

تهجين المبادل الايوني الموجب الى رانتجات انتقائية ذات مجموعات وظيفية على هيئة هيدروكسيدات (النحاس والحديد)

Hybridization of ion exchange resin to the selective resins by changing the function group into (copper and iron) hydroxide

نورالدين بن عيسى¹ ، نجمي الدين اللالي² ، عبدالستار سعدالله³
¹المعهد العالي للعلوم والتقنيات الطبية-ابوسليم
²كلية الصيدلة جامعة الزاوية ، ³كلية طرابلس للعلوم الطبية-السراج

nuribenissa@yahoo.com

المستخلص

في هذه الدراسة تم تهجين المبادل الايوني الموجب المحمل عليه أيون الهيدروجين Ion exchange in its hydrogen form (IEH) الى رانتجات انتقائية لها القدرة على ادمصاص كيميائي انتقائي لبعض الايونات بطريقة سهلة وبسيطة وغير مكلفة ، حيث تم تغيير المجموعة الوظيفية على المبادل الايوني الي نوعين من الرانتجات الهجينة الانتقائية بتحميل هيدروكسيد النحاس على المبادل الايوني والحصول على الرانتج IE-Cu وذلك باستخدام كبريتات النحاس والراتنج الاخر تهجين المبادل الايوني بتحميل هيدروكسيدات الحديد على المبادل الايوني بواسطة أكسدة الحديدوز بواسطة برمنجنات البوتاسيوم في وسط قلوي لإنتاج IE-Fe ، عمليات تحضير الرانتجات كانت باستخدام نظام الحوض .

أجريت مجموعة تجارب تأكيدية على الرانتجات الهجينة حيث تم تقدير المحتوى الفلزي بواسطة جهاز التحليل الطيفي وكان المحتوى الفلزي للفلزات المحملة على كل رانتج كالتالي: 227.6 mg g^{-1} للنحاس و كان محتوى الحديد 198.3 mg g^{-1} أيضا تم اجراء تجارب تأثير درجة الحرارة ، الكثافة والثابتية في أوساط مائية مختلفة. النتائج أظهرت ان السعة الكلاية (المحتوى الفلزي) للرانتجات الهجينة يمكن الاعتماد عليها في عمليات ادمصاص الكيمائي وفصل وتقدير بعض الايونات مثل الزرنيخ والسيانيد

وغيرها، أيضا النتائج اثبتت ان الرانتجات لهل درجة تباث عالية في اوساط مائية مختلفة مع الاحتفاظ بالمحتوى الفلزى في درجات حرارة تصل حتى 35 درجة مئوية في حين كانت الكثافة اعلى من كثافة الماء وصلت الى 1.24 g mL^{-1} ما يجعلها مناسبة في عمليات الادمصاص بنظام الحوض ونظام التدفق.

الكلمات المفتاحية: ادمصاص، مبادل ايونى، رانتجات انتقائية، المحتوى الفلزى، نظام التدفق.

Abstract

In this study an easy, simple and inexpensive method was used for converting the unselective Ion exchange in its hydrogen form (IEH) to the selective resin by hybridizing procedure.

The ion exchange resin has developed into two types of selective hybrid resins; a) by loading copper hydroxide on the ion exchange by using copper nitrate and obtaining IE-Cu resin; b) loading iron hydroxides on the ion exchange by oxidizing of ferrous with potassium permanganate in alkaline medium to produced IE-Fe, the resins were prepared using a batch system.

Many experiments were conducted on the hybrid resins, where the metals content were estimated by spectrophotometer, and the content metals loaded on each resin were: 227.6 mg g^{-1} of copper and the iron content was 198.3 mg g^{-1} , the effect of temperature, density and stability of hybrid resins in different aqueous media were also conducted.

The results showed that the total capacity of (metal content) of hybrid resin is effective in chemisorption processes, separation, preconcentration and determination of some ion such as arsenic, cyanide and others. The results provide that the resins have a high degree of stability in various aqueous medium, while the metal content was not affected at temperature up to $35 \text{ }^{\circ}\text{C}$, while the density of resins was higher than the density of water and reached to 1.24 g mL^{-1} it is suitable for adsorption processes in the batch and flow system.

Keywords: ion exchange, adsorption, metal content, batch system, hybrid resins.

المقدمة

اصبح استخدام الراتنجات بانواعها المصنعة والطبيعية منشرا بشكل كبير فى عمليات الادمصاص الكيمايى والفيزيائى وعمليات ازالة الملوثات removal وايضا زيادة تركيز بعض الايونات ذات التركيز الواطئة preconcentration، ولقد اجريت العديد من الابحاث والدراسات بخصوص البحث عن راتنجات ومواد لها سعة ادمصاص عالية او تبادل ايونى انتقائى بتركيزات عالية.

وتعتبر تطبيقات التبادل الايوني (IE) فى مياه الشرب احد الطرق التي تستخدم فى معالجة مياه الشرب الا ان هذه المبادلات تعتبر محدودة التطبيقات بسبب ما قد تتأثر به نتيجة لازالتها او ادمصاصها الايونات بدون تمييز ايضا بسبب التداخلات نتيجة الكميات الكبيرة من المحلول الملحي فى المياه والذي يسبب تداخل واضح اثناء عمليات المعالجة [1-3]. ففي احد الدراسات تم تأكيد منافسة كبيرة من ايونات الكلوريد والكبريتات فى ازالة النترات [4]، ايضا فى دراسة اخرى تم ازالة ما نسبته 93% من الاملاح الذائبة الكلية باستخدام مبادل ايونى معزز بمرشح [5] وهذه يؤكد حدوث منافسة عالية بين الاملاح اثناء عملية الازالة، وفى دراسة اخرى تم ازالة حوالي 89% من عنصر الكاديوم فى وجود ايون الكلوريد وهنا ايضا لم تتم الازالة كاملة [6] فى حين كان التخلص من بعض المكونات تم باستخدام مبادل التحليل الحيوي للتخلص من البكتيريا [7]، كل تلك الابحاث لم يتم فيها ادمصاص او ازالة انتقائية ولكن تتم بصورة عامة يكون للتداخل دور كبير فيها.

ونظرا لان اغلب الراتنجات والمبادلات تتميز بعدم انتقائيتها فى اختيار المكونات المراد ادمصاصها او ازلتها، فانها ايضا لا يمكن الاعتماد عليها فى عملية preconcentration زيادة التركيز [8]. وللرغبة فى تطوير انواع من الراتنجات لازالة ايونات محددة خاصة مع الاختلاف الكبير لسمية بعض المواد مع اختلاف رقم تاكسدها او البحث عن راتنجات انتقائية لزيادة تركيز بعض الايونات السامة ذات التركيز الواطئ بدون تداخل من ايونات اخرى، فقد اصبح تركيز البحوث منصب على ايجاد طرق فصل او استخلاص او تقدير الايونات حسب اختلاف ارقام تاكسدها ما يعرف بمصطلح (speciation) وذلك نتيجة للاختلاف الكبير فى السمية كما اسلفنا مع اختلاف رقم

التاكسد، فمثلا سمية الزرنيخ الثلاثي (As(III) أعلى بكثير من سمية الزرنيخ الخماسي (As(V) [9]، وهنا اصبح من المهم ايجاد طريقة خاصة بفصل الزرنيخ الخماسي عن الزرنيخ الثلاثي ، ايضا اختلاف سمية عنصر الكروم باختلاف ارقام التأكسد فالكروم السداسي (Cr(VI) اكثر سمية من الكروم الثلاثي (Cr(III) [10] وهذا ينطبق ايضا على انواع ايونات النيتروجين [11] وكذلك تنوع ايونات الزئبق بين زئبق عضوي و زئبق غير عضوي [12] ومن هنا كان الاتجاه للبحث عن حلول يمكن من خلالها فصل الايونات حسب ارقام تأكسدها ولهذه الاسباب اتجه الباحث الي تطوير الراتنجات باستمرار لتصنيع راتنجات يمكنها ادمصاص انتقائي لبعض الايونات والمركبات [13-15].

تتوعدت الدراسات والبحوث في تطوير (تهجين) راتنجات متخصصة وانتقائية وتوفر سعة ادمصاص عالية و مساحة سطحية كبيرة فعلى سبيل المثال تم تحميل اكسيد الزركونيوم على رابط من Polymer [16]، وفي دراسة اخرى تم التحميل على Lysin [17] وذلك للاستفادة من الزركونيوم كمادة مازة كيميائيا للزرنيخ مع عدم تداخل من الايونات الاخرى وفي دراسة اخرى تم تحميل الفضة على اكسيد الالومنيوم [18,19] في حين تم تحميل الفضة على مبادل ايوني لفصل ايونات الكروم الثلاثي عن السداسي [20].

المواد الطبيعية والطبيعية نصف المصنعة دخلت ايضا في عمليات التهجين وتحويلها الى مواد انتقائية حيث تم استهداف الكربون المنشط وتم تحميل عليه الفضة واكسيد الالومنيوم [21]، ايضا في دراسة اخرى تم تحميل الزنك على الكربون المنشط [22]، كل ذلك من اجل تصنيع راتنجات متخصصة في ادمصاص وازالة وفصل وتقدير لايونات محددة.

يتم الاستفادة من عمليات تهجين الراتنجات في عمليات فصل وتقدير بعض الايونات ذات التراكيز الواطئة [9,20] ويتم ذلك بامرار احجام بكميات كبيرة من محاليل الايونات على الراتنجات الانتقائية فيتم اعادة تركيزها داخل الراتنجات بتراكيز عالية يمكن نزعها وتقديرها بكل سهولة.

نهدف في هذه الدراسة الي تهجين مبادل ايوني موجب مجموعته الوظيفية ايون الهيدروجين IEH وتحويله من مبادل غير انتقائي الي راتنج متخصص وانتقائي في ادمصاص وتقدير وازالة بعض الايونات بطريقة سهلة وبسيطة وغير مكلفة.

مواد وطرق البحث

الاجهزة والمعدات

- لتقدير محتوى النحاس والحديد تم استخدام جهاز :

(320 D spectrophotometer with 10 mm quartz cell)

- تقدير قيم الالاس الهيدروجيني pH value تمت بواسطة:

(pH meter, HANNA, C 211 Multiparameter Ion Specific Mete)

المواد الكيميائية

كل المواد الكيميائية المستخدمة في هذه الدراسة مواد عالية النقاوة : نترات النحاس $Cu(NO_3)_2$ من شركة (T-Baker Lab Chemicals)، برمجنات البوتاسيوم $KMnO_4$ من شركة (Fluka)، كبريتات الامونيوم الحديد الثلاثي (III) من شركة (BDH)، كبريتات الحديدوز النشادرية $Fe(SO_4)_2NH_4$ من شركة (BDH)، DPC من شركة (Merck)، هيدروكسيد الصوديوم NaOH من شركة (Sigma-Aldrich)، حمض الكبريتيك H_2SO_4 من شركة (Merck)، وحمض النيتريك HNO_3 من شركة (Merck).

المبادل الايوني IEH:

المبادل الايوني المستخدم كحامل للراتنجات الانتقائية التي تم تحضيرها حجمه الحبيبي متناسق أساسه Macroporous, Crosslinked Polyacrylate، المجموعة الوظيفية ايون الهيدروجين H^+ من شركة (Lanxess (Energizing chemistry) والجدول رقم 1 يوضح مواصفات المبادل الايوني (IEH).

جدول رقم 1. مواصفات المبادل الايوني IEH

Crosslinked polyacrylate	النوع
H^+	الشكل الايوني
0.40-1.6 mm	الحجم الحبيبي
$1.2 g L^{-1}$	الكثافة
pH 0-14	تأثير في الاوسط المائية
$1.3 eq L^{-1}$	السعة الكلية
$70^{\circ}C$ كحد أقصى	درجة حرارة التشغيل
ابيض (شكل رقم.3)	اللون

الطرق المستخدمة في تهجين المبادل

تم تهجين المبادل الايوني IEH الي نوعين وذلك بالاعتماد علي القيم الخاصة بتابث حاصل الاذابة:-

▪ تهجين IEH الي شكل جديد محملا عليه ايونات النحاس وتغير شكله الي الصورة
IE-Cu

▪ تهجين IEH الي الشكل الجديد محملا عليه ايونات الحديد الي الصورة IE-Fe

1. تحضير الراتنج المحمل عليه ايونات النحاس (IE-Cu)

- 50 جرام من IEH في كأس حجمه 400 مل اضيف عليه 100 مل من نترات النحاس تركيزه 1.5 mol L^{-1} ، وضع الخليط على هزاز لمدة ساعة واحدة بسرعة 150 rpm في درجة حرارة الغرفة.
- وضع الخليط على مسخن درجة حرارته 20 C° تم اضيف ببط 0.5 mol L^{-1} من هيدروكسيد الصوديوم.
- نقل الخليط الي هزاز وترك على سرعة 150 rpm لمدة ليلة كاملة في درجة حرارة الغرفة.
- رشح الخليط و ثم غسل الراتنج المحمل عليه ايونات النحاس IE-Cu بواسطة 2000 ملتر من الماء المقطر على دفعات متتالية.
- جفف IE-Cu في درجة حرارة الغرفة لمدة 48 ساعة.

2. تحضير الراتنج المحمل عليه ايونات الحديد (IE-Fe)

- 25 جرام من IEH وضع في كأس سعته 400 مل اضيف عليه 100 مل من برمنجنات البوتاسيوم KMnO_4 تركيزه 1.5 mol L^{-1} مع التحريك المستمر بسرعة 150 rpm على هزاز.
- اضيف على الخليط 2 مل من حمض الكبريتيك المخفف 1 : 16 مع التحريك المستمر بسرعة 150 rpm على هزاز لمدة 2 ساعة.
- ترك الخليط في درجة حرارة الغرفة لمدة ساعة واحدة.

- ثم اضيف الي كأس يحتوى على 100 مل من كبريتات الحديدوز الناشدريه تركيزها 1.5 mol L^{-1} .
- حرك الخليط باستمرار لمدة ليلة كاملة.
- تم ضبط قيمة pH الي وسط قاعدى واستمرت عملية التحريك ليلة كاملة اخرى.
- رشح الناتج IE-Fe وغسل بواسطة 1000 مل من الماء المقطر.
- جفف IE-Fe فى درجة حرارة الغرفة لمدة 24 ساعة ثم وضع فى كاس جاف وحرك لمدة ساعة واحدة.

النتائج والمناقشة:

اجريت مجموعة من التحاليل الكيميائية والاختبارات الفيزيائية للتعرف على شكل ومواصفات الراتجات المهجنة فى الصورتين (IE-Cu) و (IE-Fe).

- الاختبارات البصرية للراتجات المهجنة.
- الكثافة.

- التباث فى اوساط مائة مختلفة.

- المحتوى الفلزى (السعة الكلية للنحاس و الحديد).

- تأثير درجة الحرارة.

المواد الهجينة التى تم تحضيرها اعتمدت على ارتباط ايون النحاس فى الهجين الاول وايون الحديد فى الهجين الثانى بسطح المبادل الايوني وذلك عن طريق التبادل الايوني فى المرحلة الاولى وفى المرحلة الثانية يتم فيها عملية الترسيب النهائى على المبادل الايوني وذلك للاستفادة من تباثها الكيميائى فى الاوساط المتعادلة والقاعدية والحمضية ما يجعلها مواد انتقائية للادمصاص الكيميائى او ازالة بعض الايونات مثل الكروم والفسفات وغيرها، ايضا يمكن الاستفادة منها فى تقدير بعض الايونات باستخدام طريقة .Preconcentration

1. الراتنج المهجن IE-Cu

النتائج	الاختبار
متماسك لونه أزرق 1.2 g mL^{-1} ~ 0.40-1.6 mm ثابت بين pH 4.0 – pH 10.0 227.6 mg g^{-1} شكل رقم 6	الاختبارات البصرية الكثافة الحجم الحبيبي التباث في الاوساط المائية محتوى النحاس (السعة الكلية) تأثير درجة الحرارة

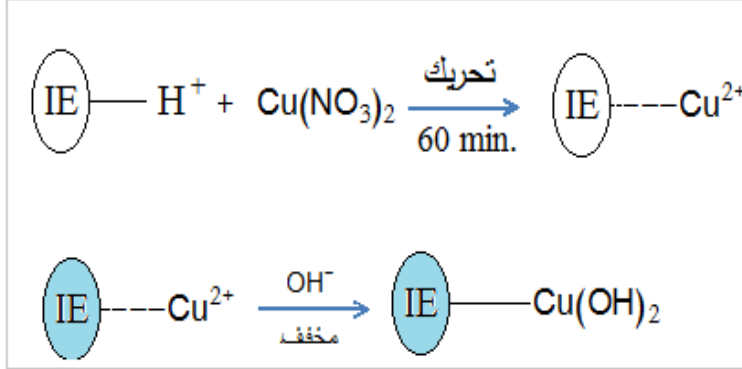
2. الراتنج المهجن IE-Fe

اجريت تجارب تهجين IEH وتحويله الى IE-Fe بجذر وذلك لضمان اكسدة الحديدوز الى حديدك والجدول رقم 3 يوضح النتائج المتحصل عليه للاختبارات الى اجريت على IE-Fe.

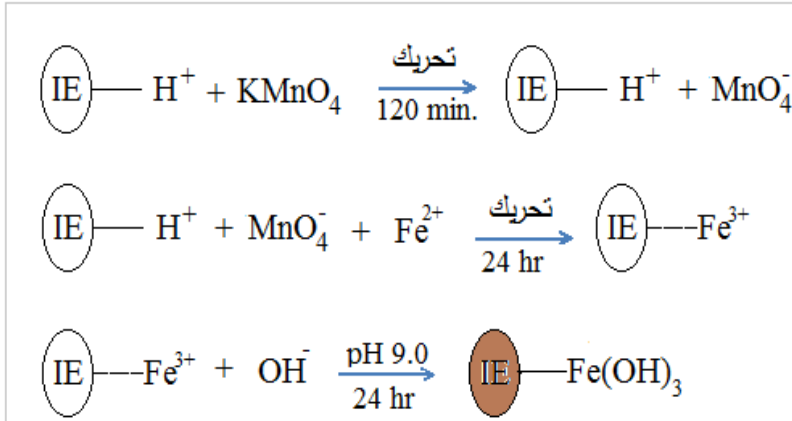
النتائج	الاختبار
متماسك (لون بني محمر) 1.2 g mL^{-1} ~ 0.40-1.6 mm ثابت بين pH 4.0 – pH 10.0 198.3 mg g^{-1} شكل رقم 6	الاختبارات البصرية الكثافة الحجم الحبيبي التباث في الاوساط المائية محتوى النحاس (السعة الكلية) تأثير درجة الحرارة

مناقشة النتائج

تم تهجين IEH الى الشكلين الجديدين IE-Cu وكذلك IE-Fe وذلك للاستفادة منهم كراتجات لها حجم حبيبي ومساحة سطحية جيدة حيث تعمل ايونات النحاس والحديد كمواد مازة يحدث عليها تفاعل كيميائي مع بعض المركبات والايونات بشكل انتقائي يستفاد منها في عمليات الفصل والاستخلاص والتقدير والازالة والشكل 1 يوضح مخطط لآلية تهجين المركب IE-Cu والشكل 2 يوضح آلية تهجين IE-Fe.



شكل 1. مخطط بسيط لارتباط النحاس مع IE

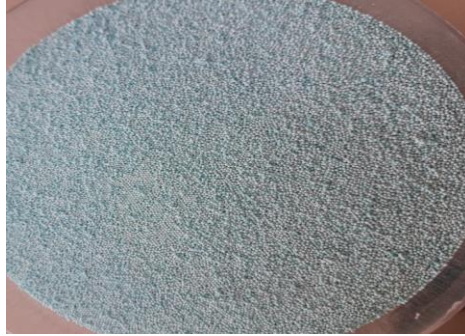


شكل 2. مخطط بسيط لارتباط الحديد مع IE

— اظهرت النتائج البصرية المتحصل عليها للراتنج المهجن IE-Cu والراتنج المهجن IE-Fe تماسك وتناسق بشكل جيد وتغير واضح في لون IEH من اللون الاساسي الابيض شكل 3 الي الالوان الجديدة للراتنجات المهجنة ما يدعم بشكل واضح حصول تحميل الايونات حيث اظهر الاختبار البصري تغير الي اللون الازرق (محمل عليه نحاس) وهو لون الراتنج IE-Cu ما يؤكد حدوث ارتباط سطحي لأيون النحاس شكل 4.



شكل3. اللون الابيض الاساسى للمبادل الايونى الحمضى القوي IEH



شكل4. الراتنج المهجن IE-Cu

في حين ان النتائج البصرية للمركب IE-Fe ايضا اظهر تماسك في شكل المركب مع تغير واضح في اللون من اللون الابيض للمركب الاساسي IEH الي اللون البنّي المحمر للمركب المهجن IE-Fe كما هو موضح في الشكل5.



شكل5. الهجين IE-Fe

– ان نتائج الكثافة الخاصة بكل راتنج تم تهجينه في المعمل كانت جيدة جدا حيث كانت الكثافة اكبر من كثافة المياه وهذا يجعل منها مواد يمكن الاعتماد عليها في الدراسات اللاحقة في عملية الادمصاص الكيميائي لبعض المواد في المياه بانواعها وذلك لان المركبات المهجنة لن تطفو علي سطح المياه وسوف تستقر في القاع نظرا لكثافتها العالية في حالة استخدامها بنظام الحوض batch system او نظام عمود الفصل flow system حيث كانت نتائج الكثافة كالتالي 1.20 g mL^{-1} و 1.24 g mL^{-1} ، لكل من IE-Cu و IE-Fe على التوالي.

– الثبات في اوساط مائية مختلفة :

ان ثبات المواد المهجنة في اوساط مائية مختلفة بين الحمضية والقاعدية مهمة جدا للدراسات المستقبلية في عمليات ادمصاص بعض المركبات عليها سواء كان ادمصاص كيميائي او فيزيائي ولقد اجريت تجارب الثباتية في قيم اس هيدروجيني (pH) مختلفة، ولقد اظهرت النتائج ان كل من IE-Cu و IE-Fe ثابتة بشكل جيد ولم يحدث اي نوع من التحلل عند قيم من pH 4.0 الي قيم pH 10.0 ما يجعلها مستقرة ويعزز الاعتماد عليها في عمليات (Adsorption, Removal and Preconcentration) عند قيم (pH) محددة لكل عملية.

– المحتوى الفلزي:

ان عمليات الادمصاص الكيميائي او الفيزيائي التي ستجرى على المواد المهجنة مستقبلا تعتمد بشكل كبير على المحتوى الفلزي لكل من النحاس او الحديد المرتبطة على سطح IE وادائما تسعى كل الدراسات والشركات المصنعة للمواد المازة الى تطوير مواد ذات محتوى فلزي عالي مع مساحة سطحية جيدة توفر سعة ادمصاص او ازالة عالية.

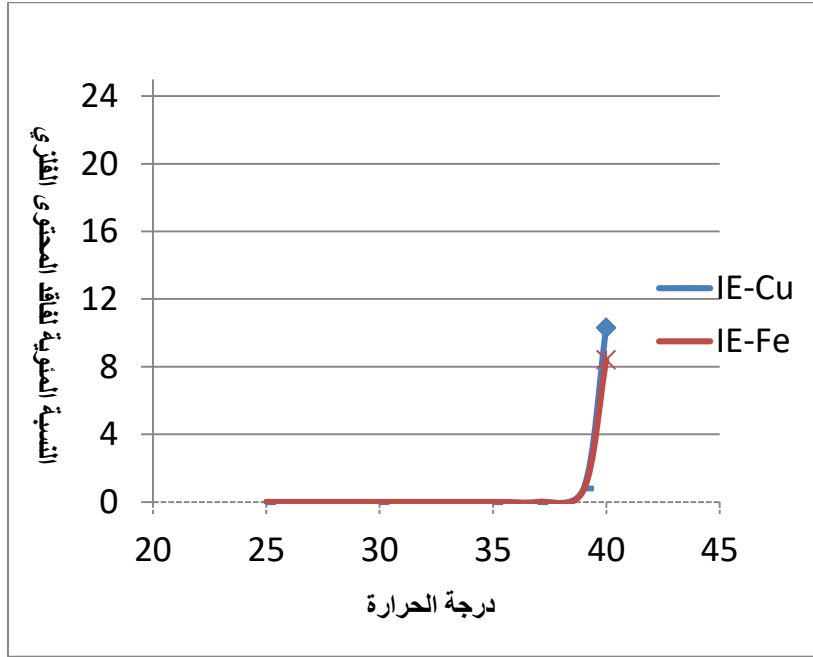
تم تقدير محتوى النحاس في الهجين IE-Cu وكذلك محتوى الحديد في الهجين IE-Fe وذلك باستخدام طريقة الهضم بواسطة الاحماض المركزة (حمض الهيدروكلوريك و حمض النيتريك وحمض البيركلوريك) والتسخين لمدة ساعتين.

لقد تم تقدير النحاس والحديد باستخدام جهاز التحليل الطيفي وكانت النتائج تقريبا جيدة جدا حيث كان محتوى النحاس في IE-Cu (227.6 mg g^{-1}) ومحتوى الحديد في IE-Fe (198.3 mg g^{-1}) المحتوى تم تقديره وحسابه لكل 1.0 جرام من الهجين

وهذا المحتوى يعتبر جيد جدا يمكن الاعتماد عليه في الادمصاص الكيميائي لبعض الايونات خاصة السامة منها والتي تكون عادة بتركيزات واطئة.

– تأثير درجة الحرارة على السعة الكلية

اجريت تجارب تأثير الزيادة في درجة الحرارة على محتوى النحاس للراتنج IE-Cu وكذلك محتوى الحديد على الراتنج IE-Fe وذلك بتعريض الراتنجات لدرجات حرارة مختلفة (25، 30، 35، 40°) درجة مئوية والشكل رقم 6 يوضح نتائج تأثير درجات الحرارة على محتوى كل من النحاس والحديد.



شكل 6. يوضح تأثير درجة الحرارة على محتوى النحاس والحديد

النتائج كانت جيدة بالنسبة لتأثير درجات الحرارة بين 25-35 درجة مئوية على المحتوى الفلزي بالنسبة للراتنجين ولم يتم تسجيل اي فقد في محتوى النحاس او الحديد، في حين عند درجة حرارة 40 درجة مئوية حدث فقد بنسبة (10.3%) لمحتوى النحاس في الراتنج IE-Cu و فقد بنسبة (8.4%) لمحتوى الحديد في الراتنج IE-Fe

ان نتائج تأثير درجة الحرارة على الرانتجات يعطي مؤشر جيد جدا لتبث الرانتجات المهجنة في درجات الحرارة الطبيعية التي يمكن العمل عليها في عمليات ازالة او فصل وتقدير بعض الايونات بطريقة الادمصاص.

الاستنتاج

تم في هذه الدراسة استخدام مبادل ايوني كمادة داعمة تم تحميل عليه مركبات ايونات كل من النحاس والحديد وتحويله الي هجين انتقائي بتغيير المجموعة الوظيفية الي نحاس وحديد، يستفاد منه في ادمصاص وازالة بعض الملوثات انتقائيا بواسطة الادمصاص الكيميائي، كذلك يمكن الاستفادة من المهجنات كطور ثابت يحدث عليه عمليات اعادة تركيز بعض الايونات التي تتواجد بتركيزات منخفضة في مياه الشرب مثل الزرنيخ والفوسفات وغيرها ايضا يمكن استغلال هذه الهجينات في التخلص من التدخلات الكيميائية اثناء التحليل الكمي.

تم حساب السعة الكلية للمحتوى الفلزي وكانت جيدة في الهجينين حيث كان محتوى النحاس في الهجين IE-Cu اكثر من 227 ملجرام لكل جرام من الهجين في حين كان محتوى الحديد اكثر من 198 ملجرام لكل جرام من الهجين وهذه السعات يمكن الاعتماد عليها في عمليات الادمصاص والتقدير ايضا حققت اختبارات الكثافة نتائج جيدة حيث كانت أعلى من كثافة الماء ما يجعلها مستقرة في القاع في حالة استخدام نظام الحوض Batch system او في حالة استخدام نظام التدفق في العمود.

ما يميز هذا النوع من المواد هو حجمه الحبيبي الصغير والذي يوفر مساحة سطحية مقبولة تزيد من السعة الكلية في عمليات الازالة او التقدير الكمي.

المراجع

- [1] B. Yassine, A. Mourad and K. Hacène, Anion exchange resin applied to a separation between nitrate and chloride ions in the presence of aqueous soluble polyelectrolyte, Desalination 223: (2008) 238–242.

- [2] S. Kocaoba and G. Akcin, Removal of chromium (III) and cadmium (II) from aqueous solutions, *Desalination* 180: (2005) 151-156.
- [3] L. Pidoux, H. shorney-Darby, E. Vaudevire, B. Martijn, P. Jarvis and I. Carra, Impact of resin loading on ion exchange equilibrium for removal of organic matter and inorganic ions, *J. Hazard. Mater.* 431 :5 (2022) 128530.
- [4] S. Okyere and T. Leiviska, Removal of nitrate from underground mine waters using selective ion exchange resins, *J. environ. Chem. Eng.* 6: 10 (2022) 108642.
- [5] [M. S. Chauhan, A. K. Rahul, S. Shekhar and S. Kumar, Removal of heavy metal from wastewater using ion exchange with membrane filtration from Swarnamukhi river in Tirupati, *Mater. Today*, In Press.
- [6] M. Marszatke, E. Knapik, M. Piotrowski and K. Chruszcz-Lipska, Removal of cadmium from phosphoric acid in the presence of chloride ions using commercially available anion exchange resins, *J. Ind. Eng. Chem.*, 118 (2023) 488-498.
- [7] Z. Liu, M. Sollicec, I. Papineau, K. m. Lompe, M. Mohseni, P. R. Berube, S. Sauve and B. Barbeau, Elucidating the removal of organic micropollutants on biological ion exchange resins, *Sci. Total Environ.*, 808 (2022) 152137.
- [8] Dahui C, Chaozhang H, Man H and Bin H. (2009) Separation and preconcentration of inorganic arsenic species in natural water samples with 3-(2-aminoethylamino) propyltrimethoxysilane modified ordered mesoporous silica micro-column and their determination by inductively coupled plasma optical emission spectrometry, *J. Hazard. Mater.* 164: 1146–1151.
- [9] N. B. Issa, V. Rajakovic-Ognjanovic, B. Jovanovic and L. Rajakovic, Determination of inorganic arsenic species in natural waters-Benefits of separation and preconcentration on ion exchange and hybrid resin, *Anal. Chem. Acta*, 673 (2010) 185-193.
- [10] N. B. Issa, A. Elmaghrabie, Y. Elhebshi and A. Hamid, Removal of chromium (VI) from aqueous solution by sorption

- on to selective silver resin, Int. J. Appl. Chem. 12 : 5 (2019) 8-12.
- [11] L. F. Gouvea, A. J. Moreira, C. D. Freschi and G. P. Freschi, Speciation of nitrite, nitrate and ρ -nitrophenol by photochemical vapor generation of NO using high-resolution continuum source molecular absorption spectrometry, J. Food Compos. Anal. 70 (2018) 28-34.
- [12] M. Amed, Y. Yin, D. Zhang and J. Liu, Method and recent advances in speciation analysis of mercury chemical species in environmental samples: a review, Chem. Speciation Bioavailability, 28: 1-4 (2016) 51-65
- [13] A. Wolowic and Z. Hubicki, Removal of vanadium by ion exchange resins from model and real solution from spent V_2O_5 catalyst, Hydrometallurgy, 211 (2022) 105871.
- [14] F. Xie, J. Borowiec and J. Zhang, Synthesis of AgCl nanoparticles-loaded hydrotalcite as highly efficient adsorbent for removal of thiocyanate, Chem. Eng. J. 223 (2013) 584-591.
- [15] W. Shao, X. Li, Q. Cao, F. Luo, J. Li and Y. Du, adsorption of arsenate and arsenite anions from aqueous medium by using metal(III) loaded amberlite resin Hydrometallurgy, 91:1-4 (2008) 138-143.
- [16] T.M Suzuki, J. O. Bomani, H. Matsunaga and T. Yokoyama, Preparation of porous resin loaded with crystalline hydrous zirconium oxide and its application to the removal arsenic, React. Fumct. Polym.43:1-2 (2000) 165-172.
- [17] T. Balaji, T. Yohoyama and H. Matsunaga, Adsorption and removal of As(V) and As(III) using Zr-loaded lysine diacetic acid chelating resin, Chemosphere 59: 8 (2005) 1169-1174.
- [18] P. Jeevanandam, k. J. klabunde and S. H. Tetzler, Adsorption of thiophenes out of hydrocarbons using metal impregnated nanocrystalline aluminum oxide, Microporous Mesoporous Mater., 79: 1-3 (2005) 101-110.
- [19] W. Shen, X. Yang, Q. Guo, Y. Liu and Y. Song, Adsorption desulfurization from gasoline by silver loaded in mesoporous aluminum oxide, Stud. Surf. Sci. Catal., 26: 4 (2008) 225-231.
- [20] N Ben Issa, A. Elmaghrabie and E. Boras, Determination of Cr(III) and Cr(VI) in water by selective separation and

- preconcentration on hybrid resin, eng. Tech. J., 7: 4 (2022) 1213-1219.
- [21] R. Al-Gaashani, D. Almasri, B. Shomar and V. Kockodan, Preparation and properties of novel activated carbon doped with aluminum oxide and silver for water treatment, J. Alloys Compd., 858 : 25 (2021) 158372.
- [22] C. Namasivayam and D. Sangeetha, Kinetic study of adsorption of thiocyanate onto ZnCl₂ activated carbon from coir pith an agricultural solid waste, Chemospher, 60 :11 (2005) 1616-1623.