

**ALPAKA LİFLERİNİN BOYANABİLİRLİĞİNİN  
GELİŞTİRİLMESİ**

**Fatih TÜRKMEN**  
**Yüksek Lisans Tezi**

**Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Rıza ATAV**

**2014**

**T.C.**  
**NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ALPAKA LİFLERİNİN BOYANABİLİRLİĞİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

**Fatih TÜRKMEN**

**TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN: DOÇ. DR. RIZA ATAV**

**TEKİRDAĞ-2014**

**Her hakkı saklıdır**

Doç. Dr. Rıza ATAV danışmanlığında, Fatih TÜRKMEN tarafından hazırlanan “Alpaka Liflerinin Boyanabilirliğinin Geliştirilmesi” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Prof. Dr. Pervin ANIŞ

*İmza :*

Üye: Doç. Dr. Rıza ATAV

*İmza :*

Üye: Yrd. Doç. Dr. Aylin YILDIZ

*İmza :*

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU  
**Enstitü Müdürü**



## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi  
ALPAKA LİFLERİNİN BOYANABİLİRLİĞİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Fatih TÜRKMEN

Namık Kemal Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Rıza ATAV

Lama ailesine mensup olan Alpaka'dan (*Lama Pacos*) elde edilen liflere “alpaka” adı verilmektedir. Alpakanın en önemli özelliği ipeğimsi, yumuşak tutumudur. Bu lifler dünyada sınırlı bir alanı kapsayan bölgelerde bulunmakta olup, çok küçük miktarlarda üretilmektedirler. Tüm bu faktörler, bu liflerden yapılmış ürünlerin pahalı olmasına yol açmaktadır. Bu nedenle söz konusu lifler “Lüks Lif” olarak nitelendirilmektedir.

Literatürde genel olarak alpaka lifleri üzerindeki çalışmalar sınırlı olup, mevcut olan çalışmalar ise lif özelliklerinin yün ile karşılaştırılması ve renkli liflerin ağartılması üzerine odaklanmıştır. Alpakanın boyanmasıyla ilgili kapsamlı çalışmalara pek rastlanmamaktadır.

Bu tez projesinde öncelikle, alpaka liflerinin boyanma özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla koyun yünü referans alınarak alpakanın iki farklı türü olan Huakaya ve Suri liflerinin boyanma özellikleri (boyarmadde alma yetenekleri, boyamada elde edilen renk verimi ve nüansı, haslık vb.) belirlenmiştir. Daha sonra alpaka liflerinin verim kaybına yol açmadan çeşitli boyarmadde sınıflarıyla kaynama noktasının altındaki sıcaklıklarda (80 veya 90°C) boyanabilme imkânları araştırılmıştır. Bu amaçla; boyama öncesi liflere katyonikleştirme işlemi uygulanması üzerinde çalışılmıştır. Bunun ötesinde liflerin boyanma düzgünlüğünün geliştirilmesi için tuz ve egaliz maddesi kullanımı incelenmiştir. Alpaka gibi katma değeri yüksek liflerin boyanmasında bir diğer önemli konu moda yaratacak efektlerin eldesidir. Bu nedenle, bu tez projesi kapsamında ayrıca liflere çeşitli modifikasyonlar uygulanarak boyamada “bicolor” ve “multicolor” efekt eldesi sağlanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Alpaka, Huakaya, Suri, boyama, katyonikleştirme, multicolor

**2014, 52 sayfa**

## **ABSTRACT**

MSc. Thesis

### **IMPROVING THE DYEABILITY OF ALPACA FIBERS**

Fatih TÜRKMEN

Namık Kemal University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Textile Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Rıza ATAV

Fibers obtained from Alpaca (*Lama Pacos*), which is a member of Lama family, is called as “alpaca”. The most important feature of alpaca is silky soft handle. These fibers are found in limited regions around the world and they are produced in small quantities. The combination of all these factors makes the finished products very expensive. For this reason aforementioned fibers are called as “Luxury Fiber”.

Generally, studies in literature related to the alpaca fibers are limited. The existing studies focused on the comparison of fiber properties with wool and bleaching of pigmented fibers. It is not coincided to comprehensive studies related to the dyeing of alpaca.

In this thesis project at first, dyeing properties of alpaca fibers were investigated. For this aim, by taking sheep wool as a reference, dyeing properties (dye-uptake ability, color efficiency and nuance obtained in dyeing, fastness etc.) of Huacaya and Suri fibers, which are two different species of alpaca, were determined. After that, dyeing possibilities of alpaca fibers with various dye classes at temperatures below boiling point (80 or 90°C) without causing any decrease in efficiency was searched. For this purpose, it was worked on application of cationization process prior to dyeing. Furthermore, the usage of salt and equalizing agent in order to improve dyeing levelness of fibers was investigated. Another important issue on dyeing of high value-added fibers like alpaca is obtainability of effects which would create fashion. For this reason, within this thesis project “bicolor” and “multicolor” effects in dyeing was also supplied by applying various modifications to fibers.

**Keywords:** Alpaca, Huacaya, Suri, dyeing, cationization, multicolor

**2014, 52 pages**

## İÇİNDEKİLER

|  | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| ÖZET .....   | i            |
| ABSTRACT .....   | ii           |
| İÇİNDEKİLER .....  | iii          |
| ÇİZELGE DİZİNİ .....   | iv           |
| ŞEKİL DİZİNİ .....   | v            |
| ÖNSÖZ .....  | vi           |
| <b>1. GİRİŞ</b> .....  | <b>1</b>     |
| <b>2. ALPACA LİFLERİ VE TERBİYESİNE İLİŞKİN KAYNAK ÖZETLERİ</b> .....  | <b>2</b>     |
| 2.1 Alpaka Liflerinin Tarihçesi .....  | 3            |
| 2.2 Alpaka Liflerinin Dünyadaki Üretimi .....  | 3            |
| 2.3 Alpaka Liflerinin Sınıflandırılması .....  | 4            |
| 2.4 Alpaka Liflerinin Mikroskobik Özellikleri .....  | 6            |
| 2.5 Alpaka Liflerinin Fiziksel Özellikleri .....   | 8            |
| 2.6 Alpaka Liflerinin Kimyasal Özellikleri .....   | 10           |
| 2.7 Alpaka Liflerinin Terbiye İşlemlerine İlişkin Önceki Çalışmalar .....  | 11           |
| 2.8 Alpaka Liflerinin Kullanım Alanları .....  | 14           |
| <b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....   | <b>15</b>    |
| 3.1 Alpaka Liflerinin Boyanma Özelliklerinin Yün ile Karşılaştırılması .....   | 16           |
| 3.2 Alpaka Liflerinin Boyanma Özelliklerinin Geliştirilmesi ve Liflerin Düşük Sıcaklıklarda Boyanabilirliğinin Sağlanması .....                    | 17           |
| 3.3 Alpaka Liflerinin Boyanma Düzgünlüğünün İyileştirilmesi .....  | 19           |
| 3.4 Alpaka Liflerinin Boyanmasında “Bicolor” ve “Multicolor” Efektlerin Eldesi.....  | 20           |
| <b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA</b> .....  | <b>24</b>    |
| 4.1 Alpaka Liflerinin Boyanma Özelliklerinin Yün ile Karşılaştırılmasına İlişkin Sonuçlar ..   | 24           |
| 4.2 Alpaka Liflerinin Boyanma Özelliklerinin Geliştirilmesi ve Liflerin Düşük Sıcaklıklarda Boyanabilirliğinin Sağlanmasına İlişkin Sonuçlar ..... | 31           |
| 4.3 Alpaka Liflerinin Boyanma Düzgünlüğünün İyileştirilmesine İlişkin Sonuçlar .....   | 39           |
| 4.4 Alpaka Liflerinin Boyanmasında “Bicolor” ve “Multicolor” Efektlerin Eldesine İlişkin Sonuçlar .....  | 40           |
| <b>5. SONUÇLAR</b> .....   | <b>47</b>    |
| <b>6. KAYNAKLAR</b> .....  | <b>50</b>    |
| ÖZGEÇMİŞ.....  | 52           |

## ÇİZELGE DİZİNİ

|   | <b><u>Sayfa</u></b> |
|---|---------------------|
| Çizelge 2.1: Liflerde bulunabilecek kirler ve miktarları .....  | 12                  |
| Çizelge 3.1: Denemelerde kullanılan liflere ait özellikler .....  | 15                  |
| Çizelge 3.2: Denemelerde kullanılan boyarmaddeler.....  | 15                  |
| Çizelge 3.3: Katyonikleştirme denemelerinde kullanılan faktörler ve seviyeleri .....  | 18                  |
| Çizelge 4.1: Çeşitli boyarmadde sınıflarıyla boyanmış numunelere ait CIEL*a*b* değerleri  | 27                  |
| Çizelge 4.2: Çeşitli boyarmadde sınıflarıyla boyanmış numunelere ait fotoğraflar.....   | 28                  |
| Çizelge 4.3: Çeşitli boyarmadde sınıflarıyla boyanmış numunelere ait haslık değerleri .....   | 29                  |
| Çizelge 4.4: Konvansiyonel yöntemle (100°C) ve katyonikleştirme maddesi ile ön işlem sonrası daha düşük sıcaklıkta (90°C) reaktif boyarmaddelerle boyanmış olan numunelere ait haslık testi sonuçları ..... | 38                  |
| Çizelge 4.5: İşlemsiz ve katyonikleştirme maddesi ile ön işlem görmüş kumaşların kör flotte ile boyama sonrası patlama mukavemeti sonuçları.....  | 38                  |
| Çizelge 4.6: İşlemsiz ve katyonikleştirme maddesi ile ön işlem görmüş boyalı numunelerin CIEL*a*b* değerleri .....  | 42                  |
| Çizelge 4.7: İşlemsiz ve hidrojenperoksit ile ön işlem görmüş boyalı numunelerin CIEL*a*b* değerleri.....   | 45                  |
| Çizelge 4.8: İşlemsiz, katyonikleştirme maddesi ile ön işlem görmüş ve oksidatif ön işlem görmüş boyalı numunelerin CIEL*a*b* değerleri.....  | 46                  |



## ŞEKİL DİZİNİ

|  | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| Şekil 2.1: Huakaya (solda) ve Suri (sağda) türlerine ait alpakaalar .....  | 2            |
| Şekil 2.2: Güney Amerika'da alpaka liflerinin en yoğun üretildiği yerler .....   | 4            |
| Şekil 2.3: Alpaka liflerinin doğal renk skalası .....  | 5            |
| Şekil 2.4: Alpaka (a) ve Merinos koyun yününün (b) SEM görüntüleri .....   | 7            |
| Şekil 2.5: Huakaya (a) (Czaplicki 2012) ve Suri (b) alpaka liflerinin enine kesitleri .....  | 7            |
| Şekil 2.6: Huakaya (a) ve Suri (b) alpaka liflerinin uzunluğuna görüntüleri .....  | 8            |
| Şekil 2.7: Alpaka liflerinde disülfür köprülerinin oksidasyonu .....   | 10           |
| Şekil 2.8: Kirli koyu kahverengi alpaka lifi (a) ve yıkanmış kahverengi alpaka lifi (b) .....  | 12           |
| Şekil 2.9: Alpaka liflerinden üretilmiş çeşitli ürünler .....  | 14           |
| Şekil 3.1: Denemelere ilişkin boyama grafiği .....   | 17           |
| Şekil 4.1: Dinkleme tipi asit boyarmaddesi (Telon Blue M-RLW) ile yapılan boyamalara ilişkin liflerin zamana bağlı renk verimi (K/S) eğrileri .....  | 24           |
| Şekil 4.2: 1:2 metal kompleks boyarmaddesi (Isolan Dark Blue 2S-GL) ile yapılan boyamalara ilişkin liflerin zamana bağlı renk verimi (K/S) eğrileri .....  | 24           |
| Şekil 4.3: Reaktif boyarmadde (Realan Blue RC) ile yapılan boyamalara ilişkin liflerin zamana bağlı renk verimi (K/S) eğrileri .....   | 25           |
| Şekil 4.4: 1:2 metal kompleks boyarmaddelerinin olasyon ve oksalasyon tepkimeleri ile moleküllerinin büyümesi .....  | 29           |
| Şekil 4.5: Katyonikleştirme maddeleriyle çeşitli koşullarda ön işlem görmüş alpaka kumaşların C.I. Acid Blue 204 boyarmaddesi ile %3 koyulukta boyanmasına ilişkin renk verimi (K/S) sonuçları ..... | 31           |
| Şekil 4.6: İşlemsiz ve optimum koşullarda katyonikleştirme maddesi ile ön işlem görmüş kumaş numunelerine ait FTIR analizi sonuçları .....   | 32           |
| Şekil 4.7: İşlemsiz ve katyonikleştirme maddesi ile ön işlem görmüş numunelerin ESCA analizi sonuçları .....   | 33           |
| Şekil 4.8: İşlemsiz (solda) ve katyonikleştirme maddesi ile ön işlem görmüş (sağda) numunelerin SEM (5000X) analizi sonuçları .....  | 34           |
| Şekil 4.9: Çeşitli boyalarla %3'lük koyulukta yapılan boyamalarda elde edilen renk verimi (K/S) değerleri .....  | 35           |
| Şekil 4.10: Poliaminoklorhidrin kuarternaramonyum bileşiği esaslı katyonikleştirme maddesinin alpaka liflerine bağlanma mekanizması .....  | 36           |
| Şekil 4.11: Reaktif boyarmaddelerle %3'lük koyulukta yapılan boyamalarda elde edilen renk verimi (K/S) değerleri .....   | 37           |
| Şekil 4.12: Egaliz maddesi ve tuzların alpaka liflerinin boyarmadde alım hızı ve miktarı üzerine etkisi .....  | 39           |
| Şekil 4.13: İşlemsiz ve katyonikleştirme ön işlemi görmüş kumaşların aynı banyoda C.I. Reactive Red 66 ile boyanması sonucu elde edilen renk verimi değerleri .....                                  | 40           |
| Şekil 4.14: Denemelerde kullanılan C.I. Reactive Red 66 boyarmaddesinin yün liflerine amino grupları üzerinden bağlanma mekanizması .....  | 41           |
| Şekil 4.15: İşlemsiz ve oksidatif ön işlem görmüş kumaşların aynı banyoda C.I. Reactive Red 66 ile boyanması sonucu elde edilen renk verimi değerleri .....  | 43           |
| Şekil 4.16: Hidrojenperoksitin alpaka lifleri üzerindeki etki mekanizması .....  | 44           |
| Şekil 4.17: İşlemsiz, katyonikleştirme işlemi ve oksidatif işlem görmüş kumaşların aynı banyoda C.I. Reactive Red 66 ile boyanması sonucu elde edilen renk verimi değerleri .....                    | 46           |

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmamda sabır, destek ve yardımlarını esirgemeyen, bu çalışma süresince bilgilerinden ve deneyimlerinden yararlandığım değerli tez hocam Doç. Dr. Rıza ATAV'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamda kullandığım boyarmaddelerin temin edilmesini sağlayan Dystar ve Hunstman firmalarına ve alpakaaların temini konusunda büyük yardımları olan Peru'dan La Rosa Colunga Moises Juan PABLO'ya ve İspanya'dan "Alpacas de la Tierra" firmasından Maria Pilar Fortes OLIVERA'ya teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca renk ve beyazlık derecesi ölçümleri ile patlama mukavemeti ve ışık haslığı testleri için bize kapılarını açan Özen Mensucat Boya Terbiye İşletmeleri A.Ş.'ye ve liflerin incelik, mukavemet ve uzama değerlerinin tespiti için bize laboratuvar imkânlarını kullandıran YÜNİSA A.Ş.'ye teşekkür ederim.

Bu tez projesinin yapılmasını NKUBAP.00.17.YL.13.01 nolu bilimsel araştırma projesi kapsamında destekleyen Namık Kemal Üniversitesi Rektörlüğü'ne teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma süresince değerli yardımlarda bulunan Tekstil Müh. Kaya KARABULUT ve Tekstil Müh. Serap EKİNCİ'ye teşekkür ederim.

Doğumumdan itibaren desteklerini hep gördüğüm, arkamdaki en büyük dayanağım olan değerli aileme şükranlarımı sunarım.

Son olarak manevi desteği ile her zaman yanımda olan Tekstil Müh. Betül ÖRS'e teşekkür ederim.



## 1. GİRİŞ

Lama ailesine mensup olan Alpaka'dan (*Lama Pacos*) elde edilen liflere "alpaka" adı verilmektedir. Alpakanın en önemli özelliği ipeğimsi, yumuşak tutumudur. Alpakanın değerli olmasına yol açan diğer özellikleri arasında parlaklığı, dayanımı, çok sıcak tutması, dökümlülüğü, boyayı çok iyi alması ve pillinglenme eğilimi olmaması sayılabilir. Bu lifler dünyada oldukça dar bir alanı kapsayan spesifik bölgelerde bulunmakta olup, çok küçük miktarlarda üretilmektedirler. Tüm bu faktörler bu liflerden yapılmış ürünlerin pahalı olmasına yol açmaktadır ve bu nedenle söz konusu lifler "Lüks Lif" olarak nitelendirilmektedir.

Alpaka, katma değeri yüksek değerli bir lifdir. Tekstil ürününün katma değerini arttıran en önemli işlem basamağı ise terbiye işlemleridir. Alpaka liflerinin terbiye işlemlerinde özellikle boyama adımında çeşitli sorunlarla karşılaşmaktadır. Bu liflerin boyanmasındaki temel sorun, koyun yününde uygulanan kaynama sıcaklığında boyama işleminin bu liflerin çeşitli özelliklerine zarar vermesidir. Eğer renk veriminde düşüğe yol açmadan düşük sıcaklıkta boyama başarılabilirse, liflerin çeşitli özelliklerinin (parlaklık, dayanım vb.) korunmasının yanı sıra boyamadaki enerji sarfiyatının azaltılması da sağlanmış olacaktır.

Bu tez çalışmasında öncelikle, literatürde alpaka liflerinin boyanma özelliklerine ilişkin kapsamlı bir çalışmaya rastlanmamış olduğundan, alpaka liflerinin boyanma özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla boyanma özellikleri bilinen ve hakkında oldukça kapsamlı literatüre erişilebilen koyun yünü referans alınarak alpakanın iki türü olan Huakaya ve Suri liflerinin boyanma özellikleri (boyarmadde alma yetenekleri, boyamada elde edilen renk verimi ve nüansı, haslık vb.) belirlenmiştir. Daha sonra alpaka liflerinin verim kaybına yol açmadan çeşitli boyarmadde sınıflarıyla kaynama noktasının altındaki sıcaklıklarda (80 veya 90°C) boyanabilme imkânları araştırılmıştır. Bu amaçla; boyama öncesi liflere katyonikleştirme işlemi uygulanması üzerinde çalışılmıştır. Bunun ötesinde liflerin boyanma düzgünlüğünün geliştirilmesi için tuz ve egaliz maddesi kullanımı incelenmiştir. Alpaka gibi katma değeri yüksek liflerin boyanmasında bir diğer önemli konu moda yaratacak efektlerin eldesidir. Bu nedenle, bu tez projesi kapsamında ayrıca liflere çeşitli modifikasyonlar uygulayarak liflerin boyanmasında "bicolor" ve "multicolor" efekt eldesi üzerinde durulmuştur.

## 2. ALPAKA LİFLERİ VE TERBİYESİNE İLİŞKİN KAYNAK ÖZETLERİ

Ticarette “Alpaka Yünü” diye anılan ve tekstil endüstrisinde özel bir yer edinen alpaka lifleri, Lama ailesine mensup olan Alpaka’dan (*Lama pacos*) elde edilmektedir. Alpakalar Güney Amerika’nın batı kıyılarında uzanan And dağlarının 3000 m. yüksekliğinden başlayıp, sarp bölgelerine kadar çıkan yüksek yaylalarında yaşamaktadır (Harmancıoğlu 1974).

Alpakalar, Ankara keçisi ve koyun gibi, tek tip life sahiptirler, yani kaba kıllar ve alt ince lifler olmak üzere iki farklı lif üretmezler (Dalton ve Franck 2000). Alpakalar evcilleştirilmiştir ve Lama ailesine mensup hayvanlar arasında tekstil endüstrisi açısından en önemli olanlardır (Harmancıoğlu 1974).

Şekil 2.1’den görülebileceği gibi alpakaların, kabarık tüyleri vücutlarından dışarıya çıkan Huakaya ve tüyleri heybetli görünümüne sahip saç lüleleri şeklinde vücutlarından sarkan Suri olmak üzere iki farklı türü vardır (Atav 2010).



Şekil 2.1:Huakaya (solda) ve Suri (sağda) türlerine ait alpakalar (<http://islandalpaca.com> 2013)

Suri uzun ve düz şekliyle karakterize edilirken, Huakaya kısa ve kıvrıkcık tüylere sahiptir (Tuckwell 1994). Suri türü daha az bulunmakta olup, alpaka popülasyonunun %19-20’sini teşkil etmektedir. Ancak Suri’lerin lifleri daha uzun ve ipeğimsi olduğu için, bu lifler daha değerlidir (<http://www.interweaveknits.com> 2012).

## 2.1 Alpaka Liflerinin Tarihçesi

Alpakaların tarihçesi Güney Amerika'nın tarih öncesi dönemlerine dayanmaktadır. Alpakaların 6.000 yıl önce evcilleştirilmiş olduğuna dair kanıtlar vardır. Elimizde Güney Amerika medeniyetleri tarafından geliştirilmiş herhangi bir yazılı dil kaydı bulunmaması alpakanın uzak geçmişini dökümente etme çabasını zorlaştırmaktadır (<http://www.gatewayalpacas.com>, 2012).

Kasım 1533'de Francisco Pizarro, İnkâ imparatorluğunun başkenti olan Cuzco'ya başarılı bir şekilde giriş yapmış ve 180 kişilik yetenekli askerleriyle 30.000 kişilik İnkâ ordusunu pusuya düşürerek geri çekilmeye zorlamıştır. Adamlarından bazıları altın plaka ve gümüş heykellere göz koymuşlar ve mumyalardan altın maske ve diğer eşyaları çıkarırken belki de en kıymetli hazineyi, yani İnkâ hazinesinde yer alan nadir, lüks kumaşları göz ardı etmişlerdir. İnkâlar, Avrupa henüz kıyafeti bilmezken, giysi yapıyorlardı. İmparatorluk, askerlerine ipek yumuşaklığında malzemeler verirlerdi ve imparatorlukta giysi yapımı başlıca zanaattı. İmparatorlukta tekstil depoları çok değerliydi. Bu nedenle, İnkâ askerleri geri çekilirken depoları ateşe vermişlerdir (Pringle 2001).

Yerli insanlara boyun eğdirme ve oraları istila etme çabaları içerisinde, alpaka ve lamalar toplu olarak itlaf edilmişlerdir. Güney Amerika'daki alpakaların %90 kadarı itlaf edilmiş ve otlaklarda çürümeye terk edilmiştir. Bu mükemmel hayvanların sadece geriye kalan küçük miktarları yerli halk tarafından korunmuştur. Güney Amerika'nın İspanyol işgaline uğramasından sonra alpakalar geri planda kalmıştır (<http://www.gatewayalpacas.com> 2012). İngiliz tekstil tüccarı Sir Titus Salt tarafından keşfedildiği 19. yy ortalarına kadar alpaka lifi tam olarak bilinmemekteydi. Bu tarihten itibaren kaşmir, ipek gibi dünyanın en pahalı lüks lifleri içerisinde yerini almıştır (<http://www.interweaveknits.com> 2012).

## 2.2 Alpaka Liflerinin Dünyadaki Üretimi

Dünyada şu an için var olan alpakaların %98'i halen Güney Amerika'dadır (<http://www.interweaveknits.com> 2012). Alpakalar Peru, Şili ve Bolivya'nın dağlık arazilerinde yaşamaktadır. Dünya alpaka popülasyonunun %80'inden fazlası Peru'nun güneyinde, 3.700-5.000 m yükseklikte Titicaca Gölü'nün kuzeybatısında bulunmaktadır (<ftp://ftp.fao.org>2012). Şekil 2.2'de Güney Amerika'da alpaka liflerinin en yoğun üretildiği yerler görülmektedir.



**Şekil 2.2:** Güney Amerika'da alpaka liflerinin en yoğun üretildiği yerler (<ftp://ftp.fao.org>, 2012)

Binlerce yıldan beri Güney Amerika'da (Peru, Arjantin, Şili, Bolivya) yetiştirilen alpakalar son yıllarda diğer ülkelere de ihraç edilmiştir. Alpaka Sahipleri ve Yetiştiricileri Birliği'ne (Alpaca Owners and Breeders Association) göre alpakalar günümüzde ABD, Kanada, Avustralya, Yeni Zelanda, İngiltere ve birçok diğer ülkede yetiştirilmektedir (Atav 2010).

Her yıl 2 milyon ton lif üretilen yün endüstrisine karşılık alpaka endüstrisi yıllık 4 bin ton lif üretmektedir (<http://www.interweaveknits> 2012). 2001 yılı verilerine göre yağlılı alpaka liflerinin fiyatı 2-10 \$/kg. arasında değişmektedir (Atav 2010).

### **2.3 Alpaka Liflerinin Sınıflandırılması**

Alpakalar ortalama olarak her 18 ayda bir kırılmakta ve her hayvandan yaklaşık 3.5 kg. lif (yavru alpakalardan 3 kg., yetişkin alpakalardan 5 kg.) elde edilmektedir (Dalton ve Franck 2000). Hayvanlardan elde edilen gömlekler önce kum ve toprakları uzaklaştırmak için sililmekte, kolay taşınabilecek tutamlar halinde katlanmakta, daha sonra torbalara doldurulmakta ve zamanla rutubetlenerek ağırlığı artmayacak şekilde hazırlanıp ambalajlanmaktadır. Bunun için gömlekler önce tartılmakta, renklerine göre sınıflandırılmakta ve dereceleri ayırt edilmektedir. Genel olarak alpaka yünleri renklerine göre: beyaz, gri, taba, açık kahverengi, koyu kahverengi, siyah ve karışık olmak üzere yediye ayrılmaktadır (Harmancıoğlu 1974). Tüm alpaka yünlerinin değişik renkleri arasındaki oran genellikle şöyledir;

- % 12'si beyaz,
- % 22'si gri,
- % 15'i açık taba,
- % 15'i açık kahverengi,
- % 23'ü koyu kahverengi,
- % 10'u siyah
- % 10'u karışıktır.

Yukarıda sözü edilen temel renklerin dışında alpakistanın mavimsi gri, karamel rengi, kırmızı, mercan kırığı, kahverengi/beyaz, siyah/beyaz gibi pek çok farklı rengi olabilmektedir (Dalton ve Franck 2000, <http://www.interweaveknits.com> 2012). Moda endüstrisi için daha geniş bir renk aralığında boyanabilen beyaz ve taba renkli alpakistan tercih edilmektedir (<http://www.interweaveknits.com> 2012). Renk çeşitliliği çeşitli ülkelerin alpakistanı arasında da farklılık göstermektedir;

- Bolivya alpakistanı 17,
- Peru alpakistanı 22,
- Kanada alpakistanı 9,
- ABD alpakistanı 7

rengi ayrılmaktadır (<http://www.gatewayalpaca.com/alpaca/assessing> 2012).



Şekil 2.3: Alpaka liflerinin doğal renk skalası (<http://alpacasofmontana.com> 2013)



Yapağular elde edildiği hayvanın yaşına göre yavru (cria) (1 yaşından küçük), “tui” (1-2 yaş arası) ve yetişkin olarak ayrılmaktadır. Daha sonra bunlar hayvandan elde edildiği vücut bölgesine göre;

- (a) birincil yapağı (sırt, yan, omuz ve but kısımları)
- (b) boyun
- (c) diğer kısımlar (göğüs, karın, bacaklar)
- (d) parçalar (baş, baldırlar, kuyruk ve diğer ekstrem parçalar)

olmak üzere 4 sınıfa ayrılmaktadır.

Birincil yapağular da inceliklerine göre;

- yavru (<22  $\mu\text{m}$ )
- çok ince (22,0-24,9  $\mu\text{m}$ )
- orta incelikte (25,0-29,9  $\mu\text{m}$ ) ve
- kalın (>30  $\mu\text{m}$ )

şeklinde derecelendirilmektedir. Çok kalın koruyucu kıllar ve kemp kılları ana partilerden ayrılmaktadır.

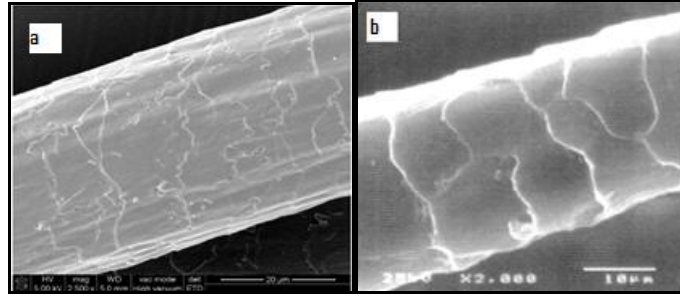
Yapağular, uzunluklarına göre;

- kısa (<60 mm)
- orta (60-120 mm)
- uzun (>120 mm)

şeklinde sınıflandırılmaktadır (Dalton ve Franck 2000).

#### **2.4 Alpaka Liflerinin Mikroskopik Özellikleri**

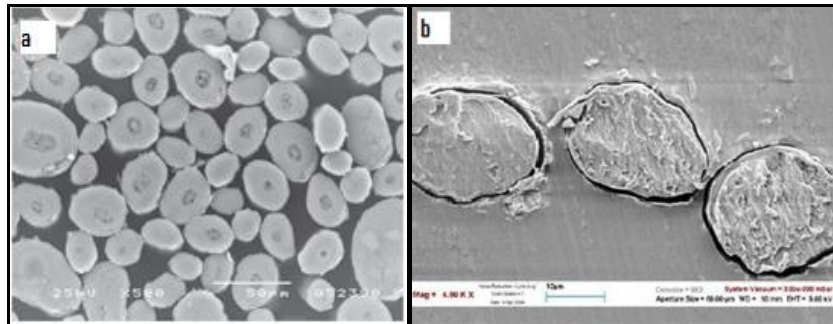
Şekil 2.4’de alpaka liflerinde pul tabakasının görünümü Merinos koyun yünü ile karşılaştırmalı olarak verilmektedir.



Şekil 2.4: Alpaka (a) ve Merinos koyun yününün (b) SEM görüntüleri (Czaplicki 2012)

Şekil 2.4'den görülebileceği gibi alpaka liflerine mikroskop altında bakıldığında koyun yününe kıyasla pul tabakası oldukça daha zayıftır (Czaplicki 2012). **Valbonesi ve ark.(2010)** 20 Huakaya ve 20 Suri türüne ait alpakadan elde ettikleri liflerin 100 µm'deki pulcuk sayısı ve pul yüksekliğini karşılaştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre Suri ile Huakaya arasında belirgin farklılık olduğu ifade edilmiştir. Huakaya ve Suri için 100 µm'deki ortalama pulcuk sayısı sırasıyla 9,11 ve 7,57, pul yükseklikleri ise sırasıyla 0,52 ve 0,47 olarak bulunmuştur. Bu durum, **Tillman ve Tillman(2010)** tarafından yapılan çalışmada da belirtildiği gibi, taramalı elektron mikroskobu analizi ile saptanan 100 µm'deki ortalama pulcuk sayısının Huakaya ve Suri liflerinin birbirinden ayırd edilmesinde kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

Şekil 2.5'de Huakaya ve Suri alpaka liflerine ait enine kesit görüntüleri verilmektedir.

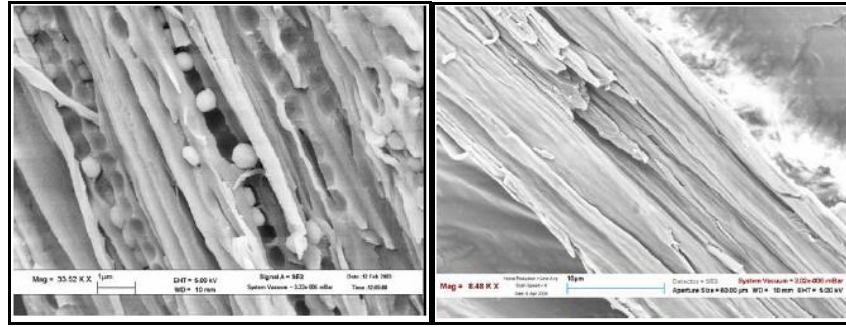


Şekil 2.5:Huakaya (a) (Czaplicki 2012) ve Suri (b) alpaka liflerinin enine kesitleri (Wang ark. 2005)

Şekil 2.5'den görüldüğü gibi, alpaka liflerinin enine kesiti daha çok ovaldir (Harmancıoğlu 1974). Suri liflerinde medulaya rastlanmazken, Huakaya lifleri genelde

medulalıdır (Wang ve ark. 2005). Bu alpaka lifleri arasında medulası bulunmayan lif oranı %10'dan daha azdır. Genellikle liflerin hepsinde (ince liflerde bile) medulanın mevcut olduğu görülmektedir. Çok ince lifler yalnız üst örtü hücreleriyle korteks tabakasından oluşurken, kalın liflerin bazılarında medula oranı %50'nin üstüne bile çıkabilmektedir. Medula yuvarlak veya oval parçalıdır. Parçalı medulaya genelde kalın liflerde ve beyaz liflerde daha çok rastlanmaktadır (Harmancıoğlu 1974). Kalın liflerde medulalı lif oranı ince liflere kıyasla daha yüksektir. Kaba kılların bazılarında medula iki kanallı olarak görülmektedir. Bu durum alpaka liflerinin enine kesitlerinde açıkça belli olmakta ve bunların diğer liflerden ayırt edilmesini sağlamaktadır. Medulalı lifler daha az boya almakta ve bitmiş giyside kendini belli etmektedir. Bunlar ayrıca düşük dayanıma sahip olmaktadır (Atav 2010).

Şekil 2.6'da Huakaya ve Suri alpaka liflerinin ait uzunluğuna görüntüleri verilmektedir.



Şekil 2.6:Huakaya (a) ve Suri (b) alpaka liflerinin uzunluğuna görüntüleri (Wang ve ark. 2005)

Şekil 2.6'dan görüldüğü gibi,Suri alpakanın korteks hücrelerimedulasyon içermeden sıkı bir şekilde lif merkezi boyunca uzanmaktadır. Kütikula, korteks hücrelerini çok yakın bir şekilde kaplamaktadır. Huakaya liflerinde ise medula bulunmakta olup, korteks hücreleri Suri liflerindeki kadar sıkı bir şekilde paketlenmiş halde değildir (Wang ve ark. 2005)

## 2.5 Alpaka Liflerinin Fiziksel Özellikleri

Alpaka liflerinin kalitesini belirleyen parametreler;incelik (çap), uzunluk, renk, temizlik vemedulasyon derecesidir.

Alpaka liflerinin mukavemeti yün gibi diğer doğal liflere kıyasla oldukça üstün olduğu için kalite ve dolayısıyla fiyatı belirleyen parametreler içerisinde yer almamaktadır. Lif uzunluğu önemli bir parametredir, çünkü üreticilerin daha ince ve mukavim iplikler üretmesine imkân sağlamaktadır. Lif incelidikçe uniformite artmaktadır. Bu nedenle, lif inceliği de fiyatı belirlemede bir diğer önemli parametredir (<http://www.alpacas.com> 2011).

➤ ***İncelik***

İyi kalitede alpaka liflerinin çapı yaklaşık olarak 18 ile 25 µm'dir. İnce lifler tercih edildiğinden daha pahalıdır (Atav 2010). 34 µm'den kalın olan lifler ise "lama tipi" olarak nitelendirilmektedir (<http://www.interweaveknits> 2012).

➤ ***Uzunluk***

Huakaya türünden elde edilen liflerin uzunlukları yetişkinlerde 25-30 cm iken, Suri türünden elde edilen liflerin uzunlukları 50-55 cm civarındadır (Dalton ve Franck 2000).

➤ ***Mukavemet***

Alpaka liflerinin mukavemeti tiftiğe yakındır. Yalnız bu liflerde pigmentlerin bulunuşu lif mukavemeti üzerine etki etmektedir. Genellikle siyah pigmentli alpaka lifleri beyaz renkli liflerden daha sağlamdır (Harmancıoğlu, 1974).

➤ ***Ondülasyon***

Hemen hemen örmeciler tarafından kullanılan bütün alpaka lifleri daha fazla kıvrıma sahip olan ve dolayısıyla yüne daha çok benzeyen Huakaya türüne aittir. Suri türüne ait alpaka lifleri ise hemen hemen hiç kıvrıma sahip değildir (<http://www.interweaveknits> 2012). Bu nedenle bunlar dokuma kumaşların üretimine daha uygundur (Atav 2010).

➤ ***Renk***

Alpaka lifleri mavi-siyah, kahverengi-siyah, kahverengi, taba, beyaz, gümüş grisi gibi pek çok renklerde olabilmektedir. Ancak daha geniş bir renk aralığında boyanabilen beyaz alpaka lifleri tercih edilmektedir (<http://www.interweaveknits> 2012).

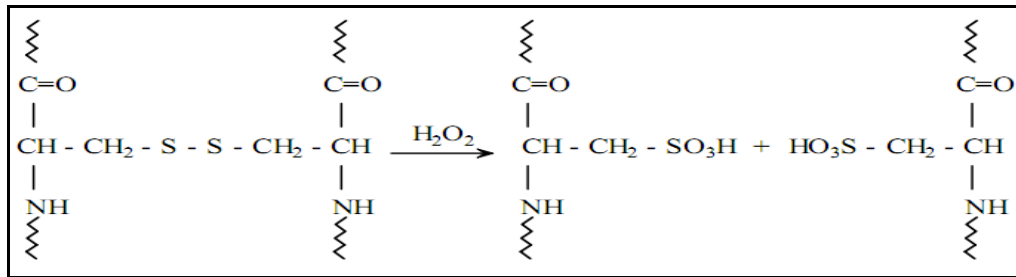
## ➤ Diğer Özellikler

Alpakanın en önemli özelliği ipeğimsi, yumuşak tutumudur. Tutumu pek çok faktör etkilemekle beraber lif inceliği (çapı) en önemlisidir. Alpakanın değerli olmasına yol açan diğer özellikleri arasında parlaklığı, dayanımı, çok sıcak tutması (yapısındaki mikroskobik boyuttaki hava boşlukları sayesinde havayı hapsettiğinden yüne göre 7 kat daha sıcak tutmaktadır), dökümlülüğü, boyayı çok iyi alması ve pillinglenme eğilimi olmaması sayılabilir. Ayrıca merinos yününe göre aşınma dayanımı daha yüksektir (Atav 2010).

Yünün dalamasına karşı hassas olan birçok insan alpakaı rahat bir şekilde giyebilmektedir. Çünkü alpaka liflerinin dış yüzeyindeki pullar daha küçük, daha az belirgin ve birbiri üzerine daha az katlanmış durumdadır. Tüm bunlar alpakaı yüne göre daha yumuşak yapmakta ve aynı zamanda alpakaı parlaklık ve dökümlülük özelliği kazandırmaktadır (<http://www.interweaveknits> 2012).

## 2.6 Alpaka Liflerinin Kimyasal Özellikleri

Alpakalardan elde edilen lifler tiftiğe çok benzemektedir. Liflerdeki yabancı madde miktarı %25'i pek geçmemektedir (Harmancıoğlu 1974). Alpaka lifleri, yün ve diğer hayvansal lifler gibi, disülfür köprülerinin oluşmasına yol açan sistin aminoasidinden yüksek oranda içermektedir. Liflerin mekanik özellikleri büyük ölçüde disülfür köprülerine bağlıdır. Disülfür bağları veya polipeptid zincirleri ağartma maddeleri (yükseltgen veya indirgen), yüksek sıcaklık ve alkali işlemler gibi yaş işlem koşullarından kolaylıkla etkilenebilmektedir. Örneğin, Şekil 2.7'de gösterildiği gibi bir sistin aminoasidi 2 tane sisteik asit oluşturacak şekilde yükseltgenebilmektedir (Liu ve ark. 2004).



Şekil 2.7: Alpaka liflerinde disülfür köprülerinin oksidasyonu (Liu ve ark. 2004)

Metilen mavisi heteroçiklik halka içeren bir tür bazik boyarmaddedir. Bu boya sisteik asitle zayıf asidik ortamda tuz oluşturmaktadır. Lifteki sisteik asit miktarı arttıkça metilen mavisi boyasının alımı da artmaktadır. Bu sayede lifleri metilen mavisi çözültüsüyle muamele ederek sisteik asit miktarını saptamak mümkündür. Sisteik asit, sistin aminoasidinin oksidasyon, yüksek sıcaklık veya diğer kimyasal işlemlerle parçalanması sonucu olduğundan, metilen mavisi ile işlem yapılarak ağartma veya boyama sonrası lifte oluşan hasar tespit edilebilmektedir (Liu ve ark. 2004).

Alpaka gibi ince hayvansal lifler iç kortikal hücreler ve dış kütikula hücrelerinden oluşmaktadır. Boyacı için önemli olan dış tabakanın (yani kütikulanın) şekli ve yapısıdır. Kütikula da kendi içinde ekzokütikula, endokütikula ve epikütikula olmak üzere üç kısma ayrılmaktadır. Ekzokütikula, kütikuladaki sistin aminoasitlerinin en büyük kısmını içermektedir. Endokütikula hücreleri düşük miktarda sistin aminoasidi içermektedir. Bu hücreler enzim tarafından parçalanabilmektedir. Düşük sistin içeriği endokütikulayı ekzokütikulaya göre kimyasal etkilere karşı daha hassas yapmaktadır. Epikütikula hücreleri ise kimyasal açıdan inert olan ince bir hidrofobik membrana sahiptir. Bu dayanıklı membran asitler, alkaliler, proteolitik enzimler, yükseltgen ve indirgen maddeler gibi kimyasallarla işlem sırasında lifin en son çözünecek kısmıdır (Wang ve ark. 2003, Liu ve ark. 2004).

## **2.7 Alpaka Liflerinin Terbiye İşlemlerine İlişkin Önceki Çalışmalar**

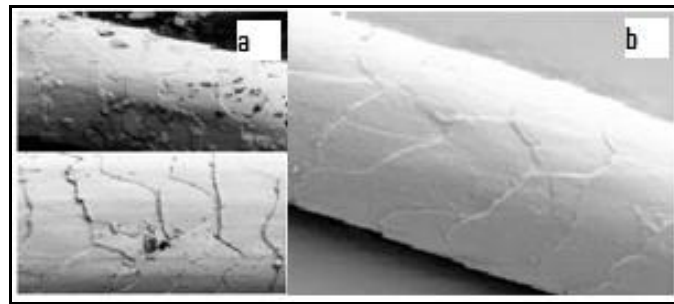
Alpaka lifleri lanolin gibi doğal yağ içermedikleri (veya çok az içerdikleri) için yapağın sıcak sabunlu suyla yıkanması gerekemeyebilmektedir. Elle eğirme işlemi gerçekleştiren üreticilerin çoğu alpakayı yıkamadan iplik yapmakta, daha sonra ipliği yıkamaktadır. Bazı üreticiler ise kir, yağ gibi maddeleri uzaklaştırmak için yıkama işlemini elyaf halindeyken yapmaktadır. Alpakalar sabunlama-durulama-sabunlama-durulama-durulama olmak üzere toplam 5 banyolu olarak yıkanabilmektedir. Yıkama banyolarının sıcaklıkları alpakanın cinsine, lif tipine ve diğer faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir. Yıkama sonrası yağ içeriğinin %0,5'in altında olması idealdir. Liflerin düzgün bir şekilde kurutulması ve aşırı kurutma yapılmaması çok önemlidir. Liflerde kalan nem miktarı %25'in üzerinde olursa mantar üremekte, %7,5'un altına düşerse lifler kırılmakta ve proses zorlaşmaktadır (Atav 2013).

**Wang ve ark. (2003)** “alpaka liflerinin kalite ve işlem performansları” konulu projede, Avustralya’daki alpaka lifi endüstrisi, alpaka liflerinin özellikleri, temizlemesi, ağartılması, boyanması, kıllardan ayrılması ve diğer liflerle harmanlanması gibi birçok parametreyi incelemişlerdir. Yeni ön yıkama rejimleri araştırarak yüzeydeki kirlerin uzaklaştırılmasını koyun yünü ile kıyaslamalı olarak incelemişlerdir. Araştırmaya göre liflerde bulunabilecek kirlilikler ve miktarları Çizelge 2.1’de verilmektedir.

**Çizelge 2.1:** Liflerde bulunabilecek kirler ve miktarları (Wang ve ark. 2003)

| Bileşimi    | Merinos Yünü | Alpaka |
|-------------|--------------|--------|
| Lif (%)     | 49           | 75-82  |
| Kir (%)     | 19           | 3-10   |
| Su (%)      | 10           | 12     |
| Lanolin (%) | 6            | 1      |
| Yağ (%)     | 16           | 1-3    |

Çizelge 2.1’den de görülebileceği gibi alpaka liflerindeki kir ve yağ miktarı yüne göre oldukça daha düşüktür. Çalışmada alpaka liflerinin kirlilik miktarları SEM fotoğraflarıyla da (Şekil 2.8) görüntülenerek yıkama rejimlerinin lif temizliğindeki etkileri gösterilmiştir (Wang ve ark. 2003).



**Şekil 2.8:** Kirli koyu kahverengi alpaka lifi (a) ve yıkanmış kahverengi alpaka lifi (b) (Wang ve ark. 2003)

**Wang ve ark. (2003)** alpaka liflerinin beyaz ya da renksiz olanlarının daha değerli olduğunu belirttikleri çalışmalarında, kahverengi ya da koyu kahverengi olan liflerin ağartılarak orta ve koyu renklere boyanabildiğini belirtmişlerdir. Yaptıkları çalışmalarda ıslatıcıların ve deterjanların ağartma işleminde kayda değer bir öneme sahip olduklarını

belirterek, ıslatıcıların hava boşlukları ile yer değiştirerek penetrasyonu kolaylaştırdığı ve deterjanların da partikül ve kirlerin süspansiyon yoluyla uzaklaştırılmasına katkıda bulunduğunu belirtmişlerdir.

**Liu ve ark. (2003)** peroksitle seçimli ağartma işlemi uygulayarak kahverengi alpaka liflerinin renginin açılması üzerinde çalışmışlardır. İki yükseltgen ağartma yönteminin renk giderme etkinliği ve lif özellikleri üzerine etkilerini karşılaştırmışlardır. Birinci ağartma yöntemi, çok az yüzey modifikasyonu, %5,8 ağırlık ve %2,4 mukavemet kaybı göstermiştir. D1925 sarılık indeksi 83,1'den 74,3'e düşmüş ve ortadan koyu renklere kadar boyama için iyi bir zemin hazırlanmıştır. İkinci ağartma yöntemi ise kayda değer bir yüzey modifikasyonu, %7,8 ağırlık ve %18 mukavemet kaybına neden olmuştur. Bu işlem ayrıca ortalama lif çapında 1,9 mikronluk bir incelmeye neden olmuştur. Sarılık ise 83,1'den 64,45'e düşmüş ve orta ile koyu renkler için çok iyi bir zemin elde edilmiştir. Birinci yöntem ikinciye göre metal kompleks boya olan Lanaset Violet B ile daha iyi bir verim sağlamıştır. İkinci yöntemin yıkama haslığı gri skalaya göre birinci yöntemden bir birim daha kötü çıkmıştır. İkinci yöntem açık renklere çok daha iyi bir renk berraklığı sağlamış olsa da, bitmiş üründe yıkama haslığı yeterince iyi çıkmamıştır. Birinci yöntem daha zayıf bir berraklık göstermiş, ancak yıkama haslığı açısından daha iyi sonuçlar sergilemiştir.

**Liu ve ark.(2004)** kahverengi alpaka toplara iki farklı ağartma yöntemi ile seçimli ağartma işlemi uygulamışlardır. Birinci yöntem "Modifiye geleneksel demir-II mordan sistemi", ikinci yöntem ise "radikal demir-II mordan sistemi" olarak adlandırılmıştır. İki yöntem arasındaki fark; peroksit konsantrasyonu (birinci yöntemde kullanılan perkoksit miktarı ikinci yöntemin yarısı kadar), ağartma kimyasalları, ağartma süresi, ağartma pH'ı ve durulama prosesidir. Her iki ağartma yöntemi de toplardaki renk parlaklığı ve berraklığını geliştirmiştir. Birinci yöntem ikinci yönteme kıyasla daha düşük bir parlaklık ve berraklık artışına yol açmıştır. Birinci yöntemde göre ağartılmış olan lifler, ikinci yöntemde göre ağartılmış olanlara göre daha az zarar görmüştür. Alpaka liflerinin ağartılması ve ardından boyanması ipliklerde mukavemet ve uzama değerinde düşüşe yol açmaktadır. İkinci yöntemde göre ağartmadan sonra lif çapındaki 2,3 µm'lik düşüş, iplik enine kesitindeki lif sayısında artışa neden olmuştur. Bu da iplik mukavemetinde ve tüylenmede artışla sonuçlanmaktadır. İkinci yöntemde görülen lif hasarındaki artışın aynı zamanda ağartılmış ve ağartılıp tops halinde boyanmış ipliklerin daha yüksek tüylülüğüne de yol açtığı belirtilmiştir. Bu çalışmada elde edilen bulgulara dayanarak, lif hasarını azaltmak için daha düşük konsantrasyonda



hidrojenperoksit kullanılabileceği (birinci ağartma yönteminde olduğu gibi), ama yine de renkli alpaka liflerinin boyanması için açık renkli bir zemin elde edilebileceği ifade edilmiştir.

## 2.8 Alpaka Liflerinin Kullanım Alanları

Alpaka lifleri yerli halk tarafından kullanılan çok basit ve ucuz giysilerden takım elbiseler gibi sofistike, pahalı ürünlere kadar çok çeşitli ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır (Atav 2010). Alpaka liflerinin en temel kullanım alanı örme giysiler ve hafif takım elbiseliklerdir. En büyük pazarlar ABD, Japonya ve İtalya'dır. Ayrıca İspanya, Bolivya, Kolombiya ve İngiltere önemli miktarda dokuma kumaş, Avustralya ve Arjantin ise önemli miktarda örme giysi ithal etmektedir (Dalton ve Franck 2000).

Kullanım alanlarını genişletmek için alpaka lifleri diğer liflerle, özellikle de yünle, karıştırılmaktadır. %70 alpaka %30 yün içerecek şekilde yapılan karışım, liflerin yumuşaklık, ipeğimsi tutum, dökümlülük, dayanıklılık ve sıcak tutma özelliklerini olumsuz etkilemeden alpakanın en önemli eksikliği olan elastikiyeti sağlamaktadır. Alpakayla yaygın olarak karıştırılan diğer lifler tiftik (ilave parlaklık ve mukavemet sağlar), ipek (parlaklık sağlar) ve pamuktur (alpakanın sıcak tutma özelliğini azaltır ve böylece her sezon giyilebilen giysi üretimini mümkün kılar) (<http://www.interweaveknits> 2012). Şekil 2.9'da alpaka liflerinden üretilmiş çeşitli ürünler görülmektedir.



Şekil 2.9: Alpaka liflerinden üretilmiş çeşitli ürünler(<http://www.alpaca-stuff.co.uk/beanie-hat> 2014)

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Denemelerde; yıkanmış boyamaya hazır biri Huakaya diğeri Suri olmak üzere 2 farklı cins alpaka lifi kullanılmıştır. Ancak çalışmanın başlangıç bölümü olan alpaka liflerinin boyanma karakteristiklerinin saptanması kısmında koyun yünü referans alınmış olduğundan çalışmada ayrıca yün lifi de kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan liflere ait özellikler Çizelge 3.1’de verilmektedir.

Çizelge3.1: Denemelerde kullanılan liflere ait özellikler

| Lif        | İncelik ( $\mu\text{m}$ ) | Mukavemet (CN) | Uzama (%) | Beyazlık Derecesi (Berger) |
|------------|---------------------------|----------------|-----------|----------------------------|
| Huakaya    | 25                        | 10,01          | 41,89     | 30,95                      |
| Suri       | 26,5                      | 10,16          | 31,36     | 17,68                      |
| Koyun Yünü | 25,5                      | 9,04           | 27,81     | 16,47                      |

Alpaka liflerinin boyanma özelliklerinin yün ile karşılaştırılmasına ilişkin deneylerden sonra, diğer bölümlerdeki çalışmalarda Nm 30/2 %100 Huakayaalpaka (lif inceliği: 22,65  $\mu\text{m}$ ) iplikten örülmüş süprem kumaş ( $190 \text{ g/m}^2$ , beyazlık derecesi: 11,68 Berger) kullanılmıştır.

Tüm denemeler saf su kullanılarak 1:30 flote oranında gerçekleştirilmiştir. Boyama işlemlerinde Çizelge 3.2’de verilen dinkleme tipi asit, 1:2 metal kompleks ve reaktif boyarmaddeler kullanılmıştır.

Çizelge3.2: Denemelerde kullanılan boyarmaddeler

| Boyarmadde Sınıfı  | Ticari Adı              | Üretici Firma | C.I. No              |
|--------------------|-------------------------|---------------|----------------------|
| Dinkleme Tipi Asit | Telon Blue M-RLW        | Dystar        | C.I. Acid Blue 204   |
| 1:2 Metal Kompleks | Isolan Dark Blue 2S-GL  | Dystar        | C.I. Acid Blue 193   |
| Reaktif            | Realan Golden Yellow RC | Dystar        | -                    |
|                    | Realan Red RC           | Dystar        | -                    |
|                    | Realan Blue RC          | Dystar        | -                    |
|                    | Lanasol Red 5B          | Hunstman      | C.I. Reactive Red 66 |

Denemelerde bu boyarmadde sınıflarının kullanılmasının nedeni günümüzde yün boyamacılığında en yaygın kullanılan boyarmadde sınıfı olmalarıdır. Bilindiği gibi egaliz tipi asit boyarmaddeleri küçük moleküllü olmaları nedeniyle yaş haslıklar açısından müşteri beklentilerini karşılayamamakta, krom boyarmaddeleri mordan kullanılması gerekliliği nedeniyle çevre açısından sakınca yaratmaktadır. 1:1 metal kompleks boyarmaddeleri ise düzgün boyama eldesi için çok kuvvetli asidik ortama gereksinim duymaktadır ki; yün lifleri için bile bazı durumlarda sakıncalara (liflerin kırılmaşması gibi) yol açan bu koşullarda boyama yapılması alpaka gibi hassas bir lif için uygun olmayacaktır.

Alpaka liflerinin boyanma özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla yapılmış olan bu tez projesi esas olarak dört ana aşamadan oluşmaktadır.

- **Birinci aşamada**, alpaka liflerinin çeşitli boyarmadde sınıflarıyla boyanmasındaki boya alım hızları, boyamada elde edilen renk ve haslık özellikleri yün lifi referans alınarak karşılaştırılmıştır.

- **Çalışmanın ikinci aşamasında**, alpaka liflerinin boyanma özelliklerini geliştirmek ve liflerin düşük sıcaklıklarda boyanabilirliğini sağlamak amacıyla liflerin boyama öncesi katyonikleştirilmesi üzerinde çalışılmıştır.

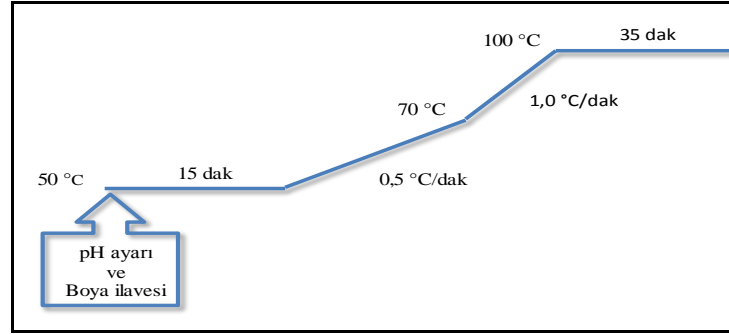
- **Çalışmanın üçüncü aşamasında**, çeşitli yardımcı maddelerin kullanımı yoluyla alpaka liflerinin boyanma düzgünlüğünün geliştirilmesi üzerinde durulmuştur.

- **Çalışmanın dördüncü aşamasında** ise, liflere çeşitli modifikasyonlar uygulayarak liflerin boyanmasında “bicolor” ve “multicolor” efektlerin eldesi amaçlanmıştır.

### **3.1 Alpaka Liflerinin Boyanma Özelliklerinin Yün ile Karşılaştırılması**

Bilindiği gibi alpaka lifleri de protein lifi olmalarından dolayı, yün ile benzer boyanma özelliğine sahiptir ve yünü boyayan boyarmaddelerle boyanabilmektedir. Bu deney grubunda yün boyamacılığında kullanılan asit, 1:2 metal kompleks ve reaktif boyarmaddelerle bu liflerin aynı koşullarda yapılan boyama sonuçları, boyarmadde alım hızları, renk verimleri, elde edilen rengin nüansı ve boyamada elde edilen haslıklar açısından yün lifi referans alınarak karşılaştırılmıştır.

Bu amaçla 1:30 flotte oranında %3'lük koyulukta Termal HT laboratuvar boyama cihazında Şekil 3.1'de verilen grafiğe göre boyamalar yapılmıştır. Boyama pH'ı dinkleme tipi asit boyarmaddesi ile 1:2 metal kompleks boyarmadde için 5,5 (CH<sub>3</sub>COOH ile) ve reaktif boyarmadde için 4,5 (CH<sub>3</sub>COOH ile) olarak seçilmiştir.



Şekil 3.1:Denemelere ilişkin boyama grafiği

Boyama işlemlerinde her bir deney için 6 eşdeğer boyama numunesi cihaza girilmiş ve her 20 dakikada bir tüplerden biri çıkartılmıştır. Böylece boyama süresi boyunca 20.-40.-60.-80.-100.-120. dakikalara ait boyalı numuneler elde edilmiştir. Daha sonra boyanmış lif numunelerinin spektrofotometre ile renk verimleri (K/S) ve CIEL\*a\*b\* değerleri ölçülmüştür. Bu renk verimi değerlerinden her bir numune için zamana bağlı boyamada elde edilen renk verimi eğrisi çıkartılmıştır. Ayrıca numunelere yıkama, sürtme ve ışık haslığı testleri yapılmıştır.

### 3.2 Alpaka Liflerinin Boyanma Özelliklerinin Geliştirilmesine ve Liflerin Düşük Sıcaklıklarda Boyanabilirliğinin Sağlanması

Bilindiği gibi yün lifleri genel olarak kaynama sıcaklığında boyanmaktadır. Ancak, oldukça narin olan alpaka lifleri kaynama sıcaklığındaki uzun süreli boyama işlemlerinden zarar görmektedir. Bu nedenle, boyama işlemlerinde liflerin özelliklerini olumsuz yönde etkilememek için kaynama noktasının altındaki sıcaklıklarda çalışılması gerekmektedir. Bu durumda, lifler tarafından alınacak boyarmadde miktarı azaldığından hem elde edilecek renk verimi düşmekte hem de flottede kalan boyarmadde miktarı arttığından atık yükü fazlaşmaktadır. Bu ise; boyacılık açısından istenmeyen bir durumdur. Alpaka liflerinin verim kaybına yol açılmadan daha düşük sıcaklıkta boyanabilmesi için çalışmanın bu bölümünde, liflere boyama öncesi katyonikleştirme işlemi yapılması üzerinde çalışılmıştır.

Katyonik maddelerle ön işlem uygulayarak pamuk liflerine amin gruplarının eklenmesi ve böylece liflerin boyanma özelliklerinin modifikasyonu üzerine çalışmalar yapıldığı bilinmektedir. Bu düşünceden hareketle, bu deney grubunda alpaka liflerine boyama öncesi ön işlem olarak çeşitli ürünlerle katyonikleştirme işlemi uygulanmış ve liflerin anyonik boyarmaddelerle boyanma özellikleri geliştirilmeye çalışılmıştır. Anyonik boyalar protein liflerinin yapısında asidik ortamda oluşan (+) yüklü amonyum grupları üzerinden liflere bağlanmaktadır ki; katyonik maddelerle yapılan ön işlem sonucu liflerdeki amino grubu sayısının artmasının, liflerin boyanma özelliklerini geliştirmesi beklenmektedir. Zaten **Atav (2009)** tarafından yapılan doktora çalışmasında tiftik ve angora liflerine boyama öncesi katyonikleştirme işlemi yapılması durumunda liflerin boyanma özelliklerinin geliştiği ve daha düşük sıcaklıklarda boyanabilir hale geldiği ortaya konulmuştur.

Bu amaçla piyasada yaygın olan polietilenpoliamin bileşiği esaslı ürünlerden bir tane (Albafix ECO) ve poliaminoklorhidrin kuarternaramonyum bileşiği esaslı olan ürünlerden bir tane (Albafix E) alınmıştır. Katyonikleştirme işleminin optimizasyonu için katyonikleştirme maddesi ile kumaş arasındaki etkileşimi etkileyecek dört faktör: pH, konsantrasyon, sıcaklık ve süre (Çizelge3.3) incelenmiştir. Bu faktörlerden her biri üç düzey içerecek şekilde deneme planları oluşturulmuştur. Bu ürünlerden poliaminoklorhidrin kuarternaramonyum bileşiği esaslı olan Albafix E'nin protein lifi ile reaksiyona giren epoksi forma dönüştürülmesi için (aktive edilmesi için) kostikle pH'ı 8'e ayarlanmış, ondan sonra bu ürün flotteye gereken miktar kadar eklenmiştir.

**Çizelge3.3:** Katyonikleştirme denemelerinde kullanılan faktörler ve seviyeleri

| Faktörler         | Seviyeler |    |    |
|-------------------|-----------|----|----|
|                   | 1         | 2  | 3  |
| pH                | 5         | 7  | 9  |
| Konsantrasyon (%) | 3         | 6  | 9  |
| Sıcaklık (°C)     | 50        | 70 | 90 |
| Süre (dak.)       | 10        | 20 | 30 |

Deneme desenine göre üretilen deney numuneleri ile işlemsiz numune 80°C'da standart bir reçete ile Telon M-RLW (C.I. Acid Blue 204) boyarmaddesi kullanılarak önceki

bölümlerde verilen reçete ve boyama grafiğine göre %3'lük koyulukta boyanmış ve elde edilen sonuçlar kendi arasında karşılaştırılmıştır.

Bu denemeler sonucunda en iyi katyonikleştirme maddesi ile bu ürüne ait en uygun aplikasyon koşulu (pH, konsantrasyon, sıcaklık ve süre olarak) saptanmıştır. Bundan sonra en iyi sonuçların alındığı koşullarda işlem görmüş liflerin fonksiyonel gruplarında meydana gelen değişimleri saptamak amacıyla FTIRölçümleri yapılmıştır. Ayrıca optimum koşullarda işlem görmüş ve boyanmış numunenin boyama düzgünlüğü test edilmiştir.

Daha sonra katyonikleştirme işlemi görmüş liflerin boyanabilirliğinin en çok hangi boyarmadde sınıfı için geliştirilebildiğini saptamak için işlem görmüş ve işlemsiz kumaşlar dinkleme tipi asit, 1:2 metal kompleksve reaktif boyarmaddelerle %3'lük koyulukta 80°C'da boyanmış ve elde edilen renk verimleri 100°C'da boyanmış işlemsiz numuneninkiyle karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre katyonikleştirme ön işleminin en çok reaktif boyarmaddelerde fayda sağladığı tespit edilmiş olduğundan, trikromiye ait sarı, kırmızı ve mavi boyarmaddelerle Şekil 3.1'de verilen grafiğe göre 80, 90 ve 100°C'da %3'lük boyamalar yapılmıştır. Daha sonra boyanmış kumaş numunelerinin spektrofotometre ile renk verimleri (K/S) ölçülmüş ve numunelere yıkama, sürtme ve ışık haslığı testleri yapılmıştır. Bunun ötesinde katyonikleştirme maddesi ile ön işlem sonrası daha düşük sıcaklıkta (90°C) boyanmış numunenin mukavemetinde ön işlem yapılmadan kaynama sıcaklığında (100°C) boyanmış numuneye göre herhangi bir bozulma olup olmadığını saptamak amacıyla, 100°C'da kör flotte ile muamele edilmiş işlemsiz numune ile katyonikleştirme ön işlemi sonrası 90°C'da kör flotte ile muamele edilmiş numunelere patlama mukavemeti testi uygulanmıştır.

### **3.3 Alpaka Liflerinin Boyanma Düzgünlüğünün İyileştirilmesi**

Bilindiği gibi protein liflerinde düzgün boyama eldesi için kullanılan en temel kimyasal madde egaliz maddeleridir. Bunların dışında, düzgünlüğü desteklemek amacıyla kullanılacak bir diğer kimyasal madde de tuzlardır. Ancak flotteye tuz ilavesi ortam pH'ına bağlı olarak boyarmadde alımını frenleyebildiği gibi, arttırabilmektedir de. Liflerin iso-iyonik noktalarının altındaki pH bölgesinde (pH<5) flotteye tuz ilavesi boyarmadde alımını frenleyici, iso-iyonik noktanın üzerindeki pH bölgesinde (pH>5) ise flotteye tuz ilavesi boyarmadde alımını arttırıcı yönde etki göstermektedir. Bu nedenle, alpaka liflerinin

pH<5 bölgesinde boyandığı bir boyarmadde sınıfı olan reaktif boyarmadde ile çalışılmıştır. Lanazol Red 5B (C.I. Reactive Red 66) boyarmaddesi ile pH 4,5’da yardımcı madde kullanılmadan ve %2 anyonik egaliz maddesi veya %10 sodyum sülfat kullanılarak Şekil 3.1’de verilen grafiğe göre üç farklı boyama işlemi gerçekleştirilmiştir. Egaliz maddelerinin çeşitli tipleri olmasına karşın denemelerde anyonik egaliz maddesi tercih edilmiş olmasının sebebi, liflere affin olan bu egaliz maddelerinin etki mekanizmalarının tuzlarla benzer olmasıdır. Zira tuz anyonları flottede boyarmadde anyonları ile rekabet ederek boyarmadde moleküllerinden önce liflerin fonksiyonel gruplarına bağlanıp frenleme etkisi göstermektedir. Bu nedenle, boyarmaddeye affin non-iyonik egaliz maddeleri yerine, liflere affin anyonik egaliz maddeleri kullanılması tercih edilmiştir. Bu deney grubunda boyama koyuluğu olarak %1 seçilmiştir. Bunun nedeni düzgünsüzlük sorunuyla daha ziyade açık ve orta tonlarda karşılaşılmasıdır..

Boyama işlemi sırasında flottelerden her 20 dakikada bir numune alınmış ve absorbans değerleri ölçülmüştür. Her deney için ilk numuneye ait absorbans değeri 100 kabul edilerek diğer numunelerin bağıl (%) absorbans değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler 100’den çıkartılarak % boyarmadde alım değerleri elde edilmiş ve bunlar kullanılarak zamana bağlı lifler tarafından alınan boyarmadde eğrileri çıkartılmıştır. Böylece boyamada egaliz maddesi veya tuz kullanılması durumunda liflerin boya alım hızı ve miktarının değişimisantmıştır.

### **3.4 Alpaka Liflerinin Boyanmasında “Bicolor” ve “Multicolor” EfektlerinEldesi**

Bu amaçla alpaka liflerine, liflerin anyonik boyarmaddelere karşı affinitesini değiştiren biri katyonikleştirme diğeri oksidatif işlem olmak üzere 2 farklı ön işlem uygulanmıştır. Katyonikleştirme işlemi gören liflerin anyonik boyarmaddelere karşı affinitesi artacağından işlemsiz liflere göre aynı banyoda daha koyu boyanması beklenmektedir. Buna karşın, oksidatif ön işlem gören liflerin ise yapılarındaki anyonik grupların sayısı artacağından anyonik boyarmaddelere karşı affinitelerinin düşmesi ve aynı banyoda işlemsize göre daha açık boyanmaları beklenmektedir. Böylece işlemsiz lifler ile, katyonikleştirme işlemi veya oksidatif ön işlem görmüş liflerden elde edilen ipliklerden üretilmiş bir kumaş boyandığında **“bicolor efekt”** yani aynı rengin iki farklı tonu elde edilebilecektir. Bunun ötesinde işlemsiz lif, katyonikleştirme ön işlemi görmüş lif ve oksidatif ön işlem görmüş liflerden elde edilen ipliklerden üretilmiş bir kumaş boyanırsa aynı rengin 3 farklı tonu yani **“multicolor efekt”** elde edilmiş olacaktır.

Boyamada multicolor efekt eldesi amacıyla öncelikle kumaşlara çeşitli konsantrasyonlarda katyonikleştirme ön işlemi ile oksidatif ön işlemler uygulanmıştır. Katyonikleştirme işlemi Bölüm 3.2’de belirlenen optimum reçeteye göre (poliaminoklorhidrin kuarterneramonyum bileşiği esaslı ürün kullanılarak pH’ı 7’ye ayarlanmış flottede 90°C’da 20 dak. işlem) %2,5-5-7,5-10 olmak üzere 4 farklı konsantrasyonda gerçekleştirilmiştir. Oksidatif ön işlem ise hidrojen peroksitle%0,5-1-1,5-2’lik konsantrasyonlarda 50°C’da 20 dak. süreyle yapılmış, ardından numuneler durulanmıştır.

Ön işlemlenmiş numuneler hazırlandıktan sonra eşit gramajlı

- işlemsiz kumaş ile 4 farklı konsantrasyonda katyonikleştirme ön işlemi görmüş kumaşlar
- işlemsiz kumaş ile 4 farklı konsantrasyonda oksidatif ön işlem görmüş kumaşlar
- işlemsiz kumaş, %5’lik konsantrasyonda katyonikleştirme işlemi ve %2’lik konsantrasyonda oksidatif ön işlem görmüş kumaşlar

aynı banyoda %3’lük koyulukta Lanazol Red 5B (C.I. Reactive Red 66) boyarmaddesi ile pH 4,5’da yardımcı madde kullanmadan Şekil 3.1’de verilen grafiğe göre boyanmış ve daha sonra bunların spektrofotometre ile renk verimleri (K/S) ve CIEL\*a\*b\* değerleri ayrı ayrı ölçülerek aralarındaki farklılık saptanmıştır. Böylece aynı banyoda 2 yada 3 farklı koyuluk ve/veya tonda boyama yapıp yapılamayacağı ortaya konulmuştur.

### **Numunelere Uygulanan Test ve Analizler**

- ✓ **Renk ölçümü:** Numunelerin remisyon (%R) değerlerinin ölçümleri D65 gün ışığı altında, 10° gözlem açısıyla Özen Mensucat Boya Terbiye İşletmeleri A.Ş. laboratuvarlarında bulunan Datacolor marka SF-600 Plus C-T model spektrofotometrede yapılmıştır. 400-700 nm’lik spektral bölgede ve maksimum absorpsiyon (minimum remisyon) dalga boyunda ölçülen remisyon (%R) değerleri ile Kubelka-Munk eşitliğinden faydalanılarak renk verimi (K/S) değerleri hesaplanmıştır.

$$K/S = (1 - R)^2 / 2 * R \quad (3.1)$$

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

K = Absorpsiyon katsayısı

S = Yansıma katsayısı



Spektrofotometre ile numunelerin ayrıca CIEL\*a\*b\* değerleri de 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)

✓ **Düzensizlik değerinin tespiti:** Boyama düzensizliği tespit edilmek istenen kumaşların 20 farklı yerinden ölçülen remisyon (%R) değerleri ile Kubelka-Munk eşitliğinden faydalanılarak renk verimleri (K/S) hesaplanmış ve aşağıdaki formülden yararlanılarak düzensizlik değerleri (D) tespit edilmiştir.

$$D = 1 - \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{K/S_i}{K/S} - 1 \right)^2}{n-1}} \quad (3.2)$$

D = Boyama düzensizliği (%) (D=1 için boyama %100 düzgün, D=0 için boyama tamamen düzensiz)

K/S = Renk verimi

n = Ölçüm sayısı

✓ **Beyazlık derecesi ölçümü:** Denemelerde kullanılan Huakaya alpaka, Suri alpaka ve yün lifleri ile Huakaya alpakadan yapılmış iplikten örülmüş kumaşın beyazlık dereceleri Berger'e göre Özen Mensucat Boya Terbiye İşletmeleri A.Ş. laboratuvarlarında bulunan Datacolor marka SF-600 Plus C-T model spektrofotometrede ölçülmüştür.

✓ **Absorbans değerlerinin ölçümü:** Boyamada tuz ve egaliz maddesi kullanımının etkilerini saptamak amacıyla liflerin zamana bağlı boya alım eğrisini çıkartmak için yapılan denemelerde flottelerden alınan numunelerin absorbans değerleri Namık Kemal Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında bulunan Aquamate UV-VIS Spectrophotometer ile maksimum absorpsiyon dalga boyunda ölçülmüştür.

✓ **Yıkamaya karşı renk haslığı tayini:** Boyanmış numunelerin yıkamaya karşı renk haslığı tayini TS-7584'e (ISO-105 C06) göre yapılmıştır. Yıkama haslığı tayini için bir yüzüne multifiber dikilmiş olan numune, 40°C'da 30 dakika süreyle 4 g/L'lik deterjan çözeltisiyle işleme tabi tutulmuş ve gri skala ile değerlendirilmiştir.

✓ **Sürtünmeye karşı renk haslığı tayini:** Boyanmış numunelerin sürtünmeye karşı renk haslığı tayini TS-717'ye (ISO 105-X12) göre sürtünme test cihazı (kumaş numuneleri için

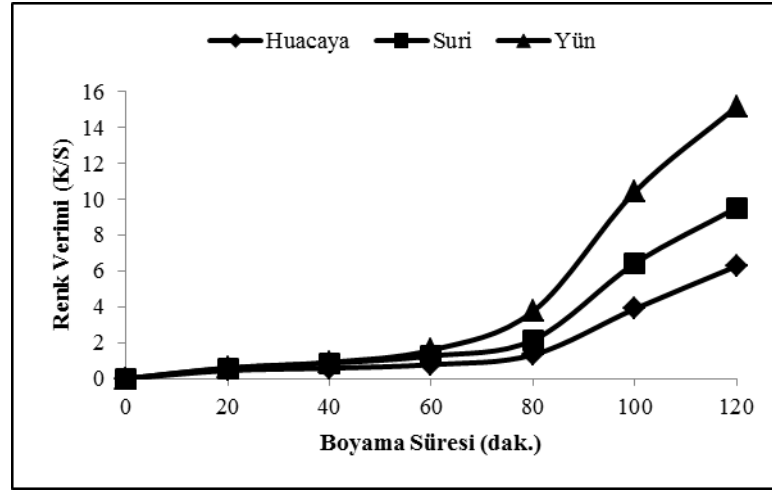
Prowhite marka crockmeter, lif numuneleri için SDL Atlas marka rotary crockmeter) ile kuru ve yaş olarak yapılmış ve gri skala ile değerlendirilmiştir.

- ✓ **İşığa karşı renk haslığı tayini:** Boyanmış numunelerin ışığa karşı renk haslığı tayini TS-1008'e (ISO 105 B02) göre yapılmış ve mavi skala ile değerlendirilmiştir.
- ✓ **Lif inceliğinin tespiti:** Denemelerde kullanılan liflerin incelik değerleri YÜNSA A.Ş. firması laboratuvarlarında bulunan OFDA test cihazında ölçülmüştür.
- ✓ **Lif mukavemeti ve uzama değerlerinin tespiti:** Denemelerde kullanılan liflerin mukavemet ve uzama değerleri YÜNSA A.Ş. firması laboratuvarlarında bulunan Prowhite marka tek lif mukavemet ölçüm cihazında ölçülmüştür.
- ✓ **Patlama mukavemetinin tespiti:** Örme kumaş numunelerine BS EN ISO 13938-2:1999 standardına göre Özen Mensucat Boya Terbiye İşletmeleri A.Ş. laboratuvarlarında bulunan Messmer Büchel marka test cihazında patlama mukavemeti testi uygulanmıştır.
- ✓ **Fourier dönüşümlükızılötesi spektroskopisi(FTIR) ölçümü:** Katyonikleştirme işlemi sonucu liflerin fonksiyonel gruplarında meydana gelen değişimleri saptamak amacıyla Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (NABİLTEM) bulunanBruker marka Vertex 70 ATR model Fourier dönüşümlü kızılötesi spektrofotometresi kullanılarak numunelerin FTIRölçümleri yapılmıştır.
- ✓ **Kimyasal Analizler için Elektron Spektroskopisi (ESCA) analizleri:** Katyonikleştirme işlemi sonrası liflerin yüzey karakteristiklerinde meydana gelen değişimleri saptamak amacıyla ODTÜ merkezi laboratuvarlarında bulunan PHI 5000 VersaProbemodelX-Işını Fotoelektron Spektrometresi (XPS) ile ESCA analizleri yapılmıştır.
- ✓ **Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) analizi:** Katyonikleştirme işlemi sonrası liflerin yüzey yapısında bir değişim meydana gelip gelmediğini saptamak amacıyla Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (NABİLTEM) bulunan FEİ marka Quanta FEG 250 model taramalı elektron mikroskobu kullanılarak numunelerin SEM fotoğrafları çekilmiştir.

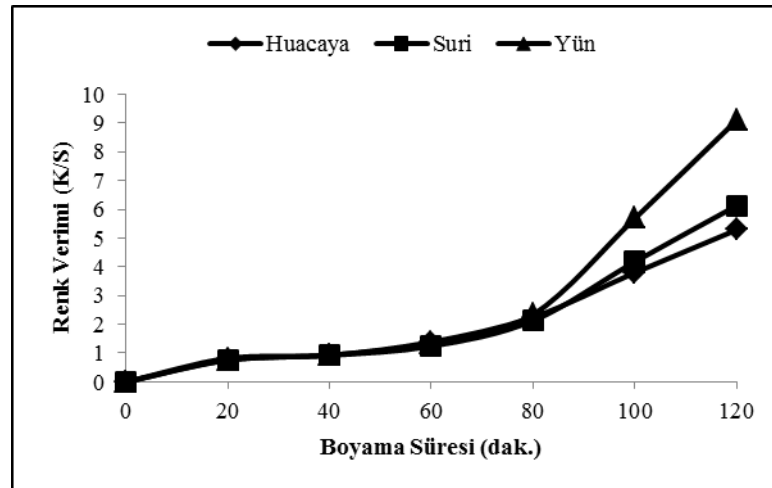
## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

### 4.1 Alpaka Liflerinin Boyanma Özelliklerinin Yün ile Karşılaştırılmasına İlişkin Sonuçlar

Huacaya ve Suri alpakalar ile yün liflerinin 3 farklı sınıfa ait boyarmaddelerle yapılan %3'lük boyamalarına ait zamana bağlı renk verimi (K/S) eğrileri Şekil 4.1-4.3'de verilmektedir.

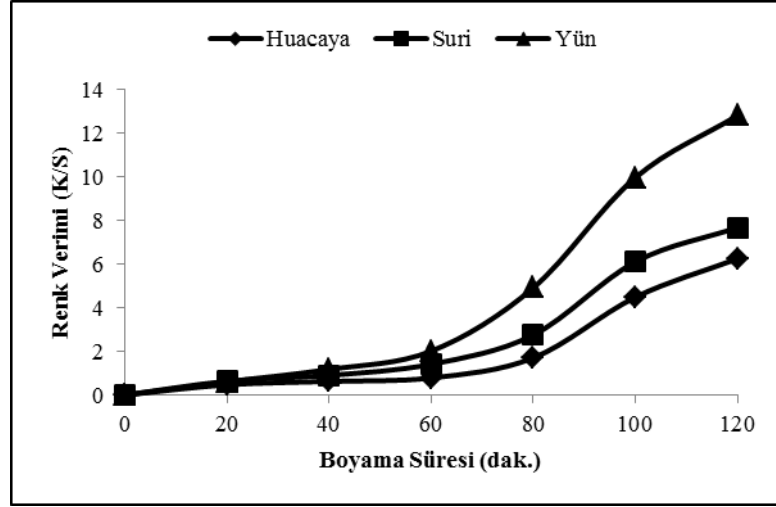


Şekil 4.1: Dinkleme tipi asit boyarmaddesi (Telon Blue M-RLW) ile yapılan boyamalara ilişkin liflerin zamana bağlı renk verimi (K/S) eğrileri



Şekil 4.2: 1:2 metal kompleks boyarmaddesi (Isolan Dark Blue 2S-GL) ile yapılan boyamalara ilişkin liflerin zamana bağlı renk verimi (K/S) eğrileri

ilişkin liflerin zamana bağlı renk verimi (K/S) eğrileri



Şekil 4.3: Reaktif boyarmadde (Realan Blue RC) ile yapılan boyamalara ilişkin liflerin zamana bağlı renk verimi (K/S) eğrileri

Şekil 4.1-4.3 incelendiğinde boyamada zamana bağlı elde edilen renk verimi eğrilerine dayanarak, tüm boyarmaddelerle yapılan boyama işlemlerinde boyarmadde alım hızı (eğrilerin eğimleri dikkate alındığında) ve miktarının (boyama sonu renk verimi değerleri dikkate alındığında) genel olarak yün>Suri alpaka>Huakaya alpaka şeklinde olduğu söylenebilir.

Şekil 4.1-4.3 incelendiğinde dikkati çeken bir diğer husus liflerin boyarmadde alım hızı ve miktarları arasındaki farkların dinkleme tipi asit ve reaktif boyarmadde ile yapılan boyamalarda daha belirgin olduğudur. Bilindiği gibi 1:2 metal kompleks boyarmaddeleri 2 boyarmadde molekülünün 1 metal atomu ile kompleks oluşturmasıyla meydana gelen oldukça büyük molekülü boyarmaddelerdir. Bu nedenle, bu boyarmaddelerle yapılan boyama işlemleri sırasında düzgün boyama eldesi için özellikle boyama pH'ı ve ısıtma hızlarının kontrol altında tutulması gerekmektedir. Bu şekilde kontrollü yapılan boyama işlemlerinde zaten büyük molekülü ve hareket yeteneği düşük olan bu boyarmaddelerin lifler tarafından alınma hızı iyice yavaşlamaktadır. Bu durumda da her ne kadar liflerin boya alım hızları arasında normalde fark olsa da, söz konusu farklılıklar daha az belirgin görülmektedir. Bu nedenle de 1:2 metal kompleks boyarmaddeler ile yapılan boyamalarda liflerin boyarmadde alım hızı arasındaki farkların dinkleme tipi asit ve reaktif boyarmaddelerle yapılan boyamalara kıyasla daha az belirgin görüldüğü düşünülmektedir.

Protein liflerinde boyarmadde alım hızı ve miktarı üzerinde etkili olan en önemli parametrelerden biri lif inceliğidir. Yapılan çalışmada lif inceliğindeki farklılıktan meydana gelebilecek renk farklılıklarını elemine etmek için özellikle incelikleri birbirine yakın lifler kullanılmış olup, Huakaya alpaka, Suri alpaka ve yün liflerinin incelikleri sırasıyla 25, 26,5 ve 25,5 mikrondur. Lif incelikleri arasında önemli bir farklılık olmadığına göre, farklılığın nedeni lif yapısı ile ilgili olmalıdır.

Protein liflerinin boyanmasında boyarmadde alım hızı ve miktarı üzerinde etkili olan bir faktör pul tabakasıdır. 100 mikrondaki pulcuk sayısı, pul tabakasının kalınlığı ve eksenle yaptığı açı büyük önem taşımaktadır. Bilindiği gibi protein liflerinin boyanmasında pul tabakası boyarmaddenin difüzyonuna karşı bariyer etkisi göstermektedir(Pailthorpe 1992).

**Valbonesi ve ark. (2007)**'nin yaptığı çalışmada Huakaya ve Suri için 100  $\mu\text{m}$ 'deki ortalama pulcuk sayısı sırasıyla 9,11 ve 7,57, pul yükseklikleri ise sırasıyla 0,52 ve 0,47  $\mu\text{m}$  olarak bulunmuştur. Yün liflerinde ise 100 mikrona isabet eden örtü hücrelerinin sayısı 10-11 civarında olup (Von Bergen 1942), kütikula tabakasının kalınlığı 0,70  $\mu\text{m}$ 'den büyüktür (Atav 2006). Bu değerlere göre gerek 100  $\mu\text{m}$ 'deki ortalama pulcuk sayısı gerekse de pul yükseklikleri yün>Suri alpaka>Huakaya alpaka şeklinde olduğu söylenebilir. Bu durumda aslında beklenen, liflerin boyarmadde alım hızı ve miktarlarının Huakayaalpaka>Suri alpaka>yün şeklinde olmasıdır. Durum tam tersi olduğuna göre söz konusu liflerin boyarmadde alım hızı ve miktarı arasındaki farklılığı yaratan daha etkili başka bir faktör söz konusu olmalıdır. Bu açıdan bakıldığında, önemli olabilecek bir diğer faktör liflerin kimyasal yapısı ve bileşimidir. Bilindiği gibi protein lifleri temelde kütikula ve korteks olmak üzere iki tabakadan oluşmaktadır. Korteks tabakası ise orto ve para korteks olmak üzere iki kısma ayrılmakta olup, ortokorteks parakortekse kıyasla daha açık yapıda olduğundan boyarmaddeler için daha kolay ulaşılabilir bir özelliğe sahiptir (Robertson 1999). Bu nedenle liflerin korteks, özellikle de ortokorteks içeriği boyarmadde alımında büyük öneme sahiptir. Bilindiği gibi liflerin korteks içeriğini belirleyen parametrelerden birisi medulasyondur. Medulalı liflerde, korteks oranı düşmektedir. Normalde ince yün liflerinde medulaya rastlanmamaktadır. Alpaka liflerinde ise durum farklıdır. Suri liflerinde medulaya rastlanmazken, Huakaya lifleri genelde (yani lifler ince bile olsa) medulalıdır (Wang ve ark. 2005). Medulalı liflerin boyarmadde alımının daha az olacağı (Atav 2010) dikkate alındığında, Huakaya alpaka ve yüne göre boyarmadde alım hızı ve miktarının daha düşük olmasının nedeni anlaşılmaktadır.

Yukarıdaki açıklamalar Huakaya alpaka lifleri ile Suri alpaka ve yün lifleri arasındaki farklılığı açıklamakla birlikte, Suri alpaka ve yün liflerinin boya alımındaki farklılığın nedenini açıklayamamaktadır. Bu nedenle, liflerin kimyasal bileşimine bakmakta yarar vardır. Bilindiği gibi protein lifleri aminoasitlerden oluşmaktadır ve lif özellikleri üzerinde en büyük öneme sahip olan sistin amino asididir. Sistin amino asit içeriği Suri alpaka ve yün liflerinde sırasıyla 1250 ve 900 mmol/kg civarındadır (Hunter ve Mandela 2012). Buradan anlaşıldığı üzere Suri alpaka liflerinde yüne göre oldukça daha fazla sistin amino asidi içeriği söz konusudur ki, sistin amino asidinin protein liflerinin yapısındaki en önemli bağ türü olan disülfür köprü bağlarının (kovalent köprü bağları) oluşumundan sorumlu olduğu düşünüldüğünde, bu durumun Suri alpaka liflerinin daha sıkı lif yapısına sahip olmasına yol açacağı açıktır. Bu da dolaylı olarak Suri alpaka liflerinin boyarmadde alım hızı ve miktarının yün liflerine göre daha düşük olması sonucunu doğuracaktır ki, elde edilen deneysel bulgular bunu doğrulamaktadır.

Bir boyama işleminde elde edilen rengin koyuluğu kadar nüansı da büyük öneme sahiptir. Bu nedenle yapılan boyamalara ilişkin CIEL\*a\*b\* değerleri de ölçülmüş olup, sonuçlar Çizelge 4.1’de verilmektedir.

**Çizelge 4.1:** Çeşitli boyarmadde sınıflarıyla boyanmış numunelere ait CIEL\*a\*b\* değerleri










| Boyarmadde                | Lif            | L*    | a*    | b*     | C     | h      |
|---------------------------|----------------|-------|-------|--------|-------|--------|
| Telon Blue<br>M-RLW       | Huakaya alpaka | 45,78 | -1,07 | -36,77 | 36,78 | 268,33 |
|                           | Suri alpaka    | 41,11 | 0,16  | -38,19 | 38,59 | 270,23 |
|                           | Yün            | 35,60 | 3,88  | -41,72 | 41,90 | 275,31 |
| Isolan Dark<br>Blue 2S-GL | Huakaya alpaka | 38,72 | -3,98 | -12,48 | 13,10 | 252,30 |
|                           | Suri alpaka    | 35,60 | -2,84 | -12,93 | 13,24 | 257,61 |
|                           | Yün            | 30,86 | -2,54 | -13,15 | 13,39 | 259,07 |
| Realan<br>Blue RC         | Huakaya alpaka | 42,08 | -2,84 | -31,28 | 31,41 | 264,81 |
|                           | Suri alpaka    | 40,44 | -3,25 | -32,95 | 33,11 | 264,37 |
|                           | Yün            | 33,63 | -0,65 | -34,18 | 34,18 | 268,92 |

Çizelge 4.1 incelendiğinde öncelikle her boyarmadde sınıfı için genel olarak liflerin L\* değerlerinin Huakaya alpaka>Suri alpaka>yün şeklinde olduğu görülmektedir. L\* değeri açıklık-koyuluk değeri olup, bu değerın büyümesi elde edilen rengin açıldığını

göstermektedir. Bu açıdan bakıldığında bulunan sonuçlar K/S değerleriyle paralellik göstermektedir. a\* değerlerine bakıldığında sıralamanın yün>Suri alpaka>Huakaya alpaka şeklinde olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum yün-Suri alpaka-Huakaya alpaka sırasıyla gidildikçe rengin nüansının daha yeşil (veya daha az kırmızı) hale geldiğini göstermektedir. b\* değerlerine bakıldığında ise sıralamanın Huakaya alpaka>Suri alpaka>yün şeklinde olduğu söylenebilir. Bu da Huakaya alpaka-Suri alpaka-yün sırasıyla gidildikçe rengin nüansının daha mavi (veya daha az sarı) hale geldiği anlamını taşımaktadır. Tüm bu sonuçlar gerek Huakayaalpaka gerekse de Suri alpaka liflerinin boyanmasında rengin sadece koyuluğu değil, nüansının da yün liflerine göre önemli ölçüde farklı olacağını ortaya koymaktadır.

Her ne kadar spektrofotometre ile renk ölçüm sonuçlarından elde edilen renklerin koyuluk ve nüansları karşılaştırılmış olsa da, aynı zamanda aradaki farklılıkların görsel olarak da değerlendirilebilmesi açısından Çizelge 4.2’de boyanmış numunelere ait fotoğraflar verilmektedir.

**Çizelge 4.2:** Çeşitli boyarmadde sınıflarıyla boyanmış numunelere ait fotoğraflar

| Lif/Boyarmadde | Telon Blue M-RLW  | Isolan Dark Blue 2S-GL   | Realan Blue RC  |
|----------------|---|--|---|
| Yün            |  |  |  |
| Suri alpaka    |  |  |  |
| Huakaya alpaka |  |  |  |

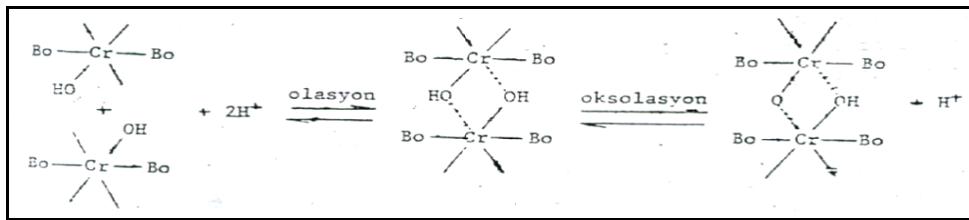
Çizelge 4.2’de verilen fotoğraflardan Huakaya alpaka, Suri alpaka ve yün liflerinin aynı koşullarda boyanması sonucu elde edilen renklere ilişkin yukarıda yapılan açıklamalar net bir şekilde anlaşılabilir.

Alpaka liflerinin boyarmadde alım hızı ve miktarları ile boyamada elde edilen renk verimi ve nüansları yün lifleri ile karşılaştırıldıktan sonraboyamaların haslıklarının karşılaştırılmasına geçilmiştir. Yapılan haslık testlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.3’de karşılaştırmalı olarak verilmektedir.

**Çizelge 4.3:** Çeşitli boyarmadde sınıflarıyla boyanmış numunelere ait haslık değerleri

| Boyarmadde                | Lif            | Yıkama Haslığı |    |     |     |     |    | Sürtme Haslığı |     | Işık Haslığı |
|---------------------------|----------------|----------------|----|-----|-----|-----|----|----------------|-----|--------------|
|                           |                | CA             | CO | PA  | PES | PAN | WO | Kuru           | Yaş |              |
| Telon Blue<br>M-RLW       | Huakaya alpaka | 5              | 5  | 4   | 5   | 5   | 5  | 2-3            | 3-4 | 5-6          |
|                           | Suri alpaka    | 5              | 5  | 4   | 5   | 5   | 5  | 3-4            | 2   | 5-6          |
|                           | Yün            | 5              | 5  | 4   | 5   | 5   | 5  | 4-5            | 4   | 6-7          |
| Isolan Dark<br>Blue 2S-GL | Huakaya alpaka | 5              | 5  | 4-5 | 5   | 5   | 5  | 1-2            | 3   | 5-6          |
|                           | Suri alpaka    | 5              | 5  | 4-5 | 5   | 5   | 5  | 2-3            | 1   | 5-6          |
|                           | Yün            | 5              | 5  | 4-5 | 5   | 5   | 5  | 4              | 3-4 | 6-7          |
| Realan<br>Blue RC         | Huakaya alpaka | 5              | 5  | 4-5 | 5   | 5   | 5  | 2              | 3   | 5            |
|                           | Suri alpaka    | 5              | 5  | 4-5 | 5   | 5   | 5  | 3              | 1-2 | 5            |
|                           | Yün            | 5              | 5  | 4-5 | 5   | 5   | 5  | 4              | 3-4 | 6            |

Çizelge 4.3 incelendiğinde öncelikle bütün liflerdedinkleme tipi asit, 1:2 metal kompleks ve reaktif boyalarla boyamadaoldukça yüksek yıkama haslığı değerlerinin elde edildiği görölmektedir. Yıkama haslıkları boyarmaddenin lif ile yaptığı bağın kuvveti ile yakından ilgilidir. Dinkleme tipi asit boyalarının yıkama haslıklarının yüksek olma nedeni gerek bu boyaların büyük molekülü olması nedeniyle lif içine girdikten sonra geri çıkmasının zor olması, gerekse de boya moleküllerinin liflere elektrostatik çekim kuvvetlerinin yanı sıra ikincil çekim kuvvetleri ile de bağlanıyor olmasıdır. 1:2 metal kompleks boyarmaddelerinin liflere koordinatif olarak bağ yapmamalarına rağmen oldukça yüksek yıkama haslığı değerleri sağlaması da buna dayandırılabilir. Zira bu boyalar 2 boyarmadde molekülünün 1 metal atomu ile kompleks oluşturmasıyla meydana gelmektedir (Atav 2009). Bunun yanı sıra, 1:2 metal kompleks boyarmaddelerinin liflerin içerisinde iyi bir şekilde fiksajının; zaten büyük olan boyarmadde komplekslerinin liflerin içerisinde Şekil 4.4'de gösterilen olasyon ve oksalasyon tepkimeleriyle iyice büyümeleri ve dolayısıyla buldukları yerde sıkışıp kalmalarından kaynaklandığı söylenebilir (Tarakçioğlu 1979-1980).



**Şekil 4.4:** 1:2 metal kompleks boyarmaddelerinin olasyon ve oksalasyon tepkimeleri ile moleküllerinin büyümesi (Tarakçioğlu 1979-1980)



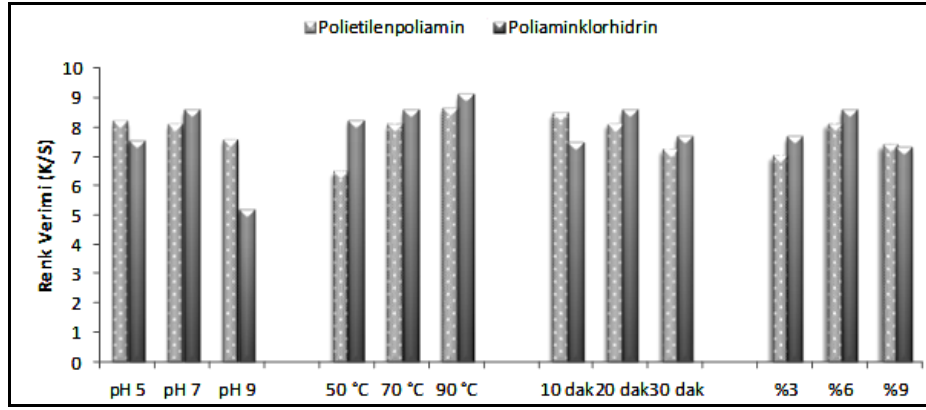
Reaktif boyarmaddeler ise, protein liflerine elektrostatik çekim kuvvetleri ve ikincil çekim kuvvetlerinin yanı sıra kovalent bağlarla da bağlanabilmektedir. Bu nedenle, bu boyarmadde grubu ile elde edilen yıkama haslığı değerleri genelde yüksek çıkmaktadır.

Lifleri kendi arasında karşılaştıracak olursak, yıkama haslığı açısından aralarında herhangi bir farklılık olmadığı söylenebilir. Ancak aslında Suri alpaka ve özellikle de Huakaya alpakasının yün liflerine göre oldukça daha açık boyandığı düşünülecek olursa, yıkama haslığı değerlerinin aynı çıkıyor olması, alpaka liflerinde yıkama haslıklarının yüne göre daha düşük olduğu izlenimini uyandırmaktadır. Bilindiği gibi yıkama haslıkları boyama koyuluğu arttıkça düşüş göstermektedir. Bu nedenle, daha açık boyanmış bir numunenin yaş haslığının kendisinden yaklaşık iki kat daha koyu boyanmış bir numune ile aynı çıkması, aslında yıkama haslığının daha düşük olabileceğini göstermektedir.

Çizelge 4.3 incelendiğinde yün liflerinde dinkleme tipi asit, 1:2 metal kompleks ve reaktif boyalarla boyamada orta-iyi düzeyde kuru ve yaş sürtme haslıkları elde edilirken, aynı boyalarla Huakaya ve Suri alpakalarda oldukça düşük kuru ve yaş sürtme haslığı değerleri elde edildiği görülmektedir. Lifleri kendi arasında karşılaştıracak olursak kuru sürtme haslıklarının yün>Suri alpaka>Huakaya alpaka, yaş sürtme haslıklarının ise yün>Huakaya alpaka>Suri alpaka şeklinde olduğu dikkati çekmektedir. Yün liflerine kıyasla Huakaya alpakalarda kuru sürtme, Suri alpakalarda ise yaş sürtme haslıklarının belirgin ölçüde (2 - 2,5 puan) daha düşük olduğu söylenebilir. Bir de alpakaların yüne göre daha açık boyanmış oldukları düşünülecek olursa, bu açık renge rağmen sürtme haslıklarının bu kadar düşük olması, alpaka liflerinin boyanmasında boyarmadde sınıfına bağlı olmaksızın sürtme haslığı probleminin yaşanabileceğini düşündürmektedir.Çizelge 4.3 incelendiğinde yine bütün liflerde dinkleme tipi asit, 1:2 metal kompleks ve reaktif boyalarla boyamada oldukça yüksek ışık haslığı değerlerinin elde edildiği görülmektedir. Bilindiği gibi ışık haslığı boyarmaddenin kromofor grubuna bağlı bir özellik olup, denemelerde kullanılan boyarmaddelerin yapı gereği iyi ışık haslıkları vardır.Liflerin ışık haslıklarını kendi arasında karşılaştıracak olursak, her üç boyarmadde sınıfında da Huakaya ve Suri alpakaların ışık haslıklarının yün liflerinden daha düşük olduğu söylenebilir. Aslında bu durum her üç lif için de kullanılan boyarmadde aynı olduğuna göre, rengin açıklığından kaynaklanmaktadır.Bilindiği gibi belirli bir boyarmadde ile yapılan boyamalarda açık rengin ışık haslığı koyu renkten düşük çıkmaktadır. Huakaya ve Suri alpakaların yüne göre oldukça daha açık boyandıkları düşünülecek olursa, ışık haslıklarının daha düşük çıkma nedeni anlaşılmaktadır.

## 4.2 Alpaka Liflerinin Boyanma Özelliklerinin Geliştirilmesine Liflerin Düşük Sıcaklıklarda Boyanabilirliğinin Sağlanmasına İlişkin Sonuçlar

Alpaka liflerinin boyanabilirliğini geliştirmek amacıyla biri polietilenpoliamin bileşiği esaslı diğeri poliaminoklorhidrin kuarternaramonyum bileşiği esaslı olmak üzere iki farklı ticari ürün ile kumaşlara çeşitli pH, konsantrasyon, sıcaklık ve sürelerde ön işlem uygulanmış ve ardından tüm kumaş numuneleri aynı koşullarda dinkleme tipi asit (C.I. Acid Blue 204) boyarmaddesi ile %3'lük koyulukta 80°C'da boyanmıştır. Elde edilen renk verimi (K/S) sonuçları Şekil 4.5'de verilmektedir.



Şekil 4.5: Katyonikleştirme maddeleriyle çeşitli koşullarda ön işlem görmüş alpaka kumaşların C.I. Acid Blue 204 boyarmaddesi ile %3'lük koyulukta boyanmasına ilişkin renk verimi (K/S) sonuçları

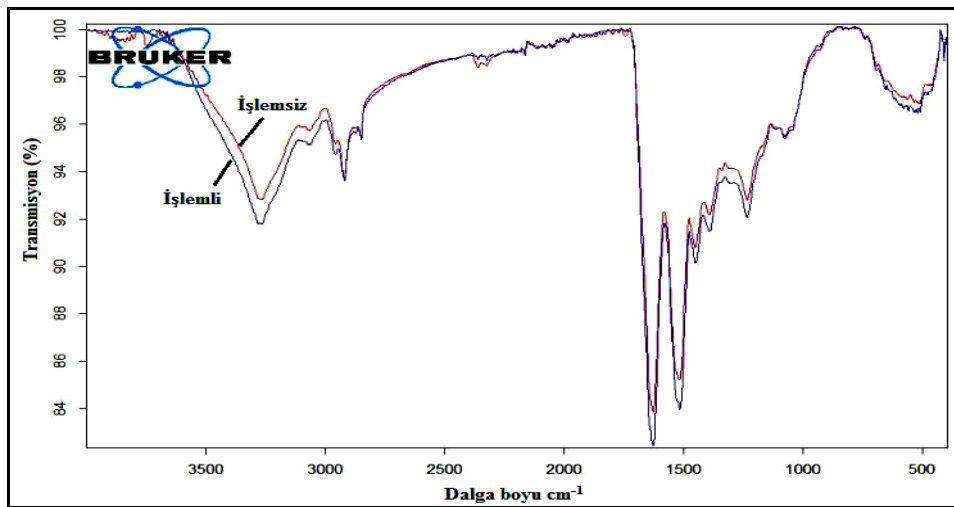
Şekil 4.5 incelendiğinde ilk dikkati çeken husus poliaminoklorhidrin kuarternaramonyum bileşiği esaslı ürünle ön işlem görmüş kumaşların renk veriminin genel olarak daha yüksek olduğudur. Bu nedenle, çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde bu ticari ürünle denemelere devam edilmiştir. Ön işlem koşullarının etkisine bakıldığında ise, pH'ın polietilenpoliamin bileşiği esaslı üründe pek etkili olmadığı, buna karşın poliaminoklorhidrin kuarternaramonyum bileşiği esaslı üründe bazik ortama gidilmesi durumunda verimin çok belirgin ölçüde düştüğü dikkati çekmektedir. Bu nedenle, en uygun pH'ın 7 olduğu söylenebilir.

Şekil 4.5 incelendiğinde katyonikleştirme işleminde işlem sıcaklığının önemli etkisi olduğu görülmektedir. Her iki üründe de ön işlem sıcaklığı arttıkça boyamada elde edilen renk verimi artmıştır. Bu nedenle, en uygun sıcaklığın 90°C olduğu sonucuna varılmıştır. İşlem

süresinin etkisine bakıldığında ise genel olarak 20 dakikanın yeterli olduğu, sürenin daha fazla uzatılmasının ek bir fayda sağlamadığı söylenebilir. Katyonikleştirme maddesinin konsantrasyonu %3'den %6'ya çıkarıldığında boyamada elde edilen verim artmış, fakat %9'a çıkarıldığında yeniden azalmıştır. Bu nedenle, %6'lık konsantrasyonda ön işlem yapılmasının en uygun olacağı kanaatine varılmıştır.

Tüm bu sonuçlara dayanarak alpaka liflerinin boyanabilirliğini geliştirmek için en uygun katyonikleştirme maddesinin **poliaminoklorhidrin kuarternaramonyum bileşiği esaslı ürün**, optimum aplikasyon koşullarının ise **pH 7, 90°C, 20 dak. ve %6'lık konsantrasyon** olduğu söylenebilir.

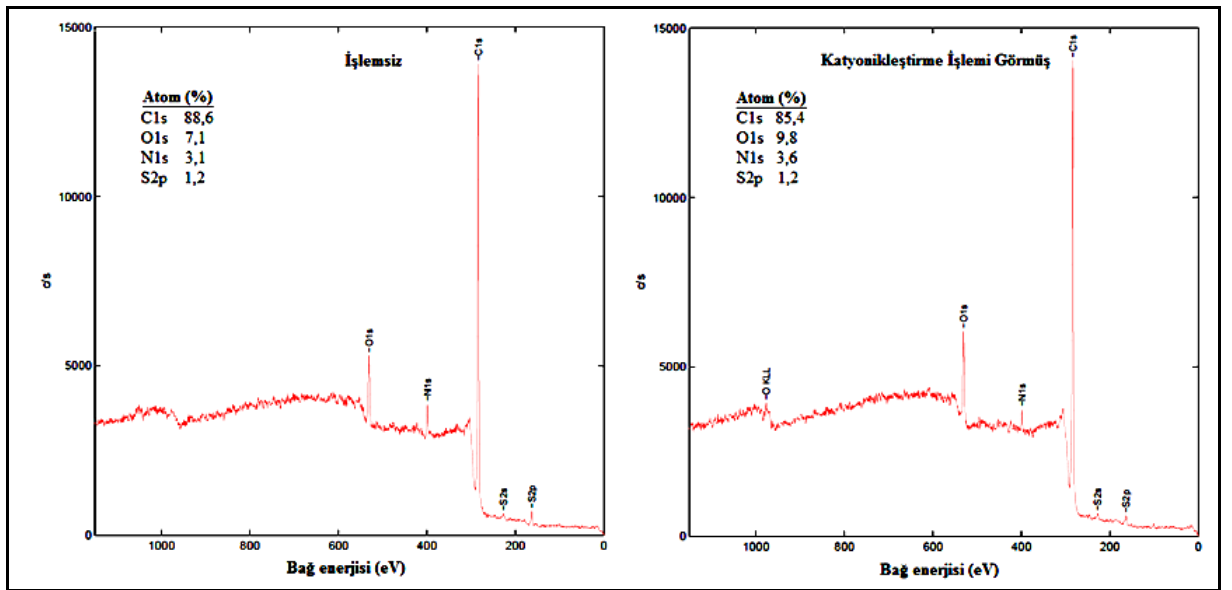
Her ne kadar katyonikleştirme işlemi görmemiş numunelerin renk verimleri artmış olsa da, boyama düzgünlüğü oldukça büyük önem taşımaktadır. Katyonikleştirme işlemi sırasında maddenin liflere homojen bir dağılımla bağlanmaması durumunda boyamada düzensizlik söz konusu olabilecektir. Bu nedenle, optimum koşullarda ön işlem sonrası boyanmış numunenin boyama düzgünlüğü de test edilmiş olup, %94,59 olarak bulunmuştur. Bu durum boyama düzgünlüğü açısından bir sıkıntı olmadığını ortaya koymaktadır. Bundan sonra yapılan katyonikleştirme ön işleminin liflerin fonksiyonel gruplarında meydana getirdiği değişimi saptamak için işlemsiz ve optimum koşullarda (pH 7, 90°C, 20 dak. ve %6 katyonikleştirme maddesi) ön işlem görmüş liflere ATR-FTIR analizleri yapılmıştır. Sonuçlar Şekil 4.6'da karşılaştırmalı olarak verilmektedir.



Şekil 4.6: İşlemsiz ve optimum koşullarda katyonikleştirme maddesi ile ön işlem görmüş kumaş numunelerine ait FTIR analizi sonuçları

Şekil 4.6 incelendiğinde katyonikleştirme maddesi ile ön işlem görmüş numunelerin; hidroksil ( $3270-3290\text{ cm}^{-1}$ ), karbon-hidrojen tek bağı ( $2910-2930\text{ cm}^{-1}$ ), Amid I (C=O gerilmesi) ( $1620-1640\text{ cm}^{-1}$ ), Amid II (N-H bükülmesi)( $1510-1530\text{ cm}^{-1}$ ) ve Amid III (N-H bükülmesi/C-N gerilmesi)( $1230-1240\text{ cm}^{-1}$ ) (Atav ve ark. 2011, Shim 2003) band frekanslarının yoğunluğunda artış meydana geldiği görülmektedir. Denemelerde kullanılan katyonikleştirme maddesinin kimyasal yapısı dikkate alındığında (Bkz. Şekil 4.10), lif yapısına katılması sonucu söz konusu gruplarda artış meydana geleceği anlaşılabilmektedir.

Katyonikleştirme işlemi sonrası liflerin karbon, oksijen ve özellikle de azot içeriğindeki değişimin saptanması ve böylece katyonikleştirme maddesinin liflere bağlandığının gösterilmesi için ESCA analizleri yapılmış olup, sonuçlar Şekil 4.7’de görülmektedir.

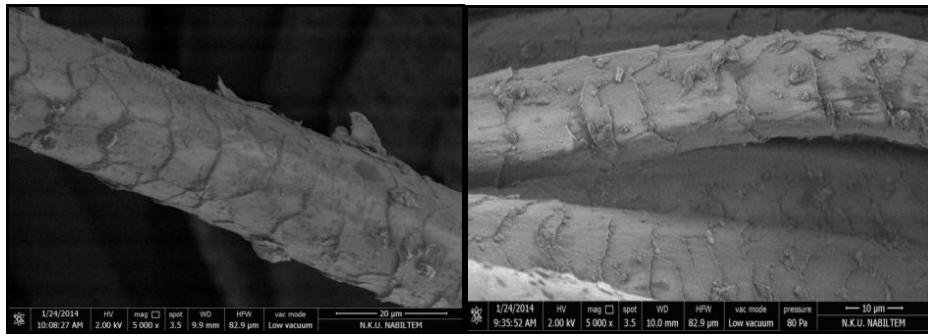


Şekil 4.7: İŞLEMSİZ ve katyonikleştirme maddesi ile ön işlem görmüş numunelerin ESCA analizi sonuçları

Şekil 4.7 incelendiğinde, katyonikleştirme işlemi görmüş alpaka kumaş numunesindeki liflerin yapısındaki C (%) içeriğinin azaldığı, buna karşın O (%) ve N içeriğinin (%) arttığı görülmektedir. İŞLEMSİZ alpaka liflerinin yapısında % 80,5 C, % 10,9 O ve % 5,4 N içerdiği bilinmektedir. Denemelerde kullanılan ürünün açık formülü bilinmiyor olsa da, Şekil 4.10'dan yapısındaki C içeriğinin (%) yünden düşük, O ve N içeriğinin (%) ise

yünden yüksek olacağını tahminlemek mümkündür. Dolayısıyla böyle bir madde ile kimyasal modifikasyona tabi tutulan alpaka liflerinin C içeriğinin (%) azalırken, O ve N içeriğinin (%) artması doğaldır.

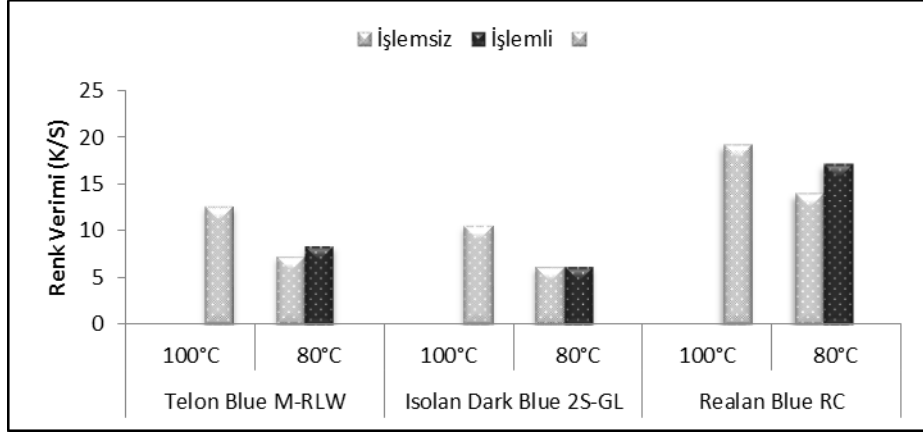
FTIR analizleri ile liflerin katyonikleştirme işlemi sonrası kimyasal yapısında meydana gelen değişimler ortaya konulduktan sonra, katyonikleştirme işlemi sonrası liflerin yüzey yapılarında bir değişim olup olmadığını saptamak için taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.8’de verilmektedir.



Şekil 4.8: İşlemsiz (solda) ve katyonikleştirme maddesi ile ön işlem görmüş (sağda) numunelerin SEM(5000X)analizi sonuçları

Şekil 4.8’de verilen SEM fotoğraflarından görülebileceği gibi söz konusu kimyasal modifikasyonla liflerin yüzey yapısında bir değişim meydana gelmemiştir. Zaten katyonikleştirme işlemi liflere yeni fonksiyonel grupların bağlandığı bir kimyasal modifikasyon olup, liflerin kristalinite yada yüzey yapılarında önemli bir değişim meydana getirmesi beklenmemektedir.

Yapılan çeşitli analizlerle katyonikleştirme maddesi ile ön işlem yapılmasının liflerde yol açtığı etkiler gösterildikten sonra, katyonikleştirme işlemi görmüş liflerin boyanabilirliğinin en çok hangi boya sınıfı için geliştirilebildiğini saptamak amacıyla işlem görmüş ve işlemsiz kumaşlar dinkleme tipi asit, 1:2 metal kompleks ve reaktif boyarmaddelerle %3’lük koyulukta 80°C’da boyanmış ve elde edilen renk verimleri 100°C’da boyanmış işlemsiz numuneninkiyle karşılaştırılmıştır. Boyamalarda elde edilen renk verimi (K/S) sonuçları Şekil 4.9’da verilmektedir.

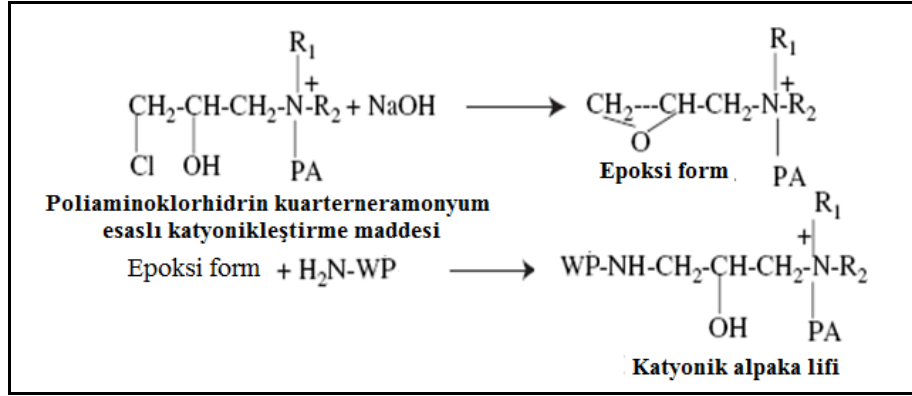


Şekil 4.9: Çeşitli boyalarla %3'lük koyulukta yapılan boyamalarda elde edilen renk verimi (K/S) değerleri

Şekil 4.9 incelendiğinde boyama öncesi katyonikleştirme maddesi ile ön işlem yapılmasının liflerin boya alımını tüm boya sınıfları için bir miktar arttırdığı görülmektedir. Boyarmadde bazında karşılaştırma yapıldığında ise dikkati çeken husus boyama öncesi yapılan katyonikleştirme maddesi ile işlemin en çok reaktif boyarmaddelerle yapılan boyama işlemlerinde fayda sağladığıdır. Reaktif boyarmaddelerle boyamada, ön işlem görmüş liflerin 80°C'da boyanmasında işlemsiz liflerle 100°C'da elde edilene yakın renk verimi elde edilebilirken, dinkleme tipi asit ve 1:2 metal kompleks boyarmaddelerinde ön işlem yapılsa dahi verim kaybına yol açmadan 80°C'da boyama yapma imkânı olmadığı görülmektedir.

Boyarmadde sınıfları açısından görülen bu farklılıkların nedeni, reaktif boyalarla dinkleme tipi asit ve 1:2 metal kompleks boyarmaddelerin molekül büyüklüklerindeki farklılıklardan ileri gelmektedir. Dinkleme tipi asit ve özellikle de 1:2 metal kompleks gibi büyük moleüllü boyalarda liflerde katyonikleştirme maddesi ile modifikasyon sonucu boyarmaddenin bağlanabileceği fonksiyonel grup sayısı artmış olsa dahi sıcaklık düşük olduğunda boyanın kinetik enerjisi düşeceğinden boyarmadde moleküllerinin liflere erişebilmesi ve özellikle kütikula tabakasının oluşturduğu bariyer etkisini aşıp, liflere nüfuz edebilmesi zorlaşmaktadır. Oysa molekülleri daha küçük olan reaktif boyalarda boyama sıcaklığının düşürülmesinin yol açacağı verim düşüşü liflerdeki fonksiyonel grupların artmasının sağlayacağı verim artışı ile kompanse edilebilmektedir. Ayrıca boyama sıcaklığının düşürülmesi durumunda dinkleme tipi asit ve 1:2 metal kompleks boyarmaddelerinin renk verimlerinde benzer sebepten dolayı çok daha keskin düşüş olmaktadır ki; bu kadarlık bir düşüş katyonikleştirme maddesi ile ön işlem yapılsa dahikompanse edilememektedir.

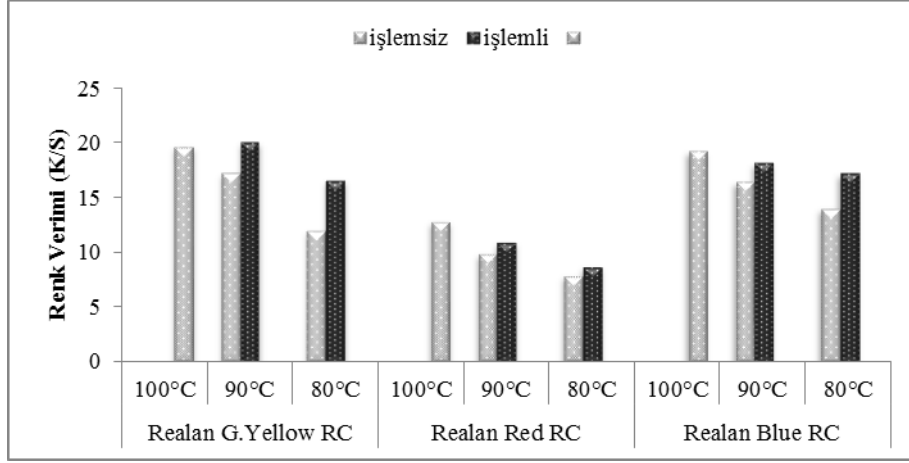
Şekil 4.10'da gösterildiği gibi denemelerde kullanılan poliaminoklorhidrin kuarternaramonyum bileşiği esaslı katyonikleştirme maddesi alkali ortamda aktif epoksi forma dönüşmekte ve bu form üzerinden epoksi halkasının açılmasıyla liflere kovalent olarak bağlanmaktadır.



**Şekil 4.10:** Poliaminoklorhidrin kuarternaramonyum bileşiği esaslı katyonikleştirme maddesinin alpaka liflerine bağlanma mekanizması (WP: Alpaka, PA: Poliamin) (Harounve Mansour2007)

Poliaminoklorhidrin kuarternaramonyum bileşiği esaslı katyonikleştirme maddesi ile ön işlem görmüş alpaka liflerinin boyarmadde alma yeteneklerinin artmasının nedeni liflerdeki amino grubu sayısındaki artıştan ileri gelmektedir. Zira anyonik boyalar liflere asidik ortamda oluşan (+) yüklü amonyum grupları üzerinden elektrostatik çekim kuvvetleri ile bağlanmaktadır. Reaktif boyalarda buna ek olarak boyarmaddenin liflere kovalent olarak bağlanması söz konusu olup, amin grubundaki artış liflere kovalent bağlarla bağlanabilecek reaktif boya miktarını arttırmaktadır.

Buraya kadar yapılan denemelerde alpaka liflerine katyonikleştirme ön işlemi yapılması durumunda liflerin özellikle reaktif boyarmaddelerle boyanmasının geliştiği görülmüştür. Bilindiği gibi boyama işlemleri genelde trikromiye uygun üç ana rengin (sarı, kırmızı ve mavi) karışımıyla yapılmaktadır. Bu nedenle, her ne kadar Realan Blue RC boyarmaddesinde iyi sonuç alınmış olsa da trikromiye uygun sarı (Realan Golden Yellow RC) ve kırmızı (Relan Red RC) boyarmaddeler için de katyonikleştirme işleminin işe yarayıp yaramadığının incelenmesi gerekmektedir. Bu amaçla yapılan boyamalara ilişkin sonuçlar Şekil4.11'de verilmektedir.



**Şekil 4.11:** Reaktif boyarmaddelerle%3'lük koyulukta yapılan boyamalarda elde edilen renk verimi (K/S) değerleri

Şekil 4.11 incelendiğinde katyonikleştirme ön işleminin liflerin her üç reaktif boyarmaddeyle de boyanmasında elde edilen verimi arttırdığı görülmektedir. Bilindiği gibi reaktif boyarmaddelerin protein liflerine bağlanmasında rol oynayan en önemli bağ kovalent bağ olup, reaktif boyarmaddeler bu bağı liflerin serbest serbest amin (-NH<sub>2</sub>) ve tioalkol (merkaptan) (-SH) grupları üzerinden oluşturmaktadırlar. pH 2,5-3,5'da yapılan boyamalarda kovalent bağların daha ziyade tioalkol (-SH) grupları üzerinden, pH 4-7 arasında yapılan boyamalarda ise amin grupları üzerinden meydana geldiği belirtilmektedir (Tarakçioğlu 1979-1980). Bu çalışmada, reaktif boyarmaddelerle boyama pH'ı 4,5 civarında olduğundan katyonikleştirme maddesinin lif yapısına bağlanması sonucu amin gruplarının sayısında meydana gelen artışın, alpaka lifine bağlanan reaktif boyarmadde miktarını arttırdığı düşünülmektedir. Ancak katyonikleştirme ön işlemi yapılırsa dahi liflerin önemli bir verim kaybına yol açmadan 80°C'da boyanmasının mümkün olmayacağı, 90°C'da boyama yapılabileceği sonucuna varılmıştır. Buna göre alpaka lifleri için yeni geliştirilen boyama prosesi; liflere boyama öncesi katyonikleştirme ön işlemi yaptıktan sonra lifleri 90°C'da boyamak şeklindedir.

Katyonikleştirme maddesi ile ön işlemyaparak alpaka lifleri için boyama sıcaklığını 90°C'a düşürebiliriz diyebilmek için, bu koşullarda konvansiyonel boyamaya (100°C'da yapılan) göre haslıklar açısından da bir olumsuzluk söz konusu olmamalıdır. Bu durumu test etmek amacıyla konvansiyonel yöntemle ve bu yönteme yakın renk verimi elde edilecek şekilde 90°C'da boyanmış olan numunelere yıkama, kuru ile yaş sürtme ve ışık haslığı testleri yapılmıştır. Test sonuçları Çizelge4.4'de verilmektedir.



**Çizelge4.4:** Konvansiyonel yöntemle (100°C) ve katyonikleştirme maddesi ile ön işlem sonrası daha düşük sıcaklıkta (90°C) reaktif boyarmaddelerle boyanmış olan numunelere ait haslık testi sonuçları

| Boyarmadde | Boyama Sıcaklığı (°C) | Ön İşlem | Yıkama Haslıkları |     |     |    |     |    | Sürtme Haslıkları |     | Işık Haslıkları |
|------------|-----------------------|----------|-------------------|-----|-----|----|-----|----|-------------------|-----|-----------------|
|            |                       |          | WO                | PAC | PES | PA | CO  | CA | Kuru              | Yaş |                 |
|            |                       |          |                   |     |     |    |     |    |                   |     |                 |
| Realan     | 100                   | -        | 5                 | 5   | 5   | 5  | 3-4 | 5  | 2                 | 2   | 6-7             |
| Yellow RC  | 90                    | +        | 5                 | 5   | 5   | 5  | 3-4 | 5  | 1-2               | 1   | 6-7             |
| Realan     | 100                   | -        | 5                 | 5   | 5   | 5  | 3-4 | 5  | 1-2               | 1-2 | 5               |
| Red RC     | 90                    | +        | 5                 | 5   | 5   | 5  | 3-4 | 5  | 1                 | 1   | 5               |
| Realan     | 100                   | -        | 5                 | 5   | 5   | 5  | 5   | 5  | 3                 | 2-3 | 5-6             |
| Blue RC    | 90                    | +        | 5                 | 5   | 5   | 5  | 5   | 5  | 2                 | 1-2 | 5-6             |

Çizelge4.4 incelendiğinde 100°C’da boyanmış işlemsiz numune ile 90°C’da boyanmış işlemlili numunenin yıkama ve ışık haslıklarının aynı olduğu, buna karşın sürtme haslıklarında konvansiyonel yöntemle boyanmış numuneye kıyasla 0,5 ile 1 puan arası düşüş meydana geldiği anlaşılmaktadır.

Renk ölçümleri ve haslık testlerinin ötesinde katyonikleştirme maddesi ile ön işlem sonrası daha düşük sıcaklıkta (90°C) boyanmış numunenin mukavemetinde, ön işlem yapılmadan kaynama sıcaklığında (100°C) boyanmış numuneye göre herhangi bir bozulma olup olmadığını saptamak amacıyla, 100°C’da kör flotte ile muamele edilmiş işlemsiz numune ile katyonikleştirme ön işlemi sonrası 90°C’da kör flotte ile muamele edilmiş numunelere patlama mukavemeti testi uygulanmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.5’de verilmektedir.

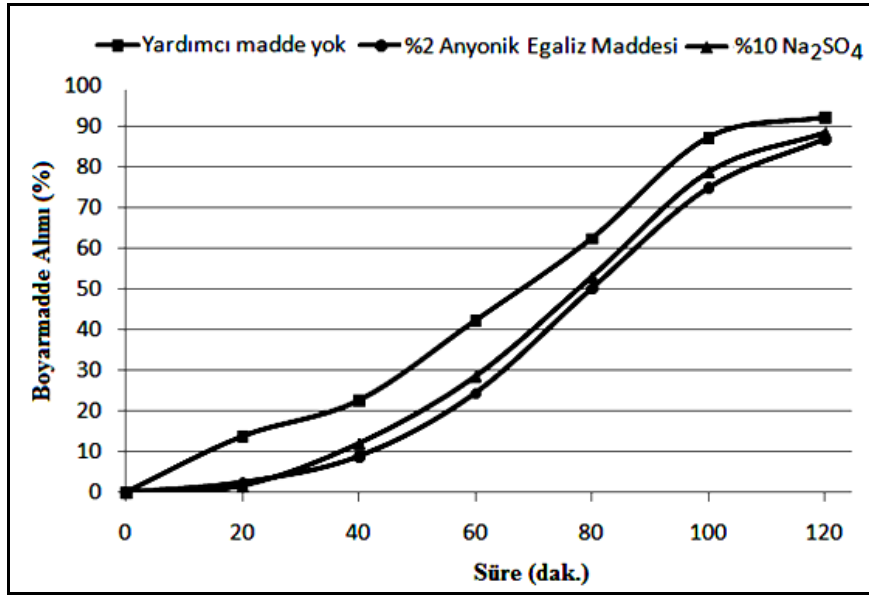
**Çizelge4.5:** İşlemsiz ve katyonikleştirme maddesi ile ön işlem görmüş kumaşların kör flotte ile boyama sonrası patlama mukavemeti sonuçları

| Numune       | Boyama Sıcaklığı (°C) | kPa |
|--------------|-----------------------|-----|
| İşlemsiz     | 100                   | 560 |
| Ön işlemlili | 90                    | 550 |

Çizelge 4.5’den ön işlem yapılmadan konvansiyonel olarak kaynama sıcaklığında (100°C) boyanmış numuneye göre katyonikleştirme maddesi ile ön işlem sonrası daha düşük sıcaklıkta (90°C) boyanmış numunenin mukavemetinde önemli bir farklılık olmadığı görülmektedir.

### 4.3 Alpaka Liflerinin Boyanma Düzgünlüğünün İyileştirilmesine İlişkin Sonuçlar

Yardımcı madde kullanılmadan ve %2 anyonik egaliz maddesi ve %10 sodyumsülfat tuzu kullanılarak Lanazol Red 5B (C.I. Reactive Red 66) boyarmaddesi ile yapılan %1'lik boyamalara ilişkin liflerin zamana bağlı boyarmadde alım (%) eğrileri Şekil 4.12'de verilmektedir.



Şekil 4.12: Egaliz maddesi ve tuzların alpaka liflerinin boyarmadde alım hızı ve miktarı üzerine etkisi

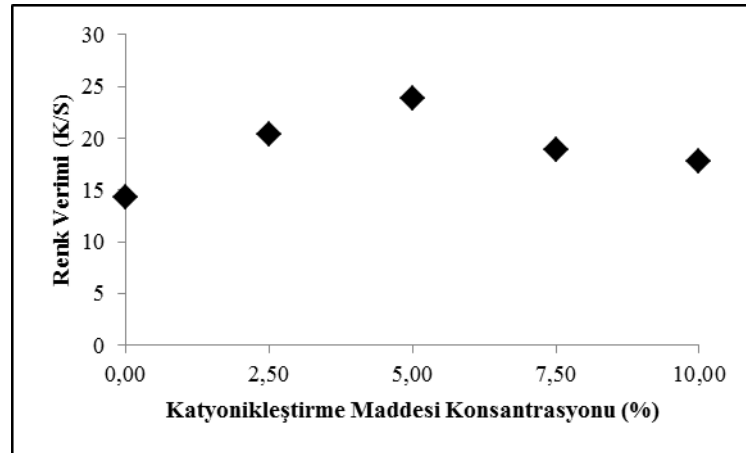
Şekil 4.12 incelendiğinde gerek anyonik egaliz maddesinin gerekse de sodyum sülfat tuzunun liflerin boyarmadde alımını özellikle boyamanın başlangıç fazında frenlediği ve artan sıcaklıkla beraber frenleme etkisinin azaldığı görülmektedir. Artan sıcaklıkla egaliz maddesi veya tuz anyonunun lif ile oluşturduğu bağlar zayıfladığından frenleme etkisi azalmaktadır. Zaten önemli olan boyamanın başlangıcında boyarmaddenin liflere hızlı bir şekilde gitmesinin engellenmesidir. Anyonik egaliz maddeleri veya tuz anyonları (burada sülfat) asidik ortamda liflerde oluşan (+) yüklü amonyum gruplarına bağlanma hususunda boyarmadde anyonlarıyla rekabet etmekte ve kendileri daha küçük moleküllü olduklarından daha önce gidip bağlanarak boyarmaddenin lifler tarafından alınmasını geciktirmektedirler. Yine şekilden görüldüğü gibi her ne kadar sıcaklık yükseldiğinde egaliz maddesi ve tuz anyonları yerlerini boyarmadde anyonlarına bırakıyor olsalar da, bir kısmı yerini bırakmayarak toplam boyarmadde alımının az da olsa (%4-5) düşmesine yol açmaktadır.

Anyonik egaliz maddesi ile sodyumsülfat tuzunun frenleme etkisi kendi arasında karşılaştırılacak olursa, tuzun frenleme etkisinin anyonik egaliz maddesinden bir miktar daha düşük olduğunu söylemek mümkündür.

Tüm bu sonuçlara dayanarak egaliz maddeleri gibi tuzların da alpaka liflerinin boyanmasında boyarmadde alımını frenlemek ve dolayısı ile boyama düzgünlüğü sağlamak amacıyla kullanılabileceği söylenebilir. Kimyasallara kıyasla tuzların kimyasal oksijen ihtiyacı değerlerinin (KOI) (mg/L) daha düşük olduğu düşünüldüğünde, bu durumun ekolojik kriterlerin giderek artan önem kazandığı günümüz koşullarında endüstriyel üretim için yadsınamaz bir öneme sahip olduğu söylenebilir.

#### 4.4 Alpaka Liflerinin Boyanmasında “Bicolor” ve “Multicolor” Efektlerinin Eldesine İlişkin Sonuçlar

Boyamada “bicolor” ve “multicolor” efekt eldesi için işlemsiz kumaş ile 4 farklı konsantrasyonda katyonikleştirme ön işlemi görmüş kumaşlar aynı banyoda %3'lük koyulukta Lanazol Red 5B (C.I. Reactive Red 66) boyarmaddesi ile boyanmış olup, boyamada elde edilen renk verimi sonuçları Şekil 4.13’de verilmektedir.

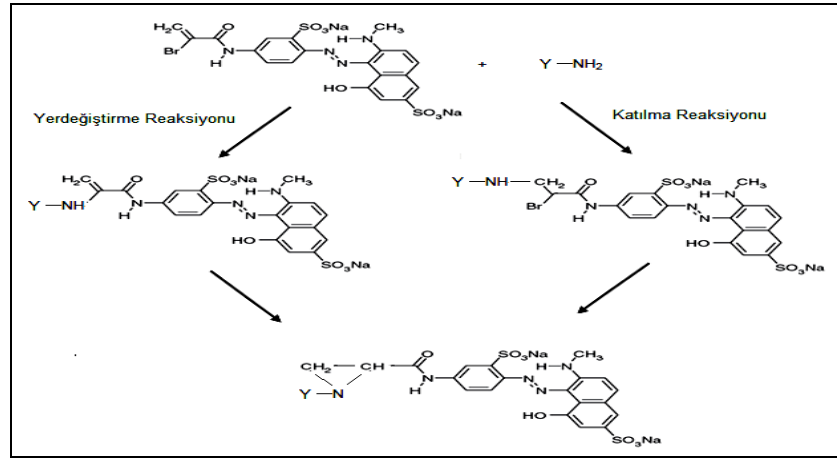


Şekil 4.13: İşlemsiz ve katyonikleştirme ön işlemi görmüş kumaşların aynı banyoda C.I. Reactive Red 66 ile boyanması sonucu elde edilen renk verimi değerleri

Şekil 4.13’den katyonikleştirme işlemi görmüş numunelerin aynı banyoda işlemsize göre daha koyu boyandığı görülmektedir. Katyonikleştirme işleminde konsantrasyonun etkisine bakıldığında, katyonikleştirme maddesinin konsantrasyonu %2,5’den %5’e

çıkarıldığında boyamada elde edilen verim artmış, fakat %7,5 ve %10'a çıkarıldığında yeniden azalmıştır. Bu sonuçlar Bölüm 4.2'de yapılan çalışmada elde edilen sonuçlarla paralellik göstermektedir.

Bilindiği gibi reaktif boyarmaddelerin protein liflerine bağlanmasında rol oynayan en önemli bağ kovalent bağ olup, boyarmaddeler bu bağı liflerin serbest serbest amin (-NH<sub>2</sub>) ve tioalkol (merkaptan) (-SH) grupları üzerinden oluşturmaktadırlar. pH 2,5-3,5'da yapılan boyamalarda kovalent bağların daha ziyade tioalkol (-SH) grupları üzerinden, pH 4-7 arasında yapılan boyamalarda ise amin grupları üzerinden meydana geldiği belirtilmektedir (Tarakçıoğlu 1979-1980). Bu çalışmada, reaktif boyarmaddelerle boyama pH'ı 4,5 olduğundan katyonikleştirme maddesinin lif yapısına bağlanması sonucu amin (-NH<sub>2</sub>) gruplarının sayısında meydana gelen artışın, alpaka lifine bağlanan reaktif boyarmadde miktarını arttırdığı düşünülmektedir. Şekil 4.14'de denemelerde kullanılan reaktif boyarmaddenin yün lifine amin grupları üzerinden kovalent bağlarla bağlanması gösterilmektedir.



Şekil 4.14: Denemelerde kullanılan C.I. Reactive Red 66 boyarmaddesinin yün liflerine amino grupları üzerinden bağlanma mekanizması (Atav ve ark. 2011)

Şekil 4.14'den de görüldüğü gibi katyonikleştirme işlemi sonrası yapısındaki amino gruplarının miktarı artmış olan alpaka liflerinin yapısına daha fazla reaktif boyarmadde bağlayarak daha koyu boyanması normaldir.

Bu sonuçlara dayanarak boyamada "bicolor efekt" elde edilmek isteniyorsa işlemsiz, %2,5 katyonikleştirme maddesi ile ön işlem görmüş ve %5 katyonikleştirme maddesi ile ön

işlem görmüş ipliklerin herhangi ikisinden bir kumaş üretilerek aynı banyoda boyama yapılmasının yeterli olacağı söylenebilir. Eğer “multicolor” efekt elde edilmek istenirse söz konusu üç iplikten kumaş üretilerek aynı banyoda boyama yapılmalıdır.

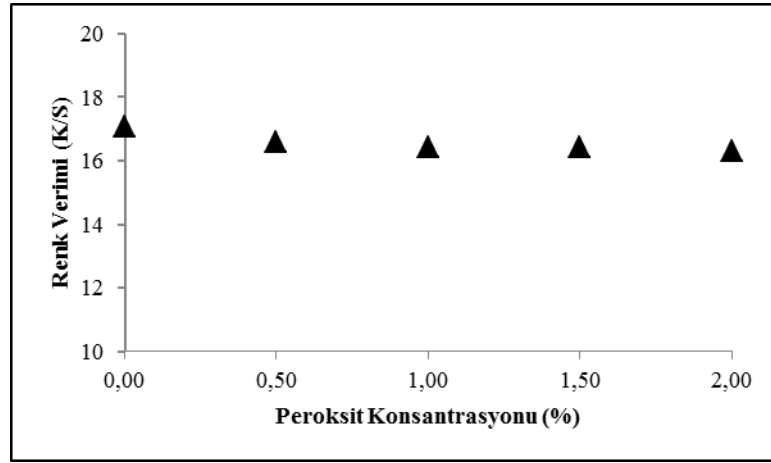
Renk verimi değerleri kıyaslanarak, işlemsiz, %2,5 katyonikleştirme maddesi ile ön işlem görmüş ve %5 katyonikleştirme maddesi ile ön işlem görmüş kumaşların boyama koyulukları arasındaki farklılıklar ortaya konulmuştur. Ancak boyacılık açısından rengin nüansı da önemli olduğundan, bu numunelerin CIEL\*a\*b\* değerleri de ölçülmüş olup, sonuçlar Çizelge 4.6’da verilmektedir.

**Çizelge 4.6:** İşlemsiz ve katyonikleştirme maddesi ile ön işlem görmüş boyalı numunelerin CIEL\*a\*b\* değerleri

| <b>Katyonikleştirme maddesi<br/>konsantrasyonu</b> | <b>L*</b> | <b>a*</b> | <b>b*</b> | <b>C</b> | <b>h</b> |
|--|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| -  | 32,6      | 39,3      | -8,28     | 40,16    | 348,1    |
| %2,5   | 28,01     | 37,84     | -6,32     | 38,37    | 350,52   |
| %5   | 26,49     | 37,93     | -5,65     | 38,35    | 351,53   |

Çizelge 4.6 incelendiğinde L\* değerlerinin işlemsiz > %5 katyonikleştirme maddesi ile ön işlem görmüş > %2,5 katyonikleştirme maddesi ile ön işlem görmüş numune şeklinde olduğu görülmektedir. L\* değeri açıklık-koyuluk değeri olup, bu değerin küçülmesi elde edilen rengin koyulaştığını göstermektedir. Dolayısı ile katyonikleştirme ön işlemi görmüş numuneler işlemsiz göre koyu boyanmaktadır. a\* ve b\* değerlerine bakıldığında ise farklı konsantrasyonlarda katyonikleştirme ön işlemi görmüş numunelerin arasında önemli bir farklılık olmadığı, buna karşın katyonikleştirme işlemi görmüş numunelerin işlemsiz göre a\* değerlerinin daha küçük, b\* değerlerinin ise daha büyük olduğu sonucuna varılmaktadır. Bu durum katyonikleştirme işlemi görmüş olan numunenin renginin nüansının işlemsiz göre daha yeşil ve daha sarı olduğunu ifade etmektedir. Bunun nedeni katyonikleştirme işlemi sonrası numunenin renginde işlemsiz göre bir miktar sararma meydana geliyor olmasıdır. Zira işlemsiz numunenin beyazlık derecesi (Berger’e göre) 11,68 iken katyonikleştirme işlemi görmüş numunede bu değer 8,48’e düşmektedir. Zemin rengi daha sarı olunca da boyamada elde edilen rengin nüansının daha sarı ve daha yeşil çıkması doğaldır. Bu sonuçlar katyonikleştirme işlemi görmüş ve işlemsiz ipliklerden bir kumaş üretilerek boyama işlemi yapıldığında sadece farklı koyuluklarda değil, aynı zamanda farklı tonlarda boyama elde edileceğini ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada boyamada “bicolor” ve “multicolor” efekt eldesi için ikinci bir alternatif olarak alpaka kumaşlara oksidatif ön işlem uygulanması üzerinde çalışılmıştır. Zira oksidatif ön işlem gören liflerin yapılarındaki anyonik grupların sayısı artacağından anyonik boyarmaddelere karşı affinitelerinin düşmesi ve aynı banyoda işlemsiz göre daha açık boyanmaları beklenmektedir. İşlemsiz kumaş ile 4 farklı konsantrasyonda oksidatif ön işlem görmüş kumaşların aynı banyoda %3'lük koyulukta Lanazol Red 5B (C.I. Reactive Red 66) boyarmaddesi ile boyanmasına ilişkin renk verimi sonuçları Şekil 4.15’de verilmektedir.

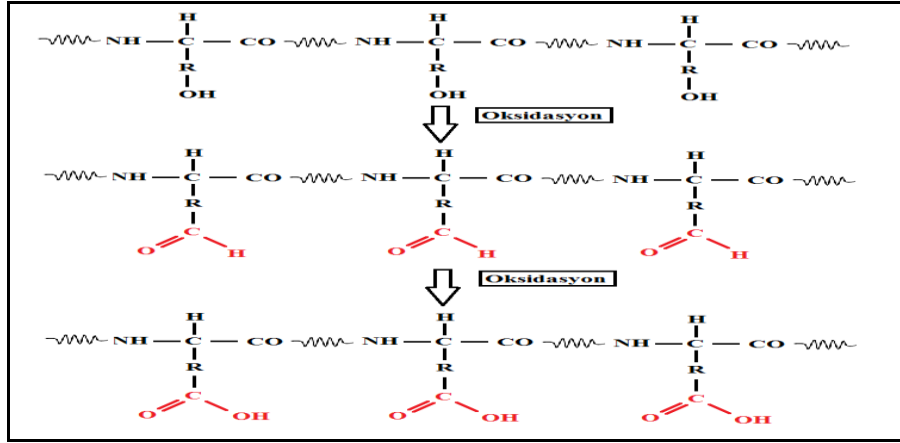


**Şekil 4.15:** İşlemsiz ve oksidatif ön işlem görmüş kumaşların aynı banyoda C.I. Reactive Red 66 ile boyanması sonucu elde edilen renk verimi değerleri

Şekil 4.15 incelendiğinde ilk dikkati çeken husus aynı boyarmadde ile aynı koşullarda ve koyulukta boyanmış olan işlemsiz numunenin renk verimi değerinin Şekil 4.13’deki işlemsiz numuneye göre daha yüksek olmasıdır. Bu durumun nedeni, bu deney grubunda işlemsiz numune ile aynı banyoda boyanan numunelerin oksidatif ön işlem görmüş ve dolayısı ile boya alımları daha düşük olan numuneler olmasıdır. Buna karşın işlemsiz numunenin kendisine göre daha fazla boyarmadde alma yeteneğine sahip katyonikleştirme ön işlemi görmüş numunelerle aynı banyoda boyandığında, daha düşük renk verimi değeri elde edilmesi doğaldır. Zira aynı banyoda boyama yapıldığında farklı özelliklere sahip numuneler birbirinin boya alımını etkileyecektir.

Şekil 4.15 incelendiğinde görülen bir diğer husus hidrojen peroksit ile oksidatif ön işlem yapılması durumunda elde edilen renk veriminin peroksit konsantrasyonu arttıkça işlemsiz numuneye göre giderek az da olsa düştüğüdür. Oksidatif ön işlem sonrası alpaka gibi protein liflerinin yapısındaki alkol gruplarının (serin, threonin, tirozin gibi hidroksi

aminoasitlerin yapısında bulunan) yükseltgenmesi beklenmektedir. Alkol gruplarının bir basamak yükseltgenmesi ile aldehit, bunların da bir basamak daha yükseltgenmesi ile karboksilli asit grupları oluşmaktadır. Dolayısıyla oksidatif ön işlem gören alpaka liflerinde anyonik karboksilli asit grupları artmaktadır. Hidrojen peroksitin alpaka lifleri üzerindeki etki mekanizmasının Şekil 4.16’da verilen şekilde olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.16: Hidrojenperoksitin protein lifleri üzerindeki etki mekanizması (Atav ve ark. 2011)

Bilindiği gibi reaktif boyarmaddeler anyonik karakterli olup, protein liflerinde asidik ortamda oluşan (+) yüklü amonyum grupları üzerinden elektrostatik çekim kuvvetleriyle ve liflerdeki amin ve tioalkol grupları üzerinden kovalent bağlarla bağlanmaktadır. Bunun ötesinde ikincil çekim kuvvetleri de rol oynamaktadır. Eğer liflerdeki (-) yüklü karboksilat anyonları miktarı artarsa boyarmadde ile lif arasındaki elektrostatik itme kuvveti artacağından boyarmadde alımı düşecektir. Bu durum elde edilen bulguları açıklamaktadır.

Bu sonuçlara dayanarak boyamada “bicolor efekt” elde edilmek isteniyorsa işlemsiz ve %2 hidrojenperoksit ile ön işlem görmüş ipliklerden bir kumaş üretilerek aynı banyoda boyama yapılmasının yeterli olacağı söylenebilir. Ancak oksidatif ön işlemde peroksit konsantrasyonu arttırılsa bile işlemsize göre renk farkı oldukça düşüktür. Bu nedenle, bu alternatifin küçük farkların olmasının istenildiği durumlarda kullanılabileceği söylenebilir. Öte yandan peroksit konsantrasyonuna bağlı olarak renkteki açılmalar arasındaki farklar sınırlı olduğundan iki farklı konsantrasyonda peroksitle ön işlem görmüş ipliklerle işlemsiz ipliklerden kumaş üretilerek aynı banyoda “multicolor” efekt elde edilmesinin mümkün olmayacağı söylenebilir.

Renk verimi değerleri kıyaslanarak, işlemsiz ve %2'lik konsantrasyonda hidrojen peroksit ile ön işlem görmüş kumaşların boyama koyulukları arasındaki farklılıklar ortaya konulduktan sonra, nüansları arasında bir farklılık olup olmadığını saptamak amacıyla numunelerin CIEL\*a\*b\* değerleri de ölçülmüştür. Sonuçlar Çizelge 4.7'de verilmektedir.

**Çizelge 4.7:** İşlemsiz ve hidrojenperoksit ile ön işlem görmüş boyalı numunelerin CIEL\*a\*b\* değerleri

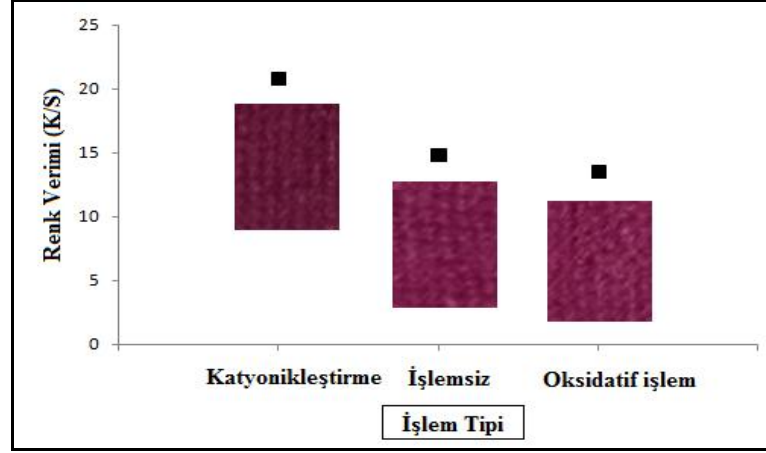
| <b>Hidrojenperoksit Kons.</b> | <b>L*</b> | <b>a*</b> | <b>b*</b> | <b>C</b> | <b>h</b> |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| -                             | 29,83     | 37,93     | -6,74     | 38,53    | 349,93   |
| %2                            | 30,96     | 39,50     | -7,44     | 39,53    | 349,15   |

Çizelge 4.7 incelendiğinde hidrojenperoksit ile oksidatif ön işlem görmüş numunenin L\* değerinin işlemsiz numuneden büyük olduğu görülmektedir. Bu durum oksidatif ön işlem sonrası boyamada elde edilen rengin açıldığını göstermektedir. a\* ve b\* değerlerine bakıldığında ise oksidatif ön işlem görmüş numunenin işlemsize göre a\* değerinin daha büyük, b\* değerlerinin ise daha küçük olduğu sonucuna varılmaktadır. Bu durum oksidatif ön işlem görmüş olan numunenin renginin nüansının işlemsize göre daha kırmızı (daha az yeşil) ve daha mavi (daha az sarı) olduğunu ifade etmektedir. Bunun nedeni oksidatif ön işlem sonrası numunenin renginde bir miktar ağarma meydana geliyor olmasıdır. Zira işlemsiz numunenin beyazlık derecesi (Berger'e göre) 11,68 iken oksidatif ön işlem görmüş numunede bu değer 13,27'ye çıkmaktadır. Zemin rengi daha beyaz olunca da boyamada elde edilen rengin nüansının daha az sarı ve daha az yeşil çıkması doğaldır. Bu sonuçlar oksidatif ön işlem görmüş ve işlemsiz ipliklerden bir kumaş üretilerek boyama işlemi yapıldığında sadece farklı koyuluklarda değil, aynı zamanda farklı tonlarda boyama elde edileceğini ortaya koymaktadır.

Şekil 4.13 ve 4.15'de elde edilen bulgular kendi arasında karşılaştırıldığında, boyamada "bicolor" ve "multicolor" efekt eldesi için işlemsiz ve çeşitli konsantrasyonlarda katyonikleştirme maddesi ile ön işlem görmüş ipliklerden kumaş üretilerek aynı banyoda boyama yapılmasının daha uygun bir alternatif olduğu söylenebilir. Ancak elde edilen renklerin nüanslarına bakıldığında, kumaştaki ipliklerin farklı koyuluk ve nüanslarda boyanması istendiğinde işlemsiz, katyonikleştirme ön işlemi görmüş ve oksidatif ön işlem görmüş olan ipliklerin bir arada kullanılmasının fayda sağlayacağı söylenebilir. Bu durumu göstermek için işlemsiz, %5 katyonikleştirme maddesi ile ön işlem görmüş ve %2



hidrojenperoksitle ön işlem görmüş olan kumaşlarayını banyoda %3'lük koyulukta Lanasol Red 5B (C.I. Reactive Red 66) boyarmaddesi ile boyanmış olup, boyamada elde edilen renk verimi sonuçları ve numunelere ait fotoğraflar Şekil 4.17'de verilmektedir.



**Şekil 4.17:** İşlemsiz, katyonikleştirme işlemi ve oksidatif işlem görmüş kumaşların aynı banyoda C.I. Reactive Red 66 ile boyanması sonucu elde edilen renk verimi değerleri

Şekil 4.17'den elde edilen renklerin koyuluğunun %5 katyonikleştirme maddesi ile ön işlem görmüş > işlemsiz > %2 hidrojenperoksit ile ön işlem görmüş numune şeklinde olduğu görülmektedir. Söz konusu numunelere ait CIEL\*a\*b\* değerleri Çizelge 4.8'de verilmektedir.

**Çizelge 4.8:** İşlemsiz, katyonikleştirme maddesi ile ön işlem görmüş ve oksidatif ön işlem görmüş boyalı numunelerin CIEL\*a\*b\* değerleri

| İşlem Tipi         | L*    | a*    | b*    | C     | h      |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Katyonikleştirme   | 27,34 | 36,6  | -6,47 | 37,17 | 349,98 |
| İşlemsiz           | 31,94 | 38,75 | -8,15 | 39,6  | 348,12 |
| Oksidatif ön işlem | 33,48 | 40,05 | -9,06 | 41,06 | 347,26 |

Çizelge 4.8'den oksidatif ön işlem görmüş- işlemsiz- katyonikleştirme işlemi görmüş sırasıyla gidildikçe L\* ve a\* değerlerinin küçüldüğü (yani rengin koyulaşıp, nüansının daha yeşile kaydığı), b\* değerinin ise büyüdüğü (yani rengin nüansının daha sarıya kaydığı) anlaşılmaktadır. Bu sonuçların nedeni, yukarıda açıklandığı gibi, kumaşın zemin renginde katyonikleştirme işlemi sonrası sararma, oksidatif işlem sonrası ağarma meydana gelmesidir.

## 5. SONUÇLAR

Alpaka liflerinin boyanması konusunda laboratuvar koşullarında yapılan bu tez çalışmasında elde edilen genel sonuçlar aşağıda sıralanmaktadır.

- ✓ Huakaya alpaka ve Suri alpaka liflerinin boyanma özelliklerinin yün ile karşılaştırılmasına ilişkin denemelerin sonucunda dinkleme tipi asit, 1:2 metal kompleks ve reaktif boyarmaddelerle yapılan boyama işlemlerinde boyarmadde alım hızı ve miktarının genel olarak yün>Suri alpaka>Huakaya alpaka şeklinde olduğu sonucuna varılmıştır. Bu farklılıkların dinkleme tipi asit ve reaktif boyarmadde ile yapılan boyamalarda daha belirgin olduğu görülmüştür. Ayrıca üç lifin aynı koşullarda aynı boyarmadde sınıfı ile boyanması sonucu elde edilen renklerin nüansında da belirgin farklılıklar olduğu ve yün-Suri alpaka-Huakaya alpaka sırasıyla gidildikçe rengin nüansının daha yeşil ve daha sarı hale geldiği tespit edilmiştir.
- ✓ Huakaya alpaka ve Suri alpaka lifleri boyamada elde edilen haslıklar açısından kendi arasında karşılaştırıldığında, liflerin yıkama haslıkları arasında herhangi bir farklılık olmadığı, buna karşın aynı koşullarda daha açık boyanmış olan Huakaya alpaka ve Suri alpakanın ışık haslıklarının daha düşük olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmalarda sürtme haslıkları açısından ilginç sonuçlarla karşılaşmıştır. Kuru sürtme haslıklarının yün>Suri alpaka>Huakaya alpaka, yaş sürtme haslıklarının ise yün>Huakaya alpaka>Suri alpaka şeklinde olduğu görülmüştür. Yün liflerine kıyasla Huakaya alpakalarda kuru sürtme, Suri alpakalarda ise yaş sürtme haslıklarının belirgin ölçüde (2 - 2,5 puan) daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bir de alpakaların yüne göre daha açık boyanmış oldukları düşünülecek olursa, bu açık renge rağmen sürtme haslıklarının bu kadar düşük olması, alpaka liflerinin boyanmasında boyarmadde sınıfına bağlı olmaksızın sürtme haslığı probleminin yaşanabileceğini ortaya koymaktadır. Ancak alpaka liflerinin genelde tek başına değil, yün ile karışım halinde kullanıldığı düşünülecek olursa, nihai ürünün sürtme haslığının kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmasının söz konusu olabileceği söylenebilir.
- ✓ Alpaka liflerinin boyanma özelliklerinin yün ile karşılaştırılmasına ilişkin denemeler sonucunda elde edilen bulguların özellikle Huakaya alpaka veya Suri alpakaların yün ile karışımlarının boyanması durumunda elde edilebilecek sonuçlara ışık tutacağı

düşünülmektedir. Bilindiği gibi, alpaka liflerinin maliyeti düşürmek başta olmak üzere çeşitli amaçlarla yün lifi ile karışım halinde kullanımları yaygındır. Bu noktada Huakaya alpaka veya Suri alpakanın yün ile karışımından oluşan bir ipliğin veya alpakanın atkı ve/veya çözgüde kullanıldığı bir yün/alpaka karışım kumaşın boyanmasında her iki komponentin aynı renge boyanmasının zor olacağı söylenebilir. Çünkü alpaka lifleri aynı koşullarda yün liflerine göre oldukça daha az boya almakta ve daha açık boyanmaktadır. Her ne kadar boyamada yünü rezerve edici yardımcı kimyasal kullanarak bu durumun önüne kısmen geçilebilecek olsa da, en ideal ve en basit çözümün alpaka/yün karışımı bir kumaş üretilmek istenildiğinde her iki komponentin elyaf (harmandan karışım yapılacaksa) ya da iplik (atkı ve/veya çözgüde kullanılacaksa) halinde ayrı ayrı boyanıp ondan sonra iplik veya kumaşın üretilmesi olduğunu vurgulamakta fayda vardır.

- ✓ Alpaka liflerinin boyanma özelliklerinin geliştirilmesi ve liflerin düşük sıcaklıklarda boyanabilirliğinin sağlanması amacıyla 2 farklı kimyasal yapıdaki katyonikleştirme maddesiyle çeşitli koşullarda yapılan ön işlemler sonucunda,alpaka liflerinin boyanabilirliğini geliştirmek için en uygun katyonikleştirme maddesinin poliaminoklorhidrin kuarternramonyum bileşiği esaslı ürün, optimum aplikasyon koşullarının ise pH 7, 90°C, 20 dak. ve %6'lık konsantrasyon olduğu saptanmıştır. Yapılan denemeler sonucunda boyama öncesi katyonikleştirme işlemi yapılmasının alpaka liflerinin en çok reaktif boyarmaddelerle boyanmasında fayda sağladığı görülmüştür. Alpaka kumaşların katyonikleştirme işlemi sonrası reaktif boyarmaddelerle verimde önemli bir kayba yol açmadan, kumaş mukavemetini ve yıkama ile ışık haslıklarını olumsuz etkilemeden 90°C'da boyanabileceği saptanmıştır. Ancak sürtme haslıklarının konvansiyonel boyamaya göre daha düşük olduğu hususu göz ardı edilmemelidir. Bu nedenle, bu yeni prosesin alpakanın yün ile karışım halinde kullanılacağı ürünlerde alpaka kısmının boyanması için tercih edilmesinin daha uygun olacağı söylenebilir. Zira bu durumda nihai ürünün sürtme haslıkları kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalabilecektir.
- ✓ Alpaka liflerinin boyanma düzgünlüğünün iyileştirilmesine ilişkin yapılan çalışmalar sonucunda sodyum sülfat tuzunun da alpaka liflerinin boyanmasında boyarmadde alımını frenlemek ve dolayısı ile boyama düzgünlüğü sağlamak amacıyla kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

- ✓ Alpaka liflerinin boyanmasında “bicolor” ve “multicolor” efektlerin eldesine ilişkin denemeler sonucunda, boyamada “bicolor efekt” elde edilmek isteniyorsa işlemsiz, %2,5 katyonikleştirme maddesi ile ön işlem görmüş ve %5 katyonikleştirme maddesi ile ön işlem görmüş ipliklerin herhangi ikisinden bir kumaş üretilerek aynı banyoda boyama yapılmasının uygun olacağı saptanmıştır. Eğer “multicolor” efekt elde edilmek istenirse söz konusu üç iplikten kumaş üretilerek aynı banyoda boyama yapılmalıdır. Yapılan renk ölçümleri sonucunda katyonikleştirme işlemi görmüş olan numunenin renginin işlemsiz göze yalnızca daha koyu olmadığı, aynı zamanda nüansının daha yeşil ve daha sarı olduğu görülmüştür. Buna göre; katyonikleştirme işlemi görmüş ve işlemsiz ipliklerden bir kumaş üretilerek boyama işlemi yapıldığında sadece bir rengin farklı koyuluklarının değil, aynı zamanda farklı tonlarının da elde edileceği söylenebilir.
- ✓ Bu çalışmada boyamada “bicolor” ve “multicolor” efekt eldesi için ikinci bir alternatif olarak alpaka kumaşlara hidrojen peroksit ile oksidatif ön işlem uygulanması üzerinde çalışılmıştır. Elde edilen bulgular neticesinde boyamada “bicolor” ve “multicolor” efekt eldesi için işlemsiz ve çeşitli konsantrasyonlarda katyonikleştirme maddesi ile ön işlem görmüş ipliklerden kumaş üretilerek aynı banyoda boyama yapılmasının daha uygun bir alternatif olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak elde edilen renklerin nüansları değerlendirildiğinde, kumaştaki ipliklerin farklı koyuluk ve nüanslarda boyanması istendiğinde işlemsiz, katyonikleştirme ön işlemi görmüş ve oksidatif ön işlem görmüş olan ipliklerin bir arada kullanılmasının fayda sağlayabileceği söylenebilir.

Literatür incelendiğinde genel olarak alpaka lifleri üzerindeki çalışmaların sınırlı olduğu, mevcut olan çalışmaların ise lif özelliklerinin (incelik, mukavemet, pul yapısı, keçeleşme eğilimi, tutum vb.) yün ile karşılaştırılması ve pigmentasyona sahip renkli liflerin ağartılması üzerine odaklandığı görülmektedir. Buna karşın alpaka liflerinin boyanma özelliklerinin incelenmesi, liflerin boyanabilirliğinin geliştirilmesi ve liflerin boyanmasında özel efektlerin eldesi gibi konular üzerine odaklanmış kapsamlı çalışmalara pek rastlanmamaktadır. Bu nedenle, bu tez projesi kapsamında elde edilen bulguların hem akademik alanda literatürdeki ilgili eksikliği gidermede katkı sağlayacağı hem de tekstil alanında alpaka liflerinin boyanması konusunda faaliyet gösteren sanayicilere yararlı olacağı ümit edilmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

- Atav R, Öktem T (2006). Tiftik (Ankara Keçisi) Liflerinin Yapısal Özellikleri. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 16(2): 105-109.
- Atav R (2009). Yün Dışındaki Bazı Önemli Protein Liflerinin Boyanma Özelliklerinin Geliştirilmesi. Doktora tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Atav R (2010). Alpaka Lifleri. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4: 65-72.
- Atav R, Göktepe F, Yavaş A, Namırtı O (2011). Nanoteknoloji Ürünü Dendrimerlerle Yün Liflerinin Boyanabilirliğinin ve Basılabilirliğinin Geliştirilmesi ve Liflere Aromaterapi Fonksiyonel Özelliğinin Kazandırılması. TÜBİTAK 1002 Hızlı Destek, Proje No: 110M212.
- Atav R (2013). Kıl Kökenli Lüks Lifler ve Terbiye İşlemleri. Yüksek Lisans Ders Notları.
- Czaplicki Z (2012). Properties and Structure of Polish Alpaca Wool. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 20, 1(90): 8-12.
- Dalton J, Franck RR (2000). Cashmere, Camelhair and Other Hair Fibres, Silk, Mohair, Cashmere and Other Luxury Fibers, Ed: R. R.Franck, Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC, U.S.A, 162-174.
- Harmancıoğlu M (1974). Lif Teknolojisi (Yün ve Deri Ürünü Diğer Lifler). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, İzmir.
- Haroun A A, Mansour HF (2007). Effect of Cationisation on Reactive Printing of Leather and Wool. *Dyes and Pigments*, 72(1): 80-87.
- Hunter L, Mandela N (2012). Types, Properties And Factors Affecting Breeding And Cultivation, Volume: 1, Handbook of Natural Fibers., Ed: Y. Kozlowski, Woodhead Publishing, Cambridge, 208.
- Liu X, Hurren J, Wang L, Wang X (2004). Effects of Bleaching and Dyeing on the Quality of Alpaca Tops and Yarns. *Fibers and Polymers*, 5(2): 128-133.
- Liu X, Hurren J, Wang X (2003). Comparative Analysis of Two Selective Bleaching Methods on Alpaca Fibers. *Fibers and Polymers*, 4(3): 124-128.
- Pailthorpe MT (1992). The Theoretical Basis for Wool Dyeing, Wool Dyeing. Ed: Lewis DM, Society of Dyers and Colourists, 82.
- Pringle H (2001). Secrets of the Alpaca Mummies. *Discover*, 22(4): 58-64.
- Robertson J (1999). Forensic Examination of Fibers. CRC Press, London, UK. <http://site.ebrary.com/lib/ege/Doc?id=10054585&page=29>, (erişim tarihi, 02.10.2007).

- Shim S (2003). Analytical Techniques for Differentiating Huacaya and Suri Alpaca Fibers. MSci. Thesis, The Ohio State University, Columbus, Ohio.
- Tarakçıoğlu I (1979-1980). Tekstil Boyacılığı-I Teksiri. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çoğaltma Yayınları, İzmir.
- Tillman A, Tillman C (2006). Surface Scanning Electron Microscopy of Suri Alpaca Fiber and Other Members of the Camel Family. Alpacas Magazine, Spring, 158-171.
- Tuckwell C (1994). The Peruvian Alpaca Industry. A Report for Rural Industries Research and Development Corporation. Avustralya.
- Valbonesi A, Cristofanelli S, Pierdominici, F, Gonzales M, Antonini M (2010). Comparison of Fiber and Cuticular Attributes of Alpaca and Llama Fleeces. Textile Research Journal, 80(4): 344-353.
- Von Bergen W, Krauss W (1942). Textile Fiber Atlas: A Collection of Photomicrographs of Common Textile Fibers. American Wool Handbook Company, New York.
- Wang H, Liu X, Wang X (2005). Internal Structure and Pigment Granules in Colored Alpaca Fibers. Fibers and Polymers, 6(3): 263-268.
- Wang X, Wang L, Liu X (2003). The Quality and Processing Performance of Alpaca Fibers. A Report for the Rural Industries Research and Development Corporation, ISBN 0642 58694 2, Publication No. 03/128, Project No. UD-2A, Avustralya.
- <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0709e/i0709e07.pdf> (erişim tarihi, 20.08.2012).
- [http://islandalpaca.com/about\\_alpacas.php](http://islandalpaca.com/about_alpacas.php) (erişim tarihi, 18.12.2013).
- <http://www.alpacas.com/alpacalibrary/alpacafibertextile.aspx> (erişim tarihi, 20.08.2011).
- <http://www.alpaca-stuff.co.uk/beanie-hat>(erişim tarihi, 26.01.2014).
- <http://www.gatewayalpacas.com/alpacas/> (erişim tarihi, 20.08.2012).
- <http://www.gatewayalpacas.com/alpaca/assessing-fiber/hand-grading.htm>(erişim tarihi,20.08.2012).
- <http://www.interweaveknits.com/articles/Alpaca-fall00.pdf> (erişim tarihi, 20.08.2012).
- <http://www.morningstarfiber.com/alpacas.htm> (erişim tarihi, 12.10.2011).
- <http://www.peruvianconnection.com/category/fiber+-+product+info/alpaca+fiber.do> (erişimtarihi, 20.08.2012).

## ÖZGEÇMİŞ

10.10.1979 tarihinde Ordu'da doğmuş olan Fatih TÜRKMEN ilk, orta ve lise eğitimini Ordu'da tamamlamıştır. 1999-2001 yılları arasında İnönü ÜniversitesiYakınca Meslek Yüksek Okulu Tekstil Bölümü'nde ve ardından 2002-2004 yıllarında Karadeniz Teknik ÜniversitesiOrman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü'nde eğitim hayatına devam ettikten sonra 2004 yılında Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nü girerek buradan 2008 yılında mezun olmuştur.

2008 yılında profesyonel iş hayatına başlayıp, çeşitli firmalarda farklı görev ve pozisyonlarda çalışmıştır. Halen Özen Mensucat Boya Terbiye İşletmeleri A.Ş.'de vardiya amiri olarak çalışmaya devam etmektedir.