

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**LAZER ÖN İŞLEMİNİN YÜN LİFLERİNİN DOĞAL  
BOYALARLA BOYANMA ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**EDA GÖKMEN İŞANÇ**

**DENİZLİ, AĞUSTOS - 2023**

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**LAZER ÖN İŞLEMİNİN YÜN LİFLERİNİN DOĞAL  
BOYALARLA BOYANMA ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**EDA GÖKMEN İŞANÇ**

**DENİZLİ, AĞUSTOS - 2023**

**Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.**

**EDA GÖKMEN İŞANÇ**

## ÖZET

### LAZER ÖN İŞLEMİNİN YÜN LİFLERİNİN DOĞAL BOYALARLA BOYANMA ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EDA GÖKMEN İŞANÇ

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR OSMAN OZAN AVINÇ)

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2023

Tekstil endüstrisindeki boya ve terbiye işlemlerinde kullanılan su ve enerji tüketimi, önemli çevresel kaygılar oluşturmaktadır. Lazer teknolojisinin geleneksel tekstil yaş işlemlerine alternatif çözümler sunarak, kullanılan enerji ve atık suyu önemli ölçüde azaltarak çevresel sürdürülebilirliği artırma potansiyeli vardır. Ek olarak lazer teknolojisi, hızlı üretim ile siparişi kısa vadeli kılarak dijital tasarım yetenekleri sunabilir. Ayrıca yün lifinin tekstilde incelik, uzunluk, nem alabilirlik, buruşmazlık gibi birçok avantajlı özelliği vardır ve yün lifi gözenekli ve geçirgen yapısından dolayı teri emer ve buharlaşma sırasında yavaşça bırakır, böylece yünlü giyinen insan kışın daha az üşür, buharlaşma yazın da serin tutar. Fakat nem, sıcaklık ve alkali (bazik) ortamda kolayca keçeleşebilir ve bu da kullanımında istenmeyen bir durumdur. Yün lifindeki bu boyut değişimi kontrolü için geleneksel yöntem olan ön işlem olarak klorlama işlemi ile veya çeşitli apre ya da enzimlerle pullara zarar vererek yapılabilir. Veya pulların üzerini reçinelerle bir tabaka şeklinde kaplayarak da önlenmektedir. Bu işlemler bolca kimyasal kullanımı ve büyük ölçüde su kullanımı vardır. Bu tez çalışmasında, yün lifli kumaşlara farklı lazer atış sıklıklarında (inç başına düşen lazer nokta sayısı) sadece ön yüz veya hem ön hem arka yüz (kumaşın iki yüzüne de) olmak üzere CO<sub>2</sub> lazer işlemi yapılarak yünlü kumaşların mukavemet, sertlik, boyut değişimi vb. gibi özellikleri incelenmiştir. Ayrıca sürdürülebilir bir çalışma olması için kumaşlar doğal boyarmadde ve doğal mordan ile boyanarak boyama sonrası renk ve haslık özellikleri incelenmiştir. Lazer işleminin atış sıklığı arttığında ve/veya kumaşın her iki yüzüne lazer işlemi uygulandığında kumaşların atkı sıklığı, çözgü sıklığı, kalınlık ve bunların sonucunda kumaş gramajlarında bir miktar artış olduğu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda daha az boyut değişimi olmuş ve daha koyu boyamalar sergilemiştir ve lazer işlemi kumaş sertliğini biraz arttırsa bile boyama sonrası sertlik değerlerinde işlemsiz kumaşın sertlik değerlerine yakın değerler elde edilmiştir. Yün elyafının lazer enerjisi ile yüksek lazer atış sıklığı seviyelerine (daha yüksek dpi değerleri) maruz kalması kumaşta, mukavemet kaybına ve haslıklarda düşüşe neden olmuştur.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Sürdürülebilir tekstil, Lazer işlemi, Doğal yün boyama, Boyutsal kararlılık

## ABSTRACT

### EFFECT OF LASER PRE-TREATMENT ON THE PROPERTIES OF DYEING WITH NATURAL DYES OF WOOL FIBERS

MSC THESIS

EDA GÖKMEN İŞANÇ

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

TEXTILE ENGINEERING

(SUPERVISOR: PROF. DR. OSMAN OZAN AVINÇ)

DENİZLİ, AUGUST 2023

The consumption of water and energy used for dyeing and finishing operations in the textile industry forms essential environmental concerns. Laser technology has the potential to increase environmental sustainability by offering alternative solutions to traditional textile wet processes, significantly decimating the energy and wastewater that is used. In addition, by making the order short-term with rapid production, laser technology can offer digital design capabilities. In addition, wool fiber has many advantageous qualities in textiles such as thinness, length, moisture permeability, and crease-resistance, and due to its porous and permeable structure, wool absorbs sweat and releases it slowly during evaporation, so that people wearing wool feel less cold in winter and evaporation keeps them cool in summer. However, it can become felted easily in humidity, temperature and alkaline (basic) environments and it is undesirable in its use. Chlorination is usually performed as a pre-treatment for felting control. The chlorination process includes a large use of chemicals and a large amount of water. In this thesis study, CO<sub>2</sub> laser treatment is applied to woolen fiber fabrics at different laser firing frequencies (number of laser dots per inch) on only the front side or both the front and back sides (both sides of the fabric) to determine the various properties of woolen fabrics such as strength, stiffness, dimensional change, etc. In addition, for a sustainable study, the wool fabrics were dyed with natural dyes along with natural mordant. Moreover, color and color fastness properties of dyed fabrics were examined. When the dpi degrees of the laser process increase and/or when laser treatment is applied to both sides of the fabric, the weft density, warp density, there was a slight increase in the thickness and on the fabric weights as a result of laser treatment. There was also less dimensional change and darker dyeing. Although the laser treatment slightly increased the fabric stiffness, the stiffness after natural dyeing was close to untreated wool fabric. Exposure of wool fiber to high laser firing frequency levels (higher dpi degrees) by laser energy caused stiffer handle, loss of strength and decrease in color fastness.

**KEYWORDS:** Sustainable textile, Laser treatment, Natural wool dyeing, Dimensional stability

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
ŞEKİL LİSTESİ .....	v
TABLO LİSTESİ .....	vi
ÖNSÖZ.....	viii
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAVRAMI VE ÖNEMİ.....</b>	<b>4</b>
<b>3. YÜN LİFİNİN YAPISI .....</b>	<b>7</b>
3.1 Yünün Fiziksel Yapısı ve Fiziksel Özellikleri.....	7
3.2 Yünün Kimyasal Yapısı ve Kimyasal Özellikleri.....	11
<b>4. LAZER TEKNOLOJİSİ.....</b>	<b>13</b>
4.1 Lazer Aşındırma ve Yakılma .....	14
4.2 Lazer Kesim .....	15
4.3 Lazer Birleştirme .....	16
4.4 Lazer Sinterleme .....	17
<b>5. DOĞAL BOYAMA .....</b>	<b>19</b>
5.1 Doğal Boya Olarak Kullanılan Zerdeçalın ( <i>Curcuma Longa L.</i> ) Özellikleri .....	21
5.2 Doğal Boya Olarak Kullanılan Kök Boyanın ( <i>Rubia Tinctorum L.</i> ) Özellikleri .....	22
5.3 Mordan Olarak Kullanılan Mazının ( <i>Quercus Infectoria Olivier</i> ) Özellikleri .....	24
<b>6. MATERYAL VE METOD .....</b>	<b>26</b>
6.1 Materyal .....	26
6.2 Kullanılan Doğal Boya ve Mordan Maddesi .....	27
6.3 Kullanılan Makineler .....	27
6.4 Bu Çalışmada Uygulanan Lazer İşlemi .....	29
6.5 Tez Çalışmasında Yapılan Doğal Yün Boyama .....	30
6.6 Tez Çalışmasında Kullanılan Testlerin Standartları ve Ölçüm Yöntemleri .....	31
6.6.1 Kumaş Gramajının Tespiti.....	32
6.6.2 Kumaşların Atkı/Çözümlü Sıklığının Tespiti .....	32
6.6.3 Kumaş Kalınlığının Tespiti.....	33
6.6.4 Kumaşların Sertliğinin Tespiti.....	33
6.6.5 Mukavemet Tespiti .....	34
6.6.6 Kumaşların Çekme Testleri .....	35
6.6.7 Kumaşların Yıkama Haslığının Tespiti .....	36
6.6.8 Kumaşların Sürtme Haslıklarının Tespiti .....	37
6.6.9 Kumaşların Süblimasyon Haslığı Değerlerinin Belirlenmesi.....	38
6.6.10 Ter Haslığı Değerlerinin Belirlenmesi.....	38
6.6.11 Su Haslığı Değerlerinin Belirlenmesi .....	39
6.6.12 Kumaşların Renk Ölçümleri .....	39
<b>7. BULGULAR .....</b>	<b>41</b>

7.1	Boyama Öncesi Farklı Lazer Atış Sıklığı (İnç Başına Düşen Lazer Nokta Sayısı) Derecelerinde Lazer İşlemi Görmüş Yün Kumaşlara Yapılan Testlerin Bulguları.....	41
7.2	Boyama Sonrası Farklı Lazer Atış Sıklıklarında Lazer İşlemi Görmüş Yün Kumaşlara Yapılan Testlerin Bulguları .....	50
<b>8.</b>	<b>SONUÇ.....</b>	<b>62</b>
<b>9.</b>	<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>66</b>
<b>10.</b>	<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>78</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 3.1: Yünün fiziksel yapısı.....	8
Şekil 3.2: Yünün yapısındaki pulların görünümü.....	8
Şekil 4.3: Lazer ışını ile denim kumaşlarda bıyık deseni oluşturma .....	14
Şekil 5.4: Zerdeçal bitkisi ( <i>Curcuma Longa L.</i> ) ve kurkuminin kimyasal yapısı .....	21
Şekil 5.5: Kök boya ( <i>Rubia Tinctorum L.</i> ) ve alizarinin kimyasal yapısı .....	23
Şekil 5.6: Mazı meşesi ( <i>Quercus Infectoria Olivier</i> ).....	24
Şekil 6.7: Kullanılan kumaşın örgü düzeni .....	26
Şekil 6.8: Jeanologia flexi e marka lazer yakılma makinesi.....	29
Şekil 6.9: COPOWER HT numune kumaş boyama makinesi.....	31
Şekil 6.10: Yün dokuma kumaşın kök boya ve zerdeçal ile doğal boyama prosesi.....	31
Şekil 6.11: Dairesel kesici .....	32
Şekil 6.12: Louis Schopper Leipzig marka otomatik mikrometre.....	33
Şekil 6.13: Prowhite dijital pnömatik kumaş sertliği ölçüm cihazı .....	34
Şekil 6.14: Tinius Olsen H10KT üniversal çekme mukavemeti test cihazı .....	35
Şekil 6.15: Standart wascator çamaşır makinesi.....	36
Şekil 6.16: SDL Atlas M228 rotawash yıkama haslığı makinesi .....	37
Şekil 6.17 : Crockmaster sürtme haslığı cihazı .....	37
Şekil 6.18: Süblimasyon haslığı test cihazı (PROWITE® Model: K024) .....	38
Şekil 6.19: Ter haslığı kiti ve etüv .....	39
Şekil 6.20: Datacolor 600 model spektrofotometre .....	40
Şekil 7.21: Lazer işlemi uygulanmış kumaşların beyazlık (stensby)-sarılık (E313) değerlerinin karşılaştırılması .....	47
Şekil 7.22: Lazer uygulanan kumaşlara boyut değişimi testi sonucunda boyut değişimi (%) ve gramaj artışı (%) karşılaştırılması.....	50
Şekil 7.23: Zerdeçal ile boyanmış kumaşların sertlik testi sonuçları .....	51
Şekil 7.24: Kök boya ile boyanmış kumaşları sertlik testi sonuçları.....	51



## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 6.1:</b> Çalışmada kullanılan yün kumaşın özellikleri.....	26
<b>Tablo 6.2:</b> Üretici firmaları ile kullanılan doğal boyalar ve doğal mordan.....	27
<b>Tablo 6.3:</b> Kullanılan makineler tablosu .....	27
<b>Tablo 6.4:</b> Farklı lazer atış sıklıklarında lazer uygulaması .....	30
<b>Tablo 7.5:</b> Lazer uygulanan kumaşların fiziksel test sonuçları.....	42
<b>Tablo 7.6:</b> Lazer uygulanan kumaşların sertlik test sonuçları.....	43
<b>Tablo 7.7:</b> Lazer uygulanan kumaşların mukavemet testi sonuçları.....	44
<b>Tablo 7.8:</b> Lazer uygulanan kumaşların renk ölçüm değerleri.....	45
<b>Tablo 7.9:</b> Lazer uygulanan kumaşların boyut değişimi testi sonuçları.....	47
<b>Tablo 7.10 :</b> Boyama öncesi ve boyama sonrası sertlik karşılaştırılması.....	52
<b>Tablo 7.11:</b> Doğal boyama sonrası yün kumaşların renk ölçüm sonuçları .....	53
<b>Tablo 7.12:</b> Doğal boyalarla boyama sonrası yünlü kumaşların renk değerleri.....	55
<b>Tablo 7.13:</b> Boyama sonrası yünlü kumaşların sürtme haslığı değerleri .....	57
<b>Tablo 7.14:</b> Boyama sonrası yünlü kumaşların yıkama haslığı değerleri .....	58
<b>Tablo 7.15:</b> Boyama sonrası yünlü kumaşların su haslığı değerleri .....	59
<b>Tablo 7.16:</b> Boyama sonrası yünlü kumaşların asidik bazik ter haslığı değerleri.....	60

## SEMBOL LİSTESİ

<b>K/S</b>	:	Renk Kuvveti (Renk Verimi)
<b>nm</b>	:	Dalga boyu
<b>a*</b>	:	Kırmızılık-Yeşillik
<b>b*</b>	:	Sarılık-Mavilik
<b>L*</b>	:	Açıklık-Koyuluk
<b>C*</b>	:	Kroma -Doygunluk
<b>h°</b>	:	Açı (Renk Tonu)
<b>UV</b>	:	Ultraviyole
<b>dk</b>	:	Dakika
<b>m<sup>2</sup></b>	:	Metrekare
<b>cm</b>	:	Santimetre
<b>mm</b>	:	Milimetre
<b>µm</b>	:	Mikrometre
<b>nm</b>	:	Nanometre
<b>µs</b>	:	Mikrosaniye
<b>dpi</b>	:	1 İnçte (2.54 santimetrekarelik alanda) yer alan nokta sayısı
<b>°C</b>	:	Santigrat
<b>gr</b>	:	Gram
<b>l</b>	:	Litre
<b>N</b>	:	Newton
<b>cN</b>	:	Santinewton
<b>%</b>	:	Yüzde
<b>Ne</b>	:	İngiliz iplik numaralandırma sistemi
<b>tex</b>	:	Uluslararası iplik numaralandırma sistemi

## ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında değerli bilgilerini ve emeğini esirgemeyen bilgi ve tecrübesi ile bana her zaman yol gösteren çok kıymetli hocam sayın Prof. Dr. O. Ozan Avinç'e katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Tezimin tamamlanması için gerekli olan çalışmalarda desteğini esirgemeyen, hoşgörü ve samimiyetle destek olan hocam sayın Prof. Dr. Arzu Yavaş'a teşekkür ederim.

Tezimim önemli bir kısmı olan deneysel çalışmalarda bilgisi ve tecrübesiyle bana hep destek olan değerli zamanını, hoşgörü ve samimiyetini benden esirgemeyen kıymetli hocam sayın Araştırma Görevlisi Ece Kalaycı'ya teşekkür ederim.

Bu süreçte yanımda olan, her yardıma ihtiyacım olduğunda yardım eden, ortak vakitlerimizden fedakârlık yapan eşim Mehmet İşanç'a ve kıymetli annesi Ayşe İşanç'a tüm desteği için teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemde büyük paya sahip olan sevgili annem Aysel Gökmen, babam Mehmet Gökmen'e, abilerim Emin Gökmen, Emre Gökmen ve Erkan Gökmen'e bana destek oldukları için teşekkür ederim.

Yine, dualarla desteklerini hiç eksik etmeyen tüm geniş aileme de teşekkürü borç bilirim.

# 1. GİRİŞ

Bu tez çalışmasında yün kumaşlarda lazer işlemine odaklanılmıştır. Farklı derecelerdeki lazer atış sıklığı (inç başına düşen lazer nokta sayısı) uygulamaları her değer için sadece ön yüz ve hem ön hem arka yüz olarak iki şekilde yapılarak bu farklı lazer atış sıklıklarının ve sadece ön yüz ve hem ön hem arka yüz lazer uygulamasının kumaş üzerinde etkileri araştırılmıştır.

Bir tekstil elyafı olarak yünün en büyük dezavantajı, yıkama sırasında şiddetli keçeleşme çekmesidir. Yün lifinin yüzey morfolojisi keçe çekmesinde önemli bir rol oynar. Yünün keçeleşme etkileri, mekanik çalkalama, nem ve ısı tarafından indüklenen pulun hareketinden kaynaklanır (Makinson 1979). Yünün keçeleşme çekmesini azaltmak için endüstri tarafından yaygın olarak kullanılan yöntem, klor kullanılarak yapılan kimyasal işlemdir (Connell 2003; Rouette 2001; Whewell 1977). Klorlama, yün liflerinin boyut değişimini azaltmak için en etkili yöntemdir. Klor ile muamele işlemi, lifler üzerinde yüzeysel bir saldırı oluşturarak yündeki keçeleşmeyi sağlayan pul tabakasını yok etmek için asidik koşullar altında seyreltik bir hipoklorit çözeltisi kullanılarak yünlü kumaşların işlenmesiyle gerçekleştirilir, böylece lif yüzeyinde pul hareketini önler ve sonuç olarak boyut değişimini azaltır. Fakat, klorlama yöntemi sadece yüksek oranda reaktif kloru atmosfere salmakla kalmaz, aynı zamanda atık su sistemine kanserojen klor içeren sıvı atıklar üreterek su kirliliğine neden olur. Klorlama ve tekstil atık su toksisitesi üzerine yapılan son araştırmalar, hipoklorit kullanılarak yapılan klorlamanın, tekstil fabrikalarının atık sularının farklı organizmalara karşı toksisitesini önemli ölçüde artırdığını keşfedilmiştir (Chen ve diğ. 2001). Klorlama yöntemi, hipokloritin oldukça oksidatif yapısından dolayı yün liflerine de zarar verebilir (Houff ve diğ. 1957). Aynı zamanda klasik klorlama yöntemi, atık su sistemine kanserojen klor içeren sıvı atık üreterek su kirliliğine neden olur. Bu nedenle, tekstil endüstrisinin yünde klorlama işleminde geleneksel hipokloriti değiştirmek için alternatif çevre dostu teknolojiler geliştirmesi zorunludur. Ozon, UV, ultrason, Lazer gibi süper kritik CO<sub>2</sub> ortamında gerçekleştirilen yenilikçi ön işlem teknolojilerinin çevre ve koruma adına işletmelerde ve akademik olarak da önemi artmıştır. Yün keçe çekme kontrolü için geleneksel klorlama işleminin yerini alacak enzimatik ve plazma işlemi gibi çevre dostu yeni teknolojiler geliştirmek için bilim

camiasında çeşitli çabalar gösterilmiştir (Sayed 2001; Du ve diğ. 2007; Jus ve diğ. 2007<sup>ab</sup>; Erra ve diğ. 1999; Molina ve diğ. 2002; Nourbakhsh 2011). Yapılan bazı araştırmalarda lazer teknolojisinin geleneksel klorlama işlemine bir alternatif olabileceğini göstermektedir. (Nourbakhsh, ve diğ. 2011; Morgan 2014).

Lazer, uyarılmış elektromanyetik radyasyon emisyonuna dayalı bir optik amplifikasyon işlemi yoluyla ışık yayan bir cihazdır. "Lazer" kelimesi, "uyarılmış radyasyon emisyonu ile ışık amplifikasyonu" için bir kısaltmadır. (Url\_1; Url\_2; Sağırkaya 2021) Lazer teknolojisi, gaz veya sıvı ile çevreyi kirletmeyen temiz endüstriyel yöntemlerden biridir. 1958'de lazerin icadından bu yana lazerin çeşitli bilimsel, askeri, tıbbi ve endüstriyel uygulamaları geliştirilmiştir. Tutarlılık, yüksek monokromatiklik ve son derece yüksek güçler elde etme yeteneği, çeşitli özel uygulamaları mümkün kılar. Denimden indigo boyalarının çıkarılması için tekstil endüstrisinde lazer teknolojisi uygulanmıştır (Dascalu ve diğ. 2000; Moralez ve diğ. 2003; Costin ve Martin 1999). Tekstil endüstrisinde lazer teknolojisinin potansiyel uygulamaları arasında iplik ısıtma, tekstil üzerinde desen oluşturma, yüzey pürüzlülüğü oluşturma, kaynak yapma, aynı anda ham kenarları kapatırken tekstil ağlarını kesme ve yüzey kusurlarını izleme ve giderme yer alır.

Bu tez çalışmasında yün kumaşlar lazer işleminden sonra çevreci olan doğal mordanlama ve boyama yapılmıştır. Doğal boyalar, gıda boyaları, deri ve tekstillerin yanı sıra yün, ipek, tiftik vb. gibi doğal protein liflerinin renklendirilmesinde tarih öncesi çağlardan beri başlıca uygulama alanları olarak bilinmektedir. Zayıf ila orta derecede yıkama ve ışık haslığı özelliklerine sahip doğal boyaların kullanımı, 19. yüzyıldaki sanayi devriminin orta ila mükemmel renk haslığı özelliklerine sahip yaygın olarak bulunabilen ve daha ucuz sentetik boyaları piyasaya sürmesinden bu yana büyük ölçüde azalmıştır (Pattinson ve diğ. 2015; Koyuncu 2022). Fakat, dünya çapındaki çevresel faktörler nedeniyle son zamanlarda doğal boyaların doğal lifler üzerine uygulanmasına olan ilgi yeniden artmıştır. Doğal boyaların ekonomik önemi çok azdır veya hiç yoktur ve zanaatkarlar tarafından sınırlı miktarlarda kullanılmaktadır. Ancak tüketicilerin çevre dostu giysilere artan ilgisi nedeniyle doğal boyaların kullanımı yeniden gündeme gelmiştir (Hamley 2020; Koyuncu 2022). Tekstilleri boyarken doğal renklendirici maddeler kullanılması su arıtmaya gerek kalmayacağı anlamına gelir. Günümüzde çevre dostu organik ürünlere yönelik artan

bilinç nedeniyle, müşteriler doğal ve çevre dostu boyalarla boyanmış tekstil ürünlerini kullanmaya büyük ilgi duymaktadır. Son zamanlarda sentetik boyalar daha iyi performans gösterse bile doğal boyaların alerjik olmayan, toksik olmayan ve çevre dostu özellikleri nedeniyle tekstil malzemelerinde doğal boyaların kullanımı daha fazla bilim insanını bu konuyu araştırmaya çekmektedir (Koyuncu 2022).

Doğal boyaların boyaları sabitlemek için mordana ihtiyacı olduğundan, mordanlama maddesi tekstil renklendirmesinde çok önemlidir. Ayrıca sentetik mordanlar, elyaf veya kumaştaki boyaları sabitlemek için doğal boyalarla boyama yapmak için kullanılır (Jabar ve diğ. 2020). Sentetik mordanlar uygun maliyetli bir fiyata mevcuttur ve geniş bir renk yelpazesinde üretilir, ancak bazen sentetik mordanlar insan vücudunda cilt antipatisine neden olabilir. Ayrıca sentezi sırasında kimyasal tehlikeler üretir ve toksik kimyasallar vb. salar (Alemayehu ve Teklemariam 2014). Dolayısıyla, bu anlamda doğal mordanların sürdürülebilir çevre için ihtiyaçları vardır (Prabhu ve Teli 2014). Ayrıca, doğal mordanlar, doğal boyalarla boyamada Prabhavathi ve diğ. (2015) alternatif bir mordanlama maddesi kaynağı olabilir (Mathur ve Gupta, 2003; Hosen ve diğ. 2021).

Toparlayacak olursak bu tezde geleneksel klorlama işlemine alternatif olarak kullanılabilen farklı lazer atış sıklıklarında lazer işlemi yün kumaşlara uygulanmış ve daha sonra fiziksel testlerle lazerin etkisi araştırılmıştır. Ayrıca çevre dostu olan doğal kök boya ve zerdeçal ile lazer işlemi görmüş dokuma yün kumaşlara doğal boyamalar yapılmış, doğal boyaları kumaşa sabitlemek için çevreye zararı olmayan doğal mazı mordanı kullanılmıştır. Böylece bu tezde yünlü kumaşların ön terbiyesi ve boyamasında baştan sona tamamen sürdürülebilir işlemler yapılarak; doğal, çevre dostu üretim amaçlanmıştır ve fiziksel testler ve haslık testlerinin sonuçları ile yapılan işlemlerin faydasını ispatlanmak amaçlanmıştır.

## 2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAVRAMI VE ÖNEMİ

Sürdürülebilirlik kelimesi daimî ve sürekli olma anlamlarıyla eş anlamlıdır (Url\_3; Sağırkaya 2021). Geniş anlamda, bugünün ve geleceğin yaşamını ve gelişimini programlamak, doğal kaynakları tüketmeden gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılayabilecek ve geliştirebilecek şekilde insan ve doğa arasında bir denge oluşturmaktır (Hepbaşı 2010). Sürdürülebilirlik kavramı ilk olarak 1713 yılında ormancılık alanında yeni büyüyen orman veriminden fazlasını hasat etme anlamında kullanılmaya başlanmıştır. Bu terim kaynak kıtlığı konusuna önem veren ekonomistlerin dikkatini çekmiştir ve 1987 yılında yayınlanan Brundlant Raporu'nda "şu anki gereksinimleri, gelecek kuşakların kendi gereksinimlerini karşılama yeteneklerini tehlikeye atmaksızın karşılamak" şeklinde tanımlanmıştır (Sarıçam ve Okur 2019; WCED 1987; Url\_20; Goodland 1995).

Bir yerde sürdürülebilirlik olması için 3 şart vardır. Bu şartlar "3E'ler" diye de bilinir. Bunlar; Ekoloji (Ecology), Ekonomi (Economy) ve Eşitlik (Equity) tir (Türkmen 2009). Bu şartların sağlanmasıyla birlikte tam anlamıyla sürdürülebilir olması için ortaya çıkacak üç koşul olacaktır. Bunlar çevreyle ilgili, ekonomik ve sosyal/ahlaki unsurlardır. Sürdürülebilirlik çevreyle ilgili yönüyle, bizden sonra gelecek insanların refahı ve sağlığı için, Dünya'ya ve içindeki doğal çevreye özen göstermek anlamına gelir. Bunu yapmak için de geri dönüştürülebilir malzemeler gibi Dünyadaki doğal yaşama zarar vermeyecek, tekrar kullanılabilir maddelerin ve kaynakların kullanılmasına ihtiyaç vardır (Gürcüm ve Yüksel 2012). Ekonomik sürdürülebilirlik, hammadde, enerji ve işgücü gibi finansal kaynakların gerektiği kadar kullanılmasıdır. Sosyal hakların; temel insan hakları, işçi hakları vb. sağlanmasıyla da toplumsal yönden sürdürülebilirlik gerçekleştirilebilir (Gürcüm ve Yüksel 2012; Toksöz 2018). Sayılan bu üç unsur birbiriyle zincir misali bağlıdır. Bu nedenle ayrı olarak düşünülmesi söz konusu olamaz. Gelecek yıllarda ve uzun süreli planlamalarda buna göre hareket edilmesi gerekmektedir (Manning ve ark. 2011).

Sürdürülebilirlik kavramının içinde yer alan karbon ayak izi son dönemde daha fazla duyulan bir kavramdır. Basit bir tanımla, bir insanın çalıştığı yerin, ait olduğu ülkenin yaptığı aktivitelerden dolayı atmosfere giden sera gazları vardır. Bu gazların

karbondioksit olarak karşılığı karbon ayak izidir (Plassmann ve Edwards 2010). Zararlı olan bu karbon ayak izinin tekstil endüstrisinde üretilen miktarı tüm dünyada üretilen miktarın %10'udur (Pensupa 2020). Bir örnekle açıklanacak olursa pamuk bir gömlek göz önüne alındığında karbon ayak izi pamuk bitkisinin ekiminden hesaplanmaya başlanır ve gömleğin son kullanımına kadar devam eder (Muthu ve diğ. 2012). Tekstil ve hazır giyim sektörü, önemli miktarda karbon ayak izi oluşumundan sorumlu olan ve sera gazı emisyonlarının başlıca kaynaklarından biri olan uzun ve karmaşık bir tedarik zincirine sahiptir (Url\_4). Tekstil ürünlerinin üretimi, taşınması, kullanımı, tüketimi ve bertarafı kısacası her aşaması karbon ayak izi için tehdit oluşturmaktadır (Muthu 2011).

Satın alma talepleri ve moda trendleri nedeniyle tekstil ve moda endüstrisi çok hızlı büyümektedir. Moda, tekstil sektörünün büyümesini önemli ölçüde etkilemiştir. Markaların çoğu eskiden ilkbahar, yaz ve sonbahar/kış koleksiyonları ile mağazalarda sergilenirken, şimdi neredeyse her hafta yeni ürünler sunulur hale gelmiştir. Yeni tişörtler, çoğu insanın gardırobunda ihtiyaç duyduğundan daha fazla sayıda olmasına rağmen, sürekli olarak daha fazlasını satın almaya teşvik edilmeye başlanmıştır. Fakat son zamanlarda çok sayıda insan artık bu hızlı büyümenin farkında olup daha fazla şey satın alıp atmanın artık ne kendilerine ne de dünyaya fayda sağlamadığını fark ederek sürdürülebilir etiketler arayışına geçmiş ve sürdürülebilir üretim konusunda farkındalık yaratmaya başlamışlardır (Akduman 2018). Üreticiler, bu tüketici taleplerini karşılamak için sürdürülebilir ekolojik etiketli ürünlerini pazarlamak, sürdürülebilir üretim raporlarını yayınlamak ve sürdürülebilir üretim için tedarik zincirleri oluşturmak için çaba göstermeye başlamıştır. Sürdürülebilirlik konusundaki toplumsal farkındalığın artması, üreticilerin sürdürülebilirlik konusundaki çabalarının rekabet unsuru haline gelmesini sağlamıştır. Türk tekstil sektörünün de bu pastadan pay almasını sağlamak için, ülkemizdeki sınırlı kaynakların verimli bir şekilde kullanılması ve çevreye verilen zararın azaltılması için sürdürülebilir bir üretim alt yapısı geliştirilmelidir.

Ayrıca tekstil endüstrisinde enerji tüketimi oldukça fazladır. Özellikle boyama, dokuma, bitim, iplik üretiminde bu tüketim artmaktadır ve sanayideki enerji tüketiminin %19'u tekstil endüstrisinde gerçekleşmektedir (Url\_21). En önemlisi Dünya'da su kaynakları her geçen yıl daha da azalmakta ve su tüketiminin sanayide



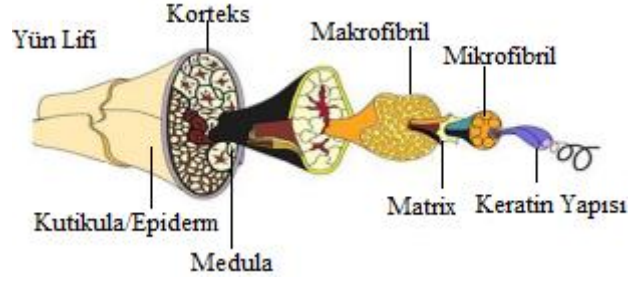
en fazla olduğu sektörlere birisi de yine tekstildir. Bu fazla tüketimde özellikle boyama ve terbiye işlemleri sırasında kullanılan yüksek su miktarının da etkisi olan da bu sektörde, ortalama 95 ile 400 litre arası suyla bir tekstil ürünü ortaya çıkmaktadır. Yine ülkemizdeki tekstil sanayi üzerine yapılan bir araştırmada 1 ton tekstil kumaşı için 20 ile 230 m<sup>3</sup> arası suyun 1 tonluk tekstil kumaşı üretiminde kullanıldığı belirtilmiştir (Öztürk 2009). Bu kadar büyük hacimli su kütlesinin alındığı kaynaklar ise; öncelikle yerin altındaki var olan su rezervlerinden, bunlardan yeteri kadar su elde edilememesi durumunda ise göl, dere ve akarsulardan alınır. Bu su kaynaklarının niteliğine bakarak uygun olanların seçilmesi elzemdir (Günay 2020). Öncelikle üreticiler, yukarıda açıklanan elyaf üretimi, boyama, baskı ve terbiye sırasında oluşan çevresel etkileri azaltmak için çaba göstermelidir ve tüketiciler de aşırı tüketimden kaçınmalı ve ihtiyaç dahilinde sürdürülebilir etiketler tercih etmeye çalışmalıdır (Url\_5). Ayrıca bu konuda araştırmacılara düşen pay ise su kullanılmadan yapılabilecek var olanlara alternatif yeni ön işlemler araştırılıp geliştirilerek geleneksel yöntemlerin yerini alabilirlikleri araştırılmalıdır ve işletmelerde uygulanabilir hale getirilmelidir.

### 3. YÜN LİFİNİN YAPISI

Yün, tarihin başlangıcından beri bir tekstil elyafı olarak kullanılmıştır ve muhtemelen yünden yapılan en eski kumaş türü keçedir. Son 90 yıldır dünyanın dört bir yanından araştırmacıların her beş yılda bir kez bir araya geldiği ‘Uluslararası Yünlü Tekstil Araştırma Konferansı’, kapsamlı araştırmaların konusu yün olmuştur. İlk araştırmalar, lifin temel kimyasını ve fiziği ve yüzeyidir. Daha sonra yapı-özellik ilişkileri giderek daha önemli hale gelerek kimyasal özelliklerini öğrenmeye odaklanılmıştır (Huson 2018). Yün lifi pahalı bir lifdir. Bunun sebebi arz talep dengesindeki farktan kaynaklanmaktadır. Arz yani üretim düşük ama tüketim üretime oranla fazladır (Dölen 1992). Yün doğal lifli kıvrımlı bir yapıya, esneyebilme ve yaylanabilme özelliklerine sahiptir. Bu özellikler yünün yumuşak, dolgun olmasını ve sıcak tutmasını sağlar (Bilen 2010). Yün liflerin bir özelliği de kullanılırken kolaylıkla buruşmamasıdır bu da kolay kullanım sağlar. Yünün lif uzunluğu yönünden bir genelleme yapılacak olursa, uzun olan liflerin kalınlığının fazla, kısa olanların ise ince oldukları söylenebilir. Yünde renk olarak en fazla rastlanan beyazdır, ama beyazdan daha az sayıda olsa da krem, kahverengi, siyah, kırmızı veya gri gibi farklı renklerde de olabilir. Yün hayvanlardan elde edildiği için yün kalitesini, liflerin parlaklık ve inceliğini etkileyen hayvanlardan kaynaklı farklı sebepler bulunmaktadır. Bu sebepler hayvanın türünden, yaşadığı bölgeden, yediği besin türlerine ve kaç yaşında olduğuna kadar farklı etkenleri barındırır (Mangut ve Karahan 2005).

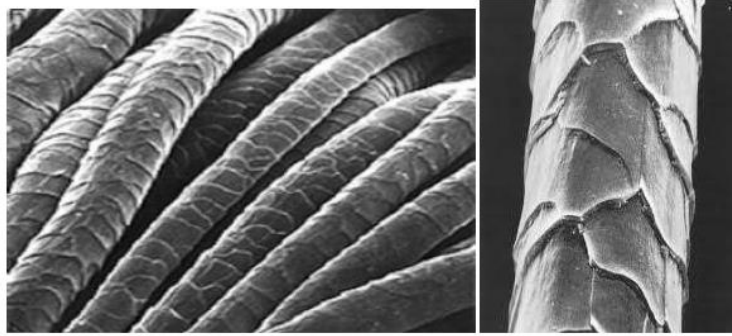
#### 3.1 Yünün Fiziksel Yapısı ve Fiziksel Özellikleri

Yünün diğer liflerden daha kompleks bir yapıdadır. Yünün enine kesitine bakıldığında, dışta kütikül (epiderm), ortada korteks ve içte medulla olmak üzere üç katlı tabaka şeklindedir. Her katmanının kimyasal ve histolojik olarak birbirinden ayrı olması da ilginç bir özelliğidir (Harmancıoğlu 1974). Aşağıdaki Şekil 3.1’de yünün enine kesildiğindeki görülen katmanlar verilmiştir.



**Şekil 3.1:** Yünün fiziksel yapısı (Elmalı ve diğ. 2020)

Yün, doğal lifler arasındaki kıvrımlı yapıdaki tek liftir, ayrıca lifler silindirik görümlü ve uçları diğer bölümlerine göre daha incedir. Epiderm tabakanın dışta olmasının yanında balık pullarını andıran bir görüntüye sahiptir. Lifin yüzeyindeki balık pulu görüntüsü Şekil 3.2’de verilmiştir. Bu tabakanın diğer ismi kütikül ’dür. Lif bir mikroskop altında incelenmek istenirse görülecek katman Epidermdir. Lifin özünün korunmasında ve yapısının biraz sertleşmesinde bu katmandaki pulların etkisi vardır. Pulların serbest uçlarının dışarı çıkmasıyla bu etkiyi gösterebilir. Yün lifinin kendine has başlıca özellikleri vardır. Lif üzerindeki pulların diziliş ve şekli o denli önemlidir ki söz konusu ana nitelikleri etkiler. Pulların niteliğinin life olan etkilerini örneklendirmek gerekirse; eğer lif inceyse sadece bir pul, lifin hepsinin kaplar, lif kalınlığı arttıkça pul sayısı da artar. Pul sayısı ne kadar az ise lif o kadar pürüzsüzdür, pul sayısı arttıkça da lifteki pürüzlülük artar. (Öğütgen 2008; Başer 1983; Kocatürk 2020).



**Şekil 3.2:** Yünün yapısındaki pulların görünümü (Odabaşoğlu 2012)

Örtü hücreleri olarak da bilinen bir sıra sertleşmiş cansız hücre dizisi vardır. Bu hücrelerin asıl ismi epitel hücreleridir. Epikütikül, örtü hücrelerini kaplayan zarın adıdır. Bu zar; epikütikula, ekzokütikula ve endokütikula olarak birbirinden farklı özellikleri olan üç bölümden oluşur, bu bölümler elektron mikroskobu yardımıyla görülebilmektedir (Harmacıoğlu 1974). Kimyasallara karşı epikütikül ve ekzokütikül

bölgümleri daha dirençliyen endokütikül aynı derecede direnç göstermemektedir. Kütikül tabakası, özellikle epikütikül tabakası hidrofobik tabaka özelliğine sahip olduğu için boya çözeltilerinin liflere nüfuz etmesini engeller. Boya yün içine girebilir ama bunu sadece pulların elyafla birleştii yerden geçip iç kısma girerek yapar. (Başer 1983; Kocatürk 2020). Dış etkenlerle lifin uçlarındaki kısmı harap ederek boyama verimi arttırılabilir. Yünün boyamadaki kolaylık veya zorluğu lifin aldığı tahribat oranına göre değişiklik gösterir (Özcan 1984; Odabaşoğlu 2012).

Yün lifinin temel ögesi lifin büyük bölümünü oluşturan, yünün esnekliğini, dayanıklılığını ve boyanabilirliğini belirleyen, katmanlı ve iplik şeklindeki uzun hücrelere sahip olan kortektir. Bu hücrelerdeki ana unsurlar amino asitlerdir (Kocatürk 2020). Amino asitler polipeptit halkalar olarak birleşir. Bu birleşmeden sırasıyla; protofibriller, bunların birleşimiyle mikrofibriller, bunların da birleşmesiyle makro fibriller oluşur. Parakorteks ile ortokorteks korteks'in parçalarıdır orteksin boyama ve ağartma işlemleri yapılan yeri ortokorteks bölümündeki hücrelerdir, parakorteks ise bir dolgu vazifesi görerek ortokorteks ile kütikül arasındaki bağlantıyı oluşturur. (Odabaşoğlu 2012).

Çok ince liflerde olmayıp orta ve kaba yünlerde bulunan, birçok farklı hücrenin bir araya gelmesiyle oluşan tabaka Medulla tabakasıdır. Medulla, yünün eğilip bükülebilirliğini azaltan bir yapısı olduğu için ortaya çıkması istenen bir durum değildir (Harmancıoğlu 1974; Odabaşoğlu 2012).

Medulla dar bir kanaldır, lif boyunca uzanır ve çok çekirdekli farklı şekillere ve boyutlara sahip hücrelerle, medulla hücreleriyle sıkı olmayan bir şekilde doldurulmuştur. Sayısı elyafın inceliğine göre değişir, elyaf inceyse bir kanalda, kabaysa birkaç paralel kanalda bulunur (Gümrükçü 2003). Ayrıca medullaya sahip lifler kaba ve kalın olduğu için bu tür liflerde yün boyanırken medulla korteksin büyük bir bölümünü kapladığından rengi iyi tutmazlar (Odabaşoğlu 2012).

Yünün lifinin başlıca fiziksel özelliklerine bakacak olursak; kısa olan liflerin ince, uzun olan liflerin ise kaba olduğu yün liflerinde, lif uzunluğu, hayvanın ırkı ile ilgilidir. Yünün kaliteli olarak ele alınmasında 10-200 mikron incelik önemli bir ayrıntıdır (Babaoğul ve diğ. 2010). Buna göre en ince yün (10–30 mikron) merinos yünüyken, (70–200 mikron) en kalın yün kemp kıllarıdır. Yün lifinin inceliği ayrıca

pul sayısını da etkiler; lif incelidikçe santimetre başına düşen pul oluşum da artar (Kocatürk 2020).

Lifin alındığı hayvanın türü ve yetiştirildiği bölge lifin uzunluğunu etkiler. Lifin uzunluğunun artması çapının artmasına ve sonuçta kalınlaşmasına neden olur (Odabaşoğlu 2012). Doğal olarak lif kısaltıldıkça çap küçülür ve lifler incilir. Kaba yapılı ştrayhgarn iplikler için yün lifinin kısa, (3–8 cm) olanları, daha düzgün yapılı kamgarn iplikler için ise yün lifinin uzun olanlarından (9–18 cm) yararlanılır (Gür 2008). Yün ipliğinin iplik yapılabirliğindeki en önemli etkenken inceliğinin ve buna bağlı olarak uzunluğudur. Bir iplik parlak ve dayanıklıysa uzun liflerden; ince, daha kıvrımlı ve keçeleşme oranı fazlaysa kısa liflerden üretilmiştir denilebilir (Kocatürk 2020).

Yün lifi pamuk ve keten gibi doğal kaynaklı liflere göre daha hassas olarak kabul edilir. Yünün bu hassasiyeti suyla temas ettiğinde daha da artar (Odabaşoğlu 2012). Yün çok çabuk hasar gören bir elyafır. Elyaf inceliği, kimyasal yapı, koyun yetiştirme koşulları, iklim vb. elyaf mukavemetini etkileyen faktörlerdir (Babaoğul ve diğ. 2010; Kocatürk 2020).

Yün liflerinin esnekliği inceliğine göre değişir. Kaba bir lifin esneme payı ince liften daha düşüktür. İnce lifler daha kolay esneyebilirken bu esneme oranı %30'a kadar çıkabilir. Bu nedenle ince lifli bir ürün daha az ütöleme gerektirir (Babaoğul ve ark. 2010; Kocatürk 2020).

Kıvrımlı olma özelliği life artı değer katar. Lifteki kıvrımlar arttıkça lifi ısıyı iyi izole eder ve tutumu yumuşak olur. Yün liflerinde kıvrım olması istenen bir özelliktir. Kıvrım sayısı arttıkça lifin inceliği artar. Bu yüzden kıvrım sayısı çok olan merinos koyunlarından elde edilen yünler değerlidir (Babaoğul ve diğ. 2010; Gür 2008; Kocatürk 2020)

Lif demetlerinin yaylanma yeteneği vardır. Bu bir miktar lifle test edilebilir. Bir miktar lif sıkıştırıldıktan sonra basınç kaldırılır. Bundan sonraki orijinal şekline dönebilme özelliğine yaylanma yeteneğidir. Kısa yün liflerinin bu yeteneği yüksektir. Bu yüzden ürünün buruşma ve ezilme direnci yüksektir. Bu özellik halı gibi günlük kullanılan mamullerde avantaj sağlar (Odabaşoğlu 2012).

En fazla nem çeken elyaf türü olan yün, kuru ağırlığının %30–50’si civarında nemi kolayca emebilir ancak bu oran, yünün türüne bağlı olarak değişebilir. Ticari faaliyetlerde yünün üzerindeki nem miktarı %16- 18 olarak sınırlandırılmıştır. Yünün gözenekli ve geçirgen bir yapısı vardır. Bu yapısı sayesinde teri emme ve buharlaşırken yavaşça serbest bırakma özelliğine sahiptir. Bu nedenle yünlü ürün giyenler kışın daha az üşürler ve buharlaşma yazın serin tutar (Babaoğul ve diğ. 2010, Gür 2008; Kocatürk 2020).

Yün lifleri iplik yapılırken statik elektrik yüklenir. Bu olumsuz durumun nedeni bu liflerin elektrik iletkenliğinin son derece zayıf olmasıdır. İplik yapımında oda sıcaklığının ve nem statik elektriklenme olmaması için önemli etkenlerdir %12’den daha düşük olmamalıdır (Odabaşoğlu 2012).

Doğal liflerde ve sentetik liflerde olmayıp yün ve diğer kıl kökenli liflerde bulunan bir özellik de keçeleşmedir. Keçeleşme için nem, sıcaklık ve alkali (bazik) bir ortam gereklidir. Yünün korteks tabakasındaki hücreler nem ve sıcaklığın sayesinde şişer bu da pulcukların açılmasına sebep olur. Açılan pulcuklar mekanik harekette birbirine geçer ve birbiriyle kenetlenir. Böylece keçeleşme meydana gelir (Kocatürk 2020).

### **3.2 Yünün Kimyasal Yapısı ve Kimyasal Özellikleri**

İşlenmemiş yapağının (yün elyafı) yapısında %33 keratin (yün proteini), %28 ter tuzları, %26 kir ve pislik, %12 Yün vaksı, %1 anorganik maddeler bulunur. Yün koyunun yaşadığı ortamdan dolayı az miktarda da olsa toprak, ot vb. gibi yabancı maddeler içerebilir. Ayrıca kıl kökünün bağlı olduğu deri içerisinde yağ ve ter bezleri olduğundan yün değişik miktarlarda ter tuzları ve yağ içerir (Başer 1983; Kocatürk 2020).

Yünün asıl bileşeni olan keratin, protein ailesinin bir parçası olan yarı kristalli polimerdir (Rippon 1992; Başer 1983; Kocatürk 2020). Yünün kimyasal yapısını oluşturan proteinler genellikle büyük moleküller halinde bulunurlar. Bununla birlikte, bunlar yün lifinin her tarafında aynı şekilde dağılmazlar. Keratinin temel taşı olan polipeptit makro molekülleri lifin içerisinde belirli bir düzendedirler gelişigüzel

değildirler (Odabaşoğlu 2012). Proteinlerin temel yapı taşları amino asitlerdir ve kapsamlı araştırmalar, yünün tipik yüzdelerle 18 amino asitten oluştuğunu gösterir. Amino asitlerin bileşimlerinde C, H, O ve N ve S elementleri bulunur, bunlardan C, H, O ve N bütün amino asitlerinde bulunan elementlerdir. Fakat S'ye yalnız yünün ve diğer keratin içeren hayvansal maddelerde bulunan sistin ve methionin gibi amino asitlerde rastlanır (Başer, 1983; Kocatürk 2020). Amino asitler, R'nin amino asidin yan grubunu temsil ettiği  $H_2-N-CH(R)-COOH$  genel yapısına sahiptir. Çoklu amino asitler, bitişik amino ve karboksil gruplarının reaksiyonuyla yoğunlaşarak  $-(NHCHRCO)_n-$  genel yapısına sahip proteinleri veya polipeptitleri oluşturur. Yünde, 18 amino asit birçok farklı şekilde birleşerek, yaklaşık 170 farklı polipeptit tipini oluşturur (Zahn ve Kusch 1981; Gillespie 1990; Huson 2018).

## 4. LAZER TEKNOLOJİSİ

Lazer, yapay olarak çok yüksek yoğunlaştırılmış ve yönlendirilmiş tek renkli, uyumlu ışığın optik bir kuantum üreticidir (Gürçüm ve diğ 2016; Sağırkaya 2021; Gürçüm; Bulat 2016). Sabit dalga boyuna, sabit faza ve mükemmel parlaklığa sahip ince, iyi hedeflenmiş bir ışın yayar. "Lazer" kelimesi, "uyarılmış radyasyon emisyonu ile ışık amplifikasyonu" için bir kısaltmadır (Url\_1; Url\_2; Sağırkaya 2021). İlk lazer 1960 yılında Charles Hard Townes ve Arthur Leonard Schawlow'un teorik çalışmasına dayalı olarak Hughes Araştırma Laboratuvarlarında Theodore H. Maiman tarafından yapılmıştır (Gloud 1959; Taylor 2000; Sağırkaya 2021).

Lazerin icadından kısa bir süre sonra, dünyanın dört bir yanından birçok bilim insanının ilgisini çekmiştir. Bugün, çağdaş hayatımızın hemen hemen her alanında farklı uygulamalarla binlerce başka lazer türü yaratılmıştır. Ayrıca lazer teknolojisi, hemen hemen her tür malzeme ve eşyanın farklı işlemlerine uygulanabilir. Malzemelerin işlenmesi, çok küçük bir alanda büyük güç ve enerji konsantrasyonu sayesinde hemen hemen her malzemeyi eritebilen veya buharlaştırabilen çok yüksek sıcaklıklar elde etmeye dayanır. Geleneksel emek yoğun operasyonların lazer teknolojileriyle değiştirilmesi, yenilikçi çözümler için yeni fırsatlar sunar ve tekstil endüstrisi de dahil olmak üzere her endüstrinin gelecekte ekonomik başarısı için kilit bir konudur. Lazer tekstil ve moda tasarımcıları için yenilikçi ve yaratıcı alternatifler sunar. Gerek ölçümler gerek kalite kontrol gibi alanlar olsun lazer teknolojisi tekstil sektöründe çok fazla kullanılmaktadır (Gürçüm ve diğ 2016; Sağırkaya 2021). Özellikle denim üretiminde yaygın kullanılmaktadır. CO2 gaz lazer teknolojisi kullanılarak bıyık efekti oluşturulurken bilgisayar tasarım programında istenilen etkiyi belirlemek için lazer makinasına yönlendirilir (Şekil 4.3).





**Şekil 4.3:** Lazer ışını ile denim kumaşlarda büyük deseni oluşturma (Batur ve Ayranpınar 2021)

Lazer ışını, yalnızca lazer ışığı kullanarak termal olarak ve tamamen temassız olarak tekstil kumaşı ile etkileşime girer. Son yıllarda tekstil endüstrisinde bir dizi lazer işlemi başarıyla gerçekleştirilmiştir, Lazer teknolojisinin %90'ı veya daha fazlası tasarımcıdan mağaza raflarına ve pazara üretim süresini kısaltmak, üretim maliyetlerini ve malzeme israfını azaltmak için kullanılan benzersiz bir yöntemdir (Angelova 2020; Url\_12; Drago ve diğ. 2008). Lazerler, imalatta, kesme (Url\_6), (Url\_7), Matthew (2011), aşınma Shterev ve diğ. (2018), Angelova (2020), Lazov (2019), (Url\_8), Kan ve diğ. (2010) kaynaklama Jones ve diğ. (2007), sinterleme Matthews (2011) delme ve diğer (üç boyutlu (3B) tarama, Lerch ve Macgillivary (2007), lazer tabanlı solma Lerch T ve diğ. (2007) lazer ablasyon, Marchant (2012), (Url\_9) konoskopik holografı (Shterev ve diğ. (2018), Angelova (2020) gibi malzeme işlemede ve ayrıca tıbbi prosedürler ve ölçüm uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Berkmanns 2010; Morgan 2016).

#### **4.1 Lazer Aşındırma ve Yakılma**

Lazer aşınma, işlenen malzemenin yüzeyine bir lazer ışını ile temassız bir darbedir ve amaç kalıcı kontrastlı bir görüntü elde etmektir. Görüntü bilgi amaçlı olabilir veya yazılar, tanımlama sembolleri (harfler ve sayılar), bar kodlar, matris (2B), özel karakterler, seri numaraları, çizim, dekorasyon vb. gibi dekorasyon amaçlı olabilir. Lazer yakılma ve lazer aşınma terimleri arasında farklılıklar olmakla birlikte genellikle birbirinin yerine kullanılır (Vilumsone 2018). Aşınma ve yakılma arasındaki temel fark, işleme derinliğindedir. Tekstil kumaşları çoğunlukla 0,1 ila 5,0 mm'lik küçük bir kalınlığa sahiptir. Bunlara lazer aşınma yapılması daha uygundur. 2,5 mm'den daha kalın malzemeler için yakılma tavsiye edilir. 3D örme, dokuma ve

dokuma olmayan kumaşlar ile tekstil kompozitleri bu tür tekstil malzemeleridir (Kevorkian 1977; Url\_10). Lazer aşınma sırasında lazer ışını, malzemenin özelliklerini veya görünümünü, esas olarak renk bozulması (renk bozulması, solma) veya renklenme (karbonizasyon) yoluyla yalnızca çok az değiştirir. Lazer yakılma uygulandığında "malzeme çıkarma" olarak bilinen lazer ışınından malzemenin yüzeyi erir ve buharlaşır. Lazer ışını, malzemenin yüzeyinin bir kısmını fiziksel olarak kaldırır. Lazer yakılma ve aşınma aynı ekipman üzerinde ancak farklı işlem parametreleriyle gerçekleştirilebilir. Lazer ışınının hızı ve gücü aşınmaya göre yakılma için daha yüksek olabilir (Vilumsone 2018). Lazerle aşınma ve yakılma çeşitli malzemelere uygulanır: ahşap, metal ürünler, deri, tekstil vb. Organik malzemeler için daha uygun olan karbon dioksittir (CO<sub>2</sub>). Üretim hattında hem sabit ürünlerde hem de hareket halinde aşınma yapılmaktadır (Url\_11). Modern lazer sistemleri ile kumaş, hazır giyim, amblem, etiket vb. lazer aşınma uygulanabilir. Lazer aşınma su geçirmezdir ve son derece dayanıklıdır (Angelova 2020).

#### **4.2 Lazer Kesim**

Lazer kesim, odaklanmış yüksek güçlü bir lazer ışını kullanılarak malzemeler için termal, temassız bir ayırma işlemidir. Lazer tek başına malzemeyi buharlaştırarak katman katman kaldırır ve çok ince bir kesme aralığı oluşturur. Kesilen malzemenin kenarları doğal kaynaklı lifler için karbonize edilir ve sentetik lifler için eritilir. Her iki durumda da kenar çözümleri önlenir. CO<sub>2</sub> lazerlerin ilk endüstriyel uygulaması, ambalaj endüstrisinde zımbaların kontrplak tabanlarının kesilmesidir (Vilumsone 2018). Lazer kesim teknolojisi, 1972'deki bu erken uygulamadan bu yana muazzam bir gelişme kaydetmiştir. Bu süreç, keten, pamuk, ipek, keçe gibi geniş bir tekstil yelpazesinin yanı sıra Kevlar® veya diğer teknik tekstiller için benzersiz çözümler sunar. Lazer kesim, son yıllarda tekstil endüstrisinde son derece popüler ve çok başarılı hale geldi. Kumaşın kesilmesi, belirli bir kontur boyunca karmaşık geometriler oluşturur ve son derece hassas, hızlı ve kolaydır. Lazer kesim teknolojisinin bıçak veya diğer cihazlarla mekanik kesim ile geleneksel yöntemlere kıyasla diğer önemli avantajları şunlardır: kumaşa mekanik temas olmaması, malzemede esneme olmaması, kenarların düzgün olması, kesim sırasında yırtılma olmaması ve sızdırmaz olması, lazerin esneyerek çalışması, kumaşlarda minimum malzeme kaybı, karmaşık

tasarımlar için yüksek doğruluk, isteğe bağlı yarıçap ile ince konturları gerçekleştirme olasılığı, mükemmel kesim kalitesi, yüksek esneklik ve bireysellik, yüksek işleme hızları, çok dar düzgün etkilenen bölgeler vb. En önemli parametreler lazer gücü, kesme hızı, odak konumu, odak uzaklığı, düze boyutu, düze ile kesilen malzeme arasındaki mesafe ve lazer kesim işleminin yüksek kalitede ve hızda olmasını sağlamak için kesme gazı basıncıdır (Vilumsone 2018).

Lazer kesim teknolojisi son dönemde geniş ölçüde tekstil ürünleriyle ilişkilendiriliyor, ancak 1990'ların başındaki Janet Stoyke gibi tasarımcıların çalışmalarından önce, bu teknoloji tekstile özgü olmayan bir teknoloji olarak görülüyordu. Son on yılda, bir dizi farklı tasarım disiplininin birçok çağdaş tasarımcı, lazer kesim teknolojisini tekstil malzemeleriyle birlikte kullandı, ancak bu teknolojinin tekstil süreçleriyle birlikte kullanımına ilişkin çok az araştırma yapıldı. Tord Boonjtel'in çalışmalarında örneklendiği gibi, yaygın olarak görülen 'kesik kesik' tasarım estetiği, en güçlü şekilde lazer kesim tekstillerle özdeşleştirilir ve birçok tasarımcı bu estetikten yararlanmıştı. Tord B., lazerle kesilmiş tekstil ürünleri ile kesme (kesme ve açma yoluyla katmanlama ve üç boyutlu yüzeyler oluşturma) fikirlerini keşfetmiştir. Lauren M. gibi diğer tasarımcılar, belirli malzemelerin davranışsal özelliklerine yanıt verirken katmanlaşma ve kaldırma (bükülen ve buruşan yüzeyler oluşturmak için neopren gibi ısıya duyarlı malzemelerin lazer kesim işlemiyle kullanılması.) fikirlerini keşfetmiştir Bununla birlikte, tekstil alanında lazer kesim teknolojisinin kullanılabileceği sayısız başka yol vardır (Payne 2010).

### **4.3 Lazer Birleştirme**

Termoplastik tekstil malzemelerinin parçalarının bir lazer ışını vasıtasıyla birleştirilmesidir. Lazer enerjisi bağlantı noktasına odaklanır, malzemenin sıcaklığını eriyene ve ayrı parçalar birbirine bağlanana kadar yükseltir. Böylece malzeme eriyerek birbirine yapışır. Kumaşlar iğne ve iplik ile geleneksel yöntemle dikilebilir iken fonksiyonel özelliği yüksek kompozit kumaşlarda alternatif dikiş ihtiyaçları doğmaktadır. Özel nitelikler ve amaçlarla (örneğin, otomobiller için hava yastığı) giyim ve diğer tekstil ürünlerinin oluşturulması için geleneksel dikiş yeterli gelmemektedir bu yüzden özel kullanımlarda bireysel bağlantıları sağlamak için yeni gereksinimleri zorunlu kılarak lazer birleştirme devreye girmiştir. (Matthews 2011;

Hustedt ve diğ. 2008). Örneğin giysi gözeneksiz malzemelerden yapılmışsa (su veya hava geçirmez, ateşe veya kimyasal maddelere dayanıklı giysiler) giysinin bütünlüğünü ve performansını tehlikeye atmamak için, tamamen sızdırmaz lazer birleştirme ile kaynak dikişler oluşturulabilir (Prabir 2011; Angelova 2020). Dört lazer kaynak yöntemi vardır; kontur yöntemi, tarama yöntemi, perde yöntemi ve eş zamanlı yöntem (Url\_13; Lerch ve Macgillivary 2007). Tekstil malzemelerinin lazer kaynağı ile ilgili araştırmalar ve buna uygun makinelerin geliştirilmesi 1990 yılında başlamıştır. Önde gelen enstitüler bu yeni teknoloji üzerinde çalışmaktadır (Url\_14, Url\_15; Prabir 2011). Görünüşün çok önemli olduğu kaynaklara renk katılmadan yapılan tekstil uygulamalarında 1998 yılında patenti alınan Clearweld® yöntemi kullanılmaktadır (Jones ve diğ. 2007). Lazer kaynağı hızla gelişen ileri bir imalat tekniğidir. Bu tekniğin geleneksel polimerik birleştirme yöntemlerine ve süreçlerine göre başlıca avantajları şunlardır: naylon, PP ve polyester, karbon fiber takviyeli kompozitler (Jaeschke ve diğ. 2010) dahil olmak üzere tüm termoplastik tekstilleri kaynaklayabilme; ana malzemenin mukavemetine ulaşabilen kaynak mukavemeti; temiz, estetik açıdan hoş dikiş görünümü; derz ve ek yeri kapatma işleminin tek bir işlemde birleştirilmesini sağlar; 20 m/dk'ya kadar yüksek kaynak hızları; görünür işaretlerin ve kaynak parlamasının ortadan kaldırılması; azaltılmış termal bozulma veya hasar riski için kontrollü yerel ısıtma; kaynak konumu ve boyutlarının doğru kontrolü; 3 boyutlu bağlantı hatları mümkündür; birden fazla katman aynı anda kaynaklanabilir; plastik üretim proses parametrelerinin hassas kontrolü sağlanabilir (Url\_10; Url\_13).

#### **4.4 Lazer Sinterleme**

Lazer sinterleme, toz halindeki malzeme (polyamid) parçacıklarını katman katman bir stratejiyle karmaşık üç boyutlu şekiller halinde seçici olarak birleştirmek için güç kaynağı olarak bir lazer kullanan bir eklemeli üretim tekniğidir. Lazer sinterleme, 1979'da Ross Housholder tarafından icat edilmiş ve 80'lerin sonlarında teknoloji çoktan piyasaya çıkmıştır (Matthews 2011). Tekstillerin lazerle sinterlenmesinin başlangıcı 1999 yılında Jiri Evenhuis tarafından atılmıştır. Bu yöntemle “zincir zırh” dokusuna sahip üç boyutlu giysiler ve aksesuarlar üretilmiştir. 3D sinterleme için, katmanları elde etmek için malzemeyi eritmek veya yumuşatmak

gibi, esas olarak nesne oluşturulana kadar katmanların oluşturulma biçiminde farklılık gösteren çeşitli teknikler vardır. En yaygın teknolojiler “Seçici Lazer Sinterleme” (SLS) ve “Erimiş Deposit Modelleme” dir (FDM – Fused Deposition Modeling). Bu türden ilk ticari ürünler 2005 yılında piyasaya sürülmüştür. "3D moda" çok hızlı bir şekilde tüm dünyadaki moda sahnelerinde norm haline gelmiş ve erkekler ve kadınlar için benzersiz 3D aksesuarlar ve koleksiyonlar yaratmıştır (Matthews 2011). 500 W kadar düşük güce sahip bir CO2 lazer, tekstil kumaşları ve deri gibi tüm polimerleri kesmek için yeterli olabilir. Lazer işlemede mükemmel bir sonuç ancak lazer sisteminin doğru seçilmiş parametreleri ile elde edilebilir (Url\_16; Angelova 2020).

## 5. DOĞAL BOYAMA

1856 yılında ilk sentetik boyalar elde edilmeden önce, doğal olarak oluşan kayalardan, topraktan, minerallerden, bitki ve hayvanlardan farklı yöntemlerle elde edilen boyama ve renklendirme yapabilen maddeler kullanılıyordu (Kocatürk 2020). Bu boyar maddeler doğal bitkilerden elde edilmekteydi.

Söz konusu boyada kullanılan bitkilerin en önemli özelliği geri dönüştürülebilmesidir ve kendilerinden tekstil dahil ilaç, kozmetik, gıda renklendirmesi gibi birçok alanda geçmişte olduğu gibi faydalanılmaktadır. Kullanılan boyaların pek çoğu eskiden olduğu gibi tekstil boyamacılığının yanı sıra ilaç, kozmetik ve gıda boyaları gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Tüklenen bitkiler tamamen geri dönüştürülebilir (Karadağ 2007).

Doğal boyamacılığın tarihi çok eskiye dayanmaktadır. M.Ö. 4000 yılları civarında Mezopotamya'da eğirme, dokuma ve bitkisel boyamanın geliştiği, eski Sümerlerin büyük şehirlerinden Nippur'da bulunan kil tabletlerde görülebilir. İndigo, bilinen en eski boyar maddelerden biridir M.Ö. 3000 yılına ait iki adet kırmızı pamuk elyafından yapılmış para kesesi bulunmuştur ve bugünkü Pakistan sınırında kullanılmıştır (Güngörmez 2015; Acar 2013). İndigo ve mordan malzemeleri sadece Çinliler tarafından değil Mısırda da kullanıldığı kazılarda çıkan mumyalardan anlaşılmaktadır (Şanlı 2007). Yine M.Ö 3000 civarlarında Çinliler ipek kumaşları boyamada bazı bitkisel boyalar kullandı. Bunlar indigo ve Çin yeşili denilen boyalardı. İndigo ve mordanın yanında madensel (inorganik) boyaların da Mısırda kullanıldığı kazılardaki bulgulardan görülmektedir (Yılmaz 2012). Doğal bir boyama işleminin tarifi ve aşamaları yine Mısırda yer alan çivi yazıtlarında bulunmaktadır (Şanlı ve Gök 2017). Bitkisel boyacılığın Meksika, Peru ve Afrika'da da Mısır ile aynı zamanda yapıldığı biliniyor (Öztürk 1999). Daha sonraki yıllarda doğal boyamacılığın Mısır'dan ticaret yoluyla batıya, Yunanlılara ve Romalılarına yayıldığı bilinmektedir (Yalçın 2010).

İtalya ve Venedik'te, M.S. 1500 yıllarında boyama ve boyama konusundaki bilginin artmasıyla Batı ve Akdeniz sahillerinde ilk büyük boyama kitabını

çıkarılmıştır. 19. yüzyılın sonuna kadar Anadolu, kök boya, cehri, safran gibi bitkilerin yetiştirilmesi yoluyla bitkisel boyacılıkta dünya çapında önemli bir rol oynamıştır (Şanlı 2011).

1882'de sentetik boyaların ülkeye girmesiyle, 1700'lerde dünyanın kök boya ihtiyacının 3'te 2 sini karşılayan Türkiye, kök boya ve cehri ticaretini durdurmuştur. (Yalçın 2010; Şanlı 2020). Sentetik boya maddelerinin yaygınlaşmış ve bu boya maddelerinin kanserojen, toksik ve alerjik etkileri fark edilmiştir (Eser 2016). Sentetik boyar maddenin bu zararlı yönlerinin ortaya çıkması nedeniyle doğal boyarmaddelerin kullanımını yeniden gündeme gelmiştir (Karadağ 2007). Son on yılda, doğal boya kaynağı olarak kültür bitkileri yetiştiriciliği yeniden popüler hale gelmiştir (Önal ve Subasar 2012). Çok sayıda sağlık kuruluşu da sentetik boyaların hem insan hem de çevre için zararlı olduğunu kabul ediyor. Bu nedenle, organik tekstil ürünlerinin daha popüler hale geldiği günümüzde, insan ve çevre dostu bitkisel boyaların önemi daha iyi anlaşılmıştır. Doğal boya maddeleri yeniden gündeme gelmesinin en büyük nedeni geleceğe yönelik yeni yaklaşımlar, sürdürülebilir yöntemler ve çevreye duyarlı uygulamalardır (Bechtold 2006).

Günümüzde doğal boyarmaddeler de toplumun ve bilim adamlarının büyük ilgisini çekiyor. Bilhassa özel ürünlerin üretiminde doğal boyarmaddeler kullanılıyor. Bilinen yüzlerce doğal boyarmadde kaynağının yanı sıra, özellikle bitki atıkları kullanılarak yapılan boyamalar, boya teknikleri, renkler ve haslık testleri üzerine son yıllarda yayınlanmış birçok makaleye de rastlayabiliriz (Bechtold, 2006; Mahmud-Ali 2007; Benli 2019). Doğal boyar maddelerin kullanımını desteklemek adına birçok doğal boya projeleri başlamış olup sayıları gün geçtikçe artmaktadır (Karadağ 2007; Eser 2016).

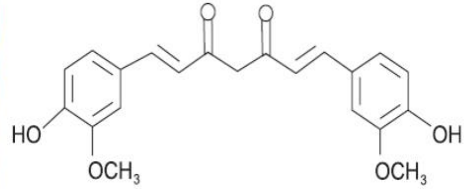
### ***Mordanlama***

Çoğu doğal boyanın tekstil liflerine afinitesinin düşük olması nedeniyle, afinitelerini ve renk haslıklarını arttırmak için mordanlar kullanılır. Mordanlar, lifler üzerine sabitlenebilen ve koordinasyon bağları yoluyla boya ile etkileşime girebilen metalik tuzlardır (Moiz ve diğ. 2010; Kobayashi 2002; Wang ve diğ. 2009). Mordanlama, ön mordanlama (boyama öncesi), aynı anda mordanlama ve boyama sonra mordanlama (boyama sonrası) olmak üzere üç yaklaşımla gerçekleştirilebilir.

Doğal renklendiricilerin boya alımını ve renk haslıklarını arttırmak için tekstillere farklı tipte mordanlar uygulanabilir. Renk tonu ve gölge derinliği gereksinimlerine bağlı olarak, mordan türleri ve boya konsantrasyonu belirlenecektir. Pamuk, yün, ipek ve ayrıca polyamid, polyester vb. sentetik liflerin doğal boyalarla boyanması, ön mordanlama veya mordanlama sonrası teknikler kullanılarak çeşitli makalelerde rapor edilmiştir (Samanta 2009; Ghoreishian 2013).

### 5.1 Doğal Boya Olarak Kullanılan Zerdeçalın (*Curcuma Longa L.*) Özellikleri

*Curcuma longa* bitkisinden elde edilen zerdeçal, “altın baharat” olduğu kadar “hayatın baharatı” olarak da bilinen altın renkli bir baharattır. Zerdeçal esas olarak, tekstil liflerine ve gıda maddelerine sarı rengi veren ana renklendirici bileşeni kurkumin için değerlidir. Kurkuminin kimyasal yapısı 1,7-bis[4-hidroksi-3-metoksifenil]-1,6-heptadien-3,5-dion olup C.I. doğal sarı ve çok çeşitli biyolojik aktiviteler sergiler. Şekil 5.4’te zerdeçal ve zerdeçalın renklendirici bileşeni kurkuminin kimyasal yapısı verilmiştir.



Şekil 5.4: Zerdeçal bitkisi (*Curcuma Longa L.*) ve kurkuminin kimyasal yapısı (Url\_17, Url\_18)

Kurkumin, kimyasal varyasyonlar ve biyo moleküllerle kovalent bağlantı için potansiyel bölgeler olarak kullanılabilen iki fenolik gruba ve bir aktif metilen grubuna sahiptir (Singh 2010). Kurkumindeki çift bağlar, moleküle kesin konformasyonel esneklik sağlar (Weber ve diğ. 2005). Kurkumin, keto-enol tautomerleri olarak solüsyonda bulunur. Zerdeçalın ana kaynağı olan rizom ayrıca protein, yağ, lifler, karbonhidratlar, esansiyel yağ vb. gibi çeşitli bileşenler içerir.



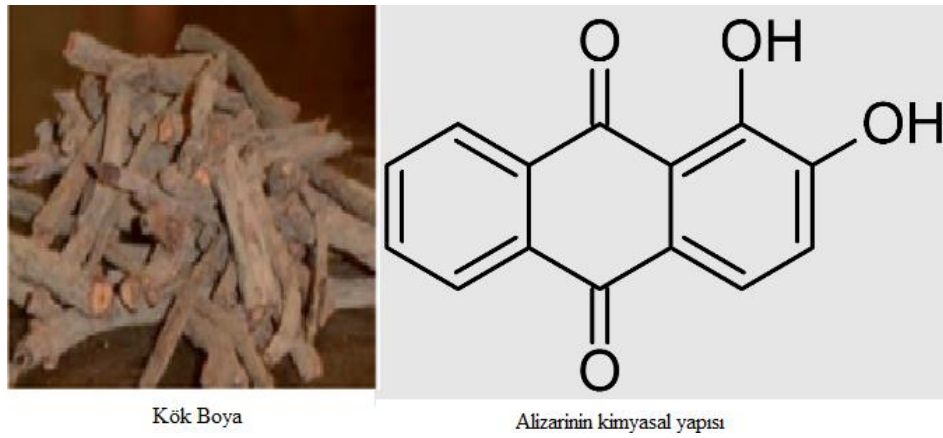
Farklı kökenlerden gelen doğal renklendiriciler, sulu ekstraksiyon, alkollü/organik solvent ekstraksiyonu, süperkritik sıvı ekstraksiyonu ve enzim destekli ekstraksiyon dahil olmak üzere çeşitli yöntemlerle ekstrakte edilebilir. Renklendiricinin sulu ortamda ekstraksiyon yöntemini optimize etmek için, renk materyali kurutulur ve toz haline öğütülür, ardından standart bir prosedüre göre renk bileşeni su içinde ekstrakte edilir (Shadid ve diğ. 2012; Prabhu ve Teli 2011; Prusty ve diğ. 2013; Ghoreishian 2013).

Zerdeçal, çeşitli biyoaktif özelliklere sahiptir ve baharat, kozmetik bileşenler, doğal ilaç, gıda koruyucu, sarı renklendirici olarak ve modern tıp sisteminde kullanılmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) komiteleri, kurkumini gıda katkı maddesi olarak onaylamıştır (Gulrajani 1992). Biyolojik aktiviteleri nedeniyle kurkumin hakkında çok sayıda çalışma yapılmıştır. Kurkumin, antiinflamatuvar, antioksidan, antikanserojen, antiviral ve antimikrobiyal özellikler sergiler (Umbreen ve diğ. 2008; Ghoreishian 2013). Ayrıca kurkumin; immünomodülatör, antitrombotik, yara iyileştirme, antidiyabetojenik ve antistresör özellikler gibi çeşitli potansiyel terapötik özellikler gösterir. Zerdeçal yağının *Bacillus coagulans*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* ve *Pseudomonas aeruginosa*'ya karşı antibakteriyel aktivitesi rapor edilmiştir. Ayrıca, *Aspergillus flavus*'a karşı antifungal aktivitesi, *Aspergillus parasiticus*, *Fusarium moniliforme* ve *Penicillium digitatum* belirtilmiştir. Zerdeçalın antimikrobiyal mekanizması metoksil ve hidroksil gruplarının varlığı ile ilişkili olabilir (Han 2005).

## **5.2 Doğal Boya Olarak Kullanılan Kök Boyanın (*Rubia Tinctorum* L.) Özellikleri**

Kök boya tekstil boyama için iyi bilinen, Avrasya süper kıtasında doğada bulunan en eski ve en popüler (Clementi ve diğ. 2007) turuncu-kırmızı doğal boya kaynağıdır. Kök boyanın kökü, ana renklendirici bileşen olarak Alizarin (1,2 dihidroksi antrakinon) ile antrakinon bazlı farklı doğal renklendiriciler içerir (Mehrparvar ve ark. 2016; Safapour 2023).

Şekil 5.5'te kök boya ve kök boyanın renklendirici bileşeni Alizarinin kimyasal yapısı verilmiştir.



Şekil 5.5: Kök boya (*Rubia Tinctorum* L.) ve alizarinin kimyasal yapısı (Benli 2012)

Kök boya yapısında Rubiritrik asit, Alizarin, Rubiadin glikoziti, Rubiadin, Purpurin, Ksanton purpurin, Pseudo purpurin, Munjistin gibi boyarmaddeler vardır (Bosakova 2000; Angelini 1997; Benli 2012). *Rubia tinctorum* L., *Rubia tinctorum*'un rizomlarından üretilir.

Yüzlerce yıldır halı ve kilim ipliklerini renklendirmek için kullanılmaktadır. Boyama için üç veya dört yaşındaki bitkilerden rizomlar toplanır. Farklı mordanlarla farklı renkler verir. Örneğin CaCO<sub>3</sub> kullanıldığında renk kiremit kırmızısı olur. K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, rengi koyu turuncu; CuSO<sub>4</sub>, rengi açık kahverengi vb. (Koyuncu 2022). *Rubia tinctorum* L.'nin kurutulmuş köklerinden elde edilen kök boya, antik çağlardan beri tekstil boyamak için kullanılmıştır (özellikle bitkinin yerli olduğu Avrupa, Orta Doğu ve Hindistan (Hofenk 2004; Clementi ve diğ. 2007).

M.Ö. 6.yy. da bulunan Pazırık halısında kök boyanın kullanıldığı biliniyor (Karadağ 2007). M.Ö. 7.yy.'daki tabletlerde ise kırmızı renk için Kök boya, kullanıldığı söylenmektedir. Kök boya Dünya literatürüne Edirne kırmızısı veya Türk kırmızısı olarak girmiştir ve Türkler tarafından ilk kullanımı 1519 yılında yapılmıştır. 1715 yılında Fransa'da kök boya ziraatı başlamıştır. Osmanlılar, 1700 yıllarında dünyadaki kök boyanın 2/3'ünü üretmiştir. Konya ve Topkapı müzeleri, kök boya ile boyanmış ipliklerden yapılmış 400 yıllık değerli halı ve kumaşlara sahiptir (Yumuşak 2016; Öztürk 1999).

Son alışmalar kök boyanın orta derecede ışık haslığına ve yıkama direncine sahip olduğunu ve yn üzerinde ipek ve pamuğa göre daha kararlı olduğunu göstermiştir (Angelini 1997). Diğer birçok doğal boyada olduğu gibi, UV radyasyonu yn üzerindeki kök boyanın solmasını güçlü bir şekilde etkilerken, görünür ışık daha az katkıda bulunur (Yoshizumi ve diğ. 2003; Clementi ve diğ. 2007)

### 5.3 Mordan Olarak Kullanılan Mazının (*Quercus Infectoria Olivier*) zellikleri

Mazı meşesi (*Quercus infectoria Olivier*), Fagaceae familyasına ait kk bir ağaçtır. Asya, Akdeniz lkeleri ve Güneydoğu Avrupa'da yetişir. (Güzel 2019). Mazı meşesi, en yaygın olarak Marmara ve Karadeniz bölgelerinde yetişen geniş ve tepeli bir ağaçtır. 12 metre boyunda ve 80 santimetre çapında olabilir. Mazı meşesi yaprakları sonbaharda dklmeyebilir. Kışın çok soğuk olmadığı yıllarda, yapraklarının dökülmesi ilkbahara kadar sürebilir. Mazı meşesinin oluşumu şöyledir, dişi mazı arısı (*Cynips insana* (West.) Mayr) haziran ve temmuz arasında yumurtalarını mazı meşesi tomurcuklarına bırakır. Gomalaklar (gal), bırakılmış yumurtaların etrafında ince zarlı, yağlı ve şekerce zengin bir beslenme tabakası şeklinde meydana gelir. Beslenme tabakasının altında da sert bir koruma tabakası vardır. Mazı bu iki tabakadan oluşur. Aslında mazı, mazı meşesinin tomurcuklarında meydana gelen patolojik bir durumdur. Bu oluşan mazı 1,5 ile 2 santimetre çapında ve yuvarlak bir şekildedir. Bu olay en sık bu meşelerde meydana geldiği için bu türe mazı meşesi denir (Karadağ 2007). (şekil 5.6)



şekil 5.6: Mazı meşesi (*Quercus Infectoria Olivier*) (Karadağ 2007)

Mazılar %60-70 arasında gallo tanen, ellagic asit, nişasta ve şeker içerir (Tanker 1998). Bu bitkiler yaklaşık 1 ila 2 yıl yaşarlar ve mazı meşesi gomalak bitkilerinden elde edilen tanenler (galik asit, ellagik asit, tannik asit ve türevleri) antioksidan, antimikrobiyal, antiviral, antimutajenik, antiinflamatuvar ve antiparazit. antifungal, sitotoksik, larvisidal gibi farklı biyolojik aktiviteler gösterirler.

Elyaf ile doğal boya arasındaki bağlanmayı arttıran doğal mazı mordanları, boyaların kumaşa sabitlenmesini, renk haslıklarının artmasını hatta değişik renk tonlarının elde edilmesini sağlayabilir.

Mazı, Sümerlerden günümüze kadar boya, deri ve mürekkep yapımı gibi çeşitli alanlarda kullanılmıştır (Karadağ 2007). Bu bitki alkaloidler, flavonoidler, saponinler ve tanenler gibi çeşitli kimyasal bileşikler içerir. Deri, tekstil ve eczacılıkta kullanım alanı vardır (Tanker 1998). Doğal boya bitkileri toksik veya kanserojen değildir ve çevreye zararlı değildir (Karadağ ve diğ. 2022). Mazı meşesi, doğal liflerin boyanmasında hem doğal boyar madde hem de bio-mordan maddesi olarak kullanılmaktadır (Yıldız ve diğ. 2013; Karadağ ve diğ. 2022; Abdülkadir ve diğ. 2022; Yılmaz Şahinbaşar ve diğ. 2018) Bu bahsedilen makalelerden farklı mazı meşesinin bio-mordan olarak kullanıldığı birçok araştırma yapılmıştır (Geysoğlu 2022; Önal 2004; Singh ve diğ. 2018; Meyancı Özer ve diğ. 2016). Bu tez çalışmasında da sürdürülebilir bir çalışma olması amacıyla doğal mazı mordanı kullanılmıştır.

## 6. MATERYAL VE METOD

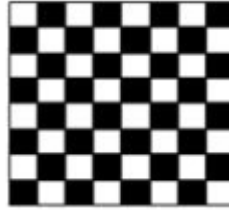
Bu tez çalışmasında ilk olarak yün kumaşlara lazer işlemi uygulanmış ve fiziksel testlerle lazer enerjisinin kumaşa etkisi incelenmiştir.

Daha sonra lazer uygulanan ve uygulanmayan yün kumaşlar farklı doğal boya ile boyanmış ve lazer enerjisinin renk ve haslıklara etkisi incelenmiştir.

### 6.1 Materyal

Çalışmada bez ayağı örgü düzeninde dokunmuş, %100 yün 146 g/m<sup>2</sup> boyanabilir haldeki kumaş (Bahariye İdeale'den temin edilmiştir) kullanılmıştır. Bu tez çalışmasında, kullanılan bu kumaşın atkı sıklık değeri 26 tel/cm ve çözgü sıklık değeri 25 tel/cm olarak tespit edilmiştir. Kumaşın atkı ipliği Ne 20 ve çözgü ipliği Ne 18 dir.

Bu tez çalışmasında, kullanılan yün kumaşın özellikleri Tablo 6.1'de ve bu yün kumaşın örgü raporu Şekil 6.7'de verilmiştir.



Şekil 6.7: Kullanılan kumaşın örgü düzeni

Tablo 6.1: Çalışmada kullanılan yün kumaşın özellikleri

Gramaj	146 gr/m <sup>2</sup>
Atkı Sıklığı	26 tel/cm
Çözgü Sıklığı	25 tel/cm
Kumaş Kalınlığı	0,25 mm
Atkı İplik Numarası	Ne 20
Çözgü İplik Numarası	Ne 18

## 6.2 Kullanılan Doğal Boya ve Mordan Maddesi

Çalışmalarımızda kullandığımız Doğal Boyalar ve doğal mordan maddesi, ürünlerin geldiği bölge ile Tablo 6.2 'de verilmektedir.

**Tablo 6.2:** Üretici firmaları ile kullanılan doğal boyalar ve doğal mordan

Boyarmadde	Ürünün geldiği bölge	Kullanım Alanı
Zerdeçal	Antalya	Doğal boya
Kök boya	Siirt	Doğal boya
Mazı	Siirt	Doğal mordan

## 6.3 Kullanılan Makineler

Bu tez çalışmasında her adımda kullanılan bütün makine ve cihazlar kullanım alanıyla birlikte Tablo 6.3'te verilmektedir.

**Tablo 6.3** Kullanılan makineler tablosu

Test Makineleri		
Makine Adı	Üretici Firma	Kullanım Alanı
Flexi e lazer makinesi	Jeanlogia	Kumaşlara lazer uygulanmasında kullanılmıştır.
HT numune kumaş boyama makinesi	Copower Technology Co., Ltd.	Yün kumaşın doğal boyarmaddelerle boyanmasında kullanılmıştır.
Kopma mukavemeti test cihazı (Tinius Olsen H10KT universal çekme mukavemeti test cihazı)	Tinius Olsen H10KT	Numunelerin mukavemet ve elastikiyet değerlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.
Kumaş sertlik test cihazı	Prowhite Dijital Pnömatik	Kumaşların işlem sonrasında sertliklerini tayin etmede kullanılmıştır.
Kumaş Kalınlık Ölçüm Cihazı (Louis Schopper)	Louis Schopper (Almanya)	Kumaşların kalınlıklarının ölçümü yapılmıştır.

**Tablo 6.3** (devam)

<b>Test Makineleri</b>		
<b>Makine Adı</b>	<b>Üretici Firma</b>	<b>Kullanım Alanı</b>
Wascator	Electrolux FOM71 CLS	Kumaşların Çekme testleri ve kumaşların yıkama sonrası solma testleri yapılmıştır.
Renk Ölçüm Cihazı (Datacolor Spectral Flash 600)	Datacolor International, USA	Kumaşların renk, beyazlık, sarılık ölçümlerinin yapılmasında ve değerlendirilmesinde kullanılmıştır.
UV Visible Makinesi ( <i>Perkin Elmer UV spektrofotometre</i> )	Perkin Elmer	Deneylerde doğal boyama yapılan yün kumaşın kumaşın boyama flottesinden emdiği boya miktarını belirlemek için kullanıldı.
Sürtme Haslığı Ölçüm Cihazı (Crockmaster Colour)	James H. Heal and Co. LTD.	Deneylerde kullanılan kumaşların yaş ve kuru sürtme haslıklarının belirlenmesi kullanıldı.
Yıkama haslığı makinesi (SDL Atlas M228 Rotawash)	SDL Atlas LTD.	Deneylerde kullanılan kumaşları belirli bir standarda göre yıkamak için kullanıldı.
Süblimasyon haslığı test cihazı (PROWITE® Model: K024)	PROWITE® PRO-SER Lab. Malz. Otom. San. Tic. Ltd. Şti.	Deneylerde kullanılan kumaşların kuru ısı etkilerine karşı direncini belirlemek için kullanıldı.
Ter ve Su haslığı ölçüm cihazı	SDL Atlas LTD.	Deneylerdeki numune kumaşların terlemeye karşı (asidik ve bazik) ve suya karşı renk değişimlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.
Etüv ( <i>Nüve Dry Heat Sterilizer FN120</i> )	Nüve	Ter haslıklarının (asidik ve bazik) ve su haslıklarının ölçülmesinde kullanılmıştır.

## 6.4 Bu Çalışmada Uygulanan Lazer İşlemi

Bu tez çalışmasında, sabit dalga boyu ve sabit pikselde; farklı lazer atış sıklıklarında lazer işlemi uygulanan %100 yün kumaşların fiziksel testleri ve boyama etkileri araştırılmıştır. Tez çalışması için kullanılan kumaş numunesi; %100 yün, dokunmuş, bez ayağı kumaştır. Lazer işleminden sonra kumaşlar doğal boya ile boyanmıştır.

Bu tez çalışmasında kullanılan yün kumaşlara yapılan tüm lazer uygulamaları Jeanologia marka flexi e lazer makinesi ile yapılmıştır. Kullanılan lazer makinesi Şekil 6.8'de gösterilmiştir. Lazer uygulamaları işletmede denim tasarımında en çok kullanılan desen, bıyık, rodeo, çiçek, böcek basmak için kullanılan soldurma (whisker) modunda yapılmıştır. Lazer ışının denim kumaş üzerindeki tasarıma maruz kalma süresi, soldurma etkisi ile ölçülür (Batur ve Ayranpınar 2021). Buna bağlı olarak piksel zamanı değeri 60  $\mu$ s'olarak her kumaşa aynı uygulanmıştır ve aynı zamanda dalga boyu da 10.6  $\mu$ m'de sabitlenmiştir Tüm uygulamalarda, lazer çıkış noktasının kumaşa olan mesafesi 1500 mm olarak sabittir. 30cmx40cm ebatlarında dikdörtgen yün kumaşlar lazer uygulamasıyla yakılmıştır. Bu dikdörtgenin çözünürlüğü (lazer atış sıklığı) sırasıyla 20, 26, 32, 38 dpi olarak seçilmiştir ve farklı lazer atış sıklıkları (inç başına düşen lazer nokta sayısı) her değer için sadece ön yüz ve hem ön hem arka yüz olarak iki şekilde yapılarak bu farklı lazer atış sıklıklarının ve sadece ön yüz ve hem ön hem arka yüz lazer uygulamasının kumaş üzerinde etkileri araştırılmıştır. Bu uygulama Tablo 6.4'de verilmiştir. Ayrıca eşik değeri 220 ve optimum hız değeri 100 olarak sabit tutulmuştur.



Şekil 6.8: Jeanologia flexi e marka lazer yakılma makinesi (Url\_19)



**Tablo 6.4:** Farklı lazer atış sıklıklarında lazer uygulaması

<b>%100 Dokuma Yün Kumaşlarda Lazer Uygulaması</b>	
<b>Sadece Ön Yüz</b>	<b>Ön ve Arka Yüz</b>
Lazer atış sıklığı 20 dpi	Lazer atış sıklığı 20 dpi
Lazer atış sıklığı 26 dpi	Lazer atış sıklığı 26 dpi
Lazer atış sıklığı 32 dpi	Lazer atış sıklığı 32 dpi
Lazer atış sıklığı 38 dpi	Lazer atış sıklığı 38 dpi
Kontrol kumaşı	Kontrol kumaşı

Farklı lazer atış sıklıklarında lazer işlemi yün gören kumaşlar, tablo ve grafiklerde gösterim yaparken uygulanan lazer işlem tipine göre; L0: işlemsiz, L1: 20 dpi-sadece ön yüz lazer işlemi görmüş, L2: 20 dpi-hem ön yüz hem arka yüz lazer işlemi görmüş, L3: 26 dpi-sadece ön yüz lazer işlemi görmüş, L4: 26 dpi-hem ön yüz hem arka yüz lazer işlemi görmüş, L5: 32 dpi-sadece ön yüz lazer işlemi görmüş, L6: 32 dpi-hem ön yüz hem arka yüz lazer işlemi görmüş, L7: 38 dpi--sadece ön yüz lazer işlemi görmüş, L8: 38 dpi-hem ön yüz hem arka yüz lazer işlemi görmüş şeklinde isimlendirilmiştir.

### **6.5 Tez Çalışmasında Yapılan Doğal Yün Boyama**

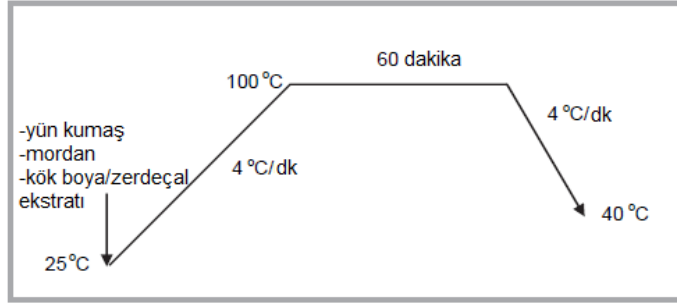
Bu tez çalışmasında, doğal boya olarak toz kök boya ve zerdeçal kullanılmış bu doğal boyalarla ayrı ayrı boya flottesini hazırlanmıştır. Toz kök boya veya toz zerdeçal, boya ekstraksiyonu için 1/40 oranında kullanılarak 1 saat 100°C'lik su ile ayrı ayrı işleme tabi tutulmuştur. Daha sonra çözelti, oda sıcaklığında soğutulmuştur. Bu ekstraktlar boyamalar için boya flottesini olarak kullanılmıştır.

Tüm boyamalar çektirme yöntemi ile aynı anda mordanlama yöntemine göre %10 mazı mordanı ile 1:40 flotte oranında COPOWER HT numune boyama makinesinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 6.9). Boyama flottesini pH'ları ölçülmüş zerdeçal için 4,01 ve kök boya için 4,61 olarak kaydedilmiştir. Boyama sonrası kumaşlar ilk önce soğuk suda 5 dk durulanmıştır, daha sonra 40 °C'de 5 dk taşarlı yıkama yapılmış ve daha sonra 10 dk soğuk su ile durulama yapılmıştır. Daha sonra kumaşlar oda şartlarında kurumaya bırakılmıştır.



**Şekil 6.9:** COPOWER HT numune kumaş boyama makinesi

Uygulama kolaylığı ve toplamda daha az işlem süresi nedeniyle aynı anda mordanlama yöntemi seçilmiştir. Boyamalar 100°C'de 60 dakika süreyle gerçekleştirilmiştir. Boyama işleminin grafiği Şekil 6.10'da gösterilmektedir.



**Şekil 6.10:** Yün dokuma kumaşın kök boya ve zerdeçal ile doğal boyama prosesi

## 6.6 Tez Çalışmasında Kullanılan Testlerin Standartları ve Ölçüm Yöntemleri

Bu tez çalışmasında kullanılan bütün testlerin standartları ve ölçüm yöntemleri aşağıdaki başlıklar altında incelenmiştir.

### 6.6.1. Kumaş Gramajının Tespiti

Kumaşın 1m<sup>2</sup>'sinin gram olarak ağırlığı, kumaş gramajıdır. Ham ve işlem görmüş yünlü kumaşların gramaj tespiti, her çeşit kumaşın tespit edilebildiği TS 251 standardına göre yapılmıştır. Bu yöntemle göre bu tez çalışmasında, Kauçuk levha üzerine yerleştirilen kumaşlar üzerine dairesel kesici konularak birkaç tur çevrilip kumaşların dairesel şekilde kesilmesi sağlanmıştır Dairesel kesicinin çapıyla aynı olan ve 11,34 cm<sup>2</sup> çapında kesilen dairesel kumaşların hassas terazideki tartım sonuçları direk alınıp bu sonuçlar 1m<sup>2</sup> ye yayılıp, 1m<sup>2</sup>'deki kumaş gramajı hesaplanmıştır. (Şekil 6.11)



Şekil 6.11: Dairesel kesici

### 6.6.2. Kumaşların Atkı/Çözüğü Sıklığının Tespiti

Dokuma bir kumaş atkı ve çözgü ipliklerinden oluşur. Dolayısıyla kumaşın sıklığını tespit etmek için kumaşı oluşturan atkı ve çözgü iplikleri sayılır. Bu tez çalışmasında ham ve işlem görmüş yünlü kumaşların atkı/çözgü sıklığının tespitinde TS 250 test yöntemi esas alınmıştır. Bu bilgiler doğrultusunda Atkı sıklığı kumaşın atkı yönünde 1 cm'deki ipliklerin sayısı ve Çözgü sıklığı kumaşın Çözgü yönünde 1 cm'deki ipliklerin sayısı sayılarak tespit edilmiştir. Sıklık tespiti için lüp kullanılmıştır.

### 6.6.3. Kumaş Kalınlığının Tespiti

Bu tez çalışmasında işlemsiz ve işlem görmüş yün kumaş numunelerinin hepsinin standart koşullarda olması için  $20\pm 2$ ,  $20^{\circ}\text{C}$ ,  $\%65\pm 2$  bağıl nem olan standart laboratuvar şartlarında bekletildikten sonra EN ISO 5084:1996 standardına göre kumaş kalınlık tespiti yapılmıştır. Şekil 6.12’de verilen Louis Schopper Leipzig marka otomatik mikrometre ile ölçülmüştür. Her kumaş tipi için 10’ar kez ölçüm yapılarak elde edilen ortalama değerler verilmiştir.



Şekil 6.12: Louis Schopper Leipzig marka otomatik mikrometre

### 6.6.4. Kumaşların Sertliğinin Tespiti

Bu tez çalışmasında, işlemsiz ve işlem görmüş yün kumaş numunelerinin hepsi aynı standart koşullarda olması için  $20\pm 2$ ,  $20^{\circ}\text{C}$ ,  $\%65\pm 2$  bağıl nem olan standart laboratuvar şartlarında bekletildikten sonra ASTM D4032 standardı kullanılarak sertlikleri ölçülmüştür. Sertlik testi için Şekil 6.13’de verilen Prowhite Dijital Pnömatik sertlik cihazı kullanılmıştır. Kumaşlar  $10\text{cm}\times 20\text{cm}$  kesilerek ikiye katlanmış ve  $102\times 102\times 6$  mm boyutundaki cihaz tablasına yerleştirilip cihaz tablasında bulunan 38.1 mm çapındaki bir delikten, aynı çaptaki bir kol yardımıyla aşağıya doğru 57 mm itilerek test edilmiştir. Bu işlem sonucunda cihazın dijital ekranında cN biriminden okunan değer kumaşın sertlik değerini vermektedir. Her kumaş tipi için 10’ar kez ölçüm yapılarak elde edilen ortalama değerler verilmiştir.



Şekil 6.13: Prowhite dijital pnömatik kumaş sertliği ölçüm cihazı

### 6.6.5 Mukavemet Tespiti

Bu tez çalışmasında işlemsiz, farklı lazer atış sıklıklarında lazer enerjisiyle sadece ön yüz lazer işlemi görmüş ve hem ön yüz hem arka yüz lazer işlemi görmüş yün dokuma kumaş numunelerinin mukavemet ölçümleri yapılmıştır. Mukavemet testinde amacımız İşlem görmüş numunelerde lazerin atış sıklıklarına bağlı olarak yapısında meydana gelen hasarı tespit etmektir. Çekme mukavemeti ISO 2062-2009 standardına göre yapılmıştır ve Şekil 6.14’de verilen Tinius Olsen H10KT marka universal çekme mukavemeti test cihazı kullanılmıştır. Lazer işlemi kumaşlarda çözgü ipliği boyunca uygulandığı için mukavemet testi çözgü ipliğinde yapılmıştır. Cihazda çeneler arası mesafe 25 cm olacak şekilde her kumaş tipi için 10’ar kez ölçülerek elde edilen ortalama değerler kopma mukavemet değerleri (N/tex) ve kopma uzama değerleri (%) verilmiştir.



**Şekil 6.14:** Tinius Olsen H10KT üniversal çekme mukavemeti test cihazı

### **6.6.6 Kumaşların Çekme Testleri**

Farklı lazer atış sıklıklarında lazer enerjisiyle derecelerinde işlemsiz, sadece ön yüz lazer işlemi görmüş ve hem ön yüz hem arka yüz lazer işlemi görmüş yün dokuma kumaş numunelerinin doğal boyama öncesi ve sonrası kumaş çekme miktarları, IWS TM-31 test standardı ile Şekil 6.15’de verilen Electolux marka Wascator FOM71 MP tamburlu yıkama makinesinde yapılmıştır. Tüm örnekler 12cm×12cm boyutlarında dikdörtgen şeklinde kesilmiş ve 10cmx10cm boyutunda kenarlardan 1 cm uzaklıkta işaretlemeler yapılmıştır. Tamburlu yıkama makinesinde standart 5A programı kullanılarak su sıcaklığı 40°C’de tutulmuş ve non-iyonik deterjan “İmerol PCJ, Archroma” 0,3 gr/l ilave edilmiştir. Yıkama yükü ile toplam 1 kg’a tamamlanmıştır (Saville 1999; Nourbakhsh 2011). Yünlü kumaşların yıkama sonrası çekme değerleri kumaş çekme yüzdesi olarak verilmiştir.



**Şekil 6.15:** Standart wascator çamaşır makinesi

### **6.6.7 Kumaşların Yıkama Haslığının Tespiti**

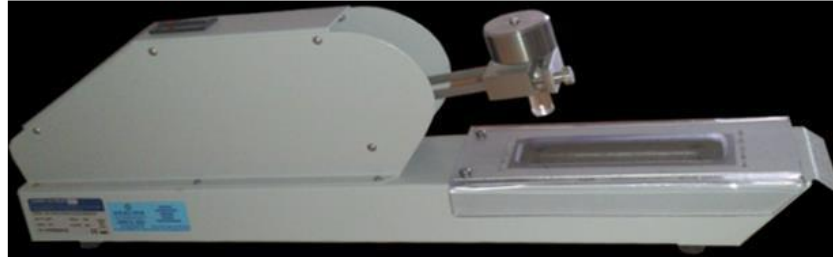
Yıkama haslığı testinde işlemsiz, farklı lazer atış sıklıklarında lazer enerjisiyle sadece ön yüz lazer işlemleri görmüş ve hem ön yüz hem arka yüz lazer işlemleri görmüş yün dokuma kumaş numunelerinin zerdeçal veya kök boya ile doğal boyama sonrası yıkama şartlarına karşı gösterdiği dayanıklılığı kontrol edilmiştir. Yıkama haslığı testleri ISO 105: C06 A2S standardında yapılmış ve Şekil 6.16’da verilen SDL Atlas marka M228 Rotawash makinesi kullanılmıştır. Seçilen standarda göre yün kumaş numunelerinin çözgü yoğun yüzüne multifiber dikilerek yıkama haslığı ölçümleri yapılmıştır. Numuneler 40°C’de 30 dk. boyunca, 1 gr/L sodyum perborat ve 4 gr/l ECE B deterjan ile her pota 10 bilye atılarak yıkanmıştır. Yıkama sonrası soğuk su ile durulanmış ve sonrasında asılarak kurutulmuştur. Test sonuçları ışık kabininde D65 ışık altında gri skalaya göre değerlendirilmiştir.



**Şekil 6.16:** SDL Atlas M228 rotawash yıkama haslığı makinesi

### **6.6.8 Kumaşların Sürtme Haslıklarının Tespiti**

Sürtme haslığı testinde işlemsiz, farklı lazer atış sıklıklarında lazer enerjisiyle sadece ön yüz lazer işlemi görmüş ve hem ön yüz hem arka yüz lazer işlemi görmüş yün dokuma kumaş numunelerinin zerdeçal veya kök boya ile doğal boyama sonrası hem yaş hem de kuru sürtmeye tabi tutularak rengin sürtmeye karşı dayanıklılığı test edilmiştir. Sürtme haslığı testleri ISO 105: X12 standardında Şekil 6.17’de verilen Crockmaster Colour Fastness to Rubbing Tester- Model670 (Hand Driven Crockmaster) cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Test sonuçları ışık kabininde D65 ışık altında gri skalaya göre değerlendirilmiştir.



**Şekil 6.17 :** Crockmaster sürtme haslığı cihazı



### 6.6.9 Kumaşların Süblimasyon Haslığı Değerlerinin Belirlenmesi

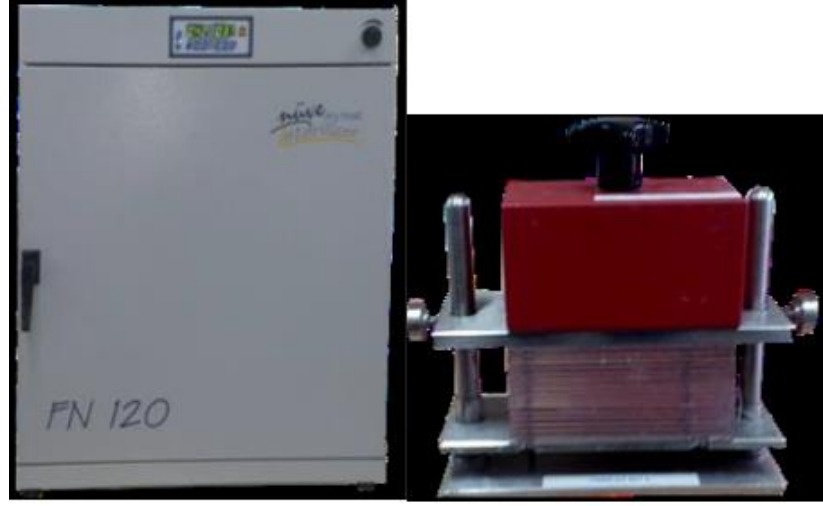
Süblimasyon haslığı kumaşların kuru ısıya karşı dayanıklılığının tespitidir. Bu tez çalışmasında, farklı lazer atış sıklıklarında lazer enerjisiyle sadece ön yüz lazer işlemi görmüş ve hem ön yüz hem arka yüz lazer işlemi görmüş yün dokuma kumaş numunelerinin zerdeçal veya kök boya ile doğal boyama sonrası süblimasyon testleri ISO 105: P01 standardına göre gerçekleştirilmiş ve Şekil 6.18’de verilen PROWITE®, Model: K024 test cihazı kullanılmıştır. Test sırasında yün kumaş numunelerinin çözgü yoğun yüzüne multifiber kumaş koyularak önerilen ütü sıcaklığına göre; 150°C sıcaklıkta ve yün liflerinin yüksek ısıya karşı hassasiyeti sebebiyle 30 saniye test gerçekleştirilmiştir. Test sonuçları ışık kabiniinde D65 ışık altında gri skalaya göre değerlendirilmiştir.



Şekil 6.18: Süblimasyon haslığı test cihazı (PROWITE® Model: K024)

### 6.6.10 Ter Haslığı Değerlerinin Belirlenmesi

Ter Haslığı testi kumaşların terlemeye karşı dayanıklılığını ölçmek için yapılır. Bu tez çalışmasında, işlemsiz, farklı lazer atış sıklıklarında lazer enerjisiyle sadece ön yüz lazer işlemi görmüş ve hem ön yüz hem arka yüz lazer işlemi görmüş yün dokuma kumaş numunelerinin zerdeçal veya kök boya ile doğal boyama sonrası asidik ve bazik ter haslığı testleri ISO 105: E04 standardında Şekil 6.19’da verilen ter haslığı test ünitesi ve etüv de gerçekleştirilmiştir. Test sonuçları ışık kabiniinde D65 ışık altında gri skalaya göre değerlendirilmiştir.



**Şekil 6.19:** Ter haslığı kiti ve etüv

### **6.6.11 Su Haslığı Değerlerinin Belirlenmesi**

Su haslığı boyalı kumaşların suya karşı dayanıklılığını belirlemek için yapılır. Bu tez çalışmasında, işlemsiz, farklı lazer atış sıklıklarında lazer enerjisiyle sadece ön yüz lazer işleme görmüş ve hem ön yüz hem arka yüz lazer işleme görmüş yün dokuma kumaş numunelerinin zerdeçal veya kök boya ile doğal boyama sonrası su haslığı testleri ISO 105: E01 standardına uygun olarak ter haslığı testlerinde kullanılan test ünitesi ve etüv de gerçekleştirilmiştir. Test sonuçları ışık kabininde D65 ışık altında gri skalaya göre değerlendirilmiştir.

### **6.6.12 Kumaşların Renk Ölümleri**

Bu tez çalışmasında, İşlemsiz, farklı lazer atış sıklıklarında lazer enerjisiyle sadece ön yüz lazer işleme görmüş ve hem ön yüz hem arka yüz lazer işleme görmüş yün dokuma kumaş numunelerinin zerdeçal veya kök boya ile doğal boyama sonrası renk ölümleri yapılmıştır. Renk ölümleri Datacolor Spectral Flash 600 cihazı ile yapılmıştır (Şekil 6.20). Bu cihaz spektral teknolojisine göre çalışır ve ışık kaynağından yansıyan renkleri okur. Her bir numune 4 kat halinde çözgü yoğun yüzü okutularak ve 4'er tekrar olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Numunelerin remisyon (%R) değerlerinin ölümleri 10° standart gözlem açısıyla ve D65 standart gün ışığı altında gerçekleştirilmiştir. 400-700 nm'lik spektral bölgede ve maksimum absorpsiyon dalga boyunda ( $\lambda_{max}$ ) ölümlen remisyon (% R) değerleri Kubelka- Munk

eşitliğinden faydalanılarak renk verimi (K/S) değerleri hesaplanmıştır formül 6.1 ile hesaplanmıştır.

$$K / S = (1 - R)^2 / 2 \times R \quad (6.1)$$

R: Maksimum absorpsiyon dalga boyundaki ( $\lambda_{max}$ ) reflektans

K: Absorpsiyon katsayısı

S: Yansıma katsayısı

Numunelerin boyama eğrileri, reflektans spektralleri kuvvetlerinin yanı sıra CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , ve  $C^*$ ,  $h^\circ$  değerleri ölçülmüştür.

$L^*$ : Açıklık-koyuluk değeri (+ daha açık, - daha koyu)

$a^*$ : Kırmızılık-yeşillik değeri (+ daha kırmızı, - daha yeşil)

$b^*$ : Sarılık-mavilik değeri, (+ daha sarı, -daha mavi)

$C^*$ : Kroma (Doygunluk),

$h^\circ$ : Renk tonu açısı



**Şekil 6.20:** Datacolor 600 model spektrofotometre

## 7. BULGULAR

Bu tez kapsamında ilk olarak yün kumaşlara lazer atış sıklıkları artırılarak (inç başına düşen lazer nokta sayısı) lazer işlemi uygulanmış ve fiziksel testlerle farklı lazer atış sıklıklarında lazer enerjisinin kumaşa etkisi incelenmiştir.

Daha sonra farklı lazer atış sıklıklarında lazer işlemi uygulanan ve uygulanmayan yün kumaşlar zerdeçal ve kök boya olmak üzere iki doğal boya ve doğal mordan olan mazi ile aynı anda mordanlama yöntemiyle boyanmış ve lazer enerjisinin doğal boyalarla boyanan kumaşlarda renk ve haslıklara etkisi incelenmiştir.

### 7.1 Boyama Öncesi Farklı Lazer Atış Sıklığı (İnç Başına Düşen Lazer Nokta Sayısı) Derecelerinde Lazer İşlemi Görmüş Yün Kumaşlara Yapılan Testlerin Bulguları

Bu bölümde ilk olarak %100 yün kumaşlara, işletmede denim tasarımında en çok kullanılan desen, bıyık, rodeo, çiçek, böcek basmak için kullanılan soldurma (whisker) modunda, piksel zamanı 60 µs lazer derecesinde ve dalga boyu 10.6 µm, lazer çıkış noktasının kumaşa olan mesafesi 1500 mm, eşik değeri 220 ve optimum hız değeri 100 olarak sabit tutularak, 20, 26, 32 ve 38 dpi olmak üzere farklı lazer atış sıklıklarında (lazer çözünürlüklerinde) lazer işlemi uygulanmıştır. Bu uygulanan lazer işleminin kumaşa etkisi yapılan fiziksel testlerle incelenmiştir.

Farklı lazer atış sıklıklarında lazer uygulanan kumaşların gramaj (gr/m<sup>2</sup>), atkî-çözgü sıklığı (tel/cm) ve kalınlık (mm) ölçüm sonuçları Tablo 7.5’de verilmiştir.

**Tablo 7.5:** Lazer uygulanan kumaşların fiziksel test sonuçları

Uygulanan İşlem	Gramaj (gr/m <sup>2</sup> )	Atkî Sıklığı (tel/cm)	Çözgü Sıklığı (tel/cm)	Kalınlık (mm)
İşlemsiz	146,4	26	25	0,25
20 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	146,8	26	26	0,266
20 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	149,6	26	26,5	0,268
26 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	150,7	26	27	0,273
26 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	153,2	26,5	27	0,277
32 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	155,6	26	27,5	0,276
32 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	162	27	28,5	0,292
38 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	183,3	27	27,5	0,282
38 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	238	28,5	29	0,305

Yün Kumaşların lazer atış sıklığı (inç başına düşen lazer nokta sayısı) arttıkça kumaşların atkî sıklığı çözgü sıklığı, kalınlık ve dolayısıyla kumaş gramajlarında bir miktar artış olduğu gözlemlenmiştir. Ön yüz lazer uygulaması ve hem arka hem ön yüz (kumaşın her iki yüzü de) lazer uygulaması karşılaştırıldığında, genel olarak, iki yüzü lazer uygulanmış yünlü kumaşların atkî sıklığı çözgü sıklığı, kalınlık ve dolayısıyla kumaş gramaj değerlerinin tek yüzü lazer uygulanmış yünlü kumaşlara nazaran biraz daha yüksek çıktığı saptanmıştır. Bu sonuçların ışığında lazer işleminin atış sıklıkları dereceleri arttığında ve/veya kumaşın her iki yüzüne lazer işlemi uygulandığında yünlü kumaşların lazer enerjisi sebebiyle bir miktar çektikleri gözlemlenmiştir.

Farklı lazer atış sıklıklarında lazer uygulanan kumaşların sertlik (cN) ölçüm sonuçları Tablo 7.6’da verilmiştir.

**Tablo 7.6:** Lazer uygulanan kumaşların sertlik test sonuçları

Uygulanan İşlem	Sertlik (cN)
İşlemsiz	64,62
20 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	78,75
20 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	90,37
26 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	82,25
26 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	108,50
32 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	95,62
32 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	132,25
38 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	151,62
38 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	260,87

Tabloda görüldüğü gibi sertlik, lazer atış sıklığı (inç başına düşen lazer nokta sayısı) değerleri ile doğru orantılı şekilde artmaktadır, lazer atış sıklığı yünlü kumaşların sertliğinin artması ve/veya hem ön yüz hem arka yüz (kumaşın her iki yüzü de) lazer işlemi uygulandığında tek yüzüne lazer işlemi uygulanan yünlü kumaşlara göre sertliğinin fazla olması iki şekilde açıklanabilir.

1-Lazer işleminin atış sıklıklarına derecelerine bağlı olarak yünlü kumaşlar çekerek kalınlık artmış ve buna bağlı olarak atkı ve çözgü sıklıkları artmış ve dolayısıyla gramaj artmış ve bunun sonucunda sertlik artmış olabilir.

2- lazer işleminin etkisiyle de kumaşın sertliği bir miktar artmış olabilir.

Farklı lazer atış sıklıklarında lazer uygulanan kumaşların kopma mukavemeti (N/tex) ve uzama (%) ölçüm sonuçları Tablo 7.7’de verilmiştir. Farklı lazer atış sıklıklarında işlem gören kumaşların mukavemet kaybı (%) referansa göre yüzdelik olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 7.7:** Lazer uygulanan kumaşların mukavemet testi sonuçları

Uygulanan İşlem	Kopma Mukavemeti (N/tex)	Mukavemet Kaybı (%)	Uzama (%)
İşlemsiz	0,071	Referans	19,9
20 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	0,070	1,4	15,7
20 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	0,049	32	7,4
26 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	0,069	2,8	15,2
26 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	0,048	32,4	6,6
32 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	0,067	5,6	13,6
32 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	0,028	60,5	2
38 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	0,035	50,7	2,6
38 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	0,008	88,7	1,8

Yünlü kumaşların lazer atış sıklığı arttığında ve/veya hem ön yüz hem arka yüz (kumaşın her iki yüzü de) lazer işlemi uygulandığında kumaşların mukavemetlerinde kayıplar görülse de 20 dpi-sadece ön yüz lazer işlemi görmüş, 26 dpi -sadece ön yüz lazer işlemi görmüş, 32 dpi-sadece ön yüz lazer işlemi görmüş kumaşların mukavemetlerinde çok az, neredeyse işlemsize yakın (sırasıyla 1,4, 2,8, 5,6) kayıplar görülmektedir. 20 dpi-hem ön yüz hem arka yüz lazer işlemi görmüş, 26 dpi-hem ön yüz hem arka yüz lazer işlemi görmüş kumaşlardaki mukavemet düşüşleri daha büyük olmuştur. 32 dpi-hem ön yüz hem arka yüz lazer işlemi görmüş, 38 dpi-sadece ön yüz lazer işlemi görmüş, 38 dpi-hem ön yüz hem arka yüz lazer işlemi görmüş kumaşların mukavemetlerindeki kayıpların en fazla olduğu görülmektedir. Aynı zamanda uzama miktarları değerlerinin de mukavemet değerleriyle paralel olduğu söylenebilir. Nourbakhs S. gerçekleştirdiği çalışmada (Nourbakhs 2011), farklı derecelerde lazer işlemi uyguladığı kumaşlarda yaptığı mukavemet sonuçlarında lazer enerjisi arttıkça

mukavemet değerlerinde ve uzama değerlerinde düşüşler meydana gelmiştir yani bu tez çalışmasındaki mukavemet sonuçları paraleldir.


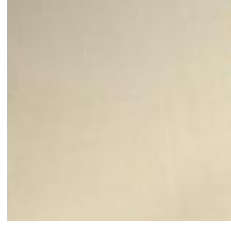


Farklı lazer atış sıklıklarında lazer uygulanan kumaşların K/S, beyazlık (stensby), sarılık (E313) ölçüm sonuçları ve kumaş görüntüleri Tablo 7.8’de verilmiştir. Kumaşların beyazlık (stensby), sarılık (E313) değerleri şekil 7.21’de karşılaştırılmıştır.

**Tablo 7.8:** Lazer uygulanan kumaşların renk ölçüm değerleri

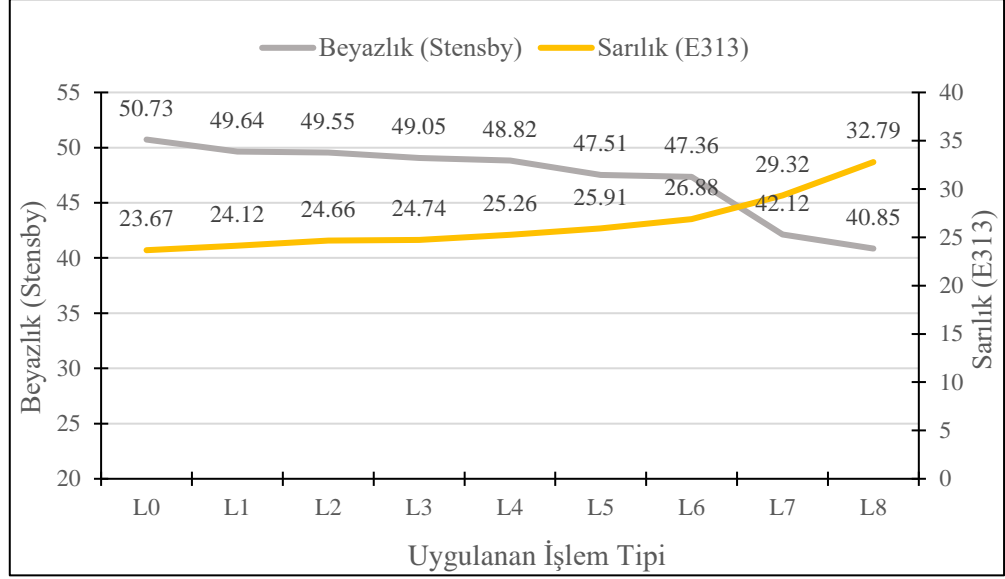
Uygulanan İşlem	K/S	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313)	Kumaş Görüntüsü
İşlemsiz	0,434	50,73	23,67	
20 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	0,453	49,64	24,12	
20 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	0,469	49,55	24,66	
26 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	0,484	49,05	24,74	
26 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	0,488	48,82	25,26	



**Tablo 7.8** (devam)

Uygulanan İşlem	K/S	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313)	Kumaş Görüntüsü
32 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	0,510	47,51	25,91	
32 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	0,520	47,36	26,88	
38 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	0,619	42,12	29,32	
38 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	0,659	40,85	32,79	

Farklı lazer atış sıklığında lazer işlemi görmüş kumaşların K/S (renk kuvveti), beyazlık (stensby), sarılık (E313) değerleri tablo da verilmiştir. Tabloda görüldüğü üzere yönlü kumaşların lazer atış sıklığı arttığında ve/veya hem ön yüz hem arka yüz (kumaşın her iki yüzü de) lazer işlemi uygulandığında tek yüzüne lazer işlemi uygulanan yönlü kumaşlara göre lazer etkisiyle K/S değerinde (renk kuvvetinde artış) artış görülmektedir ve aynı şekilde yönlü kumaşların sarılık değerleri de artmış ve buna bağlı olarak beyazlıkları azalmıştır. Değer arasındaki artış veya azalış miktarları 38 dpi-sadece ön yüz lazer işlemi görmüş, 38 dpi-hem ön yüz hem arka yüz lazer işlemi görmüş kumaşlarda fazladır. Diğer kumaşlardaki artış veya azalış miktarları çok azdır hatta işlemsiz kumaşın değerlerine yakındır.



**Şekil 7.21:** Lazer işlemleri uygulanmış kumaşların beyazlık (Stensby)-sarılık (E313) değerlerinin karşılaştırılması

Ayrıca yukarıda Şekil 7.21’de görüleceği üzere lazer atış sıklığı arttıkça ve/veya hem ön yüz hem arka yüz (kumaşın her iki yüzü de) lazer işlemleri uygulandığında tek yüzüne lazer işlemleri uygulanan yünlü kumaşlara göre lazer etkisiyle yünlü kumaşlarda sarılık (E313) değeri artarken buna bağlı olarak beyazlık (stensby) değeri azalmıştır.

Farklı lazer atış sıklıklarında lazer uygulanan kumaşların boyut değişimi testi öncesi ve sonrası test sonuçları Tablo 7.9’da verilmiştir. Ve boyut değişimi (%) ve boyut değişimi testi öncesi ve sonrası ölçülen gramalar ile hesaplanan gramaj artışı (%) karşılaştırılması Şekil 7.22’de verilmiştir.

**Tablo 7.9:** Lazer uygulanan kumaşların boyut değişimi testi sonuçları

Boyut Değişimi Testi Sonuçları							
Uygulanan İşlem	Yıkama Öncesi			Yıkama Sonrası			Boyut Değişimi (%)
	Atkı Sıklığı (tel/cm)	Çözümlü Sıklığı (tel/cm)	Gramaj (gr/m <sup>2</sup> )	Atkı Sıklığı (tel/cm)	Çözümlü Sıklığı (tel/cm)	Gramaj (gr/m <sup>2</sup> )	
İşlemsiz	26	25	149,5	27	28	165,3	10,5
20 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	26	26	149,7	27	27	157,2	4,8

**Tablo 7.9** (devam)

<b>Boyut Değişimi Testi Sonuçları</b>							
<b>Uygulanan İşlem</b>	<b>Yıkama Öncesi</b>			<b>Yıkama Sonrası</b>			<b>Boyut Değişimi (%)</b>
	<b>Atkı Sıklığı (tel/cm)</b>	<b>Çözümlü Sıklığı (tel/cm)</b>	<b>Gramaj (gr/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Atkı Sıklığı (tel/cm)</b>	<b>Çözümlü Sıklığı (tel/cm)</b>	<b>Gramaj (gr/m<sup>2</sup>)</b>	
20 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	26	26,5	150,0	27	27	158,0	4,5
26 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	26	27	149,9	27	27	157,0	3,0
26 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	26,5	27	152,6	27	27,5	157,0	2,7
32 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	26	27,5	154,9	26	27,5	159,0	1,7
32 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	27	28,5	161,6	28	29,5	172,2	5,7
38 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	27	27,5	163,5	28	29,5	176,0	6,3
38 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	28,5	29	179,4	29	31	195,0	7,0

Yukarıdaki tabloda görüldüğü üzere sadece ön yüz lazer işlemi görmüş kumalarda, lazer atış sıklığı arttıkça (20dpi ile 32 dpi lazer atış sıklıkları arasında) kumaş çekmesinde azalma görülmektedir. 32 dpi-sadece ön yüz lazer işlemi görmüş kumaşların çekme değerlerinin bu tez çalışmasındaki en düşük değer (1,7) olduğu saptanmıştır. Kumaşlardaki yıkama öncesi ve sonrası arasındaki gramaj artışları da bu değerlerle paralel olarak lazer atış sıklığı arttıkça bu değerlerde daha az artış görülmektedir. Aynı zamanda kumaştaki yıkama öncesi atkı ve çözgü sıklıkları ve yıkama sonrası atkı ve çözgü sıklıkları da bu çekmelere bağlı olarak lazer atış sıklığı arttıkça bu değerlerde daha az boyut değişimi göstermektedir.

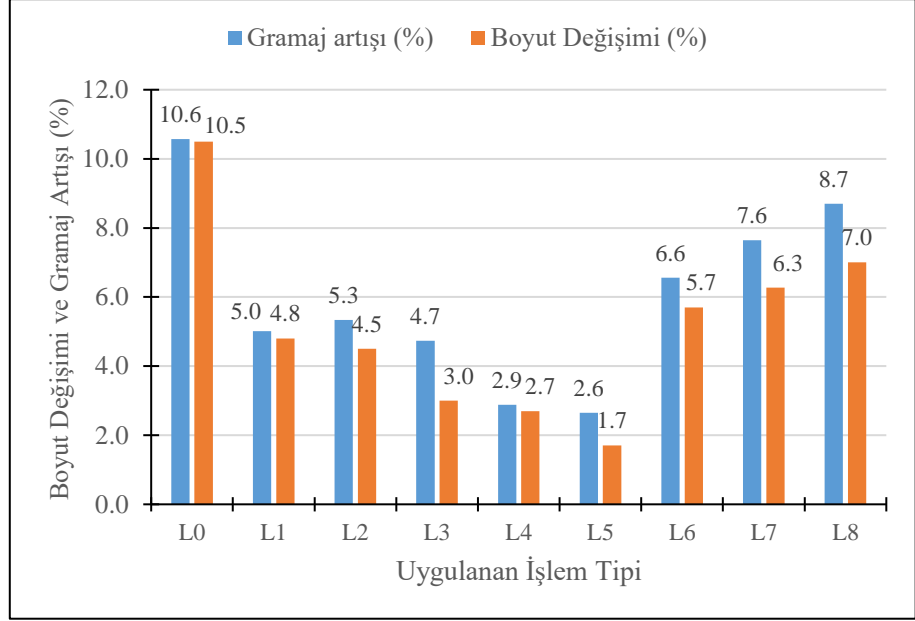
Fakat (L7: 38 dpi) en yüksek lazer atış sıklığında (işlemsiz kumaşa göre daha az çekme gerçekleşmiş olsa da) düşük lazer atış sıklığındaki kumaşlardan daha fazla çektiği görülmektedir. Bunun sebebi yüksek lazer enerjisinin yün kumaştaki liflere

verdiği zarardan kaynaklı olabilir. Aynı şekilde Kumaşlardaki yıkama öncesi ve sonrası arasında gramaj artışı bu değerlerde diğer lazer atış sıklıklarına göre fazladır. Ve aynı zamanda kumaştaki yıkama öncesi atkı ve çözgü sıklıkları ve yıkama sonrası atkı sıklıklarında birkaç değerde görülse de özellikle çözgü sıklıklarına bakıldığında, bu değerlerde çekmeye bağlı olarak diğer lazer atış sıklıklarından daha fazla boyut değişimi göstermiştir.

Hem ön hem arka yüz lazerli kumaşlara bakıldığında, L2: 20 dpi ve L4: 26 dpi lazer atkı sıklık dereceleri arasında, lazer atış sıklığı derecesi arttıkça kumaş çekmesinde benzer şekilde boyut değişiminde azalma görülmektedir. Kumaşlardaki yıkama öncesi ve sonrası arasındaki gramaj artışları da bu değerlerle paralel olarak lazer atış sıklığı arttıkça daha az boyut değişimi göstermektedir. Aynı zamanda kumaştaki yıkama öncesi atkı ve çözgü sıklıkları ve yıkama sonrası atkı ve çözgü sıklıkları da bu çekmelere bağlı olarak lazer atış sıklığı arttıkça daha az boyut değişimi göstermektedir.

Fakat, L6: 32 dpi, L8: 38 dpi değerleri arasında, lazer atış sıklığı arttıkça kumaş çekmeleri de artmıştır. Aynı zamanda yıkama öncesi gramaj, atkı ve çözgü sıklıkları değerleri de bu çekmelere bağlı olarak lazer atış sıklığı arttıkça daha fazla boyut değişimi görülmektedir. Çift taraflı (hem ön hem arka yüzüne) ve yüksek uygulanan lazer enerjisi yün kumaşlardaki liflere zarar vererek daha çok çekmesini neden olmuş olabilir.

Aşağıdaki Şekil 7.22’de Boyama öncesi ve boyama sonrası her değer için ölçülen gramajlardan % gramaj artış-azalış değerleri hesaplanmıştır ve % çekme değerleri ile karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.



**Şekil 7.22:** Lazer uygulanan kumaşlara boyut değişimi testi sonucunda boyut değişimi (%) ve gramaj artışı (%) karşılaştırılması

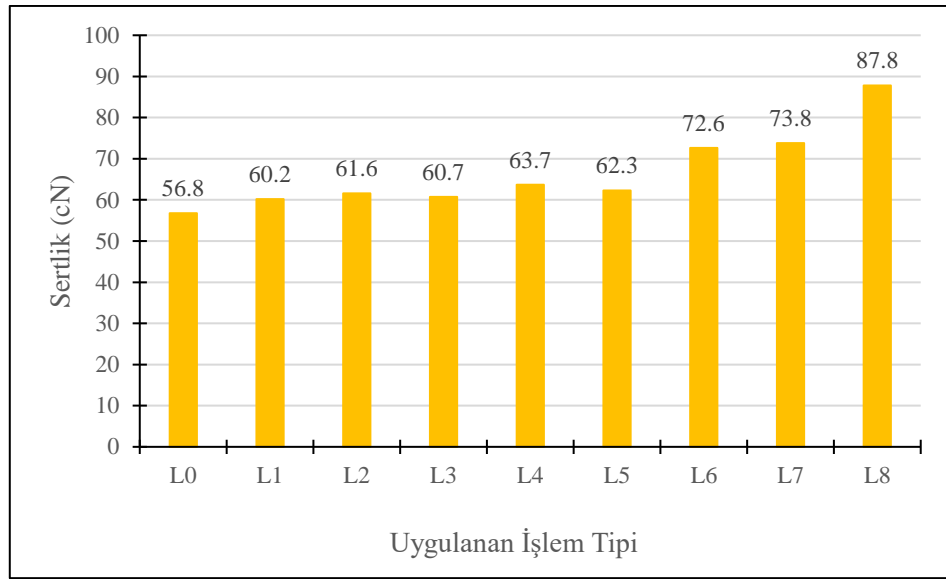
Yukarıdaki grafiğe bakıldığında, lazer atış sıklığı arttığında ve/veya hem ön yüz hem arka yüz (kumaşın her iki yüzü de) lazer işlemi uygulandığında çekme testi öncesi ve sonrası kumaş gramaj (%) artışlarının çekme (%) miktarları ile paralel olduğu görülmektedir. Örneğin, L3: 26 dpi-sadece ön yüz lazer işlemi görmüş yün kumaş ile L5: 32 dpi-sadece ön yüz lazer işlemi görmüş yün kumaşı karşılaştırdığımızda boyut değişimi %3,0'den %1,7'ye düşerken, yıkama öncesi ve yıkama sonrası gramaj artışı (%) da %4,7'den %2,6'a düşmüştür.

Aynı şekilde L6: 32 dpi-hem ön yüz hem arka yüz lazer işlemi görmüş yün kumaş ile, L8: 38 dpi-hem ön yüz hem arka yüz lazer işlemi görmüş yün kumaşı karşılaştırdığımızda boyut değişimi %5,7'den %7'ye çıkarken, yıkama öncesi ve sonra gramaj artışı (%) da %6,6'dan %8,7'ye çıkmıştır.

## 7.2 Boyama Sonrası Farklı Lazer Atış Sıklıklarında Lazer İşlemi Görmüş Yün Kumaşlara Yapılan Testlerin Bulguları

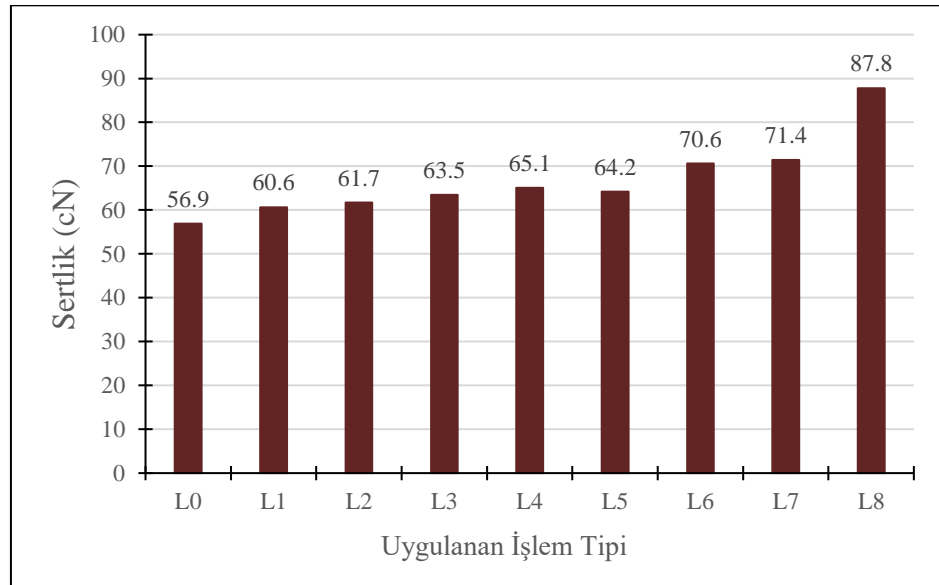
%100 yün kumaşlara, farklı lazer atış sıklıklarında lazer işlemi uygulandıktan sonra mazi mordanı ile aynı anda mordanlama yöntemiyle ve zerdeçal veya kök boya ile doğal boyama yapılmış ve yapılan mordanlama ve doğal boyama işleminin kumaşa etkisi, renk ölçümleri ve haslık testleriyle incelenmiştir.

Farklı lazer atış sıklıklarında lazer uygulanan kumaşların zerdeçal ile doğal boyama sonrası sertlik testi sonuçları Şekil 7.23’de verilmiştir.



Şekil 7.23: Zerdeçal ile boyanmış kumaşların sertlik testi sonuçları

Farklı lazer atış sıklıklarında lazer uygulanan kumaşların kök boya ile doğal boyama sonrası sertlik testi sonuçları Şekil 7.24’de verilmiştir.



Şekil 7.24: Kök boya ile boyanmış kumaşları sertlik testi sonuçları

Boyama Öncesi ve sonrası sertliklerin karşılaştırılması aşağıdaki Tablo 7.10’da verilmiştir.

**Tablo 7.10 :**Boyama öncesi ve boyama sonrası sertlik karşılaştırılması

Uygulanan İşlem	Boyama Öncesi	Boyama Sonrası	
	Sertlik (cN)	Zerdeçal ile Boyanmış Kumaşlarda Sertlik (cN)	Kök Boya ile Boyanmış Kumaşlarda Sertlik (cN)
İşlemsiz	64,62	56,8	56,9
20 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	78,75	60,2	60,6
20 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	90,37	61,6	61,7
26 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	82,25	60,7	63,5
26 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	108,50	63,7	65,1
32 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	95,62	62,3	64,2
32 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	132,25	72,6	70,6
38 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	151,62	68,8	71,4
38 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	260,87	87,8	87,8

Yukarıdaki tabloda boyama öncesi lazer atış sıklığı arttıkça ve/veya hem ön yüz hem arka yüz (kumaşın her iki yüzü de) lazer işlemi uygulandığında sertliğin arttığı sonuçlara bakıldığında, anlaşılmaktadır. Boyama sonrası zerdeçal ve kök boya ile boyanmış kumaşlarda sertlik artışı yukarıdaki tabloda görüldüğü üzere boyama öncesiyle paraleldir fakat boyama öncesinde lazer atış sıklığı arttıkça çok fazla artış gösterir iken boyama sonrasında lazer işlemi gören kumaşların birbiri arasındaki farklar çok azdır.

Buna örnek göstermek gerekir ise zerdeçal ile boyanmış kumaşlarda boyama öncesi 26 dpi-sadece ön yüz lazer işlemi görmüş kumaş ile 26 dpi-hem ön yüz hem arka yüz lazer işlemi görmüş kumaş arasında %31,9’lik bir sertlik artışı varken, boyama sonrasında bu sertlik farkı %4,9’ya düşmüştür.

Ayrıca lazer işlemi görmüş kumaşların sertliği işlem görmemiş kumaşların sertliğine göre de çok fazla artış göstermemiştir. Buna örnek gösterirsek kök boya ile boyanmış 26 dpi-hem ön yüz hem arka yüz lazer işlemi görmüş kumaşa bakıldığında, boyama öncesi işlem görmemiş kumaş ile %67,9'luk bir sertlik farkı varken, boyama sonrasında bu sertlik farkı %14,4 olmuştur.

Farklı lazer atış sıklığı işlem görmüş ve daha sonra doğal mazı mordanı ile aynı anda mordanlama ve doğal boyalarla boyama sonrası yünlü kumaşların renk değerleri Tablo 7.11'de verilmiştir.

**Tablo 7.11:** Doğal boyama sonrası yün kumaşların renk ölçüm sonuçları

<b>Boyama Sonrası Yünlü Kumaşların Renk Değerleri</b>						
<b>Zerdeçal ile Boyanmış</b>	<b>K/S</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>C*</b>	<b>h°</b>
İşlemsiz	10,91	66,15	8,66	58,25	58,89	81,54
20 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	12,60	65,18	9,14	58,90	59,61	81,18
20 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	15,14	63,22	10,30	61,18	62,04	80,44
26 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	13,91	64,63	10,54	60,33	61,24	81,01
26 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	18,10	61,58	11,72	62,60	63,69	79,40
32 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	15,93	62,19	10,80	60,53	61,49	79,88
32 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	18,60	60,02	11,97	61,29	62,44	78,95
38 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	18,86	59,88	12,03	61,01	62,18	78,84
38 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	19,54	59,88	12,21	61,6	62,80	78,78
<b>Kök Boya ile Boyanmış</b>	<b>K/S</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>C*</b>	<b>h°</b>
İşlemsiz	12,86	35,22	32,72	19,81	38,25	31,20
20 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	13,65	34,31	32,12	19,68	37,67	31,49
20 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	14,47	34,00	32,34	19,59	37,81	31,60
26 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	14,71	33,79	32,55	20,50	38,46	31,86
26 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	15,68	33,35	32,87	20,74	38,87	32,25











**Tablo 7.11** (devam)

<b>Boyama Sonrası Yünlü Kumaşların Renk Değerleri</b>						
<b>Zerdeçal ile Boyanmış</b>	<b>K/S</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b>C*</b>	<b>h°</b>
32 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	15,84	33,1	32,58	20,81	38,65	32,30
32 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	17,30	31,82	32,91	20,84	38,95	32,50
38 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	16,98	30,00	32,62	20,93	38,75	32,70
38 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	19,31	30,43	32,95	20,98	39,06	33,20



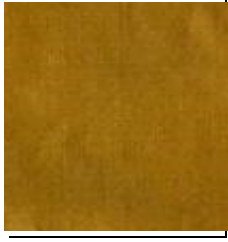


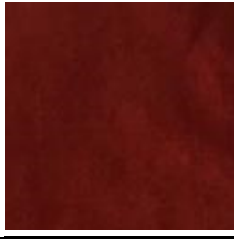

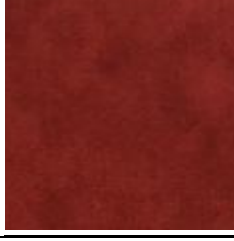

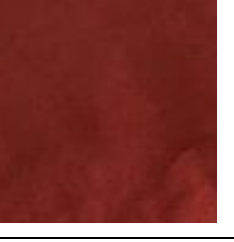
Tabloda görüldüğü gibi zerdeçal ve kök boya ile doğal yün boyamalarda sonuçlar paraleldir. Kumaşlardaki lazer atış sıklığı arttığında ve/veya kumaşın her iki yüzüne lazer işlemi uygulandığında K/S (renk kuvveti) değerinde artış görülmektedir ve buna bağlı olarak (L\* azalmış) renk koyuluğu artmaktadır. Morgan L. makalesinde lazer işlemi uyguladığı yün kumaşları reaktif boyarmaddelerle boyamış ve renk lazer derecesi arttıkça renk koyuluğunun arttığını görmüştür. Bu koyulaşmanın sebebi iki şekilde açıklanabilir; ilk olarak lazer etkisiyle boyama öncesi kumaştaki sarılık lazer atış sıklığı arttıkça paralel olarak bir miktarda aratmakta idi koyulaşma da az bir miktarda buna bağlı olarak artmış olabilir ve ayrıca atış sıklığında gerçekleştirilen artış sebebiyle (lazer modifikasyonunun etkisinin artması) yün liflerinin dış yüzey kısmında bulunan kütikula tabakasındaki (yün liflerinin pullarında) tahribatın daha fazla olması sebebiyle daha çok doğal boyanın yün liflerinin içine difüzyonuna kolaylık sağlamış olabileceği ile açıklanabilir. Zerdeçal ile boyanan yünlü kumaşlar sarı tonlarında ve kök boya ile boyanan yünlü kumaşlar kırmızı tonlarında olup renk değerleri a\*, b\* ekseninde lazer etkisi a\* ve kırmızılık ve b sarılık değerinde artış görülmektedir. a\* (sarılık) ve b\*(kırmızılık) değerlerine bağlı olarak da h° (renk ölçüm açısı) değerinde azalma görülmektedir.

Farklı lazer atış sıklıklarında lazer uygulanan kumaşların zerdeçal ve kök boya ile doğal boyama sonrası K/S (renk kuvveti) değerleri ve kumaş görüntüleri karşılaştırılması Tablo 7.12’de verilmiştir.

**Tablo 7.12:** Doğal boyalarla boyama sonrası yünlü kumaşların renk değerleri

<b>Doğal Boyalarla Boyama Sonrası Yünlü Kumaşların Renk Değerleri</b>				
<b>Uygulanan İşlem</b>	<b>Zerdeçal ile Boyama</b>		<b>Kök Boya ile Boyama</b>	
	<b>K/S</b>	<b>Kumaş Görünümü</b>	<b>K/S</b>	<b>Kumaş Görünümü</b>
İşlemsiz	10,91		12,86	
20 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	12,60		13,65	
20 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	15,14		14,47	
26 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	13,91		14,71	

**Tablo 7.12** (devam)

Uygulanan İşlem	Zerdeçal ile Boyama		Kök Boya ile Boyama	
	K/S	Kumaş Görünümü	K/S	Kumaş Görünümü
26 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	18,10		15,68	
32 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	15,93		15,84	
32 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	18,60		17,30	
38 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	18,86		16,98	
38 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	15,60		19,31	

Yünlü kumaşlarda lazer atış sıklığı K/S değerinde (renk kuvvetinde artış) artış ve buna bağlı olarak kumaşların renk koyuluklarında artış görülmektedir.

Tablo 7.13’de farklı lazer atış sıklıklarında işlem gören ve daha sonra zerdeçal veya kök boya ile doğal boyama yapılan yünlü kumaşların kuru sürtme ve yaş sürtme haslıkları verilmiştir.

**Tablo 7.13:** Boyama sonrası yünlü kumaşların sürtme haslığı değerleri

<b>Boyama Sonrası Yünlü Kumaşların Sürtme Haslığı Değerleri</b>				
<b>Uygulanan İşlem</b>	<b>Sürtme Haslığı Değerleri (ISO 105: X12)</b>			
	<b>Zerdeçal ile Boyama</b>		<b>Kök Boya ile Boyama</b>	
	<b>Kuru</b>	<b>Yaş</b>	<b>Kuru</b>	<b>Yaş</b>
İşlemsiz	5	4	5	3-4
20 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	5	4	5	3-4
20 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	5	4	4-5	3
26 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	5	4	5	3-4
26 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	5	4	4-5	3
32 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	5	4	5	3-4
32 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	5	4	4-5	3
38 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	5	3-4	4-5	3
38 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	4-5	3	4-5	3

Tabloda görüldüğü üzere zerdeçal ile doğal boyama yapılmış yünlü kumaşların kuru sürtme haslıkları çok iyi iken yaş sürtme haslıkları da 4/5 aralığında olup ticari olarak kabul edilebilir seviyede olduğu söylenebilir. Kök boya ile doğal boyama yapılmış yünlü kumaşların kuru sürtme haslıkları ticari olarak kabul edilebilir seviyelerde 4/5 aralığında değişir iken yaş sürtme haslıkları 2-3/3-4 aralığında olduğu gözlemlenmiştir

Ayrıca farklı lazer atış sıklıklarında lazer işlemi hem ön yüzüne hem arka yüzüne yapılan kumaşların (her iki yüzüne de lazer işlemi yapılmış) arka yüzlerine de kuru ve yaş sürtme haslığı testi yapılmış ve test sonuçlarına bakıldığında, zerdeçal ile doğal boyama yapılmış yünlü kumaşların arka yüzlerinde kuru sürtme haslıkları 4/5 aralığındadır, yaş sürtme haslıkları 2-3/4 aralığındadır. Kök boya ile doğal boyama

yapılmış yünlü kumaşların arka yüzlerinde kuru sürtme haslıkları 4-5/5 aralığındadır, yaş sürtme haslıkları 2-3/3 aralığındadır.

Tablodaki kuru ve yaş haslık değerlerine genel olarak bakıldığında, lazer atış sıklığı arttıkça renklerdeki koyuluk arttığı için kumaşlardaki boyar madde miktarı fazladır ve bu yüzden daha fazla kirletme olmuştur. 38 dpi lazer atış sıklığında sadece ön yüz veya hem ön hem arka yüz lazer işlemi görmüş kumaşların haslıklarının 0,5 puan gerilediği gözlemlenmiştir.

Farklı lazer atış sıklıklarında lazer uygulanan daha sonra zerdeçal veya kök boya ile doğal boyama yapılan yünlü kumaşların yıkama haslığı değerleri Tablo 7.14’de verilmiştir.

**Tablo 7.14:** Boyama sonrası yünlü kumaşların yıkama haslığı değerleri

<b>Boyama Sonrası Yünlü Kumaşların Yıkama Haslığı Değerleri</b>				
<b>Uygulanan İşlem</b>	<b>Yıkama Haslığı Değerleri (ISO 105:C06 A2S)</b>			
	<b>Zerdeçal ile Boyama</b>		<b>Kök Boya ile Boyama</b>	
	<b>Naylon 6.6</b>	<b>Pamuk</b>	<b>Naylon 6.6</b>	<b>Pamuk</b>
İşlemsiz	4	3	2-3	4
20 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	3-4	2-3	2	3-4
20 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	3-4	2-3	2	3-4
26 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	3-4	2-3	2	3-4
26 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	3-4	2-3	2	3-4
32 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	3-4	2-3	2	3-4
32 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	3-4	2-3	2	3-4
38 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	3	2	1-2	3
38 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	3	1-2	1-2	3

Tabloda görüldüğü üzere zerdeçal ile doğal boyama yapılmış yünlü kumaşların yıkama haslıkları naylon 6.6’da 3 ile 4 arasında değişmektedir ve düşük lazer atış sıklıklarında ve/veya sadece ön yüz lazer işlemi görmüş kumaşlarda ticari olarak kabul edilebilirdir. Pamukta ise yıkama haslığı değerleri 1 ile 3 arasında değişmektedir. Kök

boya ile doğal boyama yapılmış yünlü yıkama haslıkları pamukta 3 ile 4 arasında değişmektedir ve düşük lazer atış sıklıklarında ve/veya sadece ön yüz lazer işlemi görmüş kumaşlarda ticari olarak kabul edilebilir seviyede olduğu söylenebilir. Naylon 6.6'da ise yıkama haslığı değerleri 1 ile 3 arasında değişmektedir. Bu sonuçlara bakarak kumaşlardaki lazer atış sıklığı arttığında ve/veya hem ön hem arka lazer işlemi yapıldığında hem renk koyuluğu arttığı için hem de yüksek lazer enerjisi etkisiyle kumaşta oluşabilecek olası hasarlar sebebiyle boyar maddenin yıkama haslığı testi sırasında liflerin dışına çıkması kolaylaşmış olabilir. Bu sebeple de ve yıkama haslığı suyuna daha fazla boyar madde transferi olmuş olabilir ve bu boyar maddelerin de multifibere geçişinin önünü açmış olabilir. Multifiberde bulunan değer verilmeyen kumaşlarda değerler 5'tir. Lekelenme olmamıştır. Bu yüzden tablo olarak verilmemiştir

Farklı lazer atış sıklıklarında lazer uygulanan kumaşların zerdeçal ve kök boya ile doğal boyama sonrası su haslığı değerleri Tablo 7.15'de verilmiştir.

**Tablo 7.15:** Boyama sonrası yünlü kumaşların su haslığı değerleri

<b>Boyama Sonrası Yünlü Kumaşların Su Haslığı Değerleri</b>						
<b>Su Haslığı Değerleri (ISO 105: E01)</b>						
<b>Uygulanan İşlem</b>	<b>Zerdeçal ile Boyanmış Kumaşlar</b>			<b>Kök Boya ile Boyanmış Kumaşlar</b>		
	<b>Naylon 6.6</b>	<b>Pamuk</b>	<b>Asetat</b>	<b>Naylon 6.6</b>	<b>Pamuk</b>	<b>Asetat</b>
İşlemsiz	2-3	3-4	3	2	2-3	3
20 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	2	3	2-3	2	2-3	2-3
20 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	2	3	2-3	2	2-3	2-3
26 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	2	3	2-3	2	2-3	2-3
26 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	2	3	2-3	2	2-3	2-3
32 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	2	3	2-3	2	2-3	2-3
32 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	2	3	2-3	2	2-3	2-3
38 dpi-Sadece Ön Yüz Lazer İşlemi Görmüş	1-2	2-3	2	1-2	2	2

**Tablo 7.15** (devam)

<b>Boyama Sonrası Yünlü Kumaşların Su Haslığı Değerleri</b>						
<b>Su Haslığı Değerleri (ISO 105: E01)</b>						
<b>Uygulanan İşlem</b>	<b>Zerdeçal ile Boyanmış Kumaşlar</b>			<b>Kök Boya ile Boyanmış Kumaşlar</b>		
	<b>Naylon 6.6</b>	<b>Pamuk</b>	<b>Asetat</b>	<b>Naylon 6.6</b>	<b>Pamuk</b>	<b>Asetat</b>
38 dpi-Hem Ön Yüz Hem Arka Yüz Lazer İşlemi Görmüş	1-2	2-3	2	1-2	2	2

Tabloda görüldüğü üzere zerdeçal ile doğal boyama yapılmış yünlü kumaşların su haslıkları Pamukta 2-3 ile 3-4 arasında değişmektedir ve düşük lazer atış sıklığında ve/veya sadece ön yüz lazer işlemi görmüş kumaşlarda ticari olarak kabul edilebilir. Naylon 6.6'da su haslığı değerleri 1-2 ile 2-3 arasında değişmektedir. Asetatta ise 2 ile 3 arasında değişmektedir. Kök boya ile doğal boyama yapılmış yünlü kumaşların su haslıkları pamukta ve asetatta 2 ile 3 arasında değişmektedir ve Naylon 6.6'da su haslığı değerleri 1-2 ile 2 arasında değişmektedir. Multifiberde bulunan değer verilmeyen kumaşlarda değerler 5'tir. Lekelenme olmamıştır. Bu yüzden tablo olarak verilmemiştir.

Farklı lazer atış sıklıklarında işlem gören ve daha sonra zerdeçal veya kök boya ile doğal boyama yapılan yünlü kumaşların asidik ve bazik ter haslığı değerleri Tablo 7.16'da verilmiştir.

**Tablo 7.16:** Boyama sonrası yünlü kumaşların asidik bazik ter haslığı değerleri

<b>Boyama Sonrası Yünlü Kumaşların Asidik Bazik Ter Haslığı Değerleri</b>												
<b>Uygulanan İşlem</b>	<b>Asidik Ter Haslığı Değerleri (ISO 105: E04)</b>			<b>Bazik Ter Haslığı Değerleri (ISO 105: E04)</b>			<b>Asidik Ter Haslığı Değerleri (ISO 105: E04)</b>			<b>Bazik Ter Haslığı Değerleri (ISO 105: E04)</b>		
	<b>Zerdeçal ile Boyanmış kumaşlar</b>						<b>Kök Boya ile Boyanmış Kumaşlar</b>					
	<b>Naylon 6.6</b>	<b>Pamuk</b>	<b>Asetat</b>	<b>Naylon 6.6</b>	<b>Pamuk</b>	<b>Asetat</b>	<b>Naylon 6.6</b>	<b>Yün</b>	<b>Asetat</b>	<b>Naylon 6.6</b>	<b>Yün</b>	<b>Asetat</b>
L0	3-4	3-4	4	3	3	4	2-3	3-4	3	2-3	3	3
L1	3	3	3-4	2-3	2-3	3-4	2	3	2-3	2	2-3	2-3
L2	3	3	3-4	2-3	2-3	3-4	2	3	2-3	2	2-3	2-3
L3	3	3	3-4	2-3	2-3	3-4	2	3	2-3	2	2-3	2-3
L4	3	3	3-4	2-3	2-3	3-4	2	3	2-3	2	2-3	2-3
L5	3	3	3-4	2-3	2-3	3-4	2	3	2-3	2	2-3	2-3
L6	3	3	3-4	2-3	2-3	3-4	2	3	2-3	2	2-3	2-3
L7	2-3	2-3	3	2	2	3	1-2	2-3	2	1-2	2	2
L8	2-3	2-3	3	2	2	3	1-2	2-3	2	1-2	2	2

Tabloda görüldüğü üzere zerdeçal ile doğal boyama yapılmış yünlü kumaşların asidik ter haslıkları asetatta 2-3 ile 4 arasında değişmektedir ve düşük lazer atış sıklığında ve/veya sadece ön yüz lazer işlemi görmüş kumaşlarda ticari olarak kabul edilebilir. Naylon 6.6 ve pamukta 2-3 ile 3-4 arasında değişmektedir. Bazik ter haslıkları asetatta 3 ile 4 arasında değişmektedir ve düşük lazer atış sıklığında ve/veya sadece ön yüz lazer işlemi görmüş kumaşlarda ticari olarak kabul edilebilir. Naylon 6.6 ve pamukta 2 ile 3 arasında değişmektedir. Kök boya ile doğal boyama yapılmış yünlü kumaşların asidik ter haslıkları asetatta 2 ile 3, yünde 2-3 ile 3-4 arasında değişmektedir. Naylon 6.6 da 1-2 ile 2-3 arasında değişmektedir. Bazik ter haslıkları yünde 2 ile 3 arasında değişmektedir ve düşük lazer atış sıklığında ve/veya sadece ön yüz lazer işlemi görmüş kumaşlarda ticari olarak kabul edilebilir. Naylon 6.6'da 1-2 ile 2-3 arasında ve asetatta 2 ile 3 arasında değişmektedir. Multifiberde bulunan değer verilmeyen kumaşlarda değerler 5'tir. Lekelenme olmamıştır. Bu yüzden tablo olarak verilmemiştir.

Kumaşların 150C de 30 s de yapılan süblimasyon haslıkları çok iyidir. Hepsi 5'tir. Lekelenme olmamıştır. Bu yüzden tablo olarak verilmemiştir.



## 8. SONUÇ

Bu tez kapsamında ilk olarak yün kumaşlara işletmede denim tasarımında en çok kullanılan desen, bıyık, rodeo, çiçek, böcek basmak için kullanılan soldurma (whisker) modunda, piksel zamanı 60 µs lazer derecesinde ve dalga boyu 10.6 µm, lazer çıkış noktasının kumaşa olan mesafesi 1500 mm, eşik değeri 220 ve optimum hız değeri 100 olarak sabit tutularak, 20, 26, 32 ve 38 dpi olmak üzere farklı lazer atış sıklıklarında (lazer çözünürlüklerinde) lazer işlemi uygulanmıştır. Bu uygulanan lazer işleminin kumaşa etkisi yapılan fiziksel testlerle incelenmiştir.

Daha sonra farklı lazer atış sıklıklarında lazer işlemi uygulanan ve uygulanmayan yün kumaşlar zerdeçal ve kök boya olmak üzere iki doğal boya ve doğal mordan olan mazi ile aynı anda mordanlama yöntemiyle boyanmış ve lazer enerjisinin doğal boyalarla boyanan kumaşlarda renk ve haslıklara etkisi incelenmiştir.

Bütün yapılan fiziksel testlerin, renk ölçümü ve haslık testlerinin sonuçlarını değerlendirecek olursak;

Yün kumaşlarda lazer atış sıklığı arttığında kumaşların atkı sıklığı çözgü sıklığı, kalınlık ve bunların sonucunda kumaş gramajlarında bir miktar artış olduğu gözlemlenmiştir. Bu artışların etkisiyle kumaş sertliklerinde de artışa meydana gelmiş olabilir, ayrıca lazer işleminin yüksek enerji etkisiyle de kumaşın sertliği bir miktar artış meydana gelmiş olabilir. Ön yüz lazer uygulaması ve hem arka hem ön yüz (kumaşın her iki yüzü de) lazer uygulaması karşılaştırıldığında, genel olarak, iki yüzü lazer uygulanmış yünlü kumaşların atkı sıklığı çözgü sıklığı, kalınlık ve dolayısıyla kumaş gramaj değerlerinin tek yüzü lazer uygulanmış yünlü kumaşlara nazaran biraz daha yüksek çıktığı saptanmıştır. Bu sonuçların doğrultusunda lazer işleminin atış sıklığı ve/veya kumaşın her iki yüzüne lazer işlemi uygulandığında yünlü kumaşların lazer enerjisi sebebiyle bir miktar çektikleri gözlemlenmiştir.

Doğal boyama sonrası sertlik değerleri boyama öncesiyle paraleldir fakat boyama öncesinde lazer atış sıklığı arttığında ve/veya kumaşın her iki yüzüne lazer işlemi uygulandığında çok fazla artış gösterir iken boyama sonrasında lazer işlemi gören kumaşların birbiri arasındaki farklar çok azdır. Ayrıca lazer işlemi görmüş

kumaşların sertliği işlem görmemiş kumaşlara göre de çok fazla artış göstermemiştir. 32 dpi-hem ön yüz hem arka yüz lazer işlemi görmüş, 38 dpi-sadece ön yüz lazer işlemi görmüş, 38 dpi-hem ön yüz hem arka yüz lazer işlemi görmüş kumaşların sertlik artışı diğer kumaşlarla ve işlemsiz kumaşa göre karşılaştırıldığında bu kumaşlarda sertlik fazla olduğu için bu atış sıklığının kullanımı önerilmemektedir.

Farklı lazer atış sıklıklarında işlem görmüş yünlü kumaşların mukavemet test sonuçlarına bakıldığında, 20 dpi-sadece ön yüz lazer işlemi görmüş, 26 dpi-sadece ön yüz lazer işlemi görmüş, 32 dpi-sadece ön yüz lazer işlemi görmüş kumaşların mukavemetlerinde çok az kayıplar olduğu, neredeyse işlemsiz kumaşinkine yakın değerlerde olduğu saptanmıştır. Bu lazer atış sıklıklarında yünlü kumaşlara uygulanabileceğini göstermektedir. 20 dpi-hem ön yüz hem arka yüz lazer işlemi görmüş, 26 dpi-hem ön yüz hem arka yüz lazer işlemi görmüş kumaşlardaki mukavemet kayıplarında artış görülmektedir ve 32 dpi-hem ön yüz hem arka yüz lazer işlemi görmüş, 38 dpi-sadece ön yüz lazer işlemi görmüş, 38 dpi-hem ön yüz hem arka yüz lazer işlemi görmüş kumaşların mukavemet kayıpları fazla olduğu için bu lazer atış sıklıklarının yün kumaşlarda kullanımı için önerilmeyebilir. Aynı zamanda uzama miktarları değerlerinin de mukavemet değerleriyle paralel olduğu söylenebilir.

Ayrıca yünlü kumaşların boyut değişimi değerlerine bakıldığında, 32 dpi-sadece ön yüz lazer işlemi kumaşların çekme değerlerinin bu tez çalışmasındaki en düşük değer olduğu saptanmıştır. Sadece ön yüz lazer işlemi görmüş 26 dp-isadece ön yüz ve hem ön hem arka yüz lazer işlemi görmüş kumaşların da çekme seviyelerinin iyi olduğu gözlemlenmiştir. Bu atış sıklıklarının yün kumaşlarda kullanımı uygundur. 20dpi-sadece ön yüz ve hem ön hem arka yüz lazer işlemi görmüş kumaşların çekmeleri de iyi sayılabilir ve bu atış sıklıkları uygulamasına göre kullanılabilir fakat ve 32 dpi-hem ön hem arka yüz lazer işlemi görmüş kumaş ile 38 dpi- sadece ön yüz ve hem ön hem arka yüz lazer işlemi görmüş kumaşların çekme testleri işlem görmemiş kumaşa göre düşük olsa da diğer lazer atış seviyelerinde işlem uygulanan kumaşlara göre yüksektir ve bunun için bu atış seviyesinin yünlü kumaşlarda kullanımı önerilmemektedir.

Kumaşların boyama öncesi renk ölçüm değerlerine bakıldığında, lazer atış sıklığı derecesi arttığında ve/veya kumaşın her iki yüzüne lazer işlemi uygulandığında kumaşlardaki sarılık (E313) değerinin arttığı ve buna bağlı olarak beyazlık (stensby)

değerinin azaldığı görülmektedir. Değerler arasındaki artış veya azalış miktarları sadece (38 dpi-sadece ön yüz lazer işlemi görmüş, 38 dpi-hem ön yüz hem arka yüz lazer işlemi görmüş) lazer atış sıklığı yüksek olan kumaşlarda fazladır. Diğer kumaşlardaki artış veya azalış miktarları çok azdır hatta işlemsize yakındır.

Zerdeçal ve kök boya ile doğal boyama sonrası yünlü kumaşların renk ölçüm değerlerine ve haslık test sonuçlarına göre; kumaşlardaki lazer atış sıklığı arttığında ve/veya kumaşın her iki yüzüne lazer işlemi uygulandığında K/S değerinde yani renk kuvvetinde artış görülmektedir ve buna bağlı olarak renk koyuluğu artmıştır. Bu artışın sebebinin lazer atış sıklığında gerçekleştirilen artış sebebiyle (lazer modifikasyonunun etkisinin artması) yün liflerinin dış yüzey kısmında bulunan kütikula tabakasındaki (yün liflerinin pullarında) tahribatın daha fazla olması sebebiyle daha çok doğal boyanın yün liflerinin içine difüzyonuna kolaylık sağlamış olabileceği ile açıklanabilir. Bu artış boyama verimi için iyi olsa da sürtme haslığı değerlerine bakıldığında, renklerdeki koyuluk arttığı için kumaşlardaki boyar madde miktarı fazla olabileceğinden daha fazla kirletmeye neden olmuş olabilir. 38 dpi lazer atış sıklığında sadece ön yüz veya hem ön hem arka yüz lazer işlemi görmüş kumaşların haslıklarının 0,5 puan gerilediği gözlemlenmiştir. Yıkama haslığına bakıldığında, lazer atış sıklığı arttığında ve/veya hem ön hem arka lazer işlemi yapıldığında kumaşlardaki hem renk koyuluğu arttığı için hem de yüksek lazer enerjisi etkisiyle kumaşta oluşabilecek olası hasarlar sebebiyle boyar maddenin yıkama haslığı testi sırasında liflerin dışına çıkması kolaylaşmış olabilir. Bu sebeple de ve yıkama haslığı suyuna daha fazla boyar madde transferi olmuş olabilir ve bu boyar maddelerin de multifibere geçişinin önünü açmış olabilir. Su ve ter haslıklarında da durum yıkama haslığı ile benzer şekilde olup özellikle (38 dpi-sadece ön yüz lazer işlemi görmüş, 38 dpi-hem ön yüz hem arka yüz lazer işlemi görmüş) lazer atış sıklığı yüksek olan kumaşlarda haslıklarda yarım puan azalma görülmektedir. Bu kumaşların renk koyulukları fazla olsa da haslıkları diğer kumaşlara göre düşük olduğu için bu lazer atış sıklığının yün kumaşlarda kullanımı önerilmemektedir.

Bütün bu sonuçlar ışığında; lazer işleminin atış sıklığı arttığında ve/veya kumaşın her iki yüzüne lazer işlemi uygulandığında yünlü kumaşlarda renk kuvvetinde artış, daha az kumaş çekmesi gözlemlenmiştir. Ayrıca lazer işlemi kumaş sertliğini

biraz arttırsa bile boyama sonrası sertliklerde işlemsiz kumaşın sertliğine yakın değerler elde edilebilmektedir.

20 dpi-sadece ön yüz lazer işlemi görmüş, 20 dpi-hem ön yüz hem arka yüz lazer işlemi görmüş, 26 dpi-sadece ön yüz lazer işlemi görmüş, 26 dpi-hem ön yüz hem arka yüz lazer işlemi görmüş, 32 dpi-sadece ön yüz lazer işlemi görmüş kumaşların sertlik, mukavemet, çekmezlik ve haslık değerlerinin uygulamasına göre kabul edilebilir düzeyde olduğu düşünülmektedir.

Özellikle 32 dpi-sadece ön yüz lazer işlemi görmüş kumaşlar aynı anda hem renk kuvveti daha fazla, mukavemet kayıpları çok az, boyut değişimi düşüşlerinin de çok az olduğu görülmüştür. Ayrıca bu kumaşların boyama sonrası sertlik değerleri de işlemsiz kumaşa göre çok fazla değildir. Bu sebeple bu lazer atış sıklığının yün kumaşlarda ön işlem olarak kullanımı önerilebilir.

38 dpi-sadece ön yüz lazer işlemi görmüş, 38 dpi-hem ön yüz hem arka yüz lazer işlemi görmüş lazer atış sıklığı yüksek olan kumaşlarda, renk kuvveti en iyi olsa da renk haslıklarının kötü olduğu ortaya çıkmıştır, ayrıca bu kumaşlar çok büyük mukavemet kayıpları sergilemiştir ve boyama öncesi ve sonrası sertlik değerleri yüksektir bu sebeple, kumaşlarda lazer etkisiyle sarılık değerleri yüksektir, bu yüzden bu lazer atış sıklıklarının yün kumaşlarda ön işlem olarak kullanımı önerilmemektedir.

## 9. KAYNAKLAR

Abdulkadir, P. ve Karadağ, R., “Applications of laser radiation on cotton fabrics dyed gall oak (*Quercus infectoria olivier*)”, *Tekstil ve Mühendis*, 29(127), 161-167, (2022).

Acar, G., “Doğa ve insan sağlığı ile uyumlu doğal boyalı kumaş geliştirme”, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri, (2013).

Akduman, E., “Sustainable developments in textile industry”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 223, (2018).

Angelini, L. G., Pistelli, L., Belloni, P., Bertoli, A. and Panconesi, S., “Rubia tinctorum a source of natural dyes: agronomic evaluation, quantitative analysis of alizarin and industrial assays”, *Industrial Crops and Products*, 6(3-4), 303-311, (1997).

Angelova, Y. P., “Factors influencing the laser treatment of textile materials: An overview”, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 15, 1-16, (2020).

Babaoğul, M., Şener, A. ve Öztop H., “*Tekstil Lifleri Temel Özellikler, Kullanım ve Bakım*”, Ankara: Gazi Kitabevi, (2010).

Başer, İ., “*Tekstil Kimyası ve Teknolojisi*” İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları, (1983).

Batur, G. ve Kozbekçi Ayranpınar, S. “lazer teknolojisi: sürdürülebilir denim üretimine ekolojik çözüm”, *International Congress On Art and Design Research and Development*, Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Tekstil ve Moda Tasarım Bölümü, (2021).

Baykara, T., “Kök boya”, *Arış Dergisi*, 4, 64-71, (1998).

Bechtold, T., Mussak, R., Mahmud-Ali, A., Ganglberger, E. and Geissler, S., “Extraction of natural dyes for textile dyeing from coloured plant wastes released from the food and beverage industry”, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(2), 233–242, (2006).

Benli, H., “Türk halılarında kullanılan kök boya ve cehri ile boyanmış yün ipliklerin haslıklarının iyileştirilmesi” *Arış Dergisi*, 7, 18-25, (2012).

Benli, H., “Amerikan sarmaşığı (*Parthenocissus quinquefolia* L.) bitkisinin yünü boyama özelliklerinin araştırılması”, *Tekstil ve Mühendis*, 24(106), 54-61, (2019).

Bilen, U., “*Hazır Giyimde Kullanılan Malzeme ve Aksesuarlar*” İstanbul: Karadeniz Kitap, (2010).

Bosáková, Z., Peršl, J. and Jegorov, A. “determination of licidin in *rubia tinctorum* anglycones by an hplc method with isocratic elution”, *J. High Resol. Chromatogr*, 23(10), 600-602, (2000).

Alemayehu, T. and Teklemariam, Z., “application of natural dyes on textile: a review”, *International Journal of Research -Granthaalayah*, 2(2), 61–68, (2014).

Chen, C. M., Shih M. L., Lee S. Z. and Wang J. S., “Increased toxicity of textile effluents by a chlorination process using sodium hypochlorite”, *Water Sci. Technol.*, 43, 1-8, (2001).

Clementi, C., Nowik, W., Romani, A., Cibin, F. and Favaro, G., “A spectrometric and chromatographic approach to the study of ageing of madder (*Rubia tinctorum* L.) dyestuff on wool”, *Analytica Chimica Acta*, 596(1), 46-54, (2007).

Connell, D. L., “wool finishes, the control of shrinkage”, (ed: D. Heywood), *Textile Finishing*, West Yorkshore, UK: Society of Dyers and Colourists, 382, (2003).

Dascalu, T., Acosta-Ortiz, S. E., Ortiz-Morales, M., and Compean, I., “Removal of the indigo color by laser beam–denim interaction”, *Optics and Lasers In Engineering*, 34(3), 179-189, (2000).

Du, G., Cui, L., Zhu, Y. and Chen, J., “improvement of shrink-resistance and tensile strength of wool fabric treated with a novel microbial transglutaminase from streptomyces hygroscopicus”, *Enzyme and Microbial Technology*, 40(7), 1753-1757, (2007).

Dölen, E., “*Tekstil Tarihi*”, 92, İstanbul: Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, (1992).

Drago, N., Villoresi, P. and Bertogli, G., “*Laser technologies: a step forward for small and medium enterprises*”, 14, Trieste: ICS-UNIDO, (2008)

Elmalı, C., Muhammet, U., Şahin, E., ve Çırkın, D. S., “Elektro çekim yöntemi ile çörek otu ve yün yağı takviyeli yara örtüsü geliştirilmesi”, *International Periodical Of Recent Technologies in Applied Engineering*, 2(1), 1-14, (2020).

El-Sayed, H., Kantouch, A., Heine, E., and Höcker, H., “Developing a zero-AOX shrink-resist process for wool. Part 1: Preliminary results”, *Coloration Technology*, 117(4), 234-238, (2001).

Erra, P., Molina, R., Jovic, D., Julia, M. R., Cuesta, A. and Tascon, J. M. D., “Shrinkage properties of wool treated with low temperature plasma and chitosan biopolymer”, *Textile Research Journal*, 69(11), 811-815, (1999).

Eser, F., “Kızilağaç yapraklarının tekstil endüstrisinde boyarmadde kaynağı olarak değerlendirilmesi”, *Anadolu University Journal Of Science And Technology A-Applied Sciences and Engineering*, 17(1), 199-207, (2016).

Geysoğlu, M., “Sürdürülebilirlik bağlamında cehri ve pınar bitkileriyle pamuklu kumaşların boyanması ve boyamanın kumaş performansına etkisi”, *International Journal Of Social Humanities Sciences Research*, 9(90), 2474-2484, (2022).

Ghoreishian, S. M., Maleknia, L., Mirzapour, H. and Norouzi, M., “Antibacterial properties and color fastness of silk fabric dyed with turmeric extract”, *Fibers and Polymers*, 14, 201-207, (2013).

Goodland, R., “The concept of environmental sustainability”, *Annual Review of Ecology and Systematics*, 26(1), 1-24, (1995).

Gulrajani, M., L., Gupta, D., Agarwal, V. and Jain, M., “Some studies on natural yellow dyes: Part I – CI natural yellow 3: Turmeric”, *Indian Textile Journal*, 19, 50-56, (1992).

Gümrükçü, G., “Kırmızı soğan kabuğundan elde edilen antosiyanin ile yünlü kumaşların boyanması”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi *Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2003).

Günay, Y. T., “Tekstil sektörü su sorunu ve su ihtiyacı”, *Dünya su forumu*, Namık Kemal University, Environmental Engineering Department and Cross Jeans, (2020).

Gür, S., “Tekstilde yüzey ve yapı oluşturma yöntemi olarak; keçeleştirme,” Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi *Güzel Sanatlar Enstitüsü*, İstanbul, (2008).

Gürcüm, B. ve Yüksel, C., “Moda Sektörünü “Yavaşlatan” Eğilim: Eko Moda ve Moda’da Sürdürülebilirlik”, *1. Uluslararası Moda ve Tekstil Tasarımı Sempozyumu*, Akdeniz Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, 48-51. Antalya, (2012).

Gürcüm, B. H. ve Bulat, F., “Tekstil tasarımında inovatif bir yaratıcılık aracı olarak lazer kesim” *İdil*, 6(28), (2016).

Güzel, E. T., Karadag, R. and Alkan, R., “Durability, antimicrobial activity and HPLC analysis of dyed silk fabrics using madder and gall oak”, *Journal of Natural Fibers*, (2019).

- Hamley, I. W., “Introduction to Peptide Science”, *John Wiley Sons United States*, 1-240, (2020).
- Han, S. and Yang, Y., “Antimicrobial activity of wool fabric treated with curcumin”, *Dyes and pigments*, 64(2), 157-161, (2005).
- Harmancıoğlu, M., “Lif teknolojisi (Yün ve diğer deri ürünü lifler)”, *EÜ Zir. Fak. Yay*, 224, 5-17, (1974).
- Hepbaşı, A., *Enerji Verimliliği ve Yönetim Sistemi, Yaklaşımlar ve Uygulamalar*, İstanbul: Esen Ofset Matbaacılık, 970, (2010).
- De Graaff, J. H., “The colourful past”, *Origins, chemistry and identification of natural dyestuffs*, 234-235, (2004).
- Hosen, M. D., Rabbi, M. F., Raihan, M. A. and Al Mamun, M. A., “Effect of turmeric dye and biomordants on knitted cotton fabric coloration: A promising alternative to metallic mordanting”, *Cleaner Engineering and Technology*, 3, (2021).
- Houff, W. H., Wills, C. J. and Beaumont, R. H., “Chemical damage in wool: Part III: effects of aqueous chlorine”, *Textile Research Journal*, 27(12), 961-965, (1957).
- Makinson, K. R., *Shrinkproofing of Wool*, New York: Mercel Dekker, 24-26, (1979).
- Hosun, M. G., “Properties of wool”, *Handbook of Properties of Textile and Technical Fibres*, Australia-Geelong: VIC, *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO)*, (2018).
- Hustedt, M., Stein, J., Herzog, D. and Meier, O., “Laser-based joining of technical textiles for airbag production”, *In: Third World Automotive Congress Plastics-in-Motion*, Prague-Czech Republic, (2008).
- Jabar, J. M., Ogunmokun, A. I. and Taleat, T. A. A., “Color and fastness properties of mordanted *Bridelia ferruginea* B dyed cellulosic fabric”, *Fashion and Textiles*, 7(1), 1-13, (2020).
- Jaeschke, P., Herzog, D., Haferkamp, H., Peters, C. and Herrmann, A. S., “Laser transmission welding of high performance polymers and reinforced composites – a fundamental study”, *J Reinforc Plast Compos*, 29(20), 3083–3094, (2010).
- Jus, S., Schroeder, M., Guebitz, G. M., Heine, E. and Kokol, V., “The influence of enzymatic treatment on wool fibre properties using PEG-modified proteases”, *Enzyme and microbial technology*, 40(7), 1705-1711, (2007).



Kan, C., Yuen, W. and Cheng, C., “Technical study of the effect of CO<sub>2</sub> laser surface engraving on the colour properties of denim fabric”, *Color Technol*, 126, 365–371, (2010).

Karadağ, R., *Doğal Boyamacılık*, Ankara: Geleneksel El Sanatları ve Mağazalar İşletme Müdürlüğü Yayınları, (2007).

Karadag, R., Buyukakinci, B. Y. and Torgan, E., “Extraction and natural cotton dyeing of valonia oak and anatolian buckthorn by microwave irradiation”, *Journal of Natural Fibers*, 19(1), 159-172, (2022).

Kevorkian, A., *Textile Materials Sciences and Tests*, 78, Sofia: Technique, (1977).

Kobayashi, Y., Nakanishi, T. and Komiyama, J., “Deodorant properties of wool fabrics dyed with acid mordant dyes and a copper salt”, *Textile research journal*, 72(2), 125-131, (2002).

Kocatürk, Y. A., “Yün liflerinin indigo (*indigofera tinctoria*) ve zerdeçal (*curcuma longa* l.) ile boyanmasından elde edilen renkler ve haslık değerleri”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2020).

Koyuncu, M., “Investigation of Color and Fastness Properties of Wool Yarn Dyed with Ternary Plant Combination: A New Dyeing Method for the Production of Eco-Friendly Textiles”, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 37(4), 1077-1086, (2022).

Lazov, L., Deneva H and Narica P., *Laser marking methods. In: Environment, Technology. Resources Proceedings of the 10th international scientific and practical conference*, gravür Telesis. Laser marking, (2019).

Lerch, T., Macgillivray, M. and Domina, T., “3D laser scanning: a model of multidisciplinary research”, *J Textil Apparel Technol Manag*, 5(4), 1–22, (2007).

Mahmud-Ali, A., “Reuse of ash-tree (*Fraxinus excelsior* L.) bark as natural dyes for textile dyeing: process conditions and process stability”, *Coloration Technology*, 123, 271–279, (2007).

Mangut, M. ve Karahan, N., *Tekstil lifleri*, Bursa: Ekin Kitabevi, (2005).

Manning, S., Boons, F., Von Hagen, O. and Reinecke, J., “National contexts matter: The co-evolution of sustainability standards in global value chains”, *Ecological Economics*, 83, 197-209, (2012).

Marchant, A., “Experimental and theoretical studies of surface and volume changes in dielectrics induced by longpulse RF CO<sub>2</sub> laser irradiation”, PhD thesis, University of Hull, UK, (2012).

Matthews J., “Textiles in three dimensions: an investigation into processes employing laser technology to form designed three dimensional textiles”, PhD Thesis, Loughborough University, UK, (2011).

Mathur, J. P. and Gupta, N. P., “Use of natural mordant in dyeing of wool”, *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 28(1), 90–93, (2003).

Mehrpour, L., Safapour, S., Sadeghi-Kiakhani, M. and Gharanjig, K. A., “cleaner and eco-benign process for wool dyeing with madder, *Rubia tinctorum* L., root natural dye”, *International journal of environmental science and technology*, 13, 2569-2578, (2016).

Meyanci, Özer, L., Karadağ, R. and Torgan, E., “Investigation of the Effect of Turkey Red Oil on Colour, Fastness Properties and HPLC-DAD Analysis of Silk Fabrics Dyed with Madder (*Rubia Tinctorium* L.) and Gall Oak”, *Tekstil ve Mühendis*, 23(103), 197-204, (2016).

Moiz, A., Ahmed, M. A., Kausar, N., Ahmed, K. and Sohail, M., “Study the effect of metal ion on wool fabric dyeing with tea as natural dye”, *Journal of Saudi Chemical Society*, 14(1), 69-76, (2010).

Molina, R., Jovančić, P., Comelles, F., Bertran, E. and Erra, P., “Shrink-resistance and wetting properties of keratin fibres treated by glow discharge”, *Journal of adhesion science and technology*, 16(11), 1469-1485, (2002).

Ortiz-Morales, M., Poterasu, M., Acosta-Ortiz, S. E., Compean, I. and Hernandez-Alvarado, M. R., “A comparison between characteristics of various laser-based denim fading processes”, *Optics and Lasers in Engineering*, 39(1), 15-24, (2003).

Morgan L., John T. and Faith K., *The Effect Of Co<sub>2</sub> Laser Irradiation On Surface and Dyeing Properties Of Wool For Textile Design*, International Congress on Applications of Lasers and Electro-Optics, Laser Institute of America, (2014).

Morgan, L., “Laser textile design: the development of laser dyeing and laser moulding processes to support sustainable design and manufacture”, PhD Thesis, Loughborough University, UK, (2016).

Muthu, S. S., Li, Y., Hu, J. Y. and Mok, P. Y., “Carbon footprint of shopping (grocery) bags in China, Hong Kong and India”, *Atmospheric environment*, 45(2), 469-475, (2011).

Muthu, S. S., Li, Y., Hu, J. Y. and Ze, L., “Carbon footprint reduction in the textile process chain: Recycling of textile materials”, *Fibers and Polymers*, 13, 1065-1070, (2012).

Nourbakhsh, S., Ebrahimi, I. and Valipour, P., “Laser treatment of the wool fabric for felting shrinkage control.”, *Fibers and Polymers*, 12, 521-527, (2011).

Odabaşoğlu H. Y., “Bazı azometin boyarmaddeleri ve metal komplekslerinin yün kumaşlarının boyama özelliklerinin incelenmesi”, Yüksek lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, (2012).

Öğütgen, Z., “Nar kabuğu ile farklı mordanlar kullanarak yünlü kumaş boyama”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2008).

Önal, A., XVIII. Ulusal Kimya Kongresi, *Mazi Meşesi (Quercus Infectoria)'Nin Protein ve Selülöz Elyaf Boyamada Kullanılabilirliği*, Kars, (2004).

Özcan, Y., *Tekstil Elyafı ve Boyama Tekniği*, İstanbul: İ.Ü. Yayınları, (1984).

Öztürk, İ., *Doğal bitkisel boyalarla yün boyama*, İzmir: Dokuz Eylül Yayıncılık, (1999).

Öztürk, E., Yetiş, Ü., Dilek, F. B. and Demirer, G. N., “A chemical substitution study for a wet processing textile mill in Turkey”, *Journal of Cleaner Production*, 17(2), 239-247, (2009).

Pattinson, R., Wilcox, C., Williams, C. and Curtis., S. K., *Trends and drivers for the global and australian wool industry, NSW wool industry and future opportunities*, NSW Department of Primary Industries, (2015).

Payne, J., *Cutting through the surface: The use of laser cutting technology with traditional textile process*, Textile Society of America Symposium Proceedings, (2010).

Pensupa, N., “Recycling of end-of-life clothes”, *Sustainable Technologies for Fashion and Textiles*, Amsterdam-The Netherlands: Woodhead Publishing Series in Textiles, 251-309, (2020)

Plassmann, K. and Edwards-Jones, G., “Carbon footprinting and carbon labelling of food products”, (eds: Sonesson, U., Berlin, J. and Ziegler, F.), *Environmental Assessment and Management in the Food Industry.*, UK: Woodhead Publishing, 272-296, (2010).

Prabir, J., “Assembling technologies for functional garments- an overview”, *Indian J Fibre Text Res*, 36, 380–387, (2011).

Prabhavathi, R., Devi, A. S. and Padma, A., “Improving the acidic perspiration fastness of Eucalyptus bark dye with dye levelling agents on cotton”, *International Journal of Applied, Research*, 13(1), 296–298, (2015).

Prabhu, K. H. and Teli, M. D., “Eco-dyeing using Tamarindus indica L. seed coat tannin as a natural mordant for textiles with antibacterial activity”, *Journal of Saudi Chemical Society*, 18(6), 864–872, (2014).

Prusty, A. K., Das, T., Nayak, A. and Das, N. B., “Colourimetric analysis and antimicrobial study of natural dyes and dyed silk”, *Journal of cleaner production*, 18(16-17), 1750-1756, (2010).

Rouette, H. K., *Encyclopedia of Textile Finishing*, UK: Woodhead Publishing, 92-293, (2001).

Safapour, S., Mazhar, M. and Abedinpour, S., “Broadening Color Shade Range of *Rubia tinctorum* L. Natural Colorants on Wool Fibers via Combination of Metal Mordants: Color Characteristics and Fastness Studies”, *Journal of Natural Fibers*, 20(1), (2023).

Sağırkaya, F. S., ‘Denim’de sürdürülebilir uygulamalar’, Yüksek Lisans, Pamukkale Üniversitesi *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, (2021).

Sachan, K. and Kapoor, V. P., “Optimization of extraction and dyeing conditions for traditional turmeric dye”, *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 6(2), 270-278, (2007).

Samanta, A. K., Agarwal, P., Singhee, D. and Datta, S., “Application of single and mixtures of red sandalwood and other natural dyes for dyeing of jute fabric: studies on colour parameters/colour fastness and compatibility”, *The Journal of the Textile Institute*, 100(7), 565-587, (2009).

Saville, B. P., “Comfort. Physical testing of textiles”, Elsevier, 209-243, (1999).

Singh, S. and Singh, D. R., “Application of natural mordants on textile”, *International Journal of Applied Home Science*, 5(1), 252-260, (2018).

Şanlı, H. S., “Bazı boya bitkileriyle ipekli tekstil ürünlerinin boyanması ve elde edilen renklerin belirlenmesi”, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2007).

Şanlı, H. S., “Halı ve kilim ipliklerinin boyanmasında kullanılan renkler ve bu renkleri veren bitkiler”, *New World Sciences Academy E-Journal of New World Sciences Academy*, 6(4), 466, (2011).

Şanlı, H. S. ve Gök, E., “Bitkisel Boyacılıkta Kökboyanın (*Rubia tinctorum* L.) Önemi”, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10 (48), 772-778, (2017).

Şanlı, H. S., ve Cansu D. B., “Kayısı çekirdeği kabuğu (*Armeniaca Vulgaris* Lam) ile boyanan ilmelik yün halı ipliklerinin subjektif ve objektif değerlendirilmeleri”, Yüksek Lisans Tezi, Hacı Bayram Veli Üniversitesi *Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Ankara, (2020).

Saricam, C. and Okur, N., “Consumer behaviour and sustainable fashion consumption Springer Nature”, (ed: S. S. Muthu), *Textile Science and Clothing Technology*, Singapore: Singapore Pte Ltd., 69-96, (2019).

Shahid, M., Ahmad, A., Yusuf, M., Khan, M. I., Khan, S. A., Manzoor, N. and Mohammad, F., “Dyeing, fastness and antimicrobial properties of woolen yarns dyed with gallnut (*Quercus infectoria* Oliv.) extract”, *Dyes and Pigments*, 95(1), 53-61, (2012).

Shterev, Y., Dolchinkov, N., St, L., Boganova, D., Peneva, M., Linkov, L. and Nedialkov, D., “Examining the possibility of marking and engraving of textiel using CO<sub>2</sub> laser”, *Mach Technol Mater*, 12(12), 491–493, (2018).

Singh, R. K., Rai, D., Yadav, D., Bhargava, A., Balzarini, J. and De Clercq, E., “Synthesis, antibacterial and antiviral properties of curcumin bioconjugates bearing dipeptide, fatty acids and folic acid”, *European journal of medicinal chemistry*, 45(3), 1078-1086, (2010).

Tanker, N. ve Tanker M., *Farmakognozi*, 1, Ankara: Ankara Üniv. yayınları, (1998).

Toksöz, M., “Tekstil sektöründe sürdürülebilirlik kavramı ve yaşam döngüsü analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 115, (2018).

Türkmen, N., “Tekstil ve moda tasarımı açısından sürdürülebilirlik ve dönüşüm”, Tekstil ve Moda Tasarımı Programı Sanatta Yeterlik Tezi, *Sosyal Bilimler Enstitüsü Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi*, İstanbul, 175, (2009).

Url\_1 “Laser, [online]” (30/07/2023)  
<https://www.bbc.co.uk/programmes/articles/2grMKJ29Ghlw36WXCHGJvKk/7-words-you-probably-didnt-know-were-acronyms>

Url\_2 “Laser [online]” (30/07/2023) <https://www.merriam-webster.com/words-at-play/laser-acronym-light-amplification>

Url\_3 “Sustainability, [online]” (28/5/2021) [https://www.etymonline.com/search?q=sustain&ref=searchbar\\_searchhint](https://www.etymonline.com/search?q=sustain&ref=searchbar_searchhint)

Url\_4 “Carbon Footprint of Textiles, Dev Vivek, [online]” (23/04/2023) [http://www.domain-b.com/environment/20090403\\_carbon\\_footprint.html](http://www.domain-b.com/environment/20090403_carbon_footprint.html)

Url\_5 “Retail forum for sustainability issue paper, [online]” (25/04/2023) [https://ec.europa.eu/environment/industry/retail/index\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/industry/retail/index_en.htm)

Url\_6 “ACSYS Lasertechnik. Laser marking, [online]” (25/04/2023) <https://www.laserphotonics.com/laser-cutting-systems>

Url\_7 “Application: laser cutting fabrics, leather and textiles, [online]” (28/04/2023) <http://old.laserphotonics.com/Manufacturers-Use-Laser-Cutting.html>

Url\_8 “Improving productivity and quality with laser seaming of fabrics, [online]” (30/04/2023) [https://www.researchgate.net/publication/295792303\\_Improving\\_productivity\\_and\\_quality\\_with\\_laser\\_seaming\\_of\\_fabrics](https://www.researchgate.net/publication/295792303_Improving_productivity_and_quality_with_laser_seaming_of_fabrics)

Url\_9 “Lasers for materials processing, [online]” (05/05/2023) [https://edge.coherent.com/assets/pdf/COHR\\_MaterialsProcessingBrochure\\_0816revA\\_3.pdf](https://edge.coherent.com/assets/pdf/COHR_MaterialsProcessingBrochure_0816revA_3.pdf)

Url\_10 Jones I. “Improving productivity and quality with laser seaming of fabrics [online]” (05/05/2023) [https://www.researchgate.net/publication/295792303\\_Improving\\_productivity\\_and\\_quality\\_with\\_laser\\_seaming\\_of\\_fabrics](https://www.researchgate.net/publication/295792303_Improving_productivity_and_quality_with_laser_seaming_of_fabrics)

Url\_11 “Telesis. Laser marking, [online]” (06/05/2023) [https://www.researchgate.net/publication/295792303\\_Improving\\_productivity\\_and\\_quality\\_with\\_laser\\_seaming\\_of\\_fabrics](https://www.researchgate.net/publication/295792303_Improving_productivity_and_quality_with_laser_seaming_of_fabrics)

Url\_12 “Application: laser cutting fabrics, leather and textiles, [online]” (10/05/2023) <http://old.laserphotonics.com/Manufacturers-Use-Laser-Cutting.html>

Url\_13 “Clearweld. laser welding of thermoplastic textiles, [online]” (12/05/2023) <http://www.clearweld.com/datasheets/cwLSRWLD.pdf> (2011)

Url\_14 “telesis. laser marking, [online]” (15/05/2023) [https://www.researchgate.net/publication/295792303\\_Improving\\_productivity\\_and\\_quality\\_with\\_laser\\_seaming\\_of\\_fabrics](https://www.researchgate.net/publication/295792303_Improving_productivity_and_quality_with_laser_seaming_of_fabrics)

Url\_15 “Jones I., Improving productivity and quality with laser seaming of fabrics, [online]” (15/05/2023)

[https://www.researchgate.net/publication/295792303\\_Improving\\_productivity\\_and\\_quality\\_with\\_laser\\_seaming\\_of\\_fabrics](https://www.researchgate.net/publication/295792303_Improving_productivity_and_quality_with_laser_seaming_of_fabrics)

Url\_16 “What do the laser parameters mean? [Online]” (20/05/2023)  
[www.troteclaser.com/en/](http://www.troteclaser.com/en/)

Url\_17 “Kurkumin ve sağlık, [online]” (25/06/2023)  
<https://www.bilimvetekno.com/kurkumin-ve-saglik/>

Url\_18 “Zerdeçal [online]” (25/06/2023) <https://turkanmeydan.com.tr/wp-content/uploads/2020/01/Zerde%C3%A7al.pdf>

Url\_19 “Zeanologia [online]” (26/06/2023) <https://www.jeanologia.com/tr/laser-tr/>

Url\_20 Aksu, C., “Sürdürülebilir kalkınma ve çevre, güney ege kalkınma ajansı [online]” (21/05/2023), (2011).  
[http://geka.gov.tr/Dosyalar/o\\_19v5e00u1ru61bbncf2qmlcpv8.pdf](http://geka.gov.tr/Dosyalar/o_19v5e00u1ru61bbncf2qmlcpv8.pdf).

Url\_21 Halkbank, “Halkbank kurumsal sosyal sorumluluk projesi [online]”, (03/04/2023), (2010).

Url\_22 “Alizarin chemical structure [online]”, (02/03/2023),  
[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/13/Alizarin\\_chemical\\_structure.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/13/Alizarin_chemical_structure.png)

Vilumsone, N. I., *Automated Laser Cutting Of Textile Materials. In: Industrial Cutting Of Textile Materials*, UK: Woodhead Publishing, 151–177, (2018).

Wang, L., Wang, N., Jia, S. and Zhou, Q. “Research on dyeing and ultraviolet protection of silk fabric using vegetable dyes extracted from Flos Sophorae”, *Textile Research Journal*, 79(15), 1402-1409, (2009).

Weber, W. M., Hunsaker, L. A., Abcouwer, S. F., Deck, L. M. and Jagt, D. L. V., “Antioxidant activities of curcumin and related enones”, *Bioorg. Med. Chem.*, 13, 3811-3820, (2005).

Wced, S., *World Commission On Environment And Development, Our Common Future*, England: Oxford University Press, (1987).

Whewell, C. S., “The Chemistry of Wool Finishing”, *Chemistry of Natural Protein Fibers*, New York: Plenum Press, 352-356, (1977).

Yalçın, M., “Kızılcım kabuğundan elde edilen pigmentin pamuk, yün, ipek ve sentetik kumaşlardaki boyama özelliklerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 10, (2010).

Yildiz, Y., Gunes, A., Yalcin, B. and Karadag, R., “Natural pigments from the gall oak (*Quercus infectoria Olivier*) Shellac”, *Asian Journal of Chemistry*, 25(12), 6881, (2013).

Yılmaz, M., “Ekşi hamur mayasıyla mordanlanmış selülozik ve protein elyafların ve ahşap numunelerinin soğan kabuğu (*Allium cepa L.*) ekstraktı ile boyanma özelliklerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2012).

Yılmaz Şahinbaşkan, B., Karadag, R. and Torgan, E., “Dyeing of silk fabric with natural dyes extracted from cochineal (*Dactylopius coccus Costa*) and gall oak (*Quercus infectoria Olivier*)”, *Journal of Natural Fibers*, 15(4), 559-574, (2018).

Yumuşak, S. Ö., “Atık çay’dan elde edilen ekstrakt ile yünlü ve pamuklu kumaşların boyanma özelliklerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2016).