

# TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

BİYOTEKNOLOJİ İNOVASYON YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU

ÜNİVERSİTE VE ÜZERİ SEVİYESİ PROJE

KATEGORİSİ

TAKIM ADI

*BTÜ-POWERPUFF SCAFFOLD*

PROJE ADI

*3D YAZICI İLE DOKU İSKELESİ OLUŞTURULMASI*

BAŞVURU ID

468586

## İÇİNDEKİLER

İçindekiler.....	i
<b>1. Proje Özeti (Proje Tanımı).....</b>	<b>1</b>
<b>2. Problem/Sorun .....</b>	<b>1</b>
<b>3. Çözüm .....</b>	<b>2</b>
<b>4. Yöntem .....</b>	<b>2</b>
□ <b>3D Yazıcıda Doku İskelesi Geliştirme .....</b>	<b>2</b>
□ <b>Doku İskelesinin Nanokompozit Film Kaplanması .....</b>	<b>3</b>
1.Adım: Bitki Özütü Hazırlama.....	3
2.Adım: Hidroksiapatit Hazırlanması .....	4
3.Adım: %1 Hidroksiapatit Oranlı Filmin Hazırlanması.....	5
4.Adım: %5 Hidroksiapatit Oranlı Filmin Hazırlanması.....	5
5.Adım: %10 Hidroksiapatit Oranlı Filmin Hazırlanması.....	6
<b>5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü.....</b>	<b>8</b>
<b>6. Uygulanabilirlik .....</b>	<b>8</b>
<b>7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması.....</b>	<b>9</b>
<b>8. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar) .....</b>	<b>10</b>
<b>9. Riskler .....</b>	<b>11</b>
<b>10. Kaynaklar .....</b>	<b>12</b>

**TEKNOFEST**  
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 4. 1 Bilgisayar destekli çizim programında oluşturulan örnek doku iskelesi modellemesi .....	3	
Şekil 4. 2 Hibiskus özütünün kaynatılması	Şekil 4. 3 Özütün filtre kâğıdı ile süzülmesi ..	4
Şekil 4. 4. 900 <sup>0</sup> C'de 3 saat kalsine edilmiş sığır kemiği numunesi .....	4	
Şekil 4. 5 %1 Hidroksiapatit oranlı filmin yapım aşaması örneği .....	5	
Şekil 4. 6 %5 Hidroksiapatit Oranlı Filmin Hazırlanması .....	6	
Şekil 4. 7 %10 Hidroksiapatit Oranlı Filmin Hazırlanması .....	7	
Şekil 4. 8 Farklı oranlarda oluşturulan çözelti görünümleri .....	7	
Şekil 4. 9 Farklı oranlarda petri kabına konulmuş çözeltilerin görünümleri .....	7	
Şekil 4. 10 Farklı oranlarda petri kabına konulan numelerin 24 saat kuruması beklendikten sonra oluşan filmler .....	8	



## 1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

İnsanların başlarına gelen çeşitli kazalarda oluşacak doku kayıplarının ve deformasyonlarının önüne geçmek maalesef ki mümkün değildir. Mümkün olmadığı gibi tedavisi amacıyla kullanılan yöntemler riskli tıbbi müdahaleler gerektirebilir. Söz konusu insan hayatı olunca bu müdahalelerin dikkatli ve ayrıntılı bir şekilde incelenip karar verilmesi konusunda hassas olunması gerekir. Trafik kazalarının yanı sıra istenmeyecek sonuçlar doğuracak daha bir sürü kazanın önüne geçmek mümkün olmadığı gibi bu gibi durumlar karşısında üzülüp ne yapabiliriz sorusunun karşılığı olarak doğan projemizin özeti, kazalar sonucu oluşacak doku kayıplarının yerine üç boyutlu bir model oluşturularak bu kayba uygun boyutlarda ve gereksinimlerde doku iskelelerinin üç boyutlu yazıcılarda üretilmesinin gerçekleştirilmesidir. Çalışmada biyobozunur bir polimer olan PLA ile üç boyutlu yazıcılarda gözenekli doku iskelesi üretimi gerçekleştirilecek olup, yapının fonksiyonelliğini geliştirmek amacıyla da doku iskelesi nanokompozit bir film ile kaplanarak özellikleri geliştirilecektir. Geliştirilecek özgün nanokompozit filmlerin yapısında sığır kemiklerinden elde edilecek olan biyoaktif nano hidroksiapatit ve filmlere anti bakteriyel ve biyoaktif özelliğin sağlanmasında ise bitki ekstraktlarından yararlanılacaktır. Nanokompozit filmler döküm yöntemi ile üretilmektedir. Böylece ticari olarak kolay temin edilebilen ve ekonomik bir maliyeti olan 3D yazıcı filamentleri kullanılarak gözenekli doku iskelesinin üretimi gerçekleştirilecektir. Bu doku iskelesine biyoaktif ve antimikrobiyal özellik kazandırmak için de özel bir nano kompozit film geliştirilerek doku iskelesi kaplanacaktır. Ardından karakterizasyon çalışmaları gerçekleştirilerek doku iskelesinin özellikleri incelenecektir.

## 2. Problem/Sorun

Günümüzde kullanılan platin, titanyum gibi malzemeler enfeksiyona daha yatkın olması ve zamanla insan vücudunda ömrünü yitirmesi sebebiyle daha doğal malzemeler tercih edilmeye başlanmıştır. Çeşitli hastalık ve kaza durumlarında insan vücut dokularında deformasyon veya uzuv kayıpları meydana gelebilir. Bireylerde ortaya çıkan kemik doku kayıplarında günümüzde kullanılan platin gibi malzemelerin zamanla insan vücuduna doku uyumsuzluğu bu da platinin vücuttan çıkarılması için önemli tıbbi müdahale yapılması söz konusudur. Hatta günümüzde haberlere de konu olmuş örnekleri vardır. Buna örnek vermek gerekirse bacağına doku kaybı olduğundan dolayı platini çıkarılmayan hasta ömür boyu bacağına kullanamaz hale gelmiştir. Bu da malzemelerin insan vücudunda belirli bir kullanım ömrüne sahip olduğunu bizlere gösterir. Süreci takip etmeyen hastalar için bu sorunlar büyüyerek ciddi rahatsızlıklara ve çeşitli enfeksiyon risklerine neden olur. Bu sorunlar neticesinde hastanın çeşitli ilaçları kullanması ve hatta platinin değişip tekrar ameliyat olması gerekir. Bazı hastalarda da bu durum uzuv kaybına sebep olur. Bu felaketlerin yaşanmasını istemeyeceğimiz gibi, bu durumların yaşanmaması içinde araştırmalarımızın hayata geçirebilirlik konusunda hassas bir şekilde ilerlediğimizi söyleyebiliriz.

### 3. Çözüm

Kişiselleştirilmiş (hassas) tıp sayesinde doğru teşhis oranı artarken ilaç kullanımını aynı oranda azalır. Hastanın kendi sağlık durumuna (alerji, genetik hastalık vs.) uygun tedavisi hastanın tedavi sürecini kısaltır ve böylelikle sağlık hizmetlerindeki maliyetlerin düşürülmesi sağlanır. Bunun sonucunda güvenilirlik artar ve sağlık teknolojilerinde emin adımlarla ilerlenir. Biz kişiselleştirilmiş tıptan yardım alarak hastaların daha kısa zamanda, daha az acı çekerek insan anatomisine daha uygun ve 3D boyutlu yazıcılar sayesinde kişiye özel modelleme yapmayı hedefliyoruz.

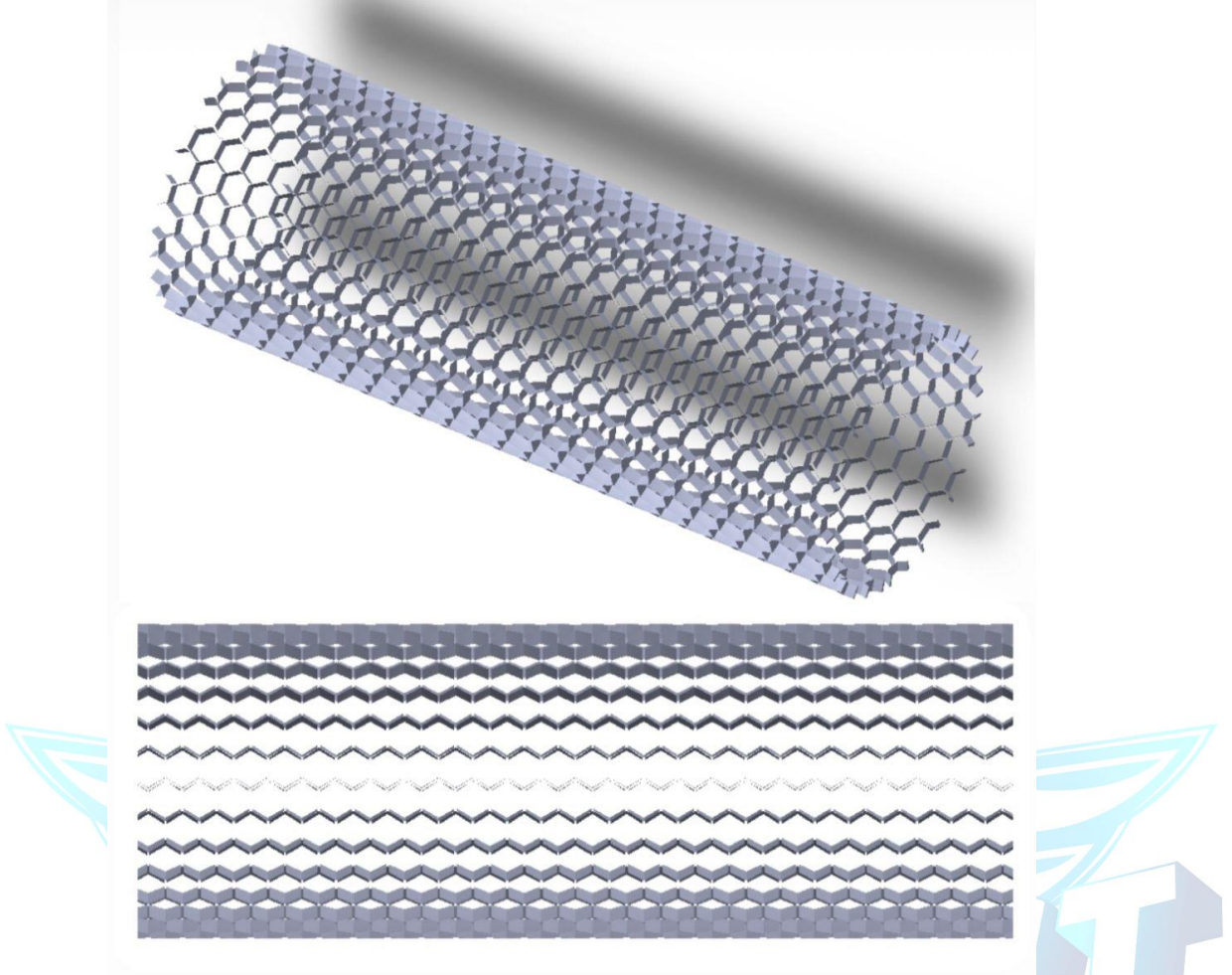
Bu proje kapsamında hastanın ihtiyaç duyacağı geometride doku iskelesini PLA'dan üretmeyi ve doku iskelesi ile dokular arasındaki uyumu geliştirmek amacıyla da PLA doku iskelesinin üzerini nanokompozit bir film tabakasıyla kaplamayı hedeflemekteyiz. Böylece hem antibakteriyel (doğal bitki özütleri bu amaçla kullanılacaktır), hem de biyoyumlu (nano hidroksiapatit bu amaçla kullanılacaktır) ve biyobozunur (biyobozunur polimer matris olarak seçilecektir kaplama için) özelliklerde bir nanokompozit kaplama ile PLA doku iskelesinin başarımının artırılması hedeflenmektedir.

Yaptığımız özgün çalışmada hayvan kemiklerinden elde edeceğimiz hidroksiapatit kullanmamızdaki asıl amaç kemiklerin mineral yapısına benzer kimyasal özelliklere sahip olmasından kaynaklı oldukça önemli bir biyomalzeme olmasıdır. Bitki ekstraktlarından elde edeceğimiz kekik (*Thymus Vulgaris L.*), nane (*Lamiaceae*), karanfil (*Syzygium aromaticum*), ceviz içi perdesi, hibiskus gibi anti bakteriyel malzemelerden yararlanılacak ve toksik olmayan insan vücuduna uyumlu biyomalzemeler elde edilecektir. Yararlanılan malzemelerde çeşitli çalışmalar sonucunda antimikrobiyal, antioksidan ve anti kanser özelliklerinin olduğu kanıtlanmış ve yüzyıllardır geleneksel tıpta kullanılmıştır ve kullanılmaya devam etmektedir. Son olarak karakterizasyon çalışmaları ile doku iskelesi özellikleri incelemekle beraber antimikrobiyal özellikler de göz önüne alınacaktır. PLA doku iskelesi ve kaplama arayüzündeki bağlanma elektron mikroskopuyla incelenecektir.

### 4. Yöntem

- **3D Yazıcıda Doku İskelesi Geliştirme**

Çalışmamızda, çeşitli kaza ve hastalık gibi durumlarında oluşan doku kayıplarında hastanın ihtiyaçlarına özel olarak çeşitli bilgisayar destekli çizim programları kullanılarak 3 boyutlu bir modelleme çıkartılarak 3D yazıcılarla doku iskelesi üretimi gerçekleştirilecektir. Yapılan modellemenin hastaya özel olarak yapılmasını amacı, hastanın sahip olduğu çeşitli sağlık durumunun (alerji, genetik hastalık vb.) ileride oluşturacak olduğu sorunları erken önlemek ve en kısa sürede uygun tedaviyi sağlamaktır.



**Şekil 4. 1.** Bu proje için bilgisayar destekli çizim programında oluşturulan örnek doku iskelesi modellemesi

- **Doku İskelesinin Nanokompozit Film Kaplanması**

- 1. Adım: Bitki Özütü Hazırlama**

Bitki özütü hazırlamak için 100 ml saf su ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda kaynatıldıktan sonra 10 gram hibiskus çiçeği kurusu eklenerek 10 dakika kaynaması sağlanmıştır. Kaynama işleminden sonra oluşan özüt başka bir alana alınarak oda sıcaklığına gelene kadar soğuması beklenmiştir. Oda sıcaklığına gelen özüt filtre kağıdı ile süzme işlemi gerçekleştirilmiştir. Geride kalan posasız sıvı olan hibiskus ekstraktı biyoaktif nanokompozit film üretimi için uygun koşullarda muhafaza edilmiştir.



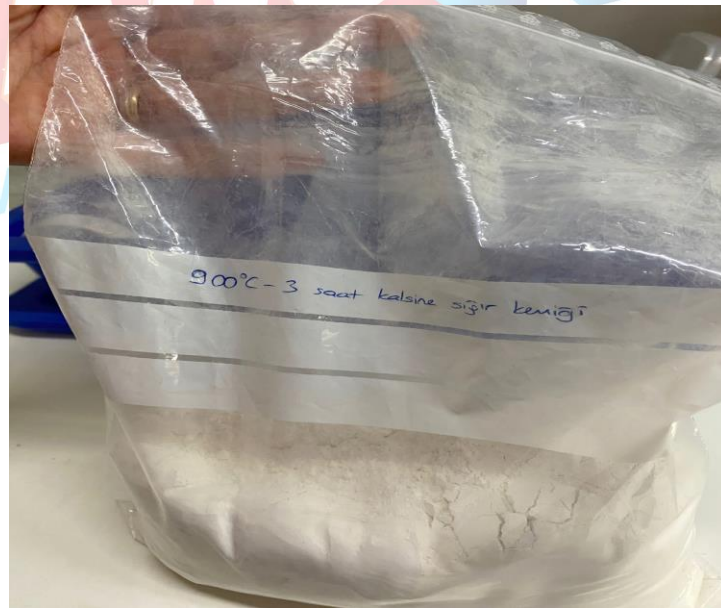
Şekil 4. 2 Hibiskus özütünün kaynatılması



Şekil 4. 3 Özütün filtre kağıdı ile süzülmesi

## 2. Adım: Hidroksiapatit Tozunun Hazırlanması

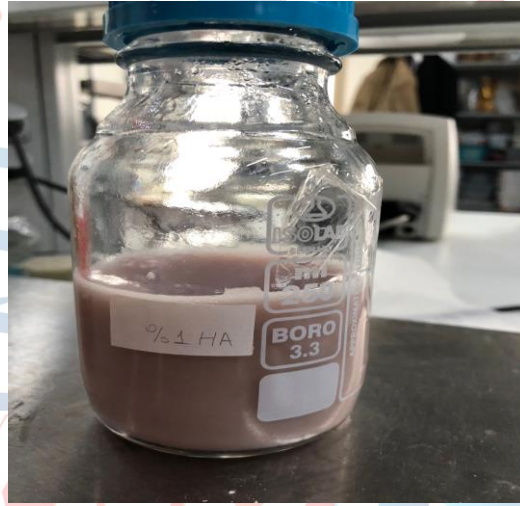
Kasaptan temin edilen sığır kemikleri kaynatıldıktan sonra üzerindeki yağ, et vb yapılardan arındırılmıştır. Ardından hava ortamında 10°C/dakika ısıtma hızı uygulanarak 900°C'de 3 saat süreyle kalsine edilmiştir. Kalsinasyon sonrası halkalı öğütücüde, 1000 devir/dakika hızla 1 dakika süreyle öğütülerek toz formuna getirilmiştir. Ardından eksenel değirmende 100 ml saf su + 40 gram hidroksiapatit ve 150 g zirkonya bilya kullanılarak 300 rpm hızda 45 dakika süreyle öğütmeye tabi tutulmuştur. Yapılan işlemin ardından değirmenden çıkan kavanozun içerisindeki çözelti ve bilyaları birbirinden ayrılıp çözelti temiz bir kaba aktarılmıştır.



Şekil 4. 4. 900°C'de 3 saat kalsine edilmiş, halkalı öğütücüde öğütülmüş sığır kemiğinden elde edilen hidroksiapatit tozu

### 3. %1 Hidroksiapatit Oranlı Filmin Hazırlanması

Ön deneysel çalışmalar kapsamında film hazırlamak için 90 gram saf su içerisine 7,5 gram hibiskus ekstresi eklenip karışım ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Ardından karışıma 5 gram olarak mısır nişastası yavaş yavaş eklenmiş ve karışımın 98°C'ye getirilmesi sağlanmıştır. Karışım bu sıcaklıkta 30 dakika karıştırılarak sistemin jelleşmesi sağlanmıştır. Ardından 30 dakika sonunda ısıtıcı kapatılmış ve manyetik karıştırıcıda dönmeye devam ederek sıcaklığın 45°C'ye düşmesi sağlanmıştır. Sıcaklık 45°C'ye düştüğünde enjektör yardımıyla ölçülen 2 ml hidroksiapatit çözeltisi saf su – hibiskus karışımına eklenmiş ve 30 dakika manyetik karıştırıcıda karıştırılması sağlanmıştır. Ardından karışıma enjektör yardımıyla nişastanın %40'ı kadar (2 ml) gliserol eklenmiş ve tekrar 30 dakika manyetik karıştırıcıda karıştırılması sağlanmıştır. Oluşan film çözeltisi her biri 17'şer ml olacak şekilde 5 adet petri kabına dökülmüştür. Petri kaplarına dökülen çözeltiler etüve konulup 24 saat kuruması beklenmiştir.

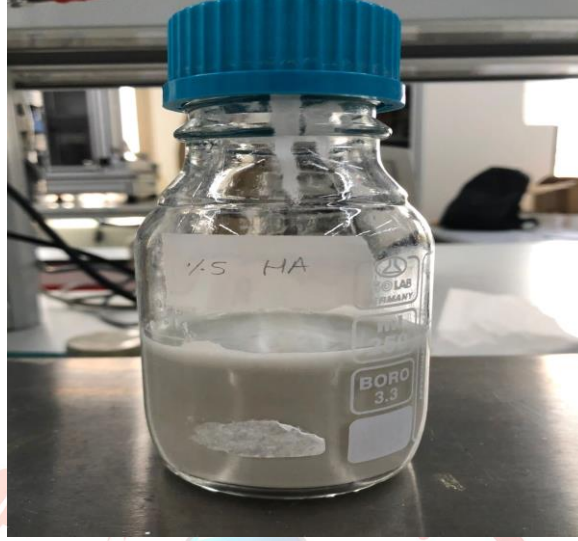


Şekil 4. 5. %1 Hidroksiapatit oranlı filmin yapım aşaması örneği

### 4. %5 Hidroksiapatit Oranlı Filmin Hazırlanması

Ön deneysel çalışmalar kapsamında film hazırlamak için 80 gram saf su içerisine 7,5 gram hibiskus ekstresi eklenip karışım ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Ardından karışıma 5 gram olarak mısır nişastası yavaş yavaş eklenmiş ve karışımın 98°C'ye getirilmesi sağlanmıştır. Karışım bu sıcaklıkta 30 dakika karıştırılarak sistemin jelleşmesi sağlanmıştır. Ardından 30 dakika sonunda ısıtıcı kapatılmış ve manyetik karıştırıcıda dönmeye devam ederek sıcaklığın 45°C'ye düşmesi sağlanmıştır. Sıcaklık 45°C'ye düştüğünde enjektör yardımıyla ölçülen 12,5 ml hidroksiapatit çözeltisi saf su – hibiskus karışımına eklenmiş ve 30 dakika manyetik karıştırıcıda karıştırılması sağlanmıştır. Ardından karışıma enjektör yardımıyla nişastanın %40'ı kadar (2 ml) gliserol eklenmiş ve tekrar 30 dakika manyetik karıştırıcıda karıştırılması sağlanmıştır. Oluşan film çözeltisi her biri 17'şer ml olacak şekilde 5 adet petri kabına dökülmüştür. Petri kaplarına dökülen çözeltiler etüve konulup 24 saat kuruması beklenmiştir.

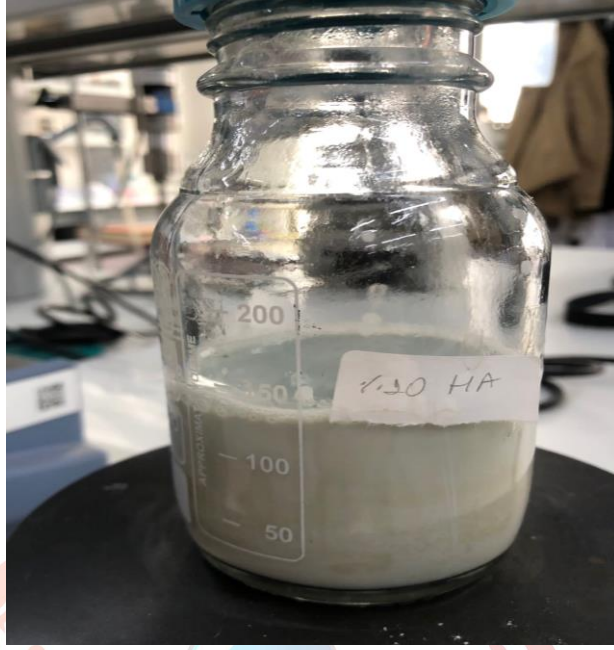




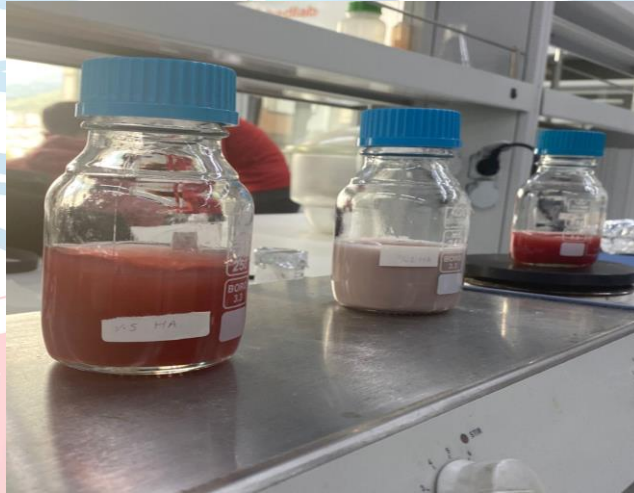
*Şekil 4. 6. %5 Hidroksiapatit Oranlı Filmin Hazırlanması*

#### **5. %10 Hidroksiapatit Oranlı Filmin Hazırlanması**

Ön deneysel çalışmalar kapsamında film hazırlamak için 67,5 gram saf su içerisine 7,5 gram hibiskus ekstresi eklenip karışım ısıtıcılı manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Ardından karışıma 5 gram olarak mısır nişastası yavaş yavaş eklenmiş ve karışımın 98°C'ye getirilmesi sağlanmıştır. Karışım bu sıcaklıkta 30 dakika karıştırılarak sistemin jelleşmesi sağlanmıştır. Ardından 30 dakika sonunda ısıtıcı kapatılmış ve manyetik karıştırıcıda dönmeye devam ederek sıcaklığın 45°C'ye düşmesi sağlanmıştır. Sıcaklık 45°C'ye düştüğünde enjektör yardımıyla ölçülen 25 ml hidroksiapatit çözeltisi saf su – hibiskus karışımına eklenmiş ve 30 dakika manyetik karıştırıcıda karıştırılması sağlanmıştır. Ardından karışıma enjektör yardımıyla nişastanın %40'ı kadar (2 ml) gliserol eklenmiş ve tekrar 30 dakika manyetik karıştırıcıda karıştırılması sağlanmıştır. Oluşan film çözeltisi her biri 17'şer ml olacak şekilde 5 adet petri kabına dökülmüştür. Petri kaplarına dökülen çözeltiler etüve konulup 24 saat kuruması beklenmiştir.



*Şekil 4. 7. %10 Hidroksiapatit oranlı filmin hazırlanması*



*Şekil 4. 8. Farklı bileşimlere sahip çözeltilerin görünümleri*



*Şekil 4. 9. Farklı bileşimlerde film çözeltilerinin petri kabına konulmuş görünümleri*



*Şekil 4. 10. Farklı bileşimlerde film çözeltilerinin kurutma sonrası petri kabından çıkarıldıktan sonraki görünüşleri*

Başarıyla üretilen nanokompozit filmlerin antibakteriyel testleri yapıldıktan sonra üretilecek olan PLA doku iskeleleri üzerine kaplama çalışmaları gerçekleştirilecek ve ardından da karakterizasyon çalışmaları yapılacaktır.

## **6. Yenilikçi (İnovatif) Yönü**

Bu proje kapsamında kolay temin edilebilen ve ekonomik bir maliyeti olan 3D yazıcı filamentleri kullanılarak PLA esaslı gözenekli doku iskelesinin tasarımı gerçekleştirilecektir. Tasarımı tamamlanan gözenekli doku iskeleleri anti bakteriyel ve biyoaktif özelliğe sahip nanokompozit filmler ile kaplanarak özelliklerin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Doku iskelesi oluşumunda bilgisayar programları olan AutoCad, SolidWorks, CAD vb. kullanılmaktadır. Yapılan araştırmalar sonucunda literatürde bulunmayan orijinal bir tasarım ile doku iskelelerinin tasarlanıp, anti bakteriyel özelliğe sahip nanokompozit filmler ile kaplanması uluslararası literatüre önemli kazanım sağlayacak niteliktedir. Ayrıca farklı nanokompozit yüzeyler kaplanarak enfeksiyon oluşturmadan tasarımı sağladığımız doku iskelesiyle beraber biyoaktif yeni kemik oluşumu gözlemlenecektir. Bu çalışmanın ilk defa ülkemizde yapılacak olması da nanokompozit filmler ile kaplanan doku iskelelerinin ticari bir ürüne dönüşebilme potansiyelini artırmakta ve önemli bir bilgi birikiminin oluşturacağı düşünülmektedir.

## **7. Uygulanabilirlik**

Poli(laktik asit)ler (PLA) yarı kristalin ya da amorf yapıda olan, alifatik ve rijit termoplastik polimerlerdir. Mısır nişastası ve şeker kamışı gibi yenilenebilir kaynaklardan elde edilen PLA, biokütleden üretilen plastikler anlamına gelen biyoplastik kategorisinde yer alır. PLA'nın, çevre dostu olması ve biyo uyumluluk gibi özelliklere sahip olması da plastik uygulamalarında, paketleme alanında, ziraat ürünlerinde, tek kullanımlık ürünlerde ve medikal alanda potansiyel kullanım imkanı sağlamaktadır. Medikal uygulamalarda kullanılan biyopolimerler buldukları dokuya uyumlu olmak zorundadırlar. PLA'nın, cerrahide yara iyileşmesi

süresince yarayı bir arada tutmak ve gereken desteği sağlamak için kullanılan cerrahi amaçlı dikişteki kullanımı Federal Drug Administration (FDA) tarafından onaylanmıştır. Bu sebep doğrultusunda doğal polimerler, sentetik polimerlere nazaran daha avantajlı bir kullanım sağlar.

PLA doku iskelesi üzereine uygulanacak kaplama sisteminin içine ekleyeceğimiz hidroksiapatit, kemiklerde bulunan hem doğal hem de sentetik yollarla üretilebilen bir materyaldir. Vücudumuzda biyomalzemelerin başarılı bir şekilde kullanımı, malzeme özellikleri, tasarım ve kullanılan malzemelerin biyouyumluluğu gibi özelliklere bağlıdır. Hidroksiapatit biyoaktivitesinden dolayı kimyasal olarak canlı kemiğe bağlanabilen, mükemmel biyouyumluluğu ile bilinen ortopedik ve dental uygulamalarda kullanılabilen en popüler biyoseramik malzemedir.

Kullanılacak olan biyomalzeme vücudun değişken spesiyalitelere sahip olduğu birçok farklı bölümüne ait spesifik özelliğe sahip olmalıdır. Gerilme kabiliyetindeki farklılıklar, mekanik dayanımındaki değişiklik gösteren değerler, pH değerindeki değişiklikler, basma direncindeki değişiklik gösteren değerler göz önünde bulundurularak günlük faaliyetler neticesinde her değişikliğe uygun özelliğe sahip olması gerekmektedir. Malzemenin kullanımı sırasında farklı zamanlardaki çeşitli faaliyetler sırasında vücut kullanılan malzemeyi reddedebilir. Kısacası yukarıda belirtildiği gibi biyomalzemenin biyouyumlu olması için farklı koşullar altında ve faaliyetlerde malzemenin vücuda hiçbir zararı olmaması gerekir. Buna ek olarak, Wintermantel ve Mayer isimli iki bilim insanı tarafından biyouyumluluk yapısal ve yüzey uyumluluğu olarak ikiye ayrılmıştır. Yüzey uyumluluğu; malzemenin fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak uygun olmasıdır. Yapısal uyumluluk; mekanik davranışlara olan optimum uyumluluğudur. Proje kapsamında kullanılan tüm bileşenler, literatürden detaylı olarak incelenmiş ve toksik etkileri olmayan, biyouyumlu malzemeler seçilmiştir.

## **8. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması**

Aşağıda gösterildiği gibi çalışma başında yapılan zaman çizelgesi sayesinde planlı bir şekilde ilerleme sağlanmıştır. Doku iskelesi üzerine nanokompozit film üretimi yapım aşamasında hassas terazi, etüv, manyetik karıştırıcı, bilyalı değirmen kullanılmış olup bu cihazların tamamı okulumuzda bulunan metalürji ve malzeme mühendisliği laboratuvarından sağlanmıştır. Bulunabilirlik ve ekonomik açıdan üretim aşamasında hibiskus bitkisi ve sığır kemiği kullanılmıştır. Ayrıca sığır kemiğinin kalsinasyonu da bölümümüzdeki fırında gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında tek ihtiyacımız olan bir 3D yazıcı ve PLA filament olup 10 bin TL bütçe ile bunların temin edilebileceği bilinmektedir.

**Tablo 1.** Proje çalışmaları için iş-zaman çizelgesi

<i>İş Paketi</i>	<i>Mayıs</i>	<i>Haziran</i>	<i>Temmuz</i>
<b><i>Gözenekli doku iskelesinin 3D tasarımı ve PLA ile 3D yazıcıda yazdırılması</i></b>			
<b><i>Nanokompozit film üretimi ve PLA doku iskelesi üzerine uygulanması</i></b> <ul style="list-style-type: none"><li><i>Film üretimi için süreç optimizasyonu,</i></li><li><i>Film karakterizasyonu (antibakteriyal testler, içyapı incelemeleri, mekanik testler, şişme, çözünme, TG-DTA, XRD, FTIR, vb.)</i></li><li><i>Film karakterizasyonu ve karakterizasyon çalışmaları sonucu bileşim optimizasyonu çalışmaları yapılacaktır</i></li></ul>			
<b><i>Biyokompozit film kaplı PLA doku iskelelerinin karakterizasyon çalışmaları</i></b>			

## 9. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar)

Hayata geçireceğimiz projenin başarıyla gerçekleştirilmesi halinde, ilk esas aldığımız nokta topluma katkıda bulunması olmuştur. İnsan vücuduna uyumluluk oranının artırılması için 3D yazıcılarla özgün biyoaktif nanokompozit doku iskelesi geliştirilmesinde polimer matrisli biyokompozit film ile kaplama yapmamızın sebebi kemiğe yakın mekanik özellikleri ve en önemlisi yüksek korozyon direnci gibi sahip oldukları üstün özellikler sayesinde metalik malzemelerin yerini almaya başlamasıdır. Kaplama malzemesi olarak ilave edeceğimiz hidroksiapatit eldesini yaparken hayvan kemikleri kullanmamızdaki amaçlardan biri ticari olarak ülkemizde çok rahat temin edilebilir ve ekonomik olarak diğer malzemelere göre çok uygun maliyeti olmasıdır. Ekonomik açıdan bize getirdiği artının yanı sıra bilimsel açıdan da son yıllarda büyük ilgi gördüğünü hafife alamayız. Yüksek biyoaktivitesi osteokondiktifliği implant malzemesi olarak büyük rol oynar. Osteoiletkenliği sayesinde doğal kemik dokusuna güçlü bir şekilde bağlanma potansiyellerini artırır. Bu sayede elde ettiğimiz verilerin literatüre sağlayacağı en ufak katkı bile umut verici niteliktedir. Kaplamasını yapacağımız doku iskelesinin kolay temin edilebilirliği açısından ve ekonomik olması esasa alınarak 3D yazıcı filamentlerin kullanımı hem teknolojik açıdan hem de günümüzün güncel bilgisayarla destekli AutoCad, SolidWorks gibi uygulamalar kullanılıp kişiyi baz alarak orijinal modellemeler elde edilecektir. Yapılacak olan modellemede ilgilendiğimiz kişiselleştirmiş tıp sayesinde edindiğimiz verilerden çıkardığımız sonuç sayesinde insan anatomisine uygun modelleme, doğru teşhis ve tedavi yapılacak olup hastanın iyileşme sürecini azaltmak planlanmıştır. Bunun sonucunda sağlık hizmetlerinde önemli bir yer edinecektir.

## 10. Riskler

<i>En Önemli Riskler</i>	<i>B Planı</i>
Yapacağımız nanokompozit film kaplamada anti bakteriyel malzeme olarak düşündüğümüz kekik kullanımında antibakteriyellik oranının az gelmesi.	Anti bakteriyel olarak kullandığımız kekik yerine, anti bakteriyel malzeme olarak adaçayı, ceviziçi perdesi, hibiscus kullanılabilir.
Kaplamanın biyoaktifliği için kullanacağımız sığır kemiğinin kullanılması halinde biyoaktivitesinin düşük çıkması.	Biyoaktivitesi daha yüksek bir alternatif kullanılacaktır. Sığır kemiği yerine biyokaktif cam kullanabiliriz.
Karakterizasyon işleminde yapılacak olan mekanik testlerin sonucunda mekanik özelliklerin düşük olduğunun belirlenmesi.	Mekanik özellikleri arttırmak için nanokil, grafen oksit veya doğal fiber kullanılacak.

**TEKNOFEST**  
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

## 11. Kaynaklar

- DR. F. ERDOĞAN, 'İnsan ve Hayvan Kemiklerinden Elde Edilen Biyolojik Kaynaklı Hidroksiapatitin Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Sentetik Hidroksiapatit İle Karşılaştırılması', Uzmanlık Tezi, T.C. İstanbul Üniversitesi, 1991
- F. CANDAR, 'Construction of a Biodegradable Scaffold with Enhanced Biocompatibility for Bone Tissue Engineering', M.Sc. Thesis, Istanbul Technical University, 2018
- B.S. ELMAS, 'Üç Boyutlu (3D) Yazıcıda Üretilen Polilaktik Asit (PLA) Numunelerinin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi', Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, 2021
- Bulut Güney ŞAHAN, 'Hidroksiapatit Katkılı Yapay Kemik Kompozitlerin Mekanik Özelliklerine Bağlayıcı Ajanların Etkileri', Yüksek Lisans Tezi, T.C. İstanbul Üniversitesi, 20210
- Erkin AYDIN, 'BIODEGRADABLE POLYMER- HYDROXYAPATITE NANOCOMPOSITES FOR BONE PLATE APPLICATIONS' Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 2010
- Ayten Kübra TÜRKMEN, 'Production and Characterization of Chitosan-Hyaluronic Acid Composite Scaffolds for Bone Tissue Engineering Application', Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, 2016
- İsmail Hakkı KENET, 'Biyolojik Ve Sentetik Hidroksiapatit(Ha) Takviyeli Polilaktik Asit(PLA) Vv Polipropilen(PP) Polimer Kompozitinin Hazırlanışı, Karakterizasyonu ve Vücuda Uyumluluklarının İncelenmesi', Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, 2016
- Pelin YILMAZ, 'Production and Characterization of Hydroxyapatite-Graphene Oxide-Chitosan Scaffold for Bone Tissue Engineering Application', Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi, 2019
- Gülçin EREL, 'Polilaktik Asit (PLA) Matrisli nano takviyeli Biyouyumlu Kompozit Malzeme Üretimi ve Analizi', Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, 2019
- Çiğdem SERDENGEÇTİ, 'Biyomedikal Uygulamalarda Kullanılmak Üzere Polimerik Tabanlı Kompozit Malzemelerin Üretimi ve Karakterizasyonu', Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, 2019
- Mikail OLAM, '3D Yazıcılar için Polimer Esaslı Kompozit Filament Üretimi', Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, 2021
- Hatice Kübra YERLİ, 'Hidroksi Apatit Tozu Katkılı Poli Laktik Asit Filamentler Kullanılarak Elde Edilmiş 3 Boyutlu Katı Omur Modellerinin Geliştirilmesi', Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 2021
- Gülsüm AYDIN, Fatma Nur PARIN, Kenan YILDIRIM, Ayşe KALEMTAŞ, 'Sığır Kemiginden Elde Edilen Hidroksiapatit ile Polimerik Sünger Yöntemiyle Doku İskelesi Üretimi ve Karakterizasyonu', AKÜ FEMÜBİD, (2019), Özel Sayı (108-116)
- Dr. Harun GÖKÇE, Neslihan TOP, 'Doku Mühendisliğinde Bilgisayar Destekli Yapay Kemik İskelesi Tasarımı', 2020

- <https://doi.org/10.1186/s13036-017-0074-3> (28.03.2022)
- <https://tr.wikipedia.org/wiki/Hidroksiapatit> (29.03.2022)
- <https://www.genome.gov/genetics-glossary/Personalized-Medicine> (15.03.2022)
- <https://www.jax.org/personalized-medicine/precision-medicine-and-you/what-is-precision-medicine#> (15.03.2022)
- [http://www.personalizedmedicinecoalition.org/Userfiles/PMC-Corporate/file/pmc\\_age\\_of\\_pmc\\_factsheet.pdf](http://www.personalizedmedicinecoalition.org/Userfiles/PMC-Corporate/file/pmc_age_of_pmc_factsheet.pdf) (11.03.2022)
- <https://www.docwirenews.com/blog/docwire-blog-what-is-precision-medicine/> (9.03.2022)
- droxyapatite-Fibrinogen 3D Scaffolds by Different Techniques', Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2014

