



A thermodynamic and kinetic study of tetracycline absorption by activated charcoal prepared from pistachio shells.

Hajar Yassin Abdullah ⁽¹⁾, Noha Mohammed Yahya ⁽²⁾

⁽¹⁾⁽²⁾ Department of Chemistry, College of Education for Girls, University of Mosul,
Mosul, Iraq.

Email ⁽¹⁾: hajar.22gep11@student.uomosul.edu.iq

Email ⁽²⁾: Nohamohd@uomosul.edu.iq

Abstract:

In this study, a new adsorbent (chemically treated activated carbon) was prepared from a vegetable source of environmental waste, namely pistachio shells, and tetracycline was chosen as a model drug to study the adsorption process. The highest adsorption removal of 98.29% was achieved under optimal conditions (0.05g of the prepared activated carbon chemically treated for adsorption of 25mg/L tetracycline solution.) at a shaking speed of 100 rpm for the shaking water bath. Thermodynamic functions were calculated for the adsorption of tetracycline on the surface of the prepared chemically treated activated carbon. The analytical method was used to realize the standard calibration curve of tetracycline to calculate the amount of drug adsorbed and remaining in solution and the Beer-Lambert law and using the spectrophotometric method in the ultraviolet region. The thermodynamic functions of the adsorption process ($\Delta H, \Delta G^\circ, \Delta S^\circ$) are calculated within an experimental range of temperatures ranging from (K338 - 288), the results of the thermodynamic study showed that the adsorption of tetracycline is an endothermic process through positive (ΔH) values with a stabilized concentration and at a range of temperatures used where (ΔG°) values are negative and an indication that the adsorption process is spontaneous in nature and increases spontaneously with increasing temperature with stabilization of concentration and adsorbent, this indicates that physical adsorption is dominant and (ΔS°) values are positive, meaning that there is an increase in randomness (irregularity) in the stages of the adsorption process.

Keywords: adsorption, Prepared Activated Carbon (SAC), Tetracycline removal, Thermodynamic.

دراسة ترمودايناميكية وحركية في امتزاز التتراسايكلين بواسطة الفحم المنشط المحضر من قشور الفستق
⁽¹⁾ هاجر ياسين عبدالله، ⁽²⁾ نهى محمد يحيى

⁽²⁾⁽¹⁾ قسم الكيمياء، كلية التربية للبنات، جامعة الموصل، الموصل، العراق

الايمل ⁽¹⁾: hajar.22gep11@student.uomosul.edu.iq

الايمل ⁽²⁾: Nohamohd@uomosul.edu.iq



الخلاصة:

في هذه الدراسة تم تحضير مادة مازة جديدة (كاربون منشط المحضر المعالج كيميائياً) ومن مصدر نباتي من مخلفات البيئة وهو من قشور الفستق الحلبي ، لقد تم اختيار التتراسايكلين باعتباره دواء نموذجي لدراسة عملية الامتزاز. تم تحقيق أعلى ازالة في عملية الامتزاز بنسبة 98.29 % في ظل الظروف المثلى (0.05g) من الكربون المنشط المحضر المعالج كيميائياً لامتناسه محلول التتراسايكلين (25mg/L) بسرعة رج 100 دورة بالدقيقة الواحدة للحمام المائي الهزاز. تم حساب الدوال الترموديناميكية الحرارية لامتناسه دواء التتراسايكلين على سطح الكربون المنشط المحضر المعالج كيميائياً. وقد تم استخدام الطريقة التحليلية لتحقيق منحني المعايرة القياسي لدواء التتراسايكلين من اجل حساب كمية الدواء الممتزة والباقي في المحلول وقف قانون بير- لامبرت وباستخدام الطريقة الطيفية لقياس الطيف الضوئي في المنطقة فوق البنفسجية. وتتم حساب الدوال الديناميكية الحرارية لعملية الامتزاز ($\Delta H, \Delta G^\circ, \Delta S^\circ$) ضمن نطاق تجريبي من درجات الحرارة التي تتراوح بين (288 - 338 K) فقد اظهرت النتائج للدراسة الديناميكية الحرارية ان الامتناسه لدواء التتراسايكلين هو عملية ماصة للحرارة عن طريق قيم (ΔH) الموجبة مع تركيز مثبت وعند مدى من درجات الحرارة المستخدمة حيث تكون قيم (ΔG°) سالبة واشارة الى عملية الامتناسه تلقائية في طبيعتها وتزداد تلقائية بارتفاع درجة الحرارة مع ثبوت التركيز والمادة المازة وهذا يشير ان الامتناسه الفيزيائي هو السائد وان قيم (ΔS°) تكون موجبة أي ان هناك زيادة في العشوائية (الانتظام) في مراحل عملية الامتناسه .

الكلمات المفتاحية: الامتناسه ، الكربون المنشط المحضر (SAC)، ازالة التتراسايكلين ، الترموديناميكية.

1- المقدمة: Introduction

التتراسايكلين / هو مركب كيميائي صيغته الكيميائية $C_{22}H_{24}N_2O_8$ وهو نوع من المضادات الحيوية واسعة الطيف يستخدم لعلاج مجموعة واسعة من العدوى البكتيرية وبعد من الادوية الشائعة التي يتم وصفها للإنسان والحيوانات ومع ذلك يتم افراز كميات كبيرة من التتراسايكلين في جسم الانسان والحيوان في البيئة عبر مياه الصرف الصحي وان افضل طريقة استخدمت لأزالته من الماء هي تحضير كاربون منشط معالج كيميائياً .

2- الجزء العملي: Experimental part

1.2- المواد الكيميائية: ان المواد الكيميائية التي تم استخدامها في البحث مجهزة من شركة (Fluke) وهي :
Sodium ، Hydrochloric acid

Ethanol ، Hydroxide

2.2- الأجهزة المستعملة: Instruments of Use

1. جهاز المطياف الفوتومتري للأشعة فوق البنفسجية والمرئية (Shimadzu, Japan موديل-UV) Visible 1800 PC لقياس الطول الموجي (λ_{max}) استخدم خلايا كوارتز ببعد (1 cm) ولمدى (-200-800 nm).
2. حمام مائي هزاز: تم استخدام هزاز المبرمج من نوع (ST402) مزود بحمام مائي لغرض ضبط وتنظيم درجة الحرارة عند دراسة الامتناسه (Adsorption).
3. جهاز الطرد المركزي: منشأ (KOREA) من نوع (LDZ4-2MEDICAL Low SPEED CENTERFUGE).



4. فرن التجفيف الكهربائي: نوع (memmert) ذو مدى من درجات حرارية تصل الى ($20-220^{\circ}\text{C}$).
5. فرن الحرق: تم استخدام فرن الحرق من نوع (Labor gerate GmbH) من منشأ (Turkey) ذو مدى من الدرجات حرارية يصل الى (1100°C).
6. جهاز قياس الدالة الحامضية: pH-meter الجهاز مجهز من شركة (Jenway) وموديل (3510 pH meter) تم ضبط معيارية الجهاز باستخدام محاليل منظمة (pH 4, 7, 9).
7. منخل: من نوع (ASTM E 11-70) وبحجم ($63\ \mu\text{m}$).
8. جهاز المحرك المغناطيسي: Magnetic Stirrer جهاز نوع (Labtech) ذو منشأ (KORYA) بمواصفات (2W,12A,220V and 50 HZ).

3.2- تحضير المحلول القياسي لدواء التتراسايكلين:

حضر المحلول القياسي (stock solution) بتركيز (1000ppm) وبوزن (0.025g) من دواء (Tetracycline)، وبإذابة دواء التتراسايكلين بالماء [1] بحضير تراكيز مخففة باستخدام قانون التخفيف ($N_1V_1=N_2V_2$) وقياس الطول الموجي لأفضل امتصاص (λ_{max}) للدواء باستعمال كل ما هو موجود في المحلول ماعدا الدواء كمحلول مرجعية (Blank).

4.2- الكربون المنشط من قشور الفستق:

Synthesized Activated Carbon (SAC) Pistachio shells

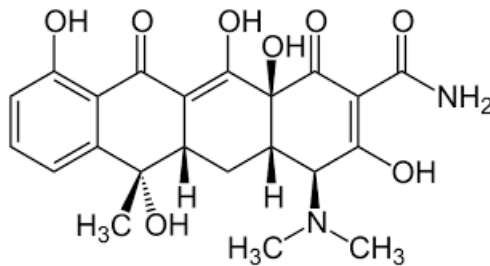
استخدام قشور الفستق الحلبي (Pistachio shells) مادة أولية في عملية تحضير نموذج من الكربون المنشط باستخدام عامل كيميائي (هيدروكسيد الصوديوم و هيدروكسيد البوتاسيوم) ، حيث تم جمع المادة الأولية (قشور الفستق) بهيئتها الطبيعية من الأشجار (محافظة نينوى - العراق) وبعد تقطيعها تم غسلها بالماء لإزالة الغبار، وتجفيفها في الهواء الطلق ثم وضعت في الفرن الكهربائي عند درجة حرارة ($105-110^{\circ}\text{C}$) لمدة 48 ساعة، ومن ثم يتم طحن النبات للحصول على مسحوق ناعم جداً وبعد تجفيفها وحرقتها في جهاز الحرق بعملية الكربنة الأولية وبدرجة حرارة (450°C) لمدة 75 دقيقة.

تم التنشيط الكيميائي لوزن (10g) من مسحوق الفحم الناعم المحضر في الخطوة السابقة (الفحم الغير المنشط) وإضافة كربونات البوتاسيوم بنسبة (NaOH/KOH: فحم) وبنسبة (1:3) إذ يمزج المحتوى بإضافة ماء المقطر ويتم نقعه لمدة يوم كامل في الدورق. ووضع المزيج بفرن الحرق الى درجة (750°C) لمدة ساعة. وتعتبر عملية التنشيط هذه الكربنة النهائية. ثم يتم تبريد الكربون المنشط الى درجة حرارة المختبر. ومن ثم غسله بالماء المقطر عدة مرات للتخلص من بقايا الشوائب ومعادلة الدالة الحامضية. بعده يمرر المسحوق الناتج من خلال منخل ذو مسامات بحجم ($63\ \mu\text{m}$) للحصول على مسحوق من الفحم المنشط المحضر الناعم، تجفيف الكربون المحضر لمدة أربع ساعات بدرجة (150°C) باستخدام فرن كهربائي وحفظه داخل عبوة محكمة السد مجففة معزولة عن الهواء والرطوبة للدراسة اللاحقة [5].

الجدول (1): الخواص الفيزيائية والكيميائية لدواء التتراسايكلين مع الصيغة التركيبية له.

الصيغة التركيبية	Tetracycline	رمز الصيغة
	المضادات الحيوية	العائلة الكيميائية



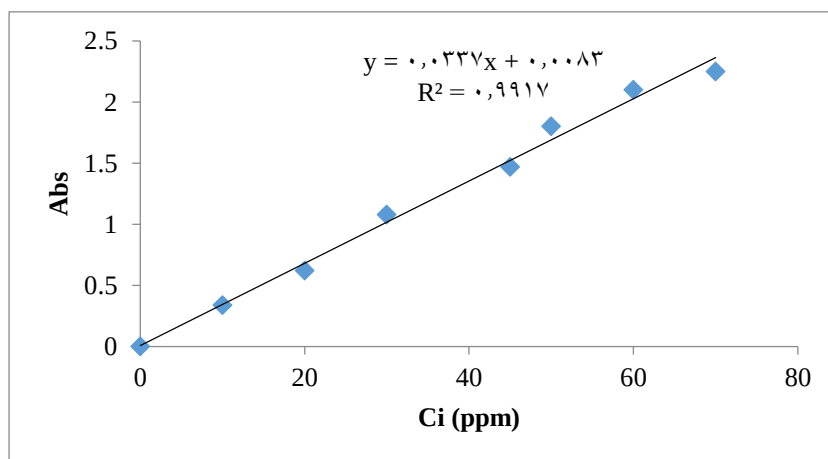
الاسم التجاري	sumycin	
الاسم العلمي	Tetracycline	
الصيغة الكيميائية	C ₁₀ H ₁₂ N ₄ O ₄	
رمز الدواء	Tetc	
اللون	اصفر فاتح	
الوزن الجزيئي gm/mol	444.43	
الحمضية pH	4-5	
درجة الانصهار C°	155-160	
λ _{max} (nm)	357	

Results

3- النتائج والمناقشة: &Discussion

1.3 - تحديد الطول الموجي الأعظم ومنحني المعايرة:

إن تكوين طريقة تحليلية ملائمة لقياس ما تبقى من المادة الممتزة على سطح المادة المازة بعد الامتزاز فإن الطريقة الطيفية (spectrophotometric method) في المنطقة فوق البنفسجية التي تقع ضمن المدى (200-400 nm) حيث تعتبر هذه الطريقة الأنسب والأفضل في الحساب. ولقد أقيم تعيين أعظم طول موجي (λ_{max}) عند أفضل قراءة لامتصاصية المحاليل من دواء التتراسايكلين عن طريق تسجيل طيف الامتصاص لمحلول الدواء عند أي تركيز ونطاق مدى الجهاز وعند عدة أطوال موجية والتي من خلالها تم تحديد أفضل طول موجي مناسب لمحلول كل من الادوية عند قراءة أعلى قيمة لامتصاصية [6] ، يبين الشكل (1) منحني المعايرة لدواء التتراسايكلين.



الشكل (1): منحني المعايرة لدواء التتراسايكلين.



فقد أظهر منحنيات المعايرة خطوطاً مستقيمة في مديات واضحة من التراكيز وكذلك معاملات امتصاص مولارية جيدة وبقيمة معامل تحديد (R^2) قريبة من الواحد. وباستخدام عملية الامتزاز الدفعي لإزالة التتراسايكلين تم تحديد تأثيرات (كمية المادة المازة، وزمن التلامس، والتراكيز المختلفة لمحلول التتراسايكلين ودرجة الحرارة والدالة الحامضية للمحلول).

2.3- دراسة العوامل المؤثرة على عملية الامتزاز

1.2.3- تأثير كمية المادة المازة:

لدراسة تأثير كمية المادة المازة بوزن (0.05g)، بتركيز محلول (50 ppm) وزمن 60 دقيقة وحجم المحلول (25ml) وسرعة رج 100 دورة بالدقيقة الواحدة كما مبين بالجدول الاتي الهدف منها لإيجاد أفضل كمية من المادة المازة [7] وحسب المعادلات التالية:

$$\% \text{Adsorption} = \frac{C_i - C_e}{C_i} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

أو بثبوت الاتزان الذي يمثل النسبة بين كمية المادة الممتزة وكمية المادة المتبقية في المحلول عند الاتزان، وعند هذه الحالة يزداد أيضاً سعة الامتزاز والتي يعبر عنها بالمعادلة التالية:

$$q_e(\text{mg/g}) = \frac{C_i - C_e}{m} \times V \dots\dots\dots (2)$$

حيث ان C_i تمثل التركيز الابتدائي للمادة الممتزة (mg/L) C_e تمثل تركيز المادة المتبقية في المحلول (mg/L) ،

حيث ان $C_i - C_e$ تمثل كمية المادة الممتزة (mg/L) m تمثل وزن كمية المادة المازة (g) V حجم المحلول المستخدم (L).

الجدول (2): يبين تأثير كمية المادة المازة على كفاءة وسعة الامتزاز لدواء Tetracycline عند درجة حرارة 25°C وزمن 60min وحجم المحلول 25ml وسرعة رج 100 دورة بالدقيقة الواحدة.

SAC					
Ch كمية المادة المازة gm	Ci mg/L	abs	Ce mg/L	% للامتزاز	qe mg/g
0.01	50	0.144	4.026706	91.94659	114.9332
0.03	50	0.12	3.31454	93.37092	38.90455
0.05	50	0.104	2.839763	94.32047	23.58012
0.07	50	0.082	2.186944	95.62611	17.07609
0.09	50	0.062	1.593472	96.81306	13.44626
0.1	50	0.037	0.851632	98.29674	12.28709

نلاحظ تفسير هذه النتيجة من الجدول (2) أعلاه أن مع زيادة كمية المادة المازة أن عدد من المواقع المؤهلة للامتزاز ستزداد وان هذه الزيادة تزيد من كفاءة الامتزاز بشكل طردي، أما سعة الامتزاز فعلى العكس فقد انخفضت بسبب زيادة كمية المادة المازة سوف تعمل على تخلف مواقع فارغة فعالة للامتزاز [8]. وعند استخدام تراكيز ثابتة من دواء التتراسايكلين فإن المعيار الاساسي لاختبار كمية المادة المازة (SAC) تحقق نسبة مناسبة



لإزالة الدواء لإنجاز متطلبات البحث وأجراء الحسابات الترموداينمكية وتطبيق النماذج الحركية والأيزوثيرمية للامتزاز.

2.2.3- تأثير التركيز الابتدائي:

يعد عامل تأثير التركيز الابتدائي للدواء من أهم العوامل لغرض المسيرة لعملية الامتزاز ولان الجزيئات المنتقلة بين الطورين الصلب (سطح الامتزاز) والسائل (محلول الدواء) يخضع للمقاومة لكون الجزيئات كبيرة الحجم وتحتوي على مجاميع فعالة مما يؤدي إعاقة انتقالها الى السطح، وبدراسة تأثير التركيز الابتدائي وثبوت جميع المتغيرات الأخرى [9]. ورج حجم معين من محلول كل دواء بسرعة ثابتة (100 دورة بالدقيقة)

الجدول (3): يبين تأثير التركيز على كفاءة وسعة الامتزاز لدواء Tetracycline عند زمن 60min وحجم المحلول 25ml وكمية المادة المازة لكلا المادتين (0.05 g) وسرعة رج 100 دورة بالدقيقة الواحدة.

SAC					
Ch كمية المادة المازة gm	Ci mg/L	abs	Ce mg/L	% للامتزاز	qe mg/g
0.05	25	0.024	0.465875	98.1365	12.26706
0.05	30	0.037	0.851632	97.16123	14.57418
0.05	35	0.05	1.237389	96.4646	16.88131
0.05	45	0.074	1.949555	95.66766	21.52522
0.05	50	0.104	2.839763	94.32047	23.58012
0.05	55	0.142	3.967359	92.78662	25.51632
0.05	60	0.176	4.976261	91.70623	27.51187
0.05	65	0.218	6.222552	90.42684	29.38872
0.05	70	0.248	7.11276	89.83891	31.44362

نلاحظ من الجدول (3) أنه كفاءة الامتزاز تقل مع زيادة التركيز ولجميع المواد الممتزة بسبب إن زيادة التراكيز في بداية الامتزاز يؤدي الى زيادة عدد الجزيئات المتاحة مع مرور الزمن حيث يزداد تنافس فيما بين جزيئات الدواء بالارتباط بعدد ثابت من المواقع المؤهلة الفعالة المنشطة المتبقية على سطح المادة المازة مع ثبوت كمية الفحم المستخدمة مع زيادة التركيز يؤدي الى حدوث كمية أكبر من المادة المازة في المحلول مما يؤدي الى أن كمية المادة المتبقية في المحلول أكبر مع زيادة التراكيز فيعمل على تقليل كفاءة الامتزاز أما سرعة الامتزاز فيزداد مع زيادة التراكيز بسبب إن زيادة التراكيز يعمل على اشغال جميع المواقع الفعالة في المادة المازة بثبوت كمية الفحم المنشط [10].

3.2.3- تأثير زمن التماس:

أن زمن التماس الذي تبقى فيه جزيئات دواء التتراسايكلين في حالة تماس مع سطح المادة المازة المستعملة (SAC) تأثيراً هائلاً في تحديد الشكل والنوع وطبيعة نظام الامتزاز ومعرفة حدود قابلية امتزاز النابروكسين من محاليلها المائية إلى السطح الصلب الماز لها، وبإيجاد معدل سرعة الامتزاز وأفضل زمن لبقاء المادة المازة مع المحلول الذي يتضمنه الدواء الى ان يصل إلى حالة الاتزان بعد أن تم تثبيت كافة العوامل المؤثرة الأخرى [11].



الجدول (4): يبين تأثير زمن التماس على كفاءة وسعة الامتزاز لدواء Tetracycline عند درجة حرارة 25°C وحجم محلول الدواء 25ml وكمية المادة المازة لكلا المادتين 0.05 g وتركيز ابتدائي 50 ppm وسرعة 100 دورة / دقيقة.

SAC						
Time (min)	Ch كمية المادة المازة gm	Ci mg/L	abs	Ce mg/L	% للامتزاز	qe mg/g
10	50	0.05	0.213	6.074184	87.85163	21.96291
20	50	0.05	0.194	5.510386	88.97923	22.24481
30	50	0.05	0.175	4.946588	90.10682	22.52671
40	50	0.05	0.149	4.175074	91.64985	22.91246
50	50	0.05	0.125	3.462908	93.07418	23.26855
60	50	0.05	0.104	2.839763	94.32047	23.58012
70	50	0.05	0.089	2.394659	95.21068	23.80267
80	50	0.05	0.089	2.394659	95.21068	23.80267

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها في الجدول (4) والخاصة بتأثير الزمن التماس إذ تدل على أن عملية الامتزاز في بداية من الدقائق الأولى تكون بسرعة فائقة جداً وبعدها تبدأ بالتباطؤ تدريجياً إلى أن يتم وصول الامتزاز إلى حالة الاتزان إذ إن عملية الامتزاز تبقى ثابتة تقريباً عند وصول عملية الامتزاز إلى السرعة التي يحدث فيها ارتباط جزيئات المادة الممتزة (الدواء) بسطح المادة المازة مساوياً لسرعة رجوع جزيئات أخرى من السطح الماز إلى المحلول وهذا ما يسمى (بحالة الاتزان) الذي استغرق وقت يتراوح بين (60-70min)، ويحدث تفاوت في سرعة الامتزاز يرجع إلى وفرة المواقع الفعالة الفارغة التي توجد على سطح المادة المازة والتي تؤهلها للارتباط بالمادة الممتزة في ابتداء عملية الامتزاز فضلاً عن أن تركيز المادة الممتزة في بداية الامتزاز يكون عالياً، والذي ينجز بسهولة عملية انتقال جزيئات المادة الممتزة للدواء إلى سطح المادة المازة (SAC)، ومع مرور الوقت سيقبل عند المواقع المؤهلة الفعالة للامتزاز ويزداد معها التنافس بين جزيئات الدواء للارتباط بها وينتج عن ذلك تناقص في تسارع حدوث عملية الامتزاز إلى أن يتم وصول النظام إلى حالة الاتزان [6].

4.2.3-تأثير درجة الحرارة:

إن تأثير درجة الحرارة على عملية الامتزاز يعد من الدراسات المهمة جداً والتي تزود الباحث بمعلومات واسعة وشاملة تتعلق بالنظام المدروس بحيث يساعد على إيجاد وتقدير الدوال الترمودينمكية (ΔH و ΔS و ΔG°) والتي توضح نوع القوى التي تربط المادة الممتزة بالسطح الماز وتقدير نوع عملية الامتزاز وطبيعته ولهذه المسببات تم دراسة تأثير درجة الحرارة على الدواء التتراسايكلين في نطاق من درجات الحرارة (15-65°C) وباستعمال حجم ثابت من محلول الدواء 25ml وبسرعة رج ثابتة بمقدار 100 دورة / دقيقة ، والجدول (5) يبين النتائج التي تم الحصول عليها :

الجدول (5): يوضح تأثير درجة الحرارة على كفاءة وسعة الامتزاز لدواء Tetracycline عند كمية المادة المازة لكلا المادتين المازتين 0.05 g وتركيز ابتدائي 50 ppm وزمن 70 دقيقة.

SAC						
درجة الحرارة k	Ch كمية المادة المازة gm	Ci mg/L	abs	Ce mg/L	% للامتزاز	qe mg/g



288	0.05	50	0.145	4.05638	91.88724	22.97181
298	0.05	50	0.104	2.839763	94.32047	23.58012
308	0.05	50	0.074	1.949555	96.10089	24.02522
318	0.05	50	0.058	1.474777	97.05045	24.26261
328	0.05	50	0.047	1.148368	97.70326	24.42582
338	0.05	50	0.031	0.673591	98.65282	24.6632

تشير النتائج المدرجة في الجدول (5) على أنه ارتفاع درجة الحرارة يؤدي إلى زيادة كفاءة الامتزاز وذلك عند رفع درجة الحرارة تزداد الطاقة الحركية لجزيئات التتراسايكلين مما يجعلها تتحرك بسرعة أكبر فتزداد احتمالية اصطدامها بالسطح الممتز وهذا يزيد من احتمالية الامتزاز وكذلك تغير بنية السطح الممتز يؤثر على عملية الامتزاز ويزيد من المساحة السطحية المتاحة وتزداد كفاءة الامتزاز [5]

3.3- حساب الدوال الثرموداينمكية:

من أجل الوصول إلى هذه المؤثرات والخروج بالمعلومات التي تفسر طبيعة النظام للدواء (كاربون منشط) تم حساب الدوال الثرموداينمكية له بالاعتماد على التغير الذي حصل أثناء دراسة تأثير درجة الحرارة على قيمة ثابت الاتزان وعند تثبيت كل الظروف الأخرى التي تؤثر على كفاءة الامتزاز حسب معادلة فانت هوف بأخذ $\ln$ للطرفين كما يلي:

$$\ln K_c = \ln K_0 - \frac{\Delta H}{RT} \dots\dots\dots (4)$$

حيث ان ΔH تمثل الأنثالي حرارة الامتزاز، K_c تمثل ثابت الاتزان، R ثابت الغاز (8.314 J/mol. K).

الشكل (2): يمثل حساب الدوال الثرموداينمكية التتراسايكلين.

يمثل الشكل (2) العلاقة بين $\ln K_c$ مقابل $1/T$ لحساب الدوال الثرموداينمكية للتتراسايكلين وقد تم ادراج النتائج التي تم حسابها بهذه الدراسة (K_c و ΔS° و ΔH° و ΔG°) في الجداول (6) ، أما الاشكال التي تمثل العلاقة الخطية الناتجة من رسم $\ln K_c$ مقابل $1/T$ عبر فريق معادلة فانت هوف .

$$C_{ads} = C_i - C_e \dots\dots\dots (5)$$

$$K_c = \frac{C_{ads}}{C_e} \dots\dots\dots (6)$$

حيث ان C_{ads} يمثل التركيز الممتز من المادة (mg/L) C_i ، يمثل التركيز الابتدائي للمادة الممتزة C_e (mg/L) يمثل التركيز الغير ممتز من المادة (mg/L).

أما قيم الثرموداينمكية فتحسب من المعادلات التالية:

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_c \dots\dots\dots (7)$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H - T\Delta S^\circ \dots\dots\dots (8)$$



$$\Delta S^{\circ} = \frac{(\Delta H - \Delta G^{\circ})}{T} \dots\dots\dots (9)$$

الجدول (6): يبين ثوابت الاتزان والدوال الثرموداينمكية عند الاتزان لدواء التتراسايكلين.

نوع المادة المازة	Temp .k	Kc	ΔG° KJ /mol	ΔH KJ /mol	ΔS° KJ /mol ⁻¹ .K ⁻¹
SAC	288	11.32626	-5811.58	28.72487	20.27885
	288	16.60711	-6961.56		23.45732
	298	24.64688	-8206.19		26.73673
	308	32.90342	-9236.5		29.13593
	318	42.54005	-10227.4		31.26878
	328	73.22907	-12065.6		35.78191

استخدمت الرسومات المبينة في الشكل (2) للبيانات العملية للأنظمة المدروسة عن الاتزان من خلال استخدام معادلة فانن هوف لحساب قيم (ΔH)، وعند النظر إلى قيم الدول الثرموداينمكية وكذلك قيم ثوابت الاتزان والتي تم توضيحها وإدراجها بالجدول (6) حيث نلاحظ تغيرها على النحو الآتي :-

- 1- إن قيم ثوابت الاتزان (Kc) تتناقص مع زيادة درجة الحرارة للدواء والذي يتفق مع ما تم إيجاده مسبقاً إذ إن كفاءة الامتزاز تتناقص مع زيادة الحرارة والذي يدل على أن القوى المسؤولة عن عملية الامتزاز هي قوى فيزيائية إذ إن الزيادة في درجة الحرارة تؤدي إلى تكسيرها ومن ثم عودة الجزيئات الممتزة إلى المحلول.
- 2- إن قيمة التغير في الإنثالبي (ΔH) التي تم حسابها في مدى من الدرجات الحرارية وفق فرضية فانن هوف أن قيمة (ΔH) تكون ثابتة في مدى معين من درجات الحرارة، حيث كانت ذات إشارة موجبة مما يدل على أن عملية الامتزاز هي ماصة للحرارة، بينما تشير قيمتها إلى نوع وطبيعة القوى المسؤولة عن عملية الامتزاز وهي ذات طبيعة فيزيائية إذ إن جميع قيمها التي تم الحصول عليها أقل من (40 KJ.mol^{-1}) وهو ضمن مدى طاقة الأواصر الفيزيائية [6]. أن معظم القوى التي يرتبط فيها الدواء مع السطح الماز (الكاربون) هي من نوع قوى الأواصر الهيدروجينية التي تتراوح طاقتها (15-5) إن قيم (ΔS°) موجبة تعطي إشارة على حالة الانتظام في النظام، مما يجدر الإشارة إليه أن قوة التداخل وأفضلية حدوث الامتزاز على الابتزاز كون قيمها ضمن مدى معين ومتقاربة عند جميع الدرجات الحرارية وهذا يدعم بأن النظام ذي طبيعة فيزيائية، وأن دور التغير بالانتروبي محدود في التأثير على سير عملية الامتزاز، وتدعم هذه النتائج قيم التغير في الطاقة الحرة (ΔG°) سالبة حيث تشير قيمها إلى التناقص في تلقائية الامتزاز مع الزيادة في درجة الحرارة.

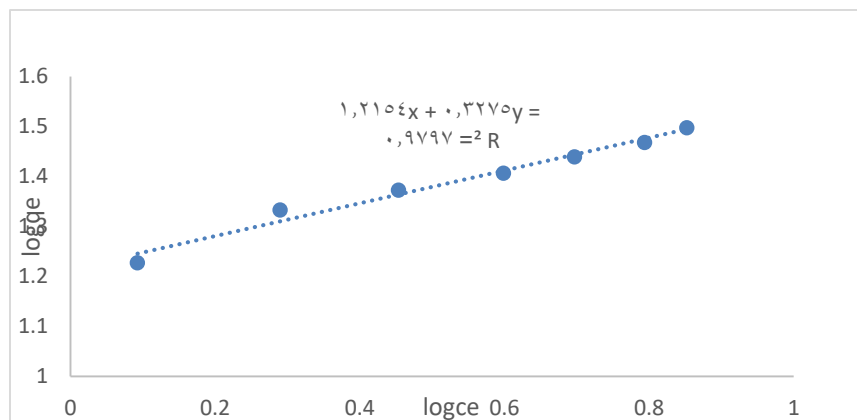
4.3- ايزوثرمات الامتزاز: Isotherm adsorption

1.4.3- أيزوثيرم فرنديلخ: Freundlich isotherm

من أجل معرفة مدى نجاح أيزوثيرم فرنديلخ في وصف عملية الامتزاز فقد تم تطبيق البيانات العملية للامتزاز على المعادلة الرياضية لأيزوثيرم فرنديلخ عن طريق رسم العلاقة البيانية بين $\log q_e$ مقابل $\log C_e$ ، وعن طريقها تم حساب قيم ثوابت فرنديلخ (K_f , n) وقد تم حساب قيم (n) من ميل الخط المستقيم وقيم (K_f) من المقطع وكما موضح بالرسم البياني في الشكل (3) حسب المعادلة الآتية :



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



حيث ان: K_f , n تمثلان ثوابت ايزوثيرم فريندلخ، q_e فتمثل قيمة كمية المادة الممتزة لكل غرام من المادة المازة والتي تعرف بسعة الامتزاز عند حالة الاتزان C_e (mg/g)، تمثل قيمة تركيز المادة المتبقية الغير الممتزة عند الاتزان (mg/L).

الشكل (3): يبين تطبيق ايزوثيرم فريندلخ على امتزاز لدواء التتراسايكلين.
الجدول (7) يوضح قيم ثوابت فريندلخ (K_f , n) ومعاملات الارتباط التي حصلت أثناء تطبيقها على البيانات لعملية لامتزاز التتراسايكلين.

نوع الكربون المنشط	اسم الدواء	N	K_f	R^2
SAC	Tetracycline	0.9527	16.21063	2.866151

تشير النتائج المدرجة في الجدول (7) على أن معادلة ايزوثيرم فريندلخ تنطبق على البيانات العملية لنظام الامتزاز المدروس بشكل جيد وذلك من خلال قيم معامل الارتباط القوية جداً القريبة من الواحد وهي (0.9797)، كما تشير قيم (n) المحصورة ضمن المدى (1-10) على أن نظام الامتزاز من النوع المفضل تحكمه قوى فيزيائية [15] و [14] وهذا يتفق مع ما بينته قيم (ΔH) ولقد أشارت دراسة [16] الى أن قيم (n) الأقل من واحد تتضمن امتزازاً كيميائياً، بينما (n) التي تكون قيمتها أكبر من الواحد فإنها تعبر عن الامتزاز المفضل، أما قيم (K_f) فهي لها علاقة بسعة الامتزاز وهي قيمة طاقية وعامل يعتمد على طبيعة كل من المادة الممتزة والمادة.

Langmuir

2.4.3- ايزوثيرم لانكماير isotherm

إن هذا الأيزوثيرم هو الأكثر شيوعاً وتطبيقاً على البيانات العملية للامتزاز. إذ يتم عن طريقه الحصول على معلومات توضح مدى قابلية المادة المازة على استيعاب جزيئات المادة الممتزة والممثلة بأقصى سعة امتزاز نظرية (Q_{max} mg / g) التي من المفترض أن تكون بشكل طبقة واحدة على السطح، كما يعبر عن قوة ارتباطها بثابت لانكماير (K_L (L/mg)).



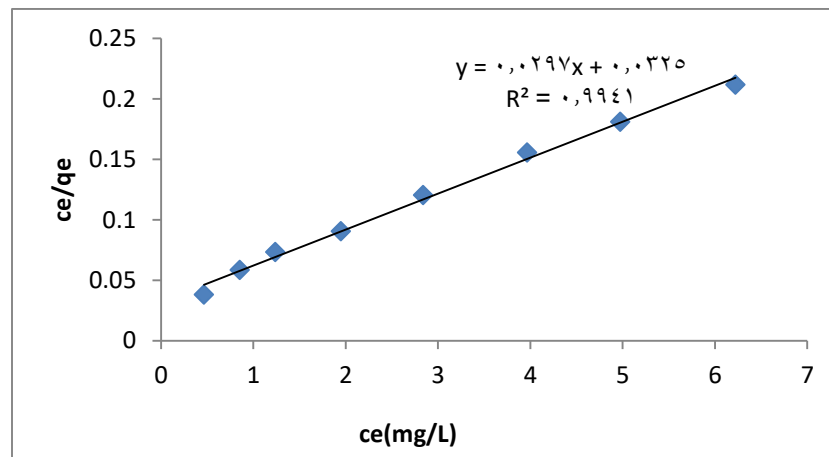
طبقت النتائج العملية لامتنزاز الدواء على سطح المواد المازة عند حالة الاتزان باستخدام المعادلة الرياضية لأيزوثيرم لانكماير وذلك عن طريق رسم العلاقة البيانية بين $(\frac{C_e}{q_e})$ مقابل C_e ، وتم حساب ثابتي لانكماير (Q_{max}) و (K_L) من ميل ومقطع ذلك الخط المستقيم وكما موضح بالشكل (4) حسب المعادلة الآتية:

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{Q_{max}} + \frac{1}{b \cdot Q_{max}} \left[\frac{1}{C_e} \right] \dots \dots \dots (11)$$

وبترتيب معادلة (11) نحصل على المعادلة بالشكل الآتي :-

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q_{max}} + \frac{C_e}{b \cdot Q_{max}} \dots \dots \dots (12)$$

$K_L =$



$b \cdot Q_{max}$

..... (13)

حيث أن: b يمثل ثابت ايزوثيرم لانكماير (L/mg) والتي تشير إلى قوة ارتباط الدواء على السطح الماز، K_L يمثل ثابت ايزوثيرم لانكماير (L/mg) ، Q_{max} : يمثل السعة القصوى للامتزاز (mg/g) .

الشكل (4): يمثل ايزوثيرم لانكماير لامتنزاز التتراسايكلين.

الجدول (8): يبين قيم ثوابت لانكماير (Q_{max}, K_L) ومعاملات الارتباط التي تم الحصول عليها من خلال تطبيقها على البيانات العمليات لامتنزاز الدواء.

نوع المادة المازة	اسم الدواء	Q_{max} (mg/g)	K_L (L/mg)	RI	R^2
SAC	Tetracycline	0.041935484	0.913846	0.041935484	33.67003

من خلال الشكل (4) الذي اظهر علاقات خطية جيدة من خلال قيم معامل الارتباط عالية (0.9941)، وبذلك يمكن التوصل إلى استنتاج من تطابق النتائج العملية للامتزاز مع هذا الأيزوثيرم في وصف عملية الامتنزاز أكبر من انطباقها على ايزوثيرم فرنلخ. كما أن قيمة ثابت لانكماير (K_L) الذي له علاقة بقوة الترابط بين جزيئات المادة الممتزة بالسطح الماز وهي قليلة وهذا يعني أن القوة الرابطة ضعيفة والذي يدل على أن



الامتزاز فيزيائي [17] كما تبين أن قيمة أقصى سعة نظرية للامتزاز (Q_{max}) هي (17.985) والتي تتجاهل كل التداخلات التي تحدث بين جزيئات المادة المهاجمة فيما بينها وبين الجزيئات المرتبطة على السطح الماز فهي تتجاهل طبيعة المادة المازة بوحدها وإنما على أمور أخرى التي تتعلق بطبيعة نظام الامتزاز منها طبيعة المادة الممتازة والمجاميع المرتبطة بها والمساحة السطحية والشكل الهندسي وطريقة ارتباطها بالسطح الماز وكذلك نوع التداخلات التي تحدد مدى ميول الجزيئة إلى السطح الصلب أو المحلول ، لذلك نجد دائماً أن قيمة (Q_{max}) تكون أعلى من قيمة q_e العملية حيث يشير إلى مدى قبول ونجاح نماذج أو شكل الأيزوثيرم المطبق من خلال القيم المقبولة والمفضلة له التي تكون ضمن مدى ($0 < R_L < 1$) والتي يعبر عنه بالمعادلة الآتية :

$$R_L = \frac{1}{1 + K_L C_i} \dots \dots \dots (14)$$

تشير قيم (R_L) المدرجة في الجدول (8) إلى أن جميعها تقع ضمن المدى $0 < R < 1$ وهذا يعطي دلالة على أن عملية الامتزاز هي من النوع المفضل أي ذات طبيعة فيزيائية وهذا يدعم ماتوصلنا إليه من دراستنا وهو يتوافق مع دراسات أخرى موجودة في الأدبيات [6] كما تشير قيم (R_L) في الجدول (9) إلى أن زيادة التركيز يرافقه نقصان في قيم (R_L) وهذا الأمر يعد منطقياً إذ إن زيادة التركيز يعمل على زيادة التداخلات بين الجزيئات المازة مع بعضها من جهة ومع الجزيئات المرتبطة على السطح ، هذا الأمر يضعف من قوة ارتباط الجزيئات مع السطح المازة وهذا يتوافق مع دراسة [17].

5.3- الدراسة الحركية

Pseudo second

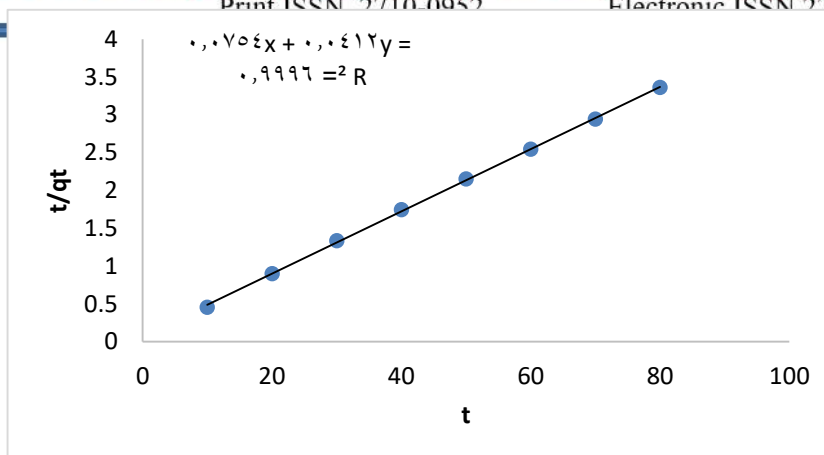
1.5.3- معادلة الرتبة الثانية order equation

إن معدل سرعة الامتزاز في هذا النموذج يعتمد على سعة الامتزاز للمادة المازة الصلبة وليس على تركيز المادة الممتازة وأن هذه النموذج يختلف عن بقية النماذج الحركية الأخرى. وذلك لأنه يتنبأ بسلوك الامتزاز للمادة الممتازة على طول المدة الزمنية للامتزاز ، كما أن الخطوة المحددة لمعدل سرعة الامتزاز تمثل ميكانيكية الامتزاز وطبقاً لهذا النموذج فإن القوى التي ستنتج من خلال المشاركة أو التبادل بالإلكترونات بين المادة الممتازة (tet) والمادة المازة، ويعبر عن هذا النموذج الحركي طبق هذا النموذج من رسم العلاقة البيانية بين (t/qt) مقابل الزمن ، لقد وجد أن تطابق النتائج العملية للامتزاز على هذا النموذج اعطى قيم عالية معامل الارتباط حيث بلغت (0.9996) وأن القيمة النظرية لسعة الامتزاز (q) التي تم الحصول عليها من الرسم البياني تتوافق مع القيمة العملية لسعة الامتزاز. كما يمكن استعمال ثابت معدل سرعة الامتزاز (K_2) لإيجاد قيمة السرعة الابتدائية للامتزاز (h) من الرتبة الثانية الكاذبة عن طريق المعادلة (17)، وبالإمكان التعبير عن نموذج الرتبة الثانية الكاذبة بالمعادلة الآتية [18] :

$$\frac{dq}{dt} = k_2 (q_e - q_t)^2 \dots \dots \dots (15)$$

حيث إن k_2 يمثل ثابت سرعة امتزاز النموذج من الرتبة الثانية الكاذبة ($g \cdot mg^{-1} \cdot min^{-1}$) والشكل الخطي المتكامل للمعادلة أعلاه بعد تم إجراء التكامل للحدود من ($t=0$ إلى $t=t$) ومن ($q=0$ إلى $q=q_e$) بإعادة الترتيب فنحصل على المعادلة المتكاملة التالية:

$$\frac{t}{q_e} = \frac{1}{K_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} \cdot t \dots \dots \dots (16)$$



(17)

$$h = k_2 \cdot (q_e)^2 \dots\dots\dots$$

الشكل (5): يوضح نموذج الرتبة الثانية الكاذبة لامتزاز للنتراسايكلين.

الجدول (10): يبين قيم ثوابت السرعة وسعة الامتزاز العملية والنظرية للرتبة الثانية الكاذبة ومعاملات الارتباط الحاصلة من خلال تطبيقها على البيانات العملية لامتزاز للنتراسايكلين.

Antibiotic Name	Q _e (exp)mg/g	Q _e (calac)mg/g	K ₂	H	R ²
Tetracycline	23.58011869	24.27184466	0.022516	0.0798	0.9996

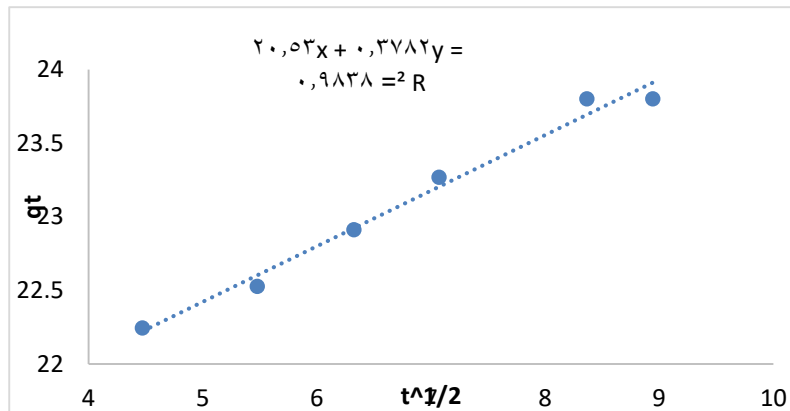
تبين من الشكل (5) ان العلاقة الخطية لتطبيق نموذج الرتبة الثانية الكاذبة ذات معامل ارتباط عالي جداً حيث بلغ (0.9996) وقد تم تحقيق شرط انطباق هذا النموذج لحركية الامتزاز على النتائج العملية للامتزاز وذلك من خلال تطابق وتقارب القيم العملية لسعة الامتزاز عند حالة الاتزان q_{eEXP} (23.58011869) مع قيم q_{eCalc} (24.27184466) التي تم حسابها نظرياً من تقاطع الخط المستقيم للرسم البياني ولأجل ذلك يمكن القول بأن النتائج العملية للامتزاز تخضع لنموذج الرتبة الثانية الكاذبة وعلى طول المدة الزمنية المحددة لعملية الامتزاز [19]، وقد يكون من أسباب خضوع النتائج العملية للامتزاز مع النموذج هو وجود القوى المؤثرة التي حددت سرعة الامتزاز مثل تركيز المادة الممتزة وطبيعة عملية الامتزاز ، فضلاً عن المسار الذي تتخذه جزيئات المحلول الممتزة في عملية انتقالها من المحلول إلى سطح المادة المازة وانتشارها خلال مساماته الداخلية، أما قيم (h) البالغة (0.0798) والذي يطلق عليه معدل سرعة الامتزاز الابتدائية، تشير إلى أنه كلما كانت كفاءة الامتزاز عالية لدواء التتراسايكلين فإن سطح المادة المازة سوف يشغل جزيئات المادة الممتزة بشكل أسرع والذي يؤدي إلى تباطؤ سرعة عملية الامتزاز بصورة أكبر وهذا يتفق مع ما تم ملاحظته عند دراسة تأثير الزمن على كفاءة الامتزاز .



The intraparticle diffusion

2.5.3- معادلة الانتشار الجزيئي الضمني model

يستخدم النموذج الجزيئي الضمني لدراسة الخطوة المحددة لمعدل سرعة امتزاز الدواء على سطح المادة المازة، وعبر عنه برسم العلاقة بين (qt) مقابل ($t^{1/2}$) والتي تم توضيحها بالشكل (6)، وأن النتائج التي تم الحصول عليها من خلال تطبيق هذا النموذج على البيانات العملية لنظام الامتزاز قيد الدراسة أدرجت بالجدول (11).



الشكل (6): يوضح نموذج الانتشار الجزيئي الضمني لامتزاز التتراسايكلين.

الجدول (11): يبين قيم ثوابت الانتشار الجزيئي الضمني ومعاملات الارتباط الحاصلة من خلال تطبيقها على البيانات العملية لامتزاز التتراسايكلين.

Antibiotic Name	$C_i(\text{mg/L})$	$K_{\text{diff}}(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1/2})$	$C(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1})$	R^2
Tetracycline	50	0.3782	20.53	0.9838

تبين من النتائج التي تم الحصول عليها في الجدول (11) الموضحة في الشكل (6) إن ميكانيكية الانتشار الجزيئي الضمني سوف تكون الميكانيكية الوحيدة المسيرة لعملية الامتزاز فقط عندما يعطي رسم العلاقة بين (qt) مقابل ($t^{1/2}$) خطاً مستقيماً يمر في نقطة الأصل، وبما أن هذا الأمر لا يحصل لهذا يستدل على ذلك بأن عملية الانتشار الجزيئي الضمني تلعب دور مهم في عملية إزالة الدواء من محاليلها المائية بواسطة الكربون المنشط وإن النتائج التجريبية تقترح بأنها ليست الميكانيكية الوحيدة المتحكم والمسيطر على امتزاز الدواء كما هو مبين مسبقاً ولقد أظهرت النتائج المدرجة بالجدول (11) أن الزيادة في تركيز الدواء يؤدي إلى زيادة القوة الدافعة للامتزاز وبذلك يؤدي إلى زيادة معدل انتشار الدواء [20].

وتراوح زمن التلامس بين (0-80min)، وتم اختيار قيم الرقم الهيدروجيني لمحلول التتراسايكلين على أنها (2, 4, 6, 8, 10, 12) تم إجراء تعديل الرقم الهيدروجيني باستخدام (NaOH 0.1M) و (HCl 0.1M) وكانت تركيزات التتراسايكلين الأولية تتراوح (25-70 ppm)، ولقد أجريت هذه التجارب الديناميكية الحرارية لنظام الامتزاز في خمس درجات حرارية مختلفة (2, 4, 7, 8, 10)، وكذلك تم تطبيق العوامل المؤثرة لأيزوثرمات في عملية الامتزاز (لانكماير وفرنديخ)، وتم استخدام معاملات عند درجات حرارة مختلفة لإجراء التحليل الديناميكي الحراري لأنظمة الامتزاز.



Conclusion

4- الاستنتاجات:

1. مكانية استغلال قشور الفستق الحلي كمادة اولية في تحضير نوع مختلف من الكربون المنشط.
2. أعطت نتائج ايزوثرمات الامتزاز فرندلخ ولانكماير وتيمكن علاقة خطية جيدة ومعامل ارتباط جيد.
3. أعطت نتائج حركية الامتزاز على إمكانية تطبيق معادلات الرتبة الثانية الكاذبة ومعادلة الانتشار الجزئي الضمني علاقة خطية جيدة.
4. تبين قيم ΔS° السالبة على ان عملية الامتزاز تقلل من عشوائية النظام وبالنسبة يزيد من انتظام الدواء الممتز على السطح الماز.
5. تبين قيم ΔS° الموجبة على ان عملية الامتزاز تزيد من عشوائية النظام.
6. تدل قيم ΔH الموجبة على ان التفاعل ماص للحرارة.
7. ان الكربون المنشط المحضر من دواء التتراسايكلين عند وزن 0.05 g كانت النسبة تساوي 94.23 % اي كان يعطي كفاءة عالية أما السعة أعطت تساوي 23.58 يدل على ان السعة للامتزاز جيدة.

References

5- المصادر:

- [1] Mokhtarpour, M., Shekaari, H., Martinez, F. and Zafarani-Moattar, M.T., 2019. Performance of local composition models to correlate the aqueous solubility of naproxen in some choline based deep eutectic solvents at T= (298.15-313.15) K. *Pharmaceutical Sciences*, 25(3), pp.244-253.
- [2] Kurtulbaş, E., Bilgin, M., Şahin, S. and Bayazit, Ş.S., 2017. Comparison of different polymeric resins for naproxen removal from wastewater. *Journal of Molecular Liquids*, 241, pp.633-637.
- [3] J.R. Domínguez-Vargas, T. Gonzalez, P. Palo, E.M. Cuerda-Correa, Removal of Carbamazepine, Naproxen, and Trimethoprim from Water by Amberlite XAD-7: A Kinetic Study, *CLEAN – Soil, Air, Water*. 41 (2013) 1052–1061. doi:10.1002/clen.201200245.
- [4] Z. Yu, S. Peldszus, P.M. Huck, Adsorption characteristics of selected pharmaceuticals and an endocrine disrupting compound—Naproxen, carbamazepine and nonylphenol—on activated carbon, *Water Res.* 42 (2008) 2873–2882. Doi: 10.1016/j.watres.2008.02.020.
- [5] Abdullah A. M. (2019) “A study of adsorption of a nanomaterial prepared from lemon leaves in the medical and industrial fields” M.Sc. Thesis, college of education, Samarra University/ Iraq.
- [6] AL - Sayd Toohi , H.T. (2019) . Thermodynamic and kinetic study of the adsorption of Azo dyes derived from (4 - aminoantipararine) on activated carbon prepared from mixtures of (asphalt polymer) and development of the rheological properties of these mixtures . Ph.D. thesis, College of Education for Pure Sciences, University of Mosul / Iraq.
- [7] Tun, H. and Chen, C.C., 2021. Isosteric heat of adsorption from thermodynamic Langmuir isotherm. *Adsorption*, 27(6), pp.979-989.



- [8] Bulut, Y., Gözübenli, N. and Aydın, H., 2007. Equilibrium and kinetics studies for adsorption of direct blue 71 from aqueous solution by wheat shells. *Journal of hazardous materials*, 144(1-2), pp.300-306.
- [9] Ng, K.C., Burhan, M., Shahzad, M.W. and Ismail, A.B., 2017. A universal isotherm model to capture adsorption uptake and energy distribution of porous heterogeneous surface. *Scientific Reports*, 7(1), p.10634.
- [10] Hesas, R.H., Arami-Niya, A., Daud, W.M.A.W. and Sahu, J.N., 2013. Preparation and characterization of activated carbon from apple waste by microwave-assisted phosphoric acid activation: application in methylene blue adsorption. *BioResources*, 8(2), pp.2950-2966.
- [11] Cao, Y., Nakhjiri, A.T. and Ghadiri, M., 2021. Numerical investigation of ibuprofen removal from pharmaceutical wastewater using adsorption process. *Scientific reports*, 11(1), p.24478.
- [12] Wu, C.H., 2007. Adsorption of reactive dye onto carbon nanotubes: equilibrium, kinetics and thermodynamics. *Journal of hazardous materials*, 144(1-2), pp.93-100.
- [13] Ngernyen, Y., Petsri, D., Sribanthao, K., Kongpennit, K., Pinijnam, P., Pedsakul, R. and Hunt, A.J., 2023. Adsorption of the non-steroidal anti-inflammatory drug (ibuprofen) onto biochar and magnetic biochar prepared from chrysanthemum waste of the beverage industry. *RSC advances*, 13(21), pp.14712-14728.
- [14] Al-Taey, S.I. (2017), "Preparation of new types of activated carbon and testing their efficiency by the adsorption of some dyes, Thermodynamic and Kinetic studies", Ph.D. Thesis, University of Mosul.
- [15] Bulut, Y., Gözübenli, N. and Aydın, H., 2007. Equilibrium and kinetics studies for adsorption of direct blue 71 from aqueous solution by wheat shells. *Journal of hazardous materials*, 144(1-2), pp.300-306.
- [16] Al-Dabouni, S.A. (2018). "Study thermodynamic and kinetic of the adsorption of a number of Azo dyes on different types of thermally activated clays". PhD thesis, College of Education for Pure Sciences, University of Mosul/ Iraq.
- [17] Abd Elhafez, S., El-Maghraby, A., & Taha, N. (2021). Adsorption Studies of Cationic Dye on Raw And Modified Sugarcane Bagasse from Aqueous Solutions: Kinetic and Isotherm Aspects. *Egyptian Journal of Chemistry*, 64(3), 1593-1600.
- [18] Fadzail, F., Hasan, M. and Mokhtar, Z., 2021. Adsorption of ibuprofen using activated carbon derived from *Dillenia Indica* peels. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 646, No. 1, p. 012031). IOP Publishing.
- [19] Ngernyen, Y., Petsri, D., Sribanthao, K., Kongpennit, K., Pinijnam, P., Pedsakul, R. and Hunt, A.J., 2023. Adsorption of the non-steroidal anti-inflammatory drug (ibuprofen) onto biochar and magnetic biochar prepared from



chrysanthemum waste of the beverage industry. RSC advances, 13(21), pp.14712-14728.

[20] Al-Hyali, E.A.S., AL-Memary, K. A.O.,and AL-Sayd Toohi, H. T.S., (2020),Preparation of Activated Carbon From((Asphalt :Polymer)) Mixtures and Improving its Adsorption Properties by Thermal Fusion Carbonization and Microwave Technique, Journal of Education and Science, Vol. 29, No.1,Pp.233-241.