Original Paper

Quality of Iranian, foreign packaged drinking waters and municipal drinking water in Golestan Province, north of Iran

***Mojtaba G. Mahmoodlu (Ph.D)**, Corresponding Author, Assistant Professor, Department of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad, Iran. E-mail: mmahmoodlu@yahoo.com ORCiD 0000-0001-7016-1246

Mostafa Raghimi (Ph.D), Professor, Geology Department, Golestan University, Gorgan, Iran. ORCiD 0000-0001-5915-0845

Maryam Sayadi, M.Sc in Watershed Management, Department of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad, Iran.

Farzad Ahmadi, B.Sc in Water Engineering, Department of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad, Iran. ORCiD 0000-0002-6413-0512

Maryam Ramezani Mojaveri (M.D), General Physician, Head of Hospital Surveillance, Therapy Management of Social Security of Golestan Province, Gorgan, Iran. ORCiD 0000-0001-7157-2346

Abstract

Background and Objective: The use of packaged drinking water is on the rise nowadays in most countries, including Iran. Currently, more than 100 different brands of packaged drinking water are produced and distributed in Iran. This study was done to evaluate the quality of Iranian, foreign packaged drinking waters and municipal drinking water in Golestan Province, north of Iran.

Methods: This descriptive-analytical study was done on 56 packaged drinking waters of different Iranian and foreign brands, eight brands produced in Golestan province and a number of municipal drinking water samples were collected from Gorgan and Gonbad Kavous cities in northern Iran. To assess the quality of packaged drinking water and drinking water, their physicochemical parameters were compared with National Iranian Standards 1053 and WHO. Stiff and Piper diagrams were plotted to determine the type and hydrochemical facies of water samples. Gibbs and Schoeller diagrams were used to determine the water chemistry controlling factors of water samples and their water quality for drinking, respectively.

Results: The concentrations of physicochemical parameters (except bicarbonate) were within the range of national drinking water standards 1053 and WHO. The average nitrate concentration in all packaged drinking and drinking water was within the standard range. The fluoride concentration of all packaged drinking waters and drinking water was within the range of WHO standard. However, only 14 samples of all packaged drinking and drinking water samples are within the range of 1053 National Iranian Water Standard. The total concentration of soluble solids and the total hardness of packaged drinking water were within the range of 1053 NW. There was also a significant difference ($P<0.05$) between the chemical parameters of magnesium, sodium, chloride and nitrate in packaged drinking water produced in Golestan province with the municipal drinking water samples.

Conclusion: The amount of fluoride in drinking water in this study was less than desirable and required fluorination. The quality of packaged drinking water in Golestan province is better than the municipal drinking water.

Keywords: Water Quality, Drinking Water, Nitrate, Fluoride

Received 30 Nov 2019 **Revised** 12 Apr 2020 **Accepted** 27 May 2020

Cite this article as: G. Mahmoodlu M, Raghimi M, Sayadi M, Ahmadi F, Ramezani Mojaveri M. [Quality of Iranian, foreign packaged drinking waters and municipal drinking water in Golestan Province, north of Iran]. J Gorgan Univ Med Sci. 2021 Winter; 22(4): 112-122. [Article in Persian]

تحقیقی

کیفیت آب‌های بسته‌بندی شده ایرانی و خارجی در مقایسه با آب شرب شهری گرگان و گنبدکاووس

* **دکتر مجتبی قره محمودلو**، استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه گنبدکاووس، گنبد کاووس، ایران. ORCiD 0000-0001-7016-1246
دکتر مصطفی رقیمی، استاد، گروه زمین شناسی، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران. ORCiD 0000-0001-5915-0845
مریم صیادی، دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه گنبدکاووس، گنبد کاووس، ایران.
فرزاد احمدی، دانش آموخته کارشناسی مهندسی آب، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران. ORCiD 0000-0002-6413-0512
مریم رمضانی مجاوری، پزشک عمومی، رئیس اداره نظارت بیمارستانی، مدیریت درمان تامین اجتماعی استان گلستان، گرگان، ایران. ORCiD 0000-0001-7157-2346

چکیده

زمینه و هدف: *امروزه در اکثر کشورهای جهان و از جمله ایران، استفاده از آب آشامیدنی بسته بندی شده روند صعودی داشته است. به طوری که در حال حاضر بیش از ۱۰۰ برند مختلف آب آشامیدنی بسته بندی شده در ایران تولید و توزیع می گردد. این مطالعه به منظور ارزیابی کیفیت آب‌های بسته‌بندی شده ایرانی و خارجی در مقایسه با آب شرب شهری گرگان و گنبدکاووس انجام شد.*

روش بررسی: *این مطالعه توصیفی – تحلیلی روی آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده از ٥٦ برند مختلف ایرانی و خارجی، ۸ برند تولید شده در استان گلستان در مقایسه با تعدادی نمونه آب شرب از شهرهای گرگان و گنبدکاووس انجام شد. برای بررسی کیفی نمونه‌ها، پارامترهای فیزیکوشیمیایی با استانداردهای ملی آب ایران ۱۰۵۳ و WHO مقایسه گردید. نمودارهای استیف و پایپر برای تعیین تیپ و رخساره هیدروشیمیایی نمونه‌های آب ترسیم شد. از دیاگرام‌های گیبس و شولر به‌ترتیب برای تعیین عوامل کنترل کننده شیمی نمونه‌های آبی و همچنین کیفیت آب برای شرب استفاده شد.*

یافته ها: *غلظت پارامترهای فیزیکوشیمیایی (بجز بی‌کربنات) در محدوده استانداردهای ملی آب شرب ۱۰۵۳ و WHO قرار داشتند. میانگین غلظت نیترات در تمام آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده و شرب در محدوده استاندارد قرار داشتند. غلظت فلوراید تمام آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده و شرب در محدوده استاندارد WHO قرار داشتند. تنها ١٤ نمونه از کل نمونه‌های آب آشامیدنی بسته‌بندی شده و شرب در محدوده استاندارد ملی آب ایران ۱۰۵۳ بودند. غلظت کل جامدات محلول و سختی کل آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده و شرب در محدوده استاندارد ملی آب ۱۰۵۳ قرار داشتند. همچنین بین پارامترهای شیمیایی منیزیم، سدیم، کلراید و نیترات اندازه‌گیری‌شده در آب های آشامیدنی تولید شده در استان گلستان با نمونه های آب های شرب شهرهای گرگان و گنبدکاووس اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده شد (P<۰/۰٥).*

نتیجه‌گیری: *میزان فلوراید آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده و شرب مورد بررسی در شهرهای گرگان و گنبدکاووس کمتر از حد مطلوب ارزیابی شد که نیاز به فلوئورزنی است. کیفیت آب های آشامیدنی بسته‌بندی شده استان گلستان در مقایسه با آب‌های شرب شهرهای گرگان و گنبدکاووس وضعیت مطلوب‌تری داشتند.*

کلید واژه‌ها: *کیفیت آب ، آب شرب ، نیترات ، فلوراید*

* نویسنده مسؤول : دکتر مجتبی قره محمودلو ، پست الکترونیکی mmahmoodlu@yahoo.com
نشانی : استان گلستان، گنبدکاووس، دانشگاه گنبدکاووس، گروه مرتع و آبخیزداری، تلفن ۳۳۲۶۵۰۲۲-۰۱۷، نمابر ۳۳۲۶۴۰۶۰
وصول مقاله: ۱۳۹۸/۹/۹ ، اصلاح نهایی: ۱۳۹۹/۱/۲٤ ، پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۳/۷

مقدمه

آب شرب بایستی با استانداردهای سازمان های معتبر ملی یا جهانی مطابقت داشته باشد (۱). برخی از کشورهای مواجه با بحران آب، بر روی آب غیرمتعارف (فاضلاب تصفیه شده یا آب دریای نمک‌زدایی شده) تکیه می کنند. در این کشورها استفاده از آب های بسته‌بندی بطری شده به دلایلی از جمله طعم و مزه نامطلوب منابع آب شهری و سالم تر بودن نسبت به آب آشامیدنی شبکه توزیع شهری رو به رشد است (۲). به‌طورکلی آب‌های بسته‌بندی شده در بطری به دو صورت آب آشامیدنی و آب معدنی وجود دارند. امروزه مصرف آب‌های بسته‌بندی شده در بطری در میان جامعه گسترش زیادی یافته است. آب آشامیدنی بسته‌بندی شده، آبی است که در ظروف مناسب، بدون افزایش املاح معدنی بسته‌بندی و در اختیار مردم قرار داده می شود. یکی از پارامترهای مهم در تولید آب‌های بسته‌بندی شده همانند سایر آب‌های شرب، کنترل کیفیت

شیمیایی و میکروبی آنهاست (۳). مردم به دلایل مختلف از جمله عدم کیفیت مطلوب آب آشامیدنی سیستم‌های توزیع، کمبود آب شرب، سهولت دسترسی و هزینه نسبتاً پایین از آب آشامیدنی بسته‌بندی شده در بطری استفاده می‌نمایند (۴). در واقع مصرف آب معدنی بطری در کنار شبکه‌های لوله‌کشی آب شرب شهری با این تصور عمومی که آب‌های معدنی بطری شده نسبت به آب شرب شهری ارجحیت دارند و توصیه مصرف این نوع آب برای بیماران با ضعف سیستم ایمنی و تهیه غذای نوزادان و کودکان و حتی به دلیل کیفیت پایین آب‌های شهری که به‌واسطه افزودن موادی مثل کلراید، فلوئوراید و سایر ترکیبات افزودنی طعم و بوی ناخوشایندی را در آب‌های شهری ایجاد می‌کنند، سبب توسعه صنایع مربوط به آب آشامیدنی بسته‌بندی بطری شده است (۵).

منابع آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شامل چشمه‌ها، چاه‌های کم عمق و عمیق یا سیستم‌های آب شهری است که این منابع بایستی سالم و از نظر بهداشتی دارای کیفیت مناسب برای مصرف انسان باشد (۶). از نظر سازمان بهداشت جهانی، بعضی از عوامل در آب‌های معدنی و بطری شده نسبت به آب‌های شبکه توزیع اهمیت بیشتری دارند. از این رو این ارگان استانداردهای سخت‌گیرانه‌تری برای کاهش آلودگی آنها اعمال می‌کند. علاوه بر این، کنترل پارامترهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی در آب‌های آشامیدنی بطری شده مشکل‌تر از آب لوله‌کشی است. زیرا این آب‌ها در دمای بالاتر و زمان بیشتری نگهداری می‌شوند. همچنین جنس مورد استفاده در ساخت ظروف نگهداری این آب‌ها نیز بسیار مهم بوده و بایستی کنترل شود (۷). از طرفی استفاده دراز مدت از آب های آشامیدنی بسته‌بندی بطری شده به‌دلیل میزان کم برخی از یون‌های مورد نیاز بدن می‌تواند صدمات جبران ناپذیری به بدن انسان وارد کند.

مطالعات مختلفی بر روی کیفیت آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده در مناطق مختلفی از جهان انجام شده که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌شود. میران‌زاده و همکاران به بررسی کیفیت میکروبی و غلظت فلزات سنگین در ۱۵ مارک آب بسته‌بندی شده تولیدی در ایران پرداختند و نتایج نشان داد که کیفیت میکروبی و غلظت فلزات سنگین در تمام نمونه های مورد آزمایش، مطابق با استاندارد ملی ایران و سازمان بهداشت جهانی است (۸). عروجی و همکاران به بررسی کیفیت ۶ مارک آب آشامیدنی بسته بندی شده در ایران پرداختند و نتایج نشان داد که کیفیت شیمیایی و میکروبی آب های بسته‌بندی شده از نظر استانداردهای آب شرب قابل قبول هستند. همچنین تعدادی از نمونه‌ها، اختلاف معنی‌داری بین مقادیر اندازه‌گیری شده با مقادیر درج شده بر روی برچسب آب‌های بسته‌بندی داشتند (۳). Sasikaran و همکاران به بررسی کیفیت شیمیایی، فیزیکی و میکروبی آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده در شبه جزیره جفن پرداختند و نتایج نشان داد که بیش از نیمی از بطری های آب آشامیدنی آلوده به باکتری های هوازی هستند. همچنین میزان پارامترهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی اندازه گیری شده در آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده پایین‌تر از حد استاندارد آب شرب سریلانکا (SLS) بود (۹). نتایج Rahman و همکاران در بررسی کیفیت آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده غیرگازدار در بنگلادش و مقایسه آن با آب شیرین نشان داد که میزان پارامترهای فیزیکوشیمیایی درج شده بر روی بطری‌های آب آشامیدنی با مقادیر اندازه‌گیری شده متفاوت و دارای اختلاف معنی‌داری است (۱۰).

به‌طور کلی رخساره‌های هیدروشیمیایی حاصل اثر متقابل ویژگی های فیزیکی - شیمیایی سنگ ها، نیروی جنبشی محلول و الگوهای جریان سفره آب زیرزمینی هستند (۱۱).

پارامترهای فیزیکوشیمیایی مهم آب های آشامیدنی بسته بندی شده شامل فلوراید، نیترات، کلر، سختی آب و کل جامدات محلول است. غلظت‌های بالاتر از حد مجاز فلوراید می‌تواند منجر به بروز فلوئورزیس دندانی و اسکلتی شود. علاوه بر این جذب بیش از حد فلوئور از طریق غذا، نوشیدنی و دهان‌شویه به همراه آب با غلظت بالای فلوئور، عوارض دیگری همچون اختلالات معده و روده، کاهش ضریب هوشی، اختلالات سیستم ایمنی و کاهش میزان هموگلوبین را به دنبال دارد (۱۲). ترکیبات مختلف نیتروژنی نظیر آمونیاک، نیتریت به ویژه نیترات ممکن است به فراوانی در آب آشامیدنی و انواع پساب های خانگی، کشاورزی و صنعتی یافت شوند. آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده حداکثر غلظت مجاز نیترات ۴۵ میلی‌گرم در لیتر و سازمان بهداشت جهانی و اتحادیه اروپا ۵۰ میلی گرم در لیتر اعلام کرده‌اند. نیترات می‌تواند باعث مشکلات جدی، مثل یوتروفیکاسیون، و ابتلا به بیماری‌هایی نظیر سیانوز و سرطان مجاری گوارشی شود (۱۳). در بسیاری از کشورها کلر به دلیل ارزان بودن و تأثیر بالا، به منظور حذف میکروارگانیسم هایی که سبب بیماری‌های منتقل شده از طریق آب هستند؛ به آب اضافه می‌شود (۸). کلر می‌تواند در مدت ۳ دقیقه و غلظت ۰/۲ میلی گرم بر لیتر، بیشتر میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا برای انسان را به طور مؤثر غیرفعال کند. کلر باقیمانده می‌تواند با ترکیب مواد آلی موجود در آب، تشکیل ترکیباتی به نام تری‌هالومتان‌ها را بدهد. امروزه سرطان‌زایی این ترکیبات به اثبات رسیده است. این آنیون می‌تواند باعث بروز سقط جنین، بیماری‌های چشمی، مغز و اعصاب گردد (۱۴). سختی آب مفهومی است که به کمک آن میزان یون های کلسیم و منیزیم بیان می‌شود. با افزایش سختی آب بیماری‌های کلیوی (سنگ‌سازی در کلیه و مثانه) و عروقی، افزایش فشارخون سیستولیک و دیاستولیک، سرطان های مری، معده و همچنین بیماری های آرتریواسکلروزیس و مرگ های

ناگهانی افزایش می‌یابد (۱۵). افزایش کل جامدات محلول (Total dissolved solids: TDS) باعث کاهش کیفیت آب می شود. زیاد بودن کل مواد جامد محلول در آب، باعث افزایش غلظت املاح در بدن شده و فرد حس تشنگی می کند. افزایش این شاخص منجر به مشکلات قلبی و عروقی، بیماری‌های کلیوی، کبدی، استخوانی، امراض مخاطی، سرطان، تیروئید و بروز مشکلات ظاهری در فرد می‌شود. همچنین با افزایش غلظت TDS بیماری اسهال نیز افزایش می‌یابد. در مقابل با کاهش کل مواد جامد محلول درآب، میزان املاح آب بدن کاهش یافته، در نتیجه کلیه انسان سیگنال‌های عصبی یا هورمونی ایجاد می کند که این امر باعث افزایش ادرار در فرد می‌شود (۱۶).

با توجه به افزایش نیاز روزافزون مصرف آب های آشامیدنی بسته‌بندی در بطری، این مطالعه به منظور ارزیابی کیفیت آب‌های بسته بندی شده ایرانی و خارجی در مقایسه با آب شرب شهری گرگان و گنبدکاووس انجام شد.

روش بررسی

این مطالعه توصیفی - تحلیلی روی ۴۵ برند معتبر آب آشامیدنی بطری شده ایرانی، ۸ برند تولیدی استان گلستان و ۱۱ برند خارجی طی سال‌های ۹۷-۱۳۹۴ انجام شد.

مطالعه مورد تایید معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه گلستان و نیز دانشگاه گنبد کاووس قرار گرفت.

آنالیز شیمیایی هر یک از نمونه های آب براساس برچسب های آنها، استخراج گردید. برای مقایسه کیفیت آب های آشامیدنی بسته‌بندی شده با آب شرب شهری، از نتایج پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب شرب دو شهر گرگان و گنبدکاووس تهیه شده توسط شرکت آب و فاضلاب استان گلستان در سال ۱۳۹۷ استفاده شد. برای بررسی نتایج از میانگین، کمترین، بیشترین، انحراف معیار و واریانس پارامترهای فیزیکوشیمیایی استفاده شد. برای بررسی کیفی نمونه‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده و آب شرب، پارامترهای فیزیکوشیمیایی آن ها با استانداردهای ملی آب ایران ۱۰۵۳ و WHO مقایسه شد. برای تعیین تیپ و رخساره نمونه‌های آبی از دیاگرام‌های استیف و پایپر ترسیم شده در نرم افزار Aquachem2014.2 استفاده شد. به‌طورکلی از نمودار استیف برای ارزیابی تغییرات کیفی آب در یک مکان و در یک دوره استفاده می‌شود. این نمودار امکان مقایسه کل آنیون‌ها و کاتیون‌ها را نیز فراهم می کند. برای تعیین عوامل کنترل کننده شیمی آب نمونه‌های آبی از نمودار گیبس استفاده شد. بر اساس نمودار گیبس مهم‌ترین عوامل طبیعی که می‌توانند شیمی آب را کنترل کنند؛ شامل تبخیر، تبخیر و رسوب‌گذاری و سنگ منشأ و بارندگی هستند (۱۷). برای تعیین کیفیت آب برای شرب علاوه بر استانداردهای مذکور از نمودار شولر استفاده شد. میزان نیترات در نمونه های آب مربوط به آب های آشامیدنی بسته‌بندی شده و شرب با توجه به استاندارد جهانی WHO تعیین شد. میانگین جذب روزانه نیترات در انسان از ۴۳ تا ۱۳۱ میلی گرم بر لیتر متغیر بوده و مقادیر دفع آن از طریق ادرار بین ۳۹ تا ۲۶۸ میلی گرم بر لیتر در روز برآورد شده است (۱۸). برای تعیین کیفیت آب آشامیدنی، نمودار نیمه‌لگاریتمی شولر به منظور نمایش یون‌های اصلی بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر و برای نمایش اختلاف شیمیایی نمونه‌ها در یک نمودار به‌کار می‌رود (۱۹). معمولاً در گزارش‌های آب‌شناسی برای طبقه‌بندی آب از نظر شرب از نمودار شولر استفاده می‌شود. براساس نمودار شولر کیفیت آب ها از نظر شرب به شش گروه شامل خوب، قابل قبول، متوسط، نامناسب، کاملاً نامناسب و غیر قابل شرب تقسیم می‌شوند.

برای بررسی سنجش نرمالیته داده ها و تجزیه و تحلیل آماری Shapiro-Wilk و آنالیز واریانس یک‌طرفه (One Way Anova) از نرم‌افزار آماری SPSS-23 در سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ استفاده شد.

یافته‌ها

هیدروشیمی: نتایج تجزیه شیمیایی آب های آشامیدنی بسته‌بندی شده موجود در استان گلستان، ایران، دنیا و برخی منابع تأمین آب شرب شهر گنبدکاووس و گرگان (برحسب میلی‌گرم بر لیتر) در جدول یک ارایه شده است. با توجه به شکل یک تمامی پارامترهای شیمیایی اصلی به جز بی کربنات در تمام نمونه های آب آشامیدنی بسته‌بندی شده و شرب در محدوده استانداردهای آب شرب ایران ۱۰۵۳ و WHO قرار دارند. حداکثر مجاز آنیون بی کربنات با توجه به استاندارد WHO، ۱۲۰ میلی گرم بر لیتر است. در حالی که میزان بی کربنات در نمونه‌های آب آشامیدنی بسته‌بندی شده و آب شرب گنبدکاووس و گرگان بین ۱۶۶ تا ۳۶۵ میلی‌گرم بر لیتر است.

تیپ و رخساره منابع آبی مورد مطالعه: با توجه به شکل ۲، تیپ غالب آب های آشامیدنی بسته‌بندی شده خارجی، ایرانی و آب های شرب گرگان و گنبدکاووس از نوع بی کربنات کلسیک است. این تیپ آب نشان از انحلال سنگ های آهکی کلسیتی در منطقه تامین دارد. در حالی که تیپ آب‌های معدنی استان گلستان از نوع بی کربنات منیزیک است. این امر بیانگر آن است که عمدتاً سنگ منشاء آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده در استان گلستان از سنگ های دولومیتی بوده و انحلال این سنگ ها باعث غالب شدن کاتیون منیزیم در منابع آبی استان می شود. با توجه به نمودار پایپر (شکل ۳)، رخساره اکثر نمونه های آب های آشامیدنی بسته‌بندی شده و شرب از نوع Ca-Mg-HCO3 است. این نوع تیپ آب ها، از لحاظ سختی در رده سبک قرار دارند و نسبتاً شیرین و قابل شرب هستند.

جدول ۱ : نتایج پارامترهای شیمیایی آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده و شرب

محل نمونه	متغیرها	Ca	Mg	Na	K	Cl	HCO3	SO4	NO3	F	pH	TDS	TH
استان گلستان	میانگین	۳۵/۸۲	۲۲/۱۳	۹/۸۲	۰/۵۹	۱۲/۲۱	۲۵۶	۹۸/۳۳	۲/۵۱	۰/۱۸	۷/۲۹	۱۶۲/۱۲	۱۳۴/۸
	کمترین	۸	٤	۰/٦	۰/۲	۱	۲۵٦	۱۰	۰/۵	۰/۰٦	۷	۱۰۰	۹۰
	بیشترین	٦۰	۷۰	۲۰	۱/۳٦	۲٤	۲۵٦	۲۰۰	۸/۲	۰/۵۵	۷/٦	۲٤۲	۱۸۰
	انحراف‌معیار	۱٦/۸٦	۲۰/۵٤	۸/۵۳	۰/٤۷	۹/۱۳	–	۹۵/٦۹	۲/٤۱	۰/۱٦	۰/۲۵	٤٦/۲۳	۳۳/۰۹
	واریانس	۲۸٤/٤۱	٤۲۲/۱۹	۷۲/۸۸	۰/۲۲	۸۳/٤۸	–	۹۱۵۸/۳	۵/۸۳	۰/۰۲	۰/۰٦	۲۱۳۷/۵	۱۰۹۵/۲
داخل کشور	میانگین	٤۳/۹۲	۱۲/٤۹	۱۲/۷۱	۲/۳٦	۲۰/۰۷	۱٦٦/۰۵	۲۹/۷۷	٤/۱۱	۰/۲۸	۷/٤٦	۱٦۰/۰۹	۱۱۲/۷۸
	کمترین	۱	۰/۱٦	۱	۰/۱	۰/۰۳	۱۲	۰/۳۳	۰/۱	۰	۷	۵۹/۵	۳۲
	بیشترین	۲٤۸	٤۲/۷	۸۰	٤۱/۸	۲۳۱	۵۸۵	۱۲۰	۱۷/۳	۱	۷/۹٦	۲۸۹	۲۲۲
	انحراف‌معیار	۳۵/٤۰	۸/۱۲	۱۸/۷۷	٦/۲٦	۳٤/۰٦	۱۱۱/٤	۳۳/۱۷	٤/۰۱	۰/۲۳	٦۷/۰۳	۰/۲۳	۵۱/۰۹
	واریانس	۱۲۵۳/۵	٦۵/۹۵	۳۵۲/۳٦	۳۹/۲۲	۱۱٦۰/۱	۱۲٤۱٤/۱	۱۱۰۰/٦۹	۱٦/۱٤	۰/۰۵۵	۰/۰۵٦	٤٤۹٤/۱	۲٦۱۰/۵
سایر کشورها	میانگین	٦۲/۵۳	۱٦/۱۳	۱٤/۵٦	۲/۹۷	۱۷/۲۹	۲٤۷/۵۳	۳۳/٦۸	۲/۱۲	۰/۳۳	۷/۲٤	۹٦	۲۲۳/۵
	کمترین	۰/۳	۰/۰٦	۲	۰/۵	۱/۲	۱۵	۳	۰/۲	۰/۱	٦	–	۰/۹۹
	بیشترین	۱۸۱	۵۳/۵	۵۰	۱۸	٦۲	٤۳۲	۱٤٦	۱۰/۳	۰/۸	۸/۱	–	٦۷۰/۳۲
	انحراف‌معیار	۵۰/۹۸	۱٤/۱۵	۱٤/۷۱	۳/۹۳	۱۹/۳۸	۱۲۸/۷٦	۳۸/۸۵	۲/۷۱	۰/۲۲	۰/۵۵	–	۱٦۸/٤٤
	واریانس	۲۵۹۹	۲۰۰/۲٦	۲۱٦/٦۲	۱۵/٤۹	۳۷۵/۸٦	۱٦۵۸۰/٦	۱۵۰۹/٤	۷/۳٦	۰/۰٤۹	۰/۳۱	–	۲۸۳۷٤/۳
آب شرب گنبد	میانگین	۷۲	۲۳/۷٦	٦۲/۲۵	۱/٤۵	٦٤/۵	۲۷٤	۸۲	۱٦/۷۲	۰/۳۳	۷/٤۵	٤۸٦/۹۵	۲۷۹
	کمترین	۵۹/۲	۲۳/۰٤	۵٦	۱/٤	۵۳	۲۵٦	۷۸	۸/۳٦	۰/۳	۷/۳۹	٤۵۲	۲٤۸
	بیشترین	۹۹/۲	۲٤/۹٦	٦۵	۱/۵	۷۹	۲۹٦	۹۰	۳۱/۲٤	۰/۳٦	۷/۵۲	۵٦۰	۳۵۲
	انحراف‌معیار	۱۸/٦۱	۰/۹۱	٤/۱۹	۰/۰۵	۱۰/۵۷	۲۰/۰٦	۵/٦۵	۱۲/٦۲	۰/۰۲٦	۰/۰٦۷	۵۰/۰۹	٤۹/۵۷
	واریانس	۳٤٦/٤۵	۰/۸٤	۱۷/۵۸	۰/۰۰۳	۱۱۵/٦٦	٤۰۲/٦٦	۳۲	۱۵۹/۳۳	۰	۰	۲۵۰۹/۵	۲٤۵۷/۳۳
آب شرب گرگان	میانگین	۱۰۲/۹۸	۳٦/٤	۵۲/۲٦	٤/۲۳	۸٦/۸٤	۳٦۵	۱۰۱/۷۱	٤٦/۷۵	۰/۱۹	۷/۲۱	٦۲٤/٦٦	٤٤۹
	کمترین	۷٦/۸	۳٦/٤۸	۳٦/۸	۲/۲	٦۵/۲	۲٦۰	۷۳/۸۸	۱۳/۵	۰/۱۵	۷/۱	٤۵۲	۳٤٤
	بیشترین	۱۱٦/۳	۵۸/۵٦	۸٤/۲	۷/۵	۱۱٦/۵	٤۸۰	۱۲۳/٦	٦۳/۰۲	۰/۲۵	۷/۳۲	۷۸۰	۵۰۰
	انحراف‌معیار	۱۵/۷۱	۸/۱۷	۱۷/٤۱	۱/۹۹	۱۸/۷۸	۸٦/٦٦	۱٦/۸۹	۱۹/٤۱	۰/۰۳	۰/۰۹	۱۲۹/٦٦	٦۱/۱۱
	واریانس	۲٤۷/۰٤	٦٦/۸۹	۳۰۳/۳۹	۳/۹۹	۳۵۲/٦۹	۷۵۱۰	۲۸۵/٤۹	۳۷٦/۷۹	۰	۰	۱٦۸۱۲/٦	۳۷۳۵
استاندارد WHO		۲۰۰	۵۰	۲۰۰	۱۲	۲۵۰	۱۲۰	۲۵۰	۵۰	۰/۵ – ۱/۵	٦/۵ – ۸/۵	۱۰۰۰	۲۰۰
حداکثر مطلوب ۱۰۵۳		۳۰۰	۳۰	۲۰۰	–	۲۵۰	–	۲۵۰	–	–	٦/۵ – ۸/۵	۱۰۰۰	۲۰۰
حداکثر مجاز ۱۰۵۳		٤۰۰	۱۵۰	۲۰۰	–	٤۰۰	–	٤۰۰	۵۰	۱/۵	۹	۱۵۰۰	۵۰۰

غلظت پارامترها بر حسب میلی‌گرم بر لیتر است.

منشاء شیمی آب: با توجه به تجمع نمونه‌های آب آشامیدنی بسته‌بندی شده و شرب در نمودار گیبس، می‌توان دریافت که واکنش آب – سنگ، کنترل کننده شیمی آب است (شکل ۴).

نیترات: میزان نیترات در نمونه‌های مورد بررسی در شکل 5a نشان داده شده است. میزان میانگین نیترات نمونه‌های آنالیز شده در محدوده ۲/۱۲ تا ۴۶/۷۵ میلی گرم بر لیتر است. کمترین میزان نیترات در آب‌های معدنی خارجی به مقدار ۲/۱۲ میلی‌گرم بر لیتر و بیشترین میزان آن در آب شرب گرگان به میزان ۴۶/۷۵ میلی گرم بر لیتر مشاهده شد؛ اما در کل نیترات تمام نمونه‌های آب معدنی و شرب در محدوده استاندارد جهانی WHO یعنی کمتر از ۵۰ میلی گرم بر لیتر قرار داشتند.

فلوراید: میزان فلوراید آب های آشامیدنی بسته‌بندی شده و شرب در شکل 5b نشان داده شده است. میانگین غلظت فلوراید در نمونه‌های آب آشامیدنی بسته‌بندی شده استان گلستان، ایران، خارجی و نمونه های آب شرب گنبدکاووس و گرگان به ترتیب برابر ۰/۱۸، ۰/۲۸، ۰/۳۳، ۰/۳۳ و ۰/۱۹ میلی گرم بر لیتر بودند. در نگاه تعداد کمی از نمونه های آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده و شرب در محدوده استاندارد جهانی (کمتر از ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر) قرار دارند. در حالی که با توجه به استاندارد ملی آب ایران ۱۰۵۳، متوسط غلظت فلوراید نمونه های آب شرب و آشامیدنی بسته‌بندی شده کمتر از حد مطلوب یعنی ۰/۵ میلی گرم بر لیتر هستند. در کل تنها فلوراید ۱۴ نمونه از کل نمونه‌های آب آشامیدنی بسته‌بندی شده و شرب در محدوده استاندارد (۰/۵ تا ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر) ملی آب ایران ۱۰۵۳ قرار دارند. با توجه به این که مهم‌ترین راه جذب فلوراید از طریق آب شرب است و نتایج این مطالعه نشان داد که میزان فلوراید تمامی آب های آشامیدنی بسته‌بندی شده و شرب کمتر از استاندارد ملی آب آشامیدنی است؛ لذا لزوم ایجاد واحد فلوئورزنی به منظور تامین فلور مورد نیاز بدن در تمامی منابع آبی دیده می‌شود.

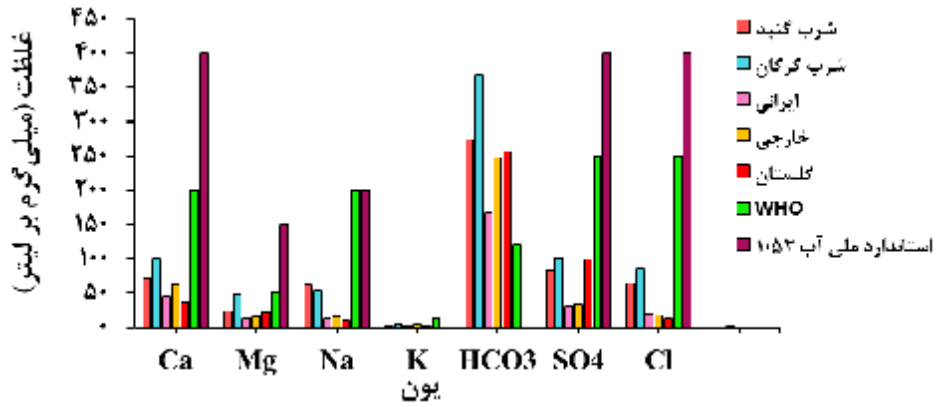
سختی کل و کل جامدات محلول: میزان غلظت کل جامدات محلول و سختی کل آب های آشامیدنی بسته بندی شده و منابع آبی شرب شهرهای گرکان و گنبد در شکل ۵ نشان داده شده است. با توجه به شکل 5c، تمام نمونه‌های آب آشامیدنی بسته‌بندی شده و شرب در محدوده کمتر از حداکثر مطلوب استاندارد ملی آب شرب

جدول ۲ : نتایج آنالیز ANOVA برای نمونه‌های آب آشامیدنی بسته‌بندی شده و شرب

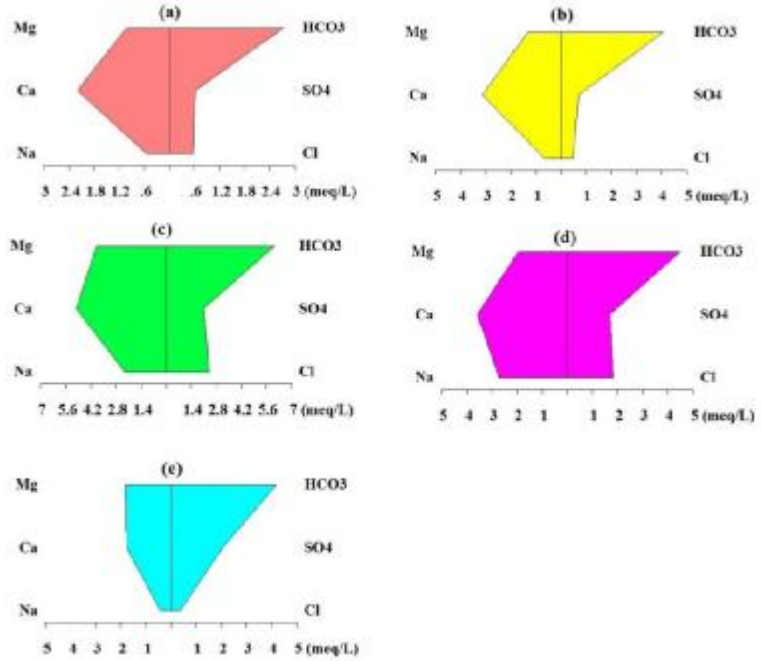
متغیر وابسته	گروه (I)	گروه (J)	میانگین اختلاف (I-J)	خطای انحراف معیار	p-value
Ca	گلستان	ایرانی	-۸/۰۹	۱٤/۲۰	۰/۹۸۸
		خارجی	-۲٦/۷۰	۱۵/۵۳	۰/۵٦۸
		شرب گنبد	-۳٦/۱۷	۲۳/۰٤	۰/٦۵۲
		شرب گرگان	-٦٤/٤۹	۲۱/٤۵	۰/۰٦۹
Mg	گلستان	ایرانی	۹/٦٤	٤/۱٦	۰/۲٦۲
		خارجی	٦	٤/۵٦	۰/۷۸۵
		شرب گنبد	-۱/٦۲	٦/۷٦	۱
		شرب گرگان	-۲۵/۱۷	٦/۲۹	۰/۰۰۵
Na	گلستان	ایرانی	-۲/۸۸	٦/۸۵	۰/۹۹٦
		خارجی	-۵/۲٤	۷/٤٤	۰/۹۷۳
		شرب گنبد	-۵۲/٤۲	۱۰/٦۹	۰/۰۰۰
		شرب گرگان	-٤۳/۳۷	۹/۹۸	۰/۰۰۲
K	گلستان	ایرانی	-۱/۷۷	۲/٤۷	۰/۹۷۲
		خارجی	-۲/۳۸	۲/٦۳	۰/۹۳۵
		شرب گنبد	-۰/۸۵	۳/۵۲	۱
		شرب گرگان	-۳/۷۸	۳/۳۲	۰/۸٦۰
SO4	گلستان	ایرانی	٦۸/۵۵	۲۱/۵٤	۰/۰٤۷
		خارجی	٦٤/٦۵	۲۲/۹۳	۰/۱۰۵
		شرب گنبد	۱٦/۳۳	۲۷/٦۹	۰/۹۸٦
		شرب گرگان	-۲/۲۰	۲٦/٤۷	۱
Cl	گلستان	ایرانی	-۷/۸۵	۱۱/۵۸	۰/۹۷۷
		خارجی	-۵/۰۸	۱۲/۵۹	۰/۹۹۷
		شرب گنبد	-۵۲/۲۸	۱۸/۰۸	۰/۰۸۹
		شرب گرگان	-۷۳/۳۵	۱٦/۸۹	۰/۰۰۲
F	گلستان	ایرانی	-۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۸۰۱
		خارجی	-۰/۱۵	۰/۰۹	۰/٦٦۹
		شرب گنبد	-۰/۱۵	-۰/۱۳	۰/۸۵٤
		شرب گرگان	۰/۰۰۵	۰/۱۲	۱
NO3	گلستان	ایرانی	-۱/٦۰	۲/۳٤	۰/۹۷٦
		خارجی	۰/۳۹.	۲/٦۳	۱
		شرب گنبد	-۱۳/٦۵	۳/۷۳	۰/۰۱٤
		شرب گرگان	-٤٤/۲٤	۳/٤۷	۰/۰۰۰
pH	گلستان	ایرانی	-۰/۱٦	۰/۱۱	۰/۷۱۸
		خارجی	۰/۰۵	۰/۱۳	۰/۹۹٦
		شرب گنبد	-۰/۱۵	۰/۱۸	۰/۹٤۸
		شرب گرگان	۰/۰۸	۰/۱٦	۰/۹۹٤

۱۰۵۳ (۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر) قرار دارند. بیشترین و کمترین میزان کل جامدات محلول به ترتیب در نمونه های آب شرب گرگان ۶۲۴/۶۶ میلی‌گرم بر لیتر و آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده خارجی ۹۶ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد. همچنین با توجه به شکل 5d میزان سختی کل همه نمونه‌های آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده و شرب کمتر از حداکثر مجاز استاندارد ملی آب ۱۰۵۳ است. در حالی که با توجه به استاندارد WHO نمونه‌های آب آشامیدنی بسته بندی شده خارجی و آب شرب گرگان و گنبدکاووس بیشتر از حد مجاز یعنی ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تعیین شد. نمونه‌های آب آشامیدنی بسته‌بندی شده ایرانی و استان گلستان در محدوده استاندارد WHO قرار دارند. بیشترین میزان سختی کل در آب شرب گرگان ۴۴۹ ملی‌گرم بر لیتر و کمترین میزان آن در آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده ایرانی ۱۱۲/۷۸ میلی گرم بر لیتر مشاهده شد. با توجه به میزان غلظت کلسیم نسبت به منیزیم در نمونه‌های آب آشامیدنی بسته‌بندی شده و شرب، می توان دریافت که افزایش سختی کل در نمونه های آب به علت غلظت بالای کلسیم در آنها است.

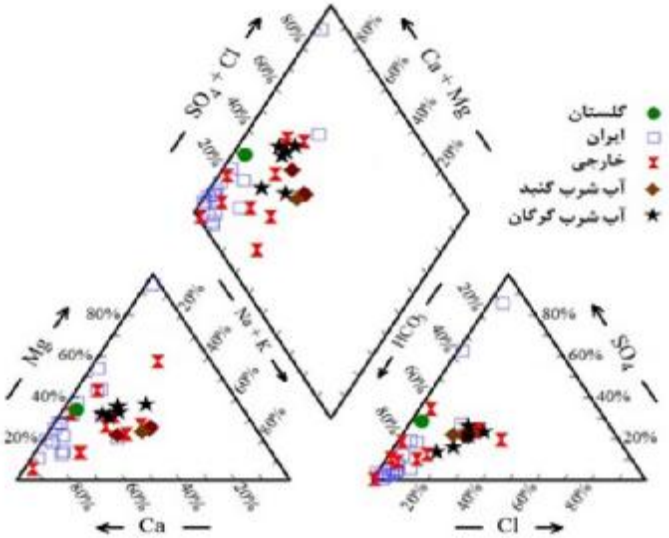
کیفیت آب آشامیدنی: ارزیابی کیفیت آب از نظر آشامیدن در شکل ۶ نشان داده شده است. با توجه به نتایج نمودار شولر تمام نمونه‌های مربوط به آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده و شرب در رده خوب قرار داشتند.



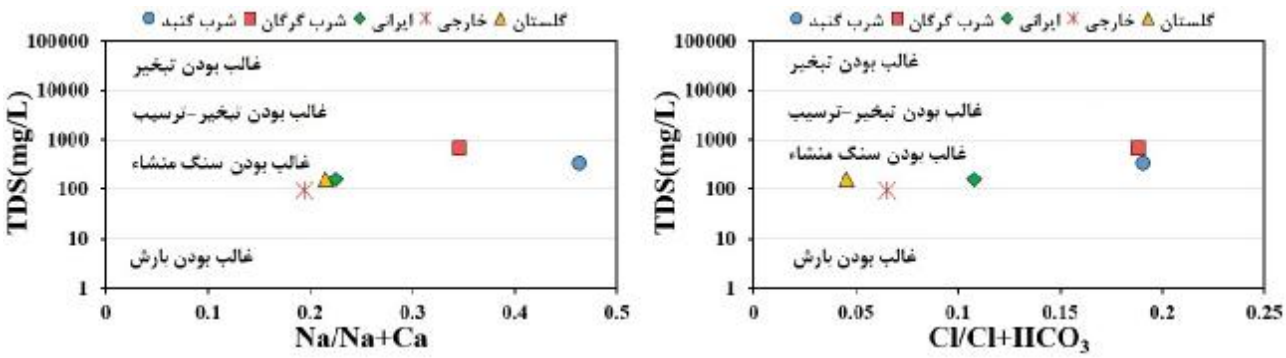
شکل ۱ : مقایسه غلظت یون‌های موجود در منابع آبی مورد مطالعه با استانداردهای WHO و آب شرب ۱۰۵۳



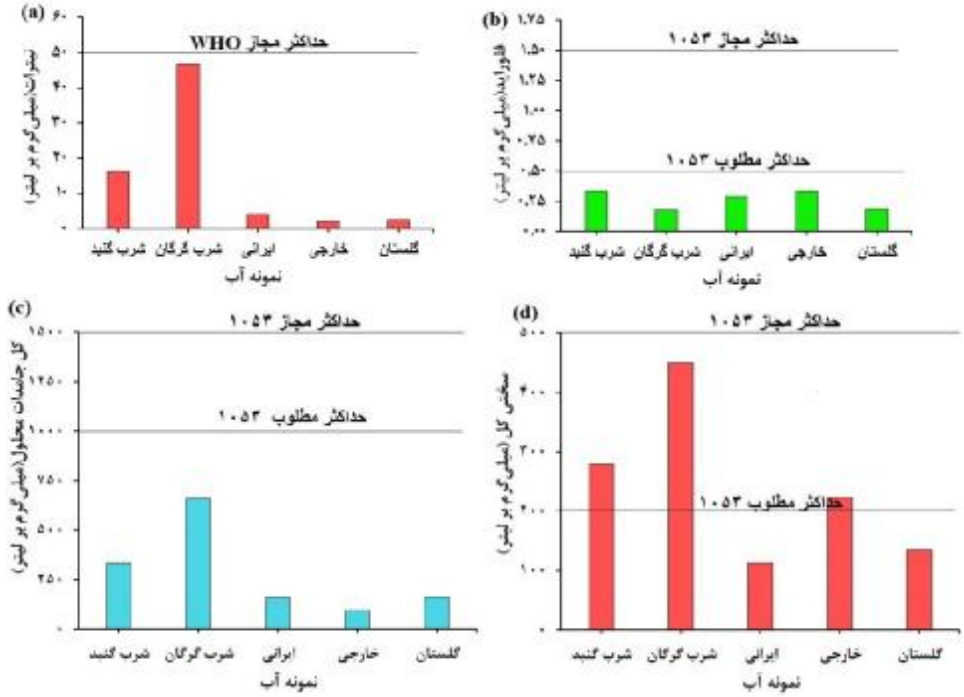
شکل ۲ : دیاگرام استیف آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده در ایران (a) ، خارجی (b) ، شرب گرگان (c) ، شرب گنبدکاووس (d) و گلستان (e). این گراف براساس متوسط غلظت منابع آبی رسم شده است.



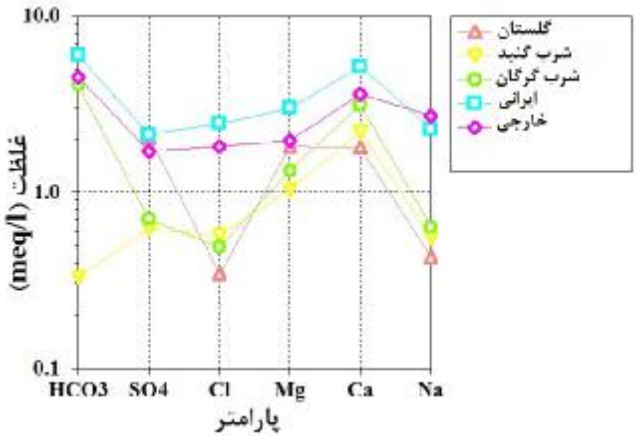
شکل ۳ : نمودار پایپر آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده و منابع آب شرب



شکل ٤ : عوامل کنترل کننده شیمی در آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده و منابع آبی شرب



شکل ٥ : غلظت نیترات (a)، فلوراید (b)، کل جامدات محلول (c) و سختی کل (d)در آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده و شرب



شکل ٦ : نمودار شولر مربوط به آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده و شرب

مطالعات آماری: با توجه به نتایج جدول ۲، سطح معنی‌داری پارامترهای کلسیم، پتاسیم، فلوراید و pH بالاتر از ۰/۰۵ است. بدین‌معنی که میانگین این پارامترها در آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده و شرب اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند. میزان منیزیم اندازه‌گیری شده در آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده ایرانی با آب شرب گنبدکاووس دارای تفاوت آماری معنی‌دار بود (P<۰/۰۰۱). این اختلاف معنی‌دار در میزان منیزیم در آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده خارجی با آب شرب گرگان نیز مشاهده شد. همچنین میزان منیزیم اندازه‌گیری شده در نمونه‌های آب شرب گرگان با نمونه‌های مربوط به آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده استان گلستان و آب شرب گنبدکاووس دارای اختلاف معنی‌دار است (P<۰/۰۵). میزان سدیم اندازه‌گیری شده در نمونه‌های مربوط به آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده خارجی و ایرانی با نمونه‌های آب شرب گنبدکاووس و گرگان دارای اختلاف معنی‌داری بودند. همچنین میزان سدیم در نمونه‌های آب شرب گنبدکاووس و گرگان علاوه بر اختلاف معنی‌دار آنها با نمونه های مربوط به آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده ایرانی و خارجی با نمونه‌های مربوط به آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده داخل استان گلستان نیز متفاوت بود (P<۰/۰۵). میانگین سولفات در آب‌های آشامیدنی بسته بندی شده ایرانی با میانگین این یون در نمونه آب شرب گرگان و آب های آشامیدنی بسته‌بندی شده استان گلستان دارای اختلاف معنی‌داری است. این اختلاف معنی‌دار در آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده خارجی با آب شرب گرگان نیز مشاهده شد (P<۰/۰۵). میانگین کلراید آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده اعم از ایرانی، خارجی و استان گلستان با نمونه های آب شرب گرگان دارای اختلاف معنی‌دار است (P<۰/۰۵). میزان نیترات در نمونه های آب های آشامیدنی بسته‌بندی شده ایرانی، خارجی و استان گلستان با میانگین نیترات در آب شرب گرگان و گنبدکاووس دارای اختلاف معنی‌دار است (P<۰/۰۵). همچنین میزان نیترات در نمونه‌های آب شرب گنبدکاووس و گرگان نیز با یکدیگر تفاوت آماری معنی‌داری داشتند (P<۰/۰۵).

بحث

با توجه به نتایج مطالعه حاضر، میانگین تمام پارامترهای شیمیایی (به‌جز بی‌کربنات) مربوط به آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده و شرب در محدوده استانداردهای ملی آب شرب ۱۰۵۳ و WHO قرار داشتند. تیپ و رخساره اکثر آب های آشامیدنی بسته بندی شده و شرب از نوع Ca-Mg-HCO3 است. مادامی که تیپ آب از نوع بی کربنات کلسیک باشد؛ نشان‌دهنده قابل شرب بودن آب است. با توجه به این که واکنش آب – سنگ عامل اصلی در کنترل شیمی آب های آشامیدنی بسته‌بندی شده و شرب بوده و Ca-Mg-HCO3 رخساره غالب منابع آبی مورد مطالعه است؛ سنگ های آهکی را می توان به‌عنوان سنگ منشا تمامی منابع آبی مورد مطالعه نام برد. نمونه‌های مربوط به آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده استان گلستان نسبت به سایر نمونه‌های آبی از منیزیم بالاتری برخوردارند. این امر بیانگر غالب بودن سنگ آهک دولومیتی به‌عنوان سنگ منشاء منابع آبی در این استان است.

یکی از آلاینده‌های شیمیایی مهم در آب‌های آشامیدنی بطری شده، نیترات است. میانگین نیترات در تمام نمونه های آب آشامیدنی بسته‌بندی شده و شرب در محدوده استاندارد قرار داشتند؛ اما با توجه به این که میزان نیترات آب شرب گرگان نسبت به سایر نمونه‌های آب آشامیدنی بسته‌بندی شده و شرب بالاتر است؛ نیاز به تصفیه دارد. غلظت بالای نیترات در آب شرب گرگان می‌تواند به دلیل ورود فاضلاب‌های خانگی، کودهای شیمیایی ازته و فعالیت های انسانی به داخل منابع آبی شرب (سفره آب زیرزمینی) این شهر باشد.

در مناطقی که آب آشامیدنی از منابع آب زیرزمینی تأمین می گردد؛ اغلب این آب‌ها دارای کیفیت ثابتی هستند. از آنجایی که کیفیت آب‌های زیرزمینی متأثر از نوع تشکیلات زمین شناسی است که از آن عبور می کنند؛ دارای اجزای معدنی متفاوتی هستند. اصولاً سنگ‌های آذرین حاوی مقادیر بالایی از یون فلوراید در ترکیبات مربوط به کانی‌های خود هستند. از این رو سفره‌های آب زیرزمینی که در سنگ‌های آذرینی تشکیل می‌شوند و یا تشکیلاتی زمین‌شناسی که آب زیرزمینی از آنها عبور می‌کند؛ دارای کانی‌های فلدسپات حاوی فلور باشد؛ این نوع آب دارای مقادیر فراوانی از یون فلوراید خواهد بود. در غیراین‌صورت اغلب آب‌های زیرزمینی دارای مقادیر ناچیزی فلوراید هستند. از آنجایی که این آنیون برای جلوگیری از پوسیدگی دندان لازم است؛ در مناطقی که فلوراید کمتر از حد مطلوب باشد؛ نیاز به فلورتراپی است (۲۰). از اینرو احداث یک واحد فلوئورزنی در منابع آبی فقیر از فلوئور ضروری به‌نظر می‌رسد. میزان فلوراید تمام نمونه‌های آب آشامیدنی بسته بندی شده و شرب در محدوده استاندارد WHO قرار داشتند؛ اما میانگین غلظت فلوراید نمونه ها کمتر از حداکثر مطلوب ۱۰۵۳ بودند. مهم‌ترین راه دریافت فلوراید از طریق آب آشامیدنی بوده و جذب فلوراید در حدود ۰/۵ تا ۱/۵ میلی‌گرم در روز برای رشد دندان‌ها و استخوان‌ها مفید است. از طرفی بایستی توجه داشت که فلوراید از منابع دیگری همچون غذاها و نوشیدنی های فراوری شده، خمیر دندان و از منابع محیطی مانند آفت‌کش‌ها در حد کم تأمین می گردد؛ لذا ممکن است میزان جذب فلوراید از حد مجاز تجاوز کند و موجب فلورزیس دندانی شود (۲۱). لذا پیشنهاد می گردد که میزان فلوراید در مواد غذایی مختلف نیز بررسی شود تا در مجموع

میزان جذب فلوراید از طریق تمام منابع محاسبه گردد.

با توجه به نتایج کل جامدات محلول، آب‌های آشامیدنی بسته بندی شده خارجی کمترین میزان TDS را داشتند. پایین بودن TDS باعث اختلال در سیستم‌های عصبی کلیه می‌شود. از این‌رو مصرف دراز مدت از آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده خارجی (در صورت تنها منبع آبی شرب) می‌تواند باعث افزایش ادرار در مصرف کنندگان شود. میزان TDS در آب شرب گرگان نسبت به آب شرب گنبدکاووس وضعیت بهتری داشت. در مقابل میزان سختی کل آب شرب گرگان نسبت به آب شرب گنبدکاووس به مراتب بیشتر بود. بر این اساس استفاده طولانی مدت از آب شرب گرگان (به‌عنوان تنها منبع آبی شرب برای فرد) می‌تواند باعث تشکیل سنگ کلیه در افراد مستعد ابتلا به این بیماری گردد.

با توجه به غلظت پارامترهای کیفی منابع آبی ارزیابی شده در مطالعه حاضر، باور عمومی مردم در بهتر بودن کیفیت آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده نسبت به شرب شهری می‌تواند تا حدودی صحیح باشد؛ اما با توجه به تعداد پارامترهای بررسی شده در این تحقیق نمی‌توان با قطعیت کامل در این باره اظهار نظر نمود و برای قضاوت دقیق در این مورد نیاز به آنالیز کامل فیزیکوشیمیایی و میکروبی نمونه‌های آبی بسته‌بندی شده و شرب است.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که میزان فلوراید آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده خارجی تقریباً مشابه آب شرب گنبدکاووس بوده و میانگین غلظت آنها به حداکثر مطلوب ۱۰۵۳ نزدیک تر است. در مقابل کمترین میزان فلوراید مربوط به آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده استان گلستان بود که آن را می‌توان به سنگ منشاء آهکی این آب‌ها مرتبط دانست. با توجه به این که فلوراید علاوه بر آب آشامیدنی در منابع دیگری مانند غذاها و نوشیدنی های فراوری شده و خمیر دندان نیز وجود دارند؛ لذا در صورت استفاده از این منابع نیازی به افزودن فلوراید به نمونه‌های آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده و شرب نیست. در غیر این صورت، نیاز به اضافه نمودن فلوراید به آب آشامیدنی (فلوراید‌تراپی) در استان گلستان احساس می‌شود.

بیشترین و کمترین غلظت نیترات منابع آبی مطالعه شده در این مطالعه به ترتیب مربوط به آب شرب گرگان و آب های آشامیدنی بسته‌بندی شده خارجی بودند. از آنجایی که میزان غلظت این پارامتر در آب شرب شهر گرگان در آستانه حد مجاز است؛ کاهش غلظت این پارامتر با استفاده از روش های متداول (نظیر اسمز معکوس و تبادل یونی) بایستی از اولویت‌های شرکت آب و فاضلاب شهر گرگان باشد. در غیر این‌صورت با مصرف مداوم آب شرب شهر گرگان، احتمال بروز برخی مشکلات خونی به خصوص در نوزادان، بیماری های گوارشی و حتی سرطان در شهر گرگان بالا خواهد بود.

تشکر و قدردانی

این مطالعه با توجه به تاییدیه شماره ۱۸۲۶۰ مورخ ۱۳۹۸/۹/۱۶ معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه گلستان به انجام رسید. بدین‌وسیله از خانم حانیه رقیمی دانشجوی رشته پزشکی دانشگاه علوم پزشکی گلستان تشکر می‌گردد.

References

1. Mirrasooli E, Ghorbani R, Molaei M. Water Quality Assessment in Terms of Water Quality Index (WQI): Case Study; Gorganroud River, Golestan Province, Iran. Open J Ecol. 2017 Dec; 7(13): 650-66. DOI:10.4236/oje.2017.713044

2. Takdastan A, Emami Tabar S, Neisi A, Eslami A. Fluoride removal from drinking water by electrocoagulation using iron and aluminum electrodes. Jundishapur J Health Sci. 2014 Jul; 6(3): e21718. DOI: 10.5812/jjhs.21718

3. Orooji N, Takdastan A, Noori Sepehr M, Raeesi GR. [Evaluation the Quality of Bottled Waters Consumption in Iran in 2015]. Journal of Environmental Health Engineering. 2016; 4(1): 70-81. DOI: 10.18869/acadpub.jehe.4.1.70 [Article in Persian]

4. Kokkinakis EN, Fragkiadakis GA, Kokkinaki AN. Monitoring microbiological quality of bottled water as suggested by HACCP methodology. Food Control. 2008 Oct; 19(10): 957-61. DOI: 10.1016/j.foodcont.2007.10.001

5. Ghorbanalinezhad E, Saeedi G, Khanjani D. [Survey on Heterotrophic Bacterial Contamination in Bottled Mineral Water by Culture Method]. Iran J Med Microbiol. 2015; 8(4): 59-68. [Article in Persian]

6. Sahl JW, Schmidt R, Swanner ED, Mandernack KW, Templeton AS, Kieft TL, et al. Subsurface microbial diversity in deep-granitic-fracture water in Colorado. Appl Environ Microbiol. 2008 Jan; 74(1): 143-52. DOI: 10.1128/AEM.01133-07

7. Aghalari Z, Jafarian S. [Survey of Nitrite and Nitrate in Mineral Water Available in the City of Babol in 2015]. Journal of Environmental Health Engineering. 2017; 5(1): 65-72. DOI: 10.29252/jehe.5.1.65 [Article in Persian]

8. Miranzadeh MB, Hasanzadeh M, Dehqan S, Sabahi-Bidgoli M. [The relationship between turbidity, residual chlorine concentration and microbial quality of drinking water in rural areas of Kashan during 2008-9]. Feyz. 2011; 15(2): 126-31. [Article in Persian]

9. Sasikaran S, Sritharan K, Balakumar S, Arasaratnam V. Physical, chemical and microbial analysis of bottled drinking water. Ceylon Med J. 2012 Sep; 57(3): 111-16. DOI: 10.4038/cmj.v57i3.4149

10. Rahman IMM, Barua S, Barua R, Mutsuddi R, Alamgir M, Islam F, et al. Quality assessment of the non-carbonated bottled drinking water marketed in Bangladesh and comparison with tap water. Food control. 2017 Mar; 73(Part B): 1149-58. DOI: 10.1016/j.foodcont.2016.10.032

11. Dalton MG, Upchurch SB. Interpretation of hydrochemical facies by factor analysis. Groundwater. 1978 Jul; 16(4): 228-33. DOI: 10.1111/j.1745-6584.1978.tb03229.x

12. Gorchev HG, Ozolins G. WHO guidelines for drinking-water quality. WHO Chron. 1984; 38(3): 104-8.

13. Bryan NS, van Grinsven H. Chapter Three - The Role of Nitrate in Human Health. Advances in Agronomy. 2013; 119: 153-82. DOI: 10.1016/B978-0-12-407247-3.00003-2

14. Farooq S, Hashmi I, Qazi IA, Qaiser S, Rasheed S. Monitoring of Coliforms and chlorine residual in water distribution network of Rawalpindi, Pakistan. Environ Monit Assess. 2008 May; 140(1-3):

339-47. DOI: 10.1007/s10661-007-9872-2

15. WHO. Guidelines for Drinking-Water Quality: Fourth Edition Incorporating the First Addendum. Geneva: World Health Organization; 2017.

16. Esmaeili Sari A. [Pollutants, health and environmental standards]. Tehran: Naghsh-e-Mehr Publication. 2003; p: 767 [Persian]

17. Gibbs RJ. Mechanisms controlling world water chemistry. Science. 1970 Dec; 170(3962): 1088-90. DOI: 10.1126/science.170.3962.1088

18. WHO. Molybdenum in drinking-water: background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality. Geneva: World Health Organization. 2003.

19. Şener MF, Baba A. Geochemical and hydrogeochemical characteristics and evolution of Kozaklı geothermal fluids, Central Anatolia, Turkey. Geothermics. 2019 Jul; 80: 69-77. DOI: 10.1016/j.geothermics.2019.02.012

20. Mohammadi Kalhori A, Noori Sephr M, Zarrabi M. [Investigation of Nitrate and Fluoride Concentration in Karaj Water Supply July to December 2012]. Alborz Univer Med J. 2013; 2 (2) :103-107. DOI: 10.18869/acadpub.aums.2.2.103 [Article in Persian]

21. Liu H, Gao Y, Sun L, Li M, Li B, Sun D. Assessment of relationship on excess fluoride intake from drinking water and carotid atherosclerosis development in adults in fluoride endemic areas, China. Int J Hyg Environ Health. 2014 Mar; 217(2-3): 413-20. DOI: 10.1016/j.ijheh.2013.08.001