

إزالة بالامتزاز لصبغة أزرق الميثيلين

باستعمال مسحوق نوى التمر المعالج بمحلول هيدروكسيد الصوديوم

غريبة عبد العالي^{1,2*}، يدو أحمد رضا^{3,1}، شرقي عبد المالك^{4,1}، سلاطينة عمار^{4,1}، ناجمي بوبكر^{3,1}

1:مخبر دراسة وتطوير تقنيات معالجة وتنقية المياه والتسيير البيئي، المدرسة العليا للأساتذة، الشيخ محمد البشير الإبراهيمي، القبة القديمة، الجزائر

2:قسم العلوم التقنية، كلية التكنولوجيا، جامعة عمّار ثليجي، الأغواط

3: قسم الكيمياء، المدرسة العليا للأساتذة، الشيخ محمد البشير الإبراهيمي، القبة القديمة، الجزائر

4:المدرسة الوطنية متعددة التقنيات، الحراش، الجزائر

الملخص: تتناول هذه الدراسة تحضير مواد مازة من مخلفات مواد زراعية محلية كمصدر جديد لإزالة ملوث عضوي من المحاليل المائية بطريقة الامتزاز. حُضِر نوعان من المواد المازة، النوع الأول: مسحوق نوى التمر الخام غير المعالج كيميائياً، والنوع الثاني: مسحوق معالج كيميائياً بمحلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 0.1 مولاري. أظهر الفحص بالمجهر الإلكتروني الماسح أن سطح العينات المعالجة كيميائياً خشن، مكوّن من فجوات وقنوات مقارنة مع سطح عينات مسحوق نوى التمر الخام. وبينت نتائج التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء وجود عدد من عُصَبَات الامتصاص المميّزة لعدد من المجموعات الوظيفية العضوية. وبينت نتائج دراسة حركة إزالة ملوث عضوي كاتيوني هو: صبغ أزرق الميثيلين إزالة سريعة وبكمية كبيرة خلال الدقائق الـ 15 الأولى وأن حركة الامتزاز تحقق نموذج شبه الرتبة الثانية. أما منحنيات ايزوثرم الامتزاز فهي تحقق نموذج لانغمير مما يدلّ على إمكانية كون نوع الامتزاز أحادي الطبقة. بلغت سعة الامتزاز الأعظمية (q_{max}) لكل من مادتي الامتزاز بواحدات مغ غ⁻¹: 25.83 في حالة مسحوق النوى الخام و46.72 في حالة المسحوق المعالج كيميائياً، وهو ما يكشف عن مدى تأثير المعالجة الكيميائية بهيدروكسيد الصوديوم والتي أدت إلى تحسين قدرة الامتزاز بعد تعديل مواقع الامتزاز الوظيفية الموجودة على سطح مسحوق نوى التمر الخام. مما سبق تبين الدراسة إمكانية استعمال نوى التمر كمصدر لتحضير مواد مازة لإزالة الملوثات العضوية من مياه ملوثة.

الكلمات المفتاحية: نوى التمر، الامتزاز، ايزوثرم، الأصباغ.

المقدمة: إنّ كمية ونوعية المياه في تناقص وتردّ في معظم بقاع العالم وذلك بسبب تعدّد الأنشطة الصناعية والنمو السكاني؛ لذا أصبحت معالجة المياه مسألة بالغة الأهمية في الوقت الحاضر من أجل المحافظة على الثروة المائية وحماية البيئة. تتميز مياه الصرف الصحي ومياه المصانع بوجود كميات عالية من الملوثات العضوية والمعدنية، والتي تؤثر على الحياة المائية والنظام الإيكولوجي العام. ومن بين هذه

الملوّثات نجد الأصباغ والمعادن الثّقيلة. تُستعمل الأصباغ على نطاق واسع من قبل العديد من الصّناعات لتلوين منتجاتها وخاصة في مجال صناعة النّسيج وصناعات أخرى مثل: صناعات المطّاط ومستحضرات التّجميل والورق والجلود، والصّناعات الصّيدلانيّة والغذائيّة. ويقدر إنتاج الأصباغ بأكثر من 7×10^5 طن سنوياً في جميع أنحاء العالم^{1,2}. وتشير التّقديرات إلى أن نسبة قيمتها من 12 إلى 14 % من الأصباغ المستعملة في مجال النّسيج تُصبّ في مجاري مياه الصّرف الصّحيّ، وهذا يؤدّي إلى اضطراب في الحياة المائيّة والنّظام البيئي^{3,4,5,6}. إن وجود كميات ولو قليلة من الأصباغ في الماء تؤثر على نوعيته فهي تقلّل من نفاذية الضّوء في الماء التي تسبب في تثبيط عمليّة التّمثيل الضّوئي للنباتات المائيّة. معظم الأصباغ مستقرة وغير قابلة للتحلل الحيوي، لذا تتراكم في الكائنات الحيّة عبر السّلسلة الغذائيّة. تراكم بعضها يكون خطيراً على الإنسان والحيوان، يسبب أضراراً متنوعة كالحساسيّة والالتهاب وتهيج الجلد والإصابة الدّائمة للعيون وصعوبة التّنفس والاختلال في وظائف الكلى والدّماغ والجهاز العصبي والغثيان، وتلف الكبد، والالتهابات المعدية والقيء، والإصابة بأنواع من السرطانات. ممّا سبق يتبيّن أنّ هناك حاجة ماسّة إلى معالجة النّفايات السّائلة التي تحوي مثل هذه الأنواع المختلفة من المواد الملوّثة السّامة قبل صبّها في مجاري مياه الصّرف الصّحيّ 7,8,9,10,11,12.

تُزال الأصباغ المختلفة من المياه الملوّثة بعدة تقنيات: كيميائيّة وفيزيائيّة وبيولوجيّة. ومن التّقنيات الفيزيائيّة والكيميائيّة نذكر: التّرسيب الكيميائي والتّرسيب الكهروكيميائي والتّبادل الأيوني والفصل بالأغشيّة والأكسدة الكيميائيّة والحفز الضّوئي والتّخثّر الكيميائي والامتزاز^{13,14,15,16}. يُعدّ الامتزاز من بين التّقنيات الواعدة والأكثر استخداماً على نطاق واسع لإزالة الأصباغ والمعادن الثّقيلة من المياه الملوّثة بسبب مزاياه الكثيرة، كالاستخدام السّهّل وعدم توليد أو استعمال مواد ملوّثة كما هو الحال في حالة بعض التّقنيات الكيميائيّة. وتتميّز المواد المازّة من المصادر النباتيّة والحيوانيّة بتجديدها وإمكانية إعادة استخدامها، لذا تكون طرائق إزالة بعض الملوّثات بعمليّة الامتزاز ناجعة من النّواحي الاقتصاديّة والاجتماعيّة والبيئيّة مقارنة بالتّقنيات التّقليديّة الأخرى. يُعتبر الفحم المنشّط من المواد المازّة المستخدمة على نطاق واسع في عمليّة إزالة الأصباغ والمعادن الثّقيلة في العالم، ولكن صعوبة إعادة استخدامه وعدم التّحكم في انتاجه خصوصاً في البلدان النّاميّة غير المصنّعة تؤدّي إلى ارتفاع تكلفة استعماله. نظراً لما تقدّم اهتمّت العديد من المخابر في العالم بالبحث عن مواد مازّة من مصادر نباتيّة كبدايل فعّالة ذات خصائص مطلوبة، كوفرّتها في الطّبيعة وانخفاض تكلفة تحضيرها وارتفاع سعة امتزازها لأنواع المختلفة من الملوّثات بالإضافة إلى إمكانية تعديل وتنشيط مواقع الارتباط على سطح المادّة المازّة بمحاليل قاعدية أو حمضية لتحسين سعتها الامتزازيّة^{11,17,18,19,20}. تُعتبر نوى التّمور من المنتجات الزراعيّة الثّانويّة، تتواجد بوفرة كبقايا ومخلّفات زراعيّة في الجزائر. فوفقاً لبيان وكالة الأنباء الجزائريّة الصّادر يوم 31 10 2017 تُعدّ الجزائر واحدة من أكبر منتجي التّمور في العالم، تحتلّ المرتبة الرّابعة عالمياً، تجاوزت قدرة إنتاجها السنوي لعام 2017 المليون طن. وبالنّظر إلى أن وزن نوى التّمور

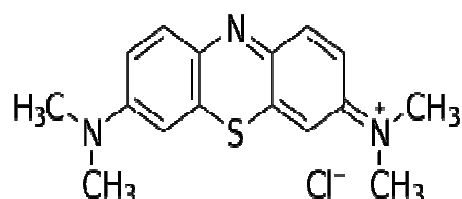
يمثل نسبة تتراوح من 7 إلى 30% من وزن التمر فإنه تنتج كمية معتبرة من المخلفات سنوياً، لا يستفاد منها في أغلب الأحيان ويتم التخلص منها كنفايات. إنَّ التخلص من هذه المخلفات كنفايات منزلية أو صناعية خسارة اقتصادية كبيرة نظراً لإمكانية تجميعها في العديد من المجالات. يمكن استخدام نوى التمر كعلف للحيوانات أو إدماجها مع مواد أخرى لتحضير الأعلاف، كما يمكن استعمالها كإضافات في الصناعات الصيدلانية والغذائية نظراً لامتلاكها للعديد من المركبات الفعالة حيويًا كالسكريات المتعددة والليبيدات والفينولات ومضادات الأكسدة. كما أن احتواءها على نسبة من الألياف بقيمة أعلى من القمح تجعلها مناسبة لإعداد بعض الأغذية. وتستخلص من نوى التمر زيوت لها خواص فريدة تجعلها مميزة عن باقي الزيوت النباتية الأخرى، فهي تحمي خلايا الجلد من الأشعة فوق بنفسجية، كما تعتبر مكونات مستخلص الماء والكحول من نوى التمر مواد مضادة للجراثيم تعمل على تثبيط نمو البكتيريا مثل المضادات الحيوية^{21,24,23,22}.

مما تقدم يتبين أنَّ المساهمة في موضوع تجميع نوى التمر كمخلفات زراعية أو صناعية أو منزلية أصبح أمراً ضرورياً وأولوية للباحثين على المستويين الوطني والعالمي. لذا كان الهدف من العمل الحالي تقويم قدرة إزالة صبغ كاتيون، هو: أزرق الميثيلين، كملوث من محلول مائي بواسطة عملية الامتزاز على نوى أحد أنواع التمر المحلية: الغرس. تناول البحث مسألتين من الموضوع: الأولى خاصة بعملية تحضير المادة المازة من نوى التمر الخام ومعالجتها كيميائياً بمحلول من هيدروكسيد الصوديوم لدراسة تأثير طريقة المعالجة على كفاءة إزالة الملوث، الثانية: دراسة حركة الامتزاز للكشف عن النموذج الذي يمثل العملية وتقدر منه قيم ثوابت الحركة وقدرة إزالة المادة المازة للملوث في الظروف المختلفة.

2. المواد وطرائق العمل:

1.2. تحضير المواد المازة: لتحضير المواد المازة من نوى التمر، جُمعت نوى تمر الغرس من منطقة بسكرة. ولإزالة بقايا لحم التمر والشوائب الملتصقة على سطحها غُسِلت بماء الحنفية، ثم جففت في الهواء الطلق تحت أشعة الشمس. سُحقت النوى ميكانيكياً بطاحونة القمح ومُرِّر المسحوق عبر غرابيل للحصول على حبيبات ذات أحجام تتراوح أبعادها في المجال 315 - 500 مايكرومتر. حضرنا نوعين من المواد المازة، النوع الأول: مسحوق نوى التمر الخام غير المعالج كيميائياً، والنوع الثاني: المسحوق المعالج كيميائياً بمحلول هيدروكسيد الصوديوم. لتحضير النوع الأول تغسل كمية من المسحوق بالماء المقطر من أجل إزالة المواد العضوية القابلة للذوبان، ثم يفصل المسحوق باستعمال ورق الترشيح من نوع: Wattman N° 4، ويجفف في فرن كهربائي عند 80 درجة مئوية لمدة 24 ساعة. يُحضّر النوع الثاني من المواد المازة بمزج كمية من المسحوق بمحلول مائي من هيدروكسيد الصوديوم 0.1 مولاري (بنسبة كتلة/حجم) تساوي حوالي 10 غ/200 ملل، يخلط المزيج لمدة 4 ساعات، ويفصل المسحوق باستعمال ورق الترشيح من نوع: Wattman N° 4، ثم يغسل جيداً بالماء المقطر للتخلص من مادة هيدروكسيد الصوديوم المستعملة، ثم يجفف عند 80 درجة مئوية لمدة 24 ساعة في الفرن الكهربائي.

2.2. **المواد الكيميائية:** استخدم أزرق الميثيلين (كلوريد الميثيلثيونينيوم) كصبغ ملوث في هذه الدراسة نقاوته: 98.5٪، صيغته الجزيئية $C_{16}H_{18}N_3SCl$ ، وزنه الجزيئي 319.85 غ مول⁻¹. يُظهر الشكل 1 البنية الكيميائية لأزرق الميثيلين. حضرنا محلولاً أولياً من أزرق الميثيلين مذاباً في الماء تركيزه 1000 مغ ل⁻¹، أما المحاليل المستعملة في تجارب الامتزاز فحُضرت بتمديد المحلول الأولي بالماء المقطر. كما استعملت محاليل مائية من حمض الهيدروكلوريك HCl وهيدروكسيد الصوديوم NaOH تراكيزها 0.1 مولاري لتعديل قيم رقم الهيدروجين في مزائج التجارب.



الشكل 1. البنية الكيميائية لأزرق الميثيلين.

3.2 **خصائص المواد المازة:** للكشف عن التغيرات التي تحدث في بنية سطح المواد المازة والتي يكون لها دور أساسي في فعالية امتزاز مختلف المواد، استعمل مجهر إلكتروني ماسح من نوع: MEB FEG JEOL 6700F، وذلك تحت جهد يبلغ 1.0 كيلو فولط و تكبير x350 وعلى مسافة 14.9 و 15.3 ملم. يسمح المجهر بدراسة بنيتي سطحي النوعين المحضرين من المواد المازة. واستخدم مطياف الأشعة تحت الحمراء من نوع: SHIMADZU FTIR-8400 في المجال 4000-500 سم⁻¹ لمعرفة الوظائف الكيميائية المتواجدة على سطحي النوعين المحضرين من المواد المازة.

4.2 **تجارب الامتزاز:** أجريت تجارب الامتزاز في إناء خلط مغلق وبطريقة غير مستمرة. نمزج كتلا من عينات أحد نوعي مواد الامتزاز قيمتها 0.25 غ و 50 مل من محلول أزرق الميثيلين تركيزه محدد كما سنوضحه لاحقا، يُحضّر من تمديد المحلول الأولي بالماء المقطر. تُثبت درجة حرارة المزيج عند 25 درجة مئوية ونخلطه بسرعة دوران قيمتها 50 دورة في الدقيقة. تضبط قيمة الرقم الهيدروجيني للمزيج عند 5.6 بإضافة محلول مائي من حمض الهيدروكلوريك HCl أو هيدروكسيد الصوديوم NaOH تركيزاهما 0.1 مولاري.

لدراسة حركة الامتزاز بلغ تركيز أزرق الميثيلين في المزيج قيمة 500 مغ ل⁻¹، وكانت مدة التجربة الواحدة 6 ساعات. وأجريت تجارب ايزوثرمات الامتزاز عند تراكيز من محلول أزرق الميثيلين متغيرة من 50 إلى 500 مغ ل⁻¹، كانت مدة التجربة الواحدة 24 ساعة، وهي المدة الكافية لبلوغ حالة التوازن. تقاس قيم تراكيز أزرق الميثيلين في المحاليل ومزائج التجارب عند أزمنة مختلفة من تقدير الامتصاصية بمقياس الطيف الضوئي المرئي عند طول موجة مساو $\lambda = 660$ نانومتر وبعد الاستعانة بمنحنى معياري يمثل تغير الامتصاصية بدلالة تراكيز محاليل معيارية من أزرق الميثيلين. تحسب تراكيز أزرق الميثيلين عند التوازن (q_e) من العلاقة التالية:

$$(1) \quad q_e = \frac{(C_0 - C_e)}{m} \times V$$

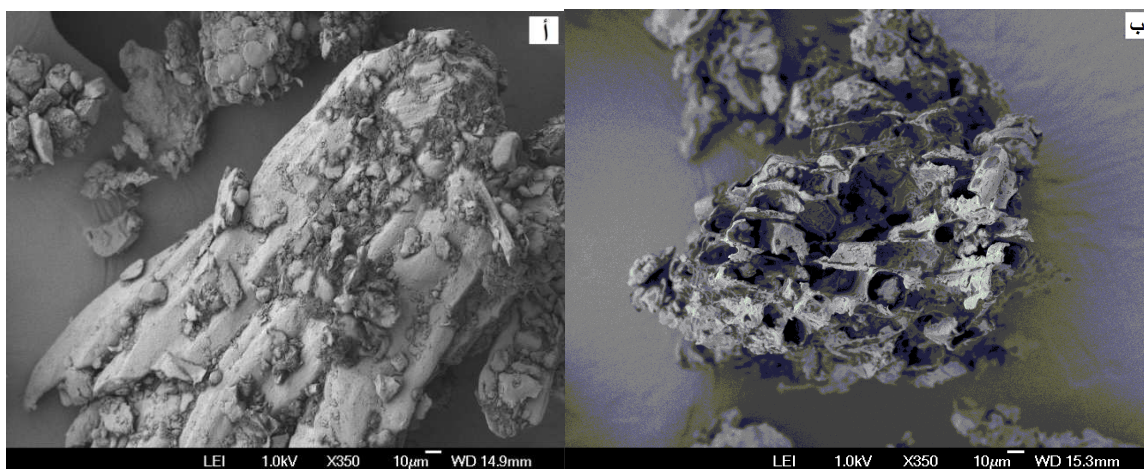
حيث :

q_e سعة الامتزاز (مغ غ⁻¹)، C_0 التركيز الابتدائي أي في بداية التجربة للمادة الممتزة في المزيج (مغ ل⁻¹) C_e التركيز عند التوازن للمادة الممتزة في المزيج (مغ ل⁻¹)، V الحجم الكلي لمحلول (مل) و m كتلة عينة إحدى المواد المازة (غ).

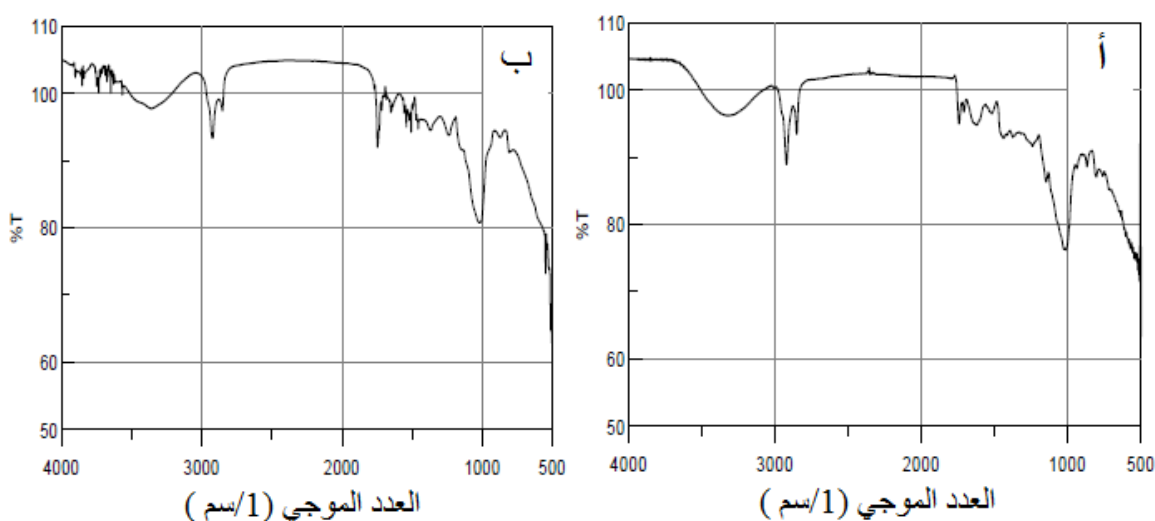
3. النتائج والمناقشة:

3.1. بنى السطوح بالمجهر إلكتروني الماسح والتحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء للمواد المازة: يُظهر الشكل 2 فرق في بنيتي سطحي العينتين. سطح عينة من مسحوق نوى التمر المعالج كيميائياً بمحلول هيدروكسيد الصوديوم خشن، مكوّن من فجوات وقنوات، مقارنة مع سطح عينة التمر الخام. يكون هذا الاختلاف عاملاً من عوامل زيادة كفاءة عملية الامتزاز لكثير من المركبات الكيميائية والأيونات كون المسامات والتشققات وخشونة السطح تزيد من مساحة السطح بالنسبة لواحدة كتلة المادة المازة والتي بدورها تزيد من سعة امتزازها.

يكشف طيف الأشعة تحت الحمراء في الشكل 3 وجود عُصَبَات امتصاص في المجال 3600-3000 سم⁻¹، وهي موافقة لاهتزاز تمدد مجموعة الهيدروكسيل (OH) في الوظائف الحمضية والكحولية والفينولات، وموافقة لمجموعة (NH) الأمينية. وتوجد عصابة عند 2925.8 سم⁻¹ خاصة باهتزاز استطالة الرابطة (C-H) الأليفاتية، أما بالنسبة لعصابة الامتصاص عند 1747.4 سم⁻¹ فهي تدل على وجود مجموعات الكربونيل (C=O) في الأحماض الكربوكسيلية والكيتونات أو اللدهيدات، مع ملاحظة زيادة شدة هذه العصابة في عينة المادة المازة المعالجة بهيدروكسيد الصوديوم وهو ما يدل على زيادة تركيزها في هذه العينة. كما توجد عصابات ما بين 1050 و 1400 سم⁻¹ التي يمكن أن تعزى إلى الرابطة (C-O) في المجموعات الوظيفية الحمضية والكحولية والإثيرات والأسترات.

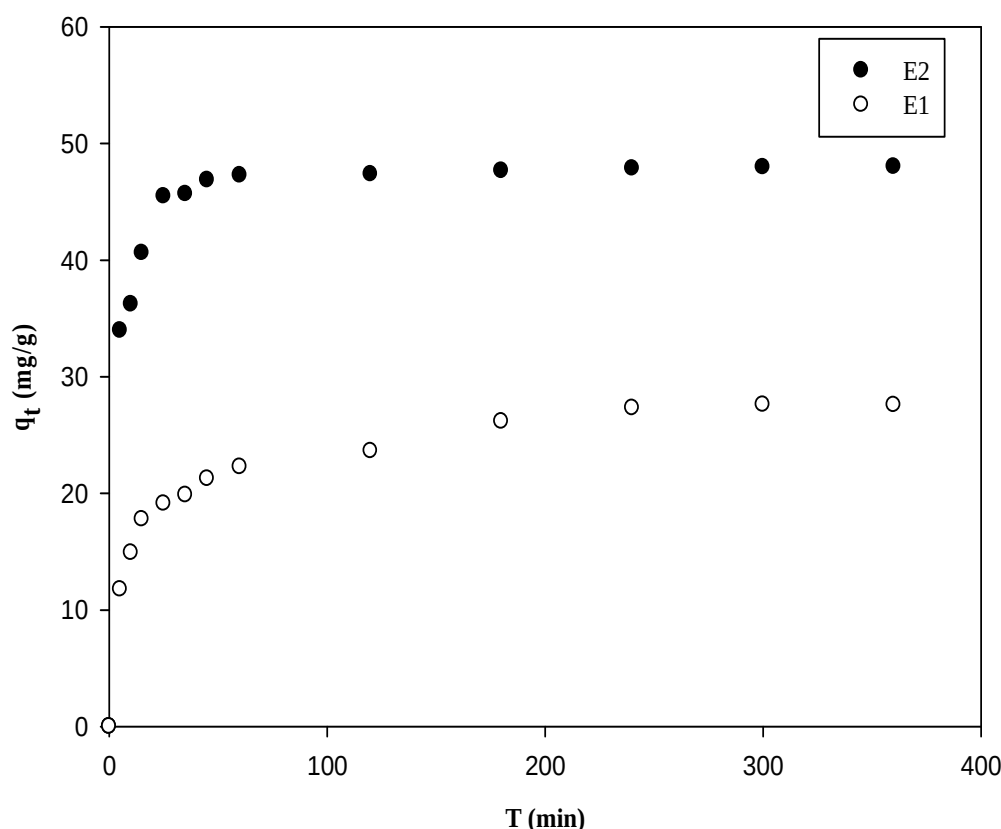


الشكل 2. صورتان لعينتي المادة المازة بالمجهر إلكتروني الماسح: النوى الخام (أ) النوى المعالج كيميائياً (ب)



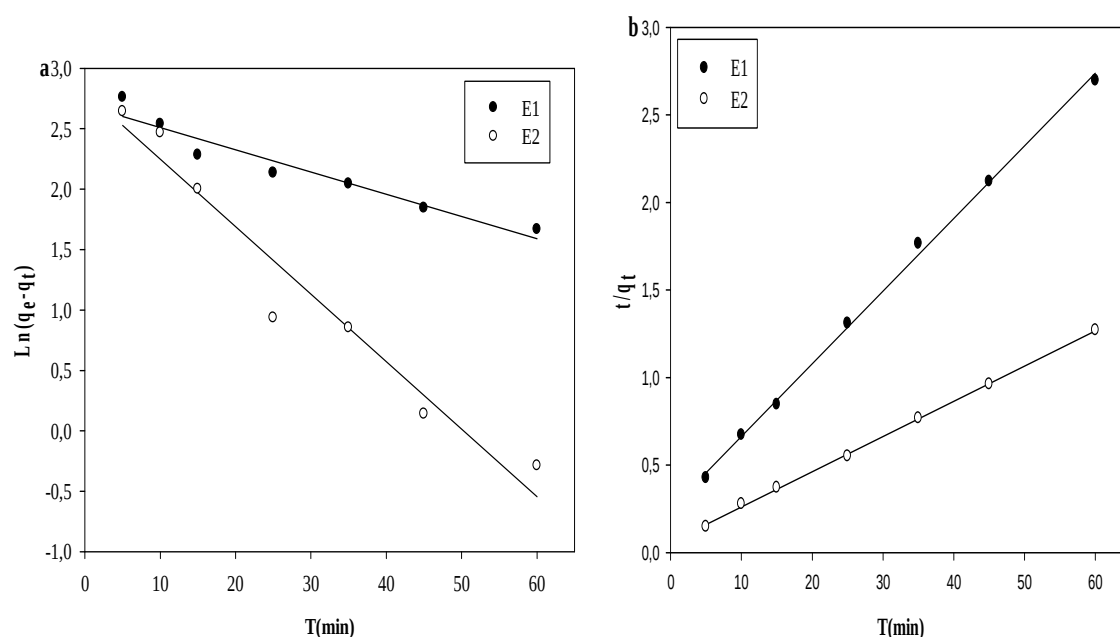
الشكل 3. طيف الأشعة تحت الحمراء لعينتي المادة المازة: النوى الخام (أ) النوى المعالج كيميائيا (ب)

2.3 دراسة حركة الامتزاز: من الواضح كما هو مبين في الشكل 4 أن كمية أزرق الميثيلين الممتزة باستخدام المادتين الممتزتين تزداد بتعاقب الزمن. يمكن ملاحظة ثلاث مراحل مميزة لعملية الامتزاز في الحالتين؛ في المرحلة الأولى كانت سرعة امتزاز أزرق الميثيلين كبيرة خلال 15 دقيقة الأولى، في المرحلة الثانية تبدأ سرعة الامتزاز في التباطؤ، أما في المرحلة الثالثة فتكون السرعة بطيئة جدا ونسجل الوصول إلى حالة التوازن بعد حوالي 90 دقيقة من بداية عملية الامتزاز. ومن منحنى حركة الامتزاز في الشكل 4 يلاحظ أن معالجة مسحوق نوى التمر بمحلول هيدروكسيد الصوديوم أدت إلى تحسين قدرة الامتزاز فنتج عنها إزالة كمية كبيرة من أزرق الميثيلين في 15 دقيقة الأولى، مقارنة مع المادة المازة غير المعالجة. يمكن تعليل ما سبق بزيادة مساحة السطح في واحدة الكتلة وبالتالي زيادة مواقع الشحنة السالبة على سطح المادة المازة، مما يزيد من درجة الجذب الإلكترونياتيني بين كاتيونات أزرق الميثيلين (BM^+) ومواقع الشحنات الناقصة المتواجدة على سطح المادة المازة.



الشكل 4. منحنيًا حركة امتزاز أزرق الميثيلين على عيني المادة المازة: مسحوق النوى الخام (E1) ومسحوق النوى المعالج كيميائيًا (E2)

يلخص الجدول 1 قيم ثوابت حركة الامتزاز عند تطبيق نموذجي الحركة التآليين: الامتزاز الشبيه بالرتبة الأولى والامتزاز الشبيه بالرتبة الثانية. تُظهر النتائج أن نموذج شبه الرتبة الثانية كان الأفضل والأقرب لتمثيل حركة إزالة صبغ أزرق الميثيلين بواسطة مسحوق نوى التمر الخام (E1) و مسحوق نوى التمر المعالج كيميائيًا (E2) مقارنةً بنموذج شبه الرتبة الأولى (الشكل 5)، حيث أن قيمتي معاملات الارتباط R^2 كانت أكبر من 0.99، ويلاحظ أيضًا أن قيم سعة الامتزاز ($q_{e, cal}$) المحسوبة نظريًا باستعمال نموذج شبه الرتبة الثانية كانت أقرب إلى القيم التجريبية ($q_{e, exp}$). مما سبق يتضح أن حركة امتزاز أزرق الميثيلين على المواد المازة الخام من نوى التمر (E1) ونفس المواد المازة بعد المعالجة الكيميائية (E2) تحقق النموذج الشبيه بحركة الرتبة الثانية.



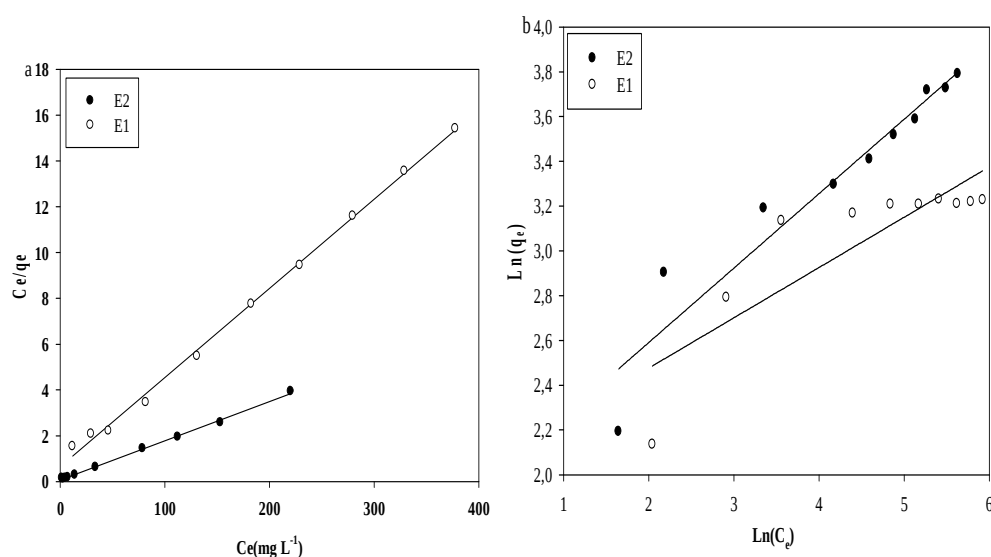
الشكل 5. منحنيات التمثيل الخطي لمتغيرات حركة الامتزاز، حسب النموذجين: الشبيه بالرتبة الأولى (a) والشبيه بالرتبة الثانية (b)

الجدول 1. قيم ثوابت حركة الامتزاز حسب النموذجين: الشبيه بالرتبة الأولى والشبيه بالرتبة الثانية

المادة	C_0	$q_{e,exp}$	النموذج الشبيه بالرتبة الأولى			النموذج الشبيه بالرتبة الثانية		
			$q_{e,cal}$	k_1	R^2	$q_{e,cal}$	k_2	R^2
المازة: مسحوق النوى			(مع/غ)	(مع/غ د)		(مع/غ)	(مع/غ د)	
الخام	500	27.56	14.79	0.018	0.930	24.09	0.0069	0.997
المعالج كيميائياً	500	48.00	16.55	0.055	0.951	49.75	0.0067	0.999

3.3 دراسة ايزوثرمات الامتزاز: من أجل تحديد آلية امتزاز الملوّث الممثل بصبغ أزرق الميثيلين على مادتي الامتزاز (مسحوق نوى التمر الخام ونفس المادة بعد المعالجة الكيميائية) ومعرفة ايزوثرم الذي يمثل بشكل أفضل امتزاز الملوّث اختبرنا مدى تحقيق نتائج منحنيات حركة مدتها 24 ساعة كما تقدم، عند تراكيز ابتدائية مختلفة، على نموذجين رياضيين هما: نموذج لانغمير (Langmuir) ونموذج فرنلدش (Freundlich). يوضح الشكل 6 منحنيات التمثيل الخطي لمتغيرات حركة امتزاز أزرق الميثيلين على المواد المازة الخام من مسحوق نوى التمر ونفس المواد المازة بعد المعالجة الكيميائية حسب نموذجي لانغمير وفرنلدش. حسب النتائج المبينة في الجدول 2 بلغت سعة الامتزاز الأعظمية (q_{max}) لكل من مادتي الامتزاز بواحدات مغ غ⁻¹: 25.83 في حالة المواد المازة الخام من مسحوق نوى التمر و46.72 في حالة المواد المازة

بعد المعالجة الكيميائية. يكشف ما سبق مدى تأثير المعالجة الكيميائية بهيدروكسيد الصوديوم والتي أدت إلى تحسين قدرة الامتزاز بعد تعديل مواقع الامتزاز الوظيفية الموجودة على سطح مسحوق نوى التمر الخام. ويتضح أيضا قابلية تطبيق نموذج لانغمير بشكل أفضل من نموذج فرنديلش. إن موافقة ظاهرة الامتزاز في هذه الدراسة لنموذج لانغمير يعبر عن حدوث الامتزاز على مواقع متجانسة، مما يشير إلى امتزاز أحادي الطبقة لأزرق الميثيلين على المواد المازة الخام من مسحوق نوى التمر (E1) ونفس المواد المازة بعد المعالجة الكيميائية (E2)، ومن ناحية أخرى قيم ثابت لانغمير R_L محصورة بين 0 و 1 دليل على قابلية مختلف المواد المازة المحضرة من نوى التمر للامتزاز أزرق الميثيلين.



الشكل 6. منحنيات التمثيل الخطي لمتغيرات حركة الامتزاز لكل من نموذج لانغمير (a) ونموذج فرنديلش (b)

الجدول 2. قيم ثوابت حركة امتزاز أزرق الميثيلين حسب تمثيل نموذجي: لانغمير وفرنديلش

المادة المازة:مسحوق النوى	لانغمير Langmuir				فراندلش Freundlich		
	q_{max} (مغ/غ)	b (مغ/ل)	R_L	R^2	K_F (غ/ل)	n	R^2
E1 الخام	25.83	0.112	0.017	0.99	7.589	4.450	0.72
E2 المعالج كيميائيا	46.72	0.030	0.062	0.97	6.856	3.006	0.91

4. **الختامة:** أوضحت هذه الدراسة إمكانية إزالة ملوث عضوي كاتيوني (أزرق الميثيلين) بطريقة امتزازه على مواد مخلفات زراعية محلية متوفرة على نطاق واسع في الجزائروهي نوى التمر. إن الكشف عن بنى أسطح المواد المازة بالمجهر الالكتروني الماسح والتحليل الكيميائي بمطيافية الأشعة تحت الحمراء يظهران امتلاك المواد المازة لبنية سطح ووظائف كيميائية تجعلها مهيئة للارتباط بمادة الصبغ المراد إزالتها. أظهر مسح التمر المعالج كيميائياً بمحلول هيدروكسيد الصوديوم كفاءة امتزاز معتبرة لأزرق الميثيلين مقارنة مع الممتز الخام، حيث تغيرت سعة الامتزاز الأعظمية (q_{max}) بواحدات مغ غ⁻¹ من 25.83 إلى 46.72. وبينت نتائج دراسة حركة الامتزاز، لكل من المادتين المحضرتين وهما: مسح نوى التمر الخام والمعالج كيميائياً بمحلول هيدروكسيد الصوديوم، إزالة سريعة وبكمية كبيرة خلال الدقائق الـ 15 الأولى وأن حركة امتزاز أزرق الميثيلين تحقق نموذج شبه الرتبة الثانية. أما منحنيات ايزوثرم الامتزاز فهي تحقق نموذج لانغمير مما يدل على إمكانية كون نوع الامتزاز: أحادي الطبقة.

المراجع

- [1] Kumar S. S., Balasubramanian P., Swaminathan G., Degradation potential of free and immobilized cells of white rot fungus *Phanerochaete chrysosporium* on synthetic dyes, *Int. J. Chem.Tech. Res.*, 5, 565–571 (2013).
- [2] Ghaedi M., Hajati S., Barazesh B., Karimi F., Ghezelbash G., *Saccharomyces cerevisiae* for the biosorption of basic dyes from binary component systems and the high order derivative spectrophotometric method for simultaneous analysis of Brilliant green and Methylene blue, *J. Ind. Eng. Chem.*, 19, 227–233 (2013).
- [3] Aksu Z., Application of biosorption for the removal of organic pollutants: a review, *Process Biochem*, 40 (3-4), 997–1026 (2005).
- [4] Robinson T., McMullan G., Marchant R. and Nigam P., Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative, *Bioresour. Technol.*, 77(3), 247–255 (2001).
- [5] Kumar K.V., Ramamurthi V. and Sivanesan S., Modeling the mechanism involved during the sorption of methylene blue onto fly ash, *J. Colloid Interf. Sci.*, 284(1), 14–21 (2005).
- [6] Oliveira L.S., Franca A.S., Alves T.M. and Rocha S.D.F., Evaluation of untreated coffee husks as potential biosorbents for treatment of dye contaminated waters, *J. Hazard Mater.*, 155(3), 507–512 (2008).
- [7] Chitnis K.S., Extraction, Characterization and Application as Natural Dyes of extracts from *Terminalia catapa* leaf and seed pericarp, *Res. J. Chem. Environ.*, 17(9), 94-99 (2013).
- [8] Ghosh D. and Bhattacharyya K.G., Adsorption of methylene blue on kaolinite, *Appl. Clay Sci.*, 20(6), 295–300 (2002).
- [9] Rafatullah M., Sulaiman O., Hashim R. and Ahmad A., Adsorption of methylene blue low-cost adsorbents: A review, *J. Hazard Mater.*, 177(1-3), 70–80 (2010).
- [10] Volesky B., Weber J. and Park J.M., Continuous-flow metal biosorption in a regenerable *Sargassum* column, *Water Res.*, 37(2), 297–306 (2003).
- [11] Yan J., Lan G., Qiu H., Chen C., Liu Y., Du G., Zhang J., Adsorption of heavy metals and methylene blue from aqueous solution with citric acid modified peach stone, *Sep Sci Technol.*, 53 (11), 1678–1688 (2018).
- [12] Saygili H., Saygili G A., Güzel F., Surface modification of black tea waste using bleaching technique for enhanced biosorption of Methylene blue in aqueous environment, *Sep Sci Technol.*, 53 (18), 2882–2895 (2018).
- [13] Fan L., Zhou Y., Yang W., Chen G. and Yang F., Electrochemical degradation of aqueous solution of Amaranth azo dye on ACF under potentiostatic model, *Dyes Pigm.*, 76(2), 440–446 (2008).

- [14] Garcia-Montano J., Perez-Estrada L., Oller I., Maldonado M.I., Torrades F. and Peral J., Pilot plant scale reactive dyes degradation by solar photo-Fenton and biological processes, *J. Photochem. Photobiol., A*, 195(2), 205–214 (2008).
- [15] Sleiman M., Vildozo D.L., Ferronato C. and Chovelon J.M., Photocatalytic degradation of azo dye Metanil Yellow: optimization and kinetic modeling using a chemometric approach, *Appl. Catal., B*, 77(1), 1–11 (2007).
- [16] Wu J.S., Liu C.H., Chu K.H. and Suen S.Y., Removal of cationic dye methyl violet 2B from water by cation exchange membranes, *J. Membr. Sci.*, 309(1), 239–245 (2008).
- [17] El Mouzdahir Y., Elmchaouri A., Mahboub R., Gil A. and Korili S.A., Equilibrium modeling for the adsorption of methylene blue from aqueous solutions on activated clay minerals, *Desal.*, 250(1), 335–338 (2010).
- [18] Tanyildizi M.S., Modeling of adsorption isotherm and kinetics of reactive dye from aqueous solution by peanut hull, *Chem. Eng. J.*, 168(3), 1234–1240 (2011).
- [19] Guechi E. K., Hamdaoui O., Sorption of malachite green from aqueous solution by potato peel: Kinetics and equilibrium modeling using non-linear analysis method, *Arab. J. Chem.*, 9, 416–424 (2016).
- [20] Vijayaraghavan K., Yun Y S. Bacterial biosorbents and biosorption, *Biotech Adv.*, 26, 266–291(2008).
- [21] Bouanani, S., Zeggar M., Aouadi S., Valorisation des noyaux de dattes (*Phoenix dactylifera*) variété Degla Baïda par fractionnement des polysaccharides. *Revue des régions arides* (1), 40–45 (2007).
- [22] Hossain, M. Z., M. I. Waly., V. Singh, V. Sequeira & M. S. Rahman., Chemical Composition of Date–Pits and Its Potential for Developing Value–Added Product – a Review. *Pol J Food Nutr Sci.*, 64 (4), 215–226 (2014).
- [23] Khali, M., Z. Boussena & L. Boutekrabt., Effet de l’incorporation de noyaux de dattes sur les caractéristiques technologiques et fonctionnelles de la farine de blé tendre. *Revue: Nature & Technologie. B-Sciences Agronomiques et Biologiques* (12), 16–26 (2015).
- [24] Ghnimi, S., Umer, S., Karim, A & Kamal-Eldin, A., Date fruit (*Phoenix dactylifera* L.): An underutilized food seeking industrial valorization. *NFS J* (6) 1–10 (2017).