



تحضير وتوصيف مسحوق الهيدروكسي ابتايت ودراسة مركب الهيدروكسي ابتايت – زركونيا

سجا عبدالامير¹، غازي كمال² و عباس فاضل³

¹طالبة ماجستير/ قسم الفيزياء / كلية العلوم / جامعة واسط

²قسم العلوم / كلية التربية الأساسية / جامعة واسط / phyghazi@gmail.com

³قسم الفيزياء / كلية العلوم / جامعة واسط / Essa_abb@yahoo.com

الخلاصة

تم تحضير مسحوق الهيدروكسي ابتايت $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ محليا من عظام البقر وتوصيفه ودراسة نقاوته. كذلك تم تحضير مركب من الهيدروكسي ابتايت – زركونيا بنسب للزركونيا 0,5,10,15,20,25% wt . استخدم البولي اثيلين كلايكول كمادة رابطة بنسبة 1% wt، وذلك من خلال إذابة البولي اثيلين كلايكول بحول الايثانول بنسبة (1g:100ml) وبدرجة حرارة $40^{\circ}C$ وباستخدام جهاز الخلط المغناطيسي (Magnetic stirrer) للحصول على محلول متجانس للمواد. بعد ذلك تجفيف المسحوق وكبس النماذج ثم اجراء المعاملة الحرارية عند درجة حرارة $1350^{\circ}C$ لمدة ثلاث ساعات. الخواص الفيزيائية والميكانيكية التي تم دراستها هي الكثافة والمسامية ونسبة امتصاص الماء والصلادة ومقاومة الانضغاط ، فضلا عن فحوصات حيود الأشعة السينية وفحوصات الفلورة السينية.

الكلمات المفتاحية: الهيدروكسي ابتايت، زركونيا، مركب، تطبيقات طبية

Preparation and Characterization of Hydroxyapatite Powder and Study of Hydroxyapatite - Zirconia Composite

Saja Abdul-Ammer Said¹, Ghazi Kamal Saeed² and Abbas Fadhil Essa³

¹ Master student - Department of Physics – College of Science / University of Wasit

² Science Department – College of Basic Education / University of Wasit/ phyghazi@gmail.com

³ Physics Department – College of Science / University of Wasit / Essa_abb@yahoo.com

Abstract

Hydroxyapatite powder $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ was prepared locally from the bones of the cow, and characterization the powder as well as studied purity. A composite of hydroxyapatite-zirconia was also prepared with a percentage of zirconia 0,5,10,15,20,25% wt . Use polyethylene glycol as a binder with

1% wt by dissolving polyethylene glycol with ethanol (1g: 100ml) at 40 °C and using a magnetic stirrer to obtain a homogeneous solution for the material. Then dry the powder and press the samples, then heat treatment at 1350 ° C for three hours. The physical and mechanical properties studied were density, porosity, water absorption ratio, hardness and compression resistance, as well as X-ray diffraction and X-ray florescence.

Keywords: Hydroxyapatite, zirconia, composite, Medical applications

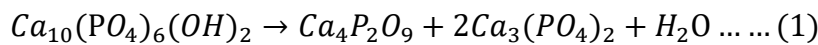
المقدمة:

الطبية المختلفة، والتي يمكن استخدامها كتعويض عن الأنسجة الصلبة، وهناك انواع كثيرة من فوسفات الكالسيوم مثل الهيدروكسي اباتيت (HA)، رباعي السطوح لفوسفات الكالسيوم (TTCP)، ثلاثي فوسفات الكالسيوم (TCP)، ثنائي فوسفات الكالسيوم اللامائية (DCP)، فوسفات الكالسيوم العشوائية (ACP)، ثنائي الطور لفوسفات الكالسيوم (BCP). الهيدروكسي اباتيت (HA) هو اكثر المواد الواعدة والجيدة في استبدال العظام وذلك لقابليته على التناسق والتوافق البيولوجي [4].

استخدمت عدة طرق لتحضير الهيدروكسي اباتيت منها تقنية الترسيب (precipitation)، تقنية السائل - الصلب (sol-gel)، التقنية المائية (hydrothermal technique)، تقنية الترسيب بالحاكاة البيولوجية (biomimetic) (deposition)، تقنية الترسيب الكهربائي (electro deposition)، تحضيرها من عظام الحيوانات بشكل مباشر، وغيرها من الطرق [5]. وعند تشكيل النماذج بأي طريقة واجراء المعاملة الحرارية عليها وبعد تجاوز درجة الحرارة 1100°C يتفكك الهيدروكسي اباتيت الى عدة مركبات مثل β -TCP [6-9] ويمكن ان يتفكك وفقا للتفاعلات التالية [10,11].

تتم اهمية الهيدروكسي اباتيت من خلال التطبيقات الكثيرة وبالأخص المتعلقة بالتطبيقات الطبية. الهيدروكسي اباتيت (HA) هو شكل معدني طبيعي من اباتيت الكالسيوم والمتمثل بالصيغة الكيميائية $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ ، ولكن عادة ما يكتب $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ للإشارة إلى أن خلية وحدة البلورة من كيانين، الوزن الجزيئي له 502.31 g/mol والتركيب البلوري سداسي Hexagonal بالأبعاد، $a = 9.41 \text{ \AA}$ ، $c = 6.88 \text{ \AA}$ شكل رقم (1)، ويمكن ان يأخذ عدة الوان منها أبيض، حليبي، عديم اللون، رمادي، أصفر، أخضر مصفر. المكونات الرئيسية للعظام البشرية هي من مواد عضوية معظمها ألياف الكولاجين ومواد غير عضوية والمعروفة باسم هيدروكسي اباتيت البيولوجي الذي يمثل 65-70% بالوزن من العظام الطبيعية كما موضح بالشكل (2). ألياف الكولاجين هي المسؤولة عن مرونة العظام، في حين أن العنصر المعدني (هيدروكسي اباتيت) هي المسؤولة عن صلابة العظام والنسبة المولية للكالسيوم الى الفسفور (Ca/P) ضمن الهيدروكسي اباتيت في النسيج العظمي هي بحدود [1-3]1.67.

مواد فوسفات الكالسيوم (CaP) تستخدم بكثرة وبشكل مباشر ضمن الأنسجة الصلبة (مثل العظام) في التطبيقات



صناعة الاسنان والوجه والفكين والجمجمة. يدخل ايضا في العمليات التجميلية لكثير من اجزاء الجسم. يمكن ان يدخل بنسبة كبيرة في تحضير اعلاف الحيوانات [12].

يمكن استخدام الهيدروكسي اباتيت المحضر كطلاء لجميع الأجزاء التي تدخل في جسم الانسان. كذلك يمكن تحضير اجزاء كاملة تدخل في جسم الانسان كأجزاء من العظام او

الجانب العملي:

ولاً: لغرض تحضير مسحوق الهيدروكسي ابتايت محليا تم اتباع الخطوات الآتية:

تم تحضير عظام بقر عراقية من الاسواق المحلية وتنظيفها اوليا من بقايا اللحم والدهون.

غلي العظام بالماء لمدة خمس ساعات ولأكثر من مرة لإزالة الدهون.

تجفيف العظام بالمجفف الكهربائي عند درجة حرارة 75°C لمدة 24 ساعة.

تكسير العظام باستخدام مطرقة حديدية.

وضع العظام المكسرة في بودقة سيراميكية و اجراء عملية المعاملة الحرارية من خلال الكلسنة عند درجة حرارة 750°C لمدة اربع ساعات، ويتم التأكد من ان جميع العظام المكسرة فقدت المواد العضوية واصبح لونها ابيض حليبي ناصعا خاليا من اللون الأسود.

بعد اجراء المعاملة الحرارية تم طحن العظام باستخدام طاحونة دوارة ذات شفرات حديدية.

غربلة المسحوق بحجم دقائق اقل من 150µm باستخدام المناخل.

اجراء الفحوصات الخاصة بتشخيص المادة والطور باستخدام منظومة حيود الأشعة السينية XRD . والمواد الداخلة في تركيب الهيدروكسي ابتايت والشوائب من خلال منظومة فلورة الأشعة السينية XRF.

تم استخدام مسحوق هيدروكسي ابتايت امريكي لغرض المقارنة، فضلا عن الطيف القياسي والمرفق مع المنظومة ضمن مكتبة حيود الأشعة السينية.

تحضير مركب من الهيدروكسي ابتايت – زركونيا بنسب للزركونيا 0,5,10,15,20,25% wt ، علما ان الزركونيا المستخدمة هي من نوع الزركونيا المثبتة جزئيا (PSZ) باستخدام اليتريا نوع [ZrO₂ plus 5.4 wt% Y₂O₃] المصنعة من قبل المملكة المتحدة (Zirconia Sales- U.K.) GU185SS- وبمعدل حجم دقائق (0.39 µm)، ولون المسحوق ابيض ناصع.

ثانياً: تحضير النماذج:

تم استخدام البولي اثيلين كلايكول Polyethelenglycol (SIGMA-ALDRICH – W.G) ذي الوزن الجزيئي 6000 كمادة رابطة ، وذلك من خلال إذابة البولي اثيلين كلايكول بكحول الايثانول بنسبة (1g:100ml) وبدرجة حرارة 40°C وباستخدام جهاز الخلط المغناطيسي (Magnetic stirrer) حيث تعمل حركة المغناطيس على تحريك المحلول بشكل مستمر للحصول على محلول متجانس. من خلال حساب النسب تم استخدام المحلول الذي يتضمن البولي اثيلين كلايكول لغرض تحضير خلطات من الهيدروكسي ابتايت - الومينا 99% wt مقابل المادة الرابطة بنسبة 1% wt ، وباستخدام الخلاط المغناطيسي لغرض الحصول على محلول للمواد متجانس.

تجفيف المحلول الذي يتضمن المواد باستخدام مجفف عند درجة حرارة 75°C لمدة 24 ساعة.

تشكيل النماذج باستخدام قالب معدني بقطر 9mm وضغط مقداره 2.75Ton لكبس النماذج بطريقة الكبس شبه الجاف. اجراء المعاملة الحرارية وفقا لبرنامج خاص للمعاملة الحرارية كما بالشكل رقم (3) .

ثالثاً: الفحوصات:

فحوصات حيود الأشعة السينية XRD للمساحيق لغرض تحديد نوع المادة وطورها ومن خلال الشكل رقم (4) تبين أن المادة هي الهيدروكسي ابتايت والطور هو سداسي من خلال المقارنة بين الطيف المحضر والطيف الأمريكي والطيف القياسي بالبطاقة المرقمة (34-0010)، والشكل يبين ان هناك تطابقا شبه تام بين الاطياف الثلاثة. كذلك تم اجراء فحوصات حيود الأشعة السينية لأحد النماذج المحضرة عند المعاملة الحرارية 1350°C لمدة ثلاث ساعات وتبين الفحوصات أن المادة هي الهيدروكسي ابتايت من دون اي تفكك الى مكونات اخرى كما بالشكل رقم (5).

فحوصات فلورة الأشعة السينية XRF يبين أن المواد الرئيسية في التحليل هي اوكسيد الفسفور (P₂O₅) وأوكسيد الكالسيوم (CaO)، وهذا تأكيد بأن المادة الغالبة هي

كانت 1350°C لمدة ثلاث ساعات. الشكل رقم (8) يمثل تغير التقلص القطري مع نسب الزركونيا ويظهر انخفاض خطي تقريبا مع النسب، والسبب في ذلك يعزى الى ان زيادة نسب الزركونيا نحتاج الى حرارة اعلى من 1350°C لكم تتم عملية اندماج حبيبات المادة لاكتمال عملية التلييد. الشكل (9) يمثل تغير صلادة فيكرز مع نسب الزركونيا وحصل انخفاض في قيم الصلادة للسبب السابق نفسه وهو عدم كفاية درجة حرارة التلييد ومقدار قيم الصلادة يتفق مع قيم المرجع [8]. والشكل رقم (10) يمثل متانة الانضغاط مع نسب الزركونيا ومن خلال الشكل يظهر ان اعلى قيمة لمتانة الانضغاط هي عند نسبة الزركونيا 10% wt بعد ذلك انخفاض في القيم مع زيادة نسب الزركونيا بسبب انخفاض درجة حرارة التلييد والنتائج تتفق مع المصدر [6]. والشكل رقم (11) يمثل تغير الكثافة الظاهرية مع نسب الزركونيا، وتبين النتائج انخفاض في نسب الكثافة كباقي الخواص، والسبب هو نفسه الذي تم ذكره سابقا رغم زيادة نسب الزركونيا والتي كثافتها النظرية اعلى من كثافة الهيدروكسي ابتايت النظرية [13]. والشكلان (12) و (13) يمثلان تغير المسامية ونسبة امتصاص الماء وسلوكهما كما متوقع عكس سلوك الكثافة الظاهرية، وتبين الأشكال ان اقل مسامية وامتصاص للماء هو عند الهيدروكسي ابتايت لوحده وذلك لبلوغه الى درجة التلييد المناسبة.

الاستنتاج

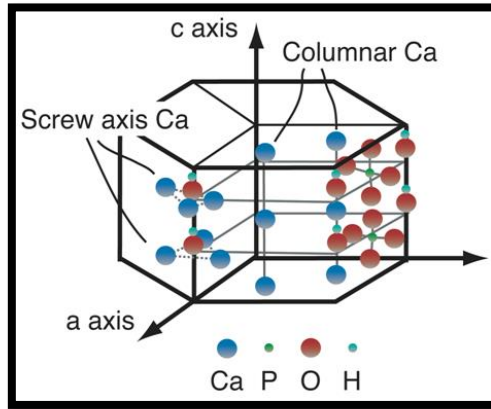
يتميز المسحوق المحضر بانه هيدروكسي ابتايت ذات طور سداسي (Hexagonal) لونه ابيض حليبي ونقاوته عالية ويمكن طحنه بسهولة وغربلته للحصول على الحجم الدقائق المطلوب ومستقر مع الزمن والظروف الجوية. وان افضل الخواص كانت عند الهيدروكسي ابتايت النقي ما عدا متانة الانضغاط كانت اعلى قيمة لها عند النسبة 10% wt للزركونيا. كذلك تم المحافظة على طور الهيدروكسي ابتايت قبل وبعد اجراء المعاملة الحرارية.

الهيدروكسي ابتايت والمواد الاخرى نسبها قليلة وهذا متوقع في المكونات الداخلة في العظام كما بالجدول (1). فحوصات الكثافة الرطبة مع الضغط لاختيار افضل ضغط لكبس النماذج كما بالشكل رقم (6). فحوصات الكثافة مع درجة الحرارة للمعاملة الحرارية المختلفة عند زمن مقداره ثلاث ساعات والشكل رقم (7) يوضح ذلك. فحوصات التقلص القطري وصلادة فيكرز ومتانة الانضغاط والكثافة الظاهرية والمسامية ونسبة امتصاص الماء.

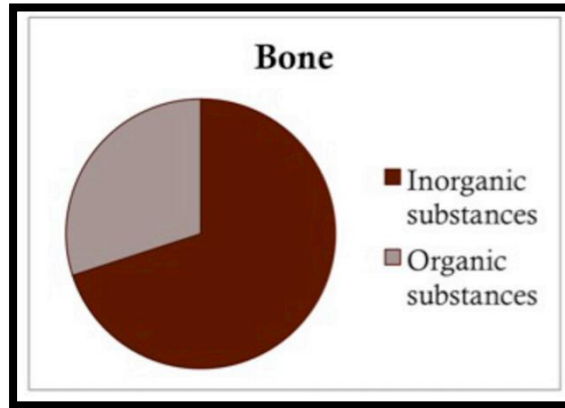
النتائج والمناقشة:

من خلال فحوصات حيود الأشعة السينية في الشكل رقم (4) تبين أن المادة المحضرة هي الهيدروكسي ابتايت والطور هو سداسي من خلال المقارنة بين الطيف المحضر والطيف الأمريكي والطيف القياسي بالبطاقة المرقمة (34-0010)، وان لونه ابيض حليبي ونقاوته عالية من خلال نتائج فحوصات الفلورة السينية المبينة بالجدول رقم (1) وتتجاوز نسبة فقدان (I.o.i) والبالغة 10.48% wt ظهرت نسبة اوكسيد الكالسيوم 59.92% wt ونسبة اوكسيد الفسفور 35.04% wt ومجموعهما يبلغ 94.96% wt والنسبة المتبقية هي للمواد الاخرى، وهذه الارقام تشير الى ان المكونات الرئيسية للهيدروكسي ابتايت هي اوكسيد الكالسيوم واوكسيد الفسفور وهذا يتفق مع رمز مركب الهيدروكسي ابتايت $(\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2)$.

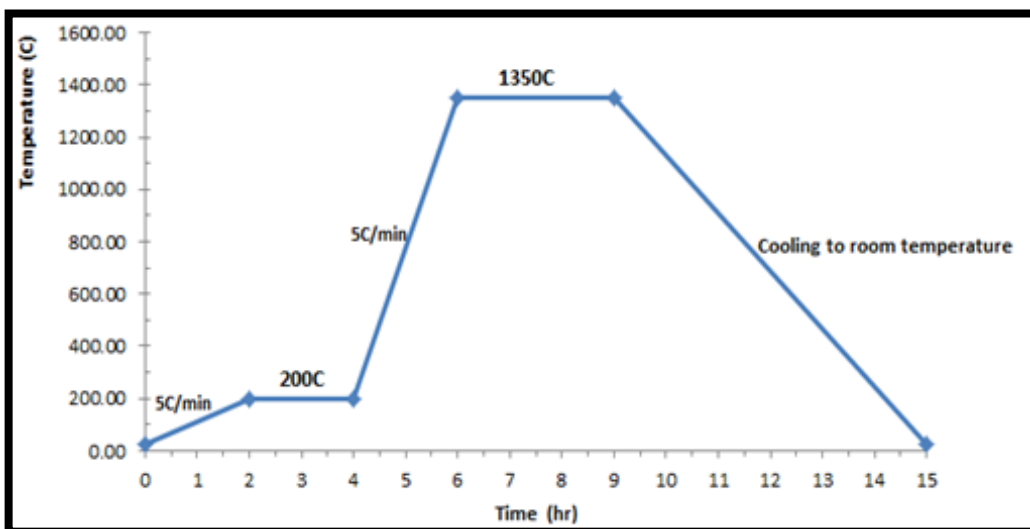
ومن خلال الشكل رقم (5) تبين النتائج أن طيف حيود الأشعة السينية للنموذج المحضر عند درجة حرارة 1350°C لمدة ثلاث ساعات محافظ على طور الهيدروكسي ابتايت من خلال المقارنة مع الطيف القياسي، وهذا يعزى الى برنامج المعاملة الحرارية الذي تم اختياره وهذا مفيد جدا بالتطبيقات المختلفة للهيدروكسي ابتايت، وتشير اغلب الأدبيات الى تفكك الهيدروكسي ابتايت عند اجراء المعاملات الحرارية والتي تتجاوز 1100°C [6-8]. والشكل رقم (6) يمثل تغير الكثافة الرطبة مع مقدار الكبس وقد تم اختيار الضغط 2.75ton لكبس النماذج. والشكل رقم (7) يمثل تغير الكثافة مع درجة الحرارة وقد اظهرت النتائج ان افضل درجة حرارية



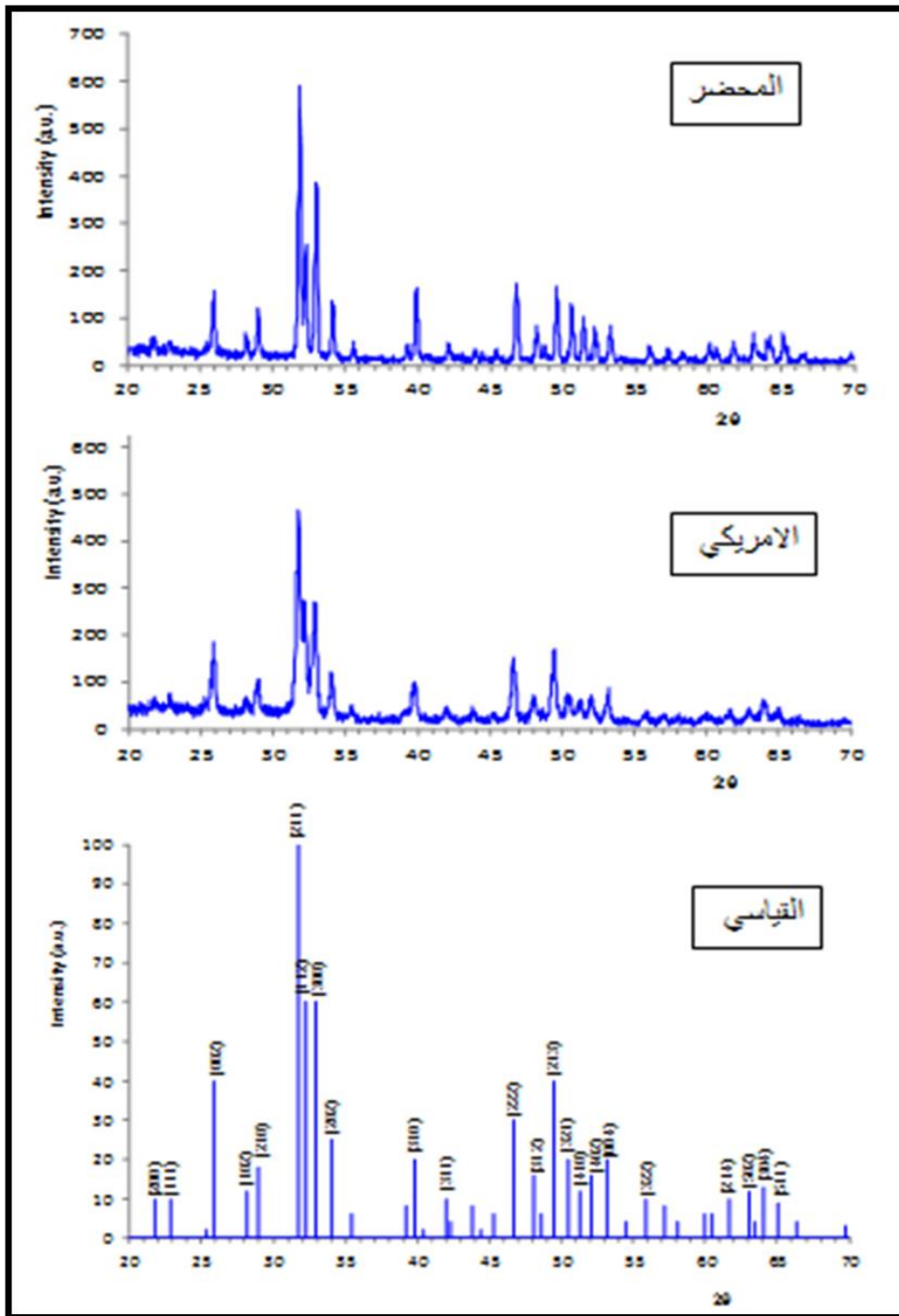
شكل (1) التركيب البلوري للهيدروكسي ابتايت



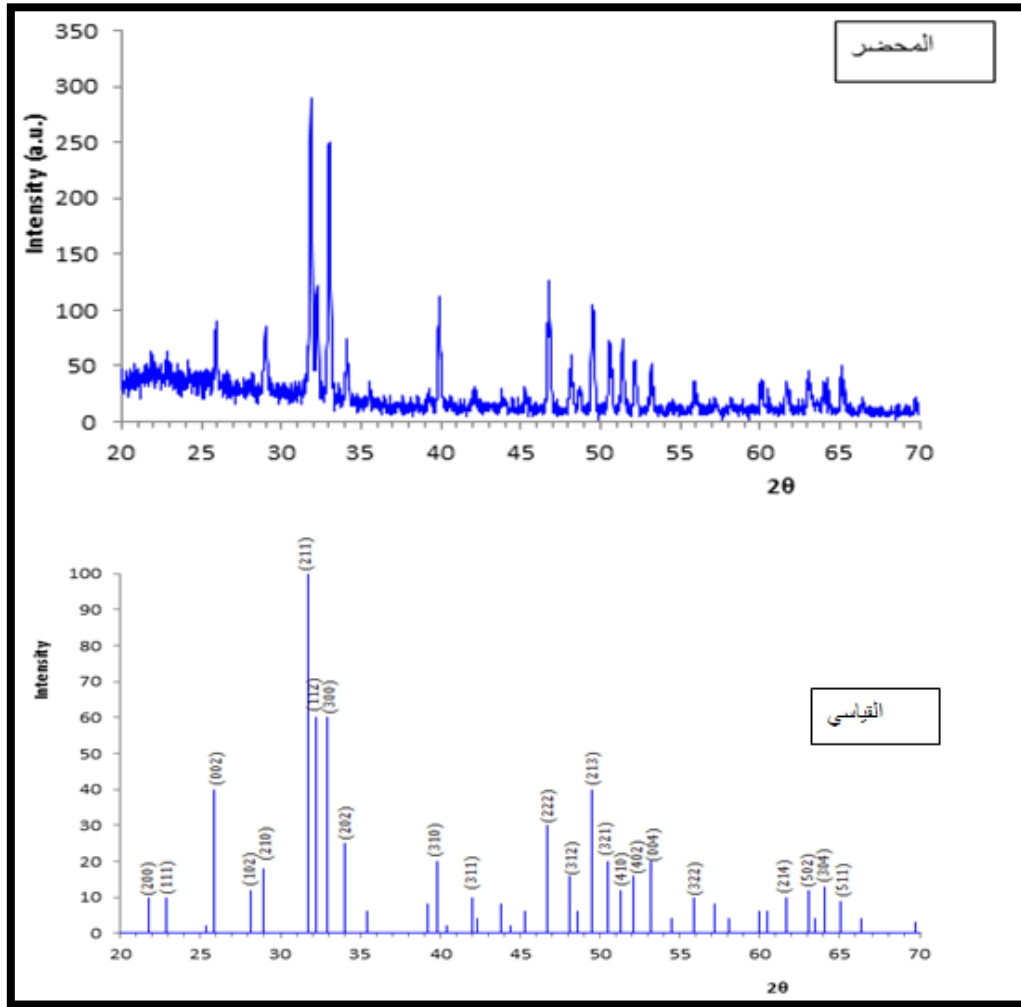
شكل (2) نسب المواد العضوية وغير العضوية



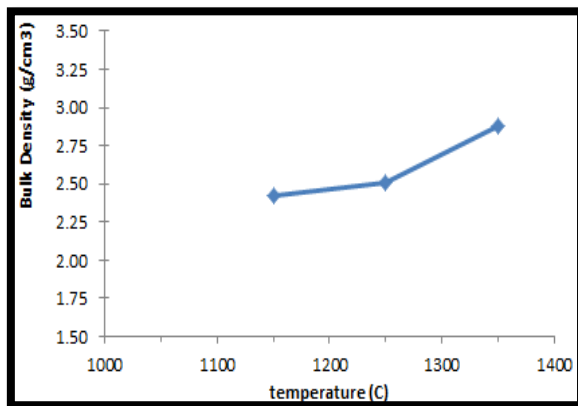
شكل (3) برنامج المعاملة الحرارية



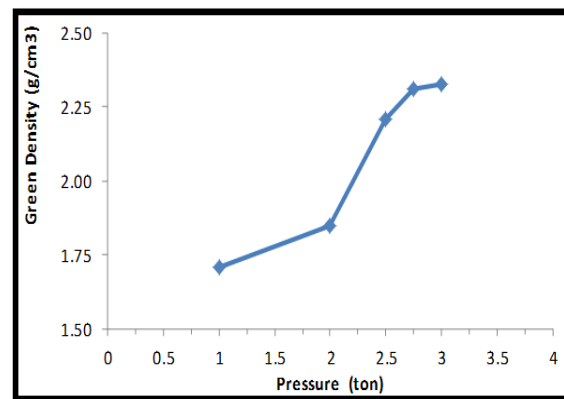
شكل (4) اطيف حيود الأشعة السينية لمسحوق الهيدروكسي ايتايت المحضر والامريكي والقياسي



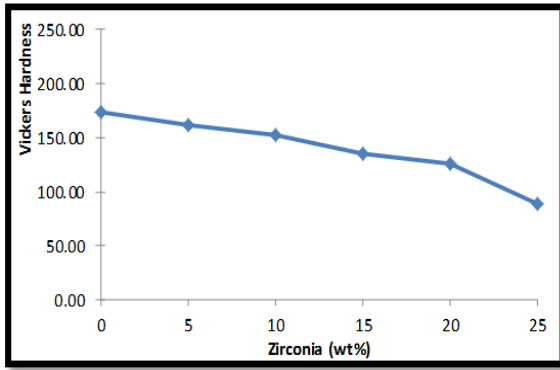
شكل (5) يمثل طيف حيود الأشعة السينية لنموذج الهيدروكسي ابتايت المحضر لوحده عند درجة حرارة 1350°C لمدة ثلاث ساعات



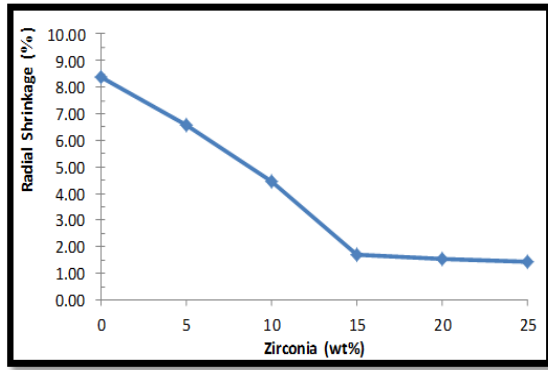
شكل (7) تغير الكثافة الحجمية مع درجة حرارة التبليد



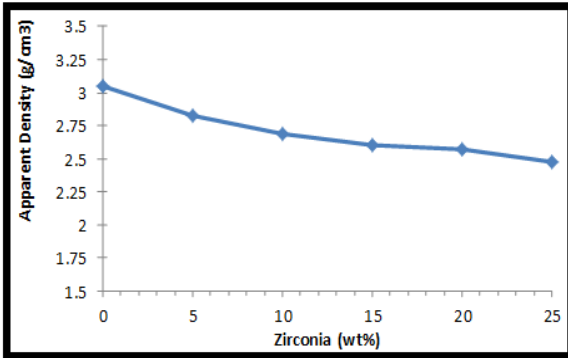
شكل (6) تغير الكثافة الرطبة مع الضغط المسلط



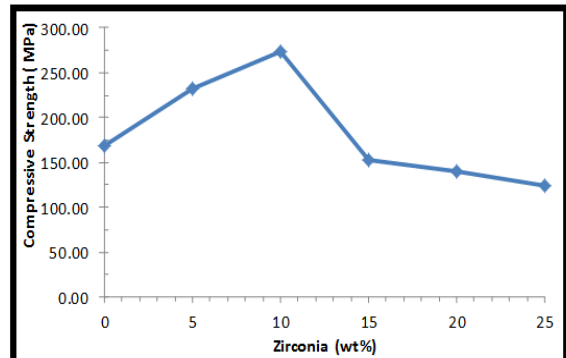
شكل (9) تغير صلادة فيكرز مع نسب الزركونيا



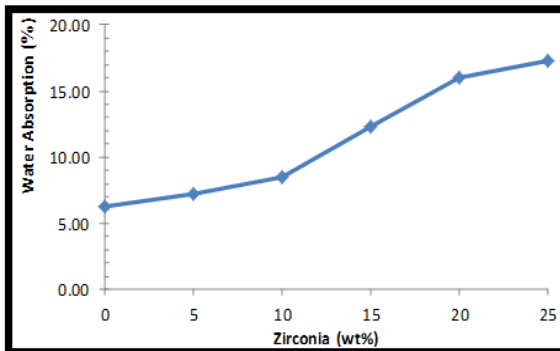
شكل (8) تغير التقلص القطري مع نسب الزركونيا



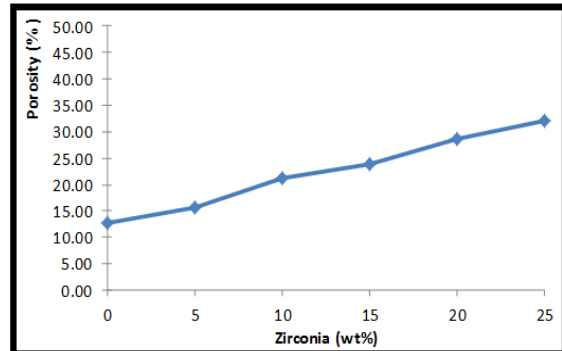
شكل (11) تغير الكثافة الظاهرية مع نسب الزركونيا



شكل (10) تغير متانة الانضغاط مع نسب الزركونيا



شكل (13) تغير نسبة امتصاص الماء مع نسب الزركونيا



شكل (12) تغير المسامية مع نسب الزركونيا

جدول (1) يبين نتائج فحص فلورة الأشعة السينية لمادة الهيدروكسي ابتايت المحضر

Sample Name		Saja	Date of Receipt		11/13/2017 14:40:56	
Description			Method		TurboQuant-Powders	
Z	Symbol	Element	Norm. Int.	Concentration	Abs. Error	
12	MgO	Magnesium	113.8379	3.131 %	0.046 %	
13	Al ₂ O ₃	Aluminum	0.0000	< 0.0038 %	(0.0) %	
14	SiO ₂	Silicon	0.0000	< 0.0011 %	(0.0) %	
15	P ₂ O ₅	Phosphorus	31550.8606	31.37 %	0.02 %	
16	SO ₃	Sulfur	624.2428	0.3879 %	0.0013 %	
17	Cl	Chlorine	708.2183	0.07756 %	0.00023 %	
19	K ₂ O	Potassium	0.0000	< 0.0012 %	(0.0) %	
20	CaO	Calcium	12892.4394	53.90 %	0.04 %	
22	TiO ₂	Titanium	1.4561	0.0085 %	0.0021 %	
23	V ₂ O ₅	Vanadium	0.4519	< 0.0061 %	(0.0060) %	
24	Cr ₂ O ₃	Chromium	4.1424	< 0.00015 %	(0.0) %	
25	MnO	Manganese	0.6879	0.00068 %	0.00030 %	
26	Fe ₂ O ₃	Iron	97.8309	0.03731 %	0.00032 %	
27	CoO	Cobalt	0.0803	< 0.00039 %	(0.0) %	
28	NiO	Nickel	13.9385	0.00331 %	0.00012 %	
29	CuO	Copper	21.9924	0.00441 %	0.00013 %	
30	ZnO	Zinc	181.5375	0.02709 %	0.00016 %	
31	Ga	Gallium	5.5232	0.00052 %	0.00006 %	
32	Ge	Germanium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %	
33	As ₂ O ₃	Arsenic	0.0000	< 0.00007 %	(0.0) %	
34	Se	Selenium	0.0000	< 0.00005 %	(0.0) %	
35	Br	Bromine	9.5250	0.00043 %	0.00002 %	
37	Rb ₂ O	Rubidium	4.0470	0.00012 %	0.00002 %	
38	SrO	Strontium	2621.3861	0.07414 %	0.00012 %	
39	Y	Yttrium	916.2336	0.02117 %	0.00006 %	
40	ZrO ₂	Zirconium	908.6147	0.4376 %	0.0011 %	
41	Nb ₂ O ₅	Niobium	0.0000	< 0.00014 %	(0.0) %	
42	Mo	Molybdenum	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %	
47	Ag	Silver	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %	
48	Cd	Cadmium	0.7717	< 0.00020 %	(0.0) %	
50	SnO ₂	Tin	9.7564	0.00274 %	0.00014 %	
51	Sb ₂ O ₅	Antimony	8.8373	0.00329 %	0.00018 %	
52	Te	Tellurium	10.6952	0.00229 %	0.00012 %	
53	I	Iodine	0.0000	< 0.00030 %	(0.0) %	
55	Cs	Cesium	0.0000	< 0.00040 %	(0.0) %	
56	Ba	Barium	12.1451	0.00942 %	0.00076 %	
57	La	Lanthanum	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %	
58	Ce	Cerium	0.0000	< 0.00020 %	(0.0) %	
68	Er	Erbium	0.0000	< 0.00051 %	(0.0) %	
70	Yb	Ytterbium	0.0552	< 0.00020 %	(0.0) %	
72	Hf	Hafnium	19.4467	0.00649 %	0.00018 %	
73	Ta ₂ O ₅	Tantalum	22.0777	0.00898 %	0.00026 %	
74	WO ₃	Tungsten	1.4712	< 0.00018 %	(0.0) %	
80	Hg	Mercury	0.4720	< 0.00010 %	(0.0) %	
81	Tl	Thallium	2.0335	0.00014 %	0.00003 %	
82	PbO	Lead	7.0797	0.00075 %	0.00005 %	
83	Bi	Bismuth	0.0000	< 0.00010 %	(0.0) %	
90	Th	Thorium	5.7943	0.00041 %	0.00004 %	
92	U	Uranium	4.9709	< 0.00010 %	(0.0) %	
Sum of concentration				89.52 %		

المصادر:

- Hydroxyapatite/Alumina anocomposites by High-Energy Vibratory Ball Milling", *J. Ceram. Sci. Tech.*, 05 [04] (2014), pp 293-298.
- [7] Shekhar Nath, Krishanu Biswas, Kaishi Wang, Rajendra K. Bordia and Bikramjit Basu, "Sintering, Phase Stability, and Properties of Calcium Phosphate-Mullite Composites", *J. Am. Ceram. Soc.*, 93 [6] (2010), pp1639–1649 .
- [8] B. Bulut, N. Demirkol, Z. E. Erkmen and E. S. Kayali," Comparison of Microstructural and Mechanical Properties of Hydroxyapatite-Al₂O₃ Composites with Commercial Inert Glass (CIG) Addition ". *ACTA PHYSICA POLONICA A* Vol. 127, No. 4 (2015), pp 1094-1096.
- [9] E.Pujiyanto, A.E.Tontowi1, M.W.Wildan and W.Siswomihardjo, "Porous Hydroxyapatite–Zirconia Composites Prepared by Powder Deposition and Pressureless Sintering", *Advanced Materials Research* Vol. 445 (2012) pp 463-468.
- [10] M. Aminzare, A. Eskandarib , M.H. Baroonian, A. Berenov, Z. Razavi Hesabi and M. Taheria, S.K. Sadrnezhaad, "Review paper: Hydroxyapatite nanocomposites: Synthesis, sintering and mechanical properties", *Ceramics International* 39 (2013) pp 2197–2206.
- [11] Mohsen Ebrahimi, Touradj Ebadzadeh and Esmail Salahi, "Effect of Sintering Atmosphere on Phase Evolution of
- [1] A. Sobczak-Kupiec , D. Malina, R. Kijkowska and Z. Wzorek, " Comparative Study of Hydroxyapatite Prepared by the Authors With Selected Commercially Available Ceramics ", *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, Vol. 7, No 1, January - March (2012), pp. 385 – 391.
- [2] O. Azmat and P. P. Nagtode , " Hydroxyapatite Crystal Deposition Disease/ An Indepth Analysis to Improve Understanding and Facilitate Symptomatic Relief ", Poster No.: P-0106, Congress: ESSR (2015).
- [3] M. H. Uddin, T. Matsumoto, M. Okazaki, A. Nakahira and T. Sohmura, " Biomimetic fabrication of apatite related biomaterials", book edited by Amitava Mukherjee, ISBN 978-953-307-025-4, Published: March 1, (2010) under CC BY-NC-SA 3.0 license.
- [4] S. Pal, S. Roy and S. Bag, "Hydroxyapatite Coating over Alumina - Ultra High Molecular Weight Polyethylene Composite Biomaterials", *Trends Biomater. Artif. Organs*, Vol 18 (2), January 2005, pp. 106-109.
- [5] A. K. Nayak, "Hydroxyapatite Synthesis Methodologies: An Overview ", *International Journal of ChemTech Research*, Vol.2, No.2, April-June (2010), pp 903-907.
- [6] A. E. Hannora, "Preparation and Characterization of

- Bone ",Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 8(15) Special 2014, pp 302-306.
- [13] G. K. Saeed , "Ceramic Cutting Tools: Preparation and Testing", A Thesis submitted to the Baghdad University, In partial Fulfillment of the Requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Physics, (1998).
- Hydroxyapatite Nanocomposite Powders", *PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE NANOMATERIALS: APPLICATIONS AND PROPERTIES*, Vol. 1 No 2, 02NNBM05(3pp) (2012).
- [12] F. Mohamaddoost, H.M. Yusoff, K.A. Matori, F. Ostovan, and G.R. Vahedi, " Bio Ceramic Zirconia/Hydroxyapatite Nano Composite Extracted from Bovine