



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

یک فرآیند سنتز جدید ژل-سل (فرآیند تولید مواد جامد از مولکول های کوچک)

با دمای پایین برای هیدروکسی آپاتیت نانوبلوری پایدار حرارتی

چکیده

هیدروکسی آپاتیت، یک رده مبتنی بیوسرامیک بر فسفات کلسیم است که به دلیل مواد شیمیایی و شباهت ساختاری با مواد معدنی استخوان طبیعی، اغلب به عنوان یک جایگزین پیوند استخوان استفاده می شود. در پژوهش حاضر، یک روش جدید برای ساخت هیدروکسی آپاتیت نانوبلوری خالص، با ثبات، استوکیومتری ($\text{HA: Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) در دمای اتاق از طریق مسیر بر ژل-سل مبتنی بر الکل با استفاده از $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ و $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ به عنوان پیش ماده های کلسیم و فسفر توسعه داده شده است. ما یک روش جدید برای سنتز ذرات HA در اندازه نانومتر (HAP) را بدون استفاده از کاتالیزور توسعه داده ایم و بدون هیچ گونه فرآیند آسیاب در طول شکل گیری ژل، سنتز صورت گرفت. HPAX چندبلوری سنتز شده توسط این روش جدید توسط XRD، FTIR، TGA، SEM و TEM مشخص می شود.

کلمات کلیدی: بیومتریال ها، رشد ژل-سل، هیدروکسی آپاتیت

1. مقدمه

در چند دهه گذشته، هیدروکسی آپاتیت مصنوعی ($\text{HA:Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) به علت شباهت شیمیایی و ساختاری آن با مواد معدنی استخوان طبیعی، به طور گسترده به عنوان ماده جایگزین استخوان استفاده شده است. HA که می تواند از منابع طبیعی به دست آید و یا توسط روش های مختلف سنتز شود، به عنوان یک ماده فعال زیستی خوب در نظر گرفته می شود، زیرا یک پیوند شیمیایی قوی با بافت استخوان میزبان را تشکیل می دهد و از این رو به عنوان ماده پیوند استخوان خوب شناخته شده است. با این حال، اندازه ذرات معدنی طبیعی در مواد معدنی استخوان در مقیاس نانو با مساحت سطح بسیار بزرگ است. در مقابل ذرات HA مصنوعی (HAP) دارای وسعت سطح پایین هستند و خواص اتصال قوی [4] را ارائه می دهند. بسیاری از محققان تلاش کرده اند تا خواص آن مانند فعالیت زیستی، حلالیت

و قابلیت پختن را با کنترل ترکیب، مورفولوژی و اندازه ذرات [5-7] آن مهندسی نمایند. در طول سال های اخیر، تعدادی از روش های مختلف، از جمله رسوب، ژل-سل، هیدروترمال، امولسیون چندگانه، رسوب بیومتریکی، موقعیت الکتروود [8-10]، برای سنتز HA استفاده شده اند. روش ژل-سل با توجه به درجه حرارت کم سنتز آن، خلوص محصول بالا، مخلوط مولکولی همگن و توانایی تولید ذرات در اندازه نانو در مقایسه با سایر گزینه ها ترجیح داده می شود.

روش ژل-سل برای تهیه HAP معمولاً می تواند میکروساختار ریزدانه حاوی مخلوطی از ذرات نانو تا کمتر از میکرو را با ساختار کریستالی تشکیل دهد. گزارش شده است که این بلورها به منظور بهبود تماس و ثبات در رابط مصنوعی/طبیعی استخوان مشاهده شده در شرایط آزمایشگاهی و در محیط داخل بدن [12] بسیار کارآمد هستند.

سنتز HAP با استفاده از روش ژل-سل، به یک نسبت مولی صحیح 1: 1.67 بین کلسیم و فسفر در محصول نهایی [13] نیاز دارد. علاوه بر این تعداد زیادی پیش ماده کلسیم و فسفر مختلف استفاده شده برای سنتز HAP، همانند فرایندهای ژل-سل گزارش شده در متون وجود دارد. علاوه بر این، فعالیت زیستی مواد بر اساس کلسیم-فسفر وابسته به عوامل بسیاری مانند روش سنتز، مواد پیش ساز، محتوای ناخالصی، اندازه کریستال و مورفولوژی، غلظت و مرتبه ترکیب مواد، دما و pH است. انتخاب مسیر سنتز بستگی به کاربرد دارد.

در این اثر، یک روش ژل-سل مبتنی بر الکل در دمای پایین برای سنتز نانو HAP خالص با استفاده از $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ توسعه داد شد. $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ و $4\text{H}_2\text{O}$ به عنوان پیش ماده های کلسیم (Ca) و فسفر (P) توسعه داده شدند. مزایای

استفاده از این تکنیک جدید بر مطالعات قبلی [3,14-26] در مورد سنتز سل-ژل HAP عمدتاً عبارتست از:

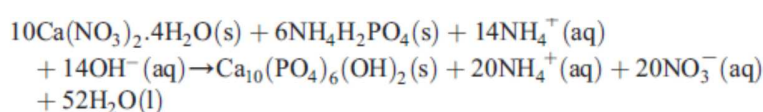
(a) انجام واکنش در دمای اتاق، (b) به دست آوردن تشکیل ژل بدون هیچ گونه ترکیب پخش شونده و (c) تشکیل HAP در اندازه نانو بدون استفاده از هر گونه فرایند آسیاب کردن.

ساختار نانو HAP سنتز شده با این روش جرید با استفاده از FTIR، XRD، DTA/TGA، SEM و TEM مورد بررسی قرار گرفت. ما دریافتیم که فاز HAP خالص با ساختار شش ضلعی کریستال را می توان در دمای اتاق با اندازه نانومتر سنتز نمود.

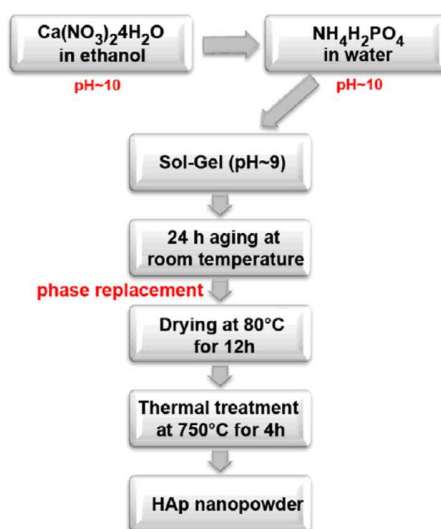
2. مواد و روش‌ها

2.1 فرآوری ژل-سل

یک روش خیلی ساده برای به دست آوردن نانو HAP راه‌اندازی شد. فلوجارت ارائه شده در شکل 1، روش تجربی مورد استفاده برای تولید نانو HAP را تشریح می‌نماید. در این سنتز، از $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (Merck) و $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (Sigma Aldrich) به عنوان پیش ماده های آغازین کلسیم و فسفر استفاده شدند. آمونیاک (NH_3 , Merck) برای تنظیم pH محلول مورد استفاده قرار گرفت. واکنش سنتز زیر انجام شد:



1.67 M $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ از حلال در اتانول (با pH 10) در یک نرخ ثابت 3 mL min^{-1} با استفاده از یک پمپ کرم وار در 1 مول حلال $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ($\text{Ca}/\text{P} = 1.67$) تحت یک همزنی قوی در دمای اتاق با سرعت ثابت 3 میلی لیتر بر دقیقه اضافه شد. پس از اینکه حلال رسوب سفید به دست آمد، به مدت 24، 12 و 48 ساعت در دمای اتاق نگهداشته می شود.



شکل 1. فلوجارت آماده سازی HAP.

ژل به دست آمده پس از فرآیند پیری فیلتر شد و بارها و بارها با استفاده از آب دو بار مقطر برای حذف $\text{NH}_4^+(\text{aq})$ و $\text{NO}_3^-(\text{aq})$ شسته شد. علاوه بر این، این ژل بارها و بارها با استفاده از استون خالص (Merck) برای تغییر فاز در حین جلوگیری از متراکم شدن، شسته شد. پس از آن کیک فیلتر به دست آمده توسط این فرایند در 80°C به مدت 12 ساعت در فر خشک شد و پودر خشک شده در 750°C درجه سانتی گراد به مدت 4 ساعت، با استفاده از یک کوره الکتریکی، با استفاده از نرخ حرارت $10^\circ\text{C min}^{-1}$ در هوا تصفیه شد.

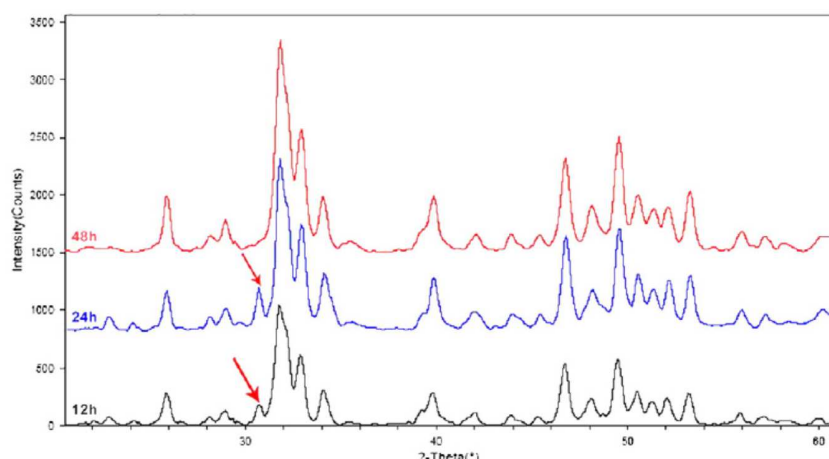
2.2 مشخصات

در ابتدا، نمونه‌های خشک‌شده توسط طیف‌سنجی مادون قرمز فوریه تبدیل (FTIR، PERKIN-ELMER Pyris1) در محدوده $400-4000\text{ CM}^{-1}$ برای تعیین انحراف استوکیومتری، یعنی حضور آنیون‌های جایگزین PO_4^{3-} و/یا گروه های OH^- از نانو HAP مشخص شدند. برای بررسی ترکیب فاز و تبلور متخلخل نانو HAP، تجزیه و تحلیل پراش اشعه X (XRD) در Rigaku، Dmax 2000 با استفاده از اشعه $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda = 0.1542\text{ \AA}$)، با حالت اسکن گام به گام، با استفاده از ولتاژ لوله 40 کیلو ولت و جریان 50 میلی آمپر لوله انجام شد. سپس الگوهای XRD در محدوده 2θ از 20-60 درجه، با اندازه گام 0.04 درجه و مدت زمان مرحله 0.5 ثبت شدند. گسترش اوج در داده XRD می تواند به منظور برآورد اندازه دانه در جهت عمود بر سطح کریستالوگرافی، بر اساس فرمول Scherrer به شرح زیر آموزنده باشد: [27]

$$D = 0.89\lambda / \beta \cos\theta \quad (1)$$

که در آن D اندازه دانه (نانومتر)، λ طول موج اشعه X (نانومتر)، β عرض کامل در نیمه حداکثر HAP خط (002) (رادیان) و θ زاویه پراش ($^\circ$) است.

تجزیه حرارتی نانو HAP در جو نیتروژن با استفاده از تجزیه و تحلیل حرارتی وزنی (TGA) با NETZSCH STA 409 PC Luxx TGA بین 30°C و 1200°C با حرارت دادن، با نرخ $20^\circ\text{C min}^{-1}$ مورد مطالعه قرار گرفت. اندازه ذره به عنوان نانو HAP سنتز شده خالص نیز با استفاده از اسکن میکروسکوپ الکترونی (SEM) با یک JEOL JSM-6335F Field Emission SEM اندازه گیری شد. تراکم نیز با استفاده از SEM مشاهده شد.



شکل 2. اثر زمان پیری بر ساختار بلوری HAP پخته در 750°C در هوا که توسط XRD اندازه گیری شده است. بررسی میکروسکوپ انتقال الکترونی (TEM) با JEOL JEM 2100 HRTEM عامل در 200 کیلو ولت (رشته LaB6) انجام شد. تصاویر TEM با استفاده از یک دوربین CCD اسکن آهسته مدل 694 Gatan ثبت شد که در آن مورفولوژی و اندازه ذرات نمونه نانو HAP خشک و متخلخل مشاهده و مورد بررسی قرار گرفت.

جدول 1 اثر زمان پیری بر پارامترهای شبکه، حجم سلول واحد و اندازه دانه نمونه HAP سنتز شده

Sample	Lattice parameter (Å)		Unit cell volume (Å) ³	Crystallite size (nm) ^b
	a ₀	c ₀		
Reference HAp ^a	9.418	6.888	528.80	
HAp, 12 h aging	9.383	6.875	524.16	26.77
HAp, 24 h aging	9.405	6.882	527.13	26.46
HAp, 48 h aging	9.418	6.871	527.75	33.47

^a International Centre for Diffraction Data (ICDD)-(JCSd 09-432).

^b Calculated from Scherrer equation (Eq. (1)).

3. نتایج و بحث

3.1 الگوهای XRD

الگوهای XRD کریستال های نانو HAP پخته شده در 750°C در شکل 2 برای دوره های پیری متفاوت نشان داده شده است. تجزیه و تحلیل فاز با استفاده از کارت PDF شماره 009-0432 برای HA و 29-0359 برای Ca_3PO_4 (β -TCP) انجام شد که اطلاعات در محدوده 2θ از 20 درجه تا 60 درجه را نشان داد. تجزیه و تحلیل فاز نشان داد که تمام قله های عمده HAP در پودر سنتز شده موجود هستند. پیک در 31.71 درجه در الگوهای XRD نمونه

مشاهده شد که با استفاده از 12 ساعت و 24 ساعت زمان پیری متناظر با (034) صفحه Miller، متناظر با فاز β -TCP با شماره JCPDS 29-0359 سنتز شد. می توان نشان داد که مقدار کمی از β -TCP ممکن است به عنوان یک فاز ناخالصی همراه با HAP تشکیل شود. پس از 48 ساعت زمان پیری، فاز β -TCP به تدریج ناپدید شد و فاز آپاتیت، غالب بود. این مشاهدات نشان می دهند که در نهایت زمان پیری حیاتی، لزوماً برای Sol به منظور به دست آوردن نمونه های آپاتیت فاز خالص مورد نیاز است. همانطور که در الگوهای XRD دیده می شود، قله های گسترده، اندازه کوچکتر دانه/ ذرات در پودر را برجسته نمودند. همانطور که در متون موجود [28] گزارش شده است؛ زمانی که قله پراش در 25.9 درجه متناظر با (002) صفحه Miller، یک قله تیز جدا شده باشد، برای محاسبه اندازه بلوری انتخاب می شود. این متناظر با رشد بلور در محور c ساختار شش ضلعی HAP است، پارامترهای شبکه، حجم های سلول واحد و اندازه ذرات نمونه محاسبه شده میانگین در جدول 1 ارائه شده اند. فهرستی از قله های اصلی مشاهده شده در الگوی پراش پودر اشعه X- برای HAP بعد از 48 ساعت زمان پیری سنتز شد و داده های مربوطه برای HAP مرجع در جدول 2 نشان داده شده است. پارامترهای تصفیه شده شبکه و مقادیر فاصله گذاری d برای نمونه های HAP، با مرجع HAP گزارش شده از ICDD-JCSD 09-432 موافق می باشد.

3.2 طیف FTIR

انتساب های فرکانس های ارتعاشی مشاهده شده از نانوحشک HAP خشک سنتز شده با استفاده از زمان های پیری مختلف در جدول 3 خلاصه شده است. شکل 3، طیف FTIR برای نمونه خشک شده را پس از 48 ساعت زمان پیری نشان می دهد. اولین نشانه از تشکیل HAP در قالب باند گسترده FTIR حول $1000-1100\text{ cm}^{-1}$ [29] است. علاوه بر این، قله های اطراف 3570 cm^{-1} و 630 cm^{-1} ، قله های مشخصه استوکیومتری HAP [30] می باشند. نقطه اوج در 962 cm^{-1} [31-34] مربوط به حالت کششی متقارن غیر منحنی، ν_1 ، از پیوند P-O در گروه فسفات است. اوج ضعیف مضاعف به انحطاط خم حالت، ν_2 ، گروه فسفات است. اوج ضعیف در 474 cm^{-1} [18,20]، حالت خمیدگی تبهگن دابل، ν_2 از گروه فسفات است. زمانی که پیک عمده گروه فسفات، پیک کششی P-O نامتقارن تبهگن سه گانه، ν_3 که پیک شدت یافته در میان حالت های ارتعاش فسفات است، می تواند تقریباً در حدود

1094 cm^{-1} شناسایی شود [31-33,35]. این گروه بین 564 cm^{-1} و 604 cm^{-1} متعلق به حالت خمیدگی سه گانه، ν_4 ، O-P-O در گروه فسفات است که دو محل را در شبکه کریستالی اشغال می‌کند. دو تقسیم قابل تشخیص ارتعاشات ν_4 نشان دهنده تقارن کم برای محل مولکول‌ها است، همانطور که دو قله، حضور بیش از یک سایت مجزا را برای گروه فسفات در شبکه هیدروکسی آپاتیت [36] تایید می‌نمایند. قله‌ها در 633 و 3564 cm^{-1} [31-33] به حالت جنبشی و ارتعاش کشش درون مولکولی گروه هیدروکسیل در ساختار بلوری HAp منسوب می‌شوند. نقطه اوج در 1635 cm^{-1} ، نشانه حالت خم شدن گروه‌های هیدروکسیل در آب جذب شده است. نقطه‌ی اوج در 3564 cm^{-1} به حالت کششی آزاد O-H نسبت داده می‌شود که ممکن است بر روی سطح کریستال حاضر باشد. زمانی که تبلور در محدوده قلیایی ($\text{PH} = 10.5$) انجام شد، حل CO_2 اتمسفری ارائه دهنده CO_3^{2-} بر اساس قله‌ها در 1422 و 875 cm^{-1} [38] صورت گرفت. این گروه در 875 cm^{-1} [36] نشان دهنده حالت خم شدن ν_2 برای گروه CO_3^{2-} است و و یک جایگزینی کربنات نوع B را نشان می‌دهد. حالت کشش حالتی ν_3 برای گروه‌های CO_3^{2-} نیز در 1422 cm^{-1} [39] در طیف FTIR مشاهده شد. شکل اوج ν_3 و عدم پیوند جذب C-O در 700 cm^{-1} نشان می‌دهد که هیچ کلسیت با HAp همراه نبود. یونهای کربنات می‌توانند با OH- یا PO_4^{3-} در ساختار آپاتیت جایگزین شوند. چون کربنات‌ها، ترکیبات ساختارهای استخوان [40] هستند، حضور CO_3^{2-} ممکن است به جای ایجاد نگرانی فعالیت زیستی HAp را بهبود بخشد.

جدول 2 فاصله گذاری HAp سنتز شده بعد از 48 ساعت زمان پیری در مقایسه با مرجع کارت JCSD 09-432

HAP

hkl	d (nm)		2θ (°)	
	Experimental	Standard HAp	Experimental	Standard HAp
002	0.3445	0.3440	25.843	25.879
102	0.3175	0.3170	28.081	28.126
210	0.3085	0.3080	28.922	28.966
211	0.2816	0.2814	31.748	31.773
112	0.2773	0.2778	32.258	32.196
300	0.2725	0.2720	32.845	32.902
202	0.2633	0.2631	34.024	34.048
310	0.2262	0.2262	39.812	39.818
222	0.1943	0.1943	46.704	46.711
312	0.1892	0.1890	48.051	48.103
213	0.1840	0.1841	49.494	49.468
321	0.1805	0.1806	50.514	50.493
402	0.1755	0.1754	52.055	52.100
004	0.1720	0.1722	53.212	53.143

جدول 3

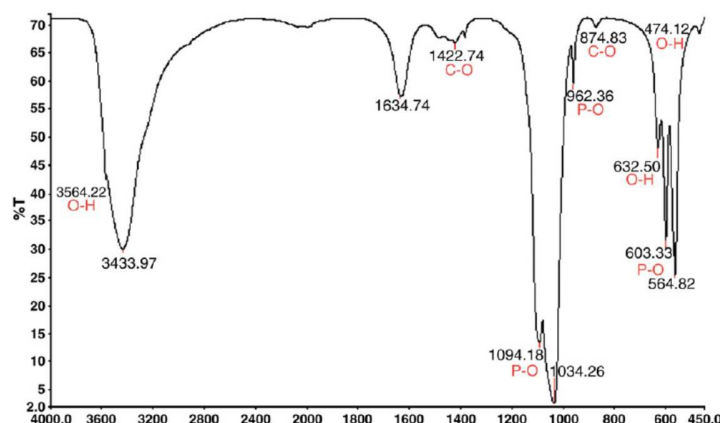
انتساب فرکانس های ارتعاشی مشاهده شده برای نانو HAP خشک سنتز شده با استفاده از زمان های پیری مختلف

Assignments	Observed vibrational frequencies (cm ⁻¹)		
	12 h	24 h	48 h
v1 stretching mode, PO ₄ ³⁻ (w)	962	962	962
v2 bending mode, PO ₄ ³⁻ (w)	474	474	474
v3 stretching mode, PO ₄ ³⁻ (s)	1036-1093	1035-1095	1034-1094
v4 stretching mode, PO ₄ ³⁻ (s,shp)	564-603	565-604	565-603
Librational mode, OH ⁻ (m)	633	633	633
Stretching mode, OH ⁻ (w)	3564	3564	3564
v2 bending mode, H ₂ O (w)	1636	1634	1635
v2 bending mode, CO ₃ ²⁻	875	875	875
v3 stretching mode, CO ₃ ²⁻	1421	1421	1423

w: weak, m: medium, s: strong, shp: sharp.

3.3. تجزیه و تحلیل وزنی حرارتی (TGA / DTA)

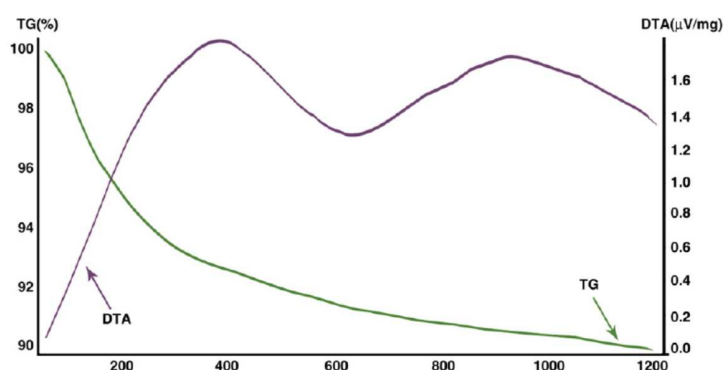
TGA نمونه خشک شده که به مدت 48 ساعت در هوا پیر شد، بین 30 ° C و 1200 ° C در جو نیتروژن در میزان حرارت دهی، 20 ° C min⁻¹ انجام شد، همانطور که در شکل 4 نشان داده شده است. یک شیب تند و یا افت وزن تند که می تواند به تجزیه HAP نسبت داده شود، در دمانگاره مشاهده نشد و افت وزن کلی نمونه به اندازه 10.52٪ یافت شد. این کاهش وزن می تواند به تبخیر آب جذب شده و از نظر ساختاری گنجانبیده شده و مولکول های حلال مرتبط باشد. هیچ کاهش وزن مشاهده شده در بالای 600 ° C وجود دارد که نشان می دهد HAp سنتز شده یک فاز پایدار را پس از عملیات حرارتی در دمای بالای 600 درجه سانتی گراد تولید می کند.



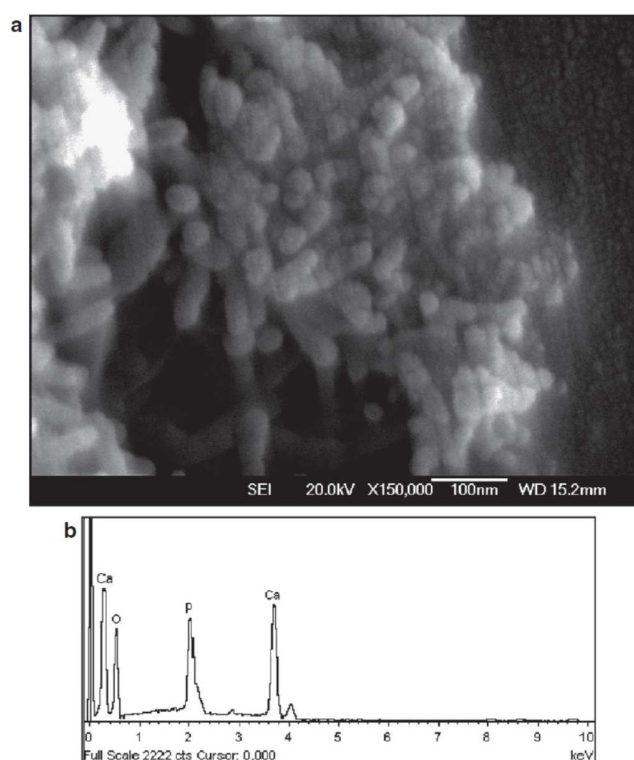
شکل 3. طیف FTIR برای نمونه HAP خشک پس از 48 ساعت پیری در هوا

3.4 مشاهده مورفولوژی ذرات (FEG-SEM)

مورفولوژی سطح با استفاده از دو SEM انتشار میدان مختلف مشاهده شد. قبل از مشاهده SEM، سطح ذره با خلا، با یک فیلم نازک از پلاتین پوشش داده شد. اشکال 5 (a) و (b) تصاویر SEM از پودر خشک شده و پودرهای به دست آمده بعد از عملیات حرارتی را در 750 درجه سانتی گراد به مدت 4 ساعت در هوای راکد نشان می‌دهد. پس از عملیات حرارتی، اندازه متوسط ذره و تغییرات مورفولوژی را می‌توان به وضوح از میکروگراف SEM مشاهده نمود. فرایند پخت نه تنها باعث کوچک شدن و خم شدن ساختار سوزن مانند، بلکه باعث رشد اندازه ذرات می‌شود. طیف‌های EDX از پودرهای سنتز شده قبل و بعد از عملیات حرارتی در شکل 5 (b) و 6 نشان داده شده است که ترکیب عناصر نانو HAP را نشان می‌دهد. زمانی که هیچ عنصر مهم دیگری تشخیص داده نشد، قله‌های مشخص مربوط به کلسیم، فسفر و اکسیژن، به دست آمد. از طریق این تجزیه و تحلیل، نسبت Ca/P در حدود 1.70 محاسبه شد که خلوص HAP را تایید می‌کند.



شکل 4. TGA / DTA برای نمونه HAP به صورت خشک شده



شکل 5. میکروگراف SEM (a) و طیف تجزیه و تحلیل اشعه X پراکنده انرژی (b) برای HAP خشک سنتز شده که به مدت 24 ساعت در هوا پیر شده است.

3.5 تجزیه و تحلیل TEM

علاوه بر تصاویر روشن میدانی TEM، الگوهای پراش الکترونی ناحیه انتخاب شده (SAED) نیز برای HAP خشک و متخلخل اندازه گیری شد. با استفاده از الگوی پراش برای نانو کریستال، ما می توانیم جهت گیری خود را با توجه به

پرتوی الکترونی و هر بلور مجاور تعیین کنیم. موقعیت بازتاب hkl مجاز، مشخصه سیستم بلوری می‌باشد. از شاخص گذاری نقاط، جهت گیری بلور از نظر محور منطقه [UVW] که در آن صفحه های شاخص گذاری شده قرار می گیرند، می تواند استنتاج شود [41].

در میکروگراف های TEM، کریستال های نانوحا سوزن مانند با قطر متوسط ذرات در محدوده 9-15 نانومتر مشاهده شدند و این ممکن است نشان دهد که فرایند پخت باعث رشد ذرات و تراکم آنها می شود. فاصله بین صفحات کریستال با استفاده از الگوهای پراش استاندارد، شاخص دار برای کریستال HCP در جهت های پرتو با در نظر گرفتن نسبت های فاصله گذاری نقطه اصلی و همچنین زوایای بین سطح اصلی عمود اندازه گیری شد.

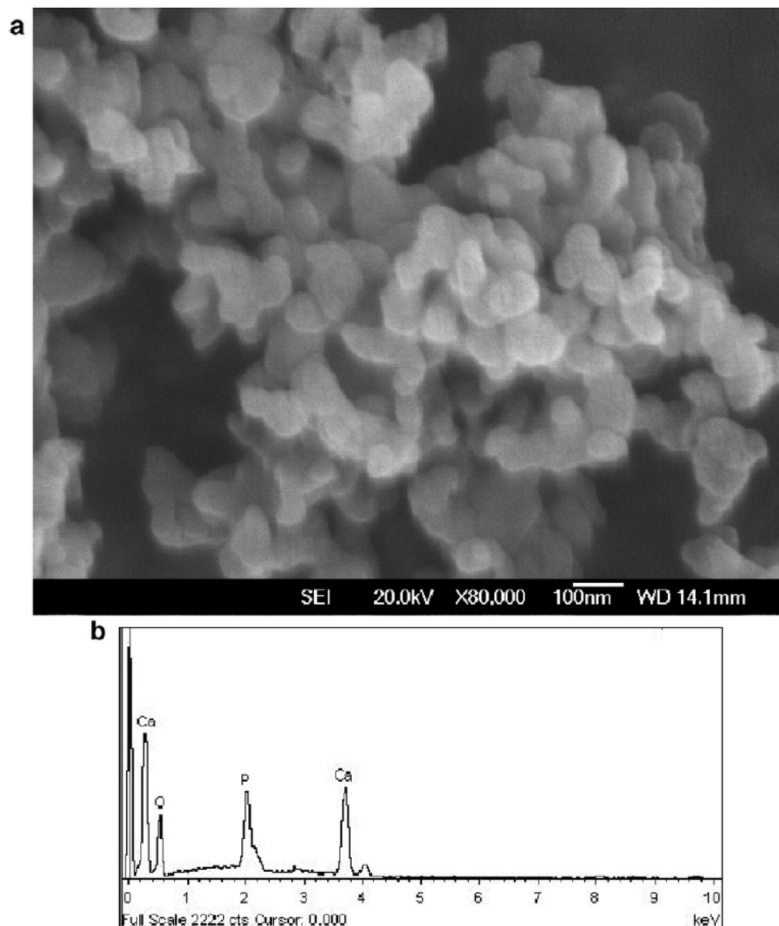
شکل 7 (a) و (b) میکروگراف TEM و SAED برای HAP خشک را پس از 24 ساعت استفاده از زمان پیری نشان می دهد. نمونه HAP مورفولوژی سوزن مانند با اندازه نانو را با متوسط اندازه ذرات 12 نانومتر در قطر نشان داد. فاصله گذاری بین دو وجهی از محور منطقه [0110] در امتداد جهت [2110] در (a) 3.3 \AA و از [1213] محور منطقه و در امتداد جهت [1101]، (b) 3.9 \AA اندازه گیری شد. الگوی حلقوی و تصویر تبدیل سریع فوریه را نیز می توان در شکل 7(b) دید. میکروگراف TEM و SAED برای همان نمونه HAP پخته شده در 750° C در شکل 8 ارائه شده است. با توجه به تراکم و رشد کریستال، متوسط اندازه ذرات 50 نانومتر است. فاصله بین دو وجهی از محور منطقه [1213] در امتداد جهت [1010] در 3.1 \AA اندازه گیری شد.

4. نتیجه گیری

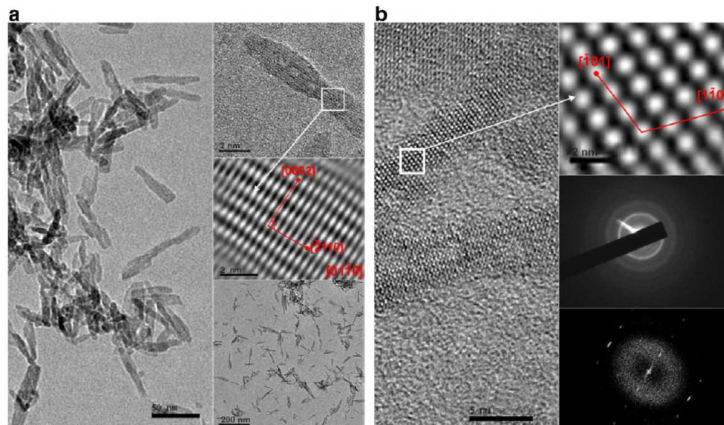
ما با موفقیت یک روش جدید برای سنتز پودر نانو HAP خالص، شش ضلعی و از نظر حرارتی پایدار و سوزن مانند را در دمای پایین تر از سایر روش های موجود در منابع [3,14-26] توسعه دادیم. از همه مهمتر، در این فرآیند مبتنی بر الکل جدید و ساده، تشکیل ژل بدون استفاده از کاتالیزور به دست آمد و نانو HAP بدون نیاز به فرایند آسیاب کردن تولید شد. XRD، FTIR، TG-DTA، SEM، و TEM برای توصیف مقیاس اتمی استفاده شده است. ساختار نانو بلوری توسط میکروگراف های XRD، SEM و TEM-HR FEG مشخص شده است. از میکروگراف SEM و TEM، ساختار آپاتیت به صورت شش ضلعی سوزن مانند در اندازه نانو با 12 نانومتر قطر متوسط ذرات و طول متوسط ذرات 65

نانومتر شناخته شد. نتایج XRD نشان داد که به عنوان یک فاز ناخالصی 2 (PO4) CA3 در صورتی تکامل می یابد که زمان پیری کافی نباشد و HAp خالص می تواند پس از 48 ساعت زمان پیری به دست آید. علاوه بر قله های مشخصه از HAp استوکیومتری، قله هایی که متعلق به گروه های کربناته هستند، نیز در طیف FTIR مشاهده شدند. همانطور که کربنات ها، ترکیبات ساختاری استخوان هستند، حضور اینها حتی ممکن است برای بهبود فعالیت زیستی HAp با صرفه تر باشد.

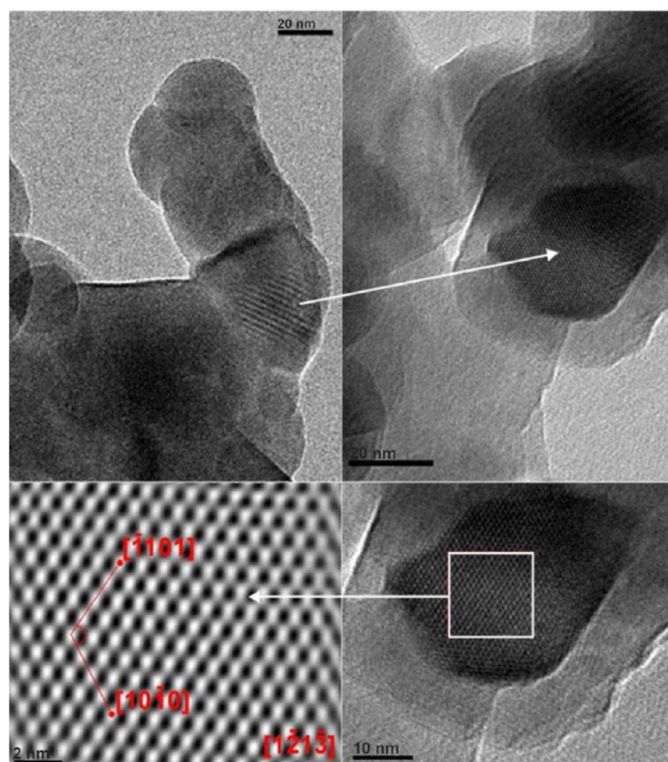
روش ارائه شده بسیار ساده و ارزان است. بنابراین، می توان آن را برای آماده سازی خالص، محاسبه میزان عناصر، HAp نانو بلوری، مورد نیاز برای تولید در مقیاس بزرگ از برنامه های مختلف زیستی مواد پیشنهاد نمود.



شکل 6. میکروگراف SEM (a) و تجزیه و تحلیل پراکنده انرژی اشعه X (b) طیف HAP پخته در 750°C و پیر شده برای 24 ساعت در هوا



شکل 7. (a) میکروگراف TEM و HAp خشک شده و مدت 24 ساعت در هوا پیر شده (b) میکروگراف TEM و SAED HAp خشک، به مدت 24 ساعت در هوا پیر شده.



شکل 8. میکروگراف TEM و SAED نمونه HAP پخته شده در 750°C

این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی