J TOLOO E BEHDASHT, School of Public Health, Yazd Shahid Sadoughi Univ Med Sci

ORIGINAL ARTICLE
Received:2025/08/10 *Accepted:2025/10/17*

Comparison of Microbial Quality Between Traditional Drinking Fountains and Drinking Fountains with Disposable Straw in Educational Facilities of Yazd University of Medical Sciences Campus

Sara Payedar Ardakani (B.S.c)[1], Somayeh Rezaeei Abgholi (B.S.c) [1], Fahimeh Teimouri (Ph.D)[2], Maryam Zare Khofri (B.S.c) [1], Safiya Narouei (M.S.c)[3], Mahboubeh Shiranian (M.S.c)[4]

1.Bachelor of Science, Student Research Committee, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

2.Corresponding Author: Associate Professor, Environmental Science and Technology Research Center, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran. Email: f.teimouri1401@gmail.com Tel:03531492151

3.Master Science student of Biostatistics and Epidemiology, Student Research Committee, School of Public Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

4.Master Science in Environmental Health Engineering, Environmental Science and Technology Research Center, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

Abstract

Introduction: Regarding the importance of providing healthy drinking water, specially in public places, his study compared the microbial and physicochemical qualities of water from traditional drinking fountains and drinking fountains with disposable straw at educational facilities affiliated with Yazd University of Medical Sciences.

Methods: Conducted as a descriptive analysis over summer and winter, the research involved 12 drinking fountains, in educational centers affiliated with Yazd University of Medical Sciences. Measured parameters included total coliform, fecal coliform, fungi, heterotrophic plate count (HPC), as well as physicochemical parameters such as pH, turbidity, and residual free chlorine.

Results: Results showed that pH, total coliform, fecal coliform, and fungi were at zero levels across all samples. The mean turbidity in output water was 0/38 ± 0/645 NTU for traditional drinking fountains and 0/45 ± 0/68 NTU for drinking fountains with disposable straw, with significantly higher turbidity observed in winter compared to summer (p=0/007). The mean residual free chlorine was consistently low in both the drinking fountains (0/12 ± 0/035 mg/L and 0/12 ± 0/08 mg/L, respectively), falling below the national standard range of 0/2–0/8 mg/L in most cases. While HPC counts showed some increase, they remained within acceptable limits.

Conclusion: The study concluded that all microbial indicators and pH turbidity complied with national standards. However, the observed rise in HPC and reduction in residual chlorine were potentially attributed to water stagnation in water reservoirs and the campus's location at the endpoint of the water supply network. The findings underscore the necessity for daily and regular monitoring of drinking fountains to maintain quality, particularly during the winter season.

Keywords: Drinking Water, Sanitation, Microbiota, Chlorine, Reference Standards

Conflict of interest: The authors declared no conflict of interest.

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.18502/tbj.v24i5.21977]

This Paper Should be Cited as:
Author: Sara Payedar Ardakani, Somayeh Rezaeei Abgholi, Fahimeh Teimouri, Maryam Zare Khofri, Safiya Narouei, Mahboubeh Shiranian. Comparison of Microbial Quality Between …..…….Tolooebehdasht Journal. 2025;24(5)60-71.[Persian]

طلوع بهداشت

دو ماهنامه علمی پژوهشی دانشکده بهداشت یزد
سال بیست وچهارم
شماره پنجم
آذر و دی
شماره مسلسل:۱۱۳

تاریخ وصول:۱۴۰۴/۰۵/۱۹
تاریخ پذیرش:۱۴۰۴/۰۷/۲۵

مقایسه کیفیت میکروبی آب سردکن‌های معمولی و نی‌دار در واحدهای آموزشی پردیس دانشگاه علوم پزشکی یزد

نویسندگان: سارا پایه‌دار اردکانی[۱]، سمیه رضائی آبگلی[۱]، فهیمه تیموری[۲]، مریم زارع خفری[۱]، صفیا ناروئی[۳]، محبوبه شیرانیان[۴]

۱.دانشجوی کارشناسی مهندسی بهداشت محیط، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران

۲.نویسنده مسئول: دانشیار، مرکز تحقیقات علوم و فناوری های محیط زیست، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران

تلفن تماس: ۰۳۵۳۱۴۹۲۱۵۱ Email: f.teimouri1401@gmail.com

۳.دانشجوی کارشناسی ارشد آمار زیستی، کمیته تحقیقات دانشجویی، گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران

۴.کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات علوم و فناوری های محیط زیست، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران

چکیده

مقدمه: با توجه به اهمیت تأمین آب آشامیدنی سالم به ویژه در اماکن عمومی، این مطالعه با هدف مقایسه کیفیت میکروبی و فیزیکوشیمیایی آب خروجی آبسردکن‌های معمولی و نی‌دار در اماکن آموزشی تحت پوشش دانشگاه علوم پزشکی یزد انجام شد.

روش بررسی: پژوهش حاضر در دو فصل تابستان و زمستان بر روی ۱۲ دستگاه آبسردکن موجود در اماکن آموزشی تحت پوشش دانشگاه علوم پزشکی یزد انجام شد. کلیفرم کل، مدفوعی، قارچ، باکتری‌های هتروتروف و پارامترهای pH، کدورت و کلر آزاد باقی‌مانده مورد ارزیابی قرار گرفتند.

یافته‌ها: pH، کلیفرم کل، کلیفرم مدفوعی و قارچ در تمامی نمونه‌ها صفر بودند. میانگین کدورت در آب خروجی آب سردکن‌های معمولی و نی دار به ترتیب ۰/۶۴۵ ± ۰/۳۸ و ۰/۶۸± ۰/۴۵ بر حسب NTU بود. نتایج آزمون من-ویتنی نشان داد کدورت در فصل زمستان بیشتر از تابستان بوده است(P=۰/۰۰۷). میانگین کلر آزاد باقی‌مانده در آب خروجی آبسردکن‌های معمولی و نی‌دار به ترتیب ۰/۰۱ ± ۰/۰۳۵ و ۰/۰۰۸ ± ۰/۰۱۲ میلی‌گرم بر لیتر بود که در اغلب موارد کمتر از حد استاندارد ملی ۰/۸–۰/۲میلی گرم در لیتر گزارش شد. شمارش باکتری های هتروتروف (HPC) در برخی نمونه‌ها افزایش داشت، هرچند مقادیر در محدوده قابل قبول باقی ماند.

نتیجه‌گیری: شاخص‌های میکروبی و مقادیر کدورت و pH در محدوده استاندارد ملی بودند. افزایش HPC و کاهش کلر آزاد باقی‌مانده می‌تواند ناشی از ماندگی آب در مخازن باشد. پایش روزانه و منظم آب‌سردکن‌ها به‌ویژه در فصل زمستان ضروری است.

واژه‌های کلیدی: آب آشامیدنی، بهسازی، میکروب های شاخص، کلر، استانداردهای موجود

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.18502/tbj.v24i5.21977]

CC BY-NC 4.0

مقدمه

با توجه به نقش محوری اماکن عمومی در زندگی روزمره و حضور گسترده اقشار مختلف جامعه در محیط‌هایی مانند دانشگاه‌ها، حفظ سلامت و ایمنی این فضاها به ویژه در زمینه دسترسی به آب آشامیدنی سالم، ضرورتی غیر قابل انکار است. آب به عنوان اساسی‌ترین نیاز بهداشتی، در صورت آلودگی می‌تواند به سرعت به عاملی برای انتشار بیماری‌های گوارشی و عفونی تبدیل شود و سلامت جمعیت کثیری را به مخاطره اندازد. در این میان، دانشگاه‌ها به دلیل تراکم بالای جمعیت، حضور مستمر دانشجویان و کارکنان و نیز استفاده مکرر از تجهیزات عمومی مانند آب سردکن‌ها، در معرض خطر بالایی برای بروز آلودگی‌های ثانویه قرار دارند. حتی اگر آب منبع تأمین، کاملاً سالم و مطابق با استانداردهای ملی باشد، عدم نگهداری مناسب، طراحی نامناسب یا استفاده نادرست از دستگاه‌های توزیع آب می‌تواند موجب افت کیفیت میکروبی آب شده و سلامت مصرف‌کنندگان را تهدید کند. با توجه به اینکه اماکن عمومی (مانند مدارس، دانشگاه‌ها، بیمارستان‌ها، ادارات و پایانه‌ها) همواره محل تجمع جمعیت و در معرض انواع آلودگی‌های محیطی هستند و به همین علت رعایت شاخص‌های بهداشتی در این محیط‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد. دسترسی به آب آشامیدنی سالم و عاری از آلودگی های میکروبی منوط به پایش مستمر منابع و شبکه توزیع آب آشامیدنی است که نقش کلیدی در پیشگیری از بیماری‌های منتقله از آب ایفا می‌کند(۳-۱).

آب سالم دارای خصوصیاتی از قبیل فاقد عوامل بیماری‌زا، آلاینده‌های شیمیایی و فیزیکی، رنگ، بو و دارای ویژگی‌های استانداردی همچون کدورت پایین می باشد. پارامترهایی چون pH، کدورت، کلر آزاد باقی‌مانده، وجود یا عدم وجود کلیفرم کل و مدفوعی، و میزان باکتری‌های هتروتروف، از اصلی‌ترین شاخص‌های سنجش سلامت آب آشامیدنی بوده که رعایت آن‌ها در تمام شبکه‌های توزیع آب، به‌ویژه اماکن پرتردد مانند دانشگاه‌ها، حیاتی است(۱،۴،۵).

اهمیت توجه به وضعیت میکروبی آب در دانشگاه‌ها به دلیل حضور روزانه جمعیت زیاد دانشجویان و کارکنان دوچندان است؛ چرا که آلودگی ثانویه در تجهیزات ذخیره و توزیع آب می‌تواند سلامت مصرف‌کنندگان را به‌طور مستقیم تحت تأثیر قرار دهد. مطالعات مشابه در مراکز آموزشی کشور نشان داده‌اند که حتی در صورت سالم بودن منابع آب، کیفیت میکروبی خروجی آب‌سردکن‌ها ممکن است کاهش یابد و خطر انتقال بیماری‌های گوارشی افزایش پیدا کند(۷-۵).

آب‌سردکن‌ها به طور کلی به انواع مخزن‌دار (معمولی)، بدون مخزن (اتصال مستقیم به شبکه)، و نی‌دار تقسیم می‌شوند که هرکدام مزایا و معایب خاص خود را دارند(۸). آب سردکن‌های معمولی به دلیل سادگی و هزینه نگهداری مورد توجه بوده، اما احتمال آلودگی ثانویه به علت تماس دست یا ظروف با شیر آب در آن ها وجود دارد. در مقابل، آب سردکن‌های نی‌دار با هدف کاهش هدررفت آب و افزایش بهداشت فردی طراحی شده‌اند، هرچند نیازمند تهیه لوازم مصرفی (نی بهداشتی) و آموزش بیشتر کاربران هستند. انتخاب نوع مناسب آب سردکن باید بر اساس شرایط بهداشتی و فرهنگی هر مجموعه صورت گیرد تا سلامت مصرف‌کنندگان حفظ شود و منابع آب نیز بهینه مصرف گردد(۹). بی‌توجهی به نگهداری یا تعمیرات این دستگاه‌ها می‌تواند منجر به تجمع میکروب، کاهش سطح کلر باقی‌مانده یا

CC BY-NC 4.0

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-11-19]
[DOI: 10.18502/tbj.v24i5.21977]

حتی انتقال فلزات سنگین شود؛ بنابراین بررسی و تضمین کیفیت میکروبی آب سردکن‌ها در اماکن عمومی اهمیت کلیدی دارد. با توجه به پیشرفت فناوری و دغدغه‌های روزافزون درباره بهداشت آب در اماکن عمومی، آب‌سردکن‌های نی‌دار به عنوان یک نوآوری در طراحی تجهیزات تأمین آب آشامیدنی معرفی شده‌اند. این دستگاه‌ها نسبت به مدل‌های معمولی نسل جدیدتری محسوب می‌شوند و ویژگی اصلی آن‌ها استفاده کاربران از نی‌های یکبار مصرف است که می‌تواند احتمال انتقال آلودگی‌های میکروبی از طریق تماس مستقیم دهان یا دست با شیر آب را تا حد چشمگیری کاهش دهد. علاوه بر این، آب‌سردکن‌های نی‌دار به دلیل ساختار خاص خود، از هدررفت بیهوده آب جلوگیری کرده و به لحاظ بهداشتی گزینه کاربردی‌تری در مکان‌های پرتردد مانند دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی محسوب می‌شوند. بررسی‌ها نشان داده‌اند که استفاده از این نوع آب‌سردکن‌ها می‌تواند تا حد زیادی ایمنی آب آشامیدنی را افزایش دهد و رضایتمندی مصرف‌کنندگان را به دنبال داشته باشد(۹). در مطالعه‌ای که توسط Girolamini و همکاران (۲۰۱۹) در دانشگاه بولونیا ایتالیا انجام شد، کیفیت میکروبی آب خروجی دو نوع دستگاه آب سردکن میکروفیلتردار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که روند آلودگی میکروبی در این دستگاه‌ها متفاوت بوده و در برخی موارد افزایش شمارش باکتری‌های هتروتروف مشاهده شد. پژوهشگران این تحقیق بر اهمیت توجه به نوع دستگاه، نگهداری مناسب و پایش مستمر کیفیت آب تأکید کردند تا سلامت مصرف‌کنندگان حفظ شود(۱۰).

در مطالعه‌ای که توسط Boonhok و همکاران (۲۰۲۱) در دانشگاه Walailak تایلند انجام شد، کیفیت میکروبی آب خروجی آب‌سردکن‌های مورد استفاده دانشجویان بررسی گردید. نتایج نشان داد که در برخی دستگاه‌ها میزان آلودگی میکروبی بالاتر از حد استاندارد ملی و بین‌المللی گزارش شد. پژوهشگران تأکید کردند که حتی در صورت سالم بودن منبع آب، شرایط نگهداری و ضدعفونی دوره‌ای دستگاه‌ها نقش تعیین‌کننده‌ای در کیفیت نهایی آب دارد. همچنین تفاوت قابل توجهی بین دستگاه‌هایی که به‌طور منظم سرویس و ضدعفونی می‌شدند با دستگاه‌هایی که نگهداری ضعیف داشتند مشاهده شد. این یافته‌ها اهمیت پایش مستمر و نظارت دقیق بر آب‌سردکن‌ها در محیط‌های آموزشی را برجسته می‌سازد. در نتیجه، توجه به مدیریت بهداشت دستگاه‌ها می‌تواند نقش مهمی در پیشگیری از بیماری‌های گوارشی در میان دانشجویان ایفا کند(۱۱). همچنین نتایج مطالعه گودرزی و همکاران (۱۴۰۰) در شهرکرد بر روی آب سردکن‌های مراکز آموزشی نشان داد که اگرچه میزان کلیفرم کل و مدفوعی در محدوده مجاز و مطابق استاندارد بود، اما در برخی نمونه‌ها شمارش باکتری‌های هتروتروف از مقدار مجاز بالاتر بود و مواردی از کدورت بالاتر از استاندارد نیز مشاهده شد. بر مبنای این یافته‌ها، پژوهشگران بر اهمیت پایش مستمر کیفیت آب، لزوم شستشو و گندزدایی منظم آبسردکن‌ها و نیز آموزش بهره‌برداران این تجهیزات به منظور اطمینان از سلامت آب آشامیدنی تاکید کردند(۱۲). این مطالعات حاکی از آن است که حتی در صورت برداشت آب از منابع سالم و شبکه‌های قابل اطمینان، تجهیزات ذخیره و توزیع نظیر آب سردکن‌ها می‌توانند زمینه بروز آلودگی ثانویه را فراهم آورند و بدون نظارت، نگهداری و ضدعفونی مستمر، سلامت

CC BY-NC 4.0

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.18502/tbj.v24i5.21977]

مصرف‌کنندگان به‌ویژه در محیط‌های با جمعیت بالا به‌خطر خواهد افتاد.

پایش مستمر و ارزیابی مقایسه‌ای انواع مختلف آب‌سردکن‌ها، به ویژه با ظهور فناوری‌های جدید مانند آب‌سردکن‌های نی‌دار، نه تنها یک اقدام پیشگیرانه، بلکه گامی ضروری در جهت تحقق سیاست‌های بهداشت عمومی و ارتقاء سطح سلامت جامعه محسوب می‌شود. این مطالعه با مقایسه کیفیت میکروبی آب خروجی از دو نوع متداول آب‌سردکن (معمولی و نی‌دار) در دانشگاه علوم پزشکی یزد، نه تنها می‌تواند در ارتقاء سلامت دانشجویان و بهبود مدیریت بهداشت اماکن عمومی نقش مؤثر داشته باشد(۲،۴) می‌تواند شواهد علمی معتبری برای اتخاذ تصمیم‌های مدیریتی بهتر، تدوین پروتکل‌های نگهداری مؤثر و نهایتاً پیشگیری از بیماری‌های منتقله از آب فراهم آورد.

روش بررسی

این مطالعه از نوع توصیفی-مقطعی بوده که در سال ۱۴۰۳-۱۴۰۲، به منظور سنجش کیفیت میکروبی و فیزیکوشیمیایی آب سردکن‌های معمولی و نی‌دار در واحدهای آموزشی پردیس دانشگاه علوم پزشکی یزد صورت گرفت. جمعاً ۳۰ نمونه از آب ورودی و خروجی آب سردکن‌های معمولی و نی دار و در دو فصل تابستان و زمستان (در هر نوبت ۱۲ آب سردکن و ۳ نمونه آب ورودی برای هر فصل) برداشته شد. با توجه به متفاوت بودن نوع شیرهای برداشت در آبسردکن‌ها، سعی شد نمونه‌برداری به همان شیوه رایج استفاده کاربر از آب سردکن صورت گیرد؛ به این صورت که برای هر دستگاه، نحوه باز کردن و جریان آب مشابه رفتار معمول مصرف‌کننده‌اش باشد تا تاثیر نوع شیر بر کیفیت آب نمونه تا حد امکان بر اساس واقعیت‌های مصرف منعکس گردد. در تمامی نمونه‌ها، آب به مدت ۲۰ تا ۳۰ ثانیه به جریان درآمد. سپس نمونه‌برداری با استفاده از ظروف شیشه‌ای استریل ۲۵۰ میلی‌لیتری حاوی تیوسولفات سدیم و با رعایت شرایط استریل انجام گرفت و نمونه‌ها تا زمان انتقال به آزمایشگاه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه میکروبیولوژی محیط دانشکده بهداشت، آزمایش کدورت با استفاده از دستگاه کدورت‌سنج بر اساس روش نفلومتری انجام شد. در این دستگاه، میزان انحراف و پخش پرتو نور عبوری از نمونه سنجیده شده و واحد کدورت (NTU) مطابق با استاندارد ملی شماره ۳۵۴۲ گزارش گردید(۱۳). برای اندازه‌گیری pH هر نمونه، دستگاه کالیبره‌شده pH متر دیجیتال به کار گرفته شد تا اسیدیته آب با دقت کافی تعیین گردد(۱۴). همچنین کلر آزاد باقی‌مانده آب به روش DPD (دی‌اتیل پارافنیلن‌دی‌آمین) و دستگاه فتومتر به‌صورت رنگ‌سنجی تعیین شد، به این صورت که پس از اضافه شدن قرص DPD به نمونه و تغییر رنگ، میزان تغییر رنگ حاصل به‌وسیله دستگاه فتومتر دیجیتال (مدل HANNA HI-96711، ساخت ایتالیا) قرائت شد. دستگاه به‌طور منظم کالیبره شده و نتایج به‌صورت میلی‌گرم بر لیتر گزارش گردید. این روش مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۴۰۰۶ و دستورالعمل‌های APHA (۲۰۱۷) اجرا شد(۱۵).

ارزیابی شاخص‌های میکروبی شامل کلیفرم کل و کلیفرم مدفوعی با روش تخمیر چندلوله‌ای(MPN) ، مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۲۹۱۱ صورت گرفت. در آغاز، نمونه‌های جمع‌آوری شده در لوله‌هایی حاوی محیط کشت Lactose

CC BY-NC 4.0

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-11-19]
[DOI: 10.18502/tbj.v24i5.21977]

Broth قرار داده شد و این لوله‌ها به مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت در دمای ۳۵ تا ۳۷ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. در صورت مشاهده تولید گاز در لوله های دورهام یا تغییر کدورت در محیط، احتمال وجود کلیفرم مطرح می‌شد. در مرحله بعد لوله‌هایی که واکنش مثبت داشتند به لوله‌هایی حاوی محیط کشت Brilliant Green Bile Broth به منظور شناسایی کلیفرم کل منتقل شده و لوله‌ها مجدداً به مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت در دمای ۳۵ تا ۳۷ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. برای شناسایی کلیفرم مدفوعی، نمونه مثبت مرحله اول به لوله حاوی محیط کشت EC Broth انتقال داده شده و لوله‌ها در دمای ۴۴/۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شدند. تولید گاز در این شرایط، نشانه قطعی بودن حضور کلیفرم مدفوعی بود. در مرحله نهایی برای اطمینان بیشتر، مقداری از لوله‌های مثبت بر روی سطح EMB Agar (Eosin Methylene Blue Agar) کشت داده شد و بعد از انکوباسیون ۲۴ ساعت در دمای ۳۵ تا ۳۷ درجه سانتی‌گراد، کلنی‌های دارای جلا و رنگ تیره به ویژه با هاله سبزرنگ به عنوان شاخص حضور Escherichia coli و تایید نهایی در نظر گرفته شد. در تمام مراحل انجام آزمایشات، رعایت اصول استریل، استفاده از ظروف و ابزار مناسب و جلوگیری از هرگونه آلودگی محیطی مورد توجه بود تا نتایج از اعتبار کافی برخوردار باشد(۱۶). به منظور شمارش باکتری‌های هتروتروف(HPC)، روش پور پلیت به کار رفت؛ به این صورت که حجم معینی از نمونه آب با استفاده از پی‌پت استریل بر روی محیط کشت Plate Count Agar ریخته و پس از پخش شدن، در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد در انکوباتور به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت تا کلنی‌های قابل رؤیت شمرده شود. این آزمون طبق استاندارد ملی شماره ۹۸۰۸ انجام شد و تعداد کلنی‌ها به صورت CFU/ml ثبت گردید(۱۷) .

جهت بررسی وجود قارچ در آب نمونه‌ها، روش کشت بر روی محیط سابورو دکستروز آگار (SDA) به کار گرفته شد. نمونه‌ها به طور مستقیم بر سطح محیط کشت تلقیح و به مدت سه تا پنج روز در شرایط محیط (دمای اتاق) نگهداری شد تا در صورت وجود، رشد کلنی‌های قارچی بررسی گردد. تشخیص نوع قارچ نیز با مشاهده ریخت‌شناسی کلنی‌ها و در صورت نیاز با رنگ‌آمیزی لاکتوفنل کاتن بلو تکمیل گشت(۱۸). در تمامی مراحل، جهت اطمینان از صحت نتایج، کنترل کیفی ابزارها و محیط‌ها (از جمله استریل بودن ظروف نمونه‌برداری و کالیبراسیون دستگاه‌ها)، رعایت شد و آزمون‌ها مطابق با آخرین ویرایش استانداردهای ملی اجرا گردید.

نتایج به دست آمده جهت انجام تجزیه و تحلیل وارد نرم افزار excel و SPSS نسخه ۲۴ شدند. ابتدا توزیع نرمال بودن داده‌ها با آزمون شاپیرو–ویلک سنجیده شد؛ سپس برای داده‌های دارای توزیع نرمال (pH و باکتری های هتروترف) از آزمون t-testمستقل و برای داده‌های دارای توزیع غیرنرمال (کدورت و کلر آزاد باقیمانده) از آزمون من-ویتنی استفاده شد.

یافته ها

این مطالعه با هدف بررسی و مقایسه کیفیت آب خروجی از آب سردکن های معمولی و نی دار در واحدهای آموزشی پردیس دانشگاه علوم پزشکی شهیدصدوقی یزد انجام شد. جدول ۱ نتایج حاصل از اندازه گیری پارامترهای کیفی را در نمونه های آب ورودی و خروجی آب سردکن ها به تفکیک فصل و محل اندازه گیری نشان داده است. جدول ۲ نیز نتایج حاصل از مقایسه

CC BY-NC 4.0

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-11-19]
[DOI: 10.18502/tbj.v24i5.21977]

میانگین و انحراف معیار آب سردکن های معمولی و نی دار را نشان می دهد.

جدول ۱: پارامترهای کیفی آب ورودی و خروجی آب‌سردکن‌ها به تفکیک مکان، نوع دستگاه و فصل

ردیف	نوع آبسردکن	نوع نمونه	مکان	فصل	کلیفرم مدفوعی	کلیفرم کل	هتروتروف (CFU/ml)	pH	کلر آزاد (mg/L)	کدورت (NTU)	قارچ	فصل
۱	-	ورودی	بهداشت	زمستان	۰	۰	۴	۷/۳۲	۰/۱۱	۰/۴۲	۰	زمستان
۲	معمولی ۱	خروجی	بهداشت	زمستان	۰	۰	۶	۷/۳۶	۰/۰۴	۰/۶۵	۰	زمستان
۳	معمولی ۲	خروجی	بهداشت	زمستان	۰	۰	۵	۷/۳۳	۰/۰۳	۰/۷۱	۰	زمستان
۴	نی‌دار ۱	خروجی	بهداشت	زمستان	۰	۰	۸	۷/۵	۰/۰۱	۰/۸۹	۰	زمستان
۵	نی‌دار ۲	خروجی	بهداشت	زمستان	۰	۰	۷	۷/۴۸	۰/۰۲	۱/۰۸	۰	زمستان
۶	-	ورودی	بهداشت	تابستان	۰	۰	۳	۷/۵۳	۰/۱۳	۰/۲۲	۰	تابستان
۷	معمولی ۱	خروجی	بهداشت	تابستان	۰	۰	۵	۷/۴۱	۰/۰۴	۰/۲۸	۰	تابستان
۸	معمولی ۲	خروجی	بهداشت	تابستان	۰	۰	۴	۷/۳۸	۰/۰۳	۰/۳۴	۰	تابستان
۹	نی‌دار ۱	خروجی	بهداشت	تابستان	۰	۰	۴	۷/۶	۰/۰۱	۰/۴۱	۰	تابستان
۱۰	نی‌دار ۲	خروجی	بهداشت	تابستان	۰	۰	۳	۷/۵۵	۰/۰۲	۰/۵۷	۰	تابستان
۱۱	-	ورودی	داروسازی	زمستان	۰	۰	۵	۷/۳۶	۰/۱	۰/۴۷	۰	زمستان
۱۲	نی‌دار ۱	خروجی	داروسازی	زمستان	۰	۰	۵	۷/۴۵	۰/۰۱۲	۰/۶۶	۰	زمستان
۱۳	نی‌دار ۲	خروجی	داروسازی	زمستان	۰	۰	۶	۷/۴۳	۰/۰۱۵	۰/۶۹	۰	زمستان
۱۴	نی‌دار ۳	خروجی	داروسازی	زمستان	۰	۰	۴	۷/۴۷	۰/۰۱۱	۰/۸۶	۰	زمستان
۱۵	نی‌دار ۴	خروجی	داروسازی	زمستان	۰	۰	۵	۷/۴۴	۰/۰۱۳	۰/۸۳	۰	زمستان
۱۶	-	ورودی	داروسازی	تابستان	۰	۰	۲	۷/۵۱	۰/۱۴	۰/۲۳	۰	تابستان
۱۷	نی‌دار ۱	خروجی	داروسازی	تابستان	۰	۰	۳	۷/۵۱	۰/۰۱۱	۰/۲۹	۰	تابستان
۱۸	نی‌دار ۲	خروجی	داروسازی	تابستان	۰	۰	۳	۷/۵۰	۰/۰۱۵	۰/۳۶	۰	تابستان
۱۹	نی‌دار ۳	خروجی	داروسازی	تابستان	۰	۰	۲	۷/۵۸	۰/۰۱۲	۰/۴۰	۰	تابستان
۲۰	نی‌دار ۴	خروجی	داروسازی	تابستان	۰	۰	۳	۷/۵۳	۰/۰۱۴	۰/۵۳	۰	تابستان
۲۱	-	ورودی	خوابگاه طوبی	زمستان	۰	۰	۴	۷/۳۱	۰/۱۱	۰/۴۴	۰	زمستان
۲۲	معمولی ۱	خروجی	خوابگاه طوبی	زمستان	۰	۰	۶	۷/۴۲	۰/۰۳۸	۰/۶۸	۰	زمستان
۲۳	معمولی ۲	خروجی	خوابگاه طوبی	زمستان	۰	۰	۷	۷/۳۹	۰/۰۳۱	۰/۷۴	۰	زمستان
۲۴	معمولی ۳	خروجی	خوابگاه طوبی	زمستان	۰	۰	۸	۷/۴۵	۰/۰۳۵	۰/۷۲	۰	زمستان
۲۵	معمولی ۴	خروجی	خوابگاه طوبی	زمستان	۰	۰	۶	۷/۴۱	۰/۰۲۹	۰/۷۵	۰	زمستان
۲۶	-	ورودی	خوابگاه طوبی	تابستان	۰	۰	۲	۷/۵۴	۰/۱۳	۰/۲۱	۰	تابستان
۲۷	معمولی ۱	خروجی	خوابگاه طوبی	تابستان	۰	۰	۴	۷/۴۳	۰/۰۳۸	۰/۲۷	۰	تابستان
۲۸	معمولی ۲	خروجی	خوابگاه طوبی	تابستان	۰	۰	۳	۷/۴۱	۰/۰۳۱	۰/۳۰	۰	تابستان
۲۹	معمولی ۳	خروجی	خوابگاه طوبی	تابستان	۰	۰	۳	۷/۴۶	۰/۰۲۹	۰/۳۱	۰	تابستان
۳۰	معمولی ۴	خروجی	خوابگاه طوبی	تابستان	۰	۰	۴	۷/۴۴	۰/۰۳۰	۰/۳۲	۰	تابستان

CC BY-NC 4.0

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-11-19]
[DOI: 10.18502/tbj.v24i5.21977]

جدول ۲ : مقایسه میانگین و انحراف معیار پارامترهای آبسردکن‌های معمولی و نی‌دار

شاخص	ورودی	خروجی		P
		نی‌دار	معمولی	
کدورت (NTU)	۰/۴۲ ± ۰/۱۱	۰/۶۸ ± ۰/۱۷	۰/۶۴۵ ± ۰/۱۵	۰/۶۶۲
کلر آزاد (mg/L)	۰/۰۸ ± ۰/۰۲	۰/۰۱۲ ± ۰/۰۰۸	۰/۰۳۵ ± ۰/۰۱	۰/۵۲۲
pH	۷/۳۸ ± ۰/۰۵	۷/۴۸ ± ۰/۰۶	۷/۴۲ ± ۰/۰۴	۰/۶۱۱
هتروتروف (CFU/ml)	۲/۸ ± ۱/۲	۵/۶۹ ± ۲/۵۴	۵/۲۱ ± ۲/۵۴	۰/۶۱۶
کلیفرم کل (MPN/100ml)	۰	۰	۰	–
کلیفرم مدفوعی (MPN/100ml)	۰	۰	۰	–
قارچ	۰	۰	۰	–

همان طور که در جدول ۲ آورده شده است، کدورت آب در نمونه‌های ورودی آب سردکن‌های معمولی و نی دار به طور میانگین ۰/۴۲ NTU بوده است. این مقدار در خروجی آب سردکن‌های معمولی به ۰/۶۴۵ و در خروجی نی‌دار به ۰/۶۸ افزایش پیدا کرده است. هر چند این روند افزایشی جزئی است، اما همچنان همه مقادیر، ورودی و خروجی، پایین‌تر از حد مجاز استاندارد ملی ایران (۱ NTU) قرار داشته است. این موضوع نشان‌دهنده‌ی عدم بروز مشکل جدی در شفافیت آب حین عبور از سردکن‌ها می‌باشد.

کلر آزاد باقی‌مانده نیز در ورودی سردکن‌های معمولی و نی دار ۰/۰۸ میلی‌گرم‌برلیتر ثبت شد. پس از گذر از دستگاه، این شاخص به ۰/۰۳۵ (معمولی) و ۰/۰۱۲ (نی‌دار) کاهش یافت. این افت جزئی بیانگر مصرف یا نابودی جزئی کلر در مسیر عبور از سردکن است. نکته قابل توجه آن است که در هر دو حالت ورودی و خروجی، مقدار کلر آزاد به طور معناداری از حداقل مقدار توصیه‌شده استاندارد ملی (۰/۲ میلی‌گرم‌برلیتر) کمتر بوده است.پارامتر pH در آب ورودی آب سردکن‌های معمولی و نی‌دار ۷/۳۸ بوده که پس از عبور از دستگاه به ترتیب به ۷/۴۰ و ۷/۴۸ رسیده است. این تغییرات بسیار خفیف است و در تمامی نمونه‌ها در بازه‌ی استاندارد ملی ایران (۷ تا ۸/۵) قرار دارد.

در مورد تعداد باکتری‌های هتروتروف(جدول ۲)، ورودی آب سردکن‌های معمولی و نی دار دارای مقدار میانگین ۲/۸ کلنی در هر میلی‌لیتر بوده‌اند. در خروجی این مقدار اندکی افزایش یافته و در سردکن معمولی به ۵/۲۱ و در نی‌دار به ۵/۶۹ رسید. این افزایش جزئی، هرچند قابل توجه است، اما تمامی مقادیر (هم ورودی و هم خروجی و برای هر دو نوع سردکن) بسیار پایین‌تر از حد مجاز استاندارد ملی (۵۰۰ کلنی در میلی‌لیتر) بوده است. لازم به ذکر است شاخص‌های میکروبی مهم شامل کلیفرم کل، کلیفرم مدفوعی و قارچ در کلیه‌ی نمونه‌های ورودی و خروجی هر دو نوع سردکن، صفر به‌دست آمد و کاملاً مطابق با

CC BY-NC 4.0

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-11-19]
[DOI: 10.18502/tbj.v24i5.21977]

الزام استاندارد ملی (عدم وجود هرگونه کلیفرم یا قارچ در آب آشامیدنی) است. مقایسه آماری نتایج جدول ۲ نشان می دهد که پارامترهای مورد آزمایش در ورودی و خروجی آب سردکن ها اختلاف معناداری نداشته اند (P>۰/۰۵) و نوع آب سردکن در مقادیر pH، کلر آزاد باقیمانده ، کدورت و باکتری های هتروتروف تأثیری نداشته است. در مجموع، مقایسه‌ی مقادیر ورودی و خروجی نشان می‌دهد آب پس از عبور از سردکن‌های معمولی و نی‌دار تغییرات جزئی در برخی شاخص‌ها نظیر کدورت و هتروتروف داشته، لیکن همچنان در محدوده مجاز ملی قرار داشته است.

بحث و نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که برخی شاخص‌های کیفیت آب در آب‌سردکن‌ها تحت تأثیر نوع دستگاه و فصل قرار دارند؛ به‌ویژه میزان کدورت و pH تفاوت معنی‌داری بین فصل‌ها داشت، در حالی‌که کلر آزاد باقیمانده و باکتری‌های هتروتروف اختلاف آماری قابل توجهی نشان ندادند. این یافته‌ها با نتایج مطالعات مشابه هم‌خوانی دارد. به عنوان نمونه Girolamini و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی آب سردکن‌های میکروفیلتری در ایتالیا به نتایج مشابهی در خصوص تغییرات میکروبی اشاره کرده‌اند و Boonhok و همکاران (۲۰۲۱) نیز کاهش باقی‌مانده کلر و افزایش آلودگی میکروبی در دستگاه‌های آموزشی را گزارش کردند. مقایسه نتایج حاضر با این مطالعات نشان می‌دهد که طراحی دستگاه، شرایط نگهداری و فصل می‌توانند نقش مهمی در تغییر کیفیت آب داشته باشند و ضرورت پایش منظم و رعایت اصول بهداشتی در استفاده از آب‌سردکن‌ها را برجسته می‌سازد(۱۰،۱۱). با این حال، محدودیت‌هایی مانند حجم نمونه محدود، بررسی در دو فصل و استفاده از روش‌های نیمه‌کمی برای کلرسنجی باید در تفسیر نتایج مدنظر قرار گیرد.

در خصوص نتایج حاصل از پارامترهای فیزیکوشیمیایی، بیشتر نمونه‌ها از لحاظ کدورت و pH در دامنه استاندارد قرار داشتند. نتایج حاصل از مقایسه کدورت می تواند نشان دهد که افزایش کدورت در هر دو نمونه خروجی می‌تواند ناشی از عوامل متعددی باشد. احتمالاً تشکیل بیوفیلم میکروبی روی سطوح داخلی دستگاه‌ها (اعم از مخزن، لوله‌ها یا نی) منجر به رها سازی ذرات آلی و معدنی به داخل آب شده است. همچنین امکان دارد تخریب تدریجی اجزای پلاستیکی یا فلزی دستگاه‌ها در تماس مداوم با آب، به افزایش کدورت کمک کرده باشد. این موضوع اهمیت سرویس و نگهداری دوره‌ای دستگاه‌ها را بیش از پیش آشکار می‌سازد(۱۹).

افزایش pH در هر دو نمونه خروجی احتمالاً به دلیل کاهش غلظت کلر آزاد و کاهش فعالیت ضدعفونی‌کنندگی آن است. همچنین، ممکن است واکنش‌های شیمیایی بین آب و مواد تشکیل‌دهنده دستگاه (مانند فلزات یا پلیمرها) در این تغییر نقش داشته باشند. به ویژه در مورد آب سردکن‌های نی‌دار، تماس طولانی‌مدت آب با نی‌های پلاستیکی می‌تواند منجر به آزادسازی برخی ترکیبات قلیایی شود(۲۰). اما مساله کلر آزاد باقی‌مانده همچنان دغدغه مهمی محسوب می‌شود. Ahmed و همکاران در سال ۲۰۲۰ در پژوهش خود در پاکستان، به کاهش کلر آزاد در آب خروجی دستگاه‌ها به علت ماندگاری آب و عدم مصرف پیوسته اشاره کردند(۲۱). یافته اخیر در مطالعات Phiri و همکاران در سال ۲۰۲۱ نیز در فضای عمومی نیوزیلند گزارش شده است(۲۲). کاهش غلظت کلر باقی‌مانده در هر دو

CC BY-NC 4.0

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-11-19]
[DOI: 10.18502/tbj.v24i5.21977]

سیستم نشان‌دهنده فعالیت ضدمیکروبی کلر و مصرف آن در واکنش با مواد آلی و میکروارگانیسم‌هاست. این پدیده می‌تواند ناشی از حضور جوامع میکروبی در بیوفیلم‌های تشکیل شده در دستگاه‌ها باشد که به مرور زمان کلر آزاد را مصرف می‌کنند. افزایش همزمان شمارش هتروتروف‌ها (HPC) این فرضیه را تقویت می‌کند که احتمالاً کلر باقی‌مانده برای مهار کامل رشد میکروبی کافی نبوده است. این نتایج همسو با مطالعاتی است که نشان می‌دهند سطوح داخلی آبسردکن‌ها می‌توانند به محل مناسبی برای استقرار و تکثیر میکروارگانیسم‌ها تبدیل شوند. کاهش سطح کلر می‌تواند نقطه آسیب‌پذیر شبکه‌های تأمین آب باشد و بر اهمیت پایش مداوم، تخلیه و ضدعفونی دوره‌ای تأکید می‌کند(۶،۱۰).

یکی دیگر از یافته‌های این مطالعه، عدم مشاهده قارچ در تمام نمونه‌هاست؛ این در حالی است که مطالعه انجام شده در سال ۲۰۱۱ توسط «مظفری و همکاران» در تبریز، نشان داد که شستشوی منظم آبسردکن‌ها در پیشگیری از آلودگی قارچی موثر می باشد(۲۳). همچنین مطالعه انجام شده توسط امینی و دهقان در سال ۲۰۲۱ نیز بر روی آب سردکن‌ها در شهر جیرفت نشان داد که وضعیت میکروبی و شیمیایی آب شرب در وضعیت مناسبی قرار داشته و محققین در این مطالعه علیرغم تطابق پارامترها با مقادیر استاندارد، نظارت پیوسته کیفیت آب را توصیه کرده اند(۲۴). نکته قابل تأمل این است که علیرغم تفاوت‌های ساختاری بین دو نوع آب سردکن، روند تغییرات پارامترهای کیفی در هر دو سیستم مشابه بوده است. این امر می‌تواند نشان‌دهنده اهمیت مشترک عوامل تأثیرگذاری مانند مدت زمتان ماندگاری آب در دستگاه، دمای محیط و مواد به‌کار رفته در ساخت قطعات باشد(۶).

نتایج بدست آمده از پارامترهای مورد مطالعه با استاندارد ملی ایران مقایسه گردید و تمامی پارامترهای اندازه گیری شده به جز مقدار کلر در یکی از آب سردکن های معمولی، از حد استاندارد کمتر بودند و لذا آب هر دو نوع آب سردکن کیفیت میکروبی یکسانی داشته اند. لیکن با توجه به محدود بودن زمان پژوهش و اندازه گیری نوع پارامترها، به منظور حفظ سلامت آب برای عموم مردم، توصیه می شود که آنالیزها به صورت پیوسته و برای بقیه پارامترهای فیزیکی و شیمیایی نیز انجام شود. از محدودیت های این مطالعه می توان به زمان انجام مطالعه (۲ فصل) اشاره نمود که با توجه به بسته شدن خوابگاه ها در یک مدت زمان مشخص، امکان بررسی در تمامی فصل ها نبود.

ملاحظات اخلاقی

مطالعه حاضر با کد IR.SSU.SPH.REC.1403.023 در کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد به ثبت رسیده است.

سهم نویسندگان

فهیمه تیموری: طراحی پژوهش، چهارچوب نظری تحقیق و تایید مقاله نهایی: سمیه رضایی، مریم خفری، سارا پایه دار، محبوبه شیرانیان: انجام آزمایشات و گردآوری نتایج: صفیا ناروئی تجزیه و تحلیل داده ها: سارا پایه دارنگارش نسخه اولیه مقاله. نویسندگان نسخه نهایی را مطالعه و تایید نموده و مسئولیت پاسخگویی در قبال پژوهش را پذیرفته اند.

حمایت مالی

در انجام این پایان نامه هیچگونه حمایت مالی دریافت نشده است.

CC BY-NC 4.0

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.18502/tbj.v24i5.21977]

تضاد منافع

هیچگونه تضاد منافعی در این مقاله گزارش نشده است.

تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله از معاونت محترم تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی برای حمایت و همراری تشکر می نمایند.

References

1-World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. 4th ed. Geneva: WHO; 2022.

2-World Health Organization. Drinking-water fact sheet. Geneva: WHO; 2023. Available from: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water.

3-Centers for Disease Control and Prevention. Drinking water contamination and health effects. Atlanta: CDC; 2023.

4-Kristanti RA, Hadibarata T, Syafrudin M & et al Microbiological contaminants in drinking water: current status and challenges. Water Air Soil Pollut. 2022;233:299.

5-Alizadeh I, Darijani T, Noori Goushki M & et al. Investigation of the chemical and microbial quality of water supplied by treatment stations in Kerman city, Iran. J Water Sanit Hyg Dev. 2024;14(10):963-70.

6-Boonhok R, Borisut S, Chuklin N & et al. Drinking water quality assessment from water dispensers in an educational institution. Water Supply. 2021;21(8):4457-64.

7-Marcus M. Drinking water quality and its impact on health and education. CEPR VoxEU; 2023. Available from: https://cepr.org/voxeu/columns/drinking-water-quality-and-its-impact-health-and-education. Accessed December 19, 2025.

8-Rostegar A, et al. Hygienic evaluation of drinking water supply equipment in public places. Iranian Journal of Environmental Health. 2016;13(2):112-9.[Persian]

9-Hile TD, Leal R, Dunbar SG & et al. Microbiological quality of drinking water from water dispensers. AIMS Microbiology. 2025;11(4):891–914. doi:10.3934/microbiol.2025039 AIMS Press.

10-Girolamini L, Faccini M, Bua A & et al. Different trends in microbial contamination between two types of microfiltered water dispensers: from risk analysis to consumer health preservation. Int J Environ Res Public Health. 2019;16(2):272.

11-Boonhok R, Borisut S, Chuklin N & et al. Drinking water quality assessment from water dispensers in an educational institution. Water Supply. 2021;21(8):4457-64.

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.18502/tbj.v24i5.21977]

 CC BY-NC 4.0

12-Goudarzi B, et al. Microbial quality of drinking water dispensers in educational centers of Shahrekord. J Environ Health Sci Eng. 2021;8(3):245-54.[Persian]

13-Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Method for measuring turbidity in drinking water. Standard No. 3542.[Persian]

14-Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Method for measuring pH in drinking water. Standard No. 3752.[Persian]

15-Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Method for measuring free residual chlorine in drinking water. Standard No. 4006.[Persian]

16-Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Method for detection of total and fecal coliforms in drinking water. Standard No. 2911.[Persian]

17-Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Method for heterotrophic plate count (HPC) in drinking water. Standard No. 9808.[Persian]

18-APHA, AWWA, WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 23rd ed. Washington DC: APHA; 2017.

19-Chan S, Pullerits K, Keucken A& et al. Bacterial release from pipe biofilm in a full-scale drinking water distribution system. NPJ Biofilms Microbiomes. 2019;5(9):1-10.

20-Li P, Wu J. Drinking water quality and public health. Expo Health. 2019;11(1):73-9

21-Ahmed W, Hamilton K, Toze S & et al. Assessment of bacteriological quality of drinking water from different sources in a developing country. Int J Environ Res Public Health. 2020;17(5):1458.

22-Phiri BJ, Chidamba L, Momba MNB & et al. Microbial contamination in drinking water at public outdoor recreation facilities in New Zealand. J Appl Microbiol. 2021;130(1):302-12..

23-Carabin A, Cassivi A, Dorea C & et al. Heterotrophic plate counts (HPC) in drinking water distribution systems: a comprehensive review and meta-analysis. Water Quality Research Journal. 2024;59(3):126–58. doi:10.2166/wqrj.2024.027

[Downloaded from tbj.ssu.ac.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.18502/tbj.v24i5.21977]

 CC BY-NC 4.0