Desalination and Water Treatment
www.deswater.com
doi: 10.5004/dwt.2020.25496

جمعية علوم وتقنية المياه
Water Sciences and Technology Association

قياس تركيز البرومات في مياه الشرب المعبأة في أسواق السلطنة

التحديات والحلول في المصانع

سعيد بن علي الشبلي، فاطمة بنت يوسف العريمية، متعب بن راشد المعمري

دائرة الرقابة الغذائية بوزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه- قسم الصناعات الغذائية والتراخيص، البريد الالكتروني: alaraimi-aa@hotmail.com

الملخص

يلجأ أغلب الناس في البلدان المتقدمة الى استخدام مياه الشرب المعبأة في حياتهم باعتبار أن الماء شريان الحياه وكذلك يتم استخدامه في الطبخ باعتقادهم بأنه أكثر أماناً وعالي الجودة وأنه أفضل من مياه الشبكة الذي توفره الحكومة أو الشركات، لذلك انتشرت مصانع ومعامل تعبئة مياه الشرب في قوارير بلاستيكية أو زجاجية وبأحجام وأشكال مختلفة وتشرف على هذه المصانع الجهات الرقابية في السلطنة للتأكد من التزامها بكافة الاشتراطات الصحية للمصانع ومراقبة سلامة و جودة هذه المنتجات لعدم الإضرار بصحة المستهلك، حيث في حالة عدم الالتزام لا تتردد الجهات المختصة باتخاذ الإجراءات اللازمة لردع المخالف بأشد العقوبات وقد تتطرق الإجراءات الى غلق المنشأة. وقد ظهرت مع التقدم والتطور في مجال تعقيم المياه أن لجات الكثير من المصانع الى استخدام محاليل الهيبوكلورايت والبعض استخدام الاوزون لتعقيم مياه الشرب ومنها قد ظهرت إملاح البرومات في مياه الشرب ولكثرة ما أُثير حول الاشتباه بقدرة مادة البرومات في التسبب بالسرطان، فقد عمدت الكثير من الجهات الرقابية في البلدان في العالم على تحديد تركيز وجود هذه المادة في مواصفات مياه الشرب المعبأة لديها على أن لا تزيد عن ٠١ جزء بالمليون، ومن منطلق التأكد من صحة وسلامة المنتجات المتداولة في الأسواق للاستهلاك الآدمي حسب المواصفات والمقاييس المعتمدة ، فقد تطرقت هذه الدراسة الى قياس نسبة تركيز البرومات في مياه الشرب المعبأة في أسواق السلطنة من المنتجات المستوردة والمحلية خلال ثلاثة أشهر، وتم التركيز خاصة على المياه المعبأة محلياً ليتم التأكد من مدى مطابقة العناصر الموجودة في المياه للحدود المسموح بها حسب المواصفة القياسية لمياه الشرب المعبأة (GSO 1025-2014) وبالتحديد عنصر البرومات، حيث تم سحب عينات عشوائية لمنتجات مختلفة من المياه وبتواريخ صلاحية مختلفة وبأحجام مختلفة خلال فترة الدراسة وتحليلها في مركز المختبرات للأغذية والمياه التابع للوزارة خلال عام ٨١٠٢م وأظهرت النتائج مطابقة جميع العينات للمواصفة القياسية لمياه الشرب المعبأة لجميع أنواع المنتجات المستوردة والمحلية التي وقعت تحت نطاق الحدود المسموح بها من تراكيز البرومات، حيث كانت جميعها أقل من (٠١ميكروجرام/ لتر)، وبالتالي التأكد من خلو أسواق السلطنة من منتجات المياه المخالفة والغير مطابقة لحدود البرومات حسب المواصفة القياسية، ومنها تم التطرق الى التحديات التي تواجه المختصين على الرقابة على مصانع مياه الشرب والحلول المقترحة لتلك التحديات، حيث كانت أهم التوصيات عدم توزيع المنتجات في الأسواق قبل التأكد من مطابقتها للمواصفات المعتمدة وتوفير الكادر المختص بالمختبرات التابعة للمصانع وتفعيلها، وتطبيق أنظمة تحليل المخاطر ونقاط التحكم الحرجة (HACCP) ونظام ايزو ٠٠٢٢.

الكلمات الدالة: برومات؛ المواصفة القياسية (GSO 1025-2014)؛ الرقابة الغذائية ٨١٠٢؛ تحديات وحلول

١. المقدمة

تعجزم عاملامن الله عدوأ ،قلاخلعجزات امبها ريثكلامن اهيف امبة يضرالأ قركللى اع ةيحلت ائناكلا ةيوبح ةيمهأ هنم تعلج يتلا ةديرفلا صئاصخلاورراسالأ ىلاعت امل ،نانسنالإله من تانيتوبرلاو اتردبهوبركلت ائيزج ريسكت في ايساسأ أرود بلعي هذأ اكم ،مجسلاب ةدعدتم فئاظوولهه ديعدلامن ىذلا نانسنلإل ةيصحلوائد افلا جاتحيمن ٢-٣ ايموي عام رتلة حيث أكثر شيعيلا هنكل هاعط نودب رأهشش يعيل نأ نانسنلإل نكميمن ،عام نودب عبوسأقال اتواسملا نا أورفكن يذلر ايملو))أ .)ء: ٣٠ايبنالا( ))نانومؤيي أفلاحي ءشلء كاملا نم املعنجو امهانتقفا اقتر اتناك ضرالاو

صواخلا نوكتيء املء ايزجومن ذرة لكب ذاجتة هنمو ،نيجورديهي ترذبة يمهاستطقبرابطقترم نيأكسجذرة ءاملء ايزج في نيجورديهمع ذرة في نيأكسج عنوبروامجلء ايجزلامن ،ةينيجورديهلطة ابرالة ايلءقطليئ يابرهكلا بذاجتلاحيث ةينيجورديهلاو ةيمهاستلا طباورلعد اتبين ةلوسؤم ءاملت ائيزجعن

Presented at the 13th Gulf Water Conference – Water in the GCC: Challenges and Innovative Solutions. 12–14 March 2019, Kuwait

1944-3994/1944-3986 © 2020 Desalination Publications. All rights reserved.

الفريدة للماء. مصادر المياه على الارض إما سطحية أو جوفية [١]، ومع التطور الكبير في مجال العلوم والتقنيات واكتشاف العلاقة بين مياه الشرب وبعض الأمراض السائدة، فقد حدث تطور سريع في مجال تقنيات المعالجة حيث أضيفت العديد من العمليات التي تهدف بشكل عام إلى الوصول الى أعلى الدرجات من النقاوة، بحيث تكون خالية من العكارة وعديمة اللون والطعم والرائحة ومأمونة الاستخدام من النواحي الكيميائية والبيولوجية.

تتعدد مراحل معالجة المياه وتنقيتها الى التنقية الذاتية والترسيب والترشيح والتعقيم، وبما أن الترشيح لا يقوم بالتخلص من جميع البكتيريا لذلك يستلزم تعقيمها بعد الترشيح ضماناً لسلامتها من الناحية الصحية، ولقد استخدم في تعقيم المياه وسائل مختلفة منها الفيزيائية والكيميائية [٢]، حيث يعتبر (التسخين والغليان) أو استخدام الأشعة فوق البنفسجية من الطرق الفيزيائية. أما بالنسبة لطرق التعقيم الكيميائية التي تعتمد على إضافة بعض المواد مثل الكلور أو الهيبوكلوريت البروم أو ثاني أكسيد الكلور أو الكلورامين أو اليود أو الاوزون [٢].

الأوزون هو غاز يتكون من ثلاث ذرات أوكسجين تحمل الصيغة الكيميائية O_3، وهو غاز نشط وشفاف يميل الى اللون الازرق حيث يوجد في الطبقات العليا في طبقة الستراتوسفير، بفعل سلسلة من التفاعلات بين الأكسجين الجزيئي والذري ليتكون جزيء الاوزون O_3 بالشكل الطبيعي ثم يتفكك بواسطة الاشعة فوق البنفسجية التي تكسر الرابطة التساهمية الثنائية الموجودة في جزيء الأكسجين وتستمر سلسلة التفاعلات بشكل متوازن للحفاظ على نسبة الاوزون في الطبقات العليا [٣]. أما تجميع الاوزون صناعياً للاستفادة منة يتم باستخدام جهاز يقوم بتمرير الهواء على تيار كهربائي بعد التخلص من الغبار والرطوبة منه فيتحول الهواء الى غاز الأكسجين وبتفاعل ذرة الأكسجين مع جزيء الأكسجين يتكون جزيء الأوزون. ويعتبر غاز الأوزون غالي التكلفة لأنه سريع التفكك ولا يمكن تخزينه وهو مادة مؤكسدة قوية، وأيضاً يعتبر التعقيم بالأوزون من أكثر طرق التعقيم فعالية حيث يقضي على الفيروسات والجراثيم والطفيليات وغيرها من مسببات الامراض [٤]. ومن المشاكل المرتبطة بالتعقيم بواسطة الاوزون وجود البرومات في المياه وذلك عند وجود عنصر البروميد في التربة وخلال مرور الماء عبره فإنه يصبح كأحد مكونات الماء الطبيعية من الأملاح وخلال عملية التعقيم بالأوزون يتحد البروميد وجزيء الأوزون ويتكون البرومات بالصيغة الكيميائية BrO_3 ويزداد تكونها بزيادة قلوية الماء [٥] وزيادة درجة الحرارة [٦، ٧] وزمن المعاملة به والتركيز [٨]. وبما أن المعالجة بالأوزون تحتاج الى أجهزة متطورة لحقن الاوزون بالماء بكمية معينة وحيث أن بعض الشركات تحقنه بشكل عشوائي وذلك يسبب التفاعل بينه وبين البروميد وتكون البرومات وبالتالي تزيد نسبته عن الحد المسموح به حسب المواصفات المعتمدة. وأيضاً يمكن تكون البرومات في الماء خلال عملية التطهير بمحاليل الهيبوكلوريت [٩] وذلك عند وجود البروميد في المواد الاولية عند مراحل تطهيره، وكذلك عند وجود ثاني أكسيد الكلور والضوء في الماء يتكون البرومات [١٠، ١١]، حيث أثبتت الدراسات أن استخدام الاوزون في عملية تعقيم مياه الشرب واحتمالية تكون البرومات به، فإن جرعة البرومات المحتملة للإنسان تتراوح بين ٠٢١ الى ٠٨١ مايكروجرام /يوم [٢١]، وكذلك هناك العديد من الدراسات في هذا المجال حيث تم إعطاء فئران التجارب نوع F344 مياه شرب تحتوي على برومات البوتاسيوم بجرعات معينة يومياً لمدة ٠١١ أسبوع، حيث ثبتت الدراسة حدوث الاورام الكلوية وأورام الغدة الدرقية بنسب مختلفة بين الفئران الإناث والذكور حسب الجرعات المسجلة [٣١]. ولكن لا توجد أدلة كافية تثبت العلاقة بين البرومات في مياه الشرب وتسببها بحدوث هذه الاورام على الإنسان، ومع ذلك فان خطورة هذه المادة على صحة الانسان أتت من الدراسات التي أجريت على حيوانات التجارب (الفئران والجرذان) ولم يتم تجاهل النتائج من قبل المنظمات الدولية وتم وضع مواصفات ومقاييس دولية ومحلية لتحدد المواصفات والحدود المسموح بها في مياه الشرب المعبأة بحيث لا تزيد عن ٠١ مايكروجرام لكل لتر.

تم تصنيف البرومات على أنه مسرطن بشري محتمل ومن النوع (group 2B) من قبل الوكالة الدولية لأبحاث السرطان [٤١] على أساس وجود الادلة الكافية على حيوانات المختبر، مع عدم وجود الأدلة الكافية على البشر. وتمثلت أعراض التسمم المباشر عن طريق الفم بأملاح البرومات بحدوث التقيؤ، الغثيان، آلام في البطن، احتباس البول، إسهال، ودرجات مختلفة من التأثير على الجهاز العصبي المركزي والصمم والفشل الكلوي [٥١]. ومعظم هذه الأعراض قابلة للشفاء، وهناك بعض الأعراض الغير قابلة للشفاء منها الصمم والفشل الكلوي الذي تم تسجيله عند التعرض لجرعات بين ٠٤٢-٠٠٥ مليجرام من برومات البوتاسيوم لكل كيلوجرام من وزن الجسم، ٥٨١-٥٨٣ مليجرام من البرومات لكل كيلوجرام من وزن الجسم [٦١].

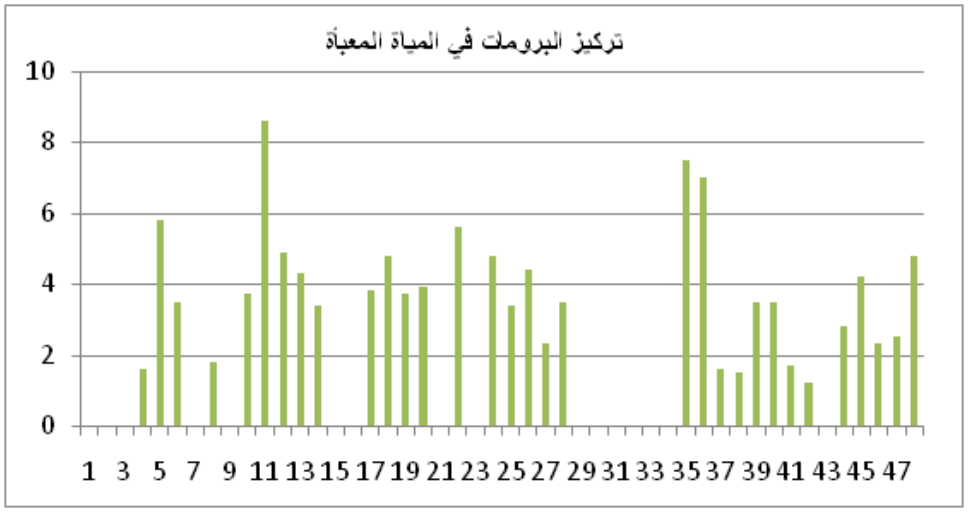
الغرض من هذه الدراسة هو دراسة تركيز البرومات الموجودة في مياه الشرب المعبأة في أسواق السلطنة لكل منتج محلي ومستورد ومعرفة مدى مطابقتها للحدود المسموح بها للمواصفات القياسية لمياه الشرب المعبأة (GSO 1025-2014)، للتأكد من مأمونيتها للاستهلاك الآدمي خلال فترة الدراسة.

٢. المنهجية

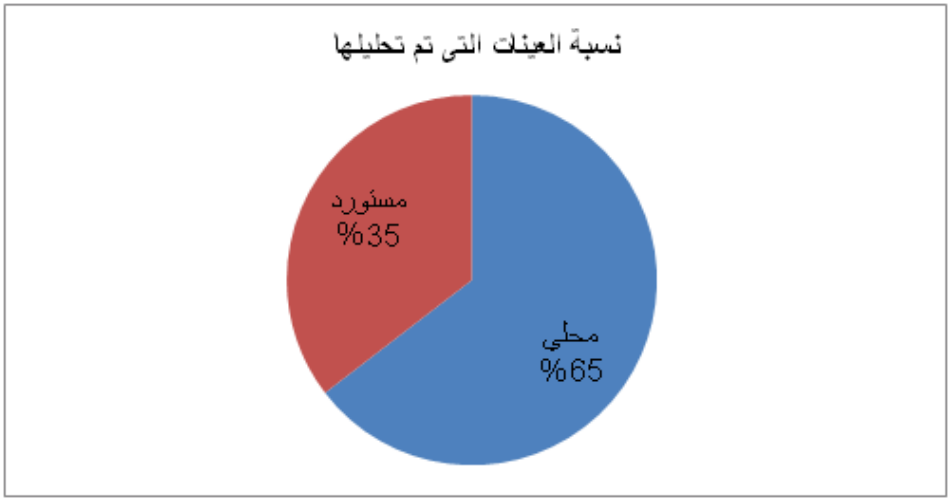
تم سحب عينات مياه الشرب المعبأة من الاسواق المحلية بأنواع وأحجام مختلفة من قبل المختصين وإرسالها الى (مركز مختبرات الأغذية والمياه) لعمل التحاليل من قبل المختصين والفنيين بالمختبر وفق المواصفة القياسية المعتمدة لمياه الشرب المعبأة (GSO 1025-2014)، وتم اعتماد النتائج بحيث تكون الحدود القصوى لتركيز البرومات في مياه الشرب المعبأة لا تتعدى ٠١ مايكرو جرام لكل لتر كناتج من نواتج التطهير وتم استخدام طريقة التبادل الايوني في التحليل باستخدام جهاز (ion chromatography).

٣. النتائج والمناقشة

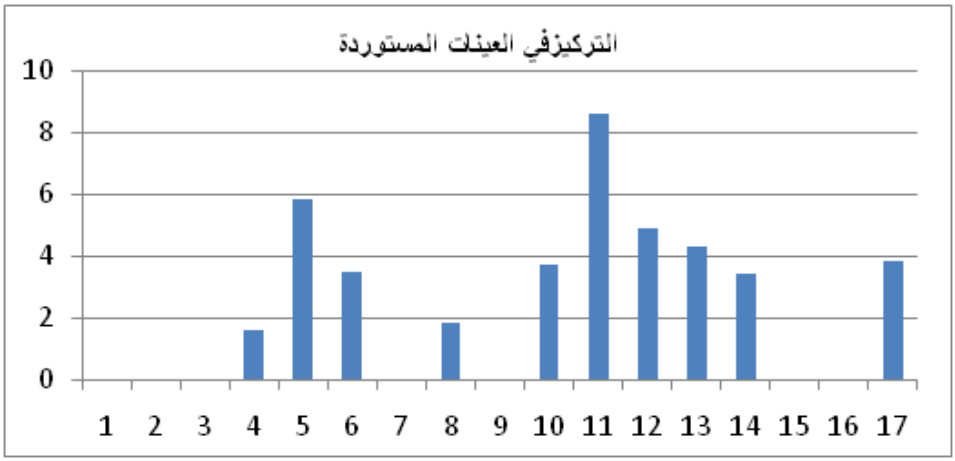
تشير النتائج إلى تفاوت في تراكيز البرومات وجميعها تقع ضمن الحدود المسموح بها ولا تزيد عن (٠١ميكروجرام/لتر) حسب المواصفة القياسية لمياه الشرب المعبأة (GSO 1025-2014) التي أوضحت في جدول المكونات الكيميائية التي تستعمل في معالجة مياه الشرب أو التي تلامسها في عمود نواتج مواد التطهير نسبة (البرومات) والحد الاعلى المسموح به في المياه المعبأة للشرب وهو (٠١ميكروجرام/لتر). حيث كانت أعلى نسبة ٩,٨ ميكروجرام/لتر وكانت معظم نتائج العينات لا تحتوي على البرومات. ويوضح شكل [١] نسب نتائج تركيز البرومات في العينات التي تم تحليلها، حيث كانت ٥٣٪ من المنتجات التي تم تحليلها مستورده و٥٦٪ منتجات محلية (شكل [٢])، ويوضح الشكل [٣] نتائج تركيز البرومات في العينات المستوردة مقارنةً بالحد الأعلى المسموح به (٠١ ميكروجرام/لتر) والشكل [٤] يوضح نتائج تركيز البرومات في العينات المحلية مقارنةً بالحد الاعلى المسموح به. وحيث أن الجهات المختصة تسعى بالتعاون مع الشركات لوجود المنتجات الاستهلاكية الغذائية بالأسواق ليس فقط أن تكون صالحة للاستهلاك الادمي، بل يتعدى ذلك لتكون ذات جودة عالية، فقد تم التنسيق مع الشركات المحلية ليتم المناقشة



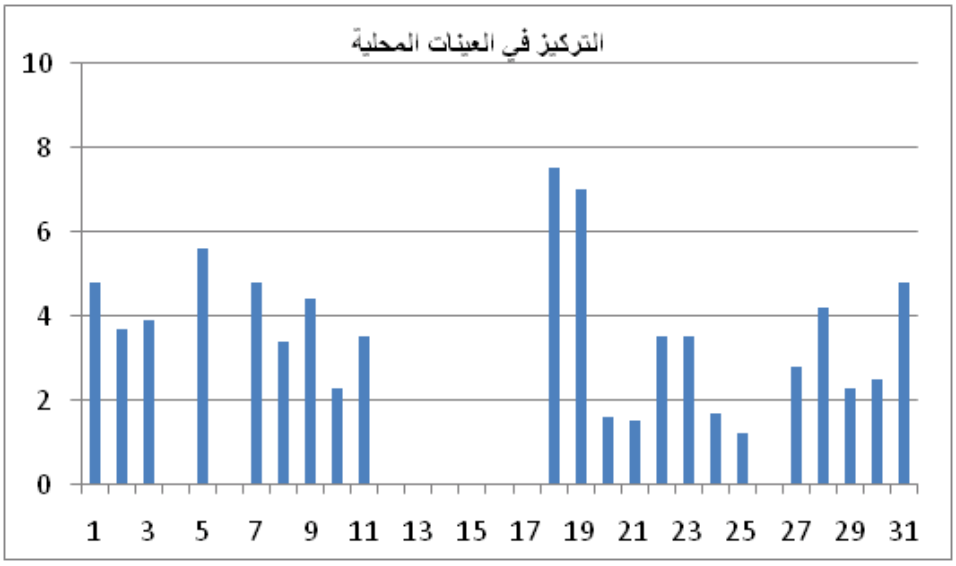
الشكل [١]: نتائج تركيز البرومات في العينات مقارنةً بالحد الأعلى المسموح به (١٠ميكروجرام/لتر).



الشكل [٢]: نتائج نسبة العينات التي تم تحليلها من المنتجات المستوردة والمحلية.



الشكل [٣]: نتائج تركيز البرومات في العينات المستوردة مقارنةً بالحد الاعلى المسموح به ١٠ ميكروجرام/لتر.



الشكل [٤]: نتائج تركيز البرومات في العينات المحلية مقارنةً بالحد الاعلى المسموح به ٠١ ميكروجرام/لتر.

معها حول الحلول المقترحة لكي تكون جميع منتجات المياه المعبأة تخلو من تركيز البرومات نهائياً. وتم مناقشة بعض الابحاث والدراسات العالمية التي توضح كيفية منع تكون البرومات خلال المعاملة بالأوزون أو عن طريق المعالجة بمحاليل الهيبوكلوريت [٦١]، حيث توجد دراسات علمية تحدثت عن العوامل التي تساعد على تكون البرومات خلال المعاملة بالأوزون ومنها تركيز البروميد، جرعة الأوزون، درجة الحرارة، الرقم الهيدروجيني، القلوية، المواد العضوية، الأمونيا والهيدروجين بيروكسيد [٦١]. وقد أشارت بعض الدراسات العالمية أن بعد تكّون البرومات في مياه الشرب يصعب التخلص منه [٦١]، وتناولت الدراسات أيضاً إمكانية إزالة البرومات بعد تكونها في المياه المعالجة بعدة طرق منها: إضافة الكربون النشط وعامل مختزل Fe^{2+} والتعرض للأشعة فوق البنفسجية والتبادل الأيوني ولكنها طرق غير مرغوبة لارتفاع تكلفتها. وأيضاً يمكن منع تكّون البرومات عن طريق التخلص من البروميد في المياه الاولية قبل معالجتها عن طريق التناضح العكسي والتبادل الايوني، والدليزة الكهربائية (Electrodialyis) [٦١]. ومنه تم التطرق في النقاش الى تعامل هذه الشركات مع تفاوت وتذبذب تركيز البرومات والحلول العلمية لحلها والاستفادة من الدراسات والابحاث العلمية المعتمدة واستخدام التقنيات الحديثة من الاجهزة لضبط نسب المواد الكيميائية في المياه بعد الموازنة وتوظيف الكوادر المتخصصة في هذا المجال وضبط جودة المنتجات للحفاظ على صحة وسلامة المستهلك عن طريق سلامة وجودة المنتجات الموجودة بالأسواق.

٤. الإجراءات المتخذة الى الآن

1) التنسيق مع الشركات والمصانع ومناقشة أفضل الحلول لتوفير منتجات مطابقة للمواصفات وذات جودة عالية.
2) الاستمرار في تحليل منتجات المصانع في مركز مختبرات الاغذية والمياه أو أي مختبر معتمد من قبل الجهات المختصة قبل توزيعها لكل تشغيله.
3) تكثيف الجهود للرقابة على مصانع مياه الشرب ومدى التزامها للاشتراطات الصحية وتطبيقها الآمن حول استخدام الأجهزة الخاصة في التعقيم.
4) وضع مقترح لجائزة الإجادة للمصانع الغذائية.
5) وضع خطة تفصيلية لسحب عينات من منتجات المياه المعبأة للعام القادم.
6) عمل مسودة لتعديل في لائحة الاشتراطات الصحية للأنشطة ذات الصلة بالصحة العامة.
7) عقد حلقة نقاشية للمختصين بالدائرة لعرض التحديات التي تواجهه المختصين في الرقابة الميدانية حيث كان أبرزها.

- زيادة عدد مصانع المياه.
- ضعف الرقابة الذاتية لدى المنشآت.
- الكوادر المتخصصة.
- التقنيات الحديثة.
- تطبيق أنظمة ضبط الجودة.

٥. التوصيات

اتضح من خلال النتائج والمناقشة حول الدراسة على أهمية المتابعة لعبوات المياه المتداولة بالأسواق والتأكد من سلامتها لعدم الاضرار بصحة الانسان والفرد، وخرجت الدراسة الى عدة توصيات وهي كالتالي:

1) متابعة سحب عينات تأكيدية من منتجات الشركات المستوردة والمحلية والتركيز على المنتجات نتائجها تحتوي على نسب ولو بسيطة من البرومات ومخاطبة المصانع التي تقع تحت اشراف الوزارة.

2) العمل على تعديل بعض البنود في لائحة الاشتراطات الصحية الخاصة بالأنشطة ذات الصلة بالصحة العامة.
3) التنسيق مع الجهات المختصة لضمان عدم تسويق أي منتج قبل التأكد من مطابقته للمواصفات القياسية المعتمدة وذلك بعد تحليل المنتجات في المختبرات المعتمدة.
4) تكثيف وتوحيد الجهود للرقابة على مصانع المياه المحلية.
5) إحكام الرقابة على دخول المنتجات المستوردة عن طريق التحليل اللازمة لكل شحنة مستوردة من الخارج قبل توزيعها في الاسواق.
6) عمل زيارات لمصانع مياه عالمية للاطلاع على التجارب والخبرات.
7) تدريب المختصين في الرقابة للحصول على شهادة مدققين دوليين.
8) يجب على مصانع المياه توفير اجهزة متطورة لقياس نسبة البرومات في مياه الشرب.
9) على أصحاب المصانع توظيف الكوادر المتخصصة وتفعيل عمل المختبرات بها بجميع أقسامه.
01) تفعيل جائزة الإجادة للمصانع الغذائية لرفع المستوى الصحي وجودة المنتجات المصنعة.

المراجع

(يحيى حسن، المراقبة الغذائية والشئون الصحية في التصنيع الغذائي، مطبعة جامعة عين شمس (1985).
(أحمد السروري، مراقبة نوعية المياه وصلاحيتها، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، القاهرة (2012).
Sivasakthivel T. and KK. Siva Kumar Reddy. Ozone Layer Depletion and Its Effects: A Review, International Journal of Environmental Science and Development, (2011) Vol.2, No.1.
Siddiqui MS., Amy GL., Rice RG. Bromate ion formation: a critical review. Journal of the American Water Works Association, (1995) 87(10):58–70.
AWWARF, Disinfection by-products database and model project. Denver, CO, American Water Works Association Research Foundation (1991).
Siddiqui MS., Amy G. Factors affecting DBP formation during ozone-bromide reactions. Journal of the American Water Works Association, (1993) 85(1):63-72.
Haag WR., Hoigne J. Ozonation of bromide-containing water: kinetics of formation of hypobromous acid and bromate. Environmental Science and technology, (1983) 17:261-267.
IPCS. Disinfectants and disinfectant by- products. World Health Organization, International Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 216). Geneva, (2000).
Gordon G., Emmert GL. Bromate ion formation in water when chlorine dioxide is photolyzed in the presence of bromide ion. In: Proceeding of the Water Quality Technology Conference, New Orleans, LA. Denver, CO, American Water Works Association (1996).
Rice RG., Gomez-Taylor M. Occurrence of by-products of strong oxidants reacting with drinking water contaminants – scope of the problem. Environmental Health Perspectives, (1986) 69:31-44.
McGuire MJ., Krasner SW., Gramith JT. Comments on bromide levels in state project water and impacts on control of disinfectant by-products. Los Angeles, CA, Metropolitan Water District of Southern California, (1990).
Kurokawa Y. et al. Long-term in vivo carcinogenicity tests of potassium bromate, sodium hypochlorite and sodium chlorite conducted in Japan. Environmental Health Perspective, (1986a) 69:221-236.
Quick CA., Chole RA., Mauer SM. Deafness and renal failure due to potassium bromate poisoning. Archives of Otolaryngology, (1975) 101:494-495.
IARC. Potassium bromate. International Agency for Research on Cancer. IARC Monogr. Eval. Carcing. Risks Hum. (1999) 73: 481-496. http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol73/mono73-22.pdf
Campbell, KC. Bromate-induced oxotoxicity. Toxicology, (2006) 221(2-3):205-211.
Federal-Provincial-Territorial Committee on drinking water (Bromate in drinking water), Canada, consultation period ends February 5,(2016) pages 13-22.