

## امتزاز شاردي النحاس (II) والحديد (III) على نفاية الشاي الأسود ودراسة بعض الخواص الفيزيوكيميائية لشاردة النحاس

د. أحمد سليمان\*

(تاريخ الإيداع ١٧ / ١١ / ٢٠٢٠ . قبل للنشر ٧ / ١ / ٢٠٢١)

### الملخص

لقد تم في هذا البحث دراسة امتزاز شاردي النحاس الثنائي والحديد الثلاثي على مخلفات الشاي الأسود وذلك بعد إجراء عمليات الغسل لعدة مرات بالماء الثنائي التقطير لحين التخلص من اللون، بعد ذلك تمت عملية التجفيف الهوائي بشكل جيد، ثم طحنت العينة وسحقت بشكل دقيق، ليتم بعد ذلك إعادة تجفيفها عند الدرجة  $65^{\circ}\text{C}$ ، وأخذ الجزء الناعم منها، حيث تراوح حجم الحبيبات في المجال ( $200-300\mu\text{m}$ )، ثم حفظها بعبوات زجاجية لحين الاستخدام، واعتبارها كمادة مازة كونها متقبلة لعملية الامتزاز التي سوف نجريها على كل من شاردي  $\text{Cu}^{2+}$ ، و  $\text{Fe}^{3+}$ . وقد دُرست العديد من الخواص الفيزيوكيميائية لهذه المادة كماء الانتفاخ (كمية الماء الممتزة) مثلاً، والسعة الامتزازية، إضافةً لدراسة مردود الازالة، كما درست حركية امتزاز شاردة النحاس الثنائي وقد حددت المتحولات الحركية لهذه العملية. بالإضافة لتطبيق نموذجي الامتزاز لانغموير وفريندلش على شاردة النحاس الثنائي، وحسبت فيه كل من ثوابت هذه المعادلات.

وقد تراوحت ماء الانتفاخ للمادة المازة المحضرة (نفاية الشاي الأسود)  $(2.53)\text{gH}_2\text{O/g}$  وبلغت السعة الامتزازية العظمى عند التركيز  $0.30\text{mol/l}$  لكل من شاردي النحاس الثنائي والحديد الثلاثي  $2.00\text{mmol/g}$  و  $2.40\text{mmol/g}$  على التوالي.

ووصل مردود الازالة لقيم جيدة، وقد تراوحت بين 25% للنحاس الثنائي، بينما تجاوز 50% بالنسبة للحديد الثلاثي عند التراكيز المنخفضة.

وتبين بأن حركية التفاعل بالنسبة لشاردة النحاس هي من المرتبة الثانية ظاهرياً، والنموذج الامتزازي يتبع لنموذج لانغموير حيث بلغت فيه قيمة معامل الارتباط  $R^2=0.9991$

**الكلمات المفتاحية:** نفاية الشاي الأسود، ماء انتفاخ (كمية الماء الممتز)، السعة الامتزازية، مردود الازالة، حركية امتزاز، نموذج لانغموير الامتزازي، نموذج فريندلش الامتزازي

\*د.أحمد سليمان قسم الكيمياء كلية العلوم جامعة طرطوس

## Adsorption of Copper (II) and Iron (III) Ions on Black Tea Waste And to Study Some of The Physiochemical Properties of the Copper Ion

\* Ahmad Sulaiman

(Received 17 / 11 / 2020 . Accepted 7 / 1 / 2021 )

### Abstract

In this research, the adsorption of the copper (II) and the iron (III) ions on the waste of black tea was studied. After washing operations for several times with double distillation water until the color was removed, after that the air drying process was done well, then the sample was crushed and crushed finely, to be after Re-dry it at 65°C, and take the soft part of it.

The size of the granules ranged in the range (200-300µm), then save it in glass containers until use, and consider it as an adsorbent material as it is receptive to the adsorption process that we will perform on both Cu<sup>2+</sup> and Fe<sup>3+</sup> ions.

Many of the physiochemical properties of this substance have been studied, such as swelling water (the amount of water adsorbed), for example, and the adsorption capacity, in addition to the study of the removal efficiency, as well as the adsorption kinetics of the copper binary, and the reaction order and the thermodynamic constants for this process have been determined.

In addition to the application of the adsorption models of Langmuir and Freundlich to the copper binary anion, in which all of the constants of these equations were calculated.

The swelling water of the prepared adsorbent (Black Tea waste) ranged from (2.53) gH<sub>2</sub>O/g and the maximum adsorption capacity at concentration was 0.30mole/l for both copper (II) and iron (III) ions 2.00mmole/g and 2.40mmole / g, respectively.

The removal efficiency reached good values, and ranged between 25% for copper (II), while it exceeded 50% for iron (III) at low concentrations.

It turns out that the kinetics of the reaction with respect to the copper ion is of the second order in appearance, and the adsorption model follows the Langmuir model, in which the value of the correlation coefficient  $R^2 = 0.9991$

**Keywords:** Black Tea waste, swelling water (amount of adsorbed water), adsorption capacity, removal efficiency, adsorption kinetics, Langmuir adsorption model, Freundlich adsorption model

---

\*Department of Chemistry, Faculty of Science, University of Tartous

## المقدمة:

يعد تلوث المياه من أهم المشاكل البيئية التي تواجه الباحثين في مجال البيئة والطبيعة، والتي تشكل تهديداً للمحيط البيئي والحيوي، ودماراً للأنظمة المائية الطبيعية، التي تسببها العديد من الصناعات، كالصناعات النسيجية والكيميائية والغذائية وغيرها التي ترمي كميات كبيرة من المياه الملوثة بشكل حر إلى الطبيعة، وعلى وجه الخصوص منها الصناعات النسيجية والصبغيات التي هي الأخيرة لا تزال تعمل في بيئات وشروط تقليدية قديمة والتي تنتشر بشكل واسع في المدن الصناعية والحرفية، والتي تكون سبباً للمشاكل البيئية اللاحقة نتيجة تراكم العناصر المعدنية والمواد العضوية بشكل كبير في المحيط البيئي والحيوي، كما وأغلبها تعتبر غير قابلة للتحلل البيولوجي.

ومما لا شك فيه بأنه ظهرت هناك العديد من عمليات المعالجة قبل عملية الطرح في مصارف الصرف الصحي أو الري الزراعي، ومنها عملية الترسيب والتبخير والترشيح، والتبادل الأيوني والتناضح العكسي والتخثر، كما يمكن أحياناً دمج جملة من هذه الطرائق بعضها مع البعض، وتعد طريقة الامتزاز أحد أهم هذه الطرائق وأكفأها في إزالة التلوث والذي تم استخدامه في العديد من التطبيقات، وذلك لسهولة التصميم واسترجاع المادة المازة، وخاصة عند استخدام مواد الأساس هي مستهلكة ورخيصة الثمن ومتوفرة بكميات كبيرة وهائلة على امتداد الجمهورية العربية السورية كالغضار، والزيوليت بأنواعه بعد عمليات تحضير لهذه المواد قبل عملية الاستخدام، أو استخدامها بالشكل الخام وذلك حسب ما تقتضي الحاجة لذلك. ومن هذه المواد أيضاً التي تسهم في عملية الامتزاز والتي تعتبر موضوع بحثنا الحالي وهي مخلفات الشاي الأسود بعد عملية الاستخدام المنزلي لها، حيث قمنا بإجراء امتزاز لشارديتي النحاس الثنائي والحديد الثلاثي على هذه النفاية، كما تمت دراسة حركية الامتزاز لهاتين الشارديتين، بالإضافة لبعض الخواص الفيزيوكيميائية للشارديتين.

## الأبحاث السابقة:

استخدمت العديد من المواد الصلبة المازة والمبادلات الشاردية في أبحاث عدة والتي لها قدرة على تخلص المياه من الشوارد المعدنية الملوثة، أو بعض الأصبغة العضوية، فقد استخدم الكربون الفعال في امتزاز الاصبغة العضوية بامتزاز كاشف فنتون مثلاً [1]، كما قام باحثون أيضاً بتحضير كربون فعال من نفاية العجلات المطاطية واستخدامه في امتزاز النفط من المسطحات المائية وحددت فيه المساحة السطحية النوعية وبلغت  $41.27 \text{ m}^2/\text{g}$ ، كما بلغت السعة الامتزازية للكربون الفعال في امتزاز النفط المقدار  $2.30 \text{ g oil/g absorbent}$  [2].

كما قام الباحثون باستخدام الكربون الفعال الناتج من نفاية العجلات المطاطية في إزالة المعادن الثقيلة من المياه [3]، كما ودرست البنية النسيجية والمسامية السطحية للكربون الفعال الناتج من نفاية العجلات المطاطية لاستخدامه لأغراض حفزية وامتزازية [4].

أجريت عمليات تعديل البنتونايت السوري بمعالجته بحمض كلور الماء ثم بألومينات الصوديوم لإنتاج مبادلات شاردية كاتيونية وقد درست فيها امتزاز كل من شاردة النحاس والرصاص وحركية التفاعل، بالإضافة لدراسة كفاءة الإزالة وقد وصلت في بعض الاحيان 100%، ووصلت السعة الامتزازية  $3.10$  و  $2.10 \text{ mmol/g}$  بالنسبة لأيونات النحاس والرصاص على التوالي [5].

كما حُضِرَت مبادلات للكاتيونات، بمعالجة الزيوليت السوري بمحلول حمض كلور الماء 1M، وغسله ثم معالجته بمحلول ألومينات الصوديوم، عند درجة الغليان، لمدة 36 h. ثم غسله ومعالجته عند درجات حرارة مختلفة للحصول على مبادلات مختلفة ودرست فيه العديد من الخواص الفيزيائية كماء الانتفاخ والسعة الحمضية، والسعة التبادلية-الامتزازية، ومعامل التوزع بين المحلول والمبادل كتابع لكتلة المبادل وتركيز شاردة النحاس المعرضة للتبادل، ومردود الإزالة كتابع لكتلة المبادل المضاف وتركيز شاردة النحاس، حيث تراوحت قيم ماء الانتفاخ للأشكال الملحية الصوديومية في المجال 0.57-0.61gH<sub>2</sub>O/g وكانت قيم السعات الحمضية الأعظمية للمبادلات المحضرة في المجال 1.05-2.80mmol/g. وقد تراوحت قيم السعات التبادلية-الامتزازية الأعظمية لشاردة النحاس على المبادلات المحضرة في المجال 1.90-2.30 mmol/g، كما وصلت قيم مردود الإزالة في بعض الأحيان لـ 100%. [6].

كما ودرست حركية امتزاز أصبغة أزو على البنونيات العراقي كمادة مازة ودرست فيه كفاءة الامتزاز والسعة الامتزازية وزمن التماس وقد تبين أن أنظمة الامتزاز تتبع نموذج المرتبة الثانية، وكما حسبت فيه الدوال الترموديناميكية للامتزاز وطاقة التنشيط [7].

### أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية هذا البحث باستخدام مواد امتزازية رخيصة الثمن مقارنة بالفحوم الفعالة وبعض الريزينات، وكما نعلم أنه كلما ازداد التقدم التقني والصناعي زادت المشكلات البيئية، نتيجة لطرح كميات كبيرة من المواد الملوثة وتراكمها في الطبيعة، والتي تؤثر على المحيط البيئي والحيوي بشكل كبير.

والأهمية الأساسية هي الاستفادة من نفاية الشاي الأسود كمادة مستهلكة، واستخدامها كمادة مازة للعناصر المعدنية الملوثة الناتجة عن المياه الصناعية، والمياه الناتجة عن عمليات التلبس بالمعادن.

ويهدف هذا البحث إلى

- تحضير نفايات أوراق الشاي كمادة مازة
- دراسة بعض الخواص الفيزيوكيميائية للمادة المحضرة مثل ماء الانتفاخ والسعة الامتزازية وتطبيق بعض النماذج الامتزازية والحركية.

### القسم العملي:

#### 1. الأجهزة المستخدمة:

- جهاز pH إنتاج شركة Metrohm نموذج 744 يعمل بدقة رقمين بعد الفاصلة.
- مجفف حراري MLW يعمل حتى الدرجة 300°C.
- جهاز الناقلية إنتاج شركة WPA نموذج CMD500 يعمل في المجال (9.0-199) ms/cm.
- ميزان حساس إنتاج شركة PRECISA نموذج 160A، بدقة أربعة أرقام بعد الفاصلة.
- مناخل جزئية مختلفة أنصاف الأقطار.

#### 2. المواد الكيميائية المستخدمة:

استخدمت في البحث، المواد الكيميائية التالية:

- محلول الأمونيا المركز والنقي كيميائياً 32% من إنتاج شركة "MERCK".  
 - EDTA نقية من إنتاج شركة "Scharlau".  
 - ماء ثنائي التقطير ( $0.00-1.50\mu\text{s}$ )، محضر بجهاز محلي الصنع.  
 - الأملاح التالية:  $\text{Cu}(\text{SO}_4) \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  و  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  و  $\text{NH}_4\text{Cl}$  وجميع هذه الأملاح من إنتاج شركة "MERCK"، إضافة إلى ملح  $\text{NaCl}$  النقي.  
 - المشعرات التالية:  
*Eriochrome Black T* المحمل على كلوريد الصوديوم، *Sulfosalicylic Acid* كمشعر، في وسط حمضي،  
 إنتاج شركة "MERCK".

### 3. تحضير المادة المازة:

جُمعت عينات من مخلفات الشاي الأسود بعد عملية الاستخدام المنزلي، عوضاً عن رميها في مكب القمامة ثم غسلت بالماء الثنائي التقطير لعدة مرات بطريقة النقع لحين التخلص من اللون البني، بعد ذلك قمنا بتجفيفها هوائياً بعيداً عن أشعة الشمس، ثم طُحنت وسحقت بشكل جيد، ونخلت بمناخل جزئية وفق أنصاف أقطار مختلفة وقد أخذ الجزء الناعم منها، حيث تراوح حجم الحبيبات المأخوذة في المجال ( $200-300\mu\text{m}$ )، وإعادة تجفيفها مرة أخرى عند الدرجة  $65^\circ\text{C}$  لمدة أربعة ساعات، لتحفظ بالنهاية بعبوات زجاجية لحين الاستخدام، واعتبارها المادة المازة التي سوف تجري عليها الدراسة.

رُست العديد من الخواص الفيزيوكيميائية لهذه المادة كماء الانتفاخ مثلاً، والسعة الامتزازية، وذلك بنقع كمية محددة من هذه المادة في 100ml من محلول الشاردة المدروسة معلومة التركيز لمدة 270 min، إضافة، لدراسة حركية امتزاز شاردة النحاس الثنائي وقد حددت مرتبة التفاعل والثوابت الترموديناميكية لهذه العملية.

## دراسة خواص الفيزيوكيميائية للمادة المازة:

### 1. ماء الانتفاخ

ماء الانتفاخ بالتعريف هو كمية الماء مقدرة بالغرام، والتي يمتصها واحد غرام من المادة المازة الجافة (نفاية الشاي الأسود)، وقد حسبت كمية ماء الانتفاخ من العلاقة التالية: [2]

$$W = \frac{m^* - m}{m} g\text{H}_2\text{O} / g \quad (1)$$

حيث  $m^*$  كتلة عينة المادة المازة مع ماء الانتفاخ مقدرة بالغرام،  $m$  كتلة العينة المجففة عند الدرجة  $105^\circ\text{C}$  حتى ثبات الوزن مقدرة بالغرام.

### 2. دراسة السعة الامتزازية للمادة المازة (نفاية الشاي) لشارديتي الحديد الثلاثي والنحاس الثنائي:

حضرت، من أجل هذه الدراسة، محاليل الأملاح التالية للشوارد المدروسة:

( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ،  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) بتركيز ( $0.5\text{mole/l}$ ) وهو المحلول الأم ثم حضرت من هذا المحلول وبطريقة التمديد محاليل عدة ذات قيم تراكيز مختلفة، باستخدام الماء ثنائي التقطير، كما تحديد تركيز الايونات في المحاليل قبل وبعد عملية الامتزاز بطريقة المعايرة وتشكيل معقدات باستخدام محلول عياري من EDTA من إنتاج شركة MERCK، باستخدام مشعرات وأوساط مناسبة [8].

استخدمت العلاقة التالية لحساب قيمة الامتزاز للأيونات المدروسة  $X_E$  [9].

$$X_E = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{m} \text{ mmol/g} \quad (2)$$

$C_0$ : التركيز الابتدائي للشاردة المدروسة mol/l.

$C_e$ : التركيز التوازني للشاردة المدروسة، mol/l.

$V$ : حجم محلول الشاردة المدروسة مقدراً بال mL.

$m$ : كتلة المادة المازة كما لو أنها جففت عند الدرجة  $105^\circ\text{C}$  مقدرة بـ g.

### 3. حساب مردود الإزالة للكاتيونات المدروسة (R%): Removal efficiency

يحسب مردود الإزالة للكاتيونات المدروسة باستخدام المعادلة التالية: [10]

$$R(\%) = \frac{(C_0 - C_e) \times 100}{C_0} \% \quad (3)$$

حيث R: مردود الإزالة (%).

$C_0$ : التركيز الابتدائي للكاتيون مقدراً بـ mol/L.

$C_e$ : التركيز التوازني للكاتيون مقدراً بـ mol/L.

### 4. دراسة نماذج حركية الامتزاز:

إن حركية الامتزاز معقدة وتجري بمراحل متعددة بطاقات تنشيط مختلفة تتضمن انتقال الأيونات أو الجزيئات من الطور السائل بعد التغلب على القوى الجزيئية وانتقالها إلى السطح الصلب، فقد درست منحنيات السعات الامتزازية للمادة المازة (نفاية الشاي الأسود) بالنسبة لمحلول الكاتيون المدروس كتابع للزمن عند تركيز ابتدائي 0.3 mol/L، بنقع 1g منها في 100 ml من محلول الكاتيون المدروس  $\text{Cu}^{2+}$  خلال زمن (270-30) min، حيث عُوبر المحلول بمحلول EDTA بوجود المشعر المناسب وتم تحديد مرتبة التفاعل من العلاقات المناسبة، حيث تعطى علاقة تفاعل من المرتبة الأولى ظاهرياً بالمعادلة التالية: [11]

$$\ln(X_e - X_t) = \ln X_e - k_1 t \quad (4)$$

حيث:

$X_e$ : السعة الامتزازية (كمية الشوارد الممتزة) عند التوازن m.mole/g.

$X_t$ : السعة الامتزازية (كمية الشوارد الممتزة) عند الزمن المدروس m.mole/g.

$k_1$ : ثابت سرعة تفاعل الدرجة الأولى ظاهرياً  $(\text{min}^{-1})$ .

$t$ : الزمن (min).

وذلك برسم العلاقة بين  $\ln(X_e - X_t)$  و  $t$ ، وقد تم تحديد ثابت سرعة تفاعل المرتبة الأولى ظاهرياً، من ميل الخط الناتج المساوي لـ  $-k_1$ ، والسعة التبادلية الامتزازية التوازنية  $X_e$  من ترتيب نقطة التقاطع مع محور الترتيب المساوي  $\ln X_e$ ،

وتعطى علاقة التفاعل من المرتبة الثانية ظاهرياً بالمعادلة التالية: [11]

$$\frac{t}{X_t} = \frac{1}{k_2 X_e^2} + \left(\frac{t}{X_e}\right) \quad (5)$$

حيث:

$X_e$ : السعة الامتزازية (كمية الشوارد الممتزة) عند التوازن m.mole/g.

$X_t$ : السعة الامتزازية (كمية الشوارد الممتزة) عند الزمن المدروس m.mole/g.

$k_2$ : ثابت سرعة تفاعل المرتبة الثانية ظاهري (g/m.mole.min).

$t$ : الزمن (min).

$k_2 X_e^2$ : السرعة الأولية للتفاعل (m.mole/min.g).

وذلك يرسم العلاقة بين  $t/X_t$  و  $t$ . حيث يكون ميل الخط مساوياً  $(1/X_e)$ ، وترتيب نقطة تقاطعه مع محور الترتيب مساوياً  $1/k_2 X_e^2$ . وحددت فيه ثابت سرعة تفاعل المرتبة الثانية ظاهرياً  $K_2$ ، وسعة الطبقة الامتزازية  $X_e$ ، والسرعة الأولية للتفاعل  $k_2 X_e^2$  لحالة المرتبة الثانية.

#### 5. دراسة النماذج الامتزازية:

درس نموذجي الامتناز لكل من لانغموير و فريندليش خلال عملية التوازن، كما نعلم أن نموذج لانغموير يدرس الامتناز على السطوح المتجانسة، وهو يعتمد على التغطية الأحادية الطبقة للسطح لماز حيث جميع المراكز الامتزازية متساوية في القدرة الامتزازية. وتعطى علاقة لانغموير بالمعادلة الخطية التالية: [12]

$$\frac{C_e}{X_e} = \frac{1}{K_L \cdot X_m} + \frac{C_e}{X_m} \quad (6)$$

حيث:

$C_e$ : التركيز التوازني لمحلول الشاردة المدروس (mol/l).

$X_e$ : السعة الامتزازية (كمية الشوارد الممتزة) عند التوازن m.mole/g.

$X_m$ : السعة الامتزازية العظمى (كمية الشوارد الممتزة العظمى على سطح المادة المازة) عند التوازن

m.mole/g.

$K_L$ : ثابت لانغموير (L/m.mole). متعلق بطاقة السعة الامتزازية.

ويرسم العلاقة بين  $C_e/X_e$  و  $C_e$  ومن الميل نحسب  $X_m$  وهي السعة الامتزازية العظمى على سطح المادة المازة،

فيكون التقاطع هو  $1/(K_L \cdot X_m)$  نحسب منه  $K_L$  ثابت لانغموير (ثابت التوازن الامتزازي)، ويمكن حساب ثابت الفصل  $R_L$

للمعملية من العلاقة التالية: [12]

$$R_L = \frac{1}{1 + K_L \cdot C_e} \quad (7)$$

$C_e$ : التركيز الابتدائي لمحلول الشاردة المدروس (mol/l).

كما وتعطى معادلة فريندليش للامتناز على السطوح غير المتجانسة طاقياً، بالشكل التالي: [12]

$$\ln X_e = \ln K_f + \frac{1}{n} \ln C_e \quad (8)$$

التوازني لمحلول

$C_e$ : التركيز

الشاردة المدروس (mol/l).

$X_E$ : السعة الامتزازية (كمية الشوارد الممتزة) عند التوازن m.mole/g.

$K_f$ : يمثل ثابت فريندلش وله علاقة بالسعة الامتزازية.

$n$ : يمثل عامل القوة الامتزازية .

## النتائج

1.6. كمية ماء الانتفاخ:

بلغت كمية الماء الممتز للمادة المازة (نفاية الشاي الاسود) المحضرة، القيمة  $2.53H_2O/g$ .

2.6. دراسة السعة الامتزازية للمادة المازة (نفاية الشاي الأسود) المحضرة.

حضرت المادة المازة (نفاية الشاي الأسود) وفقاً للطريقة السابقة كما جاءت في القسم العملي، ودرست السعة الامتزازية لها، بنقع كمية منها مدة 270 min في 100ml من محلول الشاردة الموافقة ذي تركيز ابتدائي محدد، مع التحريك بين الحين والآخر وحساب التركيز التوازني بعد النقع وفقاً لما ورد في القسم العملي.

تبين الجداول والأشكال (1) و(2)، قيم السعات الامتزازية للمادة المازة (نفاية الشاي الاسود) المحضرة، وذلك

كتابع لكتلة المادة المازة المضافة والتركيز الابتدائي لمحلول الشاردة عند حجم ثابت منه.

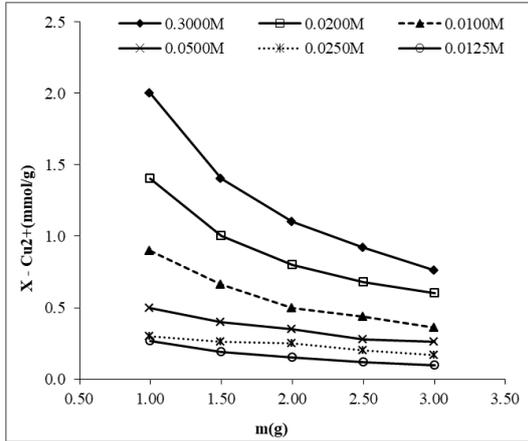
الجدول (1): دراسة تغير السعة الامتزازية للمادة المازة بالنسبة لكاتيون  $Fe^{3+}$  مقدره بـ mmole/g.

كتابع لكتلة المادة المازة المضافة إلى 100mL من محلول  $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 7H_2O$ . ذي تركيز ابتدائي ثابت.

m (g)	3.00	2.50	2.00	1.50	1.00
$X, mmole/g$ $C_o (mole/l)$	$X_E$				
0.3000	0.90	1.08	1.30	1.80	2.40
0.2000	0.80	0.90	1.15	1.40	2.00
0.1000	0.46	0.56	0.65	0.80	1.20
0.0500	0.38	0.44	0.5	0.6	0.9
0.0250	0.25	0.3	0.33	0.42	0.5
0.0125	0.21	0.23	0.25	0.32	0.4

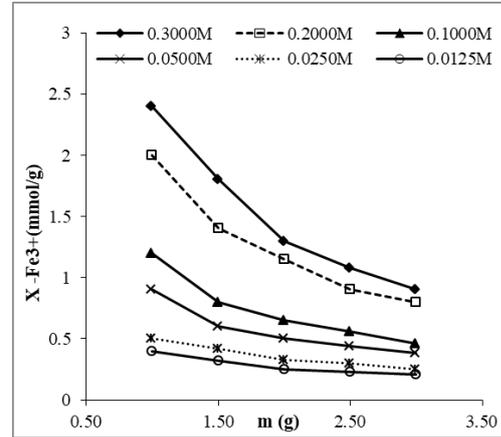
الجدول (2): دراسة تغير السعة الامتزازية للمادة المازة بالنسبة لكاتيون  $Cu^{2+}$  مقدره بـ  $mmole/g$  كتابع لكتلة المادة المازة المضافة إلى  $100mL$  من محلول  $(SO_4)_2 \cdot 5H_2O$  ذي تركيز ابتدائي ثابت.

m (g)	3.00	2.50	2.00	1.50	1.00
$X, mmole/g$ $C_0 (mole/l)$	$X_E$				
0.3000	0.76	0.92	1.10	1.40	2.00
0.2000	0.60	0.68	0.80	1.00	1.40
0.1000	0.36	0.44	0.50	0.66	0.90
0.0500	٠,٢٦	٠,٢٨	٠,٣٥	٠,٤	٠,٥
0.0250	٠,١٧	٠,٢	٠,٢٥	٠,٢٦	٠,٣
0.0125	٠,١	٠,١٢	٠,١٥	٠,١٩	٠,٢٧



الشكل (2): تغير السعة الامتزازية للمادة المازة بالنسبة لكاتيون  $Cu^{2+}$  مقدره بـ  $mmol/g$  كتابع لكتلة المادة المازة المضافة عند درجة

$$. v = 100mL, T = 298.15K$$



الشكل (1): تغير السعة الامتزازية للمادة المازة بالنسبة لكاتيون  $Fe^{3+}$  مقدره بـ  $mmol/g$  كتابع لكتلة المادة المازة المضافة عند درجة  $v = 100mL, T = 298.15K$ .

### 3.6. دراسة مردود الإزالة للشارديتين الممتزتين على المادة المازة (نفاية الشاي الأسود) المحضرة.

تمت دراسة مردود الإزالة R% لكل من الحديد  $Fe^{3+}$ ، والنحاس  $Cu^{2+}$ ، من المحاليل المائية للملحين، بواسطة المادة المازة المدروسة وهي نفاية الشاي الأسود، وذلك بنقع كتلة منها في المحلول لمدة 270min مع التحريك المستمر، وتحديد التركيز التوازني، وحساب مردود الإزالة R% وفقاً للعلاقة (3).

تُبين الجداول والأشكال (3) و(4) قيم مردود الإزالة R% للكاتيونات  $Fe^{3+}$  و  $Cu^{2+}$ ، من المحاليل بواسطة المادة المازة (نفاية الشاي الأسود) على التوالي، وذلك كتابع لكتلة المادة المازة المضافة إلى 100ml من المحلول ذي التركيز الابتدائي ثابت.

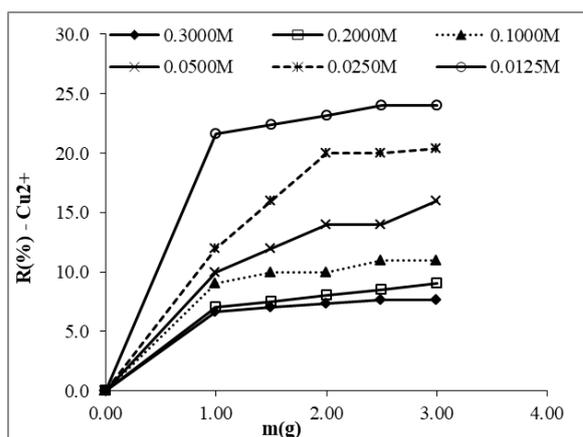
الجدول (3): قيم مردود الإزالة (R%) للمادة المازة بالنسبة لكاتيون  $Fe^{3+}$  مقدره بـ  $mmol/g$

كتابع لكتلة المادة المازة المضافة إلى  $100mL$  من محلول  $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 7H_2O$  ذي تركيز ابتدائي ثابت.

m (g)	3.00	2.50	2.00	1.50	1.00
$R (%)$	$R (%)$				
$C_0(mole/l)$	$R (%)$				
0.3000	9.0	9.0	8.7	8.3	8.0
0.2000	12.0	11.5	11.0	10.5	10.0
0.1000	14.0	14.0	13.0	12.0	12.0
0.0500	22.8	22.0	20.0	18.0	18.0
0.0250	30.0	29.6	26.4	25.2	20.0
0.0125	50.4	45.6	40.0	38.4	32.0

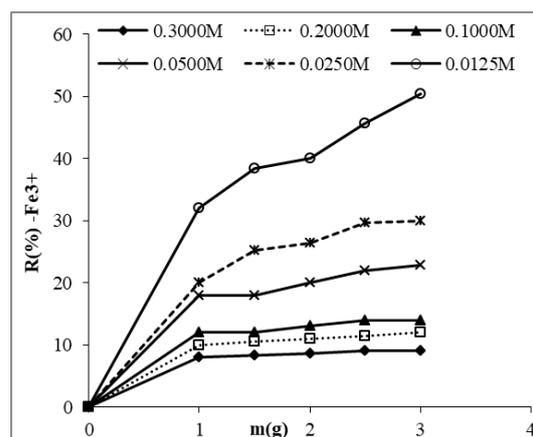
الجدول (4): قيم مردود الإزالة ( $R (%)$ ) للمادة المازة بالنسبة لكاتيون  $Cu^{2+}$  مقدره بـ  $mmol/g$  كتابع لكتلة المادة المازة المضافة إلى  $100mL$  من محلول  $Cu (SO_4)_2 \cdot 5H_2O$  ذي تركيز ابتدائي ثابت.

m (g)	3.00	2.50	2.00	1.50	1.00
$R (%)$	$R (%)$				
$C_0(mole/l)$	$R (%)$				
0.3000	7.7	7.7	7.3	7.0	6.7
0.2000	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0
0.1000	11.0	11.0	10.0	10.0	9.0
0.0500	16.0	14.0	14.0	12.0	10.0
0.0250	20.4	20.0	20.0	16.0	12.0
0.0125	24.0	24.0	23.2	22.4	21.6



الشكل (4): قيم مردود الإزالة للنحاس الثنائي من محاليله بواسطة نفاية الشاي الأسود، كتابع لكتلة المادة المازة المضافة عند درجة

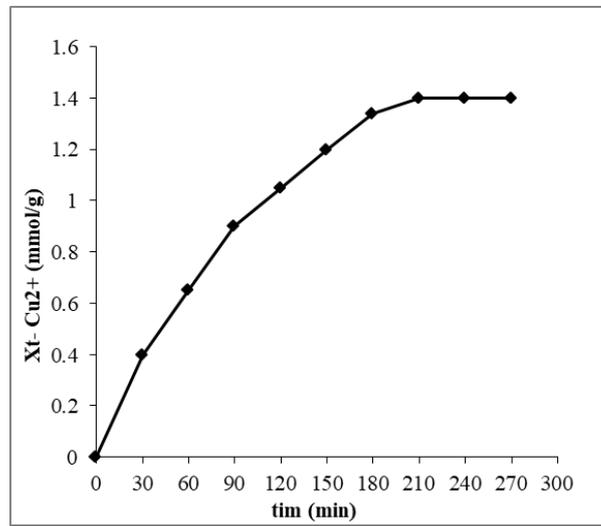
$v = 100mL$ ،  $T=298.15K$



الشكل (3): قيم مردود الإزالة للحديد الثلاثي من محاليله بواسطة نفاية الشاي الأسود، كتابع لكتلة المادة المازة المضافة عند درجة  $T=298.15K$ ، و  $v = 100mL$ .

4. دراسة حركية امتزاز شاردة النحاس (II) Cu، على نفاية الشاي الأسود. يبين الجدول (5) والشكل (5) تغير الامتزاز بدلالة الزمن لشاردة النحاس الثنائي على نفاية الشاي الاسود، عند تركيز منقى وهو 0.2mole/l، الذي أجري بنقع 1g من المادة المازة في 100ml من محلول الكاتيون المدروس خلال زمن (270-30)min. وقد حددت التراكيز بالطريقة الكومبلوكسومترية كما ورد في القسم العملي. الجدول (5): حركية امتزاز شاردة النحاس الثنائي على نفاية الشاي الأسود كتابع للزمن عند إضافة 1g من المادة المازة لـ 100ml من محلول كبريتات النحاس تركيزه 0.2mole/l

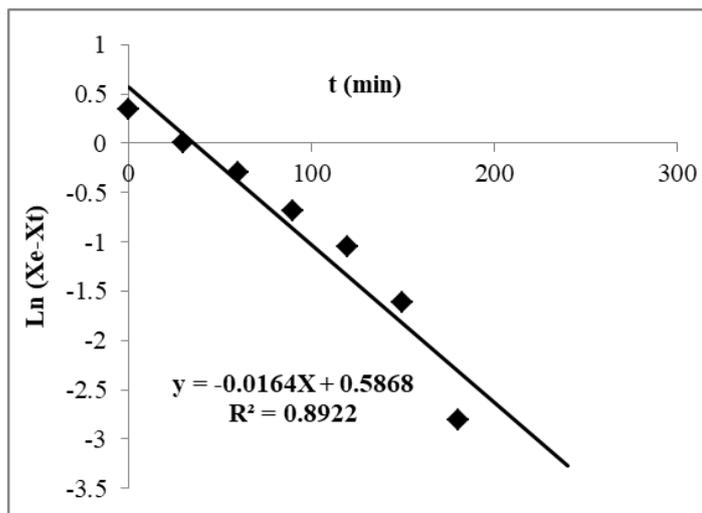
t(min)	30	60	90	120	150	180	210	240	270
X <sub>t</sub> -Cu <sup>2+</sup> (mmole/g)	0.40	0.65	0.90	1.05	1.20	1.34	1.40	1.40	1.40



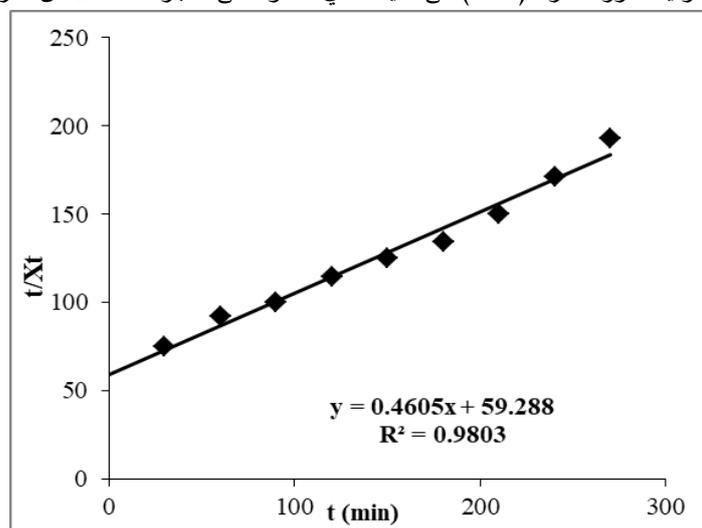
الشكل (5): حركية امتزاز شاردة النحاس الثنائي على نفاية الشاي الأسود كتابع

للزمن عند إضافة 1g من المادة المازة لـ 100ml من محلول كبريتات النحاس تركيزه 0.2mol/l

إن ما يميز حركية الامتزاز أنها تحدث بأكثر من سرعة واحدة ثابتة كما هو معروف عن دراسة حركية الامتزاز في الأنظمة العادية وبطاقة تنشيط ثابتة، وقد تم تحديد مرتبة التفاعل الموافقة للمادة المازة المذكورة، باختبار خطية المعادلة من المرتبة الأولى ظاهرياً العلاقة (4)، وذلك بإنشاء العلاقة بين  $\ln(x_e - x_t)$  مقابل الزمن  $t$  (min)، كما اختبرنا بالنسبة للحالات نفسها خطية المعادلة من المرتبة الثانية ظاهرياً العلاقة (5)، وذلك بإنشاء العلاقة بين  $t/x_t$  و  $t$ . ويبين الشكلين والجدولين (6) و(7) تطبيق معادلات حركية الامتزاز لشاردة النحاس على نفاية الشاي الاسود من المرتبة الاولى والثانية على التوالي، بالإضافة لقيم بيانات حركية الامتزاز ومعاملات الارتباط.



الشكل (6): حركية امتزاز الشاردة ( $\text{Cu}^{2+}$ ) على نفاية الشاي الأسود على اعتبار أنه تفاعل من المرتبة الأولى.



الشكل (7): حركية امتزاز الشاردة ( $\text{Cu}^{2+}$ ) على نفاية الشاي الأسود على اعتبار أنه تفاعل من المرتبة الثانية.

بتطبيق علاقة حركية امتزاز المرتبة الأولى الظاهرية لامتنزاز النحاس الثنائي، نلاحظ بكل وضوح من الشكل (6) أن العلاقة لا تكون خطية ومعاملات الارتباط لها  $R^2 < 0.97$  وبالتالي لا يتبع امتزازها حركية تفاعل المرتبة الأولى، وبيانات حركية الامتنزاز مبينة بالجدول (6)، بينما عند تطبيق علاقة حركية امتزاز المرتبة الثانية الظاهرية يتضح بجلاء من الشكل (7) أنها خطية، ومعامل الارتباط  $R^2 > 0.98$ ، لذلك حسبنا من الميل والتقاطع، ثابت السرعة الظاهري  $k_2$ ، وسعة الطبقة الامتنزازية  $X_e$ ، والسرعة الأولية للتفاعل  $k_2 X_e^2$  لحالة المرتبة الثانية، وهي موضحة في الجدول (7).

الجدول (6): يوضح بيانات حركية تفاعل امتزاز من المرتبة الاولى ظاهرياً لامتزاز النحاس الثنائي على بقايا الشاي الاسود

Sample	$K_1$ ( $\text{min}^{-1}$ )	Xe ( $\text{mmol/g}$ )	$R^2$
بقايا الشاي الاسود	0.0164	1.798	0.8922

الجدول (7): يوضح بيانات حركية تفاعل امتزاز من المرتبة الثانية ظاهرياً لامتزاز النحاس الثنائي على بقايا الشاي الاسود

Sample	$K_2$ ( $\text{g/mmole.min}$ )	Xe ( $\text{mmol/g}$ )	$k_2 X_e^2$ ( $\text{mmol/min.g}$ )	$R^2$
بقايا الشاي الاسود	0.0035	2.171	0.0168	0.9803

وقد درسنا النموذج اللانغموييري خلال عملية التوازن باستخدام العلاقة (6)، وكما نعلم أن هذا النموذج يدرس الامتزاز على السطوح المتجانسة، وهو يعتمد على الامتزاز أحادي الطبقة، حيث كل مركز امتزازي له القدرة الامتزازية نفسها على الامتزاز، حيث تم رسم العلاقة بين  $C_e$  و  $C_e/X_e$ ، كما يمكن من هذه العلاقة حساب الثوابت  $K_L$ ،  $X_m$ ، وحساب  $R_L$  من العلاقة (7)، بالإضافة لحساب معامل الارتباط  $R^2$  الذي يعطي فكرة جلية وواضحة عن قبول هذا الشكل أم لا، كما هو موضح في الشكل (8) الذي يظهر مخطط لانغمويير على عينة من المادة المازة وهي نفاية الشاي الأسود بالنسبة لشاردة النحاس الثنائي ( $\text{Cu}^{2+}$ )، والجدول (8) يبين قيم هذه الثوابت، وقد قمنا أيضاً بدراسة معادلة الامتزاز لفريندلش والتي تعبر عن عدم تجانس السطح والتوزيع الأسي للمواقع النشطة وطاقتها [12]، باستخدام العلاقة (8).

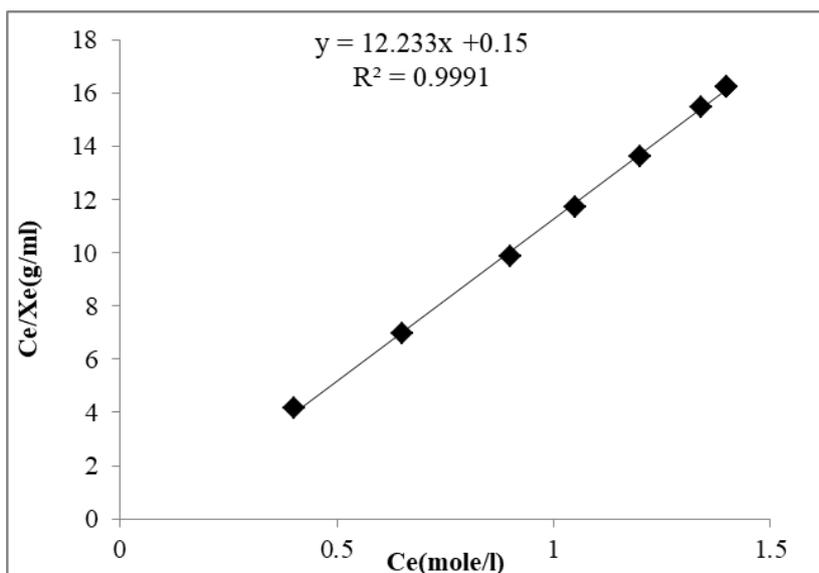
ويرسم العلاقة بين  $\ln C_e$  و  $\ln X_e$  حيث يمكن من هذه العلاقة حساب الثوابت  $n$ ،  $K_F$ ، بالإضافة لمعامل الارتباط  $R^2$  الذي يعطي فكرة جلية وواضحة أيضاً عن مدى قبول هذا الشكل أم لا أو أفضلية القبول عند مقارنته مع النموذج السابق، ويوضح لنا الشكل (9) الذي يظهر مخطط فريندلش على عينة من المادة المازة وهي نفاية الشاي الأسود بالنسبة لشاردة النحاس الثنائي ( $\text{Cu}^{2+}$ )، والجدول (9) يبين لنا قيم هذه الثوابت.

الجدول (8): يوضح قيم ثوابت لانغمويير لامتزاز النحاس الثنائي على نفاية الشاي الاسود

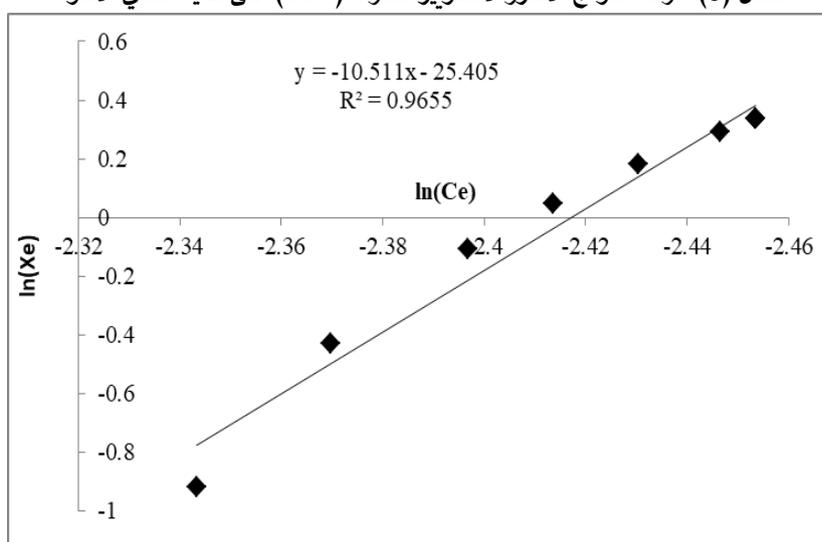
Sample	$K_L$ ( $\text{L/m.mole}$ )	$X_m$ ( $\text{mmole/g}$ )	$R_L$	$R^2$
بقايا الشاي الاسود	8.230	0.081	0.377	0.9991

الجدول (9): يوضح قيم ثوابت فريندلش لامتزاز النحاس الثنائي على نفاية الشاي الاسود

Sample	$n$ ( $\text{L/m.mole}$ )	$K_F$ ( $\text{mmole/g}$ )	$R^2$
بقايا الشاي الاسود	-0.09	$9.26 \times 10^{-12}$	0.9655



الشكل (8): دراسة نموذج الامتزاز لانغموير لشاردة (Cu<sup>2+</sup>) على نفاية الشاي الأسود



الشكل (9): دراسة نموذج الامتزاز لفريندلش لشاردة (Cu<sup>2+</sup>) على نفاية الشاي الأسود.

## المناقشة

لدى دراستنا لماء الانتفاخ وهو كمية الماء الممتز بالنسبة للمادة المازة وهي نفاية الشاي الاسود وجدنا أن قيمة ماء الانتفاخ بلغت (2.53)gH<sub>2</sub>O/g، وهي من القيم المشجعة كانت لإجراء عملية الدراسة. يُلاحظ من الجدولين والشكلين (1) و (2) أن قيم الساعات الامتزازية في كل من هذه الجداول، تزداد بإنقاص كتلة المادة المازة ( نفاية الشاي الاسود) أي أن الامتزاز منسوبة لوحدة الكتلة وعند تركيز ثابت يتناقص الامتزاز بازدياد كمية المادة المازة، كما تزداد بازدياد التركيز الابتدائي لمحلول الكاتيون المدروس. ويعزى هذا في الحالتين إلى زيادة التركيز التوازني لمحلول الكاتيون المدروس. بالإضافة لتأثير نصف القطر الشاردي لكل من الشوارد المستخدمة، والقوة

الامتزازية لكل شاردة لما له من أهمية كبيرة، فشاردة الحديد الثلاثية التكافؤ لها قوة امتزازية كبيرة بالمقارنة مع شاردة النحاس الثنائية التكافؤ، وهذا ما بينته الجداول السابقة، فقد بلغت السعة الامتزازية العظمى للشارديتين  $Fe^{3+}$  و  $Cu^{2+}$  عند التراكيز العالية القيم  $2.40m.mole/g$  و  $2.00m.mole/g$  على التوالي

ومن خلال دراسة مردود الازالة يُلاحظ من الجدولين والشكلين (3) و (4) أنه بزيادة كتلة المادة المازة (نفاية الشاي الأسود) عند تركيز ابتدائي وحجم ثابت للمحلول (السطور من اليمين إلى اليسار)، يزداد مردود الازالة وهذا طبيعي فالمادة المازة هي التي تزيل الكاتيونات من المحلول، وتؤدي زيادة كميتها المُضافة إلى محلول ذي تركيز ابتدائي محدد  $C_0$  وحجم محدد، إلى إنقاص التركيز التوازني  $C_e$ ، مما يزيد مردود الازالة. كما يُلاحظ، أنّ مردود الازالة يزداد بإنقاص التركيز الابتدائي للمحلول عند كتلة ثابتة للمادة المازة (نفاية الشاي الأسود) كما بينته الجداول والمنحنيات. وهذا طبيعي أيضاً، فعندما يكون التركيز الابتدائي لمحلول الكاتيون المدروس صغيراً، يمكن لكتلة محددة من المادة المازة أنّ تخلصه من معظم الكاتيونات (مردود إزالة كبير)، أما عندما يكون التركيز الابتدائي لمحلول الكاتيونات المدروس كبيراً، فلا يتسنى لكمية المادة المازة ذاتها أن تخلصه إلا من نسبة صغيرة من الكاتيونات (مردود الازالة صغير)، وذلك لمحدودية عدد المراكز الامتزازية، كما يتطلب الأمر في حالة التراكيز العالية، أن تغوص الكاتيونات إلى أعماق هيكل المادة المازة لإجراء الامتزاز، وهذا معرقل إلى حد ما. وقد وصلت قيم مردود الازالة لشاردة النحاس الثنائي لما يقارب 25% عند التراكيز المنخفضة المدروسة، بينما لاحظنا أن مردود الازالة لشاردة الحديد الثلاثي عند نفس التراكيز المدروسة المنخفضة وصل لما يقارب 50% وهي من القيم الجيدة من حيث المبدأ والنتيجة، وهي متطابقة مع نتيجة السعة الامتزازية كون أن شاردة الحديد لها قوة وسعة امتزازية أكبر شاردة النحاس فكان لها مردود إزالة أكبر وهذا الأمر طبيعي وحتمي.

ولدى دراستنا لحركية الامتزاز فضلنا اختيار شاردة النحاس خلال الدراسة رغم أن القوة الامتزازية للحديد أكثر، لكن تواجد شوارد النحاس يكون أكثر انتشاراً في عمليات التلوث لكثرة دخول هذه الشاردة في العمليات الصناعية. فقد قمنا بدراسة علاقة تغير السعة الامتزازية مع الزمن كل 30min خلال زمن 270min وكمية 1g من المادة الممتزة وعند تركيز متوسط من التراكيز المدروسة وهو  $0.2mole/l$ ، كما هو مبين في الجدول والشكل (5)، حيث يمكن تقسيم هذا المخط بالشكل (5) إلى ثلاث مراحل: المرحلة الأولى (الجزء الحاد) وهو يحدث خلال الـ 60 دقيقة الأولى تقريباً، وهو يعبر عن الامتزاز المباشر عند تماس المادة الممتزة مع الماز، أو الامتزاز على السطح الخارجي ويوافق درجة امتلاء صغيرة للمواقع الامتزازية. المرحلة الثانية (الجزء المنحني) وهو يحدث من بعد نهاية المرحلة السابقة الأولى لينتهي عند الزمن 150 دقيقة تقريباً، ويعبر عن الامتزاز المتدرج حيث يكون انتشار الجزيئات مقيد. ويوافق درجة امتلاء متوسطة للمواقع الامتزازية. أما المرحلة الثالثة (العتبة) حيث يصبح انتشار الجزيئات بطيئاً جداً بسبب انخفاض تركيز المادة الممتزة المتبقية في المحلول، ويحصل بعد نهاية المرحلة الثانية [13].

وقد تم تحديد مرتبة التفاعل الموافقة للمادة المازة المذكورة، باختبار خطية المعادلة من المرتبة الأولى ظاهرياً (معادلة رقم 4)، والمرتبة الثانية ظاهرياً (معادلة رقم 5)، حيث تبين أن معامل الارتباط لدى دراسة تفاعل المرتبة الأولى  $R^2=0.8922$  بينما عند تطبيق تفاعل المرتبة الثانية كان معامل الارتباط  $R^2=0.9803$  وهو أفضل وأقرب إلى الخطية لذلك فحركية امتزاز شاردة النحاس على نفاية الشاي الأسود تتبع حركية امتزاز المرتبة الثانية ومن الميل والتقاطع، تم حساب ثابت السرعة الظاهري  $k_2=0.0035g/mmol.min$ ، وسعة الطبقة الامتزازية  $X_e=2.171mmol/g$ ، والسرعة الأولية لتفاعل المرتبة الثانية  $k_2 X_e^2$  قد بلغت  $(0.0168mmol/min.g)$

ودرسنا نموذجي الامتزاز للانغمويير وفريندلش على شاردة النحاس وحسبنا الثوابت المطلوبة لكل معادلة كما هو مبين في الجدولين والشكلين (8) و(9) ، فتبين معنا من خلال الدراسة أن الامتزاز يتبع نموذج لانغمويير وليس نموذج فريندلش، فقد كانت قيم معامل الارتباط للانغمويير هي  $R^2=0.9991$  ، بينما قيم معامل الارتباط لفريندلش بلغت  $R^2=0.9655$  ، وقيمة  $R_L=0.377$  ثابت الفصل في نموذج لانغمويير كانت متوافقة مع شرط المعادلة والقيمة المرجعية حيث يجب أن تتراوح قيمته ضمن مجال  $0 < R_L < 1$  [14,15]، كما تم حساب ثابت الامتزاز للانغمويير  $K_L=8.230(L/m.mole)$  ، الذي ممكن أن يرتبط باختلاف المنطقة المناسبة، ومسامية المادة المازة مما يعني أن مساحة السطح الكبيرة، وحجم المسام سيؤديان إلى سعة امتزازية عالية [16].

ومن خلال دراستنا لمعادلة فريندلش التي تعبر عن الامتزاز على السطوح الغير المتجانسة نلاحظ أن نتائج بيانات امتزاز شاردة النحاس الثنائي لم تعط تطابقاً فيها لعدة أسباب منها كما ذكرنا قيمة معامل الارتباط رغم أنه قريب من المجال المقبول لكن هناك سبباً رئيسياً وواضحاً لو أمعنا النظر في الجدول (9) حيث كانت قيمة الثابت  $n$  سالبة وهي من المفروض أن تتراوح ضمن مجال  $0 < 1/n < 1$  حتى يتم اعتماد هذا النموذج، وعندما تكون قريبة من الواحد يكون الامتزاز مواتي بالنتيجة نلاحظ أن امتزاز شاردة النحاس الثنائي على نفاية الشاي الاسود تتطابق مع نموذج لانغمويير على السطوح المتجانسة [14,15].

## الاستنتاجات

من خلال دراستنا لهذا البحث وجدنا بأن هناك مادة قابلة للاستخدام كمادة مازة (نفاية الشاي الأسود) تتمتاز بأنها عديمة التكلفة كونها متوفرة بكثرة، ومن المواد المستهلكة والتي ترمى عادة مع النفايات المنزلية أي من الناحية الاقتصادية فهي مجدية، وخاصة أنها تتمتع بكمية ماء انتفاخ كبيرة وهي بحدود  $(2.53)gH_2O/g$  وبسعات امتزازية عظمى ممتازة أيضاً فقد بلغت السعة الامتزازية العظمى لكل من شاردتي النحاس الثنائي والحديد الثلاثي  $2.00mmol/g$  و  $2.40mmol/g$  على التوالي من الشاردة المدروسة. وبلغت قيم مردود الازالة لمراحل جيدة نسبياً فقد بلغ مردود الازالة لشاردة النحاس الثنائي لما يقارب 25% عند التراكيز المنخفضة المدروسة، بينما لاحظنا أن مردود الازالة لشاردة الحديد الثلاثي عند نفس التراكيز وصل لما يقارب 50% .

ومن خلال دراسة حركية تفاعل امتزاز شاردة النحاس الثنائي على المادة المازة ( نفاية الشاي الاسود) تبين أن التفاعل يتبع المرتبة الثانية ظاهرياً ، والنموذج الامتزازي متطابق مع نموذج لانغمويير للامتزاز على السطوح المتجانسة، مما يسمح لنا هذا باستخدام (نفاية الشاي الاسود) كمادة مازة في عمليات تنقية المياه من الشوارد المعدنية الملوثة.

## References

- SAN-PEDRO L; MENDEZ N.R; HERNANDNDEZ N.E; FLOTA B.M;
- 1]. MEDINA J; GIACOMAN V.G .,2020-"Selection of the Activated Carbon Type for the Treatment of Landfill Leachate by Fenton-Adsorption Process", *Journal of Molecules*, No 25, 3023.
  - 2]. TABBAKH H; BARHOUM R., 2019-"Preparing of Activated Carbon From Tyre Wastes and Using it in Adsorbing on Water Bodies". *World Applied Scincese Journal*. 37(6),458-464.
  - 3]. DIMPE K. M; NGILA J. C; NOMNGONGO P.N., 2017- "Application of Waste Tyre –Based Activated Carbon for the Removal of Heavy Metals in

- Wastewater* ". *Civil & Environmental Engineering-Research Article*, pp4.
- ACEVEDO B; BARRIOCANAL C., **2015**- "Texture and Surface
- 4]. Chemistry of Activated Carbons Obtained from Tyre Wastes ". *fuel processing Technology*, 134, pp275-283.
- FALAZI B; SULAIMAN A., **2014**- "Sorption Characteristics of Cu(II)
- 5]. and Pb(II) on to Syrian Modified Bentonite". *Journal of Natural Sciences and Mathematics Qassim University*, Vol. 7, No. 1, PP 49-62
- FALAZI B; SULAIMAN A., **2015**- "Preparation of Ion Exchangers by
- 6]. Chemical Treatment of Syrian Zeolite and Study Some of their Physico Chemical Properties", *Res .J. of Aleppo Univ Basic Science Series*, No 101.
- ALDBOUNI S.A.; ALKAZRAJI H.A.A; ALHYALI S.A.E., **2019**-
- 7]. "Kinetic Study of Adsorption of Some Azo Dyes On A Thermally Catalyzed Local Bentonite Clay", *Journal of education and Science* Vol 28 .No 101, pp1-17.
- WELCHER, F.J. 1969, *The Analytical Uses of Ethylenediamine*
- 8]. *Tetraacetic Acid*.
- OBAYOM S. K; BELLO O. J; NOURUKA S J; ADEDIRAN A. A;
- 9]. OLAJIDE O P., **2019**- "Development of low-cost bio-adsorbent from Agricultural waste Composite for Pb(II) and As(III) Sorption from Aqueous Solution", *Cogent Engineering*, Vol 6, No1
- LUZ-PEDRO A; EFRA F; PRIOR M; OPEZ -ARAIZA M. H. L;
- 10]. FERRER S; MONJE A. E; BANUELOS J A., **2019**- "Pollutant Removal from Wastewater at Different Stages of the Tanning Process by Electrocoagulation", *Hindawi Journal of Chemistry*, Volume 2019, Article ID 8162931, 9 pages
- KHALID W.M; SALMAN D.S., **2019**- "Adsorption of Heavy Metals
- 11]. from Aqueous Solution onto Sawdust Activated Carbon", *Al-Khwarizmi Engineering Journal*, Vol. 15, No 3, pp60- 69.
- SADEGHALVADB B; TORABZADEHKASHI M; AZADMEHR
- 12]. A.R., **2015**- A comparative Study of Cu(II) and Pb(II) Adsorption by Iranian Bentonite (Birjand area) in Aqueous Solutions, *Advances in Environmental Technology*, No 2, pp 93-100.
- SULAIMAN A., **2016**- Preparation of ion Exchanger by chemical
- 13]. Modification of Syrian Bentonite, Zeolite and Pumice and study product, physico- chemical Properties. *Univ of Aleppo Science Faculty PhD Thesis*
- AYAWEI N, EBELEGI A N, WANKASI D., **2017**- Modelling and
- 14]. Interpretation of Adsorption Isotherms, *Hindawi Journal of Chemistry*, Volume 2017, Article ID 3039817, 11 pages
- Romdhane F D, Satlaoui Y, Nasraoui R, Charef A , Azouzi R. **2020**-
- 15]. Adsorption, Modeling, Thermodynamic, and Kinetic Studies of Methyl Red Removal from Textile-Polluted Water Using Natural and Purified Organic Matter Rich Clays as Low-Cost Adsorbent, *Hindawi Journal of Chemistry* Volume 2020, Article ID 4376173, 17 pages
- AL-NEIMI K.I; AHMED G.A., **2019**- Isothermic Adsorption and
- 16]. Applications of Kinetics Models, Thermodynamics Functions ,Probability Sticking for Benzoic Acid and Some Substituted by Using Anew Adsorbent Substance *Journal of Education and Science*, 2019, Volume 28, Issue 2, Pages 23-39