Journal of Water & Wastewater Science & Engineering (jwwse)
Summer 2017, Vol. 2, No. 2.
DOI: 10.22112/jwwse.2018.87953.1008

علوم و مهندسی آب و فاضلاب

نشریه علوم و مهندسی آب و فاضلاب
سال دوم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶

Studying Iranian Drinking Water Quality Guidelines Compared to the Authentic World Standards

Ali Torabian[1*] and Shervin Shahavi[2]

1- Professor, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran.
2- Post Doctoral Researcher, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran.
* Corresponding Author, Email: atorabi@ut.ac.ir

Received: 31/5/2017
Revised: 16/10/2017
Accepted: 16/10/2017

Abstract

Referring the World Health Organization definition, a safe drinking water should not threat the consumer health over the lifetime of consumption. The objective of the present study is to study the present guidelines in order to improve the Iran drinking water guidelines. To obtain this, the present drinking water guidelines in Iran (Standards No. 1011 and 1053) and some well-known guideline (WHO, US EPA and the European Communities) were studied. The Iran guidelines were compared to the other ones and the different points and values were presented as tables. It was understood that the present drinking water guidelines of Iran do not cover areas such as the water quality indicators based on their resources and also lack some suggestions about in-network monitoring plans. It is recommended that Iran guidelines should be revised in two categories: The primary standard including the pollutants threatening the consumers' health and the secondary standards which should be prepared by the local water authorities.

Keywords: Drinking water, Drinking water standards, Water quality indicators, World Health Organization, Iran drinking water standards.

بررسی و مقایسه استانداردهای کیفی آب شرب ایران و استانداردهای معتبر جهانی

علی ترابیان*[۱] و شروین شاهوی[۲]

۱- استاد و عضو هیئت علمی دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۲- پژوهشگر پسا دکترا، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
* نویسنده مسئول، ایمیل: atorabi@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۳/۱۰
تاریخ اصلاح: ۱۳۹۶/۷/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۷/۲۴

چکیده

طبق تعریف سازمان بهداشت جهانی، آب آشامیدنی سالم در طی مصرف نباید خطری را متوجه سلامت مصرف‌کنندگان کند. هدف تحقیق حاضر بررسی راهنماهای موجود در زمینه استانداردهای کیفی آب آشامیدنی به‌منظور ارتقاء استانداردهای کشوری، می‌باشد. برای نیل به این هدف ضمن بررسی استانداردهای فعلی کشور در زمینه کیفیت آب آشامیدنی یعنی استاندارد ۱۰۵۳ و استاندارد ۱۰۱۱ موسسه استاندارد، چند استاندارد معتبر بین‌المللی شامل استانداردهای سازمان بهداشت جهانی (WHO)، سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) و اتحادیه اروپا مورد مطالعه قرار گرفتند. استانداردهای موجود در کشور با این استانداردهای بین‌المللی مقایسه شده و مغایرت‌ها در قالب جداول ارائه شده‌اند. ضمن این مقایسه مشخص شد که استانداردهای حال حاضر کشور فاقد مواردی مانند نوع نشان‌گرهای کیفی موجود در آب به تفکیک منابع آب و همچنین پیشنهاداتی برای پایش درون شبکه می‌باشند. پیشنهاد می‌شود استاندارد تدوین شده در کشور در قالب دو مجموعه استانداردهای اولیه الزام‌آور شامل آلاینده‌های تهدیدکننده سلامت عمومی و همچنین استانداردهای ثانویه بر عهده شرکت‌های آب منطقه‌ای تدوین شوند.

کلمات کلیدی: آب آشامیدنی، استانداردهای آب شرب، نشان‌گرهای کیفی آب، سازمان بهداشت جهانی، استانداردهای کیفی آب ایران

۱- مقدمه

شناخت از آلاینده‌ها و افزایش روزافزون ترکیبات شیمیایی در محیط‌زیست از یک طرف و توسعه دستگاه‌ها و روش‌های اندازه‌گیری و افزایش دقت روزافزون آن‌ها سبب شده که استانداردهای محیط‌زیستی، به‌خصوص استانداردهای آب آشامیدنی در جهان به‌طور مرتب تغییر و ارتقاء پیدا کند. در دهه‌های گذشته نگرانی‌ها درباره بیماری‌های میکروبی مانند حصبه، وبا و تیفوئید بود، ولی امروزه نگرانی‌ها به سمت بیماری‌های صعب‌العلاج و نوظهور تغییر نموده و به‌همین دلیل پارامترهای شیمیایی در استانداردها به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش پیدا کرده است. تدوین چارچوبی برای تامین سلامت آب و به‌کار بردن طرح‌های جامع برای اطمینان حاصل کردن از سلامت آب شرب و محافظت از سلامت عمومی نیازمند توجه خاصی است. عدم اطمینان از تامین سلامت آب شرب، جامعه را در معرض خطر شیوع بیماری‌های عفونی قرار می‌دهد (WHO, 2011).

هدف اصلی راهنماهای کیفیت آب شرب محافظت از سلامت عمومی می‌باشد. آب آشامیدنی سالم، طبق تعاریف موجود در این راهنماها، هیچ خطری را در طی زمان مصرف ایجاد نمی‌کند. از اهداف دیگر راهنماها، توسعه و اجرای استراتژی‌های مدیریت ریسک است که سلامت آب آشامیدنی را از طریق کنترل مواد خطرناک موجود در آب، تامین می‌کند. این استراتژی‌ها ممکن است شامل استانداردهای ملی یا منطقه‌ای بر اساس منابع علمی باشد. راهنماها، حداقل‌های مورد نیاز برای محافظت مطمئن از سلامت مصرف‌کنندگان را شرح داده و مقادیر عددی برای محتویات آب و یا نشان‌گرهای کیفی آب را استخراج می‌کنند (WHO, 2011).

طبیعت و شکل استانداردهای آب شرب ممکن است در بین مناطق و یا کشورهای مختلف، متفاوت باشد. در توسعه و کاربرد استانداردها الزامی‌است که قوانین فعلی و یا برنامه‌ریزی شده مرتبط با آب و سلامت مورد نظر قرار بگیرند. معمولاً در تدوین استانداردهای آب شرب مطمئن، راهنماها محدوده‌ای از اطلاعات شامل جنبه‌های میکروبی، شیمیایی، رادیواکتیویته و موارد قابل قبول را ارائه می‌کنند که هرکدام به طور خلاصه در ادامه بحث می‌شوند (WHO, 2011).

۱-۱- جنبه‌های میکروبی

عموماً، محافظت میکروبی از منابع آب شرب براساس مفهوم «موانع متعدد» از حوضه آبریز تا مصرف‌کننده برای ممانعت از آلوده شدن آب شرب و یا کاهش آلودگی‌ها تا حدی که برای سلامتی مضر نباشند، است. در این زمینه استراتژی مورد قبول اولویت دادن به ممانعت یا کاهش ورود پاتوژن‌ها به داخل منابع آب و کاهش اتکا به فرایندهای تصفیه برای حذف آن‌ها می‌باشد. در حالت کلی، بزرگ‌ترین ریسک‌های میکروبی مربوط به مصرف آب آلوده شده به مدفوع‌های انسانی و حیوانی هستند که می‌توانند منبعی از باکتری‌های پاتوژنی، ویروس‌ها و پروتوزوآ باشد.

۱-۱- جنبه‌های شیمیایی

نگرانی‌های مرتبط با مواد شیمیایی آب شرب مربوط به توانایی مواد شیمیایی برای ایجاد تاثیرات سوء بر سلامتی در بازه‌های زمانی طولانی می‌باشد. تعداد کمی از مواد شیمیایی موجود در آب وجود دارند که با یک بار در معرض قرار گرفتن مشکلات سلامتی ایجاد می‌کنند، مگر آن‌که آلودگی زیادی در منبع آب شرب اتفاق بیفتد.

۱-۲- جنبه‌های رادیواکتیویته

خطرات سلامتی مرتبط با حضور رادیواتم‌هایی که به‌طور طبیعی در آب شرب وجود دارند باید مدنظر قرار بگیرد گرچه در مواقع عادی مقدار این مواد بسیار کم است. مقادیر موجود در راهنماها برای فعالیت اشعه بتا یا آلفا (به‌وسیله غربال‌گری آب) تنظیم شده‌اند و نه برای تک‌تک رادیو اتم‌ها.

۱-۳- موارد مورد پذیرش: طعم، بو و شکل

اجزای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب ممکن است طعم، بو و یا شکل ظاهری آن را تحت تاثیر قرار دهند و مصرف‌کنندگان کیفیت و مقبولیت آب را بر اساس این معیارها می‌سنجند.

۲- ادبیات تحقیق

۲-۱- معرفی استانداردهای ایران و استانداردهای بین‌المللی

استاندارد ۱۰۵۳ سازمان موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی

ایران، شامل ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی، در سال ۱۳۸۸ مورد تجدیدنظر پنجم قرار گرفته و عمدتاً بر اساس مقررات WHO در سال ۲۰۰۸ مورد تدوین قرار گرفته است (Iran National Standard No. 1053). همچنین اصلاحیه‌ای برای این استاندارد در سال ۱۳۹۱ تحت عنوان ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی در شرایط اضطراری تدوین شده است (استاندارد ۱۰۵۳-الف). استاندارد ۱۰۱۱ سازمان موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، شامل ویژگی‌های میکروبیولوژیکی آب آشامیدنی، در سال۱۳۸۶ مورد تجدیدنظر ششم قرار گرفته و عمدتاً بر اساس استانداردهای پیشین ایران و مقررات WHO در سال ۲۰۰۴ مورد تدوین قرار گرفته است. در جدول ۱ خلاصه‌ای از روند تاریخی و تکمیل استاندارد آب شرب ایران ارائه شده است.

استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (تدوین شده در سال ۲۰۱۲) برای آب شرب در دو دسته قرار می‌گیرند: استانداردهای اولیه و استانداردهای ثانویه. استانداردهای اولیه بر اساس ملاحظات سلامت بوده و الزام‌آور هستند. از جمله مواردی که در این ویرایش ارائه شده است می‌توان به غلظت‌های آلاینده‌های آب آشامیدنی حاوی موارد مضر غیرسرطان‌زا در دوره‌های مصرف متفاوت (۱ روزه و ۱۰ روزه برای کودک ۱۰ ساله و طول عمر برای فرد بالغ) که باعث اثرات سوء نمی‌شوند، اشاره کرد. همچنین مواد شیمیایی بر اساس اثرات سوء احتمالی به گروه‌های سرطان‌زای مختلف تقسیم‌بندی شده‌اند.

جدول ۱- روند تکاملی استاندارد آب شرب ایران

تغییر صورت گرفته	سال
اولین استاندارد ایران: ترجمه استاندارد آب بهداشت جهانی توسط وزارت بهداری، شامل جنبه‌های فیزیکی و شیمیایی	۱۳۴۵
چاپ دوم	۱۳۵۱
چاپ سوم شامل: پارامترهای فیزیکی (رنگ، بو، کدورت، pH)، پارامترهای شیمیایی (مواد شیمیایی، سمی، آفت‌کش‌ها و ...)، میزان کلر باقی‌مانده و آزمون کلیفرم	۱۳۶۳
چاپ چهارم	۱۳۷۶
چاپ پنجم شامل: پارامترهای فیزیکی، پارامترهای شیمیایی (مواد معدنی سمی و غیرسمی، مواد آلی، آفت‌کش‌ها و ...)، مواد رادیواکتیو	۱۳۸۸

در این راهنما برای استانداردهای اولیه حدی به نام «حداکثر سطح آلودگی[1]»، تعریف می‌شود که معرف بالاترین غلظت مجاز یک آلاینده در آب شرب موجود در سیستم‌های آب شهری می‌باشد (Hassinger and Watson, 1998; EPA, 2012) و همچنین حدی به نام «حداکثر سطح آلودگی هدف[2]» که مقداری است غیرالزام‌آور که در آن مقدار، هیچ‌گونه تاثیر منفی برای انسان پیش نمی‌آید (EPA, 2012). استانداردهای ثانویه، شامل آلاینده‌هایی می‌شوند که باعث خوردگی، رنگ، بو و مزه ناخوشایند می‌شوند. استانداردهای ثانویه الزام‌آور نیستند بلکه راهنماهایی برای متصدیان تصفیه‌خانه‌های آب و مقامات ایالتی هستند تا بهترین کیفیت ممکن آب را تولید نمایند. مقامات محلی معمولاً نقش مهمی در مدیریت منابع آب شرب بازی می‌کنند که این موارد می‌تواند شامل بازرسی حوضه آبریز و فعالیت‌هایی باشد که در این حوضه‌ها انجام شده و می‌توانند بر روی کیفیت منابع آب تاثیر بگذارند (Hassinger and Watson, 1998).

استاندارد سازمان بهداشت جهانی، که به‌عنوان راهنما بیشترین استفاده را برای کیفیت آب دارد، طیف گسترده‌ای از آلاینده‌ها شامل مواد شیمیایی آلی و غیرآلی، مواد جانبی گندزداها، نشان‌گرهای شیمیایی و مواد رادیواکتیویته را شامل شده و منابع آب شرب و مدیریت‌های ریسک مرتبط با آن را در برمی‌گیرد (Shatat and Rifaf, 2012). این استاندارد در سال ۲۰۱۱ مورد بازنگری چهارم قرار گرفته است و جایگزین راهنماهای پیشین شده است (WHO, 2011).

استاندارد کیفی آب شرب اتحادیه اروپا که در سال ۲۰۱۵ مورد ویرایش قرار گرفته است با هدف محافظت از سلامت انسان در برابر اثرات سوء آلاینده‌های موجود در آب (استفاده شده برای شرب یا تولید غذا) و همچنین دربردارنده راهنماهایی مربوط به مانیتورینگ و نمونه‌برداری می‌باشد و برای اعضای اتحادیه اروپا تدوین شده است (Council Directive 98/83/EC, 2015).

۲-۲- موارد جدید در رابطه با جنبه‌های میکروبی و شیمیایی استانداردها

گرچه در تدوین استاندارد ۱۰۱۱ ایران، اشرشیا کلی به‌عنوان میکروارگانیسم نشان‌گر، برای آلودگی مدفوعی انتخاب شده است، مطالعات اخیر نشان می‌دهند که بیماری‌های دستگاه

گوارش بیشتر مرتبط با حضور باکتری‌های انتروکوکی هستند تا اشرشیاکولی. اخیراً دولت بریتانیا قوانین جدیدی برای متولیان صنعت آب وضع نموده است که آن‌ها را ملزم می‌کند ارزیابی‌های ریسک را بر روی تصفیه‌خانه‌های آب انجام داده و نظارت دائمی برای کریپتوسپوریدیوم وضع کنند (WHO, 2011).

بررسی تاریخچه اخیر شیوع بیماری‌های ناشی از آب در انگلستان و ایالات متحده نقش پاتوژن‌های مقاوم در برابر کلرزنی را به‌وضوح نشان می‌دهد. به‌طور خاص، بسیاری از بیماری‌های انگلی در منابع آبی رخ داده است که آزمون کلیفرم را با موفقیت پشت سر گذاشته‌اند. مطالعات زیادی به این موضوع اشاره کرده‌اند که بیماری‌های گوارشی به مقدار زیادی در جمعیتی یافت شده است که از آب شربی مطابق با استانداردهای کلیفرم استفاده کرده‌اند. همچنین ارتباطات مقطعی بین رخ دادن بیماری‌های انگلی یا گوارشی و کدورت آب شرب نیز یافت شده است (WHO, 2011; Barrel et al., 2000).

همان‌طور که ذکر شد، پارامترهای میکروبیولوژیکی منابع آب پارامترهای کلیفرم‌ها و اشرشیا کلی هستند. علاوه‌بر این اگر منابع، از آب‌های سطحی جریان یافته و یا تاثیر پذیرفته باشند،کلستریدیوم پرفرنژنس[3] (شامل اسپورها) هم باید شمرده شوند. استاندارد جدید در رابطه با این گونه‌ها به ترتیبی است که باید مقدارشان در ۲۰ میلی‌لیتر از آب (به‌جای ۱۰۰ میلی‌لیتر) صفر باشد. قوانین جدید انگلستان از تصفیه‌خانه‌ها می‌خواهد که نظارت (مانیتورینگ) دائمی برای اوسسیست‌های انگلی[4] داشته باشند.

Shahriari et al. (2015) در مطالعه‌ای کارایی کلستریدیوم پرفرنژنس در مقایسه با کلیفرم مدفوعی و اشرشیاکلی، برای ارزیابی آلودگی میکروبی آب را مورد سنجش قرار دادند. در این مطالعه، ۶۰ نمونه آب خام در طی خرداد تا آذر سال ۱۳۹۱ از منابع تأمین آب استان اصفهان با رعایت شرایط استاندارد برداشت و آنالیز شد. نتایج این مطالعه نشان داد که بالاترین درصد شناسایی، به‌ترتیب به کلستریدیوم پرفرنژنس (۵/۳۶ درصد)، استرپتوکوک مدفوعی (۶/۳۴ درصد)، کلیفرم مدفوعی (۸/۲۸ درصد) و اشرشیاکلی (۲۵ درصد) مربوط بود (Focazio et al., 2008).

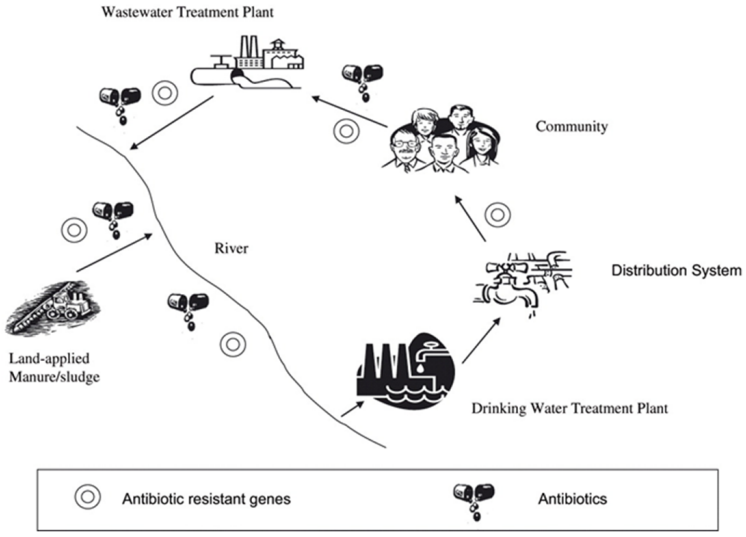
در حال حاضر در ایران و اکثر نقاط جهان، آزمایش کلیفرم به‌عنوان نشان‌گر اصلی سلامت آب مطرح می‌باشد. با این وجود، نگرانی مهم در رابطه با کیفیت میکروبی آب شرب افزایش واضح پاتوژن‌های آبی مانند کریپتوسپوریدیوم است که در برابر کلرزنی مقاوم بوده و حتی در مواقعی که کیفیت میکروبی آب قابل قبول می‌باشد، می‌تواند باعث بروز بیماری شود. اخیراً مطرح کردن انترکوکی به‌عنوان نشان‌گر اصلی برای آب شرب در حال بحث است (WHO, 2011; Barrel et al., 2000).

مطالعات نشان داده است که طیف گسترده‌ای از ترکیبات آلی طبیعی و دست‌ساز مانند مواد دارویی، استروئیدها، سرفکتنت‌ها، عطرها و بقیه مواد شیمیایی در فاضلاب شهری و صنایع کشاورزی و دامداری یافت می‌شوند. در مطالعه‌ای در ایالات متحده، امکان وجود این ترکیبات بر روی ۲۵ منبع آب زیرزمینی و ۴۹ منبع آب سطحی بررسی شد. از بین ۱۰۰ ماده شیمیایی موردنظر، ۶۳ مورد در حداقل یکی از نمونه‌های آبی پیدا شد (شکل ۱). میانگین وجود ۴ ترکیب در هر محل آزمایش نشان می‌دهد که مواد شیمیایی مورد نظر به‌صورت ترکیبی در محیط اتفاق می‌افتد. این مطالعه نشان‌دهنده وجود این مواد در منابع آب شرب و نیاز به مطالعه و تحقیق در مورد تدوین استانداردها و پایش (مانیتورینگ) آن‌ها در تصفیه‌خانه‌ها است (Focazio et al., 2008). در مورد ریزآلاینده‌ها[5] از آن‌جایی‌که وجود و مقادیر آن‌ها به‌تازگی در منابع آب اثبات شده است تنها پیشنهاداتی از طرف سازمان‌های مربوطه در مورد مقادیر آنها ذکر شده و مقادیر مدونی در استانداردها ندارند، برای مثال تنها مقدار داروی دیکلوفناک در استاندارد اتحادیه اروپا ppb ۰/۰۱ ذکر شده است.

۲-۳- طرح‌های ایمنی آب

موثرترین روش برای اطمینان داشتن دائمی از سلامت منبع آب شرب کاربرد مدیریت ریسکی است که شامل تمامی موارد تامین آب از حوضه آبریز تا مصرف‌کننده باشد. در این رابطه محافظت میکروبی و شیمیایی از منابع آب اولین مانع برای تامین کیفیت آب شرب می‌باشد. موانع بعدی مراحل تصفیه آب (شامل گندزدایی) و بازبینی و محافظت از شبکه‌های توزیع آب است (WHO, 2011).

کیفیت آب در حالت کلی از فاکتورهای طبیعی و انسانی تاثیر می‌پذیرد. فاکتورهای طبیعی مهم عبارتند از: حیوانات وحشی، آب و هوا، شرایط توپوگرافی و پوشش گیاهی. موارد انسانی شامل منابع نقطه‌ای (مانند تخلیه فاضلاب) و منابع غیرنقطه‌ای (مانند رواناب سطحی) هستند. همچنین با در نظر گرفتن این‌که منبع آب سطحی یا زیرزمینی می‌باشد،



شکل ۱- چرخه آب و انتقال ریزآلاینده‌ها به منابع آب شرب

سناریوهایی که ممکن است باعث آلودگی آب شوند، بایستی شناسایی و مدیریت شوند. در مواقعی‌که چند منبع آب در دسترس باشند، امکان تنوع در انتخاب منبعی که آلودگی و مشکلات کمتری داشته باشد، وجود دارد. مدیریت منابع آب و فعالیت‌های بشری آلوده‌کننده در حوصه آبریز بر روی کیفیت منابع آب پایین‌دست و همچنین سفره‌های آب زیرزمینی موثر هستند. همچنین این مسئله بر روی مراحل تصفیه لازم برای تامین بهداشتی آب اثرگذار بوده و ارجح بر ارتقاء مراحل و روش‌های تصفیه آب است. برنامه‌های مدیریت منابع آب باید به‌گونه‌ای وضع شوند که بهترین منبع ممکن برای آب شرب را معرفی کنند (WHO, 2011).

تصفیه آب باید به‌گونه‌ای انجام شود که از رشد میکروبی، خوردگی لوله وتشکیل رسوب جلوگیری کند. آب با کیفیت خوب در شبکه توزیع به طراحی و عملکرد سیستم بستگی دارد. برای مثال ثابت شده است که کلرآمین در کنترل برخی گونه‌های باکتریایی و رسوبات در خطوط لوله موثر می‌باشد.

پایش[۶] بر تامین آب شرب شامل یک سری فعالیت‌های برنامه‌ریزی شده و منظم، برای اطمینان حاصل کردن از دست‌یابی به اهداف مرتبط با سلامت و مدیریت صحیح سیستم است. پارامترهایی که برای این بازدیدها انتخاب می‌شوند باید منعکس‌کننده موثر بودن آن‌ها باشد. برای مثال برای منابع آب این موارد شامل کدورت، رشد جلبک‌ها، رنگ، تغییرات آب و هوایی محل و موارد محافظتی محل مانند فنس‌ها است و در مورد تصفیه می‌تواند شامل غلظت ماده گندزدا، pH و کارکرد غشاها باشد.

در مورد شبکه توزیع مثال‌های این پارامترها شامل موارد زیر می‌باشند (WHO, 2011):

باقی‌مانده کلر: منعکس‌کننده سریع مشکلاتی است که در رابطه با پارامترهای میکروبی هستند. کم شدن ناگهانی باقی‌مانده کلر نشان‌دهنده ورود آلودگی‌ها و یا مصرف اکسیژن به دلیل رشد باکتری‌ها است. پتانسیل کاهش اکسیژن همچنین نشان‌دهنده موثر بودن ماده گندزدا می‌باشد.

باکتری‌های هاتروتروفیک: نشان‌دهنده افزایش احتمالی میکروبی، فعالیت بیوفیلم و یا افزایش زمان ماند است.

۳- روش کار

در این قسمت مقادیر فعلی ترکیبات دراستانداردهای آب شرب ایران با استانداردهایی که در بخش ۲-۱ توضیح داده شده‌اند مقایسه شده‌اند. این ترکیبات طبق تعریف سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا در دو قالب استانداردهای اولیه و ثانویه و در قالب دو جدول ارائه شده است. در مواردی که مقادیر با هم برابر بودند آورده نشده، اما در مواردی که بین استاندارد ایران یا یکی از استانداردهای ذکر شده تفاوتی وجود داشته است، مقادیر با یکدیگر مقایسه شده و در رنگ قرمز آورده شده‌اند.

۳-۱- مقایسه استانداردهای فعلی ایران با استانداردهای بین‌المللی

در این قسمت مقادیر فعلی ترکیبات دراستانداردهای آب شرب ایران با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی، اتحادیه

جدول ۲- مقایسه مقادیر ترکیبات استاندارد ایران و استانداردهای بین المللی (واحدها بر حسب میلی‌گرم بر لیتر)

ترکیبات	ایران	EU (2015)	WHO (2011)	US EPA (2012)
کدورت	حداکثر مطلوب: ۱ NTU حداکثر مجاز: ۵ NTU	قابل پذیرش برای مصرف‌کنندگان	حداکثر مطلوب: ۰/۵ NTU حداکثر مجاز: ۵ NTU	کوچک‌تر از ۵ NTU
سختی کل	حداکثر مطلوب: ۲۰۰ حداکثر مجاز: ۵۰۰		حداکثر مطلوب: ۲۰۰-۱۰۰ حداکثر مجاز: ۳۰۰	-
آزبست	۷ MFL		بدون نیاز به عدد راهنما	۷ MFL
سرب	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱۵
کروم	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۱
سلنیوم	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۵
کادمیوم	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵
آنتیموان	۰/۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۲	۰/۰۰۶
جیوه	۰/۰۰۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۲
بر	۰/۵	۱	۲/۴	-
نیکل	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۷	-
باریم	۰/۷		۰/۷	۲
سدیم	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰
نیترات	حداکثر مطلوب: - حداکثر مجاز ۵۰	۵۰	۵۰	۱۰
نیتریت	حداکثر مطلوب: - حداکثر مجاز: ۳	۰/۵	۳	۱
ترا کلرید کربن	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰/۰۰۴		۰/۰۰۴	۰/۰۰۵
دی کلرومتان	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰/۰۲		۰/۰۲	۰/۰۰۵
۱ و ۲-دی کلرواتان	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰/۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۳	۰/۰۰۵
۱ و ۲- دی کلرواتن	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰/۰۵		۰/۰۵	۰/۰۰۵
تری کلرو اتن	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۲
ترا کلرو اتن	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰/۰۴	۰,۰۱	۰,۰۴	-
بنزن	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۵
بروموفورم	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰/۱		۰/۱	۰/۰۸
تولوئن	حداکثر مطلوب: ۰/۰۲۴ حداکثر مجاز: ۰/۷		۰/۷	۱
زایلن‌ها	حداکثر مطلوب: ۰/۰۲ حداکثر مجاز: ۰/۵		۰/۵	۱۰
اتیل بنزن	حداکثر مطلوب: ۰/۰۰۲ حداکثر مجاز: ۰/۳		۰/۳	۰/۷
استیرن	حداکثر مطلوب: ۰/۰۰۴ حداکثر مجاز: ۰/۰۲		۰/۰۲	۰/۱
مونو کلرو بنزن	حداکثر مطلوب:		۰/۳	۰/۱

جدول ۲- مقایسه مقادیر ترکیبات استاندارد ایران و استانداردهای بین المللی (واحدها بر حسب میلی‌گرم بر لیتر)

ترکیبات	ایران	EU (2015)	WHO (2011)	US EPA (2012)
	۰/۰۱ حداکثر مجاز			
اپی کلروهیدرین	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۴	کمتر از معادل پلیمر اپی کلرو هیدرین شامل ۰/۰۱ درصد مونومر با دوز ۲۰ میلی گرم بر لیتر
۱ و ۲ و ۴- تری کلرو بنزن	حداکثر مطلوب: ۰/۰۰۵ حداکثر مجاز		۰/۰۲	۰/۰۷
اکریل آمید	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۵	کمتر از معادل پلیمر پلی آکریل آمید شامل ۰/۰۵ مونومر با دوز ۱ میلی‌گرم بر لیتر
وینیل کلراید	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۲
آلاکلر	۰/۰۲		۰/۰۲	۰/۰۰۲
آترازین	۰/۰۰۲		۰/۱	۰/۰۰۳
کربوفوران	۰/۰۰۷		۰/۰۰۷	۰/۰۴
کلردان	۰/۲		۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۲
۱ و ۲- دی برمو ۳- کلروپروپان	۰/۰۰۱		۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۲
۱ و ۲ دی کلروپروپان	۰/۰۴		۰/۰۴	۰/۰۰۵
اندرین	۰/۰۰۰۶		۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۲
لیندان	۰/۰۰۲		۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۲
متوکسی کلر	۰/۰۲		۰/۰۲	۰/۰۴
پنتا کلروفنل	۰/۰۰۹		۰/۰۰۹	۰/۰۰۱
دی کلرو فنوکسیک استیک اسید	۰/۰۳		۰/۰۳	۰/۰۷
سیمازین	۰/۰۰۲		۰/۰۰۲	۰/۰۰۴
دی برومو کلرو متان	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰/۱		۰/۱	۰/۰۸
برومو دی کلرو متان	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰/۰۶		۰/۰۶	۰/۰۸
مونو کلرآمین	حداکثر مطلوب: ۰/۳ حداکثر مجاز: ۳		۳	-
دی کلرو استیک اسید	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰/۰۵		۰/۰۵	۰/۰۶
کلر	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۵		۵	۴
کلریت	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰/۷		۰/۷	۱
رادیوم ۲۲۶	۱		۱ pCi/l :۲۲۶	۵ pCi/l :۲۲۶
اورانیوم	۰/۰۱۵		۰/۰۳	۰/۰۳
رادون	۱۰۰ Bq/m^3		۱۰۰ Bq/m^3	۳۰۰-۴۰۰ pCi/l

اروپا در سال ۲۰۱۵ و سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا در سال ۲۰۱۲ آورده شده است (استاندارد ۱۰۵۳؛ WHO, 2011; Council Directive 98/83/EC 2015; EPA, 2012).

۳-۲- پارامترهای ثانویه کیفیت آب

همان‌طور که در بخش قبل اشاره شد دسته‌ای از ترکیبات در استانداردها برای سلامت عمومی مضر نبوده و شامل مواردی مانند تغییر طعم، بو و رنگ آب و یا بروز عوارضی مانند تغییر رنگ دندان و پوست می‌شوند و در تدوین آن‌ها باید شرایط خاص هر منطقه نیز مورد توجه قرار بگیرد. این ترکیبات بر اساس استانداردهای EPA در سال ۲۰۱۲ انتخاب شده‌اند و مقایسه بین مقادیر آنها در استاندارد ایران و WHO سال ۲۰۱۱ در جدول ۳ ارائه شده‌اند (استاندارد ۱۰۵۳؛ WHO, Barrel at al., 2000 2011).

جدول ۳- مقایسه مقادیر ثانویه استانداردها

ترکیبات ثانویه	۱۰۵۳ ایران- ۱۰۵۳a ایران (میلی‌گرم بر لیتر)		WHO (2011) (میلی‌گرم بر لیتر)
آلومینیوم	حداکثر مطلوب: ۰/۱ حداکثر مجاز: ۰/۲ - ۰/۱	۰/۹	حداکثر مطلوب: ۰/۱ حداکثر مجاز: ۰/۲ – ۰/۱
کلراید	حداکثر مطلوب: ۲۵۰ حداکثر مجاز: ۴۰۰		حداکثر مطلوب: ۲۰۰ حداکثر مجاز: ۲۵۰-۲۰۰
رنگ	حداکثر ۱۵ TCU		حداکثر ۱۵ TCU
مس	حداکثر مطلوب: ۱ حداکثر مجاز: ۲		حداکثر مطلوب: ۲ حداکثر مجاز: ۵
خوردگی	-		غیر خورنده
فلوراید	۰/۵ ۱/۵		۰/۵ ۱/۵
آهن	حداکثر مطلوب: ۰/۳		حداکثر مطلوب: ۰/۳
منگنز	حداکثر مطلوب: ۰/۱ حداکثر مجاز: ۰/۴		حداکثر مطلوب: ۰/۱ حداکثر مجاز: ۰/۲
بو	حداکثر: ۲ در ۱۲ درجه سانتیگراد و ۳ در ۲۵ درجه سانتیگراد		-
pH	حداکثر مطلوب: ۸/۵-۶/۵ حداکثر مجاز: ۹-۶/۵		حداکثر مطلوب: ۸/۵-۶/۵ حداکثر مجاز: ۸/۵-۸
نقره	-		حداکثر مطلوب: ۰/۰۰۵ حداکثر مجاز: ۰/۱
سولفات	حداکثر مطلوب: ۲۵۰ حداکثر مجاز: ۴۰۰	۵۰۰	حداکثر مطلوب: ۲۵۰ حداکثر مجاز: ۵۰۰
TDS	حداکثر مطلوب: ۱۰۰۰ حداکثر مجاز: ۱۵۰۰	۲۰۰۰	حداکثر مطلوب: ۶۰۰ حداکثر مجاز: ۱۰۰۰
روی	۳		حداکثر مطلوب: ۳

۳-۳- ترکیبات با مقادیر تغییریافته و بررسی علل مقادیر جدید

در بررسی مقادیر ترکیبات ثانویه در استاندارد ایران و WHO (2011)، همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، در برخی موارد مغایرت‌هایی به چشم می‌خورد که در زیر دلایل این تغییرات براساس توضیحات سازمان بهداشت جهانی آورده می‌شود.

کلراید: غلظت‌های بالای کلراید باعث طعم شوری در آب می‌شود. آستانه مزه برای یون کلراید به کاتیون مربوطه بستگی دارد و برای سدیم، پتاسیم و کلسیم کلراید در محدوده ۳۰۰- ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر است. مزه در غلظت‌های بیشتر از ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌طور فزاینده‌ای بیشتر قابل تشخیص است. همچنین غلظت‌های بالای کلراید خوردگی فلزات را در شبکه توزیع افزایش می‌دهد.

مس: مس موجود در شبکه‌های توزیع آب ناشی از عمل خورندگی آب درون لوله‌های مسی در ساختمان‌ها می‌باشد و بنابراین غلظت آن متناسب با زمانی است که آب در تماس با لوله‌ها می‌باشد. در غلظت‌های بالاتر از ۱ میلی‌گرم بر لیتر، اجسام شسته شده ممکن است رنگ بگیرند. در غلظت‌های بالاتر از ۵ میلی‌گرم بر لیتر، مس باعث به‌وجود آمدن رنگ و طعم تلخ ناخوشایندی در آب می‌شود. غلظت ۲ میلی‌گرم بر لیتر برای مس ازنقطه نظر سلامتی مناسب است.

خوردگی (در استاندارد ایران وجود ندارد): pH آب ورودی به سیستم توزیع باید در حدی باشد که خوردگی لوله‌ها را به کمترین میزان ممکن برساند. همچنین مدیریت خاصیت بازی و کلسیم به کنترل خوردگی آب کمک می‌کند. عدم کنترل خوردگی باعث آلودگی آب شرب و تاثیرات سوء بر روی طعم و ظاهر آب می‌شود.

منگنز: در غلظت‌های بیشتر از ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر، در منابع آب باعث ایجاد طعم ناخوشایند می‌شود. وجود منگنز در آب شرب باعث تجمع رسوبات در سیستم توزیع می‌شود. از نظر مصرف‌کنندگان، غلظت‌ای کمتر از ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر قابل قبول است. در غلظت ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر، منگنز باعث ایجاد پوشش برروی لوله‌ها می‌شود که به‌صورت رسوبات سیاه پوسته‌پوسته می‌شوند. مقدار ۰/۴ میلی‌گرم بر لیترکه بر اساس ضوابط بهداشتی است بیش از حد آستانه قابل قبول ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. غلظت‌های بالا در آب شرب باعث عوارض عصبی در انسان می‌شود.

بو و مزه: آب باید بدون بو و مزه‌ای باشد که برای اکثر مصرف‌کنندگان غیرقابل‌قبول و ناخوشایند است.

pH: توجه دقیق به کنترل pH در تمامی مراحل تصفیه آب برای اطمینان از شفافیت و ضدعفونی بودن آن الزامی است. برای ضدعفونی کردن موثر با کلر، مقدار pH بایستی ترجیحاً کمتر از ۸ باشد. با این‌حال، pH برابر با ۷ یا کمتر اغلب خورنده است. مقدار مطلوب pH براساس ترکیب آب و طبیعت مواد سازنده استفاده شده در سیستم توزیع متفاوت می‌باشد، اما معمولاً در محدوده ۶/۵ تا ۸/۵ است.

نقره (در استاندارد ایران وجود ندارد): مقادیر پایین نقره در آب شرب (معمولاً کمتر از ۵ میکروگرم بر لیتر) در ارتباط با بیماری آرگیریا خطری را متوجه سلامت انسان نمی‌کند. مقادیر بالاتر (تا ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر) در برخی مورد بدون خطر برای سلامتی گزارش شده است.

سولفات: حضور سولفات در آب آشامیدنی می‌تواند باعث ایجاد طعم قابل تشخیص و در مقادیر بسیار بالا (۱۲۰۰-۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) باعث اثرات ملین در مصرف‌کنندگان بشود. حد آستانه برای طعم از ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر برای سولفات سدیم تا ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر برای سولفات کلسیم متغیر است. در مقادیر بالاتر از ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به خاطر تاثیرات گوارشی بایستی کنترل شود.

TDS: آبی با حد مجموع جامدات محلول (TDS) کمتر از ۶۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مجموعاً مناسب است. آب شرب با مقدار TDS بیشتر از ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌طور فزاینده‌ای، ناخوشایند می‌شود. وجود مقادیر بالایی از TDS به‌دلیل رسوب (جرم‌گرفتگی) در لوله‌های آب، گرم‌کننده‌ها، بویلرها و وسایل خانگی برای مصرف‌کنندگان نیز نامطلوب است.

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

از مقایسه استانداردهای کیفی آب در ایران و استانداردهای بین‌المللی اولاً مشخص شد که استاندارد ایران فاقد مقادیر راهنما برای برخی ترکیبات بوده و ثانیاً مقادیر برخی از ترکیبات در استانداردهای جدید بین‌المللی تغییر یافته است. پیشنهاد

می‌شود در تدوین استانداردهای جدید در کشور، مواردی که در استانداردهای قبلی ذکر نشده اضافه شده و موارد مغایرت‌دار اصلاح شوند. همچنین این نکته قابل ذکر است که در این تحقیق مقادیر مغایرت مقادیر آلاینده‌ها در استاندارد ایران و استانداردهای بین‌المللی ذکر شده‌اند (جداول ۲ و ۳) اما تعیین مقادیر جدید و تبیین آن‌ها در استانداردهای ایران ملزم به تشکیل کمیته‌های مخصوص در سازمان استاندارد ایران دارد. استاندارد ۱۰۵۳-الف تحت عنوان اصلاحیه استاندارد ۱۰۵۳ حاوی مقادیری مانند (TDS 2000 = mg/l) و یا (سختی کل بدون محدودیت) هستند که قطعاً توصیه شده توسط هیچ‌کدام از سازمان‌های تدوین استاندارد بین‌المللی نبوده و در هر شرایطی، چه اضطراری و چه غیراضطرار، باعث نامطلوب شدن کیفیت آب شرب می‌شود.

اگر نشان‌گرهای کیفی به‌تفکیک وجود و رخداد آن‌ها در منابع آب ذکر شوند پایش و تدوین برنامه‌های محافظتی برای جلوگیری از رخداد آن‌ها موثرتر است. همچنین در تدوین یا استانداردهای میکروبی پیشنهاد می‌شود نوع انترکوکی (و سایر گونه‌های مقاوم در برابر کلرزنی) هم به استاندارد فعلی اضافه شده تا محافظت میکروبیولوژیکی مطمئن‌تری از منابع صورت گیرد.

در مقایسه استاندارد ایران با استاندارد EPA مشخص شد که اکثر مقادیر با یکدیگر متفاوت بوده و در مورد استاندارد آمریکا در برخی موارد این مقادیر بالاتر هستند. دلیل این مسئله آن است که استانداردهای آمریکا در مقایسه با سایر استانداردها کاربرد اجرایی بیشتری داشته و براساس داده‌های آزمایشگاهی و مطالعات ارزیابی ریسک تدوین شده‌اند. همچنین پیشنهاد می‌شود با الگوگیری از تقسیم آلاینده‌ها به دو دسته اولیه و ثانویه (برحسب نوع تأثیراتشان بر روی سلامت) از روی استاندارد EPA در کشور ایران نیز آلاینده‌های تهدیدکننده سلامت عمومی توسط موسسه استاندارد و سایر ترکیبات بر عهده شرکت‌های آب منطقه‌ای وضع شوند.

مورد دیگری که در تامین آب شرب با کیفیت مطلوب پیشنهاد می‌شود، اقدام به تدوین برنامه‌های محافظتی از حوضه آبریز تامین‌کننده آب، مراحل تصفیه در تصفیه‌خانه‌ها و شبکه انتقال و توزیع آب است. همچنین نظارت و پایش دائم در تمامی این مراحل از سوی نهادهای مسئول مانند وزارت بهداشت توصیه می‌شود تا بتوان حتی‌الامکان از آلوده شدن آب شرب قبل از وقوع آن پیشگیری نمود.

همان‌طور که ذکر شد ریزآلاینده‌های نوظهوری مانند مواد دارویی، آرایشی، استروئیدها، سرفکتانت‌ها که در فاضلاب‌های خانگی و صنعتی یافت می‌شوند، و اکثر تصفیه‌خانه‌های متداول فاضلاب امکان حذف کامل آن‌ها را ندارند، از طریق چرخه آب به منابع آبی بازگشته و امکان آلوده شدن آن‌ها را افزایش می‌دهند. پیشنهاد می‌شود این دسته از آلاینده‌ها نیز در استانداردهای جدید ذکر شده و همچنین در منابع آبی و تصفیه‌خانه‌ها مورد بررسی و نظارت قرار بگیرند تا از اثرات سوء آن‌ها بر روی سلامت عمومی جلوگیری شود.

۵- پی‌نوشت‌ها

1- MCL: Maximum Contaminant Level
2- MCLG: Maximum Contaminant Level Goal
3- Clostridium perfringens
4- Cryptosporidial oocysts
5- Emerging contaminants
6- Monitoring

۶- مراجع

کمیته ملی استاندارد غذا و کشاورزی، (۱۳۸۶)، *میکروبیولوژی آب آشامیدنی (ICS:13.60.20)*، استاندارد ۱۰۱۱، چاپ ششم، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، تهران، ایران.

کمیته ملی استاندارد غذا و کشاورزی، (۱۳۸۸)، *مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی (ICS:13.60.20)*، استاندارد ۱۰۵۳، چاپ پنجم، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، تهران، ایران.

کمیته ملی استاندارد غذا و کشاورزی، (۱۳۹۰)، *مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی (ICS:13.60.20)*، استاندارد ۱۰۵۳-الف، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، تهران، ایران.

Barrell, R., Hunter, P.R., and Nichols, G., (2000), "Microbiological standards for water and their relationship to health risk", *Communicable Disease and Public Health*, 3(1), 8-13

Council Directive 98/83/EC, (2015), *Quality of water intended for human consumption*, The Council of the European Union, No. L 0083, EU.

EPA, (2012), *2012 Edition of the drinking water standards and health advisors*, United States Environmental Protection Agency, EPA 822-S-12-001, USA.

Focazio, M., Kolpin, D.K., Barnes, K., Furlong, E., Meyer, M., Zaugg, A., Barber, L., and Thurman, M., (2008), "A national reconnaissance for pharmaceuticals and other organic wastewater contaminants in the

United States-II) Untreated drinking water sources", *Science of the Total Environment*, *STOTEN- 10484.*
Hassinger, E., and Watson, J., (1998), "Drinking water standards", *Arizona Water Series*, *5,* AZ1009.
Shahriari, A., Neek Aeen, M. and Hasan Zadeh, A., (2015), "Evaluation of clostridium perfringens in determination of waetr feacal pollution in comparison to indicator bacteria", *Journal of Health Research in Society*, 35(1), 1-4.
Shatat, M. and Rifaf, S., (2012), "Water desalination technologies utilizing conventional and renewable energy sources", *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 9(1), 1-19.
WHO, (2011), *Guidelines for drinking-water quality,* 4th Edition, World Health Organization, ISBN 978 92 4 154815, Malta, http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es304955g.