

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**Sabiha SEZGİN BOZOK**

**ANTIOKSİDAN KATKILI SİLİKA SOL İLE İŞLEM GÖRMÜŞ  
KUMAŞLARIN IŞIK HASLIĞININ İYİLEŞTİRİLMESİ VE  
BAZI PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ADANA-2019**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ANTİOKSİDAN KATKILI SİLİKA SOL İLE İŞLEM GÖRMÜŞ  
KUMAŞLARIN IŞIK HASLIĞININ İYİLEŞTİRİLMESİ VE BAZI  
PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**Sabiha SEZGİN BOZOK**

**DOKTORA TEZİ**

**TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu Tez 26/06/2019 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından  
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....  
Prof. Dr. R. Tuğrul OĞULATA  
DANIŞMAN

.....  
Doç. Dr. Serin MEZARCIÖZ  
ÜYE

.....  
Doç. Dr. Ahmet TEKE  
ÜYE

.....  
Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim İÇOĞLU Dr. Öğr. Üyesi Halil ÖZDEMİR

ÜYE

ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

**Kod No:**

**Prof. Dr. Mustafa GÖK**  
**Enstitü Müdürü**

**Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.**  
**Proje No: FDK-2015-3368**

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## ÖZ

### DOKTORA TEZİ

#### ANTIÖKSİDAN KATKILI SİLİKA SOL İLE İŞLEM GÖRMÜŞ KUMAŞLARIN IŞIK HASLIĞININ İYİLEŞTİRİLMESİ VE BAZI PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Sabiha SEZGİN BOZOK

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. R. Tuğrul OĞULATA  
Yıl: 2019, Sayfa: 159  
Jüri : Prof. Dr. R. Tuğrul OĞULATA  
: Doç. Dr. Serin MEZARCIÖZ  
: Doç. Dr. Ahmet TEKE  
: Dr. Öğr. Üyesi Halil ÖZDEMİR  
: Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim İÇOĞLU

Renkli tekstil malzemesinde ışık etkisiyle meydana gelen solma mekanizması, UV ışınlarının boyarmaddenin yapısını bozmasıyla ve görünür ışığın malzemede fotooksidasyona neden olması ile oluşmaktadır. Tez çalışması kapsamında, oksidasyon inhibitörü olarak da bilinen antioksidanlar (l-askorbik asit ve gallik asit) katkı maddesi olarak kullanılarak; çapraz bağlayıcı içeren silika sol, çapraz bağlayıcı içermeyen silika sol ve sadece sulu antioksidan çözeltisi içeren farklı solüsyonlar hazırlanmıştır. Solüsyonlar, % 100 keten içerikli mavi, kırmızı ve sarı renkte dokuma kumaşlara 120°C ve 150°C olmak üzere iki farklı fıkse sıcaklığında pad-termofiksaj yöntemiyle aktarılmıştır. Bu şekilde yapılan işlemlerin numunelerin ışık haslığına etkilerinin incelenmesi ve bazı fiziksel özelliklerinin ölçülmesi hedeflenmiştir. Sonuçlarda gallik asitin silika sollar ile birlikte kullanılmasının, malzemenin fotostabilitesini daha iyi hale getirme açısından uygun olduğu ortaya çıkmıştır. Gallik asitin numunelerin renginde ışık etkisiyle oluşan açıklık farkı ( $\Delta L^*$ ) derecesini düşürdüğü; silika solün ise toplam renk farkı değerini ( $\Delta E^*$ ) azalttığı sonucuna varılmıştır. Silika sol elde edilirken çapraz bağlayıcı ilavesinin; numunelerin ışık haslığını iyileştirdiği, uygulanan kaplamanın yıkamaya karşı dayanımını ve aşınmaya karşı dirençlerini arttırdığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sol-jel, silika sol, antioksidan, keten, ışık haslığı.

## ABSTRACT

### PhD THESIS

#### IMPROVEMENT OF LIGHT FASTNESS OF FABRICS TREATED WITH ANTIOXIDANT DOPED SILICA SOL AND EXAMINING OF SOME PERFORMANCE PROPERTIES

Sabiha SEZGİN BOZOK

ÇUKUROVA UNIVERSITY  
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES  
DEPARTMENT OF TEXTILE ENGINEERING

Supervisor : Prof. Dr. R. Tuğrul OĞULATA  
Year: 2019, Pages: 159  
Jury : Prof. Dr. R. Tuğrul OĞULATA  
: Assoc. Prof. Dr. Serin MEZARCIÖZ  
: Assoc. Prof. Dr. Ahmet TEKE  
: Asst. Prof. Dr. Halil ÖZDEMİR  
: Asst. Prof. Dr. Halil İbrahim İÇOĞLU

The fading mechanism in colored textile material caused by the light effect occurs by degradation of the dyestuff structure with UV radiation and photooxidation in material with the visible light. In the thesis study, different solutions containing silica sol with crosslinker, crosslinker-free silica sol and only aqueous antioxidant solution were prepared by using antioxidants (l-ascorbic acid and gallic acid) which are also known as oxidation inhibitors as additives. Solutions were transferred to blue, red and yellow woven fabrics which contain %100 flax by applying pad-termofixation method at two different temperature (120°C and 150°C). In this way, it is aimed to examine the effects of the applied chemical process on light fastness of colored samples and to measure some physical properties of the samples. In the results, it was found that the use of gallic acid in combination with silica sols was suitable for improving the photostability of the materials. It is concluded that the antioxidant reduces the degree of the lightness ( $\Delta L^*$ ) of the samples, the silica sol decreases the total color difference value ( $\Delta E^*$ ) which are caused by light effect. Also it has been determined that addition of crosslinker to silica sol improves the light fastness of samples, increase the resistance to washing of the applied coating and the resistance to abrasion.

**Key Words:** Sol-gel, silica sol, antioxidant, linen, light fastness.

## GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Tekstil mamulünde renk, önemli karakteristiklerden biridir. Renkli tekstil ürünlerinin dış etkenlere karşı rengini koruyabilmesi kullanım aşamasında oldukça önemlidir. Birçok renkli tekstil yüzeyi kullanım aşamasında ışığa maruz kalmaktadır.

Renkli ürünlerin hem iç hem de dış ortamda ışık etkisiyle zarar görmesi her yıl milyonlarca dolar kayba neden olmaktadır. Bu hasar; renk değişimi, parlaklık kaybı, soyulma ve yüzeylerin oksidasyonu şeklinde meydana gelebilmektedir. İç ortamda parlak bir aydınlatma, camdan gelen güneş ışığı, direkt doğal güneş ışığına maruz kalma bu hasarların ana sebeplerindendir. Özellikle ultraviyole (UV) ışınları ve gözle görünür ışık, renk değişimine ve solmaya neden olduğu için en zarar verici unsurlardandır (Lucas, 2001).

Renkli bir tekstil mamulünün ışığa maruz kaldıktan sonra renginde meydana gelen değişim, içerdiği boyanın kimyasal yapısına, boyarmadde konsantrasyonuna, lif tipine bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir (Cristea ve Vileram, 2006). Fotosolmayı (ışık etkisiyle oluşan solma) etkileyen dış faktörler ise ışık kaynağı (UV radyasyonu), ışık etkisi altında ortamın sıcaklığı ve nemi, atmosferde bulunan kirlilik, tekstil malzemesine boyama öncesi veya sonrası yapılan bazı işlemler şeklinde sıralanmaktadır. Işık etkisiyle boyarmadde moleküllerindeki fotosolmayı önleyebilen mekanizmaya bağlı olarak ultraviyole absorplayıcılar, antioksidanlar ve uyarılmış hal söndürücüleri şeklinde üç adet inhibitör(engelleyici) bulunmaktadır. Bu maddeler tekstil yüzeylerine çeşitli aşamalarda aktarılabilmektedir. Antioksidanlar en önemli fotostabilizatörlerden biridir (Allen, 1981).

Literatürde antioksidanların polimerde bozulmayı düşürücü etkisi hakkında birçok çalışma yapılmıştır. Çoğu araştırmada antioksidanların polimer katkı maddeleriyle aktarılma işleminin sadece sentetik liflere uygulanabildiği, doğal liflere ise sprey ya da emdirme yöntemiyle aktarılabildiği ortaya konulmaktadır

(Kelen, 1983; Schnabel ve Kiwi, 1978). Bazı çalışmalarda doğal boyalı ve reaktif boyarmadde ile renklendirilmiş pamuklu tekstil yüzeylerinin l-askorbik asit, gallik asit gibi antioksidan madde içeren sulu çözeltilerle işlem görmesiyle UV ışığının renk soldurucu etkisinin azaltıldığı tespit edilmiştir (Cristea ve Vileram, 2006; Thiargan ve Nalankilli, 2014). Bu çalışmalarda antioksidan maddeler, herhangi bir bağlayıcı olmadan mamul kumaşa ilave edilmiştir. Tez çalışması kapsamında ise sol-jel tekniği ile hazırlanmış silika sol ( $\text{SiO}_2$ ) ile sulu antioksidan çözeltileri bir araya getirilerek silika solların antioksidan maddelere katkısı incelenmiş ve herhangi bir bağlayıcı olmadan antioksidan ilave edilmiş numunelerle birlikte kumaş özellikleri karşılaştırılmıştır.

Sol-jel tekniği cam, seramik, tekstil gibi malzemelerin üretimi için geleneksel yöntemlerin haricinde alternatif bir yaklaşım sağlayan çağdaş kimya biliminin en hızlı gelişen alanlarından biridir. Sol-jel yapıları silika gibi metal oksitlerin ya da metal kloridlerin modifiye edilmesi ile elde edilen nanopartiküler malzemelerdir (Brinker ve Scherer, 1990). Nanosoller yeni fonksiyonel özellik kazandırmak ya da mevcut özellikleri geliştirmek için modifiye edilebilirler. Modifikasyon, başlatıcı maddenin hidrolizinden önce ya da önceden hazırlanmış nanosoller içerisine belirli özellikte bileşenlerin ilave edilmesiyle gerçekleştirilebilmektedir. Nanosollerin fiziksel modifikasyonu için inorganik kolladial metaller, oksitler, pigmentler, boyalar, organik polimerler, biyomoleküller, canlı hücreler gibi katkı maddeler ile kaplama hazırlanabilmekte ve yüzeylere aktarılabilmektedir. Modifiye edilmiş nanosol kaplamalar ile tekstil materyallerine çok farklı özellikler kazandırmak mümkündür. Bu amaçla son yıllarda geniş çaplı araştırmalar yapılmaktadır. Sol-jel teknolojisi uygulanarak tekstil yüzeylerine su, yağ ve kir iticilik, güç tutuşurluk, UV ışınlarından koruma, kokuların kontrollü salınımı, antimikrobiyal, biyokatalitik, biyoyumluluk özellikleri, elektrik iletkenliği, boyama ve aşınmaya dayanım gibi özellikler kazandırılabilir (Mahltig, 2005).

Bu tez çalışması ile % 100 keten içeren perdelik kumaşlar, pad-termofiksaj yöntemi uygulanarak sarı, kırmızı ve mavi renkte reaktif boyarmaddeler ile renklendirilmiş olup daha sonra farklı reçeteye sahip fotobozulmayı önleyici solüsyonlar ile işleme tabii tutulmuştur. Bu solüsyonlar iki farklı antioksidan kullanarak; modifiye edilmiş çapraz bağlayıcı içeren silika sol, çapraz bağlayıcı içermeyen silika sol ve silika sol içermeyen sulu antioksidan çözeltileri halinde elde edilmiştir. Solüsyonlar pad-termofiksaj yöntemi ile kumaşlara aktarılmıştır. Kimyasalların kumaşa sabitlenmesi hususunda sıcaklığın etkisini görebilmek için işlem sonrası kumaşlara iki farklı termofiksaj sıcaklığı uygulanmıştır. Daha sonra işlem görmüş ve görmemiş numuneler yapay ışık altında solmaya maruz bırakılmış ve soldurma sonrası spektrofotometre ile renk ölçümleri gerçekleştirilerek sonuçlar mukayese edilmiştir.

Çalışma kapsamında elde edilen nanosol kaplamaların karakterizasyonu için SEM (Taramalı elektron mikroskobu) ve FT-IR(Fourier Dönüşümlü Infrared Spektrofotometre) analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen solüsyonların kumaşlara verdiği fiziksel ve optik etkileri görebilmek adına işlem sonrası kütle ve renk değerlerindeki değişim, hava geçirgenliği, yumuşaklık, kumaş kalınlığı, hidrofilite, yırtılma mukavemeti, aşınma dayanımı gibi testler uygulanmıştır.



## TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimim boyunca yardımlarını esirgemeyen, her zaman yönlendirici fikirleri ile bana yol gösteren, yoğun temposuna rağmen zamanını ayırarak tezimin şekillenmesine çok büyük katkısı olan değerli danışman hocam Prof. Dr. R. Tuğrul OĞULATA'ya,

Çalışmanın başından beri tez izleme komitesi olarak desteklerini esirgemeyen hocalarım Doç. Dr. Serin MEZARCIÖZ ve Doç. Dr. Ahmet TEKE'ye,

Tez çalışmasında kumaşı tedarik ettiğimiz BOSSA Ticaret ve Sanayi İşletmeleri T.A.Ş.'ye ve bu konuda bana yardımcı olan Doç. Dr. Füsun DOBA KADEM'e, kumaşların boyanmasında yardımcı olan tekstil mühendisi Kadir Erçakallı ve Kıvanç Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş.'ye, çalışmada laboratuvar imkanlarını kullanmış olduğum Adana Türk Tekstil Vakfı Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi'ne,

Çalışma boyunca manevi desteklerinden dolayı sevgili arkadaşlarım Arş. Gör. Zehra KAYNAR TAŞCI ve Arş. Gör. Şehpal ÖZDEMİR'e, Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü akademik ve idari personeline, tez çalışmam boyunca FDK-2015-3368 no'lu proje kapsamında maddi destekte bulunduğu için Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Birimi'ne,

Doktora öğrenimim sırasında kaybettiğim ve desteğini hep yanımda hissettiğim sevgili babam Ertuğrul SEZGİN'e, hayatımın her döneminde desteklerini esirgemeyen çok değerli annem Sema SEZGİN'e ve kardeşlerim Bahar Gökçe SEZGİN ve Ayşe Selin SEZGİN'e,

Tez çalışması süresince bana göstermiş olduğu sonsuz anlayış ve destek için eşim Metehan BOZOK'a, bana her zaman sevgileri ile manevi destek veren sevgili kızım Gökçe BOZOK'a ve sevgili oğlum Kerem BOZOK'a,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

## SAYFA

|                                                                               |      |
|-------------------------------------------------------------------------------|------|
| ÖZ .....                                                                      | I    |
| ABSTRACT.....                                                                 | II   |
| GENİŞLETİLMİŞ ÖZET .....                                                      | III  |
| TEŞEKKÜR.....                                                                 | VII  |
| İÇİNDEKİLER .....                                                             | VIII |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                                                       | XII  |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                                         | XIV  |
| SİMGE VE KISALTMALAR .....                                                    | XX   |
| 1. GİRİŞ .....                                                                | 1    |
| 1.1. Tekstilde Işık Etkisiyle Renk Değişimi .....                             | 2    |
| 1.2. Tekstilde Işık Haslığını Etkileyen Faktörler .....                       | 5    |
| 1.2.1. Boyarmaddenin Malzeme Üzerindeki Durumu ve Boyama Metodu..             | 6    |
| 1.2.2. Boyarmaddenin Yapısı ve Tepkimesi .....                                | 7    |
| 1.2.2.1. Reaktif Boyarmaddelerin Solma Mekanizmaları.....                     | 7    |
| 1.2.3. Tekstil Malzemesinin Kimyasal Yapısı .....                             | 9    |
| 1.2.4. Atmosferde ve Tekstil Malzemesinde Bulunan Nem ve Sıcaklık .....       | 9    |
| 1.2.5. Atmosferde Bulunan Bileşenler .....                                    | 9    |
| 1.3. Işık Haslığı Ölçüm Yöntemleri ve UV Radyasyonu.....                      | 10   |
| 1.4 Tekstilde Işık Stabilizatörleri .....                                     | 14   |
| 1.4.1. Antioksidanlar ile Işık Stabilizasyon Koruması.....                    | 16   |
| 1.5. Sol-jel Teknolojisi.....                                                 | 20   |
| 1.5.1. Tekstil Bitim İşlemlerinde Nanosol Kullanımı .....                     | 24   |
| 1.5.2. Tekstilde Nanosollerini Kullanarak Işık Haslıklarının Geliştirilmesi.. | 27   |
| 1.6. Çalışmanın Önemi ve Amacı .....                                          | 29   |
| 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....                                                    | 31   |

|                                                                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1. Tekstil mamullerinin Işık Haslığı Özelliklerinin İncelenmesi ve Işık Stabilizörleri Kullanılarak Özelliklerinin Geliştirilmesi ile İlgili Yapılmış Çalışmalar ..... | 31 |
| 2.2. Sol Jel Yöntemi ile Tekstil Mamullerinin Bazı Özelliklerini İyileştirme ile İlgili Yapılmış Çalışmalar .....                                                        | 36 |
| 3. MATERYAL VE METOT .....                                                                                                                                               | 45 |
| 3.1. Materyal .....                                                                                                                                                      | 45 |
| 3.2. Metod .....                                                                                                                                                         | 48 |
| 3.2.1. Solüsyonların Hazırlanması ve Kumaşlara Aktarılması .....                                                                                                         | 48 |
| 3.2.2. Numunelerin Test Ölçümleri .....                                                                                                                                  | 51 |
| 3.2.2.1. İşlem Sonrası Numunelerin Kütle Değişimleri .....                                                                                                               | 51 |
| 3.2.2.2. İşlem Sonrası Numunelerin Renk Değişimlerinin Ölçümleri .....                                                                                                   | 51 |
| 3.2.2.3. Kumaşların Kalınlık Ölçümleri .....                                                                                                                             | 52 |
| 3.2.2.4. Numunelerin Hava Geçirgenlik Ölçümleri .....                                                                                                                    | 53 |
| 3.2.2.5. Numunelerin Hidrofilite Değerlerinin Ölçümleri .....                                                                                                            | 54 |
| 3.2.2.6. Numunelerin Yumuşaklık Değerlerinin Ölçümleri .....                                                                                                             | 54 |
| 3.2.2.7. Numunelerin Yırtılma Mukavemeti Değerlerinin Ölçümleri .....                                                                                                    | 55 |
| 3.2.2.8. Numunelerin Aşınmaya Karşı Dayanımlarının Tayini .....                                                                                                          | 56 |
| 3.2.2.9. Kaplamaların Karakterizasyonu .....                                                                                                                             | 57 |
| 3.2.2.10. Numunelerin Işık Altında Soldurulması ve Renk Değişimlerinin Ölçülmesi .....                                                                                   | 60 |
| 3.2.2.11. Yıkama İşleminin Etkisinin Tespit Edilmesi .....                                                                                                               | 62 |
| 4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....                                                                                                                                            | 63 |
| 4.1. Kimyasallar ile İşlem Sonrası Kumaşlarda Kütle Değişimi .....                                                                                                       | 63 |
| 4.3. Numunelerin SEM Analizi Sonuçları .....                                                                                                                             | 70 |
| 4.4. Numunelerin FT/IR Analizi Sonuçları .....                                                                                                                           | 80 |
| 4.5. Numunelerin Hava Geçirgenlik Testi Sonuçları .....                                                                                                                  | 85 |
| 4.6. Numunelerin Yumuşaklık Testi Sonuçları .....                                                                                                                        | 86 |
| 4.7. Numunelerin Hidrofilite Testi Sonuçları .....                                                                                                                       | 88 |

|                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.8. Numunelerin Kalınlık Testi Sonuçları .....                                                         | 89  |
| 4.9. Numunelerin Yırtılma Dayanımı Testi Sonuçları.....                                                 | 91  |
| 4.10. Numunelerin Aşınma Dayanımı Testi Sonuçları .....                                                 | 93  |
| 4.11. Numunelerin Işık Haslığı Testi Sonuçları.....                                                     | 97  |
| 4.11.1. Numunelerde Işık Etkisiyle Meydana Gelen Toplam Renk Farkı<br>Değerlerinin İncelenmesi .....    | 97  |
| 4.11.2. Numunelerde Işık Etkisiyle Meydana Gelen Açıklık-Koyuluk<br>Farkı Değerlerinin İncelenmesi..... | 110 |
| 4.11.3. Numunelerin 1 ve 5 Yıkama Sonrasında Işık Haslıklarının<br>Değerlendirilmesi.....               | 124 |
| 4.12. Numunelerin Işık Etkisiyle Renk Değerlerindeki Değişimlerin<br>İstatistiksel Analizi.....         | 128 |
| 4.12.1. Test Sonuçlarının Normal Dağılıma Uygunluğu .....                                               | 128 |
| 4.12.2. MANOVA ve Çoklu Karşılaştırma Testleri .....                                                    | 131 |
| 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....                                                                           | 139 |
| 5.1. Sonuçlar .....                                                                                     | 139 |
| 5.2. Öneriler .....                                                                                     | 146 |
| KAYNAKLAR .....                                                                                         | 149 |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                                                                          | 159 |



|                                                                                                       |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Çizelge 1.1. Elektromanyetik radyasyonun enerji içerikleri ve organik bileşenlerin bağ enerjisi ..... | 14  |
| Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan kumaş özellikleri .....                                             | 45  |
| Çizelge 3.2. Boyama reçetesi .....                                                                    | 46  |
| Çizelge 3.3. Kumaşlara uygulanan boyama işleminin özellikleri.....                                    | 46  |
| Çizelge 3.4. Solüsyonları hazırlamak için kullanılan kimyasallar .....                                | 47  |
| Çizelge 3.5. Çalışma kapsamında kullanılan cihazlar ve özellikleri.....                               | 47  |
| Çizelge 3.6. Çalışma kapsamında hazırlanan solüsyonların reçetesi .....                               | 48  |
| Çizelge 4.1. Mavi numunelerin işlemler sonrası renk değerlerindeki değişim .....                      | 67  |
| Çizelge 4.2. Kırmızı numunelerin işlemler sonrası renk değerlerindeki değişim .....                   | 67  |
| Çizelge 4.3. Sarı numunelerin işlemler sonrası renk değerlerindeki değişim .....                      | 68  |
| Çizelge 4.4. İşlem görmüş ve görmemiş numunelerin hava geçirgenlik değerleri .....                    | 86  |
| Çizelge 4.5. İşlem görmüş ve görmemiş numunelerin sertlik değerleri ....                              | 87  |
| Çizelge 4.6. İşlem görmüş ve görmemiş numunelerin hidrofilite dereceleri.....                         | 89  |
| Çizelge 4.7. İşlem görmüş ve görmemiş numunelerin kalınlık değerleri ..                               | 90  |
| Çizelge 4.8. Numunelerin yırtılma dayanımı sonuçları .....                                            | 92  |
| Çizelge 4.9. Numunelerin aşındırma öncesi ve sonrası ölçülen ortalama ağırlıkları.....                | 95  |
| Çizelge 4.10. Mavi numunelerin ışık etkisiyle oluşan renk farkı değerleri                             | 123 |

|                                                                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Çizelge 4.11. Kırmızı numunelerin ışık etkisiyle oluşan renk farkı değerleri .....                                                           | 123 |
| Çizelge 4.12. Sarı numunelerin ışık etkisiyle oluşan renk farkı değerleri .                                                                  | 124 |
| Çizelge 4.13. 1 ve 5 kez yıkanmış mavi numunelerin ışık etkisiyle elde edilmiş toplam renk farkı ve açıklık-koyuluk farkı değerleri .....    | 125 |
| Çizelge 4.14. 1 ve 5 kez yıkanmış kırmızı numunelerin ışık etkisiyle elde edilmiş toplam renk farkı ve açıklık-koyuluk farkı değerleri ..... | 126 |
| Çizelge 4.15. 1 ve 5 kez yıkanmış sarı numunelerin ışık etkisiyle elde edilmiş toplam renk farkı ve açıklık-koyuluk farkı değerleri .....    | 128 |
| Çizelge 4.16. Değerlerin normal dağılıma uygunluk (K-S testi) sonuçları.....                                                                 | 129 |
| Çizelge 4.17. Hata varyanslarının eşitliği testi .....                                                                                       | 131 |
| Çizelge 4.18. Etkileşim testi .....                                                                                                          | 132 |
| Çizelge 4.19. Numune rengine göre çoklu karşılaştırma .....                                                                                  | 134 |
| Çizelge 4.20. İşlem farklılığına göre çoklu karşılaştırma .....                                                                              | 136 |
| Çizelge 4.21. Antioksidana göre çoklu karşılaştırma.....                                                                                     | 137 |
| Çizelge 4.22. Fikse sıcaklığına göre çoklu karşılaştırma.....                                                                                | 138 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

## SAYFA

|             |                                                                                                           |    |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 1.1.  | Işık etkisiyle oluşan hasarın farklı aşamalarını gösteren diyagram .....                                  | 3  |
| Şekil 1.2.  | Fotokimyasal reaksiyonlardan olan bağ kırılma reaksiyonunun sunumu .....                                  | 4  |
| Şekil 1.3.  | Renkli tekstil mamullerinin ışık alma süreleri ve renk solma değerleri arasındaki ilişki .....            | 5  |
| Şekil 1.4.  | Boyarmaddenin solmasında iki farklı mekanizma .....                                                       | 7  |
| Şekil 1.5.  | Çalışmada kumaşları renklendirmek için kullanılan MCT/VS yapıda reaktif azo boyarmaddenin yapısı .....    | 8  |
| Şekil 1.6.  | Boyarmaddenin sönme reaksiyonu.....                                                                       | 9  |
| Şekil 1.7.  | Boyarmadde molekülünün süperoksit radikale dönmesi.....                                                   | 10 |
| Şekil 1.8.  | Cıva buharlı lamba, karbon ark lambası ve ksenon ark lambasının güneş ışığı ile karşılaştırılmaları ..... | 11 |
| Şekil 1.9.  | UV radyasyonun yansımaları, absorpsiyonu ve transmisyonu .....                                            | 12 |
| Şekil 1.10. | Dalga boyuna göre ışıma miktarları .....                                                                  | 13 |
| Şekil 1.11. | Gallik Asit.....                                                                                          | 19 |
| Şekil 1.12. | L-Askorbik Asit (Vitamin C).....                                                                          | 20 |
| Şekil 1.13. | Silika sol oluşum basamakları .....                                                                       | 22 |
| Şekil 1.14. | Silikon alkoksit ile sol-jel reaksiyonları .....                                                          | 23 |
| Şekil 1.15. | Silan bileşenlerin selülozik liflerin hidroksil grupları ile bağlanması.....                              | 24 |
| Şekil 1.16. | Organik UV absorplayıcıların nanosol çözeltinin içine girmesinin şekilsel formülü .....                   | 28 |
| Şekil 1.17. | Silika içeren ve içermeyen tekstil yüzeyinin fotoağarması.....                                            | 29 |
| Şekil 1.18. | Organik UV absorplayıcı içeren nanosol kaplamalı pamuklu kumaşların refleksiyonları. ....                 | 29 |
| Şekil 3.1.  | Hazırlanan solüsyonların kumaşlara aktarılması için uygulanmış işlem basamakları.....                     | 50 |

|             |                                                                                                                                                                                                                                                            |    |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3.2.  | Spektrofotometre cihazı.....                                                                                                                                                                                                                               | 52 |
| Şekil 3.3.  | Kalınlık ölçüm cihazı .....                                                                                                                                                                                                                                | 53 |
| Şekil 3.4.  | Hava geçirgenlik testi ölçüm cihazı .....                                                                                                                                                                                                                  | 54 |
| Şekil 3.5.  | Yumuşaklık test cihazı .....                                                                                                                                                                                                                               | 55 |
| Şekil 3.6.  | Yırtılma dayanımı ölçüm cihazı .....                                                                                                                                                                                                                       | 56 |
| Şekil 3.7.  | Martindale cihazı.....                                                                                                                                                                                                                                     | 57 |
| Şekil 3.8.  | SEM cihazı .....                                                                                                                                                                                                                                           | 58 |
| Şekil 3.9.  | IR Spektra ilişki çizelgesi.....                                                                                                                                                                                                                           | 59 |
| Şekil 3.10. | FT/IR cihazı.....                                                                                                                                                                                                                                          | 59 |
| Şekil 3.11. | Atlas Xenotest Işık Haslığı Test Cihazı.....                                                                                                                                                                                                               | 60 |
| Şekil 4.1.  | Numunelerin işlem sonrası kütle değişimleri .....                                                                                                                                                                                                          | 64 |
| Şekil 4.2.  | Mavi renkte keten içerikli numunelerin işlem sonrası renk değişimleri.....                                                                                                                                                                                 | 68 |
| Şekil 4.3.  | Kırmızı renkte keten içerikli numunelerin işlem sonrası renk değişimleri.....                                                                                                                                                                              | 69 |
| Şekil 4.4.  | Sarı renkte keten içerikli numunelerin işlem sonrası renk değişimleri.....                                                                                                                                                                                 | 69 |
| Şekil 4.5.  | İşlem görmemiş numunelerin SEM analizi görüntüleri; x1000 büyütme (a); x5000 büyütme (b).....                                                                                                                                                              | 71 |
| Şekil 4.6.  | L-askorbik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sol ile işlem görmüş ve 120°C’de fikse işlemi görmüş olan; x1000 büyütülmüş (a,c,e) sırasıyla mavi, kırmızı, sarı numuneler; x5000 büyütülmüş (b,d,f) sırasıyla mavi, kırmızı, sarı numuneler. .... | 72 |
| Şekil 4.7.  | L-askorbik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sol ile işlem görmüş ve 150°C’de fikse işlemi görmüş olan; x1000 büyütülmüş (a,c,e) sırasıyla mavi, kırmızı, sarı numuneler; x5000 büyütülmüş (b,d,f) sırasıyla mavi, kırmızı, sarı numuneler ..... | 73 |
| Şekil 4.8.  | Gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sol ile işlem görmüş ve 120°C’de fikse işlemi görmüş olan; x1000 büyütülmüş                                                                                                                             |    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| (a,c,e) sırasıyla mavi, kırmızı, sarı numuneler; x5000 büyütülmüş<br>(b,d,f) sırasıyla mavi, kırmızı, sarı numuneler. ....                                                                                                                                                        | 74 |
| Şekil 4.9. Gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sol ile işlem<br>görmüş ve 150°C’de fikse işlemi görmüş olan; x1000 büyütülmüş<br>(a,c,e) sırasıyla mavi, kırmızı, sarı numuneler; x5000 büyütülmüş<br>(b,d,f) sırasıyla mavi, kırmızı, sarı numuneler .....        | 75 |
| Şekil 4.10. L-askorbik asit katkılı çapraz bağlayıcı içermeyen silika sol ile<br>işlem görmüş ve 120°C’de fikse işlemi görmüş olan; x1000<br>büyütülmüş (a,c,e) sırasıyla mavi, kırmızı, sarı numuneler; x5000<br>büyütülmüş (b,d,f) sırasıyla mavi, kırmızı, sarı numuneler..... | 76 |
| Şekil 4.11. L-askorbik asit katkılı çapraz bağlayıcı içermeyen silika sol ile<br>işlem görmüş ve 150°C’de fikse işlemi görmüş olan; x1000<br>büyütülmüş (a,c,e) sırasıyla mavi, kırmızı, sarı numuneler; x5000<br>büyütülmüş (b,d,f) sırasıyla mavi, kırmızı, sarı numuneler..... | 77 |
| Şekil 4.12. Gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içermeyen silika sol ile işlem<br>görmüş ve 120°C’de fikse işlemi görmüş olan; x1000 büyütülmüş<br>(a,c,e) sırasıyla mavi, kırmızı, sarı numuneler; x5000 büyütülmüş<br>(b,d,f) sırasıyla mavi, kırmızı, sarı numuneler. ....    | 78 |
| Şekil 4.13. Gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içermeyen silika sol ile işlem<br>görmüş ve 150°C’de fikse işlemi görmüş olan; x1000 büyütülmüş<br>(a,c,e) sırasıyla mavi, kırmızı, sarı numuneler; x5000 büyütülmüş<br>(b,d,f) sırasıyla mavi, kırmızı, sarı numuneler .....    | 79 |
| Şekil 4.14. L-askorbik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sol ile işlem<br>görmüş ve 120°C’de fikse olmuş numunelerin FT/IR sonuçları .....                                                                                                                              | 81 |
| Şekil 4.15. L-askorbik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sol ile işlem<br>görmüş ve 150°C’de fikse olmuş numunelerin FT/IR sonuçları .....                                                                                                                              | 81 |
| Şekil 4.16. Gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sol ile işlem<br>görmüş ve 120°C’de fikse olmuş numunelerin FT/IR sonuçları .....                                                                                                                                  | 82 |

|                                                                                                                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 4.17. Gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sol ile işlem görmüş ve 150°C’de fikse olmuş numunelerin FT/IR sonuçları .....                                          | 82  |
| Şekil 4.18. L-askorbik asit katkılı çapraz bağlayıcı içermeyen silika sol ile işlem görmüş ve 120°C’de fikse olmuş numunelerin FT/IR sonuçları .....                                   | 83  |
| Şekil 4.19. L-askorbik asit katkılı çapraz bağlayıcı içermeyen silika sol ile işlem görmüş ve 150°C’de fikse olmuş numunelerin FT/IR sonuçları .....                                   | 83  |
| Şekil 4.20. Gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içermeyen silika sol ile işlem görmüş ve 120°C’de fikse olmuş numunelerin FT/IR sonuçları .....                                       | 84  |
| Şekil 4.21. Gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içermeyen silika sol ile işlem görmüş ve 150°C’de fikse olmuş numunelerin FT/IR sonuçları .....                                       | 84  |
| Şekil 4.22. Numunelerin hava geçirgenlik değerleri.....                                                                                                                                | 86  |
| Şekil 4.23. Numunelerin yumuşaklık testi sonuçları .....                                                                                                                               | 88  |
| Şekil 4.24. Numunelerin kalınlık değerleri.....                                                                                                                                        | 91  |
| Şekil 4.25. Numunelerin yırtılma dayanımları.....                                                                                                                                      | 93  |
| Şekil 4.26. GPTS ilaveli silika sollar ile işlem görmüş ve hiçbir işlem görmemiş numunelerin aşınma sonucu kütle kaybı yüzdeleri.....                                                  | 95  |
| Şekil 4.27. GPTS içermeyen silika sollar ile işlem görmüş ve hiçbir işlem görmemiş numunelerin aşınma sonucu kütle kaybı yüzdeleri.....                                                | 96  |
| Şekil 4. 28. Sadece antioksidan içeren solüsyonlar ile işlem görmüş ve hiçbir işlem görmemiş numunelerin aşınma sonucu kütle kaybı yüzdeleri ...                                       | 96  |
| Şekil 4.29. L-askorbik asit veya gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika .....                                                                                              | 99  |
| Şekil 4.30. L-askorbik asit veya gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içermeyen silika sollar ile işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş mavi numunelerin periyodik renk değişimleri ..... | 100 |

|                                                                                                                                                                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 4.31. L-askorbik asit veya gallik asit içeren sulu çözeltiler işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş mavi numunelerin periyodik renk değişimleri.....                                                               | 101 |
| Şekil 4.32. L-askorbik asit veya gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sollar ile işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş kırmızı numunelerin periyodik renk değişimleri .....                                | 103 |
| Şekil 4.33. L-askorbik asit veya gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içermeyen silika sollar ile işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş kırmızı numunelerin periyodik renk değişimleri .....                             | 104 |
| Şekil 4.34. L-askorbik asit veya gallik asit içeren sulu çözeltiler işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş kırmızı numunelerin periyodik renk değişimleri.....                                                            | 105 |
| Şekil 4.35. L-askorbik asit veya gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sollar ile işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş sarı numunelerin periyodik renk değişimleri .....                                   | 108 |
| Şekil 4.36. L-askorbik asit veya gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içermeyen silika sollar ile işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş sarı numunelerin periyodik renk değişimleri .....                                | 109 |
| Şekil 4.37. L-askorbik asit veya gallik asit içeren sulu çözeltiler işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş sarı numunelerin periyodik renk değişimleri.....                                                               | 110 |
| Şekil 4.38. L-askorbik asit veya gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sollar ile işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş mavi numunelerin periyodik olarak açıklık-koyuluk değerlerinin değişimleri.....     | 112 |
| Şekil 4. 39. L-askorbik asit veya gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içermeyen silika sollar ile işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş mavi numunelerin periyodik olarak açıklık-koyuluk değerlerinin değişimleri..... | 113 |

|                                                                                                                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 4.40. L-askorbik asit veya gallik asit içeren sulu çözeltiler işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş mavi numunelerin periyodik olarak açıklık-koyuluk değerlerinin değişimleri .....                                  | 114 |
| Şekil 4.41. L-askorbik asit veya gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sollar ile işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş kırmızı numunelerin periyodik olarak açıklık-koyuluk değerlerinin değişimleri .....    | 116 |
| Şekil 4.42. L-askorbik asit veya gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içermeyen silika sollar ile işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş kırmızı numunelerin periyodik olarak açıklık-koyuluk değerlerinin değişimleri ..... | 117 |
| Şekil 4.43. L-askorbik asit veya gallik asit içeren sulu çözeltiler işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş kırmızı numunelerin periyodik olarak açıklık-koyuluk değerlerinin değişimleri .....                               | 118 |
| Şekil 4.44. L-askorbik asit veya gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sollar ile işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş sarı numunelerin periyodik olarak açıklık-koyuluk değerlerinin değişimleri .....       | 120 |
| Şekil 4.45. L-askorbik asit veya gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içermeyen silika sollar ile işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş sarı numunelerin periyodik olarak açıklık-koyuluk değerlerinin değişimleri .....    | 121 |
| Şekil 4.46. L-askorbik asit veya gallik asit içeren sulu çözeltiler işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş sarı numunelerin periyodik olarak açıklık-koyuluk değerlerinin değişimleri .....                                  | 122 |
| Şekil 4.47. Toplam renk farkı ( $\Delta E^*$ ) değerlerinin histogram grafiği .....                                                                                                                                      | 130 |
| Şekil 4. 48. Açıklık-koyuluk farkı ( $\Delta L^*$ ) değerlerinin histogram grafiği .....                                                                                                                                 | 130 |

## SİMGE VE KISALTMALAR

|                  |                                               |
|------------------|-----------------------------------------------|
| SiO <sub>2</sub> | : Silisyum dioksit                            |
| ORAC             | : Oksijen radikal absorbans kapasitesi birimi |
| ml               | : Mililitre                                   |
| nm               | : Nanometre                                   |
| ΔE*              | : Toplam renk farkı değeri                    |
| ΔL*              | : Açıklık-koyuluk farkı değeri                |
| UV               | : Ultra-viyole                                |
| %Af              | : Alınan flotte miktarı                       |
| cm               | : Santimetre                                  |
| dm               | : Desimetre                                   |
| dk               | : Dakika                                      |
| g                | : Gram                                        |
| sn               | : Saniye                                      |
| kPa              | : Kilopaskal                                  |



## 1. GİRİŞ

Işığa karşı renk haslığı temel olarak; boyarmadde molekülünün ışık altında UV radyasyonunu absorplaması sonucu parçalanmadan kalabilme yeteneğinin ölçümüdür. Düşük ışık haslığına sahip bir molekül, absorbe edilen radyasyon sonucu parçalanmakta, yapısı bozulmaktadır. Daha önce yapılmış çalışmalarda malzemelerdeki bu bozulmayı düşürebilmek için ışık stabilizatörleri kullanılmıştır. Bu maddelerin temel çalışma mekanizmaları, UV radyasyonun serbest oksijenin polimerlere olan etkilerini elimine etmek üzerinedir. Tez çalışması kapsamında ışık stabilizatörlerinden biri olan antioksidan maddeler, yenilikçi bir bitim işlemi tekniğı hale gelen sol-jel teknolojisi ile keten içerikli dokuma kumaşlara aktarılmıştır.

Bilinen en eski gövde lifi olan ketenin kullanım alanları teknik tekstiller ve kompozitlerde gün geçtikçe artmaktadır. Özellikle son yıllarda pek çok ülkenin konvansiyonel tekstil üretiminde rekabet edebilme özelliklerini kaybetmesi, teknik tekstiller ve daha özel ürünlerin üretimi konusundaki çalışmaları yoğunlaştırmıştır (Körlü ve Bozacı, 2006).

Ketenin kimyasal yapısında; %80 selüloz, %3 pektin ve %10 su bulunmaktadır (tekstilbilgi.net, 2019). Nem çekme özelliğı pamuktan iyidir. 120°C'nin üstündeki sıcaklıklarda bozulmaktadır. Kullanım alanları; yazlık dış giyim, gömlek, pantolon, ev tekstili (perde), yatak takımları vs. şeklinde sıralanmaktadır. “Bitkisel liften dokuma kumaş” sınıfın giren keten içerikli dokuma kumaşların ülkemizdeki ihracat payı 2019 yılında %1,8 olarak kaydedilmiştir (www.ithib.org.tr, 2019).

Çalışmada, güneş ışığına en çok maruz kalan tekstil ürünlerinden biri olan perdelik ve dış giysilik olarak kullanıma uygun % 100 keten içerikli dokuma kumaş tercih edilmiştir. Yapay ışık altında bırakılan numunelerin fotosolma özellikleri, enstrümental renk analizi ile değerlendirilmiştir.

**1.1. Tekstilde Işık Etkisiyle Renk Değişimi**

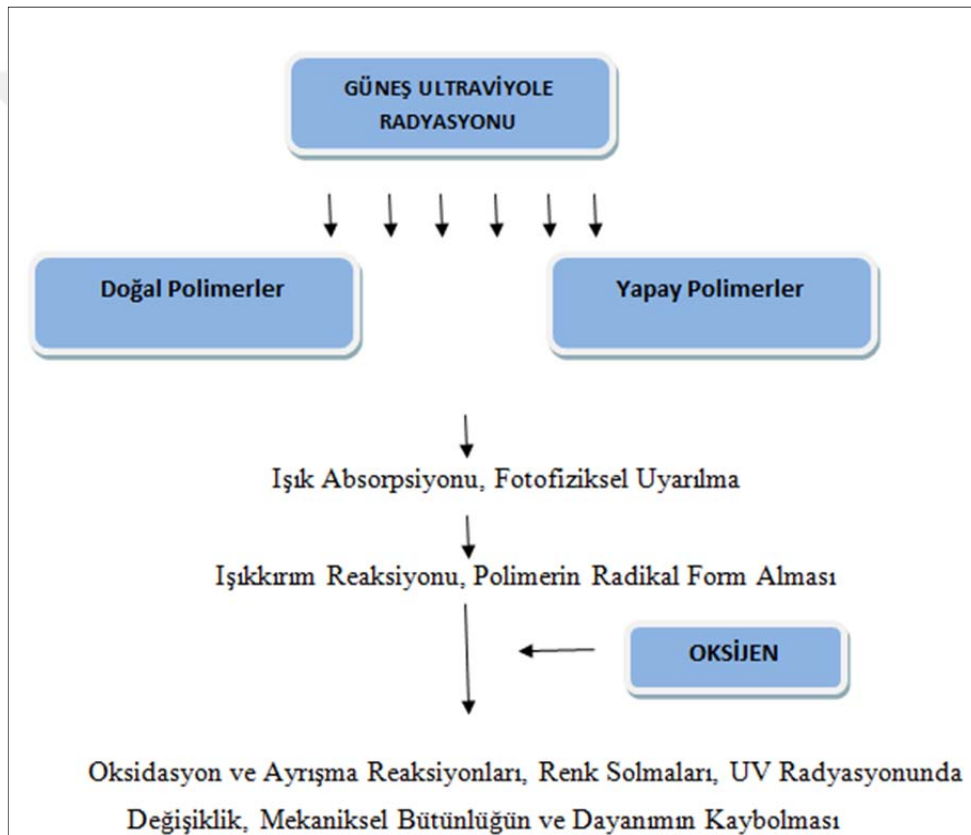
Renk haslığı, boyalı veya baskılı bir tekstil materyalinin üretim ve kullanım sırasında karşılaştığı çeşitli etkenlere karşı içerdiği boyarmaddeyi vermeme, koruma direncidir. Tekstilde renk haslığı kullanım ve fabrikasyon haslığı olarak iki ayrı grupta incelenmektedir. Fabrikasyon haslıkları yıkama, merserizasyon gibi terbiye işlemlerine tabi tutulacak mamullerin boyanmasında veya basılmasında aranılan haslıklar; kullanım haslıkları ise tekstil mamullerinin kullanım aşamasında maruz kaldığı etkiye karşı gösterdiği renk haslıklarındandır.

Işık haslığı, herhangi bir renk ve koyulukta bulunan boyalı ve baskılı bir tekstil ürününün bütün üretim safhalarında ve kullanılması sırasında renginin ışığa karşı gösterdiği dayanıklılık derecesidir (TS 932). Boyalı ürünlerin hem iç hem de dış ortamlarda maruz kaldığı ışık etkisi sonucu zarar görmesi her yıl milyonlarca dolar kayba neden olmaktadır. İç ortamda parlak bir aydınlatma, camdan gelen güneş ışığı, direkt doğal güneş ışığına maruz kalma bu hasarların ana sebeplerindendir. Bu hasar; renk değişimi, aşınma, parlaklık kaybı, soyulma ve yüzeylerin oksidasyonu şeklinde meydana gelebilmektedir (Lucas, 2001).

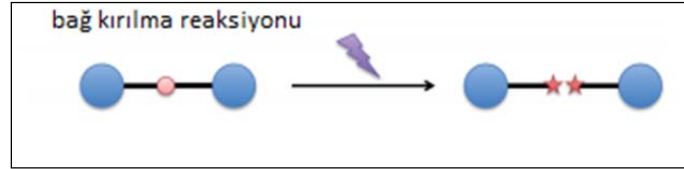
Polimerik bir malzeme renklendirildiği zaman, ışığın dalga boyunun bir kısmını absorbe eder. Etkilenmiş olan kısım mevcut oksijeni singlet oksijene çevirmek için enerji transfer eder. Bu da polimer yüzeyinde fotosolmaya neden olabilmektedir (Şekil 1.1.) Bir molekülün ışığa karşı stabilitesini etkileyen en önemli unsur, boyarmaddenin kromofor yapısıdır (Pugh ve Guthrie, 2001).

Yeryüzüne ulaşan güneş ışığı, radyant enerjinin sürekli spektrumundan meydana gelmektedir. Güneş, x-ışınlarından (<300nm) kızılötesi radyasyona (>700nm) kadar tüm dalga boylarında radyasyon yayar ancak dünya atmosferi 284-300 nm altındaki radyasyonu geçirmemektedir (Koussoulou, 1999). Yayılan tüm radyasyondan en büyük aralık 400-700 nm aralığındadır ve insan gözü ile görülebilmektedir. 700 nm üzerindeki radyasyon spektrumun kızılötesi bölgesi olup gözle görülemez. Güneş spektrumunun 300-400 nm aralığındaki daha kısa dalga boylarına ultraviyole (UV) ışığı denir ve gözle görülebilir. Işık, dalga

özelliklerine sahip fotonlardan oluşur. En kısa dalga boylarına sahip olan fotonlar en fazla enerjiye sahiptir ve spektrumun UV bölgesinde bulunurlar. Polimer bir malzemenin molekülü UV ışığını absorbe ettiği zaman absorbe edilen fotonun enerjisi emici moleküle iletilir. Molekül tarafından emilen enerji miktarı zincirinde mevcut olan bağların enerjilerinden daha büyükse bu bağlar kırılır ve polimer zarar görür (Şekil 1.2.).



Şekil 1.1. Işık etkisiyle oluşan hasarın farklı aşamalarını gösteren diyagram (Anrady ve ark., 1998)



Şekil 1.2. Fotokimyasal reaksiyonlardan olan bağ kırılma reaksiyonunun sunumu (Chatani ve ark., 2013)

Renkli bir tekstil mamulünün ışık etkisi ile özelliklerinin değişimi malzemede görülen fotokimyasal tepkimelerden kaynaklanmaktadır (Ershov ve Krichevski, 1974). Prensip olarak ışığa karşı direnç, fotokimyasal değişimlerin sayısal karakteristikleri ile ilgilidir. Kuantum verimliliği fotostabilitenin bir ölçümü olarak kabul edilebilmektedir. Kuantum verimliliği ve renkli mamullerde görülen fotokimyasal tepkimeler arasındaki sayısal ilişkiyi nicel olarak incelemek faydalı olacaktır. Tek renkli(monokromatik) aydınlatmanın kuantum alanı şu bağıntıyla ölçülebilmektedir (1.1).

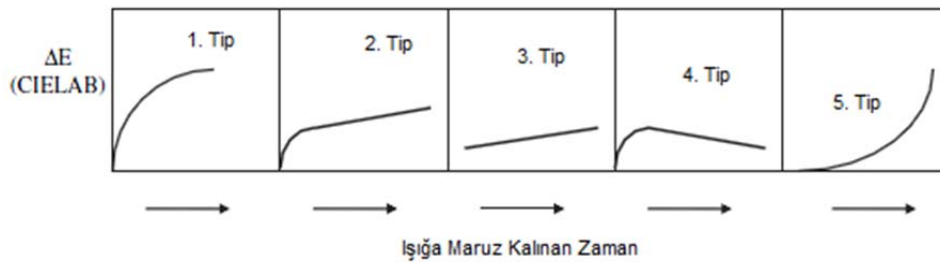
$$W = \nu \Phi \quad (1.1)$$

“ $\nu$ ” kuantum alanını, “W” kimyasal değişim oranını belirtirken; “ $\Phi$ ” absorbe edilen ışığı belirtmektedir. Boyalı malzemenin kimyasal değişim oranı (W) azaldıkça ışık haslığı değeri de yükselmektedir. Boyarmadde cinsi ve lif cinsi değiştikçe absorbe edilen UV ışını miktarı da farklılaşmaktadır.

Fotobozulma terimi, oksijensiz ortamda gerçekleşen reaksiyonları, fotooksidasyon oksijen bulunan bir atmosferde polimerlerde ışık etkisiyle meydana gelen değişiklikleri ifade etmektedir. Fotooksidasyon olayı fotobozulma reaksiyonlarının bir sonraki basamağında gerçekleşmektedir. Oksijen ile reaksiyon boyarmaddenin kromoforik sistemlerin kromoforik olmayan gruplara dönüşmesine neden olur. Bu da rengin daha açık olmasına ve boyanın solmasına yol açar (Koussoulou, 1999). Boyalı bir polimer, güneş radyasyonu altında prensipte iki tip fotobozulma yaşayabilir. Bunlardan birincisi, boyarmaddenin renk

tonu/derinliğinde meydana gelen değişim; ikincisi ise yüzeyin kimyasal olarak parçalanmasıdır (Moura 1996).

Şekil 1.3.'de ışık altındaki bir tekstil malzemesinin zaman ile renk değişimi ( $\Delta E^*$ ) arasındaki farklı korelasyonları görülmektedir. Tekstil mamullerinin renk solma davranışları 5 tipe ayrılmaktadır. Birinci tip solmada zamanla azalan solma görülmektedir. Boya lif yüzeyinde moleküler olarak disperse olmuştur. İkinci tip solmada solma olayı başlangıçta görülür ve sonra solma hızı yavaşlar. Boya lif yüzeyinin içinde toplanmıştır. Birçok sentetik boya ile boyanan tekstil mamulünde bu tipte solma görülmektedir. Üçüncü tipte solmada renk solma devamlı ve lineer olarak artar. Bu tip solma pigment ve hızlı boyalarda sıklıkla görülmektedir. Dördüncü tipte; başlangıçta renkte koyulaşma daha sonra yavaş bir solma gözlemlenir. Bu tipte solma, bazı solmaya karşı dayanıklı boyalarda gerçekleşir. Beşinci tip solmada solma hızı zamanla ve hızlı bir şekilde artar. Bu tipteki solmada azo boyarmaddeler ile boyanmış selülozik liflerde görülmektedir. Büyük boya partikülleri parçalanarak küçük boya partiküllerine dönüşmektedir (Giles, 1965).



Şekil 1.3. Renkli tekstil mamullerinin ışık alma süreleri ve renk solma değerleri arasındaki ilişki (Giles, 1965).

## 1.2. Tekstilde Işık Haslığını Etkileyen Faktörler

Renkli bir tekstil mamulünün ışık haslığına etki eden birçok faktör vardır. Bu faktörler hem iç (malzeme yapısı, vs) hem de dış unsurları kapsayabilmektedir.

**1.2.1. Boyarmaddenin Malzeme Üzerindeki Durumu ve Boyama Metodu**

Boyalı bir malzemenin ışık haslığı boyarmaddenin kimyasal yapısına, matrisin fiziksel yapısına ve boyama koşullarına göre değişmektedir (Cristea ve Vileram, 2006). Örneğin rejenere selüloz filmler direkt boyalar ile boyandığında boyaların yüzeyde çeşitli boyutlarda kümелendiğı görülmüştür. Film içinde kümелendiğinde ise daha iyi ışık haslığı değeri verdikleri görülmüştür. Agregasyon derecesi lifin amorf bölge oranı arttıkça artmaktadır. Pamuklu malzemeye uygulanan merserizasyon işlemi boyamadan sonra malzemenin ışık haslığını arttırmaktadır Boyarmadde konsantrasyonu açısından değeri değerlendirilirse; bozulan boyarmadde miktarının bozulmayan madde miktarına oranı açık renklerde daha büyük, koyu renklerde daha küçük olacağı için koyu tonların ışık haslığı daha yüksek çıkmaktadır (Demir ve ark., 2008).

Boyama işlemi sonucu boyarmadde ve lif arasında Hidrojen, van der Waals, iyonik, kovalent gibi farklı tipte bağlar oluşabilmektedir. Boyarmaddenin ve polimerin kimyasal yapısına göre değişen bu bağlar ışık haslığını etkileyebilmektedir. Selülozik lifler reaktif boyarmaddeler ile boyandığında aralarında kovalent bağ oluşmaktadır.

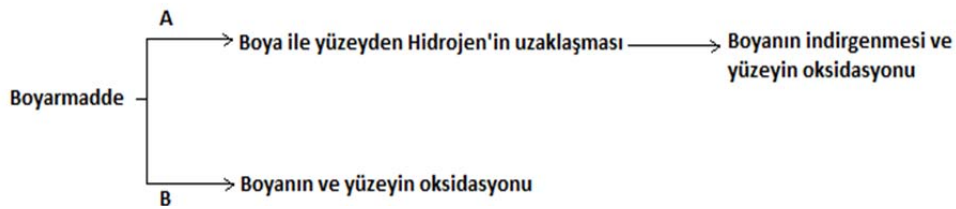
Tekstil yüzeylerinde ışık haslığı boyama metoduna göre de farklılık gösterebilmektedir. Boyama süresi, sıcaklığı, pH derecesi, banyo oranı, boyama işleminin sürekli veya yarı sürekli olması gibi etkenler son kullanımda renk haslıklarını oldukça etkilemektedir. Örneğin; daha önceki çalışmalarda aynı reaktif boyarmaddeyi kullanarak farklı metotlar ile renklendirilen pamuklu kumaşlarda pad-batch metodunun pad-dry termofiksaj metoduna göre daha iyi ışık haslığı gösterdiğini ortaya koyulmuştur. Pad-batch işleminde; düşük sıcaklığın, uzun işlem süresinin, fazla miktarda suyun tekstil yüzeylerinin ışık haslığını arttırdığı tespit edilmiştir (Iqbal ve ark., 2007; Ha ve Lee, 1986).

### 1.2.2. Boyarmaddenin Yapısı ve Tepkimesi

Bir boyarmaddenin kromofor yapısı molekülün ışık stabilitesinde en önemli etkilerinden biridir (Pugh ve Guthie, 2001). Boyarmadde molekülünün absorbe ettiği enerji değeri boyarmaddenin spektral özelliği ve kombine edildiği polimer ile belirlenebilir. Boyarmaddede fotokimyasal değişimlerin yönü ve derinliği boyarmaddenin reaktifliği ile alakalıdır. Tamamen farklı kimyasal yapıya sahip boyalar benzer spektral karakteristikler gösterebilmektedir. Örneğin azo ve nitro boyalar benzer spektra absorpsiyon özelliği gösterebilirken reaktiviteleri farklı olduğu için ışık haslıkları da farklılık gösterebilir.

#### 1.2.2.1. Reaktif Boyarmaddelerin Solma Mekanizmaları

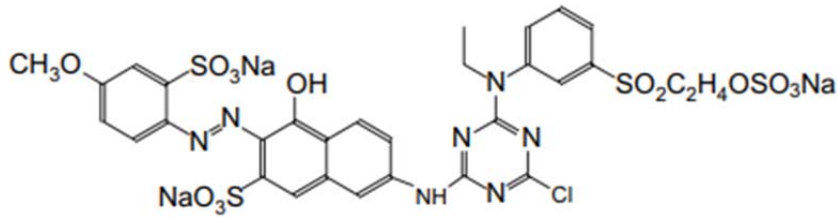
Boyarmaddelerin solmasında iki farklı mekanizma bulunmaktadır (Okada ve ark., 1989). Şekil 1.4’de ifade edilen boyarmadde ışık ile uyarılmış bir boya molekülüdür. A mekanizmasında boyarmaddenin redüktif fotoağarma (ışık etkisiyle rengin açılması) görülürken; B mekanizmasında, boya partikülünün hassaslaşmasıyla meydana gelen singlet oksijen (atmosferde bulunan serbest oksijen) tarafından oksidatif yolla solmaktadır. Elektron veren sübstitüentler (metil, metoksi, vs) için oksidatif, elektron çeken sübstitüentler (halojenler, vs) için ise redüktif solma gerçekleşmektedir (Allen, 1987).



Şekil 1.4. Boyarmaddenin solmasında iki farklı mekanizma

Reaktif boyarmaddeler selülozik liflere güçlü kovalent bağ kurabilen boyalardır. Bu boyaların yapısı 50’li yıllarda selülozik liflerde kabul edilebilir renk

haslığı değerleri verecek şekilde geliştirilmiştir (Thiagarajan ve Nalankilli, 2014). Yüzey ile kovalanet bağ kurabilen farklı reaktivite gruplarına sahip birçok tipte reaktif boyarmadde bulunmaktadır. Egeerton ve Morgan bir boyanın kromofor yapısının yüzeyin ışık haslığını etkileyen en önemli faktörlerden biri olduğunu tespit etmişlerdir (Egerton ve Morgan, 1970). Başka bir çalışmada reaktif boyarmaddelerde azo kromoforların daha düşük ışık haslığına sahip olduğunu, metal kompleks ve antrokinon kromofor grupların daha iyi ışık haslığına sahip olduğunu tespit edilmiştir (Thiagarajan ve Nalankilli, 2014). Vinil sülfon yapıda reaktif boyarmadde; aside karşı kararlı, klorotriazin (CT); alkaliye karşı kararlı ve MCT/VS ise hem asit hem de alkalide kararlıdır. Tez çalışmasında keten içerikli kumaşları renklendirmek için bifonksiyonel reaktif boyarmadde olan MCT/VS tercih edilmiştir (Şekil 1.5.).



Şekil 1.5. Çalışmada kumaşları renklendirmek için kullanılan MCT/VS yapıda reaktif azo boyarmaddenin yapısı

VS (vinil sülfon) reaktif boyarmaddelerin fotosolma mekanizması, anaerobik (ortamda oksijen olmayan) şartlar altında redüktif (indirgenme) şeklinde gerçekleşir. Artan pH değeriyle, aerobik (ortamda oksijen bulunan) şartlarda ise VS boyaların oksidatif fotosolmaları artmaktadır. MCT (monoklorotriazin) grubu reaktif boyarmaddelerde ise susuz oksijen içeren ortamlarda ışık altında hiç foto solma gözlenmez. Sulu ortamlarda ise bazı MCT reaktif boyarmaddeler ışık altında oksidatif bazıları ise redüktif solma gösterirler (Okado ve ark., 1992).

### 1.2.3. Tekstil Malzemesinin Kimyasal Yapısı

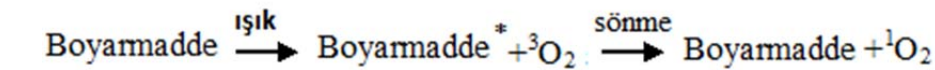
Işık radyasyonu ile uyarılmış bir boyarmadde molekülü farklı reaksiyonlara girebilmektedir. Bu reaksiyonlar hem çevresel etkilere hem de yüzey (lif) yapısına bağlı olarak değişebilmektedir. Lifler elektromanyetik radyasyonu absorbe ettiğinde fotobozulma durumu yaşayabilmektedir (Koussolou, 1999). Farklı malzemelerde meydana gelen farklı fotokimyasal reaksiyonlar, ışığa maruz kalan matrisin kimyasal yapısında meydana gelmektedir.

### 1.2.4. Atmosferde ve Tekstil Malzemesinde Bulunan Nem ve Sıcaklık

Daha önce yapılmış çalışmalarda boyalı pamuk ve yün içerikli kumaşların solma derecelerine sıcaklığın etkisi atmosferde bulunan bağıl neme göre farklılık göstermiştir. Sıcaklığın artması ise genel olarak ışık haslığı değerlerine direkt olarak etki etmemektedir. Lifin nem alabilme değerleri solma miktarını etkilemektedir. Bu nedenle lifin hidrofil veya hidrofob karakterde olması durumuna göre sıcaklığın ışık haslığına etkisi değişmektedir.

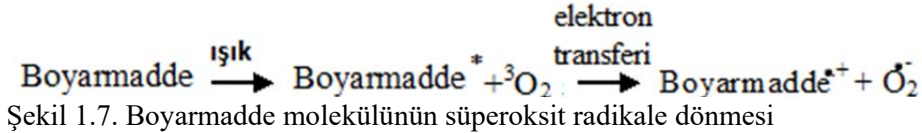
### 1.2.5. Atmosferde Bulunan Bileşenler

Renkli malzemelerin ışığın etkisiyle bozulması lif, boyarmadde ve bulunduğu ortam arasında gerçekleşen fotokimyasal olayların sonucunda meydana gelmektedir. Bu nedenle atmosferin kompozisyonu solmada önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle atmosferik koşulda bulunan singlet oksijen, boyarmaddelerin fotooksidatif solmasına yol açan unsurlardan biridir. Işık ile uyarılmış boyarmadde bölgelerinin söndürülmesi Şekil 1.6.'da belirtilen reaksiyonlarla gerçekleşir (Batchelor ve ark., 2003).



Şekil 1.6. Boyarmaddenin sönme reaksiyonu

Boyarmaddelerin uyarılmış kısımları oksijen ile söndürülmesi boyanın süperoksit radikallere dönmesine ve tahribata neden olmaktadır. Bu olay ise Şekil 1.7’de bulunan reaksiyon ile gerçekleşmektedir.



Endüstriyel ve kentsel bölgelerde atmosfer kayda değer miktarda duman ve sülfür dioksit içermektedir. Bu bileşenlerin yüzeylerde solmaya neden olduğu daha önceki çalışmalarda tespit edilmiştir (Ajax ve ark., 1967). Yapılan çalışmada sülfür dioksit içeren kavanozda pamuklu numunelerin birkaç gün ışığa maruz bırakılması sonucu renklerde yüksek derecede solma olduğu gözlemlenmiştir. Tekstillerde atmosferdeki bileşenlerden kaynaklanan solma özellikle ortamdaki nem yüksek olduğunda gerçekleşmektedir. Nemin olmadığı ortamda solma, oksijen kalıntıları veya lifte bulunan az miktardaki nemden kaynaklanabilir (Demir ve ark., 2008).

### 1.3. Işık Haslığı Ölçüm Yöntemleri ve UV Radyasyonu

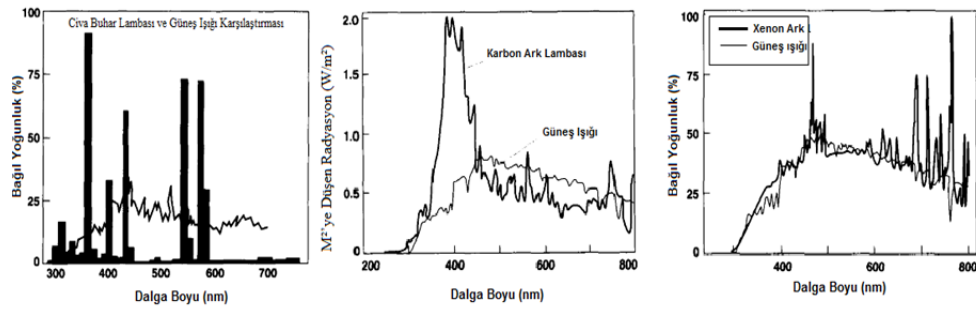
Işığın renkli tekstil mamulüne verdiği etkiyi gözlemlemek için yapılan ilk yöntem mamulü doğal gün ışığına bırakmak olmuştur (Puth ve Guthrie, 2001). 1950’ye kadar tekstil mamullerini gün ışığına bırakma yöntemi ışık haslığı testinde tek kullanılan yöntemdi. Fakat bu yöntemde değişimin gözlenebilmesi için çok fazla zaman harcanması bir dezavantaj oluşturmuştur. 1970’de farklı lambalar ve test prosedürleri ile materyallerin haslığı ölçülmeye başlanmıştır.

Günümüzde ışık haslığını ölçecek birçok test metodu bulunmaktadır. Bu test metotları; açık havada uygulanan yöntem ve yapay hava şartlarında uygulanan yöntemler üzere iki başlık altında toplanmaktadır.

Genel olarak üreticiler tarafından mamullerin renk haslığının belirlenmesi için kullanılan iki tip standart vardır. Bunlar American Test Method (AATCC 16)

ve British Test Method (BS ISO 105) 'dur. Bu standartların doğal ortama maruz bırakılan ve özel test cihazlarıyla uygulanabilen farklı metotları bulunmaktadır. Her iki tip standartta da en çok tercih edilen yöntem ise güneş ışınlarının verdiği etkiye çok yakın olan ksenon ark lambasının kullanıldığı özel test cihazlarında uygulanan metotlardır. Tez çalışması kapsamında testler ATLAS Xenotest Alpha ışık haslığı test cihazında Ksenon ark lambası kullanılarak yapılmıştır.

Şekil 1.8'de görüldüğü gibi ışık haslığı testlerinde en sık kullanılan ışık kaynağı olan ksenon ark lambasının yapılan testlerde güneş ışığının verdiği etkiyi neredeyse birebir verebildiği gözlenmiştir. Bu ışık kaynağının kullanımı birçok önemli standartta yer almaktadır.

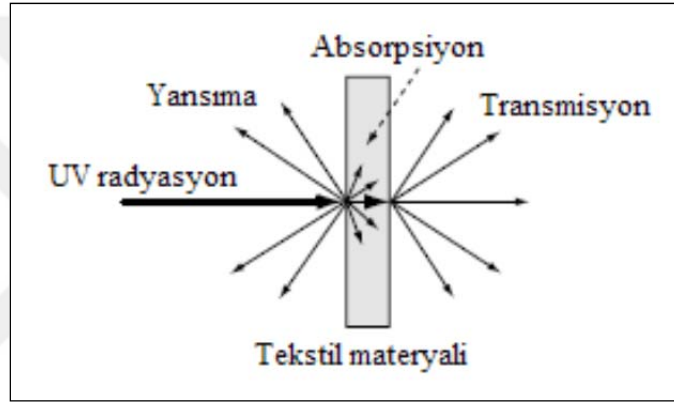


Şekil 1.8. Cıva buharlı lamba, karbon ark lambası ve ksenon ark lambasının güneş ışığı ile karşılaştırmaları (Pugh ve Guthrie, 2001).

Laboratuvar koşullarında yapılan ışık haslığı testlerinde ölçüm yaparken dikkate alınması gereken parametreler; elektromanyetik radyasyon ve ışık, sıcaklık ve nemdir. Bunlardan en önemlisi renkli bir malzemenin solmasında etken olan elektromanyetik radyasyondur.

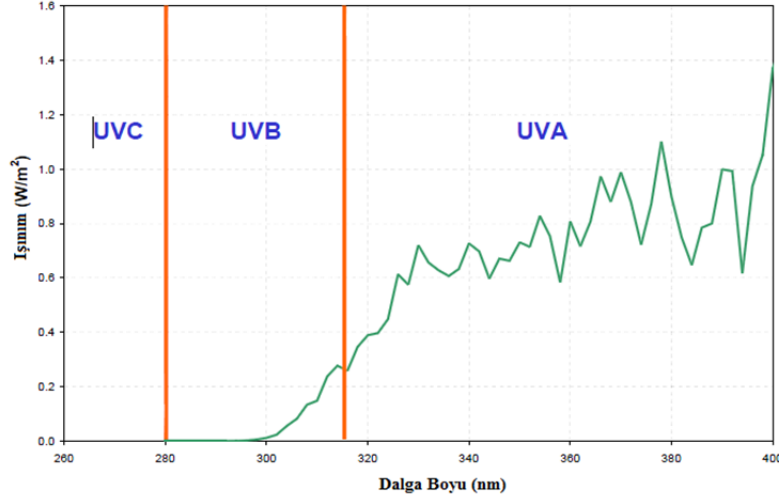
Elektromanyetik dalgalar (ışın) uzayda çok büyük hızla hareket eden bir enerji şeklidir. Güneş ışığı, tungsten lambaların yaydığı ışık, X ışınları, radyo dalgaları ve kızılötesi(infrared) ışınlar elektromanyetik dalgalara örnektir. Işığı meydana getiren tanecikler kısaca foton olarak adlandırılmakta olup bunlara enerji paketleri adı da verilmektedir. Elektromanyetik radyasyon maddesel bir ortamda

girdiğinde absorplanabilir, yansiyabilir, saçılabilir (Demir ve diğ., 2008). Elektromanyetik ışıının yeryüzüne erişen güneş ışıının oluşturduğu bir enerjidir. Yeryüzüne ulaşan güneş radyasyonunun %5'ini Ultraviyole Radyasyonu oluşturmaktadır. 290-400 nm arasındaki radyasyona karşılık gelmektedir. 400 nm'ye kadar olan radyasyon en yüksek enerjiye sahiptir. Bu enerji lif ile boyarmadde arasında kurulan çeşitli bağları koparabilmekte ve malzemenin bozulmasında önemli bir rol oynamaktadır (Şekil 1.9.) (Mills ve White, 1987).



Şekil 1.9. UV radyasyonun yansıması, absorpsiyonu ve transmisyonu (Akaydın ve diğ., 2009)

Şekil 1.10' da görüldüğü gibi UV dalga boyu üç kısımdan oluşur. Dalga boyu 100 – 280 nm arasında olduğunda UVC; dalga boyu 280-315 nm arasında olduğunda UVB; 315-400 nm arasında ise UVA meydana gelmektedir. UVB ışıını camdan gelen ışıını kapsar ve polimere zarar verici özelliktedir. UVA ışıını ise direkt rengin bozulmasına neden olmaktadır (Q Lab, 2011).



Şekil 1.10. Dalga boyuna göre ışıınım miktarları (Q Lab, 2011)

Tekstillerin UV bloklayıcı özelliklerini değerlendirmek için “UPF (UV koruma faktörü)” kullanılmaktadır. Bir tekstil yüzeyinin UPF değeri birçok üretim koşuluna bağlı olarak değişir. Örneğin; lif içeriği, doku türü, kumaş rengi, bitim işlemleri ve mevcut katkı maddeleri, vs.. gibi. UV koruyucu özellikli bir tekstil yüzeyi için tavsiye edilen minimum UPF değeri 40-50+ seviyelerindedir (Adam, 1998). UV radyasyonu, tekstil malzemelerinin bozulmasına neden olan en büyük etkindir. Polimer molekülün bazı kısımlarında meydana gelen uyarılmalar ve kademeli olarak gerçekleşen kayıplar liflerin yapısına bağlı olarak değişmektedir. Işık ve diğer çevresel faktörlerin etki edebileceği yüzey alanı geniş olduğundan tekstil malzemeleri hassas bir yapıdadır. (Saravanan, 2007). Çizelge 1.1’de ışık kaynağından gelen UV radyasyonunun dalga boyuna göre enerji kapasiteleri ve organik bileşenlerin bağ enerjileri görülmektedir. Bir molekülün absorbe ettiği UV ışığı enerjisi kurduğu bağ çeşidinin enerjisinden daha yüksekse malzeme zarar görmektedir (Mills ve White, 1987).

Çizelge 1.1. Elektromanyetik radyasyonun enerji içerikleri ve organik bileşenlerin bağ enerjisi (Timar-Balazsy ve Eastop, 1998)

| Dalgaboyu (nm) | Enerji (kJ/mol) | Bağ Tipi                                                         | Enerji (kJ/mol) |
|----------------|-----------------|------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <400UV         | >300            | CH <sub>3</sub> – H                                              | 427             |
| 400-430        | 300-277         | CH <sub>3</sub> O – H                                            | 419             |
| 430-490        | 277-247         | CH <sub>3</sub> – OH                                             | 373             |
| 490-530        | 247-223         | CH <sub>3</sub> – Cl                                             | 344             |
| 530-590        | 223-207         | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> O – OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> | 331             |
| 590-610        | 207-197         | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> O – NO <sub>2</sub>                | 151             |
| 610-700        | 197-176         | C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> O – OH                             | 151             |
| >700           | <176            | C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> O – OC <sub>4</sub> H <sub>9</sub> | 147             |
|                |                 | CH <sub>3</sub> – CH <sub>2</sub> O                              | 54              |

#### 1.4 Tekstilde Işık Stabilizatörleri

Polimerlerin fotostabilite (ışık etkisiyle rengini koruma) formunu elde edebilmek için bazı fotokimyasal reaksiyonların gecikmesi veya ortadan kaldırılması gerekmektedir. Bunu sağlayabilmek için daha önce yapılan çalışmalarda fotobozulma inhibitörleri, fotostabilite sağlayıcılar, UV stabilizerler ya da ışık stabilizatörleri de denilebilen malzemeler kullanılmıştır. Bu malzemelerin temel çalışma mekanizmaları, UV radyasyonun polimerlere olan etkilerini elimine etmek üzerinedir. Polimerin fotostabilizasyon mekanizmasına bağlı olarak boya moleküllerindeki fotobozulmayı önleyebilen 3 ana inhibitör bulunmaktadır (Koussoulou, 1999). Bunlar;

- Ultraviyole Absorplayıcılar,
- Uyarılmış Hal Söndürücüleri,
- Antioksidanlar şeklinde sıralanmaktadır.

Ultraviyole absorplayıcılar adından da anlaşılacağı gibi spektrum içerisindeki ultraviyole bölgesinin çoğunu absorbe edebilme yeteneğine sahiptir.

Ultraviyole ışınını polimere ulaşmadan bloklayabilme özelliğine sahiptirler. Bu nedenle kalkanlayıcı madde olarak da tanımlanabilirler (Kousolou, 1999). UV absorplayıcılar, molekülün uyarılmış hali ile tepkimeye girerek polimerin parçalanmasını ve renk kaybını en aza indirmekte ya da önlemektedir (Demir ve ark., 2008). Kimyasal yapılarına göre UV absorplayıcılar başlıca iki gruba ayrılmaktadır; Fenolik ve Fenolik olmayan bileşikler.

Ultraviyole bölgesini absorplayabilen birçok organik malzeme bulunmaktadır. Ancak hepsi UV sabitleyici olarak görev almazlar. Etkileyici bir sabitleyici, ışınımına uğradığında ve foto uyarılma yaşadığında bulunduğu malzemenin eski haline dönebilmesi için enerjiyi ısı şeklinde bertaraf etme kabiliyetine sahip olmalıdır. Eğer sabitleyicinin uyarılmış molekülü uyarılmamış bölgeye ısı enerjisini kaybederek hızlı bir şekilde dönerse fotokimyasal reaksiyon gerçekleşmez. Bu maddeler polimerlerin ışık haslığını yükseltmek için kullanılabilir.

UV radyasyonuna maruz kalmış polimer moleküllerinin uyarılmış enerjisi fotokimyasal tepkime oluşmadan önce transfer edilebiliyorsa polimerin fotostabilizasyonu başarılı olmuş demektir. İkinci sırada bulunan uyarılmış hal söndürücülerinin çalışma prensibi; uyarılmış polimer moleküllerinde oluşan enerjiyi geri almak ve ısı olarak dağıtmaktır. Söndürme işleminin başarısı polimer ve molekül sabitleyicilerin çarpışmasına bağlıdır (Lappin 1971).

En önemli ışık sabitleyicilerinden biri ise antioksidanlardır. Kompozisyonlarına göre üç farklı şekilde davranabilmektedirler. Fotosabitleyici mekanizmaları fotooksidasyon tepkimelerini önleme üzerine çalışmaktadır. İlk mekanizma; peroksit radikaller ile reaktan olarak stabilize fonksiyonu oluşturmalarıdır. Polimerin peroksit radikaller ile tepkimeye girmesini önleyerek fotooksidasyonu önleyebilmektedirler. Diğer bir solmayı önleyen mekanizma ise radikalleri yakalamadır. Bu malzemeler alkil ve peroksit radikalleri yakalar ve polimeri terk etmeden fotobozulmayı önler. Son mekanizma ise fotobozulma reaksiyonları sırasında fotouyarılmış polimerin içindeki hidroperoksit grupları

ayrıştırarak bozulmayı önlemektir. Antioksidan bazlı HALS (Hindered Amine Light Stabilizer) bileşikleri ışık stabilizatörleri arasında üzerinde en çok çalışılan kimyasallardan biridir. Bu maddeler UV absorplayıcılardan farklı olarak UV ışınlarını absorbe etmez ancak radyasyonun parçalayıcı etkisine karşı boyayı korumaktadır. HALS bileşikleri, fotobozulma işlemiyle meydana gelen reaktif serbest radikal ara maddelerini yok ederek bozulmayı engeller (Chowdhury ve ark., 2013).

#### 1.4.1. Antioksidanlar ile Işık Stabilizasyon Koruması

Antioksidanlar; amin, fenol, fosfit ve tiopropionat grupları içeren aynı zamanda oksidasyon inhibitörü de denilen organik bileşiklerdir (Maassen, ve ark. 1965). Serbest radikal temizleyiciler gibi birçok fonksiyon grupları zincir kırıcı antioksidan olarak adlandırılırlar (Asche ve Crews, 1988). Antioksidanlar, oksidize olabilen yüzeylerle birlikte düşük konsantrasyonlarda oksidasyonu anlamlı bir biçimde önleyen ya da geciktiren maddelerdir. Üretim yöntemlerine göre sentetik veya doğal antioksidan olarak ikiye ayrılırlar. En yaygın kullanılan formu ise çeşitli mikroorganizmalardan, mantarlardan, hayvanlardan ve çoğunlukla bitkilerden elde edilen doğal antioksidanlardır. Sentetik antioksidanlar ise endüstride sentez ya da biyosentez yoluyla uzmanlar tarafından üretilmektedir (Cirillo ve Iemma, 2012). Bitkilerde bulunan doğal antioksidanlara olan ilgi de giderek artmaktadır. Antioksidanların antibakteriyellik, antialerjik, antiviral gibi sağlıklı yararlarından dolayı son yıllarda üretici ve tüketicilerde yaygın bir kullanımı bulunmaktadır. Antioksidanlar, serbest radikal tutucu, singlet oksijen söndürücü, peroksitlerin inaktivitörleri gibi farklı roller üstlenebilmektedirler. Radikal tutucu antioksidan sınıfına gallik asit ve esterleri, tokoferoller ve bazı bitkisel polifenoller girmektedir. Aynı görevi ascorbik asit (vitamin C) ve eritorbik asit de üstlenmektedir (Cristea ve Vileram, 2006).

Amin antioksidanlar nitrojen içeren bileşiklerdir ve antioksidanların en güçlü sınıfıdır. Fenolik antioksidanların ise; hidrokinon, stiren fenoller,

yedeklenmeyen kresoller, bisfenoller ve engellenmiş fenol gibi türevleri bulunmaktadır. Engellenmiş fenoller birçok organik malzeme için çok güçlü ışık sabitleyicilerdir.

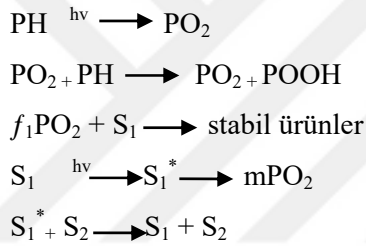
Antioksidan maddeler sahip oldukları kompozisyonlara göre 3 farklı şekilde davranış göstermektedirler. Bunlar;

- Polimer ile peroksit radikalleri arasında oluşan reaksiyonu engelleyerek bu reaksiyonun sebep olduğu fotoksidasyonu önler.
- Fotosolmanın yayılma aşamasına geçmeden önce polimerden ayrılmadan alkil ve peroksit radikalleri yakalar.
- Peroksitlerin farklı bir yolla dekompoze edilmesiyle oluşan fotosolma reaksiyonları sırasında ışık ile uyarılmış polimerde bulunan hidroperoksit grupların parçalanmasını önler (Koussolou, 1999).

Antioksidan maddelerin serbest singlet oksijeni absorbe etmesiyle fotosolmayı azaltma etkinliği ORAC (oksijen radikal absorbans kapasitesi birimi) ile ölçülmektedir. Elektron transfer-esaslı analizlerde spektrofotometre kullanılarak renk değişimine neden olan oksidan oranını düşürmeyi sağlayan antioksidanların kapasitesi ölçülebilmektedir (Ahmed ve ark., 2016). ORAC yöntemi peroksil radikalinin neden olduğu oksidasyonun antioksidan tarafından inhibisyonunu temel almaktadır (Albayrak ve ark., 2010)

Işık stabilizatörü olarak antioksidan tarafından korunma mekanizması değerlendirildiğinde, geleneksel antioksidanların ışık stabilitesinin diğer stabilizatörlere göre daha düşük bir etkiye sahip olduğu görülmektedir (Scott, 1987). Işık stabilizörünün koruyuculuk etkisi, gelen ışığın yoğunluğuna göre değişmektedir. Pek çok antioksidanın ışık stabilizatörü olarak etkinliği düşük iç ışık stabiliteleriyle sınırlıdır. Bir polimerin ışık stabilitesi, antioksidanların uyarılmış halini söndürebilen, böylece antioksidanların fotokimyasal

reaksiyonlarının hız sabitini azaltabilen başka maddelerin ilavesiyle geliştirilebilmektedir. Antioksidanlar, UV absorplayıcı ya da başka bir antioksidan ile birlikte kombine edilerek kullanılabilirler. Bu şekilde daha verimli hale gelen ışık haslığını iyileştirici işlem, malzemede solmayı ve dayanım kaybını oldukça düşürebilmektedir. Polimerik bir numunenin fotokimyasal olarak aktif olan  $S_1$  antioksidanının ve söndürücü  $S_2$ 'nin varlığında fotooksidasyon işleminin genel reaksiyon gösterimi aşağıdaki gibidir.  $S_2$  maddesi fotooksidasyon esnasında  $S_1$  antioksidanının uyarılmış kısımlarını etkisizleştirmektedir. “m” ifadesi bozunmuş bir antioksidan molekülünün aktif radikal sayısını;  $f_1$  inhibisyon (fotooksidasyonu engelleme) işleminin tam orantılı katsayısıdır.



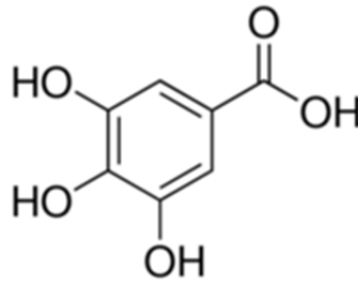
Birçok antioksidan tek başına kullanılan uygulamalardan farklı olarak UV absorplayıcı ya da diğer antioksidanlar ile birlikte kombin edilerek uygulandığında sarılaşmayı düşürür, solmayı azaltır ancak bu karışım mukavemeti daha çok düşürür (Lappin, 1971 ; Maassen ve ark., 1965).

Daha önce yapılmış bir çalışmada reaktif boyalı pamuklu kumaşlara UV absorplayıcı ve antioksidanlar ayrı ayrı uygulanmış ve elde edilen sonuçlara göre antioksidan katkılı sarı renkte reaktif boyalı pamuklu kumaşların UV absorplayıcı ile işlem görmüş kumaşlara göre daha yüksek ışık haslığı değeri verdiği görülmüştür. Çalışmada kullanılan antioksidan maddelerden askorbik asitin, gallik asit ve kafeik asite göre daha çok oksijen radikallerini engellediği görülmüştür (Thiagarajan ve Nalankilli, 2014).

En çok kullanılan ve ışık haslığı açısından etkin olan antioksidanlar; engellenmiş fenoller (hindered phenol), ikincil aromatik aminler, belirli sülfid esterleri, engellenmiş aminler, metal ditiyokarbamatlar ve metal ditiyofosfatlardır. Cristea ve Vilarem, doğal boyalarla boyanmış pamuklu kumaşların bir kısmına UV absorplayıcı bir kısma da antioksidanlarla işlem uygulamışlardır. Doğal boyalı kumaşlar için ışık haslığı açısından en etkili katkı maddelerinin gallik asit ve vitamin c (askorbik asit) olduğunu belirlemişlerdir (Cristea ve Vilarem, 2006).

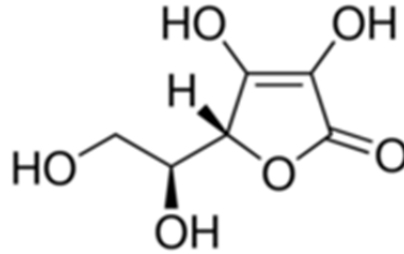
Tez çalışması kapsamında renkli keten içerikli numunelerin ışık haslığını arttırmak için Gallik Asit (ORAC değeri 11,7), L-Askorbik Asit (ORAC değeri 12,5) adlı iki farklı antioksidan kullanılmıştır.

Pek çok çeşitli meyve sebze de bulunan, doğal bitki trifenollerde Gallik Asit (GA, 3,4, 5—trihidroksibenzoik asit) yaygın kullanılan antioksidanlardan biridir. Etil-, propil-, butil-, oktil içeren bazı alkilesterleri bulunmaktadır. Gallik Asit, reaktif oksijen türlerini temizleyici olarak çeşitli yiyeceklerde katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (Şekil 1.11).



Şekil 1.11. Gallik Asit

L-Askorbik asit, vitamin C'den elde edilen bir antioksidandır (Şekil 1.12). Beyaz ve sarımtırak renkte kristal toz halinde bulunur. Suda çözünürlüğü yüksektir. Oksidasyon-indirgeme, indirgeme maddesi, aroma stabilizeri, modifiye edici, renk stabilizeri gibi farklı fonksiyonel görevleri bulunmaktadır (Eitenmiller ve Landen, 1999).



Şekil 1.12. L-Askorbik Asit (Vitamin C)

### 1.5. Sol-jel Teknolojisi

Sol-jel, inorganik ya da inorganik-organik hibrit malzemeler ile nanoparçacık üretimi yaparak ince kaplama uygulamalarında kullanılan bir tekniktir. Sol-jel ürünlerinin toplam global pazar değeri 2014 yılında 1,7 milyar dolar olarak rapor edilmiştir (Cirimina ve ark., 2016). Bu rakamların 2019 yılında %8 gelişme ile 2,5 milyar dolara ulaşması beklenmektedir. Sol-jel silika kaplamaların bu kadar büyük bir değerde olmasının, birçok endüstri alanında uyumlu olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu teknolojinin kullanımı ile malzeme özelliklerinin geliştirilebilmesi ve yeni ürünler ortaya çıkarılabilmesi açısından özellikle teknik tekstillerin genişleyen piyasası ile sol-jel tekniğinin tekstilde de önemli bir yeri olmuştur (Wei, 2009).

Sol jel işlemi; metal alkoksit ya da metal kloridlerin (metal tuzu) başlatıcı olarak kullanıldığı bir yaş işlemdir. Bir sol maddesinin hidrolizi ve kondenzasyon tepkimesi ile de jel meydana gelmektedir. Nanosoller 50 nm'den ufak katı parçacıklar içeren transparan, stabil dispersiyonlardır (Mahltig ve ark., 2005).

Sol-jel tekniğinin temeli; sistemi olanaklar çerçevesinde değiştirerek malzemenin özelliklerini modifiye etmektir. Farklı sol veya katkı maddelerinin kombinasyonları istenilen sonuca ulaştırabilmektedir. Sol-jel metodunun diğer tekniklere göre avantajları şunlardır;

- Düşük sıcaklarda çalışılabilmesi prosesin kolaylıkla kontrol altına alınmasını sağlar.

- Çözücü işlem sırasında kolaylıkla uzaklaştırılabilir bu nedenle ürün saflığı çok yüksektir.
- Üst düzey malzeme üretilebilir.
- Çeşitli şekillerde malzemeler üretmek için kullanılabilir (Huang ve ark., 2007).
- Sol-jel prosesinin kimyasal şartları ılımlıdır. Belirli yöntemlerle pH hassasiyeti olan organik yapılar ve enzim içeren biyolojik türler ve bütün hücreler tutunabilir ve fonksiyonlarını sürdürüyor olabilirler.
- Ön başlangıç maddesinin uygun kimyasal modifikasyonu ile hidroliz ve yoğunlaşmanın hızı, koloidal partikül boyutu ve gözenek boyutu ve son ürünün gözeneklilik ve gözenek yüzey kimyası kontrol edilebilir (Hamadani ve ark., 2010)

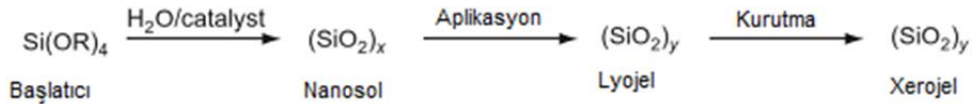
Sol-jel teknolojinin genel işlem prensibi hidrolizasyon, aplikasyon ve ısı ile iyileştirme şeklinde sıralanabilmektedir (Wei, 2009).

Sol-jel tekniğinin genel işlem basamakları aşağıda belirtilmiştir. Şekil 1.13'de ise örnek olarak bir silika sol oluşumu verilmiştir.

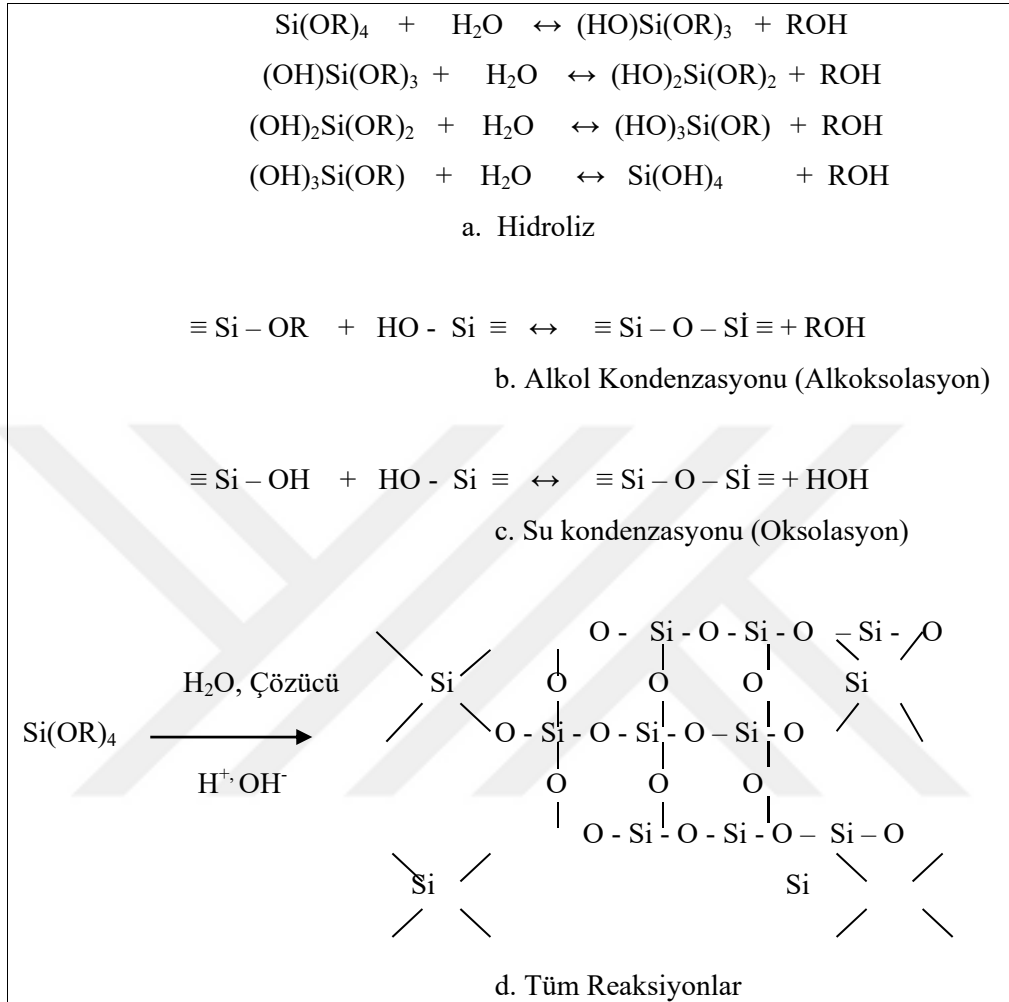
- 1) İşlem ilk olarak silikon ya da metal alkoksit olan başlatıcı maddenin hidrolizasyonu ile başlar. Hidrolizasyon alkol, keton ya da su-organik çözücülerden oluşan bir karışım içinde gerçekleştirilir (Şekil 1.14). Alkol içeren nanosollerin avantajı, yüksek depolama ömrü, tekstil liflerine kolayca bağlanabilmesi ve düşük sıcaklıkta hızlı bir şekilde kuruyabilmesidir (Mahltig ve ark., 2005). İşlem bazik veya asidik ortamda gerçekleşebilmektedir. Reaksiyon şartlarına bağlı olarak (pH değeri, konsantrasyonu, çözücü, sıcaklık, tuz ya da diğer katkı maddelerinin kullanımı) kondenzasyon tepkimeleri ile daha büyük veya daha küçük miktarda ayrı parçalardan oluşmuş silika

nanoparçacıklar oluşmaktadır. Elde edilen dispersiyonlar (nanosoller) bir dakikadan birkaç yıla kadarki zaman dilimleri arasında sabit kalabilmektedir.

- 2) Sıcaklığın artışı, pH değerinin değişimi ya da tuzun ilavesi ile kondenzasyon reaksiyonları hızlanır ve hızlandırılmış bir jelleşme süreci gerçekleşir. Gözenekleri çözücü ile dolan üç boyutlu jel ağları lyojel ismini alır. Tekstil yüzeyine silikon oksit ya da metal oksit nanosollerin uygulanması ile nanoparçacıklar, geniş yüzeye ve hacme sahip üç boyutlu ağ yapısı içerisinde yoğunlaşır. Çözücü içeren lyojel tabaka halini alır.
- 3) Üçüncü adım ise fikse etme ya da kurutmadır. Bu aşama ile çözücü kserojel içerisinden uzaklaşır. Bu kserojeller amorf yapılu silika ağlarıdır. Kserojeller serbest çözücü molekülleri olmayan, gözenekli (boşluklu) bir yapı halini alır. Yapı bloklarının boyutları nanometre aralığında olduğundan amorf ağlar homojen ve transparan tabaka halinde görülmektedir.



Şekil 1.13. Silika sol oluşum basamakları



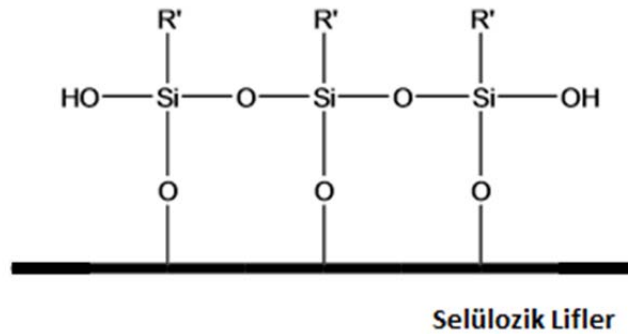
Şekil 1.14. Silikon alkoksit ile sol-jel reaksiyonları (Wen ve Wilkes, 1996)

Silika solların yanında sol jel tekniği ile metal oksit sollar da hazırlanabilmektedir. Glisol, organik asitler (asetik asit),  $\beta$ -dikarbonil ligandlar (etil asetoasetat) gibi kimyasal maddeler silikat olmayan metal alkoksitlerin kondenzasyon reaksiyonlarının ve hidrolizlerinin yavaşlamasını sağlarlar (Mehrota ve ark., 1978)

Sol-jel tekniği uygulanarak malzemeler için hibrit kaplamalar üretilmektedir. Gelişen sol-jel kimyası ile yeni malzemeler oluşturmak ve

uygun prosesler ile değişik özellikler kazandırmak için hibrit yapılar üzerindeki çalışmalar giderek artmaktadır. Klasik bir yaklaşımla farklı malzemelerin bir araya getirilmesiyle; iki farklı fazın fiziksel özellikleri kombin edilir ve kompozit malzemenin ya da karışımların özelliklerinin gelişimi sağlanır.

Tekstil lifleri, hibrit organik-inorganik başlatıcılar ile etkileşim sonucu birçok fonksiyonel ve koruyucu özelliğe sahip hale gelmektedir. Bu da organik grubun kimyasal yapısına bağlı olarak değişmektedir. Bu tip nanokompozitler mükemmel hidrofobluk, gelişmiş aşınma dayanımı, elektriksel iletkenlik, UV koruma, biyokatalitik aktivite gibi özelliklere sahip olabilmektedir. Farklı başlatıcıların bir araya getirilmesi ile multifonksiyonel tekstil özellikleri elde edilmektedir. Şekil 1.15’de kondenzasyon reaksiyonu esnasında silanol başlatıcı grupların hidroksil gruplarıyla kovalent bağ ile bağlanması görülmektedir.



Şekil 1.15. Silan bileşenlerin selülozik liflerin hidroksil grupları ile bağlanması (Tomsic ve ark., 2008)

### 1.5.1. Tekstil Bitim İşlemlerinde Nanosol Kullanımı

Nanosoller konvansiyonel kaplama teknikleri ile tekstil endüstrisinde uygulanabilmektedir. Fonksiyonel sol-jel kaplamaları ile malzeme yüzeyine yeni ve gelişmiş fiziksel, kimyasal, mekanik, optik, elektriksel ya da biyolojik özellikler kazandırılabilir (Cirimina ve ark., 2016). Uygulama temel daldırma işlemi, spreyleme, daldırma ve emdirme, emdirme gibi farklı metotlar ile

yapılabilmektedir. Sol jel tekniğinin endüstriyel açıdan en büyük zorluğu ise sol maddesinin sulu bir madde olmamasıdır. Bunun ana nedeni saf sulu bir sol maddesinin çok düşük stabiliteye sahip olmasıdır. Bu nedenle birçok sol maddesi belirli miktarlarda alkol veya aseton ile hazırlanmaktadır (Wei, 2009). Kaplama formülasyonları genel olarak transparan, düşük viskoziteye ve stabil bir yapıya sahiptir.

Tekstil yüzeylerini kaplarken, katmanın mekanik özellikleri olan yoğunluk, gözeneklilik, kritik kalınlığı belirleyen hidroliz ve kurutma şartlarına dikkat edilmelidir. Örneğin asidik ortamda hidrolize edilmiş olan nanosoller, zayıf zincir bağlı ve daha yoğun tabaka yapısına sahipken; bazik ortamda hidrolize edilmiş sollar daha büyük gözenekli parçacık agregasyonu şeklindedir (Mahltig ve ark., 2005).

Genel olarak nanosoller düşük viskozite gösteren transparan bir sıvıdır. Bundan dolayı birçok nanosol az miktarda katı parçacık içermektedir. Bu az miktarda katı parçacık sayesinde hem sol maddesi alkol içinde bile stabil durabilir hem de direkt olarak belirli kalınlıkta bir kaplama malzemesi halini alabilmektedir.

Kserojel kaplamalar, **kimyasal ve fiziksel** olarak kolayca modifiye edilebildiği için tekstil yüzeylerine fonksiyonel özellikleri kolayca kazandırabilirler. Kimyasal modifikasyonlar, metal oksit matrisi ile kovalent bağ kurabilen katkı maddelerinin kondenzasyonu ile gerçekleşebilmektedir. Farklı tipte metal alkoksitlerin birbirleriyle reaksiyona girmesiyle veya organik sübstitüen olarak –R grubu içeren bir trialkoksisilan kullanarak kimyasal modifikasyonlar oluşmaktadır. Organik sübstitüen olarak –R grubu içeren bir trialkoksisilan kullanarak gerçekleşen kimyasal modifikasyonlarda trialkoksisilan silika matriksine hidroliz ve ko-kondenzasyon ile kovalent bağ ile bağlanır. Böylece –R substituenti silika matriksine kimyasal olarak bağlanmış olur.

R=epoksialkil veya akrilat ile modifiye edilen nanosoller, tekstil materyali yüzeyine bağlanmayı ve kaplama tabakasının ısı veya fotokimyasal çapraz

bağlanmasını mümkün kılar. Bu modifikasyon kaplamanın mekanik özelliklerini ve tekstil lifine olan yapışmasını büyük ölçüde artırır.

Kserojel kaplamaların fiziksel modifikasyonu için ise inorganik kollodial metaller, oksitler, pigmentler, boyalar, organik polimerler, biyomoleküller, canlı hücreler gibi katkı maddeler ile kaplama hazırlanmaktadır. Bu katkı maddeleri başlatıcı maddenin hidrolizinden önce veya sonra eklenebilmektedir. Katkı maddelerinin inorganik matrisin içine eklenmesi etkili ve kontrol edilebilir olmalıdır.

Nanosol kaplamanın tekstil yüzeyiyle adhezyonunun artırılması için birkaç metod bulunmaktadır. Bunlar;

- Trialkoksisilan  $R-Si(OEt)_3$  gibi ( $R$ 'nin hidroksi, epoksi ya da amino içerikli substituent olduğu) birincil ajanlar ile tekstil yüzeyinin önceden terbiye edilmesi,
- Hidroksil (pamuk) ya da amino grupları ile tepkimeye girebilecek epoksisilan bileşenleriyle nanosoller modifiye edilmesi,
- Kaplanmış tekstillerin termal işleme tabi tutulması şeklindedir.

Sol-jel tekniği ile hazırlanmış nanosoller ısı işlemi ile tekstil yüzeyine bağlanması stabil kaplama olması açısından önemlidir. Kaplanmış bir malzemenin mekaniksel özellikleri ve yıkama stabilitesi fikse işleminin süresine ve sıcaklık derecesine bağlıdır.  $180^{\circ}C$ 'nin üstündeki sıcaklıklarda birçok tekstil malzemesinin yapısı bozulduğundan daha yüksek sıcaklıklarda çalışılmamaktadır (Mahltig ve ark., 2005).

Sol jel tekniği hemen hemen bütün tekstil materyallerinin modifikasyonu için kullanılabilir. Sol jel tekniği ile tekstil malzemesine kazandırılabilen özellikler;

- Antistatik özellikler,
- Kırılmazlık,
- X-/α- ışınlarına karşı kalkanlama,
- Su iticilik,
- Güç tutuşurluk,
- UV koruyuculuk,
- Kendi kendini temizleyebilme,
- Gelişmiş aşınma dayanımı,
- Boyama şeklinde sıralanabilmektedir.

### 1.5.2. Tekstilde Nanosoller Kullanarak Işık Haslıklarının Geliştirilmesi

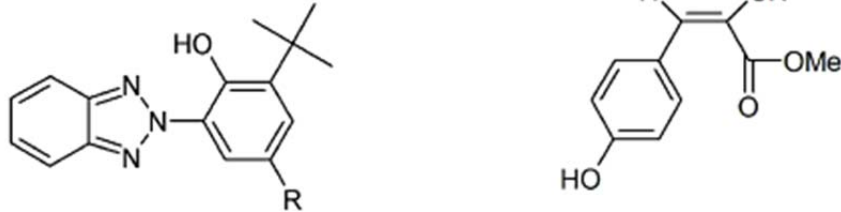
Tekstil boyalarının fotosolmaya karşı dayanımları nanosol kaplamalarla artırılabilir. Daha önce yapılmış bir çalışmada inorganik nanosol kaplamalar ile boyaların ışık haslıklarının iyileştirilebileceği belirtilmiştir. Herhangi bir iyileştirici katkı maddesi kullanmadan hazırlanan saf silika soler kullanılarak bile malzemede fotostabilite sağlanabilmektedir. Bu iyileştirme; boyanın dış etkilere karşı izolasyonu, boya molekülünün dönüştürülebilir ve rotasyonel serbestliğinin düşürülmesi ve diğer malzemenin atmosferik ozon gibi fotobozulmaya neden olan etkenlerden korunması şeklinde sağlanır (Mahltig, 2008).

Nanosol kaplı tekstil yüzeylerinin ışık absorpsiyon özellikleri hem UV koruyucularla hem de nanosol işlemi ile boyama yöntemleri ile değiştirilebilmektedir. Saf silika kaplamalar kullanarak ağarmaya karşı dayanımları artırılır fakat ilave olarak yapılan geliştirmeler sadece yardımcı boyalar ve UV absorplayıcıların aynı nanosol çözeltisine ilave edilmesiyle gerçekleşmektedir.

Daha önce yapılmış çalışmalarda, nanosoller ile tekstil yüzeylerinde renk haslıklarının gelişmesi boyarmaddeleri sol-jel matrisi içine yerleştirilerek gözlemlenmiştir. Bu da organik moleküllerin inorganik gözeneklere girerek dış etkilere korunmasıyla açıklanmıştır (Wei, 2009). Çapraz bağlı silan bileşenleri

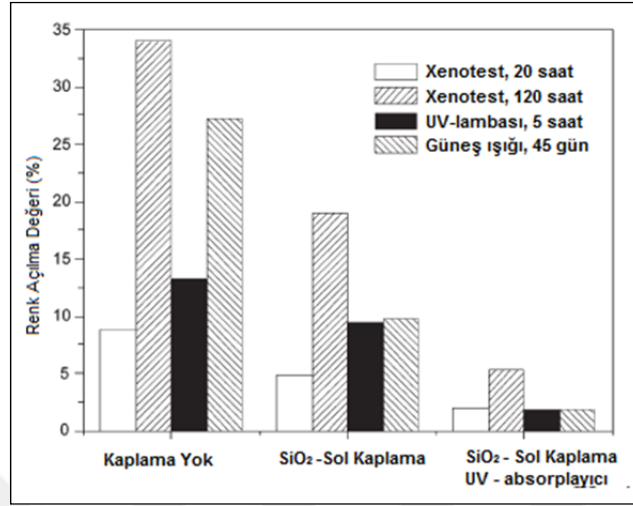
ile nanosollerin modifiye edilmesi renk haslığını geliştirebilmektedir. Sentetik organik boyalar, doğal boyarmaddeler ya da organik UV absorplayıcılar bu işlem ile uygulanabilmektedir. Benzer olarak organik IR absorplayıcılar da optik özelliklerini modifiye edebilmektedir. Ayrıca boyalı tekstil ürünlerinin haslık özellikleri de terbiye sonrası sol jel ile geliştirilebilmektedir.

Absorpsiyon özelliği kazandırmak için nanosol uygulamaları ile farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Işık absorpsiyonunu nanosol bitim işlemleriyle değiştirmek için esas olan; belli dalga boylarındaki görünür ışığı, ultraviyole ve kızılötesi ışınları absorbe etmek ve yansıtmak için modifiye edilmiş sollar kullanmaktır (Şekil 1.16). Organik UV absorplayıcılar moleküler sistemlerdeki tipik absorpsiyon gruplarından dolayı UV ışığının sadece spesifik dalga boyunu absorbe etmektedirler. Bu bileşenlerin dezavantajı ise dayanıklılığının az ve toksik/alerjik potansiyelinin olmasıdır. Daha önce yapılmış bir çalışmada Şekil 1.17’de görüldüğü gibi ışığın etkisiyle renkli polyester içerikli tekstil mamullerinde oluşan renk açılma değerinin en az silika jel ve UV absorplayıcı ile kaplanmış numunelerde olduğu görülmüştür.

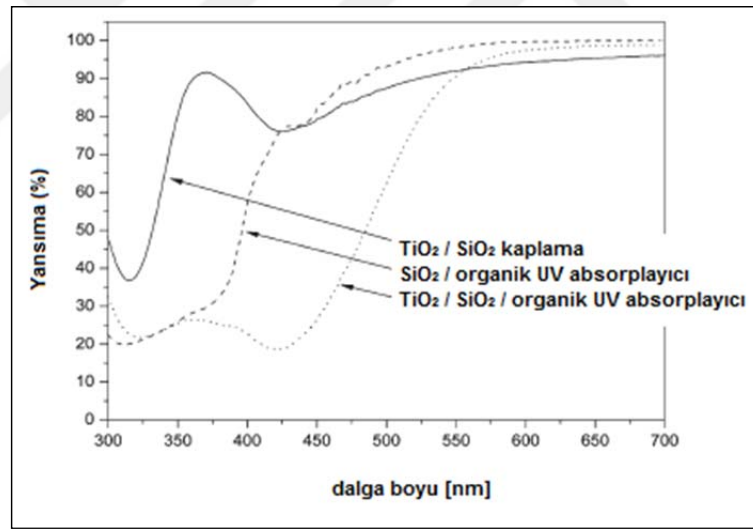


Şekil 1.16. Organik UV absorplayıcıların nanosol çözeltinin içine girmesinin kimyasal yapısı

Şekil 1.18’de ise silika sollar ve metal oksit solları ile organik UV absorplayıcı maddelerin belli dalga boylarında ışığı yansıtma değerleri görülmektedir. Yansıma oranının en fazla SiO<sub>2</sub> ve TiO<sub>2</sub> sol kaplamalarda olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 1.17. Silika içeren ve içermeyen tekstil yüzeyinin fotoağarması (Mahltig, 2005).



Şekil 1.18. Organik UV absorplayıcı içeren nanosol kaplamalı pamuklu kumaşların refleksiyonları (Mahltig, 2005).

### 1.6. Çalışmanın Önemi ve Amacı

Birçok tekstil ürünü yapay ve doğal ışığa maruz kalması sonucu renk değişimine uğramaktadır. Son yıllarda farklı ışık stabilizatörleri ile malzemelerin

ışık haslığında kayda değer bir ilerleme sağlanmıştır. Daha önce yapılmış çalışmalarda antioksidan, UV absorplayıcı gibi ışık stabilizatörleri; bir çözücü içerisinde malzemeye aktarılmış ve malzemelerin ışık haslığında iyileşmeler olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca bir çalışmada UV absorplayıcılar, konvansiyonel bitim işlemlerine göre alternatif bir yaklaşım olan sol-jel tekniği ile tekstil yüzeylerine aktarılmış ve fotosolmanın azaltıldığı tespit edilmiştir (Mahltig, 2005). Yapılan literatür taramasında başka ışık stabilizörlerinin, nanosoller ile birlikte tekstil yüzeylerine uygulanarak ışığa karşı dayanımı arttırmasının tespit edilmesi ile ilgili çalışmalara rastlanmamıştır. Ayrıca daha önce yapılmış çalışmalarda sol-jel tekniğinin pamuk veya polyester içerikli yüzeylere uygulandığı, keten kumaşlarla ilgili çalışmaların pek yapılmadığı gözlenmiştir. Bu boşlukları doldurmak için çalışmada silika soler ile birlikte ışık stabilizatörü olarak; toksik özelliği olmayan, maliyeti UV absorplayıcılardan daha düşük olan antioksidan maddeler bir araya getirilip %100 keten içerikli kumaşlara aktarılmıştır. Keten kumaşlar; güneş ışığına karşı dayanıklı olması, alerjik olmaması, çabuk kuruması, UV geçirgenliğinin düşük olması, kiri uzaklaştıran yapıya sahip olması, hava geçirgenliklerinin yüksek olması (pencerenin açık, perdenin kapalı olduğu durumda hava akışının sağlanabilmesi) gibi sebeplerden dolayı perdelik kumaşlarda en çok kullanılan tekstil ürünlerinden biridir. Dezavantajları ise esnek olmaması, güneş ışığına uzun süre maruz kalması sonucu yapısının bozulabilmesi, vs. şeklindedir (Nielson, 2007).

Tez çalışması kapsamında; laboratuvar şartlarında, başlatıcı madde olarak TEOS (tetraetilortosilikat) kullanarak, bazik ortamda  $\text{SiO}_2$  (silisyum dioksit) elde edilmiştir. Hazırlanan silika soler, ışık etkisiyle malzemede oluşan serbest radikalleri(alkil ve peroksit) tutabilme özelliğine sahip olan gallik asit ve l-askorbik asit çözeltileri ile bir araya getirilerek fiziksel olarak modifiye edilmiştir. Çalışmada uygulanan işlemlerin ışık etkisiyle keten numunelerin fotosolma miktarlarının düşürülmesi ve numunelerin bazı fiziksel özelliklerine etkisinin incelenmesi hedeflenmiştir.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

### 2.1. Tekstil mamullerinin Işık Haslığı Özelliklerinin İncelenmesi ve Işık Stabilizörleri Kullanılarak Özelliklerinin Geliştirilmesi ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

Asche ve Crews, 1988 yılında yaptıkları bir çalışmada müze tekstillerinin renklerinin korunması için antioksidanları kullanmıştır. Deneysel çalışmaları pamuklu, keten ve yün kumaşlar üzerinde yapmışlardır. Araştırmada 29 farklı antioksidan madde ile uygulama yapılmıştır. Sonuçlarda; antioksidanların, boyanmamış pamuk, keten ve yün içerikli kumaşların ksenon ışığı altında sararmasını önemli ölçüde azalmıştır. Özellikle fosfit yapılı antioksidanların, UV absorplayıcılar ile birlikte kullanıldığında ışık haslığını geliştirme açısından umut verici olduğu tespit edilmiştir.

Okada ve diğerleri, 1997 yılında yaptıkları çalışmada bazı reaktif boyaların ışık, su ve terlemeye karşı renk haslıklarının test metotlarını değerlendirmişlerdir. 14 adet reaktif boyalı pamuklu kumaş potansiyel fotokimyasal özellikleri ve çevresel şartlara göre değerlendirilmiştir. Çevresel şartlara maruz bırakılan boyalı pamuklu ürünlerde oksidatif ve redüktif solma gözlenmiştir. Bunun da ilk olarak boyanın kimyasal yapısından sonra da çevresel şartlardan kaynaklanmakta olduğunu belirtmişlerdir.

Koussoulou (1999), müze ortamında bulunan yapay ışığa maruz kalan doğal boyalı tarihi ipekli kumaşlarda istenmeyen renk değişimlerini önlemek için farklı stabilizörleri incelemiştir. Fotobozulma ve fotostabilizasyon özelliklerini iyileştirmek için 3 farklı UV absorplayıcı, 1 antioksidan (hindered amine) ve polimerik hindered amine kullanmıştır. Hazırlamış olduğu tüm numunelerde ışık haslıklarının gözle görülür bir şekilde geliştiğini tespit etmiştir. Özellikle antioksidan (hindered amine) içeren tekstil yüzeylerinde %2-5 civarında ışık haslıklarını iyileştirdiğini gözlemlemiştir.

Korkmaz, 2001 yılında sunduğu çalışmasında reaktif boyarmaddeler ile boyanan pamuklu kumaşlara singlet oksijen tutucu ve farklı iki tip UV absorplayıcı uygulamıştır. Bu maddeleri boyama işlemi sırasında ve boyama sonrasında kullanmıştır. Daha sonra bu maddelerin ışık, ışık-su ve ışık-ter haslıkları üzerine etkilerini araştırmıştır. Sonuçlara göre; UV absorplayıcıların boyama sırasında kullanımının renk veriminin düşmesine yol açtığını, haslıklarda belirgin bir düşüşün olmadığı görülmüştür. Singlet oksijen tutucu boyarmaddenin kromofor grupları ile reaksiyona giderek azo kromofor grupları içeren bazı boyarmaddelerde renk şiddetinde azalmaya sebep olduğu tespit edilmiştir. Hem %1 hem de %3 konsantrasyonlarda UV absorplayıcı kullanımının ışık haslığı test sonuçlarında yarım derecelik artış sağladığı görülmüştür.

Tsatsaroni ve Eleftheriadis, 2004 yılında yaptıkları çalışmada polyesterin UV absorplayıcı içeren dispers boyalarla boyanmasını incelemişlerdir. Çalışmada benzotriazol tipte UV absorplayıcı kullanmışlardır. Mavi renkte dispers boyarmadde ve düşük ışık haslığına sahip azo boyarmadde ile boyamalar gerçekleştirilmiştir. Sonuçlarda özellikle 2-(2-hidroksi-5karboksi-fenil)-2H-benzotriazol UV absorplayıcı içeren dispers boyarmaddelerin ışık haslıklarında bir gelişme olduğu gözlemlenmiştir. Fakat genel olarak sonuçlara bakıldığında numunelerin ışık haslığı, boyaların fotobozunmaya hassasiyetinin olmasından dolayı düşük çıkmıştır.

Kayan, (2005) yaptığı çalışmada UV absorplayıcı maddelerin tekstil materyallerinde kullanımını incelemiştir. Elde edilen numunelere çeşitli haslık testleri uygulanmıştır. UV absorplayıcılar ile işlem gören kumaşların, ışık haslığı testinde daha iyi sonuçlar vermesi beklenirken, düşük değerlerin elde edilmesi, kullanılan madde miktarının yetersiz olmasının bir sonucu olabileceği düşünülmüştür.

Cristea ve Vilarem (2006), yaptıkları bir çalışmada doğal boyalarla boyanmış pamuk ipliklerinin ışık haslığı değerleri geliştirilmeye çalışılmıştır. Çalışmada kullanılan üç doğal boyanın da ışık haslık değerlerinin zayıf olduğu

görülmüştür. Ancak bazı katkılarla bu sorunun öne geçilebileceğini öne sürmüşlerdir. Antioksidan maddeleri su içerisinde 70°C’de; UV absorplayıcıları ise su/etanol karışımı içerisinde çözmüşler ardından bu çözeltileri kumaşa aktarmışlardır. Numunelerin ışık etkisiyle renk değişimleri standart mavi skala, gri skala ve renk farkı değerlerinin ( $\Delta E^*$  CIELAB) ölçümleri ile tespit edilmiştir. UV ışınlarının boyanın solmasında etkili olduğunu belirtip, UV ışınlarını absorbe eden maddeler ile antioksidan maddelerin kullanımının UV ışınlarının etkilerini belirgin bir şekilde engellediği tespit edilmiştir. Özellikle çivit otu boyanan numunelerde ışık haslıklarında en çok iyileşme vitamin C ve gallik asit kullanıldığında; kök boyasıyla boyanan numunelerde ise vitamin C, gallik asit ve kafeik asit kullanıldığında gerçekleştiği görülmüştür.

Iqbal ve ark (2007), yaptıkları bir çalışmada iki farklı bifonksiyonel reaktif boyarmadde kullanarak ayrı ayrı pad-batch ve pad-dry fikse metotları uygulanarak renklendirilmiş selülozik kumaşların ışık haslıklarını incelemişlerdir. Pad-batch boyama prosesinin pad-dry fikse yöntemine göre daha iyi ışık haslığı değeri verdiğini gözlemlemişlerdir.

İçoğlu, 2006 yılında sunduğu çalışmasında farklı metotlarla, üç farklı boyarmadde konsantrasyonunda (açık, orta, koyu) renklendirilmiş pamuklu kumaşların ışık haslığı sonuçlarını analiz etmiştir. Pad-termofiksaj yöntemine göre renklendirilen reaktif boyalı pamuklu kumaşların ışık haslığı değerlerinin her üç renk tonu için de aynı değeri verdiğini görülmüştür. Boyarmadde konsantrasyonunun bu metotta ışık haslığı değerini etkilemediği, aynı zamanda tüm numunelerde ışık haslığı sonuçlarının düşük (2-3) olduğu ortaya koyulmuştur. Bunun da sebebinin uygulanan yüksek sıcaklıktaki fiksaj işleminin boyarmadde-elyaf yapısına zarar verdiğinden; zayıflamış boyarmadde yapısının ışığa maruz kaldığında bozunmasının ve renginin solmasının daha kısa sürede gerçekleşmesinden kaynaklandığını öne sürmüştür.

Yıldırım, (2006) tez çalışmasında mayoluk kumaşlarda uv absorplayıcılarının farklı kumaş özelliklerine etkisini incelemiştir. Çalışmada iki

farklı uv absorplayıcı, farklı renkte ham, boyalı ve baskılı elde edilen poliamid/elastan karışımlı mayoluk kumaşlara aktarılmıştır. Fosforlu sarı, fosforlu yeşil, siyah ve mavi renkte kumaşların ışığa karşı renk haslığı değerlerinde değişme olmadığını gözlemlemiştir.

Demir ve diğerleri (2008), yaptıkları bir çalışmada pamuklu mamullerin boyanmasında en çok kullanılan boyarmaddeler olan reaktif boyarmaddeler ile boyanmış kumaşlara singlet oksijen tutucu ve selülozik mamullere uygun ultraviyole absorplayıcılarla ard işlem yapılmış ve ışık, asidik ve bazik ışık-ter haslıkları, ışık-su haslıklarına etkileri incelenmiştir. Genel olarak bakıldığında, karışım boyamalarda UV absorplayıcı ve singlet oksijen tutucunun yarım dereceye kadar, tek başına yapılan boyamalarda yarım ile bir dereceye kadar ışık ve ışık-ter haslıklarında artış gösterdiği bulunmuştur.

Akaydın ve arkadaşları, 2009 yılında yaptıkları bir çalışmada; 3 farklı pamuklu örme kumaşa UV absorplayıcı madde eklemişlerdir. Boyanmış kumaşlara %4 oranında UV absorban madde uygulanırken; optik kasar olan kumaşlara %1-%4 oranlarında UV absorban madde eklemişlerdir. Daha sonra UV geçirgenlik değerleri, derecelendirilmiş UPF'leri, UVA ve UVB'deki geçirgenlik değerleri tespit edilip, kıyaslama yapılmıştır. 3 farklı yapıdaki ve gramajdaki kumaşların hava geçirgenlik değerleri ve UPF değeri arasında doğrudan bir ilişki olduğu görülmüştür. Koyu renkli kumaşların koruyuculuğu, açık renklilere göre daha yüksek çıkmıştır.

Oda, 2001 yılında yaptığı bir çalışmada, UV absorplayıcılar ile doğal kırmızı boyaların ışık haslığını iyileştirmeye çalışmıştır. Benzofenon tipte UV absorplayıcılar benzotriazolil grupların etkisiyle uygulanmıştır. Polimer yüzeyine uygulanan bu kimyasalların daha sonra fotosolmaya etkisi ölçülmüştür. Sonuçlarda; ticari amaçla üretilen klasik UV absorplayıcıların boyanın ışık etkisiyle solma oranını az miktarda düşürdüğü gözlemlenmiştir. Benzofenon tipte UV absorplayıcının eklenmesiyle doğal boyanın fotosolması oldukça azalmıştır.

Merdan ve diğerleri, (2012) yaptıkları bir çalışmada boyama öncesi UV absorberlar ile muamele edilen pamuklu kumaşların beyazlık indeksinin arttığı görülmüştür. UV absorberların kumaş yapısında renk farklılıklarına neden olmadığı görülmüştür. Bezayağı ve dimi örgü tipinin ışık haslığı değerlerinde farklılık olmadığı tespit edilmiştir.

Thiagarajan ve Nalankilli, 2013 yılında yaptıkları bir çalışmada reaktif boyalı pamuklu kumaşların ışık haslıklarının antioksidan ve UV absorplayıcı maddeler ile iyileştirmesini incelemişlerdir. Bezayağı olarak dokunmuş pamuklu kumaş; sarı, mavi ve kırmızı renkte reaktif boyarmaddeler ile boyanmıştır. Antioksidan olarak gallik asit, C vitamini ve kafeik asit kullanılmıştır. UV absorplayıcı olarak ise 2-hidroksibenzofenon ve fenil salisilat kullanılmıştır. Antioksidanlar ve UV absorplayıcı maddelerin her biri 1 g/L konsantrasyonda ve sıcaklığı 70 °C olan solüsyon içerisinde 30 dakika çalkalanmıştır. Antioksidan maddeler sulu çözeltilerde, UV absorplayıcı maddeler ise su/etanol karışımı (9/1) kullanılmıştır. Numuneler işlem gördükten sonra ise hava ile kurutulmuştur. Sonuçlarda gallik asit, C vitamini, kafeik asit gibi antioksidanların fotobozunmayı önlemek için oksijen radikallerini absorbe ettikleri tespit edilmiştir. Askorbik asidin diğer iki antioksidanlara göre oksijen radikali absorpsiyonlarının daha yüksek kapasitede olduğu tespit edilmiştir. 2- hidroksibenzofenon kullanıldığında her 3 renkteki reaktif boyarmadde için de etkili bir UV absorplamanın olmadığı ortaya çıkmıştır. Fenil salisilatın solar UV bölgesinde oldukça düşük miktarda enerji absorbe ettiği gözlemlenmiştir.

Thiagarajan ve Nalankilli, (2014) yaptıkları çalışmada uv absorplayıcı ve antioksidanların farklı kombinasyon ve farklı yöntemlerle renkli pamuklu kumaşlara aktarılması ile ışık haslıklarındaki değişimi incelemişlerdir. Kumaşlar sarı, kırmızı ve mavi renkte reaktif boyalar ile çektirme yöntemine göre boyanmıştır. Daha sonra %1 antioksidan ve %1 UV absorplayıcı maddeler farklı kombinasyonlar ile kumaşlara aktarılmıştır. Bunların yanında 10 g/l antioksidan ve 10 g/l UV absorplayıcı maddeler 10 g/l akrilik bazlı bağlayıcılar ile emdirme

yöntemine göre pamuklu numunelere aktarılmıştır. Ardından kumaşlar 100°C’de 60 saniye kurutulduktan sonra 150 °C’de 120 saniye fikse işlemi uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre kimyasal işlem görmüş tüm numunelerin işlem görmemiş numunelere göre ışık haslığı değerleri daha iyi çıkmıştır. Özellikle mavi boyalı numunelerde hem antioksidan hem de UV absorplayıcı kullanıldığında ışık haslığı artmış; vitamin C kullanılan numunelerde ışık haslığı değerleri oldukça iyi çıkmıştır. Tüm numuneler arasında ışık etkisiyle en çok renk değişimi kırmızı numunelerde, sonra mavi daha sonra sarı renkte numunelerde gerçekleşmiştir. Çektirme ya da pad-termofiksaj yöntemleri ışık haslığı test sonuçlarına belirgin bir farklılık katmamıştır. Ancak pad-termofiksaj yönteminde, kimyasalların yıkamaya karşı kalıcılığı çektirme yöntemine göre daha yüksek çıkmıştır. Bununda sebebinin akrilik binder ile kimyasalların kumaş yüzeyine bağlanmasından kaynaklandığı öne sürülmüştür.

Thiagarajan ve Nalankilli, 2014 yılında yaptıkları çalışmada reaktif boyarmadde yapısının ışık haslığına etkisini incelemiştir. Reaktif boyarmaddelerin ortak kromofor yapısına, aynı zamanda farklı reaktif gruplarına sahip olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarında azo kromofor yapısına sahip boyaların ışık haslığının daha düşük olduğunu ortaya koymuşlardır. Sonuçlarda; boya konsantrasyonundaki artışın bitişik moleküller arasında uyarılmış-enerji iletimini, transfer etme olasılığını arttırdığını, MCT/ VS yapısındaki bifonksiyonel boyaların asit ve baza karşı dayanıklı olduğunu belirtmişlerdir.

## **2.2. Sol Jel Yöntemi ile Tekstil Mamullerinin Bazı Özelliklerini İyileştirme ile İlgili Yapılmış Çalışmalar**

Juan ve arkadaşları, 2004 yılında yaptıkları çalışmada; sol jel işlemi görmüş boyalı kumaşların yıkama haslıklarını incelemiştir. Silika solleri farklı başlatıcı maddeler ile hazırlamışlardır. Sonuç olarak fikse edici madde olarak epoksi içerikli başlatıcı maddelerin boyamada en iyi sonucu verdiği görülmüştür. İpek ve naylon 6 içerikli lifler için en uygun başlatıcı madde amid ve vinil içerikli

soller olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda nano parçacık ve nano gözenekler içeren ince bir katman halinde olan solden elde edilen bir jelin; hidrojen bağı, Van der Waals kuvvetleri ve kovalent bağ ile bağlanarak boyayı sabitlediği tespit edilmiştir.

Schramm ve arkadaşları, 2004 yılında yapmış oldukları çalışmada % 100 pamuklu numunelere sol-jel tekniği ile TEOS ile farklı oranlarda GPTMS kullanarak solüsyon hazırlayıp aktarmışlar. Bunun yanında çapraz bağlayıcı olarak BTCA (1,2,3,4-bütantetrakarboksilik asit) ve SHP'yi (sodyum hipofisfit) katalizör olarak kullanarak bu karışımları iki adımda pamuklu kumaşlara aktarmışlardır. Bu yöntemler ile numunelerin buruşmaya karşı dayanımlarını iyileştirmeyi amaçlamışlardır. BTCA'nın numunelerin buruşmazlık özelliklerini arttırdığını; TEOS/GPTMS solüsyonunun ise numunelerde aşınma dayanımını iyileştirdiğini tespit etmişlerdir.

Mahltig ve arkadaşları, 2005 yılında yaptıkları bir çalışmada organik ve inorganik UV absorplayıcı maddelerin farklı kombinasyonları ile optimize UV koruyucu kaplamaları incelemişlerdir. Titanya sol ( $\text{TiO}_2$  sol), Titanya Sol/Silika sol ( $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  sol 1:1 ve 1:3 oranlarında) ve Silika sol ( $\text{SiO}_2$ ) inorganik solları asidik ortamda hazırlanmıştır. Bitim işlemi çözeltileri olarak hazırlamak için polimetilmetakrilatın asetonik solüsyonunda çözünmüş % 1 ile % 7 aralığında absorplayıcı A ve % 0,1 ile 1,25 aralığında absorplayıcı B ilave edilmiştir. Hazırlanan çözeltiler cam üzerine kaplama şeklinde uygulanmıştır. Sonuçlarda; organik UV absorplayıcının polimer ve silika kaplamalar içinde 400 nm dalga boyundan daha düşük UV aralığında etkili bir UV koruyucu özelliği yakalayamadığı görülmüştür. Tüm UV dalga boyundaki transmisyonunda en anlamlı düşüşün organik UV absorplayıcının titanya kaplamalar içinde yer aldığıda meydana geldiği tespit edilmiştir.

Akşit ve Onar, (2008) yaptıkları bir çalışmada; sol-jel yöntemi ile farklı tipte (reaktif, direkt ve bazik) boyarmaddelerle boyanmış pamuklu kumaşların haslık değerleri ile ilgili bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. Sol-jel işlemini

başlatmak için TEOS (tetraetil ortosilikat) ve GPTS (3-glycidoksipropil-trimetoksisilan) kullanılmıştır. Çalışma sonucunda pamuklu kumaşlarda; reaktif ve direkt boyarmaddelerin bazik sol-jel metodu ile boyama özelliklerinin ve renk haslıklarının geliştiği görülmüştür. Asidik ortamda bazik boyarmaddeler ile yapılan sol-jel işlemlerinde ise yine renk haslığı değerlerinde artış sağlandığı görülmüştür. Sol-jel işlemlerinin konvensiyonel yöntemlerle karşılaştırıldığında, düşük sıcaklarda ve daha kısa sürelerde boyama imkânını sağladığı sonucuna varılmıştır.

Mahltig ve Textor, 2006 yılında tekstil yüzeyleri için silika sol ve boyaların kombinasyonları üzerine çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada boyama ve sol-jel işleminin bir arada mı yoksa ayrı adımlar olarak uygulanmasının iyi sonuç vereceğini tespit etmek amaçlanmıştır. Bunun için modifiye edilmiş silika soler ve boya molekülleri kombinasyonlar halinde tekstillere uygulanmıştır. Bu duruma göre önce sol-jel işlemi olmadan boyama uygulanmış pamuklu kumaş; önce silika sol ile kaplanmış sonra boyanmış pamuklu kumaş; Önce boyanmış; daha sonra silika sol ile kaplanmış pamuklu kumaş ve silika sol ile boyanmış pamuklu kumaşlar elde edilmiştir. Boyarmadde olarak trifenilmetan boyarmaddeler seçilmiştir. Sonuçlara göre; tekstil yüzeylerine boyama öncesi silika sol ile muamele edilmesi ışık ve yıkama haslıklarını önemli derecede geliştirmemiştir. Boyanmış tekstil yüzeylerin silika sol ile müdahalesi ve silika sol ile boyama işlemlerinin bir arada yapılması ise haslık özelliklerini eşit miktarda iyileştirmiştir.

Liu ve arkadaşları, 2008 yılında yapılmış çalışmalarında yüksek performanslı aramid liflerinin sol-jel yöntemi ile fotostabilitelerini geliştirmeyi amaçlamışlardır. Güneş ışığına karşı stabiliteyi düşük olan liflere (Kevlar®129, PBO ve Kermel®) asidik ortamda tetrabutyl titanat solüsyonunun başlatıcı olarak kullanılmış ve TiO<sub>2</sub> film formunda lif yüzeylerine muamele edilmiştir. Testler için Ksenon hava test cihazı ile güneş ışığına karşı dayanım testleri yapılmıştır. Sonuçlarda bu liflerin sol-jel işleminden sonra güneş ışığına karşı daha uniform bir yapı sergiledikleri tespit edilmiştir. Jel parçacıklarının yüksek performanslı lif yüzeyine sıkıca bağlanması ve -Ti-O-Ti- bağlarının sol-jel yöntemi ile inorganik

bağlarla bağlanması UV-görünür ışığını etkili bir şekilde bloke ettiği sonucuna varılmıştır.

Vihodceva ve Kukle, 2011 yılında sol-jel tekniği ile doğal tekstil yüzeylerinin modifiye edilmesi ilgili bir çalışma hazırlamışlardır. Çalışmada % 100 pamuk ve % 100 keten içeren iki farklı kumaş kullanmışlardır. Öncelikle iki ayrı solüsyon (A ve B solüsyonu) hazırlamış olup A solüsyonu için, TEOS alkol içerisine yavaşça ilave edilip karıştırılırken; solüsyon B için; deiyonize su ve hidroflorik asit karıştırılmıştır. Daha sonra A solüsyonu, B solüsyonu içerisine yavaşça ilave edilip 30 dk karıştırılmıştır. Ardından karışıma çinko asetat ilave edilmiş ve 10 dk karıştırılmıştır. Hazırlanan solüsyonlar içerisinde pamuk ve keten içerikli numuneler farklı sürelerde bekletilip ardından 120°C’de 5 dk fikse işlemi uygulanmıştır. Sonuçlarda; solüsyon içerisindeki TEOS konsantrasyonu % 1,95 olduğunda lif yüzeyindeki aglomerasyon partiküllerinin diğer solüsyonlar ile işlem gören numunelerinkine göre daha küçük olduğunu tespit etmişlerdir. Keten numunelerde kaplama sonrası tespit edilen TEOS konsantrasyonu pamuklu numunelere göre % 50 daha düşük çıkmış olup çinko asetat konsantrasyonu ise % 5’e kadar düşmüştür. Numunelerin nanosol içerisinde daldırılma süreleri uzadıkça aglomerasyon olmuş parçacıkların boyutu da artmıştır.

Chladova ve arkadaşları, 2011 yılında cam liflerinin sol-jel metodu ile boyanması ile ilgili bir çalışma hazırlamışlardır. Çalışmada çözünebilir katyonik, dispers ve metal kompleks olarak üç farklı boyarmadde kullanarak sarı, kırmızı ve mavi şeklinde numuneleri renklendirmişlerdir. Hazırlanan sollar 3-trimetoksil propil metakrilat bazlıdır. Numuneler hazırlanan solüsyon içerisinde bir dakika bekletilmiş, ardından laboratuvar sıcaklığında 30 dakika kurutulmuştur. Hazırlanmış numunelere yıkama, sıcaklık ve ışık haslığı testleri uygulanmıştır. Numuneler arasında en iyi yıkama haslığının su içinde çözünebilmesinden dolayı dispers boyarmadde ile yapılan boyamalarda olduğu görüşmüştür. Sıcaklığa karşı renk haslığı için 200°C’de 5 saat bekletilen numunelerin renk değişimi, işlem görmemiş numuneler ile karşılaştırılarak renk ölçüm spektrofotometresi ile

ölçülmüştür. Sonuçlara göre; sol-jel tabakasının, numune üzerindeki boyayı yüksek sıcaklığa karşı koruyamadığı gözlemlenmiştir. Işık haslığı test sonuçlarına göre belirlenen tüm boyarmaddelerin ışık haslığı yüksek çıkmıştır. En iyi ışık haslığı sonucunun ise ışığa karşı hassasiyeti olmayan bir boyarmadde olan metal kompleks boyalarda olduğu görülmüştür. Sol-jel kaplamanın haslıkları iyileştirdiği tespit edilmiştir.

Brzezinski ve arkadaşları, 2011 yılında polyester/pamuk kumaşların aşınma direncini geliştirmek için sol-jel metodu ile nano kaplama işlemi uygulamışlardır. Ön terbiye işleminden geçmiş %67 polyester, %33 pamuk karışımı kumaşlara önce standartlar doğrultusunda ev tipi yıkama ve kurutma işlemi (40°C’de 30 dakika) yapılmıştır. Çalışmalarında hibrit modifiye edilmiş  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  sollar elde etmişlerdir. Başlatıcı madde olarak (3-glisidoksipropil) trimetoksilan (GPTMS) ve alüminyum isopropoksit (ALIPO) kullanılmıştır. Silika sol üretimi için GPTMS başlatıcı madde, su-alkol içerisine ilave edilip, 80 °C’de 2 saat yüksek hızda çalkalanmış ve transparan kollodial çözelti görülene kadar hidrolize edilmiştir.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  bazlı sol için; ALIPO adlı başlatıcı madde, etanol ve su içerisinde yüksek hızda 2 saat 80 °C( etanolün kaynama derecesi) çalkalanıp daha sonra pH değeri 3 olana kadar HCl ve az miktarda polivinil alkol ilave edildi. Karıştırma işlemi transparan bir solüsyon elde edilene kadar devam edilmiştir.  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  hibrit modifiye edilmiş sol için;  $\text{SiO}_2$  ve  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sollarının kombinasyonu hazırlanıp, 20-25 °C’de karıştırılmış ve elde edilen kararlı ve transparan solü kumaşlara emdirmek için su ile 1:20 oranında seyreltilmiştir. Hazırlanan fonksiyonel nano parçacık içeren film formunda sollar; kumaş yüzeyine yatay iki silindirli fulard ile %70-85 fulard alımı olacak şekilde emdirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; hibrit kserojel örtünün lif yüzeyinde devamlı ve uniform yapıda kaplandığını, lif yüzeyiyle standart şartlar altında yapılmış beş yıkamadan sonra bile iyi bir kombinasyon sağladığı, aşınma testi sonuçlarına göre kserojel kaplamalarda GPTMS ilavesinin kumaşların aşınmaya dayanımını olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir.

Liu ve arkadaşları, 2010 yılında sol-jel yöntemi ile  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  çok katmanlı film hazırlayarak kumaş yüzeyine yerleştirmişlerdir. Birinci tipte katman hazırlamak için; başlatıcı olarak kullanılan tetrabutiltitanat (TBT) başlatıcı olarak kullanılmış ve asetik asit içerisinde hidrolize edilmiştir. Katalizör olarak hidroklorik asit kullanılmıştır. Titanyum hidrosol %2 konsantrasyonda hazırlanmıştır. İkinci tipte tabaka için silikon hidrosol çözeltisi ise tetraetilortosilikat (TEOS) isopropanol ile çözünmüştür. Hazırlanan titanyum ve silikon kaplamalar farklı kombinasyonlarla kumaş üzerine kaplanmıştır. Her filmin kalınlığı  $1\mu\text{m}$ 'dir. Sonuçlara göre çoklu tabaka ile kaplanmış kumaşların tek tabakalı kumaşlara göre daha iyi ışık yansıttığı görülmüştür. Tabaka sayısının artışı hava geçirgenliği ve eğilme açısını çok az miktarda değiştirmiştir. Katmanlar pamuklu kumaşın yüzey yapısını daha düz hale getirmiştir ve kumaşların ışığa karşı dayanımını artırmıştır.

Deligiannakis, 2012 yılında başlatıcı madde olarak APTES (3-Aminopropil-trietoksilan) kullanarak  $\text{SiO}_2$  elde etmiş, ardından doğal bir polifenolik madde olan gallik asit ile bir araya getirmiştir. Bu şekilde yüksek etkili antioksidan olan  $\text{SiO}_2$  hibrit nanomalzeme elde etmiştir. Elde edilen bu nanoantioksidan malzemeler düşük maliyetli, stabil yapıya sahip olup; yiyecek, polimer, kozmetik gibi farklı alanlarda uygulanabilirliğinin olduğu ortaya koyulmuştur.

Pan ve arkadaşları, 2012 yılında sol-jel metodunu kullanarak süperhidrofobik ve UV bloklama özelliğine sahip pamuklu kumaşlar hazırlamışlardır. Ağartılmış ve merserize edilmiş kumaş üzerinde çalışılmıştır. Test sonuçları neticesinde; pahalı olmayan ve sıradan hammaddeler ile fluorinsiz süperhidrofobik pamuklu yüzeylerin elde edilebileceği tespit edilmiştir. Özellikle %1.5 Al sol ve 20 mmol/L sodyum sitrat ile mükemmel hidrofobik özellik ve UV korumada etkinlik sağlamıştır.

Yaşar, 2013 yılında viskoz örme kumaşları, çeşitli silika bileşenleri içeren sol çözeltileri ile kaplamış ve bu numunelerin boncuklanma ve aşınma

dayanımlarını, boyut değişim özelliklerini ve su tutma yeteneklerini geliştirmeye çalışmıştır. Sonuçlarda sol-jel yöntemi ile kaplanan kumaşların fiziksel özelliklerinin diğer numunelere göre daha iyi çıktığı görülmüştür. GPTMS miktarının artmasıyla kumaşın boncuklanma ve aşınma dayanımı, boyutsal stabilite ve su tutma yeteneğinin olumlu yönde etkilendiği görülmüştür.

Saleemi ve arkadaşları, 2014 yılında yaptıkları bir çalışmada sol-jel tekniği ile silika nanoparçacık kaplama yapılmış, reaktif boyalı, %100 pamuklu örme kumaşlara hidrofob özellik kazandırarak yıkama stabilitesini incelemişlerdir. %100 ağartılmış pamuklu bezayağı kumaşlar %0.5 ve %3 oranlarında reaktif boyarmadde ile Rapid HT boyama makinesinde renklendirilmiştir. Sol-jel tekniği ile dört farklı konsantrasyonda Aerosil 200 çözeltisi hazırlanmıştır. Her konsantrasyonda çözeltilere 96 ml etanol; 24 ml Hidroklorik Asit; 20 ml TEOS; 20 ml TMOS ve 4 ml n-oktietoksilan eklenmiştir. Sonuçlarda; çözeltide Aerosil 200'ün konsantrasyonunun en yüksek olduğu durumda Reaktif kırmızı ve mavi boyalı kumaşların % su alımının en düşük olduğu, silika nanoparçacıkların miktarı arttıkça renk direncinin de arttığı tespit edilmiştir. Kuru ve yaş sürtünme haslığı yükselmiştir fakat numunelerin hidrofobik yapısından dolayı yaş sürtünme haslığı daha çok gelişmiştir. Beş yıkama sonrasında sol-jel kaplamalı reaktif boyalı numuneler daha yüksek su geçirmezlik özelliği sağladığı için yüksek renk direnci de göstermiştir.

Topel, 2014 yılında sol-jel teknolojisi ile tekstil materyallerinin boyanması ve haslık özelliklerini geliştirilmesi üzerine bir tez çalışması ortaya koymuştur. %100 pamuklu ve polyester kumaşlar konvansiyonel yöntem ve sol-jel yöntemi kullanarak direkt, reaktif ve bazik boyarmaddeler ile boyanmıştır. Asidik ve bazik koşullarda hazırlanan sol boyama çözeltileri ile kaplanan kumaşların haslık geliştirme çalışmaları yapılmıştır. Sonuçlarda boyarmadde cinsi ve boyutunun yanında çapraz bağlayıcı kullanımının boyama sonuçlarını etkilediği tespit edilmiştir. Boyama sonrası yapılan asidik/bazik sol-ard işlemlerin renk alımını arttırdığı tespit edilmiştir. Küçük boyutlardaki boyarmaddelerin silika yapı

içerisine kolayca girerek daha yoğun renkler elde edilmesine olanak sağladığı görülmüştür. Pamuklu kumaşlarda sol-jel yöntemi ile yapılan boyamalarda çapraz bağlayıcı ilavesinin sürtme ve ışık haslıklarında artış sağladığı tespit edilmiştir. Direkt boyarmaddeler ile yapılan sol-jel uygulamalarında çapraz bağlayıcı ilavesinin çoklu yıkamalar sonrasında pamuklu kumaşların akma değerlerini iyileştirdiği görülmüştür.

Kaygusuz, 2017 yılında giysilik derilerin haslık özelliklerini  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2/\text{GLYMO}$  esaslı nanokompozit çözeltileri ile iyileştirme üzerine bir çalışma yapmıştır. Derilerin haslık özellikleri incelendiğinde nanokompozit ile işlem görmüş yüzeylerin sürtünme haslıkları, su ve tere karşı renk haslığı değerlerinin arttırıldığı tespit edilmiştir.  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2/\text{GLYMO}$  esaslı nanokompozit uygulanan derilerin ışık ve UV ışığına karşı renk haslık değerlerinin iyileştirilmesinin  $\text{TiO}_2$ 'nin UV absorbe edici özelliğinden kaynaklandığı düşünülmüştür.

Teli ve Annaldewar 2017 yılında naylon kumaşlara süperhidrofobik ve ultraviyole ışınlarına karşı koruyucu özellik vermek için sol-jel yöntemini kullanmışlardır. Sol-jel tekniği ile asidik ortamda  $\text{SiO}_2$  elde etmişler ve naylon kumaşlara daldırma yöntemi aktarmışlardır. Ardından  $80^\circ\text{C}$ 'de 2dk kurutup,  $120^\circ\text{C}$ 'de 5 dk fikse işlemi uygulanmıştır. UV koruyucu özelliği için bakır oksit ( $\text{CuO}$ ); hidrofobikleştirme işlemi için SS'in sıcak etanolik solüsyonunu kullanmışlardır. Kolorometrik test sonuçlarında; numunelerin renginin işlemler sonrası  $L^*$ (açıklık) değerinin düştüğü, renk tonlarının kırmızı ve maviye kaydığı tespit edilmiştir. İşlem görmemiş ve işlem görmüş numuneler arasında hesaplanan toplam renk farkının ( $\Delta E^*$ ) 56.29 olduğu görülmüştür.



### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Materyal

Tez çalışmasında, perdelik olarak kullanıma uygun % 100 keten içerikli kumaş kullanılmıştır. Çalışmada, numunelerin ışık haslığını iyileştirme amacı doğrultusunda, kullanım aşamasında güneş ışığına en çok maruz kalan tekstil ürünlerinden olduğu için bu tür bir kumaş tercih edilmiştir. Ham kumaş BOSSA Ticaret ve Sanayi İşletmeleri T.A.Ş'den temin edilmiş olup, özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir. Kumaş dokunduktan sonra yapılan ön terbiye işlemleri sırasıyla kasar, yıkama (95°C), kurutma (160°C-40m/dk), yakma (120 °C), mersevizasyon şeklindedir.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan kumaş özellikleri

| Özellikler          |                       |
|---------------------|-----------------------|
| Numune Türü         | % 100 Keten           |
| Atkı Tel Sıklığı    | 17 (atkı/cm)          |
| Çözümlü Tel Sıklığı | 20 (tel/cm)           |
| İplik Numarası      | Nm 10/1               |
| İplik Büküm Miktarı | 20 (tur/inç)          |
| Gramaj              | 385 gr/m <sup>2</sup> |
| Kumaş Tipi          | Dokuma (2/2 Panama)   |

Ön terbiye işleminden sonra numuneler üç farklı renkte reaktif boyarmadde ile pad-termofiksaj yöntemi uygulanarak renklendirilmiştir. Kumaşın boyama işlemi; Kıvanç Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş'de gerçekleştirilmiştir. Kullanılan boyarmaddeler monoklorotriazin/vinil sülfon yapıdadır. Mavi, kırmızı ve sarı renkte (ana renkler) boyarmaddeler CHT Bezema firmasından temin edilmiş olup, isimleri sırasıyla Bezaktiv Blue S-Matrix 150, Bezaktiv Red S-Matrix 150, Bezaktiv Yellow S-Matrix 150 şeklindedir. Boyama reçetesi Çizelge 3.2'deki gibidir. Çalışmada uygulanacak olan kimyasal işlemlerin ışık haslığına etkisinin

net bir şekilde görülebilmesi için düşük renk haslığı değerleri elde edilebilecek bir proses akışı belirlenmiştir. Kumaşlar boyandıktan sonra kurutulmuş ardından termofiksaj işlemi gerçekleştirilmiştir. Kumaş yüzeyinde liflere bağlanmayan fazla boyayı uzaklaştırmak için yıkama işlemi uygulanmış ardından kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Boyama işleminin özellikleri Çizelge 3.3’de sunulmuştur.

Çizelge 3.2. Boyama reçetesi

| Kimyasal              | Miktar (g/l) |
|-----------------------|--------------|
| Boyarmadde            | 10           |
| Colorcontin           | 1.0-3.0      |
| Meropan XRN Pearls    | 1.0-5.0      |
| Migrasol MV conc./SAP | 5.0-10.0     |
| Üre                   | 50-250       |
| Sodyum bikarbonat     | 15           |

Çizelge 3.3. Kumaşlara uygulanan boyama işleminin özellikleri

| İşlem                   |                     |
|-------------------------|---------------------|
| Yöntem                  | Pad-dry Termofiksaj |
| Emdirme Sıcaklığı       | 20-30 °C            |
| % Af                    | 80                  |
| Kurutma Sıcaklığı       | 110 °C              |
| Fiksaj Süresi/Sıcaklığı | 180 sn / 160°C      |
| Yıkama                  | 95 °C - 30m/dk      |
| Kurutma                 | 120 °C - 20 m/dk    |

Boyama işleminden sonra kumaşlara aktarmak üzere solüsyonlar hazırlanmıştır. Hazırlanan silika sol ve çözeltiler için kullanılan kimyasallar ve özellikleri Çizelge 3.4’de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Solüsyonları hazırlamak için kullanılan kimyasallar

| Kimyasal                                      | Safılık<br>% | Ticari Adı                 |
|-----------------------------------------------|--------------|----------------------------|
| Tetraetilortosilikat (TEOS)                   | 99           | SigmaAldrich-CAS 78-10-4   |
| (3-Glisidoksipropil)trimetoksisilan<br>(GPTS) | 98           | SigmaAldrich-CAS 2530-83-8 |
| Gallik Asit                                   | 97,5         | SigmaAldrich-CAS 149-1-7   |
| L-Askorbik Asit                               | 99           | Sigma-Aldrich-CAS 50-81-7  |
| Sodyum Hidroksit (NaOH)                       | 99           | Tekkim                     |
| Etanol                                        | 96           | Tekkim                     |

Çalışmada işleme tabii tutulacak keten içerikli kumaşlardan 300 x 200 mm boyutunda numuneler kesilmiştir. Hazırlanan solüsyonların kumaşlara aktarılması için kullanılan cihazlar ve özellikleri Çizelge 3.5’de verilmiştir. Bu işlemler Adana Türk Tekstil Vakfı Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi bünyesine ait laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.5. Çalışma kapsamında kullanılan cihazlar ve özellikleri

| Cihaz                | Kullanım Amacı                                                | Model            |
|----------------------|---------------------------------------------------------------|------------------|
| Pad-Batch Fulard     | Hazırlanan solüsyonların kumaşa aktarılması                   | ATAC – FY 350    |
| Ram                  | İşlem görmüş kumaşların kurutulması ve fikse işlemi           | ATAC – GK 40     |
| Etüv                 | Numunelerin işlem görmeden önce belli sıcaklıkta bekletilmesi | ATAC – EV 250    |
| Manyetik Karıştırıcı | Solüsyonların hazırlanması                                    | HP 220           |
| Hassas Terazî        | Kumaşların işlem sonra kütle değişimlerini tespit etmek       | Precisa BJ 1000C |

### 3.2. Metod

#### 3.2.1. Solüsyonların Hazırlanması ve Kumaşlara Aktarılması

Çalışma kapsamında kumaşlar için 3 farklı metot uygulanarak solüsyonlar hazırlanmıştır. Öncelikle fotooksidasyonu önleyen antioksidan maddelerin sulu çözeltileri elde edilmiştir. Bunun için antioksidanların (gallik asit ve l-askorbik asit) ayrı ayrı distile su içerisinde, 10 gr/L konsantrasyonda, 70°C sıcaklıkta manyetik karıştırıcı yardımıyla 20 dakika boyunca sürekli karıştırılarak çözeltiler elde edilmiştir. Çalışmada hazırlanan silika soler, antioksidan içeren solüsyonlara bağlayıcı olarak ilave edilerek SiO<sub>2</sub>'nin kumaş özelliklerine katkısı incelenmiştir. Çalışmada l-askorbik Asit için "A1" ifadesi, Gallik Asit için ise "A2" ifadesi kullanılmıştır. Birinci metotta çapraz bağlayıcı (GPTS) içeren silika sol F1 olarak, ikinci metotta; çapraz bağlayıcı içermeyen silika sol F2 olarak tanımlanmıştır. Üçüncü metotta (F3) ise antioksidanların sulu çözeltileri distile su ile 300 ml'ye tamamlanarak direkt olarak kumaşlara aktarılmış ve bu numuneler hiç işlem görmemiş sarı, kırmızı ve mavi renkteki kumaşlar ile birlikte referans kumaş olarak belirlenmiştir. Solüsyonlara ait reçeteler Çizelge 3.6'daki gibidir.

Çizelge 3.6. Çalışma kapsamında hazırlanan solüsyonların reçetesi

|                    |  | Solüsyon |        |        |        |        |        |
|--------------------|--|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                    |  | F1-A1    | F1-A2  | F2-A1  | F2-A2  | F3-A1  | F3-A2  |
| TEOS               |  | 22 ml    | 22 ml  | 22 ml  | 22 ml  | -      | -      |
| GPTS               |  | 8 ml     | 8 ml   | -      | -      | -      | -      |
| %1 Gallik Asit     |  | -        | 100 ml | -      | 100 ml | -      | 100 ml |
| çözeltisi          |  |          |        |        |        |        |        |
| %1 L-Askorbik Asit |  | 100 ml   | -      | 100 ml | -      | 100 ml |        |
| çözeltisi          |  |          |        |        |        |        |        |
| 0,1 M NaOH         |  | 5 ml     | 5 ml   | 5 ml   | 5 ml   | -      | -      |
| Distile Su         |  | 64 ml    | 64     | 64 ml  | 64 ml  | 200 ml | 200 ml |
| Etanol             |  | 100 ml   | 100 ml | 100 ml | 100 ml | -      | -      |
| pH seviyesi        |  | 3-4      | 4      | 4      | 3-4    | 2-3    | 2-3    |

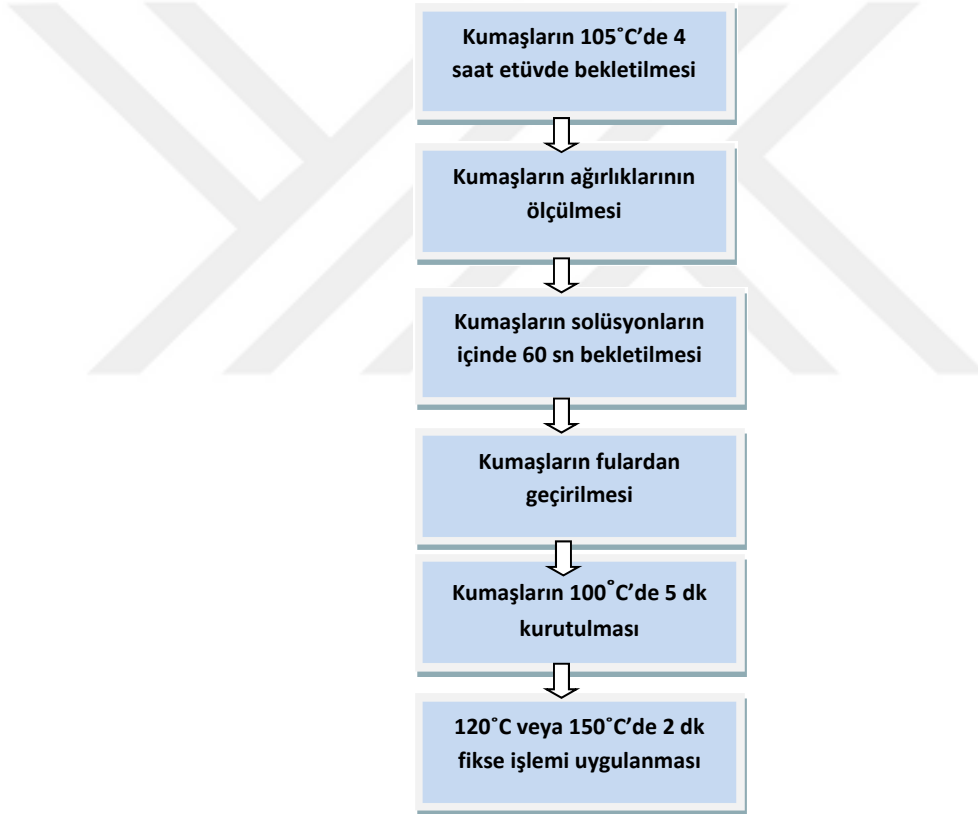
Silika solların hazırlanması için öncelikle etanol ve distile su içerisinde TEOS ve isteğe göre GPTS yavaş yavaş ilave edilmiştir. Bir beher içerisinde oda sıcaklığında manyetik karıştırıcı ile sürekli olarak karıştırılmıştır. Daha sonra karışımın hidrolizasyonunu hızlandırmak için 0,1M NaOH ilave edilmiştir. Çözeltiler saydam hale gelene kadar sürekli karıştırılmaya devam edilerek SiO<sub>2</sub> elde edilmiştir. Hazırlanmış olan silika sollere A1 ve A2 solüsyonlarından ayrı ayrı ilave edilerek karışım 30 dk daha çalkalanmış ve kumaşlara aktarmaya hazır solüsyonlar elde edilmiştir. Kullanılan antioksidanlar asidik yapıda olduğu için bazik ortamda hazırlanan silika solların pH değerlerini düşürmüş ve yaklaşık 3-4 seviyesine indirmiştir. Yaklaşık 300 ml hacminde olan SiO<sub>2</sub> katkılı antioksidan solüsyonları ve silika sol içermeyen antioksidan çözeltileri daha sonra kumaşlara aktarılmıştır.

Kumaşlara aktarma işlemi için izlenen proses akışı Şekil 3.1.'deki gibidir. Pad-termofiksaj işlemi için uygulanan süre ve sıcaklıklar, daha önce yapılmış benzer çalışmaların metotları esas alınarak belirlenmiştir (Cristea ve Vileram, 2006; Thiagarajan ve Nalankilli, 2014). Kumaşlar önce distile su ile yıkanmış ardından serbest halde kurutulmuştur.

Kimyasallar aktarılmadan önce numuneleri sabit tartıma getirmek için TS EN 12127 standardı esas alınarak 105°C'de 4 saat etüv içerisinde bekletilmiş ve daha sonra ağırlıkları ölçülüp kaydedilmiştir. Daha sonra numuneler küçük bir tekne içerisinde solüsyonların içinde 60 sn bekletilmiştir.

Ardından numuneler %85 Af ile silindirler arasından geçirilmiş ve daha sonra 100°C'de 5 dakika süreyle ram içerisinde kurutulmuştur. Daha önce yapılmış benzer çalışmalarda, pamuklu kumaşlara işlem sonrası 100°C kurutma işlemi uygulandığı gözlemlenmiştir bu nedenle yine selülozik bir lif olan keten içerikli kumaşlar için bu sıcaklık tercih edilmiştir (Topel, 2004; Yaşar, 2013). Termofiksaj işlemi için, numunelerin bir kısmına; keten lifinin yapısının bozulmadan kalabileceği maksimum sıcaklık olan 120°C'de, diğer kısmına ise elde edilen silika sol kaplamanın keten lifini koruyup korumadığını tespit etmek ve kimyasalların

kumaşlara bağlanmasına etkisini tespit edebilmek amacıyla daha yüksek bir sıcaklık olan 150°C’de fiksaj işlemi uygulanmıştır. Değerlendirme aşamasında 120°C sıcaklıkta işlem gören numuneler “T1”; 150°C sıcaklıkta işlem gören numuneler ise “T2” olarak adlandırılmıştır. İşlem görmüş kumaşlar etüvde bekletilip daha sonra tekrar tartılmış ve formül yardımı ile ağırlıklarının “%” olarak değişimi hesaplanmıştır. Yapılan işlemler iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1. Hazırlanan solüsyonların kumaşlara aktarılması için uygulanmış işlem basamakları

**3.2.2. Numunelerin Test Ölçümleri****3.2.2.1. İşlem Sonrası Numunelerin Kütle Değişimleri**

İşlem görmüş numunelerin kütle değişimlerini tespit etmek için numuneler 105°C’de etüv içerisinde 4 saat bekletilmiştir. Daha sonra hassas terazi ile ağırlıkları ölçülen kumaşlar işlem gördükten sonra tekrar aynı sıcaklık ve sürede etüvde bekletilmiş ve ağırlıkları ölçülmüştür. Kütle değişimlerinin tespiti için aşağıdaki formül kullanılmıştır. Formülde işlem öncesi ölçülen ağırlıkları “m1”, işlem sonrası ölçülen ağırlıklar ise “m2” olarak ifade edilmiştir.

$$\text{Kütle kaybı (\%)} = (m1-m2) / m1 \quad (3.1)$$

**3.2.2.2. İşlem Sonrası Numunelerin Renk Değişimlerinin Ölçümleri**

Çalışmada kumaşların renk analizleri için fiziksel ölçüm yöntemi uygulanarak spektrofotometre cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.2). Minolta marka CM 3600 model bu cihaz ile gözlemci açısı 10° olacak şekilde, D65 gün ışığı altında ve 400-700 nm dalga boyları arasında ölçümler yapılmıştır. Renklendirilmiş keten içerikli numunelerin kimyasallarla işlem gördükten sonraki renk değişimlerini tespit etmek için numuneler kesildikten sonra işlemler öncesi ve sonrası tek tek renk ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bilgisayara bağlı olarak çalışan spektrofotometre cihazında analizler özel bir yazılım olan RealColor1.3® kullanılarak yapılmıştır. Ölçümler sonrası L\* (açıklık-koyuluk), a\*( kırmızılık-yeşillik), b\*(sarı-mavilik), C\* (berraklık-kromatiklik), h (renk ölçüsü) değerleri kaydedilmiştir. CIELab renk ölçüm sistemine göre “a\*” değeri arttıkça rengin kırmızı, azaldıkça yeşil; “b\*” değeri arttıkça rengin sarı, azaldıkça mavi; “L\*” değeri arttıkça rengin açıldığı, azaldıkça koyulaştığı; “C” değeri arttıkça rengin berraklaştığı, azaldıkça matlaştığı ifade edilmektedir. “H” değeri ise renk cinsini ifade eder (Duran, 2001).

Numunelerin işlem öncesi ve sonrası renk farkını hesaplamak için CIELab 1976 formülü kullanılarak  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta h$ ,  $\Delta E^*$  (toplam renk farkı)

değerleri elde edilmiştir. Bu değerler aşağıdaki formüllere göre hesaplanmaktadır (3.2; 3.3; 3.4; 3.5; 3.6; 3.7). Çalışma kapsamında renk analizi değerlendirmesi için formüllerde belirtilen “standart”; işlem görmemiş numuneleri, “numune” ise işleminden geçmiş olan numuneleri temsil etmiştir.

$$\Delta L^* = (L^* \text{ numune} - L^* \text{ standart}) \quad (3.2)$$

$$\Delta a^* = (a^* \text{ numune} - a^* \text{ standart}) \quad (3.3)$$

$$\Delta b^* = (b^* \text{ numune} - b^* \text{ standart}) \quad (3.4)$$

$$\Delta C^* = (C^* \text{ numune} - C^* \text{ standart}) \quad (3.5)$$

$$\Delta h = (h \text{ numune} - h \text{ standart}) \quad (3.6)$$

$$\Delta E^{**} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (3.7)$$



Şekil 3.2. Spektrofotometre cihazı

### 3.2.2.3. Kumaşların Kalınlık Ölçümleri

Tez çalışmasında numunelere uygulanan kimyasal işlemlerin kumaş kalınlığına etkisinin olup olmadığını incelemek amacıyla kalınlık testi uygulanmıştır. Numunelerin kalınlık ölçümleri için dijital göstergeli kalınlık ölçüm cihazı (Şekil 3.3.) kullanılmıştır. Numunelerin farklı bölgelerinden alınan 10 adet ölçüm sonrası ortalamalar hesaplanmış ve sonuçları analiz edilmiştir.



Şekil 3.3. Kalınlık ölçüm cihazı

#### 3.2.2.4. Numunelerin Hava Geçirgenlik Ölçümleri

Çalışmada silika sol ile kaplama işlemi görmüş numunelerin yüzeyinin açık yapısının değişip değişmediğini tespit etmek ve silika sol ile işlem görmemiş numuneler ile karşılaştırmak amacıyla hava geçirgenlik testleri yapılmıştır. İşlem öncesi ve sonrası numunelerin lif ve ipliklerin arasından geçen hava miktarının tespiti için TS 391 EN ISO 9237 standardına bağlı olarak Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde bulunan Prowhite EP08M Cihazı (Şekil 3.4.) ile hava geçirgenlik testleri gerçekleştirilmiştir. İşlem görmüş ve görmemiş tüm numunelerin hava geçirgenlik (mm/s) değerini tespit edebilmek için aşağıda bulunan eşitlik kullanılmıştır (3.8).

$$R = \frac{\overline{qv}}{A} \times 167 \quad (3.8)$$

$\overline{qv}$  ; hava akışının aritmetik ortalaması,  $\text{dm}^3/\text{dk}$ ,

A ; deneye tâbi tutulan kumaş alanı,  $\text{cm}^2$ ,

167 ;  $\text{dm}^3/(\text{dakika} \times \text{cm}^2)$  biriminden mm/s birimine geçiş için dönüştürme faktörü.



Şekil 3.4. Hava geçirgenlik testi ölçüm cihazı

#### 3.2.2.5. Numunelerin Hidrofilite Değerlerinin Ölçümleri

Çalışmada kumaşlara uygulanan kimyasal işlemlerin hidrofilite (su emicilik) derecelerine etkisini tespit etmek için TS 866 standardı esas alınarak Batma Testi uygulanmıştır. Test edilecek kumaşlardan 7,5 x 7,5 cm boyutlarında numuneler kesilmiştir. Bir beher içerisine damıtık su konulup test edilecek numune içine atılmış, numuneler suya değdiği anda kronometre çalıştırılmıştır. Numuneler suyu tamamen emerek battığı anda kronometre durdurulmuş ve batma süreleri kaydedilmiştir.

#### 3.2.2.6. Numunelerin Yumuşaklık Değerlerinin Ölçümleri

Çalışma kapsamında numunelere uygulanan işlemlerin kumaş tuşesine etkisini tespit edebilmek için ASTM D 4032-94 standardı ile “Dairesel Eğme Test Metodu” esas alınarak Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında bulunan A&T stiffness (Şekil 3.5.) cihazı kullanılmıştır.



Şekil 3.5.Yumuşaklık test cihazı

#### 3.2.2.7. Numunelerin Yırtılma Mukavemeti Değerlerinin Ölçümleri

Çalışmada işlem gören ve görmeyen numunelerin yırtılma mukavemeti ölçümleri Martur A.Ş bünyesinde bulunan Zwick çekme cihazında gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.6.). Keten içerikli numunelerin gramajı yüksek olduğu için döşemelik kumaşlara uygun bir yöntem olan FIAT 50442 IVECO/18-1900 nolu test metodu tercih edilmiştir. Bu metotta kumaşa uygulanan ön yük 0.5 N, test hızı 100 mm/dk ve çeneler arası mesafe 30 mm'dir. İşlem görmüş ve görmemiş tüm kumaşlardan 5 adet atkı ve 5 adet çözgü yönünde numune alınmış ve testler uygulanmıştır.



Şekil 3.6. Yırtılma dayanımı ölçüm cihazı

#### 3.2.2.8. Numunelerin Aşınmaya Karşı Dayanımlarının Tayini

Çalışmada kumaşlara uygulanan işlemlerin numunelerin aşınmaya karşı dayanımına etkisini inceleyebilmek için TS EN ISO 12947-3 “Martindale Metoduyla Kumaşların Aşınmaya Karşı Dayanımının Tayini” standardında yer alan ‘Kütle Kaybının Tayini’ metodu uygulanmıştır. İşlem görmüş ve görmemiş numuneler, Martindale cihazında 12 kPa’lık anma basıncı ile aşındırılmış ve her 2500, 5000, 7500, 10000 ve 15000 devir sonlarında 1 mg doğrulukta ölçüm yapabilen hassas teraziyle ağırlıkları ölçülmüştür (Şekil 3.7.) Her tur bitiminde deney numunelerinin belirlenen % kütle kayıpları; m1 test öncesi numune ağırlığı (gram), m2 test sonrası numune ağırlığı (gram) olmak üzere denklem ile (x) ile tespit edilmiştir (3.9).

$$\text{Kütle kaybı (\%)} = (m1-m2) / m1 * 100 \quad (3.9)$$



Şekil 3.7. Martindale cihazı

### 3.2.2.9. Kaplamaların Karakterizasyonu

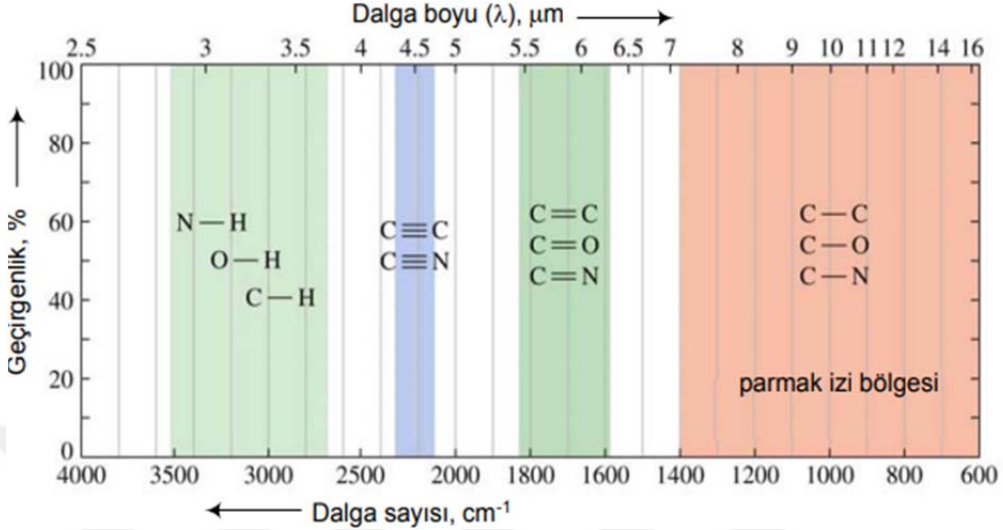
Silika sol ile işlem görmüş numunelerde kaplamaların yapısını inceleyebilmek için SEM (Taramalı elektron mikroskobu) ve FT-IR(Fourier Dönüşümlü Infrared Spektrofotometre) analizleri gerçekleştirilmiştir.

SEM analizinde, elektron demeti ile numune arasındaki etkileşimler sonucunda oluşan ikincil elektronlar, Auger elektronları, saçılmış elektronlar ile X ışınları çeşitli dedektörler tarafından algılanarak bilgisayarlara veri olarak aktarılmaktadır. Bu veriler ile numune yüzeyi ve bileşimi hakkında bilgi edinilmektedir (www.kuark.org, 2018). Çalışmada Çukurova Üniversitesi Merkezi Laboratuvarında bulunan FEI Quanta 650 Field Emission SEM cihazı kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.8). Silika sol kaplama uygulanmış ve işlem görmemiş bir numunenin morfolojik yapılarını incelemek için numunelerin üstü iletken bir madde olan altın ile kaplanmış ve 10.00 kV ile x1000 ve x5000 büyütme ile görüntüleri alınmıştır. x1000 ile elde edilen görüntüler ile liflerin çapı (ölçülmüş) ve ortalamaları alınıp değerlendirilmiştir.



Şekil 3.8. SEM cihazı

FT-IR (Fourier Dönüşümlü Infrared Spektrofotometre) analizi; moleküllerdeki çeşitli bağların titreşim frekanslarını ölçer ve moleküldeki fonksiyonel gruplar hakkında bilgi verir. Bu analiz ile organik bileşiklerin yapısındaki fonksiyonel gruplar belirlenebilir veya iki organik bileşiğin aynı olup olmadığı tespit edilebilmektedir. Bir Fourier transformasyonu (matematiksel metot) uygulanarak veriyi zaman alanından frekans alanına aktarır (web.deu.edu.tr, 2018). Çeşitli fonksiyonel grupların absorbladıkları frekans aralıkları “ilişki çizelgeleri” şeklinde bir araya toplanarak kolay yararlanabilir bir şekle getirilmiştir. İlişki çizelgeleri bir molekülde hangi fonksiyonel grupların olabileceği konusunda tahmin yapmayı sağlar (www.bayar.edu.tr, 2018). Şekil 3.9’da bazı örnekler verilmiştir.



Şekil 3.9. IR Spektra ilişki çizelgesi

Tez çalışması kapsamında silika sol ile kaplanmış numunelere Çukurova Üniversitesi Merkezi Laboratuvarında bulunan JASCO FT/IR-6800 spektrometresi ile FTIR analizi uygulanmış ve ortaya çıkan grafikler değerlendirilmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. FT/IR cihazı

**3.2.2.10. Numunelerin Işık Altında Soldurulması ve Renk Değişimlerinin Ölçülmesi**

Renklendirilmiş % 100 keten içerikli kumaşların çalışma kapsamında belirlenen işlemler neticesinde ışık haslığı değişimlerini tespit edebilmek için yapay ortamda ışığa maruz bırakılmıştır. Bunun için Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde bulunan Atlas Xenotest Alpha marka ışık haslığı test cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.11). Cihaz uluslararası test standartlarından AATC, ISO, ASTM, JIS, AFNOR'a uygundur. Işık kaynağı 2200 watt hava soğutmalı ksenon ark lambasıdır. Mikro işlemci kontrollüdür. Toplam ışıma alanı 1200cm<sup>2</sup> sıcaklık aralığı BST 40-115°C'dir. Rutubet aralığı ise % 10-95 bağıl nemdir. Işık yayma 3 güneş pik düzeyindedir.



Şekil 3.11. Atlas Xenotest Işık Haslığı Test Cihazı

Işık haslığı testleri mavi yün skala ile değerlendirilir. Mavi skala, haslıklarına göre boyama yapılarak sınıflandırılmış 8 adet yün kumaş içermektedir. Test edilecek kumaş numunesi ve mavi yün skala aynı anda yapay ışığa maruz bırakılır. Test sonunda numuneler, mavi skaladaki yün kumaşlara göre 1-8 arası değerlendirmeye tabii tutulur. “1” en düşük, “8” ise en yüksek ışık haslığını ifade etmektedir. Renk solmasının değerlendirilebilmesi için bazı standartlarda “gri skala” da kullanılır. Bu skala kullanımı ile alınan parçalarda tanımlanan derecede renk solmasının tarif edilmesine imkan verirken, mavi yün kumaşlar renk haslığı derecesinin belirlenmesini sağlar.

Malzemelerin dış etkilere karşı renk haslığı mavi yün skala ve gri skala ile belirlenmesinin yanında CIELAB, CMC(1:C), ISO,  $N_c^{\#}$ ,  $F_c$  gibi formülasyonlar ile de hesaplanabilmektedir (Sato ve ark., 1997). Daha önce yapılmış çalışmalarda ISO 105-A02’ye göre, spektrofotometre ile (3.7)’de belirtilen formül ile toplam renk farkı değeri ( $\Delta E^{**}$ ) hesaplanarak renk haslığı ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Solmada en küçük renk değişikliği bu yöntemle tespit edilebilir. Aynı zamanda bu yöntemle elde edilen  $\Delta E^*$  değeri ile istatistiksel analiz yapılabilmesi mümkündür. Tez çalışması kapsamında işlem görmüş ve işlem görmemiş numunelerin ışık etkisiyle renk değişimleri spektrofotometre ile ölçülmüştür. Ayrıca renk ölçüm sonuçları incelendiğinde; ışık kaynağının etkisiyle kimyasallar ile işlem görmüş bazı numunelerin açıklık-koyuluk değerlerinin değişimlerinde ( $\Delta L^*$ );  $\Delta E^*$  değerlerine göre daha farklı sonuçlar elde edildiği için çalışma kapsamında  $\Delta L^*$  sonuçları da grafiksel olarak değerlendirmeye alınmıştır.

Çalışmada ISO 105 B02 :2014 standardı esas alınarak numuneler ksenon ışık kaynağı altında solmaya maruz bırakılmıştır. Çalışmada işlem görmüş ve görmemiş numunelerin solma hızını tespit edebilmek amacıyla 24, 48 ve 72 saatlik soldurma işlemi uygulanmıştır. Soldurma öncesi spektrofotometre cihazı kullanılarak Real Color 1.3® yazılımı ile renk ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra her yirmi dört saatlik soldurma periyodu bitiminde numunelerin ışığa maruz bırakılmış kısımlarının renk ölçümleri tekrar gerçekleştirilmiş ve yazılım

aracılığıyla solma öncesi ve sonrası toplam renk farkı değerleri ( $\Delta E^*$ ) ve açıklık-koyuluk değerleri farkı ( $\Delta L^*$ ) hesaplanmıştır. Çalışmada ışık haslığı testleri iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Soldurma işlemi sırasında cihaz içindeki nem oranı % 40; 300-400 nm dalga boyları arasındaki ışıınımı ölçen sensör olan BST (siyah standart sıcaklık)'de algılanan sıcaklık 48°C; cihaz içindeki hazne sıcaklığı 38°C; ışıınım miktarı 81 (W/m<sup>2</sup>) olarak ölçülmüştür.

#### 3.2.2.11. Yıkama İşleminin Etkisinin Tespit Edilmesi

Çalışmada kumaşlara uygulanan işlemlerin yıkamaya karşı kalıcılığını tespit etmek için numunelere ISO 105 C01 standardına göre 40°C'de 30 dakika, standartlarda geçen ECE referans deterjanı ile '1' ve '5' kez tekrarlı yıkama uygulanmıştır. Daha önce yapılmış çalışmalarda nano parçacıkların 5 yıkama sonunda lif yüzeyinden uzaklaşma miktarının yüzde (%) olarak 10. yıkama sonrasına göre daha çok olduğu görülmüştür (Dhineshobu,2016). Bu doğrultuda çalışma kapsamında çoklu yıkama sayısının '5' olması uygun görülmüştür. Yıkama uygulanan numuneler daha sonra yıkanmamış numuneler ile birlikte ışık haslığı testine tabii tutulmuştur.

**4. BULGULAR VE TARTIŞMA**

Tez çalışması kapsamında üç farklı renkte keten kumaşlarda kaplama sonrası renk değişimi ve ışık etkisiyle renk değişimi her renk için tek tek çizelge ve grafik üzerinden değerlendirilmiştir. Silika sol ile yapılan kaplamaların karakterizasyonu için SEM ve FT/IR analizleri uygulanarak, görüntü ve grafik üzerinden değerlendirme yapılmıştır.

Çalışmada gerçekleştirilen; kütle değişimi tespiti, kalınlık, hava geçirgenliği, yumuşaklık, hidrofilite, aşınma dayanımı, yırtılma dayanımı testleri üç ayrı renkte tüm numunelere uygulanmış olup, daha sonra kimyasal olarak aynı işlemi gören farklı renkte numunelerin test ölçüm sonuçlarının ortalaması alınmış ve bu ortalamalara göre değerlendirmeler yapılmıştır.

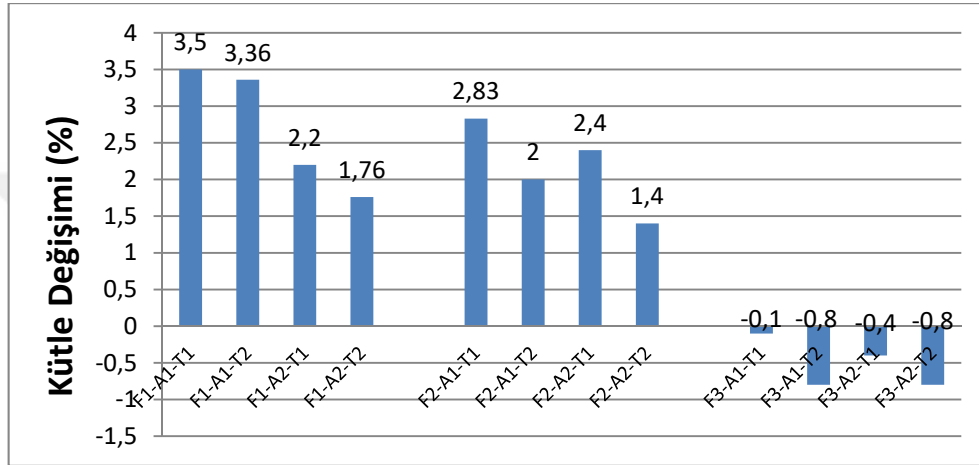
**4.1. Kimyasallar ile İşlem Sonrası Kumaşlarda Kütle Değişimi**

Çalışmada hazırlanan solüsyonlar ile işlem gören numunelerin kütle değişimleri Şekil 4.1’de sunulmuştur. Beklendiği gibi silika sol kaplama uygulanan numunelerde kütle artışı görülürken, sadece sulu antioksidan çözeltileri ile işlem gören numunelerin kütlelerinde düşüş gözlemlenmiştir. Bu düşüşün, numunelerin işlemler sırasında yaşadığı lif-iplik kaybından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Değerler incelendiğinde; genel olarak, çapraz bağlayıcı (GPTS) içeren silika sollar (F1) ile işlem görmüş numunelerin, çapraz bağlayıcı içermeyen silika sollar (F2) ile işlem görmüş numunelere göre toplam kütle değişimleri daha yüksek çıkmıştır. Bu durum, GPTS ilavesi ile numunelere daha fazla miktarda kimyasalın bağlanmasından kaynaklanmıştır.

En fazla kütle artışının l-askorbik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sol ile kaplanmış keten numunelerde olduğu görülmektedir. Farklı fikse sıcaklığının numunelerde işlem sonrası kütle artışına etkisi incelendiğinde; 150°C’de fikse işlemi görmüş numunelerin kütle artışı ortalamalarının, 120°C’de işlem görmüş numunelerinkine göre biraz daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu

sonuçla; 150°C’de sıcaklıkta daha fazla kimyasalın kumaşa sabitlenebileceği ancak bu sıcaklığın yüksek olmasından dolayı fazla miktarda ipliğin/lifin kumaş kenarından ayrılması ve kumaşın yüksek sıcaklıkla nemini kaybetmesi ile kütle artışının daha düşük olduğu söylenebilmektedir.



Şekil 4.1. Numunelerin işlem sonrası kütle değişimleri

#### 4.2. Kimyasallar ile İşlem Sonrası Kumaşlarda Renk Değişimi

Çalışmada kullanılan mavi, kırmızı ve sarı renkte keten içerikli numunelerin kimyasallar ile işlem görmesinden sonra renklerinde meydana gelen değişim Çizelge 4.1, 4.2, 4.3’te yer almaktadır. Şekil 4.2, 4.3, 4.4’te de görüldüğü gibi sol-jel tekniği ile kaplanmış mavi, kırmızı ve sarı renkte numunelerin (F1 ve F2 grubu) işlem öncesine göre  $\Delta L^*$ (açıklık-koyuluk) değerleri daha düşük çıkmıştır. Yani silika soler ile işlem görmüş numunelerin rengi, ilk renklerine göre koyulaşmıştır. Mavi, kırmızı ve sarı renkte numunelerde işlem öncesi ve sonrası en yüksek  $\Delta L^*$  değeri farkı, l-askorbik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sol ile yapılan kaplamalar sonucunda görülmüştür. Silika sol kaplamalar, kumaş yüzeyine gelen ışığın düşme açısını etkilediği için kumaşın ışığı normalden daha az yansıtmasına yol açmıştır. Bu da kumaşın koyulaşmasına neden olmuştur. Silika

sol uygulanmamış numunelerde (F3) benzer oranda koyulaşma söz konusu değildir.

Numunelerin toplam renk farkı değerleri ( $\Delta E^*$ ) incelendiğinde genel olarak, silika sol kaplı numunelerin renk farkı değerlerinin oldukça yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. Daha önce yapılmış çalışmalarda da renkli tekstil yüzeylerine uygulanan transparan nanosol kaplamaların renk farklılığına neden olduğu tespit edilmiştir (Saleemi 2013, Çinko 2016). Sadece antioksidan ile işlem görmüş numunelerde (F3) renk değişiminin olduğu; ancak silika sol ile kaplanmış numunelere göre daha düşük renk farklılığı değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Bu sonuçla; silika sol ile işlem görmüş numunelerde koyulaşmanın yani  $\Delta L^*$  değerinin, silika sol ile işlem görmeyen numunelere göre daha yüksek olmasından dolayı (3.7) formülüne göre toplam renk farkı değerinin de doğru orantılı olarak daha fazla çıktığı söylenebilmektedir.

Toplam renk farkı değerlerinin en fazla olduğu değerler; mavi renkte kumaşlarda; çapraz bağlayıcı içeren silika sol ile işlem gören numunelerde, kırmızı renkte kumaşlarda; çapraz bağlayıcı içermeyen silika sol kaplı numunelerde, sarı renkte kumaşlarda ise; çapraz bağlayıcı içeren silika sol kaplı numunelerde çıkmıştır. Solüsyonlarda çapraz bağlayıcı ilavesinin, antioksidan farklılığının ve farklı fikse sıcaklıklarının ölçülen toplam renk farkı değerine belirgin bir etkisi görülmemektedir.

Mavi numunelerin kırmızılık-yeşillik( $a^*$ ) değerleri incelendiğinde, farklı işlemlerin bu değerlere doğrusal bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Mavi numunelerin sarılık-mavilik ( $\Delta b^*$ ) değerlerinin genel olarak pozitif olduğu, yani işlem sonrasında numunelerin renginin sarılaştığı ortaya çıkmıştır. Mavi numunelere ait parlaklık ( $\Delta C^*$ ) değerleri incelendiğinde; F1 ve F2 grubunda gallik asit katkılı silika sollar ile işlem gören numunelerin işlem sonrası renklerinin daha parlak hale geldiği, F1 ve F2 grubunda l-askorbik katkılı silika sollar ile işlem gören ve F3 grubundaki tüm numunelerin renklerinin ise işlem sonrası zayıfladığı

görülmektedir. SiO<sub>2</sub> ile gallik asidin bir araya gelerek mavi renkte numunelerin rengini daha berrak hale getirdiği sonucuna varılmaktadır.

Kırmızı numunelerin işlem sonrası değişen  $\Delta a^*$  değerleri incelendiğinde; F1 ve F2 grubundaki tüm numunelerin işlem sonrası daha kırmızı görüldüğü; F3 grubunda ise gallik asit çözeltisi ile işlem gören numunelerin daha kırmızı olduğu görülmektedir. Silika sollar ile işlem görmüş (F1 ve F2 grubu) kırmızı numunelerin  $\Delta b^*$  değerlerinin genel olarak pozitif olduğu, yani işlem sonrasında numunelerin renginin sarılaştığı ortaya çıkmıştır. F3 grubunun  $\Delta b^*$  değeri genel olarak negatif yani numuneler mavileşmiştir. Kırmızı numunelere ait  $\Delta C^*$  değerleri incelendiğinde; F1 ve F2 grubundaki tüm numuneler ve F3 grubunda gallik asit çözeltisi ile işlem gören tüm numunelerin renklerinin işlem sonrası daha parlak hale geldiği görülmüştür. Bu sonuç gallik asidin, kırmızı renkte numunelerin işlem sonrası rengindeki berraklaşmaya katkısı olduğunu göstermektedir.

Sarı numunelerin  $\Delta a^*$  değerleri incelendiğinde; silika sollar (F1 ve F2 grubu) ile işlem görmüş tüm numunelerin renginin ilk renge göre daha kırmızı hale geldiği görülmüştür. Silika sollar ile işlem görmüş (F1 ve F2 grubu) sarı numunelerin  $\Delta b^*$  değerlerinin genel olarak pozitif olduğu, yani işlem sonrasında numunelerin renginin sarılaştığı ortaya çıkmıştır. F3 grubundaki numunelerde ise antioksidan çözeltisi ile işlem sonrası renkleri daha mavi hale gelmiştir. Sarı numunelerin  $\Delta C^*$  değerleri incelendiğinde; F1 ve F2 grubundaki tüm numunelerin renklerinin işlem sonrası daha kuvvetli hale geldiği görülmüştür. F3 grubunda ise numunelerin renginin antioksidan çözeltisi ile işlem sonrası daha mat hale geldiği görülmektedir. Elde edilen SiO<sub>2</sub>'nin sarı numunelerin işlem sonrası renklerini berraklaştırdığı sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.1. Mavi numunelerin işlemler sonrası renk değerlerindeki değişim

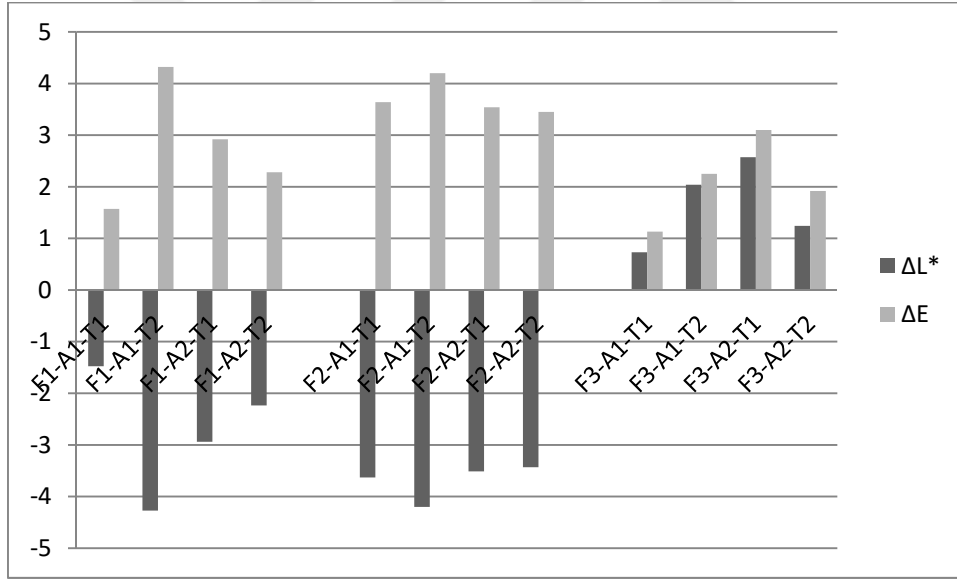
| Numune   | Renk Farkı Değerleri |              |              |              |            |              |
|----------|----------------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|
|          | $\Delta L^*$         | $\Delta a^*$ | $\Delta b^*$ | $\Delta C^*$ | $\Delta h$ | $\Delta E^*$ |
| F1-A1-T1 | -1.475               | -0.376       | 0.386        | -0.236       | 0.484      | 1.57         |
| F1-A1-T2 | -4.271               | 0.298        | 0.548        | -0.615       | 0.104      | 4.32         |
| F1-A2-T1 | -2.94                | -0.396       | -0.001       | 0.136        | 0.372      | 2.92         |
| F1-A2-T2 | -2.234               | -0.471       | 0.039        | 0.123        | 0.457      | 2.28         |
| F2-A1-T1 | -3.631               | 0.227        | 0.072        | -0.143       | 0.191      | 3.64         |
| F2-A1-T2 | -4.201               | 0.083        | 0.046        | -0.071       | 0.063      | 4.2          |
| F2-A2-T1 | -3.512               | -0.414       | -0.133       | 0.267        | 0.343      | 3.54         |
| F2-A2-T2 | -3.433               | -0.38        | 0.053        | 0.084        | 0.375      | 3.45         |
| F3-A1-T1 | 0.73                 | -0.607       | 0.605        | -0.354       | 0.781      | 1.13         |
| F3-A1-T2 | 2.039                | -0.684       | 0.668        | -0.385       | 0.875      | 2.25         |
| F3-A2-T1 | 2.573                | -1.493       | 0.855        | -0.252       | 1.702      | 3.1          |
| F3-A2-T2 | 1.243                | -1.24        | 0.778        | -0.273       | 1.438      | 1.92         |

Çizelge 4.2. Kırmızı numunelerin işlemler sonrası renk değerlerindeki değişim

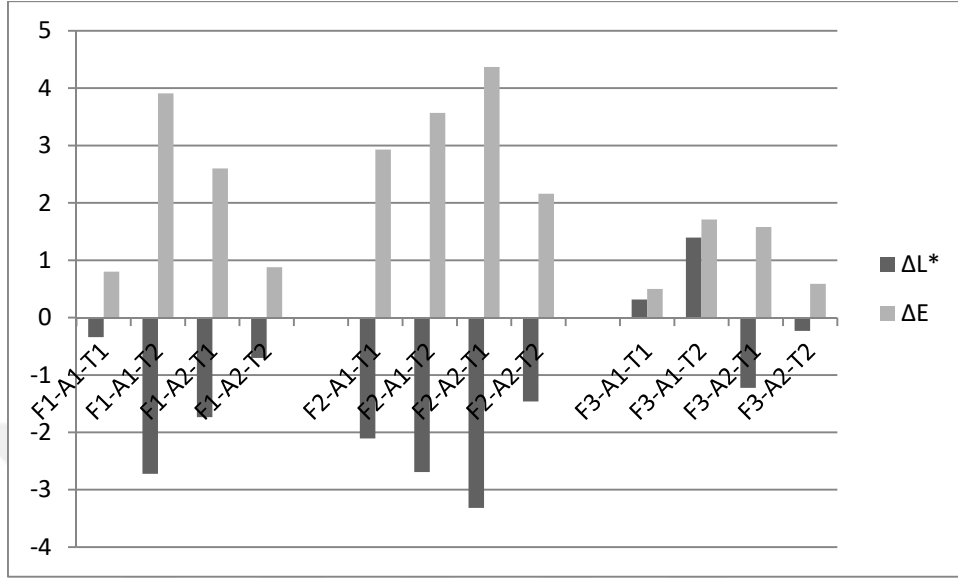
| Numune   | Renk Farkı Değerleri |              |              |              |            |              |
|----------|----------------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|
|          | $\Delta L^*$         | $\Delta a^*$ | $\Delta b^*$ | $\Delta C^*$ | $\Delta h$ | $\Delta E^*$ |
| F1-A1-T1 | -1.341               | 1.315        | 1.648        | 1.299        | 1.255      | 2.49         |
| F1-A1-T2 | -2.724               | 1.282        | 2.491        | 1.253        | 2.506      | 3.91         |
| F1-A2-T1 | -1.735               | 1.589        | 1.103        | 1.563        | 1.139      | 2.6          |
| F1-A2-T2 | -1.702               | 1.434        | 0.803        | 1.424        | 1.317      | 2,36         |
| F2-A1-T1 | -2.107               | 1.635        | 1.217        | 1.608        | 1.252      | 2.93         |
| F2-A1-T2 | -2.691               | 1.103        | 2.069        | 1.078        | 2.082      | 3.57         |
| F2-A2-T1 | -3.317               | 2.243        | 1.745        | 2.2          | 1.8        | 4.37         |
| F2-A2-T2 | -1.462               | 1.164        | 1.076        | 1.142        | 1.099      | 2.16         |
| F3-A1-T1 | 0.315                | -0.319       | -0.232       | -0.308       | 0.247      | 0.5          |
| F3-A1-T2 | 1.394                | -0.794       | -0.585       | -0.772       | 0.614      | 1.71         |
| F3-A2-T1 | -1.224               | 0.999        | 0.027        | 0.997        | 0.066      | 1.58         |
| F3-A2-T2 | -0.23                | 0.382        | -0.392       | 0.397        | 0.376      | 0.59         |

Çizelge 4.3. Sarı numunelerin işlemler sonrası renk değerlerindeki değişim

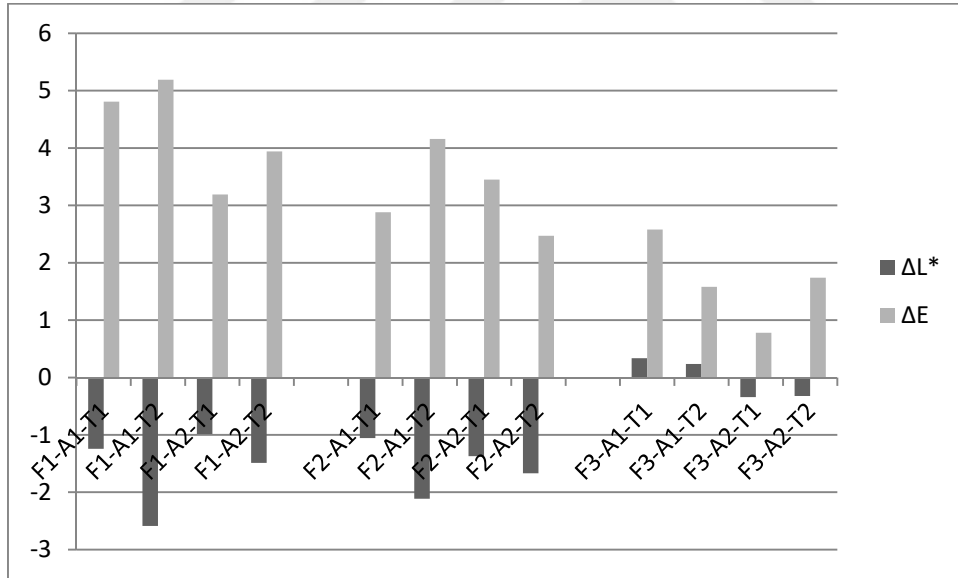
| Numune   | Renk Farkı Değerleri |              |              |              |            |              |
|----------|----------------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|
|          | $\Delta L^*$         | $\Delta a^*$ | $\Delta b^*$ | $\Delta C^*$ | $\Delta h$ | $\Delta E^*$ |
| F1-A1-T1 | -1.243               | 2.002        | 4.19         | 4.64         | 0.185      | 4.81         |
| F1-A1-T2 | -2.589               | 2.198        | 3.924        | 4.472        | 0.48       | 5.19         |
| F1-A2-T1 | -0.987               | 1.339        | 2.72         | 3.028        | 0.15       | 3.19         |
| F1-A2-T2 | -1.487               | 1.91         | 3.104        | 3.607        | 0.518      | 3.94         |
| F2-A1-T1 | -1.056               | 0.951        | 2.509        | 2.681        | 0.108      | 2.88         |
| F2-A1-T2 | -2.112               | 1.413        | 3.292        | 3.583        | 0.014      | 4.16         |
| F2-A2-T1 | -1.371               | 1.506        | 2.784        | 3.153        | 0.277      | 3.45         |
| F2-A2-T2 | -1.671               | 0.684        | 1.605        | 1.745        | 0.007      | 2.47         |
| F3-A1-T1 | 0.337                | -1.037       | -2.338       | -2.557       | 0.036      | 2.58         |
| F3-A1-T2 | 0.235                | -6.49        | -1.426       | -1.566       | 0.035      | 1.58         |
| F3-A2-T1 | -0.341               | 0.091        | -0.699       | -0.606       | 0.359      | 0.78         |
| F3-A2-T2 | -0.323               | -0.341       | -1.675       | -1.672       | 0.355      | 1.74         |



Şekil 4.2. Mavi renkte keten içerikli numunelerin işlem sonrası renk değişimleri



Şekil 4.3. Kırmızı renkte keten içerikli numunelerin işlem sonrası renk değişimleri



Şekil 4.4. Sarı renkte keten içerikli numunelerin işlem sonrası renk değişimleri

#### 4.3. Numunelerin SEM Analizi Sonuçları

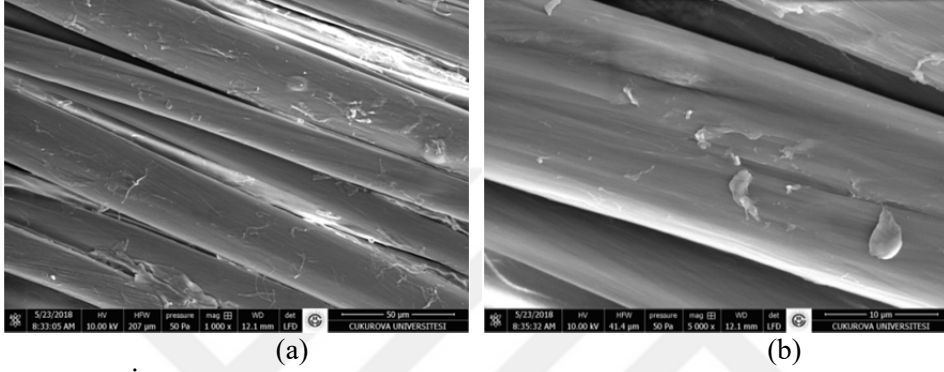
Çalışmada hazırlanan silika sol kaplamaların karakterizasyonu için uygulanan SEM (taramalı elektron mikroskobu) analizi sonucu x1000 ve x5000 büyütme ile elde edilmiş görüntüler Şekil 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13’de sunulmuştur. Sol-jel tekniği ile işlem gören numunelerin işlem görmemiş numuneye göre yüzey morfolojisinin açıkça değiştiği görülmektedir. Ketenin düzensiz lif yapısından dolayı kaplama da homojen değildir. Ayrıca kaplamanın lif yüzeyinde dağınık halde ve yontulmuş gibi görünmesi elastik olmayan kserojel kaplamadan kaynaklanmaktadır (Brzienski ve ark., 2011).

SiO<sub>2</sub> matrisi, keten lifin yüzeyini daha kalın hale getirmiştir. x1000 ile elde edilen görüntülerde lif çaplarının ortalaması F1 grubunda 19,541 µm; F2 grubunda 19,527 µm; işlem görmemiş numunenin ise 17,223 µm olarak hesaplanmıştır. Yüzeyin farklı bölgelerinde keskin kenarlı çok sayıda kaplama oluşmuştur. Ayrıca lif yüzeyinde farklı şekillerde parçacıklar görülmektedir. Lif yüzeyinin daha pürüzlü hale gelmesi numunenin serbest yüzey enerjisinin düşmesine, hidrofob (lotus efekti) hale gelmesine ve gelen ışığın yansımalarını düşürerek, renk kuvvetinin artmasına sebep olmaktadır (Saleemi ve Malik, 2014).

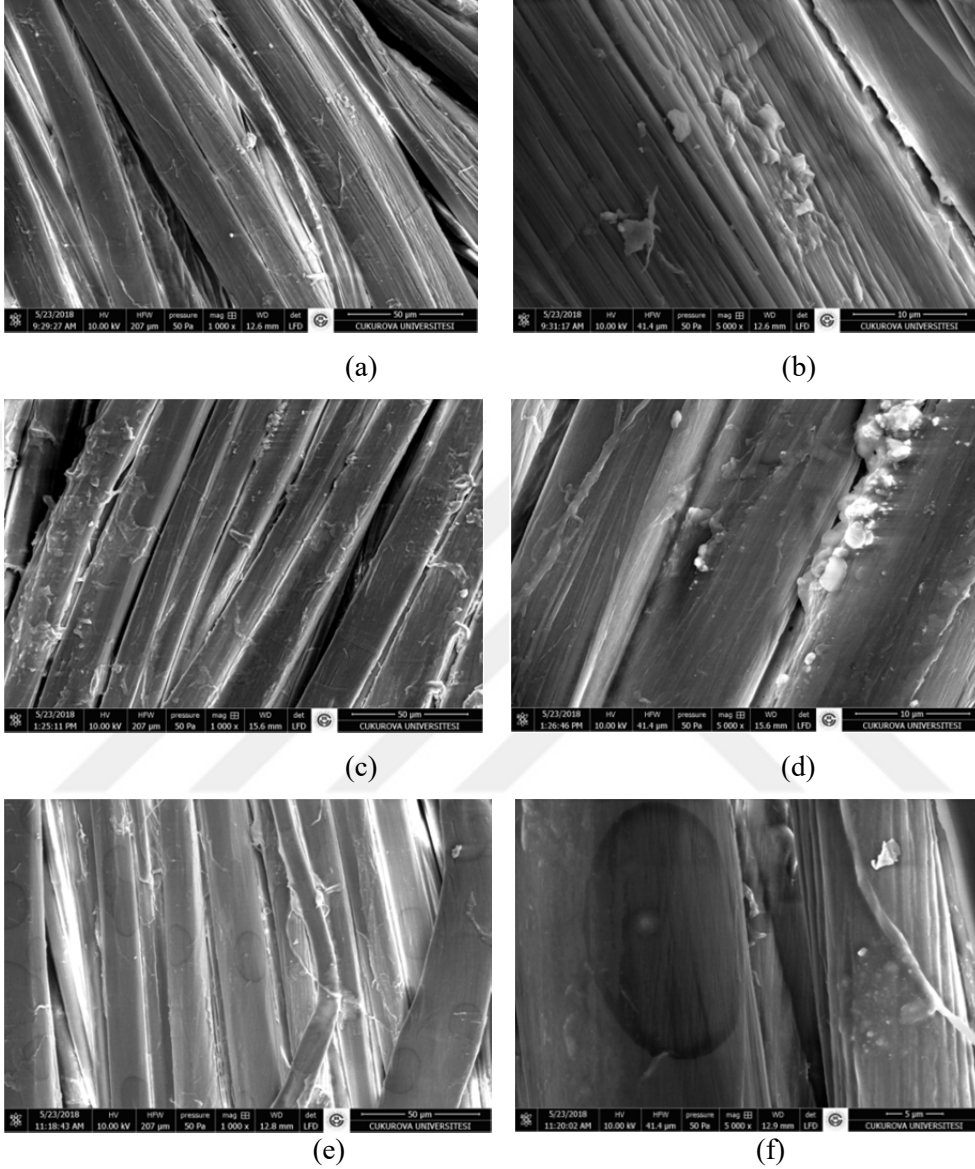
Numunelerin x1000 büyütme ile elde edilen görüntülerinde lif yüzeyini film şeklinde kaplayan bir tabaka olduğu görülürken; x5000 ile elde edilen görüntülerinde liflerin yüzeyinde üst üste kaplamaların olduğu, kaplama malzemesinin lif yüzeyinde aglomerasyon(yığılma) şeklinde olduğu gözlenmiştir.

L-askorbik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sollar (F1 grubu) ile 150°C’de işlem gören numunelerin x1000 büyütme ile elde edilen görüntülerinde (Şekil 4.7 a, b, c) lifler arasında köprü bağlarının olduğu görülmektedir. Aynı durum, bu gruptaki 120°C’de fikse işlemi görmüş numunelerde (Şekil 4.6) ortaya çıkmamıştır. Bu durumun; daha yüksek fikse sıcaklığının, l-askorbik asit katkılı GPTS içeren SiO<sub>2</sub> solüsyonunun jelleşme özelliğini değiştirmesinden ileri geldiği düşünülmektedir.

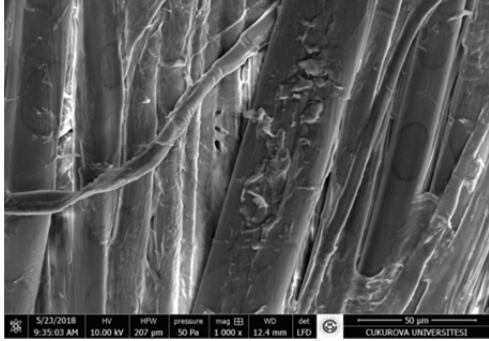
Silika sol ile işlem görmüş bazı numunelerin lif yüzeyinde oval/dairesel desenler (Şekil 4.6 (e,f), 4.12 (a) ) oluşmuştur. Bu desenlerin artan sıcaklık ile solüsyondan uzaklaşan etanol ve suyun içindeki hava kabarcıklarının bıraktığı iz olduğu tahmin edilmektedir.



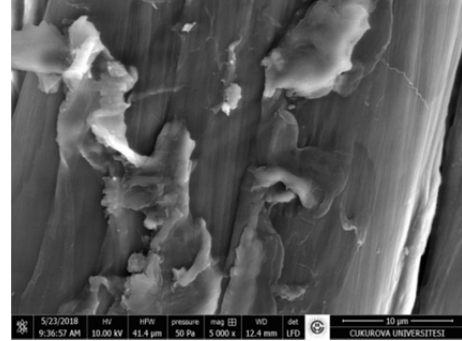
Şekil 4.5. İşlem görmemiş numunelerin SEM analizi görüntüleri; x1000 büyütme (a); x5000 büyütme (b)



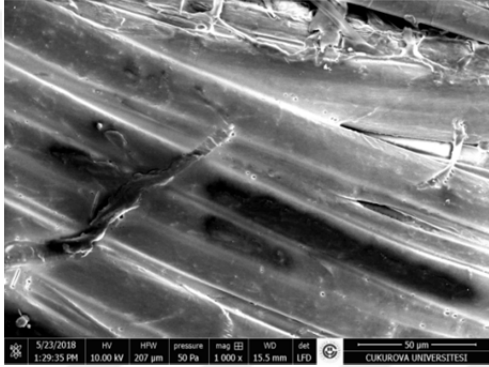
Şekil 4.6. L-askorbik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sol ile işlem görmüş ve 120°C’de fikse işlemi görmüş olan; x1000 büyütülmüş (a,c,e) sırasıyla mavi, kırmızı, sarı numuneler; x5000 büyütülmüş (b,d,f) sırasıyla mavi, kırmızı, sarı numuneler.



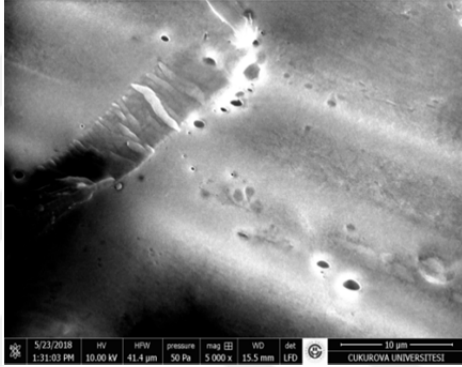
(a)



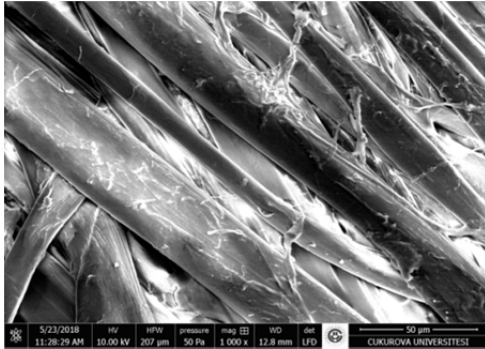
(b)



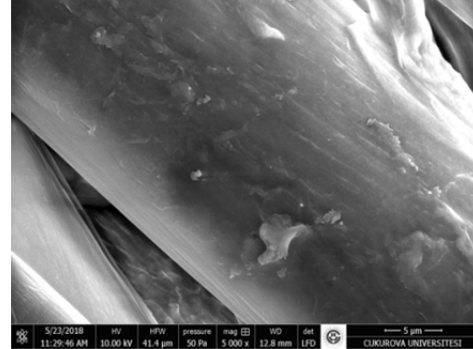
(c)



(d)

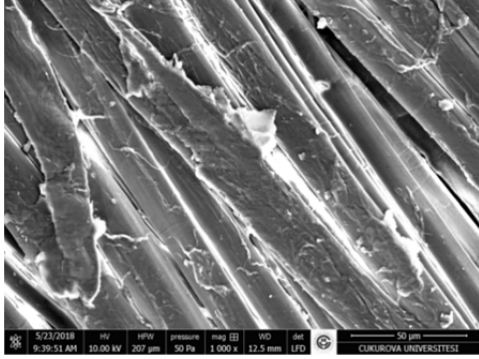


(e)

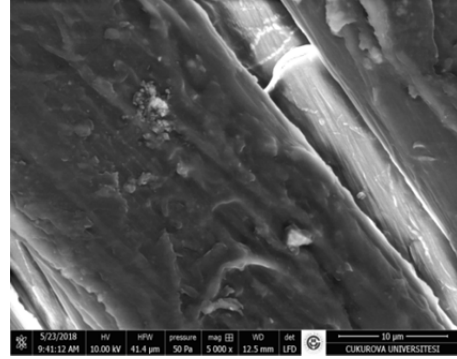


(f)

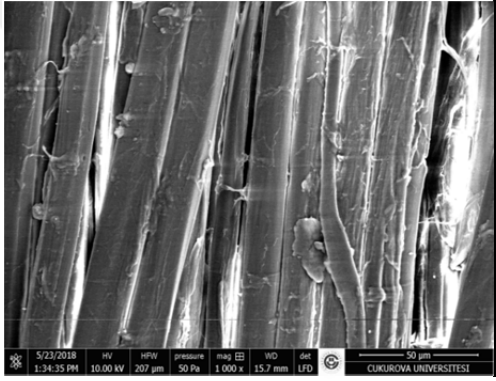
Şekil 4.7. L-askorbik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sol ile işlem görmüş ve 150°C’de fikse işlemi görmüş olan; x1000 büyütülmüş (a,c,e) sırasıyla mavi, kırmızı, sarı numuneler; x5000 büyütülmüş (b,d,f) sırasıyla mavi, kırmızı, sarı numuneler



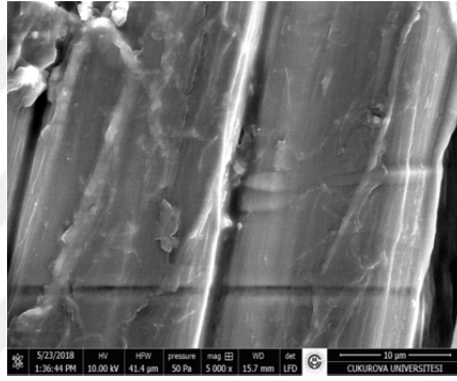
(a)



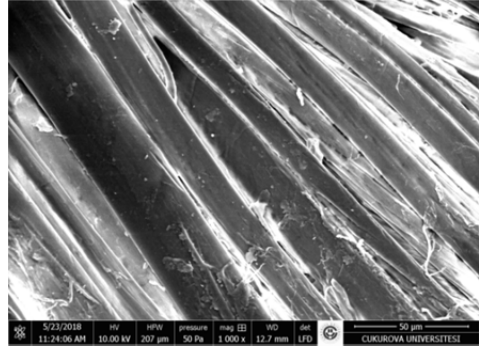
(b)



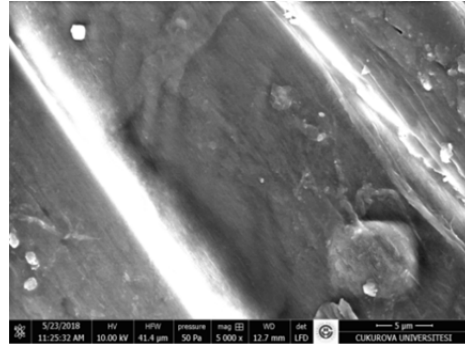
(c)



(d)

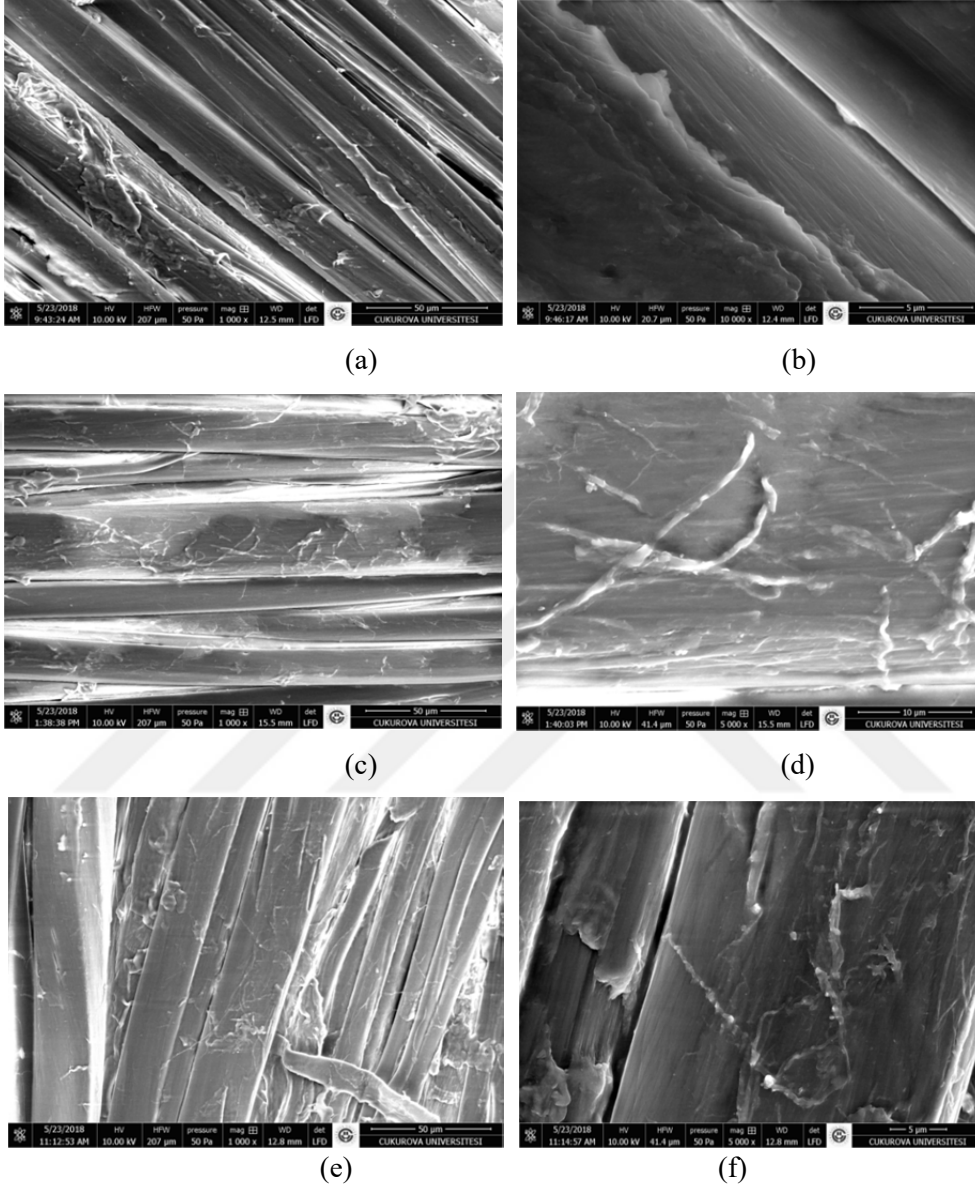


(e)

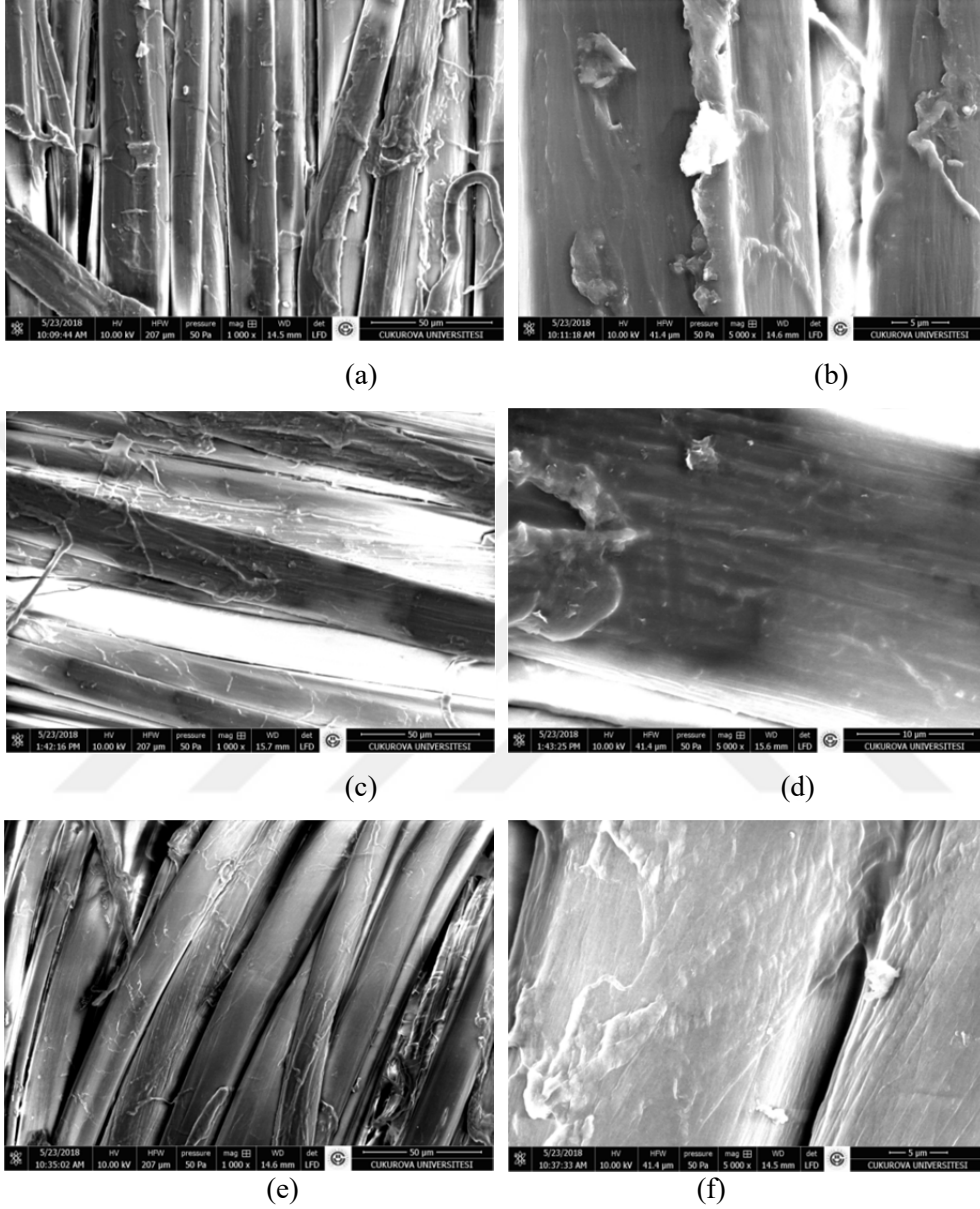


(f)

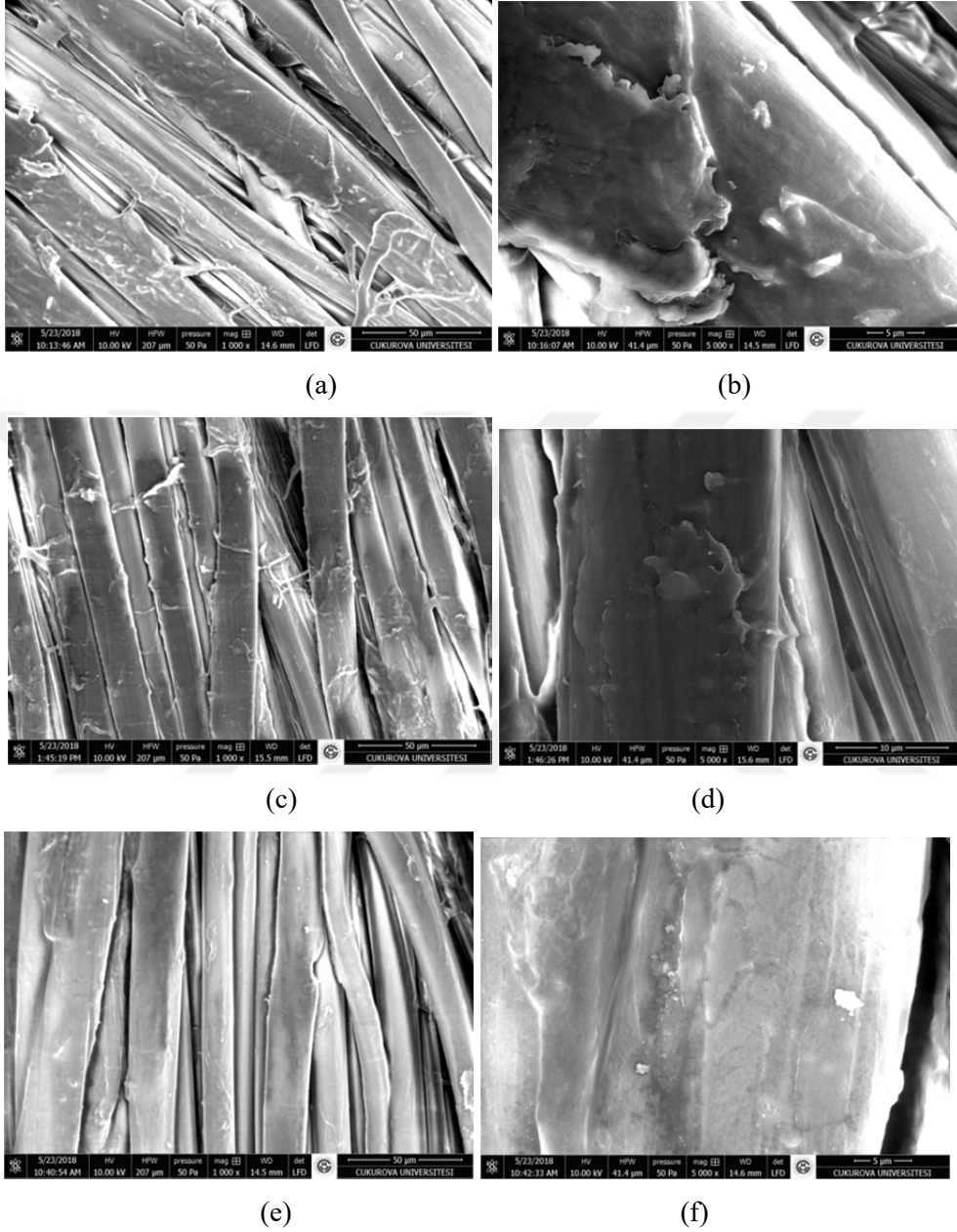
Şekil 4.8. Gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sol ile işlem görmüş ve 120°C’de fikse işlemi görmüş olan; x1000 büyütülmüş (a,c,e) sırasıyla mavi, kırmızı, sarı numuneler; x5000 büyütülmüş (b,d,f) sırasıyla mavi, kırmızı, sarı numuneler.



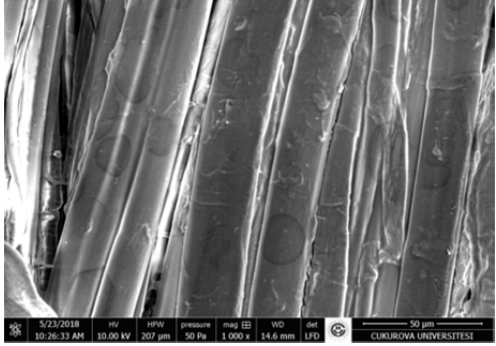
Şekil 4.9. Gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sol ile işlem görmüş ve 150°C’de fikse işlemi görmüş olan; x1000 büyütülmüş (a,c,e) sırasıyla mavi, kırmızı, sarı numuneler; x5000 büyütülmüş (b,d,f) sırasıyla mavi, kırmızı, sarı numuneler



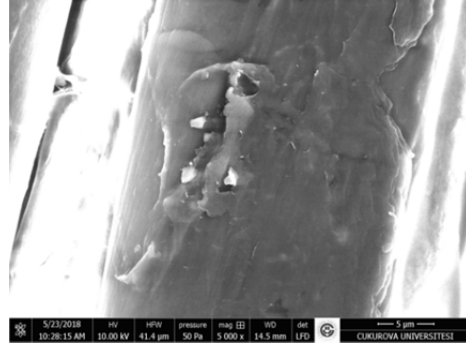
Şekil 4.10. L-askorbik asit katkılı çapraz bağlayıcı içermeyen silika sol ile işlem görmüş ve 120°C’de fiksasyon işlemi görmüş olan; x1000 büyütülmüş (a,c,e) sırasıyla mavi, kırmızı, sarı numuneler; x5000 büyütülmüş (b,d,f) sırasıyla mavi, kırmızı, sarı numuneler.



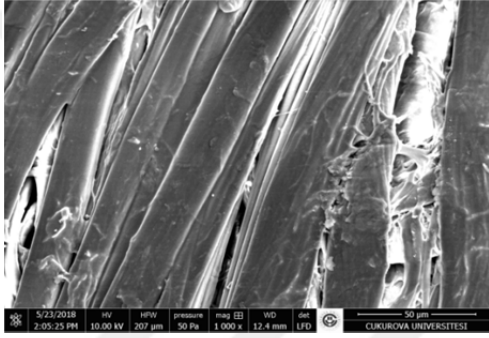
Şekil 4.11. L-askorbik asit katkılı çapraz bağlayıcı içermeyen silika sol ile işlem görmüş ve 150°C’de fıkse işlemi görmüş olan; x1000 büyütülmüş (a,c,e) sırasıyla mavi, kırmızı, sarı numuneler; x5000 büyütülmüş (b,d,f) sırasıyla mavi, kırmızı, sarı numuneler.



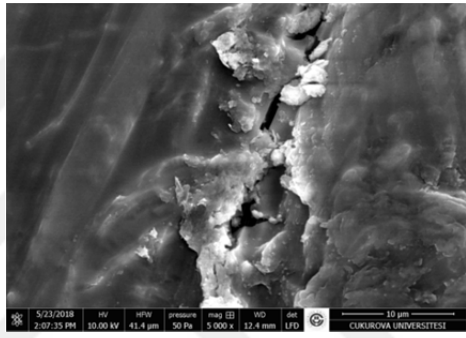
(a)



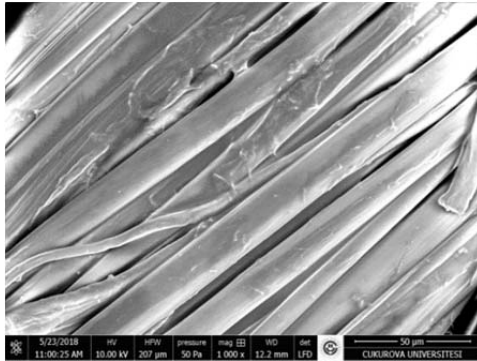
(b)



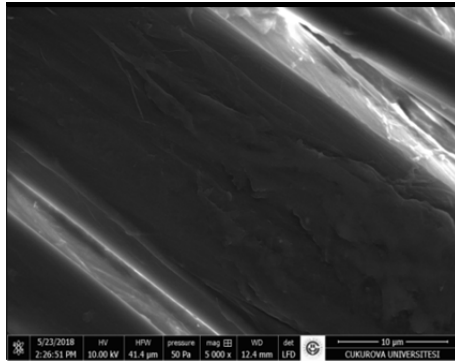
(c)



(d)

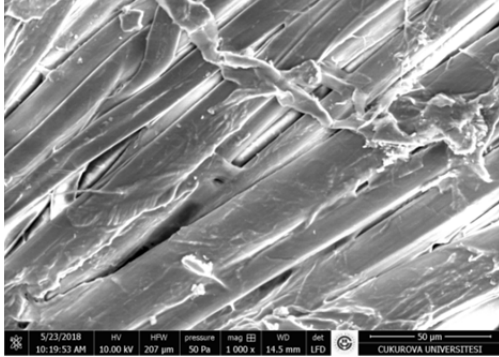


(e)

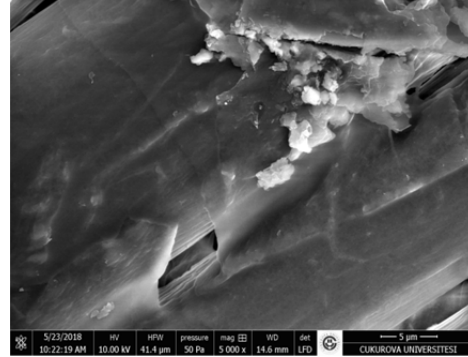


(f)

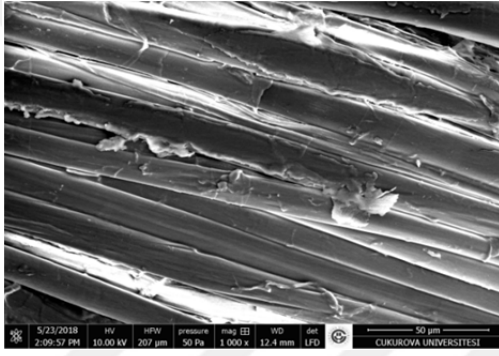
Şekil 4.12. Gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içermeyen silika sol ile işlem görmüş ve 120°C'de fikse işlemi görmüş olan; x1000 büyütülmüş (a,c,e) sırasıyla mavi, kırmızı, sarı numuneler; x5000 büyütülmüş (b,d,f) sırasıyla mavi, kırmızı, sarı numuneler.



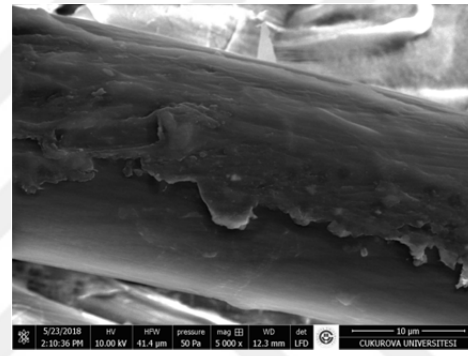
(a)



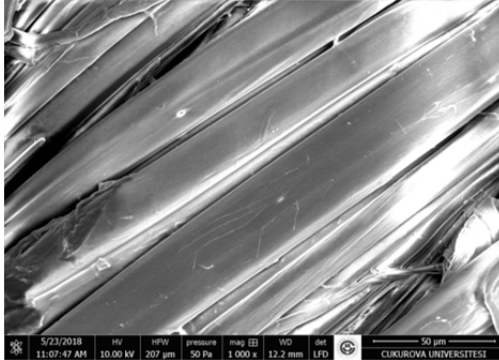
(b)



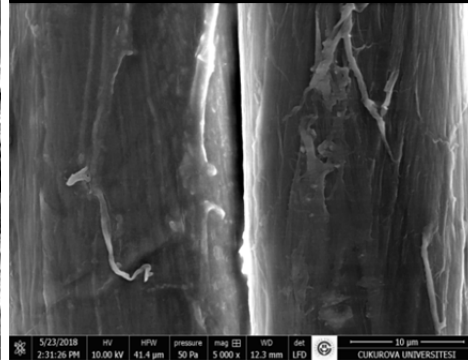
(c)



(d)



(e)



(f)

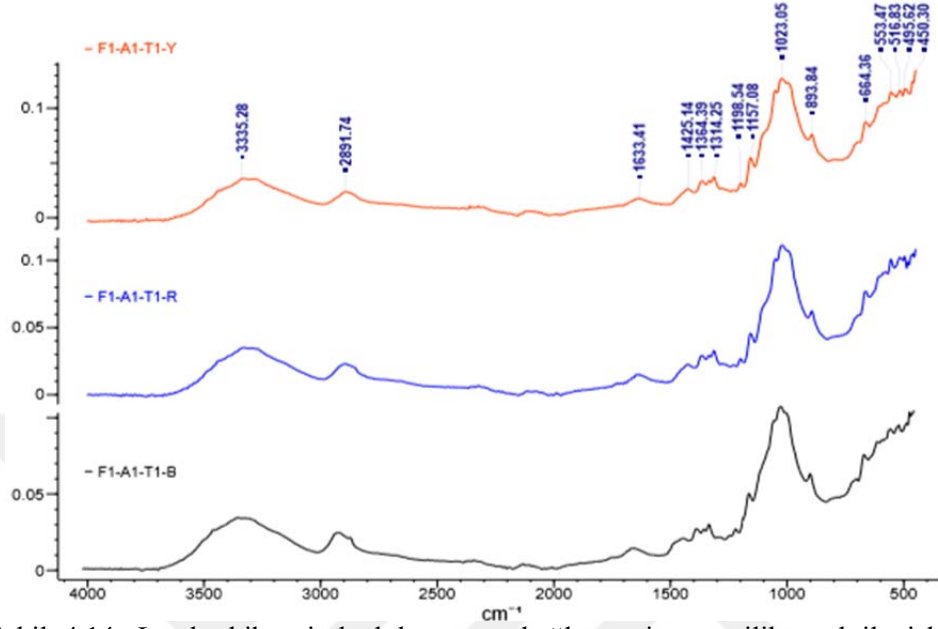
Şekil 4.13. Gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içermeyen silika sol ile işlem görmüş ve 150°C’de fikse işlemi görmüş olan; x1000 büyütülmüş (a,c,e) sırasıyla mavi, kırmızı, sarı numuneler; x5000 büyütülmüş (b,d,f) sırasıyla mavi, kırmızı, sarı numuneler

**4.4. Numunelerin FT/IR Analizi Sonuçları**

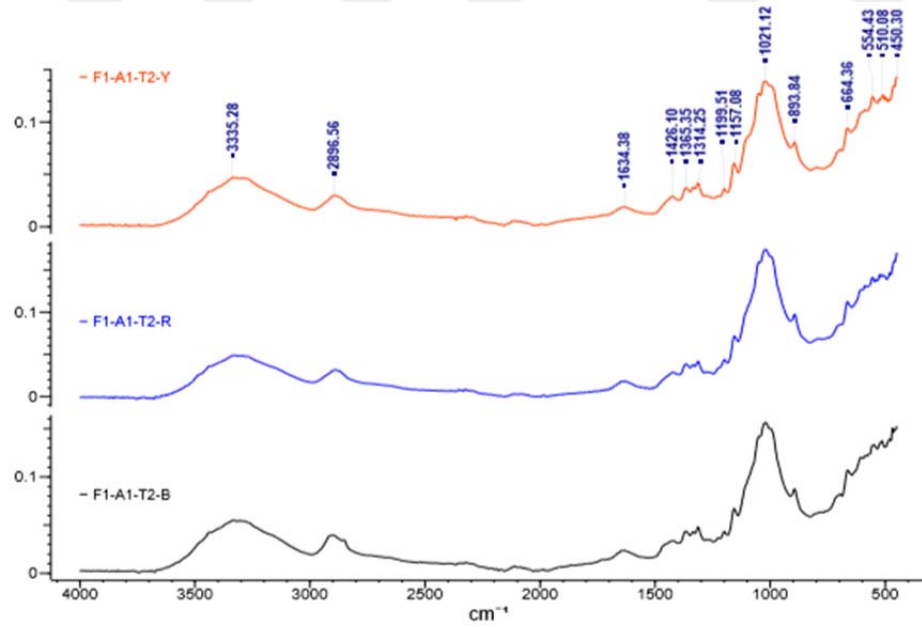
Çalışma kapsamında hazırlanan silika sol kaplamaların karakterizasyonu için yapılan FT/IR analizi sonuçları Şekil 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18, 4.19, 4.20, 4.21’de verilmiştir. Grafiklerde görüldüğü üzere antioksidan katkılı çapraz bağlayıcı içeren ve içermeyen silika sollarin spektrumdaki değişimleri birbirine oldukça yakın çıkmıştır. Pik değerleri arasındaki sayısal farklılıkların düşük olduğu görülmektedir.

Grafik üzerinde pik yapan bölgelerdeki  $3500-3200\text{ cm}^{-1}$  arasındaki pikler, gallik asit, l-askorbik asit ve selülozun yapısındaki OH gruplarının varlığını göstermektedir (Deligiannakis ve ark., 2012; Schramm ve ark., 2004). Bu titreşimler GPTS içeren silika sollar ile işlem gören numunelerde  $3331-3335\text{ cm}^{-1}$  arasında gezerken; GPTS içermeyen silika sollar ile işlem gören numunelerde  $3319-3335\text{ cm}^{-1}$  arasındadır. Silika sollarde çapraz bağlayıcı kullanımı kumaşa bağlanan kimyasal miktarını arttırdığı için titreşim ortalama olarak daha yüksek miktar çıkmıştır. Farklı fıkse sıcaklıklarının pik değerlerine belirgin bir etkisi olmamıştır.

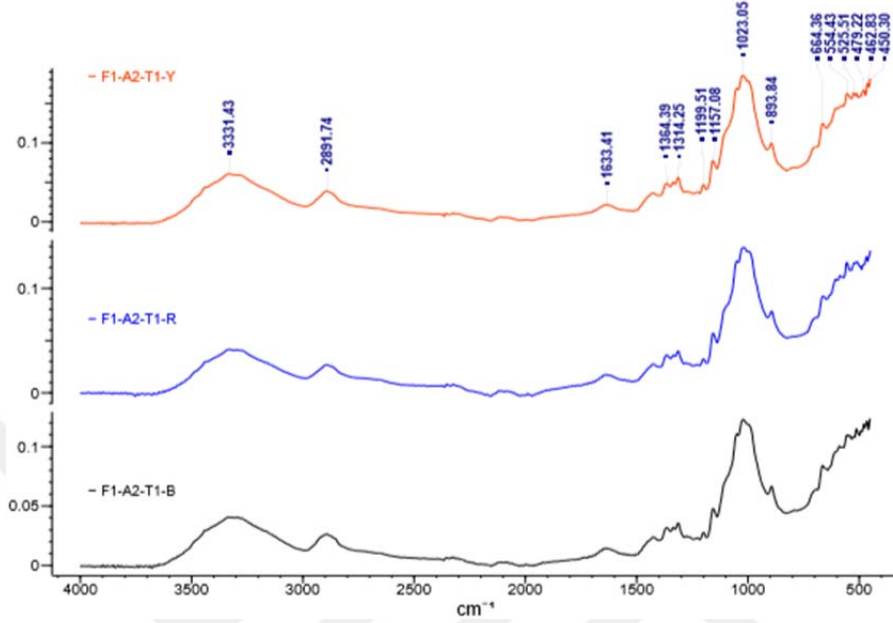
$1600-1020\text{ cm}^{-1}$  arasındaki titreşimler keten numunesi olduğu için selülozun C-O bağ modunu göstermektedir.  $893\text{ cm}^{-1}$  ve  $664\text{ cm}^{-1}$ ’de görülen pikler ise Si-O-Si partikülleri ile alakalıdır (Dhineshababu ve ark., 2016). Farklı işlemlerin bu frekans bandındaki değişimlerde belirgin bir etkisi olmamıştır.



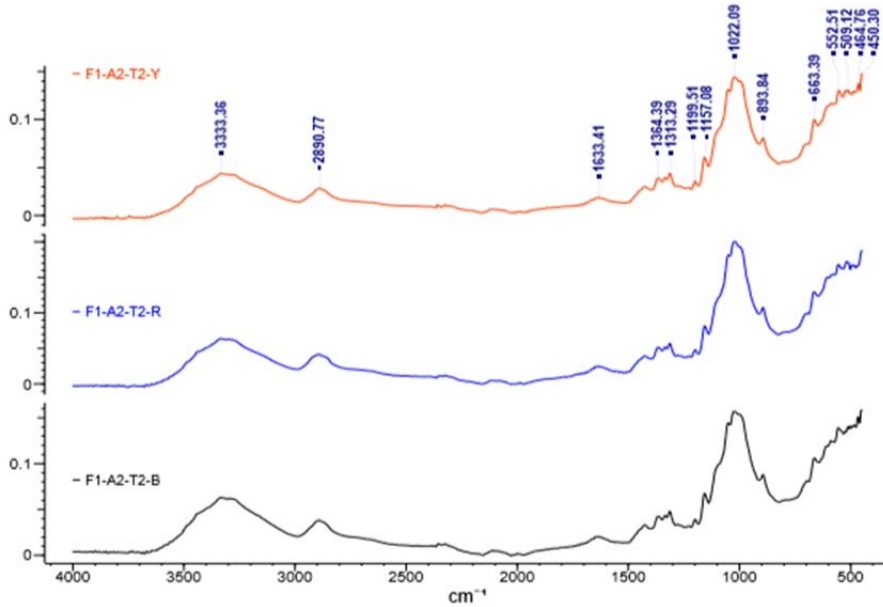
Şekil 4.14. L-askorbik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sol ile işlem görmüş ve 120°C’de fikse olmuş numunelerin FT/IR sonuçları



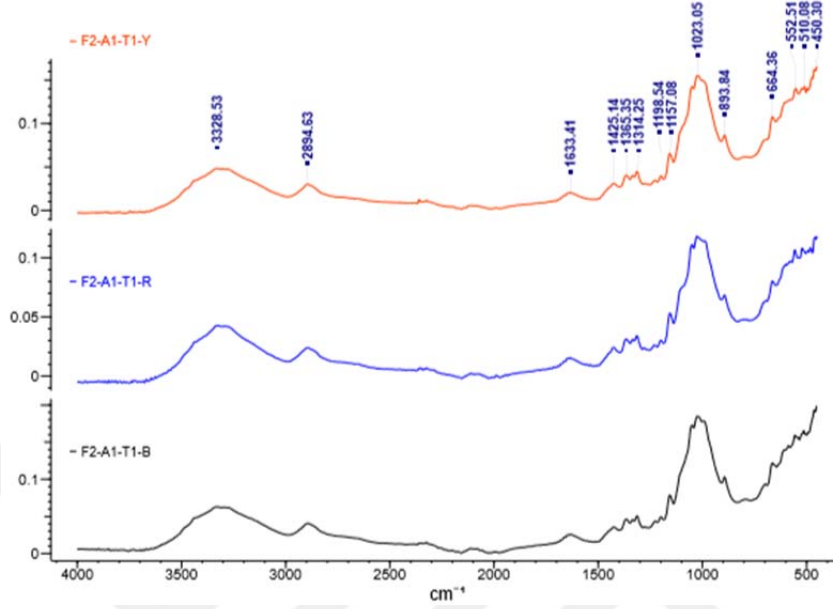
Şekil 4.15. L-askorbik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sol ile işlem görmüş ve 150°C’de fikse olmuş numunelerin FT/IR sonuçları



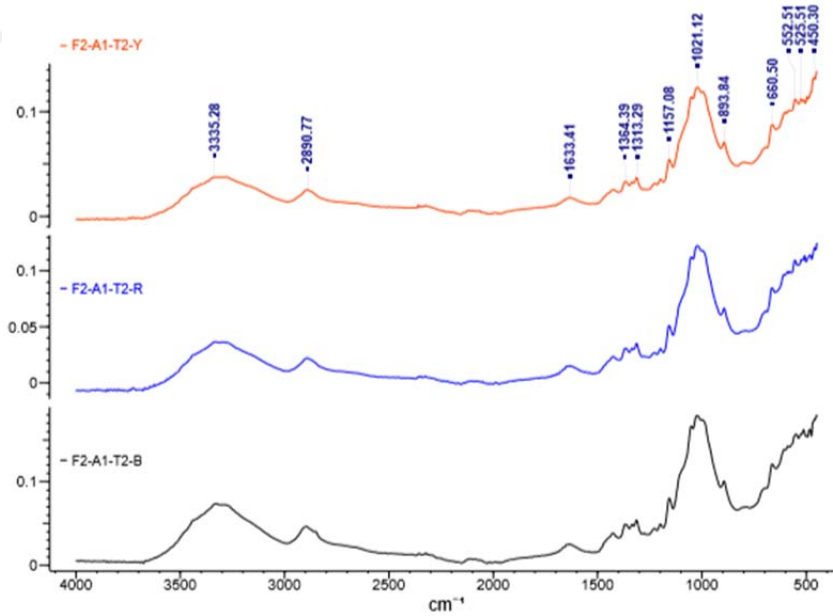
Şekil 4.16. Gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sol ile işlem görmüş ve 120°C’de fikse olmuş numunelerin FT/IR sonuçları



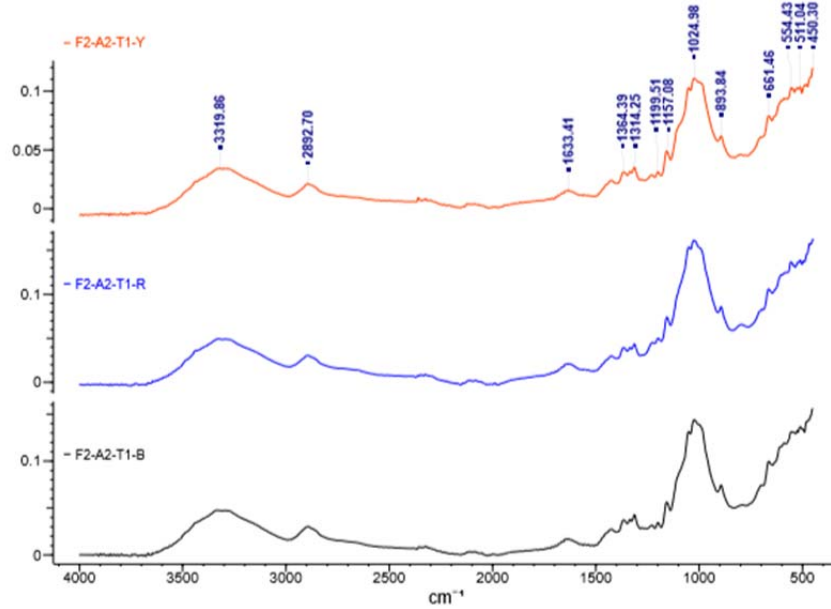
Şekil 4.17. Gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sol ile işlem görmüş ve 150°C’de fikse olmuş numunelerin FT/IR sonuçları



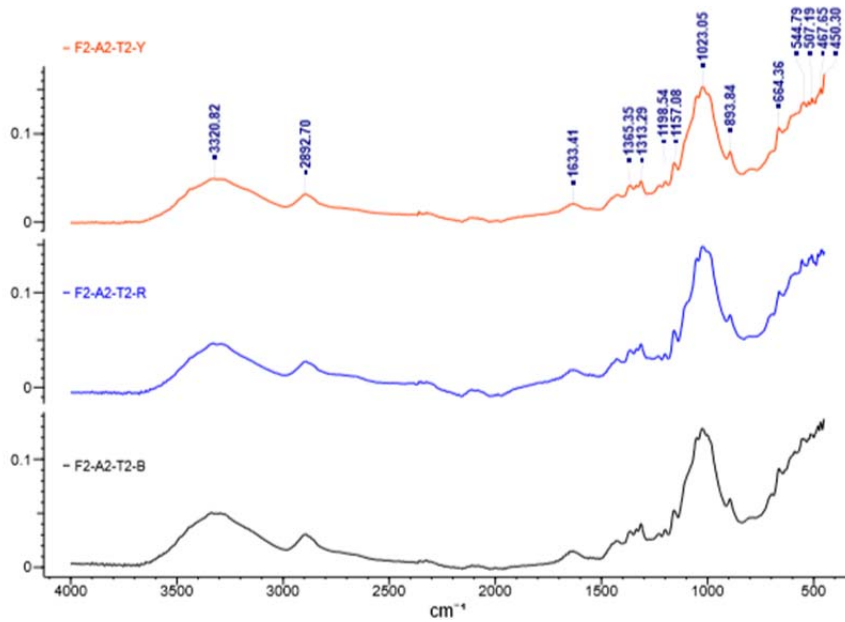
Şekil 4.18. L-askorbik asit katkılı çapraz bağlayıcı içermeyen silika sol ile işlem görmüş ve 120°C’de fıkse olmuş numunelerin FT/IR sonuçları



Şekil 4.19. L-askorbik asit katkılı çapraz bağlayıcı içermeyen silika sol ile işlem görmüş ve 150°C’de fıkse olmuş numunelerin FT/IR sonuçları



Şekil 4.20. Gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içermeyen silika sol ile işlem görmüş ve 120°C’de fiks olmuş numunelerin FT/IR sonuçları



Şekil 4.21. Gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içermeyen silika sol ile işlem görmüş ve 150°C’de fiks olmuş numunelerin FT/IR sonuçları

#### 4.5. Numunelerin Hava Geçirgenlik Testi Sonuçları

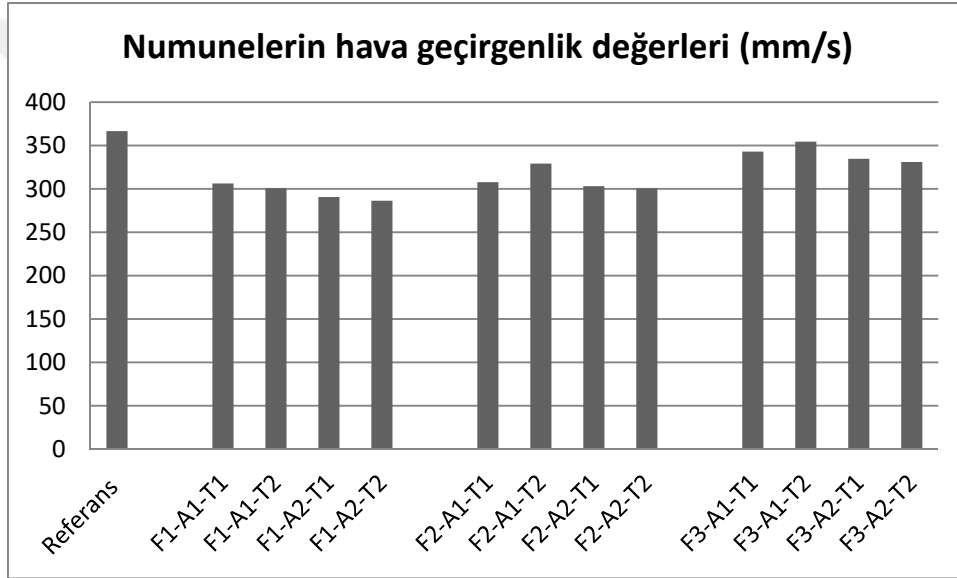
Çalışmada elde edilen silika sol kaplamanın, kumaşa jel formunda bağlanmasıyla kumaşın açık yüzeyini kapayıp kapamadığını tespit etmek için numunelere hava geçirgenlik testleri uygulanmıştır. İşlem görmüş ve görmemiş numunelerin mm/s cinsinden hava geçirgenlik değerleri Çizelge 4.4'te sunulmuştur. En yüksek hava geçirgenlik değerinin beklendiği gibi işlem görmemiş numuneye ait olduğu görülmektedir. Genel olarak tüm parametreler göz önüne alınarak değerlendirildiğinde; silika sol kullanımının kumaşların hava geçirgenliğine belirgin bir etkisinin olduğu görülürken; çapraz bağlayıcı kullanımının, fikse sıcaklığının ve antioksidan farklılığının bu özelliğe bir etkisi bulunmamıştır.

Silika sol uygulanmış numunelerin (F1, F2 grubu) hava geçirgenlik değerlerinde belli miktarda düşüş gözlenmiştir. Ancak bu değişim Şekil 4.22'de görüldüğü gibi kumaş yüzeyini tamamen kapatacak bir düşüş değildir. Numunelerin SEM analizi ile elde edilen görüntülerinde, uygulanan sol-jel tekniğinin liflerin yüzeyini kapladığı ve lif çapını kalınlaştırdığı tespit edilmiştir. Bu doğrultuda kalınlaşan lif çapıyla kumaş gözeneklerinin bir miktar küçüldüğü, dolayısıyla kaplamanın ipliklerin yapısında bulunan boşlukları doldurduğu ve kumaştan geçen belli süredeki hava miktarının düşmesine sebep olduğu ortaya çıkmıştır. Bunun yanında sol-jel işlemine tabi tutulmuş bir tekstil yüzeyinin hava geçirgenlik derecesinin spesifik değişimi sadece sol tarafından değil kullanılan tekstil ile ilgili birçok parametreden (doku türü, kalınlık, tüylülük, sol maddesi ile yapıdan uzaklaşan hacim verici malzemeler) de etkilenmektedir (Mahltig ve Textor, 2008). Nanosol uygulamalarında, diğer yöntemlere nispeten daha ince elde edilen kaplamalar tekstil malzemelerinin açık yapısını kapatmamaktadır. Bu nedenle geçirgenliği yüksek derecelerde etkilememektedir.

Sadece sulu antioksidan çözeltileri ile işlem görmüş numunelerde (F3 grubu) yine beklendiği gibi referans numuneye yakın değerlerde hava geçirgenlik derecesi elde edilmiştir. İşlem görmemiş numuneye göre hava geçirgenliği bir miktar düşük çıkmıştır. Bu durumun asidik işlem sonucu gevşeyen ipliğin ekseninden çıkan liflerin tüylülüğe neden olması ve kumaş gözeneklerini kapatmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.4. İşlem görmüş ve görmemiş numunelerin hava geçirgenlik değerleri

| Numune   | Hava Geçirgenlik Değeri (mm/s) | Numune   | Hava Geçirgenlik Değeri (mm/s) | Numune   | Hava Geçirgenlik Değeri (mm/s) |
|----------|--------------------------------|----------|--------------------------------|----------|--------------------------------|
| F1-A1-T1 | 306,23                         | F2-A1-T1 | 307,78                         | F3-A1-T1 | 342,91                         |
| F1-A1-T2 | 300,72                         | F2-A1-T2 | 329,17                         | F3-A1-T2 | 354,50                         |
| F1-A2-T1 | 290,64                         | F2-A2-T1 | 303,13                         | F3-A2-T1 | 334,66                         |
| F1-A2-T2 | 286,28                         | F2-A2-T2 | 300,63                         | F3-A2-T2 | 331,00                         |
| Referans | 366,63                         |          |                                |          |                                |



Şekil 4.22. Numunelerin hava geçirgenlik değerleri

#### 4.6. Numunelerin Yumuşaklık Testi Sonuçları

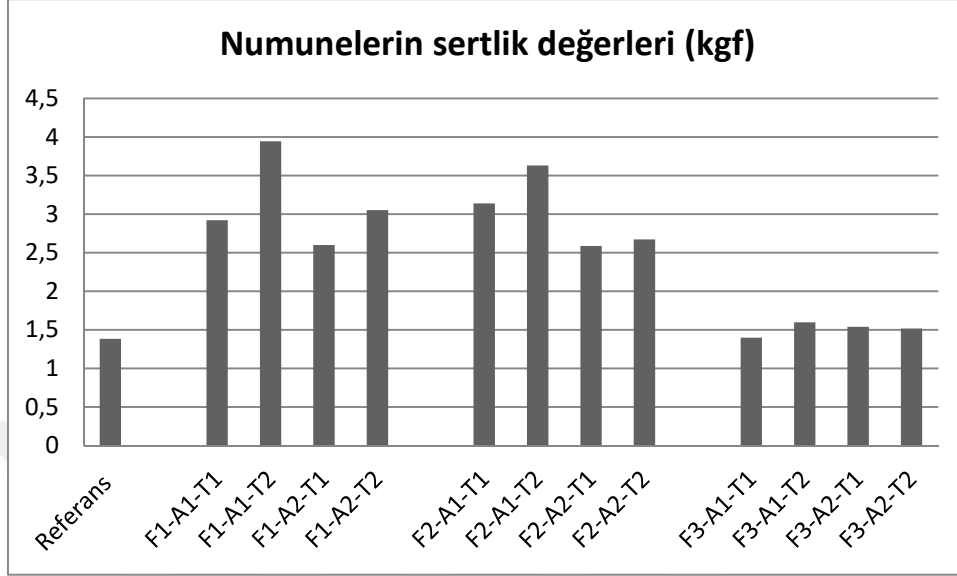
Çalışmada işlem görmüş ve görmemiş numunelere uygulanmış yumuşaklık test sonuçları Çizelge 4.5 ve Şekil 4.23’de verilmiştir. İşlem görmemiş numunelerin ve sadece sulu antioksidan çözeltileri ile işlem görmüş numunelerin yumuşaklık dereceleri birbirine oldukça yakinken; silika sol ile işlem görmüş numunelerin (F1 ve F2 grubunda) yumuşaklık dereceleri oldukça düşük çıkmıştır. Sadece sulu antioksidan çözeltisi kumaşta sertliğe neden olmamıştır.

Silika sol ile yapılan kaplamalar ise numuneleri sert hale getirmiştir. Özellikle içindeki katı konsantrasyon miktarı arttıkça nanosol kaplamaların yapıda sertleşmeye neden olması beklenen bir durumdur (Mahltig ve ark., 2005). Düşük esnekliğe sahip inorganik kaplama malzemeler, uygulandıkları yapıda sertliğe neden olmaktadır. Malzemede rijitliğin istenmediği durumlarda sol kompozisyonuna yumuşatıcı, polisiloksan gibi maddeler ilave edilerek sertliğin önüne geçmek mümkündür (Wei, 2009).

Grafik incelendiğinde; özellikle F1 ve F2 gruplarındaki l-askorbik asit ve gallik asit ile 150°C’de işlem gören numunelerde sertlik oranı 120°C’de fıkse olmuş muadil numunelere göre nispeten yüksek çıkmıştır. Hazırlanan silika sol, antioksidan ile birlikte daha yüksek sıcaklıkta (150°C) kserojel yapının daha rijit hale gelmesine neden olmuştur. En yüksek derecede rijitliğe neden olan antioksidan ise 150°C sıcaklıkta l-askorbik asit olmuştur. Genellikle kaplama maddesinin malzemeye nüfuz etme miktarı arttıkça kumaşın sertliği de artmaktadır (Bulut ve Sülar, 2010). Daha önceki bölümde; numunelerde en yüksek kütle artışına, l-askorbik asit katkılı silika soler ile yapılan işlemlerinin neden olduğu (Şekil 4.1) görülmüştür, bu doğrultuda en yüksek sertlik derecesine sahip olanlar da bu numuneler çıkmıştır.

Çizelge 4.5. İşlem görmüş ve görmemiş numunelerin sertlik değerleri

| Numune   | Stiffness Test Sonucu (kgf) | Numune   | Stiffness Test Sonucu (kgf) | Numune   | Stiffness Test Sonucu (kgf) |
|----------|-----------------------------|----------|-----------------------------|----------|-----------------------------|
| F1-A1-T1 | 2,920                       | F2-A1-T1 | 3,139                       | F3-A1-T1 | 1,398                       |
| F1-A1-T2 | 3,943                       | F2-A1-T2 | 3,631                       | F3-A1-T2 | 1,597                       |
| F1-A2-T1 | 2,598                       | F2-A2-T1 | 2,587                       | F3-A2-T1 | 1,538                       |
| F1-A2-T2 | 3,051                       | F2-A2-T2 | 2,671                       | F3-A2-T2 | 1,515                       |
| Referans | 1,384                       |          |                             |          |                             |



Şekil 4.23. Numunelerin yumuşaklık testi sonuçları

#### 4.7. Numunelerin Hidrofilite Testi Sonuçları

Tez çalışması kapsamında kimyasallar ile işlem görmüş numunelerin hidrofilite tayini ‘Batma Testi’ne göre yapılmıştır (Çizelge 4.6). Her numunenin batma süresi ortalamaları, 0-50 saniye arası çok iyi, 50-100 saniye arası orta, 100 saniye üstü ise kötü hidrofilite derecesi şeklindeki kriterler üzerinden değerlendirilmiştir. İşlem görmemiş keten içerikli numunede beklendiği gibi çok iyi hidrofilite derecesi elde edilmiştir. Sadece sulu antioksidan ile işlem gören, üstünde kaplama malzemesi olmayan keten içerikli numunelerin batma süresi 50 saniyenin altında çıkmış ve çok iyi derecede hidrofilite özelliği göstermiştir.

F1 ve F2 grubunda bulunan silika sol kaplamalı numunelerde ise batma süresi 100 saniyenin üzerinde çıkmıştır. Bu da çalışmada uygulanan sol-jel işleminin tekstil yüzeyinde düşük yüzey enerjisine neden olduğunu göstermektedir. Çalışmada başlatıcı maddenin (TEOS) hidrolizasyonu bazik ortamda gerçekleştirilmiştir. Sol-jel yönteminde TEOS maddesi bazik ortamda hidrolize olduğunda nano parçacıkların yapısı genişlediği için daha stabil hale gelir ve yüzey

üzerine yerleştğinde yüzeyde pürüzlülüğe yol açar. Nano parçacıklarının yüzeyinde var olan fazla miktardaki hidroksil gruplarından dolayı malzemenin serbest yüzey enerjisi düşer ve bu şekilde süperhidrofobik yüzeyler meydana gelir (Berendjchi ve ark., 2013).

Çizelge 4.6. İşlem görmüş ve görmemiş numunelerin hidrofilite dereceleri

| Numune   | Batma Süresi | Hidrofilite Derecesi |
|----------|--------------|----------------------|
| F1-A1-T1 | > 100 sn     | Kötü                 |
| F1-A1-T2 | >100 sn      | Kötü                 |
| F1-A2-T1 | >100 sn      | Kötü                 |
| F1-A2-T2 | >100 sn      | Kötü                 |
| F2-A1-T1 | >100 sn      | Kötü                 |
| F2-A1-T2 | >100 sn      | Kötü                 |
| F2-A2-T1 | >100 sn      | Kötü                 |
| F2-A2-T2 | >100 sn      | Kötü                 |
| F3-A1-T1 | 3,27 sn      | Çok İyi              |
| F3-A1-T2 | 4,07 sn      | Çok İyi              |
| F3-A2-T1 | 3,51 sn      | Çok İyi              |
| F3-A2-T2 | 4,46 sn      | Çok İyi              |
| Referans | 3,37 sn      | Çok İyi              |

#### 4.8. Numunelerin Kalınlık Testi Sonuçları

Çalışmada işlem görmüş ve işlem görmemiş numunelere ait kumaş kalınlıklarının ortalama değerleri Çizelge 4.7 ve Şekil 4.24'te verilmiştir. Hiç işlem görmemiş olan numunenin kumaş kalınlığının işlem görmüş numunelere göre daha düşük olduğu görülmektedir. En yüksek kumaş kalınlığının ise l-askorbik katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sollar ile işlem görmüş numunelerde olduğu ortaya çıkmıştır. Bu numunelerin SEM analizi ile incelenen görüntülerinde; lifler arasında köprü bağlarının olduğu ve solüsyonun jelleşme özelliğinin diğerlerinden farklı olduğu görülmüştür (Şekil 4.7). Elde edilen sonucun l-askorbik katkılı GPTS içeren silika sol kaplamanın lif yüzeyinde daha kalın yerleşmesi ile hem işlem sonrası kütle artışı en çok bu numunelerde görülmüş (Şekil 4.1) hem de bu durum kumaş

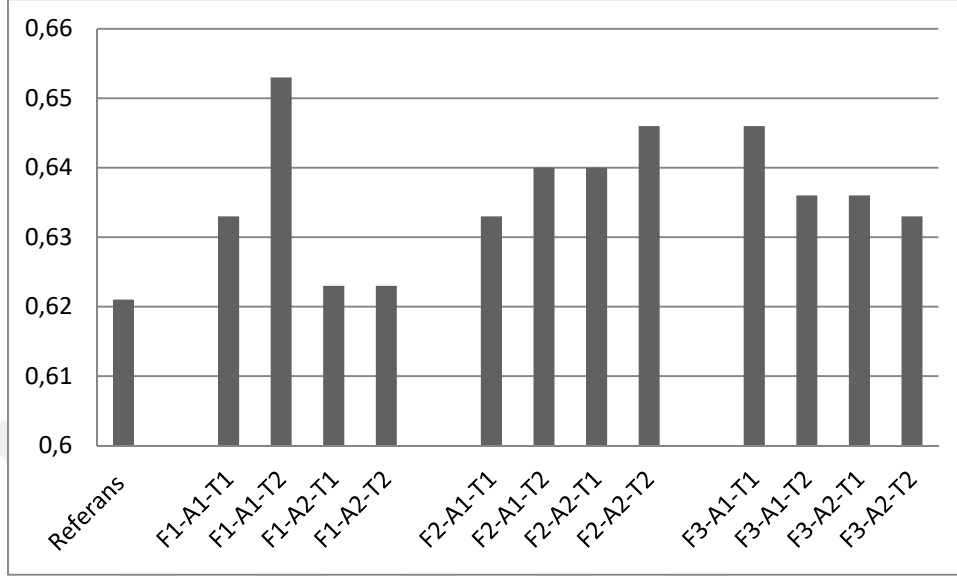
kalınlığının artmasına sebep olmuştur. Silika sollerde çapraz bağlayıcı kullanımının kumaş kalınlığına belirgin bir etkisi olmamıştır.

Fikse sıcaklığının numunelerin kalınlığına etkisi incelendiğinde; silika sol ile işlem gören numunelerin (F1 ve F2 grubu) 150°C sıcaklıkta daha kalın hale geldiği görülmüştür. Daha yüksek sıcaklıkta lif yüzeyine daha fazla miktarda kaplamanın bağlandığı ve hacmi arttırarak kumaşı daha kalın hale getirdiği söylenebilmektedir.

Sadece antioksidan çözeltisi ile işlem görmüş numunelerin yüzeyinde kaplama olmadığı halde referans numuneye göre biraz daha kalın olduğu görülmektedir. Bunun da asidik yapıya sahip olan antioksidan çözeltileri ile işlem görmüş keten içerikli numunelerin lif yapısının yer yer bozulmasından dolayı liflerin iplik ekseninden ve kumaş yüzeyinden çıkıp, yüzeyi daha tüylü hale getirmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.7. İşlem görmüş ve görmemiş numunelerin kalınlık değerleri

| Numune   | Kumaş Kalınlığı (mm) | Numune   | Kumaş Kalınlığı (mm) | Numune   | Kumaş Kalınlığı (mm) |
|----------|----------------------|----------|----------------------|----------|----------------------|
| F1-A1-T1 | 0,633                | F2-A1-T1 | 0,633                | F3-A1-T1 | 0,646                |
| F1-A1-T2 | 0,653                | F2-A1-T2 | 0,640                | F3-A1-T2 | 0,636                |
| F1-A2-T1 | 0,623                | F2-A2-T1 | 0,640                | F3-A2-T1 | 0,636                |
| F1-A2-T2 | 0,623                | F2-A2-T2 | 0,646                | F3-A2-T2 | 0,633                |
| Referans | 0,621                |          |                      |          |                      |



Şekil 4.24. Numunelerin kalınlık değerleri

#### 4.9. Numunelerin Yırılma Dayanımı Testi Sonuçları

Tez kapsamında işlem görmüş numunelere ve işlem görmemiş referans numunelerine ait yırtılma dayanımı sonuçları Çizelge 4.8, Şekil 4.25'te sunulmuştur. Beklendiği gibi kumaşların çözgü yönündeki birim uzunluğunda daha fazla iplik bulunduğu için numunelerin bu yöndeki yırtılma dayanımları atkı yönüne göre daha yüksek çıkmıştır.

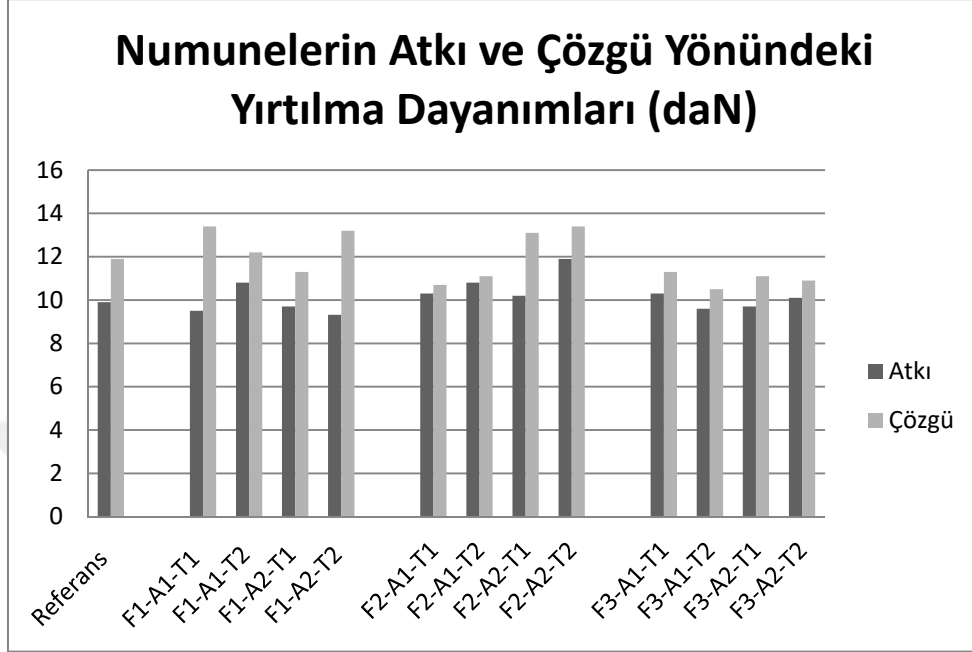
Sonuçlar incelendiğinde; F1 grubunda silika sol ile işlem görmüş numunelerin genel olarak atkı ve çözgü yönündeki dayanımlarının fazla değişmediği görülmektedir. Kimyasal bir işlem olarak sol-jel tekniğinin, malzemenin dayanımını önemsenmeyecek derecede değiştirmesi tekstil açısından önemlidir. Bu gruptaki numunelerin yırtılma dayanımlarında atkı yönünde bir miktar düşüş; çözgü yönünde ise artış olduğu görülmüştür. Bu grupta; antioksidan, fikse sıcaklığı gibi parametrelerin yırtılma dayanımlarına etkisinin belirgin olmadığı görülmektedir.

F2 grubundaki numuneler incelendiğinde; atkı ve çözgü yönündeki dayanımların yine bir miktar değiştiği görülmektedir. Çapraz bağlayıcı kullanımının etkisinin, F1 ve F2 grubundaki numunelerin yırtılma dayanımları arasında anlamlı bir farklılık yaratmadığı sonucuna varılmıştır. Bu gruplarda bulunan numunelerin dayanımlarındaki kısmi artışlar; lifler üzerindeki silika sol kaplamanın iplikleri yırtılmaya karşı bir miktar korumasından, dayanımın azaldığı kısımlarda ise kimyasal bir işlem olmasından dolayı o bölgede bulunan lif/iplikleri zayıflatmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sadece sulu antioksidan çözeltileri ile işlem gören numunelerin (F3) yırtılmaya karşı dayanımları genel olarak bir miktar düşmüştür. Bunun da asidin keten lifinin yapısına zarar vermesi ve dolayısıyla kumaş mukavemetinin düşmesiyle alakalı olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 4.8. Numunelerin yırtılma dayanımı sonuçları

| Numune   | Yırtılma Dayanımı (daN) |       | Numune   | Yırtılma Dayanımı (daN) |       | Numune   | Yırtılma Dayanımı (daN) |       |
|----------|-------------------------|-------|----------|-------------------------|-------|----------|-------------------------|-------|
|          | Atkı                    | Çözgü |          | Atkı                    | Çözgü |          | Atkı                    | Çözgü |
| F1-A1-T1 | 9,5                     | 13,4  | F2-A1-T1 | 10,3                    | 10,7  | F3-A1-T1 | 10,3                    | 11,3  |
| F1-A1-T2 | 10,8                    | 12,2  | F2-A1-T2 | 10,8                    | 11,1  | F3-A1-T2 | 9,6                     | 10,5  |
| F1-A2-T1 | 9,7                     | 11,3  | F2-A2-T1 | 10,2                    | 13,1  | F3-A2-T1 | 9,7                     | 11,1  |
| F1-A2-T2 | 9,32                    | 13,2  | F2-A2-T2 | 11,9                    | 13,4  | F3-A2-T2 | 10,1                    | 10,9  |
| Referans | 9,9                     | 11,9  |          |                         |       |          |                         |       |



Şekil 4.25. Numunelerin yırtılma dayanımları

#### 4.10. Numunelerin Aşınma Dayanımı Testi Sonuçları

İşlem gören ve işlem görmeyen numunelerin Martindale test cihazında 2500, 5000, 7500, 10.000, 15.000 devir aşındırma sonucunda ilk ağırlıklarına göre kütlelerindeki değişim Çizelge 4.9 ve Şekil 4.26, 4.27, 4.28’de sunulmuştur. GPTS içeren silika sol ile işlem görmüş tüm numunelerin (F1), işlem görmemiş referans numuneye göre kütle kaybı yüzdeleri daha düşük çıkmıştır. İşlem görmemiş numunelerin 15.000 devir sonucunda yüzde kütle kaybı ortalaması % 11,27 iken; Çapraz bağlayıcı ilaveli silika sol ile işlem görmüş numunelerin ortalaması % 4,3 olarak hesaplanmıştır. F1 grubundan gallik asit ile işlem gören ve 150°C’de fiksle işleme tabi tutulan numunelerde aşınma sonucu en az kütle kaybı görülmüş olup referans numuneye göre %7,97 iyileşme olduğu tespit edilmiştir.

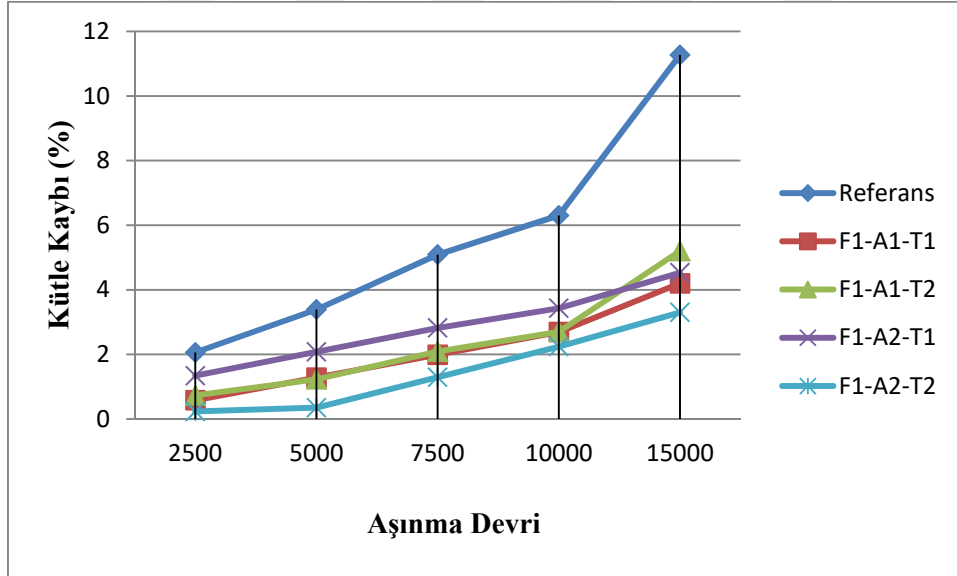
Çapraz bağlayıcı içermeyen silika sollar ile işlem görmüş numunelerde (F2) ise işlem görmemiş numuneye göre aşınma sonucu kütle kayıpları daha düşük çıkmıştır. Ancak F1 grubuna göre kütle kayıpları biraz daha yüksektir. Ayrıca

gallik asit ile 150°C’de işlem görmüş numunelerin hepsinde 2500 devirden sonra yırtılma görülmüştür. Elde edilen sonuçlar, daha önce yapılan çalışmalarda belirtilen kserojel yapılarda GPTS ilavesinin numunelerde aşınma dayanımını iyileştirdiği bilgisini desteklemiştir. Sol-jel tekniği ile hazırlanan silika partikülleri ile tekstil malzemelerinin modifiye edilmesi sonucu yüksek yoğunluk ve gelişmiş mekaniksel özellik elde edilebilmesi mümkündür (Mahltig ve ark., 2005). Daha önce yapılmış birçok çalışmada pamuk, poliamid ve cam lifi içeren tekstil yüzeylerinin inorganik nanosoller ile işlem sonrası aşınma dayanımlarının artırılabilirdiği görülmüştür (Textor ve ark., 2003; Schramm ve ark., 2004). Silika sollar, GPTS gibi epoksisilanlar ile modifiye edildiği zaman; selülozik lifin yapısındaki hidroksil grupları ile GPTS’nin epoksi halkası reaksiyona girer ve lif ile silika kaplama arasındaki adhezyon artar. Bu da aşınma dayanımını arttırmaktadır. Tez çalışması kapsamında hazırlanmış olan GPTS katkılı silika sollar, keten içerikli numunelerde aşındırma etkisiyle lif kaybını azaltmış olup, kütle kaybını düşürmüştür.

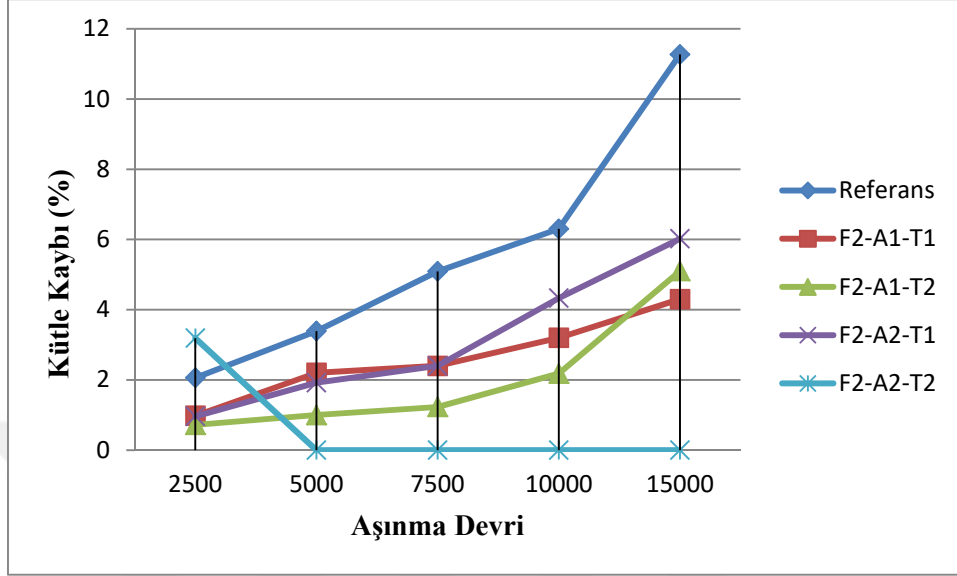
Silika sol içermeyen ve sadece antioksidanlar ile işlem görmüş F3 grubunda ise aşınma dayanımı beklendiği gibi azalmıştır. Antioksidanların asidik yapıda olması nedeniyle bu solüsyonlar ile işlem gören numunelerde yırtılmalar görülmüştür. Özellikle daha yüksek fıkse sıcaklığı olan 150°C’de işlem görmüş numunelerde yırtılmalar 2500 devir öncesinde gözlemlenmiştir. Selülozik bir lif olan keten numunelerinin, asidik işlem ve ardından yüksek sıcaklıkta işlem görmesi, sürtünme sonucu kumaş içerisindeki ipliklerin kopuşuna ve yırtılmaya neden olmuştur. Bu sonuç ile de çapraz bağlayıcı içeren SiO<sub>2</sub> kaplamanın koruyucu bir özelliğe sahip olduğu ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4.9. Numunelerin aşındırma öncesi ve sonrası ölçülen ortalama ağırlıkları

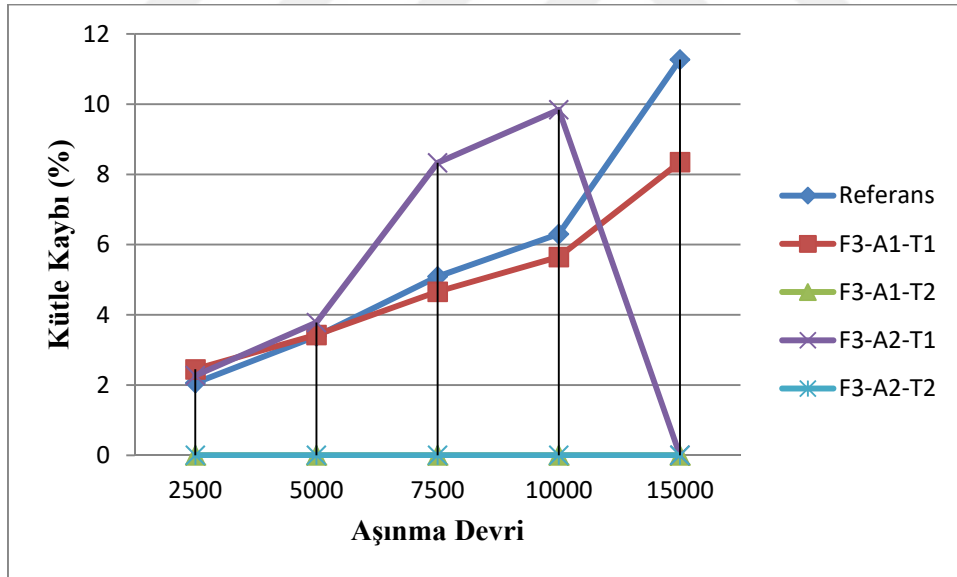
| Numune   | Numunelerin Ölçülen Ortalama Ağırlıkları (g) |            |            |            |              |              |
|----------|----------------------------------------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|
|          | İlk ağırlık                                  | 2500 devir | 5000 devir | 7500 devir | 10.000 devir | 15.000 devir |
| F1-A1-T1 | 0,4272                                       | 0,4246     | 0,4213     | 0,4188     | 0,4154       | 0,4091       |
| F1-A1-T2 | 0,4063                                       | 0,4034     | 0,4015     | 0,3980     | 0,3953       | 0,3856       |
| F1-A2-T1 | 0,4077                                       | 0,4020     | 0,3993     | 0,3962     | 0,3935       | 0,3892       |
| F1-A2-T2 | 0,4235                                       | 0,4225     | 0,4226     | 0,4180     | 0,4146       | 0,4095       |
| F2-A1-T1 | 0,4100                                       | 0,4025     | 0,3975     | 0,3960     | 0,3935       | 0,3900       |
| F2-A1-T2 | 0,4145                                       | 0,4085     | 0,4070     | 0,4063     | 0,4020       | 0,3905       |
| F2-A2-T1 | 0,4155                                       | 0,4110     | 0,4077     | 0,4050     | 0,3975       | 0,3907       |
| F2-A2-T2 | 0,4120                                       | 0,3995     | Yırtıldı   | -          | -            | -            |
| F3-A1-T1 | 0,4075                                       | 0,3975     | 0,3921     | 0,3883     | 0,3840       | 0,3735       |
| F3-A1-T2 | 0,4193                                       | Yırtıldı   | -          | -          | -            | -            |
| F3-A2-T1 | 0,3960                                       | 0,3870     | 0,3810     | 0,3633     | 0,3575       | Yırtıldı     |
| F3-A2-T2 | 0,4190                                       | Yırtıldı   | -          | -          | -            | -            |
| Referans | 0,4123                                       | 0,4041     | 0,3985     | 0,3916     | 0,3865       | 0,3667       |



Şekil 4.26. GPTS ilaveli silika sollar ile işlem görmüş ve hiçbir işlem görmemiş numunelerin aşınma sonucu kütle kaybı yüzdeleri



Şekil 4.27. GPTS içermeyen silika soler ile işlem görmüş ve hiçbir işlem görmemiş numunelerin aşınma sonucu kütle kaybı yüzdeleri



Şekil 4. 28. Sadece antioksidan içeren solüsyonlar ile işlem görmüş ve hiçbir işlem görmemiş numunelerin aşınma sonucu kütle kaybı yüzdeleri

**4.11. Numunelerin Işık Haslığı Testi Sonuçları**

Tez çalışması kapsamında hazırlanan kimyasallar ile işlem gören ve işlem görmemiş referans numunelerin 24, 48 ve 72 saat ışık altında soldurma işlemi sonunda yapılan renk ölçümleri ile elde edilen  $\Delta E^*$  (toplam renk farkı) ve  $\Delta L^*$  (açıklık-koyuluk farkı) değerleri ayrı başlıklarda değerlendirilmiştir.

**4.11.1. Numunelerde Işık Etkisiyle Meydana Gelen Toplam Renk Farkı Değerlerinin İncelenmesi**

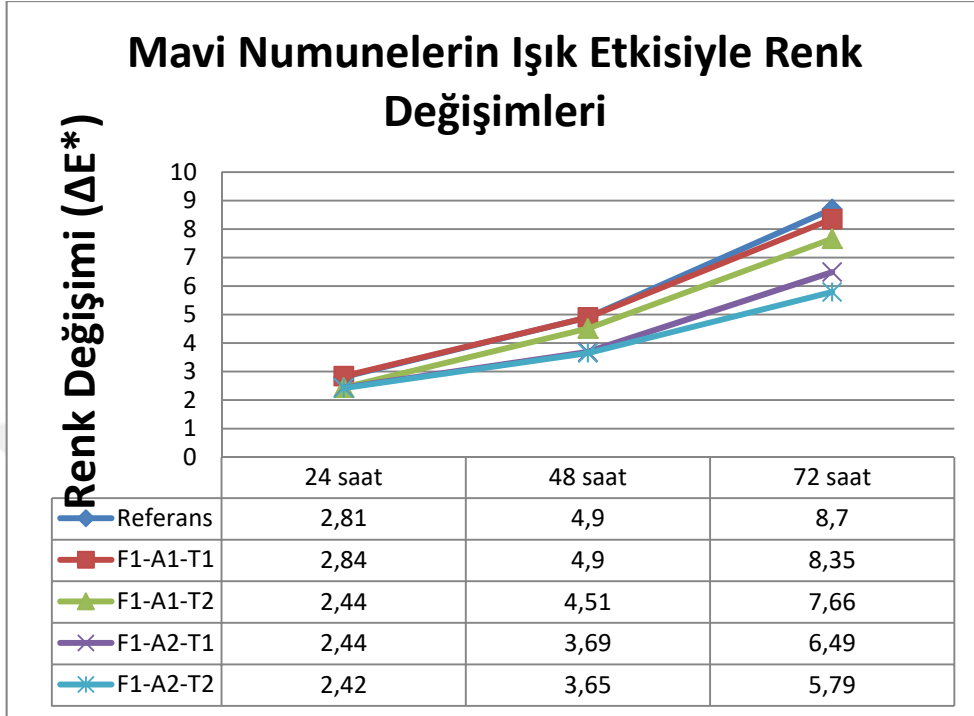
Şekil 4.29’da l-askorbik asit (A1) veya gallik asit (A2) katkılı çapraz bağlayıcı (GPTS) içeren silika soler ile 120°C (T1) veya 150°C (T2)’lik fikse sıcaklıklarıyla işlem görmüş mavi renkte numunelerin (F1 grubu) ve hiç işlem görmemiş mavi numunelerin periyodik renk değişimleri görülmektedir. Bu numunelerin 24 saatlik soldurma sonucunda renk değişim değerleri birbirine oldukça yakın çıkmıştır. 48. saat sonunda yapılan ölçümlerde ise gallik asit katkılı GPTS içeren silika soler ile işlem görmüş numunelerin toplam renk farkı değerleri ( $\Delta E^*$ ), hiç işlem görmemiş ve l-askorbik asit katkılı GPTS içeren silika soler ile işlem görmüş numunelere göre daha az çıkmıştır. 72. saat sonunda yapılan ölçümlerde ise  $\Delta E^*$  değerleri arasındaki fark giderek açılmış olup, F1 grubundaki en az renk değişiminin gallik asit katkılı ve 150°C’de fikse işlemi görmüş numunelerde olduğu görülmektedir. Özellikle işlem görmemiş numuneye göre  $\Delta E^*$  değeri “2.91” kadar düşük çıkmıştır. Bu sonuç, ışık haslığını iyileştiren bir işlem olarak hazırlanan solüsyonun mavi renkte numuneler için uygun olduğunu ortaya koymuştur.

Şekil 4.30’da ise l-askorbik asit veya gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içermeyen silika soler ile 120°C veya 150°C’lik fikse sıcaklıklarıyla işlem görmüş numunelerin (F2 grubu) ve hiç işlem görmemiş mavi numunelerin periyodik renk değişimleri görülmektedir. İşlem görmüş ve işlem görmemiş numunelerin her 24, 48 ve 72 saatlik soldurma periyodu sonunda toplam renk değerleri farkı birbirine oldukça yakın çıkmıştır. 72. saat sonunda hiç işlem görmemiş numuneye göre F2

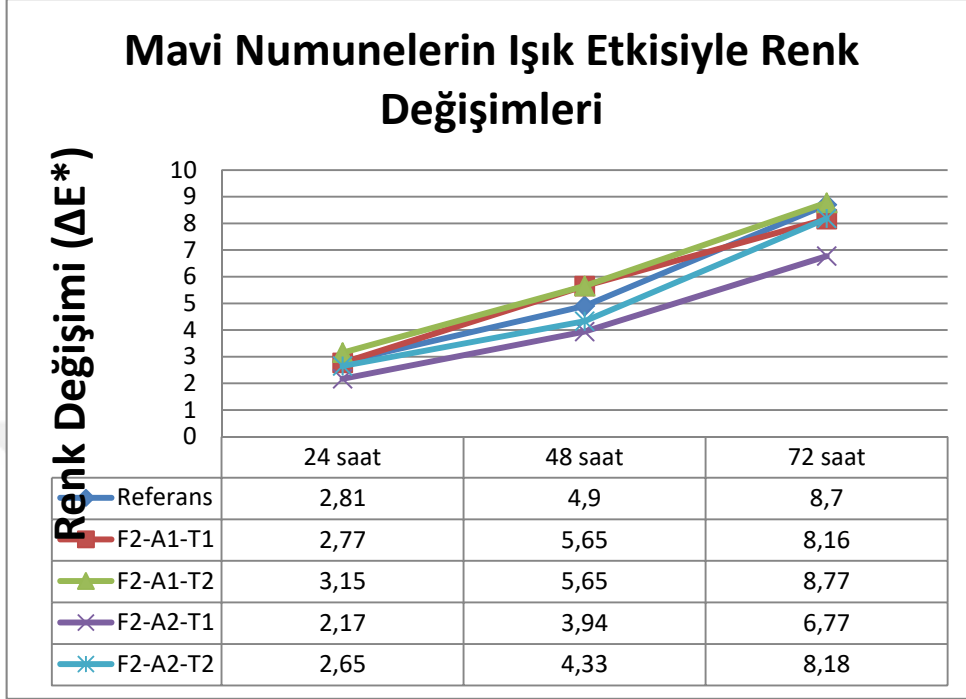
grubundaki numunelerden ışık etkisiyle en az renk değişiminin gallik asit katkılı ve 120°C’de fikse işlem görmüş olanlarda olduğu ve bu numunelerin  $\Delta E^*$  değerleri farkının “1.93” olduğu görülmektedir.

Şekil 4.31’de ise l-askorbik asit veya gallik asit çözeltileri ile işlem gören (F3 grubu) mavi renkte numunelerin ışık etkisiyle periyodik renk değişimleri görülmektedir. Özellikle l-askorbik asit ile T1 ve T2 sıcaklığında işlem görmüş numunelerin renk değişimleri, işlem görmemiş referans numunelere göre oldukça fazla çıkmıştır. Gallik asit ile T1 ve T2 sıcaklığında işlem görmüş numunelerin renk değişimleri ise işlem görmemiş numunelere göre oldukça yakın çıkmıştır. Hazırlanan antioksidan sulu çözeltilerinin mavi renkte numunelerin ışığa karşı renk dayanımını iyileştirmesi açısından yeterli olmadığı, koruyucu bir silika sol kaplama olmadan ışık haslığında bir iyileşmenin olmadığı tespit edilmiştir.

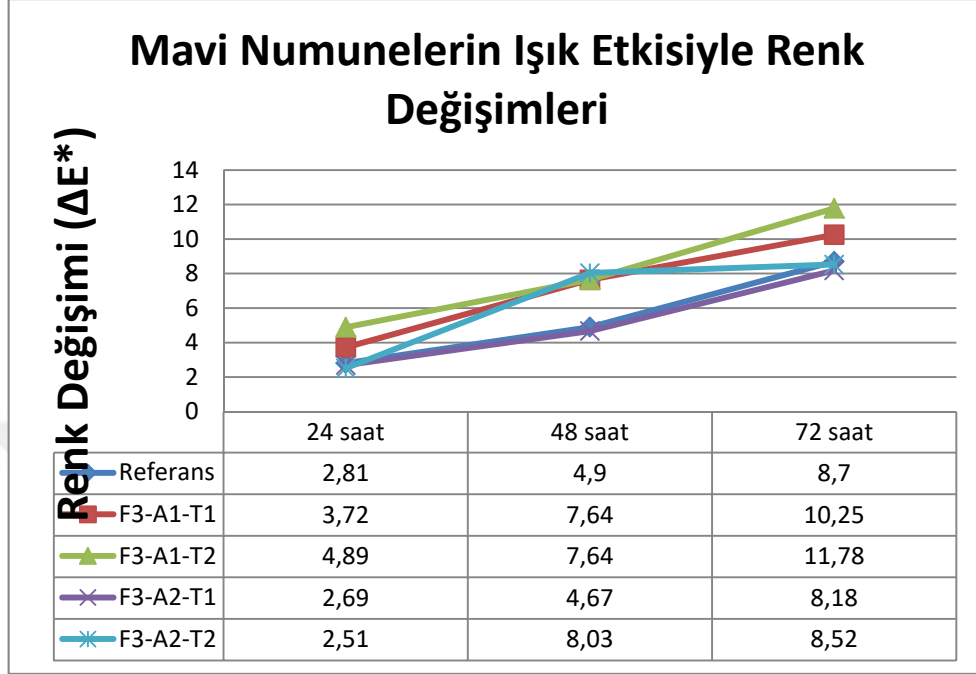
Genel olarak, mavi renkte numunelerde 72 saat sürelik ışık etkisiyle değişen toplam renk farkı değerinin en az gallik asit içeren F1 grubundan olan numunelerde olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.29. L-askorbik asit veya gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sollar ile işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş mavi numunelerin periyodik renk değişimleri



Şekil 4.30. L-askorbik asit veya gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içermeyen silika sollar ile işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş mavi numunelerin periyodik renk değişimleri



Şekil 4.31. L-askorbik asit veya gallik asit içeren sulu çözeltiler işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş mavi numunelerin periyodik renk değişimleri

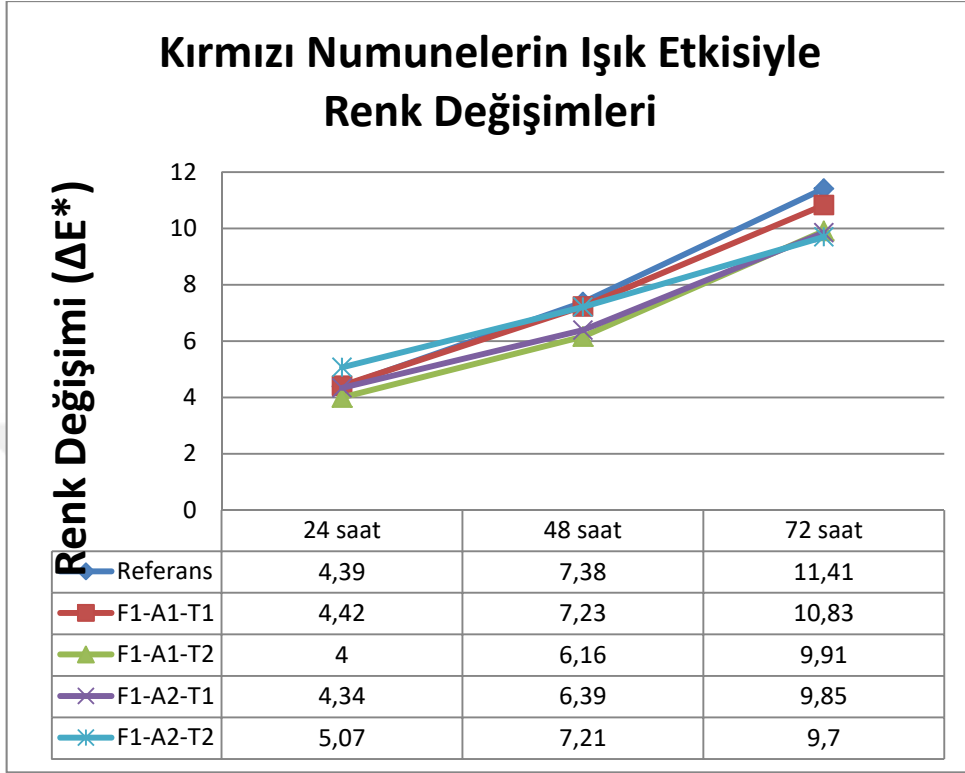
Şekil 4.32’de, l-askorbik asit veya gallik asit katkılı GPTS içeren silika sollar(F1 grubu) ile 120°C veya 150°C fikse sıcaklıklarıyla işlem görmüş kırmızı renkte numunelerin ve hiç işlem görmemiş kırmızı numunelerin periyodik renk değişimleri görülmektedir. Değerler incelendiğinde; işlem görmüş ve görmemiş numunelerin 24 ve 48. saat sonundaki toplam renk farkı değerleri birbirine oldukça yakın çıkmıştır. 72. saat sonunda en düşük  $\Delta E^*$  değerinin gallik asit katkılı GPTS ilaveli silika sollar ile 150°C’de fikse işlemi görmüş numunelere ait olduğu görülmektedir. F1 grubunda ışık etkisiyle en az renk değişiminin bu numunelere ait olduğu, işlem görmemiş referans numuneye göre  $\Delta E^*$  değerlerinin arasındaki farkın ise “1.71” olduğu görülmüştür.

Şekil 4.33’de, l-askorbik asit veya gallik asit katkılı GTPS içermeyen silika sollar (F2 grubu) ile 120°C veya 150°C fikse sıcaklıklarıyla işlem görmüş kırmızı renkte numunelerin ve hiç işlem görmemiş kırmızı numunelerin periyodik renk

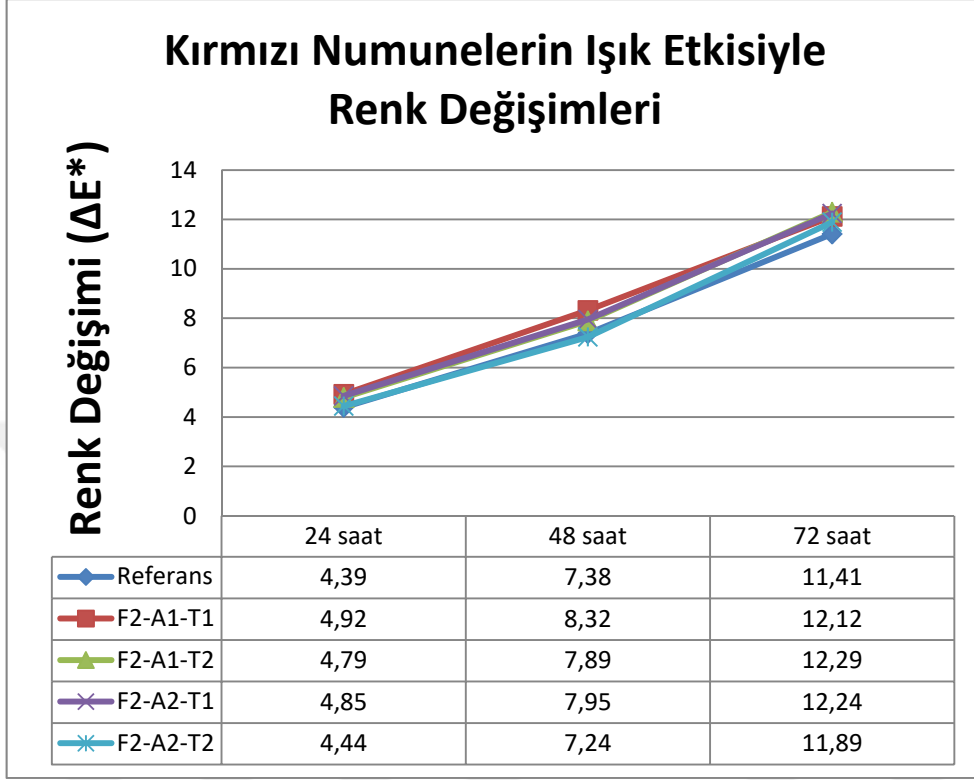
değişimleri sunulmuştur. Her numunenin ilk rengine göre 24, 48 ve 72 saat sonundaki toplam renk farkı değerinin birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Numunelerin  $\Delta E^*$  değerleri arasındaki farkın önemsizmeyecek şekilde düşük olduğu ortaya çıkmıştır. Çalışmada ışık haslığını iyileştirmek amacıyla uygulanan bu metodun kırmızı renkte numuneler için uygun olmadığı tespit edilmiştir.

Şekil 4.34’de l-askorbik asit veya gallik asit çözeltileri ile işlem gören (F3 grubu) kırmızı renkte numunelerin ışık etkisiyle periyodik renk değişimleri görülmektedir. Bu grupta, her 24, 48 ve 72 saat sonundaki toplam renk farkı incelendiğinde işlem görmüş tüm numunelerin ışık etkisiyle renk değişimlerinin işlem görmemiş numuneye göre oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu metodun kırmızı numuneler için ışık haslığı açısından kesinlikle uygun olmadığı ortaya çıkmıştır.

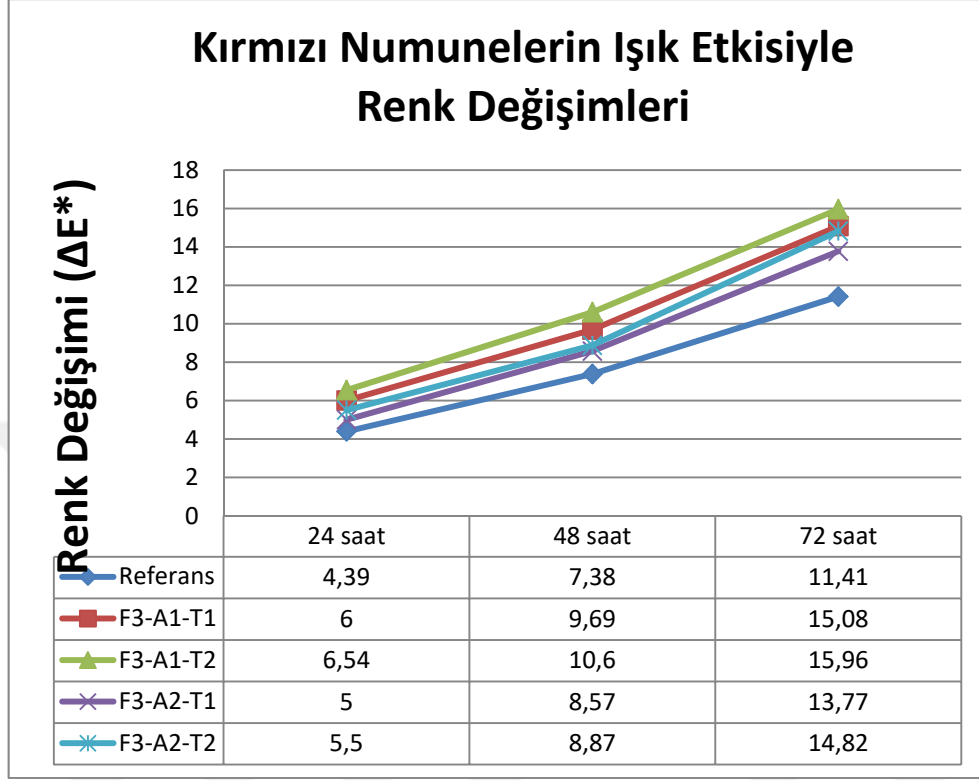
Çalışma kapsamında belirlenen metotlar kırmızı numunelerde ışık etkisiyle renk değişimi açısından genel olarak değerlendirildiğinde en uygun yöntemin; gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika soler (F1 grubu) ile muamele edilip ardından 150°C’de fikse sıcaklığının olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.32. L-askorbik asit veya gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sollar ile işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş kırmızı numunelerin periyodik renk değişimleri



Şekil 4.33. L-askorbik asit veya gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içermeyen silika sollar ile işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş kırmızı numunelerin periyodik renk değişimleri



Şekil 4.34. L-askorbik asit veya gallik asit içeren sulu çözeltiler işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş kırmızı numunelerin periyodik renk değişimleri

Şekil 4.35’de, l-askorbik asit veya gallik asit katkılı GPTS içeren silika sollar (F1 grubu) ile 120°C veya 150°C fikse sıcaklıklarıyla işlem görmüş sarı renkte numunelerin ve hiç işlem görmemiş sarı numunelerin periyodik renk değişimleri görülmektedir. Numunelerin 24. saat sonundaki  $\Delta E^*$  değerleri incelendiğinde renk değişimi değerleri birbirine yakın ancak gallik asit katkılı silika sol ile işlem görüp 150°C’de fikse sıcaklığına tabi tutulan numunenin renk değişiminin diğerlerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Diğer numunelere göre oluşan bu farklılık 48 ve 72 saat sonundaki renk ölçümlerinde de devam etmiştir. Aynı şekilde, 72 saat sonunda l-askorbik asit katkılı silika sol ile 120°C’de işlem görmüş numunelerin de renk değişimleri diğer numunelere göre daha yüksek çıkmıştır. 72 saat ışığa maruz bırakılan sarı numunelerden F1 grubundaki en az renk değişiminin ise gallik asit

katkılı silika solter ile muamele edilip, 120°C’de fikse sıcaklığında işlem gören numunelerde olduğu görölmektedir. İşlem görmemiş numuneye göre 72 saat sonundaki  $\Delta E^*$  değeri farkı ise “1.87”dir.

Şekil 4.36’da ise l-askorbik asit veya gallik asit katkılı GTPS içermeyen silika solter (F2 grubu) ile 120°C veya 150°C fikse sıcaklıklarıyla işlem görmüş sarı renkte numunelerin ve hiç işlem görmemiş sarı numunelerin periyodik renk değışimleri verilmiştir. İşlem görmüş F2 grubunun 24, 48 ve 72 saat sonundaki toplam renk farkı incelendiğinde işlem görmüş tüm numunelerin ışık etkisiyle renk değışimlerinin işlem görmemiş numuneye göre oldukça yüksek olduğu görölmektedir. Bu metodun sarı renkte numuneler için ışık haslığı açısından kesinlikle uygun olmadığı sonucuna varılmıştır.

Şekil 4.37’de l-askorbik asit veya gallik asit çözeltileri ile işlem gören (F3 grubu) sarı renkte numunelerin ışık etkisiyle 24, 48 ve 72 saat sonundaki toplam renk farkı değeri incelendiğinde; işlem görmüş tüm numunelerin ışık etkisiyle renk değışimlerinin işlem görmemiş numuneye göre oldukça yüksek olduğu görölmektedir. Bu metodun da sarı numuneler için ışık haslığı açısından kesinlikle uygun olmadığı ortaya çıkmıştır.

Çalışma kapsamında sarı numunelere uygulanan işlemlerden ışık haslığını iyileştiren en iyi metodun; GPTS içeren silika solter ile gallik asidin bir araya getirilerek hazırlandığı solüsyonlar ile 120°C fikse sıcaklığının uygulandığı işlem olduğu sonucuna varılmıştır.

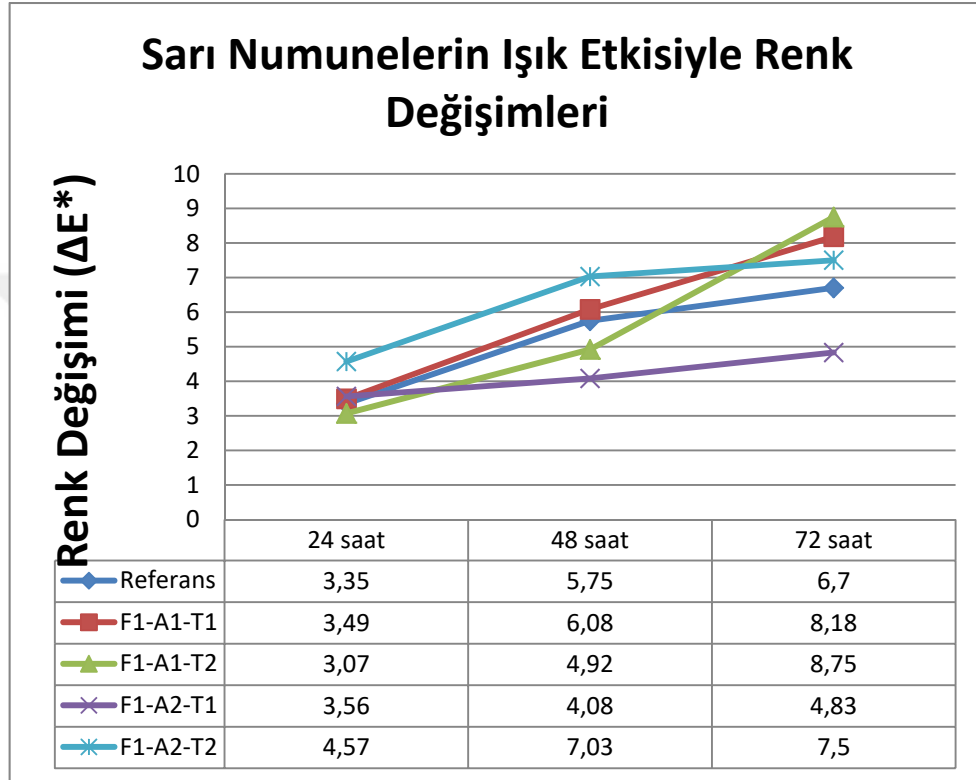
Çalışmada ışığa maruz bırakılan numunelerin ilk renklerine göre elde edilen toplam renk farkı değeri her üç renk (mavi, kırmızı, sarı) için genel olarak değerlendirilirse; en iyi ışık haslığı değeri için F1 metodu ile elde edildiği göze çarpmaktadır. Mavi, kırmızı ve sarı renkte keten numunelerin  $\Delta E^*$  değeri incelendiğinde; gallik asit çözeltileri ile karıştırılan silika solterde çapraz bağlayıcı kullanımının ışık etkisiyle renk değışimini azalttığı sonucuna varılabilmektedir. İnorganik nanosollere az miktarda epoksisilan ya da perfloralkilsilan bileşenlerinin eklenmesiyle malzemede daha iyi fotostabilite sağlanabilmesi daha önceki

çalışmalarda bahsedilmiştir (Mahltig ve diğ, 2004; Hoffman ve diğ, 1995). Çalışmada hazırlanan silika sol kaplamaların, görünür ışık ve ortamda bulunan oksijenin etkisiyle yüzeyin renginde meydana gelen renk değişimini düşürebildiği sonucuna varılmıştır.

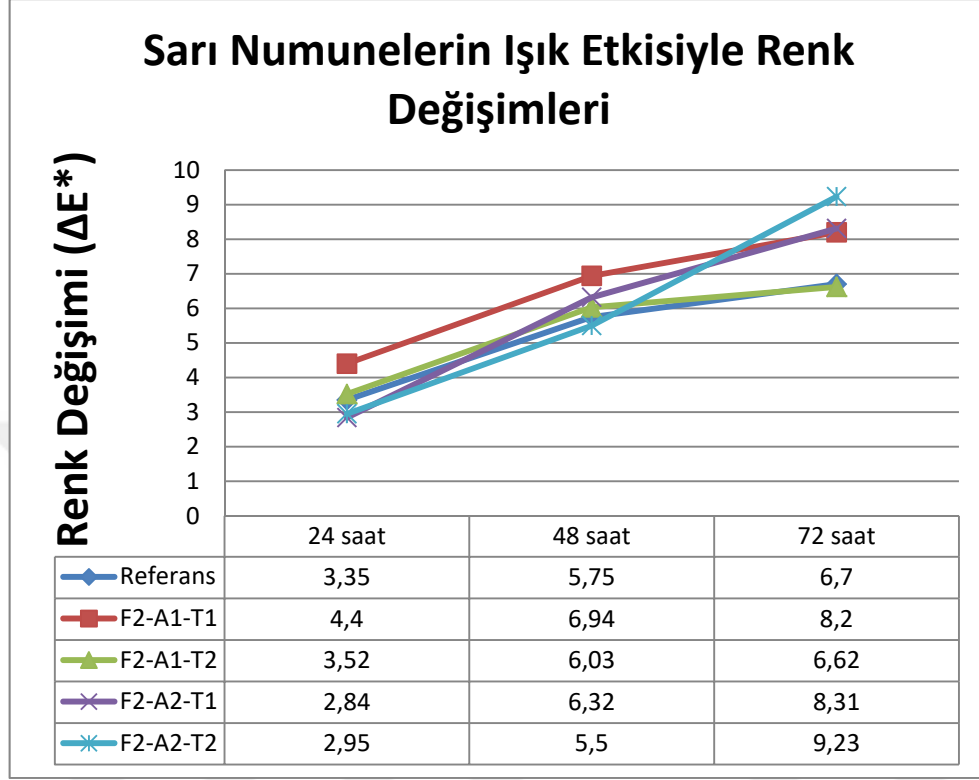
Sadece sulu antioksidan çözeltileri ile işlem mavi, kırmızı ve sarı renkte numunelerde ise işlem görmeyen numunelere göre ışık haslıkları oldukça düşmüştür. Daha önce yapılmış çalışmalarda bu sonucun aksine l-askorbik asit ve gallik asit çözeltileri ile işlem görmüş renkli pamuklu kumaşlarda sıradan bir kurutma işleminden sonra fotosolmanın(ışık etkisiyle solma) bir miktar azaldığı görülmüştür (Cristea ve Vileram 2006; Thiagarajan ve Nalankilli, 2014). Bu çalışmalarda antioksidan madde ve UV absorplayıcı maddelerin bir arada kullanıldığında ve bağlayıcı maddeler ile kumaşa aktarıldığında ışık haslığı açısından iyi bir sonuç elde edilmiştir. Tez çalışmasında görülen farklı durumun; asidik ortam olan sulu antioksidan çözeltisi ile işlem görmüş keten kumaşın 120/150°C gibi yüksek sıcaklıkta işlem görmesiyle lifin zarar görmesinden, boya yapısının bozulmasıyla renk haslığının düşmesinden, herhangi bir bağlayıcı veya antioksidanların ışık ile uyarılmış kısmını söndürebilen bir madde kullanılmadığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışmada F1 ve F2 grubunda kullanılan antioksidanlardan her üç renk için de ışık haslığını iyi yönde etkileyen madde ise gallik asit olmuştur. Bu maddenin silika sol ile birlikte fotostabilite açısından daha uyumlu olduğu söylenebilir. L-askorbik asidin ise numunelerin ışık haslığını bazı gruplarda düşürdüğü ve silika sollar ile birlikte kullanımının ışık haslığı açısından uygun olmadığı görülmüştür. F1 metodunda gallik asit ile uygulanan işlemlerde farklı fikse sıcaklıklarının (120 ve 150°C) her renk için aynı sonucu vermediği; mavi ve kırmızı numunelerin 150°C ile; sarı numunelerin ise 120 °C ile daha iyi ışık haslığı özelliğine sahip olduğu tespit edilmiştir. F1 grubundaki numunelerin işlemler sonrası renk değişim değerleri incelendiğinde(Çizelge 4.1, 4.2, 4.3) benzer şekilde; mavi ve kırmızı

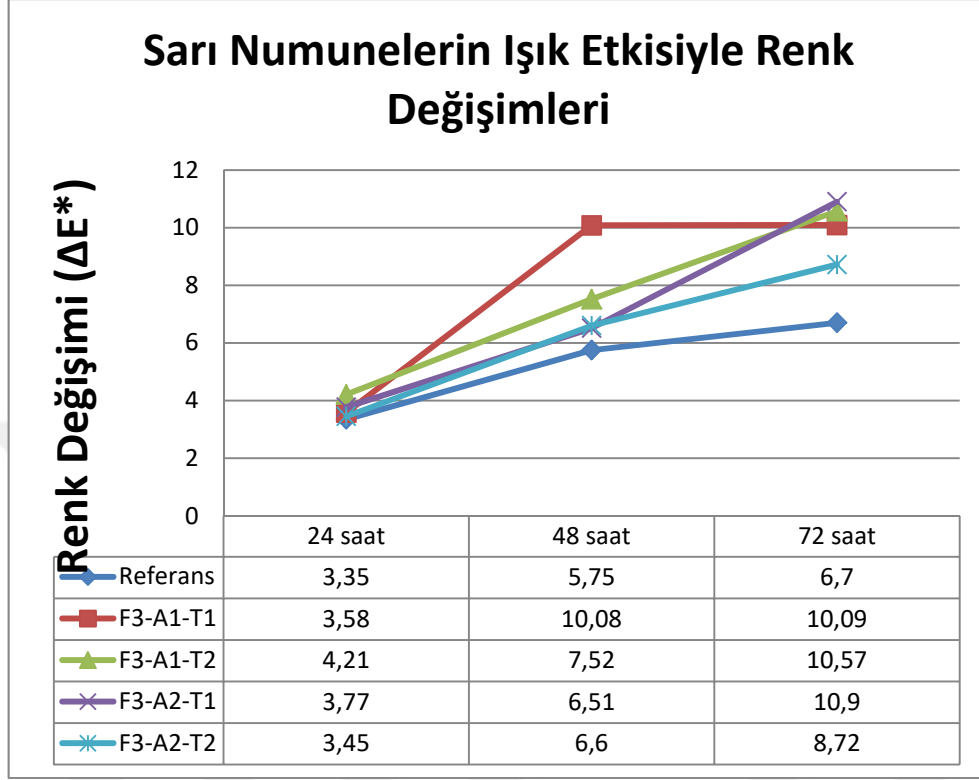
rengin 120/150°C’de paralel şekilde, sarı rengin ise bu fikse sıcaklıklarında daha farklı değişim gösterdiği görülmüştür.



Şekil 4.35. L-askorbik asit veya gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sollar ile işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş sarı numunelerin periyodik renk değişimleri



Şekil 4.36. L-askorbik asit veya gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içermeyen silika soler ile işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş sarı numunelerin periyodik renk değişimleri



Şekil 4.37. L-askorbik asit veya gallik asit içeren sulu çözeltiler işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş sarı numunelerin periyodik renk değişimleri

#### 4.11.2. Numunelerde Işık Etkisiyle Meydana Gelen Açıklık-Koyuluk Farkı Değerlerinin İncelenmesi

Şekil 4.38’de l-askorbik asit (A1) veya gallik asit (A2) katkılı çapraz bağlayıcı (GPTS) içeren silika soller (F1 grubu) ile 120°C veya 150°C’lik fikse sıcaklıklarıyla işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş mavi numunelerin periyodik olarak açıklık-koyuluk değerlerinin ( $L^*$ ) değişimi görülmektedir. Beklendiği gibi tüm numunelerin ışığa maruz bırakılması sonucu renklerindeki açıklık giderek artmaktadır.

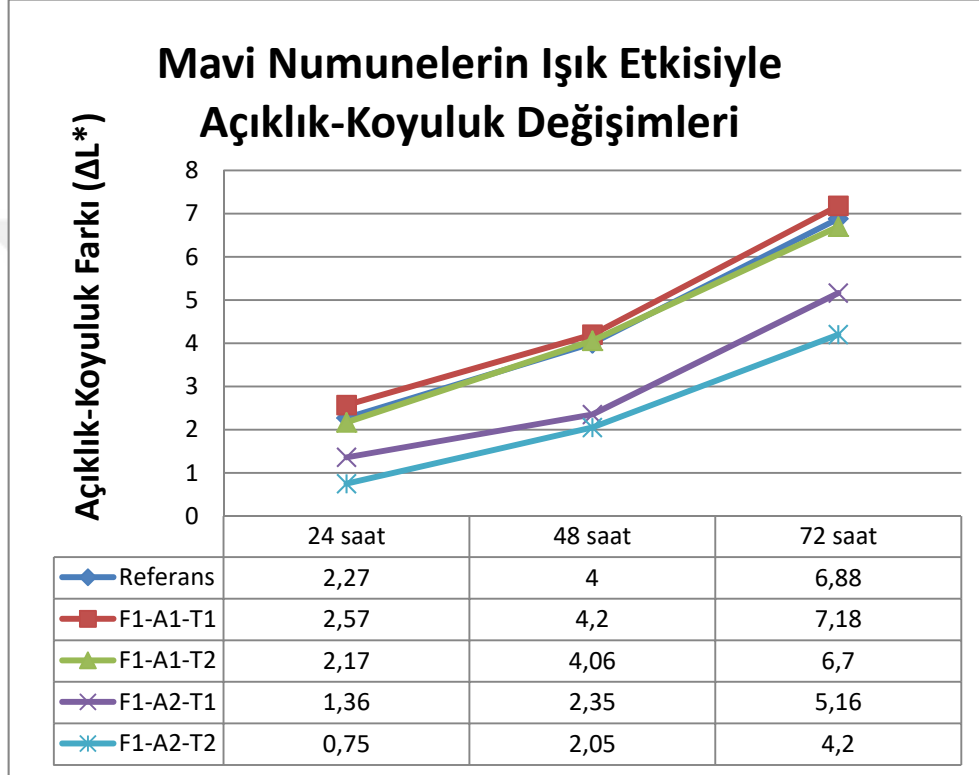
F1 grubunda 24. saatte yapılan ölçümden itibaren en az renk açıklığının gallik asit katkılı silika soller ile 150°C’de fikse işlemi görmüş numunelerde olduğu görülmektedir. Hiç işlem görmemiş numuneye göre  $\Delta L^*$  değerleri

arasındaki fark ise “2.68”dir. L -askorbik asit katkılı silika soller ile muamele edilip, 120°C’de fikse sıcaklığında işlem görmüş numunelerin ise işlem görmemiş numuneye göre  $\Delta L^*$  değeri daha yüksek olup rengi daha çok açılmıştır. Bu sonuçlar daha önce verilmiş olan F1 grubuna ait ışık etkisiyle  $\Delta E^*$  değerlerindeki değişim (Şekil 4.29) ile paralel çıkmıştır.

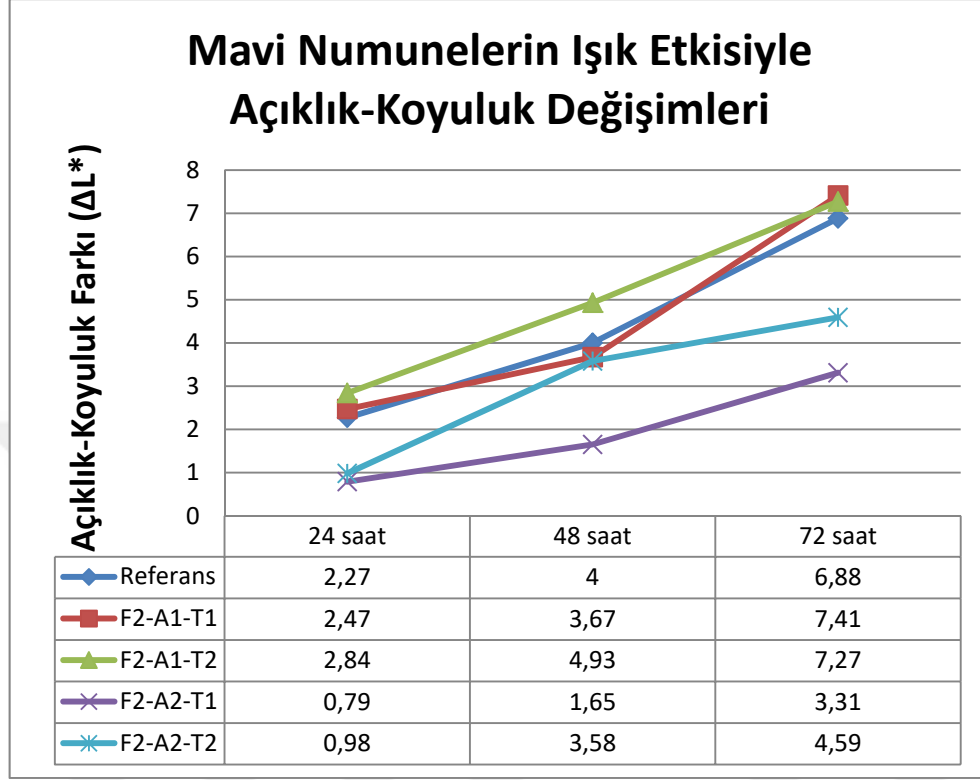
Şekil 4.39’da ise l-askorbik asit veya gallik asit katkılı, GPTS içermeyen silika soller (F2 grubu) ile 120°C veya 150°C’lik fikse sıcaklıklarıyla işlem görmüş numunelerin ve hiç işlem görmemiş mavi numunelerin periyodik olarak açıklık-koyuluk değerlerinin değişimi sunulmuştur. F2 grubunda her 24, 48 ve 72 saatlik ölçüm sonunda ışık etkisiyle en düşük renk açıklığı değişiminin gallik asit katkılı silika soller ile işlem görmüş numunelerde olduğu görülmektedir. Özellikle bu numunelerden 120°C’de fikse işlemi görmüş olanlarda  $\Delta L^*$  değeri, işlem görmemiş numuneninkine göre oldukça düşük çıkmıştır. Daha önceki bölümde belirtilmiş olan F2 grubunda gallik asit ile işlem görmüş mavi numunelere ait (Şekil 4.30) 72 saat sonundaki  $\Delta E^*$  değerlerinin,  $\Delta L^*$  değerlerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. F2 grubundaki bu sonuç ile mavi numunelerde ışık etkisiyle meydana gelen toplam renk farkı değerinin formülden (3.7) yola çıkarak en fazla  $a^*$ (kırmızılık-yeşillik) ve  $b^*$ (sarılık-mavilik) değerlerindeki değişimden etkilendiği söylenebilmektedir. L-askorbik asit katkılı silika soller ile işlem görmüş numunelerin  $\Delta L^*$  değerleri ise, işlem görmemiş numuneninkine göre oldukça yüksek çıkmıştır.

Şekil 4.40’da ise l-askorbik asit veya gallik asit çözeltileri işlem görmüş (F3 grubu) mavi renkte numunelerin ışık etkisiyle periyodik olarak açıklık-koyuluk değerlerindeki değişim görülmektedir. Daha önce belirtilmiş olan F3 grubundaki gallik asit katkılı numunelerin 24, 48 ve 72 saat sonundaki  $\Delta E^*$  değerleri (Şekil 4.31), işlem görmemiş numunelerinkine göre oldukça yüksek çıkarken,  $\Delta L^*$  değerleri daha düşük çıkmıştır. Bu da; gallik asit çözeltisi ile işlem görmüş mavi numunelerin, işlem görmemiş numuneye göre ışık etkisiyle renklerinin daha az açıldığını ancak farklı renk tonlarına kaydığını için spektrofotometre tarafından renk

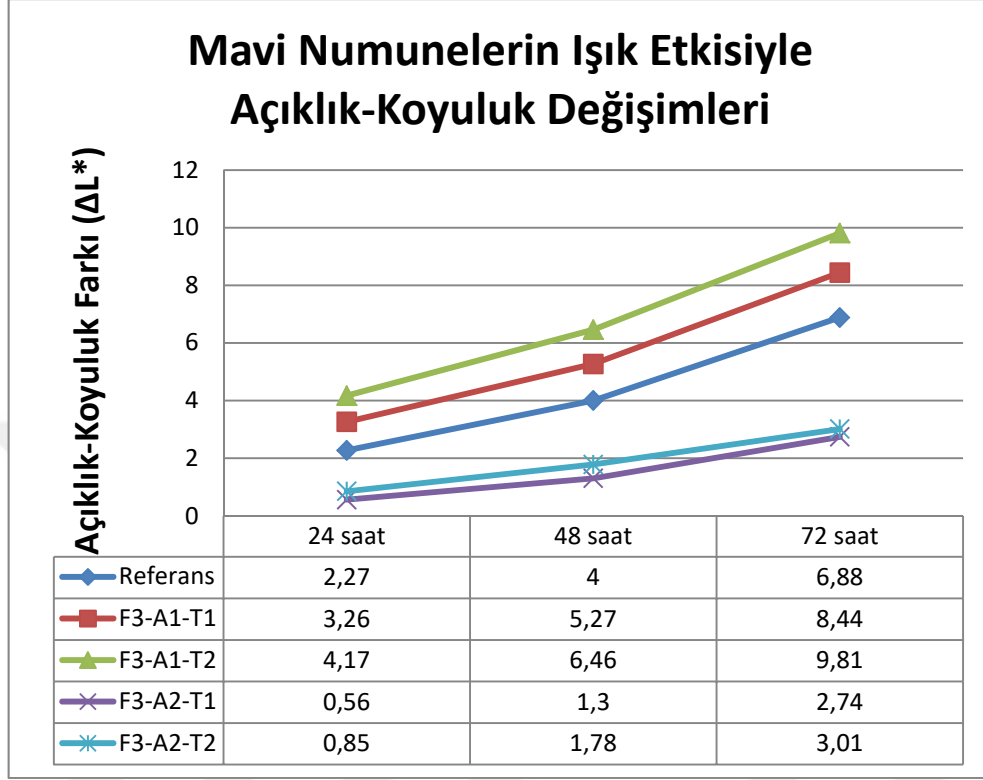
değişiminin oldukça fazla algılandığını göstermiştir. L-askorbik asit çözeltisinin ise mavi renkte numuneler için ışık haslığını iyileştirme açısından hiçbir şekilde uygun olmadığı ortaya çıkmıştır.



Şekil 4.38. L-askorbik asit veya gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sollar ile işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş mavi numunelerin periyodik olarak açıklık-koyuluk değerlerinin değişimleri



Şekil 4. 39. L-askorbik asit veya gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içermeyen silika sollar ile işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş mavi numunelerin periyodik olarak açıklık-koyuluk değerlerinin değişimleri

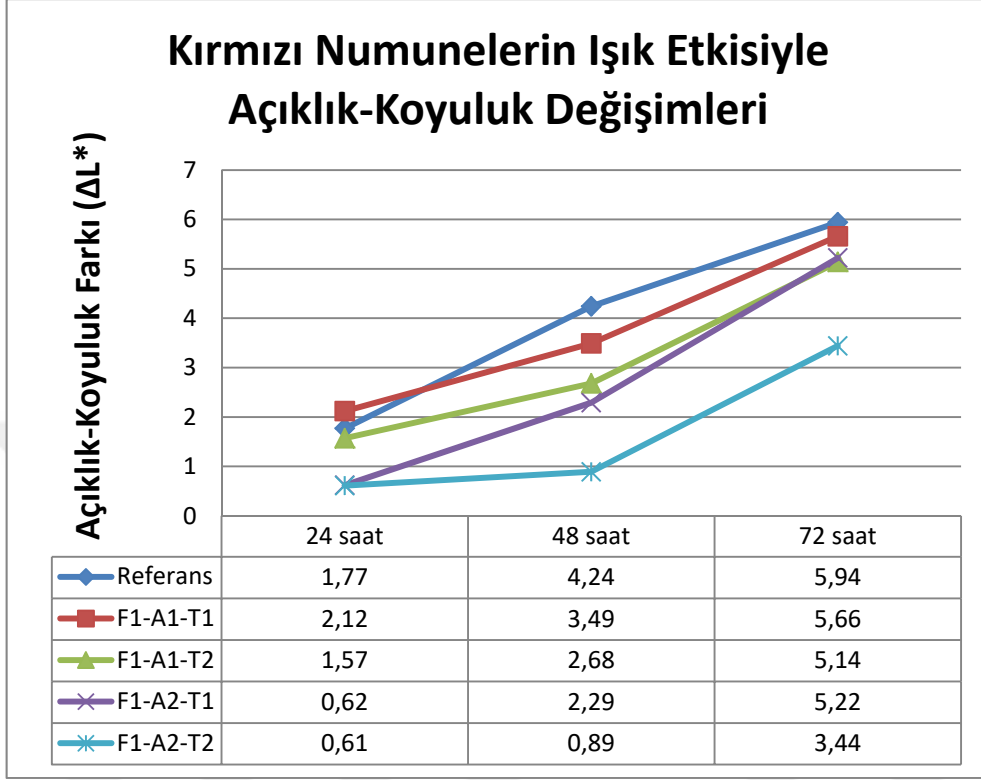


Şekil 4.40. L-askorbik asit veya gallik asit içeren sulu çözeltiler işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş mavi numunelerin periyodik olarak açıklık-koyuluk değerlerinin değişimleri

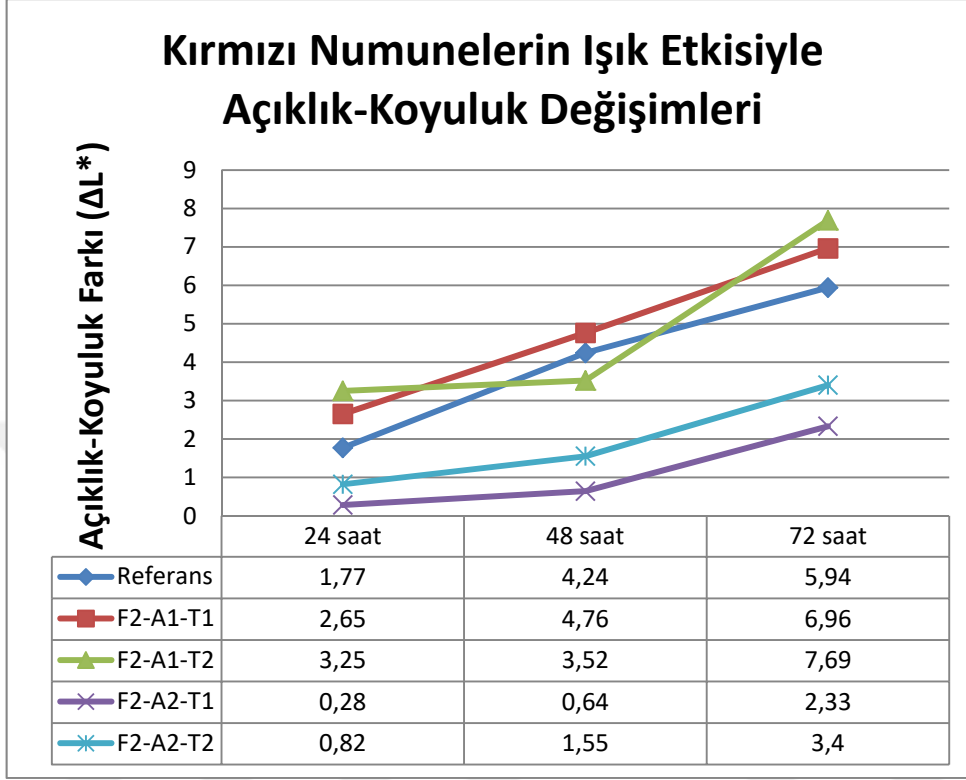
Şekil 4.41’de l-askorbik asit (A1) veya gallik asit (A2) katkılı GPTS içeren silika sollar (F1 grubu) ile 120°C veya 150°C’lik fikse sıcaklıklarıyla işlem görmüş kırmızı renkte numunelerin ve hiç işlem görmemiş kırmızı numunelerin periyodik olarak açıklık-koyuluk değerlerinin değişimi görülmektedir. 24, 48 ve 72 saat sonunda yapılan ölçümler sonucu renk açıklığının en az gallik asit katkılı silika sollar ile işlem görmüş numunelerde olduğu ortaya çıkmıştır. Özellikle bu numunelerden 150°C’de fikse işlemi görenlerde  $\Delta L^*$  değerinin, hiç işlem görmemiş numunenin açıklık değerine göre farkı “2.5” yani daha düşük çıkmıştır. Mavi renkte olduğu gibi F1 grubundaki kırmızı numunelerde de ışık etkisiyle  $\Delta E^*$  değerlerindeki değişim,  $\Delta L^*$  değişimleri ile paralellik göstermiştir.

Şekil 4.42’de ise l-askorbik asit veya gallik asit katkılı, GPTS içermeyen silika solter (F2 grubu) ile 120°C veya 150°C’lik fikse sıcaklıklarıyla işlem görmüş numunelerin ve hiç işlem görmemiş kırmızı numunelerin periyodik olarak açıklık-koyuluk değelerlerinin değışimi sunulmuştur. Her 24, 48 ve 72 saat sonunda yapılan ölçümlerde gallik asit katkılı silika solter ile işlem görmüş numunelerde ışıık etkisiyle renk açılmaları diğer numunelere göre düşük çıkmıştır. Özellikle gallik asit katkılı silika solter ile işlem görüp 120°C’de fikse sıcaklığına tabi tutulan numunelerin ortalama  $\Delta L^*$  değeri ile işlem görmemiş numunelere ait açıklık değelerleri arasındaki fark daha fazla olup; bu fark “3.61” olarak ölçülmüştür. F2 grubundaki mavi numunelerde olduğu gibi bu gruptaki kırmızı numunelerde de  $\Delta E^*$  değelerine göre  $\Delta L^*$  değeri daha azdır. Gallik asit katkılı ve çapraz bağlayıcı içermeyen silika solter, numunelerde ışıık etkisiyle toplam renk değışimlerinde ( $\Delta E^*$ ) büyük farklılık yaratmamış ancak renkte açılmayı oldukça düşürmüştür.

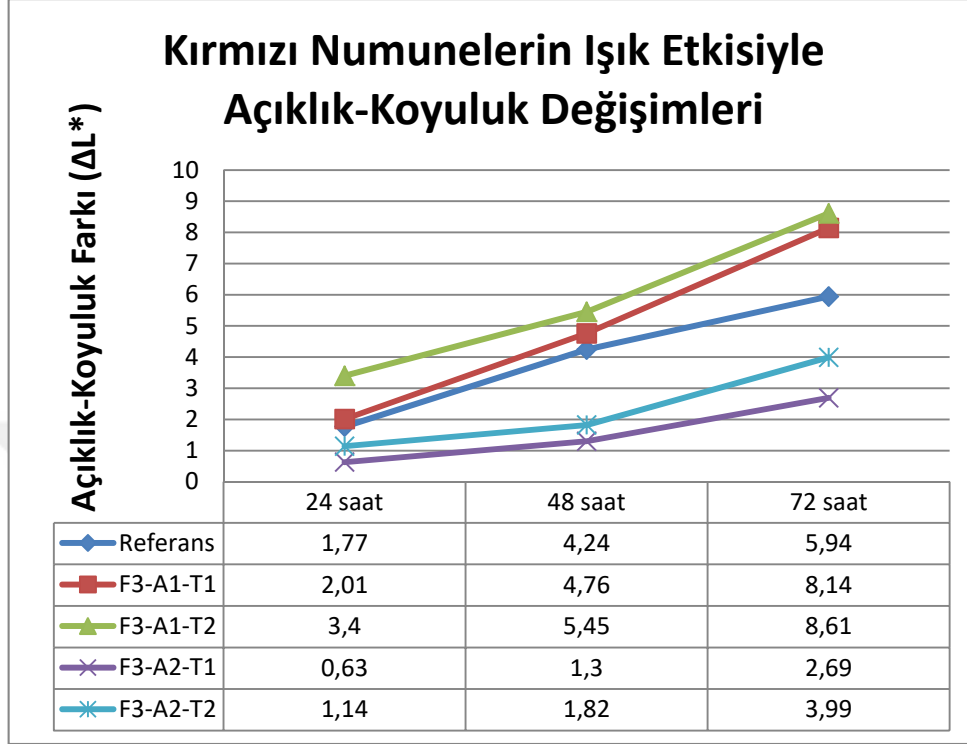
Şekil 4.43’de ise l-askorbik asit veya gallik asit çözeltilerle işlem gören (F3 grubu) kırmızı renkte numunelerin ışıık etkisiyle periyodik olarak açıklık-koyuluk değelerindeki değışim görölmektedir. Işığa maruz bırakılan numunelerin 24, 48 ve 72 saat sonunda yapılan renk ölçümlerinde en düşük  $\Delta L^*$  değelerinin gallik asit çözeltilisi ile işlem görmüş numunelere ait olduğu görölmektedir. Yine mavi renklerde olduğu gibi F3 grubundaki kırmızı numunelerin  $\Delta E^*$  değeleri, işlem görmemiş numunenin açıklık değeriine göre oldukça yüksek çıkarken;  $\Delta L^*$  değeleri daha düşük çıkmıştır. L-askorbik asit çözeltilisi ile işlem görmüş numunelerde ise hem  $\Delta E^*$  değeri hem de  $\Delta L^*$  değeri referans numuneye göre oldukça yüksek çıkmıştır.



Şekil 4.41. L-askorbik asit veya gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sollar ile işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş kırmızı numunelerin periyodik olarak açıklık-koyuluk değerlerinin değişimleri



Şekil 4.42. L-askorbik asit veya gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içermeyen silika sollar ile işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş kırmızı numunelerin periyodik olarak açıklık-koyuluk değerlerinin değişimleri



Şekil 4.43. L-askorbik asit veya gallik asit içeren sulu çözeltiler işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş kırmızı numunelerin periyodik olarak açıklık-koyuluk değerlerinin değişimleri

Şekil 4.44'te l-askorbik asit (A1) veya gallik asit (A2) katkılı, GPTS içeren silika soler (F1 grubu) ile 120°C veya 150°C'lik fikse sıcaklıklarıyla işlem görmüş sarı renkte numunelerin ve hiç işlem görmemiş sarı numunelerin periyodik olarak açıklık-koyuluk değerlerinin değişimi görülmektedir. L-askorbik asit katkılı silika sol ile işlem gören (T1 ve T2), gallik asit katkılı silika sol ile işlem gören (T1) ve işlem görmemiş numunelerin beklendiği gibi renklerinin giderek açıldığı görülmektedir. Bu numuneler arasında en düşük  $\Delta L^*$  değerinin kırmızı ve mavi numunelerde olduğu gibi gallik asit katkılı silika sol işlemiyle elde edildiği görülmektedir. Ayrıca gallik asit katkılı silika sol ile 150°C'de işlem gören sarı numunelerin  $\Delta L^*$  değerlerinin beklenmedik bir şekilde düştüğü gözlemlenmiştir. Aynı numunelerin F1 grubundaki ışık etkisiyle  $\Delta E^*$  değerlerindeki değişimleri

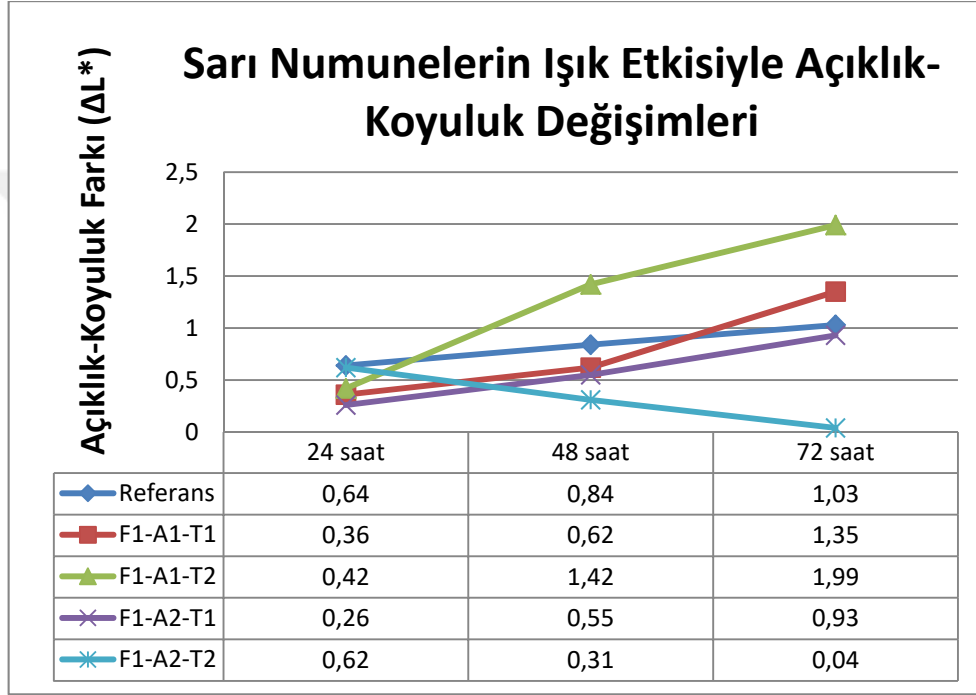
incelendiğinde işlem görmüş tüm numunelere göre renk farklılığının daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumda sarı renkte numunelerin kimyasalların etkisiyle renk tonu değiştiği için  $\Delta E^*$  değeri yüksek ve bu değerdeki değişimde açıklık-koyuluk değerinin etkisinin çok düşük olduğu ortaya çıkmıştır.

Şekil 4.45’de ise l-askorbik asit veya gallik asit katkılı, GPTS içermeyen silika soler (F2 grubu) ile 120°C veya 150°C’lik fıkse sıcaklıklarıyla işlem görmüş numunelerin ve hiç işlem görmemiş sarı numunelerin periyodik olarak açıklık-koyuluk değerlerinin değişimi sunulmuştur. F2 grubuna ait değerler incelendiğinde; l-askorbik katkılı silika soler ile işlem gören numunelerin (T1 ve T2) ve işlem görmeyen numunelerin renklerinin giderek açıldığı görülmektedir. Ancak gallik asit katkılı silika soler ile işlem görmüş numunelerin  $\Delta L^*$  değerlerinin giderek düştüğü, hatta 72. saat sonunda renklerinin soldurma öncesine göre daha koyu hale geldiği ortaya çıkmıştır. F2 grubunun ışık etkisiyle  $\Delta E^*$  değerlerindeki değişim incelendiğinde (Şekil 4.36) en çok renk değişiminin gallik asit katkılı silika soler ile işlem görmüş numunelerde olduğu görülmektedir. Bu numunelerin renk tonlarının farklı değerlere (kırmızılık-yeşillik ( $a^*$ ), sarılık-mavilik ( $b^*$ )) kaymış olması ve  $\Delta L^*$  değerlerinin negatif de olsa ilk renge göre farkının yüksek olmasından dolayı toplam renk farkı değerinin yüksek çıktığı sonucuna varılabilir.

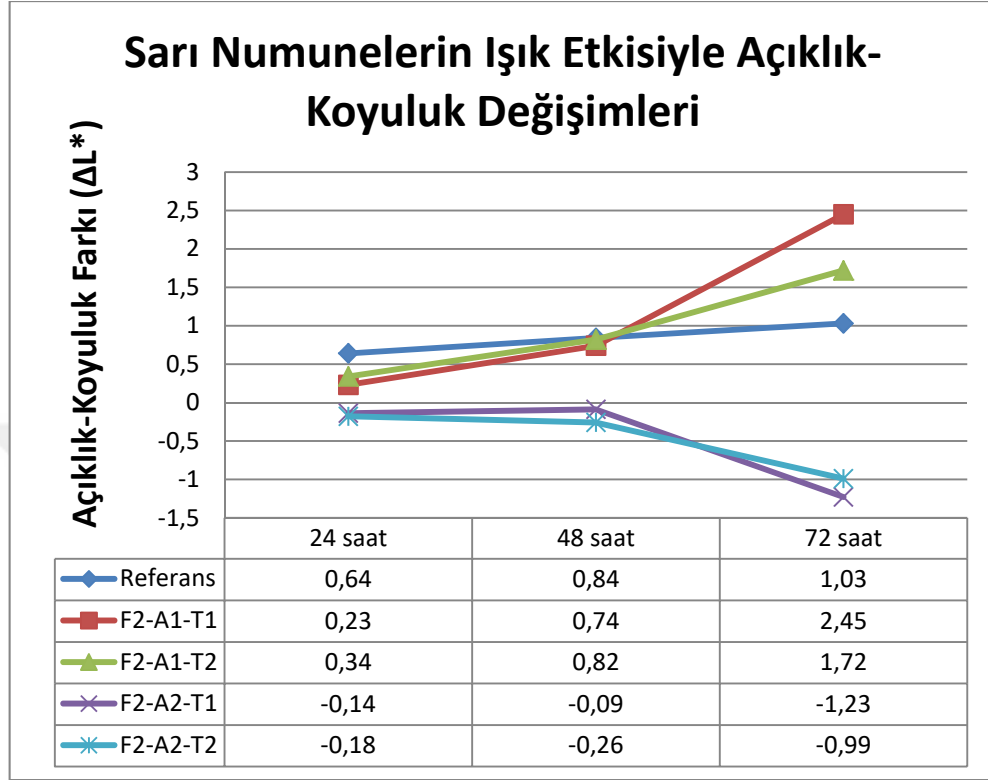
Şekil 4.46’da ise l-askorbik asit veya gallik asit çözeltileri ile işlem gören (F3 grubu) sarı renkte numunelerin ışık etkisiyle periyodik olarak açıklık-koyuluk değerlerindeki değişim görülmektedir. F1 ve F2 grubunda olduğu gibi bu gruptaki numunelerden gallik asit çözeltileri ile işlem gören numunelerin 48. saatte yapılan ölçümden itibaren ilk renklerine göre  $\Delta L^*$  değerinin düştüğü gözlemlenmiştir.

Çalışmada işlem görmüş ve görmemiş mavi, kırmızı ve sarı renkte numunelerin ışık etkisiyle açıklık-koyuluk değerleri genel olarak değerlendirilirse; l-askorbik asitin  $\Delta E^*$  değerinde olduğu gibi numunelerin  $\Delta L^*$  değerlerine de olumsuz bir etkiye neden olduğu söylenebilmektedir. Gallik asitin ise F1, F2, F3 grubundaki her üç renkte numunenin ışık etkisiyle oluşan  $\Delta L^*$  değeri için olumlu

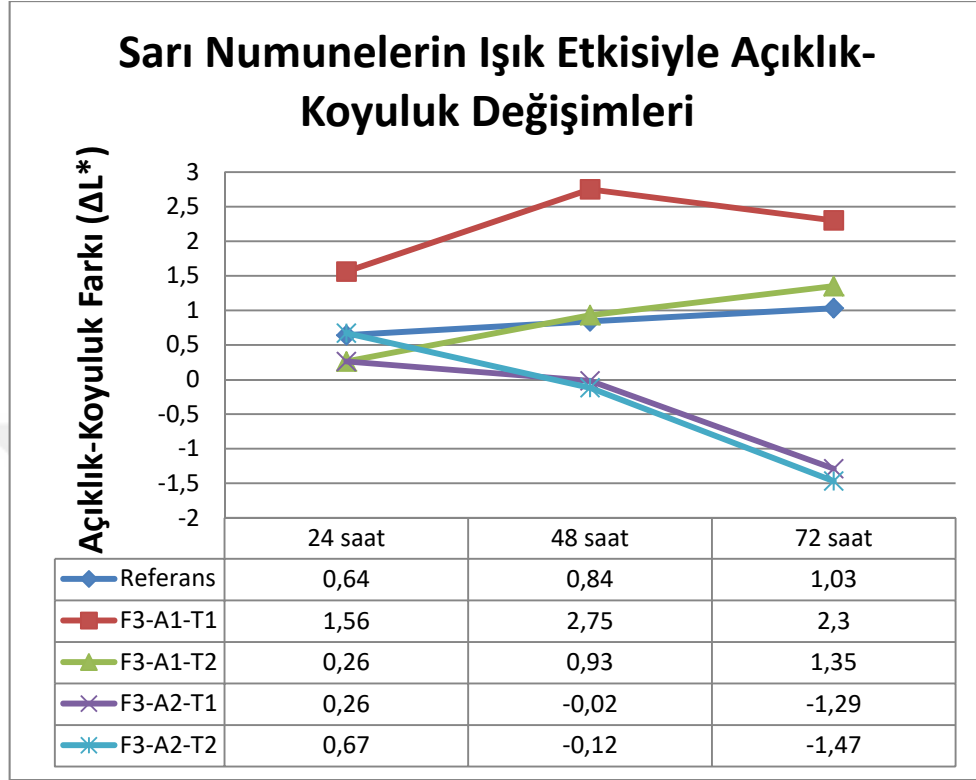
bir etkiye sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Veriler incelendiğinde (Çizelge 4.10, 4.11, 4.12); ışık etkisiyle kumaşın farklı renk tonlarına kayma eğilimini silika sol kaplamaların düşürdüğü; renkte açıklığı önleyen kimyasalın ise gallik asit olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.44. L-askorbik asit veya gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika soler ile işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş sarı numunelerin periyodik olarak açıklık-koyuluk değerlerinin değişimleri



Şekil 4.45. L-askorbik asit veya gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içermeyen silika sollar ile işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş sarı numunelerin periyodik olarak açıklık-koyuluk değerlerinin değişimleri



Şekil 4.46. L-askorbik asit veya gallik asit içeren sulu çözeltiler işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş sarı numunelerin periyodik olarak açıklık-koyuluk değerlerinin değişimleri

Çizelge 4.10. Mavi numunelerin ışık etkisiyle oluşan renk farkı değerleri

| Numune   | Mavi Numunelerin 72 Saat Soldurma Sonucunda Ortalama Renk Farkı Değerleri |              |              |              |            |              |
|----------|---------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|
|          | $\Delta L^*$                                                              | $\Delta a^*$ | $\Delta b^*$ | $\Delta C^*$ | $\Delta h$ | $\Delta E^*$ |
| F1-A1-T1 | 7.18                                                                      | 1.027        | 4.100        | -4.179       | 0.6202     | 8.35         |
| F1-A1-T2 | 6.7                                                                       | 0.773        | 3.552        | -3.594       | 0.555      | 7.66         |
| F1-A2-T1 | 5.16                                                                      | 0.261        | 3.881        | -3.643       | 1.364      | 6.49         |
| F1-A2-T2 | 4.2                                                                       | 0.142        | 4.102        | -3.812       | 1.519      | 5.79         |
| F2-A1-T1 | 7.41                                                                      | 0.436        | 3.283        | -3.166       | 0.951      | 8.16         |
| F2-A1-T2 | 7.27                                                                      | 0.601        | 3.976        | -3.839       | 2.148      | 8.77         |
| F2-A2-T1 | 3.31                                                                      | -0.380       | 5.880        | -5.133       | 2.799      | 6.77         |
| F2-A2-T2 | 4.59                                                                      | 0.136        | 6.773        | -6.048       | 3.178      | 8.20         |
| F3-A1-T1 | 8.44                                                                      | 1.280        | 5.585        | -5.674       | 1.399      | 10.25        |
| F3-A1-T2 | 9.81                                                                      | 1.368        | 4.945        | -4.938       | 1.083      | 11.78        |
| F3-A2-T1 | 2.74                                                                      | 0.464        | 7.601        | -6.846       | 3.352      | 8.18         |
| F3-A2-T2 | 3.01                                                                      | 0.619        | 7.834        | -7.028       | 3.528      | 8.52         |
| Referans | 6.88                                                                      | 0.482        | 5.205        | -4.094       | 1.075      | 8.70         |

Çizelge 4.11. Kırmızı numunelerin ışık etkisiyle oluşan renk farkı değerleri

| Numune   | Kırmızı Numunelerin 72 Saat Soldurma Sonucunda Ortalama Renk Farkı Değerleri |              |              |              |            |              |
|----------|------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|
|          | $\Delta L^*$                                                                 | $\Delta a^*$ | $\Delta b^*$ | $\Delta C^*$ | $\Delta h$ | $\Delta E^*$ |
| F1-A1-T1 | 5.66                                                                         | -8.905       | -2.243       | -8.913       | 2.210      | 10.83        |
| F1-A1-T2 | 5.14                                                                         | -8.114       | -2.530       | -8.165       | 2.382      | 9.91         |
| F1-A2-T1 | 5.22                                                                         | -8.256       | -0.580       | -8.261       | 0.516      | 9.85         |
| F1-A2-T2 | 3.44                                                                         | -9.040       | -0.103       | -6.585       | 0.364      | 9.7          |
| F2-A1-T1 | 6.96                                                                         | -9.570       | -2.261       | -9.641       | 1.891      | 12.12        |
| F2-A1-T2 | 7.69                                                                         | -9.381       | -1.743       | -9.402       | 1.523      | 12.29        |
| F2-A2-T1 | 2.33                                                                         | -11.461      | 3.515        | -11.251      | 3.205      | 12.24        |
| F2-A2-T2 | 3.4                                                                          | -11.016      | 2.932        | -10.855      | 3.472      | 11.89        |
| F3-A1-T1 | 8.14                                                                         | -12.649      | -0.328       | -12.642      | 0.799      | 15.08        |
| F3-A1-T2 | 8.61                                                                         | -13.445      | -0.128       | -13.438      | 0.861      | 15.96        |
| F3-A2-T1 | 2.69                                                                         | -12.347      | 5.384        | -12.093      | 5.873      | 13.77        |
| F3-A2-T2 | 3.99                                                                         | -13.297      | 5.168        | -13.112      | 5.595      | 14.82        |
| Referans | 5.94                                                                         | -9.5725      | -1.520       | -9.563       | 1.846      | 11.41        |

Çizelge 4.12. Sarı numunelerin ışık etkisiyle oluşan renk farkı değerleri

| Numune   | Sarı Numunelerin 72 Saat Soldurma Sonucunda Ortalama Renk Farkı Değerleri |              |              |              |            |              |
|----------|---------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|
|          | $\Delta L^*$                                                              | $\Delta a^*$ | $\Delta b^*$ | $\Delta C^*$ | $\Delta h$ | $\Delta E^*$ |
| F1-A1-T1 | 1.35                                                                      | -4.116       | -6.942       | -8.027       | 0.810      | 8.18         |
| F1-A1-T2 | 1.99                                                                      | -4.091       | -6.568       | -7.680       | 0.954      | 8.75         |
| F1-A2-T1 | 0.93                                                                      | -1.231       | -4.581       | -4.690       | 0.886      | 4.85         |
| F1-A2-T2 | 0.04                                                                      | -2.816       | -6.829       | -7.281       | 0.999      | 7.5          |
| F2-A1-T1 | 2.45                                                                      | -4.664       | -6.036       | -9.520       | 0.867      | 8.2          |
| F2-A1-T2 | 1.72                                                                      | -3.283       | -5.468       | -6.356       | 0.688      | 6.62         |
| F2-A2-T1 | -1.23                                                                     | -2.230       | -7.910       | -7.873       | 0.642      | 8.31         |
| F2-A2-T2 | -0.99                                                                     | -2.900       | -8.706       | -9.860       | 0.781      | 9.23         |
| F3-A1-T1 | 2.3                                                                       | -4.440       | -8.755       | -9.807       | 0.437      | 10.09        |
| F3-A1-T2 | 1.35                                                                      | -4.347       | -9.527       | -10.453      | 0.037      | 10.57        |
| F3-A2-T1 | -1.29                                                                     | -3.390       | -10.096      | -9.270       | 0.602      | 10.9         |
| F3-A2-T2 | -1.47                                                                     | -3.47        | -7.863       | -8.624       | 0.178      | 8.72         |
| Referans | 1.03                                                                      | -2.69        | -4.640       | -7.675       | 0.932      | 6.7          |

#### 4.11.3. Numunelerin 1 ve 5 Yıkama Sonrasında Işık Haslıklarının Değerlendirilmesi

Çalışma kapsamında hazırlanmış olan antioksidan katkılı solüsyonların,  $\Delta$  numunelerin ışık haslığına etkisinin yıkamaya karşı kalıcılığını tespit etmek için 1 ve 5 yıkamanın ardından ışık haslığı testine maruz bırakılmıştır.

Mavi numunelerin 1 ve 5 yıkama ardından 72 saat ışığa maruz bırakılması sonucu elde edilen ilk renklerine göre toplam renk farkı ( $\Delta E^*$ ) ve açıklık-koyuluk farkı ( $\Delta L^*$ ) değerleri Çizelge 4.13’de sunulmuştur. 1 yıkama ve 5 yıkama sonrası F1 grubuna ait değerler incelendiğinde; gallik asit katkılı silika sollar ile işlem gören numunelerin işlem görmemiş numuneye göre ışık etkisiyle daha düşük  $\Delta E^*$  ve  $\Delta L^*$  değerlerine sahip olduğu görülmektedir. İşlem görmüş ve yıkama uygulanmamış mavi numunelerin F1 grubunda benzer sonuç elde edildiği için çalışma kapsamında hazırlanan gallik asit katkılı GPTS içeren silika solların en az 5 yıkamaya kadar numuneye verdiği fonksiyonel özelliği devam ettirdiği söylenebilmektedir.

Mavi numunelerin F2 grubundaki değerleri incelendiğinde ise; 1 ve 5 yıkama sonrası gallik asit katkılı silika solların etkisiyle numunelerin  $\Delta E^*$  ve  $\Delta L^*$  değerleri işlem görmemiş numunelere göre daha düşük çıkmıştır. Ancak bu fark 5 yıkama sonunda azalmıştır. Bu durumun F1 grubundaki GPTS ilavesi ile kimyasalın lif yüzeyine daha iyi tutunduğu ve bu grupta F2 grubuna göre 5 yıkama sonunda  $\Delta E^*$  ve  $\Delta L^*$  değerlerinin işlem görmemiş numuneye göre farklarının daha fazla olduğu öne sürülebilmektedir. L-askorbik asit katkılı silika sollar ile işlem görmüş numunelerin toplam renk değişimleri ve açıklık-koyuluk değişimleri işlem görmemiş numuneninkine oldukça yakın çıkmıştır. Mavi numunelerin 1 yıkama sonrası F3 grubundaki değerleri incelendiğinde; numunelerin  $\Delta E^*$  ve  $\Delta L^*$  değerleri işlem görmemiş numuneye göre oldukça yakın çıkarken; 5 yıkama sonunda bu değerler işlem görmemiş numuneye göre beklenmedik bir şekilde daha iyi çıkmıştır. Bu sonuç ile çalışmada uygulanan F3 metodunda, çözelti ile işlem sonrası mavi numunelere yapılacak bir durulama işleminin gerekliliği sonucuna varılabilmektedir.

Çizelge 4.13. 1 ve 5 kez yıkanmış mavi numunelerin ışık etkisiyle elde edilmiş toplam renk farkı ve açıklık-koyuluk farkı değerleri

| 1 yıkama<br>yapılmış<br>numune | Renk Farkı<br>Değerleri |              | 5 yıkama<br>yapılmış<br>numune | Renk Farkı<br>Değerleri |              |
|--------------------------------|-------------------------|--------------|--------------------------------|-------------------------|--------------|
|                                | $\Delta L^*$            | $\Delta E^*$ |                                | $\Delta L^*$            | $\Delta E^*$ |
| F1-A1-T1                       | 7.84                    | 9.83         | F1-A1-T1                       | 10.05                   | 11.78        |
| F1-A1-T2                       | 9.20                    | 10.66        | F1-A1-T2                       | 8.84                    | 10.58        |
| F1-A2-T1                       | 7.67                    | 8.68         | F1-A2-T1                       | 8.36                    | 9.65         |
| F1-A2-T2                       | 7.11                    | 8.31         | F1-A2-T2                       | 6.78                    | 8.09         |
| F2-A1-T1                       | 9.70                    | 11.17        | F2-A1-T1                       | 9.68                    | 11.09        |
| F2-A1-T2                       | 9.15                    | 10.79        | F2-A1-T2                       | 9.60                    | 11.45        |
| F2-A2-T1                       | 7.52                    | 8.72         | F2-A2-T1                       | 7.19                    | 9.85         |
| F2-A2-T2                       | 7.67                    | 9.18         | F2-A2-T2                       | 8.28                    | 10.43        |
| F3-A1-T1                       | 9.01                    | 10.91        | F3-A1-T1                       | 8.75                    | 10.93        |
| F3-A1-T2                       | 10.0                    | 11.97        | F3-A1-T2                       | 9.09                    | 10.51        |
| F3-A2-T1                       | 8.82                    | 10.09        | F3-A2-T1                       | 8.96                    | 10.44        |
| F3-A2-T2                       | 9.33                    | 10.48        | F3-A2-T2                       | 8.47                    | 10.26        |
| Referans                       | 9.04                    | 10.81        | Referans                       | 10.06                   | 11.43        |

Çizelge 4.14’de işlem görmüş ve görmemiş kırmızı numunelerin 1 ve 5 yıkama sonrası 72 saat ışığa maruz kalması sonucunda ilk renklerine göre elde edilen toplam renk farkı ve açıklık-koyuluk farkı değerleri verilmiştir. Çizelgede 1 ve 5 yıkama sonunda F1 grubundaki numunelere ait değerler incelendiğinde en düşük  $\Delta E^*$  ve  $\Delta L^*$  değerlerinin gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sollar ile işlem gören numunelerde olduğu görülmektedir. Numuneler üzerinde kalan kimyasalların ışığa karşı koruyucu özelliğinin bir miktar kaldığı ortaya çıkmıştır. F2 grubunda 1 ve 5 yıkama sonunda  $\Delta E^*$  ve  $\Delta L^*$  değerlerinin F1 grubundaki numunelere göre daha yüksek olduğu görülmektedir. F3 grubuna ait değerler incelendiğinde ise hem 1 hem de 5 yıkama sonunda ışık etkisiyle  $\Delta L^*$  ve  $\Delta E^*$  değerlerindeki değişimin işlem görmemiş numuneye göre daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4.14. 1 ve 5 kez yıkanmış kırmızı numunelerin ışık etkisiyle elde edilmiş toplam renk farkı ve açıklık-koyuluk farkı değerleri

| 1 yıkama<br>yapılmış<br>numune | Renk Farkı<br>Değerleri |              | 5 yıkama<br>yapılmış<br>numune | Renk Farkı<br>Değerleri |              |
|--------------------------------|-------------------------|--------------|--------------------------------|-------------------------|--------------|
|                                | $\Delta L^*$            | $\Delta E^*$ |                                | $\Delta L^*$            | $\Delta E^*$ |
| F1-A1-T1                       | 7.48                    | 12.76        | F1-A1-T1                       | 7.23                    | 13.32        |
| F1-A1-T2                       | 7.88                    | 14.0         | F1-A1-T2                       | 8.25                    | 14.47        |
| F1-A2-T1                       | 6.59                    | 11.94        | F1-A2-T1                       | 7.27                    | 13.02        |
| F1-A2-T2                       | 7.53                    | 13.4         | F1-A2-T2                       | 7.37                    | 13.62        |
| F2-A1-T1                       | 8.40                    | 13.19        | F2-A1-T1                       | 7.69                    | 13.97        |
| F2-A1-T2                       | 6.66                    | 12.52        | F2-A1-T2                       | 7.58                    | 14.55        |
| F2-A2-T1                       | 6.56                    | 13.87        | F2-A2-T1                       | 9.05                    | 15.11        |
| F2-A2-T2                       | 5.70                    | 12.47        | F2-A2-T2                       | 7.11                    | 14.5         |
| F3-A1-T1                       | 8.63                    | 14.55        | F3-A1-T1                       | 7.18                    | 14.73        |
| F3-A1-T2                       | 10.0                    | 16.02        | F3-A1-T2                       | 8.16                    | 15.39        |
| F3-A2-T1                       | 8.07                    | 15.26        | F3-A2-T1                       | 8.12                    | 14.46        |
| F3-A2-T2                       | 8.42                    | 15.56        | F3-A2-T2                       | 6.70                    | 13.98        |
| Referans                       | 7.42                    | 13.35        | Referans                       | 6.25                    | 14.66        |

Çizelge 4.15’de işlem görmüş ve görmemiş sarı numunelerin 1 ve 5 yıkama sonrası 72 saat ışığa maruz kalması sonucunda ilk renklerine göre elde edilen toplam renk farkı ve açıklık-koyuluk farkı değerleri sunulmuştur. F1 grubundaki tüm numunelerin  $\Delta E^*$  değerleri genel olarak incelendiğinde; işlem görmemiş numuneye hepsinin daha düşük olduğu görülmektedir. Ancak bu gruptaki  $\Delta L^*$  değerleri işlem görmemiş numuneye göre daha yüksek çıkmıştır. 5 yıkama sonunda ise F1 grubunda en düşük renk değişiminin yine gallik asit katkılı silika sollar ile 150°C’de fikse işlemi gören numunelerde olduğu ortaya çıkmıştır. Çizelgedeki F2 grubu incelendiğinde ise; 1 yıkama sonunda yine  $\Delta E^*$  değerlerinin işlem görmüş numunelerde daha düşük;  $\Delta L^*$  değerinin ise en düşük gallik asit katkılı silika sollar ile işlem sonrası 120°C’de fikse sıcaklığına tabi tutulan numunelere ait olduğu ortaya çıkmıştır. 5 yıkama sonunda ise F2 grubundaki tüm numunelerde  $\Delta E^*$  değerinin daha düşük;  $\Delta L^*$  değerlerinin ise daha yüksek olduğu görülmektedir. Hem F1 hem de F2 grubundaki sarı ve kırmızı numunelerde görülen bu durumun; çalışmada  $\Delta L^*$  değerini etkilediği (düşüren) gözlemlenen antioksidanların yıkama sonrası kumaş yüzeyinden uzaklaşıp; yıkama sonrası kumaş yüzeyinde kalan silika solün ise ışık etkisiyle renk değişimini düşürücü etkisini az da olsa devam ettirmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. F3 grubunda ise 1 hem de 5 yıkama sonunda ışık etkisiyle  $\Delta E^*$  değerlerindeki değişimin işlem görmemiş numuneye göre daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4.15. 1 ve 5 kez yıkanmış sarı numunelerin ışık etkisiyle elde edilmiş toplam renk farkı ve açıklık-koyuluk farkı değerleri

| 1 yıkama<br>yapılmış<br>numune | Renk Farkı<br>Değerleri |              | 5 yıkama<br>yapılmış<br>numune | Renk Farkı<br>Değerleri |              |
|--------------------------------|-------------------------|--------------|--------------------------------|-------------------------|--------------|
|                                | $\Delta L^*$            | $\Delta E^*$ |                                | $\Delta L^*$            | $\Delta E^*$ |
| F1-A1-T1                       | 1.42                    | 9.87         | F1-A1-T1                       | 1.13                    | 10.59        |
| F1-A1-T2                       | 2.22                    | 9.74         | F1-A1-T2                       | 1.43                    | 10.29        |
| F1-A2-T1                       | 1.44                    | 9.29         | F1-A2-T1                       | 2.10                    | 9.9          |
| F1-A2-T2                       | 2.26                    | 8.09         | F1-A2-T2                       | 3.14                    | 8.61         |
| F2-A1-T1                       | 1.10                    | 9.67         | F2-A1-T1                       | 1.78                    | 7.38         |
| F2-A1-T2                       | 1.53                    | 7.53         | F2-A1-T2                       | 1.92                    | 7.89         |
| F2-A2-T1                       | 0.49                    | 8.62         | F2-A2-T1                       | 2.34                    | 8.59         |
| F2-A2-T2                       | 2.30                    | 8.27         | F2-A2-T2                       | 2.40                    | 8.14         |
| F3-A1-T1                       | 3.48                    | 9.94         | F3-A1-T1                       | 2.23                    | 9.35         |
| F3-A1-T2                       | 1.59                    | 8.93         | F3-A1-T2                       | 1.29                    | 9.87         |
| F3-A2-T1                       | 1.44                    | 9.17         | F3-A2-T1                       | 1.91                    | 9.16         |
| F3-A2-T2                       | 1.85                    | 8.82         | F3-A2-T2                       | 2.48                    | 9.55         |
| Referans                       | 1.13                    | 10.29        | Referans                       | 1.09                    | 9.79         |

#### 4.12. Numunelerin Işık Etkisiyle Renk Değerlerindeki Değişimlerin İstatistiksel Analizi

Tez çalışması kapsamında, kimyasallarla işlem görmüş ve hiç işlem görmemiş mavi, kırmızı ve sarı renkte keten numunelerin 72 saat yapay ışık altında soldurulması sonrası ilk renkleri ile arasındaki toplam renk farkı ( $\Delta E^*$ ) ve açıklık-koyuluk ( $\Delta L^*$ ) değerleri farkı sonuçlarının istatistiksel analizi için SPSS 22.0 istatistiksel paket programı kullanılmıştır.

L-askorbik asit veya gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sol, çapraz bağlayıcı içermeyen silika sol ve sadece antioksidan içeren solüsyonlar ile iki farklı sıcaklıkta (120 ve 150°C) işlem gören üç farklı renkte (mavi, kırmızı, sarı) keten numunelerin soldurma sonucu elde edilen  $\Delta E^*$  ve  $\Delta L^*$  değerlerini incelemek için çok yönlü MANOVA ve çoklu karşılaştırma (Post-Hoc) testleri uygulanmıştır.

##### 4.12.1. Test Sonuçlarının Normal Dağılıma Uygunluğu

SPSS veri sayfasına numunelere ait  $\Delta E^*$  ve  $\Delta L^*$  verileri girildikten sonra, sonuçların normal dağılıma uygunluğunu tespit edebilmek için Kolmogorov-

Smirnov (K-S) testleri yapılmış ve histogram grafikleri incelenmiştir. Elde edilen çıktı sayfasında p değerleri(Asymp. Sig (2-tailed)) incelendiğinde; toplam renk farkı değerlerinin 0,05'ten küçük olduğu için normal dağılım göstermediği, açıklık-koyuluk farkı değerinin ise 0,05'ten büyük olduğu için normal dağılıma uygun olduğu görülmektedir (Çizelge 4.16).

Histogram çizimleri, verilerin ne kadar sıklıkla tekrar edildiğini gösteren grafiklerdir. Toplam renk farkı değişkenine ait histogram grafiğinde (Şekil 4.47) normal dağılım eğrisi elde edilmiştir. Bu grafikten değerlerin homojen olmadığı, gözlemlerde alt grupların bulunduğu anlaşılmaktadır (Erol, 2010). Merkezi limit teoremine göre bir veri kümesinin dağılımı normal olmasa bile bu dağılımdan elde edilecek örneklemelerin ortalamalarının (veya oranlarının) dağılımları normal dağılıma yaklaşmaktadır (Gürsakar, 2013). Bu sonuç ile merkezi limit teoremine de dayanarak  $\Delta E^*$  değişkeninin dağılımının normale yakın olduğu için bu değerlerin normal dağılım gösterdiği kabul edilmiştir. Açıklık-koyuluk farkı değişkeninin histogram grafiğinde ise çan şekline yakın normal dağılım eğrisi elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.48).

Çizelge 4.16. Değerlerin normal dağılıma uygunluk (K-S testi) sonuçları

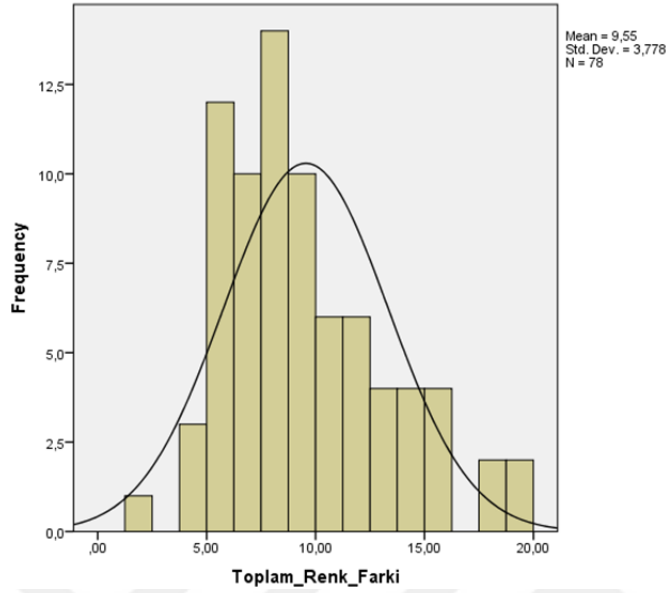
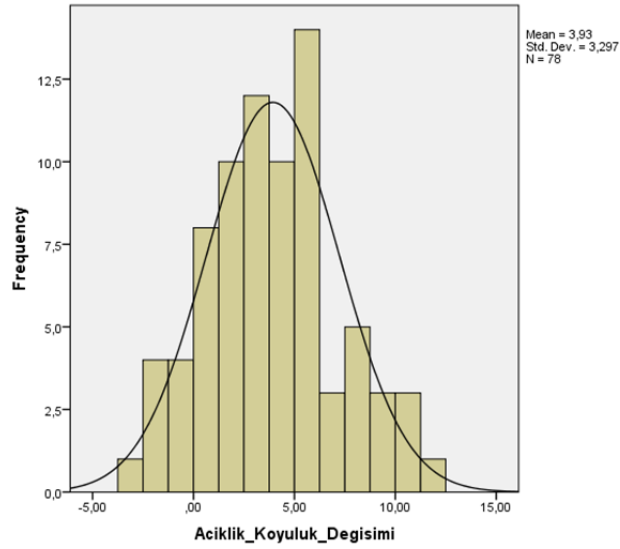
| One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test |                |                   |                          |
|------------------------------------|----------------|-------------------|--------------------------|
|                                    |                | Toplam Renk Farkı | Açıklık Koyuluk Değişimi |
| N                                  |                | 78                | 78                       |
| Normal Parameters <sup>a,b</sup>   | Mean           | 9,5519            | 3,9334                   |
|                                    | Std. Deviation | 3,77783           | 3,29665                  |
| Most Extreme Differences           | Absolute       | ,123              | ,061                     |
|                                    | Positive       | ,123              | ,061                     |
|                                    | Negative       | -,085             | -,047                    |
| Test Statistic                     |                | ,123              | ,061                     |
| Asymp. Sig. (2-tailed)             |                | ,005 <sup>c</sup> | ,200 <sup>c,d</sup>      |

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. Lilliefors Significance Correction.

d. This is a lower bound of the true significance.

Şekil 4.47. Toplam renk farkı ( $\Delta E^*$ ) değerlerinin histogram grafiğiŞekil 4. 48. Açıklık-koyuluk farkı ( $\Delta L^*$ ) değerlerinin histogram grafiği

**4.12.2. MANOVA ve Çoklu Karşılaştırma Testleri**

Test çalışması kapsamında renk farkının, solüsyon farkının (F1, F2, F3), antioksidan farklılığının (A1 ve A2) ve fikse sıcaklığı farkının (T1 ve T2), soldurma etkisiyle elde edilen  $\Delta E^*$  ve  $\Delta L^*$  değerlerine etkisini incelemek için yapılan istatistiksel analizler sonucunda elde edilen çıktılar Çizelge 4.17'deki gibidir. Her bir bağımlı değişken için varyans homojenliğinin test edildiği Levene's testinde p (Sig.) değeri 0,05'ten büyük ise o bağımlı değişken için varyans eşitliği sağlanmıştır demektir. Çizelge incelendiğinde hem "toplam renk farkı" hem de "açıklık-koyuluk farkı" değişkenlerinin varyans eşitliğini sağlamış olduğu görülmektedir. Bu değişkenlerin hata varyansları homojen olduğu için sonuçlar, çoklu karşılaştırma tablolarında LSD testi ile değerlendirilmiştir (Yazıcıoğlu ve Erdoğan, 2004). "Toplam renk farkı" ve "açıklık-koyuluk farkı" değerlerinin etkileşim testi sonuçları Çizelge 4.18'de sunulmuştur.

Çizelge 4.17. Hata varyanslarının eşitliği testi

| <b>Levene's Test of Equality of Error Variances<sup>a</sup></b> |      |     |     |      |
|-----------------------------------------------------------------|------|-----|-----|------|
|                                                                 | F    | df1 | df2 | Sig. |
| Toplam_Renk_Farki                                               | ,398 | 12  | 65  | ,960 |
| Aciklik_Koyuluk_Degisimi                                        | ,728 | 12  | 65  | ,719 |

<sup>a</sup>Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

Çizelge 4.18. Etkileşim testi

## Tests of Between-Subjects Effects

| Source                       | Dependent Variable           | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F       | Sig. | Partial Eta Squared |
|------------------------------|------------------------------|-------------------------|----|-------------|---------|------|---------------------|
| Corrected Model              | Toplam_Renk_Farki            | 528,477 <sup>a</sup>    | 38 | 13,907      | ,951    | ,561 | ,481                |
|                              | Aciklik_Koyuluk_De<br>gisimi | 716,252 <sup>b</sup>    | 38 | 18,849      | 6,097   | ,000 | ,856                |
| Intercept                    | Toplam_Renk_Farki            | 5337,749                | 1  | 5337,749    | 364,914 | ,000 | ,903                |
|                              | Aciklik_Koyuluk_De<br>gisimi | 976,933                 | 1  | 976,933     | 315,987 | ,000 | ,890                |
| İşlem                        | Toplam_Renk_Farki            | 162,459                 | 2  | 81,229      | 5,553   | ,008 | ,222                |
|                              | Aciklik_Koyuluk_De<br>gisimi | 1,374                   | 2  | ,687        | ,222    | ,802 | ,011                |
| Kumas_Rengi                  | Toplam_Renk_Farki            | 227,461                 | 2  | 113,730     | 7,775   | ,001 | ,285                |
|                              | Aciklik_Koyuluk_De<br>gisimi | 346,860                 | 2  | 173,430     | 56,095  | ,000 | ,742                |
| Antioksidan                  | Toplam_Renk_Farki            | 12,886                  | 1  | 12,886      | ,881    | ,354 | ,022                |
|                              | Aciklik_Koyuluk_De<br>gisimi | 210,645                 | 1  | 210,645     | 68,133  | ,000 | ,636                |
| Sıcaklık                     | Toplam_Renk_Farki            | ,458                    | 1  | ,458        | ,031    | ,861 | ,001                |
|                              | Aciklik_Koyuluk_De<br>gisimi | ,002                    | 1  | ,002        | ,001    | ,978 | ,000                |
| İşlem *<br>Kumas_Rengi       | Toplam_Renk_Farki            | 10,846                  | 4  | 2,711       | ,185    | ,945 | ,019                |
|                              | Aciklik_Koyuluk_De<br>gisimi | 7,055                   | 4  | 1,764       | ,571    | ,686 | ,055                |
| İşlem *<br>Antioksidan       | Toplam_Renk_Farki            | 5,898                   | 2  | 2,949       | ,202    | ,818 | ,010                |
|                              | Aciklik_Koyuluk_De<br>gisimi | 35,412                  | 2  | 17,706      | 5,727   | ,007 | ,227                |
| İşlem *<br>Sıcaklık          | Toplam_Renk_Farki            | ,640                    | 2  | ,320        | ,022    | ,978 | ,001                |
|                              | Aciklik_Koyuluk_De<br>gisimi | 4,128                   | 2  | 2,064       | ,668    | ,519 | ,033                |
| Kumas_Rengi<br>* Antioksidan | Toplam_Renk_Farki            | 11,583                  | 2  | 5,791       | ,396    | ,676 | ,020                |
|                              | Aciklik_Koyuluk_De<br>gisimi | 8,562                   | 2  | 4,281       | 1,385   | ,262 | ,066                |
| Kumas_Rengi<br>* Sıcaklık    | Toplam_Renk_Farki            | ,412                    | 2  | ,206        | ,014    | ,986 | ,001                |
|                              | Aciklik_Koyuluk_De<br>gisimi | ,939                    | 2  | ,470        | ,152    | ,860 | ,008                |
| Antioksidan *<br>Sıcaklık    | Toplam_Renk_Farki            | ,201                    | 1  | ,201        | ,014    | ,907 | ,000                |
|                              | Aciklik_Koyuluk_De<br>gisimi | ,123                    | 1  | ,123        | ,040    | ,843 | ,001                |
| Error                        | Toplam_Renk_Farki            | 570,469                 | 39 | 14,627      |         |      |                     |
|                              | Aciklik_Koyuluk_De<br>gisimi | 120,576                 | 39 | 3,092       |         |      |                     |
| Total                        | Toplam_Renk_Farki            | 8215,606                | 78 |             |         |      |                     |
|                              | Aciklik_Koyuluk_De<br>gisimi | 2043,606                | 78 |             |         |      |                     |
| Corrected<br>Total           | Toplam_Renk_Farki            | 1098,946                | 77 |             |         |      |                     |
|                              | Aciklik_Koyuluk_De<br>gisimi | 836,828                 | 77 |             |         |      |                     |

a. R Squared = ,481 (Adjusted R Squared = -,025)

b. R Squared = ,856 (Adjusted R Squared = ,716)

Çizelge incelendiğinde; işlem farklılığının (F1, F2, F3) numunelerin ışıık etkisiyle oluşmuş toplam renk farkı değerleri üzerinde anlamlı bir etkisinin olduğu, açıklık-koyuluk değişimlerine etkisinin ise anlamlı olmadığı görölmektedir. Antioksidan kullanımının numunelerin  $\Delta E^*$  değerine etkisi anlamlı değilken,  $\Delta L^*$  değerine etkisi anlamlı çıkmıştır. Çalışmada kumaş renk farkının, farklı fikse sıcaklığının hem  $\Delta E^*$  ve  $\Delta L^*$  değerleri üzerindeki etkisinin ise anlamlı olmadığı görölmüştür. Değişkenlerin birbirleriyle olan etkileşim incelendiğinde; sadece işlem ve antioksidan etkileşiminin  $\Delta L^*$  değerleri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4.19’da numunelerin rengine göre karşılaştırılan  $\Delta E^*$  ve  $\Delta L^*$  değerlerinin çoklu karşılaştırma sonuçları görölmektedir. Sonuç çıktısı incelendiğinde toplam renk farkı değeri açısından işlem görmüş ve görmemiş mavi ve sarı renkte numuneler ile kırmızı renkte numunelerin sonuçları arasında anlamlı farklılıkların olduğu görölmektedir. Söz konusu değeri açısından mavi ve sarı renk numuneler arasında ise anlamlı bir farklılık görölmemiştir. Aynı tabloda açıklık-koyuluk değeri açısından işlem görmüş ve görmemiş mavi ve kırmızı renkte numuneler ile sarı renkte numuneler arasında anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir.  $\Delta L^*$  değeri açısından mavi ve kırmızı renk numuneler arasında ise anlamlı bir farklılık görölmemiştir. Tabloda yer alan ortalama farklar(mean difference) sütunu incelendiğinde, ışıık etkisiyle numunelerde toplam renk farkı değişimi azalan sırayla kırmızı, mavi ve sarı renkte; açıklık-koyuluk değerleri değişimi azalan sırayla mavi, kırmızı, sarı renklerde meydana gelmiştir. Genel olarak sarı renkte numunelerin ışıık etkisiyle renk değerlerindeki değişim diğer renklere göre en düşük çıkmıştır.

Çizelge 4.19. Numune rengine göre çoklu karşılaştırma

| Multiple Comparisons     |                 |                 |                       |            |      |                         |             |
|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|------------|------|-------------------------|-------------|
| LSD                      |                 |                 |                       |            |      |                         |             |
| Dependent Variable       | (I) Kumas Rengi | (J) Kumas Rengi | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval |             |
|                          |                 |                 |                       |            |      | Lower Bound             | Upper Bound |
| Toplam Renk Farki        | Mavi            | Kırmızı         | -4,1131*              | 1,06075    | ,000 | -6,2586                 | -1,9675     |
|                          |                 | Sarı            | ,0504                 | 1,06075    | ,962 | -2,0952                 | 2,1959      |
|                          | Kırmızı         | Mavi            | 4,1131*               | 1,06075    | ,000 | 1,9675                  | 6,2586      |
|                          |                 | Sarı            | 4,1635*               | 1,06075    | ,000 | 2,0179                  | 6,3090      |
|                          | Sarı            | Mavi            | -,0504                | 1,06075    | ,962 | -2,1959                 | 2,0952      |
|                          |                 | Kırmızı         | -4,1635*              | 1,06075    | ,000 | -6,3090                 | -2,0179     |
| Aciklik Koyuluk Degisimi | Mavi            | Kırmızı         | ,5343                 | ,48767     | ,280 | -,4521                  | 1,5207      |
|                          |                 | Sarı            | 5,2423*               | ,48767     | ,000 | 4,2559                  | 6,2287      |
|                          | Kırmızı         | Mavi            | -,5343                | ,48767     | ,280 | -1,5207                 | ,4521       |
|                          |                 | Sarı            | 4,7080*               | ,48767     | ,000 | 3,7216                  | 5,6944      |
|                          | Sarı            | Mavi            | -5,2423*              | ,48767     | ,000 | -6,2287                 | -4,2559     |
|                          |                 | Kırmızı         | -4,7080*              | ,48767     | ,000 | -5,6944                 | -3,7216     |

\*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Çizelge 4.20’de işlem farkına göre karşılaştırılan  $\Delta E^*$  ve  $\Delta L^*$  değerlerinin çoklu karşılaştırma sonuç çıktısı sunulmuştur. Tabloda yer alan F1, F2, F3 kodlu işlemler kimyasallarla ile işlem görmüş numuneleri; N kodu ise işlem görmemiş numuneleri temsil etmektedir. Tablodaki veriler incelendiğinde toplam renk farkı değeri açısından F1, F2 ve N değişkenleri arasında anlamlı bir farklılığın olmadığı, söz konusu değişkenler ile F3 grubu arasında anlamlı bir farklılığın olduğu görülmektedir. Daha önce ışık etkisiyle numunelerde meydana gelen toplam renk farkı değerleri grafiksel olarak değerlendirildiğinde F1, F2 ve F3 işlemlerinin her renk için farklı etki gösterdiği görülmüştür. Her üç renk için genel değerlendirme yapıldığında ise antioksidan katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sol, çapraz bağlayıcı içeren silika sol ve işlem görmemiş numunelerin ışık etkisiyle toplam renk farkı değişimi arasında istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ortaya çıkmıştır.

Açıklık-koyuluk değeri açısından ise F1, F2, F3 ve N değişkenleri arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir. Ortalama farklar değerleri incelendiğinde toplam renk farkı değeri açısından en fazla renk değişiminin sırasıyla F3, F2, N, F1 numunelerinde olduğu görülmektedir. Genel değerlendirme yapıldığında çapraz bağlayıcı içeren silika soler ile işlem gören numunelerin ışık etkisiyle renk değişimlerinin diğer numunelere göre daha az olduğu söylenebilmektedir. Açıklık-koyuluk değişimin ortalama farklar değerleri incelendiğinde en fazla değişimin işlem görmemiş numunelerde daha sonra sırasıyla F3, F1 ve F2 grubundaki numunelerde olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.21’de ise antioksidan farkına göre karşılaştırılan  $\Delta E^*$  ve  $\Delta L^*$  değerlerinin çoklu karşılaştırma sonuçları görülmektedir. Bu tabloya göre toplam renk farkı değeri açısından A1, A2 ve işlem görmemiş numuneleri temsil eden “0” değişkenleri arasında anlamlı bir farklılığın olmadığı, açıklık-koyuluk değeri açısından ise A1 ile “0” ve A2 arasında anlamlı bir farklılığın olduğu görülmektedir. Daha önce ışık etkisiyle numunelerde meydana gelen açıklık-koyuluk değerleri farkı grafiksel olarak değerlendirildiğinde de gallik asit (A2) antioksidanının kullanıldığı numunelerin renklerinde daha az renk açıklığı meydana geldiği görülmüştür. İstatistiksel olarak da gallik asitin etkisinin bu açıdan önemli olduğu ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4.22’de kimyasallar ile işlem sonrası uygulanan fikse sıcaklığı farkına göre  $\Delta E^*$  ve  $\Delta L^*$  değerlerinin çoklu karşılaştırma sonuçları görülmektedir. Tabloda, işlemler sonrası 120 C° ve 150 C° olarak ayrı uygulanan fikse sıcaklıklarının genel olarak toplam renk farkı ve açıklık-koyuluk farkı değerlerine etkisi açısından aralarında anlamlı bir farklılığın olmadığı görülmektedir.

Çizelge 4.20. İşlem farklılığına göre çoklu karşılaştırma

| Multiple Comparisons     |                |                |                       |            |      |                         |             |
|--------------------------|----------------|----------------|-----------------------|------------|------|-------------------------|-------------|
| LSD                      |                |                |                       |            |      |                         |             |
| Dependent Variable       | (I) İşlem Kodu | (J) İşlem Kodu | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval |             |
|                          |                |                |                       |            |      | Lower Bound             | Upper Bound |
| Toplam Renk Farki        | F1             | F2             | -1,5029               | 1,10406    | ,181 | -3,7361                 | ,7303       |
|                          |                | F3             | -3,6600*              | 1,10406    | ,002 | -5,8932                 | -1,4268     |
|                          |                | N              | -,8287                | 1,74567    | ,638 | -4,3597                 | 2,7022      |
|                          | F2             | F1             | 1,5029                | 1,10406    | ,181 | -,7303                  | 3,7361      |
|                          |                | F3             | -2,1571               | 1,10406    | ,058 | -4,3903                 | ,0761       |
|                          |                | N              | ,6742                 | 1,74567    | ,701 | -2,8568                 | 4,2051      |
|                          | F3             | F1             | 3,6600*               | 1,10406    | ,002 | 1,4268                  | 5,8932      |
|                          |                | F2             | 2,1571                | 1,10406    | ,058 | -,0761                  | 4,3903      |
|                          |                | N              | 2,8312                | 1,74567    | ,113 | -,6997                  | 6,3622      |
|                          | N              | F1             | ,8287                 | 1,74567    | ,638 | -2,7022                 | 4,3597      |
|                          |                | F2             | -,6742                | 1,74567    | ,701 | -4,2051                 | 2,8568      |
|                          |                | F3             | -2,8312               | 1,74567    | ,113 | -6,3622                 | ,6997       |
| Aciklik Koyuluk Degisimi | F1             | F2             | ,2250                 | ,50758     | ,660 | -,8017                  | 1,2517      |
|                          |                | F3             | -,1064                | ,50758     | ,835 | -1,1331                 | ,9203       |
|                          |                | N              | -,6321                | ,80256     | ,436 | -2,2554                 | ,9912       |
|                          | F2             | F1             | -,2250                | ,50758     | ,660 | -1,2517                 | ,8017       |
|                          |                | F3             | -,3314                | ,50758     | ,518 | -1,3581                 | ,6953       |
|                          |                | N              | -,8571                | ,80256     | ,292 | -2,4804                 | ,7662       |
|                          | F3             | F1             | ,1064                 | ,50758     | ,835 | -,9203                  | 1,1331      |
|                          |                | F2             | ,3314                 | ,50758     | ,518 | -,6953                  | 1,3581      |
|                          |                | N              | -,5257                | ,80256     | ,516 | -2,1490                 | 1,0977      |
|                          | N              | F1             | ,6321                 | ,80256     | ,436 | -,9912                  | 2,2554      |
|                          |                | F2             | ,8571                 | ,80256     | ,292 | -,7662                  | 2,4804      |
|                          |                | F3             | ,5257                 | ,80256     | ,516 | -1,0977                 | 2,1490      |

\*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Çizelge 4.21. Antioksidana göre çoklu karşılaştırma

| Multiple Comparisons     |                 |                 |                       |            |      |                         |             |
|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|------------|------|-------------------------|-------------|
| LSD                      |                 |                 |                       |            |      |                         |             |
| Dependent Variable       | (I) Antioksidan | (J) Antioksidan | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval |             |
|                          |                 |                 |                       |            |      | Lower Bound             | Upper Bound |
| Toplam Renk Farki        | 0               | A1              | -1,3153               | 1,68648    | ,440 | -4,7265                 | 2,0960      |
|                          |                 | A2              | -,4692                | 1,68648    | ,782 | -3,8804                 | 2,9421      |
|                          | A1              | 0               | 1,3153                | 1,68648    | ,440 | -2,0960                 | 4,7265      |
|                          |                 | A2              | ,8461                 | ,90146     | ,354 | -,9773                  | 2,6695      |
|                          | A2              | 0               | ,4692                 | 1,68648    | ,782 | -2,9421                 | 3,8804      |
|                          |                 | A1              | -,8461                | ,90146     | ,354 | -2,6695                 | ,9773       |
| Aciklik Koyuluk Degisimi | 0               | A1              | -1,0388               | ,77535     | ,188 | -2,6071                 | ,5295       |
|                          |                 | A2              | 2,3821*               | ,77535     | ,004 | ,8138                   | 3,9503      |
|                          | A1              | 0               | 1,0388                | ,77535     | ,188 | -,5295                  | 2,6071      |
|                          |                 | A2              | 3,4209*               | ,41444     | ,000 | 2,5826                  | 4,2592      |
|                          | A2              | 0               | -2,3821*              | ,77535     | ,004 | -3,9503                 | -,8138      |
|                          |                 | A1              | -3,4209*              | ,41444     | ,000 | -4,2592                 | -2,5826     |

\*. The mean difference is significant at the ,05 level.

Çizelge 4.22. Fikse sıcaklığına göre çoklu karşılaştırma

| Multiple Comparisons     |                     |                     |                       |            |      |                         |             |
|--------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|------------|------|-------------------------|-------------|
| LSD                      |                     |                     |                       |            |      |                         |             |
| Dependent Variable       | (I) Fikse Sıcaklığı | (J) Fikse Sıcaklığı | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval |             |
|                          |                     |                     |                       |            |      | Lower Bound             | Upper Bound |
| Toplam Renk Farki        | 0                   | T1                  | -,8125                | 1,68648    | ,633 | -4,2237                 | 2,5987      |
|                          |                     | T2                  | -,9719                | 1,68648    | ,568 | -4,3832                 | 2,4393      |
|                          | T1                  | 0                   | ,8125                 | 1,68648    | ,633 | -2,5987                 | 4,2237      |
|                          |                     | T2                  | -,1594                | ,90146     | ,861 | -1,9828                 | 1,6639      |
|                          | T2                  | 0                   | ,9719                 | 1,68648    | ,568 | -2,4393                 | 4,3832      |
|                          |                     | T1                  | ,1594                 | ,90146     | ,861 | -1,6639                 | 1,9828      |
| Aciklik Koyuluk Degisimi | 0                   | T1                  | ,6773                 | ,77535     | ,388 | -,8910                  | 2,2456      |
|                          |                     | T2                  | ,6659                 | ,77535     | ,396 | -,9023                  | 2,2342      |
|                          | T1                  | 0                   | -,6773                | ,77535     | ,388 | -2,2456                 | ,8910       |
|                          |                     | T2                  | -,0113                | ,41444     | ,978 | -,8496                  | ,8270       |
|                          | T2                  | 0                   | -,6659                | ,77535     | ,396 | -2,2342                 | ,9023       |
|                          |                     | T1                  | ,0113                 | ,41444     | ,978 | -,8270                  | ,8496       |

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 5.1. Sonuçlar

Boyaların ışık etkisiyle solmaya karşı dirençleri tekstil ve konfeksiyon sektöründe önemli bir unsurdur. Renkli tekstil malzemesinde ışık etkisiyle meydana gelen solma, UV ışınlarının boyarmaddenin yapısını bozmasıyla ve görünür ışığın malzemede fotooksidasyona neden olması ile oluşmaktadır. Tez çalışması kapsamında, oksidasyon inhibitörü olarak da bilinen antioksidanlar sol-jel tekniği ile elde edilmiş silika sollere katkı maddesi olarak kullanılmış olup mavi, kırmızı ve sarı renkte %100 keten içerikli dokuma kumaşlara aktarılmıştır.

Antioksidan olarak l-askorbik asit ve gallik asit kullanılarak; çapraz bağlayıcı içeren silika sol, çapraz bağlayıcı içermeyen silika sol ve sadece sulu antioksidan çözeltisi içeren farklı solüsyonlar hazırlanmıştır. Çalışmada, kumaşlara 120 °C ve 150 °C olmak üzere iki farklı fikse sıcaklığında pad-termofiksaj yöntemiyle aktarılan solüsyonların, kumaş numunelerinin ışık haslığına etkilerini incelemek hedeflenmiştir.

Silika soller ile işlem gören numunelerin karakterizasyonu için SEM (taramalı elektron mikroskobu) ve FT/IR (fourier dönüşümlü infrared spektrofotometre) analizleri yapılmıştır. Ayrıca numunelere solüsyonlar ile işlem sonrası kütle artışı tayini ve renk değerlerindeki değişimin cihaz ile ölçümü, kumaş kalınlıklarındaki değişim, hidrofilite tayini, yumuşaklık testi, hava geçirgenliği, aşınma dayanımı, yırtılma dayanımı gibi fiziksel ve optik testler uygulanmıştır.

İşlem görmüş ve işlem görmemiş referans numunelerin ışık haslığı tayini için numuneler, yapay ksenon lamba ışığı altında 24, 48 ve 72 saat soldurmaya bırakılmış ve her 24 saatlik periyod bitiminde numunelerin renk ölçümleri gerçekleştirilmiş ardından ilk renklerine göre hesaplanan toplam renk farkı ve açıklık-koyuluk değerleri farkı elde edilmiştir. Sonuçlar her renk için ayrı ayrı grafiksel olarak analiz edilmiş ve ardından işlemlerin numunelere olan etkisinin genel bir değerlendirmesi için SPSS paket programı kullanılmıştır. Sadece

antioksidan çözeltisi kullanımının, silika sollerde çapraz bağlayıcı kullanımının, antioksidan farklılığının, renk farklılığının, fıkse sıcaklığının numunelerin ışıık etkisiyle renk değerlerine etkisi iki yönlü MANOVA ve çoklu karşılaştırma (Post-Hoc) testleri ile değerlendirilmiştir.

Çalışma kapsamında yapılan deneyler ve analizler neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1. Hazırlanan solüsyonlar ile işlem gören numunelerin kütle değişimleri incelendiğinde; silika sol kaplama uygulanan numunelerde kütle artışı görülmüş olup, sadece antioksidan çözeltisi ile işlem gören numunelerin kütlelerinde bir miktar düşüş gözlemlenmiştir. Söz konusu düşüşün numunelerin işlemler sırasında lif-iplik kaybından kaynaklandığı düşünülmüştür. Genel olarak, silika sollerde GPTS (çapraz bağlayıcı) ilavesinin numunelerde işlem sonrası kütle artışını arttırdığı görülmüştür. Bu sonuç, nanosollerde çapraz bağlayıcı kullanımının lif ile silika kaplama arasındaki kuvveti arttırdığı ve daha fazla bağlanmaya sebep olduğu için beklenen bir durum olmuştur.
2. Solüsyonlar ile işlem gören mavi, kırmızı ve sarı renkte numunelerin sepektrofotometre ile ölçülmüş olan renk değerlerindeki değişim tek tek incelenmiştir. Numunelerin toplam renk farkı değerleri ( $\Delta E^*$ ) incelendiğinde genel olarak, silika sol kaplı numunelerin renk farkı değerlerinin oldukça yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. Sadece antioksidan ile işlem görmüş numunelerde de renk değişiminin olduğu, ancak silika sol ile kaplanmış numunelere göre daha düşük renk farklılığı değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Sol-jel tekniği ile kaplanmış mavi, kırmızı ve sarı renkte numunelerin renginin ilk renklerine göre koyulaştığı ortaya çıkmıştır. Bu durumun silika sol kaplamaların lif yüzeylerini daha pürüzlü hale getirerek kumaş yüzeyine gelen ışığın düşme açısını etkilediği için

kumaşın ışığı daha az yansıtmasından ve renginin daha koyu algılanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

3. Taramalı elektron mikroskobu ile yapılan analizlerde (SEM); silika sol ile kaplanan tüm numunelerin yüzey yapısının işlem görmemiş numunelere göre oldukça farklı olduğu görülmüştür. Çalışmada uygulanan silika sol kaplamanın lif yüzeyini sardığı, yüzeylerde aglomerasyon şeklinde yerleşen kaplama malzemesinin olduğu tespit edilmiştir.
4. Silika sol ile kaplanan numunelere uygulanan FT/IR analizlerinde antioksidan katkılı çapraz bağlayıcı içeren ve içermeyen silika solların spektrumdaki değişimlerinin birbirine oldukça yakın çıktığı görülmüştür. 3500-3200  $\text{cm}^{-1}$  arasındaki pikler gallik asit ve l-askorbik asit yapısındaki OH gruplarını, 1600-1020  $\text{cm}^{-1}$  arasındaki titreşimler keten numunesi olduğu için selülozun C-O bağ modunu, 893  $\text{cm}^{-1}$  ve 664  $\text{cm}^{-1}$ 'de görülen pikler ise silika solların Si-O-Si bağları ile alakalı olduğu tespit edilmiştir.
5. Çalışmada uygulanan hava geçirgenlik testlerinde beklendiği gibi en yüksek hava geçirgenlik değerinin işlem görmemiş numunelere ait olduğu görülmüştür. Silika sol ile kaplanan liflerin kalınlaştığı, iplikler arasındaki boşlukların dolduğu ve dolayısıyla numunelerin hava geçirgenliğinde belli miktarda düşüş olduğu tespit edilmiştir. Sadece antioksidan çözeltisi ile işlem gören numunelerin referans numuneye yakın ancak biraz daha düşük değerlerde hava geçirgenlik derecesine sahip olduğu ortaya çıkmıştır.
6. Yumuşaklık test sonuçlarına göre uygulanan silika sol kaplamanın, numunelerin yumuşaklık derecesini düşürdüğü ortaya çıkmıştır. Bu durum, çalışmada hazırlanan kaplama malzemesinin düşük esnekliğe sahip olup, yapıda sertliğe neden olmasından kaynaklanmıştır. Sadece antioksidan çözeltisi ile işlem görmüş numunelerin yumuşaklık derecesinin hiç işlem görmemiş numune ile birbirine oldukça yakın olduğu görülmüştür. Antioksidan kullanımı keten içerikli numunelerde az da olsa yumuşaklığın düşmesine sebep olmuştur.

7. Çalışmada elde edilmiş silika sol kaplamalar keten lifinin yüzeyindeki serbest yüzey enerjisini düşürdüğü için bu numunelerin hidrofilite derecesinin oldukça kötüleştiği görülmüştür. Antioksidan çözeltileri ile işlem gören numunelerin hidrofilite dereceleri hiç işlem görmemiş numunelerde olduğu gibi “çok iyi” çıkmıştır.
8. Kalınlık testi sonuçlarında silika sol ile işlem görmüş numunelerin kumaş kalınlığının işlem görmemiş numunelere göre bir miktar daha yüksek olduğu görülmüştür. Antioksidan çözeltisi ile işlem görmüş numunelerin işlem görmemiş numuneye göre daha kalın olduğu ortaya çıkmıştır. Bunun sebebinin asidik yapıda çözeltiler ile işlem gören numunelerde liflerin iplik ekseninden ve kumaş yüzeyinden çıkması ile yüzeyde tüylülük meydana gelmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Tüylü kumaş yüzeyi kumaşın kalınlaşmasına neden olmuştur.
9. Numunelerin yırtılma dayanımı sonuçlarına göre işlem gören numuneler ile işlem görmemiş referans numunelerin yırtılma dayanımları arasında belirgin farklılıklar görülmemiştir. Numunelerin atkı ve çözgü yönündeki dayanımlarında küçük düşüş ve artışlar gözlemlenmiştir.
10. Çalışmada numunelere uygulanan 2500, 5000, 7500, 10.000, 15.000 devir aşındırma sonucunda ilk ağırlıklarına göre kütle kayıpları incelendiğinde GPTS içeren silika sol ile yapılan işlemlerin numunelerin aşınma dayanımını daha iyi hale getirdiği görülmüştür. İşlem görmemiş numunenin 15000 devir sonucunda ortalama kütle kaybı % 11,27 iken; GPTS ilaveli silika sol ile işlem görmüş numunelerin kütle kayıp yüzdesi yaklaşık % 4,3 çıkmıştır. Çapraz bağlayıcı içermeyen silika sol ile yapılan işlemlerin ise numunelerde aşınma sonucu kütle kaybını bir miktar düşürdüğü görülmüş olup aynı zamanda bazı numunelerde aşınmalar sonucu yırtılmaların da olduğu gözlemlenmiştir. Bu da çapraz bağlayıcı içeren kserojel yapıların lif ile silika kaplama arasındaki adhezyonu artırarak aşınma dayanımını iyileştirdiği bilgisini desteklemiştir. Sadece

antioksidan çözeltisi ile işlem gören numunelerin ise aşınma dayanımı oldukça düşmüştür. Asidik işlem ve sonrasında ısıtılma işlemi, numunelerin aşınma dayanımını düşürerek, aşındırma işlemi sırasında yırtılmalara neden olmuştur.

11. Çalışmada ışık haslığını iyileştirmeye yönelik uygulanan işlemlerin numunelere verdiği etkiyi görebilmek için yapılan 72 saatlik soldurma sonucunda ölçülen toplam renk farkı ( $\Delta E^*$ ) değerleri incelendiğinde; mavi, kırmızı ve sarı renkte numunelerden en az renk değişiminin gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sollar işlem gören numunelerde olduğu görülmüştür. İşlem görmemiş numunelerin 72 saat soldurma sonucunda elde edilen  $\Delta E^*$  değerlerine göre kıyaslandığında ışık haslıklarında ortalama olarak mavi numunelerde, “2,91”; kırmızı numunelerde “1,71” ve sarı numunelerde “1,87” şeklinde iyileşme olmuştur. Bu sonuçlar ile gallik asitin, silika sollar ile birlikte malzemenin fotostabilitesini daha iyi hale getirme açısından uygun olduğu, l-askorbik asitin ise silika sollar ile beraber kullanılmasının ışık haslığı açısından kesinlikle uygun olmadığı ortaya çıkmıştır. Çapraz bağlayıcı içermeyen silika sollar ile yapılan işlemlerin genel olarak numunelerin ışık haslığını iyileştirdiği pek görülmezken; sadece antioksidan çözeltileri ile yapılan işlemlerin ise numunelerde daha fazla renk değişimine yol açtığı görülmüştür.
12. Numunelerin 72 saat soldurma sonucunda ölçülen ortalama açıklık-koyuluk değerleri farkı ( $\Delta L^*$ ) incelendiğinde, hem mavi hem de kırmızı renkte toplam renk farkı değerinde olduğu gibi en az değişim, gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sol ile yapılan işlemler sonucunda görülmüştür. İşlem görmemiş numunelerin 72 saat soldurma sonucu ölçülen  $\Delta L^*$  değerlerine göre kıyaslandığında renk açılma farkı değerlerinde mavi numunelerde; 2,68, kırmızı numunelerde 2,5  $\Delta L^*$  değeri kadar iyileşme görülmüştür. İşlem görmüş bazı sarı renkte numunelerde ise

beklenmedik bir şekilde ışık etkisi ile koyulaşma meydana gelmiştir. Bu durum gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içermeyen silika sol ve sadece gallik asit çözeltisi ile işlem görmüş sarı numunelerde görülmüştür. Tüm sonuçlar  $\Delta E^*$  değerleri ile birlikte değerlendirildiğinde gallik asitin, numunelerin ışık etkisiyle açıklıklık-koyuluk derecesindeki değişimi düşürerek renklerinde meydana gelen açılmaları engellediğini, ancak renk değişimlerini önleyemediği için numunelerin farklı renk tonlarına kayarak toplam renk farkı değerini değiştirdiği sonucunu ortaya çıkarmıştır. Çapraz bağlayıcı içeren silika sollerin kullanılması ile numunelerin ışık etkisiyle renk değişimi belli bir dereceye kadar düşürülebilmektedir.

13. Çalışmada uygulanan kimyasal işlemlerin numunelerin ışık haslığına etkisinin yıkamalar sonucundaki değişimini görmek için, numunelere 1 ve 5 yıkama sonrasında 72 saat soldurma yapılarak tekrar renk ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Gallik asit katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sol ile işlem gören mavi, kırmızı ve sarı numunelerin yıkama sonrasında da kimyasal işlem görmemiş numunelere göre ışık etkisiyle renklerinde meydana gelen toplam renk farkı değerleri daha düşük çıkmıştır. Bu sonuç, çapraz bağlayıcı içeren silika sollerin 5 yıkamaya kadar numunelere bir miktar verdiği ışık haslığı iyileşme özelliğinin kalıcı olabileceğini ortaya koymuştur. Yıkama sonrası, kırmızı ve sarı numunelerde ışık etkisiyle değişen açıklık değerleri ( $\Delta L^*$ ) işlem görmemiş numunelere göre daha yüksek yani daha fazla açıldığı ortaya çıkmıştır. Bu durumun,  $\Delta L^*$  değerini etkilediği (düşürdüğü) gözlemlenen antioksidanların yıkama sonrası kumaş yüzeyinden uzaklaşıp; yıkama sonrası kumaş yüzeyinde kalan silika solün ise ışık etkisiyle renk değişimini düşürücü etkisini az da olsa devam ettirmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.
14. Çalışmada kullanılan parametrelerin numunelerin ilk renklerine göre ışık etkisiyle değişen  $\Delta E^*$  ve  $\Delta L^*$  değerlerine etkisini görmek için yapılan istatistiksel analizler ile üç renk için genel bir değerlendirme yapılmıştır.

Yapılan testlerde, antioksidan katkılı çapraz bağlayıcı içeren silika sol, çapraz bağlayıcı içermeyen silika sol ve antioksidan içeren sulu çözelti şeklinde uygulanan farklı metotların, numunelerin ışık etkisiyle değişen toplam renk farkı değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip oldukları, açıklık-koyuluk değerlerinin değişimine etkilerinin ise anlamlı olmadığı görülmüştür. Katkı maddesi olarak kullanılan antioksidanların ise numunelerin ışık etkisiyle açıklık-koyuluk değişimi değerlerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. Bu sonuç, daha önceki değerlendirmelerde yapılmış olan; antioksidanların numunelerin renginin ışık etkisiyle daha açık değere kaymasını bir miktar önlediği, çapraz bağlayıcı içeren silika sollerin ise renklerin farklı tonlara kayma derecesini azalttığı yorumunu desteklemiştir. Genel istatistiksel değerlendirmelerde; kumaş renk farkının, farklı fikse sıcaklığının hem  $\Delta E^*$  ve  $\Delta L^*$  değerleri üzerindeki etkisinin anlamlı olmadığı görülmüştür. Farklı işlem uygulamaları ve antioksidan etkileşiminin ise numunelerin açıklık-koyuluk değerlerinin üzerinde anlamlı bir etkiye sahip oldukları görülmüştür.

15. İstatistiksel program ile yapılan çoklu karşılaştırma testlerinde; işlem görmüş ve işlem görmemiş mavi ve sarı renkte numunelerin ışık etkisiyle toplam renk farkı değişimlerinin birbirine yakın; kırmızı renkte numunelerin ise daha farklı renk değişim değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Işık etkisiyle en fazla renk değişiminin kırmızı renkte numunelerde, onun ardından mavi ve sarı renkte meydana geldiği görülmüştür. Açıklık-koyuluk değeri açısından; işlem görmüş ve görmemiş mavi ve kırmızı renkte numunelerin birbirine yakın değerlere sahip olduğu, sarı renkte numunelerin ise bu renklere göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığa sahip olduğu görülmüştür. Işık etkisiyle renkte en az açıklık sarı daha sonra mavi ve kırmızı numunelerde meydana gelmiştir.

16. Çoklu karşılaştırma testlerinde farklı uygulama metotları (F1, F2, F3) arasında kıyaslama yapıldığında; silika sol içermeyen antioksidan çözeltisi ile işlem gören numunelerde ışık etkisiyle toplam renk farkı değişiminin diğerlerine göre oldukça yüksek olduğu ve silika sol ile yapılan metotlara kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığa sahip olduğu görülmüştür. 72 saatlik soldurma sonucunda en az renk değişiminin çapraz bağlayıcı içeren silika sollar ile yapılan işlemler sonucunda olduğu istatistiksel olarak da ortaya koyulmuştur.
17. Farklı antioksidan kullanımı ve işlem görmemiş numunelerin  $\Delta L^*$  değerlerinin kıyaslandığı çoklu karşılaştırma testlerinde bu numuneler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olduğu, ışık etkisiyle en az renk açıklığı ortalamasının galik asit ile işlem gören numunelerde olduğu görülmüştür.
18. İstatistiksel analizlerde, çalışma kapsamında uygulanan kimyasal işlemlerin ardından uygulanan fikse sıcaklığı farklılığının hem  $\Delta E^*$  hem de  $\Delta L^*$  açısından birbirleri arasında anlamlı bir farklılık olmadığı ortaya çıkmıştır.

## 5.2. Öneriler

Yürütülen tez çalışması esas alınarak ileride yapılabilecek çalışmalar şu şekilde sıralanmıştır.

- Tez çalışmasında kullanılan galik asit ve l-askorbik asit daha farklı konsantrasyonlarda elde edilip silika sollar ile bir araya getirilerek numunelere aktarılabilir. Bunun yanında daha farklı antioksidan maddeler de kullanılabilir.
- İşlem sonrası numunelerde meydana gelen toplam renk farkı( $\Delta E^*$ ) değerleri düşük ve her renk için sabit bir sayıda olacak şekilde metod

hazırlanabilir ve bu şekilde ışık haslığının iyileştirilmesi üzerinde çalışılabilir.

- Numuneleri renklendirmek için kullanılan reaktif boyarmaddelerden farklı boyarmadde türleriyle çalışılabilir. Bu şekilde farklı türdeki boyarmaddelerin ışığa karşı dayanımının iyileştirilmesi ile ilgili çalışmalar yapılabilir.
- Çalışmada elde edilen kısıtlı ışık haslığı iyileştirme özelliğini geliştirebilmek amacıyla UV absorplayıcı maddeler ile antioksidan maddeler bir araya getirilerek sol-jel tekniği ile numunelere aktarılabilir.
- Sol-jel tekniği ile farklı konsantrasyonlarda hazırlanan silika soller, farklı ışık stabilizatörleri ile bir araya getirilerek optimum düzeyde verilebilecek fotooksidatif etki araştırılabilir.
- Çalışmada hazırlanan antioksidan katkılı silika sollerin numunelere verdiği sertliği önlemek için bu maddeler ile yumuşatıcılar bir araya getirilerek numunelere aktarılabilir.
- Çalışma kapsamında elde edilen silika sollerin kalıcılığını arttırmak için farklı maddeler ile kimyasal modifikasyon yapılabilir.



## KAYNAKLAR

- Adam, J., 1998. Sun Protecting Clothing. *Journal of Cutaneous Medicine and Surgery*, 3, 1, 50-53.
- Akaydın, M., İkiz, Y., Seyrek Kurban, N., 2009. Pamuklu Örme Kumaşlarda UV Işınlarnın Geçirgenliğinin Ölçümü ve Değerlendirilmesi. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 3, 212-217.
- Ahmed, M. U., Zourob, M., Tamiya, E., 2016. Food Bionsensors. *Royal Society of Chemistry. United Kingdom*, 521s.
- Ajax, R. L., Conlee, C. J., Upham, J. B., 1967. The Effects of Air Pollution on the Fading of Dyed Fabrics. *Journal of the Air Pollution Control Association*, 17, 4, 220-224.
- Akşit, C. A., Onar, N., 2008. Leaching and Fastness Behavior of Cotton Fabrics Dyed with Different Type of Dyes Using Sol-Gel Process. *Journal of Applied Polymer Science*, 109, 97-105.
- Albayrak, S., Sağdıç, O., Aksoy, A., 2010. Bitkisel Ürünlerin ve Gıdaların Antioksidan Kapasitelerinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26, 4, 401-409.
- Allen, N. S., 1981. Photostabilizing Action of Hindered Piperidine Compounds in Commercial Polymers. *Developments in Polymer Photochemistry*, London, 2, 239-273.
- Allen, N. S., 1987. Photofading Mechanisms of Dyes in Solution and Polymer Media. *Review of Progress in Coloration*, 17, 61-70.
- Andrady, A. L., Hamid, S. H., Hu X., Torikai, A., 1998. Effects of Increased Solar Ultraviolet Radiation on Materials, *Journal of Photochemistry and Photobiology*, USA, 46, 96-103.
- Asche, K., Crews, P., C., 1988. An Evaluation of Antioxidants for the Conservation of Museum Textiles. *Clothing and Textiles Research Journal*, 6, 3, 10-16.

- ASTM D 4032-94, 1994 . Dairesel Eğme Test Metodu
- Batchelor, S. N., Carr D., Coleman, C. E., Fairclough L., Jarvis, A., 2003. The Photofading Mechanism of Commercial Reactive Dyes on Cotton, Dyes and Pigments, United Kingdom, 59, 269-275
- Berendjchi, A., Khajavi, R., Yazdanshenas, M. E., 2013. Application of Nanosols in Textile Industry. International Journal of Green Nanotechnology, 1, 1-7.
- Brinker, C., Scherer, G. W., 1990. The Physics and Chemistry of Sol-Gel Processing. Academic Press, INC. An Imprint of Elsevier, San Diego.
- Brzezinski, S., Kowalczyk, D., Borak, B., Jasierski, M., Tracz, A., 2011. Nanocoat Finishin of Polyester/Cotton Fabrics by the Sol-Gel Method to Improve Their Wear Resistance. Fibres & Textiles in Eastern Europe, 6, 89, 83-88.
- Bulut Y., Sülar V., 2010. Kaplama veya Laminasyon Teknikleri ile Üretilen Kumaşların Genel Özellikleri ve Performans Testleri. Tekstil ve Mühendis Dergisi, 15, 70-71.
- Chatani, S., Kloxin, C. J., Bowman, C. N., 2014. The power of Light in Polymer Science: Photochemical Process to Manipulate Polymer Formation, Structure and Properties. Polymer Chemistry, 5, 2187-2201.
- Chladova, A., Wiener, J., Luthuli, J. M., Zajicova, V., 2011. Dyeing of Glass Fibres by the Sol-Gel Method. Autex Research Journal, 11,1, 18-23.
- Chowdry, M. A., Butola, B. S., Joshi, M., 2013. Application of Thermochromic Colorants on Textiles: Temperature Dependence of Colorimetric Properties. Coloration Technology, Society of Dyers and Colourists, 129, 232-237.
- Cirillo, G., Iemma, F., 2012. Antioxidant Polymers – Synthesis, Properties and Applications. Polymer Science and Plastics Engineering, John Wiley & Sons, 520s.

- Cirimina, R., Fidalgo, A. M. A., Palmisano, G., Pagliaro, M., 2016. Silica-Based Sol-Gel Coatings: A Critical Perspective from a Practical Viewpoint. Biobased and Environmental Benign Coatings, Scrivener Publishing, 149-160.
- Cristea, D., Vilarem, G., 2006. Improving Light Fastness of Naturel Dyes on Cotton Yarn. Dyes and Pigments, France, 71, 39-46.
- Çinko, U. O., 2016. Tekstil Yüzeylerinin Sol-Jel Yöntemi ile Modifikasyonunun Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Deligiannakis, Y., Sotiriou, G. A., Pratsinis, S. E., 2012. Antioxidant and Antiradical SiO<sub>2</sub> Nanoparticles Covalently Functionalized with Gallic Acid. Applied Materials & Interfaces, 4, 6609-6617.
- Demir, A., Öktem, T., Seventekin, N., 2008. Reaktif Boyalı Pamuklu Materyallerinin Işık Haslığına UV Absorplayıcıların Etkisi. Tekstil ve Konfeksiyon, 3, 211-220.
- Dhineshbabu N. R., Arumetha S., Manivasakan P., Karunakaran G., Rajendran V., 2016. Enhanced Functional Properties Of Cotton Fabrics Using TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub> nanocomposites. Journal of Industrial Textiles, 45:5, 674-692.
- Duran, K., 2001. Tekstilde Renk Ölçümü ve Reçete Çıkarma. Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezi Yayını, Bornova, İzmir.
- Eitenmiller, R. R., Landen, W. O., 1998. Vitamin Analysis for the Health and Food Sciences. CRC Press, Boca Raton, 544s.
- Egerton, G.S., Morgan, A. G., 1970. The Photochemistry of Dyes – Some Aspects of the Fading Process. Journal of the Society of Dyers and Colourists, 86, 242-249.
- Erhov, Y. A., Krichevski, G. E., 1974. Light Fastness of Coloured Polymeric Materials. Russian Chemical Reviews, Moscow, 43 (3), 537-563.

- Erol, H., 2010. SPSS Paket Programı ile İstatistiksel Veri Analizi. Nobel kitapevi yayın dağıtım ve pazarlama Ltd.Şti, Ankara, 545s.
- FIAT 50442 - IVECO/18-1900. Yırtılma Dayanımı Test Standardı.
- Giles, C. H., 1965. The Fading of Colouring Matters. Journal of Applied Chemistry, 15, 541-550.
- Gürsakal, N., 2013. Çıkarımsal İstatistik. Dora Yayıncılık, İstanbul, 582s.
- Ha, W. S., Lee, C. J., 1986. Melliand Textilber, 67, 724s.
- Hamadani, M., Reisi-Vanani, A., Majedi, A., 2010. Sol-Gel Preparation and Characterization of Co/TiO<sub>2</sub> Nanoparticles: Application to the Degradation of Methyl Orange. Journal of Iran Chemical Society, 7, 52-58.
- Hoffmann, M. R., Martin, S. T., Choi, W., Bahnemann, D., W., 1995. Environmental Applications of Semiconductor Photocatalysis. Chemical Reviews, 95, 1, 70- 95.
- Huang, K., Yang, K., Lin, S., Lian, W., 2007. Antiwrinkle Treatment of Cotton Fabric with a Mixed Sol of TEOS-TTB/DMDHEU. Journal of Applied Science, 106, 2559-2564.
- ISO 105 B02, 2014. Tekstil- Renk Haslığı Deneyleri-Bölüm B02: Yapay Işığa Karşı Renk Haslığı – Ksenon Ark Soldurma Lambası Deneyi.
- Iqbal, M., Aleem, A., Mughal, J., Siddiqui, Q., 2007. Light Fastness of Bi-Functional Reactive Dyes with Pad-Batch and Pad-Dry Cure Methods on Cellulosic Substrate. Journal Chemical Society of Society of Pakistan, 29, 3, 217-221.
- İçoğlu, H. İ., 2006. Pamuklu Dokunmuş Kumaşların Reaktif Boyarmaddelerle Boyanması ve Uygulama Yöntemlerinin İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Juan, D., Li, Z., Shuilin, C., 2004. Wash Fastness of Dyed Fabric Treated by the Sol-Gel Process. Color Technology, 121, 29-36.

- Kayan, S., 2005. UV Absorplayıcı Maddelerin Tekstil Materyallerinde Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Ensitüsü, İstanbul.
- Kaygusuz, M., 2017. Giysilik Derilerin Haslık Özelliklerinin TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>/GLYMO Esaslı Nanokompozit Çözeltisi ve Lak Kaplaması ile İyileştirilmesi. Tekstil ve Mühendis Dergisi, 24, 108. 275-280.
- Kelen, T., 1965. Polymer Degradation. Van Nostr and Reinhold Co., New York.
- Korkmaz, A., 2001. Boyalı Tekstil Mamullerine Işık Etkisinin Azaltılması Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Ensitüsü, İzmir.
- Koussoulou, T., 1999. Photodegradation and Photostabilization of Historic Silks in the Museum Environment – Evaluation of a New Conservation Treatment. Papers From the Institute of Archaeology, 10, 75-88.
- Körlü E. A., Bozacı G. E., 2006. Ketenin Genel Özellikleri ve Havuzlanması, Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi, 1, 276-280.
- Lappin, R., 1971. Encyclopedia of Polymer Science and Technology 14. Interscience Publishers Inc., New York.
- Liu, X., Weidong, Yu., Peng, X., 2008. Improving the Photo-stability of High Performance Aramid Fibers by Sol-Gel Treatment. Fibers and Polymers, 9, 4, 455-460.
- Liu, X., Wang, W., Xu, P., 2010. Improving the Wash Fastness of Direct Dyes on Cotton by Si/Ti Composite Nanosol. Fibres & Textiles in Eastern Europe, 1, 78, 93-96.
- Lucas, J., 2001. Lightfastness and Weatherability Testing. Q-Panel Lab- The Printing Industries of America/Graphic Arts Technical Foundation, Florida, 13-16.
- Maassen, G. C., Fawcet, R. J., Connell, W. R., 1965. Antioxidants. Encyclopedia of Polymer Science and Technology, New York, 2, 171-197.

- Mahlting, B., Böttcher, H., Knittel, D., Schollmeyer, E., 2004. Light Fastness and Wash Fastness of Dyed Nanosol-Coated Textiles. *Textile Research Journal*, Dresden, Germany, 74, 521-527.
- Mahlting, B., Böttcher, H., Rauch, K., Dieckmann, U., Nitsche, R., Fritz, T., 2005. Optimized UV Protecting Coatings by Combination of Organic and Inorganic UV Absorbers. *The Solid Films*, 485, 108-114.
- Mahlting, B., Haufe, H., Böttcher, H., 2005. Functionalisation of Textiles by Inorganic Sol-Gel Coatings. *Journal of Materials Chemistry*, 15, 4385-4398.
- Mahlting, B., Textor, T., 2008. *Nanosols and Textiles*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., USA, 224s.
- Mahlting, B., Textor, T., 2006. Combination of Silica Sol and Dyes on Textiles. *Journal of Sol-Gel Science Technology*, 39, 111-118.
- Mehrota, R., Bohra, R., Gaur, D. P., 1978. *Metal  $\beta$ -diketonates and Allied Derivative*. Academic Press, London, 411s.
- Merdan, N., Koçak, D., Şahinbaşkan, B. Y., Yüksek, M., 2012. Effects of UV Absorbers on Cotton Fabrics. *Advances in Environmental Biology*, İstanbul, 6 (7), 2151-2157.
- Mills, S. J., White, R., 1987. *The Organic Chemistry of Museum Objects*. Butterworths, London, 220s.
- Moura, J. C. V. P., Oliveira-Campos, A. M. F. , Griffiths, J., 1997. The Effect of Additives on Photostability of Dyed Polymers. *Dyes and Pigments*, 33, 3, 173-196.
- Nielsen, K., 2007. *Interior Textiles-Fabrics, Applications & Historical Styles*. John Wiley&Sons, Inc, 445s.
- Oda, H., 2001. Improvement of Light Fastness of Natural Dyes. Part 2: Effect of Functional Phenyl Esters on the Photofading of Carthamin in Polymeric Substrate. *Coloration Technology*, Japan, 117, 257-261.

- Okada, Y., Kato, T., Motomura, H., Morita, Z., 1989. Fading Mechanism of Reactive Dyes on Cellulose by Simultaneous Effect of Light and Perpiration. *Sen-i Gakkaishi, Japan*, 46, 8, 346-355.
- Pan, C., Shen, L., Shang, S., Xing, Y., 2012. Preparation of Superhydrophobic and UV Blocking Cotton Fabric via Sol-Gel Method and Self-Assembly. *Applied Surface Science, China*, 259, 110-117.
- Pugh S. L., Guthrie J. T., 2001. The Development of Light Fastness Testing and Light Fastness Standards. *Review of Progress in Coloration*, 31, 42-56.
- Q-Lab, 2011. *The Essentials of Laboratory Weathering*. Q-Lab Corporation, USA.
- Saleemi, S., Ejaz, A., Almas, R., Tanwari, A., 2013. Sol-Gel Treatment of Direct Dyed Cotton Fabric with Aerosil®200 to Enhance Water Repellency and Fastness Properties. *Science International (Lahore)*, 25, 4, 823-827.
- Saravanan, D., 2007. UV Protection Textile Materials. *Autex Research Journal*, 7, 1, 53-62.
- Sato, T., Takada, N., Ueda, M., Nakamura, T., Luo, M. R., 1997. Comparison of Instrumental Methods for Assesing Colour Fastness. Part 1-Change in Colour. *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 113, 17-24.
- Schnabel, W., Kiwi, J., 1978. *Aspects of Degradation and Stabilization of Polymers*. Elsevier Scientific Publishing Co., New York.
- Schramm, C., Binder, W. H., Tessadri, R., 2004. Durable Press Finishing of Cotton Fabric with 1,2,3,4-Butanetetracarboxylic Acid and TEOS/GPTMS. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 29, 155-165.
- Scott, G., 1987. *Developments in Polymer Stabilisation- 8*. Elsevier Applied Science, Springer Netherlands, 296s.
- Teli M., Annaldewar, N., B., 2017. Towards Superhydrophobic and Ultraviolet Protective Nylon Fabrics. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 29:5, 696-705.
- Textor, T., 2009. *Modification of Textile Surfaces Using Sol-Gel Technique*. Woodhead Publishing in Textile, 97, 185-214.

- Textor, T., Bahners, T., Schollmeyer, E., 2003. Modern Approaches for Intelligent Surface Modification. *Journal of Industrial Textiles*, 32, 279-289.
- Thiagarajan, P., Nalankilli, G., 2014. Effect of Reactive Dyes Structure on Light Fastness. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 3, 2, 1593-1596.
- Thiagarajan, P., Nalankilli, G., 2014. Effect of Combined Application Ultraviolet Absorber and Antioxidant on Light Fastness of Reactive Dyed Cotton Fabric. *Science Institute (Labore)*, 26, 1, 253-256.
- Timar-Balazsy, A., Eastop, D., 1998. *Chemical Principles of Textile Conservation*, Oxford.
- Tomšič, B., Simončič, B., Orel, B., Černe, L., Forte, Tavčer P., Zorko, M., Jerman, I., Vilčnik, A., Kovač, J., 2008. Sol–gel Coating of Cellulose Fibres With Antimicrobial and Repellent Properties. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 47, 1, 44–57.
- Topel, E., 2014. Sol-Jel Teknolojisi ile Tekstil Materyallerinin Boyanması ve Haslık Özelliklerinin Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- TS EN 12127, 1999. Tekstil-Kumaşlar-Küçük Numuneler Kullanarak Birim Alan Başına Kütlenin Tayini.
- TS EN ISO 12947-3, 2001. Martindale Metoduyla Kumaşların Aşınmaya Karşı Dayanımının Tayini-Bölüm 3: Kütle Kaybının Tayini.
- TS 391 EN ISO 9237, 1999. Tekstil – Kumaşlarda Hava Geçirgenliğinin Tayini.
- TS 866, 1985. Kasarlı Pamuklu Tekstil Mamullerinin Su Emme Özelliğinin Tayini.
- Tsatsaroni, E. G., Eleftheriadis, I. C., 2004. UV Absorbers in the Dyeing of Polyester with Disperse Dyes. *Dyes and Pigments*, 61, 141-147.
- Yıldırım, Ş., 2006. Mayoluk Kumaşlarda UV Absorplayıcılarının UV Geçirgenliğine, Koruma Faktörüne, Hava Geçirgenliğine, Isı Geçirgenliğine ve Diğer Kumaş Özelliklerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Vihodceva, S., Kukle, S., 2011. Natural Textile Surface Modification Using Sol-Gel Technique. Scientific Journal of Riga Technical University, 6, 1-5.
- Wei, Q., 2009. Surface Modification of Textiles. Woodhead Publishing Series in Textiles. 352.
- Wen, J., Wilkes, G. L. 1996. Organic/Inorganic Hybrid Network Materials by the Sol-Gel Approach. Chemistry of Materials, 8, 8, 1667-1681.
- [www.bayar.edu.tr/besergil/IR\\_3\\_uygulamalar.pdf](http://www.bayar.edu.tr/besergil/IR_3_uygulamalar.pdf), Web sayfası, Erişim tarihi: 2018.
- [www.ithib.gov.tr/bilgi-merkezi-raporlar-aylik-ihracat-degerlendirme-bilgi-notlari-2019.html](http://www.ithib.gov.tr/bilgi-merkezi-raporlar-aylik-ihracat-degerlendirme-bilgi-notlari-2019.html), Web sayfası, Erişim tarihi: 2019.
- [www.kuark.org/2017/04/taramali-elektron-mikroskobu-sem-eds-analizi/](http://www.kuark.org/2017/04/taramali-elektron-mikroskobu-sem-eds-analizi/), Web sayfası, Erişim tarihi: 2018.
- [www.web.deu.edu.tr/metalurjimalzeme/pdf/MMZ3015MalzemekarakterizasyonuII/ftir.pdf](http://www.web.deu.edu.tr/metalurjimalzeme/pdf/MMZ3015MalzemekarakterizasyonuII/ftir.pdf), Web sayfası, Erişim tarihi: 2018.
- [www.tekstilbilgi.net/keten-bitkisi-ve-lifleri.html](http://www.tekstilbilgi.net/keten-bitkisi-ve-lifleri.html), Web sayfası, Erişim tarihi: 2019.



## **ÖZGEÇMİŞ**

31/08/1985 yılında Osmaniye’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Osmaniye’de tamamladı. 2004 yılında başladığı Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü’nden 2008 yılında mezun oldu. 2010 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalına Araştırma Görevlisi olarak atandı. 2011 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nde Tekstil Bilimleri Anabilim dalında yüksek lisans çalışmasını tamamladı. 2011 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nde Tekstil Bilimleri Anabilim dalında doktora eğitime başladı.