

النواتج الثانوية لعملية تعقيم مياه الشرب بالكلور والتخلص منها

الدكتورة إلهام منير بدور*

(تاريخ الإيداع 22 / 10 / 2014. قبل للنشر في 4 / 2 / 2015)

□ ملخص □

إن تحقيق شروط المياه الصالحة للشرب، يتطلب تعقيمها من مصدر التزويد، وهناك الكثير من المواد المستخدمة في تعقيم المياه عالمياً، لكن أكثرها استخداماً هو التعقيم بالكلور؛ ولهذا فإن إيجاد الحلول للمشاكل الناتجة عن عملية التعقيم بالكلور أصبح أمراً ضرورياً نظراً لتزايد الأضرار المستمرة الناتجة عن عملية التعقيم، حيث أن تعقيم المياه بالكلور يمكن أن يقود من خلال تفاعله مع المواد العضوية إلى تشكل مركبات جانبية في المياه خطرة جداً على الصحة العامة، مثل مركبات «ثلاثي هالوميثانات»- المواد الناتجة من تفاعل الكلور مع المواد العضوية والمعروفة باسم الهيدروكربونات الكلورة أو التريهالوميثانات (Trihalomethanes) واختصاراً تعرف بـ (THMs) ذات العلاقة بالسرطانات.

انطلاقاً مما سبق قمنا بدراسة التعقيم للمياه بالكلور؛ بما في ذلك من إيجابيات وسلبيات للتعقيم بالكلور مقارنة مع التعقيم بالطرق الأخرى. كما قمنا بدراسة التخلص من الهيدروكربونات من عينات مياه شرب معقمة بالكلور أُخذت من مصادر مختلفة من شبكة مياه الشرب و مياه طبيعية من مناطق وسدود مختلفة باستخدام الفحم الفعال الحبيبي، بهدف التخلص من الفينول والحموض الدبالية ذات المواد العضوية كي لا تتفاعل مع الكلور وتسبب السرطانات للإنسان.

الكلمات المفتاحية: الكلور، الفحم الفعال، الفينول، الحموض الدبالية، التعقيم، المواد العضوية، السرطان.

*مدرسة - قسم تقانات الهندسة البيئية - المعهد العالي لبحوث البيئة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

The minor products of disinfection procedure of clean water by chloride, and get rid of it

Dr. Elham bador*

(Received 22 / 10 / 2014. Accepted 4 / 2 / 2015)

□ ABSTRACT □

Adopting of drink water conditions needs sterilization from the resource. There are many used matter to sterilize, but the most use is by Chloride, so it is necessary to obtain solutions because of continuous damages due to sterilization operation.

The water sterilization by chloride may create secondary compounds in water, which are very dangerous. Those compounds are as Trihalomethanes (THMs) which cause crabs. Therefore, we researched the sterilization by chloride in comparison with other ways. In addition, we get rid off hydro carbonates from sterilized drink water samples, which were obtained from different resources, drink water, natural water and damed using the activated carbon to get rid off venole and humic acids not to interact with chloride and cause people crabs.

Key words: chloride, activated charcoal, venole, humic acids, Disinfection, organic matter, crabs.

* Assistant Professor, High Institute of Environmental Researchs, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

الماء هو الحياة، ونقصه وتلوثه يسبب مشكلات صحية واجتماعية عديدة، وقد يؤدي تلوثه للقضاء على الحياة. لذا فهناك حاجة ضرورية لتعقيم المياه بشكل عام و تعقيم مياه الشرب بشكل خاص، لكن بطرق علمية مدروسة لتحديد الجرعات المطلوب إضافتها، وتحديد موقع إضافة التعقيم في مراحل المعالجة، حيث أن تعقيم المياه بالكlor يمكن أن يقود من خلال تفاعله مع المواد العضوية إلى تشكل مركبات جانبية في المياه خطيرة جداً على الصحة العامة، مثل مركبات «ثلاثي هالوميثانات»- المواد الناتجة من تفاعل الكلور مع المواد العضوية والمعروفة باسم الهيدروكربونات الكلورة أو الترايهاالوميثانات (Trihalomethanes) واختصاراً تعرف بـ (THMs) ذات العلاقة بالتسبب بالسرطانات والولادات المشوهة أو الطفرات البيولوجية الخطرة -.

لذا نجد أنه لا بد من معالجة المياه وبخاصة التي تحوي على ملوثات (عضوية و لاعضوية) بالطريقة الأنسب وذات الجدوى والتي تجعل المياه الناتجة خالية من الملوثات والمواد العضوية المنحلة والمغذيات مثل النتروجين و الفوسفور قبل تعقيمها بالكlor كي لا تتفاعل معه.

أهمية البحث وأهدافه:

نظراً للتلوث العضوي واللاعضوي الذي يحصل لمياه مصادر التزويد بمياه الشرب قبل وصولها إلى المستهلك، لا بد من تطبيق وتطوير طرق تعقيم مياه الشرب بهدف تقليل مشاكل التعقيم بالكlor والتي ناتجة عن مشاكل تشغيلية في محطات تنقية مياه الشرب وخفض فعالية التنقية فيها، بحيث تساهم هذه الطرق في رفع كفاءة التعقيم وعدم وجود نتائج ضارة بالصحة من التعقيم بالكlor، حيث إن المركبات العضوية الكلورة تسبب أمراضاً سرطانية متعددة محتملة. والهدف من هذا البحث إجراء دراسة مخبرية لمواصفات المياه الكلورة المصرفة من محطات تنقية مياه الشرب ومياه طبيعية غير مكلورة من عدة مواقع، بهدف التوصل لكيفية التخلص من المواد العضوية من مياه الشرب وتعقيم المياه بالكlor دون آثار سلبية وضرر على صحة الإنسان وبتكلفة اقتصادية مقبولة وخلال زمن مقبول، وإمكانية القيام بها.

منهجية البحث:

تطرق البحث لدراسة نظرية لتعقيم مياه الشرب بالكlor، ودراسة مخبرية لمواصفات مياه شرب معقمة بالكlor أخذت من مصادر مختلفة من شبكة مياه الشرب و مياه طبيعية من مناطق وسدود مختلفة، ومن ثم إجراء دراسة مخبرية لتحديد طريقة تتمتع بكفاءة تنقية وتعقيم جيدة وبتكلفة اقتصادية منخفضة نوعاً ما خلال زمن مقبول.

1. الدراسة النظرية لتعقيم مياه الشرب بالكlor:

إن إدخال التعقيم في سلسلة المعالجة اللازمة لتحضير مياه الشرب. تبقى الكلورة عملية تعقيم مفضلة بسبب بساطتها النسبية، وكلفتها المناسبة، وفعاليتها، إضافة لكونها تزود أنظمة التوزيع بالحد الأدنى من المتبقي الذي يحمي من إعادة التلوث البيولوجي [2 , 1]، و يُعد الكلور أحد عناصر المجموعات الكيميائية التي تدعى الهالوجينات، تضم هذه المجموعة إضافة للكلور، الفلور، البروم، و اليود. لكن رغم ميزات التعقيم بالكlor فهناك بعض المساوي؛ فالكلور الغازي عالي السمية، يهاجم بسرعة الأغشية المخاطية لطريق التنفس والعيون. ويسبب الكلور الغازي بسرعة كبيرة التهيج للحلق والسعال الحاد وإذا كان تركيزه عالٍ في الهواء فإنه يؤدي إلى احتراق قاتل يستعمل أيضاً غاز الكلور

كمرحلة كلورة قبل عملية الترشيح في المرشحات الرملية السريعة في عمليات معالجة مياه الشرب، مما يقلل من الحمولة البكتيرية على المرشحات ويسبب فترة تشغيل أطول بين عمليتي غسيل، ولكن هذه الكلورة ذات محذور في المياه ذات المحتوى العالي من المواد العضوية أنها قد تشكل مع الكلور مركبات لا تُزال خلال عمليات المعالجة اللاحقة مما يعطي الماء طعماً ورائحة [4, 3]. ومن المنتجات المصاحبة لعملية التعقيم بالكور المجموعتين الرئيسيتين هما ثلاثي هالوجين الميثان (ثلاثي هالوميثان) (THMs) وهي مركبات عضوية مشتقة من الميثان، وحمض هالوجينات الخل (HAAs) [5, 6] ، لقد حدد الاتحاد الأوروبي (EU) الحد الأعظمي لثلاثي هالوميثان الكلي (TTHM) $100\mu\text{g/l}$ ، أما منظمة الصحة العالمية WHO فقد وضعت الحدود $200\mu\text{g/l}$ للكلوروفورم [7]، إن ماء الكلور حامضي قوي ومؤكسد؛ فهو يطلق حمض كلور الهيدروجين والكلور، لذا ينبغي تجنب تماسه مع العيون والجلد.

النسبة المتألية للكلور في المياه تسبب الإصابة بالسرطان بمعدل شخصين من كل 100000 شخص [8] إضافة إلى حالات الإجهاض التي تسببها، لذلك فإن الجرعة الزائدة تسبب أخطار كبيرة على حياة الإنسان لذا لابد من مراقبة عملية التقيد بالجرعة المسموحة، و يجب التخلص من الجرعات الزائدة بطرق علمية، والجدول (1) يبين التأثيرات الضارة لبعض المنتجات المصاحبة للتعقيم (DBPs) (Disinfection By Products) [9].

ففي البصرة تسم نحو 90 شخص لشربهم ماء حاوي على جرعات زائدة من الكلور عام 2007، وفي مصر تسم مئات الأشخاص بسبب تسرب غاز الكلور بعد قيام عامل بتقطيع أسطوانة من الكلور في مدينة دسوق بلدنا النيل عام 2011 [8].

الجدول (1): التأثيرات الضارة لبعض المنتجات المصاحبة للتعقيم (DBPs) [9].

المنتجات المصاحبة للتعقيم (DBPs)	المركب	الدرجة *	التأثيرات الضارة
THM	CHCl_3	B2	سرطان، الكبد، الكلية ويؤثر سلباً على عملية التوالد.
	CHClBr_2	C	الكلية يؤثر على الجهاز العصبي، الكبد، الكلية والتوالد.
	CHCl_2Br	B2	سرطان، الكبد، الكلية ويؤثر على عملية التوالد.
	CHBr_2	B2	سرطان، الجهاز العصبي، الكبد، الكلية.
HAN	C_2NCl_3	C	السرطان، ظهور الطفريات.
HAAs	CHCl_2COOH	B2	سرطان، الجهاز التناسلي ويؤثر على النمو.
	CCl_3COOH	C	أمراض الكبد، الكلية، الطحال، تأثيرات على النمو.
مركبات غير عضوية	البرومات	B2	السرطان.
	الكلوريت	D	يؤثر على النمو و عملية التوالد.

• A: مسرطن بشري. B₁: مسرطن بشري (بعض الأدلة الوبائية).

B₂ من المرجح أن يكون مسرطن بشري (أدلة مخبرية كافية). C: مسرطن بشري. D: غير مصنف.

2. زمن الاتزان لامتماز الفينول على الفحم الفعال الحبيبي

الفحم الفعال هو فحم أزيلت منه معظم الشوائب وينتجه المصنعون عن طريق معالجة الفحم النباتي العادي ببخار وهواء يُسخن إلى أعلى من 316°C .

يقوم الفحم الفعال بإزالة الكلور والرائحة واللون وتحسين الطعم وإزالة الأوزون والمواد العضوية المنحلة والمبيدات الحشرية بعملية الامتماز (adsorption)، ويمكن وضعه في فلتر المياه المنزلية. وفي الوقت الراهن تعتبر عملية الامتماز مناسبة جداً في مجال معالجة المياه الطبيعية والمياه العادمة بسبب سهولة العملية والكلفة القليلة الناجمة عنها [10].

الامتزاز: في اللغة هو الالتصاق بسطح شيء ما، و في الكيمياء هو مصطلح يطلق على عملية تجمع جزيئات السائل أو الغاز (adsorbate) على سطح مادة صلبة (adsorbent) لتكوين شريحة جزيئية أو ذرية. و تتم عملية الالتصاق هذه إما عن طريق روابط كيميائية أو فيزيائية على حسب طبيعة المادة الممتزة (adsorbate).

والفحم الفعال (activated charcoal) يعتبر من أكثر المواد إظهاراً لخاصية الامتماز لأن:

- له مساحة سطحية كبيرة.

- مساماته دقيقة.

- وهو عبارة عن عدد من ذرات الكربون المتصلة مع بعضها وتكون في الداخل مشبعة (لأنها متصلة من جميع الجهات) أما التي على السطح غير مشبعة و بالتالي يكون لديها المقدرة على جذب جزيئات الملوثات العضوية والمركبات التي تنقل اللون، و المذاق، و الرائحة إلى المياه.

3. نوعية المياه المستخدمة في التجارب

قمنا بمجموعة من سلاسل التجارب باستعمال أنواع المياه الآتية:

أ- مياه شرب معقمة بالكلور من مصادر مختلفة من شبكة مياه الشرب.

ب- مياه طبيعية من مناطق وسود مختلفة.

حددت الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينات المياه وفق الطرائق المعتمدة عالمياً لتحليل المياه [11, 12]، وأجريت التحاليل باستخدام أجهزة قياس تقليدية و متطورة في المؤسسة العامة لمياه الشرب والصرف الصحي باللاذقية، وفي مخبر مديرية مكافحة التلوث، ومخابر جامعة تشرين.

لقد تم جمع 12 عينة من كل موقع من المواقع المدروسة على مدى ثلاثة أشهر وتم إجراء التحاليل والاختبارات اللازمة عليها ثم أخذ متوسط هذه القيم واعتمادها كما تظهر في الجدول رقم (2).

الجدول (2) مواصفات المياه المدروسة في سلاسل التجارب.

مكان أخذ العينة Sampling	درجة الحرارة °C	PH	الناقلية s/cmμ	النترات NO ₃ ⁻ (ملغ/ل)	الفوسفات PO ₄ ⁻³ (ملغ/ل)	الأملاح المنحلة TDS (ملغ/ل)	العكارة (غ/م ³)
نبع بسنديانة	16	7.6	448	31	0.04	320	2,7
بئر القطيلبية	17,5	8	843	26	0.05	603	3,4
نبع الدالية	17,3	7.9	432	17	0.05	309	3,1

2,6	314	0.04	9.5	439	7.4	16	مأخذ طرطوس
2,7	330	0.06	31	462	7.6	16,2	مأخذ اللاذقية
3,1	320	0.04	27	447	8	17.4	نيع السن
3,6	340	0,05	3,8	486	8,2	18,3	سد الثورة
4,1	335	0,04	21	497	8,3	17,9	سد 16 تشرين
3,9	370	0.06	32	463	7,9	17	سد الحفة

4. نوعية الفحم المستخدم وعوامل إجراء التجربة:

تم استخدام الفحم الفعال (فحم الخشب التجاري) كثافته 2 gr/Cm^3 ، $\text{pH}=6$ لمحلول بتركيز $50 \text{ gr/l H}_2\text{O}$ ، و ذلك بغرض تقييم فعاليته في تخلص المياه من الحموض الدبالية (humic acids) التي تعد السبب الرئيس في تشكل المنتجات بإجراء عملية التعقيم، إضافة إلى تقييم فعاليته بإزالة مركبات ثلاثي هالوميتان، ولهذا فقد تم اختيار الفينول كمركب يمثل الحموض الدبالية على اعتبار أن الحلقة الفينولية هي الغالبة في تركيب الحموض الدبالية، يزداد تشكل المركبات المصاحبة للكورة بزيادة كمية الكلور المستخدمة خلال عملية تعقيم المياه إضافة إلى ارتباطها بعوامل أخرى مثل درجة الحرارة والزمن المنقضي منذ إضافة الكلور وحتى وصول المياه إلى المستهلك.

لقد تم الأخذ بالحسبان دراسة تأثير كل مما يلي: الحجم الحبيبي للفحم الفعال وكميته، زمن الاتزان، PH، التركيز الابتدائي للملوث (فينول) في المحلول؛ بغرض دراسة فعالية الفحم الفعال على امتزاز الفينول الملوث. طحنت عينة الفحم الفعال بالمطحنة والهاون، ثم جرت مجانستها بجهاز التجانس مدة 24 ساعة، ومن ثم مررت العينة عبر مناخل بقياسات حبيبية ذات أقطار مختلفة صنفت وفق المجالات المبينة في الجدول (3):

الجدول (3) مجالات أقطار حبيبات الفحم الفعال بعد الطحن.

1000-2000 μm	500-1000 μm	250-500 μm	125-250 μm	مجالات أقطار حبيبات الفحم الفعال بعد الطحن
I	II	III	IV	رمز المجال

ووضعت في فرن درجة حرارته 105°C لمدة 48 Hour ثم خزنت في عبوات محكمة الإغلاق لحمايتها من الرطوبة.

وقد تم تحضير محاليل عيارية للفينول باستخدام ماء ثنائي التقطير، وتم قياس تركيز الفينول باستخدام جهاز سبكتروفوتومتري عند طول موجة أعظمي ($\lambda_{\text{max}} = 211\text{nm}$)، أما الحموض الدبالية فتم قياسها باستخدام جهاز سبكتروفوتومتري عند طول موجة أعظمي ($\lambda_{\text{max}} = 254\text{nm}$).

5. الامتزاز بالخط التوازني

إن امتزاز الفينول على الفحم الفعال يتبع منحنيات التوازن (Isotherms) (الأيسوتيرم) التي هي تعبر عن العلاقة ما بين تركيز المادة على الوسط الصلب أو المستقبل (q_e) معبراً عنه بـ (mol/gr) أو ما يسمى امتزاز المادة

وتركيز المادة في المحلول (C_e) معبراً عنه بـ (mol/l) أو ما يسمى بالتركيز المتبقي، ويمكن لهذه العلاقة أن تمثل بعدة نماذج وأشهرها: لانغموير، فريندليتش، للعمليات الجارية في الظروف الثابتة [13].
إن كمية الفينول الممتز على الفحم الفعال يمكن حسابه بواسطة الفرق في التركيز الأولي والنهائي وحسب المعادلة (1):

$$(1) \quad q_e = \frac{C_i - C_f}{m} \times v$$

حيث أن:

q_e : كمية الفينول الممتز على الفحم الفعال (mmol/gr).

C_i, C_f : التركيز الأولي والنهائي للفينول في المحلول (mmol/l).

m : كمية الفحم الفعال المستخدم (gr).

v : حجم المحلول (لتر).

والنسبة المئوية للإزالة (Removal) يتم حسابها حسب المعادلة التالية:

$$(2) \quad \text{Removal \%} = \frac{(C_i - C_f)}{C_i} \times 100\%$$

1_ نموذج لانغموير Langmuir:

يفترض نموذج لانغموير أن الامتزاز يحدث بطريقة واحدة من المذاب على سطح المادة الصلبة وكل جزيء من هذا المذاب المراد إزالته احتل موقعاً واحداً فقط، ويصف هذا النموذج - كيميائياً - تكون الطبقة الأحادية من المادة المراد إزالتها على السطح الخارجي للمادة الصلبة وبعد ذلك لا تستمر عملية الامتزاز.
كما أشار صن وزملاؤه أن نموذج لانغموير يصف بشكل جيد عملية الامتزاز وسعة الامتزاز العظمى [14]، ويفترض كذلك أن قوى الجذب بين الجزيئات يتناقص كلما ابتعدنا عن سطح الامتزاز [15]. تكتب معادلة لانغموير بالشكل الآتي:

$$(3) \quad \frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_{\max} K_L} + \frac{C_e}{q_{\max}}$$

حيث أن:

C_e : تركيز الفينول الممتز على الفحم الفعال الماز في وقت التوازن (mol/L).

q_e : كمية الفينول الممتز على الفحم الفعال الماز في وقت التوازن (mol/gr).

Q_{\max} : سعة الامتزاز القصوى (mol/gr).

K_L : ثابت لانغموير - يتعلق بالطاقة الحرة للامتزاز.

ويعتبر K_L و Q_{\max} ثوابت يتم الحصول عليها من تقاطع وميل المنحنى الخطي لرسم (C_e/q_e) مع (C_e)

[16, 17, 18].

2_نموذج فريندليش Freundlich:

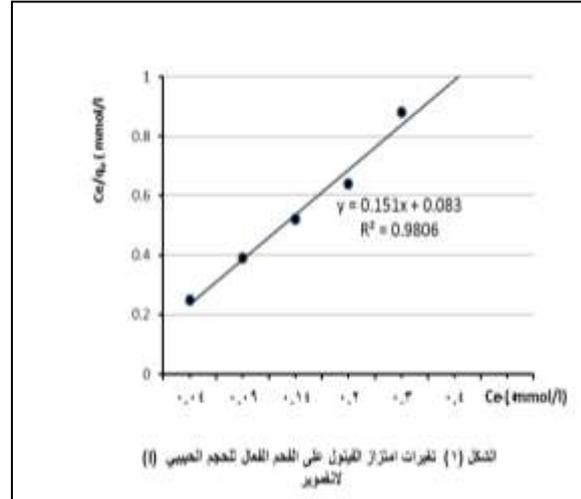
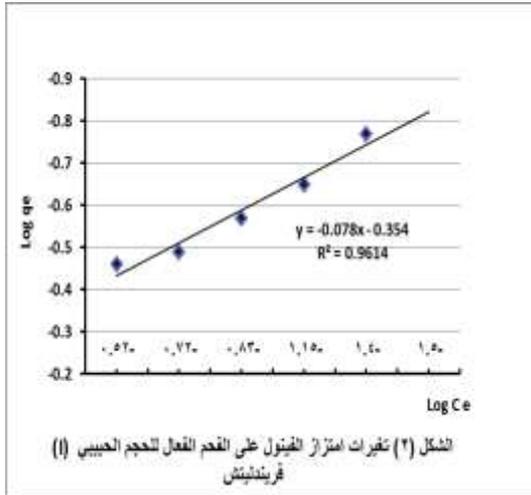
يصف هذا النموذج الامتزاز على السطوح غير المتجانسة وخلافاً لنموذج لانغموير، فإن هذا النموذج لا يفترض أن سعة الامتزاز يتم الوصول إليها عند اكتمال طبقة الامتزاز الأحادية ولكن يمكن أن تستمر عملية الامتزاز على المواقع المختلفة. يتم كتابة المعادلة الخطية لفريندليش كآتي:

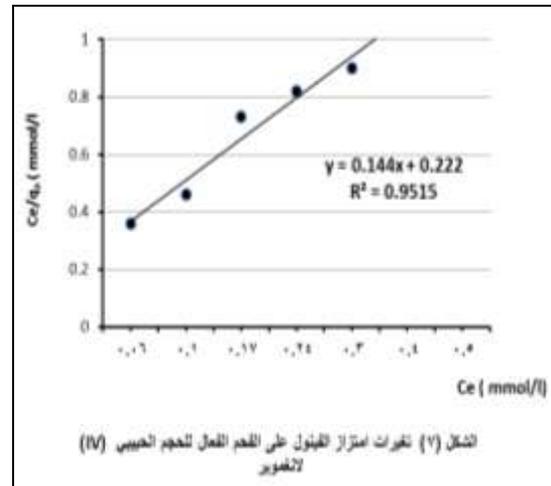
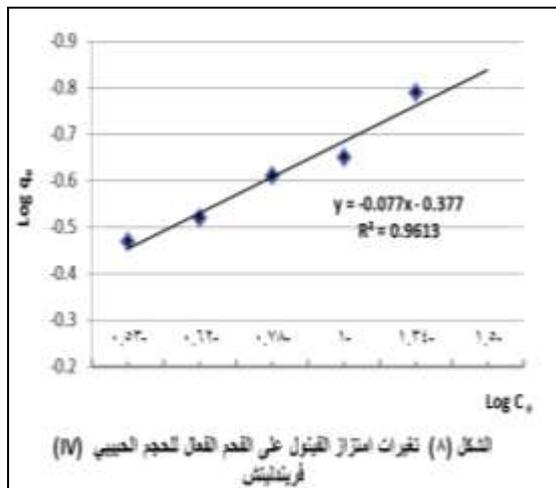
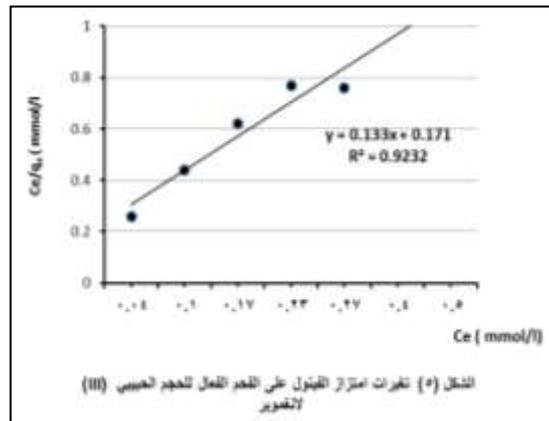
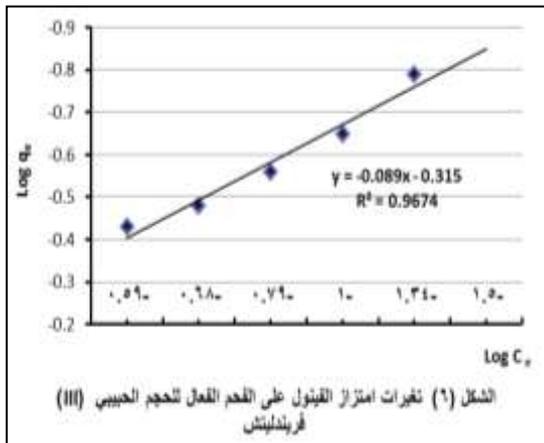
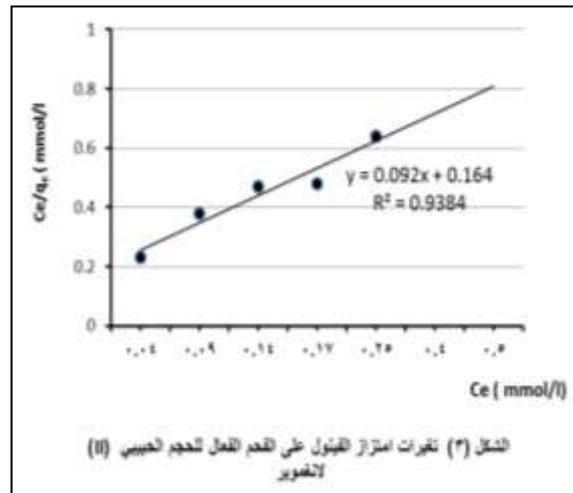
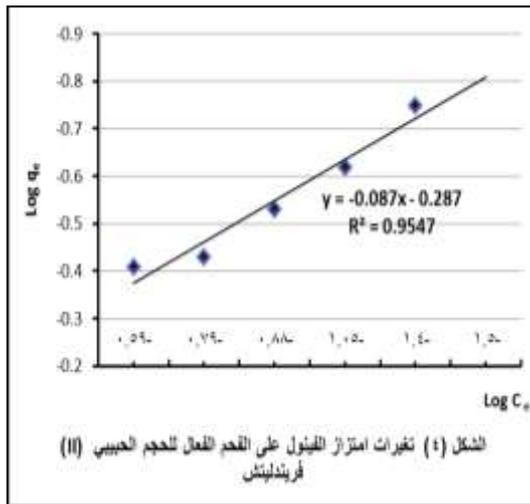
$$(4) \quad \log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e$$

حيث أن: K_f , n هما ثابت فريندليش وتعني عامل سعة الامتزاز (mol/gr) لفريندليش وشدة أو قوة الامتزاز لفريندليش على الترتيب، ويمكن تحديد قيم هذه الثوابت من ميل وتقاطع الخط الناتج عن رسم (log q_e) مع (log C_e).

النتائج والمناقشة:**a. امتزاز الفينول على الفحم الفعال الحبيبي**

تبين الأشكال (1 و 2 و 3 و 4 و ... و 8) أن امتزاز الفينول على الفحم الفعال الحبيبي بالحجوم (I, II, III, IV) المبينة في الجدول (3) المذكور سابقاً، يتبع نموذجي لانغموير و فريندليش، والثوابت المحسوبة بيانياً من الميل والتقاطع مبينة في الجدول (4).





الجدول (4) ثوابت نموذجي لانغموير و فريندليتش لامتزاز الفينول
على الفحم الفعال التجاري الحبيبي ذي المنشأ الخشبي (I, II, III, IV)

IV	III	II	I	Adsorbent	
0.41	0.49	0.53	0.43	Q_{max} (mmol/gr)	لانغموير
10.77	8.4	10.46	13.1	K_L (l/mmol)	
0.95	0.92	0.94	0.98	R^2	
0.29	0.32	0.33	0.28	$1/n$	فريندليتش
0.85	0.87	0.86	0.84	K_f (mmol/gr)	
0.96	0.97	0.95	0.96	R^2	

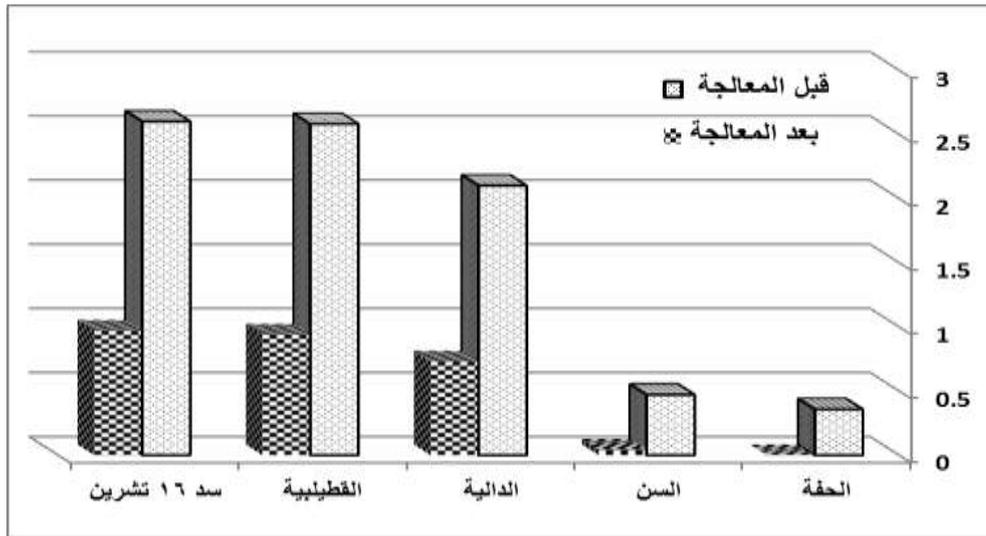
من الجدول (4) نلاحظ الآتي:

أ- تراوحت قيمة K_L ثابت لانغموير ضمن المجال $l/mmole$ (8.4-13.1) وهي قيم صغيرة، وهذا يتوافق مع تصنيف منحنى الامتزاز ضمن التصنيف L في تصنيف جيلز الذي تم الحصول عليه، وهي تبين ضعف قوى التأثير المتبادل بين الفحم الفعال الحبيبي (المادة المازة) والفينول (المادة الممتزة)، حيث أن الفينول يتوضع بشكل أفقي على الطبقات الجرافيتية، وعندئذ تكون القوى المسببة للامتزاز ناتجة عن التأثيرات التشتتية $\pi-\pi$ بين الحلقة العطرية للفينول والبنية العطرية للطبقات الجرافيتية أو بتشكيل معقد (مانح - مستقبل) [19, 20, 21]، حيث تكون مجموعات الكربونيل السطحية (مانحة للإلكترون) والحلقة العطرية للفينول (مستقبل) [22, 23].

ب- إن قيمة $1/n$ ثابت فريندليتش كانت ضمن المجال ($1 > 1/n > 0$)، وهي تعبر عن قدرة الفحم الفعال على امتزاز الفينول [24]، لقد كانت السعة الامتزازية للطبقة الواحدة Q_{max} بالنسبة للحجم الحبيبي II أعلى قيمة وهي 0.53، وهذا يعود إلى أن شروط الخلط كانت أفضل، وهذا يتوافق مع السعة الامتزازية للفحم الفعال المحضر من المعالجة بالحمض لقشر جوز الهند (ASTAC) (Conconut Shells) [25]، والسعة الامتزازية للطبقة الواحدة Q_{max} بالنسبة للحجم الحبيبي I هي 0.43، وهذا يتوافق مع السعة الامتزازية للفحم الفعال المحضر من لحاء خشب الصنوبر المقشوط بشدة والمسخن بالنتروجين لمدة 6.5 Hours على الدرجة 672 C° (Carbonized bark) [26].

b. امتزاز الحموض الدبالية على الفحم الفعال الحبيبي:

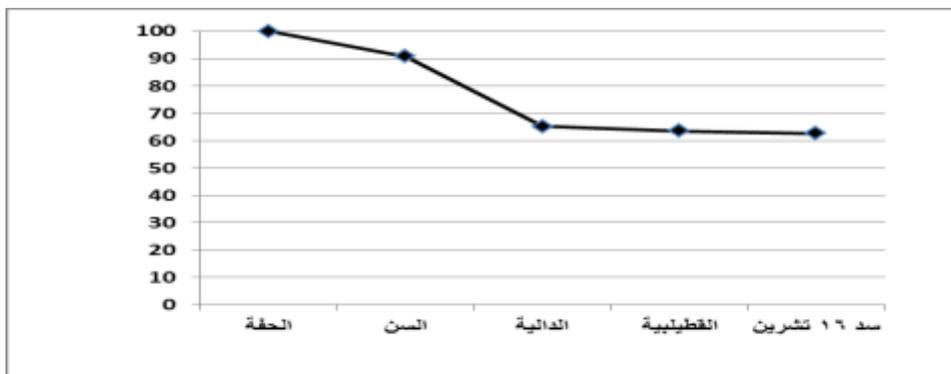
إن محتوى المياه من المواد العضوية هو السبب الرئيس عند الكلورة لتشكيل الترايبهالوميثانات (THM)، وقدرت القيم اعتماداً على قيم الامتصاص للأشعة فوق البنفسجية عند طول موجة أعظمي ($\lambda_{max} = 254nm$)، والشكل (9) يبين قيم تراكيز الحموض الدبالية المقاسة في عينات مياه خام وعينات بعد خلطها (معالجتها) مع الفحم الفعال لمدة 24 ساعة.



الشكل (9): قيم تراكيز الحموض الدبالية (HA) المقاسة في عينات مياه خام وعينات بعد خلطها مع الفحم الفعال.

إن امتزاز الحموض الدبالية يتم عندما يكون حجم المسامات من النوع ميزو، تبعاً للحجم الكبير لجزيئات الحموض الدبالية إضافة إلى أنه من ضمن المؤثرات هو توزيع المسام وخصائص السطح على قدرة الفحم الفعال على امتزاز الحموض الدبالية من المحاليل المائية [27].

من الشكل (9) يتضح أن تركيز الحموض الدبالية كانت ذو قيمة عظمى في عينة المياه الخام من سد 16 تشرين و القيمة الصغرى في عينة المياه الخام من الحفة ، ويعود هذا إلى طبيعة المنطقة الجيولوجية، الذي ينعكس على محتوى المياه من المواد العضوية وبالتالي نوع وتركيب الحموض الدبالية، إضافة إلى النشاطات الحيوية المختلفة في كل منطقة، حيث أن وجود المواد الدبالية في التربة والمياه هو عبارة عن بوليميرات متعددة الزمر الوظيفية، وهي ناتجة عن تحلل أنسجة النباتات والحيوانات بواسطة الاضطراب الكيميائي و الحيوي [16]. ومن الشكل (10) يتضح أنه تزداد فاعلية إزالة الحموض الدبالية كلما كان محتوى المياه من الحموض الدبالية أقل، هذا و تؤثر عدة عوامل على الكفاءة للمادة المازة منها الآتي: مواصفات الجسم الماز من حيث حجم المسام وتوزيعها وبنية المجموعات الوظيفية، ومواصفات المادة المازة، بالإضافة لكيمياء المحلول من خلال بنية الشوارد والأكسجين المنحل حيث أنها تلعب دوراً هاماً في امتزاز الحموض الدبالية على الكربون الفعال [28].



الشكل (10): فاعلية إزالة الحموض الدبالية (HA).

الاستنتاجات والتوصيات:

من خلال البحث توصلنا إلى الاستنتاجات الآتية:

- آلية امتزاز الفينول تتبع نموذجي لانغموير و فريندليتش.
 - تزداد فاعلية إزالة الحموض الدبالية كلما كان محتوى المياه من الحموض الدبالية أقل.
 - يمكن أن تجد المواد الكيماوية الصناعية والزراعية من النباتات ومبيدات الحشرات طريقها إلى مياه الشرب بعد أن يتخلص منها في المصنع أو المزرعة، وهذا يزيد تركيز المواد العضوية واللاعضوية في مياه الشرب.
 - مراقبة النشاطات حول الآبار والسدود لضمان عدم تسرب مواد ملوثة إليها.
- ومن خلال البحث نوصي بالآتي:
- معالجة المياه من مصادر تزويدها قبل التعقيم بالكور، حيث أنه بمعالجة مياه مصادر التزويد بالمياه بالتخثير يتم التخلص من المواد العضوية المنحلة و الغروانية و المغذيات مثل النتروجين و الفوسفور.
 - خفض تشكل مركبات المنتجات المصاحبة للتعقيم (DBPs) إلى النسب المحدودة عالمياً بحيث يتم تجنب الأمراض السرطانية التي يمكن أن يسببها وجود مثل هذه المركبات في مياه الشرب.
- نوصي بعمل أبحاث أخرى لمحطات تنقية مياه الشرب وذلك باستخدام:
- مرشحات سريعة ثنائية الطبقة (انتراسيت - رمل) مع وجود مخثر في محطات تنقية مياه الشرب.
 - استخدام مخثرات مختلفة وتحديد الجرعة وطريقة الإضافة بالعلاقة مع الكفاءة والاقتصادية.

المراجع:

- [1] - SADIQ, R. and RODRIGUEZ, M.J., Disinfection byproducts (DBPs) in drinking water and predictive models for their occurrence: a review, Science of the Total Environment 321 (2004) 21-46.
- [2]- HUANG, J. and SMITH, G. C., Spectrophotometric determination of total trihalomethanes in finished waters, Journal of American WATER Works ASSOCIATION 76 (4) (1984) 168-171.
- [3]- Hajjar. S , Treatment of Drinking Water (2), 2006, Aleppo University.
- [4]- Bannoud. A . H, Farhoud.N, Treatment of Drinking Water, 2012, Aleppo University.
- [5]- BABI, K. G., KOUMENIDES, K.M., NIKOLAOUA, A. D., MAKRIA, C.A., TZOUMERKAS, F.K. and LEKKASA, T.D., Pilot study of the removal of THMs, HAAs and DOC from drinking water by GAC adsorption, Desalination 210 (2007) 215-224.
- [6]- GALLARD,F. and VON GUTEN,U. Chlorination of natural organic matter: kinetics of chlorination and of THM formation, Water Research, 36 (2002) 65-74.
- [7]- UYAK, V., KOYUNCU, I., OKTEM, I., CAKMAKCI, M. and TOROZ, i., Removal of trihalomethanes from drinking water by nanofiltration membranes, journal of Hazardous Materials 152 (2008) 789-794.
- [8]- Awad. R . A, El-shar.A.W, Health Risk Assessment for Chlorinated Organics in Drinking Water. 2005.

[9]- LIU, Y. MOU. S. and CHEN, D., Determination of trace-level haloacetic acids in drinking water by ion chromatography – inductively coupled plasma mass spectrometry *Journal of Chromatography*, 1039 (A) (2004) 89-95.

[10]- WANG, S.; PENG, Y. Natural Zeolites as Effective Adsorbents in Water and Wastewater Treatment. *Chemical Engineering Journal*, 156, 2010, 11-24.

[11]- HMSO.(1994)- *The Microbiology of water, part1-drinking water . Methods for the examination of water and associated materials. Re Porton public Health and Medical subjects NO. 71.London. pp. 1-151.*

[12]- APHA. (1992)- *Standard Methods for the Examination of water and Waste water.18 Th Edition, USA..*

[13]- DADA, A.O; OLALEKAN, A.P; OLATUNYA, A.M. Langmuir, Freundlich, Temkin and Dubinin-Radushkevich Isotherms Studies of Euilibrium Sorption of Zn²⁺ Unto Phosphoric Acid Modified Rice Husk. *IOSR Journal of Applied Chemistry*,V3, Issue 1, 2012, 38-45. <http://iosrjournals.org/index.html>.

[14]- SUN, Y.; FANG, Q.; DONG, J.; CHENG, X.; XU, J. Removal of Fluoride from Drinking Water by Natural Stilbite Zeolite Modified with Fe(III). *Desalination, Elsevier* 277, 2011, pages 121–127.

[15]- WHITEHEAD, K. (2000). The application of synthetic zeolite for removal of heavy metals from contaminated effluents. PhD thesis, University of Surrey, UK, 2000, 197-236.

[16]- KIM, H.C. and YU, M.J. Characterization of aquatic humic substances to DBPs formation in advanced treatment processes for conventionally treated water, *Journal of Hazardous Materials* 143 (2007) 486-493.

[17]- BARATONS.S, MJB,E., HALLIOP, E. and JAF, M., Acidic and basic sites on the surface of porous carbon, *Carbon* 35 (9) (1997) 1361 -1366.

[18]- YANG, R. T., *Adsorbents: fundamentals and applications*, New Jersey: Wiley-Inter science, (2003) 79-130.

[19]- HAGHSERESHT, F., NOURI, S., FINNERTY, J.J. and LU, G.Q., Effects of Surface Chemistry on Aromatic Compound Adsorption from Dilute Aqueous Solution by Activated Carbon, *Phys. Chem.* 106 (42 B) (2002) 10935-10943.

[20]- SALVADOR, F., SANCHEZ, M.M.J., SAL VADOR, A. and MARTIN, M.J., Study of the energetic heterogeneity of the adsorption of phenol onto activated carbons by TPD under supercritical conditions, *Applied Surface Science* 252 (2005) 641-646.

[21]- POLAT, H., MOLVA, M. and POLAT, M., Capacity and mechanism of phenol adsorption on lignite, *Int. J. Miner Process* 79 (2006) 264-273.

[22]- SU, F., LV, L., FUI, T.M. and ZHAO, X.S., phenol adsorption on zeolite-template carbon with different structural and surface properties, *Carbon* 43 (2005) 1156-1164.

[23]- STREAT,M, and HORNER, D. J., Adsorption of highly soluble herbicides from water using activated carbon and hypercrosslinked polymers, *Process Safety and Environmental Protection* 78 (5) (2000) 363-382.

[24]- HOURI, M., HAMDI, B., BRENDLE, J., BOURAS, O., BOLLNGER, J.C. and BAUDU, M., Dynamic sorption of ionizable organic compounds (IOCs) and xylene from water using geomaterial-modified montmorillonite, *Journal of Hazardous Materials* 147 (2007) 738-745.

[25]- SINGH, K.P, MALIK, A., SINHA, S. and OJHA, P., Liquid-phase adsorption of phenols using activated carbons derived from agricultural waste material, *Journal of Hazardous Materials* 150 (2008) 626- 641.

[26]- Edgehill, R. U. and Lu, G.Q., Adsorption characteristics of carbonized bark for phenol and pentachlorophenol, *Chem. Technol. Biotechol.* 71 (1998) 27-34.

[27]- LORENC, G.E. and GRYGLEWICZ, G.Z., Adsorption of Lignite-derived humic acids on coal-based mesoporous activated carbons, *Journal of Colloid and Interface Science* 284 (2005) 416-423.

[28]- UYGUNER, C.S., SUPHANDAG, S.A., KERC, A. and BEKBOLET, M., Evaluation of adsorption and coagulation characteristics of humic acids preceded by alternative advanced oxidation techniques, *Desalination* 210 (2007) 183-193.