

**YÜNLÜ KUMAŞIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE YENİ
İZOLAT *BACILLUS* SP. SUŞUNDAN ELDE EDİLEN PROTEAZ
ENZİMİNİN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Meral DOĞAN



T.C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜNLÜ KUMAŞIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE YENİ İZOLAT *BACILLUS*
SP. SUŞUNDAN ELDE EDİLEN PROTEAZ ENZİMİNİN ETKİSİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Meral DOĞAN

**Prof. Dr. Dilek KUT
(Danışman)**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2015

TEZ ONAYI

Meral DOĞAN tarafından hazırlanan “Yünlü kumaşın fiziksel özellikleri üzerine yeni izolat *bacillus* sp. suşundan elde edilen proteaz enziminin etkisinin araştırılması” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Dilek KUT

Başkan : Prof. Dr. Dilek KUT İmza
Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Prof. Dr. Pervin ANIŞ İmza
Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Doç.Dr.İdris ÇERKEZ İmza
Bursa Teknik Üniversitesi, Doğa Bilimleri
Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi
Lif ve Polimer Mühendisliği Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ali Osman DEMİR
Enstitü Müdürü

.././....

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

16/06/2015

İmza

Meral Doğan

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YÜNLÜ KUMAŞIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE YENİ İZOLAT *BACILLUS* SP.
SUŞUNDAN ELDE EDİLEN PROTEAZ ENZİMİNİN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Meral DOĞAN

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tekstil Teknolojisi Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Dilek KUT

Yün lifi epidermis, korteks ve medula tabakası olmak üzere üç bölümden oluşur. Lifin üstünü kaplayan epidermis tabakası, boynuzlaşmış, yassılaştırmış, cansız epitel hücrelerinden oluşmaktadır. Elektron mikroskopuyla yapılan araştırmalar, epidermis tabakasının da epikutikula, ekzokutikula ve endokutikula tabakalarından oluştuğunu göstermektedir. En dışta bulunan epikutikula zarı normal yün keratininden farklı özelliklere sahiptir ve en dışta bulunduğundan tüm yün lifinin özelliklerinin etkilemektedir. Örneğin, lifler arasındaki sürtünmenin beklenmeyen derecede düşük olması, lif yüzeyinin yüksek derecede hidrofob olması ve lif yüzeyinin kimyasal maddelerin, enzimlerin etkilerine karşı, lifin esas kısmına göre daha dayanıklı olması, epikutikula zarının varlığından ileri gelmektedir. Epidermis hücrelerinin altında bulunan korteks tabakası, yün lifinin % 90 ' ını oluşturur ve iç şeklinde, uzunca az veya çok bükülmüş kortikal hücreler içermektedir. Farklı özellikteki kortikal hücrelerin lif içerisindeki dağılım durumunun liflerin kıvrıcıklığı ile yakından ilgisi vardır. Korteks tabakası simetrik veya asimetrik bir yerleşim durumuna sahip olabilir. Simetrik yerleşim durumu lif kıvrımlarının en az olması, asimetrik yerleşim durumu ise lif kıvrımlarının fazla olması sonucunu doğurmaktadır. Yün lifinin orta kısmında bulunan medulla tabakası ise lif kalınlığını etkilemektedir. Yün liflerinin kimyasal bileşiminin %97 ' si protein, % 2 ' si yağ ve %1 ' i mineral maddelerden oluşmaktadır.

Yün lifleri, diğer protein liflerine göre enzimlere oldukça dayanıklıdır. Bu dayanıklılık makromoleküller arasındaki disülfür (sistin) köprülerinden ileri gelmektedir. İndirgen maddelerin yardımıyla disülfür köprüleri azaltılırsa, yün keratinini oluşturan polipeptid makromolekülleri tripsin, papain gibi proteolitik enzimler tarafından kısa sürede,

kendini oluşturan aminoasitlere kadar parçalanabilmektedir. Önemli olan nokta, molekül yapıları büyük olduğundan, enzimlerin yün liflerinin içine işlemleri ve dolayısıyla parçalayıcı etkilerini yüzeyde göstermeleridir. Birçok kere tekrarlandığı gibi, iyi ve liflere zarar vermeyen bir keçeleşmezlik etkisi sağlanabilir. Proteolitik enzimler, keçeleşmezlik etkisine ilave olarak, yünlü kumaşların yüzeyinden dışarı çıkan lif uçlarını uzaklaştırmada, boncuklanmayı azaltmada, parlaklığı ve yumuşaklığı arttırmada kullanılabilir. Tüm bu işlemlerin yapılmasıyla yünlü mamülde bir ağırlık kaybı meydana gelir, seçilen pH, sıcaklık, işlem süresi, enzim konsantrasyonu ile bu azalma en az seviyede tutulmalıdır. Enzim ile işlem görmüş yünlü mamülün boyanabilirliğinin arttığı görülmüştür. Daha az boya aldığı, daha düşük ısılarda boyanabildiği görülmüştür. Ayrıca bio-temizleme yapılmaktadır. Tekstil mamüllerinden yabancı maddeleri uzaklaştırmada enzim kullanımı hijyen, güvenlik, çevre ve enerji açısından önem kazanmaktadır.

Bu çalışmanın amacı Türkiye topraklarından yüksek kapasiteli proteaz üreten *Bacillus* sp.lerin izolasyonu ve bu enzimlerin yünlü kumaşın fiziksel özellikleri üzerine etkisinin araştırılmasıdır.

Anahtar Kelimeler: *Bacillus*, proteaz, yün
2015, xii+66

ABSTRACT

MSc Thesis

THE INVESTIGATION OF EFFECT OF PROTEASE AND ENZYME PRODUCED BY NEW ISOLATE *BACILLUS* *sp.* STRAIN ON WOOLEN FABRIC PHYSICAL PROPERTIES

Meral DOĞAN

Uludag University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Textile technology

Supervisor: Prof. Dr. Dilek KUT

Wool fiber in the epidermis , cortex and medulla layer consists 3 parts. Covering top of the epidermis layer of the fiber , cornified, flattened, composed of dead epithelial cells. Electron microscopy research, the epidermis layer of the epicuticula, exocuticula, endocuticula layers indicates. Epicuticular wax in the outermost membrane has different properties than the normal wool keratin and affects the properties of all the wool fiber is in the outside. For examples , an unexpected degree of friction between fibers is low, having a high degree of surface hydrophobic fiber and the fiber surface of the chemical substances, to the effects of enzymes, compared to the portions of the fiber is based on higher robustness, is due to the presence of epicuticular wax lining. The cortex is under epidermis cells of wool fiber 90 percent creates and the spindle- shaped , more or less bent quite includes cortical cells. Cortical cells with different characteristics on status in the distributron of fiber is closely linked to the status of curly fibers. A settlement with the state of the cortex layer can be symmetric or asymmetric. Symmetrical placement of fiber folds to be at least , asymmetric placement of the cortex layer results in fiber have more folds. Medulla layer of the wool fiber from the central part affect the thickness of fiber. The chemical composition of wool fibers % 97 protein, %2 fat and %1 consist s of the mineral substances.

Wool fibers, according to other protein fibers are highly resistant enzymes. The resistance between the macromolecules disulfide (cystine) bridges comes from. Disulfide bridges are reduced with the aid of reducing agents, wool keratin macromolecules forming polypeptide tripsin by proteolytic enzymes such as papin as soon as possible , self – forming amino acids cleaved up. The important point, enzymes into works of wool fibres with large molecular structures and show the surface due to the effects of shredder. Anti -felting effect of fibers can be a good and not harm. Proteolytic enzymes, in addition to the effect of anti-felting, to remove the fiber ends protruding from the surface of the woollen fabrics, to reduce pilling, be used to increase the brightness and smoothness. The construction of all of these transactions worsted wool weight loss occurs and selected pH ,temperature, process time and this reduction in enzyme concentration should be kept a minimum. Dyeability wool fabric treated with the enzyme is increased. Was observed at lower temperatures be pointed. It also can be

made of bio-cleaning. The use of the enzyme in removal of impurities from textiles hygiene, safety, environment and energy is gaining importance.

The aim of this work is to isolate *Bacillus* sp. producing proteases of high capacity from Turkish soils and to investigate the effect of these enzymes on woolen fabric physical properties.

Keywords: *Bacillus*, protease, wool

2015, xii+66

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım sırasında yol gösteren, değerli vaktini, bilgi ve birikimlerini esirgemeyen danışman hocam sayın Prof. Dr. Dilek Kut ' a, lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca bana ve hayatıma kattıkları için, en önemlisi güveni için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Aynı zamanda bir proje olan yüksek lisans tezimin tüm deney sürecinde yardımını aldığım ve tecrübeleriyle beni her zaman doğru şekilde yönlendiren, tavsiyeleriyle ufkumu genişleten sevgili hocam Sayın Prof. Dr Elif DEMİRKAN ' a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarımda beni yalnız bırakmayan, bilgi ve desteğini esirgemeyen, enzim üretimi ve saflaştırılması çalışmalarında sabırla , titiz bir çalışma gerçekleştiren, daima fikir alışverişinde olduğum, aynı zamanda proje çalışmalarımı devam ettirdiğim arkadaşım Eren BAYGIN ' a,

113Z868 No ' lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu ' a,

Infrared ölçümlerinin alınması ve yorumlanması aşamasında Uludağ Üniversitesi Kimya Laboratuvarı kapılarını bana açarak çalışma olanağı sunan Sayın Araş.Gör.Dr.Yunus KAYA ' ya,

Tüm çalışmalarımı Uludağ Üniversitesi Fizik Bölümü Laboratuvarı olanakları ile SEM görüntülerini almamı sağlayan değerli arkadaşım Bahadır KARADUMAN ' a,

Başta Haluk YÜCE ve Elif Yonca ŞAHİN olmak üzere Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Laboratuvarı görevlilerine yardımları ve güvenleri için ,

Bana olan güvenlerini hep hissettiren, aldığım her karara saygı duyan , ellerini hep yüreğimde hissettiğim sevgili babam Ali Osman DOĞAN, annem Ummuhan DOĞAN ve kardeşim Ümit DOĞAN ' a, ayrıca geç saatlere kadar laboratuvar çalışmalarımı yanımda olan, desteğini her zaman hissettiğim kız kardeşim Zuhale DOĞAN ' a teşekkür ederim.

Saygılarımla...

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
1.GİRİŞ	1
2.KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
2.1.Protein Lifleri.....	4
2.2.Yün Lifi	6
2.2.1.Peptid Bağları	7
2.2.2.Tuz bağları	8
2.2.3. Sistin Bağları	9
2.2.4.Hidrojen Bağları	10
2.3.Yünün Fiziksel Yapısı	10
2.3.1.Epiderm Tabakası	10
2.3.2.Korteks Tabakası	12
2.3.3.Medüla Tabakası.....	13
2.4.Yünün Kimyasal Yapısı.....	13
2.5.Yünün Fiziksel Özellikleri.....	15
2.6.Yün Lifinin Kimyasal Özellikleri	18
2.7.Enzimler ve Tekstil Sektöründe Kullanımı	20
2.7.1.Proteaz Enzimi.....	23
2.7.2.Yün Kumaşların Proteaz Enzimi ile Yapısal Özelliklerinin İyileştirilmesi.....	23
3.MATERYAL VE METOD.....	30
3.1.Materyaller.....	30
3.1.1. Kullanılan Kumaşın Özellikleri	30
3.1.2.Kullanılan Enzimler	30
3.1.2.1.Ultrafiltrasyon İle Konsantre Edilen Proteaz Enzimi	30
3.1.2.2.Amonyum Sülfat Çöktürmesi ve Diyalize Edilen Proteaz Enzimi.....	31
3.1.2.3.Liyofilize Edilerek Saflaştırılan Proteaz Enzimi	31

3.1.2.4.Ticari Proteaz Enzimi	31
3.2.Metod	32
3.2.1.Kumaşlara Uygulanan Ön Terbiye İşlemleri	32
3.2.2.Kumaşlara Uygulanan Testler	34
3.2.2.1.Pilling Testi.....	34
3.2.2.2.Yırtılma Mukavemeti Testi.....	35
3.2.2.3.Ağırlık Kaybı Testi	35
3.2.3.4.Boyutsal Değişim.....	36
3.2.3.5.Spektrofotometrik Ölçümler	36
3.2.3.6.Yağ Ölçümü	37
4.BULGULAR.....	39
4.1.Pilling Testi Sonuçları	39
4.2.Boyutsal Değişim Sonuçları	43
4.3.Yırtılma Mukavemeti Testi Sonuçları	45
4.4.Ağırlık Kaybı Sonuçları.....	47
4.5.Renk ölçüm sonuçları	48
4.6.Yağ Ölçümü Sonuçları	48
4.7.SEM Ölçümleri.....	49
4.8.EDX Ölçümleri.....	51
4.9.FTIR Ölçümleri	54
5.TARTIŞMA ve SONUÇ.....	58
KAYNAKLAR	62
ÖZGEÇMİŞ	66

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
%	Yüzde Orantı
°C	Santigrat Derece
dk	Dakika
g	Gram
H ₂ O ₂	Hidrojen Peroksit
IU	Uluslararası Enzim Ünitesi
M	Molar
mL	Mililitre
mm	Milimetre
nm	Nanometre
α	Alfa
β	Beta
S	Kükürt
O	Oksijen
N	Azot
Na	Sodyum
K	Potasyum
Ca	Kalsiyum
Mg	Magnezyum
Na ₂ S	Sodyum Sülfür
H ₂ O ₂	Hidrojen Peroksit
HClO	Hipoklorit
TiO ₂	Titanyum di oksit
s	İncelik Derecesi
MPH	Metanolik Potasyum Hidroksit
L	Litre
m	Metre
D65	Gün Işığı
ΔE	Renk Farkı

Kısaltmalar

Rpm

sp.

Ph

UV

DFE

Nm

AOX

T

SEM

FTIR

EDX

Ld

Açıklama

Revolutions Per Minute

Tür

Power of Hydrogen

Ultraviyole

Sürtünme Direnci Farkı

Number Metric

Adsorbe Olabilen Organik Halojenler

Transmittance

Scanning Electron Microscope

Fourier Transform Infrared Spectroscopy

Energy-Dispersive X-Ray Spectroscopy

Liyofilizasyon +Diyaliz ile saflaştırılan enzim

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Amino asitlerin genel yapısı.....	4
Şekil 2.2.Dipeptit oluşumu	5
Şekil 2.3.Protein oluşum reaksiyonu	5
Şekil 2.5.Protein zincirinde peptid bağı oluşumu.....	7
Şekil 2.6.Proteinlerde tuz bağı oluşumu.....	8
Şekil 2.7.Proteinlerde çapraz sistin bağları	9
Şekil 2.8.Protein zincirinde sistin bağları.....	9
Şekil.2.9.Protein zincirinde H- bağları	10
Şekil 2.10.Yün Lifinin İç Yapısı	12
Şekil 2.11. Buharla yapılan biçimlendirme işlemi	17
Şekil.2.12.Kimyasal yolla yapılan biçimlendirme işlemi.....	17
Şekil3.1. % 100 yün boyama diyagramı.....	33
Şekil 3.2.Pilling Box Test Cihazı	34
Şekil 3.3. M 008E Elmendorf Dijital Yırtılma Test Cihazı.....	35
Şekil 3.4.Martindale test cihazı	36
Şekil 3.5.Renk Ölçüm Spektrofotometresi	37
Şekil 3.6.Soxhlet cihazı	38
Şekil 4.1.Pilling ölçümünde kullanılan standart değerlendirme fotoğrafları	39
Şekil 4.2.Enzim uygulanmamış kumaşların boncuklanma testi sonuçları	40
Şekil 4.3. Ultrafiltrasyonla konsantre edildikten sonra saf suya karşı diyaliz edilmiş proteaz enziminin uygulandığı kumaşların boncuklanma testi sonuçları	41
Şekil 4.4.%80 amonyum sülfat ile çöktürülmüş 0,05M fosfat tamponuna karşı diyaliz edilmiş proteaz enziminin uygulandığı kumaşların boncuklanma testi sonuçları	42
Şekil.4.5. Liyofilize edilerek toz haline getirilen enzimin saf suya karşı diyalizi ile elde edilen proteaz enziminin uygulandığı kumaşların boncuklanma testi sonuçları ..	42
Şekil 4.6. Ticari proteaz enzimi uygulanan kumaşların boncuklanma testi sonuçları ..	43
Şekil 4.7.Ham yün kumaş ve farklı proteaz enzimlerinin uygulandığı yün kumaşın yüzey tabakasında oluşan değişimlerin SEM ile görüntülenmesi	50
Şekil 4.8.%100 yünlü kumaşın EDX analizi	51
Şekil 4.9.Amonyum sülfat çöktürmesi ve saf suya karşı diyaliz ile saflaştırılan proteaz enzimi uygulanan kumaşın EDX analizi sonucu	52

Şekil 4.10. Ultrafiltrasyon ile konstantre edilerek saflaştırılan proteaz enziminin uygulandığı yünlü kumaşların EDX görüntüsü	52
Şekil 4.11. Liyofilizasyon ile saflaştırılan proteaz enzimi uygulanan yünlü kumaşın EDX analizi sonucu	53
Şekil 4.12. Ticari proteaz uygulanan yünlü kumaşın EDX analizi sonucu	53
Şekil 4.13. Enzim uygulanmamış kumaş ve liyofilizasyon +diyaliz ile kısmi saflaştırma yapılan proteaz enzimi uygulanan yün kumaşın 2400 -4000 cm^{-1} dalga sayısı aralığındaki infrared spektrumları	54
Şekil 4.14. Ticari proteaz enzimi uygulanmış kumaş ve liyofilizasyon +diyaliz ile kısmi saflaştırma yapılan proteaz enzimi uygulanan yün kumaşın 2400 -4000 cm^{-1} dalga sayısı aralığındaki infrared spektrumları.....	55
Şekil 4.15. Ticari proteaz enzimi uygulanmış kumaş ve liyofilizasyon +diyaliz ile kısmi saflaştırma yapılan proteaz enzimi uygulanan yün kumaşın 700 -2300 cm^{-1} dalga sayısı aralığındaki infrared spektrumları.....	56
Şekil 4.16. Enzim uygulanmış kumaş ve liyofilizasyon +diyaliz ile kısmi saflaştırma yapılan proteaz enzimi uygulanan yün kumaşın 700 -2300 cm^{-1} dalga sayısı aralığındaki infrared spektrumları	57

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Keratinin kimyasal bileşimi	6
Çizelge 2.2. Yünün kimyasal yapısı	14
Çizelge3.1. Kullanılan yün kumaşın özellikleri.....	30
Çizelge 3.2. Ön yıkama reçetesi	32
Çizelge 3.3. Kasar reçetesi.....	32
Çizelge 3.4. Boyama reçetesi.....	33
Çizelge 4.1. Boyanmış ham kumaşın ve proteaz enzimi uygulandıktan sonra boyanmış yün kumaşların enine ve boyuna yönde boyutsal değişimi sonuçları	44
Çizelge 4.2. Ön yıkama , ağartma ve boyama işlemleri yapılan yün kumaş ve ağartma işleminden sonra enzim uygulanan ve ardından boyanan yün kumaşların boyutsal değişim sonuçları	45
Çizelge 4.3. Farklı saflaştırma yöntemleri ile elde edilen proteaz enziminin yünlü kumaşın yırtılma mukavemeti üzerindeki etkisi	46
Çizelge 4.4. Farklı saflaştırma yöntemi ile elde edilen proteaz enziminin uygulandığı yünlü kumaşlarda ağırlık kaybı ölçümü sonuçları	47
Çizelge 4.5. Farklı saflaştırma yöntemleriyle elde edilen proteaz enzimlerinin ve ticari proteaz enziminin uygulandığı ham kumaşlarda oluşan renk farklılıkları.....	48
Çizelge 4.6. Enzim uygulanmamış yün kumaş, liyofilizasyon ve diyaliz ile kısmi saflaştırma yapılarak üretilen proteaz enziminin uygulandığı yün kumaş ve ticari proteaz enziminin uygulandığı yün kumaş yüzeyindeki yağ ölçüm sonuçları	48

1.GİRİŞ

Günümüzde, çevre kirliliği ile ilgili sorunların tüm dünyada büyük önem kazanması ve enerji kaynaklarının hızla tükenmesinin bir sonucu olarak, her endüstri dalının rekabetçi pazar ortamında varlığını sürdürebilmesi için, çevre bilincinin olması ve doğal kaynakların iyi kullanılması gerekli hale gelmiştir. Endüstriyel işletmeler ve bilimsel kurumlar, bu konuda, eskiye oranla daha ciddi yaklaşımla alternatif temiz üretim yöntemleri aramaya başlamışlardır. Dolayısıyla tüm sektörler, daha az kimyasal madde ve su kullanarak, daha az atık su ve atık hava açığa çıkartarak, çevreyi daha az kirleten ve enerji tüketimi düşük olan çevre dostu üretim yöntemlerinin geliştirilip uygulanması konusunda üzerlerine düşeni yapmak durumunda kalmışlardır.

Tekstil terbiyesinde, çevre yükünü azaltmak ve çevreyle uyumlu bir üretim gerçekleştirmek için, terbiye işlemlerinde kullanılan maddelerin seçilmesi, bilinçli ve dikkatli bir şekilde yapılmalıdır. Bu kimyasal maddelerin kullanımı tamamen ortadan kalkamayacağına göre, en azından doğayla daha dost, daha uyumlu maddeler ve yeni teknolojiler tercih edilmelidir. Ekolojik yöntemlerin önem kazandığı günümüzde, enzimlerin tekstil terbiyesinde kullanımı her geçen gün artmaktadır. Doğal protein olan enzimler, çok kolay ve hızlı bir şekilde biyolojik olarak parçalanmaktadır. Bu özellikleriyle atık su yükü oluşturmamaktadır. Enzim kullanımı sayesinde, işlemler ekolojik olmakta ve mamulün doğal özellikleri korunmakta dolayısıyla katma değeri artmaktadır. (Körlü 2009)

Enzimler, spesifik kimyasal reaksiyonları katalizleme yeteneğine sahip, protein yapıda olan kompleks organik polimerlerdir. Endüstriyel olarak mikroorganizmaların fermantasyonu sonucu elde edilmektedirler. Üretimleri için çeşitli besi ortamları kullanılmakta; filtrasyon ve saflaştırma işlemlerinden sonra kullanıma hazır hale getirilmektedir. Enzim aktivitesini pH, sıcaklık, ortamdaki iyonlar, yükseltgen-indirgen maddeler, tensidler, inhibitörler, aktivatörler, mekanik etki gibi çeşitli faktörler etkileyebilmektedir. Bu etkenler işlem etkinliğini sınırlayan faktörlerdir. Yani bir enzim ile ancak belirli koşullar altında çalışılabilmektedir. Spesifiklik, enzimleri diğer katalizörlerden ayıran önemli bir özelliktir. Enzimin etki ettiği substrat spesifik olup diğer moleküllere karşı tepkisizdir.

Tekstil endüstrisine ilk olarak haşıl sökme işleminde amilaz kullanımı ile giren enzimler günümüzde hem doğal hem de sentetik liflerin ön terbiye, boyama ve bitim işlemleri olmak üzere bir çok alanda kullanılmaktadır. (Karahana ve ark. 2007)

Biyoteknoloji uygulamalarının büyük bir bölümünde protein esaslı enzimler kullanılmaktadır. Endüstriyel enzimlerin küresel pazar ihtiyacı 2000 yılında 1,5 milyar dolar, 2007 yılında ise 2,25 milyar dolar artmıştır. Endüstriyel enzimlerin yaklaşık %10'u tekstil uygulamalarında kullanılmaktadır. (Choudhury 2014)

Bugüne kadar tanımlanan 2000'den fazla enzim içerisinde yaklaşık 100 tanesi ticari olarak kullanıma uygun bulunmuştur. Fakat günümüzde bunlardan sadece 18 tanesi endüstriyel amaçla üretilmektedir. Endüstriyel alanda en çok kullanıma sahip olan enzimler proteaz, amilaz, selüloz, ksilenaz ve lipazdır. Dünyadaki toplam endüstriyel enzim ticaretinin %59'unu proteazlar, %28'ini karbohidrazlar, %3'ünü lipazlar ve %10'unu ise diğer enzimler oluşturmaktadır. Karbohidrazlar grubuna giren alfa-amilaz üretimi %13 ile önemli bir yer tutmaktadır. Günümüzde enzimlerin ticari hayattaki yerlerinin artmasının paralelinde, enzimler üzerine yapılan biyoteknolojik araştırmalar da artmıştır.

Proteazlar, proteinlerin parçalanmasından sorumlu enzim grubudur ve ticari olarak kullanılan enzimlerin yaklaşık % 60'ını oluştururlar. Çamaşır deterjanları, süt, ilaç, bira, deri, et, fotoğraf, organik sentezlerde ve atıkların muamelesinde kullanılmaktadır. Alkalen proteaz, deterjanlarda, kan, süt, ter, çimen vb. gibi protein içeren lekelerin temizlenmesinde; dericilikte derilerin sepiyenmesinde; kullanılmış Röntgen (X-Ray) filmlerinden gümüşün geri kazanımında; peptid sentezinde; medikal ve farmasötik alanda; atık arıtımında ve diğer alanlarda kullanılmaktadır. (Çalışkan 2014)

Proteaz enzimi ile yünlü mamullere enzimatik işlem uygulaması sonrası pek çok fonksiyonel özellik kazandırılabilen, bunun yanı sıra yünlü mamullere uygulanan işlemlerin etkinliği artırılabilir. Bu kapsamda yünlü mamullerde enzim uygulaması sonrası hidrofillik özelliğinde artış dolayısıyla boyanabilirliğinde iyileşme, keçeleşmezlik özelliği sağlanması sayesinde yünlü kumaşlarda boyutsal değişimin daha aza indirgenmesi, tutum özelliklerinin geliştirilmesi, ağartma işlemlerinin etkinliğinin artırılması sağlanabilmektedir. Bunların yanı sıra biyoparlatma işlemi uygulayarak

boncuklanmanın azaltılması ya da biyolojik olarak yağ giderme işlemleri uygulanabilmektedir. (Vilchez, 2009, Paul, 2015).

Tekstil endüstrisinde yünlü kumaşlarda enzimlerle yapılan işlemlere yönelik uygulamalara bakıldığında en fazla kullanılan enzim proteaz enzimidir.

Çok eski devirlerden beri yün lifi değerli bir lif olarak popülaritesini korumuştur. Günümüzde, yün lifi sadece konfeksiyonda, döşemecilikte ve halıcılıkta kullanılmayıp artık teknik uygulamalarda da kullanımı giderek artmaktadır. Bunun nedeni yün lifinin benzersiz özellikleridir. Yün lifinin güç tutuşurluk, antimikrobiyellik, kir iticilik, koku absorpsiyonu, dayanıklılık, esneklik ve antistatiklik gibi bazı özellikleri ile teknik uygulamalarda istenilen bir çok özelliği karşılayabilen ender liflerdendir. (Bahtiyari ve ark. 2008)

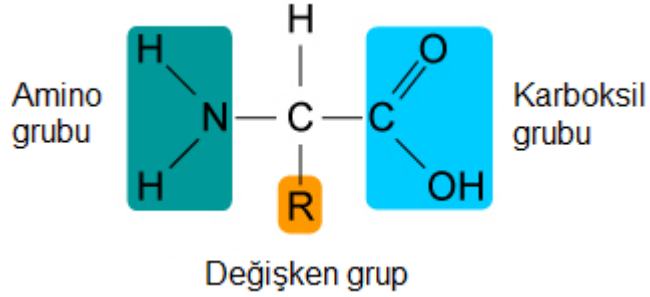
Bu çalışma kapsamında ülkemiz topraklarından izole edilmiş *Bacillus* sp. suşlarından elde edilen ham proteaz enziminin kumaşın fiziksel özellikleri üzerine etkisi ve çekmezlik sağlanarak makinada yıkanabilirlik özelliğinin geliştirilmesi konularında çalışmalar yapılmıştır.

2.KAYNAK ÖZETLERİ

2.1.Protein Lifleri

Doğada bulunan proteinler yüksek molekül ağırlıklı polimer bileşiklerdir. Elementer analizlerinde karbon, hidrojen, oksijen, azot yanında az miktarda kükürt ve fosfor bulunur, α - amino asitlerin polimerleşmesi ile oluşan proteinler, yumak veya iplik şeklinde büyük moleküller halindedir. Bunlardan iplik şeklinde olanları, lif oluşturmaya uygundur.

Proteinlerin monomerleri olan α -amino asitlerin moleküllerinde 2. karbon atomunda – NH₂ amino grubu vardır.

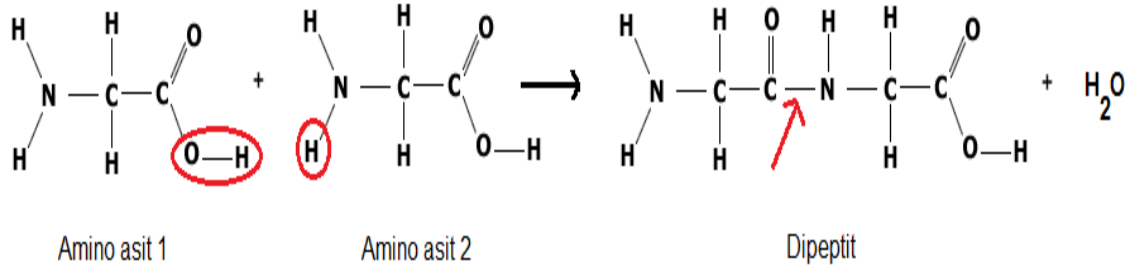


Şekil 2.1. Amino asitlerin genel yapısı

(<http://biyolojiden.blogspot.com.tr/p/organik-bilesikler-3-proteinler.html>)

Formülde R ile gösterilen kısım, alifatik ve aromatik gruplar içerebilen çeşitli yapıda gruplardır ve yan zincir olarak isimlendirilirler. R yan grubu her aminoaside farklıdır.

α - Amino asitler, birbirleri ile bir molekül su ayrılması ile oluşan kondenzasyon reaksiyonları verirler. Bu reaksiyon sonucunda iki molekül arasında peptit bağı adı verilen bir kovalent bağ meydana gelir. İki molekül amino asitten oluşan bu bileşiğe de dipeptid denir.

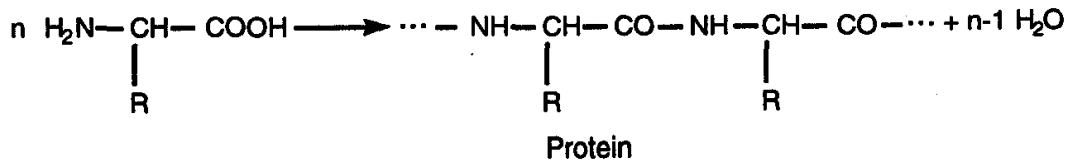


Şekil 2.2.Dipeptit oluşumu (<http://www.chemieunterricht->

[interaktiv.de/lerneinheiten/nahrungsbausteine/seiten/proteine/glossar/dipeptid.htm](http://www.chemieunterricht-interaktiv.de/lerneinheiten/nahrungsbausteine/seiten/proteine/glossar/dipeptid.htm))

Bu bileşiğe üçüncü bir amino asidin aynı şekilde kondenzasyonu ile meydana gelen yeni peptide ise tripeptid denir. Bileşikteki amino asit sayısına göre peptidler, tetra- ve pentapeptid olarak isimlendirilirler.

Genel olarak peptiddeki amino asit molekülü sayısı 5-10 arasında ise oligopeptid , 10-100 arasında ise polipeptid , 100 den fazla sayıda ise protein adını alır.



Şekil 2.3.Protein oluşum reaksiyonu (Başer, 2002)

Şekil 2.3 ' te bir proteinin oluşum reaksiyonu gösterilmiştir. Formülde R ile belirtilen yan zincirler apolar yapıda hidrokarbon radikalleri olabildiği gibi, polar gruplar da olabilir. Bu polar gruplar nedeniyle proteinler, asidik veya bazik karakter gösterebilirler.

Proteinler suda çözünen ve suda çözünmeyen olmak üzere iki ayrı sınıfa ayrılırlar. Bunlardan suda çözünmeyenleri , seyreltik tuz , baz ve asitlerde de çözünmez. Tamamı fibriller (lineer zincir) yapıdadır. Yün proteini olan keratin bu sınıftandır (Başer, 2002).

Protein lifleri, tamamı ya da büyük bölümü proteinden oluşan liflerdir. Proteinin kaynağına göre bitkisel ya da hayvansal protein lifleri veya elde edilış şekillerine göre doğal ya da rejenere protein lifleri olarak sınıflandırılmaktadır. Protein esaslı liflerin

özelliklerini amino asitlerin cinsi, miktarı ve yerleşme şekli belirlemektedir. Yün, ipek, angora, kaşmir doğal protein lifleri iken, soya fasulyesi, mısır lifleri, kazein rejenere protein liflerindedir (Duran ve ark. 2007) .

Hayvansal protein liflerin yıllık üretim miktarı , tüm liflerin toplam miktarının % 10 ' undan daha azdır. Bu miktarla dünya lif kaynaklarının çok az bir kısmını oluştururlar. Ancak, bunların sınırlı miktardaki üretiminden çok dünya tekstil ticaretindeki rollerinin önemi büyüktür (Başer, 2002).

2.2.Yün Lifi

Hayvanlardan elde edilen ürünler, bir ülkenin ekonomisinin belli bir oranını oluşturur. Bu nedenle hayvanlardan elde edilen tekstil lifleri olan yün ve diğer deri ürünü lifler, ekonomik değeri olan ürünlerdir. Koyundan elde edilen yün, hayvansal lifler içinde % 90 ' dan daha fazla orandadır. Kıl kökenli deri ürünü liflerin tümünün yapı taşı keratindir. Keratin, yün ve saç gibi kıllar yanında , hayvanların boynuz ve tırnak gibi dokularını oluşturan bir protein maddesidir. Bütün proteinler gibi, keratin de karmaşık yapıda bir kimyasal bileşiktir. Yapısında karbon, oksijen, hidrojen, azot ve kükürt elementleri bulunur. Fazla miktarda içerdiği kükürt ile diğer proteinlerden farklıdır.

Çizelge 2.1.Keratinin kimyasal bileşimi (Başer, 2002)

Glutamik asid.....	%	12,2–16,0
Arginin.....	%	7,1-10,4
Sistin.....	%	11,0–13,1
Serin.....	%	9,5-11,5
Aspartik asid.....	%	6,2–7,3
Glisin.....	%	5,8–6,5
Alanin.....	%	4,4–5,5
Lösin.....	%	7,6–8,1
Trosin.....	%	4,0–6,1
Pirolin.....	%	7,5–8,1
Treonin.....	%	6,6–7,0

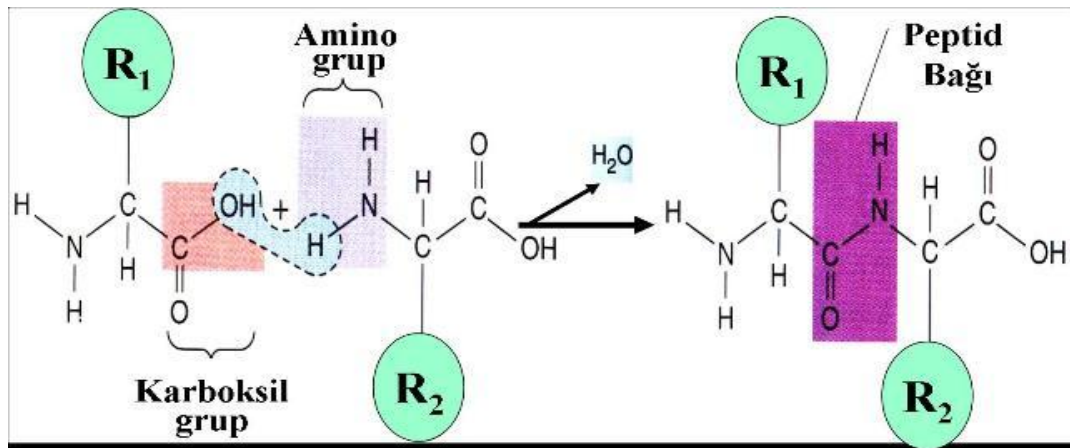
Bunların dışında çok az miktarlarda olmak üzere alanin, valin, izolösin, metionin, lizin, fenilalanin, histidin ve triptofan gibi amino asitler de keratinin bileşiminde bulunur (Başer, 2002).

Yün keratinindeki aminoasitler içerisinde, gerek nicelik gerekse makromoleküller arasında kovalent bağ oluşturabilmesi nedeniyle en önemlisi sistin aminoasitidir. Sistin yapıtaşının makromoleküller içerisinde yerleşimi farklı şekillerde olabileceği gibi, lifler içerisindeki dağılımı ve hatta çeşitli yün tiplerindeki niceliği de farklılıklar göstermektedir. Liflerin kükürt niceliğini saptayarak sistin niceliği hakkında fikir yürütmek mümkündür. Çünkü yündeki kükürdün çok büyük bir kısmı sistin yapıtaşına ait olup, az bir kısmı sistein, metionin, lantionin ve sistein aidi gibi diğer kükürtlü aminoasit yapıtaşlarına aittir (Körlü ve Altay, 2009).

Keratin zincirinde bu amino asitler birbirlerine aşağıdaki bağlarla bağlanırlar (Başer, 2002).

2.2.1. Peptid Bağları

Amino asitlerin proteini oluştururken polimerleşmesi sırasında meydana gelen kovalent bağlardır. Bir amino asidin karboksil grubu ile diğer bir amino asidin amino grubu arasında bir molekül su ayrılması ile oluşur.



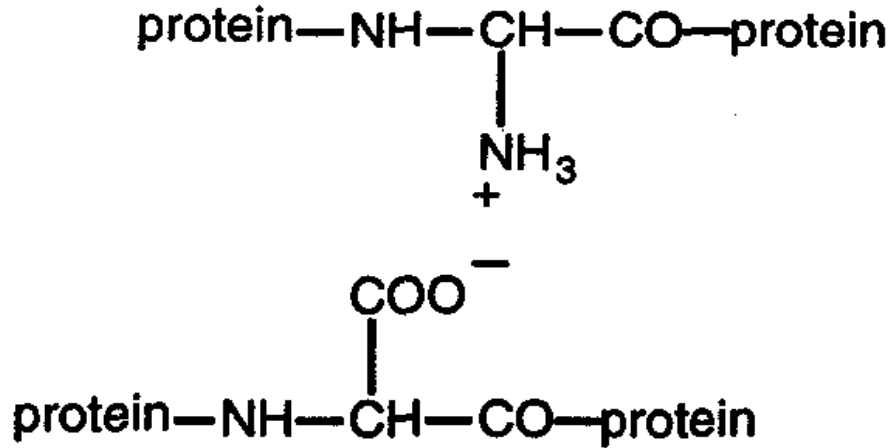
Şekil 2.5. Protein zincirinde peptid bağı oluşumu

(http://80.251.40.59/veterinary.ankara.edu.tr/fidanci/Ders_Notlari/Ders_Notlari/Proteinler.html)

Peptid bağları yapıda bulunan C=O ve NH grupları arasında, katyonik ve polar aminoasit yapıtaşları, hidroksil veya tioalkol grubu içeren aminoasitler ile anyonik veya polar yapıdaki aminoasit yapıları arasında oluşan hidrojen köprüleridir. Bu köprüler nedeniyle oluşan makromoleküllerdeki sarmal yapı yün lifine yüksek elastikiyet özelliği kazandırır

2.2.2. Tuz bağları

Amino asid birimlerinde bazı R yan grupları asidik (-COOH) veya bazik gruplar (-NH₂) içerir. Uzun protein zinciri üzerinde peptidleşmeye iştirak etmemiş karboksil ve amino grupları varsa, serbest kalan bu gruplar birbirleri ile tuz yapısında bağlar oluşturur. Bu bağlar iyonik karakterdedir. Bu tür bağlar protein zincirlerini birbirlerine yan bağlarla (çapraz bağlar) bağlanmış durumdadırlar.

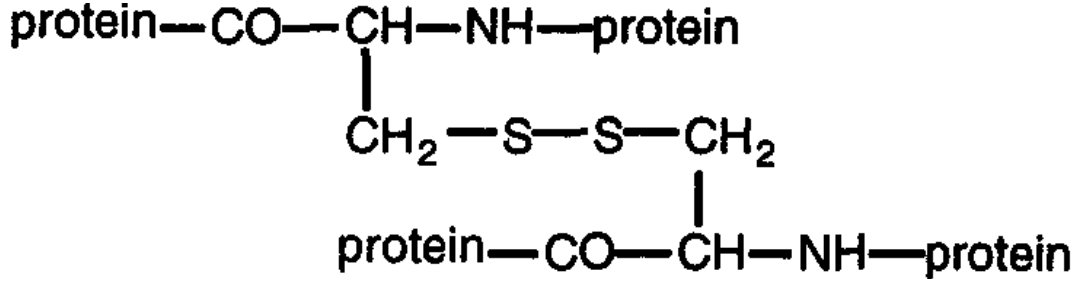


Şekil 2.6. Proteinlerde tuz bağı oluşumu (Başer, 2002)

Yün lifinde yapı kararlıyken yani isoiyonik noktada ki değer pH 4,9 iken bu bağların sayısı maksimumdur. İsoiyonik noktada yün lifi nötr olması nedeniyle en fazla sayıda tuz bağı içerdiğinden en kararlı haldedir. Bu noktada terbiye ve boya, baskı işlemleri çok zor olur.

2.2.3. Sistin Bağları

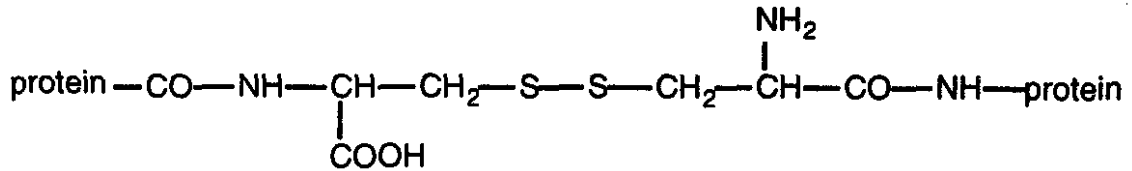
Yün keratininde, kovalent bağ karakterinde ve yan zincir (çapraz bağ) oluşturan bir başka bağ da sistin bağlarıdır. Sistin amino asidinin iki ayrı zincire bağlanması sonucu oluşur.



Şekil 2.7. Proteinlerde çapraz sistin bağları (Başer, 2002)

Keratin zincirinin yapısına iştirak eden sistinde, iki amino asid ve iki karboksil grubu vardır. Bu iki grup, protein oluşturmak üzere diğer amino asidlerle birleşip, peptid bağlarını meydana getirirler. Bu bağlanma sırasında –S–S– grubu iki protein zinciri arasında kalır. Böylece iki zincir arasında yeni bir köprü oluşur.

Sistin bağları ayrıca aynı protein zinciri üzerinde de bulunabilir.



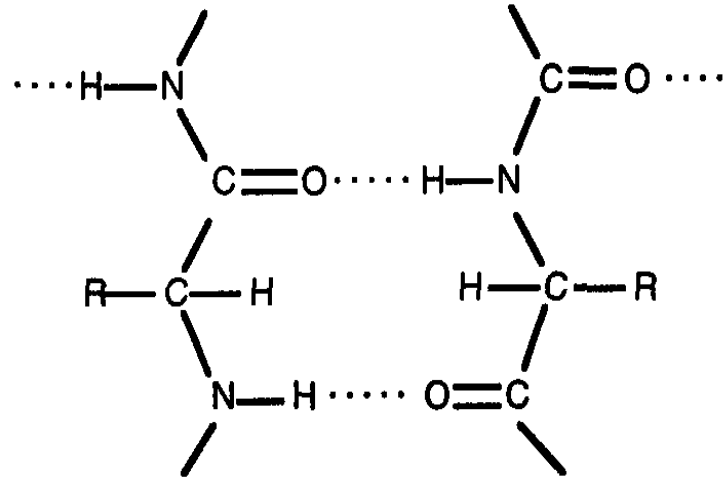
Şekil 2.8. Protein zincirinde sistin bağları (Başer, 2002)

Yün lifleri, diğer protein liflerine göre enzimlere oldukça dayanıklıdır. Bu dayanıklılık makromoleküller arasındaki disülfür (sistin) köprülerinden ileri gelmektedir. İndirgen maddelerin yardımıyla disülfür köprüleri azaltılırsa, yün keratinini oluşturan polipeptid makromolekülleri tripsin, papin gibi proteolitik enzimler tarafından kısa sürede, kendini oluşturan aminoasitlere kadar parçalanabilmektedir. Önemli olan nokta, molekül yapıları büyük olduğundan, enzimlerin yün liflerinin içine işlemeleri ve dolayısıyla parçalayıcı etkilerini yüzeyde göstermeleridir.

2.2.4.Hidrojen Bağları

Keratin zincirindeki amid $-\text{CO}-\text{NH}-$ grupları kolayca hidrojen köprüleri oluştururlar. Karbonil grubu ($>\text{C}=\text{O}$), zincirin farklı yerlerindeki imino grubu ($-\text{NH}-$) ile H- bağı yapar. Zincirlerdeki karbonil grubu ile imino grubu arasındaki H-bağı, aynı protein zincirinde meydana gelirse α - şekli; karşılıklı polimer zincirleri arasında oluşursa β -keratin şekline dönüşür; ancak kendi haline bırakıldığında yine α - şekline dönmeye çalışır. Bunun dışında hidrojen bağları protofibriller arasında da bulunur. Keratin oldukça düzensiz yapıdadır. Kristalin bölgelerin oranı % 25-30; amorf bölgeler ise % 70-75 arasındadır.

Keratinin yapısındaki bu karakteristik bağlar, kıl kökenli liflerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirler; kimyasal reaktiflerle reaksiyonlarda etkili rol oynar.



Şekil.2.9. Protein zincirinde H- bağları (Başer, 2002)

2.3.Yünün Fiziksel Yapısı

Bir yün lifinin enine kesiti incelenirse en dışta epiderm, ortada korteks ve içte de medula tabakası görülür (Sarıışık, 2001).

2.3.1.Epiderm Tabakası

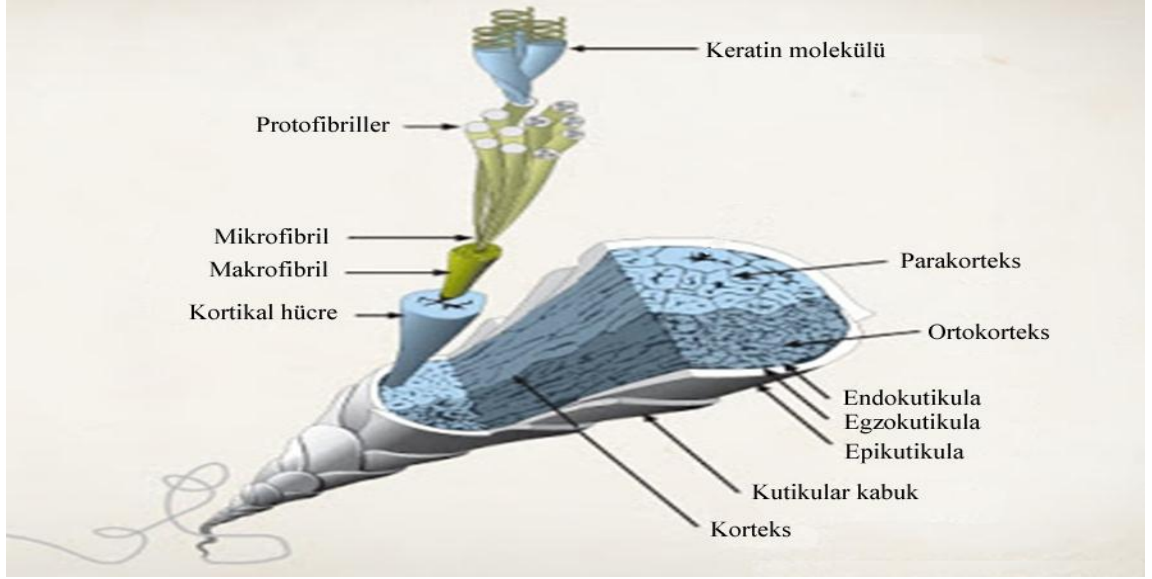
Kütikül de denilen epiderm tabakası, boynuzlaşmış, yassılaştırmış, cansız epitelyum hücrelerinden oluşmaktadır (Sarıışık, 2001). Lifin mikroskop altında görünen yüzeyi bu tabakadır. Birbiri üzerine kapanan pul şeklinde hücrelerden ibarettir. Bu hücreler, sert

ve boynuzsu yapıdadır. Balık pullarına benzer görünüştedir. Bu görünüm mikroskop altında kolayca incelenebilir ve yün lifinin tanınmasında karakteristiktir. Pulların serbest uçları dışa doğru çıkıntılar yapar. Bu tabaka elyafın iç kısmının korunmasına yardım eder ve ona bir miktar sertlik verir(Başer,2002).

Yün lifinin üzerindeki pulların şekli ve dizilişleri, lifin temel özelliklerine etki eder. İnce yünlerde tek bir pul, lifin tamamını sarar. Kalın liflerde ise, çap ile birlikte pulların sayısı da artar. Pulların düzgün ve yüksek oluşu da lifin yüzeyinin düzgün olmasına; buna bağlı olarak da parlak olmasına yol açar(Başer,2002).

Son yıllarda elektron mikroskobu ile yapılan araştırmalarda kütikül (epiderm) tabakasının endokutikula, ekzokutikula ve epikutikula olmak üzere üç kısımdan oluştuğu bulunmuştur(Sarışık, 2001). (Şekil 2.10)

En dıştaki epikutikula tabakası çok ince olmakla beraber, yapısında kükürt oranı ve buna bağlı olarak sistin bağları fazla olduğundan kimyasal reaktiflere ve biyolojik etkilere karşı çok dayanıklıdır, ancak mekanik olarak tahrip edilebilir (Başer, 2002). Epikutikula tabakası 3-6 nm kalınlığında olup lifi kütlesi olarak % 0,1' ini oluşturur(Duran ve ark.2007). Bu tabakanın en dışta bulunması tüm yün lifinin özelliklerini etkilemektedir. Örneğin, lifler arasındaki sürtünmenin beklenmeyen derecede düşük olması, lif yüzeyinin yüksek derecede hidrofob olması ve lif yüzeyinin kimyasal maddelerin, enzimlerin etkilerine karşı, lifin esas kısmına göre daha dayanıklı olması, epikutikula zarının varlığından ileri gelmektedir (Sarışık, 2001).



Şekil 2.10.Yün Lifinin İç Yapısı (<http://textilebd-yarn.blogspot.com.tr/2012/02/macro-and-micro-structure-of-wool-fiber.html>)

2.3.2.Korteks Tabakası

Lifin ana parçasıdır ve ortalama % 90 ' ını oluşturur. Uzun , kat kat ve iğ şeklinde, uzunca az veya çok bükülmüş kortikal hücreler içermektedir. Farklı özellikteki kortikal hücrelerin lif içerisindeki dağılım durumu yünün dayanıklılığını, elastik özelliklerini, kıvrıcılığını, doğal rengini ve boyanabilme yeteneğini etkiler. Korteks tabakası simetrik veya asimetrik bir yerleşim durumuna sahip olabilir. Simetrik yerleşim durumu lif kıvrımlarının en az olması, asimetrik yerleşim durumu ise lif kıvrımlarının fazla olması sonucunu doğurmaktadır (Sarıışık, 2001).

Kortikal hücrelerin yapısında makrofibriller vardır. Makrofibriller, mikrofibril denilen daha küçük yapıdaki birimlerden oluşmuştur. Mikrofibriller de 11 tane protofibrilden meydana gelmiştir.

Bir protofibril üç tane α - keratin zincirinden oluşmuştur; 500 nm uzunluğunda 2 nm çapındadır. Onbir tane protofibrilden oluşan mikrofibril ise 5nm çapındadır. Mikrofibrillerin birleşmesiyle meydana gelen makrofibriller de 100-200 nm çapındadır. Kortikal hücre içinde bu makrofibriller birbirlerine proteinle bağlıdırlar.

Kortikal hücrelerin boyu 100 mikron, çapı ise 2,5 mikrondur. Elyaf eksenine boyunca birbirlerine paralel bir şekilde sıralanırlar. Korteks hücreleri, yapılarındaki keratinin farklı modifikasyonda olması ve farklı miktarlarda sistin içermeleri nedeniyle; kimyasal dayanıklılığı ve izoelektrik nokta gibi diğer özellikleri farklı iki ayrı bölümden ibarettir. Lifin enine kesiti incelendiğinde bu fark açıkça görülür. Bunlardan kimyasal reaktiflere ve enzimlere daha az dayanıklı olan bölgeye ortokorteks, daha dayanıklı kısma ise parakorteks denir (Başer, 2002). Parakorteks tabakasının daha dayanıklı olmasının sebebi, daha fazla sülfür içermesidir (Duran ve ark.2007).

Korteks tabakası gelişmemiş liflerde kutikul tabakası kalın ve kabadır. Bu tür lifler, kısa ve kalın olup; boyamada güçlük çıkarır. Bunlara kemp veya köpek kılı denir. Kemp kıllarının dörtte üçü medula bölgesidir. Renkleri parlaktır. Yünde bu tür liflerin fazla oranda bulunması kaliteyi düşürür (Başer, 2002).

2.3.3. Medüla Tabakası

Korteks tabakasının orta kısımlarında, elyaf boyunca uzanan ve medüla hücreleri ile gevşek şekilde doldurulmuş dar bir kanaldır. Lif kalınlığını etkilemektedir. Çok ince liflerde yoktur. İnce yünlerde ise dar bir tek kanal halindedir. Kalın liflerde medüla bölgesi birbirine paralel birkaç kanal halindedir (Sarınışık, 2001, Başer, 2002).

2.4. Yünün Kimyasal Yapısı

Hayvandan elde edilen ham yün ile, yıkanmış yünün bileşimi oldukça farklıdır. Temizlenmemiş yünde deri içindeki yağ ve ter bezlerinden ileri gelen yağlar ve vakslarla, ter tuzları vardır. Bunun yanında hayvanın yaşadığı ortamdan gelen ot, yaprak ve dışkı artıkları da bulunur. Bu bakımdan yıkandıktan sonra % 100 ' e yakın kısmı keratin olan yünün , ham haldeyken bileşimi tabloda verilmiştir.

Çizelge 2.2.Yünün kimyasal yapısı (Başer, 2002)

Keratin.....	% 33
Kir ve Pislik.....	% 26
Ter tuzları.....	% 28
Yün vaksı.....	% 12
Anorganik maddeler.....	% 1

Keratin ile ilgili ayrıntılı bilgi Çizelge 2.1.'de verilmiştir.

Kir ve Pislik; ham yün lifleri önemli ölçüde çevreden gelen pislikleri içerir. Bu kirler, yün vaksının yapışkanlığı nedeniyle lif üzerinde tutulurlar; ancak yapak yıkama ve karbonizasyon işlemleri ile giderilmektedirler.

Ter tuzları ; ham yünden sulu ekstraksiyon sonucu ayrılabilen maddelere ter tuzları denir. Ter tuzlar, oleik ve stearik asidin potasyum tuzları ile potasyum karbonat içerir. Ayrıca küçük moleküllü asetik, laktik, valerik ve kaprilik asitleri; hem serbest halde, hem de potasyum tuzları şeklinde bulunur. Bunların yanında lösin, glisin, tirozin gibi serbest amino asitlere de rastlanır.

Yün yağı (Yün vaksı); doğal yağların çoğu, 12-18 karbonlu yağ asitlerinin (karbolik asid) bir trialkol olan gliserin ile yapmış olduğu esterlerdir. Vaks denilen bileşikler ise, büyük moleküllü alkollerin büyük moleküllü karboksilli asitlerle yaptıkları esterlerdir. Ham yünde bulunan ve suda çözünmeyen yün yağı denilen kısım, kolesterol ve izokolesterol adı verilen yüksek karbonlu monohidroksi alkollerin yağ asitleri ile yaptıkları esterler karışımıdır. Bu nedenler yünün suda çözünmeyen kısmı, yün vaksı olarak ifade edilmelidir. Çoğunlukla yanlış olarak yün yağı da denilmektedir.

Yün vaksı, sarımsı beyaz renkte ve organik çözücülerde çözünebilen maddedir. Alkollü potasyum hidroksitle bile zor sabunlaşır. Ham yünden vaksın uzaklaştırılması işlemi, yapak yıkama işlemi sırasında emülsiyon haline getirilerek yapılır. İstenildiğinde yıkama banyosundan yeniden kazanılır. Yıkama banyosundan ilk ayrıldığında kirli sarı renkte ve koyun kokusunda olan yağ, temizlendikten sonra, kokusuz , açık sarı renkte, erime noktası 38-44 °C olan pazarlama değeri yüksek bir madde haline geçer.

Temizlenmiş yün vaksı, parafin ve su ile karıştırılarak kozmetik sanayinde kullanılan lanolin elde edilir.

Anorganik maddeler; yün yakıldığında bir miktar kül bırakır. Na, K, Ca tuzları ile kükürtlü bileşiklerden ibaret olan bu anorganik maddelerin bileşimleri, koyunun yetiştiği yere ve koşullara göre değişir (Başer, 2002).

Yıkanmış kuru yün elementer olarak analiz edildiğinde, % 50-52 karbon, % 22-25 oksijen, % 16-17 azot, % 6,5-7,5 hidrojen, % 3-4 kükürtten oluştuğu saptanmıştır (Duran ve ark.2001).

2.5.Yünün Fiziksel Özellikleri

Yün liflerinin taşıdıkları özellikleri nedeniyle ticari değerleri oldukça yüksektir. Yaylanma yeteneği, esneklik, keçeleşme, nem çekme gibi özellikleri, diğer liflerle kıyaslandığında ona üstünlük sağlar.

Yaylanma yeteneği; bir tutam lif demetini sıkıştırdıktan sonra, basıncın kalkması ile demetin eski biçimini ve hacmini almasına yaylanma yeteneği denir. Halı, döşemelik ve yatak yapılacak yün liflerinde bu özellik aranır. Yumuşak yünlerde bu yetenek azdır; sert ve karışık lifler bu özelliğin gerektiği durumlarda en uygundur.

Uzama ve esneklik; Yün liflerinde en önemli özelliğdir. Yaş haldeki yün, başlangıçtaki uzunluğunun % 70 'ine kadar uzatılabilir. Çekim kuvveti kısa zamanda kaldırılırsa eski boyutlarına ulaşır. Kuru yün ise, biraz çekildikten sonra kuvvet kaldırılırsa, başlangıçtaki uzunluğunun yarısına hemen, diğer yarısına da daha uzun bir sürede döner. Gerilmiş yün liflerinde keratin, α - şeklinden β -şekline dönüşür. Yün üzerinden bu gerilim kaldırıldığında, polimer zinciri daima α - keratin yapısına dönmeye çalışır. Bunun nedeni, molekül-içi tuz, disülfür ve hidrojen bağlarının yeniden oluşumudur. Devamlı kullanma sonucu buruşan ve torbalanmalar meydana gelen yünlü kumaştan yapılmış giysiler, bu özellikten dolayı bir süre askıda durmakla yeniden düzelir. Tekrarlanan çekme olayları yün liflerinde sürekli biçim bozuklukları meydana getiri. Diğer doğal liflerle karşılaştırıldığında, bu özellik en fazla yünde görülür.

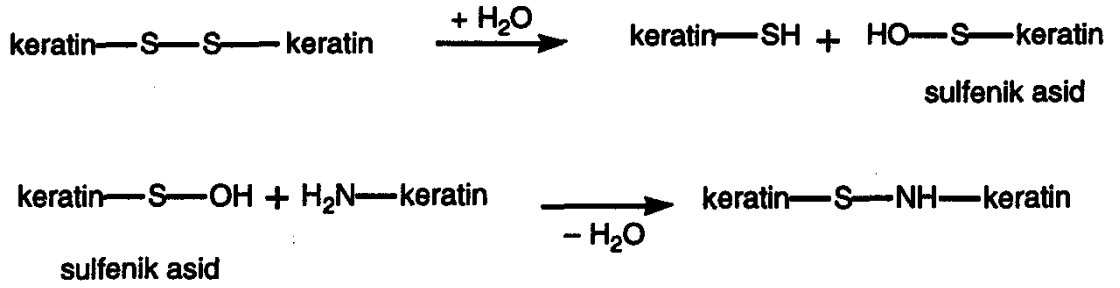
Keçeleşme özelliği; yün ve diğer kıl kökenli hayvansal liflerde görülen bu özellik; sıcaklık, basınç ve asidik veya bazik çözeltilerin etkisi ile mekanik hareketler sonucu elyafın boyca ve ence çekip kısalmasıdır. Bu kısalma sırasında, pullar dışa ve geriye doğru kıvrılır. Bu kıvrılmalarla lifler birbiri üzerine dolanır, düğümlenir. Bu olay yünün korteks tabakasının yukarıda belirtilen koşullar altında şişmesi ve bunun sonucu olarak boyca kısalmasıdır. Kısalmanın yönü lifin kök kısmına doğru olur ve lif kendi kendine kıvrılmaya başlar. Hareketin lif ucuna değil de, köke doğru olmasının nedeni, testereye benzeyen yüzey yapısındadır.

Keçeleşen yünlü materyalde doku sıkılaşır; boyca ve ence kısalma görülür. Yünün keçeleşmesi için ortamda su bulunması ve hareket halinde olması yeterlidir. Keçeleşme olayı ısı, asit ve bazlar yardımıyla artar. Isı lifleri daha elastikleştirir ve hareketini kolaylaştırır; ayrıca lifteki şişmeyi de artırır. Liflerin şişmesi de birbirleri ile daha fazla temas yüzeyi sağlar ve birbirine düğümlenmeye neden olur. Asit ve bazlar da aynı etkiyi yapar.

Keçeleşme daha çok ince yünlerde kendini gösterir. Battaniye ve fötr şapkalar yünün keçeleşme özelliğinden faydalanılarak yapılır. Keçeleşme istenmeyen bir özellik olsa da bu gibi durumlarda faydalı olarak kullanılmaktadır.

Biçimlenme yeteneği; yün ve diğer keratin liflerine özgü olan bu özellik, geçici ve devamlı olarak meydana gelir. Islatılmış bir yünlü materyal kurutulurken belli bir basınçla istenen şekilde tutulursa tamamen kurduğunda bu şekli alır ve kuru kaldığı sürece şeklini muhafaza eder. Ancak ıslatıldığında yeniden eski biçimine döner. Bu koşullarda biçimlenmenin nedeni; su moleküllerinin hidrojen bağlarını ve bir dereceye kadar da tuz bağlarını koparmasıdır. Materyal kururken su molekülleri de uzaklaşacağından, sözü geçen bağlar yeniden, fakat materyalin kurutulduğu andaki şekil ile oluşur.

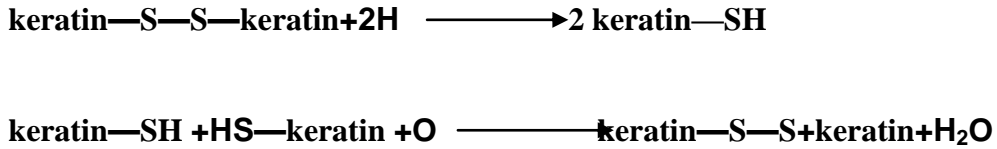
Yüne bu işlem su yerine buhar ile yapılacak olursa, disülfür bağları etkilenir; sülfenik asit ve hidrosülfür vermek üzere parçalanır.



Şekil 2.11. Buharla yapılan biçimlendirme işlemi (Başer,2002)

Keratin zincirinde yan grup olarak meydana gelen sülfenik asit komşu moleküllerdeki primer amin grupları ile birleşir. Bu birleşme , basınç altındaki yünün biçimini korumasını sağlar. Buharla yapılan biçimlendirme işlemi süreklidir, geri dönüşümü yoktur.

Biçimlendirme işlemi, kimyasal yolla da yapılır. Disülfür bağları amonyum tiyoglukonat, kalsiyum tiyoglukonat, sodyumbisülfid gibi maddelerle indirgenirken materyale istenen biçim verilir. Daha sonra potasyum bromat veya persülfat ile yeniden yükseltgenir. Bu yöntemle insan saçı da kıvrıkcık etkisi vermek üzere biçimlendirilir (perma).



Şekil.2.12. Kimyasal yolla yapılan biçimlendirme işlemi

Tekstilde yünlü materyallerin biçimlendirilmeleri fiksaj olarak isimlendirilir.

Dayanıklılık; yün oldukça dayanıksız bir lifdir. Az miktarda hidrojen bağı oluşturmasından dolayı gerilme direnci ve kopma mukavemeti düşüktür. Yün ıslandığında hidrojen bağlarının kopmasına ve amorf bölgelerdeki tuz bağlarının hidrolizine neden olur. Pamuk ve keten gibi bitkisel elyaflarla karşılaştırıldığında onlardan daha dayanıksızdır.

İncelik; yün liflerinde incelik çok önemlidir ve lifin kalitesini belirler. İncelik ‘s derecesi ile ifade edilir. Bu birim en düşük 32’s ve en yüksek 80’s olarak belirlenmiştir (Başer , 2002). Yünden yapılan takım elbiselerde ve ceketlerin iç etiketlerinde bu kalite sınıflandırılması görülmektedir . Ortalama inceliği 2 ile 50 dtex arasındadır. Yün lifinin inceliği çoğu kez mikron cinsinden belirtilir. Bu birimle belirtilecek olursa , yün lifinin inceliği 18 ile 60 mikron arasında değişir (<http://www.temyad.com/app/kullanici dosyaları/Y%C3%9CN%202.pdf>).

Nem çekme özelliği; yün en fazla nem çeken elyaftır. Kendi ağırlığının yarısı kadar nem çekebilir. Bu nedenle ticari nem miktarı % 16-18 olarak kabul edilir. Yünün fazla miktarda nem çekmesinin nedeni yapısında amorf bölgelerin çok olması ve su moleküllerinin kolayca polimer zincirler arasına girebilmesidir. Bunun yanında yapıdaki polar peptid grupları ve tuz bağları da su molekülleri ile ilişkiyi artırıcı olarak rol oynar.

Yün liflerinin en önemli özelliği, nem çekme sırasında fazla miktarda ısı açığa çıkarmasıdır. Bu nedenle konfor ve sağlık bakımından kışın kullanılacak en uygun tekstil materyalidir.

Kuru havada yün üzerinde statik elektrik gelişir. Bunun nedeni, oluşacak statik elektriği dağıtmak için, kafi derecede su molekülü bulunmayışıdır.

Yün lifleri ıslatıldığında dayanıklılığının bir kısmını kaybeder, ancak gerilme kabiliyetinde artma görülür. Bunun nedeni su moleküllerinin polimer zincirler arasına girip, zincirler arasındaki etkileşim noktalarındaki kuvvet azaltmasıdır. Bunun sonucu olarak elyafın çapı % 18-20; boyu ise % 1-2 kadar artar (Başer,2002).

2.6.Yün Lifinin Kimyasal Özellikleri

Su etkisi; su molekülleri, soğukta ve sıcakta keratine farklı şekilde etki eder. Bu etki, soğukta tuz bağlarının, sıcakta ise sistin bağlarının kopması şeklinde olur. Ancak, bu kopmadan sonra materyal kurduğunda ve soğuduğunda yeniden molekül-içi bağlar teşekkül eder. Sıcaklık arttıkça suyun etkisinde artar. 150 °C de basınç altında yün proteini hidroliz olur, peptid bağları kopar.

Amfoter özelliği; yün protein zinciri yan gruplarında asidik (-COOH) ve bazik (-NH₂) gruplar içerir. Bu gruplar tüm moleküle hem asidik hem de bazik özellikler kazandırır. Bu bakımdan yün, hem asitlerle hem de bazlarla reaksiyon verebilen amfoter bir maddedir. Bu özelliği, boyamada büyük kolaylık sağlar. Anyonik ve katyonik boyarmaddelerle boyanabilir.

Asitlerin yüne etkisi; yün asitlere karşı bazlardan daha dayanıklıdır. Seyreltik anorganik asitlerin çözeltileri ile muamele edilen yün, keratinin amfoter özelliğinden dolayı bir miktar asit absorblar. Bağlanan bu asit, yünü su ile yıkamaklar giderilmez.

Yünün ağırlığına göre % 10 'u geçmeyen asit miktarları seyreltik konsantrasyonlarda ve soğukta yüne etki etmez ; dayanıklılıkta bir azalma görülmez. % 80 'e kadar derişik asit çözeltileri soğukta ve kısa bir sürede yünün dayanıklılığını azaltır. Bu etki sıcaklık ve temas süresi arttıkça artar. Dayanıklılıkta azalma sebebi, zincirler arasındaki karşılıklı bağların kopması ve tuz bağları ile peptid bağlarının hidrolizi sonucunda parçalanmasıdır.

Bazların yüne etkisi; yün, baz çözeltilerinde kolayca çözünür. Bazlar yündeki yalnız tuz bağlarını değil, sistin köprülerini de etkiler; yünün mekanik özellikleri yanında keratinin yapısındaki kükürt miktarını da azaltır ve bazın konsantrasyonuna bağlı olarak bir miktar keratini çözündürür. Yündeki bu etkiler, bazın cinsine, sıcaklığa, süreye ve konsantrasyona bağlı olarak değişir. Örneğin, karbonat tuzları ve amonyak gibi zayıf bazlar, sodyum ve potasyum hidroksitlerden daha az etkilidir. Sodyum karbonat, boraks ve sodyum heksametafosfat gibi zayıf bazik karakterdeki temizleyici maddelerle güvenli bir şekilde çalışmak için 60 °C 'nin üzerine çıkılmamalıdır. Bozunma, özellikle yüksek sıcaklıklarda daha çabuktur. % 3 ' lük sodyum veya potasyum hidroksit çözeltisinde kaynatılan yün, tamamen çözünür. Peptid bağlarının kopması sonucunda keratin, amino asitlere kadar parçalanır.

Tuzların yüne etkisi; alkali ve toprak alkali metallerin nötral tuzları yün tarafından az miktarda absorblanır. Bu tuzların sulu çözeltilerinin de etkisi aynıdır. Tuz çözeltisinin konsantrasyonu % 5 ' i aştığında kaynar çözeltilerde ve uzun sürede, yün kısmen bozunur. Bir miktar keratin çözünür ve dayanıklılık azalır. Ca ve Mg iyonları içeren sert sularla kaynatıldığında sararma olur.

İndirgenlerin etkisi; yün bazık ortamda indirgenlerden kolayca etkilenir. Sodyum sülfürle (Na_2S) yünde şişme meydana gelir. Lifin çapı artarken boyu kısalmır. % 1 ' lik sodyum sülfür çözeltisi ile 65 °C de yünün yapısında önemli derecede bozunma olur.

Yükseltgenlerin etkisi; yünün ağartılmasında kullanılan yükseltgen maddeler, lifin özelliklerini ve bileşimini değiştirici yönde etki eder. Ortamda ışık ve hava oksijeni olması etkiyi artırır; sistin bağları hidrolitik bozunmaya uğrar.

50 °C de % 3 ' lük H_2O_2 ile işlem görmüş yünde, elementlerin birbirlerine karşı oranları sabit kalır. Bu koşullarda hidrojen peroksit ile 3 saatten daha fazla süre muamele edilen yünde bir dayanıklılık azalması gözlenir. Ancak ortama bir miktar alkali ilavesi oksidasyona sebep olur; fiziksel özelliklerde değişme ve kükürt içeriğinde azalma görülür.

Yün halojenlerden de yükseltgenerek etkilenir. Özellikler hipoklorit (HCIO) asidi ile kloramin bileşikleri oluşur. Bu bileşiklerin meydana gelmesi ile yünde sararmalar görülür. Bu nedenle klorlu yükseltgenler, yünün ağartılmasında kullanılamaz.

Yüne ışığın etkisi; uzun süre ışık altında kalan yün lifleri kırılğan ve gevşek bir hale gelir. Boyarmaddelere karşı ilgisi azalır. Renginde sararma görülür. Bunun sebebi UV ışınlarının peptid ve disülfür bağlarına etki etmesidir.

Yüne ısı etkisi; yün 100-105 °C sıcaklıkta uzun süre tutulduğunda bileşiminden su kaybeder; sert ve dayanıksız bir hal alır. Daha yüksek sıcaklıklara ısıtıldığında, bozunma başlar; amonyak ve hidrojen sülfür gazları çıkar. Yün yakıldığında yanık boynuz kokusu duyulur. Nontermoplastiktir.

2.7.Enzimler ve Tekstil Sektöründe Kullanımı

Enzimler hücrelerde biyokimyasal reaksiyonları katalize eden protein yapısında moleküllerdir. Hücrelerde çok önemli metabolik görevleri olan enzimler artık çeşitli amaçlarla kullanılmak üzere günlük ve ekonomik hayata girmiştir. Son yıllarda gerek biyoteknoloji alanındaki gelişmeler, gerekse çevre duyarlılığının artması sonucu, enzimlerin değişik sanayi kollarında kullanımı her geçen gün artmaktadır. Enzimler çevre kirliliğine daha az yol açmaları, kimyasal süreçleri daha ılımlı koşullarda ve

ekonomik olarak gerçekleştirebilmeleri sebebi ile gıda, tekstil, deri ve deterjan endüstrileri, tıpta teşhis ve tedavide, ziraatta ve atık giderme işlemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bugüne kadar tanımlanan 3000 değişik enzimin çoğunun endüstriyel ve biyoteknolojik uygulamalarda kullanılmasına karşın bu enzimler talebi karşılayamamaktadır. Bu noktada esas sorun mevcut enzimlerin endüstriyel reaksiyon koşullarına dayanıklı olmamasıdır. Sonuç olarak yeni enzim kaynaklarının ortaya çıkarılması amacıyla yeni mikroorganizmaların karakterizasyonu ve tanılanması bilim insanlarının ve endüstrinin yoğun ilgisini çekmektedir (Herbert, 1992; Madigan ve Marrs, 1997).

Enzimler; karbon, oksijen, hidrojen ve azottan oluşan, kimyasal tepkimelerde katalizör olarak rol alan, yaşayan mikroorganizmalar (bakteriler, virüsler, mantarlar) tarafından salgılanan protein yapısında moleküllerdir. Hücre içerisinde meydana gelen binlerce tepkimenin hızını ve özgülüğünü kendisi değişikliğe uğramadan düzenlerler. Hemen hemen her metabolik reaksiyon enzimler yardımıyla kontrol edilip hızlandırılır. Reaksiyonun başlangıç aşamasında enzimin etki ettiği madde substrat olarak adlandırılırken, reaksiyon sonucu miktarında artış görülen ve açığa çıkan madde ise ürün olarak adlandırılır. Enzim substratın dış yüzeyinden itibaren etki etmeye başlar, şeklini bozar ve ürünü açığa çıkarır. Ürün açığa çıktıktan sonra enzim başka bir substrat molekülüne işlemi yapmak için hazırlanır. Enzim aktivitesi çok yüksek sıcaklıklarda proteinlerin yapısı bozunmalara uğrayacağından inhibe edilirler (Bhat, 2000).

Endüstriyel alanda kullanılan enzimler genellikle mikroorganizmalardan elde edilmektedir. Bunun nedeni mikroorganizma kaynaklı enzimlerin bitkisel veya hayvansal kaynaklı enzimlere göre katalitik aktivitelerinin çok yüksek olması, istenmeyen yan ürün oluşturmamaları, daha stabil ve ucuz olmaları ve fazla miktarda elde edilebilmeleridir .

Bira, damıtma, fırıncılık ve tekstil endüstrisinde kullanılan enzimler *Bacillus* ve *Aspergillus* tarafından üretilen amilaz ve endo β -glukanazlardır. *Bacillus* ve *Aspergillus*'dan izole edilen proteazlar, deterjan üretimi ve dericilikte derinin yumuşatılması amacı ile kullanılmaktadır (Özşahin, 2006).

Endüstriyel olarak üretilen enzimleri kullanan başlıca endüstriler deterjan (%17), gıda ve yem (%17), deri ve kağıt (%17), tekstil (%8) ve ilaç (%41)'dir(Chandel ve ark. 2007; Iyer ve ark. 2008).

Tekstil sektöründe genel olarak kullanılan enzimler; proteaz, amilaz selüloz, pektinaz, lipaz, katalaz ve lakkazdır. Kullanılan bu enzimler materyalde, haşıl sökme, hidrofilleştirme, yumuşatma, biyoparlatma, denim yıkama gibi etkiler sağlamak amacıyla yapılmaktadır (Kumar ve ark.2008).

Tekstil materyalinin ön terbiye ve bitim işlemleri sırasında kullanılan bazı enzimler:

Amilazlar; pamuklu dokuma kumaşlar üzerindeki nişasta haşılını uzaklaştırmak amacıyla kullanılmaktadırlar. Nişasta, ucuz olması, kolay bulunması, doğal olması gibi sebeplerle haşıl maddesi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Aniş ve ark.2008).

Pektinazlar; pamuğun yapısında bulunan pektini uzaklaştırmak amacıyla kullanılmaktadır. Son yıllarda pektinaz enziminin, pamukta bulunan pektini uzaklaştırarak pamuğun hidrofilleştirilmesinde kullanımını önem kazanmaya başlamıştır (Stanescu ve ark.2010).

Keratinazlar; yünde boyutsal stabilite ve keçeleşmezlik etkisi sağlamada kullanılırlar. Gerginliğin yün lifinin kutikula tabakasının kaldırılmasıyla iyileştirilebileceği ve böylece çekme dayanımının arttığı görülmüştür (Cai ve ark.2011).

Lakkazlar; oksidatif enzimlerin bir grubu olup, son yıllarda, büyük oranda parçalanmayan çevresel kirliliklerin yanı sıra hem fenolik hem de fenolik olmayan lignin esaslı bileşenleri yükseltgeyebilme yetenekleri nedeniyle oldukça ilgi çekmekte ve bu avantajları sayesinde pek çok biyoteknolojik proses uygulamasında kullanılabilirler. Lakkazların tekstil atık sularının renksizleştirilmesinin yanı sıra tekstillerin ağartılmasında, kaynatılmasında, denim yıkamada ve hatta boyarmaddelerin sentezinde kullanılmaktadır (Arık ve ark.2008, Sancar ve ark.2012). Serbest veya immobilize olarak azo boyarmaddelerinin renk gideriminde kullanılmaktadırlar (Eren, 2011).

Transglutaminaz ve trozinazlar; bu enzimler proteinlere kovalent bağlarla bağlandıkları için çapraz bağlayıcı yanlarının olmasını dolayısıyla da stabilitenin yüksek olmasını

sağlarlar. Ayrıca bu enzimler yünde mukavemet artışı sağlarlar (Lantto ve ark.2012, Montazer ve ark. 2012).

Lipazlar; yünlü kumaş üzerinde boyut stabilitesi sağlayarak yünlü materyallerin kullanımını kolaylaştırmaktadır (Feng ve ark. 2013). Lipazlar, kumaşlarla kompleks oluşturabildiklerinden dolayı yağ lekelerinin temizlenmesinde kullanılmaktadır(Koç, 2013). Düşük molekül ağırlığındaki alkoller, gliserin ve yağ asitlerinin esterlerini hidrolize ederler (Eren, 2011).

Selülozlar; en fazla kullanılan enzimlerdendir. Bu enzim ile pamuklu kumaşlarda biyoparlatma işlemi ile selülozik kirlere yüzeydeki gevşek lifler başarılı bir şekilde giderilebilir. Ayrıca selüloz enzimi ile biyoparlatma yapılan mamüllerde nemin yaklaşık % 6 oranında arttığı görülmüştür (Saravan ve ark.2013). Tutumun ve esnekliğin geliştirilmesi, yüzey yumuşaklığı, merserizeli mamüllerde materyal yapışmasının önlenmesi, yıkamaya dayanım, kullanım sırasında neps oluşumunu engellemede selüloz enzimi kullanılmaktadır (Eren, 2011).

2.7.1.Proteaz Enzimi

Proteazlar, toplam endüstriyel enzim ticaretinin yaklaşık %60'ını oluşturmaktadır. Proteazlar, çamaşır deterjanları, deri, et, süt, ilaç, bira, fotoğraf, organik sentezlerde ve atıkların muamelesinde kullanılmaktadır. Proteazlar arasında bakteriyel proteazlar, hayvan ve fungal proteazlar ile karıştırıldığı zaman daha etkin olduğu görülmektedir (Banerjee ve ark., 1999). Bu nedenle ticari ilgiden dolayı endüstriyel olarak uygun proteazları üreten mikroorganizmalar araştırmacılar tarafından çalışılmıştır (Jasvir ve ark., 1998). Alkali proteazlar, bakteri, küf, maya gibi çeşitli kaynaklardan elde edilse de alkalifilik *Bacillus* biyoteknolojide en fazla kullanılan mikroorganizmadır. Çünkü çok geniş çeşitli ortamlardan izolasyonu kolaydır, bununla birlikte *Bacillus* hem kompleks hem de sentetik ortamda gelişebilmektedir. Termofilik ve alkalifilik *Bacillus* tarafından üretilen alkalifilik proteazlar yüksek sıcaklık ve pH'ya dayanmaktadır (Özşahin, 2006).

2.7.2.Yün Kumaşların Proteaz Enzimi ile Yapısal Özelliklerinin İyileştirilmesi

Proteolitik enzimler ile iyi ve liflere zarar vermeyen bir keçeleşmezlik etkisi sağlanabilir. Keçeleşmezlik etkisine ilave olarak, yünlü kumaşların yüzeyinden dışarı

çıkan lif uçlarını uzaklaştırmada, boncuklanmayı azaltmada, parlaklığı ve yumuşaklığı arttırmada kullanılabilir. Tüm bu işlemlerin yapılmasıyla yünlü mamülde bir ağırlık kaybı meydana gelir, seçilen pH, sıcaklık, işlem süresi, enzim konsantrasyonu ile bu azalma en az seviyede tutulmalıdır. Enzim ile işlem görmüş yünlü mamülün boyanabilirliğinin arttığı görülmüştür. Daha az boya aldığı, daha düşük ısılarda boyanabildiği görülmüştür. Ayrıca bio-temizleme yapılmaktadır. Tekstil mamüllerinden yabancı maddeleri uzaklaştırmada enzim kullanımı hijyen, güvenlik, çevre ve enerji açısından önem kazanmaktadır (Sarıışık 2001, Goudarzi ve ark.2008).

Tekstilde yün lifleri, temin edilebilmelerinin sınırlı olması ve maliyetlerinin yüksek olmasına karşın teknik uygulamalarda kullanılan en önemli doğal lifler arasında yer almaktadır. Konfor özelliklerinin yüksek olması ve yapısal özelliklerinin çeşitli tekstil teknolojileri ve bitim işlemleri ile geliştirilebilmesi nedeni ile de kullanımı gün geçtikçe artmaktadır.

Yün liflerinin inceliği, uzunluğu, elastikiyeti ve kıvrımı gibi özelliklerinin yanında ısıyı iyi tutma, fazla rutubet alma, az ıslanırılık ve keçeleşme yeteneği gibi üstün giyim fizyolojisi gösteren ve vücut-çevre ilişkilerini en iyi şekilde ayarlayan değerli bir lif olması onu diğer liflerden ayırmaktadır (Sarıışık 2001, Park ve ark. 2013).

Yün lifinin olumlu özelliklerinin yanında boyanabilirliğinde, keçeleşmezlikte, boyut stabilitesinde ciddi sorunlar yaşanmaktadır. Yünlü kumaşı olumsuz etkileyen tüm bu sorunlar günümüzde birçok yöntemle çözülebilmektedir. Ancak kullanılan yöntemlerde kimyasal madde miktarının fazla olması daha ekolojik olan yöntemlerin arayışını ortaya çıkarmıştır. Bu ekolojik yöntemlerden bir tanesi de enzimatik yöntemlerdir.

Proteaz enzimi ile yünlü kumaşlarda boyut stabilitesi, keçeleşmezlik, tutumda iyileşme, boya afinitesi, beyazlık derecesinin artırılması, hidrofilitik etkileri sağlanabilir. Proteaz enzimi ve yün arasındaki reaksiyon heterojen asit-baz kataliz tipindedir. Katalist (sıvı) ile yün (katı) arasındaki reaksiyon yün yüzeyine adsorbsiyon ile başlar ve lifin iç tabakalarına difüzyonu ile devam eder. Bu olayda materyalin durumu ve kumaş yapısı büyük rol oynar. Geometrisine bağlı olarak katı kütle (materyal) daha büyük veya küçük dış yüzeye sahip olabilir. Örneğin yünün açık elyaf, tops, iplik, örme veya dokuma kumaş formunda olmasına göre yüzey değişir. Adsorbsiyon yüzey bölünmesi ve

gözenek miktarına bağlı olarak artar. Enzim molekülleri pulcukların arasındaki aralıklardan içeriye doğru sızıp, ekzokutikula zarar vermeden endokutikula parçalayabilir. Keratinolisis denilen bu mekanizma, bir keratinofilik enzim ile endokutikula tabakasına ulaşmadan önlenir (Wang ve ark.2009, Sarıışık, 2001).

Enzimler hayvanlar ve bitkiler tarafından sentezlenmesine rağmen, kontrollü koşullarda kısa sürede ürün elde edilmesinden dolayı mikroorganizmalar asıl kaynağı oluşturmaktadır. Ayrıca mikroorganizma kaynaklı enzimlerin bitkisel veya hayvansal kaynaklı enzimlere göre katalitik aktivitelerinin çok yüksek olması, istenmeyen yan ürün oluşturmamaları, daha kararlı ve ucuz olmaları ve fazla miktarda elde edilebilmeleri sebebi ile mikrobiyal enzimler daha çok tercih edilmektedirler (Wiseman, 1987). Ticari olarak kullanılan enzimlerin üretiminde çoğunlukla *Bacillus* türleri kullanılmaktadır (Denizci ve ark. 2004).

Kimyasal olarak modifiye edilmiş proteaz enzimini yün liflerinin terbiyesinde kullanıldığında proteaz, kutikula tabakasının hidrolizini sağlamaktadır. Bu işlem keçeleşme eğiliminde azalma, tutumda iyileşme, çekme dayanımında artma sağlarken mukavemet ve ağırlık kaybına sebep olmaktadır (Jus ve ark. 2007).

Proteolitik enzimler yünlü kumaşların terbiyesinde kullanılarak, lif yüzeyinde kısmi hidroliz gerçekleştirmekte ve kökük doğrultusundaki sürtünme direnci farkını (DFE) azaltmaktadır.

Proteaz kutikula tabakasının hidrolizini sağlamaktadır. Bu işlem keçeleşme eğiliminde azalma, tutumda iyileşme, çekme dayanımında artma sağlamaktadır (Duran ve ark. 2007).

Termofilik *Bacillus* izolatlarından elde edilen proteaz enzimi kullanılarak yünün keçeleşme eğilimi azaltılabilir, yumuşak ve pürüzsüz bir yüzey elde edilebilir. Ulusal ekonomi kaynaklarını artırmak ve çevre kirliliğini önlemek için kimyasal bazlı tekstil işlemlerinin yerine enzim kullanılabileceği görülmüştür. Enzimatik işlemler sonucunda yünlü kumaşın yüzeyi taramalı elektron mikroskobu ile incelendiğinde kumaşın kalitesinin arttığı görülmüştür (Amora ve ark. 2008).

Yünün çapraz bağlı yapısı, proteolitik enzimlere karşı dayanıklıdır. Örneğin; tripsin, hücre membranı boyunca yavaş bir şekilde difunde olmakta ve inkübasyondan birkaç gün sonra lifler kolayca parçalanmaktadır. Bununla birlikte eğer yün lifi öncelikle indirgenip, alkileştirilirse, yün lifine enzimlerin girişi daha da kolaylaşmaktadır. Çünkü enzimlerin özümsemesi oldukça ılıman ortamda gerçekleşmekte, asit hidrolizine karşı kararsız olan çapraz bağlar veya aminoasit türevleri serbest bırakılabilmektedir. (Körlü ve ark. 2009.) .

Proteazlarla yün muamelesi; keçeleşme eğilimini azaltmakta ve boyama afinitesinin artmasına yol açmaktadır. Lifi hem kutikula hem de korteks tabakası, proteolitik enzimlerle modifiye olmaktadır. Bununla birlikte, yün liflerinin düzgünlüğünü ve yumuşaklığını artıran, bunun yanı sıra daha iyi boyanabilirliğine olanak tanıyan, yüksek çekmeçlik dayanımı sağlamada proteaz enziminin kullanımı büyük önem taşımaktadır.

Proteazla yün kumaşların enzimatik işlemi, daha sonraki herhangi bir boyama işleminde boya absorpsiyonunu etkilemektedir. Enzimle işlem görmüş bütün kumaşlar işlem görmemiş kumaşlarla kıyaslandığında, boya alımında artış göstermektedir. Genellikle enzimatik olarak işlem görmüş kumaşların boya absorpsiyonu, konvansiyonel yardımcı madde varlığında boyanmış, enzimle işlem görmemiş kumaşların boya absorpsiyonuna eşit olmakta veya bunların boya alımından daha üstün özellik göstermektedir. Farklı enzim konsantrasyonlarında işlem görmüş kumaşlar için boyarmadde absorpsiyonundaki farklılıklar çok yüksek olmamakta, % 3'lük enzim konsantrasyonu en yüksek boyarmadde absorpsiyonunu sağlamaktadır. Düşük sıcaklıklarda, enzimatik işlem görmüş ve görmemiş kumaşların absorpsiyon hızları arasında büyük farklılıklar vardır. Yünlü kumaşların enzimatik işlemi, çalışılan boyarmaddeler için görünür aktivasyon enerjisinde önemli bir düşüş yaratmaktadır. % 3'lük enzim ile işlem görmüş yünlü kumaşların boyanmasında elde edilen aktivasyon enerjisi değerleri, enzimatik işlem görmemiş kumaşların boyanmasında elde edilen aktivasyon enerjisi değerlerinin yaklaşık olarak yarısı kadardır. Bu düşüş; enzimatik işlemin, lifin boyarmadde difüzyonuna dayanıklılığını düşürdüğünü göstermektedir (Körlü ve Altay. 2009).

Çevre dostu yöntemler kullanılarak yünlü mamüllerin kullanımı alanı genişletilebilir. *Bacillus megaterium* ve *Bacillus thuringiensis* olmak üzere iki ayrı proteolitik bakteriden

sentezlenen enzim ile ynl mamln keeleme eēilimi azaltılabilir. *Bacillus thuringiensis* bakterisi pH 7.0 ve 40 °C sıcaklıkta optimum aktivite saēladığı görülmüştür (Infante ve ark. 2010).

Konvensiyonel yn boyama işlemleri yüksek sıcaklıklarda ve uzun srelerde yapılan işlemlerdir. Yüksek sıcaklığın etkisiyle lifin zarar görme riski ayrıca istenilen etkinin saēlanamaması yeni arayışları ortaya çıkarılmıştır. Ynl kumaş rneēinin 98 °C sıcaklıkta konvensiyonel metodlarda yapılan boyama işlemleri yerine, preolitik enzim ile n işlem görmesi sonucunda 85 °C sıcaklığa dayanarak %90 oranında afinite saēladığı görülmüştür. Aynı sıcaklıkta enzimatik n işlem olmadan yapılan boyamalarda ise %77 oranında afinite saēladığı tespit edilmiştir. Enzimatik işlem sonucunda boyanabilirliēin iyileştirilmesi yanında, boyutsal stabilite özellikleri büyük oranda korunmuştur. Ayrıca yıkama, ter ve ışık haslıklarının optimum düzeyde olduēu görülmüştür .(Monica Periolatto ve ark.2011).

Yn kumaşın asit boyalarla boyanabilirliēinin ve performans özelliklerini geliştirebilmek için evre dostu bir alkalın proteaz enzimi kullanarak, enzimatik işlem koşulları deēerlendirilmiştir. Enzimatik işlem koşulları kadar uygun enzim dozajı ve n işlem koşullarında boyanabilirlik ve performans özelliklerinin etkilendiēi görülmüştür. Modifiye edilmiş yn kumaş örneklerinde asit boyalarla boyanabilirliēin geliştirilmesinin yanında beyazlatma, nitrojen konsantrasyonunda azalma ve aēırlık kaybındaki azalmada iyileştirilmiştir. Enzimatik işlemlerdeki maksimum çalışma koşulları ile daha iyi performans etkisi saēlanarak yn liflerinde meydana gelen zarar minimuma indirilmiştir (İbrahim ve ark. 2011).

Bacillus bakterisinden elde edilen proteaz enziminin ynl örme kumaş üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ynl kumaşın protez enzimi ile muamelesi sonucunda, ynl örme kumaşın makinada yıkamaya karşı direncinin artmasının yanında yn lifleride zarar görmemiştir. Yaklaşık olarak 5 yıkamada ynl kumata %1-2 arasında çekme görülmüştür. Ayrıca kilo kaybı %1'in altında olduēu için ihmal edilebilir düzeyde kabul edilmiştir (Smith ve Shan.2011).

Polyester/yn karışımı bir kumata UV koruma, antibakteriyellik ve kendi kendini temizleme özelliklerini geliştirmek amacıyla lipaz ve proteaz olmak üzere iki farklı

enzim kullanılmıştır. Lipaz enzimiyle yün yüzeyindeki yağların hidrolizi sağlanmıştır. Her iki enzim ile muamele edildikten sonra polyester/yün karışımı kumaş nano TiO₂ banyosunda işlem görerek UV koruma özelliği geliştirilmiştir. Çapraz bağlayıcı olarak kullanılan bütan tetrakarboksilik asit kumaş yüzeyindeki nano parçacıkların kalıcılığını arttırmıştır. Gram–negatif *E.coli* bakterisindeki büyüme yavaşlatılarak antibakteriyel özelliği geliştirilmiştir. (Montazer ve ark.2011).

Yağlar yünün yüzeyine kovalent bağlarla bağlıdır ve bu yüzden yünlü kumaşlarda enzimatik işlemlerin uygulanması zordur. Ancak metanolik potasyum hidroksit gibi yardımcı maddelerle yünlü mamulün enzimatik işlemlerden faydalanmasını sağlar. Metanolik potasyum hidroksit yardımcı maddesi sayesinde yünün yüzeyindeki yağların hidrolizi sağlanır ve ardından preolitik reaksiyon teşvik edilir. 0,10 mol/l ve 10 dk MPH ile işlem gören yünlü mamulün mekanik özellikleri üzerinde olumsuz etki olmaksızın yünün ıslanabilirliği iyileştirilmiştir. Islanma süresi ve çekme sırasıyla 0.5 s ve %5,6 oranlarına ulaşmıştır ve ağırlık kaybı ihmal edilebilir düzeyde olmuştur. MPH ile uzun süre ve yüksek konsantrasyonlarda işlem gören yünlü mamulde ise yün liflerinin önemli derecede zarar gördüğü ve mukavemet kaybı meydana geldiği görülmüştür (PingWang ve ark.2012).

Trans-glutaminaz enzimi ile yünlü kumaşlarda çekme dayanımı, beyazlatmada artış ve alkaliye karşı direnç sağlanabilmektedir. Yünün ağartılması işleminde genellikle indirgeyici ve oksitleyici maddelerle yapılan yöntemler yaygın olarak kullanılmaktadır. İndirgeyici ağartma yöntemleri, oksidatif ağartma yöntemlerine kıyasla yünlü mamüle daha az zarar verirler. Aslında hidrojen peroksit ağartma yöntemi ile etkili bir ağartma yapılabilmesine rağmen yündeki sistin bağlarına zarar veren bir yöntem olması yeni arayışlara neden olmaktadır. Enzimatik ağartma yöntemi ise etkili ve çevre dostu alternatif bir ağartma yöntemi olarak kullanılabilir. Enzimatik işlemler sonucunda iyi bir ağartma sağlanmasına ek olarak optik özelliklerin geliştirilmesi, temizleme etkisiyle hafifliğin artırılması ve ağırlık kaybının ihmal edilebilir düzeylerde olması avantajlı bir yöntem olduğunu ispatlamaktadır (Montazer ve ark. 2012).

Tekstilde biyoteknolojik uygulamalar 2000 yıldan daha fazla süredir bilinmektedir. Bilinen ilk uygulama mikrororganizmaları kullanarak hasır liflerini yumuşatmaktır.

Enzimler konvensiyonel kimyasal işlemlere göre daha avantajlıdır. Enzimler düşük sıcaklık ve basınç altında çalışmaktadırlar böylece enerji ihtiyacı azalmış olur. Çeşitli enzimler ile tekstil mamüllerinde fonksiyonellik sağlanmaktadır. Biyotemizleme işlemi ile selülozik liflerin boncuklanma özelliklerinde iyileşme ve pürüzlülük değerlerinde azalmanın yanında yumuşak bir tutum sağlanarak kumaş kalitesi artırılabilir. Yünlü mamüllerde proteaz enzimi ile ağartma yapılabildiği gibi tripsin , papain ve proteaz enzimleri ile keçeleşme eğilimi azaltılabilir. (Sabale ve ark. 2012).

Kumaş yüzeyinde oluşan boncuklanma sorunu kesikli elyaf içeren kumaşlarda olduğu bilinmektedir. Boncuklanma oluşumu kumaşın kullanımı sırasında yüzeye çıkan karışık lif toplulukları şeklindedir. Yün , pamuk ve naylon 6 lifleri için boncuklanma oluşumu büyük bir problem değildir çünkü yüzeydeki kısa lifler çeşitli yöntemlerle kolayca kırılıp uzaklaştırılabilir. Ancak polyester veya naylon 66 liflerinden elde edilen kumaşların yüzeyine çıkan lifler çok daha güçlüdür, kolayca uzaklaştırılmazlar (Montazer ve ark. 2011). Kumaş yüzeyindeki boncuklanma sorunu tekstil sektöründe büyük bir sorundur. 1950 'lerden bu yana yün kumaşların boncuklanması, tüylenmesi ve boncuklanma oluşumunu etkileyen faktörler hakkında bir çok araştırma yapılmıştır. Boncuklanmayı etkileyen faktörler arasında; lifin yapısı, kullanılan teknoloji, kumaşın yapısı ve kumaşa uygulanan terbiye işlemleri bulunmaktadır (Wan ve ark. 2013). Kumaş yüzeyindeki boncuklanma kumaşın pürüzsüzlük, renk, tutum gibi estetik özelliklerini olumsuz olarak etkiler. Boncuklanma sorununu çözmek için bio- polishing adı verilen bitim işlemiyle kumaşın enzim ile muamele edilmesiyle kumaş yüzeyindeki kopmuş liflerin temizlenmesi, pürüzsüzlük ve yumuşak bir tutum alması sağlanır. Bu yöntem ilk olarak Japonya da selülaz enzimi ile pamuklu kumaşa denenmiştir (Stefanie ve ark. 2005).

3.MATERYAL VE METOD

3.1.Materyaller

3.1.1. Kullanılan Kumaşın Özellikleri

Çalışmada Yünsa A.Ş. tarafından temin edilen % 100 yün dokuma kumaş kullanılmıştır. Ham yün kumaş numuneleri 50*50 cm boyutlarında kesilerek; ön yıkama, ağartma ve boyama işlemleri yapılarak , bitim işlemlerine hazır hale getirilmiştir.

Çizelge3.1.Kullanılan yün kumaşın özellikleri

Hammadde	Gramaj g/m ²	Atkı Sıklığı adet/cm	Çözümlü Sıklığı adet/cm	Atkı İplik No Nm	Çözümlü İplik No Nm
%100 Yün	150	31	37	44	44

3.1.2.Kullanılan Enzimler

Çalışmada Türkiye topraklarından (50 farklı şehir) izole edilerek *Bacillus* sp. suşlarından Uludağ Üniversitesi Biyoloji Bölümü laboratuvarında üretilen üç farklı yolla kısmi saflaştırma yapılan proteaz enzimi ve Orba Biyokimya San. Tic. A.Ş. tarafından temin edilen ticari proteaz enzimi yün kumaş numunelerine laboratuvar koşullarında uygulanmıştır.

3.1.2.1.Ultrafiltrasyon İle Konsantre Edilen Proteaz Enzimi

Temel besiyerinde 1000 ml üretim sonucunda elde edilen ham enzim ekstratı Ultra filtrasyon (Centriprep Centrifugal Filter Unitwith Ultracel-10 membrane, MW cut-off 30,000 ve 10.000) tüpüne alınmış ve 4°C’de 5000 rpm’de 15 dakika sürelerle istenilen hacme kadar konsantre edilmiştir. Konsantre çözelti saf suya karşı diyaliz (Selüloz membran, Sigma-Aldrich, MWCO-Molecular Weight Cut Off 12.000 Da, 25 mm x 16mm) edilmiştir. Diyaliz işlemi manyetik karıştırıcı üzerinde 4°C’de, tamponun 3 defa değiştirilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Diyalizat sonrası enzim örneğinin aktivite tayinleri yapılmıştır ve diyalizatın aktivitesi 1250 IU/ml olarak saptanmıştır.

3.1.2.2.Amonyum Sülfat Çöktürmesi ve Diyalize Edilen Proteaz Enzimi

Temel besiyerinde 1000 ml üretim sonucunda elde edilen ham enzim ekstraktı Ultra filtrasyon (Centriprep Centrifugal Filter Unitwith Ultracel-10 membrane, MW cut-off 30,000 ve 10.000) tüpüne alınmış ve 4°C’de 5000 rpm’de 15 dakika sürelerle istenilen hacme kadar konsantre edilmiştir. Konsantre ham enzim çözeltisine havanda toz haline getirilmiş %70 ve %80 amonyum sülfat +4 °C’ de çok yavaş bir şekilde eklenerek manyetik karıştırıcı üzerinde çözüldürülmüştür. Bu şekilde hazırlanan karışımlar manyetik karıştırıcıda karıştırılarak +4 °C’de bir gece bekletilmiştir. Daha sonra karışımlar 20.000 rpm’de 30 dakika santrifüjlenmiş, süpernatant ve peletler birbirinden ayrılmıştır. Pelet 0.05 M fosfat tampon (pH 7.0)’nunda çözülmüş ve diyaliz yapılmıştır. Diyaliz işlemi manyetik karıştırıcı üzerinde 4°C’de, aynı tampona kullanılarak yapılmış ve tamponun 3 defa değiştirilmesi ile diyaliz işlemi gerçekleştirilmiştir. Diyalizat sonrası enzim örneğinin aktivite tayinleri yapılmış ve diyalizatın aktivitesi 523 IU/ml olarak saptanmıştır.

3.1.2.3.Liyofilize Edilerek Saflaştırılan Proteaz Enzimi

Temel besiyerinde 1000 ml üretim sonucunda elde edilen ham enzim ekstraktı -20°C’de bir gece bekletilmiştir. Dondurulmuş örnekler liyofilizatör kullanılarak liyofilize edilmiştir. Liyofilizasyon işlemi -55°Csıcaklıkta 4 gün boyunca devam etmiş ve enzim örneğinin toz haline getirilmesi sağlanmıştır. Toz örnekler saf suda çözüldükten sonra saf suya karşı diyaliz edilmiştir. Diyalizat sonrası enzim örneğinin aktivite tayinleri yapılmıştır. Proteaz aktivitesinin tayini Anson tarafından önerilen yöntemin bir modifikasyonu ile yapılmıştır (Keay ve ark.1970). Diyalizatın aktivitesi 2000 IU/ml olarak saptanmıştır.

3.1.2.4.Ticari Proteaz Enzimi

Uludağ Üniversitesi Biyoloji Bölümü laboratuvarında üretilen enzimin ticari enzimle kıyaslanması için yapılan çalışmalarda ORBA Biyokimya /İstanbul’dan temin edilen proteaz enzimi kullanılmıştır. Ticari enzimin aktivite değeri 405200 IU/ml olarak ölçülmüştür. Proje çalışmasında elde edilen en yüksek proteaz aktivitesi 2000 IU/ml olarak ölçüldüğünden ticari enzimin aktivitesi seyreltmelerle aynı değere düşürülmüştür.

3.2. Metod

3.2.1. Kumaşlara Uygulanan Ön Terbiye İşlemleri

Ham yün kumaş numunelerine Çizelgede.3.2.de verilen reçeteye uygun olarak iki aşamalı ön yıkama işlemi uygulanmıştır.

Çizelge 3.2.Ön yıkama reçetesi

I. BANYO	II.BANYO
Deterjan (3 ml/L)	Deterjan (3 ml/L)
Islatıcı (0,5 ml/L)	Islatıcı (0,5 ml/ L)
50-60 ° C de 20 dakika	Ağartıcı Ajan (3 ml/L)
Soğuk durulama	50-60 ° C de 20 dakika
	Soğuk durulama

Ön yıkama yapılan kumaş numunelerine Çizelge3.3.de verilen reçeteye uygun olarak kasar işlemi uygulanmıştır.

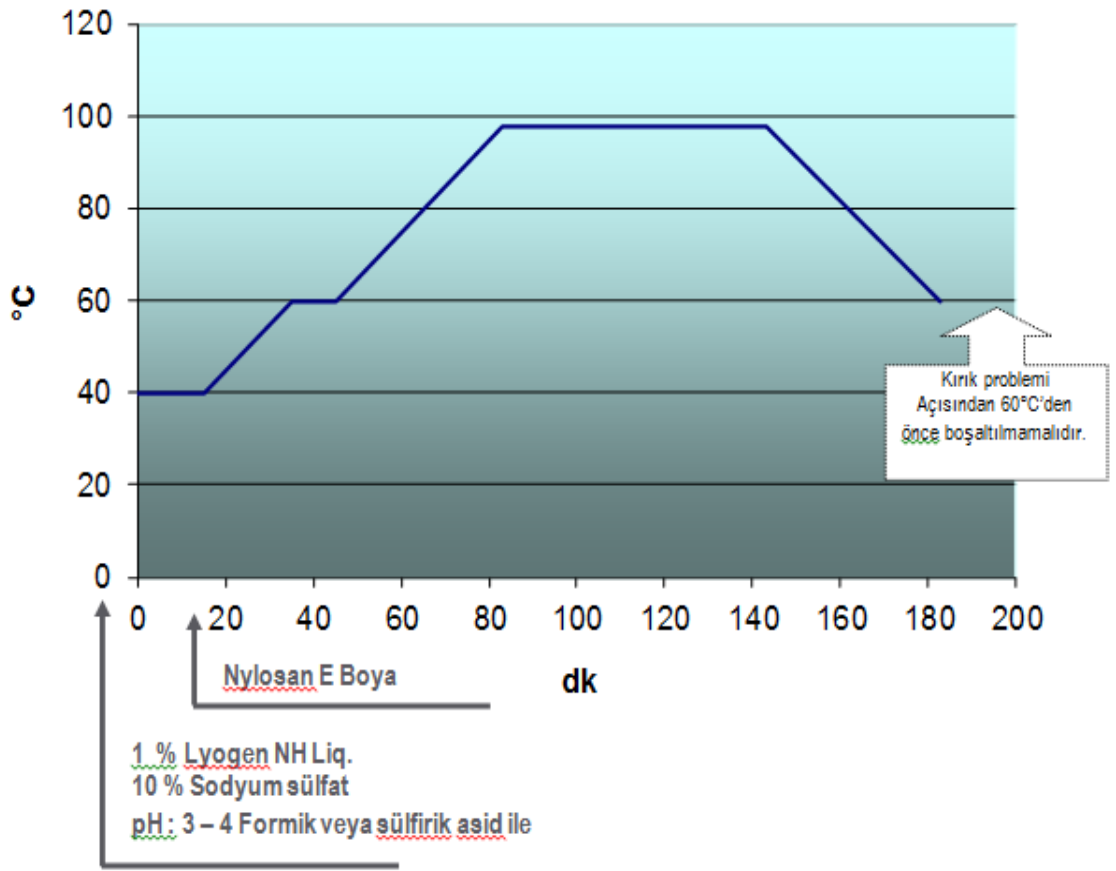
Çizelge 3.3.Kasar reçetesi

H2O2 (%50)	20ml /l
Islatıcı (Hostapal MRN-TR Liq)	1 g/ l
Yumuşatıcı (Stabilizer SOFT –TR Liq)	1 g/ l
Tuz (Sodyumtripolyfosfat)	1 g /l
pH	7.5 Amonyak ile
İşlem Sıcaklığı	70 ° C
İşlem Süresi	1,5 saat
İşlem Sonu Yıkamalar	70 ° C , 50 ° C , soğuk, nötrale

70 °C sıcaklıkta 1,5 saat ağartma işlemi uygulandıktan sonra, 40 °C de kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.4.Boyama reçetesi

Kullanılan Boyarmadde / Yrd.Kimyasallar	Miktar
Nylosan E Blue	%3
Lyogen NH Liq.	%1
Sodyum sülfat	% 10
Formik asit	pH 3-4



Şekil 3.1. % 100 yün boyama diyagramı (Clariant, 2009)

Ağartılmış yün kumaşlara asit boyarmadde ile % 3'lük boyama yapılmıştır. Boyamanın ardından soğuk durulama işlemi uygulanmış ve etüvde 40 °C sıcaklıkta kumaşlar kurutulmuştur.

İşlem görmemiş yün kumaş numunelerine Uludağ Üniversitesi'nde üretilen, üç farklı yolla kısmi saflaştırma yapılan proteaz enzimleri ve ticari proteaz enzimleri 55 °C de (3 ml/L, 6 ml/L, 9 ml/L) her bir konsantrasyon için pH 7 ve pH 8,5'de 1 saat işlem süresince ayrı ayrı uygulanmıştır. İşlem sonunda 5 dakika kaynar durulama yapılmıştır. Enzimatik işlem gören yün kumaş numuneleri etüvde 40 °C de kurutulmuştur.

Aynı işlemler ön yıkama , ağartma ve boyama yapılan kumaş numuneleri içinde tekrarlanmıştır.

3.2.2.Kumaşlara Uygulanan Testler

3.2.2.1.Pilling Testi

Numune kumaşların pilling oluşumlarının tespit edilmesinde TS EN ISO 12945-1 standardı esas alınmıştır. Testlerde Şekil3.2.de verilen Pilling box cihazı kullanılmıştır. Kumaş numunelerinden 125*125 mm boyutlarında, 6' şar adet parçalar kesilmiştir. Pilling oluşumunun gözlenmesi için 5000, 10000, 15000, 20000, 25000, 30000 devirlerde pilling box cihazı durdurularak deney numuneleri çıkarılmış ve numuneler standart ışık kabiniinde değerlendirilmiştir. Değerlendirme 1-5 aralığında değişen Empa standardı fotoğrafları referans alınarak yapılmıştır. Bu fotoğraf skalasında 1 yoğun yüzey tüylenmesi ve boncuk oluşumunu ifade etmektedir. 5 ise en iyi değerlendirmedir ve tüylenmenin olmadığını ifade eder.



Şekil 3.2.Pilling Box Test Cihazı

3.2.2.2.Yırtılma Mukavemeti Testi

Yırtılma mukavemeti Elmendorf metoduna göre tayin edilmiştir. Bu test için BS EN ISO 13937-1 standardı esas alınmıştır. Test yapılacak kumaşlardan, atkı ve çözgü yönünde olmak üzere 5'er takım numune kalıba uygun olarak (75mm-100mm) kesilmiştir. Çözgü numunesi için, şablonun uzun kenarı çözgüye paralel, atkı numunesi için atkıya paralel alınmıştır.

Atkı ve çözgü numuneleri, uzun kenarları çenelerin üst uçlarına paralel olacak şekilde ve ortalı olarak yerleştirilir. Cihazdaki bıçak yardımıyla $20 \pm 0,5$ mm'lik çentik açılır.

Test için Şekil3.3'de verilen elmendorf laboratuar tipi test cihazı kullanılmıştır.



Şekil 3.3. M 008E Elmendorf Dijital Yırtılma Test Cihazı

3.2.2.3.Ağırlık Kaybı Testi

Kumaş numunelerine, Martindale aşındırma test cihazında 9 Kg'lık yük altında 5000 devir ve 10000 devir olacak şekilde işlem uygulanmıştır. İşlem sonucunda kumaşın ağırlığındaki değişimler değerlendirilmiştir. Bu test için TS EN ISO 12947-3 standardı esas alınmıştır.

Test için Şekil3.4.'da verilen Martindale tipi test cihazı kullanılmıştır.



Şekil 3.4.Martindale test cihazı

3.2.3.4.Boyutsal Değişim

Kumaş eninde ve boyunda meydana gelen artma ya da azalma boyutsal değişim olarak adlandırılır. Dokuma kumaşta birbirini dik olarak kesen ve birbirinin altından üstünden geçen atkı ve çözgü iplikleri ıslandığında liflerdeki şişme nedeniyle birbirlerinin altından üstünden geçebilmek için daha dalgalı bir şekil alır. Bu da çekmeye neden olur. Doğal liflerin nem alma kabiliyetleri fazla olduğu için daha fazla çekme davranışı gösterirler. Kumaşlarda boyutsal değişimin ölçülebilmesine yönelik olarak ev tipi deterjan kullanılarak 50°C’de 40 dakika yıkama işlemi yapılmıştır. Yıkama işlemi sonucu kumaştaki boyut değişimi

$$\% \text{çekme} = \frac{\text{ilk boy} - \text{son boy}}{\text{ilk boy}} \times 100 \text{ bağıntısı ile hesaplanmıştır.}$$

Tekstil uygulamalarında, kumaşların yapılarına ve hammaddelerine göre ortaya çıkan çekme değerleri farklılaşmaktadır. Yünlü kumaşlar yapılarında bulunan pul tabakası nedeniyle keçeleşebilmekte, boyutunda kısalma meydana gelebilmektedir.

3.2.3.5.Spektrofotometrik Ölçümler

Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü laboratuvarında bulunan Konica Minolta renk ölçüm spektrofotometresinde ham yünlü kumaş standart kabul edilerek, enzim uygulaması sonrası meydana gelen renk farklılığı, sarılık indeksi ve beyazlık derecesindeki değişimler ölçülmüştür.



Şekil 3.5.Renk Ölçüm Spektrofotometresi

Ölçümlerde ışık kaynağı D65(gün ışığı) seçilerek standart ve numuneye ait L^* , a^* , b^* değerleri ve farkları ile ΔE değeri tespit edilmiştir. ΔE değeri %1 in altında olan numunelerde renk farklılığının olmadığı kabul edilmiştir. L^* , a^* , b^* (CieLab) en çok kullanılan renk uzayıdır. L bilgisi 0 ile 100 arasında değişir ve açıklık koyuluk miktarını belirler. L değerinin 100 olması saf beyaz ve 0 olması da saf siyah anlamına gelir. a değeri yeşil-kırmızı eksenini ifade eder. a değerinin pozitif değerleri kırmızı miktarını negatif değerleri ise yeşil miktarını gösterir. b değişkeni ise mavi-sarı eksenini ifade eder ve pozitif değerleri sarı negatif değerleri de mavi miktarını gösterir.

Ayrıca standart ve numuneye ait “Sarılık”, “Beyazlık” indisleri karşılaştırılmıştır. Sarılık indisleri, ASTM D 1925 , beyazlık indisleri ise Stensby esas alınarak ölçümler yapılmıştır(www.argetek.com).

3.2.3.6.Yağ Ölçümü

BUSAN Kimya laboratuvarındaki Soxhlet cihazında yağ ölçümü testi aşağıdaki şartlarda yapılmıştır.

- 105°C sıcaklıkta 1 saat etüvde balonlar bekletilerek darası alınmak için tartılır.

- Soxhlette metilen klorit ile, darası alınmış balon üzerinde 4 saat ekstrakte edilib test materyali üzerinde ki yağ balona alınır.
- 105°C sıcaklıkta 1 saat etüvde kalan balonlar soğutulup tekrar tartılır ve % yağ oranı

% YAĞ MİKTARI = $(M2-M1) / M3 \times 100$ bağıntısına göre hesaplanır.

M1:İlk balon joje ağırlığı

M2:İlk örneğin balon ağırlığı

M3:Deri ağırlığı

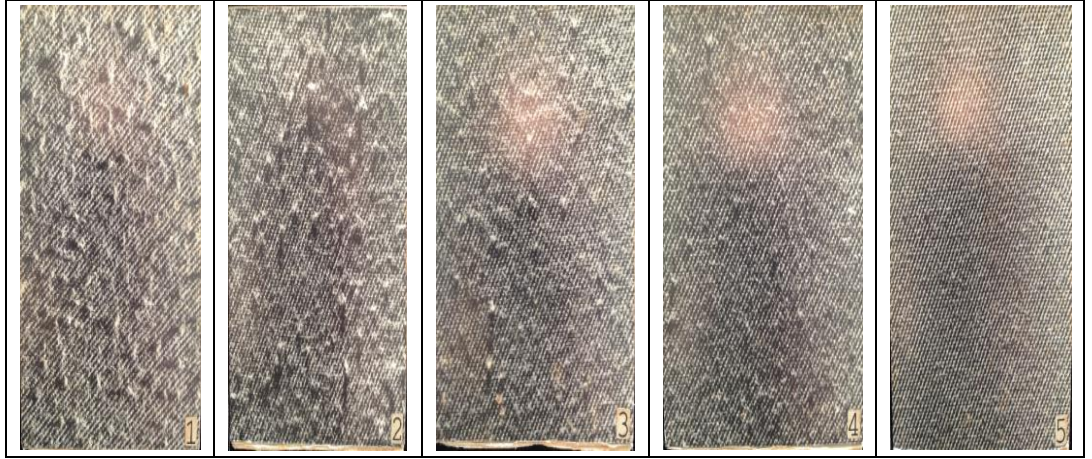


Şekil 3.6.Soxhlet cihazı

4.BULGULAR

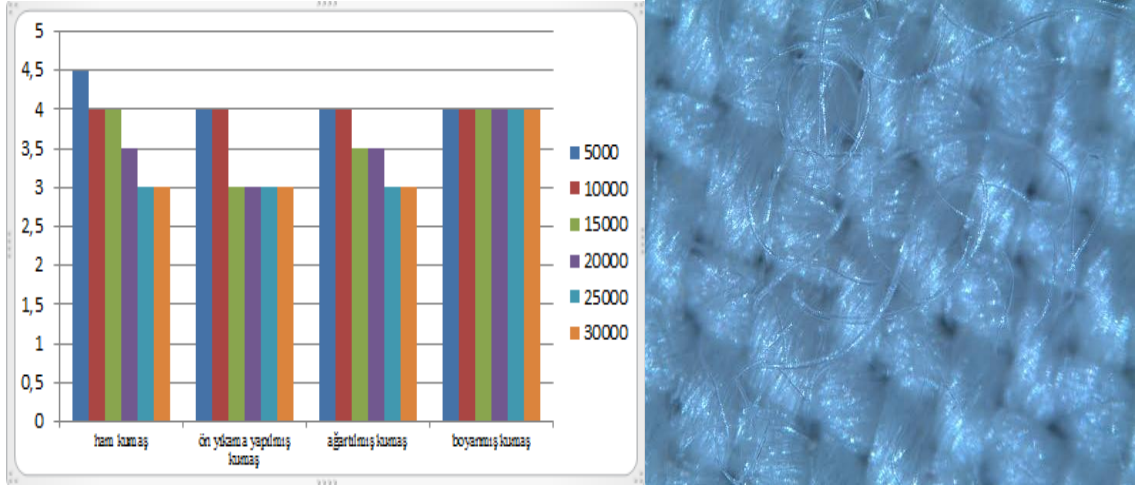
4.1.Pilling Testi Sonuçları

Hazırlanan test numuneleri pilling box cihazı içerisinde döndürülerek işleme tabi tutulur. Bu işlem esnasında hem kutunun çeperlerine hem de birbirlerine olan sürtünme sonucunda yüzeyinde meydana gelen değişimler standart fotoğraflarla karşılaştırılarak değerlendirilir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1.Pilling ölçümünde kullanılan standart değerlendirme fotoğrafları

Şekil 1, Şekil 2 , Şekil 3, Şekil 4 , Şekil 5 ve Şekil 6 ‘ da Pilling Testi sonuçları verilmiştir. Grafiklerde 5000, 10000, 15000, 20000, 25000. ve 30000. devirlerde yapılan gözlem sonuçları her numune için ayrı ayrı verilmiştir. Değerlendirmede yer alan 1 rakamı; maksimum boncuklanmayı, 5 rakamı ise yüzeyde boncuklanma olmadığını göstermektedir.

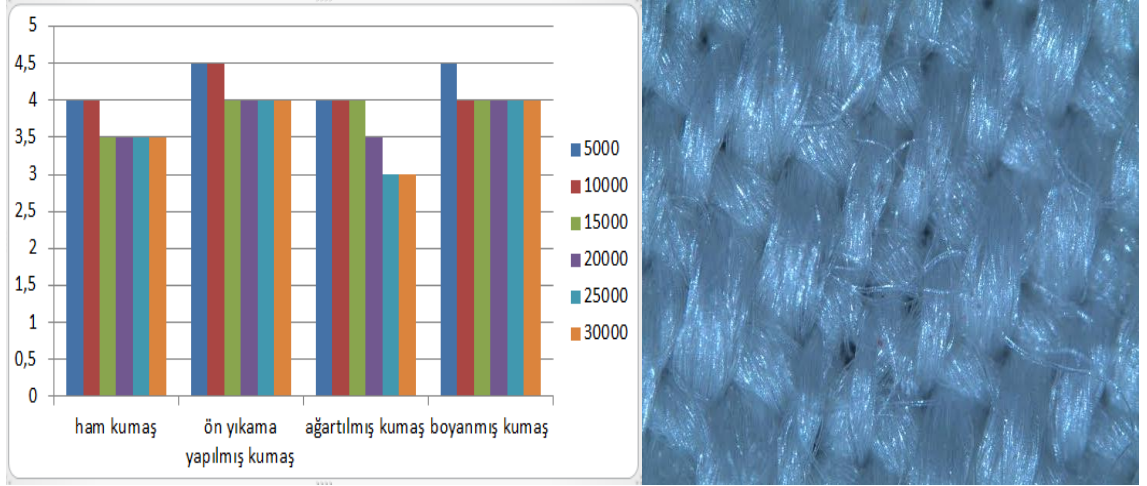


Şekil 4.2.Enzim uygulanmamış kumaşların boncuklanma testi sonuçları

Herhangi bir enzimatik işlem uygulanmamış yünlü kumaşta devir arttıkça boncuklanma meydana gelme oranında artış gözlenmiştir. Yalnızca boyanmış kumaşta devir arttıkça belirgin bir değişim ortaya çıkmamıştır. Bunun nedeni uygulanan işlemler boyunca tutunamayan kısa lifler dökülmüş ve boyama sonrasında çok fazla kısa lif kalmadığı için boncuklanma değeri stabil kalmış olabilir.

Boncuklanmanın temel prensibi, kumaş yapısı içerisindeki kısa liflerin sürtünme gibi herhangi bir mekanik etki ile kumaş yüzeyine taşınması ve yüzeyde boncuk şeklinde topaklanmalar oluşturmasıdır. Kopma mukavemeti düşük olan liflerde oluşan bu boncuklar dökülebilirken, mukavemeti yüksek olan liflerde dökülmeden kalmakta ve kumaş görünümünü bozmaktadır. Tekstil uygulamalarında kısa liflerin giderilmesinde enzimatik uygulamalar önemli bir yere sahiptir.

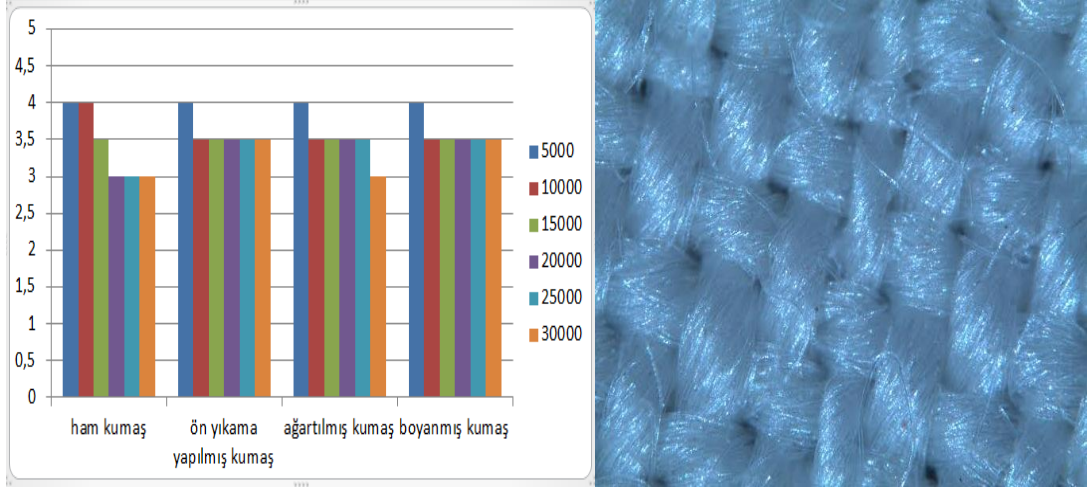
Farklı kısmi saflaştırma yöntemleri ile elde edilen proteaz enziminin kumaşın boncuklanma davranışı üzerine etkisi incelenmiştir.



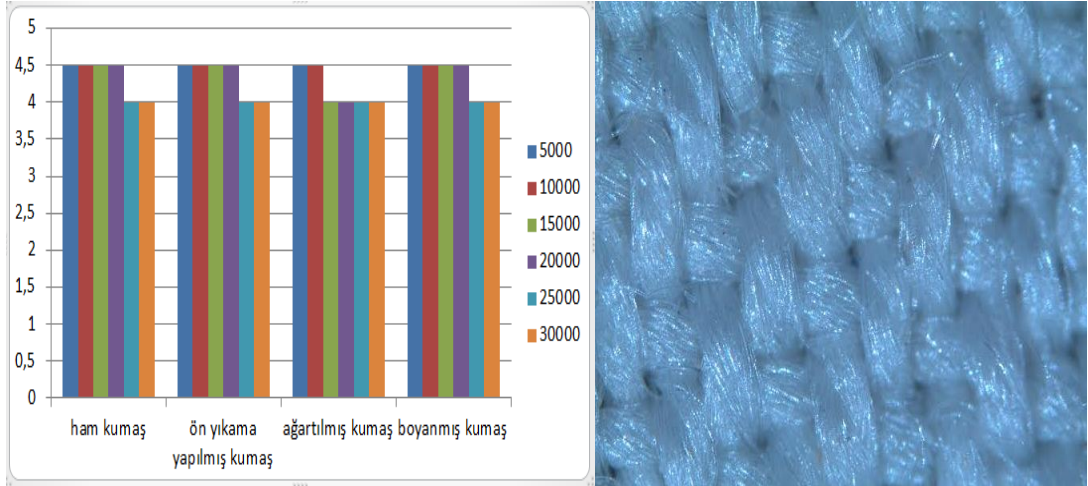
Şekil 4.3. Ultrafiltrasyonla konsantre edildikten sonra saf suya karşı diyaliz edilmiş proteaz enziminin uygulandığı kumaşların boncuklanma testi sonuçları

Ultrafiltrasyon ile konsantre edildikten sonra saf suya karşı diyaliz edilerek kısmi saflaştırma yapılan proteaz enziminin uygulandığı yün kumaşın pilling testi sonuçlarına bakıldığında enzim uygulanmamış kumaşın pilling sonuçlarına oranla bir miktar iyileşme görülmektedir.

Aynı iyileşme etkisi amonyum sülfat ile çöktürülmüş 0,05M fosfat tamponuna karşı diyaliz edilmiş proteaz enziminin uygulandığı kumaşların boncuklanma testi sonuçlarında görülmemektedir. Bunun sebebi ise amonyum sülfat çöktürmesi ile saflaştırılan proteaz enziminin aktivitesinin (523 IU/ml) ultrafiltrasyon ile konsantre edilen proteaz enziminin aktivitesinden (1250 IU/ml) daha az olmasıdır.

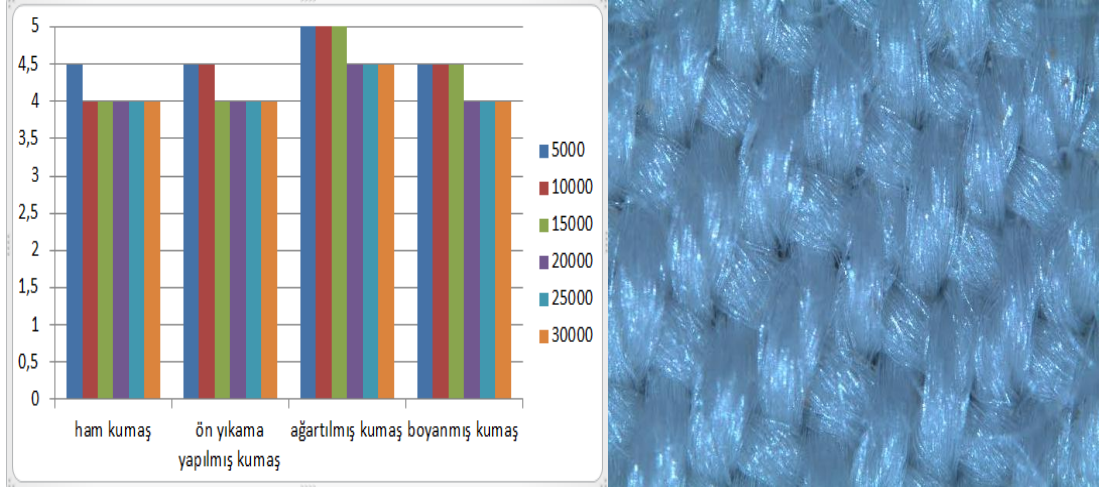


Şekil 4.4. %80 amonyum sülfat ile çöktürülmüş 0,05M fosfat tamponuna karşı diyaliz edilmiş proteaz enziminin uygulandığı kumaşların boncuklanma testi sonuçları



Şekil.4.5. Liyofilize edilerek toz haline getirilen enzimin saf suya karşı diyalizi ile elde edilen proteaz enziminin uygulandığı kumaşların boncuklanma testi sonuçları

Yapılan deneysel çalışmada özellikle liyofilizasyon+diyaliz işlemi uygulanmış yün kumaşın boncuklanma değerlerinde önemli ölçüde iyileşme gerçekleşmiştir. Liyofilizasyon+diyaliz ile kısmi saflaştırma yapılan proteaz enziminin aktivitesi (2000 IU/ml) diğer iki yöntemle saflaştırılan enzimin aktivitelere oranla daha yüksek olması enzimatik işlemin etkinliğini artırdığı düşüncesini doğrulamıştır. Bu sonuç üretilen enzimin yünlü kumaş üzerinde aktivitesini gösterdiğini, kısa lifleri gidererek, yüzeye taşınabilecek lif miktarını önemli ölçüde azalttığını göstermektedir.



Şekil 4.6. Ticari proteaz enzimi uygulanan kumaşların boncuklanma testi sonuçları

Ticari proteaz enziminin uygulandığı kumaşların boncuklanma sonucu Şekil 4.17’de verilmiştir. İşlem aşamalarına göre değerlendirildiğinde boncuklanma değerleri en düşük 4 olarak gerçekleşmiştir.

Proje çalışmasında liyofilize edilerek toz haline getirilen enzimin saf suya karşı diyalizi ile elde edilen proteaz enziminin uygulandığı kumaşların boncuklanma testi sonuçları ticari enzim sonuçları ile karşılaştırıldığında belirgin bir farklılık olmadığı söylenebilir.

4.2.Boyutsal Değişim Sonuçları

Boyut değişimi ölçümlerinde diğer değerlendirmeler de göz önünde bulundurularak genellikle ticari enzime en yakın sonuçları veren liyofilizasyon+diyaliz sonucu elde edilen enzim uygulanmış örnekler esas alınmıştır (Çizelge4.1).

Çizelge 4.1.Boyanmış ham kumaşın ve proteaz enzimi uygulandıktan sonra boyanmış yün kumaşların enine ve boyuna yönde boyutsal değişimi sonuçları

	Boy yönünde boyutsal değişim		En yönünde boyutsal değişim	
	Boyama sonrası	Tekrarlı 5 yıkama sonrası	Boyama sonrası	Tekrarlı 5 yıkama sonrası
Boyanmış kumaş	11	15	3	7
Proteaz enzimi uygulama+boyama yapılan kumaş	8	12	5	6
Ticari proteaz enzimi uygulama+ boyama yapılan kumaş	10	13	5	6

Tekstil uygulamalarında, kumaşların yapılarına ve hammaddelerine göre ortaya çıkan çekme değerleri farklılaşmaktadır. Yün kumaşlar yapılarında bulunan pul tabakası nedeniyle keçeleşebilmekte, boyutunda kısalma meydana gelebilmektedir.

Boyama sonrası yün kumaşın boyut değişimine bakıldığında boy yönündeki değişimin en yönündeki değişimden daha fazla olduğu görülmektedir (Çizelge4.1) Bunun nedeni ise çözgü ipliklerinin dokuma esnasında yüksek gerilimlere maruz kalmasıdır.

Enzim uygulanmamış kumaşın boyama sonrası boy yönündeki çekme değeri % 11 iken liyofilizasyon+diyaliz ile saflaştırılan proteaz enzimi uygulanan ve ardından boyanan yün kumaşın çekme değeri % 8 e indirilmiştir. Ticari enzim uygulandıktan sonra boyama yapılan yün kumaş ise % 10 çekmiştir. 5 tekrarlı yıkama sonundaki % çekme değerlerine bakıldığında en az çekmenin liyofilizasyon+diyaliz ile saflaştırılan proteaz enzimi uygulanan ve ardından boyanan yün kumaşta görülmüştür.

En yönündeki % çekme değerleri incelendiğinde enzim uygulanmayan boyalı kumaştaki çekme değeri %3 iken tekrarlı yıkamalar sonunda % 7 ye yükselmiştir , liyofilizasyon+diyaliz ile saflaştırılan proteaz enzimi uygulamasından sonra boyanan yün kumaşın çekme değeri % 5 iken , tekrarlı yıkamalar sonunda %6 olduğu görülmektedir. En yönündeki boyut değişimleri ticari proteaz enzimi uygulanan kumaş ile liyofilizasyon+diyaliz ile saflaştırılan proteaz enzimi uygulanan kumaşta aynı olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.2.Ön yıkama , ağartma ve boyama işlemleri yapılan yün kumaş ve ağartma işleminden sonra enzim uygulanan ve ardından boyanan yün kumaşların boyutsal değişim sonuçları

	En yönünde boyutsal değişim			Boy yönünde boyutsal değişim		
	Enzim uygulamasından sonra	Boyama sonrası	Tekrarlı 5 yıkama sonrası	Enzim uygulamasından sonra	Boyama sonrası	Tekrarlı 5 yıkama sonrası
Ağartılmış ve boyama yapılmış kumaş	-	4	3	-	11	11
Ağartma +proteaz enzimi uygulama +boyama yapılmış kumaş	2	4	3	6	9	8
Ağartma +ticari proteaz enzimi uygulama +boyama yapılmış kumaş	2	5	3	7	9	10

Ön yıkama, ağartma ve ardından boyama işlemi yapılan yün kumaşın boy yönündeki değişimi sabit kalırken liyofilizasyon+diyaliz ile saflaştırılan proteaz enzimi uygulanan yün kumaşın % çekme değeri 5 tekrarlı yıkama sonrasında %8 e düşmüştür. Aynı azaltıcı etki ticari proteaz enzimi ile sağlanamamıştır.

En yönündeki azalmaya bakıldığında ise her birinde 5 tekrarlı yıkama sonunda % çekme değerlerinde azalma görülmüştür.

4.3.Yırtılma Mukavemeti Testi Sonuçları

Kumaşların kullanım esnasında maruz kalacakları etkilere karşı dayanımlarını test edebilmek amacıyla yırtılma mukavemeti ölçümü yapılabilmektedir (Şekil3.3).

Çizelge 4.3.Farklı saflaştırma yöntemleri ile elde edilen proteaz enziminin yünlü kumaşın yırtılma mukavemeti üzerindeki etkisi

	Ham kumaş		Ön yıkama		Ağartma		Boyama	
	Atkı (N)	Çözü (N)	Atkı (N)	Çözü (N)	Atkı (N)	Çözü (N)	Atkı (N)	Çözü (N)
Ham kumaş	44,14	50,92	43,90	50,13	43,87	49,95	43,05	47,80
Konsantrasyon+ diyaliz	43,53	49,49	43,86	49,78	43,98	48,79	43,49	46,71
Çöktürme + diyaliz	43,91	49,51	43,71	49,33	43,67	48,37	43,12	44,07
Liyofilizasyon+ diyaliz	42,60	47,47	43,34	48,71	43,36	48,32	42,83	46,03
Ticari proteaz	43,47	47,81	43,47	48,60	43,18	49,30	42,74	46,63

Çizelge 4.3.'de verilen ölçüm sonuçları incelendiğinde ham kumaşın enine (atkı) ve boyuna (çözü) yönündeki yırtılma mukavemeti değerleri izleyen işlemler sonrasında azalma göstermektedir.

Enzim uygulaması sonrası yünlü kumaşın yırtılma dayanımındaki azalma uygulanan saflaştırma yöntemleri açısından karşılaştırıldığında ise enzim aktivitesi ile orantılı olarak liyofilizasyon+diyaliz yöntemi ile saflaştırılan enzim ve ticari enzim uygulamasında diğerlerine göre daha fazla oranda azalma gerçekleşmiştir.

Azalma değerleri diğer işlem adımlarında da gözlenmiş ancak daha düşük düzeyde kalmıştır. Elde edilen sonuçlar ticari enzim ile karşılaştırıldığında benzer değerler elde edilmiştir.

Kumaşların, uygulanan kimyasal işlemler sonrasında dayanımlarında azalma meydana gelmesi söz konusudur. Bu azalmanın derecesi gerek denemeler sonrası saflaştırılan enzim uygulamalarında gerekse ticari olarak temin edilen enzim uygulamalarında kabul edilebilir değerler arasında kaldığı görülmüştür.

Tekstil uygulamalarında enzimlerin tercih edilmelerindeki en önemli nedenlerden bir tanesi sadece istenen noktaya etki etmesi, diğer kısımlarda belirgin bir deformasyon ya da bozunma yaratmamasıdır. Deneysel çalışma sonuçları da bu yaklaşımı desteklemektedir.

4.4.Ağırlık Kaybı Sonuçları

Kumaşlara, Martindale aşındırma test cihazında (Şekil 3.4) 9 Kg'lık yük altında 5000 devir ve 10000 devir olacak şekilde işlem uygulanmıştır. İşlem sonucunda kumaşın ağırlığındaki değişimler değerlendirilmiştir(Çizelge4.4).

Çizelge 4.4.Farklı saflaştırma yöntemi ile elde edilen proteaz enziminin uygulandığı yünlü kumaşlarda ağırlık kaybı ölçümü sonuçları

	Ham kumaşta ağırlık kaybı (%)		Ön yıkama yapılmış kumaşta ağırlık kaybı (%)		Ağartılmış kumaşta ağırlık kaybı (%)		Boyanmış kumaşta ağırlık kaybı (%)	
	5000 dv	10000 dv	5000 dv	10000 dv	5000 dv	10000 dv	5000 dv	10000 dv
Ham kumaş	3,13	3,58	3,40	4,68	2,55	3,82	3,14	4,33
Konsantrasyon+diyaliz	2,95	2,95	2,45	2,45	2,94	4,41	2,40	3,36
Çöktürme + diyaliz	3,01	4,02	3,39	5,33	4,22	5,16	2,90	3,73
Liyofilizasyon+diyaliz	1,41	3,30	3,55	3,70	2,94	4,41	2,69	4,48
Ticari proteaz	1,44	2,4	2,80	3,27	3,19	4,10	2,84	3,79

Ham kumaşta 10000 devir sonunda %3.58 ağırlık kaybı meydana gelirken ön yıkama yapılmış kumaşta %4.68, ağartılmış kumaşta %3.82, boyanmış kumaşta ise %4.33 ağırlık kaybı ortaya çıkmıştır. Enzimatik işlem uygulamadaki temel amaçlardan bir tanesi proteaz enziminin kumaş yapısı içerisindeki kısa liflere etki etmesi ve kullanım esnasında oluşabilecek boncuklanma sorununun ortadan kaldırılmasıdır.

Liyofilizasyon ve diyaliz işlemi sonrası elde edilen enzimin ham yünlü kumaşın gramajında yarattığı azalma daha düşük oranda gerçekleşmiştir. Sonuçta enzimin kumaş üzerinde etkisini gösterdiği, kısa lifleri uzaklaştırdığı için sürtünme sonrası dökülmelerin daha az oranda meydana geldiği söylenebilir. Bu sonuç ticari enzimle elde edilen sonuçla paraleldir. Diğer aşamalarda ortaya çıkan ağırlık kayıplarında sadece enzim değil, uygulanan işlemlerde etkili olmaktadır.

4.5. Renk ölçüm sonuçları

Çizelge 4.5. Farklı saflaştırma yöntemleriyle elde edilen proteaz enzimlerinin ve ticari proteaz enziminin uygulandığı ham kumaşlarda oluşan renk farklılıkları

	ΔE (renk farkı)	Sarılık indisi	Beyazlık indisi
Ham kumaş	-	24.158	49.360
Konsantre+ diyaliz	0,838	23,494	50,337
Çöktürme +diyaliz	1,317	23,960	49,689
Liyofilizasyon+diyaliz	0,588	24,079	48,509
Ticari enzim	0,402	24,099	48,664

Değerlerden de görülebileceği gibi saflaştırma yöntemleri içerisinde renk farklılığı açısından (ΔE) en iyi sonuç liyofilizasyon ve diyaliz uygulaması sonrası elde edilen enzimin uygulandığı ham yünlü kumaşta elde edilmiştir. Bu değer ticari enzim ile elde edilen değere çok yakındır. Ticari uygulamalarda işlemler sonrası renk farklılığı ölçümlerinde 1'in altındaki değerler kabul edilebilir renk farklılığı değeri olarak alınmaktadır.

Çizelge 4.5.'deki sonuçlar incelendiğinde enzimatik işlem uygulaması sonrası ham yünlü kumaşın renginde herhangi bir sararma ya da beyazlık derecesinde değişim meydana gelmemiştir.

4.6. Yağ Ölçümü Sonuçları

Çizelge 4.6. Enzim uygulanmamış yün kumaş, liyofilizasyon ve diyaliz ile kısmi saflaştırma yapılarak üretilen proteaz enziminin uygulandığı yün kumaş ve ticari proteaz enziminin uygulandığı yün kumaş yüzeyindeki yağ ölçüm sonuçları

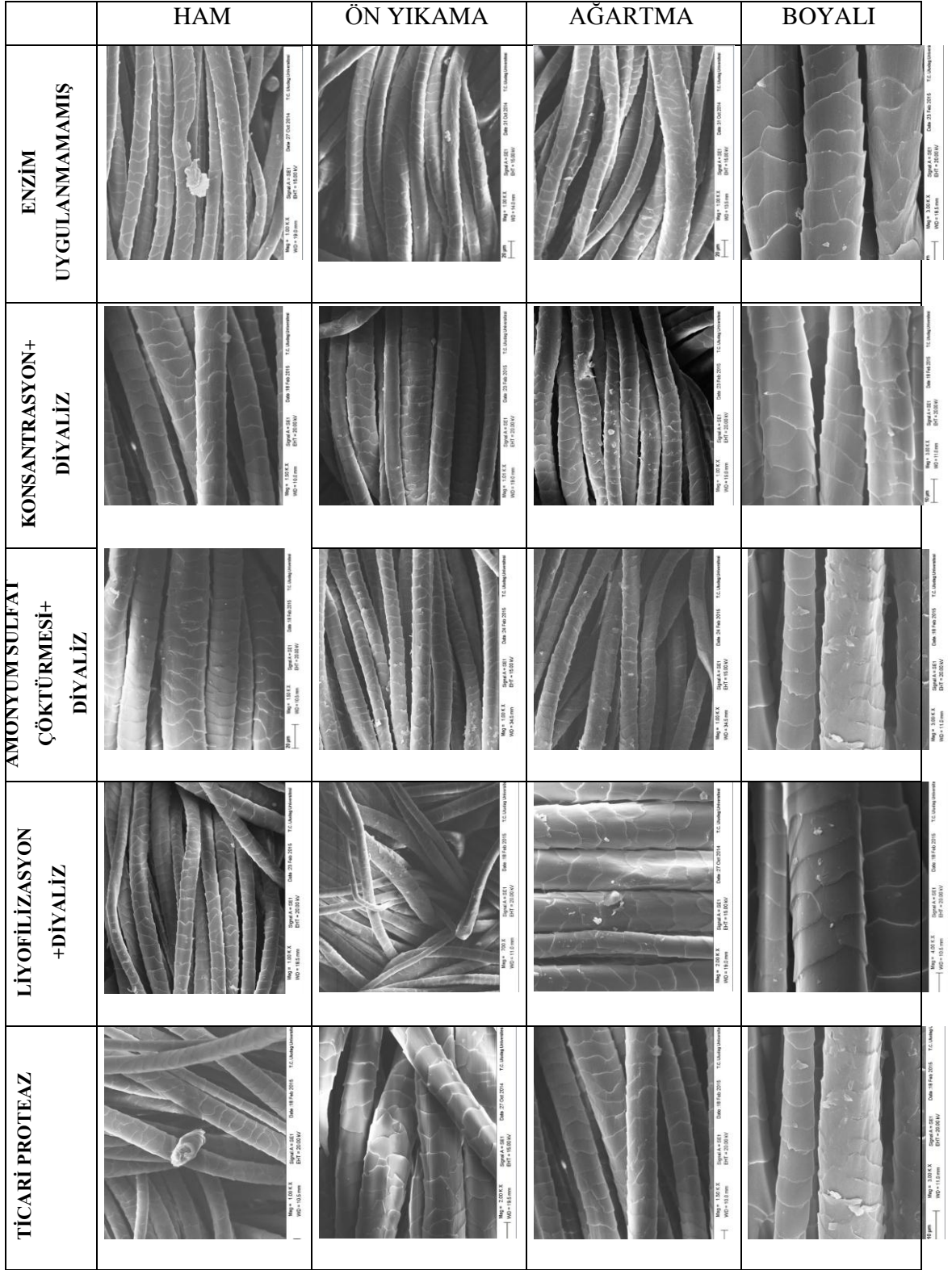
	% OPU (YAĞ)
Enzim uygulanmamış kumaş	1,40
L+D proteaz enzimi uygulanmış kumaş	0,26
Ticari proteaz enzimi uygulanmış kumaş	1,23

Yağ ölçümü sonuçlarına göre liyofilizasyon+diyaliz ile kısmi saflaştırma yapılarak üretilen proteaz enzimi uygulanan kumaşın yüzeyindeki yağ gideriminin ham kumaş ve ticari proteaz enziminin uygulandığı kumaştaki yağ giderimine oranla daha fazla olduğu görülmüştür (Çizelge4.6.)

Liyofilizasyon+diyaliz ile kısmi saflaştırma yapılarak üretilen proteaz enzimi uygulanan kumaşın yüzeyindeki yağ gideriminin ham kumaş ve ticari proteaz enzimi uygulanan kumaşın yüzeyindeki yağ gideriminden fazla olmasına rağmen subjektif olarak yapılan kumaş tutumu testi sonucuna göre liyofilizasyon+diyaliz ile kısmi saflaştırma yapılarak üretilen proteaz enzimi uygulanan kumaşın tuşesinde iyileşme görülmüştür.

4.7.SEM Ölçümleri

Uludağ Üniversitesi Fizik Bölümü laboratuvarında alınan Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)ile alınan görüntüler incelendiğinde enzim uygulanmamış ve her bir enzimin ayrı ayrı uygulandığı kumaş numunelerinde herhangi bir hasar görülmemektedir. Yırtılma mukavemeti sonuçlarının kabul edilebilir düzeyde olduğu bu görüntülerle de desteklenmiştir.

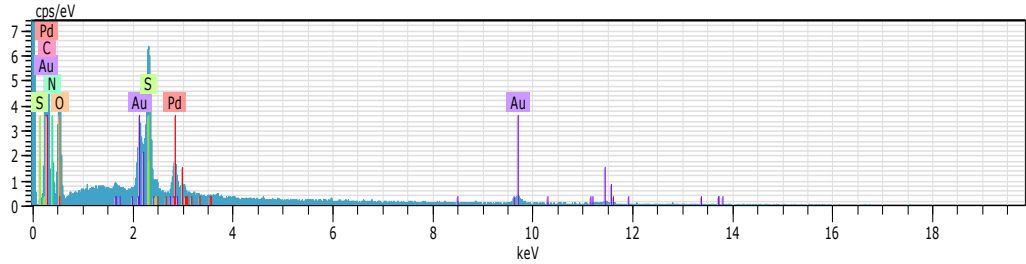


Şekil 4.7.Ham yün kumaş ve farklı proteaz enzimlerinin uygulandığı yün kumaşın yüzey tabakasında oluşan değişimlerin SEM ile görüntülenmesi

4.8.EDX Ölçümleri

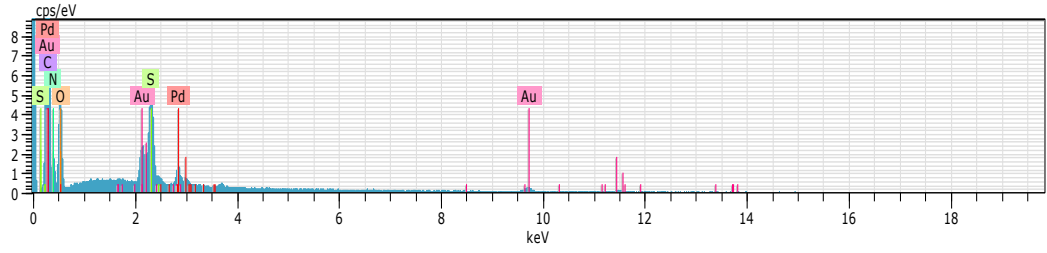
EDX ölçüm sonuçları incelendiğinde altın ve paladyum elementi ölçüm sırasında yapılan kaplama işleminden kaynaklanmaktadır. Diğer elementler O, N, C ve S yünün yapısında yer alan elementlerdir.

Bu dört element açısından ham kumaşın EDX ölçüm değerleri ile amonyum sülfat çöktürmesi ile saflaştırılan(Şekil 4.9) ve Ultrafiltrasyon ile konsantre edilen (Şekil 4.10) proteaz enzimi uygulanan yünlü kumaşlarda ölçüm sonuçları birbirine çok yakın çıkmıştır. Bu sonuçtan hareketle uygulanan proteaz enziminin yünlü kumaş üzerinde herhangi bir etkiye yol açmadığı söylenebilir. Ancak liyofilizasyon ve saflaştırma işlemi sonrası elde edilen proteaz enziminin yünlü kumaş üzerinde etkili olduğu ve buradaki atomca yüzde ağırlık değerlerine bakıldığında ticari enzim değerleri ile benzer sonuç verdiği görülmektedir(Şekil 4.11). Ayrıca ham yün değerlerinden farklı olması da kumaşa etki ettiğini göstermektedir.



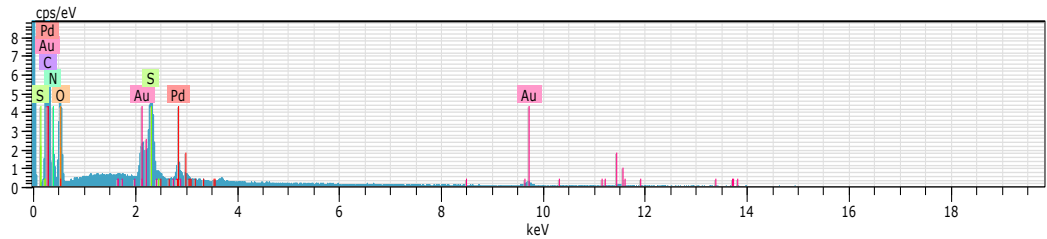
El	AN	Series	unn.C [wt.%]	norm.C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
O	8	K-series	49.29	42.28	48.73	14.2
N	7	K-series	28.04	24.05	31.67	5.7
Au	79	L-series	20.16	17.29	1.62	0.8
C	6	K-series	11.60	9.95	15.28	9.7
S	16	K-series	4.62	3.96	2.28	0.2
Pd	46	L-series	2.86	2.45	0.43	0.1
Total:			116.57	100.00	100.00	

Şekil 4.8.%100 yünlü kumaşın EDX analizi



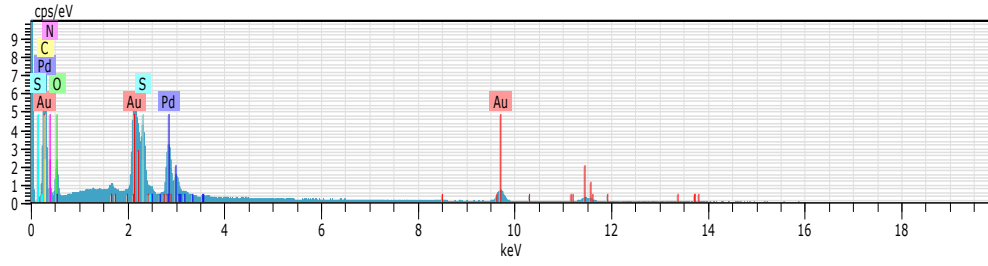
El	AN	Series	unn.C [wt.%]	norm.C [wt.%]	Atom.C [at.%]	Error [%]
O	8	K-series	44.26	44.26	48.83	20.2
N	7	K-series	24.98	24.98	31.48	9.4
Au	79	L-series	13.80	13.80	1.24	0.6
C	6	K-series	10.78	10.78	15.85	10.4
S	16	K-series	4.12	4.12	2.27	0.2
Pd	46	L-series	2.05	2.05	0.34	0.1
Total:			100.00	100.00	100.00	

Şekil 4.9. Amonyum sülfat çöktürmesi ve saf suya karşı diyaliz ile saflaştırılan proteaz enzimi uygulanan kumaşın EDX analizi sonucu



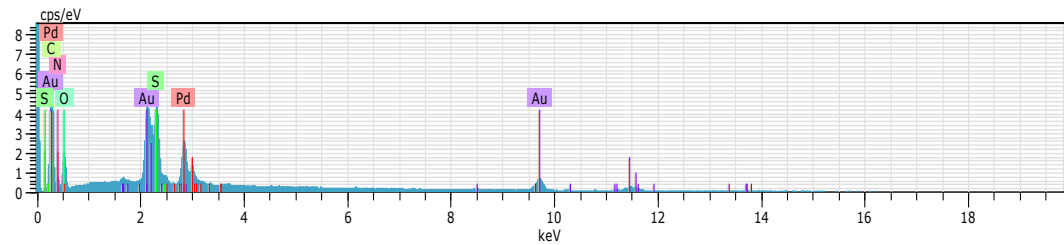
El	AN	Series	unn.C [wt.%]	norm.C [wt.%]	Atom.C [at.%]	Error [%]
O	8	K-series	46.94	39.19	47.70	14.4
N	7	K-series	28.90	24.13	33.55	6.0
Au	79	L-series	24.91	20.80	2.06	1.0
C	6	K-series	10.12	8.45	13.70	10.1
S	16	K-series	4.60	3.84	2.33	0.2
Pd	46	L-series	4.30	3.59	0.66	0.2
Total:			119.78	100.00	100.00	

Şekil 4.10. Ultrafiltrasyon ile konstantre edilerek saflaştırılan proteaz enziminin uygulandığı yünlü kumaşların EDX görüntüsü



El	AN	Series	unn.C [wt.%]	norm.C [wt.%]	Atom.C [at.%]	Error [%]
Au	79	L-series	43.69	38.07	5.10	1.4
O	8	K-series	27.20	23.70	39.05	7.4
N	7	K-series	22.92	19.97	37.58	4.2
Pd	46	L-series	9.67	8.43	2.09	0.3
C	6	K-series	6.76	5.89	12.94	6.7
S	16	K-series	4.52	3.94	3.24	0.2
Total:			114.77	100.00	100.00	

Şekil 4.11. Liyofilizasyon ile saflaştırılan proteaz enzimi uygulanan yünlü kumaşın EDX analizi sonucu

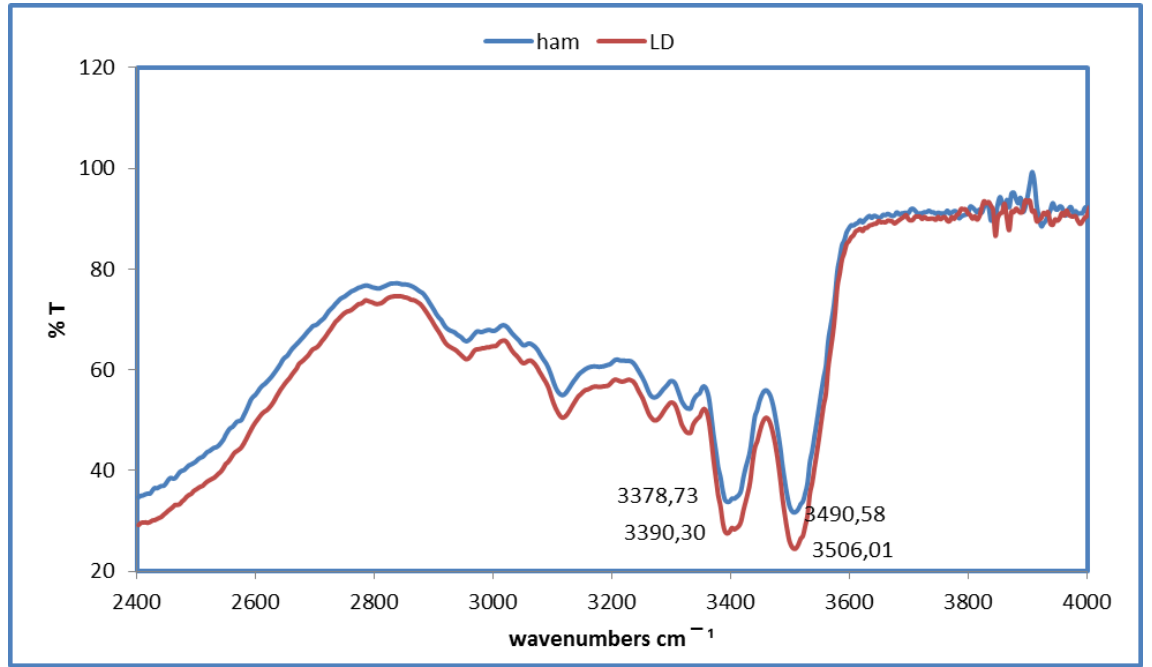


El	AN	Series	unn.C [wt.%]	norm.C [wt.%]	Atom.C [at.%]	Error [%]
Au	79	L-series	47.70	40.78	5.63	1.5
O	8	K-series	26.14	22.35	38.02	6.4
N	7	K-series	21.85	18.68	36.30	3.7
Pd	46	L-series	8.46	7.24	1.85	0.3
C	6	K-series	7.34	6.28	14.22	5.2
S	16	K-series	5.47	4.68	3.97	0.2
Total:			116.97	100.00	100.00	

Şekil 4.12. Ticari proteaz uygulanan yünlü kumaşın EDX analizi sonucu

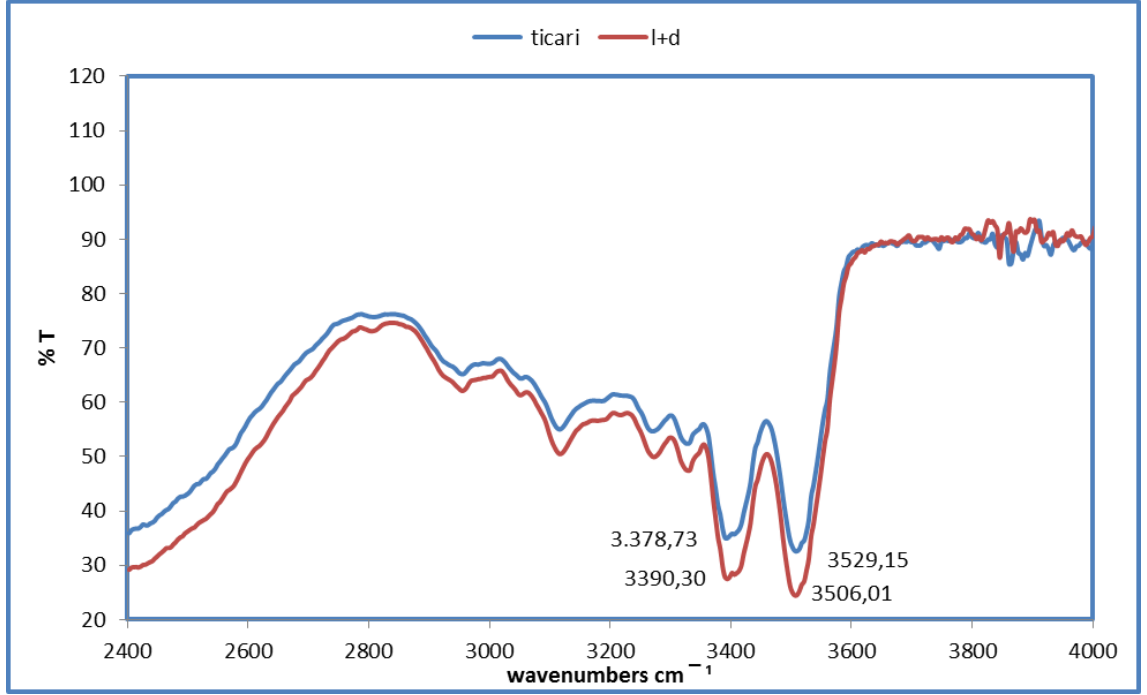
4.9.FTIR Ölçümleri

Uludağ Üniversitesi Kimya laboratuvarında yapılan Fourier Dönüşüm Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi ölçümü sonuçlarında liyofilizasyon ve diyaliz ile kısmi saflaştırma yapılan proteaz enziminin uygulandığı kumaş ve ham kumaşın dalga sayısı aralıkları ayrıca % geçirgenlik değerleri karşılaştırılmıştır. Bunun yanında ticari proteaz enziminin uygulandığı kumaş , liyofilizasyon ve diyaliz ile kısmi saflaştırma yapılarak elde edilen proteaz enziminin uygulandığı yün kumaş spektrumları incelenmiştir.



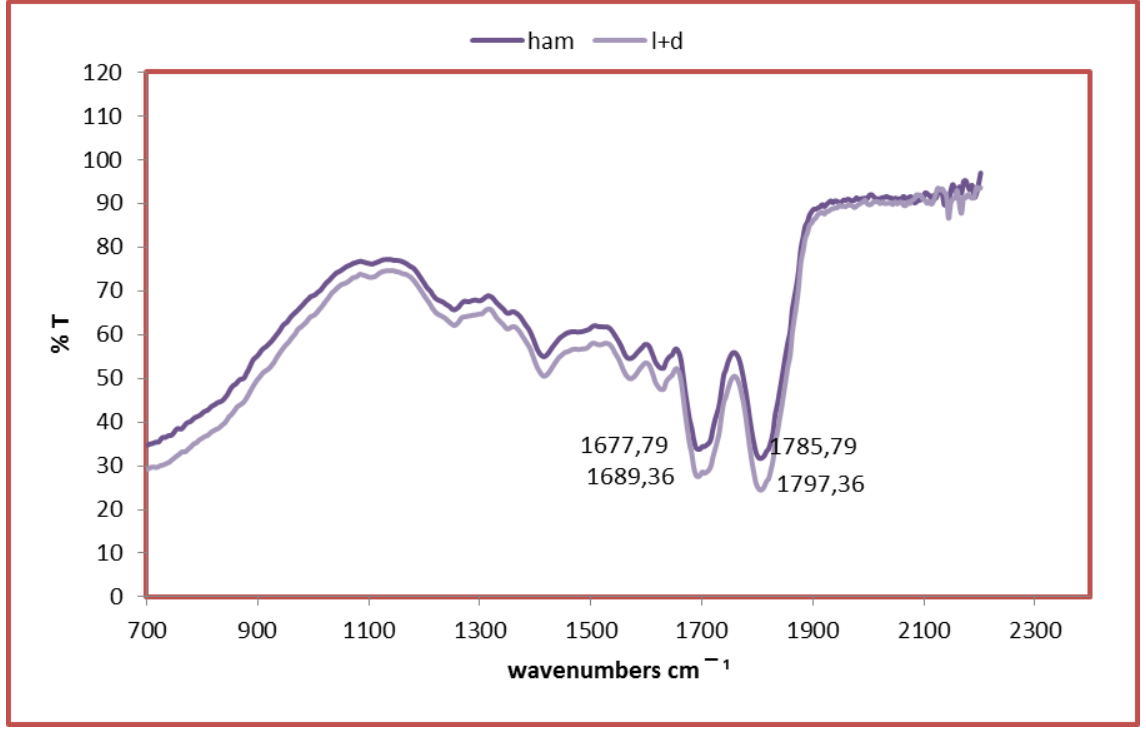
Şekil 4.13.Enzim uygulanmamış kumaş ve liyofilizasyon +diyaliz ile kısmi saflaştırma yapılan proteaz enzimi uygulanan yün kumaşın 2400 -4000 cm⁻¹ dalga sayısı aralığındaki infrared spektrumları

3100-3600 cm⁻¹ aralığına bakıldığında bu bölgede yayvan olarak gözlenen bandların, 3400-3500 cm⁻¹ civarındaki soğurma bandlarının O-H ve N-H gerilme titreşimlerinden kaynaklı olduğu söylenebilir. Bu bandların enzimatik işlem sonucunda daha geniş bir alan oluşturduğu, bu da hidrofilik grupların proteaz enzimi uygulaması ile arttığı düşüncesini desteklemektedir.



Şekil 4.14. Ticari proteaz enzimi uygulanmış kumaş ve liyofilizasyon +dializ ile kısmi saflaştırma yapılan proteaz enzimi uygulanan yün kumaşın 2400 -4000 cm⁻¹ dalga sayısı aralığındaki infrared spektrumları

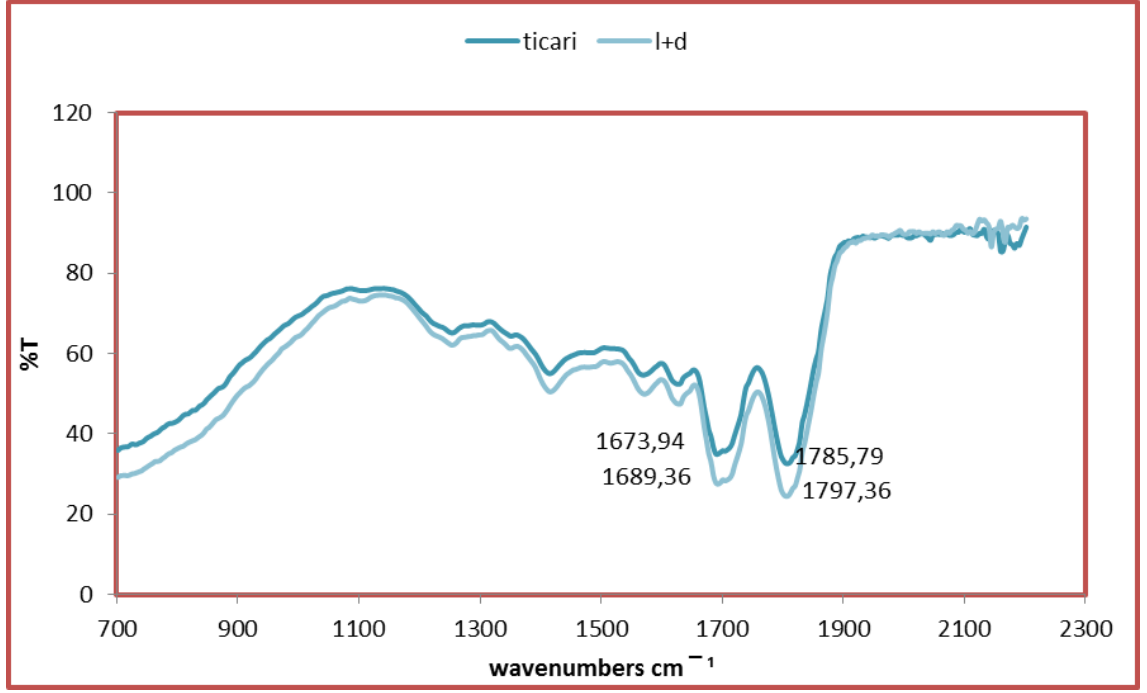
Ticari proteaz enzimi uygulanmış kumaş ve liyofilizasyon ile kısmi saflaştırma yapılarak üretilen proteaz enziminin uygulandığı kumaş karşılaştırıldığında 3400-3500 cm⁻¹ civarındaki O-H ve N-H gerilme titreşimlerinden kaynaklı soğurma bandlarının liyofilizasyon ile saflaştırılan proteaz enziminin uygulandığı yün kumaşta daha geniş bir alan kapladığını , dolayısıyla ticari proteaz enzimine karşı daha hidrofil bir yapı oluşturduğunu söylemek mümkündür.



Şekil 4.15. Ticari proteaz enzimi uygulanmış kumaş ve liyofilizasyon +dializ ile kısmi saflaştırma yapılan proteaz enzimi uygulanan yün kumaşın 700 -2300 cm⁻¹ dalga sayısı aralığındaki infrared spektrumları

IR spektrumlarındaki 1800 cm⁻¹ civarındaki şiddetli ve 3100-3600 cm⁻¹ aralığındaki yayvan banların varlığı molekülde karboksilli grubunun varlığını göstermektedir.

1680-1725 cm⁻¹ dalga sayısı aralığındaki keskin bir C=O gerilmesinden kaynaklı bandın varlığı yapıdaki karboksilik asiti göstermektedir. Liyofilizasyon ile saflaştırılan proteaz enziminin uygulandığı yün kumaştaki C=O gerilmesinden kaynaklı bandın enzim uygulanmamış kumaştakinden daha geniş bir alan kapladığı ,böylece karboksili gruplarında proteaz enzimi ile arttığı söylenebilir.



Şekil 4.16.Enzim uygulanmış kumaş ve liyofilizasyon +dializ ile kısmi saflaştırma yapılan proteaz enzimi uygulanan yün kumaşın 700 -2300 cm⁻¹ dalga sayısı aralığındaki infrared spektrumları

1680-1725 cm⁻¹ dalga sayısı aralığı ticari enzim uygulanmış kumaşın % geçirgenlik değeri ve liyofilizasyon ile saflaştırılan proteaz enziminin uygulandığı yün kumaştaki % geçirgenlik değeri karşılaştırıldığında , liyofilizasyon ile saflaştırılan proteaz enziminin uygulandığı yün kumaştaki geçirgenliğin oluşturduğu alan daha fazla olduğu için hidrofil karboksili grupların varlığındaki artışın daha fazla olduğu söylenebilir.

IR spektrum sonuçlarına göre yündeki fonksiyonel grupların (amin ve karboksilli asit) Enzimatik işlem sonucunda arttığı belirlenmiştir. Bu grupların artışı da kumaşın hidrofilik özelliğinin proteaz enzimi ile iyileştiğini ve fiziksel testler sonucunda gözlenen boyanabilirliğinin artışını desteklemektedir.

5.TARTIŞMA ve SONUÇ

Enzimler ekolojik terbiye işlemlerinde kullanımı her geçen gün artan protein esaslı maddelerdir. Yün terbiyesinde de enzim kullanımı ilgi çekicidir. Özellikle proteaz, yün terbiyesinde kullanımı en çok araştırılan enzimdir. Klasik klorlama prosesine alternatif olarak, proteazla çekmezlik ve boncuklaşma özelliğinin iyileştirilmesi sağlanmaktadır. Ancak enzim pulcuk tabakasını uzaklaştırdığı için lif zararının kontrol edilmesi çok önemlidir (Carla ve ark.2005).

Tutum geliştirme ve çekmezlik işlemleri, yün bitim işlemlerinde en önemli kaliteyi arttırıcı proseslerdir. Bununla birlikte, en önemli çekmezlik işlemlerinden biri hala, (chlorine-Hercosett) açığa çıkardığı ürünler ve su kirliliği sonucu absorbe edilebilir organik halojenlerle (AOX) atık su kirliliğine yol açan kloru kullanmaktadır. Bu proses, yün liflerinin yüzey özelliklerini modifiye eden klorlama işlemini içermektedir. Klorlama ile boyama afinitesini arttırmak için yün yüzeyinin oksidasyonu veya tutum özelliklerini modifiye etmek için yumuşatıcı maddelerin uygulanması gibi yaygın bitim işlemleri, tutum özelliklerini ve boyama davranışlarını geliştirmektedir. Bu proseslerin en büyük dezavantajı olan çevre kirliliğini önlemek için alternatif metotlara kıyasla liflerin enzimlerle muamele görmesi en önemli ekolojik ve ekonomik yoldur (Jus ve ark.2007, Körlü ve ark.2009).

Enzimler kimyasal olarak yüksek moleküllü proteinlerdir. Biyokimyasal reaksiyonları tükenmeden hızlandırmaktadırlar. Diğer bir deyişle enzimler katalitik aktiviteye sahip biyokimyasal katalizörlerdir. Endüstriyel olarak mikroorganizmaların fermantasyonu sonucu elde edilmektedirler. Üretimleri için çeşitli besi ortamları kullanılmakta; filtrasyon ve saflaştırma işlemlerinden sonra kullanıma hazır hale getirilmektedirler. Enzimler, az miktarlarda kullanılarak, yan ürün meydana getirmeden etki göstermekte, çevreye ve insana zarar vermemektedir (Karahana ve ark. 2007).

Bugüne kadar tanımlanan 3000 değişik enzimin bir çoğu endüstriyel ve biyoteknolojik uygulamalarda kullanılmasına karşın, bu enzimler talebi karşılayamamaktadır. Bu noktada esas sorun enzimlerin çoğunun endüstriyel reaksiyon koşullarına dayanıklı olmamasıdır. Bu yüzden, yeni enzim kaynaklarının ortaya çıkarılması amacıyla

mikroorganizmaların karakterizasyonu ve tanımlanması bilim insanlarının ve endüstrinin yoğun ilgisini çekmektedir.

Endüstriyel amaçlı enzim üretimlerinde kullanılacak olan mikroorganizmalar öncelikle doğadan izolasyon yoluyla elde edilmekte ya da enzim verimi potent olan mikroorganizmalardan rekombinant DNA teknolojisi ve mutasyon teknikleri ile artırılma yollarına gidilmektedir. Doğadan mikroorganizmaların izole edilmesi ve etkin yöntemlerle taranması sonucunda bulunacak olan yeni gen kaynakları yeni endüstriyel mikroorganizmaların ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Böylece doğadan yeni verimli kaynaklar bulunarak yeni bakteri suşları açığa çıkarılmakta ve bilim dünyasına kazandırılmaktadır (Baygın, 2015).

Ülkemizde genellikle var olan potent mikroorganizmalar ile çalışılmaktadır. Bu çalışmada Türkiye'nin 50 farklı şehirden izole edilerek yeni potent *Bacillus* sp. E6-5 suşundan üretilen proteaz enziminin yünlü kumaşlara uygulanabilirliği araştırılmıştır.

Çalışmanın ilk aşamasında üretilen proteaz enzimi % 100 yün kumaşa 3 ml/L, 6 ml/L ve 9 ml/L konsantrasyonlarında, pH 7 ve pH 8,5 da her bir terbiye aşamasında ayrı ayrı 1 saat uygulanmış ve en iyi çalışma koşulları 6 ml/L ve pH 7 olarak bulunmuştur.

Üretilen proteaz enzimi 3 farklı kısmi saflaştırma yöntemi ile saflaştırılmış ve yün kumaşa uygulanarak fiziksel özelliklerindeki değişim gözlemlenmiştir. Liyofilizasyon ve diyaliz ile kısmi saflaştırma yöntemi ile üretilen proteaz enziminin (2000 IU/ml) uygulandığı yün kumaş numunelerinin fiziksel özelliklerindeki iyileşme, % 80 amonyum sülfat ile çöktürülmüş ve 0,05 M fosfat tamponuna karşı diyaliz edilen proteaz enzimi (523 IU/ml) uygulanmış yün kumaşa ve ultrafiltrasyonla konsantre edildikten sonra saf suya karşı diyalize edilen proteaz enzimi (1250 IU/ml) uygulanan yün kumaşa oranla daha fazla olduğu görülmüştür. Bunun sebebi ise liyofilizasyon ile yapılan kısmi saflaştırma yönteminde daha yüksek aktivite elde edilmesi buna bağlı olarak da sağlanan etkinin daha fazla olduğu saptanmıştır. Aynı zamanda ticari proteaz enzimi uygulanmış kumaş ile liyofilizasyon ve diyaliz ile kısmi saflaştırma yöntemi ile üretilen proteaz enziminin uygulandığı kumaşın fiziksel özelliklerindeki değişimin paralel olduğu gözlemlenmiştir.

Enzimatik işlemler sonucunda yün kumaşın hidrofilitesi artırılmış ve boyanabilirlik özelliği geliştirilmiştir. Hidrofilitesinin artırıldığı FTIR sonuçları ile desteklenmiştir (Şekil 3.15 ve 3.17). Aynı etki Körlü ve ark. (2009) tarafından da sağlanmıştır. Çalışmalarında enzimle işlem görmüş bütün kumaşların işlem görmemiş kumaşlarla kıyaslandığında, boya alımında artış gösterdiği görülmüştür. Genellikle enzimatik işlem sonunda kumaşların boya absorpsiyonu, konvansiyonel yardımcı madde varlığında boyanmış, enzimle işlem görmemiş kumaşların boya absorpsiyonuna eşit olduğu veya bunların boya alımından daha üstün özellik gösterdiği kaydedilmiştir.

Yün esas olarak protein ve lipidlerden meydana geldiğinden, proteaz ve lipazlar yün lifi modifikasyonu için araştırılmaktadır. Çok sayıda araştırma göstermektedir ki, proteolitik enzimler çoğunlukla subtilisin ve papain (serin-proteaz ve sülfidril-proteaz) olmak üzere; öncelikle yün lifinin iç kısımlarının niteliğini bozmaktadır. Mesophilic proteazlarla yün muamelesi; keçeleşme eğilimini azaltmakta ve boyama afinitesinin artmasına yol açmaktadır. Lifin hem kutikula hem de korteks tabakası, proteolitik enzimlerle modifiye olmaktadır. Bununla birlikte, yün liflerinin düzgünlüğünü ve yumuşaklığını artıran, bunun yanı sıra daha iyi boyanabilirliğine olanak tanıyan, yüksek çekme dayanımı sağlamada proteaz enziminin kullanımı büyük önem taşımaktadır (Schumacher ve ark. 2001).

Yün liflerine uygulanan enzimatik işlemlerle deri artıkları, yün yağı ve bitkisel artıklar uzaklaştırılmaktadır. Bunun yanında yün yüzeyi modifiye edilerek hem hidrofillik, keçeleşmezlik sağlanmakta hem de parlak bir görünümle yumuşak bir tutum elde edilmektedir (Körlü ve ark. 2009).

Liyofilizasyon ve diyaliz ile kısmi saflaştırma yapılarak elde edilen proteaz enzimi uygulanan yün kumaşın çekme davranışında %4 azalma görülmüştür (Çizelge 4.1.) Aynı zamanda uygulanan proteaz enzimi etkisi ile kumaş yüzeyinde yağ giderimi sağlanmıştır (Çizelge 4.6.). Yağ giderimi sağlanmasına rağmen tuşede bir sertleşme gözlemlenmediği hatta ticari proteaz enzimi uygulanan yün kumaş ve ham yün kumaşa oranla daha yumuşak bir yüzey elde edildiği subjektif olarak test edilmiştir.

Jus ve ark.(2007) kimyasal olarak modifiye edilmiş proteaz enzimini yün liflerinin terbiyesinde kullanmışlardır. Proteaz, kutikula tabakasının hidrolizini sağlayarak keçeleşme eğiliminde azalma, tutumda iyileşme, çekme dayanımında artma sağlarken mukavemet ve ağırlık kaybına sebep olduğunu belirtmişlerdir.

Liyofilizasyon ve diyaliz ile kısmi saflaştırma yapılarak elde edilen proteaz enzimi uygulanan yün kumaşın mukavemet kayıplarının ihmal edilebilir düzeyde olduğu , ticari olarak kullanılan proteaz enzim ile mukavemet kayıplarının paralel olduğu Çizelge4.3 te gösterilmiştir.

Cardamone, Yao ve Philips (2005), tarafından yapılan çalışmada yünlü kumaşlar üzerinde kombine ağartma , çekmezlik ve biyo-parlatma işlemi yapılmıştır. Kumaşların enzim ile muamele edilmesi ile yüzeydeki tüylenme giderilmiş, parlak ve yumuşak bir yüzey elde edilmiştir.

Eker (2011) tarafından yapılan çalışmada enzim uygulaması ile yünlü kumaş yüzeyindeki boncuklanma eğiliminde azalma olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada *Bacillus* sp.E6-5 bakterisi ile üretilen proteaz enziminin liyofilizasyon ve diyaliz ile kısmi saflaştırma yapılarak %100 yün kumaşa uygulanmasıyla kumaş yüzeyindeki boncuklanma eğilimi büyük ölçüde azaltılmıştır (Şekil4.5.). Boncuklanma özelliğindeki azalma derecesi ticari proteaz uygulanan yün kumaş ile benzer nitelikte olduğu gözlemlenmiştir (Şekil4.6.).

Sonuç olarak bu çalışmada ulusal kaynaklardan izole edilerek üretilen proteaz enziminin yün kumaşlarda uygulanabilirliğinin olduğu görülmüştür. Uygulanan enzimatik işlemler ile hem yün lifine yeni fonksiyonel özellikler kazandırılmakta hem de var olan özellikleri korunmaktadır.

Çalışma kapsamında üretilen proteaz enziminin, endüstriye aktarılması ve ticarileşmesi mümkün gözükmektedir. Bundan sonraki yapılacak araştırmalarda enzimin endüstriyel boyutta üretilmesi ve tekstilin farklı alanlarında kullanılacak enzim yapıları üzerine çalışmalara devam edilmesinin, ülkemizdeki enzim üretimine önemli katkı sağlayacağı açıktır.

KAYNAKLAR

Amora, A.Amro and Ehab A.Serour.2008. Wool Quality Improvement Using Thermophilic Crude Proteolytic Microbial Enzymes , American – *Eurasion J.Agric & Environ. Sci.* 3(4): 554-560.

Aniş,P., Davulcu, A., Eren, A.H. 2008.Enzymatic Pretreatment of Cotton. Part 1. Desizing and Glucose Generation in Desizing Liquor, *FİBRES & TEXTİLES in Eastern Europe*, 16(4): 100-103

Anonim, 2009. Yün ve Yün Karışımlarının Lab Boyama Prosesleri.Clariant,2009.Türkiye.

Anonim,2011.Yün.<http://www.temyad.com/app/kullaniciodosyalari/Y%C3%9CN%202.pdf>.(14.03.2015).

Anonim,2013. Organik Bileşikler: Proteinler.
<http://biyolojiden.blogspot.com.tr/p/organik-bilesikler-3-proteinler.html>.(01.06.2015)

Anonim,2012.Proteinler.
http://80.251.40.59/veterinary.ankara.edu.tr/fidanci/Ders_Notlari/Ders_Notlari/Proteinler.html. (30.04.2015).

Anonim, 2012.Macro and Micro Structure of Wool Fiber. <http://textilebd-yarn.blogspot.com.tr/2012/02/macro-and-micro-structure-of-wool-fiber.html>. (01.04.2015)

Anonim,2001.Color Mission, 2001, İstanbul.

Arık, B., Körlü, E.A., Duran, K. 2008. Lakkaz Enzimlerinin Tekstilde Kullanım Alanları, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*,2, 17-22

BHAT, M.K., 2000. Cellulases and related enzymes in biotechnology. *Biotechnology Advances*,18(2000) 355-383

Baygın, E.2015. Topraktan fitaz enzimi üreten *Bacillus* sp. suşlarının taranması ve besinsel faktörlerin fitaz üretimi üzerine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Bursa.

Banerjee, U.C., Sani, R.K., Azmi, W., Soni, R, 1999. Thermostable Alkaline Protease From *Bacillus brevis* and its Characterization as a Laundry Detergent Additive. *Process Biochemistry*. 35

Bahtiyari, İ., Akça, C., Duran, K. 2008. Yün Lifinin Yeni Kullanım Olanları. *Tekstil ve Konfeksiyon*,cilt18:4-7.

Başer, İ. 2002. Elyaf Bilgisi. Marmara Üniversitesi, İstanbul, 173 s.

Choudhury, A.K.R.,2014 .Sustainable Textile Wet Processing:Applications of Enzymes. *Roadmap to Sustainable Textiles and Clothing,Textile Science and Clothing Technology*, DOI: 10.1007/978-981-287-065-0_7

Cai S., Huang Z-H., Zhang X-Q., Cao Z-J, Zhau M-H, Hang F.,2011. Identification of a Keratinase-Producing Bacterial Strain and Enzymatic Study for its Improvement on Shrink Resistance and Tensile Strength of Wool -and Polyester- Blended Fabric, *App Brochem Biotechnol*,163,112-126.

Çalışkan, A., 2014. Endüstriyel Enzimlerin Kullanım Alanları. <http://masa9rehberi.com/endustriyel-enzimlerin-kullanim-alanlari-proteazlar/> (10.04.2015).

Duran,K.,Bozacı,E.,Karahan,E.2007. Protein Esaslı Mamüllerin Enzimatik Ön Terbiyesi.*Tekstil ve Konfeksiyon*,(3):187-191.

Denizci AA,Kazan D, Abeln ECA,Erarslan A 2004. Newly isolated *Bacillus clausii* GMBAE 42: an alkaline protease producer capable to grow under higly alkaline conditions, *J Appl Microbiol* 96: 320-327

Eren, P.,2011.Farklı Hammaddeler İçeren Lycları Dokuma Kumaşlarda Biyo-Parlatma ve Biyo-Parlatmanın Kumaş Performansına Etkileri. . *Yüksek Lisans Tezi*, ÇÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.

Feng, X.,Patterson, D.A., Balaban, M.and Emanuelsson, E. A. C., 2013. Enabling the utilization of wool as an enzyme support : Enhancing the activity and stability of lipase immobilized onto woolen cloth.*Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 102, pp. 526-533.

Goudarzi, G.,Sephehrizadeh, Z., Yazdi, M.T., Jamshidiha, M.2008. Comparison of Surface Modification of Wool Fibres Using Pronase, Trypsin, Papain and Pepsin. *FIBRES & TEXTİLE in Eastem Europe*, 3 (68) : 90-92

Herbert RA 1992 A perspective on the biotechnological potential of extremophiles, *Trends Biotechnol* 10: 395-402.

Infante I., A.Marel M., C. Ubalde M., Martinez- Rosales C., Belvisi S., Castro-Sawinski S.2010., Wool- degrading Bacillus isolates: extracellular proteas production for microbial. *Biotechnol* 26, 1047- 1052

Jasvir, S., Navdeep, G., Gina, D., Debendra, K., 1998. Studies on Alkaline Protease by *Bacillus* sp. NG312. All Rights of Any Nature Whatsoever Reserved. 0273-2289/99/76/0057.

Jus, S., Schroeder, M., Guebitz, G.M., Heine , E., Kokol, V.2007. The Influence of Enzymatic Treatment on Wool Fibre Properties Wing PEG-modified Proteases. *Enzyme and Microbial Technology*, 40, sf: 1705-1711).

Karahan, H.A., Demir, A., Özdoğan, E.,Öktem, T., Seventekin, N. 2007. Tekstil Malzemelerinin Yüzey Modifikasyonlarında Kullanılan Bazı Yöntemler. *Tekstil ve Konfeksiyon*, (4):248-255

Keay, L., S.B., Wildi, 1970. Proteases of thegenus *Bacillus*. I. Neutral Proteases. *Biotechnology. Bioengn.* 12:179-212

Koç, M.2013. *Geobacillus* Türlerinde Termostabil Lipaz Üretimi . *Yüksek Lisans Tezi*, AÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Ankara.

Körlü,A.,Altay,P.2009. Enzimlerle Yün Terbiyesi. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3(2):81-91.

Kumar, V.S., Meenakshisundaram, S., Selvakumar, N.2008. Conservation of cellulase enzyme in biopolishing application of cotton fabrics, *Journal of the Textile Institue*, 99(4), 339-346

Lantto R., Ellis J., Fatorella E & Cortez J.,2012. Influence of different pretreatments on the accessibility of transglutaminase and tyrosinose to wool fibre proteins , *The Journal of The Textile Institute* 103(1): 55-63

Madigan MT, Marrs BL (1997) Extremophiles, *J Sci Am* 276: 66-71.

Montazer, M.,Mazaheri, F.,Khosravion, Sh., Azimi, M., Moghadam, M.B., Sadeghi, A.H.2011. Application of Resins and Crosslinking Agents on Fiber Blend Fabric to Reduce Pilling Performence , Optimezed by Response Surface Methodology. *Journal of Vinyl &Additive Technology* , 10.1002/vnl.20274

Montazer, M., Seifollahzadeh S.2011., Enhanced Self- Cleaning , Antibacterial and UV Protection Properties of Nano TiO2 Treated Textile through Enzymatic Pretreatment, Photochemistry and Photobiology, *Journal of Vinyl & Additive Technology* 87, 877-883

Montazer, M.Pajootan, E., Lesson, F.2012. Microbial Transglutaminase enchances the physical ans mechanical properties of depigmented wool. *Tekstile Engineering Department, Center of Excellence in Textile, Amirkabşr University of Techonology, Tahran, Iran.*

Özşahin, A.D.,2006. Kahramanmaraş İli Kağıt Fabrikaları Çevresinde İzolasyonu Yapılan *Bacillus sp.* Suşlarından Elde Edilen Selülaz Enziminin Karakterizasyonu ve Biyoteknolojide Kullanılabilirliğinin Araştırılması.*Yüksek Lisans Tezi*, KSU Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.

Paul, R.2015.Functional Finishes for Textiles, USA.<https://www.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=PZlZAwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA193&dq=protease+enzyme+applied+to+wool&ots=5CgXm24PG6&sig=CnewSaf> – (14.04.2015)

Park, M., Kim, H.Y., Jin, F.L., Lee, S.Y., Choi, H.S. 2013. Combined Effect of Corona Discharge and Enzymatic Treatment on the Mechanical and Surface Properties of Wool. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20(2014): 179-183

SARIŞIK M.2001. Proteazlar, Lipazlar, Tekstil Terbiye İşlemlerinde Enzimler, 286, DEFÜ, Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İZMİR , 28-29

Sancar, B., Paksoy, N., Balcı, O., Kurtoğlu, N. 2012. Pamuklu Dokuma Kumaşların Boyamaya Hazırlık İşlemlerinde Enzim Kullanım Olanaklarının İncelenmesi ve Kombine Proses Geliştirilmesi, *Tekstil ve Mühendis*, 19:86, 7-13

Saravan D., Sree Lokshmi S.N , Senthil Rajo K. & Vasanthi N.S ,2013. Biopolishing of cotton fabric with fungal cellulose and its effect on the morphology of cotton fibres , *Indian Journal of Fibre & Tekxtile Research*. 38 , 156-160

Sabale,A.,Rane, V.,2012. Enzymes - for today and tomorrow.India. <http://www.specchemonline.com/articles/view/enzymes-for-today-and-tomorrow#.VXBkEdLtmkp> (03.02.2015

Schumacher, K.,Heine,E., Höcker, H.,2001. Extremozymes for improving wool properties, *Journal of Biotechnology* 89 sf: 281–288.

Stanescu, M.D., Dochia, M., Radu, D., Sirghie, C. 2010. Green Solution for Cotton Scouring, *Fibres & Textiles in Eastern Europe* ,18(3): 109-111

Smith E., Shen J.2011., Surface modification of wool with protease extracted polypeptides, *Journal od Biotechnology* 156, 134-140

Stefanie G. McCloskey and Joseph M. Jump., 2005. Bio-Polishing of Polyester and Polyester/Cotton Fabric. *Textile Research Journal*, 75(6):480-484.

Vilchez, S., Jovancie, P., Erra, P.2010. Influence of Chitosan on the Effect of Proteases on Wool Fibers. *Fibers end Polymers*, Vol.11, No.1, 28-35.

Wiseman, A. 1987. Handbook of Enzymes Biotechnology. Second Edition. Chapter 3: The Application of Enzymes in Industry, pp: 274-373.

Wan,A.,Yu, W., Jiang, G. 2013. Pilling Properties of Wool Single Jersey Made of Compact and Conventional Ring Yarns After Anti- felting Treatment. *Textile Research Journal*. 10.1177/0040517513509854

Wang, Q.,Wang, P.,Fan, X.,Cui, L.,Zhao, X.,Gao, X.2009.A Comparative Study on Wool Bio-antifelting Based on Different Chemical Pretreatments, *Fibers and Polymers*.Vol.10, No.5, 724-730

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	:Meral Doğan
Doğum Yeri	:Bursa/Orhaneli
Doğum Tarihi	:29.03.1988
Eğitim Durumu	
Lise	:Türkan Sait Yılmaz Anadolu Lisesi (2002-2006)
Ön Lisans	:Dumlupınar Üniversitesi (2006-2008)
Lisans	:Uludağ Üniversitesi (2008-2011)
Yüksek Lisans	:Uludağ Üniversitesi (2012-2015)
Çalıştığı Kurum	:Nuri Eker Gıda ve Tarım Ürünleri LTD.ŞTİ. (2009-2015)
İletişim(eposta)	:meraldogan88@gmail.com