------مجلة علوم الرافدين، المجلد 24، العدد 2، ص36-49، 2013------

السلوك الكهروكيميائي لايروكروم الأحمر- ب على قطبي الكرافيت و الكرافيت المطور

عامر ذنون عبد الرحمن الطائي **هيف نصير عبد الفتاح الجومرد**

قسم الكيمياء

كلية العلوم

جامعة الموصل

E- mail: Amerthanon @ yahoo.com

(تاريخ الاستلام 27/ 8 /2012 ؛ تاريخ القبول 8 /10 / 2012)

الملخص

تمت دراسة السلوك الكهروكيميائي لايروكروم الأحمر- ب Eriochrome Red B (ERB) باستخدام تقنية فولتامتري الموجة المربعة (SWV) وباستخدام نظام ثلاثي الاقطاب متكون من قطب الكرافيت Graphite Electrode (GE) أو البولي GE – ERB بوصفها أقطاب عاملة و قطب الفضة – كلوريد الفضة المشبع بكلوريد البوتاسيوم (Ag/AgCl , sat. KCl) بوصفه قطب مرجع وقطب البلاتين (2mm Pt- wire) بوصفه قطباً مساعداً. وقـد أعطى ERB قمتي اختزال الأولى عند (0.194 -)V والثانية عند (0.068) V على قطب GE اما عند استخدام قطب البولي GE – ERB فقد أعطت البلمرة الكهربائية لايروكروم الأحمر- ب (ERB) قمتي اخـتزال الأولـى عند (0.561-)V والثانية عند (0.203)V. كما تضمن البحث دراسة تأثير الدالة الهيدروجينية على قمتي اختزال الايروكروم الأحمر – ب باستخدام قطبي الكرافيت و الكرافيت المطور وتمت دراسة المنحنيات القياسية لاختزال الايروكروم الأحمر- ب باستخدام الظروف المثلى وعند رسم العلاقة بين تياري الانتشارIp_1 , Ip_2 ضد التركيز تم الحصول على خطين مستقيمـين وبمعامـلـ ارتباط R_1=0.9787 , R_2= 0.9904 على قطب الكرافيت (GE).

الكلمات الدالة : الايروكروم الأحمر – ب، قطب الكرافيت، قطب الكرافيت المطور، تقنية فولتامتري الموجة المربعة، مركبات الازو.

Electrochemical Behavior of Eriochrome Red B Using Graphite and Modified Graphite Electrodes

Amer Th. Al-Taee **Haif N. Al- Jomard**
Department of Chemistry
College of Science
University of Mosul

ABSTRACT

The electrochemical behavior of Eriochrome Red B (ERB) using square wave voltammetry (SWV) with three electrodes cell was studied. The cell consists of working electrodes, either graphite electrode (GE) or Poly ERB-graphite electrode (poly ERB – GE), auxiliary electrode (2mm pt wire) and reference electrode (Ag/AgCl . sat.KCl).

The ERB gives two reduction peaks at GE and Poly ERB- GE, one at -0.194 V, second at 0.068 V for GE and at -0.561V, 0.203 V for Poly ERB-GE.

The effect of pH on the reduction peaks of ERB at the two electrodes (GE and poly ERB-GE) was studied.

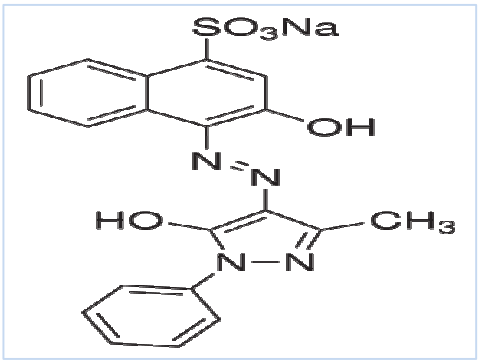
Keywords: Eriochrome Red B, Graphite Electrode(GE), Poly ERB-GE, Square wave voltammetry (SWV), Azo dye.

المقدمة

الايروكروم الأحمر - ب مسحوق بني محمر يذوب في الماء الحار وقليل الذوبان في الايثانول والأسيتون ويستخدم كاشفاً في تفاعلات تكوين المعقدات، وزنه الجزيئي (446.42 غم / مول) والصيغة الجزئية له هـ ـي ($C_{20}H_{15}N_4NaO_5S$) واسمه العلمي:

Sodium 4-[(4,5-dihydro-3-methyl-5-oxo-1-phenyl-1H-pyrazol-4-yl)azo]-3-hydroxynaphthalene-1- sulphonate

والصيغة التركيبية له:



استخدم الايروكروم الأحمر- ب (ERB) في تقدير العديد من العناصر ومنها النحاس، المنغنيز، الرصاص، الزنك، الكادميوم، الانديوم، الكاليوم، الألمنيوم والكوبلت (Pysarevska *et al*., 2008) كذلك تم دراسة السلوك الفولتامتري لست صبغات آزو (azodyes) وهي: tropeolin 0, tropeolin 00, tropeolin 000, magnezon, eriochrome black T, arsenazo وباستخدام قطب الزئبق المتقاطر (DME) إذ اشتمل البحث على تكوين المعقدات مع عناصر الاتربة النادرة rare – earth elements (REE) وتم دراسة تأثير الدالة الحامضية وكان التركيز المستخدم في تكوين المعقدات ($C_{dye} = (10^{-5} \times 4)$ مولاري وتركيز $C_{REE} = 10^{-6} \times 8.0$ مثل يوروبيوم، ثوليوم ونيوديميوم وكانت حدود الكشف ($10^{-6} \times 1.72$) و ($10^{-6} \times 1.74$) و($10^{-6} \times 1.11$) مولاري للمعقدات EBT:Eu و magnezon:Tm و arsenazo I:Nd على التوالي(Dubenska *et al*., 2001). وأيضاً تم دراسة السلوك البولاروغرافي لـ ERB كاشفاً في تفاعلات تكوين المعقدات مع عناصر الأتربة النادرة REE حيث تم اختزال ERB باستخدام قطب الزئبق المتقاطر عند دالة حامضية تتراوح بين 0.5 – 12 حيث اظهر ERB موجة اختزال واحدة عندما كانت الدالة الحامضية اقل من 4.5 وأعطى موجتي اختزال عند دالة حامضية أعلى من 4.5 باستخدام محلول الخلات والامونيا المنظم كما وتم دراسة المعقدات المتكونة مع REE وكانت حدود الكشف ($10^{-7} \times 6$) مولاري للعناصر:

In , Ga , Al , Cu, Ni , Pb, Zn , Mn , Zr , Hf (Levitskaya *et al*., 2001)

ودرست عملية اختزال المعقد ERB -In(III) باستخدام تقنية الفولتامتري الحلقي وباستخدام قطب (DME) بوصفه قطباً عاملاً بوجود محلول الامونيا المنظم pH=8.0 -12.0 وكانت حدود التقدير للانديوم (10^{-5}x15.0) - (10^{-5}x1) مولاري كما امكن تقدير In(III) بوجود Cd(II) وFe (III) وأيضا تم تقدير Zr (IV) باستخدام ERB وقطب DME قطباً عاملاً حيث ظهرت موجة اختزال في فولتاموغرام ERB تعود لـ Zr بالاتجاه الكاثودي باستخدام محلول الخلات المنظم pH=4.5 (Levitskaya *et al*., 2005) وتم تطوير طريقة لتقدير العنصر الانتقالي Hf (IV) من خلال دراسة التفاعل مع ERB باستخدام قطب DME ومحلول الخلات المنظم pH =5.5 وباستخدام الفولتامتري الخطي الحلقي وكان حد الكشف لـ Hf (IV) 10^{-7} x4.9 مولاري، إذ أن ERB يتم اختزاله بواسطة قطب DME بمدى واسع من pH وان عدد موجات الاختزال لـ ERB تعتمد على الدالة الحامضية، أما عند إضافة Hf (IV) فسيؤدي إلى ظهور موجة اختزال في الفولتاموغرام لـ ERB في موقع أكثر سالبية من موقع ERB تعود للمعقد المتكون وان غياب الموجة الانودية يدل على ان الاختزال للمعقد عملية غير عكسية (Levytska and Orshulyak, 2010) .

كما وقام العالم Cakir وجماعته بدراسة السلوك الكهروكيميائي للـ Eriochrome black وتكوين المعقد مع Ni(II) حيث لاحظوا ان نسبة التعقيد للـ EBT -Ni(II) هي 1:1 و2:1 في محلول 0.1 مولاري من محلول الفوسفات المنظم pH= 6.0 حيث تختزل مجموعة الازو الى أمين باستخدام قطب (DME) بوصفه قطباً عامـ ـلاً وقد استخدم قطب AgCl sat. KCl / Ag بوصفه قطباً مرجعياً وقطب البلاتين بوصفه قطباً مساعداً وباستخدام تقنيـة SWV، والفولتامتري الحلقي، حيث وجدوا ان عملية الاختزال للمعقد هي غير عكسية كما درسوا استقرارية المعقد باستخدام SWV. واستخدم EBT بشكل واسع لتقدير العديد من العناصر ومنها الكالسيوم، المغنيسيوم، المنغنيز، الزنك، النيكل والنحاس، الزركونيـوم (Cakir *et al*., 2001).

كما استخدمت مركبات أصباغ الازو الأخرى ومنها Acid red $_1$ ودراسة السلوك الفولتامتري للـ AR_1 مع Ni(II) , Zn(II) باستخدام تقنيتيSWV وCV باستخدام قطب HMDE ومحلول الامونيا المنظم pH= 9.2 بوصفه الكتروليتاً مساعـ ـ ـداً ولاحظوا أن المعقـ ـ ـ ـ ـ ـد مع ايون النيكل أعطى موجة اختزال عند (0.768-) V و كانت نسبة التعقيد 1:2 (فلز: ليكاند) (Bicer and Arat, 2008) .

الجزء العملي

الأجهزة المستخدمة

1. جهاز تحليل بولاروغرافي سويسري المنشأ مجهز من شركة Metrohm Ω من نوع Polarographic Analyzer Model 797 VA Computrace مجهز بخلية كهروكيميائية تتكون من ثلاثة اقطاب:

القطب العامل (كرافيت 2mm)، قطب المرجع (Ag/AgCl, sat. KCl) و القطب المساعد عبارة عن سلك من البلاتين (2 mm).

2 . جهاز قياس الدالة الحامضية pH meter مجهز من شركة Hanna instrument

المواد الكيميائية

محاـول الايروكـروم الأحمر– ب Eriochrome Red B (ERB) solution

حضر محلول ERB بتركيز 1 x 10^{-3} مولاري وذلك بإذابة 0.0044 غم من المادة مجهزة من شركة (Fluka) في 10 مـل من مزيج من الماء و الايثانول (40 % ايثانول) في قنينة حجمية سعة 10 مل.

1 – محاول خلات الصوديوم Sodium acetate solution

حضر0.2 مولاري من محلول خلات الصوديوم بإذابة 1.6396 غم من المادة في الماء المقطر وإكمال الحجم إلى 100 مل في قنينة حجمية سعة 100 مل.

2- حامـض الخليـــك Acetic acid

حضر 0.2 مولاري بأخذ 1.15 مل من حامض الخليك المركز 99.5 % وتم تخفيفه بالماء المقطر ثم أكمل الحجم إلى 100مل .

3- محلـول الخـلات المنظـم Acetate buffer solution

حضر محلول الخلات المنظم ذي الدالة الحامضية 4.0 بمزج 41 مل من حامض الخليك 0.2 مولاري مع 9 مل من خلات الصوديوم 0.2 مولاري ثم أكمل الحجم إلى 100 مل ماء مقطر في قنينة حجمية سعة 100 مل.

4- محلـول الأمونيـا Ammonia solution

حضر محلول 2 مولاري من الأمونيا وذلك بتخفيف 14.972 مل من الامونيا المركزة 13.358 مولاري ثم أكمل الحجم بالماء المقطر إلى 100 مل في قنينة حجمية سعة 100 مل.

5- محلـول كلوريـد الأمونيـوم Ammonium chloride solution ـ

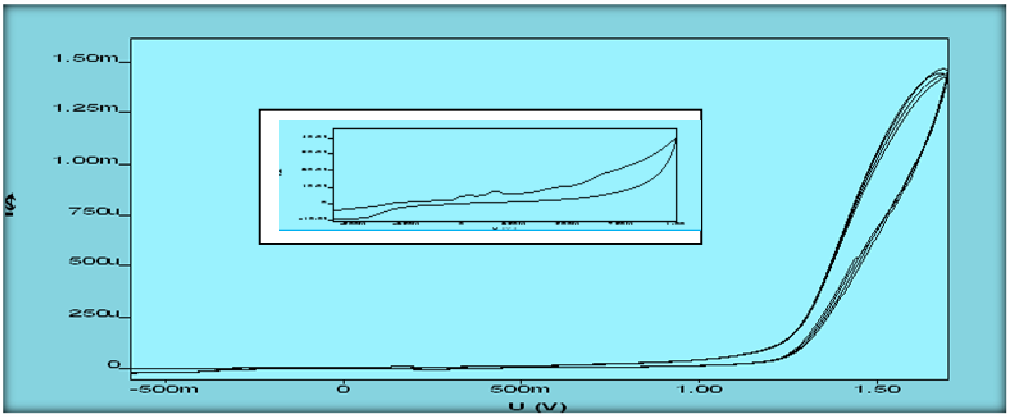
حضر محلول 2 مولاري من محلول كلوريد الامونيوم NH_4Cl وذلك بإذابة 10.690 غم من المادة في الماء المقطر ثم إكمل الحجم إلى 100 مل في قنينة حجمية سعة 100 مل.

6- محلـــول الأمونيـا المنظـــم Ammonia buffer solution

حضر محلول الأمونيا المنظم ذي الدالة الحامضية 8.25 بمزج 0.5 مل من الأمونيا (2) مولاري مع 9.5 مل من محلول كلوريد الأمونيوم(2) مولاري ثم أكمل الحجم إلى 100 مل ماء مقطر في قنينة حجمية سعة 100 مل

ب- البلمرة الكهربائية لايروكروم الأحمر Electropolymerization of ERB

للحصول على فلم متجانس تم استخدام تقنية الفولتامتري الحلقي حيث تم مسح الجهد بين(1.7 to0.6-) V وبسرعة مسح 100 mV\.sec لعدة دورات (5- 6 دورات) بوجود 0.5 mM من ERB في وسط قاعدي (0.1 مولاري هيدروكسيد الصوديوم) حيث يتكون فلم من ERB على سطح القطب ومن ثم يغسل القطب بالماء المقطر ويلاحظ ظهور قمم بعد حدوث البلمرة على سطح قطب الكرافيت (Yao *et al*., 2007).



الشكل 1: الفولتاموغرام الحلقي لقطب (GE) بعد إجراء عملية البلمرة للـ ERB

النتائج و المناقشة

دراسة السلوك الكهروكيميائي للـ ERB باستخدام قطب الكرافيت (GE)

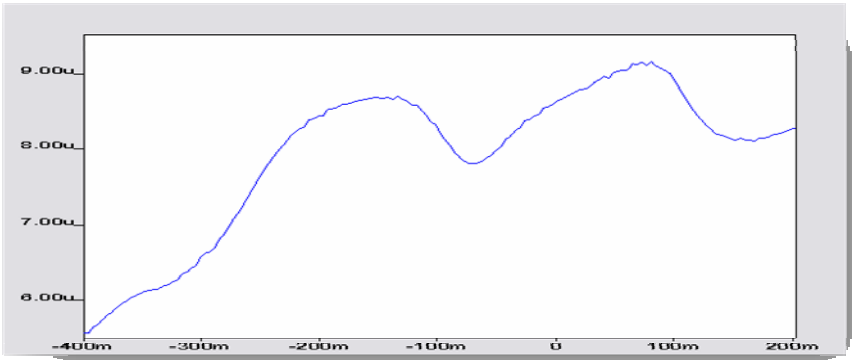
الظروف المـثلى **Optimum conditions**

لغرض تثبيت الظروف المثلى لاختزال ERB على قطب الكرافيت (GE) تم تحضير محلول ERB بتركيز 1.9607 x 10^{-5} مولاري في محلول الامونيا المنظم ذي دالة حامضية 8 وتم مسح الجهد من(0.4 -) Vالى الجهد النهائي V(0.2) إذ تم دراسة تأثير كل من مراحل الجهد، التردد، سرعة مسح الجهد، سعة الموجة، زمن التوازن، وجهد الترسيب لاختزال ERB وتم استخدام نفس التركيز في دراسة جميع التأثيرات في التجارب اللاحقة. ويلاحظ أن ERB أعطى موجتي اختزال تحت الظروف المثلى، الأولى عند جهد V(-0.22) والثانية عند جهد V(0.072).

الجدول (1) يوضح الظروف المثلى لاختزال ERB على قطب الكرافيت (GE) وباستخدام تقنيـة SWV ومحلول ERB بتركيز(1.960 × 10^{-5}) مولاري في محلول الامونيا المنظم ذي الدالة الحامـضية 8 ؛ أمـا الجهد الابتدائي Start potential= - 0.4 V ؛ والجهد النهائي End potential = 0.2 V وقد أعطـى ERB قمتي اختزال تحت الظروف المثلى كما في شكل (2).

الجدول 1: الظروف المثلى لاختزال ERB بتركيز 1.960 x 10^{-5} مولاري وباستخدام GE.

Optimum conditions	Values
Voltage step	0.004 V
Pulse Amplitude	0.08 V
Frequency	70 Hz
Deposition potential	-0.9 V
Equilibrium time	3 sec.
Deposition time	50 sec.
scan rate	V/sec.0.277
pH	8



الشكل 2: فولتاموغرام الاختزال للـ ERB بعد تطبيق الظروف المثلى بتركيز 1.960 x 10^{-5} مولاري باستخدام محلول الامونيا المنظم pH=8 وقطب GE

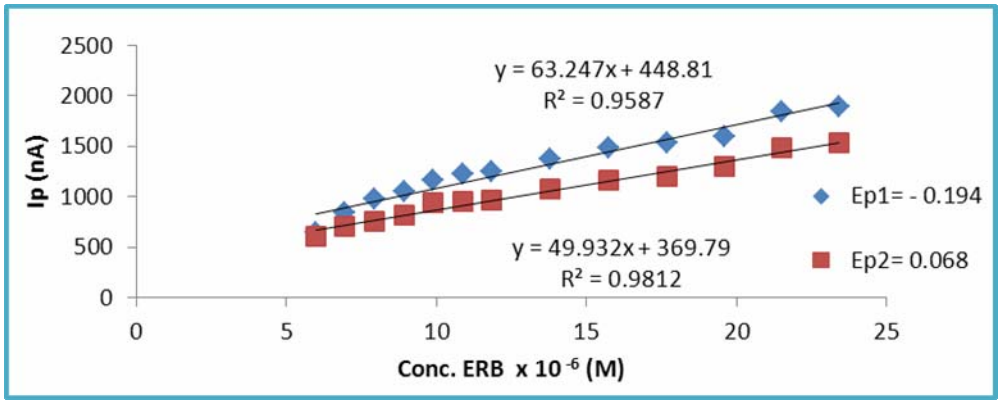
المنحني القياسي لاختزال ERB باستخدام قطب الكرافيـــــت

تم دراسة المنحني القياسي للERB وذلك بإضافات متعاقبة من المحلول القياسي المحضـر بتركـيز1 x 10^{-3} مولاري (40 % ايثانول) وقد تم الحصول على تراكيز تتراوح بين (5.964 x 10^{-6})- (23.437 x 10^{-6}) مولاري وسجل الفولتاموغرام لكل إضافة وعند الظروف المثلى المثبتة سابقا بالجدول(1) حيث أعطى ERB قمتي اختزال الأولى Ep_1= - 0.194 والقمة الثانية Ep_2= 0.068 وباستخدام 10 مل من محلول الامونيا المنظم pH=8 والنتائج المستحصلة مجدولة بالجـدول (2).

الجدول 2 :تأثير التركيز على تيار الانتشار لمحلول يحتوي على تراكيز(5.964×10^{-6}) - (23.437×10^{-6}) مولاري من ERB عند pH=8 وعلى قطب GE

Conc. ERB X 10^{-6} (M)	Ip_1(nA)	Ip_2
5.964	647	603
6.951	840	705
7.936	972	760
8.919	1050	812
9.901	1160	942
10.880	1220	954
11.857	1250	967
13.806	1370	1080
15.748	1480	1160
17.681	1530	1200
19.607	1600	1300
21.526	1840	1480
23.437	1890	1540

وعند رسم العلاقة بين تياري الانتشار Ip_1 , Ip_2 ضد التركيز شكل (3) تم الحصول على خطين مستقيمين وكان معامل الارتباط للقمة الأولى والثانية R_1= 0.9787 ، R_2= 0.9904 على التوالي.



الشكل 3: المنحني القياسي لمحلول يحتوي على تراكيز تتراوح بين(5.964×10^{-6}) _ (23.437×10^{-6}) مولاري من ERB باستخدام محلول الامونيا المنظم pH=8 وعلى قطب GE .

تأثـ ـير الزمـ ـن (الاستقرارية) **Effect of time (stability)**

لدراسة استقرارية تيـار الاختزال ERB تمت متابعة تسجيل الفولتاموغرام لعدة أزمنة متعاقبـ ـ ـ ـة ولتركـيز 1.9607×10^{-5} مولاري من ERB وتحت الظروف المثلى المثبتة مسبقا جدول (1) وباستخدام pH=8 وتم جدولة النتائج المستحصلة بالجدول (3) وقد وجد ان تيار الاختزال مستقر لمدة 45 ثانية تقريبـ ـا.

الجدول3 : قيم تيار الانتشار ال ERB في أزمنة مختلفة وباستخدام قطب GE

pH	Ep_1(V)	Ip_1 (nA)	Ep_2(V)	Ip_2(nA)
4	-0.019	1920	0.088	604
5	-0.058	1350	0.036	645
6	-0.139	1400	0.012	663
7	-0.201	1500	0.029	785
8	-0.219	1380	-0.001	1160
9	-0.253	900	-0.041	793
10	-0.309	1390	-0.064	760
R_1=0.9864			R_2= 0.9513	

تأثـ ـير الدالة الهيدروجينية **Effect of pH**

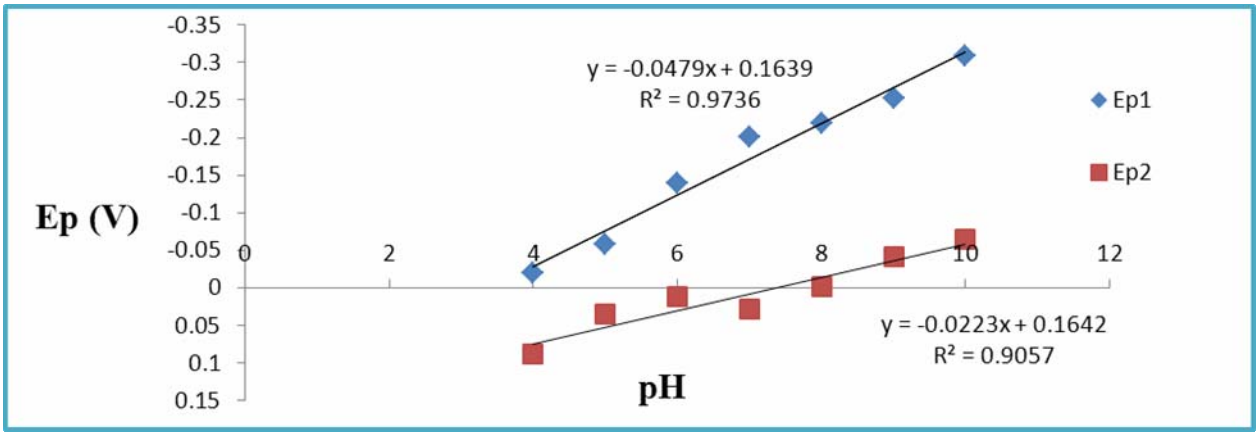
تمت دراسة تأثير الرقم الهيدروجيني على جهدي الاختزال Ep_2 , Ep_1 وتياري الانتشار Ip_2 , Ip_1 لقمتي اختزال ERB وسجل الفولتاموغرام في محلولي الخلات والامونيا المنظم إذ يتراوح مدى الدالة الحامضية لمحلول الخلات المنظم بين (4 -7) ومدى الدالة الحامضية لمحلول الامونيا المنظم بين (8 – 10) باستخدام قطب الكرافيت (GE) والنتائج المستحصلة موضحة بالجـ ـدول (4).

الجدول 4 : تأثير الدالة الحامضية في جهدي الاختزال وتياري الانتشار لاختزال ERB على قطب GE.

Time (min.)	Ip_1(nA)	Ip_2(nA)
5	1320	1210
10	1280	1200
15	1350	1220
20	1290	1100
25	1330	1200
30	1260	1100
35	1250	1200
40	1230	1100
45	1220	1100
50	1130	1030

يلاحظ من الجدول (4) ظهور قمتين لاختزال ERB عندما تكون الدالة الحامضية أكثر من 4 (Levitskaya *et al.*, 2001) وان جهدي الاختزال لموجتي الاختزال يزداد بالقيمة السالبة مع زيادة الدالة الحامضية.

وعند رسم العلاقة بين الدالة الحامضية وجهدي الاختزال للموجتين Ep_1 , Ep_2 تم الحصول على خطين مستقيمين بميل يساوي 0.047- و 0.022- للموجة الأولى والثانية على التوالي. ويلاحظ من قيم الميل بان جهد الموجة الأولى يعتمد على الدالة الحامضية أكثر من الثانية حيث تكون قيمة الميل مقاربة إلى القيمة النظرية المحسوبة من قبل العالمين Hillson and Brinbaum (Hillson and Brinbaum, 1958).



الشكل 4: العلاقة بين الدالة الحامضية pH وجهدي الاختزال Ep_1, Ep_2 لمحلول يحتوي على (1.9607×10^{-5}) مولاري من ERB على قطب GE .

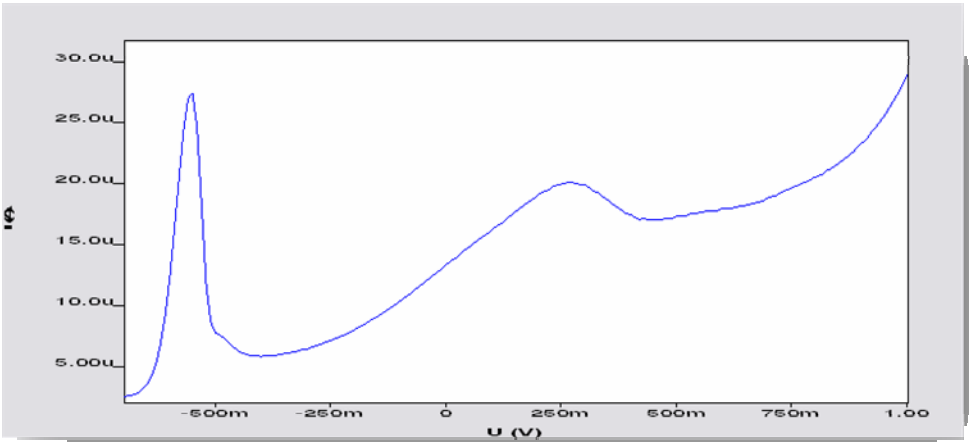
دراســـة السلوك الكهروكيميائي للـ ERB على قطب البولي GE – ERB

الظروف المثلـــــى للـ ERB على قطب البولي GE – ERB

لغرض تثبيت الظروف المثلى لاختزال بولي ERB على قطب بولي GE–ERB تم تحضير القطب وعمل البلمرة الكهربائيـة للـ ERB على قطب الكرافيـت و بوجود 0.5 Mm من ERB في وســط قاعدي (0.1 مولاري) من هيدروكسيد الصوديوم وباستخدام تقنية الفولتامتري الحلقي بمسح الجهد (1.7 to 0.6-) V وبسرعة مسح .100 mV/sec وبعدد دورات (5 -6 دورة) لتكوين قطب البولي GE -ERB سجل الفولتاموغرام باستخدام قطب GE - ERB ومحلول الخلات المنظم ذي الدالة الحامضية 4.5 وتمت دراسة تأثير كل من مراحل الجهد، سعة الموجة، التردد، زمن التوازن، جهد الترسيب وزمن الترسيب تم مسح الجهد على قمتي الاختزال والظروف المثلى المستحصلة مدونة بالجـــدول (5).

الجدول 5: الظروف المثلى لاختزال ERB على قطب البولي GE – ERB.

Optimum conditions	Values
Voltage step	0.01 V
Pulse Amplitude	0.07 V
Frequency	60 Hz
Equilibrium time	5 sec.
Deposition potential	-1.6 V
Deposition time	90 sec.
Scan rate	0.6 V/sec.
pH	4.5



الشكل 5: يوضح فولتاموغرام الاختزال لبولي ERB بعد تطبيق الظروف المثلى عند pH=4.5 .

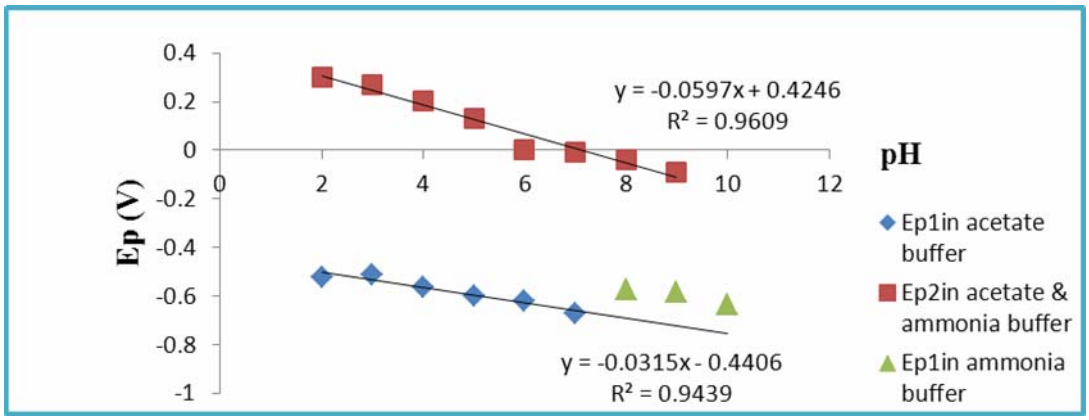
تأثـ ـير الدالة الهيدروجينية

تمت دراسة تأثير الدالة الهيدروجينية على جهدي الاختزال (Ep_2 , Ep_1) وتياري الانتشار (Ip_1,Ip_2) لقمتي اختزال البولي ERB على قطب البولي ERB- GE وسجل الفولتاموغرام في محاولي الخلات والامونيا المنظم حيث يتراوح مدى الدالة الحامضية لمحاول الخلات المنظم بين (4 -7) ومدى الدالة الحامضية لمحاول الامونيا المنظم بين (8 – 10) وعلى قطب بوليERB - GE اما النتائج المستحصلة موضحة بالجـ ـ ـ ـدول (6).

الجدول 6: تأثير الدالة الحامضية على قطب البولي ERB GE

pH	Ep_1	Ip_1(nA)	Ep_2	Ip_2(nA)
2	-0.523	2930	-	-
3	-0.513	3570	0.300	4610
4	-0.563	12900	0.270	11100
5	-0.602	8740	0.201	10100
6	-0.622	1910	0.132	7970
7	-0.672	1970	0.002	5360
8	-0.574	6720	-0.008	5680
9	-0.584	6830	-0.038	5440
10	-0.634	6260	-0.088	4610

وعند رسم العلاقة بين الدالة الحامضية وجهدي الاختزال للموجتين (Ep_1 , Ep_2) شكل (6) تم الحصول على خطين مستقيمين بميل (0.031 –) و (0.059 –) للقمة الأولى والثانية على التوالي وبمعامل ارتباط (R) مقداره 0.9710 و0.9797 على التوالي، ويلاحظ من الرسم بان الميل للقمة الثانية Ep_2 مطابق للقيمة النظرية المحسوبة من قبل العالمين Hillson and Brinbaum (Hillson and Brinbaum, 1958) .



الشكل 6: العلاقة بين الدالة الحامضية pH وجهدي الاختزال Ep_1 , Ep_2 على قطب البولي GE - ERB.

تأثير الزمن (الاستقرارية)

لدراسة استقرارية تيار اختزال البولي ERB تمت متابعة تسجيل البولاروغرام لعدة أزمنة متعاقبة بعد عمل فلم من ERB (5-6 دورة) وتحت الظروف المثلى المثبتة مسبقا جدول (1) وباستخدام pH=4، وتمت جدولة النتائج المستحصلة بالجدول (7) وقد وجد ان تيار الاختزال لبولي ERB مستقر لمدة 30 دقيقة وكانت - Ep_1=0.561 وEp_2=0.203 ونلاحظ حصول تحسن بالاستقرارية بعد عملية البلمرة.

الجدول 7: قيم تيار الانتشار للـ ERB في أزمنة مختلفة وباستخدام قطب البولي GE - ERB.

Time (min.)	Ip_1(nA)	Ip_2(nA)
5	12800	11120
10	12800	11100
15	12750	11120
20	12800	1100
25	12780	11130
30	12810	11100

الاستنتاجات

1. عملية تطوير القطب كيميائيا (Chemically Modified Electrode) بعمل طلاء فلم من ERB على قطب الكرافيت أدى الى تحسين استجابة القطب ومنع عملية الامتزاز وزاد من استقراريـ ـ ـ ـ ـة القطـ ـب.
2. إمكانية استخدام القطب المحور بالتراكيز العالية اما قطب الكرافيت فيحصل له تشبع بالتراكيز العالية.

المصادر

Bicer, E.; Arat, C. (2008). Voltammetric behaviors of Zn(II) and Ni(II) complexes with acid red 1at mercury electrode. *J. Chem. Soc.*, **53**(4), 1734-1739.

Cakir, O.; Coskun, E.; Bicer, E. ; Cakir, S. (2001). Voltammetric and polarographic studies of eriochrome black T –nickel(II) complex . *Turk. J. Chem.*, **25**, 33 - 38.

Dubenska, L.; Levytska, H. ; Poperechna, N. (2001). Polarographic investigation of reduction process of some azodyes and their complexes with rare earths. *Talanta*, **54** , 221–231.

Hillson, P.J. ; Brinbaum, P.P. (1958). *Tran. of the Faraday Soc*., **48**, 478.

Levitskaya, G.D.; Poperechnaya, N.P. ; Dubenskaya, L.O. (2001). Polarographic behavior of eriochrome red B and its complexes with rare-earth ions. *J. Anal. Chem.*, **56**(6), 552–556.

Levitskaya, G.D.; Poperechnaya, N.P. ; Dubenskaya, L.O. (2005). Voltammetric reduction of In(III)- eriochrome red B complexes. *J. Anal. Chem.*, **60**(11) , 1052-1055.

Levytska, H.; Orshulyak, O. (2010). Voltammetric determination of hafnium with eriochrome red B. *Series Chem.*, **51**, 161-167.

Orshulyak, O.O. ; Levitskaya, G.D. (2008). Voltammetric determination of zirconium using azo compounds. *J. Anal. Chem.*, **63**(3), 271-274 .

Pysarevska, S.; Dubenska, L. ; Levytska, H. (2008). Complication of Sc(III), Ga(III), In(III) and Ln(III) with eriochrome red B . *J. Soln. Chem.*, **37** (12), 1809-1818.

Yao, H.; Suna, Y.; Lin, X. ; Tang, Y. ; Huanga, L. (2007). Electrochemical characterization of poly (eriochrome black T) modified glassy carbon electrode and its application to simultaneous determination of dopamine, ascorbic acid and uric acid. *Electrochim. Acta*., **52** , 6165-6171.