

## بررسی کارایی پرتو فرابنفش در گندزدایی اشریشیاکلی از محیط‌های آبی: مطالعه سینتیکی

دکتر محمدیوسف علیخانی<sup>۱</sup>، مسعودسیدین خراسانی<sup>۲</sup>، دکتر هادی پیری دوگاهه<sup>۳</sup>، مهدی شیرزاد سبینی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشیار گروه میکروبی شناسی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران <sup>۲</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد میکروبی شناسی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران <sup>۳</sup> استادیار گروه میکروبی شناسی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران

<sup>۴</sup> نویسنده مسئول: مربی گروه بهداشت محیط و محقق مرکز تحقیقات بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران  
E-mail: mehdi\_dshirzad@yahoo.com

### چکیده

**زمینه و هدف:** از جمله باکتری‌های فرصت‌طلب و شاخص آلودگی مدفوعی آب که در اکثر محیط‌های آبی وجود دارد اشریشیاکلی می‌باشد که برای انسان و محیط زیست آلودگی ایجاد کرده است. لذا هدف از این تحقیق بررسی کارایی پرتو فرابنفش در گندزدایی اشریشیاکلی از محیط‌های آبی در یک سیستم ناپیوسته بود.

**روش کار:** این تحقیق یک نوع مطالعه تجربی-آزمایشگاهی بود. ابتدا طراحی و ساخت راکتور صورت گرفت، سپس تاثیر زمان واکنش، pH و تعداد اولیه اشریشیاکلی بررسی گردید. در پایان سینتیک واکنش با معادلات سینتیکی درجه صفر، یک و دو بررسی گردید.

**یافته‌ها:** نتایج مشخص ساخت که کارایی حذف اشریشیاکلی با افزایش تعداد اولیه اشریشیاکلی کاهش یافت و داده‌های سینتیکی از سینتیک درجه یک بهتر پیروی کرد. همچنین مشخص گردید که با افزایش زمان واکنش و pH کارایی حذف افزایش یافت.

**نتیجه گیری:** به طور کلی نتایج نشان داد که می‌توان از فرآیند پرتو فرابنفش به عنوان یک روش مؤثر در گندزدایی اشریشیاکلی از محیط‌های آبی استفاده کرد.

**کلمات کلیدی:** اشریشیاکلی؛ پرتو فرابنفش؛ گندزدایی؛ محلول آبی

دریافت: ۸۹/۱۲/۱۰ پذیرش: ۹۰/۳/۱۴

### مقدمه

سالمونلوزیس، یرسینوزیس، کریپتوسپوریدوزیس، آمیبیازیس و اشریشیاکلی<sup>۱</sup> توکسیژنیک و پاتوژنیک می‌شود. باکتری‌های فرصت‌طلب در جمعیت‌های در معرض خطر نظیر نوزادان، بیماران و افراد مسن، استعداد بیماری‌زایی را بالا می‌برند، همچنین بعضی از آنها قادر به رشد مجدد در سیستم‌های لوله‌کشی

بر اساس برآورد سازمان بهداشت جهانی ۱/۱ بیلیون نفر دسترسی به منابع آب آشامیدنی سالم ندارند. همچنین بسیاری از مردم نیز برای تامین آب شرب با منابع آبی آلوده مواجه هستند، که این موارد باعث افزایش خطر ابتلای به بیماری‌های منتقله با آب مانند وبا، اسهال باسیلی کودکان، حصبه و شبه حصبه، ژیاوردیازیس، شیگلوزیس، هپاتیت A و E، گاستروآنتریت ویروسی، کمپیلوباکتریوزیس،

لطفاً به این مقاله به شکل زیر ارجاع دهید:

<sup>۱</sup> *Escherichia coli*

می‌باشند که خود باعث ایجاد عفونت بیمارستانی می‌شود [۳-۱].

اشریشیاکلی از جمله باکتری‌های فرصت‌طلب می‌باشد که خصوصیات بارز آن متحرک بودن، تخمیر گلوکز و تولید گاز، مانیتول مثبت، ساکاروز مثبت، اندول مثبت، متیل رد مثبت، سترات منفی، هیدروژن سولفور و اور آز منفی می‌باشد. بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی، باکتری‌های اشریشیاکلی یا کلیفرم‌های مقاوم به حرارت نباید در هیچ یک از نمونه‌های ۱۰۰ میلی‌لیتری آب‌های آشامیدنی یافت شوند. بنابراین لازم است به گندزدایی آب‌های آشامیدنی از این باکتری مقاوم و یا کاهش آن در حد استانداردهای مربوطه اقدام نمود [۶-۸].

تاکنون از روش‌های متداولی همچون کلریناسیون و جوشاندن برای گندزدایی باکتری اشریشیاکلی از محیط‌های آبی استفاده شده است. روش‌های مذکور مشکلاتی را ایجاد می‌نماید، بعنوان مثال کاربرد کلر جهت گندزدایی به علت حفظ کلر باقیمانده آزاد به مقدار زیاد می‌تواند منجر به تشکیل تری هالومتان‌ها گردد که بسیار سمی، سرطان‌زا و جهش‌زا می‌باشد. همچنین سینتیک تجزیه این مواد کند بوده و کارایی بالا برای گندزدایی باکتریایی را ندارند [۷].

یکی از فناوری‌هایی که اخیراً مقبولیت زیادی پیدا کرده است استفاده از فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته می‌باشد. فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته با استفاده از تولید رادیکال هیدروکسیل ( $\text{OH}^\cdot$ ) ترکیباتی را که بوسیله اکسیدکننده‌های متداول از قبیل اوزن و کلر اکسید نمی‌شوند از بین می‌برند. رادیکال هیدروکسیل در محیط‌های آبی با استفاده از پرتو فرابنفش و  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{UV}/\text{TiO}_2$ ,  $\text{UV}/\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{UV}/\text{ZnO}$  و سایر روش‌ها تولید می‌شود [۸].

از بین این روش‌ها بکارگیری پرتو فرابنفش در فرآیند پالایش آب و تصفیه فاضلاب روشی شناخته شده برای جایگزینی مواد شیمیایی گندزدا از قبیل

کلر می‌باشد. پرتو فرابنفش عمل ضدعفونی را به طور موثر و بدون تولید ترکیبات مشکل‌زای جانبی ناشی از گندزدهای شیمیایی مانند کلر انجام می‌دهد. دلایل اصلی انتخاب گندزدایی با استفاده از پرتو فرابنفش عبارتند از: تأثیر گذاری (در مقایسه با کلر) پرتو فرابنفش می‌تواند طیف وسیعی از میکروب‌ها، باکتری‌ها و ویروس‌ها را نابود کند. حداقل ریسک برای سلامتی (ترکیبات جانبی پرتو فرابنفش بسیار کم و قابل اغماض است). به جا نگذاشتن باقیمانده که با مواد آلی موجود در آب ایجاد واکنش نموده و در نتیجه رنگ، عطر و طعم در محصولات غذایی را تغییر دهد. ایمنی مصرف‌کنندگان، مسئولان و جامعه (عدم حمل و نگهداری و کار با مواد شیمیایی سمی). سادگی و هزینه پایین در کاربری و نگهداری (دستگاه‌های پرتو فرابنفش نسبت به دستگاه‌های مولد اوزن و دی اکسید کلر از پیچیدگی بسیار کمتری برخوردارند). هزینه پایین سرمایه‌گذاری دستگاه‌های پرتو فرابنفش. در مورد مکانیسم گندزدایی اشعه پرتو فرابنفش بطور خلاصه می‌توان گفت که لامپ‌های کم فشار جیوه‌ای با راندمان بالا و یا لامپ‌های پر فشار جیوه‌ای با راندمان کم تر ولی شدت تابش بیشتر، در ماده ژنتیکی میکروب‌ها تغییرات فتوشیمیایی ایجاد می‌کند. این تغییرات مانع تکثیر سلولی و تولید مثل آنها می‌گردد. میزان تخریب ایجاد شده توسط پرتو فرابنفش و در نتیجه میزان تأثیر فرایند ضد عفونی با شدت نور و مدت زمان مجاورت با تابش متناسب می‌باشد [۹-۱۰].

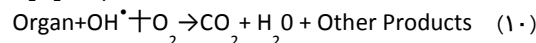
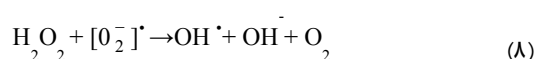
به طور کلی واکنش اصلی اشریشیاکلی با پرتو فرابنفش و تجزیه آن به آب و دی‌اکسیدکربن بر طبق واکنش‌های ۱۰-۱ صورت می‌گیرد [۹-۱۰].



یک راکتور بزرگتر به حجم ۱۰ لیتر با آب برای نگهداری محلول در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد پوشیده شده است. همه آزمایش‌ها فتوکاتالیستی در راکتور به حجم ۲ لیتر انجام شده است. در طول آزمایش‌ها محلول به طور مداوم با استفاده از همزن مغناطیسی هم زده می‌شد. از لامپ UV فشار متوسط ۱۲۵ وات با طول موج ۲۴۷/۳ نانومتر تهیه شده از شرکت آردا فرانسه<sup>۱</sup> به عنوان منبع نوری استفاده گردید (شکل ۱).

### روش تهیه مایع تلقیح

بعد از طراحی و ساخت راکتور، ابتدا به ۱ لیتر از محیط کشت مایع BHI، باکتری اشیریشیاکلی ATCC 259922 اضافه شد. سپس با استفاده از کدورت سنجی به روش استاندارد مک فارلند<sup>۲</sup> تعداد باکتری اضافه شده به محیط کشت تعیین شد که در این آزمایش، کدورتی برابر با ۴ مک فارلند معادل غلظت تقریبی  $10^9$  CFU/L باکتری در میلی‌لیتر تهیه شد. جهت شمارش دقیق تعداد باکتری‌های زنده در محیط کشت پس از اضافه کردن باکتری به روش مک فارلند، از محیط BHI مایع حاوی باکتری، به مقدار ۱۰ میکرولیتر نمونه برداری شده و پس از رقیق‌سازی بر روی محیط کشت BHI آگار کشت داده شد. تعداد کلنی‌های رشد کرده بر روی محیط کشت BHI آگار پس از تهیه‌ی ۴ مک فارلند به عنوان غلظت دقیق باکتری زنده در نظر گرفته شد. شمارش کلنی‌ها با استفاده از دستگاه کلنی شمار ساخت شرکت گرنت<sup>۳</sup> انگلستان مدل ۱۰۰۲ انجام شد. تنظیم pH به کمک دستگاه pH سنج ساخت شرکت متروهم<sup>۴</sup> مدل ۸۲۷ pH lab ساخت کشور سوئیس با استفاده از اسیدکلریدریک و



هدف اصلی از انجام این تحقیق بررسی کارایی اشعه UV در گندزدایی باکتری مقاوم به حرارت اشیریشیاکلی از محیط‌های آبی می‌باشد. همچنین پارامترهای اساسی مؤثر در انجام این تحقیق مانند تغییرات تعداد اولیه باکتری مقاوم اشیریشیاکلی، تغییرات pH و زمان مواجهه مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین سینتیک واکنش با معادلات سینتیکی درجه صفر، یک و دو بررسی گردید.

### روش کار

این تحقیق یک نوع مطالعه تجربی-آزمایشگاهی بود که در سیستم ناپیوسته انجام شد. محیط آبی مورد استفاده در این تحقیق نیز آب مقطر بود. کلیه مواد شیمیایی مورد نیاز از شرکت مرک آلمان خریداری گردید. نمونه باکتری در این مطالعه اشیریشیاکلی ATCC 259922 بود که از نمونه‌های موجود در آزمایشگاه میکروبیولوژی، جهت انجام آزمایشات استفاده شد. از محیط کشت BHI آگار و BHI مایع ساخت شرکت کوندا اسپانیا استفاده شد. به طور کلی مراحل تحقیق به شرح زیر می‌باشد:

### طراحی و ساخت راکتور

شمایی از شکل راکتور مورد استفاده در شکل ۱ نشان داده شده است. راکتور مورد مطالعه از دو قسمت تشکیل شده است. قسمت بیرونی راکتور حاوی محلولی به حجم ۲ لیتر و قسمت درونی برای محفظه نصب لامپ UV می‌باشد. قسمت بیرونی با

<sup>1</sup> Arad France

<sup>2</sup> McFarland

<sup>3</sup> Grant

<sup>4</sup> Metrohm

نور خورشید همه نمونه‌ها با فویل آلومینیوم پوشیده شد [۱۱].

### یافته‌ها

#### تأثیر pH بر روی کارایی فرآیند حذف فتوکاتالیستی:

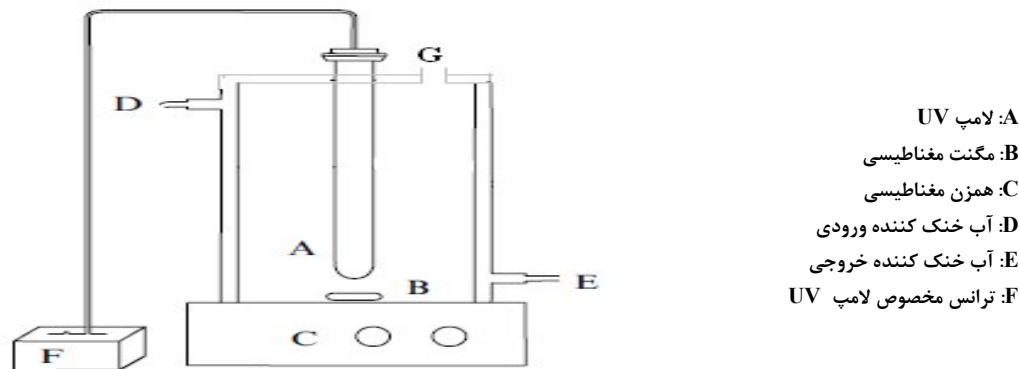
تأثیر pH اولیه محلول بر کارایی حذف در سیستم پرتو فرابنفش با تغییر در pH اولیه محلول تحت شرایط ثابت تعداد اولیه اشیریشیاکلی CFU/L  $10^9$  در زمان‌های ۱۵ تا ۱۲۰ دقیقه بررسی شد [۱۱، ۹، ۷، ۵، ۳]. با افزایش pH کارایی حذف در سیستم پرتو فرابنفش افزایش یافت (شکل ۲).

#### تأثیر تعداد اولیه اشیریشیاکلی بر روی کارایی

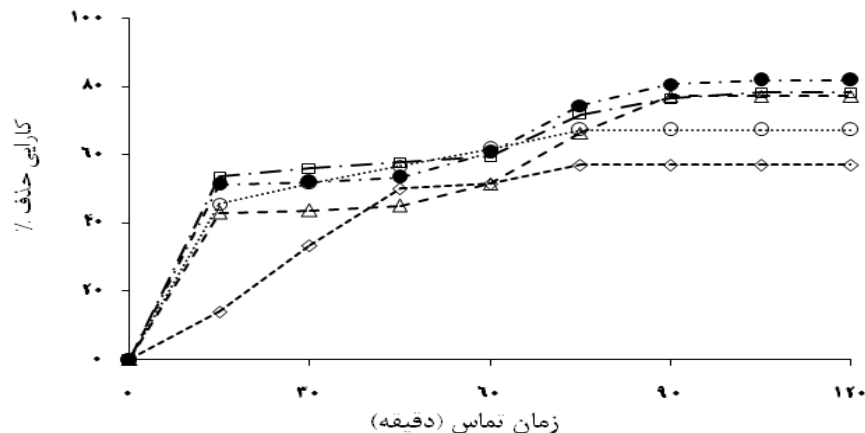
سود یک نرمال انجام شد. کدورت بیش از ۴ مک فارلند به عنوان غلظت باکتری زیاد کدورت کمتر از نیم مک فارلند برای غلظت باکتری کم در نظر گرفته شد.

#### آزمایشات فتوکاتالیستی

عوامل مورد بررسی در این پژوهش شامل زمان واکنش (۱۵ تا ۱۲۰ دقیقه)، pH اولیه و تعداد اولیه اشیریشیاکلی ( $10^{12}$  CFU/L،  $10^9$  CFU/L،  $10^6$  CFU/L) بود [۱۱، ۹، ۷، ۵، ۳]. آزمایشات با ثابت نگه داشتن یک متغیر و تغییر دادن متغیر دیگر انجام گردید. برای مثال در pH=۷، تعداد مختلف اشیریشیاکلی به راکتور اضافه گردیده و در زمان‌های واکنش مشخص، ۱ ml از محلول جهت تعیین تعداد باقیمانده اشیریشیاکلی برداشته شده و برای اجتناب از



شکل ۱. شمایی از راکتور مورد استفاده در مطالعه حاضر

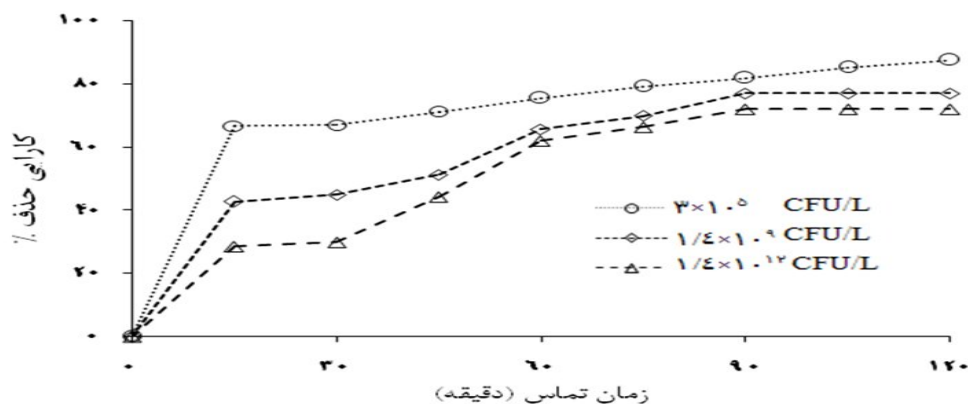


شکل ۲. تأثیر pH اولیه محلول بر روی کارایی حذف در سیستم فرابنفش (تعداد اولیه اشیریشیاکلی  $10^9$  CFU/L)

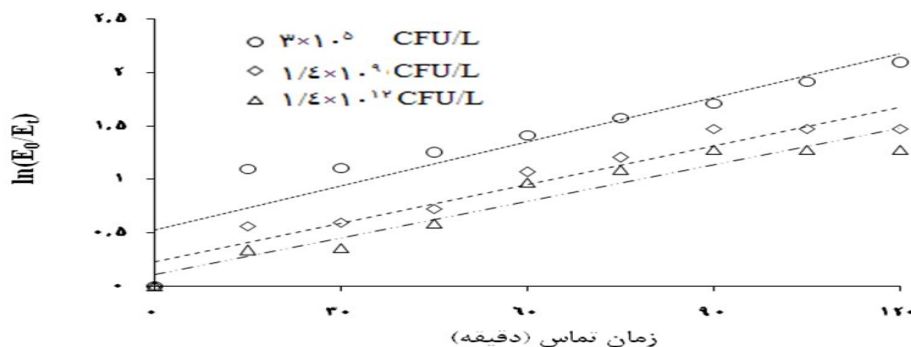
**حذف:**

شده است. کارایی حذف با افزایش تعداد اولیه اشیریشیاکلی کاهش یافت، به طوری که وقتی تعداد اولیه اشیریشیاکلی از  $3 \times 10^5$  CFU/L به  $1/4 \times 10^{12}$  CFU/L افزایش یافت، کارایی حذف به ترتیب از ۹۰٪ به ۶۵٪ کاهش یافت، همچنین وقتی زمان واکنش از ۱۵ به ۱۲۰ دقیقه افزایش یافت، کارایی

تأثیر تعداد اولیه اشیریشیاکلی بر کارایی حذف در سیستم پرتو فرابنفش با تغییر در تعداد اولیه اشیریشیاکلی  $1/4 \times 10^9$  CFU/L،  $1/4 \times 10^{12}$  CFU/L،  $3 \times 10^5$  CFU/L در زمان‌های ۱۵ تا ۱۲۰ دقیقه بررسی شد. همانطور که در شکل ۳ مشخص



شکل ۳. تأثیر تعداد اولیه اشیریشیاکلی بر روی کارایی حذف در سیستم فرابنفش (pH۷)



شکل ۴. سینتیک درجه یک بر روی کارایی حذف در سیستم فرابنفش (pH۷)

جدول ۱. داده های سینتیکی گندزدایی اشیریشیاکلی با استفاده از پرتو فرابنفش (pH۷)

[E] <sub>0</sub> (CFU/L)	Zero-order		UV First-order		Second-order	
	k <sub>0</sub> (mol L <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	k <sub>1</sub> (min <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	k <sub>2</sub> (L mol <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>
$3 \times 10^5$	۱۴۸۲/۲	۰/۵۷۷۴	۰/۰۱۳۱	۰/۹۲۳۹	۱۴۵۸/۲	۰/۹۵۴۴
$1/4 \times 10^9$	۱۲۵۴/۱۲	۰/۸۰۱۳	۰/۰۱۳۷	۰/۸۵۵۴	۱۳۵۶/۲۳	۰/۹۴۹۹
$1/4 \times 10^{12}$	۱۱۱/۲۳	۰/۸۷۳۵	۰/۰۱۱۴	۰/۹۲۹۴	۱۲۸۷/۱۲	۰/۹۴۳۵

یافت. همچنین گندزدایی اشیریشیاکلی با افزایش تعداد اولیه اشیریشیاکلی کاهش می‌یابد. احتمالاً دلیل این امر آن است که با افزایش تعداد اولیه اشیریشیاکلی تعداد باکتری بیشتری با استفاده از پرتو فرابنفش تجزیه می‌شود. مقدار زیاد اشیریشیاکلی ناشی از تجزیه آن با پرتو فرابنفش و رادیکال هیدروکسیل از واکنش مستقیم بین آنها جلوگیری می‌کند بنابراین کارایی فرآیند کاهش می‌یابد [۱۱].

نتایج مطالعه حاضر با مطالعه‌ای که لیویانگ بر روی غیرفعالسازی اشیریشیاکلی و لاکتوباسیلوس با استفاده از نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم و اکسید روی در حضور پرتو فرابنفش انجام دادند مطابقت دارد [۱۴]. با استفاده از رادیکال های هیدروکسیل تولید شده از فرآیند اکسیداسیون پیشرفته، هیدروکربن سوخت‌ها، حلال‌های هالوژندار، فنل‌ها، اسیدهای کربوکسیلیک آروماتیک، آروماتیک‌های ساده، الکل‌های ایفاتیک، میکروپ‌ها، مواد فعال سطحی، سورفاکتانت‌ها و آفت‌کش‌ها به مواد معدنی نظیر دی اکسید کربن، آب و نمک‌های معدنی تبدیل می‌شود. همچنین با توجه به ضریب رگرسیون و ثابت سینتیکی، داده‌های سینتیکی از سینتیک درجه یک بهتر پیروی می‌کند. با افزایش رقت اولیه ضریب رگرسیون و ثابت سینتیکی کاهش یافت [۱۵، ۱۱-۹، ۲].

### نتیجه گیری

از آنجا که تولید رادیکال‌های آزاد با افزایش زمان واکنش افزایش یافت، حذف اشیریشیاکلی با افزایش زمان اثر پرتو فرابنفش افزایش یافت.

حذف فتوکاتالیستی اشیریشیاکلی با افزایش تعداد اولیه اشیریشیاکلی کاهش می‌یابد. دلیل این امر آن است که با افزایش تعداد اولیه اشیریشیاکلی باکتری بیشتری با استفاده از پرتو فرابنفش تجزیه می‌شود و به علت پایین بودن تعداد اولیه اشیریشیاکلی در

حذف به ترتیب از ۲۲/۴٪ به ۷۲/۴٪ در تعداد اولیه CFU/L افزایش یافت (شکل ۳).

به طور کلی داده‌های حاصل از یافته‌ها از لحاظ سینتیک واکنش با معادلات سینتیکی درجه صفر، یک و دو بررسی گردید. این معادلات به صورت زیر نوشته می‌شود [۱۳-۱۱].

$$(۱۱) E_0 - E_t = k_0 t$$

$$(۱۲) \ln(E_0/E_t) = k_1 t$$

$$(۱۳) 1/E_0 - 1/E_t = k_2 t$$

$E_0$  = تعداد اولیه اشیریشیاکلی (CFU/L)

$E_t$  = تعداد اشیریشیاکلی در زمان t (CFU/L)

$K_{0,1,2}$  = ثابت سینتیک درجه صفر، یک و دو

R = ضریب رگرسیون

T = زمان تشعشع (دقیقه)

به طور کلی نتایج حاصل از داده‌های سینتیکی بر روی کارایی حذف در شکل ۴ و جدول ۱ نشان داده شده است.

### بحث

از آنجا که تولید رادیکال‌های آزاد با افزایش زمان واکنش افزایش یافت. حذف اشیریشیاکلی با افزایش زمان واکنش همراه با پرتو فرابنفش افزایش یافت. [۱۴، ۲]. مکانیسم اصلی گندزدایی پرتو فرابنفش این است که در اسیدنوکلئیک میکروپ‌ها تغییرات فتوشیمیایی ایجاد می‌کند. این تغییرات مانع تکثیر سلولی و تولیدمثل آنها می‌گردند. مقدار تخریب ایجاد شده توسط پرتو فرابنفش و در نتیجه میزان تأثیر فرایند ضدعفونی با شدت نور و مدت زمان مجاورت با تابش متناسب می‌باشد [۱۰].

نتایج حاصل از مطالعه حاضر با مطالعه‌ای که چریستنس و همکاران بر روی گندزدایی اشیریشیاکلی با استفاده از نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم در حضور پرتو فرابنفش انجام دادند مطابقت دارد [۱].

با افزایش pH کارایی حذف به علت کمتر بودن پتانسیل تجزیه پرتو فرابنفش نسبت به  $H_2O_2$  افزایش

از معاونت محترم تحقیقات و فن آوری دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی همدان و همچنین مرکز تحقیقات بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی کردستان به خاطر حمایت مالی از این تحقیق و فراهم نمودن امکانات لازم تشکر و قدردانی می‌شود.

مطالعه، سینیتیک واکنش از سینیتیک شبه درجه یک پیروی می‌کند.  
به طور کلی نتایج نشان داد که می‌توان از فرآیند پرتو فرابنفش به عنوان یک روش موثر در گندزدایی اشریشیاکلی از محیط‌های آبی استفاده کرد.

## تشکر و قدردانی

## References

- 1- Christensen PA, Curtis TP, Egerton TA, Kosa SAM, Tinlin JR. Photoelectrocatalytic and photocatalytic disinfection of *E. coli* suspensions by titanium dioxide. *Appl Catal B Environ*. 2003 Mar; 41(4): 371-386.
- 2- Dunlop PSM, Byrne JA, Manga N, Eggins BR. The photocatalytic removal of bacterial pollutants from drinking water. *J Photochem Photobiol A Chem*. 2002 May; 148 (1-3): 355-363.
- 3- Herrmann J M. Heterogeneous photocatalysis: fundamentals and applications to the removal of various types of aqueous pollutants. *Catal Tod*. 1999 Oct; 53(1) :115-129.
- 4- Kikuchi Y, Sunada K, Iyoda T, Hashimoto K, Fujishima A. Photocatalytic bactericidal effect of  $TiO_2$  thin films: dynamic view of the active oxygen species responsible for the effect. *J Photochem Photobiol A Chem* . 1997 Jun; 106(1-3):51-56.
- 5- Edward J, Wolfrum JH, Daniel M, Pin CM, Zheng H, Janene H. Photocatalytic oxidation of bacteria, bacterial and fungal spores, and model biofilm components to carbon dioxide on titanium dioxide-coated surfaces. *Environ Sci Technol*. 2002 Jul; 36(15):3412-3419.
- 6- Rincón AG, Pulgarin C. Photocatalytical inactivation of *E.coli*: effect of (continuous-intermittent) light intensity and of (suspended-fixed)  $TiO_2$  concentration. *Appl Catal B Environ*. 2003 Aug; 44(3):263-264.
- 7- Rinco AG, Pulgarin C. Field solar *E. coli* inactivation in the absence and presence of  $TiO_2$ : is UV solar dose an appropriate parameter for standardization of water solar disinfection? *Sol Ener*. 2004 Aug; 77(5): 635-648.
- 8- Mills A, Hunte SL. An overview of semiconductor photocatalysis. *J Photochem Photobiol A Chem*. 1997 Sep; 108(1):1-35.
- 9- Hallmich C, Gehr R . Effect of pre- and post-UV disinfection conditions on photoreactivation of fecal coliforms in wastewater effluents. *Water Res*. 2010 May; 44(9):2885-2893.
- 10- Chang J C, Susan F, Ossoff, David C, Lobe, Mark H, et al. UV inactivation of pathogenic and indicator microorganisms. *Appl Environ Microbiol*. 1985 Jun; 49(6): 1361-1365.
- 11- Adams LK, Lyon DY, Alvarez PJJ. Comparative eco-toxicity of nanoscale  $TiO_2$ ,  $SiO_2$ , and ZnO water suspensions. *Water Res*. 2006 Nov; 40(19): 3527-3532.
- 12- Maness P C, Smolinski S, Blake D M, Huang Z, Wolfrum E J, Jacoby W. Bactericidal activity of photocatalytic  $TiO_2$  reaction: toward an understanding of its killing mechanism. *Appl Environ Microbiol*. 1999 Sep; 65(9):4094-4098.
- 13- Rincón A G, Pulgarin C. Effect of pH, inorganic ions, organic matter and  $H_2O_2$  on *E. coli* K12 photocatalytic inactivation by  $TiO_2$  Implications in solar water disinfection. *Appl Catal B Environ*. 2004 Aug; 51(4): 283-302.
- 14- Liu HL, Yang TCK. Photocatalytic inactivation of *Escherichia coli* and *Lactobacillus helveticus* by ZnO and  $TiO_2$  activated with ultraviolet light. *Proc Biochem*. 2003 Mar; 39(2):475-481.
- 15- Hijnen WAM, Beerendonk EF, Medema GJ. Inactivation credit of UV radiation for viruses, bacteria and protozoan o'cysts in water: A review. *Water Res*. 2006 Jan; 40(1): 3-22.

## Investigation of Efficiency Ultra Violet Radiation in Disinfection of *Escherichia coli* in Aquatic Environments: Kinetic Study

Alikhani MY, PhD<sup>1</sup>; Khorasani MS, MS<sup>2</sup>; Piri Dogahe H, PhD<sup>3</sup>; Shirzad Siboni M, MS<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Associate Prof. of Microbiology Dept., School of Medicine, Hamadan University of Medical Science, Hamadan, Iran.

<sup>2</sup> MSc Student in Microbiology Dept. School of Medicine, Hamadan University of Medical Science, Hamadan, Iran.

<sup>3</sup> Assistance Prof. of Microbiology Dept. School of Medicine, Ardabil University of Medical Science, Ardabil, Iran.

<sup>4</sup> Corresponding Author: MSc in Environmental Health Research Center, Kurdistan University of Medical Science, Kurdistan, Iran. E-Mail: mehdi\_dshirzad@yahoo.com

### ABSTRACT

**Background & Objectives:** *E. coli* is an opportunistic and pathogenic bacterium in human. It is a fecal contamination indicator of the water. The aim of this study is to investigate the efficiency of ultra violet radiation in disinfection of *E. coli* in aquatic environments in a batch system.

**Methods:** At first, reactor was designed and made. The effects of pH, exposure time and initial inoculum were studied. Kinetic parameters were obtained by application of zero, first and second-order equations.

**Results:** The result showed that removal efficiency decreased with increase of initial inoculum and the kinetics of disinfection was described by first-order model. The result also showed that removal efficiency augmented with increasing exposure time and pH.

**Conclusion:** The results of this study shows that ultra violet radiation can be used as an effective disinfection method for *E. coli* in aquatic environments.

**Key words:** *Escherichia coli*; Ultra Violet; Disinfection; Aquatic Solutions