

A study on the Effect of Magnetic fields on Microorganisms existing in Water

M.R. Samarghandi

Professor, Department of Environmental Health Engineering, Health Sciences Research Center, Faculty of Health, Hamadan University of Medical Sciences and Health Services, Hamadan, Iran.

R. Khoshniyat

M.Sc. department of environmental health engineering, Faculty of Health, Hamadan University of Medical Sciences and Health Services, Hamadan, Iran..

A.R. Rahmani

Professor, Department of Environmental Health Engineering, , Research Center for Health, Faculty of Health, Hamadan University of Medical Sciences and Health Services, Hamadan, Iran.

G.H Roshanaei

Assistant Professor, Department of Biostatistics and Epidemiology, Faculty of Health, Hamadan University of Medical Sciences and Health Services, Hamadan, Iran.

A. Poormohammadi

*Social Development & Health Promotion Research Center, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran. Corresponding author: Ali Poormohammadi, Email: apoormohammadi000@yahoo.com

K.Saedpanah

M.Sc. student of Occupational Health Engineering, Hamadan University of Medical Sciences and Health Services, Hamadan, Iran.

RECEIVED: 6 February 2016

ACCEPTED: 17 May 2016

ABSTRACT

Background & objective: Nowadays, the electronic devices are being used in our living environments and workplaces. The effect of magnetic fields from electronic devices on the microorganism has been taken into special consideration. The aim of this study was to examine the effect of magnetic fields on the microorganism existing in water.

Materials & Methods: In this study two solenoid with 250 standard coils connected to a power source were used. So, a magnetic field (intensity of 100, 200 and 300 mT) was created. The effect of magnetic fields was investigated in laboratory condition on temperature, pH, turbidity, total coliforms, focal coliforms and heterotrophic bacteria plate count of water samples. Also the effect of the time passed (10, 20, 30, 40 and 50 minutes) on the cases and control samples was surveyed.

Results: Results showed that the use of magnetic fields cause a significant increase in MPN/100 ml, coliform, total coliform and heterotrophic bacteria plate count in experimental samples in comparison with the control samples. Also, in most samples, this increase was more effective in 100 mT. According to the results, a slight increase was observed in temperature, pH and turbidity of samples under the influence of applied magnetic field.

Conclusion: The main results obtained in this study indicated that the magnetic fields lead to an increase in MPN/100 ml, coliform, total coliform and heterotrophic bacteria plate count. In contrast, the results did not confirm the effect of magnetic fields on temperature, pH and turbidity of the water solution.

Keywords: Microorganisms, Water, Magnetic Fields, Reproduce

► **Citation:** Samarghandi, M.R. Khoshniyat, R. Rahmani, A.R. Roshanaei, G.H. Poormohammadi, A. Saedpanah, K. A study on the Effect of Magnetic fields on Microorganisms existing in Water. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Spring 2016;2 (1) : 11-19.

بررسی تأثیر میدان‌های مغناطیسی بر میکروارگانیسم‌های موجود در آب

محمدرضا سمرقندی

استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، کمیته تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

رامین خوش‌نیت

کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

علی‌رضا رحمانی

استاد گروه مهندسی بهداشت محیط، کمیته تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

قدرت‌اله روشنائی

استادیار گروه آمار و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

علی پورمحمدی

مركز تحقیقات توسعه اجتماعی و ارتقاء سلامت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران. (نویسنده مسئول)

apoormohannadi000@yahoo.com

کیوان ساعدپناه

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: استفاده از وسایل الکتریکی در محیط زندگی و حتی محل کار، امروزه جزء تفکیک‌ناپذیر زندگی است. بررسی تأثیر میدان‌های مغناطیسی ناشی از این وسایل بر میکروارگانیسم‌ها مدت‌هاست که توجه دانشمندان سراسر جهان را به خود معطوف داشته است، لذا مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر میدان مغناطیسی بر میکروب‌های موجود در آب انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تجربی که در مقیاس آزمایشگاهی انجام شد، با استفاده از دو سلونوئید دارای ۲۵۰ دور سیم پیچ استاندارد که به یک منبع تغذیه برق متصل شده بود، میدان مغناطیسی مورد نظر (در شدت‌های ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌تسلا) ایجاد شد. تأثیر میدان مغناطیسی تولید شده در شرایط آزمایشگاهی بر دمای آب، pH، کدورت، کل کلیفرم‌ها، کلیفرم‌های گرمابای و شمارش بشقابی باکتری‌های هتروتروف نمونه‌های آب قرار داده شده در این میدان‌ها و همچنین تأثیر گذشت زمان (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ دقیقه) بر نمونه‌های شاهد و مورد، بررسی شد.

یافته‌ها: در این مطالعه اعمال میدان‌های مغناطیسی بر نمونه‌ها به طور معنی‌داری باعث رشد کل کلیفرم‌ها، کلیفرم‌های گرمابای و شمارش بشقابی باکتری‌های هتروتروف نسبت به نمونه‌های شاهد شد و این تأثیر در شدت ۱۰۰ میلی‌تسلا در اکثر نمونه‌ها بالاتر بود. همچنین افزایش جزئی در دما، pH و کدورت نمونه‌های تحت تأثیر میدان مغناطیسی ایجاد شد.

نتیجه‌گیری: میدان‌های مغناطیسی باعث افزایش کل کلیفرم‌ها، کلیفرم‌های گرمابای و شمارش بشقابی باکتری‌های هتروتروف نمونه‌های آب می‌شود. همچنین نتایج مطالعه حاضر تأثیر میدان‌های مذکور بر دما، pH و کدورت آب را تأیید نمی‌نماید و باعث افزایش جزئی گردید.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

کلیدواژه‌ها: آب، تکثیر، میدان‌های مغناطیسی، میکروارگانیسم

◀ **استناد:** سمرقندی م، خوش‌نیت ر، رحمانی ع، روشنائی ق، پورمحمدی ع، ساعدپناه ک. بررسی تأثیر میدان‌های مغناطیسی بر میکروارگانیسم‌های موجود در آب. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. بهار ۱۳۹۵؛ ۲(۱): ۱۱-۱۹.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۲۸

مقدمه

یکی از دستاوردهای بشر در قرن بیستم، گسترش وسایلی است که جهت استفاده از آنها باید از الکتریسته استفاده شود. وسایلی که لازم است با جریان مستقیم الکتریسته مورد استفاده قرار گیرند در مقایسه با وسایلی که با جریان متناوب الکتریسته کار می‌کنند، محدودتر می‌باشند. استفاده از وسایل الکتریکی در محیط زندگی و حتی محل کار، امروزه جزء تفکیک‌ناپذیر زندگی است (۱). بررسی تأثیر میدان‌های مغناطیسی ناشی از این وسایل بر روی سلامت انسان‌ها مدت‌هاست که توجه دانشمندان سراسر جهان را به خود معطوف داشته است. دستیابی به نتایج تأثیر مثبت و حتی منفی این میدان‌ها بر موجودات زنده و به‌خصوص بر میکروارگانیسم‌هایی که بیماری‌زا و یا غیر بیماری‌زا هستند، می‌تواند دیدگاه محققین را به استفاده از این میدان‌ها جهت تسریع یا کاهش سرعت فرآیندهای بیولوژیکی، تثبیت مواد و حتی کنترل بیماری‌ها تغییر دهد (۲، ۳). یکی از مباحثی که اخیراً دانشمندان به آن پرداخته‌اند، کاربرد امواج مغناطیسی در کنترل عوامل میکروبی موجود در آب می‌باشد (۳). اگرچه تأثیر امواج ناشی از میدان‌های مغناطیسی و الکترومغناطیسی بر انسان و سایر موجودات زنده سال‌ها موضوع تحقیقات دانشمندان علوم مختلف بوده است، اما این اثر بر میکروارگانیسم‌ها نسبت به سایر موجودات در مقیاس کمتری مورد مطالعه قرار گرفته است. در حال حاضر یکی از پروژه‌های مهم سازمان جهانی بهداشت، بررسی تأثیر این میدان‌ها بر سلامت انسان و موجودات زنده می‌باشد (۴). در این پروژه دانشمندانی از کشورهای مختلف مشارکت دارند؛ به عنوان مثال در منطقه مدیترانه شرقی محققینی از کشورهای بحرین و اردن انتخاب شده‌اند تا مطالعات و تجربیات خود را در خصوص تأثیر میدان‌های مغناطیسی به اجلاس سالیانه این سازمان اعلام نمایند (۴، ۵). بررسی تأثیر میدان‌های مغناطیسی باید در شرایط آزمایشگاهی و در سیستم‌های مطالعه آزمایشگاهی انجام گیرد. مشکل اساسی در این مطالعات، پیچیدگی سیستم‌های بیولوژیکی است. به عنوان مثال حتی برای بررسی تأثیر این

میدان‌ها بر میکروارگانیسم‌ها باید از فرآیندهای اصلاحی برای تأمین انرژی مورد نیاز فرآیندهای متابولیکی میکروارگانیسم‌ها استفاده کرد (۴، ۵). از طرف دیگر فرکانس، شدت و الگوی این میدان‌ها دارای ویژگی‌های متفاوتی می‌باشد که خود بررسی تأثیر آنها بر میکروارگانیسم‌ها و به‌خصوص سیستم‌های بیولوژیکی را پیچیده‌تر می‌سازد (۶). نکته مهمی که باید به آن توجه شود این است که سیستم‌های بیولوژیکی، سیستم‌هایی پرا انرژی و متحرک بوده و تغییرات این سیستم‌ها تابع زمان و شرایط محیطی می‌باشد. یکی از تئوری‌های موجود در خصوص تأثیر میدان‌های مغناطیسی بر سیستم‌های بیولوژیکی، تأثیر این میدان‌ها بر واکنش‌های شیمیایی است (۷). علی‌رغم این محدودیت‌ها لازم است تحقیقات لازم در خصوص بررسی تأثیر این میدان‌ها بر سیستم‌های بیولوژیکی با جدیت پیگیری شود. متأسفانه در خصوص بررسی تأثیر این میدان‌ها بر فرآیندهای زیستی مرتبط با میکروارگانیسم‌ها و شاخص‌های میکروبی مرتبط با بهداشت محیط مطالعات زیادی صورت نگرفته است، لذا مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر این میدان‌ها بر میکروارگانیسم‌های شاخص موجود در آب، دما، pH، کدورت، کل کلیفرم‌ها، کلیفرم‌های گرم‌پای و شمارش بشقابی باکتری‌های هتروتروف آب انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه تجربی که در مقیاس آزمایشگاهی انجام شد، با در نظر گرفتن پارامترهای مورد بررسی بر نمونه‌های اصلی و شاهد، در مجموع ۳۶۰ نمونه مورد بررسی قرار گرفت. لازم به ذکر است که برای هر یک از نمونه‌ها آزمایشات سه بار تکرار و در نهایت میانگین نتایج ذکر گردید. در این مطالعه تأثیر میدان مغناطیسی تولید شده در شرایط آزمایشگاهی بر دمای آب، pH، کدورت، کل کلیفرم‌ها، کلیفرم‌های گرم‌پای و شمارش بشقابی باکتری‌های هتروتروف نمونه‌های آب قرار داده شده در این میدان‌ها بررسی شد. مراحل مختلف تولید، سنجش و نحوه قرار دادن نمونه‌ها در میدان مغناطیسی اشاره شده است. لازم به توضیح است که جهت این

روش انجام مطالعه:

برای سنجش میزان شدت میدان مغناطیسی که توسط سلونوئید تولید شده است، می توان از دستگاه تسلامتر پروب دار یا منحنی های استاندارد که شرکت سازنده سلونوئید همراه با دستگاه ارائه نموده است، استفاده کرد. همچنین به منظور اندازه گیری pH هر یک از نمونه ها از دستگاه pH متر (sension) شرکت HACH استفاده شد. میزان کدورت نمونه آب مغناطیس شده بر اساس روش استاندارد B ۲۱۳۰ به کمک دستگاه کدورت سنج انجام و بر اساس واحد NTU گزارش شد. در این مطالعه از کدورت سنج N ۲۱۰۰ شرکت HACH استفاده شد. به منظور تعیین کل کلیفرم ها و کلیفرم های گرمای پای بر اساس روش استاندارد شماره ۹۲۲۱A کتاب استاندارد متد عمل شد (۸). پس از قرار دادن نمونه های آب در میدان مغناطیسی، نمونه های مورد و شاهد به منظور تعیین ۱۰۰ml/MPN بر روی محیط لاکتوز براث کشت داده شد و پس از ۴۸ ساعت مقدار MPN قرائت گردید. از محیط کشت های برلیانت گرین لاکتوز بیل براث و EC برای تعیین کل کلیفرم ها و کلیفرم های گرمای پای استفاده شد و تعداد قرائت شده در ۱۰۰ میلی لیتر نمونه آب گزارش شد. آزمایش باکتری های هتروتروف به منظور تعیین تعداد کل میکروب های موجود در واحد حجم نمونه و بر اساس روش استاندارد ۹۲۱۵ انجام گرفت (۸). نمونه آب مغناطیس شده برداشت و به محیط کشت پلیت کانت آگار آماده شده (درجه حرارت ۴۵ درجه سانتی گراد) اضافه شد. بعد از اینکه محیط کشت از حالت مایع خارج شد و به صورت ژله ای درآمد، محیط کشت در دمای ۳۵ درجه سانتی گراد داخل انکوباتور به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد و سپس تعداد کلنی های باکتری رشد کرده در سطح پلیت شمارش و بر حسب CFU در ۱ میلی لیتر گزارش شد.

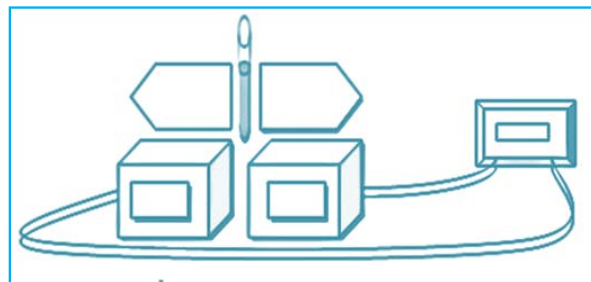
تعریف گروه کنترل و چگونگی انتخاب آنان:

به منظور تعیین تأثیر میدان مغناطیسی با شدت های مورد نظر بر رشد میکروارگانیسم های آب، نمونه آب مورد نظر به حجم ۱۵۰ میلی لیتر به داخل یک لوله آزمایش استریل به حجم ۲۰۰

مرحله از آزمایش ها از وسایل موجود در آزمایشگاه فیزیک مدرن دانشکده علوم پایه دانشگاه کردستان استفاده شد. به منظور بررسی تأثیر شدت های مختلف میدان مغناطیسی (۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی تسلا) بر پارامترهایی نظیر دمای نمونه ها، pH، کدورت، MPN، کل کلیفرم ها، کلیفرم های گرمای پای و شمارش باکتری های هتروتروف، نمونه های مورد و شاهد در ۵ گروه قرار گرفتند و تأثیر گذشت زمان (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ دقیقه) بر نمونه های شاهد و مورد اندازه گیری شد. مطالعه حاضر با هدف پاسخ به این دو سؤال انجام شد که آیا تفاوت معنی داری در پارامترهای فوق در حالت جزئی (شدت میدان های تفکیک شده) و در حالت کلی (در نظر گرفتن کل شدت میدان های فوق) و بین نمونه هایی که در میدان مغناطیسی قرار گرفته اند با نمونه های شاهد وجود دارد یا خیر؟ و این تفاوت باعث افزایش یا کاهش پارامتر مورد نظر شده است؟

تولید میدان مغناطیسی:

با استفاده از دو سلونوئید دارای ۲۵۰ دور سیم پیچ استاندارد که به یک منبع تغذیه برق متصل شده بود، میدان مغناطیسی مورد نظر (در این مطالعه شدت های ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی تسلا) ایجاد شد. دستگاه سلونوئید به یک آمپر متر متصل بود که با تغییر شدت جریان، شدت میدان های مختلف بدست آمد. در این بررسی از سلونوئید، آمپر متر و تسلامتر شرکت leybold آلمان استفاده شد. شمای کلی نمونه آب قرار داده شده در میدان مغناطیسی در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. نمونه آب قرار داده شده در میدان مغناطیسی: (۱) منبع تأمین برق، (۲) دو سلونوئید دارای ۲۵۰ دور سیم پیچ استاندارد و (۳) نمونه تحت تأثیر جریان

جدول ۱. میانگین تأثیر میدان مغناطیسی بر دمای نمونه‌های آب مورد و شاهد

زمان (دقیقه)	۱۰۰ میلی تسلا		۲۰۰ میلی تسلا		۳۰۰ میلی تسلا	
	شاهد	نمونه	شاهد	نمونه	شاهد	نمونه
۱۰	۱۹/۵۰	۱۹	۱۸/۴۳	۱۸/۸۳	۱۹/۳۳	۱۸/۷۷
۲۰	۱۵/۲۷	۱۴/۰۳	۱۵/۴۰	۱۴/۳۷	۱۶/۱۰	۱۵/۱۰
۳۰	۱۵/۹۳	۱۳/۱۳	۱۸	۱۳/۹۳	۱۶/۲۳	۱۲/۲۷
۴۰	۱۶/۴۳	۱۲/۷۷	۱۸/۷۷	۱۳/۰۷	۱۵/۴۷	۱۳/۳۳
۵۰	۱۹/۲۷	۱۵/۰۷	۱۹/۱۳	۱۳/۹۰	۱۶/۰۷	۱۳/۴۰

تأثیر میدان‌های مغناطیسی بر pH آب

تأثیر میدان مغناطیسی در محدوده ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی تسلا بر pH هر یک از نمونه‌های آبی مورد بررسی قرار گرفت که میانگین نتایج حاصل از آن در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس نتایج جدول ۲، میدان مغناطیسی اعمال شده افزایش بسیار جزئی در pH نمونه‌های مورد نسبت به نمونه‌های شاهد داشت.

جدول ۲. میانگین تأثیر میدان مغناطیسی بر pH نمونه‌های آب مورد و شاهد

زمان (دقیقه)	۱۰۰ میلی تسلا		۲۰۰ میلی تسلا		۳۰۰ میلی تسلا	
	شاهد	نمونه	شاهد	نمونه	شاهد	نمونه
۱۰	۷/۹۵	۷/۲۰	۸/۰۹	۷/۸۴	۸/۰۲	۷/۴۸
۲۰	۸/۰۵	۷/۳۳	۸/۳۹	۸/۱۸	۸/۳۷	۴/۴۶
۳۰	۸/۵۳	۸/۱۸	۸/۲۳	۷/۲۷	۸/۳۳	۷/۳۹
۴۰	۸/۳۰	۷/۴۸	۸/۳۶	۷/۳۸	۸/۱۸	۷/۲۸
۵۰	۸/۳۰	۷/۴۴	۸/۳۱	۷/۳۱	۸/۳۸	۷/۳۳

تأثیر میدان‌های مغناطیسی بر کدورت آب

در این مطالعه همچنین تأثیر میدان مغناطیسی در رنج مذکور (۱۰۰ تا ۳۰۰ میلی تسلا) بر کدورت نمونه‌های آب مورد بررسی قرار گرفت که میانگین نتایج حاصل در جدول ۳ ارائه شده است. بر اساس نتایج جدول ۳، میدان مغناطیسی اعمال شده باعث افزایش کدورت نمونه‌های مورد نسبت به شاهد شد. همچنین با افزایش زمان تماس تا ۴۰ دقیقه در تمامی شدت‌ها، میدان مغناطیسی کدورت نمونه‌ها افزایش یافت.

میلی‌لیتر (حجم تعیین شده برای انجام آزمایشات) ریخته شد و به کمک گیره در میدان مغناطیسی با شدت مورد نظر قرار گرفت و پس از گذشت زمان مورد نظر نمونه از داخل دستگاه خارج گردید. گروه کنترل یا شاهد همان نمونه‌هایی بودند که در شرایط کاملاً یکسان با نمونه اصلی در محیط آزمایشگاه نگهداری می‌شدند و تنها تفاوت آن با نمونه اصلی در این بود که این نمونه‌ها تحت تأثیر میدان مغناطیسی قرار داده نشدند. به علاوه آزمایش‌های تعیین میزان کل کلیفرم‌ها و کلیفرم‌های گرم‌پای، تعداد باکتری‌های هتروتروف، کدورت، دما و pH نیز بر روی این نمونه‌ها انجام شد.

پس از انجام آزمایش‌های مورد نظر، داده‌ها در برنامه Excel ۲۰۰۷ ذخیره و سپس با استفاده از نرم افزار آماری SPSS (ورژن ۱۶) و آماره General Linear Model (Anova) و ضریب همبستگی پیرسون مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها

نتایج حاصل از تغییرات مربوط به هر یک از پارامترهای مورد بررسی پس از تماس نمونه‌های آب با میدان‌های مغناطیسی به تفصیل گزارش گردیده است.

تأثیر میدان‌های مغناطیسی بر دمای آب

میانگین نتایج حاصل از آزمایشات تأثیر میدان مغناطیسی بر دمای نمونه‌های آب مورد بررسی در جدول ۱ نشان داده شده است. توجه به این نکته در نتایج جدول ۱ ضروری است که تفاوت دمای نمونه‌های شاهد آب ارائه شده، به دلیل انجام آزمایش در روزهای مختلف و ساعات مختلف بود. با توجه به نتایج جدول ۱، میدان مغناطیسی باعث افزایش دمای نمونه‌های آب مورد نسبت به نمونه‌های شاهد شد.

قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۵ ارائه شده است. بر اساس نتایج جدول ۵، اعمال شدت‌های مختلف میدان مغناطیس باعث افزایش کلیفرم‌های گرم‌پای نسبت به نمونه‌های شاهد شد. همچنین تأثیر میدان مغناطیسی بر افزایش کلیفرم‌های گرم‌پای نمونه‌ها با گذشت زمان افزایش یافت و این موضوع در شدت ۱۰۰ میلی تسلا به خوبی قابل مشاهده بود.

جدول ۵. میانگین تأثیر میدان مغناطیسی بر کلیفرم‌های گرم‌پای نمونه‌های آب مورد و شاهد

۳۰۰ میلی تسلا		۲۰۰ میلی تسلا		۱۰۰ میلی تسلا		زمان (دقیقه)
شاهد	نمونه	شاهد	نمونه	شاهد	نمونه	
۵	۹	۵	۷	۴	۱۸	۱۰
۵	۱۶	۵	۹	۳	۲۱	۲۰
۴	۱۴	۲	۱۲	۳	۲۵	۳۰
۵	۲۸	۴	۱۶	۴	۱۰۸	۴۰
۶	۵۸	۴	۲۳	۴	۱۱۴	۵۰

تأثیر میدان‌های مغناطیسی بر شمارش بشقابی باکتری‌های هتروتروف
نتایج تأثیر میدان‌های مغناطیسی بر شمارش بشقابی باکتری‌های هتروتروف نمونه‌های مورد و شاهد در جدول ۶ ارائه شده است. بر اساس نتایج جدول ۶، به طور کلی اعمال میدان مغناطیسی باعث افزایش چشمگیر در شمارش بشقابی باکتری‌های هتروتروف نمونه‌ها نسبت به نمونه‌های شاهد شد. این موضوع در شدت میدان مغناطیسی ۱۰۰ میلی تسلا نیز به خوبی قابل مشاهده بود، اما با افزایش زمان تماس، ارتباط معنی‌داری در افزایش یا کاهش باکتری‌های هتروتروف مشاهده نشد.

جدول ۶. میانگین تأثیر میدان مغناطیسی بر شمارش بشقابی باکتری‌های هتروتروف نمونه‌های مورد و شاهد

۳۰۰ میلی تسلا		۲۰۰ میلی تسلا		۱۰۰ میلی تسلا		زمان (دقیقه)
شاهد	نمونه	شاهد	نمونه	شاهد	نمونه	
۵۴۳	۱۰۵۷	۵۵۳	۱۹۹۰	۸۱۳	۳۰۰۲	۱۰
۷۷۷	۱۷۵۳	۶۵۷	۲۸۷۳	۱۴۹۰	۳۰۳۵	۲۰
۵۱۷	۳۱۲۰	۱۰۸۰	۱۵۵۳	۸۲۰	۳۳۱۰	۳۰
۵۴۷	۳۶۲۷	۴۸۳	۱۳۹۳	۶۶۳	۳۲۸۰	۴۰
۶۸۳	۳۶۱۰	۸۱۷	۱۴۰۳	۸۴۷	۳۰۲۰	۵۰

جدول ۳. میانگین تأثیر میدان مغناطیسی بر کدورت نمونه‌های مورد و شاهد

۳۰۰ میلی تسلا		۲۰۰ میلی تسلا		۱۰۰ میلی تسلا		زمان (دقیقه)
شاهد	نمونه	شاهد	نمونه	شاهد	نمونه	
۰/۶۸	۱/۶۰	۰/۵۷	۰/۸۳	۰/۷۹	۰/۸۹	۱۰
۱/۳۶	۱/۹۶	۱/۳۰	۱/۹۰	۱/۲۷	۲/۱۷	۲۰
۱/۴۲	۲/۲۲	۱/۳۴	۲/۱۳	۱/۸۰	۲/۱۸	۳۰
۱/۷۲	۲/۶۶	۲/۲۲	۲/۱۸	۱/۸۷	۲/۱۷	۴۰
۱/۶۱	۲	۱/۳۳	۱/۸۴	۰/۹۸	۱/۸۷	۵۰

تأثیر میدان‌های مغناطیسی بر کلیفرم‌های آب

در این مطالعه تأثیر شدت میدان‌های مغناطیسی در رنج مذکور بر کلیفرم‌های نمونه‌های آب نیز مورد بررسی قرار گرفت که نتایج حاصل به تفکیک در جدول ۴ ارائه شده است. بر اساس نتایج جدول ۴، میدان مغناطیسی باعث افزایش کل کلیفرم‌های نمونه‌های مورد نسبت به نمونه‌های شاهد شد. بر اساس نتایج حاصل، میدان مغناطیسی با شدت ۱۰۰ میلی تسلا بر کلیفرم‌ها بیشترین تأثیر را داشت و باعث افزایش چشمگیر در کلیفرم‌ها در مقایسه با نمونه‌های شاهد شد. در سایر شدت‌های میدان مغناطیسی افزایش نسبی مشاهده شد که با گذشت زمان تماس، تأثیر میدان‌های مغناطیسی بر افزایش کلیفرم‌ها افزایش یافت.

جدول ۴. میانگین تأثیر میدان مغناطیسی بر کل کلیفرم‌های نمونه‌های مورد و شاهد

۳۰۰ میلی تسلا		۲۰۰ میلی تسلا		۱۰۰ میلی تسلا		زمان (دقیقه)
شاهد	نمونه	شاهد	نمونه	شاهد	نمونه	
۹	۱۸	۱۵	۱۴	۵	۱۲۳	۱۰
۱۱	۲۵	۷	۲۹	۷	۲۱۵	۲۰
۱۰	۲۸	۴	۳۰	۹	۲۷۰	۳۰
۱۰	۱۳۳	۵	۴۰	۶	۶۸۵	۴۰
۱۰	۱۳۳	۸	۳۱۳	۴	۸۵۱	۵۰

تأثیر میدان‌های مغناطیسی بر کلیفرم‌های گرم‌پای آب

همچنین در این مطالعه میانگین نتایج تأثیر تغییرات میدان مغناطیسی در محدوده شدت‌های ذکر شده (۱۰۰ تا ۳۰۰ میلی تسلا) بر کلیفرم‌های گرم‌پای نمونه‌های آبی و شاهد مورد بررسی

بحث

در این مطالعه با اعمال میدان مغناطیسی بر ۱۵ نمونه مورد نظر و عدم اعمال این میدان بر ۱۵ نمونه شاهد، تأثیر میدان مغناطیسی بر دمای نمونه مورد ($p=0/10$) نسبت به نمونه های شاهد ($p=0/97$) اختلاف معنی داری نداشت، اما افزایش جزئی در دمای نمونه‌ها نسبت به نمونه‌های شاهد مشاهده شد که این موضوع می‌تواند با تأثیر میدان مغناطیسی بر ساختار مولکولی آب مرتبط باشد (۹). همچنین ارتباط بین دمای نمونه مورد و شاهد به تفکیک هر ۳ شدت میدان مغناطیسی بر اساس ضریب همبستگی پیرسون نشان داد که با اعمال شدت میدان مغناطیسی ۱۰۰ میلی تسلا در مدت زمان‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ دقیقه، تفاوت معنی داری بین نمونه‌های شاهد و مورد وجود دارد ($p=0/003$) و این اختلاف در شدت‌های ۲۰۰ ($p<0/00$) و ۳۰۰ ($p<0/05$) میلی تسلا نیز مشاهده شد. تاکنون مطالعه مشابهی جهت مقایسه با نتایج این قسمت از پژوهش انجام نشده است، اما همانگونه که ذکر گردید نتایج مطالعات گذشته نشان می‌دهد که اعمال میدان‌های مغناطیسی باعث تغییراتی در ساختار مولکولی آب می‌گردد (۹، ۱۰). از سوی دیگر تأثیر اعمال میدان‌های مغناطیسی بر افزایش رشد میکروارگانیسم‌ها می‌تواند به صورت غیرمستقیم، عامل افزایش جزئی در دمای آب باشد.

بر اساس نتایج جدول ۲، تأثیر میدان مغناطیسی بر pH نمونه‌های مورد ($p=0/98$) نسبت به نمونه‌های شاهد ($p=0/316$) اختلاف معنی داری نداشت، اما در مطالعه کوستاتو و همکاران (۱۹۹۲) میدان مغناطیسی باعث افزایش تولید CO_2 در محیط‌های کشت شد (۱۱). در مطالعه بولسلا (۱۹۸۵)، آب مغناطیس شده pH بالاتر و هدایت الکتریکی بیشتری نسبت به آب لوله‌کشی داشت (۱۲). همچنین در مطالعه (آوانویسی شود) Xu و همکاران (۲۰۰۹) بر روی pH لجن با اعمال ۰-۴ میلی تسلا، میزان pH نمونه‌های مورد نسبت به شاهد افزایش نشان داد (۱۳) که این موضوع در حالت کلی با نتایج مطالعه حاضر همخوانی نداشت. در مطالعه حاضر تأثیر میدان مغناطیسی بر

افزایش کدورت نمونه ($p<0/26$) نسبت به نمونه‌های شاهد ($p<0/30$) اختلاف معنی داری نداشت. اگرچه با توجه به نتایج جدول ۳، با اعمال میدان مغناطیسی، کدورت نمونه‌های آب نسبت به نمونه‌های شاهد هم در حالت کلی و هم در شدت‌های مختلف تغییر کرد؛ به گونه‌ای که با اعمال میدان مغناطیسی، کدورت نمونه‌های مورد نسبت به نمونه‌های شاهد تا حدی افزایش یافت که این موضوع می‌تواند با افزایش رشد میکروارگانیسم‌ها در آب مرتبط باشد، زیرا نتایج مطالعه حاضر معنی دار بودن تأثیر میدان‌های مغناطیسی را بر افزایش کل کلیفرم‌ها، کلیفرم‌های گرم‌پای و باکتری‌های هتروتروف تأیید می‌کند.

با توجه به نتایج جدول ۴، با اعمال میدان مغناطیسی بر ۴۵ نمونه مورد نظر و عدم اعمال این میدان بر ۴۵ نمونه شاهد، تأثیر میدان مغناطیسی بر کل کلیفرم‌های نمونه مورد ($p<0/012$) نسبت به نمونه‌های شاهد ($p<0/01$) اختلاف معنی داری داشت، بنابراین اعمال میدان مغناطیسی بر نمونه‌ها بر کل کلیفرم‌ها تأثیر گذار بوده و باعث افزایش آن‌ها شده بود. همچنین با افزایش زمان تماس، تعداد کلیفرم‌ها افزایش پیدا کرده بود و تأثیر میدان مغناطیسی بر کلیفرم‌ها در شدت ۱۰۰ میلی تسلا به وضوح قابل مشاهده بود. در این مطالعه افزایش جذب مواد مغذی توسط باکتری‌ها تحت تأثیر میدان مغناطیسی ممکن است باعث افزایش رشد کلیفرم‌ها شده باشد که این افزایش در مطالعات قبلی در خصوص افزایش باکتری‌ها و کلیفرم‌ها مطابقت داشت (۱۴، ۱۵). در مطالعه = زو و همکاران (۲۰۰۹) در مورد تأثیر میدان مغناطیسی با شدت پایین بر باکتری‌های بی‌هوازی و مطالعه وست و همکاران (۱۹۹۴) در خصوص تعداد کلنی‌های نمونه سلول‌های JB۶ در میدان الکترومغناطیسی با شدت ۱/۱ میلی تسلا که مورد بررسی قرار گرفتند، نسبت به نمونه‌های شاهد افزایش رشد داشتند (۱۳، ۱۶). همچنین نتایج مطالعه حاضر در مورد تأثیر تغییرات میدان مغناطیسی در محدوده شدت‌های ذکر شده بر کلیفرم‌های گرم‌پای نمونه‌های آبی و شاهد نشان داد که اعمال شدت‌های مختلف میدان مغناطیسی باعث افزایش

با شدت ۱/۱ میلی تسلا قرار داده شده بودند، به میزان ۴۰ تا ۷۰ درصد نسبت به نمونه‌های شاهد افزایش رشد داشتند (۱۶). لذا توصیه می‌گردد با نظر به استفاده‌های روزافزون از وسایل الکتریکی در محیط زندگی به منظور شناخت بیشتر اثرات میدان‌های ساطع شده از آن‌ها مطالعات دقیقی در خصوص اثرات میدان‌های مغناطیسی بر سایر میکروارگانیسم‌هایی که قابلیت شناسایی و شمارش آن‌ها با روش‌های میکروبیولوژی موجود است، صورت پذیرد.

نتیجه‌گیری

میدان‌های مغناطیسی باعث افزایش کل کلیفرم‌ها، کلیفرم‌های گرم‌پای و شمارش بشقاب‌های هتروتروف نمونه‌های آب می‌شود. در مقابل نتایج مطالعه حاضر تأثیر میدان‌های مذکور بر دما، pH و کدورت آب را تأیید نمی‌نماید و باعث افزایش جزئی گردید. بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که میدان‌های مغناطیسی بر رشد میکروارگانیسم‌ها تغییراتی ایجاد می‌کنند.

تشکر و قدردانی

این مقاله منتج از پایان‌نامه آقای رامین خوش نیت جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد می‌باشد. بدین‌وسیله از معاونت محترم تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی همدان به لحاظ تأمین هزینه‌های این پژوهش و از آزمایشگاه فیزیک مدرن دانشکده علوم پایه دانشگاه کردستان به لحاظ همکاری در تأمین دستگاه‌های مورد نیاز، تشکر و قدردانی می‌شود.

References:

1. Lennart Hardell, Cindy Sage. Biological effects from electromagnetic field exposure and public exposure standards. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 2008; 62: 104-109.
2. Goodman R, Chizmadzhev Y, Shirley-Henderson A. Electromagnetic fields and Cells, *J Cell Biol* 1993; 51:436-441.
3. Fojt L, Strasak L, Vetterl V, Smarda J. Comparison of the Low - frequency magnetic field effects on bacteria *Escherichia coli*, *Leclercia adecarboxylata* and

کلیفرم‌های گرم‌پای نسبت به نمونه‌های شاهد شد، از سوی دیگر تأثیر میدان مغناطیسی بر افزایش کلیفرم‌های گرم‌پای نمونه‌ها با گذشت زمان افزایش یافت و این موضوع در شدت ۱۰۰ میلی تسلا به خوبی قابل مشاهده بود. نتایج آماری حاکی از معنی‌دار بودن تأثیر میدان مغناطیسی بر افزایش کلیفرم‌های گرم‌پای در نمونه‌های آبی ($p=0/04$) نسبت به نمونه‌های شاهد ($p=0/04$) بود. در منابع مورد استفاده، به تأثیر میدان مغناطیسی بر کلیفرم‌های گرم‌پای اشاره‌ای نشده است، اما تحقیقات زیادی در مورد تأثیر میدان مغناطیسی بر باکتری اشرشیاکلی وجود دارد و باکتری اشرشیاکلی جزء کلی فرم‌های گرم‌پای می‌باشد که از آن جمله می‌توان به مطالعه آرهوتو همکاران (۱۹۸۱) اشاره کرد که در آن مطالعه میدان مغناطیسی با شدت ۲ میلی‌تسلا به مدت ۶ و ۱۶ ساعت به ترتیب باعث کاهش و افزایش رشد باکتری اشرشیاکلی شد (۱۵). همچنین یک در مطالعه مشابه شدت ۱۰-۲/۷ میلی تسلا در ۱۲ دقیقه باعث کاهش رشد باکتری اشرشیاکلی شد (۱۷).

در مطالعه حاضر با مقایسه نتایج اعمال میدان مغناطیسی بر نمونه‌های موردنظر و عدم اعمال این میدان بر نمونه‌های شاهد، تأثیر میدان مغناطیسی بر شمارش بشقاب‌های باکتری‌های هتروتروف نمونه ($p<0/000$) نسبت به نمونه‌های شاهد ($p<0/02$) اختلاف معنی داری داشت. بنابراین اعمال میدان مغناطیسی بر افزایش تعداد باکتری‌های هتروتروف یا شمارش بشقاب‌های باکتری‌های هتروتروف مؤثر بود. در مطالعه استراساک و همکاران (۲۰۰۴) اعمال میدان مغناطیسی با شدت ۱۰-۲/۷ میلی تسلا در مدت زمان ۱۲-۰ دقیقه، تعداد باکتری‌های هتروتروف شمارش شده به روش شمارش بشقاب‌های را با افزایش زمان تماس نسبت به نمونه‌های شاهد کاهش داد (۱۴). تحقیقات محققین چینی نشان داد که جذب مواد مغذی سلول‌ها با اعمال میدان مغناطیسی، باعث افزایش رشد آنها می‌شود (۱۳). در مطالعه وست و همکاران (۱۹۹۴) در نمونه‌های مورد بررسی از سلول‌های JB۶، تعداد کلنی‌هایی که در میدان الکترومغناطیسی

- Staphylococcus aureus. *Bioelectrochemistry* 2004; 63: 337 – 341.
4. International Commission on-Non Ionizing Radiation Protection, Guidelines for limiting exposure to time varying , electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz) 20 – 92.
 5. National Institute of environmental Health sciences, National Institutes of Health, NIEHS report on health effect from exposure to power- line frequency electric and magnetic field, NIH Publication 1999; 4493-99.
 6. Hones I, Pospischil A, Berg H. Electrostimulation of proliferation of the denitrifying bacterium. *Bioelectrochemistry and Bioenergetics* 44 (1998) 275 – 277.
 7. fojt L, Strasak L, Vetterl V, Smarda J. Comparison of the Low – frequency magnetic field effects on bacteria *Escherichia coli*, *Lecleria adecarboxylata* and *Staphylococcus aureus*. *Bioelectrochemistry* 2004; 63: 337 – 341.
 8. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 20th ed. American Public Health Association, Washington, DC, 2002.
 9. Cai R, Yang H, He J, Zhu W. The effects of magnetic water molecular hydrogen bonds. *J. Mol. Struct* 2009; 938: 15-19.
 10. Tariq N. Musa, Ebaa A. Hamoshi. The Effect of Magnetic Field on The Solubility of NaCl and CaCl₂.2H₂O at Different Temperature and pH Values. *Basrah J. Agric. Sci* 2012, 25(1): 19-26.
 11. Costato M., Majin G, Venturelli T, Bolognani, L, Lecture. International Congress of EBFA, Brussels. 1992.
 12. Boleslaw G. Influence of constant magnetic field on certain physiochemical properties of water. *Bioelectromagnetics* 1985; 169-175.
 13. Xu Y.B, Duan X.J, Yan J.N. Influence of magnetic field on activity of given anaerobic sludge. 2009; 20 (19): 875-883.
 14. Strašák, L, Vetterl V, Šmarda J. Effect of Low frequency magnetic field on bacteria *Escherichia coli*. *Bioelectrochemistry* 2004; 63 (1 – 2): 337 – 41.
 15. E Aarholt, EA filinn and CW Smith, Dept. of Electrical Engng Univ. of Salford, UK Effects of low – frequency magnetic field on bacterial growth rate. 1981; 26.
 16. West R.W, Hinson W.G, Lyle D .B, Swicord M .L. Enhancement of anchorage-independent growth in JB6 cells exposed to 60 Hertz magnetic fields. *Bioelectrochem. Bioenerg* 1994; 34 39 – 43.
 17. Nascimento L.F, Botura Jr, G, Mota R.P. Glucose consume and Growth of *E.coli* under electromagnetic field. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*. 2003; 65 – 67.