

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

SÜT LİFLERİNDEN ÜRETİLEN KUMAŞLARIN ÖN TERBİYE
İŞLEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HALİME GÖKÇİN SEVGİSUNAR

DENİZLİ, ARALIK, 2015

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



SÜT LİFLERİNDEN ÜRETİLEN KUMAŞLARIN ÖN TERBİYE
İŞLEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HALİME GÖKÇİN SEVGİSUNAR

DENİZLİ, ARALIK, 2015

KABUL VE ONAY SAYFASI

Halime Gökçin SEVGİSUNAR tarafından hazırlanan "SÜT LİFLERİNDEN ÜRETİLEN KUMAŞLARIN ÖN TERBİYE İŞLEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI" adlı tez çalışmasının savunma sınavı 17.12.2015 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği /oy çokluğu ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

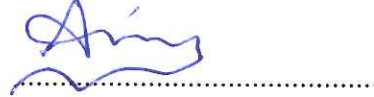
Jüri Üyeleri

İmza

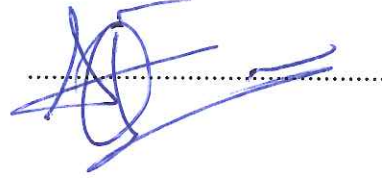
Danışman
Doç. Dr. Arzu YAVAŞ



Üye
Doç. Dr. Osman Ozan AVINÇ
Pamukkale Üniversitesi



Üye
Doç Dr. Arif Taner ÖZGÜNEY
Ege Üniversitesi



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 13.01.2016. tarih ve 02/22.....sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Orhan KARABULUT

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tez çalışması Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 2014FBE016 nolu proje ile desteklenmiştir.

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



HALİME GÖKÇİN SEVGİSUNAR

ÖZET

**SÜT LİFLERİNDEN ÜRETİLEN KUMAŞLARIN ÖN TERBİYE
İŞLEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
HALİME GÖKÇİN SEVGİSUNAR
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. ARZU YAVAŞ)
DENİZLİ, KASIM 2015**

Rejenere protein lifleri; doğal kaynaklı lifler sınıfından olan rejenere selüloz lifleri kadar önem kazanamamışlardır. 1935 yılından sonra bu liflerin birçok ülkede üretilmesiyle ilgili çalışmalar yapılmış; fakat sonrasında istenilen fiziksel teknolojik özellikleri karşılayamadıklarından dolayı üretimleri durdurulmuştur. Petrol kaynaklı sentetik liflerin fiziksel teknolojik özelliklerinin rejenere protein liflerinden çok daha iyi olmasından dolayı bütün ilgi bu lifler üzerine yoğunlaşmıştır.

Günümüze gelindiğinde ise; hammaddesi doğadan elde edilen ve birtakım işlemlerle biçimi değiştirilen rejenere protein liflerinin öneminin arttığını görmekteyiz. Yün liflerine benzer özellikler sergilemesiyle birçok açıdan avantajlı sayılabilen rejenere protein liflerinden süt protein liflerinin, alternatif lif olarak üretilebileceği ve ileride tekstil sektörü için yeni çalışmalara ilham kaynağı olabileceği düşünülmektedir.

Bu tez çalışmasında rejenere protein liflerinden % 100 süt protein liflerinden üretilmiş kumaşların ön terbiye işlemleri incelenmiştir. Ön terbiye işlemlerinde indirgen, yükseltgen maddelerle ağartma yanında enzimlerle de çalışılmıştır. Konvansiyonel yöntem ve mikrodalga enerjisi kullanılarak işlem görmüş numunelerin beyazlık/sarıklık ve mukavemet değerleri ile hidrofiliteleri belirlenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: Rejenere protein lifleri, süt protein lifleri, ön terbiye

ABSTRACT

PRE-TREATMENTS OF MILK (CASEIN) FIBER FABRICS

MSc THESIS

HALİME GÖKÇİN SEVGİSUNAR

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

TEXTILE ENGINEERING

(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. ARZU YAVAŞ)

DENİZLİ, KASIM 2015

Regenerated protein fibers have not gained much importance as regenerated cellulose fibers, which are sourced from natural fibers class. After 1935, studies related to the production of these fibers made in many countries; but then it's production stopped because fiber had no satisfying physical technological properties. All attention focused on these fibers because, physical technological properties of petroleum-based synthetic fibers are much more better than regenerated protein fibers.

Today, we see the importance of regenerated protein fibers are increasing due to obtained from natural raw materials and reshaped after processes. Milk protein fibers of regenerated protein fibers can be considered advantageous in many respects that exhibit similar characteristics to wool fibers are thought to be a source of inspiration for new studies for the textile industry in the future.

In this thesis, pretreatment processes of fabrics made from %100 milk protein fibers of regenerated protein fibers are investigated. In addition to bleaching with reductive and oxidative agents, enzymes were also studied during the pretreatment processes. Hydrophility, whiteness/yellowness and resistance values of processed samples are determined with conventional method and microwave energy and results are compared.

KEYWORDS: Regenerated protein fibers, milk protein fibers, pre-treatment

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ	xi
1. GİRİŞ	1
2. TEKSTİL LİFLERİ	3
2.1 Tekstil Liflerinin Yıllara Göre Kullanım Miktarları ve Trendler	6
2.2 Rejenere Protein Lifleri	8
2.2.1 Yer Fıstığı Protein Lifi (Ardil)	13
2.2.2 Soya Fasulyesi Protein Lifi (Silkool).....	14
2.2.3 Zein Lifi (Vicara)	17
2.2.4 Süt Proteini (Kazein) Lifi	19
2.2.4.1 Süt ve İçeriğindeki Kazein Proteini	19
2.2.4.2 Süt Liflerinin Tarihçesi	20
2.2.4.3 Süt Liflerinin Üretim Prosesi.....	23
2.2.4.4 Süt Liflerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	27
2.2.4.5 Süt Liflerinin Fiziksel ve Kimyasal Yöntemlerle Analizi	32
2.2.4.6 Süt Liflerinin Kullanım Alanları	34
2.2.4.7 Kazein ile İlgili Tekstil Alanında Yapılan Çalışmalar	37
2.2.4.8 Süt Lifleri ile İlgili Tekstil Terbiyesi Alanında Yapılan Çalışmalar	42
3. AĞARTMA İŞLEMLERİ	46
3.1 Süt Lifleri ve Bu Liflerle Karışım Halinde Kullanılan Liflerin Ağartılması	46
3.2 Yünlü Mamullerin Ağartılması	47
3.2.1 Yükseltgen Maddelerle Ağartma.....	47
3.2.2 İndirgen Maddelerle Ağartma	48
3.3 Enzimler	49
3.3.1 Tekstil Endüstrisinde Enzim Kullanımı	50
3.3.2 Proteazlar.....	52
3.3.3 Yünlü Mamullerin Enzimlerle Ağartılmasıyla İlgili Yapılan Çalışmalar.....	53
4. YÖNTEM	56
4.1 Materyal.....	56
4.2 Metot	58
4.3 Çalışmada Uygulanan Testler ve Yapılan Ölçümler	63
5. BULGULAR	66
5.1 Süt Liflerinin Yükseltgen Maddeyle (hidrojen peroksit) H ₂ O ₂ ile Ağartılması	66
5.1.1 Süt Liflerinin hidrojen peroksit (H ₂ O ₂) ile Bazik Ortamda Ağartılması	66
5.1.2 Süt Liflerinin hidrojen peroksit (H ₂ O ₂) ile Asidik Ortamda Ağartılması	73

5.2 Süt Liflerinin İndirgen Ağartma Maddeleri ile Ağartılması	76
5.3 Süt Liflerinin Yükseltgen/İndirgen Ağartma Maddeleri ile Kombine Ağartılması	93
5.4 % 100 Süt Lifi Kumaşların Mikrodalga Enerjisi Kullanılarak Ağartılması	99
5.5 Ağartma Yapılmış % 100 Süt Lifi Kumaşların Patlama Mukavemetlerinin Değerlendirilmesi	104
5.6 % 100 Süt Lifi Kumaşların Ağartma Flottelerinin Kimyasal Okijen İhtiyacı (KOI) Değerlerinin İncelenmesi	110
5.7 Süt liflerinin Enzimatik İşlemleri	111
5.7.1 Süt liflerinin Enzimatik İşlem Sonrası ve Yükseltgen (H ₂ O ₂) İndirgen Maddelerle Kombinasyon İşlemleri	116
5.7.2 Selüloz Lifleri için Uygulanan Amilaz, Pektinaz, Selülaz Gibi Enzimlerin Süt Liflerine Etkisi	118
5.8 Süt Liflerine Uygulanan Enzimatik İşlemin Boncuklanmaya Etkisi	121
5.9 Süt Lifi Numunelerinin FTIR Analizleri	121
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	123
7. KAYNAKLAR	127
8. ÖZGEÇMİŞ	138

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: 1700-2100 döneminde dünyadaki elyaf talebi değişimi.....	6
Şekil 2.2: 1900-2015 yılları arasında dünyada tüketilen tekstil lifi (milyon ton).....	7
Şekil 2.3: Kimyasal liflerin bölgelere göre dünyada milyon ton olarak üretimi.	7
Şekil 2.4: Yerfıstığı görüntüsü.....	14
Şekil 2.5: Yerfıstığı proteinlerinden olan ardil lifleri'nin SEM görüntüleri (ICI Şirketi).	14
Şekil 2.6: Soya fasulyesi görüntüsü.....	15
Şekil 2.7: Soya fasulyesi protein liflerinin a) boyuna kesit, b) enine kesit SEM görüntüleri.....	16
Şekil 2.8: Soya fasulyesi proteininden elde edilen iplik örnekleri.	17
Şekil 2.9: Zein lifi (Vicara).....	18
Şekil 2.10: Süt lifinin üretim aşamalarına ait şema	26
Şekil 2.11: a) 20. y.y'da süt liflerinin (<i>Aralac</i>) boyuna kesitinin görünüşü (x 75) b) 20. y.y'da süt liflerinin (<i>Aralac</i>) enine kesitinin görünüşü (x 380).....	27
Şekil 2.12: 'Merinova' ve 'Protilon' süt liflerinin enine ve boyuna kesitlerinin SEM görüntüleri.....	28
Şekil 2.13: Farklı ticari isimlere sahip süt liflerinin FTIR/ATR spektrumları.....	28
Şekil 2.14: Süt proteini lif örneği	30
Şekil 2.15: Sertleştirilmiş, gerdirilmiş ve tekrar sertleştirme işlemine tabi tutulmuş süt lifinin (Fibrolane BX) gerilim-esneme diyagramı.....	32
Şekil 2.16: a) Bluz dışındaki iki parça Aralak ve Rayon karışımı, b) %50 Rayon %50 Aralaktan üretilen bornoz.....	35
Şekil 2.17: %94 yün ve %6 kazein olan Montgomery semtinin klasik stili....	36
Şekil 2.18: İşlem görmemiş (A), kazeinle işlem görmüş (B) veya hidrofobinle işlem görmüş pamuklu kumaşın (C) SEM görüntüleri	41
Şekil 2.19: PVA-süt nanoliflerinin morfolojisinin SEM görüntüleri	41
Şekil 2.20: Sıcaklığın boyama üzerine etkisi ve zamanın boyama üzerine etkisi.....	42
Şekil 3.1: Enzim ve substrat arasındaki ilişki.....	50
Şekil 3.2: Enzimin işleyiş mekanizması.	50
Şekil 3.3: Proteazlar ile proteolitik reaksiyon.....	53
Şekil 4.1: Süprem kumaşın a) ilmek diyagramı b) şematik görünümü	56
Şekil 4.2: Kumaş kalınlık ölçüm cihazı.....	64
Şekil 5.1: Isıl işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik	72
Şekil 5.2: %100 süt lifi numunelerin pH'a bağlı olarak ağırlık kayıplarına ait grafik	72
Şekil 5.3: Süt liflerinin hidrojenperoksit (H ₂ O ₂) ile asidik ortamda ağartılmasına ait beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik	75
Şekil 5.4: Genred OX ticari ürünüyle pH 8,5-10'da işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik.....	77

Şekil 5.5:	Genred OX ticari ürünüyle pH 5’de işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik.....	78
Şekil 5.6:	Redulit WOL ticari ürünüyle farklı pH’larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik.....	79
Şekil 5.7:	Rucorit RGI ile pH 5,7,9,11’de işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik.....	80
Şekil 5.8:	Rongalit C ticari ürünüyle farklı pH’larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik.....	81
Şekil 5.9:	TUDO (<i>tiyoüre dioksit</i>) ile farklı pH’larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik.....	83
Şekil 5.10:	TUDO (<i>tiyoüre dioksit</i>) ile 90 °C’de işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik.....	84
Şekil 5.11:	Isopon ERC ticari ürünüyle pH 10’da işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik.....	85
Şekil 5.12:	Isopon ERC ticari ürünüyle pH 5’de işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik.....	86
Şekil 5.13:	Decrolin ticari ürünüyle farklı pH’larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik.....	88
Şekil 5.14:	Blankit IN ticari ürünüyle farklı pH’larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik.....	89
Şekil 5.15:	Tanede LR ile pH 5’de işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik.....	90
Şekil 5.16:	Hidrosülfid ile 90 °C’de farklı pH’larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik.....	91
Şekil 5.17:	Hidrosülfid ile 70 °C’de işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik.....	93
Şekil 5.18:	Asidik ortamda hidrojenperoksit (65 ml/l) ağartması sonrası uygulanan indirgen ağartmaların beyazlık değerlerine ait grafik	95
Şekil 5.19:	Asidik ortamda hidrojenperoksit (90 ml/l) ağartması sonrası uygulanan indirgen ağartmaların beyazlık değerlerine ait grafik	96
Şekil 5.20:	Bazik ortamda 50°C’de hidrojenperoksit (45ml/l) ağartması sonrası uygulanan indirgen ağartmaların beyazlık değerlerine ait grafik	98
Şekil 5.21:	Bazik ortamda 60°C’de hidrojenperoksit (45ml/l) ağartması sonrası uygulanan indirgen ağartmaların beyazlık değerlerine ait grafik	99
Şekil 5.22:	Mikrodalga enerjisinin uygulandığı numunelerin beyazlık değerlerine ait grafik	100
Şekil 5.23:	Mikrodalga enerjisinden yararlanılarak hidrojenperoksit ile asidik ortamda ağartma sonrası uygulanan indirgen ağartmaların beyazlık değerlerine ait grafik	102
Şekil 5.24:	Mikrodalga enerjisinden yararlanılarak hidrojenperoksit ile bazik ortamda ağartma sonrası uygulanan indirgen ağartmaların beyazlık değerlerine ait grafik	104
Şekil 5.25:	Asidik ve bazik ortamda peroksit ağartması yapılan süt liflerinin SEM görüntüleri.....	106
Şekil 5.26:	Klasik yöntemle göre ağartılan numunelerin patlama mukavemeti değerlerine ait grafik	106

Şekil 5.27: Farklı işlem şartlarında kumaşların gramaj değişimlerine ait grafik	107
Şekil 5.28: 10 g/l TUDO (90 °C- 60 dakika-pH 10) ile ağartma yapılan süt liflerinin SEM görüntüleri	108
Şekil 5.29: Mikrodalga enerjisi ile ağartılan numunelerin patlama mukavemeti değerlerine ait grafik	109
Şekil 5.30: İşlemsiz (ham) ve proteaz enzimleri ile işlem görmüş %100 süt lifi kumaş numunelerinin SEM (Taramalı elektron mikroskobu) görüntüleri.....	115
Şekil 5.31: Pektinaz,selülaz esaslı enzimlerin uygulandığı süt liflerine ait SEM görüntüleri.....	120
Şekil 5.32: Enzimler ile işlem gören numunelerin FTIR/ATR spektrumları.....	122
Şekil 5.33: H ₂ O ₂ ve TUDO ile işlem gören numunelerin FTIR/ATR spektrumları.....	134

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1:	Doğal liflerin genel sınıflandırılması.....	4
Tablo 2.2:	Kimyasal liflerin genel sınıflandırılması.....	5
Tablo 2.3:	Rejenere protein liflerinin karşılaştırmalı özellikleri.....	11
Tablo 2.4:	Süt liflerinin üretim tarihleri, ticari isimleri ve üretici firmaları hakkında bilgi.....	21
Tablo 2.5:	Soya ve süt liflerinin bazı özelliklerinin karşılaştırılması.....	30
Tablo 2.6:	Bazı liflerin ısı tutma özelliklerinin karşılaştırılması.....	31
Tablo 2.7:	Bazı liflerin antistatik özelliklerinin karşılaştırılması.....	31
Tablo 2.8:	Protein lifleri ile karşılaştırmalı aminoasit miktarları.....	33
Tablo 2.9:	Element birleşim oranları.....	34
Tablo 2.10:	Süperkritik CO ₂ ortamında ve konvansiyonel boyama yöntemiyle boyanan liflerin haslık değerleri.....	43
Tablo 3.1:	Tekstil uygulamaları için önemli olan enzimler.....	53
Tablo 4.1:	%100 süt lifinden üretilmiş ham kumaşın konstrüksiyon özellikleri.....	56
Tablo 4.2:	Çalışmada kullanılan kimyasal ve yardımcı maddeler.....	57
Tablo 4.3:	Çalışmada kullanılan makineler.....	57
Tablo 4.4:	Denemelerde kullanılan enzimler ve özellikleri.....	61
Tablo 5.1:	Uygulanan ağartma reçeteleri.....	67
Tablo 5.2:	Farklı pH'larda 60°C'de H ₂ O ₂ ile yapılan ağartma denemelerine ait beyazlık değerleri.....	67
Tablo 5.3:	Süt liflerinin hidrojenperoksit (H ₂ O ₂) ile ağartmak için uygulanan reçete.....	68
Tablo 5.4:	Hidrojenperoksit (H ₂ O ₂) ile 50,60,70,80,90°C 'de ağartılmış numunelerin beyazlık dereceleri.....	68
Tablo 5.5:	Kör flotte ile (sadece su ile) muamele edilmiş süt liflerinin farklı pH ve sıcaklıkta beyazlık dereceleri.....	71
Tablo 5.6:	Isıl işlemin süt liflerinin beyazlık derecesine etkisi.....	71
Tablo 5.7:	Süt liflerinin farklı pH ve sıcaklıktaki ağırlık kayıpları.....	72
Tablo 5.8:	Süt liflerinin hidrojenperoksit (H ₂ O ₂) ile asidik ortamda ağartılmasında uygulanan reçete.....	74
Tablo 5.9:	Süt liflerinin hidrojenperoksit (H ₂ O ₂) ile asidik ortamda ağartılmasına ait beyazlık değerleri.....	74
Tablo 5.10:	Süt liflerinin hidrojenperoksit (H ₂ O ₂) ile ağartma sonuçları.....	75
Tablo 5.11:	Süt liflerinin indirgen maddelerle ağartılmasında kullanılan ticari ürünler ve uygulama şartları.....	76
Tablo 5.12:	Genred OX ile ürünün kendi pH'ında işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri.....	77
Tablo 5.13:	Genred OX ile ürünün pH 5'de işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri.....	78
Tablo 5.14:	Redulit WOL ticari ürünüyle farklı pH'larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri.....	79
Tablo 5.15:	Rucorit RGI ticari ürünüyle farklı pH'larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri.....	80
Tablo 5.16:	Rongalit C ticari ürünüyle farklı pH'larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri.....	81

Tablo 5.17: TUDO (tiyoüre dioksit) ile farklı pH'larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri	83
Tablo 5.18: TUDO (tiyoüre dioksit) ile işlem görmüş numunelerde sürenin beyazlık ve sarılık değerleri üzerine etkisi	84
Tablo 5.19: Isopon ERC ile pH 10'da işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri	85
Tablo 5.20: Isopon ERC ticari ürünüyle pH 5'de işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri	86
Tablo 5.21: Decrolin ticari ürünüyle pH 5 ve pH 7'de işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri	87
Tablo 5.22: Blankit IN ile pH 7'de işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri	89
Tablo 5.23: Tanede LR ile pH 5'de işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri	90
Tablo 5.24: Tanede LR ticari ürünüyle pH 10'da işlem görmüş numunenin beyazlık ve sarılık değerleri	91
Tablo 5.25: Hidrosülfid ile 90 °C'de farklı pH'larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri	92
Tablo 5.26: Hidrosülfid ile 70 °C'de farklı pH'larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri	92
Tablo 5.27: Kullanılan indirgen maddelerin süt lifleri için belirlenen optimum çalışma şartları	93
Tablo 5.28: Asidik ortamda hidrojenperoksit (65 ml/l) ağartması sonrası uygulanan indirgen ağartma reçeteleri ve numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri	94
Tablo 5.29: Asidik ortamda hidrojenperoksit (90 ml/l) ağartması sonrası uygulanan indirgen ağartma reçeteleri ve numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri	96
Tablo 5.30: Bazik ortamda 50°C'de hidrojenperoksit (45 ml/l) ağartması sonrası uygulanan indirgen ağartma reçeteleri ve numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri	97
Tablo 5.31: Bazik ortamda 60°C'de hidrojenperoksit (45 ml/l) ağartması sonrası uygulanan indirgen ağartma reçeteleri ve numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri	98
Tablo 5.32: Mikrodalga enerjisinin uygulandığı ağartma reçeteleri ve numunelerin beyazlık, sarılık değerleri ve hidrofiliteleri.....	101
Tablo 5.33: Mikrodalga enerjisinden yararlanılarak hidrojenperoksit ile asidik ortamda ağartma sonrası uygulanan indirgen ağartmaların beyazlık, sarılık değerleri ve hidrofiliteleri.....	102
Tablo 5.34: Mikrodalga enerjisinden yararlanılarak hidrojenperoksit ile bazik ortamda ağartma sonrası uygulanan indirgen ağartmaların beyazlık, sarılık değerleri ve hidrofiliteleri.....	103
Tablo 5.35: %100 Süt lifi kumaşların patlatma mukavemeti değerleri	105
Tablo 5.36: Farklı işlem şartlarında kumaşların gramaj değişimleri	107
Tablo 5.37: Süt lifi esaslı örme kumaşların hava geçirgenliği testi sonuçları	108
Tablo 5.38: Süt lifi esaslı örme kumaşların kalınlık testi sonuçları	109
Tablo 5.39: Ağartma flottelerinin Kapalı Reflux Kolorimetrik Metod'a (Potasyum hidrojen ftalat (KHP standardı) standart çözeltilere göre ölçülen koi değerleri	110

Tablo 5.40: Süt liflerine uygulanan enzimler ve uygulama şartları	111
Tablo 5.41: Savinase 16L ile işlem sonrası süt liflerinin beyazlık dereceleri ve ağırlık kayıpları	112
Tablo 5.42: Alcalase 2,5L ile işlem sonrası süt liflerinin beyazlık dereceleri ve ağırlık kayıpları	112
Tablo 5.43: Papain ile işlem sonrası süt liflerinin beyazlık dereceleri ve ağırlık kayıpları	113
Tablo 5.44: Pepsin ile işlem sonrası süt liflerinin beyazlık dereceleri ve ağırlık kayıpları	113
Tablo 5.45: Perizym AFW ile işlem sonrası süt liflerinin beyazlık dereceleri ve ağırlık kayıpları	114
Tablo 5.46: Esperase ile işlem sonrası süt liflerinin beyazlık dereceleri ve ağırlık kayıpları	114
Tablo 5.47: Esperase ile işlem sonrası uygulanan indirgen ve yükseltgen ağartma reçeteleri ve numunelerin beyazlık değerleri	116
Tablo 5.48: Savinase ile işlem sonrası uygulanan indirgen ve yükseltgen ağartma reçeteleri ve numunelerin beyazlık değerleri	117
Tablo 5.49: Savinase ve peroksit ile tek adımda enzimatik işlem ve ağartma uygulanan numunelerin beyazlık değerleri	117
Tablo 5.50: Süt liflerine uygulanan proteaz dışındaki bazı enzimlerin çalışma şartları ve enzim uygulamasına dair ölçülen bazı özellikler.....	119
Tablo 5.51: Savinase 16L ve Rucolase PTZ uygulanan numunelerin pilling testi sonuçları	121

ÖNSÖZ

Tezimin konusunun belirlenmesinde, araştırma aşamasında, yön tayininde ve tamamlanmasında desteklerini esirgemeyen değerli tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Arzu Yavaş ve değerli hocam Sayın Osman Ozan Avinç'e,

Bu çalışmanın başlangıcından bitimine kadar bana inanan ve benden yardımlarını esirgemeyen çok sevgili dostlarım Aylin Yazıcıoğlu'na, Cansu Ekinci'ye, Tuba Ertuğrul'a, Gülderen Çavuş'a, Özlem Karadağ ve saygıdeğer ailesine,

Yapılan deneylerin test aşamasında çalışmama olan katkılarından dolayı Tufan Topal ve Gülizar Onaran'a,

Hayatım boyunca maddi ve manevi destekleriyle her daim yanımda olan annem, babam, çok sevgili kardeşlerim Sarp ve Doruk'a çok teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

II. Dünya Savaşı sırasında popülaritesi yüksek olan rejenere protein liflerine 1950'lerden sonra ilgi tamamen azalmış ve zaman içerisinde de üretimi durdurulmuştur. Bu liflerin o yıllarda ve sonrasında gelişmemesinin önemli nedenleri bulunmaktadır. Bunlardan ilki; bu liflerin güzel bir tutum ve sıcak tutma özelliğine sahip olmalarının dışında kimyasal özelliklerinin çok da iyi olmamasıdır. Bir diğeri; Dünya üzerinde milyonlarca insanın eksik ve yanlış beslenirken böylesine önemli bir hammadde olan proteinden lif elde edilmesinin pek uygun bir davranış olmayacağıdır. Fakat günümüzde atık süttten lif elde edilebilmesi bu maddeyi biraz daha etkisiz kılmaktadır. En son neden olarak; sentetik liflerin keşfedilmelerinden daha sonra ilginin sentetik liflere doğru kayması olarak sıralanabilmektedir. Günümüze gelindiğinde ise; sentetik lifler için en önemli kaynak olarak gösterilen petrol ile kömür katranının yenilenemeyen ve günün birinde tükenecek hammaddeler olduğu gerçeğinden hareketle doğaya dost diye tabir edebileceğimiz çok daha iyi alternatifler yaratılabileceği düşüncesi ön plandadır.

Süt liflerinin pH değerinin insan vücuduyla uyumlu olması sonucu; giyildiğinde rahatlık hissi sağlamaları, iyi boya alma yeteneklerinden dolayı sahip oldukları parlak renkleri ve ekolojik olmalarının etkisiyle birlikte cilt için sağlıklı olmaları bu lifleri avantajlı bir hale getirmektedir. Bu nedenlerden dolayı da yenilenebilir kaynaklardan elde edilen rejenere protein liflerinin zamanla eski popülaritelerine kavuşabilecekleri düşünülmektedir.

Tekstil sanayisinde boyama ve diğeri terbiye işlemlerine hazırlık amacıyla uygulanan ön terbiye işlemlerinin işlem adımları ve kullanılacak teknik, her life ve ürünün kullanım alanına göre farklılık göstermektedir. Bu işlemler hem liflere hem de çevreye zarar verebilecek niteliktedir. Terbiye işlemlerinin meydana getirdiği en önemli çevresel sorun ise; atık su miktarı ve onun taşıdığı kimyasal yük ile ilgili olmaktadır. Çevreye verilen bu zararı en aza indirmek amacıyla biyoparçalanabilir ürün kullanımı ve ekolojik yöntemler gün geçtikçe değer kazanmaktadır. Bundan dolayı çevreye dost yöntemlerin tekstil terbiyesinde kullanım olanağı bulmasının bilinçli bir şekilde artması istenmiş ve böylece enzimlerin kullanımı önemli bir hale gelmiştir. Doğal protein diye tabir edebileceğimiz enzimler, çok kolay ve hızlı bir

şekilde biyolojik olarak parçalanmaktadır. Kullanılan enzimler, mamulün doğal özelliklerini koruduğundan dolayı katma değerini de arttırmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında, süt liflerinden elde edilen kumaşların ön terbiye işlemleri incelenmiştir. % 100 süt protein liflerinden üretilmiş kumaşların ön terbiye işlemlerinde indirgen ve yükseltgen maddelerin yanısıra çevreci bir bakış açısıyla yaklaşılarak enzimlerle de işlem yapılmıştır. Süt proteini lifleriyle ilgili yapılan literatür araştırması sonrasında bu konuyla ilgili yapılan çok fazla çalışma bulunmadığı tespit edilmiş ve konuyla alakalı ileride yapılacak olan çalışmalara ışık tutmak, literatüre katkıda bulunmak amaçlanmıştır.

2. TEKSTİL LİFLERİ

Belirli uzunluk, incelik ve mukavemete sahip, yumuşak, sarılmaya, eğilmeye ve bükülmeye uygun maddeye, tekstil endüstrisinde “lif” denilmektedir. Tekstil lifleri için materyalin elde edildiği kaynak gözönüne alınarak bir sınıflandırma sistemi oluşturulmuştur. Modern tekstil üretiminde kullanılan lifler, bahsedilen sınıflandırma sistemine göre; doğal ve sentetik lifler diye iki temel grupta toplanmaktadır (Cook 2001^a). Doğada lif olarak meydana gelmiş ve tekstilde kullanılabilen her tür materyalin dahil olduğu doğal lifler sınıfı; bitkisel, hayvansal ve anorganik lifler olmak üzere 3 gruba ayrılmaktadır.

Bahsedilen 3 gruptan ilki olan bitkisel lifler; kaynak olarak bitkinin kullanılmasıyla elde edilmektedir. Yapılarında %60-90 oranında selüloz içerdiklerinden dolayı bunlara “selülozik lif”de denilmektedir (Başer 2002).

Hayvansal lifler; çoğunlukla hayvan vücudu tarafından yapılan ve kimyasal olarak protein esaslı olan lifler diye tanımlanmaktadır (Cook 2001^a). Protein yapısında olduklarından dolayı aynı zamanda bu liflere “protein lifleri” de denilmektedir.

Mineral lifleri ise; tekstil ticaretinde sınırlı derecede bir öneme sahiptir. Bu sınıf içerisinde en önemli lif “asbest”tir ve bu lif özel olarak üretilen alev geçirmez ve endüstriyel kumaşlar haline getirilmektedir (Cook 2001^a). Tablo 2.1’de doğal liflerin sınıflandırılması yer almaktadır.

Rejenere lifler; yapısal olarak lif olmaya uygun olan doğal polimerlerden, kimyasal ve fiziksel işlemler sonucunda elde edilmektedirler (Başer 2002).

Sentetik lifler; basit kimyasal maddelerin sentetik olarak polimerleştirilmesi ve bu polimerin lif haline getirilmesi ile elde edilen liflerdir. Anorganik elyaf sınıfında ise; her tür metalden çekilmiş lifler ile cam elyafı yer almaktadır (Başer 2002). Tablo 2.2’de kimyasal liflerin sınıflandırılması yer almaktadır.

Tablo 2.1: Doğal liflerin genel sınıflandırılması (Taylor 1999, Başer 2002).

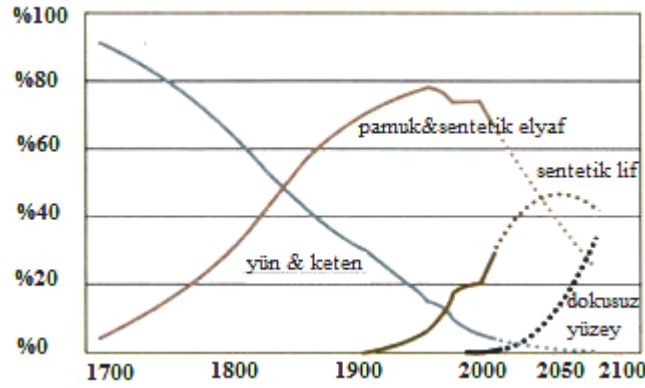
	Liflerin Genel İsmi
Bitkisel (Selüloz):	<p>a) Bitki tohumundan elde edilen lifler: <i>Pamuk, kapok</i></p> <p>b) Bitki gövdesinden elde edilen lifler: <i>Keten, kenevir, jüt ve rami</i></p> <p>c) Bitki yaprağından elde edilen lifler: <i>Sisal, Manila keneviri, Yeni Zelanda keteni, muz, ananas</i></p> <p>d) Meyveden elde edilen lifler: <i>Hindistan cevizi lifi</i></p>
Hayvansal (Protein):	<p>a) Kıl kökenli lifler: <i>Koyundan yün, tiftik keçisinden elde edilen moher, kaşmir, angora, alpaka, deve tüyü, vikunya v.b.</i></p> <p>b) Salgı kökenli lifler: <i>İpek Yabani İpek (Tussah ipeği)</i></p>
Anorganik (Mineral):	<p>a) Asbest lifi</p>

Tablo 2.2: Kimyasal liflerin genel sınıflandırılması (Demir ve Behery 1997, Taylor 1999, Cook 2001^b).

	Liflerin Genel İsmi
Doğal Polimer (Rejenere):	a) Alginat b) Doğal Kauçuk c) Rejenere Protein: <i>Zein, kazein, ardil, soya fasulyesi proteini</i> d) Rejenere Selülozik (Rayon): <i>Viskon, modal, lyocell, cupro(bakır ipeği lifi)</i> e) Selüloz Esterleri: <i>Triasetat, asetat</i>
Sentetik Polimer:	a) Poliamid b) Polimid c) Aramid d) Poliester e) Polivinil türevleri: <i>PAN (Akrilik, modakrilik), klorolif (PVC ve polivinildenklorid de dahil), polivinilalkol, polistiren, politetrafloretillen</i> f) Poliolefin: <i>Polietilen, polipropilen</i> g) Poliüretan: <i>Elastan</i>
Anorganik:	a) Karbon b) Cam c) Metal d) AlüminyumSilikat

2.1 Tekstil Liflerinin Yıllara Göre Kullanım Miktarları ve Trendler

18. yüzyıl başlarında dünyada tüketilen liflerin %90'ından fazlasını yün ve keten oluştururken, soğuk orta ve kuzey avrupa ülkelerinin, ılıman iklim kuşağındaki ülkelere ulaşımının kolaylaşması ve bu ülkeler üzerindeki hakimiyetlerinin artması ve ABD'nin güney eyaletlerinde pamuk plantasyonunun yaygınlaşması ile 19. yüzyıldan itibaren yün ve ketenin yerini pamuk almaya başlamış ve bu gelişme 20. yüzyılın yarısına kadar devam etmiştir (Tarakçıoğlu 2002). 1700 yılından itibaren başlayan ve 2100 yılına kadar devam edecek olan dünyadaki elyaf talebi değişimi hakkındaki tahminler Şekil 2.1'de gösterilmektedir.

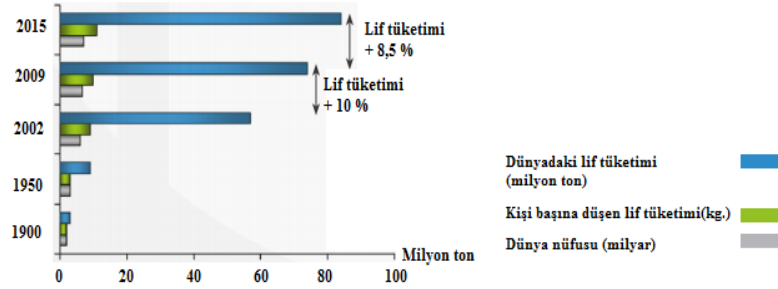


Şekil 2.1: 1700-2100 döneminde dünyadaki elyaf talebi değişimi (Buck 2001, Tarakçıoğlu 2002).

Daha 1950 yılında dünyada tüketilen liflerin % 70'inden fazlasını tek başına pamuk oluştururken, II. Dünya Savaşı sonrası sentetik elyaf ve iplik üretiminin artmaya başlamasıyla bu oran 1970'li yıllarda % 50'nin biraz altına düştükten ve 1980'li yılların ikinci yarısında hafif bir artış gösterdikten sonra, 1990'lı yıllarda % 40'ın çok altına inmiştir. Başta poliester olmak üzere sentetik elyaf ve iplik üretimindeki bu hızlı artışın önümüzdeki yıllarda da devam ederek, 2050 yılında 150 milyon tonu aşması beklenmektedir. Böylece dünya elyaf üretiminin % 80'ini sentetik elyaf oluşturacaktır.

The Fiber Year 2014 verilerine göre; 2014 yılında dünyada 96 milyon ton tekstil lifi üretilmiştir. Selüloz ve sentetik liflerin üretimi %4,9 civarında artmış, global tüketim önceki yıla göre % 4,1 civarında artmış ve 93,7 milyon tonu

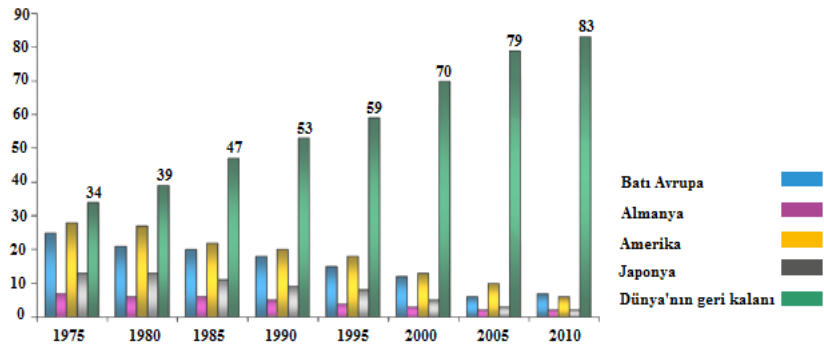
bulmuştur (Anonim1 2015). Şekil 2.2’de United States Census Bureau, Gherzi verilerine göre; 1900-2015 yılları arasında dünyada tüketilen tekstil lifi milyon ton olarak belirtilmektedir.



Şekil 2.2: 1900-2015 yılları arasında dünyada tüketilen tekstil lifi (milyon ton) (Oeko-Tex 2015).

Bu arada önümüzdeki dönemde de son yıllarda olduğu gibi, filament iplik üretimi ve tüketimi, kesikli elyaf üretim ve tüketimine göre çok daha fazla artacağından, 2050 yılında dünyada tüketilecek tüm ipliklerin %50’sinden fazlasını filament iplikler oluşturacaktır (Tarakçioğlu 2002).

1975 yılından bu yana Batı Avrupa ülkeleri, ABD ve Japonya'nın tekelinde bulunan sentetik lif üretimi; Çin, Hindistan, Pakistan, Özbekistan ve Güney Amerika ülkelerinde gerçekleştirilmektedir (Oeko-Tex 2015). Şekil 2.3’de IVC verilerine göre; kimyasal liflerin bölgelere göre dünyada milyon ton olarak üretimi gösterilmektedir.



Şekil 2.3: Kimyasal liflerin bölgelere göre dünyada milyon ton olarak üretimi (Oeko-Tex 2015).

Bu trendler önümüzdeki yıllarda da devam edecek ve 2050 yılında 120 milyon tonu bulunması beklenen sentetik lif ve iplik üretiminin % 80'ini Güney ve Güneydoğu Asya ülkeleri gerçekleştireceklerdir. 2050 yılında AB, ABD ve Japonya'nın Dünya sentetik elyaf üretimindeki payı miktar olarak % 10 civarına düşerken, değer olarak bununla mukayese edilmeyecek kadar yüksek bir oranda olacaktır. Zira bu ülkeler ucuz standart poliester, polipropilen gibi lif ve ipliklerin üretimini büyük ölçüde terk ederek ağırlıklı olarak 3-4 nesil yüksek performanslı özel elyaf ve iplik üretimine yöneleceklerdir (Tarakçıoğlu 2002).

2.2 Rejenere Protein Lifleri

Yün, ipek gibi doğal protein lifleri; nemin iyi absorbe edilmesi ve tüketiciyi rahat hissettirmeleri gibi mükemmel özelliklere sahiptirler. Fakat bu lifler sınırlı kaynaklar nedeniyle yüksek fiyatlara satılmaktadır. Sentetik liflerinin ise; mekanik özellikleri, fiyatları ve sahip oldukları kullanım özellikleri bakımından (buruşmaması, kolay yıkanması ve kuruması, kir tutmaması) doğal ve rejenere liflere göre avantaja sahip oldukları söylenebilmektedir. Bu avantajlarının yanısıra fazla konforlu olmamaları ve doğa içerisinde parçalanabilir özelliklerinin bulunmamasından dolayı tüketicilerin artan taleplerini karşılayamamaktadırlar. Doğal protein lifleri ve sentetik liflerin bahsedilen bu özelliklerinden dolayı alternatif bir lif çeşidi aranması gerekli olmuştur. Buna bağlı olarak, rejenere protein lifleri üretilmiştir (Karmakar 1999, Chi ve Chen 2010).

Doğada bulunan protein kaynaklarından proteinin izole edilmesi ile oluşturulan liflere “*rejenere protein lifleri*” adı verilmekte ve yaygın olarak “*Azlon*” diye adlandırılmaktadır (Yang ve Reddy 2012). Azlonlar; tekstil, medikal ve diğer uygulamalarda kullanılmak üzere hem bitki hem de hayvan proteinlerinden üretilmişlerdir (Salzberg 1969, Yang ve diğ. 1996). Bitkisel kaynaklardan elde edilenlere “*bitkisel protein lifleri*” denilmektedir. Bunlar; mısır, soya fasulyesi ve yer fıstığından oluşmaktadır. Sütte bulunan kazein proteini gibi hayvansal kaynaklardan elde edilenlere ise, “*hayvansal protein lifleri*” denilmektedir (Başer 2002).

Rejenere protein lifleriyle ilgili, 1920'li yıllarda çalışmalar yapılmasına karşın ticari olarak üretilmesi II. Dünya Savaşı sırasında gerçekleştirilmiş, ancak 1950'lerin sonlarına gelindiğinde ise kullanılmamaya başlanmıştır (Traill 1951, Press 1959, Salzberg 1969, Yang ve Reddy 2012, Quye 2014).

Rejenere protein liflerinin üretim prosesleri incelendiğinde; süttten kazein proteini, soya fasulyesinden elde edilen protein (glisinin) ve mısırdan zein proteini gibi proteinlerin seyreltik alkali içerisinde çözülmesiyle ve bu çözültiden lif çekilip asit-formaldehit koagülasyon banyosuna gönderilmesiyle üretilmiş olduğu görülmektedir (Needles 1986, Karmakar 1999). Bu şekilde üretilen liflerin çoğu özelliği doğal protein liflerinin özelliklerine (örneğin; yünün esneklik, sıcak tutma ve yumuşak tutum) benzemekte ancak düşük kuru ve yaş mukavemete sahip olmalarından ve alkalilere karşı hassasiyet göstermelerinden dolayı zarar görmekte-dirler (Needles 1986, Karmakar 1999).

Lif eldesi için protein moleküllerinin zincir şeklinde uzun bir yapıya sahip olmaları gerekmektedir ve rejenere protein liflerinin fazlaca gelişmemesinin temel nedeni olarak; protein zincirlerinin lif yapımına uygun polimer özelliklerini tam olarak taşınamaması gösterilmektedir (Saçak 1994). Bu liflerin gelişmemesinin bir diğer nedeni de; liflerin istenen teknolojik özelliklerinin yanında hammadde kaynaklarının bol ve kolay elde edilebilir olması istenirken, doğada bulunan proteinlerin büyük ölçüde globüler yapıya sahip olmasıdır. Globüler yapıdaki bu proteinlerin lif haline getirilebilmeleri için öncelikle fibriler yapı haline dönüştürülmeleri gerekmektedir. Ayrıca proteinler pahalı ve önemli besin maddeleridir. Dolayısıyla proteinler, lif üretiminden daha çok besin maddesi olarak kullanılmaktadır (Yazıcıoğlu 2000). Ayrıca rejenere protein liflerinin life gerekli dayanıklılığı veren sistin bağı (bir sürü açık yapıya neden olan) içermediği ve beklenenden daha az başarılı olduğu belirlenmiştir. Yukarıda sıralanan nedenlerden ve liflerin hassasiyetinin fazla olmasından dolayı, rejenere protein liflerinden en önemlisi olan süt lifleri göz önüne alındığında bu liflerin ciddi anlamda yün elyafının sahip olduğu kimyasal ve mekanik özelliklerle yarışmadığı tespit edilmiştir (Karmakar 1999).

Rejenere protein lifleri, 5 temel üretim aşamasıyla tanımlanabilmektedir. (Tarakçioğlu 1983, Brooks 2009).

1-*Proteinin Ayrılması*: Eğer protein hazır olarak erişilebilir biçimde değilse, ilk aşamada protein kaynağının lif üretimine uygun hale getirilmesi sağlanmaktadır. Örneğin; sütün yağı uzaklaştırıldıktan sonra süt proteini olan kazein kullanılmaktadır.

2- *Çözelti Hazırlama*: Bu aşama lif çekim çözeltisi üretmek için gerekmektedir. Elde edilen protein maddesinin alkali içerisinde çözüldükten sonra olgunlaşmaya bırakılarak çözeltinin istenilen viskoziteye gelmesi sağlanmaktadır.

3- *Lif Çekimi*: Olgunlaşmış çözelti daha sonra yaş lif çekimi için düzelerden koagülasyon banyosuna püskürtülerek filament haline getirilmektedir. Hazırlanan lif çözeltileri de bazık olduğundan, genellikle asidik bir koagülasyon banyosu kullanılması yeterli olmaktadır.

4-*Sertleştirme*: Asidik banyoda katılaştıran liflerin suda şişme özelliklerinin çok olmasından dolayı lifler bu halleriyle kullanılamamaktadır. Bu durumu gidermek için gerçekleştirilen sertleştirme işlemi ile lifin yaş mukavemetini arttırmak amacıyla uygun çapraz bağlar ile protein zincirleri arasındaki bağ oluşumu teşvik edilmekte ama bu teşvik aşırı sert bir yapı ile sonuçlanacak kadar çok olmamaktadır.

5-*Yıkama, kesim ve sonraki üretim prosesleri*: Elde edilen tow yıkanmakta ve sonrasında stapel uzunluğunda kesilmektedir.

Yün lifinin yapısında çok önemli rol oynayan sistin aminoasidi, rejenere protein liflerinde ya hiç yoktur ya da çok az miktardadır. Bundan dolayı da makromolekül yapılarında kovalent bağ bulunmamaktadır. Rejenere protein liflerinin yapımında kullanılan protein maddeleri ise globüler protein maddeleridir, yani bu yapılarda makromoleküller yumağımsı bir yapıya sahiptir (Mangut ve Karahan 2005). Gerek lif çekim çözeltisi hazırlanırken gerekse lif çekimi ve sonrasında yapılan germe işlemlerinde makromoleküller, yumağımsı şekillerini önemli ölçüde kaybederek kısmen düz zincir şekline dönüşmektedirler. Fakat bu dönüşüm ve

makromoleküllerin lif eksenine paralel bir şekilde yönlendirmeleri hiçbir zaman doğal liflerdeki düzeye erişememektedir (Mangut ve Karahan 2005). Bu nedenle özel bir sertleştirme işleminden geçmeyen liflerin sudaki şişme yeteneği, amorf bölge ve liflerdeki hidrofil gruplarının çok olması nedeniyle aşırı derecede fazla olmakta, yaş dayanımları ise çok düşük olmaktadır. Rejenere protein liflerinin güzel tutumlarına ve mükemmel sıcak tutma özelliklerine karşılık fiziksel teknolojik özellikleri diğer liflere nazaran düşük kalmaktadır (Mangut ve Karahan 2005).

Rejenere protein liflerinin karşılaştırmalı özellikleri aşağıdaki Tablo 2.3’de gösterilmektedir. Tablo 2.3 incelendiğinde; kazein esaslı aralac ile yün lifinin özgül ağırlığı, lif çapı ve kopma anında kuru uzama oranı değerlerinin birbirlerine çok yakın değerlerde olduğu görülmektedir. Dolayısıyla yün elyafına uygulanan prosesler ışığında süt liflerine istenilen kimyasal işlem uygulanabilmektedir. Süt liflerinin mukavemeti 0,3-0,8 g/denye arasındadır. Esneme ve şişme özelliği yüksektir. Kuru halde % 30-50, yaş halde iken % 100’e yakın esnekliğe sahiptir. Yoğunluğu 1,29 g/cm³’tür. % 13,8 oranında nem çekme özelliğine sahiptir (Başer 2002, Kiraz 2012). Lif uzunluğu 38 mm’dir (Yang 2012).

Tablo 2.3: Rejenere protein liflerinin karşılaştırmalı özellikleri (Salzberg 1969, Kiraz 2012).

Özellikler	Kazein esaslı <i>Aralac</i>	Soya esaslı <i>Alisol</i>	Zein esaslı <i>Vicara</i>	Yer fıstığı esaslı <i>Ardil</i>	Yün
Özgül ağırlık	1,29	1,31	1,25	1,3	1,32
İncelik (lif çapı) mikron	15-30	20-30	10-20	10-20	18-31
Mukavemet gr/denye					
Kuru	0,6-0,8	0,6-0,7	1	0,84	1,2-1,7
Yaş	0,3-0,4	0,2-0,4	0,75	0,6	1-1,25
Kopma anında uzama oranı					
Kuru	30-50	30-40	42	50	30-50
Yaş	85-120	60-70	50	100	30-60
Nem çekme (%)	13,8	11	13	15	12,33

Rejenere protein liflerinin özellikleri birkaç başlık altında toplanacak olursa aşağıdaki şekilde sıralanabilmektedir:

Düşük mukavemet: Bu lifler düşük dayanıma sahiptir. Yüksek derecede oryante edilmiş liflerden 5 kat daha zayıflardır.

Yüksek uzama: Bu liflerin kuru haldeyken kopma anındaki uzamaları genellikle lifin uzunluğunun %50'si kadar yüksektir ve bu bağlamda rejenere protein lifleri yüksek derecede oryante edilmiş liflerden daha üstündür.

Eğilip bükülme yeteneği: Son derece bükülebilir ve esnektirler, kırılğan yapıları değildir.

Parlaklık: Genel olarak rejenere protein liflerinin yün ile ortak noktaları denilebilecek bir özellik olarak hafif bir parlaklığa sahip olmaları gösterilebilir.

Yüksek Nem Absorbsiyonu: Standart koşullar altında bütün rejenere protein lifleri genellikle yaklaşık %12-14 oranında yüksek nem içeriğine sahiptir.

Düşük Kimyasal Stabilité: Rejenere protein liflerinin düşük dayanıma sahip olmaları en önemli dezavantajlarıdır. Bazik işlemler uygulanırken seyreltik konsantrasyonda dahi dikkatli çalışılmalıdır.

Yüksek Boyama Afinitesi: Rejenere protein lifleri boyarmadde çözeltilerinin penetrasyon kolaylığı sayesinde benzer özelliklere sahip klorlanmış yün düşünüldüğünde, olağanüstü yüksek boyarmadde afinitesine sahiptir.

Sıcak Tutma ve Yumuşak Tutum: Rejenere protein liflerinin ticari açıdan önemli olmalarının nedeni; sıcak tutmaları ve yumuşak tutuma sahip olmalarıdır (Moncrieff 1954). Yün, kazein ve ardil gibi protein lifleri, yapılarındaki polipeptid gruplarının sayesinde suyu absorblamaktadır (Moncrieff 1954).

Özellikle iç çamaşırları için protein liflerini uygun yapan, suyu absorbe etme özelliğidir. Bu lifler ıslaklık hissine neden olmadan, suyu, kimyasal olarak absorbe edebilmektedir. Protein lifleri, gerilmiş durumdayken ve yönlenme yüksek olduğundan daha az su absorblamaktadırlar. Çünkü komşu zincir atomları arasında hidrojen bağları meydana gelmektedir ve böylece daha az sayıda atom, su

molekülleriyle birlikte hidrojen bağı elde etmek için kullanılabilir (Moncrieff 1954).

Soya proteinleri ile zein ve kazeini kapsayan bitki ve hayvan proteinleri; lif üretimine ek olarak doku mühendisliği, yapay doku mühendisliği yapı iskeleleri, ilaç dağıtım taşıyıcıları, geçici yedek implantlar gibi biyomedikal uygulamalarda kullanılmaktadır (Reddy ve Yang 2007). Ayrıca yüzey aktif özellikleri nedeniyle de proteinlerin biyomateryaller için ideal şablonlar olduğu söylenmektedir (Vaz ve diğ. 2003, Reddy ve Yang 2007). Bunun yanında, soya proteini ve kazein esaslı biyomateryallerin mekanik özelliklerinin ve hidrolitik stabilitesinin zayıf olduğu da tespit edilmiştir (Vaz ve diğ. 2003, Liu ve diğ. 2005, Reddy ve Yang 2007).

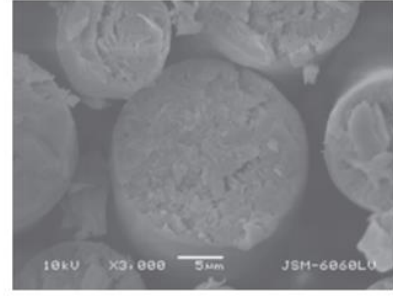
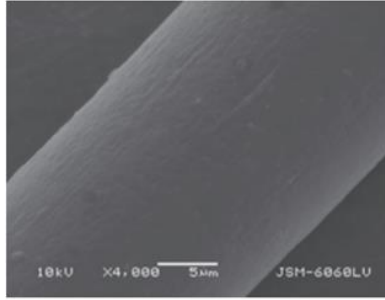
2.2.1 Yer Fıstığı Protein Lifi (Ardil)

Hindistan, Çin, Batı Afrika, Borneo ve ABD'nin güney eyaletlerinde yetiştirilen ve baklagiller (*Fabaceae*) familyasından olan, yer fıstığı (*Arachis hypogaea L.*) tropikal iklimden biraz daha serin olan bir iklim kuşağında (sub-tropikal) yetişen tek yıllık bitki tohumudur (Cook 2001^b, Vikipedi 2014^a). 'Ardil' ticari adıyla anılan bu lifler, yer fıstığının içindeki proteinlerden elde edilmektedir (Başer 2002). 'Ardil' lifi, İngiltere'de 1938 yılında geliştirilmiştir. Bu lifin piyasaya sevk edilebilmesi II. Dünya Savaşı sonrasında, 1957 yılında olabilmektedir (Yazıcıoğlu 2000). Yağı alınmış yer fıstığındaki protein, seyreltik NaOH çözeltisi ile ekstrakte edilmektedir. Bu protein çözeltisi, olgunlaştırılıp, süzülme ve sonrasında ise vakumlanmaktadır. Asidik banyolar kullanılarak, yaş lif çekim yöntemiyle filament halinde elde edilmektedir (Başer 2002).

Sıcak tutma ve yumuşak tutum gibi üstün özellikleri olan ardil ve kazein liflerinin, yünü en yakın anlamda temsil ettikleri yorumunu yapmak mümkün olmaktadır. 'Ardil' liflerinin enine kesiti daireseldir, soluk saman rengindedir. Şekil 2.4' de ise yer fıstığı görüntüsü, Şekil 2.5 'de yer fıstığı proteinlerinden olan ardil lifleri'nin SEM görüntüleri (ICI Şirketi) yer almaktadır.



Şekil 2.4: Yer fıstığı görüntüsü (Wikipedi 2014^a).



Şekil 2.5: Yerfıstığı proteinlerinden olan ardil lifleri'nin SEM görüntüleri (ICI Şirketi) (Rijavec ve Zupin 2011).

Çoğunlukla yün ile bunun yanında pamuk ve rayon elyafıyla neredeyse tamamen karışım olarak kullanılmaktadır. 'Ardil' yün ile karıştırıldığında; kazaklar ve battaniyelerde, yüksek nem absorbe etme özelliğinden dolayı da iç çamaşırları, halılar ve keçelerde kullanılmaktadır (Moncrieff 1954). Pamukla karıştırıldığında; spor gömlekler, pijamalar ve elbise kumaşlarında, rayon ile karıştırıldığında ise; kostüm ve elbise kumaşları, tropik kıyafetler, spor gömlekler ve ince halılarda kullanım alanı bulmaktadır (Cook 2001^b).

2.2.2 Soya Fasulyesi Protein Lifi (Silkool)

Soya (*Glycine max*); baklagiller (*Fabaceae*) familyasından 1 - 1,5 m boyunda olan dallanmış, bir yıllık, Çin ve Japonya'da geniş ölçüde ziraati yapılan bir bitkidir (Wikipedi 2012^b). Bitkinin üzerinde yetişen baklaların proteinlerinden elde edilen soya fasulyesi lifleri, tekstil alanında rejener protein lifi olarak kullanılmaktadır. Yağı alınmış soya fasulyesi unu, % 0,1'lik Na₂SO₃ çözeltisi ile ekstrakte edilmektedir (Başer 2002). Elde edilen protein çözeltisi pH 4,5 oluncaya kadar

sülfürik asit ile asitlendirilmektedir. Bu değer, soya fasulyesi proteininin isoelektrik noktasıdır. Bu noktada çözünürlüğü en az değerde olacağından protein çökmekte ve süzülerek ayrılmaktadır. Seyreltik NaOH'da çözülmemektedir. Bu çözelti olgunlaştırılıp, süzülmemekte, vakumlanmakta ve asidik banyoda filament haline getirilmektedir (Başer 2002). Bu lif '*Silkool*' adı altında piyasaya sürülmüştür (Yazıcıoğlu 2000). Şekil 2.6'de soya fasulyesi görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 2.6: Soya fasulyesi (Heather 2010).

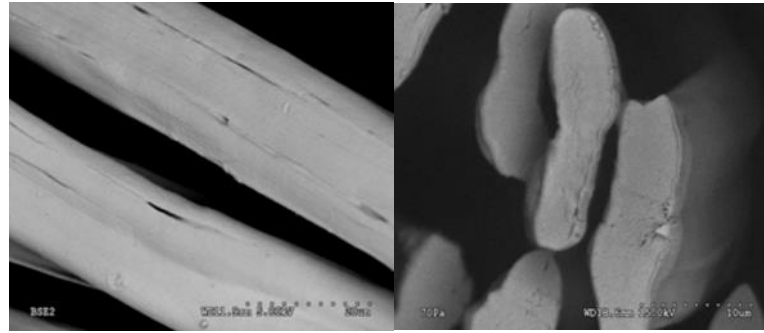
Soya fasulyelerinin (kuru haldeki fasulyenin yaklaşık % 37- % 42'si protein); süt (%3,2), mısır (%10), yer fıstığı (%25) ile protein bakımından karşılaştırıldığında daha fazla protein miktarına sahip olduğu belirlenmiştir (Krishnan ve diğ. 2007, Rijavec ve Zupin 2011). Soya proteinleri, glisin (11S) ve β – konglisinin (7S) (sırasıyla legumin ve visilin) olarak adlandırılan iki depo proteinden meydana gelmektedir (Vynias 2006, Rijavec ve Zupin, 2011, Yıldırım 2014).

Soya fasulyesi proteininden lif elde edilmesinin keşfedilmesiyle ilgili ilk çalışmalar Japonya'da yapılmış, Dünya'da bu protein lifinin endüstriyel anlamda üretimini başaran ilk ülke ise Çin olmuştur (Yi-you 2004, Rijavec ve Zupin 2011). Soya fasulyesi protein lifinin doğal rengi, tussah ipeğinin rengi gibi açık sarıdır (Yi-you 2004, Rijavec ve Zupin 2011).

Bu liften üretilen kumaş gerçek ipeğin parlaklığını göstermektedir. Soya fasulyesi proteini lifinden örülen kumaş, yumuşak ve pürüzsüz bir tutuma sahiptir. Ayrıca gerçek ipek ve kaşmirin karıştırılmasının vereceği hissi uyandırmakla birlikte, kumaşın dokusu hafif ve incedir. Soya fasulyesi protein lifi, doğal liflerin iyi özelliklerine ve ayrıca sentetik liflerin mekanik performanslarına sahiptir (Yi-you 2004).

Saf rejenere soya fasulyesi protein elyafının kimyasal özellikleri ve boyanma özellikleri de yün ile benzerlik göstermektedir (Rijavec ve Zupin 2011). 1940 yılında üretilmiş olan soya fasulyesi lifleri incelendiğinde, yünün yaklaşık %80 oranı kadar mukavemete sahip oldukları, kuru ve yaş haldeyken yünden daha fazla elastikiyet gösterdikleri ve ayrıca yün veya kazein lifleri gibi kolay ıslanmadıkları ortaya çıkmıştır (Boyer 1940, Rijavec ve Zupin 2011). Islandıkları zamanda neme karşı hassas olduklarından dolayı, yaş iken sahip oldukları mukavemetin %69'unu kaybetmektedirler (Cook 2001^b).

Soya fasulyesi liflerinde, kazein liflerinde kolay bir şekilde gerçekleşen mantar gelişimi durumu da gözlenmemektedir. Yün ve pamuk lifleriyle de karışım halinde kullanılabilirler (Rijavec ve Zupin 2011, Boyer 1940). Soya fasulyesi protein liflerinin a) boyuna kesit, b) enine kesit SEM görüntüleri Şekil 2.7'de yer almaktadır.



a)

b)

Şekil 2.7: Soya fasulyesi protein liflerinin a) boyuna kesit, b) enine kesit SEM görüntüleri (Vynias 2006, Vynias 2011).

Soya fasulyesi proteinleri; yiyecek, yem, yapıştırıcı olarak kullanılabilirdiği gibi temizlik malzemeleri, ilaçlar, mürekkepler, plastikler ve ayrıca tekstil lifleri de dahil olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır (Rijavec ve Zupin 2011). En çok otomobil döşemeliklerinde tercih edilmektedir (Mangut ve Karahan 2005). Şekil 2.8'de soya fasulyesi proteininden elde edilen iplik örnekleri yer almaktadır.



Şekil 2.8: Soya fasulyesi proteininden elde edilen iplik örnekleri (Anonim2 2011).

2.2.3 Zein Lifi (Vicara)

Zein, mısırın depoladığı en önemli proteindir ve endosperm proteinlerinin toplamının %40-50'sini oluşturmaktadır (Shukla ve Cheryan 2001, Wang ve diğ. 2009, Chi ve Chen 2010). Zein, mısırdan nişasta elde edilmesi sırasında %70'lik izopropil alkol ile işlem yapılarak ayrılmaktadır. Alkolle uzaklaştırılarak alınan zein, açık sarı renkte bir tozdur. Bu maddenin seyreltik NaOH'da %16'lık çözeltisi hazırlanmakta ve çözelti 24 saat olgunlaşmaya bırakılmaktadır. Ayrıca elyafa sağlamlık kazandırmak için en az miktarda formaldehit de eklenebilmektedir. Sonra süzülmekte ve vakumlanmaktadır. İçinde sülfürik asit, asetik asit ve çinko sülfat olan bir asidik koagülasyon banyosu kullanarak yaş eğirme yöntemi ile de filament haline getirilmektedir (Mangut ve Karahan 2005). Zein lifleri, 1948'de Virginia Caroline Chemical Corporation tarafından bulunmuştur ve bu lif yer fıstığı protein lifinde olduğu gibi 1957'de piyasaya sevk edilebilmiştir (Yazıcıoğlu 2000). Zeinin içerisinde lösin, prolin, alanin gibi apolar aminoasitler fazla miktarda bulunmaktadır ve bu yüzden de zein suda çözünmemektedir (Gianazza ve diğ. 2003, Neo ve diğ. 2012). Bu proteinler alkol-su karışımları (% 60-95) içerisinde çözünebilmektedir ve prolaminler olarak bilinen protein ailesinde sınıflandırılmaktadır (Wang ve diğ. 2009). Şekil 2.9'da zein lifi 'Vicara' yer almaktadır. 'Vicara' nın kimyasal formülü gösterilmektedir (Karmakar 1999).

Zein, biyobozunurluk, biyolojik uyumluluk, toksik olmayan yaygın polar çözücülerde çözünebilirlik, iyi derecede esneklik ve elektro lif çekimi yapılabilmesi gibi özelliklere sahiptir (Yao ve diğ. 2007). Buna ek olarak, bitki proteini olan zein, biyomedikal uygulamalarda kullanıldığında hayvanlardan insanlara geçen

hastalıkları provoke etme ihtimali çok düşük seviyede olan bir liftir (Jiang ve Yang 2011).



Şekil 2.9: Zein lifi ‘Vicara’ (Anonim2 2011).



Zein çoğunlukla, ilaç ve gıda endüstrisinde kaplama malzemesi olarak, yapışkan madde olarak, biyobozunur plastik, sakız, lif, kozmetik pudra ve mürekkeplerde kullanılmaktadır (Shukla ve Cheryan 2001, Yao ve diğ. 2007). Zein, ilaç dağıtım taşıma ve kemik/kıkırdak iskeleti olarak doku mühendisliği gibi uygulamalarda kullanılabilme potansiyeli olduğunu da göstermiştir (Dong ve diğ. 2004, Liu ve diğ. 2005, Wang ve diğ. 2009). Doku mühendisliğiyle ilgili yapılan bir çalışmada zeinin; insan karaciğer hücreleri ile umbilikal damarlarının endotel hücreleriyle ve fare fibroblast hücreleriyle biyolojik uyumluluğu olduğu kanıtlanmıştır (Wang ve diğ. 2009). Birçok sektörde kullanımlarının yanısıra, 1900’lerin başından itibaren zein esaslı tekstil lifleriyle ilgili birçok araştırmada yapılmıştır (Chi ve Chen 2010). Zein esaslı tekstil lifleri, zeine kimyasal modifikasyon uygulanarak hazırlanmış ama üretilen liflerin sahip oldukları kötü performans ve yüksek fiyatlardan dolayı endüstriyel açıdan üretimleri yapılmamıştır. 1950’lerde zein esaslı tekstil lifleri, ‘Vicara’ markası adı altında üretilerek giyim amaçlı ve mobilya hammaddesi olarak satılmış ama fiyatlarının yüksek olması nedeniyle piyasadan geri çekilmiştir. 1990’lardan bu yana zein esaslı tekstil lifleriyle ilgili yeni çalışmalar yapılmıştır (Kim ve diğ. 2004, Chi ve Chen 2010).

Yünden daha yumuşak olan Vicara çoğunlukla pamuk, rayon ve naylon ile karıştırılarak kullanılmakta ve bu durum, karışıma mükemmel tutum, esneklik ve yumuşaklık katmaktadır. Vicara içerikli karışımlar; takım elbise kumaşları ve kıyafetler, örme ürünler, çoraplar, battaniyeler ve tül kumaşlarında kullanılmıştır (Cook 2001^b).

2.2.4 Süt Proteini (Kazein) Lifi

2.2.4.1 Süt ve İçeriğindeki Kazein Proteinleri

Süt; dişi memeli canlıların yeni doğurdukları yavrularını besleyebilmek üzere, süt bezlerinden salgılanan, içinde de yavrunun kendisini besleyecek duruma gelinceye kadar almak zorunda olduğu bütün besin maddelerini yeterli miktarda bulduran bir sıvıdır (Şenel 2013).

Kazein proteinleri doğada sadece sütte bulunmakta ve süt proteinlerinin % 80'ini oluşturmaktadır (Cui ve diğ. 2011, Yang ve Reddy 2012). Sütün içerisinde, süt proteini (% 3.1), yağ (% 4), laktoz (% 5), mineraller, su (% 87) bulunmaktadır. Kazein proteinleri içindeki aminoasitlerin (-NHCHR₁COO-) % 55'den fazlası polar grup içerikli yani % 25.8 -COOH grubu (glutamik asit, R= CH₂CH₂-COOH; aspartik asit, R=CH₂COOH), % 15.1 -NH₂ grubu [lisin, R= (CH₂)₃-CH₂NH₂; arjinin, R=CH₂CH₂CH₂NHC (N=H)-NH₂ dahil], ve % 14.6 -OH grubu [serin, R=CH₂OH; tirozin, R=CH₂(CH)₆OH; ve treonin R=CH(CH₃)OH] içermektedir. Bu polar gruplar, kazein protein moleküllerinin hidrofilitesinin yanısıra reaktivitesine de katkıda bulunmaktadır (Morimoto 1970, Dong ve Hsieh 2000).

Kazein proteininin tekstil elyafı olarak gündeme gelmesinden çok daha öncesinde keşfedildiği ve özellikle de 14 yüzyıl ve 15. yüzyılda birçok kilisede kazein esaslı boyalar olarak karşımıza çıktığı ve bu boyaların renklerinin hala parlak olarak bugünlere kadar kaldığı belirtilmektedir (Kiron 2011). Temel endüstride ise; asit kazeininin, tahta için yapıştırıcı olarak, kâğıt ve karton için kaplamalar, boyamalarda boya binderi olarak, bahçeler için gübre serpmeye makineleri, deri tabaklama, hayvan yemleri ile evcil hayvan gıdaları ve beton üretiminde kullanımı hakkında bilgiler verilmektedir. Kazein mayasının sanayi alanında düğmeler, tokalar

ve imitasyon fildişi bıçak sapları gibi plastiklerin üretiminde kullanıldığından da bahsedilmektedir (Soutward ve Walker 1980, Dong ve Hsieh 2000, Akgöl ve diğ. 2008, Cui ve diğ. 2011, McKenna 2012). Ayrıca kazein proteinleri, gıda ürünlerini muhafaza etmek amaçlı kullanımı ile de karşımıza çıkmaktadır. Proteinler, iyi bir film oluşturmakta dolayısıyla sebze ve meyve kaplamalarında kullanılarak, kaplanan gıdaları beslenme değeri açısından da zenginleştirmektedir (Gontard ve diğ. 1992, Gıda Mühendisleri Odası 1997). Kollojen, jelatin, zein, kazein, soya proteini ve buğday gluteni bu grupta yer almaktadır (Gontard ve diğ. 1992, Gıda Mühendisleri Odası 1997). Sodyum kazeinat, yağ (pamuk, soya, keten tohumu, mısır veya ayçiçeği yağı gibi) ve plastikleştirici bir madde içeren kaplamalar olarak çikolata, fındık ve çikolatalı kek gibi ürünlerin raf ömürlerini uzatmak amacıyla da bu proteinler kullanılmaktadır (McHugh ve Krochta 1994, Gıda Mühendisleri Odası 1997, Krochta ve De Mulder-Johnston 1997).

2.2.4.2 Süt Liflerinin Tarihçesi

Yün lifinin yapısında yer alan kütikula tabakasından dolayı bu lifin sıcak tutma özelliği bulunmaktadır (Susich ve Zagieboylo 1953, Moncrieff 1954, Mangut ve Karahan 2005). Bu yapıya sahip lif üretimi çalışmaları sonucunda süt lifleri bulunmuştur. Süt lifleri, elde edilmiş olan ilk rejenere protein lifi olup, rejenere protein lifleri içerisinde en çok bilinenidir (Susich ve Zagieboylo 1953, Mangut ve Karahan 2005). Tekstil lifi olarak üretilen süt lifleri, kazeinli süt diye tabir edilen süttten yapılmaktadır. Bu liflerin bileşiminde toplam proteinin en az 2/3'si kadar kazein bulunmaktadır (Şenel 2013). Süt lifleri, yaklaşık olarak içeriğinin % 80'i α (çözünür) ve % 20'si β (çözünmeyen) olan süütün fosfor-proteininden elde edilmektedir.

Hafif alkaliyle bir kimyasal işlem ile polipeptid zincirleri kısalmakta ve sülfür köprüleri kopmaktadır. Bu durum yaş yün lifi ile karşılaştırıldığında, yaş süt lifinin daha düşük mukavemete sahip olmasını açıklamaktadır (Susich ve Zagieboylo 1953). Tablo 2.4'de süt liflerinin üretim tarihleri, ticari isimleri ve üretici firmaları hakkında bilgi yer almaktadır (Brooks 2009).

Tablo 2.4: Süt liflerinin üretim tarihleri, ticari isimleri ve üretici firmaları hakkında bilgi (Brooks 2009).

Tarih	Lif Kaynağı	Ticari İsim	Üretici Firma
1904-1909	Süt	'Casein sellwolle'	Frederick Todtenhaupt, Deutsche Kunstseidenfabrik, Almanya
1930'lar/1940'lar		<i>Lanital</i> <i>Merinova</i>	SNIA Viscosa (Società Nazionale Industria Applicazioni), İtalya, ve Leumann (muhtemelen Leumann Nobilettazioni Tessili), İtalya
		<i>Caslen</i>	1949 Rubberset Co (at kılımn yerini alacak olan kazein lifi)
		<i>Protilon</i>	Les Textiles Nouveaux, Belçika
		<i>Cargan</i>	Belçika
		<i>Casolana</i>	Hollanda
		<i>Lactofil</i>	Hollanda
		<i>Tiolan/Thiolan</i>	VEB Thuringisches Kunstfaserwerk 'Wilhelm Pieck', Almanya
		<i>Thiozell</i>	Lódzkie Zakłady Włokien Sztucznych, Polonya
		<i>Silkool</i>	1938 Kanebo, Japonya
		<i>Fibrolane A,B,BX</i>	Courtaulds, Britanya
		<i>Lactron</i>	Üretici firma bilinmiyor
		<i>Aralac ve Aralac R-53</i>	1939/1942-1948 Atlantic Research Associates, ABD

Alman kimyager Todtenhaupt, ilk kez 1904 yılında kazeinden lif elde etmeyi başarmıştır (Cook 2001^b, Brooks 2009). Fakat ilk başta elde edilen lifler, tekstil kullanımını için gerekli olan esneklik ve sağlamlıktan yoksun, ayrıca kolayca kırılabilen bir yapıya sahip olduklarından yaygınlaşamamıştır (Cook 2001^b). 1930'lu yıllarda ise, İtalya'da ve Amerika'da yün liflerine alternatif olarak süt lifi üretilmiştir (Ferretti 1937, Boyer 1940, Audic ve diğ. 2003). İtalyan kimyager Antonio Ferretti ile diğer bilim insanları 1924-1935 yılları arasında bir dizi araştırmalar gerçekleştirmişlerdir. 1935 yılına gelinceye kadar, lifin yukarıda belirtilen eksikliklerini giderecek şekilde ticari olarak kabul edilebilir bir lif yapılmasında başarısız olunmuştur. Ancak 1935 yılında yüne ait pek çok özelliğe sahip olan ve bükülebilen bir lif çeşidi olarak süt lifleri üretilebilmiştir (Moncrieff 1954). İtalyan rayon üreticileri '*Snia Viscosa*', Ferretti'nin patentini satın almış ve süttten süt lifinin büyük ölçekli olarak üretilmesini üstlenmiştir. Tekstil sektöründe bu lifler '*Lanital*' ('*lana*' Latince'de 'yün' anlamında) olarak adlandırılmış ve 1937 yılında bu liften 1200 ton üretilmiştir. ABD'de, '*Atlantic Research Associates*'de bağımsız araştırmalar yürütülmüş ve 1939 yılında '*Aralac*' ismini verdikleri kazein lifinin üretimini üstlenmişlerdir. Bu malzemeyi üreten şirkete '*Aralac*' A.Ş. ismi verilmiş ve 1943 yılında 5000 ton üretilmiştir (Moncrieff 1954). 1947'de Amerika'da yıllık 10 milyon pound değerinde üretilmiş, fakat 1948 yılında '*Aralac*' A.Ş. tesisi, '*Vicara*' lifini üretmek için mısır proteini kullanan '*Virginia-Caroline Chemical Corporation*'a satılmıştır (Moncrieff 1954, McKenna 2012). Bu lifleri sırası ile '*Fibrolana*' ve '*Merinova*' izlemiştir (Moncrieff 1954, Yazıcıoğlu 2000). Orjinal '*Fibrolan*', piyasadaki ismiyle '*Fibrolan a*' olarak bilinmekte ve '*Lanital*'e çok benzemektedir (Moncrieff 1954). 1941 yılında ortaya çıkan ve '*Aralac*'tan daha ince olan 'R-53', 'R' research kelimesinden '53' keçe şapka yapımına uygun olması sebebiyle denenen, sonrasında da uygunluğu saptanan 53. kumaştan ismine eklenmiştir (Moncrieff 1954, Kiraz 2012).

Almanların giysiler için bazı yeni kumaş kaynaklarını araştırmalarıyla birlikte karşılırlarına çıkmış olan süttün, bu konuda potansiyel bir tercih olduğunu keşfetmeleriyle birlikte bu lif II. Dünya Savaşı boyunca kendisine kullanım alanı bulmuştur (Audic ve diğ. 2003). Kazein lifleri, çeşitli ülkelerde '*Aralac*' ve '*Caslen*'

(ABD), ‘*Lactofil, Casolana*’ (Hollanda), ‘*Cargan*’ (Belçika), ‘*Tiolan, Tiocell*’ (Almanya), ‘*Silkool*’ (Japonya), ‘*Fibrolane*’ (İngiltere), ‘*Lanital*’ (Fransa), orjinal ‘*Lanital*’ in gelişmiş formu olan ‘*Merinova*’ (İtalya), ‘*Wipolan*’ (Polonya) gibi farklı ticari isimlerle üretilmiştir (Traill 1951, Susich ve Zagieboylo 1953, Cook 2001^b, Audic ve diğ. 2003, Yang ve Reddy 2012). Genellikle yün, pamuk, viskon ve rayon gibi diğer yapay veya doğal liflerle kombine edilmiştir.

Kazein polimer lifleri, akrilonitril ile aşılansarak bikomponent lifler elde edilebilmektedir (Audic ve diğ. 2003). Şöyle ki; 1956’da Japonya’da bulunan Toyobo firmasının kimyagerlerinden biri olan Dr. Yamamoto, kazein ve akrilonitril kopolimerinin sentez ve oluşması üzerine temel araştırmalar yapmıştır (Morimoto 1970). Başarıya ulaşan bu çalışmaların sonunda elde edilen filament, ticari olarak ‘*K-6 lifi*’ veya ‘*Chinon*’ olarak adlandırılmıştır (Morimoto 1970, Tang ve Mei 2008). Günümüzde sentetik lifler ile ticari anlamda karşılaştırıldığında kazein liflerine duyulan ilgi azalmıştır (Audic ve diğ. 2003).

1930’lu yıllarda üretilen süt liflerinden farklı olarak günümüzde tamamen ekolojik olarak üretilen süt lifi, bozulmuş ekşi süttten üretildiği için avantajlı sayılmaktadır. Anke Domaske tarafından QMILCH IP GMBH firması adına patenti alınıp, ‘*Qmilk*’ ticari adıyla da üretimi yapılmaktadır (Domaske 2013). Süt lifinden elde edilen kumaşın, sütün kendisinde var olan doğal ve sağlıklı özelliklere sahip olduğu belirtilmektedir. Ayrıca antibakteriyal ve antialerjik özelliklerinden dolayı bu liflerin bebek bezi veya iç çamaşırı gibi temel ürünlerde kullanılabileceği belirtilmektedir (McKenna 2012).

2.2.4.3 Süt Liflerinin Üretim Prosesi

Tekstilde süt liflerinin eldesi; soya lifi, viskoz rayonu, bambu, diğer protein ve sentetik liflerini elde etmek için kullanılan proseslere benzemektedir (McKenna 2012).

‘*Fibrolan*’ (Büyük Britanya) ve ‘*Merinova*’ (İtalya) sodyum hidroksit içerisinde kazeninin çözülmesi ve sonrasında asit/tuz banyosunda lif çekimi ile elde

edilmektedir. Bu şekilde oluşturulan lifler gerdirilmekte, formaldehit ile kısmen stabilize edilmektedir (Karmakar 1999).

Kazein liflerinin üretim prosesinin geniş kapsamlı hali aşağıda yer almaktadır.

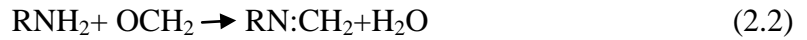
Ham Materyal: Kazein, yağı alınmış sütün asit ile muamele edilmesiyle elde edilmektedir. Protein koagülasyonu için asit eklenmekte ve pıhtılaştırılmaktadır. Suyu süzülüp kurutulmakta ve posası da toz haline getirilmektedir. Genellikle 30 litre kadar süttten 1 kilogram kazein elde edilmektedir (Cook 2001^b).

Lif Çekim Çözeltisi: Kazein, kalitedeki değişikliklerin etkisini azaltmak için karıştırılmakta ve sonrasında sodyum hidroksit (kostik soda) ile çözülmemektedir. Bunun için yaklaşık olarak 10 kilogram kazein tozuyla birlikte 0.27 kilogram sodyum hidroksit (kostik soda) içeren 50 litre su alınmaktadır (Moncrieff 1954). Daha sonra çözelti uygun viskoziteye ulaşana kadar olgunlaşmaya bırakılmakta, filtre edilmekte ve havası giderilmektedir (Cook 2001^b).

Lif Çekimi: Havası giderilen çözelti, düzelerden geçirilmekte asidik bir banyo içerisinde fişkırtılarak yaş çekim suretiyle lif haline getirilmektedir. Lif çöktürme banyosunda, formaldehit, sülfürik asit ve bol miktarda (200 g/l) glikoz bulunmaktadır. Banyoya başka bileşiklerde konulabilmektedir. Örneğin; sülfatlar, osmozu arttırarak koagülasyonu desteklemektedir. Liflerin katılaşmasından sonra uygulanan germe işlemi; makromolekül yumaklarının kısmen açılarak birbirlerine ve lif eksenine paralel bir konum kazanmalarını sağlamaktadır. Fakat gerek sağlanan oryantasyon, gerekse makromoleküller arasında oluşan bağlar genelde yetersiz kalmaktadır. Bu nedenden dolayı, elde edilen lifler özellikle ıslanınca aşırı derecede şişmekte ve dayanımları ise çok düşmektedir. Bir diğer taraftan, kuru lifler kırılğan ve gevrek bir yapıya sahip olmaktadır. Dolayısıyla bu durumda olan liflerin tekstil sanayinde kullanılmaları söz konusu olamamaktadır (Tarakçioğlu 1983). Liflerin bu özellikleri bazı teknolojik işlemlerle düzeltilebilmektedir. Bunların içinde en elverişli olanı sertleştirme işlemidir (Harmancıoğlu 1981). Sertleştirmenin esası; liflerde makromoleküller arasında kovalent köprü bağları meydana getirilmesidir. Bunun için

en fazla kullanılan bileşik formaldehit olmaktadır. Formaldehit, kazein makromoleküllerindeki amino ve amid gruplarıyla tepkimeye girerek metilen köprüleri oluşturabileceği gibi, peptid bağlarındaki imino gruplarıyla veya serin köklerindeki hidroksil gruplarıyla da tepkimeye girebilmektedir (Tarakçıoğlu 1983).

Serbest amino gruplarının formaldehit ile reaksiyonu yazılabilmektedir (2.2) (Moncrieff 1954). Her iki amino grubundan ayrı ayrı bir hidrojen atomunu alarak bir çapraz bağ elde edilebilmektedir.

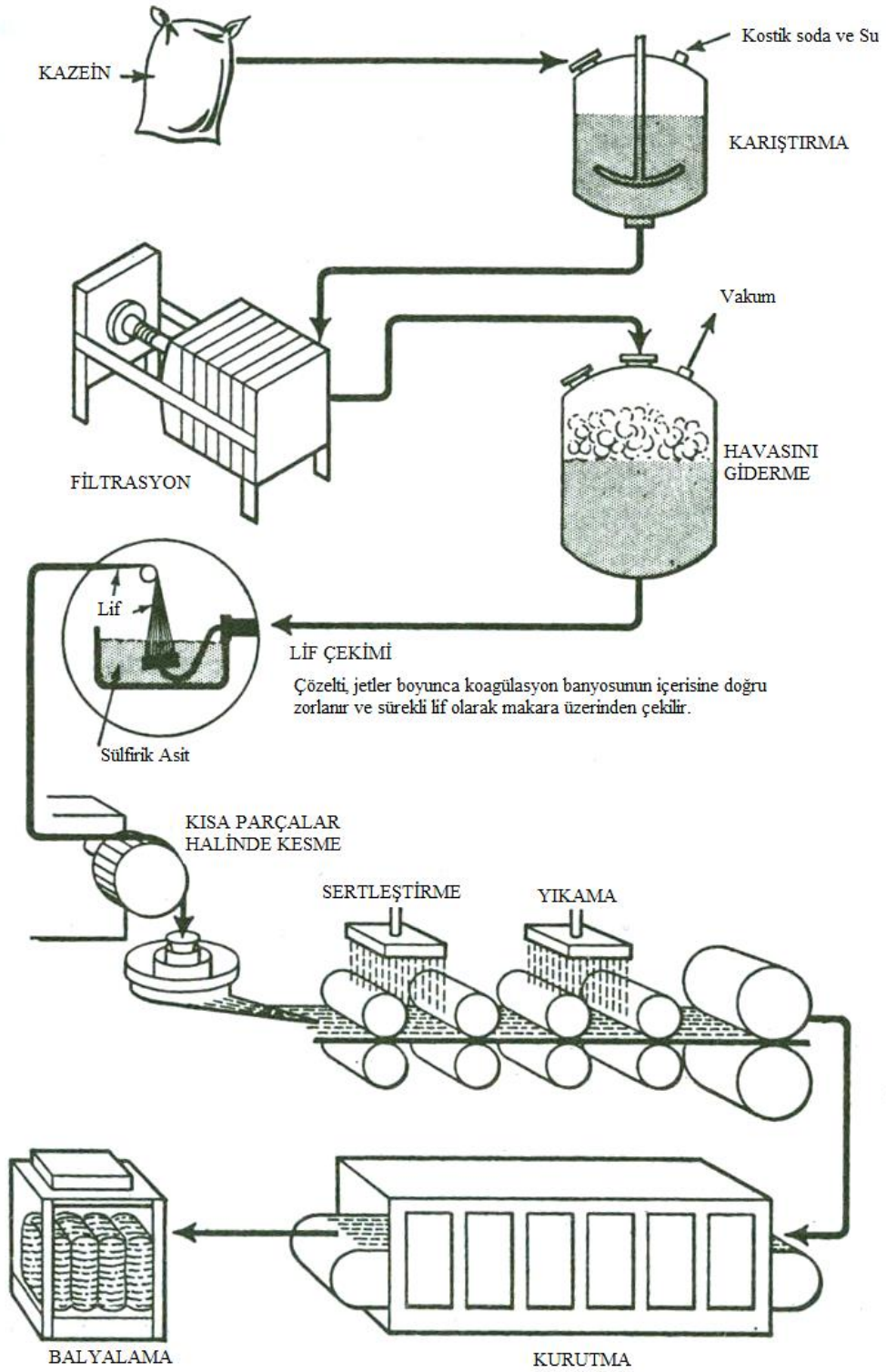


Sertleştirme işleminde, formaldehit yardımıyla makromoleküller arasında kovalent köprü bağları oluşturulmasına rağmen kazein liflerinin suda şişmesi ve esneme yeteneği yine de oldukça fazla olmaktadır (Harmancıoğlu 1981). Yaş durumdayken esnetilip, bu durumda kurutulmuş olan liflerin kopma dayanımları makromoleküller daha düzgün bir konum kazandığından dolayı daha yüksek olmaktadır, ancak ilk yaş işlem sırasında lifler ve dolayısıyla bunlardan yapılmış mamullerde tekrar esnetmeden önceki boyutlarına dönmektedir (Harmancıoğlu 1981).

Formaldehit banyosundan geçirilmiş ve gerdirilerek çekilmiş olan bu halatlar daha sonra yıkanmakta, kurutulmakta ve mekanik olarak kıvrım kazandırılmaktadır. Ardından stapel halinde kesilmektedir (Harmancıoğlu 1981).

'Aralac' liflerine asetilasyon işlemi uygulanarak kaynayan suya karşı daha iyi bir stabilite kazandırılabilir ve bu işlem "aratherming" olarak adlandırılmaktadır. 'Lanital' kumaşında peynirimsi bir kokunun hâkim olduğu tespit edilmiştir. Aratherming işleminden dolayı aralakta böyle bir koku tespit edilmemiştir (Moncrieff 1954).

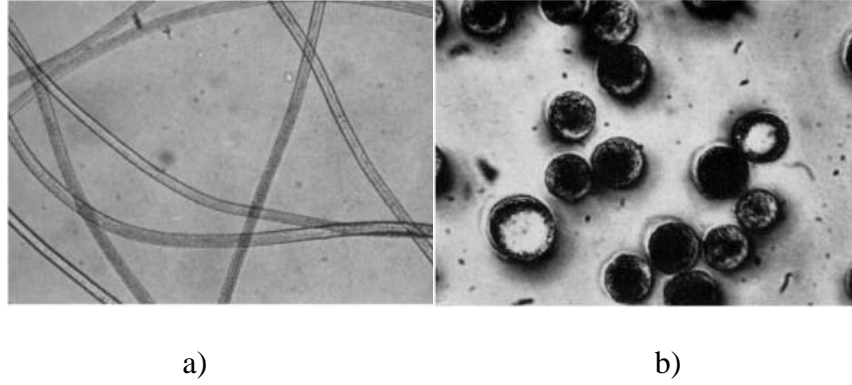
Şekil 2.10'da süt lifinin üretim aşamalarını gösteren şema yer almaktadır.



Şekil 2.10: Süt lifinin üretim aşamalarına ait şema (Cook 2001^b).

2.2.4.4 Süt Liflerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Süt lifleri, ipeksi bir tutuma, zarif bir parlaklığa, mükemmel aşınma dayanımına, leke tutmama ve nem geçirgenliği gibi özelliklere sahip olan rejenere protein lifleridir (Yang 2012). Üstlerinde belirsiz şekilde hafif çizgiler görülmektedir. Enine kesitleri fasulye biçiminde olup yuvarlağa yakındır. Mikroskop altında incelendiğinde; bu liflerin tek tip, pürüzsüz bir hali ve üstünde belli belirsiz çizgilerin bulunduğu küçük çukurcukların olduğu adeta beneklenmiş gibi bir görünüme sahiptirler (Harmancıoğlu 1981, Brooks 2009). Şekil 2.11'de, a) 20. yüzyılda süt liflerinin (*Aralac*) boyuna kesitinin görünüşü (x 75) (b) 20. yüzyılda süt liflerinin (*Aralac*) enine kesitinin görünüşü (x 380) yer almaktadır (Brooks 2009).

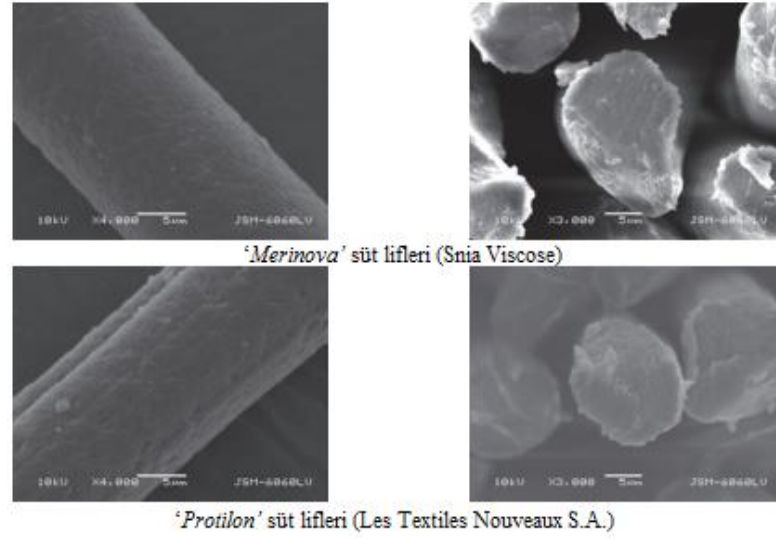


Şekil 2.11: a) 20. yüzyılda süt liflerinin (*Aralac*) boyuna kesitinin görünüşü (x 75) (b) 20. yüzyılda süt liflerinin (*Aralac*) enine kesitinin görünüşü (x 380) (Brooks 2009).

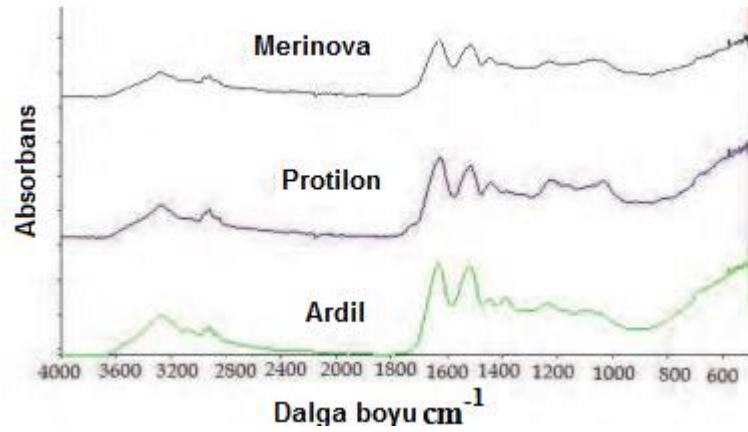
En çok kullanılan kazein türünü '*Fibrolane x*' oluşturmakta ve formaldehit karşı çözülmezlik özelliğiyle ön plana çıkmaktadır. '*Fibrolane x*' keçe yapımı için yünle karıştırılmaktadır. Bu karıştırma sonucunda keçeleşme artmaktadır (Moncrieff 1954). Şekil 2.12'de '*Merinova*' ve '*Prolin*' süt liflerinin enine ve boyuna kesitlerinin SEM görüntüleri aşağıda yer almaktadır (Rijavec ve Zupin 2011).

Şekil 2.13'de farklı ticari isimlere sahip süt liflerinin FTIR/ATR spektrumları aşağıda yer almaktadır (Rijavec ve Zupin 2011).

Şekil 2.13'de farklı ticari isimlere sahip süt liflerinin FTIR/ATR spektrumları ve bu liflerin tipik absorpsiyon pikleri 1658 cm^{-1} (amid I) ve 1538 cm^{-1} (amid II) olarak görülmektedir (Rijavec ve Zupin 2011).



Şekil 2.12: 'Merinova' ve 'Protilon' süt liflerinin enine ve boyuna kesitlerinin SEM görüntüleri (Rijavec ve Zupin 2011).



Şekil 2.13: Farklı ticari isimlere sahip süt liflerinin FTIR/ATR spektrumları (Rijavec ve Zupin 2011).

İtalyan ürünü olan 'Lanital', süt kazeininden üretilen ilk ticari liftir. 'Lanital', yünü boyayan benzer boylarla boyanabilmektedir (Fletcher 1942). 'Lanital' ve 'Merinova' ticari adlarıyla İtalya'da piyasaya sürülen kazein lifleri, yüne çok benzemesine rağmen daha az dayanıklı olmakta ve ıslandığında dayanıklılığı daha da azalmaktadır (Başer 2002, Mangut ve Karahan 2005). Yün kadar sağlam ve elastiki değildir, fakat yünün verdiği esneklik hissine sahiptir. Bu life güveler saldırmamakta ve ayrıca yün kadar çekmemektedir, fakat lif nemli olduğu zaman,

küfler lifleri çok kolay etkileyebilmektedir (Fletcher 1942). Güvelerin saldirmamasının nedeni; formaldehit uygulamasından kaynaklanmaktadır (Moncrieff 1954). ‘*Lanital*’in mikroskopik görünüşünde, boyuna liflerinin geniş olduğu küçük noktalarla dolu pürüzlü bir yüzey ve boyuna soluk çizgilerin yer aldığı gözlenmiştir. Enine kesitleri yuvarlağa yakın ve çok düzgündür. Enine kesit konturunda etrafında bazen bir dizi küçük girintiler veya çentikler gözlemlenmiştir (Bergen ve Krauss 1942).

‘*Aralac*’ mikroskopik olarak ‘*Lanital*’den birazcık farklı bir lifdir. Boyuna kesit görünüşü soluk çizgiler ve tanecikli yüzey karakteristiğine sahiptir. Enine kesiti oldukça dairesel ama konturu herhangi bir çentiğe sahip değildir, mükemmel derecede pürüzsüz iç kanalının olduğu yer yani lifin merkezinde ise dairesel bir boşluk görülmektedir (Bergen ve Krauss 1942).

‘*Lanital*’in gelişmiş formu olan ‘*Merinova*’ beyaza yakın bir renkte olup yumuşak fakat dolgun bir elyaftır. Tenasite değeri, kuru olarak denyede 1,1 gram ve ıslak olarak denyede 0,6 gramdır. Kopma uzaması kuru halde % 50, yaş halde ise %60’tır (Kiraz 2012).

Amino ve karboksil gruplarının varlığından dolayı amfoter karakter göstermektedir. Amino gruplarının bir kısmı ağ oluşturma yoluyla bloke olmuştur (Özcan 1984). Zayıf asitlere karşı dayanıklı fakat yünle karşılaştırıldığında asitlere karşı duyarlılığı daha fazladır (Diamond ve Wormmell 1939, Başer 2002, Mangut ve Karahan 2005). Çünkü metilen çapraz bağları asidik ortamda parçalanmaktadır. Kazein lifleri, ayrıca yün gibi alkalilere karşı hassaslık göstermektedir (Cook 2001^b). Yünle karşılaştırıldığında ise, alkalilere karşı direncinin biraz daha fazla olduğu bilinmekte ama yine de seyreltik alkaliler ile kaynatıldığında çözelti haline geçmektedir (Salzberg 1969, Özcan 1984, Başer 2002, Yang ve Reddy 2012). Sodyum bikarbonat ve disodyum hidrojen fosfat gibi hafif alkalilerin, düşük sıcaklıklarda çok az etkisi olmaktadır. Kostik soda veya sodyum karbonat gibi kuvvetli alkaliler ise lifte şiddetli şişmeye neden olmakta ve böylelikle elyaf parçalanmaktadır (Cook 2001^b). Şekil 2.14’de süt proteini lif örneği gösterilmektedir. Kazeinin kimyasal formülü yer almaktadır (2.3) (Karmakar 1999).



Şekil 2.14: Süt proteini lif örneği (Periyasamy 2013).



Süt lifleri rutubeti kolaylıkla absorbe eder. Lifler su içerisinde şişer ve yumuşar. Farklı kaynaklara göre; Harmancıoğlu (1981), normal koşullarda % 14, Kiraz (2012), % 13,8 rutubet ihtiva ettiğini belirtmektedir. Sıcaklık derecesi yükselince plastik ve yapışkan hal almaktadır (Harmancıoğlu 1981). Kazein lifleri ısıtıldıkları zaman yumuşamakta, 100 °C’de ısıtmaya devam edilirse de gevşemeye ve sararmaya başlamaktadır. 150 °C’nin üstünde ise dekompoze olmaktadır. Kazein lifleri havada ve açık alevde yavaş yanma özelliğine sahiptir (Harmancıoğlu 1981). Yakıldığında erimekte ve yanık süt kokusu duyulmaktadır (Başer 2002). Tutuşması ve yanması yüne benzemekle birlikte gün ışığına karşı oldukça dayanıklıdırlar. ‘Fibrolan’, yün liflerinde bulunan sistin çapraz bağlarının olmamasından dolayı terbiye ve uygulama işlemlerine karşı dayanıksızdır (Moncrieff 1954). Rezilyans özellikleri bakımından ise yüne benzemektedir, sıcaklığı iyi iletmez, dielektrik özelliği de iyi değildir (Harmancıoğlu 1981). Tablo 2.5’de süt lifleri ile yine rejenere protein lifi olan soya liflerinin bazı özellikleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo 2.5: Soya ve süt liflerinin bazı özelliklerinin karşılaştırılması (Rijavec ve Zupin 2011).

İplikler	Soya fasulyesi protein lifi	Süt lifi
Çift kırılma	0.021-0.027	0.016-0.024
Erime Noktası	250-260	235-245
Kloroform, AcOH, aseton, DMF	Çözünmez	Çözünmez
Formik asit	Şişer	Şişer
H ₂ SO ₄ konsantrasyonu, HNO ₃ konsantrasyonu	Kısmen çözünür	Çözünür, jeller
FTIR spektrumunda karakteristik pikler	Amide I- 1640 cm ⁻¹ Amide II- 1530 cm ⁻¹	Amide I- 1640 cm ⁻¹ Amide II- 1530 cm ⁻¹

Tablo 2.6'da bazı liflerin ısı tutma özellikleri verilmektedir. Süt liflerinin ısı tutma yeteneği, yün ve pamuğa göre geri kalmakla birlikte akrilik lifinden daha iyidir.

Tablo 2.6: Bazı liflerin ısı tutma özelliklerinin karşılaştırılması (Arslan 2007).

Kumaş (Örme Kumaş)	Isı direnci (Clo)	Isı transfer katsayısı (Kal/m.h)	Isı tutma oranı (%)
Süt Lifi	0,2491	26,8	28,5
Akrilik Lifi	0,1985	33,33	24,02
Pamuk Lifi	0,2639	25,98	29,71
Yün Lifi	0,3341	19,3	36,26

Tablo 2.7'de ise bazı liflerin antistatik özelliklerinin karşılaştırılması verilmektedir.

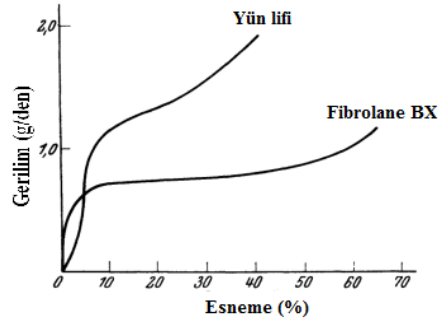
Süt liflerinin antistatik özellikleri diğer liflerle karşılaştırıldığında; PET, PA ve ipekten daha az statik elektriklenme gösterdiği görülmektedir.

Tablo 2.7: Bazı liflerin antistatik özelliklerinin karşılaştırılması (Arslan 2007).

Kumaş	Süt lifi	PET	PA	PAN	İpek
Kütle özgül direnç, görelî nem % 65	9,1	14	14	9,12	9,8

Protein iplikleri; eğirmeden sonra önemli bir yumuşama (plastikiyet) göstermektedir. Nemli durumda kolayca esneyebilmektedir. İplikler, sanki yüksek viskoz sıvılardan oluşmuş gibi davranmaktadır (newtoniyel akışkanlar). Lanital lifleri için %5-50 (orjinal gerilim esneme eğrilerine bağlı olarak) esneme rapor edilmektedir. Lifler; %5 esnemeye kadar Hooke kanunlarına uymakta, sonra artan kuvvet altında süratle esneme bölgesine geçmektedir. Nihai esneme bundan dolayı küçük bir değerdir ve sadece başlangıç bölgesinde geri dönüşümlü olarak gelişir. Wormell, suyun içerisinde sınıra kadar gerdirilen ve gerilim altında kurutulan 'Lanital' liflerinin beklenmedik şekilde hala esneyebildiğini göstermiştir. Bu

esnemenin bir kısmı gerdirilmiş liflerin sertleştirme işlemine göre devam ettiği için, 'Lanital' lifleri hayvansal liflere benzer davranış göstermektedir (Ulrich 1956). Şekil 2.15'de (Wormell'e göre) yükleme hızı 2.3 g/den/dak. ve karşılaştırma yün lifi (%65 relatif nem ve 21 °C'de), yükleme hızı 2 g/denye/dakika'da sertleştirilmiş, gerdirilmiş ve tekrar sertleştirme işlemine tabi tutulmuş süt lifinin (*Fibrolane BX*) gerilim-esneme diyagramı gösterilmektedir (Ulrich 1956).



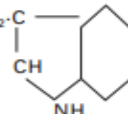
Şekil 2.15: Sertleştirilmiş, gerdirilmiş ve tekrar sertleştirme işlemine tabi tutulmuş süt lifinin (*Fibrolane BX*) gerilim-esneme diyagramı (Ulrich 1956).

2.2.4.5 Süt Liflerinin Fiziksel ve Kimyasal Yöntemlerle Analizi

Süt lifleri, yün lifleri ile aynı kimyasal bileşime sahip olduğu için kimyasal ve yanma testleri ile ayırt edilememektedir (Diamond ve Wormmell 1939). Ancak, Başer (2002)'de belirtildiği üzere süt lifleri yün liflerinden farklı olarak yakıldığı zaman ayırıcı özellik olarak yanık süt kokusu vermektedir. Daha sonrasında ise, belki iyot-potasyum iyodür lekeleme testi yün ve ipeği ayırt etmek için kullanılabilir. Mikroskopik gözlem, yüzey özelliklerinin açığa çıkmasında yardımcı olabilmektedir. Süt liflerinin yüzeyi pürüzsüz ve mikrogözenekliken, soya fasulyesi proteini lifi pürüzsüz değildir ve rastgele mikrogözenekli yüzeyler göstermektedir. Çözünme davranışını bulmak için çözücü olarak kaynamış dimetil formamid (DMF) kullanılabilir. Bu işlem sonucunda, süt lifleri şişmekte bu sırada da yün, ipek, kitin ve soya fasulyesi protein lifleri gibi protein lifleri herhangi bir değişiklik göstermemektedir (Zhang ve Xiao 2008).

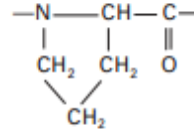
Kazeinin yapısındaki yan gruplar geniş bir çeşitlilik içermektedir. Bu yan gruplarla birlikte çeşitli protein liflerinin içeriklerinin karşılaştırmalı oranları Tablo 2.8'de yer almaktadır.

Tablo 2.8: Protein lifleri ile karşılaştırmalı aminoasit miktarları (Morton ve Hearle 2008).

Çeşidi	Yan Grup	Aminoasit	İçlerindeki oran (her 100 g proteindeki aminoasit gramı)		
			İpek fibroin	Yün keratin	Kazein
Reaksiyona girmeyen	—H	Glisin	43.8	6.5	1.9
	—CH ₃	Alanin	26.4	4.1	3.5
	—CH(CH ₃) ₂	Valin	3.2	5.5	6.02
	—CH ₂ -CH(CH ₃) ₂	Lösin	0.8	9.7	10.55
	—CH(CH ₃)-CH ₂ -CH ₃	İzolösin	1.37	—	5.27
Asidik†	—CH ₂ -COOH	Aspartik asit	3.0	7.27	6.70
	—CH ₂ -CH ₂ -COOH	Glutamik asit	2.03	16.0	22.03
	—CH ₂ -C ₆ H ₅	Fenilalanin	1.5	1.6	6.46
Bazik‡	—CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -NH ₂	Lisin	0.88	2.5	8.25
	—(CH ₂) ₃ -NH-C(NH)NH ₂	Arjinin	1.05	8.6	3.94
Hidroksil	—CH ₂ OH	Serin	12.6	9.5	5.87
	—CH(OH)-CH ₃	Treonin	1.5	6.6	4.53
	—CH ₂ -C ₆ H ₄ OH	Tirozin	10.6	6.1	6.28
Halka †	$\begin{array}{c} \text{—CH}_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{CH}_2 \end{array}$	Prolin	1.5	7.2	10.54
Çift §	—CH ₂ -S-S-CH ₂ —	Sistin	—	11.8	0.40
	—CH ₂ -CH ₂ -S-CH ₃	Metiyonin	—	0.35	3.50
Diğer	$\begin{array}{c} \text{—CH}_2\text{—C—} \\ \\ \text{CH} \\ \\ \text{NH} \end{array}$ 	Triptofan	—	0.7	1.37

† Belki iyonize şekillerde mevcut olabilir Örn. —CH₂-COO⁻ ve —(CH₂)₄-NH₃⁺. Asitler, asit amidler olarak mevcut olabilir. Örn. —CH₂-CONH₂.

‡ Zincir molekül olarak yerleştirilebilir:



Bu sonuçlar zincirin esneklik kaybı ve bazı bozulmalarında ;

§ İki protein zinciri molekülü arasında veya zincirde iki pozisyon arasında katılır.

Sistein, sisteinik asit, lantionin ve tiyosisteinin küçük miktarları ile ilgili olabilir.

Aspartik ve glutamik asitlerde dâhil olmak üzere bu listede 18 aminoasit yer almakta olup Tablo 2.8’de yer alan değerlerin yaklaşık değerler olduğu göz önünde bulundurulmalıdır (Morton ve Hearle 2008). Tablo 2.8 incelendiğinde; ipek ve yün lifleri ile karşılaştırıldığında kazein liflerinin bu liflere göre daha yüksek miktarda glutamik ve lösin amino asit içerdiği görülebilmektedir, sistin köprüleri ise yok

denecek kadar azdır. Yün ile kıyaslandığında bu liflerde sistin köprü bağlarının bir önemi olmadığı söylenebilmektedir.

Tablo 2.9’da ise üç lifin karşılaştırmalı olarak element birleşim oranları verilmektedir.

Tablo 2.9: Element birleşim oranları (Diamond ve Wormmell 1939, Peterson ve diğ. 1945, Ferretti 1948, Harmancıoğlu 1981, Yazıcıoğlu 1993, Kiraz 2012).

Elementler	Yün (%)	Fibroin (%)	Kazein (%)	Nem içermeyen kazein lifi (%) (nemsiz)
Karbon	49.25	48-49.10	53.00	51.00
Hidrojen	7.57	6.40-6.51	7.00	7.68
Oksijen	23.66	26.00-27.90	23.00	23.00
Azot	15.86	17.35-18.89	15.00	14.02
Kükürt	3.66	-	0.70	0.14
Fosfor	-	-	0.80	0.74

Süt lifinde karbon içeriği yüne göre biraz yüksek iken, kükürt içeriği ise yün lifine göre çok daha düşüktür. Bu durum, yünde bulunan sistin çapraz bağlarının süt liflerinde mevcut olmadığını göstermektedir, böylelikle süt lifleri kimyasal etkilere karşı daha az direnç sağlamaktadır (Brooks 2009). Bununla birlikte süt liflerinin yapısında az miktarda fosfor da bulunmaktadır. Hidrojen, oksijen, azot içerikleri ise benzer değerlerdedir.

2.2.4.6 Süt Liflerinin Kullanım Alanları

Süt liflerinin aynı kalınlığa sahip yün lifleriyle kıyaslandığında mukavemetinin zayıf olması ve suya karşı duyarlı olmasından dolayı kullanılma alanları sınırlı kalmaktadır. Günümüzde tekstil sektöründe tişörtlerde, iç giyimde, bayan iç ve dış giyimde, üniformalarda, göz maskelerinde, yatak takımlarında ve spor kıyafetlerde kullanılmaktadır.

Süt lifleri, genelde gevşek stapel elyaf formunda ve rayon stapelleri ile karışım formunda ya da yüne ilaveten pamuk karışımları olarak satılmaktadır. Bunların yanısıra yünün kullanım alanlarının pek çoğunda süt lifleri, yün/süt karışımları olarak da kullanılabilir. Bundan dolayı da tipik kullanım alanları arasında kravatlar, çoraplar, bayan elbiseleri, süveterler, tişört ve diğer örgü mamülleri yer almaktadır (Harmancıoğlu 1981). Ayrıca %100 süt lifi, yastıkları doldurmak için ve kapitone ürünlerde de kullanılmaktadır. Eğer lif çapı 30 mikrona çekilebilir ve bir yünle karıştırılırsa, iyi keçeleşeceğinden dolayı Şekil 2.17'de görüldüğü üzere şapka sektöründe kullanım için de elverişli hale gelmektedir (Moncrieff 1954).

Kazein elyaf içeren giysiler dikkatlice yıkanmalı ve bu giysilere uygulanacak işlemler yüne uygulanan işlemler gibi nazıkçe yapılmalıdır. Giysiler yün gibi kurutulmalıdır. Ütüleme veya presleme işlemi uygulamadan önce, kazein içerikli yumuşak tutumlu giysilerin tamamen kuru olduklarından emin olmak gerekmektedir. Ütüde yün ayarları kullanılmalıdır. Süt lifi kuru temizleme çözücülerinden etkilenmemektedir ve kazein içeren giysilere yünde olduğu gibi kolayca kuru temizleme yapılabilir (Cook 2001^b). Şekil 2.16'de süt lifiyle karışım halinde kullanılan rayon ve yün karışımı kıyafet örnekleri yer almaktadır. Şekil 2.17'de ise yün ile karışım örnekleri görülmektedir.



(a)

(b)

Şekil 2.16: a) Bluz dışındaki iki parça Aralak ve Rayon karışımı (Anonim3 2011), b) %50 Rayon, %50 Aralaktan üretilen bornoz (Euroflax 2014).



Şekil 2.17: %94 yün ve %6 kazein olan Montgomery semtinin klasik stili (Swicofil 2013, Euroflax 2014).

Süt Liflerinin Diğer Liflerle Karışım Olanakları ve Bu Karışımların Özellikleri

Saf Süt Protein Lifi

Süt protein lifi cildi nemlendirmektedir, sağlıklı ve bakteriostatiktir. İç giyim tekstil ürünleri için çok uygun liflerdir. Süt protein liflerinin en önemli ham maddesi cildi besleyen kazein proteinleridir. Cildin pürüzsüz ve yumuşak olmasını sağlamakta, cildin nem içeriğini koruyarak kırıklığı azaltmaktadır. Doğal nemlendiricidir (Arslan 2007).

Kaşmir ile Süt lifi Karışımları

Karışım ipliğinin mukavemeti, giyilebilirliği ve pilling direnci; saf kaşmir ipliğinden çok daha fazladır. Rahatlıkla giyilebilir ve parlaklığı hoştur. Yumuşaklık hissi ve ısı tutma özelliği kaşmir bir kazak ile karşılaştırılabilmektedir. Maliyeti kaşmirden düşüktür, bundan dolayı tüketimi arttırılmıştır (Arslan 2007).

Yün ile Süt lifi Karışımları

Süt lifinde doğal bakteriyal inhibisyon vardır, saf yün lifinden daha çok küfe dayanıklı ve güve geçirmezdir. Böylece giyilmeye, yıkanmaya ve muhafaza edilmeye karşı dayanıklıdır (Arslan 2007).

Pamuk ile Süt lifi Karışımları

Literatürde, süt lifinden üretilen kumaşların konfor özellikleri hakkında çalışmalar mevcuttur. Pamuk-angora ve pamuk-süt lifi karışimli kumaşlarda, angora veya süt lifi oranı arttıkça kumaşlar daha yüksek ısı direnç ve daha sıcak temas hissi sağlamakta, ancak su buharı geçirgenliği değerleri azalmaktadır (Marmaralı 2013).

Süt protein lifi ve pamuk ile karıştırılan ürünler, kumaşın sağlamlılığını, esnekliğini ve canlılığını arttırabilmektedir. Pamuk liflerinin mükemmel özelliklerinden nem çekme, geçirgenlik, ısı tutma v.b. özellikleri korunmakta ve bu durum ürünlerin kalite derecesini arttırmaktadır (Arslan 2007).

İpek ile Süt lifi Karışımları

Süt lifi ve ipek karışımı dokuma kumaşlar; ince, yumuşak, zarif kumaş olma fonksiyonlarına ve parlak renge sahiptir. İpeğin yol açtığı terleme elimine edilebilmektedir (Arslan 2007).

Fonksiyonel Özelliklere Sahip Süt Protein Lifi

-Nano süt lifleri; hem süt liflerinin mükemmel özelliklerine hemde UV ışınlarından koruma, antistatik ve bakteriyal inhibisyon gibi özelliklere sahiptir. Bu lifler kaşmirin tuşesine benzer his vermektedir. Yumuşak, pürüzsüz, parlak ve tiftiklenmeyen, bakımı kolay liflerdir (Arslan 2007).

-Negatif iyon süt lifi; lif negatif iyonu kalıcı olarak yaydığından hava kalitesini değiştirebilmekte ve insanların kan dolaşımını düzelteren birçok mikro elementi salabilmektedir (Arslan 2007).

2.2.4.7 Kazein ile İlgili Tekstil Alanında Yapılan Çalışmalar

Soutward ve Walker (1980); laktik asit, HCl veya H₂SO₄ veya maya kullanılarak süttten kazein ekstraksiyonunun elde edilmesi, kazeininin kullanımı, kazeinin özellikleri, çeşitli ülkelerde kazein üretimi ve ticareti hakkında bilgilerin derlendiği bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada; temel endüstride asit kazeinin, tahta için yapıştırıcı olarak, kağıt ve karton için kaplamada, boyamalarda, sentetik liflerde,

bahçeler için gübre serpmeye makinelerinde, deri tabaklamada, hayvan yemleri ve evcil hayvan gıdalarında, ve beton üretiminde kullanımı hakkında bilgi verilmiştir. Kazein mayasının sanayi alanında düğmeler, tokalar ve imitasyon fildişi bıçak sapları gibi plastiklerin üretiminde kullanıldığından da bahsedilmektedir (Soutward ve Walker 1980).

Zhao ve Duo (2006), yaptıkları çalışmada alkali hidroliz ve klorlama reaksiyonlarını uyguladıktan sonra kazeini orjinal PAN lifi üzerine aşılama işlemi yapmışlardır. Kazein aşılan lifin yapısı ve morfolojisi FTIR, X ışınımı (XRD) ve SEM ile karakterize edilmiştir. Ayrıca nem absorpsiyonu, özgül elektrik direnci, su tutma değeri ve mekanik özellikleri incelenmiştir. İşlem görmemiş lif ile karşılaştırıldığında aşılanmış PAN lifinin daha iyi oranda nem çekme özelliği gösterdiği belirlenmiş ve ayrıca modifiye edilmiş lifin giyim ihtiyacını karşılamak için uygun olabileceği tespit edilmiştir (Zhao ve Du 2006).

Kazein lifleriyle ilgili yapılan çalışmaların yanısıra kazein proteininin bir başka lif üzerine aşılanarak lifin özelliklerini geliştirdiği çalışmalar da literatürde mevcuttur. Jia ve diğ.(2007), doğal bir polimer olan kazeini, yeni kimyasal modifikasyon yöntemi ile akrilik lifi yüzeyine aşılamışlardır. Aşılama üzerinde klorlama süresi, klorlama sıcaklığı, aşılama süresi ve sıcaklığı ve pH değeri gibi reaksiyon şartlarının etkisi sistematik olarak araştırılmıştır. Kazein aşılanmış lifin yapısı ve morfolojisi FTIR ve SEM kullanılarak karakterize edilmiştir. Sonuçlara göre; kazeinin akrilik lifleri üzerine aşılanabildiği ve işlem görmemiş kumaşla karşılaştırıldığında, akrilik liflerinin nem absorpsiyonunun, su tutma yeteneğinin, elektrik direnci gibi özelliklerinin geliştiği bulunmuştur (Jia ve diğ. 2007).

Bu konuyla ilgili yapılan bir başka çalışmada ise; Gao ve diğ. (2009), tarafından farklı kazein içeriklerine sahip (%8.5, %18.5, %28.5, %38.5) dört farklı kazein-g-poli (akrilonitril) lifi hazırlanmış ve farklı sıcaklık uygulamalarından sonra da mekanik özellikleri incelenmiştir. Sonuçlar, kazein aşılanan liflerin sıcaklığa karşı hassas olduğunu göstermiştir. Yüksek sıcaklık uygulamasından sonra kazein içeriğinin artmasıyla birlikte liflerin çapraz bağlanma performansı artmıştır. Kazeinin termal oksidatif ayrışmasından dolayı yüksek sıcaklık altında, liflerin renklerinin

kademeli olarak sarıya dönüştüğü tespit edilmiştir. Farklı kazein içeriklerine sahip kazein lifleri ile aşıl原因 PAN lifleri SEM ile gözlemlendiğinde modifiye edilmiş liflerin farklı yapılar gösterdiği görülmüştür (Gao ve diğ. 2009).

Gao (2011), tarafından yapılan çalışmada kazein aşıl原因 akrilonitril liflerine farklı alkali konsantrasyonlardaki çözeltiler uygulanmıştır. Alkali işleminden önce ve sonra kimyasal analiz uygulanarak lif bileşenleri incelenmiştir. Homopolimer PAN üzerindeki alkali pH değerinin etkisi, serbest kazein, aşıl原因 kazein ve liflerin aşıl原因 derecesi tek tek ele alınmıştır. Aynı zamanda çeşitli pH değerlerinde işlem gören liflerin mekanik özellikleri test edilip, liflerin mekanik özelliklerini etkileyen iç ve dış faktörler analiz edilmiştir. Sonuçlar, kazein aşıl原因 akrilonitril liflerinin üretilebileceğini göstermiştir (Gao 2011).

Kazein proteininin kullanıldığı bir diğere çalışmada ise; Cui ve diğ. (2011), yün kumaşın özelliklerini geliştirmek için protein çapraz bağlama enzimi transglutaminaz (TGase) ve sütün içerisindeki protein madde olan kazeini yüzey kaplayıcı malzeme olarak kullanmışlardır. Kazein, TGase ile birlikte yünün yüzey özelliklerini değiştirmek için kullanılmış ve sonuçlar, yünün yüzeyine TGase ile katalize edilip çapraz bağlanan kazein sayesinde yünün sıcak suya karşı çok iyi dayanıklılık sergilediğini göstermiştir. Ayrıca Cui ve diğ. (2011), yün lifinin fonksiyonelleştirilmesi için; kazeinin TGase ile kombinasyonunu çevre dostu bir yöntem olarak önermiştir (Cui ve diğ. 2011).

Zhang ve diğ. (2011), sütün proteinini poliester liflerine aşıl原因yla ilgili bir çalışma yapmışlardır. Poliesterin üzerinde az miktarda hidroksil grupları olduğundan dolayı kazein proteini poliesterin üzerine kolayca aşıl原因mamaktadır. Bu çalışmada, poliesterin yüzeyi hidroksit ile kaplanmış, sonra sentetik çapraz bağlayıcılar kullanılarak sütün proteininin poliester liflerinin üzerine aşıl原因abileceği belirlenmiştir (Zhang ve diğ. 2011).

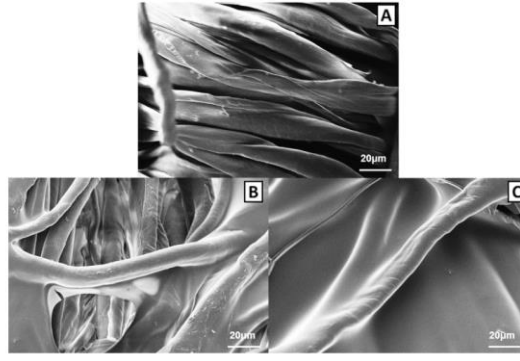
Sütün proteini aşıl原因mış poliester kumaşın yapısı SEM ile görüntülenmiş ve kumaşın aşıl原因abilirliği ölçülmüştür. Sütün proteini oranının artmasıyla birlikte poliesterin beyazlığının neredeyse hiç değişmediği, buruşma elastisitesinin önce

arttığı ve sonrasında ise azaldığı, bükülme sertliği ve su alma özelliğinin monoton olarak arttığı, nem geçirgenliğinin önce arttığı sonra azaldığı ve antistatik özelliğinin büyük ölçüde arttığı tespit edilmiştir (Zhang ve diğ. 2011).

Li ve Cao (2012), yaptıkları çalışmada yaş işlemlerde çok büyük önem taşıyan alkali direncini değerlendirmek için soya fasulyesi/kazein/polivinil alkol lif karışımını sodyum karbonat çözeltisi ile muamele etmişlerdir. İşlem gören liflerin ağırlık kaybı ve beyazlığı incelenmiş ve yapılan bu çalışmayla elyafın, zayıf alkali direnci sergilediği gösterilmiştir. İşlemin sıcaklığı, zamanı ve alkali konsantrasyonu işlem uygulanmış liflerin ağırlık kayıplarında etkili olmuştur. Düşük alkali konsantrasyonlarında bile yüksek derecede ağırlık kaybı olduğu bulunmuştur (Li ve Cao 2012).

Literatürde PVA, süt proteini ve metal karbonatlardan elde edilen hibrid nanoliflerin kullanıldığı nanoteknolojik çalışmalar da yer almaktadır. Bu konuyla ilgili yapılmış olan bir çalışmada; Mahanta ve diğ. (2012), PVA, süt proteini ve kalsiyum karbonat (CaCO_3) veya magnezyum karbonat (MgCO_3) gibi inorganik tuzlardan üç boyutlu nanofibröz zarlar imal etmişlerdir. Mikroskopik araştırmalar liflerin çaplarının ortalama 300-500 nanometre arasında bulunduğunu ve pürüzsüz morfolojiye sahip olduğunu göstermiştir. Elektro lif çekim yöntemiyle çekilen kompozit nanolif tabakaları insan akciğer fibroblastlarında değerlendirilmiş ve hücreye yapışma özelliklerinden dolayı, biyomedikal uygulamalarda kullanılmasının avantajlar sağlayabileceği tespit edilmiştir (Mahanta ve diğ. 2012).

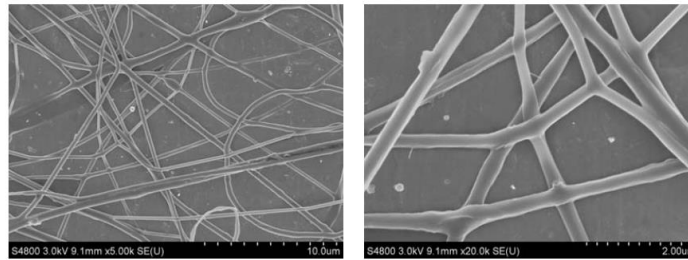
Alongi ve diğ. (2014), yaptıkları çalışmada toksik ve çevre dostu olmayan kimyasalların kullanımına rağmen, hayvan veya mikrobiyal kaynaklardan elde edilmiş bazı proteinleri pamuklu kumaşlar için yeni çevreci güç tutuşurluk maddeleri olarak araştırmışlardır. Yapılan araştırmada özellikle fosfor ve kükürt bakımından zengin olan kazein proteini ve lifli mantarlardan üretilen hidrofobinlerin sulu çözeltileri pamuklu kumaş üzerine kaplanmıştır. İşlem gören kumaşların SEM görüntüleri aşağıda Şekil 2.18'de görülmektedir (Alongi ve diğ. 2014).



Şekil 2.18: İşlem görmemiş (A), kazeinle işlem görmüş (B) veya hidrofobinle işlem görmüş pamuklu kumaşın (C) SEM görüntüleri (Alongi ve diğ. 2014).

Her iki protein pamuk liflerine bağlanabilmiş ve arada bağ oluşturan düzenli ve homojen bir kaplama sağlanmıştır. Camlaşma noktalarının farklılığına bağlı olarak, hidrofobinleri içeren kaplamanın oda sıcaklığındaki uzatılabilirliği ve esnetilebilirliği kazein içeren kaplamadan yüksek çıkmıştır. Sonuç olarak; protein kaplamanın varlığı, pamuğun ısı yayılma hızında belirgin bir düşüş yaratarak kumaşların ısı dayanıklılık direncini değiştirmiştir (sırasıyla kazein ve hidrofobinler için; -%27 ve %45,) (Alongi ve diğ. 2014).

Elektro lif çekim prosesi, basit ve mikro veya nanoliflerin üretimi için önemli bir yöntemdir (Wang ve He 2013, Liu ve He 2007, Yang ve diğ. 2009, He 2012). Wang ve He (2013), PVA ile markette satılan sütün karışımını, nano boyutta PVA-süt lifleri üretmek için çözelti olarak kullanmışlardır. Geleneksel tarzda elektro lif çekim yöntemi kullanılarak çekilen liflerin Şekil 2.19'da SEM fotoğrafları yer almaktadır. Bu fotoğraflar PVA-süt nanoliflerinin üretim için uygun olduğunu göstermektedir (Wang ve He 2013).

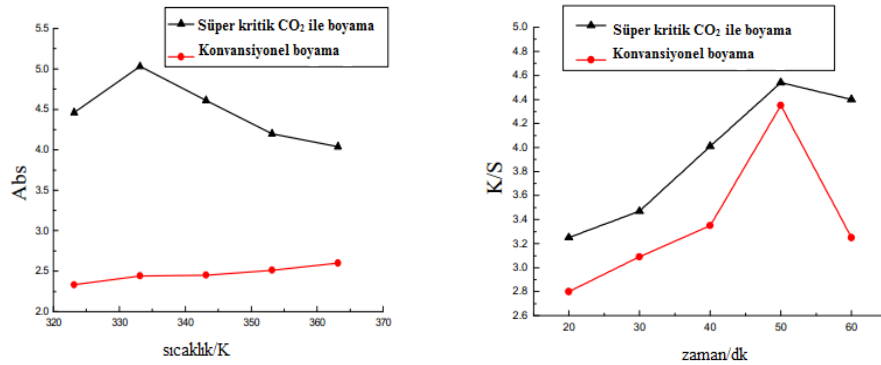


Şekil 2.19: PVA-süt nanoliflerinin morfolojisinin SEM görüntüleri (Wang ve He 2013).

2.2.4.8 Süt Lifleri ile İlgili Tekstil Terbiyesi Alanında Yapılan Çalışmalar

Yumuşak tutum, esneklik ve ısı yalıtımı sağlayabilme gibi önemli özelliklere sahip olan kazein lifi, Avinç ve diğ. (2011) tarafından, selülozik liflerin boyanmasında kullanılan küp boyarmaddeleri (Vat Orange 2, Vat Red 10) ve yünün boyanmasında kullanılan asit boyarmaddesiyle (Telon Red A2R) boyanmıştır. Boyanan kumaş örneklerinin haslık dereceleri değerlendirilmiş ve küp boyarmaddeleri ile boyanan örneklerin asit boya ile boyanan örneklerden daha iyi yıkama ve sürtme haslığına sahip olduğu tespit edilmiştir (Avinç ve diğ. 2011).

Çevresel faktörler göz önünde bulundurularak, boyamada doğal pigmentlerin uygulanması ve çalışılması üzerine yoğunlaşmıştır. Modern bilim ve teknolojinin kullanılmasıyla multifonksiyonel doğal pigmentler üretilerek çevre kirliliği yaratmayan, farklı özelliklere sahip ürünler elde edilebileceğini savunan Wu ve diğ. (2012), Paprika ekstraktını kullanarak süperkritik CO₂ yöntemiyle ve konvansiyonel yöntemle süt liflerini boyamışlardır. Her iki yöntemle boyanan örnekler karşılaştırılmıştır (Wu ve diğ. 2012). Karşılaştırılan örnekler için sıcaklığın ve zamanın boyamaya nasıl bir etkisi olduğu aşağıdaki Şekil 2.20’de görülmektedir.



Şekil 2.20: Sıcaklığın ve zamanın boyama üzerine etkisi (Wu ve diğ. 2012).

Şekil 2.20’deki sıcaklık-Abs grafiğinde görüldüğü üzere, sıcaklık 333.15 K’nin altındayken elyafın boyama koyuluğu kademeli olarak artmış ve sonrasında azalmıştır. Çünkü süt protein lifinin yapısı sıkıdır, ve daha az boşluklu yapıya

sahiptir. Bu yüzden boyama sıcaklığı düşük olduğunda boyaların lifin içerisine girip dağılması zor olmakta, fakat yüksek sıcaklıklarda lifin yapısı yumuşamakta ve genişlemektedir. Bu sayede boyaların emilimi boyaların nüfuzu ve boyaların lif içinde difüzyonu daha kolay olmaktadır. Süperkritik boyama yöntemi ve konvansiyonel boyama yönteminin her ikisinde de K/S değerlerinin zamanla arttığı ve 50. dakikada maksimuma ulaştığı Şekil 2.20’de yer alan zaman-K/S grafiğinde görülmektedir. Fakat işlem için uygulanan sürenin uzaması, liflerdeki boyaların bir kısmının liflerden çıkmasına yani K/S değerinin düşmesine neden olmuştur.

Aşağıdaki Tablo 2.10’da süperkritik CO₂ ve konvansiyonel boyama yöntemleriyle boyanan liflerin haslık değerleri karşılaştırılmış ve süperkritik CO₂ ile boyanan liflerin, konvansiyonel yöntemle boyanan liflere göre daha iyi değerlere sahip olduğu bulunmuştur.

Tablo 2.10: Süperkritik CO₂ ortamında ve konvansiyonel boyama yöntemiyle boyanan liflerin haslık değerleri (Wu ve diğ. 2012).

Boyama Yöntemi	Boyama Sıcaklığı	Sürtme Haslığı		Yıkama Haslığı
		Kuru	Yaş	
Süperkritik CO ₂ Boyama	328.15 K	3	3	3
	333.15 K	3-4	3-4	3-4
	338.15 K	3	3-4	3
Konvansiyonel Boyama	328.15 K	2-3	3	2
	333.15 K	3	3	2-3
	338.15 K	3	2-3	2-3

Sonuçlara bakıldığında; süperkritik CO₂ yöntemi kullanılarak boyanan süt liflerinin konvansiyonel boyama yöntemi ile boyanan liflerden daha yüksek K/S değerleri ve haslıklara sahip olduğu görülmektedir (Wu ve diğ. 2012).

Yang (2012), yumuşak ve zarif parlaklığa sahip olması, mükemmel kullanım dayanıklılığı, leke dayanımı, nem geçirgenliği gibi özellikleriyle yeni bir rejenere protein lifleri olarak karşımıza çıkan süt liflerinin kuvvet ve uzama, kıvrım ve

sürtünme performansı ile mekanik özellikleri üzerine çalışmış, elde edilen değerleri ise yün ve soya fasulyesi protein lifi ile karşılaştırmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde, kuru halde, süt protein liflerinin kopma mukavemetinin soya fasulyesi protein liflerine yakın değerlerde olduğu ve yünden ise büyük olduğu ortaya çıkmıştır. Süt protein liflerinin kopma mukavemet değerleri kuru halde 4,1 cN/dtex ve yaş halde 3,2 cN/dtex olarak bulunmuştur. Ayrıca süt lifinin kıvrım dayanıklılığının yünden zayıf, dinamik ve statik sürtünme katsayısının ise soya fasulyesi protein liflerinden büyük olduğu belirtilmiştir (Yang 2012).

Süt lifleri ile ilgili yapılan bir diğer çalışmada Li ve diğ. (2012), %70 modal ve %30 akrilonitril kazein lif karışımını, hidrojen peroksit/ tetraasetilendiamin aktive etme sistemiyle ağartmışlardır. Ağartılan kumaşlar asit boyarmaddesiyle boyanmış ve bu kumaşların beyazlık dereceleri değerlendirilmiştir. H₂O₂/TAED aktive edilmiş ağartma sistemi AN-g-kazein lif karışımının beyazlığını geliştirdiği tespit edilmiştir (Li ve diğ. 2012). Sodyum karbonat ile H₂O₂/TAED konsantrasyonlarının artması beyazlık değerlerinin de artmasını sağlamıştır.

Kiraz (2012), süt liflerinden elde edilen kumaşlarla ilgili hazırladığı tez çalışmasında; sıkı ve gevşek yapılarda örülmüş olan %100 süt, %100 viskon ve %100 pamuk liflerinden üretilen kumaşları fiziksel performans ve konfor özellikleri yönünden birbirleriyle karşılaştırmıştır. Sonuç itibarıyla, süt liflerinin aşınma dayanımının düşük olması ve yüksek boyutsal değişim değerlerinden dolayı lifin kullanımının kısıtlı olabileceği belirlenmiştir. Süt lifinden üretilmiş örme kumaşlar pamuk ve viskon kumaşlarının arasında bir boncuklaşma eğilimi göstermiştir. Viskondan üretilen kumaşlar ise en çabuk boncuklaşan ve boncuklaşma açısından en kötü performans gösteren kumaştır. Aşınma değeri sonuçlarına bakıldığında süt lifinin aşınmaya karşı dayanımının pamuk ve viskon kumaşlara göre daha kötü derecelerde olduğu gözlenmiştir. O yüzden süt lifinden üretilen örme kumaşların aşınmaya karşı dayanımın da son derece düşük olması süt kumaşını tek başına kullanımlık bir lif olmaktan çıkarmaktadır. Bunun yanı sıra iyi derecede ıslanma ve kuruma hızına sahip olduğu belirlenen süt liflerinin, çeşitli kumaşlarla karışım halinde kullanılabilmesi açısından elverişli olduğu tespit edilmiştir (Kiraz 2012).

Kazein liflerinin sahip olduğu bakteriostatik özelliğinden dolayı bu özellik lifin popülaritesinin artmasında önemli bir rol oynamaktadır. Teli ve diğ. (2013), kazeinden yapılmış olan kumaşları demirhindi (*Tamarindus indica L.*) bitkisinden ekstrakte edilen tanen ve bakır sülfat ile şap mordanları kullanarak turuncu kadife çiçeği ve zerdeçal ile boyamışlardır. Kazein esaslı kumaşların renk değerleri, haslık özellikleri ve antibakteriyal aktiviteleri değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre, mordanlama ardından boyanmış numunelerin sadece boyanmış örnekler ile (mordansız) karşılaştırıldığında, kötü haslık özellikleri gösterdikleri tespit edilmiştir. Yıkama haslıklarının çok iyiden (4), mükemmele (5) doğru değerlerde olduğu belirtilmiştir. Antibakteriyal özelliğinin yanısıra, çevre dostu olma özelliği de taşıyan mordanların kullanılmalarının avantajlarının açıkça görüldüğü rapor edilmiştir (Teli ve diğ. 2013).

3. AĞARTMA İŞLEMLERİ

3.1 Süt Lifleri ve Bu Liflerle Karışım Halinde Kullanılan Liflerin Ağartılması

Bütün yaş işlemlerde yaygın olarak ağartma; eğer mümkünse zayıf asit koşulları altında, örn. pH 4.0-6.0 'da gerçekleştirilmelidir. Kazein lifleri, bu koşullar altında maksimum dayanıklılık ve minimum şişme özelliğini korumaktadır. Ağartma, 1kg/24 litre sodyum pirofosfat ile pH 8.0 değerine tamponlanmış iki hacim hidrojen peroksit ile gerçekleştirilmektedir. Alternatif olarak bir asit dengeleyici kullanılabilir. Ağartma pad batch olarak gerçekleştirilebilmektedir. Eğer alkali işlemler kullanılacaksa, devamında dikkatlice yıkanması ve asetik asit ile nötrleştirilmesi zorunludur. Bu liflerin ağartılmasında hipoklorit ağartması kullanılmamalıdır (Cook 2001^b).

Rejenere protein liflerinin özellikle yaş durumdayken fiziksel- teknolojik özellikleri yetersiz kaldığından, bu lifler daha ziyade diğer liflerle karıştırılarak kullanılmaktadır. Bu karışımların ağartılmaları saf yünlü ağartmasına benzer şekilde de yapılabilmektedir. Eğer yün kısmında fazla bitkisel atık varsa ve karbonizasyon işlemi uygulanacak ise, rejenere protein liflerinin asitlere karşı dayanıklılığının yün lifleri kadar olmadığı unutulmadan, işlem daha ılıman koşullarda yapılmalıdır (Tarakçıoğlu 1983). Ayrıca optik beyazlatıcı ajanlar da bahsedilen karışım liflere uygulanabilmektedir (Cook 2001^b).

Literatürde süt liflerinin ön terbiye işlemleriyle ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu tez çalışmasında, süt liflerinin yün ile benzerlik göstermesinden dolayı, yün elyafının ön terbiye işlemleri için hazırlanmış reçetelerde mevcut olan değerlerin referans olarak kullanılabilmesi göz önünde bulundurularak yünlü mamüllerin ağartılmaları ile ilgili literatür araştırması yapılmıştır. Yapılan bu tez çalışmasında süt liflerinin ağartılmasında yükseltgen madde olarak sadece hidrojen peroksit kullanılmıştır.

3.2 Yünlü Mamüllerin Ağartılması

Yünün ağartılması işlemi; beyazlığın ve parlaklığın artırılması için uygulanan bir işlemdir (Duran ve diğ. 2007). Fakat yün elyafının pigmentlerinin renginin giderilmesi sonucunda liflerin dayanıklılığının azalması gibi bir durumda söz konusu olmaktadır. Bundan dolayıdır ki; siyah ve kahverengi yünler değil, daha ziyade açık tonlarda boyanacak kumaş ve trikotajlar ile basılacak yünlü mamüller ağartılmakta, bu da ancak yünün çok beyaz veya açık renklere boyandığı zaman ve boyamayı engelleyen durumlar olması halinde uygulanmaktadır (Başer 2002, Serindağ ve Halefoğlu 2003, Aniş 2005). Yün lifleri üzerindeki renkler SO_2 , $NaHSO_3$, $Na_2S_2O_4$ gibi indirgen ve H_2O_2 ve Na_2O_2 , $KMnO_4$ gibi oksidant yükseltgenlerin etkisiyle giderilebilmektedir. İndirgenlerle ağartma uygun olmamakta çünkü indirgen pigmentler hava oksijeni ile tekrar yükseltgenmekte bu nedenle de H_2O_2 veya Na_2O_2 kullanılması tavsiye edilmektedir (Serindağ ve Halefoğlu 2003). Fakat hidrojen peroksitle yapılan ağartmalarda sararma tehlikesi olabileceği gözardı edilmemeli ve bundan dolayı hidrojen peroksit ağartmasından sonra mutlaka indirgen ağartma yapılmalıdır (Duran 1995). Klorlu ağartıcılar ise yünde sararma meydana getirdiğinden dolayı kullanılmamaktadır (Başer 2002).

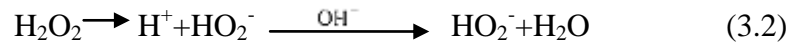
3.2.1 Yün Liflerinin Yükseltgen Maddelerle Ağartılması

Hidrojen peroksit, 1818 yılında baryum peroksitin nitrik asit ile reaksiyona sokulmasıyla Louis Jacques Thénard tarafından izole edilmiş ve 1866 yılında tekstil liflerinin ağartılmasında kullanılabileceği fikrinin ortaya çıkmasına rağmen başlangıçta sahip olduğu yüksek fiyatı nedeniyle 1935 yılına kadar kullanımını kısıtlı olmuştur (Aniş 1994).

Hidrojenperoksit tekstil endüstrisinde ön terbiye işlemlerinde en çok tercih edilen ağartma ajanı olarak kullanılmaktadır. Bunun başlıca nedenleri; klor içeren oksidanlara nazaran hidrojen peroksidin daha çevreci olması, ürün kalitesini artırması ve ağartmanın hem bazik hem de asidik ortamda yapılabilmesini mümkün kılması olarak sıralanabilmektedir (Duran 1995, Salam 2006). Hidrojen peroksidin

dezavantajı, yüksek maliyetli olmasıdır, fakat tekstil liflerinin ağartılmasında kısmen de olsa kalsiyum hipokloritin yerini alabilecektir (Salam 2006).

Hidrojen peroksit asidik ortamda kararlı yapıda olmasına rağmen, alkali ilave edilmesiyle veya sıcaklığın yükseltilmesiyle bozunmakta ve ağartma işlemi gerçekleşmektedir. Sulu bir ortam içerisinde perhidroksil iyonu (HO_2^-) açığa çıkmaktadır. Kimyasal olarak zayıf dibazik asit gibi davranmaktadır. Perhidroksil iyonları oldukça kararsızdır ve yükseltgenebilecek bir maddenin varlığında bozunarak ağartmayı gerçekleştirmektedir. Sodyum hidroksit H^+ iyonunu nötralize ederek perhidroksilin ağartma işlemini gerçekleştirmesini sağlamaktadır (Karmakar 1999). Bu reaksiyonlar aşağıda yer almaktadır (3.1), (3.2).



3.2.2 İndirgen Maddelerle Ağartma

Önceden yün ağartmalarının önemli bir kısmı, indirgen maddelerle yapılmaktaydı. Peroksit ağartmasının kullanımının zaman içerisinde artmasıyla birlikte, indirgen maddeler ile yapılan ağartmalarda azalma olmuştur. Fakat bu şekilde ağartılmış bir mamulün sonradan sararma tehlikesinin az olmasından dolayı önce yükseltgen ardından ise indirgen ağartma şeklinde kombinasyonlar önemlerini korumuşlardır (Tarakçıoğlu 1983).

Hidrosülfitin hava oksijenine ve hidrolize karşı dayanıklılığının düşük olmasından kaynaklı olarak; stabilizatör ilaveli hidrosülfit esaslı maddeler kullanılmaktadır. Stabilize edilmiş hidrosülfit ürünleri (Blankit IN) ile asidik ortamda ağartma yapmak mümkün olmamaktadır (Aniş 1994).

Çinkoformaldehidsülfoksilat tuzu (Decrolin, Hydrosülfit Z) cinsinden ürünler düşük sıcaklıklarda hava oksijeninden etkilenmedikleri gibi bunlarla gerçekleştirilen ağartmalar asidik ortamda da yapılabilir. Tioüredioksitle (TUDO) ağartma pek fazla kullanılmamasına rağmen elde edilen mükemmel beyazlık nedeniyle hidrojenperoksit ağartmasına bir alternatif olarak sunulmaktadır (Aniş 1994). TUDO

ile yapılacak olan ağartmaların sodyum hidrosülfid ile yapılacak olan ağartmadan daha düşük maliyetli olduğu ve ekolojik açıdan daha avantajlı olduğu belirtilmiştir (Karmakar 1999).

3.3 Enzimler

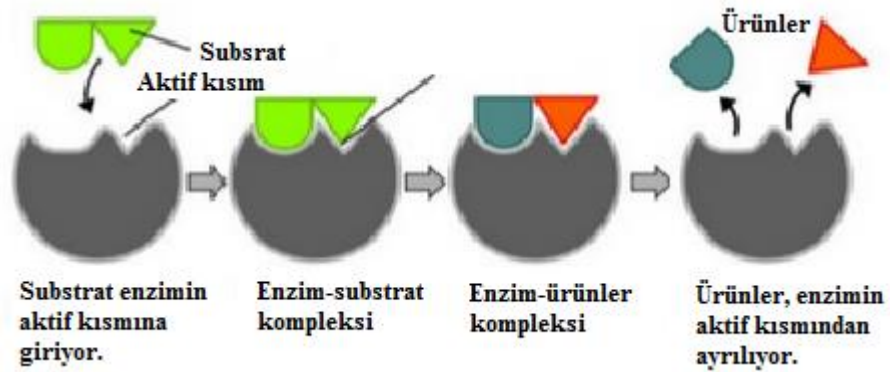
Enzimler, bütün canlı organizmalar tarafından üretilen yapısında yüksek düzeyde spesifik aktif merkezler bulunan, kimyasal açıdan ise, hücreler içerisinde biyokimyasal reaksiyonları çok iyi katalize eden yüksek molekül ağırlıklı protein yapılarıdır (Wiseman 1987, Buschle-Diller ve diğ. 2002, Kotlínska ve Lipp-Symonowicz 2011, Mather ve Wardman 2011.). Düşük sıcaklıklar altında çalışabilen ve diğer metotlarla kıyaslandığında daha az enerji tüketen, çevre dostu ürünlerdir (Gulrajani ve diğ. 1998, Mahmoodi ve diğ. 2010).

Enzimler, mikroorganizmaların fermentasyonu sonucu elde edilip, endüstriyel olarak üretilmektedir. Hammadde olarak patates unu, soya fasulyesi, mısır suyu, tuz ve şeker kullanılmaktadır. Fermentasyon üretimi bittikten sonra enzim ayrılma ve fermentasyon sıvısı geri kazanılmaktadır (Duran ve diğ. 2007).

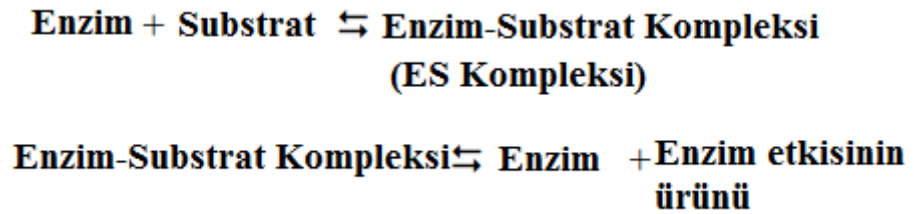
Enzimler, diğer birçok katalizörden farklı olarak geniş çaptaki reaksiyonları katalize etme yeteneğine sahiptir. Son derece spesifikler ve isimlendirilmeleri etki ettikleri substratlara göre kategorize edilmektedir. Enzim isimleri substratların isimlerinin sonuna 'az' eklenerek oluşturulmaktadır (Mather ve Wardman 2011). Bunun yanı sıra pepsin, tripsin, amigdalin, pityalin, gibi, substratlarını veya aktivitelerini tanımlamayan, genel bir tanıma uymayan enzim isimleri de kullanılmaktadır.

Her enzim için aktivitelerinin maksimum olduğu pH değerleri belirli olmakta ve bu değerlerin üzerinde ya da altında aktivite düşmektedir. Bununla beraber bütün enzimlerin pH aktivite değerleri de aynı şekilde olmamaktadır (Bhat 2000, Eren ve diğ. 2006). Ticari olarak kullanım yüzdeleri incelendiğinde; %59'unu proteazların, %28'ini karbohidrazların, %3'ünü lipazların ve %10'unu ise diğer enzimlerin oluşturduğu görülmektedir. Karbohidrazlar grubuna giren α -amilaz üretimi %13 ile çok önemli bir yer tutmaktadır (Wiseman 1987).

Şekil 3.1’de enzim substrat ilişkisi yer almaktadır. Tepkimeyi hızlandıran yani katalizör görevi gören enzimle, substrat arasında anahtar-kilit ilişkisi bulunmaktadır. Bunun anlamı ise her substratın kendisiyle tepkimeye girecek uygunlukta bir enzim mevcut olduğudur. Tepkime gerçekleştikten sonra enzimler hiçbir değişikliğe uğramadan tepkimeyi tamamlamakta ve bir sonraki reaksiyonu katalizleyebilmek için serbest kalmaktadır. Şekil 3.2’de enzimlerin işleyiş mekanizması yer almaktadır.



Şekil 3.1: Enzim ve substrat arasındaki ilişki (Tan 2011).



Şekil 3.2: Enzimin işleyiş mekanizması (Ammayapan 2013^a).

3.3.1 Tekstil Endüstrisinde Enzim Kullanımı

Hücrelerde çok önemli metabolik görevleri olan enzimler, çeşitli amaçlarla kullanılmak üzere günlük ve ekonomik hayatın içine girmiştir. Tekstil endüstrisinde ise enzimler, çevreye dost alternatif yöntemler geliştirmek için kullanılmaktadır (Cui ve diğ. 2011). Geleneksel olarak pamuklu kumaş ve giysilerin biyoparlatılması, haşıl sökme, bazık işlem, yıkama, serisin giderme, tekstil materyallerinin ağartılması, ağartma banyolarında peroksitin parçalanması, ligninin parçalanması, boyahanelerin

atık sularının renksizleştirilmesi gibi işlemlerde amilaz, katalaz ve lakkaz enzimleri kullanılabilir (Karmakar 1999, Mojsov 2011, Atav ve diğ. 2014).

Tekstil endüstrisinde uygulanan başlıca enzimler hidrolaz ve oksidoredüktazdır. Hidrolaz grubu; amilazları, selülazları, proteazları, pektinazları ve lipazları/esterazları içermektedir. 1980'lere kadar tekstil proseslerinde sadece amilaz enzimleri tercih edilmekteydi. Bu enzimler hala dokuma sonrası kumaşlardan nişasta bazlı parçacıkların uzaklaştırılmasında kullanılmaktadır. Selülazlar ise; fibrillerin ve hav ipliklerinin enzimatik olarak uzaklaştırılmasında kullanılmış ve pamuk tekstil sektörüne başarılı bir şekilde tanıtılmıştır. Bu enzimler başka uygulamalarda denim ve diğer giysilerin eskitilerek üretilmesinde yer almıştır (Araujo ve diğ. 2008).

Enzim teknolojisi, pamuk, yün ve ipeğin ön terbiyesi kullanımında büyük ilgi görmektedir. Örneğin; protein liflerinin modifikasyonunda boyama ve bitim işlemlerinde kullanılabilir ve ayrıca bu liflerin ön işlem proseslerinde geniş ölçüde kabul görmektedir. Pamuk lifleri için; selülaz enzimi de life hem yumuşaklık, iyi performans ile şık bir görünüm kazandırmak, hem de üretim işlemlerini kolaylaştırmak ve maliyeti düşürmek için bitim işlemlerinde kullanılabilir (Karmakar 1999). Enzimin katalize reaksiyonlarının temel avantajları olarak işlemin düşük sıcaklıkta gerçekleşmesi, işlem sonunda yan ürünlerin olmaması ve birçok enzim prosesinin çevreye dost olduğu gösterilmektedir (Cavaco-Paulo 1998). Enzim kullanımının bir başka tercih edilme sebebi de, protein liflerinin boyanmalarının iyileştirilmeleriyle ilgili olmaktadır (Atav 2009). Enzimle ön terbiye işlemi yapılmış ve ardından boyanmış olan yün kumaşlarında enzimin; kumaşın yumuşaklığını, tutumunu, dökümünü, boncuklanma direncini, renginin değişmesi gibi parametrelerini geliştirdiği belirlenmiştir (Riva ve diğ. 2002, Raja ve Thilagavathi 2011, Sharma ve diğ. 2011, Ammayapan 2013^b).

Tablo 3.1'de tekstil uygulamaları için önemli olan enzimlerin kaynağı ve bu enzimlerin hangi amaçla kullanılabileceğiyle ilgili bilgiler aşağıda yer almaktadır. Hazırlanan bu tez çalışmasında rejenere protein lifi olan süt protein lifiyle çalışılacağından dolayı proteine etki eden enzimlerden proteaz enzimleri ele alınacaktır.

Tablo 3.1: Tekstil uygulamaları için önemli olan enzimler (Karmakar 1999, Kirk ve diğ. 2002, Mather ve Wardman 2011).

Enzimler	Orijini	Etkisi
Amilaz	Bacillus Subtilis Bacillus lickerinformis	Nişastayı içindeki basit şekerlere kadar parçalamak, haşıl sökme işlemlerinde kullanılmaktadır.
Selülozlar ve Hemiselülozlar	Trichoderma raesci Aspergillus niger	Selülozun parçalanması. Biyo-bitim ve biyo-parlatma işlemlerinde kullanılır.
Pektinaz	Aspergillus niger	Jüt, keten, kenevir gibi sak liflerinin temizlenmesi.
Proteazlar	Bacillus subtilis B. Licheniformis B. Oryzaeof	Hayvansal iflerin temizlenmesi, veya ipeğın serisininin giderilmesi, yünün özelliklerinin değiştirilmesi.
Lipazlar	Aspergillus niger Muco javanicus	Yağ ve vaksların ortadan kaldırılması.
Katalaz	Aerobik organizmalar	Peroksit giderici (H ₂ O ₂ 'yi parçalamak)

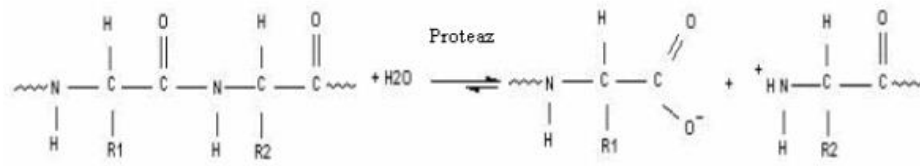
3.3.2 Proteazlar

Proteolitik enzimler yada diğer bir ismiyle proteazlar, protein moleküllerinde mevcut olan peptid bağlarının hidrolizini katalizleyen hidrolaz sınıfı enzimler olarak adlandırılmaktadır.

Proteaz ve lipaz enzimleri, diğer enzimler arasında yün için ağırlıklı olarak kullanılan enzimlerdir. Yün terbiyesinde kullanılarak yünün çekmezlik ve boncuklaşma özelliklerini iyileştirmektedir (Karmakar 1999).

Mevcut enzimatik proseslerin endüstriyel ölçekte kontrol edilmesi zor olup yeterli derecede tahmin edilebilir ve yeniden üretilebilir olmamaktadır. Bu uygulamalar boyunca proteazlar kolaylıkla lif korteksine penetre olmakta, makrofibril (bitki hücre duvarlarında mikrofibrillerin biraraya gelmesiyle oluşan,

primer hücre duvarında daha düzenli bir diziliş gösteren selüloz yapı) düzeyinde ciddi oranda azalmaya ve kabul edilemez boyutta mukavemet kaybına neden olmaktadır (Cui ve diğ. 2011). Deterjan endüstrisinde kendine büyük bir uygulama alanı bulan proteazlar, endüstriyel enzimlerin çok önemli bir grubunu oluşturmaktadır (Kantouch ve diğ. 2005, Ammayapan 2013). Şekil 3.3'de proteazların proteolitik reaksiyonu yer almaktadır.



Peptid bağı

Karboksil grubu Amino grubu

Şekil 3.3: Proteazlar ile proteolitik reaksiyon (Onar 2003).

Proteaz enzimleri, protein liflerinin boyanmalarının geliştirilmesi için de kullanılabilir. Protein liflerinin dış yüzeyinde bulunan epikütikula tabakası boyarmaddenin lif içerisine girmesine karşı bir bariyer vazifesi görmekte ve bu liflere proteaz enzimi ile bir ön işlem uygulandığında, bahsedilen pul tabakası biraz da olsa parçalanmakta sonrasında da lif makromolekülleri arası peptid bağları hidrolize uğramaktadır. Bunun sonucunda, gerek yapı gevşeyeceğinden gerekse peptid bağlarının kopması nedeniyle boyarmadde moleküllerinin bağlanabileceği yeni serbest amino grupları açığa çıkacağından protein liflerinin boyarmadde alma yetenekleri artmaktadır (Atav 2009).

3.3.3 Yünlü Mamüllerin Enzimlerle Ağartılması ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Yünün ağartma muamelesinin etkinliğinin artırılması için ekolojik tercih olarak enzimler görülebilmektedir. Sodyum bisülfid veya sodyum ditionit ile indirgen koşullarda ve hidrojen peroksit ile yükseltgen koşullarda yünün biyoağartması gerçekleştirilebilmektedir. Burada enzimin görevi; yünün doğal sarımsak rengini veren maddeleri uzaklaştırmaktır. Hidrojen peroksit ile kombine edilen biyoağartma

için oksidatif ve alkali hidrojen peroksit ağartma flottesinde stabil ve aktif olan bir enzim kullanımı gerekmektedir. Enzimlerin hidrojen peroksit ile birlikte beyazlık derecesini arttırma konusunda sinerjik bir etki gösterdiği tespit edilmiştir. Beyazlık derecesi; enzimlerin ve hidrojen peroksitin konsantrasyonu, pH, sıcaklık gibi parametrelere bağlı olarak değişmektedir. Bu sinerjik etki aynı zamanda biyoağartma ile hidrofilitate kazanımında görülebilmektedir. Çünkü enzim, keratin yüzeyden renkli pigmentlerle birlikte hidrofob yapılı lipoproteini uzaklaştırmaktadır (Tarakçıoğlu 1983, Onar 2003).

Enzimlerin, yünün boyanabilirliğini geliştirmek, yünlü mamüllerin boncuklanmalarını azaltmak, yünün ağartılması, keçeleşmezlik ve çekme dayanımını arttırmak için kullanıldığı tespit edilmiştir (Levene ve diğ. 1996, Levene 1997, Millington 1998, Koh ve diğ. 2006, Cui ve diğ. 2009).

Riva ve diğ. (2002), farklı proteaz enzimlerini kullanarak farklı koşullar altında uyguladıkları işlemlerin sonucunda yünün beyazlığının arttığını gözlemlemişlerdir. Kullanılan enzimlerin konsantrasyonu, işlem süresi, sodyum sülfid konsantrasyonu (enzim aktivatörü) incelenmiş ve bunun sonucunda enzim konsantrasyonu artışının sonuçlarda büyük bir farklılık yaratmadığı, işlem süresinin ise sonuçları oldukça fazla miktarda etkilediği belirlenmiştir. Enzim aktivatörü olarak kullanılan '*sodyum sülfid*' ise aktivatör olarak etkili olsa dahi keçeleşmezlik ve beyazlık derecesinde önemli bir artışa neden olmamıştır, aksine liflere zarar verebilmektedir (Riva ve diğ. 2002).

Levene (1997), yünün ağartılması için alkali proteaz olarak Esperase 8.0L (Novo), Durazyme 16.0L (Novo), Bactosol WO (Sandoz), Pronase E (Sigma), Pronase (Fluka), Alcalase (Novo), Savinase (Novo), Type 31 (Sigma), Proteanase D'yi (ABM) ve nötr proteaz olarak papain (Merck), Type 23 (Sigma) ve Neutrase'yi (Novo), indirgen madde olarak sodyumditiyonit ve bisülfidi ve oksidatif madde olarak da hidrojen peroksiti kullanmıştır. Enzimler kullanılarak aynı banyo içerisinde ve enzimlerle ön işlem uyguladıktan sonra farklı banyolarda oksidatif ve ayrıca indirgen ağartmalar yapılmıştır. Sonuç itibariyle oksidatif ve indirgen koşullar altında uygulanan proteaz enzimi tarafından yünün beyazlığının geliştirildiği

belirlenmiştir. Hidrojen peroksit banyosuna proteaz ilave edilmesi ağartma süresini yarı yarıya kısaltarak aynı beyazlığın elde edilmesini sağlayabilmektedir. Papain varlığında pH 6.5-6.9'da, bisülfid ile indirgen ağartmanın oldukça ucuz ve hidrojen peroksit ile karşılaştırıldığında hızlı olduğu bulunmuştur (Levene 1997).

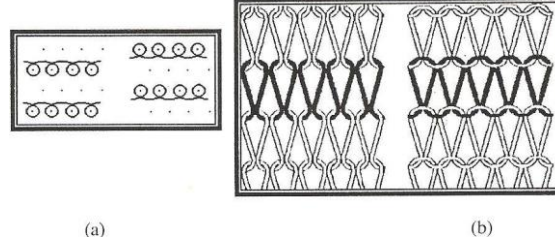
4. YÖNTEM

4.1 Materyal

Çalışmada kullanılan örme kumaş %100 süt lifinden üretilmiş olup, iplikler Çin'den ithal edilmiştir. Süprem kumaşın ilmek diyagramı ve şematik görünümü Şekil 4.1'de yer almaktadır. Çalışma için kullanılan kumaşın özellikleri aşağıdaki Tablo 4.1'de verilmektedir.

Tablo 4.1: % 100 süt lifinden üretilmiş ham kumaşın konstrüksiyon özellikleri

Örgü tipi	Süprem
İplik numarası	32/1 Ne
Gramaj (gram / m ²)	140 g/m ²
Beyazlık derecesi	56,91



Şekil 4.1: Süprem kumaşın a) ilmek diyagramı b) şematik görünümü

Araştırma kapsamında süt lifinden üretilmiş kumaşın ön terbiye işlemlerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Ağartma işlemleri; yükseltgen bir ağartma maddesi olan hidrojenperoksit (asidik ve bazik ortamda) ile yapılmış, farklı indirgen maddeler ve enzimler ile çalışılmış, ve tek adım, iki adım olmak üzere farklı kombinasyonlar denenmiştir. Deneme sonuçlarına göre, en iyi beyazlık derecesini sağlayan reçeteler belirlenmiştir. Bu reçeteler, mikrodalga enerjisinden yararlanılarak yapılan ağartma işlemleri için yapılan denemelerde kullanılmıştır.

Klasik yöntemle ve mikrodalga enerjisinden yararlanılarak ağartma işlemine tabi tutulan numunelerin beyazlık dereceleri ve mukavemet değerleri ölçülmüştür.

Ağartma işlemi liflere zarar verebilen bir işlem olduğu için süt lifinden üretilen numunelere patlama mukavemeti testi yapılmıştır. Numunelere hidrofilité testi yapılarak optimum ağartma reçetesi ve şartları belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışmada kullanılan kimyasal, yardımcı maddeler ve makineler

Tablo 4.2’de çalışmada kullanılan kimyasal ve yardımcıları belirtilmektedir.

Tablo 4.2:Çalışmada kullanılan kimyasal ve yardımcı maddeler

Asetik Asit	Düzy
Sodyumhidroksit	Düzy
Sodyum karbonat	Düzy
Sülfirik asit	Kimetsan
Islatıcı (Rucowet MSK)	Rudolf Duraner
Stabilizatör (Orgastab P 77, poliakrilat bazlı)	Organik Kimya
Formik Asit	Düzy

Çalışmada kullanılan makineler Tablo 4.3’de verilmiştir.

Tablo 4.3: Çalışmada kullanılan makineler

Adı/Modeli	Üretici Firma	Kullanım Amacı
Ataç lab dye HT boyama makinesi	Ataç makine	Ağartma işlemlerinin çekirme yöntemine göre gerçekleştirilmesinde kullanılmıştır.
Mikrodalga Fırın (<i>Arçelik MD 595</i>)	Arçelik A.Ş.	Mikrodalga enerjisi kullanılarak yapılan ağartma denemeleri için kullanılmıştır
Renk ölçüm cihazı (<i>DataColor SpectraFlash 600</i>)	Datacolor International, USA	Numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.
Patlatma mukavemeti test cihazı	SDL Atlas, M229P	Numunelerin mukavemet değerlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.
Masa üstü pH metre	Hanna HI221	Flottelerin pH ayarlamalarında kullanılmıştır.
Kumaş kalınlığı ölçüm cihazı	Louis Schopper No 7880, Leipzig	Kumaş kalınlığının belirlenmesinde kullanılmıştır.
Hava geçirgenliği test cihazı	Textest FX 3300	Numunelerin hava geçirgenliği özelliklerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.
Martindale aşındırma ve pilling test cihazı	SDL Atlas, M235	Numunelerin pilling derecelerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

4.2 Metot

Ön Yıkama İşlemi

Süt lifinden üretilmiş kumaşın üzerinde bulunan yabancı maddelerin uzaklaştırılabilmesi için ağartma işleminden önce bir ön yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. % 100 süt lifi kumaşlar, 40°C'de 10 dakikalık iki yıkama işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra kumaşlar serilerek standart laboratuvar şartları altında kurumaya bırakılmıştır.

Çalışmada uygulanan işlem adımları

1. Hidrojenperoksit (H₂O₂) ile Yükseltgen ağartma

Hidrojenperoksit (H₂O₂) ile ağartma

-Asidik ortam (Prestogen W ile)

-Bazik ortam

2. İndirgen ağartma maddeleri ile ağartma

Rucorit RGI (Rudolf Duraner, organik kükürt bileşiği)

Redulit WOL (CHT, hidroksil amin türevi)

Tanede LR (Tanatex, su bazlı organik ve inorganik tuz çözeltisi)

Isopon ERC (Bozzetto, alkil aril sülfonat ve aldoller, sülfür ve bor içermemektedir.

TUDO (Genkim, tioure dioksit)

Rongalit C (BASF, sülfirik asit türevi)

Decrolin (BASF, hidroksimetansülfirik asitin çinko tuzu)

Blankit IN (BASF)

3.Hidrojen peroksit ile ağartma ardından indirgen maddelerle ağartma kombinasyonu (iki adımlı ağartma)

I. ADIM

Asidik ortamda Prestogen W ile hidrojenperoksit (H₂O₂) ağartması

II. ADIM

Rucorit RGI ile işlem

Rongalit ile işlem

Decrolin ile işlem

TUDO ile işlem

Bazik ortamda hidrojenperoksit (H₂O₂) ağartması

Rucorit RGI ile işlem

Rongalit ile işlem

Decrolin ile işlem

TUDO ile işlem

4. Mikrodalga ile ağartma

Yükseltgen ağartmalar:

Asidik ortamda Prestogen W ile hidrojenperoksit (H₂O₂) ağartması

Bazik ortamda hidrojenperoksit (H₂O₂) ağartması

İndirgen ağartmalar:

Rucorit RGI ile ağartma

Rongalit ile ağartma

Decrolin ile ağartma

TUDO ile ağartma

5.Enzimatik işlemler

Proteaz enzimleri ile işlem

Enzimatik işlem ardından hidrojenperoksit ile ağartma

Savinase 16L ile işlem

Savinase 16L ile işlem ardından hidrojenperoksit ile ağartma

Esperase 8.0L ile işlem

Esperase 8.0L ile işlem ardından hidrojenperoksit ile ağartma

Enzimatik işlem ardından TUDO ile ağartma

Savinase 16L ile işlem

Savinase 16L ile işlem ardından TUDO ile ağartma

Esperase 8.0L ile işlem

Esperase 8.0L ile işlem ardından TUDO ile ağartma

Enzim ve sodyumbisülfidin tek adımda kombinasyonu

Amilaz, pektinaz, selüloz gibi enzimler ile işlem

Enzimatik İşlem

Bu bölümdeki deney serisinde etki mekanizmaları birbirinden farklı 4 proteaz enzimi ile çalışılmıştır. Bu enzimlerle süt liflerine 3 farklı konsantrasyon (% 0,5-2-4) ve 3 farklı sürede (15-30-60 dakika) ön işlem uygulanmıştır.

İşlemler 1:20 flote oranında ve her enzim için o enzimin aktivitesinin en yüksek olduğu sıcaklık ve pH değerlerinde gerçekleştirilmiştir.

Denemelerde kullanılan enzimler ve bunlara ait özellikler aşağıdaki Tablo 4.4'de verilmektedir.

Tablo 4.4: Denemelerde kullanılan enzimler ve özellikleri

Enzimlerin ticari ismi	Özellikleri
Savinase® 16 L (Novozymes)	Genetik olarak modifiye edilen Bacillus mikro organizmasının fermantasyonu ile üretilen serin tipi proteaz
Esperase 8.0 L (Novozymes)	Yüksek sıcaklık ve alkaliye dayanıklı proteaz enzimi
Perizym AFW (Dr. Petry)	Yünün enzimatik işlemleri için proteaz enzimleri kombinasyonu
Alcalase 2.5 L (Novozymes)	Düşük pH'a sahip serin tipi proteaz enzimi, genetik olarak modifiye edilen Bacillus mikro organizmasının fermantasyonu ile elde edilmiştir.
Papain (Sigma Aldrich)	Papaya lateksten saflaştırılmış tiol proteaz
Pepsin (Merck)	Domuz mide mukozasından elde edilmiş aspartik asit proteaz

Savinase ile işlem: Amonyumklorür/amonyak (% 25'lik) tamponu kullanılarak pH 8.5'a ayarlanmış ve ardından flotteye enzim ilave edilmiştir. Bu flotte 50 °C'a ısıtılmış ve numuneler bu sıcaklıkta 15-30-60 dakika enzimle muamele edilmiştir. İşlem sonunda enzimi deaktive etmek için numuneler 70 °C'de durulama → 2 g/l asetik asit ile nötralizasyon → soğuk durulama işlemlerine tabi tutulmuştur.

Papain ile işlem: Monosodyumfosfat/ disodyumfosfat tamponu kullanılarak pH 6'ya ayarlanmış ve flotteye enzim ilave edilmiştir. Flotte 25 °C'a ısıtılmış ve numuneler bu sıcaklıkta 15-30-60 dakika işleme tabi tutulmuştur. Enzimi deaktive

etmek için numuneler 70 °C'de durulama → soğuk durulama işlemlerinden geçirilmiştir.

Pepsin ile işlem: Sitrikasit / sodyumsitrat tamponu kullanılarak pH 2'ye ayarlanmış ve ardından flotteye enzim ilave edilmiştir. Flotte 37 °C'a ısıtılmış ve numuneler bu sıcaklıkta 15-30-60 dakika işlem görmüştür. Enzimi deaktive etmek için numuneler 70 °C'de durulama → 2 g/l soda ile nötralizasyon → soğuk durulama işlemlerine tabi tutulmuştur.

Esperase 8.0 L ile işlem: Fosfat tamponu ($\text{KH}_2\text{PO}_4\text{-Na}_2\text{HPO}_4$) kullanılarak pH 8'e ayarlanmış ve flotteye enzim ilave edilmiştir. Flotte 25°C'a ısıtılmış ve numuneler bu sıcaklıkta 15-30-60 dakika işleme tabi tutulmuştur. Enzimi deaktive etmek için numuneler 70 °C'de durulama → 2 g/l asetik asit ile nötralizasyon → soğuk durulama işlemlerine tabi tutulmuştur.

Perizym AFW ile işlem: Fosfat tamponu ($\text{KH}_2\text{PO}_4\text{-Na}_2\text{HPO}_4$) kullanılarak pH 8' e ayarlanmış ve flotteye enzim ilave edilmiştir. Flotte 70°C'a ısıtılmış ve numuneler bu sıcaklıkta 15-30-60 dakika işleme tabi tutulmuştur. Ardından enzimi deaktive etmek için numuneler ılık durulama → formik asit ile pH 4'e ayarlanarak nötralizasyon → soğuk durulama işlemlerine tabi tutulmuştur.

Alcalase 2.5 L ile işlem: Fosfat tamponu ($\text{KH}_2\text{PO}_4\text{-Na}_2\text{HPO}_4$) kullanılarak pH 8,5' e ayarlanmış ve flotteye enzim ilave edilmiştir. Flotte 55°C'a ısıtılmış ve numuneler bu sıcaklıkta 15-30-60 dakika işleme tabi tutulmuştur. Ardından enzimi deaktive etmek için numuneler 70°C'de durulama → 2 g/l asetik asit ile nötralizasyon → soğuk durulama işlemlerine tabi tutulmuştur.

Bu enzimlerle yapılan enzimatik işlemin liflerdeki etkilerini gözlemleyebilmek, işlem görmüş liflerin fonksiyonel gruplarında meydana gelen değişimleri saptamak amacıyla ATR/FTIR ölçümleri gerçekleştirilmiş, liflerin yüzeyinde meydana gelen modifikasyonları gözlemlemek için ise SEM fotoğrafları çekilmiştir.

4.3 Çalışmada Uygulanan Testler ve Yapılan Ölçümler

Beyazlık Derecesi Ölçümü

Ağartma işlemi uygulanan numunelerin beyazlık dereceleri ölçümleri, Datacolor 600 model spektralfotometre kullanılarak D65 gün ışığı altında, 10° gözlem açısı altında yapılmıştır. Kumaş numunelerinde, dört farklı noktadan ölçüm alınarak ortalamaları hesaplanmıştır. Ağartılmış numunelerin Stensby yöntemine göre beyazlık dereceleri ölçülmüş, sarılık değerleri tespit edilmiştir.

Stensby Beyazlık Derecesi

Bu formül, P. Stensby (JR Geigy AG'nin (ABD) eski çalışanı) tarafından geliştirilmiş ve 1968 yılında sunulmuştur. Stensby formülü ile hesaplanan beyazlık derecesi özellikle ABD'de deterjan alanında kullanım bulmuştur. Stensby'a göre beyazlık derecesi hesaplamada kullanılan formül aşağıda (4.1)'de verilmektedir. L , a, b Hunter renk koordinatlarını temsil etmektedir.

$$WI_{Stensby} = L - 3b + 3a \quad (4.1)$$

100'den büyük değerler mavimsi beyazı, 100'den küçük değerler sarımsı beyazı ifade etmektedir (X-rite 2012).

Sarılık İndeksi

Sarılık indeksi, berrak (renksiz) veya beyazdan sarıya doğru olan numunelerin değişen renklerinin spektrum verileriyle hesaplanması sonucu elde edilen bir sayıdır. Bu test yaygın olarak bir malzemede gerçekten veya dışarıda kalmasından kaynaklı olarak gerçekleşen renk değişikliklerini değerlendirmek için kullanılmaktadır. Sarılık indeksleri baskın olarak 570-580 nanometre aralığında dalga boyuna sahip numunelerle sınırlıdır. Sarılık indeksinde, ideal beyaz referans olarak alınmaktadır. Pozitif değerler, daha sonra numunelerin daha sarı olacağını, negatif değerler ise numunelerin daha mavi olduğunu göstermektedir (X-rite 2012).

Hidrofilite Testi

Numunelerin hidrofilite değerleri TS 866'ya göre belirlenmiştir. Bu standarda göre, tekstil malzemelerinin su emme özelliği, suyu emme süresi esas alınarak belirlenmektedir. Yöntem, tekstil malzemesi üzerine damlatılan su damlalarının emilme süresinin llmesine dayanmaktadır. Ölümde $21\pm 3^{\circ}\text{C}$ sıcaklığında damıtık su, kasnak, büret (1 ml. suyu 15–25 damlada damlatabilen), kronometre kullanılmaktadır.

Patlama Mukavemeti Testi

Kumaş patlama mukavemeti SDL Atlas markasının M229P model pnömatik mukavemet test cihazında ISO 13938-2 standardına göre llmştir.

Hava Geçirgenliği Testi

Kumaş hava geçirgenliği testi Textest FX 3300 hava geçirgenlik test cihazında TS391 EN ISO 9237 standardına göre llmştir.

Kumaş Kalınlığı Testi

Kumaş numunelerinin kalınlığı EN ISO 5084:1996 standardına göre Şekil 4.2'de verilen Louis Schopper'e ait (Almanya), otomatik mikrometre ile llmştir.

Pilling Testi

Kumaş numunelerinin pilling derecesi SDL Atlas M235 model martindale aşındırma ve pilling test cihazında EN ISO standardına göre llmştir.



Şekil 4.2: Kumaş kalınlık ölüm cihazı

Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) ölçümü

Liflerin gerek yüzey yapısında gerekse kimyasal yapısındaki değişimleri incelemek amacıyla IR spektrumları alınmıştır. FTIR analizlerinde Perkin Elmer Spektrum 100 marka ATR/FTIR cihazı kullanılmıştır. Elde edilen spektrumlardan karakteristik bantlar karşılaştırılarak işlem gören ve görmeyen numuneler arasındaki farklılıklar belirlenmiştir.

Taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizleri

Liflerin yüzey yapısında meydana gelen modifikasyonlar taramalı elektron mikroskobu (SEM Carl Zeiss Evo 40 (Uludağ Üniversitesi, Fizik Bölümü Mikroskopi Laboratuvarı) kullanılarak belirlenmiştir.

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

KOİ ile atıksudaki organik maddelerin kimyasal oksidasyonları için gereken oksijen miktarı belirlenmektedir. $K_2Cr_2O_7$ ile sudaki organik maddeler oksitlenmektedir. $K_2Cr_2O_7$ yüksek oksitleme gücüne sahip, saf ve ucuzdur. Oksidasyonla karbonlu organik maddeler CO_2 ve H_2O 'ya, azotlu organik maddeler NH_3 'e dönüşmektedir. Cr_2O_7 'nin yağ asitlerini oksitlemesi yetersiz olduğundan ortama Ag_2SO_4 eklenmektedir. Ag^+ iyonları katalitik etki yapmakta ve oksitlenme kolaylaşmaktadır. Ag_2SO_4 klorür, bromür ve iyodür ile reaksiyona girerek hem çökelmelerine hem de oksidasyonlarına yardımcı olmaktadır. Kapalı reflux metoda göre uygulanan ölçümde; metalik tuz miyarları daha ekonomik kullanılır, fakat örnek homojenizasyonu önemlidir. Potasyum hidrojen ftalat standart çözeltileriyle miyarların (parçalama çözeltisi, sülfürik asit çözeltisi) tekniği ve kalitesi tespit edilir.

5. BULGULAR

5.1 Süt Liflerinin Yükseltgen Maddeyle (Hidrojenperoksit (H₂O₂) İle Ağartılması

Protein lifi olan yün için önemli ağartma maddeleri, yükseltgen ve indirgen ağartma maddeleridir. Yükseltgen maddelerden sodyum hipoklorit yüne derin bir pas rengi vermekte, sodyum klorit ise yünü pembeleştirir. Bu nedenle en sık kullanılan yükseltgen madde hidrojenperoksittir. Geleneksel olarak yün lifleri hidrojenperoksit ile ya alkali ya da asidik şartlar altında ağartılabilmektedir. Rejenere bir protein lifi olan süt liflerinin ağartılmasında da yükseltgen madde olarak hidrojenperoksit (H₂O₂) seçilmiştir.

5.1.1 Süt Liflerinin Hidrojenperoksit (H₂O₂) İle Bazik Ortamda Ağartılması

Yükseltgen bir madde olan hidrojenperoksit (H₂O₂) birçok life uygun olması, kesikli, yarı kesikli ve kontinü çalışılabilmesi özelliklerinin yanında, doğaya zararsız olması gibi avantajlarından dolayı en çok kullanılan ağartma maddesidir. Bu nedenle tez çalışması kapsamında yükseltgen ağartma maddesi olarak sadece hidrojenperoksit ile denemeler gerçekleştirilmiştir. Yün liflerinin hidrojenperoksit ile ağartılmasında uygulanan işlem sıcaklığı, 50-60 °C 'dir (Karmakar 1999). Protein esaslı bir lif olan süt lifinin ağartma şartları incelenirken bu nedenle 50 °C-90 °C sıcaklık aralığında denemeler yapılmıştır. Denemeler yün lifleri için uygun olan pH 8-9'da yapılmış daha sonra belirlenen hidrojenperoksit konsantrasyonlarında farklı pH'larda (pH 5, 7, 9, 11) süt liflerinin ağartma işlemi incelenmiştir.

Çalışma pH'ının belirlenmesi:

Ağartma işlemi, yün için uygulanan ağartma şartları referans alınarak farklı pH' larda gerçekleştirilmiş ve daha sonraki denemeler için optimum pH belirlenmeye çalışılmıştır. Uygulanan ağartma reçetesi Tablo 5.1'de verilmektedir.

Tablo 5.2'de farklı pH'larda 60°C'de H₂O₂ ile yapılan ağartma denemelerine ait beyazlık değerleri yer almaktadır.

Tablo 5.1: Uygulanan ağartma reçeteleri

Hidrojenperoksit (H₂O₂) ile ağartma	
H ₂ O ₂ konsantrasyonu (% 35'lik)	15, 30 ml/l
Ağartma sıcaklığı	60°C
Ağartma süresi	120 dakika
pH	pH 5,7,9,11
Flotte oranı.	1:40
Noniyonik ıslatıcı	0.5 g/l
Stabilizatör	1 g/l

Optimum pH değerini belirlemek için yapılan deneme sonuçlarına göre, asidik ortamda yani pH 5'de ve bazik ortamda yani pH 9'da yapılan peroksit ağartması en yüksek beyazlık değerlerini vermekle birlikte, pH'ın daha da artması süt lifinden üretilen kumaş numunelerinin beyazlık derecelerinin düşmesine, sarılık değerlerinin artmasına yani numunelerin sararmasına neden olmaktadır.

Tablo 5.2: Farklı pH'larda 60°C'de H₂O₂ ile yapılan ağartma denemelerine ait beyazlık değerleri

60°C	pH 5		pH 7		pH 9		pH 11	
H ₂ O ₂	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)
15 ml/l	62,05	13,99	60,69	15,34	62,83	13,9	20,70	39,74
30 ml/l	63,30	13,78	61,57	14,91	64,83	12,71	14,02	43,61

Bazı durumlarda hidrojenperoksit ile nötr ortamda (pH 6,5- 8 aralığında) ağartma yapmak da mümkün olabilmektedir. Bu pH koşullarında ağartma etkisi sağlayabilmek için aktivatörler kullanılmaktadır. pH 6.5'un altında HOO*⁻ / O₂* oranı bozulmakta ve H₂O₂, H₂O ve O₂'ne (aktif olmayan O₂ gazı üretimi)

parçalanmakta, dolayısıyla hidrojenperoksit boşa harcanmaktadır (BAT 2002).

Bundan sonraki deney planında optimum hidrojen peroksit konsantrasyonunu, işlem süresini ve sıcaklığını bulmak için çalışma pH'ı olarak en yüksek beyazlık derecesinin elde edildiği pH 9 seçilmiş ve uygulanan reçete Tablo 5.3'de verilmiştir.

Tablo 5.3: Süt liflerini hidrojenperoksit (H₂O₂) ile ağartmak için uygulanan reçete

Hidrojenperoksit (H₂O₂) ile ağartma	
H ₂ O ₂ konsantrasyonu (% 35'lik)	10, 15, 30,45,65 ml/l
Ağartma sıcaklığı	50,60,70,80,90°C
Ağartma süresi	45, 60, 90,120 dakika
pH	pH 9
Flotte oranı.	1:40
Noniyonik ıslatıcı	0.5 g/l
Stabilizatör	1 g/l

Hidrojenperoksit (H₂O₂) ile ağartılmış numunelerin Stensby formülüne göre beyazlık dereceleri Tablo 5.4'de verilmektedir.

Tablo 5.4: Hidrojenperoksit (H₂O₂) ile 50,60,70,80,90°C 'de ağartılmış numunelerin beyazlık dereceleri

		50°C							
Süre (dak)		45'		60'		90'		120'	
	H ₂ O ₂ (%35)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)
10 ml/l		60,36	16,31	60,81	15,59	61,09	15,54	61,94	14,79
15 ml/l		61,11	15,92	61,28	15,52	61,39	14,81	62,16	14,00
30 ml/l		61,63	15,48	61,96	14,90	63,18	15,19	63,56	13,84
45 ml/l		62,23	15,28	62,95	15,07	63,21	14,44	64,44	13,68
65 ml/l		62,34	14,92	62,77	14,3	63,38	13,86	64,53	13,57

Tablo 5.4 (devamı): Hidrojenperoksit (H₂O₂) ile 50,60,70,80,90°C 'de ağartılmış numunelerin beyazlık dereceleri

60°C								
Süre (dak)	45'		60'		90'		120'	
H ₂ O ₂ (%35)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)
10 ml/l	60,78	15,5	60,95	15,26	61,62	15,69	62,81	13,86
15 ml/l	61,32	15,87	61,41	14,88	62,68	15,24	62,83	13,9
30 ml/l	62,01	15,09	62,40	14,12	63,41	14,2	63,80	13,49
45 ml/l	62,95	14,72	63,20	13,74	63,92	12,72	64,89	12,75
65 ml/l	63,12	14,04	64,59	14,09	64,63	12,98	65,11	12,72

70°C								
Süre (dak)	45'		60'		90'		120'	
H ₂ O ₂ (%35)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)
10 ml/l	60,95	15,48	61,36	14,51	61,55	13,64	62,2	13,84
15 ml/l	61,33	15,30	61,72	14,45	62,83	13,88	63,1	16,06
30 ml/l	62,23	15,11	62,67	14,42	63,81	13,76	64,28	12,66
45 ml/l	63,37	14,17	64,29	12,37	64,94	13,73	64,58	12,42
65 ml/l	64,08	14,08	64,82	12,06	64,96	12,15	65,06	12,00

80°C								
Süre (dak)	45'		60'		90'		120'	
H ₂ O ₂ (%35)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)
10 ml/l	59,78	15,24	59,88	15,30	60,6	14,33	60,98	15,51
15 ml/l	60,94	14,16	61,04	13,96	61,86	14,60	62,94	13,03
30 ml/l	62,68	13,65	62,71	13,95	63,62	13,44	64,01	12,66
45 ml/l	63,87	11,68	64,14	12,60	64,26	12,56	64,24	11,78
65 ml/l	64,22	14,17	65,22	12,44	65,61	13,83	65,63	12,58

Tablo 5.4 (devamı): Hidrojenperoksit (H₂O₂) ile 50,60,70,80,90°C 'de ağartılmış numunelerin beyazlık dereceleri

Süre (dak)	90°C							
	45'		60'		90'		120'	
	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)
H ₂ O ₂ (%35)								
10 ml/l	57,90	17,08	57,45	17,07	56,47	16,95	58,08	16,24
15 ml/l	59,23	14,37	60,08	15,25	60,12	15,80	60,43	16,65
30 ml/l	61,19	14,79	61,38	14,50	61,78	14,25	62,18	14,87
45 ml/l	61,38	13,16	62,52	13,65	62,84	14,74	62,24	15,86
65 ml/l	61,92	13,61	62,24	13,56	61,73	14,70	61,32	15,88

Tablolar incelendiğinde; konsantrasyon, süre ve işlem sıcaklığının artmasıyla birlikte numunelerin beyazlık değerlerinin birbirine yakın değerlerde, az miktarda arttığı görülmektedir. Fakat bu artışlar 90°C'de gözlenememekte, numunelerin beyazlık dereceleri yüksek hidrojenperoksit konsantrasyonlarında dahi daha düşük seviyelerde kalmaktadır. Flotte pH'ı yanında işlem sıcaklığı, süre ve hidrojenperoksit konsantrasyonu; ağartma derecesini ve liflerin zarar görme durumunu etkileyen önemli faktörlerdir. Bilindiği gibi; bunların gereğinden fazla arttırılması yalnız liflerin zarar görmesini arttırmakla kalmamakta aynı zamanda elde edilen beyazlık derecesini de düşürmektedir. 90°C'de beyazlık derecesinde meydana gelen düşüşün sebebinin işlem sıcaklığının yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu durumu incelemek amacıyla 5 farklı pH'da ve 2 farklı sıcaklıkta, flotteye herhangi bir kimyasal ilave etmeden (hidrojenperoksit de olmadan) sadece su ile süt lifi esaslı numuneler 60 ve 120 dakika muamele edilmiş ve beyazlık dereceleri ölçülmüştür.

Tablo 5.5'de kör flotte ile (sadece suyla) muamele edilmiş süt liflerinin farklı pH ve sıcaklıkta beyazlık dereceleri verilmiştir. Tablo 5.5'e göre, süt liflerinin işlem gördüğü sıcaklık ve işlem süresi arttıkça beyazlık değeri düşmektedir. Süt lifleri ile çalışılırken sıcaklık ve pH değeri seçimi önem taşımaktadır. pH 9'dan sonra da liflerde sararma görülmektedir.

Tablo 5.5: Kör flotite ile (sadece suyla) muamele edilmiş süt liflerinin farklı pH ve sıcaklıkta beyazlık dereceleri

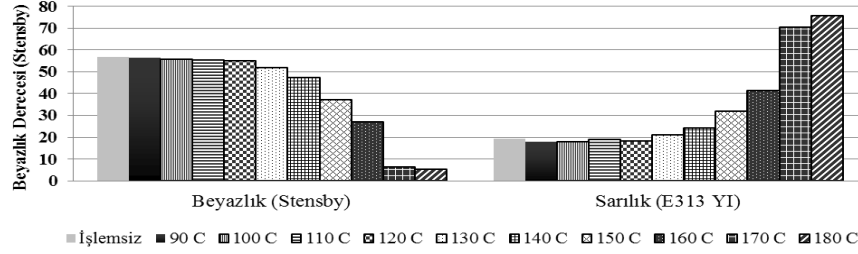
Süre (dak)	60°C				90°C			
	60'		120'		60'		120'	
	pH	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)
3	56,21	18,15	54,35	19,33	51,82	22,01	49,97	19,37
5	56,54	18,36	54,37	19,99	53,33	19,99	50,62	22,93
7	56,62	18,46	55,34	19,10	53,84	20,21	50,70	23,21
9	56,86	18,57	55,74	18,03	53,81	20,34	52,48	22,79
11	53,93	19,39	52,66	20,48	49,67	23,46	50,77	20,67

Isıl işlemin etkisini gözlemek amacıyla süt lifleri farklı sıcaklıklarda 5 dakika kuru ısıya maruz bırakılmıştır. Buna göre, 90 °C'den itibaren lifte sararma başlamakta, sıcaklığın artmasıyla birlikte de sararma artmaktadır. Tablo 5.6'da ısıl işlemin süt liflerinin beyazlık derecesine etkisi yer almaktadır.

Tablo 5.6 Isıl işlemin süt liflerinin beyazlık derecesine etkisi

	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)
Ham	56,91	19,21
90°C	56,27	17,82
100°C	55,83	17,98
110°C	55,57	19,17
120°C	55,29	18,35
130°C	52,11	21,12
140°C	47,56	24,52
150°C	37,31	32,19
160°C	27,23	41,42
170°C	6,49	70,49
180°C	5,53	75,85

Şekil 5.1’de ısıtılmış numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik yer almaktadır.



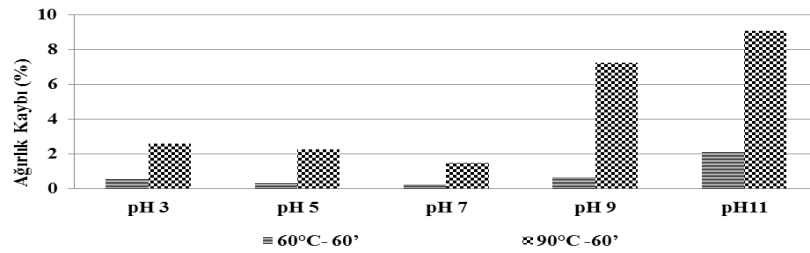
Şekil 5.1: Isıl işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik

Tablo 5.7’de süt liflerinin farklı pH ve sıcaklıktaki ağırlık kayıpları yer almaktadır.

Tablo 5.7: Süt liflerinin farklı pH ve sıcaklıktaki ağırlık kayıpları

Süre (dak.)	60°C- 60'	90°C -60'
pH	Ağırlık Kaybı (%)	Ağırlık Kaybı (%)
3	0,59	2,62
5	0,30	2,26
7	0,29	1,50
9	0,66	7,27
11	2,10	9,10

Şekil 5.2’de %100 süt lifi numunelerin pH’a bağlı olarak ağırlık kayıplarına ait grafik yer almaktadır.



Şekil 5.2: %100 süt lifi numunelerin pH’a bağlı olarak ağırlık kayıplarına ait grafik

Süt lifleri ile çalışılırken pH 3’de ve pH 9’ dan itibaren liflerde meydana gelen ağırlık kayıplarının arttığı, sıcaklık artışının da ağırlık kayıplarındaki artışı desteklediği görülmektedir (Tablo 5.7). 90°C’de tüm pH’larda ağırlık kaybının 60°C’ye göre oldukça fazla olduğu söylenebilmektedir. Süt liflerinin ağırlık kaybının en düşük olduğu pH’ların pH 5 ve 7 olmasına rağmen pH 9’da az da olsa daha yüksek beyazlık değerleri elde edildiğinden, 45 ml/l hidrojenperoksit konsantrasyonu ile pH 9, 50°C’de 120 dakika (Stensby değeri 64,44) ve 60°C’de 120 dakika (Stensby değeri 64,89) işlem şartları daha sonraki kombinasyonlar için optimum şartlar olarak belirlenmiştir. Peroksit konsantrasyonunun artması beyazlık derecesinde çok az bir artış sağladığı için 45 ml/l’den daha yüksek konsantrasyonlar seçilmemiştir.

5.1.2 Süt Liflerinin Hidrojenperoksit (H₂O₂) İle Asidik Ortamda Ağartılması

Hidrojenperoksit ile nötr ortamda ağartma yapmak da mümkün olabilmektedir. Bu pH koşullarında ağartma etkisi sağlayabilmek için aktivatörler kullanılmaktadır. pH 6.5’un altında HOO^{*} - / O₂^{*} oranı bozulmakta ve H₂O₂, H₂O ve O₂’ne (aktif olmayan O₂ gazı üretimi) parçalanmakta dolayısıyla hidrojenperoksit boşa harcanmaktadır. Prestogen W, organik tuzların bir çözeltisidir ve hafif asidik pH değerlerinde peroksiti, peroksi bileşikleri oluşturarak aktifleştirmektedir. Kullanılacak Prestogen W miktarı, hidrojenperoksit konsantrasyonuna göre yer alan eşitlikler ile hesaplanmaktadır (5.1) (Duran 1995).

$$\text{Prestogen W (g/l)} = \frac{\text{H}_2\text{O}_2 \text{ (% 35'lik)}}{5}$$

$$\text{Prestogen W (g/l)} = \frac{\text{H}_2\text{O}_2 \text{ (% 50'lik)}}{3,5}$$

(5.1)

Hidrojenperoksit ile asidik ortamda yapılan ağartmada uygulanan reçete Tablo 5.8’de, elde edilen beyazlık ve sarılık değerleri ise Tablo 5.9’da verilmektedir.

Tablo 5.8: Süt liflerinin hidrojenperoksit (H₂O₂) ile asidik ortamda ağartılmasında uygulanan reçete

Hidrojenperoksit (H₂O₂) ile ağartma	
H ₂ O ₂ konsantrasyonu (% 35'lik)	10, 30, 45, 65, 90, 120 ml/l
Ağartma sıcaklığı	60°, 80°, 90°C
Ağartma süresi	60 dakika
pH	pH 5
Flotte oranı.	1:40
Noniyonik ıslatıcı	0.5 g/l
Prestogen W	2, 6, 9, 13, 18, 24 g/l

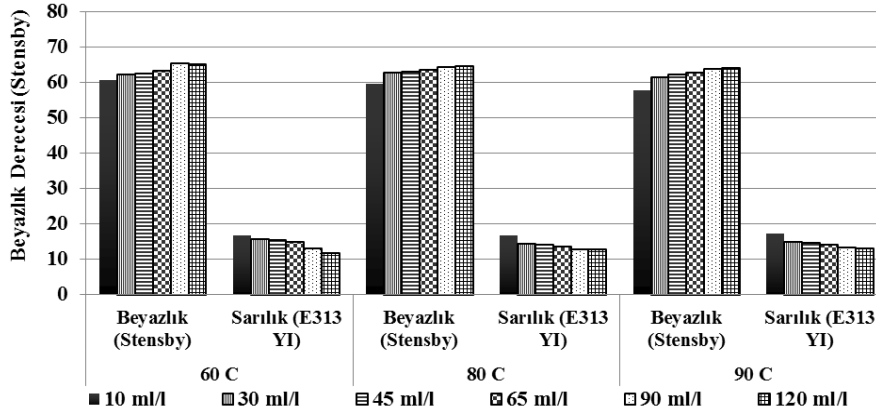
Tablo 5.9: Süt liflerinin hidrojenperoksit (H₂O₂) ile asidik ortamda ağartılmasına ait beyazlık değerleri

H ₂ O ₂ (%35)	60 °C		80 °C		90 °C	
	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)
10 ml/l	60,74	16,78	59,67	16,81	57,82	17,27
30 ml/l	62,06	15,48	62,71	14,19	61,41	14,67
45 ml/l	62,31	15,28	63,03	13,99	62,02	14,4
65 ml/l	63,07	14,72	63,56	13,6	62,75	14,04
90 ml/l	65,31	12,88	64,31	12,58	63,72	13,27
120 ml/l	65,02	11,71	64,54	12,79	64	12,9

Tablo 5.9 incelendiğinde; asidik ortamda Prestogen W varlığında yapılan hidrojenperoksit ağartmasında en yüksek beyazlık derecesine (65,31) 60°C'de 90 ml/l hidrojenperoksit konsantrasyonu ile ulaşılabildiği görülmektedir. İşlem sıcaklığının artırılması beyazlık derecesinde herhangi bir iyileşme sağlamamakla birlikte aksine beyazlık derecelerini düşürmektedir. Peroksit konsantrasyonunun 90

ml/l'den daha fazla kullanılması ise; beyazlık derecesinde önemli bir iyileşme sağlamamaktadır.

Şekil 5.3'de süt liflerinin hidrojenperoksit (H_2O_2) ile asidik ortamda ağartılmasına ait beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik yer almaktadır.



Şekil 5.3: Süt liflerinin hidrojenperoksit (H_2O_2) ile asidik ortamda ağartılmasına ait beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik

Süt liflerinin hidrojenperoksit (H_2O_2) ile ağartılması halinde elde edilen en yüksek beyazlık dereceleri ve işlem şartları toplu olarak Tablo 5.10'da verilmektedir.

Tablo 5.10: Süt liflerinin hidrojenperoksit (H_2O_2) ile ağartma sonuçları

	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)
Ham kumaş	56,91	19,21
Klasik Yöntem Yükseltgen ağartma		
Asidik ortamda peroksit ağartması (65 ml/l H_2O_2 - pH 5, 60 °C- 60 dak)	63,07	14,72
Asidik ortamda peroksit ağartması (90 ml/l H_2O_2 - pH 5, 60 °C- 60 dak)	65,31	12,88
Bazik ortamda peroksit ağartması (45 ml/l H_2O_2 - pH 9, 50 °C- 120 dak)	64,44	13,68
Bazik ortamda peroksit ağartması (45 ml/l H_2O_2 - pH 9, 60 °C- 120 dak)	64,89	12,75

5.2 Süt Liflerinin İndirgen Ağartma Maddeleri ile Ağartılması

Yün, ipek, naylon liflerinde indirgen maddelerle de ağartma önerilmektedir. Hidrosülfid, sıcaklıkla birlikte hızla parçalandığından stabilize sodyum hidrosülfid ürünleri ile çalışma daha yaygındır. Kararlı hidrosülfid bileşikleriyle de daha yüksek sıcaklıklarda çalışılabilmektedir.

Yün lifleri, indirgen maddelerle ılıman koşullarda muamele edildiğinde liflere zarar vermeden ağartma yapılabilmektedir. İndirgen esaslı maddelerle tek başına veya yükseltgen ağartma maddeleri ile kombine edilerek çalışmak mümkündür. Rejenere protein lifi olan süt liflerinin ağartılmasında indirgen ağartma maddelerinin etkilerini incelemek amacıyla indirgen esaslı maddelerle denemeler yapılmıştır. Kullanılan ürünler ve uygulanan reçeteler aşağıda verilmiştir. Deneylerin hepsinde reçeteye 0,5 g/l ıslatıcı ilave edilmiştir. Tablo 5.11’de süt liflerinin indirgen maddelerle ağartılmasında kullanılan ticari ürünler ve uygulama şartları yer almaktadır.

Tablo 5.11: Süt liflerinin indirgen maddelerle ağartılmasında kullanılan ticari ürünler ve uygulama şartları

İndirgen madde	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	Konsantrasyon (g/l)	pH
Genred OX	90	30	1-5-10-20-30-40-60	5-8,5/10
Rucorit RGI	90	30	1-5-10-20-30	5-7-9-11
Redulit WOL	90	30	0,5-1-5-10-20	5-7-10
Rongalit C	90	30	1-5-10-20-30-40	5-7-10
TUDO	90	30,60	5-10-20-30-40	5-7-10
Isopon ERC	90	30	1-5-10-20-30	5-10
Decrolin	90	30	1-5-10-20-30-40-60	5-7
Blankit IN	60, 90	60,30	1-5-10-20-30-40-60	5-7
Tanede LR	90	30	5-10-20-30 ml/l	5-10
Sodyumhidrosülfid	70,90	30	1-5-10-20-30-40-60	5-7-10

Genred OX

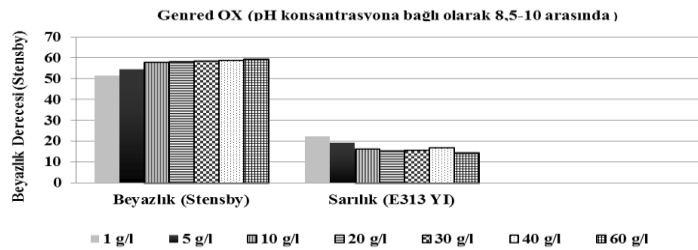
Tablo 5.12’de *Genred OX* ile ürünün kendi pH’ında işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri verilmektedir.

Tablo 5.12: *Genred OX* ile ürünün kendi pH’ında işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri

Genred OX (konsantrasyona bağlı olarak pH 8,5-10 arasında)		
	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)
1 g/l	51,6	22,49
5 g/l	54,49	19,25
10 g/l	57,96	16,31
20 g/l	58,21	15,25
30 g/l	58,38	15,74
40 g/l	58,71	16,84
60 g/l	59,49	14,59

Redüktif yıkama maddesi olan *Genred OX* ile pH ayarlamadan (kendi pH değeri konsantrasyonla birlikte 8,5-10 arasında değişmektedir) yapılan deneme sonuçlarına göre konsantrasyonla birlikte beyazlık derecesinde iyileşme sağlanmakla birlikte 60 g/l’de dahi beyazlık derecesi ancak 59,49 Stensby olarak belirlenmiştir. Bu nedenle konsantrasyon daha fazla arttırılmamıştır.

Şekil 5.4’de *Genred OX* ticari ürünüyle pH 8,5-10’da işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik gösterilmektedir.



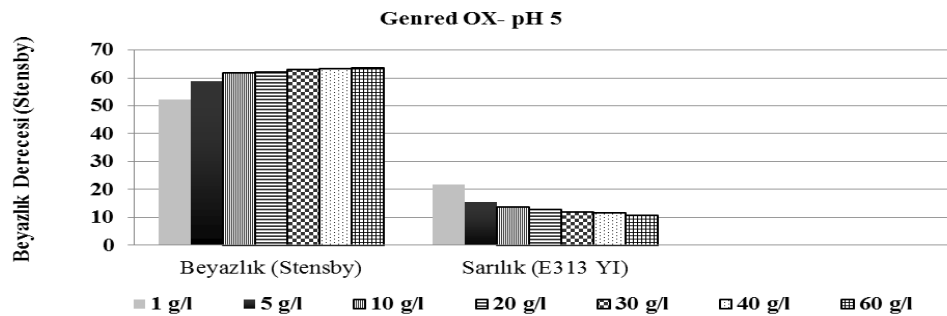
Şekil 5.4: *Genred OX* ticari ürünüyle pH 8,5-10’da işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik

pH 5’de elde edilen beyazlık dereceleri, bazık ortamda çalışmaya göre daha yüksek ölçülmüştür. 30 g/l konsantrasyon ile 63 Stensby beyazlık derecesine ulaşılabilmektedir. Ürün her ne kadar bazık ortamda çalışmaya uygun ise de süt lifleri ile çalışırken pH 5’de elde edilen değerlerin daha yüksek olmasının sebebinin; alkali ortamda lifin sararmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Tablo 5.13’de Genred OX ile ürünün pH 5’de işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri yer almaktadır.

Tablo 5.13: *Genred OX* ile ürünün pH 5’de işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri

Genred OX (pH 5)		
Konsantrasyon	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)
1 g/l	52,17	21,75
5 g/l	58,85	15,65
10 g/l	61,90	13,90
20 g/l	62,18	12,87
30 g/l	63,02	12,20
40 g/l	63,37	11,74
60 g/l	63,58	10,98

Şekil 5.5’de, *Genred OX* ticari ürünüyle pH 5’de işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik yer almaktadır.



Şekil 5.5: *Genred OX* ticari ürünüyle pH 5’de işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik

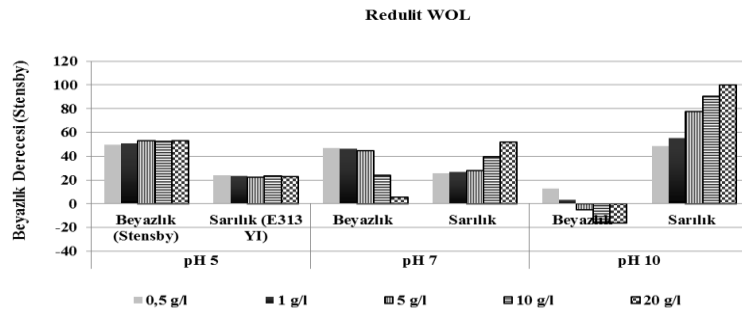
Redulit WOL

Redulit WOL ile pH 5, 7, 10'da yapılan deney sonuçları Tablo 5.14'de verilmektedir. pH'ın artması liflerin beyazlık derecesini önemli ölçüde etkilemektedir. En iyi beyazlık değerleri asidik ortamda pH 5'de sağlanmakta, pH 7 ve pH 10'da konsantrasyon arttıkça beyazlık değerleri düşmekte, lifler sararmaktadır.

Tablo 5.14: *Redulit WOL* ticari ürünüyle farklı pH'larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri

Redulit WOL						
Konsantrasyon	pH 5		pH 7		pH 10	
	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)
0,5 g/l	49,9	23,9	46,76	25,48	12,87	48,75
1 g/l	50,94	23,32	46,12	26,53	2,98	55,29
5 g/l	52,82	21,89	44,76	27,52	-5,49	77,46
10 g/l	52,49	23,47	24,03	39,55	-16,14	90,56
20 g/l	52,74	22,79	5,32	51,59	-16,35	99,78

Şekil 5.6'da *Redulit WOL* ticari ürünüyle farklı pH'larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik gösterilmektedir.



Şekil 5.6: *Redulit WOL* ticari ürünüyle farklı pH'larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik

Rucorit RGI

Rucorit RGI ile yine farklı pH şartlarında denemeler gerçekleştirilmiştir. pH 5,7 ve 9'da ölçülen beyazlık dereceleri ise birbirine yakın olmakla birlikte en düşük

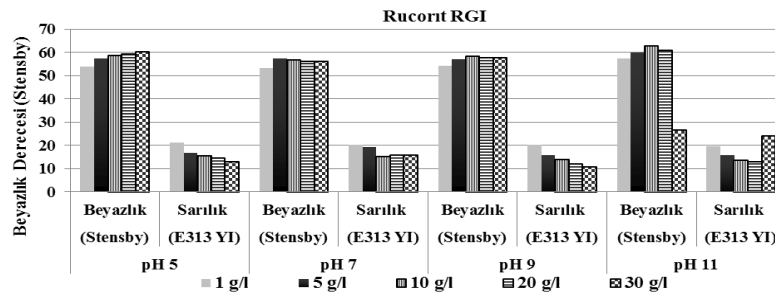
değerler nötr ortamda pH 7’de çalışıldığında ölçülmüştür. Rucorit RGI kullanıldığında alkali ortamda (ürünün önerildiği pH’da) en iyi beyazlık derecesi 10 g/l ile 62,64 olarak ölçülmüş, konsantrasyon arttığında beyazlık derecesinde düşüş gözlemlendiğinden daha yüksek konsantrasyonlarda çalışılmamıştır. Dikkat çeken nokta, ürünün kendi pH’ı olan pH 11’de en yüksek beyazlık derecesi elde edilmesine rağmen; 20 g/l’den itibaren beyazlık derecesi düşmeye başlamakta olması ve 30 g/l’de ise %56 gibi önemli bir düşüşle 60,7’den 26,59 Stensby’ya gerilemesidir.

Tablo 5.15’de *Rucorit RGI* ticari ürünüyle farklı pH’larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik gösterilmektedir.

Tablo 5.15: *Rucorit RGI* ticari ürünüyle farklı pH’larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri

Rucorit RGI									
	pH 5		pH 7		pH 9		pH 11		
	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	
1 g/l	53,95	21,20	53,31	20,19	54,20	20,11	57,18	19,57	
5 g/l	57,49	16,71	57,39	19,21	56,88	15,90	59,81	15,87	
10 g/l	58,65	15,33	56,51	15,12	58,33	13,69	62,64	13,35	
20 g/l	59,16	14,42	56,02	15,78	57,73	11,96	60,7	13,01	
30 g/l	60,01	12,77	55,99	15,61	57,59	10,73	26,59	24,06	

Şekil 5.7’de *Rucorit RGI* ile pH 5, 7, 9, 11’de işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik yer almaktadır.



Şekil 5.7: *Rucorit RGI* ile pH 5,7,9,11’de işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik

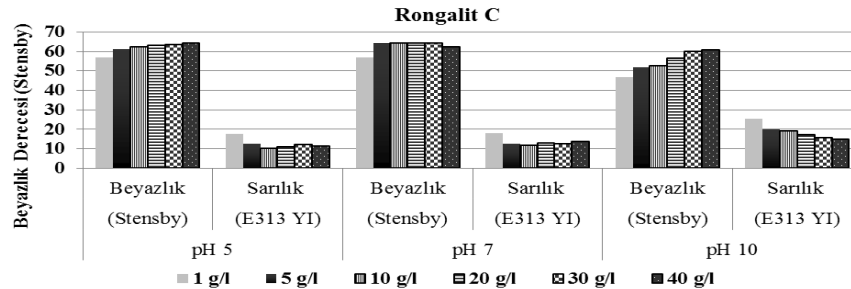
Rongalit C

Stabil bir indirgen madde olan *Rongalit C* ile yapılan denemeler; pH 5, pH 7 ve pH 10 olmak üzere farklı üç pH’da gerçekleştirilmiştir. pH 5 ve 7’de elde edilen beyazlık dereceleri birbirine yakın çıkmıştır. pH 7’de daha düşük konsantrasyonda çalışma imkanı olduğundan 64,38 Stensby değerinin elde edildiği 5 g/l, optimum çalışma konsantrasyonu olarak belirlenmiştir. Konsantrasyonun artırılması halinde, beyazlık derecesinin düştüğü görülmüştür. pH 5’de 40 g/l konsantrasyonda 64,12 Stensby değerine ulaşılabilmesine rağmen konsantrasyonun daha da artırılması tercih edilmemiştir. Tablo 5.16’da *Rongalit C* ticari ürünüyle farklı pH’larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri yer almaktadır.

Tablo 5.16: *Rongalit C* ticari ürünüyle farklı pH’larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri

Rongalit C						
	pH 5		pH 7		pH 10	
	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)
1 g/l	56,96	17,72	56,83	18,12	46,71	25,52
5 g/l	61,24	12,43	64,38	12,44	51,76	19,86
10 g/l	62,13	10,01	63,4	12,75	52,44	19,13
20 g/l	63,00	10,86	63,36	12,96	56,23	17,1
30 g/l	63,34	11,89	62,74	12,74	59,83	15,66
40 g/l	64,12	11,16	61,83	13,84	60,75	14,91

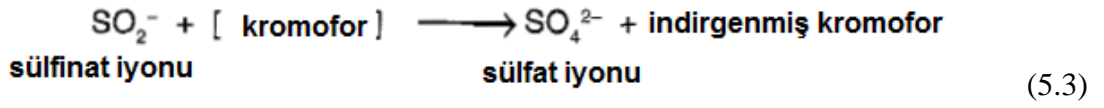
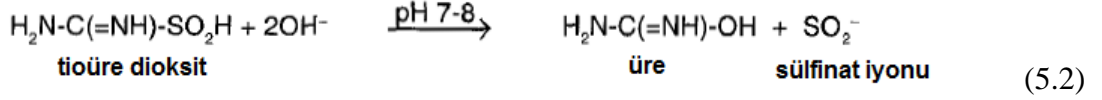
Şekil 5.8’de *Rongalit C* ticari ürünüyle farklı pH’larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik yer almaktadır.



Şekil 5.8: *Rongalit C* ticari ürünüyle farklı pH’larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik

TUDO (tiyoüre dioksit)

TUDO (tiyoüre dioksit) ve benzer yapıdaki kimyasal maddeler, tek basamaklı işlemlerde veya hidrojenperoksit ağartmasından sonra kullanılabilir. *TUDO* ile ağartmada meydana gelen reaksiyonlar aşağıda verilmektedir (5.2), (5.3) (Karmakar 1999).



Tiyoüre dioksitin yüksek sıcaklıklarda, nötral ve alkali banyolarda sülfinat anyonlarına ve üreye hidrolizi sonucu meydana gelen ve yüksek derecede indirgen olan sülfinat iyonları, indirgen ağartmayı sağlamaktadır (Aniş 2005).

TUDO (tiyoüre dioksit)'in bozunma hızı, artan pH ve sıcaklık ile artmakta, konsantrasyonun artmasıyla ise düşmektedir (Karmakar 1999).

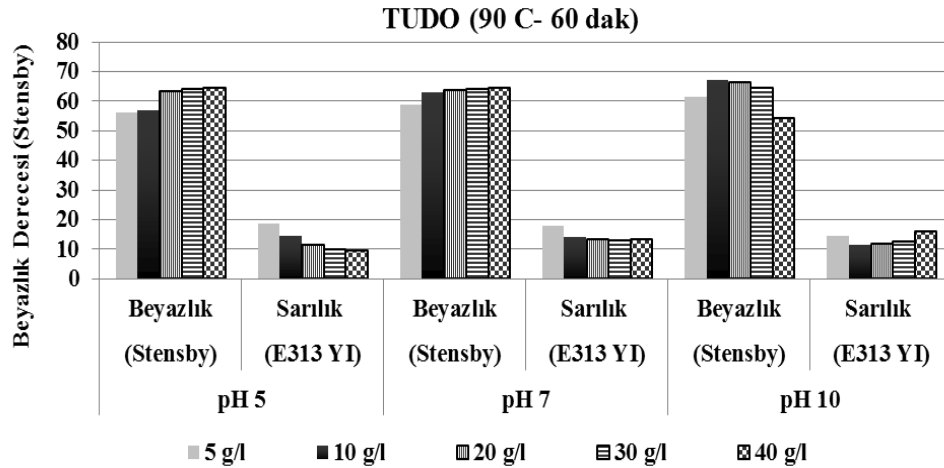
Bu tez çalışmasında da önce tek başına daha sonra kombine çalışmalarda *TUDO* ile denemeler yapılmıştır. *TUDO* ile *Rongalit C*'ye benzer şekilde pH 5, pH 7 ve pH 10 olmak üzere farklı üç farklı pH'da çalışılmıştır. *Rongalit C*'den farklı olarak pH 10'da elde edilen beyazlık dereceleri, pH 7'de elde edilen beyazlık derecelerine göre daha yüksek ölçülmüştür. Özellikle 10 g/l *TUDO* konsantrasyonunda 90°C'de 60 dakika çalışılması halinde süt liflerinin beyazlık dereceleri 67,22 Stensby'a yükselmekte, konsantrasyonun daha da artırılması durumunda beyazlık derecesi gerilemekte, buna bağlı olarak sarılık değeri yükselmektedir. *TUDO* ile pH 5'de çalışması durumunda da 64 Stensby değerine ulaşılabilir, ancak 30 g/l gibi daha yüksek konsantrasyonlarda *TUDO* kullanılması gerekmektedir. pH 5 ve pH 7'de ölçülen beyazlık dereceleri birbirine yakın değerlerdedir. İki adımlı ağartma kombinasyonlarında kullanılmak üzere 67,22 Stensby'ın elde edildiği; 10 g/l *TUDO* konsantrasyonunda 90°C'de 60 dakika işlem optimum çalışma şartları olarak belirlenmiştir. Tablo 5.17'de *TUDO (tiyoüre dioksit)*

ile farklı pH'larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri verilmektedir.

Tablo 5.17: *TUDO* (tiyoüre dioksit) ile farklı pH'larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri

TUDO (90°C -60 dak.)						
	pH 5		pH 7		pH 10	
	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)
5 g/l	56,32	18,73	58,69	18,06	61,36	14,62
10 g/l	56,89	14,35	63,1	14,01	67,22	11,36
20 g/l	63,44	11,39	63,73	13,12	66,32	11,91
30 g/l	64,17	9,80	64,25	12,87	64,32	12,57
40 g/l	64,62	9,47	64,53	13,11	54,32	16,05

Şekil 5.9'da *TUDO* (tiyoüre dioksit) ile farklı pH'larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik yer almaktadır.



Şekil 5.9: *TUDO* (tiyoüre dioksit) ile farklı pH'larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik

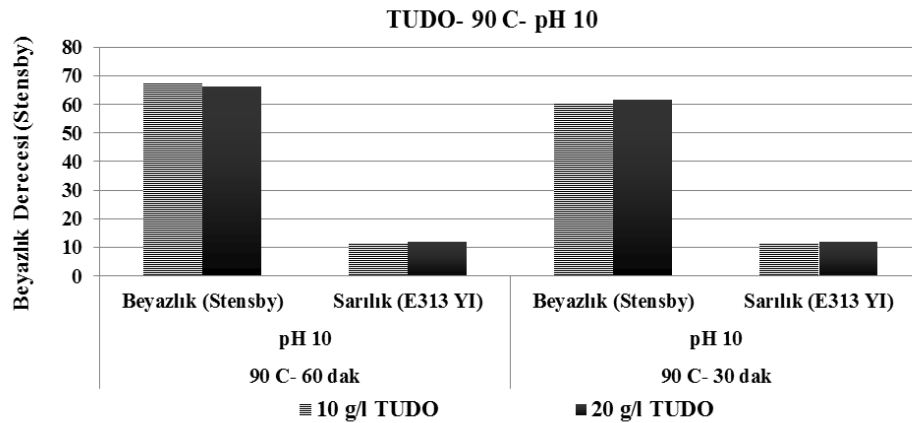
Kullanılan indirgen maddelerde önerilen çalışma sıcaklığı 90°C olduğu için denemeler 90°C'de gerçekleştirilmiştir. İşlem süresi ise diğer kimyasallarda 30

dakika iken sadece *TUDO*'da 60 dakikadır. Hem diğer ürünlerle karşılaştırabilmek hem de 90°C'de 60 dakikada ulaşılan beyazlık derecelerine daha kısa sürelerde ulaşıp ulaşılamayacağını tespit etmek amacıyla, süt lifinden örülmüş kumaş numuneleri, yüksek beyazlık derecelerinin ölçüldüğü 10 ve 20 g/l *TUDO* konsantrasyonlarında 90°C -30 dakika muamele edilmiştir. *TUDO* ile 90°C'de işlem gören numunelerin beyazlık derecelerine işlem sürenin etkisini gösteren tablo, Tablo 5.18'de verilmektedir.

Tablo 5.18: *TUDO* (tiyoüre dioksit) ile işlem görmüş numunelerde sürenin beyazlık ve sarılık değerleri üzerine etkisi

TUDO				
90°C -60 dak.			90°C -30 dak.	
pH 10			pH 10	
	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)
10 g/l	67,22	11,36	60,57	11,59
20 g/l	66,32	11,91	61,68	12,02

Şekil 5.10'da, *TUDO* ile 90°C 'de işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik verilmektedir.



Şekil 5.10: *TUDO* ile 90°C 'de işlem görmüş numunelerin beyazlık değerlerine sürenin etkisi

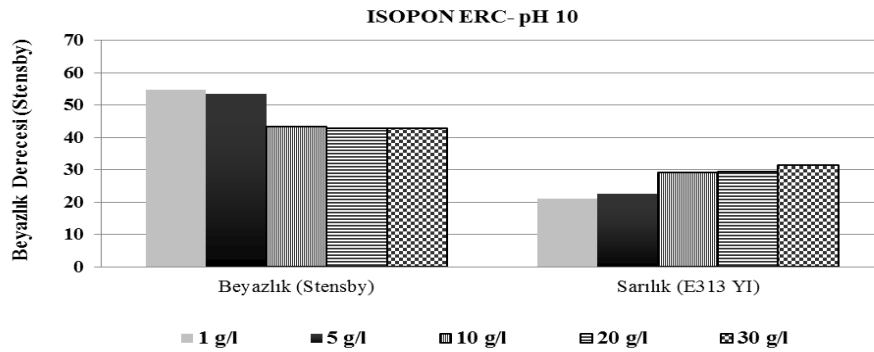
Isopon ERC

Isopon ERC ile önerilen pH 10'da denemeler gerçekleştirilmiş, numunelerin beyazlık derecelerinin oldukça düşük olduğu (işlemsiz kumaşın beyazlık derecesi 56,91 Stensby), konsantrasyon artışı ile birlikte bu düşüşün de arttığı, sarılık değerinin de beklenildiği gibi yükseldiği belirlenmiştir. Tablo 5.19'da *Isopon ERC* ticari ürünüyle pH 10'da işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri yer almaktadır.

Tablo 5.19: *Isopon ERC* ile pH 10'da işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri

Isopon ERC		
pH 10		
	Beyazlık(Stensby)	Sarılık (E313 YI)
1 g/l	54,76	21,02
5 g/l	53,34	22,51
10 g/l	43,37	29,33
20 g/l	42,92	29,39
30 g/l	42,85	31,5

Şekil 5.11'de *Isopon ERC* ile pH 10'da işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik yer almaktadır.

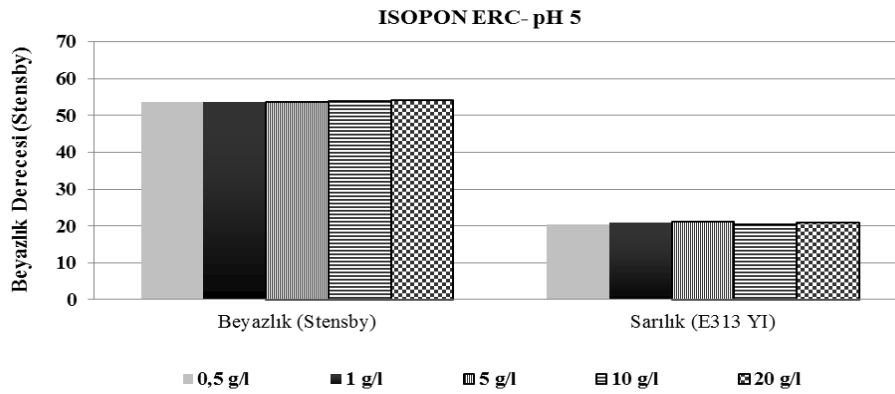


Şekil 5.11: *Isopon ERC* ile pH 10'da işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik

Bazı ürünlerde pH 5’de yapılan denemeler daha yüksek beyazlık dereceleri verebildiği için *Isopon ERC* ile pH 5’de de deneyler gerçekleştirilmiştir. Tablo 5.20 *Isopon ERC* ile pH 5’de işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri ve Şekil 5.12’de bu değerlere ait grafik verilmektedir

Tablo 5.20: *Isopon ERC* ticari ürünüyle pH 5’de işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri

Isopon ERC		
pH 5		
	Beyazlık(Stensby)	Sarılık (E313 YI)
0,5 g/l	53,64	20,34
1 g/l	53,74	20,97
5 g/l	53,79	21,16
10 g/l	53,91	20,55
20 g/l	54,27	20,98



Şekil 5.12: *Isopon ERC* ticari ürünüyle pH 5’de işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik

Isopon ERC ile pH 5’de çalışılması konsantrasyonun artırılması ile beyazlık derecesinde pH 10’da çalışılmasına göre olumlu değişikliklere sebep olduysa da numunelerin beyazlık dereceleri yine de işlemsiz kumaşın beyazlık derecesinin (56,91 Stensby) altındadır, numuneler sararmaktadır.

Decrolin (Çinko-formaldehit sülfoksilat tuzu)

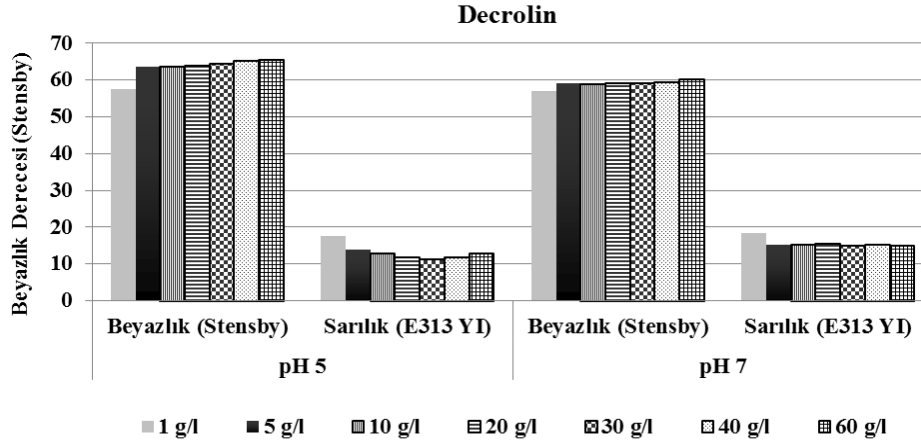
Çinko-formaldehit sülfoksilat tuzu cinsinden ürünler (*Decrolin* gibi) düşük sıcaklıklarda hava oksijeninden etkilenmemektedir ve bu ürünlerle ağartmalar asidik ortamda da yapılabilmektedir. Kısa sürede etkili bir ağartma yapılması isteniyorsa, sıcaklığın 90°C üzerine çıkarılması gerekmektedir. Aksi takdirde sürenin uzatılması zorunlu olmaktadır.

Asidik ortamda çalışmaya uygun, stabil bir indirgen madde olan *Decrolin* ile bu tez çalışmasında pH 5 ve pH 7’de çalışılmıştır. Asidik ortamda nötr ortama göre daha yüksek beyazlık değerleri elde edilmiştir. En yüksek beyazlık derecesi 40 g/l *Decrolin* konsantrasyonu ile elde edilmiş, ancak konsantrasyonun artırılması ile beyazlık derecesinde düşüş gözlenmiştir. Konsantrasyon artışına bağlı olarak önemli bir beyazlık artışı sağlanmadığından ve daha az kimyasal tüketimi göz önüne alındığından daha sonraki iki adımlı denemelerde *Rongalit C*’de olduğu gibi 5 g/l ‘lik konsantrasyon seçilmiştir. Tablo 5.21’de *Decrolin* ile pH 5 ve pH 7’de işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri yer almaktadır.

Tablo 5.21: *Decrolin* ticari ürünüyle pH 5 ve pH 7’de işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri

Decrolin				
	pH 5		pH 7	
	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)
1 g/l	57,44	17,67	56,89	18,29
5 g/l	63,74	13,84	59,04	15,34
10 g/l	63,70	12,76	58,9	15,3
20 g/l	64,02	11,94	59,11	15,39
30 g/l	64,37	11,35	59,24	14,92
40 g/l	65,35	11,78	59,33	15,27
60 g/l	65,56	12,55	60,26	14,92

Şekil 5.13’de *Decrolin* ile pH 5 ve pH 7’de işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik yer almaktadır.



Şekil 5.13: *Decrolin* ticari ürünüyle farklı pH'larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik

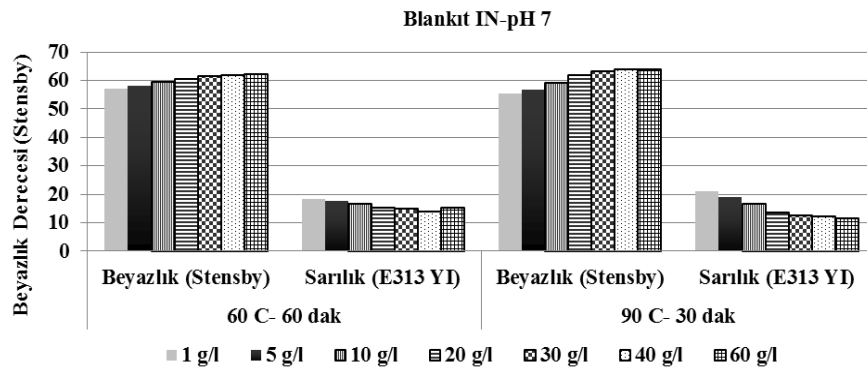
Blankit IN

1904 yılında BASF- araştırmacısı Max Balzen tarafından dünyada ilk kararlı hidrosülfid geliştirilmiştir. Yünlü mamullerin terbiyesinde kullanılan *Blankit IN*'de aynı firmaya ait indirgen özellikte bir üründür. Kullanılan diğer indirgen maddelerle karşılaştırmak için *Blankit IN* ile çalışmada hem 90 °C (30 dakika) hem de 60°C (60 dakika) pH 7'de denemeler yapılmıştır. 60°C'de yapılan deneylerde konsantrasyon artışı ile birlikte beyazlık derecesi iyileşmekle birlikte 60 g/l konsantrasyonda dahi ölçülen beyazlık derecesi ancak 62,03 Stensby olmaktadır. 90°C'de 30 dakika işlem gören numunelerin beyazlık dereceleri, 60°C'de 60 dakika işlem gören numunelere göre az da olsa daha yüksektir, özellikle 30 g/l *Blankit IN* konsantrasyonunda beyazlık derecesindeki artış belirgindir. Numunelerin beyazlık derecesindeki artışa paralel olarak sarılık değerleri düşmektedir. Konsantrasyonun artırılması beyazlık derecesinde artış sağlamaktaysa da, bu artışlar konsantrasyonu arttırmayı gerektirecek kadar önemli artışlar değildir. Tablo 5.22'de *Blankit IN* ile farklı sıcaklık ve sürelerde işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri yer almaktadır.

Şekil 5.14'de, *Blankit IN* ticari ürünüyle farklı pH'larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik yer almaktadır.

Tablo 5.22: *Blankit IN* ile pH 7’de işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri

Blankit IN- pH 7				
	60°C		90 °C	
	60 dak.		30 dak.	
	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)
1 g/l	57,19	18,42	55,3	20,98
5 g/l	58,09	17,57	56,83	19,08
10 g/l	59,54	16,43	59,15	16,67
20 g/l	60,38	15,27	61,9	13,35
30 g/l	61,59	14,7	63,27	12,42
40 g/l	61,88	13,85	63,71	12,23
60 g/l	62,03	15,05	63,92	11,33



Şekil 5.14: *Blankit IN* ticari ürünüyle farklı pH’larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik

90°C’de 30 dakika, 30 g/l *Blankit IN* ile 63,27 Stensby beyazlık değeri ölçülürken aynı sıcaklık, süre ve konsantrasyonda pH 5’de 62,29 Stensby (sarılık (E313 YI) 12,70) değeri ölçülmüş ve asidik ortamda nötr ortama göre beyazlık derecelerinin düştüğü gözlenmiştir.

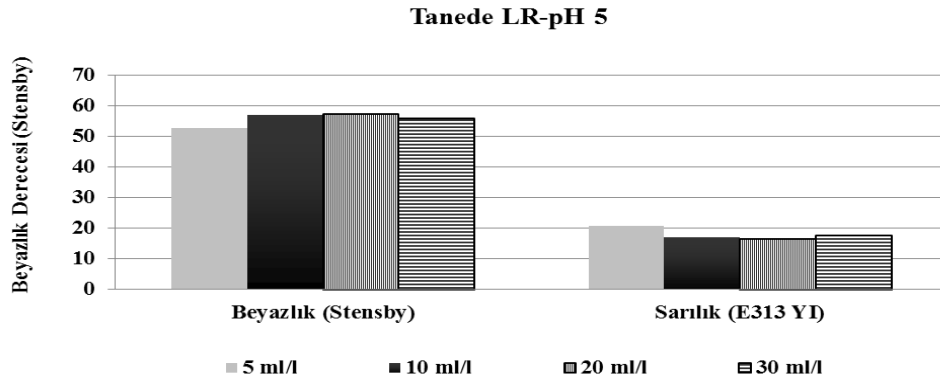
Tanede LR

Sıvı formda bir indirgen madde olan *Tanede LR* ile 90°C’de (30 dakika) ve kendi pH’ında (pH 5) denemeler yapılmıştır. Deneme şartlarındaki sonuçlara göre

elde edilen beyazlık dereceleri oldukça düşük değerlerdedir. 20 ml/l'den itibaren konsantrasyonun artırılması beyazlık derecesinde düşüşe sebep olmaktadır. Tablo 5.23'de *Tanede LR* ile pH 5'de işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri verilmektedir. Şekil 5.15'de *Tanede LR* ile pH 5'de işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik verilmektedir.

Tablo 5.23: *Tanede LR* ile pH 5'de işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri

Tanede LR- pH 5		
	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)
5 ml/l	52,84	20,78
10 ml/l	57,16	17,10
20 ml/l	57,39	16,51
30 ml/l	55,95	17,67



Şekil 5.15: *Tanede LR* ile pH 5'de işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik

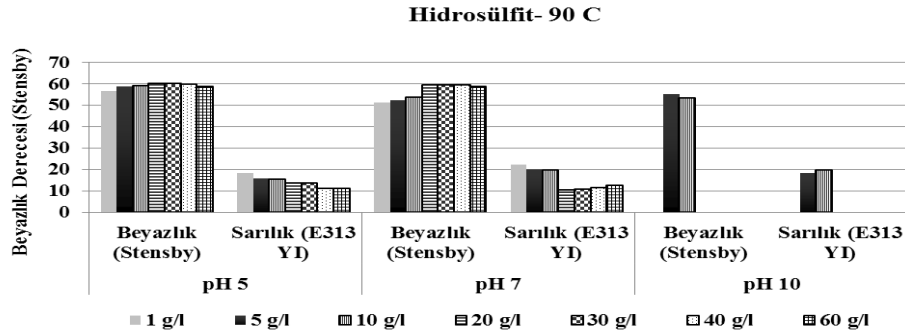
pH 5'de 10 ml/l *Tanede LR* ile 57,16 Stensby beyazlık derecesi ölçülürken konsantrasyonun 20 ml/l'ye çıkarılması beyazlık da önemsiz bir artışla 57,39 Stensby değerini vermektedir. Bu nedenle pH 10'da, 90°C (30 dakika) yapılan deney için de 10 ml/l *Tanede LR* konsantrasyonu belirlenmiştir. Deney sonuçları Tablo 5.24'de verilmektedir. pH 10'da numunenin beyazlık değeri daha da düşmekte, hatta işlemsiz kumaş numunesinin beyazlık değerinin de (56,91 Stensby) altında kalmaktadır.

Tablo 5.24: Tanede LR ile pH 10'da işlem görmüş numunenin beyazlık ve sarılık değerleri

Tanede LR- pH 10		
Konsantrasyon	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)
10 ml/l	48,38	23,31

Hidrosülfid

Hidrosülfid hava oksijeni tarafından parçalandığından dolayı özellikle 50-60°C'da çalışıldığı zaman havayla teması mümkün derece düşük tutulmalıdır. Sulu çözeltilerinde hızla okside olan *hidrosülfid* diğer indirgen özellikteki ürünlere göre düşük stabilizasyona sahiptir. Diğer ürünlerle karşılaştırmak amacıyla hem 90 °C'de (30 dakika) hem de *hidrosülfid* 70 °C'den itibaren parçalandığı için 70°C'de deneyler yapılmıştır. Şekil 5.16'da *hidrosülfid* ile 90 °C'de farklı pH'larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik yer almaktadır.



Şekil 5.16: *Hidrosülfid* ile 90 °C'de farklı pH'larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik

Tablo 5.25'de *hidrosülfid* ile 90 °C'de farklı pH'larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri yer almaktadır.

90 °C'de (30 dakika) pH 5, 7 ve pH 10'da çalışılmıştır. Asidik ortamda çalışmaya kıyasla nötr ve alkali flottelerde beyazlığın düştüğü buna paralel olarak sarılığın arttığı gözlenmiştir. 70 °C'de yapılan deneyler için pH 5, 5 g/l, 10 g/l ve 20 g/l *hidrosülfid* konsantrasyonları seçilmiştir.

Tablo 5.25: Hidrosülfıt ile 90 °C’de farklı pH’larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri

Hidrosülfıt (90 °C)					
pH 5		pH 7		pH 10	
Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)
1 g/l	56,75	18,37	51,45	22,27	
5 g/l	58,78	15,81	52,51	20,2	55,27
10 g/l	59,19	15,57	53,81	19,75	53,4
20 g/l	60,39	13,84	59,74	10,56	
30 g/l	60,33	13,56	59,52	10,9	
40 g/l	60,08	11,1	59,43	11,47	
60 g/l	58,91	11,39	59,05	12,61	

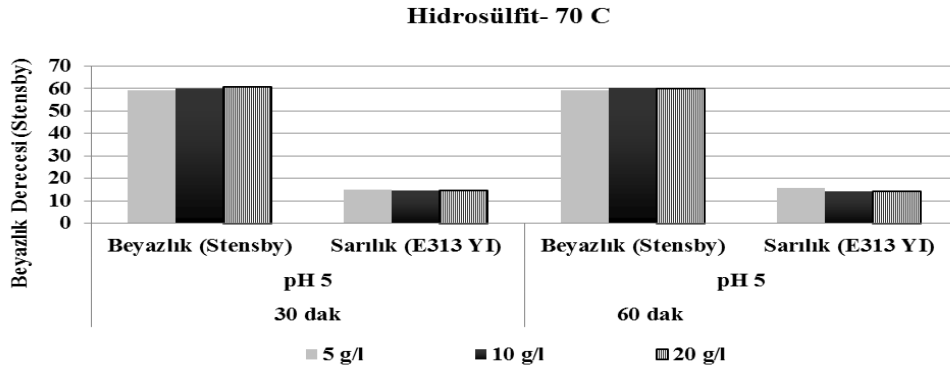
70°C ve 90°C’de çalışıldığında elde edilen beyazlık dereceleri birbirine yakın değerler olduğunu göstermiştir (20 g/l hidrosülfıt ile 70°C’de 60,44 Stensby, 90°C’de, 60,33 Stensby değeri elde edilmiştir). Her iki çalışma şartlarında da yüksek beyazlık derecelerine ulaşılammıştır. Tablo 5.26’da *hidrosülfıt* ile 70 °C’de pH 5’de işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri yer almaktadır.

Tablo 5.26: *Hidrosülfıt* ile 70 °C’de farklı pH’larda işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri

Hidrosülfıt (70°C)				
30 dak.			60 dak.	
pH 5			pH 5	
	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)
5 g/l	59,17	15,12	59,33	15,75
10 g/l	59,84	14,50	60,21	14,02
20 g/l	60,44	14,44	59,92	14,02

şekil 5.17’de *Hidrosülfıt* ile 70 °C’de işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik verilmektedir.

Tablo 5.27’de tez kapsamında kullanılan indirgen maddelerin en uygun çalışma şartları toplu olarak verilmektedir.



Şekil 5.17: Hidrosülfıt ile 70 °C'de işlem görmüş numunelerin beyazlık ve sarılık değerlerine ait grafik

Tablo 5.27: Kullanılan indirgen maddelerin süt lifleri için belirlenen optimum çalışma şartları

İndirgen Madde	Konsantrasyon	pH	Sıcaklık (°C)	Süre (dak.)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık İndeksi (E313 YI)
<i>Rongalit C</i>	5 g/l	7	90	30	64,38	12,44
<i>Decrolin</i>	5 g/l	5	90	30	63,74	13,84
<i>Rucorit RGI</i>	10 g/l	11	90	30	62,64	13,35
<i>TUDO</i>	10 g/l	10	90	60	67,22	11,36
<i>TUDO</i>	20 g/l	10	90	60	66,32	11,91
<i>Genred OX</i>	60 g/l	5	90	30	63,58	10,98
<i>Redulit WOL</i>	5 g/l	5	90	30	52,82	21,89
<i>Isopon ERC</i>	1 g/l	10	90	30	54,76	21,02
<i>Blankit IN</i>	60 g/l	7	90	30	63,92	11,33
<i>Tanede LR</i>	20 ml/l	5	90	30	57,39	16,51
<i>Sodyum hidrosülfıt</i>	20 g/l	5	90	30	60,39	13,84

Tablo 5.27 incelendiğinde; çalışılacak indirgen maddeler için pH ve konsantrasyon denemelerinin yapılması ve bunların sonucuna göre uygun reçetenin belirlenmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır.

5.3 Süt Liflerinin Yükseltgen/İndirgen Ağartma Maddeleri ile Kombine Ağartılması

Bugün için yün ağartmasında en fazla kullanılan maddelerden biri olan hidrojenperoksit ile yapılan ağartmaların en önemli sakıncası, sonradan sararma tehlikesinin fazla olmasıdır. Bu nedenle hidrojenperoksit ağartmasından sonra

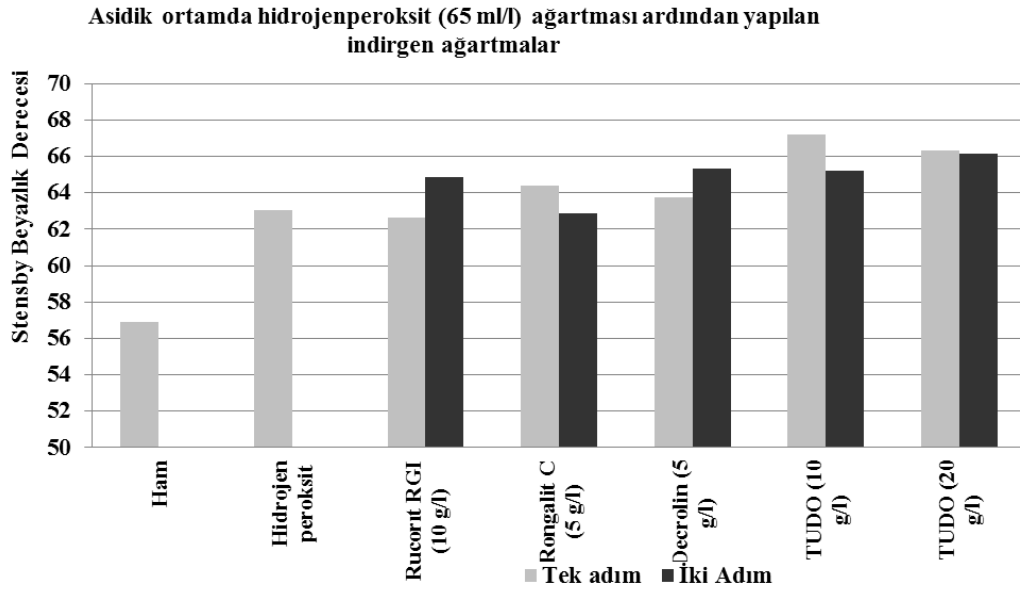
genellikle bir indirgen ağartma yaparak hem bu tehlike azaltılmakta hem de beyazlık derecesi arttırılmaktadır. Daha yüksek beyazlık derecelerinin istendiği durumlarda da kombine ağartmalar uygulanabilmektedir. Bu durumda önce yükseltgen bir ağartma ardından da indirgen ağartma maddeleri ile işlem gerçekleştirilmektedir. Çalışmanın ilk bölümünde elde edilen veriler ışığında yükseltgen ve indirgen ağartma reçetelerinin en iyileri seçilmiş ve kombine edilmiştir. Tablo 5.28’de, asidik ortamda hidrojenperoksit (65 ml/l) ağartması sonrası uygulanan indirgen ağartma reçeteleri ve numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri yer almaktadır.

Tablo 5.28: Asidik ortamda hidrojenperoksit (65 ml/l) ağartması sonrası uygulanan indirgen ağartma reçeteleri ve numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri

	I.ADİM Asidik ortamda peroksit ağartması	II.ADİM İndirgen ağartma	II.ADİM İndirgen ağartma	II.ADİM İndirgen ağartma	II.ADİM İndirgen ağartma	II.ADİM İndirgen ağartma
	Hidrojen peroksit	<i>Rucorit RGI</i>	<i>Rongalit C</i>	<i>Decrolin</i>	<i>TUDO</i>	<i>TUDO</i>
Konsantrasyon	65 ml/l	10 g/l	5 g/l	5 g/l	10 g/l	20 g/l
pH	5	11	7	5	10	10
Sıcaklık (°C)	60	90	90	90	90	90
Süre (dakika)	60	30	30	30	60	60
Stensby Beyazlık Derecesi	63,07	62,64	64,38	63,74	67,22	66,32
Sarılık (E313 YI)	14,72	13,35	12,44	13,84	11,36	11,91
II. Adım sonrası Stensby Beyazlık Derecesi	-	64,86	62,87	65,31	65,22	66,18
Sarılık (E313 YI)	-	11,53	12,87	11,57	11,55	11,08

Tablo 5.28 incelendiğinde; ikinci adımda hangi indirgen madde kullanılırsa kullanılsın numunelerin sarılık değerleri düşmektedir. Asidik ortamda peroksit ağartması sonrası beyazlık derecesi 63,07 Stensby olan numunelere *Rucorit RGI* ile indirgen ağartma yapılması, numunelerin beyazlık derecesini iyileştirmekte, beyazlık derecesi 64,86 Stensby olarak ölçülmektedir. Sadece *Rongalit C* kullanıldığında (62,87 Stensby) düşme gözlenmekteyse de, asidik ortamda peroksit ağartması sonrası ölçülen 63,07 Stensby beyazlık derecesine çok yakındır, beyazlık derecesi pek değişmemektedir. İkinci adımda *Decrolin*’in uygulanması beyazlık derecesini 63,07’den 65,31 Stensby’ya yükseltmektedir. *TUDO* ile yapılan iki adımlı ağartma

sonrası 10 g/l ve 20 g/l *TUDO* konsantrasyonunda beyazlık derecesi sırasıyla 65,22 ve 66,18 Stensby olarak ölçülmüştür. Her iki beyazlık derecesi de ilk adımda peroksit ile yapılan ağartma sonrası beyazlık derecesine göre az da olsa artmıştır. Peroksit ağartması sonrası *TUDO* ile yapılan işlemlerde diğer indirgen maddelere göre daha yüksek beyazlık dereceleri elde edilmiş olsa da, *TUDO* ile tek adımda 67,22 Stensby beyazlık derecesine ulaşılabilir. Bununla birlikte iki adımlı işlemin hem maliyetli hem zaman kaybına neden olması hem de çok yüksek beyazlık dereceleri sağlamadığı göz önüne alındığında süt lifleri için iki adımlı ağartma yapılması pek doğru bir çalışma şekli olmayacaktır. Şekil 5.18’de asidik ortamda hidrojenperoksit (65 ml/l) ağartması sonrası uygulanan indirgen ağartmaların beyazlık değerlerine ait grafik yer almaktadır.



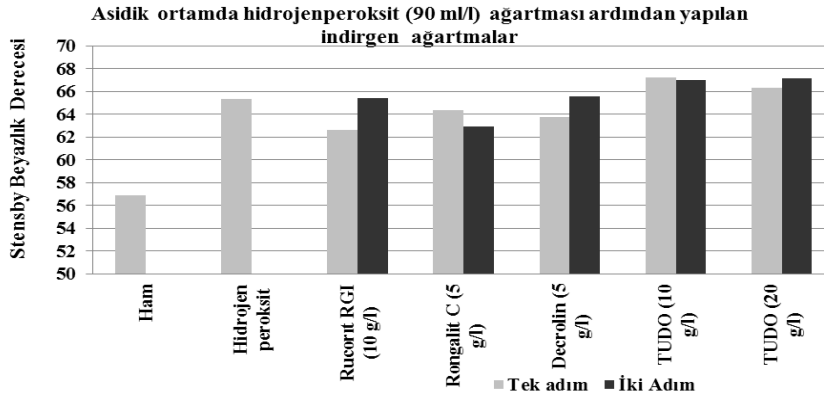
Şekil 5.18: Asidik ortamda hidrojenperoksit (65 ml/l) ağartması sonrası uygulanan indirgen ağartmaların beyazlık değerlerine ait grafik

Tablo 5.29’da asidik ortamda 90 ml/l konsantrasyonda hidrojenperoksit ağartması sonrası uygulanan indirgen ağartma reçeteleri ve numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri yer almaktadır.

Şekil 5.19’da asidik ortamda hidrojenperoksit (90ml/l) ağartması sonrası uygulanan indirgen ağartmaların beyazlık değerlerine ait grafik aşağıda yer almaktadır

Tablo 5.29: Asidik ortamda hidrojenperoksit (90ml/l) ağartması sonrası uygulanan indirgen ağartma reçeteleri ve numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri

	I.ADİM	II.ADİM	II.ADİM	II.ADİM	II.ADİM	II.ADİM
	Asidik ortamda peroksit ağartması	İndirgen ağartma	İndirgen ağartma	İndirgen ağartma	İndirgen ağartma	İndirgen ağartma
	Hidrojen peroksit	<i>Rucorit RGI</i>	<i>Rongalit C</i>	<i>Decrolin</i>	<i>TUDO</i>	<i>TUDO</i>
Konsantrasyon	90 ml/l	10 g/l	5 g/l	5 g/l	10 g/l	20 g/l
pH	5	11	7	5	10	10
Sıcaklık (°C)	60	90	90	90	90	90
Süre (dakika)	60	30	30	30	60	60
Stensby Beyazlık Derecesi	65,31	62,64	64,38	63,74	67,22	66,32
Sarılık (E313 YI)	12,88	13,35	12,44	13,84	11,36	11,91
II. Adım sonrası Stensby Beyazlık Derecesi	-	65,39	62,93	65,59	67,03	67,16
Sarılık (E313 YI)	-	11,86	13,22	11,55	10,85	9,75



Şekil 5.19: Asidik ortamda hidrojenperoksit (90ml/l) ağartması sonrası uygulanan indirgen ağartmaların beyazlık değerlerine ait grafik

İlk adımda uygulanan hidrojenperoksit konsantrasyonunun 65 ml/l'den 90 ml/l'ye çıkarılması halinde beyazlık derecesi 65,31 Stensby olarak ölçülmüştür. İkinci adımda indirgen maddelerle işlem yapılması halinde ise süt lifi numunelerinin beyazlık derecelerinde *TUDO* ile işlem dışında önemli bir değişiklik olmamaktadır. Peroksit ağartması sonrası *TUDO* kullanılması halinde numunelerin beyazlık

derecesi 1,5 puan kadar artmaktadır. *TUDO* ile tek adımda da aynı beyazlık derecesine ulaşılabildiği için iki adımlı işlem yine önerilebilecek bir çalışma şekli olmamaktadır. *Rongalit C*'de ise diğer indirgen maddelerden farklı olarak iki adım sonrası beyazlık derecesi belirgin bir şekilde düşmektedir.

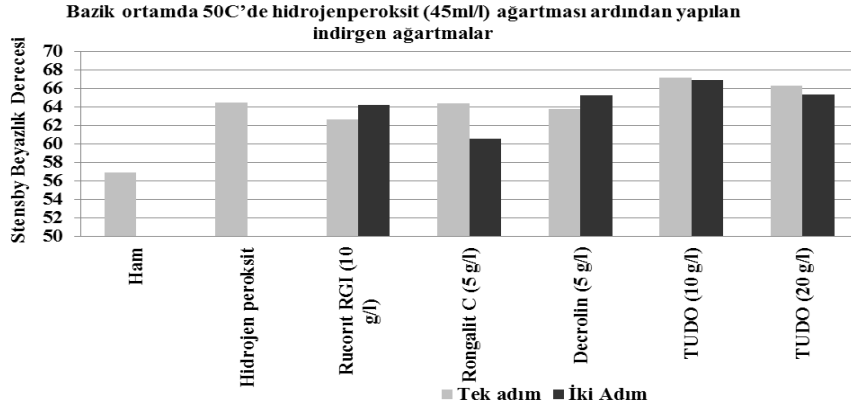
Tablo 5.30'da bazik ortamda 50°C'de hidrojenperoksit (45 ml/l) ağartması sonrası uygulanan indirgen ağartma reçeteleri ve numunelerin beyazlık değerleri yer almaktadır.

Tablo 5.30: Bazik ortamda 50°C'de hidrojenperoksit (45ml/l) ağartması sonrası uygulanan indirgen ağartma reçeteleri ve numunelerin beyazlık değerleri

	I.ADIM	II.ADIM	II.ADIM	II.ADIM	II.ADIM	II.ADIM
	Bazik ortamda peroksit ağartması	İndirgen ağartma	İndirgen ağartma	İndirgen ağartma	İndirgen ağartma	İndirgen ağartma
	Hidrojen peroksit	<i>Rucorit RGI</i>	<i>Rongalit C</i>	<i>Decrolin</i>	<i>TUDO</i>	<i>TUDO</i>
Konsantrasyon	45ml/l	10 g/l	5 g/l	5 g/l	10 g/l	20 g/l
pH	9	11	7	5	10	10
Sıcaklık (°C)	50	90	90	90	90	90
Süre (dakika)	120	30	30	30	60	60
Stensby Beyazlık Derecesi	64,44	62,64	64,38	63,74	67,22	66,32
Sarılık (E313 YI)	13,68	13,35	12,44	13,84	11,36	11,91
II. Adım sonrası Stensby Beyazlık Derecesi	-	64,19	60,54	65,22	66,93	65,33
Sarılık (E313 YI)	-	12,02	14,82	12,05	10,85	10,99

Bazik ortamda 50°C'de yapılan peroksit ağartması sonrası 64,44 Stensby olarak ölçülen beyazlık derecesi, indirgen maddelerle yapılan ikinci adım sonrasında yine önemli bir yükselme göstermemektedir (Tablo 5.30, Şekil 5.20). İkinci adımda *Rongalit C* kullanılması halinde, ilk adım olarak asidik ortamda yapılan peroksit ağartması sonrasına benzer şekilde numunenin beyazlık derecesi düşmektedir.

60°C'de bazik ortamda yapılan peroksit ağartması sonrası 64,89 Stensby olarak ölçülen beyazlık derecesi, indirgen maddelerle yapılan ikinci adım sonrasında yine önemli bir yükselme göstermemekle birlikte en yüksek değer ikinci adımda 10 g/l *TUDO*'nun kullanıldığı numunenin beyazlık derecesidir (67,3 Stensby).



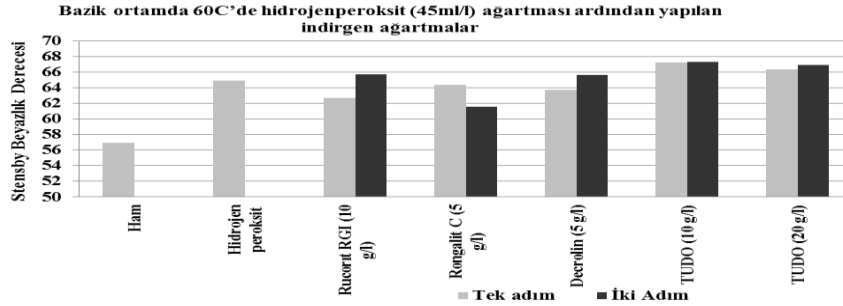
Şekil 5.20: Bazık ortamda 50°C’de hidrojenperoksit (45ml/l) ağartması sonrası uygulanan indirgen ağartmaların beyazlık değerlerine ait grafik

Tablo 5.31’de bazık ortamda 60°C’de hidrojenperoksit (45ml/l) ağartması sonrası uygulanan indirgen ağartma reçeteleri ve numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri yer almaktadır.

Tablo 5.31: Bazık ortamda 60°C’de hidrojenperoksit (45ml/l) ağartması sonrası uygulanan indirgen ağartma reçeteleri ve numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri

	I.ADİM	II.ADİM	II.ADİM	II.ADİM	II.ADİM	II.ADİM
	Bazık ortamda peroksit ağartması	İndirgen ağartma	İndirgen ağartma	İndirgen ağartma	İndirgen ağartma	İndirgen ağartma
	Hidrojen peroksit	<i>Rucorit RGI</i>	<i>Rongalit C</i>	<i>Decrolin</i>	<i>TUDO</i>	<i>TUDO</i>
Konsantrasyon	45ml/l	10 g/l	5 g/l	5 g/l	10 g/l	20 g/l
pH	9	11	7	5	10	10
Sıcaklık (°C)	60	90	90	90	90	90
Süre (dakika)	120	30	30	30	60	60
Stensby	64,89	62,64	64,38	63,74	67,22	66,32
Beyazlık Derecesi						
Sarılık (E313 YI)	12,75	13,35	12,44	13,84	11,36	11,91
II. Adım sonrası Stensby Beyazlık Derecesi	-	65,71	61,56	65,62	67,3	66,93
Sarılık (E313 YI)	-	10,78	13,7	11,11	10,27	9,28

Şekil 5.21’de bazık ortamda 60°C’de hidrojenperoksit (45ml/l) ağartması sonrası uygulanan indirgen ağartmaların beyazlık değerlerine ait grafik yer almaktadır.



Şekil 5.21: Bazık ortamda 60°C’de hidrojenperoksit (45ml/l) ağartması sonrası uygulanan indirgen ağartmaların beyazlık değerlerine ait grafik

Tek adımlı ve iki adımlı ağartma sonuçları göstermektedir ki; süt liflerinin ağartılmasında tek adımda asidik ya da bazık ortamda peroksit ağartması ya da *TUDO* ile bazık ortamda indirgen ağartma yapmak yeterlidir. İki adımlı bir çalışma hem zaman kaybına hem de kimyasal tüketimine neden olduğu gibi fayda da sağlamamaktadır.

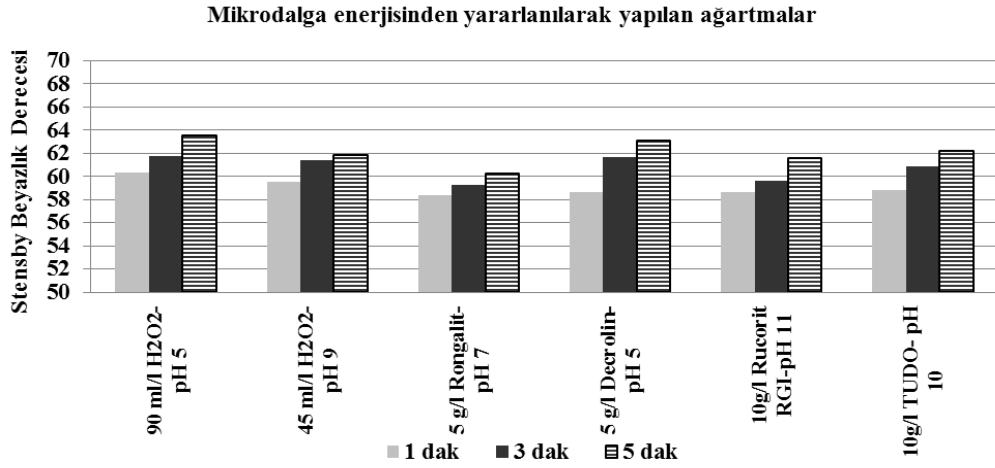
5.4 % 100 Süt Lifi Kumaşların Mikrodalga Enerjisi Kullanılarak Ağartılması

Mikrodalgalar esasen yüksek frekanslı radyo dalgalarıdır (Özerdem ve diğ. 2008). Elektromanyetik yelpaze duyulabilir frekanslardan (düşük frekans, yüksek dalga boyu) radyo dalgası, mikrodalga (300 MHz- 300 GHz), infrared, görülebilir, ultraviyole, x ışınları ve gama ışınlarına (yüksek frekans, kısa dalga boyu) uzanmaktadır (Aniş 1994).

Mikrodalga kurutucunun temel elemanı olan aplikatörlerde beslenen elektromanyetik enerji, kurutulacak malzeme tarafından absorbe edilmekte, metal yüzeyler tarafından ise yansıtılmaktadır (Donmaz ve diğ. 1995, Özerdem ve diğ. 2008). Isıyı, elektriği iletmeyen ve dielektrik malzemeler olarak tanımlanan bazı malzemeler bu dalgaları absorblayarak ısıya dönüştürmektedir. Bu dönüşümün miktarı dielektrik malzemenin özelliklerinin yanısıra kullanılan frekansa da bağlı olarak değişmektedir. Mikrodalgaların sahip olduğu bu iki temel özellik yüksek

frekans ısıtmasının temelini oluşturmaktadır (Donmaz ve diğ. 1995). Mikrodalga uygulamasının avantajı, temassız, lokalize, hızlı, düzgün, enerji tasarrufu sağlayan bir ısıtma sağlamasıdır (Bhat ve Kale 2012).

Bu bölümde, konvansiyonel yöntemle göre gerçekleştirilmiş deneylerin sonucunda en yüksek beyazlık değerlerini veren proses şartları esas alınarak, % 100 süt lifi numuneler mikrodalga enerjisi yardımıyla ağartma işlemine tabi tutulmuştur. Mikrodalga enerjisi ile daha kısa sürelerde işlem gören numunelerin beyazlık dereceleri, sarılık değerleri ve hidrofiliteler konvansiyonel yöntemde elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Şekil 5.22’de mikrodalga enerjisinin uygulandığı ağartma reçeteleri ve numunelerin beyazlık değerlerine ait grafik yer almaktadır.



Şekil 5.22: Mikrodalga enerjisinin uygulandığı numunelerin beyazlık değerlerine ait grafik

Elde edilen verilere göre; mikrodalga enerjisi ile ağartılan numunelerin beyazlık değerleri, klasik yöntemde ölçülen beyazlık değerlerine ulaşamamaktadır. İşlemsiz kumaşın beyazlık değeri (56,91 Stensby), mikrodalga enerjisi yardımıyla sadece 2-3 puan kadar artmaktadır. Beyazlık değerlerine bağlı olarak da numunelerin sarılık değerleri ve hidrofiliteleri konvansiyonel yöntemle göre daha yüksektir. Tablo 5.32’de mikrodalga enerjisinin uygulandığı ağartma reçeteleri ve numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri ve hidrofiliteleri yer almaktadır.

Klasik yöntemde olduğu gibi mikrodalga enerjisinden yararlanılarak yapılan ağartmalar da da iki adımlı çalışma şekli uygulanmıştır.

Tablo 5.32: Mikrodalga enerjisinin uygulandığı ağartma reçeteleri ve numunelerin beyazlık ve sarılık değerleri ve hidrofiliteleri

Mikrodalga ile İşlem süresi	1 dak.		3 dak.		5 dak.		Hidrofilite*
	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	
Asidik ortamda peroksit ağartması 90 ml/l H ₂ O ₂ - pH 5	60,31	15,88	61,73	16,01	63,47	14,01	17"
Bazik ortamda peroksit ağartması 45 ml/l H ₂ O ₂ - pH 9	59,55	16,40	61,38	15,99	61,81	15,18	36"
İndirgen ağartma 5 g/l Rongalit-pH 7	58,35	16,90	59,23	16,22	60,21	15,86	63"
İndirgen ağartma 5 g/l Decrolin- pH 5	58,64	16,47	61,70	14,08	63,07	12,89	50"
İndirgen ağartma 10g/l Rucorit RGI-pH 11	58,69	15,87	59,65	14,32	61,55	13,36	63"
İndirgen ağartma 10g/l TUDO- pH 10	58,82	16,08	60,91	13,98	62,20	12,62	32"

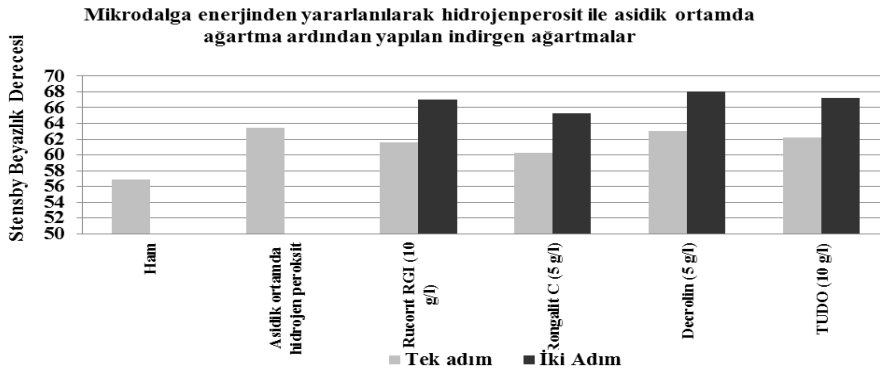
* Mikrodalga ile 5 dakika işlem gören numunelere ait hidrofilitelerdir.

Tablo 5.33’de mikrodalga enerjisinden yararlanılarak hidrojenperoksit ile asidik ortamda ağartma sonrası indirgen ağartmaların uygulandığı numunelerin beyazlık, sarılık değerleri ve hidrofiliteleri yer almaktadır. Klasik yöntemden farklı olarak; asidik ortamda peroksit ağartması (63,47 Stensby) ardından indirgen ağartma yapılması numunelerin beyazlık derecelerinin artmasını sağlamaktadır. Özellikle *Decrolin* (68,06 Stensby) ve *TUDO* (67,21 Stensby) ile en yüksek beyazlık derecelerine ve en düşük sarılık değerlerine ulaşılabilmektedir. Numunelerin hidrofiliteler değeri ise işlemsiz kumaşa göre iyileşmektedir.

Şekil 5.23’de, mikrodalga enerjisinden yararlanılarak hidrojenperoksit ile asidik ortamda ağartma sonrası indirgen ağartmaların uygulandığı numunelerin beyazlık değerlerine ait grafik yer almaktadır.

Tablo 5.33: Mikrodalga enerjisinden yararlanılarak hidrojenperoksit ile asidik ortamda ağartma sonrası uygulanan indirgen ağartmaların beyazlık ve sarılık değerleri

	I.ADİM	II.ADİM	II.ADİM	II.ADİM	II.ADİM
	Asidik ortamda peroksit ağartması	İndirgen ağartma	İndirgen ağartma	İndirgen ağartma	İndirgen ağartma
	Hidrojen peroksit	Rucorit RGI	Rongalit C	Decrolin	TUDO
Konsantrasyon	90ml/l	10 g/l	5 g/l	5 g/l	10 g/l
pH	5	11	7	5	10
Süre (dakika)	5	5	5	5	5
Tek başına Stensby Beyazlık Derecesi	63,47	61,55	60,21	63,07	62,20
Sarılık (E313 YI)	14,01	13,36	15,86	12,89	12,62
II. Adım sonrası Stensby Beyazlık Derecesi	-	67,07	65,27	68,06	67,21
Sarılık (E313 YI)	-	10,39	12,18	9,85	10,46
Hidrofilite (sn)	17	20	20	22	21



Şekil 5.23: Mikrodalga enerjisinden yararlanılarak hidrojenperoksit ile asidik ortamda ağartma sonrası indirgen ağartmaların uygulandığı numunelerin beyazlık değerlerine ait grafik

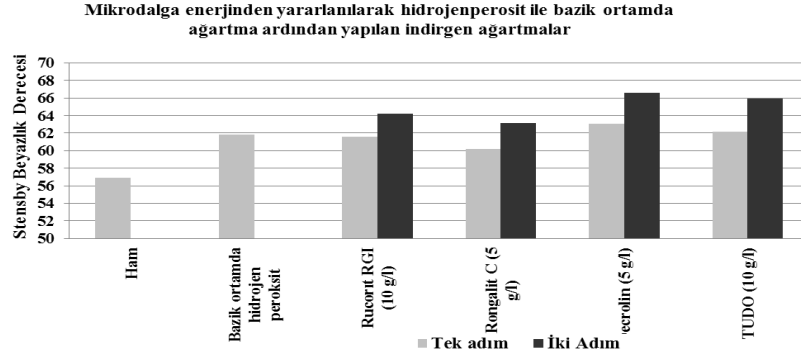
Tablo 5.34’de mikrodalga enerjisinden yararlanılarak hidrojenperoksit ile bazik ortamda ağartma sonrası indirgen ağartmaların uygulandığı numunelerin beyazlık, sarılık değerleri ve hidrofiliteleri yer almaktadır.

Tablo 5.34: Mikrodalga enerjisinden yararlanılarak hidrojenperoksit ile bazik ortamda ağartma sonrası uygulanan indirgen ağartmaların beyazlık, sarılık değerleri ve hidrofiliteleri

	I.ADİM Bazik ortamda peroksit ağartması	II.ADİM İndirgen ağartma	II.ADİM İndirgen ağartma	II.ADİM İndirgen ağartma	II.ADİM İndirgen ağartma
	Hidrojen peroksit	Rucorit RGI	Rongalit C	Decrolin	TUDO
Konsantrasyon	45ml/l	10 g/l	5 g/l	5 g/l	10 g/l
pH	9	11	7	5	10
Süre (dakika)	5	5	5	5	5
Tek başına Stensby Beyazlık Derecesi	61,81	61,55	60,21	63,07	62,20
Sarılık (E313 YI)	15,18	13,36	15,86	12,89	12,62
II.Adım sonrası Stensby Beyazlık Derecesi	-	64,18	63,15	66,58	65,97
Sarılık (E313 YI)	-	11,93	12,65	11,15	11,22
Hidrofilite (sn)	36	28	33	24	25

Mikrodalga enerjisinden yararlanılarak hidrojenperoksit ile bazik ortamda ağartma sonrası indirgen ağartmaların uygulandığı (iki adım) numunelerin beyazlık, sarılık değerleri incelendiğinde; bazik ortamda peroksit ağartması (61,81 Stensby) ardından indirgen ağartma yapılması numunelerin beyazlık derecelerinin artmasını sağlamaktadır. Özellikle *Decrolin* (66,58 Stensby) ve *TUDO* (65,97 Stensby) ile en yüksek beyazlık derecelerine ve düşük sarılık değerlerine ulaşabilmektedir. Ancak asidik ortamda uygulanan peroksit ardından indirgen ağartma yapılması daha yüksek beyazlık dereceleri sağlamaktadır. Numunelerin hidrofiliteleri iki adımlı ağartma sonrası iyileşmektedir. Şekil 5.24’de mikrodalga enerjisinden yararlanılarak

hidrojenperoksit ile bazik ortamda ağartma sonrası uygulanan indirgen ağartmaların beyazlık değerlerine ait grafik yer almaktadır.



Şekil 5.24: Mikrodalga enerjisinden yararlanılarak hidrojenperoksit ile bazik ortamda ağartma sonrası uygulanan indirgen ağartmaların beyazlık değerlerine ait grafik

5.5 Ağartma Yapılmış %100 Süt Lifi Kumaşların Patlama Mukavemetlerinin Değerlendirilmesi

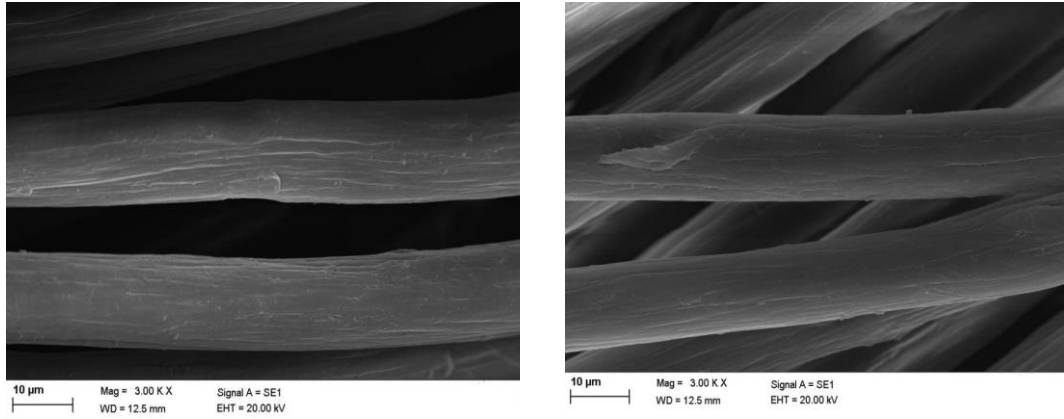
Ön terbiye işlemleri sırasında iyi bir beyazlık derecesinin elde edilmesinin yanında liflere zarar vermemek önem taşımaktadır. Ağartma işlemleri ile liflere az veya çok zarar verilebilmektedir. Bu amaçla en iyi beyazlık derecesine sahip numunelerin mukavemet değerleri de incelenmiştir. Süt lifinden üretilmiş kumaş numuneleri, ağartma işlemi sonrası az veya çok kimyasal zarar görmekte, uygulanan ağartma maddesine ve yönteme bağlı olarak liflerde meydana gelen zarar derecesi değişebilmektedir.

Tablo 5.35’de %100 Süt lifi kumaşların patlama mukavemeti değerleri yer almaktadır. Konvansiyonel yönteme göre ağartma işlemi uygulanmış numunelerin patlama mukavemeti değerleri karşılaştırıldığında; asidik ortamda peroksit ile ağartma işleminde meydana gelen mukavemet kaybı, bazik ortamda yapılan ağartma işlemindeki kayba göre daha az olmaktadır. Bazik ortamda süt lifi esaslı numunelerin gördüğü zarar, yakın beyazlık derecelerine rağmen biraz daha fazla gerçekleşmektedir ki; bazik ortamda sadece su ile işlem gören numunelerde ağırlık kaybının asidik ortamda işlem gören numunelerdeki kayba göre daha fazla olduğu daha önceden belirlenmişti.

Tablo 5.35: %100 Süt lifi kumaşların patlama mukavemeti değerleri

	Stensby Beyazlık Derecesi	Patlama mukavemeti (kPa)	Ağırlık Kaybı (%)	Hidrofilite (sn)
Ham kumaş		290,2		90
Klasik Yöntem Yükseltgen ağartma				
Asidik ortamda peroksit ağartması (65 ml/l H ₂ O ₂ - pH 5, 60 °C- 60 dak)	63,07	269,6	12,73	38
Asidik ortamda peroksit ağartması (90 ml/l H ₂ O ₂ - pH 5, 60 °C- 60 dak)	65,31	253,9	14,18	26
Bazik ortamda peroksit ağartması (45 ml/l H ₂ O ₂ - pH 9, 50 °C- 120 dak)	64,44	231,7	10,93	45
Bazik ortamda peroksit ağartması (45 ml/l H ₂ O ₂ - pH 9, 60 °C- 120 dak)	64,89	240	9,1	31
Klasik Yöntem İndirgen ağartma				
Rongalit C (5 g/l Rongalit C, pH 7, 90 °C- 30 dak)	64,38	272	14,04	38
Decrolin (5 g/l Decrolin - pH 5-90 °C- 30 dak)	63,74	289,4	14,20	42
Rucorit RGI (10 g/l Rucorit RGI, pH 11-90 °C- 30 dak)	62,64	280	7,27	51
TUDO (10 g/l TUDO, pH 10-90 °C- 60 dak)	67,22	276,5	12,23	17
TUDO (20 g/l TUDO, pH 10-90 °C- 60 dak)	66,32	272,5	8,52	16
Mikrodalga ile yükseltgen ağartma				
Asidik ortamda peroksit ağartması (90 ml/l H ₂ O ₂ - pH 5, 5 dak)	63,47	272,3	12,45	17
Bazik ortamda peroksit ağartması (45 ml/l H ₂ O ₂ - pH 9, 5 dak)	61,81	259,6	10,35	36
Mikrodalga ile indirgen ağartma				
Rongalit C (5 g/l Rongalit C, pH 7, 5 dak)	60,21	273,3	13,68	27
Decrolin (5 g/l Decrolin - pH 5, 5 dak)	63,07	270,9	14,38	50
Rucorit RGI (10 g/l Rucorit RGI- pH 11, 5 dak)	61,55	271,4	8,12	63
TUDO (10 g/l TUDO, pH 10, 5 dak)	62,20	270,5	8,28	25

Şekil 5.25’de asidik ve bazik ortamda peroksit ağartması yapılan süt liflerinin SEM görüntüleri yer almaktadır. Asidik ve bazik ortamda ağartılan numunelerdeki mukavemet kaybı arasındaki farkın proses şartlarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Numunelerin SEM görüntüleri de bunu desteklemekte, bazik ortamda işlem gören liflerin yüzeyinde soyulmalar göze çarpmaktadır.

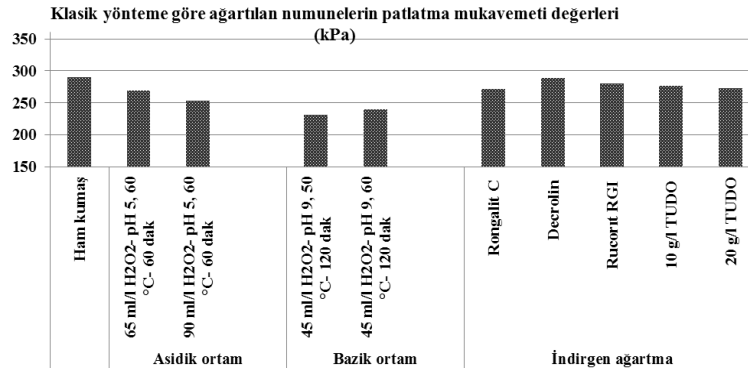


90 ml/l H₂O₂ (60°C - 60 dakika- pH 5)

45 ml/l H₂O₂ (60°C - 120 dakika- pH 9)

Şekil 5.25: Asidik ve bazik ortamda peroksit ağartması yapılan süt liflerinin SEM görüntüleri

Şekil 5.26’de klasik yöntemle göre ağartılan numunelerin patlama mukavemetlerine ait grafik yer almaktadır.



Şekil 5.26: Klasik yöntemle göre ağartılan numunelerin patlama mukavemeti değerlerine ait grafik

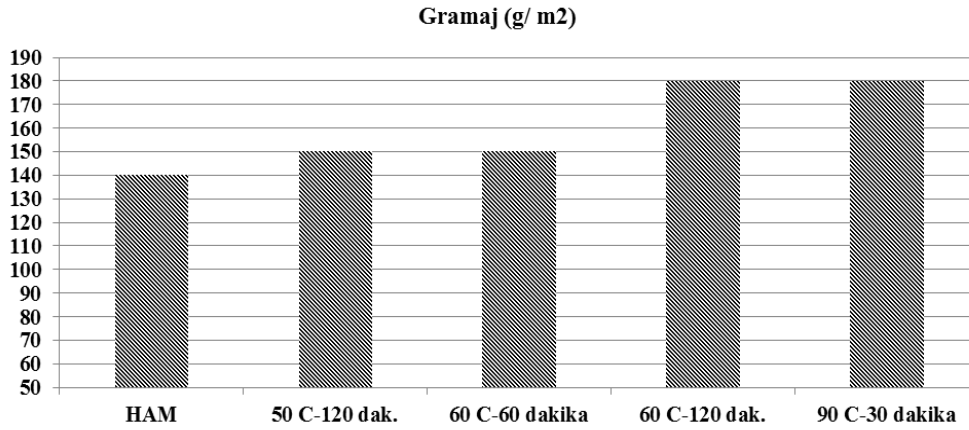
Konvansiyonel yöntemle göre indirgen ağartma maddeleri ile ağartılan numunelerin patlama mukavemeti değerleri; peroksit ağartması uygulanan numunelerin patlama mukavemeti değerlerinden daha yüksektir. En yüksek beyazlık derecesinin (67,22) elde edildiği TUDO ile işlemde bile patlama mukavemeti 276,5 kPa (işlemsiz numunenin patlama mukavemeti 290,2 kPa) olarak ölçülmüştür.

Mukavemet kayıplarının az olmasında süt lifi esaslı örme kumaşların işlem sıcaklığına bağlı olarak gramajlarındaki artış etkili olmaktadır. Tablo 5.36’da görüldüğü gibi, işlem süresi ve sıcaklığı arttıka süt lifi esaslı kumaşların boyut stabilitesi değişmekte, kumaşlar çekmekte ve gramajlarında artış meydana gelmektedir.

Tablo 5.36: Farklı işlem şartlarında kumaşların gramaj değişimleri

	Gramaj (g/m ²)
HAM	140
50°C -120 dakika	150
60 °C -60 dakika	150
60°C -120 dakika	180
90 °C -30 dakika	180
90 °C -60 dakika	180

şekil 5.27’de farklı işlem şartlarında kumaşların gramaj değişimlerine ait grafik yer almaktadır.



şekil 5.27: Farklı işlem şartlarında kumaşların gramaj değişimlerine ait grafik

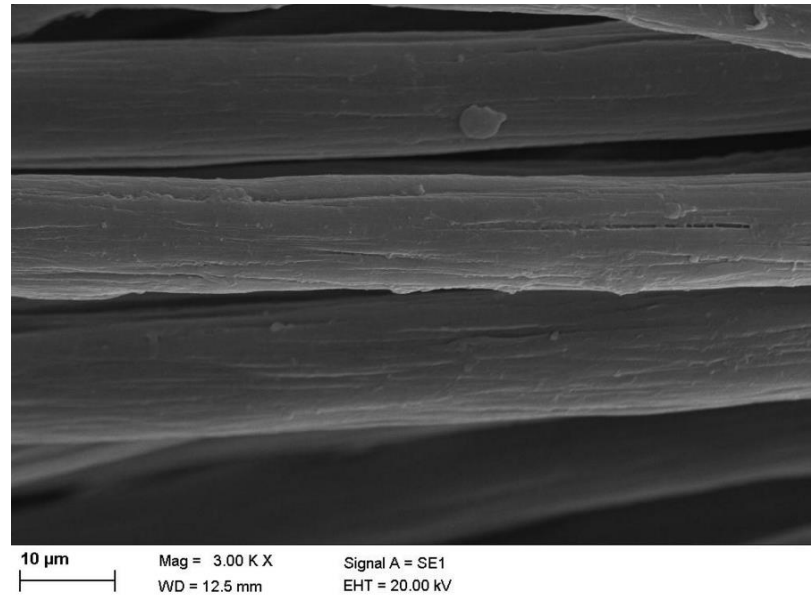
Hava geçirgenliği test sonuçları, süt lifi esaslı kumaş numunelerinin işlem sıcaklığı ve işlem süresi arttıka hava geçirgenliklerinin azaldığını göstermektedir. Bu durumda, işlem şartlarına bağlı olarak kumaşların çektiğini, sıkılaştığını ve bundan dolayı kumaşların hava geçirgenliğinin azaldığı doğrulanmaktadır. Tablo 5.37’de süt lifi esaslı örme kumaşların hava geçirgenliği testi sonuçları verilmektedir.

Tablo 5.37: Süt lifi esaslı örme kumaşların hava geçirgenliği testi sonuçları

	Hava Geçirgenliği* (l/m ² /s)
Yıkama yapılmış kumaş	5250
Asidik ortamda peroksit ağartması (90 ml/l H ₂ O ₂ - pH 5, 60 °C- 60 dak.)	4570
Bazik ortamda peroksit ağartması (45 ml/l H ₂ O ₂ - pH 9, 60 °C- 120 dak.)	4290
TUDO ile indirgen ağartma (10 g/l TUDO, pH 10-90 °C- 60 dak.)	3720

*Hava Geçirgenliği Testi (Textest FX 3300) (l/m₂/s) (200 pascal basınç altında) (ENISO09237 TS 391'e göre)

Hava geçirgenliği testi yapılan kumaş numunelerinin kalınlıkları da ölçülmüş, ölçüm sonuçları Tablo 5.38'de verilmiştir. Ölçüm sonuçları işlem şartları ağırlaştıkça numune kumaşların kalınlıklarının arttığını göstermektedir. Bu durum da hava geçirgenliği ve kumaş kalınlık ölçüm sonuçları birbirine doğrulamakla birlikte, en yüksek beyazlık derecesini veren *TUDO* ile 90°C'de ağartılmış kumaş numunelerinin mukavemet değerlerindeki düşüşün az olmasının nedenini açıklayabilmektedir. Şekil 5.28'da bu numunelere ait SEM görüntüleri verilmektedir.

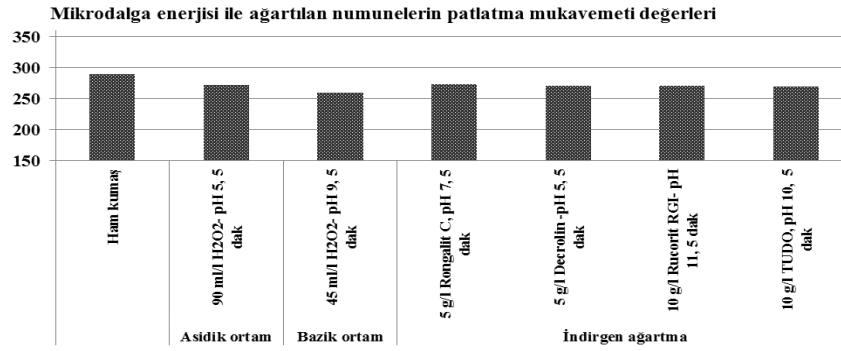


Şekil 5. 28: 10 g/l *TUDO* (90°C - 60 dakika- pH 10) ile ağartma yapılan süt liflerinin SEM görüntüleri

Tablo 5.38: Süt lifi esaslı örme kumaşların kalınlık testi sonuçları

	Kumaş kalınlığı (Leipzig Nr.7880) (mikron)
Yıkama yapılmış kumaş	4
Asidik ortamda peroksit ağartması (90 ml/l H ₂ O ₂ - pH 5, 60 °C- 60 dak)	4,1
Bazik ortamda peroksit ağartması (45 ml/l H ₂ O ₂ - pH 9, 60 °C- 120 dak)	4,2
TUDOile indirgen ağartma (10 g/l TUDO, pH 10-90 °C- 60 dak)	4,8

Şekil 5.29’da mikrodalga enerjisinden yararlanılarak ağartılan numunelerin patlatma mukavemeti değerlerine ait grafik yer almaktadır.



Şekil 5.29: Mikrodalga enerjisi ile ağartılan numunelerin patlama mukavemeti değerlerine ait grafik

Mikrodalga enerjisi yardımıyla peroksit ile ağartma işlemine tabi tutulan numunelerin patlama mukavemeti değerleri, klasik yöntemde ölçülen değerlere göre az da olsa daha yüksektir, bunun işlem süresinin klasik yöntemde göre oldukça kısa olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. İndirgen ağartmada ise tersi bir durum söz konusudur; indirgen ağartma maddeleriyle mikrodalga enerjisi eşliğinde ağartılmış numunelerinin patlatma mukavemeti değerleri; konvansiyonel yöntemde göre daha düşüktür. Mikrodalga enerjisi yardımıyla indirgen ağartma işlemi sırasında 5 dakika işlem süresinde flote kaynama sıcaklığına erişebilmekteyken klasik yöntemde 90°C sabit sıcaklıkta işlem yapılmaktadır. Mikrodalga ile ağartmada işlem süresinin kısa olmasına rağmen işlem sırasındaki sıcaklık artışının numunelerin mukavemetlerindeki düşüşü az da olsa arttırmış olabileceği düşünülmektedir.

5.6 % 100 Süt Lifi Kumaşların Ağartma Flottelerinin Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerlerinin İncelenmesi

Tekstil sanayinin çevresel sorunlarının temelini atık su miktarı ve bu atık suların kimyasal yükü, enerji tüketimi ve atık hava emisyonları oluşturmaktadır. Hidrojenperoksit ağartması ile ilgili çevresel sorunlar, kuvvetli kompleks oluşturu maddelerin (stabilizatörlerin) kullanılmasından kaynaklanmaktadır (BAT 2002). Tipik kompleks oluşturu maddeler, polifosfatlar, fosfonatlar ve aminokarboksilik asitlerdir. Bu maddelerin kullanımını düşündüren sebepler; N- ve P- içerikleri, birçoğunda düşük olan biyolojik parçalanabilirlikler/elimine edilebilirlikleri ve ağır metallerin yeniden harekete geçmesine neden olabilen metallerle stabil kompleks oluşturabilme yetenekleridir. Polikaoksilatlar veya substituye polikarboksilik asitler (örneğin poliakrilatlar ve poliakrilat maleik asit kopolimerizatları), hidroksikarboksilik asitler ve bazı şeker akrilik asit kopolimerleri konvansiyonel kompleks oluşturu maddelere alternatif olarak önerilebilmektedir. Bu ürünler moleküler yapılarında N veya P içermemektedir (BAT 2002).

En iyi beyazlık derecesinin elde edildiği reçetelerin çevresel açıdan etkilerini incelemek amacıyla flottelerin KOİ ölçümleri Kapalı Reflux Kolorimetrik Metod uygulanarak ölçülmüş ve sonuçlar aşağıdaki Tablo 5.39’da verilmiştir.

Tablo 5.39: Ağartma flottelerinin Kapalı Reflux Kolorimetrik Metod’a (Potasyum hidrojen ftalat (KHP standardı) standart çözeltilere göre ölçülen koi değerleri

KOI ölçümü yapılan flotteler	KOI Değerleri
Konvansiyonel Yöntemle Asidik Ortamda H ₂ O ₂ Ağartması (90 ml/l H ₂ O ₂ - pH 5, 60 °C- 60 dak.)	12,55 g/l
Konvansiyonel Yöntemle Bazik Ortamda H ₂ O ₂ Ağartması (45 ml/l H ₂ O ₂ - pH 9, 60 °C- 120 dak.)	6,77 g/l
Konvansiyonel Yöntemle <i>TUDO</i> ile İndirgen Ağartma (10 g/l <i>TUDO</i> , pH 10-90 °C- 60 dak.)	1,26 g/l
Mikrodalga yardımıyla H ₂ O ₂ Ağartması (90 ml/l H ₂ O ₂ - pH 5, 5dak.)	14,66 g/l
Mikrodalga yardımıyla <i>Decrolin</i> ile İndirgen Ağartma (5 g/l <i>Decrolin</i> -pH 5, 5 dak.)	1,52 g/l

KOI değerleri incelendiğinde; en ekolojik ağartma yönteminin en düşük KOI değerine sahip olması sebebiyle indirgen ağartmalar olduğu söylenilmektedir. Özellikle klasik yöntemle çalışmada en iyi beyazlık derecesine ulaşmayı sağlayan *TUDO*, diğer ağartma maddelerine göre daha ekolojik olma özelliği ile de öne çıkmaktadır.

Klasik yöntemle karşılaştırıldığında mikrodalga ile ağartmada KOI değerinin yüksek çıkmasının sebebi olarak ise; kısa işlem süresinde flottedeki ürünlerin harcanmadan kalmış olması düşünülmektedir.

5.7 Süt Liflerinin Enzimatik İşlemleri

Enzimler, tekstil endüstrisinde geniş uygulama alanı bulmuşlardır. Tekstil sektöründe en eski uygulamalar amilaz ile yapılan uygulamalardır. Protein liflerine enzimatik ön işlemler; genel olarak, yön ve ipek üzerine yoğunlaşmıştır. Proteaz enzimleri, yn proteinindeki peptid bağlarına etki etmekte ve onların hidrolizine sebep olmaktadır. Böylece protein zincir uzunluğu azalmakta ve serbest aminoasitler oluşmaktadır. Tablo 5.40'da tez kapsamında süt liflerine uygulanan enzimler ve alışma Şartları verilmektedir.

Tablo 5.40: Süt liflerine uygulanan enzimler ve uygulama Şartları

Enzimler	pH	Sıcaklık (°C)	Konsantrasyon (%)	F.O.	Süre (dak.)
Savinase [®] 16 L.	8	50 °C			
Eşperase [®] 8.0 L.	8	25 °C			
Perizym AFW	8	70 °C			
Alcalase [®] 2.5 L.	8,5	55 °C	0,5 – 2 - 4	1:20	15 – 30 -60
Pepsin	2	37 °C			
Papain	6	25 °C			

Serin tipi proteaz enzimi olan Savinase 16L uygulanan süt liflerinin beyazlık derecelerinde; uygulama konsantrasyonuna ve işlem süresine bağlı olarak 1-4 puan kadar artış belirlenmiştir. Numunelerin beyazlık derecesi ve ağırlık kayıpları dikkate alındığında en uygun alışma Şartları olarak, % 0,5 Savinase 16L ile 50 °C'de 30

dakika işlem (% 1,86 ağırlık kaybına neden olmaktadır) belirlenmiştir. Tablo 5.41’de Savinase 16L ile işlem sonrası süt liflerinin beyazlık dereceleri ve ağırlık kayıpları verilmektedir.

Tablo 5.41: Savinase 16L ile işlem sonrası süt liflerinin beyazlık dereceleri ve ağırlık kayıpları

İşlem Süresi	15'			30'			60'		
	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	%Ağırlık Kaybı	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	%Ağırlık Kaybı	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	%Ağırlık Kaybı
Savinase 16L Konsantrasyonu									
%0,5	58,96	18,36	1,86	61,26	18,45	1,86	60,89	16,24	2,48
%2	59,15	16,62	2,17	59,77	17,92	2,96	59,58	17,35	3,7
%4	58,35	18,46	2,62	58,54	18,71	3,66	58,32	17,86	3,77

% 0,5 Savinase 16L ile 50 °C’de 30 dakika işlem gören süt liflerinin hidrofilité değerleri gelişmekte olup 19 saniye olarak tespit edilmiştir.

Tablo 5.42’de Alcalase 2,5L ile işlem sonrası süt liflerinin beyazlık dereceleri ve ağırlık kayıpları verilmektedir.

Tablo 5.42: Alcalase 2,5L ile işlem sonrası süt liflerinin beyazlık dereceleri ve ağırlık kayıpları

İşlem Süresi	15'			30'			60'		
	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	%Ağırlık Kaybı	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	%Ağırlık Kaybı	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	%Ağırlık Kaybı
Alcalase 2,5L Konsantrasyonu									
%0,5	57,51	17,88	2,35	58,11	17,21	3,16	58,09	17,03	3,54
%2	57,92	17,67	3,03	58,19	17,51	3,87	58,38	16,43	5,34
%4	58,74	17,37	3,34	58,86	17,7	4,93	59,23	16,81	6,39

Süt liflerinin Alcalase 2,5 L (serin tipi proteaz) enzimi ile işlem görmesi halinde meydana gelen ağırlık kaybı; Savinase 16L ile işleme göre daha fazla olmaktadır. Enzim konsantrasyonu ve işlem süresi arttıkça ağırlık kaybındaki artış da

artmaktadır. Süt liflerinin beyazlık derecelerinde artan enzim konsantrasyonuna bağlı olarak bir iyileşme gözlenmekle birlikte numunelerin beyazlık dereceleri, Savinase enzimi ile muamele edilmiş numunelerin beyazlık derecelerine göre daha düşük değerlerde kalmaktadır.

Tablo 5.43’de papain ile işlem sonrası süt liflerinin beyazlık dereceleri ve ağırlık kayıpları verilmektedir.

Tablo 5.43: Papain ile işlem sonrası süt liflerinin beyazlık dereceleri ve ağırlık kayıpları

İşlem Süresi	15'			30'			60'		
	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	%Ağırlık Kaybı	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	%Ağırlık Kaybı	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	%Ağırlık Kaybı
%0,5	57,13	18,4	0,2	57,39	18,91	0,29	57,46	18,7	0,2
%4	57,52	18,73	0,68	57,53	17,9	0,60	58,79	17,7	0,5

Süt lifleri tiol proteaz enzimi olan papain ile işlem gördüğünde ise; yine numunelerin beyazlık derecesinde hafif bir iyileşme gözlenmektedir. Savinase ve Alcalase ile işleme göre dikkat çeken bir nokta ise; numunelerde meydana gelen ağırlık kayıplarının diğer enzimlere göre daha düşük olmasıdır (Tablo 5.43). Tablo 5.44’de pepsin ile işlem sonrası süt liflerinin beyazlık dereceleri ve ağırlık kayıpları verilmektedir.

Tablo 5.44: Pepsin ile işlem sonrası süt liflerinin beyazlık dereceleri ve ağırlık kayıpları

İşlem Süresi	15'			30'			60'		
	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	%Ağırlık Kaybı	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	%Ağırlık Kaybı	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	%Ağırlık Kaybı
%0,5	56,24	19,44	0,3	57,51	18,85	0,58	57,67	18,54	0,29
%2	56,5	18,88	0,2	57,62	18,9	0,39	57,95	18,58	0,19
%4	56,98	18,24	0	57,76	18,48	0,09	58,97	18,04	0,2

Süt lifleri pepsin enzimi ile işlem gördüğünde papain ile işleme benzer şekilde yine numunelerin beyazlık dereceleri ya neredeyse aynı kalmakta ya da çok az bir iyileşme gözlenmektedir, numunelerde meydana gelen ağırlık kayıpları da daha düşüktür.

Tablo 5.45’de Perizym AFW ile işlem sonrası süt liflerinin beyazlık dereceleri ve ağırlık kayıpları verilmektedir.

Tablo 5.45: Perizym AFW ile işlem sonrası süt liflerinin beyazlık dereceleri ve ağırlık kayıpları

İşlem Süresi	15'			30'			60'		
	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	%Ağırlık Kaybı	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	%Ağırlık Kaybı	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	%Ağırlık Kaybı
Perizym AFW Konsantrasyonu									
%0,5	53,87	19,3	3,42	54,49	19,07	4,31	54,58	18,66	5,42
%2	54,87	18,43	4,08	54,78	20,85	4,65	54,69	18,73	6,25
%4	54,89	19,3	4,16	55,74	19,05	4,9	55,63	18,48	6,4

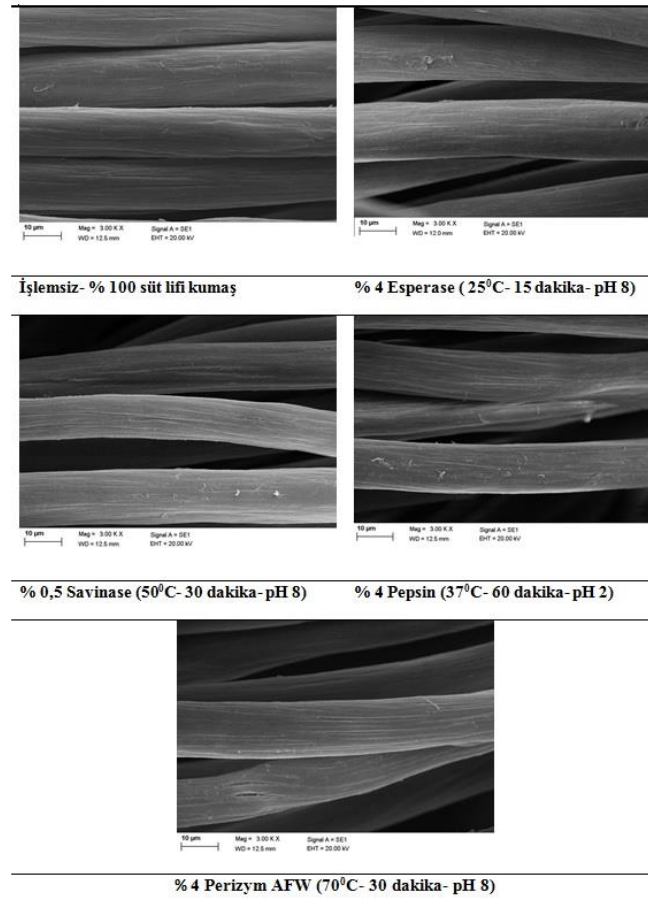
Proteaz enzimleri kombinasyonu olan Perizym AFW ile işlem sonrası diğer enzimlerden farklı olarak süt liflerinin beyazlık dereceleri düşmekte, az da olsa lifler sararmaktadır. Ayrıca ağırlık kayıpları diğer enzimlere kıyasla daha yüksek olarak belirlenmiştir. Ağırlık kayıpları enzim konsantrasyonunun ve işlem süresinin artmasıyla birlikte yükselmektedir. Tablo 5.46’da Esperase ile işlem sonrası süt liflerinin beyazlık dereceleri ve ağırlık kayıpları verilmektedir.

Tablo 5.46: Esperase ile işlem sonrası süt liflerinin beyazlık dereceleri ve ağırlık kayıpları

İşlem Süresi	15'			30'			60'		
	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	%Ağırlık Kaybı	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	%Ağırlık Kaybı	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)	%Ağırlık Kaybı
Esperase Konsantrasyonu									
%0,5	58,01	18,91	1,48	58,29	18,25	1,86	58,78	17,67	1,63
%4	61,01	19,79	1,49	60,35	15,7	1,95	60,31	17,45	1,82

Esperase enzimi ile işlem gören süt liflerinin beyazlık derecelerinde iyileşme gözlenmektedir. % 4 Esperase ile 25°C'de 15 dakika yapılan işlem sonrasında numunenin beyazlık derecesi 61,01 Stensby olarak ölçülmüştür. Bu numunenin hidrofilité değeri 22 saniye olarak tespit edilmiş ve hidrofilitenin iyileştiği belirlenmiştir.

Şekil 5.30'de işlemsiz (ham) ve proteaz enzimleri ile işlem görmüş % 100 süt lifi kumaş numunelerinin SEM (Taramalı elektron mikroskobu) görüntüleri yer almaktadır.



Şekil 5.30: İşlemsiz (ham) ve proteaz enzimleri ile işlem görmüş % 100 süt lifi kumaş numunelerinin SEM (Taramalı elektron mikroskobu) görüntüleri

Ham süt lifi esaslı kumaş numunesinin SEM görüntüleri incelendiğinde, lif yüzeyinde ince soluk çizgiler olduğu görülmektedir. % 4 Esperase ile işlem gören liflerin yüzeyinde hafif aşınmalar, soyulmalar göze çarpmaktadır ki numunelerde yaklaşık % 1,5 kadar ağırlık kaybı belirlenmiştir (Tablo 5.46). % 0,5 Savinase ile

işlem gören süt liflerinin yüzeyindeki çizgiler, % 4 Esperase ile işlem görmüş liflere göre daha belirgindir (işlem sonrası ağırlık kaybı ~ % 2-4 arasında). % 4 Pepsin ile işleme tabi tutulan liflerin yüzeyindeki boyuna çizgiler görülmekle birlikte diğer enzimlerle işlem görmüş numunelerdeski kadar derin çizgiler değildir. % 4 Perizym AFW ile muamele edilen liflerde ise çizgiler iyice derinleşmiştir. Bu enzimle işlem gören süt liflerinde yaklaşık olarak % 3,5- 6,5 arası ağırlık kaybı söz konusudur.

5.7.1 Süt Liflerinin Enzimatik İşlem Sonrası Ve Yükseltgen (H₂O₂) Ve İndirgen Maddelerle Kombinasyon İşlemleri

Literatürde, “Proteolitik enzimlerin tek başına ya da peroksit ile kombinasyon halinde uygulanmasıyla tek başına yapılan oksidatif işlemler karşılaştırıldığında yün liflerinin beyazlık derecesi ve hidrofilitesi artmaktadır” (Karmakar 1999) bilgisi yer almaktadır. Bu amaçla en iyi beyazlık derecelerinin elde edilmesini sağlayan şartlar dikkate alınarak süt liflerine proteaz enzimleri ile işlem sonrasında, yine en iyi beyazlık derecesini sağlayan yükseltgen ve indirgen ağartma reçeteleri uygulanmıştır. Tablo 5.47’de Esperase ile işlem sonrası uygulanan indirgen ve yükseltgen ağartma reçeteleri ve numunelerin beyazlık değerleri yer almaktadır.

Tablo 5.47: Esperase ile işlem sonrası uygulanan indirgen ve yükseltgen ağartma reçeteleri ve numunelerin beyazlık değerleri

	I.ADİM	II.ADİM	II.ADİM
	Esperase ile enzimatik işlem	Bazık ortamda peroksit ağartması	TUDO ile İndirgen ağartma
Konsantrasyon	% 4	45ml/l	10 g/l
pH	8	9	10
Sıcaklık (°C)	25	60	90
Süre (dakika)	15	120	60
Stensby Beyazlık Derecesi	61,01	64,89	67,22
Sarılık (E313 YI)	19,79	12,75	11,36
II. Adım sonrası Stensby Beyazlık Derecesi	-	61,12	64,04
Sarılık (E313 YI)	-	12,92	11,25

Esperase ile enzimatik işlem sonrası peroksit ağartması yapılması süt liflerinin beyazlık derecelerinde iyileşme sağlayamamaktayken, TUDO ile indirgen

ağartma yapılması esperase uygulanmış numunenin 61,01 olan beyazlık derecesini 64,04 Stensby'a çıkarmaktadır. Ancak enzim uygulanmadan sadece *TUDO* ile işlem gören numunenin beyazlık derecesi zaten 67,22 Stensby'dır. Tablo 5.48'de Savinase ile işlem sonrası uygulanan indirgen ve yükseltgen ağartma reçeteleri ve numunelerin beyazlık değerleri yer almaktadır.

Tablo 5.48: Savinase ile işlem sonrası uygulanan indirgen ve yükseltgen ağartma reçeteleri ve numunelerin beyazlık değerleri

	I.ADİM Savinase ile enzimatik işlem	II.ADİM Bazik ortamda peroksit ağartması	II.ADİM TUDO ile İndirgen ağartma
Konsantrasyon	% 0,5	45ml/l	10 g/l
pH	8	9	10
Sıcaklık (°C)	50	60	90
Süre (dakika)	30	120	60
Stensby	61,26	64,89	67,22
Beyazlık Derecesi			
Sarılık (E313 YI)	18,45	12,75	11,36
II. Adım sonrası Stensby Beyazlık Derecesi	-	62,22	62,84
Sarılık (E313 YI)	-	13	10,32

Savinase ile işlem görmüş süt liflerine bazik ortamda peroksit ağartma yapılması ya da *TUDO* uygulanması beyazlık derecelerinde bir iyileşme sağlamamaktadır (Tablo 5.48). Tablo 5.49'da Savinase ve peroksit ile tek adımda enzimatik işlem ve ağartma uygulanan numunelerin beyazlık değerleri yer almaktadır.

Tablo 5.49: Savinase ve peroksit ile tek adımda enzimatik işlem ve ağartma uygulanan numunelerin beyazlık değerleri

Tek adımda Savinase ve H₂O₂ ağartması			
Konsantrasyon	% 0,5 Savinase 16L 45 ml/l H ₂ O ₂		
pH	9		
Sıcaklık (°C)	50		
Süre (dakika)	30	60	120
Stensby	61,88	61,58	60,68
Beyazlık Derecesi			
Sarılık (E313 YI)	13,71	11,9	12,42

Literatürde; “Serin proteaz hidrojenperoksitin aktif olduğu alkali ortamda kararlıdır ve artan peroksit miktarı ile aktivitesi artmaktadır” (Karmakar 1999), bilgisinden hareketle süt lifleri Savinase ve peroksit ile aynı banyoda muamele edilmiştir. Numunelerin beyazlık derecesi işlemsiz numuneye göre iyileşmekle birlikte sürenin artması beyazlık derecesini olumsuz yönde etkilemektedir (Tablo 5.49). Ancak elde edilen beyazlık derecesi tek başına peroksit ile sağlanan beyazlık derecesinin altında kalmaktadır. Savinase ve peroksit ile tek adımda enzimatik işlem ve ağartma uygulanan numunelerin hidrofilité değeri 19 saniye olarak ölçülmüştür.

5.7.2 Selüloz Lifleri İçin Uygulanan Amilaz, Pektinaz, Selülaz Gibi Enzimlerin Süt Liflerine Etkileri

Süt lifleri diğer liflerle karışım halinde kullanılabilir. Pamuk lifleri de karışım için tercih edilen liflerden biridir. Süt lifleri protein esaslı rejenere bir lif olduğu için bu liflere etki eden proteaz enzimleridir. Bununla birlikte pamuk ve süt liflerinden üretilen karışım kumaşlarda pamuk lifleri için uygulanan enzimlerin kullanılmasının süt liflerinde meydana getirebileceği değişiklikleri incelemek amacıyla Tablo 5.50’de verilen enzimler ile deneyler gerçekleştirilmiştir.

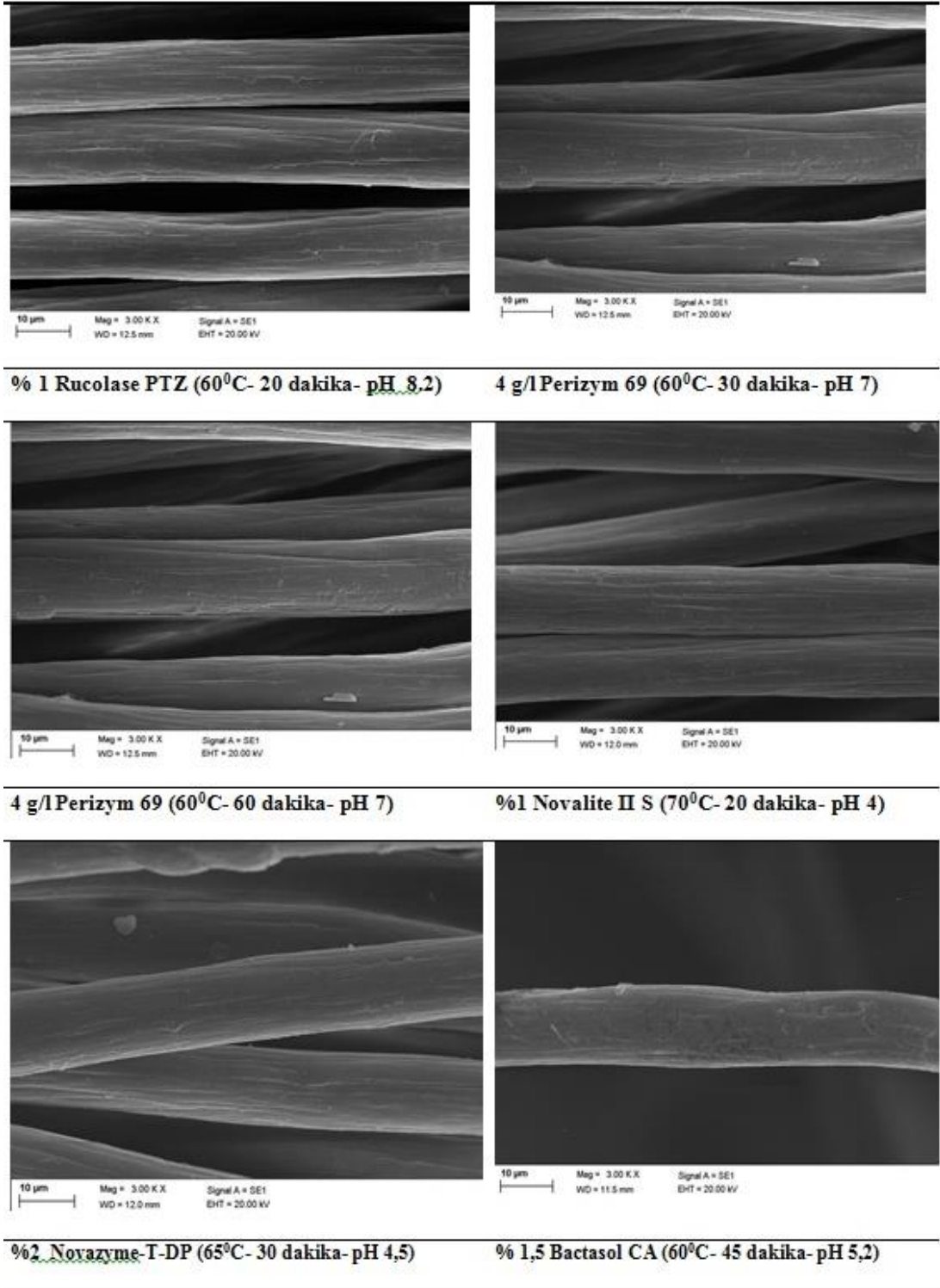
Tablo 5.50 incelendiğinde; kullanılan enzimlerin süt liflerinin beyazlık derecesini etkilediği görülmektedir. Beyazlık derecesi farklı oranlarda olmakla birlikte düşmektedir. Numunelerin tümünün sarılık değerleri de beyazlık düşüşüne bağlı olarak yükselmektedir. Enzimatik işlem yapılmış numunelerin hidrofilité değerleri işlemsiz kumaşa (90 saniye) göre iyileşme göstermektedir. Enzim türüne ve kullanım miktarına bağlı olarak süt liflerinde meydana gelen ağırlık kayıpları değişmekle birlikte çalışma şartlarımızda pektinaz esaslı enzimlerde meydana gelen ağırlık kaybının, selülaz esaslı enzimlere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Alkali ortamda çalışılmış olmasının diğer enzimlere göre daha yüksek ağırlık kaybına sebebiyet vermiş olabileceği düşünülmektedir.

Tablo 5.50’de süt liflerine uygulanan proteaz dışındaki bazı enzimlerin çalışma şartları ve enzim uygulanmasına dair ölçülen bazı özellikler yer almaktadır.

Tablo 5.50: Süt liflerine uygulanan proteaz dışındaki bazı enzimlerin çalışma şartları ve enzim uygulanmasına dair ölçülen bazı özellikler

Enzimlerin Ticari Adı	Yapısı	Sıcaklık (°C)	pH değeri	Ard İşlem	Uygulama miktarı	Uygulama süresi dak	Ağırlık Kaybı (%)	Hidrofilite (sn)	Beyazlık (Stensby)	Sarılık (E313 YI)
Rucolase PTZ	Pektinaz	60	8 8,5	80 °C 10' yıkama	% 0,5	20	2,66	23	54,47	19,49
					% 1		2,47	27	54,65	19,39
Tanazym NCP	Amilaz ve pektinaz karışımı	70	7	80 °C 10' yıkama	% 1	20	0,55	25	55,85	18,23
					% 1,5		0,55	24	55,93	18,13
Scouryzme L.	Pektinaz	55	8,5	80 °C-90 °C yıkama	% 0,4	30	1,54	46	51,45	21,44
Perizym 69	Nötral selüloz	60	7	75 °C 10' yıkama	2 g/l	30	0,47	64	53,39	19,7
						60	0,1	53	53,94	19,5
					4 g/l	30	0,52	58	53,81	20,08
						60	0,27	36	54,68	19,11
Novalite II S	Lakkaz	70	4,5 5,5	80 °C 10' yıkama	% 1	20	0,22	45	50,48	23,57
					% 2		0,27	32	47,83	27,21
Novazyme-T-DP	Selüloz	65	4,5 5,5	80 °C 15' yıkama	% 1	20	0,17	22	53,50	19,05
					% 2		0,20	19	54,70	18,79
Bactasol CA	Selüloz karışımı	60	4,7 5,3	80 °C 10' yıkama	% 1	45	0,19	22	55,19	17,97
					% 1,5		0,24	18	55,84	18,56
Celsoft NB	Asit selüloz	60	5	80 °C 10' yıkama	% 1	30	0,37	46	54,65	19,66
						60	0,22	44	55,02	18,37

Şekil 5. 31'de pektinaz, selüloz esaslı enzimlerin uygulandığı süt liflerine SEM görüntüleri verilmektedir.



Şekil 5. 31: Pektinaz, selüloz esaslı enzimlerin uygulandığı süt liflerine ait SEM görüntüleri

5.8 Süt Liflerine Uygulanan Enzimatik İşlemin Boncuklanmaya Etkisi

Ham kumaş ile en fazla ağırlık kaybına sebep olan Savinase 16L ve Rucolase PTZ uygulanan numunelerin boncuklanma eğilimleri incelenmiştir. Kumaş numunelerinin pilling derecesi SDL Atlas M235 model martindale aşındırma ve pilling test cihazında EN ISO standardına göre ölçülmüştür. İşlem, 125 devirden başlayarak 2000 devire kadar devam etmiş, sonrasında numuneler pilling derecesi skalasına göre değerlendirilmiştir. Tablo 5.51’de Savinase 16L ve Rucolase PTZ uygulanan numunelerin pilling testi sonuçları yer almaktadır.

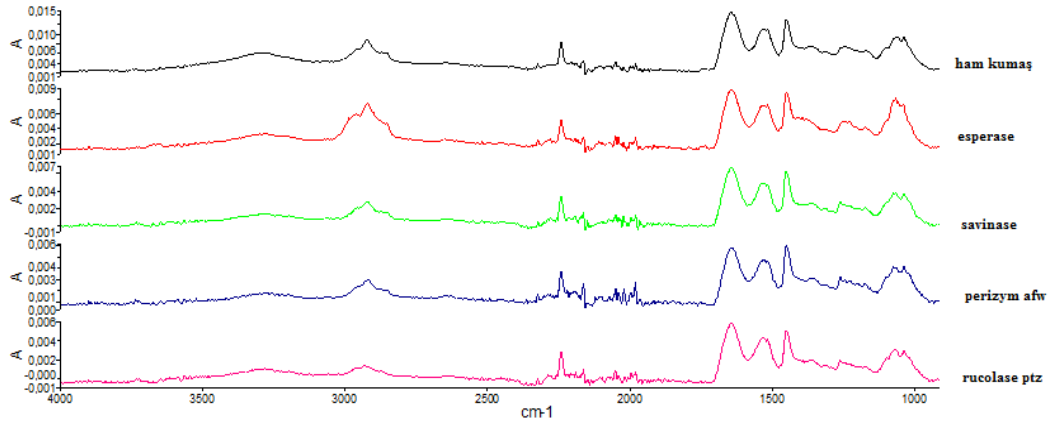
Tablo 5.51: Savinase 16L ve Rucolase PTZ uygulanan numunelerin pilling testi sonuçları

Reçete	Stensby Beyazlık Derecesi	Pilling Değerleri			
		125 devir	500 devir	1000 devir	2000 devir
Ham Kumaş	56,91	5	5	4	2
Savinase 16L (%0,5 Savinase 16L- pH 8-50 °C-30 dak.)	61,26	5	5	4-5	3-4
Rucolase PTZ (%0,5 Rucolase PTZ- pH 8-8,5-60 °C-20 dak.)	54,47	5	5	4-5	3-4

Ham kumaşın pilling değerleri ile karşılaştırıldığında, enzimatik işlem sonrasında kumaşların pilling değerlerinin iyileştiği gözlenmiştir.

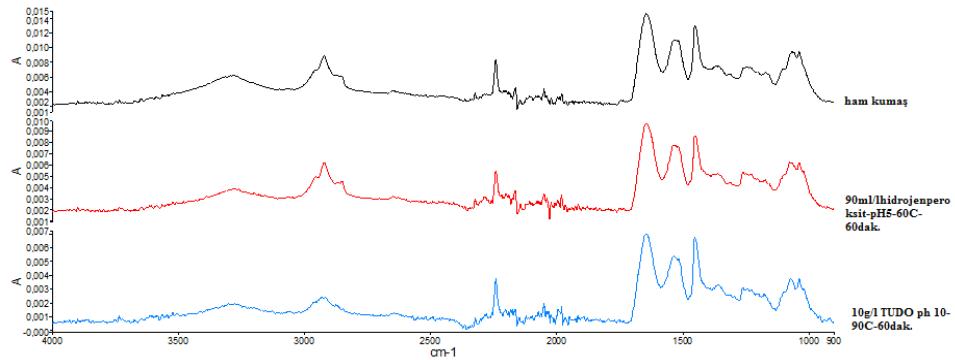
5.9 Süt Lifi Numunelerinin FTIR Analizleri

FTIR, moleküllerdeki çeşitli bağların titreşim frekanslarını ölçer. Liflerin gerek yüzey yapısında gerekse kimyasal yapısındaki değişimleri incelemek amacıyla IR spektrumları alınmıştır. Şekil 5.32’de enzimler ile işlem gören numunelerin FTIR/ATR spektrumları yer almaktadır.



Şekil 5.32: Enzimler ile işlem gören numunelerin FTIR/ATR Spektrumları

Pektinazı (Rucolase PTZ) ile işlem gören numune incelendiği zaman, 3275 bandında yer alan N-H serin aminoasidinin uzamasının azaldığı söylenebilmektedir. Özellikle Rucolae PTZ ile işlem gören numunenin 2920 bandında yer alan C-H bağları ile ilgili çok fazla miktarda azalma söylenebilmektedir. Enzimlerin geneline baktığımızda 1231 bandında yer alan C-N uzama miktarında azaldığı dile getirilebilmektedir. 1443 bandında özellikle Esperase ile işlem gören numunenin tirosin halkasındaki C-C uzamanın azaldığı da eklenebilmektedir. Şekil 5.33’de H₂O₂ ve TUDO ile işlem gören numunelerin FTIR/ATR Spektrumları yer almaktadır.



Şekil 5.33: H₂O₂ ve TUDO ile işlem gören numunelerin FTIR/ATR Spektrumları

TUDO ve hidrojenperoksit ile işlem gören numuneler incelendiğinde ise; liflerin çok fazla bir zarara uğramadığı düşünülmektedir. TUDO ile işlem gören numunelerin 2920 bandındaki C-H bağlarında azalma olduğundan kimyasalın bu bağlara etki ettiği söylenebilmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, rejenere protein lifi olan süt liflerinin optimum ağartma koşullarının belirlenmesi amacıyla % 100 süt lifinden üretilmiş örme kumaşa yükseltgen (hidrojenperoksit) ve indirgen (*Rucorit RGI*, *Redulit WOL*, *Tanede LR*, *Isopon ERC*, *tiyoüredioksit*, *Rongalit C*, *Decrolin*, *Blankit IN*, *sodyum hidrosülfid*, *Genred OX*) ağartma ajanlarıyla aplikasyon gerçekleştirilmiştir. Ağartma işlemine tabi tutulan numunelerin beyazlık, sarılık değerleri ölçülmüş, en iyi beyazlık değerlerinin elde edildiği numunelere mukavemet, hidrofilite, hava geçirgenliği, nem geri kazanımı testleri uygulanmış, ve kumaş kalınlıkları incelenmiş, enzimatik işlem görmüş numunelere SEM ve FTIR analizleri yapılmıştır.

Hidrojen peroksit ile çektirme yöntemine göre yapılan denemelerde konsantrasyon, süre, sıcaklık ve pH 'ın numunelerin beyazlık derecelerine etkileri araştırılmıştır. En yüksek beyazlık derecesi (65,63 Stensby) pH 9'da 80 C'de 65 ml/l H₂O₂ konsantrasyonunda 120 dakika işlem sonucunda elde edilmiştir. pH 9'da 50 C'de 45 ml/l H₂O₂ konsantrasyonunda 120 dakikada ölçülen beyazlık değeri 64,44 Stensby, 60 C'de 45 ml/l H₂O₂ konsantrasyonunda 120 dakikada ölçülen beyazlık değeri ise 64,89 Stensby'dir. Ölçülen beyazlık değerlerinin birbirinden çok farklı olmamasından dolayı 80 C'de çalışmak yerine 50 ve 60°C optimum çalışma sıcaklıkları olarak belirlenmiştir.

Asidik ortamda H₂O₂ ile yapılan ağartmada ise; 90 ml/l'lik konsantrasyonda 60 °C'de 60 dakika işlem süresinde 65,31 Stensby ve 65 ml/l'lik konsantrasyonda 60 °C'de 60 dakika işlem süresinde 63,07 Stensby en iyi beyazlık dereceleri olarak belirlenmiştir. Asidik ve bazik ortamda yapılan H₂O₂ ağartmaları karşılaştırıldığında; asidik ortamda elde edilen beyazlık derecesinin (65,31 Stensby) bazik ortamda elde edilen beyazlık derecesine (64,89 Stensby) göre önemli olmamakla birlikte biraz daha yüksek olduğu söylenebilmektedir. Asidik ve bazik ortamda yapılan H₂O₂ ağartmasında en yüksek beyazlık derecesinin elde edildiği şartlar iki adımlı ağartma işlemlerinde de kullanılmıştır.

Süt liflerinde yün liflerinde olduğu gibi çalışma sıcaklığı ve süresinin dikkatli seçilmesi önem taşımaktadır. Tez kapsamında kullanılan ağartma maddelerine göre

pH'in sonuçlar üzerinde farklı etkilere sahip olduğu belirlenmiştir. İndirgen özellikteki maddelerle süt lifleri ağartılacaksa ağartmada kullanılacak indirgen ürünün pH denemelerinin yapılmasının daha sağlıklı sonuçlara ulaştırabileceği görülmüştür. Çalışmada kullanılan indirgen maddelerden bazıları pH'a bağlı olarak süt liflerinin sararmasına (*Redulit WOL*, *Isopan ERC*, *Tanede LR*) sebep olurken bazıları ise numunelerin beyazlık derecelerini geliştirebilmiştir. Hidroksil amin türevi olan *Redulit WOL* indirgen ağartma maddesi ile muamele edilen kumaşların bazik ortamda sarılık değerlerinin artmasıyla birlikte beyazlık değerlerinin (-) değerlere düştüğü belirlenmiştir. *Hidrosülfid* ile 70°C ve 90 °C pH 5-7-10'da gerçekleştirilen çalışmalarda numunelerin beyazlık derecesinde kayda değer bir artış gözlenmemiştir.

İndirgen bir madde olan *TUDO* (*tiyoüredioksit*) ile yapılan ağartmalarda H₂O₂ ile yapılan ağartmalara göre daha yüksek beyazlık değerleri elde edilmiş olup en yüksek beyazlık değerine (67,22 Stensby) bazik ortamda 90 °C'de 60 dakika, 10 g/l tiyoüredioksit aplikasyonu ile ulaşılmıştır. Yüksek beyazlık değerinin yanında düşük kimyasal tüketimi ve ekolojik olması gibi avantajlarından dolayı da tiyoüredioksit diğer indirgen maddeler arasında dikkat çekmektedir.

İki adımlı yöntemde gerek asidik ortamda hidrojen peroksit ağartması sonrası uygulanan indirgen ağartmalarda gerekse bazik ortamda yapılan H₂O₂ sonrası uygulanan indirgen ağartmalarda; kullanılan indirgen maddeye bağlı olarak numunelerin beyazlık dereceleri ya düşmekte ya aynı kalmakta ya da çok az bir artış göstermektedir. Meydana gelen artış miktarı iki adımlı çalışmayı gerektirecek şekilde önem taşımamaktadır. Uygulanan şartlarda hem yüksek beyazlık derecesi elde edilemediğinden hem de uzun süreli ve maliyetli bir çalışma şekli olmasından dolayı yükseltgen ağartma sonrası indirgen maddelerle iki adımlı kombinasyon önerilmemektedir.

Daha kısa sürelerde çalışma imkanı sağlayan mikrodalga enerjisi ile de ağartmalar gerçekleştirilmiştir. Mikrodalga enerjisi uygulanarak asidik ortamda, 90 ml/l'lik H₂O₂ ile 5 dakika muamele gören numunelerin beyazlık değeri (63,47 Stensby), hidrosimetansülfirik asitin çinko tuzu olan 5 g/l *Decrolin* ile muamele gören numunelerin beyazlık değeri (63,07 Stensby) olarak ölçülmüştür. Klasik

yöntemden farklı olarak en yüksek beyazlık değerleri iki adımlı kombinasyon çalışmalarında ölçülmüştür. Birinci adımda asidik ortamda H₂O₂, ikinci adımda *Decrolin* uygulanmasıyla 68,06 Stensby beyazlık değerine ulaşılabilmiştir. İki adımlı çalışma şekli uygulama açısından pratik bir çalışma şekli olmasa da mikrodalga enerjisinden yararlanılarak yapılan ağartmada 10 dakikada 68,06 Stensby değeri elde edilebilmektedir.

Konvansiyonel yöntemle göre ağartma işlemi uygulanmış numunelerin patlatma mukavemeti değerleri karşılaştırıldığında; asidik ortamda peroksit ile ağartma işleminde meydana gelen mukavemet kaybı, bazik ortamda yapılan ağartma işlemindeki kayba göre daha az olmaktadır. Konvansiyonel yöntemle göre indirgen ağartma maddeleri ile ağartılan numunelerin patlatma mukavemeti değerleri; peroksit ağartması uygulanan numunelerin patlatma mukavemeti değerlerinden daha yüksektir. En yüksek beyazlık derecesinin (67,22) elde edildiği *TUDO* ile işlem de bile patlatma mukavemeti 276,5 kPa (işlemsiz numunenin patlatma mukavemeti 290,2 kPa) olarak ölçülmüştür. Mukavemet kayıplarının az olmasında süt lifi esaslı örme kumaşların işlem sıcaklığına bağlı olarak gramajlarındaki artış etkili olmaktadır.

Hava geçirgenliği test sonuçları, süt lifi esaslı kumaş numunelerinin işlem sıcaklığı ve işlem süresi arttıkça hava geçirgenliklerinin azaldığını göstermektedir (Tablo 5.37). İşlem şartları ağırlaştıkça (sıcaklık ve süre) kumaşların kalınlıklarının arttığı belirlenmiştir. İşlem şartlarına bağlı olarak süt lifi kumaşların boyut stabilitesinin değişebileceği gözönüne alınmalıdır.

Tez çalışması kapsamında süt liflerine uygulanan proteaz enzimleri farklı oranlarda ağırlık kayıplarına neden olmuştur. Proteaz enzimleri kombinasyonu olan Perizym AFW ile işlem sonrası diğer enzimlerden farklı olarak süt liflerinin beyazlık dereceleri düşmüş, az da olsa lifler sararmıştır. Savinase 16L ve Esperase 8.0L enzimlerinin uygulanmasıyla ile 61 Stensby beyazlık derecesine ulaşılabilmiştir. Pektinaz ve selüloz esaslı enzimler ise süt liflerinde sararmaya neden olmuş, pektinaz enziminin (Rucolase PTZ) alkali ortamda aktif olmasından dolayı da liflerde (% 2,5 kadar) ağırlık kaybı meydana geldiği tespit edilmiştir. Enzimatik işlem sonrasında ağırlık kaybı fazla olan Savinase ve Rucolase PTZ ile işlem gören numunelerin

boncuklanma eğilimleri de incelenmiştir. Savinase ve Rucolase PTZ enzimleri ile işlem gören numunelerin boncuklanma değerleri, ham kumaşın boncuklanma değerine göre 1-2 puan gelişme göstermektedir.

Çalışma şartlarında elde edilen veriler ışığında sonuç olarak; süt liflerinin ağartılmasında tek adımlı yükseltgen ve tek adımlı indirgen ağartmaların (özellikle TUDO) başarılı olduğu, hidrofilitenin iyileştiği belirlenmiştir. İşlem sıcaklığı ve süresi boyut stabilitesi için önem taşımaktadır. İstenilen beyazlık derecesine ulaşmak için kullanılacak ağartma maddesine bağlı olarak pH denemelerinin yapılması, işlem şartlarına göre boyut değişiminin test edilmesi önerilmektedir.

Bu çalışma kapsamında, indirgen ve hidrojenperoksit ağartması uygulanan tüm reçeteler içerisinde önerilebilen reçete 90 °C'de 60 dakika, 10 g/l tiyoüredioksit uygulamasıdır.

Ekşimiş sütün proteininden dahi elde edilebilen süt liflerinin, pH değerinin insan vücuduyla uyumlu olması sonucunda rahatlık hissi sağlamaları, iyi boya alma yeteneklerinden dolayı sahip oldukları parlak renkleri ve ekolojik olmalarının yanısıra biyobozunur özelliklere sahip olmaları bu lifi ileride gerçekleştirilecek olan çalışmalar için avantajlı bir tercih haline getirmektedir. Ekolojik ürünlerin daha fazla önem kazandığı günümüzde, süt liflerinin popülaritesinin artacağı tahmin edilmektedir. Bu tez çalışmasının ileride gerçekleştirilecek olan çalışmalar için literatüre ışık tutacağı amaçlanmıştır.

7. KAYNAKLAR

Akgöl, S., Öztürk, N., Denizli, A., “Dye affinity hollow fibers for β -casein purification”, *Reactive & Functional Polymers*, 68, 225- 232, (2008).

Alongi, J., Carletto, R.A., Bosco, F., Carosio, F., Di Blasio, A., Cuttica, F., Antonucci, V., Giordano, M., “Caseins and hyrophobins as novel green flame reterdants for cotton fabrics”, *Polymer Degradation and Stability*, 99, 111-117, (2014).

Ammayapan, L., “Application of enzyme on woolen products for its value addition: An overview”, *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 8 (3), 1-12, (2013^a).

Ammayapan, L., “Eco-friendly surface modifications of wool fiber for its improved functionality: An overview”, *Asian Journal of Textile*, 3(1), 15-28, (2013^b).

Aniş, P., “Tekstil ön tebiyesinde mikrodalga enerjisinden faydalanma olanaklarının araştırılması”, Doktora Tezi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa, (1994).

Aniş, P., *Tekstil Ön Terbiyesi*, Bursa: Alfa Akademi Basım Yayım Dağıtım Ltd. Şti., (2005).

Anonim1, “ Textilfasern: Produktion und Verbrauch sind 2014 gestiegen [online]”, (3 Kasım 2015), <http://www.raumausstattung.de/business/news-seriennummer-9106.htm>, (2015).

Anonim2, “Meet the Azlons from a to z regenerated- rejuvenated [online]”, (15 Temmuz 2014), <http://info.fabrics.net/meet-the-azlons-from-a-to-z-regenerated-rejuvenated/>, (2011).

Anonim3 ,“What is milk fiber [online]”, (15 Eylül 2014), <http://exchangingfire.wordpress.com/2011/02/25/what-is-milk-fiber/>, (2011).

Araujo,R., Casal, M. and Cavaco-Paulo, A., “Application of enzymes for textile fibres processing”, *Biocatalysis and Biotransformation*, 26(5), 332-349, (2008).

Arslan, A., “Milk protein fibers (Part 1)”, *Chemical Fibers International*, 57, 3, 108, (2007).

Atav, R., “Yün dışındaki bazı protein liflerinin boyanma özelliklerinin geliştirilmesi”, Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, (2009).

Atav, R., Ekinci, S., Namırtı, O., “İpekteki serisin artıklarının giderilmesinde en uygun aktif merkeze sahip proteaz enziminin belirlenmesi”, *XIII.Uluslararası İzmir Tekstil ve Hazır Giyim Sempozyumu*, İzmir, 327-332, (2014).

Audic, J.L. Chaufer, B. and Daufin, G., “Non-food applications of milk components and dairy co-products: A review”, *Lait* 83, 417-438, (2003).

Avinç, O., Gedik, G., Yavaş, A., Şahin, S., “Vat dyeing of casein fibers”, *3rd Scientific-Professional Textile Science and Economy*, Zrenjanin, Diginet-Pro studio, 110-113, (2011).

Başer, İ., *Elyaf Bilgisi*, İstanbul: Marmara Üniversitesi Yayın No: 687, (2002).

BAT, “Tekstil Sanayii için En Uygun Teknikler (BAT) Referans Dokümanı”, *Türkiye Tekstil Terbiye Sanayii Derneği*, (2002).

Bergen W.V., Krauss, W., *Textile Fiber Atlas: A Collection of Photomicrographs Common Textile Fibers*, N.Y: American Wool Handbook Company, (1942).

Bhat, M.K., “Cellulases and related enzymes in biotechnology”, *Biotechnology Advances*, 18, 5, 355-383, (2000).

Bhat, N.V., Kale, M.J., “Interaction of microwave radiation with polyester yarn to enhance its textile properties”, *Fibers and Polymers*, 13 (7), 936-942, (2012).

Boyer, R.A., “Soybean protein fibers-experimental production”, *Industrial and Engineering Chemistry*, 32 (12), 1549-1551, (1940).

Brooks, M M, “Regenerated protein fibres a preliminary review”, (eds: S.J. Eichborn, W.S.Hearle, M. Jaffe, T. Kikutani), *Handbook of Textile Fibre Structure Vol 2: Natural, Regenerated, Inorganic and Specialist Fibres*, Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 234-265, (2009).

Buck, D.S., “40 years of inter-fibre competition: retrospective and outlook, A new marketing environment for textiles”, *ITMF*, Budapest, 39-43, (2001).

Buschle-Diller, G., Broughton, R. and Ren, X., “Biomimicking of enzymes for textile processing [online]”, (23 Augustos 2014), <http://www.eng.auburn.edu/department/te/ntc/2002/C02AE07.pdf>, (2002).

Cavaco-Paulo, A., “Processing textile fibers with enzymes”, (eds: K.-E. L. Eriksson and A. Cavaco-Paulo), *Enzyme Applications In Fiber Processing*, Washington D.C. : American Chemical Society, 180–189, (1998).

Chi, F. and Chen, H., “Fabrication and Characterization of Zein/Viscose Textile Fibers”, *Journal of Applied Polymer Science*, 118, 3364-3370, (2010).

Cook, J.G., *Handbook of Textile Fibres: Natural Fibres*, Vol I, England: Woodhead Publishing Ltd., (2001^a).

Cook, J.G., *Handbook of Textile Fibres: Man-Made Fibres*, Vol II, England: Woodhead Publishing Ltd, (2001^b).

Cui, L., Yu, Y., Fan, X., Wang, P., Wang, Q., “Effect of protease treatment on dyeing properties of wool fabrics for single bath”, *Eng. Life Sci.*, 9 (2), 135-139, (2009).

Cui, L., Fan, X., Wang, P., Wang, Q., Fu, G., “Casein and transglutaminase-mediated modification of wool surface”, *Eng. Life Sci.*, 11(2), 201-206, (2011).

Demir, A. and Behery, H.M., *Synthetic Filament Yarn: Texturing Technnology*, Upper Saddle River,NJ: Prentice-Hall, (1997).

Diamond, C. and Wormmell, R.L., “The manufacture and properties of casein fibre”, *Journal of the Textile Institute Proceedings*, 30,7, 224-228, (1939).

Domaske, A., “Process for procuding milk protein fibers and milk protein fiber products obtained therefrom”, *Patent Application Publication*, US 2013/0256942 A1, 1-3, USA,(2013).

Dong, Q. and Hsieh, Y.-L., “Acrylonitrile graft copolymerization of casein proteins for enhanced solubility and thermal properties”, *Fiber and Polymer Science*, 77, 2543-2551, (2000).

Dong, J., Sun, Q.S., Wang, J.Y., “Basic study of corn protein, zein, as a biomaterial in tissue engineering, surface morphology and biocompatibility”, *Biomaterials*, 25, 4691-4697, (2004).

Donmaz, P., Özek, Z., Kanık, M., “Mikrodalga teknolojisinin pigment baskı işlemlerinde kullanılması”, TÜBİTAK Projesi, Proje No:MİSAG-32(DPT), Bursa, (1995).

Duran, K., “Yün ve karışımlarının ön terbiyesi”, *Yün ve Karışımlarının Terbiyesi*, Bursa: Sümer Holding A.Ş.-Bursa Araştırma ve Geliştirme Eğitim İşletmesi SAGEM-EĞİTİM,1-47, (1995).

Duran, K., Bozacı, E., Karahan, A., “Protein esaslı mamüllerin enzimatik ön terbiyesi”, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 3, 187-192, (2007).

Euroflax, “Euroflax Industries (Imports of Textiles) [online]”, (15 Eylül 2014), http://euroflax.com/products_imports%20of_textiles.htm, (2014).

Feretti A., “Production of the artificial wool called lannital from casein”, *Ind. Text.*, 54, 446–447, (1937).

Ferretti, A., “Manufacture of artificial textile fibers”, United States Patent Office,US2450889, (1948).

Fletcher, H.M., *Synthetic Fibers and Textiles*, Manhattan, Kansas: Kansas State Printing Plant, (1942).

Gao, J., Yu, J.-Y. and Ren H.L. “Effect of heat treatment on the mechanical properties of casein-g-poly(acrylonitrile)”, *Journal of Xi'an University Engineering Science and Technology*, 402-406, (2009).

Gao, J., “Influence of alkali treatment on properties of casein grafted acrylonitrile fibers”, *Advanced Materials Research*, Vol. 233-235, 2532-2535, (2011).

Gıda Mühendisleri Odası, “Yenilenebilir film ve kaplamalar”, *TMMOB Gıda Mühendisliği Dergisi*, sayı: 4, 3-9, (1997).

Gianazza, E., Eberini, I., Arnoldi, A., Wait, R., Sirtori, C.R., “A proteomic investigation of isolated soy proteins with variable effects in experimental and clinical studies”, *Journal of Nutrition*, 133 (1), 9–14, (2003).

Gontard, N., Guilbert, S. and Cuq, J.L., “Edible wheat gluten films: influence of the main process variables on film properties using response surface methodology”, *Journal of Food Science*, 57,1, 190-195, (1992).

Gulrajani M L, Sen S, Soria A, Suri M. “Efficacy of proteases on degumming of dupion silk” *Indian Journal of Fibre Textile Research*, 23, 52–58, (1998).

Harmancıoğlu, M., *Tekstil Maddeleri II Rejenere ve Sentetik Lifler*, İzmir: Ege Üniversitesi Matbaası, (1981).

He, J.-H., “Effect on temperature on surface tension of a bubble and hierarchical ruptured bubbles for nanofiber fabrication”, *Thermal Science* , 16 (1), 327-330, (2012).

Heather, “Edamame [online]”, (10 Temmuz 2014), http://ahandmadeflife.blogspot.com.tr/2010_08_01_archive.html, (2010).

Jia, Z., Du, S. and Tian, G., “Surface modification of acrylic fiber by grafting of casein”, *Journal of Macromolecular Science Part A: Pure and Applied Chemistry*, 44, 299-304, (2007).

Jiang, Q. and Yang, Y., “Water-stable electrospun zein fibers for potential drug delivery”, *Journal of Biomaterials Science: Polymer Edition*, 22 (10), 1393-1408, (2011).

Kantouch, A., Raslan, W.M. and El-Sayed, H., “Effect of lipase pretreatment on the dye ability of wool fabric”, *J.Nat.fibers*, 2, 35-48, (2005).

Karmakar, S.R., *Chemical Technology In The Pre-Treatment Processes of Textiles*, Vol 12, Amsterdam: Elsevier, (1999).

Kıran, E., Ö., Çömlekçioğlu, U., Dostbil, N., “Bazı Mikrobiyal Enzimler ve Endüstrideki Kullanım Alanları”, *KSÜ. Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9 (1), 12-19, (2006).

Kim, S., Sessa, D. J. and Lawton, J. W., “Characterization of zein modified with a mild cross-linking agent”, *Industrial Crops and Products* 20, 291–300, (2004).

Kiraz, M.T., “Süt lifinden yapılan kumaşların performans ve konfor özelliklerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2012).

Kirk, O., Borchert, T.V. and Fuglsang, C.C., “Industrial enzyme applications”, *Current Opinion in Biotechnology*, 13(4), 345-351, (2002).

Kiron, M.I., “Milk or Casein Fiber; Manufacturing Process of Milk, Application of Milk Fiber [online]”, (3 Temmuz 2013), http://textilelearner.blogspot.com/2011/07/introduction-of-milk-or-casein-fiber_3419.html, (2011).

- Koh, J., Kang, S.-M., Kim, S.-J., Cha, M.-K., Kwon, Y.-J., “Effect of pineapple protease on the characteristics of protein fibers”, *Fibers and Polymers*, 7(2), 180-185, (2006).
- Kotlińska, A. and Lipp-Symonowicz, B., “Research on the Enzymatic Treatment of Wool Fibres and Changes in Selected Properties of Wool”, *Fibres&Textiles in Eastern Europe*, 19 (3), 88-93, (2011).
- Krishnan, H.B., Natarajan, S.S., Mahmoud, A.A., Nelson, R. L., “Identification of glycinin and beta-conglycinin subunits that contribute to increased protein content of high-protein soybean lines”, *J. Agric. Food Chem.*, 55, 1839-1845, (2007).
- Krochta, J.M. and De Mulder-Johnston, C., “Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities”, *Food Technology*, 51(2), 61-74, (1997).
- Levene, R., Cohen, Y. and Barkai, D., “Applying proteases to confer improved shrink-resistance to wool”, *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 112 (1), 6-10, (1996).
- Levene, R., “Enzyme- enhanced bleaching of wool”, *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 113, 206-210, (1997).
- Li, Q., Tang, H. and Tang, R-C., “Bleaching of modal/ AN-g- casein fiber blend with H₂O₂/TAED activating system, *Journal of Applied Polymer Science*, 125, 1193-1200, (2012).
- Li, X. and Cao, J., “Alkali resistance of a soybean/casein/polyvinylalcohol blend fiber”, *Advanced Materials Research*, 627, 19-22, (2013).
- Liu, X., Sun, Q., Wang, H., Zhang, L. and Wang, J.Y., “Microspheres of corn protein, zein, for an ivermectin drug delivery system”, *Biomaterials*, 26 (1), 109–115, (2005).
- Liu, Y. and He, J.-H., “Bubble electrospinning for mass production of nanofibers”, *International Journal of Nonlinear Sciences and Numerical Simulation*, 8 (3), 393-396, (2007).
- Mahanta, N., Teow, Y. and Valiyaveetil, S., “Fabrication and characterization of hybrid nanofibers from poly (vinyl alcohol), milk protein and metal carbonates”, *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 12 (8), 6156-6162, (2012).
- Mahmoodi, N.M., Arami, M., Mazaheri, F., Rahimi, S., “Degradation of sericin (degumming) of Persian silk by ultrasound and enzymes as a cleaner and

environmentally friendly process”, *Journal of Cleaner Production*, 18, 146-151, (2010).

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

Mather, R.R. and Wardman, R.H., *The Chemistry of Textile Fibres*, Cambridge: RSC Publishing, 309-310, (2011).

McHugh, T.H. and Krochta, J.M., “Milk-protein-based edible film and coatings”, *Food Technology*, 1, 97-103, (1994).

McKenna, K.F., “The case for casein fiber: Local design solutions for sustainability in manufacturing”, Master Thesis, *University of Kansas*, Kansas, (2012).

Millington, K., “Using ultraviolet radiation to reduce pilling of knitted wool and cotton”, *Textile Research Journal*, 68 (6), 413-421, (1998).

Mojsov, K., “Application of Enzymes in the Textile Industry: A review”, *II. International Congress Engineering, Ecology and Materials in the Processing Industry*, Jahorina, 230-239, (2011).

Moncrieff, R.W., *Artificial Fibres*, London: National Trade Press Limited, (1954).

Morimoto, S., “Silk like fiber k-6 (chinon)”, *Industrial Engineering Chemistry*, 62 (3), 23-32, (1970).

Morton, W.E. and Hearle, J.W.S., *Physical Properties of Textile Fibres*, Cambridge: Woodhead Publishing Ltd., (2008).

Needles, H., *Textile Fibers, Dyes, Finishes and Processes*, U.S.A.: Noyes Publications, (1986).

Neo, Y.P., Ray, S., Easteal, A.J., Nikolaidis, M.G., Quek, S.Y., “Influence of solution and processing parameters towards the fabrication of electrospun zein fibers with sub-micron diameter”, *Journal of Food Engineering*, 109 (4), 645-651, (2012).

Oeko-Tex, “Textilien und Nachhaltigkeit-Zahlen und Fakten [online]” (3 Kasım 2015), https://www.oeko-tex.com/media/downloads/Journalisten-Kompendium_Nachhaltigkeit.pdf, (2015).

Onar, N., “Protein liflerinin (yün, ipek) terbiyesinde enzimlerin kullanımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, (2003).

Özcan Y., *Tekstil Elyaf ve Boyama Tekniği*, İstanbul: Fatih Yayınevi Matbaası, (1984).

Özerdem,A., Tarakçıoğlu, I., Özgüney, A., “Mikrodalga enerjisinin reaktif baskılı pamuklu kumaşların fiksajında kullanılabilirliği”, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 4, 289-296, (2008).

Periyasamy, A.P., “Textile Fibers [online]”, (17 Kasım 2013), <http://www.slideshare.net/abiramprince/textile-fibers>, (2013).

Peterson, R.F., Caldwell, T.P., Hipp, N.J., Hellbach, R., Jackson, R.W., “Textile fiber from casein: factors affecting the tensile strength”, *Industrial and Engineering Chemistry*, 492-496, (1945).

Press, J.J., *Man-made textile encyclopedia*, New York: Textile Book Publishers Inc., (1959).

Quye, A., “Factors influencing the stability of man-made fibers: a retrospective view for historical textiles”, *Polymer Degradation and Stability*, 107, 210–218, (2014).

Raja, A.S.M. and Thilagavathi, G., “Influence of enzyme and mordant treatments on the antimicrobial efficacy of natural dyes on wool materials”, *Asian J. Textile*, 1, 138-144, (2011).

Reddy, N. and Yang, Y., “Novel Protein Fibers from Wheat Gluten”, *Biomacromolecules*, 8, 638-643, (2007).

Rijavec T. and Zupin, Ž., “Soybean protein fibres (spf), [online]”, (ed: D. Krezhova), (10 Temmuz 2014), *Recent Trends for Enhancing the Diversity and Quality of Soybean Products*, <http://www.intechopen.com/books/recent-trends-for-enhancing-the-diversity-and-quality-of-soybean-products/soybean-protein-fibres-spf-> , InTech, doi: 10.5772/19614, 501-522, (2011).

Riva,A., Algeba, I. and Prieto, R., “Dyeing kinetics of wool fabrics pretreated with a protease”, *Coloration Technology*, 118, 59-63, (2002).

Saçak, M., *Lif Kimyası*, Ankara: A.Ü.F.F. Döner Sermaye İşletmesi Yayınları No 18, (1994).

Salam,M.A., “Effect of hydrogen peroxide bleaching onto sulfonated jute fiber”, *Journal of Applied Polymer Science*, 99, 3603-3607, (2006).

Salzberg, H.K., "Protein Fibers", *Encyclopedia of Polymer Science and Technology*, 11, 688-696, (1969).

Serindağ, O. ve Halefoğlu, Y.Z., *Tekstil Kimyası*, Adana: Nobel Tıp Kitabevi, (2003).

Sharma, D., Sharma, B. and Shukla, A.K., "Biotechnological approach of microbial lipase: A review", *Biotechnology*, 10, 23-40, (2011).

Shukla, R. and Cheryan, M., "Zein: the industrial protein from corn", *Industrial Crops and Products*, 13, 171-192, (2001).

Soutward, C.R. and Walker, N.J., "The manufacture and industrial use of casein", *New Zealand Journal of Dairy Science and Technology*, 15 (3), 201-217, (1980).

Susich, G. and Zagieboylo, W., "The tensile behavior of some protein fibers", *The Office of Technical Services, U.S., Department of Commerce, Research and Development Report no 80, USA*, (1953).

Swicofil, "Milk Fiber [online]", (17 Kasım 2013), http://www.swicofil.com/products/212milk_fiber_casein.html, (2013).

Şenel, E., "Süt Kimyası ve Biyokimyası [online]", (07 Kasım 2013), http://www.agri.ankara.edu.tr/sut/1336__sutkimyasi_biyokimyasi.pdf, (2013).

Tan, J., "Enzymes [online]", (19 Temmuz 2014), <http://www.slideshare.net/tanjiapei/chapter-5-enzymes>, (2011).

Tang, R.-C. and Mei, J., "Alkali resistance of a casein-acrylonitrile graft copolymer fiber", *Journal of Applied Polymer Science*, 110, 1195-1200, (2008).

Tarakçıoğlu, I., "*Tekstil Terbiyesi ve Makinaları: Protein (Yumurta Akı) Liflerinin Terbiyesi*", Cilt II, Bursa: Uludağ Üniversitesi Basımevi, (1983).

Tarakçıoğlu, I., "Türk ve Dünya Tekstili", *Türkiye Tekstil Sanayii İşverenleri Sendikası Aylık Dergisi*, sayı:276, (2002).

Taylor, M., *Technology of Textile Properties*, Great Britain: St Edmunds Press Ltd., 2, (1999).

Teli, M.D., Sheikh, J., Valia, S. P., Yeola, P., "Dyeing of milk fibre with marigold and turmeric dyes", *Journal of the Textile Association*, 12-17, (2013).

Ulrich, H.M., “*Handbuch Der Chemischen Untersuchung der Textilfaserstoffe*”, Wien: Springer-Verlag, (1956).

Traill, D., “Some trials by ingenious inquisitive persons: regenerated protein fibers”, *Journal The Society of Dyers and Colorists*, 67, 7, 257-270, (1951).

Vaz, C.M., Fossen, M., Van Tuil, R.F., De Graaf, L.A., Reis, R.L., Cunha, A.M., “Casein and soybean protein-based thermoplastics and composites as alternative biodegradable polymer for biomedical applications”, *J Biomed Mater Res. A.*, 65 (1), 60-70, (2003).

Wikipedi, “Yer fıstığı [online]”, (10 Temmuz 2014) http://tr.wikipedia.org/wiki/Yer_fıstığı, (2014^a).

Wikipedi, “Soya [online]” , (10 Temmuz 2014), <http://tr.wikipedia.org/wiki/Soya>, (2012^b).

Vynias, D., “An investigation into the wet processing and surface analysis of soybean fabrics”, Ph.D. Thesis, *The University of Manchester*, UK, (2006).

Vynias, D., Soybean fibre: a novel fibre in the textile industry. (ed: T.-B. Ng) *Soybean-Biochemistry, Chemistry and Physiology*. Croatia: InTech, 461-493, (2011).

Wang, H-J., Di, L., Ren, Q-S., Wang, J-Y., “Applications and degradation of proteins used as tissue engineering materials”, *Materials*, 2, 613-635, (2009).

Wang, P. and He, J.-H., “Electrospun polyvinyl alcohol-milk nanofibers”, *Thermal Science*, 17 (5), 1515-1516, (2013).

Wiseman, A., “Chapter 3. The Application of Enzymes in Industry”, *Handbook of Enzymes Biotechnology*, , Ellis Horwood Ltd., 274-373, (1987).

Wu, Z., Deng, X., Wang, J., He, Z., “A study on supercritical CO₂ dyeing of milk protein fiber with capsanthin and its function”, *Advanced Materials Research*, 441, 54-56, (2012).

X-rite, “Color iQC and color imatch color calculations guide [online]”, (3 November 2015), https://www.xrite.com/documents/literature/en/09_Color_Calculations_en.pdf, (2012).

Yang, Y., Wang, L. and Li, S., “Formaldehyde-free zein fiber-preparation and investigation”, *Journal of Applied Polymer Science*, 59, 433-441, (1996).

- Yang, R., He, J., Xu, L., Yu, J., “Bubble-electrospinning for fabricating nanofibers”, *Polymer*, 50 (24), 5846-5850, (2009).
- Yang, Y. and Reddy, N., “Properties and potential medical applications of regenerated casein fibers crosslinked with citric acid”, *International Journal of Biological Macromolecules*, 51, 37-44, (2012).
- Yang, Q., “The mechanical property of milk protein fiber”, *Advanced Materials Research*, 496, 431-434, (2012).
- Yao, C., Li, X. and Song, T., “Electrospinning and crosslinking of zein nanofiber mats”, *Journal of Applied Polymer Science*, 103, 380-385, (2007).
- Yazıcıoğlu, G., Gülümser, G., *İpek ve Diğer Salgı Lifleri*, İzmir: E.Ü. Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları Yayın No:27, (1993).
- Yazıcıoğlu, Y., *Lif Teknolojisi Ders Notları*, Ankara, (2000).
- Yıldırım, F.F., Avinç, O.O., Yavaş, A.,” Soya fasülyesi protein lifleri bölüm 1: soya fasülyesi protein liflerinin genel yapısı, üretimi ve çevresel etkileri, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 19, Sayı 2, 29-50, (2014).
- Yi-you, L., “The soybean protein fibre- a healthy & comfortable fibre for the 21st century”, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 12(2), 8-9, (2004).
- Zhang, Z., Xiao, C., “Fabric composition testing”, (ed. J. Hu), *Fabric Testing*, Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 48-89, (2008).
- Zhang, G., Hu, W., Tian, S., Peng, Y., Zeng, X., Zhang, F., Jing, L., Duan, X., “Grafting milk protein on polyester fabric encased with hydroxide and wearability of polyester fabric grafted milk protein”, *Advanced Materials Research*, Vol. 150-151, 309-312, (2011).
- Zhao, J. and Du, S., “Grafting of casein onto polyacrylonitrile fiber for surface modification”, *Fibers and Polymers*, 7 (3), 235-240, (2006).

8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Halime Gökçin SEVGİSUNAR

Doğum Yeri ve Tarihi : Polatlı/ 10.10.1988

Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi

Y. Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi

Elektronik posta :gokcinsevgisunar@gmail.com

Yayın Listesi :

• Yıldırım, F.F., Sevgisunar, H.G., Yavaş, A., Avinç, O.O., Çelik, A., “UV Korumada Ekolojik Çözümler”, *Tekstil ve Mühendis*, 21 (96), 37-51, (2014).

• Sevgisunar, H.G., Yıldırım, F.F., Avinç, O.O., Yavaş, A., Çelik, A., “Doğadan Gelen Antimikrobiyalik”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, (baskıda), doi: 10.5505/pajes.2015.32657, (2015).

Konferans Listesi :

• Sevgisunar G., Yener F., Yalçınkaya B., “Comparision Of Needle And Rod Electrospinning System”, 18th International Conference Structure and Structural Mechanics of Textiles, 2011 (TU Liberec,Czech Republic).

• Sevgisunar H.G., Avinç O.O., Yavaş A., “Bergama Yöresinde Yetişen Kök Boya (Rubia Tinctorum) İle Çeşitli Liflerin Boyanması ve Performanslarının Değerlendirilmesi”, 14. Ulusal& 1. Uluslararası Tekstil Teknolojisi ve Kimyasındaki Son Gelişmeler Sempozyumu, 2013 (Bursa, Türkiye).

• Sevgisunar, H.G., Yavaş, A., Avinç, O.O., Yemiş, O., “Eco-Printing of Wool, Soybean and Silk Fibers with Red Cabbage (*Brassica oleracea var. capitata f.*

rubra) Juice”, Textile Science and Economy V, 5th International Scientific-Professional Conference, 2013 (Zrenjanin, Serbia).

- Sevgisunar H.G., Yavaş A., Avinç O.O., “Regenerated Protein Fiber: Casein”, Textile Science and Economy VII, 7th International Scientific-Professional Conference, 2015 (Zrenjanin, Serbia).