Applied Biology
Online ISSN: 2538-3434
Homepage: http://sjoapb.journal.qom-iau.ac.ir

Studying the effectiveness of electric current in removing bacterial contamination Coliformic from Shahrchai river water of Urmia

Aysan RezaNezhadkhoyi Master's Student, Department of Biology, Faculty of Basic Sciences, Urmia Branch, Islamic Azad University, Urmia, Iran. aysan.rezanezhadkhoyi@gmail.com
Zahra Gholamhoseini Master's Degree, Department of Microbiology, Department of Biology, Faculty of Basic Sciences, Urmia Branch, Islamic Azad University, Urmia, Iran. lueipastor3003@gmail.com
Nima Rostami Ph.D., Department of Microbiology, Marand Branch, Islamic Azad University, Marand, Iran **(Corresponding author).** Dr. nrkoshi@gmail.com

Abstract

Purpose: Water disinfection is one of the most important stages of water purification in terms of ensuring the health of consumers. Although common methods in drinking water purification can effectively control microbial factors, the formation of disinfection byproducts has made the process of using these methods a challenge. On the other hand, physical and chemical disinfectants are often limited due to their low efficiency, high price and production of toxic products. In the meantime, one of the methods that has been in the spotlight and developed a lot in recent years is the use of electricity to remove biological pollutants from water. Therefore, the aim of the current research is to study and evaluate the efficiency and effectiveness of the method of establishing the current of electricity in removing the coliform bacteria population in the Shahrchai River of Urmia.

Materials and methods: The present research, which is descriptive-cross-sectional, started in a period of six months from February 2018 and continued until July 2019. The water sampling process of Shahrchai River in Urmia was carried out from two stations at the entrance of the No. 1 treatment plant and at the entrance of the Golshahr treatment plant, and the samples were transferred to the laboratory within 2 to 4 hours, and the presence of coliform bacteria was studied and measured by the MPN method. Then, in order to perform the electrolysis test, an electrochemical reactor with a voltage of 220 volts consisting of two electrodes made of iron and aluminum was prepared and the electric current was established for 10, 20, 30 and 70 minutes. Next, the data results were analyzed by SPSS version 21 software.

Findings: The results show that the efficiency of coliform bacteria population removal depends on the pollutant source, duration, current intensity and type of electrodes.

Received: 2023/03/29 ; **Revised:** 2023/04/16 ; **Accepted:** 2023/05/04 ; **Published online:** 2023/05/07
Article type: Research Article © the authors **Publisher:** Qom Islamic Azad University

According to the results, the slope of the curve of changes in the amount of microbial contamination of the samples that were subjected to a constant current of 220 volts for 20 minutes showed a significant decrease. So that the microbial load of most samples was reduced by 50%. Therefore, it can be said that the removal efficiency has a direct relationship with the increase in time, and with the increase in the duration of the electric current in the samples, the removal rate of coliform bacteria also increases significantly.

Conclusion: According to the results of this research, the use of the process of establishing the current of electricity is suggested as a suitable method with high efficiency and also compatible with the environment in water disinfection.

Keywords: Disinfection, Coliform bacteria, Electricity flow, Shahrchai River, Urmia.

بیولوژی کاربردی
شاپا الکترونیکی: ۲۵۳۸-۳۴۳۴
Homepage: http://sjoapb.journal.qom-iau.ac.ir

مطالعه اثربخشی برقراری جریان الکتریسیته در حذف آلودگی باکتری‌های کلیفرمیک از آب رودخانه شهرچای ارومیه

آیسان رضانژاد | دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران.
aysan.rezanezhadkhoyi@gmail.com
زهرا غلامحسینی | کارشناسی ارشد، گروه میکروب‌شناسی، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران.
lueipastor3003@gmail.com
نیما رستمی | دکتری، گروه میکروبیولوژی، واحد مرند، دانشگاه آزاد اسلامی، مرند، ایران (**نویسنده مسئول**). Dr.nrkoshi@gmail.com

چکیده

هدف: گندزدایی آب یکی از مهم‌ترین مراحل تصفیه آب به لحاظ تأمین سلامت مصرف‌کنندگان است. با اینکه روش‌های رایج در تصفیه آب آشامیدنی، می‌توانند به نحو موثری عوامل میکروبی را کنترل نمایند، اما تشکیل محصولات جانبی گندزدایی، روند بکارگیری این روش‌ها را با چالش روبه‌رو کرده است. از سوی دیگر، گندزداهای فیزیکی و شیمیایی اغلب به دلیل کارآیی کم، قیمت بالا و تولید محصولات سمی محدود شده‌اند. در این بین یکی از روش‌هایی که طی سال‌های اخیر در کانون توجه قرار گرفته و توسعه زیادی یافته است، استفاده از جریان الکتریسیته برای حذف آلاینده‌های بیولوژیک آب می‌باشد. لذا، هدف پژوهش حاضر مطالعه و بررسی میزان کارایی و اثربخشی روش برقراری جریان الکتریسیته در حذف جمعیت باکتری‌های کلیفرمی آب رودخانه شهرچای ارومیه است.

مواد و روش‌ها: تحقیق حاضر که از نوع توصیفی- مقطعی می‌باشد، در یک بازه زمانی شش ماهه از بهمن ماه سال ۹۸ آغاز و تا تیرماه سال ۹۹ ادامه یافت.

فرایند نمونه‌برداری از آب رودخانه شهرچای ارومیه از دو ایستگاه ورودی تصفیه خانه شماره یک و ورودی تصفیه خانه گلشهر انجام شد و نمونه‌ها ظرف مدت ۲ الی ۴ ساعت به آزمایشگاه منتقل شدند و حضور باکتری‌های کلیفرمی به روش MPN مورد مطالعه و سنجش قرار گرفت. سپس به منظور انجام آزمایش الکترولیز، نخست راکتور الکتروشیمیایی با ولتاژ ۲۲۰ ولت متشکل از دو الکترود از جنس آهن و آلومینیوم تهیه شد و جریان الکتریکی به مدت ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۷۰ دقیقه برقرار گردید. در ادامه نتایج داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۰۹ ؛ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۲/۰۱/۲۷ ؛ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۲/۰۲/۱۴ ؛ **تاریخ انتشار:** ۱۴۰۲/۰۲/۱۷

ناشر: دانشگاه قم
© نویسندگان
نوع مقاله: پژوهشی

یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهد که میزان کارایی حذف جمعیت باکتری‌های کلیفرمی به منبع آلاینده، مدت زمان، شدت جریان و جنس الکترودها بستگی دارد. مطابق نتایج حاصل، شیب منحنی تغییرات میزان آلودگی میکروبی نمونه‌هایی که در مدت زمان ۲۰ دقیقه تحت شدت جریان ثابت ۲۲۰ ولت قرار گرفته بودند، کاهش چشمگیری نشان داد. به طوری‌که از میزان بارمیکروبی اکثر نمونه‌ها به میزان ۵۰ درصد کاسته شد. بنابراین، می‌توان گفت که کارایی حذف با افزایش زمان رابطه مستقیم دارد و با افزایش مدت زمان برقراری جریان الکتریکی در نمونه‌ها، میزان حذف باکتری‌های کلیفرمی نیز به صورت معناداری افزایش پیدا می‌کند.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، استفاده از فرایند برقراری جریان الکتریسیته، به عنوان یک روش مناسب با کارایی و راندمان بالا و همچنین سازگار با محیط زیست در گندزدایی آب پیشنهاد می‌گردد.

کلیدواژه‌ها: گندزدایی، باکتری‌های کلیفرمی، جریان الکتریسیته، رودخانه شهرچای، ارومیه.

۱. مقدمه

دسترسی به آب سالم یکی از اساسی‌ترین و ابتدایی‌ترین نیازهای بشر محسوب می‌شود (۱). کمبود منابع آب شیرین در جهان، به یک چالش مهم تبدیل شده است (۱۳)؛ به‌طوری که صاحب‌نظران علوم سیاسی و استراتژیست‌ها، وقوع جنگ جهانی سوم را بر سر تصاحب منابع آب می‌دانند (۱۴).

براساس گزارش سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۱۲، در حدود ۷۸۰ میلیون نفر به منابع آب آشامیدنی سالم دسترسی ندارند. در سراسر جهان روزانه بیش از ۴۵۰۰ کودک زیر ۱۴ سال به علت ابتلا به بیماری‌های منتقل شونده از طریق آب، جان خود را از دست می‌دهند (۱۵). همگان به این مسئله اذعان دارند که، سلامت آب و منابع آبی یکی از شاخص‌های مهم امنیت پایدار جوامع بشری بشمار می‌رود. چراکه هرگونه کوتاهی در تأمین آب شرب سالم، هزینه‌های گزافی را از بُعد سلامت و دارو، بر حاکمیت و نظام اداری کشور وارد می‌کند (۴). از این‌رو، استفاده از تکنولوژی‌های مناسب در کنترل آلودگی و اطمینان از سلامت آب، ازجمله عوامل مهم در بحث روش‌های عملی گندزدایی آب می‌باشد.

تحقیقات به خوبی نشان داده است که، بین گندزدایی آب و کاهش مرگ‌ومیر و همچنین کنترل شیوع بیماری‌های خطرناکی همچون حصبه، وبا، تیفوئید، بیماری‌های انگلی و... ارتباط مستقیم وجود دارد (۲). در بحث گندزداییِ آب‌های آشامیدنی، تاکید بر حذف باکتری‌های کلیفرمی آب است (۱۴). برخی روش‌های فیزیکی تصفیه آب مانند اشعه ماورای بنفش، امواج مافوق صوت و غشاها، اگرچه بسیاری از معیارهای یک گندزدایی خوب را دارند، اما نمی‌توانند پاسخگوی سیستم‌هایی با شبکه توزیع گسترده و ماندگاری طولانی‌مدت باشند (۱۰). گندزداهای شیمیایی جایگزین نیز شامل کلرآمین، دی اکسید کلر، برم، دی اکسید تیتانیوم و پرمنگنات پتاسیم نیز به دلیل کارآیی کم، قیمت بالا و تولید محصولات جانبی یا Disinfection By Products- DBPs که سمّی هستند، محدود شده است (۳). به عنوان مثال، اگرچه استفاده از کلر برای گندزدایی آب در تصفیه‌خانه‌ها روش مرسومی است، اما نگرانی از تشکیل محصولات جانبی گندزدایی همچون هالواستیک اسیدها، نیتروزآمین‌ها و هالواستونیتریل‌ها، همواره وجود دارد. بخصوص اینکه، این فرآورده‌های جانبی گندزدایی در ایجاد سرطان‌هایی نظیر مثانه و کولورکتال و بیماری‌های آلرژیک پوستی نقش دارند (۵،۶). در این بین یکی از روش‌هایی که در طی سال‌های اخیر در کانون توجه قرار گرفته و توسعه زیادی یافته است، استفاده از جریان الکتریسیته برای حذف آلاینده‌های میکروبی

آب، بخصوص جمعیت باکتری‌های کلیفرم می‌باشد (۷). در این روش تغییرات شیمیایی در اثر واکنش انتقال الکترون در سطح مشترك الکترود و محلول اتفاق می‌افتد، به همین دلیل جزو فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته به‌حساب می‌آید. لازم به ذکر است که، از این روش با واژه‌های دیگری مثل گندزدایی الکتروشیمیایی، آب فعال شده، گندزدایی الکترولیتیکی، و اکسیداسیون آند-کاتد نیز یاد می‌شود (۲). در این روش با استفاده از جریان الکتریسیته پیوسته، یون‌های H^+، OH^- و همچنین پراکسید هیدروژن در محیط تولید می‌شود که موارد اخیر با ایجاد تغییرات ساختاری غیرقابل برگشت در غشاء باکتریایی و ایجاد منافذی در آن، خاصیت نفوذپذیری غشاء را از بین برده و موجب نابودی آنها می‌شود (۸،۹). علاوه‌بر این، پرواکسیدهیدروژن خود بسیار سمّی بوده و برای میکروارگانیسم‌های آب کشنده است. از طرفی، با توجه به اینکه رودخانه شهرچای ارومیه یکی از مهم‌ترین رودخانه‌های استان آذربایجان غربی می‌باشد، و به تنهایی بخش عمده‌ای از نیازهای کشاورزی، صنعتی، آبزی‌پروری و آب شرب منطقه را تأمین می‌کند، لذا، پایش مداوم آب این رودخانه، به عنوان شریان حیاتی تأمین آب مورد نیاز شهرستان، امری بسیار مهم و ضروری می‌باشد (۱۳). بنابراین، پژوهش حاضر درصدد است تا کارایی و راندمان روش جریان برقراری جریان الکتریسیته در حذف جمعیت باکتری‌های کلیفرمی آب رودخانه شهرچای ارومیه را مورد مطالعه قرار دهد.

۲. مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر که از نوع توصیفی- مقطعی می‌باشد، نمونه‌برداری از آب رودخانه شهرچای شهرستان ارومیه در ۶ ماه متوالی از بهمن ماه ۹۸ آغاز و تا تیرماه ۹۹ ادامه یافت. ایستگاه‌های نمونه‌برداری متشکل از دو ایستگاه شامل ورودی تصفیه‌خانه شماره (۱) و ورودی تصفیه‌خانه گلشهر با راهنمایی کارشناس محترم دفتر کنترل و بهبود کیفیت شرکت آب و فاضلاب استان آذربایجان غربی تعیین گردید. هر ماه یک نمونه از ایستگاه‌ها تهیه شد و تعداد کل نمونه‌ها در طول دوره تحقیق، به ۱۲ نمونه رسید. در جریان انجام عملیات نمونه‌برداری، کلیه مراحل انجام کار، طبق دستورالعمل تعیین کیفیت آبِ سازمان ملی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به شماره اختصاصی ۸۹۱۰ عمل شد (۸،۹). سپس نمونه‌ها در حداقل زمان ممکن یعنی بین ۲ تا ۴ ساعت جهت انجام آزمایشات میکروبی، به آزمایشگاه تخصصی میکروبیولوژی آب منتقل شدند. در تمام مراحل نمونه‌برداری و حمل نمونه به آزمایشگاه، ناظر شرکت محترم آب و فاضلاب شهری استان آذربایجان غربی حضور

داشته و صحّت انجام کار به تأیید ایشان رسید. در این پژوهش پنج متغیر مستقل شامل کلیفرم کل[1]، کلیفرم مدفوعی[2]، اشرشیاکلی گرماپای، کلر باقیمانده آزاد و کدورت مورد مطالعه و بررسی قرار گرفتند. برای تأیید حضور باکتری‌های کلیفرمی، از تکنیک تخمیر چندلوله‌ای به روش MPN استفاده شد. به این صورت که نمونه‌ها با استفاده از محیط‌های کشت اختصاصی آبگوشت لوریل تریپتوز، آبگوشت برلیانت گرین لاکتوز بایل و EC مورد شناسایی قرار گرفت. سپس یک راکتور الکتروشیمیایی در محفظه پلکسی گلاس به ابعاد ۱۳۵×۱۰۵×۱۷۰ میلی متر به همراه دو الکترود از جنس آهن و آلومینیوم که به فاصله ۲ سانتیمتر از هم قرار گرفته بودند، طراحی و ساخته شد (۵،۶). همچنین ابعاد هر دو الکترود آهن و آلومینیوم ۲×۴۰×۱۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شد. الکترود آلومینیوم به قطب مثبت منبع تغذیه و الکترود آهن به قطب منفی متصل گردید. به عبارت دیگر، آلومینیوم به عنوان آند و آهن به عنوان کاتد عمل می‌کند. لازم به توضیح است که، به منظور دستیابی به نتایج کیفی و دقیق، الکترودها پیش از انجام آزمایش در محلول اسید هیدروکلریک، که دارای خاصیت خورندگی بسیار قوی می‌باشد، قرار داده شد و در ادامه با استفاده از آب اکسیژنه مورد شستشو قرار گرفت (۱۳). بعد از آماده شدن راکتور الکتروشیمیایی، نمونه‌ها تحت جریان الکتریسیته با ولتاژ ثابت ۲۲۰ ولت به مدت زمان ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۷۰ دقیقه قرار گرفتند و نتایج پس از آنالیز توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای اندازه‌گیری pH نمونه‌ها، از pH meter پرتابل مدل ۵۲۶ ساخت کمپانی آکوالیتیک آلمان استفاده شد. همچنین برای اندازه‌گیری کدورت، از کدورت‌سنج 2100Q ساخت شرکت HACK آمریکا و برای اندازه‌گیری دمای نمونه‌ها از دماسنج دیجیتالی استفاده گردید. علاوه‌بر این، به منظور تعیین میزان الکترود مصرفی برای تصفیه هر لیتر آب آشامیدنی، در ابتدا و انتهای آزمایشات، وزن الکترودها بوسیله یک ترازوی دیجیتالی دقیق اندازه‌گیری شد.

۳. یافته‌ها

نتایج داده‌های حاصل از این تحقیق نشان داد که نمونه‌های تهیه شده در طول دوره مطالعه، از نظر بار میکروبی و شاخص حضور اشرشیاکلی گرماپای، در سطح نامطلوبی قرار دارند. همچنین بار میکروبی و درصد حضور باکتری‌های کلیفرمی در نمونه‌های تهیه شده از ورودی تصفیه‌خانه

1. TC
2. FC

گلشهر، نسبت به نمونه‌های تهیه شده از ورودی تصفیه‌خانه شماره (۱)، درصد بالاتری را نشان می‌دهد. به‌عبارت دیگر، میزان آلودگی میکروبیولوژیکی نمونه‌های تهیه شده از تصفیه‌خانه گلشهر، به مراتب بیشتر از نمونه‌های تهیه شده از ورودی تصفیه‌خانه شماره (۱) می‌باشد.

آنالیز داده‌های حاصل نشان داد که هرچه هوا گرم‌تر می‌شود و به سمت ماه‌های گرم سال، بخصوص تابستان نزدیک می‌شویم، به دلیل افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها، بر میزان آلودگی میکروبی آب نمونه‌ها افزوده می‌شود. به‌طوری‌که مطابق نتایج حاصل، نمونه‌های اردیبهشت و تیرماه سال ۱۳۹۹ دارای بیشترین میزان آلودگی می‌باشند. همچنین، کم‌ترین میزان آلودگی میکروبی نمونه‌ها، مربوط به نمونه فروردین و خرداد سال ۱۳۹۹ از ایستگاه ورودی تصفیه‌خانه شماره (۱) ارومیه است.

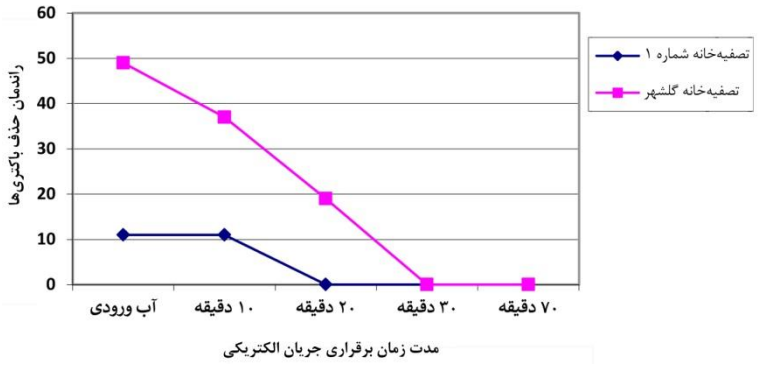
گزارش اثربخشی جریان برقراری الکتریسیته در نمونه‌های مورد آزمایش نشان داد که هرچه میزان آلودگی اولیه نمونه‌های برداشت شده بیشتر باشد، مدت زمان لازم برای برقراری الکتریکی و حذف باکتری‌های کلیفرمی بیشتر خواهد بود. همچنین، شیب منحنی تغییرات میزان آلودگی میکروبی نمونه‌هایی که در مدت زمان ۲۰ دقیقه تحت شدت جریان ثابت ۲۲۰ ولت قرار گرفته بودند، کاهش چشمگیری نشان داد. به‌طوری‌که از میزان بار میکروبی اکثر نمونه‌ها ۵۰ درصد کاسته شد. علاوه‌بر این، بار میکروبی و آلودگی اکثر نمونه‌ها در مدت زمان ۳۰ دقیقه به حد قابل توجهی کاهش می‌یابد و در مواردی در پایین‌تر از حد استاندارد قرار می‌گیرد. نتایج حاصل حاکی از آن است که، در مدت زمان ۷۰ دقیقه، در اکثر نمونه‌های تهیه شده از ایستگاه‌های دوگانه، میزان بار میکروبی و به‌طور مشخص، درصد حضور اشرشیاکلی گرماپای، به صفر می‌رسد.

نتایج حاصل از تأثیر زمان الکترولیز بر راندمان حذف باکتری‌های کلیفرمی نشان داد، که کارایی حذف آلاینده‌های باکتریایی، با افزایش زمان رابطه مستقیمی دارد. به‌طوری‌که با افزایش مدت زمان از ۲۰ دقیقه به ۷۰ دقیقه، راندمان گندزدایی تا رساندن به حد مجاز پیش می‌رود. بنابراین، می‌توان گفت، قرار گرفتن نمونه‌ها تحت تاثیر ولتاژ ۲۲۰ ولت در مدت زمان ۷۰ دقیقه می‌تواند اکثر باکتری‌های کلیفرمی آب را از بین برده و سطح سلامت آب را تضمین نماید. نمودارهای شماره (۱-۶) نتایج حاصل از برقراری جریان الکتریکی و بررسی راندمان آن در حذف جمعیت کلیفرمی نمونه‌ها را نشان می‌دهد.

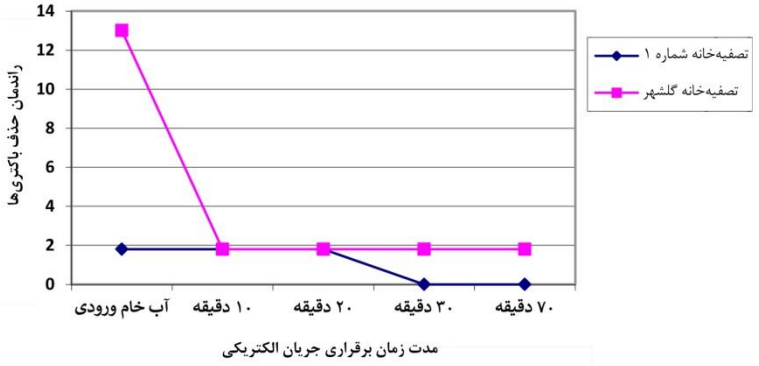
علاوه‌بر این، نتایج حاصل از آزمایشات میکروبی بیانگر مقرون به‌صرفه بودن و کاهش هزینه‌های روش برقراری جریان الکتریکی در مقایسه با سایر روش‌های مرسوم در آلودگی‌زدایی

منابع آبی می‌باشد. از دیگر مزایا و ویژگی‌های این روش می‌توان به سهل الوصول بودن، قابلیت سازگاری بهتر با محیط زیست، تولید آب با جامدات محلول پایین‌تر، در مقایسه با فرآیندهای شیمیایی، کاربرد آسان و دستیابی به نتایج در کم‌ترین زمان نسبت به دیگر روش‌ها، اشاره کرد. از مهم‌ترین عوامل موثر در کارایی فرآیند برقراری جریان الکتریکی می‌توان به اسیدیته محیط راکتور الکتروشیمیایی، غلظت اولیه آلاینده، مدت زمان واکنش، شدت جریان الکتریکی، نوع الکترود و آرایش آن اشاره کرد و متذکر شد که تغییر هر یک از این پارامترها، باعث ایجاد تغییرات در ماهیت واکنش‌های الکتروشیمیایی و کاهش راندمان آن می‌گردد.

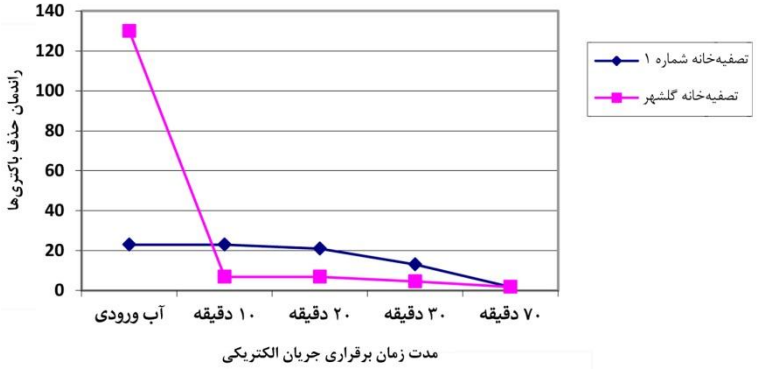
نمودار ۱- اثرات برقراری جریان الکتریکی و تغییرات میزان آلودگی میکروبی نمونه‌ها در زمان‌های مختلف در بهمن ماه سال ۱۳۹۸



نمودار ۲- اثرات برقراری جریان الکتریکی و تغییرات میزان آلودگی میکروبی نمونه‌ها در زمان‌های مختلف در اسفند ماه سال ۱۳۹۸



نمودار ۳- اثرات برقراری جریان الکتریکی و تغییرات میزان آلودگی میکروبی نمونه‌ها در زمان‌های مختلف در فروردین ماه ۱۳۹۹



نمودار ٤- اثرات برقراری جریان الکتریکی و تغییرات میزان آلودگی میکروبی نمونه‌ها در زمان‌های مختلف در اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۹

نمودار ٥- اثرات برقراری جریان الکتریکی و تغییرات میزان آلودگی میکروبی نمونه‌ها در زمان‌های مختلف در خرداد ماه سال ۱۳۹۹

نمودار ٦- اثرات برقراری جریان الکتریکی و تغییرات میزان آلودگی میکروبی نمونه‌ها در زمان‌های مختلف در تیر ماه سال ۱۳۹۹

٤. بحث

توجه به نحوه انجام فرآیند گندزدایی و روش اجرای آن از اهمیت بسزایی برخوردار است؛ چراکه گندزدایی آب با کاهش مرگ و میر جهانی و کنترل شیوع بیماری‌های خطرناکی همچون حصبه، وبا، تیفوئید و... همراه بوده و این امر متضمن سلامت جامعه است (۱). هریک از روش‌های مرسوم گندزدایی آب، مزایا و محدودیت‌های منحصربه فردی دارد؛ اما روش برقراری جریان الکتریکی، فارغ از مقرون به‌صرفه بودن، راندمان حذف جمعیت باکتری‌های کلیفرمی را به قدری کاهش می‌دهد که از نتایج آن نمی‌توان به‌سادگی عبور کرد. نتایج سایر محققان نیز این نکته را تأیید می‌کند. غلامی و همکاران (۲۰۱۶)، در پژوهشی تاثیر برقراری جریان الکتریسیته را در حذف باکتری‌های اشرشیاکلی و استافیلوکوکوس اورئوس با استفاده از الکترودهای آهن و آلومینیوم مورد مطالعه و بررسی قرار دادند. نتایج نشان می‌دهد در شرایط بهینه با افزایش اسیدیته محیط از ۷ به ۹، راندمان حذف باکتری‌ها به میزان چشمگیری افزایش پیدا می‌کند. همچنین افزایش چگالی جریان و زمان واکنش باعث کاهش معناداری در هر دو سویه باکتری می‌شود. در مطالعه حاضر نیز این امر به وضوح مشاهده شد. به‌طوری‌که راندمان حذف باکتری‌های کلیفرمی در نمونه فروردین، اردیبهشت و تیرماه سال ۱۳۹۹ از تصفیه‌خانه گلشهر به‌رغم بالا بودن میزان آلودگی اولیه، در مدت زمان ۱۰ دقیقه، به میزان چشمگیری افزایش نشان داد. همچنین هرچه بر مدت زمان افزوده می‌شود، راندمان حذف نیز بیشتر می‌شود. بنابراین، می‌توان گفت، مدت زمان واکنش، پارامتر موثری در افزایش حذف باکتری‌های کلیفرمی است (۹). طبق مطالعات انجام شده، اساس کار و مکانیسم حذف

باکتری‌ها از طریق برقراری جریان الکتریسیته به طور کامل شناخته نشده است، اما این امکان وجود دارد که جریان الکتریکی، عبور و مرور مواد و یون‌ها را در غشاء سلولی مختل کرده و سبب ایجاد منافذ و سوراخ‌هایی در آن شده و در نهایت باعث پارگی غشاء و مرگ سلول گردد (۱۱). نتایج مطالعه انجام گرفته توسط ژانگ و همکاران کـه در آن از دو الکترود آهـن و آلومینیـوم بـه منظـور تصفیه فاضلاب صـنایع نسـاجی بـا اسـتفاده از فراینـد الکتروکواگولاسیون استفاده شده اسـت، حـاکی از آن است که اسـتفاده از الکتـرود آهـن نتـایج بهتـری در حذف کدورت از آب در مقایسه با الکترود آلومینیوم داشته است (۱۲). این در حالی است که در مطالعه ما نتایج حاکی از عملکرد بهتر الکترود آلومینیوم نسبت به آهن در حذف آلودگی‌های باکتریایی دارد. در واقع راندمان حذف گروه باکتری‌های کلیفرمی در راکتوری که در آن میله آلومینیومی قرار داده شده بود، بیشتر از راکتور آهنی گزارش شد. امیری کجوری و همکاران در سال ۱۳۹۵ در پژوهشی به بررسی تاثیر جریان الکتریسیته در حذف آلودگی باکتریایی و قارچی آب پرداختند. نتایج نشان داد که در ولتاژ ۱۶/۵ ولت و شدت جریان یک میلی آمپر، تعداد باکتری‌های اشرشیاکلی در زمان‌های ۲۵ و ۳۰، دقیقه به میزان معناداری کاهش می‌یابد. مطالعه نتایج سایر پژوهش‌ها نیز افزایش مدت زمان واکنش و ارتباط مستقیم آن با افزایش راندمان حذف میکروارگانیسم‌ها را تایید می‌نماید. مافی غلامی و قیزن‌زاده (۲۰۱۷) نیز در پژوهشی تاثیر جریان الکتریسیته را در حذف ترکیبات نفتی مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش نمونه‌های مورد مطالعه از پساب حوضچه نفتی خارک در مدت ۳۰ روز تهیه شده و پارامترهای تاثیرگذاری مانند اسیدیته، چگالی جریان، نوع الکترود و زمان واکنش، در حذف ترکیبات هیدروکربنی بررسی شد. نتایج نشان داد که بیشترین راندمان برای حذف هیدروکربن‌های نفتی در شرایط استفاده از الکترودهای آهن- آهن، زمان واکنش ۳۰ دقیقه، فاصله ۱/۵ سانتیمتری الکترودها و شدت جریان ۲۰ میلی آمپر بدست آمد (۷). نتایج کلی این مطالعه، محققان را به انتخاب روش برقراری جریان الکتریکی در حذف ترکیبات نفتی متقاعد نمود. در پژوهش حاضر نیز دو الکترود از جنس آهن و آلومینیوم به فاصله ۲ سانتیمتر انتخاب شدند. اما تغییر فاصله بین الکترودها تاثیر بسیار کمی در فرایند حذف دارد که به دلیل ناچیز بودن، از بیان آن صرف‌نظر گردید. در مطالعه انجام شده توسط پتروفسکی و همکاران (۲۰۰۵)، با بررسی اثر تحریک الکتریکی بر روی رشد باکتری اشرشیاکلی در ولتاژ ۲۰ میلی آمپر و زمان واکنش‌پذیری ۳۰ دقیقه، کاهش معناداری در تعداد این باکتری گزارش شد که با نتایج پژوهش حاضر نیز مطابقت دارد.

۵. نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد، استفاده از جریان الکتریکی برای حذف جمعیت باکتری‌های کلیفرمی آب می‌تواند به عنوان روش انتخابی معرفی گردد. مقرون به‌صرفه بودن، عدم تولید محصولات جانبی گندزدایی، عدم پیچیدگی در اجرا، آموزش سهل و آسان به کاربران و راندمان بالا، از مزایای این روش گندزدایی آب می‌باشد. نتایج حاصل از این تحقیق و مقایسه آن با نتایج سایر پژوهش‌ها نشان داد که افزایش ولتاژ، و افزایش مدت زمان واکنش، دو پارامتر بسیار مهم در افزایش راندمان برقراری جریان الکتریکی در گندزدایی آب هستند. همچنین جنس الکترودها نیز تا حدی می‌تواند در افزایش راندمان حذف، تاثیرگذار باشد.

References

1. Poorsaadat L, Jamshidfard AR & Davami, MH. effect of direct electericity curent on water infected with jiardia lablia. *Journal of medical research*. 2004; 3(1): 65-70. [in persian]
2. Behnam B. *Virginia household water quality program: Bacteria and other microorganisms in household water*. Virginia Cooperative Extension; 2011: 442-662. [in persian]
3. Ganesh S. *A novel yogurt product with Lactobacillus acidophilus*. M.Sc. thesis. Louisiana USA; 2006: 50.
4. Gholami M, Nazari SH, Yari AR & Mohseni S. Removal of E. coli and S. aureus from polluted water using electrolysis method with Al-Fe electrodes *Tehran University Medical Journal*. 2017; 2: 85-95. [in persian]
5. Gholami M, Nazari S, Farzadkia M, Majidi G & Alizadeh Matboo S. Assessment of nanopolyamidoamine-G7 dendrimer antibacterial effect in aqueous solution. *Tehran Univ Med J*. 2016; 74(3): 159-67. [in persian]
6. Gholampour Azizi I, Hashemi Karouei SM, Esmaeilpour ME & Mohseni R. Disinfection of water contaminated with Vibrio cholerea by electrical current. *World Appl. Sciences*. 2011; 13(6): 1455-1458. [in persian]
7. Gholami M, Nazari S, Farzadkia M, Mohseni SM, Alizadeh Matboo S, Akbari Dourbash F & et al. Nano polyamidoamine-G7 dendrimer synthesis and assessment the antibacterial effect in vitro. *Tehran Univ Med J*. 2016; 74(1): 25-35. [in persian]
8. Gheizanzade S & Mafi Gholami R. Removebel of petroleum hydrocarbons from oil effluent by electro-coagulation method. *Pajuhan scientific Journal*. 2017; 15(2): 5-12. [in persian]
9. Iranian institution for standards and economic research. *Physical and Chemical Properties of Drinking Water*. Standard Number 1053, 1997, 5th.
10. Iranian institution for standards and economic research. *Microbial Properties of Drinking Water*. Standard Number 1101,1997, 4th.
11. Kasra Kermanshahi R & Sailani MR. *Gram negative bacteria are more sensitive to electric field than gram positive bacteria.* In: 4th National Biotechnology Congress of Iran, Kerman, 2005. [in persian]
12. Zhu Z, Deng Q, Zhou H, Ouyang T, Kuang Y, Huang N & Qiao Y (2002). Water pollution and degradation in pearl river Delta, south china. *Ambio*, 31(3): 226-30.
13. Petrofsky J, Layman M & Chung W. Effect of electrical stimulation on bacterial growth. *Med. Sci. Monit*. 2005; 20: 1-21.
14. Tanhaei V & Rostami Koshki N. Water Qualitative monitoring of water of Mahabad River in terms of microbiological parameters Based on Protocol 1011 of the National Iranian Standards Organization. *NCMBJ*. 2018; 8(31): 57-64. [in persian]
15. WHO. *Progress on sanitation and drinking-water-2014*.
16. Hoseini SA, Amiri Kojuri S & Hashemi SM. effects of electerical current on fungal and bacterial removal from water. *Water and wastewater J.* 2016; 27(103): 20-25.