



SCIENTIFIC EVENTS GATE

The International Innovations Journal of Applied Science

Journal homepage: <https://ijas.eventsgate.org/ijas>

ISSN: 3009-1853 (Online)



Studying adsorption of chalcone by using tea leaf powder and activated charcoal

Shurooq M. Egab*¹, Atallah B. Dekhyl², Muhammad G. Abdul Karim³

^{1,2,3}Department of chemistry, College of Education for women, Tikrit University, Tikrit, Iraq.

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article history:

Received 13 Jan. 2024
Revised 10 Feb. 2024,
Accepted 20 Feb. 2024,
Available online 15 Mar. 2024

Keywords:

Adsorption
Chalcone
Isotherm
Tea powder
Activated charcoal

This study aimed to evaluate the adsorption efficiency of tea residue powder as a natural adsorbent and activated charcoal as a synthetic adsorbent for the removal of the chalcone compound ((E)-1-(benzofuran-2-yl)-3-(4-bromo phenyl)pro-2-en-1-one), which was prepared from the reaction of 4-bromo benzaldehyde with 2-acetyl benzofuran). The effect of various factors on adsorption efficiency such as (adsorbent amount, contact time, adsorbate concentration, pH, and temperature) was studied. The highest removal percentage (79.01%) was achieved when using tea leaf powder at an equilibrium time of 30 minutes. When using activated charcoal, the highest removal percentage (90.87%) was achieved at an equilibrium time of 30 minutes. Four isotherm models were applied to describe the adsorption system; all showed linear relationships with good correlation coefficients. The Freundlich model was found to be the most suitable due to its highest correlation coefficient for both adsorbents used in this study. The study also included calculating thermodynamic function values which indicated that the adsorption process using both types of adsorbents is spontaneous based on ΔG values and exothermic based on calculated ΔH values. In addition, ΔS values indicated that the adsorbate tends to be more organized on the surfaces of the used adsorbents than in solution.

دراسة امتزاز مركب جالكوني باستخدام مسحوق أوراق الشاي والفحم المنشط

م.م. شروق مهدي عجاب*، أ.م.د. عطاالله برجس دخيل، أ.م.د. محمد غازي عبدالكريم

قسم الكيمياء، كلية التربية للبنات، جامعة تكريت، العراق

الملخص: تضمنت هذه الدراسة تقييم كفاءة الامتزاز لمسحوق بقايا الشاي كمادة مازة طبيعية والفحم المنشط التجاري كمادة مازة صناعية لإزالة المركب الجالكوني ((E)-1-(benzofuran-2-yl)-3-(4-bromo phenyl)pro-2-en-1-one) والذي تم تحضيره من تفاعل (4-bromo benzaldehyde) مع (2-acetyl benzofuran). تمت دراسة تأثير بعض العوامل على كفاءة الامتزاز مثل (كمية المادة المازة، زمن التماس، تركيز المادة الممتزة، pH ودرجة الحرارة) لقد بلغت اعلى نسبة ازالة (79.01%) عند استخدام مسحوق أوراق الشاي وعند زمن اتزان مقداره 30 دقيقة. اما عند استخدام الفحم المنشط فكانت اعلى نسبة ازالة (90.87%) عند زمن اتزان مقداره 30 دقيقة ايضاً. ولوصف نظام الامتزاز تم تطبيق اربع نماذج ايزوثرمية أعطت جميعها علاقات خطية وبمعاملات ارتباط جيدة، وكان نموذج فريندلج الأكثر ملائمة لإعطائه اعلى معامل ارتباط ولكلا المادتين المازتين المستخدمة في الدراسة. اشتملت الدراسة على حساب قيم الدوال الترموديناميكية والتي بينت ان عملية الامتزاز وباستخدام كلا المادتين المازتين هي عملية تلقائية من خلال قيم ΔG ، كما وان

* Corresponding author.

E-mail address: Shurooq.yousuf817@st.tu.edu.iq

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

العملية باعثة للحرارة وهذا ما أظهرته قيم ΔH المحسوبة. بالإضافة الى قيم ΔS التي بينت ان المادة الممتزة تكون اكثر انتظاما على سطوح المواد المازة المستخدمة مما هي عليه في المحلول.
الكلمات المفتاحية: امتزاز، جالكون، ايزوثيرم، مسحوق الشاي، فحم منشط.

1. المقدمة

كثير من المواد المازة الصناعية كالكربون والالومينا والفحم المنشط والتي لها القدرة على ازالة أنواع مختلفة من الملوثات وبكفاءة عالية، الا ان تكلفة هذه المواد عالية وهذا ما دفع بالباحثين على البحث عن مواد مازة بديلة متوفرة وبكفاءة اقل. وتعتبر أوراق الشاي احدي البدائل التي أعطت كفاءة عالية في ازالة أنواع مختلفة من الملوثات كالأصبغ (Lin et al., 2020)، والمعادن الثقيلة (Elsherif et al., 2018))، وفي هذا البحث تم استخدام مسحوق أوراق الشاي المستهلكة كمادة مازة طبيعية لإزالة مركب جالكوني ومقارنة كفاءة الازالة لأوراق الشاي مع كفاءة الازالة للفحم المنشط التجاري.

الهدف من الدراسة هو إيجاد طريقة فعالة لمعالجة المياه الملوثة بالجالكون. إضافة الى ذلك، إيجاد مواد مازة طبيعية متوفرة، قليلة التكلفة وصديقة للبيئة ورخيصة الثمن.

الامتزاز

الامتزاز هو ظاهرة ناتجة عن التصاق الذرات او الجزيئات والتي تسمى مواد ممتزة (adsorbate) على سطح مادة مسامية صلبة تسمى مواد مازة (adsorbent). وهناك نوعين من الامتزاز اعتماداً على طبيعة الترابط بين الماز والممتز، امتزاز فيزيائي ينشأ نتيجة قوى تجاذب فاندرفالز الضعيفة، ويعتبر هذا النوع مفضلاً بسبب إمكانية إعادة تنشيط المواد المازة بسهولة إضافة الى طاقة التنشيط الواطئة اذ يعمل بكفاءة عالية عند الدرجات الحرارية الاعتيادية. ومقدار الطاقة المتحررة من هذا النوع من الامتزاز تكون اقل من (40 KJ/mol)، ويكون الامتزاز احادي او متعدد الطبقات. أما النوع الثاني فيدعى امتزاز كيميائي ويحدث نتيجة ترابط الماز والممتز عن طريق أوامر كيميائية ايونية او تساهمية والطاقة المتحررة من الامتزاز الكيميائي تكون اكثر من (40 KJ/mol)، وتدعى بحرارة الامتزاز الكيميائي، ويحتاج الى طاقة تنشيط عالية. (Wang & Wang, 1999))

ايزوثيرمات الامتزاز

هي علاقات رياضية تم اشتقاقها لتصف بيانات الامتزاز عند درجة حرارة معينة. وتعتمد على طبيعة كل من المواد المازة والممتزة ومن خلال هذه الايزوثيرمات نحصل على معلومات مهمة عن الية الامتزاز وخصائص سطح المادة المازة، اذ تمتلك الايزوثيرمات عدداً من المضامين العملية المهمة، فهي تزود الباحثين بالمعلومات الضرورية عن الية سير نظام الامتزاز كما وتبين مدى قابلية مادة مازة معينة على التداخل مع المواد الممتزة (adsorbate) المراد ازلتها (Alka & Anita, 2014))، هناك العديد من النماذج الايزوثيرمية النظرية التي تقدر التداخلات بين الماز والممتز والموضحة في الشكل (1).

تعد المياه العنصر الأساس في حياة الكائنات الحية وفي جميع جوانب الحياة الأخرى سواء كانت صناعية او زراعية. يعاني العالم من نقص وحاجة متزايدة للماء والسبب الرئيسي وراء هذا النقص هو وجود مواد في المياه تجعل منها غير صالحة للاستخدام او ما يسمى بتلوث المياه. ومع التقدم الصناعي الهائل الذي يشهده العالم تفاقمت مشكلة تلوث المياه بسبب التصريف الخاطئ للمطروحات الصناعية التي تلقى في مصادر المياه دون معالجة، وتنوعت ملوثات المياه بتنوع الصناعات. وبحسب تقرير لمنظمة اليونسكو 2020 فقد تم وصف وجود بقايا المركبات الدوائية في المياه بكونها ملوثات مائية ناشئة ((Tee et al., 2023))، ففي الآونة الأخيرة بدأ وبشكل ملحوظ الاستخدام الكبير للأدوية سواء في الطب البشري او الطب البيطري بسبب انتشار الامراض سواء كانت فايروسية او بكتيرية او حتى امراض نفسية ((Puga et al., 2022)). بالإضافة الى جائحة كورونا التي زادت من حالات الاكتئاب والقلق والاضطراب النفسي والذي أدى الى زيادة استهلاك العقاقير الطبية كالمهدئات والمسكنات والمضادات الحيوية. تدخل الجالكونات في تركيب الكثير من الادوية كونها تمتاز بخصائص صيدلانية مهمة، فهي تمتاز بخصائص مضادة للالتهاب والبكتريا والفطريات كما انها تحسن الرؤية والذاكرة ومقوية للجهاز المناعي وكذلك تمتاز بخصائص مضادة للسرطان. (Fahmi et al., 2023; Salehi et al., 2021)). ان وجود هذه المركبات في مطروحات معامل الادوية او مياه الصرف الصحي للمستشفيات والتي تلقى في البحار والانهار دون أي معالجة يعد تهديداً لجميع الكائنات الحية، اذ ان التعرض المستمر لمثل هذه المركبات ولو بتراكيز قليلة قد يحفز الجينات المقاومة للمضادات الحيوية ((Gildemeister et al., 2023)).

من اجل الحد من مشكلة التلوث قامت الكثير من دول العالم المتقدم بوضع قوانين صارمة تلزم المصانع بمعالجة مطروحاتها قبل تصريفها الى المياه ((Bhatnagar & Sillanpää, 2010))، ولسد الحاجة المتزايدة للماء فقد تم تطوير الكثير من التقنيات والتي تتفاوت في قدرتها على معالجة تلوث المياه كالتخثير الكهربائي ((Zailani & Zin, 2018))، الترشيح ((Cescon & Jiang, 2020))، التبادل الايوني ((Levchuk et al., 2018))، الاكسدة المتقدمة ((Pandis et al., 2022))، الامتزاز وغيرها. ان معظم تلك التقنيات تكون ذات تكلفة عالية، ولكن تعتبر عملية الامتزاز من افضل التقنيات المستخدمة في معالجة تلوث المياه ((Al-Muttair et al., 2022))، تستخدم في الامتزاز

يتكون من عمليتين متعاكستين هما عملية التصاق الجزيئات بالسطح الماز (امتزاز Adsorption) وعملية انفصال الجزيئات عن السطح الماز (إبزاز Desorption). وان عملية الامتزاز تصل الى حالة الاتزان عند تساوي سرعة الامتزاز مع سرعة الابزاز.

ان الشكل الخطي لمعادلة لانكماير يمكن تمثيله بالشكل التالي:

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m K_L C_e} + \frac{1}{q_m} \dots \dots \dots (2)$$

حيث K_L يمثل ثابت لانكماير وهو يعبر عن طاقة الامتزاز، C_e التركيز عند الاتزان، q_e سعة الامتزاز عند الاتزان، q_m (mg/g) السعة القصوى للامتزاز (mg/g). يمكن تقدير الثوابت (K_L , q_m) من نقطة التقاطع وميل الخط المستقيم الناتج عن رسم العلاقة البيانية بين $(1/q_e)$ و $(1/C_e)$. ان ما يميز نموذج لانكماير هو إمكانية حساب معامل الفصل (R_L) والذي من خلاله يمكن توقع نوع نظام الامتزاز وهل هو مفضل ام غير مفضل. ويمكن حساب معامل الفصل (R_L) من العلاقة التالية:

$$R_L = \frac{1}{1 + K_L C_o} \dots \dots \dots (3)$$

اذا كانت ($R_L=0$) فان عملية الامتزاز غير عكسية، ($R_L=1$) امتزاز خطي، ($R_L>1$) امتزاز غير مفضل، ($0 < R_L < 1$) معناه مفضل ((Subbaiah & Kim, 2016)).

نموذج تمكّن

على أساس التداخلات بين الجزيئات الممتزة و سطح الماز اقترح العالم تمكّن (Temkin) عام 1940 نموذجاً افترض فيه ان حرارة الامتزاز لجميع الجزيئات الممتزة ضمن الطبقة الواحدة تتناقص خطياً مع زيادة درجة تغطيتها للسطح الماز. ويعبر عن نموذج تمكّن بالعلاقة الخطية التالية:

$$q_e = \frac{RT}{b} \ln A + \frac{RT}{b} \ln C_e \dots \dots \dots (4)$$

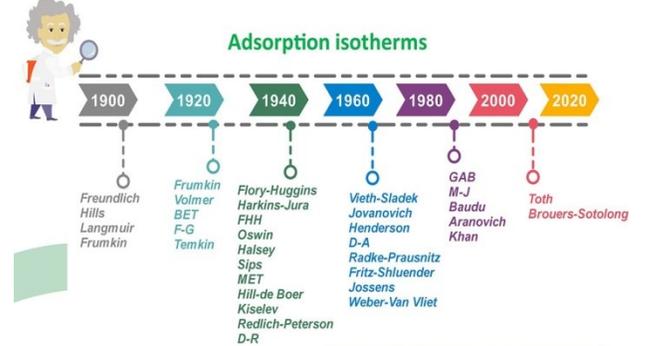
او ممكن ان تكتب بالصيغة التالية:

$$q_e = \beta \ln A + \beta \ln C_e \dots \dots \dots (5)$$

اذ تمثل (β) المقدار (RT/b)، وتمثل (b) ثابت تمكّن الذي يشير الى حرارة الامتزاز و وحدته (J/mol)، (A) هو ثابت ايزوثيرم تمكّن و وحدته (L/g). R ثابت الغاز المثالي (8.314 J/mol) كل من (A , β) يمكن إيجاد قيمهما من القطع والميل للمنحنى الذي يرسم بين $\ln C_e$ و q_e (Bdewi et al., 2018).

نموذج دوبينين-رادوشكفتش

تم اقتراح هذا النموذج من قبل العالمين دوبينين و رادوشكفتش (Dubinin and Radushkevich) عام 1947 ويعبر عنه اختصاراً بـ (D.R) وهو خاص بالمواد الصلبة ذات المسام الدقيقة. ويفترض هذا النموذج سطحاً غير متجانس للماز ومواقع امتزاز فعالة غير ثابتة، حيث تعتمد نظرية (D.R) على ملئ حجم المسام الصغيرة على ضوء مواقع امتزاز متغيرة، وان المحتوى الحر للامتزاز مرتبط بدرجة ملئ المسام. وهو بذلك يتفوق على نموذج لانكماير الذي يفترض سطح امتزاز متجانس ومواقع فعالة ثابتة. ويعطى ايزوثيرم (D.R) وفق المعادلة الخطية الاتية:



الشكل (1): يوضح أنواع ايزوثيرمات الامتزاز. (Mozaffari, 2022) ((Majd et al., 2022))

تضمن هذا البحث اختبار اربع أنواع من النماذج الايزوثيرمية المعروفة وهي (فريندلج، لانكماير، تمكّن، دوبينين-رادوشكفتش) لوصف نظام الامتزاز قيد الدراسة.

نموذج فريندلج

اقترح هذا النموذج من قبل العالم الألماني فريندلج (Freundlich) سنة (1942). حيث قام فريندلج بنشر معادلة سميت باسمه، وهي معادلة تجريبية تصف الأنظمة غير المتجانسة. يفترض هذا النموذج ان المواقع الفعالة على سطح الماز تتناقص بشكل أسّي مع استمرار عملية الامتزاز وان الامتزاز يكون متعدد الطبقات ((Al-Ghouti & Da'ana, 2020)). وتمثل العلاقة الخطية لهذا النموذج بالشكل التالي:

$$\ln q_e = \ln K_F + \frac{1}{n} \ln C_e$$

(1) تمثل q_e كمية المادة الممتزة لكل غرام من المادة المازة وهي ما تعرف بسعة الامتزاز و وحدتها (mg/g). اما C_e فيمثل تركيز المادة المتبقية (غير الممتزة) عند الاتزان. ويمثل كل من K_F و n ثوابت فريندلج التي يمكن إيجاد قيمهما من رسم العلاقة بين $(\ln q_e)$ مقابل $(\ln C_e)$ حيث تعطي خطأ مستقيماً ميله يمثل ($1/n$) والذي يمثل شدة الامتزاز. وقطعه يمثل ($\ln K_F$) الذي يكون دالة لسعة الامتزاز.

ان مقدار (n) يشير الى افضلية نظام الامتزاز ودرجة عدم تجانس السطح. فعندما تكون قيمة n محصورة بين (1-10) يعني ذلك ان الامتزاز جيد ومفضل ويكون امتزاز فيزيائي، وعندما تكون n اقل من واحد فان الامتزاز يكون ضعيف وغير مفضل ومن النوع الكيميائي، اما اذا كانت $n=1$ فان الامتزاز يكون خطياً. ((Dada et al., 2012))

نموذج لانكماير

اقترح العالم لانكماير (Langmuir) عام 1918 نموذجاً لتفسير عملية الامتزاز وافترض فيه ان الجزيئات تُمتز على عدد ثابت من المواقع الفعالة المتكافئة بالطاقة. وان كل موقع فعال يمكن ان يمتز جزيئة واحدة فقط. وان الجزيئات الممتزة على السطح لا تتداخل مع بعضها ولا مع الجزيئات الأخرى الحرة المتواجدة في المحلول. وبذلك فان الامتزاز يكون احادي الطبقة، وانه

ذلك تم وضعها في فرن مسخن عند درجة حرارة 70°C ليوم كامل. بعد ذلك تم طحن أوراق الشاي ونخلها بالمخل الميكروي للحصول على دقائق بحجم اصغر من $(500\mu\text{m})$. بعدها وضع المسحوق المحضر في علبة محكمة لاستخدامه في تجارب الامتزاز.

اما الفحم المنشط فقد تم معاملته بحامض HCl للتخلص من الشوائب. ثم غسل عدة مرات بالماء المقطر للتخلص من الحامض ثم وضع في فرن حراري بدرجة 100°C ليجف بعدها استخدم في تجارب الامتزاز.

3.2 تجارب الامتزاز

تم اجراء تجارب الامتزاز في حمام مائي هزاز يمكن التحكم بدرجة حرارته وبمعدل رج ثابت مقداره (100 r/min) . تم تحضير محلول الجالكون بإذابة (0.1g) من الجالكون في (50ml) من الايثانول، ثم اكمل الحجم الى (100ml) باستخدام الماء المقطر للحصول على محلول للجالكون بتركيز (1000ppm) . وباستخدام قانون التخفيف حضرت محاليل للجالكون بتركيز مختلفة تراوحت بين $(50-150\text{ppm})$ لدراسة تأثير التركيز الابتدائي للجالكون كفاءة الامتزاز. وضعت المحاليل في دوارق مخروطية سعتها (250ml) ثم أضيفت كمية من المادة المازة ضمن المقادير المحددة لدراسة تأثير كمية الماز والتي تراوحت بين $(0.01-0.2\text{g})$ ولكلا المادتين المازتين المستخدمة في الدراسة. رُجبت المحاليل ولازمان مختلفة تراوحت بين $(5-80\text{min})$ لدراسة تأثير زمن التماس. وأجريت التجارب بدرجات حرارية مختلفة تراوحت بين $(20^{\circ}\text{C}-50^{\circ}\text{C})$ لدراسة تأثير درجة الحرارة على كفاءة الامتزاز. اما تأثير الدالة الحامضية فقد تم تعديل قيم pH بين حامضية وقاعدية باستخدام (0.1M) من HCl، و (0.1M) من NaOH. بعد انتهاء التجارب تم اخذ (10ml) من كل دورق في انابيب اختبار ووضع في جهاز الطرد المركزي لمدة (10min) لفصل المادة المازة. بعدها تم اخذ المحلول الرائق الى جهاز طيف الاشعة فوق البنفسجية-المرئية لمعرفة التركيز المتبقي من الجالكون اعتمادا على قانون بير لامبرت. ولمعرفة تأثير كل من العوامل المدروسة على كفاءة الامتزاز تم حساب نسبة الامتزاز $(\text{Adsorption}\%)$ باستخدام المعادلة:

$$Ad\% = \left[\frac{C_o - C_e}{C_o} \right] \times 100 \dots\dots\dots(9)$$

حيث C_o تمثل التركيز الابتدائي للجالكون (ppm)، و C_e تركيز الجالكون عند الاتزان (ppm)، V تمثل حجم محلول الجالكون (L)، m تمثل كمية الماز المستخدمة (g). (Salim & AL-Mammar, 2023)

3. النتائج والمناقشة

1.3 تأثير كمية الماز

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها من تجارب الامتزاز التي أجريت بإضافة كميات من مسحوق اوراق الشاي والفحم المنشط تراوحت بين $(0.01-0.2\text{g})$ على محاليل الجالكون بتركيز ابتدائي (50ppm) ، وبدرجة حرارة 30°C ، وعند

$$\ln q_e = \ln(q_m) - (\beta E^2) \dots\dots\dots(6)$$

تمثل q_e كمية المادة الممتزة (سعة الامتزاز) عند الاتزان (mg/g) ، q_m تمثل سعة الامتزاز القصوى (mg/g) ، (β) ثابت ايزوثيرم (D.R). ويمثل (E) ثابت يرتبط بطاقة الامتزاز $(\text{mol}^2/\text{KJ}^2)$. والذي يمكن ايجاده من العلاقة:

$$E = RT \ln \left(1 + \frac{1}{C_e} \right) \dots\dots\dots(7)$$

يساعد هذا النموذج في التمييز بين الامتزاز الفيزيائي والامتزاز الكيميائي من خلال حساب قيمة (E) والتي تمثل متوسط طاقة الامتزاز (KJ/mol) والتي يمكن حسابها باستخدام المعادلة التالية:

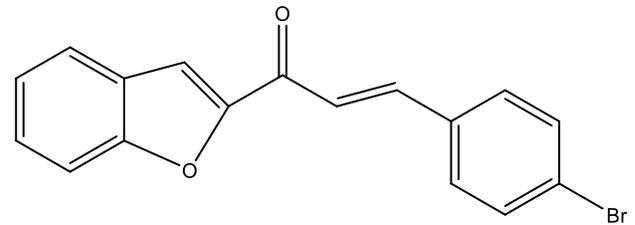
$$E = \left[\frac{1}{\sqrt{2\beta}} \right] \dots\dots\dots(8)$$

فاذا كانت $(E < 8\text{KJ/mol})$ فالامتزاز فيزيائي، واذا كانت $(8\text{KJ/mol} < E < 16\text{KJ/mol})$ فالامتزاز كيميائي (Alberti et al., 2012; Edet & Ifelebuegu, 2020; Kaur et al., 2015).

2. المواد وطريقة العمل

1.2 تحضير الجالكون

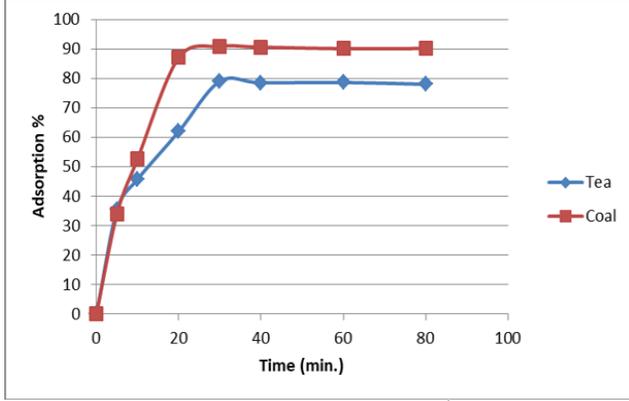
يتم تحضير الجالكون-3-(benzofuran-2-yl)-1-(E) من خلال تفاعل كلينس-شمدت وذلك بتفاعل 4-bromo benzaldehyde مع 2-acetyl benzofuran وذلك بإذابة كميات متساوية من المادتين بكمية مناسبة من الايثانول وبعد إتمام الاذابة أُضيف $(4\% \text{KOH})$ تدريجياً عند درجة حرارة $30-20^{\circ}\text{C}$ حتى تعكر المحلول ولوحظ تكون راسب. بعدها رشح الراسب وغسل عدة مرات بالماء المقطر للتخلص من القاعدة الزائدة، ثم جفف بالهواء واعيدت بلورته بالإيثانول (Al-rawi, 2015)، بعدها تم وزن الناتج وقيست درجة انصهاره وتم تشخيصه بتتبع حزمة الكربونيل باستخدام مطيافية الاشعة تحت الحمراء. اذ كان الناتج بلون ابيض ودرجة انصهار تراوحت بين $(142-145)^{\circ}\text{C}$ اما حزمة الكربونيل فظهرت عند (1655cm^{-1}) .



(E)-1-(benzofuran-2-yl)-3-(4-bromophenyl)prop-2-en-1-one

2.2 تحضير المواد المازة

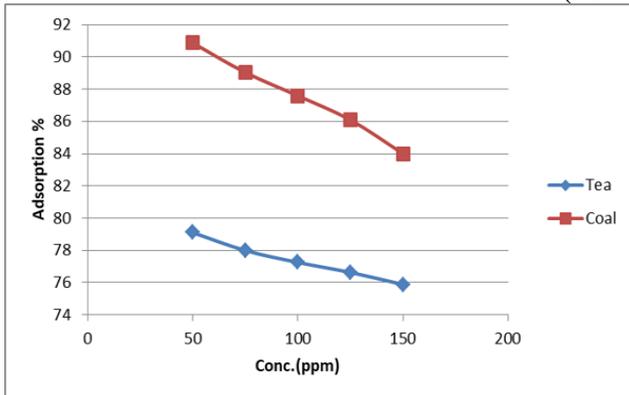
تم استخدام مسحوق أوراق الشاي والفحم المنشط كمواد مازة في هذه الدراسة. لقد تم جمع أوراق الشاي المستهلكة والتي تعتبر نفايات صلبة وغسلت عدة مرات بالماء المقطر الساخن للتخلص من لون الشاي ثم تركت في الهواء لتجف، بعد



شكل(3): تأثير زمن التماس على كفاءة الامتزاز

3.3 تأثير التركيز الابتدائي للجالكون

درُس تأثير التركيز الابتدائي للجالكون على كفاءة الامتزاز بإجراء عدة تجارب لمحاليل بتركيزات مختلفة للجالكون تراوحت بين (50-150ppm)، وبعد تحديد كمية الماز المضافة وزمن التماس من الدراسة السابقة، أجريت التجارب بدرجة حرارة (30°C)، وعند الدالة الحامضية الطبيعية للمحلول. أظهرت النتائج وكما هو موضح في الشكل (4)، نقصان كفاءة الامتزاز كلما زاد التركيز الابتدائي للجالكون، إذ نلاحظ ان اعلى نسبة امتزاز عند استخدام الفحم المنشط كمادة مازة بلغت (90.87%) عند تركيز ابتدائي مقداره (50ppm)، وانخفضت هذه النسبة الى (84%) عند زيادة تركيز الجالكون الى (150ppm)، اما عند استخدام مسحوق أوراق الشاي كماز، فقد بلغت اعلى نسبة (79.1%) عند تركيز ابتدائي (50ppm)، وانخفضت النسبة الى (75.88) عند زيادة التركيز الى (150ppm). وقد ارجع الباحثون السبب في ذلك الى انه مع وجود كمية ثابتة من الماز فانه يحدث تشبع للمواقع الفعالة على سطحه، وبزيادة تركيز الجالكون تتخلف الجزيئات في المحلول مما يؤدي الى انخفاض نسبة الامتزاز (Salman et al., 2011).

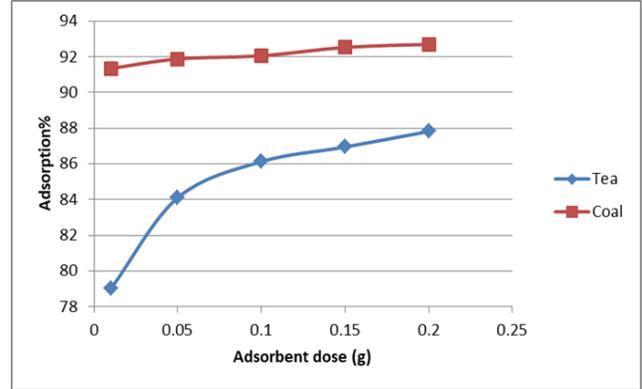


شكل(4): تأثير التركيز الابتدائي للجالكون على كفاءة الامتزاز.

3.4 تأثير درجة حرارة المحلول الابتدائية

بعد تحديد كل من كمية الماز وزمن التماس والتركيز الابتدائي للجالكون من الدراسات السابقة. أجريت عدة تجارب

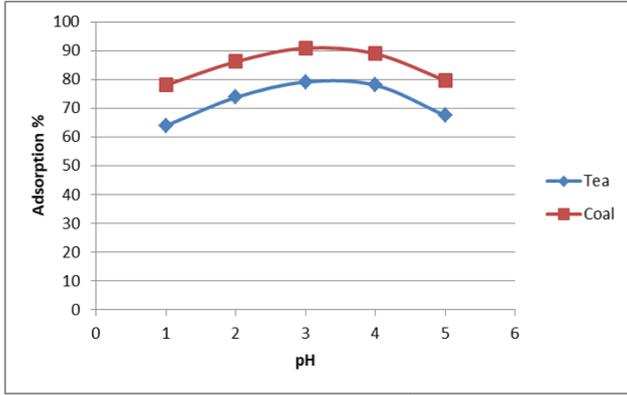
pH الطبيعية لمحلول الجالكون وبزمن تماس بلغ (60min)، ان نسبة الامتزاز تزداد بزيادة كمية الماز المستخدمة. فعند استخدام الفحم المنشط كماز بلغت اقل نسبة (91.34%) باستخدام (0.01g) من الماز، بينما اعلى نسبة كانت باستخدام (0.2g) باستخدام (92.69%). اما عند استخدام مسحوق أوراق الشاي فتراوحت بين ادنى نسبة (79.00%) واعلى نسبة (87.81%) باستخدام (0.01g) و(0.2g) كمية ماز على التوالي، كما موضح في الشكل (2). ولقد اعزى الباحثون السبب في ذلك الى زيادة عدد المواقع الفعالة كلما زادت كمية الماز وبتركيز ثابت للممتز. تم استخدام (0.01g) من المواد المازة للدراسات اللاحقة لكون هذه الكمية من الماز أعطت اعلى سعة امتزاز. بالإضافة الى انه عند هذه القيمة لا يحدث امتزاز كامل للجالكون الذي يجعل عملية تتبع التغيير في التركيز طفيفاً عملية صعبة (A.S.Aldbouni et al., 2019).



الشكل(2): تأثير كمية الماز على كفاءة الامتزاز

2.3 تأثير زمن التماس

تضمنت التجارب التي أجريت لدراسة تأثير زمن التماس على كفاءة الامتزاز، إضافة (0.01g) من المواد المازة والتي تم الحصول عليها من نتائج التجارب السابقة، الى محلول الجالكون بتركيز (50ppm)، وبدرجة حرارة (30°C)، وعند الدالة الحامضية الطبيعية لمحلول الجالكون، وبأزمان تماس تراوحت بين (5-80min)، أظهرت النتائج وكما موضح في الشكل (3)، زيادة كفاءة الامتزاز بزيادة زمن التماس حتى الوصول الى اعلى نسبة امتزاز وباللغة (90.87% و79.1%) عند استخدام الفحم المنشط ومسحوق أوراق الشاي على التوالي. وذلك عند زمن تماس (30min). بعدها نلاحظ حدوث اتزان بسبب تشبع المواقع الفعالة على سطوح المواد المازة بجزيئات الجالكون الممتازة، أي بمعنى اخر تساوي سرعتي كل من عملية الامتزاز والابتزاز (Patil et al., 2019).

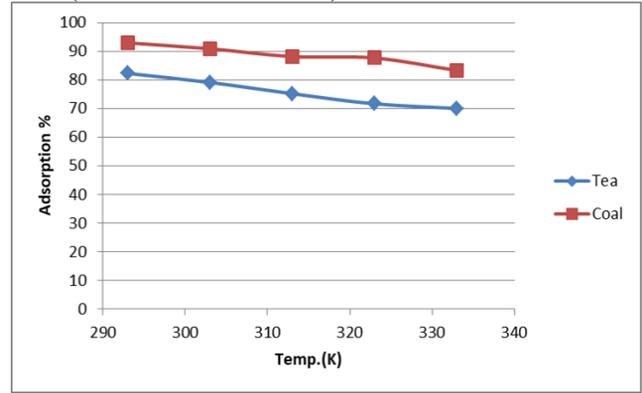


الشكل (6): تأثير pH على كفاءة الامتزاز.

6.3 الدراسة الايزوثرمية

لوصف عملية الامتزاز تم تطبيق البيانات التي تم الحصول عليها من تجارب التركيز على اربع من النماذج الايزوثرمية وتضمنت ايزوثيرم (فريندلج، لانكماير، تمكن، (D-R)، ولقد أظهرت جميعها علاقات خطية جيدة وبمعاملات ارتباط (R^2) عالية. الا ان نموذج فريندلج الأكثر تناسباً لأنه اعطى اعلى معامل ارتباط والذي بلغ ($R^2=0.9976$) عند استخدام الفحم المنشط. و($R^2=0.9999$) عند استخدام مسحوق أوراق الشاي. وكما موضح في الشكل (7) والذي يتضمن العلاقات الخطية المرسومة للنماذج الايزوثرمية الأربعة المدروسة ومعاملات الارتباط لكل نموذج. لقد أظهرت نتائج الدراسة الايزوثرمية ان عملية امتزاز الجالكون على سطح كل من الفحم المنشط ومسحوق أوراق الشاي هي من النوع الفيزيائي. وظهرت الثوابت الايزوثرمية لكل نموذج والمحسوبة وفق المعادلات التي تم ايضاحها انفاً ضمن فقرة ايزوثيرم الامتزاز والمبينة في الجدول (1)، فباستخدام معادلة فريندلج تم إيجاد قيمة n (ثابت فريندلج وكانت (1.5246 و 1.1702) باستخدام الفحم والشاي على التوالي. وتظهر قيم n ان عملية الامتزاز جيدة ومفضلة ومن النوع الفيزيائي. اما معادلة لانكماير فمن خلالها تم حساب قيم K_L (ثابت لانكماير) والذي يمثل طاقة الامتزاز وقد بينت ان طاقة الامتزاز باستخدام الفحم (0.0552) اعلى من طاقة الامتزاز باستخدام مسحوق أوراق الشاي (0.0092). بالإضافة الى حساب معامل الفصل R_L اذ كانت قيمه محصورة بين (0 و 1) أي ان الامتزاز مفضل وباستخدام كلا المادتين المازتين. كما تم حساب حرارة الامتزاز من خلال ثابت تمكن (b)، وجد انها تساوي (16.9513j/mol و 18.9394j/mol) باستخدام الفحم المنشط ومسحوق الشاي على التوالي. ومن خلال نموذج (D-R) امكنا إيجاد قيم متوسط طاقة الامتزاز (E) وكانت (0.1581KJ/mol و 0.3535KJ/mol) لكل من الفحم ومسحوق الشاي على التوالي.

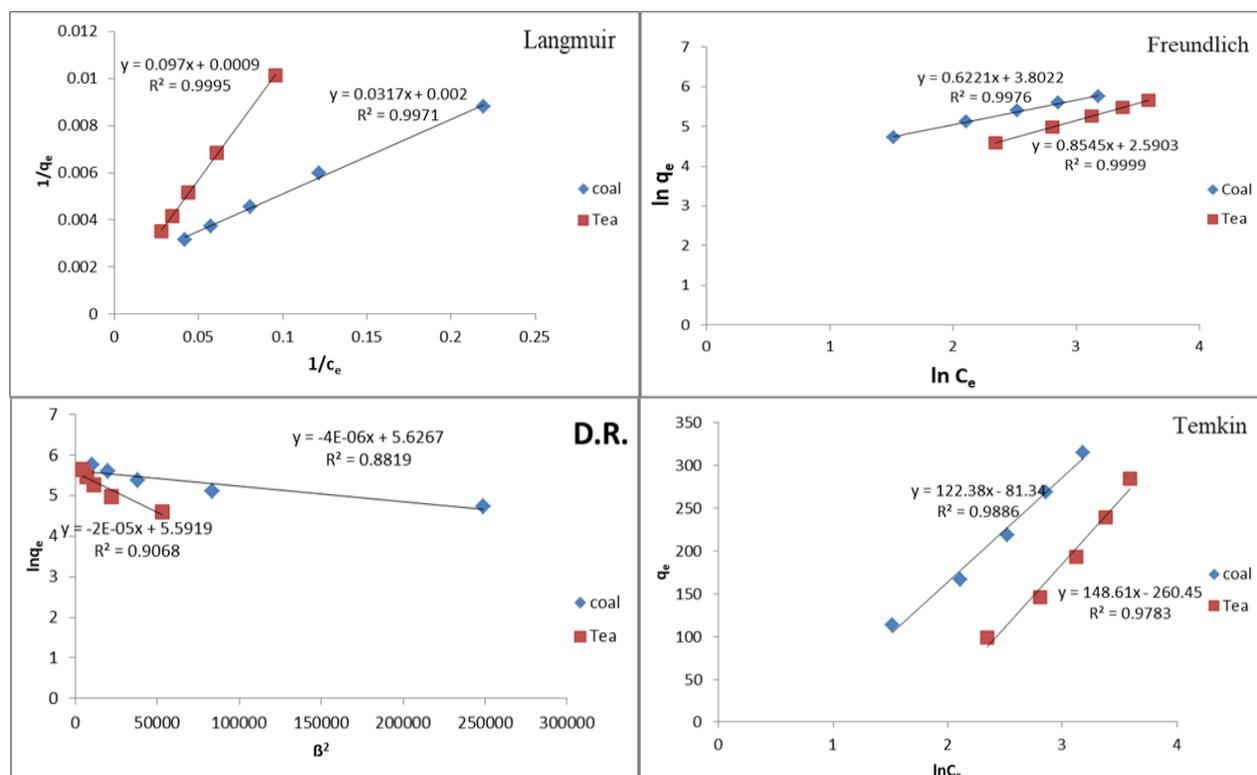
بدرجات حرارية مختلفة تراوحت بين ($20-60C^\circ$) لمعرفة تأثير التغير في درجات الحرارة على كفاءة الامتزاز، ولدراسة ثرموديناميكية الامتزاز. لقد أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها وكما موضح في الشكل (5)، ان كفاءة الامتزاز تزداد كلما قلت درجة الحرارة والعكس صحيح. اذ قلت نسب الامتزاز من (92.91%) الى (83.28%) عند زيادة درجة الحرارة من ($20C^\circ$) الى ($60C^\circ$)، باستخدام الفحم المنشط. اما عند استخدام مسحوق أوراق الشاي فقد انخفضت نسب الامتزاز من (82.28%) الى (70.02%) عند زيادة درجة الحرارة من ($20C^\circ$) الى ($60C^\circ$). أي ان العملية باعثة للحرارة وهذا يتفق مع القيم الثرموديناميكية التي تم الحصول عليها، والموضحة لاحقاً. يرجع السبب في ذلك الى زيادة الطاقة الحركية لجزيئات الجالكون بزيادة درجة الحرارة وبالتالي زيادة احتمالية انفصال تلك الجزيئات عن سطح المواد المازة ورجوعها الى المحلول وهذا يتوافق مع ما تم التوصل اليه في احدى الدراسات العلمية السابقة (Al-Mahmoud, 2020).



الشكل (5): تأثير درجة الحرارة على كفاءة الامتزاز.

5. تأثير pH

لدراسة تأثير الدالة الحامضية (pH) لمحلول الجالكون قيد الدراسة، تم اجراء عدة تجارب بعد تثبيت الظروف عند القيم التي تم التوصل اليها من الدراسات السابقة وعند قيم pH مختلفة لمحلول الجالكون وهي (3, 5, 9, 11) إضافة الى الدالة الطبيعية لمحلول الجالكون والبالغة (7.1). لقد وجد ان اعلى نسب للامتزاز تم الحصول كانت عند الدالة الطبيعية للمحلول وكما هو موضح في الشكل (6)، اذ نلاحظ انخفاض نسب الامتزاز كلما قلت قيم الـ pH او زادت عن القيمة الطبيعية. واعلى نسبة ازالة بلغت (90.87%) عند استخدام الفحم المنشط، و(79.1%) عند استخدام مسحوق أوراق الشاي. والسبب في ذلك هو ان زيادة قيم الـ pH يعني زيادة عدد ايونات الهيدروكسيد السالبة والتي قد تتنافس مع جزيئات الجالكون على المواقع الفعالة لسطوح المواد المازة. اما خفض قيم الـ pH يعني زيادة ايونات الهيدروجين الموجبة في المحلول والتي قد تساعد على تكثف جزيئات الجالكون من خلال تكوين أواصر هيدروجينية مما يعيق امتزازها على سطوح المواد المازة (Alkhabbas et al., 2023).



الشكل (7): منحنيات النماذج الايزوثرمية الأربعة المستخدمة في الدراسة.

جدول (1): يوضح الثوابت الايزوثرمية للنماذج المستخدمة في امتزاز الجالكون على الفحم المنشط ومسحوق أوراق الشاي.

النماذج الايزوثرمية	الثوابت الايزوثرمية	الفحم المنشط	مسحوق أوراق الشاي
فريندلج	$K_F(\text{mg/g})$	42.2709	13.337
	$1/n$	0.6559	0.8545
	R^2	0.9976	0.9999
لانكماير	$q_m(\text{mg/g})$	555.5556	1111.111
	$K_L(\text{L/mg})$	0.05521	0.0092
	R_L	0.2659	0.6830
	R^2	0.9962	0.9995
تمكن	$A(\text{L/g})$	2.1270	5.7694
	$b(\text{J/mol})$	18.9394	16.9513
	R^2	0.9826	0.9783
D-R	$q_m(\text{mg/g})$	288.732	268.245
	$\beta(\text{mol}^2/\text{KJ}^2)$	4.00E-06	2.00E-05
	$E(\text{KJ/mol})$	0.3535	0.1581
	R^2	0.8708	0.9068

المعادلات (10، 11، 12) الموضحة ادناه. أظهرت النتائج ان عملية امتزاز الجالكون على سطح كل من الفحم المنشط ومسحوق أوراق الشاي هي عملية فيزيائية، نتيجة لقيمة حرارة الامتزاز والتي كانت اقل من (40KJ/mol). بالإضافة الى القيم السالبة لإنتالبي الامتزاز (ΔH) وعند جميع درجات الحرارة المدروسة والذي يشير الى ان عملية امتزاز الجالكون

7.3 الدراسة الترموديناميكية

النتائج التي تم الحصول عليها من خلال الدراسة الترموديناميكية تم تلخيصها في الجدول (2)، وتضمنت هذه الدراسة حساب قيم الدوال الترموديناميكية (ΔS , ΔG , ΔH) والتي تمثل التغير في إنتالبي الامتزاز والتغير في طاقة جيبس الحرة والتغير في الإنتروبي، على التوالي. وذلك باستخدام

$$\Delta G = -RT \ln K_e \dots \dots \dots (11)$$

$$\ln K_e = (\Delta S/R) - (\Delta H/RT) \dots \dots \dots (12)$$

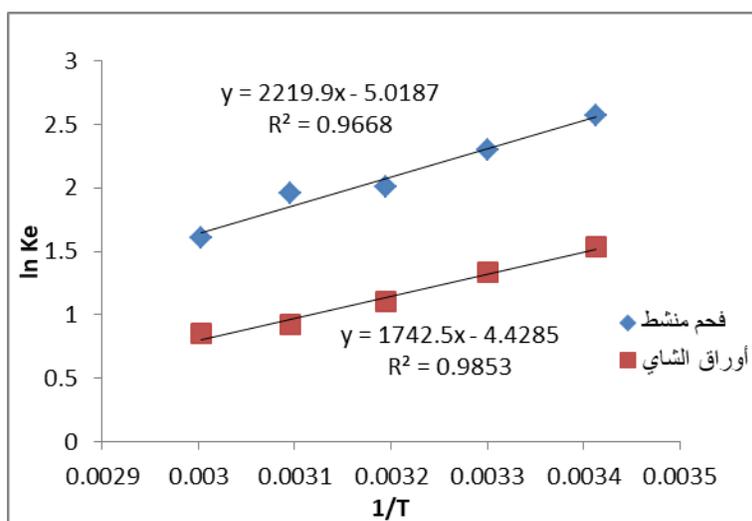
حيث K_e = ثابت الاتزان، R = ثابت الغاز (8.314 J/mol)، T = درجة الحرارة مقاسة بالكلفن. الشكل (8) يوضح منحني فانت هوف المستخدم في حساب قيم كل (ΔH) و (ΔS) من الميل والقطع على التوالي (Kadhim & Saleh, 2022).

هي عملية باعثة للحرارة. وتبين قيم (ΔG) السالبة ان عملية امتزاز الجالكون هي عملية تلقائية. كما وان جزيئات الجالكون تكون اكثر انتظاما على سطح كل من الفحم المنشط ومسحوق أوراق الشاي مما هي عليه في المحلول، وهذا ما اظهرته القيم السالبة لـ (ΔS) التي تم التوصل لها من خلال الدراسة الحالية.

$$K_e = (C_o - C_e)/C_e \dots \dots \dots (10)$$

جدول (2): قيم الدوال الترموديناميكية لعملية امتزاز الجالكون باستخدام الفحم المنشط ومسحوق أوراق الشاي.

المادة المازة	T(K)	K_e	ΔG (KJ/mol)	ΔH (KJ/mol)	ΔS (J/mol.K)
الفحم المنشط	293	13.10437236	-6.267701461	-18.4562	-41.7254
	303	9.952902519	-5.788646265		
	313	7.424599832	-5.217051801		
	323	7.090614887	-5.26012959		
	333	5.361323155	-4.648999216		
مسحوق أوراق الشاي	293	6.288629738	-4.479182111	-14.4871	-36.8185
	303	3.784688995	-3.352886597		
	313	2.728560776	-2.612103745		
	323	2.527336861	-2.489832307		
	333	2.362474781	-2.380159623		



الشكل (8): منحني فانت هوف لامتزاز الجالكون باستخدام الفحم المنشط واوراق الشاي.

4. الاستنتاجات

الملاقة في البيئة. وثانيهما هو إزالة الملوثات كالمركب قيد الدراسة من المياه. كما أظهرت النتائج تأثير كفاءة الامتزاز بعدة عوامل. فهي تزداد بزيادة كل من كمية المادة المازة وزمن التماس، وتقل بزيادة تركيز المادة الممتزة ودرجة حرارة المحلول. وبذلك يمكننا تحسين كفاءة الامتزاز من خلال التحكم بهذه العوامل. كما أظهرت الدراسة الايزوثرمية تناسباً لعملية امتزاز الجالكون على سطح كل من الفحم المنشط ومسحوق أوراق الشاي مع ايزوثيرم فريندلج. كما واظهرت ان عملية الامتزاز فيزيائية ومفضلة. كما تم التوصل الى ان عملية امتزاز الجالكون هي باعثة للحرارة وتلقائية واكثر انتظاما وهذا ما تم

وفقاً للنتائج التي تم الحصول عليها من هذه الدراسة فبالإمكان استخدام الفحم المنشط ومسحوق أوراق الشاي في إزالة المركب الجالكوني قيد الدراسة من محاليله. وبالرغم من ان الفحم المنشط اعطى نسبة للإزالة بلغت (90.87%) وهي اعلى من النسبة التي اعطاها مسحوق أوراق الشاي والبالغة (79.1%)، الا انه عند الاخذ بنظر الاعتبار الجدوى الاقتصادية والفائدة البيئية نجد ان استخدام مسحوق أوراق الشاي المستهلكة مفضل لكونها اقل تكلفة. فهي تعتبر نفايات صلبة تلقى في البيئة. وان إعادة استخدامها يعود بفائدتين أولهما هو تقليل النفايات الصلبة

استنتاجه من قيم الدوال الترموديناميكية التي تم التوصل اليها من خلال هذه الدراسة.

Chemistry Reviews, 256(1–2), 28–45.
<https://doi.org/10.1016/j.ccr.2011.08.022>

المراجع

- Alka, T., & Anita, B. (2014). Effective Removal of Pesticide (Dichlorvos) by Adsorption onto Super Paramagnetic Poly (styrene-co-acrylic acid) Hydrogel from Water. *Int. Res. J. Environment Sci.*, 3(11), 41–46.
- Alkhabbas, M., Al-Ma'abreh, A. M., Edris, G., Saleh, T., & Alhmood, H. (2023). Adsorption of Anionic and Cationic Dyes on Activated Carbon Prepared from Oak Cupules: Kinetics and Thermodynamics Studies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(4), 1–14.
<https://doi.org/10.3390/ijerph20043280>
- Bdewi, S., Aziz, B., & Abdulrazzaq, A. (2018). Adsorption of Congo Red on Nano MgO Particles Prepared by Molten Salt Method. *Diyala Journal For Pure Science*, 14(1), 78–97.
<https://doi.org/10.24237/djps.1401.345c>
- Bhatnagar, A., & Sillanpää, M. (2010). Utilization of agro-industrial and municipal waste materials as potential adsorbents for water treatment-A review. *Chemical Engineering Journal*, 157(2–3), 277–296.
<https://doi.org/10.1016/j.cej.2010.01.007>
- Cescon, A., & Jiang, J. Q. (2020). Filtration process and alternative filter media material in water treatment. *Water (Switzerland)*, 12(12), 1–20.
<https://doi.org/10.3390/w12123377>
- Dada, A. O., Olalekan, A. P., & Olatunya, A. M. (2012). Langmuir, Freundlich, Temkin and Dubinin–Radushkevich Isotherms Studies of Equilibrium Sorption of Zn²⁺ Unto Phosphoric Acid Modified Rice Husk. *IOSR Journal of Applied Chemistry*, 3(1), 38–45. <https://doi.org/10.9790/5736->
- A.S.Aldbouni, S., A.S.Alhyali, E., & A.H.Alkazraji, A. (2019). Equilibrium and Thermodynamic Studys of Adsorption of Azo Dyes on The Local Bentonite Clay. *JOURNAL OF EDUCATION AND SCIENCE*, 28(2), 50–70.
<https://doi.org/10.33899/edusj.2019.161177>
- Al-Ghouti, M. A., & Da'ana, D. A. (2020). Guidelines for the use and interpretation of adsorption isotherm models: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 393(January), 122383.
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122383>
- Al-Mahmoud, S. (2020). Kinetic and Thermodynamic Studies for the Efficient Removal of Methylene Blue Using Hordeum Murinum as a New Biosorbent. *Egyptian Journal of Chemistry*, 63(9), 3381–3390.
<https://doi.org/10.21608/ejchem.2020.16008.1970>
- Al-Muttair, A. K., Al Easawi, N. A. R., & Mustafa, S. A. (2022). Using Adsorption as Means to Treat Water Pollution. *Journal of Biotechnology Research Center*, 16(1), 37–47.
<https://doi.org/10.24126/jobrc.2022.16.1.627>
- Al-rawi, M. S. (2015). Synthesis of Some New Heterocyclic Compounds Via Chalcone Derivatives. *Ibn Al-Haitham J. for Pure & Appl. Sci.*, 28(1), 88–99.
- Alberti, G., Amendola, V., Pesavento, M., & Biesuz, R. (2012). Beyond the synthesis of novel solid phases: Review on modelling of sorption phenomena. *Coordination*

- Kinetics, equilibrium, and thermodynamics. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 22, 19–27. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2014.06.019>
- Levchuk, I., Rueda Márquez, J. J., & Sillanpää, M. (2018). Removal of natural organic matter (NOM) from water by ion exchange – A review. *Chemosphere*, 192, 90–104. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.10.101>
- Lin, D., Wu, F., Hu, Y., Zhang, T., Liu, C., Hu, Q., Hu, Y., Xue, Z., Han, H., & Ko, T. H. (2020). Adsorption of Dye by Waste Black Tea Powder: Parameters, Kinetic, Equilibrium, and Thermodynamic Studies. *Journal of Chemistry*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/5431046>
- Mozaffari Majd, M., Kordzadeh-Kermani, V., Ghalandari, V., Askari, A., & Sillanpää, M. (2022). Adsorption isotherm models: A comprehensive and systematic review (2010–2020). *Science of The Total Environment*, 812, 151334. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151334>
- Pandis, P. K., Kalogirou, C., Kanellou, E., Vaitsis, C., Savvidou, M. G., Sourkouni, G., Zorpas, A. A., & Argiris, C. (2022). Key Points of Advanced Oxidation Processes (AOPs) for Wastewater, Organic Pollutants and Pharmaceutical Waste Treatment: A Mini Review. *ChemEngineering*, 6(1). <https://doi.org/10.3390/chemengineering6010008>
- Patil, C. S., Gunjal, D. B., Naik, V. M., Harale, N. S., Jagadale, S. D., Kadam, A. N., Patil, P. S., Kolekar, G. B., & Gore, A. H. (2019). Waste tea residue as a low cost adsorbent for removal of hydralazine hydrochloride pharmaceutical pollutant from aqueous media: An environmental remediation. *Journal of Cleaner* 0313845
- Edet, U. A., & Ifelebuegu, A. O. (2020). Kinetics, Isotherms, and Thermodynamic Modeling of the Adsorption of Phosphates from Model Wastewater Using Recycled Brick Waste. *Processes*, 8(6), 1–15. <https://doi.org/10.3390/pr8060665>
- Elsherif, K. M., El-Hashani, A., & Haider, I. (2018). Biosorption of Fe (III) onto coffee and tea powder: Equilibrium and kinetic study. *Asian Journal of Green Chemistry*, 2(4), 380–394. <https://doi.org/10.22034/ajgc.2018.65163>
- Fahmi, M. Z., Aung, Y. Y., Ahmad, M. A., Kristanti, A. N., Sakti, S. C. W., Arjasa, O. P., & Lee, H. V. (2023). In vivo Study of Chalcone Loaded Carbon Dots for Enhancement of Anticancer and Bioimaging Potencies. *Nanotheranostics*, 7(3), 281–298. <https://doi.org/10.7150/ntno.80030>
- Gildemeister, D., Moermond, C. T. A., Berg, C., Bergstrom, U., Bielská, L., Evandri, M. G., Franceschin, M., Kolar, B., Montforts, M. H. M. M., & Vaculik, C. (2023). Improving the regulatory environmental risk assessment of human pharmaceuticals: Required changes in the new legislation. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 142, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2023.105437>
- Kadhim, H. H., & Saleh, K. A. (2022). Removing of Copper ions from Industrial Wastewater Using Graphene oxide/Chitosan Nanocomposite. *Iraqi Journal of Science*, 63(5), 1894–1908. <https://doi.org/10.24996/ijcs.2022.63.5.4>
- Kaur, S., Rani, S., Mahajan, R. K., Asif, M., & Gupta, V. K. (2015). Synthesis and adsorption properties of mesoporous material for the removal of dye safranin:

- activated carbon. *Chemical Engineering Journal*, 174(1), 41–48. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2011.08.026>
- Subbaiah, M. V., & Kim, D. S. (2016). Adsorption of methyl orange from aqueous solution by aminated pumpkin seed powder: Kinetics, isotherms, and thermodynamic studies. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 128, 109–117. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.02.016>
- Tee, W. T., Loh, N. Y. L., Hiew, B. Y. Z., Show, P. L., Hanson, S., Gan, S., & Lee, L. Y. (2023). Evaluation of adsorption performance and mechanisms of a highly effective 3D boron-doped graphene composite for amitriptyline pharmaceutical removal. *Journal of Environmental Management*, 344, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118363>
- Wang, R., & Wang, Q. (1999). Research on the adsorption mechanism and improvement of adsorption equation for adsorption refrigeration working pairs. *Taiyangneng Xuebao/Acta Energetica Solaris Sinica*, 20(3), 259–269.
- Zailani, L. W. M., & Zin, N. S. M. (2018). Application of Electrocoagulation in Various Wastewater and Leachate Treatment-A Review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 140(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/140/1/012052>
- Production*, 206, 407–418. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.140>
- Puga, A., Moreira, M. M., Pazos, M., Figueiredo, S. A., Sanromán, M. Á., Delerue-Matos, C., & Rosales, E. (2022). Continuous adsorption studies of pharmaceuticals in multicomponent mixtures by agroforestry biochar. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 10(1), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.106977>
- Salehi, B., Quispe, C., Chamkhi, I., El Omari, N., Balahbib, A., Sharifi-Rad, J., Bouyahya, A., Akram, M., Iqbal, M., Docea, A. O., Caruntu, C., Leyva-Gómez, G., Dey, A., Martorell, M., Calina, D., López, V., & Les, F. (2021). Pharmacological Properties of Chalcones: A Review of Preclinical Including Molecular Mechanisms and Clinical Evidence. *Frontiers in Pharmacology*, 11, 1–21. <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.592654>
- Salim, R. T., & AL-Mammar, D. E. (2023). Adsorption of Azo Dye Onto TiO₂ Nanoparticles Prepared by a Novel Green Method: Isotherm and Thermodynamic Study. *Iraqi Journal of Science*, 64(8), 3779–3792. <https://doi.org/10.24996/ij.s.2023.64.8.5>
- Salman, J. M., Njoku, V. O., & Hameed, B. H. (2011). Adsorption of pesticides from aqueous solution onto banana stalk