بیست و پنجمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و یازدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه شیراز،
شیراز، ایران.
۹-۱۱ بهمن ۱۳۹۷

# غیرفعالسازی باکتری اشریشیا کلی و تصفیه آب آشامیدنی با استفاده از پلاسمای هوا به روش تخلیه گلایدینگ آرک

**فاطمه مرزدشتی[۱]، مریم نیل‌کار[۲]،ساعد جعفری[۳]، حسین غفوری[۴]**

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیک اتمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گیلان Termeh.mi92@gmail.com
۲- دانشجوی دکتری فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گیلان
۳- دانشیار فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گیلان
۴- دانشیار بیوشیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گیلان

**چکیده - در تحقیق حاضر با استفاده از پلاسمای حاصل از روش تخلیه گلایدینگ آرک، به غیرفعالسازی باکتری اشریشیاکلی پرداخته شده است. بدین منظور، ۷۰ ml محیط کشت LB حاوی باکتری اشریشیاکلی (هر نمونه با حجم ۱۰ ml) را در زمان‌های ۰، ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۹۰ ثانیه با پلاسمای گلایدینگ آرک با توان یک کیلووات و با فاصله ۶ سانتی‌متری از سطح نمونه، تحت تیمار قرار دادیم. نتایج نشان داد که بعلت بالابودن توان دستگاه نسبت به نمونه‌های مشابه در روش‌های پلاسماجت و تخلیه سد-دی‌الکتریک، زمان غیرفعالسازی باکتری‌ها بطور قابل توجهی به زیر ۱۰ ثانیه کاهش یافته و از ۱۰ ثانیه به بعد، تغییرات غلظت محیط کشت مایع، روند تقریباً ثابتی داشت.همچنین با افزایش زمان تیمار، pH کاهش می‌یابد. به دلیل عدم نیاز سیستم حاضر به گازهای حامل نظیر آرگون، هلیوم و نیتروژن جهت تولید پلاسما، این سیستم از نظر اقتصادی بعلت عملکرد با پلاسمای هوا مقرون به صرفه‌تر است.**

کلید واژه- باکتری اشریشیا کلی، پلاسمای گلایدینگ آرک، غیرفعالسازی، تصفیه آب.

# Inactivation of Escherichia coli bacteria and water treatment using the air plasma with gliding arc discharge

**Fatemeh Marzdashti[1], Maryam Nilkar[2], Saed Jafari[3], Hossein Ghafouri[4]**

1-M.Sc. student of atomic physics, University of Guilan, Faculty of science, Termeh.mi92@gmail.com
2-PhD student of physics, University of Guilan, Faculty of science
3- Associate Prof. of physics, University of Guilan, Faculty of science
4- Associate Prof. of biochemistry, University of Guilan, Faculty of science

**Abstract**-The aim of this research gliding arch is to inactivate the Escherichia coli bacteria by the use of gliding arc plasma. For this purpose, 70 ml of LB media containing the Escherichia coli bacteria (each sample contains 10 ml) are treated in times of 0, 5, 10, 20,40, 60, and 90 seconds by using a1 kilowatt gliding arc plasma with distance of 6 cm from the surface of sample. The results showed that because of the high power of device, the inactivation time deceases to below than 10 seconds considerably compared with the other methods like the plasma jet and the dielectric barrier discharge and after this time, the variation of optical density becomes negligible. Furthermore, the pH of sample reduces by increasing the treatment time. The utilized system is more economical compared with the other systems because it doesn't need to career gases such as helium, argon, and nitrogen to generate the plasma and operate by the air plasma.

Keywords: Escherichia coli bacteria, Gliding arc plasma, Inactivation, Water treatment.



این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[ Downloaded from www.opsi.ir on 2026-10-30 ]

## مقدمه

امروزه با توجه به اهمیت باکتری‌زدایی و استرالیزاسیون آب به دلیل شیوع عفونت‌ها و بیماری‌ها، یافتن روش‌های جدید و کارآمد بسیار مورد توجه قرار گرفته است. روش‌های گوناگونی برای کاهش آلودگی آب وجود دارند که از جمله آن‌ها می‌توان به افزودن مواد شیمیایی همچون کلر، کلرامین، دی اکسید کلر، آهک کلرینه شده، برم، ید، نقره و همچنین استفاده از اشعه ماوراءبنفش و امواج مافوق صوت و فرآیندهای غشایی اشاره کرد.

اگرچه روش‌های رایج در تصفیه آب آشامیدنی می‌توانند به نحو موثری عوامل میکروبی را کنترل نمایند، استفاده از این روش‌های فیزیکی و شیمیایی معایب زیادی را به همراه دارند. برای مثال، می‌توان به کلرزنی اشاره کرد که یکی از متداول‌ترین روش‌های میکروب‌زدایی آب است و بدلیل معایب و مضراتش، توصیه می‌شود که روش‌های دیگری را جایگزین کلرزنی کنیم یا حدالامکان کلر باقیمانده در آب شهری، در نقطه مصرف و درست قبل از آشامیدن، از آب حذف شود. همچنین استفاده از اشعه ماوراءبنفش، امواج مافوق صوت و فرآیندهای غشایی، علی‌رغم اینکه بسیاری از معیارهای گندزدایی خوب را دارا می‌باشند، اما نمی‌توانند باقیمانده کافی را برای سیستم‌های با شبکه توزیع گسترده یا زمان ماندهای طولانی، فراهم کنند. استفاده از کلرامین، دی اکسید کلر و برم نیز بدلیل کارائی کم، قیمت بالا، و تولید محصولات جانبی سمی محدود شده است [۱].

یکی از جدیدترین و کارآمدترین روش‌های حذف باکتری از آب، روش پلاسمایی است. از مهمترین مزایای این روش عدم نیازبه مواد افزودنی و عدم تولید پسماند سمی است. بعلاوه این روش از نظر اقتصادی نسبت به روش‌های دیگر مقرون به صرفه‌تر است.

پلاسما گازی از ذرات باردار، گونه‌های برانگیخته، رادیکال‌های آزاد و تابش‌های مرئی و فرابنفش است. ویژگی مهم پلاسما توانایی آن در تولید غلظت بالایی از گونه‌های شیمیایی فعال پرانرژی است که این گونه‌ها تاثیر بسزایی در نابودسازی میکروارگانیسم‌ها دارند. پلاسما از نظر دما به سه صورت داغ، گرم و سرد است [۲].پلاسمای سرد عمدتاً جهت میکروب‌زدایی و درمان تومورها در پزشکی به کار می‌رود.

در سالهای اخیر استفاده از دستگاه گلایدینگ آرک پلاسمایی جهت تصفیه آب و نیز غیرفعالسازی باکتریایی مورد مطالعه قرار گرفته است. اخیرا درانیان و همکاران [۳] با استفاده از گلایدینگ آرک هوا نشان دادند که نرخ باکترهای گرم مثبت و گرم منفی موجود در آب وقتی تحت تیمار با پلاسما قرار می گیرند به شدت کاهش یافته و از بین می‌روند. بورلیکا و همکاران [۴ و ۵] در چندین مقاله متفاوت به بررسی غیرفعالسازی باکتری اشریشیاکلی تحت پلاسمای گلایدینگ آرک که با گازهای آرگون، نیتروژن و اکسیژن عمل می نمود، پرداختند و نرخ تغییرات نیترات، پراکسید هیدروژن، pH آب را قبل و بعد از اعمال پلاسما بررسی کردند. نتایج حاکی از تایید غیرفعالسازی باکتری های موجود در آب بود.

با توجه به مروری بر کارهای انجام شده مشاهده می‌شود که زمان غیرفعالسازی باکتری‌ها نسبتا بالا بوده است. به این منظور در تحقیق حاضر با استفاده از پلاسمای سرد فشار اتمسفری به روش تخلیه الکتریکی گلایدینگ آرک با توان بالای ۱ کیلووات، به غیرفعالسازی باکتری اشریشیاکلی از آب در زمان کوتاه‌تر (در حد چند ثانیه) پرداخته شده است. در این آزمایش با توان ثابت و تغییر متغیرهای زمان، پلاسما از بالا به سطح محیط مایع تابانده شده و منجر به غیرفعالسازی باکتری‌ها می‌شود.

## مواد و روش‌ها

### ۱- آماده‌سازی میکروارگانیسم

جهت کشت باکتری از محیط کشت LB broth (حاوی ۱۰ گرم پپتون، ۱۰ گرم سدیم کلرید، ۵ گرم عصاره مخمر به ازای هر لیتر) استفاده کردیم. سپس باکتری اشریشیاکلی را در محیط کشت LB broth به مدت ۱۷ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد کشت دادیم. در نهایت ۷۰ml محیط کشت LB حاوی باکتری اشریشیا کلی فراهم شد. کدورت



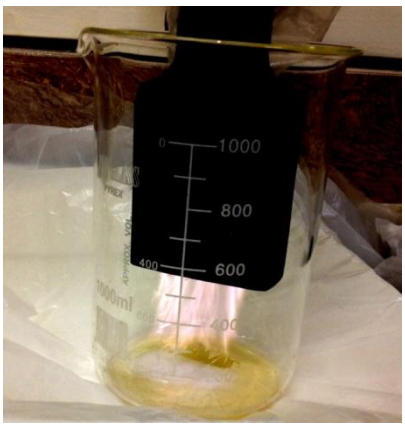
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[ Downloaded from www.opsi.ir on 2026-10-30 ]

محیط LB حاوی باکتری $OD_{600nm}$= ۰/۸۹۸ تقریباً متناظر با $۷\times۱۰^{۸}$CFU/ml برای اشریشیاکلی است.

## ۲- دستگاه پلاسمای تخلیه الکتریکی گلایدینگ آرک

توان دستگاه مورد استفاده برابر ۱ کیلووات است. به دلیل بالا بودن توان نسبت به موارد مشابه، عمل استریلیزاسیون در کمتر از یک دقیقه و در این مورد در کمتر از ۱۰ ثانیه بخوبی انجام می‌پذیرد. در این آزمایش فاصله خروجی دستگاه تا سطح نمونه برابر ۶ سانتی‌متر تنظیم شده است و پهنای خروجی پلاسما ۵ سانتی‌متر می‌باشد که در مقایسه با روش پلاسماجت (پهنای نقطه‌ای شکل و سوزنی) مقدار بسیار بیشتری از سطح نمونه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در ضمن، در روش موردنظر ما، بجای استفاده از گازهای پرهزینه رایج، از تخلیه الکتریکی هوا استفاده می‌شود[۶].




شکل ۱ : محیط مایع تحت تیمار با پلاسمای گلایدینگ آرک (با گاز هوا)

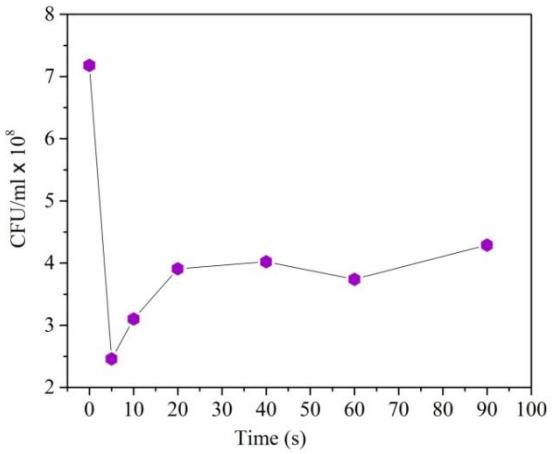
## ۳- پاکسازی محیط مایع

جهت پاکسازی محیط مایع ابتدا یک بشر ۱ لیتری را در اوتوکلاو استریل می‌کنیم. سپس ۱۰ ml LB حاوی باکتری را درون بشر ریخته و به مدت ۵ ثانیه تحت تیمار با پلاسما قرار می‌دهیم (طبق شکل ۱). این عمل را برای حجم‌های مشابه در زمان‌های ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۹۰ ثانیه تکرار می‌کنیم.

## نتایج و تجزیه و تحلیل آن‌ها

غلظت تمامی نمونه‌هایی که در زمان‌های مختلف تحت تیمار قرار گرفته بودند را بطور جداگانه به روش کدورت‌سنجی سنجیدیم.

شکل ۲ نمودار تغییرات تعداد باکتری نسبت به زمان وجدول ۱ تغییرات غلظت محیط کشت حاوی باکتری اشریشیاکلی نسبت به زمان را نشان می‌دهند.




شکل ۲ : نمودار تغییرات تعداد باکتری‌های تحت تیمار نسبت به زمان تابش پلاسما

جدول ۱ : تغییرات غلظت (چگالی نوری) محیط کشت حاوی باکتری نسبت به زمان اعمال پلاسما

| زمان (S) | چگالی نوری (OD) |
|---|---|
| ۰ | ۰/۸۹۸ |
| ۵ | ۰/۳۰۸ |
| ۱۰ | ۰/۳۸۷ |
| ۲۰ | ۰/۴۸۹ |
| ۴۰ | ۰/۵۰۳ |
| ۶۰ | ۰/۴۶۸ |
| ۹۰ | ۰/۵۳۶ |

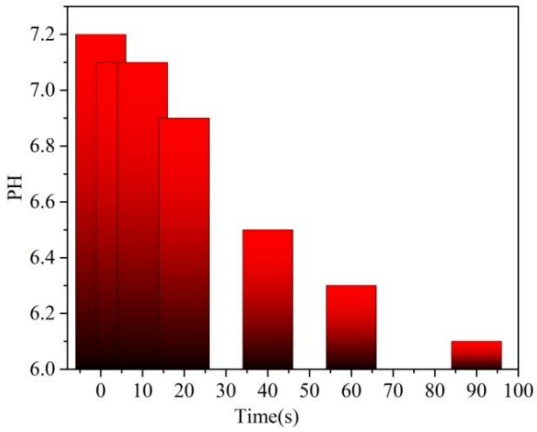
همانطور که از شکل ۲ مشاهده می‌شود، تعداد باکتری‌های اشریشیاکلی بعد از ۵ ثانیه اعمال پلاسما به محلول آب حاوی باکتری، به حدود ۳۰ درصد رسیده که به معنای کاهش ۷۰ درصدی از مقدار باکتری‌های زنده است. حال اگر زمان اعمال تابش پلاسما به آب حاوی باکتری را



این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[ Downloaded from www.opsi.ir on 2026-10-30 ]

افزایش دهیم، مشاهده می‌شود که بعد از گذشت ۲۰ ثانیه، تقریباً مقدار یکنواختی از تعداد باکتری‌های زنده که در حدود ۵۰ درصد است، وجود خواهند داشت و یعنی یک کاهش ۵۰ درصدی در مقدار باکتری‌ها داریم. البته افزایش ناچیز غلظت باکتری در زمان‌های بالاتر از ۱۰ ثانیه را می‌توان به افزایش انرژی جنبشی مولکول‌های نمونه در اثر اعمال پلاسمای گلایدینگ آرک با توان بالا نسبت داد. در واقع بدلیل جذب انرژی بیشتر، مولکول‌های حلال انرژی لازم برای تبخیر سطحی را بدست می‌آورند و این امر سبب افزایش غلظت محلول و نه غلظت باکتری می‌شود. نتایج شکل ۲ در توافق با جدول ۱ بوده و نشان می‌دهد که اعمال پلاسما بر محلول آب باعث کاهش غلظت باکتری‌ها می‌شود.




شکل ۳ : تغییرات pH با گذشت زمان تابش پلاسما

شکل ۳ تغییرات pH محیط کشت حاوی باکتری قبل و پس از تیمار با پلاسمای گلایدینگ آرک را نشان می‌دهد. طبق شکل مشاهده می‌شود که با گذشت زمان، pH محلول حاوی باکتری کاهش می‌یابد، که این کاهش به معنای اسیدی شدن محیط آب و کاهش نرخ باکتری‌های موجود در آب است.

## نتیجه‌گیری

در این مقاله به مطالعه کاهش بار میکروبی از آب با استفاده از پلاسمای تخلیه الکتریکی گلایدینگ آرک پرداختیم. نتایج بصورت زیر خلاصه می‌شوند:

- با توجه به عدم نیاز سیستم مورد استفاده در این آزمایش به گازهای حامل نظیر نیتروژن، آرگون، هلیوم جهت تولید پلاسما، استفاده از این سیستم از نظر اقتصادی مقرون به صرفه‌تر است، زیرا با تخلیه الکتریکی هوا کار می‌کند.
- به دلیل بالا بودن توان دستگاه در حدود یک کیلووات، زمان اثرگذاری پلاسمای حاصل از این سیستم بر حیات باکتری‌ها به زیر ۱۰ ثانیه کاهش چشمگیری می‌یابد.
- pH محیط کشت حاوی باکتری اشریشیاکلی پس از تیمار با پلاسما با گذشت زمان تاثیر پلاسما کاهش می‌یابد.

## مراجع

[1]Salvato, J., Nemerow, N., Agardy, FJ., Environmental engineering, 5thed, John Wiley & Sons Inc, p. 375, 2003.

[2] Korachi, M. Aslan, N., “Low temperature atmospheric plasma for microbial decontamination”, Science, technology and education, pp. 453-459, 2013.

[3] Gharagozalian, M., Dorranian, D., Ghorannevis, M., “Water treatment by the AC gliding arc air plasma”, Journal of theoretical and applied physics, Vol. 11, Issue 3, pp. 171-180, 2017.

[4] R. Burlica, M. J., Kirkpatrick, B.R., Locke, “Formation of reactive species in gliding arc discharges with liquid water”, Journal of electrostatics, Vol. 64, Issue 1, pp. 35-43, 2006.

[5] R., Burlica, R.G., Shih, D., Balkwill, B.R., Locke, “Bacteria inactivation using low powder pulsed gliding arc discharge with water spray”, Plasma processes and polymers, Vol. 7, Issue 8, pp. 640-649, 2010.

[۶] مریم نیل‌کار، بررسی اثر پلاسمای سرد فشار اتمسفری هوا روی خواص اپتیکی، ساختاری و ترشوندگی فیلم نازک پلیمری پلی وینیل پیرولیدون، ششمین کنفرانس مهندسی و فیزیک پلاسما، ص ۳۳۰-۳۳۴، ۱۳۹۷.



این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[ Downloaded from www.opsi.ir on 2026-10-30 ]