

## مطالعه ویژگی‌های میکروبی و شیمیایی آب‌های بطری شده در استان همدان

مهدی ریاحی خرم<sup>۱</sup>، مریم خوش شعار<sup>۲\*</sup>، مهدی هاشمی<sup>۳</sup>

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، استادیار گروه محیط زیست، همدان، ایران.  
 ۲- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد محیط زیست، همدان، ایران.  
 ۳- دانشگاه بوعلی سینا، دانشکده شیمی، استادیار گروه شیمی، همدان، ایران.  
 \* نویسنده مسئول مکاتبات: khoshshoarm@yahoo.com  
 (دریافت مقاله: ۹۲/۸/۱۵ پذیرش نهایی: ۹۳/۶/۱۵)

### چکیده

امروزه در اکثر کشورهای جهان و از جمله در ایران، استفاده از آب‌های بطری شده روند صعودی داشته است. به همین دلیل به منظور حفظ سلامت مصرف‌کنندگان، کنترل میکروبی و شیمیایی چنین آب‌هایی دارای اهمیت زیادی است و هدف این مطالعه نیز تعیین کیفیت میکروبی و شیمیایی آب‌های بسته‌بندی و عرضه‌شده در سطح استان همدان بود. برای این منظور در فصول زمستان ۱۳۹۰ و تابستان ۱۳۹۱ تعداد ۵۶ نمونه بصورت تصادفی انتخاب گردید. آزمایشات مطابق با روش‌های استاندارد بر روی ویژگی‌های شیمیایی شامل pH، قلیائیت، نیترات، سدیم، پتاسیم، فلوراید، سولفات، فسفات، سختی کل و سختی دائم و ویژگی‌های میکروبی شامل کل کلی‌فرم‌ها و کلی‌فرم‌های مدفوعی صورت گرفت. داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم افزار SPSS تجزیه و تحلیل و با استانداردهای مؤسسه ملی استاندارد ایران و نیز رهنمودهای سازمان جهانی بهداشت مقایسه شد. یافته‌ها حاکی از آن بود که باکتری‌های گروه کلی‌فرم و کلی‌فرم مدفوعی در هیچ یک از نمونه‌ها وجود نداشت. مقادیر pH، قلیائیت، نیترات، سولفات، فسفات، سدیم و پتاسیم در تمامی نمونه‌ها در محدوده استاندارد بودند. از ۵۶ نمونه مورد بررسی ۴۴ نمونه دارای فلوراید کمتر از حداکثر مطلوب و ۴۰ نمونه دارای سختی کل کمتر از حداکثر مطلوب استاندارد بودند. در نهایت با توجه به این نتایج، هرچند که تقریباً تمامی موارد اندازه‌گیری شده از حداکثر مجاز تعیین شده توسط استانداردهای مؤسسه ملی استاندارد ایران و سازمان بهداشت جهانی کمتر بود، اما در اکثر موارد اختلاف معنی‌داری بین مقادیر اندازه‌گیری شده با مقادیر مندرج بر روی برچسب بطری‌ها وجود داشت. همچنین میانگین ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در دو فصل زمستان ۱۳۹۰ و تابستان ۱۳۹۱ اختلاف معنی‌داری نشان ندادند.

واژه‌های کلیدی: آب آشامیدنی، آب بطری شده، کیفیت آب، همدان

## مقدمه

آب فراوان‌ترین ماده شیمیایی در سطح زمین و اساسی‌ترین عامل برای بقای موجودات است. حدود ۶۵ الی ۷۵ درصد از وزن بدن انسان را آب تشکیل می‌دهد. اگر چه هر شخصی روزانه فقط به ۲-۱/۵ لیتر آب نیاز دارد اما اگر همین مقدار آب از آدمی دریغ شود فقط تا چند روز قادر به ادامه حیات خواهد بود (زرکامی و همکاران، ۱۳۸۳).

یکی از مهم‌ترین مشکلات بهداشتی کشورهای عقب‌نگه‌داشته شده و در حال توسعه، عدم برخورداری از آب آشامیدنی سالم است. از آنجایی که محور توسعه پایدار، انسان سالم است و سلامت انسان در گرو بهره‌مندی از آب آشامیدنی مطلوب می‌باشد، بدون تأمین آب سالم جایی برای سلامت و رفاه جامعه، وجود ندارد (کاظمیان، ۱۳۸۷).

طی سال‌های گذشته مردم به دلایل مختلف از جمله؛ افزایش رفاه اجتماعی، افزایش دانش بهداشتی و افزایش سفرها یا مشکلات مربوط به حضور مواد شیمیایی، پاتوژن‌ها و انگل‌های موجود در آب، تمایل زیادی به مصرف آب‌های معدنی و بسته‌بندی شده پیدا کرده‌اند. در سال ۱۹۹۹ آب‌های بسته‌بندی شده به میزان ۳۵ میلیارد دلار در سراسر دنیا فروخته شد و تنها در ایالات متحده آمریکا، میزان فروش ۵ میلیارد دلار بود. در انگلستان میزان مصرف آب معدنی در سال ۱۹۷۵ بیش از ۵ میلیون لیتر بود که این میزان در سال ۲۰۰۰ به حدود ۱/۳۸ بیلیون لیتر در سال رسید (Gabriri, 2005). در کشور ایران در سال‌های اخیر مصرف آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده و به ویژه آب معدنی به دلیل عدم تکافوی ذخایر قدیمی آب آشامیدنی و مسایل

مربوط به بهداشت آن افزایش چشمگیری داشته است. به طوری که تعداد واحدهای تولیدکننده از چهار واحد در سال ۱۳۷۵ به ۴۴ واحد در سال ۱۳۸۳ افزایش یافت (زندوکیلی و همکاران، ۱۳۸۴).

آب‌های بسته‌بندی شده باید مطابق استانداردهای کیفی آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) برای آب آشامیدنی و سازمان بهداشت جهانی (WHO) و یا مؤسسه ملی استاندارد ایران باشند. در بسیاری از جوامع استانداردهای کیفیت آب به صورت جداگانه تدوین شده است (Salvato, 2009).

امروزه در بسیاری از کشورها به علت سهولت دسترسی، هزینه نسبتاً پایین، طعم بهتر و کم بودن میزان ناخالصی‌ها از آب‌های بطری شده استفاده می‌شود. همچنین در مناطقی که آب آشامیدنی با کیفیت مناسب در دسترس نبوده و امکانات تصفیه آب نیز فراهم نمی‌باشد به دلیل تقاضای مردم برای آب سالم و بهداشتی، مصرف آب‌های بطری شده، رشد قابل توجهی را نشان می‌دهد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۰).

با عنایت به اینکه همدان یک شهر توریستی بوده و گردشگران زیادی در فصول مختلف سال به این شهر سفر می‌کنند، ضمناً شهروندان همدانی نیز نسبت به گذشته تمایل بیشتری به مصرف آب‌های بسته‌بندی شده دارند بنابراین آمار مصرف آب‌های بسته‌بندی شده افزایش یافته و شاهد مدعا اینکه در هر فروشگاه مواد غذایی، آب بسته‌بندی شده نیز عرضه می‌گردد. لذا با توجه به گسترش روزافزون مصرف آب‌های بسته‌بندی شده در استان همدان و عدم انجام تحقیقات کافی در زمینه بررسی کیفیت میکروبی و شیمیایی این آب‌ها، هدف از تحقیق حاضر تعیین ویژگی‌های میکروبی و

شناساگر فنل فتالئین و برموکروزول سبز و از دستگاه تیتراسیون استفاده شد (Greenberg et al., 2005).

- برای اندازه‌گیری نیترات از معرف‌های آب مقطر و اسیدکلریدریک ۱ نرمال، Nitrover-5 Nitrate و از دستگاه اسپکتروفوتومتر DR-5000 در طول موج ۲۲۰ و ۲۷۵ نانومتر استفاده شد (Greenberg et al., 2005).

- برای اندازه‌گیری سولفات از معرف‌های آب مقطر دیونیزه، محلول بافر سولفات، باریم کلرید  $BaCl_2$  با مش ۲۰ تا ۳۰ و از دستگاه اسپکتروفوتومتر DR-5000 در طول موج ۴۲۰ نانومتر استفاده شد (Greenberg et al., 2005).

- برای اندازه‌گیری فسفات از معرف‌های محلول شناساگر فنل فتالئین، محلول اسید قوی، آمونیوم مولیدات، واکنشگر کلرید قلع، استاندارد فسفات و از دستگاه اسپکتروفوتومتر DR-5000 در طول موج ۶۹۰ نانومتر استفاده شده است (Greenberg et al., 2005).

- برای اندازه‌گیری سدیم از معرف‌های آب مقطر دیونیزه و NaCl استفاده شده است و اندازه‌گیری طبق روش نورسنجی با شعله و با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر انجام گرفته است (Greenberg et al., 2005).

- برای اندازه‌گیری پتاسیم از معرف‌های آب مقطر دیونیزه و KCl استفاده شده است و اندازه‌گیری طبق روش نورسنجی با شعله و با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر انجام گرفته است (Greenberg et al., 2005).

- برای اندازه‌گیری سختی کل و سختی دائم از معرف‌های بافر تعیین سختی، معرف اریوکروم بلوک T، محلول EDTA ۰/۰۱ مولار و نمک منیزیم ۱/۲- سیکلوهاگزان دی آمین تترا استیک اسید و از دستگاه

شیمیایی آب‌های بطری شده عرضه شده در استان همدان بود.

## مواد و روش‌ها

### نمونه‌برداری

جهت انجام این تحقیق که از نوع توصیفی-تحلیلی می‌باشد و در بهمن ماه ۱۳۹۰ شروع شد، دستور کارهای آزمایشگاهی تهیه و سپس ۴ روز از روزهای فصل زمستان و ۴ روز از روزهای فصل تابستان به طریق تصادفی انتخاب گردید. لازم به یادآوری است، روزهای فوق به عنوان روزهای نمونه‌برداری و آزمایش بوده است. در گام دوم تعداد ۷ برند از پر فروش‌ترین آب‌های بسته‌بندی شده عرضه‌شده در سطح استان همدان که ۳ برند از آنها در استان تولید و توزیع می‌شوند و ۴ برند دیگر در خارج از استان تولید و در استان توزیع می‌شوند انتخاب گردید. به این ترتیب از تعداد کل ۵۶ نمونه خریداری شده در دو فصل، از هر ۷ برند تعداد ۸ نمونه مورد آزمایش قرار گرفت. در گام سوم ده سوپرمارکت در نقاط مختلف شهر بصورت تصادفی انتخاب و خرید نمونه‌ها از بین آنها انجام شد.

ویژگی‌های شیمیایی مورد مطالعه در این تحقیق شامل pH، قلیائیت، نیترات، سدیم، پتاسیم، فلوراید، سولفات، فسفات، سختی کل و سختی دائم و ویژگی‌های میکروبی شامل کل کلی‌فرم‌ها و کلی‌فرم‌های مدفوعی می‌باشند.

### روش آزمایش ویژگی‌های شیمیایی و میکروبی

- برای اندازه‌گیری pH آب از دستگاه PH/Ion meter 781 مدل Metrohm استفاده شده است.

- برای اندازه‌گیری قلیائیت از معرف‌های کربنات‌سدیم ۰/۰۵ نرمالیت، اسیدسولفوریک ۰/۰۲ نرمالیت، اسید،

تیتراسیون (MgCDDTA) استفاده شده است (Greenberg *et al.*, 2005).

- برای اندازه‌گیری فلوراید از معرف‌های آب مقطر دی‌یونیزه و معرف SPADNS و از دستگاه اسپکتروفوتومتر DR-5000 در طول موج ۵۸۰ نانومتر تعیین شده است (Greenberg *et al.*, 2005).

- روش تعیین کل کلی‌فرم‌ها با استفاده از روش تخمیر در ۱۰ لوله یکسان که هر کدام حاوی ۱۰ میلی‌لیتر یا ۵ لوله یکسان که هر کدام دارای ۲۰ میلی‌لیتر نمونه انجام می‌شود. زمانی که آزمایش تمام نمونه‌های آب آشامیدنی به وسیله روش تخمیر صورت می‌گیرد از مرحله تأییدی استفاده می‌شود. آزمایش تکمیلی برای نمونه‌های انتخابی به صورت فصلی یا حداقل هر سه ماه یک بار جهت کنترل کیفی بکار می‌رود (Greenberg *et al.*, 2005).

- روش تعیین کلی‌فرم مدفوعی با استفاده از محیط کشت انجام می‌شود. همه لوله‌ها یا بطری‌های مثبت مرحله احتمالی برای انجام آزمایش بمدت ۴۸ ساعت گرماگذاری می‌شود. پس از ۴۸ ساعت لوله‌های تخمیری که در آنها گاز، رشد میکروبی و یا اسیدیته مشاهده شده است، به آرامی تکان داده می‌شوند. با یک لوپ فلزی استریل شده به قطر ۳/۵ میلی‌متر و یا یک میله چوبی استریل شده، نمونه‌هایی از کشت میکروبی در هر لوله مثبت برداشته و به محیط کشت EC منتقل می‌شود. سپس باید لوله‌های حاوی محیط کشت EC را به مدت  $2 \pm 24$  ساعت در حمام آب با دمای  $0/2 \pm$  درجه سلسیوس قرار داد. تمام لوله‌های EC می‌بایست ظرف مدت ۳۰ دقیقه پس از کشت در حمام آب قرار گیرند. دقت شود که ارتفاع آب در حمام به

اندازه‌ای باشد که تمام لوله‌ها تا سطح بالائی محیط کشت در آن شناور گردند (Greenberg *et al.*, 2005).

قابل ذکر است تمامی دستور کارهای آزمایشگاهی اعم از شیمیایی و میکروبی مطابق کتاب استاندارد متد، چاپ بیست و یکم، سال ۲۰۰۵ می‌باشد و به منظور بالا بردن دقت و صحت اندازه‌گیری‌ها، آزمایش هر پیراسنجه در حضور نمونه شاهد و در صورت لزوم با سه تکرار انجام شده است.

### تجزیه و تحلیل آماری

برای تحلیل‌های آماری از نرم‌افزار SPSS ۱۹ استفاده گردید. آزمون‌های صورت گرفته شامل آزمون One Sample T-Test و Independent T-Test و آزمون‌های توصیفی (میانگین و فراوانی) می‌باشند.

### یافته‌ها

در این پژوهش مقادیر ویژگی‌های شیمیایی و میکروبی ۵۶ نمونه طی دو فصل زمستان ۱۳۹۰ و تابستان ۱۳۹۱ مورد آزمایش قرار گرفته است که در جداول شماره ۱ و ۲ به استانداردهای شیمیایی و میکروبی مربوط به آب‌های آشامیدنی بسته‌بندی شده بر اساس استانداردهای مؤسسه ملی استاندارد ایران به شماره‌های ۱۰۵۳، ۶۶۹۴، ۱۰۱۱ و ۶۲۶۷ و رهنمودهای سازمان بهداشت جهانی (WHO) برای کیفیت آب‌های آشامیدنی در سال ۲۰۱۱، سازمان غذا و دارو (FDA)، آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) و انجمن بین‌المللی آب‌های بطری‌شده (IBWA) اشاره شده است و متعاقباً نتایج بررسی و مقایسه با استانداردهای فوق‌الذکر در جداول شماره ۳، ۴ و ۵ گزارش شده است.

جدول ۱- حداکثر مجاز و مطلوب مواد شیمیایی معدنی در آب آشامیدنی بطری شده

ویژگی‌ها	حد مطلوب ایران	حد مجاز ایران	WHO (GV)	FDA (SOQ)	EPA (MCL)	IBWA (SOQ)
pH	۶/۵ - ۸/۵	۶/۵-۹	۶/۵ - ۸/۵	-	۶/۵ - ۸/۵	۶/۵ - ۸/۵
قلیائیت برحسب $\text{CaCO}_3$ mg/l	-	-	-	-	-	-
نیترات برحسب $\text{NO}_3^-$ mg/l	-	۵۰	۵۰	۴۵	۴۵	۴۵
فلوراید برحسب $\text{F}^-$ mg/l	-	۱/۵	۱/۵	۰/۸-۲/۴	۰/۷-۲	۰/۸-۱/۷
سدیم برحسب $\text{Na}^+$ mg/l	-	۲۰۰	۲۰۰	-	-	-
پتاسیم برحسب $\text{K}^+$ mg/l	-	-	-	-	-	-
سولفات برحسب $\text{SO}_4^{2-}$ mg/l	۲۵۰	۴۰۰	۲۵۰-۵۰۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰
فسفات برحسب $\text{PO}_4^{3-}$ mg/l	-	-	-	-	-	-
سختی کل برحسب $\text{CaCO}_3$ mg/l	۲۰۰	۵۰۰	۵۰۰	-	-	-
سختی دائم برحسب $\text{CaCO}_3$ mg/l	-	-	-	-	-	-

1-Standard of quality; 2- Maximum Contaminant Level; 3- Guideline Value

جدول ۲- ویژگی‌های میکروبیولوژی در آب آشامیدنی بطری شده

ویژگی‌ها	حد مجاز ایران	WHO (GV)	FDA (SOQ)	EPA (MCL)	IBWA (SOQ)
کل کلی‌فرم‌ها (برحسب محتمل‌ترین تعداد ممکن)	منفی در ۱۰۰ میلی لیتر	منفی در ۱۰۰ میلی لیتر	۲،۲ <در ۱۰۰ میلی لیتر	منفی	منفی در ۱۰۰ میلی لیتر
کلی‌فرم‌های مدفوعی (برحسب محتمل‌ترین تعداد ممکن)	منفی در ۱۰۰ میلی لیتر	منفی در ۱۰۰ میلی لیتر	منفی	منفی	منفی در ۱۰۰ میلی لیتر

جدول ۳- نتایج بدست آمده از آزمایشات انجام شده در طول دو فصل نمونه گیری

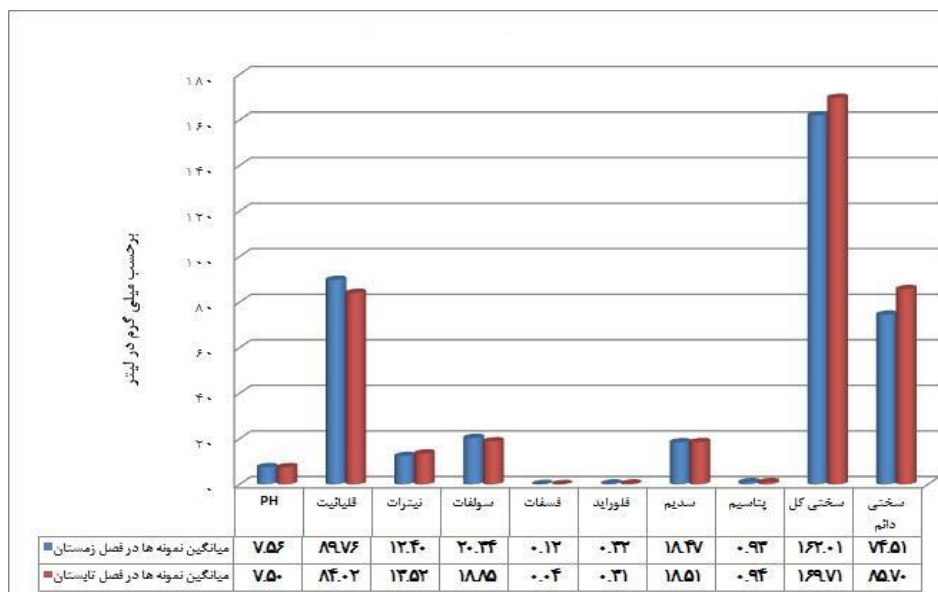
ویژگی‌ها	بیشترین مقدار	کمترین مقدار	واریانس	انحراف معیار	میانگین	تعداد
pH	۸/۰۰	۶/۹۴	۰/۰۹	۰/۳۱	۷/۵۳	۵۶
قلیائیت (میلی گرم در لیتر)	۱۵۲/۰۰	۲۰/۰۰	۱۵۲۰/۰۲	۳۸/۹۸	۸۶/۹۰	۵۶
نیترات (میلی گرم در لیتر)	۳۰/۶۰	۲/۵۰	۸۶/۴۷	۹/۳۰	۱۲/۹۶	۵۶
سولفات (میلی گرم در لیتر)	۵۱/۰۰	۳/۵۰	۱۳۴/۸۵	۱۱/۶۱	۱۹/۶۰	۵۶
فسفات (میلی گرم در لیتر)	۰/۳۸	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۱۰	۰/۰۸	۵۶
فلوراید (میلی گرم در لیتر)	۰/۸۵	۰/۰۰۱	۰/۰۴	۰/۲۱	۰/۳۱	۵۶
سدیم (میلی گرم در لیتر)	۵۰/۰۰	۱/۶۰	۱۸۶/۸۱	۱۳/۶۷	۱۸/۴۹	۵۶
پتاسیم (میلی گرم در لیتر)	۲/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۷	۰/۵۲	۰/۹۳	۵۶
سختی کل (میلی گرم در لیتر)	۳۳۶/۶۰	۳۹/۶۰	۱۰۵۹۱/۶۸	۱۰۲/۹۲	۱۶۵/۸۶	۵۶
سختی دائم (میلی گرم در لیتر)	۲۵۸/۰۰	۰/۰۰	۹۷۵۹/۳۰	۹۸/۷۹	۸۰/۷۱	۵۶

با عنایت به نمودار ۱ و مقادیر بدست آمده از آزمون Independent sample T-test (آزمون نمونه‌های دو جامعه مستقل) که برای هر یک از پیراسنجه‌های شیمیایی به صورت جداگانه محاسبه شده و با توجه به سطح معنی‌داری هر یک از آزمونها در سطح ۰.۰۵٪ اطمینان، مشاهده گردید که میانگین مقادیر این ویژگی‌ها در دو فصل زمستان ۱۳۹۰ و تابستان ۱۳۹۱ دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند.

مقادیر ویژگی‌های شیمیایی اندازه‌گیری شده در این تحقیق با استانداردهای فوق مقایسه گردید و نتایج بیانگر این است که تقریباً تمامی موارد اندازه‌گیری شده در دو فصل از حداکثر مجاز تعیین شده توسط مؤسسه ملی استاندارد ایران و سازمان بهداشت جهانی کمتر بوده است.

بر اساس آزمون‌های میکروبی، میانگین هندسی کل باکتری‌های کلی‌فرم و باکتری‌های کلی‌فرم مدفوعی در ۱۰۰ میلی‌لیتر برابر با صفر می‌باشد.

نمودار ۱- نمودار ستونی مقایسه‌ای میانگین ویژگی‌های شیمیایی کل نمونه‌ها در دو فصل زمستان و تابستان



است که در ۴۰ نمونه از ۵۶ نمونه مورد بررسی میزان سختی کل کمتر از حداکثر مطلوب بوده است و ۱۶ نمونه مورد بررسی دارای میزان سختی کل بیشتر از حداکثر مطلوب بوده‌اند.

مطابق با استانداردهای مؤسسه ملی ایران و رهنمودهای سازمان بهداشت جهانی، میزان حداکثر مطلوب سختی کل ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و حداکثر مجاز آن ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر بر حسب کربنات کلسیم ( $\text{mg/l CaCO}_3$ ) می‌باشد که نتایج حاصله بیانگر این

جدول ۴- دسته‌بندی تعداد نمونه‌ها از نظر میزان فلوراید مطابق با استاندارد ایران

مقدار	تعداد	درصد
کمتر از ۰/۵۰	۴۴	۷۸
از ۰/۵۰ تا ۱/۵	۱۲	۲۲
بیشتر از ۱/۵	۰	۰
جمع	۵۶	۱۰۰

مطلوب بوده است. (۴۴ عدد از نمونه‌ها کمتر از ۰/۵) و تعداد ۱۲ نمونه دارای فلوراید در محدوده استاندارد می‌باشند (بین ۰/۵ تا ۱/۵ در مقیاس میلی گرم بر لیتر).  
۲- نتایج مربوط به مقایسه میانگین هرکدام از شاخص‌های شیمیایی اندازه‌گیری شده با مقدار درج شده روی برچسب هرکدام از برندها در جدول شماره ۵ آورده شده است.

مطابق با استاندارد مؤسسه ملی ایران (شماره ۱۰۵۳، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی) و رهنمودهای سازمان بهداشت جهانی، میزان حداکثر مطلوب فلوراید ۰/۵ میلی گرم در لیتر و حداکثر مجاز آن ۱/۵ میلی گرم در لیتر بر حسب  $F^-$  می‌باشد که نتایج حاصله (جدول شماره ۴) نشان داد که در ۴۴ نمونه از ۵۶ نمونه بررسی شده، میزان فلوراید کمتر از حداکثر

جدول ۵- مقایسه میانگین مقادیر مشاهده شده برای هر یک از برندها به تفکیک پیراسنجه‌های مورد بررسی و مقادیر درج شده روی برچسب محصول

برند	مقدار	pH	قلیائیت mg/l CaCO <sub>3</sub>	نیتрат mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	سولفات mg/l SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	فسفات mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	فلوراید mg/l F <sup>-</sup>	سدیم mg/l Na <sup>+</sup>	پتاسیم mg/l K <sup>+</sup>	سختی کل mg/l CaCO <sub>3</sub>	سختی دائم mg/l CaCO <sub>3</sub>
برند ۱	میانگین مشاهده شده	۷/۴۲	۶۷/۵۰	۱۲/۹۳	۲۳/۲۳*	۰/۰۳۶	۰/۳۰	۱۰/۲۱	۰/۹۹*	۳۱۲/۹۷	۲۴۵/۴۷
	درج شده روی محصول	۷/۲۰	NR	۱/۸۰	۲۰/۰۰	NR	۰/۲۰	۶/۲۰	۰/۸۰	NR	NR
برند ۲	میانگین مشاهده شده	۷/۱۰	۳۳/۵۰	۲/۸۰	۱۹/۰۵*	۰/۳۰۱	۰/۲۲	۵/۶۳	۲/۰۶	۶۱/۲۵	۲۷/۷۵
	درج شده روی محصول	۷/۰۰	NR	۲/۳۰	۱۹/۰۰	NR	۰/۱۱	۴/۷۰	۱/۹۰	NR	NR
برند ۳	میانگین مشاهده شده	۷/۲۳	۴۶/۲۵	۲۴/۸۴*	۴۱/۸۵	۰/۰۴۱	۰/۴۷*	۴۳/۳۰	۰/۴۱*	۵۴/۷۸	۸/۵۳
	درج شده روی محصول	۷/۸۰	NR	الی ۱۴/۰۰	الی ۷۰/۰۰	NR	۰/۳۰	الی ۴۰/۰۰	الی ۱/۰۰	الی ۵۵/۰۰	NR
برند ۴	میانگین مشاهده شده	۷/۸۴	۱۳۱/۰۰	۳/۴۱	۳/۷۳	۰/۰۳۱	۰/۱۱	۱/۸۹	۰/۴۸	۱۴۴/۵۵	۱۳/۵۵
	درج شده روی محصول	۷/۲۰	NR	۳/۵۰	۴/۰۰	NR	۰/۰۷	۱/۰۰	۰/۴۰	NR	NR

ادامه جدول ۵

برند	مقدار	pH	قلبائیت mg/l CaCO <sub>3</sub>	نیترات mg/l NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	سولفات mg/l SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	فسفات mg/l PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	فلوراید mg/l F <sup>-</sup>	سدیم mg/l Na <sup>+</sup>	پتاسیم mg/l K <sup>+</sup>	سختی کل mg/l CaCO <sub>3</sub>	سختی دائم mg/l CaCO <sub>3</sub>
برند ۵	میانگین مشاهده شده	۷/۹۳	۱۴۲/۲۵	۲۴/۹۹	۲۲/۱۸	۰/۰۵۱	۰/۶۵	۲۵/۹۱	۰/۹۸	۱۳۷/۸۴*	۰/۰۰
	درج شده روی محصول	۶/۹۰	NR	۶/۶۰	۲۷/۰۰	NR	۰/۵۰	۱۲/۰۰	۲/۵۰	۱۴۶/۰۰	NR
برند ۶	میانگین مشاهده شده	۷/۵۵	۸۵/۵۰	۳/۹۵	۸/۵۴	۰/۰۵۱	۰/۱۵	۲۶/۹۹	۰/۶۸	۱۲۹/۷۹*	۴۴/۲۹
	درج شده روی محصول	۷/۲۰	NR	۲/۸۰	۲۴/۷۸	NR	NR	۸/۳۰	۱/۱۰	۱۹۰/۰۰	NR
برند ۷	میانگین مشاهده شده	۷/۶۶	۱۰۲/۲۴	۱۷/۸۱	۱۸/۵۸	۰/۰۵۱	۰/۳۱	۱۵/۵۳	۰/۹۵	۳۱۹/۸۸	۲۱۷/۶۴
	درج شده روی محصول	۸/۱۲	NR	۷/۸۲	۱۴/۰۰	NR	NR	۹/۰۰	۱۰/۰۰	NR	NR

NR: Not Reported

\*. مطابق با نتایج بدست آمده، بر اساس آزمون One Sample T-Test (تک نمونه‌ای) در موارد ستاره دار اختلاف معنی داری بین مقادیر پیراسنجه‌های شیمیایی اندازه‌گیری شده با مقادیر مندرج بر روی برچسب آب‌های بسته بندی شده وجود داشت ( $p < 0/05$ ).

## بحث و نتیجه گیری

مقادیر پیراسنجه‌های شیمیایی اندازه‌گیری شده در این تحقیق با استانداردهای مربوطه مقایسه گردید و نتایج بیانگر این است که تقریباً تمامی پیراسنجه‌های شیمیایی اندازه‌گیری شده از حداکثر مجاز تعیین شده توسط مؤسسه ملی استاندارد ایران و رهنمودهای سازمان بهداشت جهانی کمتر بوده است. در تحقیق مشابهی که رضایی و همکاران در سال ۱۳۸۷ با موضوع بررسی کیفیت میکروبی و شیمیایی ۱۶ نوع آب معدنی عرضه شده در سطح شهر یاسوج انجام دادند، نشان داد در ۱۰۰ درصد موارد میانگین غلظت ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در محدوده استاندارد بودند.

همچنین در تحقیق مشابه دیگری که فاووزیا و همکاران در سال ۲۰۰۸ با موضوع بررسی کیفیت میکروبی و شیمیایی و فیزیکی آب های بطری شده در

منطقه هوستون در ایالت تگزاس انجام دادند نشان داد که هر پنج نوع مختلف از آب‌های بطری شده (آب چشمه‌ها، آب لوله کشی، آب تصفیه شده، آب‌های گازدار، آب دیونیزه شده) میزان pH مشابهی داشتند به جز آب گازدار که کاملاً نسبت به انواع دیگر اسیدی بود و از طرف دیگر مواد جامد نامحلول در بسیاری از آب‌ها وجود داشت که آب گازدار بیشترین میزان هدایت الکتریکی و آب دیونیزه شده کمترین میزان را نشان می‌داد. همچنین ۴ نمونه از ۳۵ نمونه آب‌های بطری شده دارای آلودگی میکروبی بودند (Fawzia et al., 2008).

در تحقیق مشابه دیگری نیز که اویدجی و همکاران در سال ۲۰۱۰ با موضوع بررسی کیفیت آب های آشامیدنی بسته‌بندی شده موجود در بازارهای شهر ابدان و شهر ای ایفه در جنوب غربی نیجریه انجام دادند نشان داد که باکتری هتروتروفیک در یک نوع از آب بطری شده و ۸



بیرجند انجام دادند، نشان داد که در ۷۳/۳٪ نمونه‌های موردنظر، میزان فلوراید کمتر از محدوده استاندارد بودند که نتایج آن غالباً مشابه یافته‌های این پژوهش می‌باشد (Khodadadi *et al.*, 2006).

با توجه به نقش مؤثر فلوراید در رشد و استحکام دندان‌ها و استخوان‌ها به خصوص در کودکان در سنین رشد و شکل‌گیری دندان‌های دائمی و با توجه به این که اصلی‌ترین راه تأمین فلوراید بدن از طریق جذب سیستمیک آن از طریق آب آشامیدنی است، کمبود این یون مفید موجب آسیب جدی به بدن و افزایش شاخص پوسیدگی‌های دندان‌ها می‌شوند (Fawell, 2006). همچنین غلظت‌های بسیار بالاتر از حدود مجاز فلوراید می‌تواند منجر به بروز فلوروزیس دندان‌ها و اسکلتی گردد. علاوه بر این جذب بیش از حد فلوراید از طریق غذا، نوشیدنی، دهان شویه و... به همراه آب با غلظت بالای فلوراید عوارض دیگری هم چون اختلالات معده و روده، کاهش ضریب هوشی، اختلالات سیستم ایمنی و کاهش میزان هموگلوبین دارد (WHO, 2004).

نتایج بررسی‌ها حاکی از آن است که از ۵۶ نمونه مورد بررسی، ۴۰ نمونه دارای سختی کل کمتر از حداکثر مطلوب استاندارد بودند. در تحقیق مشابهی که حسینی و همکاران در سال ۱۳۹۰ با موضوع بررسی وضعیت میکروبی و شیمیایی آب‌های معدنی و بطری‌شده عرضه شده در استان سیستان و بلوچستان انجام دادند نشان داد که سختی کل ۱۷ نمونه (۲۲٪) از حداکثر مطلوب استاندارد بالاتر بودند (Hoseiny *et al.*, 2011).

در بیشتر مطالعات اخیر، گزارش شده است که مرگ و میر ناشی از بیماری‌های قلبی در مناطقی که دارای

نوع از آب کیسه‌ای با بیش از ۱۰۰ CFV در هر میلی لیتر بوده است. بنابراین میزان آن بیشتر از استاندارد USEPA (آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده و سازمان بهداشت جهانی) می‌باشد. کل کلی‌فرم‌ها و /شریشیակلی تنها در یک نوع از آب بطری شده مشاهده شد. همه انواع آب‌های کیسه‌ای آلوده به کلی‌فرم بودند. ۴ نمونه یعنی ۲۰ درصد آنها هم وجود /شریشیակلی را نشان دادند در حالیکه اتروکوکوس مدفوعی هم در ۱۰ درصد از آنها مشاهده شده‌اند. کیفیت بیشتر آب‌های کیسه‌ای از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی پایین‌تر بودند (Oyedeji *et al.*, 2010).

نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد از ۵۶ نمونه مورد بررسی ۴۴ نمونه دارای فلوراید کمتر از حداکثر مطلوب بودند. به عبارتی حدود سه چهارم نمونه‌های بررسی شده، دارای فلوراید کمتر از حداکثر مطلوب استاندارد می‌باشند. فلوراید به عنوان یک عنصر ضروری برای حیات بر میزان رشد و باروری تاثیر دارد و با وارد شدن این عنصر در دندان، میزان انحلال مینا در شرایط اسیدی حاصل از فعالیت باکتری‌ها، کاهش می‌یابد و موجب نوعی حفاظت در برابر پوسیدگی دندان می‌گردد (WHO, 1984).

در تحقیق مشابهی که کوکران و همکاران در سال ۲۰۰۶ با موضوع بررسی میزان فلوراید در ۱۰ نمونه از آب‌های بطری‌شده در استرالیا انجام دادند، نشان داد که ۵ نمونه از این آب‌ها دارای میزان فلوراید ۰/۰۳ ppm و کمتر از محدوده استاندارد می‌باشند (Cochrane *et al.*, 2006).

همچنین در تحقیق مشابهی دیگری که خدادادی و همکاران در سال ۱۳۸۵ با موضوع بررسی کیفیت شیمیایی و میکروبی آب‌های بسته‌بندی شده شهرستان

سختی آب بیشتری (به خصوص منیزیم و کلسیم) می‌باشند، نسبت به مناطق با سختی آب کمتر، کاهش یافته است (Calderon *et al.*, 2004).

مطابق با نتایج بدست آمده، در اکثر موارد اختلاف معنی‌داری بین مقادیر پیراسنجه‌های شیمیایی اندازه‌گیری شده با مقادیر مندرج بر روی برچسب آب‌های بسته‌بندی شده وجود داشت. همچنین در تحقیق مشابهی که رضایی و همکاران در سال ۱۳۸۷ با موضوع کیفیت میکروبی و شیمیایی ۱۶ نوع آب معدنی عرضه شده در سطح شهر یاسوج انجام دادند، نشان داد که در اکثر موارد اختلاف معنی‌داری بین مقادیر اندازه‌گیری شده با مقادیر ذکر شده روی برچسب بطری‌ها وجود داشت که نتایج آن غالباً مشابه یافته‌های این پژوهش می‌باشد (Rezaei *et al.*, 2008).

مطابق استاندارد مؤسسه ملی استاندارد ایران و سازمان بهداشت جهانی، حداکثر مجاز کل کلی‌فرم‌ها و کلی‌فرم‌های مدفوعی در ۱۰۰ میلی‌لیتر، صفر می‌باشد که نتایج آزمایش‌های میکروبی نشان داد که میانگین هندسی کل باکتری‌های کلی‌فرم و باکتری‌های کلی‌فرم مدفوعی در ۱۰۰ میلی‌لیتر برابر با صفر می‌باشد و هیچ یک از نمونه‌ها دارای آلودگی میکروبی نبودند. در تحقیق مشابهی که جاهد خانیکی و همکاران در سال ۱۳۸۹ با موضوع ارزیابی باکتریولوژیکی آب‌های بطری شده از برندهای محلی در بازارهای تهران انجام دادند نشان داد که هیچ کدام از نمونه‌ها از لحاظ کلی‌فرم‌ها و کلی‌فرم‌های گرم‌پای آلوده نبودند (Jahed khaniki *et al.*, 2010).

همچنین در تحقیق مشابه دیگری که میرانزاده و همکاران در سال ۸۸-۱۳۸۹ با موضوع بررسی کیفیت

میکروبی و غلظت فلزات سنگین در ۱۵ مارک آب بطری شده تولیدی در ایران انجام دادند نشان داد که باکتری‌های گروه کلی‌فرم و کلی‌فرم مدفوعی در هیچ یک از نمونه‌ها وجود نداشته است (Miranzadeh *et al.*, 2010).

مطابق استاندارد مؤسسه ملی استاندارد ایران شماره ۲۶۰۶ (آئین کار به منظور بهره‌برداری از آب‌های معدنی طبیعی آشامیدنی) نتایج آزمایش آب از نظر میکروبیولوژی، شیمیایی و فیزیکی باید بر روی برچسب نوشته شود که تمام آب‌های بطری شده مورد بررسی فاقد نتایج آزمایشگاهی میکروبیولوژیکی (کل کلی‌فرم) بر روی برچسب بطری‌ها بودند.

مطابق با استانداردهای شماره ۲۴۴۱ و ۶۶۹۴ مؤسسه ملی استاندارد ایران در خصوص شرایط نگه‌داری: درج عبارت "دور از تابش نور مستقیم خورشید و در جای خنک (دور از یخ زدگی) نگه‌داری شود" یا عبارتی با معنی مشابه بر روی هر بسته (بطری) الزامی است که در یکی از نمونه‌ها (آب آشامیدنی نینیا) هیچ‌گونه عبارتی بر روی بطری درج نشده است.

به طور کلی نتایج پژوهش بیانگر این بود که تقریباً تمامی پیراسنجه‌های میکروبی و شیمیایی اندازه‌گیری شده از حداکثر مجاز تعیین شده توسط مؤسسه ملی استاندارد ایران و حداکثر مقادیر توصیه شده توسط سازمان بهداشت جهانی کمتر بوده است. همچنین مشاهده گردید که میانگین مقادیر پیراسنجه‌های شیمیایی در دو فصل زمستان ۱۳۹۰ و تابستان ۱۳۹۱ دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند. هرچند که در اکثر موارد اختلاف معنی‌داری بین مقادیر پیراسنجه‌های شیمیایی

اندازه‌گیری شده با مقادیر مندرج بر روی برچسب بطری‌های آب‌های بسته‌بندی شده وجود داشت.

## منابع

- حسینی، علیرضا؛ بذرافشان، ادریس؛ معین، حسین؛ سراوانی، رویا؛ متانت، طیبه؛ میری، ندا و همکاران (۱۳۹۰) بررسی وضعیت میکروبی و شیمیایی آب‌های معدنی و بطری‌شده عرضه شده در سطح استان سیستان و بلوچستان در سال ۱۳۸۹ و ۵ ماهه اول سال ۱۳۹۰، چهاردهمین همایش ملی بهداشت محیط، آبان ۱۳۹۰.
- جاهد خانیکی، غلامرضا؛ زارعی، احمد؛ کامکار، ابوالفضل؛ فضل‌زاده، مهدی؛ قادرپوری، منصور و زارعی، اسماء (۱۳۸۹). ارزیابی باکتریولوژیکی آب‌های بطری شده عرضه شده در بازارهای محلی تهران، مجله علوم کاربردی جهانی، دوره هشتم، شماره سوم، صفحات ۲۷۴ الی ۲۷۸.
- خدادادی، مریم؛ عودی، قاسم؛ دری، حدیقه؛ عزیزی، محمود؛ طلائیان، زهرا؛ طاهری، زهرا و همکاران (۱۳۸۵). بررسی وضعیت میکروبی و شیمیایی آب‌های معدنی و بطری شده عرضه شده در سطح شهر بیرجند، دانشگاه علوم پزشکی همدان، زمستان ۱۳۸۵.
- رضایی، سهیلا؛ رایگان شیرازی، علیرضا؛ فراوی، محمد؛ جمشیدی، ارسلان و سادات، سیدعبدالمحمد (۱۳۸۷). ارزیابی کیفیت میکروبی و شیمیایی آب‌های معدنی عرضه شده در سطح شهر یاسوج، ۱۳۸۷.
- زرکامی، رحمت؛ حسن‌نیا، صادق (۱۳۸۳). شیمی آب، رشت، انتشارات دانشگاه گیلان.
- زندوکیلی، فاطمه؛ دو چشمه، مهدی؛ دانشمند ایرانی، کوروش (۱۳۸۴). بررسی کیفیت میکروبیولوژیکی و فیزیکوشیمیایی آب‌های معدنی و بسته بندی شده ایران، هشتمین همایش ملی بهداشت محیط، تهران، صفحه ۱۵۸-۱۵۳، سال ۱۳۸۴.
- کاظمیان، حسین (۱۳۸۷). گزارش امکان‌سنجی استفاده از روش‌های آزمایشگاهی ارزان قیمت نوین در آزمایشگاه‌های آب و فاضلاب استان تهران به منظور افزایش دقت و کاهش زمان، پژوهشکده توسعه صنایع شیمیایی ایران، شرکت آب منطقه‌ای تهران، تابستان ۱۳۸۷.
- مؤسسه ملی استاندارد ایران، شماره ۱۰۵۳، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی، ویرایش پنجم.
- مؤسسه ملی استاندارد ایران، شماره ۶۶۹۴، ویژگی‌های آب آشامیدنی بسته بندی شده، تجدیدنظر اول.
- مؤسسه ملی استاندارد ایران، شماره ۱۰۱۱، ویژگی‌های میکروبیولوژی آب آشامیدنی، تجدیدنظر ششم.
- مؤسسه ملی استاندارد ایران، شماره ۶۲۶۷، ویژگی‌های میکروبیولوژی آب آشامیدنی بسته بندی شده، چاپ اول.
- مؤسسه ملی استاندارد ایران، شماره ۲۴۴۱، آب معدنی طبیعی، ویژگی‌ها و روش‌های آزمون، تجدیدنظر دوم.
- مؤسسه ملی استاندارد ایران، شماره ۶۳۰۵، آیین کار بهداشتی آب‌های آشامیدنی بسته بندی شده، چاپ اول.

- مؤسسه ملی استاندارد ایران، شماره ۲۶۰۶، آئین کار به منظور بهره‌برداری از آب های معدنی طبیعی آشامیدنی، چاپ دوم.
- میرانزاده، محمدباقر؛ حسنی، امیرحسام؛ ایرانشاهی، لیلا؛ احسانی‌فر، مجتبی؛ حیدری، محسن (۱۳۸۸-۱۳۸۹). بررسی کیفیت میکروبی و غلظت فلزات سنگین در ۱۵ مارک آب بطری شده تولیدی در ایران، مجله سلامت و بهداشت اردبیل، دوره دوم، شماره اول، صفحات ۴۰ الی ۴۸، بهار ۱۳۹۰.
- Bottled Water. (2009). FDA safety and consumer protections are often less stringent than comparable EPA protections for Tap Water, United States Government Accountability Office Washington, DC 20548.
- Calderon, R.L. and Craun, G.F. (2004). Water hardness and cardiovascular disease: A review of the epidemiological studies 1957-79, Rolling Revision of the WHO Guidelines for Drinking-Water Quality.
- Cochrane, N.J., Saranathan, S., Morgan, M.V. and Dashper, S.G. (2006). Fluoride content of still bottled water in Australia", Australian Dental Journal, 51(3): 242-244.
- J.Fawell, K. Bailey, J. Chilton, E. Dahi, L. Fewtrell and Y. Magara (2006). Fluoride in drinking-water: World Health Organization titles with IWA Publishing ,WHO Drinking-water Quality Series
- Abdel-Rahman, F.H., Woodard, B.B., Clark, S., Wallace, C., Aboaba, A., Zhang, W. *et al.* (2008). Chemical, microbial and physical evaluation of commercial bottled waters in greater Houston area of Texas. Journal of environmental science and Health, 43(4): 335-47.
- Gabrirl, B. (2005). Wastewater microbiology, 3<sup>rd</sup> ed, John Wiley & Sons Inc (2005): 258-9.
- Greenberg, Arnold and et al. (2005). Standard method for the examination of water and wastewater, American Water Works Association, 21<sup>st</sup> Ed.
- International Bottled Water Association, Bottled Water Code of Practice. (2009), Revised October, 2009 / Effective December 1, 2009.
- Oyedeji, O., Olutiola, P.O. and Moninuola, M.A. (2010). Microbiological quality of packaged drinking water brands marketed in Ibadan metropolis and Ile-Ife city in South Western Nigeria, African Journal of Microbiology Research, 4(1): 096-102.
- Salvato, J.A. (2009). Environmental engineering and sanitation, 6<sup>th</sup> Ed, John Wiley & Sons Inc, pp.152-3.
- US FDA/CFSAN-Enumeration of Escherichia coli and the Coliform Bacteria, 2008.
- World Health Organization. (2011). Guidelines for drinking-water quality, Fourth Edition.
- World Health Organization. (1984). Guidelines for Drinking Water Quality, VOL.2, Criteria and Other Supportion Information. Geneva.
- World Health Organization. (2004). WHO Guidelines for drinking-water quality. Disponibile all'indirizzo: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq) X. 2005; 924156251.

## Chemical and microbiological properties of bottled water in Hamedan province

Riahi Khoram, M.<sup>1</sup>, Khoshshoar, M.<sup>\*2</sup>, Hashemi, M.<sup>3</sup>

1-Assistant Professor of the Environment Department, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran.

2- Msc Graduated of the Environment, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran.

3-Assistant Professor of the Chemical Department, Faculty of Chemistry, Bouali sina University, Hamedan, Iran.

\*Corresponding author email: khoshshoarm@yahoo.com

(Received: 2013/11/6 Accepted: 2014/9/6)

### Abstract

Nowadays, the demand for bottled water is spiked in most countries including in Iran. Monitoring the microbial and chemical quality of bottled water is essential to guarantee the consumers' health. The present study was aimed to examine the microbial and chemical quality of bottled water distributed in Hamedan province. For this reason during winter and summer of 2012, a total of 56 samples was collected randomly across the province. Analysis were carried out based on standard methods on chemical parameters such as pH, alkalinity, nitrate, sodium, potassium, fluoride, sulfate, phosphate, total hardness, permanent hardness as well as microbial quality of fecal coliform and total coliform. The data was analyzed by SPSS software and compared with Standard Methods of Iran and WHO. No total and fecal coliforms were detected in all samples. pH, alkalinity, nitrate, sulfate, phosphate, sodium and potassium values in all samples were in the range of approved by the Iranian Standards. Among the 56 samples, fluoride concentration in 44 samples was lower than desired maximum standard level and in 40 samples total hardness was lower than approved maximum standard limit. Although in most of the samples the mean value of the parameters were in the approved limit adopted by the Iranian and WHO regulations; however, a significant difference was observed between the measured parameters and their labeling quantity provided by the manufacture. Results revealed no significant difference between the mean value of the measured parameters obtained during winter and summer.

**Key words:** Drinking water, Bottled water, Water quality, Hamedan