



الجامعة الأسمرية الإسلامية
كلية العلوم
قسم الكيمياء

دراسة امتزاز صبغة الكونغو الحمراء من محاليلها المائية على أسطح محضرة من قشور الفول السوداني والفسق واللوز

إعداد الطالبة: مروة فرج بالعيد الجروشي

تحت إشراف: أ.د. عبدالفتاح محمد الخراز
أستاذ الكيمياء الفيزيائية جامعة مصراتة

قدمت الرسالة استكمالاً لمتطلبات الإجازة العلمية (ماجستير) في علوم الكيمياء
العام الجامعي (2026)

الإقرار

أقر أنا مروة فرج بالعيد الجروشى بأن ما اشتملت عليه الرسالة إنما هو ناتج جهدي الخاص، باستثناء ما تمت الإشارة إليه حيثما ورد، وأن هذه الرسالة ككل أو أي جزء منها لم يقدم من قبل لنيل درجة علمية، أو بحث علمي لدى أي مؤسسة تعليمية أو بحثية أخرى، وللجامعة حق توظيف الرسالة أو الأطروحة والاستفادة منها مصدراً مرجعياً للمعلومات، لأغراض الاطلاع أو الإعارة أو النشر بما لا يتعارض وحقوق الملكية الفكرية المقررة بالتشريعات النافذة.

التوقيع:.....

التاريخ:...../...../20.....م



قرار لجنة مناقشة رسالة الإجازة العالية (الماجستير)

صلا بقرار السيد/ رئيس الجامعة رقم (1114) لسنة 2025 م، الصادر في 30 / 12 / 2025م، القاضي بتشكيل لجنة لمناقشة رسالة علمية للحصول على درجة الإجازة العالية (الماجستير) في تخصص الكيمياء المقدمة من الطالبة : مروه فرج الجروشي ، كلية العلوم و عنوانها:

(دراسة امتزاز صبغة الكونغو الحمراء من محاليلها المائية علي أسطح محضرة من قشور الفول السوداني والفسق واللوز)

وتتكون اللجنة من الاساتذة:

1. أ.د. عبدالفتاح محمد الخراز جامعة: مصراتة مشرفا ومقررا.
2. أ.د. خالد أحمد الفلوس الجامعة: الاسمية الإسلامية عضوا داخليا.
3. د. عقاب محمد حواس جامعة: المرقب عضوا خارجيا.

عقدت اللجنة جلسة علنية علي تمام الساعة: العاشرة من صباح يوم: السبت الموافق: 24 / 01 / 2026م، بقاعة الاجتماعات بالكلية لمناقشة الرسالة و تقويم مستواها العلمي و المنهج الذي اتبعته الباحثة و المصادر التي استخدمتها في دراستها، وقررت ما يلي:

بعد اتمام الطالبة: مروه فرج الجروشي لمتطلبات الدراسات العليا واجتياز امتحاناتها ومناقشة رسالتها و تقويمها تقرر: اجتيازها بدون ملاحظات

توقيعات أعضاء لجنة المناقشة:

1. أ.د. عبدالفتاح محمد الخراز جامعة: مصراتة
2. أ.د. خالد أحمد الفلوس الجامعة: الاسمية الإسلامية
3. د. عقاب محمد حواس جامعة: المرقب

التوقيع:
التوقيع:
التوقيع:

يعتمد:

رئيس الجامعة



عميد الكلية



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَمَا تَوْفِيقِي إِلَّا بِاللَّهِ عَلَيْهِ تَوَكَّلْتُ وَإِلَيْهِ أُنِيبُ

[سورة هود، من الآية 88]

الإهداء

أهدي هذا النجاح إلى نفسي الطموحة لقد ظننت يوماً أنني لن أستطيع وها أنا اليوم اختتم رسالتي بكل سعادة
فله الحمد، أسألك اللهم ألا تجعلها آخر عهدي من العلم واجعلها خير بداية لطريق أعظم...

إلى من كلله الله بالهبة والوقار إلى من علمني القيم والمبادئ ولطالما كان مصدر قوتي وفخري، إلى من لا
ينفصل اسمه عن اسمي (أبي الغالي)...

وإلى من علمتني الأخلاق والحروف، ومن ظلت دعواتها تضم اسمي دائماً، وكانت وراهننت على نجاحي
وذكرتني بمدى قوتي واستطاعتي كل ما ضعفت (أمي الغالية)...

إلى اليد الطاهرة التي أزلت من طريقي الأشواك إلى من ساندني ودعمني ورسم معي هذا النجاح لكي
أرتدي فرحة أُمِّي وأتم وعد أبي (زوجي العزيز)...

وإلى من وهبني الله نعمة وجودهم في حياتي، إلى العقد المتين الذي أُلجئ إليه وقت ضعفي (أخوتي
وأبنائي)...

وإلى كل من ساندني ولو بدعوة وكان عوناً لي في أيامي الصعبة ولكل عالم ومتعلم وساع في العلم

الباحثة...

الشكر والتقدير

الحمد لله حمدا طيبا مباركا فيه، نحمده شكرا وامتنانا على ما أنعم به علينا من التوفيق والسداد، فهو المستحق للحمد في البداية والنهاية.

وأصلي وأسلم على مَنْ عرّفنا بك، وهدانا إليك، سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم؛ سيّد مَنْ خَلَقْتَ، وخاتَمَ مَنْ أرسلت. وعلى إخوانه النبيين، وآله الطاهرين، وعلى كل حامدٍ لك إلى يوم الدين ثم أما بعد:
يسرني أنا الطالبة مروة فرج الجروشي:-

أن أتقدم بجزيل الشكر والعرفان إلى الأستاذ الدكتور: عبد الفتاح محمد الخراز لعطائه الدائم وجهوده التي بذلها طيلة أنجازي هذه الرسالة فشكرا لجهودك، وشكرا بحجم عطائك، وبحجم أثرك العظيم علي، كنت ولا زلت قدوتي وملهمي فإنك شيئا لا يقال وإذا قيل لا يوفيه الحديث، وحسبي أنه كان مخلصا بعظيم كرمه، وغزير علمه، ومديد صبره، فأنت رمز للعطاء والبذل دمت منارة للعلم ومشعلا يضيء دروب الخير شكرا لك دكتورني أنار الله دربك وجزاك الله عني خير الجزاء

كما أتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى الأستاذ الفاضل: مفتاح إبدوي الذي مد لي يد العون ومن أعطى وأجزل بعطائه ومعه أمانا أن لا مستحيل في سبيل الإبداع والرقى
أما عائلتي الحبيبة؛ فإن لساني ليعجز عن شكرها، ولغتي لتقصّر عن التنويه بفضلها؛ فهي السند الأول، والداعم الدائم، والحب الخالص.

تبقى الكلمات في حقكم قليلة وتبقى حروفي عاجزة عن صياغة عبارات الثناء والتقدير فأنتم فعلتم الكثير من أجلي وقدمتم لي يد العون دون انتظار، وحسبها أنها تعرف من قلبي حُباً لا يوصف، وشكراً لا ينقضي، وامتناناً لا يحول.

كما أوجه شكري الكبير للسادة الكرام في رئاسة قسم الكيمياء، ومكتب الدراسات العليا، على بذلهم الجهد والوقت والإمكانات العلمية والعملية لإنجاز هذه الرسالة؛ فلهم ولكل من ساهم وساعد في إتمام هذه الرسالة خالص الشكر والتقدير.

الباحثة ...

الملخص

تلعب إزالة الملوثات العضوية من المحاليل المائية عن طريق الامتزاز دورا مهما بالتحكم في تلوث المياه، ومن خلال الأبحاث العلمية التي تناولت هذا الموضوع بينت النتائج إمكانية إزالة المواد العضوية والمعادن الثقيلة والأصبغ وغيرها من المحاليل المائية بشكل فعال باستخدام المخلفات الزراعية ولوحظ اختلاف قدرتها على إزالة هذه الملوثات، ويتم استخدامها على نطاق واسع بسبب الكميات الكبيرة المتاحة والتكلفة المنخفضة وفعاليتها الجيدة، وهذا عن طريق استعمالها كمادة خام أو تحضير الكربون المنشط منها وتطبيقها في عملية الامتزاز ، تناولت هذه الدراسة استعمال المخلفات الزراعية (القول السوداني والفسق واللوز) بسطحها الجاف والفحم ككتلة حيوية، أي بتحضيرها كمادة مازة لإزالة صبغة الكونغو الحمراء من الأوساط المائية، كما تضمن البحث دراسة أيزوثيرم وحركية وثيرموديناميكية الامتزاز لصبغة الكونغو الحمراء على أسطح محضرة من قشور الفول السوداني والفسق واللوز، وهي المسحوق الجاف والفحم، وتم دراسة جملة من العوامل المؤثرة على عملية الامتزاز، فمن خلال دراسة تأثير زمن التلامس، وجد أن عملية الامتزاز على جميع الأسطح المدروسة كان سريعا، حيث تم الوصول إلى حالة الاتزان عند زمن 80min أو أقل لكل الأسطح المدروسة، وبينت النتائج أيضا أن تأثير الأس الهيدروجيني على سعة الامتزاز، وكان أعلى امتزاز للصبغة في الوسط الحمضي الضعيف والمتعادل، ثم تقل في الأوساط الحامضية القوية والقاعدية القوية، وكانت أقل قيمة لها في هذه الدراسة عند $pH=11$ ، وبدراسة تأثير كمية المادة المازة على سعة الامتزاز لوحظ زيادة سعة الامتزاز مع نقص كمية المادة المازة من 2g إلى 0.1g لجميع الأسطح المدروسة، بينما تزداد النسبة المئوية للامتزاز بزيادة كمية المادة المازة، وبالتالي تم اعتبار أن أفضل كمية من المادة المازة هي 0.1g من السطح الجاف والفحم لكل 30ml من محلول الصبغة ذو التركيز 40ppm، كما أوضحت النتائج لجميع الأسطح المازة أن سعة الامتزاز تزداد بزيادة التركيز الابتدائي للصبغة وهذا يدل على أن امتزاز الصبغة على الأسطح المدروسة من النوع الفيزيائي، وتم أيضا دراسة أيزوثيرمات الامتزاز، حيث أوضحت النتائج أن أيزوثيرمات الامتزاز متفقة ومشابهة لأيزوثيرم فرنديش، وغير متفقة مع أيزوثيرم لانجمير، بناء على معامل الارتباط للمعادلات الخطية ($R^2 > 0.99$). كان الأيزوثيرم مشابه لشكل (S) حسب تصنيف Giles، كما تم دراسة تأثير درجة الحرارة على الامتزاز، فوجد أن الامتزاز يقل بزيادة درجة الحرارة عند استخدام الأسطح المحضرة من مسحوق قشور الفول السوداني الجافة، وفحم قشور اللوز، وعليه فإن عملية الامتزاز طاردة للحرارة، بينما تكون العملية ماصة للحرارة عند استخدام الأسطح الأخرى (فحم قشور الفول السوداني وقشور الفستق الجافة وفحم قشور الفستق وقشور اللوز الجافة)، وكذلك أوضحت دراسة الثيرموديناميكية أن قيم ΔG° لمعظم الأسطح المدروسة (الجافة والفحم) كانت قيم سالبة، وهذا يدل على أن عملية الامتزاز كانت تلقائية في الظروف المستخدمة، وأن قيم ΔH° لمعظم الأسطح المازة كانت موجبة، وهذا يؤكد إن معظم عمليات الامتزاز كانت ماصة للحرارة، باستثناء المواد المازة المحضرة من قشور الفول السوداني الجافة وفحم قشور اللوز فقد كانت قيم ΔH° سالبة وهذا يدل على أن عملية الامتزاز طاردة للحرارة. وتم دراسة حركية الامتزاز، وبينت النتائج أن عملية الامتزاز تتبع تفاعلات الرتبة الثانية.

الكلمات الدالة: الامتزاز، صبغة الكونغو الحمراء، قشور الفول السوداني، قشور الفستق، قشور اللوز.

فهرس المحتويات

رقم الصفحة	الموضوع	ر
ب	الإقرار	
ج	الآية القرآنية	
د	الإهداء	
هـ	الشكر والتقدير	
و	الملخص	
ز	فهرس المحتويات	
ي	فهرس الجداول	
ك	فهرس الأشكال	

الفصل الأول: الجزء النظري

2	المقدمة	1-1
2	تلوث المياه	2-1
3	أنواع تلوث المياه	1-2-1
3	مصادر تلوث المياه	2-2-1
4	الأصباع	3-1
5	مصادر الأصباع	1-3-1
5	تصنيف الأصباع	2-3-1
7	مخاطر الأصباع	3-3-1
7	استخدامات الأصباع	4-3-1
7	صبغة الكونغو الحمراء	4-1
8	طرق معالجة المياه الملوثة	5-1
9	الامتزاز	6-1
9	مفهوم الامتزاز	1-6-1
10	أنواع الامتزاز	2-6-1
12	الامتزاز في المحلول	3-6-1
12	العوامل المؤثر في عملية الامتزاز	4-6-1

رقم الصفحة	الموضوع	ر
14	أيزوثيرم الامتزاز	5-6-1
15	نماذج الأيزوثيرم	6-6-1
17	حركية الامتزاز	7-1
18	نموذج الرتبة الأولى	1-7-1
18	نموذج الرتبة الثانية	2-7-1
19	ثيرموديناميكية الامتزاز	8-1
20	الدراسات السابقة	9-1
23	أهداف الدراسة	10-1

الفصل الثاني: الجزء العملي

25	الأدوات والأجهزة المستخدمة	1-2
25	المواد الكيميائية المستخدمة	2-2
25	طرق العمل	3-2
26	جمع وتجهيز الأسطح المازة	1-3-2
26	تحضير المحلول القياسي من الصبغة	2-3-2
26	تحديد الطول الموجي الأعظم وتعيين المنحنى القياسي للصبغة	3-3-2
26	دراسة تأثير زمن التلامس على الامتزاز	4-3-2
27	دراسة تأثير كمية المادة المازة	5-3-2
27	دراسة تأثير حجم حبيبات المادة المازة	6-3-2
27	دراسة تأثير التركيز الابتدائي للصبغة على الامتزاز	7-3-2
28	دراسة أيزوثيرم الامتزاز	8-3-2
28	دراسة تأثير درجة الحرارة وحساب الدوال الثرموديناميكية	9-3-2
28	دراسة تأثير الأس الهيدروجيني	10-3-2
29	دراسة حركية التفاعل	11-3-2

الفصل الثالث: النتائج والمناقشة

31	تعيين الطول الموجي لقيمة الامتصاص (λ_{max}) والمنحنى القياسي لصبغة الكونغو الحمراء	1-3
32	تأثير زمن التلامس على امتزاز صبغة الكونغو الحمراء	2-3

رقم الصفحة	الموضوع	ر
34	دراسة حركية الامتزاز لصبغة الكونغو الحمراء	3-3
34	الرتبة الأولى	1-3-3
34	الرتبة الثانية	2-3-3
37	تأثير كمية المادة المازة على امتزاز صبغة الكونغو الحمراء	4-3
39	تأثير الأس الهيدروجيني على امتزاز صبغة الكونغو الحمراء	5-3
41	تأثير التركيز على عملية امتزاز صبغة الكونغو الحمراء	6-3
45	دراسة أيزوثيرم الامتزاز لصبغة الكونغو الحمراء	1-6-3
47	أيزوثيرم فرنديش	2-6-3
47	أيزوثيرم لانجمير	3-6-3
50	تأثير درجة الحرارة على امتزاز صبغة الكونغو الحمراء	7-3
52	دراسة ثيرموديناميكية الامتزاز لصبغة الكونغو الحمراء	1-7-3

الفصل الرابع: الاستنتاجات والتوصيات

57	الاستنتاجات
58	التوصيات
59	المراجع
71	Abstract

فهرس الجداول

رقم الصفحة	عنوان الجدول	رقم الجدول
6	التصنيف الكيمائي لبعض الأصباغ	جدول 1.1
8	الخصائص الفيزيائية والكيميائية لصبغة الكونغو الحمراء	جدول 2.1
12	أهم الفروقات بين خصائص الامتزاز الفيزيائي والكيمائي	جدول 3.1
20	دلالات الإشارة للدوال الترموديناميكية ($\Delta G, \Delta S, \Delta H$)	جدول 4.1
25	المواد الكيمائية المستخدمة	جدول 1.2
36	ثوابت تفاعلات الرتبة الأولى والثانية لامتزاز صبغة الكونغو الحمراء على الأسطح المدروسة	جدول 1.3
39	تأثير كمية المادة المازة على سعة امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على الأسطح المدروسة	جدول 2.3
41	تأثير الأس الهيدروجيني على امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على الأسطح المدروسة	جدول 3.3
42	تأثير التركيز على امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على سطح قشور الفول السوداني الجافة	جدول 4.3
42	تأثير التركيز على امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على سطح قشور الفستق الجافة	جدول 5.3
44	تأثير التركيز على امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على سطح قشور اللوز الجافة	جدول 6.3
44	تأثير التركيز على امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على سطح فحم قشور الفول السوداني	جدول 7.3
45	تأثير التركيز على امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على سطح فحم قشور الفستق	جدول 8.3
45	تأثير التركيز على امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على سطح فحم قشور اللوز	جدول 9.3
50	ثوابت فرنديش ولانجمير لامتزاز صبغة الكونغو الحمراء على الأسطح المدروسة	جدول 10.3
52	دراسة تأثير درجة الحرارة على امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على الأسطح المدروسة	جدول 11.3
53	دراسة تأثير درجة الحرارة على ثابت الاتزان لامتزاز صبغة الكونغو الحمراء على الأسطح المدروسة	جدول 12.3
55	الدوال الترموديناميكية لعملية امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على الأسطح المدروسة	جدول 13.3

فهرس الاشكال

رقم الصفحة	عنوان الشكل	رقم الشكل
8	التركيب الكيميائي لصبغة الكونغو الحمراء	الشكل 1.1
14	أصناف آيزوثيرمات الامتزاز	الشكل 2.1
16	الصورة الخطية لايزوثيرم لانجماير	الشكل 3.1
17	الصورة الخطية لايزوثيرم فرنديش للامتزاز	الشكل 4.1
17	(أ) آيزوثيرم الامتزاز. (ب) الصورة الخطية لايزوثيرم فرنديش	الشكل 5.1
31	طيف امتصاص صبغة الكونغو الحمراء عند اطوال موجية مختلفة	الشكل 1.3
31	المنحنى القياسي لصبغة الكونغو الحمراء	الشكل 2.3
33	تأثير زمن التلامس على سعة الامتزاز لصبغة الكونغو الحمراء على الأسطح المدروسة	الشكل 3.3
35	مطابقة امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على الأسطح المدروسة لنموذج الرتبة الأولى	الشكل 4.3
37	مطابقة امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على الأسطح المدروسة لنموذج الرتبة الثانية	الشكل 5.3
38	تأثير كمية المادة المازة على سعة الامتزاز لصبغة الكونغو الحمراء	الشكل 6.3
40	تأثير الأس الهيدروجيني على سعة الامتزاز لصبغة الكونغو الحمراء	الشكل 7.3
42	تأثير التركيز الابتدائي على سعة امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على الأسطح المدروسة	الشكل 8.3
46	آيزوثيرم امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على الأسطح المدروسة	الشكل 9.3
48	مطابقة الامتزاز لصبغة الكونغو الحمراء على الأسطح المدروسة لنموذج فرنديش	الشكل 10.3
49	مطابقة الامتزاز لصبغة الكونغو الحمراء على الأسطح المدروسة لنموذج لانجماير	الشكل 11.3
51	تأثير درجة الحرارة على سعة امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على الأسطح المدروسة	الشكل 12.3
54	دراسة ثيرموديناميكية امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على الأسطح المدروسة	الشكل 13.3

الفصل الأول
الجزء النظري

1-1 المقدمة:

نظرا لأهمية الماء للإنسان والحيوان والنبات ولجميع الكائنات على وجه الأرض، فقد استقطب ومنذ القدم أهمية كبيرة مع سعي حثيث من العلماء بجميع اختصاصاتهم للدراسة والبحث في خواصه الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية⁽¹⁾، وبالإضافة إلى مركزية المياه للخلق واستمرارية الحياة تعتبر المياه ركيزة أساسية في كافة مجالات التنمية الشاملة، حيث أن حوالي 71% من سطح الأرض مغطى بالماء⁽²⁾، ومع ذلك يقول الخبراء أن حوالي 0.007% فقط من مياه الأرض المتاحة للاستهلاك البشري، وهذه الكمية غير كافية لتلبية احتياجات السكان المتزايدة، ووفقا للإحصاءات التي أوردتها الأمم المتحدة من المتوقع أن يصل عدد السكان إلى 11.2 مليار في عام 2100م، لذلك يمكن رؤية أن المصدر المائي الحالي لن يكون قادرا على تلبية طلبات المياه المتزايدة لسكان العالم، ومن الملاحظ أن توفر المياه العذبة غير موزعة بشكل جيد عالميا، حيث أن 2.5% فقط من الماء هو ماء عذب والجزء المتبقي يتكون من مياه مالحة ومحيطات، بينما يتم تخزين الباقي في شكل جليد وتلج⁽³⁾.

وفقا لتوقعات منظمة الصحة العالمية (WHO) سيعيش 50% من سكان العالم في مناطق تعاني من ندرة المياه بحلول عام 2025م⁽⁴⁾، لذلك فإن أي تلوث في المياه سواء كان تلوث كيميائي أو فيزيائي أو بيولوجي بشكل مباشر أو غير مباشر فإنه يغير من نوعية المياه⁽⁵⁾، حيث أن مشكلة تلوث المياه من أكثر المشاكل في الوقت الحاضر، وخصوصا بعد التطور الصناعي، حيث زادت عملية تلوث البيئة بشكل عام، وتلوث المياه بشكل خاص⁽⁶⁾، فمنظمة الصحة العالمية (WHO) ذكرت أن ما يقارب من 1.7 مليون شخص توفى بسبب تلوث المياه، وحوالي أربعة مليارات حالة يتم الإبلاغ عنها سنويا تعاني من مشاكل صحية مختلفة بسبب الأمراض المنقولة عن طريق المياه⁽⁷⁾.

لقد شهدت المياه العذبة تدهورا كبيرا في الآونة الأخيرة بسبب ظهور أنواع جديدة من الملوثات نتيجة التقدم التكنولوجي، فالنمو الصناعي والزراعي والسكاني أدى إلى تناقص المياه الصالحة للاستخدام. ابتكرت أغلب برامج السيطرة على ملوثات المياه لغرضين أساسيين: الأول متعلق بإعداد المياه للاستعمالات البشرية المختلفة، والثاني متعلق بمعالجة فضلات المياه الصناعية والسكنية بسبب خطورة تأثير المواد الموجودة في هذه المياه⁽⁸⁾. على هذا الأساس يعتبر تلوث المياه قضية بيئية خطيرة ولا يعود أثرها السيئ على الصحة العامة فحسب وإنما على الطبيعة وتوازنها⁽³⁾.

2-1 تلوث المياه:

تلوث الماء هو وجود ملوثات اما طبيعيا أو بفعل الانسان⁽⁹⁾. ويعد تلوث المياه خطيرا، وذلك لتأثيره المميت على الكائنات الحية على المدى البعيد^(10,11)، ومن المثير للقلق تلوث المياه بالمعادن الثقيلة، وذلك بسبب آثاره المدمرة على صحة الانسان⁽¹²⁾، فبعض مصادر المياه الجوفية تحتوي بشكل طبيعي على

المعادن السامة مثل الرصاص والزرنيخ، بالإضافة للملوثات التي تكون بفعل الانسان مثل المبيدات الحشرية والزراعية، وأيضا بسبب المخلفات الكيميائية (عضوية وغير عضوية) مثل الأصباغ⁽¹³⁾. يعرف التلوث المائي بأنه تغير في الصفات الطبيعية في الماء من خلال وصول مواد غريبة تسبب تعكيره أو تكسبه رائحة أو لوناً أو طعماً، وقد يكون مصدر التلوث بعض الميكروبات أو البكتيريا والطحالب أو الطفيليات، مما يؤدي إلى تغيير خواصه الطبيعية أو الكيميائية، ويجعله لا يصلح للاستخدام في الصناعة أو الزراعة⁽¹⁴⁾.

1-2-1 أنواع تلوث المياه:

تصنيف تلوث المياه إلى:

أ- التلوث الطبيعي:

هو التغير في الخواص الطبيعية للماء، وذلك بتغير درجة حرارته أو ملوحته، أو زيادة المواد المرتبطة به سواء كانت عضوية أو غير عضوية، وهذا النوع من التلوث غالبا ما يؤدي إلى تغير في لونه أو طعمه أو رائحته، التي بدورها تؤثر سلبا على الصحة⁽⁴⁾.

ب- التلوث الكيميائي:

يعتبر التلوث الكيميائي للمياه من أخطر المشاكل التي تواجه الحياة البشرية، وتتعدد أشكاله التلوث بمياه الصرف الصحي والتلوث بالمخلفات الزراعية كالمبيدات الحشرية وغيرها⁽⁴⁾. إن الماء الملوث كيميائيا له تأثير سام بسبب وجود المخلفات الصناعية مثل المعادن الثقيلة والصبغات، وهي مواد كيميائية خطره جداً، حيث يتم تصريف النفايات السامة المحتوية على الصبغات من مختلف الصناعات إلى مصادر المياه المختلفة، وهذا يؤثر سلباً على موارد المياه، وخصوبة التربة والكائنات المائية وسلامة النظام البيئي، والمياه الملوثة بالمواد الكيميائية تسبب تأثير مميت، وسمية جينية، وسرطنة للكائنات المائية وكذلك الحيوانات، وهي ليست قابلة للتحلل بسهولة في الظروف الطبيعية ولا يتم إزالتها عادة من مياه الصرف الصحي بواسطة أنظمة معالجة مياه الصرف التقليدية⁽¹⁵⁾.

1-2-2 مصادر تلوث المياه:

إن عملية الإخلال بالتوازن الطبيعي للبيئة "التلوث البيئي" تحتاج إلى تضافر جهود الجميع في الحد منها ومعالجتها. وتزداد المشكلة خطورة بعدم وعي الانسان الذي له الدور الواضح في زيادة هذه المخاطر من خلال نشاطاته المختلفة التي أصبحت تهدد الحياة البشرية. وتنقسم مصادر تلوث المياه إلى ثلاث أقسام رئيسية:

أ- الصرف الصناعي:

يشكل 60% من اجمالي المواد والملوثات التي تلوث البحار والمحيطات والأنهار وتكون غالبا من المصانع التي ترمي الفضلات في الماء مباشرة دون معالجة، وطرق المعالجة التقليدية التي تتم في الماء ليس لها دور في القضاء على هذه الملوثات، سواء كانت صناعية أو غير عضوية أو مركبات كيميائية التي

تكون موجودة في مياه الصرف الصناعي، وعملية المعالجة التي نستخدم فيها الكلور تتفاعل مع بعض المواد العضوية الموجودة في الماء ويكون مركبات ومواد مسرطنة (16،17).

ب- الصرف الصحي:

تعتبر مياه الصرف الصحي واحدة من أكبر المشاكل على الصحة العامة، وهذه لأن كمية كبيرة من المركبات العضوية والكائنات الحية الدقيقة سواء هوائية أو لاهوائية تكون متواجد فيها، وتحتوي أيضا على مواد صلبة وغرويه ذائبة (16،17).

ج- الصرف الزراعي:

هو العملية التي يتم فيها استخدام المبيدات الحشرية والأسمدة الكيماوية في الزراعة والتي تسبب تلوث في الماء، حيث يؤدي سقوط مياه الأمطار، أو المياه المستخدمة في عمليات الري التي تجرف إلى الأنهار، والمحيطات، والمياه الجوفية إلى تلوث الماء ببقايا الأسمدة والمبيدات، وغيرها من المصادر الأخرى التي تنتج من شبكات التوزيع المستهلكة، أو بقايا الكيماويات المعالجة بالكلور (16،17).

3-1 الأصباغ:

تم اكتشاف الأصباغ الطبيعية منذ قديم الزمان، ويعود تاريخ اكتشافها إلى العام 1900 قبل الميلاد، وقد تم إنتاجها بكميات كبيرة ولأجل الحصول على إنتاج أكبر وبتكاليف منخفضة، توجهت الأنظار إلى إمكانية تخليق الأصباغ، وتم الحصول على أول صبغة صناعية في العام 1856 ميلادي (18)، وتعد الأصباغ من بين الملوثات العضوية، وهي مواد ملونه تستخدم لتلوين الأقمشة والمنسوجات والجلود والخشب وغيرها من الصناعات (19)، ولا تعتبر جميع المواد الملونة التي تذوب في الماء صبغات، إذ يجب فيها توفر خاصية الامتصاص، وقد تكون المادة صابغة لبعض أنواع الالياف دون الأخرى، كما يمكن تعريف الصبغة بأنها المادة التي لها القدرة على صباغة مادة أخرى بطريقة دائمة، وتكون لديها مجموعات تعطيها لوناً تسمى Chromophores، والمجموعات التي تسمح بتثبيتها تسمى Auxochromes (20).

تعد الأصباغ واحدة من أكبر ثلاث ملوثات لمياه الصرف الصحي (21)، وهذا التلوث ناتج عن تصريف كميات هائلة من الأصباغ في مياه الصرف الصحي (22). ومن حيث التركيب، تحتوي الأصباغ في جزيئاتها على مجموعات تعطيها اللون تسمى بالكروموفور (Chromophore) ومجموعات أخرى تسمح لها بتثبيت اللون تسمى بالاكسوكروم (Auxochrome)، وتصنف هذه المجموعات حسب شدة اللون (جدول 1.1) (23،24). وتتميز الأصباغ بقدرتها على امتصاص الإشعاع الضوئي في منطقة الطيف المرئي من 380nm إلى 750nm (23).

تستخدم في تحضير العديد من المركبات المختلفة والتي يتم تصريفها في التربة أو مصادر المياه، مما يتسبب في مشاكل للكائنات الحية (25)، ويؤدي تصريف الأصباغ في مصادر المياه إلى العديد من المشاكل البيئية والصحية الخطيرة (26).

تسبب التراكيز المنخفضة جداً من الأصباغ في تلويث المياه مما يؤدي إلى مشاكل بيئية خطيرة وقتل الكائنات المائية والإضرار بصحة الإنسان⁽²⁷⁾، ويعد معرفة خطورة هذه المواد وسميتها، والمواد المستخدمة في تحضير هذه الأصباغ أمر في غاية الأهمية، حيث تستخدم في تحضيرها العديد من المواد التي تسبب امراض السرطان مثل البنزين والأنيلين والمركبات الأمينية، وتحلل هذه المواد على المدى البعيد يؤثر على البيئة والكائنات الحية⁽⁴⁾. ويتم تصنيف الأصباغ على حسب المجموعة الوظيفية أو تركيبها أو على شحنة الأيونات^(28، 29).

1-3-1 مصادر الأصباغ:

تصنف الأصباغ بناء على مصدرها إلى:

أ- الأصباغ الطبيعية:

يكون مصدرها من أصل حيواني أو نباتي، أو المستخلصات المعدنية. لقد استمر استخدام هذه الأصباغ الطبيعية حتى النصف الأول من القرن التاسع عشر، بعد ذلك تم استبدالها تدريجياً بأصباغ اصطناعية، وفي بداية القرن العشرين كانت الأصباغ الاصطناعية تحل محل الأصباغ الطبيعية بالكامل تقريباً⁽³⁰⁾.

تقسم الأصباغ الطبيعية إلى ثلاث مجموعات وهي:

- 1- **الأصباغ الحيوانية:** وهي الصبغات التي تستخلص من مصدر حيواني مثل الدودة القرمزية.
- 2- **الأصباغ النباتية:** وهي تستخلص من النباتات، حيث توجد غالباً في الأوراق والزهور وتقل في الثمار والفروع، ومن أهم النباتات التي يمكن الحصول منها على صبغات هي الكركم، والرمان، والحناء وغيرها⁽³¹⁾.
- 3- **الأصباغ المعدنية:** تستخدم المعادن لتثبيت أو تحسين ثبات الصبغة النباتية، كما تستخدم بعض المعادن لإعطاء مادة ملونة، وعلى سبيل المثال البومين البيض⁽³²⁾.

ب- الأصباغ الصناعية:

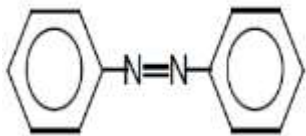
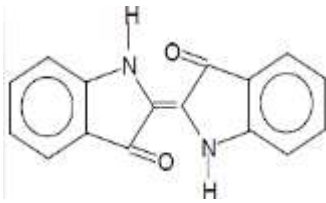
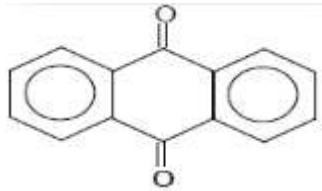
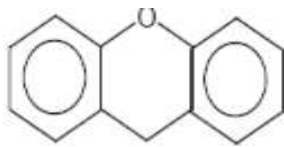
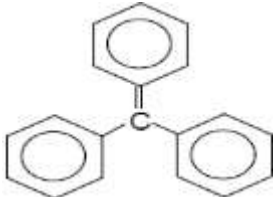
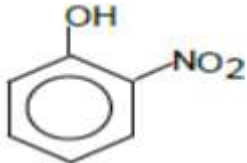
يتم الحصول على الأصباغ الصناعية من مصدرين رئيسيين هما الفحم الحجري والبتترول، حيث تتميز هذه الأصباغ بسهولة استخدامها وقدرتها على التلوين وهي أرخص تكلفة وأكثر تنوعاً⁽³³⁾. تشكل الأصباغ الصناعية تهديداً لصحة الإنسان والكائنات الحية الأخرى، فهي تستخدم على نطاق واسع حيث يقدر إنتاج هذه المركبات بنحو 1.6 مليون طن ويتم التخلص من حوالي 10% إلى 15% من هذه الكمية في مجاري المياه^(32، 33).

1-3-2 تصنيف الأصباغ:

تصنف الأصباغ وفقاً للمجموعات الهيكلية أو الوظيفية واللون، وكذلك إلى الشحنة الأيونية عند الذوبان في المحلول المائي. لأن التصنيف الأيوني للصبغة يؤثر على فعالية امتزاز الصبغة، ويوضح

الجدول 1.1 تصنيفها حسب التركيب الكيميائي. أما تصنيفها حسب شحنة الأيون فهي تصنف إلى أصباغ أيونية وأصباغ غير أيونية، حيث أن شحنة الأيون لها دور كبير في عملية الامتزاز (23).

جدول 1.1 التصنيف الكيميائي لبعض الأصباغ

الصيغة الكيميائية	الصبغة
	أصباغ الأزو
	أصباغ النيلبي
	أصباغ الأنثراكينون
	أصباغ الزانثين
	أصباغ ثلاثي فينيل ميثان
	أصباغ النيتروسيت والنيتروساتيد

3-3-1 مخاطر الأصباغ:

أ- السمية على صحة الإنسان:

تسبب الأصباغ في تهيج الجلد والتهاب الجلد الأكريمي، الإصابة بالسرطان "الأورام البولية وخاصة الأورام الحميدة وغير الحميدة في المثانة"، الربو والتهاب الأنف، واضطرابات الجهاز الهضمي "عسر هضم، غثيان، إسهال" (34).

ب- السمية على الأوساط المائية:

يؤدي التلون بالأصباغ إلى اضطرابات كبيرة في النباتات "قوة التنظيف الذاتي للمجري المائية، ومنع نمو النباتات المائية وغيرها" وفي الحيوانات "تدمير فئة من الأسماك والكائنات الدقيقة وغيرها" (35).

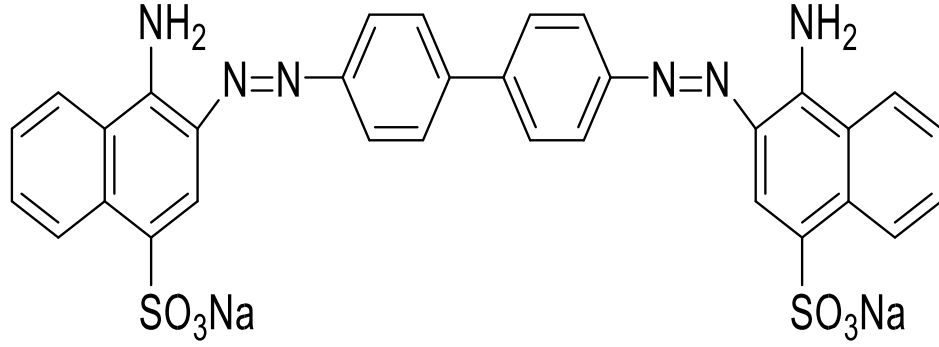
4-3-1 استخدامات الأصباغ:

للأصباغ استخدامات واسعة في مختلف الصناعات، فمثلا في صناعة النسيج والجلود، البلاستيك، البناء "الدهانات"، الأدوية، مستحضرات التجميل، والصناعات الغذائية "ألوان الطعام"، كذلك في مختلف صناعات الوقود والزيوت، وفي صناعة حبر الورق والعديد من الاستخدامات الأخرى (36).

4-1 صبغة الكونغو الحمراء:

تعد أصباغ الأزو من أهم أنواع الأصباغ التي تم اكتشافها سنة 1860م، وتعتبر الأكثر استخداما حيث تشكل أكثر من 60% من جميع أنواع الأصباغ (37،38)، وتعتبر صبغة الكونغو الحمراء إحدى هذه الأصباغ، ولها الصيغة البنائية الموضحة في الشكل 1.1، والخواص الكيميائية للصبغة موضحة في الجدول 2.1. وتعد صبغة الكونغو الحمراء أول صبغة استعملت في صبغ القطن (28) ولها لون أحمر ثابت في نطاق الأس الهيدروجيني من 5 إلى 10، ويتغير إلى اللون الأزرق في الوسط الحمضي (عند درجة حموضة أقل من 5) (39،40)، وهي تمتاز بمقاومتها للحوامض والقواعد والغسل والضوء والهواء (41)، وتمتاز أيضا بالاستقرارية والثبات، وسريعة التفاعل مع الأيونات الفلزية، فضلا عن حساسيتها وانتقائيتها العاليتين (42)، وتستخدم صبغة الكونغو الحمراء في العديد من الصناعات مثل المنسوجات والورق والمطاط والبلاستيك وغيرها من الصناعات، وهي من الصبغات ذات السمية العالية وتؤدي إلى الإصابة بمرض السرطان (43،44).

إن التركيب الكيميائي للأصباغ مهم لفهم الكثير من خصائصها الكيميائية والفيزيائية (45)، ويمكن أن تتحلل لتشكل مواد كيميائية خطيرة. على سبيل المثال يمكن أن تشكل أصباغ الأزو أمينات عطرية بما في ذلك البنزيدين، والتي تعتبر مسرطنة للإنسان (46)، ويتسبب إطلاق الأصباغ العضوية في النظام المائي إلى العديد من التأثيرات الضارة على الكائنات المائية والبشر (47)، لذلك يجب إزالة الأصباغ العضوية بشكل صحيح قبل تصريفها في النظم المائية للحفاظ على صحة الإنسان والنظام البيئي.



الشكل 1.1: التركيب الكيميائي لصبغة الكونغو الحمراء

جدول 2.1 الخصائص الفيزيائية والكيميائية لصبغة الكونغو الحمراء

الاسم الشائع	الكونغو الحمراء (Congo red)
الاسم النظامي	1-Naphthalenesulfonicacid,3,3'- [(1, 1' -biphenyl)- 4,4'-diylbis (2,1-diazenediyl)] bis [4amino-sodium salt (1:2)]
الصيغة الاجمالية	$C_{32}H_{22}Na_2O_6S_2$
اللون	أزرق عند $PH < 5$ ، أحمر عند $PH > 5$
النوع	صبغة أزو (أيونية)
الطول الموجي (λ_{max})	500nm
الكتلة المولية	$M=696.66 \text{ g/mol}$
الكثافة	$0.995 \text{ g. cm}^3 \text{ at } 25C^\circ$

5-1 طرق معالجة المياه الملوثة:

في العقود الأخيرة، أدت الأنشطة المحلية والزراعية والصناعية المتزايدة في جميع أنحاء العالم إلى إطلاق ملوثات مختلفة، مثل المعادن الثقيلة السامة والأيونات غير العضوية والمواد العضوية والملوثات الدقيقة والمغذيات في البيئة المائية، وتعد إزالة هذه الأنواع الواسعة من الملوثات عملية مهمة، من أجل تحسين جودة المياه. هذه العملية تحتاج إلى تقنيات معالجة قوية وصديقة للبيئة⁽⁴⁸⁾.

تعد مشكلة تلوث المياه من أهم مشاكل التلوث والتي حظيت باهتمام كبير من قبل الباحثين، لأهمية الماء، ولأن العالم يواجه خطورة الجفاف انصب الاهتمام لإيجاد حلول للاستفادة من المياه التي تستخدم في الصناعة وعدم هدرها⁽⁶⁾، بحيث تم تنقية المياه من الملوثات العضوية وغير العضوية، وتستخدم عدة طرق منها التبادل الأيوني، التناضح العكسي، الأكسدة والاختزال، الترسيب، الامتزاز⁽⁴⁹⁾.

6-1 الامتزاز:

الامتزاز من أفضل الطرق المستخدمة لتنقية المياه لأنه يمكن استخدامه في التراكيز المنخفضة من المادة الملوثة للماء، ويمكن استخدام مواد مازة طبيعية للتخلص من التلوث، كما يمكن استخدام مواد مهمة والاستفادة منها كمادة مازة مثل قشور الفول وقشور الموز وقشور الفول السوداني وغيرها، وتعتبر طريقة الامتزاز غير مكلفة مادياً مقارنة بالطرق الأخرى^(50،51)، وعدم الحساسية للملوثات السامة، إضافة لذلك فإن الامتزاز لا ينتج مواد ضارة⁽⁵⁾.

يعد الامتزاز بشكل عام الطريقة الأكثر جدوى وقابلية للتكيف نظراً لتصميم العملية البسيط، وإعادة الاستخدام، والكفاءة العالية، والتكلفة الأولية المنخفضة نسبياً، وانخفاض كمية النفايات الناتجة عنه⁽⁵²⁾. إن الامتزاز على الكربون المنشط هو العملية الأكثر استخداماً والموصى بها لمعالجة مياه الصرف في الصناعات، وعلى الرغم من فعاليته، يظل مادة باهظة الثمن ومعظمها مستورد، لذا من المفيد العثور على منتجات جديدة تأتي من مصدر رخيص ومتوفر⁽⁵³⁾، فتجارياً يستخدم الكربون المنشط على نطاق واسع كمادة مازة بسبب كفاءته العالية وقدرته على امتصاص الملوثات⁽⁵⁴⁾، ومع ذلك فإن التكلفة الأولية وصعوبة التجديد والتشبع السريع تجعلها أقل جاذبية كمادة مازة، ولهذه الأسباب تم إجراء دراسات متنوعة للبحث عن مواد مازة بديلة فعالة وصديقة للبيئة وبأسعار معقولة⁽⁵⁵⁾.

1-6-1 مفهوم الامتزاز:

يعرف الامتزاز بأنه ظاهرة تجمع جسيمات مادة ما سواء كانت جزيئات أو ذرات أو أيونات وتسمى هذه الجسيمات بالمادة الممتزة (Adsorbate) على سطح مادة أخرى تسمى بالمادة المازة (Adsorbent)، وتكون المادة الممتزة إما غاز أو سائل أو صلب، وأما المادة المازة تكون سائل أو صلب، عليه فإن مجالات التماس السطحي التي تؤدي لحدوث الامتزاز (صلب - سائل، صلب - غاز، سائل - سائل، سائل - غاز، صلب - صلب)⁽⁵⁶⁾، حيث تتم عملية ارتباط المادتين عبر المواقع الفعالة للمادة المازة، وتحدد طريقة الارتباط نوع الامتزاز⁽²³⁾.

الامتزاز هو عملية تلقائية، تحدث عند ظروف مناسبة من الضغط ودرجة حرارة، والامتزاز عادة يكون مصاحباً بتغير الطاقة الحرة (ΔG) للسطح الذي يحدث عليه الامتزاز، كما يصاحبه نقصان في الانتروبي (ΔS)، لأن الجزيئات التي عانت امتزازاً تكون مقيدة بسبب ارتباطها بالسطح الماز، وبالتالي تفقد بعض من حريتها مقارنة بالحالة التي كانت عليها المادة الممتزة قبل الامتزاز، وبسبب تناقص الطاقة الحرة وحالة اللانظام (الانتروبي) في نفس الوقت يؤدي ذلك إلى نقصان المحتوى الحراري الانتالبي (ΔH) حسب العلاقة الآتية:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \dots\dots\dots (1)$$

وبالاستناد إلى هذه العلاقة فإن قيمة الانتالبي تكون ذات قيمة سالبة، وبصورة عامة ستكون عملية الامتزاز عملية طاردة للحرارة (Exothermic process)، وهذا أيضاً لا يمنع من كون بعض عمليات الامتزاز ماصة للحرارة (Endothermic process) (57,58).

تستخدم طريقة الامتزاز لإزالة الملوثات العضوية ذات التراكيز المنخفضة جداً، والمركبات السامة، والأصبغ من مخلفات المياه والتي يتعذر إزالتها بالطرق التقليدية، وهذه المكونات يمكن إزالتها وبشكل كبير بواسطة امتزازها على سطوح كثيرة من المواد الطبيعية ذات الصفة المسامية (Porosity) مثل الكربون المنشط والزيولايت⁽⁵⁹⁾، وأوكسيد الألمنيوم والفحم الحيواني (Charcoal) وهلام السليكا (Silica gel)، والرماد المتطاير والأطيان المسامية (Porous Clays)⁽⁶⁰⁾.

1-6-2 أنواع الامتزاز:

العديد من الدراسات أشارت إلى أن عملية الامتزاز يمكن تقسيمها إلى نوعين، حيث يتم تصنيف الامتزاز اعتماداً على نوع وطبيعة القوى التي ترتبط جزيئات أو ذرات المادة الممتزة بالسطح الماز، ويتم تحديد هذه القوى من خلال طبيعة المادة المازة وكذلك طبيعة السطح الممتز من حيث نشاطه الإلكتروني⁽⁵⁸⁾، وعليه فإن أنواع الامتزاز هي:

أ- الامتزاز الفيزيائي:

في هذا النوع من الامتزاز تكون القوى التي تعمل على تماسك جسيمات المادة الممتزة بالمادة المازة قوى ضعيفة نوعاً ما كقوى فاندر فالز (Vander Waals forces)، ويعتبر الامتزاز الفيزيائي نوع من التداخلات الجزيئية (Molecular Interaction) المتبادلة بين السطح الماز والمادة الممتزة، وفي هذا النوع من الامتزاز لا يحدث انتقال إلكتروني ولذا تتكون عادة عدة طبقات من المادة الممتزة على السطح الماز، ويكون سريع وانعكاسي⁽⁶¹⁾، كما أن الامتزاز الفيزيائي له طاقة لا تتجاوز (40 KJ/mol)، وطاقة التنشيط له تكون قليلة، ويحدث الامتزاز الفيزيائي بكفاءة عند درجة حرارة اعتيادية، والسطح قد يكون أحادي الطبقة أو متعدد الطبقات على السطح الماز⁽⁶²⁾.

ب- الامتزاز الكيميائي:

في هذا النوع من الامتزاز يكون السطح الماز نشط فيحدث انتقال إلكتروني بين المادة الممتزة والسطح الماز بسبب عدم تشبع السطح الماز إلكترونياً على الرغم من تكوينه أواصر مع الذرات المجاورة، ويعد الامتزاز الكيميائي الخطوة الأولى لحدوث التفاعل الكيميائي، وهو يحتاج إلى طاقة تنشيط عالية، ويمتاز هذا النوع من الامتزاز بالخصوصية (Specificity)⁽⁶³⁾، إذ إن امتزاز مادة على سطح ما يحدث في ظروف معينة، وقد لا يحدث امتزاز على سطح آخر عند نفس الظروف، أو على نفس السطح عند تغير الظروف من ضغط ودرجة الحرارة، ويكون الامتزاز الكيميائي غير انعكاسي ومحدد بطبقة امتزاز أحادية. درجة الحرارة تلعب دوراً مهماً في عملية الامتزاز، فقد يحدث امتزاز فيزيائي في درجة الحرارة المنخفضة ثم يتحول إلى امتزاز كيميائي عند رفع درجة الحرارة، كما في حالة امتزاز غاز الهيدروجين على سطح فلز النيكل⁽⁶⁴⁾.

حدوث ظاهرة الامتزاز تؤدي لنقصان الطاقة الحرة ΔG (Free Energy) للسطح الذي يحدث عليه الامتزاز كما يرافقه نقصان في التغير في الانتروبي (Entropy change)، والجزيئات التي يحدث لها الامتزاز تكون مقيدة الحركة وتقل درجة الحرية وبذلك يتناقص التغير في المحتوى الحراري الانتالبي ΔH (Energy change) وفق العلاقات السابقة (معادلة 1) (65):

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \dots \dots \dots (1)$$

حيث أن: ΔS التغير في الانتروبي، ΔH التغير في المحتوى الحراري و ΔG التغير في الطاقة الحرة.

أي أن عمليات الامتزاز قد تكون طاردة للحرارة (Exothermic process) وقد تكون ماصة للحرارة (Endothermic)، ولحساب المحتوى الحراري يتم حساب أعظم كمية ممتزة وفق المعادلة التالية:

$$\text{Log}X_m = \left(\frac{\Delta H}{2.303RT} \right) + C \dots \dots \dots (2)$$

حيث: X_m يمثل أعظم كمية ممتزة، T درجة الحرارة، R الثابت العام للغازات، C ثابت فانتهوف.

ويتم الحصول على قيمة الطاقة الحرة من المعادلة

$$\Delta G = - RT \ln K \dots \dots \dots (3)$$

حيث K ثابت الاتزان.

$$\Delta G = - RT \ln \left(\frac{Q_e}{C_e} \right) \dots \dots \dots (4)$$

حيث: C_e تمثل التركيز عند الاتزان، Q_e كمية المادة الممتزة.

ويمتاز هذا النوع من الامتزاز بالانتقائية (Selectivity). المحتوى الحراري للامتزاز الكيميائي عالي، وتكون أعلى بكثير من الامتزاز الفيزيائي، إذ تكون حوالي (80 KJ/mol)، وعند تكوين طبقة أحادية على السطح الماز ينتهي الامتزاز الكيميائي. والجدول 3.1 يوضح أهم الفروق بين الامتزاز الفيزيائي والامتزاز الكيميائي (66،67).

جدول 3.1 أهم الفروقات بين خصائص الامتزاز الفيزيائي والكيميائي

الامتزاز الكيميائي	الامتزاز الفيزيائي	الخصائص
--------------------	--------------------	---------

أنواع الروابط	طبيعة القوى الرابطة تكون قوى ضعيفة متمثلة بقوى فاندر فال	طبيعة القوى الرابطة تكون قوية ومتمثلة بأواصر كيميائية
درجة الحرارة	ضعيفة نسبياً مقارنة بدرجة غليان المادة الامتزة، عملية غير نوعية ممكن حدوثه تحت أي شروط	مرتفعة جداً مقارنة بدرجة غليان المادة الامتزة، ويجب توافر شروط معينة لحدوثه
طاقة التنشيط	لا يحتاج إلى تنشيط	يحتاج إلى تنشيط
الحركية	سريعة عن درجة الحرارة	بطيئة جداً
نوع التكوين	تكوين أحادي ومتعدد الطبقة	تكوين أحادي الطبقة

1-6-3 الامتزاز في المحلول:

تعد عملية الامتزاز بين المادة المازة والمحلول ذات أهمية بالغة، ولكن مازال فهمها محدوداً، على الرغم من توافر بحوث عديدة منشورة في هذا المجال، إلا أن معظم الدراسات التي تناولت هذا الموضوع كانت مهتمة بسطح الكربون غير القطبي⁽⁶⁸⁾.

وتشمل عملية الامتزاز في المحلول تكوين طبقة امتزازية واحدة (امتزاز أحادي الجزيئة Unimolecular)، وتكون في تماس مع سطح المادة الصلبة، والطبقات الأخرى تكون داخل المحلول، وتكون ضعيفة الارتباط بالطبقة الجزيئية، وإما أن تكون طبقة بسبك عدة جزيئات (امتزاز متعدد الجزيئات Multi molecular)، حيث أن الفعل المتبادل بين المذاب والمادة الصلبة يقل عند تجاوز سمك الطبقة الجزيئية الواحدة⁽⁶⁹⁾، وهذا النوع من الامتزاز هو عملية توزيع المذاب بين حجم المحلول وطور السطح البيئي، وهو يتأثر بدرجة الحرارة والتركيز، كما أن كمية الامتزاز تتضاءل بوجه عام مع ازدياد درجة الحرارة، وتزداد مع ازدياد التركيز⁽⁷⁰⁾.

1-6-4 العوامل المؤثر في عملية الامتزاز:

أ- تأثير زمن التلامس:

هو الزمن الذي يحصل خلاله التوازن بين المادة الممتزة والمادة المازة، أو بمعنى آخر هي الفترة الزمنية التي لا يوجد بعدها انخفاض في تركيز المحلول، وهذا الوقت قد يكون ساعات أو أياماً أو حتى أسابيع⁽⁷¹⁾.

ب- تأثير كمية المادة المازة:

كلما زادت كمية المادة المازة زادت المساحة السطحية والمواقع النشطة للامتزاز وبالتالي تزداد نسبة الامتزاز⁽⁷²⁾.

ج- تأثير حجم الحبيبات:

يعد حجم الحبيبات من العوامل المهمة في الامتزاز، حيث تزداد المساحة السطحية للسطح الماز بنقصان حجم دقائق المادة المازة، وهذا يؤدي إلى زيادة في سعة الامتزاز بسبب زيادة عدد المواقع الفعالة على السطح الماز (73).

د- تأثير التركيز على عملية الامتزاز:

كلما زاد تركيز المادة الممتزة قلت نسبة الامتزاز، مما يعني أن المحاليل الأقل تركيزاً هي الأعلى في نسبة الامتزاز (72).

ه- تأثير درجة الحرارة:

تؤثر درجة الحرارة على كل من مدى ومعدل الامتزاز الذي يحدث، إذ يزداد معدل الامتزاز مع ارتفاع درجة الحرارة، وينخفض مع انخفاض درجة الحرارة، على الرغم من ذلك فإن عملية الامتزاز تعد عملية طارده للحرارة (Exothermic)، ومدى الامتزاز في درجات الحرارة المنخفضة سوف يزداد وينخفض مع ارتفاع درجة الحرارة (74،75).

و- تأثير الأس الهيدروجيني pH:

يؤثر تغير حامضية المحلول (فعالية أيون الهيدروجين) في عملية الامتزاز، وذلك يحدث بسبب تأثير الأس الهيدروجيني على المادة الممتزة والسطح الماز والمذيب، هذا التأثير يظهر من خلال تنافس المادة الممتزة والسطح الماز والمذيب على أيونات H^+ و OH^- ، ونتيجة لذلك فإنها تؤثر إيجاباً أو سلباً على عملية الامتزاز، وتؤثر أيضاً على سلوك أيزوثيرمات الامتزاز، وفي كمية أو سعة المادة الممتزة (76).

ز- طبيعة السطح الماز:

يتأثر الامتزاز بطبيعة السطح الماز ووجود مجاميع قطبية على السطح، فالسطوح التي تتضمن مجاميع قطبية تميل إلى امتزاز المكونات الأكثر قطبية في المحلول، وكذلك يتأثر الامتزاز بوجود شحنة عالية على السطح وبالمساحة السطحية، ووجود المسامات وحجمها وتوزيعها على السطح من حيث الانتظام والتجانس أو عدمه. السطوح المسامية توفر مساحة سطحية أكبر للامتزاز، وهذا يعتمد على حجم الجزيئات الممتزة وأشكال المسامات ومقاساتها، كما أن تجانس السطح يجعل أشكال أيزوثيرمات الامتزاز أكثر انطباقاً مع الأشكال النظرية، والخصائص الفيزيائية للسطح الماز كالمسامية والمساحة السطحية تحدد المساحة المتوفرة للامتزاز، بينما الطبيعة الكيميائية للسطح تحدد فعالية السطح لامتزاز مادة ما (77).

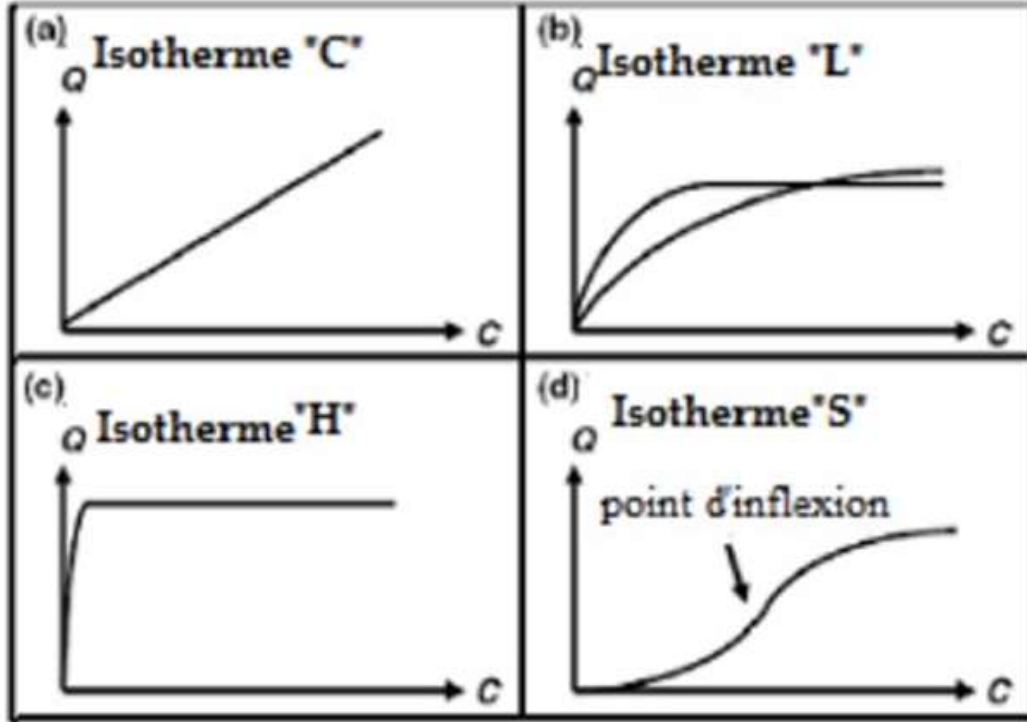
ح- طبيعة المادة الممتزة:

تتأثر عملية الامتزاز بطبيعة المادة الممتزة من حيث خصائصها الفيزيائية والكيميائية فالتركيب الجزيئي للمادة الممتزة له دور في تقدير درجة الامتزاز، وعموماً المركبات المتفرعة أكثر امتزازاً من مستقيمة السلسلة، والجزيئات الأقل من حيث القطبية والذوبانية تميل إلى أن تكون أكثر امتزازاً، وإذا أخذنا بعين الاعتبار حجم مسامات السطح الماز فإن الجزيئات الأكبر حجماً تمتز أكثر من الأصغر حجماً والتي

لها نفس الطبيعة الكيميائية، ويزداد الامتزاز بزيادة الوزن الجزيئي ما لم يتعارض مع أقطار المسامات على السطح الماز، وتمتد الدقائق المشحونة (الأيونات) بشكل أقل من غير المشحونة (78).

5-6-1 أيزوثيرم الامتزاز:

أيزوثيرم: هو عبارة عن منحنى يمثل العلاقة بين كمية المادة الممتزة والتركيز المتبقي في المحلول عند الاتزان (23)، كذلك هو وصف لعملية امتزاز في حالة توازن بين المحلول والطور الصلب للسطح الماز، وتعرف أيضاً العلاقة بين كمية المادة الممتزة على السطح والضغط (في حالة الغاز) وتركيز الاتزان (في حالة المحلول) للمادة الممتزة عند درجات حرارة ثابتة بأيزوثيرم الامتزاز، هناك أشكال عديدة من أيزوثيرمات الامتزاز، تعددها يفيد في الحصول على معلومات تخص توجه الجزيئات الممتزة على السطح الماز، وتعيين نوع الامتزاز وتعيين سمك طبقة الامتزاز، فضلاً عن دراسة الترموديناميكية الخاصة بعملية الامتزاز، استند العالم جيلز (Giles) (79)، وصنف الأيزوثيرمات إلى أربعة أصناف وهي H ، C ، S ، L (16) الموضحة في الشكل 2.1.



شكل 2.1: أصناف أيزوثيرمات الامتزاز

أ- أيزوثيرم النوع " C ":

المنحنى عبارة عن خط مستقيم، وهو يمثل النسبة بين تركيز المادة الممتزة والتركيز المتبقي في المحلول ويستخدم هذا النوع في حالة التراكيز المنخفضة.

ب- أيزوثيرم النوع " L " :

في هذا المنحنى يقل الميل بزيادة تركيز المحلول حيث تقل مواقع الامتزاز الخالية نتيجة ملئ هذه المواقع باستخدام التركيز المنخفض.

ج- أيزوثيرم النوع " H " :

يمثل هذا المنحنى العلاقة القوية بين تركيز المادة الممتزة في المحلول وكمية المادة الممتزة على السطح، وهو يمثل حالة خاصة من النوع L، حيث أن مواقع الامتزاز على سطح المادة الممتزة في البداية تكون سريعة الامتزاز وعند تشبع الجزيئات تثبت مهما زاد تركيز المادة الممتزة.

د- أيزوثيرم النوع " S " :

ينقسم هذا المنحنى إلى شقين الشق الأول يعبر عن بداية الامتزاز، فنجد أنه كلما زاد تركيز المادة الممتزة زادت كمية الامتزاز وعند مرحلة التشبع الكلي لجزيئات المادة الممتزة (نقطة الانعطاف)، يأتي الشق الثاني والذي تثبت فيه كمية الامتزاز مهما زاد التركيز والذي يدل على أن نقص تركيز المحلول يؤثر على الامتزاز بشكل كبير فكلما زاد تركيز المادة الممتزة زادت كمية الامتزاز.

1-6 نماذج الأيزوثيرم:

تم اقتراح عدة قوانين لدراسة الامتزاز وتطورت العديد من النماذج لوصف عملية الامتزاز، ولعل أكثرها شيوعاً ونجاحاً تلك التي تعتمد على التوزيع المتوازن للمذيب بين السطح الماز والمذيب، ومن أشهر هذه النماذج نموذجي لانجمير وفرندليش⁽²³⁾.

أ- نموذج لانجمير:

وضع العالم لانجمير (Langmuir) عام 1916م معادلة خاصة لعملية الامتزاز⁽⁸⁰⁾، يفترض فيها أن الامتزاز يحدث في طبقة وحيدة على سطح الصلب مع مواقع متجانسة متطابقة، كما يشير إلي أنه لا يوجد امتزاز آخر يحدث بمجرد تغطية المواقع النشطة بالجزيئات، ويتم تقديم الأيزوثيرم المشبع أحادي الطبقة بالمعادلة التالية⁽⁸¹⁾:

$$Q_e = \frac{Q_m b C_e}{1 + b C_e} \dots \dots \dots (5)$$

حيث C_e تركيز الممتز في المحلول عند الإيزان (mg/L)، Q_e الكمية الممتزة عند التوازن (mg/g)، Q_m السعة العظمى للامتزاز (mg/g)، و b عبارة عن ثابت لانجمير متعلق بطاقة وقدرة الامتزاز (L/mg). المعادلة الخطية لنموذج لانجمير تعطي كما يلي:

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{Q_m b} + \frac{C_e}{Q_m} \dots \dots \dots (6)$$

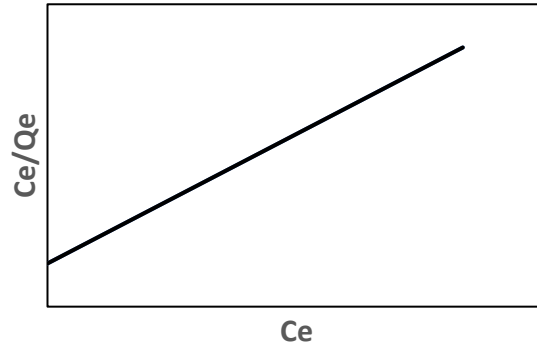
من خصائص نموذج لانجمير هو حساب معامل التوازن أو الثابت اللابيدي R_L ، والذي يوفر معلومات عن قابلية الامتزاز، ويحسب بالعلاقة التالية:

$$R_L = \frac{1}{1 + bC_o} \dots \dots \dots (7)$$

حيث C_o التركيز الأولي للممتز في المحلول (mg/L)، يكون الامتزاز ملائم في حالة قيمة R_L أقل من واحد، بينما يكون غير ملائم في حالة R_L أكبر من واحد⁽⁸²⁾.

ومن الصيغة الخطية لمعادلة لانجمير، تحسب ثوابت لانجمير (b, Q_m)، والتي يمكن الحصول عليها من رسم C_e/Q_e مقابل C_e ، فتحصل على خط مستقيم ميله يساوي $\frac{1}{Q_m}$ ، والتقاطع يساوي $\frac{1}{Q_{mb}}$ ⁽⁸³⁾،

كما في الشكل 3.1.



شكل 3.1: الصورة الخطية لايزوثيرم لانجمير

ب- نموذج فرنديش:

قام العالم الألماني فرنديش (Freundlich) عام 1926م بوضع معادلة والتي تعد من أهم المعادلات التي استخدمت بنجاح في عملية الامتزاز في المحلول، واستند إلى القياسات التجريبية في اقتراحاته⁽⁸⁴⁾، معادلة فرنديش وضعت لتمثيل التغيير في كتلة المادة المازة أو وحدة المساحة مع التركيز عند التوازن، إذ افترض فرنديش أغلب السطوح الصلبة غير متجانسة، أي أن التغيير في الطاقة الكامنة يكون غير منتظم، وذلك بسبب تباين مواقع الامتزاز في مستوياتها الطاقية⁽⁸³⁾. يتمثل افتراض فرنديش لمعادلة الأيزوثيرم بالمعادلة الآتية:

$$Q_e = k_f C_e^{1/n} \dots \dots \dots (8)$$

إذ أن:

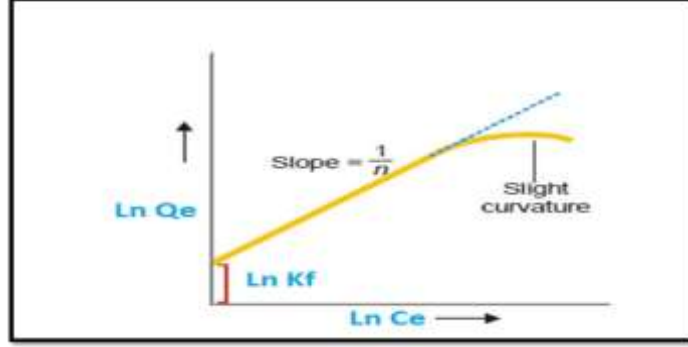
Q_e : كمية المادة الممتزة عند الاتزان بوحدة mg/g.

C_e : كمية التركيز عند الاتزان بوحدة mg/L.

n, k_f : هي ثوابت فرنديش التي تعتمد قيمتها على درجة حرارة وطبيعة السطح الماز والمادة الممتزة. من الممكن الحصول على القيم لثوابت فرنديش من خلال الصيغة اللوغاريتمية للمعادلة التالية:

$$\ln(Q_e) = \ln(k_f) + (1/n)\ln(C_e) \dots \dots \dots (9)$$

والمعادلة أعلاه من الممكن تمثيلها بشكل منحني من خلال رسم $\ln Q_e$ مقابل $\ln C_e$ ، فيتم الحصول على خط مستقيم ميله هو $\frac{1}{n}$ وتقاطعها $\ln K_f$ في حالة التراكيز الواطئة، أما في حالة التراكيز العالية (في حالة الغازات ذات الضغط العالي) سوف يحصل انحناء طفيف عن الخط المستقيم ولا سيما في درجات الحرارة العالية (86,85) كما في الشكل 4.1.

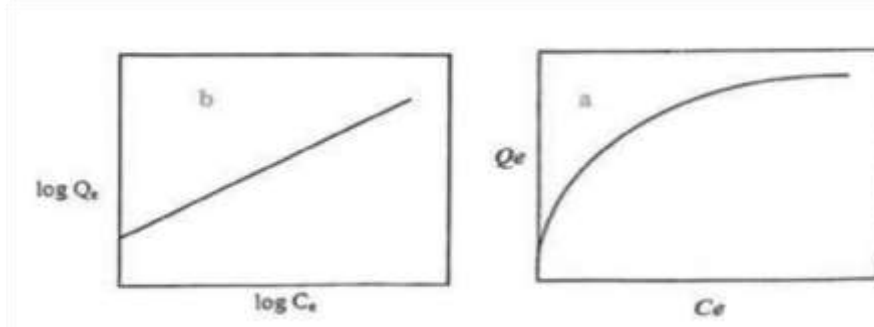


شكل 4.1: الصورة الخطية لآيزوتيرم فرنديش للامتزاز

ويمكن الحصول على صورة أخرى للمعادلة بأخذ لوغاريتم الطرفين للمعادلة 9 فتصبح كالآتي:

$$\log Q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \dots\dots\dots(10)$$

وبرسم $(\log Q_e)$ مقابل $(\log C_e)$ نحصل على خط مستقيم ميله $(1/n)$ وتقاطعها $(\log K_f)$ وكما موضح في الشكل 5.1، حيث k_f يمثل مقياساً لسعة الامتزاز وقيمة الميل $(1/n)$ مقياساً لشدة الامتزاز.



الشكل 5.1: (أ) آيزوتيرم الامتزاز. (ب) الصورة الخطية لآيزوتيرم فرنديش للامتزاز

7-1 حركية الامتزاز:

تعرف حركية الامتزاز بأنها سرعة سحب الجزيئات الممتزة من المحلول، والتصاقها بالمادة المازة بعد التغلب على كل القوى الجزيئية البينية والضمنية التي تعيق عملية الامتزاز في المحلول، ولحركية الامتزاز أهمية كبيرة فهي تحدد المدة الزمنية التي تحدث خلالها عملية الامتزاز، والوصول إلى حالة الاتزان، والتي تتوقف بعدها عملية الامتزاز، أن سرعة الامتزاز العالية تعطي في البداية خطأ مستقيماً حاداً عند رسم العلاقة بين كمية المادة الممتزة والتركيز، في حين أن السرعة الواطئة للامتزاز تعطي خطأ أكثر

انحناء وتوسعا، ويمكن التغلب على هذا الانحناء إما بزيادة كمية المادة الممتزة، أو بزيادة المدة الزمنية للامتزاز، أن كلا الخيارين يؤثر على كمية المادة المازة المستخدمة والمطلوبة، وأن زيادة المدة الزمنية لعملية الامتزاز يجعل كمية المادة المازة المستهلكة أكبر، وعلى الرغم من ذلك فقد تم استخدام الدراسات الحركية كأساس لعمليات الفصل بالامتزاز، ويعد الانتشار البطيء لأي مادة ممتزة حالة سلبية، والتي يتم التغلب عليها باستخدام جزيئات صغيرة الحجم، إلا أن ذلك يتسبب بخسارة في كفاءة الامتزاز، ويمكن التغلب على ذلك باستخدام جزيئات كبيرة الحجم نسبياً مع زيادة كمية المادة المازة⁽⁸⁷⁾.

إن حركية الامتزاز تعتمد على عوامل عدة منها: تركيز المادة الممتزة، ومواقع السطح المشاركة في الامتزاز، ودرجة الحرارة ووجود العامل المساعد، لذلك يمكن التعامل مع حركية الامتزاز على أساس علاقات التفاعلات ذوات المرتبة الأولى والثانية⁽⁸⁸⁾.

1-7-1 نموذج الرتبة الأولى:

يتم التعبير عن هذا النموذج بشكل عام على النحو التالي:

$$\frac{dQ_t}{dt} = K_1(Q_e - Q_t) \dots \dots \dots (11)$$

حيث Q_e : كمية المادة الممتزة عند الاتزان بوحدة mg/g.

Q_e : كمية المادة الممتزة عند الزمن t بوحدة mg/g.

K_1 : ثابت معدل سرعة الامتزاز من المرتبة الأولى بوحدة min^{-1} ، ونحصل على قيمة الميل عند

الرسم $\ln(Q_e - Q_t)$ مقابل الزمن t.

يعبر عن المعادلة الخطية لتفاعلات الرتبة الأولى بإحدى المعادلات التالية:

$$\log(Q_e - Q_t) = \log Q_e - \frac{k_1}{2.303} t \dots \dots \dots (12)$$

$$\ln(Q_e - Q_t) = \ln Q_e - k_1 t \dots \dots \dots (13)$$

2-7-1 نموذج الرتبة الثانية:

يتم التعبير عن هذا النموذج بالعلاقة التالية:

$$\frac{dQ_t}{dt} = k_2(Q_e - Q_t)^2 \dots \dots \dots (14)$$

حيث k_2 هو ثابت السرعة للرتبة الثانية ($\text{g. mg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)، بعد التكامل تنتج العلاقة الخطية لهذا

النموذج .

$$\frac{t}{Q_t} = \frac{1}{k_2 Q_e^2} + \frac{1}{Q_e} t \dots \dots \dots (15)$$

من ميل الخط المستقيم يتم الحصول على قيمة Q_e ، أما قيمة $\frac{1}{k_2 Q_e^2}$ فيتم الحصول عليها من التقاطع، وعند التعويض نحصل على ثابت معدل سرعة الامتزاز من المرتبة الثانية (k_2)، توصف ($k_2 Q_e^2$) بأنها تمثل السرعة الابتدائية للامتزاز عند الزمن $(t=0)$ (90,89).

8-1 ثيرموديناميكية الامتزاز:

تعكس الدراسة الديناميكية الحرارية جدوى وطبيعة تلقائية لعملية الامتزاز، ويمكن حساب هذه الدوال المتمثلة في الطاقة الحرة (ΔG)، والتغير في الإنثالبي (ΔH) والاختلاف في الإنتروبي (ΔS) والتي يمكن أن تكون مقدره من ثوابت التوازن عند درجات حرارة مختلفة. وتعطي علاقة ثابت الاتزان K_C كما يلي:

$$K_C = \frac{Q_e}{C_e} \dots \dots \dots (16)$$

يمثل Q_e ، C_e على التوالي تركيز الممتز في المحلول عند التوازن (mg/L) والكمية الممتزة على السطح الماز لكل لتر من المحلول (mg/L) (82,91)، ولتقدير الاختلاف في الطاقة الحرة للتفاعل (ΔG) يتم إعطاء الامتزاز بواسطة المعادلة 1 سابقة الذكر:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \dots \dots \dots (1)$$

حيث: ΔS التغير في الإنتروبي ($J mol^{-1}K^{-1}$)، ΔH : التغير في الإنثالبي ($kJ mol^{-1}$). وبشكل عام، ظاهرة الامتزاز مصحوبة دوماً بعملية حرارية، يمكن أن تكون طارد للحرارة ($\Delta H < 0$) أو ماصه للحرارة ($\Delta H > 0$).

فالعوامل الحرارية توضح تأثير درجة الحرارة، والتي نستطيع تعيينها من العلاقة التالية (92,93):

$$\Delta G = - RT \ln K_C \dots \dots \dots (3)$$

من هاتين المعادلتين يمكن ربط المعاملات الديناميكية الحرارية بثابت الاتزان أو بمعامل توزيع الثيرموديناميكي (K_C) بالمعادلة 17 التالية (94):

$$\ln K_C = \frac{\Delta S^\circ}{R} - \frac{\Delta H^\circ}{RT} \dots \dots \dots (17)$$

ويوضح الجدول 4.1 دلالات الدوال الثيرموديناميكية (95).

جدول 4.1 دلالات الإشارة للدوال الترموديناميكية (ΔG ، ΔS ، ΔH)

الدوال الترموديناميكية	الإشارة	دلالتها
ΔH التغير في الإنثالبي	(+)	تفاعل ماص للحرارة
	(-)	تفاعل طارد للحرارة
ΔS التغير في الإنتروبي	(+)	تفاعل عشوائي
	(-)	تفاعل نظامي
ΔG التغير في الطاقة الحرة	(+)	تفاعل غير تلقائي
	0	النظام في حالة أتران
	(-)	تفاعل تلقائي

9-1 الدراسات السابقة:

لقد وجدت العديد من الدراسات السابقة التي تطرقت لامتراز صبغة الكونغو الحمراء من محاليلها المائية، وقد تنوعت هذه الدراسات بين العربية والأجنبية، حيث وجدت دراسة استخدم فيها مخلفات الشاهي كمادة مازة لامتراز صبغة الكونغو الحمراء من المحاليل المائية، وتمت دراسة تأثير كمية المادة المازة، وزمن التماس، وتركيز الصبغة الابتدائي، ودرجة الحرارة، والأس الهيدروجيني، وبينت نتائج الدراسة أن الامتراز ينطبق مع نموذج لانجمير، وأن عملية الامتراز كانت ماصة للحرارة وتلقائية، وأن كمية المادة المازة المثالية هي 0.7 g وأن المعالجة الفيزيائية للمادة المازة تزيد من سعة الامتراز من 32.26 mg/g إلى 43 mg/g⁽⁹⁶⁾.

في دراسة مشابهة تم امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على سطح جاف وفحم قشور البازلاء الخضراء، وظهرت نتائج الدراسة أن الزمن اللازم للوصول الامتراز إلى الاتزان هو 30min، وكان الامتراز يتبع أيزوثيرم لانجمير عند استخدام مسحوق القشور الجافة، ويتبع أيزوثيرم فرنديش عند استخدام فحم القشور، أما من الناحية الترموديناميكية فقد أوضحت النتائج أن تفاعل الامتراز الحاصل يحدث بشكل تلقائي على سطح فحم قشور البازلاء الخضراء، ومن النوع الماص للحرارة عند استخدام المسحوق الجاف، وطارده للحرارة عند استخدام الفحم، ومن ناحية الحركية فقد كان التفاعل من الرتبة الثانية⁽⁹⁷⁾. أما عند استخدام قشور البطاطا (*Solanum Tuberosum Peels*) والبازلاء (*Pisum Sativum Peels*) تمت إزالة صبغة الكونغو الحمراء من محلولها المائي، وتم في هذه الدراسة التعرف على تأثير العوامل المختلفة، فكانت الظروف المثلى لكمية للمادة المازة لقشور البطاطا هي 0.8g، والبازلاء 0.6g، وزمن التلامس عند استخدام قشور البطاطا كان 50min، والبازلاء 35min، والأس الهيدروجيني كانت للبطاطا (pH=3) والبازلاء (PH=2)، ودرجة الحرارة 30°C لكل منهما على التوالي، وأشارت دراسة الأيزوثيرم أن بيانات الاتزان ملائمة لنموذج لانجمير أكثر من نموذج فرنديش، وكان تفاعل الامتراز الحاصل تلقائي

وطارد للحرارة، وسعة الامتزاز القصوى (Q_{max}) لقشور البطاطا والبازلاء قد وجد 6.9mg/g و 16.4mg/g على التوالي⁽⁹⁸⁾.

هنالك وجدت دراسة أخرى تم فيها تقييم قدرة مسحوق قشرة بذور الكاكاو كمادة مازة حيوية لصبغة الكونغو الحمراء في وسط مائي، وظهرت تأثيرات العوامل على قدرة الامتزاز لصبغة الكونغو الحمراء باستخدام قشرة بذور الكاكاو غير خطية، ويمكن وصف حركية الامتزاز بواسطة نموذج الرتبة الثانية الكاذبة⁽⁹⁹⁾. وفي دراسة أخرى تم فيها استخدام قشور القهوة غير المعالجة لامتزاز صبغة الكونغو الحمراء، ووجدت الدراسة أن أعلى سعة امتزاز للصبغة كانت عندما كان تركيز الصبغة 50mg/L وحجم حبيبات المادة المازة $89\mu\text{m}$ وفي وسط حمضي ضعيف ($\text{pH}=6$)، وكانت النتائج تتبع آيزوثيرم لانجمير مع سعة امتزاز عظمى بلغت 38.65 mg/g عند درجة حرارة 303K ، أما بالنسبة لقيم الدوال الترموديناميكية التي تم الحصول عليها فقد أوضحت أن عملية الامتزاز تلقائية وماصة للحرارة ويفضل درجات الحرارة العالية، في حين أظهرت البيانات الحركية أنها تتبع النموذج الحركي لتفاعلات الرتبة الثانية الكاذبة، كما أكدت الدراسة على إمكانية استخدام مخلفات القهوة المستعملة في امتزاز الألوان من المياه⁽¹⁰⁰⁾.

كذلك تم دراسة قدرة قشور الليمون الحامض المطحونة كمادة مازة (Citrus Limtta peel powder) على إزالة صبغة الكونغو الحمراء الأيونية من محلولها المائي، وتم استخدام تقنيات الأشعة تحت الحمراء (FTIR) والمجهر الإلكتروني الماسح (SEM) لتنفيذ الدراسة السابقة، وقد أظهرت النتائج أن أفضل زمن تلامس هو 90 min عند استخدام تركيز ابتدائي 10 ppm والأس الهيدروجيني $\text{pH}=4$ ، وفي درجة الحرارة $60\text{ }^\circ\text{C}$ ، كما أظهرت الرسوم البيانية للنموذجين أن كل من الامتزاز الفيزيائي والكيميائي كأنا ممكنين، وتشير القيم السالبة لـ ΔG أن تفاعل الامتزاز كان تلقائي، في حين أن البيانات الحركية تتطابق مع النموذج الحركي لتفاعلات الرتبة الثانية الكاذبة، ونظرا للقدرة العالية على إزالة صبغة الكونغو الحمراء من المخلفات الصناعية، فقد أشارت الدراسة إلى أن قشور الليمون الحامض المطحون يمكن استخدامها لمعالجة مياه الصرف الصناعي الناتج من صناعات النسيج والصبغ⁽¹⁰¹⁾.

أما عند استخدام مسحوق نبات الملفوف الجاف (Cabbage waste powder)، أظهرت نتائج الدراسة أن الامتزاز يزداد بزيادة وزن المادة المازة المستخدم، وتركيز الصبغة، والأس الهيدروجيني، ويقل مع حجم الحبيبات ودرجة الحرارة، واتفقت النتائج مع معادلة لانجمير الخطية، وكانت حركية الامتزاز تتفق مع معادلة الرتبة الثانية الكاذبة⁽¹⁰²⁾. كذلك تمت دراسة امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على لحاء الصنوبر كسطح ماز متوفر وقليل التكلفة، وتضمنت الدراسة تحديد ظروف الامتزاز المثلي، حيث تمت دراسة تأثير الأس الهيدروجيني، وتركيز الصبغة الابتدائي، وزمن الاتزان، ودرجة الحرارة، وأوضحت النتائج أن سعة الامتزاز تراوحت بين 0.3mg/g و 1.6mg/g اعتمادا على العوامل المؤثرة سالفة الذكر، كما أوضحت أن حركية تفاعل الامتزاز هذا يتبع الدرجة الثانية الكاذبة، وأن عملية الامتزاز تتبع نموذج فرنديش، أما الدراسة الديناميكية الحرارية تشير إلى أن الامتزاز تلقائي وطارده للحرارة بطبيعته⁽¹⁰³⁾. تم دراسة قدرة الفحم الحيوي المحضر من قشور البرتقال والمعدل ب (CTAB hexadecyl

دراسة العوامل المؤثر على الامتزاز مثل تركيز الصبغة، زمن التماس والأس الهيدروجيني، وظهرت النتائج أن عملية الامتزاز تتبع لمعادلة الرتبة الثانية الكاذبة وتتبع آيزوتيرم لانجمير⁽¹⁰⁴⁾.

من ناحية أخرى فقد استخدم الكربون المنشط المحضر من قشور الهيل الأسود لإزالة صبغة الكونغو الحمراء من محاليلها المائية، وكانت أقصى سعة للامتزاز هي 69.93 mg/g عند pH=6، ودرجة حرارة 30 °C، وحركية الامتزاز تتفق مع معادلة الرتبة الثانية الكاذبة، أما قيم (ΔG , ΔH , ΔS) فهي تشير إلى أن عملية الامتزاز تلقائية وطارده الحرارة⁽¹⁰⁵⁾.

استخدم الكربون المنشط المحضر من احد نباتات الزينة (*Maranta arundinacea*) في إزالة صبغة الكونغو الحمراء من محاليلها المائية، في ظل ظروف تجريبية مختلفة، وتمت دراسة تأثير تركيز الصبغة، وزمن التماس، ودرجة الحرارة وكمية المادة المازة على إزالة الصبغة، وأوضحت النتائج أن سعة امتزاز الصبغة على السطح الماز قد بلغت 79.3mg/g، اما دراسة حركية التفاعل فقد وجد أن التفاعل يتبع تفاعلات الرتبة الثانية، وأشارت الدراسة الديناميكية الحرارية إلى أن عملية الامتزاز كانت تلقائية وطارده الحرارة⁽¹⁰⁶⁾. في دراسة امتزاز صبغة الكونغو الحمراء من المحلول المائي على قشور اللوبيا المنشط (ACPH)، وتم دراسة الامتزاز كدالة لكمية المادة المازة، والأس الهيدروجيني، وتركيز الصبغة، وزمن التلامس، ووجد أن سعة الامتزاز تتفاوت خطيا مع كمية المادة المازة، وتركيز الصبغة مع مرور الزمن، وأظهرت النتائج أنه تم الحصول على أقصى سعة امتزاز 24.3157mg/g عند زمن التلامس 60min، وكمية المادة المازة 0.1g، ووجد أن الامتزاز يتناسب بشكل جيد مع نموذج لانجمير، واتفقت البيانات الحركية بشكل جيد مع معادلة الرتبة الثانية الكاذبة بمعامل ارتباط $R^2 = 0.994$ ، وأشارت الدراسة الديناميكية الحرارية إلى أن عملية الامتزاز كانت تلقائية وماصة للحرارة⁽¹⁰⁷⁾. في دراسة أخرى تم تحضير الكربون المنشط من قشور أوراق نبات الصبار، واستخدم كمادة مازة جيدة لإزالة صبغة الكونغو الحمراء من المحاليل المائية، وظهرت النتائج أن عملية الامتزاز تتبع آيزوتيرم فرنديش، وأن أفضل زمن للتماس هو 20min، وأن سعة الامتزاز قد بلغت 1850mg/g عند pH=2⁽¹⁰⁸⁾. باستخدام أغلفة بذور المورينجا (*Moringa oleifera*) المنشط كمادة مازة، تمت إزالة صبغة الكونغو الحمراء من محلولها المائي، وقد تم الحصول على نتائج جيدة عن قياس الخصائص الامتزازية والميكانيكية للنماذج المحضرة، حيث كانت حركية التفاعل ملاءمة مع معادلة الرتبة الثانية الكاذبة، وذلك لأن معاملات الارتباط كانت عالية عند كل درجات الحرارة المستخدمة، كما تم تشخيص وتوصيف السطح الماز قبل وبعد الامتزاز باستخدام تقنيات المجهر الإلكتروني الماسح (SEM)، وجهاز التحليل الطيفي والأشعة تحت الحمراء (FTIR)⁽¹⁰⁹⁾. واستخدمت هذه التقنيات أيضاً في تشخيص ووصف السطح الماز المحضر من قشور البيض، حيث تم استخدام قشور البيض كمادة مازة لإزالة صبغة الكونغو الحمراء من مياه الصرف الصحي، وظهرت النتائج أن أقصى امتزاز حيوي على قشور البيض كانت سعة الامتزاز 112 mg/g عند تركيز ابتدائي

10mg/L، وبنسبة 99.17% عند الأس الهيدروجيني 6.8، وكان أيزوثيرم الامتزاز يتبع نموذج لانجمير⁽¹¹⁰⁾.

تم استخدام المواد المعالجة في امتزاز الصبغة، حيث وجدت دراسة تم فيها استخدام السيلكا جل المعالجة (Amino-Functionalized Silica gel) لإزالة صبغة الكونغو الحمراء من المحاليل المائية في ظروف تجريبية مختلفة، وتضمنت الدراسة تأثير كل من درجة الحرارة، وزمن الامتزاز، وتأثير الأس الهيدروجيني، كما تم دراسة الخواص الحركية للامتزاز⁽¹¹¹⁾. أما عند استخدام الجسيمات النانوية في عمليات الامتزاز، حيث وجدت دراسة استخدام فيها أكسيد المغنسيوم النانوي لإزالة صبغة الكونغو الحمراء من المياه الملوثة، وتم اختبار تأثير زمن الاتزان، والأس الهيدروجيني، وتركيز الصبغة، ودرجة الحرارة على كفاءة الامتزاز، وظهرت النتائج أن أقصى سعة امتزاز بلغت 1100mg/g عند درجة حرارة 40 °C، وظهرت دراسة الأيزوثيرم أنه يتبع نموذج لانجمير، وأن آلية الامتزاز تمر بعملية كيميائية، وكانت عملية الامتزاز تلقائية وماصة للحرارة، أما حركية الامتزاز فكانت من الرتبة الثانية الكاذبة، وأشارت النتائج إلى أن المواد النانوية أظهرت خواص سطحية مختلفة⁽¹¹²⁾.

10-1 أهداف الدراسة:

- 1- تحديد كفاءة امتزاز صبغة الكونغو الحمراء من محاليلها المائية باستخدام مواد مازة طبيعية (قشور الفول السوداني- قشور الفستق- قشور اللوز)، ودراسة الظروف المثلى لعملية الامتزاز من خلال دراسة تأثير بعض العوامل (زمن التلامس بين الصبغة والسطح الماز- حجم حبيبات السطح الماز- كمية المادة المازة- تركيز الصبغة- الرقم الهيدروجيني لمحلول الصبغة- درجة الحرارة) على كفاءة الامتزاز للأسطح المازة.
- 2- التعرف على أيزوثيرم وثيرموديناميكية الامتزاز، ودراسة حركية تفاعل الامتزاز للصبغة على الأسطح المازة.
- 3- المساهمة في إيجاد حلول لتلوث المياه والتخلص من الأصباغ بطرق بسيطة وطبيعية وبأقل تكلفة وغير ضارة بالبيئة.

الفصل الثاني
الجزء العملي

1-2 الأدوات والأجهزة المستخدمة:

تم في هذه الدراسة استخدام بعض الأدوات والأجهزة وهي:

- زجاجيات مختلفة (كؤوس، دوارق قياسية حجمية، أقماع ترشيح).
- أوراق ترشيح Filter paper.
- فرن تجفيف. Drying oven.
- فرن حرق Furnace Burning.
- حمام مائي مزود بهزاز. Water and Shaking bath.
- جهاز الأشعة فوق البنفسجية والمرئية Ultra Violet-Visible (UV-Vis).
- ميزان كهربائي حساس Sartorius Electronic balance.
- جهاز الأس الهيدروجيني PH Meter.
- مناخل Sieves.
- هاون Pestle.

2-2 المواد الكيميائية المستخدمة في الدراسة:

استُعملت في هذا البحث مواد كيميائية على درجة عالية من النقاوة من عدة شركات، والجدول 1.2 يوضح المواد الكيميائية المستعملة والشركات المصنعة لها.

جدول 1.2 المواد الكيميائية المستخدمة في الدراسة

الشركة المصنعة	الصيغة الكيميائية	المادة الكيميائية
Riedel-de Haën	HCl	حمض الهيدروكلوريك Hydrochloric acid
Laboratory reagent	$C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6S_2$	صبغة الكونغو الحمراء Congo red dye
Riedel-de Haën	NaOH	هيدروكسيد الصوديوم Sodium hydroxide

3-2 طرق العمل:

لإنجاز هذه الدراسة تم المرور بعدة مراحل، أولها تحضير المواد المازة انطلاقاً من المادة الخام، يلي ذلك دراسة عملية الامتزاز من خلال سلسلة تجارب مخبرية.

2-3-1 جمع وتجهيز الأسطح المازة:

تم جمع المادة المازة والتي عبارة عن قشور (الفول السوداني، الفستق، واللوز) من أسواق مدينة زليتن خلال شهر يوليو لسنة 2024م، وتم تنظيفها وغسلها عدة مرات تم غسلها بالماء المقطر وتجفيفها في الشمس، ثم عند درجة حرارة 80°C لمدة 4 ساعات في الفرن، حيث تم استخدام جزء منها كمادة مازة جافة وتم طحنها ونخلها باستخدام مناخل ذات احجام مختلفة، وحفظ كل حجم على حدا إلى حين استخدامها، والجزء الآخر كمادة مازة في صورة فحم لقشور المواد المدروسة، والتي تم تحضيرها عن طريق حرق جزء من المواد الجافة للقشور في فرن عند درجة حرارة 550°C في معزل عن الهواء لمدة ساعتين، ثم تم طحنها ونخلها بعدة أحجام للحصول على حجم الحبيبات المطلوب، وبعد ذلك حفظت في حاويات محكمة الإغلاق إلى حين استعمالها في عمليات الامتزاز.

2-3-2 تحضير المحلول القياسي من الصبغة:

لأجل دراسة الامتزاز تم تحضير محلول مائي لصبغة الكونغو الحمراء، ليكون هذا محلول بمثابة ماء ملوث بالصبغة. حيث تم تحضير محلول قياسي من صبغة الكونغو الحمراء بتركيز 1000ppm، عن طريق اذابة 1g من الصبغة في 1L من الماء المقطر، وباستخدام هذا المحلول تم تحضير سلسلة من المحاليل القياسية الأخرى المستعملة في الدراسة.

2-3-3 تحديد الطول الموجي الأعظم وتعيين المنحنى القياسي للصبغة:

تم تحديد الطول الموجي الأعظم للصبغة (λ_{max})، عن طريق قياس الامتصاص لمحلول الصبغة ذو التركيز 10mg/L بواسطة جهاز مطياف الأشعة المرئية وفوق البنفسجية في مدى الأطوال الموجية من 400nm إلى 600nm، ورسمت العلاقة بين الامتصاص والطول الموجي، ومن الرسم يتم تحديد الطول الموجي الأعظم، حيث أن الطول الموجي ذو الأعلى امتصاص يمثل الطول الموجي الأعظم (λ_{max}). ولتعيين المنحنى القياسي للصبغة (منحنى المعايرة)، تم الحصول عليه من خلال رسم العلاقة بين امتصاصية سلسلة من المحاليل القياسية عند الطول الموجي المساوي لـ λ_{max} مقابل تركيزها، ويمثل ميل الخط المستقيم الناتج الامتصاصية لكل وحدة تركيز.

2-3-4 دراسة تأثير زمن التلامس على الامتزاز:

لدراسة تأثير زمن التلامس، تم استخدام 8 دوارق تحتوي على محاليل الصبغة الموحدة التركيز والحجم (التركيز 40mg/L والحجم 30ml)، ووضعت هذه المحاليل في تماس مع الأسطح المازة ذات حجم الحبيبات الأقل من 200µm والأكبر من 125µm، واستخدم 0.1 g من المادة المازة الجافة وكذلك 0.1 g في حالة الفحم، ثم وضعت في حمام مائي مزود بجهاز هزاز عند درجة حرارة 25°C، ثم اخذت العينات عند الأزمنة 0، 10، 20، 30، 40، 50، 70، 90min، ورشحت، وتم قياس الامتصاص لهذه المحاليل، وبالأستعانة بالمنحنى القياسي تم حساب تركيزها والذي يمثل التركيز المتبقي بعد الامتزاز او التركيز عند الاتزان (C_e)، ثم تم حساب سعة الامتزاز (Q_e) باستخدام المعادلة 18، وتم رسم العلاقة بين سعة الامتزاز (Q_e) مقابل الزمن، ومن الشكل الناتج تم تحديد زمن اتزان الامتزاز⁽¹¹⁾.

$$Q_e = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{M} \quad \dots \dots \dots (18)$$

حيث أن:

Q_e = سعة الامتزاز ، وهي كمية المادة الممتزة لكل وحدة وزن من المادة المازة (mg/g).

C_0 = التركيز الابتدائي للمادة الممتزة (mg/L or ppm).

C_e = التركيز عند الاتزان لمحلول المادة الممتزة (mg/L or ppm).

M = وزن المادة المازة (g).

V = حجم المحلول للمادة الممتزة المستخدم في الامتزاز (L).

2-3-5 دراسة تأثير كمية المادة المازة:

تمت دراسة تأثير كمية المادة المازة (الجافه، والفحم) على سعة الامتزاز (Q_e)، ونسب الامتزاز للصبغة (%R) (معادلة 19)، ، حيث تم أخذ 5 دوارق ووضع في كل دورق 30ml من محلول الصبغة ذو التركيز 40ppm ، مع الأوزان 0.1g ، 0.3g ، 0.5g ، 1.0g ، 2.0g على التوالي من مسحوق المادة المازة بنوعيه الجاف والفحم، ثم وضعت الدوارق في حمام مائي مزود بهزاز لفترة زمنية كافية للوصول لحالة الاتزان لتفاعل الامتزاز، بعد ذلك تم ترشيحها وقياس امتصاص محاليل الراشح، وحسب تركيز الصبغة المتبقي، وسعة الامتزاز، ثم رسمت العلاقة بين سعة الامتزاز مقابل كمية المادة المازة، ومن المنحنى الناتج تم تحديد أفضل كمية للمادة المازة⁽¹¹³⁾.

$$\% R = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \times 100 \quad \dots \dots \dots (19)$$

2-3-6 دراسة تأثير حجم حبيبات المادة المازة:

لدراسة تأثير حجم الحبيبات على عملية الامتزاز تم استخدام 6 دوارق ووضع في كل دورق 30ml من محلول الصبغة ذو التركيز 40ppm، ثم تم إضافة 0.1g من المادة المازة الجافة او الفحم بأحجام مختلفة بين (45-75 ، 75-125 ، 125-200 μm) تم وضعت الدوارق في حمام مائي مزود بهزاز عند درجة حرارة 25°C لفترة زمنية تم تحديدها مسبقا، بعد ذلك تم ترشيحها وقياس امتصاص محاليل الراشح، وحساب تركيز الصبغة المتبقي، وسعة الامتزاز كما في السابق، ثم رسمت العلاقة بين سعة الامتزاز مقابل حجم الحبيبات.

2-3-7 دراسة تأثير التركيز الابتدائي للصبغة على الامتزاز:

لدراسة تأثير التركيز الابتدائي للصبغة على عملية الامتزاز تم استخدام 10 دوارق تحتوي على محاليل الصبغة بتركيزات مختلفة تتراوح ما بين 1ppm و 200ppm (1ppm ، 5ppm ، 10ppm ، 20ppm ، 30ppm ، 40ppm ، 50ppm ، 80ppm ، 100ppm ، 200ppm) وبحجم 30ml ، اضيف لكل دورق 0.1g من مسحوق المادة المازة الجافه مرة ومسحوق المادة المازة في صورة الفحم مرة اخرى، ثم وضعت الدوارق في حمام مائي مزود بجهاز هزاز عند درجة حرارة ثابتة (25°C) لمدة زمنية حددت

سابقاً، بعد ذلك تم ترشيحها وقياس امتصاص محاليل الصبغة، وتقدير تركيز محلول الصبغة المتبقي باستخدام المنحنى القياسي، وحسبت سعة الامتزاز، ولملاحظة تأثير التركيز على الامتزاز تم رسم العلاقة بين سعة الامتزاز مقابل التركيز الابتدائي للصبغة⁽¹¹⁴⁾.

8-3-2 دراسة أيزوثيرم الامتزاز:

لإيجاد أيزوثيرم الامتزاز تم استخدام النتائج المتحصل عليها عند دراسة تأثير التركيز الابتدائي للصبغة على الامتزاز، ورسم العلاقة بين C_e و Q_e ، وكذلك العلاقة بين $\log C_e$ و $\log Q_e$ (معادلة فرنديش الخطية، معادلة 10)، والعلاقة بين قيم C_e/Q_e مقابل C_e (المعادلة الخطية للانجموير، معادلة 6)⁽¹¹⁴⁾.

9-3-2 دراسة تأثير درجة الحرارة وحساب الدوال الترموديناميكية:

تمت دراسة تأثير درجة الحرارة على الامتزاز باستخدام محلول الصبغة بتركيز 40 ppm، حيث تم أخذ 5 دوارق يحتوي كل واحد منها على 30ml من محلول الصبغة السابق، ووضع كل دوارق في حمام مائي مزود بجهاز هزاز، عند درجات حرارة مختلفة، حيث تراوحت درجات الحرارة المستخدمة ما بين 50°C - 25°C (50°C - 40°C - 35°C - 30°C - 25°C)، اضيف لكل دوارق 0.1 g من مسحوق المادة المازة الجافه أو مسحوق المادة المازة في صورة الفحم، وتركت عند درجة الحرارة المطلوبة لمدة زمنية حددت سابقاً، رشحت المحاليل، وحسب التركيز المتبقي، وكمية المادة الممتزة (سعة الامتزاز)، ثم رسمت العلاقة بين سعة الامتزاز (Q_e) مقابل $T(K)$ ، ولإيجاد الدوال الترموديناميكية لتفاعل الامتزاز الذي حدث تم حساب K ومنها حسب $\ln K$ ، ورسمت العلاقة بين $\ln K$ مقابل $1/T$ ، وفقاً لمعادلة فانن هوف (معادلة 17)⁽¹¹⁵⁾، ومن خلال معادلة الخط المستقيم المتحصل عليه تم إيجاد قيم الدوال الترموديناميكية (ΔH° ، ΔS° ، ΔG°)، حيث:

$$K = \frac{Q_e}{C_e} \dots \dots \dots (16)$$

$$\ln K = \frac{\Delta S^\circ}{R} - \frac{\Delta H^\circ}{RT} \dots \dots \dots (17)$$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \dots \dots \dots (1)$$

10-3-2 دراسة تأثير الأس الهيدروجيني:

درس تأثير الأس الهيدروجيني لمحلول الصبغة على عملية الامتزاز في مدي من الرقم الهيدروجيني (pH) تراوح ما بين 2.8 و 11.07 (2.82، 5.08، 7.34، 9.45 و 11.07)، حيث ضبط الـ pH لمحلول الصبغة باستخدام جهاز قياس الرقم الهيدروجيني، ويتم بإضافة محلول حمض الهيدروكلوريك أو محلول هيدروكسيد الصوديوم، واستخدم في هذه الدراسة كما ذكر سابقاً، محلول الصبغة بتركيز 40 ppm وحجم 30ml، و 0.1g من مسحوق المادة المازة الجافه ومسحوق المادة المازة في صورة الفحم، تم وضعت الدوارق في حمام مائي مزود بجهاز هزاز عند درجة حرارة 25°C لمدة زمنية حددت سابقاً، بعد ذلك تم

ترشيحها وقياس امتصاص محاليل الصبغة، وتقدير تركيز محلول الصبغة المتبقي باستخدام المنحنى القياسي، وحسبت سعة الامتزاز، ولملاحظة تأثير الـ pH على الامتزاز تم رسم العلاقة بين سعة الامتزاز مقابل الـ pH للصبغة.

2-3-11 دراسة حركية التفاعل:

لدراسة حركية التفاعل وتحديد الرتبة تم استخدام النتائج المتحصل عليها من دراسة تأثير عامل الزمن، وتم التطبيق في معادلة الرتبة الأولى (معادلة 13)، ومعادلة الرتبة الثانية (معادلة 15) ورسمهما، ومن الرسم وملاحظة قيم الارتباط للنتائج في النموذجين (الرتبة الأولى والرتبة الثانية) يتم تحديد رتبة تفاعل الامتزاز.

الفصل الثالث
النتائج والمناقشة

1-3 تعيين الطول الموجي الأعظم لقمة الامتصاص (λ_{max}) والمنحنى القياسي لصبغة الكونغو الحمراء:

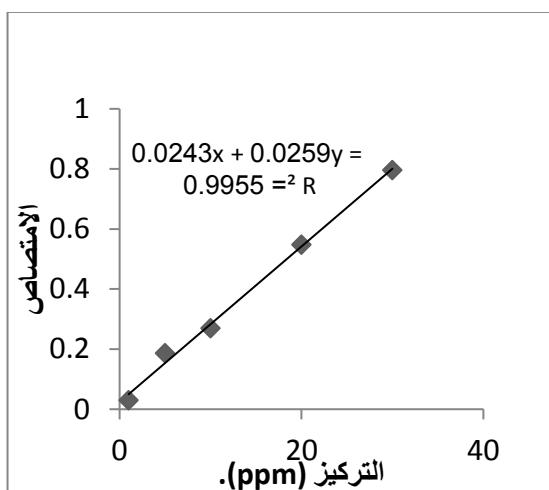
يوضح الشكل 1.3 طيف امتصاص صبغة الكونغو الحمراء في المنطقة المرئية، حيث تم تحديد الطول الموجي الأعظم للصبغة (λ_{max}) باستخدام جهاز مطياف الأشعة المرئية وفوق البنفسجية، وذلك بقياس الامتصاص لمحلول الصبغة ذو التركيز 5ppm في مدى من الأطوال الموجية تراوح بين 400nm و600nm. وكما هو واضح في الشكل أن أعلى امتصاص كان عند الطول الموجي 508nm، وهذا الطول يمثل الطول الموجي ذو الامتصاص الأعظم (λ_{max}) والذي يتفق إلى حد كبير مع الدراسات السابقة لهذه الصبغة (116،117).

أما المنحنى القياسي لصبغة الكونغو الحمراء الموضح بالشكل 2.3، تم تعيينه بقياس الامتصاص لمحاليل الصبغة عند الطول الموجي 508nm، وفي المجال الخطي لقانون بيريير – لامبرت، حيث تراوحت التراكيز المستخدمة بين 1ppm و30ppm، وتم رسم العلاقة بين الامتصاص المتحصل عليه مقابل تركيز محلول الصبغة، فتم الحصول على خط مستقيم يمثل بالمعادلة 20 التالية:

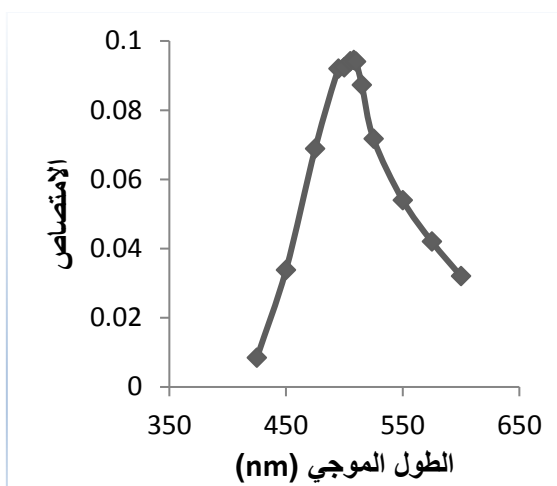
$$Y = 0.0259 X + 0.0243, \quad R^2 = 0.9955 \dots \dots (20)$$

ويمثل الرقم 0.0259 (ميل الخط المستقيم) الامتصاصية لكل وحدة تركيز (1/ppm)، ومنها يمكن إيجاد تركيز صبغة الكونغو الحمراء في المحلول المائي قبل وبعد الامتزاز من العلاقة 21:

$$[\text{Congo red}] = \frac{(\text{Absorbance} - 0.0243)}{0.0259} \dots \dots (21)$$



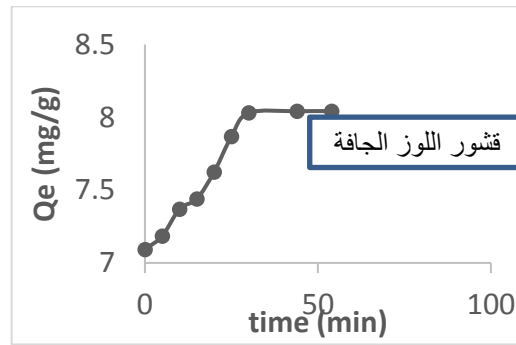
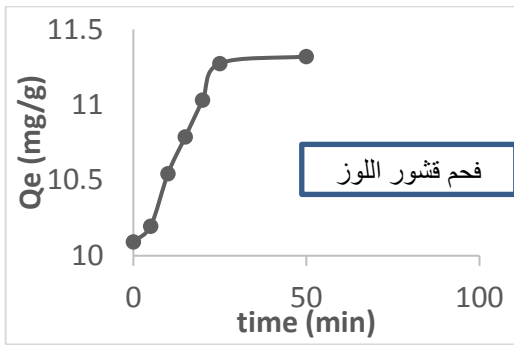
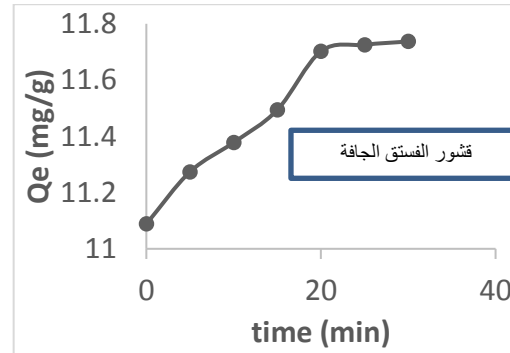
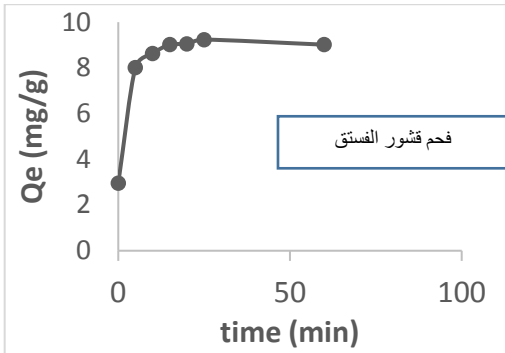
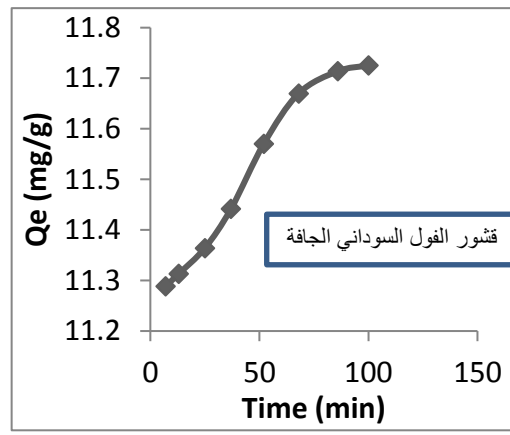
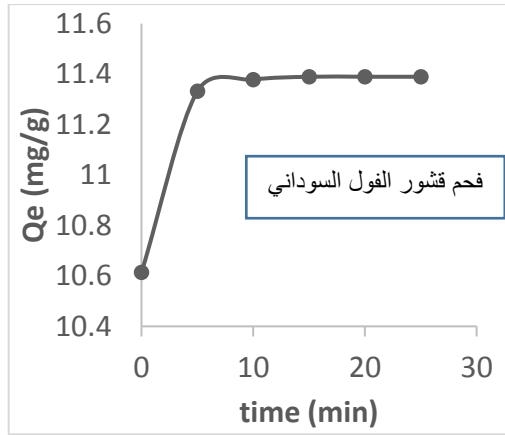
شكل 2.3: المنحنى القياسي لصبغة الكونغو الحمراء



شكل 1.3: طيف امتصاص صبغة الكونغو الحمراء عند أطوال موجية مختلفة

2-3 تأثير زمن التلامس على امتزاز صبغة الكونغو الحمراء:

إن سعة الامتزاز (كمية المادة الممتزة لكل وحدة وزن من المادة المازة Q_e) لصبغة الكونغو الحمراء بواسطة الأسطح المستخدمة في هذه الدراسة كدالة في الزمن موضحة في الشكل 3.3. لوحظ من الشكل أن سعة الامتزاز تزداد بمرور الزمن مع جميع الأسطح المدروسة، وأن جميع المنحنيات تتمتع بأشكال متشابهة، حيث أظهرت معظمها امتزازا سريعاً خلال الـ 10min الأولى، بعد ذلك يصبح الامتزاز أبطأ حتى الوصول إلى حالة الاتزان وتصبح سعة الامتزاز بواسطة الأسطح المدروسة ثابتة. كما هو واضح في الشكل 3.3 فإن سعة الامتزاز (Q_e) تزداد مع الزمن حتى زمن 30min حيث تثبت تقريباً ولا تتغير عند استخدام قشور الفستق واللوز الجافة وأما بالنسبة لقشور الفول السوداني الجافة فقد زادت سعة الامتزاز مع مرور الزمن حتى وصلت إلى الاتزان عند زمن 80min تقريباً، وأن سعة الامتزاز قد تثبتت عند الزمن 10min عند استخدام فحم قشور الفول السوداني، وعند زمن 20min لفحم قشور الفستق، وزمن 40min لفحم قشور اللوز، مما يدل على وصول هذه الأنظمة إلى حالة الاتزان عند أزمنة مختلفة عند استخدام الأسطح المختلفة. لذا فإن الزمن المذكور سابقاً قرين كل سطح ماز تم اختياره كأفضل زمن للرج لكل الأسطح عند دراسة باقي العوامل الأخرى. وبالتالي فإن عملية الامتزاز على جميع الأسطح المدروسة تعتبر سريعة، وقد ترجع السرعة في معدل امتزاز الصبغة مع بداية وقت التلامس إلى المساحة السطحية الكبيرة المتاحة لامتناس الصبغة خلال المرحلة الأولية، وقد قلت قدرتها تدريجياً مع مرور الوقت نظراً لأن المواقع السطحية الشاغرة القليلة المتبقية أصبحت صعبة ليتم ملئها بالصبغة بسبب قوى التنافر بين جزيئات المذاب في الطورين الصلب والساائل، وهذا يتفق مع نتائج مماثلة سابقة⁽¹⁰⁷⁾. واختلاف زمن الاتزان بين الأسطح المازة (الجافة والفحم) قد يرجع إلى قوة التجاذب بين الصبغة والأسطح المحضرة من القشور الجافة⁽¹¹⁸⁾.



شكل 3.3: تأثير زمن التلامس على سعة الامتزاز لصبغة الكونغو الحمراء على الأسطح

المدرّوس

3-3 دراسة حركية الامتزاز لصبغة الكونغو الحمراء:

تم دراسة اثنان من النماذج الحركية، الرتبة الأولى والرتبة الثانية، من أجل دراسة ملاءمتها للأنظمة المدروسة.

1-3-3 الرتبة الأولى:

معادلة الرتبة الأولى المقترحة من لاجرجرين Lagergren⁽¹¹⁹⁾ يمكن التعبير عنها كالتالي:

$$\frac{dQ_t}{dt} = k_1 (Q_e - Q_t) \dots (11)$$

حيث Q_e و Q_t هما سعة الامتزاز عند الاتزان وعند الزمن t على التوالي. k_1 ثابت معدل السرعة للرتبة الأولى لعملية الامتزاز. الشكل النهائي لمعادلة الرتبة الأولى السابقة عند الحدود من $Q_t = 0$ إلى Q_t ، وعند $t = 0$ إلى t يصبح كالتالي:

$$\text{Log} (Q_e - Q_t) = \log Q_e - \frac{k_1}{2.303} t \dots \dots (12)$$

إذا كان نموذج الرتبة الأولى ملائماً للنتائج العملية المتحصل عليها، فإنه يجب الحصول على علاقة خطية عند رسم العلاقة البيانية بين $\log (Q_e - Q_t)$ ضد الزمن t . وبمطابقة النتائج العملية المتحصل عليها عند دراسة تأثير الزمن مع الشكل النهائي لمعادلة الرتبة الأولى، كما هو موضح بالشكل 4.3، يلاحظ عدم ملاءمة هذا النموذج لأنظمة الامتزاز المدروسة، وذلك من خلال قيم معامل الارتباط المنخفضة نسبياً (الجدول 1.3).

2-3-3 الرتبة الثانية:

بالنسبة لمعادلة الرتبة الثانية التي استخدمت لتحليل حركية الامتزاز للأنظمة المدروسة يمكن التعبير عنها كالتالي⁽¹¹⁹⁾:

$$\frac{dQ_t}{dt} = k_2 (Q_e - Q_t)^2 \dots \dots (14)$$

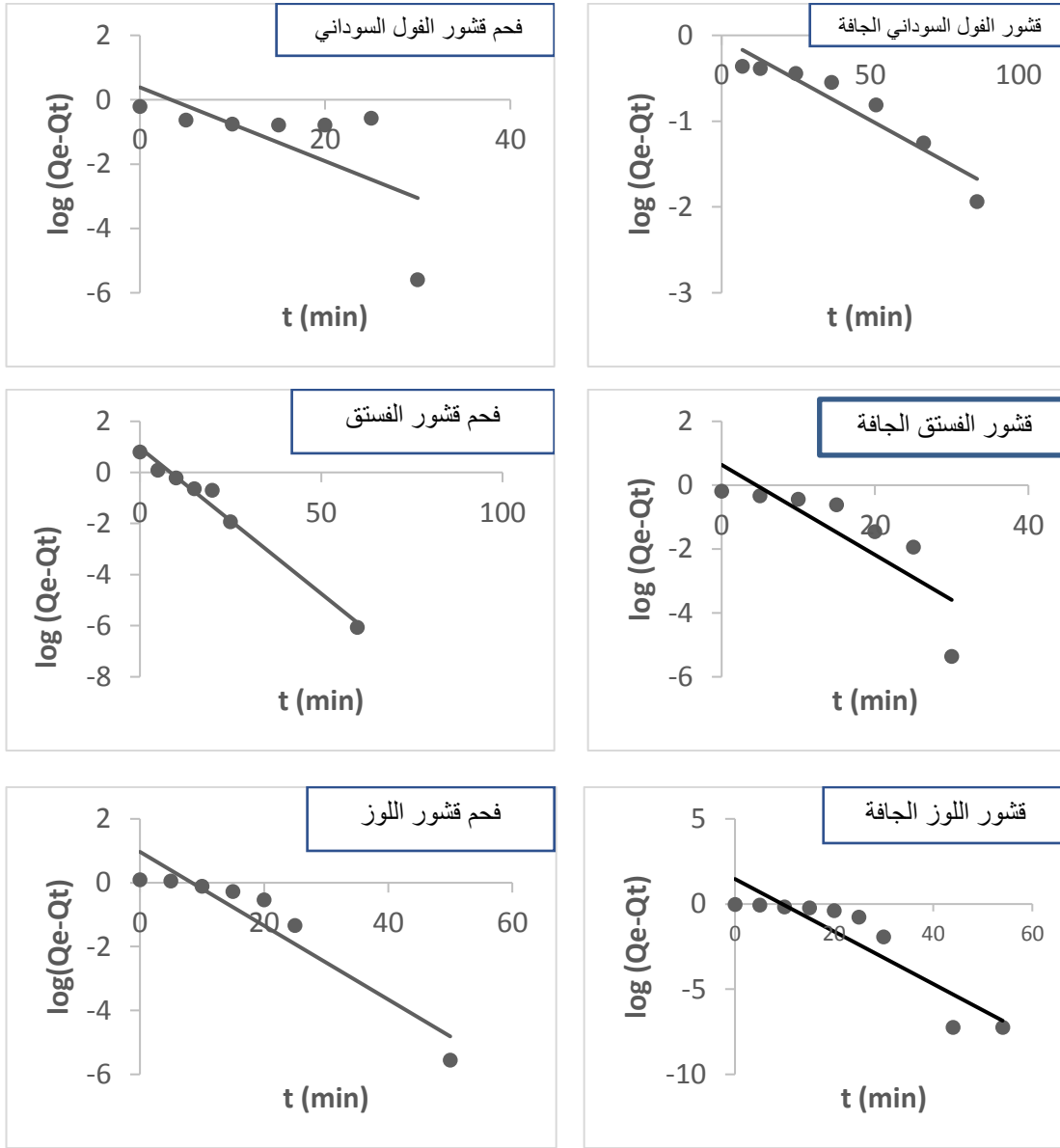
عند الحدود من $Q_t = 0$ إلى Q_t ، وعند $t = 0$ إلى t يصبح الشكل النهائي للمعادلة كالتالي:

$$\frac{t}{Q_t} = \frac{1}{k_2 Q_e^2} + \frac{1}{Q_e} t \dots (15)$$

حيث k_2 ثابت معدل سرعة الرتبة الثانية للامتزاز (g/mg.min).

إذا كان نموذج الرتبة الثانية ملائماً للأنظمة المدروسة، فإن العلاقة البيانية بين t/Q_t ضد الزمن t يجب أن تكون علاقة خطية، والتي يمكن من خلالها حساب الثابت Q_e و k_2 عن طريق ميل الخط المستقيم ونقطة التقاطع. من الشكل 5.3 نلاحظ أن هذا النموذج يتطابق بدرجة كبيرة مع النتائج العملية المتحصل عليها لأنظمة الامتزاز تحت الدراسة (نتائج تأثير الزمن)، حيث معاملات الارتباط R^2 للعلاقات كانت

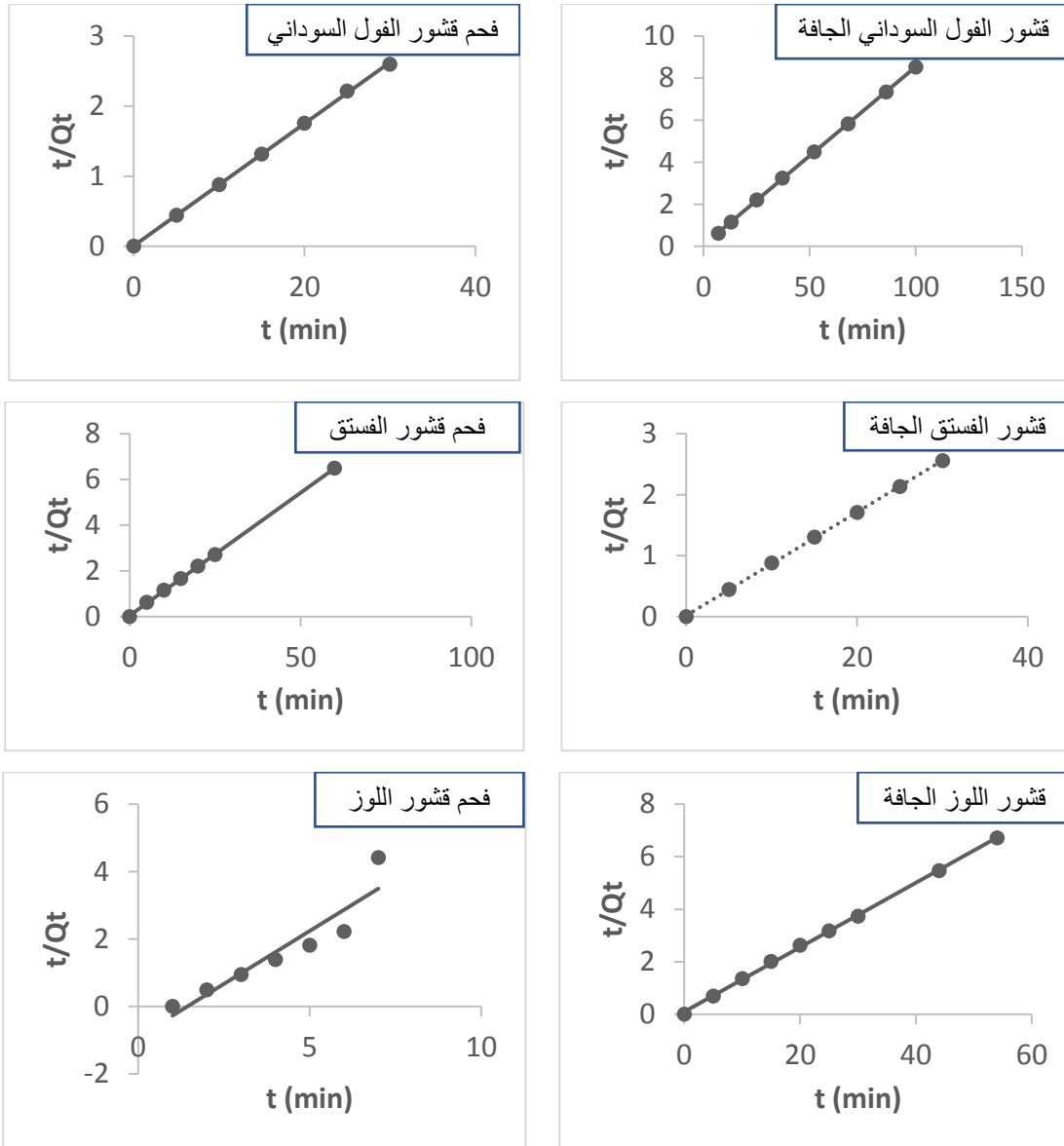
قريبة من 1.00 (أكبر من 0.99) للأنظمة المدروسة. وقيم سعة الامتزاز عند الاتزان Q_e وثوابت المعادلة للرتبة الثانية k_2 موضحة بالجدول 1.3.



شكل 4.3: مطابقة امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على الأسطح المدروسة لنموذج الرتبة الأولى

جدول 1.3 ثوابت تفاعلات الرتبة الأولى والثانية لامتماز صبغة الكونغو الحمراء على الأسطح المدروسة

الرتبة الثانية			الرتبة الأولى			السطح الماز
R ²	k ₂ (g/mg min)	Q _e (mg/g),	R ²	k ₁ (min ⁻¹)	Q _e (mg/g),	
0.9999	0.118	11.793	0.8974	0.044	-52.632	قشور الفول السوداني الجافة
0.9997	1.210	11.455	0.4303	0.264	-8.718	فحم قشور الفول السوداني
0.9998	0.426	11.793	0.6931	0.325	-7.092	قشور الفستق الجافة
0.9998	0.220	9.320	0.9826	0.263	-8.764	فحم قشور الفستق
0.9994	0.156	8.142	0.8264	0.355	-6.489	قشور اللوز الجافة
0.8736	0.438	1.594	0.891	0.266	-8.651	فحم قشور اللوز

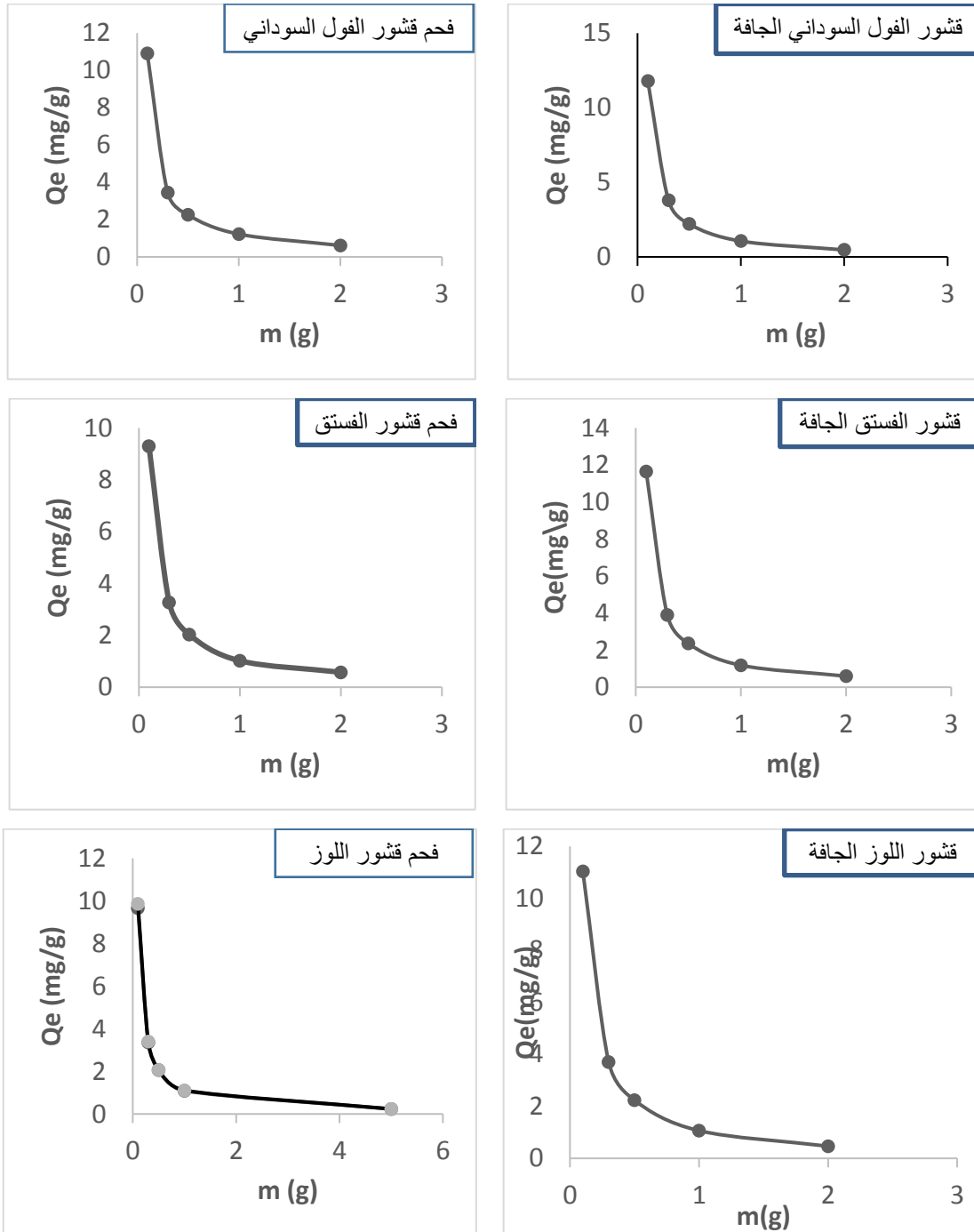


شكل 5.3: مطابقة الامتزاز لصبغة الكونغو الحمراء على الأسطح المدروسة لنموذج الرتبة الثانية

3-4 تأثير كمية المادة المازة على امتزاز صبغة الكونغو الحمراء:

تحديد جرعة المادة المازة هي من العوامل المهمة في دراسة الامتزاز التي تحدد سعة الماز لتركيز أولي من الممتز، وتساعد أيضا في تحديد الجرعة الفعالة والأقل تكلفة⁽¹²⁰⁾، تم إجراء امتزاز الصبغة في هذه الحالة عن طريق استخدام جرعات من المادة المازة من 0.1g إلى 2g لفترة زمنية تم تحديدها مسبقا لكل سطح مدروس، عند الرقم الهيدروجيني الأمثل (المتعادل). أن تأثير جرعة المادة المازة على سعة الامتزاز موضحة في الشكل 6.3، والجدول 2.3. حيث يوضح الشكل 6.3 أن سعة امتزاز صبغة الكونغو الحمراء تزداد مع نقص كمية المادة المازة، ويصل ذروته عند الجرعة 0.1g. هذا السلوك متشابه مع جميع الأسطح المدروسة، وبالتالي تم اعتبار الكمية 0.1g من المادة المازة لكل 30ml من محلول الصبغة ذو

التركيز 40ppm كجرعة مناسبة ومثلى في هذه التجارب. أن عدد مواقع الامتزاز يزداد مع زيادة كمية المادة المازة وذلك لزيادة المساحة السطحية، ومع ذلك فإن الزيادة الإضافية في كمية المادة المازة لم تؤثر بشكل كبير على قدرة المادة المازة وهذا مشابه لتلك التي لاحظها Vasanth و Porkodi⁽¹²¹⁾ و Tahir و Rauf⁽¹²²⁾.



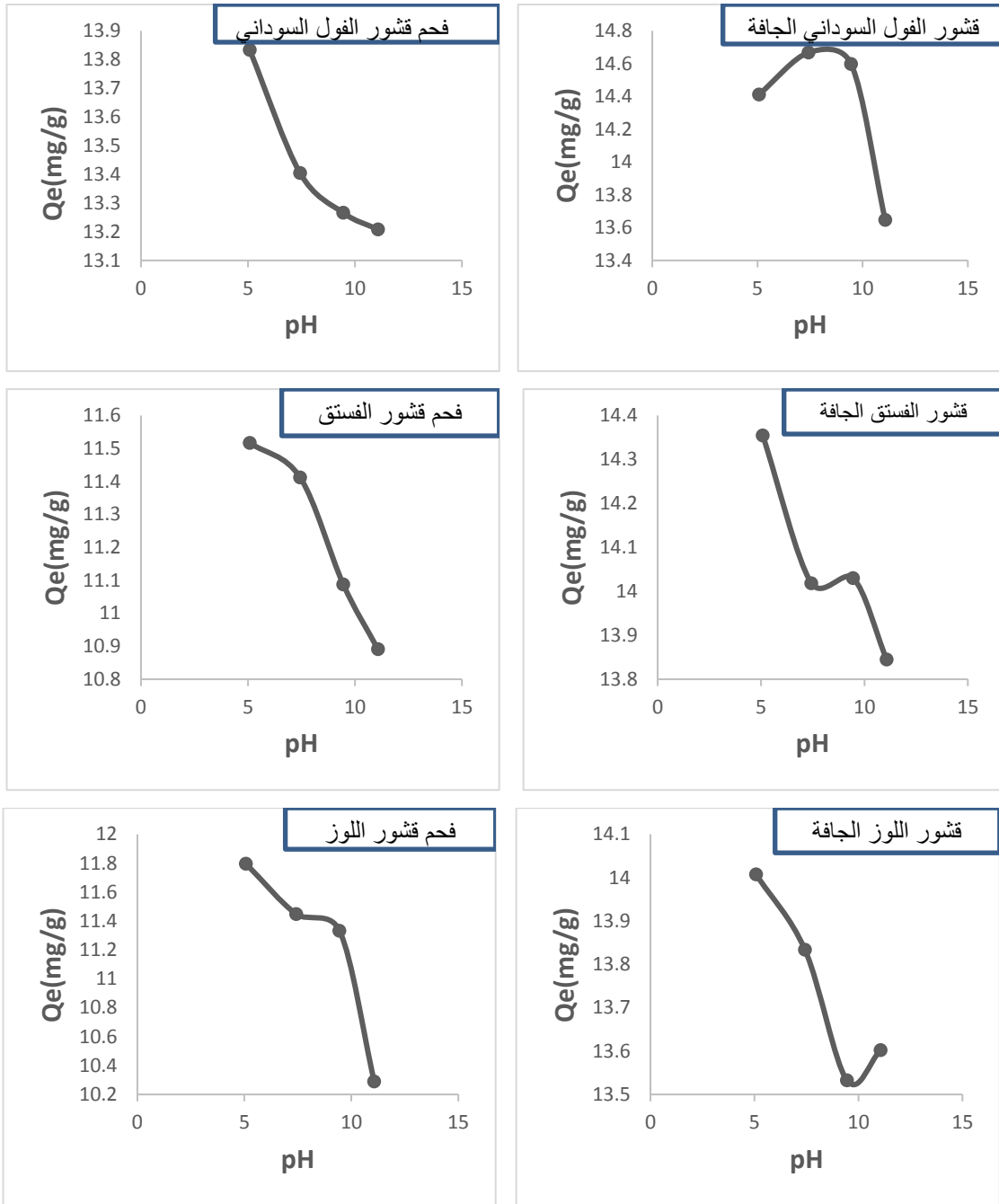
شكل 6.3: تأثير كمية المادة المازة على سعة الامتزاز لصبغة الكونغو الحمراء

جدول 2.3 تأثير كمية المادة المازة على سعة امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على الأسطح المدروسة

Q _e (mg/g)						السطح الماز كمية المادة (g) المازة
فحم قشور اللوز	قشور اللوز الجافة	فحم قشور الفسق	قشور الفستق الجافة	فحم قشور القول السوداني	قشور الفول السوداني الجافة	
9.861	11.042	9.293	11.644	11.031	11.783	0.1
3.399	3.712	3.268	3.901	3.457	3.785	0.3
2.071	2.236	2.062	2.359	2.252	2.236	0.5
1.111	1.064	1.023	1.184	1.221	1.064	1
0.237	0.467	0.579	0.598	0.613	0.468	2

3-5 تأثير الأس الهيدروجيني على امتزاز صبغة الكونغو الحمراء:

يعتبر الأس الهيدروجيني للمحلول المائي من أهم العوامل التي تتحكم في عملية الامتزاز، ولوحظ أن تأثير الرقم الهيدروجيني على سعة امتزاز الصبغة على الأسطح المدروسة في المدى من 2 إلى 11 وعند تركيز ثابت من الصبغة (40ppm) لا يختلف كثيرا باختلاف السطح كما هو موضح بالجدول 3.3 والشكل 7.3. يلاحظ أن سعة الامتزاز كانت أعلى قيمة لها في الوسط الحمضي الضعيف والقريب من التعادل، ثم تقل في الأوساط القاعدية القوية، وكانت أقل قيمة لها في هذه الدراسة عند pH=11، لذا فإن أفضل مدى لامتزاز الصبغة يكون في مدى الوسط الحمضي والقاعدي الضعيف (6 – 9). يمكن أن يؤدي وجود زيادة من أيونات HO⁻ في مدى pH الأعلى من 9 إلى منافسة الأيونات السالبة للصبغة على مواقع الامتزاز، مما يؤدي إلى انخفاض نسبة إزالة الصبغة، ومع نقص الرقم الهيدروجيني تزداد الشحنة الموجبة السطحية على سطح الامتزاز، ويزداد معها التجاذب مع أنيونات الصبغة، مما يؤدي إلى زيادة نسبة إزالة الصبغة^(123,124). كذلك نسبة الجزء المتأين للصبغة يتأثر بالرقم الهيدروجيني للمحلول مما يؤثر أيضا على نسبة الامتزاز⁽¹²⁵⁾.



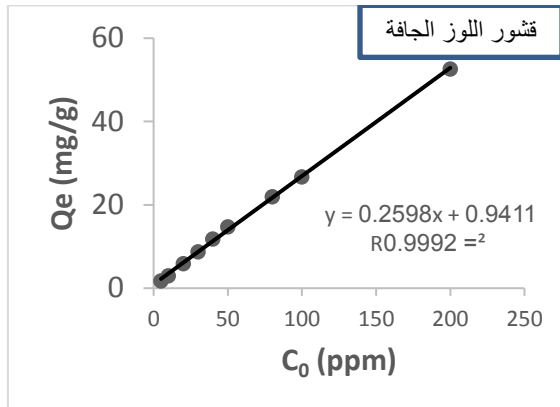
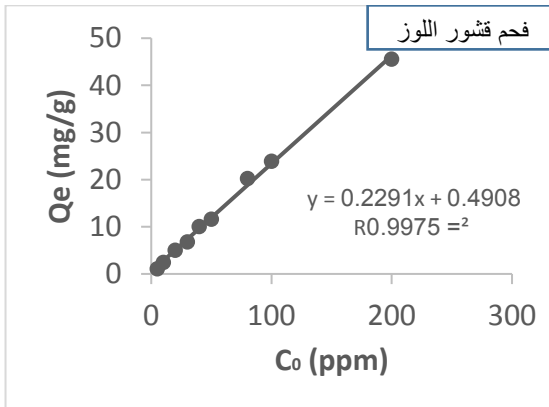
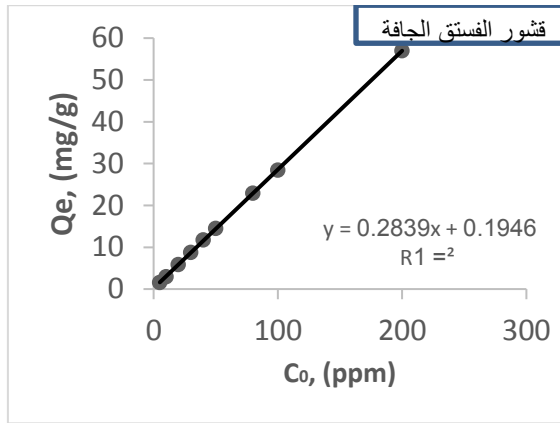
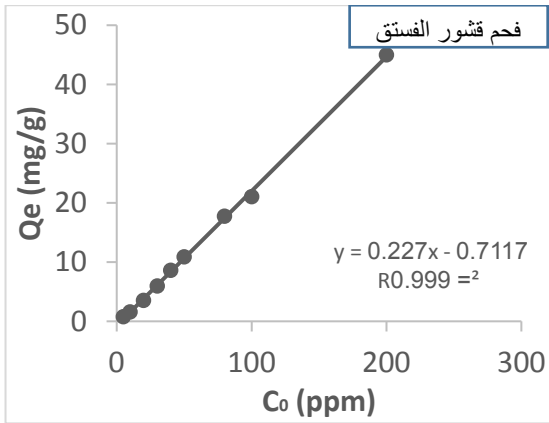
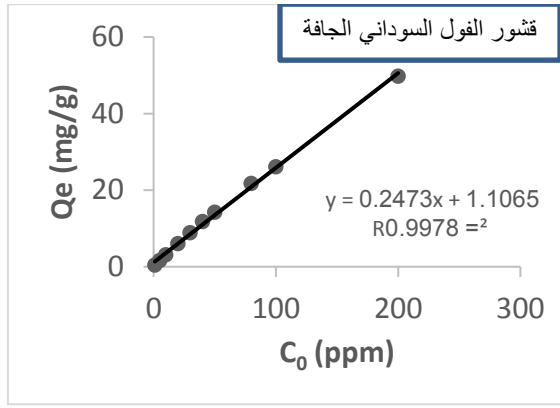
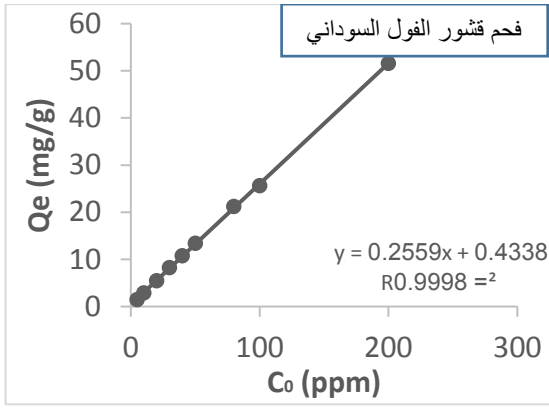
شكل 7.3: تأثير الأس الهيدروجيني على سعة الامتزاز لصبغة الكونغو الحمراء

جدول 3.3 تأثير الأس الهيدروجيني على امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على الأسطح المدروسة

Q _e (mg/g)						السطح الماز pH
فحم قشور اللوز	قشور اللوز الجافة	فحم قشور الفستق	قشور الفستق الجافة	فحم قشور الفول السوداني	قشور الفول السوداني الجافة	
11.795	14.007	11.517	14.355	13.834	14.413	5.08
11.447	13.834	11.413	14.019	13.405	14.668	7.34
11.332	13.532	11.088	14.031	13.266	14.598	9.45
10.289	13.601	10.892	13.845	13.208	13.648	11.07

3-6 تأثير التركيز على عملية امتزاز صبغة الكونغو الحمراء:

لقد لوحظ أنه لكل الأسطح المدروسة، يزداد امتزاز صبغة الكونغو الحمراء مع زيادة التركيز الابتدائي من 5ppm إلى 200ppm. يوضح الشكل 8.3 العلاقة بين تركيز الصبغة الابتدائي مقابل سعة الامتزاز لكل الأسطح المدروسة، حيث يلاحظ الزيادة الخطية لسعة الامتزاز مع التركيز، وبالنظر للجداول من 4.3 إلى 9.3، لوحظ أنه مع زيادة تركيز الصبغة من 5ppm إلى 200ppm زادت سعة الامتزاز للأسطح المدروسة من حوالي 1.5 (mg/g) إلى 50 (mg/g) عند استخدام الأسطح المحضرة من القشور الجافة أي بحوالي 33 ضعف، أما عند استخدام الأسطح المحضرة من فحم القشور، فقد زادت من حوالي 1.5 (mg/g) إلى 50 (mg/g) بمتوسط 40 ضعف. وقد يعزى ذلك إلى أنه يمكن امتزاز جزيئات الصبغة بتركيزات منخفضة، ولكن مع زيادة التركيز، زادت القوة الدافعة أيضاً، مما أدى إلى زيادة الامتزاز بتركيز أعلى، ومن المحتمل أيضاً أن ترجع زيادة سعة الامتزاز مع زيادة تركيز الصبغة إلى زيادة التفاعل بين الصبغة ومواقع الامتزاز المحجوزة.



شكل 8.3: تأثير التركيز الابتدائي على سعة امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على الأسطح

المدرسة

جدول 4.3 تأثير التركيز على امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على سطح قشور الفول السوداني الجافة

C_e/Q_e	$\text{Log } Q_e$	$\text{Log } C_e$	$Q_e, (\text{mg/g})$	$C_e, (\text{mg/l})$	$C_0, (\text{mg/l})$
0.013	0.174	-1.714	1.494	0.019	5
0.009	0.476	-1.568	2.992	0.027	10
0.024	0.775	-0.845	5.957	0.143	20
0.038	0.949	-0.474	8.899	0.336	30
0.058	1.072	-0.165	11.795	0.683	40
0.178	1.153	0.404	14.239	2.537	50
0.348	1.337	0.878	21.733	7.556	80
0.496	1.417	1.113	26.112	12.961	100
0.688	1.697	1.534	49.741	34.197	200

جدول 5.3 تأثير التركيز على امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على سطح قشور الفستق الجافة

C_e/Q_e	$\text{Log } Q_e$	$\text{Log } C_e$	$Q_e, (\text{mg/g})$	$C_e, (\text{mg/l})$	$C_0, (\text{mg/l})$
0.018	0.174	-1.568	1.5	0.027	5
0.048	0.471	-0.845	2.957	0.143	10
0.104	0.765	-0.217	5.818	0.606	20
0.091	0.943	-0.097	8.760	0.799	30
0.081	1.069	-0.021	11.714	0.954	40
0.121	1.160	0.247	14.471	1.764	50
0.154	1.361	0.549	22.938	3.541	80
0.181	1.454	0.713	28.451	5.162	100
0.177	1.756	1.003	56.980	10.066	200

جدول 6.3 تأثير التركيز على امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على سطح قشور اللوز الجافة

C_e/Q_e	$\text{Log } Q_e$	$\text{Log } C_e$	$Q_e, (\text{mg/g})$	$C_e, (\text{mg/l})$	$C_o, (\text{mg/l})$
0.003	0.176	-2.413	1.5	0.004	5
0.009	0.476	-1.568	2.992	0.027	10
0.031	0.774	-0.741	5.946	0.181	20
0.087	0.943	-0.119	8.772	0.761	30
0.035	1.075	-0.384	11.876	0.413	40
0.062	1.168	-0.039	14.725	0.915	50
0.301	1.343	0.821	22.011	6.629	80
0.402	1.428	1.032	26.772	10.761	100
0.469	1.721	1.392	52.602	24.660	200

جدول 7.3 تأثير التركيز على امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على سطح فحم قشور الفول السوداني

C_e/Q_e	$\text{Log } Q_e$	$\text{Log } C_e$	$Q_e, (\text{mg/g})$	$C_e, (\text{mg/l})$	$C_o, (\text{mg/l})$
0.018	0.174	-1.568	1.527	0.027	5
0.102	0.464	-0.527	2.911	0.297	10
0.315	0.739	0.237	5.482	2.614	20
0.308	0.916	0.404	8.679	2.537	30
0.375	1.033	0.607	11.656	4.042	40
0.390	1.128	0.719	13.892	5.239	50
438	1.327	0.968	21.386	9.293	80
0.564	1.409	1.160	25.961	14.467	100
0.543	1.712	1.447	51.000	28.019	200

جدول 8.3 تأثير التركيز على امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على سطح فحم قشور الفستق

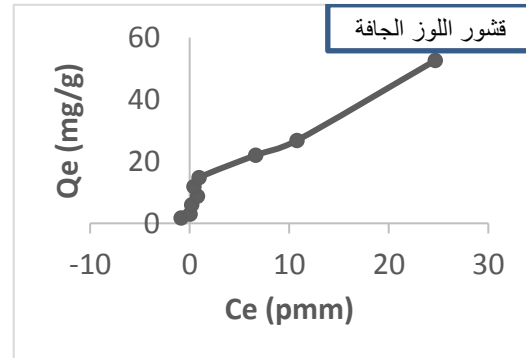
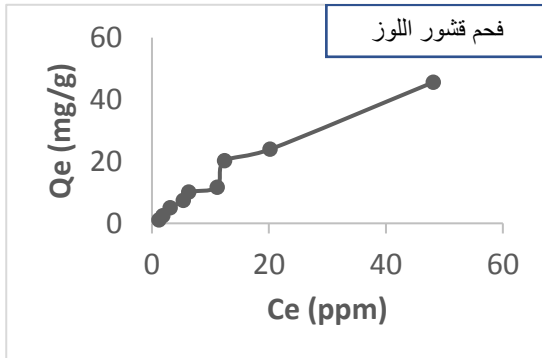
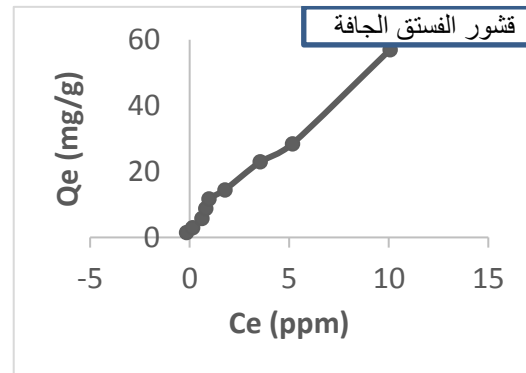
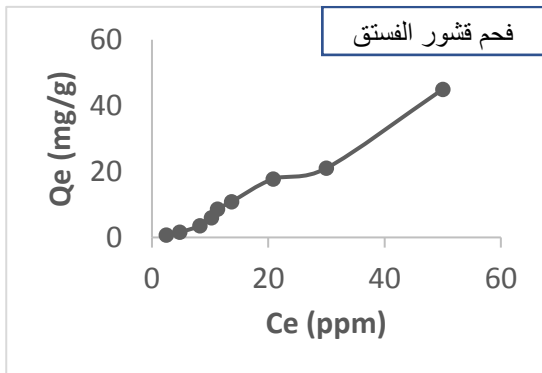
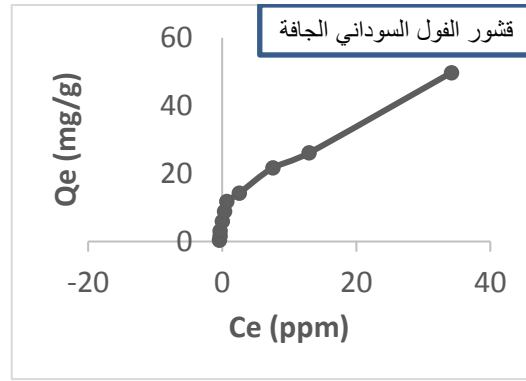
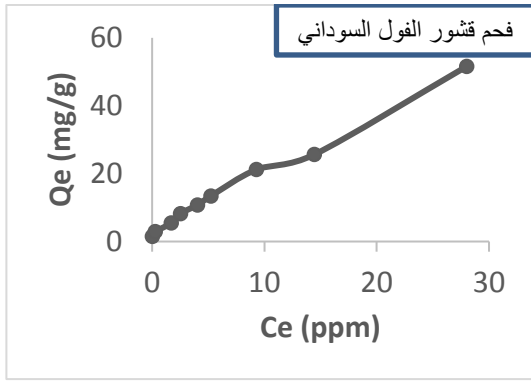
Ce/Qe	Log Qe	Log Ce	Qe, (mg/g)	Ce, (mg/l)	Co, (mg/l)
3.227	-0.118	0.391	0.959	2.459	5
3.048	0.195	0.679	1.567	6.166	10
2.341	0.547	0.917	3.826	8.251	20
1.722	0.773	1.009	5.934	10.490	30
1.306	0.936	1.051	9.780	11.263	40
1.262	1.037	1.138	10.880	13.734	50
1.174	1.249	1.319	17.853	20.490	80
1.428	1.322	1.477	21.003	33.232	100
1.112	1.653	1.699	44.992	50.027	200

جدول 9.3 تأثير التركيز على امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على سطح فحم قشور اللوز

Ce/Qe	Log Qe	Log Ce	Qe, (mg/g)	Ce, (mg/l)	Co, (mg/l)
1.036	0.0586	0.074	1.144	1.649	5
0.752	0.389	0.265	2.390	2.035	10
0.615	0.705	0.494	5.204	3.116	20
1.069	0.833	0.862	7.034	7.286	30
0.626	1.004	0.802	10.347	6.320	40
0.956	1.067	1.047	11.795	11.147	50
0.613	1.307	1.094	20.274	13.116	80
0.845	1.379	1.306	23.934	20.375	100
1.055	1.659	1.682	45.571	49.255	200

3-6-1 دراسة أيزوثيرم الامتزاز لصبغة الكونغو الحمراء:

تعطي أيزوثيرمات الامتزاز معلومات مهمة في وصف طبيعة الامتزاز ومعرفة كمية المادة الممتزة مع تركيزها. فعندما تمتز مادة ما على سطح ماز عند درجة حرارة معينة فإنه يحدث توازن في النهاية بين كمية المادة التي امتزت والسطح الماز. الشكل 9.3 يوضح أنماط أيزوثيرم الامتزاز لصبغة الكونغو الحمراء على الأسطح المدروسة حيث نلاحظ تشابه الأنماط في حالة الامتزاز على الاسطح المدروسة حيث أنه يشابه النوع S حسب تصنيف Giles



شكل 9.3: آيزوثيرم امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على الأسطح المدروسة

يظهر آيزوثيرم الامتزاز توزيع جزيئات الصبغة بين المادة المازة والمحلول في حالة الاتزان، حيث أن الكمية الممتزة من الصبغة عند الاتزان تمثل القيمة القصوى لسعة الامتزاز، لأن كل مواقع الامتزاز والتي كانت شاغرة في بداية التفاعل أصبحت معبأة عند الاتزان^(126,127)، كما تمت مطابقة بيانات الامتزاز (جداول من 4.3 الى 9.3) على نماذج الأيزوثيرم لكل من Freundlich و Langmuir لتحديد نموذج الامتزاز المناسب.

3-6-2 أيزوثيرم فرنديش:

تم حساب أيزوثيرم فرنديش باستخدام سطح غير متجانس مع توزيع غير منتظم لحرارة امتزاز السطح. أيزوثيرم فرنديش يمثل بالمعادلة الخطية التالية⁽¹²⁸⁾:

$$\log Q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \dots \dots (10)$$

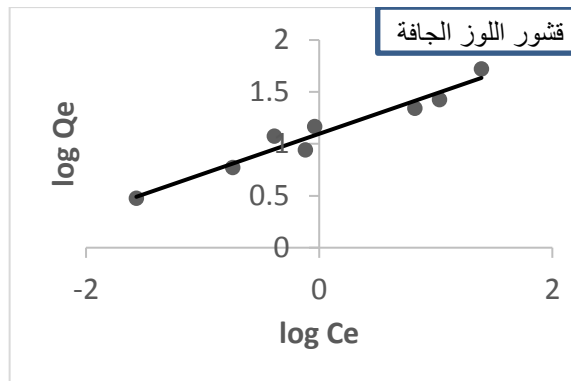
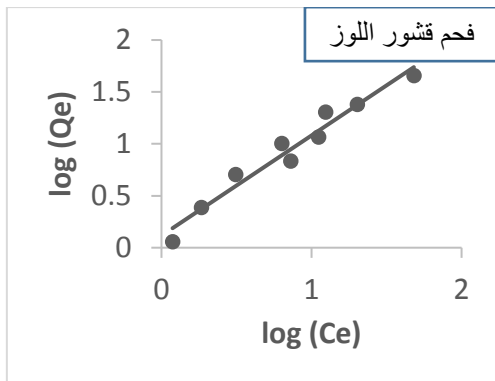
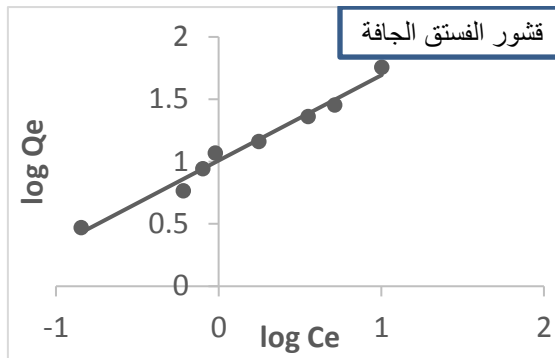
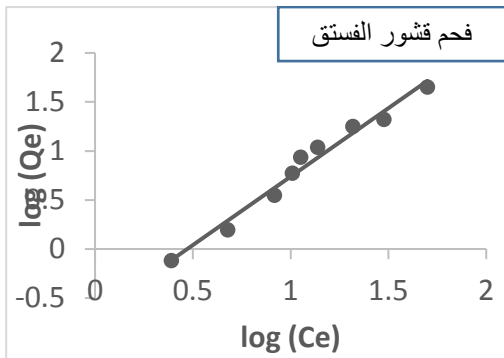
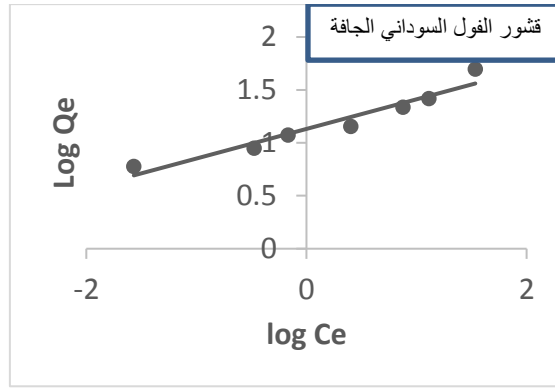
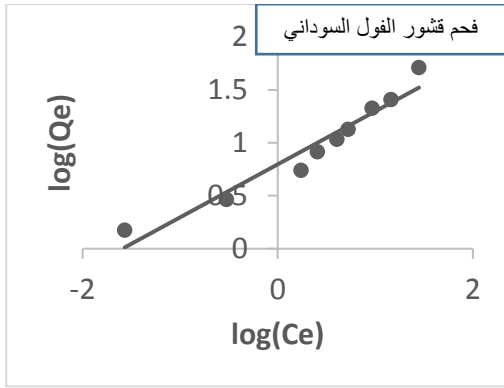
حيث K_f ثابت فرنديش ويرتبط بطاقة الارتباط، $1/n$ معامل عدم التجانس. ثوابت فرنديش يمكن حسابها من ميل ونقطة تقاطع الخط المستقيم للعلاقة بين $\log Q_e$ ضد $\log C_e$ ، كما هو موضح بالشكل 10.3، القيم المتحصل عليها لثوابت فرنديش معطاة بالجدول 10.3، ومن خلال قيم معامل الارتباط للأنظمة والتي كانت هي أيضا عالية ($R^2 > 0.93$)، مما يدل على ملاءمة النموذج لكل الأنظمة تحت الدراسة. قيم الثابت n توضح درجة عدم الخطية بين تركيز المحلول والامتزاز، إذا كانت $n = 1$ فالامتزاز خطي، $n > 1$ الامتزاز عملية كيميائية، $n < 1$ الامتزاز عملية فيزيائية⁽¹²⁹⁾. وأوضحت بعض الأدبيات ان قيم n اذا كانت محصورة بين 1 و 10 فهذا يدل على أن نموذج فرنديش يصف عملية الامتزاز بشكل جيد، كما اشارت إلى أن قيمة $1/n$ اذا وقعت بين 0-1 فهذا يشير إلى أن المادة المازة لها كفاءة عالية على امتزاز المادة الممتزة⁽¹³⁰⁾.

3-6-3 أيزوثيرم لانجمير:

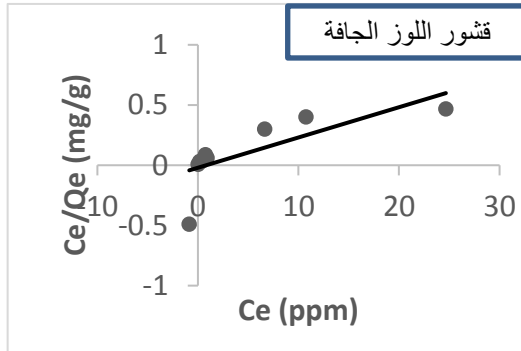
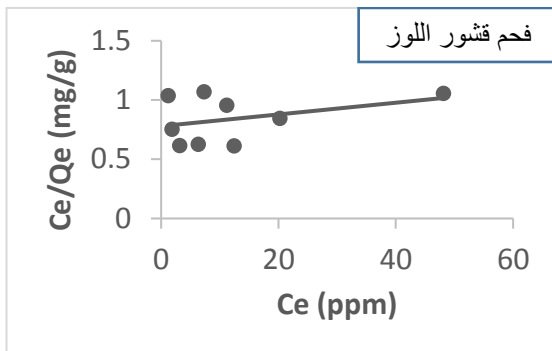
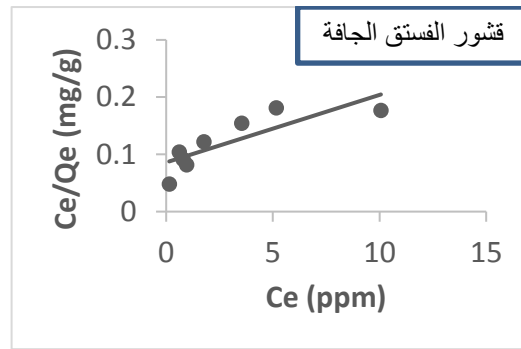
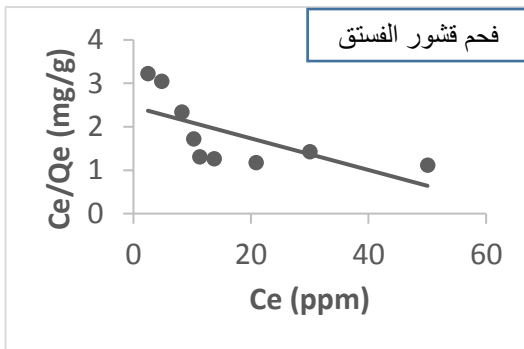
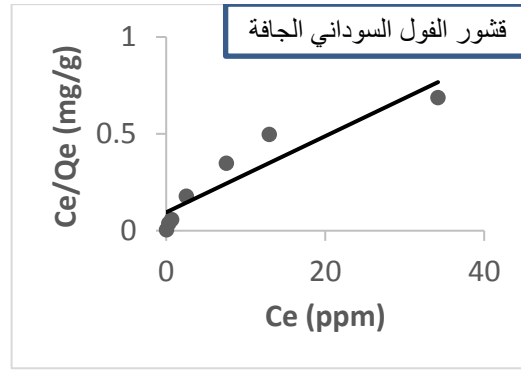
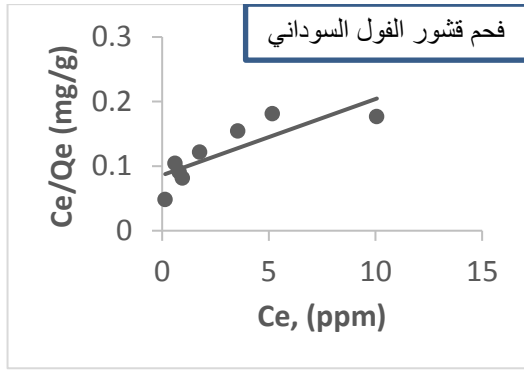
يعتمد نموذج أيزوثيرم لانجمير على حدوث الامتزاز على طبقة واحدة ومتجانسة من المادة المازة وبنفس الطاقة على السطح. المعادلة الخطية لنموذج لانجمير تكون على الشكل التالي⁽¹³¹⁾:

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{Q_m b} + \frac{C_e}{Q_m} \dots \dots (6)$$

حيث b ثابت لانجمير ويعبر عن طاقة الامتزاز، C_e التركيز عند الاتزان (ppm)، Q_e سعة الامتزاز (mg/g)، Q_m سعة الامتزاز القصوى عند الاتزان (mg/g). يرسم العلاقة البيانية بين (C_e/Q_e) ضد (C_e)، والموضحة بالشكل 11.3، يمكن تقدير قيم الثوابت من خلال ميل الخط المستقيم ونقطة التقاطع، هذه القيم تم تقديرها والقيم معطاة في الجدول 10.3. قيم معامل الارتباط المنخفضة جدا تدل على عدم ملائمة نموذج لانجمير لأنظمة الامتزاز تحت الدراسة.



شكل 10.3: مطابقة الامتزاز لصبغة الكونغو الحمراء على الأسطح المدروسة لنموذج فرنديش



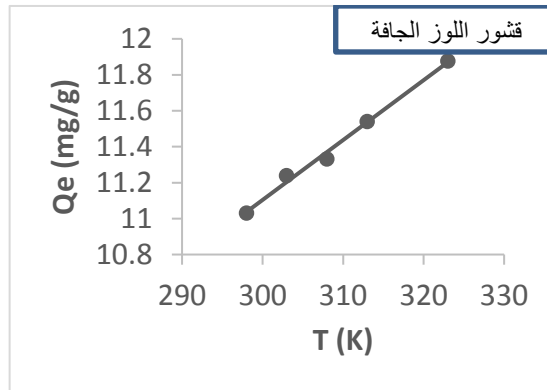
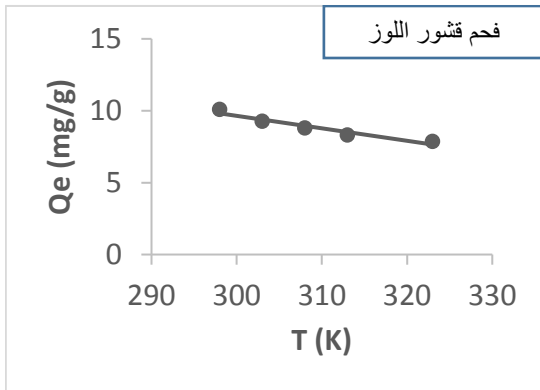
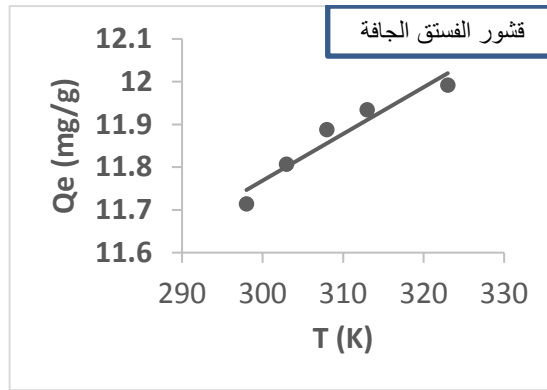
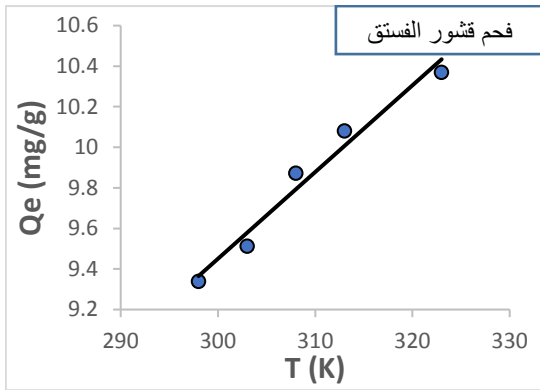
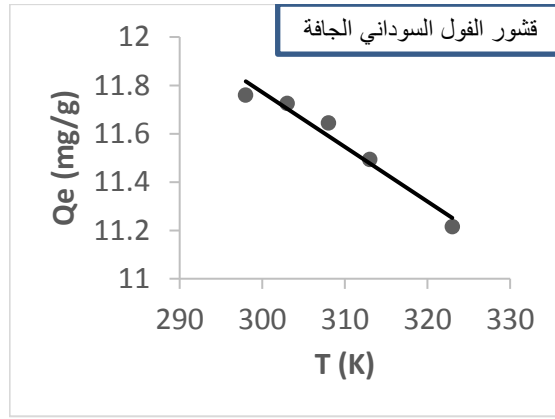
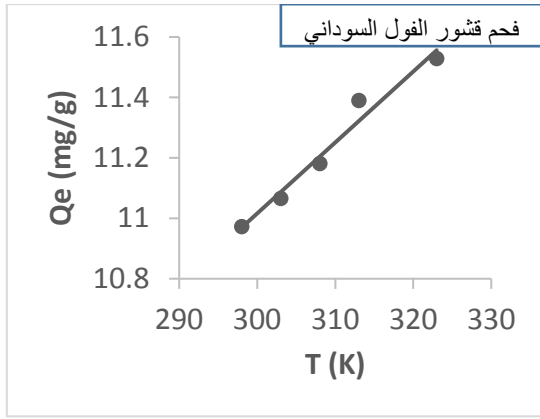
شكل 11.3: مطابقة الامتزاز لصبغة الكونغو الحمراء على الأسطح المدروسة لنموذج لانجمير

جدول 10.3 ثوابت فرنديش ولانجماير لامتزاز صبغة الكونغو الحمراء على الأسطح المدروسة

لانجماير			فرنديش			السطح الماز
R ²	b (L.mg ⁻¹)	Q _m (mg/g)	R ²	n (g/L)	K _f (L.mg ⁻¹)	
0.870	0.197	51.282	0.965	2.892	13.500	قشور الفول السوداني الجافة
0.583	0.068	64.935	0.938	1.997	6.300	فحم قشور الفول السوداني
0.694	0.147	84.746	0.981	1.462	10.200	قشور الفستق الجافة
0.441	0.015	27.473	0.978	0.716	0.200	فحم قشور الفستق
0.840	0.363	49.50	0.971	2.60	12.500	قشور اللوز الجافة
0.245	0.008	166.667	0.965	1.037	1.300	فحم قشور اللوز

3-7 تأثير درجة الحرارة على امتزاز صبغة الكونغو الحمراء:

لفحص تأثير درجة الحرارة على عملية الامتزاز، أجريت دراسة امتزاز الصبغة عند درجات حرارة مختلفة (25°C- 50°C) بتركيز صبغة 40ppm وحجم محلول 30ml، حيث تم حساب سعة الامتزاز عند كل درجة حرارة وهي الموضحة بالجدول 11.3. ومن خلال دراسة العلاقة بين درجة الحرارة وسعة الامتزاز، والمبينة في الشكل 12.3، توضح النتائج أن سعة الامتزاز لإزالة الصبغة تقل مع زيادة درجة الحرارة عند استخدام الأسطح المازة قشور الفول السوداني الجافة، وفحم قشور اللوز، وهذا يدل على أن تفاعل الامتزاز على هذه الأسطح هو تفاعل طاردة للحرارة، وعند استخدام الأسطح الأخرى المحضرة من فحم قشور الفول السوداني وقشور الفستق الجافة، فحم قشور الفستق وقشور اللوز الجافة فكانت تزداد سعة الامتزاز للصبغة مع زيادة درجة الحرارة، أي أن تفاعل الامتزاز على هذه الأسطح هو تفاعل ماصة للحرارة. زيادة الامتزاز مع درجة الحرارة يمكن أن يكون للأسباب التالية: (أ) ارتفاع درجة حرارة المحلول سيؤثر إيجابياً على حركة الصبغة، (ب) تعزيز تأثير الانتفاخ داخل الهيكل الداخلي للمادة المازة، (ج) زيادة تغلغل الأيونات داخل السطح البيئي سائل/صلب⁽¹³²⁾.



شكل 12.3: تأثير درجة الحرارة على سعة امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على الأسطح المدروسة

جدول 11.3 يوضح تأثير درجة الحرارة على امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على الأسطح المدروسة

Qe (mg/g)						السطح الماز درجة الحرارة (K)
فحم قشور اللوز	قشور اللوز الجافة	فحم قشور الفستق	قشور الفستق الجافة	فحم قشور الفول السوداني	قشور الفول السوداني الجافة	
10.081	11.031	9.339	11.714	10.973	11.760	298
9.270	11.239	9.513	11.807	11.065	11.725	303
9.293	11.332	9.872	11.888	11.181	11.644	308
8.772	11.540	10.081	11.934	11.390	11.494	313
8.922	11.876	10.370	11.992	11.529	11.216	323

7-3-1 دراسة تيرموديناميكية الامتزاز لصبغة الكونغو الحمراء:

تعتبر دراسة التيرموديناميكية لعملية الامتزاز ضرورية لاستنتاج ما إذا كانت العملية تلقائية أم غير تلقائية. حيث أن قيمة التغير في الطاقة الحرة ΔG هو مؤشر على تلقائية التفاعل الكيميائي. يمكن حساب التغير في الطاقة الحرة من ثابت الاتزان التيرموديناميكي، K_c (أو معامل التوزيع التيرموديناميكي)، والذي يمكن تقديره باستخدام بيانات أيزوثيرم الاتزان (جدول 13.3) حيث (133):

$$\Delta G^{\circ} = -RT \ln K_c \dots \dots (3)$$

$$K_c = \frac{Q_e}{C_e} \dots \dots (16)$$

حيث R هو ثابت الغازات ($8.314 \text{ J.mol}^{-1}.\text{k}^{-1}$)، T درجة الحرارة (K).

وبالتالي يمكن تقدير قيم التغير في الطاقة الحرة عند درجات حرارة مختلفة. من المعلوم أن ΔG° هي دالة التغير في المحتوى الحراري ΔH° والتغير في الانتروبي ΔS° كالتالي (133):

$$\Delta G^{\circ} = \Delta H^{\circ} - T\Delta S^{\circ} \dots (1)$$

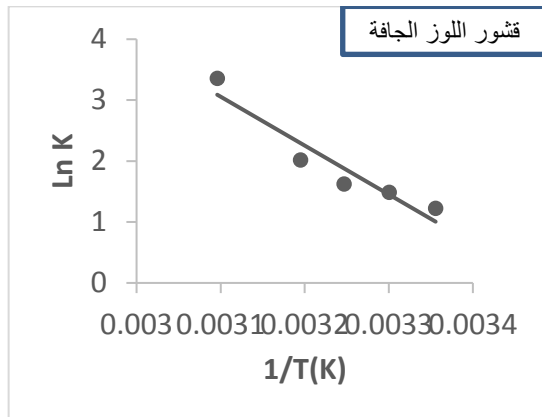
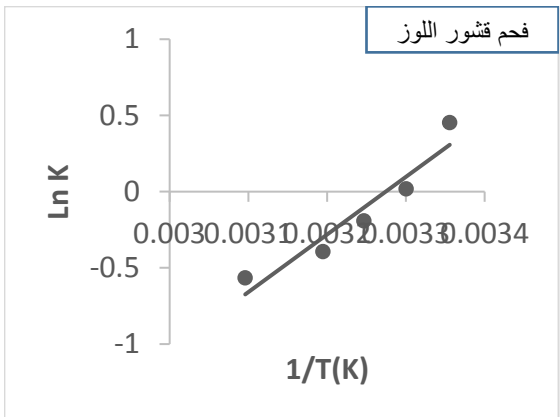
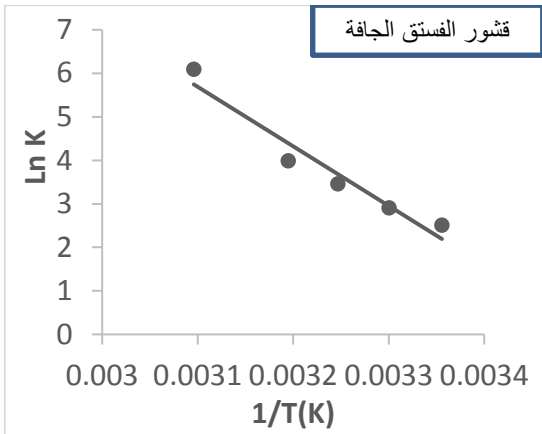
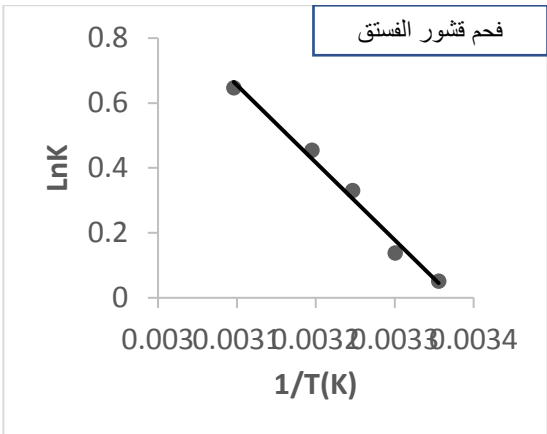
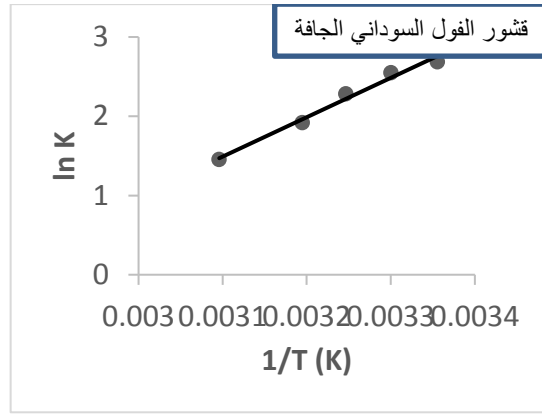
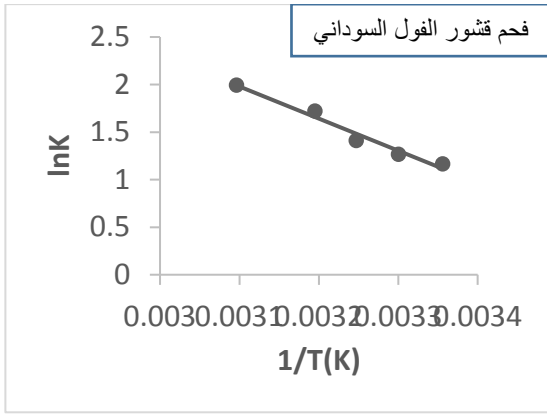
بدمج المعادلتين السابقتين نحصل على المعادلة التالية:

$$\ln K_c = \frac{\Delta S^{\circ}}{R} - \frac{\Delta H^{\circ}}{RT} \dots (17)$$

برسم العلاقة الخطية بين $\ln K_c$ ضد $1/T$ جدول 12.3 نحصل على خط مستقيم، كما هو موضح في الشكل 13.3، من الميل ونقطة التقاطع يمكن حساب كل من ΔH° و ΔS° . وبالتعويض عن قيمهما يمكن حساب قيمة ΔG° عند أي درجة حرارة. قيم التغير في الطاقة الحرة والتغير في المحتوى الحراري، والتغير في الانتروبي لعمليات الامتزاز على الأسطح المدروسة تم حسابها، والقيم موضحة في الجدول 13.3.

جدول 12.3 دراسة تأثير درجة الحرارة على ثابت الاتزان لامتزاز صبغة الكونغو الحمراء على الأسطح المدروسة

$K_c (Q_e/C_e)$						السطح الماز
فحم قشور اللوز	قشور اللوز الجافة	فحم قشور الفستق	قشور الفستق الجافة	فحم قشور الفول السوداني	قشور الفول السوداني الجافة	درجة الحرارة (K)
1.576	3.413	1.053	12.283	3.204	14.714	298
1.019	4.431	1.148	18.311	3.551	12.814	303
0.827	5.086	1.392	31.741	4.096	9.824	308
0.675	7.529	1.576	54.226	5.598	6.812	313
0.569	28.747	1.909	443.7	7.336	4.456	323



شكل 13.3: دراسة تيرموديناميكية امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على الأسطح المدروسة

جدول 13.3 الدوال الثيرموديناميكية لعملية امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على الأسطح

المدرسة

R ²	ΔG° (kJ.mol ⁻¹)	ΔS° (J.K ⁻¹ .mol ⁻¹)	ΔH° (kJ.mol ⁻¹)	السطح الماز
0.984	-6.841	-115.64	-41.30	قشور الفول السوداني الجافة
0.972	-2.767	103.41	28.10	فحم قشور الفول السوداني
0.945	5.433-	339.81	113.71	قشور الفستق الجافة
0.986	-0.112	66.93	19.83	فحم قشور الفستق
0.907	-2.492	232.16	66.70	قشور اللوز الجافة
0.9104	-0.761	-102.86	-31.414	فحم قشور اللوز

يلاحظ أن قيم ΔG° كانت سالبة (جدول 13.3)، ومع قيم ΔH° الموجبة، فهذا يدل على أن عملية الامتزاز تكون تلقائية عند درجات الحرارة المستخدمة، والقيم الصغيرة السالبة قد يجعلها غير تلقائي في الدرجات المنخفضة. يلاحظ من الجدول أن بعض قيم ΔH° سالبة، والبعض الآخر موجبة، فتدل القيمة السالبة على أن التفاعل طارد للحرارة، أي أن تفاعل الامتزاز الذي حصل عند استخدام قشور الفول السوداني الجافة، وفحم قشور اللوز هو تفاعل طارد للحرارة، بينما تفاعل الامتزاز على الأسطح (فحم قشور الفول السوداني، وقشور الفستق الجافة، فحم قشور الفستق، وقشور اللوز الجافة) هو تفاعل ماص للحرارة وذلك لأن قيمة ΔH° كانت موجبة، والجدير بالذكر أن الحرارة المنطلقة في حالة الامتزاز الفيزيائي تكون في المدى -2.10KJ.mol^{-1} إلى 20.9KJ.mol^{-1} ، بينما في حالة الامتزاز الكيميائي تكون في المدى 80KJ.mol^{-1} - 200KJ.mol^{-1} (134).

بالمقارنة مع القيم المتحصل عليها يمكن القول بأن عمليات الامتزاز على الأسطح المدرسة هي عمليات بعضها فيزيائية وبعضها الآخر كيميائية. القيم المنخفضة في ΔS° تدل على حدوث تغير بسيط في انتروبي النظام خلال عملية الامتزاز، كما أن القيم السالبة تدل على انخفاض العشوائية عند السطح الفاصل بين المحلول والمادة الصلبة المازة خلال عملية الامتزاز (135).

الفصل الرابع

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات:

تم في هذا البحث دراسة امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على عدة أسطح محضرة من قشور المكسرات (القول السوداني، الفستق واللوز)، وهي المسحوق الجاف ومسحوق الفحم وتم دراسة العوامل التي تؤثر على الامتزاز وهي: الزمن، كمية المادة المازة، وحجم الحبيبات، والتركيز الابتدائي، والأس الهيدروجيني ودرجة الحرارة. كما تم دراسة آيزوثيرمات وثيرموديناميكية الامتزاز وحركية التفاعل، وتبين من الدراسة ما يلي:

- 1- وجد أن عملية الامتزاز على جميع الأسطح المدروسة كان سريعاً، حيث تم الوصول إلى حالة الاتزان في زمن 80min أو أقل لكل الأسطح المدروسة.
- 2- سجل أعلى امتزاز للصبغة في الوسط الحمضي الضعيف والقريب من التعادل، ما بين pH=5، و pH=7 في معظم الأسطح.
- 3- زيادة سعة الامتزاز مع نقص كمية المادة المازة من 2g إلى 0.1g لجميع الأسطح المدروسة، بينما تزداد النسبة المئوية للامتزاز بزيادة كمية المادة المازة.
- 4- تزداد سعة الامتزاز بزيادة التركيز الابتدائي للصبغة، وهذا يدل على أن امتزاز الصبغة على الأسطح المدروسة من النوع الفيزيائي.
- 5- أوضحت النتائج أن آيزوثيرمات الامتزاز مشابهة لآيزوثيرم فرنديش، وغير متفقة مع آيزوثيرم لانجمير، وشكل الآيزوثيرم مشابه لشكل S حسب تصنيف جيلز.
- 6- الامتزاز يقل بزيادة درجة الحرارة عند استخدام الأسطح المحضرة من قشور الفول السوداني الجافة، وفحم قشور اللوز، وعليه فإن التفاعل طارد للحرارة، وكان ماص للحرارة عند استخدام الأسطح الأخرى فحم قشور الفول السوداني وقشور الفستق الجافة وفحم قشور الفستق وقشور اللوز الجافة.
- 7- الدراسة التيرموديناميكية أوضحت أن قيم ΔG^0 لمعظم الأسطح المدروسة (الجافة والفحم) كانت قيم سالبة، وهذا يدل على أن عملية الامتزاز كانت تلقائية في الظروف المستخدمة، وأن قيم ΔH^0 لمعظم الأسطح المازة كانت موجبة، وهذا يؤكد إن معظم عمليات الامتزاز كانت ماصة للحرارة، باستثناء المواد المازة المحضرة من قشور الفول السوداني الجافة وفحم قشور اللوز فقد كانت قيم ΔH^0 سالبة وهذا يدل على أن عملية الامتزاز طاردة للحرارة.
- 8- أوضحت النتائج أن حركية الامتزاز تتبع الرتبة الثانية.
- 9- كما أوضحت الدراسة أن السطوح المحضرة من القشور الجافة هي الأفضل ولو بشكل بسيط من الأسطح المتفحمة لها. ففي درجة الحرارة 25°C وتركيز الصبغة 40 ppm كانت سعة الامتزاز للأسطح المازة المحضرة من القشور الجافة متقاربة لحوالي 12 mg/g. أما الأسطح المتفحمة أعطت سعة امتزاز أقل ولو بشكل بسيط عند نفس الظروف، كذلك عند استخدام تركيز عالي من

الصبغة (200ppm) زادت سعة الامتزاز للأسطح الجافة إلى حوالي 50mg/g وبشكل أقل للأسطح المتفحمة.

التوصيات:

- 1- نظرا للكفاءة العالية للأسطح المازة المستخدمة في هذه الدراسة يوصي باستخدام هذه الأسطح في امتزاز صبغة الكونغو الحمراء.
- 2- التوسع في الدراسة واستخدام هذه الأسطح لامتزاز أصباغ عضوية أخرى، والعناصر المعدنية الملوثة للمياه.
- 3- التوسع في الدراسة باستخدام تراكيز أكبر من المادة الممتزة، والتركيز على نسبة الامتزاز أكثر من سعة الامتزاز تحت ظروف مختلفة.
- 4- استخدام أسطح مازة أخرى لامتزاز صبغة الكونغو الحمراء.
- 5- الانتقال بالدراسة الحالية من التطبيق المعملّي الى التطبيق الصناعي.

المراجع

- 1- الحسنوي د. ع.; الطائي ع. ش., الكيمياء العامة – دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة – الطبعة الأولى، 2009.
- 2- Kruk, I., Environmental Toxicology and Chemistry of Oxygen Species; Springer Science and Business Media, 1997; Vol. 21.
- 3- Pandit, A. B. and Kumar, J. K., Drinking Water Treatment for Developing Countries: Physical, Chemical and Biological Pollutants; Royal Society of Chemistry, 2019.
- 4- Zhang, Y.; Wu, B.; Xu, H.; Liu, H.; Wang, M.; He, Y. and Pan, B., Nanomaterials-Enabled Water and Wastewater Treatment. NanoImpact 2016, 3, 22-39.
- 5- Rafatullah, M.; Sulaiman, O.; Hashim, R. and Ahmad, A., Adsorption of Methylene Blue on Low-Cost Adsorbents: A Review. Journal of hazardous materials 2010, 177, 70-80.
- 6- عبيد، م. ح: الباقي، ر. ع. والأمير، ر. ع، تحضير ودراسة ثرموديناميكية لصبغة MP2 على سطح الفحم المنشط. مجلة الكوفة للكيمياء 2013، 1 (8).
- 7- Yaqoob, A. A.; Parveen, T.; Umar, K. and Ibrahim M. N., Role of Nanomaterials in the Treatment of Wastewater: A Review. Water 2020, 12, 495.
- 8- الشمري، ر. ح، 2006. دراسة ثرموديناميكية لامتماز بعض الصبغات على بعض الأنسجة الصناعية والقطنية. أطروحة ماجستير. جامعة الكوفة. كلية التربية للبنات.
- 9- Ukaogo, P. O.; Ewuzie, U. and Onwuka, C. V., Environmental pollution: causes, effects, and the remedies. In Microorganisms for sustainable environment and health, Elsevier, 2020; pp 419-429.
- 10- Mashkoor, F. and Nasar, A. Magsorbents: Potential candidates in wastewater treatment technology–A review on the removal of methylene blue dye. Journal of magnetism and magnetic materials 2020, 500, 166408.
- 11- Chaudhry, F. N. and Malik, M., Factors affecting water pollution: a review. J. Ecosyst. Ecography 2017, 7 (1), 225-231.
- 12- Zamora-Ledezma, C.; Negrete-Bolagay, D.; Figueroa, F.; Zamora-Ledezma, E.; Ni, M.; Alexis, F. and Guerrero, V. H., Heavy metal water pollution: A fresh look about hazards, novel and conventional remediation methods. Environmental Technology and Innovation 2021, 22, 101504.
- 13- Rida, K.; Bouraoui, S. and Hadnine, S., Adsorption of methylene blue from aqueous solution by kaolin and zeolite. Applied Clay Science 2013, 83, 99-105.

- 14- Adetunde, L. and Glover, R., Bacteriological Quality of Borehole Water Used by Students' of University for Development Studies, Navrongo Campus in Upper-East Region of Ghana. *Current Research Journal of Biological Sciences* 2010, 2, 361-364.
- 15- Kanu, I. and Achi, O., Industrial Effluents and Their Impact on Water Quality of Receiving Rivers in Nigeria. *Journal of applied technology in environmental sanitation* 2011, 1, 75-86.
- 16- Korboule, S. G., Environmental risk of applying sewage sludge compost to vineyard: Carbon, Heavy metals, nitrogen and phosphorus accumulation. *J Environ Quality*, 2007, 31, 1527.
- 17- حسن خ. ف.، فالح ع. ح.، حمدان غ. ع. وجاسم ش. ف.، خفض تراكيز بعض العناصر الثقيلة من مياه الصرف الصحي باستخدام الكتل الفطرية غير الحية، مجلة جامعة بابل /العلوم التطبيقية والصرفية، 2013، (2)، 21.
- 18- Jacquemin, D.; Perpete, E. A.; Ciofini, I. and Adamo, C., Accurate simulation of optical properties in dyes. *Accounts of chemical Research* 2009, 42 (2), 326-334.
- 19- Mahto, T. K., Chowdhuri A. R., and Sahu S. K., Polyaniline-functionalized magnetic nanoparticles for the removal of toxic dye from wastewater. *Journal of Applied Polymer Science*, 2014. 131(19).
- 20- Al-Ghouti, M., 2002. Mechanisms and Chemistry of Dye Adsorption on Ditomite and Modified Ditomite..
- 21- Berlier, J. E.; Rothe, A.; Buller, G.; Bradford, J.; Gray, D. R.; Filanoski, B. J.; Telford, W. G.; Yue, S.; Liu, J. and Cheung, C.-Y. Quantitative comparison of long-wavelength Alexa Fluor dyes to Cy dyes: fluorescence of the dyes and their bioconjugates. *Journal of Histochemistry and Cytochemistry* 2003, 51 (12), 1699-1712.
- 22- Al-Tohamy, R.; Ali, S. S.; Li, F.; Okasha, K. M.; Mahmoud, Y. A.-G.; Elsamahy, T.; Jiao, H.; Fu, Y. and Sun, J. A., Critical review on the treatment of dye-containing wastewater: Ecotoxicological and health concerns of textile dyes and possible remediation approaches for environmental safety. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 2022, 231, 113160.
- 23- خليفة إ.، 2020، المساهمة في معالجة تلوث المياه من صبغة أزرق الميثيلين بامتزازه باستعمال مخلفات النخيل (قواعد السعف)، رسالة ماجستير، جامعة قاصدي مرباح – ورقلة.
- 24- مادري ع. ح.، 2023، دراسة امتزاز صبغة أزرق الميثيلين على أسطح محضرة من مخلفات اوراق الكركديه والشاي الأحمر والأخضر، رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة مصراته.

- 25- Sudha, M., Saranya, A.; Selvakumar, G. and Sivakumar N., Microbial degradation of azo dyes: a review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 2014. 3(2), 670-690.
- 26- Al-Hamadi, A., Uraz, G., Katircioğlu, H. and Osmanağaoğlu, Ö Adsorption of Azo Dyes from Textile Wastewater by *Spirulina Platensis*. *Eurasian Journal of Environmental Research*, 2107, 1, 19-27.
- 27- Chen, Y., Lin Y., Ho, S., Zhou, Y. and Ren, N., Highly efficient adsorption of dyes by biochar derived from pigments-extracted macroalgae pyrolyzed at different temperature, 2018, 259, 104-110.
- 28- Tan, K. B.; Vakili, M.; Horri, B. A.; Poh, P. E.; Abdullah, A. Z. and Salamatinia, B., Adsorption of dyes by nanomaterials: recent developments and adsorption mechanisms. *Separation and Purification Technology*, 2015. 150, 229-242.
- 29- Dawood, S.A., Development and characterization of biomass based novel adsorbent in the removal of Congo red dye by adsorption. 2013, Curtin University.
- 30- عبد السلام ب. ي.، 2024، أيزوثيرم حركية وثيرموديناميكية امتزاز صبغة الكونغو الحمراء على أسطح قشور بعض البقوليات الخضراء في المحاليل المائية، رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة مصراتة.
- 31- المتولي م. أ. والعدوى ن. ح.، دراسة جودة الخواص اللونية لبعض الصبغات الطبيعية على أقمشة (السنجل جرسية). *مجلة بحوث التربية النوعية* 2015، 38، 211-245.
- 32- Ahmed, M. A.; Eltahir, Y. A. and Saeed, H. A., Eco-Friendly Utilization of Banana Plant Extract for Dyeing of Textile Materials and Related Purposes: A Review. *International Journal of Recent Scientific Research* 2018, 9.26473-26465 ,
- 33- Abdou, E.; Hafez, H.; Bakir, E. and Abdel-Mottaleb, M., Photostability of Low Cost Dye-Sensitized Solar Cells Based on Natural and Synthetic Dyes. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 2013, 115, 202-207.
- 34- Little, L.; Chillingworth, M. and Institute, A., Reports on Selected Dyes and Their Effect. American dye manufacturers institute, New york 1974.
- 35- العبيدي ح. م.، أشمري ب. ج. وعبدالكاظم أ. ف. دراسة استعمال ألياف ساق الموز الكاذب في إزالة بعض أصباغ تلوث المياه، *مجلة الكوفة للعلوم الزراعية* 2012، 4(1)، 12-22.
- 36- Mohammed, I. A.; Jawad, A. H.; Abdulhameed, A. S. and Mastuli, M. S., Physicochemical Modification of Chitosan with Fly Ash and Tripolyphosphate for Removal of Reactive Red 120 Dye: Statistical Optimization and Mechanism Study. *International journal of biological macromolecules* 2020, vol. 161, pp. 503-513.

- 37- Hussain, A. F.; AL-abbas, S. T. and Al-Khafaji E., Spectrophotometric Determination of Mercury (II) With Michler's thioketon Reagent, *Journal of Global Pharma Technology*, 2020,11(09): P.232-239.
- 38- Raafid, E.; Al-Da'amy, M. A. and Kadhim, S. H. "Determination and Identification of Nickel (II) Spectroscopy in Alloy Samples Using Chromogenic Reagent (HPEDN)," In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020, Vol. 871, no. 1, pp. 012025.
- 39- Gautam, R. K.; Rawat, V.; Banerjee, S.; Sanroman, M. A.; Soni, S.; Singh, S. K. and Chattopadhyaya, M. C., Synthesis of Bimetallic Fe–Zn Nanoparticles and Its Application Towards Adsorptive Removal of Carcinogenic Dye Malachite Green and Congo Red in Water. *Journal of Molecular Liquids* 2015, 212, 227-236.
- 40- Stoia, M. and Muntean, C., Preparation, Characterization and Adsorption Properties of MFe₂O₄ (M= Ni, Co, Cu) Nanopowders. *Environmental Engineering and Management Journal (EEMJ)* 2015, 14.
- 41- Raman, C. and Kanmani, D., "Decolorization of Mono Azo Dye and Textile Wastewater using Nano Iron Particles", *Environmental Progress and Sustainable Energy*. 2018, vol. 38 ,Issue S1.
- 42- Chen, J.; Wei, D.; Liu, L.; Nai, J.; Liu, Y.; Xiong, Y.; Peng, J.; Mahmud, S. and Liu, H., Green Synthesis of Konjac Glucomannan Templated Palladium Nanoparticles for Catalytic Reduction of Azo Compounds and Hexavalent Chromium. *Materials Chemistry and Physics* 2021, 267, 124651
- 43- Saygılı, G.A., Synthesis, characterization and adsorption properties of a novel biomagnetic composite for the removal of Congo red from aqueous medium. *Journal of Molecular Liquids*, 2015. 211: p. 515-526.
- 44- Hua, Z.; Pana Y. and Hong, Q., Adsorption of Congo red dye in water by orange peel biochar modified with CTAB, *RSC Advances*, 2023, 13, 12502
- 45- Unal, B. O.; Bilici, Z.; Ugur, N.; Isik, Z.; Harputlu, E.; Dizge, N. and Ocakoglu, K., Adsorption and Fenton Oxidation of Azo Dyes by Magnetite Nanoparticles Deposited on a Glass Substrate. *Journal of Water Process Engineering* 2019, 32, 100897.
- 46- Dotto, J.; Fagundes-Klen, M. R.; Veit, M. T.; Palacio, S. M. and Bergamasco, R., Performance of Different Coagulants in the Coagulation/Flocculation Process of Textile Wastewater. *Journal of cleaner production* 2019, 208, 656-665.

- 47- Garba, Z. N.; Lawan, I.; Zhou, W.; Zhang, M.; Wang, L. and Yuan, Z., Microcrystalline Cellulose (Mcc) Based Materials as Emerging Adsorbents for the Removal of Dyes and Heavy Metals—a Review. *Science of the Total Environment* 2020, 717, 135070.
- 48- Hokkanen, S.; Bhatnagar, A. and Sillanpää, M., A Review on Modification Methods to Cellulose-Based Adsorbents to Improve Adsorption Capacity. *Water research* 2016, 91, 156-173.
- 49- مصطفى، ف. ح.، 1992، التلوث البيئي- الهيئة القومية للبحث العلمي - بنغازي- ليبيا.
- 50- عبجه، س. ع.، الهليب ع. م.، سويب خ. ع.، التكروني هـ. ج.، اشكاب س. ع.، الخراز ع. م. والشريف خ. م.، استخدام مخلفات نبات اللسلس الجاف كمادة مازة جديدة لصبغة الميثيلين الأزرق: دراسة تجريبية ونمذجة، مجلة العلوم الاساسية، 2024، 37، 97-78.
- 51- Banat, F.; Alasheh, S. and AbuAitah, L., Examination of the effectiveness of physical and chemical activation of natural Bentonite for the removal of heavy metal ions from aqueous solution, *Abstracts from adsorption science and Technology*, 2003, Vol.20, No. 1.
- 52- Awad, A. M.; Jalab, R.; Benamor, A.; Nasser, M. S.; Ba-Abbad, M. M.; El-Naas, M. and Mohammad, A. W., Adsorption of Organic Pollutants by Nanomaterial-Based Adsorbents: An Overview. *Journal of Molecular Liquids* 2020, 301, 112335.
- 53- Mavros, P.; Daniilidou, A.; Lazaridis, N. and Stergiou, L., Colour Removal from Aqueous Solutions. Part I. Flotation. *Environmental technology* 1994, 15, 601-616.
- 54- Crini, G.; Lichtfouse, E.; Wilson, L. D. and Morin-Crini, N., Conventional and Non-Conventional Adsorbents for Wastewater Treatment. *Environmental Chemistry Letters*, 2019, 17, 195-213.
- 55- Wanyonyi, W.; Onyari, J. M. and Shiundu, P. M., Adsorption of Congo Red Dye from Aqueous Solutions Using Roots of Eichhornia Crassipes: Kinetic and Equilibrium Studies. *Energy Procedia* 2014, 50, 862-869.
- 56- Li, H.; Wang, Xi.; Song, Y.; Liu, Y.; Li, Q.; Jiang, L. and Zhu, D., Super-Amphiphobic Aligned Carbon Nanotube Films, *Angewandte Chemie International Edition*, 2001, 40, 9, 1743-1746.
- 57- Atkins, P. and De Paula, J., 2006. *Physical Chemistry*, Macmillan.
- 58- Sharma, K. and Sharma, L., 2016. *A Textbook of Physical Chemistry*; Vikas Publishing House,.
- 59- Markovska, L.; Meshko, V.; Noveski, V. and Marinkovski, M., Solid Diffusion Control of the Adsorption of Basic Dyes onto Granular Activated Carbon and Natural

- Zeolite in Fixed Bed Columns. Journal of the Serbian Chemical Society 2001, 66, 463-475.
- 60- Gupta, V. K.; Mohan, D.; Sharma, S. and Sharma, M., Removal of Basic Dyes (Rhodamine B and Methylene Blue) from Aqueous Solutions Using Bagasse Fly Ash. Separation Science and Technology 2000, 35, 2097-2113.
- 61- صيهود أ.ع، ناجي م.ح، دراسة امتزاز بعض اصباغ الازو من محاليلها المائية باستعمال Silica Sand بطريقتي الدفعات وعمود الفصل، مجلة القادسية للعلوم الصرفة، 2007، 12، 2، 108-116.
- 62- Basmadjian, D., 2018. The Little Adsorption Book: A Practical Guide for Engineers and Scientists; CRC press,.
- 63- ابوشيبية ر.ع، 2018. دراسة تحليلية فيزيائية مقارنة لإمتزاز صبغتي المثل البرتقالي والبلورة البنفسجية علي أسطح مخلفات قشور الفول السوداني ولحاء شجر الكافور، رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة مصراتة.
- 64- Çeçen F. and Aktas, Ö., 2011. Activated carbon for water and wastewater treatment: Integration of adsorption and biological treatment. John Wiley and Son.
- 65- فلاح ح.ح، علي ع.س. وسائد أ.س، 1993. الديناميكة الحرارية للسوائل والمحاليل . جامعة القادسية.
- 66- Ricca, F., Adsorption-Desorption Phenomena: Proceedings of the Ii International Conference Held at Florence in April 1971; Academic Press, 1972; Vol. 2.
- 67- Wang, R.; Yu, J. and Hao, Q., Activated Carbon/MnO₂. ZnO. Fe₂O₄ Composites: Facile Synthesis, Magnetic Performance and Their Potential Application for the Removal of Methylene Blue from Water. Chemical Engineering Research and Design 2018, 132, 215-225.
- 68- Job, G. and Ruffler, R., Physical Chemistry from a Different Angle. Springer International Publishing. doi 2016, 10, 9783.
- 69- Moreno-Castilla C., Adsorption of organic molecules from aqueous solutions on carbon materials. Carbon, 2004, 42 (1), 83-94.
- 70- Adamson, A. W. and Gast, A. P., Physical Chemistry of Surfaces; Interscience publishers New York, 1967; Vol. 150.
- 71- Clark, R. M. and Adams, J. Q., Evaluation of Bat for Vocs in Drinking Water. Journal of environmental engineering 1991, 117, 247-268.
- 72- Yagub, M. T.; Sen, T. K.; Afroze, S. and Ang, H. M., Dye and its removal from aqueous solution by adsorption: a review. Advances in colloid and interface science 2014, 209, 172-184.
- 73- Atkins, P. and Paula, J., 2002. Physical Chemistry (7th) Oxford University Press. Oxford:.

- 74- Benefield, L. D.; Judkins, J. F. and Weand, B. L., 1982, Process Chemistry for Water and Wastewater Treatment. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 212.
- 75- Schramke, J. A.; Murphy, S. F.; Doucette, W. J. and Hintze, W. D., Prediction of Aqueous Diffusion Coefficients for Organic Compounds at 25 C. Chemosphere 1999, 38, 2381-2406.
- 76- Kiselev, A. and Khopina, V., Influence of Properties of Adsorbent, and of the Surface and Bulk Solutions on Adsorption from Solution. Transactions of the Faraday Society 1969, 65, 1936-1942.
- 77- Clark A., 1970, The theory of adsorption and catalysis, Academic Press, Vol. 18.
- 78- Rosenholm J., Lindén M. and Birdi K., 2008, Handbook of surface and colloid chemistry.
- 79- Albanis, T.; Hela, D.; Sakellarides, T. and Danis, T., Removal of Dyes from Aqueous Solutions by Adsorption on Mixtures of Fly Ash and Soil in Batch and Column Techniques. Global Nest: Int. J 2000, 2, 237-244.
- 80- Czepirski, L.; Balys, M. R. and Komorowska-Czepirska, E., Some Generalization of Langmuir Adsorption Isotherm. Internet Journal of Chemistry 2000, 3, 1099-8292.
- 81- Aljeboree, A. M.; Alshirifi, A. N. and Alkaim, A. F., Kinetics and Equilibrium Study for the Adsorption of Textile Dyes on Coconut Shell Activated Carbon. Arabian journal of chemistry 2017, 10, S3381-S3393.
- 82- Reddy, M. S.; Sivaramakrishna, L. and Reddy, A. V., The Use of an Agricultural Waste Material, Jujuba Seeds for the Removal of Anionic Dye (Congo Red) from Aqueous Medium. Journal of hazardous materials 2012, 203, 118-127.
- 83- Vinod, V. P. and Anirudhan, T. S., Sorption of Tannic Acid on Zirconium Pillared Clay. Journal of Chemical Technology and Biotechnology: International Research in Process, Environmental and Clean Technology 2002, 77, 92-101.
- 84- Laidler, K. and Meiser, J., 1982. Physical Chemistry. The Benjamin Cummings Publishing Company. Menlo Park CA.
- 85- Bahl, A., 1961. Essentials of Physical Chemistry; S. Chand Publishing,.
- 86- Jodeh, S.; Ahmad, R.; Suleiman, M.; Radi, S.; Emran, K. M.; Salghi, R.; Warad, I. and Hadda, T. B., Kinetics, Thermodynamics and Adsorption of Btx Removal from Aqueous Solution Via Date-Palm Pits Carbonization Using Spme/Gc-MS. J. Mater. Environ. Sci 2015, 6, 2853-2870.
- 87- Kent, S. K., Adsorbent Selection. Adsorption Research, Inc., Dublin, Ohio 2003, 43016, 1-23.

- 88- Kreuzer, H. J. and Gortel, Z. W., *Physisorption Kinetics*; Springer Science and Business Media, 2012; Vol. 1.
- 89- Cochrane, E.; Lu, S.; Gibb, S. and Villaescusa, I., A Comparison of Low-Cost Biosorbents and Commercial Sorbents for the Removal of Copper from Aqueous Media. *Journal of hazardous materials* 2006, 137, 198-206.
- 90- Lagergren, S. K., About the Theory of So-Called Adsorption of Soluble Substances. *Sven. Vetenskapsakad. Handlingar* 1898, 24, 1-39.
- 91- Kumar, P. S.; Ramalingam, S.; Senthamarai, C.; Niranjanaa, M.; Vijayalakshmi, P. and Sivanesan, S., Adsorption of Dye from Aqueous Solution by Cashew Nut Shell: Studies on Equilibrium Isotherm, Kinetics and Thermodynamics of Interactions. *Desalination* 2010, 261, 52-60.
- 92- Ponec, V.; Knor, Z. and Cerny, S., 2018. *Adsorption on Solids*; Butterworth.
- 93- Jawad, A., Removal of Reactive Red 4 Dye Using Chitosan-Epichlorohydrin/TiO₂ Nanocomposite: Application of Response Surface Methodology. *Science Letters* 2020, 14, 96-108.
- 94- Kapoor, K., *A Textbook of Physical Chemistry*; Macmillan, 2001; Vol. 3.
- 95- Bering, B.; Dubinin, M. and Serpinsky, V., On Thermodynamics of Adsorption in Micropores. *Journal of Colloid and Interface Science* 1972, 38, 185-194.
- 96- Foroughi-Dahr, M.; Abolghaseemi, H.; Esmaili, M.; Shojamoradi, A. and Fatoorehchi, H., Adsorption Characteristics of Congo Red from Aqueous Solution onto Tea Waste. *Chemical Engineering Communications* 2015, 202, 181-193.
- 97- Elsherif K. M.; Alkheraz A. M.; Edwards H. and Mutawia B. Y., Congo red dye adsorption on dry green pea husk: Effects of process parameters and modeling approaches, *Environmental Health Engineering and Management Journal* 2024, 11(3), 273-284
- 98- Rehman, R.; Manzoor, I. and Mitu, L., Isothermal Study of Congo Red Dye Biosorptive Removal from Water by Solanum Tuberosum and Pisum Sativum Peels in Economical Way. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia* 2018, 32, 213-223.
- 99- Rodríguez-Arellano, G.; Barajas-Fernández, J.; García-Alamilla, R.; Lagunes-Gálvez, L. M.; Lara-Rivera, A. H. and García-Alamilla, P., Evaluation of Cocoa Beans Shell Powder as a Bioadsorbent of Congo Red Dye Aqueous Solutions. *Materials* 2021, 14, 2763.
- 100- Vairavel, P.; Rampal, N.; Jeppu, G., Adsorption of toxic Congo red dye from aqueous solution using untreated coffee husks: kinetics, equilibrium,

- thermodynamics and desorption study, *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 2023, 103, 1- 21.
- 101- Aslam, U. and Javed, T., Potential of Citrus Limetta Peel Powder (Clpp) for Adsorption of Hazardous Congo Red Dye from Wastewater. *Water Practice and Technology* 2023, 18, 1051-1073.
- 102- Wekoye, J. N.; Wanyonyi, W. C.; Wangila, P. T. and Tonui, M. K., Kinetic and Equilibrium Studies of Congo Red Dye Adsorption on Cabbage Waste Powder. *Environmental Chemistry and Ecotoxicology* 2020, 2, 24-31.
- 103- Litefti, K.; Freire, M. S.; Stitou, M. and González-Álvarez, J., Adsorption of an Anionic Dye (Congo Red) from Aqueous Solutions by Pine Bark. *Scientific Reports* 2019, 9, 16530.
- 104- Hua, Z.; Pan, Y. and Hong, Q., Adsorption of Congo red dye in water by orange peel biochar modified with CTAB, *RSC Advances*, 2024, 13, 12502 -12508.
- 105- Aftab, R. A.; Zaidi, S.; Khan, A. A. P.; Usman, M. A.; Khan, A. Y.; Chani, M. T. S. and Asiri, A. M., Removal of Congo Red from Waste Black Cardamom Peels and Machine learning Modeling. *Alexandria Engineering Journal* 2023, 71, 355-369.
- 106- Ilayaraja, M.; Krishnan, N. and Kannan, R. S., Adsorption of Rhodamine-B and Congo Red Dye from Aqueous Solution Using Activated Carbon: Kinetics, Isotherms, and Thermodynamics. *IOSR J. Environ. Sci. Toxicol. Food Technol* 2013, 5, 79-89.
- 107- Idoko, B. and Ayuba, A. M., Kinetics, Equilibrium and Thermodynamics Studies of Congo Red Dye Adsorption from Aqueous Solution onto Activated Cowpea (*Vigna Unguiculata*) Husk: Kinetics, Equilibrium and Thermodynamics Studies of Congo Red Dye Adsorption from Aqueous Solution onto Activated Cowpea Husk. *Algerian Journal of Chemical Engineering AJCE* 2021, 1, 66-76.
- 108- Khaniabadi, Y. O.; Mohammadi M. J.; Shegerd, M.; Sadeghi, S.; Saeedi, S. and Basiri, H., Removal of Congo red dye from aqueous solutions by a low-cost adsorbent: activated carbon prepared from Aloe vera leaves shell, *Environmental Health Engineering and Management Journal*, 2017, 4(1), 29–35.
- 109- Jabar, J. M.; Odusote, Y. A.; Alabi, K. A. and Ahmed, I. B., Kinetics and Mechanisms of Congo-Red Dye Removal from Aqueous Solution Using Activated *Moringa Oleifera* Seed Coat as Adsorbent. *Applied Water Science* 2020, 10, 1-11.

- 110- Liu ,J.; Cheng, X. Z.; Qin, P. and Pan, M. Y., Remove of Congo Red from Wastewater by Adsorption onto Eggshell Membrane. *Advanced Materials Research* 2012, 599, 391-394.
- 111- Farias, R. S.; Buarque, H. L.; Cruz, M. R.; Cardos, L. M. F.; Gondim, T. d. A. and Paulo, V. R. d., Adsorption of Congo Red Dye from Aqueous Solution onto Amino-Functionalized Silica Gel. *Engenharia Eambiental* 2018 ,23, 1053-1060.
- 112- Bdewi, S. F.; Aziz, B. K. and Mutar, A. A., Adsorption of Congo Red on Nano Mgo Particles Prepared by Molten Salt Method. *Diyala J Pure Sci* 2018, 14, 78-97.
- 113- Ragwan, R. M.; Gaith,S. A. and Salh H., Kinetic, Isotherm Studies of the Adsorption of the Congo Red Dye by Posidonia Spheroids Plants Sea Balls (PSPSB), *Sebha University Conference Proceedings*, 2024, 03, 429- 433.
- 114- Murrel, J. and Bucher, E., 1982. *Properties of Liquids and Solution* Jhon Wiley and Sons. New york.
- 115- Ravi, V. P.; Jasra, R. V. and Bhat, T. S., Adsorption of Phenol, Cresol Isomers and Benzyl Alcohol from Aqueous Solution on Activated Carbon at 278, 298 and 323 K. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology: International Research in Process, Environmental AND Clean Technology* 1998, 71, 173-179.
- 116- Dbik, A.; Bentahar, S.; El Khomri ,M.; El Messaoudi, N. and Lacherai, A., Adsorption of Congo Red Dye from Aqueous Solutions Using Tunics of the Corm of the Saffron. *Materials today: proceedings* 2020, 22, 134-139.
- 117- Kitemangu, A.; Vegi, M. R. and Malima, N. M., Biosorption of Congo Red Dye from Aqueous Solution Using Adsorbent Prepared from Vangueria infausta Fruit Pericarp, *Adsorption Science and Technology* Volume 2023, Article ID 4319053, 17 pages
- 118- Zenasni, M. A.; Meroufel, B.; Merlin, A. and George, B., Adsorption of Congo Red from Aqueous Solution Using Ctab-Kaolin from Bechar Algeria. *Journal of surface engineered materials and advanced technology* 2014, 4, 332.
- 119- Elsherif, K.; Haider, I. and El-Hashani, A., Adsorption of Co (Ii) Ions from Aqueous Solution onto Tea and Coffee Powder: Equilibrium and Kinetic Studies. *Journal of Fundamental and Applied Sciences* 2019, 11, 65- 81.
- 120- Sharma, P. and Das, M. R., Removal of a Cationic Dye from Aqueous Solution Using Graphene Oxide Nanosheets: Investigation of Adsorption Parameters. *Journal of Chemical and Engineering Data* 2013, 58, 151-158.
- 121- Porkodi, K. and Kumar, K.V., Equilibrium, Kinetics and Mechanism Modeling and Simulation of Basic and Acid Dyes Sorption onto Jute Fiber Carbon: Eosin Yellow,

- Malachite Green and Crystal Violet Single Component Systems. *Journal of hazardous materials* 2007, 143, 311-327.
- 122- Tahir, S. and Rauf, N., Removal of a Cationic Dye from Aqueous Solutions by Adsorption onto Bentonite Clay. *Chemosphere* 2006, 63, 1842-1848.
- 123- Mittal, A.; Mittal, J.; Malviya, A.; Kaur, D. and Gupta, V., Decoloration Treatment of a Hazardous Triarylmethane Dye, Light Green Sf (Yellowish) by Waste Material Adsorbents. *Journal of colloid and interface science* 2010, 342, 518-527.
- 124- Li, Y.; Du, Q.; Liu, T.; Peng, X.; Wang, J.; Sun, J.; Wang, Y.; Wu, S.; Wang, Z. and Xia, Y., Comparative Study of Methylene Blue Dye Adsorption onto Activated Carbon, Graphene Oxide, and Carbon Nanotubes. *Chemical Engineering Research and Design* 2013, 91, 361-368.
- 125- Chandane, V. and Singh, V., Adsorption of Safranin Dye from Aqueous Solutions Using a Low-Cost Agro-Waste Material Soybean Hull. *Desalination and Water Treatment* 2016, 57, 4122-4134.
- 126- Ahmad, F.; Daud, W. M. A. W.; Ahmad, M. A. and Radzi, R., Cocoa (Theobroma Cacao) Shell-Based Activated Carbon by Co₂ Activation in Removing of Cationic Dye from Aqueous Solution: Kinetics and Equilibrium Studies. *Chemical engineering research and design* 2012, 90, 1480-1490.
- 127- Rahimi, M.; Vadi, M.; Branch, S. and Sarvestan, I., Langmuir, Freundlich and Temkin Adsorption Isotherms of Propranolol on Multi-Wall Carbon Nanotube. *Journal of modern drug discovery and drug delivery research* 2014, 2, 18-20.
- 128- Sui, Q.; Huang, J.; Liu, Y.; Chang, X.; Ji, G.; Deng, S.; Xie, T. and Yu, G., Rapid Removal of Bisphenol a on Highly Ordered Mesoporous Carbon. *Journal of Environmental Sciences* 2011, 23, 177-182.
- 129- الخراز ع. م، الشريف خ. م، مادري ع. ح. وساسي م. س، تقييم كفاءة مخلفات أوراق الشاي الأحمر في امتزاز صبغة الميثيلين الأزرق من النفايات السائلة: دراسة تجريبية لعوامل الأيزوثيرم والحركية والديناميكية الحرارية، *المجلة العربية للبحث العلمي*، 2024، 1-9.
- 130- Derakhshan, Z.; Baghapour, M. A.; Ranjbar, M. and Faramarzian, M., Adsorption of Methylene Blue Dye from Aqueous Solutions by Modified Pumice Stone: Kinetics and Equilibrium Studies *Health Scope*. 2013; 2(3): 136–44.
- 131- Alkherraz, A. M.; Ali, A.; Elsherif, K. M. and El-Dali, A., Equilibrium and Thermodynamic Studies of Pb (II), Zn (II), Cu (II) and Cd (Ii) Adsorption onto Mesembryanthemum Activated Carbon. *Journal of Medicinal and Chemical Sciences* 2020, 3, 1-10.

- 132- Alakhras, F.; Al-Abbad, E.; Alzamel, N.; Abouzeid, F. and Ouerfelli, N., Contribution to Modelling the Effect of Temperature on Removal of Nickel Ions by Adsorption on Nano-Bentonite. *Asian Journal of Chemistry* 2018, 30, 1147-1156.
- 133- Liu, Y. and Liu, Y.-J., Biosorption Isotherms, Kinetics and Thermodynamics. *Separation and purification technology* 2008, 61, 229-242.
- 134- Sağ, Y. and Kutsal, T., Determination of the Biosorption Heats of Heavy Metal Ions on *Zoogloea Ramigera* and *Rhizopus Arrhizus*. *Biochemical Engineering Journal* 2000, 6, 145-151.
- 135- Aksu, Z., Determination of the Equilibrium, Kinetic and Thermodynamic Parameters of the Batch Biosorption of Nickel (II) Ions onto *Chlorella Vulgaris*. *Process biochemistry* 2002, 38, 89-99.

Abstract

Removing organic pollutants from aqueous solutions by adsorption plays an important role in controlling water pollution. Scientific research on this topic has demonstrated the potential for effective removal of organic materials, heavy metals, dyes, and other aqueous solutions using agricultural waste. We have observed differences in their ability to remove these pollutants.

It is widely used due to its large available quantities, low cost and good efficiency, by using it as a raw material or preparing activated carbon from it and applying it by the adsorption process. This study dealt with the use of agricultural wastes of some nut's shells (peanuts, pistachios and almonds) with their dry surfaces and charcoal as biomass, i.e. by preparing them

as adsorbents to remove organic pollutants (Congo red dye) From aqueous media, the research included a study of the isotherm, kinetics and thermodynamics of adsorption of Congo red dye on surfaces prepared from peanut, pistachio and almond shells, dry powder and coal. A number of factors affecting the adsorption process were studied. By studying the effect of contact time, it was found that the adsorption process on all studied surfaces was fast, as the equilibrium state was reached at a time of 60 min or less for all studied surfaces. The results also showed that the degree of acidity affected the adsorption capacity, as the highest adsorption of the dye occurred in the weak acidic medium and close to neutrality, then decreased in the strong acidic and strong basic media, and its lowest value in this study was at $\text{pH} = 11$. By studying the effect of the amount of the adsorbent on the adsorption capacity, it was observed that the adsorption capacity increased with the decrease in the amount of the adsorbent from 2g to 0.1g for all the studied surfaces. While the percentage of adsorption increases with the increase in the amount of adsorbent, the amount was considered to be 0.1g of adsorbent for the dry surface and charcoal for every 30ml of dye solution. The results also showed for all adsorbent surfaces that the adsorption capacity increases with the increase in the initial concentration of the dye, which indicates that the dye adsorption on the studied surfaces is of the physical type. Adsorption isotherms were also studied. The results showed that the adsorption isotherms are consistent and similar to the Freundlich isotherm, and not consistent with the Langmuir isotherm, based on the correlation coefficient of the linear equations ($R^2 > 0.99$) and the shape of the isotherm is similar to the (S) shape according to the Giles classification. The effect of temperature on adsorption was also studied, and it was found that adsorption decreases with increasing temperature when using surfaces prepared from dry peanut shells and almond shell charcoal, and therefore the reaction is exothermic. It was endothermic when using other surfaces (peanut shell charcoal, dry pistachio shell charcoal, pistachio shell charcoal, and dry almond shell charcoal), and the thermodynamic study also showed that the ΔG° values for all studied surfaces (dry and charcoal) were positive values, which indicates that the adsorption process was spontaneous under the conditions used, and that the ΔH° values for all adsorbent surfaces were positive.

This confirms that most of the adsorption processes were endothermic, with the exception of the adsorbents prepared from dry peanut shells and almond shell charcoal, where ΔH° values were negative, indicating that the adsorption process was exothermic. Finally, the adsorption kinetics were studied, and the results showed that the adsorption process followed a second-order reaction.

Key words: Adsorption, Congo red dye, Peanut Shells, Pistachio Shells, Almond Shells.



**Alasmariya Islamic University
Faculty of Science
Department of Chemistry**

**Adsorption Study of Congo Red Dye From Aqueous
Solutions onto Surfaces Prepared from Peanut,
Pistachio and Almond Shells**

Submitted by: Marwa Faraj Baleid Aljuroushi

**Supervised by: Prof. Abdulfattah Mohamed Alkherraz
Professor of Physical chemistry at Misurata University**

**Thesis Was Submitted in Partial Fulfillment of The Requirements
for The Degree of Master in Chemistry.
Fall semester 2026**