

**T.C.  
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ATIK YÜNLERDEN KERATİN ELDE ETME YÖNTEMLERİNİN  
ARAŞTIRILMASI**

**Hasan SİNAN**

**Danışman  
Doç. Dr. Meliha OKTAV BULUT**

**II. Danışman  
Prof. Dr. İbrahim ÜÇGÜL**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
ISPARTA - 2019**



© 2019 [Hasan SİNAN]

## TEZ ONAYI

Hasan SİNAN tarafından hazırlanan "Atık Yünlerden Keratin Elde Etme Yöntemlerinin Araştırılması " adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

**Danışman** Doç. Dr. Meliha OKTAV BULUT  
Süleyman Demirel Üniversitesi



**Jüri Üyesi** Doç. Dr. Feyza AKARSLAN  
Süleyman Demirel Üniversitesi



**Jüri Üyesi** Doç. Dr. Güngör DURUR  
Pamukkale Üniversitesi



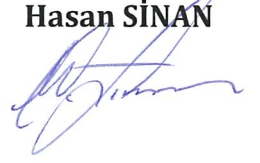
**Enstitü Müdür**

**Doç. Dr. Şule Sultan UĞUR**

## **TAAHHÜTNAME**

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

**Hasan SİNAN**



## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Yün Lifi.....	4
1.1.1. Yün lifinin kimyasal yapısı.....	4
1.2. Yün Lifinin Histolojik Yapısı.....	5
1.2.1. Epidermis tabakası.....	6
1.2.2. Korteks tabakası.....	7
1.2.3. Medula tabakası ( mih kanalı ).....	7
1.3. Yün Liflerinin Fiziksel Özellikleri.....	8
1.4. Yün Lifinin Kimyasal Özellikleri.....	9
1.4.1. Suyun yün liflerine etkisi.....	9
1.4.2. Asitlerin yün liflerine etkisi.....	10
1.4.3. Bazların yün liflerine etkisi.....	10
1.4.4. Tuzların yün liflerine etkisi.....	10
1.4.5. İndirgen maddelerin yün liflerine etkisi.....	10
1.4.6. Yükseltgen maddelerin yün liflerine etkisi.....	11
1.4.7. Işığın yün liflerine etkisi.....	11
1.4.8. Sıcaklığın yün liflerine etkisi.....	11
1.5. Aminoasitlerin Özellikleri.....	12
1.5.1. Yün liflerinde bulunan başlıca aminoasitler.....	12
1.6. Keratin Makromolekülleri Arasındaki Bağlar.....	13
1.6.1. Kovalent bağlar.....	13
1.6.2. Tuz bağları.....	13
1.6.3. Hidrojen köprüleri.....	14
1.6.4. Apolar bağlar.....	14
1.7. Teknik Uygulamalar Açısından Yünün Önemli Özellikleri.....	14
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	17
3. MATERYAL VE METOD.....	22
3.1. Materyal.....	22
3.1.1. Kimyasal maddeler.....	22
3.1.2. Yün lifi.....	22
3.1.3. Yıkama ve çözünürlük testlerinde kullanılan cihazlar ve malzemeler.....	22
3.1.4. İndirgen madde melas.....	26
3.2. Metod.....	27
3.2.1. Numune hazırlama.....	27
3.2.2. Keratin eldesinde kullanılan yöntemler.....	27
3.2.2.1. Alkali Hidroliz yöntemi.....	27
3.2.2.2. Reducing D Powder ile İndirgeme yöntemi.....	27
3.2.2.3. Na <sub>2</sub> S ile Sülfitoliz indirgeme yöntemi.....	28

3.2.2.4. Melas kullanılan indirgeme yöntemi.....	28
3.2.3. Çözeltinin çöktürme işlemi.....	28
3.2.4. Çözeltinin saflaştırma işlemi.....	28
3.2.5. FT-IR analizi .....	29
3.2.6. SEM görüntülerinin incelenmesi.....	29
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI.....	30
4.1. Çözelti İçerisinden Süzülen Katı Madde Tayini .....	30
4.2. Santrifüj İşlemi Sonucunda Elde Edilen Çözeltilerin İncelenmesi.....	31
4.3. Elde Edilen Keratin Yapıları .....	33
4.4. FT-IR Analizi Bulguları .....	35
4.5. SEM Yüzey Görüntüleri .....	41
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	45
KAYNAKLAR .....	47
ÖZGEÇMİŞ.....	50



## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### ATIK YÜNLERDEN KERATİN ELDE ETME YÖNTEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Hasan SİNAN

Süleyman Demirel Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Meliha OKTAV BULUT

II. Danışman: Prof. Dr. İbrahim ÜÇGÜL

Bu tez çalışmasında, üç farklı yöntemle göre atık yünün hidrolizati incelenmiştir. Bu yöntemler klasik alkali hidroliz yöntemi, klasik indirgen madde sodyum sülfür ile yapılan sülfitoliz indirgeme yöntemi ve sodyum sülfür yerine glikoz kullanılan indirgemedir. İndirgeme yöntemleri, katı madde tayini, FT-IR analizi ve SEM görüntüleri esas alınarak karşılaştırılmıştır.

FT-IR analizi sonuçlarına göre yünün hidrolizati eldesinde en etkili yöntem sodyum sülfür ile sülfitoliz indirgeme işlemi iken, sonrasında glikoz esaslı indirgen maddenin ve alkali işlemin en ılıman yöntem olduğu görülmektedir. Numunelerin ağırlık kayıpları incelendiğinde sülfitoliz indirgeme yöntemi en yüksek ağırlık kaybını oluşturmaktadır. Sülfitoliz yöntemi ile elde edilen hidrolizatın, FT-IR ve SEM görüntüleri esas alındığında yeni bağlar oluşumuna neden olmakta bahsedilen durumu desteklemektedir. Sodyum sülfür yerine glikoz esaslı madde kullanımıyla daha az lif zararı ve ağırlık kaybı oluşmaktadır. Deney sonuçlarına göre keratin eldesinde klasik indirgen olarak kullanılan sodyum sülfür yerine glikoz esaslı çevreci kimyasal maddenin rahatlıkla kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Keratin Yapısı, Keratin Eldesi, Sürdürülebilirlik, İndirgeme Yöntemi, Ekoloji

2019, 50 sayfa

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **INVESTIGATION OF KERATIN PRODUCTION METHODS FROM WASTE WOOLS**

**Hasan SİNAN**

**Süleyman Demirel University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Textile Engineering**

**Supervisor: Assoc.Prof. Meliha OKTAV BULUT**

**Co-Supervisor: Prof. Dr. İbrahim ÜÇGÜL**

In this thesis, hydrolysis of waste wool was investigated according to three different methods. These methods are the classical alkali hydrolysis method, the sulfitolysis reduction method with the classical reducing agent Na<sub>2</sub>S and the reducing agent based on glucose instead of Na<sub>2</sub>S. These methods were compared in terms of the amount of solid, FT-IR analysis and SEM photos of samples.

Accordance with FT-IR analysis, the most effective method is sulfitolysis reduction with sodium sulfide to obtain hydrolization of wool. Reduction with glucose method and also alkali hydrolization method were same order. If the amount of weight losses is studied, the most weight losses is obtained by sulfitolysis method. The basis of FT-IR and Sem photos of hydrolysate of wool sample created some new bonds and also supported this condition. Less fibre damage and weight loss were obtained by using of glucose instead of sodium sulfide. Finding of test results ecologically glucose based reduction agent is usable to obtain hydrolization of wool fibre instead of sodium sulfide.

**KeyWords:** Keratin Structure, Keratin Production, Sustainability, Reduction Method, Ecology

**2019, 50 pages**



## TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, süreç boyunca yardımlarını eksik etmeyen, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli danışman hocam; Doç. Dr. Meliha OKTAV BULUT'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tez süresince değerli fikirleri ile destek veren ikinci danışman hocam Prof. Dr. İbrahim ÜÇGÜL'e teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan başta sevgili eşim ve oğullarım olmak üzere tüm aileme ve çalışma arkadaşlarıma sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Hasan SİNAN  
İSPARTA, 2019



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Aminoasit Yapısı (www.biology.arizona.edu).....	4
Şekil 1.2. Yün lifinin yapısı (Doğan, 2015).....	6
Şekil 3.1. Precisa XT320 hassas terazi.....	23
Şekil 3.2. GyroWash yıkama makinesi.....	23
Şekil 3.3. Hanna pH metre (HI 221) ve iletkenlik ölçüm cihazı .....	24
Şekil 3.4. Desikatör.....	24
Şekil 3.5. Whatman No:42 süzgeç kağıdı .....	25
Şekil 3.6. Diyalizör .....	25
Şekil 3.7. Mikro Peristaltik Pompa.....	26
Şekil 4.1. Wise Ven markalı vakumlu etüv.....	31
Şekil 4.2. Alkali hidroliz yöntemi sonucu elde edilen çözelti.....	32
Şekil 4.3. İndirme yöntemi sonucu elde edilen çözelti.....	32
Şekil 4.4. Sülfitoliz indirgeme yöntemi sonucu elde edilen çözelti .....	33
Şekil 4.5. Alkali hidroliz yöntemi sonucu elde edilen keratin yapısı .....	33
Şekil 4.6. İndirgeme yöntemi sonucu elde edilen keratin yapısı.....	34
Şekil 4.7. Sülfitoliz indirgeme yöntemi sonucu elde edilen keratin yapısı .....	34
Şekil 4.8. İşlem görmemiş yün lifi FT-IR analizi.....	35
Şekil 4.9. Na <sub>2</sub> S ile sülfitoliz indirgeme işlemi görmüş keratin yapısı FT-IR analizi .....	36
Şekil 4.10. Reducing D Powder ile indirgeme işlemi görmüş keratin yapısı FT-IR analizi.....	36
Şekil 4.11. Alkali hidroliz yöntemi ile işlemi görmüş keratin yapısı FT-IR analizi .....	37
Şekil 4.12. Tüm yapıların üst üste getirildiği FT-IR analizi .....	37
Şekil 4.13. Frekans aralığıyla tüm yapıların üst üste getirildiği FT-IR analizi .....	38
Şekil 4.14. Poli peptid keratin zincirleri arasında parçalanmış disülfür bağları (Eslahi, vd., 2013).....	39
Şekil 4.15. 500 X büyütmede sırası ile işlem görmemiş yün, alkali hidroliz işlemi görmüş keratin yapısı, Reducing D powder ile indirgeme işlemi görmüş keratin yapısı ve Na <sub>2</sub> S ile sülfitoliz indirgeme işlemi görmüş keratin yapısının SEM yüzey görüntüleri .....	41
Şekil 4.16. 1000 X büyütmede sırası ile işlem görmemiş yün, alkali hidroliz işlemi görmüş keratin yapısı, Reducing D powder ile indirgeme işlemi görmüş keratin yapısı ve Na <sub>2</sub> S ile sülfitoliz indirgeme işlemi görmüş keratin yapısının SEM yüzey görüntüleri .....	42
Şekil 4.17. 2000 X büyütmede sırası ile işlem görmemiş yün, alkali hidroliz işlemi görmüş keratin yapısı, Reducing D powder ile indirgeme işlemi görmüş keratin yapısı ve Na <sub>2</sub> S ile sülfitoliz indirgeme işlemi görmüş keratin yapısının SEM yüzey görüntüleri .....	42
Şekil 4.18. 5000 X büyütmede sırası ile işlem görmemiş yün, alkali hidroliz işlemi görmüş keratin yapısı, Reducing D powder ile indirgeme işlemi görmüş keratin yapısı ve Na <sub>2</sub> S ile sülfitoliz indirgeme işlemi görmüş keratin yapısının SEM yüzey görüntüleri .....	43

Şekil 4.19. 10000 X büyütmede sırası ile işlem görmemiş yün, alkali hidroliz işlemi görmüş keratin yapısı, Reducing D powder ile indirgeme işlemi görmüş keratin yapısı ve Na<sub>2</sub>S ile sülfitoliz indirgeme işlemi görmüş keratin yapısının SEM yüzey görüntüleri..... 43



## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 3.1. Yünde bulunan amino asitlerin dağılımı.....	5
Çizelge 4.1. Çözelti içerisinde süzülen katı madde miktarı .....	30



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

C-C	Karbon-karbon tekli bağı
C=C	Karbon-karbon ikili bağı
C-H	Karbon-hidrojen bağı
C-O	Karbon-oksijen tekli bağı
C=O	Karbon-oksijen ikili bağı (karbonil grubu)
-COOH	Karboksil grubu
C-N	Karbon-azot tekli bağı
Cm	Santimetre
cm <sup>-1</sup>	Dalga boyu
dk	Dakika
FT-IR	Fourier Transform Infrared
H	Hidrojen
HCl	Hidroklorik asit
Kj	Kilo Joule
G	Gram
Kg	Kilogram
L	Litre
LOI	Limit Oxygen Indeks (Sınırlayıcı oksijen indeksi)
mL	Mililitre
mm	Milimetre
nm	Nanometre
NaOH	Sodyum hidroksit
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Sodyum karbonat
Na <sub>2</sub> S	Sodyum sülfür
NH	Azot-hidrojen bağı
NH <sub>2</sub>	Amin grubu
-OH	Hidroksil grubu
pH	Ortamın asitlik veya baziklik ölçüsü (-log[H <sup>+</sup> ])
S	Kükürt
SEM	Scanning Electron Microscope (Taramalı elektron mikroskobu)
TGA	Termogravimetrik Analiz
Wo	Yün
° Be	Derece bome
° C	Derece Santigrat
%	Yüzde

## 1. GİRİŞ

Günümüzde tekstil alanında yapılan son çalışmalarda, önceden kullanılan ve süregelen geleneksel yöntemlerin yerini daha çevresel ve çevreye dost malzemelerin kullanıldığı alternatif yöntemlerin aldığı bilinmektedir. Bu yöntemlerden bir tanesi de kullanılmış olan atık liflerin geri kazanımıdır. Atık yün liflerinden keratin geri kazanım işlemi, değerli ve birçok kimyasal ile fiziksel özellikleri olan bu ürüne daha düşük bir fiyat ile ulaşmayı sağladığı gibi, aynı zamanda da bilinçsiz malzeme tüketiminin önüne geçerek doğal kaynakların verimli olarak kullanılmasını ve çevrenin korunmasını sağlamaktadır.

Yün, nem tutan yapıya sahip bir liftir ve bulunduğu ortamın nemine ve sıcaklığına bağlı olarak değişik oranlarda nemi bünyesinde tutabilmektedir. Ağırlığının % 30'una kadar nemi yapısına alabilen yün lifinin ıslaklık hissi oluşturmama özelliği vardır. İnsanlar ilk yüzyıllarda yünün bu yüksek nem alma yeteneğini çölde su elde etmek için kullanmaktaydılar. Yün parçacıkları bütün gece serilmiş olarak çölde bırakılmakta ve ertesi sabah yün sıkıldığında gece emilen çığ sebebi ile su elde edilmekteydi. Ayrıca, İskoçya'nın yüksek soğuk kısımlarında yaşayan ve giyecek farklı elbisesi olmayan çobanlar, soğuktan korunmak için sabah erken saatlerde ekose şallarını nehirde hafifçe ıslattıktan sonra giyorlardı. Emilen su nedeni ile yün elyafı şişmekte, kumaş daha hacimli bir yapıya bürünmekte, dolayısı ile kumaştaki gözenekler azalmakta, böylece ıslaklık hissi oluşmadan, kumaşın hava geçirgenlik özelliği düşmekte ve rüzgardan kaynaklanacak olan üşüme hissi de en aza indirilmekteydi (Graw, 1993).

Yün lifleri; yüksek nem çekme ve ısı yalıtımı özellikleri yanında; esneklik, yumuşaklık, koku tutmazlık özelliği, anti mikrobiyel özellik, güç tutuşurluk, nefes alabilirlik gibi eşsiz özellikleri sayesinde bugün artık sadece hazır giyim, döşemecilik ve halıcılık gibi geleneksel kullanım alanlarında değil koruyucu giysiler, jeo tekstiller, akıllı materyaller, tıbbi tekstiller ve yalıtım sistemleri gibi teknik uygulamalarda da kullanım yeri bulmaktadır.

Eşsiz özelliklere sahip bulunan ve yüksek giyim konforu sağladığı için değerli bir lif olan yün, kısıtlı üretiminden dolayı da pahalı bir lifdir. Yün lifinin olumsuz özelliği ise doğada çözünebilir olmasından dolayı, çözünme sonucu ortaya çıkan metan gazı nedeni ile küresel ısınmaya neden olmasıdır. Bu sebeple yün liflerinin geri kazanılması sayesinde değerli ve yüksek konfor özellikleri olan bu life daha düşük bir fiyat ile ulaşmayı sağlayacağı gibi, aynı zamanda da bilinçsiz malzeme tüketiminin önüne geçerek doğal kaynakların israf edilmeden verimli olarak değerlendirilmesini ve çevrenin korunmasını sağlamaktadır.

Geri kazanım, ekonomiye ve geleceğe yatırım demektir. Tekstil liflerinin neredeyse % 100'ü geri kazanıma uygun maddelerdir. Tekstil telef ve artıkları düzgün bir şekilde toplanıp değerlendirilmeye alındığı takdirde tekstil geri kazanım sanayisi, uygulanabilir ve varlığını sürdürebilir bir endüstridir (Hawley, 2008).

Geri kazanımla birlikte ekonomik olarak pek çok fayda sağlanmasına rağmen, dünyanın bir çok yerinde kullanım ömrünü tamamlamış tekstil ürünleri ve üretim sürecinde oluşan tekstil telefleri geri kazanım hattına dahil edilmemektedir. ABD'de, yıllık oluşan tüm tekstil telef ve atıklarının yaklaşık olarak %30'u (1,13 milyon ton) geri kazanım işlemine alınmaktadır. Çevre Koruma Birliği'nin 2003'teki bildirisine göre; ABD'de her yıl 4 milyon ton tekstil atığının arazi düzeltme işlemi için kullanıldığı belirtilmiştir. ABD'nde yaşayan herkesin yılda sadece 1 adet geri kazanılmış yünden elde edilen bir giysi satın alması sonucunda, ortalama 1,4 milyar litre su ve 480 ton kimyasal boyadan tasarruf edileceği düşünülmektedir (Hawley, 2008).

Son dönemlerde oldukça gündemde olan geri kazanım konusuna tekstil ürünleri için ele aldığımızda yaklaşık olarak 200 yıl öncesine dönmekteyiz. Yün lifleri için geri kazanım, ilk olarak 1813 yılında, İngiltere'de yaşayan Benjamin Law'ın yün lifli parçacıkları geri kazanıp orijinal (ham) yün ile harmanlayarak 'shoddy' olarak isimlendirilen bir ürün elde etmesi ile başlamıştır ve Benjamin Law'ın ismi; İngiltere, West Yorkshire'da yün tekstil sanayisinde geri kazanım işlemini gerçekleştiren kişi olarak literatüre geçmiştir (Shoddy, 2009).

Napolyon savaşları süresince İngiltere’de, ambargolar nedeniyle giysi ticareti düşüş gösterirken, West Yorkshire’da yünlü giysi ticaretinde durum biraz daha iyi durumdaydı. 1800’lü yılların başlarında kumaş üreticilerinin, iplik taleplerinin tam olarak karşılanamaması, yünlü tekstil ürünü üretiminde en büyük sorunlardan biri olarak karşımıza çıkmaktaydı. İplik hazırlık ve eğirme işlemi dokuma işlemine göre daha uzun süren bir işlemdi. Sanayileşme ile eğirme ve taraklama makinelerinin gelişmesi ile birlikte iplik üretimi hızlandı ve kumaş üreticilerin talepleri karşılanabilir duruma geldi. Kumaş endüstrisi de bu sayede büyük bir hızla gelişti ve kumaş üretimi için daha çok hammaddeye ihtiyaç duyuldu. Ancak İngiltere kendi ihtiyacını karşılayacak kadar yün üretmiyordu ve yün ithali de savaş yüzünden kısıtlanıyordu. Yaşanan hammadde sıkıntısı nedeni ile yün liflerinin geri kazanım işlemi süreci başlamış ve geliştirilmiş oldu (Shoddy, 2009).

Yünlü eski giysileri toplayıp onları yeniden eğrilebilecek lifli duruma getirene kadar ayırma işlemine tabi tutan Benjamin Law, kullanılmamış yün ile geri kazandığı bu yünleri harmanlayarak ‘shoddy’ olarak isimlendirilen geri kazanılmış yün liflerini bulmuştur ve yaşanan hammadde sıkıntısı nedeni ile sistem çok hızlı bir şekilde geliştirilmiştir. Bu gelişim yünlü ticaretinde büyük bir önem kazanmıştır. 1822’de Benjamin’in buluşundan 9 yıl sonra Batley’de 118 kişi bu işle uğraşır olmuş ve bunun üzerinden çok büyük gelirler elde etmişlerdir. 1855 yılında ise, geri kazanımdan yaklaşık olarak 16 bin ton yünlü giysi paçavraları işlem görür hale gelmiştir. İlk başlarda hammadde yetersizliğinden zorunlu olarak ortaya çıkan yün lifinin geri kazanım işlemi ile ciddi anlamda ekonomik yararlar sağlanmıştır. (Shoddy, 2009).

Geri kazanım ilk dönemlerde , çoğu zaman ulusal ekonomide ve toplumda itibar ve değer görmezken, bilinçli tüketicilerin artması ile birlikte geri kazanılan maddeden üretilen ürünün düşük kaliteli ürün olma önyargısı gün geçtikçe azalmaktadır. Hatta üreticiler imalat süreçlerinde geri kazanılmış madde kullandıklarını vurgulamaya başlamış ve bu sayede doğayla dost üretim sloganı altında geri kazanımı prestij kaynağı olarak kullanmaya başlamışlardır.



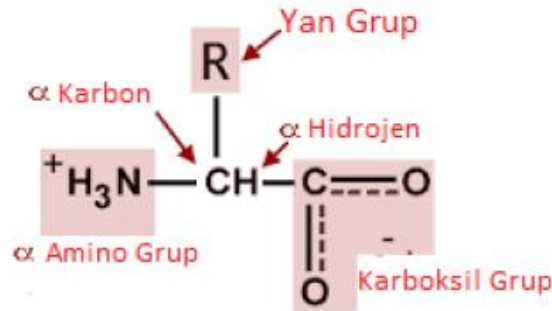
## 1.1. Yün Lifi

Tekstil alanlarında, iplik eğirmek için ve dokusuz yüzey üretiminde koyunların kullanılan tüyüne yün denir. Koyundan kırılmış kirli yüne “yapağı” adı verilmektedir. Geniş anlamda ise yapağı, kırkım esnasında hayvanların üzerinden gömlek halinde çıkarılan ve bükülmek suretiyle eğilerek iplik yapılabilen tüm kıllar anlamına gelmektedir. Kumaş yapımında yapağının yıkanmış, temizlenmiş hali kullanılır (Kaymakçı vd, 1992).

### 1.1.1. Yün lifinin kimyasal yapısı

Yün lifleri makropeptid makromoleküllerinden oluşmaktadır. Yünü oluşturan protein maddesine keratin adı verilir ve 20 ayrı cins  $\alpha$  amino asitten oluşmaktadır.(Seventekin, 2004)

Tüm hayvansal lifler protein esaslıdır ve bu liflerin yapı taşları aminoasitlerdir. Yani hayvansal bazlı lifler aminoasit polimerleşmesi ile oluşmaktadırlar. Yünün kimyasal ve fiziksel özelliklerinin bilinmesi için aminoasit yapısının iyi analiz edilmesinde yarar vardır (Dayıoğlu, 2007).



Şekil 1.1. Aminoasit Yapısı (www.biology.arizona.edu)

Yün liflerinin bileşiminde çeşitli amino asitler bulunur. Buna ait değerler çizelge 3.1’ de belirtilmiştir. Atomları ve molekülleri bir arada tutan çeşitli kimyasal bağlar vardır. Bu bağlar iyonik, kovalent ve zayıf bağlar olarak üçe ayrılır. Bunlar peptid bağları, tuz bağları ve sistin bağlarıdır. Yapısındaki bu üç farklı bağ ve yapı şekli, yünün fiziksel ve kimyasal özelliklerine etki eder. Yünde

bulunan bağlardan en önemlisi kükürt içeren sistindir. Makro moleküller arasındaki kovalent bağları sistinin neden olduğu disülfür köprüleridir. Sistin diamino dikarboksilli asittir. Kaba liflerde kükürt içeriğinin az olması medula tabakasının daha fazla yer kaplaması ve bu tabakanın hiç kükürt içermemesi, dolayısıyla tüm lifteki kükürt oranının etkilenmesidir (Öner, 2008).

Çizelge 3.1. Yünde bulunan amino asitlerin dağılımı (Seventekin, 2004)

Amino asidin İsmi	Yün Keratini	
	Rath'a göre %	Schöberl'e göre %
Glikokol	6,5	5,5
Alanin	4,1	4,3
Valin	4,8	5,7
Leucin ve leucin izomeri	11,3	12,6
Aspartik asit	6,6	6,8
Glutamin asidi	14,1	14,5
Arjinin	10,3	9,8
Lisin	2,7	3,3
Histidin	0,7	1,2
Prolin	6,8	6,8
Triptofan	1,8	0,94
Fenil alanin	3,8	4
Trosin	4,7	5,5
Serin	10,3	9,9
Threonin	6,4	6,5
Sistin	11,9	10,3
Metionin	0,7	0,56
Lantionin	0,5	-
Sistein	0,1	0,85

## 1.2. Yün Lifinin Histolojik Yapısı

Koyun derisinin üzerinde bulunan kıllar, kıl kökü ve kıl gövdesi olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Kırkım yolu ile elde edilen yünlerde kıl kökü bulunmaz. Deri içinde ayrıca kılı besleyen kan damarları, yağ ve ter bezleri bulunmaktadır.

Bir yün lifinin enine kesiti incelendiğinde 3 tabakadan oluştuğu görülmektedir.

—Epidermis (kutikula, örtü hücreleri) tabakası

—Korteks tabakası

—Medulla tabakası (Bodur vd., 2003)



Şekil 1.2. Yün lifinin yapısı (Doğan, 2015)

### 1.2.1. Epidermis tabakası

Yün Lifinin üzerini kaplayan tabakadır. Örtü hücrelerinin alt kısmı kendinden sonra gelen hücrelerin üst kısmı ile örtülüdür. Birbiri üzerine kapanan pul görünümündeki bu hücreler sert ve boynuzsu yapıdadır. Örtü hücreleri lif eksenine ile belli bir açı oluşturmaktadır. Üst kısımları hafif yukarı kalkık ve serbest durumdadır. Dolayısı ile liflerin yüzeyi pürüzlülük göstermektedir. Pürüzlü yüzey yapısı yün liflerinin keçeleşme özelliğinde çok önem taşımaktadır (Çelik, 2005).

Yün lifinin üzerindeki pulların şekli ve dizilişleri, lifin temel özelliklerine etki etmektedir. İnce yünlerde tek bir pul, lifin tamamını sarmaktadır. Kalın liflerde ise çap ile birlikte pulların sayısı da artar. Pulların düzgün ve yüksek oluşu lifin yüzeyinin düzgün olmasına; buna bağlı olarak da parlak olmasına neden olmaktadır (Bodur vd., 2003). Epidermis tabakası mikroskop altında incelendiğinde; epikutikula, ekzokutikula ve endokutikula olmak üzere 3 tabakadan meydana geldiği görülmektedir (Çelik, 2005).

### **1.2.2. Korteks tabakası**

Korteks tabakası, yün lifinin yaklaşık % 90'lık bir kısmını oluşturmaktadır. Yapısında, iğ şeklinde, uzunca az veya çok bükülmüş kortikal hücreler bulunmaktadır. Kortikal hücrelerin arasında amorf bölgeler yer almaktadır. Kortikal hücrelerin yapısında makrofibriller vardır. Makrofibriller, mikrofibril denilen daha küçük yapıdaki birimlerden oluşmaktadır. Mikrofibriller de onbir tane protofibrilden meydana gelmiştir. Bir protofibril üç tane  $\alpha$ -keratin zincirinden oluşmuştur. Yün lifine mukavemet ve elastikiyet özelliklerini veren bu tabakadır. Bir lifte korteks tabakasının ince veya kalın olması lifin fiziksel özelliklerini etkilemektedir. Medula tabakası olmayan liflerde korteks tabaka daha fazla olduğu için kaba liflere göre daha mukavemetli ve kıvrımlıdır (Bodur vd., 2003; Çelik, 2005).

### **1.2.3. Medula tabakası ( mih kanalı )**

Yün lifinin ortasında bulunan tabakadır. Koyunun ırkına ve bakımına göre çapı değişmektedir. Bu kanal lifin deride meydana gelişi sırasında ortasında yer alan gevsek yapıları geniş hücrelerin daha sonra kurumaları ile oluşmaktadır. Lif incelince bu kanal ortadan kalkmaktadır. 30 mikronun altındaki yünlerde bu tabaka çok belirgin olarak görülmemektedir. Medula tabakasının varlığı liflerin iplik olma ve boyanma kabiliyetini azaltmaktadır (Çelik, 2005).

### 1.3. Yün Liflerinin Fiziksel Özellikleri

- İncelik; Yün lifinin çapı daire formuna yakındır. Yün lifinin inceliği, eğrilebilirliği ve kullanım alanı arasında yakın bir ilişki vardır. Genel olarak yün lifinin inceliği arttıkça uzunluğu da artmaktadır (Bolat, 2009).
- Uzunluk; Yün elyafında uzunluk, hayvanın yaşına, cinsine ve cinsiyetine bağlı olarak değişir. Yün lifinin uzunluğu 3.8 – 76 cm arasında olabilir (Bolat, 2009).
- Mukavemet; Yün lifi oldukça dayanıksız bir lifdir. Az miktarda hidrojen bağı içermesinden dolayı gerilme direnci ve kopma mukavemeti düşüktür, ıslandığında bu değerler daha da azalır (Başer, 2002).
- Keçeleşme Özelliği; Keçeleşme yüne has bir özellik olup liflerin yüzeylerini kaplayan pul tabakası nedeni ile keçeleşme oluşur. Keçeleşmenin olabilmesi için sıcaklık, nem ve basıncın bir arada bulunması gerekir (Gürcüm, 2005).
- Yaylanma; Yün liflerinin üzerindeki basınç kaldırıldığında tekrar eski haline dönebilme yeteneğine yaylanma özelliği denir. Bu özellik yün liflerinde diğer liflere nazaran oldukça yüksektir (Bolat, 2009).
- Uzama ve Esneklik; Yün liflerinin en önemli özelliğidir. Yaş yün, başlangıçtaki uzunluğunun %70'ine kadar uzayabilir ve çekim kuvveti kaldırıldığında eski haline döner. Kuru yün ise, biraz çekilip bırakıldığında başlangıçtaki uzunluğunun yarısına hemen diğer yarısına ise bir süre sonra döner (Başer, 2002).
- Nem Çekme Özelliği; Yün lifleri, içinde bulunduğu çevrenin bağıl nemine ve sıcaklığına göre bünyesinde bir miktar su tutma özelliğine sahiptir. Yün en fazla nem çeken lifdir (Başer, 2002).
- Elektriklenme Özelliği; Yün, iletken olmadığından izolasyon işlemlerinde

kullanılır; kuru halde iken sürtmeye maruz kalırsa, kolaylıkla elektrikleterek statik elektrikle yüklenir (Bolat, 2009).

- Biçimlenme Yeteneği; Yün ve diğer keratin liflerine özgü olan bu özellik, geçici ve devamlı olarak meydana gelebilir (Başer, 2002).
- Renk ve Parlaklık; Yün liflerinin rengi genelde fildişi rengine yakın beyazdır ancak kahverengi ve siyah yünler de vardır. Pul tabakası dolayısıyla yüzeyi homojen olmadığından en mat lif çeşididir (Bolat, 2009).
- Kıvrım; Yün lifleri benzersiz bir kıvrım yapısına sahiptir. Kıvrım sayısı ile yün lifinin inceliği arasında yakın bir ilişki vardır ve ince lifli yünler daha kıvrımlıdır. Bu özellik yün liflerine elastik bir yapı kazandırır (Cook, 1993).

#### **1.4. Yün Lifinin Kimyasal Özellikleri**

Keratin makromolekülleri 20 ayrı cins  $\alpha$ - amino asit yapıtaşından oluştuğu için, yün liflerinin kimyasal özellikleri çok yönlüdür ve çok geniştir (Seventekin, 2004).

##### **1.4.1. Suyun yün liflerine etkisi**

Su molekülleri yün liflerinin miseller arası bölgelerine nüfuz ederek, liflerin özellikle enine kesitlerinin %25 kadar artmasına yol açarlar. Buna rağmen jelatin gibi diğer protein maddelerine nazaran yün liflerinin sudaki şişmesi oldukça azdır. Bu durum lifleri oluşturan makromolekül ve fibrillerin tek başlarına bulunmayıp, çeşitli çekim kuvvetleri ile birbirlerine bağlı olmalarıyla yakından ilgilidir.

Suyun etkisiyle makromoleküller arasındaki H- köprüleri ve tuz köprüleri kısmen koptuğundan, yün liflerinin yaş kopma dayanımları, kuru kopma dayanımlarına nazaran daha düşüktür(%78-96,5'u kadardır). Sıcak suyla uzun

süre işlem görmesi halinde tuz köprülerinin ve hidrojen (H-) köprülerinin yanında, bir miktar disülfür köprüsü de kopmaktadır (Seventekin, 2004).

#### **1.4.2. Asitlerin yün liflerine etkisi**

Yün lifleri prensip olarak asitlere karşı dayanıklıdır. Bu dayanıklılık sınırlı olup, yüksek sıcaklıklarda lifler derişik asitler içerisinde sadece zarar görmekle kalmazlar, bir müddet sonra parçalanarak tamamen çözünebilirler (Seventekin, 2004).

#### **1.4.3. Bazların yün liflerine etkisi**

Sodyum hidroksit ve potasyum hidroksit gibi kuvvetli bazların sulu çözeltileri yüksek sıcaklıklarda çok hızlı bir şekilde yüne zarar verir ve tamamen çözebilir. Örneğin %2'lik potasyum hidroksit ve sodyum hidroksit içerisinde kaynatılan yün lifleri tamamen çözünmektedir. Bu çözücü etki, bazların makromoleküller arasındaki çeşitli bağları koparmasından ve peptid bağlarının da kopararak makromolekülleri parçalamasından kaynaklanmaktadır (Seventekin, 2004).

#### **1.4.4. Tuzların yün liflerine etkisi**

Alkali ve toprak alkali metallerin nötr tuzları yün lifleri tarafından belirli miktarda absorbe edilebilmektedir. Suların sertliğini oluşturan kalsiyum ve magnezyum tuzları da lifler tarafından absorbe edilebildiklerinden, sert suyla kaynatılan yün liflerinde hafif bir sararma görülür (Seventekin, 2004).

#### **1.4.5. İndirgen maddelerin yün liflerine etkisi**

Yün liflerinin indirgen maddeler ile ılıman koşullar altında işlem görmesi sonucu, lifler önemli bir değişikliğe uğramaz ve zarar görmez. Bu nedenle, yün tekstil ürünlerinin indirgen maddeler ile (kükürt dioksit gazı, sülfüroz asit, ditiyonit tuzları ve türevleri gibi) yapılan ağartması eskiden beri uygulama alanı bulmaktadır.

Ağır ve özel koşullar altında ise indirgen maddeler yardımıyla yün liflerindeki makromoleküller, fibriller arasındaki disülfür köprülerinin önemli bir kısmını koparabilmektedir. Sulu ortamda çalışıldığı durumda, makromoleküller arasındaki tuz köprüleri ve H-köprülerinin de önemli kısmı kopacağından, lifler böylece kolaylıkla şekil verilebilir duruma geçmektedir. İndirgen maddeler ile yapılan işlemlerin ardından yapılacak işlemlerle, kopan di sülfür köprülerinin yeniden oluşması veya bunların yerine daha dayanıklı yeni köprülerin oluşturulması olanakları yün liflerinin kimyasal fiksaj işleminin esasını oluşturmaktadır (Seventekin, 2004).

#### **1.4.6. Yükseltgen maddelerin yün liflerine etkisi**

Yün liflerinin yükseltgen maddeler ile ılıman koşullar altında işlem görmesi sonucu, lifler zarar görmez. Bu nedenle yünlü mamullerin hidrojen peroksit ile ağartılması önem kazanmaktadır. Hidrojen peroksit ile ağartma sırasında ortamın bazik olmaması ve ortamda katalitik etki gösteren metal iyonlarının bulunmaması halinde , hidrojen peroksitin liflere olan etkisi çok yavaştır (Seventekin, 2004).

#### **1.4.7. Işığın yün liflerine etkisi**

Uzun süre ışık altında kalan yün lifleri kırılğan ve gevşek bir hale gelir ve boyarmaddelere karşı ilgisi azalır. Liflerin renginde sararma görülür. Bunun sebebi ultraviyole ışınlarının peptid ve disülfür bağlarına etki etmesidir (Başer, 2002).

#### **1.4.8. Sıcaklığın yün liflerine etkisi**

Yün 100°C-105°C sıcaklıkta uzun süre bekletildiğinde su kaybeder; sert ve dayanıksız bir hal alır. Daha yüksek sıcaklıklara çıkıldığında bozunma başlar (Başer, 2002).



## 1.5. Aminoasitlerin Özellikleri

Protein liflerinin esasını protein maddeleri oluşturmaktadır. Protein makromolekülleri amino asitlerden oluşmaktadır. Bu amino asitlerin cinsine, miktarına ve makromoleküler içerisindeki yerleşim durumuna göre, protein maddelerinin özellikleri de çok değişken olabilmektedir. Protein makromoleküllerini oluşturan amino asitlerin tümü  $\alpha$ - amino asitlerdir. Yani amino grubu ve karboksil grubu aynı karbon atomuna bağlıdır (Seventekin, 2004).

### 1.5.1. Yün liflerinde bulunan başlıca aminoasitler

Glisin, alanin, valin, loysin, isolysin, fenilalanin gibi yalnız alifatik veya aromatik hidrokarbon kökü içeren aminoasitlere, apolar gruplar hidrofob özellik kazandırmaktadır. Bunlar su, tuz, asit ve baz gibi polar grupları iterken, hidrokarbonlar gibi apolar bileşikler çekmektedir. Yün liflerinin soğuk suyla ıslanmasının zor olmasında bu yapıtaşlarının rolü vardır.

Serin, threonin, tirozin, hidroksi-prolin, hidroksi-lisin, hidroksi-glutamin asit gibi amino asitlerdeki hidroksil grupları polar moleküllerin çekiminde ve bazı kimyasal renk reaksiyonlarının oluşmasında rol oynamaktadır.

Ornitin, arjinin, lisin ve histidin gibi aminoasitlerde ikinci bir bazik grup bulunmaktadır. Bu bazik gruplar, komşu peptid zincirlerindeki asidik gruplarla tuz bağları yapabilecekleri gibi, anyonik boyarmaddeleri de elektrostatik çekim kuvvetleriyle çekebilmekte ve bağlayabilmektedir. Histidin bazı renk reaksiyonlarının oluşmasında da yardımcı olur.

Asparajin asidi ve glutamin asidindeki ikinci asit grupları da, komşu peptid zincirlerindeki bazik gruplarla tuz bağları oluşturabilecekleri gibi, katyonik boyarmaddeleri elektrostatik çekim kuvvetleriyle çekebilmekte ve bağlayabilmektedir.

Sistein, sistein asidi, metionin, sistin, lantionin gibi kükürt içeren amino asitler arasında sistinin varlığı proteinin özelliğini en fazla etkilemektedir. Sistin molekülleri peptid zincirleri arasında kovalent köprü bağları oluşturabilmektedir (Seventekin, 2004).

## **1.6. Keratin Makromolekülleri Arasındaki Bağlar**

Yün lifleri bilinen bütün doğal ve yapay lifler arasında en fazla çeşitte makromoleküller arası çekim kuvvetlerinin var olduğu liflerdir. Yün liflerinde makromoleküller arasında buluna bağları 4 grupta incelemek mümkündür (Seventekin, 2004).

### **1.6.1. Kovalent bağlar**

Yün keratininde en önemli kovalent bağ disülfür bağları olup hidrojen bağlarından çok daha sağlamdır. Kükürt içeren ve bir di amino dikarboksilli asit olan sistin, iki ayrı makro peptid zincirinde yapıtaşı olarak yer aldığında, bu iki zinciri disülfür köprüsü üzerinden bağlayarak kovalent bağ oluştururlar.

Yün yapısında, asparjin asidi ve glutamin asidi gibi mono amino di karboksilli asitlerin ucundaki karboksil grubu ile, lisin gibi di amino mono karboksilli asitlerin ucundaki amino gruplarının kondenzasyonu sonucu, isopeptid bağları da oluşabilmektedir (Seventekin, 2004).

### **1.6.2. Tuz bağları**

Yün keratin yapısında bulunan bazik gruplar lisin, arginin ve histidin asidik gruplar ise Glutamin asidi ve aspartik asittir. Bazik gruplar katyon, asidik gruplar ise anyon oluşturabilirler. Katyon ve anyonlar arasındaki elektrostatik çekim kuvvetleri nedeniyle, asidik ve bazik özellik gösteren gruplar komşu durumda bulduklarında aralarında tuz köprü bağları oluşturmaktadır.

Yün keratin yapısının isoiyonik noktası pH 4,9'dadır. Isoiyonik noktada keratin makromoleküllerindeki katyon ve anyonların sayıları birbirlerine eşit

olduğundan, bunların kendi aralarında oluşturdukları tuz köprü bağları sayısı da en fazladır. Bu nedenle pH 4,9'da (geniş olarak 5-7 arası) yün lifleri en dayanıklı durumdadır ve reaksiyona girme istekleri düşüktür (Seventekin, 2004).

### **1.6.3. Hidrojen köprüleri**

Yün keratin yapısında H-köprüleri, peptid bağlarında bulunan C=O ve -NH grupları arasında oluşabileceği gibi, katyonik ve polar aminoasit yapıtaşları veya hidroksil, tiyoalkol grubu içeren aminoasit yapıtaşları arasında da oluşabilir (Seventekin, 2004).

### **1.6.4. Apolar bağlar**

Keratin makromolekülünü oluşturan aminoasit yapıtaşlarından, yan grup (R) olarak, apolar (hidrofob), alkil (hidrokarbon) veya aril grup içerenler, sulu ortamda hidrofob grupların hidratasyondan kurtulmak için birbirlerine yaklaşması sonucunda apolar bağlar (hidrofob çekim kuvvetleri) oluşmaktadır. Bu bağlar zayıf olup, liflerin kimyasal özellikleri üzerindeki etkisi çok azdır (Seventekin, 2004).

## **1.7. Teknik Uygulamalar Açısından Yünün Önemli Özellikleri**

**Güç tutuşurluk:** Yaygın olarak kullanılan tüm tekstil lifleri arasında yün yanmaya en dayanıklı olan lifdir. Tutuşması zordur; herhangi bir alevin yayılması zor ve söndürülmesi kolaydır. Akrilik, poliamid ve poliesterin aksine yanma atıkları düşük ısıda, dağılıbilir ve yapışmayan bir kül halindedir (Johnson vd., 2003).

Yünün güç tutuşurluk özelliği ile ilgili doğal özellikleri;

Erimez, damlamaz ve kömürleşir olması

Yüksek tutuşma sıcaklığı (750°C – 800°C)

Düşük yanma ısı (196 kJ/g) ve ısı açığa çıkması (9,6kJ/g)

Yüksek azot içeriği (%16)

Yüksek nem içeriği (%10- 14)

Yünün yüksek tutuşma sıcaklığı sayesinde yanma esnasında ortamda en son yünün tutuşur. Yüksek LOİ (Limit oksijen indeksi) değeri de yünün tutuşmasını zorlaştırmaktadır. Bunun yanında yünün kimyasal yapısındaki yüksek azot ve nem içeriği yüne doğal güç tutuşurluk özelliği kazandırmaktadır. Ayrıca yanma esnasında daha kolay tutuşabilir olan erime ve damlama ürünleri oluşmamaktadır (Johnson vd., 2003).

**Antimikrobiyal Özellikler:** Uzun süre giysilerini çıkarmayan denizciler, dağcılar ve atletlerin bir çoğu egzersizleri esnasında yün veya yün karışımı kumaşlardan üretilmiş giysileri diğer lif cinslerine göre daha uzun süre kötü koku oluşmadan sağlıklı bir şekilde kullanabildiklerini ifade etmişlerdir. Doğal antimikrobiyal özelliği bu liflerden üretilen iç giyim ve çorapların satışında artan bir ilgiyi sağlamıştır (Johnson vd., 2003).

Yünün doğal ortamda gelişmesi bakteri ve mantarların üreme olanağını azaltmakta ve bunlara karşı gelişmiş mekanizmaya sahip olmasını sağlamaktadır. Yünün kutikula tabakası lif yüzeyini düzgünsüz yapmakta fakat bunun yanında mikropların life tutunmasını zorlaştırmaktadır. Epikutikulanın yağ tabakası karakteristik ıslak yün kokusu ile life antimikrobiyel özellik kazandırmaktadır. Bu özelliği nedeniyle yün ıslaklık hissi vermeden ağırlığının %30'u kadar nem tutabilmekte bakteri ve mantarlara daha az uygun bir mikroklima ortamı oluşturmaktadır (Johnson vd., 2003).

**Kimyasal Modifikasyon:** Yünün karmaşık kimyasal yapısına karşın sentetik lifler reaktif bileşikler içermeyen ya mono fonksiyonel ya da alifatik yapıdadır. Bu sayede yün çeşitli maddeleri direk kovalent bağ ile veya polar veya vander waals bağları ile tutabilmekte bu da kullanım alanında bir dizi imkânlar sunmaktadır (örneğin koruyucu giysiler, tıbbi tekstiller). Bunun yanında lif içerisindeki hücre içi boşluklar bir dizi molekülün tutulmasını olanaklı kılmakta ve bunların yavaş şekilde bırakılması ve bazı çevresel koşullar altında aktive olmaları ile yeni özellikler kazandırılmış lifler ve giysiler elde edilebilmektedir (Johnson vd., 2003).

Hidrokarbonların Absorbsiyonu ve Filtrasyonu: Yün hidrokarbonlara karşı yüksek emme yeteneğın sahiptir. Bu sayede yağ ile kirlenmiş suların arıtılması için filtrelerde ve yağ tabakasının kontrolü için yüzen engellerde kullanılabilir (Johnson vd., 2003).

Kirletici Madde ve Koku Absorbsiyonu: Halılar diğeri bina içi materyallerle karşılaştırıldığında geniş bir alana sahiptirler ve yünün kimyasal yapısı ev içinde bulunan formaldehit, azot oksit ve kükürt dioksit gibi bazı önemli kirlilikleri emebildiğinden yün halıların kullanımı oldukça büyük bir öneme sahiptir. Formaldehitin kolayca emilmesinin en önemli nedeni bunun arjinin ve tritofan amino zincirleri ve birincil amino grupları ile kimyasal olarak reaksiyon oluşturabilmesidir (Johnson vd., 2003).

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Doğal kaynakların gün geçtikçe azalmasıyla birlikte Tekstil sanayinde kullanılan doğal ve sentetik liflerin günümüzde kullanımda olan miktarının en azından bir miktarını değiştirmek için alternatif kaynaklar bulmak son derece önemlidir. Tekstil alanında son zamanlarda gerçekleştirilen bilimsel çalışmaların esasını tekstil malzemelerine geliştirilmiş özellikler kazandırılması ve tekstil ürünlerinin farklı kullanım alanlarında değerlendirilmesi oluşturmaktadır.

Eslahi, Dadashian ve Nahid (2013), yılında yaptıkları çalışmalarında; yün lifinden keratin eldesiyle uğraşmışlardır. Bilindiği gibi yün lifi protein yapıda olup keratinden meydana gelmektedir. Keratin, saç, yün, tüyler, tırnak yapısında bulunur ve memeli, sürüngen ve kuşların boynuzları gibi dış kaplama sağlayan ana yapısal lifli proteindir. Yapısında 20 çeşit aminoasit bulunmaktadır. Yün liflerindeki keratin ve protein, bu lifin eşsiz özelliklerinden birçoğunu sağladığına inanılan, zincir içi ve zincirler arası güçlü bağlar sayesinde oluşan katlı olmaktan ziyade helisel formda bulunan bir zincir yapısına sahiptir. Yün lifleri diğer tüm doğal ve yapay liflerden daha fazla çeşitte moleküllerarası çekime sahiptir. Bunlar; kovalent bağlar, tuz bağları, hidrojen köprüleri ve apolar bağlar olarak gruplandırılabilir. Fakat aralarında en önemli olanı makropeptid zincirleri birbirine bağlayan disülfür bağlarıdır. Keratinler, disülfür sistin amino asidinin moleküler arası bağlanması ve yüksek stabilite ve ayırt edici fiziksel özelliklerinden sorumlu olan polar ve polar olmayan amino asitlerin inter ve molekül içi bağlanması ile birbirine bağlanan üç boyutlu polimerler olarak kabul edilir. Yünün kimyasal reaktifliği büyük ölçüde sistin aminoasitine bağlıdır. Sistin, okside olabilir, miktarı azaltılabilir ya da hidrolize olarak çeşitli karmaşık reaksiyon ürünleri verebilir. Sistin bir diaminoasittir ve komşu polipeptid zincirleri disülfür bağları olarak bağlamaktadır. Bu keratin yapısı yün lifinin fiziksel ve mekanik özelliklerine katkıda bulunmaktadır.

Belirtildiği gibi keratin elde etmenin ana yöntemleri; indirgeme yöntemi, alkali ve enzimatik hidrolizdir. Kimyasallar, hidroliz sırasında proteinlerdeki her iki

disülfid ve peptid bağı koparmakta ve bunun sonucu keratinin hidrolizat yapısı değiştirilmektedir. Keratin hidrolizatları ( bazı organik bileşiklerin su ile tepkimesi sonucu yapısına hidrojen iyonu ve hidroksil iyonunun girişi ile ortaya çıkan daha basit madde ya da maddeler) moleküler ağırlık dağılımı bilgisi, uygulamalardaki en önemli özelliklerdir. Yüksek sıcaklıklara uzun süre maruz kalan ve çok yüksek pH ya da düşük pH'larda ekstrakte edilen keratinler ancak hayvan yemi bileşeni olarak kullanılabilen son kullanım alanlarına sahip düşük moleküler ağırlıklı peptid bağlarını vermektedir. Diğer taraftan tekstilde yapısal ve biyo teknolojik uygulamalar için elde edilen keratinin ılıman koşullar altında elde edilen yüksek moleküler ağırlığa sahip olması gerekmektedir. İndirgeme hidrolizi, hafif şartlar altında yapıldığında protein liflerinin disülfür bağlarını koparır peptid bağlarına etki etmez. Zararlı peptid bölünmesi olmadan bölebilir ve böylece keratinin mikro yapısını sağlam bir şekilde bırakabilir. Bununla birlikte disülfür bağlarının kırılması için kullanılan tiyoller ve peroksitler gibi indirgeyici veya oksitleyici maddeler zararlı, çoğu zaman zehirlidir ve işlenmesi zordur. Ayrıca doğal keratinleri işlemek için kullanılan fiziksel ve kimyasal yöntemlerin çoğunluğu önemli miktarda enerji yatırımı gerektirmektedir.

Niloofer E., Fatemeh D. ve Nahid Hemmati N., 2013 yılında yaptıkları çalışmalarında; Enzimatik hidroliz ve indirgeyici madde ile yün ve tüy atıklarından keratin ekstraksiyonu olasılığını araştırmışlardır. Enzimatik hidrolizin optimize edilmesi için farklı parametrelerin, yani enzim miktarının, flote oranının ve yüzey aktif maddenin, hidroliz zamanının ve indirgeyici madde konsantrasyonunun etkileri incelenmiştir. Maksimum keratin ekstraksiyonu için optimal koşul, 8,6 ve 6,4 g/L sodyum hidrojen sülfid ile birlikte 1 g/L sodyum dodesil sülfat (ıslatıcı) ve %2,6 proteaz (Savinaz) kullanılarak sağlanmıştır. Yün ve tüyler için sırasıyla 4 saat boyunca 25 mL/g lık lif / lif oranında bir indirgeyici ajanla muamele edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, tüylerin daha yüksek hidrofilik doğasına bağlı olabilen tüylere kıyasla yün elyafın daha fazla bozulduğunu göstermiştir. Sodyum dodesil sülfat poliakrilamid jel elektroforez testinin (SDS-PAGE) modelleri, yün ve tüylerden elde edilen ekstre edilmiş proteinlerin moleküler ağırlıklarının, işlenmemiş liflerden daha düşük olduğunu ortaya çıkarmıştır. Taramalı elektron

mikrografları, enzimatik muamelede liflerin fibrilasyonunu ve degradasyonunu göstermiştir. Ayrıca, Fourier-transform kızılötesi (FTIR) spektrumları, hidrolize liflerin kimyasal yapısında belirgin bir değişiklik olmadığını göstermiştir. Bununla birlikte, yün ve tüy kalıntıları çoğunlukla sırasıyla bir sarmal ve beta helix uyumlarından oluşmuştur.

Kalaoglu (2010), yılında yaptığı çalışmasında; tavuk tüyü keratininden tekstil elyafı elde etmiştir. Tavuk tüylerinden keratin elde edebilmek için ilk olarak tüylerdeki yağ bileşenleri diklormetan gibi organik bir çözücüyle ayrılmıştır. Daha sonra tavuk tüyleri NaOH ve/veya Na<sub>2</sub>S veya NaOH ve sulu çözeltilerinde çözünürleştirilmiştir. Oluşan çözelti asetik asitle pH 4.2'de çöktürülmüştür. En yüksek keratin eldesi verimi %59 olarak bulunmuştur. Elde edilen keratin spektral analizlerle doğrulanmıştır. İkinci adımda keratin, lif oluşturmak amacıyla akrilonitril monomeriyle kopolimerleştirilmiştir. Başlatıcı çifti olarak amonyum persulfat/sodyum merabisülfid kullanılmıştır. Keratin-graft-poliakrilonitril oluşumu FTIR ve <sup>1</sup>HNMR analizleriyle doğrulanmıştır. Keratin ve keratin-graft-poliakrilonitril kopolimerleri, reolojik, termal ve morfolojik analizlerle karakterize edilmişlerdir. Örneklerin hepsinin keratine göre reolojik özellikleri ve işlenebilirlikleri gelişmiştir. DSC ve TGA ile gerçekleştirilen termal analizlere göre akrilonitril ile modifiye edilmiş keratin, saf keratine göre ısıl kararlılık kazanmıştır. Nem absorpsiyonu deneylerinin sonucuna göre, keratin-graft-poliakrilonitril kopolimerlerinin nem absorpsiyonlarının poliakrilonitrile göre oldukça arttığı gözlenmiştir. Bunun nedeni keratinin sahip olduğu hidrofilik gruplardır. Keratin-graft-poliakrilonitril kopolimerlerinin morfolojisi çapları 90-150 nm arasında değişen miseller bir yapı göstermiştir. Kopolimerlerin sentezinden sonra, ağırlıkça %20/80 DMF/DMSO çözücü çiftinde çözeltiler hazırlanarak elektrospin yöntemi ile lif elde edilmiştir. Elde edilen liflerin SEM görüntülerinden lif çaplarının 250-500 nm arasında olduğu görülmüştür. Tavuk tüyleri, doğal veya sentetik liflerde bulunmayan benzersiz bir yapıya ve özelliklere sahiptir. Bunlar yaklaşık % 91 keratin, % 1 lipid ve % 8 sudan oluşmaktadır. Bu gibi tüyler, tüylerin karmaşık yapısından dolayı protein lifleri olarak yün ve ipek olarak işlenemese de, tüylerin ikincil yapıları yani



keratin, bunları doğal protein lifleri olarak kullanım için uygun hale getiren yapı ve özelliklere sahiptir.

Xu, Shi, Zhou, ve Yan (2012), yılında yaptıkları çalışmalarında; yünden elde ettikleri keratini ince bir tabaka şeklinde oluşturmuşlardır. Saf yün keçe 5 g olacak şekilde, 1,5 mL tiyoglikolik asit mevcudiyetinde amonyum hidroksit ve su içeren 100 mL çözelti içinde azot gazı atmosferi altında 4 saat 50°C'de işlenir. Elde edilen hidrolizat, 10 dakika boyunca 4000 devirde santrifüjlenir ve daha sonra çözünür keratin fraksiyonunu içeren süpernatant sıvı toplanmaktadır. Yünlü kumaşlar %1 sulu keratin çözeltisine %1 epiklorohidrin varlığında emdirilmiştir. Önceden ıslatılmış kumaş, %100' lük bir toparlanma elde etmek için 10 kg' lik bir basınç uygulayan bir fular makinesinden geçirilmiştir. Numune en sonunda kurutulur ve 5 dakika boyunca 140°C' de kurutulur. Doğal proteinli olan keratin makromoleküllerinin, yüne kimyasal olarak bağlanması beklenir. Asit mavisi 203 kullanılarak ön işlemden geçirilmiş yün kumaş numunelerinin boyanmasında kullanılan boya banyosunun boyama sıcaklığına bağlı olarak 5-30 dakika içinde neredeyse tamamen tükendiği bulunmuştur. Bu boya, aynı boyayı kullanarak işlenmemiş yün kumaşının boyanması durumunda boya banyosunun tamamen tükenmesi için gereken süreden çok daha kısadır. Bu sonuçlar, keratinin yün polipeptid zincirleriyle kalıcı çapraz bağlar oluşturma yeteneğinin ölçülmesi açısından açıklanabilir.

Reddy, Chen, Zhang, ve Yang (2013), yılında yaptıkları çalışmalarında; tekstil endüstrisinde keratin kullanarak çevre kirliliğini azaltmayı amaçlamışlardır. Tekstil endüstrisi, dünyanın en büyük su tüketicilerinden biridir. Haşılama ve haşıl sökme gibi tekstil süreçleri, önemli miktarlarda su, enerji ve kimyasallar tüketmekte ve çoğunlukla tekstil fabrikalarından çevreye salınan zehirli atıklardan sorumludur. Tavuk tüylerinden elde edilen keratin, polyester ve pamuk ipliklerini haşılamak için kullanılmıştır. Büyüklük hazırlık koşullarının ve boyutlarının kopma ve ipliklerin çekme özelliklerine ve aşınma direncine etkileri incelenmiştir. Aktif çamurda keratin çözeltilerinin biyo parçalanabilirliğinin ve keratinin isteksizliği de araştırılmıştır. Ticari olarak

kullanılabilir polivinil alkol bazlı haşıl kimyasalları, keratinin boyutlandırma maddesi olarak performanslarını değerlendirmek için kullanılmıştır.

Zhu ve Mao (2014), yılında yaptıkları çalışmalarında; Fosfor, azot ve klor sinerjik etkileri ile kimyasal modifikasyonlar yoluyla önemli ölçüde geliştirilmiş termal özelliklere sahip yün keratin polimerleri rapor edilmektedir. Keratin polimerlerinin kimyasal bileşimlerinin işlem öncesi ve sonrası değişiklikleri, Fourier Kızılötesi Dönüşümü (FTIR), 31P Nükleer Manyetik Rezonans (31P-NMR) ve Enerji Dağıtıcı X-ray (EDX) teknikleri kullanılarak karakterize edildi. Termal özellikleri Termo Gravimetrik Analiz (TGA) ve Diferensiyel tarama Kalorimetresi (DSC) ile incelenmiştir. Muamele edilen keratin polimerleri, TGA'da piroliz işlemi sırasında muamele edilmemiş keratin polimerininkinden daha az kütle kaybı ve daha fazla miktarda kömür kalıntısı göstermiştir. İşlenmiş keratin polimerlerinin, geliştirilmiş alevlenme geciktirici özelliklerin avantajlarına sahip olması öngörülmüştür.

Shavandi, Bekhit ve Carne (2016), yılında yaptıkları çalışmalarında; Yünden keratin ekstraksiyonu ile biyo polimer uygulaması için kimyasal yöntemler incelenmiştir. Farklı ekstraksiyon yöntemlerinin toplam protein ve ekstraksiyon verimleri belirlenmiştir. 2-merkaptetanol ile indirgeme yöntemi, en yüksek keratin ekstraksiyon verimi (%53) vermiş ve bunu takiben sülfitoliz yöntemi gelmektedir(%41). Oksidasyon yöntemi ile çıkarılan keratin düşük verime rağmen bu yöntemin avantajı, keratin numunelerinin performansla veya perasetik asitlerle karıştırıldığında farklı çözünürlüklerine göre fraksiyonlarına ayrılabilir olmasıdır. Bu nedenle, kortikalin daha çözünür bileşenleri biyomedikal jel gibi ürünlerde yüksek miktarda materyal gerektiren maddeleri çıkarıp kullanmaktadır.

### **3. MATERYAL VE METOD**

#### **3.1. Materyal**

##### **3.1.1. Kimyasal maddeler**

Aşağıda belirtilen kimyasal maddeler tez kapsamında yapılan yıkama ve çözünürlük işlemlerinde kullanılmıştır.

- Sodyum hidroksit (NaOH): Merck, (38° Be)
- Hidroklorik asit (HCl): Merck, %99, payet
- İndirgen madde Sodyum Sülfür(Na<sub>2</sub>S): Merck, ekstra saf, Ph Eur,BP,E 221
- Reducing D Powder: Archroma Agent D Powder, invert şeker içeren indirgen madde
- Sodyum karbonat) Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)
- Petrol eteri : Tekkim, ekstra saf
- İndirgen madde Melas: %80,4 kuru madde içeren şeker fabrikası atığı

##### **3.1.2. Yün lifi**

Çalışma kapsamında atık yapağıdan elde edilen 28 mikron inceliğinde 40 mm. - 60 mm. lif uzunluğuna sahip yün lifleri kullanılmıştır.

##### **3.1.3. Yıkama ve çözünürlük testlerinde kullanılan cihazlar ve malzemeler**

Kullanılan tüm liflerin ve kimyasal maddelerin tartımı Şekil 3.1'de gösterilen Precisa XT320 marka hassas terazide yapılmıştır.



Şekil 3.1. Precisa XT320 hassas terazi

Atık liflerin temizlenmesi ve yünden keratin eldesi için çözünürlük işlemlerinde Şekil 3.2’de gösterilen GyroWash yıkama makinesi kullanılmıştır.



Şekil 3.2. GyroWash yıkama makinesi

Yapılacak testler öncesi ve testler sonunda pH değerleri ve iletkenlik değerlerinin ölçümünde Şekil 3.3’de gösterilen Hanna pH metre (HI 221) kullanılmıştır.



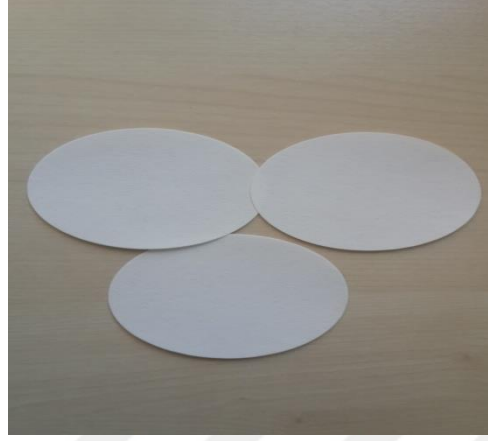
Şekil 3.3. Hanna pH metre (HI 221) ve iletkenlik ölçüm cihazı

Temizlenmiş ve yıkanmış atık lifler çözünürlük işlemi yapılmadan önce Şekil 3.4'de gösterilen desikatörde soğutulmuş ve fazla nemi, nem tutucu silica jel kullanılarak uzaklaştırılmıştır.



Şekil 3.4. Desikatör

Çözölme işlemi tamamlanıp santrifüj işlemi tamamlandıktan sonra dipte çöken katı materyali solüsyondan ayırmak için Şekil 3.5’de gösterilen Whatman no:42 süzgeç kağıdı kullanılmıştır.



Şekil 3.5. Whatman No:42 süzgeç kağıdı

Şekil 3.6’da gösterilen Baxter marka Dicea.130G 66 kPa çalışma basınçlı diyalizör aracılığıyla sık su değişimleriyle saf suyla diyalize tabi tutularak çözelti içerisinde bulunan keratin saflaştırılmıştır.



Şekil 3.6. Diyalizör

Çözeltinin diyalizörden geçecek basınca ulaşmasında Şekil 3.7’de gösterilen akış hızı 6-24 mL/dk mikro peristaltik pompa kullanılmıştır.



Şekil 3.7. Mikro Peristaltik Pompa

#### 3.1.4. İndirgen madde melas

Şeker fabrikalarında atık olarak ortaya çıkan melas, sahip olduğu organik ve inorganik bileşikler sebebiyle mikroorganizmaların üremelerini sınırlayıcı ve engelleyici bir özelliğe sahiptir.

Son yıllarda atık maddelerin geri dönüşümü çevre dostu teknolojilerin ana hedefi durumuna gelmiştir. Sanayide ham maddeler belli bir amaca yönelik işlenirken geriye kullanılmayan atık maddeler ortaya çıkmaktadır. Bunlardan biri de şeker fabrikalarının atık maddesi olan melastır. Melas; şeker elde etmek için şeker pancarının işlenmesi sırasında ortaya çıkan koyu kahve renkli kolloidal bir atık maddedir. Şeker fabrikasında işlenen her 100 kg şeker pancarında 4 kg kadar melas oluşmaktadır. İçeriğinde kompleks polisakkaritler, invert şekerler, karbonhidrat olmayan bileşikler, koyu kahve renkli azot içeren polimerik bileşikler, inorganik iyonlar, malik asit, laktik asit, formik asit, asetik asit, propiyonik asit gibi organik asitler bulunmaktadır. Melas, ispirto ve maya üretiminde aynı zamanda kepek, saman ve kuru küspelere eklenerek hayvan yemlerinde de kullanılmaktadır (Kahyaoğlu ve Konar, 2006).

## **3.2. Metod**

### **3.2.1. Numune hazırlama**

Atık yapağı, üzerindeki kirden arındırmak için 60°C'de 30 dakika süreyle sodyum karbonat içeren sulu bir çözelti içinde Gyrowash yıkama makinesinde yıkanmış, daha sonra iyice durulanmış ve kurutulmuştur. Yağlı maddeyi ve gresi çıkarmak için, 3 saat boyunca petrol eteri ile işleme tabi tutulmuştur. Çözücü, numuneleri saf su ile durulamadan önce ortam sıcaklığında buharlaştırılmıştır. Yün lifleri kondisyonlamaya tabi tutularak değişmez ağırlığa gelene kadar standart atmosfer şartlarında laboratuarda kondisyonlanmıştır. Temizlenmiş ve kondisyonlanmış olan lifler daha sonra kısa parçalara (yaklaşık 1-2 mm uzunluğunda) ayrılmış, bir etüvde 1 saat boyunca 100°C-105° C'da kurutulmuş ve çözücüyle muamele yapılmadan önce bir desikatörde soğutulmuştur.

### **3.2.2. Keratin eldesinde kullanılan yöntemler**

#### **3.2.2.1. Alkali Hidroliz yöntemi**

10 g. ağırlığındaki yıkanmış, temizlenmiş ve kondisyonlanmış yün lifleri 1-2 mm boyutlarında kısa parçalara ayrılmış, alkali hidrolizi için hazır hale getirilmiştir. 1:25 flotte oranıyla 250 mL. saf su ile bir beherin içerisinde tamamen ıslatılmıştır. Yün numunesi (10 g) ağırlıkça % 1,2 NaOH (pH 13.4-13.7) ile muamele edilmiştir ve liflerin tamamen çözülmesi için GyroWash yıkama makinesinde 80° C'de çalkalanmıştır (4 saat, 80° C). Çözelti daha sonra hidroklorik asit (HCl) ile nötralize edilmiştir.

#### **3.2.2.2. Reducing D Powder ile İndirgeme yöntemi**

Bu yöntemde 10 g. ağırlığındaki hazırlanmış yün lifleri 1:25 flotte oranıyla 250 mL. saf su ile bir beherin içerisinde tamamen ıslatılıp Reducing D Powder ile (Archroma Agent D Powder, invert şeker içeren indirgen madde) işleme tabi tutulmuştur. Yün numunesi (10 g) ağırlıkça % 1,2 NaOH (pH 13.4-13.7) ve 3 g Reducing D Powder ile muamele edilmiştir. Liflerin tamamen çözülmesi için



GyroWash yıkama makinesinde 80°C'de çalkalanmıştır (4 saat, 80°C) . Çözelti daha sonra hidroklorik asit (HCl) ile nötralize edilmiştir.

### **3.2.2.3. Na<sub>2</sub>S ile Sülfitoliz indirgeme yöntemi**

10 g. ağırlığındaki kısaltılmış lif parçaları . 1:25 flotte oranıyla 250 mL. saf su ile bir beherin içerisinde tamamen ıslatılmıştır. Yün numunesi (10 g) ağırlıkça % 1,2 NaOH (pH 13.4-13.7) ve 3 g Na<sub>2</sub>S ile muamele edilmiştir. Liflerin tamamen çözülmesi için GyroWash yıkama makinesinde 80°C'de çalkalanmıştır (4 saat, 80° C) . Çözelti daha sonra hidroklorik asit (HCl) ile nötralize edilmiştir.

### **3.2.2.4. Melas kullanılan indirgeme yöntemi**

10 g. ağırlığındaki yıkanmış, temizlenmiş ve kondisyonlanmış yün lifi kısa parçalara ayrılmış, melasla indirgeme için hazır hale getirilmiştir. 1:25 flotte oranıyla 250 mL. saf su ile bir beherin içerisinde tamamen ıslatılmıştır. 10 g Yün numunesi ağırlıkça % 1,2 NaOH (pH 13.4-13.7) ve 3 g melas ile muamele edilmiştir. Liflerin tamamen çözülmesi için GyroWash yıkama makinesinde 80° C'de çalkalanmıştır (4 saat, 80° C) . Çözelti daha sonra hidroklorik asit (HCl) ile nötralize edilmiştir.

### **3.2.3. Çözeltinin çöktürme işlemi**

Çözülme işlemi tamamlanan çözelti ortam sıcaklığında soğutulduktan sonra santrifüj edilmek üzere uygun kaplar içerisine alınmıştır. 10,000 r/dk.'da 10 dakika santrifüj edilmiştir. Bu işlem tamamlandıktan sonra bir huni ve Whatman no:42 süzgeç kağıdı kullanılarak dipteki katı madde süzdürülmüştür.

### **3.2.4. Çözeltinin saflaştırma işlemi**

Çöktürme işlemi tamamlanan çözelti 3 gün boyunca günde üç kez 5 L damıtılmış suya karşı diyalize edilmiştir. Diyalizör vasıtasıyla keratin çözeltisi süzölmüştür ve daha sonra bir toz haline getirilmiş keratin oluşturmak üzere kurutma işlemine tabi tutulmuştur.

Açıklanan işlem kademeleri her 3 yöntem içinde (alkali hidroliz, indirgeme, sülfitoliz indirgeme) sırasıyla gerçekleştirilmiştir.

### **3.2.5. FT-IR analizi**

Elde edilen pelet halindeki keratin yapısı hakkında bilgi sahibi olmak ve elde edilmiş yöntemleri aralarındaki farklılıkları incelemek amacıyla Perkin Elmer 400 FT-IR/FT-FIR Spectrometer Spotlight 400 Imaging System FT-IR analizi cihazında ölçümler yapıp grafikler elde edilmiştir. Elde edilen keratin yapıları saflaştırıldıktan sonra analitik ve spektroskopik yöntemlerle yapıları aydınlatılmıştır.

### **3.2.6. SEM görüntülerinin incelenmesi**

Elde edilen keratin yapılarının yüzey görüntüleri SEM (Scanning Electron Microscope) ile alınmıştır. Bu amaçla her 3 yöntemle elde edilmiş yapılar farklı büyütme oranlarıyla çalışılarak değişikliklerin tespit edilmesine çalışılmıştır. Yüzey morfolojileri SEM görüntüleriyle izlenerek termal bozulmaları incelenmiştir.

## 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

### 4.1. Çözelti İçerisinden Süzülen Katı Madde Tayini

Keratin eldesinde kullanılan 3 yöntem sonucunda süzülen katı maddelerin tayini şekil 4.1'de görülen vakumlu etüv yardımıyla gerçekleştirilmiş ve çizelge 4.1'deki sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 4.1. Çözelti içerisinden süzülen katı madde miktarı

Numune	Toplam ağırlık(g)	Süzülen ağırlık (g)	1.Tartım	2.Tartım	3.Tartım	4.Tartım	Kuru madde oranı (%)
Reducing D Powder ile İndirgeme	53,462	5,468	3,782	2,533	1,661	1,658	3,10
Na2S ile Sülfitoliz indirgeme	55,118	5,981	4,139	2,773	1,837	1,829	3,32
Alkali Hidroliz	52,149	5,045	3,489	2,337	1,566	1,561	2,99



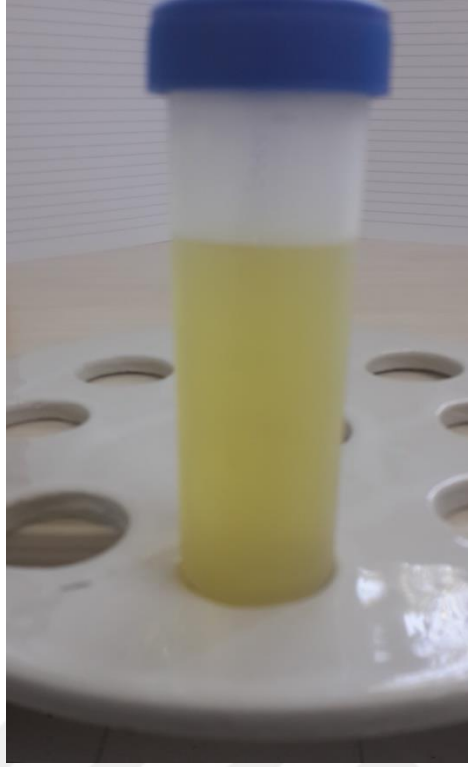
#### Şekil 4.1. Wise Ven markalı vakumlu etüv

Çizelge 4.1.'de görüldüğü üzere en fazla katı madde oranı %3,32 ile Na<sub>2</sub>S ile yapılan sülfitoliz indirgeme yönteminde görülmüştür. Ardından %3,10 katı madde oranı ile Reducing D Powder indirgen maddesi ile gerçekleştirilen indirgeme yöntemi gelmektedir. En düşük katı madde oranı ise %2,99 ile alkali hidroliz indirgeme yönteminde elde edilmiştir.

Melas kullanılan indirgeme yöntemi sonucunda yün lif yapısında bir bozulmaya rastlanmamış dolayısıyla keratin eldesi gerçekleşmemiştir.

#### **4.2. Santrifüj İşlemi Sonucunda Elde Edilen Çözeltilerin İncelenmesi**

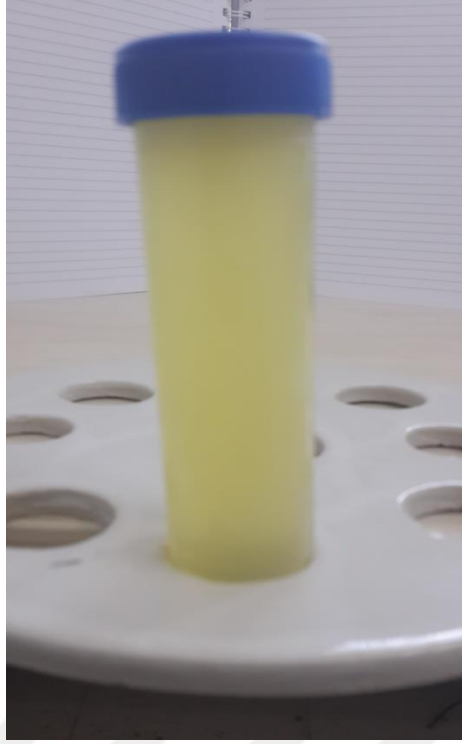
Santrifüjde çöktürme işlemi yapıldıktan sonra şekil 4.2'de alkali hidroliz sonucu elde edilmiş çözelti görülmektedir. Şekil 4.3'de indirme yöntemi sonucu elde edilen çözeltilere yer verilmektedir. Şekil 4.4'de ise sülfitoliz indirgeme yöntemi sonucu elde edilen çözelti bulunmaktadır. Görüntüler üzerinden inceleme yapıldığında en berrak yapının sülfitoliz indirgeme yöntemi ile elde edildiği görülmüştür. İndirgeme yöntemi ile elde edilen çözeltinin diğerleri içerisinde en bulanık olduğu görülmektedir. İndirgeme yöntemi sonucu bulunan katı madde miktarının fazlalığı da bu görüşü desteklemektedir.



Şekil 4.2. Alkali hidroliz yöntemi sonucu elde edilen çözelti



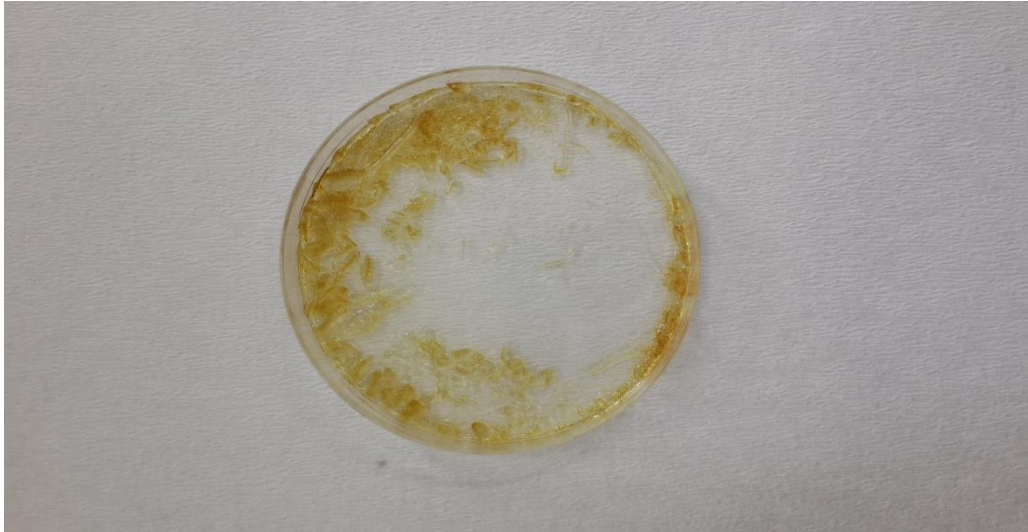
Şekil 4.3. İndirme yöntemi sonucu elde edilen çözelti



Şekil 4.4. Sülfitoliz indirgeme yöntemi sonucu elde edilen çözelti

### 4.3. Elde Edilen Keratin Yapıları

Çözünürlük testleri sonucu elde edilen keratin yapıları şekil 4.5, şekil 4.6, ve şekil 4.7'de gösterilmiştir. Bu yapılar üzerinden FT-IR analizi ve SEM görüntüleri elde edilmiştir.



Şekil 4.5. Alkali hidroliz yöntemi sonucu elde edilen keratin yapısı



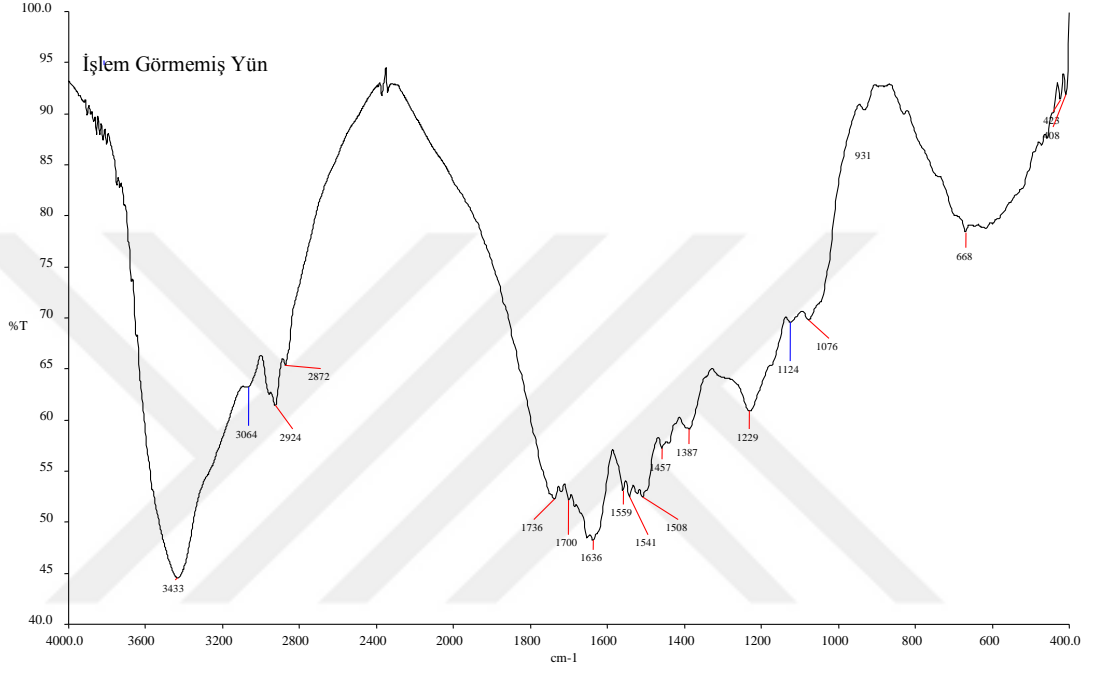
Şekil 4.6. İndirgeme yöntemi sonucu elde edilen keratin yapısı



Şekil 4.7. Sülfitoliz indirgeme yöntemi sonucu elde edilen keratin yapısı

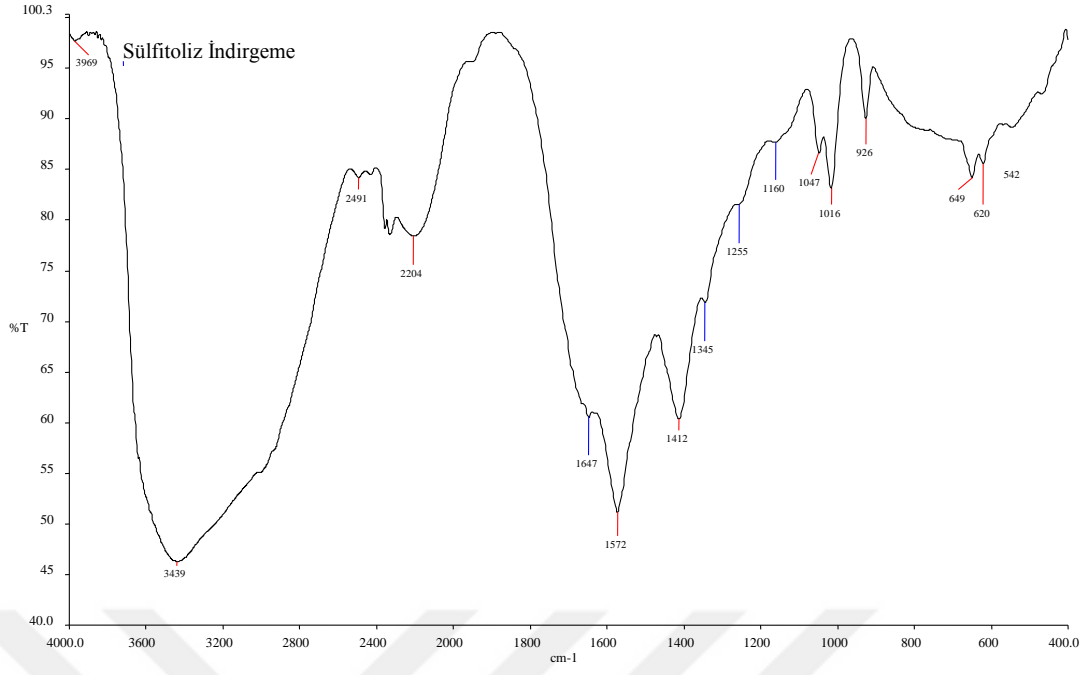
#### 4.4. FT-IR Analizi Bulguları

Çalışma kapsamında kumaşların FT-IR analizi Perkin Elmer 400 FT-IR/FT-FIR Spectrometer Spotlight 400 Imaging System cihazında 400 ile 4000  $\text{cm}^{-1}$  frekanslarında, 32 tarama sayısında ve 2  $\text{cm}^{-1}$  çözünürlükte oda sıcaklığında yapılmıştır.

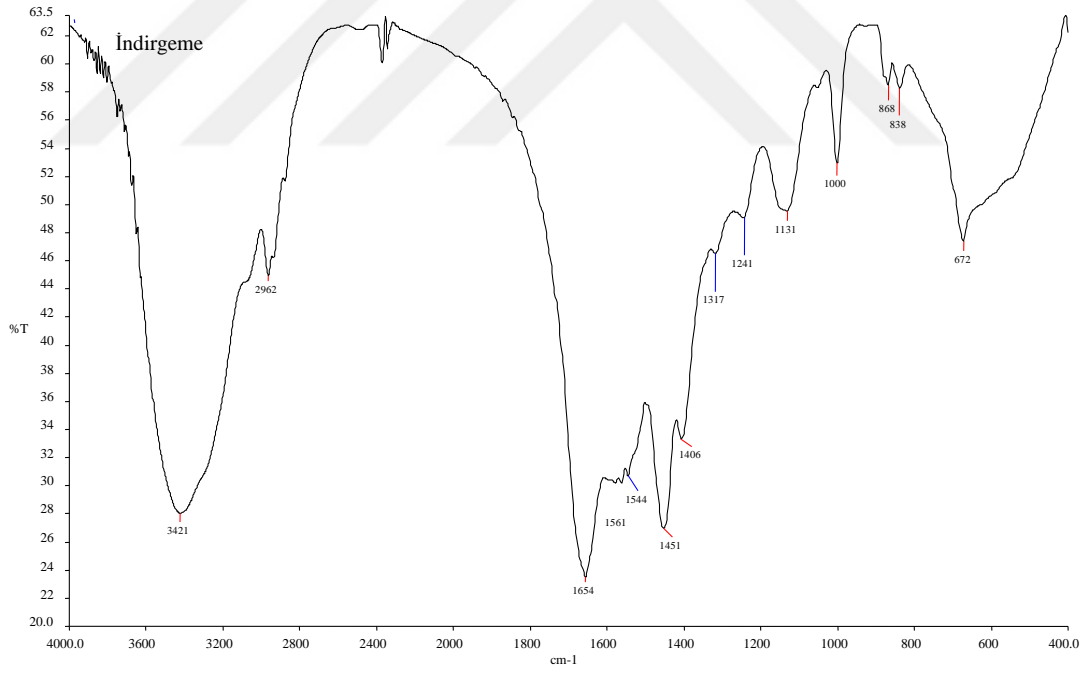


Şekil 4.8. İşlem görmemiş yün lifi FT-IR analizi

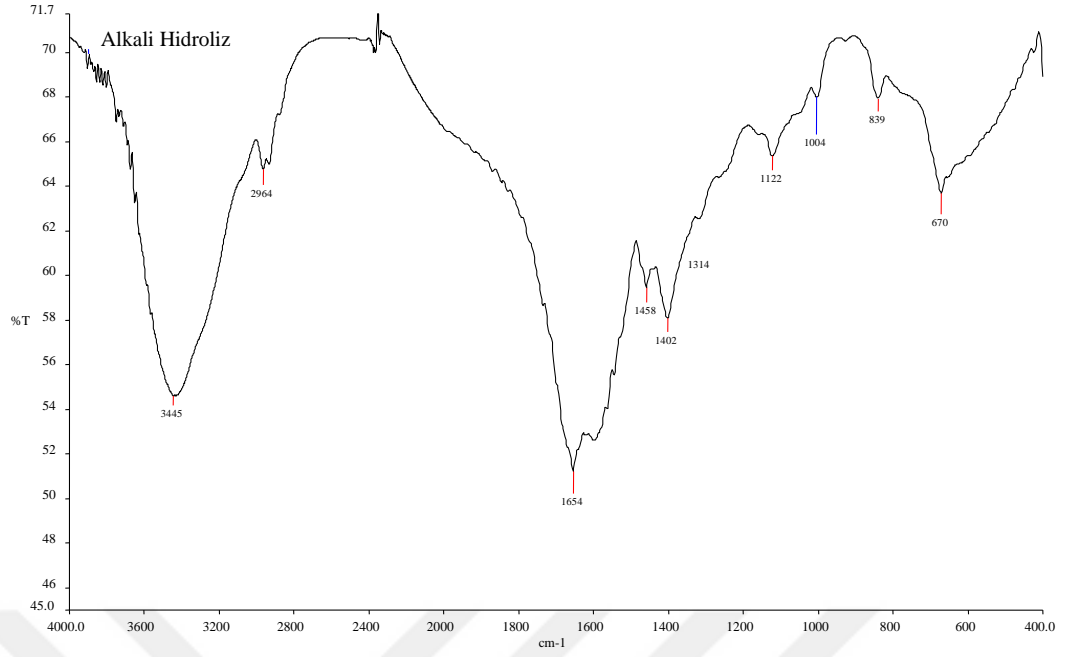




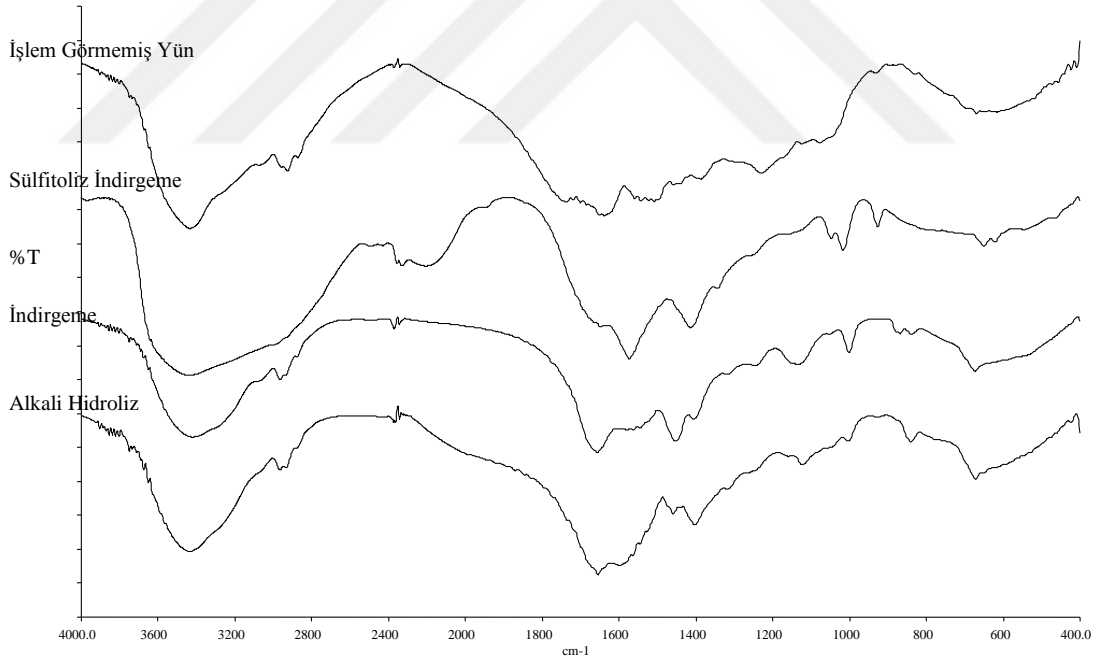
Şekil 4.9. Na<sub>2</sub>S ile sülfitoliz indirgeme işlemi görmüş keratin yapısı FT-IR analizi



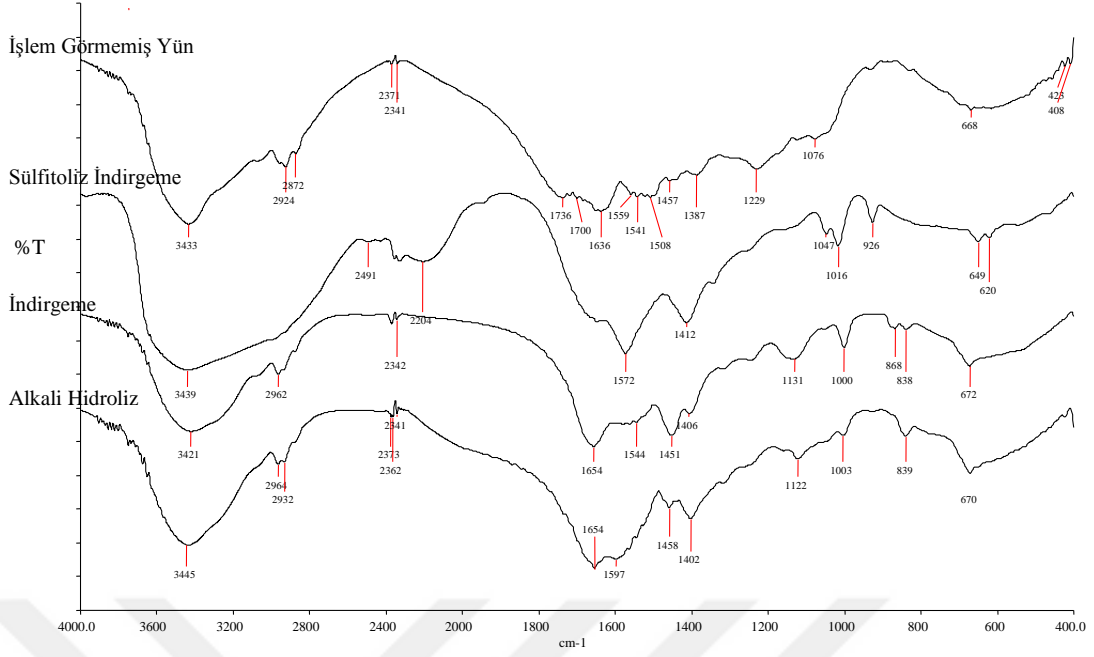
Şekil 4.10. Reducing D Powder ile indirgeme işlemi görmüş keratin yapısı FT-IR analizi



Şekil 4.11. Alkali hidroliz yöntemi ile işlemi görmüş keratin yapısı FT-IR analizi



Şekil 4.12. Tüm yapıların üst üste getirildiği FT-IR analizi



Şekil 4.13. Frekans aralığıyla tüm yapıların üst üste getirildiği FT-IR analizi

Şekil 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, ve 4.13,'da 400-4000  $\text{cm}^{-1}$  arasında geçirgenlik değerleri görülmektedir.

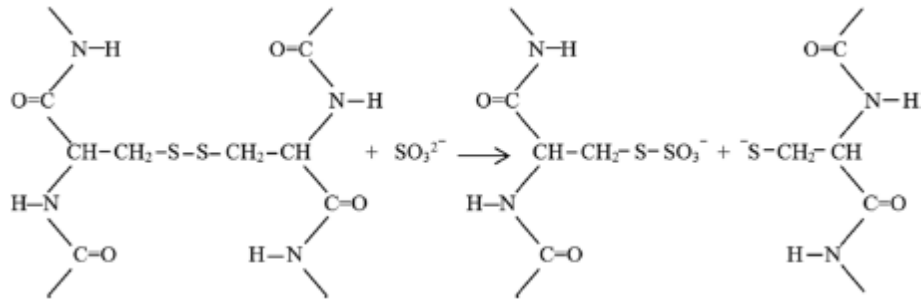
İşlem görmemiş ham yünde şekil 4.8'de görüldüğü gibi 3500-3200  $\text{cm}^{-1}$  bölgesindeki meydana gelen gerilmeler N-H ve O-H bağları arasındaki valans (titreşim) çekiminden oluşmaktadır. Bu titreşimler peptid bağlarından kaynaklanmaktadır. Bunlara örnek olarak Amid AI, AII, AIII verilebilir. Amid AI 3282  $\text{cm}^{-1}$  civarına düşer ve N-H titreşiminden oluşan çekimdir. 3000-2800  $\text{cm}^{-1}$ 'e tekabül eden bölge ise C-H çekim kuvvetlerinden kaynaklanır. C-O arasındaki çekim nedeniyle oluşan pik ise 1700-1600  $\text{cm}^{-1}$  e düşer. Amid AII ise 1580-1480  $\text{cm}^{-1}$  N-H eğilme titreşimine ve C-H itme titreşimine denk gelir. Amid AIII bandı ise 1300-1220  $\text{cm}^{-1}$  C-N ve N-H eğilme çekimlerinden kaynaklanır (Eslahi vd. 2013).

Şekil 4.8 işlem görmemiş yün lifinin FT-IR analizi incelendiğinde de peptid bağlarından kaynaklanan çekim kuvvetleri 3433  $\text{cm}^{-1}$  de görülmektedir. 2924-2872  $\text{cm}^{-1}$  bandında C-H çekim köprüleri, 1700-1600  $\text{cm}^{-1}$  de yoğun olarak (1736, 1700, 1636  $\text{cm}^{-1}$ ) C-O çekim köprüleri görülmektedir. 1580-1480  $\text{cm}^{-1}$

bandında belirgin olarak (1559, 1541, 1508  $\text{cm}^{-1}$ ) N-H eğilme titreşimine ve C-H itme titreşimlerini görülmektedir. Amid AIII bandı olarak 1300-1200  $\text{cm}^{-1}$  (1229  $\text{cm}^{-1}$ ) C-N ve N-H eğilme çekimlerinden kaynaklanmaktadır. 1639  $\text{cm}^{-1}$  arasında bulunan pik alfa helixe karşılık gelmektedir. Disülfür köprüleri 423-408  $\text{cm}^{-1}$  bandında bulunmaktadır.

Şekil 4.9 sülfitoliz indirgeme, diğer indirgeme şekillerine göre daha etkindir. Çünkü alkali indirgemedede 2924-2872  $\text{cm}^{-1}$  bandında C-H çekim köprüleri koptuğu için grafikte görülmemektedir. Alkali hidrolizi ise indirgen madde içermediği için diğer iki yönteme göre daha ılıman bir yöntemdir. Bu da grafikte daha az grafik koptuğundan anlaşılmaktadır.

Her 3 grafik incelendiğinde yeni bağların oluştuğu da görülmektedir. 1000-1016  $\text{cm}^{-1}$  bandında hidroliz liflerden zayıf yeni bağların oluştuğu görülmektedir. Bu bağlar S-O çekim kuvvetlerinden kaynaklanmaktadır. Bu bağ işlem görmemiş yünde bulunmamaktadır. Proteinin parçalanmasını sülfitoliz ve protolisiz olarak tanımlamıştır. Sülfitoliz aşamasında sistin disülfür bağları indirgen maddeler tarafından tiyol, sistin tiyol ve bunte tuzuna (S sülfü grubuna) parçalanır. Şekil 4.14'de reaksiyon görülmektedir.



Şekil 4.14. Poli peptid keratin zincirleri arasında parçalanmış disülfür bağları (Eslahi, vd., 2013)

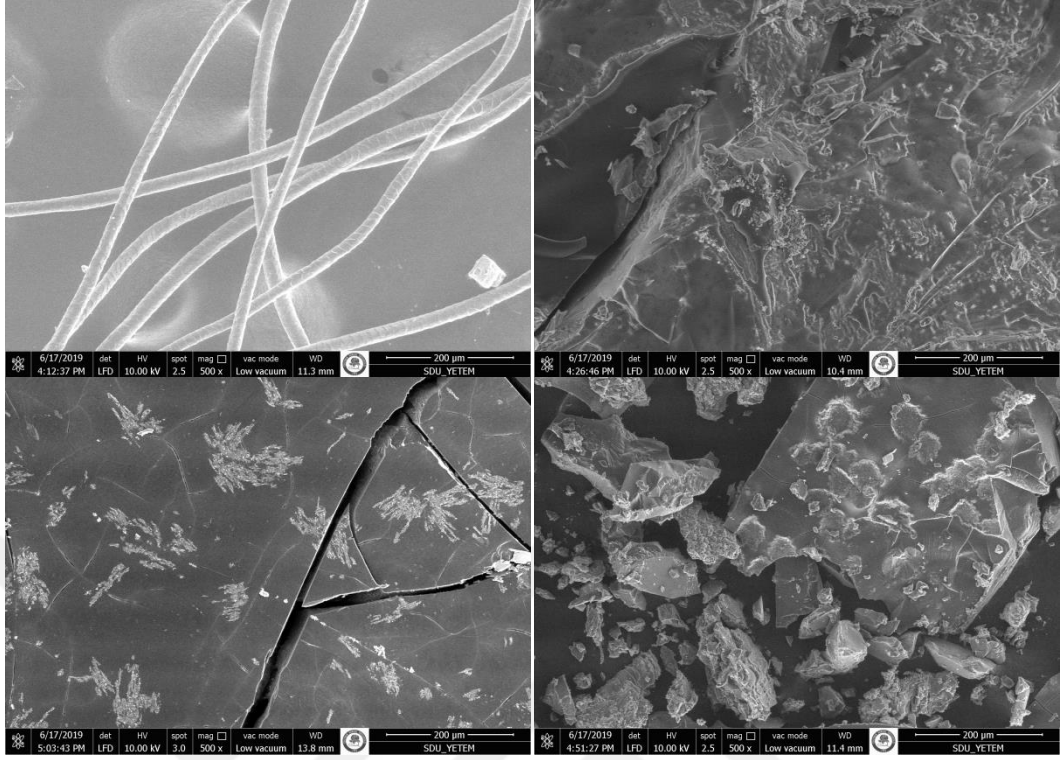
İşlem görmemiş yün lifi ile  $\text{Na}_2\text{S}$  ile sülfitoliz indirgeme işlemi görmüş keratin yapısı FT-IR spektrumu karşılaştırıldığında yünde 3433  $\text{cm}^{-1}$  dalga sayısında görülen pik yumuşadığı görülmektedir. Yünde 2872-2924  $\text{cm}^{-1}$  band aralığında görülen protein yapılarındaki moleküller arası hidrojen bağı  $\text{Na}_2\text{S}$  ile

Sülfitoliz indirgeme işlemi görmüş keratin yapısında görülmemektedir. 1700-1600  $\text{cm}^{-1}$  bandındaki C- O arasındaki çekim nedeniyle oluşan pik ve 1580-1480  $\text{cm}^{-1}$  N-H eğilme titreşimine ve C-H itme titreşimine  $\text{Na}_2\text{S}$  ile Sülfitoliz indirgeme işlemi görmüş keratin yapısında rastlanılmamıştır. Ayrıca yün yapısında 423-408  $\text{cm}^{-1}$  bantlarında gerilme titreşimleri görülen disülfür bağları  $\text{Na}_2\text{S}$  ile sülfitoliz indirgeme işlemi görmüş keratin yapısında görülmemektedir.

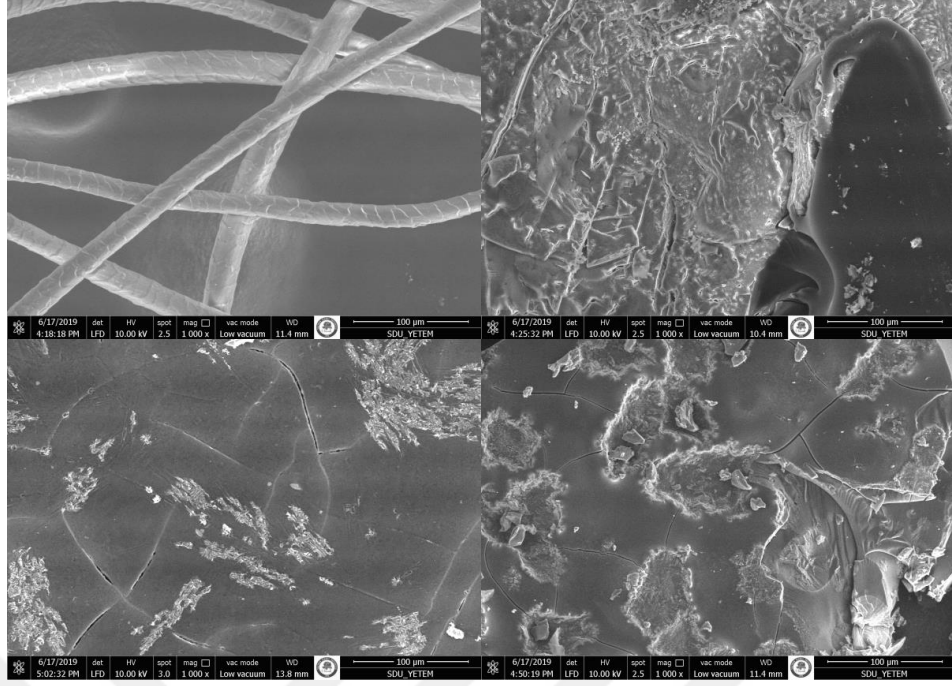
İşlem görmemiş yün lifi ile Reducing D Powder ile indirgeme işlemi görmüş keratin yapısı FT-IR spektrumu karşılaştırıldığında yünün 1700-1600  $\text{cm}^{-1}$  e C-O arasındaki çekim nedeniyle oluşan pik ve 1580-1480  $\text{cm}^{-1}$  de oluşan gerilmenin bulunduğu gözlemlenmiştir. Yünde 2872-2924  $\text{cm}^{-1}$  band aralığında görülen protein yapılarındaki moleküller arası hidrojen bağının Reducing D Powder ile İndirgeme işlemi görmüş keratin yapısında nispeten korunduğu görülmektedir. Yün yapısında 423-408  $\text{cm}^{-1}$  bantlarında gerilme titreşimleri görülen disülfür bağlarına Reducing D Powder ile İndirgeme işlemi görmüş keratin yapısında da rastlanılmamıştır.

İşlem görmemiş yün lifi ile Alkali hidroliz işlemi görmüş keratin yapısı FT-IR spektrumu karşılaştırıldığında yünde 3433  $\text{cm}^{-1}$  dalga sayısında görülen pikin aynen korunduğu görülmektedir. Yünde 2872-2924  $\text{cm}^{-1}$  band aralığında görülen protein yapılarındaki moleküller arası hidrojen bağı alkali hidroliz işlemi görmüş keratin yapısında da görülmektedir. Yünün 1700-1600  $\text{cm}^{-1}$  e C-O arasındaki çekim nedeniyle oluşan pik ve 1580-1480  $\text{cm}^{-1}$  N-bantlarına alkali hidroliz işlemi görmüş keratin yapısında nispeten rastlanılmıştır. Ayrıca yün yapısında 423-408  $\text{cm}^{-1}$  bantlarında gerilme titreşimleri görülen disülfür bağlarına alkali hidroliz işlemi görmüş keratin yapısında da görülmediği tespit edilmiştir.

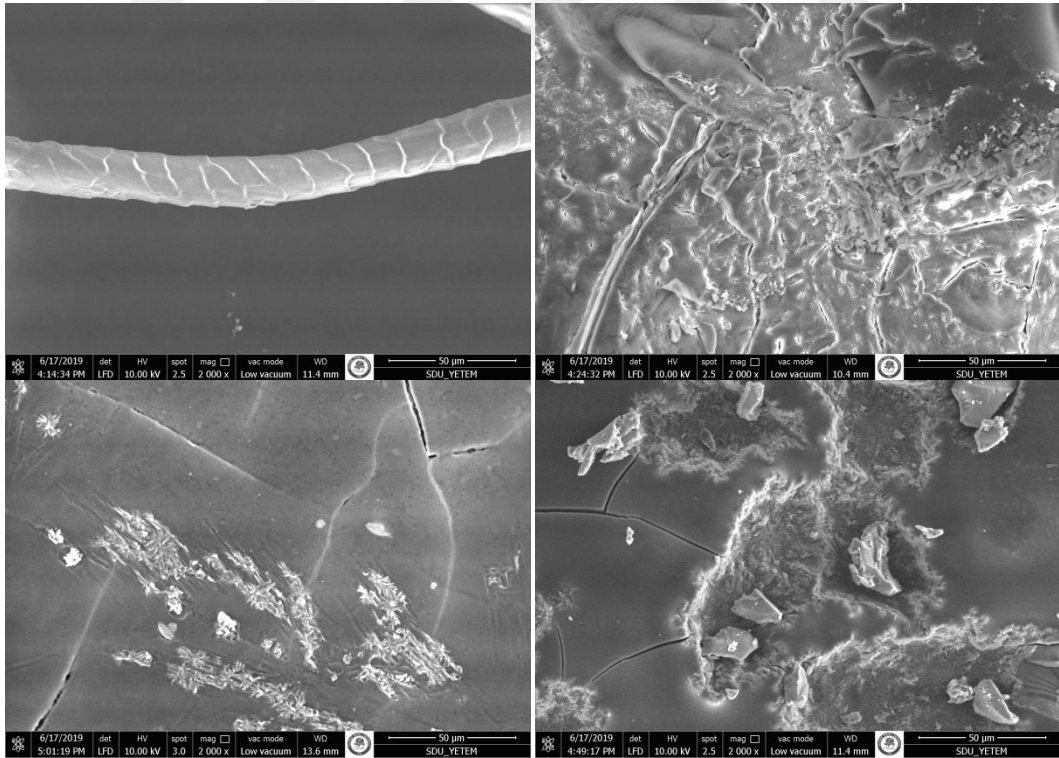
#### 4.5. SEM Yüzey Görüntüleri



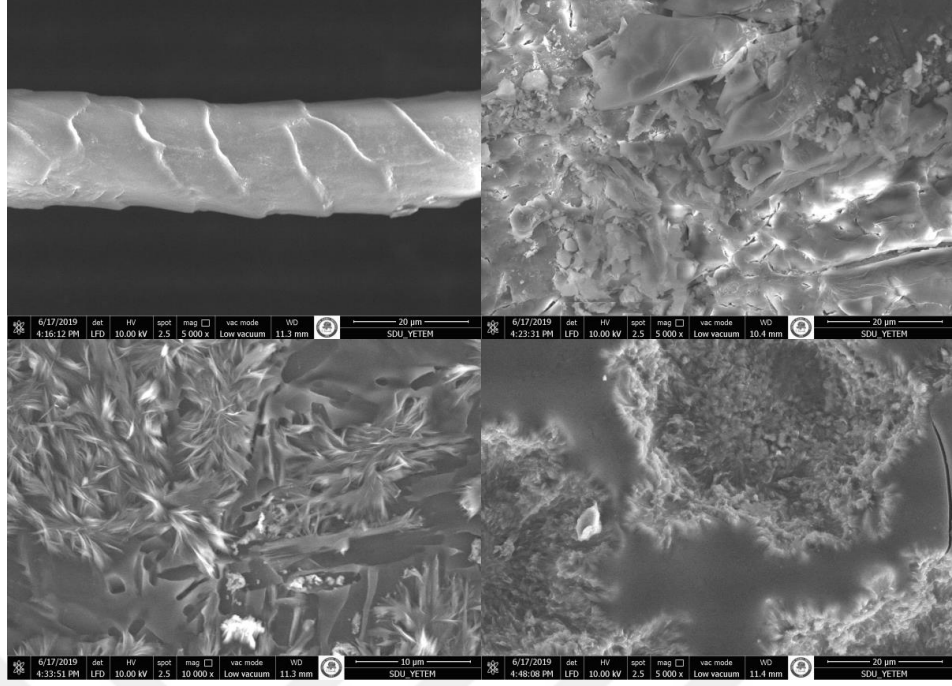
Şekil 4.15. 500 X büyütmede sırası ile işlem görmemiş yün, alkali hidroliz işlemi görmüş keratin yapısı, Reducing D powder ile indirgeme işlemi görmüş keratin yapısı ve Na<sub>2</sub>S ile sülfitoliz indirgeme işlemi görmüş keratin yapısının SEM yüzey görüntüleri



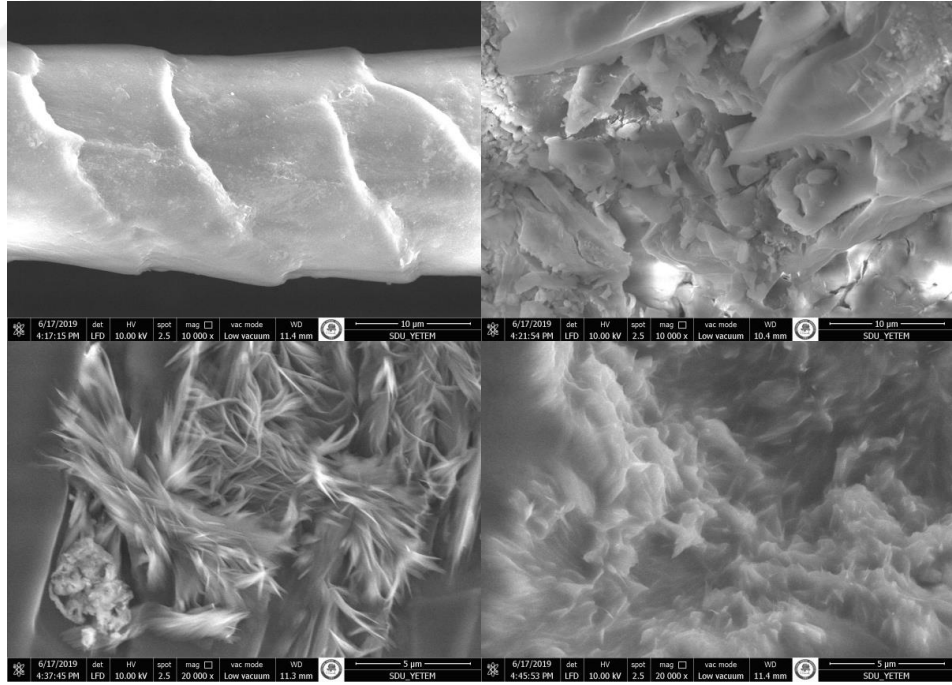
Şekil 4.16. 1000 X büyütmede sırası ile işlem görmemiş yün, alkali hidroliz işlemi görmüş keratin yapısı, Reducing D powder ile indirgeme işlemi görmüş keratin yapısı ve Na<sub>2</sub>S ile sülfitoliz indirgeme işlemi görmüş keratin yapısının SEM yüzey görüntüleri



Şekil 4.17. 2000 X büyütmede sırası ile işlem görmemiş yün, alkali hidroliz işlemi görmüş keratin yapısı, Reducing D powder ile indirgeme işlemi görmüş keratin yapısı ve Na<sub>2</sub>S ile sülfitoliz indirgeme işlemi görmüş keratin yapısının SEM yüzey görüntüleri



Şekil 4.18. 5000 X büyütmede sırası ile işlem görmemiş yün, alkali hidroliz işlemi görmüş keratin yapısı, Reducing D powder ile indirgeme işlemi görmüş keratin yapısı ve Na<sub>2</sub>S ile sülfitoliz indirgeme işlemi görmüş keratin yapısının SEM yüzey görüntüleri



Şekil 4.19. 10000 X büyütmede sırası ile işlem görmemiş yün, alkali hidroliz işlemi görmüş keratin yapısı, Reducing D powder ile indirgeme işlemi görmüş keratin yapısı ve Na<sub>2</sub>S ile sülfitoliz indirgeme işlemi görmüş keratin yapısının SEM yüzey görüntüleri



Şekil 4.15, Şekil 4.16, Şekil 4.17, Şekil 4.18, ve Şekil 4.19'da işlem görmemiş yün ve hidrolizatların yüzey görüntüleri SEM taramalı elektron mikroskobu yardımıyla incelenmiş ve elde edilen görüntüler yünün lif yapısı ve yüzeyindeki pulcuklu yapı açıkça görülmektedir. Hidrolizatların yüzey görüntülerinde ise lif yapısının tamamen bozulduğu görülmektedir. Alkali hidroliz işlemi görmüş keratin yapısının yüzey görüntüsünde daha homojen bir yapı gözlemlenirken diğer yöntemler Reducing D Powder ile indirgeme işlemi görmüş keratin yapısı ve Na<sub>2</sub>S ile sülfitoliz indirgeme işlemi görmüş keratin yapısında homojenliğin bulunmadığı farklı yapılaşmaların oluştuğu gözlemlenmiştir.



## 5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

SEM yüzey görüntülerinde işlem görmemiş, ve üç farklı şekilde işlem görmüş hidrolizatlarının SEM yüzey görüntüleri farklı büyütmelemlerle verilmiştir. İncelendiği üzere işlem görmemiş yün lifinin karakteristik özellikleri olan keskin pul yapısının her büyütmede net bir şekilde var olduğu görülmektedir. Üç farklı işlem aşamasından sonra çekilen SEM yüzey görüntülerinde belirgin fark 500 büyütmede alkali işlemlerde homojen bir hidroliz görülürken diğerlerinde daha küçük parçacıklı yapı söz konusudur.

Söz konusu hidrolizatların kuru madde tayinleri incelendiğinde aynı sıraya bağlı olarak elde edilen kuru madde değerleri %2,99 ile alkali hidroliz, %3,10 ile Reducing D Powder ile indirgeme ve %3,32 ile Na<sub>2</sub>S ile sülfitoliz indirgeme değerleri bu sonuçları desteklemektedir.

FT-IR analizi sonuçlarına göre sülfitoliz indirgeme, diğer indirgeme şekillerine göre daha etkindir. Çünkü alkali indirgemedede 2924-2872 cm<sup>-1</sup> bandında C-H çekim köprüleri koptuğu için grafikte görülmemektedir. Alkali hidrolizi ise indirgen madde içermediği için diğer iki yöntemle göre daha ılıman bir yöntemdir. Bu da FT-IR analizinde daha az bağ koptuğundan anlaşılmaktadır.

Bilindiği gibi sodyum hidroksit gibi kuvvetli bazların sulu çözeltileri yüksek sıcaklıklarda çok hızlı bir şekilde yüne zarar verir ve tamamen çözebilir. Bu çözücü etki, bazların makromoleküller arasındaki çeşitli bağları koparmasından ve peptid bağlarının da koparak makromolekülleri parçalamasından kaynaklanmaktadır (Seventekin, 2004). Aynı koşullarda sodyum hidroksitle birlikte klasik bir indirgen olan sodyum sülfür kullanımında sağlanan çözücü etki en fazla iken glikoz esaslı indirgen kullanımında bu etki daha azdır. (Blackburn vd., 2004; Burkinshaw vd., 2010; Zhao vd., 2014 ) Bu sonuçlara göre klasik bir indirgen olan Na<sub>2</sub>S'in yanında glikoz esaslı invert şeker de iyi değerler vermektedir. Bilindiği gibi 80°C ve üzerinde invert şeker olan glikozun verdiği indirgeme potansiyeli Na<sub>2</sub>S'in pH 13,4-13,7 değerlerinde yaklaşık olarak aynıdır.

(Tchobanoglous vd., 1991; Clark, 2011; Teklehaimanot vd., 2018 ) Sanayide indirgen madde olarak sıklıkla kullanılan sodyum sülfür, sülfür yüklemesini, arttırması, istenmeyen kokusu, kanserojen ve korozif etkisi ve atık suyun temizlenmesinde oluşturduğu güçlükler yanında işlemsel güvenilirliği de azdır. Bu olumsuz özellikleri olan sodyum sülfür yerine kullanılan invert şeker esaslı glikozun daha güvenli ve daha çevreci üretime imkan tanıyarak çevrenin korunmasına katkı sağlayacağı bu çalışmada elde edilen en önemli çıktıdır. Melas kullanılan indirgeme yönteminde 80°C çalışma sıcaklığında yün lif yapısında herhangi bir bozulmaya rastlanmamış, dolayısıyla bu yöntemle keratin eldesi sağlanamamıştır. Kozmetik, biyomedikal, tekstilde boyarmadde alımını arttırma ve yanmazlık eldesi gibi birçok bitim işleminde kullanılan keratin hidrolizat sodyum sülfür yerine glikoz kullanımıyla daha ılıman ve çevreci bir proses gerçekleştirilebilir.

## KAYNAKLAR

- Aluigi, A., Vineis, C., Ceria, A., Tonin, C., 2008a. Composite biomaterials fibre wastes: Characterization of wool-cellulose acetate blends, Composites: Part A, 39, pp.126-132..
- Atri, H., Bidram,E., and Dunstan, D. E., 2015. Reconstituted Keratin Biomaterial with Enhanced Ductility. Materials 2015, 8, 7472–7485;..
- Atri, H., Bidram,E., and Dunstan, D. E., 2015. Reconstituted Keratin Biomaterial with Enhanced Ductility. Materials 2015, 8, 7472–7485;
- Başer İ.2002. Elyaf Bilgisi ,Marmara Üniversitesi Yayınları.
- Blackburn R.S., Harvey A. Green chemistry methods in sulphur dyeing:.application of various reducing D-sugars and analysis of the importance optimum redox potential. Environ. Sci. Technol., 38,4034-4039 (2004). [https:// doi.org/ 10.1021/es0498484](https://doi.org/10.1021/es0498484)
- Bodur, S., Karadeniz, D. ve Okyay, S., 2003, Yün Liflerinin Fiziksel Özellikleri Ve Ölçüm Yöntemleri, Bitirme Tezi, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, 67s (yayımlanmamış).
- Bolat, N., 2009. %100 Yün Sirospun ve Konvansiyonel İpliklerden Üretilmiş Kumaşların Özellikleri ve Bu Kumaşların Ultrasonik Enerji Yöntemi ile Boyanması. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 105 s.
- Burkinshaw S. M., Paraskevas M. The dyeing of silk Part 1: Low temperature application of solubilised sulphur dyes using sodium thioglycolate. Dyes Pigments 87 (3),225-233 (2010). <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2010.03.031>
- Cardamone, J. M., Nuñez, A., Garcia, R. A., and Ramos, M.A., 2009. Characterizing Wool Keratin. Volume 2009, Article ID 147175, 5 pages.
- Cheung, H., Ho, M., Lau, K., Cardona,F., Hui, D., 2009. Natural fibre-reinforced composites for bioengineering and environmental engineering applications, Composites Part:B, 40, pp.655-663.
- Cook, J. G., 1993. Handbook of Textile Fibres, Natural Fibres. Merrow Publishing Co. Ltd., Wiltshire, 208 pp.
- Çelik, P., 2005. Yün İplikçiliği I – II, Ders Notları, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
- Dayıoğlu, H.2007. Elyaf Bilgisi, Teknik Fuarçılık Yayınevi.

- Doğan, M., 2015. Yünlü Kumaşın Fiziksel Özellikleri Üzerine Yeni İzolat Bacillus Sp. Suşundan Elde Edilen Proteaz Enziminin Etkisinin Araştırılması. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bursa, 66 s.
- Graw, B., 1993, Besikten Mezara Dostumuz Yün, Tekstil Teknik, 93:47-48
- Gürcüm, B. H., 2005. Tekstil Malzeme Bilgisi. Grafiker Yayınları:26. Ankara, 404s.
- Eslahi, N., Dadashian, F., and Nahid, H.N., 2013. An Investigation on Keratin Extraction From Wool and Feather Waste By Enzymatic Hydrolysis. Department of Textile Engineering, Preparative Biochemistry and Biotechnology, 43:7, 624-648
- Harmancıoğlu, M., 1974, Lif Teknolojisi ( Yün ve Diğer Deri Ürünü Lifler ), Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Bornova-İzmir, 311s.
- Hawley, J.M., 2008, "Economic Impact of Textile Recycling", <http://krex.kstate.edu/dspace/bitstream/2097/1228/1/EconImpactHawley2008.pdf>
- Johnson N.A.G., Wood E.J., Ingham P.E., McNeil S.J., McFarlane I.D., 2003. Wool as a Technical Fiber. Journal of Textile Institute, 94 (3), 26-40.
- Kahyaoğlu, M., Konar, V., 2006. Şeker Fabrikası Atık Maddeleri Kullanılarak Pseudomonas Aeruginosa'dan Ramnolipit Biyo Surfektanı Elde Edilmesi. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 18 (4), 493 – 498.
- Kalayođlu, Ö.İ., 2010. Chicken Feather Keratin Based Textile Fibers. Istanbul Technical University , Institute Of Science and Technology, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Kantouch, A., Allam O., Gabry L. E., and Sayed H.E., 2011. Effect of Pretreatment of Wool Fabric with Keratin on its Dyeability with Acid and Reactive Dyes.
- Kaymakçı, M., Sönmez, R. (1992). Koyun Yetiştiriciliği. Hasad Yayıncılık, Hayvancılık Serisi 3, İstanbul
- Indian Journal of Fibre & Textile Research Vol. 37, June 2012, pp. 157-161 Li, J., Liu, X., Zhang, J., Zhang, Y., Han, Y., Hu, J., Li,Y., 2012. Synthesis and characterization of wool keratin/ hydroxyapatite nanocomposite. J Biomed Mater Res Part B 2012:100B:896–902.
- M. Clark." Handbook of Textile and Industrial Dyeing". Woodhead Publishing Ltd., Oxford, Cambridge, 2011.
- M. Teklehaimanot, T. Amsalu. Hydrolysis of Sugar for Dyeing of Cotton Fabric with Sulphur Black. J. Text. Sci. Eng., 8(6), 1-4 (2018). <https://doi.org/10.4172/2165-8064.1000384>.

- Öner, E., (2008). Dokuma kumaşların konfor özellikleri üzerine bir araştırma. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Poole, A.J., Church, J.S., Huson, M.G., 2009. Environmentally sustainable fibers from regenerated protein, *Biomacromolecules*, 10(1), pp.1-8
- Reddy, N., Chen, L., Zhang, Y., Yang, Y., 2013..Reducing environmental pollution of the textile industry using keratin as alternative sizing agent to polyvinly alcohol. *Journal of Cleaner Production* 65 (2014) 561-567
- Seventekin, N., 2004, Tekstil Kimyası Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Uygulama Merkezi Yayınları, Bornova-İzmir, 110s.
- Shavandi, A., Bekhit, A.E.-D.A., Carne A., and Bekhit, A., 2016. Evaluation of Keratin Extraction from Wool by Chemical Methods for Bio-Polymer Application. *Journal of Bioactive and Compatible Polymers* 2017, Vol. 32(2)163–177
- Shoddy, “Benjamin Law and The Development of Shoddy”, <http://maggieblanck.com/Land/Shoddy.html>
- Tarakçıoğlu, I. (1983). Tekstil Terbiyesi Ve Makineleri Protein (Yumurta Akı) Liflerinin Terbiyesi (2). Uludağ Üniversitesi Basımevi, 473s, Bursa.
- Tchobanoglous G., Burton F. L., 1991.“Waste Water Engineering Treatment, Disposal and Reuse”, third ed., McGraw- Hill, Inc.,47-111.
- Xu,H., Shi, J., Zhou, A., Yan, K., 2012. Keratin extraction from wool and its film forming property. *Journal of Textile Research*. 33(6), 41-47
- Wang, H.J., Di. L., Ren,Q.S., and Wang, J.Y., 2009. Applications and Degradation of Proteins Used as Tissue Engineering Materials. *Materials* 2009, 2, 613-635.
- Zhao S., Guo X., Bai P., Lingjuan L.V. Chemical Isomerization of Glucose to Fructose Production. *Asian J. Chem.* ; 26(15), 4537-4542 (2014) <http://dx.doi.org/10.14233/ajchem.2014.16232>
- Zhu, J., and Mao, N., 2014. Keratin Polymer Having Improved Thermal Propeties. In: Proceedings of the 14th World Textile Conference. Autex 2014, 26-28 May 2014, Bursa, TURKEY.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Hasan SİNAN

Doğum Yeri ve Yılı : Isparta, 1979

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : hasansinan@isparta.edu.tr

### Eğitim Durumu

Lise : Isparta ŞAİK Lisesi, 1997

Lisans : SDÜ, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Tekstil Müh. 2001

### Mesleki Deneyim

BURSA, Faniteks Tekstil A.Ş: 2001-..... 2002

BURSA, Slam Textile Production GmbH 2002-.....2003

İSPARTA, Isparta Mensucat A.Ş. 2003-.....2007

ANTALYA, Anteks Tekstil A.Ş. 2007-.....2012

İSUBÜ, Teknik Bilimler MYO 2012-..... (halen)