

1167K-NWWCE

بررسی استانداردهای کیفی آب شرب ایران و ارائه راهکار برای ارتقاء آنها

علی تریان^۱، شروین شاهوی^۲

۱- استاد و عضو هیئت علمی دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران

۲- پژوهشگر پسا دکترا دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران

atorabi@ut.ac.ir

خلاصه

طبق تعریف سازمان بهداشت جهانی، آب آشامیدنی سالم در طی مصرف نبایستی خطری را متوجه سلامت مصرف کنندگان کند. هدف تحقیق حاضر بررسی راهنماهای موجود در زمینه استانداردهای کیفی آب آشامیدنی به منظور ارتقاء استانداردهای کشوری، می باشد. 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 بین المللی 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 بین المللی مقایسه شده و مغایرت ها در قالب جداول ارائه شده اند. ضمن این مقایسه مشخص شد که استانداردهای حال حاضر کشور فاقد مواردی مانند نوع نشان گره های کیفی موجود در آب به تفکیک منابع آب و همچنین پیشنهاداتی برای پایش درون شبکه می باشند. پیشنهاد می شود استاندارد تدوین شده در کشور در قالب دو مجموعه استانداردهای اولیه الزام آور شامل آلاینده های تهدید کننده سلامت عمومی و همچنین استانداردهای ثانویه بر عهده شرکت های آب منطقه ای تدوین شوند.

کلمات کلیدی: آب آشامیدنی، استانداردهای آب شرب، نشان گره های کیفی آب، سازمان بهداشت جهانی، موسسه استاندارد ایران

۱. مقدمه

شناخت از آلاینده ها و افزایش روزافزون ترکیبات شیمیایی در محیط زیست از یک طرف و توسعه دستگاهها و روشهای اندازه گیری و افزایش دقت روزافزون آنها سبب شده که استاندارد های محیط زیستی، به خصوص استانداردهای آب آشامیدنی در جهان مرتباً تغییر و ارتقاء پیدا کند. در دهه های گذشته نگرانی ها درباره بیماری های میکروبی مانند حصه، وبا و تیفوئید بود ولی امروزه نگرانی ها به سمت بیماری های صعب العلاج و نوظهور تغییر نموده و به همین دلیل پارامترهای شیمیایی در استاندارد ها بطور قابل ملاحظه ای افزایش پیدا کرده است.

تدوین چارچوبی برای تامین سلامت آب و به کار بردن طرح های جامع برای اطمینان حاصل کردن از سلامت آب شرب و محافظت از سلامت عمومی نیازمند توجه خاصی می باشد. عدم اطمینان از تامین سلامت آب شرب، جامعه را در معرض خطر شیوع بیماریهای عفونی قرار می دهد [۱]. هدف اصلی راهنماهای کیفیت آب شرب محافظت از سلامت عمومی می باشد. آب آشامیدنی سالم، طبق تعاریف موجود در این راهنماها، هیچ خطری را در طی زمان مصرف ایجاد نمی کند. از اهداف دیگر راهنماها، توسعه و اجرای استراتژی های مدیریت ریسک می باشد که سلامت آب آشامیدنی را از طریق کنترل مواد خطرناک موجود در آب، تامین می کند. این استراتژی ها ممکن است شامل استانداردهای ملی یا منطقه ای بر اساس منابع علمی باشد. راهنماها، مینیمم های مورد نیاز برای محافظت مطمئن از سلامت مصرف کنندگان را شرح داده و مقادیر عددی برای محتویات آب و یا نشان گره های کیفی آب را استخراج می کنند [۱].

طبیعت و شکل استانداردهای آب شرب ممکن است در بین مناطق و یا کشورهای مختلف، متفاوت باشد. در توسعه و کاربرد استانداردها الزامیست که قوانین فعلی و یا برنامه ریزی شده مرتبط با آب و سلامت مورد نظر قرار بگیرند. معمولاً در تدوین استانداردهای آب شرب مطمئن، راهنماها رنجی از اطلاعات شامل جنبه های میکروبی، شیمیایی، رادیو اکتیویته و موارد قابل قبول را ارائه می کنند که هر کدام به طور خلاصه در ذیل بحث می شوند [۱].

جنبه های میکروبی

عموما، محافظت میکروبی از منابع آب شرب بر اساس مفهوم "موانع متعدد" از حوضه آبریز تا مصرف کننده برای ممانعت از آلوده شدن آب شرب و یا کاهش آلودگی ها تا حدی که برای سلامتی مضر نباشند، است. در این زمینه استراتژی مورد قبول اولویت دادن به ممانعت یا کاهش ورود پاتوژن ها به داخل منابع آب و کاهش اتکا به فرایندهای تصفیه برای حذف آنها می باشد. در حالت کلی، بزرگترین ریسک های میکروبی مربوط به مصرف آب آلوده شده به مدفوع های انسانی و حیوانی می باشد که می توانند منبعی از باکتری های پاتوژنی، ویروسها و پروتوزوآ باشد.

جنبه های شیمیایی

نگرانی های مرتبط با مواد شیمیایی آب شرب مربوط به توانایی مواد شیمیایی برای ایجاد تاثیرات سوء بر سلامتی در بازه های زمانی طولانی می باشد. تعداد کمی از مواد شیمیایی موجود در آب وجود دارند که با یک بار در معرض قرار گرفتن مشکلات سلامتی ایجاد می کنند مگر آنکه آلودگی زیادی در منبع آب شرب اتفاق بیفتد.

جنبه های رادیواکتیویته

خطرات سلامتی مرتبط با حضور رادیوایزوم هایی که به طور طبیعی در آب شرب وجود دارند باید مد نظر قرار بگیرد گرچه در مواقع عادی مقدار این مواد بسیار کم می باشد. مقادیر موجود در راهنما ها برای فعالیت اشعه بتا یا آلفا (بوسیله غربالگری آب) تنظیم شده اند و نه برای تک تک رادیو اتم ها.

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 مصرف کنندگان کیفیت و مقبولیت آب را بر اساس این معیارها می سنجند.

۲. ادبیات تحقیق

۲.۱ معرفی استانداردهای ایران و استانداردهای بین المللی

استاندارد ۱۰۵۳ سازمان موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، شامل ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی، در سال ۱۳۸۸ مورد تجدید نظر پنجم قرار گرفته و عمدتا بر اساس مقررات WHO در سال ۲۰۰۸ مورد تدوین قرار گرفته است [۲]. همچنین اصلاحیه ای برای این استاندارد در سال ۱۳۹۱ تحت عنوان ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی در شرایط اضطراری تدوین شده است [۳]. استاندارد ۱۰۱۱ سازمان موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، شامل ویژگی های میکروبیولوژیکی آب آشامیدنی، در سال ۱۳۸۶ مورد تجدید نظر ششم قرار گرفته و عمدتا بر اساس استانداردهای پیشین ایران و مقررات WHO در سال ۲۰۰۴ مورد تدوین قرار گرفته است [۴].

استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (تدوین شده در سال ۲۰۱۲) برای آب شرب در دو دسته قرار می گیرند: استانداردهای اولیه و استانداردهای ثانویه. استانداردهای اولیه بر اساس ملاحظات سلامت بوده و الزام آور می باشند. از جمله مواردیکه در این ویرایش ارائه شده است می توان به غلظت های آلاینده های آب آشامیدنی حاوی موارد مضر غیر سرطان زا در دوره های مصرف متفاوت (۱ روزه و ۱۰ روزه برای کودک ۱۰ ساله و طول عمر برای فرد بالغ) که باعث اثرات سوء نمی شوند، اشاره کرد. همچنین مواد شیمیایی بر اساس اثرات سوء احتمالی به گروه های سرطان زای مختلف تقسیم بندی شده اند. در این راهنما برای استاندارد های اولیه حدی به نام "ماکزیم سطح آلودگی" (MCL: Maximum Contaminant Level)، تعریف می شود که معرف بالاترین غلظت مجاز یک آلاینده در آب شرب موجود در سیستم های آب شهری می باشد [۵ و ۱۰] و همچنین حدی به نام "ماکزیم سطح آلودگی هدف" (MCLG: Maximum Contaminant Level Goal) که مقدار ایست غیر الزام آور که در آن مقدار هیچگونه تاثیر منفی برای انسان پیش نمی آید [۱۰]. استانداردهای ثانویه، شامل آلاینده هایی می شوند که باعث خوردگی، رنگ، بو و مزه ناخوشایند می شوند. استانداردهای ثانویه الزام آور نیستند بلکه راهنماهایی برای متصدیان تصفیه خانه های آب و مقامات ایالتی می باشند تا بهترین کیفیت ممکن آب را تولید نمایند. مقامات محلی معمولا نقش مهمی در مدیریت منابع آب شرب بازی می کنند که این موارد می تواند شامل بازرسی حوضه آبریز و فعالیت هایی باشد که در این حوضه ها انجام شده و میتوانند بر روی کیفیت منابع آب تاثیر بگذارند [۵].

استاندارد سازمان بهداشت جهانی، که به عنوان راهنما بیشترین استفاده را برای کیفیت آب دارد، طیف گسترده ای از آلاینده ها شامل مواد شیمیایی آلی و غیر آلی، مواد جانبی گندزدها، نشانگرهای شیمیایی و مواد رادیواکتیویته را شامل شده و منابع آب شرب و مدیریت های ریسک مرتبط با آن را در بر میگیرد [۶]. این استاندارد در سال ۲۰۱۱ مورد بازنگری چهارم قرار گرفته است و جایگزین راهنماهای پیشین شده است [۱].

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 آلاینده های موجود در آب (استفاده شده برای شرب یا تولید غذا) و همچنین در بردارنده راهنماهایی مربوط به مانیتورینگ و نمونه برداری می باشد و برای اعضای اتحادیه اروپا تدوین شده است [۷].

۲،۲ موارد جدید در رابطه با جنبه های میکروبی و شیمیایی استانداردها

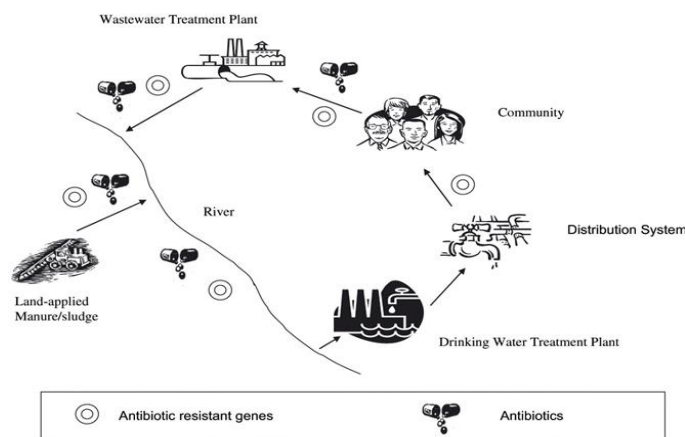
گرچه در تدوین استاندارد ۱۰۱۱ ایران، اشرشیا کلی به عنوان میکروارگانیسم نشان گر، برای آلودگی مدفوعی انتخاب شده است، مطالعات اخیر نشان می دهند که بیماریهای دستگاه گوارش بیشتر مرتبط با حضور باکتری های انتروکوک می باشند تا اشرشیاکولی. اخیرا دولت بریتانیا قوانین جدیدی برای متولیان صنعت آب وضع نموده است که آنها را ملزم میکند ارزیابی های ریسک را بر روی تصفیه خانه های آب انجام داده و نظارت دائمی برای کریپتوسپوریوم وضع کنند [۱].

بررسی تاریخچه اخیر شیوع بیماری های ناشی از آب در انگلستان و ایالات متحده نقش پاتوژن های مقاوم در برابر کلر زنی را به وضوح نشان می دهد. به طور خاص، بسیاری از بیماری های انگلی در منابع آبی رخ داده است که آزمون کلیفرم را با موفقیت پشت سر گذاشته اند. مطالعات زیادی به این موضوع اشاره کرده اند که بیماری های گوارشی به مقدار زیادی در جمعیتی یافت شده است که از آب شربی مطابق با استانداردهای کلیفرم استفاده کرده اند. همچنین ارتباطات مقطعی بین رخ دادن بیماری های انگلی یا گوارشی و کدورت آب شرب نیز یافت شده است [۸و۱].

همان طور که ذکر شد، پارامترهای میکروبیولوژیکی منابع آب پارامترهای کلیفرم ها و اشرشیا کلی هستند. علاوه بر این اگر منابع، از آب های سطحی جریان یافته و یا تاثیر پذیرفته باشند، *Clostridium perfringens* (شامل اسپورها) هم بایستی شمرده شوند. استاندارد جدید در رابطه با این گونه ها به ترتیبی است که بایستی مقدارشان در ۲۰ میلی لیتر از آب (به جای ۱۰۰ میلی لیتر) صفر باشد. قوانین جدید انگلستان از تصفیه خانه ها می خواهد که نظارت (مانیتورینگ) دائمی برای اوسسیست های انگلی (*Cryptosporidial oocysts*) داشته باشند.

در حال حاضر در ایران و اکثر نقاط جهان، آزمایش کلیفرم به عنوان نشان گر اصلی سلامت آب مطرح می باشد. با این وجود، نگرانی مهم در رابطه با کیفیت میکروبی آب شرب افزایش واضح پاتوژن های آبی مانند کریپتوسپوریوم می باشد که در برابر کلر زنی مقاوم بوده و حتی در مواقعی که کیفیت میکروبی آب قابل قبول می باشد، می تواند باعث بروز بیماری شود. اخیرا مطرح کردن، انتروکوک به عنوان نشان گر اصلی برای آب شرب در حال بحث می باشد [۸و۱].

مطالعات نشان داده است که طیف گسترده ای از ترکیبات آلی طبیعی و دست ساز مانند مواد دارویی، استروئید ها، سرفکتانت ها، عطرها و بقیه مواد شیمیایی در فاضلاب شهری و صنایع کشاورزی و دامداری یافت می شوند. در مطالعه ای در ایالات متحده، امکان وجود این ترکیبات بر روی ۲۵ منبع آب زیر زمینی و ۴۹ منبع آب سطحی بررسی شد. از بین ۱۰۰ ماده شیمیایی مورد نظر، ۶۳ مورد در حداقل یکی از نمونه های آبی پیدا شد (شکل ۱). میانگین وجود ۴ ترکیب در هر محل آزمایش نشان میدهد که مواد شیمیایی مورد نظر به صورت ترکیبی در محیط اتفاق می افتد. این مطالعه نشان دهنده وجود این مواد در منابع آب شرب و نیاز به مطالعه و تحقیق در مورد تدوین استانداردها و پایش (مانیتورینگ) آنها در تصفیه خانه ها می باشد [۹].



شکل ۱- چرخه آب و انتقال ریز آلاینده ها به منابع آب شرب

۲،۳ طرح های 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 مصرف کننده باشد. در این رابطه محافظت میکروبی و شیمیایی از منابع آب اولین مانع برای تامین کیفیت آب شرب می باشد. موانع بعدی مراحل تصفیه آب (شامل گند زدایی) و بازیابی و محافظت از شبکه های توزیع آب می باشد [۱]. کیفیت آب در حالت کلی از فاکتورهای طبیعی و انسانی تاثیر می پذیرد. فاکتورهای طبیعی مهم عبارتند از: حیوانات وحشی، آب و هوا، شرایط توپوگرافی و پوشش گیاهی. موارد انسانی شامل منابع نقطه ای مانند (تخلیه فاضلاب) و منابع غیر نقطه ای مانند (رواناب سطحی) می باشند. همچنین با در نظر گرفتن اینکه منبع آب سطحی یا زیر زمینی می باشد، سناریوهایی که ممکن است باعث آلودگی آب شوند، بایستی شناسایی و مدیریت شوند. در مواقعی که چند منبع آب در دسترس باشند، امکان تنوع در انتخاب منبعی که آلودگی و مشکلات کمتری داشته باشد، وجود دارد. مدیریت منابع آب و فعالیت های بشری آلوده کننده در حوضه آبریز بر روی کیفیت منابع آب پایین دست و همچنین سفره های آب زیر زمینی موثر هستند. همچنین این مساله بر روی مراحل تصفیه لازم برای تامین بهداشتی آب اثر گذار می باشد و ارجح بر ارتقاء مراحل و روشهای تصفیه آب می باشد. برنامه های مدیریت منابع آب باید به گونه ای وضع شوند که بهترین منبع ممکن برای آب شرب را معرفی کنند [۱].

تصفیه آب باید به گونه ای انجام شود که از رشد میکروبی، خوردگی لوله و تشکیل رسوب جلوگیری کند. آب با کیفیت خوب در شبکه توزیع به طراحی و عملکرد سیستم بستگی دارد. برای مثال ثابت شده است که کلر آمین در کنترل برخی گونه های باکتریایی و رسوبات در خطوط لوله موثر می باشد. پایش (Monitoring) بر تامین آب شرب شامل یک سری فعالیت های برنامه ریزی شده و منظم، برای اطمینان حاصل کردن از دستیابی به اهداف مرتبط با سلامت و مدیریت صحیح سیستم می باشد. پارامترهایی که برای این بازدید ها انتخاب می شوند باید منعکس کننده موثر بودن آنها باشد. برای مثال برای منابع آب این موارد شامل کدورت، رشد جلبک ها، رنگ، تغییرات آب و هوایی محل و موارد محافظتی محل مانند فنس ها می باشد و در مورد تصفیه می تواند شامل غلظت ماده گند زدا، pH و کارکرد غشاهای باشد. در مورد شبکه توزیع مثال های این پارامترها شامل موارد زیر می باشند [۱]: باقی مانده کلر: منعکس کننده سریع مشکلاتی است که در رابطه با پارامترهای میکروبی می باشند. کم شدن ناگهانی باقیمانده کلر نشان دهنده ورود آلودگی ها و یا مصرف اکسیژن به دلیل رشد باکتری ها می باشد. پتانسیل کاهش اکسیژن همچنین نشان دهنده موثر بودن ماده گند زدا می باشد. باکتری های هاتروتروفیک: نشان دهنده افزایش احتمالی میکروبی، فعالیت بیوفیلم و یا افزایش زمان ماند می باشد.

۳. روش کار

در این قسمت مقادیر فعلی ترکیبات در استانداردهای آب شرب ایران با استانداردهایی که در بخش ۲،۱ توضیح داده شده است مقایسه شده اند. این ترکیبات طبق تعریف سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا در دو قالب استانداردهای اولیه و ثانویه و در قالب دو جدول ۱ و ۲ 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 شده اند.

۳،۱ مقایسه استانداردهای فعلی ایران با استانداردهای بین المللی

در این قسمت مقادیر فعلی ترکیبات در استانداردهای آب شرب ایران با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی، اتحادیه اروپا در سال ۲۰۱۵ و سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا در سال ۲۰۱۲ آورده شده است [۱، ۲، ۷، ۱۰].

جدول ۱. مقایسه مقادیر ترکیبات استاندارد ایران و استانداردهای بین المللی (واحد ها بر حسب میلیگرم بر لیتر)

US EPA 2012	WHO 2011	EU 2015	ایران	ترکیبات
کوچکتر از ۵ NTU	حداکثر مطلوب: ۰٫۵ NTU حداکثر مجاز: ۵ NTU	قابل پذیرش برای مصرف کنندگان	حداکثر مطلوب: ۱ NTU حداکثر مجاز: ۵ NTU	کدورت
-	حداکثر مطلوب: ۱۰۰-۲۰۰ حداکثر مجاز: ۳۰۰		حداکثر مطلوب: ۲۰۰ حداکثر مجاز: ۵۰۰	سختی کل
MFL ۷	بدون نیاز به عدد راهنما		MFL ۷	آزبست
۰٫۰۱۵	۰٫۰۱	۰٫۰۱	۰٫۰۱	سرب
۰٫۱	۰٫۰۵	۰٫۰۵	۰٫۰۵	کروم
۰٫۰۵	۰٫۰۴	۰٫۰۱	۰٫۰۱	سلنیوم
۰٫۰۰۵	۰٫۰۰۳	۰٫۰۰۵	۰٫۰۰۳	کادمیوم
۰٫۰۰۶	۰٫۰۲	۰٫۰۰۵	۰٫۰۲	آنتیمون
۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۶	۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۶	جیوه
-	۲٫۴	۱	۰٫۵	بر
-	۰٫۰۷	۰٫۰۲	۰٫۰۷	نیکل
۲	۰٫۷		۰٫۷	باریم
۲۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	سدیم
۱۰	۵۰	۵۰	حداکثر مطلوب: - حداکثر مجاز: ۵۰	نیترات
۱	۳	۰٫۵	حداکثر مطلوب: - حداکثر مجاز: ۳	نیتريت
۰٫۰۰۵	۰٫۰۰۴		حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰٫۰۰۴	ترا کلرید کربن
۰٫۰۰۵	۰٫۰۲		حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰٫۰۲	دی کلرومتان
۰٫۰۰۵	۰٫۰۳	۰٫۰۰۳	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰٫۰۳	۱ و ۲-دی کلرواتان
۰٫۰۰۵	۰٫۰۵		حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰٫۰۵	۱ و ۲-دی کلرواتن
۰٫۲	۰٫۰۲	۰٫۰۱	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰٫۰۲	تری کلرواتن
-	۰٫۰۴	۰٫۰۱	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰٫۰۴	ترا کلرواتن
۰٫۰۰۵	۰٫۰۱	۰٫۰۰۱	حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰٫۰۱	بنزن
۰٫۰۰۸	۰٫۱		حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰٫۱	بروموفورم
۱	۰٫۷		حداکثر مطلوب: ۰٫۰۲۴ حداکثر مجاز: ۰٫۷	تولون
۱۰	۰٫۵		حداکثر مطلوب: ۰٫۰۲ حداکثر مجاز: ۰٫۵	زایلن ها
۰٫۷	۰٫۳		حداکثر مطلوب: ۰٫۰۰۲	اتیل بنزن

ترکیبات	ایران	EU 2015	WHO 2011	US EPA 2012
	حداکثر مجاز: ۰٫۳			
استیرن	حداکثر مطلوب: ۰٫۰۰۴ حداکثر مجاز: ۰٫۰۲		۰٫۰۲	۰٫۱
مونو کلرو بنزن	حداکثر مطلوب: ۰٫۰۱ حداکثر مجاز		۰٫۳	۰٫۱
اپی کلروهیدرین	۰٫۰۰۰۴	۰٫۰۰۰۱	۰٫۰۰۰۴	کمتر از معادل پلیمر اپی کلرو هیدرین شامل ۰٫۰۱ درصد مونومر با دوز ۲۰ میلیگرم بر لیتر
۱ و ۲-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		۰٫۰۰۲	۰٫۰۰۲
۱ و ۲-دی بروم-۳-کلرو پروپان	۰٫۰۰۱		۰٫۰۰۱	۰٫۰۰۰۲
۱ و ۲-دی کلرو پروپان	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 کلرو فنتل	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 بروم 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 کلر آمین	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

US EPA 2012	WHO 2011	EU 2015	ایران	ترکیبات
۱	۰,۷		حداکثر مطلوب: حداکثر مجاز: ۰,۷	کلریت
۵ pCi/l : ۲۲۶	۱ pCi/l : ۲۲۶		۱	رادیوم ۲۲۶
۰,۰۳	۰,۰۳		۰,۰۱۵	اورانیوم
pCi/l ۳۰۰-۴۰۰	Bq/m ³ ۱۰۰		Bq/m ³ ۱۰۰	رادون

۳,۲ پارامترهای ثانویه کیفیت آب

همانطور که در بخش قبل اشاره شد دسته ای 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 می شوند و در تدوین آنها بایستی شرایط خاص هر منطقه نیز مورد توجه قرار بگیرد. این ترکیبات بر اساس استانداردهای EPA در سال ۲۰۱۲ انتخاب شده اند و مقایسه بین مقادیر آنها در استاندارد ایران و WHO سال ۲۰۱۱ در جدول زیر ارائه شده اند [۱،۲،۱۱].

۳,۳ ترکیبات با مقادیر تغییر یافته و بررسی علل مقادیر جدید

در بررسی مقادیر ترکیبات ثانویه در استاندارد ایران و WHO سال ۲۰۱۱، همانطور که در جدول ۲ مشاهده می شود، در برخی موارد مغایرت هایی مشاهده می شود که در زیر دلایل این تغییرات بر اساس توضیحات سازمان بهداشت جهانی آورده می شود [۱].

جدول ۲. مقایسه مقادیر ثانویه استانداردها

WHO 2011 (میلیگرم بر لیتر)	ایران ۱۰۵۳ (میلیگرم بر لیتر)	ترکیبات ثانویه
حداکثر مطلوب: ۰,۱ حداکثر مجاز: ۰,۱-۰,۲	حداکثر مطلوب: ۰,۱ حداکثر مجاز: ۰,۱-۰,۲	آلومینیوم
حداکثر مطلوب: ۲۰۰ حداکثر مجاز: ۲۰۰-۲۵۰	حداکثر مطلوب: ۲۵۰ حداکثر مجاز: ۴۰۰	کلراید
حداکثر ۱۵ TCU	حداکثر ۱۵ TCU	رنگ
حداکثر مطلوب: ۲ حداکثر مجاز: ۵	حداکثر مطلوب: ۱ حداکثر مجاز: ۲	مس
غیر خورنده	-	خوردگی
۰,۵ ۱,۵	۰,۵ ۱,۵	فلوراید
حداکثر مطلوب: ۰,۳	حداکثر مطلوب: ۰,۳	آهن
حداکثر مطلوب: ۰,۱ حداکثر مجاز: ۰,۲	حداکثر مطلوب: ۰,۱ حداکثر مجاز: ۰,۴	منگنز
-	۲ حداکثر در ۱۲ درجه سانتی گراد و ۳ در ۲۵ درجه سانتی گراد	بو
حداکثر مطلوب: ۶,۵-۸,۵	حداکثر مطلوب: ۶,۵-۸,۵	PH

حداکثر مجاز: ۸-۸.۵	حداکثر مجاز: ۹-۶.۵	
حداکثر مطلوب: ۰.۰۰۵ حداکثر مجاز: ۰.۱	-	نقره
حداکثر مطلوب: ۲۵۰ حداکثر مجاز: ۵۰۰	حداکثر مطلوب: ۲۵۰ حداکثر مجاز: ۴۰۰	سولفات
حداکثر مطلوب: ۶۰۰ حداکثر مجاز: ۱۰۰۰	حداکثر مطلوب: ۱۰۰۰ حداکثر مجاز: ۱۵۰۰	TDS
حداکثر مطلوب: ۳	۳	روی

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

مس: مس موجود در شبکه های توزیع آب ناشی از عمل خوردگی آب درون لوله های مسی در ساختمان ها می باشد و بنابراین غلظت آن متناسب با زمانی است که آب در تماس با لوله ها می باشد. در غلظت‌های بالاتر از ۱ میلیگرم بر لیتر، اجسام شسته شده ممکن است رنگ بگیرند. در غلظت‌های بالاتر از ۵ میلی گرم بر لیتر، مس باعث بوجود آمدن رنگ و طعم تلخ ناخوشایندی در آب می شود. غلظت ۲ میلیگرم بر لیتر برای مس از نقطه نظر سلامتی مناسب می باشد.

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

منگنز: در غلظت‌های بیشتر از ۰.۱ میلیگرم بر لیتر، در منابع آب باعث ایجاد طعم ناخوشایند می شود. وجود منگنز در آب شرب باعث تجمع رسوبات در سیستم توزیع می گردد. از نظر مصرف کنندگان، غلظت‌های کمتر از ۰.۱ میلیگرم بر لیتر قابل قبول می باشد. در غلظت ۰.۲ میلیگرم بر لیتر، منگنز باعث ایجاد پوشش بر روی لوله ها می شود که بصورت رسوبات سیاه پوسته پوسته می شوند. مقدار ۰.۴ میلیگرم بر لیتر که بر اساس ضوابط بهداشتی می باشد بیش از حد آستانه قابل قبول ۰.۱ میلیگرم بر لیتر می باشد. غلظت‌های بالا در آب شرب باعث عوارض عصبی در انسان می شود.

بو و مزه: آب باید بدون بو و مزه ای باشد که برای اکثر مصرف کنندگان غیر قابل قبول و ناخوشایند است.

PH: توجه دقیق به کنترل PH در تمامی مراحل تصفیه آب برای اطمینان از شفافیت و ضد عفونی بودن آن الزامی می باشد. برای ضد عفونی کردن موثر با کلر، مقدار PH بایستی ترجیحا کمتر از ۸ باشد. با این حال، PH برابر با ۷ یا کمتر اغلب خورنده می باشد. مقدار مطلوب PH بر اساس ترکیب آب و طبیعت مواد سازنده استفاده شده در سیستم توزیع متفاوت می باشد، اما معمولا در رنج ۶.۵ تا ۸.۵ می باشد.

نقره (در استاندارد ایران وجود ندارد): مقادیر پایین نقره در آب شرب (معمولا کمتر از ۵ میکروگرم بر لیتر) در ارتباط با بیماری آرگریا خطری را متوجه سلامت انسان نمی کند. مقادیر بالاتر (تا ۰.۱ میلیگرم بر لیتر) در برخی مورد بدون خطر برای سلامتی گزارش شده است.

سولفات: حضور سولفات در آب آشامیدنی می تواند باعث ایجاد طعم قابل تشخیص و در مقادیر بسیار بالا (۱۲۰۰-۱۰۰۰ میلیگرم بر لیتر) باعث اثرات ملین در مصرف کنندگان 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 مجموعا مناسب می باشد. آب شرب با مقدار TDS بیشتر از ۱۰۰۰ میلیگرم بر لیتر به طور فزاینده‌ای، ناخوشایند می شود. وجود مقادیر بالایی از TDS به دلیل رسوب (جرم گرفتگی) در لوله های آب، گرم کننده ها، بویلرها و وسایل خانگی برای مصرف کنندگان نیز نامطلوب می باشد.

۴. نتیجه گیری و پیشنهادات

از مقایسه استانداردهای کیفی آب در ایران و استانداردهای بین المللی اولاً مشخص شد که استاندارد ایران فاقد مقادیر راهنما برای برخی ترکیبات بوده و ثانیاً مقادیر برخی از ترکیبات در استانداردهای جدید بین المللی تغییر یافته است. پیشنهاد می شود در تدوین استانداردهای جدید در کشور، مواردی که در استانداردهای قبلی ذکر نشده اضافه گردند و موارد مغایرت دار اصلاح گردند. استاندارد ۱۰۵۳-a تحت عنوان اصلاحیه استاندارد ۱۰۵۳ حاوی مقادیری مانند $TDS=2000 \text{ mg/l}$ و یا (سختی کل بدون محدودیت) می باشند که قطعاً توصیه شده توسط هیچ کدام از سازمان های تدوین استاندارد بین المللی نبوده و در هر شرایطی، چه اضطراری و چه غیر اضطرار، باعث نامطلوب شدن کیفیت آب شرب می شود. اگر نشان گره های کیفی به تفکیک وجود و رخ داد آنها در منابع آب ذکر شوند پایش و تدوین برنامه های محافظتی برای جلوگیری از رخ داد آنها موثرتر می باشند. همچنین در تدوین یا استانداردهای میکروبی پیشنهاد می شود نوع انترکوک (و سایر گونه های مقاوم در برابر کلر زنی) هم به استاندارد فعلی اضافه شده تا محافظت میکروبیولوژیکی مطمئن تری 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 بعضاً این مقادیر بالاتر می باشند که دلیل این مساله آن است که استانداردهای آمریکا در مقایسه با سایر استانداردها کاربرد اجرایی بیشتری داشته و بر اساس داده های آزمایشگاهی و مطالعات ارزیابی ریسک تدوین شده اند. همچنین پیشنهاد می شود با الگوبرگیزی از تقسیم آلاینده ها به دو دسته اولیه و ثانویه (بر حسب نوع تاثیراتشان بر روی سلامت) از روی استاندارد EPA در کشور ما نیز آلاینده های تهدید کننده سلامت عمومی توسط موسسه استاندارد و سایر ترکیبات بر عهده شرکت های آب منطقه ای وضع شوند. مورد دیگری که در تامین آب شرب با کیفیت مطلوب پیشنهاد می شود، اقدام به تدوین برنامه های محافظتی از حوضه آبریز تامین کننده آب، مراحل تصفیه در تصفیه خانه ها و شبکه انتقال و توزیع آب می باشد. همچنین نظارت و پایش دائم (Monitoring) در تمامی این مراحل از سوی نهادهای مسئول مانند وزارت بهداشت توصیه می شود تا بتوان حتی الامکان از آلوده شدن آب شرب قبل از وقوع آن پیشگیری نمود.

همانطور که ذکر شد ریز آلاینده هایی نوظهوری مانند مواد دارویی، آرایشی، استروئید ها، سرفکتانت ها که در فاضلاب های خانگی و صنعتی یافت می شوند، و اکثر تصفیه خانه های متداول فاضلاب امان حذف کامل آنها را ندارند از طریق چرخه آب به منابع آبی بازگشته و امکان آلوده شدن آنها را افزایش می دهند. پیشنهاد می شود این دسته از آلاینده ها نیز در استانداردهای جدید ذکر شده و همچنین در منابع آبی و تصفیه خانه ها مورد بررسی و نظارت قرار بگیرند تا از اثرات سوء آنها بر روی سلامت عمومی جلوگیری شود.

۵. مراجع

1. WHO, (2011). *Guidelines for Drinking-Water Quality*, 4th ed, World Health Organization, ISBN 978 92 4 154815, Malta.
۲. کمیته ملی استاندارد کشاورزی و غذایی، (۱۳۸۸). " استاندارد ملی ایران ۱۰۵۳، آب آشامیدنی- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی (ICS: 13.60.20- تجدید نظر پنجم) "، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. تهران، ایران
۳. کمیته ملی استاندارد خوراک و فرآورده های کشاورزی، (۱۳۹۱). " استاندارد ملی ایران ۱۰۵۳-a، آب آشامیدنی- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی (ICS: 13.60.20) "، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. تهران، ایران
۴. کمیته ملی استاندارد میکروبیولوژی و بیولوژی، (۱۳۸۶). " استاندارد ملی ایران ۱۰۱۱، آب آشامیدنی- میکروبیولوژیکی (تجدید نظر ششم) "، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. تهران، ایران
5. Hassinger, E., & Watson, J. (1998). *Drinking Water Standards. Arizona Water Series, 5, AZ1009*.
6. Shatat, M., Rifaf, S., (2012). Water desalination technologies utilizing conventional and renewable energy sources. *International Journal of Low-Carbon Technologies*. pp. 1-19
7. Council Directive 98/83/EC , (2015). *Quality of water intended for human consumption*. The Council of the European Union, No. L 0083, EU.
8. Barrell, R., Hunter, P.R., Nichols, G., (2000). Microbiological standards for water and their relationship to health risk. *Communicable Disease and Public Health*, 3(1), pp.8-13
9. Focazio, M., Kolpin, D.K., Barnes, K., Furlong, E., Meyer, M., Zaugg, A., Barber, L., Thurman, M., (2008). A national reconnaissance for pharmaceuticals and other organic wastewater



کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران
دانشگاه تهران، تهران
۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵



contaminants in the United States-II) Untreated drinking water sources. *Science of the Total Environment*, STOTEN- 10484

10. EPA, (2012). *2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisors*. United States Environmental Protection Agency, EPA 822-S-12-001, USA.