المجلة العراقية
لبحوث السوق وحماية المستهلك

المجلد (12) العدد (1)
لسنة 2020

DOI: http://dx.doi.org/10.28936/jmracpc12.1.2020.(5)

دراسة تلوث مياه القناني المعبأة ببعض المواد الكيمياوية نتيجة التعرض للحرارة

رأفت احمد أبو المعالي[1]، سالم صالح التميمي[2]
[1]مدرس، قسم تقويم السلع وأداء الخدمات، مركز بحوث السوق وحماية المستهلك، جامعة بغداد، العراق r12maaly@gmail.com
[2]أستاذ مساعد دكتور، قسم تقويم السلع وأداء الخدمات، مركز بحوث السوق وحماية المستهلك، جامعة بغداد، العراق d_salim2010@yahoo.com

الاستلام 31/ 1/ 2019، القبول 16/ 4/ 2019، النشر 30/ 6/ 2020

هذا العمل تحت سياسية ترخيص من نوع CCBY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

الخلاصـــــة

يعد انتقال الملوثات الكيميائية من قناني المياه المعبأة البلاستيكية الى الماء نتيجة الحرارة وأشعة الشمس وسوء الخزن من أخطر التهديدات لصحة البشر حول العالم، لذا استهدفت هذه الدراسة تقدير قيمة الأس الهيدروجيني وانتقال العناصر الثقيلة من القناني البلاستيكية الى الماء، فجمعت لهذا الغرض 30 قنينة مياه لـ 10 علامات تجارية محلية وقسمت الى ثلاثة مجاميع تركت الأولى في درجة حرارة الغرفة 25م ووضعت الثانية في فرن حراري عند درجة حرارة 25م والثالثة في فرن أخر عند درجة حرارة 50م لمدة اسبوعين، تم قياس قيمة الأس الهيدروجيني وتراكيز العناصر المعدنية الثقيلة (الانتيمون Sb والرصاص Pb والنيكل Ni والنحاس Cu والكروم Cr والكاديوم Cd والحديد Fe) في اليوم الأول وبعد أسبوعين لجميع العينات، أظهرت النتائج وجود فروق معنوية عند مستوى دلالة (P<0.05)بين عينات المياه، ولوحظ انخفاض قيمة الاس الهيدروجيني مع زيادة درجة الحرارة واستمرار الخزن مع بقاء قيمه في جميع القياسات ضمن الحدود المقبولة التي أقرتها منظمة الصحة العالمية WHO والمواصفة القياسية العراقية لمياه الشرب المعبأة، وسجلت في اليوم الأول تراكيز مرتفعة للعناصر المعدنية Pb وCr وCd وFe في بعض العينات فبلغت 0.1117 و1.5192 و0.0298 و1.0120 ملغم/ لتر على التوالي وهي أعلى من الحدود المقبولة التي أقرتها WHO والمواصفة القياسية العراقية، وكان تركيز النحاس في اليوم الأول ضمن الحدود المقبولة، مع خلو العينات جميعها من عنصري الانتيمون والنيكل، في حين ارتفعت تراكيز معظم العناصر في جميع المعاملات عند الخزن بدرجة 50م لاسبوعين لتبلغ 1.6140 و0.8311 و3.8402 و3.7850 و1.9571 و2.0281 ملغم/ لتر للعناصر Pb وNi وCu وCr وCd وFe على التوالي مع خلو العينات من عنصر الانتيمون.

الكلمات المفتاحية: مياه القناني، تلوث كيميائي، حرارة.

DOI: http://dx.doi.org/10.28936/jmracpc12.1.2020.(5)

STUDY THE CONTAMINATION OF WATER BOTTLES WITH SOME CHEMICALS DUE TO HEAT EXPOSURE

Raafat A. Abu-Almaaly[1], Salim Saleh Al-Tamimi[2]
[1]Lecture MSc. Department of Commodity Evaluation and Service Performance, Market Research and Consumer Protection Center, University of Baghdad, Baghdad, Iraq r12maaly@gmail.com
[2]Ass. Prof. Dr. Department of Commodity Evaluation and Service Performance, Market Research and Consumer Protection Center, University of Baghdad, Baghdad, Iraq d_salim2010@yahoo.com

Received 31/ 1/ 2019, Accepted 16/ 4/ 2019, Published 30/ 6/ 2020

This work is licensed under a CCBY 4.0 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

ABSTRACT

The transfer of chemical pollutants from bottled water into water due to heat, sunlight and poor storage is one of the most serious threats to human health around the world, the objective of this study was to estimate the pH value and the transport of heavy metals from plastic bottles to water, for this purpose, 30 bottles of water for 10 local

brands were collected and divided into three groups, the first was left at room temperature 25°C, The second was placed in a heat oven at 25°C and the third in another oven at 50°C for two weeks. The results showed significant differences at (P<0.05) between water samples, pH value and concentrations of heavy metals (Sb, Pb, Ni, Cu, Cr, Cd and Fe) were measured on the first day and two weeks for all samples. The results showed a decrease in the pH value with increasing temperature and continuous storage while maintaining its values in all measurements within the acceptable limits approved by the World Health Organization (WHO) and the Iraqi standard for bottled water, on the first day, high concentrations of heavy metals Pb, Cr, Cd and Fe were recorded in some samplesreaching 0.1117, 1.5192, 0.0298, and 1.0120 mg/ L respectively, which is higher than the acceptable limits approved by the WHO and the Iraqi standard,all Cu values on the first day within limits, antimony and l nickel-free,while the concentration of most elements in all the water bottles that storage at 50°C for two weeks reach to 1.6140, 0.8311, 3.8402, 3.7850, 1.9571, and 2.0281 mg/ L for Pb, Ni, Cu, Cr, Cd and Fe respectively, With samples free of antimony.

Keywords: bottles water, chemical contamination, heat.

المقدمة Introduction

ازداد الاقبال على استهلاك المياه المعبأة تزامناً مع الزيادة السكانية وخاصة مع عدم امكانية الحصول على مياه الشرب الآمنة، واصبح التحدي الكبير للمستهلك هو تلوث المياه بالملوثات البيئية وتأثيرها في تجهيز المياه الآمنة للشرب، اضافة الى حصول بعض التغيرات في الصفات الطبيعية للماء مثل الرائحة والطعم وتواجد كمية كبيرة من الكلوريد والفلورايد فيه. ومن ناحية اخرى فان الاشخاص الذين يعانون من النقص في الجهاز المناعي بحاجة اكبر الى المياه الامنة للشرب، وتعد المياه المعبـــأة اكثر أماناً وذات نوعيـــة جيـــدة مقارنـــة بمصادر مياه الشرب الاخرى **(Venieri *et.al.*, 2005)** . وقد أشارت منظمة الصحة العالمية WHO الى ان حوالي 1.8 مليون شخص (خاصة الاطفال) يموتون سنوياً بسبب الامراض التي تنقلها المياه والتي تعد من اكثر اسباب الوفيات في العالم **(Nunes *et.al.*, 2008; Yousfi *et.al.*, 2009)** .

يدعى انتقال الملوثات الكيميائية من المواد الملامسة للطعام أو الماء اليه بالهجرة أو الترحيل (Migration) وهي مصدر لايستهان به في تلوث الأغذية، ويعتمد ترحيل الملوثات الكيميائية من العبوة الى محتواها على عوامل مختلفة مثل الخصائص الفزيوكيميائية لعملية الترحيل ونوع مادة العبوة ودرجة الحرارة ومدة الخزن وحجم العبوة نسبة الى حجم الماء، وان أنواع الملوثات الكيميائية التي يمكن ان تنتقل من العبوة الى الماء كثيرة ومتنوعة للغاية **(Leber, 2001; Abd El-Salam *et.al.*, 2017)**.

تقسم الملوثات الكيميائية التي تنتقل من العبوة الى الغذاء أو الماء الى فئتين، تشمل الفئة الأولى المواد البوليمرية والكيميائية التي تضاف بصورة مقصودة الى العبوات البلاستيكية أثناء التصنيع لضمان خصائص معينة تكون مطلوبة في العبوة وتشمل مواد التلدين ومضادات الأكسدة ومثبتات الأشعة فوق البنفسجية والألوان وأحبار الطباعة وغيرها والتي يمكن ان تهاجر أو تترحل من العلبة الى الأغذية والماء فيها فضلاً عن ذلك فقد تنتقل بقايا من المواد البوليمرية الأحادية والمتعددة التي تصنع منها العبوة أساساً الى الماء والغذاء، أما الفئة الثانية يمكن أن تأتي من الملوثات الكيميائية غير المتعمدة أثناء عمليات الإنتاج والتجهيز والتعبئة والنقل والتخزين **(Cirillo, *et.al.*, 2013; Commission Regulation (EU) 2011)**.

تعد مـادة البولـي اثيلين تريفثالايت Polyethylene terephthalate (PET)، من اهم المواد البلاستيكية المستخدمة في صناعة قناني تعبئة المياه اذ وجدت لها رواجاً كبيراً في الأستعمال في مجال التعبئة والتغليف لما تتمتع به من خواص ميكانيكية وصلادة جيدة ومقاومة للزحف ومرونة عالية تزيد من مقاومتها للكسر تحت تأثير الضغط كما ان لها خواص حجزية جيدة وقابلية منخفضة على امتصاص الماء مع قوة شد عالية مع شفافية ونعومة ملمس عند التصنيع، ونتيجة لهذه المواصفات فإنها تستخدم على نطاق واسع في صنع قناني تعبئة المياه والعصائر **(Whitt, *et.al.*, 2016)**، وتستخدم مركبات الانتيمون والتيتانيوم والجرمانيوم كعوامل مساعدة في عمليات تصنيع عبوات المياه (PTE) ، كما ان اوكسيد الانتيمون الثلاثي Antimony trioxide يستخدم كعامل مساعد رئيسي وان الكمية المتبقية منه في العبوات المصنعة تتراوح بين 100-300 ملغم/كغم **(Cheng, *et.al.*, 2010)**.

يصنف الانتيمون واحداً من المصادر الرئيسية لتلوث المياه والذي يتجاوز مستواه الحدود المسموح بها (MCL) Maximum Contaminant Level (0.006) ملغم/ لتر تحت عدد من العوامل والظروف، وان التعرض لفترة لمستويات اعلى من MCL لهذا العنصر يمكن ان يسبب تأثيرات جانبية مثل الغثيان والتقيؤ والأسهال في حين ان التعرض لفترات طويلة يؤدي الى ارتفاع مستوى الكوليسترول في الدم وانخفاض تركيز السكر في الدم وتأثيرات جانبية اخرى **(Westerhoff *et.al.*, 2008)**.

أظهرت الدراسات الوبائية ان هناك علاقة معنوية بين الاصابة بالامراض وتواجد تراكيز من بعض العناصر السامة مثل الانتيمون As والكادميوم Cd والرصاص Pb والزرنيخ As في مياه الشرب المعبأة ، وقد تكون في الماء ضمن الحدود المسموح بها ولكن بسبب قدرتها على التراكم في جسم الانسان تحدث أمراضاً وأعراضاً خطيرة كحدوث أضرار في الجهاز العصبي ومشاكل في عملية هضم وتمثيل الغذاء وتعد عاملاً مساعداً للإصابة بالأورام وأنواع السرطان، فقد تقوم تلك المعادن الثقيلة بتعطيل وظائف الأيض داخل جسم الانسان عن طريقين، فإما ان تتراكم داخل الأعضاء مثل القلب والمخ والكبد والكلى والعظام وبالتالي تعطل وظيفة تلك الأعضاء أو انها تحل محل المعادن الغذائية الحيوية المفيدة وبالتالي تعيق وظيفتها البيولوجية في عمليتي الأيض والتمثيل للمواد الغذائية داخل الجسم **Pocas and Timothy, (Whitt, *et.al.*, 2015 ; 2007)**.

ونظراً لانتشار قناني المياه المعبأة المحلية الصنع منها والاجنبية في الأسواق العراقية، واعتماد المستهلك العراقي على تلك المياه في سد حاجته من مياه الشرب، مع ارتفاع درجات الحرارة صيفاً الى مايقارب ال 50 درجة مئوية وقلة الوعي الصحي وعدم اتباع اساليب التصنيع الجيد من قبل بعض معامل انتاج المياه المعبأة وسوء تداول قناني المياه ابتداءً من خروجها من المعامل مروراً بالنقل والخزن والعرض في حرارة وأشعة الشمس، فقد هدفت هذه الدراسة الى تقدير مستوى تلوث مياه القناني المعبأة محلية الصنع بالملوثات الكيميائية (العناصر الثقيلة: الانتيمون Sb والرصاص Pb والنيكل Ni والنحاس Cu والكروم Cr والكادميوم Cd والحديد Fe).

المـــواد طرائق العمل Materials and Methods

شراء العينات Samples Purchase

تم شراء قناني الماء المعبأة لعشر علامات تجارية عراقية (كما موضح في(الجدول، 1) في بطاقة الدلالة لقناني المياه) من الأسواق المحلية لمدينة بغداد (أربع مكررات لكل علامة تجارية) من معامل قناني مياه الشرب حال انتاجها .

جدول (1): بطاقة الدلالة لقناني المياه المعبأة.

ت	العلامة التجارية	الشركة المصنعة	حجم القنينة	تاريخ الانتاج	تاريخ الانتهاء	طريقة التنقية
1	313	معمل الخليج للمياه الصحية	500 مل	2018/10/22	2019/10/21	معقمة بالاوزون
2	الوافي	شركة دلتا للصناعات المحدودة	500 مل	2018/11/13	2019/11/12	معقمة بالاوزون والاشعة فوق البنفسجية
3	الواحة	شركة الواحة للمشروبات الغازية والعصائر والمياه المعدنية واللدائنية وانتاج الاغطية البلاستيكية المحدودة	500 مل	2018/11/6	2019/11/5	معاملة باحدث تكنلوجيا الترشيح والاوزون
4	الكوثر	مصنع مياه العين	500 مل	2018/11/11	2019/11/10	----------
5	لؤلؤة	شركة بريق اللؤلؤه	330 مل	2018/9/11	2019/9/10	التعقيم العكسي بالاشعة فوق البنفسجية والاوزون
6	الراوية	شركة الراوية لانتاج المياه الصحية والمشروبات الغازية والعصائر المحدودة	500 مل	2018/11/6	2019/11/5	معقمة بالاوزون
7	رويال	شركة مجموعة زاكي للنجارة العامة والصناعات الغذائية	500 مل	2018/11/13	201911/12	معقمة بالاوزون والاشعة فوق البنفسجية
8	أكوافينا	شركة بغداد للمشروبات الغازية	330 مل	2018/10/16	2019/10/15	تمت التنقية بتقنية اكوافينا هيدرو-7
9	فينيزا	شركة ورود الياسمين	500 مل	2018/9/10	2019/9/9	معقمة بالاوزون
10	نوّار	الشركة المتقدمة للصناعات الغذائية	500 مل	2018/10/15	2019/10/14	معالجة بالاوزون

تصميم التجربة Design Experience

قسمت عينات الماء الى ثلاث مجاميع (كل مجموعة تضم عشر علامات تجارية) تم قياس الأس الهيدروجيني والعناصر الثقيلة للمجموعة الاولى في اليوم الاول، وضعت الثانية في فرن مختبري بدرجة حرارة الغرفة عند 25°م ووضعت الثالثة في فرن أخر عند 50°م وتم تقدير الأس الهيدروجيني والعناصر الثقيلة لكل العينات عند اليوم الأول وبعد 14 يوماً، كما موضح في (الجدول، 2) في تصميم التجربة.

جدول(2) : تصميم التجربة

العينات	الفحوصات عند اليوم الاول وبعد 14 يوماً لجميع العينات	
10 قناني تم فحصها في اليوم الاول	تقدير الأس الهيدروجيني pH	تقدير العناصر الثقيلة: الانتيمون Sb والرصاص Pb والنيكل Ni والنحاس Cu والكروم Cr والكادميوم Cd والحديد Fe
10 قناني وضعت في فرن مختبري بدرجة حرارة الغرفة عند 25°م		
10 قناني وضعت في فرن مختبري عند 50°م		

قياس قيمة الأس الهيدروجيني Measuring of pH value

تم قياس قيمة الأس الهيدروجيني للماء المعبأ بالقناني وفقاً للطرائق القياسية الواردة في **(APHA, 2005)** باستعمال جهاز (pH –meter (HANNA instrument model PHB.

هضم العينات لتقدير العناصر الثقيلة Samples digestion to estimate the heavy metals

تم هضم عينات الماء لقدير العناصر الثقيلة بالاعتماد على الطريقة الواردة في **(US EPA, Method 3015 A, 2007)** ، أخذ 45 مل من عينة الماء ووضعت في كوب زجاجي خاص بالميكرويف واضيف اليها 5 مل من حامض النتريك المركز HNO_3 وضعت بالميكرويف على 170°م لمدة 10 دقائق ثم بردت الى 100°م وأعيد تسخنها في الميكرويف على 170°م الى ان تم الحصول على 25 مل من مركز المادة.

تقدير العناصر المعدنية الثقيلة Estimate the heavy element metals

تم تقدير العناصر الثقيلة الانتيمون Sb والرصاص Pb والنيكل Ni والنحاس Cu والكروم Cr والكادميوم Cd والحديد Fe بجهاز Shimadzu AA-6200 equipped with ASC 6100 autosampler atomic absorption spectrometer حسب الطريقة التي ذكرها **(Hasbiyana, 2008)** باستعمال غاز الأسيتيلين.

سادساً: التحليل الاحصائي للنتائج Statistical Analysis

إستعمل البرنامج الإحصائي SAS في تحليل بيانات النتائج التي تم الحصول عليها، وقورنت الفروق المعنوية بين المتوسطات باختبار أقل فرق معنوي (LSD) بإحتمالية ($P<0.05$) وفقا للبرنامج الاحصائي **(SAS, 2012)**.

النتائج والمناقشة Results and Discussion

يوضح (الجدول، 3) قيم الأس الهيدروجيني pH لعينات المياه المعبأة لمختلف المعاملات الحرارية ومدة الخزن، وقد أظهرت النتائج وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى دلالة ($P<0.05$) ولم تظهر فروق معنوية بين المعاملات الحرارية لنفس العينة، وقد وجدت اختلافات ملحوظة بين الأس الهيدروجيني المثبت في بطاقة الدلالة لبعض عينات قناني الماء (في العلامات التجارية الواحة والكوثر ورويال وفينيزا) فكان 6.7 و 7.3 و 7.5 و7.3 مع الأس الهيدروجيني الذي تم قياسه في

جدول (3): قيمة الأس الهيدروجيني pH لعينات الماء لمختلف المعاملات الحرارية ومدة الخزن.

ت	العلامة التجارية	قيم pH المثبتة على القنينة	قيم pH المقاسة في اليوم الاول	المعاملات الحرارية ومدة الخزن				LSD value
				7 أيام		14 يوماً		
				25°م	50°م	25°م	50°م	
1	313	7.35	7.39	7.32	7.15	7.28	6.71	0.662 NS
2	الوافي	8.5 -6.5	7.68	7.61	7.48	7.57	7.34	0.591 NS
3	الواحة	6.7	7.74	7.69	7.51	7.55	7.38	0.685 NS
4	الكوثر	7.3	8.16	8.11	8.03	8.09	7.82	0.494 NS
5	لؤلؤة	7.5 – 6.8	7.23	7.19	7.05	6.94	6.85	0.602 NS
6	الراوية	7.00	7.45	7.41	7.37	7.39	7.31	0.533 NS
7	رويال	7.5	8.26	8.20	8.14	8.16	8.04	0.492 NS
8	اكوافينا	8.5 -6.5	7.76	7.67	7.53	7.59	7.32	0.517 NS

9	فينيزا	7.3	8.13	8.09	7.92	7.91	7.88	**0.584 NS**
10	نوّار	7.00	7.85	7.79	7.66	7.72	7.58	**0.491 NS**
LSD value			---	0.714 *	0.781 *	0.827 *	0.947 *	---
* (P<0.05) , NS: Non-Significant								

المختبر لنفس القناني في اليوم الأول الذي بلغ 7.74 و8.16 و 8.26 و8.13 ، ومع ذلك بقيت جميع هذه القيم ضمن الحدود المقبولة في المواصفة العراقية التي حددت قيمة pH بين 6.5- 8.5، وقد أشار **Muhamad, *et.al*. (2011)** الى وجود اختلافات في قيم الأس الهيدروجيني المقاسة في المختبر عما مكتوب في بطاقة الدلالة لبعض قناني المياه العراقية في اقليم كردستان، ويعد الأس الهيدروجيني للماء مؤشراً مهماً للتغيرات الكيميائية التي تحدث فيه ويحدد قابليته على الاذابة والتوافر االبايولوجي للمغذيات التي تستخدمها الكائنات الحية كالفسفور والنتروجين والكاربون، أما المعادن الثقيلة كالرصاص والنحاس والكادميوم وغيرها فان قابلية الماء على الاذابة تحدد قابلية تلك العناصر الخطرة على التحرر من مركباتها وبالتالي التسبب بسمّية الماء، ويحدث ذلك عند انخفاض قيمة pH للماء دون المعدلات الطبيعية (6.5) بزيادة درجة الحرارة (**Kale, 2016**).

ويظهر من (الجدول، 3) انخفاض بسيط لقيم الأس الهيدروجيني عند 25°م في المعاملات التي خزنت لمدة 7 أيام و14 يوماً عن قيمته في اليوم الأول، أما عند خزن العينات عند 50°م لمدة 7 أيام و14 يوماً فقد انخفضت قيم pH للماء في جميع العينات وبشكل معنوي لتتراوح بين 7.05 - 8.14 بعد 7 أيام و 6.71 - 8.04 بعد 14 يوماً، كانت هذه النتائج متوافقة مع ما ذكره **Kale (2016)** فكانت قيم pH تنخفض بزيادة درجة الحرارة لقناني المياه المعبأة ففي درجة 25°م تراوحت القيم بين 7.03 – 7.62 وعند 50°م تراوحت بين 6.63 – 6.91، في حين أشار **Cobbina, *et.al*. (2015)** الى ان الأس الهيدروجيني للماء المعبأ في القناني ينخفض بشكل تدريجي بزيادة حرارة الخزن من 20 م الى 85 م ليبلغ 7.43 و 6.02 على التوالي.

يوضح (الجدول، 4) تقدير العناصر الثقيلة لعينات المياه المعبأة في اليوم الأول فور وصولها للمختبر، وقد أظهرت النتائج وجود فروق معنوية عند مستوى دلالة (P<0.05) بين تراكيز العناصر الثقيلة في المعاملات عدا عنصري الانتيمون والنيكل ، ويشير العمود الثاني الى اليمين الى الحدود المقبولة لتراكيز العناصر الثقيلة في مياه الشرب من قبل منظمة الصحة العالمية (**WHO, 2008**) ويلاحظ من النتائج ان تركيز عنصر الانتيمون Sb لم يكشف لعدم وجوده أو لضآلة تركيزه في جميع العينات، وقد أقرت منظمة **(WHO, 2003)** ان الحدود المقبولة لعنصر الانتيمون يجب ان لا تتجاوز 0.006 ملغم/ لتر.

جدول (4): تقدير العناصر الثقيلة (ملغم/ لتر) لعينات قناني المياه في اليوم الأول.

LSD value	ارقام العلامات التجارية										WHO Limit	لعناصر المعدنية
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1		
0.00 NS	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	**0.006**	**Sb**
0.055 *	0.0621	N.D	N.D	0.0219	0.0262	N.D	0.1117	N.D	0.1076	N.D	**0.010**	**Pb**
0.00 NS	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	**0.700**	**Ni**
0.271 *	0.7655	0.8541	0.7742	0.9323	0.6347	0.6440	0.7556	0.7184	0.5045	0.5417	**2.000**	**Cu**
0.367 *	1.5192	1.4078	0.1759	0.1658	1.1524	0.1535	1.0134	1.1167	0.9301	0.9525	**0.500**	**Cr**
0.061 *	0.0218	0.132	0.0126	0.0253	0.0298	0.0112	0.0271	0.0250	0.0177	0.0164	**0.003**	**Cd**
0.459 *	0.4302	0.8291	0.2761	0.3109	0.4120	0.2191	0.7112	0.5103	1.0120	0.3411	**0.300**	**Fe**
* (P<0.05) , NS: Non-Significant. N.D: Not Detected												

وقد أشار **Molaee Aghaee, *et.al*. (2014)** الى وجود الانتيمون بتراكيز تراوحت بين 0.003211- 0.0534 ملغم/ لتر في عينات قناني الماء في العاصمة طهران في اليوم الأول قبل إجراء المعاملات الحرارية عليها، في حين ذكر **Westerhoff, *et.al*. (2008)** ان تراكيز الانتيمون كانت أعلى من الحدود المقبولة عند اليوم الأول من الفحص في بعض قناني المياه بولاية اريزونا الامريكية وتراوحت بين 0.0098 – 0.0232 ملغم/ لتر.

أظهرت النتائج في (الجدول، 4) تراكيز عنصر الرصاص في عينات الماء، إذ خلت العينات 1 و3 و 5و 8 و9 من هذا العنصر، في حين تراوح تركيزه بين 0.0219 - 0.1117 ملغم/ لتر في باقي العينات وهي أعلى من الحدود المقبولة لدى WHO، وقد اشار **Molaee Aghaee, *et.al.* (2014)** الى خلو عينات قناني المياه في دراستهم من الرصاص عند اليوم الاول من الفحص في طهران، كما قامت **amoudi, *et.al.* (2017)** بدراسة الصفات الفيزيائية والكيميائية للمياه المعبأة في مدينة سامراء ووجدو ان تراكيز الرصاص تتراوح بين 0.000-0.027 ملغم/ لتر، وكانت التراكيز لهذا العنصر مرتفعة في المياه المعبأة المحلية مقارنة بالمستوردة وقد يرجع ذلك الى ارتفاع تراكيزه في مصادر المياه المستخدمة في الانتاج. وقد حددت المواصفة القياسية العراقية **(Iraqi standard , 2009)** الخاصة بمياه الشرب 0.010 ملغم/ لتر كحد أعلى لتركيز الرصاص في مياه الشرب، ويدخل الرصاص الى المياه السطحية من المصادر الطبيعية، مياه الشرب توفر ما معدله 10%- 20% من التعرض البشري للرصاص، ونتيجة لخواصه التراكمية والسمية العالية فإن التعرض ولو لتراكيز قليلة منه يسبب العديد من التأثيرات الصحية خاصة لدى الأطفال والرضع والنساء الحوامل الذين هم الأكثر حساسية للتأثيرات الضارة الناتجة من التعرض للرصاص (**AWWA, 2008**).

كانت عينات قناني المياه جميعها خالية من عنصر النيكل في اليوم الأول، كما موضح في (الجدول، 4)، وقد أشار **Khan, *et.al.* (2011)** الى ظهور تراكيز من النيكل تراوحت بين 0.097 – 0.250 ملغم/ لتر في قناني المياه في مدينة بيشاور، أما الدراسة التي أجراها **(Abd El-Salam, *et.al*., 2017)** على قناني المياه في مدينة بنها المصرية فقد وجد عنصر النيكل بتراكيز تراوحت بين 0.019 – 0.023 ملغم/ لتر، وتجدر الاشارة الى ان التركيز المقبول الذي اقرته منظمة WHO لعنصر النيكل في مياه الشرب لايتعدى 0.7 ملغم/ لتر.

أما عنصر النحاس Cu فقد تراوحت تراكيزه في عينات المياه قيد الدراسة بين 0.5045 - 0.9323 ملغم/ لتر على التوالي، وقد كان تركيز النحاس في العينات جميعها ضمن الحدود المقبولة من منظمة WHO (2.000 ملغم/ لتر)، أما الكروم Cr فقد سجل تراكيزاً عالية في معظم العينات 0.9301- 1.5192 ملغم/ لتر عدا ذات الأس 5 و7 و8 فقد كانت تراكيز الكروم فيها 0.1535- 0.1759 ملغم/ لتر ضمن الحدود المقبولة (0.500)، وقد أشار **Abd El-Salam, *et.al*. (2017)** في دراستهم عينات قناني المياه في بنها الى وجود الكروم بتركيز تراوح بين 0.2011 – 2.0321 ملغم/ لتر، أما **Molaee Aghaee, *et.al*., 2014)** فقد ذكر ان تراكيز الكروم في قناني المياه في طهران كانت ضمن الحدود المقبولة 0.1722 – 0.2012 ملغم/ لتر.

تراوحت تراكيز عنصر الكادميوم Cd في عينات قناني المياه قيد الدراسة بين 0.0112 - 0.0271 ملغم/ لتر وكانت جميعها أعلى من الحدود المقبولة التي أقرتها WHO (0.003 ملغم/ لتر)، ان المصادر الرئيسة للكادميوم هي الانشطة الصناعية، إذ يستخدم المعدن على نطاق واسع في الطلاء الكهربائي والأصباغ والبلاستيك والمثبتات وصناعات البطاريات وان سوء ادارة النفايات أحد أخطر العوامل في تراكم هذا العنصر وغيره من العناصر الثقيلة في التربة وبالتالي يتسرب بوساطة مياه الامطار الى الانهار ويلوثها **(Momodu and Anyakpra, 2010)**، أشارت الدراسات التي قام بها **(Okparaocha, *et.al*.,** في بيشاور و **(Khan, *et.al*., 2011)** في غانا الشمالية و **(Cobbina, *et.al*., 2015)** **2016)** في جنوب نيجيريا الى وجود تراكيز من الكادميوم في قناني المياه في تلك البلدان بلغت 0.019- 0.027 و 0.002- 0.071 و 0.001- 0.008 ملغم/ لتر على التوالي، في حين كانت عينات قناني المياه خالية من الكادميوم في دراسات **(Abd El-Salam, *et.al*., 2017; Molaee Aghaee, *et.al*., 2014)** في طهران وبنها على التوالي. يؤثر الكادميوم على الجهاز العصبي، ويسبب تلف الحمض النووي، وعرقلة في عمل النظام المناعي للجسم ويعزز تطور السرطان. ويمكن أيضا أن يسبب أمراض أخرى تشمل فقدان حاسة الشم والذوق، وتليف الكبد، وأمراض الجهاز التنفسي العلوي، وضيق في التنفس، ألم الظهر، ارتفاع ضغط الدم، وأمراض القلب والأوعية الدموية **(Rajappa *et al*., 2010)**.

أظهرت نتائج الدراسة الحالية ان تراكيز عنصر الحديد Fe تراوحت بين 0.2191 ملغم/ لتر في العينة رقم 5 و 1.020 ملغم/ لتر في العينة 2 وقد كانت تراكيز الحديد في معظم العينات عدا 5 و 8 أعلى من الحدود المقبولة التي حددتها WHOوالمواصفة القياسية العراقية 417 لسنة 2009 والتي تبلغ 0.3 ملغم/ لتر،وفي دراسة قام بها **Razuki and AL-Rawi (2010)** لعينات من المياه المعبأة المحلية والمستوردة وجدا ان تراكيز الحديد تتراوح بين 0.00 – 0.145 ملغم/ لتر، وان تراكيز الحديد في المياه المعبأة المحلية كان اعلى منه في المستوردة بصورة ملحوظة، وقد عزوا ذلك الى زيادة تراكيز الحديد في المياه المستخدمة في الانتاج نتيجة تأثر مصادر المياه السطحية بالأمطار وغسل التربة ودخول كميات اضافية من الحديد الى مجرى المياه فضلاً عن التلوث الذي قد ينتج أثناء مراحل تنقية وتعبئة المياه من الخزانات والانابيب وغيرها، ووجدت **Hamoudi, *et.al.* (2017)** ارتفاع تراكيز عنصر الحديد في بعض العلامات التجارية للمياه المعبأة في مدينة سامراء اذ تراوحت بين 0.0-4.3 ملغم/ لتر في حين بلغ تركيز العنصر في مياه الشرب العادية 6.7 ملغم/ لتر، وقد أشار كل من **Khan, *et.al.* (2011)** في بيشاور و **Abd El-Salam, *et.al*. (2017)** في مصر الى ان تراكيز الحديد في عينات المياه المعبأة بلغت 0.052 ملغم/ لتر و 0.201 ملغم/ لترعلى التوالي وكانت ضمن الحدود المقبولة، في حين

كانت أعلى من تلك الحدود في دراسات **(Molaee Aghaee, *et.al*., 2014)** في طهران و **Mebrahtu and (Zerabruk, 2011)** في شمال اثيوبيا فبلغت 0.5177 ملغم/ لتر و 0.4831 ملغم/ لتر على التوالي.

يوضح (الجدول، 5) تقدير العناصر الثقيلة لعينات المياه المعبأة في اليوم الرابع عشر من الخزن بدرجتي 25م و50م، ويلاحظ من النتائج وجود فروق معنوية عند مستوى دلالة ($P<0.05$) بين العناصر الثقيلة في المعاملات عدا عنصر الانتيمون الذي يلاحظ ان تركيزه في جميع العينات المخزونة عند 25°م وكذلك 50°م كان صفراً أو أدنى من الحدود التي يمكن الكشف عنه فيها ، وقد أقرت منظمة **(WHO, 2003)** ان الحدود المقبولة لعنصر الانتيمون يجب ان لا تتجاوز (0.006 ملغم/ لتر) ، وقد يعود ذلك الى خلو تلك العينات من الانتيمون أو عدم تحسس الجهاز لها لقلة تركيز العنصر فيها، وتطابقت هذه النتائج مع ماذكره **(Abd El-Salam, *et al*., 2017)** حول خلو عينات قناني المياه في مدينة بنها المصرية من عنصر الانتيمون، في حين أشار **Molaee Aghaee, *et.al.* (2014)** الى ظهور تراكيز من الانتيمون في عينات المياه في مدينة طهران وصلت الى 0.6453 و 1.4101 ملغم/ لتر عند الخزن بدرجتي حرارة 25م و 60 م على التوالي، وأكد **Westerhoff, *et.al.* (2008)** ان لدرجات الحرارة المرتفعة والتي تزيد عن 60°م تأثير واضح في هجرة عنصر الانتيمون من البلاستيك الى الماء في القنينة لتكون تراكيز العنصر عند 25°م 0.3154 ملغم/ لتر وترتفع هذه النسبة بارتفاع الحرارة الى 60°م لتصل الى 0.6652 ملغم/ لتر، وقد أشارت الدراسات (**Shotyk and Krachler, 2007 *et.al.*** **(Westerhoff, *et.al* 2008 ; Molaee Aghaee, 2014;** الى ان عنصر الانتيمون يبدأ بالانتقال او الهجرة من مركباته المرتبط بها في القناني البلاستيكية الى الماء عند درجات حرارة تبدأ من 60°م فما فوق.

جدول (5): تقدير العناصر الثقيلة (ملغم/ لتر) لعينات قناني المياه بعد 14 يوماً من الخزن بدرجتي حرارة 25 م و50 م

LSD value	ارقام العلامات التجارية										درجات حرارة الخزن	العناصر الثقيلة
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0.00 NS	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	25°م	Sb
0.00 NS	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	50°م	
0.108 *	0.2135	0.210	0.0175	0.3521	0.0173	0.1357	0.1581	0.0102	0.0158	0.1351	25°م	Pb
0.248 *	1.2133	0.5565	1.2532	0.6436	0.1221	1.6140	0.6013	0.1022	0.0731	0.8311	50°م	
0.194 *	0.1810	0.1022	0.1603	0.1551	0.1752	0.3122	0.5355	0.2157	0.1991	0.4012	25°م	Ni
0.163 *	0.5974	0.1948	0.3506	0.3663	0.2857	0.5578	0.7143	0.4351	0.3921	0.8311	50°م	
0.289 *	0.9831	0.8732	0.9371	0.8818	0.9542	1.5063	1.4431	0.9550	0.9891	0.9513	25°م	Cu
1.042 *	2.8130	1.1174	1.2130	1.8913	1.5522	3.6291	3.8402	1.4566	2.9533	3.2532	50°م	
0.527 *	1.5331	1.7537	1.9176	2.0199	1.9923	1.8662	1.7544	1.2053	1.5733	2.1046	25°م	Cr
0.833 *	2.8511	2.9700	2.8971	3.7850	3.2552	2.8250	2.5011	1.6751	2.7452	3.5513	50°م	
0.079 *	0.1552	0.1344	0.1347	0.1527	0.1952	0.1569	0.1334	0.1205	0.0181	0.1933	25°م	Cd
0.461 *	0.7062	0.4336	1.4496	1.3009	1.5239	1.8124	1.4248	1.3664	1.7357	1.9571	50°م	
0.583*	0.9744	0.4721	1.1233	0.9112	0.8601	0.7865	1.0034	0.7822	1.0754	1.0098	25°م	Fe
0.792 *	1.5233	1.9571	2.0101	1.5572	1.8797	1.5442	2.0211	1.0172	2.0015	2.0281	50°م	

* ($P<0.05$) , NS: Non-Significant. N.D: Not Detected

سجلت عينات قناني الماء قيد الدراسة ارتفاعاً واضحا في تراكيز عنصر الرصاص بعد الخزن لمدة 14 يوماً بدرجتي حرارة 25 م و50 م فبلغت 0.0102 – 0.3521 ملغم/ لتر و 0.1022 – 1.6140 ملغم/ لتر على التوالي للدرجتين الحراريتين، وكانت تراكيز الرصاص أعلى من الحدود المقبولة في المواصفة العراقية 0.010 ملغم/ لتر ، وقد أشارت دراسات عديدة **(Molaee Aghaee, *et.al*., 2014 ; Okparaocha, ; Mebrahtu and Zerabruk, 2011; Cobbina, *et.al*., 2015*et. al*., 2016)** الى ارتفاع تركيز الرصاص في عينات قناني المياه المخزونة لمدة 10 – 15 يوماً بدرجات حرارة تراوحت بين 30 و50 مئوية فبلغت تراكيز الرصاص لعينات الدراسات السابقة الذكر 0.7501 و 0.7915 و 0.8302 و 0.5915 ملغم/ لتر على التوالي.

بالرجوع (للجدول، 5) نلاحظ ارتفاع تراكيز عنصر النيكل Ni وفي درجتي حرارة الخزن 25 م و50 م لتبلغ حدوداً تراوحت بين 0.1022 – 0.5355 و 0.1948 – 0.8311 ملغم/ لتر على التوالي، وكانت جميع هذه النسب ضمن الحدود المقبولة (0.700 ملغم/ لتر) عند درجة حرارة 25 م، في حين ارتفعت تراكيز النيكل ارتفاعاً طفيفا في العينات 7 و10 اعلى من الحدود المقبولة عند الخزن بدرجة حرارة 50 م لتبلغ 0.7143 و0.8311 ملغم/ لتر على التوالي، مع بقاء تراكيز النيكل لباقي العينات ضمن الحدود المقبولة، وقد اتفقت هذه النتائج مع ما ذكره كل من **Molaee *et.al*., 2014) (Abd El-Salam, *et al*., 2017 ; Khan, *et. al*. , 2011 ; Aghaee,** إذ كانت تراكيز النيكل 0.5721 و 0.2925 و 0.1322 ملغم/ لتر على التوالي في عينات المياه المعبأة ضمن الحدود المقبولة بعد الخزن بدرجات حرارة دون 50 م.

تراوحت تراكيز عنصري النحاس والكروم عند الخزن بدرجة حرارة 25 م لمدة 14 يوماً بين 0.8818 – 1.5063 ملغم/ لتر للنحاس و 1.2053 – 2.1046 ملغم/ لتر للكروم، وقد كانت تراكيز النحاس لجميع العينات المدروسة ضمن الحدود المقبولة (2.000 ملغم/ لتر) في حين ارتفعت تراكيز الكروم عن الحدود المقبولة (0.500 ملغم/ لتر) في جميع العينات، وعند درجة حرارة 50 م تراوحت تراكيز النحاس بين 1.1174 – 3.8402 ملغم/ لتر ليكون تركيزه في العينات 1 و 6 و 9 و10 أعلى من الحدود المقبولة، وسجلت تراكيز الكروم ارتفاعاً كبيراً عند 50°م فبلغت 1.6751 – 3.7850 ملغم/ لتر ، وقد أشار **Molaee Aghaee *et.al.* (2014)** الى ارتفاع تركيز النحاس في قناني المياه في طهران عند الخزن لعشرة ايام بدرجة حرارة 60 م لتبلغ 3.4041 ملغم/ لتر ، في حين تراوح تركيز النحاس بين 0.5011 ملغم/ لتر - 0.9213 وهو ضمن الحدود المقبولة في دراسة **(Abd El-Salam, *et. al.*, 2017)** وأشار **(Mebrahtu and Zerabruk 2011)** في دراستهما الى خلو عينات المياه المعبأة في شمال اثيوبيا من النحاس، وقد ارتفعت تراكيز الكروم في دراسات **(Mebrahtu and Zerabruk, 2011 ; (Abd El-Salam, *et. al.*, 2017)** عن الحدود المقبولة لتصل الى 2.001 و 1.5810 ملغم/ لتر.

أظهرت نتائج الدراسة ارتفاعاً واضحاً في تراكيز عنصر الكادميوم Cd في عينات المياه المعبأة بعد خزنها بدرجتي حرارة 25 م و 50 م لمدة 14 يوماً لتتجاوز الحدود المقبولة (0.003) ملغم/ لتر لتتراوح تراكيز الكادميوم بين 0.0181 – 0.1952 ملغم/ لتر عند 25°م و 0.4336 – 1.9571 ملغم/ لتر عند 50°م ، اتفقت هذه النتائج مع ماوجده **(2015) *et.al.*** **Cobbina, و (2011) Mebrahtu and Zerabruk** اللذين اشارو الى ارتفاع تركيز الكادميوم في عينات المياه المعبأة عند الخزن لمدة 10 – 15 يوماً بدرجات حرارة دون 60 م ليبلغ تركيز العنصر 0.7860 و 1.4012 ملغم/ لتر على التوالي للدراستين ، في حين خلت عينات المياه المعبأة في دراسات **(Molaee Aghaee *et.al.*, 2014) ; Abd El-Salam, *et al.*, 2017)** من عنصر الكادميوم.

سجلت تراكيز عنصر الحديد Fe نسباً مرتفعة في جميع العينات قيد الدراسة بعد 14 يوماً لتبلغ 0.4721 – 1.1233 ملغم/ لتر عند 25°م لترتفع الى معدلات تراوحت بين 1.0172 – 2.0281 ملغم/ لتر عند 50°م، وقد اتفقت هذه النتائج مع ماوجده **Molaee Aghaee *et.al.* (2014)** في طهران إذ بلغت نسبة الحديد 2.4041 ملغم/ لتر، ودراسة **(Okparaocha, *et. al.*, 2016)** في نيجيريا التي كان تركيز الحديد في المياه المعبأة 1.8801 ملغم/ لتر، في حين كانت تراكيز هذا العنصر ضمن الحدود المقبولة (0.3 ملغم/ لتر) في دراسات **(Abd El-Salam, *et al.*, 2017)** في مصر و **(Khan, *et. al.* , 2011)** في بيشاور بتراكيز بلغت 0.1255 و 0.3122 ملغم/ لتر على التوالي.

الأستنتاجات Conclusions

أظهرت نتائج الدراسة ان تعرض قناني المياه المعبأة لدرجات حرارة تقترب من 50° م وأكثر أدت الى انخفاض قيمة pH للماء مع استمرار الخزن، وقد سجلت جميع المعادن الثقيلة (عدا الأنتيمون) تراكيز أعلى من الحدود المقبولة التي أقرتها منظمة الصحة العالمية WHO والحدود اتي وضعتها المواصفة القياسية العراقية الخاصة بمياه الشرب خاصةً بعد الخزن بدرجات حرارة تصل الى 50° م لمدة اسبوعين مما يدل على انتقال بعض الملوثات المعدنية من قناني المياه المصنوعة من مادة PET الى المياه المعبأة.

التوصيات Recommendations

1. ضرورة قيام الجهات الرقابية بمتابعة معامل تعبئة المياه ومخازن بيع الجملة ومحلات التجزئة لضمان تطبيق الشروط الصحية في تصفية وتعقيم وتعبئة ونقل وخزن مياه الشرب المعبأة.
2. نشر الوعي الصحي لدى المستهلكين حول ضرورة عدم استعمال المياه المخزونة في أماكن حارة ومشمسة لفترات طويلة.

المصادر References

i. Abd El-Salam, S. S., Amer, M. M., Nasr-Eldin, M. M., Radwan, M. M. & Abo taleb, S. H. (2017). Physical-chemical and bacteriological evaluation of river Nile water and drinking water in Benha city, Egypt. *Egyptian Journal of Botany*, 57(3), 495-506.

ii. American Public Health Association (APHA) (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21St ed., American public health association, Washington, D.C., USA. 1-16.

iii. AWWA. (2008). *Lead Fact Sheet*. American Water Work Association, Office of Public Affairs, USA. 2.

iv. Cheng, X., Shi, H., Adams, C. & Ma, Y. (2010). Assessment of metal contaminations leaching out from recycling plastic bottles upon treatments. *Environmental Science and Pollution Research*,17, 1323-1330.

v. Cirillo, T., Fasano, E., Esposito F., Del Prete, E. & Amodio Cocchieri, R. (2013). Study on the influence of temperature, storage time and packaging type on di-n-butylphthalate and di(2-ethylhexyl)phthalate release into packed meals. *Food Additives and Contaminants*, Part A, 30(2), 403-411.

vi. Cobbina, S. J., Duwiejuah, A. B., Quansah, R., Obiri, S. & Bakobie, N. (2015). Comparative assessment of heavy metals in drinking water sources in two small-scale mining communities in Northern Ghana. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12, 10620-10634.

vii. Commission Regulation (EU). *No 10/2011 of 14 January 2011 on Plastic Materials and Articles Intended to Come into Contact with Food*.

viii. Hamoudi, A. H. M., Khalaf, A. T. & Abood, J .N. (2017). The study of microbial contaminants and some physical and chemical characteristics of the bottled water circulating in Samarra city and comparing with ordinary water. *Tikrit Journal of Pure Science*, 22(5), 73-81.

ix. Hasbiyana. A. (2008). *The Determination of Heavy Metals in Tap Water by Using Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS). Ph.D. Thesis, University of Technology MARA, Shah Alam, Malaysia.

x. Iraqi Standard No. 417. (2009). *Drinking Water*. Central Organization for Standardization and Quality Control, Ministry of Planning, Republic of Iraq.

xi. Kale, V. S. (2016). Consequence of temperature, pH, turbidity and dissolved oxygen water quality parameters. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, 3(8), 186-190.

xii. Khan, Sh. A., Uddin, Z. & Zubair, A. (2011). Levels of selected heavy metals in drinking water of Peshawar City. *International Journal of Science and Nature*, 2(3), 648-652.

xiii. Leber, A. P. (2001). Human exposures to monomers resulting from consumer contact with polymers. *Chemico-Biological Interactions*, 3, 215-220.

xiv. Mebrahtu, G. & Zerabruk, S. (2011). Concentration of heavy metals in drinking water from Urbanareas of the Tigrayregion, Northern Ethiopia. *Momona Ethiopian Journal of Science*, 3(1), 105-121.

xv. MolaeeAghaee, E., Alimohammadi, M., Nabizadeh, R., khaniki, G. J., Naseri, S., Mahvi, A. H., Yaghmaeian, K., Aslani, H., Nazmara, SH., Mahmoudi, B. & Ghani, M. (2014). Effects of storage time and temperature on the antimony and some trace element release from polyethylene terephthalate (PET) into the bottled drinking water. *Journal of Environmental Health Science & Engineering*, 12, 133-140.

xvi. Momodu, M. A. & Anyakpra, C. A. (2010). Heavy metal contamination of ground awter: the surulere study. *Research Journal of Environmental and Earth Science*, 2(1), 39-43.

xvii. Muhamad, S. G., Esmail, L. S. & Hasan, S. H. (2011). Effect of storage temperature and sunlight exposure on the physicochemical properties of bottled water in Kurdistan region-Iraq. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 15(1), 147-154.

xviii. Nunes, F. S., Sant'Ana, A. S. & Cruz, A. G. (2008). Commercialization conditions and practices influence the microbiological quality of mineral waters. *Journal of Food Protection*, 71, 1253-1257.

xix. Okparaocha, F. J., Oyeleke, P. O. & Abiodun, O. A. (2016). Determination of heavy metals in public tap water in Ibadan Metropolis, Southwestern Nigeria. *American Chemical Science Journal*, 15(4), 1-9.

xx. Pocas, F. M. & Hogg T. (2007). Exposure assessment of chemicals from packaging materials in foods: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 18, 219-230.

xxi. Rajappa, B., Manjappa, S. & Puttaiah, E. T. (2010). Monitoring of heavy metal concentration in groundwater of Hakinaka Taluk, India. *Contemporary Engineering Sciences*, 3(4), 183-190.

xxii. Razuki, S. M. M. & AL-Rawi, M. A. (2010). Study of some physiochemical and microbial properties of local and imported bottled water in Baghdad City. *Iraqi Journal for Market Researches and Consumer Protection Center*, 2(3), 75-103.

xxiii. (SAS) Statistical Analysis System. (2012). *User's Guide. Statistical*. Version 9.1th ed., SAS. Inst. Inc. Cary. N.C. USA.

xxiv. Shotyk, W. & Krachler, M. (2007). Contamination of bottled waters with antimony leaching from polyethylene terephthalate (PET) increases upon storage. *Environmental Science & Technology*, 41, 1560-1563.

xxv. United States Environmental Protection Agency (US EPA). (2007). *Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry*. Method 200.7, Cincinnati, Ohio, U.S.

xxvi. Venieri, D., Vantarakis, A., Komninou, G. & Papapetropoulou, M. (2005). Microbiological evaluation of bottled non-carbonated ("still") water from domestic brands in Greece. *International Journal of Food and Microbiology*, 107, 68-72.

xxvii. Westerhoff, P., Prapaipong, P., Shock, E. & Hillaireau, A. (2008). Antimony leaching from polyethylene terephthalate (PET) plastic used for bottled drinking water. *Water Research*, 42, 551-556.

xxviii. Whitt, M., Brown, W., Danes, J. E. & Vorst, K. L. (2015). Migration of heavy metals from recycled polyethylene terephthalate during storage and microwave heating. *Journal of Plastic Film and Sheeting*, 32(2), 23-27.

xxix. Whitt, M., Vorst, K., Brown, W., Baker, S. & Gorman, L. (2016). Survey of heavy metal contamination in recycled polyethylene terephthalate used for food packaging. *Journal of Plastic Film & Sheeting*, 0(0), 1-11.

xxx. WHO. (2003). *Guidelines for Drinking-Water Quality*. Antimony in Drinking-Water, World Health Organization, Geneva.

xxxi. WHO. (2008). *Guidelines for Drinking Water Quality*. World Health Organization, Geneva.

xxxii. Yousefi, Z., Enayati, A. & Mohammad. R.(2009). Parasitic contamination of wells drinking water in Mazandaran Province. *Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 6, 241-246.