، وهي نفايات شديدة الخطورة حيث يمكن أن تسبب طفرات ضارة أو تؤدي إلى إحداث تغيرات خلقية في الجسم البشري أو تكون لها نتائج مسرطنة للخلايا.
النفايات المشعة	النفايات الصلبة أو السائلة أو الغازية الملوثة بنويدات المواد المشعة والناتجة من استعمالها في فحوصات الأنسجة والسوائل البشرية، وكذلك المستعملة في أعمال البحوث الطبية التشخيصية والعلاجية.
النفايات الصيدلانية	المواد الأولية والأدوية والمستحضرات الصيدلانية منتهية الصلاحية أو غير المطابقة للمواصفات أو التي لم يعد لها استعمال لسبب أو لآخر، وكذلك بعض مخلفات الصناعات الدوائية الصلبة وشبه الصلبة والسائلة والغازية.
العبوات المضغوطة	العبوات التي قد تحتوي على غازات مضغوطة مثل عبوات المبيدات أو الأكسجين أو أكسيد الإثيلين وغيرها والتي تستعمل في أعمال علاجية أو غيرها، والتي يمكن أن تنفجر إذا ما تعرضت للضغط سواء من الداخل أو الخارج.
النفايات الباثولوجية	تشمل هذه النفايات على الدم، سوائل الجسم المختلفة، الأجنة البشرية، جثث الحيوانات و الأعضاء الجسدية أو التشريحية.

المصدر: من إعداد الباحثتين اعتمادا على: **(غضبان، 2018،ص164)**

1- 3 المخاطر المترتبة عن النفايات الطبية

هناك العديد من المخاطر الناتجة عن النفايات الطبية، والتي تختلف درجة خطورتها تبعا لنوعها وللمجال الذي تؤثر فيه وعليه. فضررها يلحق الفرد، النظم البيئية وما يترتب على ذلك من تأثيرات سلبية مباشرة على الاقتصاد القومي.

أ)المخاطر الصحية للنفايات الطبية: تحتوي النفايات الطبية على كائنات مجهرية قد تكون مضرة ويمكنها نقل العدوى إلى المرضى في المستشفيات والعاملين في القطاع الصحي وعامة الأفراد، وتشمل المخاطر الصحية ذات الصلة بالمخلفات الثانوية ما يلي:(حماش، 2020،ص407)

- الحروق الناجمة عن التعرض للأشعة؛
- الإصابات الناتجة عن الوخز بالنفايات الحادة؛
- التسمم عن طريق مفعول المستحضرات الدوائية، خاصة المضادات الحيوية العقاقير السامة للخلايا؛
- التسمم عن طريق مياه الصرف أو بعناصر ومركبات مثل الزئبق أو الديوكسينات التي يتم إنتاجها من حرق النفايات الطبية.

ب)المخاطر البيئية للنفايات الطبية: يمكن ينتج عن معالجة النفايات الطبية، والتخلص منها مخاطر صحية غير مباشرة من خلال إطلاق مسببات الأمراض والملوثات السامة في البيئة يمكن الإشارة إلى أهمها: (غضبان،2018،ص ص 167_168)

- **تلوث التربة والمياه الجوفية والسطحية:** يتسبب طرح النفايات في المرامي العامة أو التخلص غير الرشيد منها باستخدام الأساليب التقليدية منخفضة التكاليف مثل :الطمر والتخزين في مستجمعات أرضية أو رميها في آبار عميقة أو الإلقاء بها في البحار، كل هذا يكون سببا في تلوث البيئة والتربة والمياه الجوفية بسبب تسرب هذه النفايات الخطرة في مكان الطمر.
- **تلوث الهواء:** يؤدي انبعاث الغازات، الدخان، الغبار والأبخرة الضارة أو السامة من المصادر المختلفة كالمحارق ومدافن النفايات إلى تلوث الهواء بنقص غاز الأكسجين وارتفاع نسبة الغازات الأخرى على غرار: ثاني أكسيد الكربون، وبعض الجزيئات الدقيقة والهيدرو كربونات وأكسيد الكبريت وغيرها من المواد الملوثة الأخرى بالهواء.
- **تشويه المنظر والبيئة:** تشوه خدمات نفايات الرعاية الصحية منظر المدن والبيئة المحيطة بها من خلال انتشار الروائح الكريهة والمزعجة، وتوالد الذباب وحاملات الأمراض كالصراصير والقوارض والحيوانات الضالة وما تسببه من أمراض معدية.

1- 4 معالجة النفايات الطبية

تعد معالجة النفايات الطبية من الإستراتيجيات المهمة التي صارت إحدى المسارات التي يعول عليها في بناء منظومة صحية مستديمة، والإسهام في خلق قيمة مضافة للاقتصاد القومي نظير مخرجات هذه العملية.

1- 4-1 مراحل إدارة النفايات الطبية

هناك مراحل متسلسلة تنطوي عليها إدارة النفايات الطبية، كل مرحلة تنطوي على سلسلة من العمليات تعكس مميزاتها وخصائصها بالإضافة إلى الجهة المسئولة عن تنفيذ كل مرحلة.

الجدول رقم(02): مراحل إدارة النفايات الطبية

الإجراء	المسؤولية	ملاحظات
الفرز	الموظفون في المؤسسة الصحية	▪ تعتبر هذه المرحلة حرجة للحد من المخاطر والتدابير المناسبة هي عبوات (حاويات) محددة بشكل جيد حسب نوع النفايات؛ ▪ تعليمات الفرز لابد أن تكون واضحة للعاملين؛ ▪ تخزين وسيط.
الجمع والنقل	خدمة إدارة النفايات	▪ معدات واقية، وسائل مناسبة لتكون عملية النقل سهلة، عملية التجميع في هذه المرحلة حسب حجم النفايات ويجب اعتماد شروط النظافة.
التخزين	خدمة إدارة النفايات	▪ مستودع الانتهاء ويكون الدخول ممنوع وهذا المستودع يجب أن يكون محدد بشكل جيد وقابل للغسل بكل سهولة، وتوفير التبريد إن لزم الأمر(في حالة وجود النفايات الطبية الحيوية).
العلاج (التخلص النهائي)	البلدية، شركة أو مؤسسة متخصصة	▪ النفايات العامة تتكفل بها البلدية؛ ▪ الفئات الأخرى: شركات متخصصة ومكلفة.

المصدر: (حماش، 2020،ص411)

يظهر الجدول مراحل إدارة النفايات الطبية، حيث تكون أول مرحلة هي عملية الفرز وهي تمثل مرحلة مهمة باعتبارها تحدد النفايات الخطيرة من غير الخطرة، ثم تأتي عملية الجمع والنقل ثم التخزين وبعدها تأتي عملية العلاج أو التخلص النهائي.

2-4-1 تقنيات معالجة النفايات الطبية

نظرا لاختلاف أصناف النفايات الطبية فإنه لا توجد طريقة مثالية لمعالجة كل هذه الأنواع، وما يصلح لصنف قد لا يصلح لآخر وذلك أن كل صنف له خصائصه التي تميزه.

الجدول رقم(03): بعض تقنيات معالجة النفايات الطبية

التقنية	ايجابياتها	سلبياتها
الحرق الآلي	مقبول تقريبا لجميع أنواع النفايات، تصبح النفايات غير قابلة للتمييز، تقليل حجم ووزن النفايات، وإمكانية استعادة الحرارة.	كلفة الإنشاء والتشغيل باهظة، ارتفاع كلفة الصيانة، معارضة أغلبية الناس لها و ينتج عنها بعض المواد السامة.
التطهير الحراري بالمبخرة	▪ تقليل حجم النفايات،كلفة الإنشاء والتصميم متدنية وسهولة الفحص البيولوجي	▪ لا يتغير مظهر و وزن النفايات، لا تناسب كل أنواع النفايات والملوثات الهوائية غير مميزة.
التطهير الإشعاعي بالموجات الصغرى	▪ وضوح تقليل حجم النفايات وتصبح غير قابلة للتمييز بعد المعالجة.	▪ كلفة الإنشاء والتشغيل باهظة وازدياد وزن النفايات والملوثات الهوائية غير المميزة.
التطهير الكيميائي	▪ النفايات تصبح غير قابلة للتمييز بعد المعالجة، سرعة معالجتها مع تقليل حجمها بشكل واضح وإزالة الروائح الكريهة منها.	▪ كلفة الإنشاء والتشغيل باهظة، تخزين المواد الكيميائية والملوثات الهوائية غير المميزة و لا تناسب كل أنواع النفايات.
المعالجة الحرارية	▪ تقليل حجم النفايات ووزنها، تصبح غير قابلة للتمييز بعد المعالجة، تحول المواد الصلبة منها إلى مواد غازية وتحمي البيئة من أضرار النفايات.	▪ الكلفة الأساسية باهظة، لا تناسب كل أنواع النفايات وتظهر بعد المعالجة بقايا للنفايات البعض منها ضار.

المصدر: (سيدي دريس،2016،ص92)

2- اضاءات حول تقنية التحفيز الضوئي

رغم تعدد التقنيات المستخدمة في معالجة النفايات الطبية إلا أن تطبيقها كان مقيدا دائما ببعض الجوانب ذات الصلة بطبيعة النفايات، إما للتكلفة الباهظة أو لعدم جدواها،

ومن هنا كانت الرؤية للبحث واقتراح تقنيات بديلة تعتمد على الطاقة الشمسية لإدارة هذه النفايات فكانت تقنية التحفيز الضوئي أهمها.

طورت تقنية التحفيز الضوئي في معهد الكيمياء الفيزيائية في أكاديمية العلوم في وارسوب- هولندا - على يد فريق الدكتور خوان كارلوس كولمينارس، وذلك في مجال معالجة المياه وتنقيتها، غير أن اعتماد هذه التقنية امتد ليشمل معالجة النفايات الطبية نظرا لسهولتها وكلفتها المنخفضة.

1-2 تعريف تقنية التحفيز الضوئي

يعرف التحفيز الضوئي بأنه:" سلسلة من التفاعلات الكيميائية التي تبدأ عادة بتسليط أشعة الشمس أو الأشعة فوق البنفسجية على مواد كيميائية تضاف إلى النفايات الخاضعة للمعالجة تعرف بالحافز".

هذه المواد الكيميائية عبارة عن محفزات تلعب دور الوسيط بين الطاقة الشمسية والجسم المحفز(النفاية نفسها، الأسطح الملوثة، الهواء، الماء)، الغرض من هذه المحفزات هو تسريع التفاعل الكيميائي، إضافة إلى أنه يمكن استرجاعها في نهاية العملية التفاعلية

ونجد أن من بين الأنواع المختلفة للمحفزات الضوئية أشباه أكسيد المعادن التالية: (Fe_2O_3, ZnO,TiO_2 ,SnO_2, ZrO_2,WO_3) أكثر العناصر ملائمة لهده العملية على اعتبار أنها مقاومة للتآكل الضوئي ولها فجوة طاقة واسعة النطاق، أما في الدراسات الحالية فيعتمد بشكل كبير على ثاني أكسيد التيتانيوم (TiO_2) باعتباره الحافز الضوئي الأكثر كفاءة، إذ يساعد في تعزيز الأكسدة إضافة إلى كونه مستقرا حراريا وغير سام وخامل كيميائيا وكلفته منخفضة وقابل لإعادة التدوير والتجديد الذاتي.**(Khan & Pathak, 2015,p p 20851-20852)**

2-2 مزايا إستراتيجية التحفيز الضوئي

تم تطوير تطبيقات التحفيز الضوئي مؤخرا على وجه الخصوص في مجال الصحة البيئية؛ إذ استخدمت في تطهير مياه الصرف الصحي، في الصناعات الدوائية والغذائية، في المختبرات والمستشفيات وكذا في التطبيقات البيولوجية والبيئية لما لها من مزايا تتمثل أهمها في:**(Fujishima & Kazuya, 2012,p172)**

- بديلا لائقا لتقنيات المعالجة التقليدية؛ وذلك لقدرتها استخدام الطاقة الشمسية المتجددة الخالية من التلوث؛

- ينتج عن اعتماد هذه التقنية مخلفات غير ضارة على عكس طرق العلاج التقليدية التي تنتقل فيها الملوثات من بنية إلى بنية أخرى، دون التغيير في تركيبتها في أغلب الأحيان؛
- تتطلب التقنية مدخلات كيميائية أقل، وقت وجيز ويمكن تشغيلها في ظروف تفاعل معتدلة؛
- تطبيقها يعني الحد الأدنى من توليد النفايات الثانوية؛
- إمكانية استخدامها في حالات متعددة، في معالجات الطور الصلب، الغازي والمعالجات المائية.

3-2 آلية التحفيز الضوئي

فيما يتعلق أشباه أكسيد المعادن (أشباه الموصلات) مثل (TiO_2) تبدأ التفاعلات التحفيزية الضوئية بامتصاص الإضاءة بطاقة مساوية أو أكبر من فجوة النطاق للمحفز الضوئي (TiO_2) (تبلغ طاقة فجوة النطاق لثاني أكسيد التيتانيوم 3.2 فولت)، فينتج عن ذلك زوجا من الثقوب الإلكترونية (e^-/h^+) كما في المعادلة التالية: **(Bodzek & Rajca, 2012,p409)**

- $TiO_2 + hv = e^-cb\ (TiO_2) + h^+vb\ (TiO_2)$

حيث أن (cb) هو نطاق التوصيل و (vb) هو نطاق التكافؤ، وبالتالي نتيجة للإشعاع أو الحفز يمكن لجسيم (TiO_2) إما كمانح (معطي) إلكتروني أو كمستقبل للجزيئات التي تتلامس مع أشباه أكسيد المعادن

من ناحية أخرى تكون لذا هذا الزوج الإلكتروني القدرة على المشاركة في تفاعلات الأكسدة والاختزال التي يعبر عنها بالمعادلات التالية: **(Lijiuan, Yajun, & Changgen, 2012,p944)**

- $TiO_2 + hv \rightarrow e^- + h^+$
- $e^- CB \rightarrow e^-$
- $h^+ + VB \rightarrow h^+ + TR$
- $e^- TR + h^+ + VB\ (h^+ + TR) \rightarrow e^- CB + heat$
- $(O_2)\ ads + e^- \rightarrow O_2$

يدخل التحفيز الضوئي في تفاعلات الأكسدة والاختزال. وعليه، لابد من إعطاء دلالة لهاتين الأخيرتين:

أ)الأكسدة: هي عملية كيميائية تفقد فيها ذرة العنصر إلكترونا واحدا أو أكثر؛

ب)الاختزال: هي عملية كيميائية تكتسب فيها ذرة العنصر إلكترونا واحدا أو أكثر؛

ت)العامل المؤكسد: هو المادة التي تكتسب إلكترونا أو أكثر أثناء التفاعل الكيميائي؛

ث)العامل المختزل: هو المادة التي تفقد إلكترونا أو أكثر أثناء التفاعل الكيميائي.

في نهاية عملية التحفيز الضوئي يتم ما يعرف بتمعدن الملوث بفعل عمليات الأكسدة والاختزال.

3- رافد الاستدامة البيئية في تقنية التحفيز الضوئي من منظور العوائد المتوقعة

تعتبر تقنيات المعالجة التقليدية غير كافية أحيانا في معالجة أنواع النفايات الطبية لخصوصية تركيب هذه الأخيرة، فالهدف الأسمى من معالجة النفايات الطبية هو تطهيرها وذلك بالقضاء عل مسببات الأمراض وتدميرها . وتميزت التقنيات القديمة بقدر كبير من الآثار السلبية على النظم البيئية والصحية، كما امتازت بتكاليفها الاقتصادية، الاجتماعية والبيئية المكلفة وهذا ما جعل من تقنية التحفيز الضوئي، بارقة أمل لتحقيق روافد الاستدامة من منظور العوائد المتوقعة والتكاليف المتحملة.

3-1التحفيز الضوئي بديل مناسب لتقنيات التطهير الكيميائي في المستشفيات والمختبرات وغيرها من مرافق الرعاية الصحية

تحتاج مثل هذه الأماكن إلى التطهير المتكرر والشامل للأسطح من أجل تقليل تركيز البكتيريا ومنع انتقال العدوى البكتيرية؛ إذ تعتبر الطرق التقليدية للتطهير ليست فعالة على المدى الطويل وتتطلب الكثير من الجهد والوقت إضافة إلى الأخطار المترتبة عن الاستخدام المتكرر للمواد الكيميائية، تعتبر الأكسدة الناتجة عن التحفيز الضوئي التي تحصل على الأسطح المطلية بثاني أكسيد التيتانيوم (TiO_2) بديلا للطرق التقليدية في تطهير الأرضيات، الجدران ومختلف الأسطح الملوثة وتدمير أو منع انتشار مسببات الأمراض.

فقد تبين في إحدى الدراسات أن الأكسدة التحفيزية باستخدام (TiO_2/ UV) قادرة على كبح مرض (Legionnaire)، حيث حصلت معدنة لأربع خلايا من سلالات هذا المرض الذي يرتبط أساسا بأنظمة توزيع المياه الساخنة في المستشفيات. **(Hooshman, et al., 2020,p13)**

أما في اليابان فتضاف جرعات من أكسيد التيتانيوم (TiO_2) إلى الأقمشة التي تصنع منها ملابس الأطباء والممرضون من أجل الوقاية من عدوى المستشفيات حيث تمت السيطرة على بكتيريا (MRSA) أي بكتيريا المكورات العنقودية المقاومة للميثيسيلين. **(Gamaze & Zang, 2010,p3)**

3-2 التحفيز الضوئي كتقنية مكملة لتقنيات المعالجة التقليدية

غالبا ما ينتج عن معالجة النفايات الطبية بالطرق التقليدية(كالحرق) مواد وغازات سامة وأنواع مختلفة من البكتيريا المعدية تؤثر على البيئة وحياة الكائنات الحية باختلاف أنواعها، غير أن للأكسدة الضوئية القدرة على تعطيل الكائنات الحية الدقيقة المعدية التي يمكن أن تكون إرهابا بيولوجيا محمولا في الجو مثل داء الجمرة الخبيثة.

- عام 2003 قام (Knight) بفحص تقنية التحفيز الضوئي للحد من انتشار داء (SARS) على متن الرحالات الجوية. أما عام 2007 فقد تم تعطيل انتشار فيروس (A/H5n2) أنفلونزا الطيور بالاعتماد على تقنية التحفيز الضوئي الذي تمكن من تثبيط العديد من الأنواع البكتيرية الموجودة في الهواء وذلك من خلال الأسطح المطلية بأكسيد (TiO_2) **. (Guilard, Bui, Felix, Bruno, & Lejeune, 2008,p172)**

3-3 التحفيز الضوئي كتقنية لمعالجة المياه من النفايات الصيدلانية

تشمل نفايات المستحضرات الصيدلانية، المنتجات الصيدلانية من أدوية ولقاحات وأمصال منتهية الصلاحية وغير المستخدمة والمنسكبة والملوثة التي لم تعد مطلوبة ولابد من التخلص منها بشكل مناسب، وتشمل الفئة أيضا العناصر المهملة المستخدمة في مناولة المستحضرات الصيدلانية كالقارورات الزجاجية أو الصناديق التي تحتوي على بقايا ملوثة كالقفازات والأقنعة.

أظهرت نتائج العديد من الدراسات وجود مجموعة متنوعة من النفايات الصيدلانية في الموارد المائية والتربة كالمسكنات، المضادات الحيوية والمنشطات، تم الكشف عنها في مياه الصرف الصحي والمياه الطبيعية لدى عينات مأخوذة من مختلف دول العالم، ففي إيطاليا تم العثور على 19 صنف من المستحضرات الصيدلانية في محطات معالجة مياه الصرف الصحي وبتركيزات عالية في نهري (Aniene) و (Tiber) ، أما في الولايات المتحدة الأمريكية فقد تم العثور على مجموعة 93 مادة صيدلانية في المياه السطحية، وفي بحوث أخرى حول مياه الصرف الصحي ، المياه السطحية والمياه الجوفية وجدت كينيا 24 دواء ، ومع النمو الهائل في عدد سكان العالم و الجفاف الناتج عن التغيرات الحاصلة في المناخ يزيد من ضرورة عمليات تدوير المياه في السنوات القادمة،إذ يتطلب الأمر توظيف معالجات المياه المستدامة الفعالة لتلبية الحاجة العالمية الملحة للمياه النظيفة.

تصبح نفايات المستحضرات الصيدلانية في المياه مزيجا من المعادن الثقيلة على غرار الكاديوم (Cd)، الرصاص (Pd)، الكروم (Cr)، النيكل (Ni) و الزئبق (Hg) ومسببات الأمراض العضوية التي من شأنها أن تكون ذات تأثيرات مطفرة وسمية جينية على مختلف الكائنات

الحية، إذ تحتوي المستحضرات الصيدلانية على مواد غير قابلة للتحلل البيولوجي ما يجعلها تهديدا مباشرا للنظام البيئي وبالتالي السلسلة الغذائية. **(Rajbongshi, Dushyant, & Sajib, 2016,p198)**

كون تقنية التحفيز الضوئي تعتمد أساسا على أشعة الشمس أو الأشعة فوق البنفسجية فهي منخفضة التكلفة وصديقة للبيئة، ويمكن تطبيقها في جميع أنحاء العالم باعتبارها تتطلب الحد الأدنى من المعدات وقابلة للتطبيق بشكل كبير ومناسب في البلدان النامية والمناطق النائية التي لا تتوفر فيها الكهرباء، إذ تم اعتماد التحفيز الضوئي بنجاح في العديد من الدول النامية لتدمير مسببات الأمراض وتكاثر الطحالب في إمدادات المياه العذبة ،أما في ما يخص المستحضرات الصيدلانية فالتحفيز الضوئي يمكنه أن يقضي على جميع الملوثات العضوية، فقد أشارت بعض الدراسات إلى أنه تم القضاء على 3000 نوع من المركبات العضوية التي يصعب تحليلها وذلك من خلال تطبيق تقنية التحفيز الضوئي. **(Ibhodon & Fitzpatrick, 2013,p204)**

الخلاصة

أخذت معالجة النفايات الطبية حيزا مهما ضمن أجندة السياسات والبرامج الوطنية للدول بالنظر لما ينتج عنها من مضار متعددة على جودة الحياة الصحية للفرد، والحياة البيئية التي تعد الملاذ الرئيس لبناء رأس مال بشري. ورغم أن معالجة هذه النفايات ليست وليدة اليوم في ظل توفر طرق تقليدية عديدة تم اعتمادها منذ عقود، بيد أن هذه الطرق كانت تفتقر لحدود الآمان الكافية وكان لها تأثير ايجابي محدود ومتوقف على نوعها ونوع النفايات الطبية التي تطبق عليها لهذا كانت التقنيات الحديثة والتي تأتي تقنية التحفيز الضوئي في مقدمتها، من التقنيات المبتكرة القائمة على تكنولوجيا دقيقة لها منافع مستمرة في الزمن وقادرة على تحقيق معدلات أداء مرتفعة في تطبيقها.

أولا: نتائج الدراسة

خلصت الدراسة لجملة من النتائج، يمكن إجمالها في:

1) تنوع النفايات الطبية الناتجة عن مختلف المنشآت الطبية سواء كانت مستشفيات، أو مراكز استشفائية أو مخابر تحاليل طبية أو وحدات صيدلانية.

2) للنفايات الطبية تأثيرات ثلاثية الجانب، تتحدد بين التأثيرات على النظم الصحية، البيئية والاقتصادية وهذه الأخيرة انعكاس حقيقي للتأثير الذي يلحق النظم الصحية والبيئية على حد سواء.

3) اختلاف درجة تأثير النفايات الطبية على النظم الصحية والبيئية تبعا لاختلاف أصنافها، ونوع طريقة المعالجة المعتمدة أين النسبة الكبيرة منها(تصل 80 في المائة) لا تشكل خطرا ويمكن إعادة تدويرها، فيما نسبة حوالي 20 في المائة خطيرة ولها مضار متعددة.

4) اختيار الطريقة الملائمة لمعالجة النفايات الطبية متوقف على نوع هذه النفايات، وعلى خصائص كل طريقة والذي بدوره يرتبط بشكل كبيرة بالتكلفة التي تحدد هذا الاختيار.

5) تعد تقنية التحفيز الضوئي من التقنيات الواعدة في مجال معالجة النفايات الطبية، وإحدى التقنيات التي يعول عليها في تقليص حدة تأثيرات معالجة النفايات إلى أقصى مستوياتها.

6) تماشي تطبيق تقنية التحفيز الضوئي مع مبادئ الاستدامة بأنواعها خاصة مع آلية عملها القائمة على اعتماد الطاقة الشمسية والأشعة فوق البنفسجية.

ثانيا:اقتراحات الدراسة

وفقا لنتائج الدراسة، نجمل الاقتراحات التالية:

1) ضرورة اعتماد إستراتيجيات قائمة على مراعاة نوع النفايات الطبية، وتحديدها بشكل دقيق من أجل إختيار نوع التقنية الملائمة لمعالجتها.

2) إلزام منشآت الحقل الطبي والصحي باتباع تدابير السلامة والصحة المهنية في معالجة النفايات الطبية بمراعاة الإجراءات والطرق المعمول به.

3) تبني الممارسات الصديقة للبيئة في مجال إدارة النفايات الطبية مع تكوين كوادر بشرية قادرة على التحكم في العمليات المرتبطة بإدارة النفايات الطبية.

4) إقامة شراكات تعاون بين الهياكل المؤسسية الصحية والمجتمع المدني من أجل انجاح أي عملية معالجة للنفايات الطبية.

5) العمل على توطين تقنية التحفيز الضوئي ودراسة مختلف جوانبها حتى يتسنى اعتمادها في معالجة النفايات الطبية بشكل مستدام.

قائمة المصادر والمراجع

- **باللغة العربية**

- العنزي،س .ع .(2008) .*الادارة الصحية* .عمان : دار اليازوري للنشر والتوزيع.
- حماش، ع .(2020) .دور الموارد البشرية الخضراء في الحد من انتشار النفايات الطبية في ظل انتشار فيروس كورونا .*مجلة العلوم القانونية والاجتماعية* .(04) *05* ،

- خلادي،ع .ا.، هزلة ,أ .,وسباع ,أ .ا .(2020) .واقع تسيير النفايات الطبية في القطاع الصحي الخاص وأثره على تعزيز التنمية المستدامة مصحة الرمال نموذجا .*مجلة الاقتصاد والتنمية المستدامة* .(01) *03* ,
- سيدي دريس ,ع .(2016) .استراتيجية إدارة النفايات الطبية .*التواصل في العلوم الانسانية والاجتماعية* .(47)
- غضبان ,ل .(2018) .النفايات الطبية أضرارها وكيفية إدارتها في الدول العربية .*مجلة الاقتصاد الصناعي 03* , (14).
- فهمي ,خ .(2011) .*الجوانب القانونية لحماية البيئة من التلوث في ضوء التشريعات الوطنية والاتفاقيات الدولية -دراسة مقارنة* .-الاسكندرية :دار الفكر الجامعي.
- لبصير ,ا .,والعسكري ,أ .(2021) .أثر النضافة الاستشفائية والوقاية وجمع النفايات الطبية على رضا الموظفين -دراسة ميدانية في المؤسسة الاستشفائية بالرويبة .-*المجلة الجزائرية للأمن الانساني* .(01) *05*

- **باللغة الأجنبية**

- Bodzek, M., & Rajca, M. (2012). Photocatalysis in the treatment and disinefection of water.Panti I teoretical background. *Ecol chem Engs , 19* (04).
- Fujishima, A., & Kazuya, N. (2012). Tio2 photocatalysis: Design qnd application. *Journal of photochemistry and photobiology C: Photochemistry review , 13* (03).
- Gamaze, J., & Zang, Z. (2010). Application of photocatalytic disinfection. *International journal of photoenergy* (03).
- Guilard, C., Bui, T.-H., Felix, C., Bruno, L., & Lejeune, P. (2008). Microbiological disinfection of water and air by photocatalysis. *Comtes rendus chimis* (11).
- Hooshman, S., Kargozar, S., Ghorbani, A., Darroudi, M., Keshavors, M., Baino, F., et al. (2020). Biomedical waste management by using nanophotocatalysts: the need for new options.
- Ibhodon, A. O., & Fitzpatrick, P. (2013). Heterogeneour photocatalysis: Recent advances and application. *Catalysts* (03).
- Khan, S. H., & Pathak, B. (2015). Nanomaterial for photocatalysis and thier application in environmental clean-up. *International journal of current research , 09* (07), pp. 20851-20852.
- Lijiuan, J., Yajun, W., & Changgen, F. (2012). 2012 International symposium on safty science and technology application in environment safty. *Procedia engineering* (45).
- Rajbongshi, S., Dushyant, Y. S., & Sajib, A. U. (2016). Pharmaceutical waste management: A review. *Europen journal of biomedical and pharmaceutical sciences , 03* (12).