مقاله پژوهشی

ساخت ورقه‌های جاذب امواج الکترومغناطیسی با فرکانس بالا با استفاده از نانوساختارهای اکسید آهن

مصطفی ارجمندی لاری[۱]، سعید پرهوده[۲*]، علی روحانی سروستانی[۲]، قادر اله‌وردی[۳]

۱- گروه برق، واحد داریون، دانشگاه آزاد اسلامی، داریون، ایران
۲- گروه فیزیک، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران
۳- گروه بیوشیمی، دانشگاه علوم پزشکی فسا، فسا، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۱۰/۰۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۲/۱۲

چکیده

زمینه و هدف: لزوم استفاده از ارتباطات بی‌سیم و به‌کارگیری امواج الکترومغناطیسی در دنیای امروز بر کسی پوشیده نیست. استفاده از این تجهیزات و گسترش روزافزون آن‌ها، با همه مزایایی که داشته، سبب پیدایش نگرانی‌هایی از نحوه اثرگذاری آن‌ها بر محیط‌زیست شده است. یکی از روش‌های مؤثر در کاستن اثرات نامطلوب این امواج استفاده از پوشش‌های جاذب این امواج است.

مواد و روش‌ها: ابتدا پودر کلرید آهن به محلول آبی پلی ونیل الکل افزوده شد. سپس محلول آبی هیدروکسید سدیم به آن اضافه گردید. پس‌ازآن نانوساختارهای اکسید آهن که به‌صورت رسوب در ته ظرف ظاهرشده بودند با استفاده از کاغذ صافی جمع‌آوری و چندین بار با آب دیونیزه و اتانول شست‌وشو داده شدند. از مواد سنتز شده، ورقه‌هایی به ضخامت ۰/۵ و ۱ میلی‌متر ساخته شد.

نتایج: نتایج پراش اشعه ایکس سنتز ترکیب اکسید آهن (Fe_3O_4) را به اثبات رساندند. همچنین این آنالیز نشان داد که نانوساختارهای سنتز شده دارای ساختار مکعبی بوده و میانگین اندازه‌ی بلورک‌ها ۱۲ نانومتر است. تصاویر میکروسکوپ الکترونی نشان دادند که شکل نانوساختار به‌دست‌آمده ورقه‌ای هستند و ضخامت آن‌ها در حدود ۳۰ نانومتر می‌باشند. مطالعه نتایج جذب امواج الکترومغناطیسی در محدوده‌ی ۸ تا ۱۸ گیگاهرتز نشان دادند که نانوساختارهای اکسید آهن می‌توانند امواج ماکروویو را در این محدوده جذب نمایند که میزان جذب در ضخامت‌های بیشتر افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری: پوشش‌های حاوی نانوساختارهای اکسید آهن، می‌توانند به‌عنوان جاذب امواج میکروویو عمل نموده و نقش مؤثری در از بین بردن و یا کاهش اثرات ناخواسته امواج الکترومغناطیسی داشته باشند.

کلمات کلیدی: امواج، میکروویو، جاذب، اکسید آهن، نانوساختار، نانوتکنولوژی، اثرات بیولوژیکی

مقدمه

به‌کارگیری تجهیزات و فناوری‌های جدید هرچند سبب آسان‌تر شدن زندگی برای انسان شده اما همواره چالش‌هایی را با خود به همراه داشته است. یکی از این موارد استفاده از امواج الکترومغناطیسی در سیستم‌های ارتباطاتی میان تجهیزات الکترونیکی و احتمال تأثیرات منفی آن‌ها بر محیط‌زیست و بخصوص بدن انسان است. در دهه‌های اخیر با پیشرفت زندگی، قرار گرفتن در معرض میدان‌های الکترومغناطیسی (EMF)[۱] به‌طور چشمگیری افزایش داشته است. در میان این منابع تولید میدان‌های الکترومغناطیسی، تجهیزاتی همچون؛ رادارها، تلفن‌های همراه، فرستنده‌های رادیو و تلویزیون دارای فرکانس بالا هستند، درحالی‌که خطوط برق، لوازم‌خانگی و وسایل پزشکی دارای فرکانس پایین هستند (۱).

درحالی‌که امواج فرکانس رادیویی که از طریق تلفن‌های همراه منتشر می‌شوند بیشتر قسمت‌های نزدیک بدن، به‌ویژه سر انسان را تحت تأثیر قرار می‌دهند، میدان‌های الکترومغناطیسی ناشی از ایستگاه‌های ارسال امواج غالباً ممکن است بر تمام بدن تأثیر

*نویسنده مسئول: **سعید پرهوده**، گروه فیزیک، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران
Email:saeed.parhoodeh@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-9843-0046

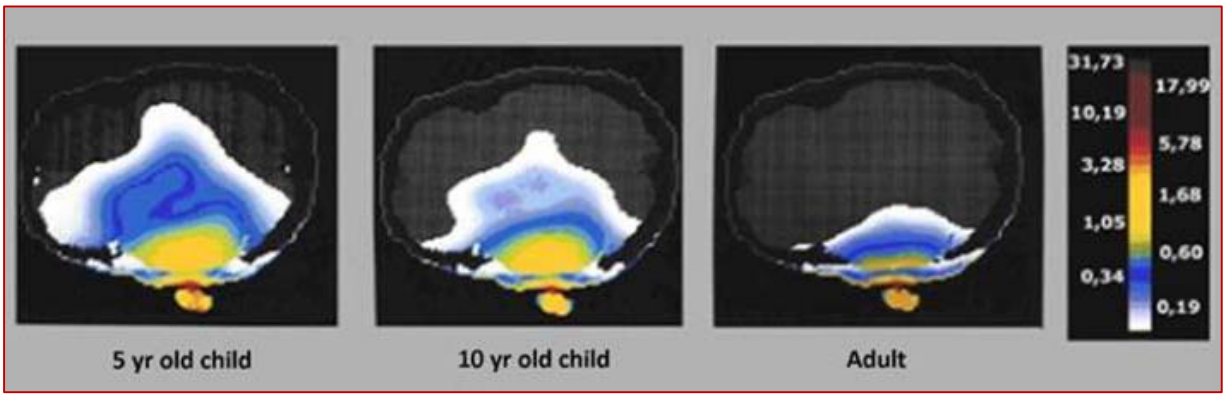
[۱] Electromagnetic field

[Downloaded from jabs.fums.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22285105.2019.9.1.16.9]

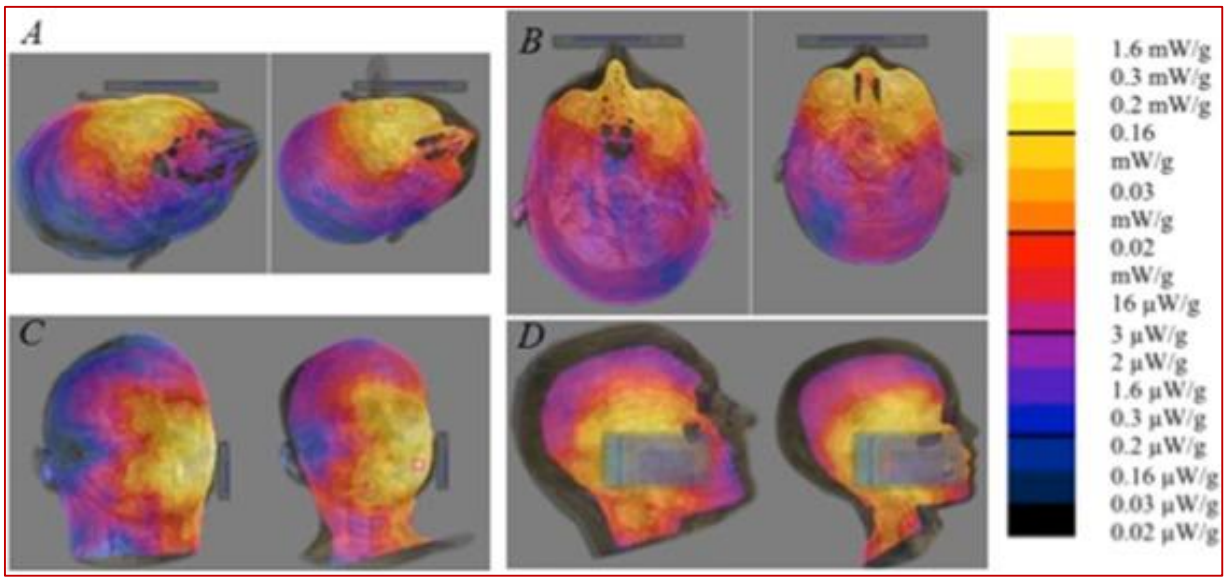
داشته باشند. هرچند هر دو در باند فرکانسی مشابهی نشر می‌یابند اما ازنظر اندازه و شدت کاملاً متفاوت هستند. تفاوت دیگر بین تفاوت دیگر امواج رادیویی تولیدی توسط تلفن همراه و ایستگاه‌های ارسال امواج رادیویی، چگونگی قرار گرفتن در معرض آن‌ها است. در مورد تلفن همراه و وسایلی ازاین‌دست، شخص به‌طور اختیاری در معرض تابش قرار می‌گیرد و می‌توانند مدت‌زمان و میزان در معرض قرار گرفتن را کنترل کند. این در حالی است که قرار گرفتن در معرض میدان‌های الکترومغناطیسی ناشی از ایستگاه‌های ارسال غیر اختیاری و مداوم است.

باندهای فرکانس مختلفی برای امواج رادیویی در کشورهای مختلف وجود دارد که هرروز افراد به‌طور فزاینده‌ای در معرض آن‌ها قرار می‌گیرند. در سراسر جهان، ۷/۷۴ میلیارد مشترک تلفن همراه برای سال ۲۰۱۷ تخمین زده شده است که برابر با ۱۰۱/۵ برای هر ۱۰۰ نفر از ساکنان است. افزایش فراوان استفاده از تلفن همراه تعداد ایستگاه‌های ارسال امواج را افزایش داده است، زیرا هر ماهواره دارای ظرفیت محدود برای تعداد اتصالات هم‌زمان است. همچنین عرضه فن‌آوری 4.5G پس از فن‌آوری 3G، تقاضا برای ایستگاه‌های ارسال امواج را افزایش داده است. همان‌طور که تعداد کاربران و تعداد دکل‌ها در حال افزایش است، میزان قرار گرفتن در معرض امواج نیز افزایش‌یافته و بنابراین اهمیت این موضوع ازنظر بهداشت عمومی افزایش می‌یابد (۲).

یکی دیگر از جنبه‌های مهم بهداشت عمومی در این خصوص، افزایش استفاده کودکان و نوجوانان از تجهیزات مولد این امواج است. ازآنجاکه در مورد این گروه سنی باید توجه داشته باشیم



شکل ۱. تأثیر امواج EMF بر بافت سر با توجه به سن فرد (در شکل آهنگ جذب ویژه (SAR)[1] نشان داده شده است)، این شبیه‌سازی بر مبنای موج تابشی با فرکانس ۸۳۵ مگاهرتز و با توان فرودی ۶۰۰ میلی وات است (۴).



شکل ۲. تأثیر امواج EMF ساطع‌شده از یک تلفن همراه بر بافت سر کودک (۶ ساله) و فرد بالغ (۳۴ ساله) با توجه به موقعیت قرار گرفتن تلفن همراه نسبت به سر شخص

[Downloaded from jabs.fums.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22285105.2019.9.1.16.9]

که مغز آن‌ها در حال رشد است، اثرات سوء امواج الکترومغناطیسی بیشتر موردتوجه قرار می‌گیرد. سازمان بهداشت جهانی آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان (IARC)[۲]، میدان‌های الکترومغناطیسی فرکانس رادیویی[۳](RF-EMF) را در ارتباط با استفاده از تلفن همراه به علت افزایش خطر ابتلا به گلیوم[۴] به‌عنوان عامل سرطان‌زای گروه B2 طبقه‌بندی نموده است (۳).

درواقع اثر این امواج و میزان نفوذ آن‌ها در بدن انسان وابسته به سن افراد یا حتی جنسیت آن‌ها می‌تواند متفاوت باشد. به‌عنوان‌مثال گاندهی و همکاران میزان نفوذ این امواج در بافت سر انسان را شبیه‌سازی نمودند (۴). همچنین فرناندز و همکاران در مطالعه‌ای دیگر نتایج مشابهی را به دست آورده‌اند (۵). چنانکه با توجه به شکل‌های ۱ و ۲، تأثیر این امواج بر کودکان می‌تواند بسیار شدیدتر از افراد بزرگ‌سال باشد.

درحالی‌که چشم نور قابل‌مشاهده (مرئی) را می‌تواند تشخیص بدهد اما بدن انسان سیستمی حسی برای تشخیص میدان‌های الکترومغناطیسی در فرکانس رادیویی ندارد. سیستم عصبی انسان با سیگنال‌های الکتریکی عمل می‌کند و ثابت‌شده است که میدان‌های الکترومغناطیسی می‌توانند بر روی آن تأثیرگذار باشد. مطالعات تجربی برای یافتن اثرات مختلف امواج الکترومغناطیسی روی سلول‌ها، بافت‌ها و اندام‌ها انجام شده است (۶). از سال ۱۹۹۲، مطالعات فزاینده‌ای انجام شده است که در آن‌ها شواهدی یافت شده است که نشان می‌دهد EMF به علت تلفن‌های همراه باعث تغییراتی در سطح سلولی مانند خروج کلسیم از غشاء سلولی، افزایش بیان پروتئین‌های استرس، تغییرات در کانال‌ها - شکاف‌ها در غشای سلولی، تولید بیش‌ازحد[۵]ROS، کاهش سطح ملاتونین، کاهش فعالیت پروتئین کیناز C، آسیب به DNA و تغییرات در بیان ژن در سلول‌های مغز و تغییر در سد خونی مغزی می‌شود. همچنین در مطالعات دیگر، حیوانات در معرض میدان‌های الکترومغناطیسی فرکانس رادیویی، تغییرات زیادی در بسیاری از اندام‌ها و بافت‌های مختلف را نشان دادند (۱۳-۷).

برای جلوگیری از اثرات بالقوه زیستی این امواج الکترومغناطیسی، باید از بدن انسان، به‌ویژه مادران باردار و کودکان، در برابر این امواج محافظت شود. یکی از مؤثرترین روش‌ها برای دور ماندن اثرات امواج الکترومغناطیسی، استفاده از پوشش‌هایی است که به‌نوعی بتوانند این امواج را جذب نمایند (۱۴). بر این اساس در این مطالعه پژوهشی تلاش شده است تا با سنتز نانو ساختارهای اکسید آهن، امکان جذب امواج با استفاده از آن‌ها موردمطالعه قرار گیرد. به همین منظور پس از سنتز نانو ساختارهای ورقه‌ای شکل اکسید آهن، با استفاده از یک پلیمر، ورقه‌های کامپوزیتی به ضخامت‌های نیم و یک میلی‌متر از نانوساختارهای ساخته‌شده، تهیه گردید و سپس میزان جذب امواج الکترومغناطیسی در محدوده ۸ تا ۱۸ گیگاهرتز توسط آن‌ها موردبررسی و مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

سنتز نانوساختارهای ورقه‌ای شکل اکسید آهن

در این پژوهش تلاش گردید تا نانوساختارهای اکسید آهن با استفاده از روشی ساده و ارزان‌قیمت سنتز گردند. برای این منظور مقدار ۰/۴ گرم پلی وینل الکل (مرک، آلمان) را در ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر در دمای بین ۷۰ تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد حل کرده شد. پس‌ازآن مقدار ۰/۶۳ گرم پودر کلرید آهن (مرک، آلمان) را به این محلول اضافه نموده و سپس با استفاده از یک همزن مغناطیسی هم زده شد. پس‌ازآن محلول آبی هیدروکسید سدیم (مرک، آلمان) قطره‌قطره به محلول اضافه کرده تا نانوذرات اکسید آهن به‌صورت رسوب در ته ظرف ته‌نشین شوند. این مواد به مدت ۴۰ دقیقه با استفاده از یک همزن مغناطیسی و با آهنگ ۱۰۰۰ دور بر دقیقه به هم زده شد. در مرحله بعد رسوب حاصل با استفاده از یک کاغذ صافی واتمن از بقیه محلول جدا گردید. پس‌ازآن مواد حاصله چندین بار به‌طور متناوب با اتانول و آب شستشو داده شدند. نانوساختارهای به‌دست‌آمده با استفاده از یک آون خشک و جمع‌آوری شدند.

از نمونه‌های به‌دست‌آمده جهت بررسی ساختار بلوری و همچنین مطالعه مورفولوژی نانومواد به‌دست‌آمده، الگوی پراش اشعه ایکس (XRD) (Bruker - D8 Advance) و تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) (MIRA-TESCAN) تهیه گردید.

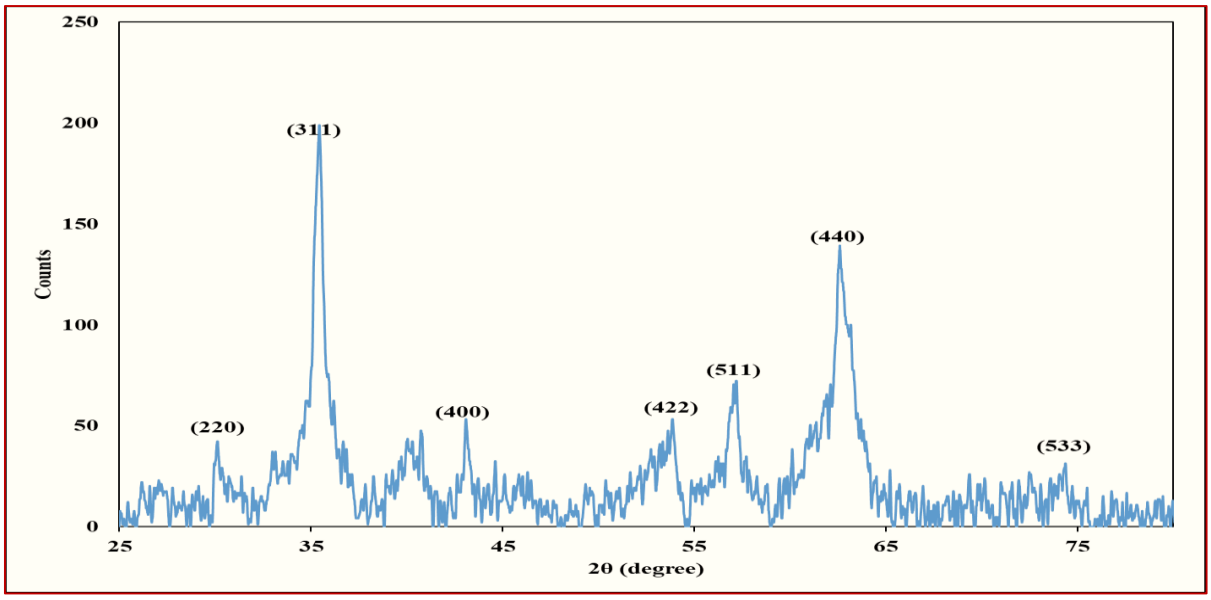
[۲] International Agency for Research on Cancer
[۳] Radio frequency electromagnetic field
[۴] Glioma
[۵] Reactive oxygen species.

[Downloaded from jabs.fums.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22285105.2019.9.1.16.9]

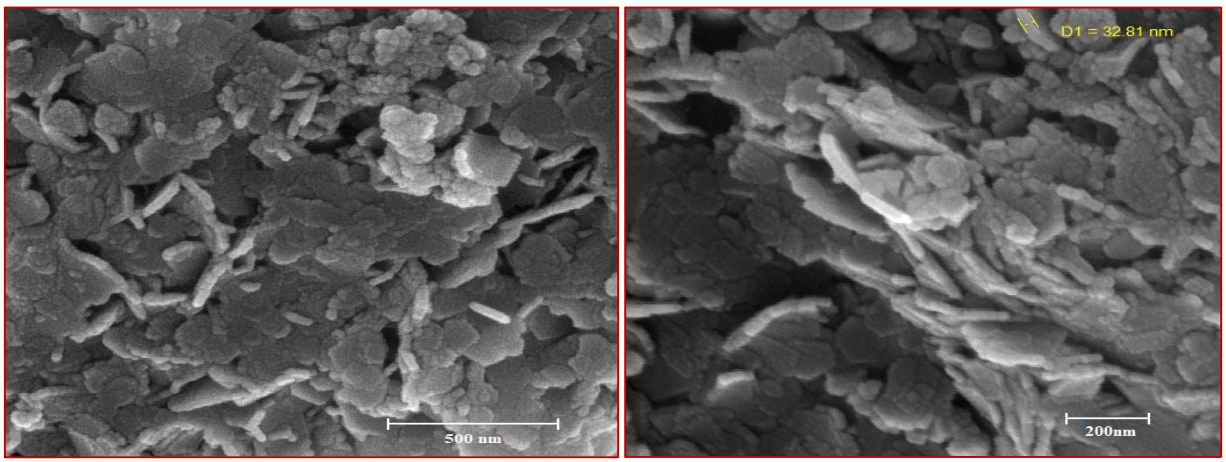
پس‌ازآن محلولی شامل ۰/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب از نانوساختارهای سنتز شده در محلول پلیمری پلی ونیل الکل با غلظت ۰/۱ مولار تهیه گردید. سپس جهت تهیه ورق‌های جاذب امواج، محلول به‌دست‌آمده در قالب‌هایی به عمق‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌متر ریخته شدند. پس‌ازآن جهت تشکیل ورقه‌هایی باضخامت‌های قالب‌ریزی شده، نمونه‌ها به مدت یک روز در دمای اتاق و در اتمسفر معمولی رها شدند. از ورقه‌های به‌دست‌آمده در تست پاسخ به امواج رادیویی استفاده گردید.

نتایج

جهت اثبات سنتز ترکیب اکسید آهن با استفاده از یک دستگاه پراش اشعه ایکس (XRD) (Bruker - D8 Advance) از نمونه طیف پراش اشعه ایکس تهیه گردید. مقایسه نتایج الگوهای پراش اشعه ایکس که در نمودار ۱ نشان داده شده است، با الگوهای پراش استاندارد (ICSD-01-075-0033) سنتز موفقیت‌آمیز اکسید آهن (Fe_3O_4) را به اثبات رساندند. با استفاده از داده‌های پراش اشعه ایکس و رابطه دبای شرر[۶]، میانگین اندازه بلورک‌ها



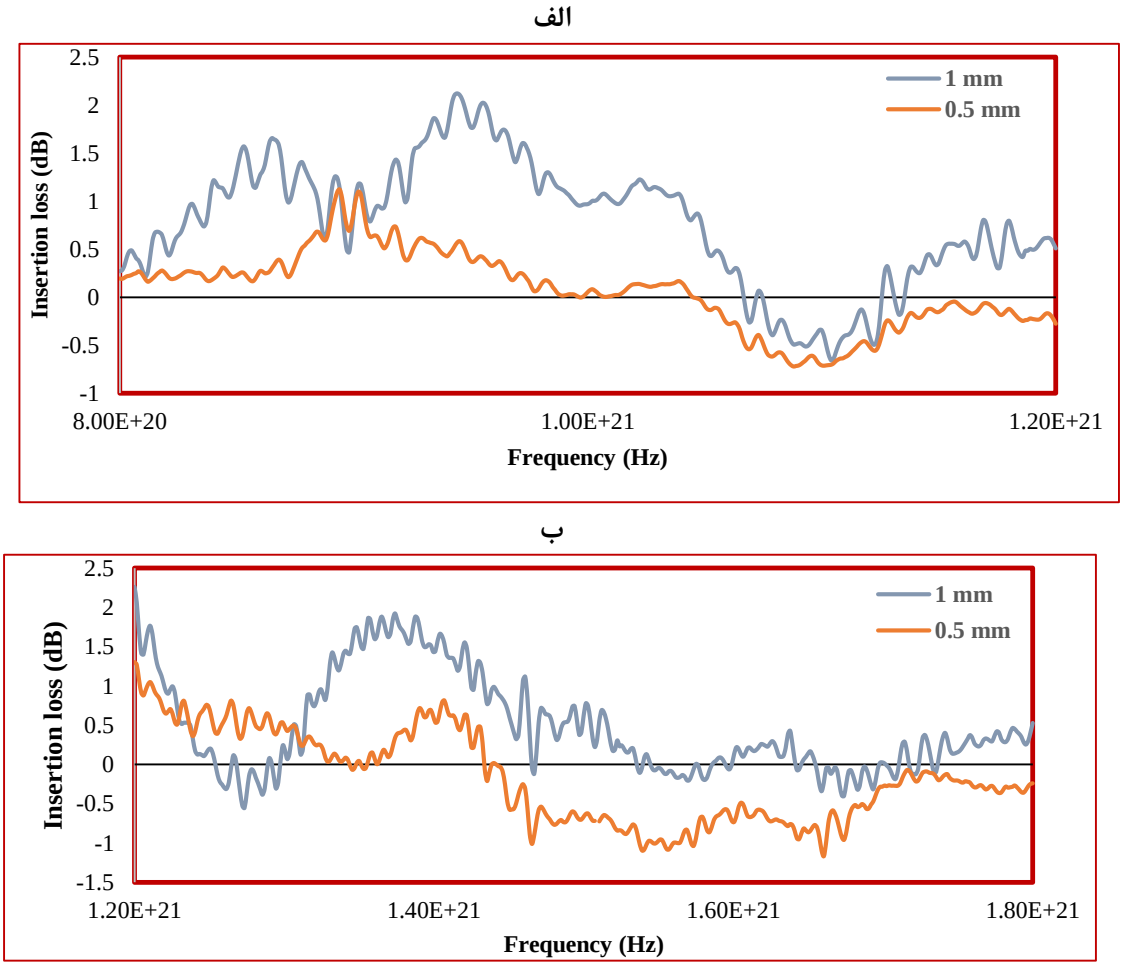
نمودار ۱- الگوی پراش اشعه ایکس (XRD).



شکل ۳- تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM).

[۶] رابطه دبای شرر (Debye Scherrer)، $d=0.9\lambda/(\beta\cos\theta)$ که در این رابطه d اندازه بلورک‌ها برحسب نانومتر، λ طول‌موج پرتو اشعه ایکس به‌کاررفته، β پهنای قله در نصف ماکزیمم و θ زاویه‌ای است که برای قله مشاهده‌شده در آن اندازه بلورک محاسبه می‌شود. این قله معمولاً قله‌ی با بیشترین شدت در طیف پراش (قله اصلی) انتخاب می‌شود.

[Downloaded from jabs.fums.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22285105.2019.9.1.16.9]



نمودار ۲- میزان افت عبور برای نمونه‌ها باضخامت‌های نیم و یک میلی‌متر در محدوده فرکانسی الف) ۸ تا ۱۲ گیگاهرتز، ب) ۱۲ تا ۱۸ گیگاهرتز.

در نمونه محاسبه گردید. نتایج این محاسبات نشان دادند که میانگین اندازه بلورک‌ها در حدود ۱۲ نانومتر است. همچنین تحلیل داده‌های پراش اشعه ایکس نشان داد که نمونه‌ها دارای ساختار بلوری مکعبی هستند.

همچنین مورفولوژی و شکل نمونه‌های سنتز شده با استفاده از یک میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) (MIRA-TESCAN) موردمطالعه و ارزیابی قرار گرفت. نتایج این مطالعات نشان داد که شکل نانوساختارهای سنتز شده به فرم ورقه‌ای شکل است. برخی از نتایج این مطالعه در شکل ۳ نشان داده شده است. چنانکه در شکل ۳ قابل‌مشاهده است، ضخامت ورقه‌ها در حدود ۳۰ نانومتر است.

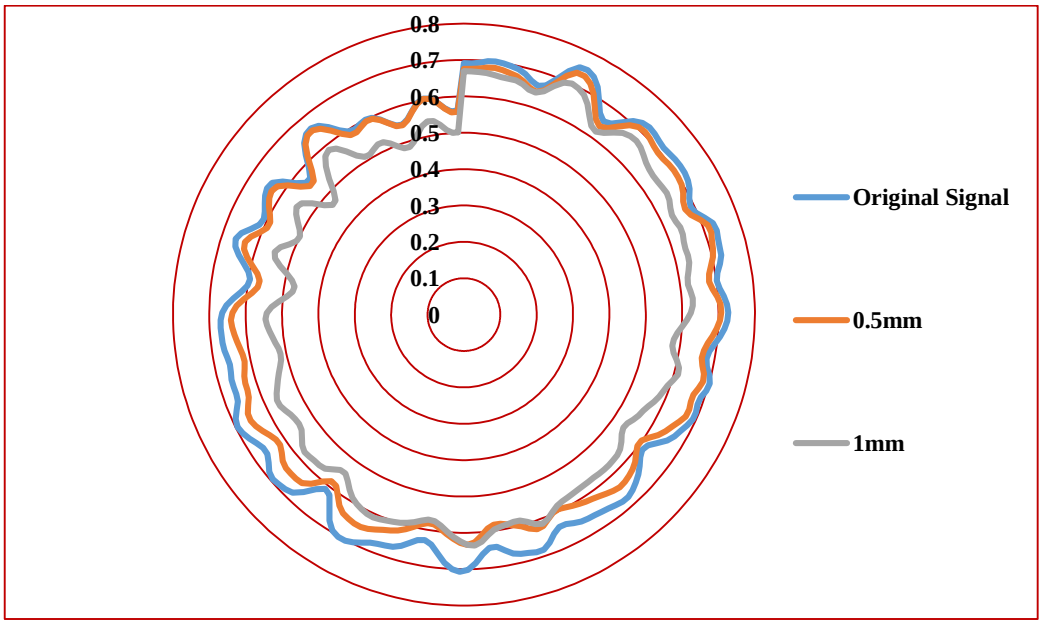
بررسی پاسخ به امواج

چنانکه پیش‌تر ذکر گردید برای بررسی پاسخ نمونه‌های ساخته‌شده در برابر امواج ماکروویو از نمونه‌ها ورقه‌هایی به ضخامت‌های ۰/۵ و ۱ میلی‌متر تهیه گردید. پس‌ازآن با قرار دادن نمونه‌ها در یک موجبر مناسب نسبت به تاباندن امواج میکروویو در محدوده فرکانسی ۸ تا ۱۲ و ۱۲ تا ۱۸ گیگاهرتز (با استفاده از دو موجبر متفاوت مربوط به هر یک از این دو محدوده) اقدام شد. برای هر یک از نمونه‌ها پارامترهای S_{11} (ضریب بازتاب)[۷] و S_{21} (ضریب عبور)[۸] اندازه‌گیری و ازآنجا میزان افت عبور[۸] و افت

[۷] پارامترهای پراکندگی یا به‌اختصار پارامترهای S (Scattering parameters or S-parameters)، پارامترهایی هستند که بیانگر روابط انتقال توان بین دو پورت در مباحث مربوط به آنتن‌ها می‌باشند.

[۸] افت عبور (Insertion loss) اتلاف توان بار در اثر قرار دادن یک قطعه یا وسیله در نقطه‌ای از سیستم انتقال به‌صورت نسبت توان بار دریافتی قبل از جایگذاری قطعه به توان دریافتی بعد از قرار دادن آن.

[Downloaded from jabs.fums.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22285105.2019.9.1.16.9]



نمودار ۳- مقایسه توان عبوری از نمونه‌های باضخامت نیم (نارنجی) و یک میلی‌متر (خاکستری) با توان موج اصلی (آبی) در محدوده فرکانسی ۸ تا ۱۰ گیگاهرتز.

بازتاب[۹] محاسبه شد. نتایج این اندازه‌گیری‌ها در نمودارهای ۲ نشان داده شده است. لازم به ذکر است تاباندن امواج میکروویو و اندازه‌گیری پارامترها تماماً توسط یک دستگاه نتورک آنالایزر و به‌صورت اتوماتیک انجام شده است.

چنانکه در این دو نمودار کاملاً مشخص است میزان افت عبور برای نمونه‌های باضخامت یک میلی‌متر بیشتر از نمونه‌های باضخامت نیم میلی‌متر است. همچنین در نمودار ۳ توان عبوری امواج در محدوده‌ی ۸ تا ۱۰ گیگاهرتز از نمونه‌های باضخامت نیم و یک میلی‌متر با توان موج فرودی مقایسه شده است[۱۰]. چنانکه در این نمودار مشخص است کمترین توان عبوری مربوط به نمونه‌های باضخامت یک میلی‌متر است[۱۱]. بدیهی است چنانکه در نمودار ۲ مشهود است ضخامت بیشتر افت عبور بیشتری را ایجاد می‌کند و این مسئله با خود میزان توان عبوری (که در نمودار ۳ نشان داده شده است) رابطه عکس دارد. درواقع نمودارهای ۲ و ۳ بیانگر یک واقعیت با دو بیان متفاوت هستند.

بحث و نتیجه‌گیری

امروزه استفاده و به‌کارگیری امواج به‌خصوص در محدوده‌ی میکروویو امری اجتناب‌ناپذیر می‌نماید. استفاده روزافزون از دستگاه‌هایی همچون آنتن‌ها و شبکه‌های بی‌سیم مخابراتی و اینترنتی، تلفن‌های همراه و سایر دستگاه‌هایی از این قبیل، هرچند سبب آسودگی و تسهیل زندگی بشر امروز شده است، اما محدوده فرکانسی به‌کاررفته می‌تواند تداخلات یا اثرات ناخواسته‌ای بر موجودات زنده و محیط زندگی آن‌ها داشته باشد. در حال حاضر، انسان‌ها به‌غیراز تابش مستقیم ناشی از دستگاه‌های فردی همچون تلفن‌های همراه، در معرض میدان‌های الکترومغناطیسی ناشی از ایستگاه‌های رادیویی، الکتریکی و مخابراتی هستند؛ بنابراین، هر فرد به‌طور بالقوه در معرض هم‌زمان منابع مختلف میدان‌های الکترومغناطیسی است. تعدادی زیادی گزارش وجود دارد که نشان می‌دهد اثرات غیرحرارتی برای سلامت انسان و موجود زنده مضر است (۲۰-۱۵).

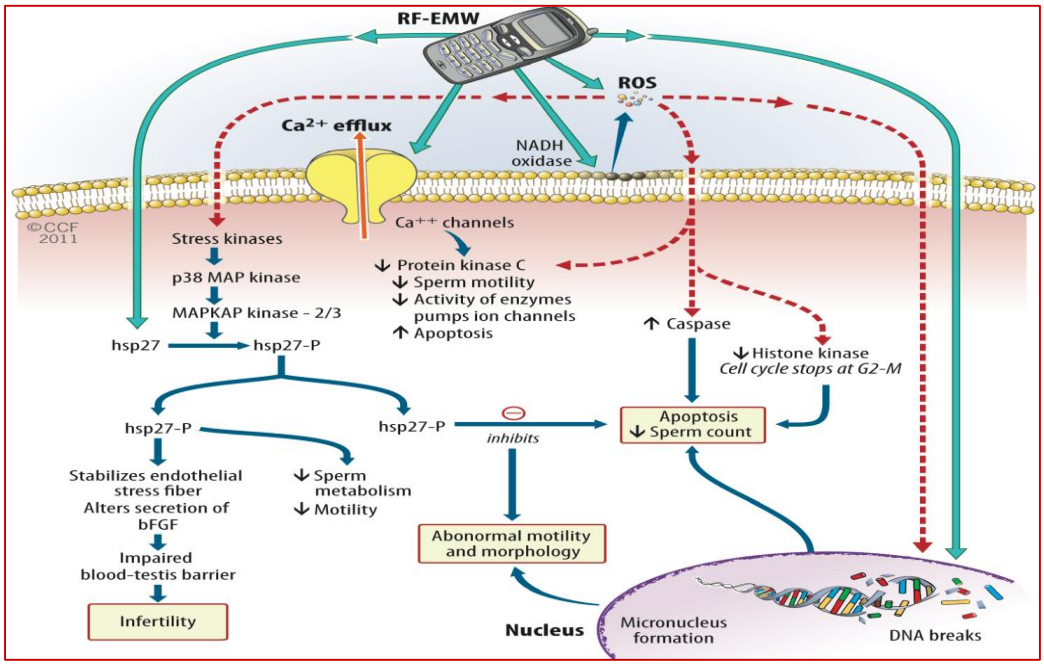
[۹] افت بازتاب (Return loss) نسبت توان تابشی به یک ناپیوستگی به توان بازتابیده از ناپیوستگی.

[۱۰] جهت جلوگیری از آشفتگی در نمودار تنها محدوده‌ی ۸ تا ۱۰ گیگاهرتز نشان داده شده است.

[۱۱] نمودارهای نشان داده‌شده با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم شده‌اند.

[Downloaded from jabs.fums.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22285105.2019.9.1.16.9]

اگرچه تحقیقات قابل‌توجه و گزارش‌های منتشرشده توانایی میدان‌های الکترومغناطیسی را برای ایجاد آسیب به DNA را نشان می‌دهد، اما هنوز شواهد کافی برای اثبات جهش‌زایی پستانداران و بروز سرطان وجود ندارد. در حال حاضر، طیف وسیعی از مطالعات برون تنی[۱۲] و درون تنی[۱۳] در مورد القاء استرس اکسیداتیو و تجزیه DNA توسط انواع مختلف میدان‌های یونیزه کننده می‌توانند برای القای آپوپتوز (مرگ برنامه‌ریزی‌شده سلول‌ها) و نفوذپذیری غشا (استفاده از آن برای داروها) در کنترل سرطان به دلیل عدم تهاجم و قابلیت نفوذ بالا مورداستفاده قرار گیرد. استفاده از میدان‌های الکترومغناطیسی دارای سابقه‌ای طولانی در زیست پزشکی هستند و از زمان اختراع برق موضوع تحقیق گسترده بوده‌اند. به‌تازگی، در طیف وسیعی از مطالعات



شکل ۴. اثرات امواج الکترومغناطیسی بر روی ساختارهای برون سلولی و درون‌سلولی (۲۱).

الکترومغناطیسی انجام شده است (شکل ۴)(۲۱).

با توجه به مشکلات آشکار فنی و اخلاقی در مطالعات انسانی، اکثر تحقیقات بر اساس مطالعات و مشاهدات اپیدمیولوژیک صورت گرفته است. چنین اختلافاتی مانع ارزیابی بی‌طرفانه از پیامدهای قرار گرفتن انسان در معرض میدان‌های الکترومغناطیسی برای سلامتی می‌شود. لازم به ذکر است که در حالت واقعی انسان‌ها اغلب هم‌زمان در معرض میدان‌های الکترومغناطیسی از منابع مختلف قرار می‌گیرند؛ بنابراین اثرات بیولوژیکی میدان‌های الکترومغناطیسی حاصل از چند منبع و چند فرکانس هنوز موردبررسی و درک کامل قرار نگرفته است.

در مقایسه با اثرات مضر گزارش‌شده، میدان‌های الکترومغناطیسی نیز می‌تواند برای درمان آسیب‌های مختلف استفاده شود. به‌طور خاص، میدان‌های الکترومغناطیسی غیر نشان داده شده است که میدان‌های الکترومغناطیسی توانایی بالقوه درمانی برای درمان مشکلات مفصلی و استخوانی دارند اما قرار گرفتن مدام در معرض تابش‌های مختلف میدان‌های الکترومغناطیسی باعث ایجاد اختلال‌های مختلفی می‌شود. در مطالعه ژو و همکاران زندگی در ۱۰۰ متری ایستگاه پایه تلفن همراه یکی از عوامل خطر سقط در پکن بود (۲۲)؛ اما مطالعه بالیاستاز و همکاران هیچ شواهدی مبنی بر تأثیر مواجهه با میدان‌های الکترومغناطیسی فرکانس رادیویی ناشی از ایستگاه‌های پایه تلفن همراه در کنترل جمعیت عمومی را نشان نداد (۲۳).

در مطالعه‌ای دیگر توسط سینگ و همکاران انجام‌شده گزارش گردیده است که اکثر افراد ساکن در نزدیکی ایستگاه پایه تلفن همراه شکایت از اختلالات خواب، سردرد، سرگیجه،

[۱۲] In vitro

[۱۳] In vivo

[Downloaded from jabs.fums.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22285105.2019.9.1.16.9]

تحریک‌پذیری، مشکلات تمرکز و فشارخون بالا دارند. اکثریت افراد موردمطالعه، به میزان قابل‌توجهی ترشح بزاق کمتری نسبت به افراد کنترل داشتند (۲۴). اما در مطالعات مختلف صورت گرفته در این مورد تناقضات زیادی دیده می‌شود که دلایل آن می‌تواند به نحوه نمونه‌گیری، میزان تابش، نحوه تابش و فرکانس آن، زمان در معرض بودن باشد (۳۳-۲۸).

با توجه به اثرات منفی قرارگیری اختیاری و غیر اختیاری در معرض میدان‌های الکترومغناطیسی، می‌توان با استفاده از پوشش‌ها میزان در معرض قرارگیری ناخواسته را جلوگیری نمود. در مطالعه اوکوشی و همکاران از نانوکامپوزیت گالیم اکسید آهن جهت جذب امواج استفاده کرد که با توجه به نمودارها با نمودارهای مطالعه حاضر همخوانی دارد (۳۴). در مطالعه دیگر نامای و همکاران از ترکیب اکسید آهن آلایش یافته با آلومینیوم جهت جذب میدان‌های الکترومغناطیسی استفاده کرده‌اند (۳۵). ژائو و همکاران نانوذرات اکسید آهن متصل به گرافن جهت جذب میدان‌های الکترومغناطیسی به کار گرفته‌اند (۳۶). در جدیدترین مطالعات انجام‌شده نیز ترکیبات مختلفی کامپوزیتی سنتز شده که جهت جذب EMF مورداستفاده قرار گرفته‌اند (۳۸-۳۷).

بر اساس مطالعات انجام‌شده به نظر می‌رسد استفاده از پوشش‌هایی که بتوانند اثرات امواج الکترومغناطیسی بر کل یا قسمت‌های حساس بدن را کاهش بدهند، می‌تواند نقش مؤثری در حفظ سلامت انسان در برابر اثرات ناخواسته این امواج داشته باشد. این مسئله به خصوص در مورد کودکان و افراد کم سن و سال می‌تواند بیشتر موردتوجه باشد. به‌عنوان‌مثال مکان خواب یا بازی کودکان را می‌توان تا آنجا که مقدور است در برابر نفوذ این امواج حفاظت نمود. با توجه به مشاهده رفتار کامپوزیت متشکل از پلیمر – نانوساختارهای اکسید آهن که در این پژوهش ساخته شده است، در پاسخ به امواج الکترومغناطیسی، به نظر می‌رسد استفاده از این مواد به‌صورت مؤثری می‌تواند برای محیط‌های هدف سبب کاهش اثرات زیان‌بار این امواج بشود. همچنین انجام این مطالعه، راه را برای انجام مطالعات مستقیم برون تنی و درون تنی هموار نموده است.

لازم به ذکر است با توجه به هزینه ساخت اندک پوشش‌های ساخته‌شده در این پژوهش که استفاده از آن‌ها را نسبت به سایر مواد دارای مزیت نموده است، از این پوشش‌ها می‌توان در ساختمان‌ها و یا حتی به‌صورت پوشش‌هایی همچون کاغذهای دیواری در نمای داخلی ساختمان جهت حفظ محیط موردنظر در برابر امواج استفاده نمود.

تشکر و قدردانی

مؤلفین مراتب قدردانی و سپاس خود را از مرکز تحقیقات فمتو دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز به دلیل فراهم آوردن پاره‌ای از تجهیزات مورداستفاده در این پژوهش اعلام می‌نمایند.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافعی را اعلام نکرده اند.

References

1. International Agency for Research on Cancer. Non-ionizing radiation, part 1: static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 2002; 80:1–395.
2. Durusoy R, Hassoy H, Özkurt A, Karababa AO. Mobile phone use, school electromagnetic field levels and related symptoms: a cross-sectional survey among 2150 high school students in Izmir. Environ Health. 2017;16(1):51.
3. International Agency for Research on Cancer. IARRC classifies radiofrequency electromagnetic fields as possibly carcinogenic to humans. Press Release No 2008, 2011.
4. Gandhi O. P, Lazzi G, Furse C. M. Electromagnetic absorption in the human head and neck for mobile telephones at 835 and 1900 MHz. IEEE Trans. on Mic. Theo. and Technol. 1996; 44(10): 1884-1897.
5. Fernández C. de Salles A.A, Sears M.E, Morris R.D, Davis D.L. Absorption of wireless radiation in the child versus adult brain and eye from cell phone conversation or virtual reality. Environ. Res. 2018; 167: 694-699.
6. Amaral FG, Castrucci AM, Cipolla-Neto J, Poletini MO, Mendez N, Richter HG and et al. Environmental control of biological rhythms: effects on development, fertility and metabolism. J Neuroendocrinol. 2014,26(9):603-12.

[Downloaded from jabs.fums.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22285105.2019.9.1.16.9]

7. Zhang M, Li X, Bai L, Uchida K, Bai W, Wu B and et al. Effects of low frequency electromagnetic field on proliferation of human epidermal stem cells: An in vitro study. Bioelectromagnetics. 2013;34(1):74-80.
8. Morabito C, Guarnieri S, Fanò G, Mariggiò MA. Effects of acute and chronic low frequency electromagnetic field exposure on PC12 cells during neuronal differentiation. Cell Physiol. Biochem. 2010; 26(6):947-58.
9. Ronchetto F, Barone D, Cintorino M, Berardelli M, Lissolo S, Orlassino R and et al. Extremely low frequency-modulated static magnetic fields to treat cancer: A pilot study on patients with advanced neoplasm to assess safety and acute toxicity. Bioelectromagnetics. 2004;25(8):563-71.
10. Ruiz-Gómez MJ, de la Peña L, Prieto-Barcia MI, Pastor JM, Gil L, Martínez-Morillo M. Influence of 1 and 25 Hz, 1.5 mT magnetic fields on antitumor drug potency in a human adenocarcinoma cell line. Bioelectromagnetics. 2002;23(8):578-85.
11. Girgert R, Hanf V, Emons G, Gründker C. Signal transduction of the melatonin receptor MT1 is disrupted in breast cancer cells by electromagnetic fields. Bioelectromagnetics. 2010;31(3):237- 45.
12. Challis LJ. Mechanisms for interaction between RF fields and biological tissue. Bioelectromagnetics. 2005; Suppl 7: S98-S106.
13. Frilot C, Carrubba S, Marino AA. Magnetosensory function in rats: localization using positron emission tomography. Synapse. 2009;63(5):421-8.
14. Namai A, Sakurai Sh, Nakajima M, Suemoto T, Matsumoto K, Goto M and et al. Synthesis of an Electromagnetic Wave Absorber for High-Speed Wireless Communication. J Am Chem Soc. 2009;131(3):1170-3.
15. Abramson M.J, Benke G.P, Dimitriadis C, Inyang I.O, Sim M.R, Wolfe R.S and et al. Mobile telephone use is associated with changes in cognitive function in young adolescents. Bioelectromagnetics. 2009;30(8): 678-686.
16.Akdag M.Z, Dasdag S, Canturk F, Karabulut D, Caner Y, Adalier N. Does prolonged radio frequency radiation emitted from Wi-Fi devices induce DNA damage in various tissues of rats? J. Chem. Neuroanat. 2016;75: 116-122.
17. Forgacs Z, Somosy Z, Kubinyi G, Bakos J, Hudak A, Surjan A and et al. Effect of whole-body 1800 MHz GSM-like microwave exposure on testicular steroidogenesis and histology in mice. Reprod. Toxicol. 2006;22: 111-117.
19. Hardell L, Soderqvist F, Carlberg M, Zetterberg H, Mild K.H. Exposure to wireless phone emissions and serum beta-trace protein. Int. J. Mol. Med. 2010; 26:301-306.
20. Nittby H, Brun A, Eberhardt J, Malmgren L, Persson B.R, Salford L.G. Increased blood-brain barrier permeability in mammalian brain 7 days after exposure to the radiation from a GSM-900 mobile phone. Pathophysiol: Offic. J. Int. Soc. Pathophysiol. 2009;16: 103-112.
21. Sudan M, Olsen J, Arah O.A, Obel C, Kheifets L. Prospective cohort analysis of cellphone use and emotional and behavioural difficulties in children. J. Epidemiol. Community 2016;70: 1207-1213.
22. Hamada A J, Singh A, Agarwal A. Cell Phones and their Impact on Male Fertility: Fact or Fiction. The Open Reprod. Sci. J. 2011; 5: 125-137.
23. Zhou LY, Zhang HX, Lan YL, Li Y, Liang Y, Yu L and et al. Epidemiological investigation of risk factors of the pregnant women with early spontaneous abortion in Beijing. Chin. J. Integr. Med. 2017;23(5):345-349.
24. Baliatsas C, van Kamp I, Bolte J, Kelfkenes G, Van Dijk C, Spreeuwenberg P and et al. Clinically defined non-specific symptoms in the vicinity of mobile phone base stations: A retrospective before-after study. Science of the Total. Environment. 2016;565: 714–720.
25. Singh K, Nagaraj A, Yousuf A, Ganta S, Pareek S, Vishnani P and et al. Effect of electromagnetic radiations from mobile phone base stations on general health and salivary function. J. Int. Soc. Prev. Community Dent. 2016;6(1): 54–59.
26. Meo SA, Alsubaie Y, Almubarak Z, Almutawa H, AlQasem Y, Muhammed Hasanato R. Association of exposure to radio-frequency electromagnetic field radiation (RF-EMFR) generated by mobile phone base stations with glycated hemoglobin (HbA1c) and risk of type 2 diabetes mellitus. Int. J. Environ. Res. Public. Health. 2015;12(11): 14519–14528.
27. Malek F, Rani KA, Rahim HA, Omar MH. Effect of short-term mobile phone base station exposure on cognitive performance, body temperature, heart rate and blood pressure of Malaysians. Sci. Rep. 2015;5: 13206.
28. Eltiti S, Wallace D, Ridgewell A, Zougkou K, Russo R, Sepulveda F and et al. Does short-term exposure to mobile phone base station signals increase symptoms in individuals who report sensitivity to electromagnetic fields? A double-blind randomized provocation study. Environ. Health Perspec. 2007;115(11): 1603–1608.
29. Gandhi G, Kaur G, Nisar U. A cross-sectional case control study on genetic damage in individuals residing in the vicinity of a mobile phone base station. Electromagn. Biol. Med. 2014;34(4): 344–354.
30. Shahbazi-Gahrouei D, Karbalae M, Moradi H, Baradaran-Ghahfarokh M. Health effects of living near mobile phone base transceiver station (BTS) antennae: A report from Isfahan, Iran. Electromag. Biol. Med. 2014;33(3): 206–210. [in Persian]

[Downloaded from jabs.fums.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22285105.2019.9.1.16.9]

31. Gomez-Perretta C, Navarro EA, Segura J, Portoles M. Subjective symptoms related to GSM radiation from mobile phone base stations: A cross-sectional study. BMJ Open. 2013; 3(12): e003836.
32. Stewart A, Rao J, Middleton JD, Pearmain P, Evans T. Mobile telecommunications and health: Report of an investigation into an alleged cancer cluster in Sandwell, West Midlands. Perspect Public Health. 2012;132(6): 299–304.
33. Bortkiewicz A, Gadzicka E, Szyjkowska A, Politański P, Mamrot P, Szymczak W. Subjective complaints of people living near mobile phone base stations in Poland. Int. Journal of Occup. Med. Environ. Health. 2012;25(1): 31–40.
34. Li CY, Liu CC, Chang YH, Chou LP, Ko MC. A population-based case-control study of radiofrequency exposure in relation to childhood neoplasm. Sci. Total Environ. 2012;435–436(2012):472–478.
35. Ohkoshi Sh, Kuroki Sh, Sakurai Sh, Matsumoto K, Sato K, Sasaki Sh. A Millimeter-Wave Absorber Based on Gallium-Substituted e-Iron Oxide Nanomagnets. Angew. Chem. Int. Ed. 2007;46: 8392 –8395.
36. Namai A, Matsumoto K, Sakurai Sh, Goto M, Nakajima M, Sasaki Sh and et al. Synthesis of an Electromagnetic Wave Absorber for High-Speed Wireless Communication. J. Am. Chem. Soc. 2009; 131:1170–1173.
37. Zhao T, Jin W, Ji X, Gao J, Xiong Ch and et al. Preparation and electromagnetic wave absorbing properties of 3D graphene/pine needle-like iron nano-acicular whisker composites. *RSC Adv.* 2017;7: 16196-16203.
38. Abdullah B, Ilyas S, Tahir D. Nanocomposites Fe/Activated Carbon/PVA for Microwave Absorber: Synthesis and Characterization. Journal of Nanomaterials. 2018;1-6.

[Downloaded from jabs.fums.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22285105.2019.9.1.16.9]

Original Article

Fabrication of High Frequency Electromagnetic Waves Absorber Sheets by Use of Iron Oxide Nanostructures

Arjomandi Lari M[1], Parhoodeh S[2*], Rohani Sarvestani A[2], Allahverdi Gh[3]

1. Department of Electrical Engineering, Dariun Branch, Islamic Azad University, Dariun, Iran
2. Physics Department, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran
3. Department of Biochemistry, Fasa University of Medical Sciences, Fasa, Iran

Received: 26 Dec 2018 Accepted: 02 May 2019

Abstract

Background & Objective: The necessity of using wireless communications and the use of electromagnetic waves in today's world is obvious to everyone. Using of these equipment and development of them, although have many benefits but causes some anxiety on the way in which they influence on environment. One of the most effective ways of decreasing the unwanted effects of these waves is using of the absorber coatings of these waves.

Materials & Methods: First, iron chloride powder was added to the aqueous solution of poly vinyl alcohol. Then, aqueous solution of sodium hydroxide was added to it. Subsequently, the iron oxide nanostructures that appeared in the bottom of the dish as sediment were collected by using filter paper and then washed several times with deionised water and ethanol. From the synthesized materials, sheets of thickness of 0.5 and 1 mm were made.

Results: X-ray diffraction results proved the synthesis of iron oxide (Fe_3O_4). The analysis also showed that the synthesized nanostructures have a cubic structure and the average size of crystallites is 12 nm. The electron microscopy images showed that the nanostructures have a sheet-like shapes and their thickness are about 30 nm. The results of the absorption of electromagnetic waves in the range of 8 to 18 GHz showed that iron oxide nanostructures can absorb microwave waves in this range, which absorption increases in greater thicknesses.

Conclusion: Coatings containing iron oxide nanostructures can act as microwave absorber and they could have an effective role in eliminating or reducing the unwanted effects of electromagnetic waves.

Keywords: Waves, Microwave, Absorber, Iron Oxide, Nanostructures, Nanotechnology, Biological effects

***Corresponding Author: : Parhoodeh Saeed,** Physics department,shiraz branch, Islamic Azad university, Shiraz, Iran
Email:saeed.parhoodeh@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-9843-0046

Journal of Fasa University of Medical Sciences 9 (2019): 1324-1334

[Downloaded from jabs.fums.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22285105.2019.9.1.16.9]