

تحضير ألياف ثمار نبات الدلب وتوصيفها بوصفها مادة طبيعية مازة للنفط ومشتقاته

نورا جمعة* د. عدنان علي نظام** د. فرانسوا قره بت***

الملخص

تشير انسكابات النفط قلحا عالميا بسبب تأثيرها البيئي والاقتصادي، وقد طورت منظومات مختلفة للتحكم بها، بما في ذلك استعمال الألياف بوصفها مواد مازة طبيعية، والكتلة الحيوية النباتية مورد متجدد يمكن تحويله إلى مواد مفيدة. استعملت في البحث ألياف ثمار نبات الدلب (PFFs)، وهي مخلفات زراعية، بوصفها مادة مازة. وأجريت اختبارات على قدرة امتزاز ألياف ثمار نبات الدلب على أنواع مختلفة من الزيوت وبتراكيز مختلفة في المياه العذبة. وتبين النتائج دراسة أن عملية امتزاز الألياف للنفط ومشتقاته من المياه العذبة ترتبط بالخواص السطحية لهذه الألياف، وتركيز النفط، وكمية الألياف، وكذلك بدرجة حرارة النفط. وكانت النتائج جيدة وتؤكد القدرة العالية للألياف على امتزاز أنواع مختلفة من الزيت وبتراكيز مختلفة. إلى جانب ذلك فإن هذه المادة ذات قابلية جيدة لإعادة الاستعمال نظرا إلى أن الانخفاض في القدرة على الامتزاز لم يتجاوز 30% من

* طالبة ماجستير في قسم علم الحياة النباتية من كلية العلوم بجامعة دمشق، دمشق، سورية.

** أستاذ في قسم علم الحياة النباتية من كلية العلوم بجامعة دمشق، دمشق، سورية.

*** أستاذ في قسم الكيمياء من كلية العلوم بجامعة دمشق، دمشق، سورية.

القيمة الأولية بعد ثلاث دورات امتزاز، مع استرداد فاعلية المواد المازة بمعالجتها ب-n-Hexane، وهكذا فقد ثبت أن ألياف ثمار نبات الدلب مادة مازة واعدة لامتزاز كميات كبيرة من النفط المنسكب في الماء.

الكلمات المفتاحية: ألياف ثمار نبات الدلب، انسكابات النفط ومشتقاته، امتزاز للنفط ومشتقاته، المواد المازة الطبيعية.

Preparation and Characterization of *Platanus* fruit fibers as Natural Sorbent of Oil

Noura Joumaa* Dr. A. Ali – Nizam** Dr. F. Qarabet***

Abstract

Oil spills have a global concern due to its environmental and economic impact. Various systems have been developed to control these spills, including the use of fibers as sorbents.

Plant biomass is renewable resource that can be converted into useful materials. PFFs, an agricultural wastes, was used as a sorbent material. The present study examines the adsorption capacity of raw *Platanus* fruit fibers for different types and concentration of oil in water. The investigation revealed that the efficiency of fibers to remove oil from water was related to the surface properties of the fibers, concentration of the oil, amount of the fibers, as well as the temperature of the oil. The results show high sorption efficiency of PFFs for different kinds and concentration of oil. This sorbent also exhibited a good reusability since the decrease in sorption efficiency did not exceed 30% of the initial value after three sorption cycles. The natural renewable PFFs are proved to be a promising sorbent for large scale removal of spilled oils from water.

Key words: *Platanus* fruit fibers (PFFs), Oil spills, Oil adsorption, Natural sorbents.

*MSc. Student, Department of Plant Biology, Faculty of Science, Damascus University.

** Prof. Dr. Department of Plant Biology, Faculty of Science, Damascus University.

*** Prof. Dr. Department of Chemistry, Faculty of Science, Damascus University.

المقدمة:

تحدث الانسكابات النفطية في نظم المياه العذبة في جميع أنحاء العالم بسبب أنشطة الإنتاج والنقل بخطوط الأنابيب والسكك الحديدية والشاحنات (Fingas 2011)؛ ما يؤدي إلى فقدان موارد الطاقة وإلى أضرار كبيرة بالبيئة والنظم البيئية (Lin and Mendelssohn 2012; Andy *et al.*, 2013). كما يؤدي تسرب النفط إلى إطلاق مواد كيميائية خطيرة، مثل: الفحوم الهيدروجينية العطرية عديدة الحلقات التي تعد سامة للأحياء المائية والإنسان، وقد تتطلب عقوداً لإزالتها (Seymour and Geyer 1992, Allan 2012)، ومن الوسائل الكفيلة بإزالة الانسكابات النفطية: الحرق، والمشتتات، والكاشطات، والمعالجة الحيوية (البكتريا)، والمواد المازة هي، أيضاً، بعض التدابير التي يمكن اللجوء إليها عادة لحل مشكلات تسرب النفط (Peng *et al.*, 2013). يمكن أن يسبب الحرق ومعظم المشتتات تلوثاً ثانوياً، وقد تكون الكاشطات غير فعالة لإزالة الزيت من مزيج الزيت والماء، لكن المعالجة الحيوية فعالة وان كانت مكلفة (Wang *et al.*, 2013, Singh *et al.*, 2014)؛ لهذا فاستعمال المواد المازة الطبيعية يبدو طريقة صديقة للبيئة وفعالة واقتصادية لتنظيف الانسكاب النفطي (Adebajo *et al.*, 2003, Karan *et al.*, 2011)، ليس فقط لإمكان تنظيف الزيت بالكامل وحسب، بل كذلك من أجل المعالجة المريحة للمادة المازة المحملة بالزيت (Wang *et al.*, 2013). كما تتميز المواد المازة الطبيعية بكثافة مماثلة للمواد المازة الصناعية، وانها خالية من المواد الكيميائية، وقابلة للتحلل الحيوي (Adebajo and Frost 2004, Annunciado *et al.*, 2012, Wang *et al.*, 2005)، إضافة إلى إمكان تجميعها وإزالتها تماماً والتخلص البسيط منها مع حد أدنى من المخاطر البيئية (Abdullah *et al.*, 2010).

استعملت ألياف طبيعية عدة بوصفها مواد مازة للنفط ومشتقاته، مثل: العشب (Sun *et al.*, 2004)، ونشارة الخشب (Cambiella *et al.*, 2006)، والصوف (Radetic *et al.*, 2008)، وقصب السكر (Said *et al.*, 2009)، والكابوك (Abdullah *et al.*, 2010)، وقش

الشعير (Ibrahim et al., 2010)، وقشور الرز (Ali et al., 2012)، إلخ (Ali et al., 2012).
(Khan et al., 2004, 2012).

ويزداد استعمال الألياف النباتية الرخيصة والمخلفات الزراعية باضطراد في تحضير المركبات الخضراء؛ إذ تستعمل المواد الليغوسليلوزية، مثل: قشور الرز وقش القمح بوصفها مادة خام لإنتاج البيواتانول bioethanol والمواد الكيميائية والإنزيمات والبروتينات والمستحضرات الصيدلانية ومركبات البوليمر المقوى بالألياف (علي نظام 2011، عايد وعلي نظام 2016، Paster et al., 2003)، ويمكن تحويل المخلفات الزراعية، مثل: الكتان والقنب والقش وألياف الخشب وقشور الرز والقمح والشعير والشوفان والجودار وقصب السكر والخيزران والقنب وجوز الهند والكابوك وورق التوت وألياف الموز وورق البردي وغيرها (Teli and Jadhav 2016)، إلى منتجات ذات قيمة (مواد لتعزيز المركبات، مواد كيميائية، طاقة) لمختلف التطبيقات عن طريق التحويل الكيميائي، والكيميائي الحراري، والكيميائي الحيوي، والفيزيائي (عايد وعلي نظام 2013، Clark and Deswarte 2008). وفي الوقت نفسه، فإن تطبيق المواد الطبيعية العضوية المستمدة من المصادر النباتية يعمل بمثابة تطور حيوي في التقانات البيئية المستدامة (Ali et al., 2012).

الدلب الشرقي *Platanus orientalis*: شجرة كبيرة متساقطة الأوراق، يتراوح ارتفاعها بين 15 و30 مترا، يضم هذا الجنس أحد عشر نوعا، موطنها عموما نصف الكرة الشمالي (المرفق العالمي لمعلومات التنوع الحيوي، 2016). يزرع الدلب على نطاق واسع في الغالبية العظمى من المناطق المعتدلة وشبه الاستوائية في الصين (Robles et al., 2011)، أشهر أنواع الدلب في الوطن العربي هو الدلب الشرقي، يصادف طبيعيا في سورية على ضفاف الأنهار ومجاري المياه في المنطقة الساحلية وشمال حلب وعين العروس شمال الرقة وضفاف بردى والغوطة، ترافقه أشجار الحور والصفصاف، والزيزفون والدفلة، ويجود الدلب في التربة الكلسية. تتجمع الأزهار في نورات كروية كثيفة، المذكرة حمراء داكنة على طول

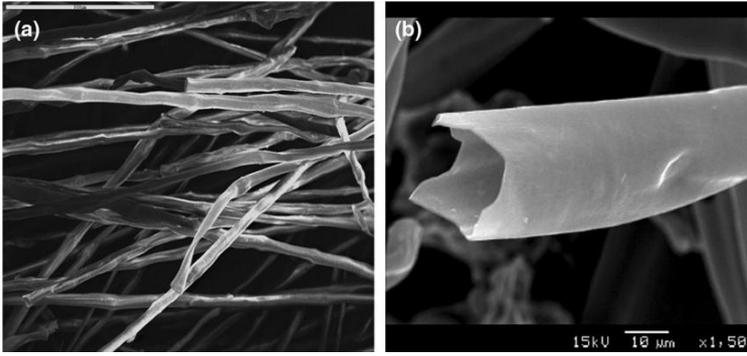
الفوارع، والمؤنثة خضراء باهتة، الثمار مستديرة على هيئة نتوءات كستنائية في بنية مخضرة عند النضج، توجد على الساق كعناقيد مدلاة مجتمعة من 2-6 ذات أعناق طويلة (الصورة 1)، ويحدث التلقيح بالرياح. يستعمل الدلب كأشجار زينة، لاسيما على الطرقات وفي الحدائق، ويزرع على نطاق واسع لتحسين المناخ المحلي (Pourkhabbaz 2010)، فهو يتحمل الدخان، وينقي هواء المدن من غاز ثنائي أكسيد الكربون إضافة إلى ظلالة الوارفة، كما تستعمل سوق الدلب في الصناعات الخشبية.



kipogeorgiki.gr

ألياف ثمار نبات الدلب Platanus fruit fibers PFFs هي نوع من الألياف النباتية الطبيعية التي تتمتع بخصائص طفو جيدة، وكثافة منخفضة، ومتاحة، وذات قابلية للتحلل الحيوي. تنتج الشجرة 300 ثمرة كروية في المتوسط غير صالحة للأكل وتتضمن نحو 5.8 إلى 13.6 ملايين من اللييفات كل عام، وهي تعالج في المطاعم عادة، بوصفها مخلفات بيئية ومصدر حساسية للسكان المعرضين للإصابة (Pazouki et al., 2009)، إذ يطلق ثنائي أكسيد الكربون مع الغازات السامة التي تسبب التلوث البيئي؛ لهذا فإن الاستعمال الفعال لألياف ثمرة الدلب يتميز بأهمية كبيرة من منظور استعمال الموارد وحماية البيئة، وتتكون هذه الثمار من ألياف سليلوزية تحتوي مجموعات وظيفية مثل الهيدروكسيل (-OH) والكربوكسيل (-COOH)

(Yang *et al.*, 2016, Jiang *et al.*, 2019)، ألياف ثمار نبات الدلب من الألياف الطبيعية النموذجية الفريدة من نوعها؛ إذ تتكون من ألياف على هيئة أنابيب مجوفة (الصورة 2، Bojan *et al.*, 2018)، التي يمكن أن تكون مصفوفة دقيقة ومحتملة لامتناز النفط ومشتقاته بسبب مساحتها الكافية للاحتفاظ بالنفط (Yang *et al.*, 2016). أشارت البحوث السابقة (Radetic *et al.*, 2003; Lim and Huang 2007) إلى أن المواد المازة غير المعالجة كانت فعالة بما فيه الكفاية لإزالة النفط من الماء؛ لهذا كان الهدف من هذا البحث هو فحص كفاءة ألياف ثمار نبات الدلب في إزالة النفط ومشتقاته من الماء.



الصورة 2: صورة بالمجهر الإلكتروني (SEM) لألياف ثمار نبات الدلب الخام، 500 ميكرومتر، تكبير $1000 \times$ و $1500 \times$ ، مع دقة حوالي 10 ميكرومتر (Bojan *et al.*, 2018)

المواد والطرائق:

أولاً. المواد

1. تحضير العينة النباتية (تحضير المادة المازة)

جمعت نورات نبات الدلب الشرقي *Platanus orientalis* L. من أشجار في دمشق وريفها (شارع بغداد، محيط جامعة دمشق، الربوة) في شهر تشرين الأول من العام 2019. قطر

نورات الدلب 2 - 3 سم وسطيا، استعملت الألياف الخشنة الرفيعة للعمل التجريبي بعد نزع البذور، بعد ذلك أجريت عملية طحن الألياف (باستعمال Planetary Micro Mill، (Pulverisette 7, Fritsch, Industriestrasse 8 55743 Idar-Oberstein, Germany، ثم نخلها للتخلص من المواد الصلبة السائبة، نظفت العينة في محلول الإيثانول والماء بنسبة (1:1)، ثم طبق الطرد المركزي لإزالة الأوساخ والشوائب (Siew et al., 2016)، بعد ذلك جففت العينة بالمجفف (Heating and Catering Ltd Corsair) مدة 24 ساعة عند 25 °م، وخرزت للمزيد من التوصيف والتعديلات، يشار إلى هذه العينة بالرمز (PFFs).

2. n-Hexane (Aldrich-Sigma, Germany).

3. كحول إيثيلي 90%.

4. ماء مقطر.

5. تحضير الزيوت للاختبار

كان تأمين قطعة المازوت وزيت المحركات والنفط الخام من مختبرات وزارة النفط والثروة المعدنية، والمياه العذبة من المصدر المحلي. واستعمل الماء منزوع الأيونات طوال التجارب.

استعملت ثلاثة أنواع من الزيوت لإجراء الاختبار: النفط الخام (CO) crude oil، قطعة المازوت (DO) diesel oil، وزيت المحركات (MO) motors oil. مع مراعاة تأثير درجة الحرارة، وكمية الألياف، وتركيز الزيت للتحقيق في خصائص امتزاز ألياف ثمار نبات الدلب للنفط ومشتقاته. كما حددت الخصائص الأليفية للنفط والكارهة للماء، وقدرت فاعلية الألياف المستعملة.

يوضح الجدول (1) الخواص الفيزيائية للنفط ومشتقاته المستعمل في التجارب. استعملت قطعة المازوت (DO) والنفط الخام (HCO) وزيت المحركات (MO) الخام دون أي إضافة.

الجدول (1) أنواع الزيوت المستعملة في التجارب

نوع الزيت			الخصائص
زيت المحركات (MO)	قطفة المازوت (DO)	النفط الخام الثقيل (CO)	
0.8725	0.845	0.9243	الكثافة، غ/سم ³
19.8	4.5	593	اللزوج، cSt، 40°س

ثانياً: سعة امتزاز النفط ومشتقاته

قيست سعة امتزاز النفط ومشتقاته باستعمال الطريقة الآتية (Moriwaki *et al.*, 2009) مع التعديل: تم وزن 0.5 g من عينات PFFs المجففة وغمرت في تراكيز 0.5، 1، 1.5، 2، 2.5، 4، 5، 6% لأنواع مختلفة من الزيوت: النفط الخام (CO)، قطفة المازوت (DO)، وزيت المحركات (MO)، عند 30 °م لمدة 15 - 20 دقيقة، ثم رشحت العينات وجففت في الفرن عند 55 °م لمدة 3 ساعات حتى ثبات الوزن ثم وزنت باستخدام الميزان الحساس (Sartorius basic)، وحسبت سعة الامتزاز للعينات بالعلاقة الآتية:

$$\text{Oil Sorption Capacity (Q)} = (m_2 - m_1) / m_1 \quad (1)$$

حيث إن: m_1 (g) و m_2 (g) هي أوزان العينات قبل الامتزاز وبعده، على التوالي.

ثالثاً: التحليل الكيميائي لألياف المادة المازة بالتحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء FT-IR

أجريت دراسة المجموعات الوظيفية السطحية وهيكل المادة الخام بالمطيافية:

PerkinElmer Spectrum two FTIR spectrometer (PerkinElmer, Inc., Waltham, Massachusetts, USA) in transmission mode

كان تحضير عينة للقياس بتقنية أقراص KBr المضغوطة (1:100)، وتسجيل الطيف في النطاق من 4000 إلى 400 سم⁻¹.

رابعاً: تأثير درجة الحرارة

أجري تأثير درجة الحرارة في امتزاز الزيت مدة ساعتين في درجات حرارة مختلفة: 25، 35، 45، 55، 65، 75 °م (Ola 2014).

خامسا: اختبار قابلية إعادة الاستعمال

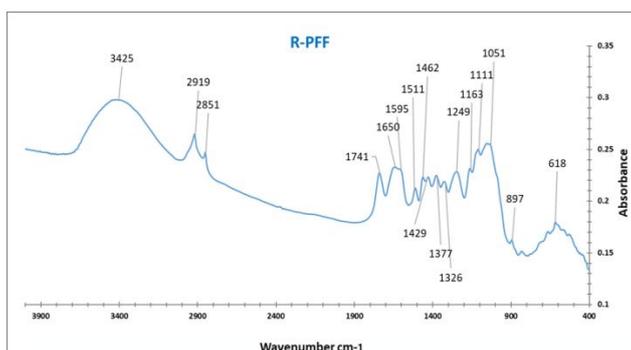
غمر 0.5 g من PFFs في مزيج النفط والماء عند 30 °م لمدة 15 دقيقة، ثم حددت سعة الامتزاز للنفط ومشتقاته باستخدام العلاقة (1). ثم غمرت PFFs في 200 مل من n-Hexane لساعة واحدة لإزالة النفط الممتز، رفعت العينات من n-Hexane وضغطت لدقيقة واحدة، ثم وزنت. وحسبت سعة الامتزاز أيضا بالعلاقة (1) (Yang *et al.*, 2016). بعد ذلك، جففت العينات جيدا وطبقت في عملية الامتزاز التالية، وقد أعيدت العملية بواقع ثلاثة مكررات (Ola., 2014).

النتائج والمناقشة**أولا: نتائج الدراسة المطيافية FT-IR Spectra**

يبين الشكل 1 نتائج التحليل الطيفي FT-IR لتوصيف التركيب الكيميائي لعينات الدلب PFFs؛ إذ يلاحظ وجود قمم امتصاص مميزة لألياف ثمار نبات الدلب Platanus fruit fibers PFFs، تعود القمة الواسعة والقوية الملحوظة عند 3425 سم⁻¹ لاهتزاز الامتطاط لزمرة الهيدروكسيل - OH (Jonoobi *et al.*, 2010, Ciolacu *et al.*, 2011)، تعزى القمم عند 2919 و 2851 سم⁻¹ لاهتزاز الامتطاط غير المتماثل والمتماثل لزمرة CH₂ أو CH₃ الأليفاتية؛ ما يشير إلى وجود شمع نباتي يتكون أساسا من ألكانات نظامية ونسبة أصغر من الكحوليات والحموض الدهنية، الأدهيدات والكيونونات واسترات ألكيل (Likon *et al.*, 2013).

يمكن أن تعزى القمم المميزة عند 1741 و 1249 سم⁻¹ لامتطاط الكربونيل للإسترات وزمر الكربوكسيل، وهي توجد بكثرة في الهيمي سليلوز (Wang *et al.*, 2013b)، تتفق ذروة الامتصاص عند 1650 و 1511 و 1462 و 1429 سم⁻¹ مع أوضاع الامتطاط لروابط C-O و C = C في اللغنين (Sun *et al.*, 2004)، وهناك امتصاص خاص باللغنين عند 1595 سم⁻¹، وهي تعزى لاهتزازات هيكلية عطرية لحلقة البنزن في اللغنين (Garside & Wyeth., 2003)، كما تتفق ذروة الامتصاص عند 1326 سم⁻¹ مع نشوه O-H واهتزاز -

CH_2 (Alemdar and Sain 2008., Nazir *et al.*, 2013) وتشير الذروة عند 1377 cm^{-1} إلى حني الرابطة C-H في C- CH_3 (Mwaikambo and Ansell., 2002)، يعزى اهتزاز 1163 cm^{-1} لامتطاط الرابطة C-O-C (Liang and Marchessault 1959; Salmen and Bergstrom 2009)، لاسيما داخل السليلوز (Kacurakova *et al.*, 2000; Wilson *et al.*, 2000; Carpita *et al.*, 2001; Alonso-Simon *et al.*, 2011)، تتفق ذروة الامتصاص عند 1111 cm^{-1} مع امتطاط الرابطة C-C,C-O في السليلوز والهيمي سليلوز. ذروة الامتصاص القوي عند 1051 cm^{-1} ترجع إلى امتطاط C-O في السليلوز، الهيمي سليلوز، واللغنين أو C-O-C في السليلوز والهيمي سليلوز (Likon *et al.*, 2013)، تتشأ قمة band حادة وصغيرة عند 897 cm^{-1} من روابط β -غلوكوزيدية بين وحدات السكر في الهيمي سليلوز والليلوز (Oh *et al.*, 2012; Popescu *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2008; *al.*, 2005)، وتشير القمة 618 cm^{-1} إلى امتطاط OH خارج المستوي (Ejikeme *et al.*, 2014).



الشكل (1) الامتصاصية

ثانيا: تأثير التركيز:

تبين الجداول 1-2، 2-2، 3-2 نتائج تأثير تركيز النفط على قدرة الامتزاز.

الجدول (1-2) سعة امتزاز زيت المحركات Motors oil

Q	PFFs		التركيز %
	g ,m2	g ,m1	
0.58	0.158	0.1	0.5
0.66	0.166	0.1	1
1.2	0.22	0.1	1.5
2.4	0.34	0.1	2
4.8	0.58	0.1	2.5
6	0.7	0.1	4
7	0.8	0.1	5
7.9	0.89	0.1	6

الجدول (2-2) سعة امتزاز المازوت Diesel oil

Q	PFFs		التركيز %
	g ,m2	g ,m1	
2.8	0.388	0.1	0.5
3	0.4	0.1	1
3.2	0.42	0.1	1.5
3.3	0.43	0.1	2
3.6	0.46	0.1	2.5
4.9	0.59	0.1	4
5.3	0.63	0.1	5
5.6	0.66	0.1	6

الجدول (3-2) سعة امتزاز النفط الخام Crude oil

Q	PFFs		التركيز %
	g ,m2	g ,m1	
2.4	0.34	0.1	0.5
3.2	0.42	0.1	1
3.5	0.45	0.1	1.5
3.7	0.47	0.1	2
5.6	0.66	0.1	2.5
6.4	0.74	0.1	4
6.5	0.75	0.1	5
9	1	0.1	6

وهكذا، يتبين من خلال دراسة الامتزاز في المختبر أن ألياف ثمار نبات الدلب أثبتت فعالية وكفاءة عالية بوصفها مادة مازة للنفط ومشتقاته؛ إذ لوحظت قدرتها على امتزاز أنواع مختلفة من الزيوت وبتراكيز مختلفة عند إضافتها على سطح المياه بكميات بسيطة (0.1 غ) وخلال فترة زمنية قصيرة لم تتجاوز 15 دقيقة، وتميزت بقدرتها على امتزاز كمية كبيرة من النفط ومشتقاته على سطح المياه العذبة عند إضافتها بكميات ضئيلة.

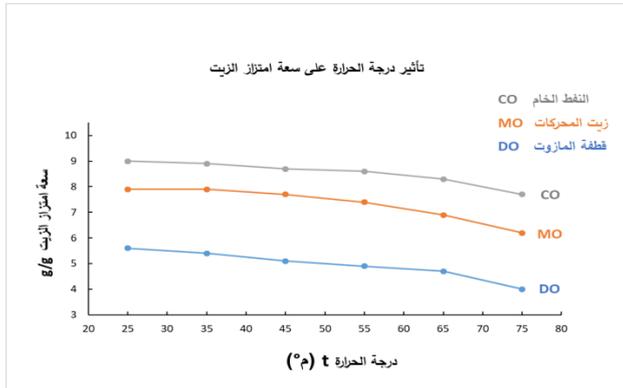
ثالثاً: تأثير درجة الحرارة

تنخفض سعة الامتزاز للنفط ومشتقاته مع زيادة درجة الحرارة أكثر من 35 °م كما نلاحظ في (الجدول 3، الشكل 2) نظراً إلى انخفاض لزوجة النفط، مما يؤدي إلى تحريره من الألياف مرة أخرى، وعند درجات الحرارة المنخفضة تقوم اللزوجة العالية للنفط بسد المسامات وإعاقة التسرب.

الجدول (3) سعة امتزاز النفط ومشتقاته

سعة امتزاز النفط ومشتقاته بتركيز 6%			درجة الحرارة، °م
النفط الخام	قطعة المازوت	زيت المحركات	
9	5.6	7.9	25
8.9	5.4	7.9	35
8.7	5.1	7.7	45
8.6	4.9	7.4	55
8.3	4.7	6.9	65
7.7	4	6.2	75

وتتفق نتائج البحث مع نتائج الأبحاث الأخرى (Hyung and Kwon 1993, Namasivayam) (and Arasi 1997).



الشكل (2) تأثير درجة الحرارة في سعة الامتزاز

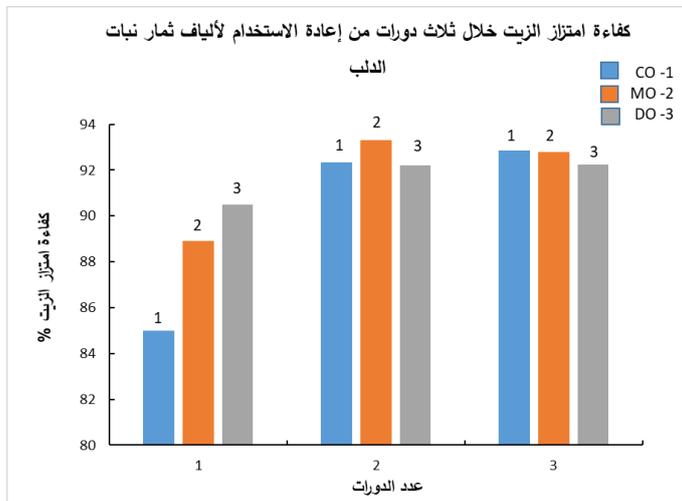
رابعاً: اختبار قابلية إعادة الاستعمال:

تميزت ألياف ثمار نبات الدلب بكفاءة عالية لامتزاز النفط ومشتقاته بعد 3 دورات من إعادة الاستعمال، حيث أن الانخفاض في كفاءة إزالة النفط لم يتجاوز 29.8% بالنسبة لقطعة المازوت (DO)، 25.2% للنفط الخام (CO)، 25% لزيت المحركات (MO) (الجدول 4، الشكل 3)، وهكذا، فإن انخفاض كفاءة الامتزاز لم يتجاوز 30% من القيمة الأولية بعد ثلاث دورات امتزاز في مزيج النفط والماء 6%، كما يلاحظ سلامة العينات المازة من التلف والتمزق في كل دورة باستثناء عينة النفط الخام التي زادت صلابتها مع زيادة الدورات إضافة إلى تمزقها.

تشير m_1 ، m_2 ، m_3 ، إلى كتلة المادة المازة الناتجة عن m_4 و m_3 و m_2 بعد غمرها في n-Hexane وضغطها ووزنها خلال الدورات الثلاث من إعادة الاستعمال، في حين تشير ΔQ إلى مقدار الانخفاض في سعة الامتزاز للألياف خلال ثلاث دورات من إعادة الاستعمال؛ إذ انخفضت سعة الامتزاز في الدورة الأولى بمقدار 0.2، 0.6، 1.1، في حين بلغت سعة امتزاز الألياف للنفط ومشتقاته بتركيز 6% قبل البدء بإعادة الاستعمال 5.6، 7.9، 9 لكل من قطعة المازوت وزيت المحركات والنفط الخام على التوالي.

الجدول (4) مقدار الانخفاض في سعة الامتزاز للأنواع المختلفة من الزيوت بتركيز 6% وثلاث دورات وعند 25°م.

PFFs													التركيز		
الدورة الثالثة				الدورة الثانية				الدورة الأولى				Q ₁	m ₂ g	m ₁ g	%6
ΔQ	Q ₄	m ₅ g	m ₄ g	Δ Q	Q ₃	m ₄ g	m ₃ ¹ g	Δ Q	Q ₂	m ₃ g	m ₂ g				
1.5	3.6	0.28	0.06	0.3	5.1	0.49	0.08	0.2	5.4	0.64	0.1	5.6	0.66	0.1	قطعة المازوت
0.2	4.6	0.45	0.08	2.5	4.8	0.53	0.09	0.6	7.3	0.83	0.1	7.9	0.89	0.1	زيت المحركات
0.2	4.5	0.67	0.12	3.2	4.7	0.69	0.12	1.1	7.9	0.98	0.14	9	1.0	0.1	النفط الخام



الشكل (3) كفاءة امتزاز الزيت خلال ثلاث دورات من إعادة الاستعمال لألياف ثمار نبات الدلب

تعد إعادة استعمال المواد المازة واستعادة الزيوت الممتزة مهمة للتطبيقات العملية (Choi et al., 2011), ولتجنب خسارة قدرة الامتزاز والتشوه نتيجة عملية الضغط (Wang et al.,

(2013a)، تسترد الزيوت الممتزة من R-PFFs بطريقة استخلاص n-hexane البسيطة دون تعطيل البنى المجوفة. والمعيار الرئيس الذي يمكن من الحكم على إعادة استعمال ألياف ثمار نبات الدلب هو عدد الدورات التي يمكن تحملها دون أن تصبح غير قابلة للاستعمال بسبب التمزق أو التلف أو أي تخريب عام آخر. وهناك عوامل أخرى تتمثل في معدل الانخفاض في قدرة الامتزاز للنفط ومشتقاته ونسبة الزيوت التي يمكن إزالتها (Lim and Huang 2007).

الاستنتاجات:

أظهرت النتائج أن ألياف ثمار نبات الدلب ذات كفاءة عالية لامتزاز أنواع مختلفة من الزيوت وبتراكيز مختلفة، كما لوحظت زيادة سعة امتزاز النفط مع زيادة تركيز النفط بأقل كمية من المادة المازة، وأبدت المادة المازة سعة امتزاز مرتفعة للنفط ومشتقاته في درجات الحرارة المنخفضة دون 35 درجة مئوية، في حين تؤدي زيادة درجة الحرارة على 35 درجة مئوية إلى تقليل سعة الامتزاز للنفط ومشتقاته نظرا إلى انخفاض لزوجة للنفط ما يؤدي إلى تحرير للنفط من الألياف مرة أخرى، كما تميزت المادة المازة في هذا البحث بكفاءة عالية لامتزاز للنفط بعد 3 دورات من إعادة الاستعمال فقد انخفضت كفاءة إزالة الزيت نحو 29.8% لقطعة المازوت diesel oil DO، 25.2% للنفط الخام crude oil CO، 25.0% لزيت المحركات motors oil MO، ولهذا، فإن انخفاض كفاءة الامتزاز لم يتجاوز 30% من القيمة الأولية بعد ثلاث دورات امتزاز في مزيج النفط والماء 6%. كما تلاحظ سلامة العينات المازة من التلف والتمزق في كل دورة باستثناء عينة النفط الخام التي زادت صلابتها بسبب تطاير المركبات الهيدروكربونية الخفيفة مع زيادة الدورات إضافة إلى تلفها. ويمكن الحكم على PFFs بأنها مادة مازة فعالة ومنخفضة التكلفة لإزالة النفط ومشتقاته من الماء.

توصيات:

لابد من دراسة إمكان تطبيق المنتجات الطبيعية الأخرى الوفيرة في المنطقة، مثل: سوق الذرة وألياف الموز وقصب السكر، فبدلاً من معالجتها بوصفها مخلفات، يمكن جمعها ومعالجتها لتنظيف بقع الزيت من المسطحات المائية الصغيرة والكبيرة.

المراجع:

1. المرفق العالمي لمعلومات التنوع الحيوي (2016). الدلب. تاريخ الولوج 15 أيلول 2011. نسخة محفوظة 10 مارس 2016 على موقع واي باك مشين.
2. عايد، هنادي؛ علي نظام، عدنان (2016). أمثلة الإنزيمات المفككة للمواد الليغوسليلوزية والمنتجة بفعل سلالات الشعيات المائية السورية. مجلة جامعة البعث المجلد 38 العدد 5 عام 2016، 11-30.
3. عايد، هنادي؛ علي نظام، عدنان (2011). استعمال الكتلة الحيوية الليغوسليلوزية لإنتاج البيواتانول بالتخمير. الندوة العلمية: طاقة الكتلة الحيوية في سورية: الواقع والآفاق المستقبلية (مدن نظيفة، ريف جميل، مياه عذبة). الهيئة العليا للبحث العلمي - الشبكة الوطنية لتقانات الطاقات المتجددة بالتعاون مع جامعة دمشق، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، 22-23. 10. 2011.
4. عايد، هنادي؛ علي نظام، عدنان (2013). تطبيقات جراثيم الشعاعيات في التفكيك الحيوي للمخلفات الليغوسليلوزية ونتاج البيواتانول، بمشاركة الباحثة، المؤتمر البحثي البيئي الثاني، بعنوان: "الاستفادة من المخلفات الزراعية للحصول على منتجات صديقة للبيئة". وزارة الدولة لشؤون البيئة والمركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة - أكسد، في قاعة المؤتمرات برئاسة جامعة دمشق، 13-15. 05. 2013.
5. Abdullah M. A.; Rahmah A. U.; Man Z. (2010). Physicochemical and sorption characteristics of Malaysian *Ceibapentandra* (L.) Gaertn. as a natural oil sorbent. J. Hazard. Mater. 2010, 177, 683-691.
6. Adebajo M.O.; Frost R. (2004). Acetylation of raw cotton for oil spill cleanup application: an FTIR and ¹³C MAS NMR spectroscopic investigation, Spectrochim. Acta. A 60 (10) 2315-2321.
7. Adebajo M.O; Frost R.; Klopogge J.; Carmody O. (2003). Porous materials for oil spill cleanup: a review of synthesis and absorbing properties, J. Porous Mater. 10 (3) 159-170.
8. Alemdar A.; Sain M. (2008). Isolation and characterization of nanofibers from agricultural residues - Wheat straw and soy hulls. Bioresource Technology, 99(6), 1664-1671.

9. Ali N.; El-harbawi M.; Jabal A.; Yin C. (2012). Characteristics and oil sorption effectiveness of kapok fiber, sugarcane bagasse and rice husks: oil removal suitability matrix, *Environ. Technol.* 33 (4) 481–486.
10. Allan S. E.; Smith B.; Anderson K. (2012). Impact of the deepwater horizon oil spill on bioavailable polycyclic aromatic hydrocarbons in Gulf of Mexico coastal waters, *Environ. Sci. Technol.* 46 2033–2039.
11. Alonso-Simon, A., Garcia-Angulo, P., Melida, H., Encina, A., Alvarez, J. M., & Acebes,
12. Andy Hong P.K., Xiao. T (2013). Treatment of oil spill water by ozonation and sand filtration, *Chemosphere*, 106, 460–467.
13. Annunciado T. R.; Sydenstricker T.; Amico S. (2005). Experimental investigation of various vegetable fibers as sorbent materials for oil spills, *Mar. Pollut. Bull.* 50 (11) 1340–1346.
14. Bojan Jankovic · Vladimir Dodevski . Marija Stojmenovic · Sanja Krstic · Jasmina Popovic. Received: (2018), Characterization analysis of raw and pyrolyzed plane tree seed (*Platanus orientalis* L.) samples for its application in carbon capture and storage (CCS) technology, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, doi.org/10.1007/s10973-018-7207-x.(012 345678,9-().volV)(0123456789().,-volV)
15. Cambiella A.; Ortea E.; Rios G.; Benito J.; Pazos C.; Coca J. (2006). Treatment of oil-in-water emulsions: performance of a sawdust bed filter, *J. Hazard. Mater.* 131 (1–3) 195–199.
16. Carpita N. C.; Defernez M.; Findlay K.; Wells B.; Shoue D. A.; Catchpole G.; McCann M. (2001). Cell wall architecture of the elongating maize coleoptile. *Plant Physiology*, 127(2), 551–565.
17. Choi S. J.; Kwon T.; Im H.; Moon D.; Baek D.; Seol M.; Duarte J.; Choi Y. (2011). A polydimethylsiloxane (PDMS) sponge for the selective absorption of oil from water. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 3, 4552–4556.
18. Ciolacu D.; Ciolacu F.; Popa V. (2011). *Cellulose Chem. Technol.*, 45(1-2), 13.
19. Clark, J., and F. Deswarte. (2008). The biorefinery concept: An integrated approach. In *Introduction to chemicals from biomass*, ed. J. Clark and F. Deswarte, 1–20. Chichester: John Wiley..

20. Ejjikeme E. M.; Abalu B. (2014). Equilibrium, kinetics and thermodynamics studies on MB adsorption using hamburger seed shell activated carbon, *Int. J. Eng. Tech.* 14, 74-83. *Energy Environ.* 17 261–283.
21. Fingas. M (2011), *Oil Spill Science and Technology: Prevention, Response, and Clean Up*, Elsevier, Burlington, MA.
22. Garside, P., & Wyeth, P. (2003). Identification of cellulosic fibres by FTIR spectroscopy:
23. Hyung M. C.; Kwon H. (1993). Cotton nonwovens as oil spill cleanup sorbents. *Text. Res. J.* 63 (4) 211–218.
24. Ibrahim S.; Wang S.; Ang H. (2010). Removal of emulsified oil from oily wastewater using agricultural waste barley straw, *Biochem. Eng. J.* 49 (1) 78–83.
25. J. L. (2011). The use of FTIR spectroscopy to monitor modifications in plant cell wall architecture caused by cellulose biosynthesis inhibitors. *Plant Signaling & Behaviors*, 6(8), 1104–1110.
26. Jiang X. Z.; Sun P.; Xu L.; Xue Y.; Zhang H.; Zhu W. (2009). *Platanus orientalis* leaves based hierarchical porous carbon microspheres as high efficiency adsorbents for organic dyes removal. *Chin J Chem Eng Forthcoming*. doi: 10.1016/j. cjche. 03.030.
27. Johari and Hanapi Mat (2016), High removal performance of dissolved oil from aqueous solution by sorption using fatty acid esterified pineapple leaves as novel sorbents, *RSC Adv.*, 6, 13710–13722.
28. Jonoobi M.; Harun J.; Tahir P.; Zaini L.; Azry S. *et al.*, (2010). *BioResources*, 5(4), 2556.
29. Kacurakova M.; Capek P.; Sasinkova V.; Wellner N.; Ebringerova A. (2000). FT-IR study of plant cell wall model compounds: Pectic polysaccharides and hemicelluloses. *Carbohydrate Polymers*, 43, 195–203.
30. Karan C. P.; Rengasamy R.; Das D. (2011). Oil spill clean-up by structured fiber assembly, *IJFTR* 190–200.
31. Khan, E.; Virojnagud, W.; Ratpukdi, T (2004). Use of biomass sorbents for oil removal from gas station runoff. *Chemosphere*, 57, 681–689.
32. Liang C. Y.; Marchessault R. (1959). Infrared spectra of crystalline polysaccharides. II. Native celluloses in the region 640 to 1700 cm⁻¹.

- Journal of Applied Polymer Science, 39, 269–278. Lignocellulosic Fiber. Journal of Bionanoscience, 10(5), 418-423(6).
33. Likon M.; Remskar M.; Ducman V.; Svegl F. (2013). *Populus* seed fibers as a natural source for production of oil super absorbents. Journal of Environmental Management, 114,158–167.
34. Lim T. T.; Huang X. (2007). Evaluation of kapok (*Ceiba pentandra* L., Gaertn.) as a natural hollow hydrophobic–oleophilic fibrous sorbent for oil spill cleanup, Chemosphere 66, 955–963.
35. Lin Q; Mendelssohn I. (2012). Impacts and recovery of the deepwater horizon oil spill on vegetation structure and function of coastal salt marshes in the northern Gulf of Mexico, Environ. Sci. Technol. 46 3737–3743.
36. Moriwaki H.; Shiori K.; Masahiro K.; Ayaka H.; Kazuma H.; Shirai K.; Kanekatsu R.; Kiguchi K. (2009). Utilization of silkworm cocoon waste as a sorbent for the removal of oil from water, Journal of Hazardous Materials 165 266–270.
37. Mwaikambo L. Y.; Ansell M. (2002). Chemical modification of hemp, sisal, jute, and kapok fibers by alkalization. Journal of Applied Polymer Science, 84(12), 2222–2234.
38. Namasivayam C.; Arasi J. (1997). Removal of Congo red from wastewater by adsorption onto waste red mud, Chemosphere 34 (2) 401–417.
39. Nazir M. S.; Wahjoedi B.; Yussof A.; Abdullah M. (2013). Eco-Friendly Extraction and Characterization of Cellulose from Oil Palm Empty Fruit Bunches. BioResources, 8(2), 2161–2172.
40. Oh S. Y.; Yoo D.; Shin Y.; Kim H.; Kim H.; Chung Y.; Youk J. (2005). Crystalline structure analysis of cellulose treated with sodium hydroxide and carbon dioxide by means of X-ray diffraction and FTIR spectroscopy. Carbohydrate Research, 340(15), 2376–2391.
41. Ola A. (2014). Assessment of raw luffa as a natural hollow oleophilic fibrous sorbent for oil spill cleanup, Alexandria Engineering Journal, 53, 213–218.
42. Paster, M., Pellegrino, J.L., and Carole, T.M (2003). Industrial bioproducts; today and tomorrow.

43. Pazouki N.; Sankian M.; Leung P.; Nejad Sattari T.; Khavari- Nejad R.; Varasteh A. (2009). Identification of cyclophilin as a novel allergen from *Platanus orientalis* pollens by mass spectrometry. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 107, 215–217.
44. Peng D.; Lan Z.; Guo C.; Yang C.; Dang Z. (2013). Application of cellulase for the modification of corn stalk: Leading to oil sorption. *Bioresource Technol.*, 137, 414–418.
45. Popescu C.M.; Larsson P.; Olaru N.; Vasile C. (2012). Spectroscopic study of acetylated Kraft pulp fibers. *Carbohydrate Polymers*, 88(2), 530–536.
46. Pourkhabbaz A., Rastin N, Olbrich A (2010), Langenfeld-Heysen R, Polle A. Influence of environmental pollution on leaf properties of urban plane trees, *Platanus orientalis* L. *Bull Environ Contam Toxicol.*;85:251–255. [PMC free article] [PubMed]
47. Radetic M.; Ilic V.; Radojevic D.; Miladinovic R.; Jovic D.; Jovancic P. (2008). Efficiency of recycled wool-based nonwoven material for the removal of oils from water, *Chemosphere* 70 (3) 525–530.
48. Radetic M.; Jovic D.; Jovancic P.; Petrovic Z.; Thomas H. (2003). Recycled wool-based nonwoven material as an oil sorbent, *Environ. Sci. Technol.* 37 (5) 1008–1012.
49. Robles, C. A., Carmarán, C. C., & Lopez, S. E. (2011). Screening of xylophagous fungi associated with *platanus acerifolia* in urban landscapes: biodiversity and potential biodeterioration. *Landscape and Urban Planning*, 100, 129–135.
50. Said A. E. A.; Ludwick A.; Aglan H. (2009). Usefulness of raw bagasse for oil absorption: a comparison of raw and acylated bagasse and their components, *Bioresour. Technol.* 100 (7) 2219–2222.
51. Salmen L.; Bergstrom E. (2009). Cellulose structural arrangement in relation to spectral changes in tensile loading FTIR. *Cellulose*, 16(6), 975–982.
52. Seymour. R.J, Geyer. R.A (1992), Fates and effects of oil spills, *Annu. Rev. Energy Environ.* 17 261–283.
53. Siew Chin Cheu, Helen Kong, a Shioh Tien Song, Norasikin Saman, Khairiraihanna

54. Silva M. C.; Lopes O.; Colodette J.; Porto A.; Rieumont J.; Chaussy D.; Silva G. (2008). Characterization of three non-product materials from a bleached eucalyptus Kraft pulp mill, in view of valorizing them as a source of cellulose fibers. *Industrial crops and Products*, 27(3), 288–295.
55. Singh V.; Jinka S.; Hake K.; Parameswaran S.; Kendall R.; Ramkumar S. (2014). Novel natural sorbent for oil spill cleanup. *Ind. Eng. Chem. Res*, 53, 11954–11961.
56. Sun X. F.; Sun R.; Sun J.; (2004). Acetylation of sugarcane bagasse using NBS as a catalyst under mild reaction conditions for the production of oil sorption-active materials. *Bioresource Technology*, 95, 343–350.
57. Suni S.; Kosunen A.; Hautala M.; Pasila A.; Romantschuk M. (2004). Use of a by-product of peat excavation, cotton grass fiber, as a sorbent for oil-spills, *Mar. Pollut. Bull.* 49 (11–12) 916–921.
58. Teli, M. D., & Jadhav, A. C (2016). Extraction and Characterization of Novel Lignocellulosic Fibre. *Journal of Bionanoscience*, 10(5), 418-423(6).
59. Thread and single fibre analysis by attenuated total reflectance. *Studies in Conservation*, 48(4), 269–275.
60. Wang, J., Zheng, Y., & Wang, A. (2013a). Coated kapok fiber for removal of spilled oil. *Marine Pollution Bulletin*, 69, 91–96.
61. Wang, J., Zheng, Y., & Wang, A. (2013b). Preparation and properties of kapok fiber enhanced oil sorption resins by suspended emulsion polymerization. *Journal of Applied Polymer Science*, 127, 2184–2191.
62. Wang, J.; Zheng Y.; Wang A. (2012). Superhydrophobic kapok fiber oil absorbent: Preparation and high oil absorbency. *Chem. Eng. J*, 213, 1–7.
63. Wang, J.T.; Zheng, Y.; Wang, A.Q (2013). Investigation of acetylated kapok fibers on the sorption of oil in water. *J. Environ. Sci.*, 25, 246–253.
64. Wang, W. M., Cai, Z. S., Yu, J. Y., Xai, Z. P., et al. (2009). Changes in composition, structure, and properties of jute fibers after chemical treatments. *Fibers and Polymers*, 10(6), 776–780.
65. Wilson R. H.; Smith A.; Kacurakova M.; Saunders P.; Wellner N.; Waldron K. (2000). The mechanical properties and molecular dynamics of plant cell wall polysaccharides studied by Fourier-transform infrared spectroscopy. *Plant Physiology*, 124(1), 397–405.

66. Yang Li & Wang Ziru & Li Xu & YanLiheng g & Lu Changyu & Zhao Shan (2016), Hydrophobic Modification of Platanus Fruit Fibers as Natural Hollow Fibrous Sorbents for Oil Spill Cleanup, Water Air Soil Pollut 227:346