



**T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ YÖNERGESİ
SONUÇ RAPORU FORMU**

**T.C.
BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJESİ SONUÇ RAPORU**

**ZnO/HAP/PVA KOMPOZİT MALZEMELERİN ÜRETİLMESİ,
YAPISAL VE MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ: Doç. Dr. Sinan TEMEL
PROJE NOSU: 2021-01.BŞEÜ.11-03**

ARAŞTIRMACILAR:

- 1- Dr. Öğr. Üyesi Fatma Özge GÖKMEN**
- 2- Dr. Öğr. Üyesi Elif YAMAN**

Proje Sözleşmesi BAŞLAMA TARİHİ: 22.06.2021

Proje Sözleşmesi BİTİŞ TARİHİ: 21.06.2022

ZnO/HAP/PVA KOMPOZİT MALZEMELERİN ÜRETİLMESİ, YAPISAL VE MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Antibakteriyel ve insan fizyolojisi ile uyumlu olan kompozit malzemelerin sentezi birçok biyoteknoloji uygulamasında geniş kullanım alanı bulduğundan, gün geçtikçe daha fazla önem kazanmaktadır. Bu projede ZnO/HAP/PVA kompozit malzemelerin üretilmesi, yapısal ve morfolojik özelliklerinin incelenmesi ile farklı biyoteknoloji uygulamalarında kullanılabilirliği değerlendirilmiştir. Bu amaçla, öncelikle hidroksiapatit (HAP) katkılı polivinil alkol (PVA) filmler üretilmiş ve üretilen filmler üzerinde daldırma tekniği ile çinko oksit (ZnO) nano-parçacıkları biriktirilmiştir. Sentez sırasında HAP miktarının malzeme özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi için kütlece farklı oranlarda HAP katkılanması gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ZnO/HAP/PVA kompozit malzemelerin yapısal karakterizasyonunda fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FT-IR) ve X-ışını kırınımı (XRD) kullanılırken morfolojik yapı tayininde taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve elementlerin miktar/dağılımını belirlemede ise enerji dağılımlı X-ışını spektroskopisi (EDX)-haritalama teknikleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, farklı katılama oranları ile PVA-HAP film olarak elde edilen biyo-tabanlı malzeme üzerine maliyeti düşük ve zaman açısından verimli daldırma tekniği kullanılarak ZnO nanoparçacıkları film yüzeylerine biriktirilmiştir. Bundan sonraki çalışmalar, ZnO nanoparçacıkların farklı tavlama sıcaklığındaki kristal yapı özelliklerinin incelenmesi olacaktır.

Anahtar kelimeler: polivinil alkol (PVA), hidroksiapatit (HAP), ZnO nano-çiçek, karakterizasyon.

**PRODUCTION AND INVESTIGATION OF
STRUCTURAL/MORPHOLOGICAL PROPERTIES OF ZNO/HAP/PVA
COMPOSITE MATERIALS**

ABSTRACT

The synthesis of composite materials, which are antibacterial and compatible with human physiology, is gaining more and more importance day by day, as it finds wide use in many biotechnology applications. In this project, the production of ZnO/HAP/PVA composite materials, the examination of their structural and morphological properties, and their usability in different biotechnology applications were evaluated. For this purpose, firstly, hydroxyapatite (HAP) doped polyvinyl alcohol (PVA) films were produced and zinc oxide (ZnO) nanoparticles were deposited on the produced films by dipping technique. To determine the effect of the amount of HAP on the material properties during the synthesis, different amounts of HAP doping were carried out by mass. Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) and X-ray diffraction (XRD) techniques are used in the structural characterization of the obtained ZnO/HAP/PVA composite materials while scanning electron microscopy (SEM) is used for morphological structure determination and energy dispersive X-ray (EDX) is used to determine the amount/distribution of elements by mapping techniques. According to the results obtained, ZnO nanoparticles were deposited on the film surfaces by using the cost-effective and time-efficient immersion technique on the bio-based material obtained as PVA-HAP film with different doping ratios. The next study will be the investigation of the crystal structure properties of ZnO nanoparticles at different annealing temperatures.

Keywords: polyvinyl alcohol (PVA), hydroxyapatite (HAP), ZnO nano-flower, characterization.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
2. DENEYSEL YÖNTEM	4
2.1. ZnO NP'ler ve polimer/ZnO hazırlama yöntemleri	4
2.2. Karakterizasyon Yöntemleri	6
2.2.1. XRD	6
2.2.2. FT-IR	6
2.2.3. SEM	6
3. AMAÇ ve KAPSAM	7
4. MATERYAL ve YÖNTEM	7
4.1 PVA Filmlerinin Üretilmesi	7
4.2 HAP katkılı PVA filmlerin üretilmesi	8
4.3 PVA film ve HAP katkılı PVA filmler üzerinde ZnO nano yapısının biriktirilmesi	8
4.4. Sentezlenen PVA, HAP/PVA ve ZnO/HAP/PVA'nın karakterizasyonu	9
5. SONUÇLAR ve BULGULAR	11
5.1. FT-IR Sonuçları	11
5.2. SEM Sonuçları	13
5.3. XRD Sonuçları	17
6. GENEL SONUÇLAR	18
7. BLİMSEL ETKİNLİKLER	18
8. MALİ ETKİNLİKLER	19
9. KAYNAKLAR	20

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 5.1. PVA'ya ait FT-IR spektrumu	11
Şekil 5.2. HAp'a ait FT-IR spektrumu	12
Şekil 5.3. %0,1; %0,5; %1 ve %2 HAp içeren PVA filmlere ait FT-IR spektrumu	12
Şekil 5.4. HAp tozlarına ait SEM görüntüsü	13
Şekil 5.5. HAp'e ait EDX spektrumu	14
Şekil 5.6. HAp katkısız PVA filmine ait SEM görüntüsü	15
Şekil 5.7. %0,1 (a), %0,5 (b), %1 (c) ve %2 (d) HAp içeren PVA filmine ait SEM görüntüsü	15
Şekil 5.8. %0,1 (a), %0,5 (b), %1 (c) ve %2 (d) HAp içeren ZnO kaplı PVA filmine ait SEM görüntüsü	16
Şekil 5.9. %0,1, %0,5, %1, %2 HAp içeren PVA filmlerin katkısız PVA film ile karşılaştırmalı XRD spektrumu	17

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 5.1 Elde edilen katkılı/katkısız PVA film ve HAp'e ait % elementel dağılım tablosu 14

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
A	Absorpsiyon
Å	Angstrom
cm	Santimetre
°C	Santigrat derece
D	Tane boyutu
d	Düzlemler arası mesafe
eV	Elektron volt
g	Gram
h	Planck sabiti
M	Molar
mm	Milimetre
nm	Nanometre
s	Saniye
T	Sıcaklık, geçirgenlik
t	Malzeme kalınlığı
α	Lineer absorpsiyon katsayısı
δ	Dislokasyon yoğunluğu
λ	Dalga boyu
μ l	Mikrolitre
μ m	Mikrometre
θ	Gelen ışık ile yansıtıcı düzlem arasındaki açı
θ_B	Bragg açısı
2θ	Kırınım açısı

Kısaltmalar

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
CVD	(Chemical Vapor Deposition) Kimyasal Buhar Depolama
EDX	Enerji Dağılımlı X-ışını Spektroskopisi
FESEM	(Field Emission Scanning Electron Microscope) Alan Emisyon Taramalı Elektron Mikroskobu
FWHM	(Full Width Half Maximum) Yarı pik genişliği
ICDD	(International Center for Diffraction Data) Uluslar arası Kırınım Veri Merkezi
LED	(Light Emitting Diode) Işık yayan diyot
MEA	Monoetanolamin
UV	Ultraviyole
RF	Radyo frekansı
SEM	(Scanning Electron Microscope) Taramalı Elektron Mikroskobu
XRD	(X-Ray Diffraction) X-Işını Kırınımı

1. GİRİŞ

Polimer kompozitler elektronik ve biyomedikal uygulamalar için mükemmel malzemelerdir. Yüksek rijitlik-ağırlık ve mukavemet-ağırlık oranları nedeniyle, polimer esaslı kompozit malzemeler, bilim ve teknolojinin farklı alanlarında, ve havacılık alanında olduğu kadar biyomedikal uygulamalarda da kullanılmaktadır [1,2]. Kompozit malzemelerin mekanik davranışı, mikro ve makro ölçekli özelliklerin araştırılmasını gerektirir. Klinik durumlar genellikle bağ dokularının onarılmasını gerektirir ve doku ikameleri veya varsayılan mekanik özelliklere sahip implantlar tasarlama olasılığı nedeniyle kompozit malzemelerin kullanımı bu uygulamalar için değerli olabilir. Kompozitlerde, mekanik özellik ve hidrofilik, biyouyumlu dolgu konsantrasyonlarının uygun seçimi ile uyarlanabilir. Bunlar, elektronikte olduğu kadar kompozit iskele kullanmanın temel avantajlarıdır. Farklı teknikler (yani, kemik dokusu mühendisliği için ıslak bükülmüş polimerik yapı iskelelerinin eklemeli imalatı) kullanılarak 3B çok işlevli kompozit yapı iskelelerinin tasarımında muazzam bir ilerleme kaydedilmiştir [3]. Gelişmiş kompozitler, PCL (polikaprolakton)/organik-inorganik hibrit dolgu maddelerine (örneğin, 2D substratların tasarımından 3D hızlı prototip tipli yapı iskelelerine) [2,4] dayalı sert doku mühendisliği için, tasarıma doğru kullanılmıştır. Poli(-kaprolakton)/Demir katkılı hidroksiapatit nanokompozit manyetik yapı iskeleleri [5] hem yumuşak hem de sert doku rejenerasyonları için yenilikçi 3D yapılar üretmek için polimerik matris olarak kullanılmışlardır. Ayrıca, literatürde bildirildiği gibi [7], 3D “morfolojik olarak hibrit” yapılar tasarlamak için elektro-eğirmeyi diğer ileri teknoloji ile entegre etme olasılığı da bulunmaktadır.

Hidroksiapatit (HAp), kemik ve dişlerin önemli bir inorganik mineral bileşenidir. Apatit ailesine aittir [8]. Biyouyumluluğu ve biyoaktivitesi nedeniyle sert doku replasmanı için nihai bir materyal olarak kabul edilmiştir. HAp yığın halinde bir kemik çimentosu, protein adsorbanı ve gaz sensörü olarak ve ayrıca bir kromatografik ajan olarak kullanılmıştır. Ayrıca ortopedik alanda implantların biyolojik özelliklerini geliştirmek amacıyla kaplama malzemesi olarak yaygın olarak kullanılmaktadır [9]. HAp'ın ana kısıtlamaları, kırılma mekanik etki ve kısa süreli emilebilirliktir [10]. Dezavantajların üstesinden gelmek için, HAp'a magnezyum ve çinko iyonları gibi metal iyonları dahil edilmiştir [11]. Dahil edilen çinko iyonları, yüksek mekanik mukavemet, biyoaktivite ve antimikrobiyal aktivite sağlar [12].

Polivinil alkol (PVA) gibi polimerler, sonunda biyobozunurluğu ve canlı hücrelere biyouyumluluğu geliştiren substratlar üzerinde HAp kompozitinin kaplanmasında bir bağlayıcı ajan olarak kullanılmıştır [13]. Biyomedikal implantların pürüzlülük, yüzey potansiyeli, ıslanabilirlik vb. özellikleri, çevreleyen hücre ortamına adezyonun artırılmasında hayati bir rol oynar [14]. Yüzey modifikasyonu ve implantların yüzeyinin mühendisliği için birçok teknik, yani lazer ışınması [15], elektron [16], plazma ve iyon ışını bazlı implantasyon [17] ve iyon ışınması [18] kullanılmıştır. Çeşitli teknikler arasında, etkili ve verimli araçlardan biri, implantların yüzeyini değiştirebilen ve kütlelerini etkilemeyen düşük enerjili iyon implantasyonudur [19-21]. Azot ve argon iyonlarının implantasyonu (1–1.5 MeV), HAp ince filmlerinin mekanik özelliklerini geliştirmiştir [22]. Argon iyonları (0,6–1,2 kV) ve oksijen iyonları (2 MeV) implantasyonları lüminesans, ıslanabilirlik ve biyoaktivite gibi özellikleri iyileştirilmiştir [23,24]. Mevcut çalışmada, HAp-PVA-ZnO nanokompozit malzemeleri üretim kolaylığı

göz önünde tutularak farklı miktarlarda sentezlenip, optimize edilmiştir. Sıcaklık kontrollü manyetik karıştırıcı destekli biriktirme tekniği kullanılmıştır. HAp nanokompozitleri içeren polimer bazlı çinko oksit filmleri, kristal yapıları, morfolojik özellikleri ve kimyasal yapıları incelenmiştir.

Bununla birlikte, immobilize enzimler, esas olarak immobilizasyon işlemi sırasında oryantasyonlarının değişmesi nedeniyle serbest enzimlerden daha düşük aktiviteye sahiptir ve böylece substrat dönüşümünü sınırlar. Bu sorunu çözmek için hibrit nanomalzemelerin kolay ve güvenli sentezine yönelik yeni bir yaklaşım önerilmiştir. Bu hibrit nanomalzemeler, herhangi bir toksik element veya aşırı sert sentez koşulları gerektirmeyen bir yöntem ile gerçekleştirilir. Bu sentez sırasında üretilen hibrit nanomalzemelere “organik-inorganik hibrit nanoçiçekler” veya “hibrit-nanoçiçekler” denir. Organik-inorganik hibrit nanoçiçekler, mikroskopik olarak çiçeklere benzeyen 3 boyutlu yapılar olarak tanımlanabilir. Sentezleri, fiziksel özellikleri, protein aktiviteleri, stabiliteleri ve tekrar üretilebilirlikleri şu anda aktif olarak araştırılmaktadır. Biyokataliz, biyosensörler ve tıpta *in vivo* kullanım olasılıkları da araştırılmaktadır. Mevcut inceleme, biyokataliz, maddelerin tespiti, nanoçiçeklere dayalı elektrokimyasal biyosensörler, ışığa duyarlılaştırıcılar, ilaç ve gen taşıyıcıları ve çeşitli hastalıkların tespiti, fototermal ve diğer tedaviler dahil olmak üzere nanoçiçeklerin geniş biyomedikal uygulamalarına odaklanmaktadır. Farklı nanoparçacıklar konusuna odaklanan çok sayıda bilim insanı için ilgi çekici olması beklenmektedir.

2. DENEYSEL YÖNTEM

ZnO nanoçiçek yapılarının, filmler üzerine kimyasal banyo depolama tekniği ile büyütülmesi bu proje kapsamında önerilmiştir. Ancak PVA-HAP filmlerinin, banyo şartlarına (pH 10,00) dayanamaması sebebi ile ZnO nanoparçacıkları filmler üzerine daldırma yöntemi kullanılarak biriktirilmiştir. HAP tozlarının üzerine ve HAP katkısız PVA filminin üzerine ZnO nanoparçacıklar biriktirilmiş daha sonra da farklı oranlarda PVA-HAP substratlar üzerine ZnO nanoparçacıklar biriktirilerek elde edilen hibrit kompozitlerin yapısal ve morfolojik özellikleri incelenip karşılaştırılmıştır. Elde edilen yeni hibrit yapılar antibakteriyel ve insan fizyolojisi ile uyumlu olduğundan birçok biyoteknolojik uygulamalar için kullanım kolaylığı sağlamaktadır.

2.1. ZnO NP'ler ve polimer/ZnO hazırlama yöntemleri

Çeşitli öncü malzemeler kullanılarak farklı morfolojideki ZnO NP'lerin sentezi için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Ana yöntemler arasında katı hal reaksiyonu, alev püskürtmeli pirolizi, mekanokimyasal yöntemler, mikrodalga destekli teknik, sonokimyasal yöntem, sol-jel yöntemi, solvotermal ve hidrotermal reaksiyonlar yer alır. Nano boyutlu ZnO partiküllerini elde etmek için birlikte çökeltme yöntemi de uygulanmaktadır. Tüm bu sentez teknikleri sırasında dikkat edilmesi gereken iki önemli faktör, ZnO partikül dağılımındaki tekdüzelik ve düşük reaksiyon sıcaklığıdır. Bununla birlikte, nanoyapılar içinde safsızlıklar ve metal iyonları bulunabilir ve nanoparçacık oluşumunu optimize etmek için uygun şekilde uzaklaştırılmalıdır. Geliştirilen ZnO'nun çeşitli morfolojileri arasında nanoçubuklar, nanotüpler, nano halkalar, nanolevhalar,

nanoçiçekler, nanobeltler ve NP'ler bulunur. Diğer NP'ler gibi, ZnO da yüksek yüzey enerjisine sahiptir ve çözücülerin ve polimerlerin çoğunda dağılabilir. NP'lerin toplanma ve dolayısıyla polimer ortam içindeki homojen dağılımlarını etkilemeye yönelik olağan eğilimi, ZnO NP'lerde de gözlenir. Bu, inorganik partiküller veya polimerler ile aşılama yoluyla ZnO yüzeyinin değiştirilmesiyle düzeltilebilir. Bu, ZnO dispersiyon stabilitesini ve ZnO ile polimer arasındaki arayüzey yapışmasını artıracak ve nihai nanokompozit özelliklerin geliştirilmesine yol açacaktır. Ayrıca nano dolgu maddelerinin boyutu ve polimer matris özellikleri de hedeflenen kompozit performansını etkiler. Bu, normal olarak, polimerlerdeki dolgu takviyesi için fiziksel veya kimyasal uygun karıştırma yöntemleri seçilerek elde edilir. Fiziksel yöntemler, polimerleri ve dolgu maddelerini çözeltiler veya eriyikler içinde karıştırmayı içerirken, kimyasal reaksiyonlar iki bileşen arasında kimyasal bağlar oluşturur. Dolgu maddeleri ve polimer, fiziksel karıştırmada Van der Waals kuvvetleri veya Lewis asit-baz etkileşimleri gibi statik etkileşimler yoluyla bağlanırken, kimyasal sentez sırasında daha güçlü polimer-dolgu etkileşimlerine sahip çok yapılı ve kararlı kompozitler oluşturulur. Polimerlerin ZnO yüzeyine kimyasal olarak aşılması da homojen ve şeffaf ürünler verir, bu da santrifüj gibi solventsiz bir yöntemle reaksiyon sisteminden kolaylıkla ayrılabilir [1]. Bu tür kompozitler için önemli bir faz ayrımı olmaz ve bozunma sıcaklıkları genellikle saf polimerlerinkinden daha yüksektir. Bu, sistemde iyi polimer-ZnO etkileşimleri sağlar ve etkileşim daha güçlü, nanokompozitlerin stabilitesi daha yüksek olur. Bu tür nanokompozitler, yapıştırıcılarda, elektriksel ve termal olarak iletken malzemelerde, kalıp ekinde ve kapsüllemelerde faydalı uygulamalar bulur.

2.2. Karakterizasyon Yöntemleri

2.2.1. XRD

X-ışını kırınımı (XRD), Cu Ka radyasyonlu ($\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$) bir Panalytical X'Pert Toz kırınım ölçer kullanılarak ortam koşullarında gerçekleştirilmiştir. Tüm toz kırınım desenleri, 0.052 adım boyutu ve 200 s adım süresi ile 10-90° açı aralığında, 45 kV ve 40 mA'da sabit 0.5° saçılma önleyici yarık ile çalışan bir X-ışını tüpü kullanılarak kaydedildi.

2.2.2. FT-IR

Kimyasal yapı tayini Perkin Elmer marka, Sepektrum 100 model FT-IR cihazı ile yapılmıştır. 400-4000 cm^{-1} dalga sayısı aralığında, 4 cm^{-1} rezolüsyon ile çekimler gerçekleştirilmiştir.

2.2.3. SEM

Alan emisyon taramalı elektron mikroskobu (FESEM) görüntüleri, ZEISS Supra 40VP mikroskobu kullanılarak kaydedilmiştir. Görüntülemeye önce, numuneler ince bir Au/Pd tabakasıyla kaplanmıştır. SEM görüntüleri 15 kV voltajı ve yaklaşık 8 mm çalışma mesafesi kullanılarak alınmıştır. Yarı niceliksel kimyasal analiz, Bruker dedektörü üzerinde enerji dağıtıcı X-ışını spektroskopisi (EDX) ile gerçekleştirilmiştir.

3. AMAÇ ve KAPSAM

Bu projede, daldırma tekniği ile ZnO-nano parçacık yapılarının HAP katkılı PVA filmler üzerinde biriktirilmesi amaçlanmış ve gerçekleştirilmiştir. ZnO, HAP ve PVA'nın ayrı ayrı sahip oldukları üstün özelliklerin tek bir kompozit malzemede birleştirilmesi bu projenin birincil hedefidir. Elde edilen malzemenin bu özellikleri taşıması, projenin en önemli çıktısıdır. Nano-boyuttaki ZnO yapıları HAP katkılı PVA filmlerin yüzeyinde homojen olarak biriktirilmiştir. Literatür çalışmaları incelendiğinde polimer kompozit malzemelere katılan inorganik malzemelerin, polimer sentezi sırasında polimer içerisine eklendiği görülmüştür. Bu katkı malzemeleri nano-boyutta oldukları için polimerleşme reaksiyonları sırasında topaklanma ihtimali oldukça yüksektir ve bu dezavantaj üretilen malzemelerin kullanım alanını kısıtlamaktadır. Mevcut projede ise ZnO nano yapılarının HAP/PVA filmlerde homojen dağıtılması ve bu malzemenin karakterize edilmesi ile literatüre katkı sağlanması hedeflenmektedir.

4. MATERYAL ve YÖNTEM

4.1. PVA filmlerin üretilmesi

PVA filmlerin üretilmesi için %10'luk PVA çözeltisi hazırlanmış ve 90x10 mm boyutlarındaki cam petri kaplarına eşit hacimlerde (10 mL) dökülerek kuruması beklenmiştir. Oda koşullarında kurutulan filmler, pens yardımı ile petri kaplarından titizlikle çıkarılmıştır.

4.2. HAP katkılı PVA filmlerin üretilmesi

HAP katkı miktarının PVA film özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi için PVA film üretimi sırasında çözeltiler petri kaplarına dökülmeden önce kütlece %0,1; %0,5; %1 ve %2 oranında HAP tartılarak reaksiyon ortamına eklenmiştir.

4.3. PVA film ve HAP katkılı PVA filmler üzerinde ZnO nano yapısının biriktirilmesi

Elde edilen PVA ve HAP/PVA filmler üzerine ZnO nano yapılarının biriktirilmesi için altlık olarak kullanılmıştır. ZnO nano yapıları daldırma yöntemi kullanılarak filmler üzerine biriktirilmişlerdir. Daldırma yöntemi, ZnO nano-yapıların üretimi için kolay uygulanabilir bir yöntemdir. Bu yöntem bir kesikli reaktörde, metal tuzları, kompleks oluşturmaya maddeler ve pH tamponları gibi reaktifleri içeren bir çözeltiliye üzerinde ZnO nano-yapıların biriktirileceği altlıkların daldırılmasıyla gerçekleştirilir [25]. Proje kapsamında öncelikle 0,1 M çinkonitrat heksahidrat $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ (Sigma Aldrich) çözeltisi hazırlanmış, çözelti pH değeri 10'da sabitlenmiştir. Ardından PVA ve HAP/PVA altlıkları çözelti içine daldırılıp ZnO nano yapıları altlıklar üzerinde biriktirilmiştir. ZnO nano yapılarının oluşum reaksiyonu sırasında reaksiyon parametrelerinden çözelti sıcaklığı ve reaksiyon süresinin oluşan nano yapılarının üzerine etkisinin belirlenmesi için farklı sıcaklık ve farklı reaksiyon sürelerinde denenip tartışılmış ve optimize şartlar elde edilmiştir.

4.4. Sentezlenen PVA, HAP/PVA ve ZnO/HAP/PVA'nın karakterizasyonu

1. Üretilen malzemelerin sahip olduğu fonksiyonel grupların belirlenmesi için FT-IR analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sırasında dalga sayısı aralığı $4000-400\text{ cm}^{-1}$ olacak, azaltılmış toplam yansıma (ATR) modu kullanılmıştır. Ayrıca, 4 kez taramalı ve 4 cm^{-1} ayırma gücünde çalışılmıştır.
2. Üretilen malzemelerden ZnO/HAP/PVA polimer-inorganik kompozit malzemelerin kristal yapılarının belirlenmesi için kristal yapı karakterizasyonları X-Işını Kırınım Cihazı (XRD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Örneklere uygulanan XRD analizinde $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda=0,15405\text{ nm}$) radyasyonu kullanılarak, 2θ açısı aralığı $10-90^\circ$ olacak şekilde X-ışını kırınım desenleri elde edilmiştir.
3. Üretilen malzemelerin yüzey özelliklerinin belirlenmesinde SEM-EDX tekniği kullanılmıştır. Öncelikle iletkenliğinin sağlanması için Qorum marka kaplama cihazı ile malzemelerin yüzeyleri Au/Pd karışımı ile kaplanmıştır. Yüzeyler fotoğraflanırken, SE (ikincil elektron) dedektörü kullanılmış ve nano-yapıların belirlenebildiği farklı büyütme oranları kullanılmıştır.

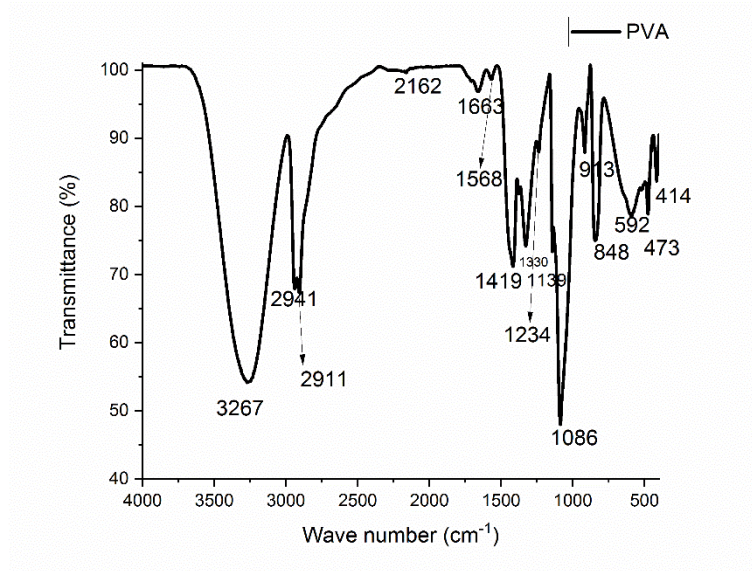
%10'luk PVA (Sigma-Aldrich, $M_w: 89.000-98.000\text{ g.mol}^{-1}$) çözeltisi deiyonize su kullanılarak hazırlanmıştır. $90 \times 10\text{ mm}$ cam petri kaplarına eşit miktarda (10 mL) dökülmüştür. Oda koşullarında filmler kuruyana kadar bekletilmiştir. Kütlece %0,1; %0,5; %1 ve %2 oranında PVA/HAP filmleri elde etmek için katkılama, PVA çözeltisi

hazırlanırken yapılmıştır. Elde edilen PVA/HAp filmleri ZnO nanoyapılar için altlık olarak kullanılmıştır. İnorganik katkılama malzemesi olarak kullanılan HAp ($\text{HCa}_5\text{O}_{13}\text{P}_3$) Sigma'dan temin edilmiştir.

5. SONUÇLAR ve BULGULAR

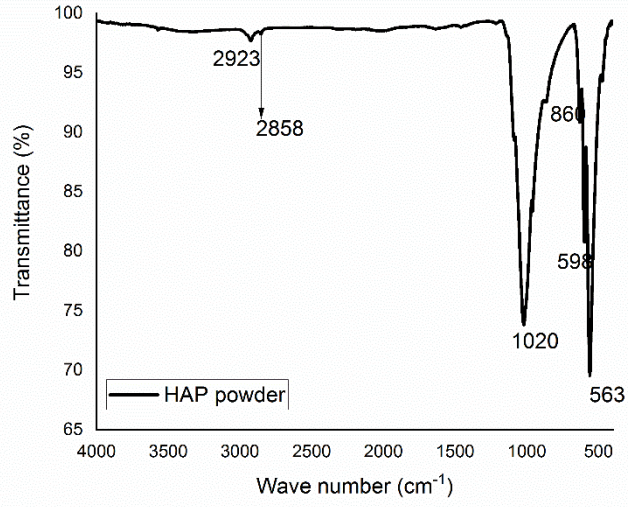
5.1. FT-IR sonuçları

Şekil 1’de inorganik madde katkısız PVA filmine ait karakteristik FT-IR spektrumu verilmiştir. 3267 cm^{-1} ’de görülen yayvan bant PVA’ya ait moleküller arası –OH ve molekül içi H hidrojen bağlarını gösterir. 2911 cm^{-1} ve 2941 cm^{-1} , C-H alkil grubu gerilme titreşimlerine aittir. 1419 cm^{-1} , CH_2 eğilmelerine ait titreşimlerdir. 1086 cm^{-1} de görülen şiddetli pik C-O-C gerilmelerine aittir. Gözlemlenen tüm ana pikler, literatür çalışmaları ile uyumludur [26].



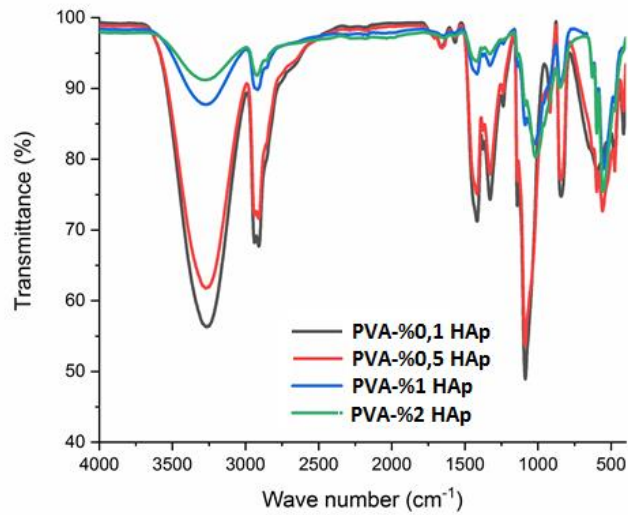
Şekil 5.1. PVA’ya ait FT-IR spektrumu

Şekil 2’de HAp’e ait apatit grubunun karakteristik pikleri verilmiştir. PO_4 titreşim bantları 563 cm^{-1} , 598 cm^{-1} ve 860 cm^{-1} ’de literatüre uyumlu olarak görülmüştür [27]. CO_3^{2-} and HPO_4^{2-} titreşim bantları 1020 cm^{-1} ’e atfedilebilir.



Şekil 5.2. HAp'a ait FT-IR spektrumu

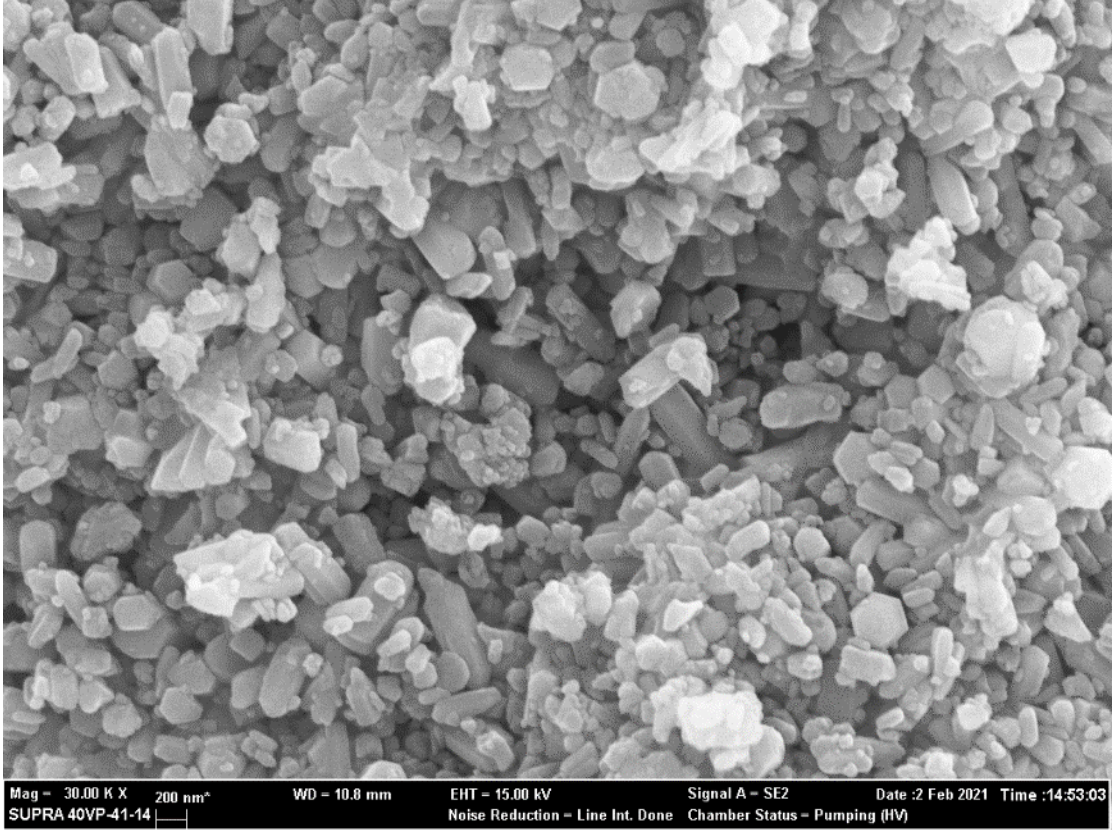
%0,1; %0,5; %1 ve %2 HAp içeren PVA filmlere ait FT-IR spektrumu Şekil 3'te verilmiştir. Filmlerdeki HAp miktarı arttıkça, filmlerin geçirgenlik yüzdeleri, beklenildiği gibi azalmıştır. Her 4 film örneğinde de HAp'e ait karakteristik pikler gözlemlenmiştir (563 cm^{-1} , 598 cm^{-1} , 860 cm^{-1} ve 1020 cm^{-1}). %1 ve %2 katkılı PVA filmlerinde bu karakteristik piklerin pik genişlikleri daralmış ve pik şiddetleri artmıştır.



Şekil 5.3. %0,1; %0,5; %1 ve %2 HAp içeren PVA filmlere ait FT-IR spektrumu

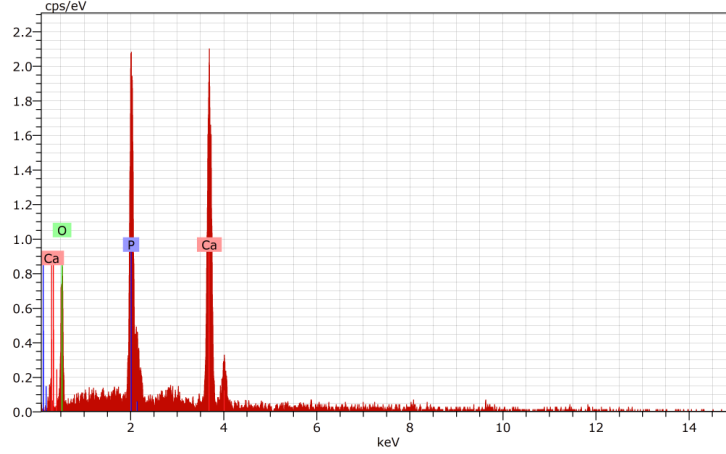
5.2. SEM sonuçları

İnorganik katkı maddesi olarak kullanılan HAp tozlarının 30,000 x büyültmede alınan SEM görüntüsü Şekil 4'te verilmiştir. HAp'in altıgen kristal yapısı ve yaklaşık parçacık boyutunun 200 nm ile 400 nm olduğu SEM görüntüsü ile söylenebilir.



Şekil 5.4. HAp tozlarına ait SEM görüntüsü

Şekil 5'te katkı maddesi olarak kullanılan HAp'e ait EDX spektrumu görülmektedir. Buna göre, Ca, O ve P elementleri spektrumda verilmiştir. Elde edilen filmlerdeki HAp miktarları da EDX spektrumlarından faydalanılarak % atom cinsinden Tablo 1'de toplu bir şekilde sunulmuştur. Bu tabloya göre, %2 HAp katkılı PVA filminde beklenen Ca miktarı artışı olmamıştır. Bunun sebebi kütlece HAp oranı en fazla olan filmde, takviye malzemesi film yüzeyine homojen dağıtılamadığından kaynaklanmıştır.

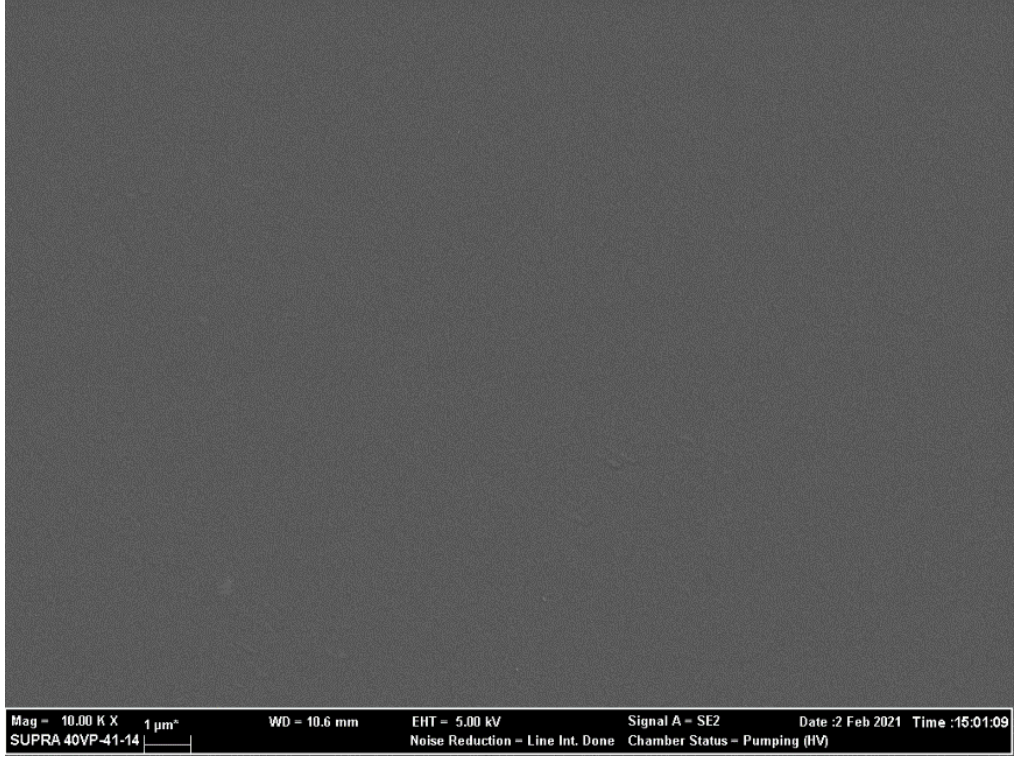


Şekil 5.5. HAp'e ait EDX spektrumu

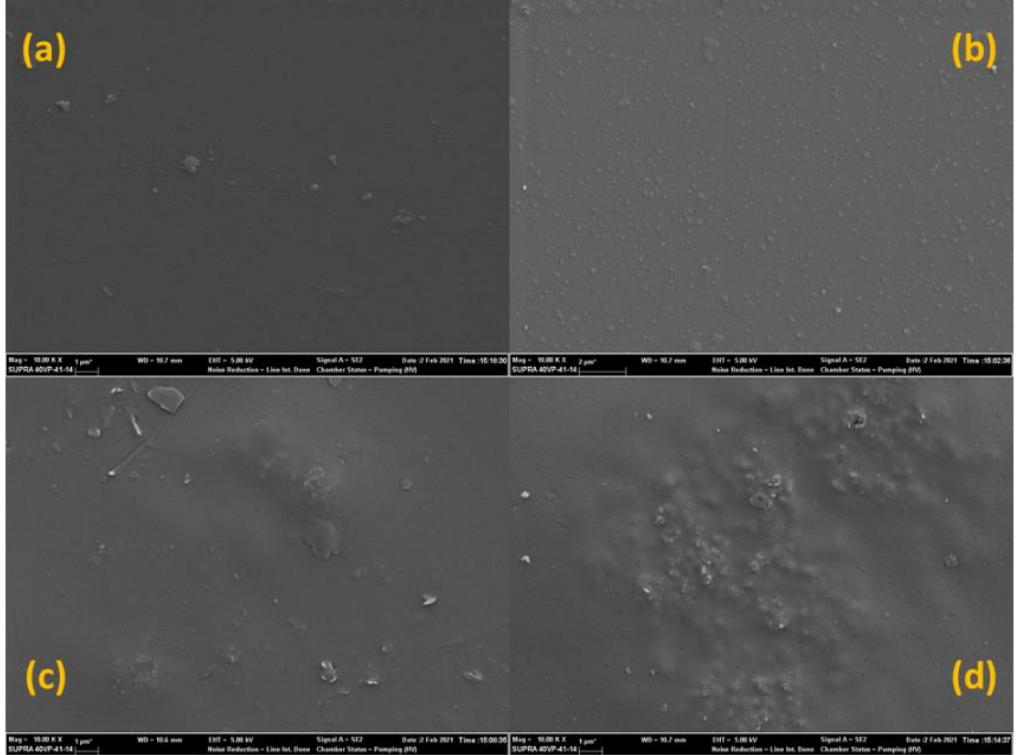
Tablo 5.1. Elde edilen katkılı/katkısız PVA film ve HAp'e ait % elementel dağılım tablosu

	Element (at. %)			
	Ca	P	O	C
PVA	-	-	26,71	73,29
PVA-%0,1 HAp	3,87	3,44	25,17	67,51
PVA-%0,5 HAp	20,81	3,10	30,75	45,34
PVA-%1 HAp	14,58	3,13	26,48	55,81
PVA-%2 HAp	19,95	1,41	29,93	48,71
HAp	27,24	14,94	57,82	-

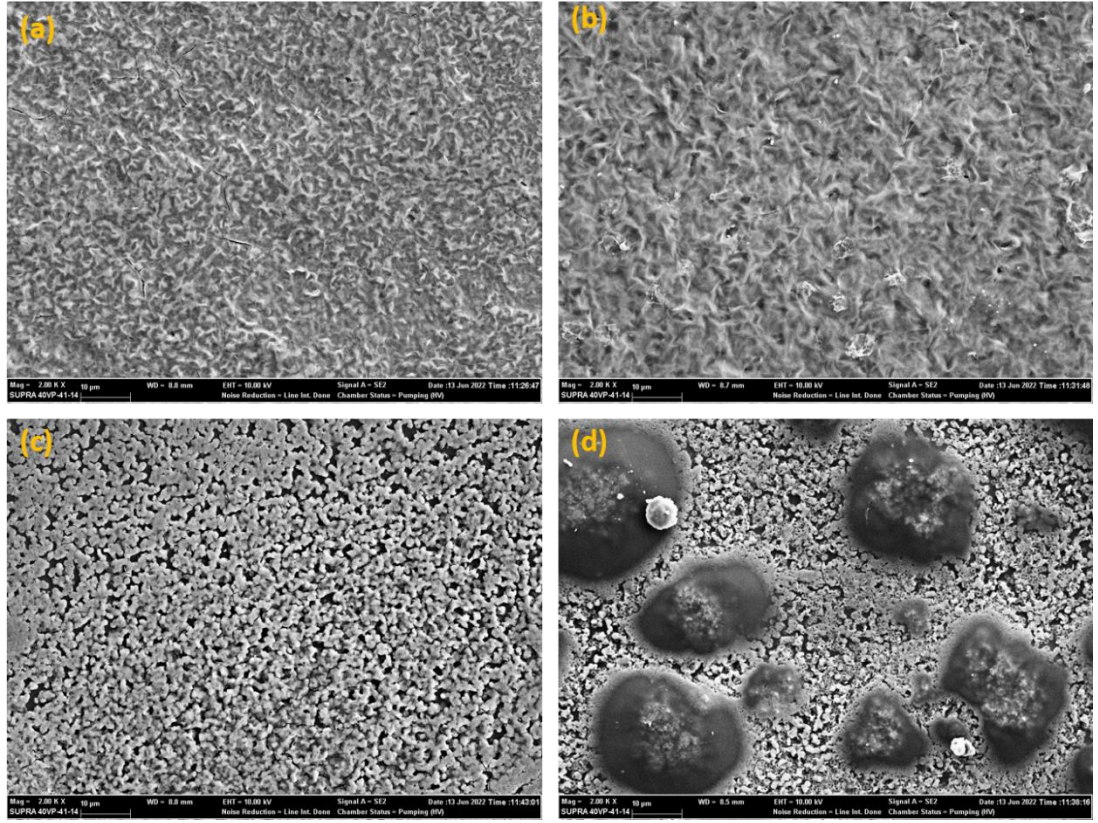
HAp katkısız PVA filmine ait SEM görüntüsü Şekil 6'da verilmiştir. 10,000 x büyültmede alınan görüntüde, PVA film yüzeyinin pürüzsüz ve homojen olduğu söylenebilir. %0,1; %0,5; %1 ve %2 HAp içeren PVA filmine ait SEM görüntüsü ise sırasıyla Şekil 7 (a), (b), (c) ve (d)'de verilmiştir. ,Başlangıçta homojen bir yüzeye sahip olan PVA'nın katkılama ile nasıl değiştiği Şekil 7'de çok net görülmüştür. Katkılamanın en fazla olduğu (d) görüntüsünde, HAp'in dağılımı homojenlikten çok uzaktır. Yüzey pürüzlülüğü artmıştır. Görüntülerin tamamı aynı büyültmede alındığından (10,000x) bu karşılaştırmayı yapmak yanlış olmaz.



Şekil 5.6. HAp katkısız PVA filmine ait SEM görüntüsü



Şekil 5.7. %0,1 (a), %0,5 (b), %1 (c) ve %2 (d) HAp içeren PVA filmine ait SEM görüntüsü

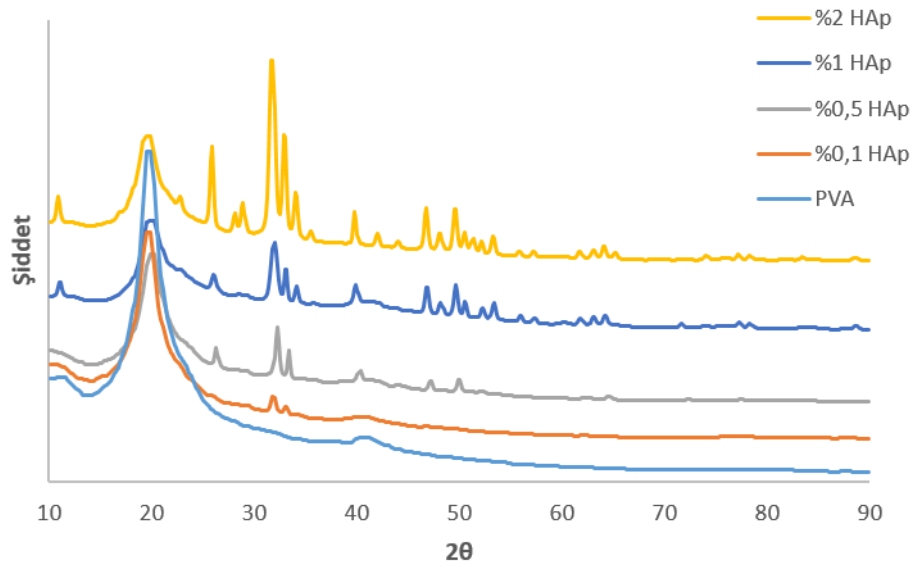


Şekil 5.8. %0,1 (a), %0,5 (b), %1 (c) ve %2 (d) HAp içeren ZnO kaplı PVA filmine ait SEM görüntüsü

%0,1; %0,5; %1 ve %2 HAp içeren PVA filmine ait SEM görüntüsü ise sırasıyla Şekil 8 (a), (b), (c) ve (d)'de verilmiştir. Şekil 8 (a), (b) ve (c) görüntüleri incelendiğinde ZnO nanoparçacıkların HAp içeren PVA filmler üzerine homojen bir şekilde kaplandığı görülmektedir. Şekil 8(d)'de görülen %2 HAp içeren PVA filmine ZnO kaplandığında ise yapının bozulmaya başladığı anlaşılmaktadır.

5.3. XRD sonuçları

Şekil 9’da %0,1, %0,5, %1, %2 HAp içeren PVA filmlerin katkısız PVA film ile karşılaştırmalı XRD spektrumu verilmiştir. Spektrum incelendiğinde PVA filmin amorf yapıda olduğu anlaşılmaktadır. PVA filme %0,1 ile başlayan oranlarda HAp eklenmesi ile birlikte HAp yapısına ait piklerin XRD spektrumunda görünmeye başladığı ve eklenen HAp miktarı arttıkça piklerin sayısının ve şiddetinin arttığı gözlemlenmiştir.



Şekil 5.9. %0,1, %0,5, %1, %2 HAp içeren PVA filmlerin katkısız PVA film ile karşılaştırmalı XRD spektrumu.

6. GENEL SONUÇLAR

Bu proje kapsamında ilk 6 ay çalışmaları sonucu ara rapor ile sunulmuştur. Elde edilen HAp katkılı ve katkısız PVA film örneklerinin FT-IR, SEM ve XRD analizleri yapılmıştır. XRD spektrumunda eklenen HAp miktarı arttıkça piklerin sayısının ve şiddetinin arttığı gözlemlenmiştir. FT-IR spektrumları ve SEM görüntülerinde en iyi katkılamanın ve en homojen katkılamanın gerçekleştiği kütlece HAp miktarı %0,5 olarak bulunmuştur. PVA'nın film oluşturma kabiliyeti, takviye malzemesi miktarı arttıkça azalmıştır. Optimize sonuçlar doğrultusunda, farklı katkılama oranları ile PVA-HAP film olarak elde edilen biyo-tabanlı malzeme üzerine maliyeti düşük ve zaman açısından verimli daldırma tekniği kullanılarak ZnO nanoparçacıkları film yüzeylerine biriktirilmiştir. Daldırma şartları optimize edilerek, elde edilen filmlerin yapısal ve yüzey analizleri gerçekleştirilmiştir. Burada da ZnO parçacıkların en iyi tutunduğu biyolojik tabanın %1 HAp katkılı PVA film olduğu sonucuna varılmıştır. Bundan sonraki çalışmalar, ZnO nanoparçacıkların farklı tavlama sıcaklığındaki kristal yapı özelliklerinin incelenmesi olacaktır.

7. BİLİMSEL ETKİNLİKLER

Projenin sonuç raporunun sunulmasının ardından elde edilen sonuçlar, uluslararası makale/bildiri ve kitap bölümü olarak hazırlanacak ve gönderilecektir.

8. MALİ ETKİNLİKLER

Yeni malzemelerin geliştirilmesi çalışmalarında en önemli aşama üretilen malzemenin karakterizasyonudur. Karakterizasyon basamağı ile birlikte malzemenin istenen özelliklere sahip olup olmadığı belirlenir ve farklı parametrelerde üretilen malzemelerin karakterizasyon sonuçları kıyaslanarak, istenen özelliğe sahip olan ürünün üretim koşulları optimize edilmiş olur. Karakterizasyon çalışmaları Üniversitemiz Merkezi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi'nden hizmet alımı yapılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçların tekrarlanabilirliği ve güvenilirliği oldukça önemlidir. Bu sebeple denenen her bir parametrede en az 3 tekrarlı malzeme üretimi gerçekleştirilmiş ve elde edilen her malzemenin karakterizasyonu ayrı ayrı yapılmıştır. Böylece sentezlenen inorganik-organik kompozit malzemenin homojen olarak ve aynı özelliklerle üretilebilirliği de kanıtlanmıştır.

Ara dönemde, bütçeden kullanılan para 14.258,00TL'dir. Bunun 11.682,00 TL'sine makine teçhizat kaleminden, sıcaklık kontrollü manyetik karıştırıcı satın alınmıştır. Satın alınan karıştırıcı, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ortak Laboratuvar Binası, D2 no'lu laboratuvar bünyesinde kullanılmıştır. Geri kalan 2576,00 TL ile FT-IR ve SEM analizleri gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında hizmet alımı olarak 7716,00 TL bütçe ayrılmıştır. Bu bütçeden geriye kalan 5140,00 TL 2. altı aylık süreç içerisinde elde edilen malzemelerin karakterizasyonu için kullanılmıştır.

9. KAYNAKLAR

1. B. Chaudhuri, B. Mondal, S.K. Ray, S.C. Sarkar, A novel biocompatible conducting polyvinyl alcohol(PVA)-polyvinylpyrrolidone (PVP)-hydroxyapatite (HAP) compositescaffolds for probable biological application, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 143 (2016) 71–80.
2. A. Gloria, D. Ronca, T. Russo, U. D’Amora, M. Chierchia, R. De Santis, et al. Technical features and criteria in designing fiber-reinforced composite materials: from the aerospace and aeronautical field to biomedical applications *J. Appl. Biomater. Biomech. JABB*, 9 (2011), pp. 151-163
3. B. Chaudhuri, D. Bhadra, B. Mondal, K. Pramanik Biocompatibility of electrospun graphene oxide–poly(ϵ -caprolactone) fibrous scaffolds with human cord blood mesenchymal stem cells derived skeletal myoblast *Mater. Lett.*, 126 (2014), pp. 109-112
4. D. Puppi, C. Mota, M. Gazzarri, D. Dinucci, A. Gloria, M. Myrzabekova, et al. Additive manufacturing of wet-spun polymeric scaffolds for bone tissue engineering *Biomed. Microdevices*, 14 (2012), pp. 1115-1127
5. R. De Santis, A. Gloria, T. Russo, U. D’Amora, V. D’Antò, F. Bollino, et al. Advanced composites for hard-tissue engineering based on PCL/organic–inorganic hybrid fillers: from the design of 2D substrates to 3D rapid prototyped scaffolds *Polym. Compos.*, 34 (2013), pp. 1413-1417

6. R. De Santis, A. Russo, A. Gloria, U. D'Amora, T. Russo, S. Panseri, et al. Towards the design of 3D fiber-Deposited poly(ϵ -caprolactone)/Iron-Doped hydroxyapatite nanocomposite magnetic scaffolds for bone regeneration *J. Biomed. Nanotechnol.*, 11 (2015), pp. 1236-1246
7. C.R.A. Gloria Morphological and mechanical evaluation of hybrid scaffolds for bone regeneration *Adv. Mater. Res.*, 749 (2013), pp. 429-432
8. K.R. Karthikeyan, K. Thanigai Arul, J. Ramana Ramya, P.Y. Nabhiraj, R. Menon, J.B.M. Krishna, S. Narayana Kalkura, Core/shell structures on argon ions implanted polymer based zinc ions incorporated HAp nanocomposite coatings, *Materials Science in Semiconductor Processing* 104 (2019) 104687
9. S.V. Dorozhkin, M. Epple *Angew. Chem. Int. Ed.*, 41 (2002), pp. 3130-3146
10. M. Vallet-Regi, J.M. González-Calbet *Prog. Solid State Chem.*, 32 (2004), pp. 1-31
11. A. Oliveira, J. Mano, R. Reis *Curr. Opin. Solid State Mater. Sci.*, 7 (2003), pp. 309-318
12. J.D. Featherstone *Community dent Oral Epidemiol*, 27 (1999), pp. 31-40
13. T. Jiang, G.-X. Wang, J.-H. Qiu, L.-L. Luo, G.-Q. Zhang *J. Med. Biol. Eng.*, 29 (2009), pp. 102-107
14. Y. Nishi, H. Izumi, J. Kawano, K. Oguri, Y. Kawaguchi, M. Ogata, A. Tonegawa, K. Takayama, T. Kawai, M. Ochi *J. Mater. Sci.*, 32 (1997), pp. 3637-3639
15. L. Pramatarova, E. Pecheva, T. Petrov, A. Kondyurin, R. Pramatarova, N. Minkovski *Vacuum*, 76 (2004), pp. 339-342
16. D. Aronov, G. Rosenman *J. Appl. Phys.*, 101 (2007), Article 034701

17. C. Lopatin, T. Alford, V. Pizziconi, M. Kuan, T. Laursen, Nucl. Instrum. Methods B., 145 (1998), pp. 522-531
18. E.K. Giriya, S.P. Parthiban, R. Suganthi, K. Elayaraja, M. Joshy, R. Vani, P. Kularia, K. Asokan, D. Kanjilal, Y. Yokogawa J. Ceram. Soc. Jpn., 116 (2008), pp. 320-324
19. P.R. Klokkevold, R.D. Nishimura, M. Adachi, A. Caputo Clin. Oral Implant. Res., 8 (1997), pp. 442-447
20. J. Zhang, X. Yu, H. Li, X. Liu Appl. Surf. Sci., 185 (2002), pp. 255-261
21. E. Balanzat, N. Betz, S. Bouffard Nucl. Instrum. Methods B., 105 (1995), pp. 46-54
22. H. Pelletier, V. Nelea, P. Mille, D. Muller Nucl. Instrum. Methods B., 216 (2004), pp. 275-280
23. A.A. Sagari, P. Rahkila, M. Väisänen, R. Lehto, T. Sajavaara, S. Gorelick, M. Laitinen, M. Putkonen, S. Sangyuenyongpipat, J. Timonen, Nucl. Instrum. Methods B., 266 (2008), pp. 2515-2519
24. R. Suganthi, S.P. Parthiban, K. Elayaraja, E. Giriya, P. Kulariya, Y. Katharria, F. Singh, K. Asokan, D. Kanjilal, S.N. Kalkura J. Mater. Sci. Mater. Med., 20 (2009), pp. 271-275
25. Temel, S., Gökmen, F.Ö. i Yaman, E., An Energy Efficient Way to Produce Zinc-Based Semiconductor Thin Films via Chemical Bath Deposition Technique. Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 7 (2), (2019), 253-260.

26. Herman S. Mansur, Carolina M. Sadahira, Adriana N. Souza, Alexandra A.P. Mansur, FTIR spectroscopy characterization of poly (vinyl alcohol) hydrogel with different hydrolysis degree and chemically crosslinked with glutaraldehyde, *Materials Science and Engineering: C*, Volume 28, Issue 4, (2008), Pages 539-548

27. Michelot, A., Sarda, S., Audin, C. et al. Spectroscopic characterisation of hydroxyapatite and nanocrystalline apatite with grafted aminopropyltriethoxysilane: nature of silane–surface interaction. *J Mater Sci* 50, (2015) 5746–5757.



BİLECİK ŞEYH EDEBALI
ÜNİVERSİTESİ

BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ
MALİ RAPORU

PROJE NO : 2021-01.BŞEÜ.11-03
PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ : Doç. Dr. Sinan TEMEL
RAPOR TESLİM TARİHİ : 21.06.2022

GENEL BİLGİLER	
PROJE NUMARASI	2021-01.BŞEÜ.11-03
PROJE ADI	ZnO/HAP/PVA Kompozit Malzemelerin Üretilmesi, Yapısal Ve Morfolojik Özelliklerinin İncelenmesi
PROJENİN YÜRÜTÜLDÜĞÜ BİRİM VE BÖLÜM	Meslek Yüksekokulu / İnşaat
PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ	Doç. Dr. Sinan TEMEL
ARAŞTIRMACILAR	Dr. Öğr. Üyesi Fatma Özge GÖKMEN, Dr. Öğr. Üyesi Elif YAMAN
PROJE BAŞLANGIÇ-BİTİŞ TARİHLERİ	22.06.2021 – 21.06.2022
PROJE SÜRESİ (AY)	12 AY
ONAYLANAN EK SÜRE (AY)	-
EK SÜRE DÂHİL PROJENİN BİTİŞ TARİHİ	21.06.2022

PROJENİN GENEL BÜTÇE DURUMU					
Fasıllar	Sözleşmedeki Ödenek	Onaylanan Ek Ödenek	Toplam Ödenek	Toplam Gerçekleşen Harcama (*)	Kalan Ödenek
Personel Giderleri Burslar ve Harçlıklar (05.04.01.01)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Personel Giderleri (Bursiyer SGK Ödemeleri) (02.04)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sarf Malzemesi (03.02)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Seyahat (Yurtiçi) (03.03.01.01)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Seyahat (Yurtdışı) (03.03.03.01)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hizmet Alımı (03.05)	7.716	0.00	7.716	7.716	0.00
Makine/Teçhizat (03.07.01.02)	11.682,00	0.00	11.682,00	11.682,00	0.00
Makine/Teçhizat (Yazılım Alımları) (03.07.02.01)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOPLAM	19.398,00	0.00	19.398,00	19.398,00	0.00

(*) Projenin başlama tarihi ve bitiş tarihi arasında Proje birimi'nden alınan bütçe raporunda yer alan harcamalar ile uyumlu olmalıdır.

PROJE KAPSAMINDA GERÇEKLEŞEN HARCAMALARA İLİŞKİN AÇIKLAMALAR
(Proje bütçesinden yapılan alımlar ve mevcut durumu özetlenmelidir)

Proje kapsamında talep edilen bütçenin 11.682,00 TL kısmı ile sıcaklık kontrollü manyetik ısıtıcı satın alınmıştır. Bu alım ile çözelti döküm yöntemi ile hazırlanan tüm filmlerin, reaksiyon sıcaklığı ve tepkime süresi optimize edilip, kontrollü deney koşulları sağlanmıştır. Proje bütçesinin geri kalan 7.716 TL'si ile elde edilen filmlerin yapısal ve yüzey analizleri Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Merkezi Araştırma Laboratuvarı'ndan hizmet alımı şeklinde ayrılmış ve aktarılmıştır.

Ara dönemde, bütçeden kullanılan para 14.258,00TL'dir. Bunun 11.682,00 TL'sine makine teçhizat kaleminden, sıcaklık kontrollü manyetik karıştırıcı satın alınmıştır. Satın alınan karıştırıcı, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Merkezi Araştırma Laboratuvarı bünyesinde kullanılmaktadır. Geri kalan 2576,00 TL ile FT-IR ve SEM analizleri gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında hizmet alımı olarak 7716,00 TL bütçe ayrılmıştır. Bu bütçeden geriye kalan 5140,00 TL sonuç raporu deneylerinin karakterizasyonu için kullanılmıştır.

Sonuç raporunda kül fırını ile muamale ve elde edilen tozların XRD analizleri Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Ayrıca ZnO parçacıklarının kompozit malzeme yüzeyinde varlığını kanıtlamak için SEM-EDX analizi ve FT-IR analizleri de son ürünler için gerçekleştirilmiştir. Proje bütçesi sonuç raporu deneylerinin karakterizasyonu ile birlikte tamamı harcanmıştır.

(Her madde için gerektiği kadar alan ve ek sayfa kullanabilirsiniz)

1. Proje Kapsamında Yapılan Seyahat Harcamalarının Ayrıntılı Bilgisi

(Yurtiçi ve yurtdışı seyahat harcamalarının ayrıntılı bilgisi, güzergâh, tarih, süre, kişi sayısı ve toplam harcama miktarı verilmelidir.)

a) Saha Çalışmaları (03.03.01.01 Yolluk Giderleri)

Güzergâh	Tarih	Süre (gün)	Katılımcı sayısı	Toplam Harcama (TL)
	../201. - ../201.			
	../201. - ../201.			
	../201. - ../201.			

b) Yurtiçi Konferans Katılım Giderleri (03.03.01.01 Yurtiçi)

Toplantının Adı	Yeri	Tarih	Süre (gün)	Katılımcının adı soyadı	Toplam Harcama (TL)
		../201. - ../201.			
		../201. - ../201.			

c) Yurtdışı Konferans ve/veya Çalışma Ziyareti Katılım Giderleri (03.03.03.01 Yurtdışı)

Toplantının Adı veya Çalışma Ziyareti Konusu	Yeri	Tarih	Süre (gün)	Katılımcının adı soyadı	Toplam Harcama (TL)
		../201. - ../201.			
		../201. - ../201.			

2. Proje Kapsamında yapılan fasıl aktarmaları ve verilen ek ödenek bilgileri (Varsa)

Eksilen Fasıl (Ekonomik kod)	Artan Fasıl (Ekonomik Kod)	Aktarılan Tutar (TL)

Ek Ödenek Verilen Fasıl (Ekonomik Kod)	Ek Ödenek Gerekçesi (Kısa Açıklama)	Verilen Ek Ödenek (TL)

3. Proje sözleşmesinde yer alan bütçe kalemlerinin niteliğinde veya niceliğinde Komisyon onayı ile yapılan değişiklikler

(Onaylanmış olan bütçe kalemlerinde yapılan nitelik / nicelik değişikliklerinde mutlaka Komisyon onayı alındıktan sonra harcama gerçekleştirilmelidir. Aksi takdirde onay alınmadan yapılan bu tür harcamaların iadesi istenir.)

--

4. Destek Sağlayan Diğer Kuruluşların Gerçekleşen Harcamalarının Miktarı ve Ayrıntıları

(Proje kapsamında destek sağlayan diğer kuruluş varsa bu kuruluşlarca yapılan harcamalarının miktarı ve ayrıntıları açıklanmalıdır.)

--

5. Harcama Akışında Karşılaşılan Zorluklar ve Nedenleri

(Proje kapsamında yapılan harcamalarda varsa karşılaşılan zorluklar ve nedenleri belirtilerek, bu zorlukların proje amacına ulaşmaya herhangi bir etkisinin olup olmadığı belirtilmelidir.)

--



KAPANIŞ RAPORU EK SAYFASI

1. Proje hedef – sonuç ilişkisi

Bu projede, daldırma tekniği ile, üretilecek olan ZnO-nano parçacıklarının HAP katkılı PVA filmler üzerinde biriktirilmesi hedeflenmiştir. ZnO, HAP ve PVA'nın ayrı ayrı sahip oldukları üstün özelliklerin tek bir kompozit malzemede birleştirilmesi bu projenin en büyük çıktısıdır. Farklı miktarlarda HAP katkılanmış filmlerin her biri daldırma tekniği ile ZnO nanoparçacıkların eşit yüzey alanına nüfuz etmesi ile muamele edilmiştir. Yapılan analizler, projede hedeflenen çalışmanın sonucunu doğrulamıştır.

2. Proje kapsamında elde edilen sonuçların bilimsel, ekonomik ve toplumsal faydaya katkıları

İnorganik-organik kompozit malzemelerin kullanımının günümüzde her alanda önem kazanıyor olması ve uygulama alanlarının da artması oldukça dikkat çekicidir. Hem çevre dostu olması hem de insan sağlığına zarar vermemesi açısından da önemli olan biyo-bozunur polimerler, önemli polimer matrislerdendir. Bu proje ile, HAP katkılı PVA biyo-bozunur organik malzemeye ZnO nano-parçacık yapıların eklenmesi ile polimerlerin özelliklerinin iyileştirilmesi ve büyük ölçüde fark yaratan yeni malzeme özellikleri geliştirilmesi sağlanmıştır. Laboratuvar koşullarında farklı çalışma parametreleri denenerek gerçekleştirilmiş olan bu çalışma, ticarileştirilmesi mümkün ve ucuz malzeme üretimini de desteklemektedir. Başarı ile tamamlanan projede, projeden elde edilen veriler ve sonuçlar ile ulusal/uluslararası akademik kongre, konferans ve sempozyumlarda sözlü/poster bildiri sunumları ve etki faktörü yüksek uluslararası dergilerde yayın yapılması öngörülmüş ve 1 adet uluslararası kitap bölümü ve 1 adet etki faktörü yüksek Q1 seviyesinde uluslararası makale başvurusu tamamlanmıştır. Ayrıca, bu proje çıktıları, hazırlama yöntemi ve sürecin optimize edilmesi ile uygulamaya aktarma ve endüstriyel ölçekte üretim için zamandan ve sarf malzemelerden tasarruf sağlayacaktır.

3. Proje kapsamında elde edilen makine/teçhizat/donanım ve bunların mevcut durumları

Proje kapsamında 1 adet sıcaklık kontrollü manyetik karıştırıcı alınmıştır. Alım sebebi, sıcaklık optimizasyonu ile sentez aşamasında reaksiyon sıcaklığını ve dönme hızını sabit tutmaktır. Mevcut cihaz, benzer şartlarda gerçekleştirilmek istenen, aynı grubun ileriye dönük çalışmalarında kullanılmak üzere ve proje araştırmacılarının yüksek lisans ve doktora öğrencilerinin faydalanabileceği şekilde Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ortak Laboratuvar binası, D2 laboratuvarında aktif halde kullanımdadır.

4. Proje kapsamında ileriye dönük araştırma önerileri

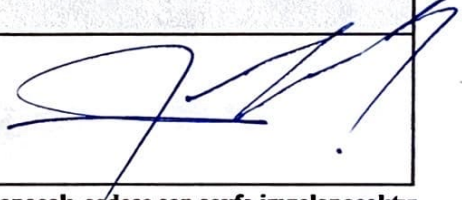
Bu proje ile elde edilmiş ZnO/HAP/PVA kompozit malzemelerin, ileriki çalışmalarda kristal yapı farklılıkları incelenmesi amaçlanmıştır. Bu projede elde edilen farklı miktarlardaki HAP katkılı PVA filmlerine daldırma süreleri çeşitlendirilerek farklı miktarlarda ZnO nanoparçacık yüklemesi yapılacaktır. Ancak, tavlama işlemi yapılmadan kristal özellik göstermeyen ZnO'ların en az 3 farklı tavlama sıcaklığındaki kristal faz davranışları incelenecektir. Elde edilecek yarı-kristal malzemenin elektrot olarak uygulanabilirliğinin test edilmesi de bir diğer araştırma önerisidir.



5. Proje kapsamında yapılan veya hazırlanan bilimsel yayınlar

Proje kapsamında, hazırlık aşamasında olan 1 adet uluslar arası kitap bölümü ve 1 adet etki faktörü yüksek Q1 seviyesinde uluslar arası makale taslağı bulunmaktadır.

(Her madde için gerektiğı kadar alan ve ek sayfa kullanabilirsiniz)

PROJE YÜRÜTÜCÜSÜNÜN ADI SOYADI	İMZASI
Doç. Dr. Sinan TEMEL	

NOT: Raporun tüm sayfaları proje yürütücüsü tarafından paraflanacak, sadece son sayfa imzalanacaktır.