Afro-Asian Journal of Scientific Research (AAJSR)
المجلة الأفروآسيوية للبحث العلمي (AAJSR)
E-ISSN: 2959-6505
Volume 3, Issue 2, April - June 2025
Page No: 01-09
Website: https://aajsr.com/index.php/aajsr/index
SJIFactor 2024: 5.028 ISI 2024: 0.580 معامل التأثير العربي (AIF) 2024: 0.74

استخدام الألياف الطبيعية في مكافحة التلوث النفطي

د. محمد علي ضو حمزة*
قسم الهندسة البحرية والمنصات العائمة، كلية الهندسة، جامعة طرابلس، ليبيا

Using Natural Fibers in Combating Oil Pollution

Dr. Mohamed A. Hamza*
Marine and Offshore Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Tripoli, Libya

*Corresponding author m.a.hamza36@gmail.com *المؤلف المراسل
تاريخ الاستلام: 2025-01-30 **تاريخ القبول:** 2025-03-28 **تاريخ النشر:** 2025-04-08

الملخص
تتأثر البيئات البحرية بأفعال يقوم بها الانسان من صناعة ومواصلات وأماكن ترفيه، وتتلخص نضرته وأهدافه فيما يدره من أرباح، ولا يضع في منظوره ما يلحقه بالبيئة سوآء طبيعية أو بحرية من أضرار تؤثر على المقدرات والثروات سواء في هذا الوقت أو في الأجيال القادمة، وعلى ضوء ما تقدم فإن أحد مسببات التلوث البحري هو الانسكاب الزيتي الناتج من الكوارث البحرية سواء أن كانت سفن أو منصات عائمة. وتتم مكافحة هذا التلوث النفطي بعدة طرق منها الميكانيكي والكيميائي وفي بعض الأحيان يتم استخدام بعض الألياف الطبيعية والصناعية، أو بعض المواد الكيميائية في تكسير الزيت أو بلورته.
في هذا البحث اختيرت بعض الألياف الطبيعية (ألياف النخيل) وألياف أكياس النايلون المستعمل في مكافحة التلوث الزيتي. أجريت هذه الدراسة بمعمل قسم الهندسة البحرية وذلك لمعرفة قدرة هذه الألياف على الامتصاص سواء طبيعية أو صناعية والمتوفرة بكثرة في البيئة المحلية. ويهدف هذا البحث إلى اكتشاف مواد طبيعية ماصة للزيوت في حالة التسربات من ناقلات النفط في حالات الكوارث، وأيضًا قدرتها على الطفو وتكلفتها الاقتصادية وتوفرها في الطبيعة، تم الحصول على هذه الألياف من أحد مزارع النخيل، أما الألياف الأخرى وهي النايلون تم تصنيعها في المعمل، وذلك بقص الأكياس البلاستيكية المستخدمة سابقاً إلى ألياف وشكلت على هيئة ألياف، أما الزيت المستخدم (نفط) تم الحصول عليه من أحد الحقول النفطية بالجبل الغربي.
ومن خلال هذه التجربة نستنتج أن نسبة امتصاص النايلون ست أضعاف من وزن الزيت، مقارنةً بنظيرتها ألياف النخيل، حيث نلاحظ انخفاض في نسبة الامتصاص بألياف النخيل ما مقداره من ضعفي وزن الزيت ونلاحظ أيضًا أن نسبة طفو النايلون أكثر مقارنةً بنظيرتها ألياف النخيل .زد على ذلك المساهمة في القضاء على التلوث البيئي وذلك بإعادة استخدام أكياس النايلون وتحويلها إلى ألياف.

الكلمات المفتاحية: التلوث البحري، الألياف النايلون، ألياف النخيل، تلوث ناقلات النفط.

Abstract
Marine environments are affected by human activities, including industry, transportation, and entertainment venues. Humans' vision and objectives are limited to the profits they generate, and they do not consider the damage they inflict on the environment, whether natural or marine, affecting resources and wealth, both now and for future generations. In light of the above, one of the causes of marine pollution is oil spills resulting from marine disasters, whether ships or floating platforms. This oil pollution is combated using several methods, including mechanical and chemical methods. Sometimes, natural and synthetic fibers, or certain chemicals, are used to break down or crystallize the oil. This research selected natural fibers (palm fibers) and nylon bag fibers used in combating oil pollution. This study was conducted in the Marine Engineering Department laboratory to determine the absorption capacity of these fibers, whether natural or synthetic, which are abundant in the local environment. This

research aims to discover natural oil-absorbing materials for oil tanker spills during disasters, as well as their buoyancy, cost-effectiveness, and natural availability. These fibers were obtained from a palm plantation. The other fiber, nylon, was manufactured in a laboratory by cutting previously used plastic bags into fibers and shaping them. The used oil (petroleum) was obtained from an oil field in the Western Mountains.
Through this experiment, we conclude that nylon's absorption rate is six times the weight of oil compared to its counterpart, palm fiber. We note that palm fiber's absorption rate is twice the weight of oil, and we also note that nylon's buoyancy rate is higher than its counterpart, palm fiber. Furthermore, it contributes to eliminating environmental pollution by reusing nylon bags and converting them into fibers.

Keywords: Marine pollution, nylon fiber, palm fiber, oil tanker pollution.

المقدمة

أدى تدخل الإنسان في الطبيعة إلى إحداث خلل بيئي واضح، سواء في البيئة البحرية أو الصحراوية أو حتى في الغلاف الجوي. فقد خُلقت الطبيعة وفق نظام دقيق وميزان وضعه الله تعالى، بحيث تستطيع إصلاح نفسها ذاتيًا [1]، [5]. فعلى سبيل المثال، تمتلك البحار القدرة على التخلص من الملوثات الناتجة عن الأمطار والبراكين وغيرها من الظواهر الطبيعية، إلا أن التدخل البشري المفرط، وخاصة استخدام البحار والمحيطات كمكب للنفايات، أدى إلى تجاوز هذه القدرة الذاتية، مما نتج عنه تراكم المخلفات على سطح البحر أو في أعماقه، وبالتالي حدوث اضطرابات في التوازن البيئي البحري.
تتأثر الكائنات البحرية، مثل الأسماك والرخويات والشعاب المرجانية، بالسموم الناتجة عن هذه المخلفات، مما يؤدي إلى انقراض أو هجرة العديد منها، بالإضافة إلى موت الشعاب المرجانية التي تشكل موائل طبيعية لهذه الكائنات. وعند تدهور الشعاب المرجانية، يحدث ما يشبه "التصحر البحري"، ما يؤدي إلى هجرة الكائنات البحرية ونقص الإنتاج السمكي، وهو ما يؤثر سلبًا على معيشة الصيادين [3].
ومن أخطر أنواع التلوث البحري ما يُعرف بـ"الانسكابات النفطية" الناتجة عن حوادث السفن، حيث تتسرب كميات كبيرة من الزيوت إلى البيئة البحرية مسببة مشكلات بيئية كبيرة. وتكمن خطورة هذه الانسكابات في قدرتها على الانتقال من منطقة إلى أخرى، بل ومن دولة إلى أخرى. ولهذا السبب، تتكاتف دول العالم لمواجهة هذا الخطر، باستخدام أحدث المعدات والمواد سواء كانت طبيعية أو صناعية.
تتسبب الانسكابات النفطية في أضرار واسعة النطاق للبيئة البحرية، وغالبًا ما تُصنف على أنها "كوارث بيئية" لما لها من تأثيرات خطيرة على بقاء الكائنات الحية والنباتات البحرية [6]. وعند وقوع حادث كبير، قد تكون الآثار البيئية كارثية على المدى القصير، حيث تؤثر على النظم الإيكولوجية، وعلى حياة الأشخاص المقيمين قرب السواحل الملوثة من خلال التأثير على مصادر رزقهم وجودة حياتهم.
تطفو معظم أنواع النفط على سطح البحر وتنتشر عبر مساحات واسعة نتيجة تأثير الأمواج والرياح والتيارات البحرية. وتقوم بعض أنواع النفط، خاصة الخفيفة منها، بالتشتت في الطبقات العليا من عمود الماء، لا سيما في ظل الأمواج العنيفة، مما يؤدي إلى انتشارها بسرعة. وإذا استمر التسرب، فإن تركيزات النفط المتشتت تظل مرتفعة بالقرب من منطقة التسرب. وعلى الرغم من أن الأسماك في مراحلها العمرية المبكرة تكون أكثر عرضة للتأثر بالنفط، فإن الأسماك البالغة تكون أكثر قدرة على التكيف، وغالبًا ما تتجنب المناطق الملوثة. وقد تم تسجيل بعض الحالات النادرة التي أُبيدت فيها أجيال كاملة من بعض الأنواع، إلا أن ذلك غالبًا ما يرتبط بتركيزات عالية جدًا من النفط في ظروف مناخية قاسية، مع تسرب كميات ضخمة من النفط الخفيف قرب الشواطئ.
إن تزايد إنتاج النفط ونقله عبر العالم زاد من مخاطر الانسكابات النفطية، مما يجعلها مصدر قلق عالمي لتأثيراتها السلبية على البيئة والاقتصاد [6]. وتنتج عن هذه الانسكابات مواد كيميائية خطيرة تلحق أضرارًا جسيمة بالبيئة البحرية، خصوصًا الثروة السمكية [7].
ويتم استخدام مواد ماصّة لمكافحة التسربات النفطية، سواء كانت طبيعية أو كيميائية [8]. ومن هذا المنطلق، يهدف هذا البحث إلى دراسة إمكانية استخدام ألياف طبيعية (مثل ألياف النخيل) ومقارنتها بألياف صناعية (مثل ألياف النايلون المُعاد تدويرها من أكياس النايلون) في امتصاص الزيوت، بهدف المساهمة في الحد من التلوث البحري، وتقليل انتشار الأكياس البلاستيكية التي تشوه البيئة وتؤذي الكائنات البحرية.
سيتم إجراء هذا البحث في معمل قسم الهندسة البحرية والمنصات العائمة بكلية الهندسة، حيث سيتم تصنيع وتحضير العينات من الألياف الطبيعية والصناعية واختبار قدرتها على امتصاص الزيوت، لتحديد أيهما أكثر كفاءة وفعالية في الاستخدام البيئي.

طريقة البحث والنتائج

تم تنفيذ التجارب المعملية في معمل قسم الهندسة البحرية والمنصات العائمة، حيث يتوفر حوض تجريبي بأبعاد 3 أمتار طولًا × 1.5 متر عرضًا × 0.5 متر عمقًا. تم ملء الحوض بالماء، ثم أُضيفت إليه عينة من النفط الخام بكمية تقدر بحوالي 5 لترات، والتي تم الحصول عليها من أحد الحقول النفطية المحلية.

جرى سكب الزيت بلطف فوق سطح الماء وترك لفترة زمنية مناسبة لضمان توزيعه بالتساوي على سطح الحوض، محاكيًا بذلك تسربًا نفطيًا واقعيًا. تم توثيق مراحل التجربة كما هو موضح في الشكلين (1) و(2)، واللذين يبيّنان توزيع النفط على سطح الماء قبل تطبيق مواد الامتصاص.

الشكل 1: حوض التجربة.

الشكل 2: طريقة سكب الزيت بالحوض.

تم تجهيز عينات الألياف المستخدمة في التجربة داخل المعمل، حيث تم إعداد نوعين من المواد الممتصة: ألياف النايلون المعاد تدويرها من الأكياس البلاستيكية المستخدمة، وألياف النخيل الطبيعية. وُزّعت كل مادة إلى عينتين متساويتين، بهدف تعزيز دقة النتائج ومقارنتها بشكل موضوعي.
تم استخدام ميزان إلكتروني حساس عالي الدقة لقياس أوزان العينات قبل وبعد تعرضها للنفط، مع التأكد من معايرة الميزان مسبقًا لتفادي أي انحراف في القياسات. وقد تم توثيق مراحل الوزن والمعايرة في الأشكال (3)، (4)، و(5).

الشكل 3: الميزان الحساس.

الشكل 4: ألياف النخيل.

الشكل 5: ألياف النايلون.

إعداد عينة ألياف النايلون

نظرًا لتوفر النايلون بكثرة وانخفاض تكلفته، بالإضافة إلى قابليته العالية لالتصاق الزيت، تم استخدام الأكياس البلاستيكية المستعملة كمصدر لألياف النايلون، في خطوة تهدف إلى الحد من التلوث البيئي الناتج عن انتشار هذه الأكياس. جُمعت الأكياس من عدة مواقع مختلفة، ثم قُصّت يدويًا إلى شرائط طولية لا يقل طولها عن 30 سم، لضمان سهولة التعامل معها بعد الغمر، إذ أن الألياف القصيرة تميل إلى الطفو على سطح الماء بشكل عشوائي، مما يصعّب جمعها لاحقًا وقد تتسبب في تلويث المياه بدلاً من تنقيتها.

بعد قصّها ووزنها بدقة باستخدام الميزان الحساس، تم غمر الألياف في الحوض المملوء بالماء والزيت، وتركها لمدة لا تقل عن 10 دقائق، وهي مدة كافية لضمان تفاعل الألياف مع طبقة الزيت السطحية. عقب ذلك، تم استخراج الألياف وتجفيفها بلطف لإزالة الماء الزائد دون التأثير على كمية الزيت الممتصة، ثم أعيد وزنها مرة أخرى لقياس مقدار امتصاصها للزيت. يوضح الشكل (6) طريقة توزيع ألياف النايلون داخل الحوض أثناء التجربة، في حين يُبين الجدول (1) تفاصيل العينات وأوزانها قبل وبعد الغمر.

الشكل 6: توزيع النايلون في الحوض.

الجدول 1: أوزان عينة النايلون.

رقم العينة	وزن العينة بالكيلوجرام
1	0.525
2	0.525

إعداد عينة ألياف النخيل:

تُصنّف ألياف النخيل ضمن مجموعة الألياف السيليلوزية، والتي يتكوّن عنصرها الأساسي، السيليلوز، من سلاسل طويلة من جزيئات الجلوكوز المرتبطة ببعضها. وتُعد الألياف السيليلوزية، بما فيها ألياف النخيل، مواد طبيعية يمكن استخدامها بحالتها الخام في التطبيقات البيئية، ومنها في هذا البحث لاختبار كفاءتها في امتصاص الزيوت.

تم اختيار ألياف النخيل لعدة أسباب، من بينها توفرها الواسع في البيئة المحلية، وانخفاض تكلفتها، فضلًا عن الرغبة في المساهمة في دعم الاقتصاد المحلي من خلال تمكين الفلاح الليبي من الاستفادة منها بدلًا من التخلص منها كنفايات. وقد تم جمع هذه الألياف من مزارع النخيل، ثم خضعت لعملية تنظيف دقيقة لإزالة الأتربة والشوائب. بعد ذلك، تم تفكيك الأجزاء المتماسكة للحصول على ألياف منفصلة ورطبة يمكن استخدامها بسهولة في التجربة، كما هو موضح في الشكل (7).

عقب عملية التحضير، تم وزن الألياف باستخدام ميزان حساس، ثم قُسمت إلى عينتين متساويتين لاستخدامها في الاختبار، كما هو موضح في الجدول (2).

الشكل 7: ألياف النخيل.

الجدول 2: عينات ألياف النخيل وأوزانها.

العينة	وزن العينة بالكيلوجرام
1	0.525
2	0.525

تجربة ألياف النايلون

في هذه التجربة تم وزن العينة الأولى من أكياس النايلون وكان وزن العينة 0.525 كجم ووزن الزيت المسكوب في الحوض 3.421 كجم، وضعت ألياف النايلون في الحوض وتم توزيعها بانتظام كما هو موضح بالشكل (8) وتركت لمدة 10 دقائق مع التحريك المستمر خلال هذه المدة.

الشكل 8: وضع ألياف النايلون في الحوض.

أخرجت عينة ألياف النايلون من الحوض وتركت لكي تجف، وأعاد وزنها مرة أخرى لمعرفة مدى نسبة التصاق الزيت بها وفي الجدول (3) يوضح وزن العينة قبل وبعد التجربة.

الجدول 3: وزن العينة قبل وبعد التجربة.

رقم العينة	نوع العينة	الزيت قبل التجربة Kg	وزن العينة قبل التجربة Kg	كمية الزيت الممتص Kg
1	النايلون	3.421	0.525	2.721
2	النايلون	1.05	0.525	0.81

ومن الجدول (3) لوحظ أن كمية التصاق العينة (1) تساوي 2.721 كجم، العينة أزالت 6 أضعاف وزنها من الزيت، وهي كمية كبيرة أي أن 1 كجم يستطيع أن يمتص 12 كجم من الزيت تقريباً. وللتأكيد، فقد أعيدت التجربة مرة أخرى وبنفس الوزن 0.525 كجم، وكانت النتائج كما هو موضح في الجدول 4، فكانت كمية امتصاص العينة (2) تساوي 0.81 كجم من كمية الزيت، أي أزالت 2 أضعاف وزنها من الزيت. نتيجة لنقص الزيت في الحوض فإن كمية الزيت الملتصق أقل من التجربة الأولي، مع ملاحظة لم يتبقى زيت في الحوض كما هو موضح بالشكل (4.10) بعد وضع ألياف النايلون في التجربة الأولى، أي أن إمكانية الإلتصاق بالنسبة لألياف النايلون أعلى من كمية الزيت الموجود وهذا ما يفسر انخفاض كمية الزيت الملتصق، ولتفادي ذلك تمت إضافة كمية جديدة من الزيت تقدر 1.400 كجم في الحوض.

الشكل 10: مدى التصاق الزيت بألياف النايلون.

تجربة ألياف النخيل

بهدف إجراء مقارنة دقيقة بين كفاءة ألياف النايلون وألياف النخيل في امتصاص الزيت، تم تنفيذ تجربة مماثلة لتلك التي أُجريت على ألياف النايلون، مع الالتزام بنفس الخطوات والإجراءات المعملية. بعد تفكيك ألياف النخيل وتنظيفها كما ورد سابقًا، تم تقسيمها إلى عينتين متساويتين، يبلغ وزن كل منهما 1.05 كجم.

في هذه التجربة، استُخدمت كمية من الزيت الخام تقدّر بـ 5.588 كجم، وهي كمية أكبر من تلك المستخدمة في تجربة النايلون والتي بلغت 3.421 كجم، وذلك بهدف اختبار أداء ألياف النخيل تحت ظروف أكثر تحديًا من حيث كثافة التلوث. تم سكب الزيت بلطف داخل الحوض وترك لفترة مناسبة لضمان توزيعه بشكل متجانس على سطح الماء، ثم وُزعت ألياف النخيل داخل الحوض لتغطي الزيت كما هو موضح في الشكل (11). بعد مضي الوقت المحدد للتجربة، تم استخراج الألياف، وتجفيفها بعناية، ثم إعادة وزنها لتحديد كمية الزيت الممتصة.

النتائج المستخلصة من هذه التجربة موضحة في الجدول (4)، والذي يعرض القيم التي تم الحصول عليها ويسهّل المقارنة الكمية بين أداء ألياف النخيل وألياف النايلون في امتصاص الزيوت.

الشكل 11: توزيع ألياف النخيل داخل الحوض.

الجدول 4: كمية الزيت الممتصة.

رقم العينة	نوع العينة	الزيت قبل التجربة/ لتر	وزن العينة قبل التجربة Kg	كمية الزيت الممتص kg
1	ألياف نخيل	5.588	1.05	2.167
2	ألياف نخيل	1,400	1.05	2.455

ومن الجدول لوحظ أن كمية الامتصاص في العينة (1) كانت أعلى بحوالي 2.167 كجم، أي أن العينة (1) أزالت ضعفي وزنها، وهي نسبة بسيطة. ومن مميزات ألياف النخيل بعد تركها لمدة 25 دقيقة في الحوض قدرتها على الطفو على سطح الماء، وأيضًا بسبب صغر هذه الألياف الطبيعية فإنها لا تتسبب في أي تلوث لمياه البحر، وذلك بسبب سهولة تجميعها، وأن الألياف التي تبقى في الماء صغيرة جدًا. وبعد ترك هذه الألياف لتجف من بعض المياه العالقة بها، تم وزنها باستخدام ميزان إلكتروني كما هو موضح في الجدول 4.

بالنسبة لألياف النخيل، وُجد أن كمية الزيت الممتص من الحوض أكثر من كمية الزيت المضافة للحوض، أي أن وزن العينة بعد إخراجها من الحوض كان أعلى من وزن الزيت المضاف والعينة قبل وضعها في الحوض. وتفسير ذلك أن ألياف النخيل شرهة لامتصاص الماء والزيت، حيث وُجد أن امتصاصها للزيت بلغ 2.455 كجم، والبقية كانت ماء، وهذا جانب سلبي وإيجابي، حيث إنها تمتص الماء، ولكن بما أنه ماء بحر، فليس له أي آثار اقتصادية، إذ يمكن تجفيفه وإعادة استخدامها مرة أخرى. وهذا ما أشار إليه علوي عبد الوهّاب وآخرون [4]، في دراسة قام بها لتحديد شراهة ألياف النخيل المعالجة كيميائيًا في امتصاص الزيوت.

مناقشة النتائج

بناءً على التجربة التي أُجريت لعينتي ألياف النايلون وألياف النخيل في هذا البحث، نجد أن نسبة الالتصاق لعينة ألياف النايلون كانت تعادل 6 أضعاف وزنها من الزيت، وهي كمية كبيرة، أي أن 1 كجم يمكن أن يمتص قرابة 6 كجم من الزيت. ومن ميزات النايلون رخص ثمنه، وتوفره بكثرة، وقدرته على الطفو لفترة طويلة، وأيضًا سهولة تنظيفه، وإمكانية استعماله مرة أخرى. بينما كانت نسبة امتصاص عينة ألياف النخيل تعادل ضعفي وزنها من الزيت، ومن ميزاتها توفرها بكثرة، ورخصها، وقدرتها على الطفو فوق الماء. كما أن هذه الألياف الطبيعية لا تتسبب في أي تلوث لمياه البحر، وذلك بسبب سهولة تجميعها بعد الاستخدام.

ولو قورنت هذه التجربة مع المواد الماصة الطبيعية العضوية التي تتضمن نشارة الخشب، القش، الريش، وأي مواد أخرى والتي تمتاز برخصها وتوفرها وقدرتها الجيدة على الامتصاص، نجد أنها تمتص ما يعادل (3 إلى 15 مرة) من وزنها من النفط، ولكن لها عيوب، فبعضها يمتص الماء مع النفط فتصبح ثقيلة، وبالتالي يصعب تجميعها، وغير قابلة للطفو. ومعظم هذه المواد عند استخدامها في مكافحة التلوث الزيتي يصعب جمعها، وأيضًا لا يمكن استخدامها أثناء حالات المياه المضطربة.

أما المواد الطبيعية غير العضوية مثل ألياف الزجاج، الصوف، والرماد البركاني، فبإمكانها امتصاص (من 4 إلى 20 مرة) من وزنها من الزيت، ولكن لها نفس مساوئ المواد العضوية، أي أنها تمتص الماء فتصبح ثقيلة، وبالتالي تغوص وتسبب تلوثًا للبحر، وبعضها لا يمكن استعماله أكثر من مرة واحدة، لذلك فهي تحتاج إلى عناية خاصة أثناء تخزينها بشكل مؤقت قبل التخلص منها في أماكن مخصصة.

بينما الألياف المستخدمة في هذا البحث تتميز بميزات تتفوق على ما تم الإشارة إليه سابقًا. وأيضًا المواد الكيميائية الماصة للنفط المصنوعة من البولي إيثلين المنفوخ، تتميز بقدرتها على امتصاص المواد النفطية بنسبة تصل إلى (15/1)، أي أن كل وحدة وزنية من هذه المواد تمتص 15 مرة وزنها من النفط [3]. ويقتصر استخدام تلك المواد في الأماكن المحصورة من البحر، وفي داخل الموانئ، وفي الأعماق الضحلة.

ولو قورنت النتائج المتحصّل عليها في هذا البحث وميزات الألياف المستخدمة مع أهم الأنواع الشائعة للمواد الماصة مثل النوع STSG [3]، فسنجد أن لهذه المادة قدرة عالية على الامتصاص، حيث يمكنها امتصاص 5 كجم من النفط لكل 1 كجم من المادة، ولها سرعة عالية في الامتصاص، حيث يمكنها امتصاص طبقة من النفط على سطح الماء بسماكة (3 ملم) خلال عشرة دقائق، وتمتاز بقدرتها على البقاء عائمة لمدة (100) يوم تقريبًا، ولها كثافة منخفضة، وقدرة عالية على تحمل الحرارة تصل إلى (300 درجة مئوية)، لذلك فهي صالحة للاستعمال في الأماكن المشتعلة، ومقاومة للحموضة والقلويات، وذات كفاءة جيدة في درجات الحرارة المنخفضة.

ومن عيوبها التكلفة العالية، وطريقة استخدامها تحت ظروف وتعليمات صعبة [8]، بينما الألياف التي استخدمناها قد تكون نسبة امتصاصها أقل، ولكنها تتميز بتوفرها وتكلفتها الاقتصادية المشجعة جدًا مقارنة ببقية المواد المستخدمة في مكافحة التلوث من الانسكابات النفطية. كما أنها تتميز بقدرتها العالية على الطفو لفترة طويلة، وسهولة تنظيفها واستخدامها مرة أخرى.

الاستنتاجات

من هذه الدراسة نستنتج التالي:

ألياف النايلون:

- النايلون لديه قابلية عالية على الالتصاق بالزيت.
- يمتاز بالطفو فوق الماء لفترة طويلة.
- رخص ثمنه وتوفره بكثرة، كما يمكن استخدامه عدة مرات لسهولة تنظيفه.
- الأكياس المستخدمة في هذا البحث أُعيد استخدامها وتحويلها إلى ألياف نايلون، مما يقلل من التلوث البيئي الناتج عن هذه الأكياس.

أما ما يخص ألياف النخيل:

- لها القدرة على امتصاص الزيوت.
- كلفتها منخفضة ومتوفرة بكثرة.
- تمتاز بالطفو فوق الماء لفترة طويلة.
- سهولة تنظيفها من الأتربة وسهولة استخدامها.
- لا تسبب تلوثًا بيئيًا لكونها أليافًا طبيعية.

المراجع

1. عبد الوهاب، ع.، وآخرون .(2019) .**دراسة امتصاص الزيوت باستخدام ألياف النخيل المعالجة كيميائيًا** .*مجلة العلوم البيئية، 12*(3)، 45.53–
2. الزبيدي، أ.، والراشدي، س .(2020) .**تقييم كفاءة بعض المواد المحلية في امتصاص التلوث النفطي البحري** .*مجلة البحوث البيئية، 9*(2)، 121.130–
3. يوسف، خ .(2021) .**إعادة تدوير الأكياس البلاستيكية في تطبيقات بيئية مبتكرة** .*المجلة العربية للتقنيات البيئية، 5*(1)، 66– 74.
4. Al-Maamari, R. S., & Al-Wahaibi, Y. M. (2016). Crude oil spill cleanup using natural fibers: A comparative study. *Journal of Environmental Management, 183*, 635–644. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.09.037
5. Zhang, Y., Chen, M., & Li, H. (2017). Oil spill sorbents based on expanded polyethylene: Efficiency and application. *Marine Pollution Bulletin, 120*(1-2), 195–203. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.04.016

6. Ibrahim, M. H., & Aziz, H. A. (2020). Characterization of palm fiber as an oil sorbent material. *Environmental Science and Pollution Research, 27*(2), 1351–1360. https://doi.org/10.1007/s11356-019-07040-9
7. Hassan, A., & Salem, M. (2021). Reusing waste nylon for oil absorption: Experimental evaluation. *Journal of Cleaner Production, 315*, 128–139. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128139
8. Al-Dhafeeri, Z. M., & Al-Shammari, M. (2018). Natural absorbents in marine oil spill cleanup: A review. *Arabian Journal for Science and Engineering, 43*(12), 7745–7756. https://doi.org/10.1007/s13369-018-3301-6
9. Khalil, A. M., & Mahmud, N. A. (2015). Oil sorption capability of agricultural by-products: Case of rice husk and coconut fiber. *Waste Management, 45*, 99–105. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.02.033
10. Singh, V., & Tiwari, P. (2022). Sustainable and biodegradable oil sorbents: Progress and perspectives. *Environmental Technology & Innovation, 27*, 102481. https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102481