الخصائص النوعية لمياه الشرب المعالجة جزئياً في مدينة صنعاء

يحيى أحمد رجاء ومحمد يحيى الأشول وعادل عبده الغيلي[1]

خلاصة: قمنا في هذه الدراسة بتقدير مستوى نوعية مياه الشرب المعالجة جزئياً في 30 منشأة خاصة بمدينة صنعاء بجمهورية اليمن ومقارنتها بنوعية مياه 43 بئراً أهلية و18 بئراً حكومية. وقد كشفت الفحوص أن 83% من العينات ملوثة جرثومياً: 50% بالقولونيّات البرازية و33% بالقولونيات الكلية. وتجاوزت تراكيز الأملاح المعدنية القيَم المعتادة في 7% من العينات بالنسبة للنترات و10% بالنسبة لأملاح الحديد و20% من العينات بالنسبة لأملاح الفلوريد. وكانت تراكيز الفلوريد أقل من المعتاد في 33% من العينات. واعتبرت 16.7% فقط من العينات صالحة للشرب كيميائياً وجرثومياً.

The quality of partially treated drinking-water produced in Sana'a City

ABSTRACT: We assessed the quality of partially treated drinking water in 30 private estab-lishments in Sana'a City, Republic of Yemen. We also compared the assessed water with the quality of 43 private wells and 18 estate wells. Microbiological examinations showed that 83% of the samples were contaminated; 50% with fecal coliforms and 33% with total coliforms. Concentration of minerals exceeded normal values in 7% of the samples for nitrates, 10% for iron salts and in 20% of the samples for fluorides. In 33% of the samples, fluoride concentrations were lower than normal. Only 16.7% of the samples were found microbiologically and chemically potable.

La qualité de l'eau de boisson partiellement traitée dans la ville de Sanaa

RESUME Nous avons évalué la qualité de l'eau de boisson partiellement traitée dans 30 établissements privés de la ville de Sanaa en République du Yémen. Nous avons également comparé l'eau ayant fait l'objet de cette évaluation de qualité avec celle de 43 puits privés et de 18 puits publics. Les examens microbiologiques ont montré que 83 % des échantillons étaient contaminés : 50 % par des coliformes fécaux et 33 % par des coliformes totaux. La concentration de minéraux dépassait les valeurs normales dans 7 % des échantillons pour les nitrates, dans 10 % pour le fer et dans 20 % des échantillons pour les fluorures. Dans 33 % des échantillons, les concentrations de fluorures étaient inférieures à la normale. On a trouvé que seulement 16,7 % des échantillons d'eau étaient potables selon les critères de qualité microbiologique et chimique.

[1] قسم طب المجتمع، كلية الطب والعلوم الصحية، جامعة صنعاء، صنعاء، الجمهورية اليمنية.

[1]Y.A. Raja'a, M.Y. Al-Ashwal and A.A. Al-Ghaili. Department of Community Medicine, Faculty of Medicine and Health Sciences, Sana'a University, Sana'a, Republic of Yemen.

Received: 24/07/00; accepted: 16/11/00

مقدمة

أعلنت دول العالم مع منظمة الأمم المتحدة عقد الثمانينات عقداً للمياه [1]. واعتبر توفير مياه صحية وكافية مكونا أساسياً من مكونات الرعاية الصحية الأولية [2]. وتتعرض الموارد المائية في اليمن إلى استنزاف مستمر منذ مطلع السبعينات بسبب التوسع الكبير في ضخ المياه الجوفية، مما أدى إلى هبوط مناسيب المياه في الأحواض المائية الجوفية بمعدلات تتراوح بين 1 – 6 متر في السنة. ولقد كان لذلك أثره على مياه الشرب، فتقصت الكميات التي توزعها الشبكة العامة التي تغطي 60% فقط من منازل الحضر. ويبلغ الاستهلاك اليومي للفرد في مدينة صنعاء 80 لتراً للمرتبطين بالشبكة، ولا يتجاوز 28 لتراً لمن يحصلون على المياه من مصادر أهلية [3]. وأدى نضوب الجداول التي كانت تجري في مدينة صنعاء والتوسُّع السكاني الهائل إلى الاعتماد على المياه الجوفية كمصدر وحيد للمياه في المدينه [4]. وزاد الأمر سوءاً عدم تغطية شبكة الصرف الصحي لعموم المدينة مما استلزم الحفر المتزايد للبيارات. وأدى هذا إلى حدوث تسرب إلى أحواض المياه الجوفية شمال وشرق ووسط المدينة وتلوثها [5]. وقد تزايد الإقبال على المياه المعالجة جزئياً والتي انتشرت في جميع أرجاء المدينة لتخوُّف الجمهور من نوعية المياه الحكومية، ولرخص ثمنها مقارنة بالمياه المعالجة كلياً، ثم لأنها تباع مبردة. ونظراً لندرة المعلومات عن الخصائص النوعية للمياه المعالجة جزئياً، فقد أجري هذا المسح لمقارنة نتائجه مع معطيات مشروع المواصفات المعيارية اليمنية للمياه [6]. وكذلك لمقارنة خصائص هذه المياه مع خصائص مياه الآبار الحكومية والآبار الأهلية [7] من أجل تحديد الأفضل منها وتقصي أسباب الخلل والتوصية بإصلاحه.

طريقة العمل والمواد المستخدمة

تصف هذه الدراسة نوعية المياه المعالجة جزئياً في جميع المنشآت الخاصة - وعددها 30 - والمنتجة في مدينة صنعاء. وقد تمت مقارنتها مع نتائج فحوص 18 بئراً حكومية و43 بئراً أهلية، أجريت في نفس مدة الدراسة (99/5/1 إلى 99/10/1م) وفي ذات المختبر (مختبر مؤسسة المياه والصرف الصحي). فتم الحصول على عبوة حديثة الإنتاج سعة 5 ألتار من كل منشأة ونقلت مباشرة إلى المختبر وحفظت في مكان بارد بعيداً عن الضوء ليتم التحليل الجرثومي لها خلال 24 ساعة والتحليل الكيميائي خلال 72 ساعة. وتم استخدام طريقة الأنابيب المتعددة للكشف عن القولونيات coliforms الكلية والبرازية، واستخدم فيها مرق اللاكتوز للاختبار الظني، ووسط الخضرة اللامعة للاختبار التأكيدي، ومرق الإشريكية الكلية للاختبار العنقريتي [8]. وتم فحص جميع العناصر الموضحة في (الجدول 1) بالطريقة المبينة بإزاء كل عنصر [9].

وتم جمع نتائج الفحوص في استمارات خاصة وأدخلت في الحاسوب الشخصي وعولجت بالمضمومة الإحصائية للعلوم الاجتماعية، الإصدار التاسع [10] وذلك لإيجاد قيم المتوسطات والانحراف المعياري وإيجاد قيم P لـ خي مربع واختبار t. وقد اعتبرت قيم P ذات مغزى إحصائي عند مستوى 0.05 أو أقل.

النتائج

بينت الدراسة نسب الاختلال في الخصائص الكيميائية تراوحت بين 3.3% لكل من الكلسيوم والصوديوم. وبلغت أعلى نسبة اختلال 93% في تركيز الحديد.

وأظهرت الدراسة أن 50% من العينات ملوثة بالقولونيات البرازية إضافة إلى 33% كانت ملوثة بالقولونيات الكلية. كما سُجلت المتوسطات والانحرافات المعيارية لكل المكونات الكيميائية والجرثومية كما يرى في الجدول 2.

الجدول 1. **الفحوص الكيميائية التي أجريت لمياه مدينة صنعاء وطريقة التحليل [9]**

العنصر	طريقة الفحص
الموصّلية الكهربية	مقياس التوصيل الكهربي
الباهاء (الأس الهيدروجيني)	مقياس الباهاء (pH)
الأملاح الذائبة الكلية	الحساب
القلوية الكلية، الكربونات، البيكربونات، العسرة الكلية، المغنيزيوم، الكلسيوم، الكلوريد	طريقة المعايرة
الكبريتات، النترات، الحديد، الفلوريد	بالمطياف الضوئي
الصوديوم والبوتاسيوم	بالمطياف اللهبي

وعند مقارنة الخصائص النوعية لمياه الشرب المنتجة بالمنشآت الخاصة مع مياه الآبار الأهلية والحكومية، تبين تفوّق مياه المنشآت الخاصة في نسبة تجاوز الفلوريد (53%) وفي متوسط تركيزه (0.66 ميليغرام/ل)، في حين بلغت النسبة في مياه الآبار الأهلية 84% وبلغ متوسط تركيز الفلوريد 0.44 ميليغرام/ل، كما يرى في الجدولين 3 و4. ولم تبلغ الفروق قيمةً ذات مغزى في حالة الآبار الحكومية سواء في نسبة التجاوز (78%) أو في متوسط التركيز (0.4 ميليغرام/ل) كما يرى في الجدولين 5 و6.

أما من حيث التلوث بالقولونيات فقد أبرزت الدراسة أن المياه المعالجة جزئيا في المنشآت الخاصة أدنى من مستوى مياه الآبار الأهلية أو الحكومية من حيث نسب التلوث، كما يرى في الجدولين 3 و5. إلا أنه من حيث متوسط القولونيات فإن مياه الآبار الأهلية كانت أردأ من مياه المنشآت الخاصة كما يتبين من الجدولين 4 و6.

المناقشة

في حين يجب أن تخلو مياه الشرب من التلوث الجرثومي تماماً، فإن نتائج التحليل الجرثومي لمياه الشرب المنتجة في المنشآت الخاصة أظهرت نسبة تلوث (83%)، وهي نسبة أعلى من مياه الآبار الأهلية (44%) أو الآبار الحكومية التي خلت تماماً من التلوث الجرثومي. وبما أن مصدر المياه المنتجة في المنشآت الخاصة تتم معالجته جزئياً بعد ذلك، فإن هذا يؤكد وجود عوامل جديدة طرأت على المياه لاحقاً، مثل تلوث المياه في الناقلات أثناء جلبها من الآبار الأهلية، أو تلوث البيئة المحيطة بأماكن تعبئة المياه، أو تلوث الأواني وعدم كفاية نظافتها، وتكرار استخدامها، أو قصور النظافة الشخصية بين العاملين في هذا المجال، أو إلى أكثر من عامل من هذه العوامل. وتستوجب هذه النتائج تثقيف الجمهور حول طرق التعقيم المنزلي ونوعية المياه المنتجة في المنشآت الخاصة مقارنة بمياه المشروع الحكومي والآبار الأهلية. كما يستلزم تنبيه المنتجين إلى وجوب الكلْورة، واستخدام عبوات وحيدة الاستعمال، والاهتمام ببيئة العمل والنظافة الشخصية الصارمة. وبالنسبة للجهات الحكومية يجب اتخاذ إجراءات صارمة في الرقابة والمتابعة، ومعاقبة من تثبت مخالفته للشروط الصحية أو الإخلال بالمعايير المقررة.

الجدول 2. متوسط الخصائص النوعية ونسب الاختلال للمياه المعالجة جزئياً في المنشآت الخاصة بمدينة صنعاء، 1999م

الفحص	المتوسط ± انحراف معياري	نسبة الاختلال المئوية
الباهاء (الأس الهيدروجيني)	0.51 ± 8.2	23
الموصّلية الكهربية (ميكروموز/سم)	116.5 ± 488	0
الأملاح الذائبة الكلية (ميليغرام/ل)	77.99 ± 313	0
القلوية الكلية (ميليغرام/ل)	34.4 ± 119.7	0
الكربونات (ميليغرام/ل)	10.6 ± 5.33	0
البيكربونات (ميليغرام/ل)	46.87 ± 130.4	0
العسرة الكلية (ميليغرام/ل)	79.08 ± 126.4	0
الكلسيوم (ميليغرام/ل)	22.28 ± 36.7	3.3
المغنيزيوم (ميليغرام/ل)	6.15 ± 8.64	0
الكلوريد (ميليغرام/ل)	22.21 ± 54	0
الكبريت (ميليغرام/ل)	24.41 ± 48.41	0
النترات (ميليغرام/ل)	18.3 ± 16.9	57
الحديد (ميليغرام/ل)	0.37 ± 0.18	93
الصوديوم (ميليغرام/ل)	29.45 ± 63.1	3.3
البوتاسيوم (ميليغرام/ل)	5.03 ± 4.6	0
الفلوريد (ميليغرام/ل)	0.37 ± 0.66	53
القولونيات الكلية (قولونية/100مل)	33.29 ± 40	33
القولونيات البرازية (قولونية/100مل)	67.41 ± 71	50

أما بالنسبة لنوعية المكونات الكيميائية للمياه المعالجة جزئياً في المنشآت الخاصة فقد تبين أنها من حيث المتوسطات تقع جميعاً ضمن الحدود الموصى بها [6]. وفيما يتعلق بنسب الشذوذ فقد وجد أن 23% من عينات المنشآت الخاصة شذّت عن الحدود الموصى بها في قيم الأس الهيدروجيني مقارنة بـ 26% من عينات الآبار الأهلية و28% من مياه الآبار الحكومية. وبالرغم من عدم وجود مغزى إحصائي لهذه الفروق إلا أن حصول مثل هذه النسب قد يؤدي الى تغيير في استساغة الطعم.

أما بخصوص نسب الاختلال في تراكيز النترات فقد كانت عالية في كل من مياه المنشآت الخاصة (57%) والآبار الحكومية (56%) والآبار الأهلية (65%). وهذه النسب المرتفعة، بالرغم من تقاربها إحصائياً، إلا أن لها مخاطر صحية [11]. أما بالنسبة للتجاوز في نسبة تركيز الحديد في المنشآت الخاصة فقد بلغ 10% مقارناً بـ 5% و6% في مياه الآبار الأهلية والحكومية على التوالي. وهذه الزيادات قد تؤدي إلى مرض الحُدَاد في حال تراكمها [11]. وفيما يتعلق بانخفاض نسب الفلوريد في أصناف المياه الثلاثة، فيلزم إجراء دراسة جدية لإمكانية إضافة الفلوريد لمياه الشرب بعد بحث شامل للمصادر المتعددة لمياه الشرب.

الجدول 3. **نسب اختلال بعض مكونات المياه المنتجة في المنشآت الخاصة مقارنة بمياه الآبار الأهلية بمدينة صنعاء، 1999**

المكون المختل	المنشآت الخاصة		الآبار الأهلية		مربع خي	قيمة ب
	العدد	%	العدد	%		
الباهاء (الأس الهيدروجيني)	7	23	4	9	2.72	0.182
النترات	17	57	28	65	0.53	0.476
الحديد	28	93	42	98	0.84	0.564
الفلوريد	16	53	36	84	7.96	*0.008
العسرة الكلية	0	0	1	2	-	-
القولونيات الكلية	10	33	10	23	11.31	*0.001
القولونيات البرازية	15	50	9	21	6.77	*0.012

* قيم يُعتد بها إحصائياً.

وخلصت الدراسة إلى أن مياه المشروع الحكومي أفضل جرائيمياً من مياه المنشآت الخاصة من حيث نسب التلوث ومتوسط القولونيات، وأن مياه الآبار الأهلية أفضل جرائيمياً، من حيث نسب التلوث وليس من حيث متوسط التلوث، وأردأ كيميائياً من مياه المنشآت الخاصة. وهذا يؤكد وجود عوامل خارجية تسهم في حدوث التلوث مثل الاستخدام المتعدد للأوعية ونظافة المكان والعاملين. ويفاقم الوضع عدم الانتظام الدقيق في الكلورة وقصور الرقابة والتفتيش الحكومي.

الجدول 4. متوسطات أهم العناصر الكيميائية والجرثومية لمياه الشرب في المنشآت الخاصة والآبار الأهلية في مدينة صنعاء، 1999

المكون	المنشآت الخاصة (متوسط ± انحراف معياري)	الآبار الأهلية (متوسط ± انحراف معياري)	اختبار t	قيمة P
الباهاء (الأس الهيدروجيني)	0.5 ± 8.2	0.5 ± 7.6	4.37	<*0.0001
العسرة الكلية (ميكروموز/سم)	79.1 ±126.4	259.5 ± 316.6	4.52	<*0.0001
النترات (ميليغرام/ل)	18.3 ±16.9	30.5 ± 41.9	4.37	*0.001
الحديد (ميليغرام/ل)	0.37 ± 0.18	0.29 ± 0.11	0.946	0.347
الفلوريد (ميليغرام/ل)	0.37 ± 0.66	0.33 ± 0.4	3.14	*0.002
القولونيات الكلية (قولونية/100مل)	63.3 ± 40	53.1 ± 74	2.49	*0.015
القولونيات البرازية (قولونية/100مل)	67.4 ± 71	40.9 ± 91	1.45	0.16

* قيم يُعتد بها إحصائياً.

الجدول 5. نسب اختلال بعض مكونات المياه المنتجة في المنشآت الخاصة مقارنة بمياه الآبار الحكومية بمدينة صنعاء، 1999

المكون المختل	المنشآت الخاصة		الآبار الحكومية		خي مربع	قيمة P
	العدد	%	العدد	%		
الباهاء (الأس الهيدروجيني)	7	23	5	28	0.119	0.743
النترات	17	57	10	56	0.006	1
الحديد	28	93	15	83	1.206	0.349
الفلوريد	16	53	14	78	2.87	0.127
التلوث بالقولونيات الكلية	10	33.3	0	0	31.3	<*0.0001
التلوث بالقولونيات البرازية	15	50	0	0	13.1	<*0.0001

* قيم ذات مغزى إحصائي.

الجدول 6. متوسطات أهم العناصر الكيميائية والجرثومية لمياه الشرب في المنشآت الخاصة مقارنة بالآبار الحكومية في مدينة صنعاء، 1999

المكون	المنشآت الخاصة (متوسط ± انحراف معياري)	الآبار الحكومية (متوسط ± انحراف معياري)	اختبار t	قيمة P
الباهاء (الأس الهيدروجيني)	0.5 ± 8.2	0.8 ± 7.8	1.82	0.081
العسرة الكلية (ميكروموز/سم)	79.1 ±126.4	94.8 ± 171.8	1.66	0.107
النترات (ميليغرام/ل)	18.3 ±16.9	11.3 ± 14.2	0.63	0.535
الحديد (ميليغرام/ل)	0.37 ± 0.18	0.34 ± 0.2	0.187	0.853
الفلوريد (ميليغرام/ل)	0.37 ± 0.66	0.34 ± 0.44	2.03	*0.048
القولونيات الكلية (قولونية/100مل)	63.3 ± 40	0	4.74	<*0.0001
القولونيات البرازية (قولونية/100مل)	67.4 ± 71	0	2.5	*0.016

* قيم يُعتد بها إحصائياً.

عرفان

نقدِّم جزيل الشكر وعظيم الامتنان لمختبر المؤسسة العامة للمياه والصرف الصحي لإجراء التحاليل بلا مقابل. ونخص بالشكر الكيميائي محمد علي بورجي لتعاونه معنا طوال وقت الدراسة.

References

1. *International drinking water supply and sanitation decade*. New York, United Nations Development Programme, Division of Information, 1981.
2. McJunkin FE. *Water and human health*. Washington DC, Development Information Center, United States Agency for Information Development, 1983:7.
3. البنك الدولي - معهد التنمية الاقتصادي. اليمن نحو استراتيجية للمياه. صنعاء، الهيئة العامة للموارد المائية؛ 1996م: 14 ـ 19.
4. شادهري، م. إدارة مصادر المياه في اليمن. صنعاء، الهيئة العامة للموارد المائية، 1994م: ص7.

5. باعيسى، ع. المظفر، ن. وفوزي، ع. تلوث المياه الجوفية في حوض صنعاء. (تقرير). صنعاء: جامعة صنعاء، 1991، ص5.

6. مجلس حماية البيئة. مشروع المواصفات القياسية اليمنية للمياه. صنعاء، مجلس حماية البيئة، 1999م.

7. مختبر الرقابة الفرعي للمياه بالمؤسسة العامة للمياه والصرف الصحي. نتائج التحليل الجرثومي والكيميائي لمياه المشروع الحكومي والآبار الأهلية. (تقرير). صنعاء، المؤسسة العامة للمياه والصرف الصحي، 1999م.ص 105.

8. *Guidelines for drinking-water quality*, 2nd ed. Geneva, World Health Organization, 1998.

9. *Water analysis handbook*, 3rd ed. Colorado, Hach Company, 1997.

10. *SPSS 9.0 for Windows. Version 9.0.* Chicago, SPSS Incorporated, 1999.

11. Okun DA. Water quality management. In: Last JM, Wallace RB, eds. Maxcy-*Rosenau public health and preventive medicine*, 13th ed. Connecticut, Prentice Hall International Incorporated, 1992: 62, 389.

WHO guidelines for drinking-water quality training pack

This pack is intended to provide information for use in the planning and delivery of seminars, workshops and training courses in water quality surveillance, control and improvement, especially where these concern the WHO Guidelines for drinking-water quality. The pack contains 23 different sessions, including both presentation and practical exercises. It covers a broad range of water-related topics in order that appropriate elements can be selected in response to local circumstances and priorities.

The pack is available from WHO. Department of Protection of the Human Environment, CH-1121 Geneva 27, Switzerland. It is also available on the Internet at: http://www.who.int/water sanitation health/ Training_mat/GDWQtraining.htm