

# بررسی تأثیر جریان الکتریسیته در حذف آلودگی باکتریایی و قارچی آب

سیده آناهیتا حسینی<sup>۱</sup>، صبا امیری کجوری<sup>۲</sup>، سید مسعود هاشمی کروئی<sup>۳</sup>

۱- کارشناس ارشد میکروبیولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تنکابن  
 ۲- کارشناس ارشد میکروبیولوژی، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس  
 (نویسنده مسئول) ۵۲۳۲۶۷۹۵ (۰۱۱) saba\_amiri12@yahoo.com  
 ۳- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بابل

(دریافت ۹۳/۷/۱ پذیرش ۹۴/۳/۲۳)

## چکیده

حذف عوامل بیماری‌زا از آب و سرعت انتشار بیماری‌های منتقل شونده از آن در جامعه، از اهمیت خاصی برخوردار است. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر جریان الکتریسیته بر روی باکتری‌های *اشریشیاکلی*، *استافیلوکوکوس اورئوس* و مخمر *کاندیدا آلبیکنس* بود. به منظور فعال شدن باکتری‌ها و مخمر، به ترتیب از محیط کشت‌های نوترینت آگار و ساپرو دکستروز آگار استفاده شد. با برداشتن مقداری از کلنی و ریختن در لوله آزمایش سوسپانسیون تهیه شد. با توجه به شمارش آن در زمان صفر تعداد میکروارگانیسم‌ها در ۱ سی‌سی سوسپانسیون محاسبه و سوسپانسیون میکروبی به منظور انجام آزمایش به درون ظرف الکترولیز ریخته شد. پس از گذشت زمان‌های ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ دقیقه نمونه شیرابه میکروبی داخل ظرف، با سه بار تکرار، به داخل محیط کشت منتقل شد. پس از گذشت زمان گرمخانه‌گذاری نتایج ثبت شد. باکتری‌ها و مخمر به کار گرفته شده در این پژوهش، با ولتاژ ۱۶/۵ ولت قابل نابودسازی بود. در ولتاژ ۱۶/۵ ولت و جریان ۱ میلی‌آمپر مشخص شد که تعداد باکتری *اشریشیاکلی* در زمان‌های ۲۵ و ۳۰ دقیقه به طور معنی‌داری کاهش یافته است. نتایج نشان داد گونه‌های مختلف میکروارگانیسم‌ها حساسیت‌های متفاوتی به جریان الکتریسیته دارند و به نظر می‌رسد با افزایش ولتاژ و یا افزایش زمان در معرض جریان قرار گرفتن میکروارگانیسم‌ها، اثر مهاری بیشتری بر رشد آن‌ها دیده شود.

**واژه‌های کلیدی:** جریان الکتریکی، *اشریشیاکلی*، *استافیلوکوکوس اورئوس*، *کاندیدا آلبیکنس*

## ۱- مقدمه

میکروبی و شیمیایی آب در بهداشت و سلامت آب مصرفی و رضایت مشتریان اهمیت زیادی دارد. در این مورد عوامل میکروبی و شیمیایی به علت این که با چشم دیده نمی‌شوند، از اهمیت بالاتری برخوردارند [۷ و ۸]. اکثر عوامل بیماری‌زا به زندگی در دما و شرایطی که در بدن انسان و حیوانات یافت می‌شود، عادت کرده‌اند و خارج از بدن، خوب زنده نمی‌مانند. اما تعداد قابل توجهی از آنها در آب شرب زنده می‌مانند [۹]. گندزدایی آب برای از بین بردن میکروارگانیسم‌های بیماری‌زای آن انجام می‌گیرد. گندزدایی به عنوان مهم‌ترین عامل، وظیفه حفظ و حراست آب را به عهده دارند و عدم توجه کافی به آن، اثرات سویی بر سلامت جوامع بشری خواهد داشت. برخی موجودات که در برابر مقدار کلری که معمولاً برای ضدعفونی کردن آب مصرف می‌شود، مقاوم هستند، با تشکیل کیست می‌توانند تحت شرایط نامطلوب برای مدت طولانی زنده بمانند. برای گندزدایی آب آشامیدنی تقریباً در سراسر جهان از گاز کلر و ترکیبات کلر استفاده می‌شود. کلرگازی سمی است که می‌تواند محصولات جانبی (DBPs) تولید کند که ممکن است موجب بروز مشکلاتی در زمینه بو و مزه شده و در دراز مدت برای سلامتی مضر باشد. استفاده از فناوری‌های مناسب در کنترل

استفاده از آب آشامیدنی آلوده اثر مستقیم بر سلامت عمومی دارد. به گزارش سازمان بهداشت جهانی<sup>۱</sup>، بیش از ۸۰ درصد بیماری‌های مسری انسان ناشی از آب آلوده است [۱]. در مناطق در حال توسعه، موانع اصلی فعلی در سلامت انسان، مربوط به آب ناسالم، بهداشت ضعیف و نامناسب ارزیابی شده است. تأمین آب کافی و بهداشت که با افزایش فعالیت انسان مرتبط است از مسائل مهم شهرنشینی امروزه به حساب می‌آید [۲ و ۳]. مصرف آب آلوده به عوامل بیماری‌زا باعث ایجاد عفونت‌های روده‌ای مانند حصبه، اسهال خونی، وبا، هیپاتیت و مسمومیت غذایی می‌شود [۱، ۴ و ۵]. آلودگی باکتریایی از منابع مختلفی از جمله فاضلاب، فضولات حیوانی و همچنین حیوانات مرده در حال فساد به وجود می‌آید. آلودگی باکتریایی اغلب زمانی رخ می‌دهد که آب‌های آلوده رودخانه‌ها، سیلاب، رواناب، یک میدان تخلیه سپتیک و یا حشرات موذی و جوندگان به سیستم تأمین آبی که ضعیف ساخته شده و یا بهره‌برداری درستی ندارند، دسترسی پیدا کنند [۶]. کیفیت فیزیکی،

<sup>1</sup> World Health Organization (WHO)

## ۲-۲- سویه‌های باکتریایی و محیط‌های کشت

باکتری‌های *اشریشیاکلی*<sup>۱</sup> ATCC 2592، *استافیلوکوکوس اورئوس*<sup>۲</sup> ATCC 25923 و مخمر *کاندیدا آلبیکنس*<sup>۳</sup> ATCC 10231 از بانک میکربی سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران به صورت آمپول لیوفیلیزه خریداری شد. سپس از پودر آمپول به کمک آب مقطر استریل، سوسپانسیونی تهیه شد. به منظور فعال شدن و رشد باکتری‌ها، از محیط کشت نوترینت آگار<sup>۴</sup> محصول مرک<sup>۵</sup> آلمان استفاده شد و این محیط به نسبت ۲۸ گرم در یک لیتر آب مقطر تهیه شد. همچنین برای فعال شدن و رشد *کاندیدا آلبیکنس* از محیط کشت سابرو دکستروز آگار<sup>۶</sup> محصول شرکت مرک آلمان استفاده شد. این محیط نیز به نسبت ۶۵ گرم در یک لیتر آب مقطر تهیه شد. پس از تهیه و آماده‌سازی محیط‌های کشت و استریل شدن در اتوکلاو، از سوسپانسیون تهیه شده چند لوپ برداشته شد و بر روی محیط‌های نام برده کشت سفره‌ای انجام شد. تمامی پلیت‌های کشت داده شده به منظور رشد *اشریشیاکلی* و *استافیلوکوکوس اورئوس* به مدت ۲۴ ساعت رشد *کاندیدا آلبیکنس* به مدت ۷۲ ساعت در انکوباتور محصول مرک آلمان با دمای ۳۷ درجه سلسیوس قرار داده شدند [۵ و ۶].

## ۲-۳- بررسی تأثیر جریان الکتریسیته بر باکتری‌ها و مخمر

با برداشتن مقداری از کلنی باکتری‌ها و مخمر، و ریختن در لوله‌های آزمایش جداگانه حاوی آب مقطر استریل، سوسپانسیونی تهیه شد. سپس غلظت باکتری‌های زنده و مخمر به صورت CFU/mL در زمان صفر برای هر یک از آن‌ها در یک سی‌سی از سوسپانسیون میکربی مشخص شد و در مراحل مختلف زمانی تغییر این تعداد گزارش شد. سپس سوسپانسیون میکربی به منظور انجام آزمایش

آلودگی آب و اطمینان از سلامت آن از عوامل مهم در مراکز کنترل کیفیت آب است [۱۰ و ۱۱]. پژوهش‌های زیادی در مورد چگونگی تأثیر میدان الکتریکی و مغناطیسی در سطوح مولکولی انجام شده و نشان می‌دهد، میدان الکتریکی و مغناطیسی می‌تواند بر فعالیت بیولوژیکی موجودات زنده تأثیر داشته باشد. همچنین این کار را از طریق تغییر غلظت هورمون‌ها، فعالیت آنزیم‌ها، سیستم‌های انتقال یون و موارد دیگر انجام می‌دهند [۱۲ و ۱۳]. در این رابطه مشخص شده است که پالس‌های میدان الکتریکی می‌توانند میکروارگانیسم‌ها را به وسیله تغییرات ساختاری غیر قابل برگشت در غشا غیر فعال کنند که در نتیجه، منافذی در غشای آنها شکل می‌گیرد که خاصیت نفوذپذیری غشا را از بین می‌برد [۶، ۱۱، ۱۴ و ۱۵].

هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر جریان الکتریسیته در حذف آلودگی باکتریایی و قارچی آب به منظور پیشگیری از بعضی بیماری‌های منتقل شونده بود.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- طراحی جریان الکتریسیته

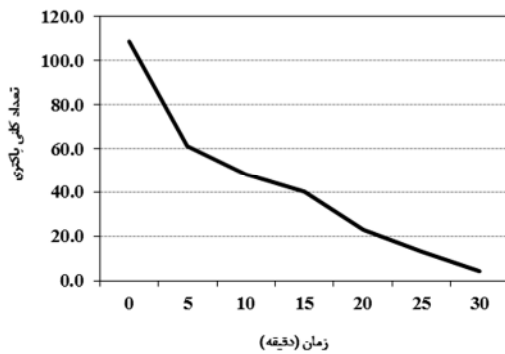
جریان توسط یک منبع تغذیه DC، با ولتاژ پایین (۰ تا ۱۶/۵ ولت) تأمین شد. ظرف الکترولیز متشکل از دو الکترود آلومینیومی رسانا به فاصله دو سانتی‌متر که با یک عایق از هم جدا شده بودند، یک آمپرسنج، یک ولت‌سنج و تعدادی سیم رابط بود (شکل ۱).



شکل ۱- دستگاه الکترولیز

جدول ۱- نتایج تأثیر الکتریسیته بر روی رشد باکتری *اشریشیاکلی*

تعداد باکتری در ۱ سی سی سوسپانسیون CFU/ml/زمان	زمان						
	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰
تکرار اول	$13 \times 10^2$	$3/4 \times 10^2$	$2 \times 10^2$	$2/3 \times 10^2$	$1 \times 10^2$	$1/4 \times 10^2$	$0/6 \times 10^2$
تکرار دوم	$12/5 \times 10^2$	$10/9 \times 10^2$	$10/6 \times 10^2$	$7/7 \times 10^2$	$3/1 \times 10^2$	$1/3 \times 10^2$	$0/2 \times 10^2$
تکرار سوم	$7 \times 10^2$	$4 \times 10^2$	$1/8 \times 10^2$	$2 \times 10^2$	$2/7 \times 10^2$	$1/1 \times 10^2$	$0/3 \times 10^2$
میانگین	$10/8 \times 10^2$	$6/1 \times 10^2$	$4/8 \times 10^2$	$4 \times 10^2$	$2/26 \times 10^2$	$1/26 \times 10^2$	$0/3 \times 10^2$



شکل ۲- تأثیر زمان قرار گرفتن در معرض جریان با تعداد کلنی باکتری اشریشیا کلی

استافیلوکوکوس اورئوس مشخص شد که افزایش زمان در کاهش تعداد این باکتری نیز تأثیر مثبتی داشته است. همچنین بر اساس نتایج به دست آمده از ارتباط بین زمان صفر با هر یک از زمان‌های دیگر مشخص شد بین زمان صفر (گروه شاهد) با زمان ۵ دقیقه رابطه معنی داری وجود ندارد ( $P>0.05$ ). اما بین زمان صفر با بقیه زمان‌ها (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ دقیقه) رابطه معنی داری وجود دارد ( $P<0.05$ ) (شکل ۳).

نتایج بررسی تأثیر الکتریسیته بر رشد کاندیدا آلبیکنس نیز اثرات مثبتی را به همراه داشت (جدول ۳). در این بررسی نیز با گذشت زمان تعداد کلنی‌های مخمر کاهش یافت. همچنین بر اساس نتایج به دست آمده از ارتباط بین زمان صفر با هر یک از زمان‌های دیگر مشخص شد، بین زمان صفر (گروه شاهد) با زمان ۵ و ۱۰ دقیقه رابطه معنی داری وجود ندارد ( $P>0.05$ ). اما بین زمان صفر با بقیه زمان‌ها (۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ دقیقه) رابطه معنی داری وجود دارد ( $P<0.05$ ) (شکل ۴). در مطالعه انجام شده توسط پترفسکی و همکاران در سال ۲۰۰۵، با بررسی اثر تحریک الکتریکی بر روی رشد باکتری اشریشیا کلی در ولتاژ ۲۰ میلی آمپر و زمان ۳۰ دقیقه کاهش معنی داری از تعداد این باکتری گزارش شد که با نتایج پژوهش حاضر مطابق است [۱۷]. همچنین طی پژوهشی که توسط رحمانی در سال ۲۰۰۴ انجام شد از روش الکترولیز در گندزدایی آب‌های صنعتی استفاده شد. در نتیجه در زمان ۵ دقیقه کاهش معنی داری از تعداد کلیفرم‌ها در آب‌های صنعتی گزارش شد [۱۰]. نتایج پژوهش پارلوکس و همکاران در سال ۱۹۶۹ در مورد تأثیر جریان الکتریکی بر باکتری اشریشیا کلی ثابت نمود که این باکتری با جریان مستقیم ۲۵ میلی آمپر، پس از زمان ۱۰ ثانیه در سوسپانسیون حاوی کلراید از بین می‌رود.

به درون ظرف الکترولیز ریخته شد. قبل از عبور جریان (یعنی در زمان صفر)، به وسیله سمپلر، ۱۰۰ میکرولیتر از نمونه‌ها برداشته و روی پلیت‌های حاوی محیط کشت به صورت سفراهی کشت داده شد. سپس جریان برقرار شد و بدون قطع جریان در زمان‌های ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ دقیقه از سوسپانسیون داخل ظرف الکترولیز ۱۰۰ میکرولیتر برداشته شد و با سه نوبت تکرار، به داخل سه محیط کشت نوترینت آگار و ساپرو دکستروز آگار جداگانه ریخته و به صورت سفراهی کشت داده شد. پس از انجام آزمایش پلیت‌های کشت داده شده به منظور رشد باکتری‌ها به مدت ۲۴ ساعت و به منظور رشد مخمر به مدت ۷۲ ساعت در انکوباتور با دمای ۳۷ درجه سلسیوس قرار داده شد و نتایج ثبت شد. در زمان صفر با سه تکرار، هر کدام جداگانه، در پلیت‌ها تعداد کلنی‌ها شمارش شد و با میانگین گرفتن از مجموع سه تکرار تعداد در یک سی سی از سوسپانسیون باکتریایی محاسبه شد. در زمان‌های ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ دقیقه نیز، در هر کدام از زمان‌ها با سه تکرار تعداد کلنی‌ها به روش پورپلیت شمارش شد و از آن‌ها میانگین گرفته شد. انجام هر مرحله آزمایش، در ظرف الکترولیز، پس از الکل سفید ۹۶ درصد ریخته شد و پس از ۱۵ دقیقه، ظرف با آب مقطر شستشو و با حرارت شعله خشک شد. با این روش ظرف الکترولیز برای انجام آزمایش استریل شد و فقط ارگانسیم‌های مورد نظر رشد کردند [۱۶]. در نهایت به منظور تجزیه و تحلیل آماری نتایج به دست آمده در این پژوهش، از آزمون t-test استفاده شد.

### ۳- نتایج و بحث

نتایج حاصل از تأثیر جریان الکتریسیته بر روی رشد باکتری اشریشیا کلی در جدول ۱ نشان داده شده است. همچنین شکل ۲ تأثیر زمان در معرض جریان قرار گرفتن با تعداد کلنی‌های باکتری اشریشیا کلی را نشان می‌دهد. در این نمودار کاهش تعداد کلنی‌های باکتری و افزایش گندزدایی آب با گذشت زمان مشاهده می‌شود. بر اساس نتایج به دست آمده از ارتباط بین زمان صفر با هر یک از زمان‌های دیگر مشخص شد، بین زمان صفر (گروه شاهد) با زمان‌های ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ دقیقه رابطه معنی داری وجود ندارد ( $P>0.05$ ). اما بین زمان صفر با ۲۵ دقیقه و همچنین زمان صفر با ۳۰ دقیقه رابطه معنی داری وجود دارد ( $P<0.05$ ). یعنی زمان در کاهش تعداد باکتری مؤثر بوده است. همچنین نتایج حاصل از تأثیر جریان الکتریسیته بر روی رشد باکتری استافیلوکوکوس اورئوس در جدول ۲ نشان داده شده است. بر اساس نتایج حاصل از تأثیر زمان در معرض جریان قرار گرفتن با تعداد کلنی‌های باکتری

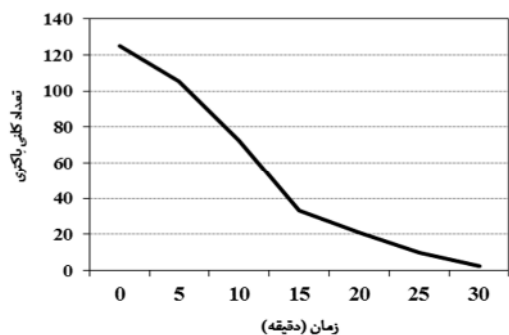
جدول ۲- نتایج تأثیر الکتریسیته بر روی رشد باکتری استافیلوکوکوس اورئوس

تعداد باکتری در ۱ سی سی سوسپانسیون (CFU/ml)/زمان	زمان						
	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰
تکرار اول	$12 \times 10^2$	$10/5 \times 10^2$	$8/1 \times 10^2$	$4/2 \times 10^2$	$1/3 \times 10^2$	$1/3 \times 10^2$	$0/2 \times 10^2$
تکرار دوم	$12/1 \times 10^2$	$12 \times 10^2$	$7 \times 10^2$	$3/6 \times 10^2$	$3/6 \times 10^2$	$0/9 \times 10^2$	$0/4 \times 10^2$
تکرار سوم	$13/4 \times 10^2$	$9/1 \times 10^2$	$6/6 \times 10^2$	$1/4 \times 10^2$	$1/4 \times 10^2$	$0/7 \times 10^2$	۰
میانگین	$12/5 \times 10^2$	$10/5 \times 10^2$	$7/23 \times 10^2$	$3/06 \times 10^2$	$2/1 \times 10^2$	$0/9 \times 10^2$	$0/2 \times 10^2$

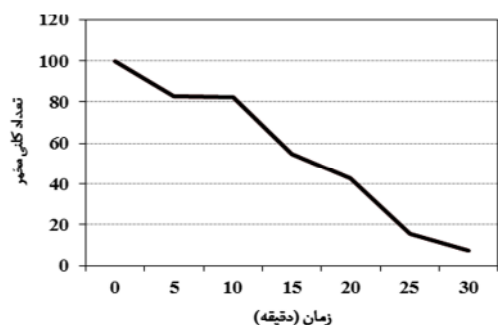
جدول ۳- نتایج تأثیر الکتریسیته بر روی رشد کاندیدا آلبیکنس

تعداد مخمر در ۱ سی سی (CFU/mL)/زمان	زمان						
	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰
تکرار اول	$9/6 \times 10^2$	$9/7 \times 10^2$	$8/4 \times 10^2$	$6/2 \times 10^2$	$5/9 \times 10^2$	$2/3 \times 10^2$	$0/8 \times 10^2$
تکرار دوم	$9/7 \times 10^2$	$8 \times 10^2$	$9/3 \times 10^2$	$5/1 \times 10^2$	$2/8 \times 10^2$	$0/8 \times 10^2$	$0/8 \times 10^2$
تکرار سوم	$10/6 \times 10^2$	$7/2 \times 10^2$	$7 \times 10^2$	$5/2 \times 10^2$	$4/1 \times 10^2$	$1/5 \times 10^2$	$0/6 \times 10^2$
میانگین	$9/9 \times 10^2$	$8/3 \times 10^2$	$8/2 \times 10^2$	$5/5 \times 10^2$	$4/2 \times 10^2$	$1/5 \times 10^2$	$0/7 \times 10^2$

باکتری‌ها در مدت زمانی که توسط میدان الکتریکی تیمار شدند، کاهش یافت و تأثیر میدان الکتریکی بر روی باکتری/شریشیالکی نسبت به استافیلوکوکوس اورئوس بیشتر بود. تعداد کلنی‌های باکتری تیمار شده با میدان الکتریکی در طول مدت قرار گرفتن در معرض میدان الکتریکی افزایش نشان داد، اما این



شکل ۳- تأثیر زمان قرار گرفتن در معرض جریان با تعداد کلنی باکتری استافیلوکوکوس اورئوس



شکل ۴- تأثیر زمان قرار گرفتن در معرض جریان با تعداد کلنی کاندیدا آلبیکنس

همچنین مشخص شد وجود یک اثر غیر مستقیم برای کشتن باکتری‌های تحت درمان با جریان الکتریکی کافی نیست [۱۸]. طبق مطالعه لیو و همکاران در سال ۱۹۹۷، مکانیسم فعالیت ضد میکروبی جریان الکتریکی به ایجاد مواد سمی حاصل از الکترولیز (پراکسید هیدروژن، رادیکال‌های اکسیدکننده، مولکول‌های کلرین) نسبت داده شد [۱۹]. می و همکاران در سال ۲۰۰۴ به بررسی غیر فعال شدن میکروارگانیسم‌ها توسط میدان مغناطیسی پرداختند. همچنین از میدان مغناطیسی ۴۰۰ تا ۶۰۰۰ هرتز در زمان ۱۶ ساعت استفاده نمودند که اثرات کشنده آشکاری بر رشد باکتری/شریشیالکی داشت [۱۴]. در پژوهش دیگری که توسط نفیسی و همکاران در سال ۲۰۱۲ انجام شد، در فاز رشد لگاریتمی/شریشیالکی در اثر فرکانس بالا (فرکانس ۱۰ هرتز به مدت ۶ ساعت)، کاهش در تعداد باکتری مشاهده شد [۲۰]. در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۰۳ توسط فجت و همکاران انجام شد، اثر میدان مغناطیسی بر باکتری/شریشیالکی و استافیلوکوکوس اورئوس بررسی شد. پس از قرار گرفتن در معرض میدان با فرکانس ۵۰ هرتز به مدت ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ دقیقه،/شریشیالکی بیشترین حساسیت و استافیلوکوکوس اورئوس کمترین حساسیت را نسبت به میدان مغناطیسی نشان داد [۲۱].

یکی از متغیرهایی که می‌تواند اثر متفاوتی در نتایج ایجاد کند، جنس الکتروود است. کسری کرمانشاهی و همکاران در سال ۲۰۰۵، در بررسی تأثیر میدان الکتریکی با شدت ۵/۴ کیلوولت بر سانتی‌متر با الکتروود آلومینیومی بر تعداد کلنی‌های باکتری/شریشیالکی و استافیلوکوکوس اورئوس نشان دادند، جمعیت این

#### ۴- نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد، گونه‌های مختلف میکروارگانیسم‌ها حساسیت‌های متفاوتی نسبت به جریان الکتریکی نشان می‌دهند. همچنین به نظر می‌رسد با افزایش ولتاژ و یا افزایش زمان در معرض جریان قرار گرفتن میکروارگانیسم‌ها، اثر مهاری بیشتری بر رشد آن‌ها مشاهده شود.

#### ۵- پیشنهادها

تئوری پذیرفته شده از اثر جریان الکتریکی بر روی سلول باکتری به این صورت بیان شده که با برقراری جریان الکتریکی، یون‌های درون سلول به اجبار به خارج سلول می‌روند و یون‌های داخل و خارج به سمت دو کاتد ظرف آزمایش کشیده می‌شوند. با به هم خوردن تعادل یون‌ها و به هم خوردن تعادل الکتروشیمیایی غشا، عملکرد سلول مختل شده و در نتیجه سلول از یون تهی می‌شود و دیگر قادر به ادامه حیات نخواهد بود.

پیشنهاد می‌شود به منظور تکمیل پژوهش صورت گرفته در پژوهش‌های بعدی تأثیر انواع مختلف الکترودها در رشد میکروارگانیسم‌های مختلف بررسی شود. همچنین افزایش تأثیر یون‌های مختلف در محلول الکترولیز، و اثر آن در کاهش رشد باکتری‌ها بررسی شود. به منظور بررسی میزان بازدهی روش الکترولیز در کاهش میکروارگانیسم‌های آب، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های بعدی این روش با سایر روش‌های فیزیکی و شیمیایی مورد مقایسه قرار گیرد.

#### ۶- قدردانی

نویسندگان این مقاله از معاونت پژوهشی و پرسنل آزمایشگاه میکروب‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن به دلیل حمایت‌های علمی و اجرایی کمال امتنان را دارند.

افزایش نسبت به گروه شاهد به طور معنی‌داری بسیار کمتر بود که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی داشت [۱۲]. بر اساس نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر، کاهش تعداد کلنی‌های /شریشیاکلی در زمان ۲۵ و ۳۰ دقیقه، و /ستافیلوکوکوس /اورئوس از زمان ۱۰ دقیقه در ولتاژ ۱۶/۵ ولت و جریان ۱ میلی‌آمپر نسبت به گروه شاهد در سطح معنی‌داری بوده است. در پژوهش دیگری که توسط دل پزو و همکاران در سال ۲۰۰۸ انجام شد، با قرار گرفتن در معرض جریان الکتریکی با شدت کم ۰/۰۲ تا ۲۰۰۰ میکروآمپر به مدت ۲، ۴، ۷ روز با الکترواستیل، کاهش معنی‌داری در تعداد دو باکتری /ستافیلوکوکوس /اورئوس و سودوموناس مشاهده شد [۱۳]. غلام‌پور و همکاران در سال ۲۰۱۱، به منظور ضدعفونی کردن آب آلوده به باکتری و بیروکلرا/ از جریان الکتریسته با ولتاژ ۱۲ ولت استفاده نمودند که نتایج مثبتی را به همراه داشت و کاهش در تعداد این باکتری مشاهده شد [۱۶]. همچنین بر اساس پژوهش اسماعیلی و خان‌احمدی در سال ۲۰۱۴، از اثر میدان الکتریکی پالسی به منظور پاستوریزاسیون شیر استفاده شد. این روش موجب حفظ مواد مغذی و خواص حسی شیر و از بین رفتن میکروارگانیسم‌های بیماری‌زای آن شد [۲۲]. از مزایای روش استفاده شده در این پژوهش این است که هزینه ضدعفونی کردن با جریان الکتریکی بسیار کمتر از کلر است. جریان الکتریکی قادر است تمام میکروب‌های ظرف الکترولیز را از بین ببرد، ولی کلر فقط در غلظت‌های بالا چنین توانایی دارد. همچنین استفاده از جریان الکتریکی ساده‌تر از کلر است. در فضای روستایی که آب سالم کمیاب است، یک باتری ژلاتینی مثل یک باتری اتومبیل برای تصفیه کردن مقدار زیادی از آلودگی آب کافی است. حتی با یک ژنراتور کوچک می‌توان آب سالم و ضدعفونی شده را تأمین نمود. به عبارتی دیگر، برای ضدعفونی کردن پساب بیمارستان‌ها به مقدار زیادی از مواد شیمیایی نیاز است که می‌تواند محیط را آلوده نماید. بنابراین با استفاده از این روش می‌توان پساب بیمارستان‌ها را ضدعفونی کرد [۱۶، ۲۳ و ۲۴].

#### ۷- مراجع

1. Ashbolt, N.J. (2004). "Microbial contamination of drinking water and diseases outcomes in developing region." *Toxicology*, 198(1-8), 229-238.
2. Duke, W.F., Nordin, R.N., Baker, D., and Mazumder, A. (2006). "The use and performance of biosand filters in the artibonite valley of haiti: A field study of 107 households." *Rural and Health*, 6(3), 570-571.
3. Fadel, M.A., Wael, S.M., and Mostafa, R.M. (2003). "Effect of 50Hz, 0.2 Mt magnetic fields on RBC properties and heart functions of albino rats." *Bioelectromagnetics*, 24, 535-545.
4. Berger, T. J., Spadaro, J.A., Bierman, R., Chapin, S.E., and Becker, R.O. (1976). "Antifungal properties of electrically Generated Metallic Ions." *J. Am. Microb. Soc.*, 10(5), 856-860.

5. Bayer, M.E., and Sloyer, J.L. (1990). "The electrophoretic mobility of gram-negative and gram-positive bacteria: An electrokinetic analysis." *J. of General Microbiology*, 136 (5), 867-874.
6. Hamilton, W.A., and Sale, A.J.H. (1997). "Effect of high electric fields on microorganism, II. mechanism action of lethal effect." *Biochem. Biophys Acta.*, 148, 789-800.
7. Baig, S.A., and Xux, R. (2012). "Microbial water quality risks to public health: Potable water assessment for a food-affected town in northern Pakistan." *Rural and Remote Health*, 2, 192-196.
8. Robat Serpushi, G.H., Chupani, R., Tarkhasi, M., and Rahmani Sani, A. (2012). "Evolution of drinking water biological and chemical quality in rural villages under vision of robot sarpush and shamkan villages of sabzevar city." *J. of Res Committee of Students of Sabzevar Uni Med Sci.*, 17(1, 2), 15. (In Persian)
9. Behnam, B. (2011). "Virginia household water quality program: Bacteria and other microorganisms in household water." *Virginia Cooperative Extension*, 442-662. (In Persian)
10. Rahmani, A.R. (2004). "Disinfection of water using electrolysis in industrial." *4<sup>th</sup> Congress of Occupational Health*, Hamedan. (In Persian)
11. Amir Beygi, H. (2009). *Treatment and water health*, 4<sup>th</sup> Ed., Andishe Rafi, Tehran. (In Persian)
12. Kasra Kermanshahi, R., and Sailani, M.R. (2005). "Gram negative bacteria are more sensitive to electric field than gram positive bacteria." *4<sup>th</sup> National Biotechnology Congress of Iran*, Kerman. (In Persian)
13. Del Pozo, J. L., RouseMark, S., Mandrekar, N., and Steckelberg, J.M. (2009). "The electricidal effect: Reduction of *Staphylococcus* and *Pseudomonas* biofilms by prolonged exposure to low-intensity electrical current." *American Society for Microbiology*, 53(1), 41-45.
14. Mei, L., Jiu-Hiu, Q., and Yong-Zhen, P. (2004). "Strilization of *Escherchia coli* cells by the application pulsed magnetic field." *J. Environ. Sciences*, 16(2), 348-354.
15. Kloth, L. C. (2005). "Electrical stimulation for wound healing: Areview of evidence from invitro studies, Animal experiments and clinical trials." *Int. J. Low Extrem Wounds*, 4(1), 23-44.
16. Gholampour Azizi, I., Hashemi Karouei, S.M., Esmailpour, M.E., and Mohseni, R. (2011). "Disinfection of water contaminated with *Vibrio cholerea* by electrical current." *World Appl. Sciences*, 13(6), 1455-1458. (In Persian)
17. Petrofsky, J., Layman, M., and Chung, W. (2005). "Effect of electrical stimulation on bacterial growth." *Med. Sci. Monit.*, 20, 1-21.
18. Pareilleux, A., and Sicard, N. (1970). "Lethal effects of electric current on *Escherchia coli*." *Am. Soc. Microb.*, 19(3), 421-424.
19. Liu, W.K., Brown, M.R., and Elliott, T.S. (1997). "Mechanism of the bacterial activity of low amperag elrctric current (DC)." *J. Antimicrob Chemother*, 39, 687-695.
20. Nafisi, S., Tanomand, A., Kardan, D., and Moaddab, R. (2012). "Study the effects of high and low frequencies pulsed square electromagnetic fields on the logarithmic growth of the *E.coli*." *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 1(6), 26-29. (In Persian)
21. Fojt, L., Strasak, L., Vetterl, V., and Smarda, J. (2004). "Comparison of the low-frequency magnetic field effects on bacteria *Escherchia coli*, *Leclercia adecarboxylata* and *Staphylococcus aureus*." *Bioelectrochemistry*, 63, 337-341.
22. Esmaili, Y., and Khan Ahmadi, M. (2014). "The application and effect of pulsed electrical fields in milk pasteurization." *J. Appl. Environ. Biol. Sci.*, 4(1), 87-90. (In Persian)
23. Nakaoka, Y. (2000). "Effect of a 60 Hz magnetic filed on the behavior of paramecium." *Bioelectromagnetic*, 21, 584- 588.
24. Liu, W.K., Tebbs, S.E., Byrne, P.O., and Elliott, T.S. (1993). "The effects of electric current on bacteria colonising intravenous catheters." *J. Infection*, 27(3), 261-269.