الملخص العربي

يتركز الاهتمام العالمي بجودة المياه على المؤشرات البكتيرية. لذلك، فهي طريقة أفضل لأنظمة المؤشرات المستقبلية أن تفعل الشيء نفسه من خلال النظر في البكتيريا الأخرى كمؤشرات لجودة المياه وإعادة تقييم قيمة حد المؤشر المرتبطة بحالة جودة المياه الحالية. تتزايد المخاوف بشأن سلامة مياه الشرب في اليمن نتيجة التعرض المحتمل للكائنات الحية الدقيقة. لزيادة جودة المياه، فإنه يشير إلى أن اليمن بحاجة إلى إنشاء نظام مؤشرات أكثر صرامة واكتمالاً وتطبيق معايير جودة المياه بقوة. لا سيما في صنعاء، حيث أدى وجود عدد كبير من النازحين دَاخِلِيًّا إلى زيادة الضغط على قدرة المدينة وخفض جودة مياهها، فمن الضروري تحديد الثغرات في نظام مؤشرات جودة المياه اليمنية حتى يمكن إجراء التحسينات في المستقبل.

أجريت بعض الدراسات حول اختبارات الجودة البكتيرية في اليمن؛ ومع ذلك، فقد اقتصر معظمها على المياه المعبأة والآبار الارتوازية. لذلك، على حد علمنا، هناك ندرة في الدراسات السابقة المنشورة التي أجريت في اليمن والتي تناولت تقييم جودة البكتيريا على الآبار اليدوية.

تهدف هذه الدراسة لفحص الجودة البكتيرية والتحليل النوعي لبعض المعايير الفيز وكيميائية لعينات آبار الشرب اليدوية (التي يتم سحبها من طبقات المياه الجوفية الضحلة وتتميز بقطر كبير نِسْبِيًّا. مما يجعلها شديدة التعرض للتلوث) في منطقة الدراسة للتعرف على أفضل مؤشر بكتيري. سيساعد هذا لاحقًا في إنشاء نظام أكثر نجاحًا لمراقبة جودة المياه في المستقبل لتحسين جودة مياه الشرب في مدينة صنعاء، اليمن.

أجريت هذه الدراسة لمقارنة كفاءة طريقتين للتحليل البكتيري لمياه الشرب، الرَّقْم الأكثر احتمالا (MPN) والترشيح الغشائي (MF)، للكشف عن وجود مؤشرات بكتيرية في الماء وذلك وفقًا لمنظمة WHO

والمواصفات والمقاييس اليمنية، كما تم استخدم العد الكلي للبكتيريا أيضًا لتعداد إجمالي عدد البكتيريا غيرية التغذية (THB). بالإضافة إلى انتشار العديد من مسببات الأمراض المنقولة عن طريق المياه، تم إدخال بعض المؤشرات البكتيرية الجديدة التي لم تستخدم من قبل في منطقة الدراسة للتحقق من وجود ملوثات برازيه أخرى باستخدام أوساط انتقائية مختلفة موصى بها بمثل هذه الدراسة، إضافة إلى ذلك، تم تحليل بعض المتغيرات الفيز وكيميائية لعينات المياه المدروسة.

تم جمع عينات المياه مرتين من ٥٣ بئراً يدويا يستخدم للشرب خلال موسمي (الجاف والممطر) في مدينة صنعاء، اليمن، ٢٠٢١-٢٠٢٢.

أظهرت النتائج الإجمالية أن ٣٧,٥ من أصل ٥٣ عينة (٧١٪) كانت غير مرضية، في حين أن انتشار *Citrobacter* (٦٢,٣٪)، *Pseudomonas aeruginosa* (٥٧٪)، *E. coli* (٥٠٪) أعلى من غيره من البكتيريا المعزولة، مع وجود ارتفاع في معدل انتشار بكتيريا TC و *P. aeruginosa* في موسم الجفاف أعلى من موسم الأمطار في حين ارتفاع معدل انتشار بكتيريا *E. coli* و FS في موسم الأمطار عن موسم الجفاف.

أظهر التحليل الإحصائي فروقاً في نسبة تلوث عينات مياه الشرب المأخوذة من عينة واحدة تبعاً لنوع الطريقة. كان هناك فرق كبير في متوسط درجة القولونيات البرازيه(FC) والعقدية البرازيه (FS) بين MPN و MF لصالح MF، حيث تم الحصول على النتائج مباشرة عن طريق العد. على عكس ذلك، لم يكن هناك فرق معنوي في متوسط الدرجة ل *C. perfringens* و *P. aeruginosa* بين MPN و MF.

إضافةً إلى ذلك، أظهر التحليل الإحصائي عدم وجود عِلاقة ارتباط بين المعلمات الفيزيائية والكيميائية والمؤشر البكتيري لمياه الشرب من الآبار اليدوية في كل من الموسمين الممطر والجاف، باستثناء درجة

حرارة الماء، والنترات، والفوسفات، وBOD، وCOD، وهذا دلاله على تلوث المياه بالمخلفات البشرية والتي تحتوي على علاقة جيدة بالنشاط البكتيري.

وأثبتت الدراسة أن *Pseudomonas aeruginosa* هي المؤشر الأكثر عزلا من الآبار المدروسة وهذا دال على تلوثها.

كما تشير نتائج هذه الدراسة، أن طريقة MF توفر نتائج أكثر شمولاً ودقة للكشف عن التركيز البكتيري، كما يستنتج من النتائج أن استخدام العديد من المؤشرات البرازيه من شأنه أن يوفر دِقَّة أفضل للتلوث البرازي مقارنة باستخدام مؤشر واحد. نتيجة لذلك، من الضروري إضافة عدد من الدلائل الجديدة الدالة على مسببات الأمراض أو الممرضات الانتهازية كمؤشر على المخاطر الصحية المتعلقة بمياه الشرب، التي قد يكون أحدها *P. aeruginosa*.

بينت الدراسة أن ضعف البنية التحتية للصرف الصحي هي أهم عامل لتلوث مياه الآبار اليدوية خاصة وجود البيارات وسيول الأمطار الجارفة ورمي القمامة بالقرب من الآبار، ولعل انتشار موجات الإسهال وظهور بؤر التلوث وانتشار الأمراض المرتبطة بمياه الشرب تتركز في الجزء الشمالي ووسط المدينة مثل جائحة الكوليرا.

الكلمات المفتاحية: آبار الشرب اليدوية، مؤشر البكتيريا، الترشيح الغشائي (MF)، الرقم الأكثر احتمال (MPN)، *Pseudomonas aeruginosa*، مدينة صنعاء.