



بررسی کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی شهر یزد

نویسندگان: محمدرضا سمائی* اصغر ابراهیمی** دکتر محمد حسن احرامپوش***

پروانه طالبی*** محمدحسن خلیلی*** رضا مروتی****

* دانشجوی دکترای بهداشت محیط دانشگاه تربیت مدرس - عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی یزد

** کارشناس ارشد بهداشت محیط - عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی یزد

*** دانشیار گروه بهداشت محیط - عضو هیئت علمی دانشگاه علوم پزشکی یزد

**** کارشناس بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی یزد

چکیده

آب علاوه بر آنکه یک ماده ضروری برای ادامه حیات است؛ نقش مهمی نیز در توسعه اقتصادی و اجتماعی جوامع دارد. این ماده حیاتی همواره مقادیری املاح؛ مواد معلق و گازهای محلول را بطور طبیعی و یا برخی از ترکیبات ویژه ناشی از فعالیتهای صنعتی را به همراه خود دارد. وجود برخی از املاح در آب برای سلامتی انسان ضروری است ولی مقدار بیش از حد مجاز برخی از آنها سلامتی انسان را به خطر می‌اندازد. هدف از این مطالعه سنجش پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در شبکه توزیع آب شرب شهر یزد و مقایسه آن با استانداردها است. در مطالعه توصیفی انجام شده تعداد ۸۴ نمونه، در مدت ۳ ماه در سال ۱۳۸۵ گرفته شد و به آزمایشگاه دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی یزد جهت آنالیز منتقل گردید. آزمایشهای pH، کلر آزاد باقیمانده و EC به روش دستگاهی در محل اندازه‌گیری شدند. آزمایشهای سختی کل، سختی دائم، سختی کلسیم و قلیائیت با روش تیترومتری بر اساس روشهای آزمایش استاندارد اندازه‌گیری شدند.

میانگین مقدار پارامترهای فیزیکی، رنگ، کدورت و کل جامدات محلول به ترتیب برابر با ۳/۹۹ TCU، ۰/۶۹ FTU، ۳۳۱/۸۹ mg/l و میانگین مقدار پارامترهای شیمیایی؛ کلر آزاد باقیمانده، هدایت الکتریکی، سختی کل، سختی دائم، سختی کلسیم و قلیائیت به ترتیب برابر با ۵۱۴/۶۶ $\mu\text{s}/\text{cm}$ ، ۰/۳۶ mg/l، ۱۰۴/۹۴ mg/l CaCO_3 ، ۶۰/۲۳ mg/l CaCO_3 ، ۱۳۶/۹۱ mg/l CaCO_3 بدست آمده است. نتایج حاصله نشان می‌دهد غلظت کلیه پارامترهای اندازه‌گیری شده با استانداردهای ملی و جهانی مطابقت داشته و دارای وضعیت مطلوبی می‌باشد و می‌توان اذعان نمود که کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی شهر یزد دارای وضعیت مطلوبی است.

واژه‌های کلیدی

کیفیت آب، پارامترهای شیمیایی و فیزیکی آب، یزد

طلوع بهداشت

فصلنامه پژوهشی

دانشکده بهداشت یزد

سال ششم

شماره دوم

تابستان ۱۳۸۶

شماره مسلسل: ۲۰



مقدمه

می‌شود. آب پس از ورود به یزد مورد پایش قرار گرفته و در صورت لزوم عمل کلر زنی برای تنظیم میزان کلر باقیمانده انجام می‌گیرد.

به دلیل نقش بسیار مهمی که کیفیت آب بر سلامت مصرف کنندگان دارد، همچنین بالاتر بودن سرانه مصرف آب در شهر یزد، با توجه به شرایط آب و هوایی، انجام این بررسی دارای اهمیت می‌باشد. برای انجام این بررسی‌ها نیاز به استانداردهایی است که مقادیر اندازه‌گیری شده با آنها مقایسه شده و مطابقت یا عدم مطابقت آنها با استاندارد را مشخص سازد. در تحقیق حاضر مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری شده در آب آشامیدنی یزد با استانداردهای ایران، سازمان جهانی بهداشت^۱ و سازمان محیط زیست آمریکا^۲ مقایسه شده است.

تاکنون پژوهش‌های زیادی در ایران و جهان در مورد بررسی کیفیت آب آشامیدنی انجام شده است. برای نمونه در مطالعه‌ای که روی آب شهر میانه انجام گرفته، مشکل عمده آب این شهر را سختی کل، TDS و یون بی‌کربنات معرفی کرده است، در حالی که سایر پارامترها در حد مطلوب قرار داشته‌اند(۶). در پژوهش دیگری که در مورد کیفیت شیمیایی آب بندرعباس انجام گرفته، مقادیر فلئور، سولفات، کلراید، سدیم، سختی کل، EC و TDS در منابع آب زیرزمینی از حد مطلوب فراتر بوده است، اما کیفیت منابع آب سطحی در حد مطلوبی بوده است(۷).

کل جامدات^۳ در آب به دو صورت جامدات معلق و محلول وجود دارند؛ جامدات معلق^۴ در آب شامل مواد معدنی مانند شن؛ سیلت و دیگر ترکیبات خاک و مواد آلی شامل فیبرهای گیاهی؛ جلبکها و باکتریها می‌باشند(۸). کل جامدات محلول (TDS)^۵ در آب

آب در خلقت اولیه صاف و عاری از هر گونه آلودگی خلق شده است اما پیشرفت بشر و صنعتی شدن جوامع سبب تولید آلاینده‌های مختلفی گردیده که با ورود به محیط زیست انسان بویژه در منابع آبی باعث کاهش کیفیت آنها شده است(۱). وجود ترکیبات شیمیایی حتی در مقادیر کم در صورتی که بیش از مقادیر تعیین شده در استانداردهای جهانی باشد، موجب مسمومیت انسانها و تمام موجودات خواهد شد(۲). متأسفانه این آلودگیها سالانه موجب مرگ چندین میلیون نفر در جهان می‌شود که علاوه بر مشکلات روحی، ضررهای اقتصادی فراوانی را به دنبال دارد. از طرفی با توجه به رشد جمعیت و بالا رفتن سطح زندگی جوامع نیازهای آبی بشر رو به فزونی است(۳). اهمیت آب برای بهداشت و توسعه به اندازه‌ای است که سازمان جهانی بهداشت (WHO) مهمترین نارسایی قرن بیستم را عدم دسترسی همگان به بهسازی و آب آشامیدنی سالم و کافی عنوان کرده است. تا بیست سال پیش مهمترین سرمایه ملی کشورها انرژی بود، اما در آینده‌ای نه چندان دور آب را با نفت معاوضه خواهند کرد و امروزه تاکید بر صرفه جویی و استفاده بهینه از منابع آبی است(۴).

سیستم آبرسانی شهری باید قادر باشد علاوه بر تامین مقدار آب کافی، کیفیت مناسب آب را نیز تامین کند. آب کاملاً خالص در طبیعت یافت نمی‌شود، حتی زمانی که بخار آب در هوا به مایع تبدیل می‌شود، دارای جامدات، نمکها و گازهای محلول می‌گردد. آب هنگام بارش مواد مختلف را از هوا زدوده و هر چه به زمین نزدیک‌تر می‌شود، آلوده‌تر می‌گردد(۵).

آب شهر یزد از دو منبع تامین می‌شود. بخش کمی از آن بوسیله منابع آب زیرزمینی تامین می‌شود، اما بخش عمده آب مصرفی این شهر از طریق خط انتقالی به طول حدود ۳۶۰ کیلومتر از سرشاخه‌های زاینده رود تامین می‌گردد. تصفیه‌خانه آب یزد نزدیک منبع تامین آب قرار دارد و آب پس از تصفیه به این شهر فرستاده

^۱ WHO

^۲ EPA

^۳ Total Solids

^۴ Suspended Solids

^۵ Total Dissolved Solids



زیرزمینی با آب سطحی مخلوط شده و به دست مصرف کننده می‌رسد، آب سختی بالاتری دارد.

روش بررسی

روش مطالعه در این پژوهش توصیفی می‌باشد. نمونه‌ها به مدت ۳ ماه از اردیبهشت تا تیر ماه سال ۱۳۸۵ به صورت لحظه‌ای برداشت شده است (۱۳). پارامترهای مربوط به کیفیت آب آشامیدنی در ۷ نقطه شهر یزد اندازه‌گیری شده است. در نهایت با استفاده از نرم‌افزار آماری Excel مقادیر میانگین و نمودارها برای هر پارامتر محاسبه و با استاندارد مقایسه شده است. پارامترهایی که در این تحقیق اندازه‌گیری شده شامل pH، کلر آزاد باقیمانده، EC، سختی کل، سختی دائم، سختی کلسیم، قلیائیت، رنگ، کدورت و TDS می‌باشد. تعداد نمونه‌ها ۸۴ نمونه بوده است. کلیه شرایط نمونه برداری و انجام آزمایش بر اساس رهنمودهای کتاب standard method صورت گرفته است (۱۴).

نتایج

نتیجه حاصل از اندازه‌گیری پارامترها در ایستگاههای انتخاب شده در نقاط مختلف شبکه توزیع آب شهر یزد در جدول ۱ آمده است. میانگین مقدار پارامترهای فیزیکی، رنگ، کدورت و کل جامدات محلول به ترتیب برابر با ۳/۹۹ TCU، ۰/۶۹ FTU، ۳۳۱/۸۹ mg/l و میانگین مقدار پارامترهای شیمیایی؛ کلر آزاد باقیمانده، هدایت الکتریکی، سختی کل، سختی دائم، سختی کلسیم و قلیائیت به ترتیب برابر با ۰/۳۶ mg/l، ۵۱۴/۶۶ $\mu\text{s}/\text{cm}$ ، ۱۳۶/۹۱ mg/l CaCO_3 ، ۶۰/۲۳ mg/l CaCO_3 ، ۲۹۷/۵۷ mg/l CaCO_3 ، ۱۰۴/۹۴ mg/l CaCO_3 بدست آمده است. در نمودارهای ۱ تا ۳ مقادیر اندازه‌گیری شده با استانداردهای ملی و جهانی مقایسه گردیده است و در نمودار ۴ رابطه بین جامدات محلول و هدایت الکتریکی نشان داده شده است

آشامیدنی شامل نمکهای معدنی با غلظت کمی از مواد آلی می‌باشند که یونهای اصلی تشکیل دهنده جامدات محلول کربنات، بی‌کربنات، کلراید، سولفات، نیترات، سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم می‌باشند (۹). رنگ آب نیز از پارامترهایی است که از نظر زیباشناختی دارای اهمیت است. اگر آب رنگی باشد، مردم به طور غیرارادی از استفاده آن پرهیز می‌کنند، حتی اگر کاملاً از نظر بهداشت عمومی سالم باشد. رنگ معمولاً بوسیله مواد آلی از قبیل جلبکها یا ترکیبات هیومیک یا مواد محلولی مثل آهن ایجاد می‌شود (۱۰). به آبی سخت گفته می‌شود که دارای مقادیر بالای مواد محلول (یونهای فلزی) باشد. این یونها عمدتاً شامل Ca^{2+} ، Mg^{2+} می‌شود.

در تصفیه آب، همچنین در گندزایی و کنترل خوردگی pH دارای اهمیت می‌باشد (۱۰). سرعت خوردگی آب بستگی زیادی به pH آب دارد (۱۱). گاز کلر معمولاً به صورت محلول جهت گندزایی آب مورد استفاده قرار می‌گیرد و در آب بدون آمونیاک به اسید هیپوکلرو (HOCl) و یون هیپوکلریت (OCI) هیدرولیز می‌شود. اسید هیپوکلرو در آب معمولاً به عنوان کلر آزاد باقیمانده شناخته می‌شود (۱۲). گاز کلر محلول در آب یک عامل اکسیدکننده است و می‌تواند مشکلاتی نظیر خوردگی، فرسایش و انحلال مواد لوله‌های شبکه آبرسانی را در پی داشته باشد. یون کلر مهم‌ترین آنیون مهاجم آب است و باعث تشدید خوردگی می‌شود. برای تعیین میزان خورنده یا رسوب‌گذار بودن آب به پارامترهای قلیائیت و سختی کلسیمی نیاز است. قلیائیت نمایانگر ظرفیت آب برای خنثی کردن اسید افزوده شده تا رسیدن به pH حدود ۴/۵ است (۱۱).

در فرایند تصفیه آب، کدورت اهمیت زیادی دارد، بویژه اینکه تیره بودن آب از نظر زیباشناختی آزاردهنده است و همچنین حضور ذرات کلوئیدی ریز حذف یا غیر فعالسازی ارگانایسمهای بیماریزا را دشوار می‌سازد (۱۰). با توجه به اینکه آبهای سطحی سبکتر از آبهای زیرزمینی هستند در بخشهایی از شهر یزد که آب

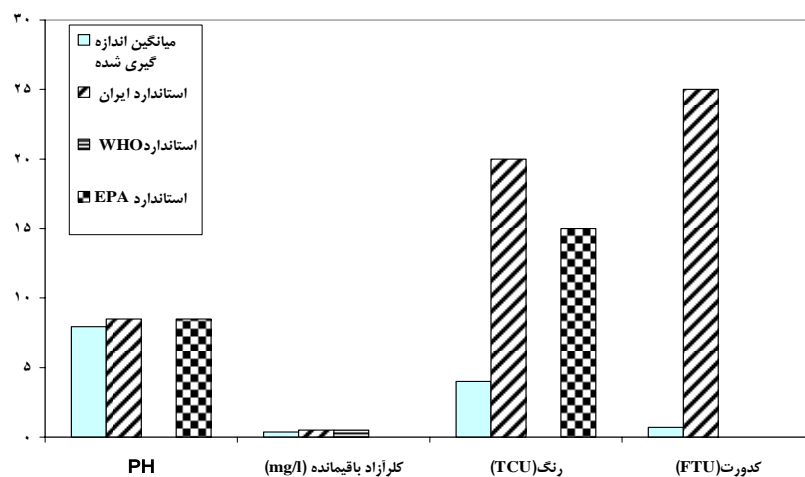


جدول شماره ۱: مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری شده در ایستگاههای مختلف

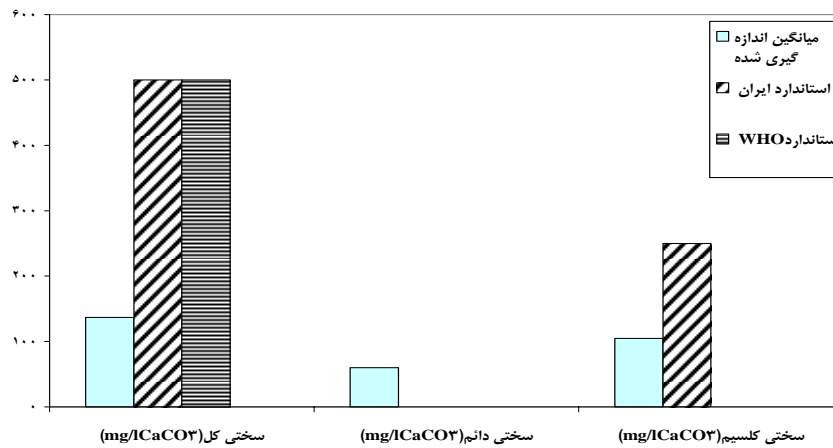
پارامترها	دانشکده دندانپزشکی	میدان آزادی	میدان راه آهن	دانشگاه آزاد	میدان اطلسی	میدان ابوذر	پارک هفتم تیر	میانگین کلیه ایستگاههای انتخابی سطح شهر	استاندارد ملی	
									حداکثر مجاز	حداکثر مطلوب
PH	۷/۹۶	۷/۹۲	۸/۰۴	۸/۰۲	۸/۰۴	۷/۹۲	۷/۶۸	۷/۹۴	۶/۵-۹/۲	۷/۵-۸/۵
کلر آزاد باقیمانده (mg/l)	۰/۳	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۴۴	۰/۳	۰/۴۴	۰/۲۸	۰/۳۶	-	۰/۲-۰/۸
هدایت الکتریکی (μs/cm)	۴۵۶	۵۶۹	۳۶۹	۳۴۳	۵۹۸	۵۹۱	۶۷۶/۶	۵۱۴/۶۶	۲۰۰۰	۱۵۰۰
سختی کل (mg/CaCO _۲)	۱۲۳	۱۴۹/۶	۱۲۴/۶	۱۰۳/۲	۱۴۴	۱۶۴	۱۵۰	۱۳۶/۹۱	۵۰۰	۳۵۰
سختی دائم (mg/CaCO _۲)	۵۶	۸۲	۴۴	۴۳/۲	۶۴	۵۶/۴	۷۶	۶۰/۲۳	*	*
سختی کلسیم (mg/CaCO _۲)	۱۰۶	۱۱۶	۸۴/۶	۸۶/۴	۱۱۰/۴	۱۰۸/۸	۱۲۲/۴	۱۰۴/۹۴	۲۵۰	۷۵
قلیائیت (mg/CaCO _۲)	۲۸۴	۳۴۹	۲۹۶	۳۰۰	۲۸۶	۲۸۵	۲۸۳	۲۹۷/۵۷	*	*
رنگ (TCU)	۳/۲۴	۴/۶۴	۵	۴/۳۶	۲/۸۴	۳/۰۶	۴/۷۶	۳/۹۹	۲۰	*
کدورت (FTU)	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۱	۰/۶	۰/۶	۰/۸	۰/۶۹	۲۵	*
کل جامدات محلول (mg/l)	۲۳۳/۶	۴۲۲/۴	۲۶۸	۲۳۹/۸	۴۳۰/۶	۲۸۸/۴	۴۴۰/۴	۳۳۱/۸۹	۱۵۰۰	۵۰۰

*: استاندارد تعیین نشده است.

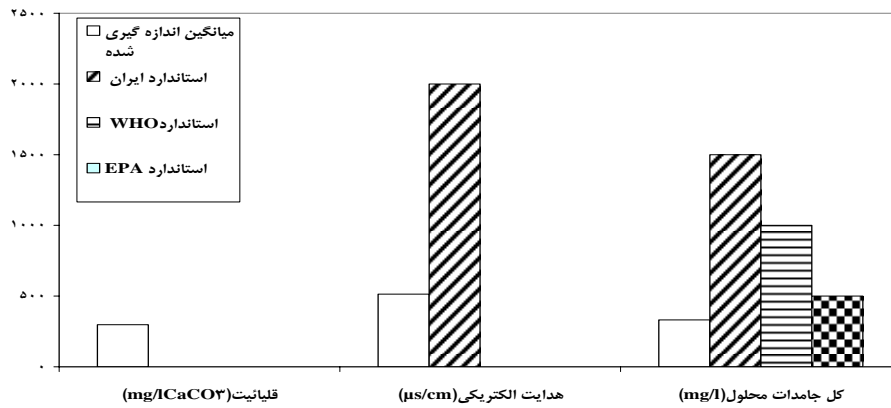
حد مطلوب: مقداری است که عدم تامین آن فقط کاهش کیفیت را به دنبال دارد و آب برای آشامیدن مناسب است.
حداکثر مجاز: حداکثر مقداری از غلظت املاح در آب است که استمرار شرب آن سلامتی یک انسان ۷۵ کیلوگرمی با مصرف روزانه ۲/۵ لیتر را به خطر نیندازد.



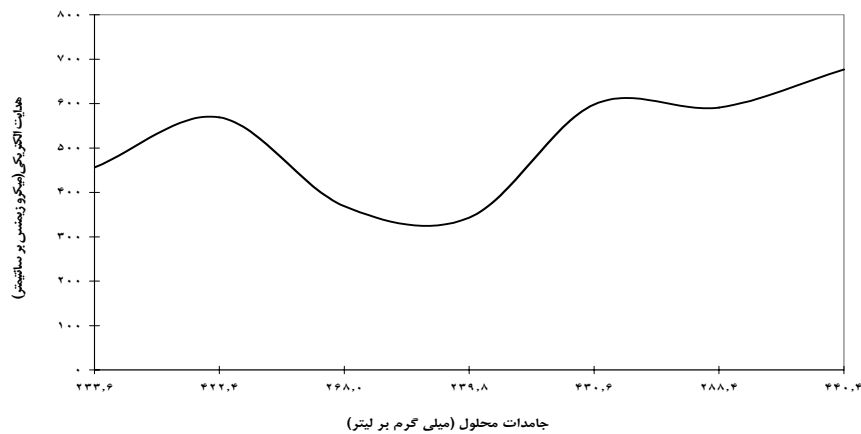
نمودار شماره ۱. مقایسه مقادیر میانگین کدورت، رنگ، کلر آزاد باقیمانده و pH با استانداردهای ایران، WHO و EPA



نمودار شماره ۲. مقایسه مقادیر میانگین مختلف سختی با استانداردهای ایران، WHO و EPA



نمودار شماره ۳. مقایسه مقادیر میانگین EC، TDS و قلیائیت با استانداردهای ایران، WHO و EPA



نمودار شماره ۴. رابطه EC و TDS در آب شبکه توزیع شهر یزد



بحث

حفاظت از بهداشت عمومی از آلاینده‌های بیماری‌زا در زیر ساخت‌های آب آشامیدنی یک مولفه مهم در بهره‌برداری از سیستم آب آشامیدنی جامعه است (۱۶). مقدار سختی آب شبکه توزیع آب یزد به طور میانگین ۱۳۷ میلی گرم در لیتر کربنات کلسیم بدست آمد که مقدار مناسبی است و در تقسیمات سازمان بهداشت جهانی و EPA در ردیف آب‌های نسبتاً سخت قرار می‌گیرد. این آب برای مصارف خاص صنعتی ممکن است مشکل‌آفرین باشد.

با توجه به اینکه آب شهر یزد بوسیله خط انتقالی با طول زیاد به این شهر هدایت می‌شود، موضوع خوردگی و رسوب گذاری در خط انتقال و توزیع آب حائز اهمیت است. پارامترهای خوردگی و رسوب گذاری به قلیائیت و سختی کلسیم وابسته است و از آنجا که مقدار این پارامترها در حد مطلوبی قرار دارد، در حال حاضر از نظر خوردگی و رسوب گذاری مشکل خاصی وجود ندارد.

میزان جامدات محلول و هدایت الکتریکی آب شرب در حد مطلوبی قرار دارد و مشکل خاصی ایجاد نمی‌نماید. بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام گرفته بین جامدات محلول و هدایت الکتریکی این رابطه وجود دارد. $TDS = (0.48 - 0.74) EC$

مقدار کدورت اندازه‌گیری شده در محدوده مطلوبی قرار دارد و می‌تواند تاثیر مثبتی در راندمان گندزدایی و میزان کلر مصرفی داشته باشد. میزان کلر آزاد باقیمانده نیز در محدوده استاندارد است و وجود آن تاثیر بسیار خوبی در از بین بردن ارگانیس‌ها و در نتیجه جلوگیری از انتقال بیماری‌ها خواهد داشت. مقدار رنگ اندازه‌گیری شده در محدوده پایین تر از حد استاندارد است و در نتیجه بر میل و رغبت شهروندان در استفاده از آب تاثیر می‌گذارد.

پارامترهای شیمیایی و فیزیکی اندازه‌گیری شده در شبکه توزیع آب شرب شهر یزد در زمان انجام پروژه در مقایسه با استانداردها مشکل‌آفرین نیستند. در پایان

اندازه‌گیری پارامترهای میکروبی و سایر املاح معدنی و آلی موجود در آب پیشنهاد می‌گردد.

منابع

۱- امیریگی حسن. اصول تصفیه و بهداشت آب، انتشارات اندیشه رفیع، ۱۳۸۳.

۲-Wachiniski AM. *Water Quality*, ۳rd edition, AWWA, ۲۰۰۳:۱۰۴-۱۳۰

۳-مهدی‌نیا محمود، دهقانی فاطمه، آشوری مهدیه، برزویی حسن. بررسی کیفیت شیمیایی و میکروبی شبکه‌های توزیع آب منطقه مهماندوست و شهرک شهرسازی دامغان در بهار ۱۳۸۴، هشتمین همایش ملی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تهران، آبان ۱۳۸۴.

۴- موسوی غلامرضا. مهندسی آب (برنامه‌ریزی، طراحی، بهره‌برداری)، جلد یک، انتشارات حفیظ، ۱۳۸۴.

۵- McGhee Trence J. *Water Supply and Sewerage*. McGraw-Hill, Inc, ۱۹۹۱. ۴۵-۶۰.

۶- صفری غلامحسین، واعظی فروغ. بررسی کیفیت آب شرب شهرستان میانه، هشتمین همایش ملی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی ساری، ۱۳۸۲.

۷- دیندارلو کاووس، علی‌پور ولی. بررسی کیفیت شیمیایی آب شرب بندرعباس و مقایسه با استانداردهای کشوری، هشتمین همایش ملی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تهران، ۱۳۸۴.

۸- Rolf Eliassen Paul H. King, Ray K. Linskey, McGraw-Hill series in *Water Resources and Environmental Engineering*.



Fifth edition, John Wiley & Sons, Inc. ۲۰۰۳

۱۴-Standard methods for examination of water and wastewater, American Public Health Association, ۲۰th edition ۱۹۹۹.

۱۵-Guidelines for drinking-water quality, Second edition, World Health Organization Geneva ۲۰۰۲.

۱۶-Helbling Damian E, Jeanne M. VanBriesen. *Continuous monitoring of residual chlorine concentrations in response to controlled microbial intrusions in a laboratory-scale distribution system*. Water research ۲۰۰۸ (۴۲): ۳۱۶۲ – ۳۱۷۲.

۹- John De Zuane, Drinking water Quality standards and controls, Van Nostrand rein hold, ۲۰۰۲.

۱۰- Weiner Ruth E, Robin A. Matthews, Environmental Engineering, Fourth Edition, Elsevier Science (USA) ۲۰۰۳.

۱۱- چالکش امیری محمد. اصول تصفیه آب، نشر ارکان، ۱۳۷۶، اصفهان.

۱۲- Susuma K, Integrated design and operation of water treatment facilities, Second edition, John Wily & Sons, Inc ۲۰۰۰.

۱۳- Salvato Joseph A, P.E. Dee, Nelson L. Nemerow, Franklin J. Agardy, Environmental Engineering,



A Study of the Physical and Chemical Quality of Potable Water in Yazd

Samaei M.R*(M.Sc)-Ebrahimi A**(M.Sc)-Ehrampoosh M.H*** (ph.D)

Talebi P****(B.S)-Khalili M.H**** (B.S)-Morovati R****(B.S)

**phD Candidate in invironmental Tarbiat modares and Faculty member yazd University Medical Sciences .*

*** Master of Science in invironmental Health and Faculty Member yazd University Medical Sciences .*

**** Associate professor in Shahid Sadoughi University of Medical Sciences Yazd.*

***** Expert of invironmental Health in Shahid Sadoughi University of Medical Sciences Yazd.*

Abstract

Water is essential for life and has an important role in economic and social development of any community. It often has natural impurities such as suspended solids, dissolved solids and gases, and industrial materials. Although, some of these components are essential for human health, presence of them in large quantities may endanger human health. The purpose of this study is evaluation of physical and chemical properties of potable water in Yazd water distribution system and their comparison with standards. The number of samples was ۸۴. This study was carried out in ۱۳۸۵ for ۳ months. Some of the tests such as pH, EC and free residual chlorine were implemented in situ. Others were implemented in laboratory with titrimetric method such as total hardness, calcium hardness and alkalinity. Results showed that color, turbidity, TDS, free residual chlorine, electrical conductivity, total hardness, permanent hardness, calcium hardness and alkalinity in Yazd water supply were ۳,۹۹ TCU, ۰,۶۹ FTU and ۳۳۱,۸۹ mg/l, ۰,۳۶ mg/l, ۵۱۴,۶۶ $\mu\text{s}/\text{cm}$, ۱۳۶,۹۱ mg/l CaCO_3 , ۶۰,۲۳ mg/l CaCO_3 , ۱۰۴,۹۴ mg/l CaCO_3 , ۲۹۷,۵۷ mg/l CaCO_3 consequently. These results indicate that water in Yazd distribution system accords with national and international standards and has desirable properties.

Key word

Water-Physical and chemical properties.