به نام خداوند مهربان

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی‌تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی پزشکی

رساله کارشناسی ارشد (بیومتریال)

سنتز و مشخصه‌یابی نانوپودرهای کلسیم‌فسفات دوفازی به کمک مایکروویو

نگارش

ارغوان فرزادی

استاد راهنما

دکتر مهران صولتی هشجین

بهمن ۱۳۸۷

تقدیم به زیبایی لحظات زندگیم

پدر و مادر نازنینم

تشکر و قدردانی

وادی بیکران علم نشان از تلاش‌های مشترک انسان‌هایی دارد که با دلی سرشار از عشق در تکاپوی اعتلای آن می‌کوشند. شمار کسانی که در این راه ماندگارترین حضور را داشتند بسیار زیاد است. فرصت را غنیمت شمرده و از حضور ثمربخش این عزیزان تشکر می‌کنم.

ابتدا از دوستان عزیزم خانم‌ها، مهندس عالیه امینیان، مهندس سارا شفیعی، مهندس نیلوفر طهماسبی به خاطر تمامی محبت‌ها، مهربانی‌ها و عمق عشق در دوستی‌شان تشکر می‌کنم و می‌دانم که هیچ‌وقت از خاطرم پاک نخواهند شد. از خانم‌ها مهندس شیرین مسجدی و مهندس نسیم نوسودی به خاطر همراهی و هم‌دلی‌شان در این راه قدردانی می‌کنم. می‌دانم که کلمه‌ای پیدا نمی‌شود که عمق دوستی را برای این عزیزان نشان دهد.

از آقایان مهندس رضایی و مهندس مهدی‌لو به خاطر زحمات‌شان در تهیه تصاویر SEM، مهندس حبیبی و خانم‌ها مهندسی یاوری و مهندس نوربخش برای تهیه الگوهای XRD در کوتاهترین زمان ممکن، مهندس کاووسی به دلیل انجام آنالیزهای FTIR با دقت زیاد در فرصت کم، مهندس کشاورز برای در اختیار قرار دادن دستگاه پرس و از خانم شیخانی برای انجام آنالیز STA تشکر می‌کنم و سعادت و بهروزی‌شان را از خداوند خواستارم.

از خانم‌ها دهقان، حضرتی، نقدی و جناب آقای بیگی تشکر می‌کنم که با حوصله فراوان همکاری‌های لازم را در انجام کارهای اداری مبذول داشتند.

از جناب آقای مهندس بخشی برای زحمات ارزشمند و صبر بی‌پایانشان در انجام بهتر این تحقیق و تکمیل داده‌ها کمال تشکر و قدردانی را دارم. همچنین از آقای مهندس نادر نظافتی به دلیل همراهی‌های فراوانی که در تهیه مواد آزمایشگاهی داشتند، ممنونم و هیچ‌گاه کمک‌های دوستانه‌شان را فراموش نخواهم کرد. آقای مهندس شایان شفیعی نیز وقت و توجه ارزنده‌ای را در تجهیز کردن ماکروفر مبذول داشتند و از ایشان نیز سپاسگزارم. همچنین از آقای مهندس آرمین درویش به خاطر کمک‌های شایانی که در تهیه مقالات داشتند، بسیار ممنونم. لازم می‌دانم از آقای دکتر محمود ربیعی برای توجه بسیار و دلگرمی‌هایشان در تکمیل و به اتمام رساندن این پژوهش تشکر کنم.

جا دارد از استاد بزرگوار، جناب آقای دکتر فتحا... مضطرزاده به خاطر توجه زیادی که در عرصه علم مبذول داشتند و فرصت انجام تحقیق در آزمایشگاه بیوسرامیک را از من دریغ نکردند کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم، امید است تا بتوانم جبران کنم.

از جناب آقای دکتر فلامکی و دکتر محمد ربیعی نیز برای قبول زحمت داوری متشکرم.

و در نهایت...

روزهای پر فراز و نشیبی را در این راه سپری کردم. این راه با تشویق‌ها، محبت‌ها، پشتیبانی‌ها و توجه بسیار زیاد استادی به پایان رسید که با شأن و باورهای انسانیش، علم به زندگی را بی‌دریغ نثارم کرد. انسانی که با ویژگی‌های منحصر به فرد و با نگاهی متفاوت به دنیا و زندگی، محبت را به سادگی خرج کرد. از جناب آقای **دکتر مهران صولتی**، استاد عزیزم که عظمت باورهایش وصف‌ناپذیر است، به خاطر زحمات زیادی که برای من کشیدند و حمایت‌های بی‌پایان و همیشگی‌شان بسیار متشکرم، ولی بهتر از هر کسی می‌دانم که آنچه را که شایسته اوست، نمی‌توان در قالب کلمات بیان کرد و هیچ کلمه‌ای نمی‌تواند عمق سپاس من را نسبت به استاد بزرگوارم نشان دهد. به امید روزی که بتوانم جبران کنم.

.

چکیده

استفاده از تابش مایکروویو به عنوان یک روش کمکی برای کاهش زمان سنتز و رسیدن به ساختاری همگن‌تر، از رویکردهای جدید در سنتز پودرهای کلسیم‌فسفات دوفازی است. در این پژوهش مشخصه‌یابی نانوپودرهای کلسیم‌فسفات دوفازی سنتز شده به کمک مایکروویو، انجام شد. تغییرات فازی، ترکیب شیمیایی، مورفولوژی و اندازه ذرات توسط تکنیک‌های پراش پرتو ایکس (XRD)، اسپکتروسکوپی مادون قرمز با انتقال فوریه (FTIR) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) بررسی شدند. نتایج حاکی از آن بود که استفاده از مایکروویو به عنوان یک کمک سنتز منجر به بهبود میزان بلورینگی شده و اندازه بلورک‌ها از ۱۶ nm به ۲۷ nm افزایش می‌یابند. میزان فاز هیدروکسی‌آپاتیت نیز در کلسیم‌فسفات‌های دوفازی در محدوده ۵٪ تا ۱۷٪ تغییر کرده و ذرات ریز و یکنواخت‌تر می‌شوند. نمونه‌های تولید شده در محلول مایع شبیه‌سازی شده بدن (SBF) قرار گرفتند. نتایج نشان داد که با حضور بتاتری‌کلسیم‌فسفات، pH محلول از ۷/۲۵ به ۷/۲۱ کاهش می‌یابد که خود گویای رفتار زیست‌تخریب‌پذیری آن است. همچنین جوانه‌زنی و رشد ذرات هیدروکسی‌آپاتیت بر روی نمونه‌های بتاتری‌کلسیم‌فسفات سنتز شده به کمک مایکروویو، پس از قرارگیری در محلول SBF به مورفولوژی میله‌ای‌شکل رسیدند.

کلمات کلیدی: کلسیم‌فسفات دوفازی، تری‌کلسیم‌فسفات، هیدروکسی‌آپاتیت، زیست‌تخریب‌پذیری، واکنش اسید–باز، مایکروویو.

Keyword: Biphasic Calcium Phosphate, Tricalcium Phosphate, Hydroxyapatite, Biodegradability, Acid-Base Reaction, Microwave.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱- علم و مهندسی بیومتریال‌ها ۲

۱-۲- تاریخچه ۵

۱-۳- بیوسرامیک‌ها ۸

۱-۳-۱- رفتار بیولوژیک بیوسرامیک ۹

۱-۳-۲- واکنش مواد کاشتنی با بافت زنده ۱۱

۱-۳-۳- کاربرد بیوسرامیک‌ها ۱۲

۱-۳-٤- کلسیم‌فسفات‌ها ۱٤

فصل دوم: مرور منابع مطالعاتی ۱۸

۲-۱- هیدروکسی‌آپاتیت ۱۹

۲-۱-۱- ساختار بلوری هیدروکسی‌آپاتیت ۱۹

۲-۱-۲- خواص بیولوژیکی هیدروکسی‌آپاتیت ۲۲

۲-۱-۳- خواص مکانیکی هیدروکسی‌آپاتیت ۲۲

۲-۱-٤- خواص حرارتی هیدروکسی‌آپاتیت ۲۵

۲-۱-۵- خواص الکتریکی هیدروکسی‌آپاتیت ۲٦

۲-۱-٦- جایگزینی یونی در هیدروکسی‌آپاتیت ۲۷

۲-۲- تری‌کلسیم‌فسفات ۲۹

۲-۲-۱- ساختار بلوری تری‌کلسیم‌فسفات ۳۰

۲-۲-۲- خواص بیولوژیکی تری‌کلسیم‌فسفات ۳۰

۲-۲-۳- خواص مکانیکی تری‌کلسیم‌فسفات ۳۱

۲-۲-٤- خواص حرارتی تری‌کلسیم‌فسفات ۳۲

۲-۲-۵- جایگزینی در تری‌کلسیم‌فسفات ۳۲

۲-۳- کلسیم‌فسفات‌های دوفازی ۳۳

۲-٤- کاربردهای کلسیم‌فسفات‌ها ۳۵

۲-۵- روش‌های تهیه کلسیم‌فسفات‌ها ۳۶

۲-۵-۱- روش رسوب‌گیری از محلول ۳۶

۲-۵-۲- روش خشک یا حالت جامد ۳۸

۲-۵-۳- روش هیدروترمال ۳۸

۲-۶- اصول مایکروویو ۳۹

۲-۶-۱- تاریخچه ۳۹

۲-۶-۲- طیف الکترومغناطیس ۳۹

۲-۶-۳- برهمکنش مایکروویو و ماده ۴۰

۲-۶-۴- سازکار گرم شدن مواد توسط مایکروویو ۴۲

۲-۶-۵- پارامترهای موثر در میزان جذب مایکروویو ۴۳

۲-۶-۶- استفاده از مایکروویو در تهیه کلسیم‌فسفات‌ها ۴۹

فصل سوم: روش تحقیق ۵۱

۳-۱- مواد اولیه ۵۲

۳-۲- تجهیزات و وسایل مورد استفاده ۵۲

۳-۳ تهیه پودر ۵۳

۳-۳-۱- تهیه ذرات کلسیم‌فسفاتی دوفازی با استفاده از روش اسید-باز ۵۳

۳-۳-۲- تهیه ذرات کلسیم‌فسفاتی دوفازی با استفاده از روش اسید- باز و به کمک مایکروویو ۵۷

۳-۴- روش‌های آنالیز ۵۹

۳-۴-۱- بررسی ساختاری و تعیین فاز به کمک پراش پرتو ایکس (XRD) ۵۹

۳-۴-۲- بررسی رفتار حرارتی نمونه‌ها با استفاده از آنالیز حرارتی همزمان (STA) ۶۰

۳-۴-۳- بررسی ساختاری به کمک انتقال فوریه مادون قرمز (FTIR) ۶۰

۳-۴-۴- بررسی‌های میکروسکوپی- ساختاری ۶۰

۳-۵- تهیه مایع شبیه‌سازی شده بدن (SBF) ۶۱

فصل چهارم: نتایج و بحث ٦٤
٤-١- بررسی نمونه‌های سنتز شده به روش اسید- باز ٦٥
٤-١-١- بررسی نمونه HA ٦٥
٤-١-٢- بررسی نمونه HA-β-TCP ٦٩
٤-١-٣- بررسی نمونه βTCP-HA ٧٢
٤-١-٤- بررسی نمونه β-TCP ٧٤
٤-١-٥- مقایسه ترکیب شیمیایی و فازهای موجود در نمونه‌های سنتز شده به روش اسید- باز ٧٧
٤-٢- بررسی نمونه‌های سنتز شده به روش اسید- باز و به کمک مایکروویو ٨٠
٤-٢-١- بررسی نمونه $HA_{(MW)}$ ٨٠
٤-٢-٢- بررسی نمونه $HA-\beta TCP_{(MW)}$ ٨٢
٤-٢-٣- بررسی نمونه $\beta TCP-HA_{(MW)}$ ٨٥
٤-٢-٤- بررسی نمونه $\beta-TCP_{(MW)}$ ٨٨
٤-٢-٥- مقایسه ترکیب شیمیایی و فازهای موجود در نمونه‌های سنتز شده به روش اسید- باز و به کمک مایکروویو ٩١
٤-٣- اثر حضور مایکروویو بر پودرهای کلسیم‌فسفات دوفازی سنتز شده ٩٢
٤-٣-١- تعیین درصد فازهای موجود ٩٢
٤-٣-٢- تعیین میزان بلورینگی ٩٤
٤-٣-٣- تعیین ثوابت شبکه ٩٧
٤-٣-٤- تعیین اندازه بلورک ١٠٠
٤-٣-٥- بررسی اثر مایکروویو بر مورفولوژی ذرات ١٠٢
٤-٣-٦- بررسی آنالیز حرارتی ١٠٤
٤-٣-٧- تست تخریب‌پذیری در مایع شبیه سازی شده بدن ١٠٥
فصل پنجم: نتیجه‌گیری ١٠٩
پیشنهادها ١١٢

منابع و مراجع ۱۱۳

پیوست ۱۲۲

پیوست الف- کارت استاندارد هیدروکسی‌آپاتیت JCPDS 09-0432 ۱۲۲

پیوست ب- کارت استاندارد بتاتری‌کلسیم‌فسفات JCPDS 09-0169 ۱۲٤

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱: تقسیم‌بندی بیوسرامیک‌ها از نظر پاسخ بدن ۱۱

شکل ۱-۲: رفتار دینامیکی سطوح بین کاشتنی و بافت استخوان ۱۲

شکل ۱-۳: نمودار فازی سیستم دوتایی $CaO-P_2O_5$ در حضور آب ۱۶

شکل ۲-۱: ساختار سه بعدی هیدروکسی‌آپاتیت ۲۱

شکل ۲-۲: تغییرات چقرمگی شکست با درصد تخلخل در سرامیک‌های آپاتیتی ۲۳

شکل ۲-۳: تغییرات استحکام فشاری با درصد حجمی تخلخل در سرامیک‌های HA ۲۴

شکل ۲-۴: مقایسه موقعیت اتم‌های OH^-، F^- و Cl^- در مرکز مثلث Ca^{+2} در ساختار HA ۲۷

شکل ۲-۵: تغییرات پارامتر شبکه a در دو نوع جایگزینی A و B برای CO_3 ۲۹

شکل ۲-۶: مقایسه‌ای بین میزان حلالیت Mg-TCP و Zn-TCP ۳۳

شکل ۲-۷: طیف الکترومغناطیس ۴۰

شکل ۲-۸: برهمکنش مایکروویو و ماده ۴۱

شکل ۲-۹: مقایسه عمل حرارت دادن در روش‌های سنتی و مایکروویو ۴۳

شکل۲-۱۰: تغییرات اتلاف دی‌الکتریک با درجه حرارت ۴۵

شکل ۲-۱۱: تغییرات تانژانت اتلاف سرامیک‌های مختلف با درجه حرارت ۴۵

شکل ۲-۱۲: تغییرات ثابت دی‌الکتریک سرامیک‌های مختلف با درجه حرارت ۴۷

شکل ۲-۱۳: رابطه فاکتور اتلاف دی‌الکتریک و توانایی جذب مایکروویو برای چند ماده ۴۷

شکل ۲-۱۴: برهمکنش دو ماده مختلف با مایکروویو ۴۸

شکل ۳-۱: تصویری از واکنشگاه و آزمایش انجام شده به روش اسید-باز ۵۵

شکل ۳-۲: نمودار جریان کار تهیه پودر به روش اسید-باز ۵۶

شکل ۳-۳: نمودار جریان کار تهیه پودر به روش اسید- باز و به کمک مایکروویو ۵۸

شکل ۳-۴: دستگاه پرس به همراه قالب‌های مورد استفاده ۶۲

شکل ۴-۱: الگوی پراش پرتو ایکس نمونه HA ۶۶

شکل ۴-۲: الگوی FTIR نمونه HA ۶۷

شکل ۴-۳: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه HA در بزرگنمایی ۱۵۰۰۰ ۶۸

شکل ٤-٤: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه HA در بزرگنمایی ۳۰۰۰۰ ٦٨
شکل ٤-٥: الگوی پراش پرتو ایکس نمونه HA-βTCP ٦٩
شکل ٤-٦: الگوی FTIR نمونه HA-βTCP ٧٠
شکل ٤-٧: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه HA-βTCP در بزرگنمایی ۱۵۰۰۰ ٧١
شکل ٤-٨: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه HA-βTCP در بزرگنمایی ۳۰۰۰۰ ٧١
شکل ٤-٩: الگوی پراش پرتو ایکس نمونه βTCP-HA ٧٢
شکل ٤-١٠: الگوی FTIR نمونه βTCP-HA ٧٣
شکل ٤-١١: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه βTCP-HA در بزرگنمایی ۱۵۰۰۰ ٧٣
شکل ٤-١٢: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه βTCP-HA در بزرگنمایی ۳۰۰۰۰ ٧٤
شکل ٤-١٣: الگوی پراش پرتو ایکس نمونه β-TCP ٧٥
شکل ٤-١٤: الگوی FTIR نمونه β-TCP ٧٦
شکل ٤-١٥: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه β-TCP در بزرگنمایی ۱۵۰۰۰ ٧٦
شکل ٤-١٦: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه β-TCP در بزرگنمایی ۳۰۰۰۰ ٧٧
شکل ٤-١٧: مقایسه الگوهای پراش پرتو ایکس کلسیم‌فسفات‌های دوفازی سنتز شده به روش اسید- باز ٧٨
شکل ٤-١٨: مقایسه الگوهای FTIR کلسیم‌فسفات‌ها دوفازی سنتز شده به روش اسید-باز ٧٩
شکل ٤-١٩: الگوی پراش پرتو ایکس نمونه $HA_{(MW)}$ ٨٠
شکل ٤-٢٠: الگوی FTIR نمونه $HA_{(MW)}$ ٨١
شکل ٤-٢١: تصویر میکروسکوپ الکترونی ن روبشی نمونه $HA_{(MW)}$ در بزرگنمایی ۱۵۰۰۰ ٨٢

شکل ٤-٢٢: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه $HA_{(MW)}$ در بزرگنمایی ٣٠٠٠٠ ٨٢
شکل ٤-٢٣: الگوی پراش پرتو ایکس نمونه $HA\text{-}\beta TCP_{(MW)}$ ٨٣
شکل ٤-٢٤: الگوی FTIR نمونه $HA\text{-}\beta TCP_{(MW)}$ ٨٤
شکل ٤-٢٥: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه $HA\text{-}\beta TCP_{(MW)}$ در بزرگنمایی ١٥٠٠٠ ٨٤
شکل ٤-٢٦: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه $HA\text{-}\beta TCP_{(MW)}$ در بزرگنمایی ٣٠٠٠٠ ٨٥
شکل ٤-٢٧: الگوی پراش پرتو ایکس نمونه $\beta TCP\text{-}HA_{(MW}$ ٨٦
شکل ٤-٢٨: الگوی FTIR نمونه $\beta TCP\text{-}HA_{(MW}$ ٨٧
شکل ٤-٢٩: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه $\beta TCP\text{-}HA_{(MW)}$ با بزرگنمایی ١٥٠٠٠ ٨٧
شکل ٤-٣٠: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه $TCP\text{-}HA_{(MW)}$ با بزرگنمایی ٣٠٠٠٠ ٨٨
شکل ٤-٣١: الگوی پراش پرتو ایکس نمونه $\beta TCP_{(MW)}$ ٨٩
شکل ٤-٣٢: الگوی FTIR نمونه $\beta\text{-}TCP_{(MW)}$ ٨٩
شکل ٤-٣٣: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه $\beta\text{-}TCP_{(MW)}$ در بزرگنمایی ١٥٠٠٠ ٩٠
شکل ٤-٣٤: تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه $\beta\text{-}TCP_{(MW)}$ با بزرگنمایی ٣٠٠٠٠ ٩٠
شکل ٤-٣٥: مقایسه الگوهای پراش پرتو ایکس پودرهای کلسیم‌فسفات دوفازی سنتز شده به کمک مایکروویو ٩١
شکل ٤-٣٦: مقایسه الگوهای FTIR پودرهای کلسیم‌فسفات دوفازی سنتز شده به کمک مایکروویو ٩٢
شکل ٤-٣٧: نمودار درصد فاز هیدروکسی‌آپاتیت موجود در نمونه‌های سنتز شده در اثر حضور مایکروویو ٩٣

شکل ٤-٣٨: الگوی XRD تغییرات میزان بلورینگی پودر HA در حضور مایکروویو ٩٥
شکل ٤-٣٩: الگوی XRD تغییرات میزان بلورینگی پودر β-TCP در حضور مایکروویو ٩٥
شکل ٤-٤٠: الگوی XRD تغییرات میزان بلورینگی پودر HA- βTCP در حضور مایکروویو ٩٦
شکل ٤-٤١: الگوی XRD تغییرات میزان بلورینگی پودر βTCP-HA در حضور مایکروویو ٩٦
شکل ٤-٤٢: نمودار تغییرات میزان بلورینگی پودرهای سنتز شده HA و β-TCP درحضور مایکروویو ٩٦
شکل ٤-٤٣: تغییرات ثابت شبکه a هیدروکسی‌آپاتیت در نمونه‌های مختلف ٩٨
شکل ٤-٤٤: تغییرات ثابت شبکه c هیدروکسی‌آپاتیت در نمونه‌های مختلف ٩٩
شکل ٤-٤٥: تغییرات ثابت شبکه a بتاتری‌کلسیم‌فسفات در نمونه‌های مختلف ٩٩
شکل ٤-٤٦: تغییرات ثابت شبکه c بتاتری‌کلسیم‌فسفات در نمونه‌های مختلف ٩٩
شکل ٤- ٤٧: مقایسه اندازه بلورک در هیدروکسی‌آپاتیت و بتاتری‌کلسیم‌فسفات ١٠١
شکل ٤-٤٨: اثر مایکروویو بر مورفولوژی نمونه‌های سنتز شده ١٠٣
شکل ٤-٤٩: آنالیز حرارتی همزمان نمونه βTCP-HA ١٠٤
شکل ٤-٥٠: آنالیز حرارتی همزمان نمونه β TCP-HA$_{(MW)}$ ١٠٤
شکل ٤-٥١: تغییرات pH محلول شبیه‌سازی شده بدن ١٠٧
شکل ٤-٥٢: تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه‌ها بعد از SBF (٨ روز)، در بزرگنمایی ٥٠٠٠ ١٠٧
شکل ٤-٥٣: تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه‌ها بعد از SBF (٢١ روز)، در بزرگنمایی ٥٠٠٠ ١٠٨
شکل ٤-٥٤: تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی TCP$_{(MW)}$ بعد از SBF (٢١ روز)، در بزرگنمایی‌های ٢٥٠٠ و ١٠٠٠ ١٠٨

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۱: مصارف بیومتریال‌ها ۳

جدول ۱-۲: بیومتریال‌ها در اندام‌ها و اعضاء ٤

جدول ۱-۳: بیومتریال‌ها در سیستم‌های بدن ٤

جدول ۱-٤: مواد برای استفاده در بدن ٥

جدول ۱-٥: تاریخچه استفاده از بیومتریال‌ها ۷

جدول ۱-٦: کاربردها و آینده بیومتریال‌های سرامیکی ۱۳

جدول ۱-۷: خواص فیزیکی کلسیم‌فسفات‌های مختلف ۱٤

جدول ۱-۸: اعضای خانواده کلسیم‌فسفات‌های دارای کاربرد بیولوژیکی ۱٥

جدول ۲-۱: مقایسه ترکیب آپاتیت بیولوژیکی و هیدروکسی‌آپاتیت ۲۰

جدول ۲-۲: مقایسه ویژگی‌های آپاتیت بیولوژیکی و هیدروکسی‌آپاتیت ۲۱

جدول ۲-۳: خواص مکانیکی هیدروکسی‌آپاتیت، استخوان‌های متراکم و اسفنجی ۲٤

جدول ۲-٤: پارامترهای بلوری آپاتیت $X_5(PO_4)_3A$ ۲۸

جدول ۲-٥: مقایسه خواص مکانیکی HA و β-TCP با استخوان و مینای دندان انسان ۳۲

جدول ۲-٦: کاربردهای کلسیم‌فسفات‌ها ۳٦

جدول ۳-۱: فهرست تجهیزات ٥۳

جدول ۳-۲: شرایط سنتز پودرهای مورد نظر بر اساس Ca/P مولی، pH، زمان پیرسازی و دما در روش اسید- باز ٥٤

جدول ۳-۳: شرایط سنتز پودرهای مورد نظر بر اساس Ca/P مولی، pH، زمان پیرسازی و دما در روش اسید- باز و مایکروویو ٥۷

جدول ۳-٤: غلظت یون‌های موجود در پلاسمای خون انسان و مایع شبیه‌سازی شده بدن ٦۲

جدول ۳-٥: مقدار مواد مورد استفاده برای تهیه یک لیتر SBF در pH = ۷/۲٥ ٦۳

جدول ٤-۱: درصد فازهای موجود در نمونه‌های سنتز شده به هر دو روش ذکر شده ۹۳

جدول ٤-۲: تغییرات میزان بلورینگی نمونه‌های HA و β-TCP با حضور مایکروویو ۹٤

جدول ٤-٣: ثوابت شبکه در نمونه‌های سنتز شده به روش اسید- باز ۹۸
جدول ٤-٤: ثوابت شبکه در نمونه‌های سنتز شده به روش اسید- باز و به کمک مایکروویو ۹۸
جدول ٤- ٥: اندازه بلورک در هیدروکسی‌آپاتیت و بتاتری‌کلسیم‌فسفات ۱۰۱
جدول ٤-٦: اندازه ذرات نمونه‌های سنتز شده پس از عملیات حرارتی در ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت ۱۰۲

فصل اول

مقدمه

فصل اول: مقدمه

۱-۱- علم و مهندسی بیومتریال‌ها

به طور کلی تصور علم پزشکی بدون امکان بازسازی قسمت‌های آسیب دیده بدن انسان، بسیار مشکل است. انسان‌ها از دیرباز برای تسکین درد و کمک به عملکرد اعضای آسیب دیده بدن به دنبال مواد و ابزار لازم بوده‌اند. از این رو استفاده از بیومتریال‌ها در جایگزینی و تعویض اعضاء و اندام‌هایی از بدن که بر اثر بیماری یا آسیب، کاربری خود را از دست داده و یا دچار ناهنجاری و وضعیت غیرطبیعی شده‌اند، گسترش یافته است [۱، ۲، ۳].

بیومتریال یک ماده مصنوعی است که برای جایگزینی یا تعویض بخشی از بدن انسان یا موجود زنده یا به منظور کارکردن در تماس نزدیک با بافت زنده استفاده می‌شود. بیومتریال ماده‌ای است که در بدن موجود زنده برای کاشتن در سیستم‌های زنده یا استفاده همراه با آنها طراحی شده است. در مقابل، یک ماده بیولوژیکی، ماده‌ای چون زمینه استخوان یا مینای دندان است که بدن انسان یا هر موجود زنده آن را ایجاد می‌کند. موارد استفاده بیومتریال‌ها در تعویض اندام و اعضاهایی از بدن است که بر اثر آسیب، کاربری خود را از دست داده‌اند تا از این طریق جراحت یا بیماری اعضای مذکور التیام پذیرند، کاربری یا عمل‌آنها اصلاح شود و ناهنجاری یا وضعیت غیرطبیعی آنها تصحیح گردد [۳].

مواد مصرفی مصنوعی در وسایل کمک شنوایی یا عضو مصنوعی قابل پوشیدن که در تماس با سطح خارجی پوست بدن است، بیومتریال محسوب نمی‌شود. زیرا پوست همچون مانعی در برابر محیط خارج عمل می‌کند [۳].

موفقیت بیومتریال‌ها در بدن به عواملی چون خواص بیومتریال، طراحی و نیز زیست‌سازگاری آن بستگی دارد. البته عواملی همچون تکنیک‌های مورد استفاده جراح، سلامتی، شرایط بیمار و فعالیت بیمار نیز تأثیر قابل توجهی بر عملکرد بیومتریال دارد که تحت کنترل مهندس یا سازنده بیومتریال نیست [۳].

اهمیت و نقش برجسته مواد در بدن از دیدگاه‌های مختلف ارزیابی می‌شود. اولاً مواد را از نظر زمینه مشکلی که باید حل شود می‌توان دسته بندی کرد، (جدول ۱-۱). ثانیاً می‌توان بدن را در سطح بافت، عضوها و اندام‌ها مورد توجه قرار داد. (جدول ۱-۲). بیومتریال‌های مورد استفاده در بخش‌ها و سیستم‌های مختلف بدن نیز در جدول (۱-۳) معرفی شده‌اند. ثالثاً تقسیم‌بندی مواد برحسب جنس آنها نیز میسر است که در جدول (۱-٤) این تقسیم‌بندی نشان داده شده است [۳].

جدول ۱-۱: مصارف بیومتریال‌ها [۳]

زمینه و دامنه مشکل	مثال
تعویض قسمت آسیب‌دیده یا جراحت یافته	اتصال مصنوعی مفصل ران، دستگاه دیالیز کلیه
کمک در التیام و بهبودی	نخ بخیه، صفحه و پیچ شکسته‌بندی استخوان
اصلاح و ترمیم نحوه کار	دریچه قلب، عدسی‌های تماسی
اصلاح ناهنجاری و وضعیت غیرطبیعی	میله ستون فقرات
اصلاح مشکل زیبایی	جراحی پلاستیک سینه
کمک به تشخیص بیماری	پروب و سوند
کمک به درمان	سوند، زهکش تخلیه

جدول ۱-۲: بیومتریال‌ها در اندام‌ها و اعضاء [۳]

اندام	مثال
قلب	ضربان ساز قلب یا دریچه قلب مصنوعی
ریه	دستگاه تأمین اکسیژن
چشم	عدسی تماسی چشم، عدسی جایگزین چشم
گوش	گوش میانی مصنوعی، بازسازی گوش خارجی از نظر زیبایی
استخوان	صفحه شکسته‌بندی استخوان
کلیه	دستگاه دیالیز کلیه
مثانه	سوند

جدول ۱-۳: بیومتریال‌ها در سیستم‌های بدن [۳]

سیستم	مثال
اسکلت	پلاک یا صفحه شکسته‌بندی استخوان، تعویض کامل مفصل
عضلانی	نخ‌های بخیه
بلع	نخ‌های بخیه
گردش خون	دریچه‌های مصنوعی قلب، رگ مصنوعی خون
تنفسی	دستگاه تأمین اکسیژن
پوستی	نخ‌های بخیه، پوست مصنوعی
ادراری	سوندها، دستگاه دیالیز کلیه
عصبی	شنت مغز یا زهکش برای تعدیل پدیده ازدیاد غیرعادی مایع نخاعی در حفره‌های مغز
مولد یا تکثیر کننده	جراحی پلاستیک بازسازی سینه، بازسازی با هدف زیبایی