مجله علوم پزشکی دانشگاه آزاد اسلامی
دوره ۲۰، شماره ۱، بهار ۸۹، صفحات ۱۶ تا ۲۱

Original Article

بررسی اثر میدان‌های مغناطیسی ترکیبی مستقیم (DC) و پالسی با فرکانس بسیار پایین (ELF) بر روی رشد باکتری E. Coli

سید محمد پورهاشمی[۱]، سید احمد فلاحتی[۲]، بمانعلی جلالی[۳]، مجید بیطرف[۴]

[۱] مربی، فیزیک کاربردی، گروه فیزیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد یزد
[۲] کارشناس ارشد فیزیک پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد
[۳] داشیار، دکترای بیوشیمی، گروه بیوشیمی، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد
[۴] مربی، دکترای آمار، گروه آمار و ریاضی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد میبد

چکیده

سابقه و هدف: *به دلیل اهمیت میدان‌های مغناطیسی در ایجاد تغییراتی در رفتار سلولی و نیز پی‌بردن به مکانیزم اثر میدان‌های مغناطیسی ELF (Extremely low frequency) و ترکیب آن با میدان‌های مغناطیسی مستقیم روی سلول لازم است مطالعه وسیع‌تری صورت پذیرد. هدف از این تحقیق بررسی تاثیر میدانهای مغناطیسی ترکیبی مستقیم DC و ELF پالسی بر روی رشد باکتری E.Coli-DH5-α بود.*

روش بررسی: *در مطالعه تجربی حاضر، در هر سری آزمایش ده عدد کووت حاوی محیط کشت تلقیح داده شده با باکتری E.Coli در دو گروه تجربی و شاهد بررسی شدند. گروه تجربی در انکوباتور در دمای ۰/۱±۳۷ درجه سانتی‌گراد در داخل میدان مغناطیسی یکنواخت قرار گرفت. شکل موج میدان متغیر در تمام موارد، پالسی با پهنای پالس ۶ میلی‌ثانیه و محدوده اعمال فرکانس‌ها ۱۰ الی ۴۵ هرتز به فواصل ۵ هرتز و محدوده شدت میدان پالسی موثر ۲ الی ۴ میلی تسلا به فواصل ۱ میلی‌تسلا و میدان مغناطیسی ثابت در تمام آزمایش‌ها ۱ میلی‌تسلا و مدت زمان اعمال میدان ۶ ساعت بلا فاصله پس از شروع کشت بود. گروه شاهد در شرایط مشابه در محفظه‌ای آهنی و خارج میدان قرار داده شد. بررسی رشد باکتری، به روش کدورت‌سنجی محیط کشت‌ها به وسیله اسپکتروفتومتر در فواصل زمانی مشخص بود. اندازه‌گیری زمان تاخیر و نیز سرعت رشد در فاز لگاریتمی به عنوان شاخص‌های ارزیابی انتخاب گردید.*

یافته‌ها: *میدان‌های مغناطیسی ترکیبی DC و ELF پالسی بجز فرکانس‌های ۱۵، ۲۵ و ۴۰ هرتز، سرعت رشد را افزایش دادند. زمان تاخیر بجز در فرکانس‌های ۱۵، ۳۰ و ۴۵ هرتز تغییر کرد. در فرکانس‌های ۲۰ و ۳۵ هرتز میدان باعث افزایش زمان تاخیر شد و در فرکانسهای ۱۰ ، ۲۵ و ۴۰ هرتز زمان تاخیر کاهش می یابد و بنابراین در این محدوده از فرکانس اثر میدان بر روی زمان تاخیر در فواصل ۱۵ هرتز تکرار شد.*

نتیجه‌گیری: *این تحقیق، وجود دریچه‌هایی از فرکانس را برای تشدید اثر میدان مغناطیسی بر روی سلول تایید کرد.*

واژگان کلیدی: *میدانهای مغناطیسی، ELF، E.Coli، رشد.*

مقدمه

اثرات میدان‌های الکترومغناطیسی می‌تواند از جنبه سوء بهداشتی، جنبه درمانی و پژوهش‌های بنیادی مورد بحث و بررسی قرار گیرد. در چند دهه اخیر مطالعه و تحقیق پیرامون این اثرات مورد توجه قرار گرفته و دانشمندان زیادی در این زمینه فعالیت می‌کنند. در این زمینه، رشته‌هایی مانند بیومغناطیس و بیوالکتریسیته پدید آمده است که در آنها جنبه-های متفاوت این موضوع مشخص و کلاسه‌بندی شده و محققان هر کدام در یکی از شاخه‌های آن مشغول به فعالیت هستند (۱).

آدرس نویسنده مسئول: یزد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد، دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک، سید محمد پورهاشمی (email: mpoorhashemi@yahoo.com)

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۲/۱۴
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۸/۹/۲۰

[Downloaded from tmuj.iautmu.ac.ir on 2026-11-25]

یکی از این شاخه‌ها بررسی و مطالعه پیرامون اثرات میدان‌های مغناطیسی ELF (Extremely low frequency) بر روی سلول اعم از پروکاریوت و یوکاریوت می‌باشد. میدان‌های مغناطیسی ELF میدان‌های مغناطیسی با فرکانس بسیار پایین (کمتر از ۳۰۰ هرتز) هستند که به دو علت مورد توجه می باشند. دلیل اول اثر محسوس این میدان‌ها بر روی سیستم‌های بیولوژیک و دومین دلیل وجود این میدان‌ها در محیط زندگی انسان بعلت استفاده از وسایل الکتریکی است (۴-۱).

با اینکه در تحقیقات متعددی مشخص شده است که میدان‌های مغناطیسی ELF می‌توانند باعث تغییراتی در رفتار سلولی شوند ، پارامترهای دوزاژ انرژی (فرکانس، دامنه، شکل موج و...) که سلول از آنها بهره‌مند می‌شوند، احتمالا نتیجه نهایی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۸-۵). بعنوان مثال نوسان یونی و چرخشی دو قطبی، وابسته به فرکانس و دامنه میدان الکتریکی القایی است، بعلاوه فعالیت آنزیمی به دسترسی محلهای اتصال ویژه روی سطوح غشاء و نیز تحریک ژن مربوطه بر روی DNA بستگی دارد (۹). این سایت‌ها بوسیله کاربرد سیگنال‌های الکتریکی ازنوع مناسب می‌توانند از قفل خارج شوند (۱۱-۱۰). Tsong بیان می‌کندکه دراصل هر کلاس پروتئینی برای پاسخ به یک میدان نوسان‌دار با فرکانس و قدرت مشخص سازگار شده است (۹).

با اینکه شواهدی وجود دارد که شدت‌های کم برای تحریک فعالیت‌های سلولی در آزمایشگاه کافی هستند، اما هنوز کنکاش بیشتری لازم است تا موثرترین باندهای موج و فرکانس‌های پالس را تعیین نموده و اینها را در شرایط بالینی مشخص به کار بست. با اینحال باید یادآوری نمود که اغلب شکل‌های درمانی انرژی، چه در شرایط زنده و چه در شرایط آزمایشگاهی، به عنوان تحریک در سطح سلولی عمل می‌کنند. سلول‌ها، این تحریکات را تبدیل و تقویت کرده، بنابراین برون‌ده انرژی سلول‌ها بسیار بیشتر از انرژی ورودی است (۱، ۱۲).

هر باکتری هنگامی‌که در یک محیط جدید قرار می‌گیرد، ابتدا شروع به شناسایی مواد غذایی اطراف خود کرده و سپس متابولیت‌ها و آنزیم‌های مورد نیاز هضم مواد غذایی موجود توسط سلول تولید ودر نهایت مصرف آنها و رشد سلول شروع می‌شود که این مرحله بسته به نوع محیط و نوع سلول و تعداد سلول‌های وارد شده به محیط کشت و شرایط فیزیکی حاکم بر آنها مدت زمان خاصی (زمان تأخیر) طول می‌کشد (۱۳). چنان‌چه این زمان در محیط کشتی که فقط یک ماده غذایی مانند لاکتوز وجود داشته باشد، تحت تأثیر میدان مغناطیسی خاصی قرار گیرد، نشانه تحریک اپرن لاکتوز بر روی زنجیره DNA می‌باشد (۸، ۱۴، ۱۵). بنابراین در این مطالعه، تأثیر میدان‌های مغناطیسی ELF پالسی و مستقیم DC در فرکانس‌ها و شدت‌های مختلف بر روی رشد باکتری و نیز زمان سازگاری باکتری در یک محیط کشت خاص بررسی شد.

مواد و روشها

این مطالعه به صورت تجربی انجام شد. به این صورت که اثر میدان‌های مغناطیسی ELF در فرکانس‌ها و شدت‌های مختلف بر روی زمان سازگاری باکتری E.Coli در محیط‌های قندی متفاوت مورد بررسی قرار گرفت. جامعه مورد مطالعه کووت‌های حاوی محیط کشت یکسان و تعداد باکتری اولیه یکسان بود. باکتری مورد مطالعه E.Coli-DH5-α بود. اطلاعات لازم در این بررسی با استفاده از دستگاه‌های اوسیلوسکوپ، گوس‌متر، PH-متر، اسپکتروفتومتر و ترمومتر جمع‌آوری شد.

در این مطالعه، هر دفعه تعداد ده کووت حاوی محیط کشت که با باکتری E.Coli-DH5-α کشت داده شده بودند، بررسی شدند. در هر آزمایش، کووت‌ها به دو دسته پنج تایی تقسیم و یکی از دسته‌ها داخل میدان (گروه تجربی) و دسته دیگر خارج از میدان (گروه شاهد) در انکوباتور با شرایط یکسان قرار گرفتند. آزمایش‌ها در ده حالت متفاوت صورت گرفت که شرایط آزمایش در هر حالت در جدول ۱ آمده است. برای بدست آوردن ثابت سرعت رشد و زمان تأخیر، منحنی‌های رشد را به ناحیه‌های زمان تأخیر، رشد لگاریتمی و رشد ثابت تقسیم کرده و سپس معادله خطهای مربوط به ناحیه تأخیر و ناحیه رشد لگاریتمی محاسبه شد. سرانجام ضریب تحریک برای ثابت سرعت رشد و زمان تأخیر از روی منحنی‌های حاصل محاسبه گردید. در نهایت وابستگی آنها به شدت میدان مغناطیسی و فرکانس میدان مورد بررسی قرار گرفت.

برای رسم منحنی رشد باکتری، ابتدا لگاریتم دانسیته نوری بدست آمده، محاسبه و سپس میانگین و انحراف معیار آنها برای گروه تجربی و گروه شاها محاسبه گردید. به این ترتیب منحنی میانگین رشد ۵ نمونه بدست آمد که هم‌زمان با هم کشت داده شده و در شرایط یکسانی قرار گرفته بودند. سلول‌ها بعد از قرار گرفتن در محیط تعریف شده لاکتوزی شروع به رشد کردند. رشد سلول‌ها تا ۸ ساعت دنبال شد که دو « فاز تأخیری» و «فاز رشد لگاریتمی» محیط کشت کاملاً مشخص گردید.

برای بدست آوردن پارامترهای مورد نظر و بررسی و تجزیه و تحلیل آنها از نرم افزار اکسل استفاده شد که بوسیله آن خطوط برازش مربوطه رسم و معادله آنها بدست آمد. در

[Downloaded from tmuj.iautmu.ac.ir on 2026-11-25]

جدول ۱- شرایط میدان مغناطیسی در آزمایشهای مختلف

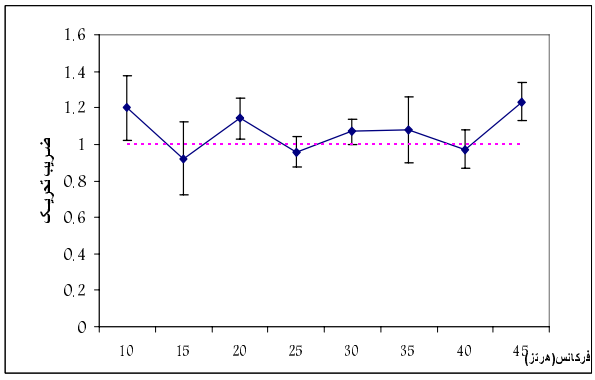
میدان	شدت میدان مغناطیسی موثر (میدان متغیر)	شدت میدان مغناطیسی ثابت	فرکانس میدان متغیر	پهنای پالس میدان متغیر
میدان ۱	۲ میلی تسلا	۱ میلی تسلا	۱۰ هرتز	۶ میلی ثانیه
میدان ۲	۲ میلی تسلا	۱ میلی تسلا	۱۵ هرتز	۶ میلی ثانیه
میدان ۳	۲ میلی تسلا	۱ میلی تسلا	۲۰ هرتز	۶ میلی ثانیه
میدان ۴	۲ میلی تسلا	۱ میلی تسلا	۲۵ هرتز	۶ میلی ثانیه
میدان ۵	۲ میلی تسلا	۱ میلی تسلا	۳۰ هرتز	۶ میلی ثانیه
میدان ۶	۲ میلی تسلا	۱ میلی تسلا	۳۵ هرتز	۶ میلی ثانیه
میدان ۷	۲ میلی تسلا	۱ میلی تسلا	۴۰ هرتز	۶ میلی ثانیه
میدان ۸	۲ میلی تسلا	۱ میلی تسلا	۴۵ هرتز	۶ میلی ثانیه
میدان۹	۳ میلی تسلا	۱ میلی تسلا	۴۵ هرتز	۶ میلی ثانیه
میدان۱۰	۴ میلی تسلا	۱ میلی تسلا	۴۵ هرتز	۶ میلی ثانیه

مرحله بعد نقطه تلاقی این خطوط بدست آمده و از آنجا زمان تاخیر و همچنین شیب خط در ناحیه لگاریتمی که نشان دهنده سرعت رشد است، محاسبه گردید. در مرحله بعد نسبت شاخص‌های سرعت رشد و زمان تاخیر برای نمونه‌های تجربی و شاهد که به ضریب تحریک معروف و به عنوان ملاک‌های ارزیابی میدان معرفی شده‌اند، بدست آمد.

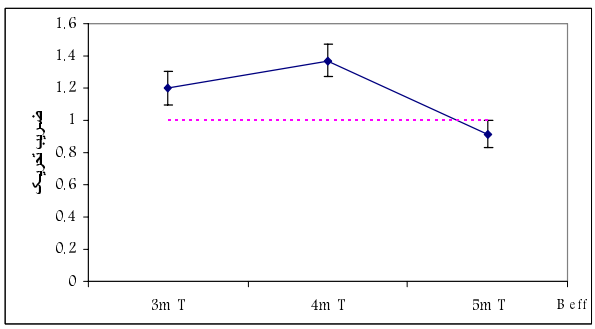
با توجه به اینکه آزمایشات در ده میدان مختلف انجام شد و در هر آزمایش رشد دو مجموعه ۵ تایی نمونه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت، در کل یک‌صد نمودار رشد بدست آمد. از هر نمودار دو معادله خط در فازهای تاخیر و لگاریتمی حاصل شد و سپس با توجه به این معادلات، زمان تاخیر و سرعت رشد در داخل و خارج میدان بدست آمد. در مرحله بعد میانگین و انحراف معیار سرعت رشد و زمان تاخیر برای نمونه‌هایی که در میدان‌های مشابه قرار داشتند، بدست آمد و سپس نسبت سرعت رشد در داخل میدان به سرعت رشد در خارج میدان و نسبت زمان تاخیر در خارج میدان به زمان تاخیر در داخل میدان محاسبه گردید. این نسبت‌ها بترتیب به نام ضریب تحریک برای زمان تاخیر و ضریب تحریک برای سرعت رشد معروف شده‌اند.

یافته‌ها

همان‌طور که در نمودار ۱و ۲ مشاهده می‌شود، میدان‌های مغناطیسی ترکیبی DC و پالسی ELF با شدت ۳ میلی‌تسلا بجز فرکانس‌های ۱۵، ۲۵ و ۴۰ هرتز در بقیه موارد بر روی سرعت رشد تاثیر گذاشته و آن را حداکثر تا حدود ۱/۲ برابر افزایش داده‌اند و در فرکانس ثابت ۴۰ هرتز که ماکزیمم کاهش در زمان تاخیر اتفاق افتاده است، با افزایش شدت میدان موثر از ۳ به ۴ میلی‌تسلا سرعت رشد کمی یافته است.



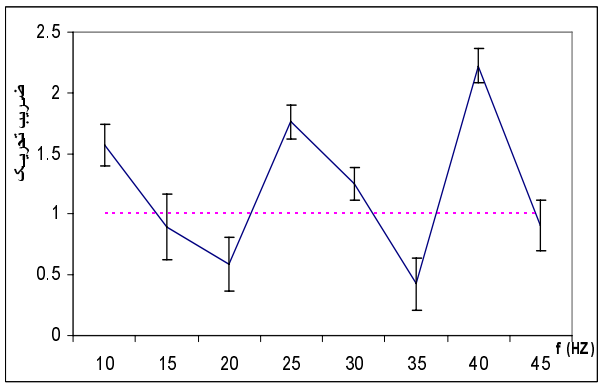
نمودار ۱- وابستگی ضریب تحریک به فرکانس برای سرعت رشد درشدت میدان موثر ۳ میلی تسلا



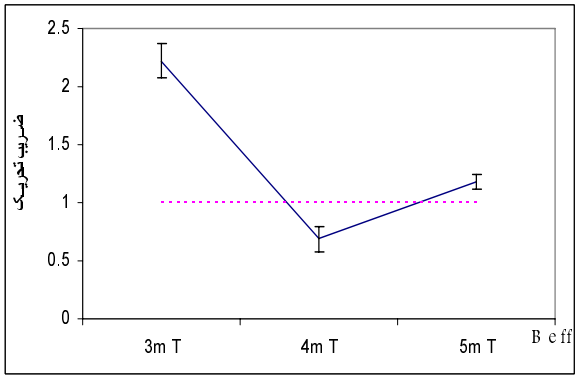
نمودار ۲- وابستگی ضریب تحریک به شدت میدان برای سرعت رشد در فرکانس ثابت ۴۰ هرتز

[Downloaded from tmuj.iautmu.ac.ir on 2026-11-25]

نمودار ۳ و ۴ نشان دهنده اثر میدان بر روی زمان تاخیر می‌باشد. این میدان‌ها در فرکانس‌های ۱۰، ۲۵ و ۴۰ هرتز زمان تاخیر را کاهش و در فرکانس‌های ۲۰ و ۳۵ زمان تاخیر را افزایش دادند. نکته جالبی که از این مقایسه برمی‌آید این است که در این محدوده از فرکانس اثر میدان بر روی زمان تاخیر در فواصل ۱۵ هرتز مرتبا تکرار شده است. در فرکانس ثابت ۴۰ هرتز افزایش شدت میدان، اثر معکوسی بر روی سازگاری باکتری با محیط داشت.



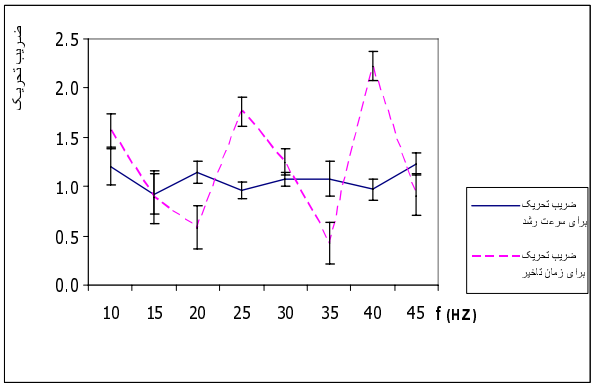
نمودار ۳- وابستگی ضریب تحریک به فرکانس برای زمان تاخیر در شدت میدان موثر ۳ میلی تسلا



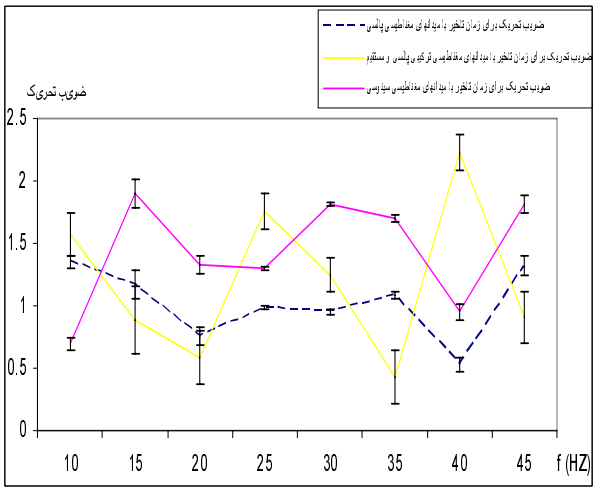
نمودار ۴- وابستگی ضریب تحریک به شدت میدان برای زمان تاخیر در فرکانس ثابت ۴۰ هرتز

نمودار ۵ در واقع مقایسه دو نمودار ۱و ۳ است که نشان می‌دهد فرکانس ۱۰ هرتز بطور مشترک باعث افزایش سرعت رشد و نیز کاهش زمان سازگاری باکتری با محیط خود شده است. نکته جالبی که در مقایسه این دو منحنی مشاهده می‌شود این است که اثر میدان ترکیبی بر روی زمان تاخیر به مراتب شدیدتر و قابل ملاحظه‌تر است.

در نمودار ۶ مقایسه‌ای بین اثر میدان‌های سینوسی و پالسی و ترکیبی (AC و DC) در فرکانس‌های مختلف بر روی زمان تاخیر به عمل آمده است. این مقایسه نشان دهنده این موضوع است که میدان‌های ترکیبی در بعضی از فرکانس‌ها و به خصوص در فرکانس ۴۰ هرتز اثرات شدیدتری نسبت به میدانهای سینوسی و پالسی داشته‌اند.



نمودار ۵- مقایسه وابستگی ضریب تحریک به فرکانس برای سرعت رشد و زمان تاخیر در شدت میدان موثر ۳ میلی تسلا

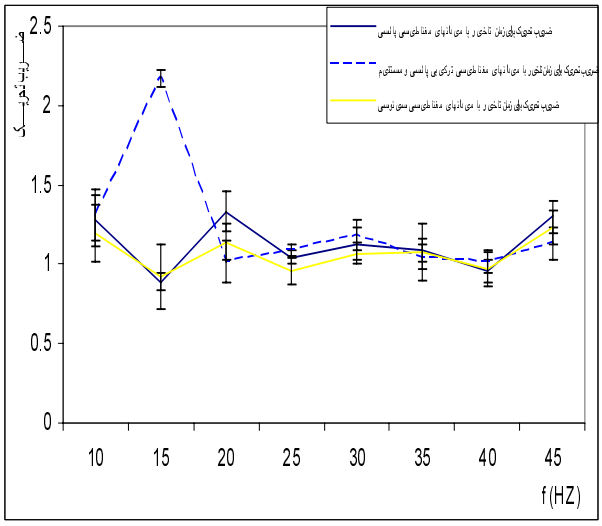


نمودار ۶- مقایسه ضریب تحریک در فرکانسهای مختلف برای زمان تاخیر در میدانهای "سینوسی" و "پالسی" و"ترکیبی مستقیم و پالسی"

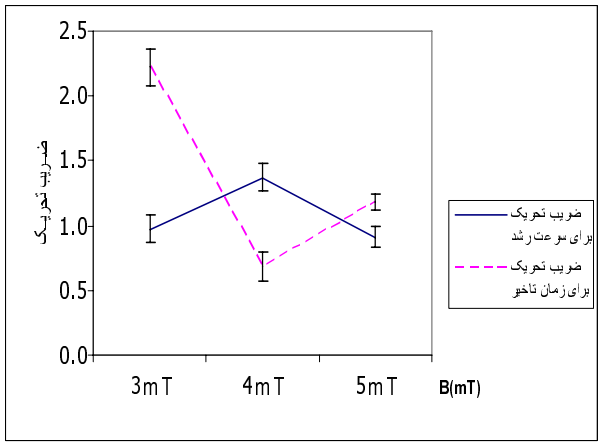
با مشاهده نمودار ۷ کاملا مشخص می‌شود که در فرکانس‌های مختلف تاثیر میدان ترکیبی بر روی سرعت رشد مشابه میدان‌های پالسی می‌باشد و بجز در فرکانس ۱۵ هرتز که میدان سینوسی اثر واضح و شدیدی بر روی سرعت رشد دارد، در بقیه فرکانس‌ها اثر میدان تقریبا ناچیز است. هم‌چنین نمودار ۸ نشان می‌دهد که در فرکانس ثابت ۴۰ هرتز که میدان بیشترین تاثیر را داشته است، با افزایش شدت میدان، تاثیر میدان بر روی سرعت رشد دارای مقدار حداکثری در ۴ میلی‌تسلا بوده و در شدت‌های ۳ و ۵ میلی‌تسلا تاثیر میدان تقریبا به صفر کاهش پیدا کرده است. هم‌چنین با افزایش

[Downloaded from tmuj.iautmu.ac.ir on 2026-11-25]

شدت میدان از ۲ به ۳ میلی‌تسلا ضریب تحریک از ۲/۲ به ۰/۶۸ کاهش یافته است. به عبارتی در شدت ۳ میلی‌تسلا اثر میدان بر روی زمان تاخیر مثبت و در شدت ۴ میلی‌تسلا مهاری بوده است. در شدت میدان ۵ میلی‌تسلا، مشابه سرعت رشد تاثیر میدان بر روی زمان تاخیر به صفر کاهش پیدا کرده است.



نمودار ۷- مقایسه ضریب تحریک در فرکانسهای مختلف برای سرعت رشد در میدانهای "سینوسی" و "پالسی" و ترکیبی مستقیم و پالسی"



نمودار ۸- مقایسه وابستگی ضریب تحریک به شدت میدان برای سرعت رشد و زمان تاخیر در فرکانس ثابت ۴۰ هرتز

بحث

نوع میدان مغناطیسی اعمال شده در این تحقیق، ترکیب AC و DC و محدوده شدت میدان موثر بین ۳ الی ۵ میلی‌تسلا انتخاب گردید. زیرا اولا اثرات بیولوژیکی خفیف در اثر میدان‌هایی با شدت ۰/۵ الی ۵ میلی‌تسلا بوجود می‌آیند (۹، ۱۲، ۱۳). ثانیا میدان‌های پالسی به علت تغییرات شدید میدان در واحد زمان می‌توانند جریان‌های القایی به مراتب شدیدتری را در محیط به وجود آورند (۱۴، ۱۵).

گزارش شده که میدان‌های الکترومغناطیسی در دانسیته فلوی مغناطیسی پایین باعث تحریک رشد میکروارگانیزم‌ها می‌شوند، در حالی‌که دانسیته فلوی مغناطیسی بالا نقش مهاری در رشد دارد. اگرچه هنوز دلیل قانع کننده‌ای برای توضیح این مطلب ارائه نشده است (۴، ۱۱، ۱۲). باید توجه داشت که زمان تاخیر برای سازگاری با لاکتوز، به طور مشخصی، تغییر می‌کند، در حالی‌که در محیطهای قندی گلوکز و گالاکتوز تغییری مشاهده نمی‌شود (۸).

بدین ترتیب استنباط می‌شود که میدان‌های مغناطیسی ELF در فرکانس‌های بخصوصی می‌توانند بر روی سلول تأثیر بگذارند. نظریه‌هایی که در ارتباط با مکانیزم برهم‌کنش و جایگاه‌های برهم‌کنش ارائه شده است، حاکی از آن است که غشاء سلول، غشاهای اجزاء داخل سیتوپلاسم، میکروتوبول‌ها، میتوکندری، کروموتورها، یون‌های داخل سلول و هستک می‌توانند محل‌های دریافت کننده این امواج باشند که طی مکانیزم‌های بخصوصی بصورت پی در پی می‌توانند باعث تغییراتی در سلول شوند (۶). به عنوان مثال، نوسانات یون‌ها و چرخش مولکول‌های دوقطبی به فرکانس و دامنه میدان الکتریکی القایی وابسته است (۶، ۱۰). میکروتوبول‌ها استوانه‌های درازی هستند که از پروتئین ساخته شده و در داخل سلول‌ها وجود دارند و از نظر الکتریکی شامل دیمرهایی هستند که واحدهای دوقطبی باردار بوده و انتهای داخلی آنها نسبت به محیط بار منفی دارد. بنابراین تحت تأثیر میدان‌های مغناطیسی نوسان‌دار می چرخند. با این حال آنها به تمام فرکانس‌ها بطور مساوی پاسخ نمی‌دهند (۱۰). یون‌ها نیز به میدان‌های مغناطیسی نوسانی پاسخ می‌دهند و در فرکانس‌های خاصی به ارتعاش درمی‌آیند (۸). این حرکت ممکن است منجر به تغییراتی در انتشار یونی داخل سلولی شده و فعالیت سلول را تحت تأثیر قرار دهد (۱۰).

همچنین تحریک باکتری توسط میدان در فرکانس‌های خاص می‌تواند مبین این موضوع باشد که میدان‌های مغناطیسی ELF در فرکانس‌های خاصی توانسته‌اند احتمالا با زنجیره DNA برهم‌کنش داشته و اپرن لاکتوز باکتری را تحریک کرده و باکتری را برای سازگاری سریع‌تر با محیط مجاب نمایند. همچنین احتمالا میدان با غشاء سلول نیز برهم‌کنش داشته و

[Downloaded from tmuj.iautmu.ac.ir on 2026-11-25]

در این فرکانس‌ها کانالهای عبور لاکتوز کاملا باز شده‌اند و سرعت رشد و زمان تاخیر را تغییر داده‌اند.

با توجه به اینکه در این تحقیق فواصل فرکانس ۵ هرتز انتخاب گردیده بود، این احتمال وجود دارد که بین این فرکانس‌ها، نقاط حداکثر و حداقل دیگری وجود داشته باشد. این امر در مورد سایر فرکانس‌هایی که در محدوده خارج از این تحقیق آزمایش نشده‌اند، می‌تواند اتفاق افتد (۱۴، ۱۵).

مسئله دیگری که به هنگام بررسی منحنی‌های رشد پیش آمد این بود که در بعضی از حالت‌ها منحنی رشد از الگوی استاندارد تبعیت نمی‌کرد؛ به این صورت که رشد باکتری بعد از ورود به فاز لگاریتمی و پس از چند ساعت دچار وقفه شده و مجددا وارد فاز لگاریتمی می‌شد، به عبارت دیگر در میان فاز لگاریتمی یک فاز تاخیر ثانویه بوجود می‌آمد. این مسئله در محیط کشت‌هایی که دو ماده غذایی برای مصرف باکتری وجود دارد، پیش می‌آید. اما در این تحقیق، فقط یک ماده غذایی، یعنی لاکتوز، وجود داشت.

حرارت میدان‌های مغناطیسی اغلب در محاسبات مربوط به میدان‌های مغناطیسی با شدت بالا مداخله می‌کند. اما در این تحقیق، اثر تحریکی بر روی سازگاری E.Coli با لاکتوز ناشی از اثر حرارتی نبود. زیرا حرارت محیط کشت مورد مطالعه بیشتر از چنددهم درجه سانتی‌گراد در تمام آزمایش‌ها افزایش پیدا نکرد.

تشکر و قدردانی

در پایان از کارشناسان آزمایشگاه فیزیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد، هم‌چنین تکنسین‌ها و کارشناسان آزمایشگاه فیزیک پزشکی و بیوشیمی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد که ما را در به سرانجام رسیدن این تحقیق یاری نمودند، کمال تشکر و قدردانی را داریم.

REFERENCES

1. Villa M, Mustarelli I, Caprotti M. Mini-review biological effects of magnetic fields. Life sci 1991; 49: 85-92.
2. Alipov YD, Belyaev IY. Difference in frequency spectrum of ELF effects on the genome conformational state of AB 1157 and EMG2 E.Coli cells. Bioelectromagnetics 1996; 17:384-87.
3. Kavet R. EMF and current cancer concepts. Bioelectromagnetics 1996; 17:339-357.
4. Lednev VV. Possible mechanism for the influence of weak magnetic fields on biological system, Bioelectromagnetics 1991; 12: 71-75.
5. Belyaev IY, Alipov YD, Matronchik AU. Cell density dependent response of E.coli cells to weak ELF Magnetic fields, Bioelectromagnetics 1998; 19: 300-309.
6. Kitchen S, Bazin S, eds. Clayton's electrotherapy. 30th ed. London: W.B. Saunders Company ltd; 1998. p.31-92.
7. Zhadin MN. Combined action of static and alternating magnetic fields on ion motion in a macromolecule: theoretical aspects, Bioelectromagnetics 1998; 19: 279-92.
8. Zhadin MN, Deryugina N. Influence of combined DC and DC magnetic fields on rat behavior, Bioelectromagnetics 1999; 20: 378-86.
9. Blank M, Gooman R. Do electromagnetic fields interact directly with DNA? Bioelectromagnetics 1997; 18: 111-15.
10. Falahati A. The effect of pulsed magnetic fields on growth E.Coli. Ahvaz: The 7th Iranian Congress of Medical Physics, Ahvaz, Iran; 2005.
11. Falahati A, Boluri B. The effect of sine magnetic fields on growth E.Coli. Journal of Shahid Sadughi University of Medical Sciences 2000; 7: 59-63. [In Persian]
12. Tsong TY. Deciphering the language of cells. TIBS 1989; 14: 89-92.
13. Nascimento LFC, Botura JG, Mota RP. Glucose consume and growth of E. coli under electromagnetic fields. Rev Inst Med Trop St. Paulo 2003; 45: 65-67.
14. Gerencser VF, Barnothy MF. Inhibition of bacterial growth by magnetic fields. Nature 1962; 196: 539-41.
15. Justo OR, Perez VH, Alvarez DC, Alegre RM. Growth of *Escherichia coli* under extremely low-frequency electromagnetic fields. Appl Biochem Biotechnol 2006; 134: 155-63.

[Downloaded from tmuj.iautmu.ac.ir on 2026-11-25]