Archive of SID

بررسی تأثیر جریان الکتریسیته در حذف آلودگی باکتریایی و قارچی آب

سیده آناهیتا حسینی[1]، صبا امیری کجوری[2]، سید مسعود هاشمی کروئی[3]

۱- کارشناس ارشد میکرب‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تنکابن
۲- کارشناس ارشد میکرب‌شناسی، 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 ۹٤/۳/۲۳)

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. به‌منظور فعال شدن باکتری‌ها و مخمر، به‌ترتیب از محیط کشت‌های نوترینت آگار و سابرو دکستروز آگار استفاده شد. با برداشتن مقداری از کلنی و ریختن در لوله آزمایش سوسپانسیونی تهیه شد. با توجه به شمارش آن در زمان صفر تعداد میکروارگانیسم‌ها در ۱ سی‌سی سوسپانسیون محاسبه و سوسپانسیون میکربی به‌منظور انجام آزمایش به درون ظرف الکترولیز ریخته شد. پس از گذشت زمان‌های ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ دقیقه نمونه شیرابه میکربی داخل ظرف، با سه بار تکرار، به داخل محیط کشت منتقل شد. پس از گذشت زمان گرمخانه‌گذاری نتایج ثبت شد. باکتری‌ها و مخمر به‌کار گرفته شده در این پژوهش، با ولتاژ ۱٦/۵ ولت قابل نابودسازی بود. در ولتاژ ۱٦/۵ ولت و جریان ۱ میلی‌آمپر مشخص شد که تعداد باکتری *اشریشیاکلی* در زمان‌های ۲۵ و ۳۰ دقیقه به‌طور 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

استفاده از آب آشامیدنی آلوده اثر مستقیم بر سلامت عمومی دارد. به گزارش سازمان بهداشت جهانی[1]، 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 به‌حساب می‌آید [۲ و ۳]. مصرف آب آلوده به عوامل بیماری‌زا باعث ایجاد عفونت‌های روده‌ای مانند حصبه، اسهال خونی، وبا، هپاتیت 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 به‌وجود 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، میکربی و شیمیایی آب در بهداشت و سلامت آب مصرفی و رضایت مشتریان اهمیت زیادی دارد. در این مورد عوامل میکربی 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 به‌عنوان مهم‌ترین عامل، وظیفه حفظ و حراست آب را به‌عهده 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. کلر گازی 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

[1] World Health Organization (WHO)

www.SID.ir

Archive of SID

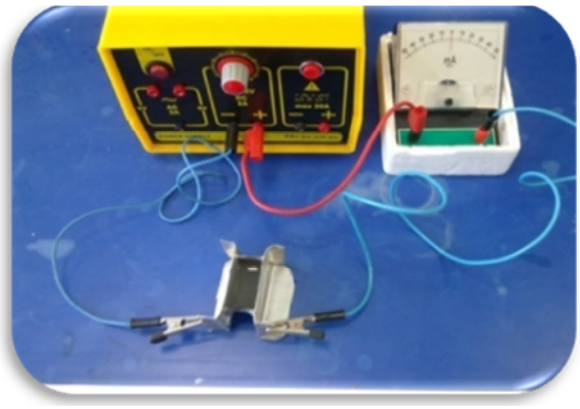
آلودگی آب و اطمینان از سلامت آن از عوامل مهم در مراکز کنترل کیفیت آب است [۱۰و۱۱]. پژوهش‌های زیادی در مورد چگونگی تأثیر میدان الکتریکی و مغناطیسی در سطوح مولکولی انجام شده و نشان می‌دهد، میدان الکتریکی و مغناطیسی می‌تواند بر فعالیت بیولوژیکی موجودات زنده تأثیر داشته باشد. همچنین این کار را از طریق تغییر غلظت هورمون‌ها، فعالیت آنزیم‌ها، سیستم‌های انتقال یون و موارد دیگر انجام می‌دهند [۱۲ و۱۳]. در این رابطه مشخص شده است که پالس‌های میدان الکتریکی می‌توانند میکروارگانیسم‌ها را به‌وسیله 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 به‌منظور 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

۲-۲- سویه‌های باکتریایی و محیط‌های کشت

باکتری‌های *اشریشیاکلی*[1] ATCC 2592، *استافیلوکوکوس اورئوس*[2] ATCC 25923 و مخمر *کاندیدا آلبیکنس*[3] ATCC 10231 از بانک میکربی سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران به‌صورت آمپول لیوفیلیزه خریداری شد. سپس از پودر آمپول به‌کمک آب مقطر استریل، سوسپانسیونی تهیه شد. به‌منظور فعال شدن و رشد باکتری‌ها، از محیط کشت نوترینت آگار[4] محصول مرک[5] 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*[6] 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 به‌منظور رشد *اشریشیاکلی* و *استافیلوکوکوس اورئوس* به‌مدت ۲۴ ساعت رشد *کاندیدا آلبیکنس* به‌مدت ۷۲ ساعت در انکوباتور محصول مرک آلمان با دمای ۳۷ درجه سلسیوس قرار داده شدند [۵ و۶].

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 به‌صورت 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 به‌منظور انجام آزمایش

[1] *Escherichia coli*
[2] *Staphylococcus aureus*
[3] *Candida albicans*
[4] Nutrient Agar
[5] Merck
[6] Sabouraud Dextrose Agar

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	۱۳×۱۰^{۲}	$۳/۴\times۱۰^{۲}$	۲×۱۰^{۲}	$۲/۳\times۱۰^{۲}$	۱×۱۰^{۲}	$۱/۴\times۱۰^{۲}$	$۰/۶\times۱۰^{۲}$
تکرار دوم	$۱۲/۵\times۱۰^{۲}$	$۱۰/۹\times۱۰^{۲}$	$۱۰/۶\times۱۰^{۲}$	$۷/۷\times۱۰^{۲}$	$۳/۱\times۱۰^{۲}$	$۱/۳\times۱۰^{۲}$	$۰/۲\times۱۰^{۲}$
تکرار سوم	۷×۱۰^{۲}	۴×۱۰^{۲}	$۱/۸\times۱۰^{۲}$	۲×۱۰^{۲}	$۲/۷\times۱۰^{۲}$	$۱/۱\times۱۰^{۲}$	$۰/۳\times۱۰^{۲}$
میانگین	$۱۰/۸\times۱۰^{۲}$	$۶/۱\times۱۰^{۲}$	$۴/۸\times۱۰^{۲}$	۴×۱۰^{۲}	$۲/۲۶\times۱۰^{۲}$	$۱/۲۶\times۱۰^{۲}$	$۰/۳\times۱۰^{۲}$

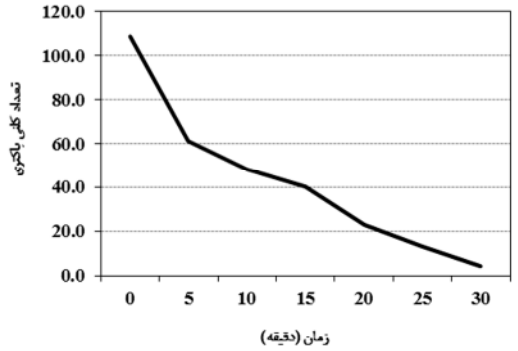
www.SID.ir

Archive of SID

به درون ظرف الکترولیز ریخته شد. قبل از عبور جریان (یعنی در زمان صفر)، به‌وسیله سمپلر، ۱۰۰ میکرولیتر از نمونه‌ها برداشته و روی پلیت‌های حاوی محیط کشت به‌صورت سفره‌ای 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، به‌داخل سه محیط کشت نوترینت آگار و سابرودکستروز آگار جداگانه ریخته و به‌صورت سفره‌ای کشت داده شد. پس از انجام آزمایش پلیت‌های کشت داده شده به‌منظور رشد باکتری‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت و به‌منظور رشد مخمر به‌مدت 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 سی‌سی 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 به‌روش 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 ارگانیسم‌های مورد نظر رشد کردند [۱۶]. در نهایت به‌منظور تجزیه و تحلیل آماری نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، از آزمون t- test استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

نتایج حاصل از تأثیر جریان الکتریسیته بر روی رشد باکتری *اشریشیاکلی* در جدول ۱ نشان داده شده است. همچنین شکل۲ تأثیر زمان در معرض جریان قرار گرفتن با تعداد کلنی‌های باکتری *اشریشیاکلی* را نشان می‌دهد. در این نمودار کاهش تعداد کلنی‌های باکتری و افزایش گندزدایی آب با گذشت زمان مشاهده می‌شود. بر اساس نتایج به‌دست آمده از ارتباط بین زمان صفر با هر یک از زمان‌های دیگر مشخص شد، بین زمان صفر (گروه شاهد) با زمان‌های ۱۰،۵، ۱۵ و ۲۰ دقیقه رابطه معنی‌داری وجود ندارد ($P>0.05$). اما بین زمان صفر با ۲۵ دقیقه و همچنین زمان صفر با ۳۰ دقیقه رابطه معنی‌داری 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



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 به‌دست آمده از ارتباط بین زمان صفر با هر یک از زمان‌های دیگر مشخص شد بین زمان صفر (گروه شاهد) با زمان ۵ دقیقه رابطه معنی‌داری وجود ندارد ($P>0.05$). اما بین زمان صفر با بقیه زمان‌ها (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ دقیقه) رابطه معنی‌داری وجود دارد ($P<0.05$) (شکل ۳).

نتایج بررسی تأثیر الکتریسیته بر رشد *کاندیدا آلبیکنس* نیز اثرات مثبتی را به‌همراه داشت (جدول ۳). در این بررسی نیز با گذشت زمان تعداد کلنی‌های مخمر کاهش یافت. همچنین بر اساس نتایج به‌دست 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 معنی‌داری وجود ندارد ($P>0.05$). اما بین زمان صفر با بقیه زمان‌ها (۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ دقیقه) رابطه معنی‌داری 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 *اشریشیاکلی* در ولتاژ ۲۰ میلی‌آمپر و زمان ۳۰ دقیقه کاهش معنی‌داری 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 معنی‌داری از تعداد کلیفرم‌ها در آب‌های صنعتی گزارش شد [۱۰]. نتایج پژوهش پارلوکس و همکاران در سال ۱۹۶۹ در مورد تأثیر جریان الکتریکی بر باکتری *اشریشیاکلی* ثابت نمود که این باکتری با جریان مستقیم ۲۵ میلی‌آمپر، پس از زمان ۱۰ ثانیه در سوسپانسیون حاوی کلراید از بین می‌رود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۲- نتایج تأثیر الکتریسیته بر روی رشد باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس*

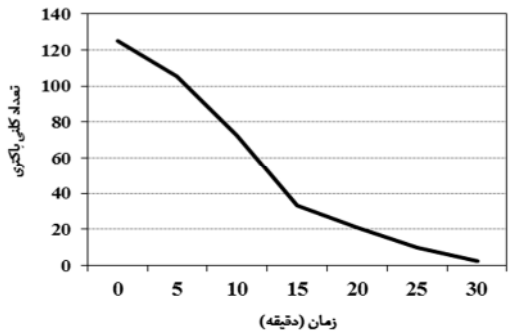
تعداد باکتری در ۱ سی‌سی سوسپانسیون (CFU/ml)/زمان	زمان						
	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰
تکرار اول	۱۲×۱۰^{۲}	۱۰/۵×۱۰^{۲}	۸/۱×۱۰^{۲}	۴/۲×۱۰^{۲}	۱/۳×۱۰^{۲}	۱/۳×۱۰^{۲}	۰/۲×۱۰^{۲}
تکرار دوم	۱۲/۱×۱۰^{۲}	۱۲×۱۰^{۲}	۷×۱۰^{۲}	۳/۶×۱۰^{۲}	۳/۶×۱۰^{۲}	۰/۹×۱۰^{۲}	۰/۴×۱۰^{۲}
تکرار سوم	۱۳/۴×۱۰^{۲}	۹/۱×۱۰^{۲}	۶/۶×۱۰^{۲}	۱/۴×۱۰^{۲}	۱/۴×۱۰^{۲}	۰/۷×۱۰^{۲}	۰
میانگین	۱۲/۵×۱۰^{۲}	۱۰/۵×۱۰^{۲}	۷/۲۳×۱۰^{۲}	۳/۰۶×۱۰^{۲}	۲/۱×۱۰^{۲}	۰/۹×۱۰^{۲}	۰/۲×۱۰^{۲}

جدول۳- نتایج تأثیر الکتریسیته بر روی رشد *کاندیدا آلبیکنس*

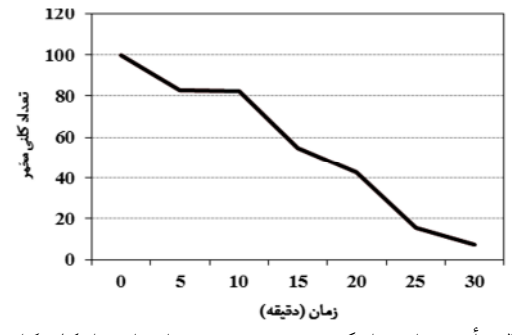
تعداد مخمر در ۱ سی‌سی (CFU/mL)/زمان	زمان						
	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰
تکرار اول	۹/۶×۱۰^{۲}	۹/۷×۱۰^{۲}	۸/۴×۱۰^{۲}	۶/۲×۱۰^{۲}	۵/۹×۱۰^{۲}	۲/۳×۱۰^{۲}	۰/۸×۱۰^{۲}
تکرار دوم	۹/۷×۱۰^{۲}	۸×۱۰^{۲}	۹/۳×۱۰^{۲}	۵/۱×۱۰^{۲}	۲/۸×۱۰^{۲}	۰/۸×۱۰^{۲}	۰/۸×۱۰^{۲}
تکرار سوم	۱۰/۶×۱۰^{۲}	۷/۲×۱۰^{۲}	۷×۱۰^{۲}	۵/۲×۱۰^{۲}	۴/۱×۱۰^{۲}	۱/۵×۱۰^{۲}	۰/۶×۱۰^{۲}
میانگین	۹/۹×۱۰^{۲}	۸/۳×۱۰^{۲}	۸/۲×۱۰^{۲}	۵/۵×۱۰^{۲}	۴/۲×۱۰^{۲}	۱/۵×۱۰^{۲}	۰/۷×۱۰^{۲}

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 میکربی 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 *اشریشیاکلی* داشت [۱۴]. در پژوهش دیگری که توسط نفیسی و همکاران در سال ۲۰۱۲ انجام شد، در فاز رشد لگاریتمی *اشریشیاکلی* 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 *اشریشیاکلی* 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، *اشریشیاکلی* 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 الکترود است. کسری کرمانشاهی و همکاران در سال ۲۰۰۵، در بررسی تأثیر میدان الکتریکی با شدت ۵/۴ کیلوولت بر سانتی‌متر با الکترود آلومینیومی بر تعداد کلنی‌های باکتری *اشریشیاکلی* و *استافیلوکوکوس ائوروس* نشان دادند، جمعیت این باکتری‌ها در مدت زمانی که توسط میدان الکتریکی تیمار شدند، کاهش یافت و تأثیر میدان الکتریکی بر روی باکتری *اشریشیاکلی* 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 ائوروس*



شکل۴- تأثیر زمان قرار گرفتن در معرض جریان با تعداد کلنی *کاندیدا آلبیکنس*

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش نسبت به گروه شاهد به‌طور معنی‌داری بسیار کمتر بود که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی داشت [۱۲]. بر اساس نتایج به‌دست آمده در پژوهش حاضر، کاهش تعداد کلنی‌های *اشریشیاکلی* در زمان ۲۵ و ۳۰ دقیقه، و *استافیلوکوکوس 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 به‌مدت ۱، ۲، ۴ و ۷ روز با الکترود استیل، کاهش معنی‌داری در تعداد دو باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* و *سودوموناس* مشاهده شد [۱۳]. غلام‌پور و همکاران در سال ۲۰۱۱، به‌منظور ضدعفونی کردن آب آلوده به باکتری *ویبریو کلرا* از جریان الکتریسیته 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 به‌منظور 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 میکرب‌های 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. به‌عبارتی دیگر، برای ضدعفونی کردن پساب بیمارستان‌ها به‌مقدار 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].

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 یون های 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 به‌منظور 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. به‌منظور 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 میکرب شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن به‌دلیل حمایت‌های علمی و اجرایی کمال امتنان را دارند.

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.

www.SID.ir

Archive of SID

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 robat 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." *4th Congress of Occupational Health*, Hamedan. (In Persian)
11. Amir Beygi, H. (2009). *Treatment and water health*, 4th 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." *4th 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., Esmaeilpour, 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. Apll. 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.

www.SID.ir