

TEKSTİL TEKNOLOJİLERİNDE YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR

Editor
Ayşe Özkal



BİDGE Yayınları

TEKSTİL TEKNOLOJİLERİNDE YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR

Editör: Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Özkal

ISBN: 978-625-372-503-7

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 25.12.2024

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya /
Ankara



İçindekiler

Elektro Eğirme Yöntemiyle Nanoliflerde Zeytinyağı ve Zeytin Yaprakı Ekstraktının Kullanımı: Literatür ve Güncel Uygulamalar	4
Ayşe ÖZKAL	4
Polyester Kumaşların Aşırı Kopolimerizasyon ile Fonksiyonelleştirilmesi	40
Şeyma YALÇIN TURAN	40
Ali KARA.....	40
Dokuma Kumaş Hatalarının İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri İle Değerlendirilmesi.....	66
Bilge BERKHAN KASTACI.....	66
Dokusuz Yüzeylerin Akustik Özellikleri ve Akademik Çalışmalar	85
Ayşe ÖZKAL	85
Funda CENGİZ ÇALLIOĞLU	85

BÖLÜM I

Elektro Eğirme Yöntemiyle Nanoliflerde Zeytinyağı ve Zeytin Yapraklı Ekstraktının Kullanımı: Literatür ve Güncel Uygulamalar

Ayşe ÖZKAL¹

Giriş

Bu derleme, zeytinyağı ve zeytin yapraklı ekstraktının elektro eğirme sürecindeki temel unsurlarını ele almayı amaçlamaktadır. Zeytinyağı ve zeytin yapraklı ekstraktı, üstün tıbbi ve fonksiyonel özellikleriyle bilinir. Çalışma, elektro eğirme yöntemi ile nanoliflere zeytinyağı veya ekstraktın başarılı bir şekilde yüklenmesi için mevcut araştırmalarda kullanılan polimerleri, süreç parametrelerini ve spesifik teknikleri analiz etmeyi hedeflemektedir. Bu kritik faktörlerin belirlenmesiyle derleme, üstün özelliklerine rağmen literatürde yeterince araştırılmadığı düşünülen zeytinyağı ve zeytin yapraklı ekstraktı nanolifleri ile ilgili gelecekteki deneysel çalışmalar

¹ Dr., Ayşe ÖZKAL, Pamukkale University, Engineering Faculty, Textile Engineering Department, Denizli/Türkiye, Orcid: 0000-0003-1294-7106 ayseozkal1940@gmail.com

için bir yol haritası sunarak, malzemelerin, katkı maddelerinin ve optimum lif üretimi için gerekli elektro eğirme koşullarının seçimine rehberlik edecektir.

2. Nanolifler ve Nanolif Üretim Yöntemleri.

Nanolifler, genellikle 100 nanometrenin altında çaplara sahip, nanometre ölçeğinde son derece ince liflerdir. Yüksek yüzey alanı/hacim oranı, gelişmiş mekanik dayanım ve mükemmel geçirgenlik gibi ayırt edici özelliklere sahiptirler. Bu benzersiz özellikler, nanoliflerin filtreleme, doku mühendisliği, ilaç taşıma ve koruyucu giysiler gibi çeşitli alanlarda son derece değerli olmasını sağlamakta; üstün nitelikleri, performansın ve verimliliğin artmasına katkıda bulunmaktadır (Jadhav & Tasgaodhar, 2023).

Nanoliflerin üretimi için çeşitli teknikler mevcuttur. Polimerik nanoliflerin üretiminde etkili yöntemler arasında çekme, şablon sentezi, faz ayırma, kendiliğinden düzenlenme, yaş çekim, eriyik çekim ve elektro eğirme yer almakta olup, elektro eğirme en yaygın kullanılan yöntemlerden biri olarak öne çıkmaktadır (El-Aassar & ark., 2021).

2.1. Elektro Eğirme Yöntemi ile Nanolif Üretimi

Elektro eğirme, elektriksel kuvvetleri kullanan bir teknik olup, nanolif üretiminde en yaygın kullanılan yöntemler arasında yer almaktadır (Özkal, Çallıoğlu & Akduman, 2020). Bu yöntem, yüksek özgül yüzey alanına ve üç boyutlu gözenekli ağ yapısına sahip nanolifli yapılar oluşturabilen basit, uyarlanabilir ve maliyet açısından verimli bir süreçtir (El-Aassar & ark., 2021). Elektro eğirme, 1930' larda Formhals Anton'un bu yöntemi kullanarak nanolif üretmesiyle gelişmeye başlamıştır.

Şırınga pompası

Polimer çözeltisi

Toplayıcı

Yüksek güç kaynağı

Şekil 1’de şematize edilen yöntem, nanolif üretimi için sıklıkla kullanılan bir teknik olup, yüksek gerilim altındaki bir polimer çözeltisinin ince bir jet haline getirilmesiyle çalışmaktadır.

--6--

ulaşmadan önce buharlaşır ve rastgele yönlendirilmiş ince polimerik lifler oluşur. Metalik plakalar ve elektrotlar dahil olmak üzere çeşitli toplayıcı tipleri, liflerin morfolojisinin ve yapılarının özelleştirilmesine olanak tanır. Bununla birlikte, sıcaklık ve bağlı nem gibi sabit çevresel koşullar altında, elektro eğirme sırasında optimize edilmesi gereken proses parametreleri kritik bir rol oynar. Proses parametreleri arasında uygulanan voltaj, polimer besleme hızı ve iğne ile toplayıcı arasındaki mesafe yer alır. Polimer zeltisinin konsantrasyonu, viskozitesi, iletkenliği ve çözücünün uçuculuğu da önemli parametrelerdir (Osanloo ve & ark., 2020).

Elektro eğirme, filtreleme, tıbbi cihazlar, havacılık, enerji ve sağlık gibi çeşitli tüketicilerde uygulamaları için farklı türlerde nanolifler üretmek amacıyla kullanılmaktadır. Son yıllarda, nanolifler yara örtüleri, diyabet yönetimi, kanser tedavileri, doku mühendisliği ve ilaç taşıma sistemleri gibi tıbbi alanlarda olağanüstü bir potansiyel sergilemiştir.

Tıbbi uygulamalardaki bu başarılarının yanı sıra, nanolifler enerji sektöründe de geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bataryalar, süperkapasitörler, güneş panelleri ve nano jeneratörler gibi cihazlarda kullanımları, enerji toplama verimliliği, dönüşüm oranları, dayanıklılık ve güç yoğunluğu gibi özellikleri önemli ölçüde artırmaktadır (Reddy & ark., 2021). Nanoliflerin birçok endüstriyel uygulaması arasında, tıbbi alanlardaki kullanımları en umut verici olanlar arasında değerlendirilmektedir (El-Aassar & ark., 2021).

2.2. Elektro Eğirme Yöntemiyle Nanolif Üretiminde Katkı Malzemelerinin Kullanımı

Elektro eğirme süreci sırasında, çözelti özelliklerini değiştirmek, lif oluşumunu geliştirmek (Li & Xia, 2004) ve belirli fonksiyonel özellikler kazandırmak amacıyla polimer matrise çeşitli katkı maddeleri entegre edilebilir. Bu katkılar, nanoliflere farklı alanlardaki uygulamaların gereksinimlerini karşılamak için gelişmiş mekanik dayanım, termal kararlılık, antimikrobiyal aktivite ve iletkenlik gibi özellikler kazandırır (Kumari, 2023).

Katkı maddelerinin seçimi, nihai nanolif ürününün hedeflenen özelliklerine bağlı olarak dikkatle yapılır (Kumari, 2023). Örneğin, nanopartiküllerin dahil edilmesi, biyomedikal ve enerjiyle ilgili uygulamalarda nanoliflerin fonksiyonelliğini önemli ölçüde artırılabilir. Bunun yanı sıra, seçilen katkı maddelerinin özellikleri, nanoliflerin morfolojisini ve genel performansını belirgin şekilde etkiler. Örneğin, hidrofobik katkı maddeleri su direncini artırabilirken, antimikrobiyal ajanlar biyomedikal uygulamalarda enfeksiyon önleme için uygundur (Kumari, 2023).

2.2.1. Elektro Eğirme Yöntemiyle Nanolif Üretiminde Bitkisel Yağ ve Ekstraktların Katkı Malzemesi Olarak Kullanımı

Son yıllarda, biyoaktif doğal bileşikler katkı maddesi olarak içeren nanolifler, özellikle biyomedikal ve doku mühendisliği uygulamalarında önemli bir ilgi görmüştür. Bu ilginin artmasında, bitki kaynaklı doğal bileşiklerin sahip olduğu geniş biyolojik aktiviteler belirleyici olmuştur. Bu bileşikler, çeşitli biyoteknolojik amaçlarla değerlendirilen antioksidan, antimikrobiyal ve anti-enflamatuar özellikleriyle dikkat çekmektedir (Bayraktar & ark., 2017).

Bitkisel yağlar, sabit ve uçucu yağlar olarak sınıflandırılır. Sabit yağlar uçucu değilken, uçucu yağlar oda sıcaklığında kolayca buharlaşabilir. Her bir yağın benzersiz bileşimi ve kimyasal yapısı, bu yağları nanoliflerin fonksiyonelliğini artırmak için polimer çözeltilerinde en sık kullanılan doğal katkı maddelerinden biri haline getirir (Ribeiro & ark., 2022). Benzer şekilde, bitki ekstraktları, tohum, yaprak, gövde ve çiçek gibi farklı bitki kısımlarından elde edilen biyomolekülleriyle, doğal tıbbi özellikleri sayesinde nanolif teknolojilerinde değerli bir katkı sağlar (Uddin & ark., 2024).

Bitkisel yağlar ve bitki ekstraktlarının polimer çözeltilerine dahil edilmesi, yalnızca nanoliflerin fonksiyonel özelliklerini geliştirmekle kalmaz, aynı zamanda biyoaktif bileşiklerin stabilitesini ve etkili iletimini sağlar (Zambak & ark., 2022). Nanoliflerin yüksek yüzey alanı/hacim oranı, bu biyoaktif bileşiklerin etkili enkapsülasyonunu ve kontrollü salınımını kolaylaştırır (Kwon & ark., 2023). Ayrıca, nanolif matrisleri, sabit ve uçucu yağları hızlı bozunma, buharlaşma ve sitotoksik etkilerden koruyarak biyoaktif özelliklerini muhafaza etmelerine olanak tanır (Priyanto & ark., 2022). Nanolif yapısı, bu yağların termal stabilitesini artırma potansiyeline de sahiptir (Mori & ark., 2015).

2.2.2. Elektro Eğirme Yöntemiyle Nanolif Üretiminde Zeytin Yağı ve Zeytin Yaprak (Oleuropein) Ekstraktının Katkı Malzemesi Olarak Kullanımı

Zeytinyağı, 1.400 yıl öncesine kadar tarihsel belgelerde tıbbi faydalarıyla öne çıkmış ve içerdiği biyolojik olarak aktif bileşenler sayesinde olağanüstü sağlık yararları sunmaktadır. Özellikle Orta Doğu'da yüksek bir değer taşıyan zeytinyağı, tıbbi ve kozmetik alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Amna & ark., 2014). Zeytinyağı, yüksek oranda tekli doymamış yağ asidi, E vitamini ve

hidroksitirosol, tirozol, oleuropein, 1-asetoksipinoresinol ve (+)-pinoresinol gibi güçlü antioksidan özelliklere sahip fenol bileşenleri içermektedir. Tıbbi kullanımları arasında kesiklerin ve 1. ve 2. derece yanıkların tedavisi yer alırken, antioksidan maddelerin varlığı sayesinde UVA ve UVB ışınlarına maruz kalma sonucu oluşan cilt hasarını önlemektedir. Ayrıca, güneş kaynaklı cilt kanserine karşı koruma sağlamakta ve ciltteki geçirgenlik bariyerini yeniden oluşturarak nem kaybını önlemektedir. Bununla birlikte, hidrofobik özellikleri nedeniyle zeytinyağı, hidrofilik çözeltilerde çözünemez, bu da bazı uygulamalarda sınırlamalar yaratır (Zarghami & ark., 2015).

Zeytinyağında doğal olarak bulunan oleuropein, güçlü antioksidan özelliklere sahiptir ve sızma zeytinyağının antioksidan aktivitesinin temel kaynağıdır (Amna & ark., 2014). Zeytin yaprağı ekstraktları ise daha yüksek oleuropein konsantrasyonları içerir ve zengin fenolik içeriği sayesinde virüslere, bakterilere ve mantarlara karşı etkilidir (Nediani & ark., 2019). Temel olarak, zeytin yaprağı 5 grup aktif bileşen içerir: oleuropeosidler, flavonlar, flavonoller, flavan-3-oller ve fenolik asitler. Bu bileşenler, zeytin yaprağı ekstraktını, antimikrobiyal ve tedavi edici özellikleriyle tıbbi ve kozmetik uygulamalarda değerli bir seçenek haline getirmektedir (Doğan & ark., 2016).

Oleuropein, antioksidan, anti-enflamatuar ve antibakteriyel özellikleri sayesinde yara iyileşmesinde etkili bir alternatif madde olarak öne çıkar. Ayrıca, düşük toksisite seviyeleriyle ticari ilaçlara doğal bir alternatif sunar (Bayraktar & ark., 2017; Turan & ark., 2024).

3. Literatür İncelemesi: Elektro Eğirme Yöntemiyle Nanolif Üretiminde Zeytinyağı ve Zeytin Yaprığı (Oleuropein) Ekstraktının Katkı Malzemesi Olarak Kullanıldığı Çalışmalar

3.1. Çalışmanın Başlangıcı ve Literatür Taraması

Bu çalışmanın başlangıcında, elektro eğirme yöntemiyle nanolif üretiminde zeytinyağının katkı malzemesi olarak kullanımı incelenmek istenmiştir. Ancak yapılan literatür taraması sonucunda, yalnızca zeytinyağının kullanıldığı nanolif üretimi çalışmalarının oldukça sınırlı olduğu görülmüştür. Bu durum, zeytin yaprağı ekstraktı gibi diğer zeytin türevlerinin nanolif uygulamalarındaki potansiyelini değerlendirme gerekliliğini ortaya koymuş ve bu tür çalışmalar da araştırma kapsamına dahil edilmiştir.

Literatür taraması, Google Akademik veri tabanı ile yapay zeka destekli literatür tarama araçları olan “Consensus”, “Scite” ve “SciSpace” kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ancak, bu araçlar aracılığıyla taranan makalelerin birçoğunda yanlış bilgi, eksik referanslar ve tutarsızlıklar tespit edilmiştir. Bu durum, literatür taramasının güvenilirliği için Google Akademik'e odaklanılmasını gerekli kılmıştır.

Bu kapsamda, literatür taramasında kullanılan anahtar kelimeler şunlardır:

- "oleuropein nanofibers"
- "olive oil loaded nanofibers"
- "olive leaf extract electrospun fibers"
- "olive oil" AND "nanofibers"
- "oleuropein" AND "antimicrobial activity"
- "olive leaf extract" AND "electrospun fibers"

- "antibacterial" AND "olive oil" AND "nanofibers"

3.2. Literatür Taraması Sonucunda Elde Edilen Çalışmalara Ait Detaylı Özetler

Literatür taraması sonucunda, elektro eğirme yöntemiyle nanolif üretiminde zeytinyağı ve zeytin yaprağı ekstraktı kullanımına ilişkin yapılan çalışmalara ait özet bilgiler, her makale için ayrı ayrı sunulmuştur. İncelenen çalışmalar, nanolif yapısına zeytinyağı veya zeytin yaprağı ekstraktı katkılanmasının morfolojik, mekanik ve işlevsel etkilerine odaklanmıştır.

Bu bağlamda, çalışmalardan elde edilen veriler altı ana başlık altında sınıflandırılmış ve maddeler halinde aşağıda özetlenmiştir.

İncelenen Ana Başlıklar:

1. **Kullanılan Polimer ve Malzemeler:** Çalışmada kullanılan temel polimerler, çözücüler, katkı malzemeleri ve bunların oranları detaylandırılmıştır.
2. **Çözelti Hazırlama Süreci:** Polimer ve katkı malzemelerinin çözeltiye eklenme süreçleri, kullanılan karıştırma yöntemleri ve süreleri ele alınmıştır.
3. **Proses Parametreleri:** Elektro eğirme işlemi sırasında uygulanan gerilim, iğne-çalışma mesafesi, besleme hızı gibi parametreler değerlendirilmiştir.
4. **Çalışmanın Amacı:** Çalışmanın odaklandığı bilimsel ve teknik hedefler açıklanmıştır.
5. **Çalışmanın Sonuçları:** Nanoliflerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ile katkı malzemelerinin bu özelliklere etkileri özetlenmiştir.

6. **Çalışma Esnasında Karşılaşılan Zorluklar:** Nanolif üretim sürecinde yaşanan problemler ve bu problemlerin üstesinden gelme yöntemleri paylaşılmıştır.

Her bir makale, belirlenen başlıklar doğrultusunda detaylı olarak incelenmiş ve sonuçlar, zeytinyağı ve zeytin yaprağı ekstraktı katkılanmasının nanolif yapısı, üretim süreçleri ve özellikleri üzerindeki etkilerini ortaya koymak amacıyla titizlikle değerlendirilmiştir

Sivri & ark. (2013) Tarafından Yapılan Çalışma

Detaylı Özet - "Production Of Bicomponent Gelatin/Olive Oil Nanofibers for Biomedical Applications Using Coaxial Spinneret"

Kullanılan Polimer ve Malzemeler

- **Polimer:**
 - *Tip:* Jelatin (Type A), Sigma-Aldrich
- **Diğer Malzemeler:**
 - *Zeytinyağı:* %10 oranında kullanıldı (Jelatin:Zeytinyağı oranı = 9:1)
 - *Çözücü:* Asetik asit (%80) ve saf su (%20) karışımı
 - *Yüzey Aktif Madde:* Spun 20 (%0.1 ml/10 ml çözelti)

Çözelti Hazırlama Süreci

Kıyaslama amacıyla iki farklı yöntem ile nanolif üretimi yapıldı. Bikomponet (çift bileşenli) nanolifler hem çift bileşenli bir çözelti hazırlanarak hem de jelatin polimeri ile zeytinyağının farklı besleme oranlarında koaksiyel (eş eksenli) iğne düzeneği kullanılarak üretilmiştir.

- ***Jelatin Çözeltisi:***

- 10 g jelatin, %10 (ağırlıkça), %80 asetik asit (ağırlıkça) ve 20 ml saf su karışımında çözüldü.
- Çözelti 6 saat boyunca manyetik karıştırıcıda karıştırıldı.
- Karışım oda koşullarında bir gece dinlendirildi.

- ***Bikomponent Çözelti (Jelatin/zeytin yağı çözeltisi) Hazırlama:***

- 18 ml jelatin çözeltisine 2 ml zeytinyağı eklendi ve toplam 20 ml çözeltide oran **1:9 (zeytin yağı/jelatin)** olarak ayarlandı.
- Çözeltinin homojen dağılımı için yüzey aktif madde Spun 20 eklendi (10 ml çözelti için 0,1 ml Spun 20).İyice karıştırıldı.
- **2:8 ve 3:8 (zeytin yağı/jelatin)** çözeltileri de aynı şekilde hazırlandı ancak faz ayrışmasından dolayı nanolif üretimi gerçekleşmedi.

Proses Parametreleri

Bikomponent Çözeltiden Nanolif Üretimi:

- *Voltaj:* 12 kV
- *Besleme Oranı:* 1.5, 2.0 ve 2.5 ml/saat (en iyi sonuç 1.5 ve 2.0 ml/saat)
- *İğne-Toplayıcı Mesafesi:* 8 cm
- *Sonuç:* 2.5 ml/saat'te damlama oluştu.

Koaksiyel Elektro Eğirme ile Nanolif Üretimi:

Bu yöntemde kabuk çözelti olarak jelatin çözeltisi, öz çözelti olarak ise zeytinyağı beslendi. Kabuk ve öz çözeltileri birbirlerinden farklı hızlarda beslendiler.

- *Voltaj:* 14, 16, 18, 19 kV (en iyi sonuç 19 kV'da elde edildi).

- *En düzgün nanolif üretiminin gerçekleştiği besleme oranları:*
 - **Jelatin:** 1.3 ml/saat
 - **Zeytinyağı:** 0.2 ml/saat
- *İğne-Toplayıcı Mesafesi:* 8 cm
- *Sonuç:* Düşük voltajlarda düzensiz lif oluşumu ve yağ damlaması gözlemlendi.

Çalışmanın Amacı

Tıbbi alanda terapötik amaçlar ve yara kapatma uygulamaları için zeytinyağı içeren nanofiber mat üretimi ve bu üretim sürecinde çözelti hazırlama yöntemlerinin ve proses parametrelerinin incelenmesi.

Çalışmanın Sonuçları

- Zeytinyağı içeriğinin nanoliflere başarıyla entegre edildiği FT-IR analizleri ile doğrulandı.
- **Bikomponent Çözelti Yöntemi:** Düşük voltaj ve besleme oranında düzgün nanolif üretildi.
- **Koaksiyel Elektro Eğirme Yöntemi:** Daha ince, biomimetik nanolifler elde edildi.
- Yüksek besleme oranlarında faz ayrışması ve sabun köpüğü/örümcek ağı benzeri yapılar oluştu.

Nanolif Üretiminde Karşılaşılan Zorluklar

- Çözelti hazırlama sırasında **faz ayrışması** problemi yaşandı (özellikle 2:8 ve 3:7 oranlarında çözeltide).
- Yüksek besleme oranlarında zeytinyağının toplayıcı üzerine damlaması sorunu gözlemlendi.
- Koaksiyel elektro eğirme sürecinde optimum voltaj ve besleme oranının hassas ayarı gerekti.

Turan & ark. (2024) Tarafından Yapılan Çalışma

Detaylı Özet - "Enzymatically synthesized lactone-based copolymer and gelatin nanofibrous blends loaded with an olive leaf phenolic compound"

Kullanılan Polimer ve Malzemeler

- **Polimer:**
 - *Tip:* **Poli(ω -pentadecalakton-ko- δ -valerolakton) (PDL-VL), Moleküler Ağırlık: 23,720 g/mol, Konsantrasyon: %15 (ağırlıkça)**
 - *Jelatin:* %8 (ağırlıkça), AlfaSol
 - Oleuropein içeren polimer karışımının nihai bileşimi, eşit hacim oranında %15 (w:v) PDL-VL ve %8 jelatin olacak şekilde düzenlenmiştir
- **Diğer Malzemeler:**
 - *Oleuropein:* toplam polimer miktarına göre, %10, %42.5 ve %75 oranında (w/v)
 - *Çözücü:* 1,1,1,3,3,3-Hekzafloroizopropanol (HFIP)

Çözelti Hazırlama Süreci

- Oleuropein, HFIP içinde homojen dağılım sağlanana kadar karıştırıldı. 10 (10%, 42.5%, 75% w/v).
- PDL-VL kopolimeri çözeltiye eklenerek 24 saat boyunca oda sıcaklığında karıştırıldı.
- Jelatin eklenmesi elektrospinning işleminden **2 saat önce** gerçekleştirildi ve çözelti 40°C'de homojen hale getirildi.

Proses Parametreleri

- *Voltaj:* 25 kV
- *Besleme Oranı:* 2 ml/saat
- *İğne-Toplayıcı Mesafesi:* 17 cm
- *Cihaz:* Nanospinner 24 Touch (Inovenso)

- *Ortam Şartları:* Oda sıcaklığı ve nem koşullarında elektrospinning yapıldı.

Çapraz Bağlama İşlemi:

- Jelatinin suya karşı dayanımını artırmak için **glutaraldehit buharı** ile çapraz bağlama yapıldı.
 - *Koşullar:* 25°C’de 2 saat, ardından 80°C’de 2 saat kurutma.

Çalışmanın Amacı

Enzimatik olarak sentezlenmiş poli(ω -pentadecalakton-ko- δ -valerolakton) ve jelatin karışımından oluşan nanolifli membranlara oleuropein yüklenerek, yara enfeksiyonlarını tedavi edecek ve iyileşmeyi hızlandıracak antibakteriyel biyomalzemelerin üretilmesi.

Çalışmanın Sonuçları

- *Morfoloji:*
 - Rastgele hizalanmış, düzgün, ve boncuksuz nanolifler elde edildi.
 - Lif çapları oleuropein oranına bağlı olarak **560-806 nm** arasında değişti.
- *Su Kontak Açısı:*
 - Çapraz bağlama sonrası su direnci artırıldı: $108.2^\circ \pm 8.7^\circ$ (neat) $\rightarrow 142.3^\circ \pm 7.3^\circ$ (42.5% oleuropein).
- *Antibakteriyel Aktivite:*
 - %75 oleuropein yükleme oranı: *S. aureus*: %37.1, *B. subtilis*: %37.4, *E. coli*: Sınırlı (%7.1)
- *Sitotoksisite:*
 - Fibroblast hücreleri (L929) üzerinde **biyoyumlu** bulundu.

- Oleuropein, hücre canlılığını artırarak fibroblast proliferasyonunu destekledi.

Nanolif Üretiminde Karşılaşılan Zorluklar

- PDL-VL kopolimerinin **düşük moleküler ağırlığı**, elektrospinning işleminde çözeltinin viskozitesini etkileyerek lif oluşumunu zorlaştırdı.
- Yüksek oleuropein konsantrasyonunda lif çapında **kalınlaşma** gözlemlendi (viskozite artışı nedeniyle).
- Çapraz bağlama sırasında nanoliflerin yapısının korunması zorlayıcı oldu.

Bu çalışma, oleuropein içeren biyoyumlu nanoliflerin yara tedavisinde potansiyel taşıdığını göstermektedir.

Vehapi & ark. (2024) Tarafından Yapılan Çalışma

Detaylı Özet - "Fabrication of oregano-olive oil loaded PVA/chitosan nanoparticles via electrospraying method"

Kullanılan Polimer ve Malzemeler

- **Polimer:**
 - *Tip:* Polivinil Alkol (PVA), Merck
 - *Kitosan* (Sigma-Aldrich)
 - *Konsantrasyon:* %80 (PVA) ve %20 (Kitosan) karışımı (80:20 (w/w) PVA-kitosan çözeltisi)
- **Diğer Malzemeler:**
 - *Zeytinyağı:* %2 oranında (Tariş, Türkiye)
 - *Kekik Esansiyel Yağı* (*Origanum vulgare*): %0.1, %0.25 ve %0.5 oranlarında
 - *Çözücüler:* Asetik asit (%2), Etanol ve Metanol, Dimethyl sulfoxide (DMSO)
 - *Yüzey Aktif Madde:* Tween 20 (%1), Sigma-Aldrich

Çözelti Hazırlama Süreci

1. Kitosan, %2 asetik asitte çözülerek karıştırıldı.
2. PVA, 75°C'de 3.5 saat manyetik karıştırıcıda eritildi ve kitosan çözeltisi ile karıştırıldı.
3. 10 mL PVA-kitosan çözeltisine 0,1, 0,25 ve 0,5 mL v/v *Origanum vulgare* uçucu yağı ve 2 mL (%2) zeytinyağı eklenerek %0,1, %0,25 ve %0,5 konsantrasyonlarında kekik uçucu yağı hazırlanmıştır.
4. Daha sonra PVA-kitosan çözeltisine %1 (w/v) kekik-zeytinyağı karışımı ve %1 (w/v) Tween 20 eklenmiş ve bu karışım 15 dakika daha karıştırılarak tamamen homojen beyaz bir çözelti elde edilmiştir.

Proses Parametreleri

- *Voltaj*: 19.0–20.1 kV
- *Besleme Oranı*: 0.3–0.6 mL/saat
- *İğne-Toplayıcı Mesafesi*: 9–13 cm
- *Cihaz*: Electrospraying Aparatı (Holmarc Opto Mechatronics Pvt. Ltd.)
- *Ortam Şartları*: Oda sıcaklığı ve düşük nem koşulları

Çalışmanın Amacı

Kekik yağının ve zeytinyağının besin ve kozmetik endüstrisinde antimikrobiyal ve antioksidan özelliklerinden faydalanmak amacıyla PVA ve kitosan bazlı nanopartiküller geliştirilmesi ve bu nanopartiküllerin antifungal ve antioksidan özelliklerinin değerlendirilmesi.

Çalışmanın Sonuçları

- *Morfoloji*:
 - Kekik ve zeytinyağı içeren PVA/kitosan nanopartikülleri küresel yapıdadır.

- Parçacık çapları: 337–818 nm (yüksek kekik yağı oranlarında çap arttı).
- **Termal Stabilite:**
 - Kekik ve zeytinyağı içeren nanopartiküller, boş nanopartiküllere göre daha yüksek termal stabilite gösterdi.
- **Antifungal Aktivite:**
 - *Botrytis cinerea*: Kekik yağı yüklenen nanopartiküller %46.50 büyüme inhibisyonu sağladı.
 - *Penicillium chrysogenum*: %20.75 büyüme inhibisyonu elde edildi.
- **Antioksidan Aktivite:**
 - Kekik yağı yüksek radikal temizleme aktivitesi gösterdi (%47.65'e kadar).

Nanolif Üretiminde Karşılaşılan Zorluklar

- Çözelti viskozitesinin yüksek olması, elektrospraying işleminde damlama sorunlarına yol açtı.
- Yüksek kekik yağı oranlarında faz ayrışması ve parçacık çapında artış gözlemlendi.

Zarghami & ark. (2015) Tarafından Yapılan Çalışma

Detaylı Özet - "Fabrication of PEO/chitosan/PCL/olive oil nanofibrous scaffolds for wound dressing applications"

Zeytinyağı, hidrofobik özellikleri nedeniyle, hidrofilik çözeltilerde çözünmediği için bu çalışmada zeytinyağı ile karıştırılan biyoyoumlu hidrofobik bir polimer olan PCL (Polikaprolakton) kullanılmıştır.

Kullanılan Polimer ve Malzemeler

- **Polimerler:**

- PEO (Polietilen Oksit) – MW: 900,000, Konsantrasyon: %3.5, Sigma-Aldrich
- Kitosan – MW: 200,000, Deasetilasyon Oranı: %75-85, Konsantrasyon: %3.5, Sigma-Aldrich
- PCL (Polie-Kaprolakton) – MW: 80,000, Sigma-Aldrich

- **Diğer Malzemeler:**

- Zeytinyağı: Elshan, İran
- Çözücüler: asetik asit, DCM (diklorometan), metanol (7:3 v/v)
- Çapraz Bağlayıcı: Glutaraldehit (GTA), Fluka

PEO/Kitosan çözeltisi:

- %3.5 (w/v) oranında kitosan ve PEO çözeltileri ayrı ayrı hazırlandı. Polimerler, 0.5 M asetik asitte çözüldü ve 25°C'de 24 saat karıştırıldı.
- Sonrasında 9:1 oranında PEO/Kitosan karışımı hazırlandı.

- **PCL/Zeytinyağı Çözeltisi:**

- PCL ve zeytinyağı, 1:5 kütle oranında, DCM/metanol (7:3 v/v) çözücü karışımında 6 saat karıştırıldı.
- Zeytinyağı konsantrasyonunun lif çapı üzerindeki etkisini araştırmak için, zeytinyağı konsantrasyonları 1:10, 2:10, 3:10 oranlarında kullanıldı.
- elektospun nanofiberler üzerine zeytinyağı
- zeytinyağının optimum ağırlık yüzdesi %2 olarak bulundu.

- PEO/Kitosan ve PCL/Zeytinyağı çözeltileri iki ayrı şırınga ile elektro eğirme üretim cihazına yerleştirilerek PEO/Kitosan/PCL/Zeytinyağı kompozit lifleri oluşturuldu.

Proses Parametreleri

Elektro eğirme Koşulları:

- *Voltaj*: 15-25 kV (optimum 21.2 kV)
- *Besleme Oranı*: 0.2-1.0 ml/saat (optimum 0.2 ml/saat)
- *İğne-Toplayıcı Mesafesi*: 7.5-20 cm (optimum 14.3 cm)

Çapraz Bağlama İşlemi:

- Glutaraldehit buharında 2 saat işlem, ardından 80°C’de kurutma yapıldı.

Çalışmanın Amacı

Bu çalışma, yara pansuman uygulamaları için Polyetilen Oksit (PEO), kitosan, Polikaprolakton (PCL) ve zeytinyağı içeren nanofibrous iskelelerin (scaffold) üretilmesi ve bu yapıların karakterizasyonu ve **Box-Behnken Tasarımı (BBD)** ile **nanolif çapının tahminlenmesi**.

Çalışmanın Sonuçları

- ***Morfoloji ve Çap:***
 - Nanolif çapları: 86 ± 13 nm (çapraz bağlanmamış), 188 ± 50 nm (çapraz bağlanmış)
 - PCL/Zeytinyağı nanoliflerinde %2 optimum zeytinyağı oranıyla homojen lifler üretildi.
- ***Antibakteriyel Aktivite:***
 - Gram-negatif E. coli ve Gram-pozitif S. aureus üzerinde yüksek antibakteriyel etkinlik gösterdi.
- ***Sitotoksosite:***

- İnsan fibroblast hücrelerinde toksik olmayan davranış gözlemlendi.
- Hücre proliferasyonu ve yapışma desteklendi.
- **Zeytinyağı Salımı:**
 - İlk 3 saat hızlı salım, ardından 12 saate kadar kademeli artış (toplam %58.1 salım).
 - PCL/zeytinyağı iskeleleri, zeytinyağı ilavesi nedeniyle artan şişme göstermiştir.
- **Box-Behnken Tasarımı (BBD) ile Elektro Eğirme Deneylerinin Tasarımı**
 - Gerilim, akış hızı ve TCD arasındaki ilişkiyi analiz etmek için BBD kullanılmıştır.
 - Yanıt yüzey modeli nanolif çapını bu değişkenlerin bir fonksiyonu olarak ifade etmiştir.
 - BBD'den elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak doğrulanarak optimizasyon sürecinin güvenilirliği ve doğruluğu sağlanmıştır. Nanolif çapını tahmin etmek için bir polinom modeli geliştirilmiştir.

Nanolif Üretiminde Karşılaşılan Zorluklar

- Yüksek zeytinyağı konsantrasyonlarında liflerde boncuklanma ve damlama gözlemlendi.
- Çapraz bağlama sürecinde liflerin hidrofobik özelliklerini korumak zorlayıcı oldu.

Amna & ark. (2014) Tarafından Yapılan Çalışma

Detaylı Özet - "Virgin olive oil blended polyurethane micro/nanofibers ornamented with copper oxide nanocrystals for biomedical applications"

Kullanılan Polimer ve Malzemeler

- **Polimerler:**
 - PU (Poliüretan): MW: 110,000, Konsantrasyon: %10 (ağırlıkça)

- ***Diğer Malzemeler:***

- Zeytinyağı: %5 ve %10 oranlarında
- CuO (Bakır Oksit) Nanokristalleri: %3 oranında
- Çözücüler: N, N-dimetilformamid (DMF):tetrahidrofuran (THF) (1:1 oranında)

Çözelti Hazırlama Süreci

1. Poliüretan boncukları (%10) DMF:THF karışımında gece boyunca manyetik karıştırıcıda çözülerek şeffaf bir çözelti elde edildi.
2. Zeytinyağı (%5 ve %10 oranında) karışıma eklendi ve homojen bir karışım oluşturuldu.
3. %5 zeytinyağı ve %3 CuO nanokristalleri karışıma eklendi.
4. Çözelti elektro eğirme işleminden önce 1 saat karıştırıldı.

Proses Parametreleri

- *Voltaj:* 15 kV
- *İğne-Toplayıcı Mesafesi:* 10 cm
- *Ekipman:* Plastik şırınga (200 µL uç) ve mikro uç (0.6 mm iç çap)
- *Toplayıcı:* Polietilen kaplı demir tambur

Çalışmanın Amacı

Zeytinyağı ve CuO nanokristalleri ile zenginleştirilmiş PU mikro/nanoliflerin yara iyileştirme ve biyomedikal uygulamalarda kullanılabilirliğinin araştırılması. Bu hibrit liflerin biyolojik uyumluluğu ve hücresel davranışı analiz edilmiştir.

Çalışmanın Sonuçları

- Zeytinyağı ve CuO'nun PU nanoliflerine homojen bir şekilde entegre edildiği doğrulandı (SEM, EDX, TEM).
- ***Çap Analizi:***

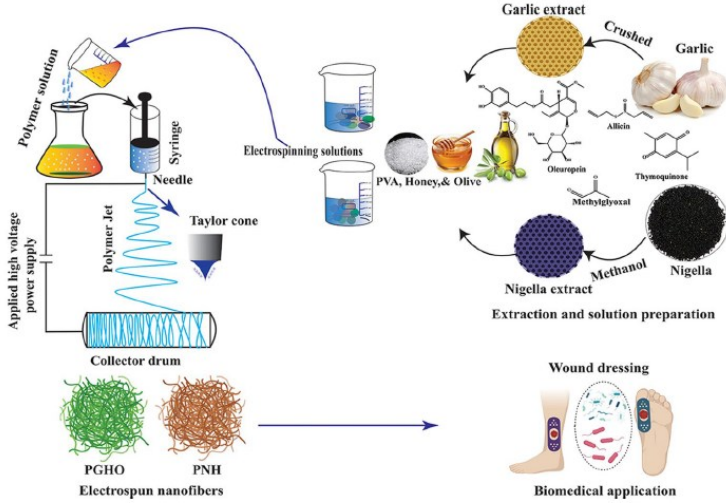
- Saf PU lifler: 250–550 nm
- Zeytinyağı ve CuO katkılı lifler: 150 nm–1.5 µm
- **Hücresel Biyouyumluluk:**
 - Hibrit lifler fibroblast hücreleri üzerinde toksik etki göstermedi ve hücre proliferasyonunu destekledi.
- **Antibakteriyel Etki:**
 - CuO ve zeytinyağı sinerjetik bir etki ile mikrobiyal büyümeyi engelleyerek yara iyileşmesini hızlandırma potansiyeli gösterdi.

Nanolif Üretiminde Karşılaşılan Zorluklar

- Yüksek zeytinyağı konsantrasyonları, boncuklanma ve morfolojik düzensizliklere neden oldu.
- CuO nanokristallerinin homojen dağılması için hassas karıştırma şartları gerekti.

Uddin & ark. (2022) Tarafından Yapılan Çalışma

Uddin & ark. (2022) tarafından çok bileşenli yeşil elektro eğirme yöntemi ile yapılan çalışmanın grafik özeti Şekil 2’ de görülmektedir.



Şekil 2. Uddin & ark. (2014) Tarafından Yapılma Çalışmanın
Grafik Özeti (Uddin & ark., 2014)

Şekil 2’de sarımsak, bal, zeytinyağı ve çörek otu (*Nigella sativa*) gibi doğal katkıların elektro eğirme çözeltilerine entegrasyonunu, nanolif üretim sürecini ve nihai olarak nanoliflerin biyomedikal yara örtüleri olarak kullanımını göstermektedir

Detaylı Özet - "Nigella/Honey/Garlic/Olive Oil Co-Loaded PVA Electrospun Nanofibers for Potential Biomedical Applications"

Kullanılan Polimer ve Malzemeler

- **Polimerler:**
 - *PVA (Polivinil Alkol)*: MW: 115,000, Viskozite: 26–32, Konsantrasyon: %10 (ağırlıkça)
- **Diğer Malzemeler:**
 - *Nigella (çörek otu) Ekstraktı*: %2.8
 - *Bal*: 6 mL (PNH) ve 5 mL (PGHO)
 - *Sarımsak/Zeytinyağı Karışımı*: 5 mL (PGHO)

- *Çözücü:* Deiyonize Su (DI Water)

Çözelti Hazırlama Süreci

- ***Nigella Ekstraktı:***

- Nigella tohumları kurutuldu, öğütüldü, ve metanol ile ekstrakte edildi. Karışım 60°C’de homojen bir jel formuna dönüştürüldü.

- ***Sarımsak/Zeytinyağı Karışımı:***

- Sarımsak ezildi ve zeytinyağı ile karıştırıldı (%1:2 oranında). Karışım 60°C’de ısıtılarak homojen hale getirildi.

- ***PVA Çözeltisi:***

- %10 (ağırlıkça) PVA, DI su ile 70–80°C’de homojen bir çözelti elde edilene kadar karıştırıldı.

- ***Elektro Eğirme Çözeltileri:***

- *PNH (Nigella/Bal/PVA):* 2.8% nigella, 6 mL bal, ve 20 mL PVA çözeltisi karıştırıldı.
- *PGHO (Bal/Sarımsak/Zeytinyağı/PVA):* 5 mL bal, 5 mL sarımsak/zeytinyağı karışımı, ve 25 mL PVA çözeltisi karıştırıldı.

Proses Parametreleri

- ***Elektro Eğirme Koşulları:***

- *Uygulanan Voltaj:* PNH için 23 kV, PGHO için 24 kV
- *Besleme Oranı:* 1.50–2.50 mL/h
- *İğne-Toplayıcı Mesafesi:* 15 cm
- *Ekipman:* Alüminyum folyo kaplı döner tambur, 20-gauge iğneler

- ***Ortam Koşulları:***

- Nem: %65

- Sıcaklık: 27°C

Çalışmanın Amacı

"Yeşil elektro eğirme" yöntemiyle toksik çözücü ve metal nanopartiküller kullanmadan, biyolojik olarak uyumlu ve antibakteriyel özelliklere sahip çok bileşenli nanofiberlerin üretilmesi.

Çalışmanın Sonuçları

- **Morfoloji ve Çap:**
 - PVA: 230 ± 20 nm
 - PNH: 150 ± 10 nm
 - PGHO: 170 ± 10 nm
- **Antibakteriyel Aktivite:**
 - PNH: S. aureus için 36 mm inhibitör bölge
 - PGHO: S. aureus için 35 mm inhibitör bölge
- **Sitotoksosite:**
 - PNH ve PGHO hücre yaşama oranını %5'in altına düşürmeden yüksek biyouyumluluk göstermiştir.
- **Termal Kararlılık:**
 - PNH: 225°C
 - PGHO: 245°C
- **Nem Yönetimi:**
 - PGHO, daha hızlı sıvı emilimi ve yayılım özellikleri sergiledi.

Nanolif Üretiminde Karşılaşılan Zorluklar

- Balın yüksek viskozitesi ve nigella ile sarımsak/zeytinyağı karışımının yağlı doğası çözeltinin homojenliğini zorlaştırdı.

- PGHO çözeltisinin (zeytinyağı içeren çözelti) viskozitesi, optimal lif oluşumu için dikkatli bir şekilde ayarlanması gerekti.

Doğan & ark. (2016) Tarafından Yapılan Çalışma

Detaylı Özet - "Bioactive Sheath/Core Nanofibers Containing Olive Leaf Extract"

Kullanılan Polimer ve Malzemeler

- **Polimerler:**
 - *İpek Fibroin (SF)*: Konsantrasyon: %15 (ağırlıkça), Çözücü: Formik asit
 - *Hyaluronik Asit (HA)*: Konsantrasyon: %0.5 (ağırlıkça), Çözücü: Saf su
- **Diğer Malzemeler:**
 - *Zeytin Yaprağı Ekstraktı (OLE)*: Konsantrasyon: %12 ve %15 (ağırlıkça), çekirdek fazında kullanılmıştır.
 - Çözücüler: Formik asit (SF için), saf su (HA ve OLE için)
 - Tween 80 (yüzey aktif madde)

Çözelti Hazırlama Süreci

- **İpek Fibroin (SF):**
 - İpek fibroin, sodyum karbonat çözeltisi ile kaynatılarak saflaştırılmış, ardından CaCl₂/saf su/etanol karışımında çözülüp formik asitte son çözelti hazırlanmıştır.
- **Çekirdek ve Kılıf Çözeltileri:**
 - Çekirdek çözeltisi: %0.5 HA ve %12–15 OLE saf suda çözülerek hazırlanmıştır.

- Kılıf çözeltisi: %15 SF formik asitte çözülerek hazırlanmıştır.

Proses Parametreleri

- ***Elektro Eğirme Koşulları:***
 - *Voltaj:* 15–20 kV
 - *Akış Hızları:* Kılıf çözeltisi: 8 mL/saat, Çekirdek çözeltisi: 2 mL/saat
 - *İğne-Toplayıcı Mesafesi:* 10 cm
 - *Toplayıcı:* Döner tambur (yüzey hızı: 3.1 m/s)

Çalışmanın Amacı

Zeytin yaprağı ekstraktı (OLE) içeren biyopolimer bazlı kılıf/çekirdek nanoliflerin üretimi, karakterizasyonu ve bu liflerden aktif bileşen salınımının incelenmesi.

Çalışmanın Sonuçları

- ***Morfoloji:***
 - TEM görüntüleri ile kılıf/çekirdek yapısı doğrulanmıştır (Çekirdek çapı: 110.73 nm, Kılıf kalınlığı: 156.96 nm).
 - Homojen ve boncuk içermeyen nanolifler elde edilmiştir.
- ***Antimikrobiyal Aktivite:***
 - *S. aureus* ve *E. coli* üzerinde %99.98–100 büyüme inhibisyonu sağlanmıştır.
 - *C. albicans*'a karşı antifungal etkinlik düşüktür (%16–27).
- ***Fenolik Bileşik Salımı:***
 - İlk 72 saatte %80'e kadar hızlı salım gerçekleşmiştir (OLE-15).

- 1 aylık sürede toplam fenolik içeriğin %95'i serbest bırakılmıştır.

Nanolif Üretiminde Karşılaşılan Zorluklar

- OLE konsantrasyonu %15'in üzerine çıkarıldığında lif morfolojisinde bozulma gözlenmiştir.
- HA'nın yüksek viskozitesi elektro eğirme işlemini zorlaştırmıştır.

Eroğlu & ark. (2020) Tarafından Yapılan Çalışma

Detaylı Özet - "Characterization, Mechanical, and Antibacterial Properties of Nanofibers Derived from Olive Leaf, Fumitory, and Terebinth Extracts"

Kullanılan Polimer ve Malzemeler

- **Polimerler:**
 - *PVA (Polivinil Alkol)*: MW: 70,000, Konsantrasyon: %14 (ağırlıkça)
 - *PCL (Polie-Kaprolakton)*: MW: 45,000, Konsantrasyon: %20 (ağırlıkça)
- **Diğer Malzemeler:**
 - *Zeytin Yaprağı Ekstraktı*: %10, %15 ve %25 oranlarında kullanılmıştır.
 - **Çözücüler:**
 - PVA için: Distile Su
 - PCL için: Metanol/kloroform (1:1 oranında)

Çözelti Hazırlama Süreci

Polimer Çözeltileri:

- PVA, distile su ile 70°C'de 3 saat boyunca karıştırılarak çözülmüştür.
- PCL, metanol/kloroform karışımında oda sıcaklığında 3 saat karıştırılarak çözülmüştür.

Bitki Ekstraktı Karışımları (çalışmada başka ekstraktlar da kullanılmıştır. Buraya sadece zeytin yaprağı ekstraktı yazılmıştır):

- Zeytin yaprağı ekstraktı metanol/su (4:1) karışımında oda sıcaklığında 24 saat 300 rpm hızında karıştırılarak çözüldü.
- Ekstrakt (%10, %15, %25 oranında), polimer çözeltileriyle karıştırılmıştır.
- Karışımlar homojenlik sağlamak için 45 dakika boyunca manyetik karıştırıcıda işlenmiştir.

Proses Parametreleri

- **Elektro Eğirme Koşulları:**
 - *Voltaj:* 27–32 kV
 - *Akış Hızı:* 0.5–1.4 mL/saat
 - *İğne-Toplayıcı Mesafesi:* 20 cm
 - *Üretim Sıcaklığı:* 22–27°C
 - *Toplayıcı:* Yağlı kağıt kaplı yüzey

Çalışmanın Amacı

Zeytin yaprağı, fumitory, ve terebinth bitkilerinden elde edilen ekstraktlarla zenginleştirilmiş nanolif yapıların üretimi ve karakterizasyonu yapılarak, bu liflerin yara örtüsü malzemesi olarak kullanılabilirliğinin araştırılması.

Çalışmanın Sonuçları

- **Morfoloji ve Çap:**
 - APT (PCL/Terebinth) ve BFO (PCL/Fumitory) grupları, en ince çap ve homojen lif dağılımını göstermiştir.

- Zeytin yaprağı içeren nanolifler (AOE ve BOE), morfolojik olarak düzgün yapı sunmuştur.
- ***Antibakteriyel Aktivite:***
 - AOE: E. coli'ye karşı en yüksek inhibisyon etkisini göstermiştir (32 mm zon çapı).
 - APT ve AFO: Candida albicans ve Staphylococcus aureus'a karşı etkili bulunmuştur.
- ***Mekanik Dayanım:***
 - En yüksek dayanım değerleri APT (%2.5 artış) ve BFO (%4 artış) gruplarında gözlenmiştir.

Nanolif Üretiminde Karşılaşılan Zorluklar

- Yüksek viskozite, iğne tıkanıklıklarına neden olmuştur.
- Yüksek ekstrakt oranları (%25), lif morfolojisini bozmuş ve boncuklanmaya yol açmıştır.

4. Sonuç ve Öneriler

Literatür taramasından elde edilen veriler, yazarın önceki çalışmalarından kazandığı bilgi ve deneyimlerle birleştirilerek iki ana başlık altında analiz edilmiştir.

Zeytinyağı ve Zeytin Yaprağı Fenolik Bileşiklerinin Nanoliflerde Kullanımı

Zeytinyağı ve zeytin yaprağı fenolik bileşiklerinin nanolif üretiminde kullanımı, özellikle biyomedikal uygulamalarda umut vadeden bir alan olarak öne çıkmaktadır. Ancak literatürde, bu bileşenlerin nanoliflerde kullanımına dair sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmada değerlendirilen araştırmalar, bu bileşenlerin biyobozunur nanolif yapılarına entegrasyonu ile elde edilen avantajlar ve karşılaşılan zorlukları ayrıntılı bir şekilde ortaya koymaktadır.

Başlıca Avantajlar:

- **Antibakteriyel Aktivite:** Zeytinyağı ve zeytin yaprağı fenolik bileşikleri, Gram-pozitif ve Gram-negatif bakterilere karşı güçlü antimikrobiyal özellikler göstermiştir. Bu özellikler, enfeksiyon önleme ve yara iyileşme süreçlerinde önemli bir potansiyel sunmaktadır.
- **Biyouyumluluk ve Antioksidan Etkiler:** Bu bileşiklerin toksik olmaması ve hücre proliferasyonunu desteklemesi, biyomedikal uygulamalar için önemli bir avantajdır. Ayrıca, antioksidan özellikleri oksidatif stresi azaltarak iyileşme süreçlerini hızlandırmaktadır.
- **Fiziksel ve Mekanik Dayanıklılık:** Zeytinyağı, nanoliflerin nem emme kabiliyetini artırarak yara sıvılarının kontrolüne katkıda bulunmuş ve mekanik dayanıklılığı iyileştirmiştir.

Karşılaşılan Zorluklar:

- **Homojen Dağılım:** Zeytinyağı ve fenolik bileşiklerin polimer matris içinde homojen dağılımı zorluk yaratmış, elektro eğirme sırasında boncuklanmaya ve lif morfolojisinin bozulmasına neden olmuştur.
- **Çözeltilerin Viskozitesi:** Yüksek konsantrasyonlarda bileşenlerin çözeltinin viskozitesini artırması, elektro eğirme sürecini zorlaştırmıştır.
- **Optimizasyon Gereklilikleri:** Elektro eğirme parametrelerinin dikkatlice optimize edilmemesi, lif çapında tutarsızlıklara ve üretim hatalarına yol açmıştır.

Yüzey aktif madde kullanımı, bu sorunların çözümünde yardımcı olmuş, ancak bazı çalışmalarda yüzey aktif madde kullanılmaması dikkat çekmiştir. Bu durum, bu bileşenlerin nanolif üretimindeki etkilerinin daha detaylı araştırılmasını gerektirmektedir.

Zeytinyağı ve Zeytin Yaprığı Ekstraktının Karşılaştırılması

Oleuropein içeren nanoliflerin üretimi hem ekstrakt hem de zeytinyağı kullanılarak gerçekleştirilebilir. Her iki formatın da kendine özgü avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır:

- **Ekstrakt Kullanımı:**

- Yüksek konsantrasyonlu oleuropein sunarak antimikrobiyal ve antioksidan aktiviteyi artırır.
- Ancak çevresel faktörlere (örneğin ışık, sıcaklık) karşı daha hassastır.

- **Zeytinyağı Kullanımı:**

- Doğal bir bileşen olarak yüzey iyileştirme ve mekanik dayanım sağlamada avantajlıdır.
- Fakat düşük oleuropein içeriği nedeniyle antimikrobiyal etkisi sınırlı olabilir.

Zeytinyağı ve zeytin yaprağı fenolik bileşikleri, biyomedikal uygulamalarda enfeksiyon önleme, hücre yenilenmesi ve yara iyileşmesini destekleme açısından yüksek potansiyele sahiptir. Bununla birlikte, bu alanda daha fazla araştırma yapılması gereklidir. Gelecekteki çalışmalar, üretim süreçlerini optimize etmek, yüzey aktif madde kullanımını değerlendirmek ve farklı formülasyonlarla bu bileşenlerin uygulama alanlarını genişletmek üzerine odaklanmalıdır.

Kaynaklar

Amna, T., Hassan, M. S., Yang, J., Khil, M. S., Song, K. D., Oh, J. D., & Hwang, I. (2014). Virgin olive oil blended polyurethane micro/nanofibers ornamented with copper oxide nanocrystals for biomedical applications. *International Journal of Nanomedicine*, 891-898.

Bayraktar, O., Balta, A. B., & Bayraktar, G. B. (2017). Adsorption/desorption and biofunctional properties of oleuropein loaded on different types of silk fibroin matrices. *Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 36 (1), 153-165.

Doğan, G., Başal, G., Bayraktar, O., Özyildiz, F. İ. G. E. N., Uzel, A., & Erdoğan, İ. (2016). Bioactive Sheath/Core nanofibers containing olive leaf extract. *Microscopy Research and Technique*, 79(1), 38-49.

El-Aassar, M. R., Ibrahim, O. M., & Al-Oanzi, Z. H. (2021). Biotechnological applications of polymeric nanofiber platforms loaded with diverse bioactive materials. *Polymers*, 13 (21), 3734.

Eroğlu, N. S., Canoğlu, S., & YÜksek, M. (2020). Characterization, mechanical, and antibacterial properties of nanofibers derived from olive leaf, fumitory, and terebinth extracts. *Turkish Journal of Chemistry*, 44 (4), 1043-1057.

Jadhav, R., & Tasgaonkar, R. (2023). Nanofibers: The Novel Technology. *International Journal For Science Technology and Engineering*. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.49859>

Kumari, S. (2023). *Ascaridia galli* (chicken nematode) as a source for nanoparticle and nanofiber. *International Journal of*

Zoological Investigations, 9 (1), 744-748.
<https://doi.org/10.33745/ijzi.2023.v09i01.083>

Kwon, S., Yang, H., & Lee, S. (2023). Core-shell nanofibers as carrier systems for sustained delivery of tea tree oil. *Textile Research Journal*, 93 (21-22), 4742-4754.
<https://doi.org/10.1177/00405175231180570>

Li, D., & Xia, Y. (2004). Electrospinning of nanofibers: reinventing the wheel?. *Advanced materials*, 16 (14), 1151-1170.

Mori, C., Passos, N., Oliveira, J., Altoé, T., Mori, F., Mattoso, L., ... & Tonoli, G. (2015). Nanostructured polylactic acid/candeia essential oil mats obtained by electrospinning. *Journal of Nanomaterials*, 2015 (1). <https://doi.org/10.1155/2015/439253>

Nediani, C., Ruzzolini, J., Romani, A., & Calorini, L. (2019). Oleuropein, a bioactive compound from *Olea europaea* L., as a potential preventive and therapeutic agent in non-communicable diseases. *Antioxidants*, 8 (12), 578.

Osanloo, M., Arish, J., & Sereshti, H. (2020). Developed methods for the preparation of electrospun nanofibers containing plant-derived oil or essential oil: a systematic review. *Polymer Bulletin*, 77, 6085-6104.

Özdamar, B., Sürmeli, Y., & Şanlı-Mohamed, G. (2023). Immobilization of Olive Leaf Extract with Chitosan Nanoparticles as an Adjunct to Enhance Cytotoxicity. *ACS omega*, 8 (32), 28994-29002.

Özkal, A., Çallıoğlu, F. C., & Akduman, Ç. (2020). Development of a new nanofibrous composite material from

recycled nonwovens to improve sound absorption ability. *The journal of the Textile Institute*.

Priyanto, A., Hapidin, D., & Khairurrijal, K. (2022). Potential loading of virgin coconut oil into centrifugally-spun nanofibers for biomedical applications. *Chembioeng Reviews*, 9 (4), 393-408. <https://doi.org/10.1002/cben.202100043>

Reddy, V. S., Tian, Y., Zhang, C., Ye, Z., Roy, K., Chinnappan, A., ... & Ghosh, R. (2021). A review on electrospun nanofibers based advanced applications: From health care to energy devices. *Polymers*, 13 (21), 3746.

Ribeiro, A. R., Silva, S. S., & Reis, R. L. (2022). Challenges and opportunities on vegetable oils derived systems for biomedical applications. *Biomaterials Advances*, 134, 112720.

Sivri, Ç., Aksoy, K., & Demirbağ, S. (2013). Production of Bicomponent Gelatin/Olive Oil Nanofibers for Biomedical Applications Using Coaxial Spinneret. *Natural Sciences and Technology*, 103.

Turan, C. U., Derviscemaloglu, M., & Guvenilir, Y. (2024). Enzymatically synthesized lactone-based copolymer and gelatin nanofibrous blends loaded with an olive leaf phenolic compound. *Materials Today Communications*, 38, 108215.

Uddin, M. N., Ali, A., Jobaer, M., Mahedi, S. I., Krishnamoorthy, A., & Bhuiyan, M. R. (2024). Electrospun nanofibers based on plant extract bioactive materials as functional additives: possible sources and prospective applications. *Materials Advances*, 5, 7862-7890.

Vehapi, M., Yilmaz, A., & Özçimen, D. (2021). Fabrication of oregano-olive oil loaded PVA/chitosan nanoparticles via electrospraying method. *Journal of Natural Fibers*, 18 (9), 1359-1373.

Zambak, Ö., Özkal, A., & Özkal, S. G. (2022). Production of clove extract loaded pullulan and whey protein nanofibers as antioxidant and antibacterial agent. *Journal of Applied Polymer Science*, 139 (46), e53141.

Zarghami, A., Irani, M., Mostafazadeh, A., Golpour, M., Heidarinasab, A., & Haririan, I. (2015). Fabrication of PEO/chitosan/PCL/olive oil nanofibrous scaffolds for wound dressing applications. *Fibers and Polymers*, 16, 1201-1212

BÖLÜM II

Polyester Kumaşların Aşı Kopolimerizasyon ile Fonksiyonelleştirilmesi

Şeyma YALÇIN TURAN¹
Ali KARA²

Giriş

Polyester, dayanıklılığı, hafifliği ve uygun maliyeti ile tekstil sanayisinde geniş bir kullanım alanına sahip olan bir kumaş türüdür. Giyimden endüstriyel tekstillere kadar pek çok alanda tercih edilen bu kumaş, suya dayanıklılık, kırışma direnci, hızlı kuruma, şeklini iyi koruma, leke tutmama ve naylon gibi diğer sentetik elyaflara kıyasla daha uygun maliyetli olması gibi avantajlarla bilinir. Ancak, polyesterin bazı sınırlamaları da bulunmaktadır; bunlar arasında statik birikme eğilimi, doğal liflere kıyasla koku tutma eğilimi, doğal elyaflara göre daha az nefes alabilir olması, yüksek hidrofobitesi ve

¹ Karesi Polyester ve Petrokimya Sanayi A.Ş., Ar-Ge Merkezi, Bursa/Türkiye, Orcid: 0000-0002-7633-2576 , seymayalcin@rbkaresi.com.tr

² Prof. Dr., Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Bursa/Türkiye, Orcid: 0000-0003-2457-6314, akara@uludag.edu.tr

yüksek sıcaklıklarda boyanma zorlukları sayılabilir. Bu sınırlamaları ortadan kaldırmak ve polyesterin işlevselliğini artırmak amacıyla çeşitli fonksiyonelleştirme yöntemleri geliştirilmiştir. Bu çalışmada, aşırı kopolimerizasyon yöntemi ile ilgili genel bilgiler sunulmuş ve polyester kumaşların bu yöntemle fonksiyonelleştirilmesi üzerine literatürde yapılmış çalışmalar derlenmiştir.

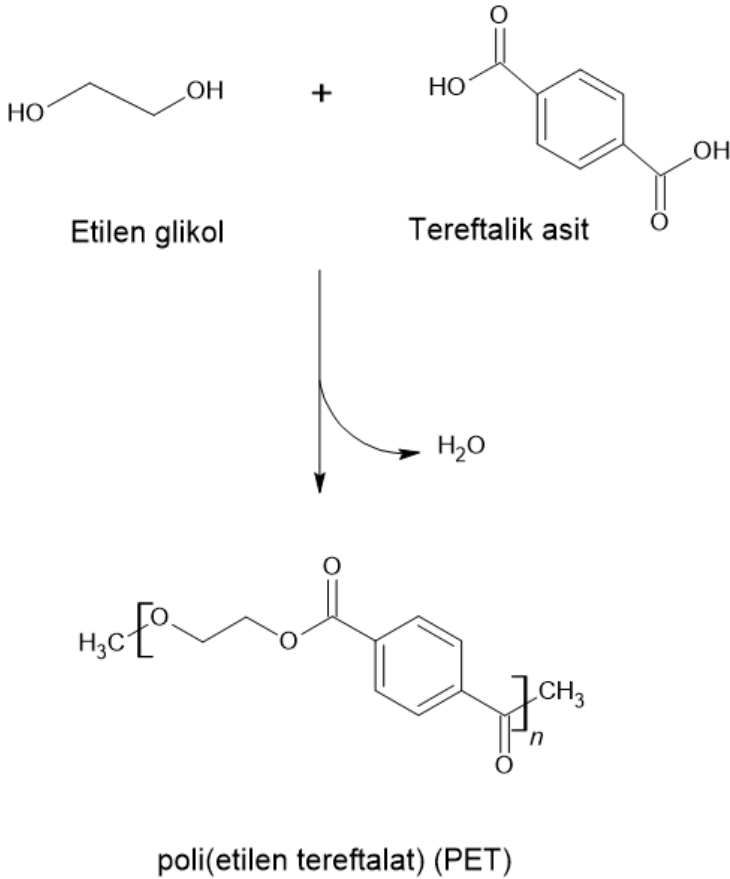
Polyesterin Üretimi ve Özellikleri

Polyester kumaşlar, ilk olarak 1940'lı yıllarda geliştirilmiş olup, başlangıçta yüksek maliyetleri nedeniyle sektörde şüpheli karşılanmıştır. Ancak 1960'lara gelindiğinde polyester kullanımı hızla artmaya başlamış ve bu alanda büyük bir talep patlaması yaşanmıştır. 1970'lerin sonunda popüleritesinde bir düşüş gözlemlense de, 1990'ların başındaki hızlı moda akımlarının etkisiyle polyester, tekstil sektöründe başlıca elyaf olarak ön plana çıkmıştır. Günümüzde, polyester, hem üretim miktarı hem de kullanım çeşitliliği açısından en çok tercih edilen elyaflarından biri haline gelmiştir (Smelik, 2023).

Polyester kumaşların dünya genelindeki geniş çaplı kullanımı, onu önemli bir pazar payına sahip hale getirmiştir. Tekstil endüstrisinde giyimden ev tekstiline, otomotiv döşemelerinden endüstriyel uygulamalara kadar pek çok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. 2022 yılı itibarıyla, küresel pazarda polyester elyaf, %54'lük bir pay ile dünya genelinde en çok üretilen elyaf olarak dikkat çekmektedir (Materials Market Report, 2023). Bu durum, polyesterin yalnızca estetik ve işlevsellik açısından değil, aynı zamanda ekonomik açıdan da tekstil sanayisinde ne denli kritik bir malzeme olduğunu ortaya koymaktadır. Polyester kumaşların sağladığı dayanıklılık, hafiflik ve bakım kolaylığı gibi avantajlar,

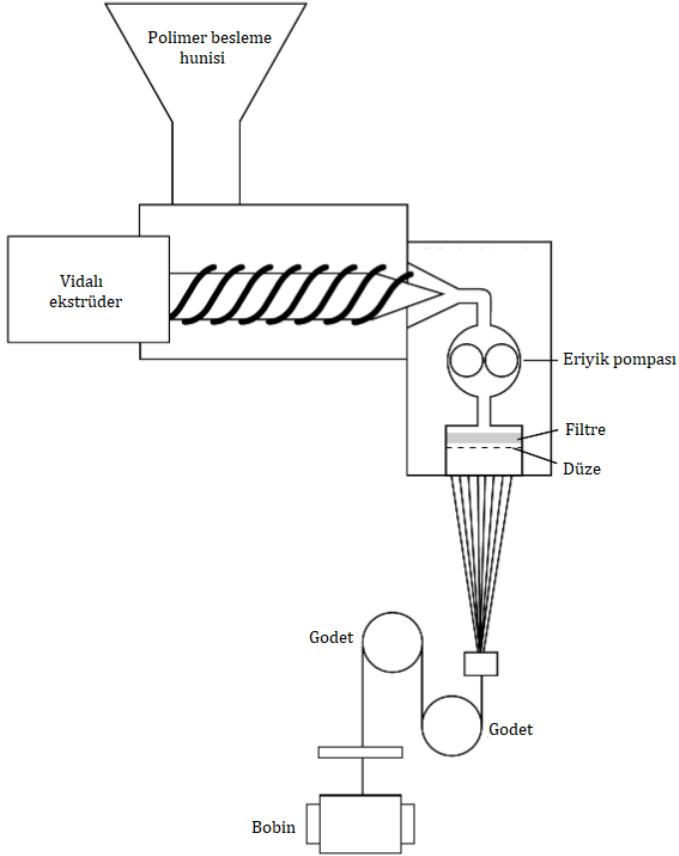
onu modern tekstil uygulamalarında vazgeçilmez kılmaktadır. Böylece, polyester kumaşlar, endüstriye yön veren temel malzemelerden biri olarak kendine sağlam bir yer edinmiştir.

Polyester, esas olarak polietilen tereftalat (PET) polimerini ifade eder ve endüstriyel üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. PET, etilen glikol ile tereftalik asit monomerlerinin polikondensasyon reaksiyonu sonucunda elde edilir.



Şekil 1. Poli(etilen tereftalat) oluşum reaksiyonu

Polyester iplik üretimi, polyester cipslerinin yüksek sıcaklıkta eritilmesiyle başlar. Bu işlem, cipslerin ekstrüderde eritilerek yoğun, şurup kıvamında bir akışkan haline gelmesiyle gerçekleşir. Eriyen polyester, düze olarak adlandırılan ve elek benzeri bir yapıdan geçirilir. Bu düzede küçük deliklerden çıkan eriyik, ince lifler oluşturur. Erimiş polyester filamentleri, hava ile soğutularak katılaştırılır. Bu noktada oluşan filamentler ince ve esnektir. Soğutma işlemi, filamentlerin düzgün bir şekilde oluşmasını sağlar. Katılaştıran lifler, ardından belirli bir esneklik ve mukavemet kazandırmak amacıyla mekanik olarak çekim işlemine tabi tutulur. Bu aşama, polimerin kristal yapısını geliştirir ve ipliğin mukavemetini artırır. Germe işlemi sayesinde iplikler daha güçlü ve esnek hale gelir. Son olarak, çekim işleminin ardından lifler, ipliğin düzgün bir yapıda olması için yağlanır. Elde edilen bu lifler, bobinlere sarılarak iplik haline getirilir ve sonraki tekstil süreçlerinde kullanılmak üzere hazır hale gelir (Jaffe, Easts & Feng, 2020).



Şekil 2. Polyester elyaf üretim şeması

Polyesterin endüstride yaygın olarak tercih edilmesinin pek çok sebebi bulunmaktadır. Öncelikle, polyester kumaşlar dayanıklı, uzun ömürlü ve hafif yapısıyla öne çıkar; bu özellikleri sayesinde günlük giyimden endüstriyel uygulamalara kadar geniş bir kullanım alanı sunar. Özellikle dış mekan giyimi ve ev tekstilinde, suya ve neme karşı dirençli yapısıyla cazip bir seçenek oluşturur. Ayrıca, yüksek renk tutma kapasitesi sayesinde canlı ve parlak renklerini uzun süre koruyarak estetik bir avantaj sağlar. Polyesterin düşük

maliyeti ve kolay bakımı da önemli bir avantajdır. Kırışmaz yapısı ve hızlı kuruma özelliği, günlük kullanımda pratiklik sağlarken, ütü ihtiyacını azaltır. Spor giyimden dış mekan ürünlerine kadar geniş bir kullanım alanında tercih edilen bu kumaş, esnek yapısıyla hareket kolaylığı sunarken dayanıklılığı ile de uzun süreli kullanım imkanı tanır. Ancak, tüm avantajlarına rağmen polyesterin bazı dezavantajları da mevcuttur. Sentetik yapısı nedeniyle nefes alabilirliği düşüktür; bu durum, sıcak havalarda terlemeye yol açabilir ve nem emme özelliği olmadığından ciltte rahatsızlık hissi oluşturabilir. Antibakteriyel özelliğe sahip olmaması da hijyen açısından dikkate alınması gereken bir dezavantajdır.

Bu dezavantajları gidermek ve polyesterin teknik özelliklerini iyileştirmek amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Fonksiyonel özellik kazandırma teknikleri ile bu kumaşın kullanım alanlarını genişletmek, hem bu dezavantajları ortadan kaldırmakta hem de teknik ve özel uygulamalarda kullanımını artırmaktadır.

Polyesterin Fonksiyonelleştirilmesi

Lifin Çapını Değiştirme

Polyester ipliklerin kesit şekli, kumaşın mekanik, termal ve estetik özelliklerini etkileyen önemli bir faktördür. Liflerin ve ipliklerin çapı veya kesit şekli yalnızca kumaşın dış görünümünü değil, aynı zamanda dokusunu, sağlamlığını ve sıcaklıkla etkileşimini de değiştirebilir. Bu sebeple, farklı kullanım alanları ve performans gereksinimlerine uygun kumaşlar üretmek için liflerin kesit şekli özenle seçilmektedir.

Toydemir ve Bayramov (2021) gerçekleştirdikleri bir çalışmada, farklı kesit şekillerine sahip polyester ipliklerin özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada, tüm parametreler sabit

tutulmuş ve trilobal, düz ve hollow (boş) kesit şekline sahip iplikler üretilmiştir. Elde edilen sonuçlar, kesit şeklinin iplik özelliklerini doğrudan etkilediğini göstermiştir. Trilobal kesit şekline sahip polyester iplikler, daha iyi mekanik özellikler sergilemiştir ve bu durum, trilobal elyafların iplik yapısındaki tutunma yeteneğinin daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Düz kesit şekline sahip iplikler ise, diğer iki kesit şekline kıyasla daha fazla düzgünlük göstermiştir (Toydemir & Baramol, 2021).

Yapılan bir diğer çalışmada Karaca ve arkadaşları (2012), farklı kesit şekillerine sahip polyester liflerden dokunan kumaşların termal konfor özelliklerini incelemiştir. Araştırma sonuçları, boşluklu liflerle dokunan kumaşların termal iletkenlik değerlerinin, dolu liflerden üretilen kumaşlarla karşılaştırıldığında arttığını ortaya koymaktadır. Bu nedenle, boşluklu liflerden yapılan kumaşların termal izolasyon özellikleri daha düşük seviyelerde kalmaktadır. Boş liflerin düzensiz biçimde izolasyon malzemesi olarak kullanıldıklarında yüksek izolasyon performansı sergilediği bilinmektedir. Ancak bu çalışma, boş liflerin iplik haline getirildikten sonra dokuma kumaş üretiminde kullanıldığında, bu kumaşların kaplama ve toplam gözeneklilik özelliklerinin, lifler arası gözeneklerin etkilerinin ötesine geçtiğini göstermiştir. Sonuç olarak, beklenen boş liflerin izolasyon özellikleri gözlemlenmemiş ve ters sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca, trilobal liflerden üretilen kumaşların, yuvarlak liflerden dokunan kumaşlara göre daha düşük termal iletkenlik ve termal absorpsiyon değerlerine sahip olduğu, bunun nedeninin ise sıkı iplik yapısı olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular, lif kesit şeklinin termal konfor üzerindeki etkilerini vurgulamaktadır (Karaca & ark., 2012).

Yapılan alışmalar iplik kesit şeklinin kumaşın özellikleri üzerinde doğrudan etkisi olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Literatürde yer alan çeşitli araştırmalar, ipliklerin farklı kesit şekillerinin, kumaşların mekanik ve termal özelliklerini belirgin bir şekilde değiştirdiğini göstermektedir. Bu durum, kumaşların belirli uygulama alanlarındaki performansını ve konforunu etkileyen önemli bir faktör haline gelmektedir.

Liflere Katkı Maddelerinin Eklenmesi

Polyester kumaşların fonksiyonelleştirilmesi, polyester eriyiğine katkı maddeleri eklenerek gerçekleştirilir. Bu yöntem, polyesterin temel özelliklerini iyileştirirken kumaşlara yeni işlevler kazandırmak için etkili bir yöntemdir. Katkı maddeleri, polimer matrisine entegre edilerek liflerin üretimi sırasında kumaşa dahil edilir, böylece kumaş kalıcı ve homojen bir şekilde fonksiyonel hale gelir. Bu katkılar, antibakteriyel özellikler, alev geciktirici etkiler ve UV koruma gibi çeşitli işlevler kazandırarak polyester kumaşların kullanım alanını genişletir. Böylece, polyester kumaşlar yalnızca estetik açıdan değil, aynı zamanda işlevsel özellikleriyle de ön plana çıkar.

Heydari ve arkadaşlarının 2023 yılında yaptıkları bir çalışmada, CuO nanopartiküllerinin PET elyaflarına entegre edilerek antibakteriyel ve fotokatalitik özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. İlk aşamada, PET granülleri 120°C'de termal hazırlama işlemine tabi tutulmuş ve %20 bakır oksit içeren PET-nanoCuO masterbatch'i üretilmiştir. Nanopartiküllerin antibakteriyel aktivitesi S. aureus ve E. coli bakterileri üzerinde agar delik difüzyon yöntemi ile test edilmiştir. İkinci aşamada, fiber örnekler sterilize edilerek mikrobiyal süspansiyonla inkübe edilmiş

ve fotokatalitik aktivite metilen mavisi ile değerlendirilmiştir. Sonuçlar, nanopartiküller içeren örneklerin *S. aureus*'a karşı %97,5 antibakteriyel aktivite gösterdiğini, ancak *E. coli*'ye karşı daha düşük bir etki sağladığını ortaya koymuştur (Heydari & ark., 2023).

Batur ve Akyıldız (2021) yaptıkları çalışmada, polietilen tereftalat liflerinde TiO_2 katkısının kendi kendini temizleme özellikleri incelenmiştir. Lifler çay, kahve, vişne suyu ve ketçap ile lekelenmiş ve lekelerin temizlenme etkinliği, gün ışığı ve enon lamba altında test edilmiştir. Sonuçlar, %4,5 TiO_2 katkılı kumaşlarda lekelerin belirgin şekilde solduğunu ve gün ışığında yüksek temizleme etkinliği sağlandığını göstermiştir. Mekanik analizlerde, katkı miktarının artması ile mukavemet değerlerinde düşüş gözlemlenmiştir; katkısız iplik 2,5 cN/dtex iken, %1,5, %3 ve %4,5 katkı oranlarındaki ipliklerin mukavemet değerleri sırasıyla 1,8, 1,7 ve 1,6 cN/dtex olmuştur. Bu bulgular, TiO_2 katkısının leke temizleme performansını artırırken, liflerin mekanik özelliklerini olumsuz etkilediğini ortaya koymaktadır (Batur & Akyıldız, 2021).

Çalışmalar incelendiğinde, kumaşların fonksiyonelleştirilmesinde katkı maddelerinin kullanımı önemli bir yer tutmaktadır. Bu katkı maddeleri, kumaşların performansını artırarak çeşitli işlevler kazandırmakta ve böylece ürünlerin kullanılabilirliğini artırmaktadır. Ancak, bu yöntemlerin en büyük dezavantajı, katkı malzemelerinin kumaşların mukavemetini olumsuz yönde etkileme potansiyelidir. Özellikle yüksek oranda eklenen katkı maddeleri, liflerin iç yapısında düzensizliklere neden olarak, mekanik dayanıklılığı azaltabilmektedir. Katkı maddesi miktarı ve mukavemet değeri arasındaki dengeyi sağlamak, hem işlevsel hem de dayanıklı kumaşların üretilmesi açısından kritik öneme sahiptir.

Yüzey modifikasyonu

Polyester kumaşlar, çeşitli kaplama ve apreleme yöntemleriyle işlevsel özellikler kazanarak kullanım alanlarını genişletebilir. Bu yöntemler, kumaşın yüzey özelliklerini modifiye ederek su geçirmezlik, leke tutmazlık, UV koruma ve antibakteriyel gibi koruyucu özellikler kazandırır.

Kaplama işlemleri, polyester kumaşın dış yüzeyine uygulanır ve bu sayede kumaşın temel yapısı korunurken sadece yüzey özellikleri değiştirilir. Kaplamalar genellikle spre, daldırma ve fırça gibi yöntemlerle uygulanır; bu da farklı malzemeler ve teknikler kullanarak çok yönlü işlevsellik sağlamayı mümkün kılar. Kaplama işlemlerinin en büyük avantajlarından biri, kumaşın yüzeyine doğrudan uygulanarak geniş bir işlevsellik sağlama imkanıdır. Uygun malzemelerin seçilmesi durumunda kaplamalar uzun süre dayanıklı kalabilir ve polyester kumaşın performansını korur. Ayrıca, yüzey modifikasyonu sadece kumaşın dış yüzeyini etkilediği için temel yapıyı bozmaz, bu da kaplamayı esnek bir çözüm haline getirir. Ancak kaplama yöntemlerinin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Örneğin, florokarbon gibi kimyasallar içeren kaplamalar çevreye zarar verebilir ve sürdürülebilirlik açısından olumsuz etkiler yaratabilir. Ayrıca, bazı kaplamalar yıkama, aşınma veya sürtünme gibi durumlarda dayanıklılığını kaybedebilir. Bu nedenle, kaplamanın polyester kumaşın belirli bir kullanım amacına uygun olup olmadığını değerlendirirken bu avantaj ve dezavantajların dikkate alınması önemlidir.

Kaplama işlemlerinin yanı sıra, polyester kumaşlar apreleme yöntemleriyle de fonksiyonelleştirilebilir. Apreleme, kumaşın belirli fiziksel veya kimyasal özelliklerini değiştirmek amacıyla yapılan bir

işlemdir. Bu işlem, kumaşa su iticilik, alev geciktiricilik ve antibakteriyel özellikler gibi farklı işlevler kazandırabilir. Örneğin, gümüş veya çinko oksit gibi antibakteriyel ajanların eklenmesi, kumaşın mikroorganizmalarla olan etkileşimini azaltarak hijyenik bir yüzey sağlar. Ayrıca, su itici özellikler kazandırmak için silikon bazlı apretler de kullanılmaktadır. Kaplama yöntemleriyle karşılaştırıldığında, apreleme genellikle kumaşın genel yapısını korurken yüzeyde değişiklikler yapma imkanı sunar. Bu sayede, kumaşın ağırlığı veya kalınlığı üzerinde önemli bir etki yaratmadan istenilen özellikler elde edilebilir. Ancak apreleme işleminin de bazı dezavantajları vardır; bu yöntemler genellikle belirli bir süre için etkilidir ve zamanla etkilerini kaybedebilir. Ayrıca, bazı apreleme kimyasalları çevresel etkileri nedeniyle sürdürülebilirlik açısından sorunlar oluşturabilir.

Kimyasal modifikasyon

Kimyasal fonksiyonelleştirme yöntemleri, polyester kumaşların yüzey özelliklerini değiştirmek ve istenen fonksiyonları kazandırmak amacıyla çeşitli kimyasal işlemler içerir.

Aşı polimerizasyon

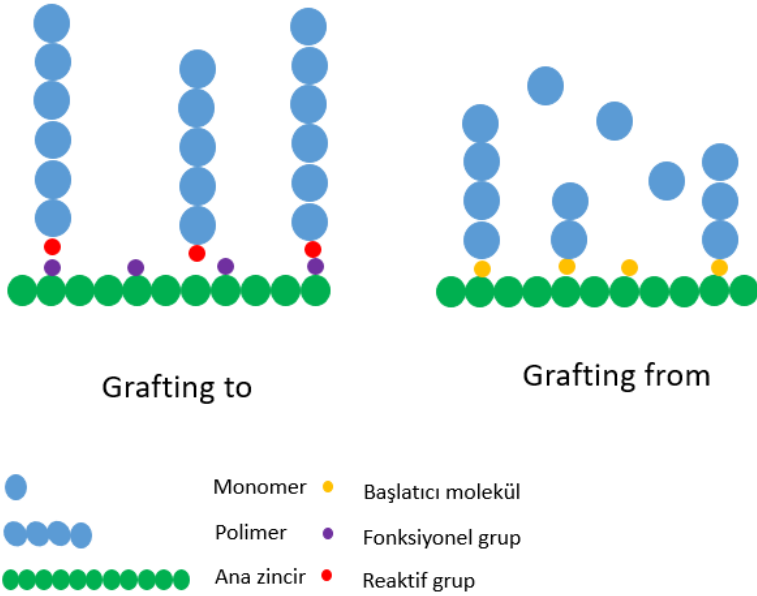
Aşı kopolimerizasyon, bir polimerin ana zinciri üzerine, farklı monomerlerden oluşan yan zincirlerin eklenmesiyle gerçekleştirilen bir polimerizasyon türüdür. Bu yöntem, polimerlerin işlevselliğini artırmak ve belirli uygulama alanlarına yönelik özel özellikler kazandırmak amacıyla kullanılır. Aşı kopolimerler, en az iki farklı monomer birimi içermesi nedeniyle aşı kopolimerler olarak da adlandırılmaktadır. Aşılanmış yan zincirler, ana zincirden yapısal olarak farklı olup, aşılanan monomerler tek bir tür ya da birden fazla türde olabilir. Bu durum, aşı kopolimerlerin mono-polimerler veya

kopolimerler olabileceği anlamına gelir. Aşı kopolimerizasyon süreci, genel olarak iki ana yaklaşıma dayanır: "grafting to" ve "grafting from".

Aşı kopolimerler, biyomedikal uygulamalardan tekstil sektörüne, otomotiv teknolojisinden kablo endüstrisine kadar birçok alanda kullanılmaktadır (Sherazi, 2016).

Aşı polimerizasyon yöntemleri

Polimer aşılama genellikle iki ana yöntemle yapılır: "grafting to" ve "grafting from." "Grafting to" yöntemi, uç kısmında reaktif gruplar bulunan polimer moleküllerinin, omurgadaki fonksiyonel gruplarla doğrudan bağlanmasını içerir. Bu yaklaşım, polimerleşme sürecinin omurga ile aşı arasında ayrı bir adım olarak gerçekleştirilmesi sayesinde, iyi tanımlanmış ve kontrollü dalların elde edilmesini sağlar. Ancak, bu yöntemde sterik engeller sebebiyle aşı yoğunluğu sınırlı olabilir. Hassas aşılama özellikleri gereken biyopolimer fonksiyonelleştirmesi ve biyomedikal malzemeler gibi alanlarda tercih edilmektedir. Diğer yandan, "grafting from" yöntemi, yüzey başlatmalı polimerleşme olarak da bilinir ve polimerleşme işlemini doğrudan omurgada başlatır. Bu yöntemde, polimer zincirleri omurgada bulunan başlatma noktalarından büyüyerek daha yüksek yoğunlukta aşı yapılmasına olanak tanır. Sterik engellerin az olması sayesinde aşı yoğunluğu daha fazla elde edilir. Bu teknik, sentetik polimerler, doğal lifler ve inorganik yüzeylerin işlevsel hale getirilmesi gibi yüzey modifikasyonları için geniş kullanım alanına sahiptir. Her iki yöntemin de kendine özgü avantajları bulunmaktadır; "grafting to" daha belirgin yapı sağlarken, "grafting from" yüksek yoğunluklu aşı potansiyeli sunar (Hernandez & ark., 2020).



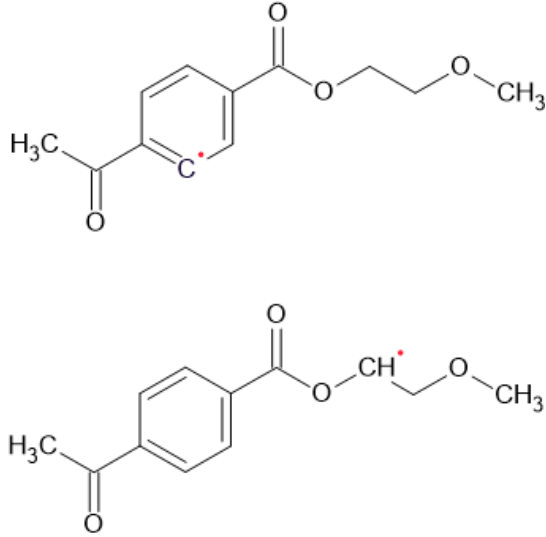
Şekil 3. Polyester aşılama yöntemleri

Polyester kumaşların aşırı kopolimerizasyon ile fonksiyonelleştirilmesi

Polyester kumaşlar, tekstil endüstrisinde geniş kullanım alanına sahip, yüksek mukavemetli ve dayanıklı sentetik malzemelerdir. Ancak, polyester kumaşların düşük hidrofiliklik, sınırlı boyama kapasitesi ve statik elektrik birikimi gibi bazı özellikleri, belirli uygulamalar açısından sınırlayıcı olabilir. Bu gibi sınırlamaları aşmak için aşırı kopolimerizasyon yöntemiyle polyester kumaşların yüzeyi modifiye edilmekte ve bu sayede istenen fonksiyonel özellikler kazandırılmaktadır. Aşırı kopolimerizasyon, polyester kumaşların yüzeyine çeşitli fonksiyonel monomerlerin kimyasal bağlanmasını sağlar. Aşırı kopolimerizasyon işlemi, polyester kumaşların yüzeyine eklenen monomerlerin seçimine

bağlı olarak çeşitli fonksiyonel özellikler kazandırabilir. Seçilen monomerler, kumaşın yüzey enerjisini artırarak ıslanabilirliğini iyileştirebilir. Ayrıca, belirli boya türleri ile uyumlu hale gelmesini sağlayarak daha geniş bir boyama yelpazesine erişim sunar. Bunun yanı sıra, uygun monomerlerin kullanımıyla polyester kumaşlar antimikrobiyal özellikler kazanabilir. Bu sayede, aşı kopolimerizasyon işlemi, polyester kumaşların performansını ve işlevselliğini artırmak için etkili bir yöntem olarak öne çıkar.

Polyester kumaşların aşılama işlemlerine uygun hale getirilmesi için öncelikle yüzeyde radikal merkezlerinin oluşturulması gerekmektedir. Bu radikal merkezler, kimyasal başlatıcılar veya ışınlama gibi yöntemlerle elde edilmektedir. Işınlama yöntemi kolay uygulanabilir olmasına rağmen, yüksek dozlarda polyesterin yapısını bozabilir ve düşük radikal verimiyle sınırlı kalabilir. Alternatif olarak, H_2O_2 , azobisisobütironitril veya benzoil peroksit gibi radikal başlatıcıların kullanıldığı kimyasal yöntemler tercih edilmektedir. Kimyasal yöntemler, düşük degradasyon avantajı sağlarken, maliyet ve işlem zorlukları gibi bazı sınırlamalara da sahiptir (Coşkun, 2003).

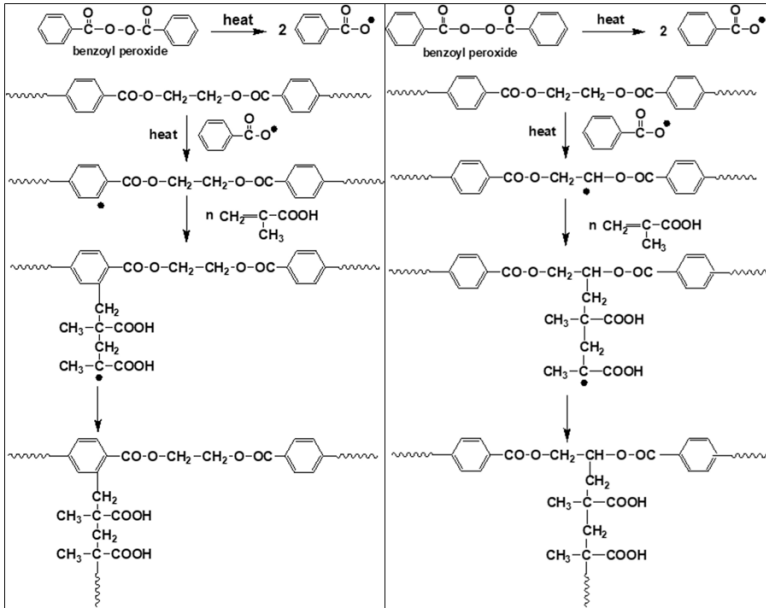


Şekil 4. Polyester üzerinde oluşan radikaller

Literatürde örnekleri

Kusuktham ve arkadaşlarının (2023) gerçekleştirdikleri çalışmada, polyester kumaşların poli(metakrilik asit) (pMAA) ile aşıl原因 olarak modifiye edilmesi ve bu modifikasyonun su alma kapasitesine etkisi incelenmiştir. Polyester kumaşlar, benzoil peroksit (BPO) kullanılarak gerçekleştirilen radikal reaksiyonla poli(metakrilik asit) ile aşılanmıştır. Aşıl原因 işlemi öncesinde polyester kumaşlar, benzil alkol ile şişirilmiş; bu işlem, kumaşların yapısının açılmasını ve monomerin daha kolay difüze olmasını sağlamıştır. Aşıl原因 işlemi, belirli bir monomer ve başlatıcı konsantrasyonuyla, su ortamında 70-90 °C arasında gerçekleştirilmiştir. Polyester kumaş, 40 dakika boyunca benzil alkolde şişirildikten sonra, gerekli miktarda metakrilik asit (MAA) ve %1-3 oranında BPO eklenmiştir. Karışım, 5 dakika boyunca tekrar şişirilmiş ve ardından reaksiyon ortamına alınmıştır.

Reaksiyon sırasında, su ile 1:50 oranında karışım kullanılarak 70-90 °C sıcaklık aralığında 30-180 dakika süreyle ısıtılmıştır.



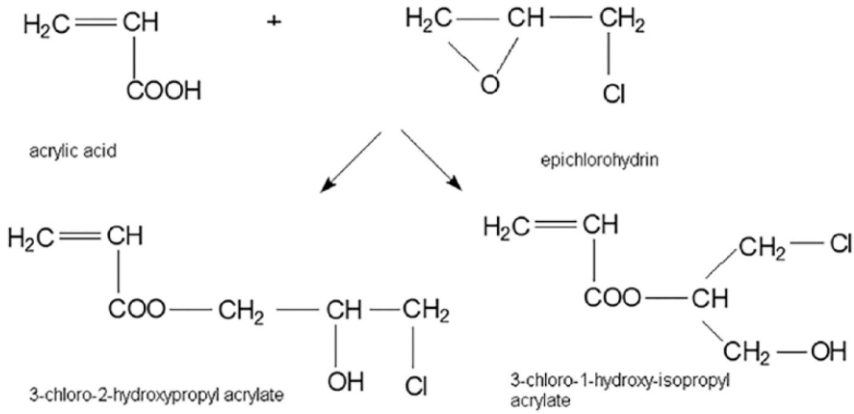
Şekil 5. Polyester üzerine pMAA aşılama reaksiyonları

Sıcaklığın aşılama üzerindeki etkisi incelendiğinde, 70 °C’de hiçbir aşılama gerçekleşmediği belirlenmiştir. 90 °C’de 60 dakikalık bir aşılama reaksiyonunda %20’lik aşılama seviyesine ulaşılmış ve bu durum optimum aşılama değeri olarak kabul edilmiştir. Polyesterin camsı geçiş sıcaklığında polyester segmentlerinin daha hareketli olması, monomer ve başlatıcının bağlar arasına daha kolay nüfuz etmesini sağlamaktadır. Ayrıca, başlatıcının oluşmasıyla daha fazla radikal bölge oluşmakta ve böylece daha verimli bir reaksiyon gerçekleştirilmektedir. 90 °C’nin üzerinde ise verimin düştüğü gözlemlenmiştir; bunun nedeni, artan sıcaklıklarda zincir sonlanma reaksiyonlarının baskın hale gelmesidir.

Monomer oranının aşılama verimine etkisini incelemek için sabit başlatıcı konsantrasyonunda farklı monomer-kumaş oranları araştırılmıştır. Aşılama oranı, %0.5:1'den %2.5:1'e kademeli olarak artırılmıştır. Monomer miktarındaki artış, aşılama verimini artırmış; ancak 90. dakikadan sonra aşılama veriminde büyük bir artış gözlemlenmemiştir. Bu durum, ortamda homopolimerlerin fazla oluşması ve homopolimerlerin ortam viskozitesini artırarak monomerin aşılama sırasında polimer zincirine doğru difüzyonunu engellemesinden kaynaklanmaktadır. Aşılama koşullarının etkileri değerlendirilirken, başlatıcı konsantrasyonunun %2 olarak belirlenmesi optimum aşılama verimi sağlamış; daha yüksek konsantrasyonlarda ise serbest radikallerin birikimi nedeniyle aşılama veriminde artış gözlemlenmemiştir. Reaksiyon sıcaklığının arttıkça aşılama veriminin arttığı, ancak 90 dakikadan sonra homopolimer oluşumunun artmasıyla aşılama veriminin azaldığı tespit edilmiştir. Sonuçlar, modifiye polyester kumaşların hidrofililiğinin arttığını ve su alma kapasitesinin %1 ile %4.6 arasında değiştiğini göstermiştir. %aşılama oranı 5-32 arasında değişirken, modifiye kumaşların mekanik özelliklerinin modifiye edilmemiş kumaşlardan daha sert olduğu gözlemlenmiştir. Ancak, kontrol altında tutulan sodyum hidroksit çözeltisi ile yumuşatma işlemi uygulanarak bu sertlik azaltılabilmektedir. Bu çalışma, modifiye polyester kumaşların su alma kapasitesinin artırılabilirliğini ortaya koymuştur (Kusuktham, Suchiva & Udon, 2024).

Muresan ve arkadaşlarının (2019) yaptıkları çalışmada 3-kloro-2-hidroksipropil akrilat (CHPA), katalizör olarak zirkonyum silikat varlığında polyester kumaşa aşılanmıştır. Aşılama işlemi, amonyum persülfat başlatıcısı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Son reaksiyon karışımına gümüş nitrat eklenerek numunelere

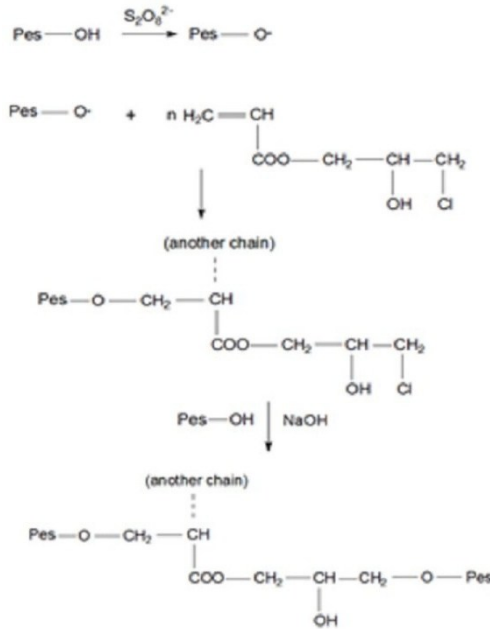
antibakteriyal etki kazandırılmıştır. Bu çalışmanın temel amacı, polyester elyafın higroskopikliğini artırmak ve polyester kumaşı katyonik boyalarla boyayabilmektir. Çalışmada öncelikle kullanılacak olan 3-kloro-2-hidroksipropil (CHPA) sentezlenmiştir. CHPA, akrilik asidin epiklorohidrinle reaksiyonu sonucu elde edilmiştir. Reaksiyon, akrilik asit/epiklorohidrin mol oranları 1/1,5 olacak şekilde 85 °C’de 180 dakika süreyle, zirkonyum silikat katalizörü kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6. 3-kloro-2-hidroksipropil akrilatın sentez tepkimesi.

Aşılama öncesinde polyester elyaflarına NaOH ile ön işlem yapılmıştır. Deneylerde kullanılacak numunelerin yarısı NaOH ile ön işleme tabi tutulmuştur. (100 g/L NaOH çözeltisinde batırılarak polietilen folyoda oda sıcaklığında 12 saat bekletilmiş ve ardından ılık ve soğuk su ile durulanmıştır.) Bu işlemin amacı, alkali hidroliz reaksiyonu gerçekleştirerek elyaf yüzeyindeki OH terminal gruplarını artırmaktır. Ön işlem görmüş ve görmemiş polyester numuneler, 70 °C’de 30 dakika boyunca %2 (w/v) amonyum persülfat çözeltisi ile muamele edilerek aşılantıdır. Numuneler, önce %2 emülgatör içeren emülsiyona batırılmış ve ardından reaksiyon karışımına katılmıştır. Ayrıca, 90 g/L CHPA, 2 mL

AgNO₃ ve 5 mL glikoz çözeltisi içeren bir emülsiyona batırılmıştır. Kumaş yuvarlanmış, önce polietilen folyaya sarılmış, 90 °C’de 60 dakika bekletilmiş, daha sonra 20 g/L NaOH çözeltisine batırılmış ve tekrar polietilen folyaya sarılarak oda sıcaklığında 12 saat bekletilmiştir. Ardından, 70 °C’de kurutulmuş ve 140 °C’de 5 dakika süreyle kürlenmiştir. Yüzeyde kalan homopolimerler ve diğer safsızlıklardan arıtmak için ise, 95 °C’de 60 dakika boyunca %2 iyonik olmayan yüzey aktif madde çözeltisiyle yıkanmıştır.



Şekil 7. Polyester kumaşların aşılama mekanizması

Alkali ön işlem görmüş ve görmemiş polyester numuneler, farklı monomer konsantrasyonları içeren emülsiyonlarla aşılanmıştır. Alkali ön işlem görmüş kumaşların, görmemişlere oranla aşılama verimi daha fazla gözlemlenmiştir. Monomer konsantrasyonunun artmasıyla her iki kumaş türünde de aşılama

verimi konsantrasyonla beraber artmıştır. İşlem görmüş polyester ile işlem görmemiş polyesterin yüzeyleri arasında belirgin bir fark gözlemlenmemiştir. Higroskopiklik, polyester kumaşın işlevsel davranışını önemli ölçüde etkileyen bir fiziksel parametredir. Yüksek higroskopiklik, daha rahat giyilebilmesi ve uygun hijyenik işlevsel özellikler göstermesi için gereklidir. NaOH ile ön işlem görmüş kumaşların higroskopik özellikleri, görmemişlere göre daha yüksektir. Bunun sebebi, daha fazla aşılama noktası oluşmasıdır; bu bağlamda, 90 g/L CHPA konsantrasyonu ile higroskopiklik değeri %6,1 ile en yüksek seviyeye ulaşırken, kontrol kumaşında bu değer %0,4'tür. Buhar geçirgenliği ise, CHPA konsantrasyonunun artmasıyla OH gruplarının sayısının artmasıyla ilişkilidir; bu durum liflerin daha yüksek miktarda su buharı tutmasına ve dolayısıyla dışarıya suyun geçişini engelleyerek polyester kumaşın su buharı geçirgenliğini azaltmaktadır. Boyama etkisinde ise, CHPA ile aşılamanın polyester elyafın yüzeyine eklenen -OH grupları, astrazon blue bg katyonik boya ile boyanması için alanlar yaratmaktadır. CHPA konsantrasyonunun artması, boyama yoğunluğunun da artmasını sağlamaktadır. NaOH ile ön işlem görmüş numunelerin, görmemişlere oranla daha yüksek renk yoğunluklarına sahip olduğu bulunmuştur. Ayrıca, boyama sonrası haslıkları da aşılama da kullanılan monomer konsantrasyonunun artmasıyla iyileşmiştir. Antibakteriyal analizler, kumaşların antibakteriyal özelliklerinin test edilen numunelerin etrafında oluşan inhibasyon bölgeleri ile kanıtlandığını göstermektedir. Gram pozitif bakterilere karşı, gram negatife kıyasla daha yüksek bir inhibasyon alanı göstererek daha iyi bir antibakteriyal aktivite sergiledikleri belirlenmiştir. Sonuç olarak, polyester kumaşın CHPA ile aşılınması, higroskopiklik, renk

yoğunluğu, boyama haslığı ve antibakteriyal aktiviteyi önemli ölçüde iyileştirmiştir (Muresan & akr., 2019).

Nimbekar ve arkadaşları (2021) Bu çalışmada, polyester kumaşlara amonyum persülfat oksidanı ve dodesil benzen sülfonik asidin yardımcı dopantı ile anilin monomelerinin aşırı kopolimerizasyonu gerçekleştirilmiştir. Aşılama işleminden önce polyester kumaşın temizlenmesi, aşındırılması ve hidrofilitesinin artırılması amacıyla düşük basınçlı radyofrekanslı oksijen (O₂) plazma işlemi uygulanmıştır. Bu işlem, aşılamanın düzgünlüğünü ve iletkenliğini artırarak polianilin (PANI) polyester kumaş yüzeyine güçlü arayüz bağları sağlamıştır. Oksijen plazma işlemi, polyester alt tabakayı plazma reaktörüne yerleştirerek O₂ gazı ile üç kez temizlenmesini sağlamıştır. FR kaynağının gücü 40 W'a ayarlanmış ve polyester kumaşlar 10 dakika süreyle O₂ plazma işlemine tabi tutulmuştur. PANI aşılması için 0,2 M anilin ve 0,2 molar HCl çözeltileri hazırlanmış, bu çözeltiler karıştırılarak 3x5 cm boyutundaki polyester kumaşlar daldırılmıştır. Çözeltinin içerisine 0,002 M DBSA eklenmiştir. Ayrıca, ayrı bir yerde hazırlanan 0,25 M APS çözeltisi, sürekli karıştırılarak damla damla eklenmiştir. Reaksiyon 0-4 °C arasında 4 saat gerçekleştirilmiş ve reaksiyon sonucunda yeşil renkli bir çözelti elde edilmiştir. Aşırı kopolimerizasyon işlemi sonunda her iki kumaş türü, oksidan ve ayrışma ürünlerinin giderilmesi için 0,2 M HCl ile, düşük moleküler ağırlıklı aramaddeler için ise asetonla yıkanmıştır. Daha sonra gaz algılama ölçümleri yapılmıştır. Amonyak gazına maruz bırakılan PANI kaplı polyester kumaş sensörünün elektriksel direnci ve akım değişimi kaydedilmiş, farklı gaz konsantrasyonlarına verilen tepkiler incelenmiştir. O₂ plazma ön işlem görmüş PANI aşırı polyester kumaşların iletkenliği, işlem görmemiş kumaşlara göre daha yüksek

bulunmuştur. Amonyak gazına maruz kaldığında, kumaşın direnci artmış ve gaz uzaklaştırıldığında direnci orijinal seviyesine dönmüştür. Bu, kumaşın amonyak gazını daha iyi algıladığını göstermektedir. Sonuç olarak, O₂ plazma ön işlem görmüş polyester kumaş, kimyasal olarak sentezlenmiş PANI ile etkili bir şekilde aşılansmış ve plazma işlemi PANI'nin kumaşa yapışmasını artırmıştır (Nimbekar& Deshmukh, 2021).

Saçak ve arkadaşları 1992 yılında yaptıkları çalışmada poli(etilen tereftalat) (PET) liflerine metil metakrilatın (MMA) azobisisobutyronitril (AIBN) kullanılarak aşılama yoluyla fonksiyonel özellikler kazandırılmasıdır. Çalışma kapsamında, sıcaklık ve monomer konsantrasyonundaki değişimlerin aşılama verimine etkisi araştırılmıştır. Aşılama işlemi için, PET lifleri önce 40 °C'de saf su ve monomer karışımında 5 dakika bekletilmiş, ardından AIBN çözeltisi aseton içerisinde 5 mL olarak eklenmiştir. Aşılama işlemi sonrası lifler asetonla yıkanmış ve benzen içerisinde bir gece bekletilmiştir. Daha sonra lifler, önce 8 saat boyunca benzen, ardından 6 saat boyunca aseton ile ekstrakte edilmiştir. İşlem sonunda kurutularak gravimetrik yöntemle aşılama verimi hesaplanmıştır. Yoğunluk, lif çapı ve nem geri kazanım değerleri de ölçülerek aşılama işleminin lif özelliklerine etkisi incelenmiştir. Aşılama çalışmaları 60, 65, 70, 80 ve 90 °C sıcaklıklarda gerçekleştirilmiş olup, artan sıcaklık ile aşılama hızının ve veriminin yükseldiği belirlenmiştir. 60 °C dışındaki tüm sıcaklıklarda aşılama, 20. dakikada doygunluk noktasına ulaşmıştır. Sıcaklık artışı, başlama ve ilerleme reaksiyon hızlarını artırarak PET liflerini daha esnek hale getirmiş, bu sayede lif yapısına difüzyon kolaylaşmıştır. Özellikle 80 °C'nin üzerinde, PET'in camsı geçiş sıcaklığı aşılmış olup, lif segmentlerinin hareketliliğinin artması ve liflerin şişmesi,

monomer difüzyonunu daha etkin kılmıştır. Sıcaklık ve zaman etkisi açısından yapılan ön deneylerde, MMA'nın termal polimerizasyon yapabilen bir monomer olmasından dolayı aşılama işleminin doğru değerlendirilebilmesi için başlatıcı olmaksızın termal polimerizasyon testleri yapılmıştır. Bu amaçla, sadece sulu ortamda lif örnekleri ve monomer başlatıcı olmadan 90 °C'de 4 saat bekletilmiş ve reaksiyon sonunda liflerde herhangi bir kütle artışı gözlenmemiştir. Bu da termal kopolimerizasyon olasılığını ortadan kaldırmıştır. Monomer ve başlatıcı konsantrasyonlarının etkisi incelendiğinde, monomer konsantrasyonundaki artışın hem doyma aşılama verimini hem de aşılama hızını artırdığı gözlenmiştir. Bu durum, çözeltide ve lif yapısında monomer miktarının artmasıyla açıklanmıştır. Başlatıcı konsantrasyonu ile aşılama verimi arasındaki ilişki ise şöyle gözlemlenmiştir: Başlatıcı konsantrasyonu arttıkça, aşılama verimi de artmış; ancak $0,90 \times 10^{-4}$ mol/L'lik başlatıcı konsantrasyonunun üzerinde aşılama veriminde düşüş görülmüştür. Başlatıcının artması, liflerdeki aktif merkezlerin sayısını artırarak aşılama verimini başlangıçta yükseltmiş, ancak aşırı yüksek başlatıcı konsantrasyonlarında radikal reaksiyonları sonucunda istenmeyen etkiler gözlenmiştir (Saçak, Baştuğ & Talu, 1993).

Çalışmanın sonucunda, aşılama işleminin lif yoğunluğunu azaltarak lif çapını ve öz viskoziteyi artırdığı; ayrıca, nem geri kazanımında hafif bir artışa neden olduğu belirlenmiştir.

SONUÇ

Sonuç olarak, polyester kumaşların tekstil endüstrisindeki geniş kullanım alanı, dayanıklılık, esneklik ve ekonomik avantajları ile öne çıkmaktadır. Ancak, hidrofobiklik, sınırlı antibakteriyel özellikler gibi bazı dezavantajları mevcuttur. Bu bağlamda, polyester kumaşların fonksiyonelleştirilmesi, güncel çalışmaların

odak noktasını oluşturmaktadır. Özellikle aşı kopolimerizasyon yöntemi, kumaş yüzeyine ek işlevsellik kazandırmak için etkili bir çözüm sunmaktadır.

Aşı kopolimerizasyon, kumaş yüzeyine farklı kimyasal grupların entegre edilmesini sağlarken, dayanıklılık ve fonksiyonellik arasındaki dengeyi korumaktadır. Bu derlemede incelenen çalışmalar, su iticilik, UV koruması, antibakteriyel ve diğer özellikleri polyester kumaşlara kazandırmak için bu yöntemin uygulanabilirliğini ve etkinliğini göstermektedir. Böylece, farklı fonksiyonel taleplere göre uyarlanabilen polyester kumaşlar, gelecekteki araştırmalara yön verecek bir potansiyel taşımaktadır.

KAYNAKÇA

Smelik, A. (2023). Polyester: a cultural history. *Fashion Practice*, 15(2), 279-299.

Materials Market Report (2023). <https://textileexchange.org/knowledge-center/reports/materials-market-report-2023/> (Erişim Tarihi: 04.11.2024)

Jaffe, M., Easts, A. J., & Feng, X. (2020). Polyester fibers. In *Thermal analysis of textiles and fibers* (pp. 133-149). Woodhead Publishing.

Toydemir, Y., & Baramol, D. V. (2021). Properties investigation of polyester yarns with different cross-sections. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(1), 170-176.

Karaca, E., Kahraman, N., Omeroglu, S., & Becerir, B. (2012). Effects of fiber cross sectional shape and weave pattern on thermal comfort properties of polyester woven fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 20(3 (92)), 67-72.

Heydari, S., Tavanaie, M. A., Montazer, M., & Mahmoudi-Rad, M. (2024). A study on melt spinning of polyethylene terephthalate filament yarns containing various concentrations of synthesized CuO nanoparticles. *Journal of Applied Polymer Science*, 141(4), e54861.

Batur, Z., & Akyıldız, H. İ. (2021). Polietilen teraftalat (PET) liflerde katkılanan TiO₂ konsantrasyonunun fotokatalitik kendini temizleme özelliklerine etkisi. *Politeknik Dergisi*, 24(1), 121-129.

Sherazi, T. A. (2016). Graft polymerization. *Encyclopedia of membranes*, 886-887.

Vega-Hernández, M. Á., Cano-Diaz, G. S., Vivaldo-Lima, E., Rosas-Aburto, A., Hernandez-Luna, M. G., Martinez, A., ... & Penlidis, A. (2021). A review on the synthesis, characterization, and modeling of polymer grafting. *Processes*, 9(2), 375.

Koşkun, R. (2003) Benzoil peroksit yardımıyla poli (etilen teraftalat) lifler üzerine akrilamid/itakonik asit monomer karışımının aşırı kopolimerizasyonu (yüksek lisans tezi) Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Kusuktham, B., Suchiva, K., & Udon, S. (2024). Grafting of polyester fabrics with methacrylic acid. *Polymer Bulletin*, 81(17), 15671-15692

Muresan, E. I., Rosu, G., Danila, A., Drobotă, M., Doroftei, F., & Radu, C. D. (2019). Improving the properties of the polyester fabrics by grafting with 3-chloro-2-hydroxypropyl acrylate. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 14, 1558925019851340.

Nimbekar, A. A., & Deshmukh, R. R. (2021). Plasma-induced grafting of polyaniline on polyester fabric for gas sensing application. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 32(1), 59-72.

Saçak, M., Baştuğ, N., & Talu, M. (1993). Azobisisobutyronitrile-Initiated graft copolymerization of methyl methacrylate onto poly (ethylene terephthalate) fibers. *Journal of applied polymer science*, 50(7), 1123-1129.

BÖLÜM III

Dokuma Kumaş Hatalarının İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri İle Değerlendirilmesi

Bilge BERKHAN KASTACI¹

1.Giriş

Bütün işletmeler hatasız üretimi hedeflemektedir ancak tekstil sektörü gibi esnek ve değişken yapıya sahip elyaf ve elyafın dönüşümüyle elde edilen iplik ve kumaş işleyen ve içinde insan faktörünün yoğun olarak bulunduğu üretim süreçlerinde bu pek mümkün değildir. Dolayısıyla farklı nitelik ve büyüklükte hatalar içeren ürünlerin oluşması kaçınılmazdır. Bu doğrultuda işletmeler en düşük hata sayısı veya hata oranı hedefi ile üretim yapmaya çalışmaktadır.

Dokuma kumaşlarda hata; dokuma işlemi veya dokumadan sonraki üretim basamaklarından kaynaklanan, kumaş görünümünü

¹ Öğr.Gör.Dr., Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çerkezköy Meslek Yüksekokulu, Tekstil Teknolojisi Programı, Tekirdağ/ Türkiye, Orcid: 0000-0001-6897-0554, bberkhan@nku.edu.tr

bozan ya da kumaşın performansını etkileyen ve kullanıcı tarafından kabul görmeyen kusurlara denilmektedir (Barış, 2018). Türk Standartları Enstitüsünün (TSE) tanımına göre ise hata; kumaşlarda ham madde, iplik, yardımcı madde, işçilik, makine donanımı ya da çalışma metodu yüzünden oluşan, gözle görülüp değerlendirilebilen ve kumaşın görünüşünü bozan kusurlardır. TSE’ nin bir başka tanımında ise hata; kumaşın beklenen performansını düşüren veya kumaştan yapılan bir üründe belirgin bir konumda ortaya çıktığında muhtemel bir alıcı tarafından kolaylıkla görülen ve kabul edilmeyen bir kusur olarak tanımlanmaktadır (TSE 2005).

Tekstil fabrikalarında kalite planlaması, son ürünün bitmiş durumdaki özelliklerinin belirlenmesiyle başlar. Bu bağlamda, kumaş hatalarını tespit etmenin en yaygın yöntemi, yıllardır kullanılan ‘dikey ışıklı masa’ üzerinde hareket eden kumaşın izlenmesidir. Gözle görülen kumaş hatalarını belirlemek için, bu işlemden özel olarak eğitilmiş ve deneyimli bir operatör görev alır. Operatör, eğitim ve deneyimine dayanarak kontrol sırasında fark ettiği hataları belirler. Tespit edilen hataları mümkün olduğunca düzeltir veya daha sonra düzeltilmek üzere işaretler. Kumaş toplarının ortalama kalitesini değerlendirmek için, birim kumaş alanında saptanan hata sayısı, alıcının belirlediği pratik sınırlar veya tecrübelerle oluşturulmuş standart üst sınırlarla karşılaştırılır (Ala ve İkiz, 2014).

Tekstil sektöründe önceki yıllarda yapılmış çalışmalar değerlendirildiğinde; Bircan ve Gedik 2003 yılında Sivas dikimevinde yaptıkları bir araştırmada konfeksiyon dairesinde 24 haftalık süre içerisinde çıkan hatalı ürünleri dikkate alarak P- kontrol kartları ile süreci takip etmişlerdir (Bircan ve Gedik, 2003). Kılıç 2006 senesinde süreç analizinde örme kumaşların 1 ay süresince hata

oranlarını U- kontrol kartları ile, konfeksiyonda t- shirt üretiminde hatalı ürün oranını P- kontrol kartları ile iplik işletmesinde kopuş sayılarını ise C- kontrol kartları ile değerlendirmiştir (Kılıç, 2006). Patır 2009 yılında bir iplik işletmesinde bobin gramajlarının ölçüm sonuçlarını kullanarak istatistiksel olarak süreci $\bar{X}$ ve S kontrol kartlarından faydalananarak değerlendirmiştir (Patır, 2009). Kısaoğlu 2010 yılında yaptığı çalışmada üretilen dört çeşit kumaş için 20 günlük kumaş hata sayılarını dikkate alarak C- kontrol kartları ile süreci değerlendirmiştir (Kısaoğlu, 2010). Ala ve İkiz 2014 senesinde ham bornozluk havlu kumaşlarda süreç analizini 18 günlük kumaş hata sayılarını dikkate alarak hatalı oranı kontrol kartı olan P- kontrol kartları ile ortaya koymuştur (Ala ve İkiz 2014).

Bu çalışmada, istatistiksel proses kontrol tekniklerinden faydalananarak dokuma alanında faaliyet gösteren bir tekstil firmasının ilk 6 ay için üretilen kumaşların hatalı kumaş oranları dikkate alınarak istatistiksel kontrol kartları ile süreç performansları ortaya konulmuştur. Üst kontrol limitlerini aşan aylar için pareto analizi ile hatalar sınıflandırılarak müdahale edilmesi gereken en önemli kumaş hataları ortaya çıkarılmıştır. Bu hataların sebepleri işletme ile beyin fırtınası yapılmak sureti ile sınıflandırılarak sebep- sonuç diyagramlarına işlenmiştir.

2.MATERYAL METOD

2.1 Materyal

Bu çalışmaya Kahramanmaraş ilinde üretimini sürdüren dokuma kumaş fabrikasının ocak, şubat, mart, nisan, mayıs ve haziran aylarında kalite kontrol dairesinde ışıklı panolarda operatörler tarafından kontrol edilen tüm ham kumaşları dahil

edilmiştir. Kumaşlar hava jetli ve rapierli dokuma tezgahlarında dokunmuştur.

2.2 Metod

Üretimden çıkan tüm ham kumaşlar operatörler tarafından ışıklı panolarda TL84 alt aydınlatma sistemi ile ve gerekli durumlarda D65 ve UV üst aydınlatma sisteminden de faydalanarak kontrol edilmektedir. Ham kumaş eninde, istenilen metrajda dokuma makinesinden gelen tüm kumaşlara kalite kontrol dairesinde birebir gözle muayene yapılarak çıkan kumaş hataları, hata yoğunluğu grafiklerine (veya tablo) işlenir. Bu tablolar günümüzde bilgisayar ortamında olup, kontrol edilen kumaş boyunda, her metreye kumaş hatalarının kodları işlenmek suretiyle doldurulur. İstatistiksel proses kontrolünde de yeri bulunan hata yoğunluğu grafikleri sayesinde kumaş üzerinde hangi hataların ne yoğunlukta geldiği görsel olarak da ifade edilmiş olur. Hata yoğunluğu diyagramında, bir ürün tüm boyut ve açıları ile göz önüne alınarak çizilir ve üzerine nerelerinde hatalar olduğu işaretlenir. Hataların olduğu yerlerin görüntülenmesi hatanın nedeni hakkında ipucu verebilir (Kılıç, 2006). Hata Yoğunluk diyagramı, problemi meydana getiren nedenlere inmek için etkin bir araçtır. Verilerin tamamına bakıldığında sorun açıkmiş gibi görünür, fakat veriler daha küçük parçalara ayrılındıkça güçlüğün ne olduğunu belirlemek oldukça zordur (Bircan ve Gedik, 2003).

Tablo 1 : Dokuma kumaş hataları için hata takip formu

DOKUMA KUMAŞ HATA TAKİP FORMU											
Hata Kodu	Hata Adı	Metre	Hata Kodu	Metre	Hata Kodu	Metre	Hata Kodu	Metre	Hata Kodu	Metre	Hata Kodu
1	Atkı Kesmesi	1		51		101		151		201	
2	Atkı Yıgılması	2		52		102		152		202	
3	Atlama Dalma	3		53		103		153		203	
4	Ayak Kaçığı	4		54		104		154		204	
5	Boncuklama	5		55		105		155		205	
6	Bozuk Kenar	6		56		106		156		206	
7	Cımbaz İzi	7		57		107		157		207	
8	Cımbaz Koparması	8		58		108		158		208	
9	Çift Atkı	9		59		109		159		209	
10	Çift Çözgü	10		60		110		160		210	
11	Çözgü Kaçığı	11		61		111		161		211	
12	Desen Hatası	12		62		112		162		212	
13	Dokuma Sürmesi	13		63		113		163		213	
14	Dokuma Duruşu	14	9	64		114		164	14	214	
15	Dokuma Kaynaklı Delik Yırtık	15		65		115		165		215	
16	Dokuma Kıl Uçuntu	16		66		116		166		216	
17	Dokuma Kırığı	17		67		117		167		217	
18	Dokuma Kısa Parça	18		68		118		168		218	
19	Dokuma Renk Farkı	19		69		119		169		219	
20	Dokuma Sürmesi	20		70	25	120		170		220	
21	Dokuma Uçuntusu	21		71	14	121		171		221	
22	Dokuma Yağı Uçuntu	22		72		122		172		222	
23	Düğüm	23		73		123		173		223	
24	Gergin Gevşek	24		74		124		174		224	
25	Kafes	25		75		125		175		225	
26	Konik Çözgü	26		76		126		176		226	
27	Lycra Kopuğu	27		77		127		177	43	227	
28	Mukavemet Düşük	28		78		128		178		228	
29	Pamuklama	29	14	79		129		179		229	
30	Parça Metre	30		80		130		180		230	
31	Roper Hatası	31		81		131		181		231	
32	Sık Seyrek	32		82		132		182		232	
33	Tahar Hatası	33		83		133		183		233	
34	Tarak İzi	34		84		134		184		234	
35	Tarak Hatası	35		85		135		185		235	
36	Temizleme Yeri	36		86		136		186		236	
37	Yağ Pas Kır	37		87		137		187		237	
38	Yanlış Atkı	38		88		138		188		238	
39	Yarım Ayak Kaçığı	39		89		139		189		239	
40	Hafif Duruş İzi	40		90		140		190		240	
41	Hasıl Lekesi	41		91		141		191		241	
42	Şantuk-Balık	42		92		142	40	192		242	
43	İnce-Kalın Yer	43		93	2	143		193		243	
44	Neps	44		94		144		194		244	
45	Jüt- Uçuntu-Yabancı Elyaf	45		95		145		195		245	
46	Yabancı İplik	46		96		146		196		246	
47	Harman Bandı	47		97		147		197		247	
48	Büküm Hatası	48		98		148		198		248	
49	İplik Düzgünsüzlüğü	49		99		149		199		249	
50	Elyaf Sayırması	50		100		150		200		250	
Tezgah Numarası											Not
Tip Adı											
Sipariş Numarası											
Dokuma Üretim Tarihi											
Ham Kalite Kontrol Tarihi											
Net Kumaş Metrajı											
Kontrol Eden Operatör											

3.HATALI KUMAŞ ORANLARINA GÖRE İSTATİSTİKSEL BULGU VE DEĞERLENDİRME

6 aylık zaman periyodunda her ay tüm kumaşlar için hata yoğunluğu grafikleri incelenerek hataların ortaya çıkma nedenleri ve kaynaklarını bulmak amacıyla sıklık derecelerinin saptanması için çetele tabloları (kontrol çizelgeleri) hazırlanır.

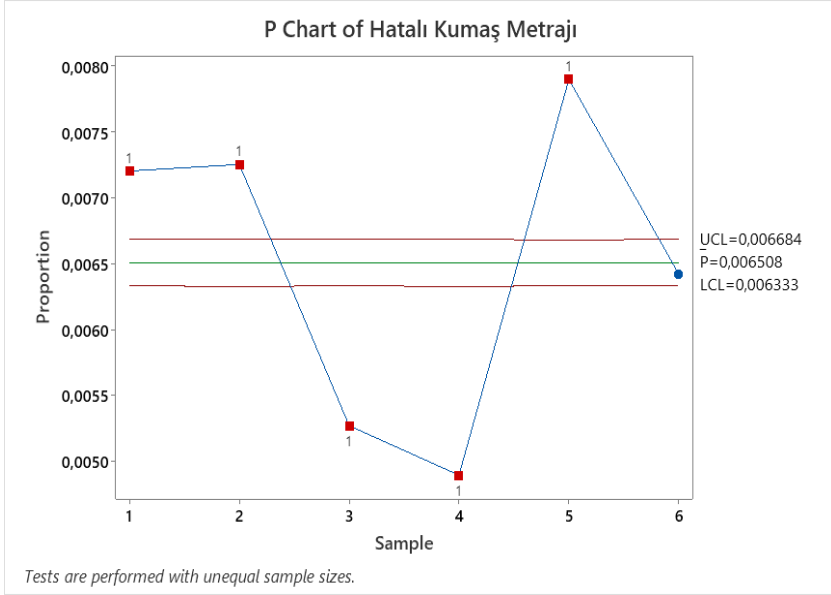
Tablo 2: Dokuma kumaş hataları için ilk 6 aylık çetele tablosu

01. 01- 30. 06 Tarihleri Arası Üretim Başına Kumaş Hataları Çetele Tablosu							
HATA ADI	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	Toplam Hatalı Metre
DOKUMA DURUŞU	3.009	3.138	915	959	1.708	1427	11.156
GERGİN-GEVŞEK	1.207	1.291	1.632	615	1.657	1497	7.899
GEVŞEK ATKI	0	80	18	229	0	1065	1.392
ÇÖZGÜ KAÇIĞI	683	1.293	791	1.605	1.312	1487	7.171
YAĞ-PAS-KİR	759	615	494	648	819	1242	4.577
YARIM AYAK KAÇIĞI	846	963	298	662	1.224	673	4.666
ATKI YİĞİLMASI	1.216	41	1.895	1.785	1.465	0	6.402
DELİK-YIRTIK	383	276	286	80	849	1373	3.247
DOKUMA KISA PARÇA	143	305	379	361	553	141	1.882
DÜĞÜM	190	367	272	167	490	296	1.782
TAHAR HATASI	461	352	266	14	8	125	1.226
AYAK KAÇIĞI	892	634	411	380	435	407	3.159
CIMBAR İZİ	482	116	0	0	102	172	872
BONCUKLAMA	179	485	92	286	200	118	1.360
DOKUMA SÜRTME İZİ	737	38	0	266	2.822	237	4.100
SIK - SEYREK	130	50	23	53	97	53	406
TARAK İZİ	0	0	20	0	0	98	118
YANUŞ ATKI	771	971	107	224	271	221	2.565
ATLAMA DALMA	71	98	22	0	113	0	304
DESEN HATASI	183	71	48	97	71	0	470
ÇİFT ÇÖZGÜ	10	179	105	59	32	21	406
KAFES	0	18	102	0	278	8	406
DOKUMA UÇUNTU	0	29	18	76	93	126	342
ROPER HATASI	28	26	0	86	0	410	550
ÇİFT ATKI	38	57	102	0	37	33	267
DOKUMA KIRIĞI	1.134	1.235	278	43	537	671	3.898
PAMUKLAMA	0	0	23	42	42	3	110
BOZUK KENAR	0	197	0	0	0	93	290
CIMBAR KOPARMASI	0	0	0	0	14	18	32
ATKI KESMESİ	0	0	1.110	134	173	0	1.417
İPLİK ABRAJI	0	0	0	0	0	0	0
KONİK KALIP HATASI	33	0	0	0	0	0	33
İPLİK DÜZGUNSUZLUĞU	0	193	0	0	0	113	306
BOYA LEKESİ	0	26	0	0	0	0	26
Toplam Hatalı Metre	13.585	13.144	9.707	8.871	15.402	12.128	72.837
TOPLAM ÜRETİM	1.885.910	1812276	1842084	1812469	1950173	1888328	11191240

Çetele tablosu ile tüm kumaş hataları ocak ayından, haziran ayına kadar listelenmiş ve daha görünür hale gelmiştir.

Bir sürecin istatistiksel olarak kontrol altında olması değişkenliğin kaynağının yalnızca genel nedenlere dayanması anlamına gelir. Kontrol kartları sürecin zaman içindeki gelişimini ve o andaki durumunu yansıtır. Süreç değişkenliğinin normal sınırlar içinde kalıp kalmadığını anlama olanağı sağlar. Değişkenliğin normal sınırlar dışında olması durumunda özel nedenlerin varlığı kabul edilir (Şenol, 2012).

Yılın ilk altı ayında hatalı kumaş oranına göre hangi aylarda sürecin kontrol limitleri dışına çıktığı P-kontrol kartlarından faydalanılarak saptanmıştır.



Şekil 1: Yılın ilk altı ayı için P- Kontrol Kartı

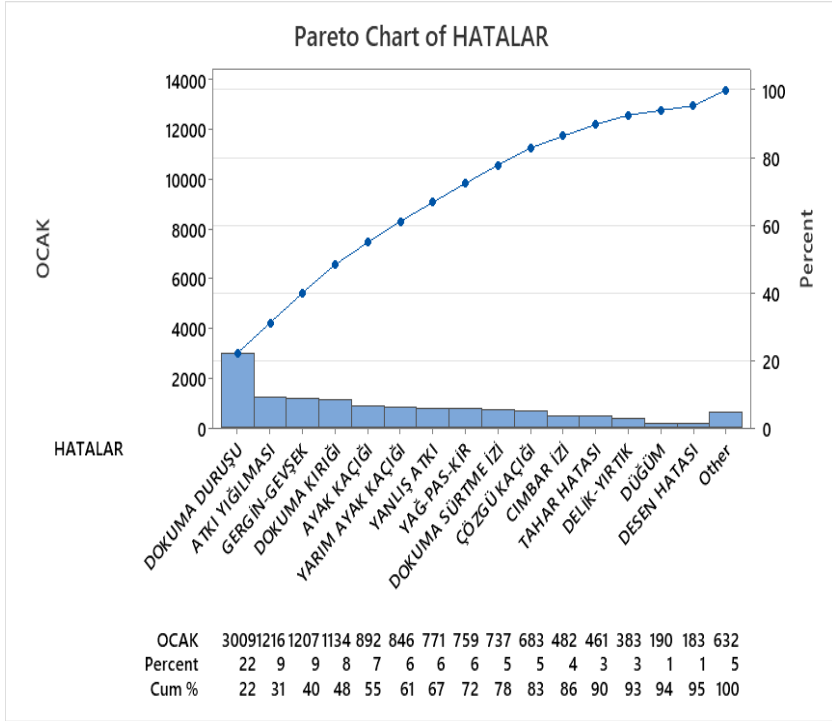
Minitab istatistik paket programı ile elde edilen P- kontrol kartında görüldüğü gibi hatalı kumaş oranları % 0,5 ile % 0,8 arasında değişmiş olup toplam üretim gözönüne alındığında bu oranların oldukça düşük olduğu da ortaya çıkmıştır. Ocak, şubat ve mayıs aylarında çıkan hatalı kumaş oranları üst kontrol limitini aştığı için tekrar incelenmiş bu aylar için yeniden çetele tablosu oluşturularak hangi hataların daha önemli olduğu ve önleyici faaliyetler için hangi hatalara öncelik verilmesi gerektiğinin anlaşılması için pareto diyagramından faydalanılmıştır.

Pareto Diyagramları problemin tanımlanması ve yapılan iyileştirmenin seviyesinin ölçülmesi amacıyla kullanılabilecek

önemli bir araçtır. Pareto analizinde bir problemi oluşturan etkenler önem sırasına göre listesidir. Pareto analizi; az sayıdaki önemli sorunun çok sayıdaki önemsiz sorundan ayırma tekniği olarak da tanımlanabilir. Problemlerin kaynaklarının %80'nin tüm problemlerin %20'sini oluşturan basit nedenleri ortadan kaldırmakla çözümlenebileceği öngörülmektedir. Pareto diyagramı çiziminde araştırılacak sorunun belirlenmesinden sonra uygun veri çizelgesiyle toplanan bilgilerden faydalanılır. Toplanan veriler birim miktarlarına göre azalan bir sıra ile sıralanır. Büyüklüğüne bakılmaksızın “diğerleri” en son sıraya yerleştirilir.

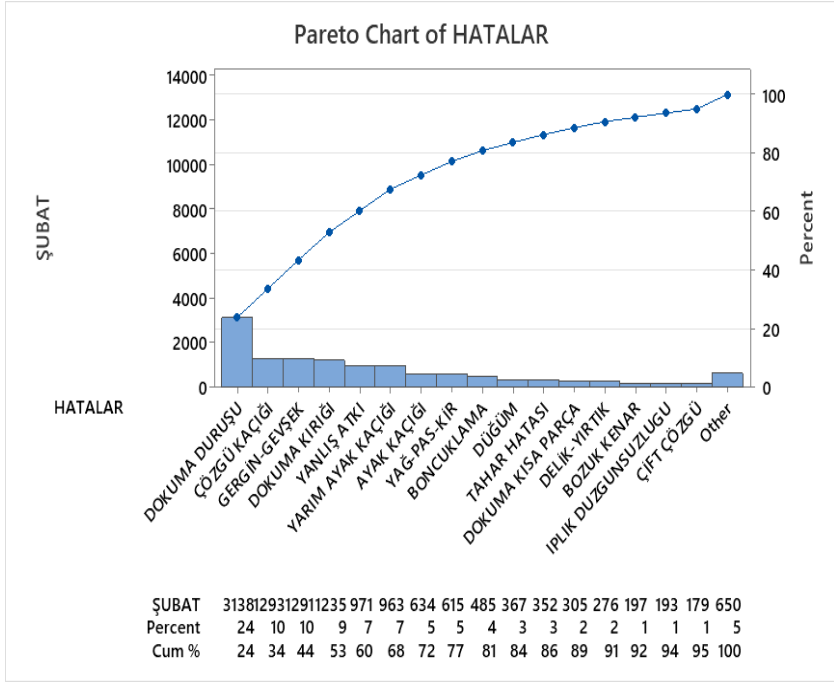
Kumaş hataları için hazırlanan Pareto diyagramında öncelikle veriler frekanslarına göre küçükten büyüğe doğru sıralanır. Ardından hata yüzdeleri hesaplanır. Bu hata yüzdeleri için kümülatif toplamlar bulunur ve yatay eksende kumaş hatalarının bulunduğu, düşey eksenin sağ tarafında hata sayılarının olduğu frekans değerleri, sol tarafında ise kümülatif toplamların bulunduğu sütun grafiği çizilir. Her hata için kümülatif toplam değerleri işaretlenir ve bu noktaların birleştirilmesi ile Pareto eğrisi elde edilir. Son olarak grafiğin sağ tarafındaki kümülatif yüzde oran tarafından %80' lik alan işaretlenir ve altında kalan noktalar için müdahale edilmesi gereken ve diğerlerinden daha önemli olan hatalar belirlenir. Günümüzde Pareto diyagramı elle çizilebildiği gibi Excel programından ve çeşitli istatistik paket programlardan faydalanılarak da çizilebilmektedir.

Çetele diyagramından faydalanılarak Minitab istatistik paket programı ile elde edilen Pareto grafiği şekildeki gibidir.



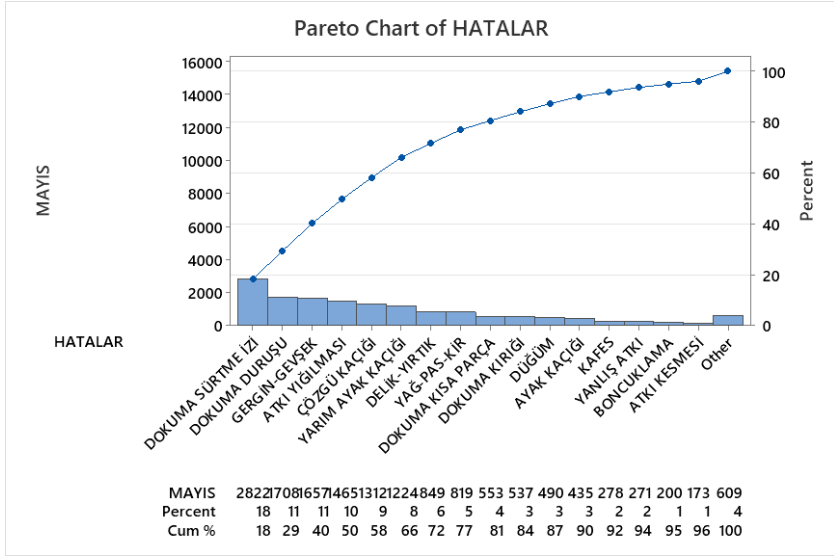
Şekil 2: Ocak ayı Pareto diyagramı

Şekil 2’ de görüldüğü gibi müdahale edilmesi gereken %80’ lik dilimin altında kalan hatalar ilk 9 hatadır. Bunlar dokuma duruşu, atkı yığılması, gergin- gevşek, dokuma kırığı, ayak kaçığı, yarım ayak kaçığı, yanlış atkı, yağ-pas-kir ve dokuma sürtme izi hatalarıdır.



Şekil 3: Şubat ayı Pareto diyagramı

Şekil 3’ de görüldüğü gibi müdahale edilmesi gereken %80’ lik dilimin altında kalan hatalar ilk 8 hatadır. Bunlar dokuma duruşu, çözgü kaçığı, gergin-gevşek, dokuma kırığı, yanlış atkı, yarım ayak kaçığı, ayak kaçığı ve yağ-pas kir hatasıdır.



Şekil 4: Mayıs ayı Pareto diyagramı

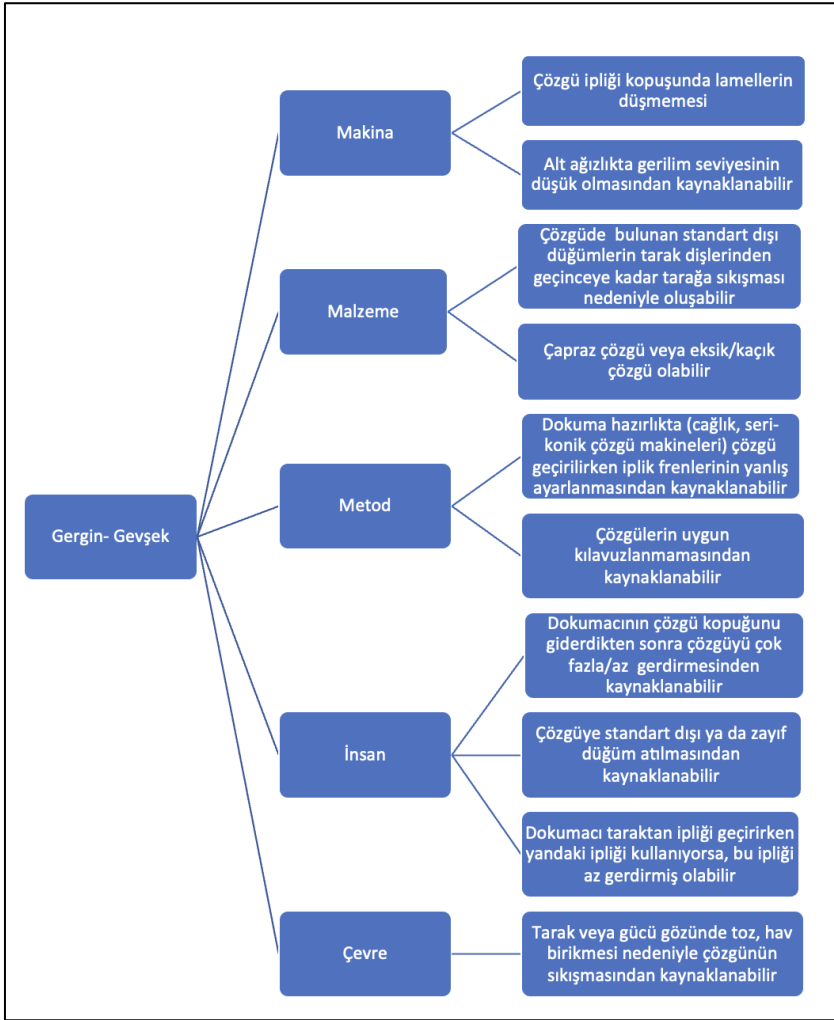
Şekil 4’ de görüldüğü gibi müdahale edilmesi gereken %80’ lik dilimin altında kalan hatalar ilk 8 hatadır. Bunlar dokuma sürtme izi, dokuma duruşu, gergin-gevşek, atkı yığılması, çözgü kaçığı, yarım ayak kaçığı, delik yırtık ve yağ-pas- kir hatasıdır.

İlgili Pareto Diyagramlarından çıkarılabilecek sonuca göre ilk olarak üzerinde durulması ve çözüm bulunması gereken problemler %80’ lik dilimin altında kalan hatalardır. Ocak, şubat ve mayıs aylarında kümülatif %80’ lik dilimin altında kalan hatalar aşağıdaki tabloda verildiği gibidir.

Tablo 3: Aylara göre müdahale edilmesi gereken hatalar

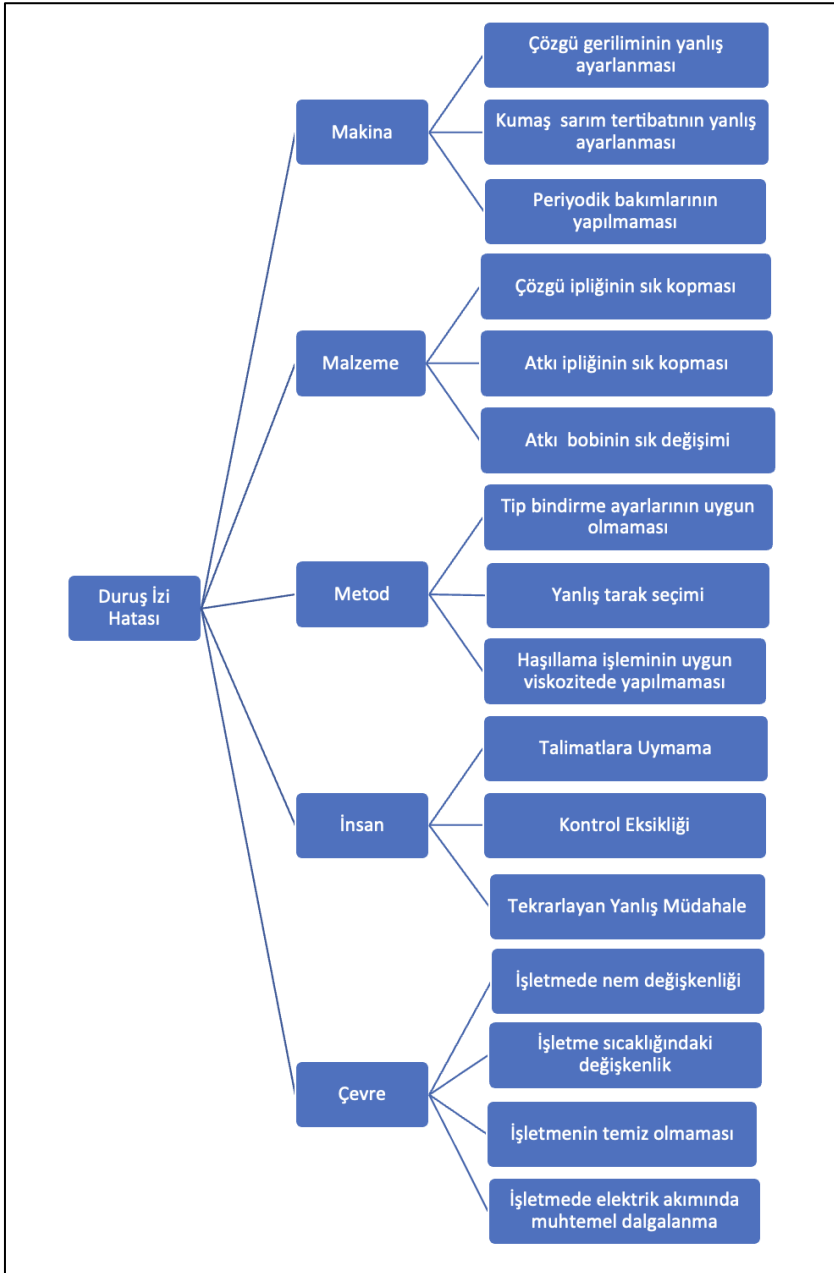
AYLARA GÖRE MÜDAHALE EDİLMESİ GEREKEN ÖNCELİKLİ HATALAR			
Sıra	OCAK	ŞUBAT	MART
1	Dokuma Duruşu	Dokuma Duruşu	Dokuma Sürtme İzi
2	Atkı Yığılması	Çözü Kaçığı	Dokuma Duruşu
3	Gergin- Gevşek	Gergin-Gevşek	Gergin- Gevşek
4	Dokuma Kırığı	Dokuma Kırığı	Atkı Yığılması
5	Ayak Kaçığı	Yanlış Atkı	Çözü Kaçığı
6	Yarım Ayak Kaçığı	Yarım Ayak Kaçığı	Yarım Ayak Kaçığı
7	Yanlış Atkı	Ayak Kaçığı	Delik- Yırtık
8	Yağ-Pas- Kir	Yağ- Pas-Kir	Yağ- Pas- Kir
9	Dokuma Sürtmesi		

Tablo incelendiğinde üst kontrol sınırının dışında kalan tüm aylarda ortak hatalar; dokuma duruşu hatası, gergin- gevşek hatası, yarım ayak kaçığı hatası ve yağ-pas- kir hatası önem derecesine göre müdahale edilmesi gereken hatalar olarak tekrar etmiştir. Aynı hataların çetele diyagramı incelendiğinde yılın tüm aylarında farklı frekanslarda hatalı kumaş metrajına yani atıl stoğa katkısı olmuştur. Bu bağlamda müdahale edilmesi gereken hatalar için beyin fırtınası metodu ile kök nedenlere ulaşılmaya çalışılmıştır.



Şekil 5:Gergin- gevşek hatası için sebep-sonuç diyagramı

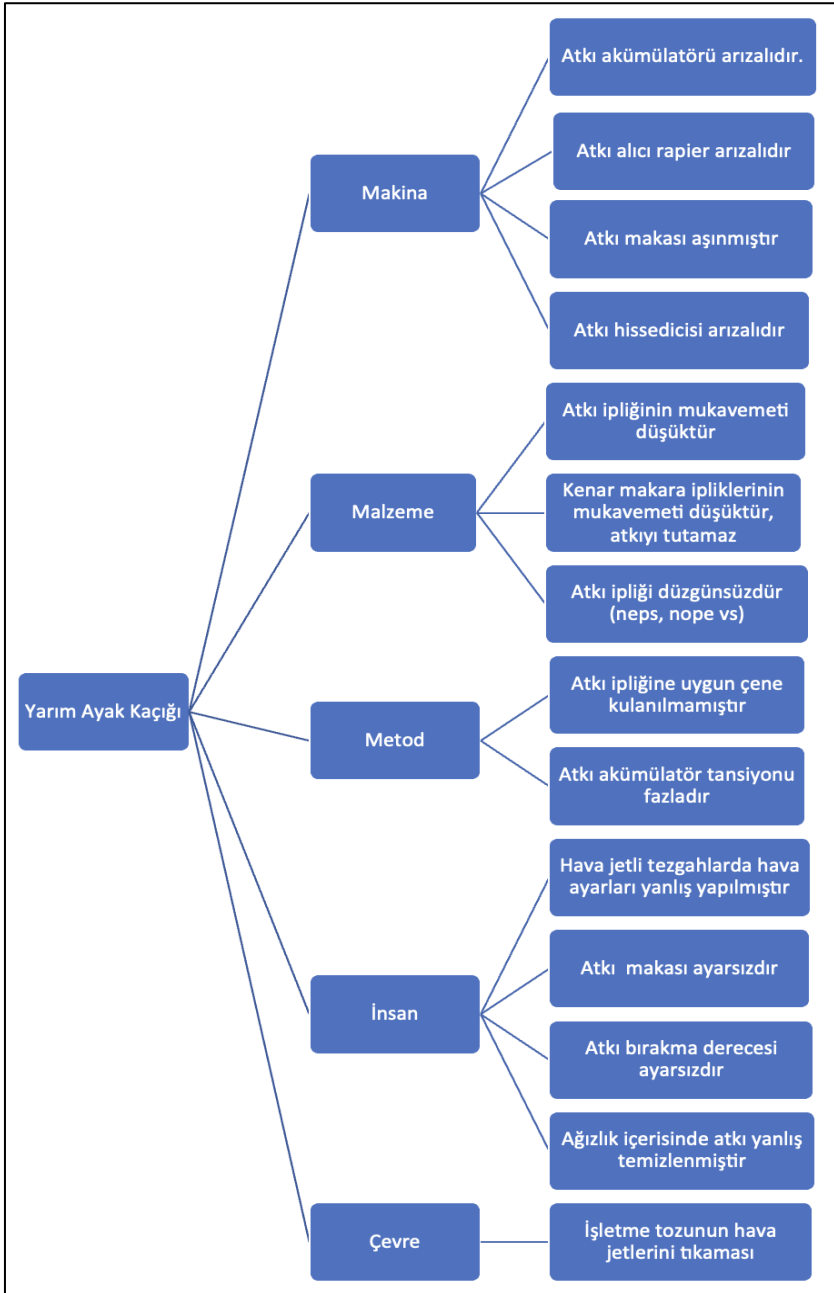
Şekil 5’ de gergin-gevşek hatası için sebep- sonuç diyagramı ile bu hatanın makine, malzeme, metod, insan ve çevreden kaynaklı kök sebepleri beyin fırtınası yoluyla araştırılarak ortaya konmuştur.



Şekil 6:Duruş izi hatası için sebep-sonuç diyagramı

Şekil 6’ da her ay azımsanmayacak şekilde çıkan duruş hatası için sebep- sonuç diyagramı ile bu hatanın makine, malzeme, metod, insan ve çevreden kaynaklı kök sebepleri beyin fırtınası yoluyla araştırılarak ortaya konmuştur. Duruş izi hatası hemen her dokuma işletmesi için çözülmesi gereken bir hata türü olup dikkatli bir şekilde takip edilmesi ve hata kaynağının doğru tespit edilmesi son derece önemlidir.

Şekil 7’ de de yarım ayak kaçığı hatası için sebep- sonuç diyagramı ile bu hatanın makine, malzeme, metod, insan ve çevreden kaynaklı kök sebepleri beyin fırtınası yoluyla araştırılarak ortaya konmuştur.



Şekil 7: Yarım Ayak Kaçığı hatası için sebep-sonuç diyagramı

Sebepler- sonuç diyagramları ile bu hata sebepleri sınıflandırılmıştır. Sorunun temel nedeninin tespiti ve bu soruna yol açan etkenlerin düzenli bir şekilde gösterilmesi, problemin çözümünde en uygun yolun belirlenmesine yardımcı olacaktır.

4.SONUÇ

Dokuma kumaş üretiminin hatasız yapılması bitmiş ürün açısından son derece önemlidir. Hatayı zamanında fark etmemek hatalı kumaş üretimine sebep olur. Bu çalışmada çeşitli hatalardan kaynaklı hatalı kumaş oranları dikkate alınarak istatistiksel olarak süreç kontrolü yapılmıştır.

İşletmenin ilk altı ayı için P- kontrol kartı ile süreç değerlendirilmiş, tolerans dışı aylar için müdahale edilmesi öncelikli hatalar Pareto diyagramları ile ortaya konulmuştur. Kontrol dışı tüm aylarda gergin gevşek hatası, duruş izi hatası, yarım ayak kaçığı hatası, yağ- pas- kir hatası gibi ortak çıkan hatalar için beyin fırtınası yapılarak sebepler-sonuç diyagramları ile kök- nedenlere ulaşılmıştır. Makine, malzeme, metod, insan ve çevre kategorileri içerisinde sıralanan hata kaynakları sürecin kontrol dışına çıkmasına sebep olmuştur. Hatanın tekrar etmemesi için bu hata kaynaklarının ortadan kaldırılması gereklidir. Proaktif yaklaşım ile üretim gerçekleşmeden önce rastsal olmayan atfedilir hata sebeplerine doğru müdahale edilmesi durumunda hatalı üretim azalacak ve istenilen ürün kalitesine ulaşılmasının yanısıra işletme maliyetleri de önemli ölçüde azalacaktır.

KAYNAKLAR

Ala DM, İkiz Y (2014). Ham Bornozluk Havlu Kumaşlarda Dokuma Üretimi Süresince Oluşan Kumaş Hatalarının Belirlenmesine Yönelik İstatistiksel Bir Araştırma. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 20(7), 244-252.

Berkay B (2018). Dokuma Kumaş Hatalarının Belirlenmesi ve Nedenlerinin Giderilmesi İçin Bir Uzman Sistem Uygulaması. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. Tekirdağ.

Bircan H, Gedik H (2003). Tekstil Sektöründe İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri Uygulaması Üzerine Bir Deneme. Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt 4, Sayı 2.

Kılıç M (2006). İstatistiksel Kalite Kontrolü ve Tekstil İşletmelerinde Uygulanması. Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. İzmir.

Kısaoglu DÖ (2010). Orta Büyüklükte Bir Dokuma İşletmesinde Proses Kontrol Sistemi: Kumaş Hataları Kontrolü. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 16, Sayı 3.

Patır S (2009). İstatistiksel Proses Teknikleri ve Kontrol Grafiklerinin Malatya’ daki Bir Tekstil İşletmesinde Bobin Sarım Kontrolünde Uygulanması. SÜ İBBF Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, Cilt: 9, Sayı: 18.

Şenol Ş (2012). İstatistiksel Kalite Kontrol. Nobel Akademik Yayıncılık, 439 sf.

Türk Standartları Enstitüsü (2005). TS 471 İSO 8498 Dokuma Kumaşlar Hata Tarifleri, Terimler Standardı.

BÖLÜM IV

Dokusuz Yüzeylerin Akustik Özellikleri ve Akademik Çalışmalar

Ayşe ÖZKAL¹
Funda CENGİZ ÇALLIOĞLU

1. Dokusuz Yüzeyler: Tanımı ve Önemi

Dokusuz yüzeyler, kumaşlar, giyim, hijyen ürünleri, endüstriyel uygulamalar ve teknik alanlar dahil olmak üzere çeşitli sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Geleneksel kumaş üretim tekniklerine kıyasla yüksek üretim hızlarına sahiptirler (Mishra, 2019). Geleneksel tekstil üretim yöntemlerinin dışında geliştirilmiş, çeşitli fiziksel ve/veya kimyasal yöntemlerle liflerin bir araya getirilerek yapısal bir bütünlük oluşturmasıyla elde edilen malzemelerdir. INDA'nın (Association of the Nonwoven Fabrics Industry) tanımına göre bu malzemeler, kağıt, dokuma veya örmeden farklı yöntemlerle tasarlanmış lif birliktelikleridir (INDA, 2019). Benzer bir tanım EDANA (European Disposables and Nonwovens Association) tarafından da yapılmış, bu malzemelerin

¹ Dr., Ayşe ÖZKAL, Pamukkale University, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Denizli/Türkiye, Orcid: 0000-0003-1294-7106 aozkal@pau.edu.tr

kağıt ve dokuma dışında çeşitli yöntemlerle elde edilen tül, keçe veya tabakalar olduğu belirtilmiştir (EDANA, 2019).

Dokusuz yüzeylerin en temel özelliklerinden biri, lif türü açısından çok yönlü olmalarıdır. Doğal, suni, organik veya inorganik lifler kullanılabilirlikle birlikte, bu malzemelerin çoğu kimyasal liflerden üretilmektedir. Bu durum, özellikle kullanım amacına uygun şekilde optimize edilme avantajı sağlar (Wulfhorst, 2003).

1.1. Üretim Yöntemleri

Dokusuz yüzeylerin üretim aşamaları, genel olarak şu şekilde özetlenebilir: İlk olarak lif üretimi gerçekleştirilir, ardından bu liflerden tülbent oluşturulur. Daha sonra tülbent yüzeyler birbirine bağlanır ve son olarak bi+tim işlemleri uygulanır (Erdoğan, 2008).

Tülbent Oluşturma, Dokusuz yüzeylerin üretimi için liflerin rastgele veya paralel olarak birbiri üzerine serilmesi gerekmektedir (Wulfhorst, 2003). Tülbent oluşturma işlemleri, mekanik, aerodinamik, hidrodinamik ve eriyikten çekim yöntemleri olmak üzere dört gruba ayrılır. Bazı kaynaklar, mekanik ve aerodinamik yöntemleri "kuru yöntem" olarak, hidrodinamik yöntemi ise "yaş yöntem" olarak tanımlamaktadır (Erdoğan, 2008). Jeotekstillerin üretiminde en yaygın kullanılan yöntem, mekanik tülbent oluşturma yöntemidir (Erdoğan, 2008).

Tülbent Birleştirme, Tülbentlerin birleştirilmesi, fiziksel veya kimyasal yöntemlerle gerçekleştirilir. Fiziksel birleştirme yöntemleri arasında en çok kullanılanlar, mekanik yöntemler (iğneleme, su jeti ve dikme) ve termal yöntemlerdir (sıcak hava, kalandırlama ve ultrasonik) (Erdoğan, 2008). Kimyasal birleştirme yöntemleri arasında ise emdirme, püskürtme, baskı, köpüklerle aplikasyon ve kaplama işlemleri yer almaktadır (Erdoğan, 2008).

1.2. Uygulama Alanları

Dokusuz yüzeyler, pek çok kullanım alanına sahip olmalarına rağmen genellikle görünmeyen kısımlarda kullanıldıkları için fark edilmeleri güç olabilir (Yılmaz, 2009). Bu malzemelerin çeşitli sektörlerdeki bazı kullanım alanları aşağıda sıralanmıştır:

- **Endüstriyel ve Teknik Uygulamalar:** Karayolları, köprüler, barajlar, havaalanları, tüneller, demiryolları, erozyon kontrolü, ziraat alanları ve spor alanları gibi yaygın kullanım alanlarına sahiptirler (Erdoğan, Ü.H., 2008). Filtreleme sistemleri, otomotiv bileşenlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Yılmaz 2009, Karthik & Rathinamoorthy, 2017). Endüstriyel ve Askeri: Uyku tulumları, kablo izolasyonu ve taşıma bantları gibi ürünlerde kullanılır. Otomotiv sektöründe kaplama, ses izolasyonu, bagaj astarı, iç kapı paneli ve döşeme gibi alanlarda kullanılırlar. Çim koruma, ürün üzeri örtme ve fidanlık kaplama gibi tarımsal uygulamalarda tercih edilirler (Çinçik, 2010).
- **Kişisel Bakım ve Hijyen:** Bebek bezleri, temizlik mendilleri, kadın bağları ve tek kullanımlık giysiler gibi tüketici ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. (Paul & Schuch, 2016).
- **Tıbbi ve Sağlık Uygulamaları:** Cerrahi önlükler, yüz maskeleri, steril ambalajlar, yara örtüleri ve hijyen ürünleri gibi tıbbi alanda kritik bir rol oynamaktadır. Bu malzemeler, nefes alabilirlik ve konfor sunarken kirleticileri engelleme kabiliyetleri sayesinde enfeksiyonların önlenmesinde ve hasta güvenliğinin sağlanmasında tercih edilmektedir (Sabyasachi, 2024; Pramanik, 2024; Song & ark., 2022).
- **Koruyucu Giysi ve Güvenlik Ekipmanları:** Dokusuz yüzey kumaşlar, toz direnci, antistatik özellikler ve yüksek nefes alabilirlik gibi niteliklerle koruyucu giysilerde vazgeçilmezdir. Bu özellikler, pestisit püskürtme, nükleer enerji santralleri, temiz odalar ve ilaç üretimi gibi ortamlarda kullanım için idealdir (Hatta & ark., 2006).
- **Sürdürülebilirlik ve Çevresel Uygulamalar:** Çevre dostu alternatiflere olan talep, biyolojik olarak parçalanabilen dokusuz yüzey malzemelerin geliştirilmesine yol açmıştır. Bu malzemeler, yüksek performanslarını korurken çevresel etkileri azaltmayı hedeflemektedir (Pramanik, 2024).

1.2.1. Akustik Uygulamalar

Dokusuz yüzeyler, gözenekli yapıları nedeniyle gürültü kontrolü için önemli bir kullanım alanına sahiptir. Düşük maliyetleri ve düşük yoğunlukları sayesinde köpük gibi malzemelere kıyasla daha üstün özellikler sunarlar. Ayrıca, geri dönüştürülemeyen konvansiyonel ses yutucular ve poliüretan köpüklere göre daha çevre dostu bir alternatiftirler (Yılmaz & ark., 2011). Otomotiv endüstrisinde, geri dönüştürülmüş dokusuz yüzeyler, ses yutumu sağlamak amacıyla konvansiyonel ses yutucu malzemelere alternatif olarak kullanılmaktadır (Kalebek, 2016). Bu yüzeyler, özellikle orta-yüksek frekans aralığında etkili ses yutma performansı sergiler (Yılmaz & ark., 2011).

1.3. Ses Yutum Özelliklerini Etkileyen Faktörler

Dokusuz yüzeylerin ses yutum özellikleri, üretim yöntemi, bitim işlemleri, proses parametreleri ve elyaf kompozisyonu gibi faktörlerden etkilenir. Örneğin, iğneleme yöntemiyle üretilen dokusuz yüzeylerde, iğneleme yoğunluğu ve derinliği önemli parametrelerdendir. İğneleme yoğunluğunun artması, hava akış direncini ve eğriliği artırarak liflerin daha sıkı kenetlenmesini sağlar. Bu da ses yutumunun artmasına katkı sağlar (Memon & ark., 2015). Ancak, kritik bir noktadan sonra, hava akış direnci çok yüksek olduğunda ses yutum katsayısı düşer. Bu durumda malzeme, ses yutucu yerine bir yansıtıcı gibi işlev görmeye başlar. Her frekans aralığı için optimum bir hava akış direnci değeri bulunmaktadır (Yılmaz, 2009).

1.3.1. Ses Yutumunu Etkileyen Karakteristik Özellikler

Dokusuz yüzeylerin gözeneklilik, elyaf tipi, elyaf şekli, yoğunluğu, kalınlığı, eğriliği, lif oryantasyonu ve hava akış direnci gibi karakteristik özellikleri ses yutumunu doğrudan etkiler. Etkili bir ses yutumu için yüzeylerin birbirine bağlı gözeneklere sahip olması gerekir. Kapalı gözenekler, etkili bir ses yutumu sağlayamamaktadır (Cox & D'Antonio, 2017).

Ses Yutumunu Artıran Özellikler

- **Lif çapının incelmesi:** Daha ince lifler ses yutumunu artırır.
- **Lif kesitinin tırtıklı olması:** Tırtıklı lif kesitleri, ses dalgalarını daha etkili şekilde yayar.
- **Liflerin rastgele yerleşimi:** Rastgele yerleşmiş lifler, ses yutum performansını artırır.
- **Dokusuz yüzeyin kalın olması:** Daha kalın yüzeyler, ses yutum performansını yükseltir (Cox & D'Antonio, 2017).

2. Sesin Teorisi ve Akustik Temeller

2.1. Akustik ve Ses

Akustik, pek çok kavramı bir arada barındıran bir bilim dalıdır. Sesin temel özelliklerini anlamak için bazı temel kavramların açıklanması gereklidir.

Akustik, sesin kaynağını, boşlukta, borularda, kanallarda veya kapalı alanlarda nasıl yayıldığını inceleyen bir bilim dalıdır (Kuttruff, 2006). Bu bilim dalını kısaca "ses bilimi" olarak tanımlamak mümkündür (Ersoy, 2007).

Ses, farklı şekillerde tanımlanabilir. Beranek'e (2005) göre ses, elastik bir ortamdaki parçacıkların basınç altında yer değiştirmesi olarak ifade edilmektedir. Bunun yanı sıra ses, titreşim yapan bir kaynaktan yayılan ve hava basıncıyla oluşan dalgalanmalar sonucu meydana gelen fiziksel bir olaydır. Gelen'e (2016) göre ise ses, insanların fark ettiği basınç değişimi olarak da tanımlanabilir.

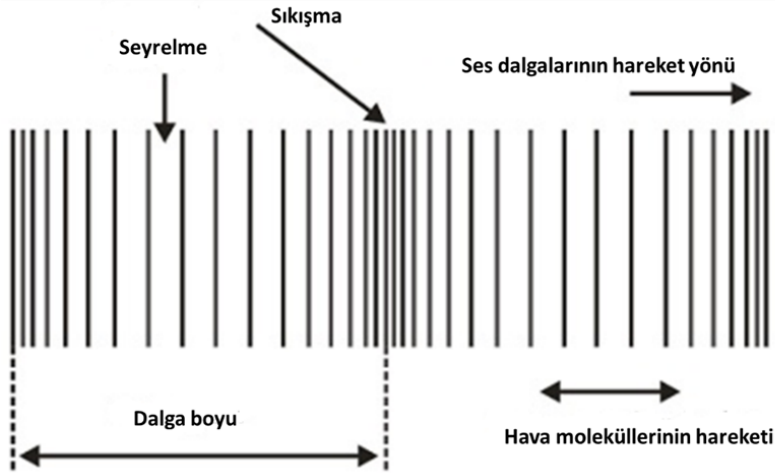
2.1.1. Ses Dalgası

Ses oluşumu ve yayılımı için üç temel unsur gereklidir: ses kaynağı, iletici ortam ve kulak. Bu üç unsur, dalga hareketi ile birbirine bağlıdır. Sesin varlığı, aynı zamanda dalga hareketinin, dolayısıyla titreşimlerin varlığı anlamına gelir. Ses dalgasının frekansı, dalga boyu ve genliği, farklı ses türlerinin oluşmasını sağlayan temel özelliklerdir (Kadam & Nayak, 2016).

Ses dalgaları boşlukta yayılmaz. Yayılma için katı, sıvı veya gaz gibi bir iletici ortam gereklidir. Bu ortamların özelliklerine bağlı olarak ses dalgaları farklı hızlarda yayılır. Örneğin, ses katılarda en yüksek

hızda, sıvılarda daha düşük hızda ve gazlarda ise en yavaş şekilde yayılır (Canbolat, 2013; Karaağaçlıoğlu, 2012). Yayılma sırasında ortamın basınç, sıcaklık ve yoğunluk gibi özelliklerinde ani değişiklikler meydana gelir (Kuttruff, 2006).

Prensip olarak ses dalgaları uzunlamasına dalgalardır. Örneğin, bir ucu sabitlenmiş bir yayı hızla çekip bıraktığınızda, yay kuvvet yönünde sıkışma ve genişleme hareketi yapar. Benzer şekilde, ses dalgaları bir ortamda ilerlerken, ortamın parçacıkları dalganın hareketine paralel olarak sıkışma ve seyrilme hareketi yapar. Bu hareketin sonucu olarak arka arkaya gelen sıkışma ve seyrilme bölgeleri arasında oluşan mesafeye "dalga boyu" denir (Kadam & Nayak, 2016). **Şekil 1** ses dalgasının hareketini şematik olarak göstermektedir.



Şekil 1. Ses dalgasının hareketi (Embibe Institutes, 2019)

2.2. Ses Yutum Mekanizması

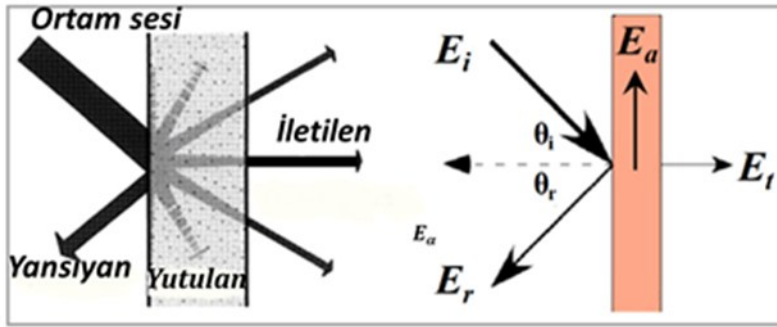
2.2.1. Ses Yutumu

Ses enerjisi, gözenekli ses yutuculardaki boşluklara girdiğinde ısı enerjisine dönüşür (Cao & ark., 2018). Bu dönüşüm, ses yutum prensibinin temelini oluşturur (Lee & Joo, 2003).

Ses dalgaları bir gözenekli yüzeye çarptığında üç ana olay gerçekleşir:

1. **Yansıma:** Ses dalgasının bir kısmı yüzeyden geri döner.
2. **Yutum:** Ses enerjisi malzeme tarafından absorbe edilerek ısıya dönüşür.
3. **İletim:** Ses dalgasının bir kısmı yüzeyin arkasına geçer.

Ortam ses enerjisi, bu üç olayın toplamından oluşur (Cao vd., 2018). Ancak, sesin etkin bir şekilde yutulabilmesi için ortam ses dalgasının basıncının, yüzeyin hava akış direncini aşması ve aynı zamanda arka tarafa iletilen sesin basıncını dengelemesi gerekir (Kuttruff, 2006). **Şekil 2** ses yutum mekanizmasını şematik olarak göstermektedir.



Şekil 2. Ses yutum mekanizması (Cao & ark., 2018)

Ses yutumu ile ilgili kullanılan eşitlikler:

$$E_i = E_r + E_\alpha + E_t \quad (2.1)$$

$$\alpha = \frac{E_r + E_t}{E_i} = \frac{E_\alpha}{E_i} \quad (2.2)$$

Denklemlerde; α ses yutum katsayısını, E_i ortamdaki ses enerjisini, E_r yansıyan, E_a yutulan ve E_t iletilen ses enerjilerini ifade etmektedir.

2.2.2. Ses Yutum Katsayısı

Ses yutum katsayısı, pratikte çok önemli bir kavramdır. Emilen ses enerjisinin ortamdaki sesin enerjisine oranıdır ve α ile gösterilmektedir (Gao, Zuo & Zuo, 2016; Del Sorbo & ark., 2019). Bu katsayı, bir duvardan yansımayan ses enerjisinin (duvar içinde oluşan kayıplar sebebiyle dağılması veya duvardan iletilmesi nedeniyle) oranını ifade eder (Kuttruff, 2006).

Ses yutum katsayısı, uygulanan frekansa göre 0 ile 1 arasında değişiklik gösteren bir değerdir. Bu değer 1'e yakınlığı, iyi bir ses yutumu sağlandığını gösterir (Cox & D'Antonio, 2017). Bir malzemenin ses yutma etkinliğini değerlendirmek açısından 0,5 kritik bir değerdir (Liu & Hu, 2010). Ancak, Liu & Zuo (2019)'ya göre ses yutum katsayısı 0,2 olan bir malzeme de ses yutucu malzeme olarak değerlendirilebilir.

Ses yutum katsayısı, frekansa göre değişiklik göstermektedir. Örneğin, standart ses yalıtım malzemeleri olan mineral yünlerin (50 mm kalınlığındaki cam yünü ve taş yünü) ses yutum katsayıları, 125-4000 Hertz frekans aralığında 0,10 ile 1,00 arasında değişiklik göstermektedir. Her malzeme bir ses yutma katsayısına sahiptir (Harran Üniversitesi, 2019).

2.2.3. Ses Yutum Katsayısını Etkileyen Faktörler

Ses yutum katsayısını etkileyen çok sayıda parametre vardır. Bunlar arasında kalınlık (Liu & Hu, 2010), yoğunluk, açık hücre oranı, hava parçacıklarının hızı (Bahrambeygi & ark., 2013), eğrilik, gramaj, empedans, hava akış direnci (Yılmaz, 2009), gözeneklilik, sıkıştırma, elyaf boyutları (Qiu, 2016b) vb. sayılabilir. Bu parametrelerle ses yutum katsayısı arasında doğrudan basit bir ilişki kurmak kolay değildir (Qiu, 2016b). Bu parametreler malzemenin üretim yöntemi, hammadde kompozisyonu, elyaf tipi, bitim işlemleri vb. bağlı olarak ortaya çıkmaktadır ve hepsi birbirinden bağımsız değildir (Yılmaz, 2009).

Hava Akış Direnci

Hava akış direnci, ses yutum katsayısını etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Malzemenin hava akış direnci arttıkça, ses yutumu kritik bir noktaya kadar artar; bu noktadan sonra düşüş görülür (Qiu, 2016a). Hava akış direnci 10 kPa s/m² limitine kadar artış gösterdiğinde ses yutumu maksimuma ulaşır (Taşcan, 2016). Daha yüksek değerlerde ise ses yutum katsayısı düşme eğilimi gösterir (Martellotta & ark., 2018).

Hava Geçirgenliği

Hava geçirgenliği, malzemelerin ses yutum performansı ile yakından ilişkili bir özelliktir. Yüksek hava geçirgenliği ses iletimini artırır ve ses yutumu azalır (Tascan & Vaughn, 2008a). Düşük hava geçirgenliği ise daha iyi ses yutumu sağlar (Marmaralı & ark., 2014).

Kalınlık

Malzeme kalınlığı arttıkça genelde ses yutumu iyileşir. Özellikle malzeme kalınlığının ortam ses dalgasının dalga boyunun 1/10'u kadar olması etkili ses yutumu sağlar (Qiu, 2016b). Düşük frekanslarda, dalga boylarının daha uzun olması nedeniyle daha kalın malzemeler gereklidir (Puranik & ark., 2014).

Gözeneklilik

Gözeneklilik, ses dalgalarının malzeme içerisinde yutulmasında önemli bir rol oynar. Genel olarak, gözenekliliğin artması ses yutumu iyileştirir (Berardi & Iannace, 2015). Bununla birlikte, bazı çalışmalarda, azalan gözenekliliğin de ses yutumunu artırdığı gösterilmiştir. Bu farklılık, malzemenin gözeneklilik yapısının çeşitli şekillerde yorumlanmasından kaynaklanmaktadır (Marmaralı & ark., 2014).

Eğrilik

Eğrilik, ses dalgalarının malzeme içerisinde izlediği yolu etkileyerek ses yutum performansını belirler. Eğri yollar ses dalgalarının momentum transferini artırır ve bu da ses yutumunu geliştirir (Yılmaz, 2009).

Sıkıştırma

Malzemenin sıkıştırılması, genellikle ses yutum performansını azaltır. Sıkışma ile malzeme kalınlığı azalırken yoğunluk artar ve gözeneklilik düşer (Maderuelo-Sanz & ark., 2012).

Görünür Yoğunluk

Görünür yoğunluk, malzemenin ses yutum performansında önemli bir etkidir. Yüksek yoğunluk hava akış direncini artırabilir ancak empedans uyumu olmadığında ses yutumu azalabilir (Qiu, 2016b).

Alansal Yoğunluk (Gramaj)

Alansal yoğunluk artışı genelde ses yutumunu olumlu etkiler. Ancak gramaj değişiminin etkisi, diğer parametrelerin sabit kalması koşuluna bağlıdır (Taşcan, 2016).

Elyaf Boyutları

Elyaf boyutları, hava akış direnci ile ters orantılıdır. Daha ince elyaflar, daha fazla hava akış direnci ve dolayısıyla daha iyi ses yutumu sağlayabilir. Ancak, bu etkiler diğer parametrelerle birlikte düşünülmelidir (Qiu, 2016b).

Bu faktörler, ses yutum katsayısını önemli ölçülerde etkileyen parametrelerdir ve uygulama alanlarına göre dikkatlice seçilmelidir.

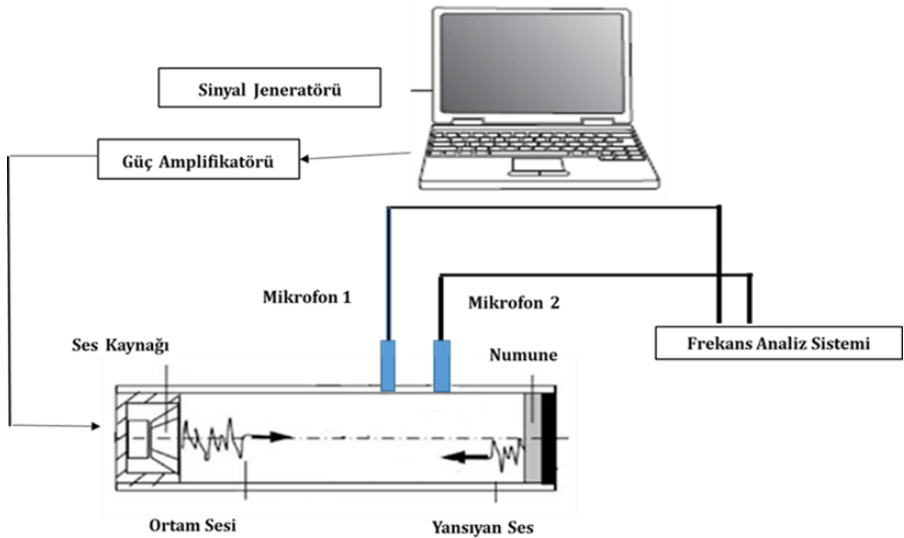
2.2.4. Ses Yutumu Katsayısının Ölçümü

Literatürde akustik özelliklerin belirlenmesinde en çok kullanılan iki yöntem empedans tüpü metodu ve çınlama odası metodudur (Tascan & Vaughn, 2008a).

Bu iki yöntemden elde edilen sonuçlar birbirine göre farklılık gösterir. Bunu da numune yerleşimlerinin açısız farklılığı ile yorumlamak mümkündür. Çınlama odası ile ölçüm yöntemi daha uzun süre ve daha fazla numune gerektirmektedir. ASTM C423 standardına göre en az 6.69 m², ISO 10140 standardına göre 10 m² ebatlarında numune gereklidir. Fakat bu yöntemin güvenilirliği daha fazladır (Na & ark., 2012).

Empedans tüpü yönteminde ise çok az miktarda numune (frekansa bağlı olarak yaklaşık olarak 29 veya 100 mm çapında) kullanılmaktadır. Bu yöntemde üretilen ses sinyalleri yükseltildikten sonra ses kaynağına gönderilmekte ve gönderilen ses sinyalleri ses kaynağında ses dalgalarına dönüştürülmektedir (Tascan & Vaughn, 2008a). Numuneye çarpan sesin bir kısmı yutulmakta ve bir kısmı da geri yansımaktadır.

Empedans borusu ile ölçüm yöntemi bir düzleme dik gelen ses dalgalarının olması durumunda güvenilirdir ve doğru sonuçlar vermektedir. Çınlama odası metodu ile ses yutum katsayısının ölçülmesinde ise ses alanı ve malzemenin büyüklüğü ile ilgili uygun varsayımlar gereklidir. Çınlama odası ile ölçümde oldukça büyük numunelere ihtiyaç duyulmaktadır (TSE, 2001). Çınlama odası ile ölçüm metodunda dağılan sesin gelişi açısından ses yutum katsayısı tayin edilmektedir. Empedans borusunda ise ses dik gelmektedir (TSE, 2003). Şekil 3'te empedans borusu ile ses yutum katsayısı ölçen bir düzenek görülmektedir.



Şekil 3. Ses yutum katsayısı ölçüm düzeneğinin şematik gösterimi (Özkal, Cengiz, & Akduman, 2019).

Şekil 3'te sinyal jeneratörü tarafından üretilen sinyaller bir amplifikatör ile yükseltilerek ses dalgalarına dönüştürülmek üzere ses kaynağına gönderilir. Test edilecek malzeme tüpün sonunda, ses yolu üzerinde ve ses dalgaları kendisine dik gelecek şekilde yerleştirilir. Tüpün içinde numuneye çarpan ses dalgaları iki yerde ölçülerek elektrik sinyaline dönüştürülür ve analiz edilmek üzere frekans analiz sistemine gönderilir (Tascan & Vaughn, 2008a).

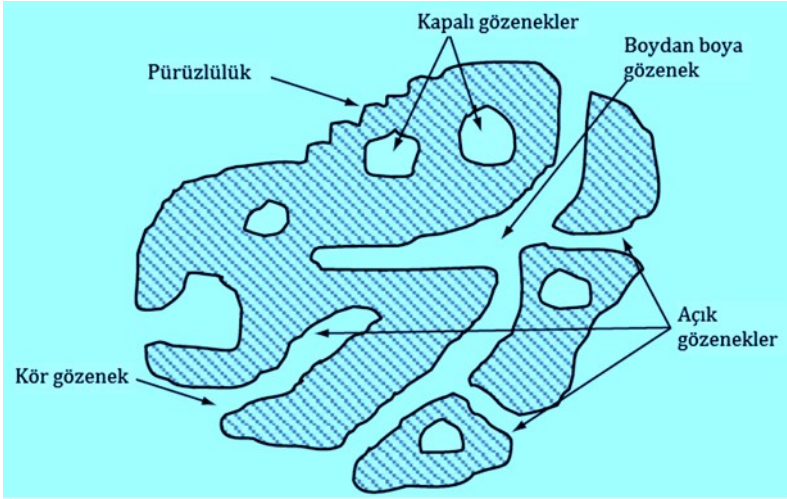
2.3. Ses Yutum Malzemeleri

Ticari ses yutum malzemeleri genel olarak rezonans yutum malzemeleri ve gözenekli yutum malzemeleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Cao & ark., 2018). Rezonans yutucuların çalışma mekanizması gözenekli yutuculardan farklıdır. Gözenekli yutucular kanallar, boşluklar ve çatlaklar ihtiva ederler (Cao & ark., 2018). Gözenekli yutucularda ses yutumu malzemenin özelliklerine çok bağlıdır fakat membran/panel yutucularda ses yutumu panelin bir bütün olarak verdiği cevaba ve etkin olması istenen ses alanı ile eşleşmesine bağlıdır. Bu da membran/panel yutucuların yutum özelliklerinin tahmin edilmesini zorlaştırmaktadır (Qiu, 2016b).

Cam yünü, mineral yün, taş yünü ve polistren gibi geleneksel ses yalıtım malzemelerinin üretim ve kullanım esnasında insan sağlığına ve çevreye zararları vardır (Desarnaulds & ark., 2005). Örneğin mineral lifler solunduğunda akciğerlere çökebilir ve cilt tahrişine neden olabilir (Asdrubali, 2006).

2.3.1. Gözenekli Ses Yutum Malzemeleri

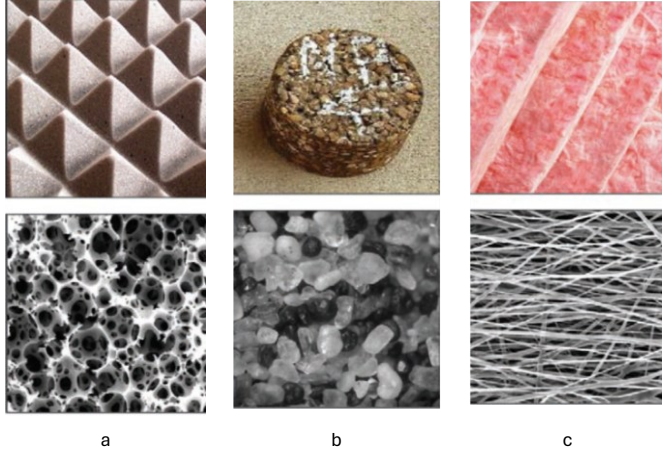
Akustik odaların tasarımında ve gürültü kontrolünde kullanılan ses yutucu malzemeler temelde bazı gözenekli materyallerden oluşmaktadır. Bu malzemelerin içindeki gözenekler kapalı değildir; açık gözenekler, bir network oluşturacak şekilde içten kanallarla birbirlerine bağlıdır (Kuttruff, 2006). Şekil 4'te gözenekli katı bir malzemenin şematik olarak enine kesit görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4. Katı bir malzemenin şematik enine kesit görüntüsü (Arenas ve Crocker, 2010)

Gözenekli malzemeler, insan kulağının çok hassas olduğu orta ve yüksek frekans aralığında etkili olmaktadır (Cox & D'Antonio, 2017). Ancak düşük frekanslarda dalga boyunun uzun olması nedeniyle, gözenekli malzemelerin etkin bir ses yutumu sağlayabilmesi için kabul edilemeyecek kalınlıkta olmaları gereklidir (Aygün, 2017). Bu problemi çözmek amacıyla, düşük frekans aralığında rezonans membranlar kullanılmaktadır (Qiu, 2016b).

Gözenekli ses yutum malzemeleri, otomotiv akustiği, oda akustiği, endüstriyel gürültü kontrolü ve kayıt stüdyosu akustiğinde kullanılmaktadır. Bu malzemeler, sert ve rijit iç yüzeylerden yansıyan istenmeyen yankı gürültülerini azaltmak için tercih edilmektedir. Gözenekli ses yutucular, hücreli, parçacıklı ve lifli olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır (Yılmaz, 2009). Şekil 5'te hücreli, parçacıklı ve lifli ses yutucu malzemelere ait bazı görüntüler verilmiştir.



Şekil 5. Bazı gözenekli ses yutucu malzemeler (a: hücreli, b: parçacıklı, c: lifli) (Arenas & Crocker, 2010)

Ahşap parçacıklarından yapılan paneller, gözenekli beton ve geçirgen yol yüzeyleri, parçacıklı yutuculara örnek olarak verilebilir (Patnaik, 2016). Hücreli yutucular arasında poliüretan köpük, yüksek tutuşma oranı ve toksin emisyonuna rağmen en yaygın olarak kullanılanlar arasındadır (Yılmaz, 2016). **Tekstil malzemeleri** ise lifli ses yutucular sınıfına girmektedir. Halılar, halı altı yalıtıcılar, tavan yalıtımı malzemeleri ve perdeler, gözenekli lifli ses yutuculara örnek olarak gösterilebilir (Patnaik, 2016).

Lifli ve parçacıklı yutucular, genellikle parçacık veya liflerin yapıştırıcı yardımıyla birbirine birleştirilmesiyle üretilmektedir. Bu malzemelerin yüzeyleri, daha estetik bir görüntü oluşturmak, çevreyi ve insanları malzemenin zararlarından korumak ve ses yutumunu artırmak amacıyla ince perfore yüzeylerle kaplanmaktadır (Patnaik, 2016).

2.3.1.1. Tekstil Ses Yutum Malzemeleri

Tekstil yüzeyleri tek başlarına veya çeşitli atıklarla farklı karışım oranlarında, kompozit ve hibrit yapılar halinde ses kalitesini iyileştirme amacıyla kullanılmaktadır. Son yıllarda bina ve inşaat sektöründe teknik tekstillerin kullanımı artmıştır (Kopitar & ark., 2014). Hatta gelecekte tüm yapı malzemelerinin tekstilden üretilmesi gerektiği görüşü bile bulunmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki "Carbon Tower" buna örnek olarak gösterilebilir. Teknik tekstiller, hafiflikleri, fonksiyonellikleri ve uygun maliyetleri ile ses ve ısı yalıtımına katkıda bulunarak klasik yapı malzemelerinin yerini alma potansiyeline sahiptir (Mecit & ark., 2007).

Genellikle sert ve düzgün yüzeyler gelen enerjinin çoğunu yansıtıırken, kumaş gibi yumuşak yüzeyler enerjinin bir kısmını soğurur (Kalebek, 2016). Örne, dokuma ve dokusuz yüzey tekstil malzemeleri, gözenekli yapıları sayesinde ses yalıtımına ve ses yutumuna katkı sağlar (Patnaik, 2016). Tekstil ses yutucular, ses azaltımında giderek daha fazla kullanılmaktadır (Na & ark., 2012). Beton ve cam gibi sert malzemeler, kendilerine çarpan sesin büyük bir kısmını yansıtarak yankıya neden olmaktadır. Örneğin, perdelerin kullanılması bu yankıyı azaltarak ses yutumuna katkıda bulunur. Kalın ve ağır perdeler iyi ses yutucu özellik gösterirken, daha hafif alternatiflerin geliştirilmesi bazı araştırmacıların çalışma konusu olmuştur (Pieren & ark., 2018).

Dokuma kumaşlar, iç dekorasyonda yaygın kullanılsa da düşük ses yutma özellikleri nedeniyle daha sınırlı bir performansa sahiptir. Ancak, kullanım sırasında duvar ile aralarında boşluk bırakıldığında ses yutumu iyileştirilebilmektedir (Tang & ark., 2019). Atkı ve çözgü sıklığı fazla olan dokuma kumaşlar, yüksek iplik sıklığına ve düşük gözenekliliğe sahip bezayağı gibi dokuma yapılar daha iyi ses yutumu sağlamaktadır (Süvari & Dulek, 2019). Ayrıca, rotor ipliklerin ring ve kompakt ipliklere kıyasla daha hacimli olmaları nedeniyle ses yutumunu iyileştirdiği bildirilmektedir (Süvari & Dulek, 2019).

Akustik amaçlar için kullanılabilecek en iyi tekstil malzemeleri **dokusuz yüzeylerdir** (Jordeva & ark., 2015). İğneleme yöntemi ile

Üretilen jeotekstilller,  boyutlu, kompleks ve çok lifli yapıları sayesinde iyi bir ses yutum potansiyeline sahiptir (Kopitar & ark., 2014). Jeotekstillerin retiminde en yaygın kullanılan polimerler polyester ve poliolefinlerdir (Ingold & Miller, 1988). Dokusuz yüzeyler, ses yutumu düşük olan örme ve dokuma yapılar ile birlikte kullanılarak ses yutum performansı artırılmaktadır (Broda & Baczek, 2019).

Genel bir zet olarak, özel durumlar dışında, tekstil kumaşlarının ses yutum özellikleri için şunlar sylenabilir (Memon & ark., 2015):

- Hacimli, ince, hafıf ve geniş yüzey alanına sahip lifler, daha iyi akustik özelliklere sahiptir.
- Ağır, kalın, sıkıştırılmamış ve eğri i bağlantılara sahip tekstil malzemeleri daha iyi ses yutumu sağlar.
- Yoğunluk, gözeneklilik, hava geçirgenliği ve hava akış direncine dair net bir genelleme yapmak her zaman mümkün değildir.
- Liflerin düzensiz yerleşimi genellikle daha iyi ses yutumu sağlar. Özellikle dokusuz yüzeylerde kullanılan adacık sayısının artışı akustik özellikleri iyileştirmektedir.
- İğneleme yöntemiyle üretilen dokusuz yüzeylerde iğneleme yoğunluğunun olumsuz, derinliğinin ise olumlu etkisi vardır.
- Kimyasal ve ısıl bağlama yöntemleriyle üretilen dokusuz yüzeylerin akustik özellikleri, yapıştırıcı miktarı ve takviye malzemelerinin türüne bağlıdır.
- Spacer rme ve jakarlı örme kumaşlar, düz örme kumaşlara kıyasla daha iyi akustik performans sergiler.
- Laminasyon işlemi ses yalıtımını olumlu yönde etkiler.
- Kumaş kat sayısını artırmak, belli bir değere kadar ses yutum katsayısını iyileştirirken, daha fazla kat artışı etkisiz kalmaktadır.

- Tekstil malzemelerinin duvardan mesafeli, ses kaynağından uzak ve açışal olarak yerleştirilmesi, akustik özellikleri iyileştirir.
- Yoğunluk artışı genellikle ses yutumunu olumsuz etkilerken, hava yoğunluğu artışı olumlu bir etki sağlar.

Tekstil kumaşlarının üretim yöntemlerine göre karşılaştırmalı olarak özellikleri Çizelge 1’de de verilmiştir.

Çizelge 1’de çeşitli tekstil yüzeylerinin akustik uygulamalar açısından avantaj ve dezavantajları özetlenmiştir (Singh & Mukhopadhyay, 2016).

Üretim yöntemi	Özellikler	Avantajları	Dezavantajları
Dokuma	İnce yapılar	Basit ve daha ucuz yöntem	Kumaş kalınlığında ve
	Yavaş üretim hızı.		ses yalıtımını etkileyen faktörlerin optimizasyonunda kısıtlama
Dokusuz yüzey	Gözenekli yapılar	Gözeneklilik derecesi ve gözenek büyüklüğü	Sadece düzlemsel yapılar elde edilebilmesi
	Hızlı üretim hızı	ayarlanabilmesi, farklı liflerin birlikte kullanılabilmesi ve en yaygın kullanılan yöntem olması.	
Örme	Çözümlü ve atkılı örmede açık yapılar var ve spacer örmenin daha az yaygın	Proses parametrelerinin çok yönlü olması ve düzlemsel olmayan yapıların	Spacer örmede az esneklik olması ve sadece spacer örmede ebatların sabit kalması

		elde edilmesinin mümkün olması	
Polimer kompozitler	Rijit yapılar	Tekstil atıklarından yararlanılabilmesi, çok çeşitli kombinasyonlar elde edilebilmesi, istenilen şekilde yapı üretilebilmesi ve	Ürünün (yapının) gözenekliliğini azaltır
	Sesin çoğunu yansıtır	ikinci en yaygın kullanılan yöntem olması	Esneklik kaybolur
Hibrit yapılar	İki veya daha fazla yapının kombinasyondan meydana gelmesi	Yüksek ve düşük frekans aralıklarında etkin olması ve çok yönlü uygulamalarda kullanılabilmesi	Ses yalıtımının bileşenlerin sıralamasına bağlı olması

Çizelge 1’den de anlaşıldığı gibi, dokusuz yüzeyler, gözenekli yapıları ve hızlı üretim süreçleri sayesinde en iyi ses yutucu tekstil malzemeleri arasında yer almaktadır. Gözeneklilik derecesi ve gözenek büyüklüğünün kolayca ayarlanabilmesi ile farklı liflerin bir arada kullanılabilmesi bu yüzeyleri üstün kılmaktadır. Bununla birlikte, sadece düzlemsel yapıların üretilebilmesi ve kalınlık kısıtlamaları gibi dezavantajları bulunmaktadır.

3. Literatürde Dokusuz Yüzeylerle İlgili Çalışmalar

Sengupta (2010): Polipropilen ve jütten farklı gramajlarda dokusuz yüzeyler üretmiş ve gramaj arttıkça ses yalıtımının arttığını tespit etmiştir. Özellikle 4 katlı 500 g/m² gramajlı yüzeylerde ses yalıtımının sabitlendiği gözlemlenmiştir.

Tascan & ark. (2011): Isıl birleştirme yöntemiyle hazırlanan dokusuz yüzeylerin ince liflerden üretilen versiyonlarının daha iyi akustik özellikler sunduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca 9 köşeli liflerin yuvarlak ve 3 köşeli liflerden daha etkili olduğu saptanmıştır.

Yılmaz & ark. (2011): Polilaktikasit (PLA), polipropilen (PP), cam elyaf ve kenevirden üretilen dokusuz yüzeylerin malzeme özellikleri ile ses yutum katsayısı arasındaki ilişkileri incelemiştir. Gözenekliliğin azalmasının hava akış direncini artırdığı ve ses yutumu üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu tespit edilmiştir.

Shahani & ark. (2014): İğneleme sıklığı, elyaf inceliği ve gramajın ses yutumunu artırdığı, ancak iğneleme yoğunluğunun 90'dan 105/cm²'ye çıkmasıyla ses yutumu performansında kötüleşme gözlemlendiği belirlenmiştir. Ayrıca kimyasal birleştirmenin genel olarak ses yutumu üzerinde olumsuz etkileri olduğu ifade edilmiştir.

Patnaik & ark. (2015): Atık yün ve PET liflerinden elde edilen dokusuz yüzeylerin karışımlarla daha iyi ses yalıtım özellikleri sunduğunu ve bu yapıların biyo-bozunurluk açısından avantaj sağladığını ortaya koymuştur. Karışımdan yapılan yüzeyler ısı, ses yalıtımı ve yanmazlık özelliklerinde daha başarılı bulunmuştur.

Zhu & ark. (2015): Isıl birleştirme yöntemiyle hazırlanan farklı gramajdaki dokusuz yüzeylerin ses yutum katsayısı ve hava geçirgenliği üzerindeki etkilerini incelemiştir. Yığın yoğunluğunun artmasıyla hava akış direnci ve ses yutum katsayısının arttığı tespit edilmiştir. Ancak polyester ağırlıklı malzemelerde bu ilişkinin eğrilik ve elyaf şekli gibi yapısal faktörlerden etkilendiği belirtilmiştir.

Dieckmann & ark. (2018): Tavuk tüylerinden üretilen dokusuz yüzeylerin düşük frekanslarda etkili ses yutum sağladığını ve malzemenin hafifliği nedeniyle avantaj sunduğunu belirtmiştir. Çalışmada 75 mm kalınlık ve en yüksek gramajlı numunelerin en iyi ses yutumu sağladığı gösterilmiştir.

Suvari & ark. (2019): Spunbonding yöntemiyle üretilen dokusuz yüzeylerde ada liflerinin daha fazla olduğu numunelerin akustik özelliklerinin daha iyi olduğu belirlenmiştir. Ayrıca deniz

polimerinin yok edilmesiyle ses yutum performansının arttığı ifade edilmiştir.

Bhat & Messiry (2019): Meltblowing yöntemiyle üretilen dokusuz yüzeylerin düşük frekanslarda daha iyi ses yutumu sağladığını ifade etmiştir. Çok katlı yüzeylerin daha iyi performans gösterdiği ancak aşırı katman artışının sıkıştırma nedeniyle performansı olumsuz etkilediği belirtilmiştir.

Mvubu & ark. (2019): Sabır otu, keten ve yün-polimer karışımları ile üretilen dokusuz yüzeylerin, arka boşluk artırılarak ses yutumu performansını iyileştirdiği gösterilmiştir. En iyi sonuç 15 mm boşluklu yün-polyester karışımı yüzeylerde elde edilmiştir.

Yang & ark. (2019): Dokusuz yüzeylerin kalınlık ve gramajının ses yutumunu iyileştirdiğini ancak üretim yönteminin ses yutumu açısından bir fark yaratmadığını tespit etmiştir.

Broda & Baczek (2019): Dokusuz yüzey katman sayısının artışıyla ses yutumu performansının iyileştiğini ancak belirli bir noktadan sonra katman artışının etkisiz olduğunu ortaya koymuştur.

Prahsarn & ark. (2020): Çalışmada iğnelenmiş dokusuz yüzeyler ve delikli kauçuk katmanlar içeren kompozitlerin ses yutum performansı incelenmiştir. İnce liflerden (7 denye) yapılan dokusuz yüzeylerin, daha uzun yolları (eğrilik) ve daha büyük yüzey alanları nedeniyle daha yüksek ses yutum katsayısı sağladığı belirlenmiştir.

Yu & ark. (2024): Çalışmada, geri dönüştürülmüş PET (rPET) dokusuz yüzeylerin alkali işlem ve çukur oluşturma yöntemleriyle ses yutum performansı artırılmıştır. Alkali işlem, gözenek boyutunu artırarak ve hava geçirgenliğini iyileştirerek gözenekli ses yutucu malzeme özellikleri kazandırmıştır. Dimp işlemi ise yüzeyde rezonans etkisi yaratarak özellikle yüksek frekanslarda (5000 Hz ve üzeri) ses yutumunu artırmıştır. Sonuç olarak, her iki işlem kombinasyonu, hafif ve çevre dostu ses yutucu malzemelerin üretilmesini sağlamış ve otomotiv sektörü gibi endüstrilerde uygulanabilirlik potansiyeli sunmuştur

Periyasamy & ark. (2023): Kahve kabuğu ve pamuk iplik endüstrisinden atık elyafların harmanlanarak iğneleme yöntemiyle üretilen dokusuz yüzeylerin ses yutum ve termal izolasyon özellikleri incelenmiştir. Çalışmada, kahve kabuğu elyaflarının fibrillerinden oluşan gözenekli yapının, özellikle düşük frekanslarda etkili ses yutumu sağladığı tespit edilmiştir. Harmanlama oranlarının ses yutum katsayısı üzerindeki etkisi araştırılmış ve kahve kabuğu oranı arttıkça orta ve yüksek frekanslarda ses yutumu değerlerinin yükseldiği gözlemlenmiştir. Ayrıca, deneysel veriler ile Johnson–Champoux–Allard ve Allard-Champoux modellerinin ses yutumu tahminleri arasında uyum sağlandığı belirtilmiştir. Bu çalışma, tarımsal ve endüstriyel atıklardan çevre dostu ses yutum malzemelerinin üretilmesine yönelik önemli bir örnek sunmaktadır

Sonuç

Bu çalışmada dokusuz yüzeyler hakkında bilgi verilmiş, ses yutumunu etkileyen parametreler incelenmiş ve dokusuz yüzeylerin ses yutumunda kullanım potansiyeli araştırılarak mevcut literatür sunulmuştur. Dokusuz yüzeyler, hafiflikleri ve çevrecilikleri sebebiyle özellikle otomotivden endüstriye birçok alanda tercih edilişirler. Araştırmalar bu yüzeylerin performanslarının çeşitli modifikasyon ve yenilikçi uygulamalar ile artırılabilceğini göstermektedir. Örneğin nanolif eklemesi ve çeşitli son işlemler ile ses yutum oranı artırılabilirken geridönüşüm malzemelerinin akustik uygulamalarda etkin bir çözüm sundukları saptanmıştır

Malzeme kalınlığı, gramajı, elyaf tipi ve yoğunluk gibi faktörlerin ses yutumu üzerinde kritik etkilerinin olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmalarda İnce liflerin kullanımı, artan gramaj ve uygun harmanlama oranları ile üretilen dokusuz yüzeylerin akustik performansının belirgin bir şekilde iyileştiği tespit edilmiştir. Özellikle, tarımsal ve endüstriyel atıklardan elde edilen dokusuz yüzeylerin ses yutum malzemesi olarak kullanılması çevre dostu bir alternatif sunmaktadır. Dokusuz yüzeylerin katman sayısı, katmanlar arası kullanılan malzeme, gözeneklilik, ses yutum malzemesi arkasında kalan boşluk gibi faktörlerin optimize edilmesiyle daha iyi akustik performans elde etmek mümkündür.

Ancak, katman sayısının, kalınlığın ve yoğunluğun artışıının belirli bir noktadan sonra etkisiz kaldığı ve sıkıştırma nedeniyle performansın düştüğu çalışmalarda ifade edilmiştir.

Sonuç olarak, dokusuz yüzeylerin hafif, fonksiyonel ve uygun maliyetli yapısı ile özellikle otomotiv, bina ve endüstriyel akustik uygulamalarında yüksek bir potansiyele sahip olduğu söylenebilir. Gelecekte, malzeme içeriklerinin ve üretim yöntemlerinin daha da geliştirilmesiyle bu performansın daha geniş bir frekans aralığında iyileştirilmesi mümkün olacaktır. Bu bağlamda, dokusuz yüzeylerin sürdürülebilirlik odaklı çalışmalarla daha ön plana çıkması beklenmektedir.

Etik Onay

Bu bölüm, yazarın “Nanolif Takviye Edilmiş Geridönüşüm Dokusuz Yüzey Kumaşların Ses Yutum Özelliklerinin İncelenmesi” başlıklı doktora tezine dayanmaktadır ve tezin “1. Giriş ve 2. Kaynak Özetleri” bölümlerinin bir kısmının sunumunu içermektedir.

Çalışmada, bazı metin düzenlemeleri ve dil kontrolleri için ChatGPT kullanılmış, tüm içerik daha sonra yazar tarafından gözden geçirilip doğrulanmıştır. Çalışma, uygulanabilir tüm etik kurallara uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Kaynaklar

Arenas, J.P., & Crocker, M.J., 2010. Recent Trends in Porous Sound-Absorbing Materials. *Sound and vibration*, 44(7), 12-18.

Asdrubali, F., 2006. Survey on the Acoustical Properties of New Sustainable Materials for Noise Control. *Euronoise*, 30 May - 1 June, Tampere, Finland, 1-10.

Aygün, H., 2017. Characterization of Acoustical Properties of Felt and Carpet Made of Natural and Environmentally Friendly Materials. *Open Journal of Acoustics*, 7(2), 27-38.

Bahrambeygi, H., Sabetzadeh, N., Rabbi, A., Nasouri, K., Shoushtari, A.M., & Babaei, M. R., 2013. Nanofibers (PU and PAN) and nanoparticles (Nanoclay and MWNTs) simultaneous effects on polyurethane foam sound absorption. *Journal of Polymer Research*, 20(2), 72-82.

Beranek, L., 2005. Basic Acoustical Quantities: Levels and Decibels. In Beranek, L., Ver, I. (Ed.), *Noise and Vibration Control Engineering Principles and Applications* (1-24). John Wiley & Sons, Inc., 1022p, Canada.

Berardi, U., & Iannace, G., 2015. Acoustic Characterization of Natural Fibers for Sound Absorption Applications. *Building and Environment*, 94, 840-852.

Bhat, G., & Messiry, M.E., 2019. Effect of Microfiber Layers on Acoustical Absorptive Properties of Nonwoven Fabrics. *Journal of Industrial Textiles*, In Press, doi: 1528083719830146.

Broda, J., & Bączek, M., 2019. Acoustic Properties of Multi-Layer Wool Nonwoven Structures. *Journal of Natural Fibers*, In Press.

Canbolat, Ş., 2013. Termal ve Akustik İzolasyon Sağlayan Duvar Kumaşı Eldesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 103s, İstanbul.

Cao, L., Fu, Q., Si, Y., Ding, B., & Yu, J., 2018. Porous Materials for Sound Absorption. *Composites Communications*, 10, 25-35.

Çinçik, E., 2010. İğneleme Yöntemi İle Üretilen Polyester/Viskon Karışımlı Dokusuz Yüzey Özelliklerinin DeneySEL ve İstatistiksel Analizi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 293s, Adana.

Cox, T., & D'Antonio, P., 2017. Acoustic Absorbers and Diffusers: Theory, Design and Application. CRC Press, 577p, New York.

Del Sorbo, G., Truda, G., Bifulco, A., Passaro, J., Petrone, G., Vitolo, B., & Branda, F., 2019. Non Monotonous Effects of Noncovalently Functionalized Graphene Addition on the Structure and Sound Absorption Properties of Polyvinylpyrrolidone (1300 kDa) Electrospun Mats. *Materials*, 12(108), 1-13.

Desarnaulds, V., Costanzo, E., Carvalho, A., & Arlaud, B., 2005. Sustainability of Acoustic Materials and Acoustic Characterization of Sustainable Materials. The 12th International Congress on Sound and Vibration, 11-14 July, Lisbon, Portugal, 331-338.

Dieckmann, E., Dance, S., Sheldrick, L., & Cheeseman, C., 2018. Novel Sound Absorption Materials Produced from Air Laid Non-Woven Feather Fibres. *Heliyon*, 4(9), 1-13 (e00818).

EDANA, 2019. Glossary Nonwoven Terms. Erişim Tarihi: 06.07.2019. <https://www.edana.org/docs/default-source/default-document-library/glossary---nonwovens-terms.pdf?sfvrsn=6>

Embibe Institutes, 2019. Longitudinal Waves. Erişim Tarihi: 01.07.2019. https://www.embibe.com/study/longitudinal-waves-concept?entity_code=KTWS64

Erdoğan, Ü.H., 2008. Jeotekstillerde Kullanılan Polipropilen Liflerin Kullanım Anındaki Özelliklerinin Çeşitli Metodlarla İncelenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 204s, İzmir.

Ersoy, S., 2007. Endüstriyel Çay-Yaprak-Fiber Atıklarının Ses Yutum Özelliklerinin İncelenmesi. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, 92s, İstanbul.

Gao, B., Zuo, L., & Zuo, B., 2016. Sound Absorption Properties of Spiral Vane Electrospun PVA/Nano Particle Nanofiber Membrane and Non-Woven Composite Material. *Fibers and Polymers*, 17(7), 1090-1096.

Gelen, M. 2016. Otomotiv Endüstrisinde Kullanılan Akustik Malzemeler ve Malzeme Özelliklerinin Akustik Parametrelere Etkisinin İncelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, 85s, İstanbul.

Harran Üniversitesi, 2019. Ses Yalıtımı. Erişim Tarihi: 29.05.019. http://eng.harran.edu.tr/~ihilali/ses_yalitimi.pdf,

Hatta, N., Araida, Y., & Tadokoro, M. (2006). U.S. Patent No. 7,022,632. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

INDA, 2011. Erişim Tarihi: 25.06.2019. <http://www.inda.org/>

Ingold, T.S., & Miller, K.S., 1988. Geotextiles Handbook. Thomas Telford House, 152p, London.

Jordeva S., Tomovska E., Trajkovic D., Dimovski R., & Zafirova K., 2015. Sound Insulation Properties of Structure Designed from Apparel Cutting Waste. 15th AUTEX World Textile Conference. 10-12 June, Bucharest, Romania, 1-6.

Kadam, V.V., & Nayak, R., 2016. Basics of Acoustic Science. In Padhye, R., Nayak, R. (Ed.), Acoustic Textiles (33-42). Springer, 237p, Singapore.

Kalebek, N.A. 2016. Sound Absorbing Polyester Recycled Nonwovens for the Automotive Industry. Fibres and Textiles in Eastern Europe, 1 (115), 107-113.

Karaağaçlıoğlu, İ.E., 2012. Bor ve Mineral Katkılı Selülozik Yalıtım Malzemesi Üretimi ve Karakterizasyonu. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, 310s, İstanbul.

Karthik, T. C. P. K., & Rathinamoorthy, R. (2017). Nonwovens: process, structure, properties and applications. WPI Publishing.

Kuttruff, H., 2006. Acoustics: An Introduction. CRC Press, 472p, New York.

Lee, Y., Joo & C., 2003. Sound Absorption Properties of Recycled Polyester Fibrous Assembly Absorbers. AUTEX Research Journal, 3(2), 78-84.

Liu, H., & Zuo, B. 2019. Sound Absorption Property of PVA/PEO/GO Nanofiber Membrane and Non-Woven Composite Material. *Journal of Industrial Textiles*, In Press, doi: 1528083719832857.

Liu, Y., & Hu, H., 2010. Sound absorption behavior of knitted spacer fabrics. *Textile*

Maderuelo-Sanz, R., Nadal-Gisbert, A.V., Crespo-Amorós, J.E., & Parres-García, F., 2012. A Novel Sound Absorber with Recycled Fibers Coming From End of Life Tires (Elts). *Applied Acoustics*, 73(4), 402-408.

Marmaralı, A., Ertekin, G., & Çay, A., 2014. Çeşitli Kumaş Parametrelerinin Yuvarlak Örme Sandviç Kumaşların Ses Yutum Özelliklerine Etkisi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(7), 281-286.

Martellotta, F., Cannavale, A., De Matteis, V., & Ayr, U., 2018. Sustainable Sound Absorbers Obtained From Olive Pruning Wastes And Chitosan Binder. *Applied Acoustics*, 141, 71-78.

Memon, H., Abro, Z.A., Ahmed, A., & Khoso, N.A., 2015. Considerations While Designing Acoustic Home Textiles: A Review. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 9(3), 1-25.

Mishra, K., & Vaidyanathan, R. K. 2019. Application of Recycled Carpet Composite as a Potential Noise Barrier in Infrastructure Applications. *Recycling*, 4(9), 1-11.

Mvubu, M.B., Anandjiwala, R., & Patnaik, A., 2019. Effects of Air Gap, Fibre Type and Blend Ratio on Sound Absorption

Performance of Needle-Punched Non-Woven Fabrics. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, In Press, doi: 1558925019840874.

Na, Y., Agnhage, T., & Cho, G., 2012. Sound Absorption of Multiple Layers of Nanofiber Webs and the Comparison of Measuring Methods for Sound Absorption Coefficients. *Fibers and Polymers*, 13(10), 1348-1352.

Özkal, A., & Cengiz Çallıoğlu, F., Akduman, Ç., 2019. Development of A New Nanofibrous Composite Material From Recycled Nonwovens To Improve Sound Absorption Ability. *The Journal of The Textile Institute*, In Press.

Patnaik, A., 2016. Materials Used for Acoustic Textiles. In Padhye, R., Nayak, R. (Ed.), *Acoustic Textiles (73-92)*. Springer, 237p, Singapore.

Patnaik, A., Mvubu, M., Muniyasamy, S., Botha, A., & Anandjiwala, R.D., 2015. Thermal and Sound Insulation Materials from Waste Wool and Recycled Polyester Fibers and Their Biodegradation Studies, *Energy and Buildings*, 92, 161-169.

Paul, G., & Schuch, C. (2016). U.S. Patent Application No. 14/445,049.

Periyasamy, A. P., Karunakaran, G., Rwahwire, S., & Kesari, K. (2023). Nonwoven fabrics developed from agriculture and industrial waste for acoustic and thermal applications. *Cellulose*, 30(11), 7329-7346.

Pieren, R., Schäffer, B., Schoenwald, S., & Eggenschwiler, K., 2018. Sound absorption of textile curtains—theoretical models and validations by experiments and simulations. *Textile Research Journal*, 88(1), 36-48.

Prahsarn, C., Klinsukhon, W., Suwannamek, N., Wannid, P., & Padee, S. (2020). Sound absorption performance of needle-punched nonwovens and their composites with perforated rubber. *SN Applied Sciences*, 2, 1-7.

Pramanik, S. (2024). An In-Depth Analysis of Nonwoven Materials in the Medical Sector. In *Reshaping Healthcare with Cutting-Edge Biomedical Advancements* (pp. 16-33). IGI Global.

Puranik, P.R., Parmar, R.R., & Rana, P.P., 2014. Nonwoven acoustic textiles—A review. *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology*, 5(3), 81-88.

Qiu, X., 2016a. Acoustic Testing and Evaluation of Textiles for Buildings and Office Environments. In Wang, L. (Ed.), *Performance Testing of Textiles* (103-128). Woodhead Publishing, 262p, Cambridge.

Qiu, X., 2016b. Principles of Sound Absorbers. In Padhye, R., Nayak, R. (Ed.), *Acoustic Textiles* (43-72). Springer, 237p, Singapore.

Sabyasachi, Pramanik. (2024). An In-Depth Analysis of Nonwoven Materials in the Medical Sector. *Advances in bioinformatics and biomedical engineering book series*, 16-33. doi: 10.4018/979-8-3693-4439-2.ch002

Sengupta, S., 2010. Sound Reduction by Needle-Punched Nonwoven Fabrics. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 35, 237-242.

Shahani, F., Soltani, P., & Zarrebini, M., 2014. The Analysis of Acoustic Characteristics and Sound Absorption Coefficient of

Needle Punched Nonwoven Fabrics. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 9(2), 84-92.

Singh, V., & Mukhopadhyay, S., 2016. Manufacturing Methods for Acoustic Textiles. In Padhye, R., Nayak, R. (Ed.), *Acoustic Textiles* (93-114). Springer, 237p, Singapore.

Song, X., Melro, L., Padrão, J., Ribeiro, A. I., Yu, L., & Zille, A. (2022). Nonwoven materials and technologies for medical applications. In *Medical Textiles from Natural Resources* (pp. 605-661). Woodhead Publishing.

Suvari, F., & Dulek, Y., 2019. Investigating the Effect of Raising on the Sound Absorption Behavior of Polyester Woven Fabrics. *Textile Research Journal*, In Press, doi: 0040517519848161.

Suvari, F., & Ulcay, Y., Pourdeyhimi, B., 2019. Influence of Sea Polymer Removal on Sound Absorption Behavior of Islands-In-The-Sea Spunbonded Nonwovens. *Textile Research Journal*, 89(12), 2444-2455.

Tang, X., Kong, D., & Yan, X., 2019. Multiple Regression Analysis of a Woven Fabric Sound Absorber. *Textile Research Journal*, 89(5), 855-866.

Tascan, M., & Vaughn, E. A., 2008a. Effects of Total Surface Area and Fabric Density on the Acoustical Behavior of Needlepunched Nonwoven Fabrics. *Textile Research Journal*, 78(4), 289-296.

Taşcan, M., 2016. Acoustical Test Methods for Nonwoven Fabrics. In Padhye, R., Nayak, R. (Ed.), *Acoustic Textiles* (115-142). Springer, 237p, Singapore.

Tascan, M., Vaughn, E.A., Stevens, K.A., & Brown, P.J., 2011. Effects of Total Surface Area and Fabric Density on the Acoustical Behavior of Traditional Thermal-Bonded Highloft Nonwoven Fabrics. *Journal of the Textile Institute*, 102(9), 746-751.

TSE - TS EN ISO 10534-1, 2001. Akustik-Empedans Borularında Ses Absorplama Katsayısı ve Empedansın Tayini-Bölüm 1: Duran Dalga Oranını Kullanma Metodu (ISO 10534-1:1996). TSE, Ankara.

TSE - TS EN ISO 10534-2, 2003. Akustik-Empedans Borularındaki Ses Absorpsiyon Katsayısının ve Empedans Tayini-Bölüm 2: Aktarım Fonksiyonu Metodu (ISO 10534-2:1998). TSE, Ankara.

Wulforth, B., 2003. Tekstil Üretim Yöntemleri. Çev. Demir, A., Torun, A.R. İstanbul Teknik Üniversitesi, 336s, İstanbul.

Yang, T., Xiong, X., Mishra, R., Novák, J., & Militký, J., 2019. Sound Absorption and Compression Properties of Perpendicular-Laid Nonwovens. *Textile Research Journal*, 89(4), 612-624.

Yılmaz, N.D., 2009. Acoustic Properties of Biodegradable Nonwovens. Graduate Faculty of North Carolina State University, Ph.D. Thesis, 314s, North Carolina.

Yılmaz, N.D., 2016. Design of Acoustic Textiles: Environmental Challenges and Opportunities for Future Direction. In Padhye, R., Nayak, R. (Ed.), *Acoustic Textiles* (185-210). Springer, 237p, Singapore.

Yılmaz, N.D., Banks-Lee, P., Powell, N. B., & Michielsen, S., 2011. Effects of Porosity, Fiber Size, and Layering Sequence on

Sound Absorption Performance of Needle-Punched Nonwovens. *Journal of Applied Polymer Science*, 121(5), 3056-3069.

Yu, G. C., Park, J. J., Kang, E. H., Lee, S. Y., Huh, Y., & Lee, S. G. (2024). Study on the Sound Absorption Properties of Recycled Polyester Nonwovens through Alkaline Treatment and Dimple Processing. *Surfaces*, 7(2), 238-250.

Zhu, W., Nandikolla, V., & George, B. 2015. Effect of Bulk Density on the Acoustic Performance of Thermally Bonded Nonwovens. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 10(3), 39-45.

