

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

BİYOTEKNOLOJİ İNOVASYON YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU

FİKİR KATEGORİSİ

TAKIM ADI

Bacterium venandi

PROJE ADI

Limon Yağının Mikrokapsülenerak Kumaş ve Ayakkabı İç Tabanına Aktarılması ile Kumaşa ve Ayakkabı İç Tabanına Antibakteriyel Özellik Kazandırılmasının Araştırılması

BAŞVURU ID

#69929

KATEGORİ

Fikir Kategorisi

İçindekiler

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Tekstil yüzeyinde uygun koşullar (sıcaklık, nem vb.) oluştuğunda bakterilerin çok hızlı çoğalması sonucunda oluşan ilk tehlike, kötü koku oluşması ve konfor kayıpları olup bu durum insan sağlığına zararlı olabilecek potansiyel risk olarak değerlendirilmektedir. İkinci tehlike ise kumaş yüzeyindeki leke oluşumları, renk bozulmaları ve performans kayıplarıdır. Proje çalışmamızda kumaş ve ayakkabı iç tabanına antibakteriyel özellik kazandırılmak amaçlanmıştır. Bu amaçla yaklaşık 10 ay süren deneysel çalışmalarda limon yağının *Escherichia coli* ATCC 25922 suşu üzerine antibakteriyel aktivitesinin belirlenmesi amacıyla yapılan deneylerde limon yağının 1/4, 1/8, 1/16 ve 1/32 dilüsyonlarında üreme olmadığı tespit edilmiştir. Limon yağı mikrokapsüllendikten sonra optik mikroskopta incelenmiş ve daha sonra kumaşa ve ayakkabı iç tabanına kaplama yöntemi ile aktarılmıştır. ASTM E2149-01 yöntemi sonucunda mikrokapsül içeren kumaşın *E. coli* bakterisine karşı 1. saatin sonunda %99, 24 saat sonunda ise % 100 antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir. Agar difüzyon yöntemi sonucunda, kumaş numunelerinin *E. coli* bakterisine karşı oluşturdukları zon çapları belirlenmiş ve kumaşların antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayakkabı iç tabanlıklarının 3 gün boyunca denenmesi sonucunda; mikrokapsül içeren ayakkabı iç tabanında koku oluşumu gözlenmezken, mikrokapsül içermeyen ayakkabı iç tabanında koku oluşumu gözlenmiştir. Agar difüzyon yöntemi sonucunda, ayakkabı iç tabanının *E. coli* bakterisine karşı antibakteriyel özellik gösterdiği tespit edilmiştir. Kumaşın kopma dayanım testi sonucunda kumaş performansında kullanımı etkileyebilecek bir durum tespit edilmemiştir.

Antibakteriyel özelliğini saptadığımız bu kumaşlar klinik sağlık giysileri, perdeler, otel tekstilleri, döşemelikler, sporcu giysileri, ayakkabı astarı ve mostrası, bebeklerde ve yatalak hastalarda altlık gibi çeşitli alanlarda kullanılabilir.

2. Problem/Sorun:

Tekstil yüzeyinde uygun koşullar (sıcaklık, nem vb.) oluştuğunda bakteriler çok hızlı bir şekilde çoğalabilirler. Bakterilerin bu yüzeylerde üremesi sonucunda iki farklı tehlike ortaya çıkmaktadır. Kontrolsüz bakteri üremesinin ardından ilk tehlike, kötü koku oluşması ve konfor kayıpları olup bu durum insan sağlığına zararlı olabilecek potansiyel risk olarak değerlendirilmektedir. İkinci tehlike ise kumaş yüzeyindeki leke oluşumları, renk bozulmaları ve performans kayıplarıdır. Bu çalışmada limon yağının mikrokapsüllenecek pamuk kumaş ve ayakkabı iç tabanına aktarılması sonucunda bu tekstil ürünlerine antibakteriyel özellik kazandırılması amaçlanmıştır.

- Limon yağının mikrokapsüllenecek kumaş ve ayakkabı iç tabanına aktarılması sonucunda bu ürünlere antibakteriyel özellik kazandırılacaktır.
- Antibakteriyel özellikli kumaş ve ayakkabı iç tabanında koku, lekelenme, renk bozulmaları ve performans kayıpları en aza indirgenecektir.

- Antibakteriyel özelliği olan kumaş ve ayakkabı iç tabanında bakterilerden kaynaklı enfeksiyon riski ortadan kaldırılacaktır.
- Antibakteriyel özellikli kumaş ve ayakkabı iç tabanı, tekstil sektöründe rekabet avantajı sağlayacak ve ülke ekonomisine katkı sunacaktır.

3. Çözüm

Proje çalışmamızda kumaş ve ayakkabı iç tabanına antibakteriyel özellik kazandırılmak amaçlanmıştır. Bu amaçla yaklaşık 10 ay süren deneysel çalışmalarda limon yağının *Escherichia coli* ATCC 25922 suşu üzerine antibakteriyel aktivitesinin belirlenmesi amacıyla yapılan deneylerde limon yağının 1/4, 1/8, 1/16 ve 1/32 dilüsyonlarında üreme olmadığı tespit edilmiştir. Limon yağı mikrokapsüllendikten sonra optik mikroskopta incelenmiş ve daha sonra kumaşa ve ayakkabı iç tabanına kaplama yöntemi ile aktarılmıştır. ASTM E2149-01 yöntemi sonucunda mikrokapsül içeren kumaşın *E. coli* bakterisine karşı 1. saatin sonunda %99, 24 saat sonunda ise % 100 antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir. Agar difüzyon yöntemi sonucunda, kumaş numunelerinin *E. coli* bakterisine karşı oluşturdukları zon çapları belirlenmiş ve kumaşların antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayakkabı iç tabanlıklarının 3 gün boyunca denenmesi sonucunda; mikrokapsül içeren ayakkabı iç tabanında koku oluşumu gözlenmezken, mikrokapsül içermeyen ayakkabı iç tabanında koku oluşumu gözlenmiştir. Agar difüzyon yöntemi sonucunda, ayakkabı iç tabanının *E. coli* bakterisine karşı antibakteriyel özellik gösterdiği tespit edilmiştir. Kumaşın kopma dayanım testi sonucunda kumaş performansında kullanımı etkileyebilecek bir durum tespit edilmemiştir.

Antibakteriyel özellik kazandırdığımız kumaş ve ayakkabı iç tabanı sayesinde, bakterilerin sebep olduğu kötü koku, lekelenme, renk bozulmaları ve performans kayıpları ortadan kaldırılacaktır. Ayrıca bakterilerin bu tekstil ürünlerinde insan sağlığına zarar verebilecek enfeksiyon riski de ortadan kaldırılacaktır.

Her geçen gün daha fazla insan tarafından kullanılan ve üretimi artmakta olan antibakteriyel tekstil ürünlerinin antibakteriyel etkinlik testlerinin yanı sıra bu ürünlerin toksik ve dermatolojik testlerinin yapılması tüketici açısından son derece önemlidir. Uçucu yağ içeren yüzlerce bitki türü bulunmaktadır bundan dolayı antibakteriyel özellikli tekstil ürünleri ile ilgili yapılacak çalışmaların çeşitlendirilmesi gerekmektedir.

4. Yöntem

Projemizdeki deneylerin her aşaması proje öğrencisi tarafından gerçekleştirildi. Deneylerde kullanılan materyallerin temel özellikleri ve kullanımı ile ilgili olarak laboratuvardan sorumlu akademik personelden bilgi alındı.

Proje çalışmamızın deneysel aşamalarından olan;

- Basit Koaservasyon ile Mikrokapsülleme, mikrokapsüllerin optik mikroskop görüntüsü, mikrokapsüllerin kaplama yöntemi ile kumaş ve ayakkabı iç tabanına aktarılması Okulumuzun Biyoloji Laboratuvarı'nda gerçekleştirildi.

- Limon yağının antibakteriyel aktivitesi ile ilgili deneyler, İnönü Üniversitesi Turgut Özal Tıp Fakültesi Merkez Laboratuvarı'nda gerçekleştirildi.
- Kumaşın ve ayakkabı iç tabanının antibakteriyel aktivitesinin belirlenmesi ile ilgili deneyler, İnönü Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi'nde (İBTAM) bulunan Biyoteknoloji Araştırma Laboratuvarı'nda gerçekleştirildi.
- Kumaşın kopma dayanımı testi ile ilgili deney, İnönü Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Biyokimya Laboratuvarı'nda gerçekleştirildi.

4.1. Limon Yağının Antibakteriyel Aktivitesinin Belirlenmesi

Limon yağının *E. coli* ATCC 25922 suşu üzerine antibakteriyel etkinliği Minimum İnhibitör Konsantrasyon Yöntemi ile belirlenmiştir ve yapılan deneysel çalışma aşamaları aşağıda verilmiştir.

Bakteri karışımı (inokulum hazırlanması)

- 24 saat önceden *E. coli* ATCC 25922 suşu kanlı besiyerine pasajlanarak etüvde bekletildi.
- Hazırlanan *E. coli* ATCC 25922 suşundan alınarak 5 mL saf su içine konuldu.
- Bakteri konsantrasyonu 0,5 Mcfarland olacak şekilde hazırlandı.
- Başka bir tüpe 9,9 mL Mueller Hinton sıvı besiyeri konuldu.
- Hazırlanan bakteri süspansiyonundan 100 µl içine eklendi ve karıştırıldı.

Çalışma prosedürü

- 96 kuyucuklu U tabanlı platte çalışıldı.
- Tüm kuyucuklara 100 µl Mueller Hinton besiyeri eklendi.
- İlk kuyucuğa 100 µl limon yağı konuldu.
- Son kuyucuktan bir önceki kuyucuğa kadar dilüsyon yapıldı (100 µl).
- Tüm kuyucuklara 100 µl bakteri süspansiyonu eklendi.
- 24 saat sonra değerlendirildi.

Bulgular: Limon yağının 1/4, 1/8, 1/16 ve 1/32 dilüsyonlarında üreme olmamıştır. Bu bulgu, limon yağının *E. coli* ATCC 25922 suşu üzerine antibakteriyel etkinliğinin olduğunu göstermektedir.

4.2. Basit Koaservasyon ile Mikrokapsülleme

İç faz olarak limon yağı ve duvar malzemesi olarak arap zankı kullanılmıştır. Duvar ('wall') oluşturmak için; 50 gram arap zankı 500 mL sıcak, damıtılmış suda çözünmüştür ve %10'luk arap zankı çözeltisi hazırlanmıştır. Manyetik karıştırıcıda sıcaklık 55 ° C ile 60 ° C arasında tutularak 2 saat boyunca 1000 rpm'de karıştırılmıştır. Belirli aralıklarla arap zankının oluşturduğu köpük alınmıştır. İç faz oluşturmak için 3 mL limon yağı, 60 mL su ve 6 mL Emülsifier WN 1 saat boyunca manyetik karıştırıcı yardımıyla karıştırılmıştır. İç faz : dış faz

(çekirdek:duvar) oranı deney ön çalışmaları esnasında 1:2 olarak belirlenmiştir. Çekirdek çözeltisine 2 katı miktarında dış faz çözeltisi (138 mL) yavaş yavaş eklenerek manyetik karıştırıcıda 1 saat boyunca karıştırılmıştır. Arap zımkı bazık ortamda şiştiği için % 1'lik NaOH eklenerek pH ayarlaması yapılmıştır ve 1000 rpm de 30 dakika boyunca karıştırılmıştır. (pH, mikrokapsülleme işlemi için en önemli parametrelerden biridir, çünkü işlemin en vazgeçilmez ve temel aşaması olan faz ayrımı yapabilme yeteneğine sahiptir. Çalışma boyunca, arap zımkı, bilindiği gibi, duvar malzemesi olarak kullanılmıştır. Arap zımkının, pH 9.2-9.3 aralığında en yüksek şişme derecesini gösterdiği ve çözünürlüğünün, sıcaklık artışı ile doğru orantılı olduğu iyi bilinmektedir).

Son olarak, iç faz miktarının yarısı kadar (34.5 mL) formaldehit eklenerek oluşan kapsüllerin stabilizasyonu amaçlanmıştır ve çözelti 30 dakika daha karıştırılmıştır. Mikrokapsüllerin oluşumunu desteklemek ve arttırmak için buzdolabında dondurulmuştur.

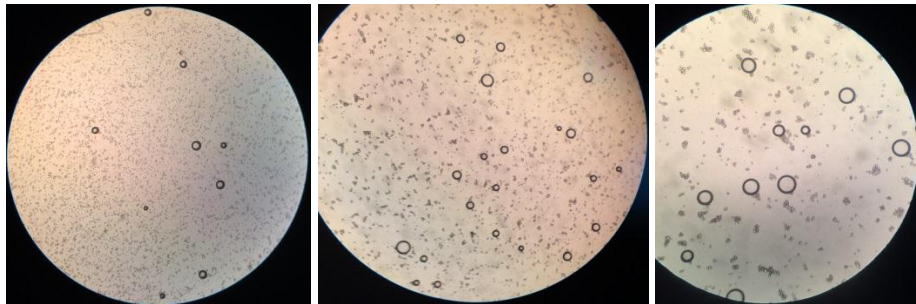
4.3. Mikrokapsüllerin Optik Mikroskopta İncelenmesi ve Mikrokapsüllerin Kaplama Yöntemi ile Kumaşa ve Ayakkabı İç Tabanına Aktarılması

Basit koaservasyon yöntemi ile elde edilen mikrokapsülleri içeren çözeltiden damlalık yardımıyla alınan örnek lam üzerine konuldu ve üzerine 45 derecelik açıyla lamel bırakılarak optik mikroskopta farklı büyütme yapılarak incelendi (Şekil 1.a). Mikrokapsülleri içeren çözeltiden damlalık yardımıyla alınan örnekler kumaş ve ayakkabı iç tabanı üzerine aktarıldı ve bir cetvel yardımıyla kumaşın ve ayakkabı iç tabanının her tarafına homojen bir şekilde sürüldü (Şekil 1.b ve c).



Şekil 1. (a) Mikrokapsüllerin mikroskopta incelenmesi, (b ve c) Mikrokapsüllerin kumaş ve ayakkabı iç tabanlığına aktarılması

Bulgular: Optik mikroskop görüntüleri incelendiğinde küresel morfolojiye sahip tanecikli yapıda limon yağı mikrokapsüllerinin başarılı olarak elde edildiği görülmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Basit koaservasyon yöntemi ile elde edilen mikrokapsüllere ait optik mikroskop görüntüsü

4.4. Kumaşın ve Ayakkabı İç Tabanının Antibakteriyel Aktivitesinin Belirlenmesi

- Ön deneylerden elde edilen veriler sonucunda, deney tasarımı yapılmış ve kumaş ile ayakkabı iç tabanının antibakteriyel etkinlik tayini *E.coli* ATCC 25922 suşu kullanılarak gerçekleştirilmiştir.
- Deneysel çalışmalar steril ortamlarda gerçekleştirilmiştir.
- Antibakteriyel aktivitesi belirlenecek olan numuneler (kumaşlar ve ayakkabı iç tabanları) deneysel çalışmalara başlamadan önce steril edilmiştir (121 derecede, 1,5 atm basınçta 20 dk. bekletilmiştir).
- Kumaşın antibakteriyel aktivite tayininde iki farklı test yöntemi kullanılmıştır (ASTM E2149-01 test standardı ve agar difüzyon yöntemi).
- Ayakkabı iç tabanının antibakteriyel aktivite tayininde agar difüzyon test yöntemi kullanılmıştır.

4.4.1. Kumaşın Antibakteriyel Aktivitesinin Belirlenmesi

▪ ASTM E2149-01 test standardı

Öncelikle kültürler, Nutrient Broth besiyerinde inkübe edilmiş ve inkübasyon sonrası plate count tekniği kullanılarak kültürlerin CFU (koloni oluşturma birimi)/ml belirlenmiştir. Kültürler, koloni sayısı $1,5 \times 10^8$ CFU/ml olacak şekilde 0.3 mM potasyum fosfat tamponu (pH 6.8) ile seyreltilerek standart kültür solüsyonları oluşturulmuştur. Çalışmanın diğer aşamalarında da 0.3 mM potasyum fosfat tamponu (pH 6.8) kullanılmıştır. Steril edilen 50 mL tampon içeren erlenlere 1 mL standart kültür solüsyonu eklenmiştir. Erlenlere 1 gr işlem görmüş kumaş örneği (mikrokapsül içeren) ve 1 gr işlem görmemiş kumaş örneği (kontrol numunesi) eklenmiştir. Kültürler 37°C ve 150 rpm şartlarında 24 saat inkübe edilmiştir. (Kültürler çalkalamalı etüve konulmuştur). İnkübasyonun 1. ve 24'ncü saati sonrasında örnekten plate count tekniği ile petrilere ekim yapılmış (Petrilerde Mueller Hinton Agar vardır) ve 24 saat sonra koloni sayımı gerçekleştirilmiştir. Antibakteriyel aktivite % indirgenme (%R) ile hesaplanmıştır. % indirgenme aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$\%R = [(B - A) / B] \cdot 100$$

A: belirlenmiş temas süresi sonunda test numunesindeki bakteri sayısı (CFU/ml)

B: belirlenmiş temas süresi sonunda kontrol numunedeki bakteri sayısı (CFU/ml)

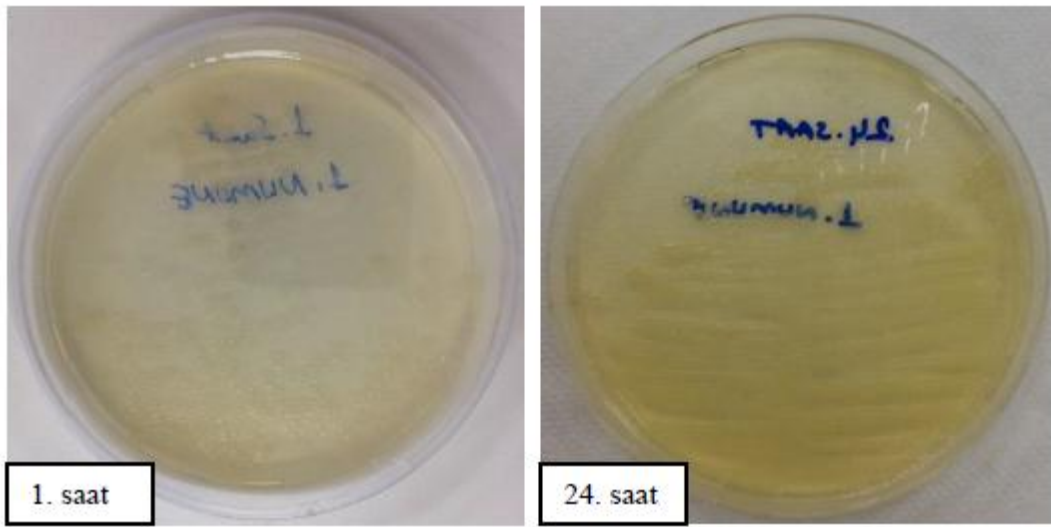
R: % indirgenme

Bulgular: Limon yağı mikrokapsüllerinin 1 saat ve 24 saat inkübasyon sonrası *E. coli* bakterisine karşı ASTM E2149 yöntemine göre antibakteriyel etkinlikleri yani % bakteri azalma oranları Tablo 1'de verilmiştir. Tablodaki sonuçlar incelendiğinde, 1 saat sonunda mikrokapsül içeren örneğin *E. coli* bakterisine karşı %99, 24 saat sonunda ise % 100 antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu görülmektedir. 24 saat sonundaki antibakteriyel aktivitenin 1. saat sonrasına göre daha fazla olmasının sebebi olarak limon yağı mikrokapsüllerinin daha fazla salınım yapmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Limon yağı mikrokapsüllerini içermeyen (işlem görmemiş =kontrol grubu) örneklerin ise antibakteriyel aktivite göstermediği tespit edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. İşlem görmüş ve görmemiş örneklerin 1 saat ve 24 saat inkübasyon sonrası *E. coli* bakterisine karşı antibakteriyel aktivite değerleri.

Sıra No	Numune	1 saat	24 saat
		Bakteri azalması	
		(%)	(%)
1	İşlem görmemiş kumaş (Kontrol Grubu)	0	0
2	İşlem görmüş kumaş (Deney Grubu)	99	100

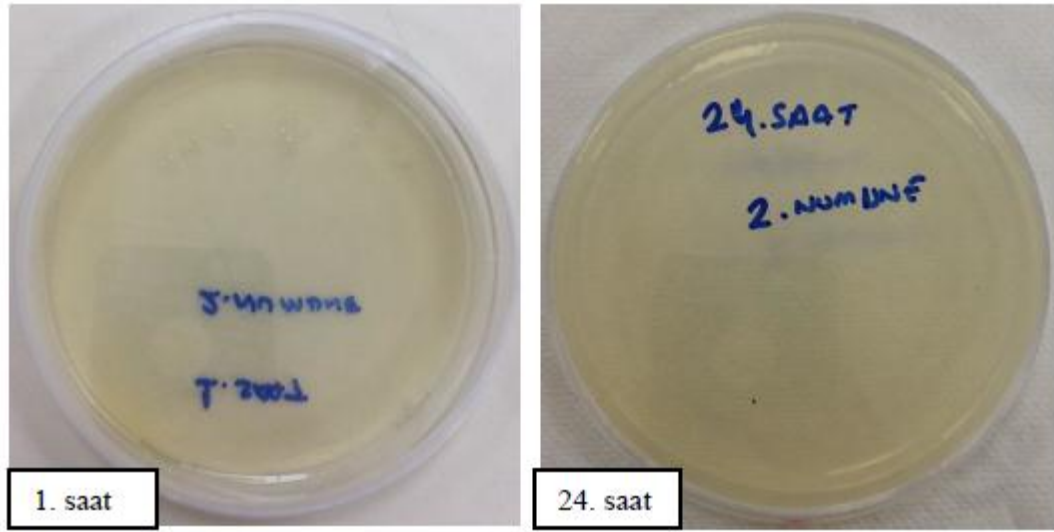
Şekil 3'te işlem görmemiş kumaşın (kontrol grubu) 1 ve 24 saat inkübasyon sonrası *E. coli* çoğalmasına etkisi gösterilmiştir.



Şekil 3. İşlem görmemiş kumaşın (kontrol grubu) 1 ve 24 saat inkübasyon sonrası *E. coli* karşısındaki etkinlik görüntüleri

TEKNOLOJİ
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

Şekil 4'te işlem görmüş kumaşın (deney grubu) 1 ve 24 saat inkübasyon sonrası *E. coli* çoğalmasına etkisi gösterilmiştir.



Şekil 4. İşlem görmüş kumaşın (deney grubu) 1 ve 24 saat inkübasyon sonrası *E. coli* karşısındaki etkinlik görüntüleri

▪ Agar difüzyon test yöntemi

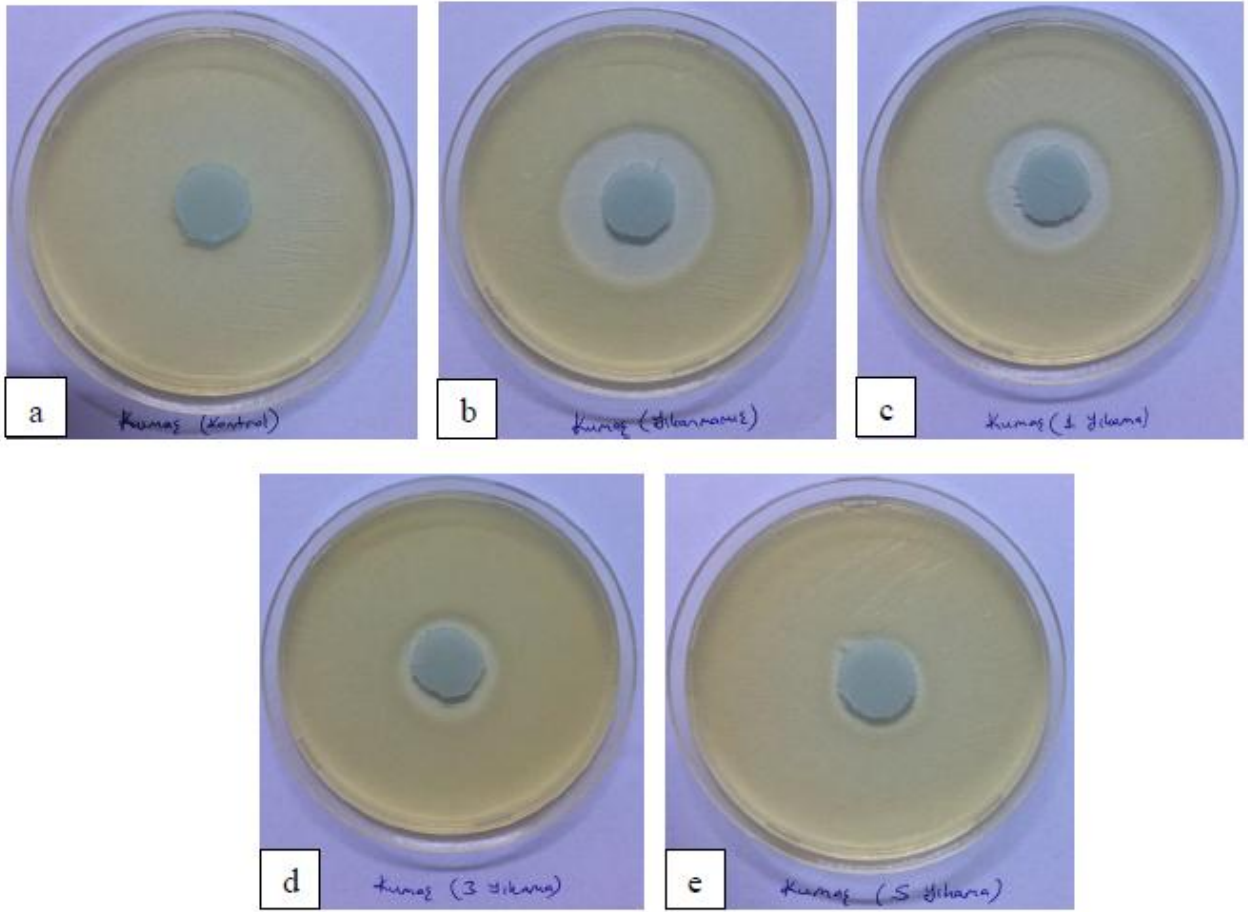
Agar difüzyon test yönteminde *E. coli* kültürü 0.5 McFarland yoğunluğa getirilip Mueller-Hinton agar yüzeyine steril bir eküvyonla yayıldı. 18 mm çapında ve daire şeklinde hazırlanan numuneler (kontrol ve deney grupları) agar tabağına yerleştirildi. Numune kumaşlar 37°C sıcaklıkta 24 saat bekletildikten sonra kumaş etrafında oluşan çap ölçülerek (inhibisyon zon çapı) numune kumaşların etkinliği mm cinsinden belirlendi.

Bulgular: Tablo 2'de kumaş numunelerinin *E. coli* bakterisine karşı oluşturdukları inhibisyon zon çapları verilmiştir. İşlem görmüş kumaş numuneleri antibakteriyel aktiviteye sahipken, işlem görmemiş kumaş numunesinde antibakteriyel aktivite saptanmamıştır. İşlem görmüş kumaşlardaki antibakteriyel etkinin kalıcılığını değerlendirmek amacı ile 1, 3 ve 5 yıkama sonrası antibakteriyel etkisi tekrar değerlendirilmiş ve yıkama işlemi sonrası antibakteriyel etkide azalma meydana gelmesine rağmen bir miktar kalıcılığın devam ettiği görülmüştür.

Tablo 2. Kumaş numunelerinin *E. coli* bakterisine karşı oluşturdukları zon çapları.

Sıra No	Numune	Zon çapı (mm)
1	İşlem görmemiş kumaş (Kontrol Grubu)	0
2	İşlem görmüş kumaş – Yıkamamış (Deney Grubu)	40
3	İşlem görmüş kumaş – 1 Yıkama (Deney Grubu)	32
4	İşlem görmüş kumaş – 3 Yıkama (Deney Grubu)	26
5	İşlem görmüş kumaş – 5 Yıkama (Deney Grubu)	24

Şekil 5'te kumaş numunelerinin *E. coli* bakterisine karşı oluşturdukları zon çaplarına ait görüntüler verilmiştir.



Şekil 5. (a) Kontrol grubu, (b) Deney grubu (Yıkanmamış), (c) Deney grubu (1 Yıkama), (d) Deney grubu (3 Yıkama), (e) Deney grubu (5 Yıkama) numunelerinin *E. coli* bakterisine karşı oluşturduğu zon çapı

4.4.2. Ayakkabı İç Tabanının Antibakteriyel Aktivitesinin Belirlenmesi

İşlem görmüş (mikrokapsül içeren) ve görmemiş ayakkabı iç tabanlıkları, ayakkabıya yerleştirilerek 80 kg olan bir birey tarafından 3 gün boyunca yaklaşık 30 km yürüyerek denenmiştir.

Ayakkabı iç tabanlıklarının 3 gün boyunca bir birey tarafından yürüme ile denenmesi sonucunda; işlem görmüş (mikrokapsül içeren) ayakkabı iç tabanında koku oluşumu gözlenmezken, işlem görmemiş (mikrokapsül içermeyen) ayakkabı iç tabanında koku oluşumu gözlenmiştir.

▪ Agar difüzyon test yöntemi

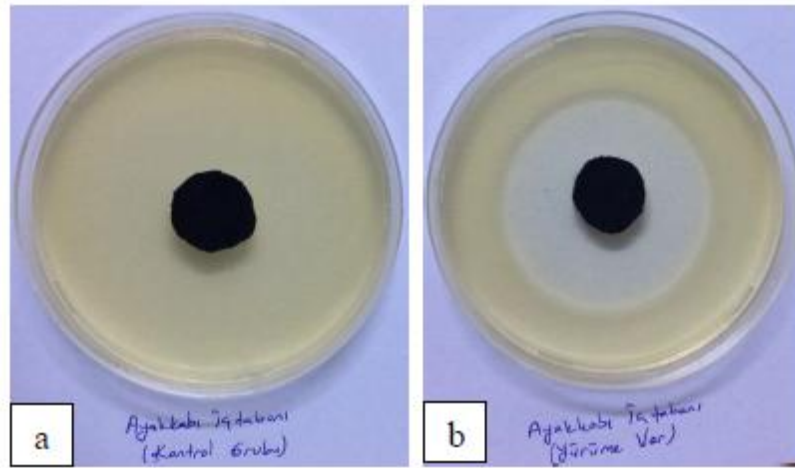
Agar difüzyon test yönteminde *E. coli* kültürü 0.5 McFarland yoğunluğa getirilip Mueller-Hinton agar yüzeyine steril bir eküvyonla yayıldı. 18 mm çapında ve daire şeklinde hazırlanan numuneler (Kontrol ve deney grupları) agar tabağına yerleştirildi. Numune ayakkabı iç tabanlıkları 37°C sıcaklıkta 24 saat bekletildikten sonra ayakkabı iç tabanlığı etrafında oluşan çap ölçülerek (inhibisyon zon çapı) numune ayakkabı iç tabanlıklarının etkinliği mm cinsinden belirlendi.

Bulgular: Tablo 3'te ayakkabı iç tabanlıklarının *E. coli* bakterisine karşı oluşturdukları zon çapları verilmiştir. İşlem görmüş ayakkabı iç tabanı antibakteriyel aktiviteye sahipken, işlem görmemiş ayakkabı iç tabanında antibakteriyel aktivite saptanmamıştır.

Tablo 3. Ayakkabı iç tabanı numunelerinin *E. coli* bakterisine karşı oluşturdukları zon çapları.

Sıra No	Numune	Zon çapı (mm)
1	İşlem görmemiş ayakkabı iç tabanı – Yürüme ile denendi (Kontrol Grubu)	0
2	İşlem görmüş ayakkabı iç tabanı – Yürüme ile denendi (Deney Grubu)	54

Şekil 6'da ayakkabı iç tabanı numunelerinin *E. coli* bakterisine karşı oluşturdukları zon çaplarına ait görüntüler verilmiştir.



Şekil 6. (a) Kontrol grubu (Yürüme ile denendi), (b) Deney grubu (Yürüme ile denendi) ayakkabı iç tabanlarının *E. coli* bakterisine karşı oluşturduğu zon çapı

4.5. Kumaşın Kopma Dayanım Testi

Kopma mukavemeti, kopma dayanımı test cihazı ile ölçülmüştür. Kontrol grubu (işlem görmemiş) ve deney grubu (işlem görmüş) kumaş örneklerinden 3'er adet numune kullanılmıştır ve her bir numune 10x50 mm boyutlarında hazırlanmıştır.

T1 çeneleri ve 1000 N yük hücresi, 300 mm / s'lik bir çene hızında tercih edilmiştir. Test sonuçları maksimum kuvvet (N) olarak kaydedilmiştir. Numune çenelere yerleştirildikten sonra çekme cihazındaki hareketli çene harekete geçirilmiştir ve deney parçası kopma noktasına kadar uzatılmıştır. Deney numunesi koptuktan sonra Newton cinsinden maksimum kuvvet belirlenmiştir. Kopma mukavemeti için, kontrol ve deney numunelerinin ortalama değerleri alınmıştır.

Bulgular: Kontrol numunesinin kopma mukavemeti 104 N, deney numunesinin kopma mukavemeti ise 110 N olarak belirlenmiştir. Deney numunesinin kopma mukavemeti, kontrol numunesine göre %5,76 oranında artış göstermiştir fakat bu artış kumaş performansında kullanımı etkileyebilecek derecede bir artış değildir.

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Türk Tekstil sektörünün, şu an içinde bulunduğu Uzakdoğulu rakipleri ile maliyetler yönünden rekabet edememe sıkıntısını aşması açısından akıllı tekstillere yönelmesi büyük önem arz etmektedir. Akıllı tekstil ürünleri üretiminde kullanılan mikrokapsülasyon teknolojisi, ülkemizde yeni ve dünya da hızla gelişmekte olan bir alandır. Mikrokapsül teknolojisi konvansiyonel tekstil ürünlerine yeni özellikler katmak için tekstil sektörünün geleceği olarak görülmektedir.

Yaptığımız literatür araştırmasında tekstil yüzeylerine antibakteriyel özellik kazandırmak amacıyla çok çeşitli bitkisel kaynaklı uçucu yağların kullanıldığını belirledik ve limon bitkisinin meyve kabuklarından elde edilen limon yağının kullanıldığı herhangi bir çalışmaya rastlamadık. Bu yönüyle projemiz özgün bir çalışma olup, kullandığımız limon yağının ana kaynağı olan limon bitkisi ülkemizde bolca yetiştirilmektedir. Mikrokapsül oluşumunda kullandığımız limon yağının doğal, bitkisel kaynaklı ve çevre dostu bir ürün olması sentetik tekstil bitim maddelerine alternatif oluşturmaktadır.

Mikrokapsülasyon teknolojisi, fonksiyonel özellik (antibakteriyel özellik) kazandırdığımız tekstil ürünlerine rekabet avantajı sağlayarak ülke ekonomisine katkı sağlayacağını düşünmekteyiz. Antibakteriyel özelliğini saptadığımız kumaş ve ayakkabı iç tabanı klinik sağlık giysileri, banyo paspasları, perdeler, önlükler, otel tekstilleri, bebek giysi ve eşyaları, döşemelikler, mutfak silme bezleri, havlular, peçeteler, sporcu giysileri, avcı giysileri, çorap, ayakkabı astarı ve mostrası, bebeklerde ve yatalak hastalarda altlık gibi çeşitli alanlarda kullanılabilir.

6. Uygulanabilirlik

Projemizde kullandığımız limon yağı ülkemizde bolca yetişen bir meyvenin ürünü olup düşük maliyetli bir hammaddedir. Ayrıca limon yağını mikrokapsül içerisine almak için duvar malzemesi olarak kullandığımız arap zıncı ucuz ve temini kolay bir maddedir. Mikrokapsülleme yöntemi olarak kullandığımız "Basit Koaservasyon ile Mikrokapsülleme" kolay ve pratik bir yöntem olmakla beraber tekstil sektöründe farklı mikrokapsülleme yöntemleri de mevcuttur.

Projemizde limon yağını mikrokapsül içerisine aldıktan sonra kumaş ve ayakkabı iç tabanına aktardık ve bu ürünlere antibakteriyel özellik kazandırdık. Antibakteriyel özelliğini saptadığımız bu kumaşlar klinik sağlık giysileri, banyo paspasları, perdeler, önlükler, otel tekstilleri, bebek giysi ve eşyaları, döşemelikler, mutfak silme bezleri, havlular, peçeteler, sporcu giysileri, avcı giysileri, çorap, ayakkabı astarı ve mostrası ,bebeklerde ve yatalak hastalarda altlık gibi çeşitli alanlarda kullanılarak değerlendirilebilir.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

- Projemiz de kullandığımız temel materyallerden olan limon yağı, arap zankı ve kumaşlar hem kolayca temin edilebilir hem de düşük maliyetli ürünlerdir.
- Deneysel çalışmalarımızda; Limon yağı, Arap zankı, beher, mezür, damlalık, saf su, Emülsifier WN, NaOH, formaldehit, termometre, hassas terazi, manyetik karıştırıcı, pH metre, optik mikroskop, lam, lamel, cam şişe, %100 pamuk kumaş, milimetrik cetvel, eldiven, otoklav, otomatik mikropipet, erlen, potasyum fosfat tamponu (%10'luk), *E. coli* ATCC 25922 suşu, besiyeri, petri kabı, plastik öze, eküvyon çubuğu, deney tüpü, pamuk kumaş, ayakkabı iç tabanı, inkübatör, densitometre ve kopma dayanımı test cihazını kullandık.
- Tablo 4'te ürünün tasarım, üretim ve test süreçlerini içeren bir zaman planlaması verilmiştir.

Tablo 4: Proje İş-Zaman Çizelgesi

Ürün Tanıtımı	AYLAR									
	Nisan	May	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak
Tasarım	X	X	X	X						
Üretim					X	X	X			
Test Süreçleri								X	X	X

- Antibakteriyel özellikteki kumaş ve ayakkabı iç tabanının seri üretimini yapacak tekstil fabrikalarının Arge birimlerinde mikrokapsülleme , kumaşa aktarma ve antibakteriyel test yöntemleri ile kumaşın kopma dayanım testlerinin yapılması gerekmektedir. Tekstil fabrikalarında bu işlemleri gerçekleştirecek teknik donanım bulunmaktadır.
- Antibakteriyel maddeler ile ilgili bilimsel ve Ar-Ge çalışmalarına bakıldığında, yapılan çalışmaların genellikle gümüş, çinko, bakır ve zeolit gibi maddelerde yoğunlaştığı anlaşılmıştır. Tıbbi ve aromatik bitkiler barındırdıkları antibakteriyel özellik sayesinde sentetik tekstil bitim maddelerine alternatif oluşturmaktadır. Tekstilde kullanılacak antibakteriyel maddelerden beklenen en önemli özelliklerden bir tanesi kullanılan maddenin insan ve çevre sağlığını olumsuz etkilememesi ve tekstil mamulünün diğer özelliklerini olumsuz yönde değiştirmemesidir. Bu nedenle son yıllarda çevre dostu ve doğal esaslı antibakteriyel maddelerin eldesi ve tekstil uygulamalarına olan ilgi hızla artmaktadır. Projemizde kullandığımız limon yağının çevre dostu ve doğal esaslı olması antibakteriyel özellik kazandırdığımız kumaşlara rekabet avantajı sağlamaktadır.

8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

Projemizde antibakteriyel özellik kazandırdığımız kumaş ve ayakkabı iç tabanı, insanların kullandığı temel materyallerden olduğu için hedef kitemiz tüm yaş gruplarındaki insanları kapsamaktadır.

9. Riskler

Projemizde kullandığımız limon yağı, arap zankı ve kumaşlar kolay temin edilebilir materyallerdir. Projemizde kullandığımız materyallerin temini noktasında oluşabilecek risklere karşı; limon yağına alternatif olarak benzer etki ve içeriklere sahip olan portakal yağı çeşitli arge araştırmalarından sonra kullanılabilir. Ayrıca mikrokapsülleme duvar malzemesi olarak kullandığımız arap zankına alternatif olarak polisakkaritler, selülozlar, zanklar (sodyum aljinat vb.), lipitler (balmumları), proteinler (jelatin, albümin) ve sentetik polimerler kullanılabilir.

Projemizde mikrokapsülleri kumaşlara aktardıktan sonra, kumaşlar 1, 3 ve 5 yıkamadan geçirildikten sonraki antibakteriyel testleri yapılmış ve antibakteriyel aktivitenin devam ettiği gözlemlenmiştir. Yıkama sayısı arttırıldıkça antibakteriyel etkinin azalmasını önleyecek farklı mikrosüleme yöntemleri ve mikrokapsülün duvar malzemesi olarak farklı materyaller kullanılarak limon yağının salınımı daha da yavaşlatılabilir böylece kumaşlarda daha uzun süreli antibakteriyel etki sağlanabilir.

10. Kaynaklar

1. Akaydın, M. ve Kalkancı, M. (2014). Hastane Giysisi Olarak Kullanılan Kumaşların Antibakteriyel Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. SDU Journal of Science (E-Journal). 9 (1): 20-34.
2. Boh, B. ve Knez, E. (2007, 6-8 September). Microencapsulated antimicrobials on non-woven textiles for shoe insoles. XVth International Workshop on Bioencapsulation, Vienna.
3. Coşkun, E. (2007). Akıllı Tekstiller ve Genel Özellikleri. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
4. Çakıroğlu Başar, A. G. (2013). Türk Ayakkabı Firmalarının Rekabet Stratejilerinde Tasarımın Rolü. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
5. Denктаş, E. (2019). Beş Yıllık İdrar Kültür Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve İzole Edilen *Escherichia coli* Suşlarının Antimikrobiyal Direnç Profilleri. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Atatürk Üniversitesi/Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

6. Doğan, M. (2019). Tıbbi Nane (*Mentha piperita*) Yağının Mikrokapsüllenecek Denim Kumaşa Aktarılması ile Kumaşa Antibakteriyel Özellik Kazandırılmasının Araştırılması. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İnönü Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
7. Erkan, G. (2008). Bazı Antifungal Ajanların Mikrokapsülasyonu ve Tekstil Materyallerine Aplikasyonu. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
8. Evren, M. ve Tekgüler, B. (2011). Uçucu Yağların Antimikrobiyel Özellikleri. Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi TR. 9(3): 28-40. Erişim adresi: www.mikrobiyoloji.org/pdf/702110304.pdf
9. Güler, H. K., Dönmez, İ. E. ve Aksoy, S. S. (2015). Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Antibakteriyel Aktivitesi ve Tekstil Sektöründe Kullanımı. SDU Journal of Science (E-Journal). 10 (2): 27-34. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/116437>
10. Kebapçı, K. (2012). Kokulu Mikrokapsüller. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
11. Palamutçu, S., Şengül, M., Devrent, N. ve Keskin, R. (30 Ekim–01 Kasım 2008). Tekstil Ürünlerinde Antimikrobiyal Etkinlik Belirleme Testleri. VII. Ulusal Ölçüm Bilim Kongresi, İzmir. Erişim adresi: <http://www1.mmo.org.tr/etkinlikler/olcum/index.php?etkinlikkod=257>
12. Taşdemir, C. (2009). Toplum Ve Hastane Kaynaklı İnfeksiyonlardan İzole Edilen *Escherichia coli* Suşlarının Antimikrobiyal Direnç Fenotiplerinin Araştırılması. (Uzmanlık Tezi). T. C. Sağlık Bakanlığı Haydarpaşa Numune Eğitim Ve Araştırma Hastanesi, İstanbul.
13. Thilagavathi, G. ve Bala, S. K. (2007). Microencapsulation of herbal extracts for microbial resistance in healthcare textiles. Indian Journal of Fibre and Textile Research, 32(1), 351 -354.
14. Topuz, E. ve Madanlar, N. (2006). Bitkisel Kökenli Eterik Yağlar ve Zararlılara Karşı Kullanım Olanakları. DERİM (Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü). 23(2): 54-66. Erişim adresi: <http://www.derim.com.tr/en/issue/4561/62581>
15. Tüğen, A. (2018). Farklı Oranlarda Limon Yağı Katılmış Jelatin-Kitosan Filmlerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
16. Uçan, F. (2008). DL-Limonenin Mayalar Üzerine Antifungal Etkisi. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

17. Yılmaz, B. (2019). Aromatik ve Antibakteriyel Ayakkabı İç Tabanı Üretimi Üzerine Araştırmalar. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

18. http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/bahcecilik/moduller/limon_yetistirciligi.pdf, Erişim tarihi: 08. 09. 2020.

19. <https://kelimeler.gen.tr/emulsifiyer-nedir-ne-demek-109192>, Erişim tarihi: 06. 10. 2020.

20. <https://statik.tse.org.tr/upload/tr/dosya/icerikyonetimi/3499/13032015165511-2.pdf>, Erişim tarihi: 16. 12. 2020.

