ايجادعلاقة بين جهد الاكسدة والاختزال والتلوث ببكتريا *Escherichia coli* في مياه الشرب في مدينة بغداد

منار احمد حمود سعدي كاظم عبد الحسين سهاد علي شفيق عقيل كاظم علوان
وزارة العلوم والتكنولوجيا/ دائرة البيئة والمياه
بغداد–العراق

الخلاصة

تهدف الدراسة إلى إيجاد علاقة ما بين قيمة جهد الأكسدة والاختزال (Oxidation-reduction Potential) وتواجد بكتريا *Escherichia coli* في مياه الشرب في مدينة بغداد. تم تحضير مياه مختبريا حاوية على عالق بكتيري وخالية من الكلور لغرض إيجاد العلاقة بين جهد الاكسدة والاختزال وعدد البكتريا فيها، ومقارنة ذلك مع العلاقة الناتجة من مياه الشرب الحاوية على الكلور، كذلك علاقة الأوكسجين المذاب (Dissolved Oxygen) مع جهد الأكسدة والاختزال ومدى تأثيره على المياه. وجدت علاقة اسية قوية بين جهد الأكسدة والاختزال وبكتريا *E.coli* في مياه الشرب المحضرة مختبريا والخالية من الكلور بمعامل التحديد (R^2=0.9524). أما مياه الشرب الملوثة بالبكتريا فقد ظهر وجود علاقة لوغارتمية قوية بمعامل التحديد (R^2=0.9521). أما نتائج فحص جهد الأكسدة والاختزال لمياه شرب معقمة خالية من البكتريا والكلور هو(246mV) ، هذه القيمة يعود الجزء الأكبر منها إلى الأوكسجين المذاب في الماء التي أظهرت النتائج وجود علاقة لوغارتمية قوية ما بين قيمة الأوكسجين المذاب وقيمة جهد الأكسدة والاختزال وبمعامل التحديد (R^2=0.9643).

الكلمات المفتاحية: مياه الشرب، جهد الأكسدة والاختزال، الكلور الحر و *Escherichia coli* .

Finding the Relationship between Oxidation-reduction Potential (ORP) and Contamination by *Escherichia coli* in Drinking Water in Baghdad City

Manar Ahmed Ehmood Saadi Kadhum Abed al-hussain Suhad Ali Shafiq
Aqeel Kadhum Alwan
Ministry of Science and Technology/ Environment and Water Directorate
Baghdad-Iraq
E-maill: manaraljebory@yahoo.com

Abstract

The aim of this study is to find the relationship between the oxidation-reduction potential and *Escherichia coli* in drinking water in Baghdad city. A synthetic water was prepare with bacterial suspension without chlorine and finding the relationship between oxidation-reduction potential and bacterial counts in this water and compare it with the relationship between counts and polluted drinking water, then finding the relationship between dissolved oxygen and oxidation-reduction potential and its effectiveness. A strong exponential relationship between bacterial counts and oxidation-reduction potential in synthetic water as a bacterial suspension found without chlorine with coefficient of determination (R^2=0.9524)**.** While polluted drinking water showed strong logarithmic correlation with coefficient of determination(R^2=0.9521). The value of oxidation-reduction potential of disinfected drinking water without chlorine is (246 mV), a big part of this value is due to dissolved oxygen in water that showed a strong logarithmic relationship dissolved oxygen with oxidation-reduction potential with coefficient (R^2=0.9643).

Key Words: Drinking Water, Oxidation-reduction Potential, Free Chlorine and *Escherichia coli*.

المقدمة

تفاعلات الأكسدة والاختزال توصف بانها انتقال الإلكترونات بين الذرات أو الجزيئات أو الأيونات في السوائل بالتزامن لإنتاج الزوج الالكتروكيميائي (Sigg, 2000)، ان المياه يمكن إن تشارك في تفاعلات الأكسدة والاختزال، حيث تمنح إلكترونات ويسمى التفاعل حينها بتفاعل الاختزال (Reduction)، أو تكتسب الكترونات ويسمى حينها بتفاعل الأكسدة (Oxidation)، ويمكن أن ينظر إلى مستوى جهد الاكسدة والاختزال كدالة لمستوى النشاط الجرثومي (الناصري، 2014).

حالة جهد الاكسدة والاختزال تعتمد على نوع المياه بسبب ما تحويه من مركبات مختلفة. هناك حالتان تعتمد عليها قيمة جهد الاكسدة والاختزال الأولى: وفرة الأوكسجين ووجود أنواع من الأيونات المؤكسدة ترتفع فيها قيم جهد الاكسدة والاختزال، والثانية: قلة الأوكسجين ووجود أنواع مختزلة تنخفض فيها قيمة جهد الاكسدة والاختزال. تحتوي مياه الشرب على بعض الأنواع التي تفقد الإلكترونات (يشير إلى المختزلات) مثل المواد العضوية وبعض العناصر مثل (Li, Mn^{2+}, Fe^{2+}, Cr ……etc)، أما الأنواع التي تتقبل الإلكترون (يشير إلى المؤكسدات) فتحتوي على بعض العناصر مثل (Mn^{4+}, Fe^{3+} ، الكلور، الأوكسجين والأوزون) وغيرها (Singer and Reckhow, 1999, Galvin, *et al*.,2000). لذلك فان تغلب الايونات المؤكسدة او المختزلة أحدهما على الآخر يعتمد على التغييرات الساكنة لبيئة المياه الطبيعية وبالتالي يحدد ارتفاع وانخفاض جهد الاكسدة والاختزال في المياه. تعتبر تفاعلات الأكسدة والاختزال مهمة بشكل كبير في عمليات تعقيم مياه الشرب ومياه الصرف الصحي وتطبيقاتها (Cherly, *et al*., 2004). ان إضافة الكلور الى الماء يؤدي الى تحلله كيميائيا كما في المعادلة (1) و(2):

$$2Cl2 + 2H_2O \longrightarrow 4HOCl^- \ldots\ldots 1$$

$$HOCl^- \longrightarrow HCl + O \ldots\ldots\ldots 2$$

إن الهايبوكلورات ($HOCl^-$) يتفاعل مع الجزيئات الحيوية للخلية البكتيرية مسببا تدميرها، حيث تهاجم دهون الغشاء الخلوي من خلال التفاعل مع مواد محددة على سطح الخلية البكتيرية وبذلك يفقد الجدار وظيفته في الحفاظ على المحتويات الخلوية وبالتالي يتحرر السايتوبلازم خارج الخلية مسببة قتل الكائن الحي (Small, 2008). لذلك يعتبر الكلور مادة مؤكسدة والبكتريا مادة مختزلة. يحمل السطح الخارجي في الغشاء البلازمي شحنة سالبة بسبب وجود حامض السياليك (Sialic Acid) وهو مشتق من سكر الكلوكوز (Glucose)إضافة إلى مجموعتي الكاربوكسيل والفوسفات (Bandyopadhyay, *et al*., 2010).

بين Lund عام 1963 إن استخدام قياسات جهد الأكسدة والاختزال لها علاقة مع نسبة قتل الفيروس (Lund, 1963). كذلك درس Carleson وآخرون سنة 1968 العلاقة بين جهد الاكسدة والاختزال ومعدل قتل البكتريا حيث وجدوا إن نسبة قتل بكتريا *E.coli* في مياه المسابح تعتمد على جهد الاكسدة والاختزال عند (650 mV) أو أكثر وليس على مستوى الكلور الحر المتبقي (Carleson, *et al*., 1968). حاول باحثون أخرون إيجاد طرائق بديلة اكثر سرعة من الطرائق التقليدية التي يستغرق معرفة نتيجتها (24) ساعة، لذا هدفت هذه الدراسة الى إيجاد العلاقة بين بكتريا *E.coli* وجهد الأكسدة والاختزال بوجود او عدم وجود العامل المؤكسد (الكلور) وكذلك معرفة تأثير الأوكسجين المذاب (Dissolved Oxygen) على قيمة جهد الاكسدة والاختزال حيث إن دراسة مثل هذه العلاقة يمكن أن تفيد مستقبلا في استخدامها كتقنية سريعة لفحص مياه الشرب الملوثة.

المواد وطرائق العمل

امتدت الدراسة للفترة من 2014/4/1 إلى 2014/10/1 حيث جرى البحث على محورين 1: عمل عالق بكتيري قياسي داخل المختبر غير حاوي على الكلور مع اجراء سلسلة تخافيف وفحص قيمة جهد الاكسدة والاختزال لكل تخفيف. 2: جلب نماذج مياه شرب حاوية على الكلور من احياء مختلفة في مدينة بغداد وإجراء الفحوصات الفيزياوية والميكروبية وفحص قيمة جهد الاكسدة والاختزال.

تحضير العالق البكتيري لبكتريا *E. coli*

تم استخدام بكتريا *Escherichia coli* المعزولة من مياه شرب ملوثة جرى عزلها وتنميتها وتشخيصها باستعمال وسط (Eosin Methelen Blue Medium) من خلال لون المستعمرات الأخضر اللامع. تم اخذ مستعمرة واحدة من المزروع البكتيري الاصلي وزرعها على وسط المرق لمغذي الصلب (Nutrient Agar Medium)، بعدها يلقح (100) مل من محلول الملح الفسيولوجي المعقم (Normal Saline Solution) بالمزروع البكتيري لعمل العالق البكتيري، ومن ثم مقارنته مع محلول ماكفرلاند القياسي (Macferland solution) بمعيار(0.5) للحصول على عالق بكتيري حاوي على (1×10^8 CFU\ml)، ومن ثم يتم عمل سلسلة من التخافيف إلى (10^{-8}). إن المياه المحضرة في المختبر والحاوية على بكتريا *E.coli* قد تم تحضيرها بالتراكيز الآتية: CFU\ml (10، 10^2، 10^3، 10^4، 10^5، 10^6، 10^7، 10^8) مع (DO) ثابت يتراوح بين (6.11-6.23) ملغم/لتر. يتم قياس تراكيز البكتريا بقياس امتصاصية التخافيف باستعمال جهاز (Spectrophotometer) من نوع (UV 1800 Shimadzu) على طول موجي (420) نانومتر بالإضافة إلى حساب اعداد المستعمرات البكتيرية بطريقة صب الأطباق (Pour Plate Technique) (APHA, 2012) ومن ثم قياس قيمة جهد الاكسدة والاختزال لكل تخفيف.

فحوصات مياه الشرب

تم جلب (54) عينة مياه شرب من (18) حيا سكنيا وهي (حي الاعلام، وحي الرسالة، وحي أور، زيونة، السيدية، حي القاهرة، الدورة(حي الكفاءات)، حي العبيدي، حي التاميم، الجادرية، العامرية، البلديات، الكرادة(حي الزوية)، جسر ديالى(حي الرياض)، الشعب، الصالحية، الحبيبية، سبع قصور)، تم فحص الخصائص الميكروبية والكيموفيزياوية للنماذج المأخوذة ومقارنتها مع جهد الأكسدة والاختزال، وبواقع نموذجين شهريا ومكررين لكل نموذج، واستعمل لغرض جمع نماذج المياه مجموعتين من القناني الزجاجية. المجموعة الأولى سعة (250) مل معقمة لجمع نماذج المياه للفحوصات الميكروبية، وهي قناني ذات سدادات محكمة تحتوي على (0.2) مل من محلول ثايوسلفات الصوديوم حيث استخدمت تقنية صب الأطباق(Pour Plate) الواردة في (APHA ,2005) أما المجموعة الثانية فهي قناني زجاجية سعة (500)مل لجمع نماذج المياه للفحوصات الكيموفيزياوية. نقلت العينات مباشرة إلى المختبر لأجراء الفحوصات اللازمة خلال مدة لا تتجاوز (6) ساعات من وقت اخذ العينات بالنسبة للفحوصات الميكروبية و (24) ساعة بالنسبة للفحوصات الفيزياوية (ISO, 2006) .

الفحوصات الفيزياوية لنماذج مياه الشرب:

فحص جهد الاكسدة والاختزال

تم فحص جهد الأكسدة والاختزال للمحاليل المائية بجهاز جهد الاكسدة والاختزال من نوع(HAch- 10103-HQ430d flexi) ذو قطب مصنوع من (الفضة/ كلوريد الفضة) حيث يتم تعقيم القطب بالكحول وغسله بعد كل فحص للنموذج الواحد بالماء المعقم الخالي من الايونات (Deionized Water).

فحص الكلور المتبقي

قيست قيم الكلور المتبقي بواسطة جهاز MARTINI–Mi من نوع ((Chlorine Meter)

411 باستعمال مادة (dimethyl-*p*-phenylenediamine) المسماة DPD.

فحص الأوكسجين المذاب

قيست قيم الأوكسجين المذاب لعينات مياه الشرب (Dissolved oxygen meter) بواسطة جهاز (MARTINI-Mi605.من نوع)

التحليل الإحصائي

أجري التحليل الإحصائي للبيانات وللعوامل المدروسة كافة على وفق النماذج الأحصائية الجاهزة للحاسوب الآلي لمعرفة معامل الارتباط لبيرسن (Person's Correlation Coefficient) (r) ومعامل التحديد (R2) و لإيجاد قيم معاملات الارتباط وتقييم درجة العلاقة بين جهد الأكسدة والاختزال (ORP) والعوامل الفيزيوكيميائية والبيولوجية.

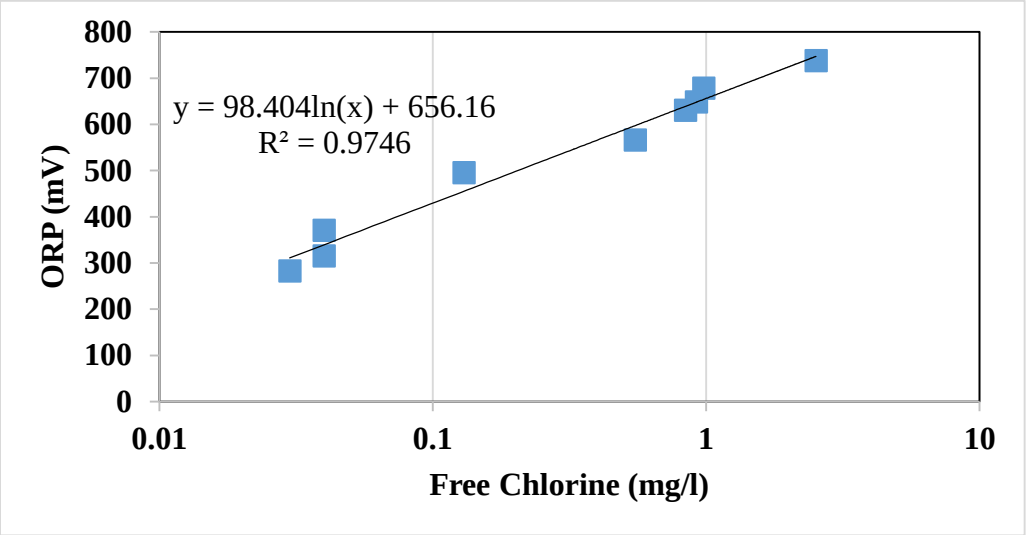
النتائج والمناقشة

لإيجاد علاقة بين التلوث البكتيري وجهد الأكسدة والاختزال في مياه الشرب لابد من دراسة هذه العلاقة في حالة وجود العامل المؤكسد وفي حالة عدم وجوده، إذ إن الكلور كعامل مؤكسد له تأثير كبير على قيم جهد الاكسدة والاختزال، كما في الشكل (1) الذي يظهر وجود علاقة لوغارتمية قوية بين جهد الاكسدة والاختزال والمتبقي من الكلور بمعامل تحديد (R^2=0.9746) حيث انه كلما زاد تركيز الكلور زادت قيم جهد الاكسدة والاختزال، ولكن هذا لا يعني إن الكلور هو العامل الوحيد المؤثر على قيم جهد الاكسدة والاختزال في مياه الشرب (Galvin, *et al*., 2000). لذلك توجب دراسة مياه ملوثة بالبكتريا تم تحضيرها في المختبر بشكل عالق بكتيري من دون الكلور وإيجاد العلاقة بين عدد البكتريا و جهد الاكسدة والاختزال، ومقارنة مدى تطابقها مع العلاقة الناتجة من مياه الشرب الحاوية على الكلور. كما إن الأوكسجين المذاب (Dissolved Oxygen) له تأثير اخر يتداخل مع تأثير الكلور والتلوث البكتيري.

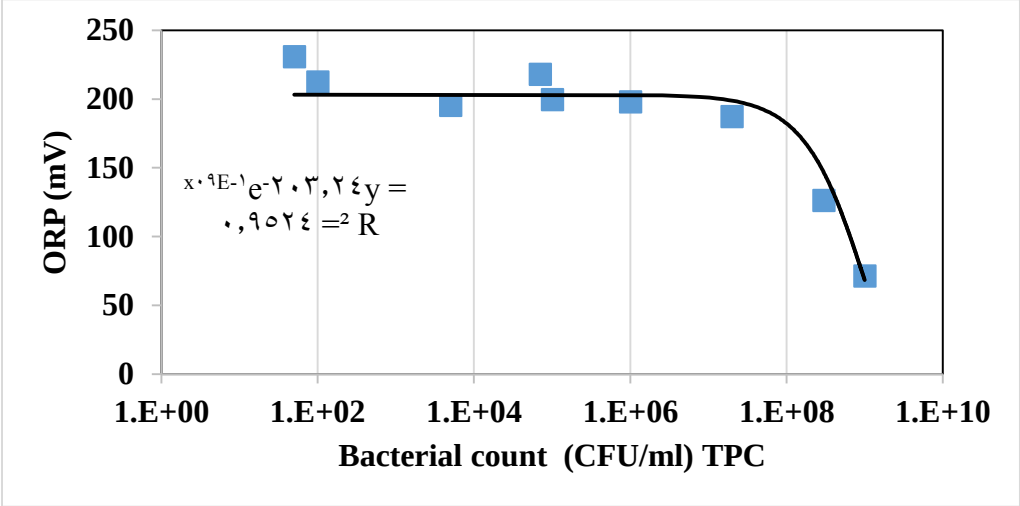
جهد الأكسدة والاختزال (ORP) للعالق البكتيري المحضر مختبريا بدون الكلور

أظهرت النتائج وجود علاقة اسية قوية بين جهد الاكسدة والاختزال وعدد البكتيريا بمعامل تحديد (R^2=0.9524) الشكل (2) الذي يؤكد العلاقة المهمة الموجودة بينهما، اذ بينت النتائج قلة معدلات عدد البكتريا للتخافيف المقاسة بازدياد معدل قيمة جهد الاكسدة والاختزال، حيث ظهرت اقل قيمة لمعدل جهد الاكسدة والاختزال وهي (71.2) ملي فولت عند اعلى معدل لعدد البكتريا وهي (1×10^9 CFU\ml) واعلى قيمة لمعدل جهد الاكسدة والاختزال وهي (230) ملي فولت عند اقل معدل لعدد البكتريا 10) (CFU\ ml. أن جدار البكتريا يتكون من طبقتين حيث يعمل الأول على احتواء العضيات الخلوية والبروتينات الضرورية لحيوية الخلية والثاني يعتبر الفاصل ما بين المحاليل الملحية الداخلية والخارجية والمسؤول عن حماية الخلية وهو مشحون بشحنة سالبة (Koch, 2003)، إن انفصال الأيونات عبر الجدار الخلوي البكتيري مهم جدا حيث توجد له قنوات بروتينية مختلفة تكون ممرا لعبور الأيونات خلال الغشاء، ومن هذه الأيونات هو الأيون(H^+) (Hudault, *et al*., 2001). كذلك تحتوى المياه الطبيعية على الزوج الالكتروكيميائي (H_2/H^+) والذي يعتبر الأكثر تأثيرا على جهد الاكسدة والاختزال (Noubactep, 2013). ان حركة هذا الأيون عبر الجدار الخلوي هو الذي يحافظ على توازن الدالة الحامضية pH داخل المحلول الخلوي، أن تنظيم الpH داخل الخلية مهم وضروري جدا لحياة البكتريا، حيث إن أي تغيير في قيمة الpH يؤثر على سلامة التركيب البروتيني للخلية (Nicolas and Lavoie, 2011). أن الدالة الحامضية pH المثالي والمتعادل يجب ان يكون في الخلية البكتيرية (pH= 7) وبما إن البكتريا غير قادرة على معادلته مع وجود مكونات خلوية تكون بعيدة عن هذه القيمة لذلك تعمل البكتريا واغلب الكائنات الدقيقة على تطوير طرائق بديلة للسيطرة على معدل pH داخل الخلية ومن هذه

الطرائق وجود القنوات البروتينية خلال الجدار الخلوي والتي تكون ممرا لحركة الأيونات حيث أن هذا الحركة تؤثر على الجهد الكيميائي والكهربائي الموجود عبر غشاء الخلية (Fojit, *et al.*, 2004). إن الجهد الكيميائي والكهربائي الموجود على غشاء الخلية سوف يؤثر على الجهد الكيميائي والكهربائي الطبيعي الموجود في الماء وبالتالي على قيمة جهد الاكسدة والاختزال والذي يظهر بشكل انخفاض ملحوظ فيه بزيادة أعداد البكتريا. إن عمليات الأكسدة المستحدثة لمعالجة المياه تبدأ بإزالة العوامل القابلة للأكسدة (الاحياء المجهرية، الأيونات المذابة، المواد العضوية،...الخ)، حيث إن كفاءة هذه العملية تعتمد على جرعة العامل المؤكسد المستخدم وزيادة جهد الاكسدة والاختزال (Galvin, *et al*., 2000).



شكل (1) العلاقة بين تركيز الكلور وقيمة ال ORP لنماذج مياه محضرة مختبريا

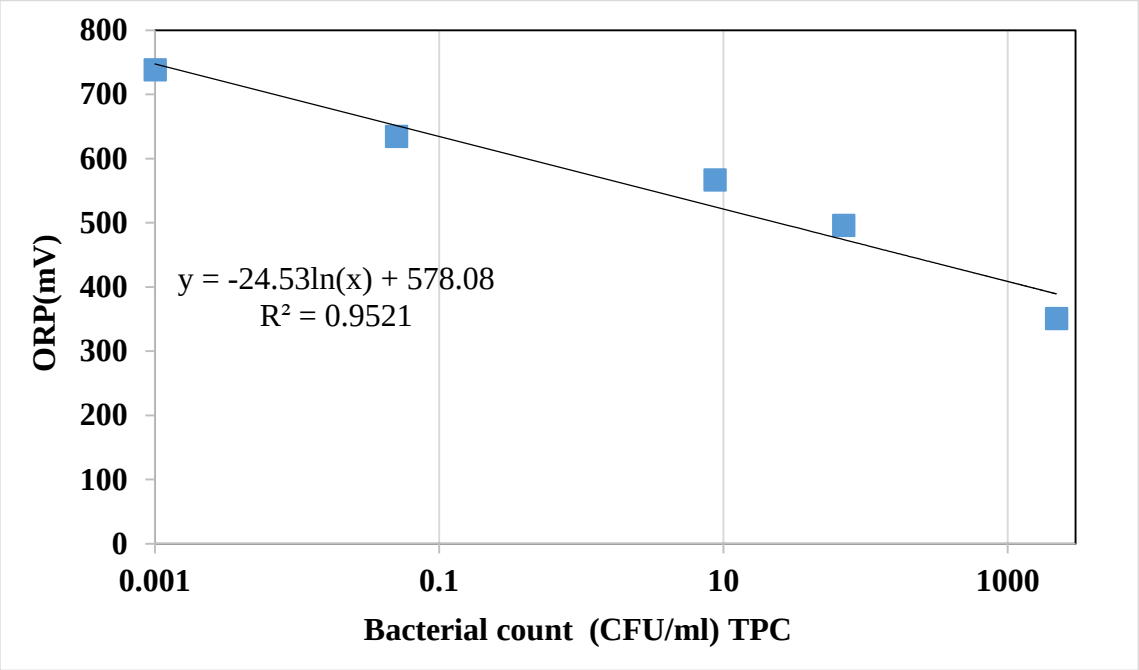


شكل(2) العلاقة بين عدد بكتريا *Escherichia coli* لنماذج مياه محضرة مختبريا بدون وجود الكلور وقيمة ORP

جهد الأكسدة والاختزال (ORP) لمياه الشرب الحاوية على البكتريا والكلور

أظهرت نتائج فحص جهد الاكسدة والاختزال لمياه الشرب الملوثة بالبكتريا انخفاضا في قيم جهد الاكسدة والاختزال بازدياد التلوث. إذ يظهر الشكل (3) وجود علاقة لوغارتمية قوية بين جهد الاكسدة والاختزال مياه الشرب و العدد البكتيري الملوث للمياه. إذ إن معامل التحديد للعلاقة بينهما

هو (R^2=0.9521). ان تاثير البكتريا على (ORP) يكون موازي لتاثير الكلور، اظهر الشكل (1) وجود علاقة لوغارتمية قوية بين جهد الاكسدة والاختزال والمتبقي من الكلور بمعامل تحديد (R^2=0.9746)، لكن الكلور يعمل على رفع قيمة جهد الاكسدة والاختزال اما البكتريا فتعمل على خفضه وان تغلب احدهما على الاخر في مياه الشرب هو الذي سوف يحدد مدى تعقيم المياه وصلاحيتها للشرب.



شكل (3) العلاقة بين عدد البكتريا في مياه الشرب بوجود الكلور وORP

أظهرت النتائج إن اعلى قيمة لمعدل جهد الاكسدة والاختزال هي (738.5) ملي فولت هو عند اقل معدل للعدد البكتيري وهي (0 CFU\ml)، وان اقل قيمة لمعدل جهد الاكسدة والاختزال وهي (238) ملي فولت ظهرت عند اعلى معدل للعدد البكتيري وهي(2.4×10^4 CFU\ml). إن معدل عدد البكتريا (0 CFU\ml) بدأ بالظهور عند معدل القيمة (653.1) ملي فولت وهذا يتطابق مع ما ذكره (Carleson1968 و Lund1963 *et al*) واخرون والتي بينت دراستهم حسب نوع المياه التي عملوا عليها إن المياه عند جهد الاكسدة والاختزال(650) ملي فولت هي النقطة التي تعتبر فيها خالية من الاحياء المجهرية (Lund, 1968; Carleson, *et al.*, 1963) إن استمرار ارتفاع قيم جهد الاكسدة والاختزال على الرغم من إن العدد البكتيري اصبح فيها (0 CFU\ml) عند النقطة (653.1) ملي فولت واستمرت القيمة بالتزايد حتى وصلت إلى (738.5) ملي فولت، وتصبح هذه القيمة هي نتيجة تأثر العدد البكتيري بوجود عامل الكلور. وبما إن النوع القابل للأكسدة وهي البكتريا وغيرها قد تم إزالته فان معدل القيم ما بعد (653.1، 738.5) ملي فولت تمثل المتبقي من العامل المؤكسد (الكلور) ومعدل تركيزه العالي المؤثر على قيمة جهد الاكسدة والاختزال وهو (0.91mg\l , 2.52) وهو ما تبقى من جرعة الكلور المضافة من قبل محطات التصفية. ان معدل قيمة جهد الاكسدة والاختزال عند (567) ملي فولت قد اظهر عدد بكتيري بمعدل (8.8 CFU\ml) عند تركيز الكلور (0.5) غم/لتر وهذا العدد البكتيري يبقى فيه الماء ضمن الحدود المسموح بها وهي (0–100 CFU\ml) حسب المواصفة العراقية للحدود الميكروبية لمياه الشرب رقم (41/2270)(الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، 2011). إن بقاء العدد البكتيري (8.8 CFU \ml) وعدم تفاعله مع الكلور على الرغم من

إن المتبقي من الكلور تركيزه (0.5) غم/لتر يعود لوجود بعض الأنواع البكتيرية المقاومة لأكسدة الكلور(Cloete, 2003). جهد الأكسدة والاختزال (ORP) لمياه الشرب بدون البكتريا والكلور

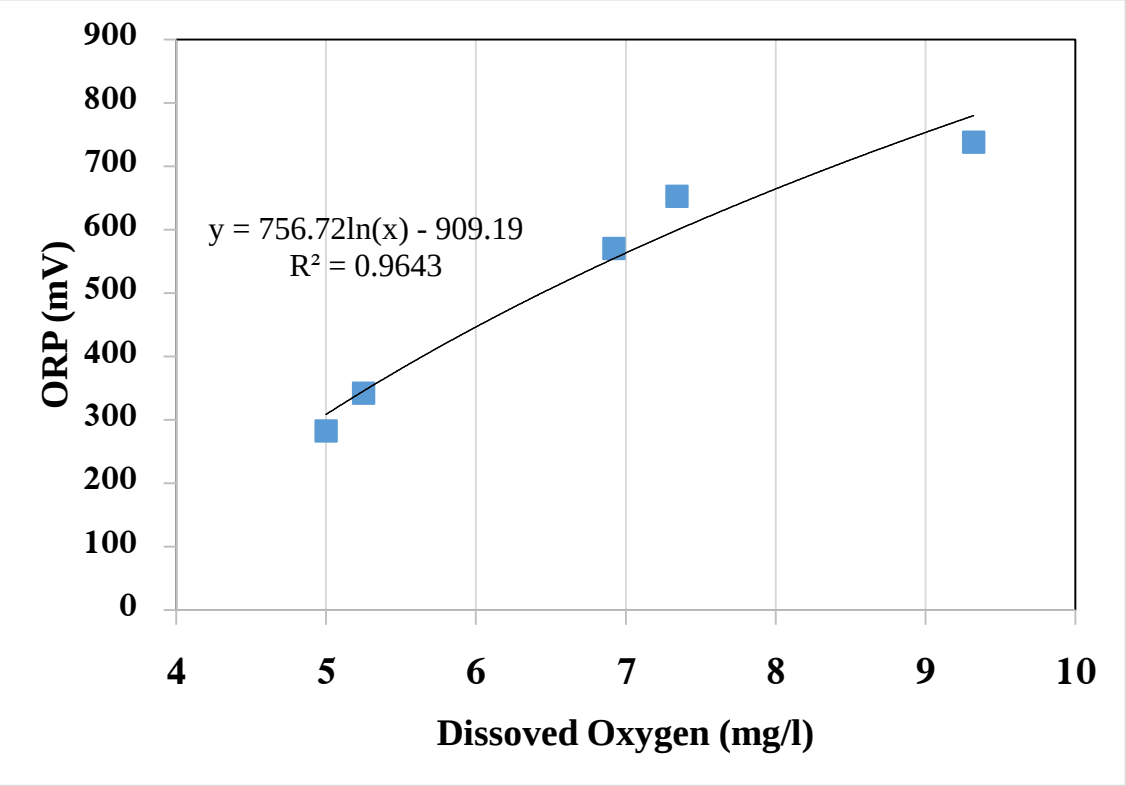
أظهرت نتائج فحص جهد الاكسدة والاختزال لمياه شرب معقمة تم تعطيل دور الكلور فيها باستخدام محلول ثايوسلفات الصوديوم (Sodium Thiosulfate) هو(246) ملي فولت وفحص جهد الاكسدة والاختزال للماء المستخدم في عمل العالق البكتيري وهو المحلول الملحي الوظيفي قبل إضافة البكتريا والخالي من الكلور ب(239) ملي فولت كما في الجدول رقم (1). إن الجزء الأكبر من قيمة جهد الاكسدة والاختزال لمياه الشرب معطلة الكلور والمحلول الملحي الوظيفي (مكون من ماء مقطر+ NaCl) يعود إلى الزوج الالكتروكيميائي (H_2/H^+) الموجود طبيعيا في الماء، وبعض الأنواع الأيونية

جدول (1) الفحوصات الفيزيائية والميكروبية لبعض أنواع المياه الخالية من الكلور

نوع المياه	ORP(mV)	Free Chlorine (mg\l)	Dissolved Oxygen (ppm)	Bacterial count (CFU\ml)	pH
مياه شرب	246	0	5.33	0	7.80
المحلول الملحي الوظيفي	239	0	5.1	0	7.5

الناتجة من تآكل شبكات توزيع مياه الشرب (Cherly, *et al.*, 2004)، إضافة إلى أيونات الكلور والصوديوم (Na^+, CL^-) (الناتجة من NaCl في المحلول الملحي الوظيفي)، وأيضا الأوكسجين المذاب (DO) الموجود طبيعيا في الماء. ان وجود الأوكسجين المذاب طبيعيا في كل أنواع المياه يعود إلى ذوبان أوكسجين الهواء الجوي في الماء والذي يعتبر عامل مؤكسد قوي يرفع من قيمة جهد الاكسدة والاختزال (Sarpong, 2013).

الشكل (4) يبين انه كلما زاد الاوكسجين المذاب (DO) لنماذج مياه الشرب كلما زادت قيمة جهد الاكسدة والاختزال. واظهر الشكل(4) وجود علاقة خطية لوغارتيمية قوية وبمعامل تحديد (R^2= 0.9643). حيث إن اعلى معدل لقيمة جهد الاكسدة والاختزال وهي (738.5) ملي فولت كانت عند اعلى معدل لتركيز الاوكسجين المذاب (9.32) ملغم/لتر أما ادنى معدل لقيمة جهد الاكسدة والاختزال وهي (283) ملي فولت عند ادنى معدل لتركيز الاوكسجين المذاب (5.5)ملغم/لتر شكل(4).



شكل(4) العلاقة بين قيمة الاوكسجين المذاب وقيمة (ORP) في المياه المحضرة مختبريا بدون وجود الكلور

الاستنتاجات

قدم البحث فكرة أولية لتفسير وفهم قياسات جهد الاكسدة والاختزال في مياه الشرب، بينت النتائج النهائية انه يمكن استخدام جهد الاكسدة والاختزال كأداة فحص سريعة لمعرفة مدى تلوث مياه الشرب. في هذا البحث تم اخذ نوعان من المياه، وكما تم استنتاجه انه في كل نوع اختلف معامل الارتباط كما يلي:

1) في المياه المحضرة مختبريا ظهر معامل تحديد عالي وهو(R^2=0.9524) والذي يدل على وجود علاقة اسية قوية بين جهد الاكسدة والاختزال هذه المياه وعدد البكتريا، إذ إن اقل قيمة لمعدل جهد الاكسدة والاختزال وهي (71.2) ملي فولت عند اعلى معدل لعدد البكتريا وهي (1×10^9 CFU\ml) واعلى قيمة لمعدل جهد الاكسدة والاختزال وهي (230) ملي فولت عند اقل معدل للعدد البكتريا وهو (10 CFU\ ml).

2) أما في نماذج مياه الشرب المأخوذة من مناطق مختلفة من مدينة بغداد فكان معامل التحديد هو (R^2=0.9521) والذي يدل على وجود علاقة لوغارتمية قوية بين جهد الاكسدة والاختزال مياه الشرب وعدد البكتريا وهو تاثير موازي لتاثير الكلور الذي اظهر علاقة لوغارتيمية قوية مع جهد الاكسدة والاختزال بمعامل تحديد (R^2=0.9521). لذا فان العلاقة تعكس تأثير تعقيم المياه على عدد البكتريا المتواجد فيه.

3) أظهرت النتائج انه لا يمكن الحصول على علاقة ثابتة بين البكتريا وتركيز الكلور بسبب مقاومة بعض أنواع البكتريا للكلور.

4) إن جهد الاكسدة والاختزال والأوكسجين المذاب (DO) في مياه الشرب قد اظهرا علاقة قوية بمعامل تحديد (R^2=0.9643)، ومن هذا نستنتج

ان قلة قيم (DO) وجهد الاكسدة والاختزال في مياه الشرب إشارة إلى تواجد البكتريا والملوثات.

المصادر

الجهاز المركزي للتقييس و السيطرة النوعية ٢٠٠٠– أ، (2011)، المواصفة القياسية العراقية لمياه الشرب رقم ٤١٧. الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية.

الناصري، سعدي كاظم، (2014). مياه الشرب 100سؤال وجواب. الطبعة الاولى، دار الكتب و الوثائق في بغداد. 93–94.

APHA, AWWA and WFF (2012) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22nd. Ed., Washington-USA, 260-271.

Bandyopadhyay, S.; Sundar, **S**. and Mandal, C. (2010) Antibodies Directed Against O-acetylated Sialoglycoconjugates Accelerate Complement Activation in *Leishmania donovani* Promastigotes. J. Infect Dis. 25,190-197 .

Carlson, S.; Hasselbarth, C., and Meck (1968) Ascertainment of the Disinfection Efficiency of Chlorinated Swimming Pool Waters by Determination of the Redox Potential. Archiv Hygiene and Bakteriologie. 152(4), 306–320 (in German).

Cherly, N.; Rachel, C. and Darren, A. (2004) Relationships between Oxidation-reduction Potential, Oxidant and pH in Drinking Water. American Water Works Association. 8, 77-80.

Cloete, T. E., (2003) Resistance Mechanisms of Bacteria to Antimicrobial Compounds. International Biodeterioration and Biodegredation. 51(41),277-282.

Fojit, L.; Strasak, L.; Vetterl, V. and Smarda, J., (2004) Comparison of the low-frequency Magnetic Field Effects on Bacteria, *Escherichia coli* , *Leclercia adecarboxylata* and *Staphylococcus aureus* , Bioelectrochemistry. 63, 337–341.

Galvín, M. R.; Mellado R. J. M.; Montoya, M. R. and Gamero, C. J. (2000) Oxidation Reduction Potential (ORP) in Prepared and Industricaly Treated Water. Water S.A., 25(7) 252-254.

Hudault, S; Guignot, J. and Servin**, A.,** L. (2001) *Escherichia coli* Strains Colonizing the Gastrointestinal Tract Protect Germ- Free Mice Against *Salmonella atyphimurium* infection. *Gut*.49 (1), 47–55

ISO, (2006) Water Quality-Sampling for Microbiological Analysis, Final Draft of International Standard ISO/FDIS 19458 Geneva, Switzerland: 2pp.

Koch, A. (2003) Bacterial Wall as Target for Attack: Past, Present and Future Research. ClinMicrobiol Rev16 (4), 673–87.

Lund, E. (1963) Oxidative Inactivation of Polivirus. In Aarhus Stiftsbogtrgkker. CpenhagunmDen. 8, 20-35.

Nicolas, G., and Lavoie, M.C. (2011) *Streptococcus mutans* et les *streptococcus buccal musca*. Canadian Journal of Microbiology. **57** (1), 1–20.

Noubactep, C. (2013) Relevant Reducing Agents in Remediation Fe^0/H_2O Systems.LEAN – Soil, Air, Water.Volume 41(5), Issue, pages 493–502.

Sarpong, R. (2013) Chemical Class Operating Standard Procedure. Strong Oxidizing Agent. Cal. 4(2) ,11-13.

Sigg, L. (2000) Redox Potential Measurements in Natural Water: Significance, Concepts, and Problems. Redox Fundamentals, Processes, and Applications. Eds:Schuring, J.; Schulz, H.D.; Fischer, W.R.; Bottcher, J.; and Duijnisveld, M.H.W. Springer: Berlin. 1-12.

Singer, C.P. and Reckhow**,** A.D. (1999) Chemical Oxidation. Water Quality and Treatment: A Handbook of Community Water Supplies. American Water Works Association 5th ed. McGraw Hill: Network. 18, 12-47.

Small, D.; Chang, W. and Toghrol, F. (2007) Toxicogenomic Analysis of Sodium Hypochlorite Antimicrobial Mechanisms in *Pseudomonas aeruginosa*. Applied Microbiology and Biotechnology. 74(1), 176-18.