



# KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

e-ISSN 1309-1751

## Mühendislik Bilimleri Dergisi Journal of Engineering Sciences

**2019**

SAYI / NUMBER : 1  
CILT / VOLUME : 22



# Kahramanmaraş Sütçü İmam University

## Journal of Engineering Sciences



### **Yazışma Adresi / Corresponding Address**

**Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi**  
**Mühendislik Bilimleri Dergisi**  
**46050, Onikişubat/Kahramanmaraş**  
**TÜRKİYE**

### **E - Posta**

**jes@ksu.edu.tr**

### **Web**

**<http://jes.ksu.edu.tr/>**

**Bu dergi hakemli olup yılda 4 kez yayınlanır.**

**This journal is peer - reviewed and published 4 issues per year.**



### Sahibi / Owner

**Prof.Dr. Niyazi CAN**  
KSU Rector

### Baş Editör / Editor in Chief

**Prof. Dr. Hüseyin TEMİZ**  
htemiz@ksu.edu.tr

### Baş Editör Yardımcısı / Vice Editor in Chief

**Assist. Prof. Dr. Ö. Fatih KEÇECİOĞLU**  
fkececioglu@ksu.edu.tr

### Editörler / Editors

**Prof. Dr. Mahit GÜNEŞ**  
Electrical and Electronics Eng.  
mgunes@ksu.edu.tr  
**Assoc.Prof.Dr. Muharrem İMAL**  
Mechanical Eng.  
muharremimal@ksu.edu.tr  
**Assist.Prof.Dr. Eser SERT**  
Computer Eng.  
esersert@ksu.edu.tr  
**Assist.Prof.Dr. Yekta GEZGİNÇ**  
Food Eng.  
yekgan@ksu.edu.tr

**Assoc. Prof. Dr. Mustafa ŞEKKEİ**  
Electrical and Electronics Eng.  
msekkeli@ksu.edu.tr  
**Assist.Prof.Dr. Mehmet ERMURAT**  
Mechanical Eng.  
ermurat@ksu.edu.tr  
**Assist.Prof.Dr. Yakup CUCİ**  
Environmental Eng.  
cuci@ksu.edu.tr  
**Prof. Dr. Fatih MENGELOĞLU**  
Landscape Arc.  
fmengelo@ksu.edu.tr

**Prof. Dr. Mehmet ÜNSAL**  
Civil Eng.  
munsal@ksu.edu.tr  
**Assoc.Prof.Dr. Tamer RIZAOĞLU**  
Geological Eng.  
tamer@ksu.edu.tr  
**Assoc.Prof.Dr. Suat ÇETİNER**  
Textile Eng.  
suatcetiner@ksu.edu.tr  
**Lecturer Ahmet GANİ**  
Technical Editor  
agani@ksu.edu.tr

### Danışma Kurulu / Advisory Board

**Prof. Dr. Cetin Kaya KOC**  
Dep. of Computer Eng. Univ Of  
Cal. Santa Barbara. USA  
[koc@cs.ucsb.edu](mailto:koc@cs.ucsb.edu)

**Prof. Dr. Ahmet PINARBAŞI**  
Dep. of Mechanical Eng.  
Alanya Alaaddin Keykubat  
Univ. Antalya, TURKEY  
[apinarbasi@alanya.edu.tr](mailto:apinarbasi@alanya.edu.tr)

**Prof. Dr. Fan MIZI**  
Dep. of Civil Eng.  
Brunel Univ.Uxbridge,UK  
[mizi.fan@brunel.ac.uk](mailto:mizi.fan@brunel.ac.uk)

**Prof. Dr. Selim AY**  
Dep. Of Elect. Eng.  
YTU Univ. İstanbul. TURKEY  
[selimay@yildiz.edu.tr](mailto:selimay@yildiz.edu.tr)

**Prof. Dr. Ayhan ÖZDEMİR**  
Dep. of Elect. & Elcn Eng.  
Sakarya Univ. Sakarya,  
TURKEY  
[aozdemir@sakarya.edu.tr](mailto:aozdemir@sakarya.edu.tr)

**Prof. Dr. S. Serhat ŞEKER**  
Dep. Of Elect. Eng.  
İTU Univ. İstanbul. TURKEY  
[sekers@itu.edu.tr](mailto:sekers@itu.edu.tr)

**Prof. Dr. A. Fevzi BABA**  
Dep. of Elect. & Elcn. Eng.  
Marmara Univ. İst., TURKEY  
[fbaba@marmara.edu.tr](mailto:fbaba@marmara.edu.tr)

**Prof. Dr. Musa GÖĞEBAKAN**  
Dep. of Physics KSU Univ.  
K.Maras, TURKEY  
[gogebakan@ksu.edu.tr](mailto:gogebakan@ksu.edu.tr)

**Prof. Dr. Hüseyin AKILLI**  
Dep. of Mechanical Eng. ÇU Univ.  
Adana, TURKEY  
[hakilli@cu.edu.tr](mailto:hakilli@cu.edu.tr)

**Prof. Dr. Şerafettin EREL**  
Dep. of Elect. & Elcn Eng.  
YBU Univ. Ankara, TURKEY  
[serel@ybu.edu.tr](mailto:serel@ybu.edu.tr)

**Dr. Amit CHAUDHRY**  
Dep. of Microelectronics Panjab  
Univ, Chandigarh , India  
[amit\\_chaudhry01@yahoo.com](mailto:amit_chaudhry01@yahoo.com)

**Prof. Dr. Murat PALA**  
Dep. of Civil Eng. Adiyaman Univ.  
Adiyaman. TURKEY  
[pala@adiyaman.edu.tr](mailto:pala@adiyaman.edu.tr)

**Prof. Dr. Mehmet KORÜREK**  
Dep. Of Elcn & Comm Eng. İTU  
Univ. İstanbul. TURKEY  
[korurek@itu.edu.tr](mailto:korurek@itu.edu.tr)

**Assoc. Prof. Dr. Mustafa ONAT**  
Dep. of Computer Eng. Marmara  
Univ. İstan. TURKEY  
[monat@marmara.edu.tr](mailto:monat@marmara.edu.tr)

**Assist. Prof. Dr. Nazmi EKREN**  
Dep. of Elect. & Elcn. Eng.  
Marmara Univ. İstanbul,  
TURKEY  
[nekren@marmara.edu.tr](mailto:nekren@marmara.edu.tr)

**Prof. Dr. İ.Taner OKUMUŞ**  
Dep. of Computer Eng  
KSU Univ. K.Maras. TURKEY  
[iokumus@ksu.edu.tr](mailto:iokumus@ksu.edu.tr)

**Prof. Dr. Yasemin KORKMAZ**  
Dep. of Textile Eng.  
KSU Univ. TURKEY  
[yorkmaz@ksu.edu.tr](mailto:yorkmaz@ksu.edu.tr)

**Prof. Dr. Eyüp DEBİK**  
Dep. of Environmental Eng.  
Yıldız Technical Univ. İstanbul.  
TURKEY  
[debik@yildiz.edu.tr](mailto:debik@yildiz.edu.tr)

**Prof. Dr. Mustafa YAZICI**  
Dep. of Physics Education. KSU  
Univ. K.Maras. TURKEY  
[yazici@ksu.edu.tr](mailto:yazici@ksu.edu.tr)



## İÇİNDEKİLER

Farklı Kültürler Kullanılarak Üretilen Yoğurtların Maraş Tarhanasına Etkileri Üzeyir DAĞ, Ahmet Levent İNANÇ	1-9
MR Spektroskopi Temelli Beyin Tümörü Teşhisinde Lojistik Regresyon Uygulaması Sinan ALTUN, Ahmet ALKAN	10-18
Hastanelerde Kullanılan Tekstillerin Antibakteriyel ve Antimantar Etkinliklerinin Değerlendirilmesi Mehmet ORHAN, Serpil KOÇ, Cüneyt ÖZAKIN, Aslı HOCKENBERGER, Melda SINIRTAŞ	19-31
DC Magnetron Püskürtme Yöntemi İle Ag İnce Filmlerin Geliştirilmesi: Çok İnce Pt Ara-Katmanın Rolü Nihan AKIN SÖNMEZ	32-37





# Kahramanmaraş Sütçü İmam University

## Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 25.06.2018  
Kabul Tarihi : 02.04.2019

Received Date : 25.06.2018  
Accepted Date : 02.04.2019

### FARKLI KÜLTÜRLER KULLANILARAK ÜRETİLEN YOĞURTLARIN MARAŞ TARHANASINA ETKİLERİ

### THE EFFECTS OF THE YOGURTS PRODUCED USING THE DIFFERENT CULTURES ON MARAŞ TARHANA

Üzeyir DAĞ<sup>1</sup>, Ahmet Levent İNANÇ<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyomüh. ve Bil. ABD, Kahramanmaraş, Türkiye

<sup>2</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği, Kahramanmaraş, Türkiye

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Ahmet Levent İNANÇ, linanc@ksu.edu.tr

#### ÖZET

Bu çalışmada üç farklı endüstriyel yoğurt starter kültüründen üç farklı konsantrasyon kullanılarak elde edilen yoğurtlardan Maraş tarhanası üretimi gerçekleştirilmiştir. Yoğurt, maraş tarhanası ve tarhana hamurlarının pH, laktoz ve laktik asit değerleri belirlenmiştir. Konsantrasyon oranlarının yoğurt, hamur ve tarhanaların pH, titrasyon asitliği ve laktoz miktarları üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir ( $p>0,05$ ). Kültürlerin ve fermentasyon sürelerinin etkisi ise önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Yoğurtların pH, asitlik ve laktoz değerleri sırasıyla; 3,79-4,10; %0,91-%1,39 ve %6,54-%8,14 aralığındadır. Hamurların fermentasyon sonunda pH değerleri 3,66-4,30 aralığında bulunmuştur. Hamurların başlangıçta laktoz değerleri 2.21-2.83 iken son fermentasyon sürecinde 1.10-2.56'ya düşmüştür. Tüm hamurların asitlik değerleri süre arttıkça önemli derecede artmıştır ( $p<0,05$ ). Kurutma işleminden sonra tarhanaların laktik asit, pH ve laktoz değerleri sırasıyla %1.91-3.64, 3.85-4.20 ve %3.47-10.99 aralığında bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Fermentasyon, laktik asit, laktoz, Maraş tarhanası, yoğurt kültürü

#### ABSTRACT

In this study, it was conducted production of Maraş tarhana from yogurts which were produced from three different concentrations of three different industrial yoghurt starter cultures. The pH, lactose and lactic acid values of the yogurts, the tarhanas and tarhana doughs were determined. It was determined that the effects of concentration ratios on the pH, titratable acidity and lactose amounts of yoghurt, dough and tarhana was not statistically significant ( $p>0,05$ ). As for the effect of the cultures and the fermentation times was found to be significant. pH, acidity and lactose values of yoghurts were in the range of 3.79-4.10, 0.91-1.93% and 6.54-8.14%, respectively. pH values at the end of fermentation of the doughs were found between 3.66 and 4.30. The initial lactose values of the doughs were 2.21-2.83 while decreasing to 1.10-2.56 at the end of the fermentation process. The acidity values of all doughs increased significantly as time increased ( $p <0.05$ ). Lactic acid, pH and lactose values of the tarhanas were found to be in the range of 1.91-3.64%, 3.85-4.20 and 3.47-10.99%, respectively after drying.

**Keywords:** Fermentation, lactic acid, lactose, Maras tarhana, yogurt culture

#### GİRİŞ

Tarhana Türkiye'de yaygın olarak tüketilen; buğday, buğday unu, yoğurt, maya ile çeşitli pişmiş sebzelerin ve baharatların ilavesiyle fermentasyona tabi tutulması ve kurutulmasıyla elde edilen geleneksel fermente bir kuru gıda olarak tanımlanmaktadır (İbanoğlu ve İbanoğlu, 1999; İbanoğlu ve Ainsworth, 2004). TSE tarafından yayınlanan tarhana standardına göre; Tarhana, buğday unu, buğday kırması, irmik veya bunların karışımı ile yoğurt, biber, tuz, kuru soğan, domates, tat ve koku verici, sağlığa zararsız bitkisel maddelerin (dere otu, nane, tarhana otu, vb.) karıştırılıp yoğrulduktan ve fermente edildikten sonra kurutulması, öğütülmesi ve elenmesiyle elde edilen besinsel değeri yüksek olan bir gıda maddesidir. Temel olarak un tarhanası, göce tarhanası, irmik tarhanası ve karışık tarhana olmak üzere 4 farklı tarhana çeşidi tanımlanmıştır. Un tarhanasında irmik ve buğday kırması yerine buğday unu,

Göce tarhanasında irmik ve buğday unu yerine buğday kırmacı, İrmik tarhanasında buğday kırmacı ve buğday unu yerine irmik, karışık tarhanada ise irmik, buğday kırmacı ve buğday unundan en az ikisi kullanılır (Anonim, 2004). Sekkeli ve ark., (2015) Maraş tarhanasının; üretiminde buğday yarması (dövme) kullanılmasından dolayı, "Göce Tarhanası" grubuna dahil olduğunu bildirmişlerdir. Maraş tarhanasındaki temel iki bileşen yoğurt ve dövmedir (buğday yarması) (Coşkun, 2014; Sekkeli ve ark. 2015). Maraş tarhanasının yapımında diğer tarhanalardan farklı olarak pişirme aşamasında yoğurt bulunmaz. Önce dövme su ile pişirilir, sonra isteğe bağlı olarak kekik ile çörek otu ve yoğurt pişmiş dövme katılır. Yoğurdun pişirilmemesi Maraş tarhanasını diğer tarhanalardan ayıran ayırdedici bir özelliktir. Aynı şekilde baharat olarak bileşimine sadece kekik ve çörek otu eklenmesi de yine Maraş tarhanasına özgü bir özelliktir (Anonim, 2010). Buğday yarmasının dane bileşeni olan kepek kısmını içermesinden dolayı tarhana, vitamin ve mineral içeriği bakımından zengin olmanın yanı sıra metabolizma fonksiyonları açısından da önemli bir yere sahiptir. Dünya Sağlık Teşkilatı tarafından günlük 30-40 g tüketilmesi tavsiye edilen selülozik materyal bakımından da tarhananın bileşimindeki yarma önemli bir bileşendir (Anonim, 2010). Ayrıca, yarma tarhananın tam tahıllı ürün olmasından dolayı glisemik indeksi düşüktür, diyabet ve kolesterol düşürücü diyetler için uygun bir besindir (Baysal, 2009; Artık ve Poyrazoğlu, 2010). Tarhana üretiminde kullanılan yoğurt tipi ve miktarının değiştirilmesi ile tarhananın kimyasal ve duyuşal özelliklerinde daha iyi sonuçlar alınmaktadır. Örneğin; farklı yoğurt tipleri olarak set tipi yoğurt ve torba yoğurdu kullanıldığında, set tipi yoğurt kullanılarak üretilen tarhanalarda asitlik ile ilgili özellikler daha iyi olmaktadır. Buna karşılık, torba yoğurdu kullanılarak üretilen tarhana örnekleri protein ve amino asit içeriği ile duyuşal özellikleri yönünden daha iyi özellikler gösterebilmektedir. Tarhana üretiminde maya kullanıldığında ise, örneklerdeki belirli amino asitler (sistin ve methionin) ile tat ve koku özellikleri üzerinde olumlu etkileri olabilmektedir (Temiz ve Pirkul, 1991). Yoğurt yapımında kullanılan süt çeşidi de (inek sütü, soya sütü veya karışım sütü gibi) tarhanaların bazı özelliklerini etkilemektedir. Fermantasyon ilerledikçe pH değerleri düşmekte, inek sütü yoğurdu ile hazırlanmış tarhana örneklerindeki pH düşüşü soya sütü yoğurdu ile hazırlanmış tarhana örneklerindeki daha fazla olabilmektedir. Bunun sebebinin ise inek sütündeki şekerlerin (en çok laktozun) soya fasulyesindeki oligosakkaritler olan sükröz, rafinoz, staktoz şekerlerine göre laktik asit bakterilerince daha kolay ve hızlı fermente olabmesidir. Yoğurt miktarı artışının da pH değerinin düşmesinde etkisi vardır (Koca ve ark., (2002). Ev yapımı ve fabrika üretimi olan farklı tarhanaların fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özelliklerinde de farklılıklar mevcuttur, örneğin toplam asitliğin %28,50-24,30 arasında olması gibi (Gülbandılar ve ark., 2014). Özdeştan ve Üren (2013), ev yapımı tarhanaların pH değerlerini Maraş tarhanası en küçük olmak üzere, 3.43-5.03 arasında, ticari olarak üretilen tarhanaların pH değerlerini 3.84-4.55 arasında, asitlik değerlerini ise laktik asit cinsinden ev yapımı tarhanalarda %0.60-%3.89 arasında (Maraş tarhanası %2.17), ticari olarak üretilen tarhanalarda %1.32-2.60 arasında olduğunu bildirmişlerdir. Duyuşal testler sonucunda maraş tarhanasının kalitesini ekşilik, tat-aroma, yağlılık ve beyazlık parametrelerinin etkilediği tespit edilmiş, ağırlık ortalamaları sırasıyla %25, %28, %27 ve %20 olarak bulunmuştur. Diğer duyuşal testte Maraş tarhanasının özelliklerinin yoğurt miktarı ve kalitesine göre değiştiği; özellikle yağ, titre edilebilir asitlik ve parlaklık (L) değerlerinin tüketici beğenisinde önemli parametreler olduğu tespit edilmiştir. Temel bileşen analizinde iki değişken bulunmuş, toplam varyansın %65.53'ünü oluşturduğu belirlenmiştir. Regresyon modellemesinde yağ içeriğinden sonra, laktik asit değerleri değişken olarak önemli bulunmuş, duyuşal puan üzerine etkisini gösteren katsayılar sırasıyla 0.383 ve 0.345 olarak hesap edilmiştir (İnanç, 2017).

Maraş tarhanasının kendine has üretim ve tüketim biçimi vardır. Geleneksel ev yapımı Maraş tarhanası fabrikasyon üretimine dönüşmüştür. Bu amaçla Maraş tarhanası üretiminde yoğurt yapımından başlanarak proses takip edilmiş, üç farklı endüstriyel yoğurt kültürünün ve üç farklı konsantasyonun tarhananın asitlik gelişimi üzerine etkileri incelenmiştir.

## **MATERYAL ve METOT**

### ***Materyal***

Tam yağlı süt (Ülker A.Ş.) ve süt kreması marketten satın alınmıştır. Yoğurt kültürleri (YC-380, CH-1 ve YF-L903) Chr Hansen (İstanbul) firmasından satın alınmıştır. Yağsız süt tozu Pınar A.Ş. (İzmir)' den temin edilmiştir. Dövme (yarma; Elbistan yazlığı olarak adlandırılan buğdaydan (*T. aestivum ssp. Aestivum-ferrugineum*) yapılmış Kahramanmaraş'taki yerel bir değirmenden temin edilmiştir.

## ***DeneySEL Tasarım***

### ***A. Sütün standardize edilmesi***

Satın alınan sütler laboratuvar ortamında standardize ve sterilize edilmiştir. Bu amaçla sütler, süt tozu ile kuru maddesi %15'e, süt kreması ile yağ miktarı %3'e ayarlanmış ve 121°C sıcaklıkta 3 dk. ısıtma işlemine tabi tutulmuştur.

### ***B. Yoğurt yapımı***

Standardize edilen ve 44 °C sıcaklığa getirilmiş sütlerin 100'er mL'si ile yoğurt kültürleri karıştırılmış ve 2 saat inkübasyona tabi tutularak ön-aşılama işlemi gerçekleştirilmiştir. Aşılama işlemi için 44 °C sıcaklıktaki sütler karıştırılmış ve 4 saat fermantasyona bırakılmıştır. Daha sonra yoğurtlar 1 gün buzdolabında (4°C) bekletilerek olgunlaştırma işlemi yapılmıştır. Firmanın YC-380 (Y1) için tavsiye ettiği kültür miktarı 15.84 mg/L, CH-1 (Y2) için 88 mg/L ve YF-L903 (Y3) için 60 mg/L'dir. her bir kültür için tavsiye edilen kültür miktarının 3, 6 ve 9 katı alınarak konsantrasyonlar (mg/L) hazırlanmıştır. Örneklerin kodlanması; örneğin Y1 yoğurtları için sırasıyla Y1-3, Y1-6 ve Y1-9 şeklinde yapılmıştır. Toplamda 3 farklı yoğurt kültüründen 3 farklı konsantrasyonda 9 adet yoğurt üretilmiştir.

### ***C. Dövmenin (yarma) pişirilmesi***

Dövmeler yıkama işlemi yapıldıktan sonra yaklaşık 1 birim dövme 3 birim su olacak şekilde pişirme kabına konularak ocakta pişirilmiştir. Pişirme işlemine dövme içerisinde beyaz nokta kalmayınca kadar devam edilmiştir.

### ***D. Maraş tarhanası ve hamurunun yapımı***

Pişmiş dövmeler 44 °C sıcaklığa getirilmiş, 1 birim dövme 2,5 birim yoğurt olacak şekilde, Bölüm 2.2.2'de elde edilen yoğurtlar ile karıştırılarak tarhana hamurları elde edilmiştir. Daha sonra mikserde homojenize edilmiştir. Tarhana hamurları 44 °C sıcaklıkta toplam 8 saat süreyle fermantasyona tabi tutulmuştur. Fermantasyon işlemi süresince 2 saatlik periyodlar halinde pH, asitlik ve laktoz değerleri takip edilmiştir. Fermantasyondan sonra tarhana hamurları 65 °C sıcaklıkta, su içeriği %10 oluncaya kadar, etüvde kurutulmuştur. Y1, Y2 ve Y3 yoğurtlarından oluşturulan tarhana hamurları sırasıyla H1, H2 ve H3; bu hamurlardan üretilen tarhanalar T1, T2 ve T3 olarak kodlanmıştır. Konsantrasyonlarda örneğin; T1 için T1-3, T1-6 ve T1-9 kodlaması yapılmıştır.

## ***Analizler***

### ***A. Nem***

Tarhanada nem miktarı, TS 2282'ye göre etüvde 105 °C'de belirlenmiştir (Anonim 2004).

### ***B. pH***

Tarhana örneklerinde pH değeri, İbanoğlu ve ark. (1995) tarafından belirlenen metoda göre yapılmıştır. 5 g tarhana örneği 100 mL saf su ile laboratuvar tipi karıştırıcıda karıştırıldıktan sonra Whatman 30 filtre kağıdından süzülmesi ve dijital pH metre (Thermo Orion 3 star) kullanılarak pH değeri belirlenmiştir.

### ***C. %Titrasyon asitliği (laktik asit cinsinden)***

Tarhana örneklerinde toplam asit miktarı, İbanoğlu ve ark. (1999)'na göre belirlenmiş ve sonuçlar tarhanada baskın asit olan laktik asit cinsinden verilmiştir. Bir erlene iyice karıştırılan hamur veya tarhanalardan 20 mL alınmıştır. Eşit miktarda saf su aynı pipetle çekilmiş ve erlen içerisindeki örneğin üzerine boşaltılmıştır. Sonra 1 mL fenolftalein belirteci eklenmiştir. 0,1N NaOH çözeltisi ile açık pembe renk oluşuncaya kadar titre edilmiştir. Titrasyon asitliği % laktik asit cinsinden hesaplanmıştır.

### ***D. Laktoz***

HPLC (Shimadzu) cihazı ile Pedruzzi ve ark. (2007) tarafından bildirilen metoda göre yapılmıştır. Tarhana örneği (5 g) bir behere tartılarak üzerine 40 mL saf su ilave edilmiştir. Daha sonra bu çözelti 100 mL'lik balon jöjeye alınarak üzerine 25 mL metanol ilave edilmiş, son olarak 100 mL'lik hacme su ile tamamlanmıştır. Karışım 12.000 d/d hızda homojenize edildikten sonra 3250xg 30 dakika santrifüj edilmiştir. Berrak kısım C18 (Alltech) örnek temizleme kartuşundan geçirilmiştir. Elde edilen ekstraktan 2,5 mL alınarak 7,5 mL HPLC için uygun asetonitril ile

karıştırılmıştır. Karışım 0,45 µm filtreden (Sigma) geçirilerek Eppendorf tüplerine alınmış ve analiz edilinceye kadar -18°C'de tutulmuştur. Analiz için örnekler buzdolabında çözündürülüp 0,45 µm nylon filtreden geçirilerek HPLC'ye 20 µL enjekte edilmiştir. Hareketli faz olarak 1 mL/dk akış hızında asetonitril kullanılmıştır. Laktoz standartı hareketli faz hazırlanarak HPLC'ye enjekte edilmiş ve belli örnekler içerisine bilinen bir laktoz ilave edilerek pikler doğrulanmıştır. Örnekteki laktoz piki kendi standartı ile kontrol edilip değerlendirilerek sonuçlar % kuru ağırlık (g/g) olarak hesaplanmıştır.

### E. İstatistik

Araştırmada, yoğurt, tarhana hamuru ve tarhana örneklerinin analizleri 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır. Elde edilen veriler, IBM (SPSS statistics 23) paket programı ile üç yönlü varyans analizine tabi tutulmuş ve önemli olan farklılıklar, ikili karşılaştırmalar bağımsız Student T-testi ile, çoklu karşılaştırmalar ise Duncan çoklu karşılaştırma testi ile %5 önem seviyesinde belirlenmiştir.

## SONUÇLAR ve TARTIŞMA

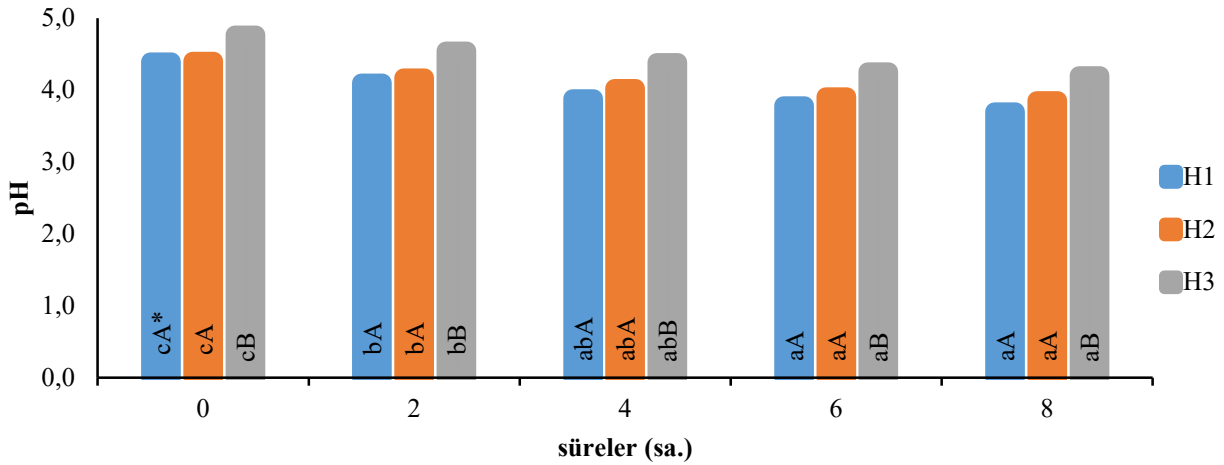
Hammadde sütün pH, titrasyon asitliği ve laktoz miktarının sırasıyla 6,70; %0,16 ve %14,32 olduğu belirlenmiştir. Bu değerler TGK Süt Tebliğine (Anonim, 2000) göre uygun bulunmuştur. Üç kültür ve bunların üç konsantrasyon oranları ile üretilen yoğurtların pH, titrasyon asitliği ve laktoz miktarları için yapılan istatistiği analizlerinde konsantrasyon oranlarının önemsiz olduğu tespit edilmiştir ( $p>0,05$ ). Bunun için kültürlerin konsantrasyonlarının ortalama değerleri ve Duncan testi sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Asitlik gelişimi en çok Y1 örneklerinde olmuştur ( $p<0,05$ ). Y3 yoğurtları; en yüksek pH (4,10) ve en düşük asitlik (%0,91) değerleri ile birlikte kültürler tarafından laktoz tüketiminin en az olduğu örneklerdir ( $p<0,05$ ). Y1 ve Y2 yoğurtlarının ortalama laktoz değerleri (%6,54 ve %7,03) arasında fark yokken Y3 yoğurtların laktoz değeri (ortalama %8,14) diğerlerinden yüksek çıkmıştır.

**Tablo 1.** Yoğurtların pH, Asitlik ve Laktoz Değerleri

Yoğurt	pH	Asitlik (%)	Laktoz (%)
Y1	3,79 <sup>a*</sup>	1,39 <sup>c</sup>	6,54 <sup>a</sup>
Y2	4,00 <sup>ab</sup>	1,15 <sup>b</sup>	7,03 <sup>a</sup>
Y3	4,10 <sup>b</sup>	0,91 <sup>a</sup>	8,14 <sup>b</sup>

\* "a-c" serisi yoğurtlar arasındaki istatistikî farkları ifade ediyor ( $p<0,05$ ). Y; yoğurdu, rakamlar (1, 2 ve 3) üç farklı kültürden üretildiğini gösteriyor.

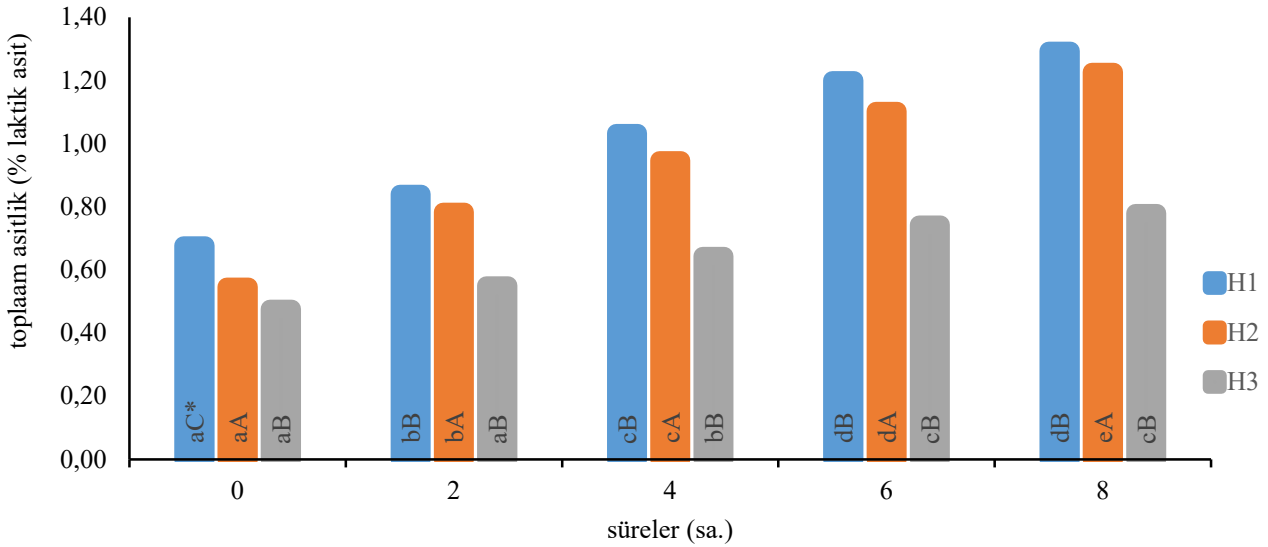
Yoğurtların pH değerlerindeki durum hamurların fermentasyon süreçlerinde de gözlemlenmiştir ( $p>0,05$ ). Yoğurt ve dövmenin karıştırılması ile elde edilen hamurların ilk pH değerleri H1 hamurları için 4,39; H2 için 4,40 ve H3 için 4,77'dir (bu değerler yoğurtların dövme ile karıştırılması sonucu oluşturulan hamurların ortalama pH'larıdır, örneğin; H1 için H1-3, H1-6 ve H1-9 hamurlarının ortalaması). Fermentasyon süresi artıkça pH değerleri düşmüştür, en yüksek pH değeri H3 örneklerinde görülmüştür (Tablo 1). Fakat 8. saatin sonunda hamur örneklerinin pH değerleri arasında istatistikî olarak fark yoktur ( $p>0,05$ ).



\* "a-c" serisi herbir hamurun süreleri arasındaki, "A-B" serisi herbir sürede hamurlar arasındaki istatistiksel farkı gösteriyor. Aynı harfler ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak fark yoktur ( $p>0.05$ ). H; tarhana hamurunu, rakamlar (1, 2 ve 3) ise üç farklı kültürden elde edilen yoğurtları ifade etmektedir.

**Şekil 1.** Hamurların Fermantasyon Sürecindeki pH Değerleri

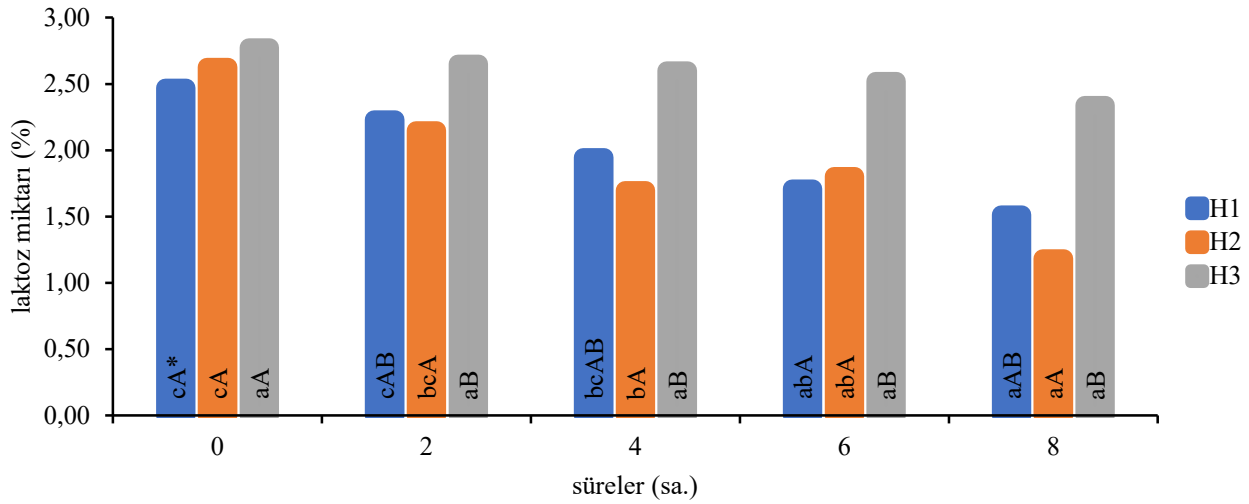
Hamurlardaki asitlik gelişimi açısından kültür ile süre arasındaki ilişki önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Hamurların asitlik gelişimi incelendiğinde süreye bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir. Konsantrasyonların hamurların asitlik gelişimi üzerine etkisi önemsiz çıktığından ( $p>0,05$ ), her kültürün konsantrasyonlarının ortalamaları alınarak Şekil 2'de hamurların asitlik değerleri verilmiştir. En az asitlik gelişimi H3 hamurunda, en yüksek asitlik H1 hamurunda olmuştur.



\* "a-e" serisi herbir hamurun süreleri arasındaki, "A-C" serisi herbir sürede hamurlar arasındaki istatistiksel farkı gösteriyor. Aynı harfler ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak fark yoktur ( $p>0.05$ ). H; tarhana hamurunu, rakamlar (1, 2 ve 3) ise üç farklı kültürden elde edilen yoğurtları ifade etmektedir.

**Şekil 2.** Hamurların Fermantasyon Sürecindeki Asitlik Değerleri

Fermentasyonun başında hamurların laktoz değerleri %2,21-%2,83 aralığındadır. 8 saatlik fermentasyon sonunda bu değerler %1.10-%2.56'ya düşmüştür. Laktoz değerleri bakımından konsantrasyonun etkisi istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır ( $p>0,05$ ). Şekil 3'de hamurlara ait ortalama laktoz değerleri gösterilmiştir. Başlangıçta en yüksek laktoz içeriğine sahip olan H3 örneği 8. saatte de en yüksek laktoz içeriğine sahip olmuştur. Süre sonunda H2 hamurunun laktoz değerinin %1,18 ile en düşük değer olduğu gözlemlenmiştir.



\* "a-c" serisi her bir hamurun süreleri arasındaki, "A-B" serisi her bir sürede hamurlar arasındaki istatistiksel farkı gösteriyor. Aynı harfler ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak fark yoktur ( $p>0.05$ ). H; tarhana hamurunu, rakamlar (1, 2 ve 3) ise üç farklı kültürden elde edilen yoğurtları ifade etmektedir.

**Şekil 3.** Hamurların Fermantasyon Sürecindeki Laktoz Değerleri

Tarhanalarda kültür konsantrasyonlarının pH, asitlik ve laktoz değerleri üzerine etkili olmadığı belirlenmiştir ( $p>0,05$ ). Tablo 2’de her bir kültürün konsantrasyonlarının tarhanalar için ortalama değerleri verilmiştir (örneğin; T1 tarhanasının pH değeri T1-3, T1-6 ve T1-09 örneklerinin ortalama pH değeridir).

**Tablo 2.** Tarhanaların pH, Asitlik ve Laktoz Değerleri

	pH	Titrasyon Asitliği	Laktoz
T1	4.00 <sup>a*</sup>	3.02 <sup>b</sup>	9.41 <sup>b</sup>
T2	4.12 <sup>a</sup>	2.19 <sup>a</sup>	10.78 <sup>c</sup>
T3	3.89 <sup>a</sup>	3.46 <sup>c</sup>	6.42 <sup>a</sup>

\* aynı harfler gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak fark yoktur ( $p>0,05$ ). T; tarhanayı, rakamlar (1, 2 ve 3) ise üç farklı kültürden elde edilen yoğurtları ifade etmektedir.

Üç tarhana örneğinin pH değerleri 4,12-3,89 aralığındadır. Bu değerlerin istatistiksel olarak aynı grupta olduğu ve aralarında fark olmadığı tespit edilmiştir. En düşük asitlik değeri (%2,19) T2 örneğinde, en yüksek asitlik değeri ise (%3,46) T3 örneğinde görülmüştür ( $p<0,5$ ). Laktoz değerlerine bakıldığında asitliği en yüksek olan T3 örneğinin laktoz değeri en düşük bulunmuştur.

Gıdalar birçok asidik bileşiğe özellikle de organik asitlere sahiptirler. Bunların bir kısmı ya doğal bileşik halinde gıdada bulunur veya fermantasyon sonucunda açığa çıkarlar. Gıdalardaki organik asitler, genellikle tat-aroma, renk parlaklığı, stabilite veya kalitenin korunmasında etkin bir rol üstlenebilirler. Gıdalarda asitlik tayinlerinin yapılmasının bir çok sebebi vardır. Bunlardan biri de fermente gıdalarda fermantasyon süreçlerinin belirlenmesi amacıyla yapılmasıdır. Organik asitlerin sulu ortamdaki çözünürlükleri oldukça düşük olmasından dolayı, toplam asitlik miktarlarının takibi fermantasyon süresinde önemli parametrelerden biridir. Toplam asitlik yanında gıdalardaki asitliği tanımlamak ve fermente ürünlerin fermantasyonunu takip etmek için pH değerleri de araştırılır. pH, ortamda bulunan H<sup>+</sup> iyonu konsantrasyonu ile ilgilidir. Bu bakımdan yoğurt, hamur ve tarhana örneklerinin pH ve titre edilebilir toplam asitlik değerleri arasında doğrusal bir ilişki olduğu gözlemlenirken, laktoz değerlerinin bu iki parametre ile ters bir ilişkisi vardır. Bu ters ilişki olağandır. Çünkü gerek yoğurt üretiminde gerekse tarhana hamurlarının fermantasyonunda bakteriler laktozu laktik asite dönüştürmektedirler. Hamurların fermantasyonlarında asitlik gelişiminin yavaş ilerlediği ve bir çok örnekte 6. ve 8. saatlerdeki gelişimin hemen hemen değişmediği tespit edilmiştir. Hamur fermantasyonundan sonraki kurutma aşamasında da bakterilerin bir müddet daha faaliyet gösterdiği düşünülmektedir. Koca ve ark. (2015) bu yönde bir süreç olduğunu bildirmişlerdir. H3 hamurları fermantasyon sonunda en düşük asitlik ve en yüksek laktoz değerlerine sahipken kurutma sonrasında bu değerler



tersine çıkmıştır. Bunu sebebi bakterilerin dış ortamdan etkilenmeleri, kendi karakteristik özellikleri veya ürün içerisinde zamana bağlı gıda kompleksindeki değişimler olabilir.

Bazı araştırmacılar farklı tarhanalar üzerine yaptıkları çalışmalarda pH değerlerini bizim sonuçlarımızdan yüksek bulmuşlardır (Koca ve ark., 2015; Herken ve Aydın, 2015; Bilgiçli ve ark., 2014; Herken ve Çon, 2014; Carpino ve ark., 2010). Gülbandır ve ark. (2014) sonuçları ile benzerlik görülmüştür. Fakat diğer bazı çalışmalarda daha düşük pH değerleri bulunmuştur (Işık ve ark., 2014; Özçam ve ark., 2014; Özdestan ve Üren, 2013; Tarakçı ve ark., 2013; Çolak ve ark., 2012). Toplam asitlik değerleri kıyaslandığında Koca ve ark. (2015), Çağlar ve ark. (2013), Özdestan ve Üren (2013) Tarakçı ve ark. (2013) Gürbüz ve ark. (2010) ve Erkan ve ark. (2006)'nın sonuçlarından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kumral (2015)'in çalışmasındaki değerler daha yüksek çıkmışken, Turantaş ve Kemahlıoğlu (2012) ve Bilgiçli ve İbanoğlu (2007)'nin çalışmaları ile benzerlik taşıdığı tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışmada Maraş tarhanası üretiminde endüstriyel kültürlerin ve bunların farklı oranlarda kullanımının bazı temel parametreler üzerine etkileri araştırılmıştır. Yoğurt kültürlerinin yoğurt üretiminden tarhana üretimine kadar önemli etkisinin olduğu belirlenmiştir. Bunun aksine bakteri miktarı (kültür konsantrasyonu) arttıkça asitlik gelişiminin artması beklenirken konsantrasyonların yoğurt, hamur ve tarhanaların asitlik gelişimi üzerine etkileri önemsiz çıkmıştır. Bu durumun en azından M9'a kadar araştırılan kültür konsantrasyonları için geçerli olduğu belirtilebilir. Ama konsantrasyonun aromatik bileşenler gibi diğer parametreler üzerine etkisi olabilir.

## KAYNAKLAR

Anonim (2000). Türk Gıda Kodeksi (TGK) Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği. T.C. Resmi Gazete, 14 Şubat 2000-Sayı:23964.

Anonim (2004). Tarhana Standardı (Standart No: TS 2282). Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Anonim (2010). Maraş Tarhanası Tescil Belgesi. (Erişim Tarihi: 26.12.2014), <http://www.tpe.gov.tr/TurkPatentEnstitusu/resources/dosyalar/cografitescil/154.pdf>.

Artık, N., Poyrazoğlu E.S. (2010). Geleneksel Gıdalar ve Geleneksel Gıda Mevzuatı, 1. Uluslararası Adriyatik'ten Kafkaslar'a Geleneksel Gıdalar Sempozyumu Bildiri Kitabı (s 1-12), Tekirdağ:Namık Kemal Üniversitesi.

Baysal A. (2009). Geleneksel Gıdaların Sağlık Üzerine Etkileri, II. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu Kitabı (s 5-6), Van:Yüzüncü Yıl Üniversitesi.

Bilgiçli, N., Aktaş, K., Levent, H. (2014). Utilization of Citrus Albedo in Tarhana Production, *Journal of Food and Nutrition Research*, 53(2): 162–170.

Bilgiçli, N., İbanoğlu, Ş. (2007). Effect of Wheat Germ and Wheat Bran on The Fermentation Activity, Phytic Acid Content and Colour of Tarhana, a Wheat Flour–Yoghurt Mixture, *Journal of Food Engineering*, 78(2): 681–686.

Carpino, S., Rapisarda, T., Belvedere, G., Papademas, P., Neocleous, M., Scadt, I., Pasta, C., Licitra, G. (2010). Effect of Dehydration By Sun or By Oven on Volatiles and Aroma Compounds of Trachanas, *Dairy Sci. Technol.* 90(6): 715–727.

Coşkun, F., (2014). Tarhananın Tarihi ve Türkiye'de Tarhana Çeşitleri, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 9(3): 69-79.

Çağlar, A., Erol, N., Elgün, M.S. (2013). Effect of Carob Flour Substitution on Chemical and Functional Properties of Tarhana, *Journal of Food Processing and Preservation* 37(5): 670–675.

Çolak, H., Hampikyan, H., Bingöl, E.B., Çetin, Ö., Akhan, M., Turgay, S.İ. (2012). Determination of Mould and Aflatoxin Contamination in Tarhana, a Turkish Fermented Food, *Sci World J.*, doi:10.1100/2012/218679.

Erkan, H., Çelik, S., Bilgi, B., Köksel, H. (2006). A New Approach For The Utilization of Barley in Food Products: Barley Tarhana, *Food Chemistry*, 97(1): 12–18.

- Gülbandılar, A., Dönmez M., Okur, M., Çeliközlü, S. (2014). Determination of Chemical, Microbiological and Sensorial Properties in Gediz Tarhana, a Traditional Turkish Cereal Food. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 15(3A): 1507–1516.
- Gürbüz, O., Göçmen, D., Özmen, N., Dağdelen, F. (2010). Effects of Yeast, Fermentation Time and Preservation Methods on Tarhana, *Preparative Biochemistry & Biotechnology*, 40(4): 263–275.
- Herken, E.N., Aydın, N. (2015). Use of Carob Flour in the Production of Tarhana, *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 65(3): 167–174.
- Herken, E.N., Çon, A.H. (2014). Use of Different Lactic Starter Cultures in The Production of Tarhana, *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(1): 59–67.
- Işık, F., Çelik, İ., Yılmaz, Y. (2014). Tarhananın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Üzerine Kızılılık Kullanımının Etkisi, *Akademik Gıda*, 12(2): 34-40.
- İbanoğlu, Ş., Ainsworth P. (2004). Effect of Canning on The Starch Gelatinization and Protein in Vitro Digestibility of Tarhana, a Wheat Flour-Based Mixture, *Journal of Food Engineering*, 64(2): 243–247.
- İbanoğlu, Ş., Ainsworth, P., Wilson, G., Hayes, G.D. (1995). The Effect of Fermentation Conditions on The Nutrients and Acceptability of Tarhana, *Food Chemistry*, 53(2): 143-147.
- İbanoğlu, Ş., İbanoğlu, E. (1999). Rheological Properties of Cooked Tarhana, a Cereal-Based Soup, *Food Research International*, 32(1): 29-33.
- İnanç, A. L. (2017). Principal Component Analysis and Mathematical Modelling for Sensory and Chemical Characterisation of Maras Tarhana, A Traditional Food. *Journal of Environmental Protection And Ecology*, 18(4): 1686-1697.
- Koca A.F., Koca I., Anil M., Hasbay I., Yılmaz V.A. (2015). Physical, Rheological and Sensory Properties of Tarhana Prepared with Two Wild Edible Plants (*Trachystemon orientalis* (L.) G. Don) and (*Portulaca oleracea* L.). *J Food Process Technol*, 6(5): 443.
- Koca, A.F., Yazici, F., Anil, M. (2002). Utilization of Soy Yoghurt in Tarhana Production, *Eur Food Res Technol*, 215(4): 293–297.
- Kumral, A. (2015). Nutritional, Chemical and Microbiological Changes During Fermentation of Tarhana Formulated with Different Flours, *Chemistry Central Journal*, 9(1):16.
- Özçam, M., Obuz E., Tosun, H. (2014). Aflatoxin M1 in Tarhana Chips, *Food Additives & Contaminants: Part B: Surveillance*, 7(3): 182-185.
- Özdeştan, Ö., Üren, A. (2013). Biogenic Amine Content Of Tarhana: A Traditional Fermented Food, *International Journal of Food Properties*, 16(2): 416–428.
- Pedruzzi, I., Malvessi, E., Mata, V.G., Silva, E.A.B., Silveira, M.M., Rodrigues, A.E. (2007). Quantification of Lactobionic Acid and Sorbitol from Enzymatic Reaction of Fructose and Lactose by High performance Liquid Chromatography. *Journal of Chromatography*, 1145(1-2): 128–32.
- Sekkeli, Z. H., Kaya, E., Erdem, T. K., Tekin, F. B. (2015). Kahramanmaraş Meslek Yüksekokulu Öğrencilerinin Maraş Tarhanasını Tedarik Etme Şekillerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, *International Journal of Scientific and Technological Research*, 1(2): 31-41.
- Tarakci, Z., Anil, M., Koca, I., İslam, A. (2013). Effects of Adding Cherry Laurel (*Laurocerasus officinalis*) on Some Physicochemical and Functional Properties and Sensorial Quality of Tarhana, *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 5(4): 347-355.





Temiz, A., Pirkul, T. (1991). Farklı Bileşimlerde Üretilen Tarhanaların Kimyasal ve Duyusal Özellikleri, *Gıda*, 16(1): 7-13.

Turantaş, F., Kemahlıoğlu, K. (2012). Fate of Some Pathogenic Bacteria and Molds in Turkish Tarhana During Fermentation and Storage Period, *J Food Sci Technol*, 49(5): 601–607.

## ORCID

---

Üzeyir DAĞ  <https://orcid.org/0000-0002-2721-1516>

Ahmet Levent İNANÇ  <https://orcid.org/0000-0002-7363-5096>



# Kahramanmaraş Sütçü İmam University

## Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 15.11.2018  
Kabul Tarihi : 04.04.2019

Received Date : 15.11.2018  
Accepted Date : 04.04.2019

### MR SPEKTROSKOPİ TEMELLİ BEYİN TÜMÖRÜ TEŞHİSİNDE LOJİSTİK REGRESYON UYGULAMASI

### APPLICATIONS OF LOGISTIC REGRESSION IN MR SPECTROSCOPY BASED BRAIN TUMOR DIAGNOSIS

*Sinan ALTUN, Ahmet ALKAN\**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Ahmet ALKAN, [aalkan@ksu.edu.tr](mailto:aalkan@ksu.edu.tr)

#### ÖZET

Beyin tümörü teşhisinin, birçok hastalık teşhisinde olduğu gibi farklı yöntemler kullanılarak doğrulanması gerekmektedir. Çünkü yanlış teşhis doğrudan insan hayatını etkilemektedir. MR Spektroskopi ilk başta laboratuvar çalışmalarında kullanılmıştır. Daha sonra MR Spektroskopinin su ve yağ haricindeki metabolitleri ölçebildiği keşfedilmiştir. Bu keşifle beraber, MR Spektroskopi beyin tümörü teşhisinde doğrulayıcı bir yöntem olarak kullanılmaya başlanmıştır. MR Spektroskopi ile kolin, kreatin ve N-Asetil Aspartat metabolit değerleri ölçülür. Bu değerlerin doğru yorumlanması ciddi bir uzmanlık gerektirir. Yapılacak bir uzman karar destek sistemi hızlı ve doğru teşhis açısından önemlidir. Çalışma MRS temelli beyin tümörü teşhisi için yapılabilecek uzman karar destek sisteminin temeli olan sınıflandırma yöntemlerinin başarımlarının karşılaştırmasını içermektedir. Naive Bayes' de %87 başarımla, Lojistik regresyonda %90 başarımla elde edilmiştir. AUC alan değerleri ise Naive Bayes için 0,912, Lojistik Regresyon için 0,977 olarak hesaplanmıştır. %87 sınıflandırma ve 0,912 AUC alan hesaplaması yüksek bir başarıdır, ancak Lojistik Regresyon daha iyi sınıflandırma ve AUC alan sonucu vermiştir. Bu da MRS temelli beyin tümörü teşhisinde uzman karar destek sistemi oluşturmak için Lojistik Regresyonun, Naive Bayes yöntemine göre daha uyumlu olabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** MR Spektroskopi, Beyin Tümörü, Makine Öğrenmesi.

#### ABSTRACT

Diagnosis of brain tumor should be verified using different methods, as in many disease diagnoses. Because misdiagnosis directly affects human life. MR spectroscopy was first used in laboratory studies. It was later discovered that it can measure metabolites other than water and oil. With this discovery, MR spectroscopy has been used as a confirmatory method in the diagnosis of brain tumor. It measures choline, creatine and N-Acetyl Aspartate metabolites. Accurate interpretation of these values requires serious expertise. An expert decision support system is important for quick and accurate diagnosis. The study includes a comparison of the performance of classification methods, which are the basis of expert decision support system for MRS based brain tumor diagnosis. %87 performance in Naive Bayes and 90% performance in logistic regression were obtained. AUC area values were calculated as 0,912 for Naive Bayes and 0,977 for Logistic Regression. The 87% classification and the 0.912 AUC area calculation were high successes, but the Logistic Regression had better classification and the AUC area calculation. This suggests that Logistic Regression may be more compatible than Naive Bayes method to create an expert decision support system for MR spectroscopy-based brain tumor diagnosis.

**Keywords:** MR Spectroscopy, Brain Tumor, Machine Learning.

#### GİRİŞ

MR Spektroskopi genelde beyin ve sinir cerrahisi kliniği tarafından radyoloji kliniğinden istenir. Ayrıca MRS değerlerinin doğru okunup yorumlanması ciddi bir uzmanlık gerektirir. Bunun anlamı beyin kanaması veya farklı bir durumun beyin tümörü olarak değerlendirilmemesi ve hastaya gereksiz bir cerrahi müdahalenin yapılmaması gibi

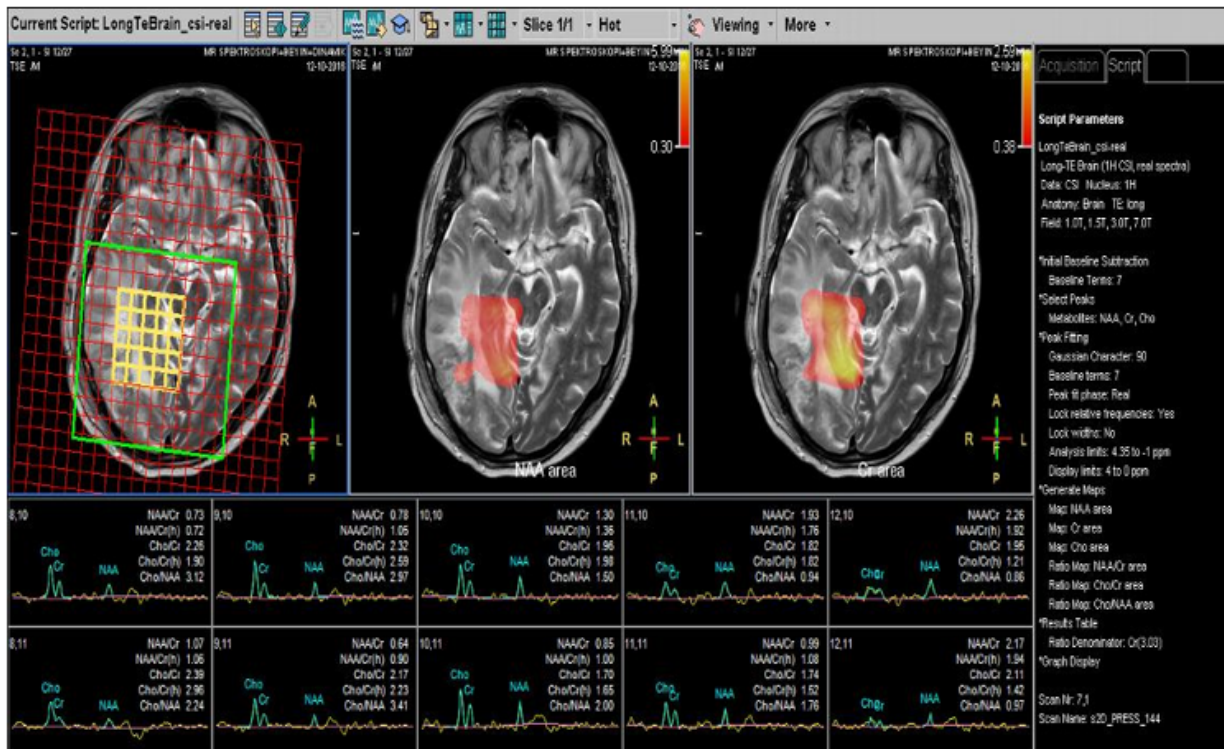
yanlış tedavide uygulanmamasıdır. Ayrıca beyin tümörü olan bir vakaya ivedi olarak müdahale etmeyip yanlış tedaviler uygulamak hastanın kaybına veya kalıcı bir hasar almasına neden olabilir. Ayrıca klinikler arası gidip gelme ile oluşacak zaman kaybı da istenmeyen bir durumdur.

MRS ile yapılan işlem beynin şüphelenilen bölgesinde, beyin tümörü teşhisi için önemli olan kolin (Cho), kreatin (Cr) ve N-Asetil Asetat (Naa) metabolit değerlerini ölçmek ve bunların oranlarını Cho / Cr, Cho / Naa ve Naa / Cr belirlemektir. Bu değerler özellikle kolin tümör bölgesinde peek yapar ve ileri evredeki tümörlerde bu değer çok daha yüksektir (Esen ve ark., 2014; Karatağ, 2005; Cüce, 2005).

MR ile farklı hastalıkların teşhisi için su ve yağ metabolit değerleri ölçülür. Oysa beyin tümörü için özellikle kolin, kreatin ve N-Asetil Asetat metabolit değerleri ölçülmelidir. MRS ile bunun mümkün olduğunun fark edilmesinin tarihi çok eski değildir. MRS' in laboratuvar çalışmalarında kullanılmasının tarihi çok daha eskiye dayanır (Esen ve ark., 2014; Karatağ, 2005).

Tümör olmayan alanda N-Asetil Asetat (Naa), kolin (Cho) ve kreatin (Cr) metabolit değerleri düşüktür. Tümör olan alanında ise N-Asetil Asetat (Naa) azalmış, kolin (Cho) artmış, kreatin (Cr) azalmıştır. Tümör bölgesinde ölçülen kolin (Cho) değeri yüksektir. MRS ayrıca ölçülen metabolitlerin değerlerini grafiksel olarak da çizmekte oransal olarak da vermektedir: Cho/Naa, Cho/Cr ve Naa/Cr şeklindedir. Kolin değeri yüksek olduğu için Cho/Naa ve Cho/Cr oranları tümörde yüksektir. MRS temelli beyin tümörü tespitinde Cho/Cr oranının yüksek çıkması teşhiste en önemli faktördür (Esen ve ark., 2014; Cüce, 2005).

MRS ile ölçümü gösteren Şekil 1.'de görüleceği üzere, uzman doktor şüphelenilen bölgeyi cihazda seçer. Sarı olarak Şekil 1.'de görülen bu bölge cihazda 5 satır ve 5 sütun ile 25 kareye ayrılır ve her bir kare için ölçülen kolin, kreatin ve N-Asetil Asetat değerleri yazılarak bunların grafiksel çizimi de yapılır.



Şekil 1. MRS Görüntüsü

Tümör olmayan bölgede kolin metaboliti pik yapmamıştır. Ayrıca Cho/Cr, Cho/Naa ve Naa/Cr metabolit oranları düşüktür. Özellikle kolin metabolitinin diğer metabolitlere oranı düşüktür.

Tümör olan bölgede kolin metaboliti diğer metabolitlere göre daha yüksektir. Ayrıca Cho/Cr, Cho/Naa ve Naa/Cr metabolit oranları yüksektir. Özellikle kolin metaboliti yüksek olduğundan diğer metabolitlerle oranı yükseltmektedir.

Yaptığımız bu çalışmada beyin tümörü teşhisi için kullanılan ve MRS ile ölçülen değerlerin yorumlanması ayrıca bir beyin ve sinir cerrahisi uzmanı gözetiminde olmuştur. Uzmanında belirttiği üzere MRS temelli teşhis için dikkatli olmak ve iyi bir uzmanlık gereklidir. Ayrıca MRS cihazı ile ölçülen değerlere göre doktora yardımcı bir sistemin geliştirilmesi oldukça faydalı olacaktır.

Bu çalışmada, MR Spektroskopisi ile ölçülen Cho/Cr, Cho/Naa, Naa/Cr değerler kullanılarak tümör veya tümör değil teşhisi için WEKA programında çeşitli tekniklerdeki AUC alan değeri hesaplanacaktır. İlgili tekniklerde sınıflandırmalar yapılacaktır. Bununla birlikte önceden elimizdeki verilere göre tümör veya tümör değil denilen hasta bilgilerini kullanarak makine öğrenmesine dayalı bir sistemin temelini oluşturabilecek bir sınıflandırma yapılmak istenmektedir. Tasarlanabilecek bu sistem ivedi olarak beyin tümörü teşhisi ve müdahalesinin yanı sıra eğer şüpheli bölgede herhangi bir olumsuz durum söz konusu değilse yanlış tedavinin önüne geçilebilecektir. Özetle doğru ve hızlı teşhis yapabilen, yardımcı bir sistem için bu çalışma yapılmıştır. Ancak olabilecek bu sistem teşhis koymada kesin ve bağlayıcı nitelikte teşhis koyma aracı olmayıp son karar elbette uzmanlara aittir.

Tomak, L., Bek, Y. tanı testlerinde hastalık teşhisi için ROC eğrisi ve altında kalan alan AUC için hesaplamalara dayalı bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında örnek bir tanı testi sınıflaması hesabı da yaparak ROC eğrisi ve AUC alan analizinin hesaplamasının kolay olduğunu ve görsel nitelik taşıdığından anlaşılmasının da kolay olduğunu vurgulamışlardır (Alan, 2014).

Beyin tümörü teşhisi konulmuş hastaların evrelerini tahmin etmek için Lukas, A ve arkadaşları çalışmalarında beyin tümörü olan hastaların, Doğrusal Ayırma Analizi, Destek Vektör Makineleri tekniği ile LS, RBF çekirdeklerini kullanarak sınıflandırmışlardır. MR Spektroskopinin bütün spektrumunu kullandıkları çalışmalarında Doğrusal Ayırma Analizi (PCA/LDA) tekniğinde %64,69 başarı ile Destek Vektör Makineleri tekniğinin (SVM), LS çekirdeğini kullanarak yaptıkları çalışmada %93,98 başarı ile, RBF çekirdeği ile yapılan çalışmada %97,8142 başarı sağlamışlardır (Lukas ve ark., 2014).

Dirican A. çalışmasında tanı testleri için ROC analizini, formülleri ile detaylı olarak incelemiştir. Çalışmasında "Uygulama örneğimizde BERA yönteminin duyarlılığı "1" özgüllüğü "0.77" ve doğruluğu "0.83", CT yönteminin ise duyarlılığı, özgüllüğü ve doğruluğu "1" olarak bulunmuştur. Yine eğri altı alanlar ve standart hata ölçütleri de sırasıyla  $0.7733 \pm 0.0624$  ve  $1.00 \pm 0.00$  'dır." sonucuna varmıştır (İşler ve Narin, 2012).

MRS' de değerlerin okunması zaman aldığından bu değerleri hem okuyup hem de tümörün evresini saptamak için Nagori, M. Joshi, M, çalışmalarında, MRS' de verileri okuyup veri tabanına yazılmasını sağlayan bir sistem üzerinde yoğunlaşmışlardır. Bu çalışmada kolin (Cho), kreatin (Cr) ve N-Asetil Aspartat değerleri MRS üzerinden okunmaktadır. Çalışmada 88 adet hasta bilgisi yer almaktadır ve bu bilgileri farklı hastanelerden almışlardır. Hastaların tamamı beyin tümörüdür ve farklı evrededirler. 12 hastanın MRS görüntüsünden kolin (Cho), kreatin (Cr) ve N-Asetil Aspartat (Naa) verilerini %100 oranında bir başarı ile okuyup veri tabanına yazmışlardır. Veri tabanına yazılan bu değerlere göre beyin tümörü evre sınıflandırmalarındaki başarı %66,67 olmuştur (Nagori ve Joshi, 2013).

Başka bir beyin tümörü evresini tahmin etmeye yönelik çalışmayı Carlos A ve arkadaşları yapmıştır. Çalışmada MRS spektral görüntüleri kullanılmıştır. Bu çalışmada MRS ile elde edilen metabolit değerleri yerine grafikler kullanılmış ve çalışma Gaussian Ayırıştırması ve Yapay Sinir Ağları teknikleri ile yapılmıştır. Gaussian Ayırıştırması uygulanarak ilgisi az olan veriler sistemden çıkarılmıştır. Çalışmalarındaki en yüksek başarı %93.847 ile gerçekleşmiştir (Arizmendi ve ark., 2014).

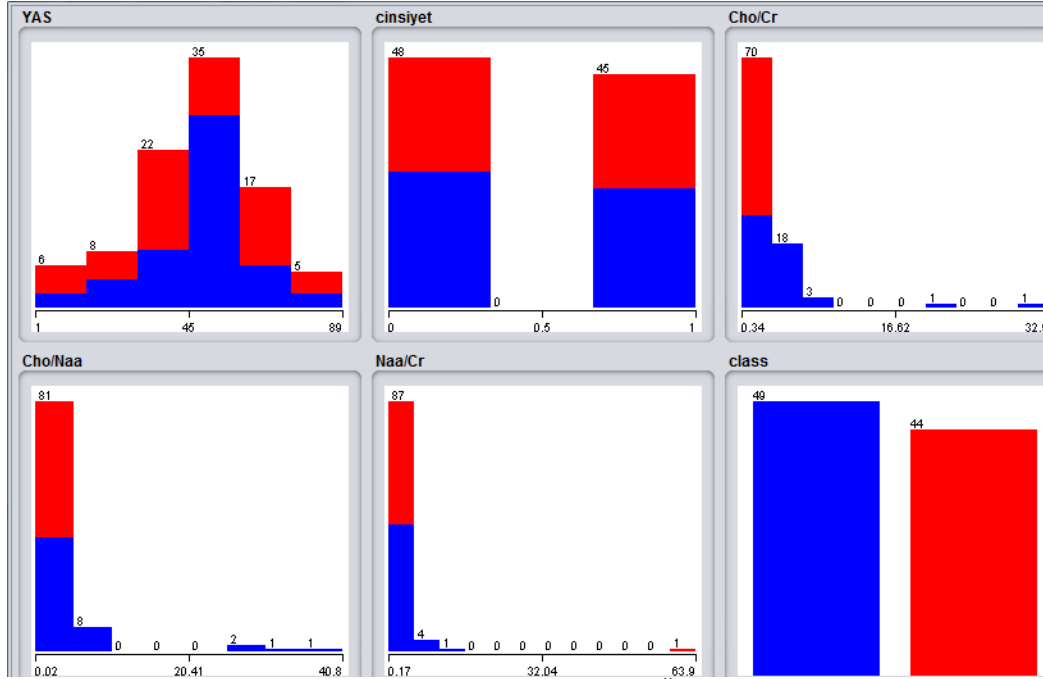
## MATERYAL VE METOT

### *Materyal*

Yaptığımız çalışma 49 adet tümör teşhisi konulmuş, 44 adet tümör teşhisi konulmamış toplam 93 adet hastanın MRS 'den elde edilen veriler ve yaş, cinsiyet gibi farklı bilgileri içermektedir. Bu bilgileri gerekli etik kurul izni alınarak Ocak 2009 ve Mayıs 2017 tarihleri arasında, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Beyin Cerrahisi polikliniğine başvurup tümör şüphesi ile MRS çekilen hasta bilgilerinden oluşmaktadır. Her bir hastamız için 5 adet özellik vardır. Tablo 1' de özellikler ve açıklamaları yer almaktadır. Şekil 2' de özelliklerin dağılımının WEKA programında elde edilen grafiği yer almaktadır.

**Tablo 1.** Her Bir Hasta İçin Veriler

Özellik	Açıklama	Tip
Yaş	Yaş bilgileri.	Sayısal
Cinsiyet	İlgililerin cinsiyeti.	0/1
Cho/Cr	MR Spektroskopide ölçülen kolin(Cho) değerinin, kreatin(Cr) değerine oranıdır.	Sayısal
Cho/Naa	MR Spektroskopi de ölçülen kolin(Cho) değerinin, N-Asetil Aspartat(Naa) oranıdır.	Sayısal
Naa/Cr	MR Spektroskopide ölçülen N-Asetil Asetat değerinin kreatin(Cr) değerine oranıdır.	Sayısal
Sınıf	Tümör teşhisi konulan(1) veya tümör teşhisi konulmayan(0).	0/1



**Şekil 2.** Çalışmada Kullanılan Veriye Ait Özelliklerin Dağılımı

## Metot

### A. Lojistik Regresyon

Tıp biliminde kullanımı yaygın olan bir yöntemdir. Yöntemle kanser olma ihtimali (Evet/Hayır) belirlenebilir... Vb. Lineer regresyonda veriler arasında doğrusal bir çizgi çizilebilirken burada logaritmik bir çizgi elde edilir. Logaritmik oluşturulacak çizgi özellik sayısı fazla olan yani boyutu fazla olan veri setlerinde her veriye daha yakın bir doğru çizilmesini sağlayacaktır. Lojistik regresyon bir veya daha fazla bağımsız değişken bulunan bir veri setinde sınıflandırma yapmak için kullanılan bir yöntemdir. Lojistik regresyon, 0 ile 1 arasındaki değerlerle sınırlı lojistik eğrisi üretir. Lojistik regresyonun temeli lojistik fonksiyondur. Lojistik fonksiyon ise 0 ile 1 arasında değer üretir (Şeker, 2017; Girginer ve Cankuş, 2008).

Lineer regresyon için fonksiyon denklem 1' de görüldüğü gibidir. Burada X değişkeni a0 ise değişkenin katsayısıdır. Denklemi yorumlarsak değişkendeki her bir 1 birimlik artış veya azalış sonucu doğrudan etkilemektedir. Lojistik fonksiyonun amacı ise değişkenin bir sınıfa dâhil olma olasılığını hesaplamaktır. Bu nedenle lineer regresyon denkleminin sol tarafını 0 ile 1 arasında değer alacak şekilde denklemin sağ tarafına lojistik fonksiyonu uygulanır ve denklem 2 elde edilir (Şirin, 2018).

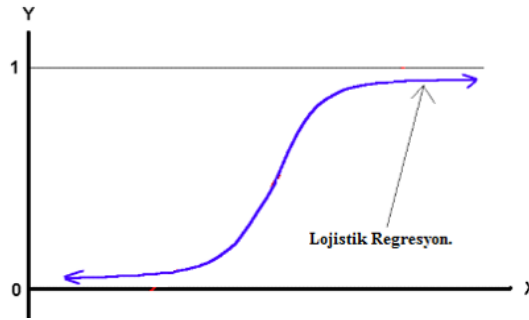
$$y = a_0 + a_1X \quad (1)$$

$$y = \frac{e^{a_0+a_1X}}{1+e^{a_0+a_1X}} \quad (2)$$

Denklem 2 üzerinde basit matematiksel eşitleme işlemleri yapınca denklem 3 elde edilir. Her iki tarafın logaritmasını alırsak bu bize lojistik regresyon formülünü verecektir. Denklem 4’de lojistik regresyon formülü yer almaktadır. Şekil 3’ de lojistik regresyon için örnek bir grafik yer almaktadır (Şirin, 2018).

$$\frac{y}{1-y} = e^{a_0+a_1x} \quad (3)$$

$$\log\left(\frac{y}{1-y}\right) = \log(e^{a_0+a_1x}) \quad (4)$$



Şekil 3. Lojistik Regresyon İçin Oluşturulan Doğru (Şirin, 2018)

### B. Naive Bayes

Naive Bayes sınıflandırma yöntemi de olasılık tabanlı bir yöntemdir. Olasılık söz konusu olduğu için her bir veri, sistem için önemlidir. Veri setinde yer alan özelliklerin sisteme katkısı çok az olduğunda sistem bu özelliği almayabilir (Altun, 2018).

Denklem 5’ de Naive Bayes yöntemi temelini oluşturan Bayes teoremi formülü yer almaktadır. Buradaki  $P(c|x)$ , “x” in olması durumunda “c” nin olma olasılığı olup, koşullu olasılık olarak adlandırılır.  $P(x|c)$  olayların her birinin ihtimallerinin çarpımını ifade eder.  $P(c)$  sınıfın olasılığıdır (Haltaş ve Alkan, 2014; Kaya ve Pehlivan, 2014; Alkuşak ve Gök, 2014).

$$P(c|x) = \frac{P(x|c)P(c)}{P(x)} \quad (5)$$

### ROC Eğrisi/ AUC Alanı

ROC eğrisi, ikili sınıflandırma sistemlerinde ayırım eşik değerinin farklılık gösterdiği durumlarda, hassasiyetin kesinliğe olan oranıyla ortaya çıkmaktadır. Daha basit anlamda ise doğru pozitiflerin yanlış pozitiflere olan kesri olarak da ifade edilebilir. AUC alanı tespit edilirken doğru pozitif oranı ve yanlış pozitif oranı hesaplamalarının yapılması gerekir. Doğru pozitif oranı ve yanlış pozitif hesaplamasının da kullanılan veriler ve açıklamaları Tablo 2’de yer almaktadır. Şekil 4’ de örnek bir ROC eğrisi grafiği vardır (Altun, 2018).

Tablo 2. ROC Eğrisi Test Sonucu İfadeleri

Test Sonucu	Açıklama
DP:	Gerçek durum pozitifken test sonucu pozitif
YP:	Gerçek durum negatifken test sonucu pozitif
DN:	Gerçek durum negatifken test sonucu negatif
YN:	Gerçek durum pozitifken test sonucu negatif

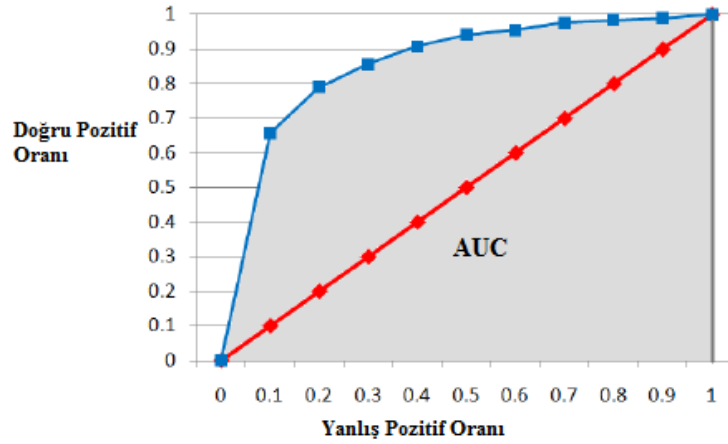
Denklem 6 ve denklem 7’ de ROC hesaplaması için kullanılan parametrelerin formülü yer almaktadır.

$$\text{Doğru Pozitif Oranı} = \frac{DP}{(DP + YN)} \quad (6)$$



$$\text{Yanlış Pozitif Oranı} = \frac{YP}{(YP + DN)} \quad (7)$$

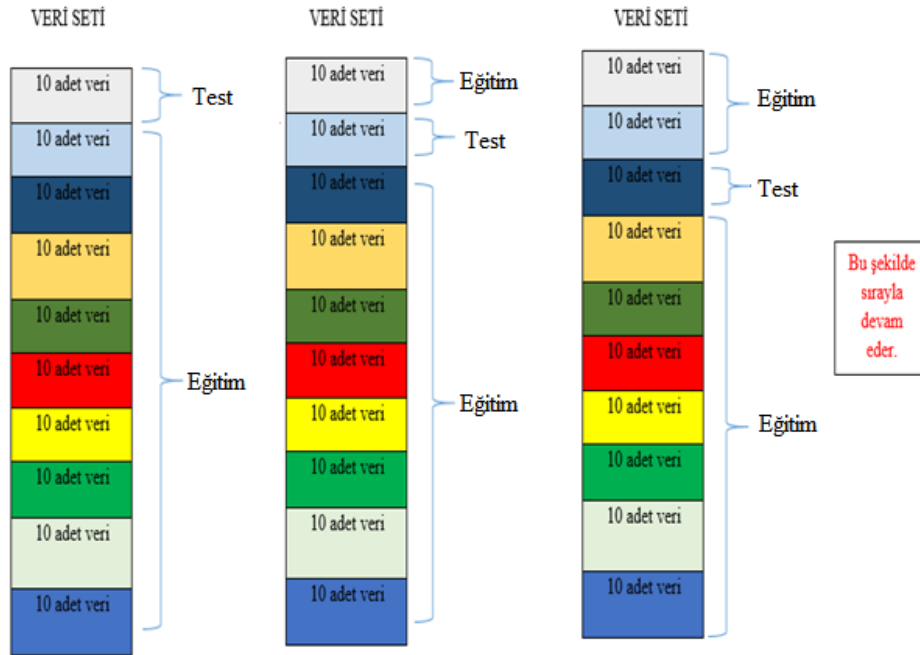
Koordinat sisteminde X eksenini yanlış pozitif oranı, Y eksenini doğru pozitif oranı yer alır ve kesim noktalarına karşılık gelen noktalar birleştirilerek ROC eğrisi çizilir. ROC eğrisi altında kalan alan AUC olarak isimlendirilir. Pozitif ve negatifler birbirinden tamamen ayrılırsa AUC değeri 1 olur. AUC değeri azaldıkça başarı oranı azalır (Alan, 2014, İşler ve Narin, 2012).



Şekil 4. ROC Eğrisi Altında Kalan Alan AUC

#### “n” Kat Çapraz Doğrulama Eğitim Verisi

Klasik doğrulamada, eğitimde eldeki verilerin belirli bir kısmı ve diğer kalan ise test için kullanılır. Klasik doğrulama tekniğinde genelde, eldeki verilerin %66’sı eğitim, %33 test için kullanılır. “n” katlı çapraz doğrulamada veri seti “n” kadar bölüme ayrılır. Veri madenciliği genel uygulaması olarak “n” 10 seçilir. Şekil 5’ te 10 kat çapraz doğrulamanın çalışma şeması yer almaktadır.



Şekil 5. 10 Kat Çapraz Doğrulama Yöntemi

**DENEYSEL ÇALIŞMALAR**

Çalışma 10 kat çapraz doğrulama yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Tablo 3’ de lojistik regresyon ile veri setinde yer alan 93 veriden 84 tanesi doğru, 9 tanesi yanlış sınıflandırılmıştır. Bu da lojistik regresyonda %90 gibi bir başarı elde edilmesini sağlamıştır. %90 başarı yüksek bir başarı olup yöntemin MR Spektroskopi verileri için iyi bir sonuç verdiği söylenebilir.

**Tablo 3. Lojistik Regresyon İstatistik Sonuçları**

Doğru Sınıflandırılan Örnek Sayısı (Correctly Classified Instances)	84	90.3226 %
Yanlış Sınıflandırılan Örnek Sayısı (Incorrectly Classified Instances)	9	9.6774 %

Doğru pozitif oranı(TP Rate), “1” e ne kadar yakınsa ve Yanlış pozitif oranı(FP Rate) “0” ne kadar yakınsa daha doğru bir sınıflandırma yapılmış anlamına gelir. Tablo 4’ de MR Spektroskopi verileri için elde edilen TP Rate ve FP Rate oranları görülmektedir. AUC Area bir anlamda çalışmanın ayırt etme gücünü gösterir ve “1” e yakın olması sistemin daha iyi çalıştığını gösterir (Altun ve Alkan, 2018).

AUC alanının 1’ e ne kadar yakın olursa, sınıfların birbirinden o oranda daha iyi ayrılacağı daha önce belirtilmişti. Tablo 4’ de görüleceği üzere MR Spektroskopi veri setinde 0.977 gibi yüksek bir değer elde edilmiştir. 0.977 AUC alanı, tümör ve tümör olmayan verilerin birbirinden ne kadar iyi ayrıldığını ifade etmektedir.

**Tablo 4. Lojistik Regresyon Doğruluk Sonuçları**

	Doğru Pozitif Oranı	Yanlış Pozitif Oranı	AUC Alanı	Sınıf
	0,898	0,091	0,977	1
	0,909	0,102	0,977	0
<b>Ortalama:</b>	0,903	0,096	0,977	

Tablo 5’ de lojistik regresyon ile veri setinde yer alan 93 veriden 81 tanesi doğru, 12 tanesi yanlış sınıflandırılmıştır. Bu da Naive Bayes %87 gibi bir başarı elde edilmesini sağlamıştır. %87 başarı yüksek bir başarı olup ama lojistik regresyonda daha yüksek bir başarı elde edilmiştir.

**Tablo 5. Naive Bayes İstatistik Sonuçları**

Doğru Sınıflandırılan Örnek Sayısı (Correctly Classified Instances)	81	87.09 %
Yanlış Sınıflandırılan Örnek Sayısı (Incorrectly Classified Instances)	12	12.9 %

Tablo 6’ da Naive Bayes yöntemiyle, MR Spektroskopi verileri için elde edilen TP Rate ve FP Rate oranları görülmektedir. AUC alanının 1’ e ne kadar yakın olursa sınıfların birbirinden o oranda daha iyi ayrılacağı daha önce belirtilmişti. Tablo 6’ da görüleceği üzere MR Spektroskopi veri setinde 0.912 gibi yüksek bir değer elde edilmiştir. 0.912 AUC alanı tümör ve tümör olmayan verilerin birbirinden ne kadar iyi ayrıldığını göstermektedir. Ancak lojistik regresyonda sınıflar arası daha iyi bir ayırım söz konusudur.

**Tablo 6. Naive Bayes Doğruluk Sonuçları**

	Doğru Pozitif Oranı	Yanlış Pozitif Oranı	AUC Alanı	Sınıf
	0,816	0,068	0,912	1
	0,932	0,184	0,912	0
<b>Ortalama:</b>	0,871	0,123	0,912	



## SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Beyin tümörü teşhisinin ivedi olarak yapılması oldukça önemlidir. MRS teknolojisi kullanılarak beyin tümörü teşhisi oldukça iyi bir uzmanlık gerektirdiğinden, doktora yardımcı bir uzman karar destek sisteminin oluşturulması faydalı olacaktır.

Çalışmada MRS verilerini kullanarak beyin tümörü teşhisinde, uzman karar destek sisteminin temeli olan sınıflandırma yöntemlerinden Naive Bayes ve Lojistik Regresyon sınıflandırma teknikleri kullanılarak, elde edilen analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Naive Bayes yöntemiyle %87 sınıflandırma başarısı ve 0,912 AUC alanı elde edilmiştir. Lojistik Regresyon tekniğinde ise %90 sınıflandırma başarısı ve 0,977 AUC alanı hesaplanmıştır. Elde edilen sınıflandırma başarımları incelendiğinde, Naive Bayes yönteminin de ilgili alanda hekimin kararını oldukça yüksek bir başarıyla destekleyebilecektir. Ancak MRS verileri kullanılarak yapılan bu çalışmada, sınıflandırma işleminde Lojistik regresyon tekniğinin daha başarılı olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar, MRS verilerini kullanarak beyin tümörü teşhisi yapabilen uzman karar destek sistemleri için, sınıflandırma yöntemlerinden Lojistik Regresyon yöntemi Naive Bayes yöntemine göre daha uyumlu olduğunu ortaya koymaktadır.

## Teşekkür

Çalışmada kullanılan veri seti KSÜ Tıp Fakültesi Beyin Cerrahi Anabilim Dalı'ndan temin edilmiştir. İlgili Anabilim dalından Doç. Dr. İdris ALTUN' a destekleri için teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

Alan, M.A. 2014. “ Sivas Erzincan Kalkınma Projesi (SEKP) Verilerinin Veri Madenciliği ile Sınıflandırılması ve Kümelenmesi” Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi 2014; Cilt: 03 Sayı: 10 2014: 129-144.s

Alkan, A., Günay, M., “Identification of EMG signals using discriminant analysis and SVM classifier”, Expert Systems with Applications 39, (2012) 44–47.

Alkuşak, E., Gök, M., “Karaciğer Yetmezliğinin Teşhisinde Makine Öğrenmesi Algoritmalarının Kullanımı”, ISITES 2014 Sempozyumu (ISITES'2014), 18-20 June 2014, Karabük, Türkiye.

Altun, S., “MR Spektroskopi Temelli Beyin Tümörü Teşhisinde Veri Madenciliği Uygulamaları”, KSÜ FBE, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2018.

Arora, R., Suman. 2012. “Comparative Analysis of Classification Algorithms on Different Datasets using WEKA” International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 54– No.13, September 2012, 21-25s.

Carlos A., Daniel A., S., Alfredo V., Enrique R. 2014. “Automated classification of brain tumours from short echo time in vivo MRS data using Gaussian Decomposition and Bayesian Neural Networks” Expert Systems with Applications 41 (2014) 5296–5307s.

Cüce, A.M. 2005. “Beyin Kitlelerinin Tanısında MR Spektroskopinin Yeri İle Kısa ve Uzun TE MR Spektroskopinin Karşılaştırılması”. G.Ü. Uzmanlık Tezi, İstanbul, 98s.

Dirican A. “Tanı Testi Performanslarının Değerlendirilmesi ve Kıyaslanması” Cerrahpaşa Tıp Dergisi. 2001; 32 (1): 25-30.

Esen, S.Ö., Bozkurt, M., Adıbelli, H.Z., Aykut, E., Canverenler, S. 2014. “Proton MR Spektroskopinin Beyin Tümörlerinde Tanısal Değeri.” ITÜ Tepecik Eğit Hast Derg 2014; 24 (2): 93-98.s

Girginer, G., Cankuş, B. “Tramvay Yolcu Memnuniyetinin Lojistik Regresyon Analiziyle Ölçülmesi: Estram Örneği” YÖNETİM VE EKONOMİ Yıl:2008 Cilt:15 Sayı:1 Celal Bayar Üniversitesi İ.İ.B.F. MANİSA.

Göker, H., Şahin, İ., Tekedere, H. 2015. “ Erken Çocukluk Döneminde Otizm Teşhisine Yönelik Dinamik Uzman Sistem Tasarımı” Bilişim Teknolojileri Dergisi, Cilt: 8, Sayı: 3, 167–172.s

Haltaş, A., Alkan, A. İmmunohistokimyasal Boyalar ile Tiroid Tümörü Teşhisinde Naive Bayes Algoritması Kullanılması, Akademik Bilişim 2016 Sempozyumu(ab'2014) 5-7 Şubat, 2014, Mersin, Mersin-Türkiye), s. 931-935

İşler, Y., Narin, A. 2012. “ WEKA Yazılımında k-Ortalama Algoritması Kullanılarak Konjestif Kalp Yetmezliği Hastalarının Teşhisi” SDU Teknik Bilimler Dergisi 2012; Cilt: 2 Sayı: 4 2012: 21-29.s

Karatağ, O. 2005. “İntrakranyal Yer Kaplayıcı Lezyonların Ayırıcı Tanısında MR Spektroskopinin Yeri”. Sağlık Bakanlığı Şişli Etfal Eğitim ve Araştırma Hastanesi. Radyoloji Uzmanlık Tezi, İstanbul, 50s.

Kavzoğlu, T., Çölkesen, İ. 2010. “Destek Vektör Makineleri ile Uydu Görüntülerinin Sınıflandırılmasında Kernel Fonksiyonlarının Etkilerinin İncelenmesi” Harita Dergisi Temmuz 2010 Sayı 144: 73-82.s

Kaya, Y., Pehlivan, H., “ KNN, NN, BAYES, DT ve SVM Kullanılarak EKG Vurularının Sınıflandırılması”, ISITES 2014 Sempozyumu(ISITES’2014), 18-20 June 2014, Karabük, Türkiye.

Lukasa, A. Devosa, J.A.K. Suykensa, L. Vanhammea, F.A. Howeb, C. Majo’sc, A. Moreno-Torresd, M. Van Der Graafe, A.R. Tateb, C. Aru’sf, S. Van Huffela. 2004. “Brain tumor classification based on long echo proton MRS signals” Artificial Intelligence in Medicine (2004) 31, 73—89s.

Nagori, M. Joshi, M. 2013. “Methods and Algorithms for Extracting Values from MRS Graph for Brain Tumour Detection” IERI Procedia 4 ( 2013 ) 331 – 336s.

Sarıoğlu, M.K., Gökaşan, M., Boğosyan, S. (2003). Asenkron makinalar ve kontrolü, Birsen Yayınevi, İstanbul.

Shokry, A. 2012. “MRS of brain tumors: Diagrammatic representations and diagnostic approach” The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine (2012) 43, 603–612.s

Solmaz, R., Günay, M., Alkan, A., “Uzman Sistemlerin Tiroit Teşhisinde Kullanılması”, Akademik Bilişim 2013 Sempozyumu(ab’2013), 23-25 Ocak 2013, Antalya, Türkiye.

Şeker E. Ş. Bilgisayar Kavramları. <http://bilgisayarkavramlari.sadievrenseker.com> (2017)

Şirin E. Bilgisayar Kavramları. <http://www.datascience.istanbul> (2018).


Tomak, L., Bek, Y. 2010. “İşlem karakteristik eğrisi analizi ve eğri altında kalan alanların karşılaştırılması” Journal of Experimental and Clinical Medicine 27 (2010) 58-65.s


Trzynadlowski, A.M., (2000). Control of Induction Motors. Academic press, USA.

Yücebaş, C., S.,“ Prostat Kanseri Teşhisinde Veri Madenciliği Yöntemlerinin Başırım Karşılaştırması”, Akademik Bilişim 2016 Sempozyumu(ab’2016), 30 Ocak-5 Şubat 2016, Aydın, Türkiye

Zhang, M.G., Li, W.H., Liu, M.Q. (2005). Adaptive PID control strategy based on RBF neural network identification, IEEE International Conference on Neural Networks and Brain, 1854-1857.

## ORCID

Sinan ALTUN  <https://orcid.org/0000-0002-2356-0460>

Ahmet ALKAN  <https://orcid.org/0000-0003-0857-0764>



# Kahramanmaraş Sutcu Imam University

## Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 27.12.2018  
Kabul Tarihi : 13.03.2019

Received Date : 27.12.2018  
Accepted Date : 13.03.2019

### HASTANELERDE KULLANILAN TEKSTİLLERİN ANTİBAKTERİYEL VE ANTİMANTAR ETKİNLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

### EVALUATION OF ANTIBACTERIAL AND ANTIFUNGAL ACTIVITIES OF TEXTILES USED IN HOSPITALS

Mehmet ORHAN<sup>1,2\*</sup>, Serpil KOÇ<sup>1</sup>, Cüneyt ÖZAKIN<sup>3</sup>, Aslı HOCKENBERGER<sup>1</sup>, Melda SINIRTAŞ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye

<sup>2</sup>Borås Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Borås, İsveç

<sup>3</sup>Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Mikrobiyoloji Bölümü, Bursa, Türkiye

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Mehmet ORHAN , [morhan@uludag.edu.tr](mailto:morhan@uludag.edu.tr)

#### ÖZET

Bu çalışmada pamuk ve pamuk/poliester karışımı yüzeylerin antibakteriyel ve antimantar etkinlikleri, hem laboratuvar ortamında ISO 20645, ASTM 2149 ve AATCC 30 standartları kullanıldıktan sonra hem de Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Enfeksiyon Hastalıkları Kliniği'nde hem doktorlar hem de hastalar üzerinde ortalama 7 gün kullanıldıktan sonra araştırılmıştır. SEM görüntüleri incelendiğinde, antibakteriyel işlem uygulanmış yüzeylerde gümüş içerikli kimyasalın lif yüzeyinde ince bir film tabakası oluşturduğu açıkça görülmektedir. Antibakteriyel ve antimantar testleri sonrası işlem uygulanmamış yüzeylerin herhangi bir etkinliğe sahip olmadığı görülürken, işlem uygulanmış yüzeylerin kalitatif ve kantitatif testler sonrası hem Staphylococcus aureus'a hem de Escherichia coli'ye karşı ve antimantar test sonuçlarına göre ise Aspergillus niger'e karşı oldukça etkili olduğu tespit edilmiştir. Klinik uygulamaların sonuçlarına göre, antibakteriyel işlem uygulanmış doktor önlükleri ve hastalar için kullanılan çarşafların her iki bakteriye karşı oldukça iyi antibakteriyel etkinliğe sahip olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak antibakteriyel işlem görmüş tekstiller, bakterilerin ve mantarların üremesini engellerken özellikle hastane, otel gibi insan yoğunluğunun fazla olduğu yerlerde kullanımının önemli avantajlar sağlayacağı net olarak görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Pamuk, pamuk/poliester, antibakteriyel ve antimantar etkinlik, klinik çalışma.

#### ABSTRACT

In this study, the antibacterial and antifungal activities of cotton and cotton/polyester blend surfaces were investigated by using both standards in laboratory environment and by testing in Infection Diseases Clinic, Medical School of Uludag University. It is clearly seen that the silver-containing chemical formed a thin film layer on the fiber surface after antibacterial finishing, while examining the SEM micrograph of specimen. When the untreated surfaces did not have any activity after the antibacterial and antifungal tests, the antibacterial treated surfaces were found to be highly effective against both Staphylococcus aureus and Escherichia coli after qualitative and quantitative tests and also against Aspergillus niger after antifungal tests. According to clinical practice results, both doctors' uniforms and sheets used for patients treated with antibacterial chemical were found to have very good antibacterial activities against both bacteria. As a result, it is clear that the use of antibacterial treated textile materials used in hospitals will have positive effect on both the preventing the growth of bacteria and fungi and on patients' health.

**Keywords:** Cotton, cotton/polyester, antibacterial and antifungal activity, clinical study

#### GİRİŞ

Dünya nüfusunun yaşlanması ve yaşam kalitesinin artması sonucu, son elli yılda tıbbi tekstiller önem kazanmıştır. 1950'lilerin başlarında sentetik liflerin ticari olarak üretilmesi ve dokusuz yüzey uygulamaları ile birlikte tıbbi tekstiller pazarı büyümeye başlamıştır. Tek kullanımlık tıbbi tekstil ürünlerinin 1985'li yıllarda ameliyathanelerde kullanımı ile ameliyat sonrası enfeksiyon riskinin azaldığı bilimsel olarak kanıtlandıktan sonra bu

büyüme daha da hızlanmışır (Mecit, 2007; Kalkanci, 2011). Tıbbi tekstil ürünleri denince aklımıza tıbbi giysiler (önlükler, boneler, maskeler, çoraplar, eldivenler, üniformalar, koruyucu giysiler), cerrahi kaplamalar (örtüler, kumaşlar, perdeler), yatak örtüleri (çarşaflar, yastık kılıfları, battaniyeler, minderler, yorganlar), idrar tutucu pedler (bebek bezleri, yatak pedleri), bezler, bayan hijyenik pedleri, kumaşlar/temizlik bezleri ve cerrahi çoraplar gelmektedir (Mecit, 2007). Bu tür tekstil ürünlerinin temel fonksiyonları hastayı ve çalışan personeli korumak, hijyen sağlamak, yara enfeksiyonunu önlemek, operasyon yeri ve steril teçhizatın bakteri taşıyan partiküller ile doğrudan temasını kesmek ve hastadan personele ve personelden hastaya enfeksiyon taşıma riskini azaltmaktır. AIDS, Hepatit B ve diğer tehlikeli hastalıklar düşünüldüğünde özellikle hasta ile yakın temasta olan personelde hastalık gelişim ve taşıma riski önem kazanmıştır (Pamuk, 2002; Gungor ve ark., 2009).

Hastanelerde kullanılan yatak örtüleri, çarşaflar, önlükler, üniformalar, havlular, perdeler gibi birçok tekstil yüzeyinin enfeksiyonların yayılmasına önemli ölçüde katkı sağladığı ve tehlike oluşturduğu bilinmektedir. Yapılan bir araştırmada, hastane enfeksiyonları için en temel dirençli bakteri konumunda olan Metisiline Dirençli *Staphylococcus aureus* (MRSA)'un hemşire önlüklerinin %65'inde bulunduğu tespit edilmiştir (Boryo, 2013). MRSA, en tehlikeli ve dirençli bakterilerden biri olup neden olduğu enfeksiyonların %10'unun ölümle sonuçlandığı bilinmektedir. Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) verilerine göre, hastanelerde yatan her on hastadan birinde hastane enfeksiyonları gelişmektedir. ABD'de 1980'li yılların başlarında yatan hastaların %5-6'sında enfeksiyon ortaya çıkmış, toplam vaka sayısı yılda 2,1 milyon olmuş ve hastane enfeksiyonlarına bağlı olarak 90.000 kişi hayatını kaybetmiştir. İngiltere'de her yıl ortalama 100.000 vaka görülmekte ve tüm ölümlerin %1'inin (yaklaşık 5.000 kişi) doğrudan, %3'ünün ise dolaylı olarak hastane enfeksiyonları ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de hastane enfeksiyonları önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Sağlıklı veriler olmamasına karşın, Türkiye'de hastane enfeksiyonu oranının %5-15 arasında değiştiği kabul edilmektedir. Öte yandan, ortaya çıkan hastane enfeksiyonları nedeniyle özellikle son yıllarda peş peşe yaşanan bebek ölümleri ve eski bir Bakan'ın hastane enfeksiyonları sonucu ölümü, yazılı ve görsel basında geniş şekilde yer almıştır. Hijyen ve hasta güvenliği açısından hastane enfeksiyonlarını azaltmaya yönelik olarak antimikrobiyel özelliğe sahip maske, önlük, bone, eldiven ve steril örtüler kullanmak etkili önlemlerden biri olacaktır. Sonuç olarak olumsuz durumlara engel olmak amacıyla hastanelerde risk altında olan sağlık personeli ve hastaların kullandığı tekstil materyallerinin ürünlerin antimikrobiyel özellik taşıması gereklidir (Adanur, 1995; Orhan ve ark., 2007; Simoncic ve Tomsic, 2010; Kalkanci, 2011; Orhan, 2012; Organization, 2014). Bu nedenle hastanelerde kullanılan tekstil malzemelerine kontaminasyon yoluyla bulaşan enfeksiyonların önlenmesi için antimikrobiyel özelliğin kazandırılması gereklidir. Yaygın olarak hastaneler, çocuk yuvaları, oteller gibi kalabalık ve topluma açık yerlerde kullanılan antimikrobiyel tekstillerin kullanım alanları her geçen gün artmaktadır. Hastane tekstillerinin yanı sıra gelişmiş ülkelerde, günlük hayatta önemli miktarda antimikrobiyel tekstil ürünleri kullanılmaktadır. Ayrıca hava filtreleri, otomotiv tekstilleri, ev tekstilleri ve medikal tekstiller pazarında önemli artışlar beklenmektedir (Palamutcu ve ark., 2009; Simoncic ve Tomsic, 2010; Organization, 2014; Ates, 2017).

Son yıllarda kullan-at poliester, polipropilen ve poliester/selüloz karışımı nonwoven giysilerin kullanımı, hastaya bulaşabilecek enfeksiyonları önlemek için yaygınlaşmıştır. Bu ürünler, havalı serim (airlaid) ile yüzey oluşturulduktan sonra su jeti (spunlace) yardımıyla fiksaj yapılarak üretilmektedir. ABD'de cerrahi giysilerin %70'i, Avrupa'da ise %50'si bu yüzeylerden yapılmaktadır (Watzl, 2001). Günümüzde kullanılan tıbbi giysiler ve örtüler, tek kullanımlık veya çok kullanımlık olabilmektedir. İster tek kullanımlık, ister çok kullanımlık olsun, kullanılan bu malzemelerin gerek hasta gerekse cerrahi personel açısından, birtakım koruyucu özelliklere sahip olması gerekmektedir. Kullanılacak tıbbi giysiler iyi bir bariyer oluşturma yeteneğine ve gözenek büyüklüğüne sahip olmalı, antiseptik olmalı, mekanik hasara dayanıklı olmalı, defalarca sterilize edilebilmeli ve yıkanıp ütülenmeye dayanıklı olmalı, uzun süreli kullanım boyunca tüm özelliklerini koruyabilmeli, kullanıcıya giyim konforu sağlamalı ve hafif olmalıdır. Ayrıca mikroorganizmaların güçlenerek büyümesi sebebiyle hastalıklara ve patojenik enfeksiyonlara karşı iletken rol oynayabilmelerinden dolayı cerrahi ortamda kullanılan giysilerin antimikrobiyel özellik taşımaları gerekmektedir. Sıvı geçirmez fakat nefes alabilir yapıda olmalıdır. Nem geçişini engellememeli ve aynı zamanda da terletmemelidir (Adanur, 1995; Pamuk, 2002; Sen, 2005). Sonuç olarak tekstil yüzeyleri özellikle doğal lifler, karakteristik özelliklerinden dolayı mikroorganizmalara barınma ve biyolojik faaliyetlerini devam ettirebilme açısından oldukça uygun ortam sunarak ciddi tehlikeye neden olurlar. Mikroorganizmaların, kumaş yüzeyleri üzerine tutunması (adhezyon) sonucunda, tekstil materyalleri taşıyıcı olabilmektedir. Bu sonuçlardan dolayı, tıbbi amaçlı kullanılan malzemeler, cerrahi elbiseler, hastane perdeleri, hemşire elbiseleri, yer kaplama ve yatak malzemeleri, havlular ve işçi üniformaları gibi giysilerin antimikrobiyel fonksiyon kazanması gereklidir (Orhan ve ark., 2007). Antibakteriyel bir malzemedan farklı mikroorganizma veya bakteri türlerine karşı geniş bir spektrumda etkinlik gösterebilme, üretici, kullanıcı veya çevre üzerinde toksik etkiye sebep olmama, uzun süre etkinliğini koruyabilme,

uzun sürelerde hızlı ve güçlü etkiye sahip olma, ana malzemenin karakteristik özelliklerini etkilememe, kolay ve ucuz elde edilebilir olma gibi özellikler beklenmektedir. Özellikle antibakteriyel tekstil malzemeleri için iritasyon ve alerji gibi etkilere sebep olmama, deri ve malzeme üzerindeki diğer bitim işlemleri ile uyumlu bir yapıda olma, ürünün kalitesi veya görünümünü etkilememe gibi özellikler gerekmektedir (Gao ve Cranston, 2008; Ristić ve ark., 2011). Bu bağlamda, özellikle tekstil yüzeylerinin fonksiyonelleştirilmesine yönelik kitosan, biguanidler, triklosan, metal bileşikler, kuaterner amonyum bileşikler ve N-halamin bileşikler olmak üzere farklı kimyasal özelliğe sahip antibakteriyel kimyasal maddeler kullanılmaktadır (Simoncic ve Tomsic, 2010; Boryo, 2013; Organization, 2014; Ates, 2017).

Li ve ark., iyonik hidantoin türevi bileşikler sentezleyerek poliester ve pamuk yüzeyler üzerinde *E. coli* ve MRSA bakterilerine karşı test etmişlerdir. Kuaterner amonyum bileşiği ile kovalent bağlanan N- klorohidantoin' in yüzeylerde gelişmiş antibakteriyel etkinliğe sahip olduğu bulunmuştur. Katyonik yük varlığının, pamuk kumaşlardaki hem klorlama kinetiğine hem de aktif klor miktarına pozitif bir katkısı olduğu belirlenmiştir (Li ve ark., 2012). Shin ve ark., kitosan kaplı pamuk kumaşları asidik koşullar altında klorladıktan sonra kumaşların aktif klor kapasitesi, kitosan veya sodyum hipoklorit konsantrasyonuna bağlı olarak artış göstermiş, klorlama ile hem Gram-negatif hem de Gram-pozitif bakterilere karşı güçlü antibakteriyel aktivite elde edilmiştir (Shin ve ark., 2013). Cheng ve ark., N-halamin-kitosan içeren bileşiği pamuklu kumaşa kaplamış ve klorlama ile birlikte 5 dakika temas süresinde 6 log *S. aureus* ve *E. coli* bakteri inaktivasyonu sağlanmıştır (Cheng ve ark., 2014). Chen ve ark. tarafından N-halamin ve kuaterner amonyum bileşiklerini birlikte ihtiva eden pamuk kumaş kaplamaları geliştirilmiş ve bu iki ajanın birlikte kullanımı ile kuaterner amonyum bileşiklerine göre daha etkin bir antibakteriyel aktivite sağlandığı kanıtlanmıştır. 10 dakikalık sürede *S. aureus* bakterisine karşı 6,83 log, *E. coli* bakterisine karşı ise 5,74 log miktarında azalma sağlanmıştır (Cheng ve ark., 2015). Deng ve ark., pamuklu kumaşlara kitosan-gümüş içeren kaplama yapmış, *E. coli* ve *S. aureus* bakterilerine karşı mükemmel etki sergilemiş ve 20 yıkama sonucunda antibakteriyel etkinin korunabildiği belirtilmiştir (Deng ve ark., 2016). Cheng ve ark. tarafından kuaterleştirilmiş kitosan türevi hazırlanarak pamuk kumaş üzerine kaplanmış ve klorlama ile birlikte 1 dakika temas süresinde %100 *S. aureus* ve *E. coli* inaktivasyonu gerçekleştirilmiştir (Cheng ve ark., 2016). Ashfaq ve ark. bakır ve çinko nanopartiküllerinin karbon nanolifte asimetrik olarak dağıtılmasıyla aktif karbon fiber üzerinde kaplama elde etmiş ve *E. coli*, *S. aureus* ve MRSA inaktivasyonu gerçekleştirilmiştir (Ashfaq ve ark., 2016).

Bu çalışmada, hastanede kullanılan pamuk ve pamuk/poliester karışımı yüzeylerin antibakteriyel ve antimantar özellikleri in vitro ve in vivo çalışmalar yapılarak araştırılmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Bu çalışmada, pamuk ve pamuk/poliester (%50/%50) karışımı lifler kullanılarak elde edilen kumaşlar kullanılmış ve kumaşlara ait özellikler Çizelge 2.1'de verilmiştir. Kumaşlara antibakteriyel özellik kazandırmak için kullanılan gümüş içerikli kimyasal ürün Rodulf-Duraner firmasından temin edilmiştir. Bu kimyasal madde, anyonik yapıda olup gümüş, inorganik tuzlar ve yüzey aktif maddelerin karışımlarından oluşmaktadır. Üretici firma görüşleri doğrultusunda 35 g/L çözelti hazırlanarak Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölüm Laboratuvarı'nda emdirme-kurutma yöntemine göre kumaşa aktarılmış ve ardından kumaşlar 150°C'de 5 dakika süresince kurutulmuştur. Pamuklu yüzeylerde silindirik sıkma basıncı 3,5 bara karşılık alınan flotte oranı (% AF) %80 ve pamuk/poliester yüzeylerde ise sıkma basıncı 2 bara karşılık alınan flotte oranı (% AF) %60 olarak çalışılmıştır.

Çizelge 1. Deneylede Kullanılan Kumaşlar ve Özellikleri

Kumaş	Kumaş	Örgü tipi	Sıklık (çözgü/cm-atku/cm)	Kalınlık (mm)	Gramaj (g/m <sup>2</sup> )
Pamuk (PMK)	Dokuma	Bezayağı	26 x 20	0,18	120
Pamuk/Poliester (%50-%50)	Dokuma	Bezayağı	39 x 28	0,15	100



## Yöntem

### A. SEM Analizi

Lif yüzeylerinin incelenmesi amacıyla 1.000.000 kez büyütme yapabilen ve 10 nanometre ayırt etme gücüne sahip Carl Zeiss EVO 40 marka elektron mikroskobu kullanılmıştır. SEM çalışmalarından önce yüzeyler BAL-TEC SCD005 marka kaplayıcı kullanılarak 3 dakika süresince altın-paladyum ile kaplanarak iletken hale getirilmiş ve farklı büyütme oranlarında SEM görüntüleri alınmıştır.

### B. Kalitatif Antibakteriyel Etkinlik

Yüzeylerin antibakteriyel etkinlikleri, kalitatif olarak ISO 20645 test yöntemine göre test edilmiştir. Çalışma sırasında, Gram-pozitif bakteri olarak *S. aureus* (ATCC 6538) ve Gram-negatif bakteri olarak *Escherichia coli* (*E. coli*, ATCC 35218) seçilmiştir. Müller Hinton II agar üzerine  $1,5-3 \times 10^8$  cfu/mL yoğunlukta bakteri çözeltisi aktarılmış ve agar üzerinde homojen bir şekilde dağılması sağlanmıştır. Katılaştıran agar üzerine uygun aralıklarla yüzey örnekleri (20x20 mm) yerleştirilmiş ve 37°C'de 24 saat süre ile inkübe edilmiştir. Süre sonunda besiyerleri üzerinde oluşan inhibisyon zonları değerlendirilmiştir.

### C. Kantitatif Antibakteriyel Etkinlik

Yüzeylerin antibakteriyel etkinlikleri, sayısal olarak ASTM E2149 test yöntemine göre test edilmiştir. Çalışma sırasında, Gram-pozitif bakteri olarak *S. aureus* (ATCC 6538) ve Gram-negatif bakteri olarak *E. coli* (ATCC 35218) seçilmiştir. Numunelere,  $1,5-3 \times 10^5$  cfu/mL yoğunlukta bakteri çözeltisi aktarılmış, 37°C'de 150 devir/dakika çalkalama hızında 24 saat süre ile inkübe edildikten sonra seri sulandırmalar yapılarak besiyerine ekimler yapılmış ve bakteri azalma oranı aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Bakteri azalma oranı (\%)} = [ ( A - B ) / A ] \times 100 \quad (1)$$

A: "0" temas zamanında test örneklerinden elde edilen bakteri sayısı.

B: 24 saat süresince inkübe edilen test örneklerinden elde edilen bakteri sayısı.

### D. Antimantar Etkinlik

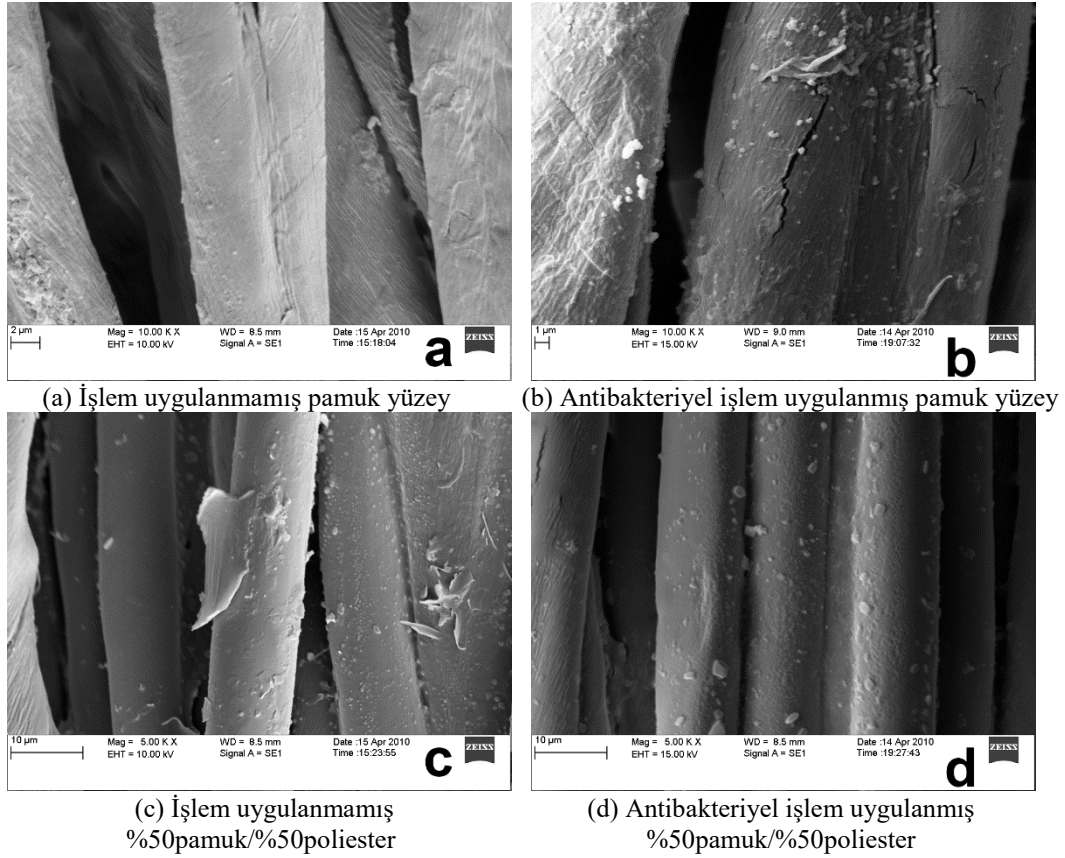
Yüzeylerin antimantar etkinlikleri, AATCC 30 test yöntemine göre test edilmiş ve çalışma sırasında mantar olarak *Aspergillus niger* (*A. niger*) kullanılmıştır. Sabouraud Dextrose agar üzerine  $1,5-3 \times 10^8$  cfu/mL yoğunlukta mantar çözeltisi aktarılmış ve yüzey üzerinde homojen bir şekilde dağılması sağlanmıştır. Agar üzerine örnekler (20x20 mm) yerleştirilmiş ve 28°C'de 7 gün süre ile inkübe edilmiştir. Süre sonunda besiyerleri üzerinde oluşan inhibisyon zonları mm olarak değerlendirilmiştir.

## ARAŞTIRMA BULGULARI

### SEM Analizi

Pamuk lifi, selüloz açısından zengin bir lif olup lif ağırlığının %4-12'si doğal pigmentler, protein, pektin, kül, yağ ve vaks gibi yabancı maddelerden oluşur. Şekil 3.1.a'da verilen pamuklu yüzey incelendiğinde, pamuk lifi üzerinde ve çevresinde var olan safsızlıklar net bir biçimde görülmektedir. Lif, görülebilen birçok kanal içeren kaba ve pürüzlü bir yüzeye sahipken fibriler yapısı açıkça görülmektedir. Şekil 3.1.b'de bitim işleminden sonra uygulanan gümüş içerikli kimyasalın lif yüzeyinde ince bir film tabakası oluşturduğu görülmektedir.

Şekil 3.1.c'deki %50pamuk/%50poliester karışımı yüzeylerin SEM görüntülerinde poliester liflerinin uzunlamasına görünümü düzgün silindirik şeklinde, lif yüzeyleri düzgün ve parlak, kesit görüntüleri ise hemen hemen yuvarlaktır. Ayrıca, pamuk lifine benzer biçimde lif yüzeylerindeki safsızlıklar açıkça görülmektedir. Şekil 3.1.d'de bitim işleminden sonra uygulanan gümüş içerikli kimyasalın lif yüzeyinde ince bir film tabakası oluşturduğu görülmektedir.

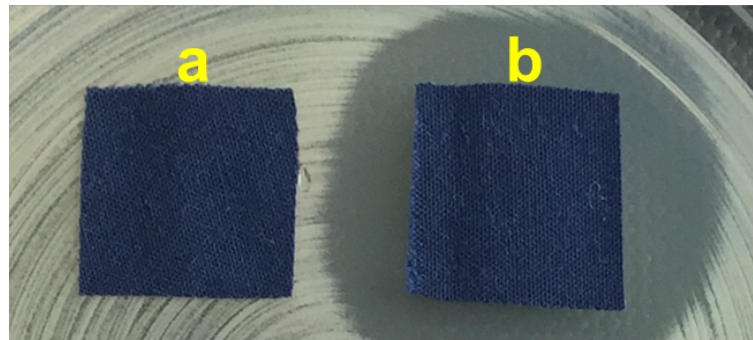


Şekil 1. Pamuk ve Pamuk/Poliester Yüzeyle Ait SEM Görüntüleri

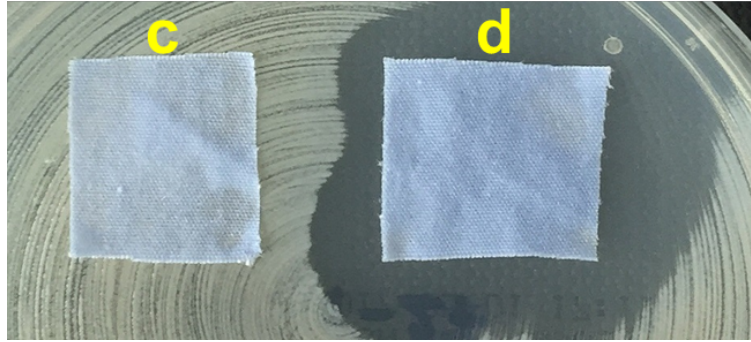
### Kalitatif Antibakteriyel Etkinlik

Antibakteriyel etkinliğin kalitatif olarak belirlenmesinde ISO 20645 yöntemi kullanılmış ve test sonuçları Şekil 3.2 ve 3.3'de verilmiştir. Şekil 3.2.a ve c'de verilen işlem uygulanmamış pamuk ve %50pamuk/%50poliester yüzeyler incelendiğinde, yüzeylerin üzerinde ve çevresinde bakteri üremesinin olduğu açıkça görülmüştür. Bu yüzeylerin *S. aureus*'a karşı herhangi bir antibakteriyel etkilerinin olmadığı saptanmıştır. Şekil 3.2.b ve d'de verilen işlem uygulanmış pamuk ve %50pamuk/%50poliester yüzeyler incelendiğinde ise, yüzeylerin üzerinde ve çevresinde bakteri gelişiminin engellendiği, aktif bir zon olduğu ve yüzeylerin *S. aureus*'a karşı antibakteriyel etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Benzer biçimde Şekil 3.3.a ve c'de verilen işlem uygulanmamış pamuk ve %50pamuk/%50poliester yüzeyler incelendiğinde, yüzeylerin üzerinde ve çevresinde bakteri üremesinin olduğu açıkça görülmüş ve bu yüzeylerin *E. coli*'ye karşı herhangi bir antibakteriyel etkilerinin olmadığı saptanmıştır. Şekil 3.3.b ve d'de verilen işlem uygulanmış pamuk ve %50pamuk/%50poliester yüzeyler incelendiğinde ise, yüzeylerin üzerinde çevresinde bakteri gelişiminin engellendiği, aktif bir zon olduğu ve bu yüzeylerin *E. coli*'ye karşı antibakteriyel etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

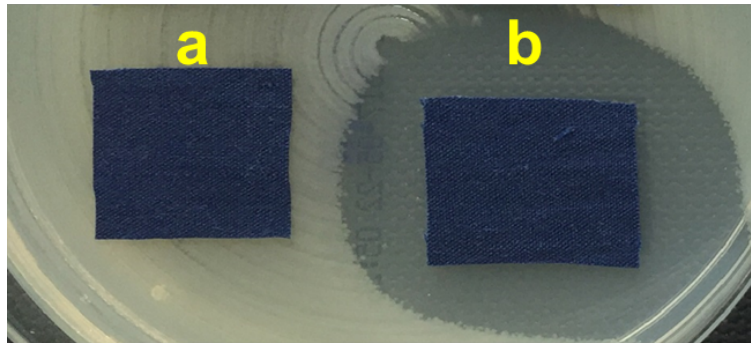


(a) İşlem uygulanmamış pamuk yüzey (b) Antibakteriyel işlem uygulanmış pamuk yüzey

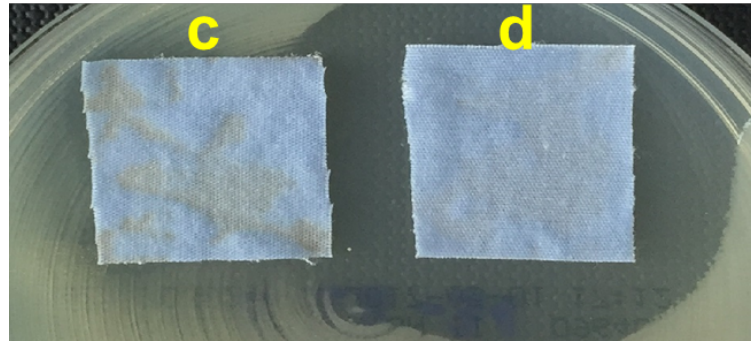


(c) İşlem uygulanmamış %50pamuk/%50poliester (d) Antibakteriyel işlem uygulanmış %50pamuk/%50poliester

Şekil 2. ISO 20645 Test Yöntemi Göre *S. aureus* (ATCC 6538)'a Karşı Yüzeylerin Antibakteriyel Etkinlikleri



(a) İşlem uygulanmamış pamuk yüzey (b) Antibakteriyel işlem uygulanmış pamuk yüzey



(c) İşlem uygulanmamış %50pamuk/%50poliester (d) Antibakteriyel işlem uygulanmış %50pamuk/%50poliester

Şekil 3. ISO 20645 Test Yöntemi Göre *E. coli* (ATCC 35218)'ye Karşı Yüzeylerin Antibakteriyel Etkinlikleri

### Kantitatif Antibakteriyel Etkinlik

Antibakteriyel etkinliğin kantitatif olarak belirlenmesinde ASTM 2149 yöntemi kullanılmış ve test sonuçları Çizelge 3.1'de verilmiştir. Bakteri türü ve özellikleri göz önüne alınarak *S. aureus* için 3 ve 24 saat, *E. coli* için test adımları 24 saat olacak şekilde çalışılmıştır. Çizelge incelendiğinde, 3 ve 24 saat sonra antibakteriyel işlem uygulanmış pamuk ve pamuk/poliester yüzeylerin *S. aureus*'a karşı oldukça etkili olduğu görülmüştür. 24 saat bekleme süresinden sonra, tüm örneklerin *S. aureus*'a karşı etkili olduğu ve bu süre sonunda bakterilerin neredeyse tamamının öldüğü görülmektedir. Çizelge 3.2'de verilen *E. coli*'ye karşı antibakteriyel etkinlik değerleri incelendiğinde, 24 saat sonra antibakteriyel işlem uygulanmış pamuk ve pamuk/poliester yüzeylerin *E. coli*'ye karşı oldukça etkili olduğu belirlenmiştir. Antibakteriyel işlem uygulanmamış yüzeylerin ise, her iki bakteri türüne karşı herhangi bir antibakteriyel özelliklerinin olmadığı belirlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, antibakteriyel işlem uygulanmış yüzeylerin her iki bakteri türüne karşı oldukça etkili olduğu ve 24 saat sonrasında her iki bakteriyi de %100 oranında öldürdüğü tespit edilmiştir.



**Çizelge 2.** ASTM 2149 Test Yöntemi Göre *S. aureus* (ATCC 6538)<sup>a</sup>'a Karşı 3 ve 24 Saat Sonrası Yüzeylerin Antibakteriyel Etkinlik Değerleri

Sıra No	Numune	Zaman	
		3 saat Bakteri azalması %	24 saat %
a	%100 Pamuklu yüzey	-18,00	-99,94
b	%100 Pamuklu yüzey (Antibakteriyel İşlem)	-100,00	-100,00
c	50 Pamuk-%50 Poliester	-10,00	-99,95
d	50 Pamuk-%50 Poliester (Antibakteriyel İşlem)	-100,00	-100,00

<sup>a</sup>1 gram ağırlığındaki her bir örneğe aktarılan bakteri konsantrasyonu  $4,77 \times 10^5$  (log 5,68) cfu\*/mL olarak hesaplanmıştır.

\* cfu : Koloni oluşturan birim.

Not: (+) olarak verilen % bakteri değerleri, bakteri sayısında artışı, (-) olarak verilen % bakteri değerleri ise bakteri sayısında azalmayı göstermektedir. (-)100 değeri, yüzey üzerinde bulunan tüm bakterin öldüğünü belirtmektedir.

Pamuk gibi doğal liflerin suyu seven (hidrofilik) ve gözenekli yapısı, su, oksijen ve besin maddelerini tutarak bakteriyel büyüme için mükemmel bir ortam sağladığından, poliester, poliamid gibi sentetik liflerden daha fazla mikrobiyel saldırıya ve çoğalmaya maruz kalır. Bu durum, özellikle *E. coli*'ye karşı %100 Pamuklu yüzey (%21,60) ile %50 Pamuk-%50 Poliester (%-28,68) kumaşların antibakteriyel sonuçlarında da açıkça görülmektedir.

Bilindiği gibi Gram-negatif ve Gram-pozitif bakterilerin hücre duvar yapıları arasında önemli farklılıklar vardır. Gram-pozitif bakteriler, hücrenin mekanik darbe ve ozmotik basınçtan korunması için plazma zarını çevreleyen 5-80 nm kalınlığında, dayanıklı bir hücre duvarı ile çevrilidirler. Hücre duvarı, oligosakkarit ve protein kompleksinden oluşan peptidoglikandan meydana gelmiştir. Peptidoglikan tabaka kovalent bağlarla bağlı, bakteriyi kavrayan sağlam ağ şeklinde dev bir moleküldür. Gram-pozitif bakterilerde peptidoglikanın birbiri ile bağlantılı 40'a yakın katmanı vardır ve hücre duvarının %50'sinden fazlasını oluşturur. Gram-negatif bakterilerde ise, yalnız bir veya iki katmanlı olup hücre duvarının %5-10'nunu oluşturur. Gram-pozitif bakterilerin hücre duvarında polisakkaritler ve suda eriyebilen, fosfodiester bağları ile bağlanarak uzun zincirler oluşturan şeker-alkol-fosfat polimerlerinden oluşmuş teikoik asitler bulunur. Hücre yüzeyinde yer alan teikoik asit, bakteriye antijenik özellik (yüzey antijeni) kazandırır. Gram-negatif bakterilerin hücre duvarlarında ise, lipoprotein ve lipopolisakkaritler bulunurken teikoik asit bulunmaz. Sonuç olarak, Gram-pozitif bakterilerin hücre duvarı daha kalın, daha sert ve ozmotik basınca karşı direnci daha fazladır. Gram-negatif bakteriler, daha kompleks bir hücre duvarı yapısına sahiptirler. Hücre duvarlarında yer alan peptidoglikan tabaka, daha ince (3 nm) olup Gram-pozitif bakterilerden farklı olarak dış yüzeyde yer almaz. Bu bakterilerde, hücre duvarı ile birlikte ikinci bir dış zar bulunur. Gram-pozitif bakterilerde bu tabaka bulunmaz. Bu dış membran, hücreye madde giriş çıkışını kontrol eder. Plazma zarından farklı olarak, yapısında porin proteinleri bulunan bu dış zar, proteinlerin çift lipit tabakada oluşturduğu gözenekler sayesinde nispeten büyük moleküllerin (>1.000 Da) geçişine olanak sağlar. Bununla birlikte büyük moleküllü antibiyotikler ve antibakteriyel kimyasallar, dış membrandan oldukça yavaş penetre olurlar. Bu özellik, Gram-negatif bakterilerde yüksek antibiyotik direncinin sebebinin açıklamaktadır. Sonuç olarak Gram-negatif bakterilerin dış membranı, bariyer gibi davranarak birçok kimyasal ajanın bakteri içine girmesini engellemekte ve dolayısıyla Gram-negatif bakteriler Gram-pozitif bakterilere göre antibiyotik, antiseptikler ve dezenfektanlara karşı daha fazla direnç göstermektedir (McDonnell ve Russell 1999). Bu nedenle, gümüş katkılı pamuk ve pamuk/poliester yüzeylerin antibakteriyel etkinlikleri Gram-pozitif *S. aureus*'a karşı daha yüksek bulunmuştur.

**Çizelge 3.** ASTM 2149 Test Yöntemi Göre *E. coli* (ATCC 35218)<sup>b</sup>'ye Karşı 24 Saat Sonrası Yüzeylerin Antibakteriyel Etkinlik Değerleri

Sıra No	Numune	Bakteri azalması %
a	%100 Pamuklu yüzey	21,60
b	%100 Pamuklu yüzey (Antibakteriyel İşlem)	-100,00
c	50 Pamuk-%50 Poliester	-28,68
d	50 Pamuk-%50 Poliester (Antibakteriyel İşlem)	-100,00

<sup>b</sup>1 gram ağırlığındaki her bir örneğe aktarılan bakteri konsantrasyonu  $2,80 \times 10^5$  (log 5,45) cfu/mL olarak hesaplanmıştır.

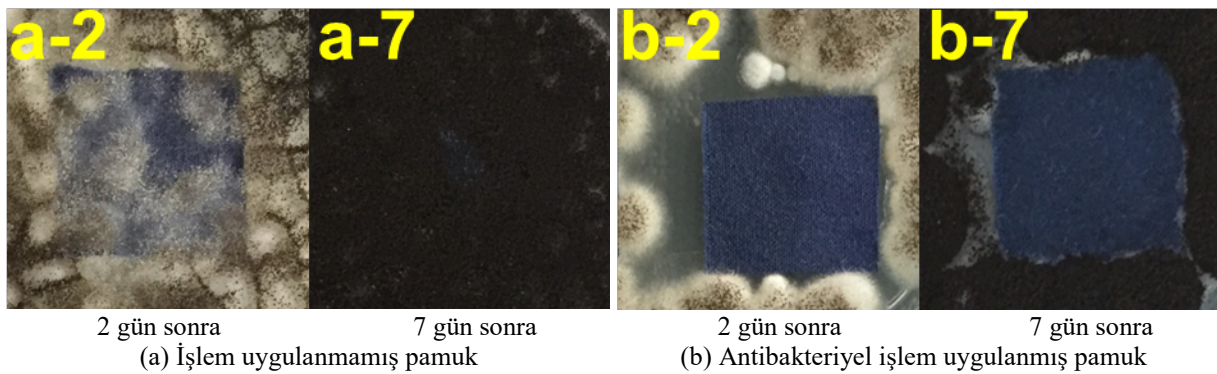
### Antimantar Etkinlik

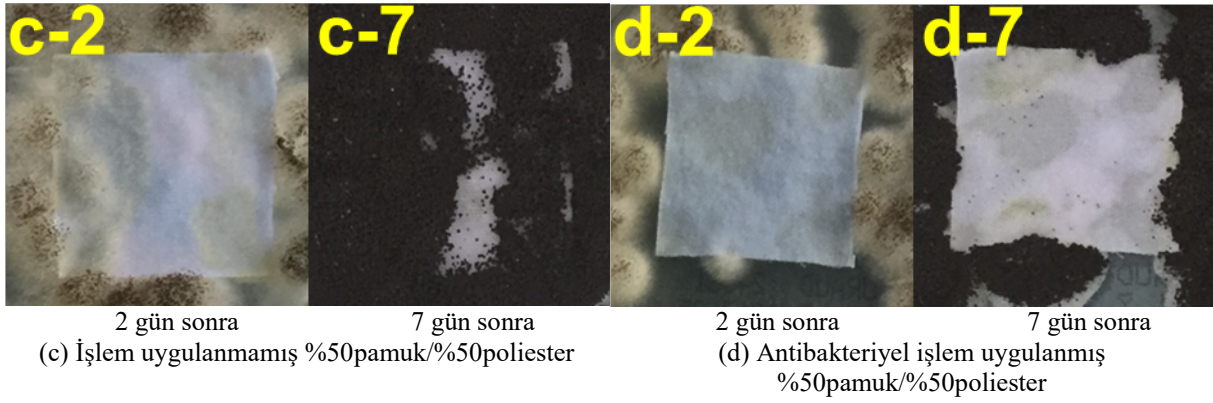
Antimantar etkinliğin belirlenmesinde AATCC 30 yöntemi kullanılmış ve test sonuçları Çizelge 3.3 ve Şekil 3.4'de verilmiştir. Standarda göre, yüzeyin üzerinde veya etrafında engelleme bölgesinin oluşmaması ve küflenmenin meydana gelmesi yüzeyin antimantar etkinliğinin olmadığını gösterirken yüzeyin üzerinde veya etrafında engelleme bölgesinin oluşması ve küflenmenin olmaması ise yüzeyin antimantar etkinliğinin olduğunu gösterir.

**Çizelge 4.** AATCC 30 Test Yöntemi Göre *A. niger*'e Karşı Yüzeylerin Antimantar Etkinlik Değerleri

Sıra No	Numune	Mantar üremesi
a	%100 Pamuklu yüzey	Var
b	%100 Pamuklu yüzey (Antibakteriyel İşlem)	Yok
c	50 Pamuk-%50 Poliester	Var
d	50 Pamuk-%50 Poliester (Antibakteriyel İşlem)	Yok

**Not:** Kabul edilebilir antimantar etkinlik elde edebilmek için mantar ile doğrudan temas eden örneğin altında ve çevresinde herhangi bir mantar üremesi olmamalıdır.





**Şekil 4.** AATCC 30 Test Yöntemi Göre *A. niger*'e Karşı Yüzeylerin Antimantar Etkinlikleri

Çizelge 3.3 ve Şekil 3.4. incelendiğinde, işlem uygulanmamış pamuk ve pamuk/poliester yüzeyler üzerinde veya etrafında engelleme bölgesi oluşmazken küflenme meydana geldiği görülmüştür. İşlem uygulanmış pamuk ve pamuk/poliester yüzeyler incelendiğinde ise, yüzeyler etrafında engelleme bölgesinin oluştuğu ve küflenmenin meydana gelmediği görülmüştür. Sonuç olarak, işlem uygulanmamış pamuk ve pamuk/poliester yüzeylerin AATCC 30 antimantar test yöntemine göre *A. niger*'e karşı antimantar etkiye sahip olmadığı, işlem uygulanmış pamuk ve pamuk/poliester yüzeylerin ise antimantar etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

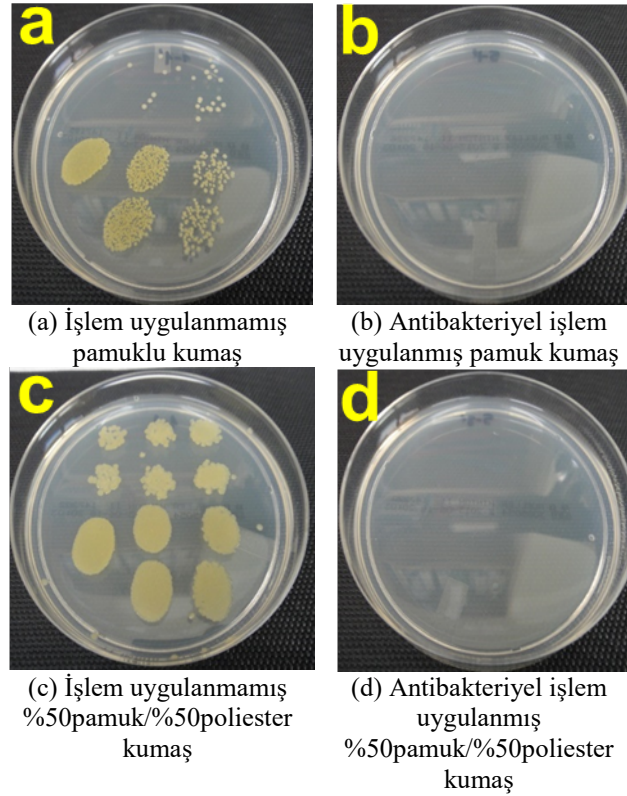
#### **Enfeksiyon Hastalıkları Kliniği'nde Antibakteriyel Etkinlik**

Çalışmanın son aşamasında, Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu'ndan onay alınıp Enfeksiyon Hastalıkları Kliniği'nde görevli olan doktorlara antibakteriyel işlem uygulanmamış ve uygulanmış önlükler verilmiş ve bu önlükleri hastane içinde giymeleri istenmiştir. Benzer şekilde, aynı klinikte yatan hastaların bulunduğu odalarda antibakteriyel işlem uygulanmamış ve antibakteriyel işlem uygulanmış yastık kılıfları ve nevresim takımları kullanılmıştır. Daha sonra doktor önlükleri, yastık kılıfları ve nevresim takımları toplanarak Tıp Fakültesi Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı Mikrobiyoloji Laboratuvarı'nda antibakteriyel testleri yapılmıştır.

Enfeksiyon Hastalıkları Kliniği'nde görevli olan doktorlara verilen önlükler, kirlendikten (ortalama 7 gün) sonra alınarak üzerlerinde bakteri üreyip üremediği test edilmiştir. Kumaşların farklı bölgelerinden alınan numuneler, ASTM 2149 test standardı temel alınarak 50 mL steril fosfat tampon (pH 7) çözelti içerisinde vortekslenmiş ve daha sonra seri sulandırılmalar yapılarak bakteri üremesi kontrol edilmiştir. Bu bölümde, sadece yüzey üzerinde bakteri üremesi olup olmadığı kontrol edilmiş, üreme sonrası her bir doktor önlüğünde farklı bakteri üremeleri olacağından bakteri tiplendirilmesi yapılmamıştır. Kumaşlara ait sonuçlar, Çizelge 3.4. ve Şekil 3.5.'te verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, antibakteriyel işlem uygulanmış önlüklerin hastane içerisinde kullanıldıktan sonra bile yüzeylerinde herhangi bir bakteri üremesinin olmadığı (Şekil. 3.5. b ve d), antibakteriyel işlem uygulanmamış önlüklerin ise doğal olarak yoğun bir şekilde bakteri üremesinin olduğu ve herhangi bir antibakteriyel özelliklerinin olmadığı belirlenmiştir (Şekil. 3.5. a ve c).

**Çizelge 5.** Doktor Önlüklerinin Antibakteriyel Etkinlik Değerleri

Sıra No	Numune	Bakteri üremesi
a	%100 Pamuklu yüzey	Yoğun üreme var
b	%100 Pamuklu yüzey (Antibakteriyel İşlem)	Üreme yok
c	50 Pamuk-%50 Poliester	Yoğun üreme var
d	50 Pamuk-%50 Poliester (Antibakteriyel İşlem)	Üreme yok



**Şekil 5.** ASTM 2149 Test Yöntemi Göre Doktor Önlüklerinin Antibakteriyel Etkinlik Değerleri

Benzer şekilde, Enfeksiyon Hastalıkları Kliniği'nde yatan hastalara verilen çarşaflar, kirlendikten (ortalama 7 gün) sonra odadan alınarak üzerlerinde bakteri üreyip üremediği test edilmiştir. Kumaşların farklı bölgelerinden alınan numuneler, 50 mL steril fosfat tampon (pH 7) çözelti içerisinde vortekslenmiş ve daha sonra seri sulandırmalar yapılarak bakteri üremesi kontrol edilmiştir. Bu bölümde, sadece yüzey üzerinde bakteri üremesi olup olmadığı kontrol edilmiş, üreme sonrası her bir çarşafta farklı bakteri üremeleri olacağından bakteri tiplendirilmesi yapılmamıştır. Sonuçlar, Çizelge 3.5.'te verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, antibakteriyel işlem uygulanmış çarşaflar hastane içerisinde kullanıldıktan sonra antibakteriyel etkinliklerinde bir miktar azalma meydana geldiği görülmüştür. Antibakteriyel işlem uygulanmamış çarşaflarda ise olarak yoğun bir şekilde bakteri üremesinin olduğu ve herhangi bir antibakteriyel özelliklerinin olmadığı belirlenmiştir.

**Çizelge 6.** Enfeksiyon Hastalıkları Kliniği'nde Yatan Hastalara Ait Çarşafların Antibakteriyel Etkinlik Değerleri

Sıra No	Numune	Bakteri üremesi
a	%100 Pamuklu yüzey	Yoğun üreme var
b	%100 Pamuklu yüzey (Antibakteriyel İşlem)	Az üreme var
c	50 Pamuk-%50 Poliester	Yoğun üreme var
d	50 Pamuk-%50 Poliester (Antibakteriyel İşlem)	Az üreme var

Yapılan çalışmalar ışığında, antibakteriyel işlem uygulanmış doktor önlükleri ve hastalar için kullanılan çarşafların hem *S. aureus*'a hem de *E. coli*'ye karşı oldukça etkili ve çok iyi antibakteriyel özelliğe sahip olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte, aşırı bakteri yoğunluğuna sahip hastane içerisinde ve kliniklerde kullanım sırasında doktor önlükleri ve hastalar için kullanılan çarşafların antibakteriyel etkileri olmasına karşın bu etkilerinde belirgin azalmalar olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, hastanelerde antibakteriyel işlem görmüş tekstil malzemelerinin kullanımının bakterilerin üremesini engellemede ve hastaların sağlıklarında olumlu sonuçlar doğuracağını net olarak görülmektedir.



## TARTIŞMA VE SONUÇ

Sentetik liflerin üretilmesi ve dokusuz yüzey uygulamaları ile birlikte tıbbi tekstiller önem kazanmış ve son elli yılda bu pazar olarak önemli büyüme göstermiştir. Özellikle hastaneler, çocuk yuvaları, oteller gibi kalabalık ve topluma açık yerlerde kullanılan antimikrobiyel tekstillerin kullanım alanları her geçen gün artmaktadır. Hastalıklara her ortamda yakalanma riski olmasına karşın, hastaneler özellikle antibiyotik dirençli bakterilerden kaynaklanan enfeksiyonlar nedeniyle en tehlikeli ortamlardan biridir. Dolayısıyla, hastanelerde yatak örtüleri, çarşaflar, önlükler, üniformalar, havlular, perdeler gibi birçok tekstil yüzeyi enfeksiyonların yayılmasına katkı sağlar. Bu enfeksiyonların önlenmesi için hastanelerde kullanılan tekstil malzemelerine antimikrobiyel özelliğin kazandırılması gereklidir.

SEM görüntüleri incelendiğinde, pamuk ve pamuk/poliester karışımı liflerin üzerinde ve çevresinde bitim işleminden sonra uygulanan gümüş içerikli kimyasalın varlığı açıkça görülmektedir.

Antibakteriyel ve antimantar testleri sonrası işlem uygulanmamış yüzeylerin herhangi bir etkinliğe sahip olmadığı görülmüştür.

ISO 20645 test sonuçları göre, antibakteriyel işlem uygulanmış pamuk ve pamuk/poliester yüzeylerin üzerinde ve çevresinde hem *S. aureus*'un hem de *E. coli*'nin gelişiminin engellendiği, aktif bir zon oluştuğu ve bu yüzeylerin antibakteriyel etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

ASTM 2149 test sonuçları göre, antibakteriyel işlem uygulanmış pamuk ve pamuk/poliester yüzeylerin 24 saat bekleme süresinden sonra hem *S. aureus*'u hem de *E. coli*'yi %100 oranında öldürdüğü ve oldukça yüksek antibakteriyel etkinliğe sahip olduğu görülmüştür.

AATCC 30 test sonuçları göre, antibakteriyel işlem uygulanmış pamuk ve pamuk/poliester yüzeylerin üzerinde ve çevresinde *A. niger*'in gelişiminin engellendiği, aktif bir zon oluştuğu ve bu yüzeylerin antimantar etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Klinik uygulamaları sonuçlarına göre, antibakteriyel işlem uygulanmış doktor önlükleri ve hastalar için kullanılan çarşafların her iki bakteriye karşı oldukça iyi antibakteriyel özelliğe sahip olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak antibakteriyel işlem görmüş tekstiller, bakterilerin ve mantarların üremesini engellerken özellikle hastane, otel gibi insan yoğunluğunun fazla olduğu yerlerde kullanımının önemli avantajlar sağlayacağı net olarak görülmektedir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından UAP(T)-2011/9 nolu proje ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

Adanur, S. (1995). *Wellington Sears Handbook of Industrial Textiles*, CRC Press, Basel.

Ashfaq, M., Verma, N., Khan, S. (2016). Copper/zinc Bimetal Nanoparticles-Dispersed Carbon Nanofibers: A Novel Potential Antibiotic Material, *Materials Science and Engineering: C*, 59, 938-947.

Ates, B. (2017). Kuaterner Amonyum Tuzu ve N-Halamin Esaslı Metakrilamid Polimerlerin Sentezi ve Dual Antibakteriyel Etkilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Bursa Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.


Boryo, D.E.A. (2013). The Effect of Microbes on Textile Material: A Review on the Way-Out So Far, *International Journal of Engineering Science*, 2, 8, 9-13.


Chen, X., Liu, Z., Cao, W., Yong, C., Xing, X. (2015). Preparation, Characterization, and Antibacterial Activities of Quaternarized N-Halamin-Grafted Cellulose Fibers, *Journal of Applied Polymer Science*, 132:43, 42702.


- Cheng, X., Ma, K., Li, R., Ren, X., Huang, T. (2014). Antimicrobial Coating of Modified Chitosan onto Cotton Fabrics, *J Applied Surface Science*, 309, 138-143.
- Cheng, X., Li, R., Li, X., Umair, M.M., Ren, X., Huang, T. (2016). Preparation and Characterization of Antimicrobial Cotton Fabrics via N-halamine Chitosan Derivative/poly (2-acrylamide-2-methylpropane sulfonic acid sodium salt) Self-assembled Composite Films, *J Journal of Industrial Textiles*, 46:4, 1039-1052.
- Deng, Y.M., Wang, S.F., Wang, S.J. (2016). Study on Antibacterial and Comfort Performances of Cotton Fabric Finished by Chitosan-Silver for Intimate Apparel, *Fibers and Polymers*, 17:9, 1384-1390.
- Gao, Y., Cranston, R. (2008). Recent Advances in Antimicrobial Treatments of Textiles, *Textile Research Journal*, 78:1, 60-72.
- Gungor, A., Palamutcu, S., İkiz, Y. (2009). Pamuklu Tekstiller ve Çevre: Bir Bornozun Yaşam Döngü Değerlendirmesi, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 19:3, 197-205.
- Kalkanci, M. (2011). Antibakteriyel Özellikleri Geliştirilmiş Kumaşlardan Prototip Hastane Giysisi Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Li, L., Pu, T., Zhanel, G., Zhao, N., Ens, W., Liu, S.J.A.h.m. (2012). New Biocide with Both N-Chloramine and Quaternary Ammonium Moieties Exerts Enhanced Bactericidal Activity, *Adv. Healthcare Mater.*, 1:5, 609-620.
- Mecit, D., Ilgaz, S., Duran, D., Basal, G., Gulumser, T., Tarakcioglu, I. (2007). Teknik Tekstiller ve Kullanım Alanları-Bölüm 2, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 17:3, 154-161.
- Organization, W.H. (2014). Antimicrobial Resistance: Global Report on Surveillance, World Health Organization, France.
- Orhan, M., Kut, D., Gunesoglu, C. (2007). Use of Triclosan as Antibacterial Agent in Textiles, *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 32:1, 114-118.
- Orhan, M. (2012). Determination and Characterization of Triclosan on Polyethylene Terephthalate Fibers, *Tekstil ve Mühendis*, 19:85, 27-30.
- Pamuk, O. (2002). Cerrahi Operasyonlarda Kullanılan Giysilerin Çalışma Ortamına Uyumluluğunun Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Ristić, T., Zemljič, L.F., Novak, M., Kunčič, M.K., Sonjak, S., Cimerman, N.G., Strnad, S. (2011). Antimicrobial Efficiency of Functionalized Cellulose Fibres as Potential Medical Textiles, *Science Against Microbial Pathogens: Communicating Current Research And Technological Advances*, 6:36-51.
- Sen, A. (2005). Cerrahi Ortamda Cerrahi Personelin Giyebileceği Özel Giysi Geliştirilmesi, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Shin, H.K., Park, M., Chung, Y.S., Kim, H.-Y., Jin, F.-L., Choi, H.-S., Park, S.-J. (2013). Preparation and Characterization of Chlorinated Cross-linked Chitosan/Cotton Knit for Biomedical Applications, *J Macromolecular Research*, 21:11, 1241-1246.
- Simonic, B., Tomsic, B. (2010). Structures of Novel Antimicrobial Agents for Textiles-A Review, *Textile Research Journal*, 80:16, 1721-1737.
- Palamutcu, S., Keskin, R., Devrent, N., Sengul, M., Hascelik, B. (2009). Fonksiyonel Tekstiller II: Antimikrobiyal Tekstiller, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3:3, 95-108.
- Watzl, A. (2001). Tıbbi ve Hijyenik Amaçlı Kullanımlar İçin Nonwoven Tekstiller, *Melliand Türkiye*, 2001:1, 24-30.


## ORCID


---

*Mehmet ORHAN*  <http://orcid.org/0000-0001-8043-4148>

*Serpil KOÇ*  <http://orcid.org/0000-0002-0739-8256>

*Cüneyt ÖZAKIN*  <http://orcid.org/0000-0001-5428-3630>

*Aslı HOCKENBERGER*  <http://orcid.org/0000-0003-3659-4771>

*Melda SINIRTAŞ*  <http://orcid.org/0000-0002-0800-1249>



# Kahramanmaraş Sutcu Imam University

## Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 28.11.2018  
Kabul Tarihi : 04.04.2019

Received Date : 28.11.2018  
Accepted Date : 04.04.2019

### DC MAGNETRON PÜSKÜRTME YÖNTEMİ İLE Ag İNCE FİMLERİN GELİŞTİRİLMESİ: ÇOK İNCE Pt ARA-KATMANIN ROLÜ

### DEVELOPMENT OF Ag THIN FILMS BY DC MAGNETRON SPUTTERING METHOD: ROLE OF VERY THIN Pt INTERLAYER

*Nihan AKIN SÖNMEZ<sup>1,\*</sup>*

<sup>1</sup>Gazi Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Ankara, Türkiye

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Nihan AKIN SÖNMEZ, nihanakin@gazi.edu.tr

#### ÖZET

Bu çalışmada, ince (~ 10 nm) Ag filmleri cam alttaşlar üzerine farklı sürelerde DC magnetron püskürtme yöntemi ile kaplandı. Ayrıca Ag'nin cam yüzeyine tutunması ve iletkenliğinin iyileştirilmesine destek olması hedefi ile çok ince (~ 2 nm) Pt ara-katmanı cam yüzeyine püskürtülerek Ag/Pt/cam numuneleri üretildi. Analiz sonuçlarından, hazırlanan her bir filmin kübik yapıda, < 1 nm yüzey pürüzlülük değerine ve 5 ohm/kare'den daha düşük yüzey direncine sahip olduğu belirlendi. Ag(9nm)/Pt(2nm)/cam numunesinin 3.02 ohm/kare'lik yüzey direnci ve 0.596 nm'lik RMS yüzey pürüzlülüğü değeri ile diğer hazırlanan numunelere göre daha iyi elektriksel ve morfolojik özelliklere sahip olduğu görüldü. Pt ara-katman oluşturulmasının Ag filminin iletkenliğini artırması yanında kızılötesi yansıtıcılığını da artırdığı gözlemlendi.

**Anahtar Kelimeler:** İnce Ag film, Pt ara-katman, cam alttaş, kızılötesi yansıtıcı, magnetron püskürtme

#### ABSTRACT

In this study, thin (~ 10 nm) Ag films were deposited onto glass substrates by DC magnetron sputtering method at different sputtering durations. In addition, Ag/Pt/glass samples were also prepared by sputter very thin (~ 2 nm) Pt interlayer onto the glass surface in order to support the adhesion of the Ag to the glass surface. From the analysis results, it was determined that each prepared film has a cubic structure, surface roughness values of < 1 nm and surface resistance of less than 5 ohm/square. The Ag(9nm)/Pt(2nm)/glass sample was found to have better electrical and morphological properties compared to other prepared samples with a surface resistance of 3.02 ohm/square and RMS surface roughness of 0.596 nm. It was observed that the use of the Pt interlayer increased the conductivity and infrared reflectivity of the Ag film.

**Keywords:** Thin Ag film, Pt interlayer, glass substrate, infrared reflector, magnetron sputtering

#### GİRİŞ

İnce metal filmler; düşük yayıcı camlar (low-E glass), UV spektrumu engelleyici şeffaf iletken kaplamalar, özellikle organik güneş hücreleri için şeffaf elektrotlar ve yüzey plazmon rezonansı bazlı (SPR) biyosensörler için aktif materyal olarak kullanımları gibi bir çok önemli uygulama alanı nedeni ile dikkat çeken malzemeler arasında yer alır (Dink ve ark., 2015, Linnet ve ark., 2018, Wijaya ve ark., 2011, Salinas ve ark., 2012). Şeffaf iletken ince filmlerin modern teknolojilerdeki yaygın kullanımı ayarlanabilir ışık iletimi ve elektriksel karakteristikleri açıklayıcı mühendislik çözümleri gerektirir.

Birçok metal, özellikle gümüş (Ag), cam veya oksit kaplı cam gibi amorf yüzeyler üzerinde adacıklı yapıya sahip olarak büyümektedir (Junk, 2004) ve bu durum görünür bölgede yüksek soğurma ve kızılötesi (KÖ) bölgede düşük yansıtıcılık oluşturmaktadır. Adacıklı büyüme modu, kaplama süresince oluşan termal enerjiye bağlı olarak metal atomlarının yüzeyde kabulünün azalması, uygun potansiyel enerji noktası oluşmaması ve böylece metal atomlarının kümeleşmesi sonucunda oluşmaktadır. Diğer bir ifade ile, metal atomları ve alttaş atomlarının etkileşme enerjisi



yüksek ise adacık oluşum oranı azalacaktır. Son zamanlarda araştırmacılar, atomik kümeleşmeyi minimize edecek kaplama şartlarının (başlangıç basıncı, gaz basıncı, dönme hızı, alttaş-hedef açısı/mesafesi, alttaş sıcaklığı, kaplama süresi vb.) optimizasyonunu yaparak, çok ince gümüş katmanını film sürekliliğinde elde edilebilmek için büyük çaba sarfetmektedir (Mashaieky ve ark., 2002, Kim ve ark., 2010, Hojabri ve ark., 2017). Filmin incelenmesi sonucu yüzey direnci artacağından, iyi bir büyütme süreci ve optimizasyonu ile düşük yüzey direncinin elde edilmesi temel uğraşlar arasında yer almaktadır.

Ag ince filmlerin termal kararlılığı oluşturulduğunda cam alttaşa tutunumu başarılı ve yüksek iletkenliğe sahip film elde edilebilir. Yapılan çalışmalar, Ag filmlerin cam alttaşlara daha iyi tutunmasında Ag kaplamadan önce kalınlığı oldukça düşük olan (1-2 nm) metal tabaka oluşturmanın etkili olduğunu göstermiştir (Park ve ark., 2011, Fukuda ve ark., 2008, Akın Sönmez ve ark., 2018). Ag elektrot üretiminde özellikle çok ince Pt'nin tutunmayı artırıcı katman olduğu bilinmektedir (Yukimoto ve ark., 2013). Bununla birlikte, Al, Ni-Cr, Ti, Nb gibi ara-tabaka oluşturmanın görünür bölge geçirgenliğinde kayıp oluşturması da mümkündür (Park ve ark., 2011).

Düşük yayıcı cam üretiminde D/Ag-(MÇ)/D/Ag-(MÇ)/D (D: dielektrik katman, MÇ: Metal çekirdekleştirici) şeklinde çoklu yığınlar oluşturarak Ag'nin sandviçlenmesi ile yüksek verimlilik sağlanmaktadır. Bu sistemde Ag, KÖ spektrumun büyük bir yüzdesini (ısı enerjisi) yansıtırken, dielektrik katmanlar hem görünür ışığın yansımalarını hem de metal katmanın oksitlenmesini engeller. Yüksek iletkenliğe sahip optik olarak şeffaf Ag veya dielektrik ile sandviçlenmiş Ag elektrotlar, özellikle organik fotovoltaiik (OPV) hücrelerde İndiyum-bağımsız şeffaf elektrot olarak geliştirilmektedir (Cattin ve ark., 2013). Şeffaf elektrot üretiminin temelinde ince Ag filmi geliştirmek en önemli başarıdır. Bu elektrotların, OPV uygulamalarında, aygıt ömrünü azaltmaması için üzerlerine metal-oksit bir film kaplanması önerilmektedir (Greenbank ve ark., 2018).

Bu çalışmada, şeffaf Ag/cam ve Ag/Pt/cam ince filmleri DC magnetron püskürtme yöntemi ile oluşturularak Ag'nin cam yüzeyindeki film kalitesine ~ 2 nm kalınlıklı Pt'nin rolü araştırıldı. Bir başka ifade ile, Ag'nin film kalınlığı optimizasyonu yapıldı ve Pt'nin, Ag filminin yüzey tutunmasını artırarak film sürekliliğinde ve yüksek iletkenlikte büyümesinde iyileştiricilik rolü sağlaması hedeflendi. Filmlerin yapısal, morfolojik, optiksel ve elektriksel özellikleri XRD, AFM, UV-Vis geçirgenlik, FTIR Spektrometre ve dört nokta prob ölçümleri ile değerlendirildi.

## DENEYSEL DETAYLAR

Ag ve Ag/Pt ince filmleri 6 mm kalınlıklı cam üzerine magnetron püskürtme tekniği ile Ag için 50 W ve Pt için 30 W DC güç değerlerinde farklı sürelerde kaplanarak üretildi. Kaplama öncesi, cam alttaşlar ilk olarak yumuşak sabun çözeltilisinde temizlendi, daha sonra deiyonize su içinde iyice yıkandı. Son olarak ise 15 dakika boyunca aseton içerisinde ultrasonik banyoda bekletildi. Kaplamalarda; 2" çapında, %99.99 saflıkta Ag ve Pt metalik hedefler kullanıldı. Filmlerin üretimi süresince alttaş sıcaklığı (RT), kaplama basıncı (30 mTorr) dönme hızı (3 rpm), hedef- numune arası mesafe (12 cm) gibi kaplamayı etkileyebilecek parametreler sabit tutuldu. Filmlerin kalınlıkları büyütme süresince içeride bulunan kalınlık ölçer ile takip edildi ve numuneler dışarı çıkartıldığında kalınlıkları Dektak 150 profilometre kullanılarak teyit edildi. Cam üzerine 50, 40 ve 35 sn'de kaplanan Ag (sırasıyla, S1, S2 ve S3), Ag(40sn)/Pt(30sn) ve Ag(35sn)/Pt(30sn) (sırasıyla S4 ve S5) filmlerinin kaplama süresi ve kalınlık bilgileri Tablo 1'de görülmektedir.

**Tablo 1.** Geliştirilen Filmlerin Kaplama Süreleri ve Kalınlıkları

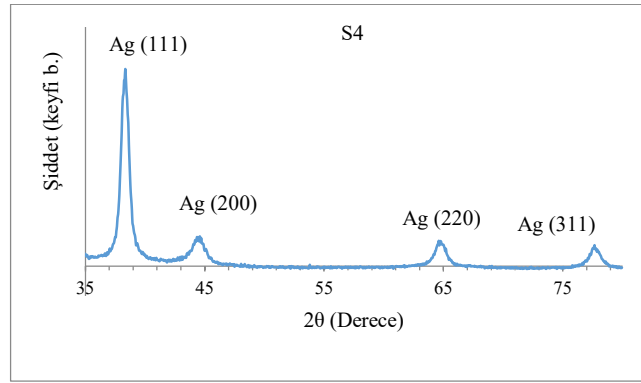
Numune kodu ve yapısı	Ag kaplama süresi (sn)	Pt kaplama süresi (sn)	İnce film kalınlığı (nm)
S1(Ag/cam)	50	-	13
S2(Ag/cam)	40	-	9
S3(Ag/cam)	35	-	7.5
S4(Ag/Pt/cam)	40	30	11
S5(Ag/Pt/cam)	35	30	10

Ag filmlerin yapısal özellikleri düşük-açılı XRD tekniği ile CuK $\alpha$  kaynağı ( $\lambda = 1.7458 \text{ \AA}$ ) kullanılarak ölçülen kırınım pikleri yardımı ile değerlendirildi. Filmlerin yüzey morfolojileri yüksek performanslı AFM (hp-AFM) cihazı ile incelendi. Tüm AFM ölçümleri dinamik modda oda sıcaklığında alındı. Filmlerin yüzey pürüzlülüğünün karekök ortalaması (RMS), AFM görüntülerinden,  $RMS(nm) = [\sum(Z_i - Z_{ave})^2/N]^{1/2}$  eşitliği kullanılarak hesaplandı. Burada  $Z_i$ ,  $Z'$ 'nin akım değeri,  $Z_{ave}$  tarama alanında  $Z'$ 'nin ortalama değeri ve N ise nokta sayısıdır. Filmlerin optik

geçirgenlik ve KÖ yansıtıcılık spektrumları 200-2500 nm aralığında UV-Vis-NIR spektrometre (Perkin Elmer Lambda 1050) ile ölçüldü. Filmlerin yüzey direnci ölçümleri Lakeshore Hall Etkisi sistemi kullanılarak dört nokta prob tekniği ile gerçekleştirildi.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Cam üzerine büyütülen Ag filmleri (S1, S2, S3) ile 40 ve 35 sn sürede (S2 ve S3 numuneleri ile aynı) 30 sn süreyle kaplanan Pt üzerine büyütülen Ag/Pt/cam (S4 ve S5) numunelerinin yapısal, morfolojik ve elektro-optik özellikleri değerlendirildi. Geliştirilen tüm Ag filmlerin kristallik özelliği taşıdığı ve sürekli film kalitesinde olduğu Şekil 1’de bir örnek olarak verilen Ag/Pt/cam yapısının XRD kırınım deseninden görülmektedir.  $2\theta = 38.25, 44.38, 64.58$  ve  $77.66$  derecelerde sırasıyla (111), (200), (220) ve (311) düzlemlerine karşılık gelen Ag kırınım pikleri mevcuttur. Kırınım pik pozisyonları, büyütülen Ag filmlerin kübik faza sahip olduğunu göstermektedir (Wang ve ark., 2010). Bununla birlikte, oldukça ince kalınlıkta olmasından ötürü Pt’nin XRD deseninde görülmemesi beklenen bir sonuçtur.



Şekil 1. Ag/Pt/cam Yapısının XRD Kırınım Deseni

Farklı kaplama sürelerinde üretilen Ag filmleri (S1, S2 ve S3) ile aynı kalınlığa sahip (~ 2 nm) Pt ara-katmanı üzerine farklı sürelerde üretilen Ag filmlerin (S4 ve S5) yüzey pürüzlülük ve yüzey dirençleri Tablo 2’de görülmektedir.

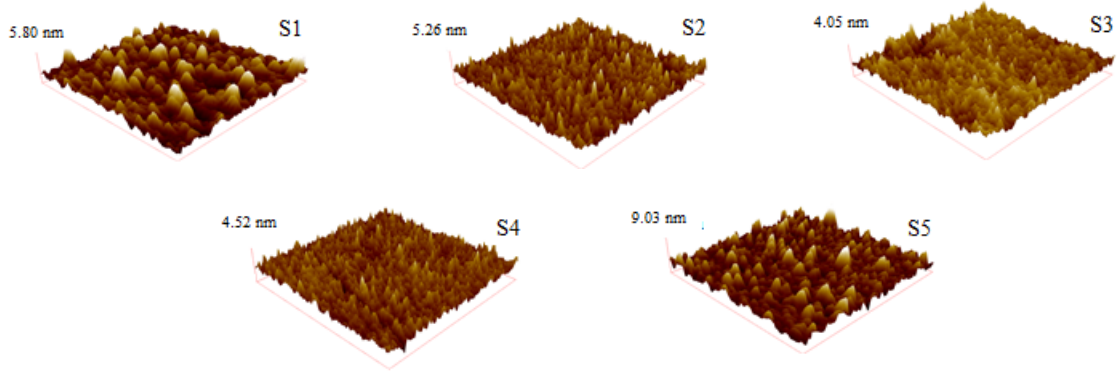
Tablo 2. Filmlerin Yüzey Pürüzlülüğü ve Yüzey Dirençleri

Numune kodu	Yüzey pürüzlülüğü (nm)	Yüzey direnci (ohm/kare)
S1	0.757	4.83
S2	0.576	5.45
S3	0.500	5.52
S4	0.596	3.02
S5	0.584	3.22

S1, S2 ve S3 numunelerinde, beklenildiği gibi, Ag kalınlığının artması ile filmlerin yüzey direnci azalmıştır. Diğer bir ifade ile, metal ince filmlerin kalınlıklarının artması dirençlerinin azalmasına yol açar. Ag kalınlığı (13 nm) en fazla olan S1 (Ag/cam) numunesinin yüzey direnci 4.83 ohm/kare olarak ölçülmüştür. Bu kalınlığa en yakın S4 (Ag/Pt) numunesinin (11 nm) yüzey direnci ise 3.22 ohm/kare değerine sahiptir. S4 filminin kalınlığının S1’den daha düşük olmasına rağmen yüzey direncinin düşük olması, 2 nm civarındaki Pt ara-katmanının Ag film iletkenliğini oldukça iyileştirdiğini göstermektedir. Geliştirilen filmler için elde edilen düşük direnç değerleri, Ag/cam filmlerinin süreklilikle büyütüldüğünü göstermekte ve çok ince Pt ara-katmanının ise Ag/Pt/cam filminin, hedeflendiği şekilde, iletkenliğini artırdığı anlaşılmaktadır.

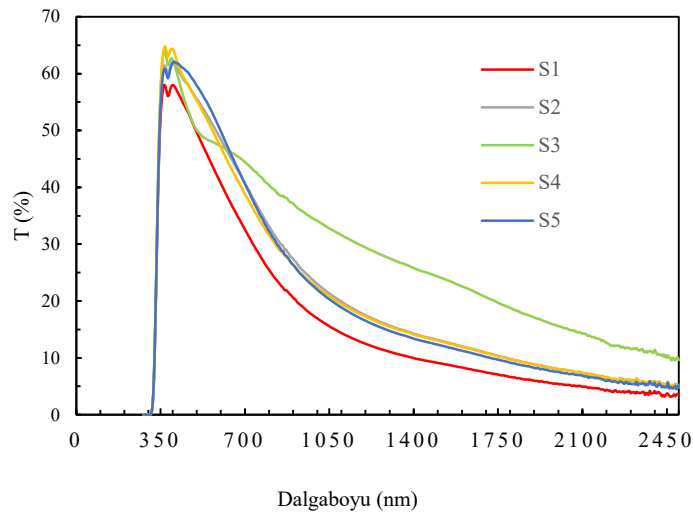
Üretilen Ag filmlerin her birinin  $3 \times 3 \mu\text{m}^2$ ’lik alandaki AFM görüntüleri Şekil 2’de görülmektedir. Görüntülerden Ag ince filmlerin homojen, düzgün ve çatlaksız olduğu anlaşılmaktadır. Bununla birlikte, S1, S2 ve S3 numuneleri kendi aralarında kıyaslandığında Ag kalınlığı (13 nm) en fazla olan S1 (Ag/cam) numunesinin yüzey pürüzlülüğü de beklenildiği gibi 0.757 nm ile en fazla olanıdır. Ayrıca, S2-S4 ve S3-S5 numuneleri de kendi aralarında kıyaslandığında (S4 ve S5 sırasıyla S2 ve S3 numunelerinin ~ 2 nm Pt ara-katmanlı durumlarıdır) oluşturulan Pt ara-katmanının filmlerin yüzey pürüzlülük değerlerini çok düşük miktarlarda artırdığı görüldü. Yüzey pürüzlülüğünün

artması ile yüzey direncinde oluşan azalma, büyütülen filmlerin partikül büyüklüğünün, diğer bir ifade ile kristal kalitesinin artması ile açıklanabilir.



Şekil 2. Ag Filmlerin AFM Yüzey Görüntüleri

Metal yüzeylerde, yüzey pürüzlülüğü, yüksek görünür yansıma elde etmek için önemli bir faktördür. Başka bir ifade ile, düz yüzeyli numunelerin yüksek yansımalara yol açması beklenir. Tablo 2'den görüldüğü gibi numunelerin yüzey pürüzlülüklerinin Pt ara-katmanı varlığında artması görünür bölge geçirgenliğini artırıcı özellik sağlar. Ayrıca, filmlerin görünür bölge geçirgenliğinin film kalınlığı ile ters orantılı, KÖ yansıtıcılığının ise yüzey direnci ile ters, kalınlık ile doğru orantılı olduğu bilinmektedir (Hagen ve ark., 1903). Bu temel bilgiler doğrultusunda, filmlerin Şekil 3'de verilen optik geçirgenlik spektrumu dikkate alındığında en kalın olan S1 (Ag/cam) numunesinin KÖ geçirgenliğinin en az olduğu görülmektedir. Ancak, beklenildiği gibi filmin kalınlığının (13 nm) görünür bölge geçirgenliğini de azalttığı anlaşılmaktadır. Bununla birlikte, yüzey direnci en düşük olan S4 (Ag/Pt) numunesinin KÖ geçirgenliğinin S1 numunesine yakın olduğu, bununla birlikte görünür geçirgenliğinin ise en yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca, hem çok ince (7.5 nm) olmasından hem de 5.52 ohm/kare gibi yüksek yüzey direncinden ötürü S3 numunesinin KÖ optik geçirgenliği, beklendiği gibi, diğer numunelere göre daha yüksektir.



Şekil 3. Ag Filmlerin Optik Geçirgenlik Spektrumları

Yapılan elektriksel ve optiksel analizler neticesinde Ag(9 nm)/Pt(2 nm)/cam (S4) numunesinin 3.02 ohm/kare yüzey direnci ve %64 görünür bölge geçirgenlikli olarak üretiminin başarılı olduğu görülmektedir. Ayrıca, S5 numunesi ile %62 görünür geçirgenlik ve ortalama %90 KÖ yansıtıcılık elde edilmesi, kullanılan malzeme miktarı avantajı sağlaması açısından önemli görülmektedir. Bu avantaj özellikle enerji verimli (düşük yayıcı) cam üreticileri için önemli bir ekonomik kazanç oluşturabilecektir. Park ve ark., 2011 yılında hazırladıkları Ag(9 nm)/Ta(1 nm)/cam yapısının görünür bölge geçirgenliğini %61 ve yüzey direncini 8.2 ohm/kare olarak buldular. Son zamanlardaki çalışmalara bakıldığında, Miao ve ark., 2014 yılında RF püskürtme tekniği ile oluşturdukları Ag(10nm)/cam filmi için 65.7 ohm/kare değerinde çok yüksek sayılabilecek yüzey direnci elde ettiler. Ag(15nm)/AZO(30nm)/cam için ise 3.8 ohm/kare yüzey direnci ve %63 civarında görünür geçirgenlik, %85 civarında KÖ yansıtıcılık değerlerine

ulaştılar. Bu çalışmada kullanılan filmlerin Ag kalınlığı, elektriksel ve optik özelliklerine kıyasla çalışmamızda elde edilen elektriksel ve optik değerlerin daha iyi nitelikte olması nedeni ile 2 nm Pt ara-katmanlı 10-11 nm Ag filmi geliştirmenin avantajlı olduğu görülmektedir. Ayrıca, Huang ve ark., 2018 yılında Cu metal tabaka (katman) oluşturmadan Ag'nin direk katılanması ile, 6 nm kalınlıklı Ag(Cu) filmleri şeffaf (%80 geçirgen) ve iletken (14.1 ohm/kare) olarak başardıkları görülmektedir. Ancak, yüzey dirençlerinin yüksek olması, özellikle düşük yayıcı cam uygulamaları için bir dezavantaj oluşturmaktadır. Literatür açısından bakıldığında, bu çalışmada elde edilen Ag/cam ve özellikle Ag/Pt/cam numunelerin oldukça iyi iletkenliğe sahip olmaları sayesinde KÖ yansıtıcılıklarının çok yüksek (ortalama %90) olması avantajına sahip oldukları görülmektedir. Bununla birlikte %60 dolayında olan görünür geçirgenliklerinin %80-90 civarına Ag'nin üstüne AZO, TiO<sub>2</sub> gibi metal-oksit yansıma önleyici ince tabaka oluşturulması ile artırılabilceği düşünülmektedir.

Ayrıca, filmlerin alttaş yüzeyine tutunmalarında standart hale gelen, bant testi (Standard Test Methods, 2017) geliştirilen filmlere uygulandı. Ag'nin cam üzerine büyütüldüğü Ag/cam yapılarının, Ag kalınlığı azaldıkça yüzeyden kalkma eğiliminde oldukları, bant yüzeyine Ag partiküllerinin yapışmış olması ve bazı bölgelerden filmin kalkması ile gözlemlendi. Bununla birlikte, ~ 2 nm Pt çok ince ara-katmanın kullanıldığı Ag/Pt/cam numunelerinin bant testinden başarılı olarak geçtiği belirlendi.

## SONUÇLAR

Bu çalışmada, cam üzerine DC magnetron püskürtme tekniği ile çok ince Ag filmleri, ~ 2 nm kalınlıklı Pt ara-katmanlı ve ara-katmansız olarak geliştirildi. Geliştirilen Ag filmlerin, Pt ara-katman sayesinde iyi iletkenlik, yüksek görünür geçirgenlik ve KÖ yansıtıcılık niteliklerine sahip oldukları belirlendi. Bu nitelikler, geliştirilen filmlerin, enerji verimli cam uygulamalarında düşük yayıcı metal film ve elektro-optik aygıtlar için şeffaf elektrot olarak kullanılabilir olduğunu göstermektedir.

## TEŞEKKÜR


Gerekli deneysel çalışmaları yapmama imkan veren Gazi Üniversitesi Fotonik Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne teşekkür ederim.

## KAYNAKLAR

- Akın Sonmez, N., Donmez, M., Comert, B., Ozcelik, S. (2018). Ag/M-seed/AZO/glass structures for low-E glass: Effects of metal seeds, *International Journal of Applied Glass Science*, 9(3), 383-391.
- Cattin, L., Bernède, J.C., Morsli, M. (2013). Toward indium-free optoelectronic devices: Dielectric/metal/dielectric alternative transparent conductive electrode in organic photovoltaic cells, *Pysica Stat. Sol. A*, 210(6), 1047-1061.
- Ding, G., Clavero, C., Schweigert, D., Le, M. (2015). Thickness and microstructure effects in the optical and electrical properties of silver thin films, *AIP Advances*, 5(11), 117234.
- Fukuda, K., Lim, S.H., Anders, A. (2008). Coalescence of magnetron-sputtered silver islands affected by transition metal seeding (Ni, Cr, Nb, Zr, Mo, W, Ta) and other parameters, *Thin Solid Films*, 516, 4546-4552.
- Greenbank, W., Hirsch, L., Chambon, S. (2018). Electrode de-wetting as a failure mechanism in thermally-aged OPV devices, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 178, 8-14.
- Hagen, E., Uber Rubens, H. (1903). "Beziehungen des Reflexions-und Emissionsvermögens der Metalle zu ihrem elektrischen Leitvermögen, *Ann Phys.* 316, 873-901.
- Hojabri, A., Kavyani, Z., Ghoranneviss, M. (2017). Effect of substrate temperatures on structural and morphological properties of nano-crystalline silver thin films grown on silicon substrates, *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, 27(1), 53-60.
- Huang, J., Liu, X., Lu, Y., Zhou, Y., Xu, J., Li, J., Tan, R. (2018). Seed-layer-free growth of ultra-thin Ag transparent conductive films imparts flexibility to polymer solar cells, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 184, 73-81.
- Jung, Y.S. (2004). Study on texture evolution and properties of silver thin films prepared by sputtering deposition, *Applied Surface Science*, 221(1-4), 281-287.

- Kim, W.M., Ku, D.Y., Lee, K.S., Cheong, B. (2010). Effect of oxygen content and deposition temperature on the characteristics of thin silver films deposited by magnetron sputtering, *Applied Surface Science*, 257(4), 1331-1336.
- Linnet, J., Walther, A.R., Wolff, C., Albrektsen, O., Mortensen, N.A., Kjelstrup-Hansen, J. (2018). Transparent and conductive electrodes by large-scale nano-structuring of noble metal thin-films, *Optical Materials Express*, 8(7), 1733-1746.
- Mashaieky, J., Shafieizadeh, Z., Nahidi, H. (2002). Effect of substrate temperature and film thickness on the characteristics of silver thin films deposited by DC magnetron sputtering, *The European Physical Journal-Applied Physics*, 60(2), 20301.
- Miao, D., Jiang, S., Zhao, H., Shang, S., Chen, Z. (2014). Characterization of AZO and Ag based films prepared by RF magnetron sputtering, *Journal of Alloys and Compounds*, 616, 26-31.
- Park, S.H., Lee, K.S., Reddy, A.S. (2011). Low emissivity Ag/Ta/glass multilayer thin films deposited by sputtering, *J Appl Phys.* 110(6), 063508.
- Salinas, J.F., Yip, H.L., Chueh, C.C., Li, C.Z., Maldonado, J.L., Jen, A.K.Y. (2012). Optical design of transparent thin metal electrodes to enhance in-coupling and trapping of light in flexible polymer solar cells, *Advanced Materials*, 24(47), 6362-6367.
- Standard Test Methods for Pressure-Sensitive Adhesive-Coated Tapes Used for Electrical and Electronic Applications, ASTM International, (2017). West Conshohocken, PA, ASTM D1000-17, www.astm.org (27.11.2018)
- Wang, P., Huang, B., Lou, Z., Zhang, X., Qin, X., Dai, Y., Zheng, Z., Wang, X. (2010). Synthesis of highly efficient Ag-AgCl plasmonic photocatalysts with various structures, *Chemistry-A European Journal*, 16(2), 538-544.
- Wijaya, E., Lenaerts, C., Maricot, S., Hastanin, J., Habraken, S., Vilcot, J.P., Boukherroub, R., Szunerits, S. (2011). Surface plasmon resonance-based biosensors: From the development of different SPR structures to novel surface functionalization strategies, *Current Opinion in Solid State and Materials Science*, 15(5), 208-224.
- Yukimoto, N., Tsutsui, M., He, Y., Shintaku, H., Tanaka, S., Kawano, S., Kawai, T., Masateru, T. (2013). Tracking single-particle dynamics via combined optical and electrical sensing, *Sci Rep.*, 3, 1855, 1-7.

## ORCID

Nihan AKIN SÖNMEZ  <https://orcid.org/0000-0002-2609-9657>