



EGE ÜNİVERSİTESİ



DOKTORA TEZİ

**SELÜLOZİK LİFLERİN VE
YENİ NESİL LİFLERİN ÖN TERBİYE
İŞLEMLERİNDE ÇEVRE DOSTU
YENİ YÖNTEM VE TEKNOLOJİLERİN
UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Seher PERİNCEK

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Kerim DURAN

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu : 621.01.00

Sunuş Tarihi : 22.05.2014

Bornova-İZMİR

2014

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(DOKTORA TEZİ)

**SELÜLOZİK LİFLERİN VE
YENİ NESİL LİFLERİN ÖN TERBİYE
İŞLEMLERİNDE ÇEVRE DOSTU
YENİ YÖNTEM VE TEKNOLOJİLERİN
UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Seher PERİNCEK

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Kerim DURAN

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu : 621.01.00

Sunuş Tarihi : 22.05.2014

**Bornova-İZMİR
2014**

Seher PERİNCEK tarafından doktora tezi olarak sunulan “Selülozik Liflerin ve Yeni Nesil Liflerin Ön Terbiyesinde Çevre Dostu Yöntem ve Teknolojilerin Uygulanabilirliğinin Araştırılması” başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 22.05.2014 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı	: Prof. Dr. Kerim DURAN
Raportör Üye	: Doç. Dr. Ayşegül E. KÖRLÜ
Üye	: Prof. Dr. Pervin ANIŞ
Üye	: Doç. Dr. Tülay GÜLÜMSER
Üye	: Doç. Dr. M. İbrahim BAHTİYARİ

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Doktora Tezi olarak sunduğum “Selülozik ve Yeni Nesil Liflerin Ön Terbiyesinde Çevre Dostu Yöntem ve Teknolojilerin Uygulanabilirliği” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

22 / 05 / 2014

Seher PERİNCEK

ÖZET**SELÜLOZİK VE YENİ NESİL LİFLERİN
ÖN TERBİYESİNDE ÇEVRE DOSTU YÖNTEM VE
TEKNOLOJİLERİN UYGULANABİLİRLİĞİ**

PERİNCEK, Seher

Doktora Tezi, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Kerim DURAN

Mayıs 2014, 129 sayfa

Küreselleşme süreciyle birlikte finansal piyasalar arasındaki sınırlar ortadan kalkmış ve bütünleşmiş bir dünya ekonomisi ortaya çıkmıştır. Yaşanan küresel bütünleşme, Ar-Ge destekli ileri teknolojilerin gelişmesine neden olurken, bir yandan da insanoğlunun geleceğini tehdit eden çevresel sorunlara neden olmaktadır. İnsanoğlunun sebep olduğu ekolojik kirlilik ve tahribatlar, yine ancak insanoğlunun kendisi tarafından durdurulabilecektir. Bu kapsamda tekstil sanayi de, çevreye karşı daha duyarlı, doğal kaynakları daha az tüketen ve kirleten, tekrar tekrar kullanılabilen teknoloji ve yöntemlerin araştırılıp geliştirilmesine ağırlık vermek zorundadır.

Bu çalışmada, ozon, ultrason, ultraviyole gibi tekstil sanayi için yeni sayılabilecek teknolojilerin, soya ve keten esaslı tekstillerin ön terbiyesinde hangi alanlarda kullanılabileceğine dair kapsamlı bir çalışma yapılmıştır. Soya ve keten kumaşların hidrofilitesi, ultrason enerjisi varlığında uygulanan enzimatik işlem aracılığıyla geliştirilmiştir. Kumaşlar, ozon gazı ve hidrojen peroksit ağartması kombine edilerek ağartılmış, diğer yandan hidrojen peroksit ağartma banyosu ile emdirilen kumaşlar beyazlıklarını geliştirmek için ultraviyole ışık kaynağına tutulmuşlardır. Konvansiyonel yöntemlerden farklı olarak, yeni teknolojiler kullanılarak keten ve soya kumaşların ön terbiye işlemlerinin, daha az kimyasal ve su tüketerek, daha kısa işlem sürelerinde çalışarak, daha az atık yükü yaratarak ve kumaş özelliklerinde herhangi bir kayıp yaratmadan gerçekleştirilmesi sağlanmaya çalışılmıştır.

Anahtar sözcükler: Keten, soya, ultrason, ozon, ultraviyole, tekstil, çevre dostu.

ABSTRACT**THE USE OF ECO-FRIENDLY NEW METHODS AND
TECHNOLOGIES AT PRETREATMENT PROCESSES OF
CELLULOSIC AND NEW GENERATED FIBERS**

PERİNCEK, Seher

PhD in Textile Eng.

Supervisor: Prof. Dr. Kerim DURAN

May 2014, 129 pages

The restrictions between financial markets were removed associated with globalization process and the integrated world economy was revealed. Research and development aided advanced technologies have been developed, in the meantime ecological problems which pose a threat to the future of human have been arisen as a result of global integration. Ecological pollution and ecocide caused by human can be retained by just human itself. Within this framework, textile industry must focus one's attention on works related with the research and development of technologies and methods which are more sensitive to the environment and reusable, and consume and pollute lesser natural resources.

In this thesis, the extensive study related with the usage areas of ozone, ultrasound, and ultraviolet, which can be called as new technologies in textile industry, in the pretreatment of textiles based on linen and soybean has been performed. The hydrophilicity of soybean and linen fabrics was improved by the enzymatic treatment with the aid of ultrasound energy. The fabrics were bleached with the combination of ozone gas and hydrogen peroxide belaching, and on the other hand fabrics impregnated with hydrogen peroxide bleaching bath were subjected to ultraviolet light to improve whiteness. Differently from conventional methods, the pretreatment of linen and soybean fabrics was performed by the aid of new technologies, with the less consumed chemicals and water, the less treatment time, the less produced waste load, and no loss of fabric properties.

Keywords: Linen, soybean, ultrasound, ozone, ultraviolet, textile, eco-friendly.

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde her türlü bilgi ve desteği ile bana yardımcı olan değerli hocalarım Prof. Dr. Kerim DURAN'a ve Doç. Dr. Ayşegül KÖRLÜ'ye, tez çalışmamda teknolojik destek sağlayan rahmetli Faruk TİMUÇİN'e (AGS Group İç ve Dış Ticaret A.Ş.) ve Atalay BEDRİŞAN'a (Ozone&Marine A.Ş.), liflerin yüzey görünümlerinin değerlendirilmesine olanak sağlayan Doç. Dr. Mete MUTLU'ya (E.Ü. Deri Mühendisliği Bölümü), tez çalışmam süresince her konuda yardımcı ve destek olan, dostluklarını esirgemeyen çalışma arkadaşlarım Doç. Dr. İbrahim BAHTİYARİ, Yard. Doç. Dr. Deniz DURAN, Dr. Tuba Bedez ÜTE, Yük. Müh. Seniha ELEMEN, Dr. Gözde ERTEKİN ve İpek SEVEN'e, FT-IR ölçümlerini gerçekleştiren Yük. Müh. Gönül YAVUZ'a, fiziksel tekstil muayeneleri laboratuvarında yaptığım ölçümlerde yardımlarını esirgemeyen Seyhan YAŞAR'a, tez çalışmam süresince teknik desteklerini esirgemeyen Ömer KODAZ, İbrahim UYSAL, Necmi GEZER ve Hüsamettin ATILGAN'a, tezimle ilgili olarak sağladığı finansal destek için Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna ve

Son olarak tez çalışmam süresince hep yanımda olan ve bana en büyük desteği sağlayan değerli eşim Oğuz PERİNCEK ve kızlarım Ezel-Elzem PERİNCEK başta olmak üzere, beni bugünlere getiren, yardım ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen canım anneme, babama ve abime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xxix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xxxvi
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
2.1 Keten Liflerinin Yapısı ve Terbiye İşlemleri.....	3
2.2 Soya Fasulyesi Protein Liflerinin Yapısı ve Terbiye İşlemleri	14
2.2.1 Soya fasulyesi protein liflerinin elde ediliş yöntemi	16
2.2.2 Soya fasulyesi protein liflerinin kimyasal-fiziksel özellikleri	17
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	23
3.1 Kullanılan Materyal ve Cihazlar.....	23
3.2 Yöntem.....	24
3.2.1 Keten ve soya kumaşların ultrason enerjisi varlığında gerçekleştirilen enzimatik işlemleri	25

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

3.2.2 Keten ve soya kumaşların indirgen ve yükseltgen maddeler varlığında gerçekleştirilen ağartma işlemleri	28
3.2.3 Keten ve soya kumaşların UV enerjisi varlığında gerçekleştirilen ağartma işlemleri	32
3.3 Değerlendirmede Kullanılan Test ve Analiz Yöntemleri	34
3.3.1 Ağırlık kaybı tayini	34
3.3.2 İyot sorbsiyon değeri tayini.....	34
3.3.3 Nem sorbsiyonu tayini	35
3.3.4 Su tutma gücü tayini.....	35
3.3.5 Lignin içeriği tayini	36
3.3.6 Kumaş üzerinde haşıl sökme derecesi tayini	36
3.3.7 Beyazlık derecesi ölçümü	36
3.3.8 Hidrofilite testi	37
3.3.9 Temas açısı testi	37
3.3.10 FT-IR analizi	37
3.3.11 Kopma mukavemeti testi	37
3.3.12 Ortalama polimerizasyon derecesi tayini	37
3.3.13 Taramalı elektron mikroskobu ile görüntüleme.....	37

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME.....	38
4.1 Ultrason Enerjisinin Keten Kumaşların Ön Terbiyesinde Kullanılabilirliği.....	38
4.1.1 Ultrason enerjisi varlığında uygulanan enzimatik işlemlerin keten kumaşların beyazlık değerlerine olan etkisi.....	40
4.1.2 Ultrason enerjisi varlığında uygulanan enzimatik işlemlerin keten kumaşların L* değerlerine olan etkisi	42
4.1.3 Ultrason enerjisi varlığında uygulanan enzimatik işlemlerin keten kumaşların hidrofilité değerlerine olan etkisi.....	43
4.1.4 Ultrason enerjisi varlığında uygulanan enzimatik işlemlerin keten kumaşların ağırlık kayıplarına olan etkisi	45
4.1.5 Ultrason enerjisi varlığında enzimatik işlem görmüş keten kumaşlara ait FT-IR analizi ve yüzey görünüm özellikleri.....	48
4.1.6 Keten kumaşlara uygulanan enzimatik işleme ultrason enerjisinin etkisinin belirlenmesi	50
4.2 Ozonun Keten Kumaşların Ön Terbiyesinde Kullanılabilirliği	59
4.2.1 Ozon-hidrojen peroksit ağartma kombinasyonunun keten kumaşların beyazlık ve L* değerlerine olan etkisi.....	60
4.2.2 Ozon-hidrojen peroksit ağartma kombinasyonunun keten kumaşların nem absorblama ve ağırlık kaybı özellikleri üzerine olan etkisi	66

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

4.2.3 Ozon-hidrojen peroksit ağartma kombinasyonunun keten kumaşların ıslanabilirlik özellikleri üzerine olan etkisi.....	68
4.2.4 Ozon-hidrojen peroksit ağartma kombinasyonunun keten kumaşların FT-IR ve yüzey görünümü özellikleri üzerine olan etkisi.....	68
4.2.5 Ozon-hidrojen peroksit ağartma kombinasyonunun, keten kumaşların üzerinde yarattığı etki açısından sodyum hipoklorit ve hidrojen peroksit & sodyum hipoklorit ağartması ile karşılaştırılması.....	70
4.3 UV Enerjisinin Keten Kumaşların Ön Terbiyesinde Kullanılabilirliği	72
4.3.1 Çeşitli peroksit ağartma banyoları ile emdirilmiş keten kumaşların beyazlık değerleri üzerine UV enerjisinin etkisi	70
4.3.2 Çeşitli peroksit ağartma banyoları ile emdirilmiş keten kumaşların L* değerleri üzerine UV enerjisinin etkisi	70
4.3.3 Çeşitli peroksit ağartma banyoları ile emdirilmiş keten kumaşların ağırlık kaybı değerleri üzerine UV enerjisinin etkisi.....	70
4.3.4 Çeşitli peroksit ağartma banyoları ile emdirilmiş keten kumaşların absorbladıkları nem değerleri üzerine UV enerjisinin etkisi	70
4.3.5 Çeşitli peroksit ağartma banyoları ile emdirilmiş keten kumaşların absorbladıkları ıslanabilirlik özellikleri üzerine UV enerjisinin etkisi.....	70
4.3.6 Çeşitli peroksit ağartma banyoları ile emdirilip UV enerjisine tabi tutulan keten kumaşların FT-IR ve yüzey görünümü özellikleri.....	70

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

4.4 Ultrason Enerjisinin Soya Kumaşların Ön Terbiyesinde Kullanılabilirliği.....	80
4.4.1 Ultrason enerjisi varlığında uygulanan enzimatik işlemlerin soya kumaşların beyazlık değerlerine olan etkisi.....	82
4.4.2 Ultrason enerjisi varlığında uygulanan enzimatik işlemlerin soya kumaşların L* değerlerine olan etkisi	84
4.4.3 Ultrason enerjisi varlığında uygulanan enzimatik işlemlerin soya kumaşların ıslanabilirlik ve hidrofilite özellikleri üzerine olan etkisi.....	85
4.4.4 Ultrason enerjisi varlığında enzimatik işlem görmüş soya kumaşlara ait FT-IR analizi ve yüzey görünümü özellikleri.....	87
4.5 Ozonun Soya Kumaşların Ön Terbiyesinde Kullanılabilirliği.....	89
4.5.1 Ozon varlığında uygulanan ağartma işlemlerin soya kumaşların beyazlık, L*, sarılık değerlerine olan etkisi	89
4.5.2 İndirgen-yükseltgen ağartma işlemlerin soya kumaşların beyazlık, L*, sarılık ve nem absorblama değerlerine olan etkisi.....	91
4.5.3 Ozon-indirgen-yükseltgen ağartma kombinasyonlarının soya kumaşların beyazlık, L*, nem absorblama, ıslanabilirlik, FT-IR ve yüzey görünüm özellikleri üzerine olan etkisi	98
4.6 UV Enerjisinin Soya Kumaşların Ön Terbiyesinde Kullanılabilirliği	103
4.6.1 Çeşitli peroksit ağartma banyoları ile emdirilmiş soya kumaşların beyazlık değerleri üzerine UV enerjisinin etkisi	103

İÇİNDEKİLER (devam)Sayfa

4.6.2 Çeşitli peroksit ağartma banyoları ile emdirilmiş soya kumaşların L* değerleri üzerine UV enerjisinin etkisi	103
4.6.3 Çeşitli peroksit ağartma banyoları ile emdirilmiş soya kumaşların ıslanabilirlik ve hidrofilite özellikleri üzerine UV enerjisinin etkisi	103
4.6.4 Çeşitli peroksit ağartma banyoları ile emdirilmiş soya kumaşların FT-IR ve yüzey görünümü özellikleri üzerine UV enerjisinin etkisi	103
5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER	110
KAYNAKLAR DİZİNİ	117
ÖZGEÇMİŞ	129
EKLER	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Keten lif görünümleri a) Lif demetinin kesiti, b) Poligonal kesit görünümü (Baley'den 2002).....	3
2.2 Keten lif hücresinin yapısı a) Sekonder ve primer hücre duvarları, b) Keten lifi/epoksi matriksi kompozitinin enine kesiti (Boşluklar lümeni göstermektedir) (Baley'den 2002).....	4
2.3 Keten lif yapısı a) Kristalin ve kristalin olmayan liflerin görünümü, b) Mukavemet testi sonucunda kopan keten lifi görünümü, sekonder duvar unidireksiyonel bir yönlenme göstermektedir (Baley'den 2002).	5
2.4 Ozon kaynaklı glikozidik bağların hidroliz mekanizması (Lyse, 1979).....	10
2.5 Soya fasulyesi protein liflerinin moleküler yapısı.....	18
3.1 Soya kumaşların ozon ile ağartılmasında kumaşın içerdiği AF değerinin önemini inceleyen test planı (pH= 6,5-7,5; işlem süresi= 20 dak.)	30
3.2 Soya kumaşların ozon ile ağartılmasında işlem süresinin ve pH değerinin etkisini inceleyen test planı ($A_F = \%20$).....	31
3.3 Soya kumaşların kombin ağartılmasına ilişkin test planı (1= ozonlama + peroksit ağartma; 2= ozonlama + indirgen ağartma; 3= ozonlama + indirgen ağartma + peroksit ağartma)	31
4.1 Ultrason enerjisi varlığında enzimatik işleme tabi tutulan keten kumaşların beyazlık değerlerine işlem süresinin ve lakkaz enzimi konsantrasyonunun etkisi	41

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.2 Ultrason enerjisi varlığında enzimatik işleme tabi tutulan keten kumaşların L* değerlerine pektinaz enzimi konsantrasyonunun ve işlem sıcaklığının etkisi.....	42
4.3 Ultrason enerjisi varlığında enzimatik işleme tabi tutulan keten kumaşların hidrofilite değerlerine işlem sıcaklığının ve pektinaz enzimi konsantrasyonunun etkisi.....	44
4.4 Ultrason enerjisi varlığında enzimatik işleme tabi tutulan keten kumaşların ağırlık kayıplarına amilaz ve pektinaz enzimi konsantrasyonlarının etkisi	45
4.5 Ultrason enerjisi varlığında enzimatik işleme tabi tutulan keten kumaşların ağırlık kayıplarına amilaz enzimi konsantrasyonunun ve işlem süresinin etkisi	46
4.6 Ultrason enerjisi varlığında enzimatik işleme tabi tutulan keten kumaşların ağırlık kayıplarına pektinaz enzimi konsantrasyonunun ve işlem süresinin etkisi	47
4.7 Keten kumaşların enzimatik işlemleri sırasında ultrason enerjisinden yararlanılmasının elde edilecek ağırlık kaybı değerleri üzerine olan etkisi.....	51
4.8 Keten kumaşların enzimatik işlemleri sırasında ultrason enerjisinden yararlanılmasının elde edilecek hidrofilite değerleri üzerine olan etkisi	52
4.9 Keten kumaşların enzimatik işlemleri sırasında ultrason enerjisinden yararlanılmasının elde edilecek lignin miktarları üzerine olan etkisi	53

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.10 Keten kumaşların enzimatik işlemleri sırasında ultrason enerjisinden yararlanılmasının elde edilecek lignin miktarları üzerine olan etkisi.....	54
4.11 Keten kumaşların enzimatik işlemleri sırasında ultrason enerjisinden yararlanılmasının elde edilecek L* değerleri üzerine olan etkisi.....	54
4.12 Keten kumaşların enzimatik işlemleri sırasında ultrason enerjisinden yararlanılmasının elde edilecek iyot sorpsiyonu ve kristalinite derecesi değerleri üzerine olan etkisi	55
4.13 Keten kumaşların enzimatik işlemleri sırasında ultrason enerjisinden yararlanılmasının elde edilecek su tutma gücü değerleri üzerine olan etkisi.....	56
4.14 Keten kumaşların enzimatik işlemleri sırasında ultrason enerjisinden yararlanılmasının elde edilecek nem absorpsiyonu değerleri üzerine olan etkisi.....	57
4.15 Keten kumaşların enzimatik işlemleri sırasında ultrason enerjisinden yararlanılmasının elde edilecek mukavemet değerleri üzerine olan etkisi.....	57
4.16 Ultrason enerjisi varlığında/yokluğunda gerçekleştirilen selülaz ile işlemin keten kumaşların ağırlık kaybı değerleri üzerine olan etkisi	59
4.17 Ozon-Hidrojen peroksit kombine ağartmasına tabi tutulmuş keten kumaşların parlaklık değerlerine “hidrojen peroksit konsantrasyonu & peroksit ile işlem süresi”nin etkisi	66

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.18 Ultraviyole enerjisi varlığında işleme tabi tutulan keten kumaşların parlaklık değerlerine hidrojen peroksit ve sodyum hidroksit konsantrasyonunun etkisi	76
4.19 Ultraviyole enerjisi varlığında işleme tabi tutulan keten kumaşların absorblanan nem miktarı değerlerine sodyum hidroksit konsantrasyonunun ve UV ile işlem süresinin etkisi.....	77
4.20 Peptid zincirinin hidrolitik parçalanmasını katalizleyen proteazların etki mekanizması (Marinho da Silva, 2005).....	82
4.21 Ultrason enerjisi varlığında enzimatik işleme tabi tutulan soya kumaşların L* değerlerine işlem süresinin ve sıcaklığının etkisi	85
4.22 Ultrason enerjisi varlığında enzimatik işleme tabi tutulan soya kumaşların batma süreleri (san.).....	87
4.23 Soya kumaşların ozon ile ağartılmasında işlem süresinin beyazlık, L* ve sarılık değerlerine etkisi (pH=6,5-7,5; A _F = %20).....	90
4.24 Soya kumaşların ozon ile ağartılmasında pH değerinin beyazlık, L* ve sarılık değerlerine etkisi (işlem süresi= 20 dak.; A _F = %20).....	91
4.25 Soya kumaşların yükseltgen ağartılmasında hidrojen peroksit konsantrasyonunun ve sıcaklığın beyazlık değerlerine etkisi.....	94
4.26 Soya kumaşların yükseltgen ağartılmasında hidrojen peroksit konsantrasyonunun ve sıcaklığın parlaklık değerlerine etkisi	94
4.27 Soya kumaşların yükseltgen ağartılmasında hidrojen peroksit konsantrasyonunun ve sıcaklığın sarılık değerlerine etkisi	95

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.28 Soya kumaşların indirgen ağartılmasında işlem süresinin ve sıcaklığın beyazlık değerlerine etkisi	97
4.29 Soya kumaşların indirgen ağartılmasında sodyumdişiyonit ve soda konsantrasyonunun parlaklık değerlerine etkisi.....	97
4.30 Soya kumaşların indirgen ağartılmasında işlem süresinin ve sıcaklığın sarılık değerlerine etkisi.....	98
4.31 Geliştirilen çeşitli ağartma yöntemlerinin soya kumaşların beyazlık, L* ve sarılık değerlerine olan etkisi.....	100
4.32 Geliştirilen çeşitli ağartma yöntemlerinin soya kumaşların batma sürelerine olan etkisi.....	101
4.33 UV enerjisi varlığında ağartma işlemine tabi tutulan soya kumaşların L* değerlerine UV lambası ile kumaş arasındaki mesafenin ve peroksit konsantrasyonunun etkisi	106
4.34 UV enerjisi varlığında ağartma işlemine tabi tutulan soya kumaşların batma süreleri (san.).....	107

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Konvansiyonel oksidasyon maddelerinin oksidasyon potansiyelleri (Al-Kdasi et al., 2004; Carey, 1992; Zhou and Smith, 2002).....	10
2.2 İleri oksidasyon işlemleri (Al-Kdasi et al., 2004).....	11
2.3 Bazı kimyasal gruplar ve bağlanma enerjileri (Perincek et al., 2007)	13
2.4 Soya fasulyesi protein liflerinin amino asit içerikleri (Vynias, 2006)	18
2.5 SPL'nin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin pamuk, viskon, ipek ve yün ile kıyaslanması (Swicofil AG, 2012).....	20
2.6 Soya fasulyesi protein liflerinin anti-statik özelliklerin karşılaştırılması (Swicofil AG, 2012).	20
3.1 Denemelerde kullanılan kimyasal ve yardımcı maddeler	23
3.2 Denemelerde kullanılan cihaz ve makineler	24
3.3 Ultrason, ozon ve ultraviyole enerjisi varlığında gerçekleştirilen denemelere ilişkin uygulanan Box-Behnken deney tasarımı kapsamında incelenen değişkenler ve değişkenlere ait seviyeler	25
3.4 Keten kumaşların, ultrason enerjisi varlığında gerçekleştirilen enzimatik işlemlerine ilişkin Box-Behnken deney tasarımı	26
3.5 Soya kumaşların, ultrason enerjisi varlığında gerçekleştirilen enzimatik işlemlerine ilişkin Box-Behnken deney tasarımı	26

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.6 Box-Behnken deney tasarımı sonucunda elde edilen optimum üç reçetenin ultrason enerjisi varlığında/yokluğunda ve konvansiyonel olarak gerçekleştirilmesine ilişkin deney planı	27
3.7 Box-Behnken deney tasarımı sonucunda elde edilen ve ultrason enerjisi varlığında uygulanan optimum üç reçetenin ardından gerçekleştirilen selülaz enzimi ile işleme ilişkin deney planı	28
3.8 Keten kumaşların, ozon varlığında gerçekleştirilen ağartma işlemlerine ilişkin Box-Behnken deney tasarımı.....	28
3.9 Ozon ile işleme tabi tutulmuş keten kumaşların hidrojen peroksit ile ağartılmaları sırasında banyoda yer alan kimyasallar ve miktarları	29
3.10 Keten kumaşların hidrojen peroksit ve/veya hipoklorit ağartma reçeteleri	29
3.11 Keten kumaşların, UV enerjisi varlığında gerçekleştirilen ağartma işlemlerine ilişkin Box-Behnken deney tasarımı.....	32
3.12 Keten kumaşların UV enerjisi varlığında hidrojen peroksit ile ağartılmaları sırasında banyoda yer alan kimyasallar ve miktarları	33
3.13 Soya kumaşların, UV enerjisi varlığında gerçekleştirilen ağartma işlemlerine ilişkin Box-Behnken deney tasarımı.....	33
3.14 Soya kumaşların, UV enerjisi varlığında hidrojen peroksit ile ağartılmaları sırasında banyoda yer alan kimyasallar ve miktarları	33

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.1 Ham ve ultrason enerjisi varlığında enzimatik işlem görmüş keten kumaşlara ait infrared band işaretleri	48
4.2 Ozon-Hidrojen peroksit kombine ağartmasına tabi tutulmuş keten kumaşların beyazlık ve L* değerlerine ilişkin varyans analizi	138
4.3 Ozon-Hidrojen peroksit kombine ağartmasına tabi tutulmuş keten kumaşların beyazlık ve L* değerlerine ilişkin gerçekleşen ve geliştirilen model tarafından tahminlenen değerler	140
4.4 Beyazlık ve L* değerlerine ilişkin regresyon modelini ifade eden Denklem (16) ve (17)'de yer alan her bir bağımsız değişkenin katsayısı ve P-değerleri	62
4.5 Ozonlama süresi, peroksit konsantrasyonu ve süresi değişkenlerinin seviyelerine bağlı olarak ham keten kumaşların beyazlık değerleri üzerine etkilerini gösteren Duncan Post Hoc test sonucu.....	64
4.6 Ozonlama süresi, peroksit konsantrasyonu ve süresi değişkenlerinin seviyelerine bağlı olarak ham keten kumaşların parlaklık değerleri üzerine etkilerini gösteren Duncan Post Hoc test sonucu.....	65
4.7 Ozonlama süresi, peroksit konsantrasyonu ve süresi değişkenlerinin, seviyelerine bağlı olarak ham keten kumaşların absorblanan nem miktarı ve ağırlık kaybı değerleri üzerine etkilerini gösteren Duncan Post Hoc test sonucu.....	67
4.8 Ham ve ozon ile ağartma işlemi görmüş keten kumaşlara ait infrared band işaretleri	69

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.9	Ultrason enerjisi varlığında enzimatik işleme tabi tutulmuş soya kumaşların beyazlık, sarılık ve L* değişimlerine ilişkin varyans analizi82
4.10	Soya kumaşların hidrojen peroksit ile ağartılmasına ilişkin ANOVA test sonuçları64
4.11	Soya kumaşların sodyum ditiyonit ile ağartılmasına ilişkin ANOVA test sonuçları65
4.12	UV enerjisi varlığında ağartma işlemine tabi tutulmuş soya kumaşların beyazlık ve L* değerlerine ilişkin varyans analizi104

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
$h\nu$	Ultraviyole ışınımı
R	Organik kirlilik
R^*	Uyarılmış organik kirlilik
$R_1^\bullet, R_2^\bullet, R^\bullet$	Ara ürünler
<u>Kısaltmalar</u>	
UV	Ultraviyole
US	Ultrasonik işlem
K	Konvansiyonel işlem
C	Konsantrasyon
A_F	Alınan flotte
HK	Hidrojen peroksit konsantrasyonu
PK	Sodyum peroksidisülfat konsantrasyonu
UVS	Ultraviyole ile işlem süresi
UVM	Ultraviyole lambası ile kumaş arasındaki mesafe
L^*	Parlaklık değeri
df	Serbestlik derecesi
Seq.SS	Ardışık kareler toplamı

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
Adj.SS	Düzeltilmiş kareler toplamı
Adj.MS	Düzeltilmiş ortalama kareler
F	İstatistiksel anlamlılık düzeyi
P	İstatistiksel anlamlılık düzeyi
StDev	Standart sapma
OT	Ozonlama süresi
PT	Hidrojen peroksit ile işlem süresi

1. GİRİŞ

Küreselleşme süreciyle birlikte finansal piyasalar arasındaki sınırlar ortadan kalkmış ve bütünleşmiş bir dünya ekonomisi ortaya çıkmıştır. Ekonomik, sosyal, teknolojik, kültürel, politik ve ekolojik açılardan yaşanan küreselleşme, Ar-Ge destekli ileri teknolojilerin gelişmesine neden olurken, bir yandan da insanoğlunun geleceğini tehdit eden çevresel sorunlara neden olmaktadır. Son yıllarda insanoğlunun karşılaştığı çevresel sorunlara “Küresel Isınma ve Küresel İklim Değişimi” adı altında bir yenisi daha eklenmiştir. İnsan etkisinden kaynaklanan ve “yapay iklim değişimi” olarak da nitelendirilen bu sürecin, tüm canlılar ve cansız çevre için potansiyel tehlikelerle dolu olduğuna ve bu değişimin artık geriye çevrilemeyeceğine inanılmaktadır. Küresel ısınma ve küresel iklim değişimi süreci, şimdiye kadar gerçekleşmiş ve gerçekleşmekte olan ekolojik afetlerin en tehlikelisi olarak kabul edilmektedir. Bu olayın önüne geçmek için gereken önlemlerin bugün alınması halinde bile, doğacak zararların önüne geçilemeyeceği hususunda bilim insanlarının fikir birliğine varmış olmaları, bu olaya ait potansiyel tehlikelerin ne kadar büyük olduğunu ortaya koymaktadır. İnsanoğlunun sebep olduğu ekolojik kirlilik ve tahribatlar, yine ancak insanoğlunun kendisi tarafından durdurulabilecektir. Bu kapsamda tekstil sanayi de, çevreye karşı daha duyarlı, doğal kaynakları daha az tüketen ve kirleten, tekrar tekrar kullanılabilen teknoloji ve yöntemlerin araştırılıp geliştirilmesine ağırlık vermiştir.

Yeni teknolojilerin kullanıma yönelik gerçekleştirilen çalışmalar çok fazla olmakla birlikte, bu çalışmaların büyük bir kısmı dünyada önemli bir tüketim payına sahip olan lif gurubunda, pamuklu kumaşlarda, kendini göstermekte ve hala yeterli boyutlarda sayılmamaktadır. Bunun yanında, sahip oldukları çeşitli özelliklerden dolayı şu an için dünyada en fazla araştırılan çevre dostu yeni nesil liflerin terbiye işlemleri üzerine de çeşitli araştırmalar gerçekleştirilmektedir. Ancak çevre dostu teknolojilerin uygulanabilirlikleri ile ilgili henüz kayda değer bir gelişme elde edilememiştir. Bu liflerin kullanımı oldukça spesifik alanlarda söz konusu olup uygulanacak terbiye işlemlerinin liflerin sağlamış oldukları avantajlara zarar vermeden yerine getirilmesi önemlidir. Bu nedenle de yeni teknolojilerin uygulanması gerekmektedir. Görüldüğü gibi kamuoyunda oluşan çevresel duyarlılığın devlet tarafından da çeşitli yasal düzenlemelerle hayata geçirilecek olması kaçınılmazdır. Bütün bunlar göz önünde bulundurulduğunda, klasik terbiye yöntemlerinin yerini alabilecek daha ekonomik ve ekolojik yeni

terbiye yöntem ve teknolojilerinin araştırılıp geliştirilmesine ilişkin önem daha aşikar olmaktadır.

Tez projesi kapsamında da günümüzde tekstil sanayi için yeni sayılabilecek teknolojiler olan ultrason, ozon, ultraviyole teknolojilerinin araştırılması ve klasik terbiye işlemlerinden farklı olarak hangi avantaj ve dezavantajları beraberlerinde getirecekleri ve bu yöntem ve teknolojilerin keten ve soya kumaşların ön terbiyesinde hangi alanlarda yer alabilecekleri araştırılmıştır.

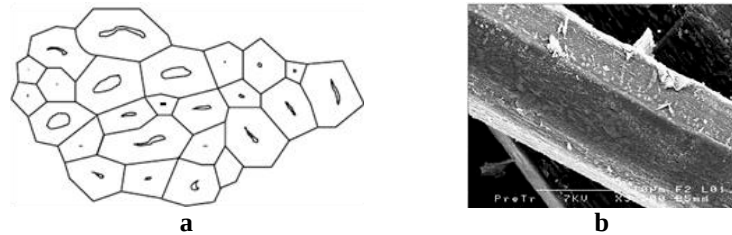
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1 Keten Liflerinin Yapısı ve Terbiye İşlemleri

Keten (*Linum usitatissimum*), tekstil, tohum yağı ve kâğıt gibi ürünler için hammadde kaynağı olarak yüzyıllardır büyük önem arz etmektedir. Keten kumaşların, Mısır döneminin başlangıçlarına kadar uzanan en eski tekstil materyali olduğu belirtilmektedir. Son yıllarda ise, kompozitlerdeki cam lifinin yerini alabilecek doğal liflerin başlıcası olduğu anlaşılmıştır. Lif olabilme özelliğinin yanı sıra keten, endüstriyel uygulamalar için keten tohumu yağının kaynağını oluşturmaktadır (Akin et al., 2003).

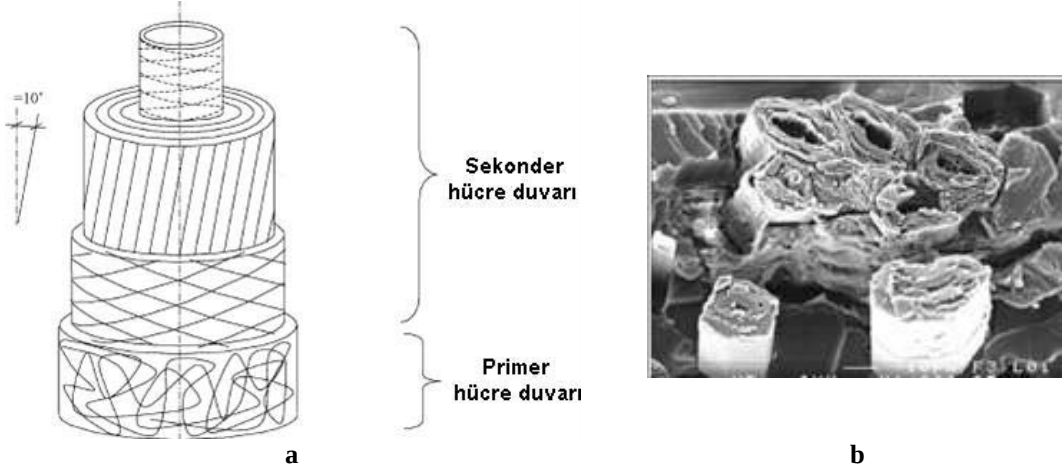
18. yüzyıla kadar keten ve kenevir, en önemli iplik kaynaklarından birisi olurken daha sonraları yerlerini pamuk almıştır. Günümüzde ise insanoğlu, pamuk yetiştiriciliğinde karşılaşılan sorunlar nedeniyle pamuğun yerini alabilecek alternatifler aramaya başlamıştır. Pamuk yetiştiriciliği sadece sub-tropikal bölgelerde gerçekleştirilebilmekte ve yüksek miktarda su ve kimyasal madde tüketimine gereksinim duyulmaktadır. Keten, kenevir gibi gövde lifleri ise daha ılıman koşullarda yetişebilmekte ve daha az su ve kimyasal madde tüketerek daha yüksek verimler elde edilebilmektedir (Ebskamp, 2002).

Ham keten lifleri, %30'a varan oranlarda selülozik olmayan çeşitli kirlilikler ihtiva eden doğal selülozik polimerler içermektedir. Olgun bir keten hücre duvarının %70-75 selüloz, %15 hemiselüloz ve %10-15 pektin içerdiği kabul edilmektedir. Pektin, kendi yapısı üzerinden bir ağ oluşturmakta ve protein, mum gibi diğer kirlilikler ise pektin zincirinin kenarlarına yayılmaktadır. Hemiselüloz ve pektin lif demetlerinin bir arada tutulması açısından oldukça önemlidir. Birincil keten lifleri, 5-7 köşeli çokgen şeklinde olup, bunların 10-40 tanesinin pektin ile bir araya getirilmesiyle lif demeti oluşmaktadır (Şekil 2.1) (Fakin et al., 2006; Baley, 2002; Abdel-Halim et al., 2008; Sawada et al., 2003).



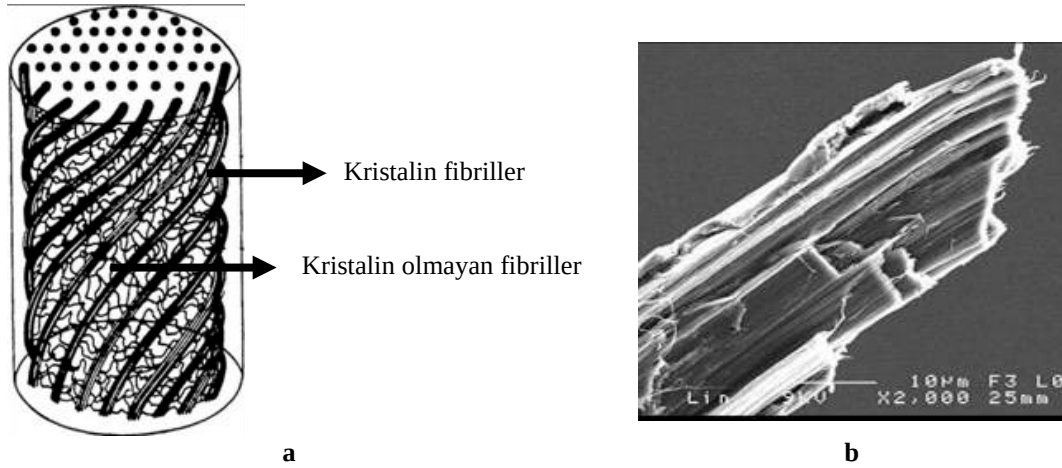
Şekil 2.1 Keten lif görünümleri a) Lif demetinin kesiti, b) Poligonal kesit görünümü (Baley, 2002).

Keten lifleri, ortasında lümen bulunan eş merkezli iki hücre duvarından oluşmaktadır. Primer hücre duvarı olarak adlandırılan en dıştaki hücre duvarı, sadece 0,2 μm kalınlığındadır. Lifin hacmini esas olarak sekonder hücre duvarı oluşturmaktadır (Şekil 2.2) (Fakin et al., 2006; Baley, 2002).



Şekil 2.2 Keten lif hücresinin yapısı a) Sekonder ve primer hücre duvarları, b) Keten lifi/epoksi matrisi kompozitinin enine kesiti (Boşluklar lümeni göstermektedir) (Baley, 2002).

Keten lifleri, amorf hemiselüloz ve lignin matrisinde helezonik olarak sarılmış yüksek kristalin yapıdaki selüloz fibrilleri içermektedir. Bunlar, lif eksenine 10°'lik eğim açısıyla yerleşmekte, dolayısıyla tek yönlü bir yapı rol oynamaktadır (Şekil 2.3) (Fakin et al., 2006; Baley, 2002).



Şekil 2.3 Keten lif yapısı a) Kristalin ve kristalin olmayan liflerin görünümü, b) Mukavemet testi sonucunda kopan keten lifi görünümü, sekonder duvar aynı yönde bir yönlendirme göstermektedir (Baley, 2002).

Ham keten kumaşların yapısında selüloz dışında şu maddelerin bulunduğu kabul edilmektedir; hemiselüloz, pektin, lignin, düşük miktarda yağ ve mum, protein ve atık kül (Fakin et al., 2006; Baley, 2002; Bhattacharya and Shah, 2004). Hemiselüloz dışındaki selülozik olmayan maddelerin kumaşın hidrofilite ve absorpsiyon özellikleri üzerine olumsuz etkisi bulunduğu bilinmektedir. Hemiselüloz ise oldukça hidrofil bir polimer olup, keten gibi bitkisel lifler tarafından ortaya konan su absorblama davranışından önemli ölçüde sorumludurlar (Baley, 2002; Davies and Bruce, 1998). Hemiselüloz terimi, anhidro- β -(1 $\rightarrow$ 4)-D-xylopyranoz, mannopyranoz, glukopyranoz ve galaktopyranoz zincirlerini içeren homo- ve hetero-polimerlerin grubunu ifade etmektedir. Hemiselüloz, çoğunlukla selüloz ile birlikte bitkilerin sekonder çeperlerinde yer almaktadır ancak aynı zamanda primer çeperde de bulunmaktadır (Jeffries, 1994).

Lignin, 10000 amu'dan fazla moleküler ağırlığa sahip, çapraz bağlı, uzun bir makromoleküldür. Keten lifinde lignin, primer duvarda ve sekonder duvarın dış kısmında bulunmaktadır (Sójka-Ledakowicz et al., 2007). Hidrofobik ve karmaşık yapısının, aynı zamanda hidrolize olabilen sıradan bağlar içermemesinin sonucu olarak lignin birçok mikroorganizma tarafından yetersiz bir şekilde parçalanabilmektedir (Betcheva et al., 2007). Mineral asitlere karşı dayanıklı olup, çözünürlüğü sınırlıdır. Klorlama ve oksidasyon sonrası eritilerek türevlerine çevrildiğinde çözölebilmektedir (Sójka-Ledakowicz et al., 2007).

Lignin, eter ve C-C bağlarıyla bağlı gruplar içeren aromatik bir polimerdir (Jeffries, 1994). Lignin, pektin ile birlikte, keten lifi içerisindeki keten hücrelerini bir arada tutmak için yer almaktadır. İyi bir beyazlığa ve hidrofiliteye sahip yüksek kalitede keten tekstil materyalleri elde etmek için pektin ve ligninin uzaklaştırılması gerekmektedir (Abdel-Halim et al., 2008; Sawada et al., 2003; Betcheva et al., 2007). Pektin, karboksil gruplarının Ca^{+2} ve Mg^{+2} ile birleşmesi ve kısmi metilasyon sonucu hidrofobik özellik yaratmaktadır. Lignin ise, ham ketenin renginden sorumlu olan bileşiktir (Betcheva et al., 2007). β -aril eter yapısındaki lignin modeli incelendiğinde, 1 adet serbest benzil hidroksil ve α -pozisyonunda 1 adet serbest fenolik hidroksil bulunduğu görülmektedir. Fenolik olmayan benzil eter bağları alkali çözeltisinde stabil kalırken, fenolik benzil eter bağları kolaylıkla hidrolize olabilmektedir. Her ne kadar lignin, alkali koşullarda çözönebiliyor olsa da lignin ve selüloz arasındaki alkaliye dayanıklı kovalent bağlar lignini matriks içerisine bağlamaktadır (Jeffries, 1994).

Ham keten liflerinin boyanabilmesi için öncelikle üzerlerindeki selülozik olmayan kirliliklerin uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu amaçla da yıllardır ham kumaşlar öncelikle alkali ile işleme tabi tutulmakta ardından oksidasyon ile doğal renkli bileşiklerin uzaklaştırılması sağlanmaktadır (Ahmed et al., 2007).

Ön terbiye işlemleri çoğunlukla, keten liflerinden hidrofobik kirliliklerin uzaklaştırılması, dolayısıyla yaş terbiye işlemlerinin esası olan su sorpsiyon özelliğinin artırılması amacı gözetilerek yapılmaktadır. Sanayi uygulamalarında, keten liflerinin ön terbiyesi amacıyla, yüksek miktarda kimyasal, yardımcı madde ve su tüketimine neden olan, ayrıca yüksek sıcaklık ve basınçta çalışmayı gerektiren konvansiyonel alkali ile işlem (NaOH eşliğinde 98⁰C'de 60 dakika süresince gerçekleştirilen kimyasal hidrofilleştirme işlemi) uygulanmaktadır (Bhattacharya and Shah, 2004; Sójka-Ledakowicz et al., 2007; Jahn et al., 2002). Ancak bu uygulamalar çevre açısından birçok problemi de beraberinde getirmektedir. Çevreyi korumaya yönelik artan duyarlılık, kimyasallar yerine enzimler gibi biyolojik katalizatörlerin kullanıldığı yeni uygulama ve yöntemlerin geliştirilmesini zaruri kılmaktadır (Fakin et al., 2006; Sójka-Ledakowicz et al., 2007; Akin et al., 2001).

Biyolojik hidrofilleştirme, pektin ve mumların selülozik liflerin yüzeyinden enzimler aracılığıyla uzaklaştırılmasını ifade etmektedir. Bu işlem, lif yapısını ve dayanımını korumakta, yüksek enerji tüketimini ve konvansiyonel alkali işlemlerden kaynaklanan birçok kirlilik problemini de önlemektedir (Abdel-Halim et al., 2008).

Pektik maddeler, kısmen metillenebilen poligalaktronik asit yapısı ve zincir uçlarına bağlı rhamnoz, arabinoz, galaktoz ve xyloz gibi şekerler içermektedir. Pektinaz enzimi, galakturonik asit monomerlerindeki poligalakturnik asitin glikozidik bağlarını hidrolize edebilmektedir (Sawada et al., 2003). Pektinaz ile hidrofilleştirmenin esasının; pektinlerin parçalanmasının ve uzaklaştırılmasının, çözünebilir mumların yüzey aktif maddeler ve mekanik hareket etkisiyle daha kolay uzaklaştırılabilir hale getirilmesini desteklediği görüşüne dayandığı düşünülmektedir. Böylece her hangi bir lif zararı gerçekleşmeden oldukça iyi hidrofilitate değerlerine erişilebilmektedir. Enzimatik olarak hidrofilleştirilmiş kumaşlar, ham kumaşa göre daha iyi ıslanabilirlik değerlerine sahip olmakta, ancak alkali ile hidrofilleştirilmiş numunelerin sonuçlarının yanında yetersiz kalmaktadır. Ancak konvansiyonel işlemler de lifteki bazı selülozik zincirlerin kopmasına neden olarak polimerizasyon derecesinin düşmesine, mekanik

özelliklerin kötüleşmesine ve %10'lara varan ağırlık kayıplarının gerçekleşmesine neden olmaktadır (Abdel-Halim et al., 2008). Ayrıca alkali ile işlem sonrası pektinin tamamı uzaklaştırılabilirken, lignin için aynı durum söz konusu olmamaktadır. Ligninin tamamen uzaklaştırılabilmesi için ya asidik hidrofilleştirme sonrası peroksit ağartması uygulanmalı ya da alkali ile işlem sırasında kullanılan sodyum hidroksit ve sodyum sülfid miktarı artırılmalıdır. Alkali ile işlem sırasında kullanılan sodyum hidroksit miktarı, uzaklaştırılan pektin ve lignin miktarı açısından kritik öneme sahiptir. Sodyum sülfid ise sodyum hidroksitin lignini uzaklaştırması için desteklemekte ve işlem süresinin kısılmasına yardımcı olmaktadır (Wang et al., 2003).

Selüloz enzimleri, özellikle pamuk gibi selülozik materyallerin terbiyesinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Selüloz ile işlem sırasında selüloz, selüloz molekülündeki β -1-4-glikozidik bağlarına etki ederek selülozu da hidrolize edebilmektedir. Asit hidrolizinden farklı olarak, selülozun etkisi polisakkarit zincirinin uçlarında gerçekleşmektedir. Endoglukonazlar, selüloz zinciri boyunca rastgele saldırmakta, tercihen amorf bölgelere etki etmektedirler. Ekso-sellobiohidrolazlar ise zincir uçlarına saldırmakta ve sellobioz açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan sellobioz ve her hangi bir küçük zincir oligomerleri daha sonra β -glukosidaz tarafından glukozu hidrolize edilmektedir (Kan et al., 2007).

Her hangi bir selülozik materyalin boyama ve bitim işlemlerinden önce, hidrofilleştirme işlemi sonrası ağartılması gerekmektedir. Ağartma işlemi sırasında, doğal pigmentler ve diğer selülozik olmayan maddeler uzaklaştırılmaktadır. Endüstriyel uygulamalarda, selülozik materyallerin ağartılmasında en yaygın kullanılan madde hidrojen peroksittir (Ren and Buschle-Diller, 2007). Keten kumaşların ağartma işlemi pamuk ağartma işleminden farklı olarak daha uzun süreye gereksinim duymakta, ancak lif zararını minimize etmek amacıyla daha ılıman koşullarda işlem gerçekleştirilmektedir. Ağartma işlemi sonrası, kullanım alanına bağlı olarak, kremden beyaza kadar farklı renk tonlarında keten kumaşlar elde edilebilmektedir. Önemli olan kimyasal zararın minimize edilmesidir. %6-15 arasındaki bir ağırlık kaybı makul kabul edilirken, maksimum %18-25 ağırlık kaybına izin verilebilmektedir (Hann, 2005).

Pamuk ve keten liflerindeki organik maddelerdeki rengin, konjuge çift bağların kromofor sistemlerindeki hareketli elektronların varlığından kaynaklandığı bilinmektedir. Ağartma sırasında konjuge çift bağlar kırılabilir ve bazıları doyurulabilir. Böylece, π elektronlarının yer değiştirilmesi

sınırlandırılmaktadır. Renkli maddelerin kromofor sistemlerinin parçalanması sonucu renksiz ürünler açığa çıkmaktadır (Ren, 2006).

Lakkaz (EC 1.10.3.2, p-difenol oksidaz), çoklu bakır sistemi aracılığıyla moleküler oksijeni suya indirgeyerek aromatik aminleri ve fenolleri oksitleme yeteneğine sahip ekstraselüler mavi bir oksidazdır (Sójka-Ledakowicz et al., 2007; Thurston, 1994). Lakkaz bazı bitki ve bakterilerde bulunmakta, ancak beyaz küf mantarlarında oldukça fazla olup, diğer mikroorganizmalar arasında lignini en iyi parçalayandır (Sójka-Ledakowicz et al., 2007; Al-Adhami Abdulkareem et al., 2002). Lakkaz, lignin parçalanması açısından en önemli sayılabilecek enzim olup, polimerik lignine saldırabilmekte, ilave hidrofil gruplar kazandırabilmekte ve suda çözünebilen materyaller oluşturabilmektedir. Uygun redoks mediatorlerinin varlığında lakkaz, fenolik olmayan lignin birimlerini de okside edebilmektedir (Sójka-Ledakowicz et al., 2007; Li et al., 1999).

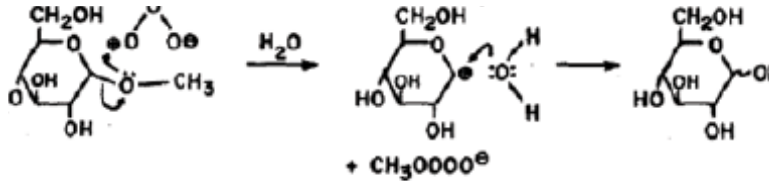
Lakkaz enzimi ile işlem tek başına etkili bir beyazlık sağlayamamaktadır. Enzimatik işlem sonrası lignin miktarında bir miktar düşüş yaşanmakta ancak bu azalma yeterli düzeyde olmamaktadır. Ligninin enzimatik yıkımının, oksidatif ağartma tarafından uzaklaştırılmasını kolaylaştırdığı düşünülmektedir. Sonuç olarak, numunelerin lakkaz ile enzimatik işlemi, peroksit ağartmasının daha ılıman koşullarda (daha düşük sıcaklık ve daha kısa işlem süresi) gerçekleştirilmesini mümkün kılmaktadır. Ancak bu ılıman ağartma koşulları, pektinin tamamen uzaklaştırılmasına olanak tanımamakta, bu da materyalin dayanımını korumasının ana nedenini oluşturmaktadır (Betcheva et al., 2007).

Hemiselüloz içeriği, lakkaz ile işlemden sonra da alkali ile işlemden sonrası gibi azalmakta, hemen hemen aynı içerik oranına ulaşmaktadırlar. Lakkaz enzimi keten liflerinde bulunan lignin-selüloz kompleksinden lignini uzaklaştırabilmektedir (Sójka-Ledakowicz et al., 2007). Örneğin, lignindeki fenolik bileşikler lakkaz enzimiyle bir-elektron oksidasyonu yolu ile reaksiyona girmekte ve bunu enzimatik olan/olmayan reaksiyonlar sonucu radikal oluşumu takip etmektedir (Ren and Buschle-Diller, 2007). Keten lifinden ligninin etkili bir şekilde uzaklaştırılması, oksidasyon maddelerinin lif yapısına nüfuzunu kolaylaştırmaktadır (Sójka-Ledakowicz et al., 2007).

Alternatif bir teknik olarak, keten liflerinin hidrofilleştirilmesinde ultrason enerjisinin uygulanabilirliği araştırılmıştır. Tekstil liflerinin terbiye işlemlerinde ultrasonun rolü çok net olmamakla birlikte, elde edilen iyileşmeler ultrasonik

kavitasyonla ilişkilendirilmektedir (Fakin et al., 2006; Buchert et al., 2001; Buschle-Diller et al., 2001; Mason, 1999). Haşıl sökme, hidrofilleştirme, ağartma, mersevizasyon, boyama ve yıkama gibi bazı tekstil terbiye işlemlerinde kütle transferini iyileştirmek amacıyla ultrason enerjisinden yararlanılmıştır (Sahinbaskan and Kahraman, 2011; Yachmenev et al., 2004, 2001; Abou-Okeil et al., 2010; Akalin et al., 2004; Wang et al., 2012; Gotoh and Harayama, 2013; Ahmed et al., 2007; Khajavi et al., 2012; Hebeish et al., 2011; Fakin et al., 2005; Sivakumar and Rao, 2001). Sıvıların sonikasyonu genellikle kavitasyon ve ısıtma gibi iki etkiye yol açmaktadır. İçerisinde çözünmüş gaz bulunan sıvı, güçlü bir ultrasonik dalgaya maruz bırakıldığında, akustik kavitasyon olarak bilinen birçok baloncukun oluşmaya başladığı görülmektedir (Yasui et al., 2005; Perincek et al., 2009). Kavitasyon fiziksel bir olay olup; sıvı içerisinde gözle görülemeyecek kadar küçük vakumlu baloncukların oluşması, bunların belirli bir oranda buhar, gaz veya her ikisi ile dolması ve belirli koşullar altında da patlamasıdır (Perincek et al., 2009; Niemczewski, 2007). Sıvının statik basıncı, buhar basıncının altına düştüğünde sıvı içerisinde bu kaviteler oluşmaktadır. Kaviterler, her hangi bir yüksek basınç alanı ile karşılaştıklarında patlamakta ve çok yüksek basınçlar açığa çıkmaktadır (Perincek et al., 2009; Koivula, 2000). Bu mikroskobik kavitasyon baloncukları, güçlü şok dalgalar yaratarak sıvı/katı ara yüzündeki mekaniksel hareketliliği etkilemektedir (Yachmenev et al., 2004; Perincek et al., 2009). Kavitasyon aracılığıyla sıvı sınır tabakasında yaratılan güçlü çalkalama hareketi ile, hacimli enzim moleküllerinin lif yüzeyine transferi iyileştirilmekte ve böylece reaksiyon hızının artırılması sağlanmaktadır (Yachmenev et al., 2004, 2001; Abou-Okeil et al., 2010; Karaboga et al. 2007; Durden et al., 2001).

Keten liflerinin konvansiyonel ağartma yöntemlerine alternatif olabilecek bir temiz teknoloji olan ozonun kullanımı bu tez çalışması kapsamında incelenmiştir. Ozon, güçlü bir oksitleyici olup, birçok kimyasal reaksiyonda inorganik ve organik maddelerle reaksiyona girmektedir (Perincek et al., 2013; Prabakaran and Venkata, 2001). Katai ve Schuerch, selülozik materyallerin ozonlanmasında doğrudan ozon saldırısının en önemli reaksiyon mekanizması olduğunu göstermiştir (Şekil 2.4). Diğer yandan, ozon ilk olarak lignindeki olefinik ve aromatik gruplarla hızlı bir şekilde reaksiyona girmektedir (Perincek et al., 2013; Lyse, 1979).



Şekil 2.4 Ozon kaynaklı glikozidik bağların hidroliz mekanizması (Lyse, 1979).

Ozon, suda oldukça stabil olmayan bir bileşiktir, ortamın pH'ına bağlı olarak radikaller açığa çıkarmakta ve odun hamuru ağartmacılığında olduğu gibi hidrojen peroksit ve hipokloritten daha hızlı selüloz ile reaksiyona girmektedir (Perincek et al., 2013, 2009).

Konvansiyonel oksidasyon işlemleri, organik bileşikler oksidanlara karşı dirençli olduklarında veya düşük konsantrasyonlarda kullanıldıklarında organik bileşiklerin kompleks yapısını oksitlemede zorluklar yaşamaktadır. Bu durumun üstesinden gelebilmek için serbest hidroksil radikalleri üreten ileri oksidasyon işlemleri geliştirilmiştir. İleri oksidasyon işlemlerinin amacı; serbest hidroksil radikalleri ($\text{OH}\cdot$) üretilip kullanarak, konvansiyonel oksidanlarla oksitlenemeyen bileşikler yok etmektir. Çizelge 2.1 çeşitli kimyasal oksidanların olası oksidasyon potansiyellerini göstermektedir (Al-Kdasi et al., 2004).

Çizelge 2.1 Konvansiyonel oksidasyon maddelerinin oksidasyon potansiyelleri (Al-Kdasi et al., 2004; Carey, 1992; Zhou and Smith, 2002).

Oksidasyon maddesi	Elektro-kimyasal oksidasyon potansiyeli (EOP), V
Florür	3,06
Hidroksil radikali	2,80
Oksijen (atomik)	2,42
Ozon	2,08
Hidrojen peroksit	1,78
Hipoklorit	1,49
Klorür	1,36
Klor dioksit	1,27
Oksijen (moleküler)	1,23

İleri oksidasyon işlemlerinin çok yönlülüğü, $\text{OH}\cdot$ radikalleri üretmedeki farklı olası yöntemlerden kaynaklanmaktadır. İleri oksidasyon işlemleri olarak kabul edilen çeşitli yöntemler Çizelge 2.2'de özetlenmiştir. $\text{OH}\cdot$ radikali üretimi genellikle ozon, hidrojen peroksit, titanyum dioksit, ultraviyole, elektron-ışın yayımı ve ultrason kombinasyonu ile sağlanmaktadır. Bunlar arasından tekstil atık sularını oksitlemede en büyük öneme sahip olanlar ozon/hidrojen peroksit, ozon/ultraviyole ve hidrojen peroksit/ultraviyole kombinasyonlarıdır (Al-Kdasi et

al., 2004; Uygur and K  k, 1999; Kurbus et al., 2003; Glaze et al., 1987; Ince and Tezcanli, 1999).

Çizelge 2.2 İleri oksidasyon işlemleri (Al-Kdasi et al., 2004).

H ₂ O ₂ /UV/Fe ²⁺
H ₂ O ₂ /Fe ²⁺ (Fenton)
Ozon/UV
Ozon/H ₂ O ₂
Ozon/UV/H ₂ O ₂
Ozon/TiO ₂ /Elektron ışın yayımı
Ozon/TiO ₂ /H ₂ O ₂
Ozon + elektron ışın yayımı
Ozon/ultrason
H ₂ O ₂ /UV

Zor ayrı  an veya tehlikeli organik bileşiklerin büyük bir kısmını parçalayabilen UV esaslı ileri oksidasyon işlemlerinin geliştirilmesinin, foto-kimyaayla ilgili teknolojilerin ve foto-kimyasal yöntemlerin geliştirilmesi üzerine büyük etkisi olmuştur (Silva and Faria, 2003; Schrank et al., 2007; Alnaizy and Akgerman, 2000). UV ışığı, 100 ile 400 nm dalga boyu arasında yayılan elektromanyetik bir ışımadır (Edwards, 2000). İşlem sırasında genellikle 254 nm dalga boyuna sahip düşük basıncılı UV lambaları kullanılmaktadır. Ozon moleküllerinin maksimum absorpsiyonu 253,7 nm dalga boyunda gerçekleştiğinden, ışık kaynağı olarak genellikle 200-280 nm arasında UV ışığı üreten orta basıncılı civalı lambalar kullanılmaktadır (Al-Kdasi et al., 2004; Carey, 1992; Zhou and Smith, 2002).

Kolay uygulanabilir olmasından dolayı oksidasyon, en fazla kullanılan kimyasal renk giderme işlemdir. Birçok durumda oksidasyon maddesi hidrojen peroksittir, ancak saf halinde stabil olduğundan aktive edilmesi gerekmektedir. Peroksit, UV ışığı ile aktive edilmektedir (Slokar and Marechal, 1998; Namboodri and Walsh, 1996; Shu and Huang, 1995). H₂O₂/UV işlemi, 1,78 V oksidasyon potansiyeline sahip oldukça güçlü bir oksidasyon türü olan hidroksil radikallerini üretmektedir (Kurbus et al., 2003; Georgiou et al., 2002). H₂O₂/UV sisteminde oldukça reaktif hidroksil radikallerinin oluşumu kimyasal olarak Denklem (1) ile açıklanabilir (Al-Kdasi et al., 2004);



UV ışınımı, maddenin elektronik yapısı ile etkile  eme girebilecek kadar büyük bir oksidasyon potansiyeline (253,7 nm foton 4,89 eV sağlamaktadır)

sahiptir. Organik kirliliklerin parçalanması, elektronik uyarılmış yapı tarafından başlatılmaktadır (Denklem (2)). Moleküler oksijenin parçalanması (Denklem (3)) ile veya oksijen molekülüne doğru elektron transferi işlemini başlatarak (Denklem (4)) zincir reaksiyonunda nihai ürün ile reaksiyona girecek radikalleri oluşturmak için homolitik bağ parçalanması gerçekleşir (Silva and Faria, 2003).



Süperoksit radikal iyonu ($O_2\cdot^-$), aromatik molekülleri parçalayabilmektedir. Düşük basınçlı civalı UV lambaların 253,7 nm'deki emisyonları, sudan basit organik maddelerin uzaklaştırılması için tek başına yeterli olamamaktadır (Silva and Faria, 2003).

Pamuktaki selüloz, D-glikozun basit düz yapısı yüzünden 200 nm'nin altında UV ışınlarını absorblayan kromofora sahip değildir. Bu yüzden pamuğun yüzey modifikasyonu sırasında foto-inisiyatörlere gereksinim duyulmaktadır. Pratikte tekstil uygulamalarında kullanılan foto-inisiyatörler kokusuz, zehirsiz, ucuz ve yıkamayla kolayca uzaklaştırılabilir nitelikte olmalıdır. Bu yüzden ultraviyole ışını kullanılan birçok işlemde aromatik foto-inisiyatörler kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra temelde ağartma maddesi olarak kullanılan hidrojen peroksit, oldukça reaktif hidroksil radikalleri üretebilmek için 300 nm'nin altındaki UV-C bandındaki ışınları absorblayabilmektedir. Hava ve serbest radikaller varlığında yüzey lifleri oksidasyona uğramakta; fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri değişmektedir.

Görünür ışık bölgesinde (400-800 nm) ışınların sahip olduğu enerji yaklaşık olarak 150-300 kJ/mol arasında, ultraviyole dediğimiz çıplak gözle fark edilemeyen ışınların (200-400 nm) sahip olduğu enerji seviyeleri ise 300-600 kJ/mol civarında değişmektedir. Selülozun yapısındaki karbon-karbon, karbon-oksijen ve karbon-hidrojen arasındaki bağlanma enerjilerinin 280-500 kJ/mol olduğu göz önünde tutulursa, 400 nm'den daha az dalga boyuna sahip fotonların selülozun yapısını oluşturan birçok kimyasal bağı koparmaya ve böylece yeni reaksiyonların oluşmasına yetecek enerjiye sahip olduğu anlaşılabilmektedir. Çizelge 2.3'de odunun kimyasal yapısında bulunan bazı kimyasal bağlar ile sahip

oldukları bağlanma enerjileri ve ışınların çeşitli dalga boylarındaki kuantum enerjileri verilmiştir (Perincek et al., 2007b).

Çizelge 2.3 Bazı kimyasal gruplar ve bağlanma enerjileri (Perincek et al., 2007b).

Basit bağ türü	Bağlanma enerjisi (kJ/mol)	Eşdeğer enerjili ışığın dalga boyu (nm)
O-H	460	250
C-H	406	280
C-O	356	340
C-C	339	350
O-O	280	430

280 nm'den daha uzun dalga boyundaki UV ışınlarının, selülozun polimer zincirlerinin kopmasına ve karbon 1 (C1) ile karbon 5 (C5)'den hidrojenin uzaklaşmasına sebep olabileceği, 254 nm ve daha uzun dalga boyundaki UV ışınlarının ise karbon 5 (C5) ve karbon 6 (C6)'dan ve selüloz yan zincirlerden metil gruplarının uzaklaşmasına ve serbest radikal oluşumuna sebep olabileceği elektron spin rezonansı denemeleri sonucunda açıklanmıştır (Millington, 2000; Perincek, 2006).

Tekstil terbiye işlemlerinde endüstriyel boyutta kullanılan bazı UV ile işlemler şu şekilde sıralanabilir;

- Küp boyarmaddelerinin loykoesterleri ile boyamada, boyarmaddenin indirgenmesinde, kimyasallar ve alkali yerine UV ışınımı kullanılabilir.
- Siroflash adlı terbiye işlemi, Avustralya'da yünlü ve pamuklu mamullerin boncuklanma özelliklerinin geliştirilmesinde endüstriyel boyutta kullanılmaktadır. UV ışınımı ile yünlü ve pamuklu örme kumaşların yüzeyindeki lifler zayıflatılmakta, böylece kumaşın mukavemetinde her hangi bir kayıp meydana gelmeden boncuklanma özelliklerinde iyileşme sağlanmaktadır.
- Ozon veya hidrojen peroksit/klorür gibi katalizatörler varlığında UV ışınım, boyarmaddelerin ve diğer organik bileşiklerin büyük bir kısmını parçalamakta, atık suda renk gidermede kullanılmaktadır.
- İnk jet baskıların ve pigment baskıların kurutulmasında kullanılmaktadır.

- Tekstillerdeki kaplamaların kurutulmasında kullanılmaktadır.
- Yün ve pamuk boyama özelliklerin geliştirilmesinde kullanılmaktadır.
- Pamuk ağartmacılığında kullanılmaktadır.
- Tekstil atık sularının rengini gidermede ozon veya titanyum dioksit ile birlikte kullanılabilir.
- Yünlü kumaşların daha düşük sıcaklıklarda boyanabilirliğinin sağlanmasında kullanılmaktadır (Kabayev and Kazakeviciute, 2005; Mansuri et al., 2011; Millington, 1998; Chitzaz et al., 2010).

2.2 Soya Fasulyesi Protein Liflerinin Yapısı ve Terbiye İşlemleri

Yün, ipek gibi doğal protein lifleri her ne kadar iyi fiziksel özelliklere sahip olup tekstil endüstrisinde yaygın bir şekilde kullanılsa da, kullanım ve işlem maliyeti açısından kısmen pahalıdır. Ekonomik gerekçelerden ayrı olarak hayvansal lifler fiziksel olarak da birçok kıstas tarafından sınırlandırılmaktadır; yün ve ipek lifleri değişken çaplara sahip olup performans özellikleri sınırlıdır, yün yüzeyinde pulcukların bulunuyor oluşu keçeleşme ve boyama güçlüğü ile sonuçlanmaktadır. Soya fasulyesi protein lifinde olduğu gibi rejenere protein liflerinde ise teorik olarak incelikte her hangi bir sınırlama yoktur, istenilen incelikte lifler çekilebilmektedir. Son 50 yılda petrol fiyatlarının 21 kat, soya fasulyesi protein fiyatının ise sadece 6,5 kat arttığı göz önünde bulundurulursa, soya fasulyesinin tekstil endüstrisinde lif üretimi açısından oldukça rekabetçi bir materyal olduğu söylenebilir (Vynias, 2006).

Soya fasulyesi proteinlerinin bir diğer avantajı ise yer fıstığı (%25) ve mısır (%10) göre daha yüksek protein (%40) içeriğine sahip olması ve üreticiler tarafından çevre dostu üretimin gerçekleştirilmesidir. Ayrıca, moleküler genetik teknikler kullanılarak bitkisel proteinler modifiye edilebilmekte ve lif özellikleri geliştirilebilmektedir (Vynias, 2006). Ürünler doğada parçalanabilmekte, böylece dünyayı atıklarıyla kirletmemektedir. Miktar olarak fazla ve fiyat olarak ucuz olmasıyla üretimi ve kullanımı doğal kaynakların tüketimi açısından bir yük getirmemekte aksine yeniden geri kazanılmasına yardımcı olmaktadır. Üretimi esnasında kullanılan yardımcı malzemeler zehirli değildir. Protein özütü çıkarıldıktan sonra geriye kalan artıklar beslenme amacıyla kullanılabilir.

Soya fasulyesi protein lifi, polivinilalkol ile karıştırılan soya fasulyesi proteininden elde edilen rejenere bir protein lifidir (Vynias, 2006; Zhang et al., 2003). Soya fasulyesi protein lifi krem renge sahip olup, çapları 20 µm civarındadır (Vynias, 2006). Soya fasulyesi protein liflerinin taramalı elektron mikroskobu analizleri, yüzeyde eksene paralel, yüzeyde ve derinlikte değişen boylamsal çizgilerin olduğunu ve böbrek şeklinde enine kesitin bulunduğunu göstermektedir. Yaş lif çekimi sisteminde koagülasyon hızı ile lifin enine kesit şeklinin değiştiği, yüksek koagülasyon hızında dairesel olmayan enine kesitin elde edildiği belirlenmiştir (Vynias, 2006; Tsai and Su, 1991).

10 yıllık yoğun bir araştırmanın sonunda Çinli bilim adamı Guanqi Li, soya fasulyesi proteininden ve polivinilalkolden yüksek mukavemetli soya fasulyesi protein lifi üretmeyi başarmıştır (Rijavec and Zupin, 2011; Li, 2007). Polivinilalkol, soya fasulyesi protein lifine yüksek mukavemet ve kabul edilebilir giyilebilirlik özelliği kazandırmaktadır. Yüksek yaş mukavemetli lifler %5-23 soya fasulyesi protein izolatu ve %77-95 polivinilalkol içermektedir (Rijavec and Zupin, 2011; Mathur and Hira, 2004).

Soya fasulyesi protein lifi, yumuşaklık ve parlaklık bakımından ipek-kaşmire benzediğinden, üreticiler onları “suni kaşmir”, “bitkisel kaşmir” veya “soya ipeği” olarak adlandırmakta ve ipek ve kaşmir liflerine olan talebi azaltmaya çalışmaktadır. Kaşmir keçileri, bitki örtüsüne zarar vermekte, dolayısıyla sayılarının azaltılması ekolojik yarar sağlamaktadır (Rijavec and Zupin, 2011).

Soya fasulyesi protein liflerinden elde edilen kumaşlar, soya fasulyesi protein lifleri kuvvetli kostik-sodaya dayanıklı olmadığından merserize edilememektedir. Dokunmuş ve örülmüş kumaşlar giyim (iç giyim, T-shirt, süveter, kazak, gece elbisesi, çocuk giysisi ve spor giysisi) ve ev tekstili (havlu, çarşaf, bahtaniye, bornoz, pijama) amaçlı kullanılabilir. Yüne oranla daha az sürtünme direncine sahip olduklarından otomobil döşemeliğinde kullanılmaktadır. Soya fasulyesi protein liflerinden üretilmiş kumaş iyi silme özelliğine sahip olmaktadır (Rijavec and Zupin, 2011; Reek, 2008).

1960’ların başında, mükemmel mekanik özelliklere sahip ucuz sentetik liflerin üretimindeki hızlı gelişim, rejenere protein liflerinin ticari üretimini etkilemiş, 1960’ların ortasında üretimleri tamamen kesintiye uğramıştır. Günümüzde, dünya nüfusundaki artış ilave tekstillere ihtiyaç duyulmasına neden

olmaktadır. Günümüzün lif üretim stratejisi, ham petrolden yenilenebilir ham maddelere, çevre dostu, biyolojik olarak parçalanabilen veya geri kazanılabilen, sürdürülebilir liflere geçişi gerekli kılmaktadır. Geleceğin tekstil lifleri üretimi için önemli olan ham maddeler oldukça ucuz olup dünyanın her yerinde zirai yan ürün olarak bulunabilmektedir; pirinç sapından elde edilen ligno-selüloz, buğday gluteni, yağı uzaklaştırıldıktan sonra süttten elde edilen kazein, nişasta üretiminden sonra mısırdan elde edilen zein proteini, fasulyeler basılıp yağı uzaklaştırıldıktan sonra elde edilen soya fasulyesi proteini (Rijavec and Zupin, 2011; Yang, 2006).

2.2.1 Soya fasulyesi protein liflerinin elde ediliş yöntemi

Soya fasulyesi protein liflerinin elde edilmesinde kullanılan soya fasülyesi, öncelikle besin değeri olan yağın çıkarılması için preslenir. Bu işlemin yan ürünü olan ve normalde ıskarta olarak ayrılacak ve atılacak olan kısım “pasta” olarak isimlendirilir. Bu pasta izole edilmiş soya proteininin içine katılır ve sıvı formuna getirilir. Bundan sonra, polivinilalkol içerisinde çözülerek yaş lif çekim yöntemine göre çekilir. Bu yaş çekim işlemi bir bakıma polyesterin elde edilışindekine benzer; aradaki fark soya fasülyesinde döngünün tam kapalı olmasıdır. %100 geri dönüşüm vardır ve hiçbir polimer dışarı atılmaz, kirli su bırakılmaz. Yaş lif çekim yöntemiyle üretilmiş olan 0,9~3,0 dtex aralığında değişen lifler asetillenerek sağlamlaştırılır. Son aşamada ise kıvrıcıklaştırma ve ısısal sabitlemenin ardından ştapel formunda kesilir (Vynias, 2006).

Soya fasulyesi proteini doğal haliyle lif çekimi için uygun olmadığından denatürasyon ve parçalama işlemleri uygulanır. Soya fasulyesi proteinlerinin denatürasyon işlemi alkalilerle, ısıyla ve enzimlerle gerçekleştirilebilir (Vynias, 2006).

Denatürasyon işleminden sonra soya fasulyesi ve polivinilalkol içeren çözelti filtre edilmekte, moleküler zincirlerin oryantasyonunun gerçekleştiği düzelere doğru gönderilmektedir. Oryantasyonun büyük kısmı iki ardışık koagulasyon banyosunda sağlanmaktadır (Vynias, 2006; Zhang et al., 2003). Başlangıçtaki koagulasyon banyosunun sıcaklığı 50⁰C iken son koagulasyon banyosunun sıcaklığı 70⁰C’dir (Vynias, 2006; Sakurada, 1985). Liflerin enine kesiti koagulasyon hızına ve kullanılan soya fasulyesi/polivinilalkol karışımına bağlı olarak değişmektedir (Vynias, 2006; Zhang et al., 2003). Bir sonraki işlem mekanik özellikleri geliştirmek için köprü bağı oluşturma işlemidir (Vynias, 2006).

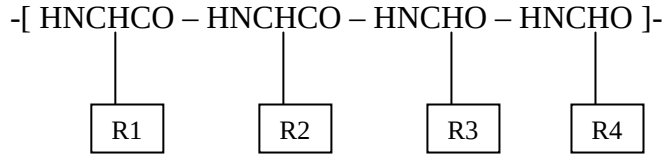
Asetillemenin rejenere protein liflerinin özelliklerini geliştirdiği belirtilmektedir. Soya proteinlerinin asetilasyonunun glycinin konformasyonunu değiştirdiği ve yüzey hidrofobluğunu arttırdığı belirtilmektedir. Kopma mukavemeti açısından gelişmiş lif özellikleri, eğirme sırasında çapraz bağlayıcı madde olarak glutaraldehit kullanıldığında elde edilmiştir (Vynias, 2006). Üretimin son adımında lifler yıkanmakta, kurutulmakta ve çekme özelliklerini geliştirmek için gerilmektedir.

Soya fasulyesi protein liflerinin en önemli dezavantajı, özellikle yaş haldeyken düşük olan kopma mukavemetleridir. Vynias, soya fasulyesi protein liflerinin yüksek miktarlarda glutamik ve aspartik asit içerdiğini belirtmiştir. Her iki amino asitte oldukça polar amino asitler olup suyla etkileşime girebilmektedir. Huang, su ile protein arasındaki hidrojen bağlarının moleküller arasındaki hidrojen bağları ile yarışabildiğini belirtmiştir. Soya fasulyesi protein lifi sıvı ortamda bulunduğunda, proteinler ve su arasındaki hidrojen bağları moleküller arasındaki hidrojen bağlarının yerini almaktadır (Vynias, 2006). Zhang ve arkadaşları, polivinilalkolü soya fasulyesi protein liflerinin çekilebilirliğini geliştirmek için kullanmıştır. Polivinilalkol, yüksek mukavemete ve modüle sahip sentetik bir polimer olup keratin liflerinde güçlendirici olarak kullanılmıştır (Vynias, 2006; Sakurada, 1985; Katoh et al., 2004). Zhang ve arkadaşları, polivinilalkolün eğirme çözeltisine ilave edilmesi ile birlikte soya fasulyesi protein liflerinin mekanik özelliklerinin geliştiğini belirtmiştir (Vynias, 2006; Zhang et al., 2003).

2.2.2 Soya fasulyesi protein liflerinin kimyasal-fiziksel özellikleri

2.2.2.1 Kimyasal yapısı

Soya fasulyesi protein lifleri, peptid zincirleri içeren doğrusal polimer formunda olup, birden çok aminoasitin kondenzasyon polimerizasyonu tepkimesine girmesiyle oluşmaktadır. Moleküler yapısı Şekil 2.5'deki gibi gösterilebilmektedir.



Şekil 2.5 Soya fasulyesi protein liflerinin moleküler yapısı.

R_1 , R_2 , R_3 , R_4 grupları polar veya apolar gruplar olabilir. Soya fasulyesi protein liflerinin moleküler ağırlığı 8.000 ile 60.000 arasında değişmekte olup, moleküler konfigürasyonu α sarmal yapısı ile β katlarının uygun birleşimidir. Polar ve apolar grupların etkileşimiyle, soya lifinin moleküler zinciri bir araya toplanmaya meyillidir ve bu durum küresel protein adı verilen hemen hemen soğan şekline yakın karmaşık yapı meydana getirmektedir. Soya fasulyesindeki küresel protein miktarı %90 civarında iken albumin miktarı sadece %5'tir. Küresel proteinin hem su hem de soda (alkali) içerisinde çözülebilmesi sayesinde lif çekiminin yapılması mümkün olmaktadır (Yan et al. 2004).

Soya fasulyesi proteinleri 18 farklı amino asit içermektedir. Bunların yaklaşık %23'ü asidik amino asit (glutamik asit ve aspartik asit), %25'i bazik amino asit (serin, arjinin, lisin, tirozin, tireonin, triptofan) olup, yaklaşık %30'u da nötr amino asittir (leucine, fenil alanin, valin, alanin, izoleucine, pirolin, glisin). Kükürt içeren amino asitler de yer almaktadır (Çizelge 2.4) (Rijavec and Zupin, 2011).

Çizelge 2.4 Soya fasulyesi protein liflerinin amino asit içerikleri (Vynias, 2006).

Amino asit	İçeriği, %	Yan zincirin yapısı
Glisin	8,8	Hidrokarbon
Alanin	7,5	
Fenil alanin	4,4	
Valin	6,3	
Leucine	9,8	
Izoleucine	4,8	
Serin	6,4	Polar
Treonin	4,3	
Tirozin	-	
Aspartik asit	12,8	Asidik
Glutamik asit	18,2	
Histidin	5,5	Bazik
Arjinin	0,8	
Lisin	3,9	
Methionin	0,8	Sülfür içeren
Sistin	0,1	
Triptofan	-	Heteroçiklik
Pirolin	5,6	

Soya fasulyesi proteinleri, çok çeşitli polipeptid grupları içermektedir; yaklaşık %90'ı tuz çözeltisinde çözünebilen globulinler ve geri kalanı suda çözünebilen albuminlerdir. Tekstil lifi üretimi için ham materyalin, β -conglycinin ve glycinin ile birlikte globulinleri içermesi oldukça önemlidir (Rijavec and Zupin,2011).

Globulinler, isoelektrik noktalarının üstünde veya altında çözünebilmekte, isoelektrik noktalarının yakınlığında ise çözünmemektedirler. Soya proteinleri pH 1,5-2,5'da ve pH 6,3'ün üzerinde maksimum çözünürlüğe sahip iken, pH 3,75-5,25 arasında minimum çözünürlüğe sahiptirler. Soya fasulyesi proteinleri, pH 4-5 arasında isoelektrik noktaya sahip olan ve bu pH aralığında soya fasulyesi proteinlerinin çözünmemesine neden olan iki temel proteinden, glycinin ve β -conglycininden oluşmaktadır (Vynias, 2006).

2.2.2.2 Fiziksel özellikleri

Soya, yün, ipek, viskon ve pamuk liflerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri test edilmiş ve karşılaştırılmalı olarak Çizelge 2.5'de verilmiştir (Swicofil AG, 2012). Gerçekleştirilen test sonuçları göstermiştir ki; soya fasulyesi protein liflerinin ısısal çekme değerleri oldukça iyidir ve liflerin belirlenmiş bir erime noktası bulunmamaktadır. 160°C'de mukavemetleri oldukça düşmekte ve renkleri mat sarıya dönmektedir. 200°C'de renk koyu sarı haline gelmekte, 300°C'de de karbonize olarak kahverengiye dönmektedir. Bu nedenle boyama ve diğer işlemlerde sıcaklığın 100°C'yi geçmemesi tavsiye edilmektedir. Eğer ayarlanan sıcaklık 110°C ise, kumaş tutumu sertleşecektir. Bu durumda, kumaşın tutumu sadece 60°C'nin üzerinde yapılacak sabun yıkaması ile geliştirilebilir (Swicofil AG, 2012).

Soya fasulyesi protein liflerinin ışık haslığı dış ortam koşullarında 2 aylık süre için test edilmiştir. Testin ardından liflerin renklerinin çok az solduğu, mukavemetlerinin %11 düştüğü ve küf yapıcı mantarların oluşmadığı gözlenmiştir. Bundan başka ultraviyole ışınları altında 120 saatlik süre sonrasında mukavemetler, sadece %9,8 düşmüştür. Test sonuçları göstermiştir ki; soya fasulyesi protein lifleri, pamuk, viskon ve ipekten daha iyi ışık haslığı özelliği ve iyi ultraviyole ışın dayanımına sahiptir (Swicofil AG, 2012).

Çizelge 2.5 SPL'nin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin pamuk, viskon, ipek ve yün ile kıyaslanması (Swicofil AG, 2012).

Özellikler	Soya	Pamuk	Viskon	İpek	Yün
Kuru kopma mukavemeti (cN/dtex)	3,8-4,0	1,9-3,1	1,5-2,0	2,6-3,5	0,9-1,6
Yaş kopma mukavemeti (cN/dtex)	2,5-3,0	2,2-3,1	0,7-1,1	1,9-2,5	0,7-1,3
Kuru kopma uzaması, %	18-21	7-10	18-24	14-25	25-35
Başlangıç modülü, kg/mm ²	700-1300	850-1200	850-1150	650-1250	
İlmik mukavemeti, %	75-85	70	30-65	60-80	
Düğüm mukavemeti, %	85	92-100	45-60	80-85	
Nem tutma, %	8,6	9,0	13,0	11,0	14-16
Yoğunluk, g/cm ³	1,29	1,5-1,54	1,46-1,52	1,34-1,38	1,33
Isıl direnç	Sararma ve 120°C'de sararma, Kötü	150°C'de uzun süreli işlemden sonra kahverengileşme, Mükemmel	150°C'de uzun süreli işlemden sonra mukavemet kaybı, İyi	Sıcaklık 148°C ve altında olduğunda stabil kalmakta, İyi	İyi
Alkaliye direnç	Genel seviyede	Mükemmel	Mükemmel	İyi	Kötü
Aside direnç	Mükemmel	Kötü	Kötü	Mükemmel	Mükemmel
UV dayanım	İyi	Genel seviyede	Kötü	Kötü	Kötü

Çizelge 2.6'ya göre; soya fasulyesi protein liflerinin kütsel özdirencinin, ipek ile benzerlik gösterdiği ve diğer liflerden daha düşük olduğu aşıkârdır. Buradan hareketle soya fasulyesi protein liflerinin, tekstil imalatı ve giyim özelliği açısından iyi bir anti-statik eekte sahip olduğu söylenebilir (Swicofil AG, 2012).

Çizelge 2.6 Soya fasulyesi protein liflerinin anti-statik özelliklerin karşılaştırılması (Swicofil AG, 2012).

Lif Cinsi	Kütle Özdirenci / lg pt
Pamuk	6.8
Yün	8.4
İpek	9.8
Viskon	7.0
Poliamid	9~12
Polietilen	8.0
Poliakrilonitril	8.7
Soyafasülyesi Lifi	10.33

Soya fasülyesi proteini, hidroksil, amidocianojen ve karboksil gibi insan vücudu için gerekli olan pek çok aminoasit ihtiva eder. Soya fasulyesi protein liflerinin biolojik açıdan uyumlu olduğu ve insan sağlığına yararlı olduğu aşıkârdır. Bundan başka, lif çekimi işlemi esnasında eklenen anti-mikrobiyal maddeler, koli basili, iltihaplı isilik bakterisi ve sporotiris gibi zararlıların

gelişimini sınırlandırır. Bundan dolayı soya fasulyesi protein lifleri bir çeşit medikal lif olarak kabul edilebilir (Swicofil AG, 2012).

Bu liften elde edilen kumaşlar aşağıdaki özelliklere sahip olmaktadır;

- **Görünüm:** Soya fasulyesi protein lifleri, kumaşı seçkin bir hale getiren ipek parlaklığına ve üstün dökümlülük özelliğine sahiptir. Kumaşın yüksek numaralı iplikleri bile temiz ve iyi görünümleriyle en üst kalite gömlekler için idealdir. Hem bayan hem erkek giyiminde tercih edilebilir.
- **Konfor:** Soya fasulyesi protein lifleri sadece görsel anlamda değil giyim esnasında da çok iyi özelliklere sahiptir. Bu liften elde edilmiş örme kumaşlar, ipek ve kaşmir karışımından elde edilmiş kumaşların yumuşak, pürüzsüz ve hafif tutumuna ve onu konforlu ve sağlıklı hale getiren, pamuk ile aynı nem emilimine pamuktan daha iyi nem iletim özelliğine sahiptir. Normal kışlık ve yazlık giyim dışında iç giyimde de kullanımı mümkündür.
- **Boyanma Özelliği:** Soya fasulyesi protein liflerinin orijinal rengi “Tussah İpeği” gibi açık sarıdır. Canlı-parlak renkler, gün ışığı dayanımı ve ter haslığı sağlayan asit boyarmaddeleri ve reaktif boyarmaddeler ile boyanabilir.
- **Fiziksel Özellikler:** Tek bir soya fasulyesi protein lifinin kopma dayanımı 3,0 cNdtex’in üzerindedir. Bu değer yünün, pamuğun ve ipeğin sahip olduğundan daha yüksektir ve sadece poliester lifinden daha düşüktür.
- **Fonksiyonel Özellikler:** Soya fasulyesi protein lifleri insan cildi ile iyi bir temasa sahiptir ve iyi düzeyde sağlık koruması sağlayan birçok çeşit aminoasiti yapısında ihtiva etmektedir. Deriyle temas ettiğinde soya fasulyesindeki proteinler, deride bulunan kolajen doku proteinlerini harekete geçirerek derinin nefes almasını arttırmaktadır. Lifin moleküler zincirinde bakterilere karşı dayanıklı gruplar yer almaktadır. Bunlar, ürünlerin “colibacillus”, “staphylococcus aureus” ve “candida albicans” gibi bakterilerden korunmasını sağlamaktadır. İç giyim yanı sıra havlu gibi hijyen gerektiren ürünler için idealdir (Swicofil AG, 2012).

Yukarıda sayılan özellikleri sayesinde hem saf halde hem de diğer liflerle karışımları yazlık ve kışlık giyim için her türlü kıyafette kullanılmasına olanak tanımaktadır. Bunun yanı sıra iç giyim, bebek kıyafetleri gibi tutum ve konfor

özelliklerinin öne çıktığı durumlar için de idealdir. Nem çekiciliği ve sonrasında hızlı şekilde bu nemi uzaklaştırması özelliği nevresim takımları, yastık kılıfları ve havlularda kullanımına olanak tanımaktadır. Bu özellik sayesinde spor kıyafetlerinde kullanımı da mümkün olmaktadır (Swicofil AG, 2012).

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1 Kullanılan Materyal ve Cihazlar

Denemelerde 1/1 bezayağı dokuma konstrüksiyonunda, 210 g/m² ağırlığında, %100 ham keten kumaş ve ribana örme konstrüksiyonunda, 140 g/m² ağırlığında, %100 ham soya kumaşı kullanılmıştır. Enzimatik işlemler sırasında kullanılan keten kumaş ağırlığı 4 g, soya kumaş ağırlığı 8 g; ağartma işlemleri (ozon ve/veya yükseltgen/indirgen ağartmalar) sırasında kullanılan keten kumaş ağırlığı 1 g, soya kumaşı ağırlığı 3 g; ultraviyole ile işlem sırasında kullanılan keten kumaş ağırlığı 3,5 g, soya kumaşı ağırlığı 0,3 g'dır. Denemelerde kullanılan yumuşak işletme suyunun tüm sertlik değeri 1,5⁰F sertliğidir. Kullanılan kimyasal ve yardımcı maddeler Çizelge 3.1'de özetlenmiştir.

Çizelge 3.1 Denemelerde kullanılan kimyasal ve yardımcı maddeler.

Rucolase HPZ	Rudolf Duraner marka amilaz enzimi
Rucolase PTZ	Rudolf Duraner marka pektinaz enzimi
DeniLite II S	Novozymes marka toz formda lakkaz enzimi
Gempil 4L Conc	Gemsan marka selüloz enzimi
Terbinox Ultra PCL Conc	Alfa Kimya'nın antiperoksit enzimi
Alcalase 2.5 L	Novozymes marka proteaz enzimi
Savinase 16 L	Novozymes marka proteaz enzimi
Esperase 8.0 L	Novozymes marka proteaz enzimi
Hidrojen peroksit	Merck marka (%50)
Stabilizatör SFA	Alfa Kimya'nın organik bazlı peroksit stabilizatörü
Gemsol NS 60	Gemsan marka non-iyonik ıslatıcı maddesi
Heptol EMG	CHT marka iyon tutucu
Gemsol 110 AL-1	Gemsan marka non-iyonik/anyonik yıkama maddesi
Sodyumhidroksit	Merck marka katı madde
Tanacid NA	Bayer marka tampon asit
Sodyum karbonat	Merck marka
Sodyumhipoklorit	Alfa Kimya
Sodyumdiyodit	Merck marka
Sodyumperoksidisülfat	Merck marka

Denemelerde kullanılan cihaz ve makineler ise Çizelge 3.2’de yer almaktadır;

Çizelge 3.2 Denemelerde kullanılan cihaz ve makineler.

Ultrasonik yıkama makinesi	KRM Teknoloji marka (Banyo hacmi: 4 lt, Frekans: 40 kHz, Transduser: 2 adet)
Ozon jeneratörü	Ozon & Marine marka (Sisteme beslenen O ₂ =5 L/dak, seviye=3)
UV lambası	Philips marka, UV-B
Laboratuvar tipi boyama makinesi	Termal marka
pH metre	Ino Lab marka
Fulard	Ernst Benz marka
Spektralfotometre	Hunter Lab marka Ultra Scan PRO model Minolta 3600 d model
Temas Açısı Ölçüm Cihazı	KSV marka CAM 101 model
FTIR Ölçüm Cihazı	Perkin Elmer marka Spectrum 100 model
Taramalı Elektron Mikroskobu	Hitachi marka, TM-1000 model
Kumaş Kopma Mukavemeti Cihazı	Loyd LR5K

3.2 Yöntem

Keten ve soya kumaşların ultrason enerjisi, ozon ve ultraviyole enerjisi varlığında gerçekleştirilen işlemlerinin optimizasyonunu sağlamak amacıyla Box-Behnken istatistiksel deney tasarımıyla yararlanılmıştır. Uygulanan deney tasarımı kapsamında, **ultrason** enerjisi varlığında gerçekleştirilen denemelerde elde edilecek sonuçlar üzerinde en fazla etkisi olacağı düşünülen “**enzim konsantrasyonu, işlem sıcaklığı ve işlem süresi**” parametreleri; **ozon** varlığında gerçekleştirilen denemelerde “**ozonla işlem süresi, hidrojen peroksit ile işlem süresi ve hidrojen peroksit konsantrasyonu**”; **ultraviyole** enerjisi varlığında gerçekleştirilen denemelerde “**ultraviyole ile işlem süresi, hidrojen peroksit konsantrasyonu, sodyum hidroksit konsantrasyonu, sodyum peroksidisülfat konsantrasyonu, ultraviyole ışığına olan uzaklık**” değişken parametreler olarak seçilmiştir. Her bir değişkenin üç farklı seviyesi deneylere konu olmuştur (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3 Ultrason, ozon ve ultraviyole enerjisi varlığında gerçekleştirilen denemelere ilişkin uygulanan Box-Behnken deney tasarımı kapsamında incelenen değişkenler ve değişkenlere ait seviyeler.

		Değişkenler	-1	0	1
US	Keten	Amilaz (g/l)	0	0,5	1
		Lakkaz (g/l)	0	0,5	1
		Pektinaz (g/l)	0	0,5	1
		Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	30	50	70
		Süre (dak.)	20	40	60
	Soya	Alcalase (%)	0	2,5	5
		Savinase (%)	0	2,5	5
		Esperase (%)	0	2,5	5
		Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	30	50	70
		Süre (dak.)	20	40	60
O ₃	Keten	Ozonla işlem süresi (dak.)	5	10	15
		Hidrojen peroksit konsantrasyonu (g/l) %50	1	3	5
		Peroksitle işlem süresi (dak.)	15	35	55
UV	Keten	Ultraviyole ile işlem süresi (dak.)	1	2	3
		Hidrojen peroksit konsantrasyonu (g/l) %50	20	40	60
		NaOH (g/l)	5	20	35
		Na-peroksidisülfat (g/l)	0	3	6
		Ultraviyole ışığına olan mesafe (cm)	10	17	24
	Soya	Ultraviyole ile işlem süresi (dak.)	1	2	3
		Hidrojen peroksit konsantrasyonu (g/l) %50	40	60	80
		Sodyum karbonat (g/l)	20	35	50
		Na-peroksidisülfat (g/l)	0	6	12
		Ultraviyole ışığına olan mesafe (cm)	10	17	24

Her bir değişkenin üç farklı seviyesinin konu edildiği Box-Behnken deney tasarımları Çizelge 3.4, 3.5, 3.8, 3.11 ve 3.13’de yer almaktadır.

3.2.1 Keten ve soya kumaşların ultrason enerjisi varlığında gerçekleştirilen enzimatik işlemleri

Ultrason enerjisi varlığında enzimatik işleme başlamadan önce, kavitasyona olumsuz etkisi olduğu bilinen banyodaki çözünmüş gazların uzaklaştırılması amacıyla, yumuşak su içerisine 1 g/l non-iyonik ıslatıcı ve 1 g/l iyon tutucu ilave edildikten sonra, enzimler ilave edilmeden ve kumaş yerleştirilmeden ultrason makinesi oda sıcaklığında 30 dakika çalıştırılmaktadır. 30 dakikalık “gaz aldırma” olarak da bilinen uygulamadan sonra, banyonun pH değeri keten kumaşlar ile çalışılırken 7,5-8 olacak şekilde sodyum hidroksit ile soya kumaşlar ile çalışılırken ise 8,5-9 olacak şekilde sodyum karbonat ile ayarlanmakta, sistem işlem sıcaklığına ulaştığında enzimler ilave edilip kumaş yerleştirilmekte ve işlem süresi başlatılmaktadır. İşlem süresi sonunda kumaşlar 1 g/l non-iyonik yıkama maddesi ile 95 $^{\circ}\text{C}$ ’de 10 dakika yıkanmakta, ardından 95 $^{\circ}\text{C}$ ’de 10 dakika durulanmakta ve son olarak da 10 dakika taşar durulama işlemine tabi

tutulmaktadır. Ard yıkama işlemleri tamamlanan numuneler oda sıcaklığında serilerek kurutulmaktadır.

Çizelge 3.4 Keten kumaşların, ultrason enerjisi varlığında gerçekleştirilen enzimatik işlemlerine ilişkin Box-Behnken deney tasarımı.

Deney No:	A	L	P	S	T	Deney No:	A	L	P	S	T
1	0	0	0	0	0	24	0	0	0	1	-1
2	0	0	0	1	1	25	0	-1	-1	0	0
3	0	0	0	0	0	26	-1	0	0	0	1
4	0	-1	0	0	1	27	-1	0	0	-1	0
5	0	-1	0	0	-1	28	0	0	-1	0	1
6	1	-1	0	0	0	29	0	0	-1	0	-1
7	-1	0	1	0	0	30	0	0	0	0	0
8	0	-1	0	1	0	31	0	-1	0	-1	0
9	0	0	0	-1	1	32	0	0	-1	1	0
10	1	0	0	0	1	33	0	-1	1	0	0
11	-1	-1	0	0	0	34	0	0	1	0	-1
12	0	1	1	0	0	35	1	0	-1	0	0
13	-1	0	0	1	0	36	0	0	1	-1	0
14	-1	0	-1	0	0	37	1	1	0	0	0
15	0	1	-1	0	0	38	0	1	0	0	1
16	0	0	0	0	0	39	0	0	1	1	0
17	0	0	1	0	1	40	-1	0	0	0	-1
18	1	0	1	0	0	41	1	0	0	-1	0
19	-1	1	0	0	0	42	0	0	0	0	0
20	1	0	0	0	-1	43	0	0	0	0	0
21	1	0	0	1	0	44	0	0	0	-1	-1
22	0	0	-1	-1	0	45	0	1	0	0	-1
23	0	1	0	1	0	46	0	1	0	-1	0

A=amilaz, L=lakkaz, P=pektinaz, S=sıcaklık, T=süre.

Çizelge 3.5 Soya kumaşların, ultrason enerjisi varlığında gerçekleştirilen enzimatik işlemlere ilişkin Box-Behnken deney tasarımı.

Deney No:	A	S	E	P	T	Deney No:	A	S	E	P	T
1	0	-1	0	-1	0	24	0	1	0	-1	0
2	-1	1	0	0	0	25	0	1	-1	0	0
3	0	0	0	0	0	26	0	-1	0	0	-1
4	-1	-1	0	0	0	27	1	-1	0	0	0
5	0	0	0	0	0	28	0	0	0	0	0
6	0	-1	-1	0	0	29	0	0	0	-1	-1
7	0	0	0	-1	1	30	1	0	-1	0	0
8	0	1	0	1	0	31	0	0	0	1	-1
9	0	0	-1	0	1	32	0	1	1	0	0
10	0	-1	0	1	0	33	0	0	1	0	-1
11	0	0	0	0	0	34	0	0	0	1	1
12	0	0	-1	1	0	35	1	1	0	0	0
13	-1	0	0	-1	0	36	0	-1	0	0	1
14	0	0	0	0	0	37	0	1	0	0	1
15	-1	0	0	1	0	38	0	0	1	0	1
16	1	0	0	-1	0	39	-1	0	1	0	0
17	-1	0	-1	0	0	40	0	-1	1	0	0
18	1	0	1	0	0	41	-1	0	0	0	1
19	0	0	0	0	0	42	1	0	0	0	-1
20	0	0	1	-1	0	43	0	1	0	0	-1
21	1	0	0	1	0	44	0	0	1	1	0
22	0	0	-1	-1	0	45	1	0	0	0	1
23	-1	0	0	0	-1	46	0	0	-1	0	-1

A=alcalase, S=savinase, E=esperase, P=süre, T=sıcaklık.

Box-Behnken deney tasarımı sonucunda elde edilen ve keten kumaşların özelliklerinde üç farklı değişikliğe yol açacağı düşünülen üç reçete ultrason enerjisi varlığında/yokluğunda ve konvansiyonel olarak laboratuvar tipi boyama makinesinde ultrason enerjisi kullanılmadan Çizelge 3.6’da yer alan deney planına uygun olarak tekrar edilerek, işlem gören kumaşların özellikleri kantitatif ve kalitatif olarak değerlendirmeye alınmıştır. Ultrason enerjisinin ve konvansiyonel işlemin her ikisinin de kullanılmadığı deney grubu (deney no: 7, 8, 9) ultrasonik yıkama makinesinde ultrason çalıştırılmadan gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.6 Box-Behnken deney tasarımı sonucunda elde edilen optimum üç reçetenin ultrason enerjisi varlığında/yokluğunda ve konvansiyonel olarak gerçekleştirilmesine ilişkin deney planı.

Deney No:	US	K	Enzimatik işlem				
			C _{Lakkaz} (g/l)	C _{Pektinaz} (g/l)	C _{Amilaz} (g/l)	S (°C)	T (dak.)
1	+	-	0,8	1	0,7	70	45
2	+	-	0,1	0,8	0,2	60	35
3	+	-	0,1	0,1	0,1	30	20
4	+	-	-	-	-	70	45
5	+	-	-	-	-	60	35
6	+	-	-	-	-	30	20
7	-	-	0,8	1	0,7	70	45
8	-	-	0,1	0,8	0,2	60	35
9	-	-	0,1	0,1	0,1	30	20
10	-	+	-	-	-	70	45
11	-	+	-	-	-	60	35
12	-	+	-	-	-	30	20
13	-	+	0,8	1	0,7	70	45
14	-	+	0,1	0,8	0,2	60	35
15	-	+	0,1	0,1	0,1	30	20

S=sıcaklık, T=süre, US=ultrasonik işlem, K=konvansiyonel işlem.

Ultrasonun sonuçlara olan etkisi belirlendikten sonra, elde edilen optimum reçeteler ultrason varlığında tekrar edildikten sonra numuneler ultrason varlığında ve konvansiyonel olarak selülaz enzimi ile işleme tabi tutulmuş ve numunelerin ağırlık değerlerindeki değişimler incelenmiştir (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7 Box-Behnken deney tasarımı sonucunda elde edilen ve ultrason enerjisi varlığında uygulanan optimum üç reçetenin ardından gerçekleştirilen selüloz enzimi ile işleme ilişkin deney planı.

Deney No:	Enzimatik İşlem					Selülozla İşlem				
	C _{Lakkaz} (g/l)	C _{Pektinaz} (g/l)	C _{Amilaz} (g/l)	S (°C)	T (dak.)	US	K	C _{Selüloz} (g/l)	S (°C)	T (dak.)
1	-	-	-	-	-	-	+	1	55	60
2	0,8	1	0,7	70	45	+	-	1	55	60
3	0,1	0,8	0,2	60	35	+	-	1	55	60
4	0,1	0,1	-	30	20	+	-	1	55	60
5	-	-	-	70	45	+	-	1	55	60
6	-	-	-	60	35	+	-	1	55	60
7	-	-	-	30	20	+	-	1	55	60
8	0,8	1	0,7	70	45	-	+	1	55	60
9	0,1	0,8	0,2	60	35	-	+	1	55	60
10	0,1	0,1	-	30	20	-	+	1	55	60
11	-	-	-	70	45	-	+	1	55	60
12	-	-	-	60	35	-	+	1	55	60
13	-	-	-	30	20	-	+	1	55	60

S=sıcaklık, T=süre, US=ultrasonik işlem, K=konvansiyonel işlem.

3.2.2 Keten ve soya kumaşların indirgen ve yükseltgen maddeler varlığında gerçekleştirilen ağartma işlemleri

Keten kumaşların, çevre açısından atık yükü fazla olan, uzun işlem süresi ve yüksek kimyasal madde tüketimi gerektiren konvansiyonel ağartma yöntemlerine alternatif olabilecek ağartma yöntemi geliştirebilmek için ozondan yararlanılmış ve Box-Behnken istatistiksel deney tasarımı aracılığıyla ozon-hidrojen peroksit kombinasyonunun optimizasyonu yoluna başvurulmuştur (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.8 Keten kumaşların, ozon varlığında gerçekleştirilen ağartma işlemlerine ilişkin Box-Behnken deney tasarımı.

Deney No:	Ozon ile işlem süresi	Hidrojen peroksit konsantrasyonu	Hidrojen peroksit ile işlem süresi
1	0	0	0
2	1	0	1
3	-1	0	0
4	0	-1	0
5	0	-1	-1
6	0	0	0
7	0	0	-1
8	-1	-1	-1
9	0	0	0
10	1	0	0
11	0	1	0
12	1	1	0
13	-1	-1	0
14	-1	0	-1
15	0	1	1

Ozonlama işlemi, daha önce gerçekleştirilen çalışmalar ışığında belirlenen koşullarda (%60 kumaş nemi, sisteme beslenen $O_2=5$ L/dak) uygulanmıştır. Ozon ile işlem gören kumaşlar, herhangi bir işleme tabi tutulmadan doğrudan hidrojen peroksit ile ağartma banyosuna alınmışlardır. Hidrojen peroksit ile işlem sırasında banyoda yer alan yardımcı kimyasallar ve miktarları Çizelge 3.9'da yer almaktadır. İşlem sonrası numuneler ilk olarak $90^{\circ}C$ 'de 10 dakika durulanmakta, 0,06 g/l antiperoksit enzimi ile $40^{\circ}C$ 'de 20 dakika muamele edilmekte, ardından $90^{\circ}C$ 'de 1 g/l non-iyonik yıkama maddesi ile 10 dakika yıkanmakta ve son olarak taşar durulama işlemine tabi tutulmaktadır. Ard yıkama işlemleri tamamlanan numuneler serilerek oda sıcaklığında kurutulmaktadır.

Çizelge 3.9 Ozon ile işleme tabi tutulmuş keten kumaşların hidrojen peroksit ile ağartılmaları sırasında banyoda yer alan kimyasallar ve miktarları.

H_2O_2 (%50) (g/l)	NaOH (g/l)	Stabilizatör (g/l)	Islatıcı (g/l)	F:O
1	0,24	1	1	1:40
3	0,72			
5	1,2			

Keten kumaşların konvansiyonel olarak ağartılmaları uzun işlem süreleri gerektirmekte, bu nedenle firmalar yükseltgen-indirgen ağartmaların kombinasyonu yoluna gitmektedir. Bu amaçla keten kumaş peroksit ağartmasının ardından hipoklorit ile işleme sokulmuş, bir diğer kumaş ise sadece hipoklorit ile işlem görmüş (Çizelge 3.10) ve elde edilen sonuçlar ozon-peroksit kombinasyonu ile işlem görmüş numunelerin sonuçlarıyla kıyaslanmıştır.

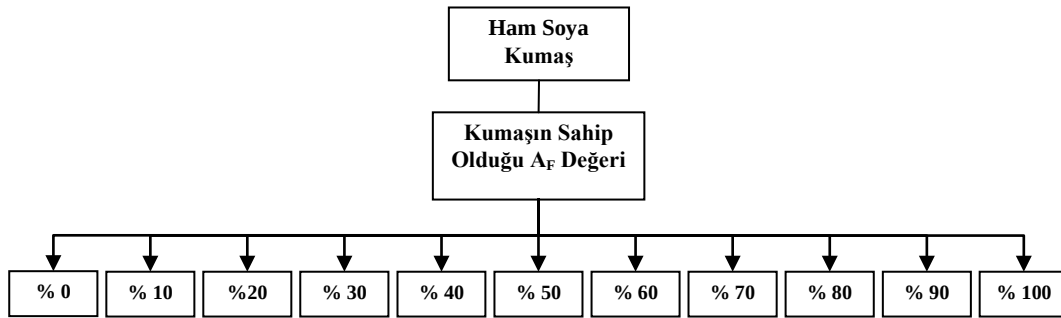
Çizelge 3.10 Keten kumaşların hidrojen peroksit ve/veya hipoklorit ağartma reçeteleri.

H_2O_2 (%50) (g/l)	Aktif Klor (g/l)	Na_2CO_3 (g/l)	NaOH (g/l)	Stabilizatör (g/l)	Islatıcı (g/l)	Sıcaklık ($^{\circ}C$)	Süre (dak.)	F:O
3			0,72	1	1	95	55	1:40
	3	1,5				20	60	

Soya kumaşların ağartılmasının oldukça güç olduğu bilindiğinden indirgen ve yükseltgen ağartmalar ayrı ayrı optimize edildikten sonra bunların kombinasyonu yoluna başvurulmuştur. Bu amaçla hidrojen peroksit, sodyum ditiyonit ve ozon ile ağartma işlemleri Ek 1 ve 2, Şekil 3.1-3.3'de belirtilen deney planlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

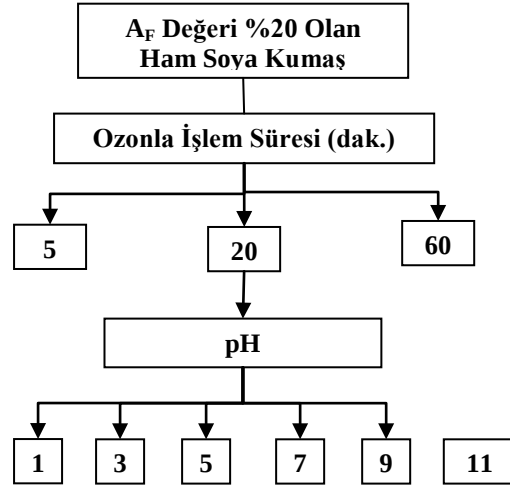
İşlem sonrası numuneler ilk olarak 90⁰C'de 10 dakika durulanmakta, ardından 90⁰C'de 1 g/l non-iyonik yıkama maddesi ile 10 dakika yıkanmakta ve son olarak taşar durulama işlemine tabi tutulmaktadır. Ard yıkama işlemleri tamamlanan numuneler serilerek oda sıcaklığında kurutulmaktadır.

Soya kumaşların ozon ile ağartılmasında optimum çalışma koşullarının belirlenmesi amacı ile iki adımdan oluşan ve aşağıda yer alan test planı uygulanmıştır (Şekil 3.1). Test planının ilk adımında kumaşın sahip olduğu A_F değerinin incelenen parametrelere etkisi incelenmiştir. Bu amaçla %0-10-20-30-40-50-60-70-80-90-100 olmak üzere onbir farklı A_F değerine sahip numune ile çalışılmıştır. Numunelerin içereceği su miktarı, istenilen A_F değerine bağlı olarak farklı sıkma basınçlarında fulardan geçirilerek ayarlanmıştır. Ozon ile ağartma işleminin gerçekleştirileceği balon joje önceden ozon gazı ile tamamen doldurulmakta daha sonra istenilen neme sahip kumaş numunesi 1 litrelik balon joje içerisine yerleştirilmekte ve istenilen işlem süresince ozon gazı ile muamele edilmektedir. Bu denemeler esnasında ortam sıcaklığı 20-25⁰C ve kumaş pH'ı da yumuşak su kullanılarak 6,5-7,5 olarak ayarlanmıştır.



Şekil 3.1 Soya kumaşların ozon ile ağartılmasında kumaşın içerdiği A_F değerinin önemini inceleyen test planı (pH= 6,5-7,5; işlem süresi= 20 dak.).

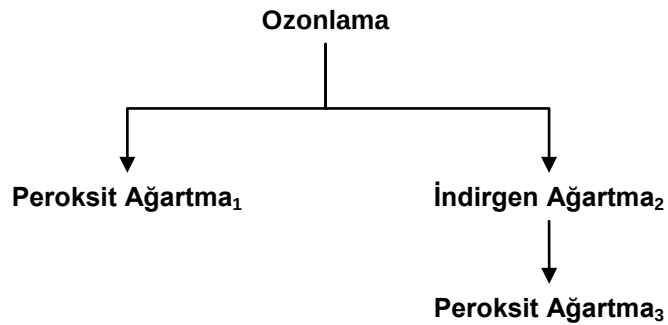
İkinci adımda, işlem süresinin etkisi incelenmiştir. %20 A_F ve nötr pH değerine sahip numuneler 5-20-60 dakikalık ozonlama işlemine tabi tutulmuştur. Son olarak da kumaş pH'ının beyazlık derecesindeki artışa etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla 6 farklı pH'da (1, 3, 5, 7, 9, 11) denemeler gerçekleştirilmiştir. Asidik pH Tanacid NAC adlı ticari bir tampon ile bazik pH ise soda ile ayarlanmıştır. Ayrıca kumaşın A_F değeri %20, işlem süresi de 20 dakika olacak şekilde sabitlenmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Soya kumaşların ozon ile ağartılmasında işlem süresinin ve pH değerinin etkisini inceleyen test planı ($A_F = \%20$).

İşlem sonrası numuneler ilk olarak 90°C 'de 10 dakika durulanmakta, ardından 90°C 'de 1 g/l non-iyonik yıkama maddesi ile 10 dakika yıkanmakta ve son olarak taşar durulama işlemine tabi tutulmaktadır. Ard yıkama işlemleri tamamlanan numuneler serilerek oda sıcaklığında kurutulmaktadır.

Oluşturulan deney planları neticesinde elde edilen optimum peroksit ağartma reçetesi, sodyum ditionit ağartma reçetesi ve ozonlama reçetesi Şekil 3.3'de belirtilen plana uygun olarak kombine edilmiştir.



Şekil 3.3 Soya kumaşların kombin ağartılmasına ilişkin test planı (1=ozonlama + peroksit ağartma; 2=ozonlama + indirgen ağartma; 3=ozonlama + indirgen ağartma + peroksit ağartma).

3.2.3 Keten ve soya kumaşların UV enerjisi varlığında gerçekleştirilen ağartma işlemleri

Keten ve soya kumaşların ön terbiyesinde yer alabileceği düşünülen bir diğer teknoloji UV teknolojisi olup, beyazlık, L^* değeri, ağırlık kaybı, nem absorblama yeteneği ve hidrofilite değerlerinde yaratacağı etkiler incelenmiştir. Buna göre keten kumaşlar Çizelge 3.11’de yer alan deney planına uygun olarak Çizelge 3.12’de belirtilen miktarlarda kimyasallarla $A_F=\%80-100$ olacak şekilde emdirilmekte, benzer şekilde soya kumaşlar da Çizelge 3.13’de yer alan deney planına uygun olarak Çizelge 3.14’de belirtilen miktarlarda kimyasallarla $A_F=\%80-100$ olacak şekilde emdirilmekte ve ardından UV ile işleme tabi tutulmaktadır. İşlem sonrası numuneler ilk olarak 90°C ’de 10 dakika durulanmakta, 0,06 g/l antiperoksit enzimi ile 40°C ’de 20 dakika muamele edilmekte, ardından 90°C ’de 1 g/l non-iyonik yıkama maddesi ile 10 dakika yıkanmakta ve son olarak taşar durulama işlemine tabi tutulmaktadır. Ard yıkama işlemleri tamamlanan numuneler serilerek oda sıcaklığında kurutulmaktadır.

Çizelge 3.11 Keten kumaşların, UV enerjisi varlığında gerçekleştirilen ağartma işlemlerine ilişkin Box-Behnken deney tasarımı.

Deney No:	HK	PK	SK	UVS	UVM	Deney No:	HK	PK	SK	UVS	UVM
1	0	0	0	0	0	24	-1	1	0	0	0
2	0	1	0	1	0	25	0	1	-1	0	0
3	0	0	1	-1	0	26	0	0	-1	0	1
4	0	0	0	0	0	27	0	0	1	0	1
5	0	0	0	-1	1	28	-1	0	1	0	0
6	0	0	0	0	0	29	-1	0	0	-1	0
7	1	0	0	0	-1	30	0	0	0	1	-1
8	0	1	0	-1	0	31	0	-1	0	1	0
9	-1	0	-1	0	0	32	0	1	0	0	-1
10	1	0	-1	0	0	33	1	1	0	0	0
11	-1	-1	0	0	0	34	0	-1	-1	0	0
12	0	0	0	1	1	35	1	0	0	1	0
13	0	1	1	0	0	36	0	-1	1	0	0
14	0	1	0	0	1	37	0	0	0	0	0
15	0	0	0	-1	-1	38	1	0	1	0	0
16	1	0	0	0	1	39	1	-1	0	0	0
17	0	0	1	0	-1	40	0	-1	0	-1	0
18	0	-1	0	0	1	41	1	0	0	-1	0
19	0	0	0	0	0	42	-1	0	0	0	1
20	0	0	0	0	0	43	-1	0	0	1	0
21	-1	0	0	0	-1	44	0	0	-1	-1	0
22	0	0	-1	0	-1	45	0	0	1	1	0
23	0	-1	0	0	-1	46	0	0	-1	1	0

HK=Hidrojen peroksit konsantrasyonu, PK=Peroksidisülfat konsantrasyonu, SK=Sodyum hidroksit konsantrasyonu, UVS=UV ile işlem süresi, UVM=UV lambası ile kumaş arasındaki mesafe.

Çizelge 3.12 Keten kumaşların UV enerjisi varlığında hidrojen peroksit ile ağartılmaları sırasında banyoda yer alan kimyasallar ve miktarları.

H ₂ O ₂ (%50) (g/l)	Stabilizatör (g/l)	Islatıcı (g/l)	AF
20	5	2	%80
40	10		
60	15		

Çizelge 3.13 Soya kumaşların, UV enerjisi varlığında gerçekleştirilen ağartma işlemlerine ilişkin Box-Behnken deney tasarımı.

Deney No:	HK	SK	PK	UVS	UVM	Deney No:	HK	PK	SK	UVS	UVM
1	-1	0	0	1	0	24	0	0	0	-1	1
2	0	0	-1	0	1	25	0	-1	0	-1	0
3	0	0	1	0	1	26	1	-1	0	0	0
4	0	0	0	0	0	27	0	0	-1	0	-1
5	0	0	0	1	1	28	0	1	0	-1	0
6	0	0	-1	-1	0	29	-1	0	1	0	0
7	-1	-1	0	0	0	30	0	0	0	0	0
8	0	1	0	0	-1	31	-1	0	0	0	1
9	1	1	0	0	0	32	0	-1	-1	0	0
10	0	-1	1	0	0	33	0	0	0	0	0
11	1	0	-1	0	0	34	0	1	1	0	0
12	1	0	0	0	-1	35	0	1	-1	0	0
13	-1	1	0	0	0	36	1	0	1	0	0
14	0	0	0	0	0	37	1	0	0	1	0
15	0	-1	0	0	1	38	0	1	0	1	0
16	1	0	0	-1	0	39	1	0	0	0	1
17	-1	0	0	0	-1	40	0	0	0	0	0
18	0	0	1	0	-1	41	0	0	0	-1	-1
19	0	-1	0	0	-1	42	-1	0	-1	0	0
20	0	0	-1	1	0	43	0	1	0	0	1
21	0	0	0	1	-1	44	0	0	0	0	0
22	0	-1	0	1	0	45	0	0	1	1	0
23	-1	0	0	-1	0	46	0	0	1	-1	0

HK=Hidrojen peroksit konsantrasyonu, SK=Sodyum karbonat konsantrasyonu, PK=Peroksidisülfat konsantrasyonu, UVS=UV ile işlem süresi, UVM=UV lambası ile kumaş arasındaki mesafe.

Çizelge 3.14 Soya kumaşların UV enerjisi varlığında hidrojen peroksit ile ağartılmaları sırasında banyoda yer alan kimyasallar ve miktarları.

H ₂ O ₂ (%50) (g/l)	Stabilizatör (g/l)	Islatıcı (g/l)	AF
40	10	2	%80
60	15		
80	20		

İstatistiksel paket programlardan yararlanılarak oluşturulan Box-Behnken deney tasarımlarının analizi, varyans analizi (Response Surface Analysis kapsamında) ve regresyon analizi aracılığıyla gerçekleştirilmiş olup, değişkenlerin keten ve soya kumaşların beyazlık, L^* , hidrofilite ve ağırlık kaybı değerlerine olan etkileri incelenmiştir. Aynı zamanda sonuçlar Duncan Post Hoc test aracılığıyla da irdelenmiştir.

3.3 Değerlendirmede Kullanılan Test ve Analiz Yöntemleri

3.3.1 Ağırlık kaybı tayini

Çeşitli enzimatik işlemlerin, kirliliklerin ve doğal pigmentlerin parçalanması üzerine olan etkileri ağırlık kaybı ile tanımlanmıştır. İşlem görmüş kumaşların ağırlık kayıpları Denklem (5)'den yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$W_L = \frac{W_p - W_a}{W_p} \times 100 \text{ (\%)} \quad (5)$$

W_p , işlem öncesi kondüsyonlanmış numunenin gramajı iken; W_a , işlem sonrası kondüsyonlanmış numunenin gramajını ifade etmektedir (Fakin et al., 2006).

3.3.2 İyot sorpsiyon değeri tayini

Schwertassek tarafından ileri sürülen iyot sorpsiyonu yöntemi, keten liflerin sorpsiyon özelliklerinin değerlendirilmesinde kullanılmıştır (Fakin et al., 2006; Yachmenev et al., 2001). Keten lifleri (0,3 g), 2 ml iyot çözeltisi (5 g I_2 ve 40 g KI'dan oluşan) ve 50 ml H_2O içerisinde 3 dakika emdirilmiştir. Ardından 100 ml doymuş sodyum sülfat ($w(Na_2SO_4) = 200 \text{ g/l}$) eklenmiş ve 1 saat çalkalanmıştır. Çözeltide kalan iyot miktarı 0,02 mol/l sodyum tiyosülfat ile titre edilmiştir. İyot sorpsiyonu değeri (ISV), 1 g numunedeki mg I_2 miktarı cinsinden Denklem (6) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$ISV = \frac{(a - b) \times (M \times 102) \times 2,5384}{m_a} (mg / g) \quad (6)$$

Burada;

a = K r n titrasyonunda harcanan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$   zeltisi hacmi (ml)

b = Numune   zeltilerin titrasyonunda harcanan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$   zeltisi hacmi (ml)

M = $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$   zeltisi (mol/g)

m_a = mutlak kuru keten lifinin ağırlığı (g)

Schwertassek'e göre absorpsiyon, amorf bölgede gerçekleşmektedir. ISV değerinin (1 g selüloz başına) 412'ye (1 g metil selüloz tarafından absorblanan mg iyot miktarı) oranı, amorf fraksiyonunu tanımlamaktadır. Kristalinite indeksi ise (X_K) Denklem (7) kullanılarak hesaplanabilmektedir (Fakin et al., 2006).

$$X_K = 100 - \left(\frac{ISV}{412} \times 100 \right) (\%) \quad (7)$$

3.3.3 Nem sorbsiyonu tayini

Keten liflerin nem sorpsiyon  zellikleri, DIN 54 351 ve DIN 53 802 standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Numuneler, $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ve $\%65 \pm 2$ rölatif nem değerine sahip ortamda 24 saat bekletilmiştir. Mutlak kuru numunenin nem yüzdesi olarak, absorblanan nem miktarı hesaplanmaktadır (Fakin et al., 2006).

3.3.4 Su tutma gücü tayini

Su tutma gücü, DIN 53 814 standardına uygun olarak hesaplanmıştır. Bunun için, numune 1 g/l non-iyonik ıslatıcı içeren çözeltide 24 saat emdirilmekte, ardından 3000 rpm'de 20 dakika santrif jlenmekte ve tutulan su miktarı Denklem (8) yardımıyla hesaplanmaktadır (Fakin et al., 2006).

$$WRP = \frac{m_v}{m_a} = \frac{m_c - m_a}{m_a} \times 100 (\%) \quad (8)$$

Burada;

m_v = lifte tutulan su gramajı (g)

m_c = santrifüjlenen numunenin gramajı (g)

m_a = mutlak kuru keten lifinin gramajı (g)

3.3.5 Lignin içeriği tayini

İşlem sonrası keten liflerinin lignin içeriğindeki değişimlerin değerlendirilmesi, ağırlık yöntemine göre yapılmıştır. Bu yöntemin esası, sülfürik asit ile polisakkarit sakkarifikasyonuna ve bu asit ile numunelerin ısıtılmasına dayanmaktadır. Sonuçta, elde edilen atıkların gramajları tayin edilmektedir (Sójka-Ledakowicz et al., 2007).

3.3.6 Kumaş üzerinde haşıl sökme derecesi tayini

Kumaş üzerinden uzaklaştırılan haşıl miktarını belirlemek amacıyla ağırlık kaybı yöntemi uygulanmıştır. İşlem görmüş ve görmemiş numuneler amilaz enzimi ile haşıl sökme işlemine tabi tutulmuşlardır. İşlem görmemiş numune aynı zamanda amilaz enzimi içermeyen kör flote ile de işleme tabi tutulmuştur. Buradaki amaç, işlem sırasında uzaklaşan diğer yabancı maddelerin etkisini elimine edebilmektir. Bu durumda göz önünde bulundurularak işlem görmemiş kumaş üzerindeki haşıl miktarı (H_p) belirlenmektedir. Denklem (9) yardımıyla işlem görmüş kumaşlardan uzaklaşan haşıl miktarı (H_L) tayin edilmektedir.

$$H_L = \frac{H_p - H_a}{H_p} \times 100 (\%) \quad (9)$$

3.3.7 Beyazlık derecesi ölçümü

Keten kumaşların renk ölçümleri Minolta 3600d model spektralfotometrede, soya kumaşların renk ölçümleri ise Hunter Lab model spektralfotometrede D65 ışık kaynağında 100 bakış açısı altında yapılmıştır. Üç farklı noktadan ölçüm alınarak bunların ortalaması alınmış ve Stensby yöntemine göre beyazlık derecesi (B.D.) hesaplanmıştır (Denklem (10)).

$$\text{Beyazlık Değişimi, \%} = [(\text{İşlem görmüş kumaşın B.D.} / \text{Ham Kumaşın B.D.}) \times 100] - 100 \quad (10)$$

Aynı zamanda numunelerin CIELAB renk sistemindeki parlaklık (L^*) değerleri de ölçülmüştür (Denklem (11)).

$$L^* \text{ Değişimi, \%} = [(\text{İşlem görmüş kumaşın } L^*.D. / \text{Ham Kumaşın } L^*.D.) \times 100] - 100 \quad (11)$$

3.3.8 Hidrofilite testi

Keten kumaşların hidrofilite derecesi ölçümü DIN 53924'e göre 30., 60. ve 90. saniyedeki yükselme miktarlarına (mm) göre yapılmıştır. Soya kumaşların hidrofiliteyi ise batma yöntemine göre değerlendirilmiştir. Bu amaçla 1 cm²'lik numuneler içerisinde 10 cm yüksekliğinde saf su bulunan, ağzı 15 cm çapında olan behere 1 cm yükeklikten bırakılmış ve numunenin tabana deyinceye kadar geçen süre belirlenmiştir.

3.3.9 Temas açısı testi

Numunelerin ıslanabilirlik özelliklerini değerlendirmek amacıyla kamera, bilgisayar ve ekrandan oluşan PULNİX TM-765 marka temas açısı ölçüm cihazı kullanılmıştır. Suyun temas açısı "sessile drop" yöntemi ile ölçülmüştür. Her bir damlanın görüntüsü kamera tarafından yakalanıp bilgisayar programına aktarılmakta ve ekranda görüntülenmektedir.

3.3.10 FT-IR analizi

Numunelerin FT-IR ölçümleri Perkin Elmer Spectrum 100 cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

3.3.11 Kopma mukavemeti testi

Kumaş kopma mukavemeti Loyd LR5K model mukavemet cihazında ISO 13934-1 standardına göre ölçülmüştür.

3.3.12 Ortalama polimerizasyon derecesi tayini

Keten kumaşların ortalama polimerizasyon derecesi tayini DIN 54270-T3 standardına göre gerçekleştirilmiştir.

3.3.13 Taramalı elektron mikroskobu ile görüntüleme

Ham ve işlem görmüş keten ve soya kumaşların yüzeyinde meydana gelen değişimleri incelemek amacıyla Hitachi marka, TM-1000 model masaüstü taramalı elektron mikroskobu ile görüntüler alınmıştır.

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

4.1 Ultrason Enerjisinin Keten Kumaşların Ön Terbiyesinde Kullanılabilirliği

Regresyon analizi sonucunda elde edilen beyazlık, L^* , hidrofilite değişimi ve ağırlık kaybı (%) ile işlem parametreleri (enzim konsantrasyonu (amilaz (A), pektinaz (P), lakkaz (L)), işlem sıcaklığı (S) ve süresi (T)) arasındaki ilişkiyi ifade eden denklemler aşağıda yer almaktadır (Denklem (12)-(15)).

$$\text{Beyazlık Değişimi, \%} = 3,23 L + 2,38 P + 0,122 T - 1,50 L^2 + 0,000793 S^2 - 0,00104 T^2 \quad (12)$$

$$\begin{aligned} L^* \text{ Değişimi, \%} = & 2,52 - 1,17 P - 0,0767 S - 0,355 L^2 + 0,557 P^2 + 0,000774 S^2 - 0,000223 T^2 \\ & + 0,0185 L*S + 0,0144 P*T \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \text{Hidrofilite Değişimi, \%} = & 352 + 141 A - 110 L - 3,20 S + 6,34 T - 53,3 A^2 + 36,7 P^2 + 0,0729 S^2 \\ & - 0,0313 T^2 + 70,0 A*L - 50,0 L*P - 1,50 A*S - 1,75 A*T \\ & + 1,75 L*T + 1,25 P*S - 1,25 P*T - 0,0500 S*T \end{aligned} \quad (14)$$

$$\text{Ağırlık Kaybı, \%} = 2,27 + 0,736 A + 1,11 P + 0,0315 T - 0,383 P^2 - 0,000204 T^2 \quad (15)$$

Denklem (12)-(15)'in istatistiksel önemliliği, F -testi ve varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmeye çalışılmıştır. Regresyon modellerinin varyans analizi, modellerin oldukça önemli olduğunu ifade etmektedir. Adjusted R^2 değeri, bağımsız değişkenlerin beyazlık değişimi üzerine etkisiyle ilgili toplam varyasyonların %92,5'inin, L^* değişimi üzerine etkisiyle ilgili toplam varyasyonların %93'ünün, ağırlık kaybı üzerine etkisiyle ilgili toplam varyasyonların %84,2'sinin ve hidrofilite değişimi üzerine etkisiyle ilgili toplam varyasyonların %93,3'ünün geliştirilen model ile güvenli bir şekilde tahminlendiğini belirtmektedir. R^2 değerinin 1'e yaklaşması, deneysel ve tahminlenen değerler arasında gittikçe iyileşen bir korelasyon olduğunu göstermektedir. Burada da, beyazlık değişimine ilişkin R^2 değeri (0,9580), L^* değişimine ilişkin R^2 değeri (0,9610), ağırlık kaybına ilişkin R^2 değeri (0,9120) ve hidrofilite değişimine ilişkin R^2 değeri (0,9630) deneysel sonuçlar ile tahminlenen sonuçlar arasında oldukça iyi bir korelasyon olduğunu göstermektedir (Ek 3 ve 4).

Lack of fit, regresyonda yer almayan noktaların model tarafından tahminlenmesinde yaşanan başarısızlığı ifade etmektedir. Lack of fit değeri (beyazlık değişimi için 0,181; hidrofilite değişimi için 0,363) 0,05'den büyük bir değer olduğundan önemsiz kabul edilmekte, sonuç olarak geliştirilen modellerin beyazlık ve hidrofilite değişiminin tahminlenmesi açısından istatistiksel olarak önemli kabul edilebileceği söylenebilir. L^* değişimi ve ağırlık kaybı için lack of fit P -değerinin 0,05'den küçük bir değer olması (0,000), regresyonda yer almayan noktaların modeller tarafından tahminlenmesinde bazı sıkıntılar olduğunu, zaman zaman sağlıklı tahminlemelerin yapılamadığını göstermektedir. Regresyon modellerinin 0,05'den küçük P -değerine sahip olmaları, istatistiksel açıdan önemli olduklarını göstermektedir (Ek 3).

Beyazlık, L^* , hidrofilite ve ağırlık değişimine ilişkin regresyon modellerini ifade eden Denklem (12)-(15)'de yer alan her bir bağımsız değişkenin katsayısı ve P -değerleri Ek 5'de yer almaktadır. P -değerleri 0,05'den büyük olan değişkenlerin, %95 güven aralığında istatistiksel açıdan önemli olmadığı, yani bu değişkenlerin keten kumaşların beyazlık, L^* , hidrofilite ve ağırlık değerlerinde anlamlı bir değişikliğe neden olmadığı söylenebilir.

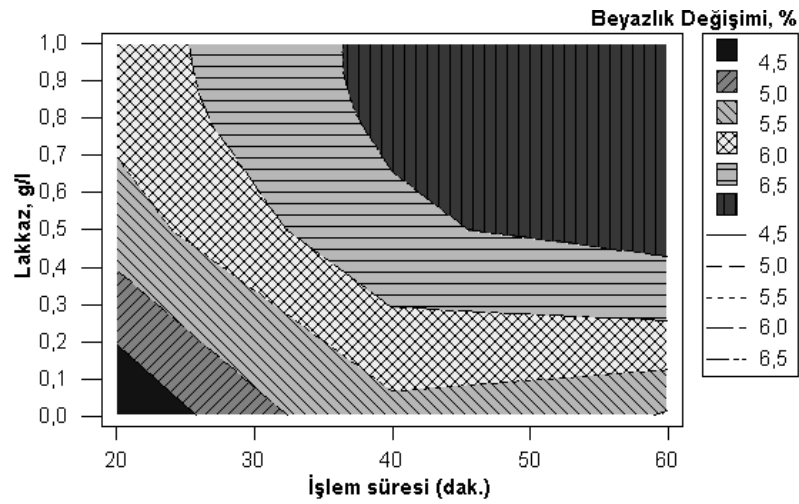
Bu durum dikkate alındığında enzim konsantrasyonu açısından sadece lakkaz enzimi konsantrasyonunun ($P=0,005$) keten kumaşların beyazlık değerlerindeki değişim açısından önemli olduğu, ayrıca işlem süresinin ($P=0,000$) etkisinin de göz önünde bulundurulması gerektiği görülmektedir. L^* değerleri açısından değerlendirme yapıldığında ise; P -değerleri 0,05'den büyük olan amilaz ve lakkaz enzimi konsantrasyonunun ve işlem süresinin, %95 güven aralığında istatistiksel açıdan önemli olmadığı, ancak pektinaz enzimi konsantrasyonu ile işlem sıcaklığının keten kumaşların L^* değerleri üzerine önemli etkileri bulunduğu söylenebilir. Benzer şekilde hidrofilite değerleri açısından inceleme gerçekleştirildiğinde; 0,05'den büyük değere sahip pektinaz enzimi konsantrasyonunun %95 güven aralığında istatistiksel açıdan önemli olmadığı, ancak amilaz, lakkaz enzimi konsantrasyonları ile işlem sıcaklığı ve süresinin keten kumaşların hidrofilite değerleri üzerine önemli etkisi bulunduğu söylenebilir. Kumaşların ağırlık kayıpları açısından; amilaz ve pektinaz enzimi konsantrasyonlarının ve işlem süresinin istatistiksel açıdan önemli olduğu (%95 güven aralığında) söylenebilir.

4.1.1 Ultrason enerjisi varlığında uygulanan enzimatik işlemlerin keten kumaşların beyazlık değerlerine olan etkisi

Pamuk ve keten liflerinde bulunan organik maddelerdeki rengin, konjuge çift bağların kromofor sistemlerindeki hareketli elektronların varlığından kaynaklandığı bilinmektedir. Ağartma sırasında konjuge çift bağlar kırılabilir ve bazıları doyurulabilir. Böylece, π elektronlarının yer değiştirmesi sınırlandırılmaktadır. Renkli maddelerin kromofor sistemlerinin parçalanması sonucu renksiz ürünler açığa çıkmaktadır (Ren, 2006). Böylece ağartma etkisi elde edilmektedir. Amilaz enziminin substratı nişasta olup haşıl sökme amacıyla kullanılmaktadır ve her hangi bir ağartma etkisi yaratmamaktadır. Pektinaz enziminin substratı ise pektik maddeler olup esas olarak hidrofilleştirme amacıyla kullanılmaktadır, ancak kumaşların beyazlık değerlerinde bir miktar iyileşme de sağlamaktadır.

Lakkaz enzimi ise, keten liflerine sarımsak rengi veren lignine saldırabilmekte, ilave hidrofil gruplar kazandırabilmekte ve suda çözünebilen materyaller oluşturabilmektedir (Sójka-Ledakowicz et al., 2007). Uygun redoks mediatorlerinin varlığında lakkaz, fenolik olmayan lignin birimlerini de okside edebilmektedir (Sójka-Ledakowicz et al., 2007; Li et al., 1999). Her ne kadar lakkaz enzimi ağartma etkisi yaratıyor olsa da bu işlem tek başına etkili bir beyazlık sağlayamamaktadır. Enzimatik işlem sonrası lignin miktarında bir miktar düşüş yaşanmakta ancak bu azalma yeterli düzeyde olmamaktadır. Sonuç olarak, elde edilen beyazlık derecesi artışı da sınırlı kalmaktadır. Şekil 4.1'den de görüldüğü üzere beyazlık artışı maksimum %7'ye kadar çıkabilmektedir. Her ne kadar pektinaz enzimi tek başına keten kumaşların ağartılmasında etki gösteremese de, lakkaz enzimi ile kombine edildiğinde sinerjistik etki yaratarak beyazlık değerlerinde %7'nin üzerinde iyileşmeye neden olduğu gerçekleştirilen denemeler kapsamında gözlemlenmiştir. Bunun nedeni olarak, pektinaz enziminin pektik maddeleri uzaklaştırması sonucu yüzeydeki hidrofobluğa neden olan yağ vb. kirliliklerin daha kolay uzaklaştırılması ve sonuç olarak lakkaz enziminin lignin ile reaksiyonunun daha verimli şekilde gerçekleşmesinin sağlanması düşünülmektedir. İlk olarak, pektinaz lif içerisindeki çatlakların ve mikro-gözeneklerin içerisine nüfuz etmekte ve pektin moleküllerinin hidrolizine neden olan reaksiyonu katalizlemektedir.

Pektinin parçalanmasını geliştiren bir diğer olanak ise, sisteme kompleks oluşturmalarının ilave edilmesidir. Kalsiyum iyonlarının, pektinin yapısında çok önemli bir role sahip olduğu iyi bilinmektedir; kalsiyum iyonları pektinin esterleşmemiş moleküllerini bağlamaktadır. Bu iyonun uzaklaştırılması ile pektinin yapısı stabilitesini kaybetmekte ve pektinazın kolaylıkla nüfuz edebileceği alanlar oluşmaktadır (Durden et al., 2001; Presa and Tavcer, 2008; Basto et al., 2007). Sonikasyonun ketenin enzim destekli ön terbiyesinde pozitif etkiye sahip olduğu görülmüştür. Ultrason, enzimatik reaksiyonlardaki kütle transferi ve temizleme etkileri ile elde edilecek sonuçların iyileşmesini sağlamıştır. Aynı zamanda ultrason, kimyasalların liflere daha kolay nüfuz etmesini sağlamaktadır.



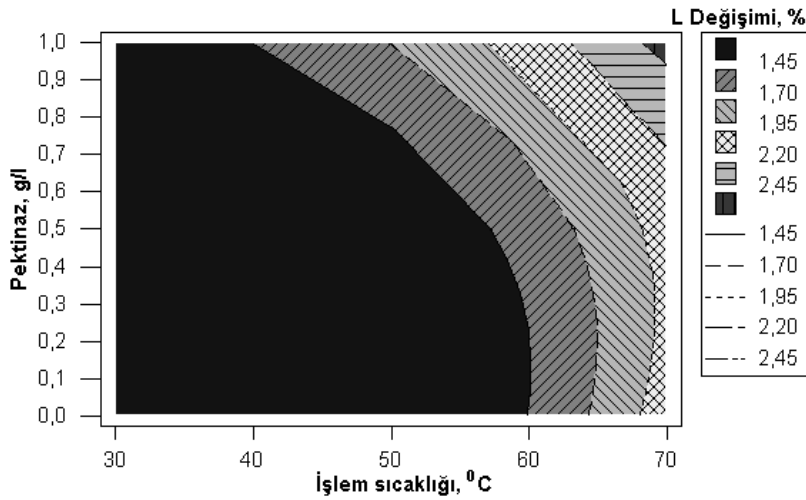
Şekil 4.1 Ultrason enerjisi varlığında enzimatik işleme tabi tutulan keten kumaşların beyazlık değerlerine işlem süresinin ve lakkaz enzimi konsantrasyonunun etkisi.

Şekil 4.1'den de görüldüğü üzere, işlem süresi de en az lakkaz enzimi konsantrasyonu kadar keten kumaşların beyazlık değerleri üzerinde etkilidir. 0,7 g/l ve daha fazla lakkaz enzimi kullanıldığı durumlarda, işlem süresinin 40 dakikadan daha uzun tutulmasının elde edilecek beyazlık artışı açısından bir avantaj sağlamadığı görülmektedir. Bunun nedeni olarak; enzimatik reaksiyonlar sırasında süredeki artış ile birlikte oluşan ürün miktarının artması, ancak belirli bir zaman sonra ürün veya substrat konsantrasyonunda belirgin bir değişimin meydana gelmemesi, enzim aktif bir şekilde substratı ürüne dönüştürmeye devam etmesine rağmen, reaksiyon dengesinin sağlanmış olması düşünülmektedir. Dolayısıyla, bu noktadan sonra işlemin uzatılmasının bir anlamı kalmamaktadır. Ayrıca, ultrason ile hidrolitik enzimlerin kombine edildiği uygulamalarda, enzim

tüketiminde azalma ve işlem süresinde kısalma meydana gelebilmektedir (Yachmenev et al., 2004, 2001; Basto et al., 2007).

4.1.2 Ultrason enerjisi varlığında uygulanan enzimatik işlemlerin keten kumaşların L* değerlerine olan etkisi

Her ne kadar banyodaki pektinaz enzimi miktarı, keten kumaşların L* değerleri açısından büyük önem arz etse de en az onun kadar önemli bir diğer değişkenin işlem sıcaklığı olduğu söylenebilir. Sıcaklığın artırılması ile kütle transferinin kinetiği de arttırılmış olmaktadır. Şekil 4.2'den de görüldüğü üzere pektinaz konsantrasyonunun arttırılması ile birlikte daha düşük sıcaklıklarda çalışılarak aynı L* değeri değişimleri elde edilebilmektedir. Diğer yandan, yüksek sıcaklıklar sıvının buhar basıncında artışa neden olmakta bu da kavitasyona neden olan gerilimlerin azalmasına yol açmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda, daha fazla buhar kaviteler içerisine nüfuz etmekte ve kavitelerin yıkılması daha az etki yaratmakta ve daha sessiz olmaktadır. Bu nedenle, sono-kimyasal reaksiyonlar sıcaklık arttıkça daha yavaş gerçekleşmektedir. Sıvının kaynama noktasına yakın sıcaklıklar, ses bariyeri gibi davranan baloncukların sayısında artışa neden olmaktadır (Ince et al., 2001; Mason, 1999; Vajnhandl and Le Marechal, 2005).

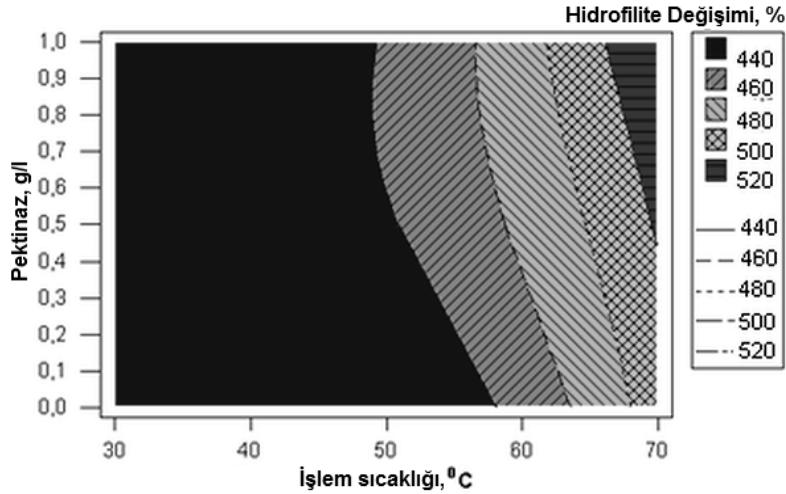


Şekil 4.2 Ultrason enerjisi varlığında enzimatik işleme tabi tutulan keten kumaşların L* değerlerine pektinaz enzimi konsantrasyonunun ve işlem sıcaklığının etkisi.

4.1.3 Ultrason enerjisi varlığında uygulanan enzimatik işlemlerin keten kumaşların hidrofilite değerlerine olan etkisi

Çözümlü iplikleri üzerinde bulunan nişasta haşılı, tekstil yaşı işlemlerinde kimyasallara karşı bir bariyer gibi davranmaktadır. Bu nedenle kumaşların her hangi bir yaş işleminden önce bunun uzaklaştırılması gerekmektedir. Amilaz proteininin nişasta haşılı keten üzerine adsorpsiyonu, proteinin sıvı fazdan kumaşın katı yüzeyine doğru olan hareketi kapsayan katı/sıvı arayüz işlemidir. Ultrasonik banyoda yer alan amilaz proteinin yüksek adsorpsiyon yeteneği, nişasta haşılı keten substratına erişebilirliği geliştirmekte, keten substratı üzerindeki etkili enzim konsantrasyonunu arttırarak çözünmeyen nişasta haşılına karşı olan katalitik aktiviteyi kuvvetlendirmektedir. Teorik olarak, ultrasonun haşıl sökme üzerine olan yararlı etkisi birçok nedene bağlıdır. İlk olarak, katı-sıvı ara yüzünde sıvının sınır tabakası için daha etkili bir karıştırma/çalkalama sağlamakta; ultrason, amilaz makromoleküllerinin sıvı fazdan kumaş yüzeyine doğru transferini sağlamakta ve böylece enzim makromoleküllerinin substrat üzerine adsorpsiyonu sağlanmış olmaktadır (Gupta et al., 2003). İkinci olarak, sonikasyon nişasta haşılının fiziko-kimyasal özelliklerini çeşitli şekillerde etkilemektedir. Yüksek frekansta, ultrasonun kavitasyonundan gelen kuvvetli mekaniksel güçler ve hidroksil radikali saldırıları, nişasta haşılında birçok gözenegin veya yarığın oluşmasına; maruz kalan yüzeyin daha pürüzlü olmasına, nişasta molekülü agregatlarının ayrışmasına destek olmakta; nişasta haşılının şişmesine, nişasta moleküllerinin çözünürlüğünün artmasına ve makromoleküllerin parçalanmasıyla nişastanın depolimerize olmasına olanak tanımaktadır (Czechowska-Biskup et al., 2005). Nişastanın kuru filminde hidrofobik kirliliklerin bulunması, substratın hidrofobluğunu arttırmakta ve böylece substratın ıslanabilirliği ve amilaz moleküllerinin erişebilirliği azalmaktadır. Akustik kavitasyonla güçlü şok dalgaları üreten ultrason, substrattan bazı kirlilikleri direkt olarak uzaklaştırabilmekte veya substrat yüzeyindeki kirliliklerin devamlılığını bozabilmekte, sonuçta nişasta haşılının ıslanabilirliğini ve duyarlılığını geliştirebilmektedir. Üçüncü olarak, amilazın hidrolitik reaksiyonlarının daha etkili katalizleri, ultrason tarafından gerçekleştirilebilmektedir. Substrat üzerindeki amilaz makromoleküllerinin, yeni üretim noktaları bulmak ve daha verimli temaslar sağlamak için difüzyon yetenekleri daha da hızlanmaktadır. Son olarak, amilazın çoklu saldırıları sonrasında açığa çıkan oligosakkaritler gibi gevşetilmiş ürünler, ultrasonik koşullar altında kolaylıkla substrattan sıvı faza doğru uzaklaştırılabilmektedir.

(Muralikrishna and Nirnala, 2005). Diğer yandan, yüksek sıcaklık katalitik oranı hızlandırarak, substrat yüzeyi üzerindeki enzim moleküllerinin hareketliliğini geliştirerek ve haşıl filminin şişebilirliğini arttırarak enzimlerin haşıl sökme etkisini güçlendirebilmektedir (Sarkar and Etters, 2001). Şekil 4.3'den de görüldüğü üzere, pektinaz miktarı, sıcaklıktaki artış ile birlikte (50⁰C'nin üzerinde) keten numunelerin hidrofilite derecesini etkilemeye başlamaktadır.



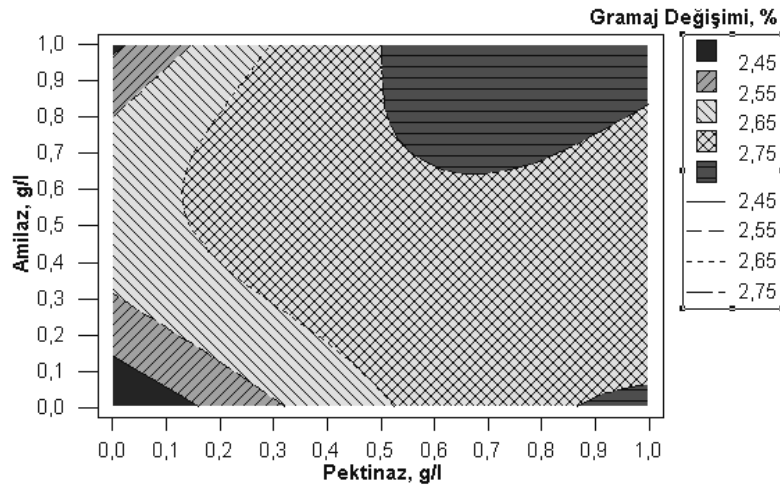
Şekil 4.3 Ultrason enerjisi varlığında enzimatik işleme tabi tutulan keten kumaşların hidrofilite değerlerine işlem sıcaklığının ve pektinaz enzimi konsantrasyonunun etkisi.

Pektinaz enzimi konsantrasyonuna bağlı olarak keten kumaşların ıslanabilirlik özelliklerinde meydana gelen değişimleri değerlendirmek amacıyla temas açısı ölçüm sonuçlarından ve görüntülerinden yararlanılmıştır. Damlanın kumaş yüzeyine değdiği andaki (0. saniyedeki) görüntüleri Ek 6'da yer almaktadır. 28 ve 29 numaralı görüntüler pektinaz enzimi ile işlem görmemiş keten kumaşlara ait iken, 17 ve 34 numaralı görüntüler 1 g/l pektinaz enzimi ile işlem görmüş keten kumaşlara aittir. Pektinaz konsantrasyonundaki artış ile birlikte numunelerin ıslanabilirlik özelliklerinde önemli gelişmeler meydana geldiği açıkça görülmektedir.

Benzer şekilde, işlem süresinin uzatılması da ıslanabilirlik özelliklerinde iyileşmeye neden olmaktadır. Pektinaz ile işlem görmemiş veya sadece 15 dakikalık işlem görmüş numunelere ait damlanın yayılma süresi incelendiğinde görülmektedir ki; yüzeydeki pektin ve lipidlerin büyük kısmı verimli bir şekilde uzaklaştırılamadığından ıslanabilirlik yeterince iyileşememekte dolayısıyla kumaş yüzeyine düşen damlanın kaybolma süresi oldukça uzun olmaktadır.

4.1.4 Ultrason enerjisi varlığında uygulanan enzimatik işlemlerin keten kumaşların ağırlık kayıplarına olan etkisi

Kirliliklerin ve doğal pigmentlerin parçalanmasına yol açan çeşitli ön terbiye işlemlerinin etkinliği, genellikle ağırlık kaybı ile değerlendirilmektedir. Ağırlık kaybı, amilaz, pektinaz ve lakkaz enzimlerinin aktiviteleri sonucu keten liflerinden nişastanın, pektinin ve ligninin uzaklaştırılması ile ilişkili olarak meydana gelmektedir. Elde edilen sonuçlardan da net bir şekilde görüldüğü üzere, amilaz ve pektinaz konsantrasyonundaki artış ile birlikte oluşan ağırlık kaybı miktarı da yüksek olmaktadır (Şekil 4.4). Kavitasyonla sıvının sınır tabakasında yaratılan güçlü bir çalkalama ile hacimli enzim moleküllerinin lif yüzeyine doğru olan hareketleri geliştirilmekte dolayısıyla bütün reaksiyon hızının arttırılması sağlanmış olmaktadır (Yachmenev et al., 2001; Abou-Okeil et al., 2010). Ayrıca ultrasonik enerji, amilazın nişasta üzerine olan etkinliğini bloke eden nişasta hidroliz ürünlerini kumaş yüzeyinden etkili bir şekilde uzaklaştırmaktadır (Apar and Özbek, 2004).

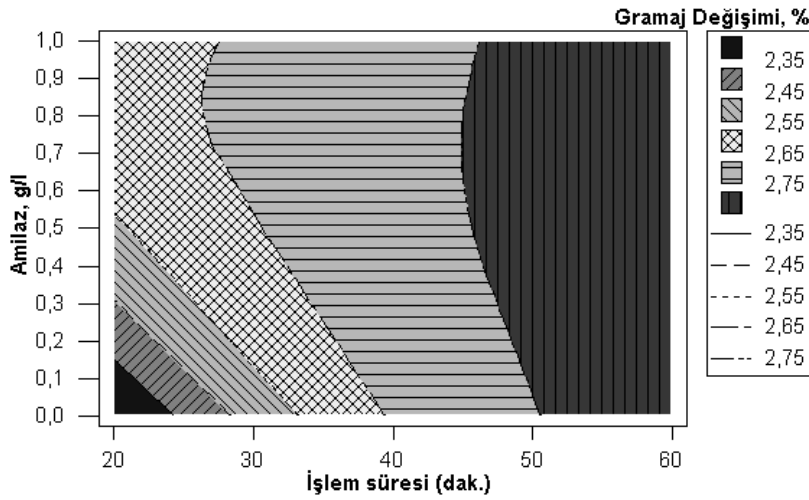


Şekil 4.4 Ultrason enerjisi varlığında enzimatik işleme tabi tutulan keten kumaşların ağırlık kayıplarına amilaz ve pektinaz enzimi konsantrasyonlarının etkisi.

Elde edilen deney sonuçlarından hareketle, uzaklaşan madde miktarının maksimum olması istenilen durumlarda en az 0,7 g/l amilaz ve 0,6 g/l pektinaz enzimi ile çalışılması tavsiye edilebilir. Amilaz konsantrasyonu 0,8 g/l ve üzerine çıkarıldığında ise, 0,5 g/l pektinaz enzimi kullanılması uzaklaşan madde miktarının maksimum olması için yeterli olmaktadır. Bir başka deyişle kumaş üzerinden uzaklaştırılan madde miktarının maksimum (>%2,75) olabilmesi için

banyoda hem amilaz hem de pektinaz enziminin yer alması ve konsantrasyonlarının minimum 0,6 g/l olması gerektiği söylenebilir.

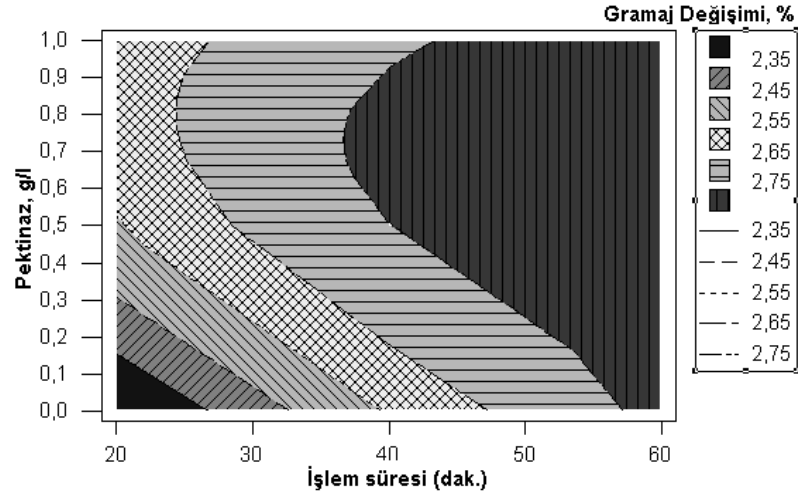
Keten kumaşların ağırlık kaybı değerlerini etkileyen bir diğer parametre işlem süresidir. İşlem süresi 40 dakikanın üzerinde olduğunda, amilaz konsantrasyonunun ağırlık kaybı üzerine etkisi daha belirgin olmaktadır (Şekil 4.5). Belirli bir ağırlık kaybı değeri hedeflendiğinde, yüksek amilaz konsantrasyonunda çalışıldığında işlem süresinin kısa tutulması yeterli olmaktadır.



Şekil 4.5 Ultrason enerjisi varlığında enzimatik işleme tabi tutulan keten kumaşların ağırlık kayıplarına amilaz enzimi konsantrasyonunun ve işlem süresinin etkisi.

Ağırlık değişim yüzdeleri açısından Şekil 4.5 incelendiğinde; amilaz enzimi konsantrasyonunun 40 dakikaya kadar süren işlemlerde daha uzun süren işlemlere oranla daha büyük öneme sahip olduğu görülmektedir. Örneğin, 20 dakikalık bir enzimatik işlem uygulanırken banyoya eklenen amilaz enzimi miktarı 0,1 g/l olduğunda işlem sonunda kumaşlarda gözlemlenen ağırlık kaybı %2,35 olurken; enzim miktarı 4 katına çıkarıldığında (0,4 g/l) kayıp % 2,45-2,55 olmakta; enzim miktarı 6 kat ve üzerine çıkarıldığında ise %2,55-2,65 bir ağırlık kaybı ortaya çıkmaktadır. 40 dakikalık işlem sonunda ise, banyoya ne kadar amilaz ilave edilirse edilsin yaklaşık olarak %2,65-2,75 ağırlık kaybı gerçekleşmektedir. 50 dakika ve daha uzun işlem süreleri sonunda ise %2,75 ve üzeri ağırlık kayıpları gerçekleşmektedir. Aynı zamanda amilaz enzimi konsantrasyonunun artırılması ile daha kısa işlem süresinde aynı ağırlık kaybı değerlerine erişildiği belirlenmiştir.

Amaç, keten numunelerden kirliliklerin etkili bir şekilde kısa zamanda uzaklaştırılması olduğunda, banyoya 0,7 g/l pektinaz enziminin ilave edilmesi yeterli olmaktadır (Şekil 4.6). Özetlemek gerekirse, belirli bir enzim konsantrasyonunda, işlem süresindeki artış ile birlikte uzaklaştırılan kirlilik miktarı dolayısıyla meydana gelen ağırlık kaybı oranı artmaktadır. Aynı durum, belirli bir işlem süresinde çalışıldığında, enzim konsantrasyonundaki artış ile birlikte meydana gelmektedir.



Şekil 4.6 Ultrason enerjisi varlığında enzimatik işleme tabi tutulan keten kumaşların ağırlık kayıplarına pektinaz enzimi konsantrasyonunun ve işlem süresinin etkisi.

Amilaz enzimi konsantrasyonu ile işlem süresi arasındaki ilişkiden farklı olarak tüm pektinaz enzimi konsantrasyonlarında işlem süresi önem kazanmaktadır. Kumaş üzerinden etkili bir madde uzaklaştırmasının kısa sürede gerçekleştirilmesi istendiğinde, 0,7 g/l pektinaz enzimi ile çalışılmasının faydalı olacağı söylenebilir (Şekil 4.6). Bu konsantrasyonda gerçekleştirilen 40 dakikalık bir işlem maksimum madde uzaklaşımını desteklemektedir. İşlem süresinin çok önemli olmadığı durumlarda ise 0,3 g/l'lik pektinaz konsantrasyonu ile 50 dakikalık veya 0,1 g/l'lik enzim miktarıyla 55 dakikalık bir işlem kumaş üzerinden uzaklaştırılan madde miktarının en fazla olmasını sağlayabilmektedir. Özetle, tüm pektinaz enzimi konsantrasyonlarında işlem süresinin uzatılması kumaş üzerinden uzaklaştırılan madde miktarının artmasını dolayısıyla ağırlık kaybının yükselmesini desteklemektedir.

4.1.5 Ultrason enerjisi varlığında enzimatik işlem görmüş keten kumaşlara ait FT-IR analizi ve yüzey görünüm özellikleri

Ham ve işlem görmüş keten kumaşlara ait infrared band işaretleri Çizelge 4.1 ve Ek 7’de görülmektedir (Abdel-Halim et al., 2008; Perincek et al., 2007a; Mwaikambo and Ansell, 2002; Samal et al., 2001; Rana et al., 1997; Bhattacharya and Shah, 2004; Wang et al., 2003).

Çizelge 4.1 Ham ve ultrason enerjisi varlığında enzimatik işlem görmüş keten kumaşlara ait infrared band işaretleri.

Ham Kumaş	Amilaz		Lakkaz		Pektinaz		Sıcaklık		Süre		Olası İşaretler
	41	27	23	8	34	29	21	41	17	34	
3328	3334	3328	3334	3334	3334	3331	3333	3334	3336	3334	OH gerilimi
2901	2899	2899	2897	2898	2896	2899	2896	2899	2897	2896	CH ₂ ve CH ₃ gerilimi
1641	1635	1637	1637	1633	1638	1636	1636	1635	1637	1638	Lignindeki C-H deformasyonu
1315	1314	1315	1314	1314	1314	1314	1314	1314	1314	1314	C-H eğilimi
1155	1158	1157	1158	1161	1158	1158	1159	1158	1160	1158	Selüloz ve hemiselülozdaki C-O-C antisimetrik köprü gerilimi
1028	1028	1028	1028	1029	1028	1029	1028	1028	1029	1028	Selüloz, hemiselüloz ve lignindeki C-O gerilimi
892	896	896	896	896	896	896	896	896	896	896	β-glikozidik bağı

Kumaş no 41= 1 g/l amilaz; 0,5 g/l lakkaz; 0,5 g/l pektinaz ile 30°C’de 40 dakika işlem görmüş keten kumaş
 Kumaş no 27= 0,5 g/l lakkaz; 0,5 g/l pektinaz ile 30°C’de 40 dakika işlem görmüş keten kumaş
 Kumaş no 23= 0,5 g/l amilaz; 1 g/l lakkaz; 0,5 g/l pektinaz ile 70°C’de 40 dakika işlem görmüş keten kumaş
 Kumaş no 8= 0,5 g/l amilaz; 0,5 g/l pektinaz ile 70°C’de 40 dakika işlem görmüş keten kumaş
 Kumaş no 34= 0,5 g/l amilaz; 0,5 g/l lakkaz; 1 g/l pektinaz ile 50°C’de 20 dakika işlem görmüş keten kumaş
 Kumaş no 29= 0,5 g/l amilaz; 0,5 g/l lakkaz ile 50°C’de 20 dakika işlem görmüş keten kumaş
 Kumaş no 21= 1 g/l amilaz; 0,5 g/l lakkaz; 0,5 g/l pektinaz ile 70°C’de 40 dakika işlem görmüş keten kumaş
 Kumaş no 17= 0,5 g/l amilaz; 0,5 g/l lakkaz; 1 g/l pektinaz ile 50°C’de 60 dakika işlem görmüş keten kumaş

Ham keten kumaşa ait spektrumda 3328 cm⁻¹ civarında görülen kuvvetli geniş bant hidrojen-bağlı hidroksil (OH) gerilimi ile ilişkilidir (Ek 7a). Kirlilikler başarılı bir şekilde uzaklaştırıldığında bu bant enzimatik işleme tabi tutulmuş numunelere ait spektrumlarda görüldüğü gibi genişlemekte ve 3334 cm⁻¹ civarında gözlemlenmektedir (Ek 7c ve 7d). Bu durum, OH gruplarının uzaklaştırılmasına bağlı olarak H-bağı kapasitesindeki azalışla ilgili olabilir. OH grubu içeren bazı bileşiklerin uzaklaştırıldığı, bunların bazılarının hemiselüloz ve pektin olabileceği söylenebilir (Wang et al., 2003). 1300-1320 cm⁻¹ ve 2890-2900 cm⁻¹ arasındaki piklerin transmitansındaki artış lignindeki CH₃ ve CH₂ bağlarını ifade etmektedir. 1028 cm⁻¹’deki bant selülozdaki C-O bağı ve 892 cm⁻¹’de görülen pik monosakkaritler arasında yer alan β-glikozidik bağlarını ifade

etmektedir (Mwaikambo and Ansell, 2002; Samal et al., 2001; Rana et al., 1997; Bhattacharya and Shah, 2004).

Ham keten kumaşın spektrumunda 2851 cm^{-1} 'de ekstra pik görülmektedir. Bu pik, uzun alkil zincirlerindeki metilen gruplarının simetrik ve asimetrik gerilmesiyle ilgili olup, lif yüzeyindeki mumumsu maddelerin varlığına işaret etmektedir. Ek 7b-7f'de yer alan spektrumlarda bu pikin görülmemesi, uygulanan işlemlerle lifin mumumsu dış tabakasının uzaklaştırıldığını ifade etmektedir. Pektinin parçalanması ve uzaklaştırılması, primer çeperden selülozik olmayan mumumsu materyallerin uzaklaştırılmasını hızlandırmaktadır. Pektinaz enziminin pektinin parçalanmasında ve uzaklaştırılmasında oldukça etkili olduğu görülmüştür.

Ham keten kumaşın spektrumundaki 1641 cm^{-1} bandı lignindeki C-H deformasyonu ile ilişkili olup, ligninin uzaklaştırılması ile birlikte bu bant zayıflamakta ve daralmaktadır (Ek 7c). Pektinin aksine ligninin uzaklaştırılması oldukça zordur. Çünkü kimyasal saldırıya dayanıklı aromatik grup gibi çeşitli gruplar ve bazı güçlü C-C bağları içermekte, dolayısıyla ligninin parçalanması oldukça sınırlı olmaktadır.

Ham ve ultrason enerjisi varlığında enzimatik işleme tabi tutulmuş keten kumaşlara ait taramalı elektron mikroskobu görüntüleri Ek 8'de yer almaktadır. Elde edilen görüntülerden de görüldüğü üzere, ultrason enerjisi varlığında gerçekleştirilen enzimatik işlem koşulları ağırlaştırıldığında lif yüzeyinde meydana gelen zararlarda bir miktar artış yaşanmaktadır.

Sonuç olarak, Box-Behnken deney tasarımına uygun olarak gerçekleştirilen deney planı neticesinde elde edilen sonuçlar yorumlanarak optimum reçeteler elde edilmek istendiğinde şu sonuçlara ulaşılmaktadır;

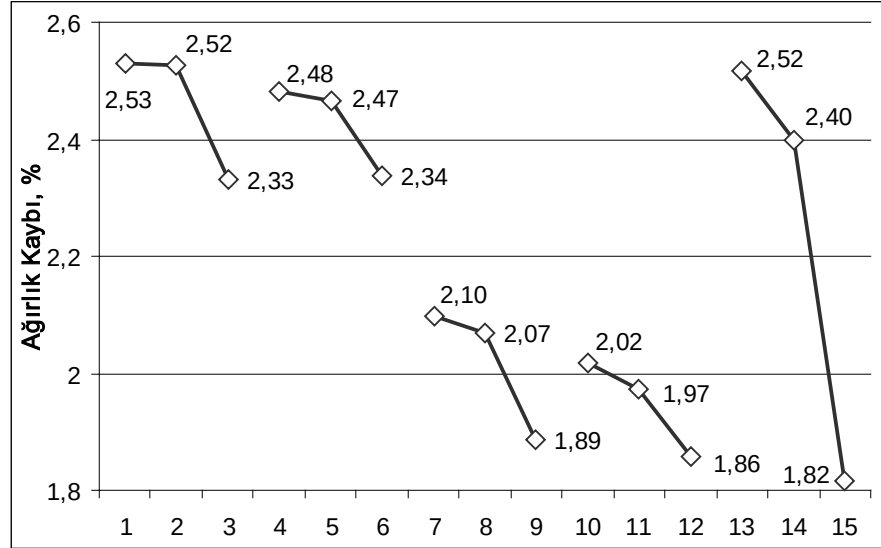
- Amaç, ultrason varlığında gerçekleştirilen enzimatik işlem sonrası keten kumaşların beyazlık derecelerinde ($> \%7$), L^* değerlerinde ($> \%2$) ve hidrofilite değerlerinde ($> \%500$) en yüksek artışı elde edip kumaş üzerinden uzaklaşan madde miktarının ($> \%2,5$) en fazla olmasını sağlamak ise; 0,8 g/l lakkaz enzimi, 1 g/l pektinaz enzimi ve 0,7 g/l amilaz enzimi içeren banyoda 70°C 'de 45 dakika işlem yapılması,

- Ancak amaç, işlem sonrası kumaşların belirtilen özelliklerinde ortalama bir iyileşme ($< \%6$ beyazlık artışı, $< \%1,75$ L* artışı, $< \%460$ hidrofilite artışı, $< \%2,5$ ağırlık kaybı) sağlamak ise; 0,1 g/l lakkaz enzimi, 0,8 g/l pektinaz enzimi ve 0,2 g/l amilaz enzimi içeren banyoda 60°C 'de 35 dakika işlem yapılması yeterli olmaktadır.
- Mevcut deney planında keten kumaşın özelliklerinde minimum gelişmeye ($< \%5$ beyazlık artışı, $< \%1,25$ L* artışı, $< \%420$ hidrofilite artışı, $< \%2,25$ ağırlık kaybı) yol açan işlem koşulları ise şu şekilde özetlenebilir; 0,1 g/l lakkaz enzimi ile 0,1 g/l pektinaz enzimi veya 0,1 g/l amilaz enzimi ile 0,1 g/l pektinaz enzimi içeren banyoda 30°C 'de 20 dakika işlem.

4.1.6 Keten kumaşlara uygulanan enzimatik işleme ultrason enerjisinin etkisinin belirlenmesi

Deney planına (Bkz. Çizelge 3.6) uygun olarak gerçekleştirilen denemeler neticesinde, işlem gören kumaşların ağırlık kayıpları, hidrofilite değerleri, beyazlık ve L* değerleri, haşıl sökme dereceleri, su tutma güçleri, nem sorbsiyon değerleri, lignin içerikleri, kopma mukavemeti değerleri, iyot sorbsiyon değerleri yüzdesel değişim olarak belirlenmiştir.

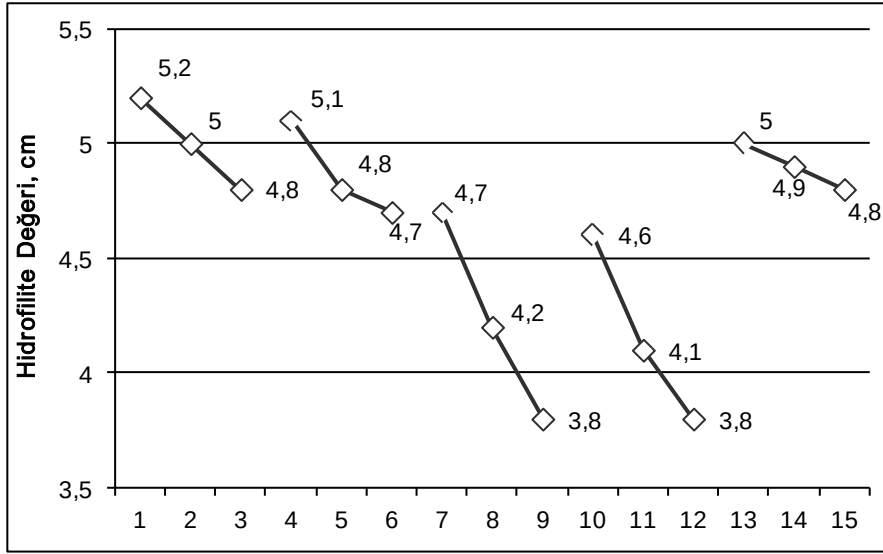
Gerçekleştirilen işlemlerin keten lifleri üzerinde bulunan çeşitli doğal pigmentlerin ve kirliliklerin parçalanmasına olan etkisi ağırlık kaybı tayini ile belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar göstermektedir ki; enzim konsantrasyonu, işlem sıcaklığı ve süresi arttıkça keten kumaşlarda gerçekleşen ağırlık kaybı miktarı da artmaktadır (Şekil 4.7). Meydana gelen ağırlık kaybı miktarını etkileyen başlıca parametrelerin; amilaz enzimi sayesinde kumaş üzerinden uzaklaştırılan nişasta haşılı miktarı ve pektinaz enzimi aracılığıyla uzaklaştırılan pektik madde miktarı olduğu söylenebilir. Lakkaz enziminin de ağırlık kaybı üzerine etkisi olması beklenirken, ham kumaşın içerdiği ligno-selülozik madde miktarının haşıl ve pektik madde miktarına göre çok daha düşük olması, lakkaz enziminin sonuçlar üzerine olan etkisini azaltmaktadır.



Şekil 4.7 Keten kumaşların enzimatik işlemleri sırasında ultrason enerjisinden yararlanılmasının elde edilecek ağırlık kaybı değerleri üzerine olan etkisi.

Mamullerden uzaklaşan madde miktarına etki eden bir diğer önemli faktör de işlem sırasında her hangi bir mekanik etkiden veya kavitasyon enerjisinden faydalanılıp faydalanılmadığıdır. Enzimler sayesinde %2'ler civarında olan ağırlık kaybı oranı, sisteme mekanik etkinin dâhil edildiği konvansiyonel işlemde ve kavitasyon enerjisinin dâhil edildiği ultrasonik işlemde %2,5'lere kadar çıkmaktadır. Ultrasonik işlemde konvansiyonelden farklı olarak, banyoda enzimin bulunup bulunmaması ciddi bir fark yaratmamaktadır. Ultrasonik ortamda, en ağır işlem şartlarında çalışıldığında %2,53 ağırlık kaybı meydana gelirken, sistemden enzimler çıkarıldığında bu oran %2,48 olmaktadır. Ancak aynı durum konvansiyonel işlem de daha dramatik olup, enzim varlığında %2,52 olan ağırlık kaybı oranı sistemden enzim çıkarıldığında %2,02'ye kadar gerilemektedir. Bunun nedeni olarak, ultrasonun yüksek yıkama verimliliği gösterilebilir.

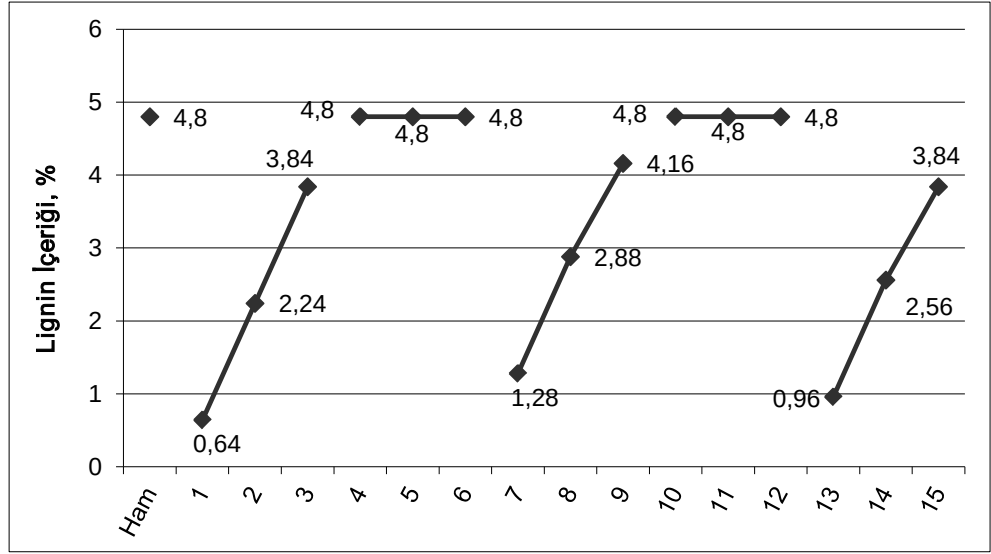
Aynı numunelerin hidrofilite değerleri de incelendiğinde, ultrason enerjisi varlığında enzimatik işleme tabi tutulan numunelerin en yüksek hidrofilite değerlerine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.8). Ultrason enerjisinin, enzimlerin hareketliliğini artırarak, enzim ile substrat arasındaki etkileşimi arttırdığı, aynı zamanda işlem sonunda parçalanmış olan maddelerin etkili bir şekilde uzaklaştırılmasına destek olduğu söylenebilir.



Şekil 4.8 Keten kumaşların enzimatik işlemleri sırasında ultrason enerjisinden yararlanılmasının elde edilecek hidrofilite değerleri üzerine olan etkisi.

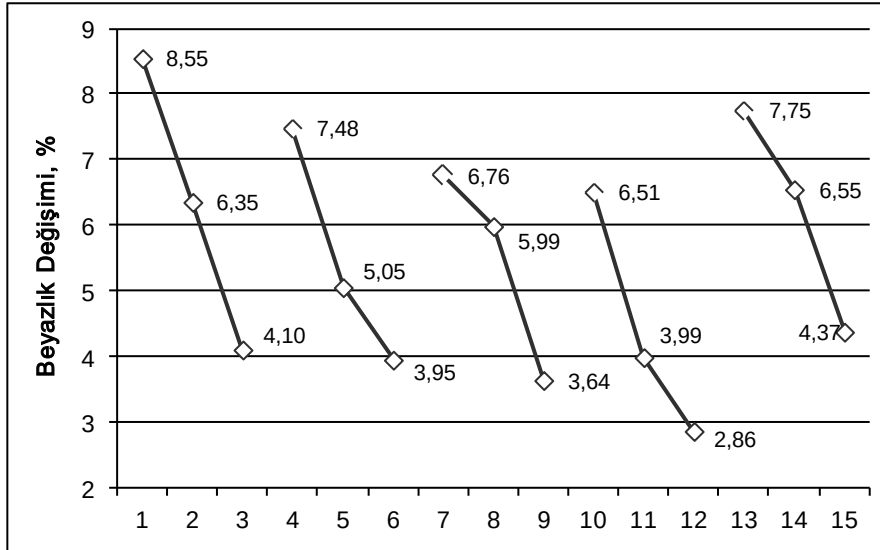
Keten kumaşlara hidrofob özellik kazandıran pektin, lignin gibi maddelerin uzaklaştırılması ile hidrofilite değerlerinde önemli iyileşmeler sağlanmaktadır. İlginç olan nokta ise, ultrason enerjisi varlığında gerçekleştirilen denemelerde sistemden enzimler çıkarıldığında da oldukça iyi (neredeyse konvansiyonel enzimatik işlem ile aynı) hidrofilite değerlerine erişiliyor olmasıdır. Bu da ultrasonun tek başına (her hangi bir enzim kullanılmadan) hidrofilleştirme etkisi yaratabildiğini göstermektedir (Karaboğa et al., 2007).

Lignin miktarları açısından da incelendiğinde, keten lifleri üzerinden bozuşturularak uzaklaştırılan lignin miktarını etkileyen en önemli faktörün, işlem sırasında ultrason enerjisi kullanılıp kullanılmamasından ziyade işlem sırasında kullanılan enzim konsantrasyonu olduğu söylenebilir. Enzim (özellikle lakkaz enzimi) konsantrasyonundaki artış ile birlikte bozuşturularak lif üzerinden uzaklaştırılan lignin miktarı arasında paralel bir ilişki bulunmaktadır (Şekil 4.9). Sistemde enzim bulunmadığında ise ham kumaşın yapısında bulunan %4,8 lignin miktarı aynen kalmaktadır.



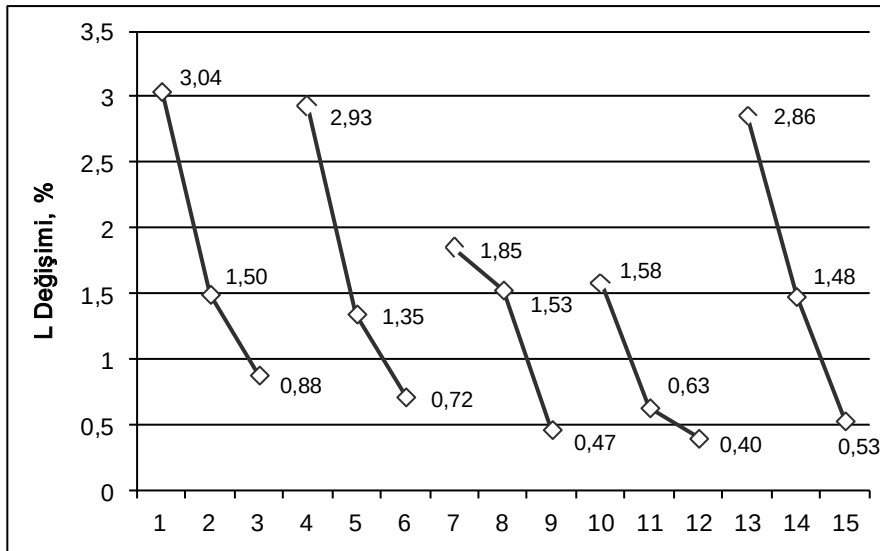
Şekil 4.9 Keten kumaşların enzimatik işlemleri sırasında ultrason enerjisinden yararlanılmasının elde edilecek lignin miktarları üzerine olan etkisi.

Her ne kadar pektinaz enzimi tek başına keten kumaşların ağartılmasında etki gösteremese de, lakkaz enzimi ile kombine edildiğinde sinerjistik etki yaratarak beyazlık değerlerinde iyileşmeye neden olduğu gerçekleştirilen denemeler kapsamında gözlemlenmiştir. Bunun nedeni olarak, pektinaz enziminin pektik maddeleri uzaklaştırması sonucu yüzeydeki hidrofobluğa neden olan yağ vb. kirliliklerin daha kolay uzaklaştırılması ve sonuç olarak lakkaz enziminin lignin ile reaksiyonunun daha verimli şekilde gerçekleşmesinin sağlanması düşünülmektedir. Enzimatik işlem sonrası lignin miktarında bir miktar düşüş yaşanmakta ancak bu azalma yeterli düzeyde olmamaktadır. Sonuç olarak, elde edilen beyazlık derecesi artışı da sınırlı kalmaktadır. Sisteme ultrason enerjisinin dahil edilmesi ile beyazlık değerlerindeki artış daha da iyileşmektedir (Şekil 4.10). Bu da yine bozuşturulan sarımsak renkteki kirliliklerin kavitasyon enerjisi sayesinde kumaş yüzeyinden banyoya geçtiğini göstermektedir.



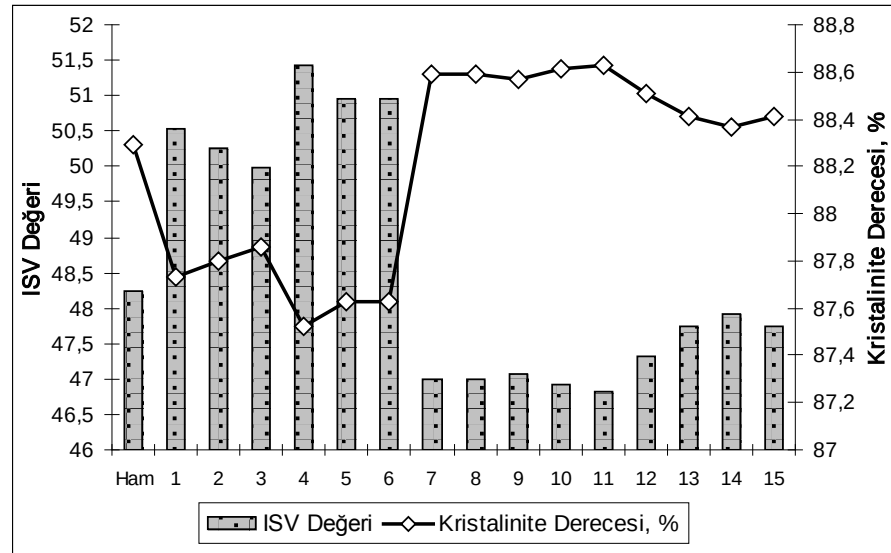
Şekil 4.10 Keten kumaşların enzimatik işlemleri sırasında ultrason enerjisinden yararlanılmasının elde edilecek beyazlık değerleri üzerine olan etkisi.

Keten kumaşların beyazlık ve L^* değerlerindeki en büyük artış, enzimatik işlem ultrason enerjisi varlığında gerçekleştirildiğinde elde edilmektedir (Şekil 4.10 ve 4.11). Enzim kullanılmadan gerçekleştirilen ultrasonik işlemin de oldukça yüksek L^* değeri artışları sağladığı, hatta konvansiyonel enzimatik işleminden daha iyi değerler elde edildiği görülmektedir.



Şekil 4.11 Keten kumaşların enzimatik işlemleri sırasında ultrason enerjisinden yararlanılmasının elde edilecek L^* değerleri üzerine olan etkisi.

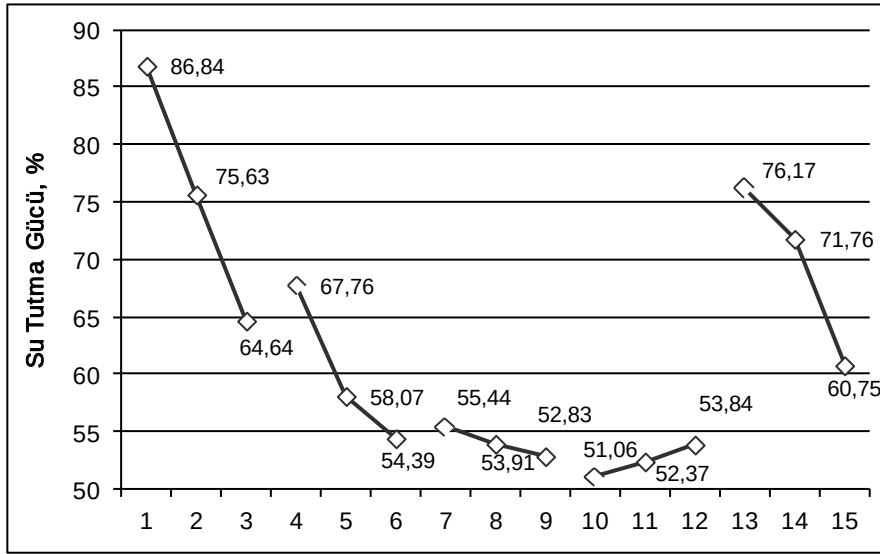
Enzimatik işlemler sırasında selüloz içeriğinde meydana gelen değişimler numunelerin absorplama özelliklerinde değişimlere neden olmakta bu durum da ISV, nem sorpsiyonu ve su tutma gücü gibi kıstaslar irdelenerek incelenmektedir. ISV değeri, lifin amorf bölgelerine çözeltilerin erişebilirliği ile ilgilidir. I_3^- iyonları, öncelikli olarak hidroksil grubunun kısmen pozitif yüklü hidrojen atomlarına adsorbe olmaktadır. Sadece enzimatik işlem ve konvansiyonel olarak enzimatik işlem görmüş keten liflerinin, ham keten liflerinden daha düşük ISV değerine sahip olduğu, enzimatik işlem sırasında ultrason enerjisinin uygulanmasının ise keten liflerinin iyot sorpsiyon özelliğini bir miktar geliştirdiği, ancak elde edilen değerlerin birbirine çok yakın olduğu, dolayısıyla numunelerin ISV değerlerinde anlamlı bir değişikliğin meydana gelmediği sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 4.12).



Şekil 4.12 Keten kumaşların enzimatik işlemleri sırasında ultrason enerjisinden yararlanılmasının elde edilecek iyot sorpsiyonu ve kristalinite derecesi değerleri üzerine olan etkisi.

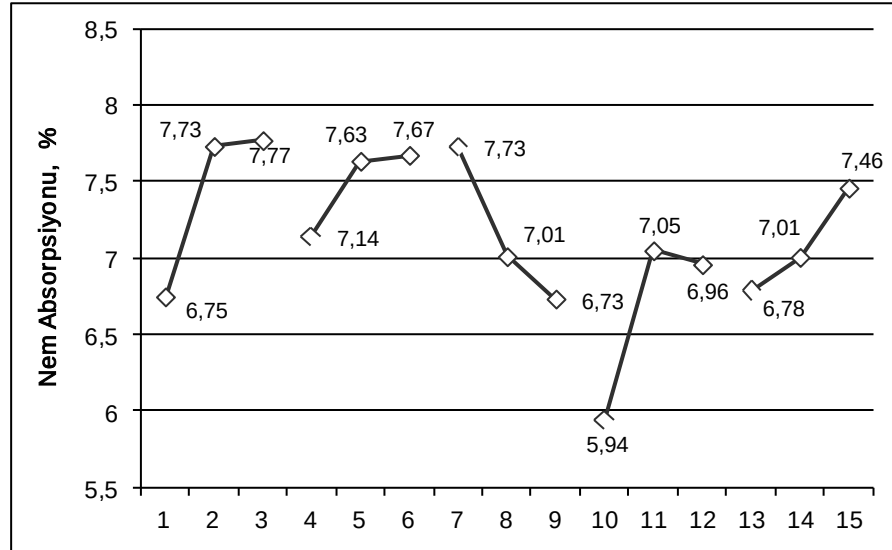
Amorf bölgelerdeki ve kristalitlerin yüzeyindeki serbest hidroksil grupları, %65 rölatif nem ve 20°C'deki nem sorpsiyonundan sorumludur. Suyun sorpsiyonu, tek bir su molekülünün erişilebilir hidroksil gruplarına bağlandığı mono-tabaka oluşumuyla başlamakta ve kademeli olarak multi-tabaka oluşumuyla devam etmektedir. Keten lifleri, su çözeltisi içerisinde emdirildiğinde şişmekte, önemli oranda su emmekte ve sonrasında da tutabilir hale gelmektedir. Su tutma gücü, su içerisinde bekletme ve santrifüjleme işlemleri sonrasında lif içerisinde tutulan su miktarını belirtmektedir (Fakin et al., 2006). Enzimatik işlem görmüş

liflerin su sorpsiyon değerlerinin ($\approx 55\%$), işlem konvansiyonel olarak gerçekleştirildiğinde daha da arttığı ($60-75$ arası) görülmüştür. En yüksek su tutma değerlerine ($65-85$ arası), ultrason varlığında uygulanan işlemler sonrasında erişilmiştir (Şekil 4.13). Enzimlerin liflerin yüzeyindeki hidrofobik kirlilikleri etkili bir şekilde uzaklaştırdığı ve böylece su moleküllerinin keten liflerinin içerisine girebildiği düşünülmektedir. Ultrasonun kumaş yüzeyindeki kirlilikleri ve enzimlerle bozuşturulan hidrofobik maddeleri uzaklaştırmadaki etkinliği, su tutma değerlerini de olumlu etkilemektedir.



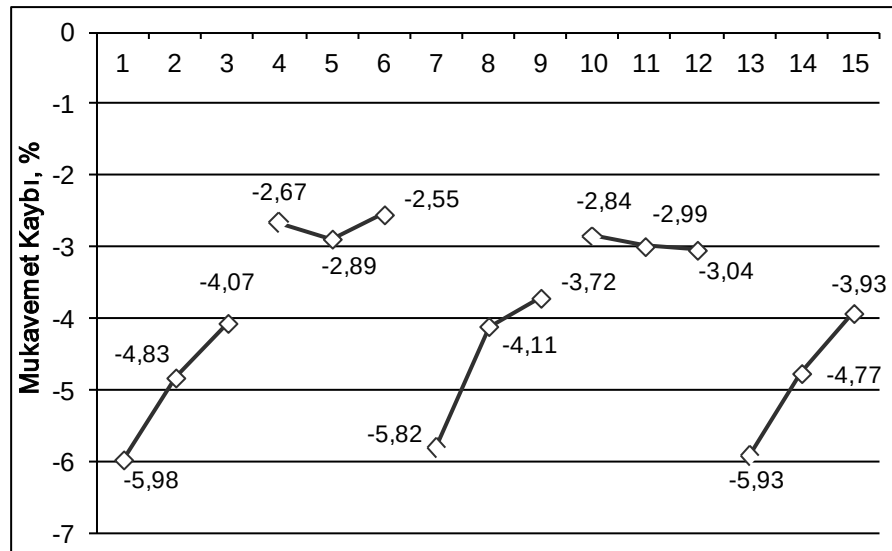
Şekil 4.13 Keten kumaşların enzimatik işlemleri sırasında ultrason enerjisinden yararlanılmasının elde edilecek su tutma gücü değerleri üzerine olan etkisi.

Enzimatik işlem gören keten kumaşların nem absorblama yeteneğindeki artışın, liften hidrofob maddelerin uzaklaştırılmasıyla ve enzimatik işlem sırasında lif yüzeyinde oluşan çatlaklarla ilişkili olabileceği düşünülmektedir (Şekil 4.14). Bazı denemelerden sonra nem tutma oranında yaşanan düşüş, nem tutma yeteneğine sahip selülozik ve selülozik olmayan kirliliklerin uzaklaştırılmasından kaynaklanabilmektedir.



Şekil 4.14 Keten kumaşların enzimatik işlemleri sırasında ultrason enerjisinden yararlanılmasının elde edilecek nem absorpsiyonu değerleri üzerine olan etkisi.

Enzim kullanılmadan gerçekleştirilen ultrasonik ve konvansiyonel işlemler sonrasında ortalama %3'lük bir mukavemet kaybı gözlemlenirken, sisteme enzimler ilave edildiğinde bu oran %6'lara kadar çıkmaktadır. Çalışma şartlarına bağlı olarak (kullanılan enzim konsantrasyonu, işlem sıcaklığı ve süresi) mukavemet kaybı %4 ile %6 arasında değişmektedir (Şekil 4.15). Elde edilen mukavemet kayıplarının kabul edilebilir sınırlarda olduğu söylenebilir.



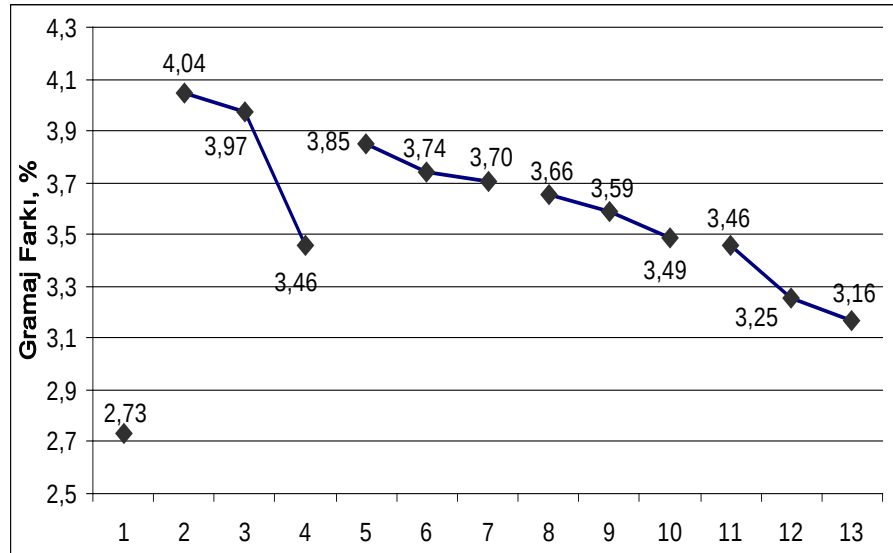
Şekil 4.15 Keten kumaşların enzimatik işlemleri sırasında ultrason enerjisinden yararlanılmasının elde edilecek mukavemet değerleri üzerine olan etkisi.

Ultrason enerjisinin, keten kumaşların enzimatik işlemleri sırasında kullanılmasının keten kumaşların hidrofilite, beyazlık, L* değeri, su tutma gücü, nem absorpsiyonu, ağırlık kaybı oranı gibi incelenen kriterler üzerine olumlu etkisi bulunduğu, konvansiyonel işlemlerden daha fazla bu değerleri geliştirdiği sonucuna ulaşılmıştır.

4.1.6.1 Ultrason enerjisi varlığında enzimatik işleme tabi tutulan keten kumaşlara daha sonra uygulanacak selüloz enzimi ile işlemin (ultrason varlığında ve konvansiyonel olarak) kumaşların ağırlık kaybı değerlerine ve yüzey görünümlerine olan etkisi

Deney planına (Bkz. Çizelge 3.7) uygun olarak gerçekleştirilen denemeler neticesinde, işlem gören kumaşların ağırlık kayıpları ve yüzey görünümleri incelenmiştir.

Şekil 4.16'dan da görüldüğü üzere konvansiyonel olarak selüloz ile gerçekleştirilen işlem neticesinde keten kumaşta %2,73'lük bir ağırlık kaybı meydana gelirken, bu oran bir ön işlem uygulanmasıyla artmaktadır. Örneğin, selüloz ile işlem öncesi 0,1 g/l lakkaz ve pektinaz ile ultrason enerjisi varlığında 30°C'de gerçekleştirilen 20 dakikalık bir ön işlem ağırlık kaybının %3,46'ya çıkmasına neden olmaktadır. Ön işlem şartlarının daha da ağırlaştırılması ile (2 nolu deneyde olduğu gibi) bu oran %4'lere kadar çıkmaktadır. Ultrason enerjisinden yararlanılarak gerçekleştirilen deney neticesinde elde edilen %4'lük ağırlık kaybı, konvansiyonel yöntem tercih edildiğinde %3,66'ya gerilemektedir. Elde edilen veriler göstermektedir ki; keten kumaşların enzimatik işlemleri sırasında ultrason enerjisi kullanımı kumaş üzerinden uzaklaştırılan madde miktarını arttırmakta, dolayısıyla ağırlık kaybının artmasına yol açmaktadır. Aynı zamanda selüloz ile işlem öncesi lakkaz, pektinaz ve amilaz ile gerçekleştirilen bir ön işlemin de ağırlık kaybındaki artışı destekler nitelikte olduğu söylenebilir.



Şekil 4.16 Ultrason enerjisi varlığında/yokluğunda gerçekleştirilen selülaaz ile işlemin keten kumaşların ağırlık kaybı değerleri üzerine olan etkisi.

Ek 9'dan da görüldüğü üzere her hangi bir ön işlem görmemiş keten kumaş selülaaz enzimi ile kovansiyonel olarak işleme tabi tutulduğunda lif yüzeyinde meydana gelen zararlar, ön işlem görmüş keten kumaşların lif yüzeyinde meydana gelen zarardan daha az belirgin olmaktadır. Ayrıca ultrason enerjisi varlığında selülaaz enzimi ile işleme tabi tutulmuş keten liflerinin yüzey görünümlerinin, konvansiyonel olarak işleme tabi tutulmuş liflerin yüzey görünümlerine oranla daha temiz ve daha az zarar görmüş olduğu söylenebilir.

4.2 Ozonun Keten Kumaşların Ön Terbiyesinde Kullanılabilirliği

Her hangi bir selülozik materyalin boyama ve bitim işlemlerinden önce, hidrofilleştirme işlemi sonrası ağartılması gerekmektedir. Ağartma işlemi sırasında, doğal pigmentler ve diğer selülozik olmayan maddeler uzaklaştırılmaktadır. Endüstriyel uygulamalarda, selülozik materyallerin ağartılmasında en yaygın kullanılan madde hidrojen peroksittir (Ren and Buschle-Diller, 2007). Keten kumaşların ağartma işlemi pamuk ağartma işleminden farklı olarak daha uzun süreye gereksinim duymakta, ancak lif zararını minimize etmek amacıyla daha ılıman koşullarda işlem gerçekleştirilmektedir. Ağartma işlemi sonrası, kullanım alanına bağlı olarak, kremden beyaza kadar farklı renk tonlarında keten kumaşlar elde edilebilmektedir. Önemli olan kimyasal zararın minimize edilmesidir. Aynı zamanda ağırlık kaybının da minimize edilmesi

gerekmektedir. %6-15 arasındaki bir ağırlık kaybı makul kabul edilirken, maksimum %18-25 ağırlık kaybına izin verilebilmektedir (Hann, 2005).

Lakkaz enzimi kullanılarak elde edilen beyazlık artışı sınırlı düzeyde kalmaktadır. Yüksek beyazlık değerlerine erişebilmek için hidrojen peroksit ile ağartma işlemi uygulanması gerekmektedir. Burada da uzun işlem süresi gereksinimi karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle etkili bir ağartma maddesi olan ozon ile hidrojen peroksitin kombinasyonu yoluna başvurulmuştur.

4.2.1 Ozon-Hidrojen peroksit ağartma kombinasyonunun keten kumaşların beyazlık ve L* değerlerine olan etkisi

Regresyon analizi sonucunda elde edilen beyazlık ve L* değerleri ile işlem parametreleri (ozonlama süresi (OT), hidrojen peroksit konsantrasyonu (HK) ve süresi (PT)) arasındaki ilişkiyi ifade eden eşitlikler aşağıda yer almaktadır;

$$\text{Beyazlık Değeri} = -42,1 + 18,6 \text{ HK} \quad (16)$$

$$\text{L* Değeri} = 54,8 + 1,18 \text{ OT} + 9,78 \text{ HK} + 0,193 \text{ PT} - 0,751 \text{ HK}^2 - 0,0744 \text{ HK*PT} \quad (17)$$

Denklem (16) ve (17)'nin istatistiksel önemliliği, *F*-testi ve varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmeye çalışılmıştır. Regresyon modellerinin varyans analizi, modellerin oldukça önemli olduğunu ifade etmektedir. Adjusted R² değeri, bağımsız değişkenlerin beyazlık değişimi üzerine etkisiyle ilgili toplam varyasyonların %98,1'inin, L* değişimi üzerine etkisiyle ilgili toplam varyasyonların %99,4'ünün geliştirilen modeller ile güvenli bir şekilde tahminlendiğini, sadece beyazlık değerlerine ilişkin %1,9'luk ve L* değerlerine ilişkin %0,6'luk kısmın modeller tarafından açıklanamadığını belirtmektedir. Beyazlık değişimine ilişkin 0,993 R² değeri ve L* değişimine ilişkin 0,994 R² değeri deneysel sonuçlar ile tahminlenen sonuçlar arasında oldukça iyi bir korelasyon olduğunu göstermektedir. Regresyonlara ait P değerleri (Beyazlık değeri için 0,000 ve L* değeri için 0,000) 0,05'den küçük olduğu için geliştirilen modellerin beyazlık ve L* değerlerinin tahminlenmesi açısından istatistiksel olarak önemli kabul edilebileceği söylenebilir. Lack of fit değeri beyazlık değişimi için 0,182; L* değişimi için 0,504 olup, 0,05'den büyük bir değer olduğundan önemsiz kabul edilmekte, sonuç olarak geliştirilen modelin beyazlık ve L* değişiminin tahminlenmesi açısından istatistiksel olarak önemli kabul edilebileceği söylenebilmektedir (Çizelge 4.2 ve 4.3).

Çizelge 4.2 Ozon-Hidrojen peroksit kombine ağartmasına tabi tutulmuş keten kumaşların beyazlık ve L* değerlerine ilişkin varyans analizi.

	Kaynak	df	Seq. SS	Adj. SS	Adj. MS	F	P
Beyazlık Değeri $R^2 = \% 99,3$ $R^2 (adj) = \% 98,1$	Regression	9	3985,34	3985,338	442,815	83,23	0,000
	Linear	3	3776,35	394,016	131,339	24,69	0,002
	Square	3	172,22	22,627	7,542	1,42	0,341
	Interaction	3	36,76	36,764	12,255	2,3	0,194
	Residual Error	5	26,6	26,601	5,32		
	Lack of fit	3	23,27	23,271	7,757	4,66	0,182
	Pure error	2	3,33	3,33	1,665		
	Total	14	4011,94				
L* Değeri $R^2 = \% 99,4$ $R^2 (adj) = \% 98,4$	Regression	9	437,834	437,834	48,6483	99,17	0,000
	Linear	3	370,617	113,874	37,958	77,38	0,000
	Square	3	60,168	14,6	4,8668	9,92	0,015
	Interaction	3	7,05	7,05	2,3499	4,79	0,062
	Residual Error	5	2,453	2,453	0,4905		
	Lack of fit	3	1,536	1,536	0,5121	1,12	0,504
	Pure error	2	0,916	0,916	0,4581		
	Total	14	440,287				

Çizelge 4.3 Ozon-Hidrojen peroksit kombine ağartmasına tabi tutulmuş keten kumaşların beyazlık ve L* değerlerine ilişkin gerçekleşen ve geliştirilen model tarafından tahminlenen değerler.

No:	Beyazlık Değeri		L* Değeri	
	Gerçekleşen	Tahminlenen	Gerçekleşen	Tahminlenen
1	11,17	10,825	85,35	84,652
2	30,56	31,896	85,32	85,516
3	4,26	4,643	83,01	83,129
4	-4,14	-6,429	76,13	75,857
5	-16,64	-14,117	73,08	72,903
6	11,18	10,825	84,95	84,652
7	8,11	6,924	84,3	84,673
8	-20,34	-21,526	70,08	70,453
9	8,94	10,825	84,03	84,652
10	21,19	19,621	84,13	84,384
11	21,97	23,073	86,79	87,436
12	27,48	27,713	87,84	87,39
13	-17,72	-16,767	74,48	74,557
14	3,82	3,67	82,57	82,001
15	29,97	28,634	86,94	86,744

Beyazlık ve L* değişimine ilişkin regresyon modellerini ifade eden Denklem (16) ve (17)'de yer alan her bir bağımsız değişkenin katsayısı ve P-değerleri Çizelge 4.4'de yer almaktadır. P-değerleri 0,05'den büyük olan değişkenlerin, %95 güven aralığında istatistiksel açıdan önemli olmadığı, yani bu değişkenlerin keten kumaşların beyazlık ve L* değerlerinde anlamlı bir değişikliğe neden olmadığı söylenebilir. Bu durum dikkate alındığında hidrojen peroksit konsantrasyonunun ($P=0,000$) keten kumaşların beyazlık değerlerindeki değişim açısından; hidrojen peroksit konsantrasyonunun ($P=0,000$), ozonlama

süresinin ($P=0,013$) ve peroksitle işlem süresinin ($P=0,037$) keten kumaşların L^* değerlerindeki değişim açısından önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.4 Beyazlık ve L^* değerlerine ilişkin regresyon modelini ifade eden Denklem (16) ve (17)'de yer alan her bir bağımsız değişkenin katsayısı ve P -değerleri.

	Unsur	Katsayı	StDev	T	P
Beyazlık Değeri	Sabit	-42,095	6,687	-6,29	0,001
	OT	0,674	1,028	0,66	0,541
	HK	18,599	2,179	8,54	0,000
	PT	-0,1541	0,2260	-0,68	0,526
	OT^2	0,05226	0,07798	0,67	0,532
	HK^2	-0,6259	0,4874	-1,28	0,255
	PT^2	0,006807	0,006022	1,13	0,310
	$OT*HK$	-0,4155	0,2586	-1,61	0,169
	$OT*PT$	0,02929	0,02620	1,12	0,315
	$HK*PT$	-0,09466	0,06551	-1,45	0,208
L^* Değeri	Sabit	54,751	2,031	26,96	0,000
	OT	1,1776	0,3122	3,77	0,013
	HK	9,7837	0,6615	14,79	0,000
	PT	0,19309	0,06863	2,81	0,037
	OT^2	-0,03583	0,02368	-1,51	0,191
	HK^2	-0,7514	0,148	-5,08	0,004
	PT^2	0,002879	0,001828	1,57	0,176
	$OT*HK$	0,02226	0,07853	0,28	0,788
	$OT*PT$	-0,011497	0,007956	-1,45	0,208
	$HK*PT$	-0,07437	0,01989	-3,74	0,013

Ham, farklı sürelerde ozonlanmış, farklı sürelerde ve konsantrasyonlarda hidrojen peroksit ile ağartılmış, ozonlandıktan sonra hidrojen peroksit ile ağartılmış keten kumaşların beyazlık değerlerine ilişkin sonuçlar Ek 10'da yer almaktadır.

Elde edilen sonuçlardan net bir şekilde görüldüğü üzere, ozonlama süresindeki artış ile birlikte elde edilen beyazlık değeri iyileşmektedir. Sadece 15 dakikalık ozonlama işlemine tabi tutulmuş numunenin beyazlık değeri (-9,25 Stensby), 3 g/l hidrojen peroksit ile 15 dakika ağartılmış numunenin beyazlık değerini (-19,32 Stensby) ve 1 g/l hidrojen peroksit ile 55 dakika ağartılmış numunenin beyazlık değerini (-31,4 Stensby) geçmektedir. Ham keten kumaşın -55,56 Stensby olan beyazlık değeri, 5 dakikalık ozonlama işlemi sonrasında -19,8 Stensby'e yükselmektedir. Ancak sadece ozonlama işlemine tabi tutulmuş numunelerin beyazlık değerleri, 3 g/l veya 5 g/l hidrojen peroksit ile 35 dakikalık veya daha uzun işlem süresinde ağartma işlemine tabi tutulmuş numunelerin beyazlık değerini yakalayamamaktadır.

Çok iyi bilindiği üzere ozonlama işleminin uzatılması numunelerin beyazlık değerlerinde iyileşme sağlamakta ancak mukavemet kaybında da artışa neden olmaktadır (Prabaharan and Venkata, 2001; Prabaharan et al. 2000). Bu çalışmanın bir amacı da, ozon ve hidrojen peroksit ile ağartma işlemlerinin kombine edilmesi ile en yüksek beyazlık değerini en az mukavemet kaybı ile elde etmektir. Bu nedenle ozonla işlem süresi 15 dakika ile sınırlandırılmıştır. Ham keten kumaşlara konvansiyonel ağartma işlemi (3 g/l hidrojen peroksit ile 55 dakika işlem) uygulandığında 7,17 Stensby beyazlık değeri elde edilmektedir. Bu değer, konvansiyonel peroksit ağartmasından önce 5, 10 ve 15 dakikalık ozonlama işlemi uygulandığında sırasıyla 14,09; 17,39 ve 30,56 Stensby beyazlık değerlerine çıkmaktadır. Diğer bir deyişle, peroksit ağartmasından önce ozonla gerçekleştirilen 15 dakikalık bir ön işlem, işlem süresinden ve kimyasal tüketiminden tasarruf sağlamaktadır. Örneğin; 5 g/l hidrojen peroksit ile 55 dakikalık işlem sonrasında keten kumaşlarda yaklaşık 20 Stensby beyazlık değeri elde edilirken, aynı beyazlık değeri 15 dakikalık ozonlama sonrası 3 g/l hidrojen peroksit ile 35 dakika işlem yaparak elde edilebilmektedir. Elde edilen sonuçları destekleyen, ham ve işlem görmüş numunelere ait fotoğraflar Ek 11’de yer almaktadır.

Peroksit konsantrasyonunun, ozonla ve peroksitle işlem sürelerinin ham keten kumaşların beyazlık değerleri üzerine etkisini daha net görebilmek için Duncan Post Hoc test yöntemi de uygulanmıştır. Çizelge 4.5’den de görüldüğü üzere, beyazlık değerleri açısından hidrojen peroksit konsantrasyonu oldukça büyük öneme sahiptir. Bu nedenle, ağartma sırasında çalışılacak hidrojen peroksit konsantrasyonu dikkatli bir şekilde seçilmelidir.

Kumaşların beyazlık gelişimleri üzerine peroksit ile işlem süresinin ozonla işlem süresine göre daha az etkili olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, hidrojen peroksit konsantrasyonundaki, ozonlama ve peroksit ile ağartma süresindeki artış ile birlikte numunelerin beyazlık değerlerinin arttığı söylenebilir.

Çizelge 4.5 Ozonlama süresi, peroksit konsantrasyonu ve süresi değişkenlerinin seviyelerine bağlı olarak ham keten kumaşların beyazlık değerleri üzerine etkilerini gösteren Duncan Post Hoc test sonucu.

			N	Subset			
				1	2	3	4
Beyazlık Değeri	Ozonlama süresi	0 dak.	12	-21,95			
		5 dak.	10		2,50		
		10 dak.	10			6,10	
		15 dak.	10				11,30
	Peroksit konsantrasyonu	0 g/l	6	-36,07			
		1 g/l	12		-16,04		
		3 g/l	12			9,20	
		5 g/l	12				19,50
	Peroksitle işlem süresi	0 dak.	6	-36,07			
		15 dak.	12		-4,91		
		35 dak.	12			4,33	
		55 dak.	12				13,25
	Sig.			1,000	1,000	1,000	1,000

Alpha = 0,05.

“Hidrojen peroksit konsantrasyonu & ozonlama süresi” ve “hidrojen peroksit konsantrasyonu & peroksit ile işlem süresi”nin keten kumaşların beyazlık değerleri üzerine olan etkisini gösteren contour plotlar Ek 12’de yer almaktadır. Hidrojen peroksit konsantrasyonu 3 g/l ve üzerinde olduğunda ozonlama süresinin beyazlık değerleri üzerine etkisi önem kazanmaktadır. 20 Stensby ve üzerinde beyazlık değerleri hedeflendiğinde, ozonlama süresi, hidrojen peroksit konsantrasyonu ve peroksit ile işlem süresi sırasıyla minimum 15 dakika; 3 g/l ve 35 dakika olmalıdır.

Ham, farklı sürelerde ozonlanmış, farklı sürelerde ve konsantrasyonlarda hidrojen peroksit ile ağartılmış, ozonlandıktan sonra hidrojen peroksit ile ağartılmış keten kumaşların L* değerlerine ilişkin sonuçlar Ek 13’de yer almaktadır. Sadece hidrojen peroksit ile ağartma işlemine tabi tutulmuş numunelerden elde edilen sonuçlar göstermektedir ki; hidrojen peroksit konsantrasyonundaki ve işlem süresindeki artış ile birlikte elde edilen parlaklık değerleri de artmaktadır. 55 dakikalık peroksit ağartması sırasında hidrojen peroksit konsantrasyonunun 1 g/l’den 3 g/l ve 5 g/l’ye arttırılması ile birlikte ham keten kumaşın 61,17 olan parlaklık değeri sırasıyla 70,17; 81,7 ve 86,13 olmaktadır. Benzer şekilde, 5 g/l hidrojen peroksit ile çalışılırken işlem süresinin 15 dakikadan 35 ve 55 dakikaya uzatılması ile birlikte numunelerin parlaklık değerleri sırasıyla 80,33’den 83,38 ve 86,13’e yükselmektedir. Sadece ozonlanmış numunelerin parlaklık değerlerindeki artış sınırlı olmaktadır; 5, 10 ve 15 dakikalık ozonlama sonrasında numunelerin parlaklık değerleri sırasıyla 62,52; 67,49 ve

68,54 olmaktadır. Ozon ve peroksit işlemlerinin kombinasyonu, ham keten kumaşların parlaklık değerleri üzerinde, her bir işlemin tek başına yarattığı etkiden daha büyük etkiler yaratmaktadır. Örneğin; 5 g/l hidrojen peroksit ile 55 dakikalık ağartma sonrasında 86,13 parlaklık değeri elde edilmektedir. Peroksit ağartmasından önce 5 dakikalık bir ozonlama işlemi uygulandığında, 5 g/l hidrojen peroksit ile 35 dakika çalışılarak aynı parlaklık değeri elde edilebilmektedir.

Değişkenlerin keten kumaşların parlaklık değerleri üzerine etkisini incelemek amacıyla Duncan Post Hoc test uygulanmıştır. Çizelge 4.6'dan da görüldüğü üzere, ozonlama ham keten kumaşların parlaklık değerlerini geliştirmekte ancak ozonlama süresinin uzatılması önemli bir farklılık yaratmamaktadır. Hidrojen peroksit konsantrasyonu, parlaklık değerleri açısından büyük öneme sahiptir. Bu nedenle, hidrojen peroksit konsantrasyonu dikkatli bir şekilde seçilmelidir. Örneğin; hidrojen peroksit konsantrasyonu 1 g/l'den 3 ve 5 g/l'ye arttırıldığında, parlaklık değeri 74,15'den 83,67 ve 85,28'e yükselmektedir.

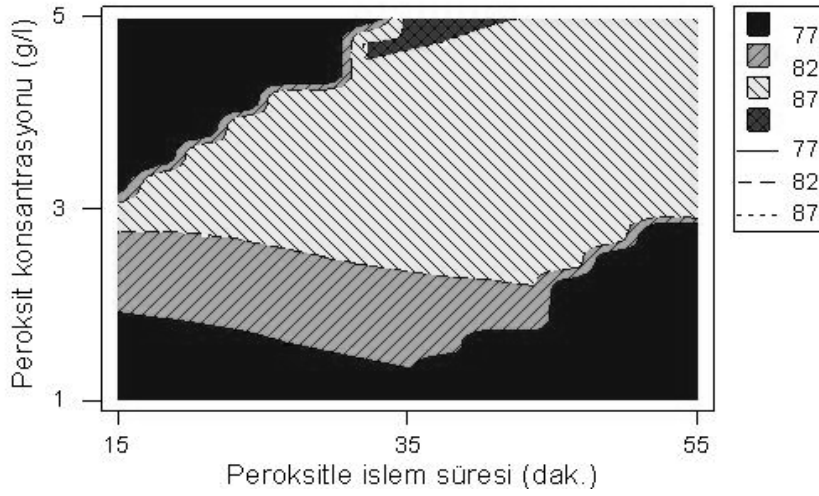
Çizelge 4.6 Ozonlama süresi, peroksit konsantrasyonu ve süresi değişkenlerinin, seviyelerine bağlı olarak ham keten kumaşların parlaklık değerleri üzerine etkilerini gösteren Duncan Post Hoc test sonucu.

			N	Subset			
				1	2	3	4
L* Değeri	Ozonlama süresi	0 dak.	12	74,16			
		5 dak.	10		79,05		
		10 dak.	10		80,87	80,87	
		15 dak.	10			81,03	
	Sig.			1,000	0,061	0,766	
	Peroksit konsantrasyonu	0 g/l	6	63,71			
		1 g/l	12		74,15		
		3 g/l	12			83,67	
		5 g/l	12			85,28	
	Sig.			1,000	1,000	0,082	
	Peroksitle işlem süresi	0 dak.	6	63,71			
		15 dak.	12		79,00		
		35 dak.	12			81,48	
		55 dak.	12			82,60	
	Sig.			1,000	1,000	0,150	

Alpha = 0,05.

Hidrojen peroksit konsantrasyonu & peroksit ile işlem süresi'nin keten kumaşların parlaklık değerleri üzerine etkisini gösteren contour plot Şekil 4.17'de yer almaktadır. Ham keten kumaşın parlaklık değeri açısından en önemli değişken hidrojen peroksit konsantrasyonudur. 87 CIELab ve üzerinde parlaklık değeri

hedeflendiğinde, hidrojen peroksit konsantrasyonu ve işlem süresi minimum 5 g/l ve 35 dakika olmalıdır.



Şekil 4.17 Ozon-Hidrojen peroksit kombine ağartmasına tabi tutulmuş keten kumaşların parlaklık değerlerine "hidrojen peroksit konsantrasyonu & peroksit ile işlem süresi"nin etkisi.

4.2.2 Ozon-Hidrojen peroksit ağartma kombinasyonunun keten kumaşların nem absorblama ve ağırlık kaybı özellikleri üzerine olan etkisi

Ham, farklı sürelerde ozonlanmış, farklı sürelerde ve konsantrasyonlarda hidrojen peroksit ile ağartılmış, ozonlandıktan sonra hidrojen peroksit ile ağartılmış keten kumaşların absorbladıkları nem miktarı ve ağırlık kaybı değerlerine ilişkin sonuçlar Ek 14 ve Çizelge 4.7'de yer almaktadır.

Selülozun amorf bölgelerindeki ve kristalitlerin yüzeyindeki serbest hidroksil grupları, %65 relatif nem ve 20⁰C'de nem sorpsiyonundan sorumludurlar. Suyun sorpsiyonu, mono-tabaka oluşumu ile başlar. Bunun için bir tane su molekülü hidroksil grubuna bağlanır, daha sonra multi-tabaka oluşturmak için bağlanmaya devam ederler ve böylelikle kalınlıkta artış gerçekleşir. Keten lifleri su içerisine batırıldığında şişmekte ve tutabileceğinden daha fazla suyu içerisine almaktadır (Fakin et al. 2006). Keten kumaşların absorbladıkları nem miktarı üzerine olan etkisi açısından peroksit ile işlem süresinin oldukça önemli olduğu, ardından sırasıyla ozonlama süresinin ve peroksit konsantrasyonunun geldiği söylenebilir. Örneğin; her hangi bir ön ozonlama işlemi uygulanmadan 3

g/l hidrojen peroksit konsantrasyonu ile çalışılırken işlem süresinin 15 dakikadan 35 ve 55 dakikaya uzatılması sonucu keten kumaşların absorbladıkları nem değerleri yaklaşık %9'dan sırasıyla %9,5 ve %10,5'a çıkmaktadır. 3 g/l hidrojen peroksit konsantrasyonu ile 35 dakika çalışılırken işlem öncesi ozonlama uygulanmadığında keten kumaşların yaklaşık %9 olan nem absorblama değeri, 5 dakikalık bir ön ozonlama uygulandığında %13,8; 10 ve 15 dakikalık ön ozonlama uygulandığında ise sırasıyla %14,7 ve %16 olmaktadır.

Çizelge 4.7 Ozonlama süresi, peroksit konsantrasyonu ve süresi değişkenlerinin, seviyelerine bağlı olarak ham keten kumaşların absorblanan nem miktarı ve ağırlık kaybı değerleri üzerine etkilerini gösteren Duncan Post Hoc test sonucu.

			N	Subset			
				1	2	3	4
Absorblanan Nem Miktarı	Ozonlama süresi	0 dak.	12	9,29			
		5 dak.	10		13,37		
		10 dak.	10			14,21	
		15 dak.	10				14,77
	Peroksit konsantrasyonu	0 g/l	6	9,05			
		1 g/l	12		12,60		
		3 g/l	12			13,33	
		5 g/l	12				14,12
	Peroksitle işlem süresi	0 dak.	6	9,05			
		15 dak.	12		11,87		
		35 dak.	12			13,16	
		55 dak.	12				15,03
	Sig.			1,000	1,000	1,000	1,000
Ağırlık Kaybı	Ozonlama süresi	0 dak.	12	3,15			
		5 dak.	10		4,62		
		10 dak.	10			5,04	
		15 dak.	10				5,68
	Peroksit konsantrasyonu	0 g/l	6	0,69			
		1 g/l	12		3,86		
		3 g/l	12			5,21	
		5 g/l	12				6,53
	Peroksitle işlem süresi	0 dak.	6	0,69			
		15 dak.	12		4,27		
		35 dak.	12			5,33	
		55 dak.	12				6,00
	Sig.			1,000	1,000	1,000	1,000

Alpha = 0,05.

Doğal pigmentlerin ve kirliklerin parçalanması üzerine çeşitli ön terbiye işlemlerinin etkisi, ağırlık kaybı ile karakterize edilmektedir. Elde edilen sonuçlar göstermektedir ki; ozonlama ile karşılaştırıldığında hidrojen peroksit ağartması oldukça büyük ağırlık kaybına neden olmaktadır. Ağırlık kaybı özelliği göz önünde bulundurulduğunda, hidrojen peroksit konsantrasyonunun peroksit ile

işlem süresinden daha önemli olduğu görülmektedir. Örneğin; 55 dakikalık ağartma işlemi sırasında peroksit konsantrasyonu 1 g/l'den 3 ve 5 g/l'ye arttırıldığında kumaş yüzeyinden uzaklaştırılan kirliliklerin miktarı %2,36'dan sırasıyla %5,12 ve %7,35'e çıkmaktadır. Maksimum ağırlık kaybı değerine (%7,98), 15 dakikalık ozonlama sonrasında 5 g/l hidrojen peroksit ile 55 dakikalık işlem gerçekleştirildiğinde ulaşılmaktadır. Nem sorpsiyonu ve ağırlık kaybına ilişkin yukarıda bahsedilen sonuçlar Duncan Post Hoc test sonuçları ile de desteklenmektedir (Bkz. Çizelge 4.7).

4.2.3 Ozon-Hidrojen peroksit ağartma kombinasyonunun keten kumaşların ıslanabilirlik özellikleri üzerine olan etkisi

Ham ve çeşitli işlemler görmüş keten kumaşların temas açısı ölçümleri sırasında 0. saniyede elde edilen görüntüleri Ek 15'de yer almaktadır. Numunelerin hidrofilitate özellikleri ozon tarafından etkilenmez iken, peroksit ağartmasından sonra önemli ölçüde gelişmektedir. Sadece ozonla işlem görmüş numunelere ait olan uzun damla yayılma süresi, pektin ve lipidlerin verimli bir şekilde uzaklaştırılmadığına işaret etmektedir. Ağartma süresinin uzatılması ve peroksit konsantrasyonunun arttırılması sonucu, damlanın yayılma süresi kısalmaktadır, bu da iyi ıslanabilirlik özelliğine işaret etmektedir. Her ne kadar ozonlama tek başına keten kumaşların ıslanabilirlik özelliklerini etkilemese de, peroksit ağartması ile kombine edildiğinde bu özelliğin gelişmesine destek olmaktadır. Örneğin; 5 dakikalık ozonlama sonrasında 1 g/l, 3 g/l ve 5 g/l hidrojen peroksit ile ağartılan numunelere ait damlanın yayılma süresi sırasıyla şu şekilde olmaktadır; 0,192; 0,112 ve 0,032 saniye. 5 dakikalık ozonlama yerine 10 dakikalık ozonlama tercih edildiğinde ise bu değerler daha da düşmekte; sırasıyla 0,064; 0,032 ve 0,016 saniye olmaktadır.

4.2.4 Ozon-Hidrojen peroksit ağartma kombinasyonunun keten kumaşların FT-IR ve yüzey görünümü özellikleri üzerine olan etkisi

Ham ve işlem görmüş keten kumaşlara ait band işaretleri Çizelge 4.8 ve Ek 16'da (Ek 16a-16f) gösterilmektedir.

Çizelge 4.8 Ham ve ozon ile ağartma işlemi görmüş keten kumaşlara ait infrared band işaretleri

Ham Kumaş ^a	Ozonla işlem süresi		Hidrojen peroksit konsantrasyonu		Hidrojen peroksit ile işlem süresi		Olası İşaretler
	3 ^b	10 ^c	4 ^d	11 ^e	11 ^e	15 ^f	
3331	3331	3337	3333	3339	3339	3297	OH gerilimi
2896	2898	2898	2896	2896	2896	2886	CH ₂ ve CH ₃ gerilimi
1639	1638	1635	1638	1639	1639		Lignindeki C-H deformasyonu
1425	1427	1427	1427	1428	1428		Lignindeki aromatik C=C gerilimi
1314	1314	1314	1314	1314	1314	1314	C-H eğilimi
1157	1159	1160	1161	1162	1162	1159	Selüloz ve hemiselülozdaki C-O-C antisimetrik köprü gerilimi
1027	1029	1030	1029	1030	1030	1021	Selüloz, hemiselüloz ve lignindeki C-O gerilimi
896	897	897	896	897	897	897	β-glikozidik bağı

Kumaş no 3= 5 dak. ozonlama sonrası 3 g/l hidrojen peroksit ile 35 dak. işlem görmüş keten kumaş

Kumaş no 10= 15 dak. ozonlama sonrası 3 g/l hidrojen peroksit ile 35 dak. işlem görmüş keten kumaş

Kumaş no 4= 10 dak. ozonlama sonrası 1 g/l hidrojen peroksit ile 35 dak. işlem görmüş keten kumaş

Kumaş no 11= 10 dak. ozonlama sonrası 5 g/l hidrojen peroksit ile 35 dak. işlem görmüş keten kumaş

Kumaş no 15= 10 dak. ozonlama sonrası 5 g/l hidrojen peroksit ile 55 dak. işlem görmüş keten kumaş

Ham keten kumaşa ait spektrumda 3331 cm⁻¹ civarında görülen kuvvetli geniş bant hidrojen-bağlı OH gerilimi ile ilişkilidir (Ek 16a). Ozonlama işlemi sonrasında OH gerilimi absorbandsında azalma yaşanmakta, 3331 cm⁻¹ civarında görülen bant 3337 cm⁻¹ civarına kaymakta, bu da ligninde yer alan bazı serbest hidroksil gruplarına ve selülozdaki glikopiranoz biriminin C₆-OH'ına işaret etmektedir. Aynı zamanda OH grubu içeren bazı bileşiklerin uzaklaştırıldığı, bunların bazılarının hemiselüloz ve pektin olabileceği söylenebilir (Ek 16c). 1314 cm⁻¹ ve 2896 cm⁻¹ civarında görülen piklerin yüksek transmitans değerleri ligninde yer alan CH₂ ve CH₃'den kaynaklanmakta olup, selülozun ozon tarafından parçalandığına işaret etmektedir (Ek 16b-16f) (Mwaikambo and Ansell, 2002; Samal et al., 2001; Rana et al., 1997; Sahoo et al., 2005).

Ham keten kumaşın spektrumundaki 1639 cm⁻¹ bandı lignindeki C-H deformasyonu ile ilişkili olup, ligninin uzaklaştırılması ile birlikte bu bant zayıflamakta ve daralmaktadır. 1425 cm⁻¹ civarında görülen bant, ligninde yer alan aromatik C=C bağlarının karakteristik absorbandsından kaynaklanmakta olup, ozonlama sonrası bu bant kaybolmaktadır (Mwaikambo and Ansell, 2002; Samal et al., 2001; Rana et al., 1997; Sahoo et al., 2005; Mohanty et al., 2002; Wang and Ramaswamy, 2005). Bu ketenin ozon tarafından delignifikasyonu ile açıklanabilir. Lignin tayiniyle ilgili sonuçlarda bu durumu desteklemektedir. Ham kumaşta lignin oranı %4,8 iken ozonla işlem sonrası bu oran %0,32 olmaktadır.

Literatürde, ozonun ilk olarak hızlı bir şekilde lignindeki olefinik gruplarla ardından aromatik gruplarla reaksiyona girdiği belirtilmektedir. Bu yapılara ulaşamaması veya bu yapıların bulunmaması durumunda, ozon lignin yan zincirlerinde bulunan birçok farklı karbon-hidrojen bağları ile reaksiyona girmektedir (Lyse, 1979). 1027 cm^{-1} 'de görülen bant selülozdaki C-O bağlarını, 896 cm^{-1} 'de görülen pik ise monosakkaritler arasında yer alan β -glikozidik bağlarının varlığını ifade etmektedir (Mwaikambo and Ansell, 2002; Samal et al., 2001; Rana et al., 1997; Sahoo et al., 2005; Bhattacharya et al., 2004). Ozonun selüloz ile reaksiyona girdiği ve polimerizasyon derecesinde düşüşe neden olduğu bilinmektedir. Bu nedenle deney planı çerçevesinde keten kumaşların peroksit ile işlemi öncesinde uygulanan ozonlama işleminin süresi maksimum 15 dakika ile sınırlandırılmıştır. Ham kumaşın 3218 olan polimerizasyon derecesi, 3 g/l hidrojen peroksit ile 35 dakikalık işlem sonrasında 2749'a; 5 dakikalık ozonlama sonrası 3 g/l hidrojen peroksit ile 35 dakikalık işlem sonrasında 2719'a; 10 dakikalık ozonlama sonrası 3 g/l hidrojen peroksit ile 35 dakikalık işlem sonrasında 2689'a; 15 dakikalık ozonlama sonrası 3 g/l hidrojen peroksit ile 35 dakikalık işlem sonrasında 2659'a gerilemektedir. Elde edilen sonuçlardan da görüldüğü üzere peroksit ile işlem keten kumaşların polimerizasyon derecesinde yaklaşık %15'lik bir kayıba neden olurken, peroksit ile işlem öncesi 5-10-15 dakikalık bir ozonlamanın uygulanması polimerizasyon derecesinde sırasıyla %15,5-%16,5 ve %17,5 kayıba neden olduğu yani ozon-peroksit kombinasyon ağartması sonrasında keten kumaşlarda meydana gelen mukavemet kaybının kabul edilebilir sınırlar içerisinde yer aldığı söylenebilir.

Ek 17'de ham ve ozon-hidrojen peroksit ağartma kombinasyonuna tabi tutulmuş çeşitli keten kumaşlara ait yüzey görünimleri yer almaktadır. Ozonlama süresindeki ve hidrojen peroksit konsantrasyonundaki artış ile birlikte lif yüzeyinde meydana gelen zarar miktarında bir miktar artış yaşandığı görülmektedir.

4.2.5 Ozon-Hidrojen peroksit ağartma kombinasyonunun, keten kumaşların üzerinde yarattığı etki açısından sodyum hipoklorit ve hidrojen peroksit & sodyum hipoklorit ağartması ile karşılaştırılması

Günümüzde keten ön terbiyesinde konvansiyonel olarak kullanılan hipoklorit ile ağartma işleminin etkisi, denemeler kapsamında tek başına ve

hidrojen peroksit ağartması ile birlikte kombine edilerek incelenmiştir. Sodyum hipoklorit ile ağartma işlemi ham keten kumaşa tek başına uygulandığında elde edilen değerler şu şekilde olmaktadır; Beyazlık= -24,66 Stensby; L^* = 65,81, Ağırlık kaybı= %2,85, Absorblanan nem miktarı= %9,13, Ortalama polimerizasyon derecesi= 2433. Hipoklorit ağartması hidrojen peroksit ağartması ile birlikte kombine edildiğinde ise elde edilen değerler şu şekilde olmaktadır; Beyazlık= 21,01 Stensby; L^* = 86,86; Ağırlık kaybı= %6,03; Absorblanan nem miktarı= %13,08, Ortalama polimerizasyon derecesi= 2108. Gerçekleştirilen denemeler göstermektedir ki; 15 dakikalık bir ozonlama sonrası 5 g/l hidrojen peroksit ile 35 dakikalık bir işlem sonunda elde edilen beyazlık, L^* , absorbladıkları nem miktarı ve ağırlık kaybı değerleri, 3 g/l hidrojen peroksit ile 55 dakikalık işlem sonunda 3 g/l aktif klor ile oda sıcaklığında gerçekleştirilen 60 dakikalık işlemde sonra elde edilen değerlerden daha yüksek olmakta, mukavemet kaybı ise çok daha az olmaktadır. Bu da geliştirilen ozon-peroksit kombinasyonunun, tekstil terbiye işletmelerinde uygulanan konvansiyonel keten ağartma yöntemlerinin yerini alabileceğini göstermektedir.

Ozon-peroksit kombinasyonunun, ham keten kumaşların beyazlık, L^* , nem absorblama ve ağırlık kaybı değerlerine olan etkisi incelendiğinde elde edilen sonuçlar yorumlanacak olursa;

- Bahsedilen kumaş özelliklerinde maksimum gelişme (beyazlık, 20 ve üzeri; L^* , 86 ve üzeri; nem absorblama, %16 ve üzeri; ağırlık kaybı, %7 ve üzeri) sağlanmak istendiğinde; 15 dakikalık bir ozonlama sonrası 5 g/l hidrojen peroksit ile 35 dakikalık bir işlem uygulanması yeterli olmaktadır.
- Ortalama bir gelişme (beyazlık, 10 ve üzeri; L^* , 82 ve üzeri; nem absorblama, %13 ve üzeri; ağırlık kaybı, %5 ve üzeri) sağlanmak istendiğinde; 5 dakikalık bir ozonlama sonrası 3 g/l hidrojen peroksit ile 35 dakikalık bir işlem uygulanması yeterli olmaktadır.
- Minimum gelişme (beyazlık, 0 ve altı; L^* , 79 ve üzeri; nem absorblama, %10 ve üzeri; ağırlık kaybı, %4 ve üzeri) sağlanmak istendiğinde; 15 dakikalık bir ozonlama sonrası 1 g/l hidrojen peroksit ile 15 dakikalık bir işlem uygulanması yeterli olmaktadır.

4.3 Ultraviyole Enerjisinin Keten Kumaşların Ön Terbiyesinde Kullanılabilirliği

Regresyon analizi sonucunda elde edilen beyazlık, L^* , ağırlık kaybı ve nem absorblama değerleri ile işlem parametreleri (hidrojenperoksit konsantrasyonu (HK), sodyum hidroksit konsantrasyonu (SK), sodyum peroksidisülfat konsantrasyonu (PK), işlem süresi (UVS) ve kumaşın ultraviyole lambasına olan mesafesi (UVM)) arasındaki ilişkiyi ifade eden eşitlikler aşağıda yer almaktadır;

$$\begin{aligned} \text{Beyazlık Değeri} = & -139 + 1,24 \text{ HK} + 5,67 \text{ PK} + 1,24 \text{ SK} + 30,4 \text{ UVS} + 3,95 \text{ UVM} \\ & - 0,0124 \text{ HK}^2 + 0,0116 \text{ SK}^2 - 5,44 \text{ UVS}^2 - 0,0778 \text{ UVM}^2 - 0,0747 \text{ HK*PK} \\ & - 0,138 \text{ PK*UVM} - 0,39 \text{ SK*UVS} \end{aligned} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} L^* \text{ Değeri} = & 65,1 + 0,344 \text{ HK} + 0,225 \text{ SK} - 0,0018 \text{ HK}^2 + 0,00328 \text{ SK}^2 + 0,714 \text{ UVS}^2 \\ & - 0,0181 \text{ HK*PK} - 0,00635 \text{ HK*SK} + 0,0182 \text{ PK*SK} - 0,0632 \text{ SK*UVS} \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} \text{Ağırlık Kaybı, \%} = & -6,55 + 0,136 \text{ HK} + 0,547 \text{ PK} + 0,359 \text{ SK} + 2,14 \text{ UVS} - 0,00128 \text{ HK}^2 \\ & - 0,0378 \text{ PK}^2 - 0,00225 \text{ SK}^2 - 0,25 \text{ UVS}^2 - 0,00431 \text{ UVM}^2 \\ & - 0,00345 \text{ HK*SK} + 0,00556 \text{ PK*SK} - 0,033 \text{ SK*UVS} \end{aligned} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} \text{Absorblanan Nem Miktarı, \%} = & 9,30 - 0,0227 \text{ SK} - 0,502 \text{ UVS} - 0,178 \text{ UVM} \\ & + 0,000194 \text{ SK}^2 + 0,0552 \text{ UVS}^2 + 0,00506 \text{ UVM}^2 \end{aligned} \quad (20)$$

Denklem (17)-(20)'nin istatistiksel önemliliği, F -testi ve varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmeye çalışılmıştır. Regresyon modellerinin varyans analizi, modellerin oldukça önemli olduğunu ifade etmektedir. R^2 değerleri (beyazlık değeri için 0,9240; L^* değeri için 0,9280; ağırlık kaybı için 0,9430; nem absorblama değeri için 0,9450) incelenen parametrelere ilişkin deneysel sonuçlar ile tahminlenen sonuçlar arasında oldukça iyi bir korelasyon olduğunu göstermektedir. Regresyonlara ait P değerleri (beyazlık değeri için 0,000; L^* değeri için 0,000; ağırlık kaybı değişimi için 0,000; nem absorblama değeri için 0,000) 0,05'den küçük olduğu için geliştirilen modellerin beyazlık, L^* , ağırlık kaybı ve nem absorblama değerlerinin tahminlenmesi açısından istatistiksel olarak önemli kabul edilebileceği söylenebilir. Geliştirilen modellerden beyazlık değişimine ilişkin olan hariç hepsi regresyonda yer alan ve yer almayan tüm noktaları başarılı bir şekilde tahminleyebilirken, beyazlık değişimine ilişkin model

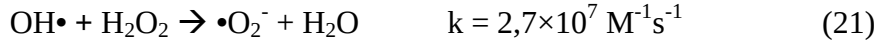
regresyon dışında kalan noktaları tahminlerken bazı hatalar yapabilmektedir (Ek 18 ve 19).

İncelenen parametrelere ilişkin regresyon modellerini ifade eden Denklem (17)-(20)'de yer alan her bir bağımsız değişkenin katsayısı ve *P*-değerleri Ek 20'de yer almaktadır. İncelenen bütün işlem parametrelerinin (hidrojen peroksit konsantrasyonu ($P=0,000$), sodyum peroksidisülfat konsantrasyonu ($P=0,007$), sodyum hidroksit konsantrasyonu ($P=0,004$), işlem süresi ($P=0,000$) ve ultraviyole lambasına olan mesafe ($P=0,000$)) keten kumaşların beyazlık değerleri üzerine; hidrojen peroksit konsantrasyonunun ($P=0,000$) ve sodyum hidroksit konsantrasyonunun ($P=0,008$) keten kumaşların L^* değerleri üzerine; hidrojen peroksit konsantrasyonunun ($P=0,000$), sodyum peroksidisülfat konsantrasyonunun ($P=0,003$), sodyum hidroksit konsantrasyonunun ($P=0,000$) ve işlem süresinin ($P=0,000$) keten kumaşların ağırlık kaybı değerleri üzerine; sodyum hidroksit konsantrasyonunun ($P=0,012$), işlem süresinin ($P=0,001$) ve ultraviyole lambası ile kumaş arasındaki mesafenin ($P=0,000$) keten kumaşların nem absorblama değerleri üzerine etkisinin bulunduğu belirlenmiştir.

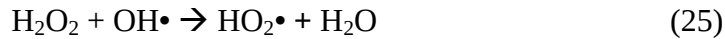
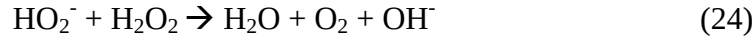
4.3.1 Çeşitli peroksit ağartma banyoları ile emdirilmiş keten kumaşların beyazlık değerleri üzerine ultraviyole enerjisinin etkisi

Ham ve çeşitli peroksit banyoları ile emdirildikten sonra çeşitli sürelerde UV ışığına maruz kalmış keten kumaşlara ait beyazlık derecesi sonuçları Ek 21'de yer almaktadır. Elde edilen sonuçlar göstermektedir ki; sadece saf su ile emdirilip UV ışığına maruz bırakılan numunelerin beyazlık değerleri hemen hemen aynı kalmaktadır. Bunun başlıca nedeni ortamda foto-başlatıcının bulunmamasıdır, aslında UV ışığı tek başına bir ağartma maddesi değildir. Diğer yandan, sodyum peroksidisülfat konsantrasyonundaki artış elde edilecek beyazlık derecesinin de yüksek olmasına neden olmaktadır. Kullanılan sodyum peroksidisülfat konsantrasyonu 1 g/l'nin üzerinde olduğunda hidrojen peroksit konsantrasyonu önem kazanmaktadır. Örneğin; -24 ile -29 Stensby arasında bir beyazlık derecesi hedeflendiğinde; sodyum peroksidisülfat konsantrasyonunun 1 g/l'den 2 ve 3 g/l'ye yükselmesi, hidrojen peroksit konsantrasyonunun sırasıyla 40 g/l'den 30 ve 20 g/l'ye düşmesine neden olmaktadır. Elde edilen sonuçlardan da net bir şekilde görüldüğü üzere, hidrojen peroksit konsantrasyonundaki artış kritik noktaya gelene kadar beyazlık derecesinde artışa neden olmakta ancak kritik noktanın üzerine çıkılması durumunda beyazlıkta gerileme yaşanmaktadır. Hidrojen

peroksitin yüksek konsantrasyonu radikal tutucu gibi davranırken, düşük konsantrasyonu ise organik bileşikler tarafından tüketilen hidroksil radikallerinden ($\text{OH}\cdot$) yeterli sayıda üretememekte bu da oksidasyon hızının düşmesine neden olmaktadır. Aşağıda yer alan reaksiyonda görüldüğü üzere hidrojen peroksitin kendisinin hidroksil radikalleri tutucusu gibi davranması olağandışı değildir (Denklem (21)) (Al-Kdasi et al., 2004; Galindo and Kalt, 1998; Arslan et al., 1999; Nilsun, 1999).



Hidrojen peroksit konsantrasyonundaki artış ile birlikte, daha fazla hidroksil radikali aromatik halkalara saldırmakta ve reaksiyonun hızı artmakta (Denklem (22)-(24)), sınır noktanın üzerinde ise hidroksil radikalleri hidrojen peroksit ile etkili bir şekilde reaksiyona girmekte ve $\text{HO}_2\cdot$ üretmektedir (Denklem (25)). $\text{HO}_2\cdot$ radikalleri $\text{OH}\cdot$ radikallerinden daha az reaktif olduğundan, $\text{HO}_2\cdot$ radikali miktarındaki artış önemsiz sayılabilecek bir artış sağlamaktadır (Schrank et al., 2007; Galindo et al., 2001).



Bu nedenle optimum hidrojen peroksit konsantrasyonunun belirlenmesi büyük önem arz etmektedir. UV enerjisi ile muamele edilecek kumaşların emdirileceği çözeltide sodyum peroksidisülfat konsantrasyonu 1 g/l'yi geçmediği takdirde hidrojen peroksit konsantrasyonu ne kadar arttırılırsa arttırılsın elde edilen beyazlık değeri yaklaşık olarak -29 Stensby'in üzerine çıkamamaktadır. Sodyum peroksidisülfat konsantrasyonu arttırıldıkça elde edilen beyazlık değeri yükselmekte, hatta aynı beyazlık değerine daha düşük hidrojen peroksit konsantrasyonunda erişilebilmektedir. Mevcut deney planı kapsamında, emdirme banyosunda 30-35 g/l hidrojen peroksit ve 5,5-6 g/l sodyum peroksidülfat kullanılarak, UV ile işlemden sonra maksimum beyazlık değerleri elde edilebilmektedir (Ek 21a). Ek 21b'den de görüldüğü üzere, emdirme banyosunda kullanılan hidrojen peroksit konsantrasyonu ile UV ile işlem süresi arasında lineer

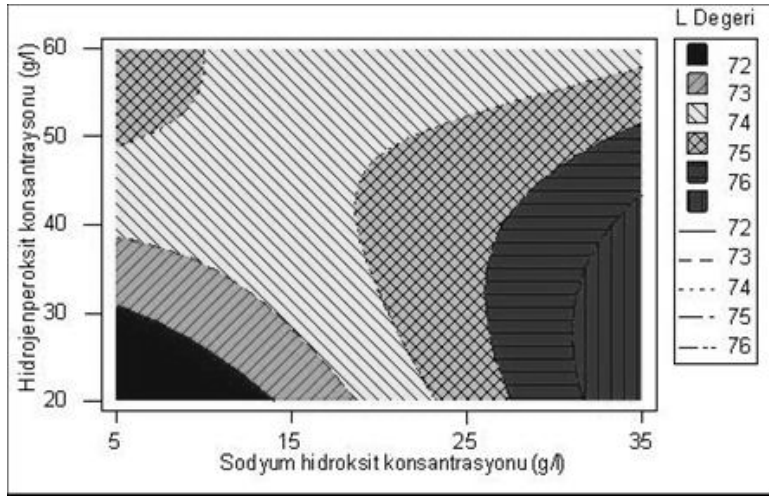
bir ilişki olduğu söylenemez. Ham keten kumaşların beyazlık değerlerinde maksimum bir iyileşme arzu edildiğinde 30 veya 40 g/l hidrojen peroksit içeren banyoda kumaş emdirildikten sonra 2 dakikalık bir UV işleme tabi tutulması yeterli olmaktadır. Bilindiği üzere hidrojen peroksitin foto-kimyasal parçalanma hızı farklı pH koşulları altında değişmekte bu da hidrojen peroksit/UV reaksiyonunun farklı kontaminantları parçalanmasını etkilemektedir (Schränk et al., 2007; Critenden et al., 1999; Oppenlander, 2007). Alkali pH’da sodyum hidroksit, beyazlığı geliştirici bir aktivatör gibi davranmaktadır. Emdirme banyosunda kullanılan hidrojen peroksit konsantrasyonundan bağımsız olarak sodyum hidroksit konsantrasyonu arttırıldıkça ham keten kumaşların beyazlık değerlerinde iyileşme sağlanmaktadır. Maksimum beyazlık derecesi elde edilmek istendiğinde, emdirme banyosunda minimum 20-30 g/l hidrojen peroksit ve 30 g/l sodyum hidroksit yer almalıdır (Ek 21c). Kumaş ile UV lambası arasındaki mesafe 14 ile 20 cm arasına ayarlanarak maksimum beyazlık eldesi sağlanabilmektedir. Ancak 14 cm’nin altında veya 20 cm’nin üzerinde çalışıldığında beyazlık değerinde her hangi bir gelişme sağlanamamaktadır (Ek 21d). Ek 21e, mevcut deney koşullarında 2 dakikalık bir UV ile işlemin keten kumaşlardan maksimum bir beyazlık derecesi elde etmek için yeterli olduğunu göstermektedir. Keten kumaşların beyazlık değeri açısından emdirme banyosunda kullanılan sodyum hidroksit konsantrasyonu sodyum peroksidisülfat konsantrasyonundan daha önemli olup, maksimum beyazlık derecesi hedeflendiğinde emdirme banyosunda minimum 4 g/l sodyum peroksidisülfat ve 30 g/l sodyum hidroksit yer almalıdır (Ek 21f).

Yukarıda bahsedilen sonuçlar, numunelerin fotoğrafları ile de desteklenmektedir (Ek 22). 6 g/l sodyum peroksidisülfat ve 35 g/l sodyum hidroksit içeren ağartma banyosu ile emdirilen ve daha sonra UV ile işleme tabi tutulan keten kumaşın görünümü daha beyaz olmaktadır. Emdirme banyosunda kullanılan hidrojen peroksit konsantrasyonundaki artış, keten kumaşların beyazlık görünümünde bir değişiklik yaratmamaktadır.

4.3.2 Çeşitli peroksit ağartma banyoları ile emdirilmiş keten kumaşların L* değerleri üzerine ultraviyole enerjisinin etkisi

Şekil 4.18’den de görüldüğü üzere, hidrojen peroksit ve sodyum hidroksit konsantrasyonundaki artış ile birlikte elde edilen parlaklık değeri de yüksek olmaktadır. Hidrojen peroksit konsantrasyonu 20 g/l’ye sabitlendiğinde ve

sodyum hidroksit konsantrasyonu 5 g/l'den 20 ve 35 g/l'ye arttırıldığında, keten kumaşların parlaklık değeri 72'den sırasıyla 74'e ve 76'nın üzerine çıkmaktadır. Diğer yandan, hidrojen peroksit konsantrasyonundaki artış kullanılan sodyum hidroksit konsantrasyonuna bağlı olarak numunelerin parlaklık değerlerini farklı şekillerde etkilemektedir. Örneğin; minimum sodyum hidroksit konsantrasyonu (5 g/l) kullanıldığında, peroksit konsantrasyonundaki artış parlaklık değerlerinde artışa neden olurken, maksimum sodyum hidroksit konsantrasyonu (35 g/l) ile çalışıldığında ise peroksit konsantrasyonundaki artış parlaklık değerlerinde düşüşe neden olmaktadır.



Şekil 4.18 Ultraviyole enerjisi varlığında işleme tabi tutulan keten kumaşların parlaklık değerlerine hidrojen peroksit ve sodyum hidroksit konsantrasyonunun etkisi.

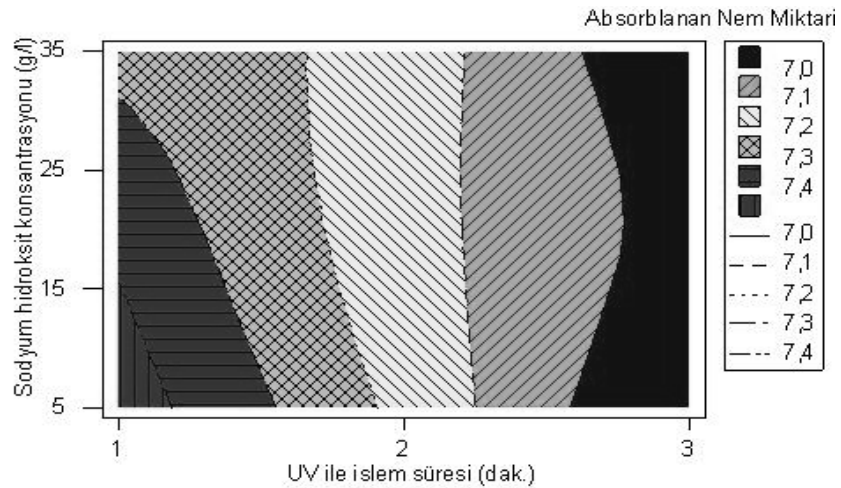
4.3.3 Çeşitli peroksit ağartma banyoları ile emdirilmiş keten kumaşların ağırlık kaybı değerleri üzerine ultraviyole enerjisinin etkisi

İşlem görmüş numunelerin ağırlık kaybı değerlerine ilişkin sonuçlar Ek 23'de verilmektedir. Sodyum peroksidisülfat ve hidrojen peroksit konsantrasyonundaki (40 g/l'ye kadar) artış meydana gelecek olan ağırlık kaybı değerini arttırmaktadır (Ek 23a). Elde edilecek olan ağırlık kaybı değeri açısından bir diğer önemli parametre sodyum hidroksit konsantrasyonudur. Sodyum hidroksit konsantrasyonu, 5 g/l'den 20 ve 35 g/l'ye arttırıldığında, ağırlık kaybı %3'den sırasıyla %4 ve %5'e yükselmektedir (Ek 23b ve 23c). %4'ün üzerinde bir ağırlık kaybı hedeflendiğinde; emdirme banyosunda 20 g/l hidrojen peroksit, 20 g/l sodyum hidroksit ve 3 g/l sodyum peroksidisülfat bulunması yeterli

olmaktadır. Hidrojen peroksit konsantrasyonundan bağımsız olarak UV ile işlem süresi arttırıldıkça keten kumaşlarda görülen ağırlık kaybı da o kadar yüksek olmaktadır; 40 g/l'lik hidrojen peroksit konsantrasyonunda çalışıldığında 1 dakikalık UV ile işlem sonunda kumaşlarda meydana gelen ağırlık kaybı ortalama %3,8-4 arasında olurken, işlem süresi 2 ve 3 dakikaya uzatıldığında elde edilen değerler sırasıyla %4,2-4,4 ve %4,4-üzeri olmaktadır (Ek 23d).

4.3.4 Çeşitli peroksit ağartma banyoları ile emdirilmiş keten kumaşların absorbladıkları nem değerleri üzerine ultraviyole enerjisinin etkisi

Şekil 4.19'dan da görüldüğü üzere, kullanılan sodyum hidroksit konsantrasyonundan bağımsız olarak UV ile işlem süresindeki artış ile birlikte keten kumaşların absorbladıkları nem miktarı azalmaktadır. Örneğin; emdirme banyosunda kullanılan 30 g/l sodyum hidroksit konsantrasyonu sabit kabul edildiğinde, UV ile işlem süresindeki artış ile birlikte keten kumaşların absorbladıkları nem miktarı %7,4'den %7'nin altına düşmektedir. 1 dakika dışındaki bütün işlem sürelerinde, emdirme banyosunda kullanılan sodyum hidroksit miktarı numunelerin nem absorblama değerlerinde bir değişiklik yaratmamaktadır. 1 dakikalık UV ile işlem sırasında ise sodyum hidroksit konsantrasyonundaki artış, keten numunelerin absorbladıkları nem miktarında düşüşe neden olmaktadır.



Şekil 4.19 Ultraviyole enerjisi varlığında işleme tabi tutulan keten kumaşların absorblanan nem miktarı değerlerine sodyum hidroksit konsantrasyonunun ve UV ile işlem süresinin etkisi.

4.3.5 Çeşitli peroksit ağartma banyoları ile emdirilmiş keten kumaşların ıslanabilirlik özellikleri üzerine ultraviyole enerjisinin etkisi

Geliştirilen işlemin ham keten kumaşların ıslanabilirlik özellikleri üzerine etkisini incelemek amacıyla temas açısı ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ek 24'den de net bir şekilde görüldüğü üzere, ham keten kumaşların ıslanabilirlik özellikleri UV ile işlemden sonra önemli ölçüde gelişmektedir. UV ile işlem süresi arttıkça ve UV lambası ile kumaş arasındaki mesafe azaldıkça, daha iyi ıslanabilirlik özelliği ve daha az damla yayılma süresi elde edilmektedir. Aynı zamanda, sodyum hidroksit ve sodyum peroksidisülfat konsantrasyonundaki artış damlanın yayılma süresinin kısalmasına neden olmaktadır. Örneğin; sodyum hidroksit konsantrasyonu 5 g/l'den 35 g/l'ye arttırıldığında damlanın yayılma süresi 0,832 saniyeden 0,192 saniyeye düşmektedir. Temas açısı ölçüm sonuçları hidrojen peroksit konsantrasyonunun etkisi açısından değerlendirildiğinde, 20 g/l ve 60 g/l hidrojen peroksit içeren banyo ile emdirilmiş kumaşlar üzerindeki damlaların sıfırıncı saniyedeki görüntülerinin farklı olduğu görülmekte, ancak her iki numuneye ait damla yayılma sürelerinin aynı olduğu (1,472 saniye) görülmektedir. Emdirme banyosunda yer alan sodyum hidroksit ve sodyum peroksidisülfatın da konsantrasyonu arttırıldıkça kumaş yüzeyine düşen damlanın yayılma süresi kısalmakta, yani kumaşların hidrofilite değerlerinde iyileşme sağlanmaktadır. Örneğin; sodyum hidroksit konsantrasyonunun 5 g/l'den 35 g/l'ye çıkarılması ile damlanın tamamen yayılma süresi 0,832 saniyeden 0,192 saniyeye; benzer şekilde sodyum peroksidisülfat konsantrasyonunun 0 g/l'den 6 g/l'ye çıkarılması ile damlanın tamamen yayılma süresi 1,728 saniyeden 0,960 saniyeye gerilemektedir.

4.3.6 Çeşitli peroksit banyoları ile emdirilip UV enerjisine tabi tutulan keten kumaşların FT-IR ve yüzey görünümü özellikleri

Ham ve işlem görmüş keten kumaşlara ait band işaretleri Ek 25 ve 26'da (Ek 26a-26f) gösterilmektedir.

Ham keten kumaşa ait spektrumda 3332 cm^{-1} civarında görülen kuvvetli geniş bant hidrojen-bağlı OH gerilimi ile ilişkilidir. Emdirme banyosunda kullanılan sodyum hidroksit konsantrasyonunun ve kumaş ile UV lambası

arasındaki mesafenin artışı ile birlikte OH gerilim absorbandsında azalma yaşanmakta, 3332 cm^{-1} civarında görülen bant $3337\text{-}3339\text{ cm}^{-1}$ civarına kaymakta, bu da ligninde yer alan bazı serbest hidroksil gruplarına ve selülozdaki glukopyranoz biriminin $\text{C}_6\text{-OH}$ 'ına işaret etmektedir. Aynı zamanda OH grubu içeren bazı bileşiklerin uzaklaştırıldığı, bunların bazılarının hemiselüloz ve pektin olabileceği söylenebilir (Ek 26c ve 26e). 1314 cm^{-1} ve 2898 cm^{-1} civarında görülen piklerin yüksek transmitans değerleri ligninde yer alan CH_2 ve CH_3 'den kaynaklanmakta olup, selülozun peroksit ağartma banyosu eşliğinde ultraviyole enerjisi tarafından parçalandığına işaret etmektedir (Ek 26a ve 26c) (Mwaikambo and Ansell, 2002; Samal et al., 2001; Rana et al., 1997; Sahoo et al., 2005). Ham keten kumaşın spektrumundaki 1637 cm^{-1} bandı lignindeki C-H deformasyonu ile ilişkili olup, ligninin uzaklaştırılması ile birlikte bu bant zayıflamakta ve daralmaktadır. 1427 cm^{-1} civarında görülen bant, ligninde yer alan aromatik C=C bağlarının karakteristik absorbandsından kaynaklanmakta olup, ultraviyole ile işlem sonrası bu bantın absorbandsında azalma yaşanmaktadır (Ek 26a-26e) (Mwaikambo and Ansell, 2002; Samal et al., 2001; Rana et al., 1997; Sahoo et al., 2005; Mohanty et al., 2002; Wang and Ramaswamy, 2005). Bu ketenin peroksit banyosu eşliğinde ultraviyole enerjisi tarafından delignifikasyonu ile açıklanabilir. Lignin tayiniyle ilgili sonuçlar da bu durumu desteklemektedir. Ham kumaşta lignin oranı %4,8 iken ultraviyole ile işlem sonrası bu oran %0,9 civarında olmaktadır. Deney planı çerçevesinde ağartma banyosu ile emdirilen keten kumaşların UV ile işlem süresi maksimum 3 dakika olacak şekilde sınırlandırılmıştır. Sürenin daha da uzatılması kumaşta sararmaya neden olmaktadır. Ham kumaşın 3218 olan polimerizasyon derecesi; 35 g/l hidrojen peroksit, 35 g/l NaOH, 5,5 g/l sodyum peroksidisülfat içeren banyo ile emdirilip UV lambasından 14-20 cm uzağa yerleştirilerek 2 dakikalık UV ile işleme tabi tutulduktan sonra 2669'a; 30 g/l hidrojen peroksit, 25 g/l NaOH, 4 g/l sodyum peroksidisülfat içeren banyo ile emdirilip UV lambasından 14-20 cm uzağa yerleştirilerek 2 dakikalık UV ile işleme tabi tutulduktan sonra 2673'e gerilemektedir. Elde edilen sonuçlardan da görüldüğü üzere peroksit banyosu ile emdirilmiş keten kumaşların UV ile işlemi kumaşların polimerizasyon derecesinde yaklaşık %17'lik bir kayıba neden olduğu yani UV-peroksit kombinasyon ağartması sonrasında keten kumaşlarda meydana gelen mukavemet kaybının kabul edilebilir sınırlar içerisinde yer aldığı söylenebilir.

Çeşitli peroksit ağartma banyoları ile emdirilip UV enerjisi ile işleme tabi tutulmuş keten kumaşların yüzey görünimleri Ek 27’de yer almaktadır. Emdirme banyosunda kullanılan hidrojen peroksit konsantrasyonundaki artış ile birlikte lif yüzeyinde meydana gelen zarar miktarında artış yaşanmaktadır.

UV-peroksit ağartma kombinasyonunun, ham keten kumaşların beyazlık, L* ve ağırlık kaybı değerlerine olan etkisi incelendiğinde elde edilen sonuçlar yorumlanacak olursa;

- Bahsedilen kumaş özelliklerinde maksimum gelişme (beyazlık, -14 ve üzeri; L*, 76 ve üzeri; ağırlık kaybı, % 4,2 ve üzeri) sağlanmak istendiğinde; 35 g/l hidrojen peroksit, 35 g/l NaOH, 5,5 g/l sodyum peroksidisülfat içeren banyo ile emdirilen kumaşın UV lambasından 14-20 cm uzağa yerleştirilerek 2 dakikalık bir işleme tabi tutulması yeterli olmaktadır.
- Ortalama bir gelişme (beyazlık, -19 ile -24 arası; L*, 74-75 arası; ağırlık kaybı, %3,8-4,0 arası) sağlanmak istendiğinde; 30 g/l hidrojen peroksit, 25 g/l NaOH, 4 g/l sodyum peroksidisülfat içeren banyo ile emdirilen kumaşın UV lambasından 14-20 cm uzağa yerleştirilerek 2 dakikalık bir işleme tabi tutulması yeterli olmaktadır.
- Minimum gelişme (beyazlık, -29 ve altı; L*, 72 ve altı; ağırlık kaybı, %3,4 ve altı) sağlanmak istendiğinde; 20 g/l hidrojen peroksit, 5 g/l NaOH, 1 g/l sodyum peroksidisülfat içeren banyo ile emdirilen kumaşın UV lambasından 22-24 cm uzağa yerleştirilerek 1 dakikalık bir işleme tabi tutulması yeterli olmaktadır.

4.4 Ultrason Enerjisinin Soya Kumaşların Ön Terbiyesinde Kullanılabilirliği

Regresyon analizi sonucunda elde edilen beyazlık, sarılık ve L* değişimi (%) ile işlem parametreleri (enzim konsantrasyonu (alcalase (A), savinase (S), esperase (E)), işlem sıcaklığı (T) ve süresi (P)) arasındaki ilişkiyi ifade eden eşitlikler aşağıda yer almaktadır;

$$\text{Beyazlık Değişimi, \%} = 5,29 S + 6,62 E + 1,44 P - 1,3 A^2 - 1,30 S^2 - 1,38 E^2 - 0,0223 P^2 + 0,726 A * S + 0,00882 P * T \quad (26)$$

$$\text{Sarılık Değişimi, \%} = 36,5 - 0,229 P - 0,811 T + 0,0575 A^2 + 0,0789 S^2 + 0,002 P^2 + 0,00598 T^2 \quad (27)$$

$$\begin{aligned} \text{L* Değişimi, \%} = & 0,0507 P + 0,07 T - 0,0253 A^2 - 0,0223 S^2 - 0,0249 E^2 + 0,0332 A*S \\ & + 0,0328 S*E \end{aligned} \quad (28)$$

Denklem (26)-(28)'in istatistiksel önemliliği, *F*-testi ve varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmeye çalışılmıştır. Regresyon modellerinin varyans analizi, modellerin oldukça önemli olduğunu ifade etmektedir. Adjusted R^2 değeri, bağımsız değişkenlerin beyazlık değişimi üzerine etkisiyle ilgili toplam varyasyonların %94,3'ünün, sarılık değişimi üzerine etkisiyle ilgili toplam varyasyonların %97,4'ünün ve L* değişimi üzerine etkisiyle ilgili toplam varyasyonların %88,5'inin geliştirilen model ile güvenli bir şekilde tahminlendiğini belirtmektedir. Beyazlık değişimine ilişkin R^2 değeri (0,9690), sarılık değişimine ilişkin R^2 değeri (0,9860) ve L* değişimine ilişkin R^2 değeri (0,9360) deneysel sonuçlar ile tahminlenen sonuçlar arasında oldukça iyi bir korelasyon olduğunu göstermektedir. Lack of fit değeri L* değişimi için 0,100 olup, 0,05'den büyük bir değer olduğundan önemsiz kabul edilmekte, sonuç olarak geliştirilen modelin L* değişiminin tahminlenmesi açısından istatistiksel olarak önemli kabul edilebileceği söylenebilir. Beyazlık ve sarılık değişimi için Lack of fit *P*-değerinin 0,05'den küçük bir değer olması, regresyonda yer almayan noktaların modeller tarafından tahminlenmesinde bazı sıkıntılar olduğunu, zaman zaman sağlıklı tahminlemelerin yapılamadığını göstermektedir. Regresyon modellerinin 0,05'den küçük *P*-değerine sahip olmaları, istatistiksel açıdan önemli olduklarını göstermektedir (Çizelge 4.9 ve Ek 28).

Beyazlık, sarılık ve L* değişimine ilişkin regresyon modellerini ifade eden Denklem (26)-(28)'de yer alan her bir bağımsız değişkenin katsayısı ve *P*-değerleri Ek 29'da yer almaktadır. Enzim konsantrasyonu açısından savinase ($P=0,025$) ve esperase ($P=0,006$) enzimi konsantrasyonunun soya kumaşların beyazlık değerlerindeki değişim açısından önemli olduğu, ayrıca işlem süresinin ($P=0,000$) etkisinin de göz önünde bulundurulması gerektiği görülmektedir. Sarılık değerlerindeki değişim açısından değerlendirme yapıldığında ise; *P*-değerleri 0,05'den büyük olan alcalase, savinase ve esperase enzimi konsantrasyonunun %95 güven aralığında istatistiksel açıdan önemli olmadığı, ancak işlem süresi ($P=0,000$) ile işlem sıcaklığının ($P=0,000$) soya kumaşların sarılık değerleri üzerine önemli etkileri bulunduğu söylenebilir. Aynı durum soya kumaşların L* değerlerindeki değişim incelendiğinde de karşımıza çıkmakta;

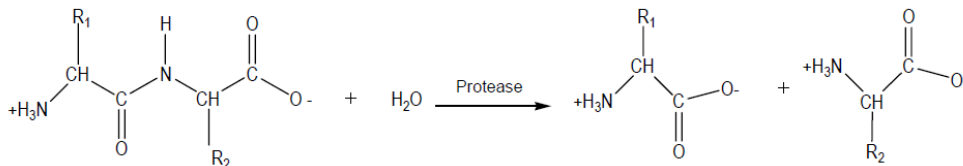
sadece işlem süresi ($P=0,018$) ve sıcaklığının ($P=0,003$) L^* değerlerinde istatistiksel açıdan önemli sayılabilecek düzeyde değişim yarattığı söylenebilir.

Çizelge 4.9 Ultrason enerjisi varlığında enzimatik işleme tabi tutulmuş soya kumaşların beyazlık, sarılık ve L^* değişimlerine ilişkin varyans analizi

	Source	df	Seq. SS	Adj. SS	Adj. MS	F	P
Beyazlık Değişimi, % $R^2 = \% 96,9$ $R^2 (adj) = \% 94,3$	Regression	20	6575,18	6575,18	328,759	38,48	0,000
	Linear	5	4799,14	274,62	54,925	6,43	0,001
	Square	5	1627,80	1627,80	325,560	38,11	0,000
	Interaction	10	148,24	148,24	14,824	1,74	0,128
	Residual Error	25	213,57	213,57	8,543		
	Lack of fit	20	208,87	208,87	10,444	11,10	0,007
	Pure error	5	4,70	4,70	0,940		
	Total	45	6788,76				
Sarılık Değişimi, % $R^2 = \% 98,6$ $R^2 (adj) = \% 97,4$	Regression	20	314,488	314,4881	15,7244	85,33	0,000
	Linear	5	259,591	61,4276	12,2855	66,67	0,000
	Square	5	53,637	53,6372	10,7274	58,21	0,000
	Interaction	10	1,260	1,2596	0,1260	0,68	0,730
	Residual Error	25	4,607	4,6069	0,1843		
	Lack of fit	20	4,572	4,5716	0,2286	32,39	0,001
	Pure error	5	0,035	0,0353	0,0071		
	Total	45	319,095				
L Değişimi, % $R^2 = \% 93,6$ $R^2 (adj) = \% 88,5$	Regression	20	13,9045	13,9044 5	0,69522	18,23	0,000
	Linear	5	13,1034	0,49789	0,09958	2,61	0,049
	Square	5	0,3945	0,39449	0,07890	2,07	0,103
	Interaction	10	0,4066	0,40655	0,04066	1,07	0,422
	Residual Error	25	0,9533	0,95327	0,03813		
	Lack of fit	20	0,8842	0,88419	0,04421	3,20	0,100
	Pure error	5	0,0691	0,06908	0,01382		
	Total	45	14,8577				

4.4.1 Ultrason enerjisi varlığında uygulanan enzimatik işlemlerin soya kumaşların beyazlık değerlerine olan etkisi

Alcalase, savinase ve esperase enzimleri peptid zincirinin hidrolitik parçalanmasını katalizleyen, Bacillus türlerinden elde edilen subtilisinlerin sağladığı serine tipi alkali proteazlardır (Şekil 4.20) (Olsen and Falholt, 1998; Kalantzi et al., 2013).



Şekil 4.20 Peptid zincirinin hidrolitik parçalanmasını katalizleyen proteazların etki mekanizması (Marinho da Silva, 2005).

Soya fasulyesi protein lifleri, yün lifleri ile benzer kimyasal yapıya sahip olup başlıca 16 amino asitten oluşmaktadır; yüne oranla daha fazla miktarda aspartic ve glutamic asit içermekte, ancak daha az sistin bulunmaktadır (Vynias et al., 2012; Vynias, 2011). Proteolitik enzimler, soya fasulyesi protein liflerine saldırmakta ve yapısını modifiye etmektedir. Saldırının yoğunluğu, çalışma koşullarının şekillendirdiği enzim aktivitesine bağlı olarak değişmektedir (Riva et al., 2002). Yün lifleri ile kıyaslandıklarında ise daha az sistin disülfid çapraz bağları içerdiklerinden proteazların soya fasulyesi protein liflerine erişimi daha kolay olmakta, ancak yine de yeterli verim elde edilememektedir (Shen et al., 2007; Cui et al., 2009). Proteaz enzimleri ile substrat arasındaki etkileşimi arttırabilmek amacıyla çeşitli fiziksel veya kimyasal ön işlemler uygulanabilmektedir. Alkali oksidasyonu, klorlama, plazma ile işlem gibi bazı fiziksel veya kimyasal işlemler, lif yüzeyindeki bazı yağ asiti bağlarını parçalayabilmekte, bazı disülfid çapraz bağlarını koparabilmekte ve fonksiyonel polar grupların oluşmasına neden olabilmektedir. Bu ön işlemler daha sonra uygulanacak olan enzimatik işlemler sırasında proteaz enzimlerinin substrata erişebilirliğini kolaylaştırmaktadır. Ancak, bu işlemlerin bazıları istenmeyen lif zararlarına neden olabilmektedir (Wang et al., 2009; Cardamone et al., 2004; Kan and Yuen, 2006).

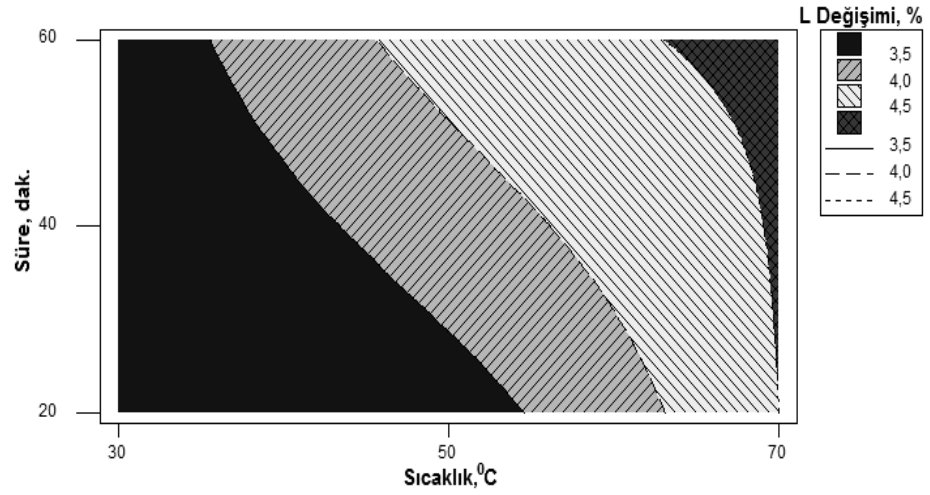
Bu nedenle bu çalışmada proteaz enzimi ile soya fasulyesi protein lifi arasındaki etkileşimi arttırabilmek amacıyla ultrason enerjisinden yararlanılmıştır. Ultrason enerjisi varlığında lif yüzeyinin enzimler açısından doygunluğa eriştiği, ancak ultrason enerjisinin kullanılmadığı durumda doygunluğun sağlanmadığı, lif içerisine sürekli bir proteolitik enzim difüzyonunun gerçekleştiği kaynaklarda yer almaktadır (Rositza et al., 2011). Enzimatik işlemin ultrason varlığında gerçekleştirilmesi ile daha büyük oranda yüzey hidrolizi meydana gelmektedir. Bu durumun iki nedeni olabilir; (i) sonikasyon ile desteklenmesi sonucu kütle transfer koşullarının (enzim ve hidroliz ürünlerinin adsorpsiyon-desorpsiyon dengesinin) değişmesi, (ii) ultrason dalgaları tarafından meydana gelen suyun ayrışması. Bu ayrışma, sıvının parçalanmasına veya sonolizine neden olmakta, bu da hidroksil ve hidrojen radikallerinin oluşmasına neden olmaktadır (Rositza et al., 2011; Little et al., 2007). Bu moleküllerin reaksiyona girme istekleri oldukça yüksek olup, kendi aralarında hidrojen peroksit oluşturabilmektedirler (Rositza et al., 2011; Silva et al., 2005). Hidrojen peroksitin, proteolitik enzimler üzerinde bariyer etkisi gösteren yağ asitlerini uzaklaştırma konusunda enzimlerden daha etkili olduğu bilinmektedir. Diğer yandan sonikasyonun, enzim katalizli

reaksiyonları hızlandırıcı etkisi de bulunmaktadır (Rositza et al., 2011; Yan et al., 2010; Sangave and Pandit, 2006; Yachmenev et al., 2002).

Ek 30a-30c'den de görüldüğü üzere, belirli bir değere kadar (%3) kullanılan savinase ve esperase enzimi miktarındaki artış ile birlikte soya kumaşların beyazlık değerlerinde artış sağlanmaktadır. Bu kritik değerin üzerindeki enzim konsantrasyonlarında çalışıldığında ise elde edilen beyazlık artışı gerilemektedir. Bunun nedeni olarak, sınırlı sayıda substrat bulunan bir ortama enzim ilave edilmesiyle reaksiyonun ilk başta hızlanması daha sonrasında ise durması düşünülmektedir. Minimum işlem koşullarında çalışarak maksimum verim elde edilmek istendiğinden; %3'ün üzerinde savinase ve esperase konsantrasyonlarında çalışmak hem maliyetin artmasına hem de elde edilecek verimin düşmesine neden olmaktadır. İşlem süresinin yaklaşık olarak 40 dakikadan uzun tutulması da aynı sonuçlara neden olmaktadır. Savinase ve esperase enzimleri, 40-70°C arasında optimum aktivite göstermektedir. %50 ve üzerinde beyazlık artışı hedeflendiğinde yaklaşık olarak 60°C'de 40 dakikalık bir işlem yeterli olmaktadır. Aynı beyazlık artışına sıcaklığın arttırılarak daha kısa işlem süresinde (65°C'de 20 dakika) erişilebilmektedir.

4.4.2 Ultrason enerjisi varlığında uygulanan enzimatik işlemlerin soya kumaşların L* değerlerine olan etkisi

Ultrason enerjisi varlığında uygulanan enzimatik işlemlerin soya kumaşların L* değerlerine olan etkisi incelendiğinde; kullanılan enzim konsantrasyonundan ziyade işlem süresinin ve sıcaklığının soya kumaşların L* değerleri üzerinde istatistiksel açıdan önemli sayılabilecek düzeyde etki yarattığı görülmüştür. Belirli bir işlem süresinde işlem sıcaklığındaki artış ile birlikte soya kumaşların parlaklık değerlerinde de artış elde edilmektedir. Örneğin; ultrason enerjisi varlığında 40 dakikalık bir enzimatik işlem sırasında sıcaklığın 55°C'den 65°C'ye arttırılması ile birlikte soya kumaşların parlaklık artışı yaklaşık %3,5-4'den %4-4,5'e yükselmektedir. %3,5-4 civarında bir parlaklık artışı hedeflendiğinde yaklaşık 55°C'de 20 dakika veya 45°C'de 40 dakika çalışılması yeterli olmaktadır. İşlem sıcaklığının 70°C'ye çıkarılması ile birlikte maksimum parlaklık artışı (%4,5 ve üzeri) elde edilebilmektedir (Şekil 4.21).



Şekil 4.21 Ultrason enerjisi varlığında enzimatik işleme tabi tutulan soya kumaşların L* değerlerine işlem süresinin ve sıcaklığının etkisi.

4.4.3 Ultrason enerjisi varlığında uygulanan enzimatik işlemlerin soya kumaşların ıslanabilirlik ve hidrofilitte özellikleri üzerine olan etkisi

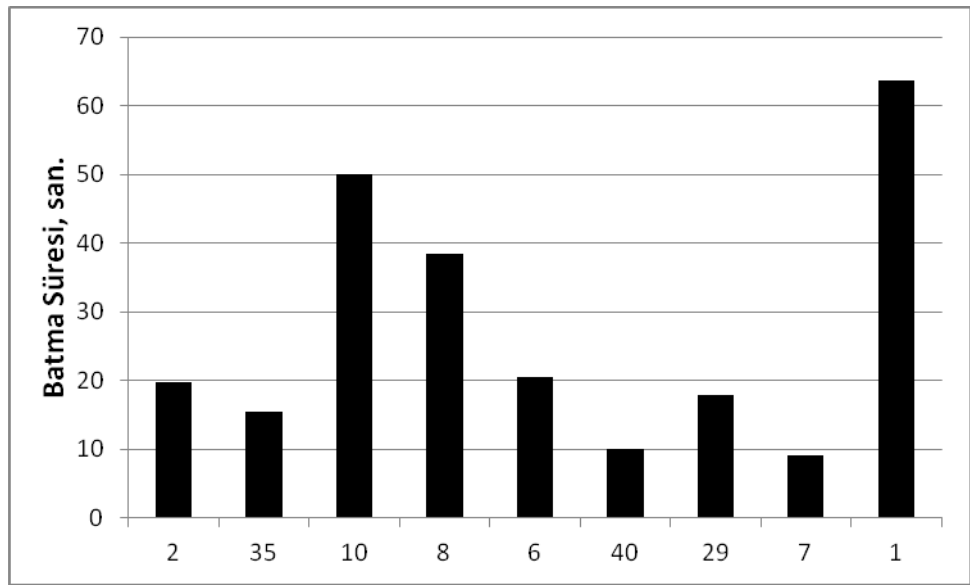
Soya yüzeyi, yün liflerinde olduğu gibi başlıca tiyoester veya ester bağları ile sistin artıklarına bağlanmış lipidlerden oluşmakta, bu da soya yüzeyinin oldukça hidrofob olmasına neden olmaktadır (Wang et al., 2013; Negri et al., 1993). Lipidlerin uzaklaştırılması ile lif yüzeyindeki hidrofilik polar grup sayısında artış yaşanmaktadır. Ancak lif yüzeyindeki kovalent bağlı bu yağ tabakasının uzaklaştırılması yün liflerinde olduğu gibi ancak thioester veya ester bağlarını parçalayan enzimlerle (lipaz, kütinaz vb.) veya kimyasal işlemlerle (alkali koşullarda alkilamonyum halideler, susuz koşullarda potasyum tert-butoksit veya non-iyonik yüzey aktif madde ile hidroksilamin kullanarak) mümkün olabilmekte tek başına proteaz enzimleri soya kumaşların hidrofilitesinde önemli bir değişiklik yaratmamaktadır (Smith and Shen, 2012; Hesse et al., 1995; Meade et al., 2008; Naebe et al., 2010). Diğer bir deyişle, proteaz molekülleri tek başlarına soya yüzeyindeki hidrofobik alifatik esterler üzerine etki edememekte, genellikle lif içerisine nüfuz ederek içerideki peptidlerin ve protein segmentlerinin uzaklaştırılmasında görev almaktadırlar, bu nedenle de hidrofilitede önemli bir değişim meydana gelmemektedir (Wang et al., 2013; Queiroga et al., 2007; Lenting et al., 2006). Ancak ultrason enerjisinin kullanılması nedeniyle proteazların nüfuz edebilirliği arttırılmakta ve sonuçta

daha hidrofil bir lif yüzeyi elde edilmekte, böylece soya kumaşların ıslanabilirlik özelliklerinde de gelişme yaşanmaktadır.

Ultrason varlığında gerçekleştirilen enzimatik işlem sonrasında soya kumaşlarda yaklaşık olarak %2,5 bir ağırlık kaybı meydana gelmektedir. Lif yüzeyini saran yağ asitleri miktarının %1'den az olduğu göz önünde bulundurulduğunda, meydana gelen ağırlık kaybının lif yüzeyinden uzaklaştırılan yağ tabakası yanı sıra enzimler tarafından parçalanmış ürünlerin (parçalanmış kütikula pulcukları, korteks hücreleri vb.) ultrason tarafından uzaklaştırılmasından kaynaklandığı söylenebilir (Wang et al., 2013; Lenting et al., 2006; Schroeder et al., 2006; Jus et al., 2007). Ultrason kullanımı ile lif yüzeyindeki lipidlerin bir kısmının uzaklaştırılması dolayısıyla proteazların lif yüzeyine daha iyi nüfuz etmesi sağlanmakta, bu da lif yüzeyindeki proteinlerin daha çok hidroliz olması ve korteksin daha az hidroliz olması ile sonuçlanmaktadır. Soya kumaşların parçalanması lif yüzeyi ile sınırlandırıldığından lif zararı da kontrol altında tutulmuş olmaktadır. Ham soya kumaşın %8,4 olan sistin içeriği ultrason varlığında gerçekleştirilen proteaz enzimleri ile işlem sonrasında %6,28 olmaktadır. Ultrason varlığında uygulanan proteaz enzimleri ile işlem, soya lifi yüzeyindeki lipidlerin parçalanarak uzaklaştırılmasını, korteks hücrelerindeki disülfid ve isopeptid çapraz bağlarının parçalanmasını desteklemekte ve sonuçta soya kumaşların ıslanabilirlik özelliklerinde gelişme sağlanmaktadır.

Ek 31'den de görüldüğü üzere, ham soya kumaşların ultrasonik ortamda gerçekleştirilen enzimatik işlemleri sırasında banyoya ilave edilen proteaz enzimi (alcalase, savinase, esperase) konsantrasyonundaki artış ile birlikte kumaş yüzeyinde oluşan damlanın temas açısı azalmakta ve kumaş üzerinde oluşan damlananın tamamen kaybolma süresi kısalmakta, bu da soya kumaşların ıslanabilirlik özelliklerindeki gelişmeye işaret etmektedir. Enzimler içerisinde özellikle esperase enzimi önemli farklılık yaratmaktadır; banyoda esperase enzimi kullanılmadığında $119,55^{\circ}$ olan ortalama temas açısı ve 0,176 saniye olan damlanın kaybolma süresi, banyoya %5 esperase enzimi ilave edildiğinde sırasıyla $94,22^{\circ}$ ve 0,04 saniyeye gerilemektedir. İşlem sıcaklığının 30°C 'den 70°C 'ye yükseltilmesi kumaşların ıslanabilirlik özelliklerinde çok önemli bir değişiklik yaratmaz iken işlem süresinin 20 dakikadan 60 dakikaya uzatılması kumaş üzerinde oluşan damlanın 0,224 saniye yerine 0,088 saniyede kaybolmasına neden olmaktadır.

Ham ve işlem görmüş kumaşların hidrofilite özelliklerini değerlendirmek amacıyla uygulanan batma yöntemi sonuçları da temas açısı ölçüm sonuçlarını desteklemektedir (Şekil 4.22). 5 dakikadan uzun olan ham soya kumaşın batma süresi, ultrason varlığında gerçekleştirilen enzimatik işlem sonrasında 9 saniyeye kadar gerilemektedir. Elde edilen sonuçlardan da net bir şekilde görüldüğü üzere; enzim (alcalase, savinase, esperase) konsantrasyonundaki artış ile birlikte kumaşların batma süreleri kısalmakta, yani hidrofilite değerleri iyileşmektedir. Özellikle esperase enzimi konsantrasyonundaki artış ham soya kumaşın hidrofilite değerini önemli ölçüde geliştirmektedir. Benzer şekilde işlem sıcaklığındaki ve süresindeki artış da hidrofilite değerinde artışa neden olmaktadır.



Şekil 4.22 Ultrason enerjisi varlığında enzimatik işleme tabi tutulan soya kumaşların batma süreleri (san.).

Elde edilen sonuçlardan da görüldüğü üzere; ham soya kumaşların ultrason varlığında gerçekleştirilen enzimatik işlemleri neticesinde iyi bir hidrofilite elde edilmek isteniyorsa banyoda esperase enziminin bulunmasının zorunlu olduğu ve işlem süresinin 20 dakikadan uzun tutulması gerektiği söylenebilir.

4.4.4 Ultrason enerjisi varlığında enzimatik işlem görmüş soya kumaşlara ait FT-IR analizi ve yüzey görünümü özellikleri

Ham ve işlem görmüş soya kumaşlara ait infrared band işaretleri Ek 32 ve 33'de görülmektedir.

Ham soya kumaşa ait spektrumda 3291 cm^{-1} civarında görülen kuvvetli geniş bant hidrojen-bağlı O-H gerilimi ve sekonder amidlerdeki N-H gerilimi ile ilişkilidir. Ultrasonik ortamda gerçekleştirilen enzimatik işlem sırasında, incelenen değişkenler arasından sadece alcalase enziminin kullanılıp kullanılmaması bu bandın transmitans değerini önemli ölçüde etkilemektedir (Ek 33a). Ham soya kumaşlarda 1064 cm^{-1} 'de görülen pik sisteik asit ile ilişkili olup, savinase ile işlem görmüş kumaşlarda bu bant belirginleşmekte, 1067 cm^{-1} 'e kaymakta ve transmitans değeri azalmaktadır (Ek 33b). İşlem banyosunda esperase enziminin varlığı/yokluğu bant ve transmitans değerlerinde önemli bir değişikliğe neden olmamakta yani ham soya kumaşın spektrum eğrisine benzer bir spektrum eğrisi elde edilmektedir (Ek 33c). 1651 cm^{-1} 'de görülen pik amid I'deki C=O gerilimi, C-N gerilimi ve C-C-N deformasyonu ile ilişkilidir. İşlem sıcaklığındaki ve süresindeki artış ile birlikte bu bant genişlemekte 1638 cm^{-1} 'e kaymaktadır (Ek 33d ve 33e).

Ek 34'den de görüldüğü üzere enzim konsantrasyonundaki, işlem sıcaklığındaki ve süresindeki artış ile birlikte soya liflerinin yüzeyinde meydana gelen çatlaklar daha belirgin olmaktadır.

Sonuç olarak, Box-Behnken deney tasarımına uygun olarak gerçekleştirilen deney planı neticesinde elde edilen sonuçlar yorumlanarak optimum reçeteler elde edilmek istendiğinde şu sonuçlara ulaşılmaktadır;

- Amaç, ultrason varlığında gerçekleştirilen enzimatik işlem sonrası soya kumaşların beyazlık derecelerinde ($> \%50$) ve L^* değerlerinde ($> \%4$) en yüksek artışı elde edip, temas açısı ölçümü sırasında kumaş üzerine düşen damlanın kaybolma süresinin ($< 0,10$ saniye) en kısa olmasını sağlamak ise; $\%2,5$ alcalase enzimi, $\%2,5$ savinase enzimi ve $\%2,5$ esperase enzimi içeren banyoda 60°C 'de 40 dakika işlem yapılması yeterli olacaktır.
- Ancak amaç, işlem sonrası kumaşların belirtilen özelliklerinde ortalama bir iyileşme ($\approx \%45$ beyazlık artışı, $\approx \%3,5 L^*$ artışı, $\approx 0,15$ saniye damlanın kaybolma süresi) sağlamak ise; $\%1$ alcalase enzimi, $\%1$ savinase enzimi ve $\%1$ esperase enzimi içeren banyoda 45°C 'de 30 dakika işlem yapılması yeterli olacaktır.
- Mevcut deney planında keten kumaşın özelliklerinde minimum gelişmeye ($< \%40$ beyazlık artışı, $< \%3,5 L^*$ artışı, $> 0,20$ saniye damlanın kaybolma

süresi) yol açan işlem koşulları ise şu şekilde özetlenebilir; %1 alcalase enzimi, %1 savinase enzimi ve %1 esperase enzimi içeren banyoda 30°C'de 20 dakika işlem.

4.5 Ozonun Soya Kumaşların Ön Terbiyesinde Kullanılabilirliği

Soya lifleri, curcuma ve oak ipeğinde olduğu gibi açık sarı veya krem renkte olduklarından çoğunlukla beyazlıklarının geliştirilmesi gerekmektedir. İdeal olan, materyalin fiziksel performansında her hangi bir kayıp yaratmayacak işlemin uygulanmasıdır. Konvansiyonel olarak hidrojen peroksit ile işlem tercih edilmektedir, ancak işlemin kaynama noktasında gerçekleştirilmesi zorunluluğu yüksek enerji maliyetine ve mekaniksel özelliklerde azalma ile sonuçlanan lif zararlarına neden olmaktadır. Bu çalışmada, ozon gazı ile işlem esasına dayanan alternatif bir ağartma yöntemi incelenmiştir. Ozon gazı ile işlem daha ılıman koşullarda gerçekleştirilmekte, işlem oda sıcaklığında gerçekleştirildiğinden oldukça düşük enerji tüketimi meydana gelmektedir. Tek tüketim, atmosferde bol miktarda ve serbest halde bulunan oksijeni ozona çevirmede kullanılan elektrik enerjisi tüketimidir (Vynias and Carr, 2008).

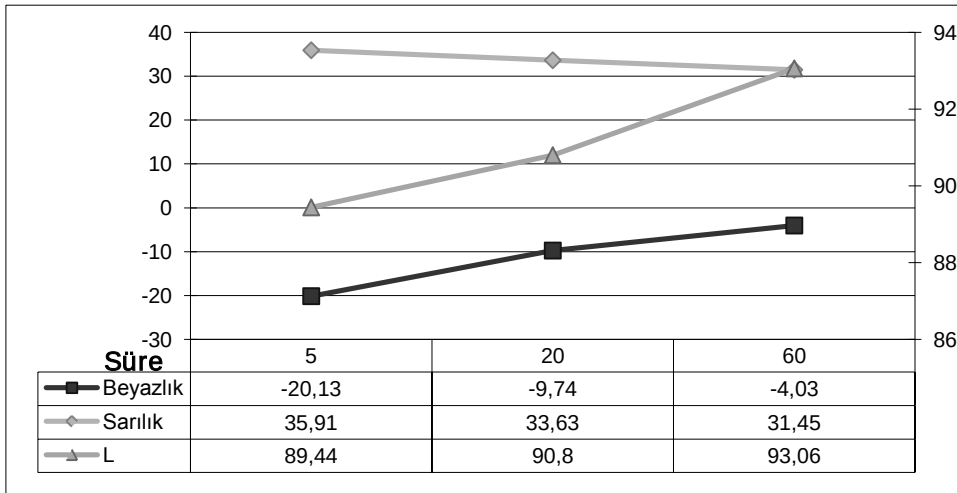
4.5.1 Ozon varlığında uygulanan ağartma işlemlerin soya kumaşların beyazlık, L*, sarılık değerlerine olan etkisi

Ozon gazının kuvvetli bir yükseltgen madde olduğu ve tekstil materyallerinin (pamuk, jüt, denim, angora, yün vb.) ağartılmasında etkin bir şekilde kullanılabildiği daha önceki çalışmalarda belirlenmiştir. Soya kumaşların ozon gazı ile ağartılması da daha önceden elde edilen bu veriler ışığında incelenmiştir. Bu amaçla ilk olarak kumaşın sahip olduğu A_F değerinin elde edilecek beyazlık, sarılık ve L^* değerlerine olan etkisi incelenmiştir. %0'dan %100'e kadar farklı A_F değerlerine sahip numuneler 20 dakikalık ozonlama işlemine tabi tutulmuştur (Ek 35).

Elde edilen veriler göstermektedir ki; kritik bir değere (%20) kadar, kumaşın sahip olduğu A_F değerindeki artış, ozonlama sonrası elde edilecek olunan beyazlık derecesi artışını da olumlu yönde etkilemektedir. Ancak belli bir değerden sonra A_F 'nin daha da artması beyazlık derecesine her hangi bir katkı sağlamamakta, meydana gelecek olan artış olumsuz yönde etkilemektedir. %0 A_F

değerine sahip kumaş 20 dakikalık ozonlama işlemine tabi tutulduğunda elde edilen beyazlık derecesi yaklaşık -15 Stensby iken, A_F değerinin %20 olması ile bu değer -9'lara kadar yükselmektedir. Ancak A_F değerinin %20'nin üzerine çıkması ile beyazlık derecesindeki artış azalmaya başlamaktadır. Kumaşın sahip olduğu belli bir A_F değerinin (%20) beyazlık derecesi üzerinde yarattığı olumlu etkisinin, ozon gazının lif içerisine penetrasyonunu sağlaması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. A_F değerinde %20'ye kadar olan artışlar, ozon gazının lif içerisine penetrasyonunu hızlandırmaktadır. Ancak bu değerden sonra, ozon gazının parçalanması hızlandığı için beyazlık derecesinde meydana gelen artışta bir gerileme yaşanmaktadır.

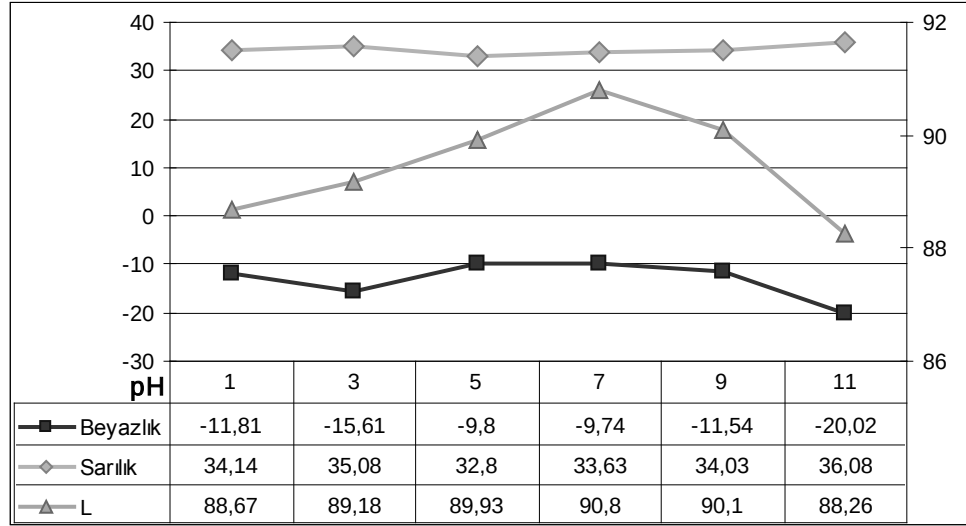
Aynı şekilde tekstil materyalinin ozon gazına maruz kalma süresi uzadıkça da elde edilen beyazlık derecesinde iyileşme olduğu gözlemlenmiştir. A_F = %20 olacak şekilde hazırlanan numune ile çalışıldığında, işlem süresi 5 dakika olduğunda elde edilen beyazlık derecesi yaklaşık -20 Stensby olurken, ozonlama süresi 20 ve 60 dakikaya çıktığında bu değer yaklaşık -10 Stensby ve -4 Stensby'a ulaşmaktadır (Şekil 4.23).



Şekil 4.23 Soya kumaşların ozon ile ağartılmasında işlem süresinin beyazlık, L^* ve sarılık değerlerine etkisi (pH= 6,5-7,5; A_F = %20).

Kumaş pH'ının ozonlamaya etkisini incelemek amacıyla, numuneler pH değerleri 1-3-5-7-9-11 olan su ile emdirilmiştir (Şekil 4.24). En az beyazlık derecesi artışına sahip olan numune, pH değeri 10-11 olan su ile emdirilen numunedir. Bunun nedeni olarak; kuvvetli bazik pH değerlerinde ortamda çok fazla hidroksil radikali oluştuğu ve bu radikallerin de ozonun parçalanmasını arttırdığı belirtilebilir. Ozon, renkli materyallerdeki kromofor bağlara etki etmekte

ve rengin sökülmesini veya açılmasını sağlamaktadır. Bu renk giderme özelliği özellikle asidik pH değerlerinde çok daha etkili bir şekilde gerçekleşmektedir. Dolayısıyla, asidik (pH 4-5) veya nötral pH değerlerinde çalışmak, bazik pH değerlerinde çalışmaya göre çok daha etkili ve başarılı olmaktadır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, nötral veya asidik pH'da çalışmanın beyazlık derecesi artışını çok fazla etkilemediği dolayısıyla, her hangi bir yardımcı madde kullanımı gerektirmemesi açısından nötral pH ile çalışmanın avantajlı olacağı söylenebilir.



Şekil 4.24 Soya kumaşların ozon ile ağartılmasında pH değerinin beyazlık, L* ve sarılık değerlerine etkisi (işlem süresi = 20 dak.; A_F = %20).

4.5.2 İndirgen-yükseltgen ağartma işlemlerin soya kumaşların beyazlık, L*, sarılık ve nem absorblama değerlerine olan etkisi

Soya kumaşların ağartılması yün liflerinde olduğu gibi çeşitli indirgen ve yükseltgen maddelerle gerçekleştirilebilir. İndirgen maddelerle ağartma, indirgen madde ile pigmentler arasında kompleks oluşturulması ve bunun daha sonra liften yıkama banyosuna geçmesi esasına dayanmaktadır. Yün ağartmacılığında olduğu gibi genellikle yükseltgen ağartma maddesi olarak hidrojen peroksit ile çalışılmaktadır, ancak disülfid bağlarının oksidasyonu ve sistik asitin oluşumu nedeniyle liflere bir miktar zarar verilebilmektedir. Yün liflerinin hidrojen peroksit ile ağartılmasına ilişkin yapılan bir çalışmada; alkali koşullarda çalışıldığında asidik koşullarda çalışma sonrası elde edilen beyazlık değerlerinden daha iyi değerlerin elde edildiği ancak mukavemet özelliklerinin daha zayıf

olduğu belirlenmiştir (Vynias et al, 2012; Choi et al., 2005; Vynias and Carr, 2008). Buradan hareketle, soya kumaşların hidrojen peroksit ve sodyum ditionit varlığında ağartılmalarına ilişkin optimizasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

4.5.2.1 Hidrojen peroksit ile ağartma işleminin soya kumaşların beyazlık, L*, sarılık ve nem absorblama değerlerine olan etkisi

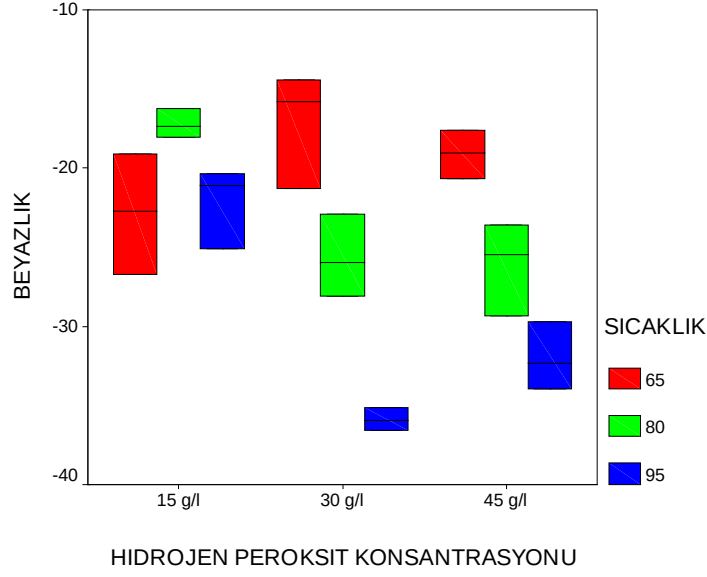
Soya kumaşların peroksit ile ağartılmaları sırasında, elde edilecek sonuçlar üzerinde etkisi olabileceği düşünülen dört farklı değişkenin (hidrojen peroksit konsantrasyonu, sodyum karbonat konsantrasyonu, işlem süresi ve işlem sıcaklığı) üç farklı seviyesinde çalışılmıştır. Beyazlık, L*, sarılık ve nem absorblama değerlerine ilişkin elde edilen sonuçlar ANOVA ve Duncan Post Hoc testler yardımıyla istatistiksel açıdan değerlendirilmiştir.

ANOVA test sonuçları göstermektedir ki; elde edilecek beyazlık değerleri açısından hidrojen peroksit konsantrasyonu ($P= 0,016$), sodyum karbonat konsantrasyonu ($P= 0,016$) ve sıcaklık ($P= 0,000$) önemlidir. F değerleri göz önünde bulundurulduğunda ise önemli sayılan bu üç değişken arasından işlem sıcaklığının ($F= 20,665$) soya kumaşların beyazlık değerlerinde en büyük değişime neden olduğu söylenebilir (Çizelge 4.10). Bu durum Duncan Post Hoc test sonuçları tarafından da desteklenmektedir; peroksit ve soda konsantrasyonundaki değişim soya kumaşların beyazlık değerlerinin -20,7 ile -26,2 Stensby arasında değişmesine neden olurken, işlem sıcaklığındaki değişim beyazlık değerlerini daha fazla etkilemekte, değerler -19,7 ile -30,0 Stensby arasında değişmektedir. Benzer durum soya kumaşlarının parlaklık ve sarılık değerlerinin eldesinde de görülmektedir. Parlaklık ve sarılık değerleri açısından önemli sayılabilecek üç değişken arasından (hidrojen peroksit konsantrasyonu (parlaklık için $P= 0,007$, sarılık için $P= 0,017$), sodyum karbonat konsantrasyonu (parlaklık için $P= 0,007$, sarılık için $P= 0,017$) ve sıcaklık (parlaklık ve sarılık için $P= 0,000$)) $F_{\text{parlaklık}}= 36,52$ ve $F_{\text{sarılık}}= 12,80$ değeri ile sıcaklık en ön plana çıkmaktadır. ANOVA test sonuçları, işlem süresinin sadece soya kumaşların absorbladıkları nem değerleri ($P= 0,007$) üzerinde etkisi bulunduğunu göstermektedir (Çizelge 4.10 ve Ek 36).

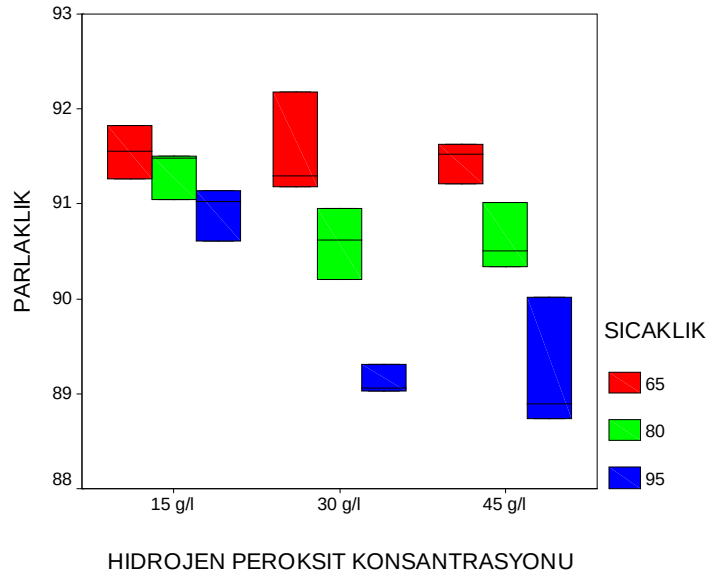
Çizelge 4.10 Soya kumaşların hidrojen peroksit ile ağartılmasına ilişkin ANOVA test sonuçları.

		SS	MS	F	Sig.
Hidrojen peroksit Konsantrasyonu	Beyazlık	332,460	166,230	4,467	0,016
	Parlaklık	8,535	4,267	5,477	0,007
	Sarılık	31,006	15,503	4,420	0,017
	Absorblanan nem miktarı	0,888	0,444	2,620	0,083
Soda Konsantrasyonu	Beyazlık	332,460	166,230	4,467	0,016
	Parlaklık	8,535	4,267	5,477	0,007
	Sarılık	31,006	15,503	4,420	0,017
	Absorblanan nem miktarı	0,888	0,444	2,620	0,083
Sıcaklık	Beyazlık	998,322	499,161	20,665	0,000
	Parlaklık	28,425	14,212	36,522	0,000
	Sarılık	70,137	35,069	12,797	0,000
	Absorblanan nem miktarı	0,223	0,111	0,611	0,547
Süre	Beyazlık	4,121	2,060	0,047	0,954
	Parlaklık	0,451	0,225	0,240	0,787
	Sarılık	2,313E-02	1,156E-02	0,003	0,997
	Absorblanan nem miktarı	1,698	0,849	5,530	0,007

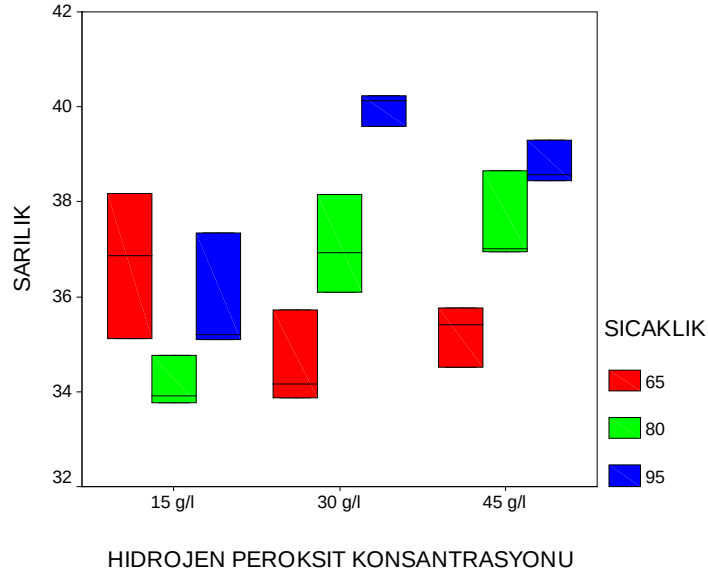
Şekil 4.25-4.27'den de görüldüğü üzere, işlem sıcaklığındaki artış ile birlikte soya kumaşların beyazlık ve parlaklık değerlerinde gerileme, sarılık değerlerinde ise artış yaşanmaktadır. Sıcaklığın 65⁰C'den sırasıyla 80⁰C ve 95⁰C'ye çıkarılmasıyla beyazlık değerleri sırasıyla -19,7 Stensby değerinden -23 ve -30 Stensby değerine; parlaklık değerleri sırasıyla 91,5 değerinden 90,9 ve 89,8 değerine düşmekte; sarılık değerleri ise sırasıyla 35,5 değerinden 36,3 ve 38,2 değerine çıkmaktadır. Benzer şekilde düşük hidrojen peroksit konsantrasyonunda çalışıldığında daha yüksek beyazlık ve parlaklık değerleri, daha düşük sarılık değerleri elde edilmektedir. 30 ve 45 g/l hidrojen peroksit konsantrasyonlarında çalışıldığında yaklaşık olarak -26 Stensby beyazlık değeri, 90 parlaklık değeri, 37 sarılık değeri elde edilirken, konsantrasyonun 15 g/l'ye düşürülmesi ile beyazlık değeri -20,7 Stensby değerine, parlaklık değeri 91,3 değerine kadar çıkmakta, sarılık değeri ise 35,6 değerine kadar azalmaktadır. Hidrojen peroksit ile işlem, bazı sistin disülfid çapraz bağlarını koparmakta ve soya yüzeyindeki polar fonksiyonel grupların miktarını arttırmaktadır (Wang et al., 2009; Cardamone et al., 2004).



Şekil 4.25 Soya kumaşların yükseltgen ağartılmasında hidrojen peroksit konsantrasyonunun ve sıcaklığın beyazlık değerlerine etkisi.



Şekil 4.26 Soya kumaşların yükseltgen ağartılmasında hidrojen peroksit konsantrasyonunun ve sıcaklığın parlaklık değerlerine etkisi.



Şekil 4.27 Soya kumaşların yükseltgen ağartılmasında hidrojen peroksit konsantrasyonunun ve sıcaklığın sarılık değerlerine etkisi.

Soya kumaşların hidrojen peroksit ile ağartılmasında maksimum beyazlık, parlaklık değeri ve nem absorblama yeteneği, minimum sarılık değeri elde edilmek istendiğinde; 15 g/l hidrojen peroksit ve 1,5 g/l soda ile 65°C’de 40 dakika çalışılması gerektiği elde edilen veriler ışığında söylenebilir.

4.5.2.2 Sodyum ditionit ile ağartma işleminin soya kumaşların beyazlık, L*, sarılık ve nem absorblama değerlerine olan etkisi

Soya kumaşların sodyum ditionit ile ağartılmaları sırasında, elde edilecek sonuçlar üzerinde etkisi olabileceği düşünülen dört farklı değişkenin (sodyum ditionit konsantrasyonu, sodyum karbonat konsantrasyonu, işlem süresi ve işlem sıcaklığı) üç farklı seviyesinde çalışılmıştır. Beyazlık, L*, sarılık ve nem absorblama değerlerine ilişkin elde edilen sonuçlar ANOVA ve Duncan Post Hoc testler yardımıyla istatistiksel açıdan değerlendirilmiştir.

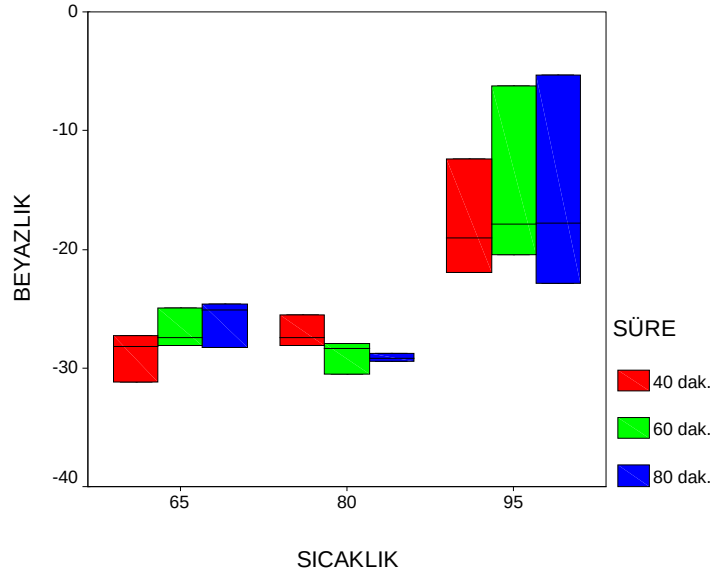
ANOVA test sonuçları göstermektedir ki; elde edilecek beyazlık ve sarılık değerleri açısından en önemli değişken $P=0,000$ değerine sahip sıcaklıktır. Bu durum Duncan Post Hoc test sonuçları tarafından da desteklenmektedir; işlem sıcaklığındaki değişim ile beyazlık değerleri -16 ile -28,4 Stensby arasında değişirken sarılık değerleri 33,4 ile 37,9 arasında değişmektedir. Parlaklık

değerleri açısından önemli sayılabilecek iki değişken mevcut olup (sodyum ditionit konsantrasyonu ve sodyum karbonat konsantrasyonu) her ikisi de aynı $P=0,000$ ve $F=10,13$ değerine sahiptir, dolayısıyla soya kumaşların parlaklık değerlerinde yarattıkları değişim açısından aynı önem derecesine sahip oldukları söylenebilir. Soya kumaşların absorbladıkları nem değerleri üzerinde etkisi bulunan değişkenler ise; sodyum ditionit konsantrasyonu ($P=0,039$), soda konsantrasyonu ($P=0,039$) ve işlem süresidir ($P=0,006$) (Çizelge 4.11 ve Ek 37).

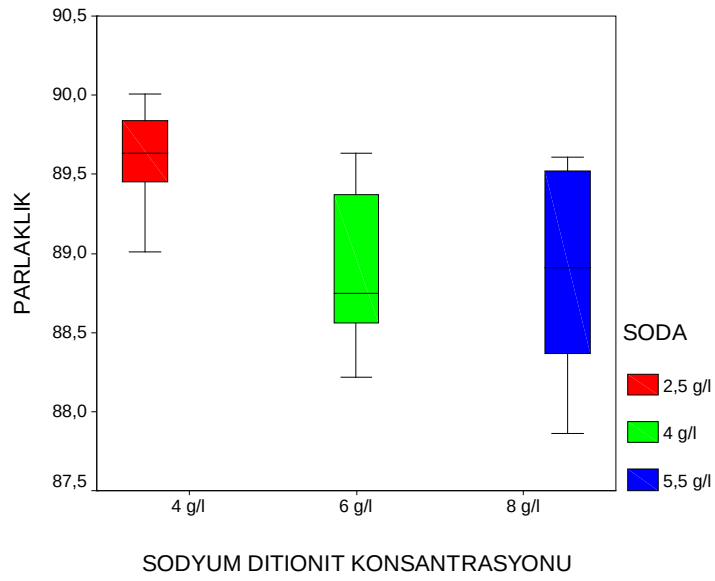
Çizelge 4.11 Soya kumaşların sodyum ditionit ile ağartılmasına ilişkin ANOVA test sonuçları.

		SS	MS	F	Sig.
Sodyumditionit Konsantrasyonu	Beyazlık	45,736	22,868	0,481	0,621
	Parlaklık	5,423	2,711	10,130	0,000
	Sarılık	5,091	2,545	0,371	0,692
	Absorblanan nem miktarı	1,401	0,700	3,447	0,039
Soda Konsantrasyonu	Beyazlık	45,736	22,868	0,481	0,621
	Parlaklık	5,423	2,711	10,130	0,000
	Sarılık	5,091	2,545	0,371	0,692
	Absorblanan nem miktarı	1,401	0,700	3,447	0,039
Sıcaklık	Beyazlık	1686,444	843,222	54,812	0,000
	Parlaklık	1,855	0,928	2,747	0,074
	Sarılık	239,392	119,696	52,773	0,000
	Absorblanan nem miktarı	0,796	0,398	1,851	0,168
Süre	Beyazlık	13,714	6,857	0,142	0,868
	Parlaklık	0,747	0,374	1,039	0,361
	Sarılık	0,612	0,306	0,044	0,957
	Absorblanan nem miktarı	2,123	1,062	5,615	0,006

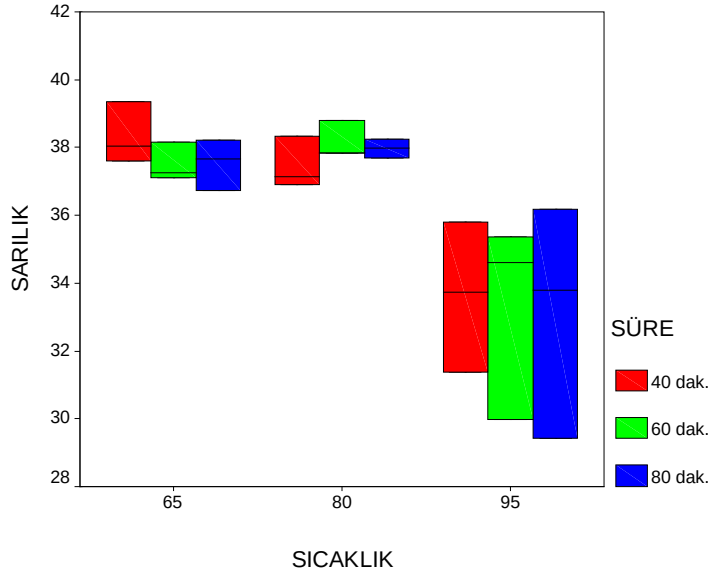
Şekil 4.28-4.30'dan da görüldüğü üzere, işlem sıcaklığındaki artış ile birlikte soya kumaşların beyazlık değerlerinde artış, sarılık değerlerinde ise azalma yaşanmaktadır. Sıcaklığın 65°C 'den sırasıyla 80°C ve 95°C 'ye çıkarılmasıyla beyazlık değerleri sırasıyla -27,2; -28,4 ve -16 Stensby; sarılık değerleri sırasıyla 37,8; 37,9 ve 33,4 olmaktadır. Ayrıca düşük sodyum ditionit ve soda konsantrasyonunda çalışıldığında daha yüksek parlaklık değerleri elde edilmektedir. 6 ve 8 g/l sodyum ditionit veya 4 ve 5,5 g/l soda konsantrasyonlarında çalışıldığında yaklaşık olarak 88,8 parlaklık değeri elde edilirken, sodyum ditionit konsantrasyonun 4 g/l'ye, soda konsantrasyonunun 2,5 g/l'ye düşürülmesi ile parlaklık değeri 89,5 değerine kadar çıkmaktadır.



Şekil 4.28 Soya kumaşların indirgen ağartılmasında işlem süresinin ve sıcaklığın beyazlık değerlerine etkisi.



Şekil 4.29 Soya kumaşların indirgen ağartılmasında sodyumditionit ve soda konsantrasyonunun parlaklık değerlerine etkisi.



Şekil 4.30 Soya kumaşların indirgen ağartılmasında işlem süresinin ve sıcaklığın sarılık değerlerine etkisi.

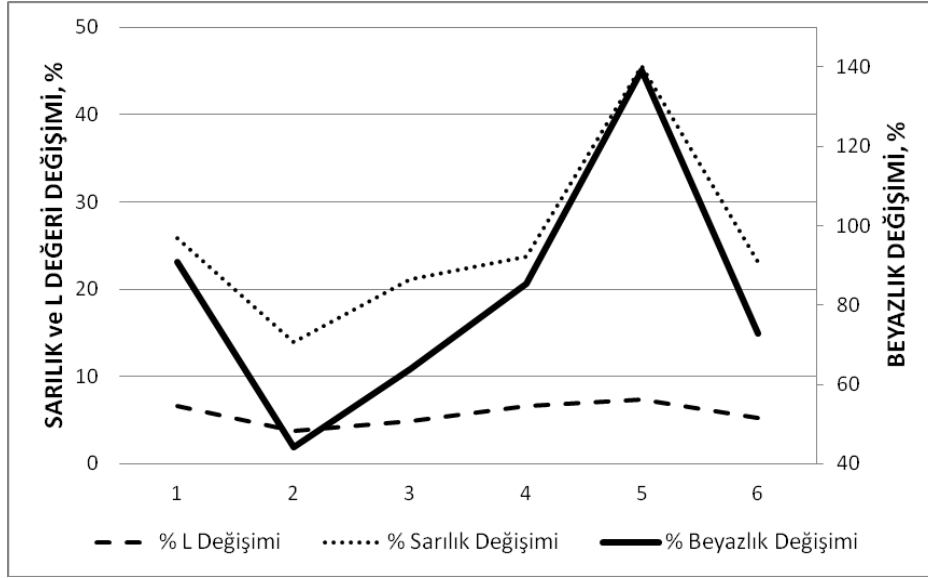
Soya kumaşların sodyum ditionit ile ağartılmasında maksimum beyazlık, parlaklık değeri ve nem absorblama yeteneği, minimum sarılık değeri elde edilmek istendiğinde; 4 g/l sodyum ditionit ve 2,5 g/l soda ile 95⁰C’de 40 dakika çalışılması gerektiği elde edilen veriler ışığında söylenebilir.

4.5.3 Ozon-indirgen-yükseltgen ağartma kombinasyonlarının soya kumaşların beyazlık, L*, nem absorblama, ıslanabilirlik, FT-IR ve yüzey görünüm özellikleri üzerine olan etkisi

Gerçekleştirilen ön denemeler neticesinde, soya kumaşların hidrojen peroksit ve sodyum ditionit ile ağartılmalarına ilişkin optimum koşullar belirlenmiştir. Ancak bu işlemlerin her biri tek başına soya kumaşların beyazlık değerlerinde yeterli iyileşme sağlayamamakta, ham soya kumaşın açık sarı-kremimsi rengi sadece biraz açılmakta, önemli sayılabilecek bir beyazlık gelişimi söz konusu olmamaktadır. Elde edilen beyazlık ölçüm sonuçları da bu durumu desteklemektedir; -45 Stensby civarında olan ham soya kumaşın beyazlık değeri hidrojen peroksit ile işlem sonrası yaklaşık -25 Stensby’a, sodyum ditionit ile işlem sonrası yaklaşık -15 Stensby’a çıkmakta ancak yine de yeterli beyazlık

gelişimi sağlanamamaktadır. Buradan hareketle geliştirilen indirgen ve yükseltgen ağartma yöntemlerinin kombinasyonu yoluna gidilmiştir.

Şekil 4.31'den de görüldüğü üzere, ham soya kumaşın beyazlık, sarılık ve L* değerleri üzerinde yarattığı etki açısından geliştirilen ağartma yöntemleri önem sırasına konulacak olursa şöyle bir sıralama elde edilir; hidrojen peroksit ile işlem < sodyum ditionit ile işlem < sodyum ditionit ile işlem sonrası hidrojen peroksit ile işlem < ozonlama sonrası sodyum ditionit ile işlem < ozonlama < ozonlama sonrası hidrojen peroksit ardından sodyum ditionit ile işlem. Hidrojen peroksit ve sodyum ditionit ile ağartma işlemleri hem tek başlarına hem de kombine olarak kullanıldıklarında, tek başına ozonlama sonrası elde edilen beyazlık gelişimini yakalayamamaktadır. Sadece 60 dakikalık ozonla işlem sonrası yaklaşık %90'lık bir beyazlık artışı elde edilmekte yani -45 Stensby civarında olan ham soya kumaşın beyazlık değeri -4 Stensby'lara kadar yükselmektedir. Hidrojen peroksit ve sodyum ditionit ağartmaları kombine edildiğinde ise beyazlık artışı %70'lerde kalmakta yani ham soya kumaşın beyazlık değeri -12 Stensby'a kadar artabilmektedir. Elde edilen sonuçlardan hareketle, tek başına ozonlamanın konvansiyonel ağartma yöntemlerine göre sağladığı başlıca avantajların; daha az kimyasal-su-enerji tüketerek, daha kısa sürede, daha yüksek beyazlık değerlerine sahip soya kumaşlar elde etmek olduğu söylenebilir. Ozonlama sonrası elde edilen kumaşın rengi hala kremimsi olmakta, beyaz bir görünüm arzu edildiğinde ise ağartma kombinasyonu (ozonlama+hidrojen peroksit ağartması+sodyum ditionit ağartması) yoluna gidilmesi gerekmektedir. Böylece ham soya kumaşın beyazlık değeri yaklaşık %140 artmakta, yaklaşık 18 Stensby değeri elde edilmekte ve kumaş beyaz sayılabilecek bir görünüme kavuşmaktadır. Elde edilen sonuçlar Ek 38'de yer alan numunelerin fotoğrafları ile de desteklenmektedir.



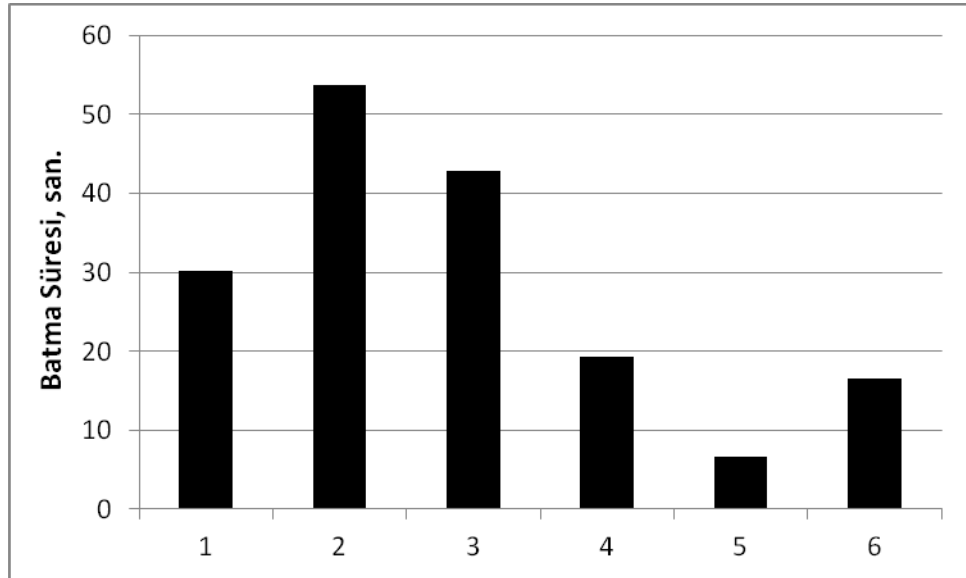
- 1= ozonlama (AF= %40, pH= 7, 60 dak. işlem)
 2= hidrojen peroksit ile işlem (30 ml/l hidrojen peroksit (%50), 5 g/l stabilizatör, 1 g/l ısıtıcı, 3 g/l soda (pH= 11), 95⁰C'de 40 dak. işlem)
 3= sodyumditionit ile işlem (4 g/l sodyumditionit, 0,5 g/l soda, 1 g/l ısıtıcı, 60⁰C'de 40 dak. işlem)
 4= ozonlama sonrası sodyumditionit ile işlem
 5= ozonlama sonrası hidrojen peroksit ile işlem ardından sodyum ditionit ile işlem
 6= hidrojen peroksit ile işlem sonrası sodyum ditionit ile işlem

Şekil 4.31 Geliştirilen çeşitli ağartma yöntemlerinin soya kumaşların beyazlık, L* ve sarılık değerlerine olan etkisi.

Çeşitli ağartma yöntemleri ile işlem görmüş soya kumaşların absorbladıklarındaki nem miktarındaki değişimler incelendiğinde, ilk bir saat sonunda ozonla işlem görmüş kumaşın absorbladığı nem miktarının yaklaşık %0,5 arttığı, bunu %0,4'lük nem absorblama değerindeki artış ile ozonlama sonrası hidrojen peroksit ardından sodyum ditionit ile işlem görmüş ve ozonlama sonrası sodyum ditionit ile işlem görmüş soya kumaşların izlediği söylenebilir. 4 saatin sonunda ise ozonlanmış kumaşın absorbladığı nem miktarı artışı yaklaşık %1 olmakta, sodyum ditionit ağartması sonrası hidrojen peroksit ağartması görmüş kumaşın yaklaşık %0,9, ozonlama sonrası hidrojen peroksit ardından sodyum ditionit ile ağartılmış kumaşın yaklaşık %0,85 olmaktadır. 24 saatin sonunda ise; ozonla işlem görmüş, hidrojen peroksit ile ağartılmış, sodyum ditionit ile ağartılmış ve ozonlama sonrası sodyum ditionit ile ağartılmış kumaşların absorbladıkları nem miktarındaki artış eşitlenmekte, yaklaşık %1,2 olmaktadır. Sodyum ditionit sonrası hidrojen peroksit ile ağartılmış soya kumaşın nem absorblama değerindeki artış %1,3 olurken, en yüksek beyazlık değerine sahip ozonlama sonrası hidrojen peroksit ardından sodyum ditionit ile ağartılmış kumaş %1,4'lük nem absorblama değeri artışına sahip olmaktadır (Ek 39).

Çeşitli ağartma yöntemlerinin ham soya kumaşların ıslanabilirlik özelliklerinde bir değişim yaratıp/yaratmadığını belirlemek amacıyla temas açısı ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ek 40'dan da görüldüğü üzere; ozonlanmış, peroksitle ağartılmış ve sodyum ditionit ile ağartılmış kumaşların yüzeyinde oluşan damlanın 0. saniyedeki temas açısı yaklaşık 130^0 olup, damlanın kaybolma süresi ortalama 0,7 saniyedir. Kombine ağartma işlemleri uygulandığında damla ile kumaş arasında oluşan temas açısı azalmakta ve damlanın kaybolma süresi kısalmakta bu da ıslanabilirlik özelliklerinin iyileştiğini göstermektedir. En iyi ıslanabilirlik özelliği ozonlama sonrası peroksit ağartmasına ardından sodyum ditionit ağartmasına tabi tutulmuş kumaşa aittir; temas açısı değeri 60^0 olup kumaş üzerinde oluşan damlanın kaybolma süresi ise 0,02 saniyeye kadar gerilemektedir.

Ham ve işlem görmüş soya kumaşların hidrofilite değerlerini belirlemek amacıyla uygulanan batma yöntemine ilişkin test sonuçları Şekil 4.32'de yer almaktadır. Elde edilen sonuçlar temas açısı ölçüm sonuçları ile paralellik arz etmekte; ozonlama sonrası hidrojen peroksit ardından sodyum ditionit ile ağartma işlemine tabi tutulmuş numune yaklaşık 6,5 saniye ile en düşük batma süresine yani en yüksek hidrofilite değerine sahip olmaktadır. Sadece hidrojen peroksit ile ağartılmış soya kumaş ise yaklaşık 55 saniye ile en yüksek batma süresine sahip olup, ham kumaştan sonraki en düşük hidrofilite değerine sahip numunedir.



Şekil 4.32 Geliştirilen çeşitli ağartma yöntemlerinin soya kumaşların batma sürelerine olan etkisi.

Elde edilen sonuçlardan hareketle, ozonlama sonrasında uygulanan peroksit ve sodyum ditionit ağartmaları ile soya kumaşların beyazlık ve L^* değerleri önemli ölçüde gelişmekte, sarılık değerleri önemli ölçüde gerilemekte ve kumaşların ıslanabilirlik özellikleri ve hidrofiliteyi önemli düzeyde iyileşmektedir.

Ham ve işlem görmüş soya kumaşlara ait infrared band işaretleri Ek 41 ve 42’de görülmektedir.

Ham soya kumaşa ait spektrumda 3291 cm^{-1} civarında görülen kuvvetli geniş bant hidrojen-bağlı O-H gerilimi ve sekonder amidlerdeki N-H gerilimi ile ilişkilidir. Çeşitli ağartma işlemleri sonrasında O-H gerilimi absorbandsında azalma yaşanmakta, özellikle ozonlama sonrası sodyum ditionit ardından hidrojen peroksit ile ağartılmış soya kumaşlara ait spektrumdaki azalma daha belirgin olmakta ve bant 3286 cm^{-1} ’e kaymaktadır. Ham soya kumaşın spektrumundaki 1064 cm^{-1} civarında görülen pik sisteik asit, 1140 cm^{-1} ’de görülen pik sistin monoksit, 1170 cm^{-1} ’de görülen pik ise sistin dioksit ile ilişkili olup, bu piklerin yüksek transmitans değeri soya kumaşların ozon/ozon+kombin ağartmalar tarafından parçalandığına işaret etmektedir. Bu bantların transmitans değerleri göz önünde bulundurularak soya kumaşlarda meydana gelen zarara göre şu şekilde bir sıralama elde edilir; ozonlama sonrası sodyum ditionit ardından hidrojen peroksit ile ağartılmış soya kumaş > ozonlama sonrası sodyum ditionit ile ağartılmış soya kumaş > ozonlanmış soya kumaş > hidrojen peroksit sonrası sodyum ditionit ile ağartılmış soya kumaş > hidrojen peroksit ile ağartılmış soya kumaş > sodyum ditionit ile ağartılmış soya kumaş. Numunelerin ölçülen sistin içeriği miktarları da bu sıralamayı desteklemektedir; ham soya kumaş yaklaşık %8,4 sistin içeriğine sahip iken, ozonlama sonrası sodyum ditionit ardından hidrojen peroksit ile ağartılmış soya kumaş %4,6, ozonlama sonrası sodyum ditionit ile ağartılmış soya kumaş %5,1, ozonlanmış soya kumaş %5,6, hidrojen peroksit sonrası sodyum ditionit ile ağartılmış soya kumaş %5,7, hidrojen peroksit ile ağartılmış ve sodyum ditionit ile ağartılmış soya kumaş %5,9 sistin içeriğine sahiptir. 1651 cm^{-1} ’de görülen pik amid I’deki C=O gerilimi, C-N gerilimi ve C-C-N deformasyonu ile ilişkilidir. Ağartma işlemlerinden sonra bu bant genişlemekte 1641 cm^{-1} ’e kaymaktadır. Ham soya kumaşın spektrumunda 1403 cm^{-1} ’de görülen pik CH_3 ’deki C-H deformasyonu ile ilgili olup, ağartma işlemlerinden sonra bu bant genişlemekte ve 1405 cm^{-1} ’e kaymaktadır (Ek 42).

Ek 43'den de görüldüğü üzere ozonlama sonrası indirgen ve/veya yükseltgen ağartma işlemlerine tabi tutulmuş soya liflerinin yüzey görünümünde belirgin çatlaklar meydana gelmektedir.

4.6 UV Enerjisinin Soya Kumaşların Ön Terbiyesinde Kullanılabilirliği

Yünün foto-ağartmasında olduğu gibi soya kumaşlarda öncelikle UV ışınları absorblamakta ve triptofan, tirosin, fenilalanin, sistein gibi aromatik amino asit artıkları uyarılmaktadır (Vynias et al., 2012; Volooj et al., 2000). Oksijen radikalleri, farklı aminoasit grupları ile reaksiyona girmekte ve sarı renge sahip ürünler üretmektedir (Vynias et al., 2012; Mitchell et al., 2005). Ham soyanın UV ışığına (400-460 nm) maruz bırakılması ile sarı renkli kromoforların parçalanacağı düşünülmektedir.

Regresyon analizi sonucunda elde edilen, beyazlık ve L* değerleri ile işlem parametreleri (peroksit konsantrasyonu (P), sodyumhidroksit konsantrasyonu (K), sodyumperoksidisülfat konsantrasyonu (S), UV lambası ile kumaş arasındaki mesafe (M) ve işlem süresi (T)) arasındaki ilişkiyi ifade eden eşitlikler aşağıda yer almaktadır;

$$\begin{aligned} \text{Beyazlık Değeri} = & -19,8+0,980 \text{ T}+0,413 \text{ M}+0,581 \text{ P}-0,0794 \text{ K}+0,0115 \text{ S} \\ & -0,924 \text{ T}^2-0,0529 \text{ M}^2-0,00417 \text{ P}^2-0,00142 \text{ K}^2-0,0426 \text{ S}^2 \\ & +0,124 \text{ T}*\text{P}-0,169 \text{ T}*\text{K}+0,662 \text{ T}*\text{S}-0,00746 \text{ M}*\text{P}+0,0211 \text{ M}*\text{K} \\ & +0,0370 \text{ M}*\text{S}+0,00215 \text{ P}*\text{K}-0,0176 \text{ P}*\text{S} \end{aligned} \quad (29)$$

$$\begin{aligned} \text{L* Değeri} = & 92,7-0,0009 \text{ M}+0,00604 \text{ P}-0,0323 \text{ S}+0,000704 \text{ K}^2-0,00440 \text{ S}^2 \\ & -0,00388 \text{ T}*\text{P}+0,00283 \text{ T}*\text{K}-0,0142 \text{ T}*\text{S}-0,000857 \text{ M}*\text{K}+0,000433 \text{ P}*\text{K} \\ & +0,00331 \text{ K}*\text{S} \end{aligned} \quad (30)$$

Denklem (29)-(30)'un istatistiksel önemliliği, *F*-testi ve varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmeye çalışılmıştır. Regresyon modellerinin varyans analizi, modellerin oldukça önemli olduğunu ifade etmektedir. Adjusted R² değeri, bağımsız değişkenlerin beyazlık değeri üzerine etkisiyle ilgili toplam varyasyonların %99,9'unun, L* değeri üzerine etkisiyle ilgili toplam varyasyonların %91'inin geliştirilen model ile güvenli bir şekilde tahminlendiğini belirtmektedir. Beyazlık değerine ilişkin R² değeri (0,9990) ve L* değerine ilişkin R² değeri (0,9300) deneysel sonuçlar ile tahminlenen sonuçlar arasında oldukça

iyi bir korelasyon olduğunu göstermektedir. Lack of fit değeri (beyazlık değeri için 0,103; L* değeri için 0,377) 0,05’den büyük bir değer olduğundan önemsiz kabul edilmekte, sonuç olarak geliştirilen modellerin beyazlık ve L* değerlerinin tahminlenmesi açısından istatistiksel olarak önemli kabul edilebileceği söylenebilir. Regresyon modellerinin 0,05’den küçük *P*-değerine sahip olmaları, istatistiksel açıdan önemli olduklarını göstermektedir (Çizelge 4.12 ve Ek 44).

Çizelge 4.12 UV enerjisi varlığında ağartma işlemine tabi tutulmuş soya kumaşların beyazlık ve L* değerlerine ilişkin varyans analizi

	Source	df	Seq. SS	Adj. SS	Adj. MS	<i>F</i>	<i>P</i>
Beyazlık Değeri $R^2 = \% 99,9$ $R^2 (adj) = \% 99,9$	Regression	20	1248,54	1248,54	62,427	2E+03	0,000
	Linear	5	1005,96	1005,96	201,191	6E+03	0,000
	Square	5	76,21	76,21	15,242	443,29	0,000
	Interaction	10	166,37	166,37	16,637	483,87	0,000
	Residual Error	25	0,86	0,86	0,034		
	Lack of fit	20	0,80	0,80	0,040	3,15	0,103
	Pure error	5	0,06	0,06	0,013		
	Total	45	1249,40				
L* Değeri $R^2 = \% 95,0$ $R^2 (adj) = \% 91,0$	Regression	20	1,45519	1,45519	0,072760	23,86	0,000
	Linear	5	0,29954	0,29954	0,059907	19,64	0,000
	Square	5	0,62350	0,62350	0,124701	40,89	0,000
	Interaction	10	0,53215	0,53215	0,053215	17,45	0,000
	Residual Error	25	0,07625	0,07625	0,003050		
	Lack of fit	20	0,06476	0,06476	0,003238	1,41	0,377
	Pure error	5	0,01148	0,01148	0,002297		
	Total	45	1,53144				

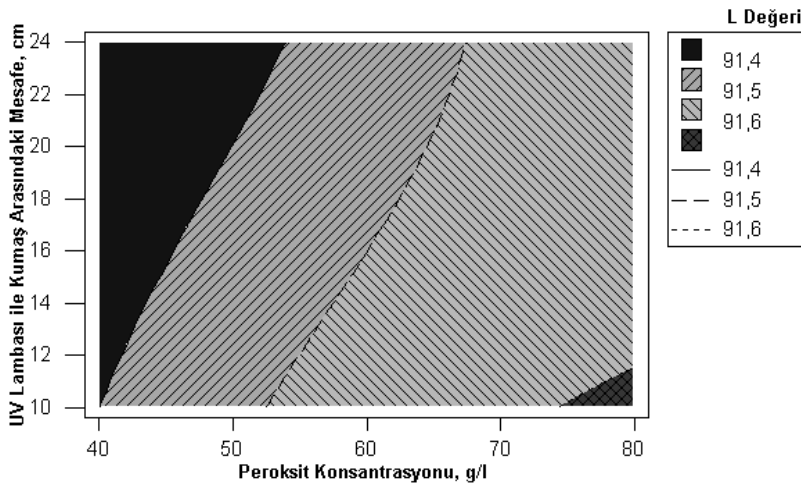
Beyazlık ve L* değerlerine ilişkin regresyon modellerini ifade eden Denklem (29)-(30)’da yer alan her bir bağımsız değişkenin katsayısı ve *P*-değerleri Ek 45’de yer almaktadır. *P*-değerleri 0,05’den büyük olan değişkenlerin, %95 güven aralığında istatistiksel açıdan önemli olmadığı, yani bu değişkenlerin soya kumaşların beyazlık ve L* değerlerinde anlamlı bir değişikliğe neden olmadığı söylenebilir. Bu durum dikkate alındığında işlem süresinin, UV lambası ile kumaş arasındaki uzaklığın, peroksit/sodyum hidroksit/sodyum peroksidisülfat konsantrasyonlarının ($P=0,000$) soya kumaşların beyazlık değerlerindeki değişim açısından önemli olduğu görülmektedir. L* değerleri açısından değerlendirme yapıldığında ise; *P*-değerleri 0,05’den büyük olan işlem süresinin ve sodyum hidroksit konsantrasyonunun, %95 güven aralığında istatistiksel açıdan önemli olmadığı, ancak peroksit ($P=0,000$)/peroksidisülfat ($P=0,015$) konsantrasyonu ile UV lambası ile kumaş arasındaki mesafenin ($P=0,002$) soya kumaşların L* değerleri üzerine önemli etkileri bulunduğu söylenebilir.

4.6.1 Çeşitli peroksit ağartma banyoları ile emdirilmiş soya kumaşların beyazlık değerleri üzerine UV enerjisinin etkisi

Çeşitli peroksit banyoları ile emdirildikten sonra çeşitli sürelerde UV ışığına maruz kalmış soya kumaşlara ait beyazlık derecesi sonuçları Ek 46'da yer almaktadır. Sodyum peroksidisülfat konsantrasyonundaki artış elde edilecek beyazlık derecesinin de yüksek olmasına neden olmaktadır. Ancak 80 g/l hidrojen peroksit konsantrasyonu ile çalışıldığında, ortamda sodyum peroksidiülfat bulunmadığında dahi "0" Stensby değerinin üzerinde beyazlık değeri elde edilebilmektedir. "0" Stensby'ın üzerinde beyazlık değeri hedeflendiğinde, sodyum peroksidiülfat konsantrasyonunun 5-10 ve 12 g/l'ye çıkarılması ile kullanılacak hidrojen peroksit konsantrasyonu azalmakta ve sırasıyla 65 g/l-55 g/l ve 45 g/l'dir. Özetlenecek olursa; sodyum peroksidisülfat konsantrasyonu, 80 g/l'nin altında hidrojen peroksit ile çalışıldığında önem kazanmakta, belirli bir beyazlık hedeflendiğinde sodyum peroksidiülfat konsantrasyonundaki artış kullanılan hidrojen peroksit konsantrasyonunun azalmasına neden olmaktadır (Ek 46a). Ek 46b'den de görüldüğü üzere, belirli bir hidrojen peroksit konsantrasyonu ile çalışılırken, sodyum karbonat konsantrasyonundaki artış ham soya kumaşların beyazlık değerlerinde önemli bir değişiklik yaratmamaktadır. Örneğin; 60 g/l hidrojen peroksit bulunan emdirme banyosuna 20 ile 50 g/l arasında değişen miktarlarda sodyum karbonat ilave edilmesi elde edilecek beyazlık değerini değiştirmemekte, yaklaşık "0" Stensby bir beyazlık değeri elde edilmektedir. Kumaş ile ultraviyole lambası arasındaki mesafeyi 10-14 cm arasında olacak şekilde ayarlamak maksimum beyazlık eldesi için yeterli olmaktadır (Ek 46c). Ek 46c, mevcut deney koşullarında 2 dakikalık bir ultraviyole ile işlemin keten kumaşlardan maksimum bir beyazlık derecesi elde etmek için yeterli olduğunu, sürenin 3 dakikaya uzatılması ile beyazlık değerlerinde daha da fazla iyileşme sağlandığını göstermektedir. Elde edilen sonuçlar Ek 47'de yer alan numunelerin fotoğrafları ile de desteklenmektedir.

4.6.2 Çeşitli peroksit ağartma banyoları ile emdirilmiş soya kumaşların L* değerleri üzerine UV enerjisinin etkisi

Şekil 4.33'den de görüldüğü üzere, 60 g/l hidrojen peroksit konsantrasyonu ile çalışıldığında ve soya kumaş UV lambasından 10-14 cm uzakta olacak şekilde yerleştirildiğinde hemen hemen maksimum L* değeri elde edilmektedir. 40 g/l'deki ve yaklaşık 65 g/l'nin üzerindeki hidrojen peroksit konsantrasyonlarında çalışıldığında ise UV lambası ile kumaş arasındaki mesafenin önemi ortadan kalkmakta, tüm mesafelerde çalışılarak aynı L* değeri elde edilebilmektedir.



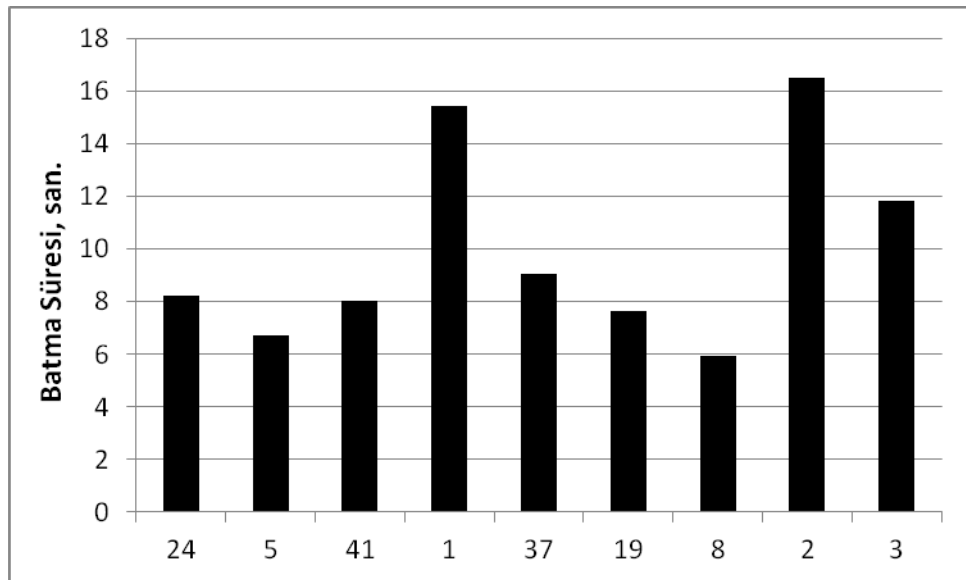
Şekil 4.33 UV enerjisi varlığında ağartma işlemine tabi tutulan soya kumaşların L* değerlerine UV lambası ile kumaş arasındaki mesafenin ve peroksit konsantrasyonunun etkisi.

4.6.3 Çeşitli peroksit ağartma banyoları ile emdirilmiş soya kumaşların ıslanabilirlik ve hidrofilite özellikleri üzerine UV enerjisinin etkisi

Geliştirilen işlemin ham soya kumaşların ıslanabilirlik özellikleri üzerine etkisini incelemek amacıyla temas açısı ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ek 48'den de net bir şekilde görüldüğü üzere, ham soya kumaşların ıslanabilirlik özellikleri ultraviyole ile işlemten sonra bir miktar gelişmektedir. Ultraviyole ile işlem süresi arttıkça ve UV lambası ile kumaş arasındaki mesafe azaldıkça, kumaş üzerinde oluşan damlanın yayılma süresi kısalmakta dolayısıyla daha iyi ıslanabilirlik özelliği elde edildiği söylenebilir. Aynı zamanda, sodyum karbonat ve sodyum peroksidisülfat konsantrasyonundaki artış damlanın yayılma süresinin

bir miktar daha kısalmasına neden olmaktadır. Örneğin; sodyum karbonat konsantrasyonu 20 g/l'den 50 g/l'ye arttırıldığında damlanın yayılma süresi 0,240 saniyeden 0,096 saniyeye, benzer şekilde sodyum peroksidisülfat konsantrasyonunun 0 g/l'den 12 g/l'ye çıkarılması ile damlanın tamamen yayılma süresi 0,208 saniyeden 0,192 saniyeye gerilemektedir. Temas açısı ölçüm sonuçları hidrojen peroksit konsantrasyonunun etkisi açısından değerlendirildiğinde, 40 g/l ve 80 g/l hidrojen peroksit içeren banyo ile emdirilmiş kumaşlar üzerindeki damlaların sıfırıncı saniyedeki görüntüleri incelendiğinde, konsantrasyon artışı ile birlikte kumaş üzerinde oluşan damla ile kumaş arasındaki temas açısının azaldığı, aynı zamanda damlanın yayılma süresinin de bir miktar daha kısa olduğu görülmektedir.

Çeşitli peroksit banyoları ile emdirilip UV ışığına maruz bırakılan soya kumaşların hidrofilite özelliklerini değerlendirmek amacıyla batma test yöntemi uygulanmıştır. Şekil 4.34'den de görüldüğü üzere UV ile işlem süresinin ve UV lambası ile kumaş arasındaki mesafenin değişmesi soya kumaşların batma süreleri açısından önemli bir farklılık yaratmamakta yani numunelerin hidrofilitelerinde önemli bir değişiklik yaratmamaktadır. Soya kumaşların hidrofilite özelliklerini etkileyen en önemli parametrelerin emdirme banyosunda kullanılan hidrojen peroksit konsantrasyonu olduğu söylenebilir. Hidrojen peroksit konsantrasyonunun 40 g/l'den 80 g/l'ye çıkarılması ile kumaşların batma süresi yaklaşık 15,5 saniyeden 9 saniyeye gerilemektedir.



Şekil 4.34 Ultraviyole enerjisi varlığında ağartma işlemine tabi tutulan soya kumaşların batma süreleri (san.).

4.6.4 Çeşitli peroksit ağartma banyoları ile emdirilmiş soya kumaşların FT-IR ve yüzey görünümü özellikleri üzerine UV enerjisinin etkisi

Ham ve işlem görmüş soya kumaşlara ait infrared band işaretleri Ek 49 ve 50'de (Ek 50a-50e) görülmektedir.

Ham soya kumaşa ait spektrumda 3291 cm^{-1} civarında görülen kuvvetli geniş bant hidrojen-bağlı O-H gerilimi ve sekonder amidlerdeki N-H gerilimi ile ilişkilidir. Çeşitli peroksit banyoları ile emdirilip UV ile işleme tabi tutulmuş soya kumaşların O-H gerilimi absorbandsında azalma yaşanmakta ve bant $3275\text{-}3286\text{ cm}^{-1}$ 'e kaymaktadır. Ham soya kumaşın spektrumundaki 1064 cm^{-1} civarında görülen pik sisteik asit, 1140 cm^{-1} 'de görülen pik sistin monoksit, 1170 cm^{-1} 'de görülen pik ise sistin dioksit ile ilişkili olup, bu piklerin yüksek transmitans değeri soya kumaşların hidrojen peroksit + ultraviyole işlem sırasında parçalandığına işaret etmektedir. Yaklaşık %8,4 olan ham kumaşın sistin içeriği, hidrojen peroksit içeren banyo ile emdirilip UV ışığına maruz bırakıldıktan (37 nolu numune) sonra yaklaşık %5,2 olmaktadır. 1651 cm^{-1} 'de görülen pik amid I'deki C=O gerilimi, C-N gerilimi ve C-C-N deformasyonu ile ilişkilidir. Ağartma işlemlerinden sonra bu bantın transmitansında artış yaşanmaktadır. Ham soya kumaşın spektrumunda 1403 cm^{-1} 'de görülen pik CH_3 'deki C-H deformasyonu, 1441 cm^{-1} 'de görülen pik CH_2 ve CH_3 'deki C-H deformasyonu, 1236 cm^{-1} 'de görülen pik amid III'deki C-N gerilimi ile ilgili olup, ağartma işlemlerinden sonra bu bantlar genişlemekte ve sırasıyla 1405 cm^{-1} , $1428\text{-}1431\text{ cm}^{-1}$ ve $1236\text{-}1239\text{ cm}^{-1}$ civarına kaymaktadır.

Ek 51'den de görüldüğü üzere emdirme banyosunda kullanılan hidrojen peroksit konsantrasyonunun arttırılması ile daha temiz bir lif yüzeyi elde edilmekte ancak lif yüzeyinde lif zararına işaret eden çatlakların oluşum miktarı da artmaktadır. Benzer şekilde soya kumaş UV lambasına en yakın olan mesafeye (10 cm) yerleştirilip işlem gerçekleştirildiğinde de lif yüzeyinde oluşan çatlak miktarında artış yaşanmaktadır.

UV-peroksit ağartma kombinasyonunun, ham soya kumaşların beyazlık ve L^* değerlerine olan etkisi incelendiğinde elde edilen sonuçlar yorumlanacak olursa;

- Bahsedilen kumaş özelliklerinde maksimum gelişme (beyazlık, “2” Stensby ve üzeri; L*, 92 ve üzeri) sağlanmak istendiğinde; 60 g/l hidrojen peroksit, 20 g/l sodyum karbonat, 7,5 g/l sodyum peroksidisülfat içeren banyo ile emdirilen kumaşın UV lambasından 14 cm uzağa yerleştirilerek 2 dakikalık bir işleme tabi tutulması yeterli olmaktadır.
- Ortalama bir gelişme (beyazlık, “-2” ile “0” Stensby arası; L*, 91,5) sağlanmak istendiğinde; 50 g/l hidrojen peroksit, 20 g/l sodyum karbonat, 5 g/l sodyum peroksidisülfat içeren banyo ile emdirilen kumaşın UV lambasından 14 cm uzağa yerleştirilerek 1 dakikalık bir işleme tabi tutulması yeterli olmaktadır.
- Minimum gelişme (beyazlık, “-2” Stensby ve altı; L*, 91 ve altı) sağlanmak istendiğinde; 40 g/l hidrojen peroksit, 20 g/l sodyum karbonat, 5 g/l sodyum peroksidisülfat içeren banyo ile emdirilen kumaşın UV lambasından 14 cm uzağa yerleştirilerek 1 dakikalık bir işleme tabi tutulması yeterli olmaktadır.

5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Tekstil sektörünün, gerek ihracat, gerek istihdam, gerekse katma değer bakımından Türkiye için yeri ve önemi oldukça büyüktür. Türk tekstil sektörü teknoloji düzeyi, ekonomik etkinliği ve sosyal etkileşimi itibariyle ülkenin önde gelen sosyo-ekonomik faaliyet alanlarından birisidir. Ortalama olarak %90'nını KOBİ'lerin oluşturduğu sektör bir bütün halinde bulunmayıp iplik, örme, dokuma, terbiye, hazır giyim gibi çeşitli alt sektörlerden oluşmaktadır. Tekstil Terbiye Sektörü, bugün herkesin üzerinde uzlaştığı moda yaratma, marka yaratma sürecinde, katma değeri yüksek ürünlere, teknik tekstile ve akıllı tekstile yönelme fikirlerinin uygulanacağı, AR-GE çalışmalarının yürütüleceği ilk ve en önemli basamağı oluşturmaktadır. Ancak bu sektör aynı zamanda çevre açısından bir tehdit unsuru olabilecek yüksek atık su yükü ve atık hava yükünü, aynı zamanda kısıtlı olan doğal kaynakların yüksek miktarda tüketimini de beraberinde getirmektedir. Her ne kadar dünyada ve ülkemizde atık yükünü azaltmak amacıyla arıtma sistemleri kullanılıyor olsa da, bunlar sorunu ortadan kaldırmaya yönelik olmamakta, sadece sorunu azaltmaktadırlar. Ancak kamuoyunda oluşan çevre bilinci ve çeşitli ülkelerin ortaklaşa aldıkları yasal kararlar/kotalar göstermektedir ki, önümüzdeki yıllarda terbiye işletmeleri tamamen çevre yükü oluşturmayan yeni yöntemler ve teknolojiler bulmak zorunda kalacaklardır. Atık yükün azaltılmasıyla maliyetlerin azaltılması sağlanmış olacak ve kızışan rekabet koşullarında işletmelerin küresel pazarda tutunabilmesi sağlanmış olacaktır. Ancak en önemlisi, yaşamını borçlu olduğu doğal kaynakları bugüne kadar acımasızca tüketen insanoğlu, yaratmış olduğu tahribatı geri dönüştüremese bile ilerlemesini durdurmuş olacaktır. Dolayısıyla çevre dostu bazı yöntem/teknolojilerin uygulanabilirliğinin araştırılması, tekstil ön terbiyesinde uygulanan çeşitli konvansiyonel işlemlerin yerini alabilecek daha az doğal kaynak ve kimyasal madde tüketen, daha az atık yükü yaratan ve aynı zamanda tekstil mamullerinin performans özelliklerinde herhangi bir kayıba neden olmayan yeni yöntemlerin geliştirilmesi için daha detaylı ve kapsamlı bir çalışmanın yapılma gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu açıdan gerçekleştirilen bu çalışma önemli bir yer teşkil etmektedir.

Doğal ürünlerden insanların giyim, gıda ve tedavi ihtiyaçlarını karşılama istemleri insanlık tarihi kadar eskidir. Endüstriyel devrim, organik kimya, tekstil

ve ilaç sanayinin gelişimi ile sentetik ürünler ön plana çıkmıştır. Günümüzde ise sentetik ürünlerin sakıncalarının ortaya çıkması ile yeniden organik kökenli tedavi, tekstil ve gıda konusunda arayışlar başlamıştır. Son yıllarda tekstilde pamuk ve yünün yanında insan sağlığı açısından büyük faydalar sağlayan doğal hammaddelerin kullanımı özellikle organik ve doğal yaşam tarzını benimseyenler tarafından önem kazanmaya başlamıştır. Bu kapsamda doğal hammaddelerden elde edilen rejenere liflerin tekstilde kullanımı her geçen gün artmaktadır. Çalışma kapsamında da yenilenebilir bir kaynaktan elde edilen, sağlık açısından birçok faydası olduğu ileri sürülen, rejenere bir lif olan soya esalı kumaşlar ile çalışılmıştır. Bu tür tekstil ürünleri soya fasulyesinden elde edilmektedir. Soya fasulyesi daha çok yağı, sütü ve soya gıdaları için organik olarak üretilebilen tarımsal bir üründür. Sanayiye faydasının yanında özellikle ülkemizde çıkış yolları arayan tarıma da alternatif olabilecek bir üründür. Denemelere konu olan bir diğer kumaş ise yine doğal hammadde esaslı keten kumaştır. Keten kumaşın denemelere konu olmasının bir diğer nedeni ise; konvansiyonel terbiye işlemlerinin uzun süre ve ağır işlem koşulları gerektirmesi, aynı zamanda ağır atık yükü yaratmasıdır.

Keten ve soya kumaşların konvansiyonel ön terbiye işlemlerinin yerini alabilecek çevre dostu yöntem/teknolojiler çalışma kapsamında araştırılmış ve bu amaçla ultrason, ozon ve ultraviyole teknolojilerinin uygulanabilirliği incelenmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçları şu şekilde özetlemek mümkündür;

- Ultrason enerjisinden yararlanılarak çevreye daha duyarlı, daha az kimyasal maddenin tüketildiği, daha düşük işlem sıcaklıklarında ve daha kısa işlem koşullarında çalışılan ve çevre dostu kimyasal olan enzimlerin kullanıldığı, keten ve soya kumaşların hidrofilleştirilmesinin hedeflendiği bir terbiye işlemi geliştirilmiştir.
- Keten ve soya kumaşların ağartılması oldukça güç olup, konvansiyonel olarak indirgen ve yükseltgen ağartmaların kombinasyonu ile ağartılabilmektedir. Bu da uzun işlem süresi, yüksek kimyasal madde tüketimi, yüksek atık su yükü ve lif zararını da beraberinde getirmektedir. Çalışma kapsamında geliştirilen yöntem ile hem işlem süresi kısaltmakta, hem kimyasal tüketimi azalmakta hem de kabul edilebilir sınırlar içerisinde mukavemet kaybına sahip, beyazlık değeri oldukça gelişmiş keten kumaşlar elde

edilmektedir. Bu amaçla geliştirilen yöntem, hidrojen peroksit ağartmasından önce uygulanan çok kısa bir ozonlama işlemini kapsamaktadır.

- UV enerjisinden yararlanarak keten ve soya kumaşların ağartılması, çalışma kapsamında geliştirilen bir diğer yöntemdir. Bu amaçla hidrojen peroksit ağartma banyosu ile emdirilen keten ve soya kumaş UV ışığına maruz bırakılmış ve 2 dakika gibi oldukça kısa bir işlem süresinde kumaşların beyazlık değerlerinde gelişme sağlanmıştır. Geliştirilen bu yöntem ile işlem süresi kısalmakta, kimyasal tüketimi ve atık su yükü azalmaktadır.

Geliştirilen bu yöntemler sayesinde, keten ve soya kumaşlardan beklenen özelliklere (beyazlık, parlaklık, hidrofilite, ıslanabilirlik, ağırlık kaybı, mukavemet, vd.) bağlı olarak işlem parametreleri (sıcaklık, süre, konsantrasyon) değiştirilebilmekte, konvansiyonel yöntemlere göre daha gelişmiş kumaş özellikleri elde edilebilmektedir. İstatistiksel deney tasarımlarından yararlanılarak gerçekleştirilen deney planları kapsamında optimum reçeteler belirlenmiştir. Elde edilen reçeteleri şu şekilde özetlemek mümkündür;

- Keten kumaşların ultrason enerjisi varlığında gerçekleştirilen enzimatik işlemleri sırasında elde edilen reçeteler;
 - Amaç, beyazlık (>%7), L* (>%2) ve hidrofilite değerlerinde (>%500) en yüksek artışı elde edip kumaş üzerinden uzaklaşan madde miktarının (>%2,5) en fazla olmasını sağlamak ise; 0,8 g/l lakkaz enzimi, 1 g/l pektinaz enzimi ve 0,7 g/l amilaz enzimi içeren banyoda 70⁰C’de 45 dakika işlem yapılması,
 - Ancak amaç, işlem sonrası kumaşların belirtilen özelliklerinde ortalama bir iyileşme (<%6 beyazlık artışı, <%1,75 L* artışı, <%460 hidrofilite artışı, <%2,5 ağırlık kaybı) sağlamak ise; 0,1 g/l lakkaz enzimi, 0,8 g/l pektinaz enzimi ve 0,2 g/l amilaz enzimi içeren banyoda 60⁰C’de 35 dakika işlem yapılması yeterli olmaktadır.
 - Mevcut deney planında keten kumaşın özelliklerinde minimum gelişmeye (<%5 beyazlık artışı, <%1,25 L* artışı,

<%420 hidrofilite artışı, <%2,25 ağırlık kaybı) yol açan işlem koşulları ise şu şekilde özetlenebilir; 0,1 g/l lakkaz enzimi ile 0,1 g/l pektinaz enzimi veya 0,1 g/l amilaz enzimi ile 0,1 g/l pektinaz enzimi içeren banyoda 30⁰C'de 20 dakika işlem.

- Keten kumaşların ozon gazı varlığında gerçekleştirilen ağartma işlemleri sırasında elde edilen reçeteler;
 - Amaç söz konusu kumaş özelliklerinde maksimum gelişme (beyazlık, >20 Stensby; L*, >86; nem absorblama, >%16; ağırlık kaybı, >%7) sağlanmak istendiğinde; 15 dakikalık bir ozonlama sonrası 5 g/l hidrojen peroksit ile 35 dakikalık bir işlem uygulanması yeterli olmaktadır.
 - Ortalama bir gelişme (beyazlık, 10-20 Stensby; L*, 82-86; nem absorblama, %13-16; ağırlık kaybı, %5-7) sağlanmak istendiğinde; 5 dakikalık bir ozonlama sonrası 3 g/l hidrojen peroksit ile 35 dakikalık bir işlem uygulanması yeterli olmaktadır.
 - Minimum gelişme (beyazlık, <10 Stensby; L*, <82; nem absorblama, <%13; ağırlık kaybı, <%5) sağlanmak istendiğinde; 15 dakikalık bir ozonlama sonrası 1 g/l hidrojen peroksit ile 15 dakikalık bir işlem uygulanması yeterli olmaktadır.
- Keten kumaşların UV enerjisi varlığında gerçekleştirilen ağartma işlemleri sırasında elde edilen reçeteler;
 - Söz konusu kumaş özelliklerinde maksimum gelişme (beyazlık, >-14 Stensby; L*, >76; ağırlık kaybı, >%4,2) sağlanmak istendiğinde; 35 g/l hidrojen peroksit, 35 g/l NaOH, 5,5 g/l sodyum peroksidisülfat içeren banyo ile emdirilen kumaşın UV lambasından 14-20 cm uzağa yerleştirilerek 2 dakikalık bir işleme tabi tutulması yeterli olmaktadır.
 - Ortalama bir gelişme (beyazlık, (-19)-(-24) Stensby; L*, 74-75; ağırlık kaybı, %3,8-4) sağlanmak istendiğinde; 30 g/l

hidrojen peroksit, 25 g/l NaOH, 4 g/l sodyum peroksidisülfat içeren banyo ile emdirilen kumaşın UV lambasından 14-20 cm uzağa yerleştirilerek 2 dakikalık bir işleme tabi tutulması yeterli olmaktadır.

- Minimum gelişme (beyazlık, <-29 Stensby; L^* , <72; ağırlık kaybı, <%3,4) sağlanmak istendiğinde; 20 g/l hidrojen peroksit, 5 g/l NaOH, 1 g/l sodyum peroksidisülfat içeren banyo ile emdirilen kumaşın UV lambasından 22-24 cm uzağa yerleştirilerek 1 dakikalık bir işleme tabi tutulması yeterli olmaktadır.
- Soya kumaşların ultrason enerjisi varlığında gerçekleştirilen enzimatik işlemleri sırasında elde edilen reçeteler;
 - Amaç, beyazlık (>%50) ve L^* (>%4) değerlerinde en yüksek artışı elde edip, temas açısı ölçümü sırasında kumaş üzerine düşen damlanın kaybolma süresinin (<0,10 san.) en kısa olmasını sağlamak ise; %2,5 alcalase enzimi, %2,5 savinase enzimi ve %2,5 esperase enzimi içeren banyoda 60°C'de 40 dakika işlem yapılması yeterli olacaktır.
 - Ancak amaç, işlem sonrası kumaşların belirtilen özelliklerde ortalama bir iyileşme ($\approx$ %45 beyazlık artışı, $\approx$ %3,5 L^* artışı, $\approx$ 0,15 saniye damlanın kaybolma süresi) sağlamak ise; %1 alcalase enzimi, %1 savinase enzimi ve %1 esperase enzimi içeren banyoda 45°C'de 30 dakika işlem yapılması yeterli olacaktır.
 - Mevcut deney planında keten kumaşın özelliklerinde minimum gelişmeye (<%40 beyazlık artışı, <%3,5 L^* artışı, >0,20 saniye damlanın kaybolma süresi) yol açan işlem koşulları ise şu şekilde özetlenebilir; %1 alcalase enzimi, %1 savinase enzimi ve %1 esperase enzimi içeren banyoda 30°C'de 20 dakika işlem.
- Soya kumaşların ozon gazı varlığında gerçekleştirilen ağartma işlemleri sırasında elde edilen reçeteler;

- Amaç maksimum beyazlık (>18 Stensby), L^* (>94) ve hidrofilite ($<0,02$ san. batma süresi) elde etmek ise; %20 A_F , pH=7’de 60 dakikalık bir ozonlama sonrası, 30 ml/l hidrojen peroksit ile 95^0C ’de 40 dakikalık bir işlem ve ardından 4 g/l sodyum ditiyonit ile 60^0C ’de 40 dakikalık bir işlem uygulanması yeterli olmaktadır.
- Amaç ortalama beyazlık ((-7)-(-18) Stensby), L^* (93-94) ve hidrofilite (0,02-0,3 san. batma süresi) elde etmek ise; %20 A_F , pH=7’de 60 dakikalık bir ozonlama sonrası 4 g/l sodyum ditiyonit ile 60^0C ’de 40 dakikalık bir işlem uygulanması yeterli olmaktadır.
- Amaç minimum beyazlık ($<(-7)$ Stensby), L^* (<93) ve hidrofilite ($>0,3$ san. batma süresi) elde etmek ise; 4 g/l sodyum ditiyonit ile 60^0C ’de 40 dakikalık bir işlem uygulanması yeterli olmaktadır.
- Soya kumaşların UV enerjisi varlığında gerçekleştirilen ağartma işlemleri sırasında elde edilen reçeteler;
 - Bahsedilen kumaş özelliklerinde maksimum gelişme (beyazlık, >2 Stensby; L^* , >92) sağlanmak istendiğinde; 60 g/l hidrojen peroksit, 20 g/l sodyum karbonat, 7,5 g/l sodyum peroksidisülfat içeren banyo ile emdirilen kumaşın UV lambasından 14 cm uzağa yerleştirilerek 2 dakikalık bir işleme tabi tutulması yeterli olmaktadır.
 - Ortalama bir gelişme (beyazlık, (-2)-(-0) Stensby; L^* , 91,5) sağlanmak istendiğinde; 50 g/l hidrojen peroksit, 20 g/l sodyum karbonat, 5 g/l sodyum peroksidisülfat içeren banyo ile emdirilen kumaşın UV lambasından 14 cm uzağa yerleştirilerek 1 dakikalık bir işleme tabi tutulması yeterli olmaktadır.
 - Minimum gelişme (beyazlık, <-2 Stensby; L^* , <91) sağlanmak istendiğinde; 40 g/l hidrojen peroksit, 20 g/l sodyum karbonat, 5 g/l sodyum peroksidisülfat içeren banyo ile emdirilen kumaşın UV lambasından 14 cm uzağa

yerleştirilerek 1 dakikalık bir işleme tabi tutulması yeterli olmaktadır.

Çevre dostu teknolojiler olarak kabul edilen ultrason, ozon ve ultraviyole kullanılarak, keten ve soya kumaşların konvansiyonel ön terbiye işlemlerinin yerini alabilecek, daha çevre dostu, daha az doğal kaynak ve kimyasal tüketen, daha düşük işlem sıcaklıklarında çalışılan, daha kısa işlem sürelerinde tamamlanan, kumaşların performans özelliklerinde kayıba neden olmayan yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin tekstil terbiye işletmelerinde konvansiyonel yöntemlere alternatif olarak kullanılabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmanın ileri aşamasında öncelikli olarak elde edilen optimum reçetelerin kombinasyonu yoluna gidilmesi, böylece keten ve soya kumaşların ön terbiyesini gerçekleştirecek tek bir işlem reçetesinin elde edilmesi planlanmaktadır. İleriye yönelik bir diğer çalışma da konvansiyonel yöntemlere ait ve çalışma kapsamında geliştirilen yöntemlere ait banyolara ilişkin analizlerin (biyolojik oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı, toplam organik bileşik miktarı, iletkenlik değeri, vd.) gerçekleştirilerek, sonuçların kıyaslanmasıdır. Bu çalışma kapsamında maliyetler açısından bir değerlendirme yapılamamıştır. Gelecek çalışmalarda, konvansiyonel yöntemlerle geliştirilen yöntemler üretim maliyetleri açısından karşılaştırılmalıdır. Ozon gazı yerine ozonlu su ile ağartma işlemlerinin gerçekleştirilip gerçekleştirilemeyeceğine dair yapılacak araştırmalar ileriye dönük yapılacak çalışmalardan bir diğeridir. Bütün bu çalışmalar laboratuvar ölçeğinde olup, bu sonuçların saniyeye aktarılabilmesi amacıyla sanayiye uygun cihazların (ultrason, ozon, ultraviyole) geliştirilmesi ileride yürütülmesi gereken diğer çalışmalar arasında yer almaktadır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abdel-Halim, E.S., Fahmy, H.M. and Fouda, M.M.G.**, 2008, Bioscouring of linen fabric in comparison with conventional chemical treatment, Carbohydrate Polymers, 74, 707-711pp.
- Abou-Okeil, A., El-Shafie, A. and El Zawahry, M.M.**, 2010, Ecofriendly laccase-hydrogen peroxide/ultrasound-assisted bleaching of linen fabrics and its influence on dyeing efficiency, Ultrasonics Sonochemistry, 17, 383-390pp.
- Ahmed, N.S.E., El-Shishtawy, R.M. and Kamel, M.M.**, 2007, Ultrasound assisted pre-treatment and dyeing of linen fibres with reactive dyes, Pigment & Resin Technology, 36, 363-372pp.
- Akalin, M., Merdan, N., Kocak, D. and Usta, I.**, 2004, Effects of ultrasonic energy on the wash fastness of reactive dyes, Ultrasonics, 42, 161-164pp.
- Akin, D.E., Foulk, J.A., Dodd, R.B. and McAlister III, D.D.**, 2001, Enzyme-retting of flax and characterization of processed fibers, Journal of Biotechnology, 89, 193-203pp.
- Akin, D.E., Morrison, W.H., Rigsby, L.L., Evans, J.D. and Foulk, J.A.**, 2003, Influence of water presoak on enzyme-retting of flax, Industrial Crops and Products, 17, 149-159pp.
- Al-Adhami Abdulkareem, J.H., Bryjak, J., Greb-Markiewicz, B. and Peczyńska-Czoch, W.**, 2002, Immobilization of wood-rotting fungi laccases on a modified cellulose and acrylic carriers, Process Biochemistry, 37, 1387-1394pp.
- Al-Kdasi, A., Idris, A., Saed, K. and Guan, C.T.**, 2004, Treatment of textile wastewater by advanced oxidation processes- a review, Global Nest: the Int. J., 6, 222-230pp.
- Alnaizy, R. and Akgerman A.**, 2000, Advanced oxidation of phenolic compounds, Adv. Environ. Res., 4, 233-244pp.
- Apar, D.K. and Özbek, B.**, 2004, Alpha-amylase inactivation during corn starch hydrolysis process, Process Biochemistry, 39, 1877-1892pp.
- Arslan I., Isil A.B. and Tuhkanen I.A.**, 1999, Advanced oxidation of synthetic dyehouse effluent by O₃, H₂O₂/O₃ and H₂O₂/UV processes, Environmental Technology, 20, 921-931pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Baley, C.**, 2002, Analysis of the flax fibres tensile behaviour and analysis of the tensile stiffness increase, *Composites: Part A*, 33, 939-948pp.
- Basto, C., Tzanov, T. and Cavaco-Paulo, A.**, 2007, Combined ultrasound-laccase assisted bleaching of cotton, *Ultrason Sonochem.*, 14, 350-354pp.
- Betcheva, R.I., Hadzhiyska, H.A., Georgieva, N.V. and Yotova, L.K.**, 2007, Biobleaching of flax by degradation of lignin with laccase, *BioResources*, 2, 58-65pp.
- Bhattacharya, S.D. and Shah, J.N.**, 2004, Enzymatic treatments of flax fabric, *Textile Research Journal*, 74, 622-628pp.
- Buchert, J., Pere, J., Johansson, L.-S. and Campbell, J.M.**, 2001, Analysis of the surface chemistry of linen and cotton fabrics, *Textile Research Journal*, 71, 626-629pp.
- Buschle-Diller, G., Yang, X.D. and Yamamoto, R.**, 2001, Enzymatic bleaching of cotton fabric with glucose oxidase, *Textile Research Journal*, 71, 388-394pp.
- Cardamone J.M., Yao J. and Nunez, A.**, 2004, DCCA shrinkproofing of wool part. I. importance of antichlorination, *Text Res J*, 74, 555-560pp.
- Cardamone J.M., Yao J., Nunez, A.**, 2004, Controlling shrinkage in wool fabrics: effective hydrogen peroxide systems, *Text Res J*, 74, 887-898pp.
- Carey, J.H.**, 1992, An introduction to aop for destruction of organics in wastewater, *Water Pollution Research J. Canadian*, 27, 1-21pp.
- Chitzaz, E, Khoddami, A. and Zolfaghari K.**, 2010, A novel simultaneous bleaching and anti-pilling of cotton goods using UV, *Industria Textila*, 61, 3-6pp.
- Choi, J., Kang, M. and Yoon, C.**, 2005, Dyeing properties of soya fibre with reactive and acid dyes, *Color. Technol.*, 121, 81-85pp.
- Critenden, J.C., Hu, S., Hand, D.W. and Green, S.A.**, 1999, A kinetic model for H₂O₂/UV process in a completely mixed batch reactor, *Water Res.*, 33, 2315-2328pp.
- Cui, L., Yu, Y., Fan, X., Wang, P. and Wang, Q.**, 2009, Effect of protease treatment on dyeing properties of wool fabrics for single bath, *Eng. Life Sci.*, 9, 135-139pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Czechowska-Biskup, R., Rokita, B., Lotfy, S., Ulanski, P. and Rosiak, J.M.,** 2005, Degradation of chitosan and starch by 360-kHz ultrasound, Carbohydrate Polymers, 60, 175-184pp.
- Davies, G.C. and Bruce, D.M.,** 1998, Effect of environmental relative humidity and damage on the tensile properties of flax and nettle fibers, Textile Research Journal, 68, 623-629pp.
- Durden, D.K., Etters, J.N., Sarkar, A.K., Henderson, L.A. and Hill, J.E.,** 2001, Advances in commercial biopreparation of cotton with alkaline pectinase, AATCC Review, 1, 28-31pp.
- Ebskamp, M.J.M.,** 2002, Engineering flax and hemp for an alternative to cotton, Trends in Biotechnology, 20, 229-230pp.
- Edwards, J.C.,** 2000, Investigation of Color Removal by Chemical Oxidation for Three Reactive Textile Dyes and Spent Textile Dye Wastewater, MSc thesis, Virginia Polytechnic Institute, 56p.
- Fakin, D., Golob, V., Kleinschek, K.S. and Marechal, A.M.L.,** 2006, Sorption properties of flax fibers depending on pretreatment processes and their environmental impact, Textile Research Journal, 76, 448-454pp.
- Fakin, D., Golob, V., Kreze, T. and Marechal, A.M.L.,** 2005, Ultrasound in the pretreatment processing of flax fibers, AATCC, 5, 61-64pp.
- Galindo, C. and Kalt, A.,** 1998, UV-H₂O₂ oxidation of monoazo dyes in aqueous media: a kinetic study, Dyes and Pigments, 40, 27-35pp.
- Galindo, C., Jacques, P. and Kalt, A.,** 2001, Photochemical and photocatalytic degradation of an indigoid dye: a case study of acid blue 74, J. Photochem. Photobiol. A, 141, 47-56pp.
- Georgiou, D., Melidis, P., Aivasidis, A. and Gimouloulos, K.,** 2002, Degradation of azo-reactive dyes by ultraviolet radiation in the presence of hydrogen peroxide, Dyes and Pigments, 52, 69-78pp.
- Glaze, W.H., Kang, J.W. and Chapen, D.H.,** 1987, The chemistry of water treatment processes involving ozone, hydrogen peroxide, and ultraviolet radiation, Ozone Science and Engineering, 9, 335-352pp.
- Gotoh, K. and Harayama, K.,** 2013, Application of ultrasound to textiles washing in aqueous solutions, Ultrasonics Sonochemistry, 20, 747-753pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Gupta, R., Gigras, P., Mohapatra, H., Goswami, V.K. and Chauhan, B.,** 2003, Microbial α -amylases: a biotechnological perspective, *Process Biochem.*, 38, 1599-1616pp.
- Hann, M.A.,** 2005, Innovation in linen manufacture, *Textile Progress*, 37, 1-42pp.
- Hebeish, A., Sharaf, S. and Abd El-Hady, M.M.,** 2011, Ultrasound aided kmno_4 -acid systems for bleaching linen fabric, *Carbohydrate Polymers*, 83, 1370-1376pp.
- Hesse, A., Thomas, H. and Hocker, H.,** 1995, Zero-AOX shrinkproofing treatment for wool top and fabric part 1: glow discharge treatment, *Textile Res. J.*, 65, 355-361pp.
- Ince, N.H. and Tezcanlı, G.,** 1999, Treatability of textile dyebath effluents by advanced oxidation preparation for reuse, *Water Sci. Technol*, 46, 183-196pp.
- Ince, N.H., Tezcanli, G., Belen, R.K. and Apikyan, I.G.,** 2001, Ultrasound as a catalyzer of aqueous reaction systems: the state of the art and environmental applications, *Applied Catalysis B: Environmental*, 29, 167-176pp.
- Jahn, A., Schroder, M.W., Futing, M., Schenzel, K. and Diepenbrock, W.,** 2002, Characterization of alkali treated flax fibres by means of FT-Raman spectroscopy and environmental scanning electron microscopy, *Spectrochimica Acta Part A*, 58, 2271-2279pp.
- Jeffries, T.W.,** 1994, Biodegradation of Lignin and Hemicelluloses, *Biochemistry of Microbial Degradation*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 277p.
- Jovancic, P., Jodic, D., Molina, R., Julia, M.R. and Erra, P.,** 2001, Shrinkage properties of peroxide-enzyme-biopolymer treated wool, *Textile Research Journal*, 71, 948-953pp.
- Jus, S., Schroeder, M., Guebitz, G. and Heine, E.,** 2007, The influence of enzymatic treatment on wool fiber properties using PEG modified proteases, *Enzyme Microb. Technol.*, 40, 1705-1711pp.
- Kabayev, M. and Kazakeviciute, G.,** 2005, Plasma and UV Excimer Treatment of Textile Materials, COST 628 meeting, Bucharest.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kalantzi, S., Mamma, D. and Kekos, D.**, 2013, Physicochemical and Low Stress Mechanical Properties of Silk Fabrics Degummed by Enzymes, Eco-Friendly Textile Dyeing and Finishing, Chapter 9, 233-260pp.
- Kan, C.W. and Yuen, C.W.M.**, 2006, Surface characterisation of low temperature plasmatreated wool fiber, J Mater Process Technol, 178, 52-60pp.
- Kan, C.W., Yuen, C.W.M., Jiang, S.Q., Tung, W.S. and Cheng, S.Y.**, 2007, Influence of enzymatic treatment on the properties of linen, Journal of Applied Polymer Science, 104, 286-289pp.
- Karaboğa, C., Korlu, A.E., Duran, K., Bahtiyari, M.I.**, 2007, Use of ultrasonic technology in enzymatic pretreatment processes of cotton fabrics, Fibres & Textiles in Eastern Europe, 15, 97-100pp.
- Katoh, K., Shibayama, M., Tanabe, T. and Yamauchi, K.**, 2004, Preparation and properties of keratin-polyvinyl alcohol blend fiber, Journal of Applied Polymer Science, 91, 756-762pp.
- Khajavi, R., Atlassi, A. and Yazdanshenas, M.**, 2012, Alkali treatment of cotton yarns with ultrasonic bath, Textile Research Journal, 1-9pp.
- Koivula, T.**, 2000, On Cavitation in Fluid Power, in Proceedings of the First FPNI-Ph.D. Symposium, Hamburg, 371p.
- Kurbus, T., Slokar, Y.M., Marechal, A.M.L. and Voncina, D.B.**, 2003, The use of experimental design for the evaluation of the influence of variables on the H₂O₂/UV treatment of model textile waste water, Dyes and Pigments, 58, 171-178pp.
- Lenting, H.B.M., Schroeder, M., Gubitz, G. and Cavaco-Paulo, A.**, 2006, New enzyme-based process direction to prevent wool shrinking without substantial tensile strength loss, Biotechnol. Lett., 28, 711-716pp.
- Li, K., Xu, F. and Kel, E.**, 1999, Comparison of fungal laccases and redox mediators in oxidation of a nonphenolic lignin model compound, Applied Environmental Microbiology, 65, 2654-2660pp.
- Li, G.**, 2007, Phytoprotein Synthetic Fiber and Method of Manufacture Thereof, US Patent 7,271,217.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Little, C., El-Sharif, M. and Hephher, M.J.**, 2007, The effect of solution level on calorific and dosimetric results in a 70 kHz tower type sonochemical reactor, *Ultrasonics Sonochemistry*, 14, 375-379pp.
- Lyse, T.E.**, 1979, PhD Thesis, The Institute of Paper Chemistry, Lawrence, Wis., U.S.A.
- Mansuri, A.H., Khoddami, A. and Rezaei Do, A.**, 2011, Using ultraviolet radiation for the bleaching and pilling reduction of knitted cotton fabric, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 19, 74-77pp.
- Marinho da Silva, C.J.S.**, 2005, Enzymatic Treatment of Wool with Modified Proteases, PhD Thesis, University of Minho.
- Mason, T.J.**, 1999, *Sonochemistry*, Oxford University Press.
- Mathur, M. and Hira, M.**, 2004, Speciality fibers-I: soybean protein fiber, *Man Made Textile in India*, 32, 365-369pp.
- Meade, S.J., Dyer, J.M., Caldwell, J.P. and Bryson, W.G.**, 2008, Covalent modification of the wool fibre surface: removal of the outer lipid layer, *Textile Res. J.*, 78, 943-957pp.
- Millington, K.R.**, 1998, Using ultraviolet radiation to reduce pilling of knitwear wool and cotton, *Text. Res. J.*, 68, 413-421pp.
- Millington, K.R.**, 2000, Comparison of effect of gamma and ultraviolet radiation on wool keratin, *JSDC*, 116, 266-272pp.
- Mitchell, R., Carr, C.M., Parfitt, M., Vickerman, J.C. and Jones, C.**, 2005, Surface chemical analysis of raw cotton fibers and associated materials, *Cellulose*, 12, 629-639pp.
- Mohanty, A.K., Misra, M. and Drzal, L.T.**, 2002, Sustainable bio-composites from renewable resources: opportunities and challenges in the green materials world, *Journal of Polymers and the Environment*, 10, 19-26pp.
- Muralikrishna, G. and Nirmala, M.**, 2005, Cereal α -amylases-an overview, *Carbohydr. Polym.*, 60, 163-173pp.
- Mwaikambo, L.Y. and Ansell, M.P.**, 2002, Chemical modification of hemp, sisal, jute, and kapok fibers by alkalization, *Journal Applied Polymer Science*, 84, 2222-2234pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Namboodri, C.G. and Walsh, W.K.**, 1996, Ultraviolet light/hydrogen peroxide system for decolorizing spent reactive dyebath waste water, American Dyestuff Reporter, 15.
- Naebe, M., Cookson, P.G., Rippon, J.A., Brady, P.R., Brack, N., Van Riessen, G. and Wang, X.G.**, 2010, Effects of plasma treatment of wool on the uptake of sulphonated dyes with different hydrophobic properties, Textile Res. J., 80, 312-324pp.
- Negri, A.P., Cornell, H.J. and Rivett, D.E.**, 1993, A model for the surface of keratin fibers, Text. Res. J., 63, 109-115pp.
- Niemczewski, B.**, 2007, Observations of water cavitation intensity under practical ultrasonic cleaning conditions, Ultrason. Sonochem., 14, 13-18pp.
- Nilsun, H.I.**, 1999, Critical effect of hydrogen peroxide in photochemical dye degradation, Water Research, 33, 1080-1084pp.
- Olsen, H.S. and Falholt, P.**, 1998, The role of enzymes in modern detergency, JSD, 1, 555-567pp.
- Oppenlander, T.**, 2007, Photochemical Purification of Water and Air, Advanced Oxidation Processes (AOPs): Principles, Reaction Mechanisms, Reactor Concepts, Wiley-VCH Verlag, Weinheim, Germany, 368p.
- Perincek, S.**, 2006, Ozon, UV, ultrason teknolojileri ve kombinasyonlarının ön terbiye işlemlerinde uygulanabilirliğinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi.
- Perincek, S., Duran, K., Korlu, A.E. and Bahtiyari, M.I.**, 2007a, An investigation in the use of ozone gas in the bleaching of cotton fabrics, Ozone: Science & Engineering, 29, 325-333pp.
- Perincek, S., Duran, K., Korlu, A.E. and Bahtiyari, M.I.**, 2007b, Ultraviolet technology, Tekstil ve Konfeksiyon, 17, 219-223pp.
- Perincek, S., Bahtiyari, M.I., Korlu, A.E. and Duran, K.**, 2009, New techniques in cotton finishing, Textile Research Journal, 79, 121-128pp.
- Perincek, S., Duran, K. and Korlu, A.E.**, 2013, Combination of ozonation & hydrogen peroxide bleaching for linen fabrics: optimization of the process using experimental design technique, Ozone: Science & Engineering, 35, 316-327pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Prabaharan, M., Chandran, N.R., Selva, K.N. and Venkata, R.J.**, 2000, A study on the advanced oxidation of a cotton fabric by ozone, *Coloration Technology*, 116, 83-86pp.
- Prabaharan, M. and Venkata, R.J.**, 2001, Study on ozone bleaching of cotton fabric–process optimization, dyeing and finishing properties, *Coloration Technology*, 117, 41–46pp.
- Presa, P. and Tavcer, P.F.**, 2008, Bioscouring and bleaching of cotton with pectinase enzyme and peracetic acid in one bath, *Coloration Technology*, 124, 36-42pp.
- Queiroga, A.C., Pintado, M.M. and Malcata, F.X.**, 2007, Novel microbial-mediated modifications of wool, *Enzyme Microb. Technol.*, 40, 1491-1495pp.
- Rana, A.K., Basak, R.K., Mitra, B.C., Lawther, M. and Banerjee, A.N.**, 1997, Studies of acetylation of jute using simplified procedure and its characterization, *Journal Applied Polymer Science*, 64, 1517-1523pp.
- Reek, A.**, 2008, Wipe Materials Comprising Regenerated Plant-Protein Fibres, PCT/US2009/059406 WIPO.
- Ren, X.**, 2006, Biomimicking of Enzymes for Textile Processing, PhD Thesis, Auburn University, Alabama.
- Ren, X. and Buschle-Diller, G.**, 2007, Oxidoreductases for modification of linen fibers, *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, 299, 15-21pp.
- Rijavec, T. and Zupin, Z.**, 2011, Soybean protein fibers, *Recent Trends for Enhancing the Diversity and Quality of Soybean Products*, 501-522pp.
- Riva, A., Algaba, I. and Prieto, R.**, 2002, Dyeing kinetics of wool fabrics pretreated with a protease, *Color. Technol.*, 118, 59-63pp.
- Rositza, B., Dancho, Y. and Lubov, Y.**, 2011, Enzyme assisted ultrasound scouring of raw wool fibres, *Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology*, 2, 65-70pp.
- Sahinbaskan, B.Y. and Kahraman, M.V.**, 2011, Desizing of untreated cotton fabric with the conventional and ultrasonic bath procedures by immobilized and native α -amylase, *Starch*, 63, 154-159pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Sahoo, P.K., Sahu, G.C., Rana, P.K. and Das, A.K.,** 2005, Preparation, characterization, and biodegradability of jute-based natural fiber composite superabsorbents, *Advanced Polymer Technology*, 24, 208-214pp.
- Sakurada, I.,** 1985, Polyvinyl alcohol fibers, New York, Marcel Dekker, 449p.
- Samal, R.K., Acharya, S., Mohanty, M. and Ray, M.C.,** 2001, FTIR spectra and physico-chemical behavior of vinyl ester participated transesterification and curing of jute, *Journal Applied Polymer Science*, 79, 575-581pp.
- Sangave, P.C. and Pandit, A.B.,** 2006, Ultrasound and enzyme assisted biodegradation of distillery wastewater, *Journal of Environmental Management*, 80, 36-46pp.
- Sarkar, A.K. and Etters, J.N.,** 2001, Enzymatic hydrolysis of cotton fibers: modeling using an empirical equation, *The Journal of Cotton Science*, 8, 254-260pp.
- Sawada, K., Tokino, S., Ueda, M. and Wang, X.Y.,** 2003, Bioscouring of cotton with pectinase enzyme, *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 114, 333-336pp.
- Schrank, S.G., Santos, J.N.R., Souza, D.S. and Souza, E.E.S.,** 2007, Decolorisation effects of vat gren 01 textile dye and textile wastewater using H₂O₂/UV process, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 186, 125-129pp.
- Schroeder, M., Lenting, H.B.M., Kandelbauer, A. and Silva, C.J.S.M.,** 2006, Restricting detergent protease action to surface of protein fibers by chemical modification, *Appl. Microb. Biotechnol.*, 72, 738-744pp.
- Shen, J., Rushforth, M., Cavaco-Paulo, A., Guebitz, G. and Lenting, H.,** 2007, Development and industrialisation of enzymatic shrink-resist process based on modified proteases for wool machine washability, *Enzyme and Microbial Technology*, 40, 1656-1661pp.
- Shu, H.Y. and Huang, C.R.,** 1995, Ultraviolet enhanced oxidation for color removal of azo dye wastewater, *American Dyestuff Reporter*, 30-34pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Silva, C.G. and Faria, J.L.**, 2003, Photochemical and photocatalytic degradation of an azo dye in aqueous solution by UV irradiation, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 55, 133-143pp.
- Silva, C.J.S.M., Prabakaran., M., Gübitz, G. and Cavaco-Paulo, A.**, 2005, Treatment of wool fibres with subtilisin and subtilisin-PEG, *Enzyme and Microbial Technology*, 36, 917-922pp.
- Sivakumar, V. and Rao, P.G.**, 2001, Application of power ultrasound in leather processing: an ecofriendly approach, *Journal of Cleaner Production*, 9, 25-33pp.
- Slokar, Y.M. and Marechal, A.M.L.**, 1998, Methods for decoloration of textile wastewaters, *Dyes and Pigments*, 37, 335-356pp.
- Smith, E. and Shen, J.**, 2012, Surface treatment of wool to achieve hydrophilic fibre and the effect on subsequent dyeing and protease treatment, *Advanced Materials Research*, 441, 249-254pp.
- Sójka-Ledakowicz, J., Lichawska-Olczyk, J., Ledakowicz, S. and Michniewicz, A.**, 2007, Bio-scouring of linen fabrics with laccase complex from *Cerrena unicolor*, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 15, 86-89pp.
- Thurston, C.F.**, 1994, The structure and function of fungal laccase, *Microbiology*, 140, 19-26pp.
- Tsai, J.C. and Su, W.**, 1991, Control of cross-section shape for polyacrylonitrile fibre during wet spinning, *Journal of Materials Science Letters*, 10, 1253-1256pp.
- Uygur, A. and Kök, F.**, 1999, Decolorisation treatments of azo dye waste waters including dichlorotriazinyl reactive groups by using advanced oxidation method, *JSDC*, 115, 329-360pp.
- Vajnhandl, S. and Marechal, A.M.L.**, 2005, Ultrasound in textile dyeing and the decoloration/mineralization of textile dyes, *Dyes and Pigments*, 65, 89-101pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Volooj, S., Carr, C.M., Mitchell, R. and Vickerman, J.C.,** 2000, Time of-flight secondary-ion mass spectrometry analysis of the bleaching of keratin fibers and the application of cationic alkyl protein softeners to bleached cashmere, *Surf.Interface Anal.*, 29, 422-430pp.
- Vynias, D.,** 2006, An Investigation into the Wet Processing and Surface Analysis of Soybean Fabrics, Ph.D. Thesis, The univeristy of Manchester, UK.
- Vynias, D. and Carr, C.M.,** 2008, Investigation into the flame retardant properties of soybean fabric treated with sulphamic acid, *Journal of Applied Polymer Science*, 109, 3590-3595pp.
- Vynias, D.,** 2011, Soybean Fibre: A Novel Fibre in the Textile Industry, Soybean, Chemistry and Physiology; Ng, T.-B., Ed.; ISBN: 978-953-307-219-7, InTech.
- Vynias, D., Owens, H. and Carr, C.M.,** 2012, Surface and bulk analysis of bleaching soybean fabric in the presence of protein hydrolysate, *Journal of Applied Polymer Science*, 4271-4276pp.
- Yachmenev, V.G., Bertoniere, N.R. and Blanchard, E.J.,** 2001, Effect of sonication on cotton preparation with alkaline pectinase, *Textile Research Journal*, 71, 527-533pp.
- Yachmenev, V.G., Bertoniere, N.R. and Blanchard, E.J.,** 2002, Intensification of the bio-processing of cotton textiles by combined enzyme/ultrasound treatment, *Jurnal of Chemical Technology and Biotechnology*, 77, 559-567pp.
- Yachmenev, V.G., Blanchard, E.J. and Lambert, A.H.,** 2004, Use of ultrasonic energy for intensification of the bio-preparation of greige cotton, *Ultrasonics*, 42, 87-91pp.
- Yan, J., Yehong, W., Fumei, W. and Shangyuan, W.,** 2004, The Ultrastructura of Soybean Fibre, 83rd World Conference of the Textile Insitute, Shangai.
- Yang, Y.,** 2006, Process for the Production of High Quality Fibers from Wheat Proteins and Products Made From Wheat Protein Fibers, WO 2006/138039.
- Yan, Y., Feng, L., Zhang, C., Zhu, H. and Zhou, Q.,** 2010, Effect of ultrasonic specific energy on waste activated sludge solubilization and enzyme activity, *African Journal of Biotechnology*, 9, 1776-1782pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Yasui, K., Tuziuti, T. and Iida, Y.**, 2005, Dependence of the characteristics of bubbles on types of sonochemical reactors, *Ultrason. Sonochem*, 12, 43-51pp.
- Zhang, X., Min, B. and Kumar, S.**, 2003, Solution spinning and characterization of poly(vinyl alcohol)/soybean protein blend fibers, *Journal of Applied Polymer Science*, 90, 716pp.
- Zhou, H. and Smith, D.W.**, 2002, Advanced technologies in water and wastewater treatment, *Journal Environmental Engineering Science*, 1, 247-264pp.
- Wang, H.M., Postle, R., Kesler, R.W. and Kesler, W.**, 2003, Removing pectin and lignin during chemical processing of hemp for textile applications, *Textile Research Journal*, 73, 664-669pp.
- Wang, J. and Ramaswamy, G.N.**, 2005, Effects of chemical processing on hemp and kenaf physical properties and chemical composition, *AATCC Review*, 5, 22-26pp.
- Wang, P., Wang, Q., Fan, X., Cui, L., Yuan, J., Chen, S. and Wu, J.**, 2009, Effects of cutinase on the enzymatic shrink-resist finishing of wool fabrics, *Enzyme and Microbial Technology*, 44, 302-308pp.
- Wang, P., Yuan, J., Ren, X., Cui, L., Wang, Q. and Fan, X.**, 2013, Bio-antifelting of wool based on mild methanolic potassium hydroxide pretreatment, *Eng. Life Sci.*, 13, 102-108pp.
- Wang, W., Yu, B. and Zhong, C.**, 2012, Use of ultrasonic energy in the enzymatic desizing of cotton fabric, *Journal of Cleaner Production*, 33, 179-182pp.
- www.swicofil.com**, 2012.

ÖZGEÇMİŞ

27.05.1982’de Aydın’da doğan Seher Perincek, ilk ve orta öğretimini Aydın’da tamamladıktan sonra 2004 yılında E.Ü. Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği bölümünden ve 2005 yılında Anadolu Üniversitesi İşletme bölümünden mezun oldu. 2004-Temmuz’da TÜBİTAK Tekstil ve Araştırma Uygulama Merkezi’nde araştırmacı olarak iş hayatına başladı. 15.11.2004’de E.Ü. Emel Akın Meslek Yüksek Okulu’nda araştırma görevlisi olarak çalışmaya başladı. 2006-Ağustos’da E.Ü. Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisans öğrenimini tamamladı. Tekstil terbiyesi alanında özellikle ozon, ultrason ve ultraviyole teknolojilerinin uygulanabilirliği üzerine çeşitli bilimsel yayınları bulunmaktadır. Evli ve ikiz kız çocuk annesidir.

Bu tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen bilimsel yayını aşağıda yer almaktadır:

“Combination of Ozonation and Hydrogen Peroxide Bleaching for Linen Fabrics: Optimization of the Process Using Experimental Design Technique”, 2013, Ozone: Science & Engineering: The Journal of the International Ozone Association, 35:4, 316-327, DOI: 10.1080/01919512.2013.788979

EKLER

- Ek 1 Soya Kumaşların Hidrojen Peroksit ile Ağartılmalarına İlişkin Deney Planı
- Ek 2 Soya Kumaşların Sodyum Ditiyonit ile Ağartılmalarına İlişkin Deney Planı
- Ek 3 Ultrason Enerjisi Varlığında Enzimatik İşleme Tabi Tutulmuş Keten Kumaşların Beyazlık, L^* , Hidrofilite ve Ağırlık Değişimlerine İlişkin Varyans Analizi
- Ek 4 Ultrason Enerjisi Varlığında Enzimatik İşleme Tabi Tutulmuş Keten Kumaşların Beyazlık, L^* , Hidrofilite ve Ağırlık Değişimlerine İlişkin Gerçekleşen ve Geliştirilen Model Tarafından Tahminlenen Değerler
- Ek 5 Beyazlık, L^* , Hidrofilite ve Ağırlık Değişimine İlişkin Regresyon Modelini İfade Eden Denklem (12)-(15)'de Yer Alan Her Bir Bağımsız Değerkenin Katsayısı ve P-değerleri
- Ek 6 Ultrason Enerjisi Varlığında Enzimatik İşleme Tabi Tutulan Keten Kumaşların İslanabilirlik Özelliklerine İşlem Süresinin ve Pektinaz Enzimi Konsantrasyonunun Etkisi
- Ek 7 Ham ve Ultrason Enerjisi Varlığında Enzimatik İşleme Tabi Tutulmuş Keten Kumaşlara Ait İnfrared Spektralar
- Ek 8 Ham ve Ultrason Enerjisi Varlığında Enzimatik İşleme Tabi Tutulmuş Keten Kumaşlara Ait Taramalı Elektronik Mikroskobu Görüntüleri (1000 Büyütme)
- Ek 9 Ham ve Ultrason Enerjisi Varlığında Enzimatik İşleme Tabi Tutulmuş Ardından Selüloz Enzimi ile İşlem Görmüş Keten Kumaşlara Ait Taramalı Elektronik Mikroskobu Görüntüleri (1000 Büyütme)
- Ek 10 Ozon-Hidrojen Peroksit Kombine Ağartmasının Keten Kumaşların Beyazlık Değerleri Üzerine Etkisi
- Ek 11 Ozon-Hidrojen Peroksit Kombine Ağartmasının Keten Kumaşların Beyazlık ve L^* Değerleri Üzerine Olan Etkisi

EKLER (devam)

- Ek 12 Ozon-Hidrojen Peroksit Kombine Ağartmasına Tabi Tutulmuş Keten Kumaşların Beyazlık Değerlerine “Hidrojen Peroksit Konsantrasyonu & Ozonlama Süresi”nin (a) ve “Hidrojen Peroksit Konsantrasyonu & Peroksit ile İşlem Süresi”nin (b) Etkisi
- Ek 13 Ozon-Hidrojen Peroksit Kombine Ağartmasının Keten Kumaşların L* Değerleri Üzerine Etkisi
- Ek 14 Ozon-Hidrojen Peroksit Kombine Ağartmasının Keten Kumaşların Nem Absorblama Özelliklerine ve Ağırlık Kaybı Değerlerine Olan Etkisi
- Ek 15 Ozon-Hidrojen Peroksit Kombine Ağartmasının Keten Kumaşların Temas Açısı Ölçüm Sonuçlarına Olan Etkisi
- Ek 16 Ham ve Ozon Varlığında Ağartma İşlemi Görmüş Keten Kumaşlara Ait İnfrared Spektralar
- Ek 17 Ham ve Ozon Varlığında Ağartma İşlemine Tabi Tutulmuş Keten Kumaşlara Ait Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüleri (1000 Büyütme)
- Ek 18 Ultraviyole Enerjisi Varlığında Ağartma İşlemine Tabi Tutulmuş Keten Kumaşların Beyazlık, L*, Ağırlık Kaybı ve Nem Absorblama Değerlerine İlişkin Varyans Analizi
- Ek 19 Ultraviyole Enerjisi Varlığında Ağartma İşlemine Tabi Tutulmuş Keten Kumaşların Beyazlık, L*, Ağırlık Kaybı ve Nem Absorblama Değerlerindeki Değişime İlişkin Gerçekleşen ve Geliştirilen Model Tarafından Tahminlenen Değerler
- Ek 20 Beyazlık, L*, Ağırlık Kaybı, Nem Absorblama Değerlerine İlişkin Regresyon Modelini İfade Eden Denklem (17)-(20)’de Yer Alan Her Bir Bağımsız Değişkenin Katsayısı ve P-değerleri
- Ek 21 Ultraviyole Enerjisi Varlığında Ağartma İşlemine Tabi Tutulan Keten Kumaşların Beyazlık Değerlerine “Hidrojen Peroksit ve Sodyum Peroksidisülfat Konsantrasyonunun” (a), “Hidrojen Peroksit Konsantrasyonunun ve UV ile İşlem Süresinin” (b), “Hidrojen Peroksit ve Sodyum Hidroksit Konsantrasyonunun” (c), “Hidrojen Peroksit Konsantrasyonunun ve UV Lambası ile Kumaş Arasındaki Mesafenin” (d), “UV ile İşlem Süresinin ve UV Lambası ile Kumaş Arasındaki Mesafenin” (e), “Sodyum Peroksidisülfat ve Sodyum Hidroksit Konsantrasyonunun” (f) Etkisi

EKLER (devam)

- Ek 22 UV Enerjisi Varlığında Gerçekleştirilen Ağartma İşleminin Keten Kumaşların Beyazlık ve L^* Değerlerine Olan Etkisi
- Ek 23 Ultraviyole Enerjisi Varlığında Ağartma İşlemine Tabi Tutulan Keten Kumaşların Ağırlık Kaybı Değerlerine “Hidrojen Peroksit ve Sodyum Peroksidisülfat Konsantrasyonunun” (a), “Sodyum Peroksidisülfat ve Sodyum Hidroksit Konsantrasyonunun” (b), “Hidrojen Peroksit ve Sodyum Hidroksit Konsantrasyonunun” (c), “Hidrojen Peroksit Konsantrasyonunun ve UV ile İşlem Süresinin” (d) Etkisi
- Ek 24 UV Enerjisi Varlığında Gerçekleştirilen Ağartma İşleminin Keten Kumaşların Temas Açısı Ölçüm Sonuçlarına Olan Etkisi
- Ek 25 Ham ve UV Enerjisi Varlığında Ağartma İşlemine Tabi Tutulmuş Keten Kumaşlara Ait İnfrared Band İşaretleri
- Ek 26 Ham ve UV Enerjisi Varlığında Ağartma İşlemine Tabi Tutulmuş Keten Kumaşlara Ait İnfrared Spektralar
- Ek 27 Ham ve UV Enerjisi Varlığında Ağartma İşlemine Tabi Tutulmuş Keten Kumaşlara Ait Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüleri (1000 Büyütme)
- Ek 28 Ultrason Enerjisi Varlığında Enzimatik İşleme Tabi Tutulmuş Soya Kumaşların Beyazlık, Sarılık ve L^* Değişimlerine İlişkin Gerçekleşen ve Geliştirilen Model Tarafından Tahminlenen Değerler
- Ek 29 Beyazlık, Sarılık ve L^* Değeri Değişimine İlişkin Regresyon Modelini İfade Eden Denklem (26)-(28)’de Yer Alan Her Bir Bağımsız Değişkenin Katsayısı ve P-değerleri
- Ek 30 Ultrason Enerjisi Varlığında Enzimatik İşleme Tabi Tutulan Soya Kumaşların Beyazlık Değerlerine “Savinase Enzimi Konsantrasyonu & İşlem Süresi”nin (a), “Esperase Enzimi Konsantrasyonu & İşlem Süresi”nin (b), “İşlem Süresi & İşlem Sıcaklığı”nın (c) Etkisi
- Ek 31 Ultrason Varlığında Gerçekleştirilen Enzimatik İşlemlerin Soya Kumaşların Temas Açısı Ölçüm Sonuçlarına Olan Etkisi

EKLER (devam)

- Ek 32 Ham ve Ultrason Enerjisi Varlığında Enzimatik İşlem Görmüş Soya Kumaşlara Ait İnfrared Band İşaretleri (Zhang And Yan, 2012; Vynias, 2011)
- Ek 33 Ham ve Ultrason Enerjisi Varlığında Enzimatik İşlem Görmüş Soya Kumaşlara Ait İnfrared Spektralar
- Ek 34 Ham ve Ultrason Enerjisi Varlığında Enzimatik İşlemine Tabi Tutulmuş Soya Kumaşlara Ait Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüleri (1000 Büyütme)
- Ek 35 Soya Kumaşların Ozon ile Ağartılmasında Kumaşın İçerdiği A_F Değerinin Beyazlık, L^* ve Sarılık Değerlerine Olan Etkisi
- Ek 36 Soya Kumaşların Hidrojen Peroksit ile Ağartılmasına İlişkin Duncan Post Hoc Test Sonuçları
- Ek 37 Soya Kumaşların Sodyum Ditionit ile Ağartılmasına İlişkin Duncan Post Hoc Test Sonuçları
- Ek 38 Ozon/İndirgen/Yükseltgen Maddeler Varlığında Gerçekleştirilen Ağartma İşlemlerinin Soya Kumaşların Beyazlık ve L^* Değerlerine Olan Etkisi
- Ek 39 Ozon/İndirgen/Yükseltgen Maddeler Varlığında Gerçekleştirilen Ağartma İşlemlerinin Soya Kumaşların Absorbladıkları Nem Miktarı Üzerine Olan Etkisi
- Ek 40 Ozon/İndirgen/Yükseltgen Maddeler Varlığında Gerçekleştirilen Ağartma İşlemlerinin Soya Kumaşların Temas Açısı Ölçüm Sonuçlarına Olan Etkisi
- Ek 41 Ham ve Ozon/İndirgen/Yükseltgen Maddeler Varlığında Ağartma İşlemine Tabi Tutulmuş Soya Kumaşlara Ait İnfrared Band İşaretleri (Zhang And Yan, 2012; Vynias, 2011)
- Ek 42 Ham ve Ozon/İndirgen/Yükseltgen Maddeler Varlığında Ağartma İşlemine Tabi Tutulmuş Soya Kumaşlara Ait İnfrared Spektralar
- Ek 43 Ham ve Ozon/İndirgen/Yükseltgen Maddeler Varlığında Ağartma İşlemine Tabi Tutulmuş Soya Kumaşlara Ait Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüleri (1000 Büyütme)

EKLER (devam)

- Ek 44 Ultraviyole Enerjisi Varlığında Ağartma İşlemine Tabi Tutulmuş Soya Kumaşların Beyazlık ve L^* Değişimlerine İlişkin Gerçekleşen ve Geliştirilen Model Tarafından Tahminlenen Değerler
- Ek 45 Beyazlık ve L^* Değerlerine İlişkin Regresyon Modelini İfade Eden Denklem (29)-(30)'da Yer Alan Her Bir Bağımsız Değişkenin Katsayısı ve P-değerleri
- Ek 46 Ultraviyole Enerjisi Varlığında Ağartma İşlemine Tabi Tutulan Soya Kumaşların Beyazlık Değerlerine “Hidrojen Peroksit ve Sodyum Peroksidisülfat Konsantrasyonunun” (a), “Hidrojen Peroksit ve Sodyum Karbonat Konsantrasyonunun” (b) ve “UV Lambası ile Kumaş Arasındaki Mesafenin ve UV ile İşlem Süresinin” (c) Etkisi
- Ek 47 Ultraviyole Enerjisi Varlığında Gerçekleştirilen Ağartma İşlemlerinin Soya Kumaşların Beyazlık ve L^* Değerlerine Olan Etkisi
- Ek 48 UV Enerjisi Varlığında Gerçekleştirilen Ağartma İşlemlerinin Soya Kumaşların Temas Açısı Ölçüm Sonuçlarına Olan Etkisi
- Ek 49 Ham ve UV Enerjisi Varlığında Ağartma İşlemine Tabi Tutulmuş Soya Kumaşlara Ait İnfrared Band İşaretleri (Zhang And Yan, 2012; Vynias, 2011)
- Ek 50 Ham ve UV Enerjisi Varlığında Ağartma İşlemine Tabi Tutulmuş Soya Kumaşlara Ait İnfrared Spektralar
- Ek 51 Ham ve UV Enerjisi Varlığında Ağartma İşlemine Tabi Tutulmuş Soya Kumaşlara Ait Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüleri (2000 Büyütme)

Ek 1 Soya Kumaşların Hidrojen Peroksit ile Ağartılmalarına İlişkin Deney Planı

Deney No:	H ₂ O ₂ (%50) (g/l)	Na ₂ CO ₃ (g/l)	Stabilizatör (g/l)	Islatıcı (g/l)	Sıcaklık (°C)	Süre (dak.)	F:O
1	15	1,5	1	1	65	40	1:40
2	15	1,5			65	60	
3	15	1,5			65	80	
4	30	3			65	40	
5	30	3			65	60	
6	30	3			65	80	
7	45	4,5			65	40	
8	45	4,5			65	60	
9	45	4,5			65	80	
10	15	1,5			80	40	
11	15	1,5			80	60	
12	15	1,5			80	80	
13	30	3			80	40	
14	30	3			80	60	
15	30	3			80	80	
16	45	4,5			80	40	
17	45	4,5			80	60	
18	45	4,5			80	80	
19	15	1,5			95	40	
20	15	1,5			95	60	
21	15	1,5			95	80	
22	30	3			95	40	
23	30	3			95	60	
24	30	3			95	80	
25	45	4,5			95	40	
26	45	4,5			95	60	
27	45	4,5			95	80	

Ek 2 Soya Kumaşların Sodyum Ditiyonit ile Ağartılmalarına İlişkin Deney Planı

Deney No:	Sodyum ditiyonit (g/l)	Na ₂ CO ₃ (g/l)	Islatıcı (g/l)	Sıcaklık (°C)	Süre (dak.)	F:O
1	4	2,5	1	65	40	1:40
2	4	2,5		80	60	
3	4	2,5		65	80	
4	4	2,5		95	40	
5	4	2,5		95	80	
6	4	2,5		65	60	
7	4	2,5		80	40	
8	4	2,5		80	80	
9	4	2,5		95	60	
10	6	4		80	40	
11	6	4		65	60	
12	6	4		80	80	
13	6	4		95	60	
14	6	4		65	40	
15	6	4		65	80	
16	6	4		80	60	
17	6	4		95	40	
18	6	4		95	80	
19	8	5,5		65	40	
20	8	5,5		80	60	
21	8	5,5		65	80	
22	8	5,5		95	40	
23	8	5,5		95	80	
24	8	5,5		65	60	
25	8	5,5		80	40	
26	8	5,5		80	80	
27	8	5,5		95	60	

**Ek 3 Ultrason Enerjisi Varlığında Enzimatik İşleme Tabi Tutulmuş Keten
Kumaşların Beyazlık, L*, Hidrofilite ve Ağırlık Değişimlerine İlişkin
Varyans Analizi**

	Source	df	Seq. SS	Adj. SS	Adj. MS	F	P
Beyazlık Değişimi, % $R^2 = \% 95,8$ R^2 (adj)= % 92,5	Regression	20	43,5118	43,5118	2,1755	28,83	0,000
	Linear	5	38,1797	2,9567	0,5913	7,84	0,000
	Square	5	4,6179	4,6179	0,9235	12,24	0,000
	Interaction	10	0,7142	0,7142	0,0714	0,95	0,510
	Residual Error	25	1,8865	1,8865	0,0754		
	Lack of fit	20	1,7015	1,7015	0,0850	2,3	0,181
	Pure error	5	0,1850	0,1850	0,0370		
	Total	45	45,3983				
L* Değişimi, % $R^2 = \% 96,1$ R^2 (adj)= % 93,0	Regression	20	9,12238	9,12238	0,45611	30,73	0,000
	Linear	5	7,29547	0,69008	0,13801	9,30	0,000
	Square	5	1,45722	1,45722	0,29144	19,63	0,000
	Interaction	10	0,36969	0,36969	0,03696	2,49	0,031
	Residual Error	25	0,37111	0,37111	0,01484		
	Lack of fit	20	0,37040	0,37040	0,01852	130,62	0,000
	Pure error	5	0,00071	0,00071	0,00014		
	Total	45	9,49349				
Hidrofilite Değişimi, % $R^2 = \% 96,3$ R^2 (adj)= % 93,3	Regression	20	58498,6	58498,6	2924,9	32,26	0,000
	Linear	5	35350	10230,1	2046,0	22,57	0,000
	Square	5	14998	14998,6	2999,7	33,09	0,000
	Interaction	10	8150	8150	815	8,99	0,000
	Residual Error	25	2266,7	2266,7	90,67		
	Lack of fit	20	1933,3	1933,3	96,67	1,45	0,363
	Pure error	5	333,3	333,3	66,67		
	Total	45	58498,6	58498,6	2924,9 3	32,26	0,000
Ağırlık Kaybı, % $R^2 = \% 91,2$ R^2 (adj)= % 84,2	Regression	20	2,19858	2,198577	0,10992	12,98	0,000
	Linear	5	1,93319	0,304734	0,06094	7,20	0,000
	Square	5	0,16327	0,163270	0,03265	3,86	0,010
	Interaction	10	0,10211	0,102113	0,01021	1,21	0,334
	Residual Error	25	0,21165	0,211653	0,00846		
	Lack of fit	20	0,21130	0,211295	0,01056	147,67	0,000
	Pure error	5	0,00036	0,000358	0,00007		
	Total	45	2,41023				

Ek 4 Ultrason Enerjisi Varlığında Enzimatik İşleme Tabi Tutulmuş Keten Kumaşların Beyazlık, L*, Hidrofilite ve Ağırlık Değişimlerine İlişkin Gerçekleşen ve Geliştirilen Model Tarafından Tahminlenen Değerler

No:	Beyazlık Değişimi, %		No:	Beyazlık Değişimi, %	
	Gerçekleşen	Tahminlenen		Gerçekleşen	Tahminlenen
1	6,0585	6,2277	24	6,8619	6,5830
2	7,5229	7,6765	25	3,9269	4,2781
3	6,4918	6,2277	26	6,2704	6,2386
4	4,9389	5,3573	27	5,4260	5,5659
5	3,9079	4,0804	28	6,0902	5,9243
6	4,8630	4,8838	29	4,2653	4,4671
7	6,8081	6,8052	30	6,1629	6,2277
8	6,8460	6,4992	31	4,7239	4,4039
9	5,8435	5,9354	32	7,2161	7,0591
10	6,7480	6,6106	33	6,0680	6,0394
11	5,5240	5,2566	34	5,8055	5,8535
12	7,2003	6,9953	35	5,6126	5,4239
13	7,3458	7,4951	36	6,0206	6,3407
14	5,7739	5,6702	37	6,4665	6,5924
15	6,0174	6,1923	38	6,8777	6,8683
16	6,0649	6,2277	39	7,8043	8,0802
17	7,4217	7,1020	40	5,0781	5,3570
18	6,9409	6,8530	41	5,3532	5,3955
19	6,5804	6,4181	42	6,4475	6,2277
20	4,6132	4,7865	43	6,1408	6,2277
21	7,4153	7,4671	44	4,6638	4,3232
22	4,9105	4,7977	45	5,6948	5,4396
23	7,6873	7,8394	46	5,7549	5,9339
No:	L* Değişimi, %		No:	L* Değişimi, %	
	Gerçekleşen	Tahminlenen		Gerçekleşen	Tahminlenen
1	1,3142	1,3103	24	1,5558	1,6584
2	2,3039	2,4095	25	0,7543	0,9084
3	1,3042	1,3103	26	1,3325	1,3743
4	1,1009	1,1460	27	1,1159	1,1297
5	0,7376	0,6449	28	1,3125	1,2055
6	1,0626	0,9922	29	0,8026	0,9635
7	1,5174	1,6234	30	1,2958	1,3103
8	1,5424	1,6129	31	0,9692	0,9756
9	1,2158	1,1823	32	2,0890	1,9290
10	1,4991	1,6005	33	1,3025	1,3394
11	1,1292	0,9793	34	1,1959	1,2270
12	2,0823	1,9340	35	1,1475	1,1013
13	2,1639	2,0828	36	1,3042	1,4744
14	1,1675	1,2483	37	1,3292	1,4827
15	1,2925	1,2615	38	1,5658	1,6490
16	1,3025	1,3103	39	2,5338	2,5957
17	2,2822	2,0455	40	1,1259	1,0406
18	1,8507	1,8296	41	1,1042	1,1059
19	1,3625	1,4365	42	1,3158	1,3103
20	0,8993	0,8736	43	1,3292	1,3103
21	2,2589	2,1657	44	0,9093	0,8728
22	1,0892	1,0376	45	1,1442	1,0896
23	2,4622	2,4558	46	1,1509	1,0804

Ek 4 (devam)

No:	Hidrofilite Değişimi, %		No:	Hidrofilite Değişimi, %	
	Gerçekleşen	Tahminlenen		Gerçekleşen	Tahminlenen
1	440	443,33	24	510	505
2	500	493,75	25	450	462,92
3	440	443,33	26	470	465,62
4	430	438,75	27	420	421,04
5	440	445	28	480	478,75
6	410	407,29	29	430	425
7	440	448,54	30	430	443,33
8	530	522,92	31	450	444,17
9	460	455	32	520	520,42
10	400	398,13	33	470	464,17
11	480	474,79	34	430	426,25
12	450	425,42	35	440	439,79
13	530	529,79	36	410	417,92
14	460	462,29	37	430	428,54
15	480	474,17	38	450	460
16	450	443,33	39	510	521,67
17	430	430	40	400	401,88
18	400	406,04	41	420	418,54
19	430	426,04	42	450	443,33
20	400	404,38	43	450	443,33
21	470	467,29	44	390	386,25
22	470	466,67	45	390	396,25
23	500	509,17	46	420	430,42
No:	Ağırlık Kaybı, %		No:	Ağırlık Kaybı, %	
	Gerçekleşen	Tahminlenen		Gerçekleşen	Tahminlenen
1	2,7478	2,756	24	2,2983	2,247
2	2,4877	2,524	25	2,7408	2,682
3	2,7657	2,756	26	2,7546	2,790
4	2,7706	2,846	27	2,9640	2,956
5	2,5844	2,563	28	2,7731	2,714
6	2,7808	2,784	29	2,2268	2,264
7	2,7659	2,666	30	2,7485	2,756
8	2,4553	2,498	31	3,0288	3,101
9	3,0986	3,125	32	2,4472	2,346
10	2,7990	2,728	33	2,7785	2,699
11	2,7184	2,684	34	2,5907	2,620
12	2,7740	2,830	35	2,4320	2,585
13	2,4352	2,380	36	3,0493	3,130
14	2,3327	2,452	37	2,7926	2,751
15	2,4103	2,488	38	2,7798	2,805
16	2,7664	2,756	39	2,2487	2,396
17	2,7840	2,717	40	2,2345	2,357
18	2,7975	2,730	41	3,0564	3,084
19	2,7328	2,654	42	2,7504	2,756
20	2,5990	2,615	43	2,7568	2,756
21	2,4683	2,449	44	2,9172	2,856
22	2,9898	2,822	45	2,6127	2,542
23	2,4641	2,465	46	3,0398	3,071

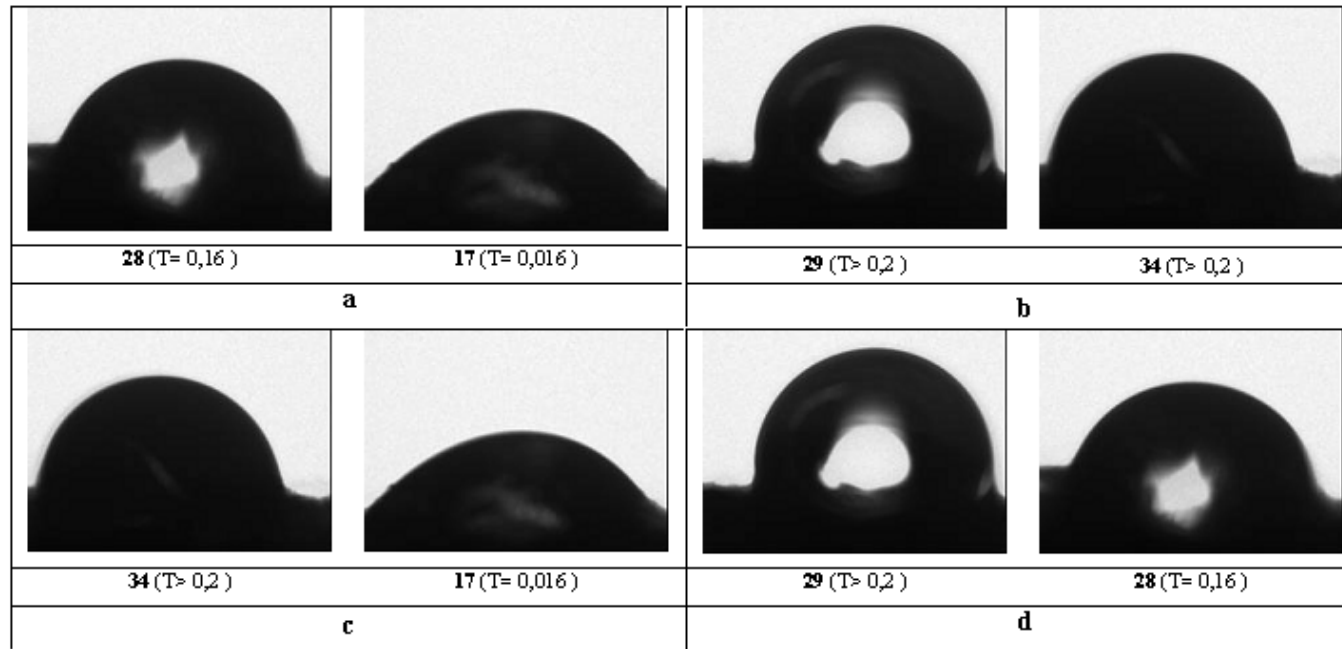
Ek 5 Beyazlık, L*, Hidrofilite ve Ağırlık Değişimine İlişkin Regresyon Modelini İfade Eden Denklem (12)-(15)'de Yer Alan Her Bir Bağımsız Değişkenin Katsayısı ve P-değerleri

	Unsur	Katsayı	StDev	T	P
Beyazlık Değişimi, %	Sabit	0,380	1,340	0,28	0,779
	A	-1,384	1,040	-1,33	0,195
	L	3,230	1,040	3,11	0,005
	P	2,377	1,040	2,29	0,031
	S	-0,00922	0,02970	-0,31	0,759
	T	0,12205	0,02818	4,33	0,000
	A ²	-0,2564	0,3719	-0,69	0,497
	L ²	-1,5036	0,3719	-4,04	0,000
	P ²	0,0978	0,3719	0,26	0,795
	S ²	0,0007931	0,0002325	3,41	0,002
	T ²	-0,0010386	0,0002325	-4,47	0,000
	A*L	0,5471	0,5494	1,00	0,329
	A*P	0,2941	0,5494	0,54	0,597
	L*P	-0,9583	0,5494	-1,74	0,093
	A*S	0,00356	0,01373	0,26	0,798
	A*T	0,02356	0,01373	1,72	0,099
	L*S	-0,00474	0,01373	-0,35	0,733
	L*T	0,00380	0,01373	0,28	0,785
	P*S	-0,01305	0,01373	-0,95	0,351
	P*T	-0,00522	0,01373	-0,38	0,707
	S*T	-0,0003242	0,0003434	-0,94	0,354
L* Değişimi, %	Sabit	2,5195	0,5944	4,24	0,000
	A	-0,6947	0,4613	-1,51	0,145
	L	-0,2897	0,4613	-0,63	0,536
	P	-1,1667	0,4613	-2,53	0,018
	S	-0,07672	0,01317	-5,82	0,000
	T	0,00444	0,01250	0,35	0,726
	A ²	0,0044	0,1650	0,03	0,979
	L ²	-0,3549	0,1650	-2,15	0,041
	P ²	0,5571	0,1650	3,38	0,002
	S ²	0,0007741	0,0001031	7,51	0,000
	T ²	-0,0002229	0,0001031	-2,16	0,040
	A*L	0,0333	0,2437	0,14	0,892
	A*P	0,3532	0,2437	1,45	0,160
	L*P	0,2416	0,2437	0,99	0,331
	A*S	0,002666	0,006092	0,44	0,665
	A*T	0,009831	0,006092	1,61	0,119
	L*S	0,018454	0,006092	3,03	0,006
	L*T	0,001458	0,006092	0,24	0,813
	P*S	0,005749	0,006092	0,94	0,354
	P*T	0,014413	0,006092	2,37	0,026
	S*T	0,0002760	0,0001523	1,81	0,082

Ek 5 (devam)

	Unsur	Katsayı	StDev	T	P
Hidrofilite Değişimi, %	Sabit	352,2	46,4517	7,582	0,000
	A	140,8	36,0493	3,907	0,001
	L	-110,4	36,0493	-3,063	0,005
	P	-37,9	36,0493	-1,052	0,303
	S	-3,2	1,0296	-3,106	0,005
	T	6,3	0,9767	6,495	0,000
	A ²	-53,3	12,8927	-4,137	0,000
	L ²	16,7	12,8927	1,293	0,208
	P ²	36,7	12,8927	2,844	0,009
	S ²	0,1	0,0081	9,049	0,000
	T ²	-0,0	0,0081	-3,878	0,001
	A*L	70	19,0438	3,676	0,001
	A*P	-20	19,0438	-1,05	0,304
	L*P	-1,5	0,4761	-3,151	0,004
	A*S	-1,8	0,4761	-3,676	0,001
	A*T	-50	19,0438	-2,626	0,015
	L*S	-0	0,4761	-0	1,000
	L*T	1,7	0,4761	3,676	0,001
	P*S	1,3	0,4761	2,626	0,015
	P*T	-1,3	0,4761	-2,626	0,015
	S*T	-0,1	0,0119	-4,201	0,000
Ağırlık Kaybı, %	Sabit	2,2678	0,448870	5,052	0,000
	A	0,7363	0,348350	2,114	0,045
	L	-0,2295	0,348350	-0,659	0,516
	P	1,1085	0,348350	3,182	0,004
	S	-0,0147	0,009949	-1,473	0,153
	T	0,0315	0,009438	3,341	0,003
	A ²	-0,2085	0,124584	-1,673	0,107
	L ²	0,0582	0,124584	0,467	0,645
	P ²	-0,3826	0,124584	-3,071	0,005
	S ²	0,0000	0,000078	0,427	0,673
	T ²	-0,0002	0,000078	-2,617	0,015
	A*L	-0,0026	0,184023	-0,014	0,989
	A*P	-0,0677	0,184023	-0,368	0,716
	L*P	0,3260	0,184023	1,772	0,089
	A*S	-0,0015	0,004601	-0,322	0,750
	A*T	-0,0080	0,004601	-1,739	0,094
	L*S	-0,0001	0,004601	-0,012	0,991
	L*T	-0,0005	0,004601	-0,104	0,918
	P*S	-0,0065	0,004601	-1,402	0,173
	P*T	-0,0088	0,004601	-1,918	0,067
	S*T	0,0000	0,000115	0,043	0,966

Ek 6 Ultrason Enerjisi Varlığında Enzimatik İşleme Tabi Tutulan Keten Kumaşların Islanabilirlik Özelliklerine İşlem Süresinin ve Pektinaz Enzimi Konsantrasyonunun Etkisi



T= Damlanın kumaş yüzeyinde tamamen kaybolma süresi (sn.)

28= 0,5 g/l amilaz; 0,5 g/l lakkaz ile 50⁰C’de 60 dakika işlem görmüş numune,

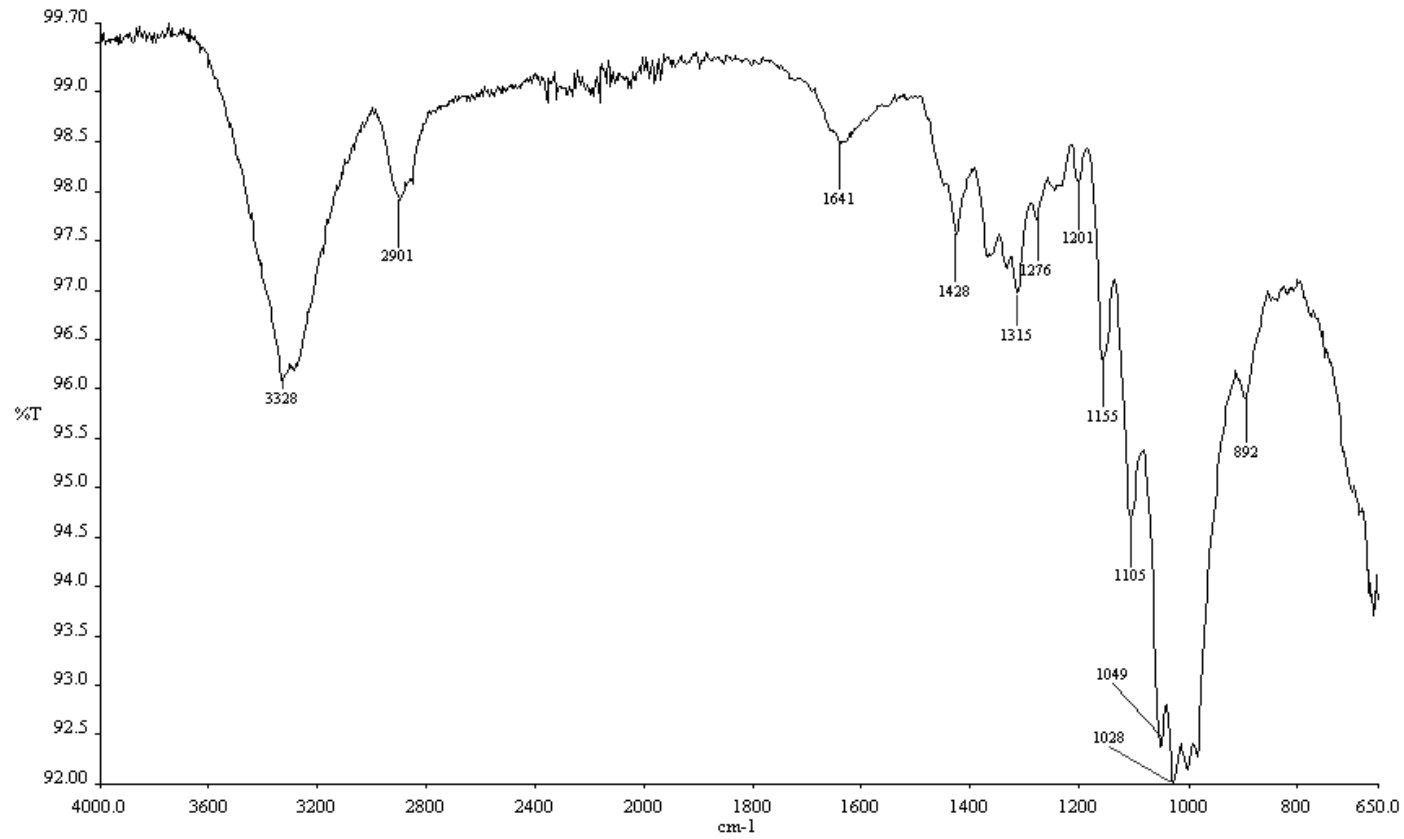
17= 0,5 g/l amilaz; 0,5 g/l lakkaz; 1 g/l pektinaz ile 50⁰C’de 60 dakika işlem görmüş numune,

29= 0,5 g/l amilaz; 0,5 g/l lakkaz ile 50⁰C’de 20 dakika işlem görmüş numune,

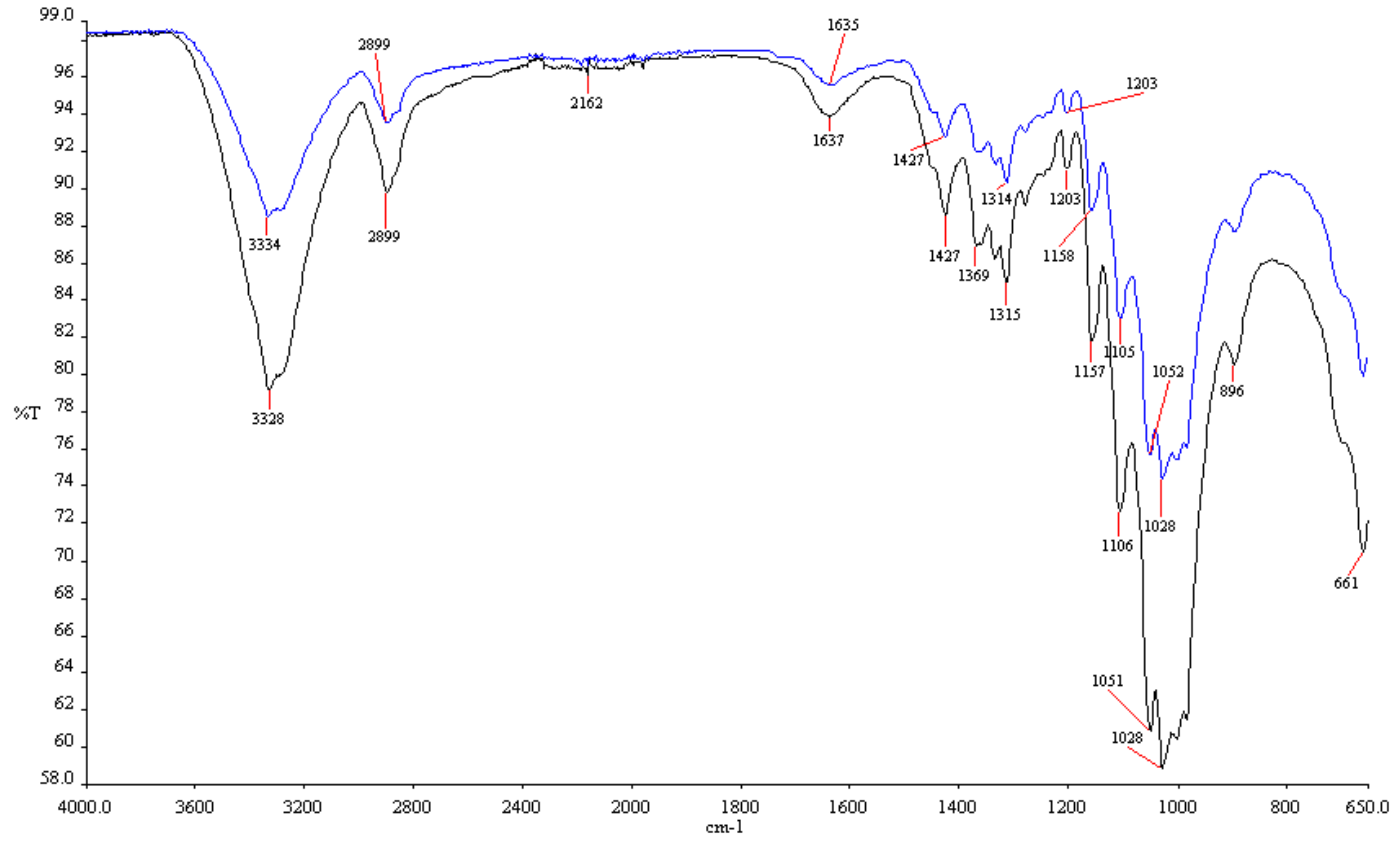
34= 0,5 g/l amilaz; 0,5 g/l lakkaz; 1 g/l pektinaz ile 50⁰C’de 20 dakika işlem görmüş numune.

Ek 7 Ham ve Ultrason Enerjisi Varlığında Enzimatik İşleme Tabi Tutulmuş Keten Kumaşlara Ait İnfrared Spektralar

Ek 7a Ham keten kumaşa ait infrared spektra

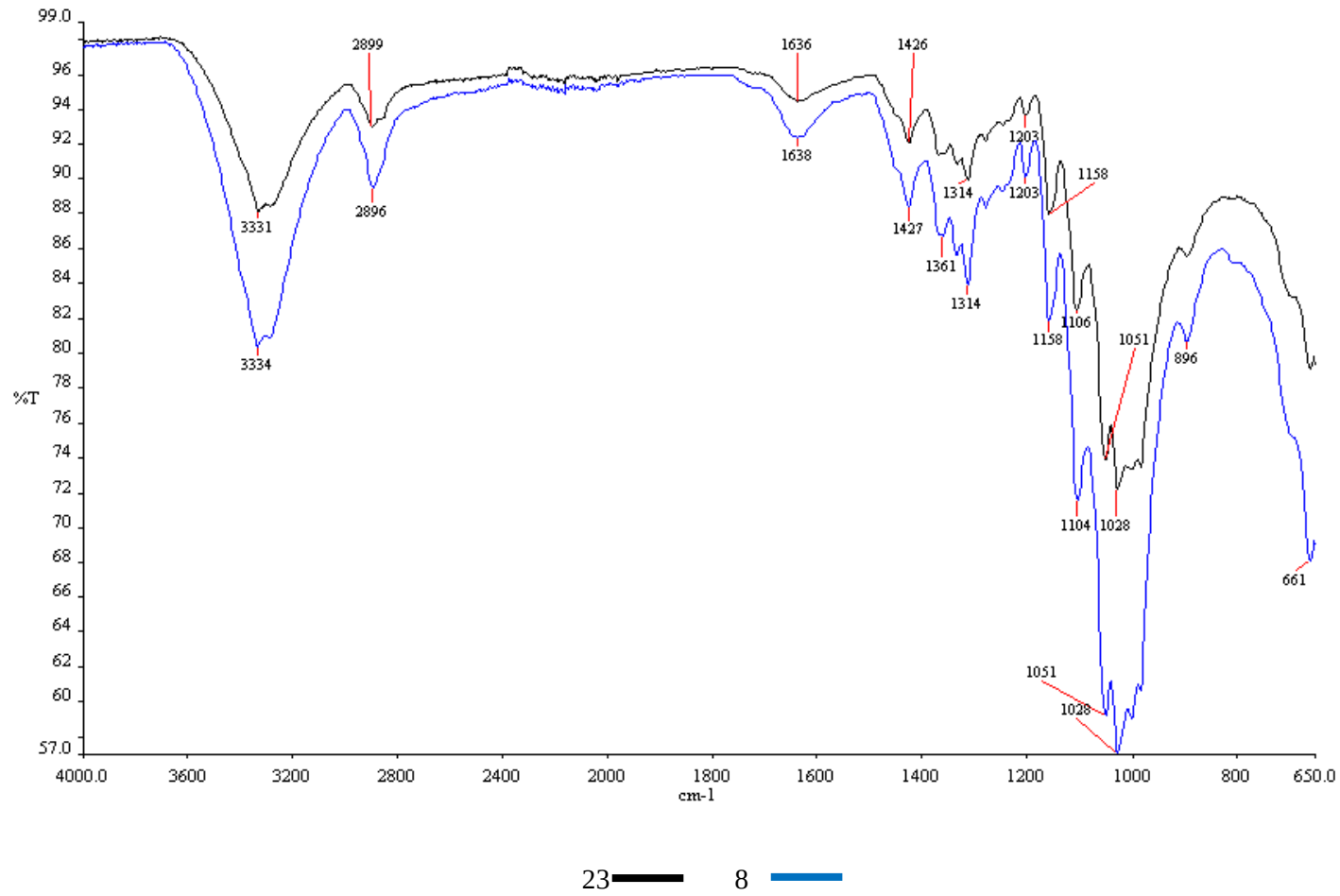


Ek 7b Ultrason enerjisi varlığında enzimatik işleme tabi tutulan keten kumaşlara amilaz enzimi konsantrasyonunun etkisi

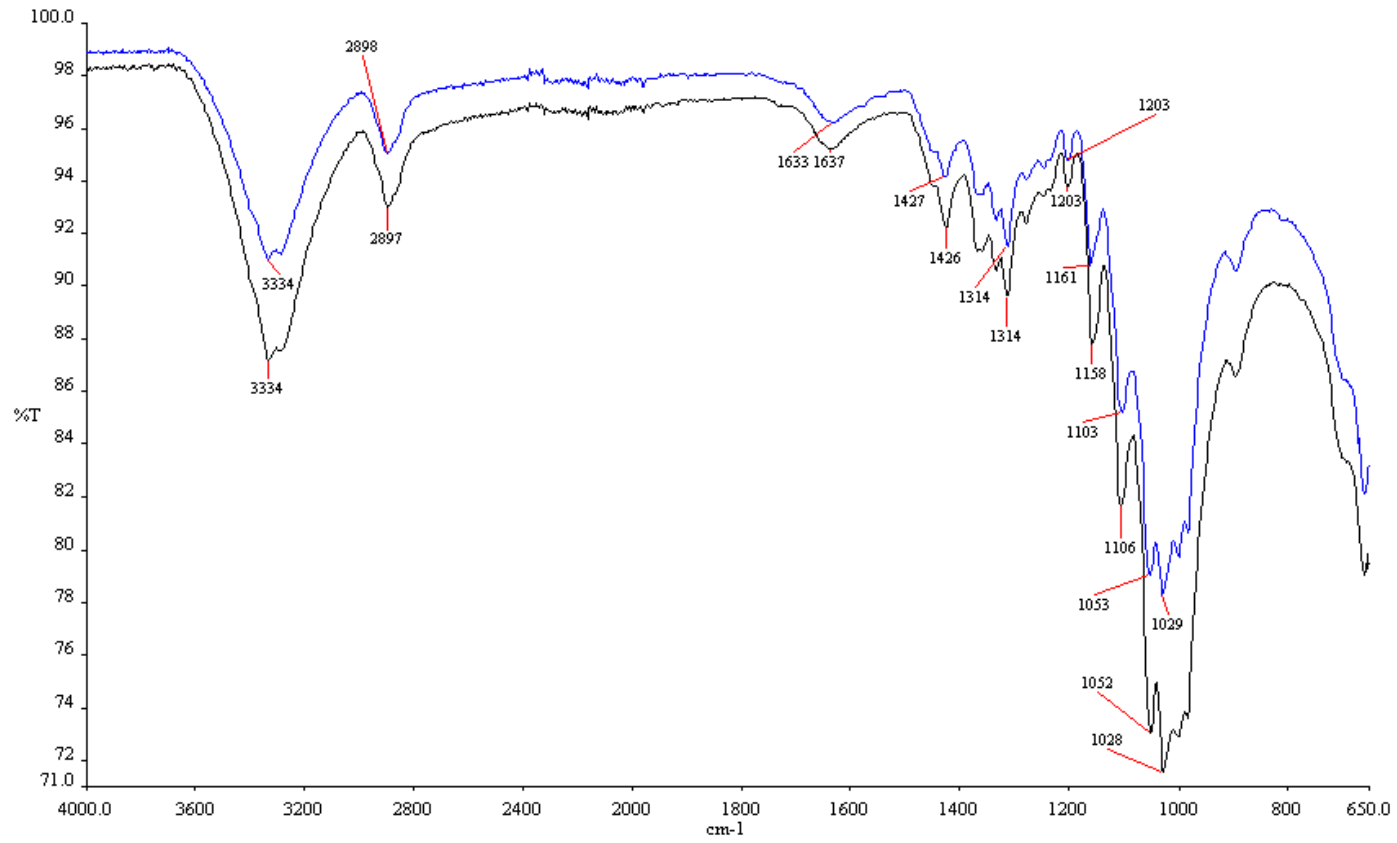


27 — 41 —

Ek 7c Ultrason enerjisi varlığında enzimatik işleme tabi tutulan keten kumaşlara lakkaz enzimi konsantrasyonunun etkisi

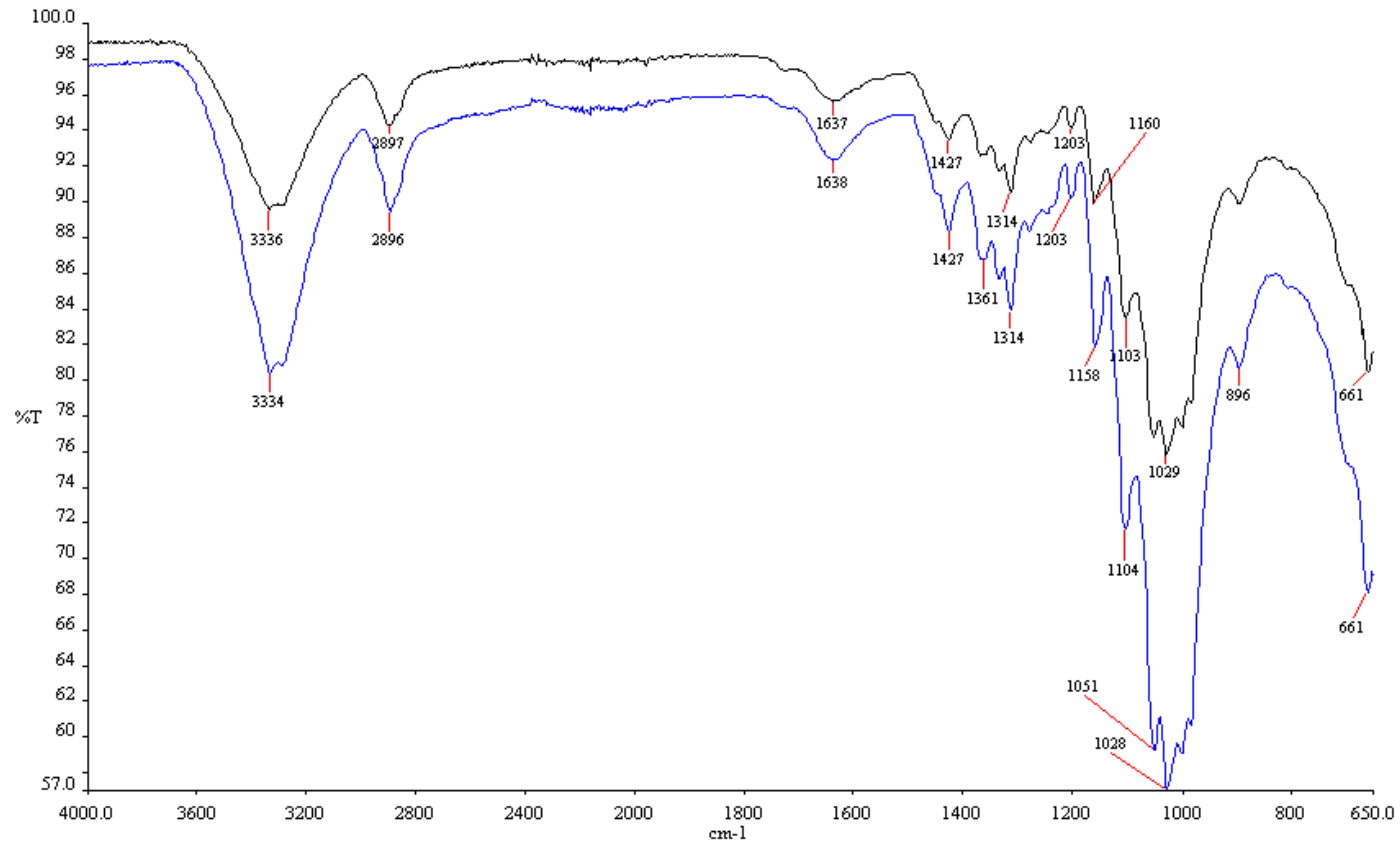


Ek 7d Ultrason enerjisi varlığında enzimatik işleme tabi tutulan keten kumaşlara pektinaz enzimi konsantrasyonunun etkisi



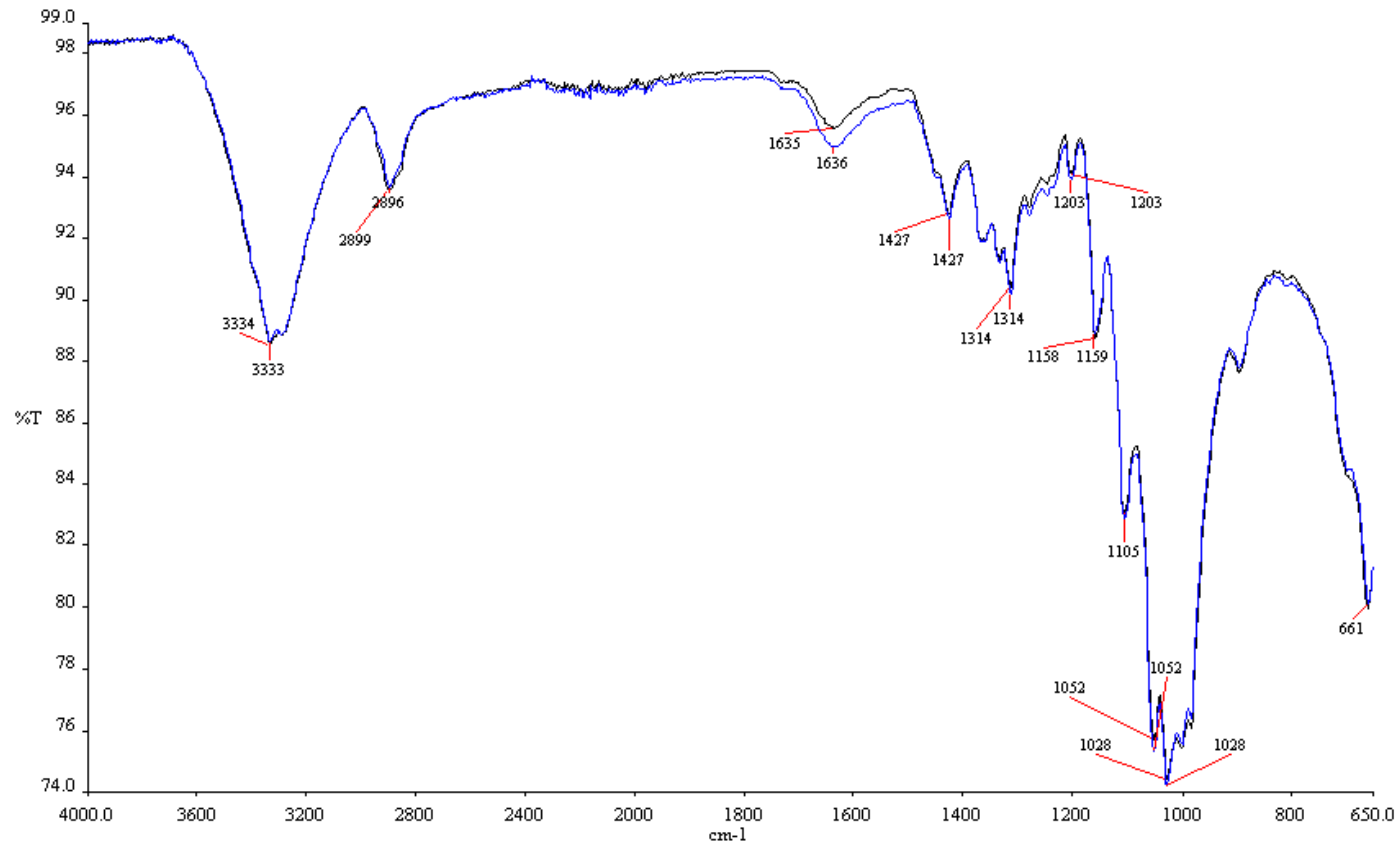
29 — 34 —

Ek 7e Ultrason enerjisi varlığında enzimatik işleme tabi tutulan keten kumaşlara işlem sıcaklığının etkisi



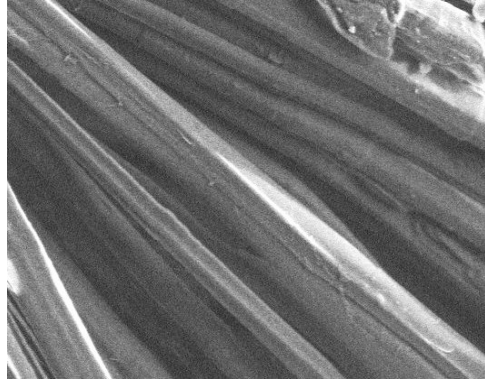
21 — 41 —

Ek 7f Ultrason enerjisi varlığında enzimatik işleme tabi tutulan keten kumaşlara işlem süresinin etkisi



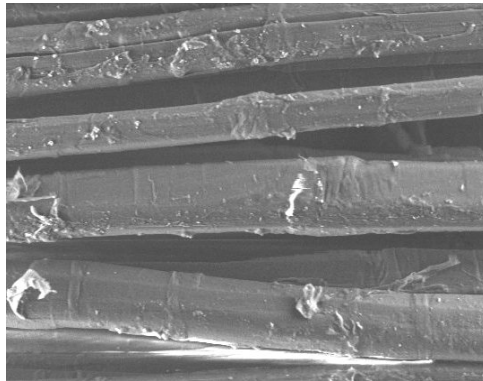
17 — 34 —

Ek 8 Ham ve Ultrason Enerjisi Varlığında Enzimatik İşleme Tabi Tutulmuş Keten Kumaşlara Ait Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüleri (1000 Büyütme)

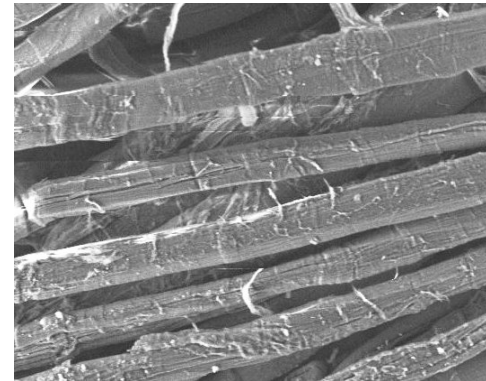


Ham keten kumaş

Amilaz enzimi konsantrasyonunun etkisi



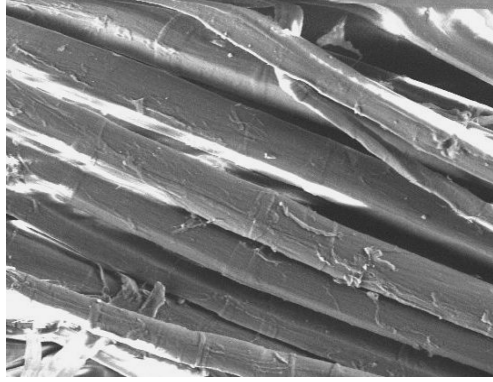
41



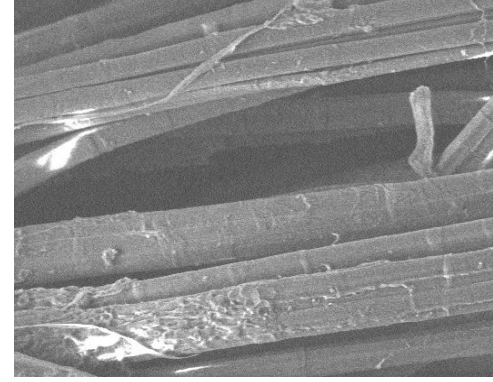
27

Ek 8 (devam)

Lakkaz enzimi konsantrasyonunun etkisi

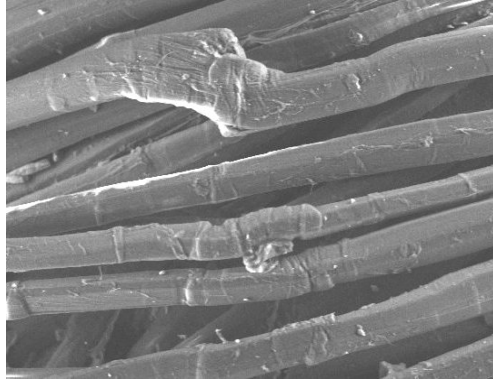


23

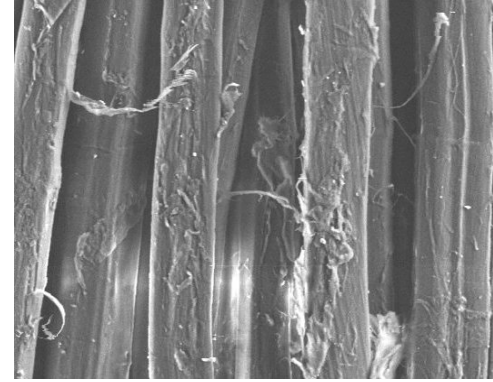


8

Pektinaz enzimi konsantrasyonunun etkisi



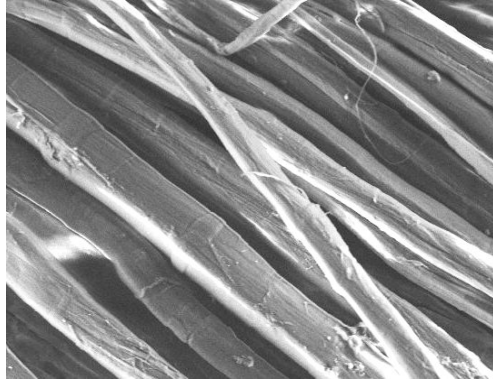
34



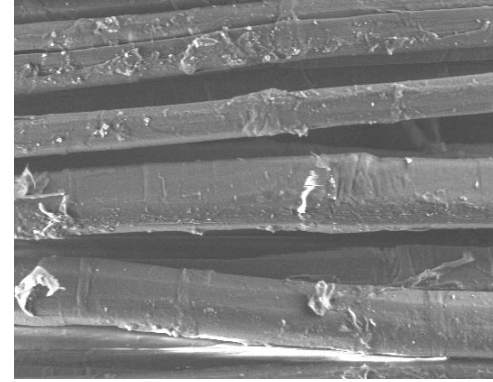
29

Ek 8 (devam)

İşlem sıcaklığının etkisi

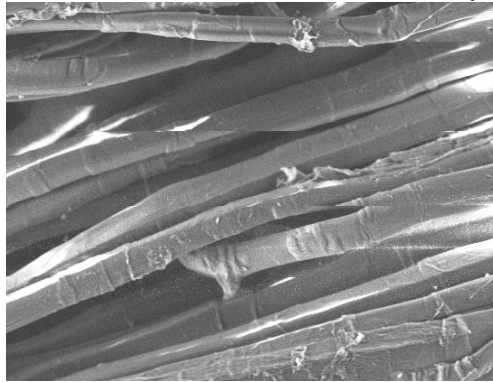


21

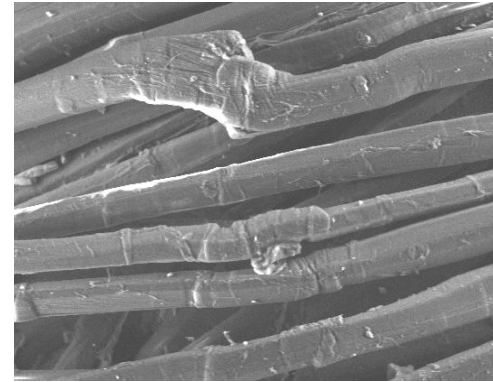


41

İşlem süresinin etkisi

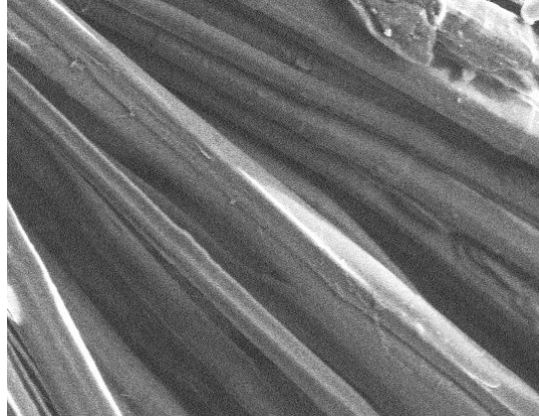


17

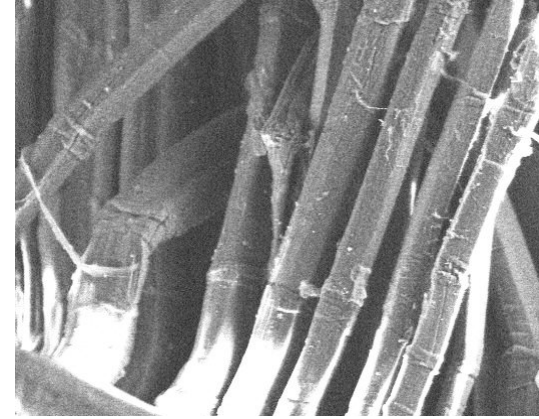


34

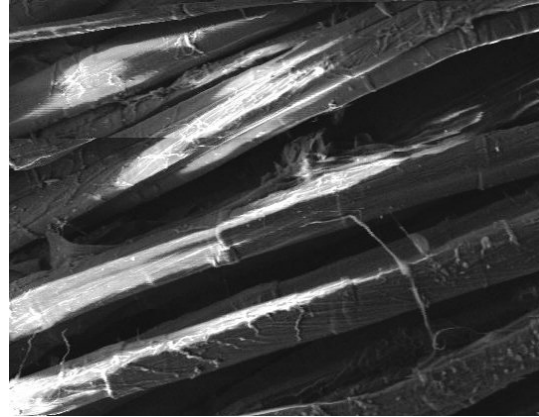
Ek 9 Ham ve Ultrason Enerjisi Varlığında Enzimatik İşleme Tabi Tutulmuş Ardından Selüloz Enzimi ile İşlem Görmüş Keten Kumaşlara Ait Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüleri (1000 Büyütme)



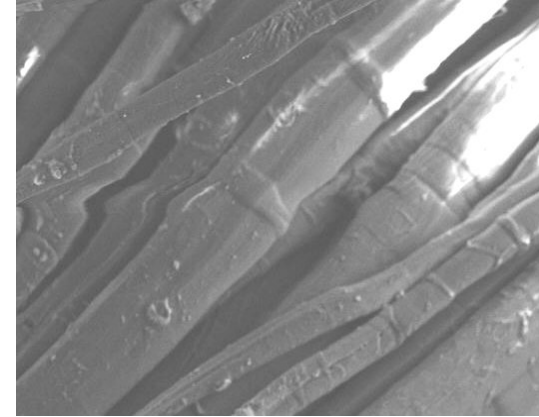
Ham keten kumaş



1

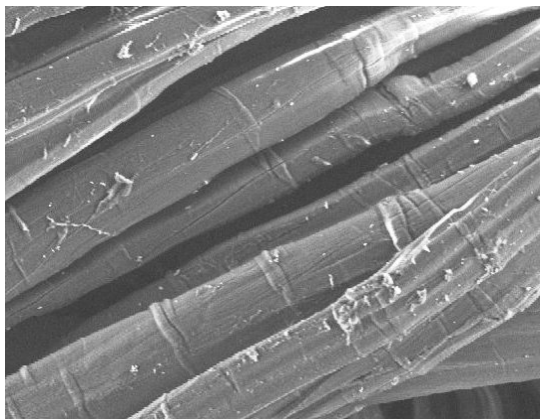


2

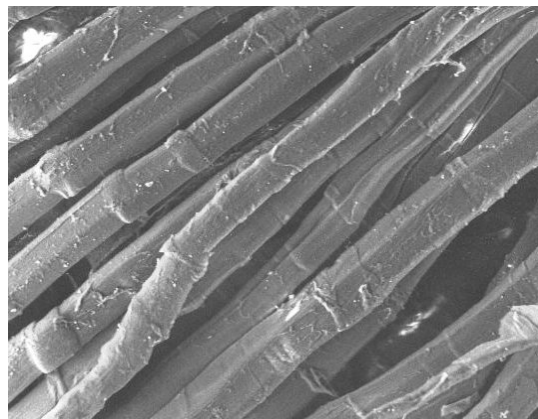


3

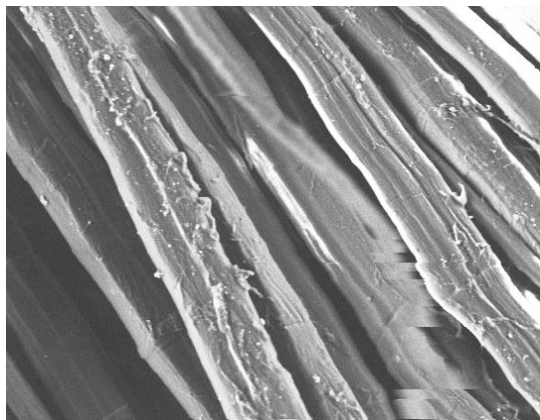
Ek 9 (devam)



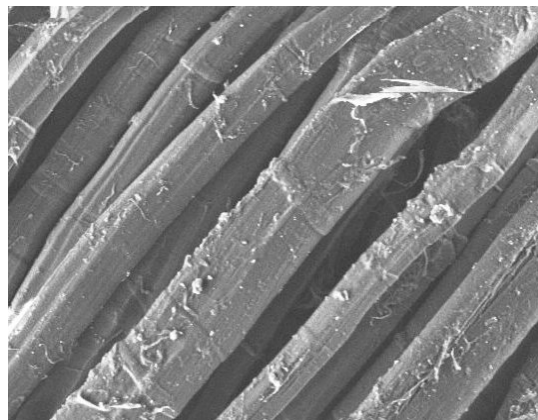
4



8

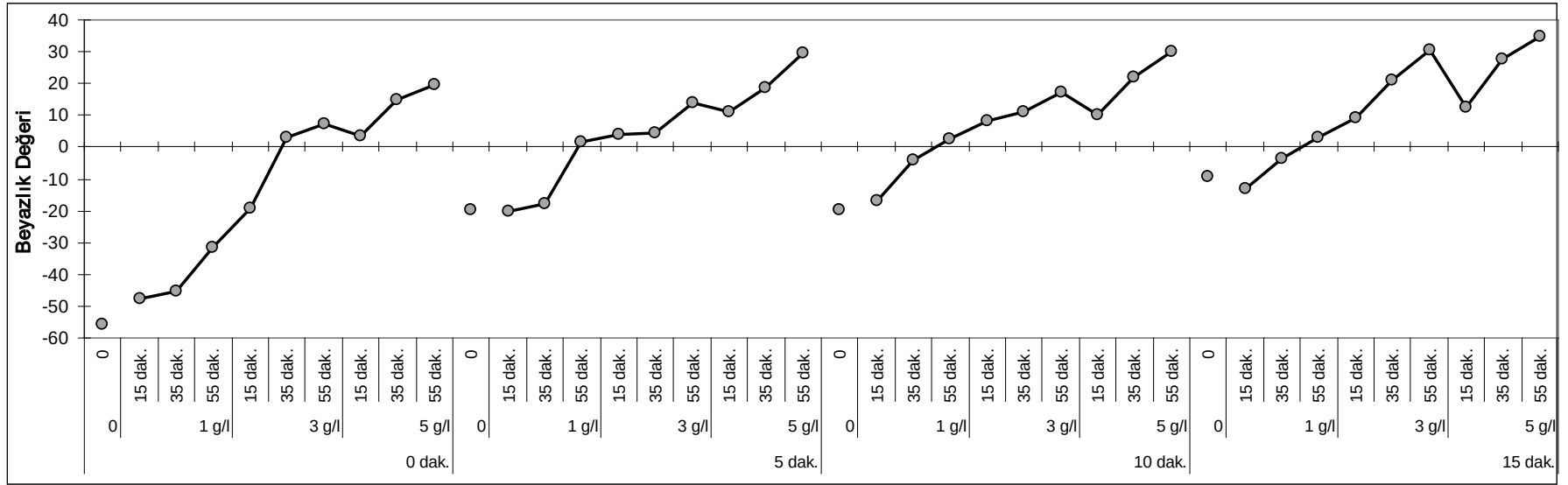


9

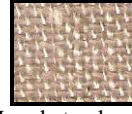


10

Ek 10 Ozon-Hidrojen Peroksit Kombine Ağartmasının Keten Kumaşların Beyazlık Değerleri Üzerine Etkisi



Ek 11 Ozon-Hidrojen Peroksit Kombine Ağartmasının Keten Kumaşların Beyazlık ve L* Değerlerine Olan Etkisi

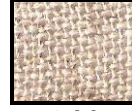


Ham keten kumaş
(Beyazlık= -55,56; L*= 61,17)

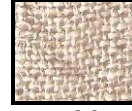
Ham Keten Kumaşlara Ozonlama Süresinin Etkisi



5 dak.
(Beyazlık= -19,8; L*= 62,52)



10 dak.
(Beyazlık= -19,48; L*= 67,49)



15 dak.
(Beyazlık= -9,25; L*= 68,54)

Ham Keten Kumaşlara Hidrojenperoksit Konsantrasyonunun Etkisi (55 dak.)



1 g/l
(Beyazlık= -31,4; L*= 70,17)



3 g/l
(Beyazlık= 7,17; L*= 81,7)



5 g/l
(Beyazlık= 19,78; L*= 86,13)

Ham Keten Kumaşlara Hidrojenperoksit ile İşlem Süresinin Etkisi (1 g/l)



15 dak.
(Beyazlık= -47,82; L*= 70,36)

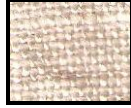


35 dak.
(Beyazlık= -45,2; L*= 70,53)

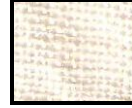


55 dak.
(Beyazlık= -31,4; L*= 70,17)

5 dak. Ozonlanmış Numunelere Hidrojen peroksit Konsantrasyonunun Etkisi (35 dak.)



1 g/l
(Beyazlık= -17,72; L*= 74,48)



3 g/l
(Beyazlık= 4,26; L*= 83,01)



5 g/l
(Beyazlık= 18,6; L*= 86,29)

10 dak. Ozonlanmış Numunelere Hidrojen peroksit Konsantrasyonunun Etkisi (35 dak.)



1 g/l
(Beyazlık= -4,14; L*= 76,13)



3 g/l
(Beyazlık= 11,17; L*= 85,35)

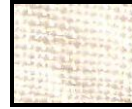


5 g/l
(Beyazlık= 21,97; L*= 86,79)

5 dak. Ozonlanmış Numunelere 3 g/l Hidrojen peroksit ile İşlem Süresinin Etkisi



15 dak.
(Beyazlık= 3,82; L*= 82,57)

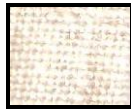


35 dak.
(Beyazlık= 4,26; L*= 83,01)

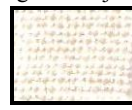


55 dak.
(Beyazlık= 14,09; L*= 85,96)

10 dak. Ozonlanmış Numunelere 3 g/l Hidrojen peroksit ile İşlem Süresinin Etkisi



15 dak.
(Beyazlık= 8,11; L*= 84,3)

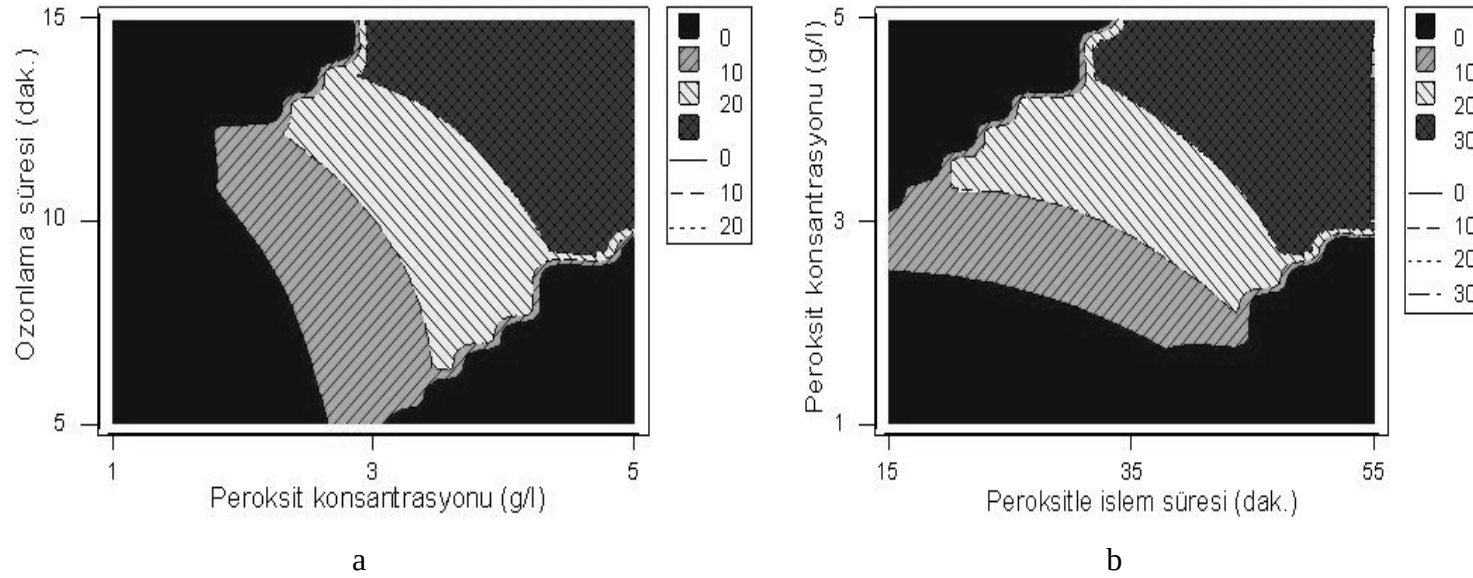


35 dak.
(Beyazlık= 11,17; L*= 85,35)

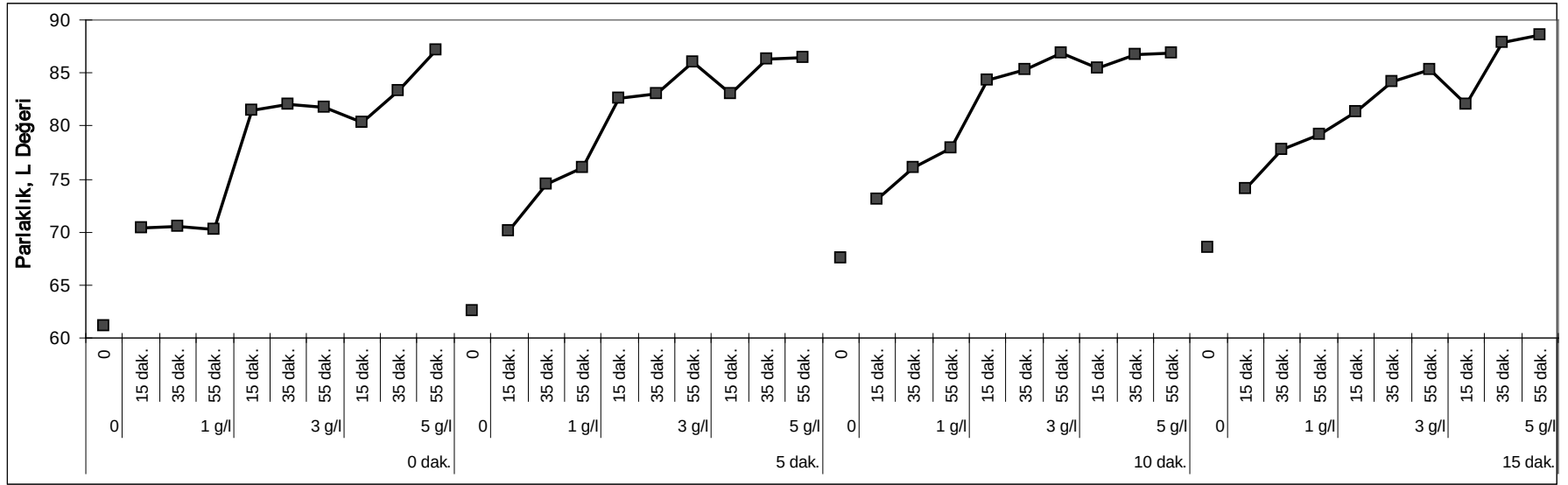


55 dak.
(Beyazlık= 17,39; L*= 86,83)

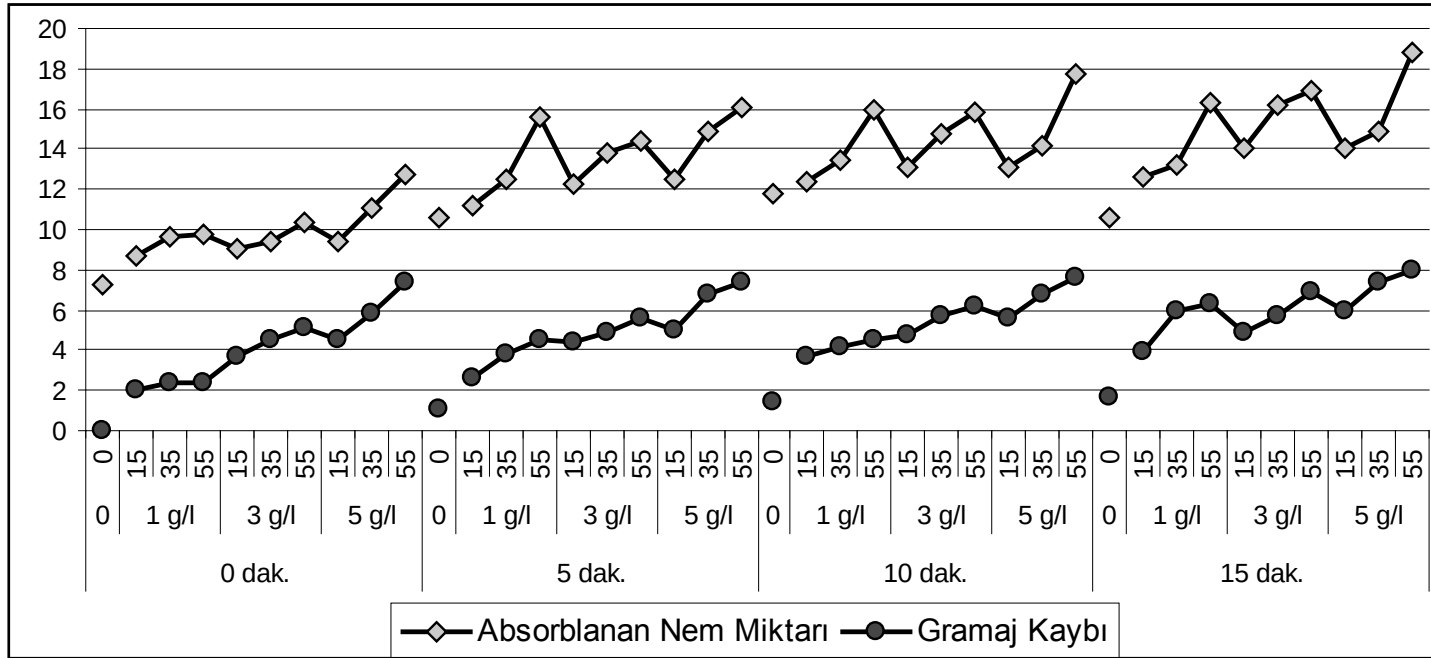
Ek 12 Ozon-Hidrojen Peroksit Kombine Ağartmasına Tabi Tutulmuş Keten Kumaşların Beyazlık Değerlerine “Hidrojen Peroksit Konsantrasyonu & Ozonlama Süresi”nin (a) ve “Hidrojen Peroksit Konsantrasyonu & Peroksit ile İşlem Süresi”nin (b) Etkisi



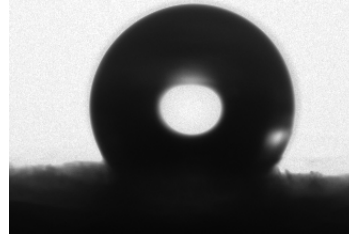
Ek 13 Ozon-Hidrojen Peroksit Kombine Ağartmasının Keten Kumaşların L* Değerleri Üzerine Etkisi



Ek 14 Ozon-Hidrojen Peroksit Kombine Ağartmasının Keten Kumaşların Nem Absorblama Özelliklerine ve Ağırlık Kaybı Değerlerine Olan Etkisi

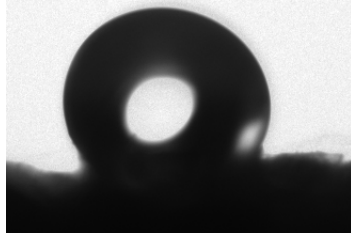


Ek 15 Ozon-Hidrojen Peroksit Kombine Ağartmasının Keten Kumaşların Temas Açısı Ölçüm Sonuçlarına Olan Etkisi

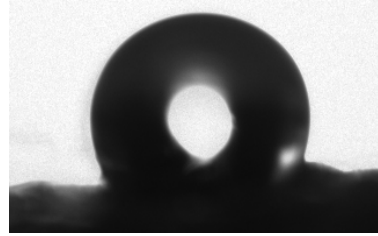


Ham keten kumaş (T > 2 dak.)

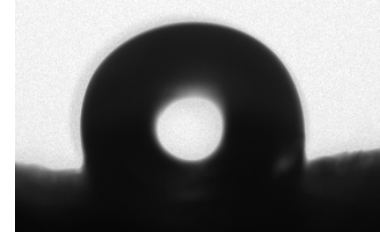
Ham keten kumaşlara ozonlama süresinin etkisi



5 dak. (T > 2 dak.)

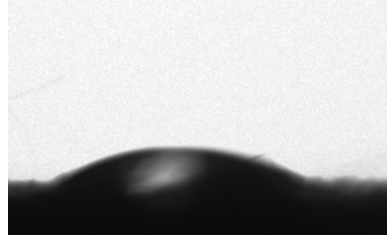


10 dak. (T > 2 dak.)

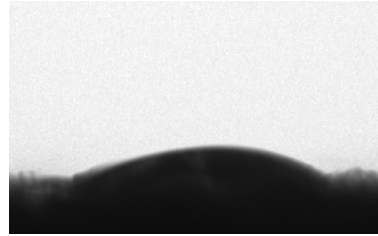


15 dak. (T > 2 dak.)

Ham keten kumaşlara hidrojenperoksit konsantrasyonunun etkisi (55 dak.)



1 g/l (T = 0.032 sn.)

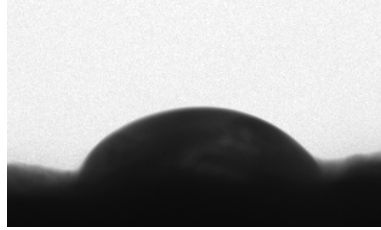


3 g/l (T = 0.016 sn.)

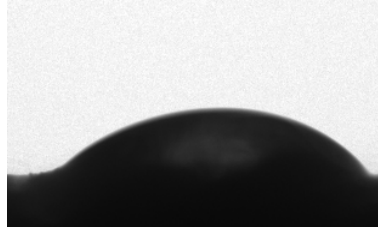
5 g/l (T = 0 sn.)

Ek 15 (devam)

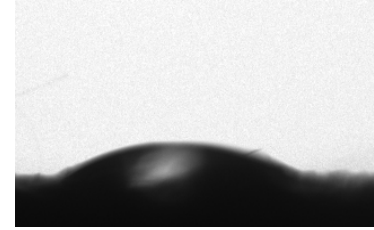
Ham keten kumaşlara hidrojenperoksit ile işlem süresinin etkisi (1 g/l)



15 dak. (T= 0,192 sn.)

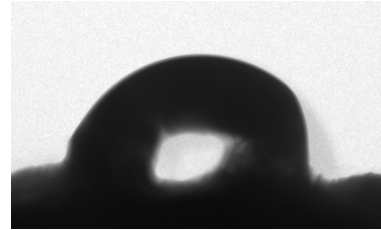


35 dak. (T= 0,180 sn.)

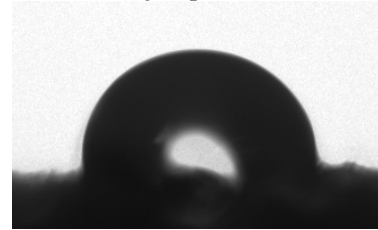


55 dak. (T= 0,086 sn.)

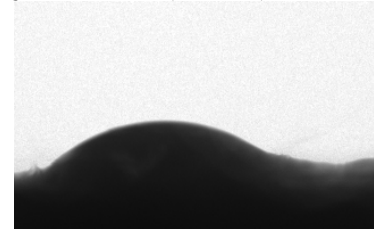
5 dak. ozonlanmış numunelere hidrojen peroksit konsantrasyonunun etkisi (35 dak.)



1 g/l (T= 0.192 sn.)

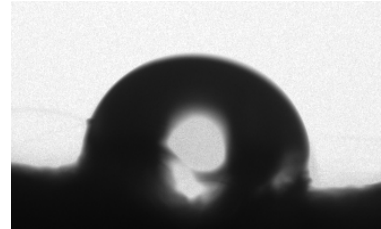


3 g/l (T= 0.112 sn.)

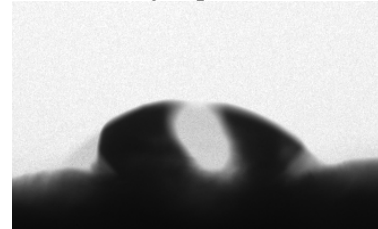


5 g/l (T= 0.032 sn.)

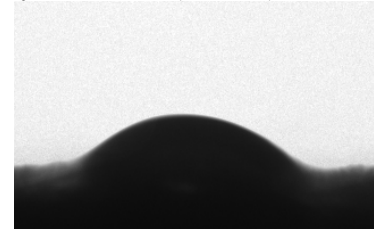
10 dak. ozonlanmış numunelere hidrojen peroksit konsantrasyonunun etkisi (35 dak.)



1 g/l (T= 0.064 sn.)



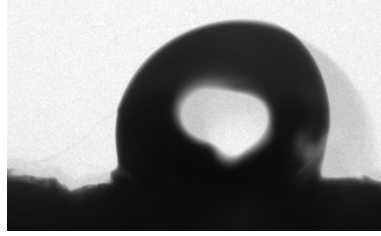
3 g/l (T= 0.032 sn.)



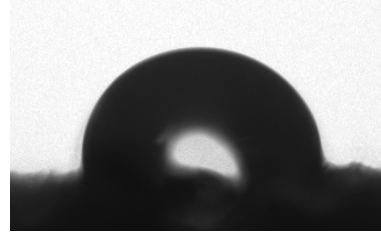
5 g/l (T= 0.016 sn.)

Ek 15 (devam)

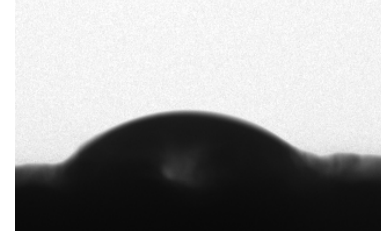
5 dak. ozonlanmış numunelere 3 g/l hidrojen peroksit ile işlem süresinin etkisi



15 dak. (T= 0.192 sn.)

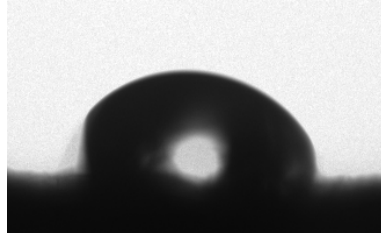


35 dak. (T= 0.112 sn.)

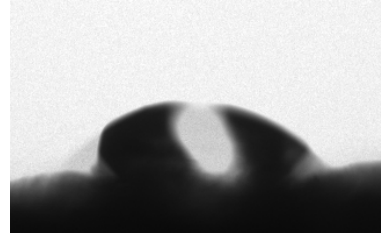


55 dak. (T= 0.016 sn.)

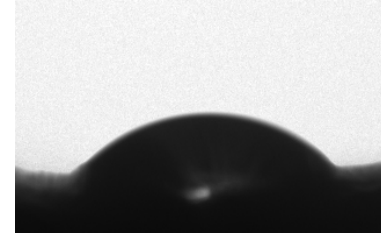
10 dak. ozonlanmış numunelere 3 g/l hidrojen peroksit ile işlem süresinin etkisi



15 dak. (T= 0.064 sn.)



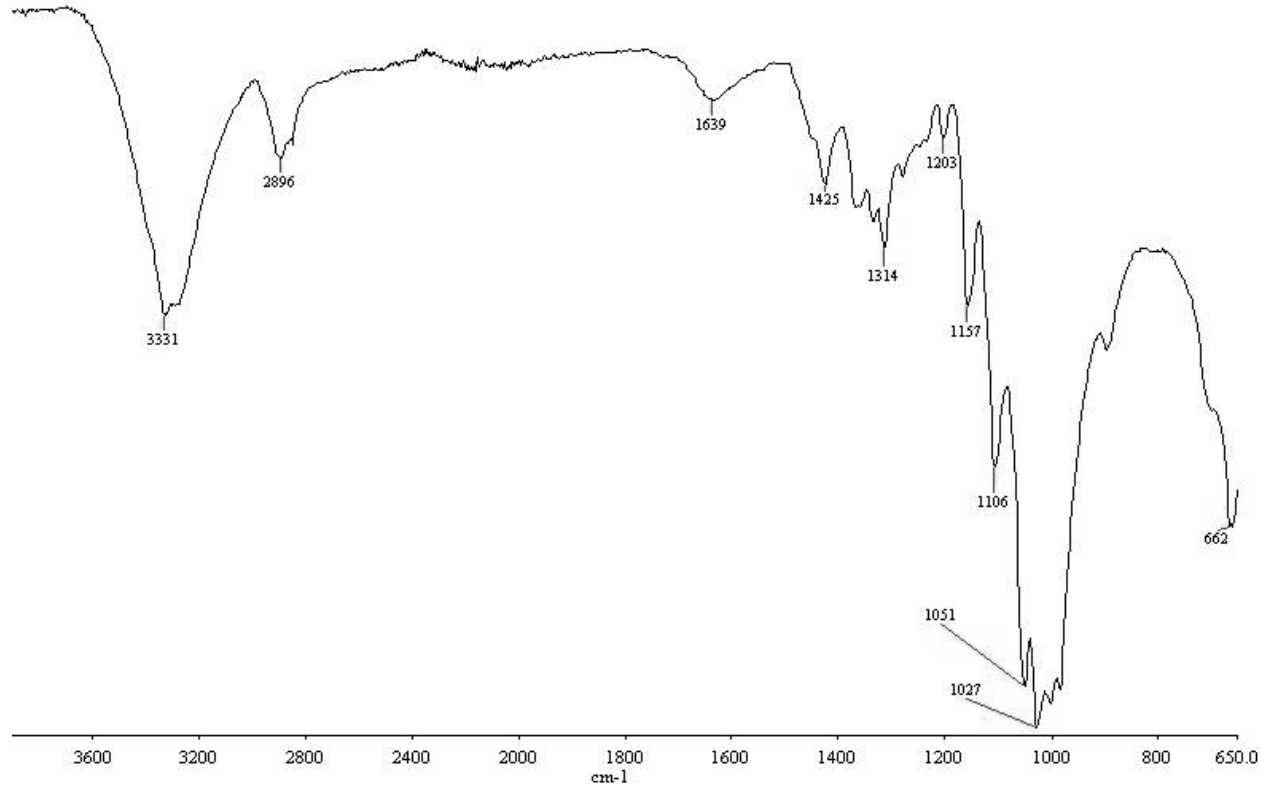
35 dak. (T= 0.032 sn.)



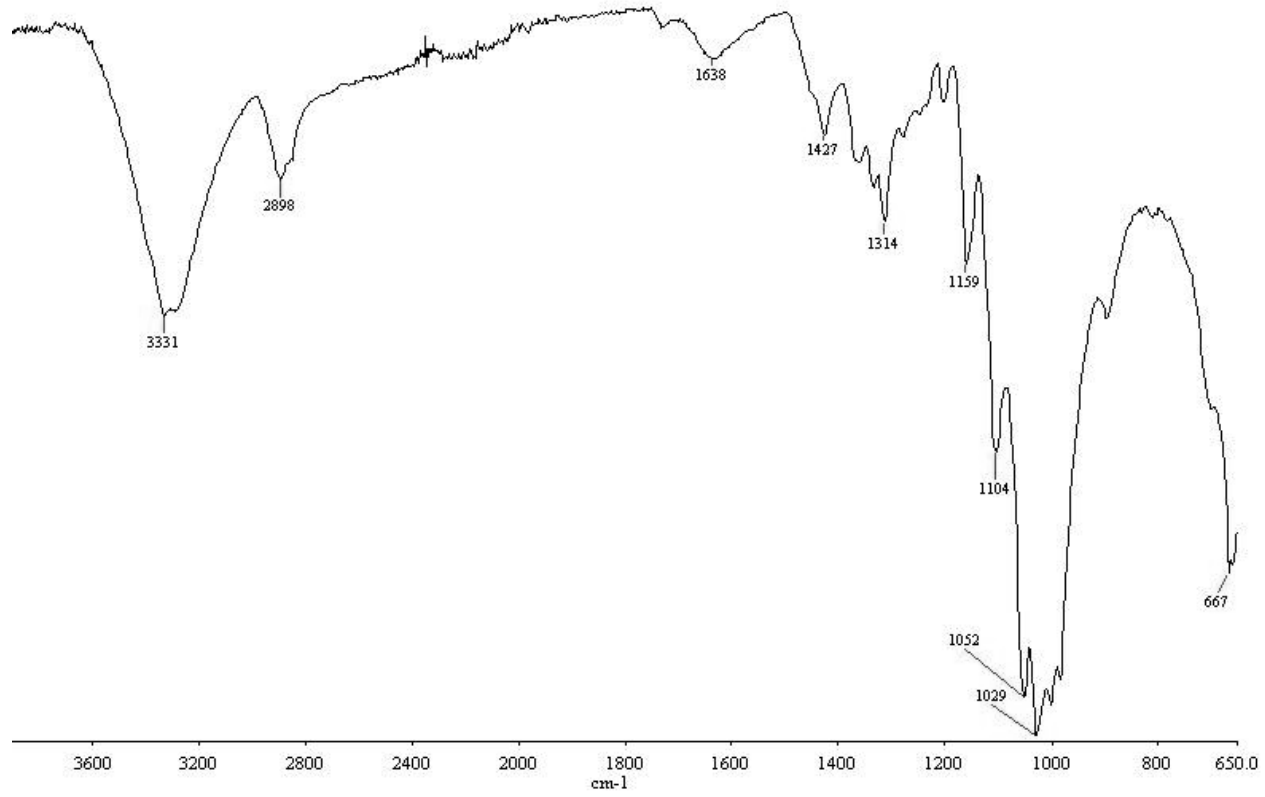
55 dak. (T= 0.016 sn.)

Ek 16 Ham ve Ozon Varlığında Ağartma İşlemi Görmüş Keten Kumaşlara Ait İnfrared Spektralar

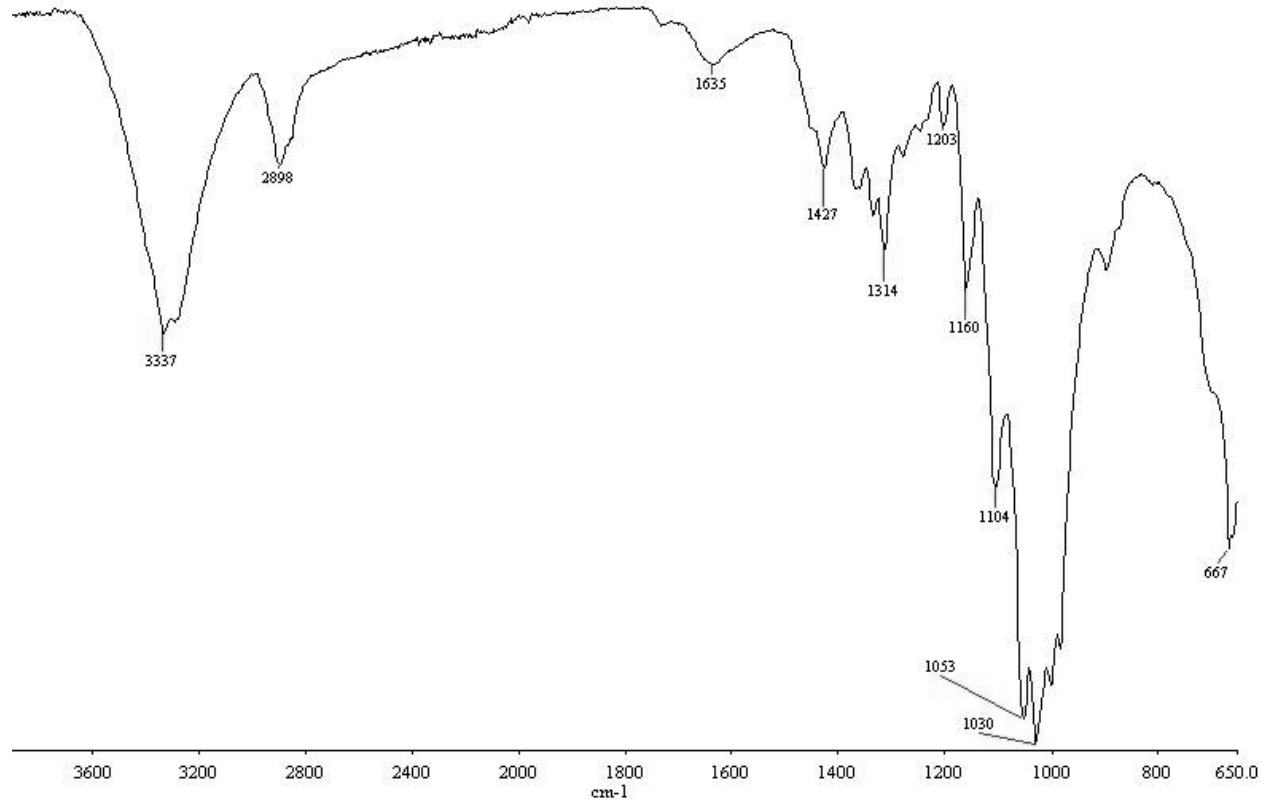
Ek 16a Ham keten kumaşa ait infrared spektra



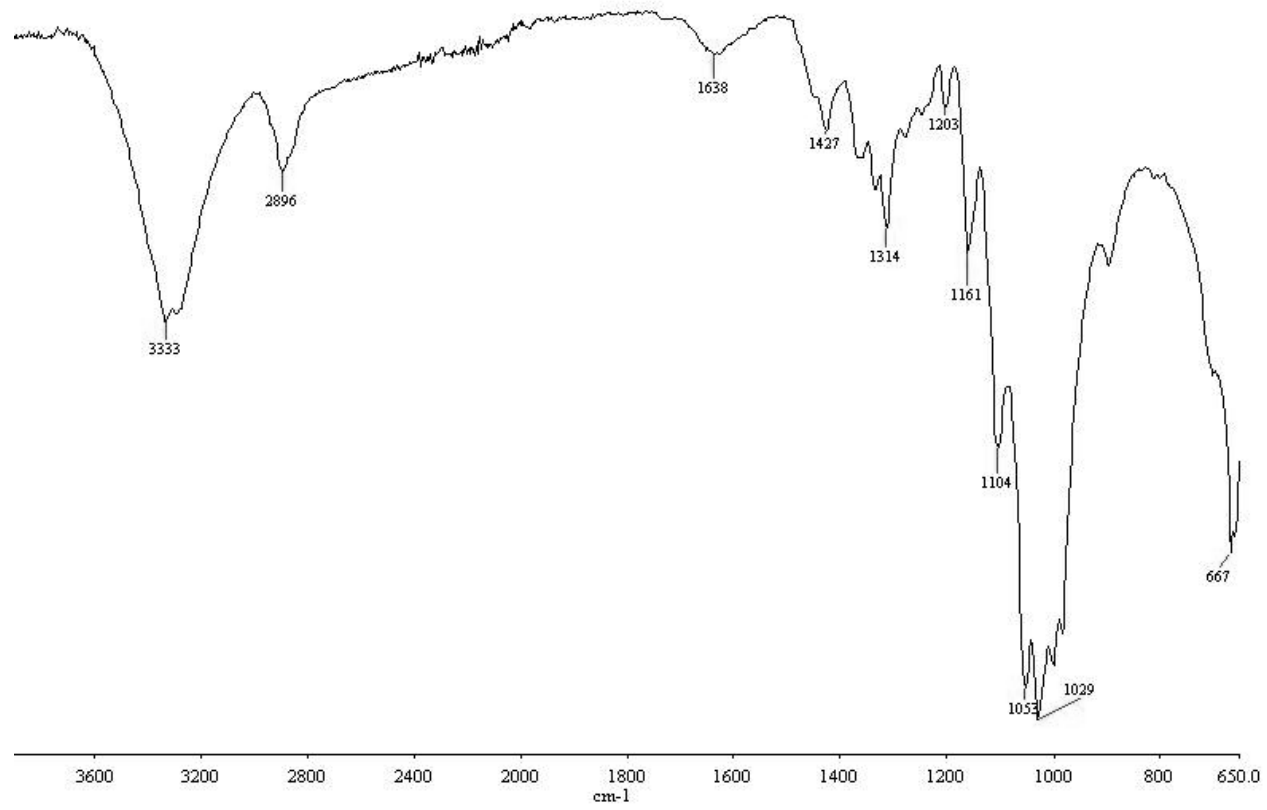
Ek 16b 5 dak. ozonlama sonrası 3 g/l hidrojen peroksit ile 35 dak. işlem görmüş numuneye (3) ait infrared spektra



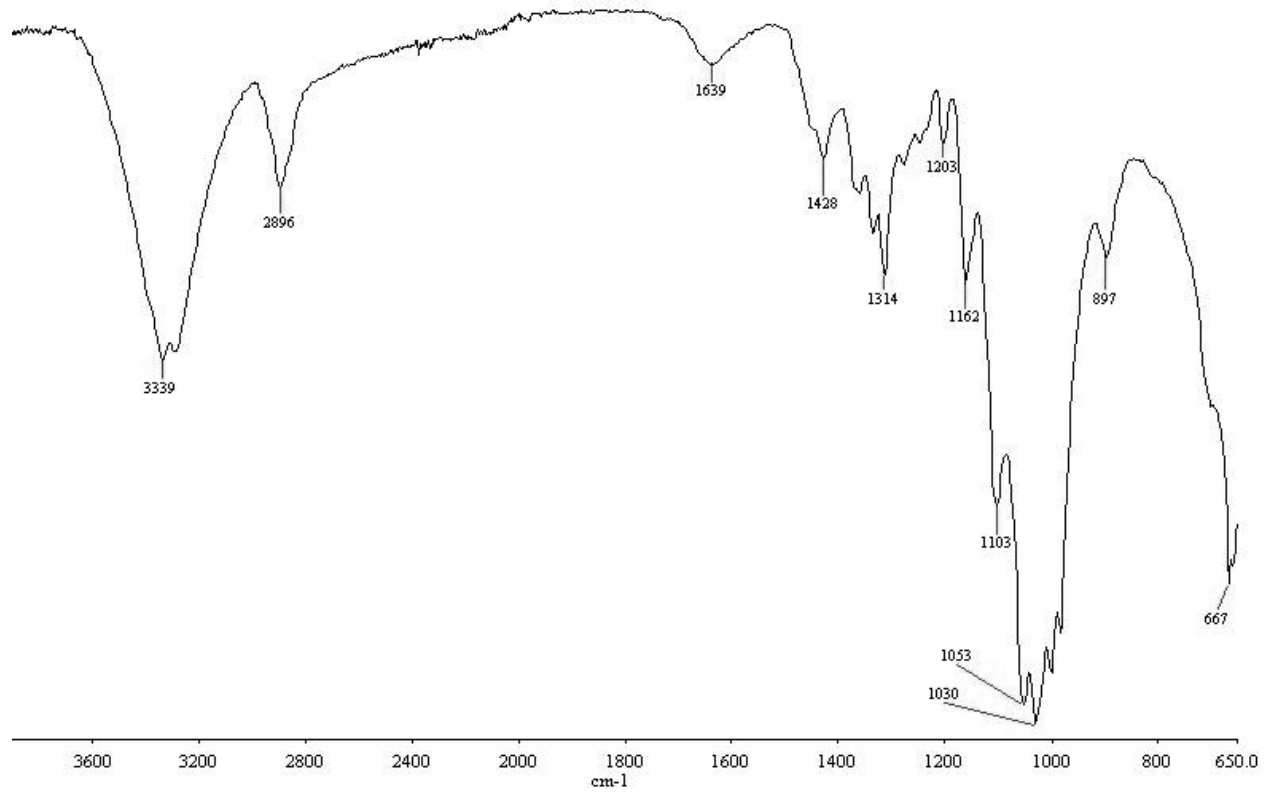
Ek 16c 15 dak. ozonlama sonrası 3 g/l hidrojen peroksit ile 35 dak. işlem görmüş numuneye (10) ait infrared spektra



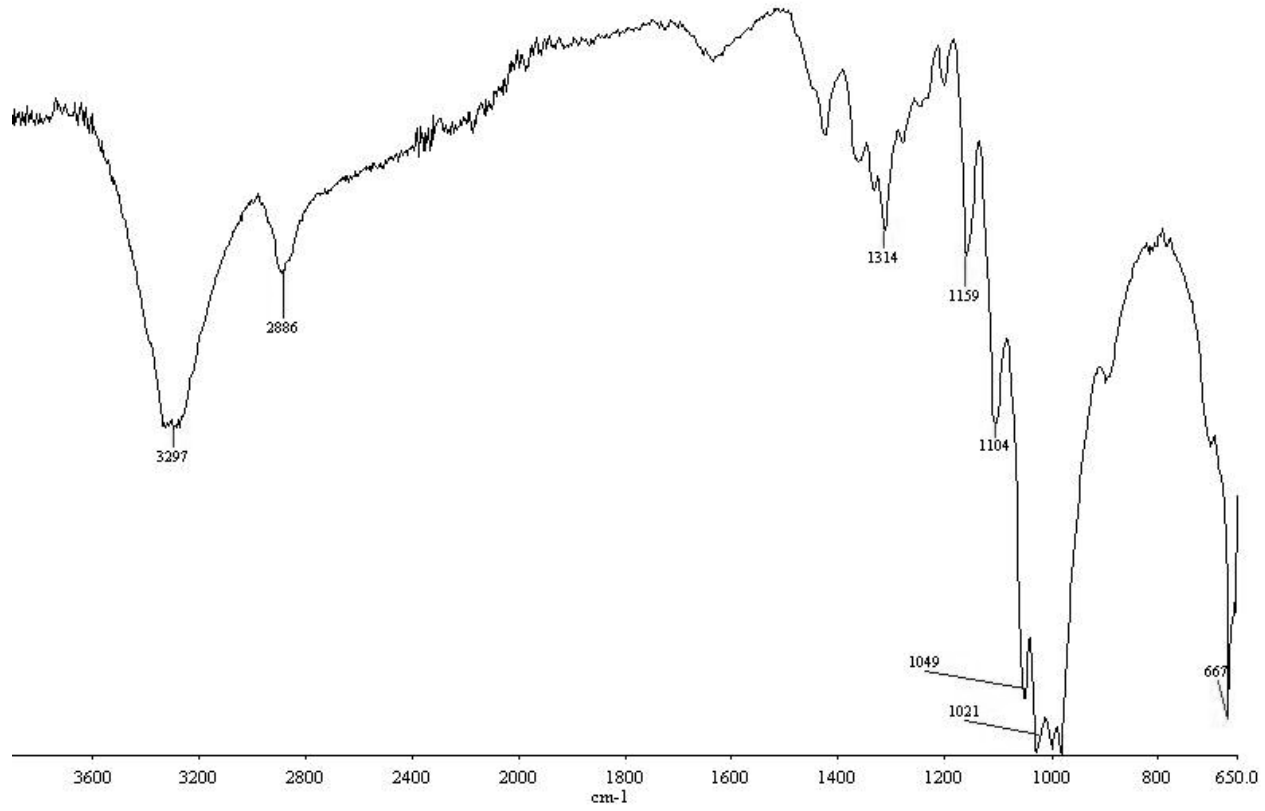
Ek 16d 10 dak. ozonlama sonrası 1 g/l hidrojen peroksit ile 35 dak. işlem görmüş numuneye (4) ait infrared spektra



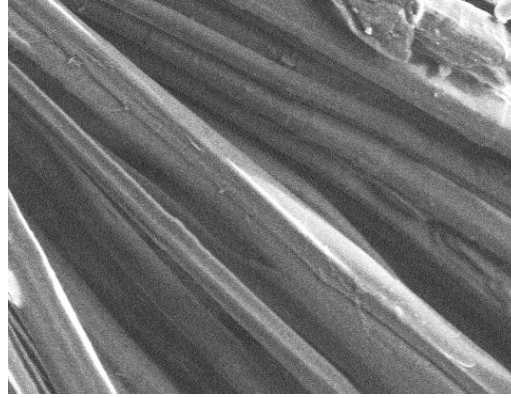
Ek 16e 10 dak. ozonlama sonrası 5 g/l hidrojen peroksit ile 35 dak. işlem görmüş numuneye (11) ait infrared spektra



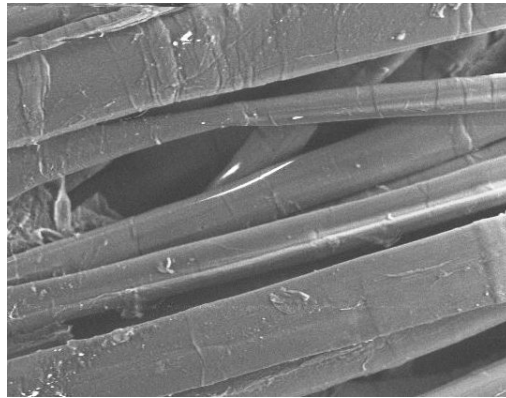
Ek 16f 10 dak. ozonlama sonrası 5 g/l hidrojen peroksit ile 55 dak. işlem görmüş numuneye (15) ait infrared spektra



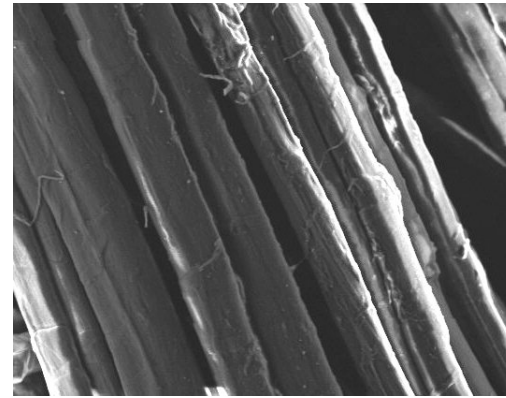
**Ek 17 Ham ve Ozon Varlığında Ağartma İşlemine Tabi Tutulmuş Keten Kumaşlara Ait Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüleri
(1000 Büyütme)**



Ham keten kumaş

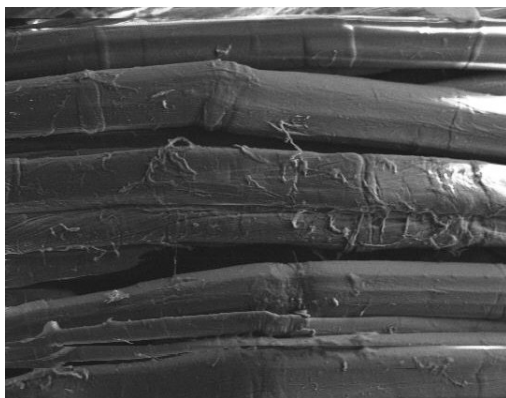


3

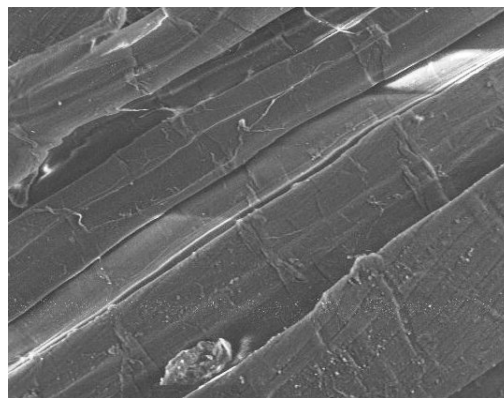


10

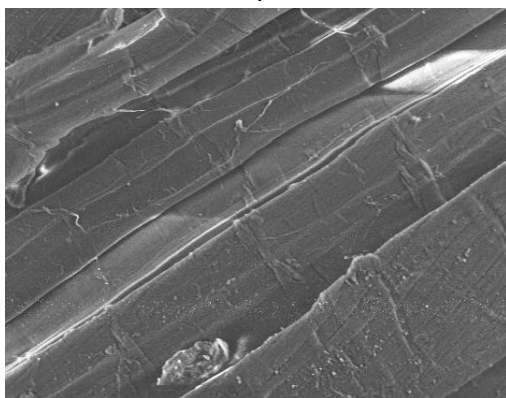
Ek 17 (devam)



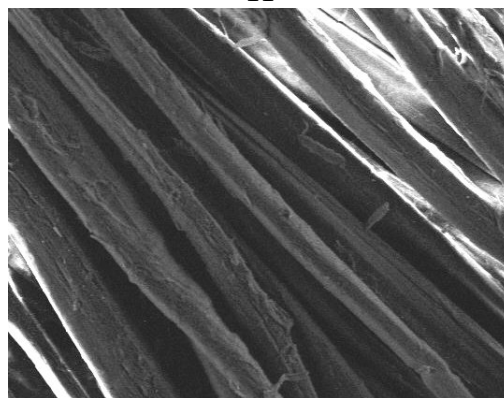
4



11



11



15

**Ek 18 Ultraviyole Enerjisi Varlığında Ağartma İşlemine Tabi Tutulmuş
Keten Kumaşların Beyazlık, L*, Ağırlık Kaybı ve Nem Absorblama
Değerlerine İlişkin Varyans Analizi**

	Source	df	Seq. SS	Adj. SS	Adj. MS	F	P
Beyazlık Değeri $R^2 = \%92,4$ $R^2 (adj) = \%86,4$	Regression	20	2323,02	2323,02	116,51	15,24	0,000
	Linear	5	1240,32	1240,32	248,064	32,56	0,000
	Square	5	773,17	773,17	154,634	20,30	0,000
	Interaction	10	309,53	309,53	30,953	4,06	0,002
	Residual Error	25	190,48	190,48	7,619		
	Lack of fit	20	189,18	189,18	9,459	36,47	0,000
	Pure error	5	1,3	1,3	0,259		
	Total	45	2513,49				
L Değeri $R^2 = \%92,8$ $R^2 (adj) = \%87,0$	Regression	20	95,881	95,881	4,7940	15,99	0,000
	Linear	5	50,344	50,344	10,0689	33,59	0,000
	Square	5	17,849	17,849	3,5699	11,91	0,000
	Interaction	10	27,687	27,687	2,7687	9,24	0,000
	Residual Error	25	7,494	7,494	0,2998		
	Lack of fit	20	5,920	5,920	0,2960	0,94	0,591
	Pure error	5	1,575	1,575	0,3149		
	Total	45	103,375				
Ağırlık Kaybı, % $R^2 = \%94,3$ $R^2 (adj) = \%89,7$	Regression	20	22,9899	22,9899	1,14950	20,62	0,000
	Linear	5	12,9188	12,9188	2,58377	46,36	0,000
	Square	5	3,7136	3,7136	0,74272	13,33	0,000
	Interaction	10	6,3575	6,3575	0,63575	11,41	0,000
	Residual Error	25	1,3934	1,3934	0,05574		
	Lack of fit	20	1,2363	1,2363	0,06182	1,97	0,233
	Pure error	5	0,1571	0,1571	0,03142		
	Total	45	24,3833				
Absorblanan Nem Miktarı, % $R^2 = \%94,5$ $R^2 (adj) = \%90,1$	Regression	20	1,47604	1,47604	0,073802	21,45	0,000
	Linear	5	0,80719	0,80719	0,161437	46,92	0,000
	Square	5	0,59612	0,596125	0,119225	34,66	0,000
	Interaction	10	0,07273	0,072725	0,007273	2,11	0,063
	Residual Error	25	0,08601	0,086008	0,00344		
	Lack of fit	20	0,07887	0,078875	0,003944	2,76	0,131
	Pure error	5	0,00713	0,007133	0,001427		
	Total	45	1,56205				

**Ek 19 Ultraviyole Enerjisi Varlığında Ağartma İşlemine Tabi Tutulmuş
Keten Kumaşların Beyazlık, L*, Ağırlık Kaybı, Nem Absorblama
Değerlerindeki Değişime İlişkin Gerçekleşen ve Geliştirilen Model
Tarafından Tahminlenen Değerler**

No:	Beyazlık Değişimi, %		No:	Beyazlık Değişimi, %	
	Gerçekleşen	Tahminlenen		Gerçekleşen	Tahminlenen
1	-23,25	-23,74	24	-13,33	-15,45
2	-23,40	-21,44	25	-23,94	-22,61
3	-17,09	-15,70	26	-25,75	-30,15
4	-23,48	-23,74	27	-17,63	-21,57
5	-36,66	-34,80	28	-15,58	-15,78
6	-24,51	-23,74	29	-29,45	-32,17
7	-29,69	-32,32	30	-30,55	-29,83
8	-24,75	-23,65	31	-29,81	-30,77
9	-35,89	-32,13	32	-13,62	-17,11
10	-36,35	-33,21	33	-27,87	-28,67
11	-34,63	-34,67	34	-26,34	-29,82
12	-35,73	-33,01	35	-33,95	-33,30
13	-10,34	-6,39	36	-18,84	-19,69
14	-22,79	-24,73	37	-23,46	-23,74
15	-34,17	-34,31	38	-22,40	-23,22
16	-36,33	-36,95	39	-31,24	-29,97
17	-16,77	-15,14	40	-33,01	-34,83
18	-32,92	-29,20	41	-39,03	-39,23
19	-23,50	-23,74	42	-32,49	-29,90
20	-24,25	-23,74	43	-29,97	-31,84
21	-31,44	-30,86	44	-41,09	-40,57
22	-34,07	-32,91	45	-23,09	-24,26
23	-35,32	-33,15	46	-23,69	-25,74
No:	L* Değişimi, %		No:	L* Değişimi, %	
	Gerçekleşen	Tahminlenen		Gerçekleşen	Tahminlenen
1	73,65	73,74	24	75,29	74,94
2	75,77	75,62	25	72,37	73,04
3	77,52	77,62	26	72,3	72,42
4	73,09	73,74	27	76,25	76,37
5	74,22	74,27	28	76,83	77,12
6	73,16	73,74	29	73,15	73,17
7	73,22	73,13	30	74,88	74,71
8	75,20	75,11	31	73,44	73,46
9	70,22	70,25	32	75,37	75,15
10	74,63	74,22	33	72,89	72,93
11	70,51	71,01	34	73,98	72,93
12	74,47	74,48	35	73,52	73,43
13	77,22	77,74	36	75,55	74,35
14	74,73	74,33	37	74,17	73,74
15	74,86	74,73	38	73,62	73,47
16	73,19	73,25	39	72,45	73,34
17	75,56	75,83	40	73,69	73,77
18	72,76	73,05	41	74,44	74,205
19	73,86	73,74	42	72,86	72,62
20	74,52	73,74	43	73,98	74,14
21	73,84	73,44	44	72,46	72,67
22	73,38	73,66	45	75,76	75,83
23	72,45	72,92	46	74,49	74,66

Ek 19 (devam)

No:	Ağırlık Kaybı, %		No:	Ağırlık Kaybı, %	
	Gerçekleşen	Tahminlenen		Gerçekleşen	Tahminlenen
1	4,69	4,67	24	4,22	4,35
2	4,46	4,24	25	2,67	2,79
3	4,66	4,92	26	3,26	3,35
4	4,73	4,66	27	4,57	4,60
5	3,89	4,00	28	5,74	5,77
6	4,42	4,66	29	3,85	3,94
7	3,51	3,37	30	4,58	4,49
8	4,18	3,96	31	4,47	4,45
9	1,98	2,10	32	4,20	4,34
10	3,74	3,58	33	3,05	3,32
11	3,70	3,85	34	3,47	3,23
12	4,26	4,46	35	3,94	3,90
13	4,93	4,89	36	4,73	4,33
14	4,11	3,94	37	4,54	4,66
15	4,02	3,84	38	3,36	3,11
16	3,91	3,91	39	3,40	3,70
17	4,74	4,89	40	3,65	3,63
18	4,38	4,34	41	3,29	3,30
19	4,63	4,66	42	4,22	4,02
20	4,94	4,66	43	4,41	4,45
21	4,79	4,44	44	2,37	2,33
22	2,73	2,94	45	4,27	4,49
23	3,55	3,82	46	3,96	3,87
No:	Absorblanan Nem Miktarı, %		No:	Absorblanan Nem Miktarı, %	
	Gerçekleşen	Tahminlenen		Gerçekleşen	Tahminlenen
1	7,00	7,03	24	7,09	7,03
2	6,82	6,89	25	7,16	7,18
3	7,27	7,27	26	7,35	7,36
4	7,07	7,03	27	7,36	7,38
5	7,57	7,55	28	7,02	7,00
6	7,00	7,03	29	7,25	7,24
7	7,23	7,29	30	7,05	7,02
8	7,32	7,36	31	6,86	6,86
9	7,11	7,12	32	7,20	7,21
10	7,06	7,07	33	7,26	7,12
11	6,92	7,02	34	7,02	7,01
12	7,33	7,22	35	6,82	6,84
13	7,03	7,04	36	7,09	7,07
14	7,37	7,42	37	7,01	7,03
15	7,48	7,54	38	7,13	7,11
16	7,24	7,30	39	6,98	6,99
17	7,23	7,21	40	7,28	7,25
18	7,24	7,24	41	7,35	7,36
19	7,08	7,03	42	7,38	7,37
20	7,00	7,03	43	6,91	6,91
21	7,18	7,17	44	7,45	7,41
22	7,34	7,32	45	6,89	6,94
23	7,28	7,24	46	6,87	6,88

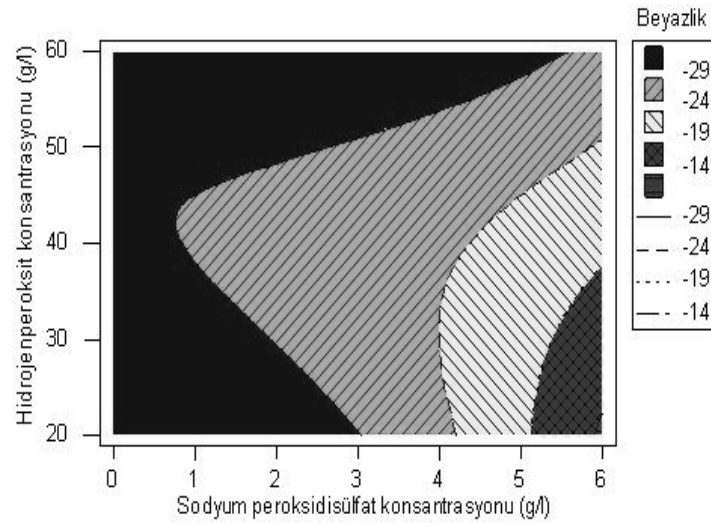
Ek 20 Beyazlık, L*, Ağırlık Kaybı, Nem Absorblama Değerlerine İlişkin Regresyon Modelini İfade Eden Denklem (17)-(20)'de Yer Alan Her Bir Bağımsız Değişkenin Katsayısı ve P-değerleri

	Unsur	Katsayı	StDev	T	P
Beyazlık Değeri	Sabit	-138,79	17,22	-8,06	0,000
	HK	1,2439	0,3106	4,00	0,000
	PK	5,667	1,939	2,92	0,007
	SK	1,2367	0,3948	3,13	0,004
	UVS	30,408	6,212	4,90	0,000
	UVM	3,9549	0,9214	4,29	0,000
	HK ²	-0,012383	0,002336	-5,30	0,000
	PK ²	0,1672	0,1038	1,61	0,120
	SK ²	0,011608	0,004153	2,80	0,010
	UVS ²	-5,4365	0,9344	-5,82	0,000
	UVM ²	-0,07777	0,01907	-4,08	0,000
	HK*PK	-0,07471	0,02300	-3,25	0,003
	HK*SK	-0,005300	0,004600	-1,15	0,260
	HK*UVS	0,07000	0,06901	1,01	0,320
	HK*UVM	-0,009982	0,009858	-1,01	0,321
	PK*SK	0,03389	0,03067	1,1	0,280
	PK*UVS	-0,1542	0,4600	-0,34	0,740
	PK*UVM	-0,13774	0,06572	-2,10	0,046
	SK*UVS	-0,39000	0,09201	-4,24	0,000
	SK*UVM	-0,02186	0,01314	-1,66	0,109
	UVS*UVM	-0,0961	0,1972	-0,49	0,630
L* Değeri	Sabit	65,100	3,416	19,06	0,000
	HK	0,34416	0,06161	5,59	0,000
	PK	0,6847	0,3846	1,78	0,087
	SK	0,22476	0,07830	2,87	0,008
	UVS	-1,015	1,232	-0,82	0,418
	UVM	-0,2208	0,1828	-1,21	0,238
	HK ²	-0,0018	0,0004633	-3,88	0,001
	PK ²	0,00361	0,02059	0,18	0,862
	SK ²	0,0032815	0,0008237	3,98	0,001
	UVS ²	0,7142	0,1853	3,85	0,001
	UVM ²	0,001803	0,003782	0,48	0,638
	HK*PK	-0,018083	0,004563	-3,96	0,001
	HK*SK	-0,00635	0,0009125	-6,96	0,000
	HK*UVS	-0,02187	0,01369	-1,60	0,123
	HK*UVM	0,001696	0,001955	0,87	0,394
	PK*SK	0,018222	0,006084	3,00	0,006
	PK*UVS	0,06833	0,09125	0,75	0,461
	PK*UVM	-0,01131	0,01304	-0,87	0,394
	SK*UVS	-0,06317	0,01825	-3,46	0,002
	SK*UVM	0,004214	0,002607	1,62	0,119
	UVS*UVM	0,00821	0,03911	0,21	0,835

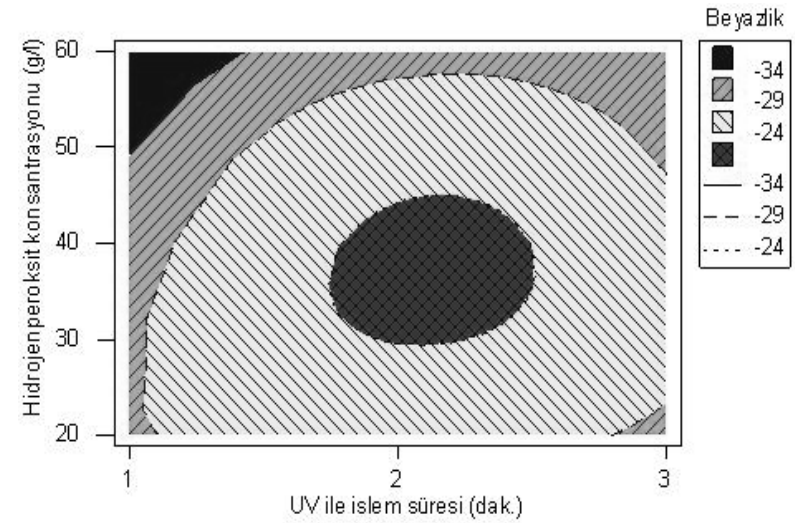
Ek 20 (devam)

	Unsur	Katsayı	StDev	T	P
Ağırlık Kaybı, %	Sabit	-6,551	1,473	-4,45	0,000
	HK	0,13588	0,02657	5,11	0,000
	PK	0,5468	0,1658	3,30	0,003
	SK	0,35908	0,03376	10,64	0,000
	UVS	2,1412	0,5313	4,03	0,000
	UVM	0,16134	0,07881	2,05	0,051
	HK ²	-0,0012802	0,0001998	-6,41	0,000
	PK ²	-0,037824	0,008879	-4,26	0,000
	SK ²	-0,00225	0,0003552	-6,33	0,000
	UVS ²	-0,24958	0,07992	-3,12	0,004
	UVM ²	-0,004311	0,001631	-2,64	0,014
	HK*PK	-0,003625	0,001967	-1,84	0,077
	HK*SK	-0,00345	0,0003935	-8,77	0,000
	HK*UVS	0,001125	0,005902	0,19	0,850
	HK*UVM	0,0017321	0,0008432	2,05	0,051
	PK*SK	0,005556	0,002623	2,12	0,044
	PK*UVS	-0,045	0,03935	-1,14	0,264
	PK*UVM	-0,010952	0,005621	-1,95	0,063
	SK*UVS	-0,033	0,007870	-4,19	0,000
	SK*UVM	-0,001667	0,001124	-1,48	0,151
	UVS*UVM	-0,00679	0,01686	-0,40	0,691
Absorblanan Nem Miktarı, %	Sabit	9,3025	0,3659	25,42	0,000
	HK	0,005924	0,0066	0,90	0,378
	PK	-0,01667	0,0412	-0,40	0,689
	SK	-0,022681	0,008388	-2,70	0,012
	UVS	-0,5016	0,132	-3,80	0,001
	UVM	-0,1775	0,01958	-9,07	0,000
	HK ²	0,0000151	0,00004964	0,30	0,763
	PK ²	0,000579	0,002206	0,26	0,795
	SK ²	0,00019352	0,00008824	2,19	0,038
	UVS ²	0,05521	0,01985	2,78	0,010
	UVM ²	0,0050553	0,0004052	12,48	0,000
	HK*PK	0,0004583	0,0004888	0,94	0,357
	HK*SK	0,00013333	0,00009776	1,36	0,185
	HK*UVS	-0,002375	0,001466	-1,62	0,118
	HK*UVM	-0,0003393	0,0002095	-1,62	0,118
	PK*SK	-0,0011111	0,0006517	-1,70	0,101
	PK*UVS	-0,006667	0,009776	-0,68	0,502
	PK*UVM	0,002500	0,001397	1,79	0,086
	SK*UVS	0,003333	0,001955	1,70	0,101
	SK*UVM	0,0002857	0,0002793	1,02	0,316
	UVS*UVM	0,006786	0,004190	1,62	0,118

Ek 21 Ultraviyole Enerjisi Varlığında Ağartma İşlemine Tabi Tutulan Ketan Kumaşların Beyazlık Değerlerine “Hidrojen Peroksit ve Sodyum Peroksidisülfat Konsantrasyonunun” (a), “Hidrojen Peroksit Konsantrasyonunun ve UV ile İşlem Süresinin” (b), “Hidrojen Peroksit ve Sodyum Hidroksit Konsantrasyonunun” (c), “Hidrojen Peroksit Konsantrasyonunun ve UV Lambası ile Kumaş Arasındaki Mesafenin” (d), “UV ile İşlem Süresinin ve UV Lambası ile Kumaş Arasındaki Mesafenin” (e), “Sodyum Peroksidisülfat ve Sodyum Hidroksit Konsantrasyonunun” (f) Etkisi

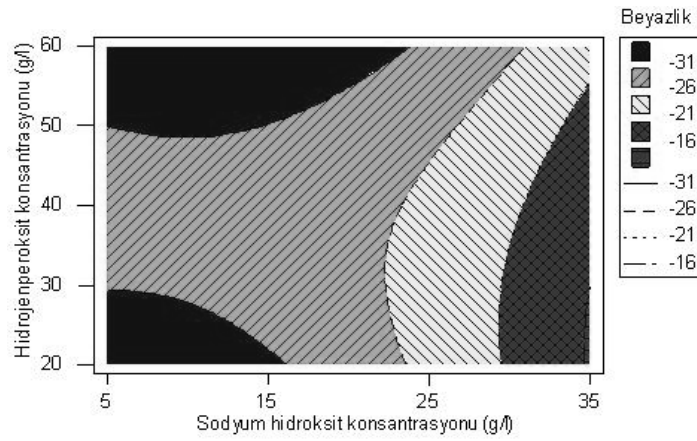


a

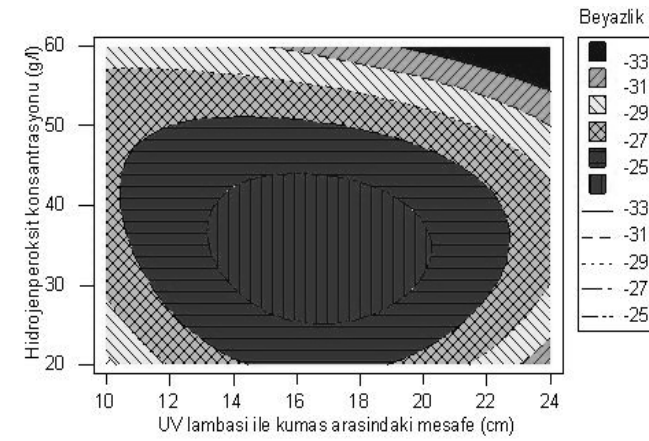


b

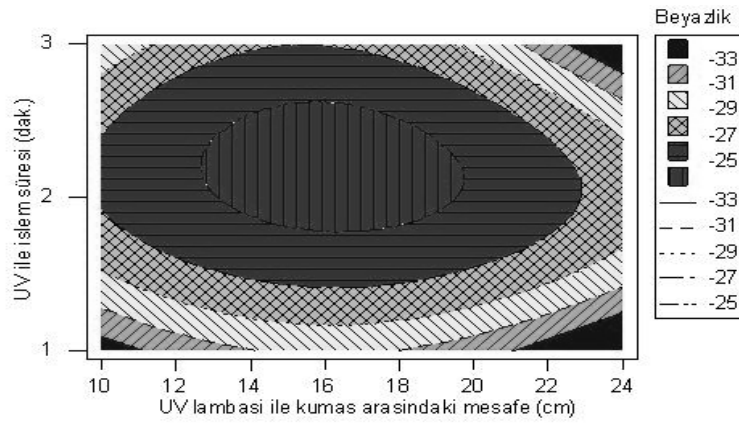
Ek 21 (devam)



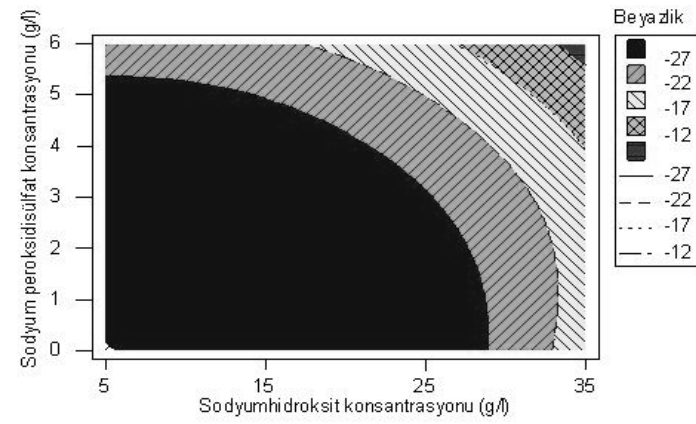
c



d



e



f

Ek 22 UV Enerjisi Varlığında Gerçekleştirilen Ağartma İşleminin Keten Kumaşların Beyazlık ve L* Değerlerine Olan Etkisi



Ham keten kumaş
(Beyazlık= -55,56; L*= 61,17)

Ham keten kumaşlara UV ile işlem süresinin etkisi

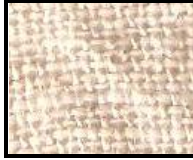


1 dak. (Beyazlık= -24,75; L*=75,20)



3 dak. (Beyazlık= -23,40; L*=75,77)

UV ile işlem sırasında kumaş ile UV lambası arasındaki mesafenin etkisi



10 cm (Beyazlık= -13,62; L*=75,37)



24 cm (Beyazlık= -22,79; L*=74,73)

Ek 22 (devam)

UV ile işlem sırasında kullanılan hidrojen peroksit konsantrasyonunun etkisi



20 g/l (Beyazlık= -35,89; L*=70,22)



60 g/l (Beyazlık= -36,35; L*=74,63)

UV ile işlem sırasında kullanılan sodyum hidroksit konsantrasyonunun etkisi



5 g/l (Beyazlık= -25,75; L*=72,30)



35 g/l (Beyazlık= -17,63; L*=76,25)

UV ile işlem sırasında kullanılan sodyum peroksidisülfat konsantrasyonunun etkisi

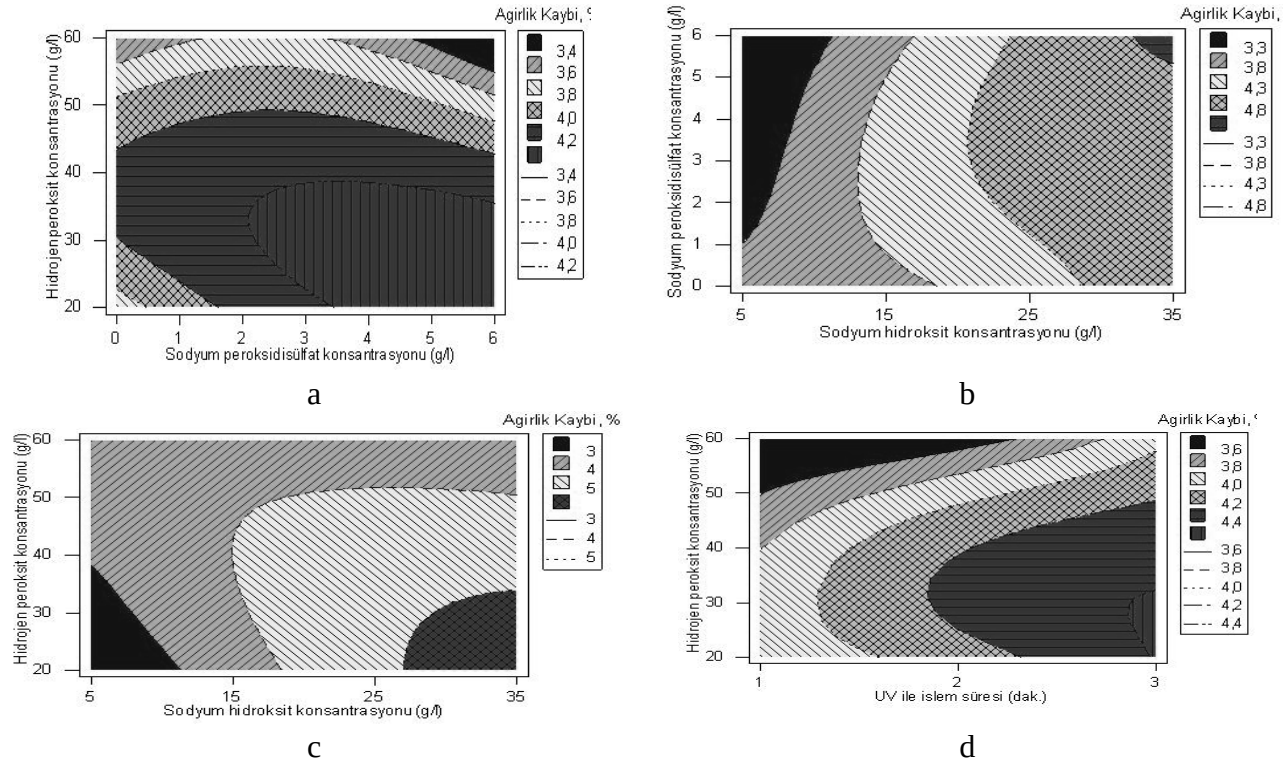


0 g/l (Beyazlık= -41,09; L*=72,46)

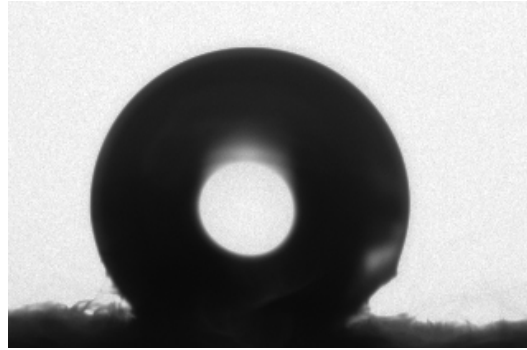


6 g/l (Beyazlık= -17,09; L*=77,52)

Ek 23 Ultraviyole Enerjisi Varlığında Ağartma İşlemine Tabi Tutulan Keten Kumaşların Ağırlık Kaybı Değerlerine “Hidrojen Peroksit ve Sodyum Peroksidisülfat Konsantrasyonunun” (a), “Sodyum Peroksidisülfat ve Sodyum Hidroksit Konsantrasyonunun” (b), “Hidrojen Peroksit ve Sodyum Hidroksit Konsantrasyonunun” (c), “Hidrojen Peroksit Konsantrasyonunun ve UV ile İşlem Süresinin” (d) Etkisi

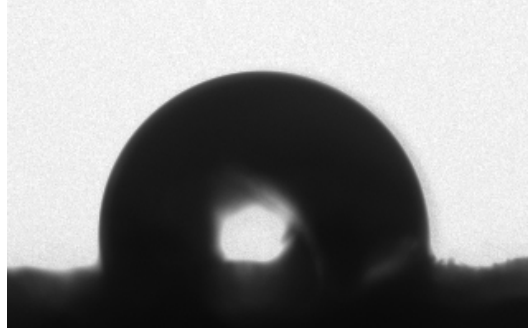


Ek 24 UV Enerjisi Varlığında Gerçekleştirilen Ağartma İşleminin Keten Kumaşların Temas Açısı Ölçüm Sonuçlarına Olan Etkisi

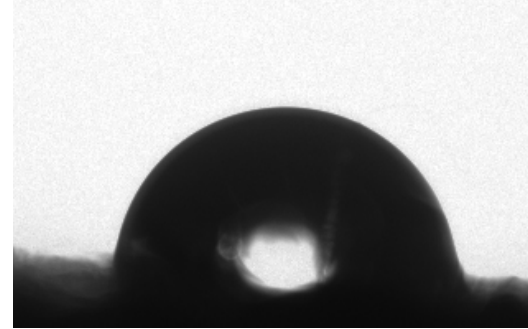


Ham keten kumaş ($T \geq 2$ dak.)

Ham keten kumaşlara UV ile işlem süresinin etkisi



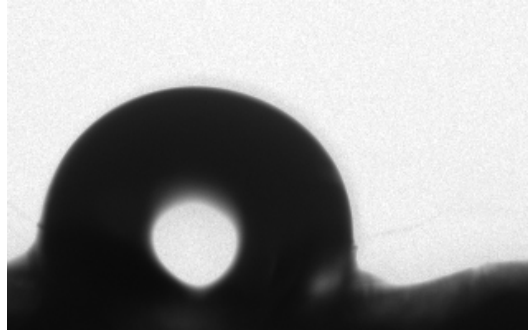
1 dak. ($T = 1,728$ sn.)



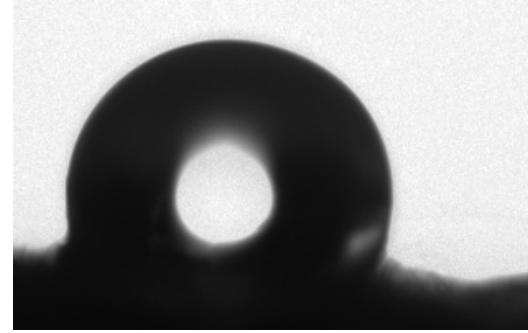
3 dak. ($T = 1,216$ sn.)

Ek 24 (devam)

UV ile işlem sırasında kumaş ile UV lambası arasındaki mesafenin etkisi

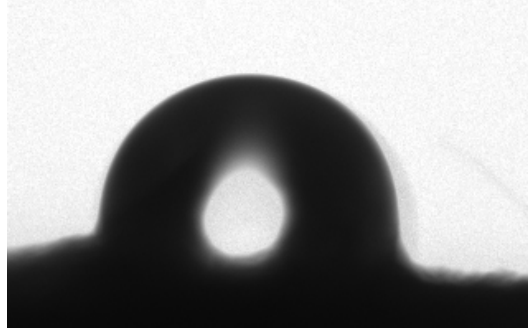


10 cm (T= 0,960 sn.)

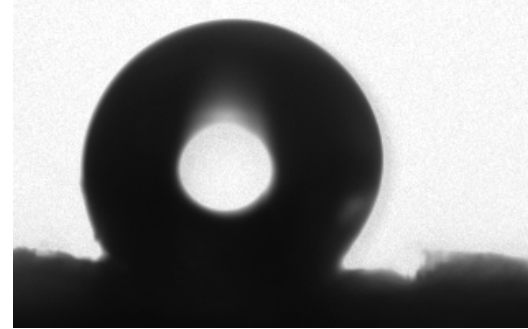


24 cm (T= 1,088 sn.)

UV ile işlem sırasında kullanılan hidrojen peroksit konsantrasyonunun etkisi



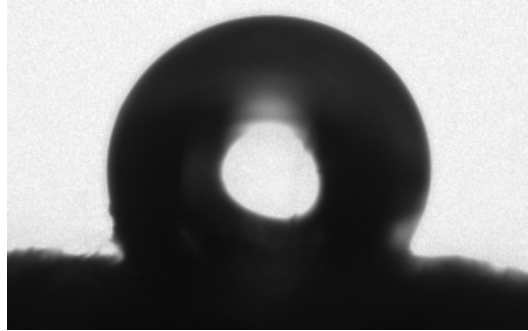
20 g/l (T= 1,472 sn.)



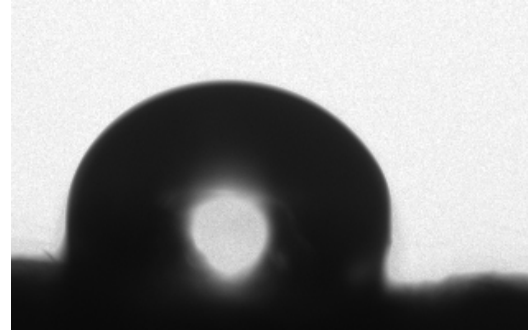
60 g/l (T= 1,472 sn.)

Ek 24 (devam)

UV ile işlem sırasında kullanılan sodyum hidroksit konsantrasyonunun etkisi

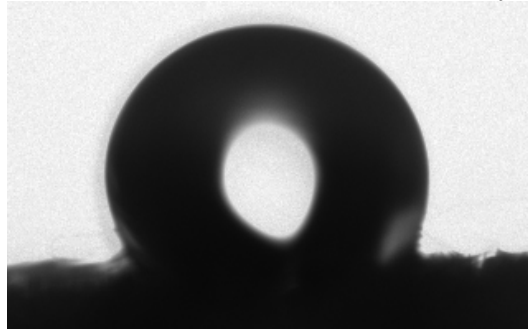


5 g/l (T= 0,832 sn.)

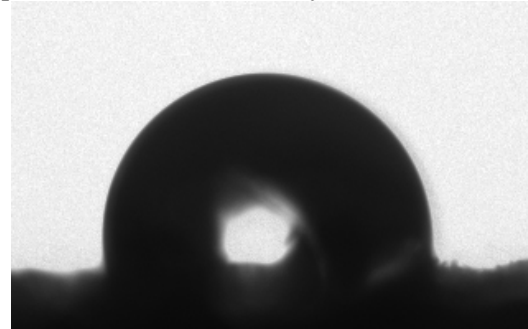


35 g/l (T= 0,192 sn.)

UV ile işlem sırasında kullanılan sodyum peroksidisülfat konsantrasyonunun etkisi



0 g/l (T= 1,728 sn.)



6 g/l (T= 0,960 sn.)

Ek 25 Ham ve UV Enerjisi Varlığında Ağartma İşlemine Tabi Tutulmuş Keten Kumaşlara Ait İnfrared Band İşaretleri

Ham kumaş ⁴⁹	Hidrojen peroksit Kons.		Sodyum peroksidisülfat Kons.		Sodyum hidroksit Kons.		UV ile işlem süresi		UV Lambasına olan mesafe		Olası İşaretler
	9	10	40	8	26	27	8	2	32	14	
3332	3331	3332	3331	3332	3331	3337	3332	3333	3335	3339	OH gerilimi
2898	2898	2896	2897	2898	2897	2898	2898	2896	2899	2898	CH ₂ ve CH ₃ gerilimi
1637	1637	1635	1636	1637	1636	1640	1637	1636	1637	1636	Lignindeki C-H deformasyonu
1427	1427	1427	1426	1427	1427	1428	1427	1426	1427	1427	Lignindeki aromatik C=C gerilimi
1314	1315	1314	1315	1314	1314	1314	1314	1314	1314	1314	C-H eğilimi
1160	1157	1159	1158	1160	1158	1160	1160	1158	1160	1159	Selüloz ve hemiselülozdaki C-O-C antisimetrik köprü gerilimi
1029	1028	1029	1028	1029	1028	1030	1029	1028	1029	1029	Selüloz, hemiselüloz ve lignindeki C-O gerilimi
890	896	892	890	890	897	898	890	897	898	897	β-glikozidik bağı

Kumaş no 49: Ham keten kumaş

Kumaş no 9: 20 g/l hidrojen peroksit, 6 g/l sodyum peroksidisülfat ve 20 g/l sodyum hidroksit içeren emdirme banyosu ile emdirilip, UV lambasından 17 cm uzağa yerleştirilerek 2 dakika UV ile işleme tabi tutulmuş keten kumaş

Kumaş no 10: 60 g/l hidrojen peroksit, 6 g/l sodyum peroksidisülfat ve 20 g/l sodyum hidroksit içeren emdirme banyosu ile emdirilip, UV lambasından 17 cm uzağa yerleştirilerek 2 dakika UV ile işleme tabi tutulmuş keten kumaş

Kumaş no 40: 40 g/l hidrojen peroksit ve 35 g/l sodyum hidroksit içeren emdirme banyosu ile emdirilip, UV lambasından 17 cm uzağa yerleştirilerek 1 dakika UV ile işleme tabi tutulmuş keten kumaş

Kumaş no 8: 40 g/l hidrojen peroksit, 12 g/l sodyum peroksidisülfat ve 35 g/l sodyum hidroksit içeren emdirme banyosu ile emdirilip, UV lambasından 17 cm uzağa yerleştirilerek 1 dakika UV ile işleme tabi tutulmuş keten kumaş

Kumaş no 26: 40 g/l hidrojen peroksit, 6 g/l sodyum peroksidisülfat ve 20 g/l sodyum hidroksit içeren emdirme banyosu ile emdirilip, UV lambasından 24 cm uzağa yerleştirilerek 2 dakika UV ile işleme tabi tutulmuş keten kumaş

Kumaş no 27: 40 g/l hidrojen peroksit, 6 g/l sodyum peroksidisülfat ve 50 g/l sodyum hidroksit içeren emdirme banyosu ile emdirilip, UV lambasından 24 cm uzağa yerleştirilerek 2 dakika UV ile işleme tabi tutulmuş keten kumaş

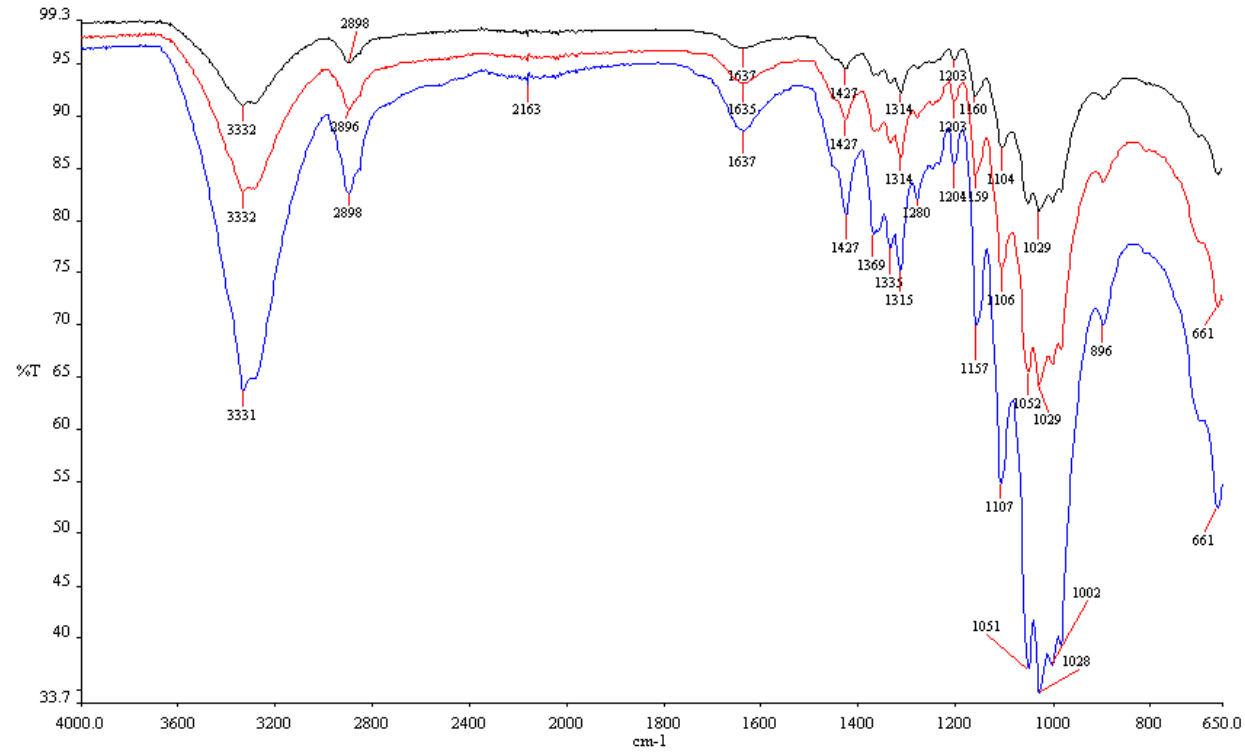
Kumaş no 2: 40 g/l hidrojen peroksit, 12 g/l sodyum peroksidisülfat ve 35 g/l sodyum hidroksit içeren emdirme banyosu ile emdirilip, UV lambasından 17 cm uzağa yerleştirilerek 3 dakika UV ile işleme tabi tutulmuş keten kumaş

Kumaş no 32: 40 g/l hidrojen peroksit, 12 g/l sodyum peroksidisülfat ve 35 g/l sodyum hidroksit içeren emdirme banyosu ile emdirilip, UV lambasından 10 cm uzağa yerleştirilerek 2 dakika UV ile işleme tabi tutulmuş keten kumaş

Kumaş no 14: 40 g/l hidrojen peroksit, 12 g/l sodyum peroksidisülfat ve 35 g/l sodyum hidroksit içeren emdirme banyosu ile emdirilip, UV lambasından 24 cm uzağa yerleştirilerek 2 dakika UV ile işleme tabi tutulmuş keten kumaş

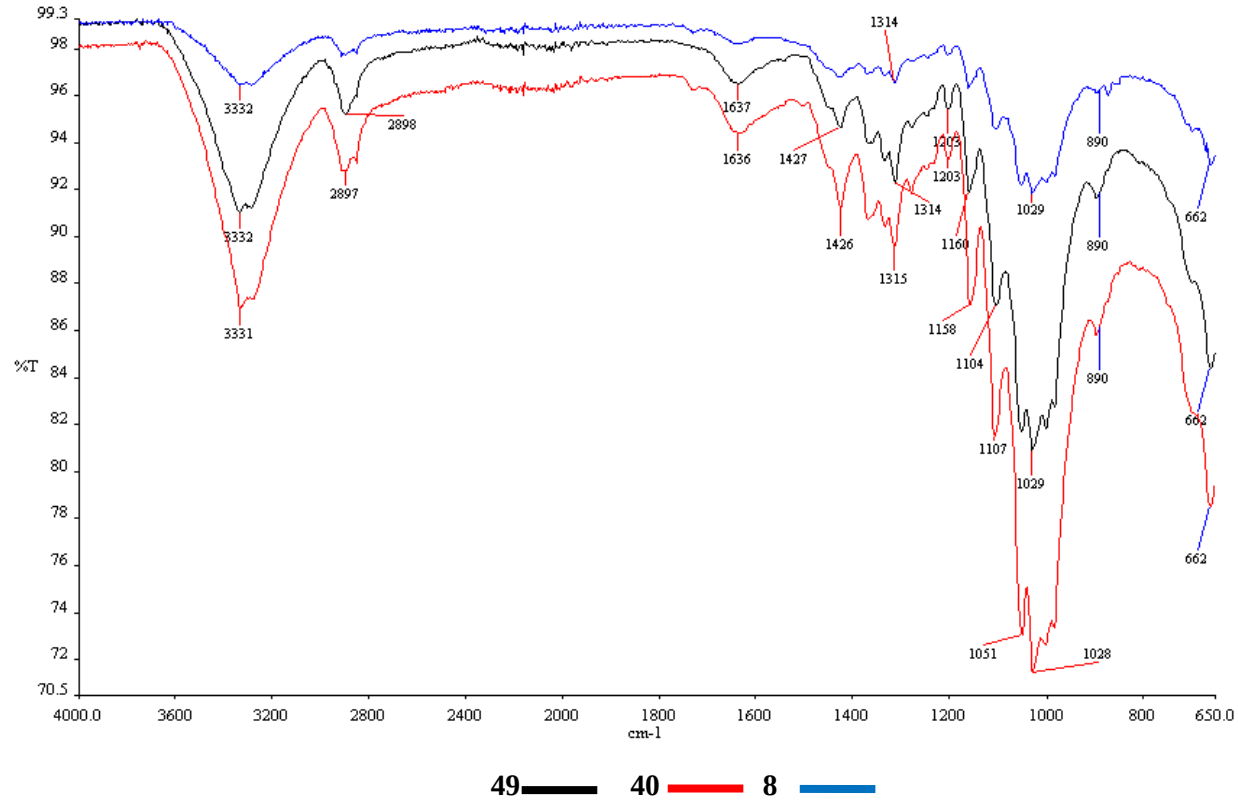
Ek 26 Ham ve UV Enerjisi Varlığında Ağartma İşlemine Tabi Tutulmuş Keten Kumaşlara Ait İnfrared Spektralar

Ek 26a Hidrojen peroksit konsantrasyonunun etkisini gösteren 49-9-10 nolu kumaşlara ait infrared spektra

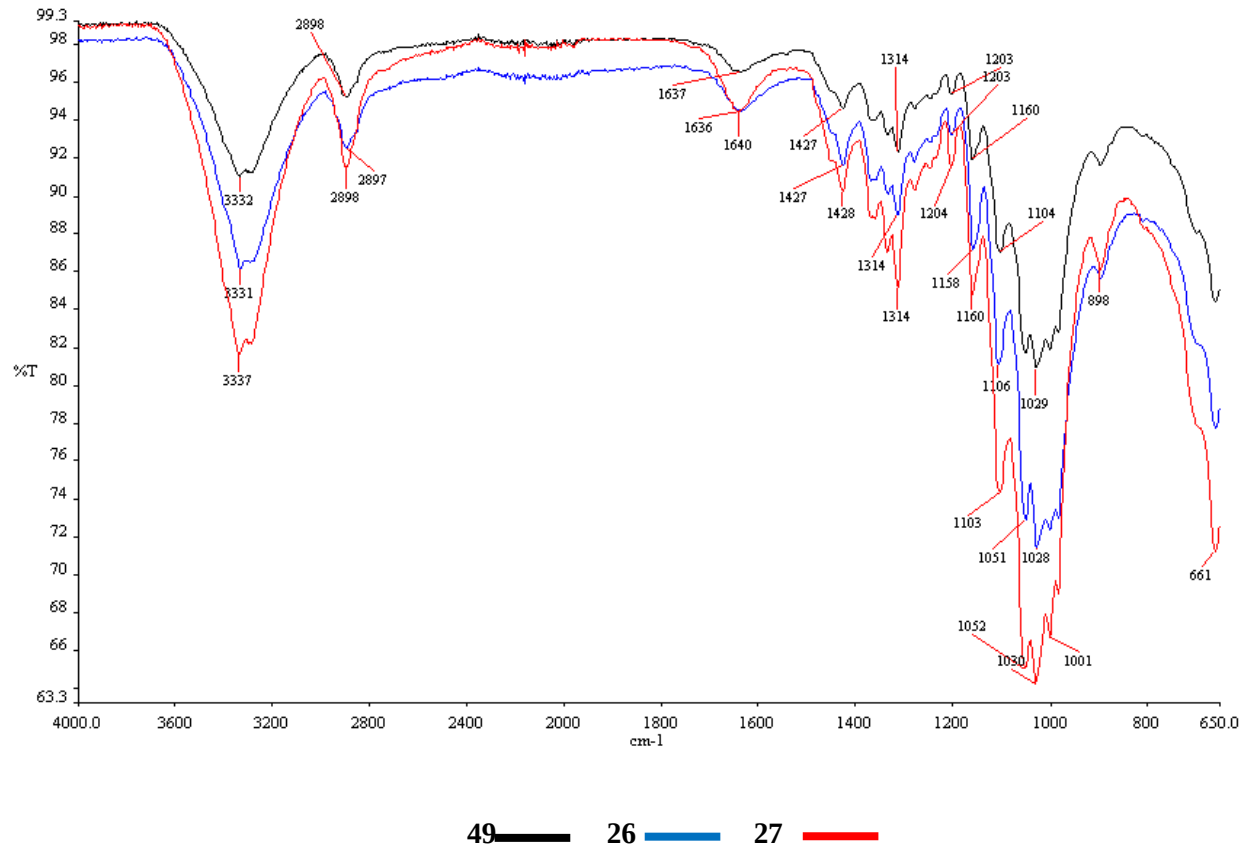


49 — 9 — 10 —

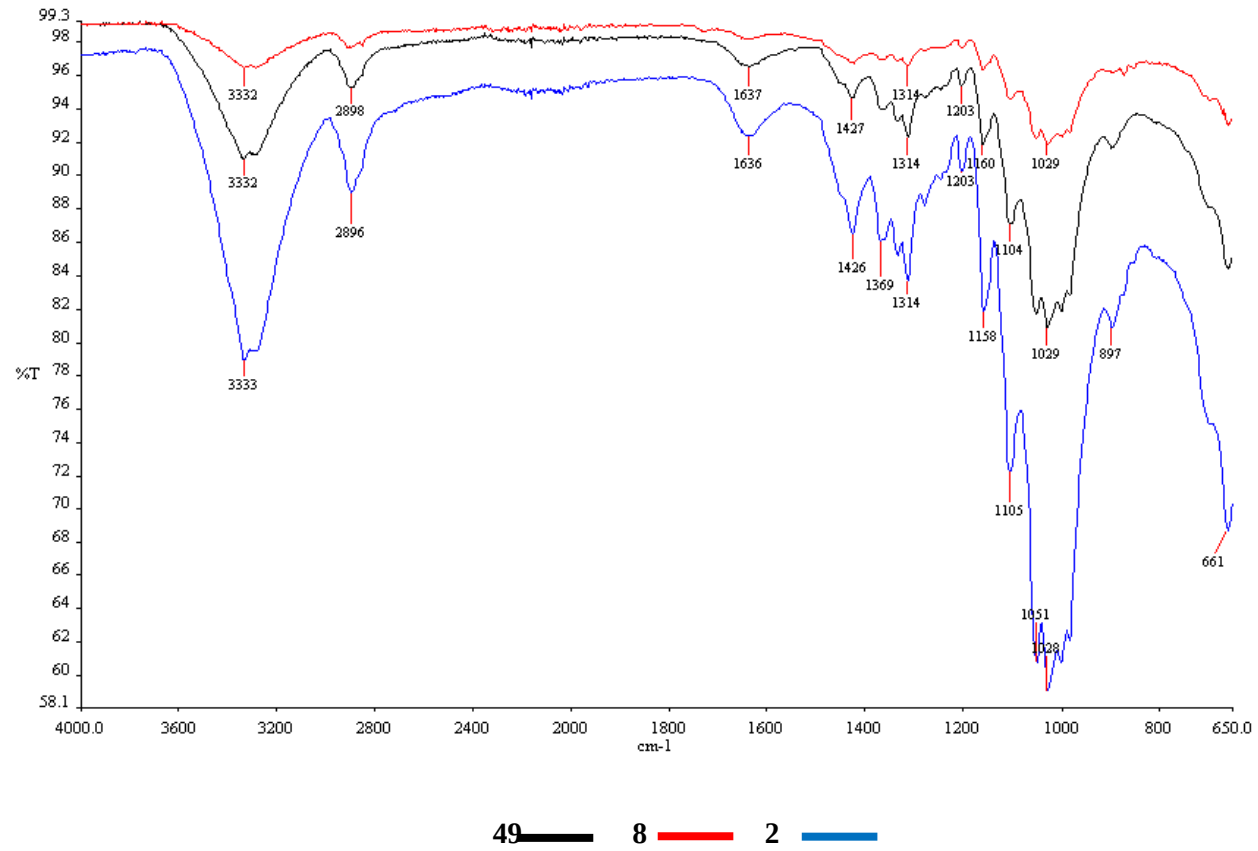
Ek 26b Sodyum peroksidisülfat konsantrasyonunun etkisini gösteren 49-40-8 nolu kumaşlara ait infrared spektra



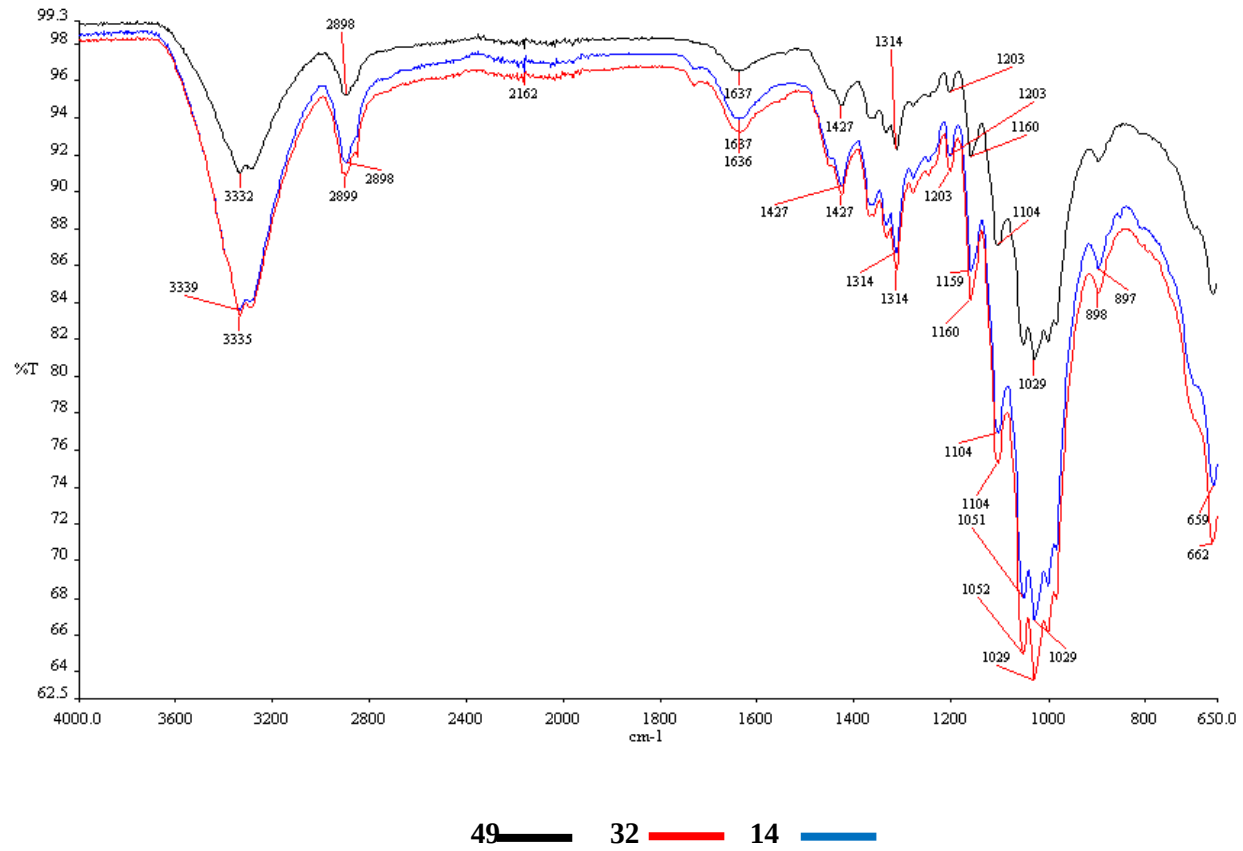
Ek 26c Sodyum hidroksit konsantrasyonunun etkisini gösteren 49-26-27 nolu kumaşlara ait infrared spektra



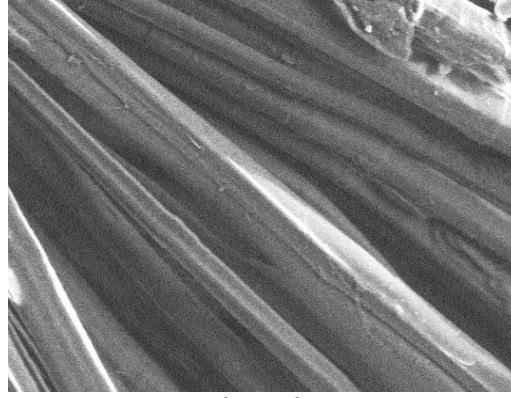
Ek 26d UV ile işlem süresinin etkisini gösteren 49-8-2 nolu kumaşlara ait infrared spektra



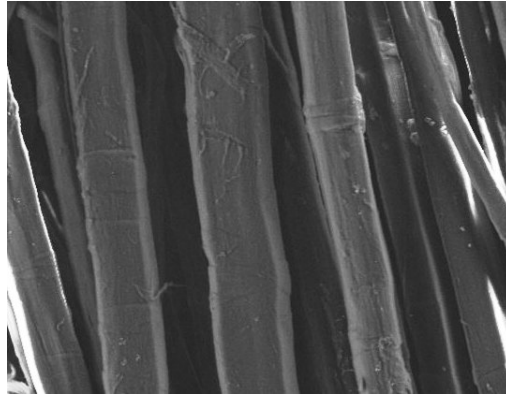
Ek 26e UV lambası ile kumaş arasındaki mesafenin etkisini gösteren 49-32-14 nolu kumaşlara ait infrared spektra



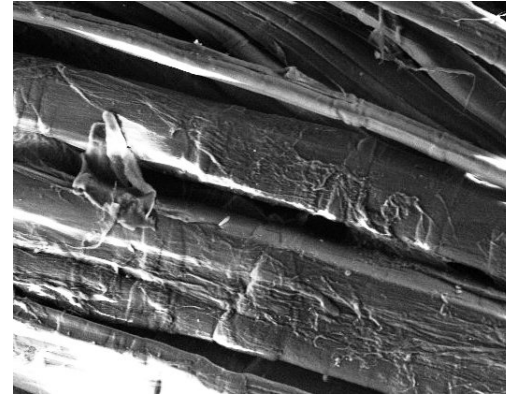
Ek 27 Ham ve UV Enerjisi Varlığında Ağartma İşlemine Tabi Tutulmuş Keten Kumaşlara Ait Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüleri (1000 Büyütme)



Ham keten kumaş

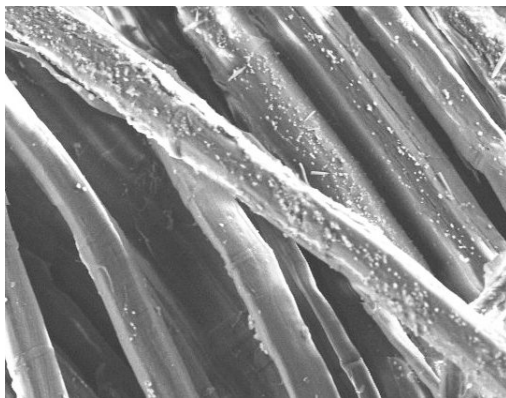


9

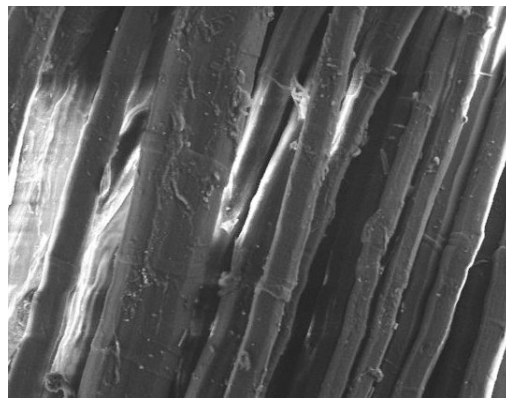


10

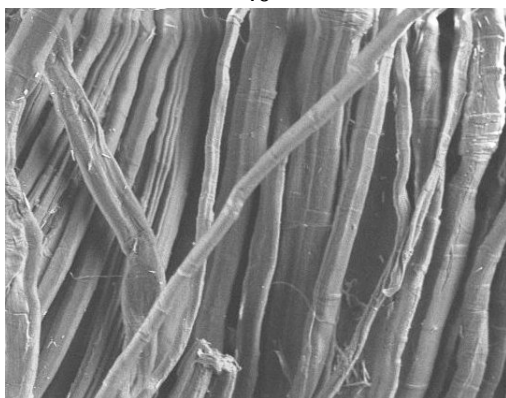
Ek 27 (devam)



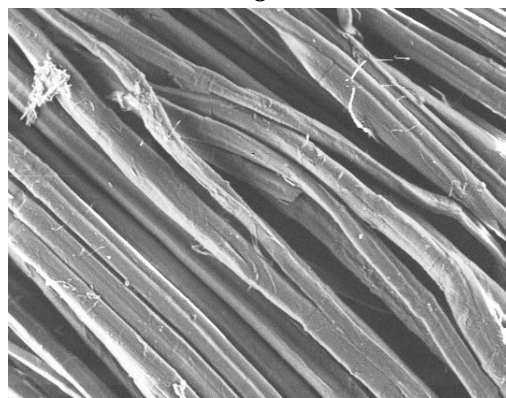
40



8

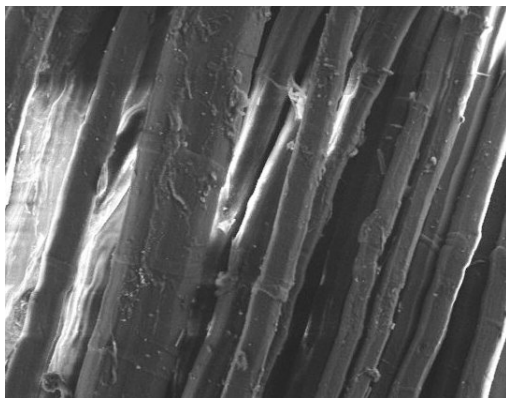


26

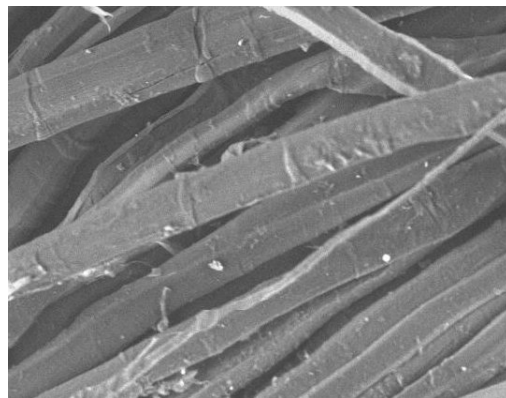


27

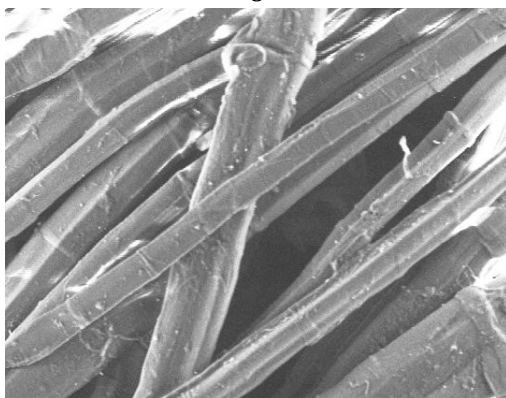
Ek 27 (devam)



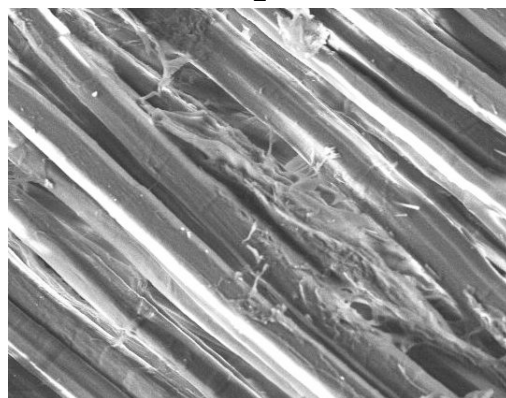
8



2



32



14

Ek 28 Ultrason Enerjisi Varlığında Enzimatik İşleme Tabi Tutulmuş Soya Kumaşların Beyazlık, Sarılık ve L* Değişimlerine İlişkin Gerçekleşen ve Geliştirilen Model Tarafından Tahminlenen Değerler

No:	Beyazlık Değişimi, %		No:	Beyazlık Değişimi, %	
	Gerçekleşen	Tahminlenen		Gerçekleşen	Tahminlenen
1	37,430	36,376	24	37,600	39,691
2	38,180	36,490	25	38,310	40,827
3	58,450	57,775	26	32,280	31,104
4	38,180	42,490	27	38,440	37,382
5	58,120	57,775	28	56,110	57,775
6	37,890	38,137	29	29,750	32,682
7	61,140	59,333	30	40,010	42,245
8	42,470	44,809	31	32,050	30,980
9	62,120	62,961	32	44,780	44,282
10	42,780	41,974	33	31,860	32,320
11	57,510	57,775	34	77,560	71,752
12	43,190	41,688	35	56,590	49,532
13	37,270	37,149	36	62,410	64,716
14	57,570	57,775	37	65,000	67,891
15	37,390	40,308	38	67,490	68,731
16	39,070	38,917	39	43,460	41,348
17	38,900	36,718	40	43,590	40,822
18	41,450	43,755	41	64,160	63,837
19	58,890	57,775	42	33,910	34,093
20	39,070	39,399	43	34,670	34,079
21	43,590	46,476	44	43,140	44,183
22	37,970	35,754	45	68,110	68,769
23	31,890	31,091	46	31,890	31,950
No:	Sarılık Değişimi, %		No:	Sarılık Değişimi, %	
	Gerçekleşen	Tahminlenen		Gerçekleşen	Tahminlenen
1	6,930	6,716	24	5,340	5,525
2	5,570	5,051	25	4,120	4,443
3	4,070	4,088	26	11,370	11,281
4	5,730	5,723	27	4,380	5,120
5	4,170	4,088	28	4,170	4,088
6	5,600	5,539	29	11,780	12,216
7	3,090	3,825	30	4,280	4,123
8	4,050	4,274	31	10,530	10,135
9	2,890	3,233	32	3,950	4,049
10	5,180	5,005	33	10,730	10,495
11	3,950	4,088	34	3,040	2,944
12	4,950	4,750	35	3,640	3,869
13	6,800	6,410	36	3,540	3,630
14	4,050	4,088	37	2,710	2,529
15	4,660	4,974	38	2,460	2,229
16	6,000	5,563	39	4,250	4,487
17	5,890	5,591	40	5,160	4,875
18	3,790	4,169	41	3,240	3,331
19	4,120	4,088	42	10,500	10,230
20	5,730	5,703	43	10,820	10,460
21	3,770	4,036	44	3,770	3,832
22	6,130	5,842	45	3,310	2,559
23	10,670	11,243	46	10,210	10,549

Ek 28 (devam)

No:	L* Değişimi, %		No:	L* Değişimi, %	
	Gerçekleşen	Tahminlenen		Gerçekleşen	Tahminlenen
1	3,240	3,189	24	3,230	3,546
2	3,440	3,425	25	3,500	3,472
3	3,930	3,968	26	2,890	2,809
4	3,330	3,549	27	3,500	3,501
5	3,880	3,968	28	4,100	3,968
6	3,410	3,591	29	2,790	2,570
7	4,500	4,287	30	3,550	3,649
8	4,040	4,201	31	3,160	3,440
9	4,510	4,421	32	4,400	4,166
10	4,180	3,974	33	3,080	3,137
11	3,850	3,968	34	4,570	4,857
12	4,190	3,894	35	4,440	4,208
13	3,190	3,102	36	4,440	4,401
14	4,130	3,968	37	4,630	4,668
15	4,100	3,947	38	4,640	4,615
16	3,570	3,595	39	3,530	3,565
17	3,220	3,376	40	3,490	3,465
18	4,050	4,027	41	4,410	4,349
19	3,920	3,968	42	3,080	3,149
20	3,210	3,458	43	3,130	3,125
21	4,230	4,190	44	4,280	4,248
22	3,260	3,244	45	4,580	4,682
23	2,840	2,747	46	2,770	2,764

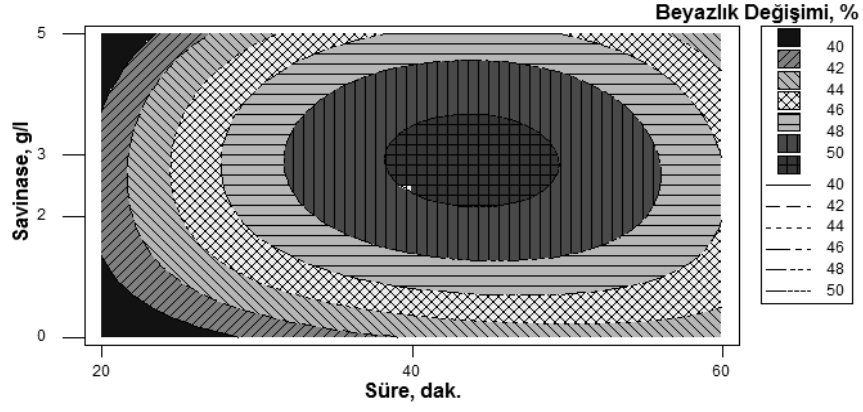
Ek 29 Beyazlık, Sarılık ve L* Değeri Değişimine İlişkin Regresyon Modelini İfade Eden Denklem (26)-(28)'de Yer Alan Her Bir Bağımsız Değişkenin Katsayısı ve P-değerleri

	Unsur	Katsayı	StDev	T	P
Beyazlık Değişimi, %	Sabit	-28,75	14,2588	-2,016	0,055
	A	4,45	2,2131	2,010	0,055
	S	5,29	2,2131	2,390	0,025
	E	6,61	2,2131	2,989	0,006
	P	1,44	0,2998	4,805	0,000
	T	0,44	0,3161	1,392	0,176
	A ²	-1,30	0,1583	-8,238	0,000
	S ²	-1,30	0,1583	-8,238	0,000
	E ²	-1,38	0,1583	-8,700	0,000
	P ²	-0,02	0,0025	-9,007	0,000
	T ²	-0,00	0,0025	-0,179	0,860
	A*S	0,73	0,2338	3,105	0,005
	A*E	-0,12	0,2338	-0,534	0,598
	A*P	0,02	0,0292	0,753	0,459
	A*T	0,01	0,0292	0,330	0,744
	S*E	0,03	0,2338	0,132	0,896
	S*P	-0,00	0,0292	-0,082	0,935
	S*T	0,00	0,0292	0,034	0,973
	E*P	-0,01	0,0292	-0,197	0,846
	E*T	0,03	0,0292	0,924	0,364
	P*T	0,01	0,0037	2,415	0,023
Sarılık Değişimi, %	Sabit	36,5353	2,09416	17,446	0,000
	A	-0,5648	0,32504	-1,738	0,095
	S	-0,5779	0,32504	-1,778	0,088
	E	0,0298	0,32504	0,092	0,928
	P	-0,2291	0,04403	-5,203	0,000
	T	-0,8107	0,04642	-17,466	0,000
	A ²	0,0575	0,02325	2,472	0,021
	S ²	0,0789	0,02325	3,395	0,002
	E ²	0,0232	0,02325	0,998	0,328
	P ²	0,0020	0,00036	5,494	0,000
	T ²	0,0060	0,00036	16,471	0,000
	A*S	-0,0232	0,03434	-0,676	0,506
	A*E	0,0460	0,03434	1,339	0,192
	A*P	-0,0005	0,00429	-0,105	0,917
	A*T	0,0012	0,00429	0,280	0,782
	S*E	0,0108	0,03434	0,314	0,756
	S*P	0,0023	0,00429	0,536	0,597
	S*T	-0,0014	0,00429	-0,326	0,747
	E*P	-0,0039	0,00429	-0,909	0,372
	E*T	-0,0048	0,00429	-1,107	0,279
	P*T	0,0007	0,00054	1,398	0,174

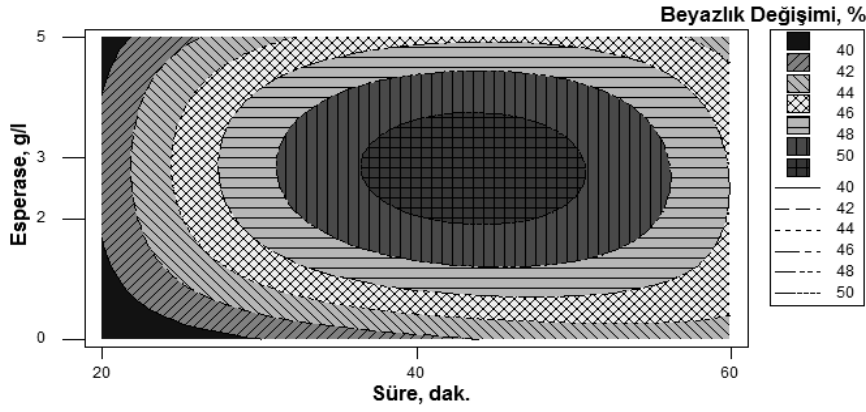
Ek 29 (devam)

	Unsur	Katsayı	StDev	T	P
L* Değişimi, %	Sabit	-0,7544	0,952612	-0,792	0,436
	A	0,1657	0,147857	1,120	0,273
	S	0,0431	0,147857	0,291	0,773
	E	0,0974	0,147857	0,659	0,516
	P	0,0507	0,020029	2,532	0,018
	T	0,0700	0,021115	3,316	0,003
	A ²	-0,0253	0,010576	-2,395	0,024
	S ²	-0,0223	0,010576	-2,105	0,045
	E ²	-0,0249	0,010576	-2,358	0,027
	P ²	-0,0003	0,000165	-1,538	0,137
	T ²	-0,0002	0,000165	-1,185	0,247
	A*S	0,0332	0,015622	2,125	0,044
	A*E	0,0076	0,015622	0,487	0,631
	A*P	-0,0012	0,001953	-0,640	0,528
	A*T	-0,0003	0,001953	-0,179	0,859
	S*E	0,0328	0,015622	2,100	0,046
	S*P	-0,0006	0,001953	-0,333	0,742
	S*T	-0,0002	0,001953	-0,128	0,899
	E*P	0,0007	0,001953	0,358	0,723
	E*T	-0,0009	0,001953	-0,461	0,649
	P*T	-0,0002	0,000244	-0,768	0,450

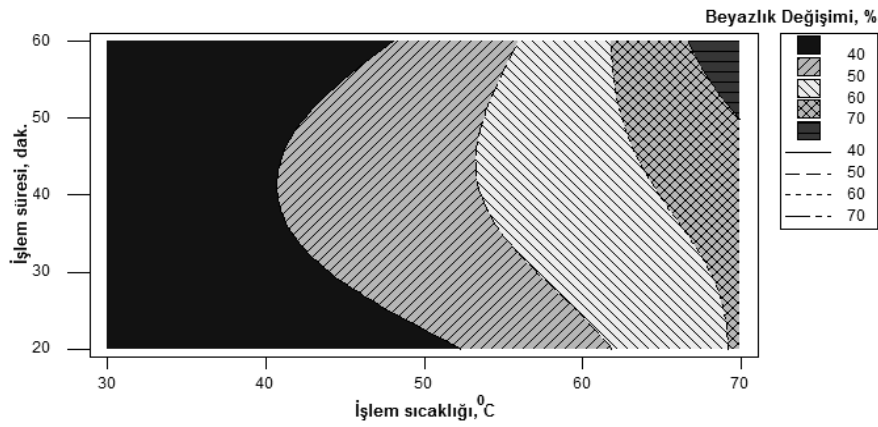
Ek 30 Ultrason Enerjisi Varlığında Enzimatik İşleme Tabi Tutulan Soya Kumaşların Beyazlık Değerlerine “Savinase Enzimi Konsantrasyonu & İşlem Süresi”nin (a), “Esperase Enzimi Konsantrasyonu & İşlem Süresi”nin (b), “İşlem Süresi & İşlem Sıcaklığı”nın (c) Etkisi



a

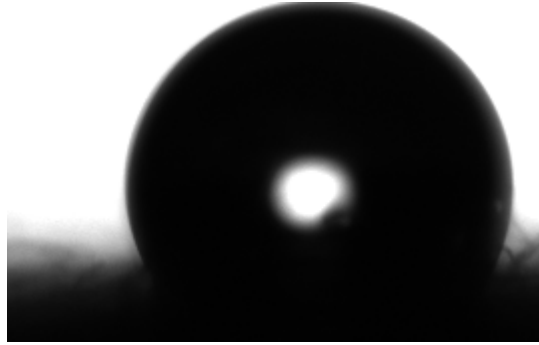


b



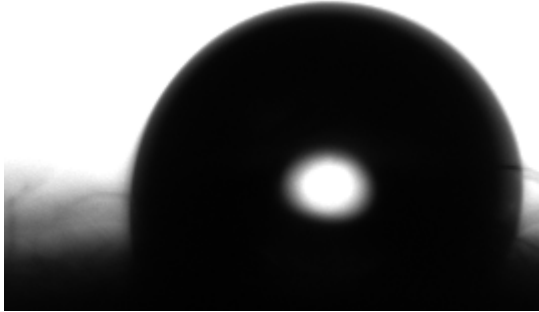
c

Ek 31 Ultrason Varlığında Gerçekleştirilen Enzimatik İşlemlerin Soya Kumaşların Temas Açısı Ölçüm Sonuçlarına Olan Etkisi

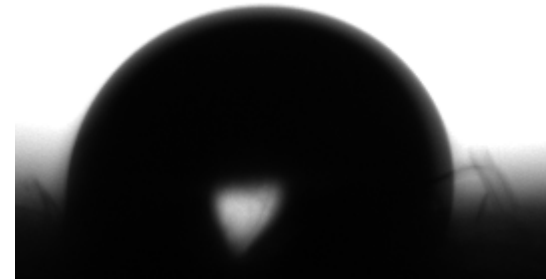


Ham soya kumaş (T>2 dak.)

Alcalase enzimi konsantrasyonunun etkisi



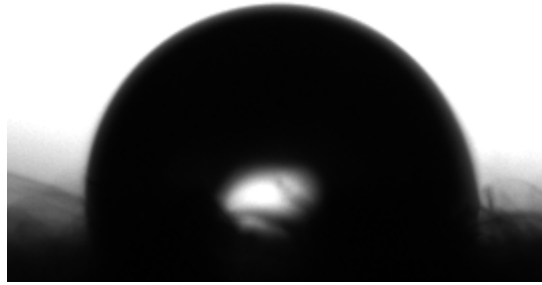
2 (T= 0,144 sn.)



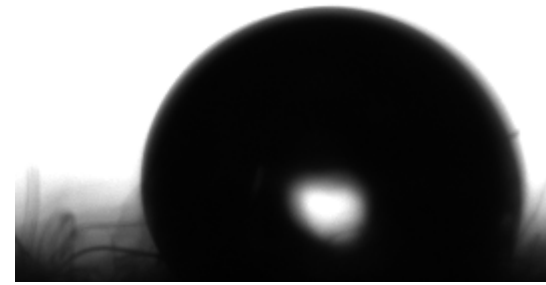
35 (T= 0,08 sn.)

Ek 31 (devam)

Savinase enzimi konsantrasyonunun etkisi

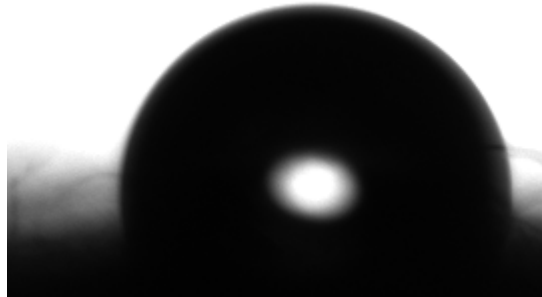


10 (T= 0,088 sn.)



8 (T= 0,064 sn.)

Esperase enzimi konsantrasyonunun etkisi



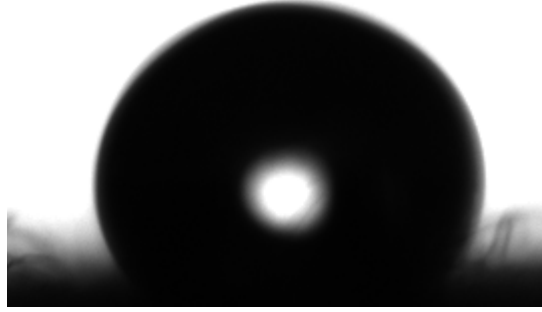
6 (T= 0,176 sn.)



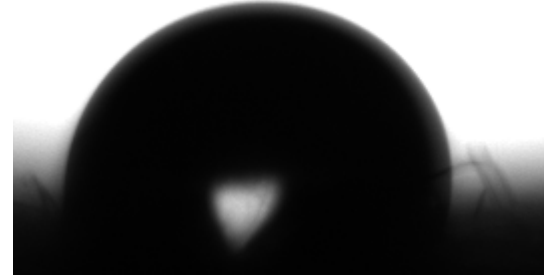
40 (T= 0,04 sn.)

Ek 31 (devam)

İşlem sıcaklığının etkisi

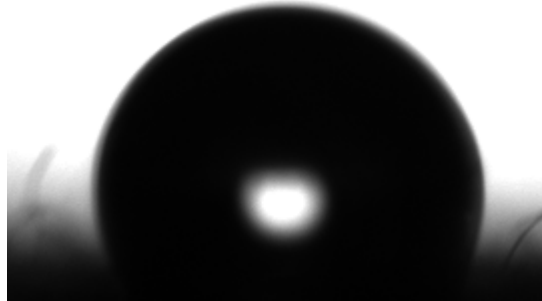


29 (T= 0,152 sn.)

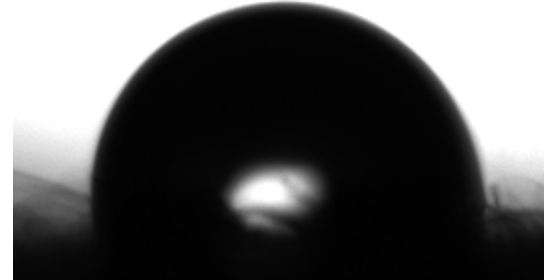


7 (T= 0,112 sn.)

İşlem süresinin etkisi



1 (T= 0,224 sn.)



10 (T= 0,088 sn.)

Ek 32 Ham ve Ultrason Enerjisi Varlığında Enzimatik İşlem Görmüş Soya Kumaşlara Ait İnfrared Band İşaretleri (Zhang And Yan, 2012; Vynias, 2011)

Ham Kumaş ⁴⁹	Alcalase		Savinase		Esperase		Sıcaklık		Süre		Olası İşaretler
	2	35	10	8	6	40	29	7	1	10	
1006	1011	1011	1011	1011	1008	1008	1008	1008	1014	1011	S-sülfonat
1064	1067	1067	1067	1067	1064	1064	1067	1067	1067	1067	Sisteik asit
1137	1140	1140	1140	1140	1142	1142	1140	1140	1140	1140	Sistin monoksit
1170	1170	1170	1170	1170	1170	1170	1170	1170	1170	1170	Sistin dioksit
1233	1233	1233	1236	1236	1239	1239	1239	1236	1236	1236	Amid III N-H (ib), C-N (s)
1400	1403	1403	1405	1405	1403	1403	1405	1405	1405	1405	CH ₃ C-H (d)
1438	1428	1428	1431	1431	1441	1441	1441	1428	1428	1431	CH ₂ ve CH ₃ , C-H (d)
1532	1529	1529	1529	1529	1529	1529	1529	1539	1532	1529	Amid II N-H (ib), C-N (s), C-C (s)
1651	1651	1651	1651	1651	1651	1651	1651	1638	1651	1638	Amid I C=O (s), C-N (s), C-C-N (d)
2860	2860	2860	2860	2860	2865	2865	2855	2865	2865	2855	CH ₂ (ss)
2901	2906	2906	2906	2906	2901	2901	2906	2906	2906	2906	CH ₃ (ss)
2941	2941	2941	2941	2941	2941	2941	2936	2936	2941	2941	CH ₂ (as)
3291	3291	3291	3281	3281	3296	3296	3286	3286	3296	3270	N-H (s) sekonder amidler O-H (s) hidrojen bağlı

Kumaş no 2: %5 savinase; %2,5 esperase enzimi ile ultrasonik ortamda 50⁰C’de 40 dakika işlem görmüş soya kumaş

Kumaş no 35: %5 alcalase; %5 savinase; %2,5 esperase enzimi ile ultrasonik ortamda 50⁰C’de 40 dakika işlem görmüş soya kumaş

Kumaş no 10: %2,5 alcalase; %2,5 esperase enzimi ile ultrasonik ortamda 50⁰C’de 60 dakika işlem görmüş soya kumaş

Kumaş no 8: %5 savinase; %2,5 alcalase; %2,5 esperase enzimi ile ultrasonik ortamda 50⁰C’de 60 dakika işlem görmüş soya kumaş

Kumaş no 6: %2,5 alcalase enzimi ile ultrasonik ortamda 50⁰C’de 40 dakika işlem görmüş soya kumaş

Kumaş no 40: %5 esperase; %2,5 alcalase enzimi ile ultrasonik ortamda 50⁰C’de 40 dakika işlem görmüş soya kumaş

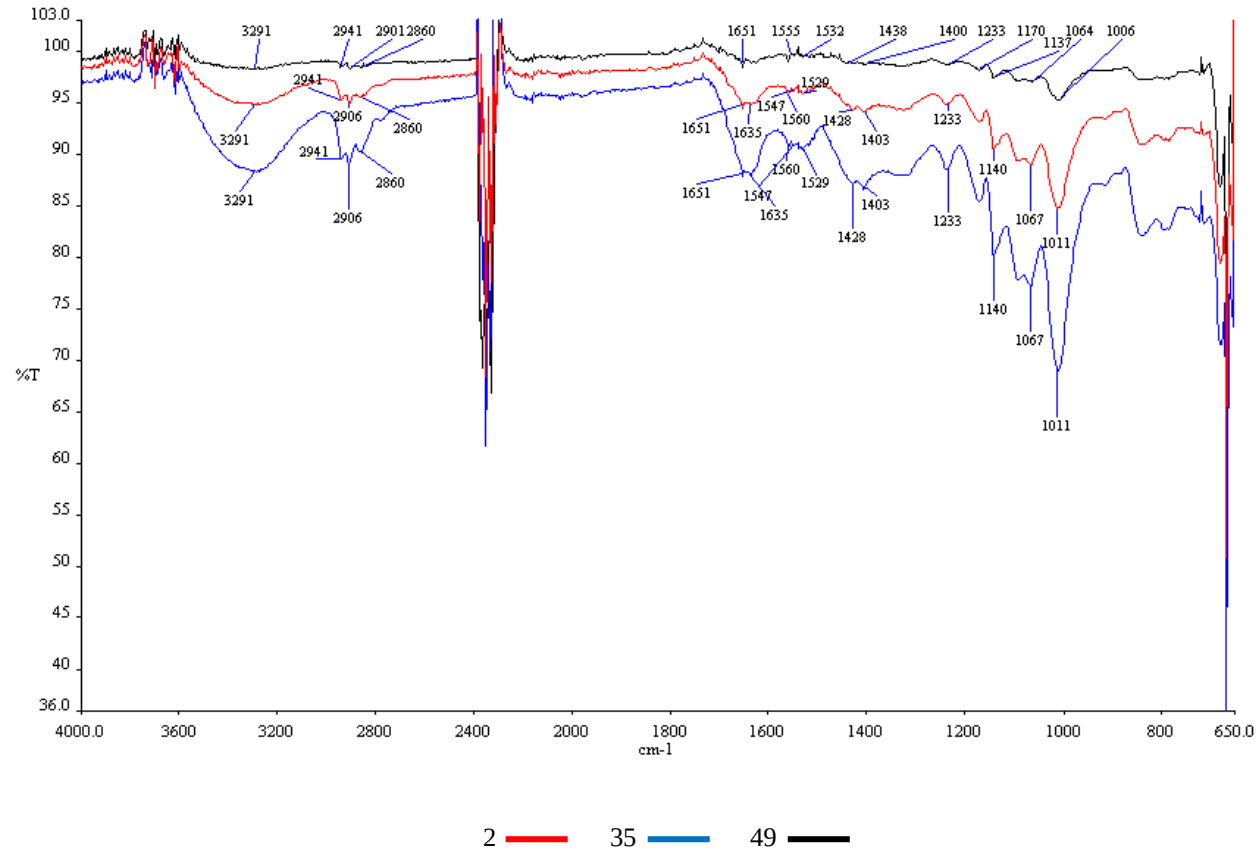
Kumaş no 29: %2,5 alcalase; %2,5 savinase; %2,5 esperase enzimi ile ultrasonik ortamda 30⁰C’de 20 dakika işlem görmüş soya kumaş

Kumaş no 7: %2,5 alcalase; %2,5 savinase; %2,5 esperase enzimi ile ultrasonik ortamda 70⁰C’de 20 dakika işlem görmüş soya kumaş

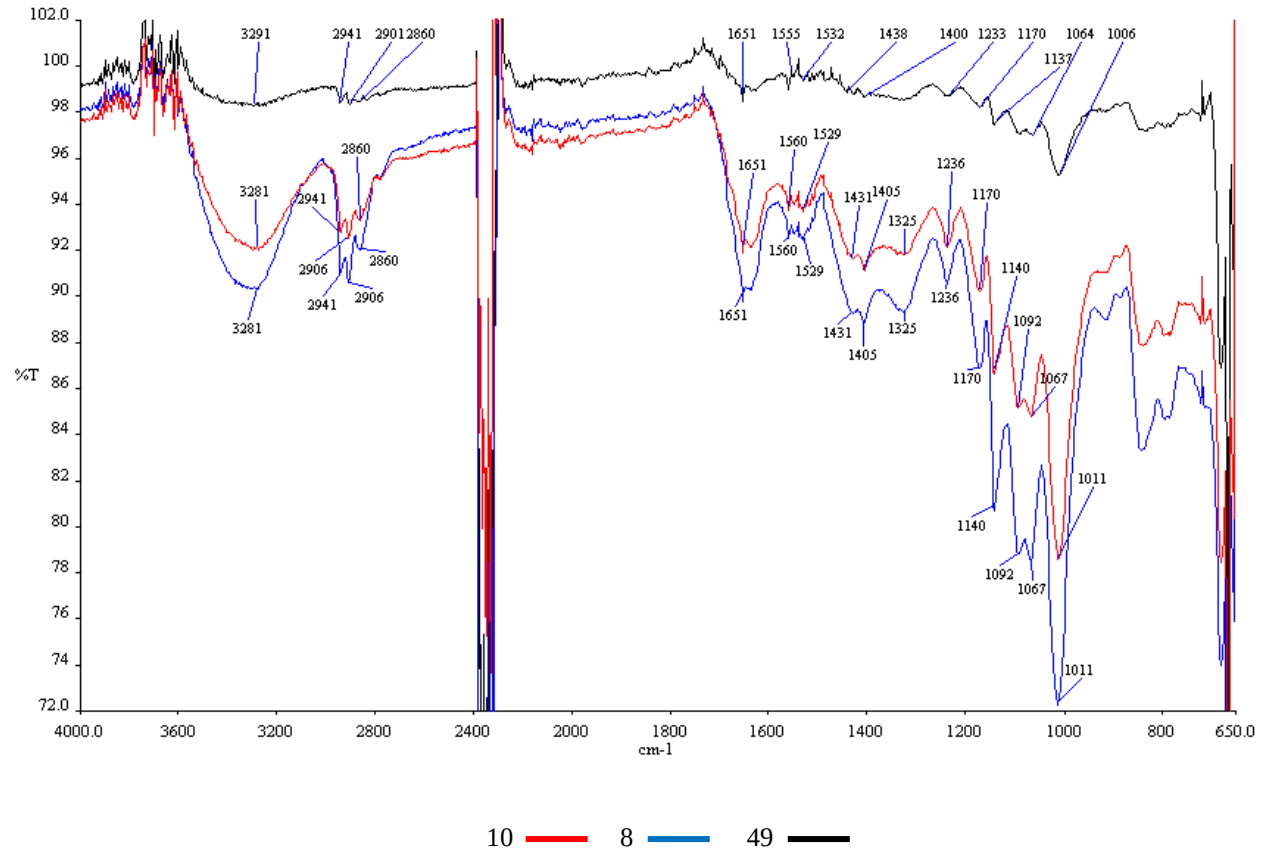
Kumaş no 1: %2,5 alcalase; %2,5 esperase enzimi ile ultrasonik ortamda 50⁰C’de 20 dakika işlem görmüş soya kumaş

Ek 33 Ham ve Ultrason Enerjisi Varlığında Enzimatik İşlem Görmüş Soya Kumaşlara Ait İnfrared Spektralar

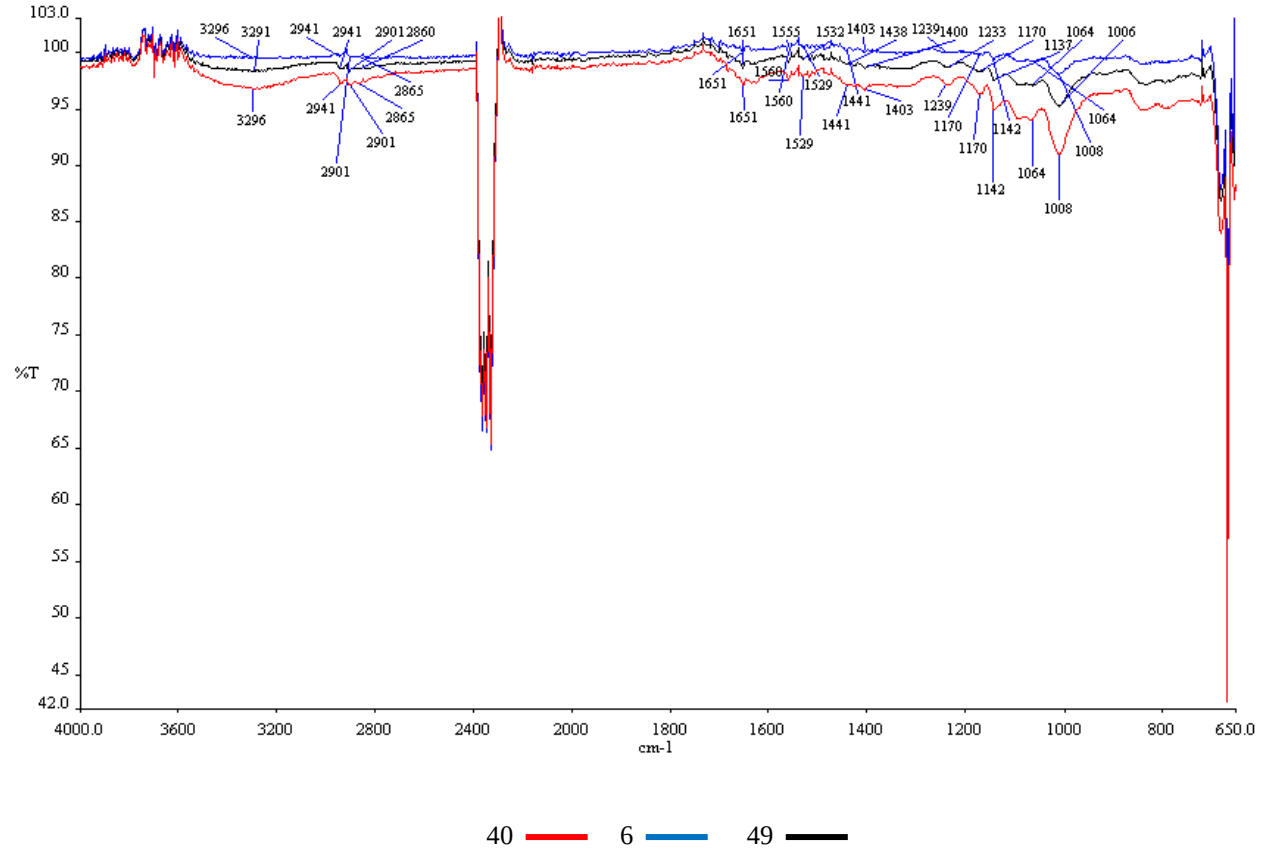
Ek 33a Alkalase enzimi konsantrasyonunun etkisini gösteren 49-2-35 nolu kumaşlara ait infrared spektra



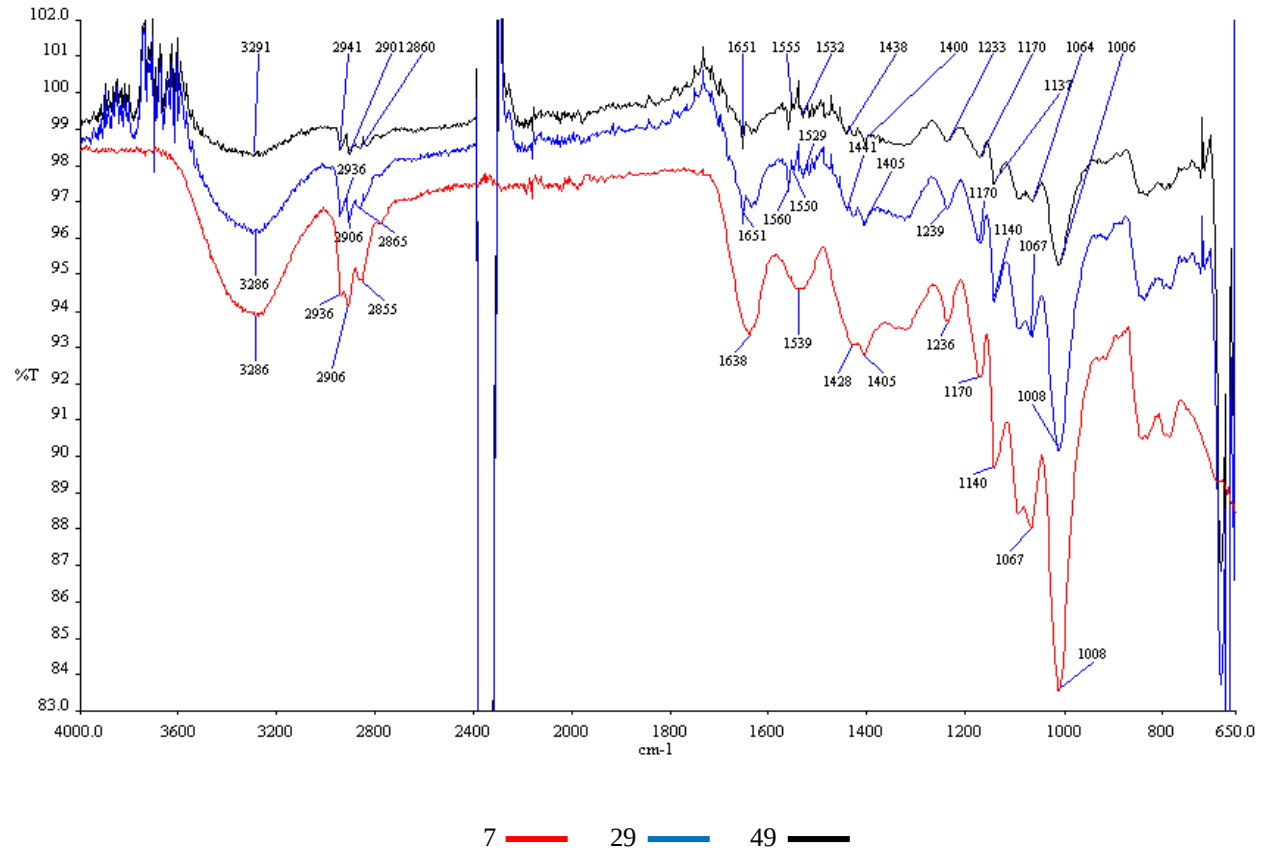
Ek 33b Savinase enzimi konsantrasyonunun etkisini gösteren 49-10-8 nolu kumaşlara ait infrared spektra



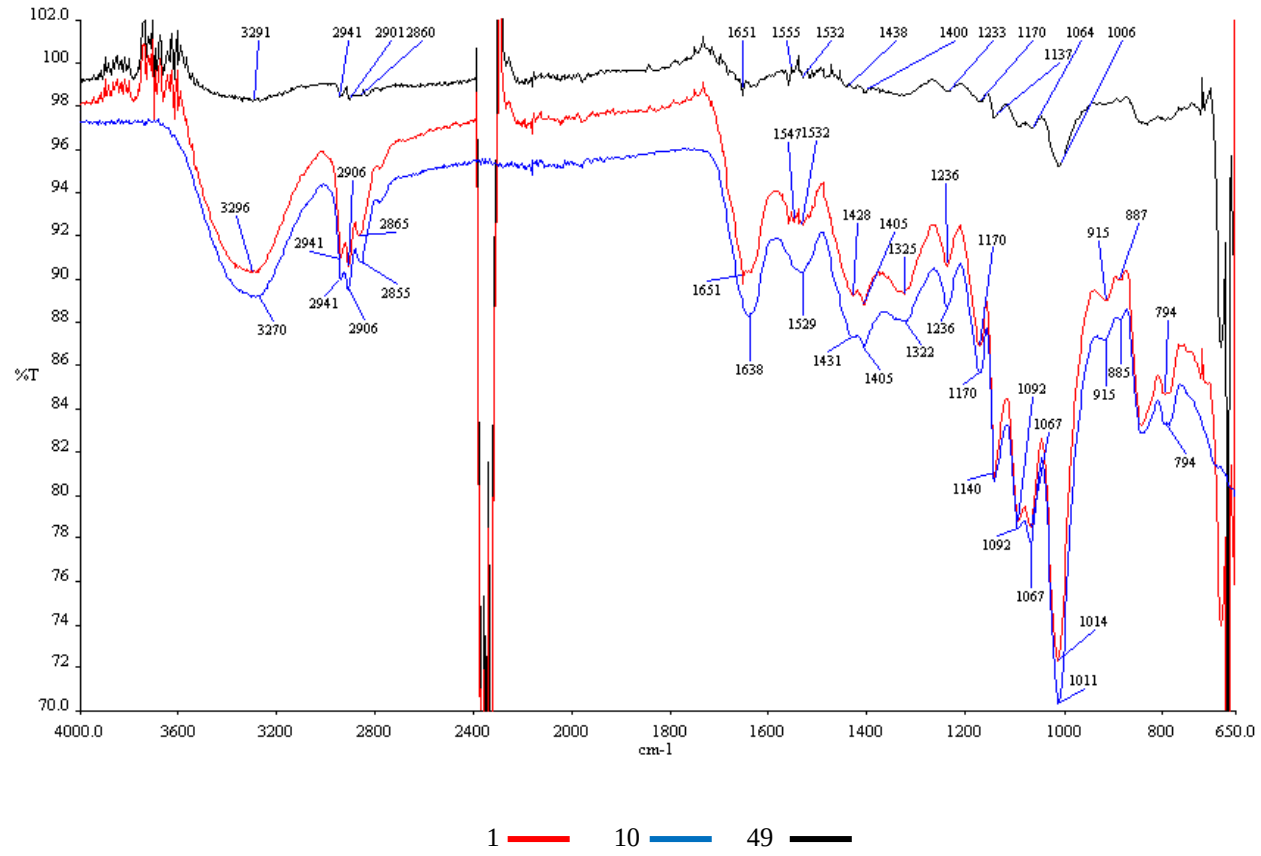
Ek 33c Esperase enzimi konsantrasyonunun etkisini gösteren 49-6-40 nolu kumaşlara ait infrared spektra



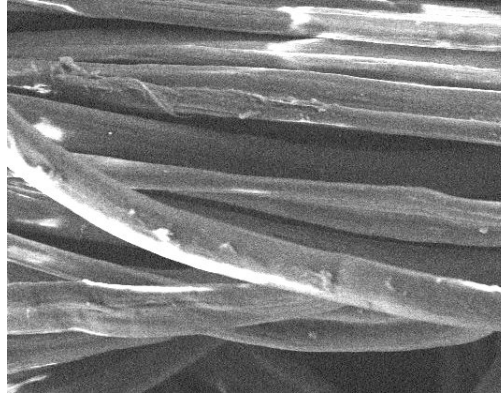
Ek 33d İşlem sıcaklığının etkisini gösteren 49-29-7 nolu kumaşlara ait infrared spektra



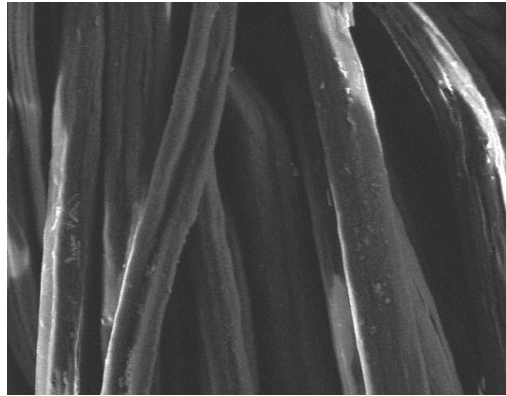
Ek 33e İşlem süresinin etkisini gösteren 49-1-10 nolu kumaşlara ait infrared spektra



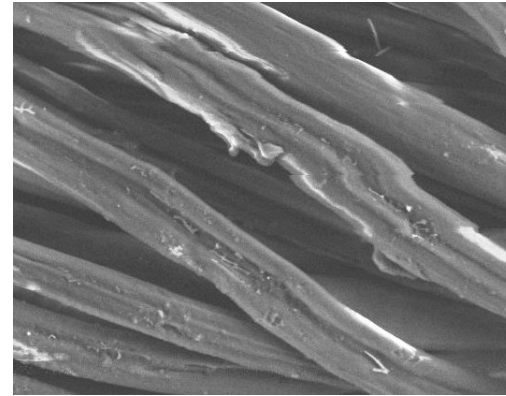
Ek 34 Ham ve Ultrason Enerjisi Varlığında Enzimatik İşlemine Tabi Tutulmuş Soya Kumaşlara Ait Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüleri (1000 Büyütme)



Ham soya kumaş

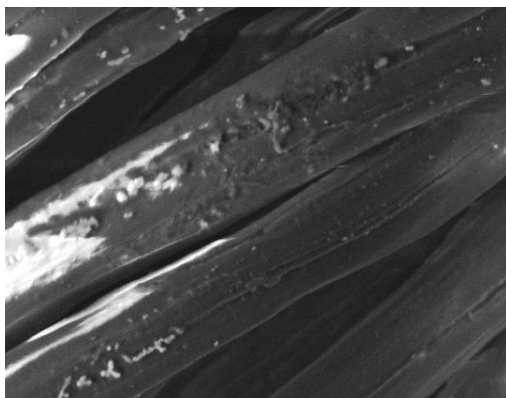


2

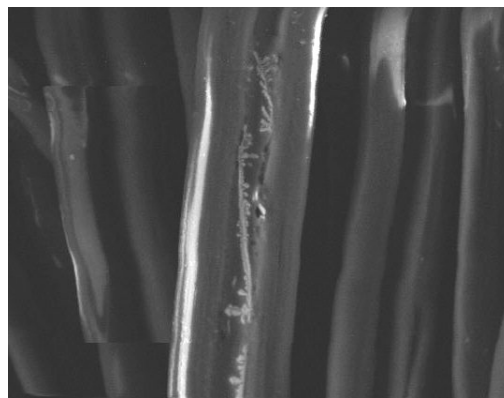


35

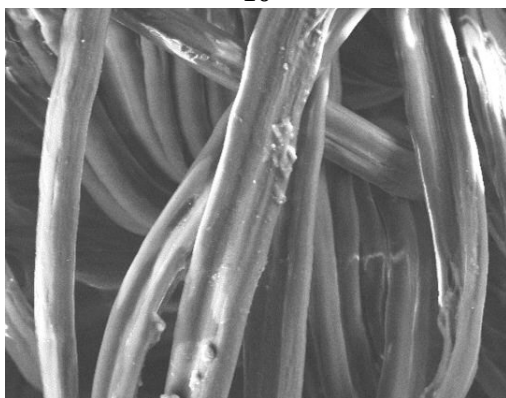
Ek 34 (devam)



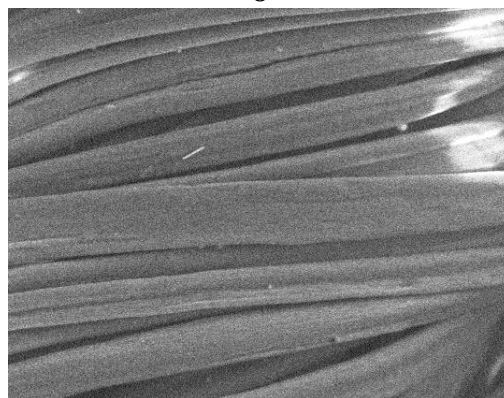
10



8

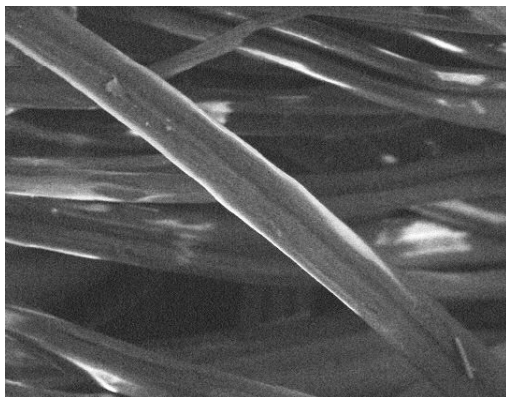


6

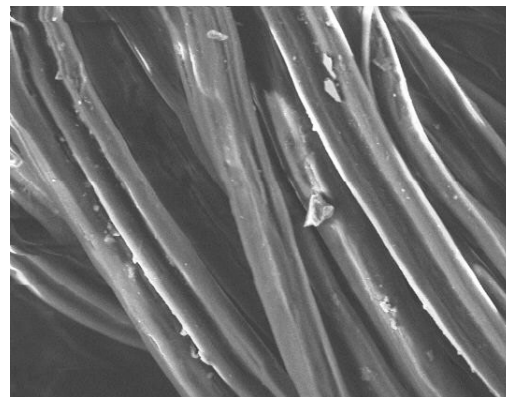


40

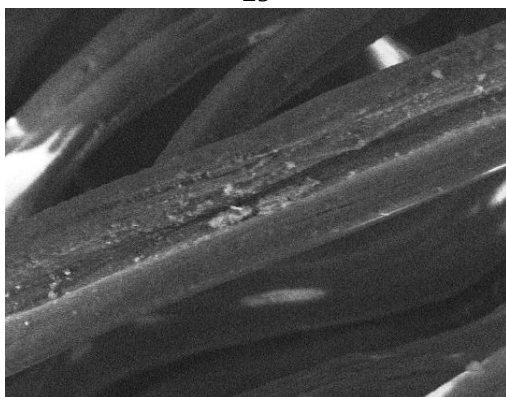
Ek 34 (devam)



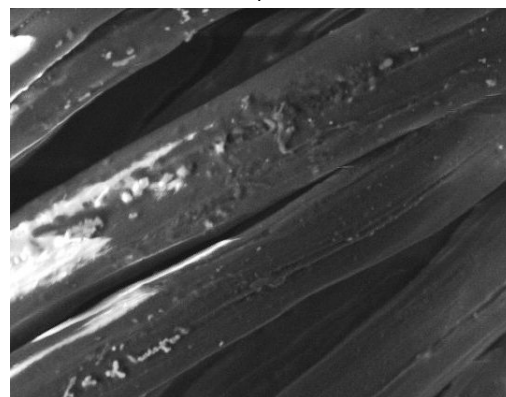
29



7

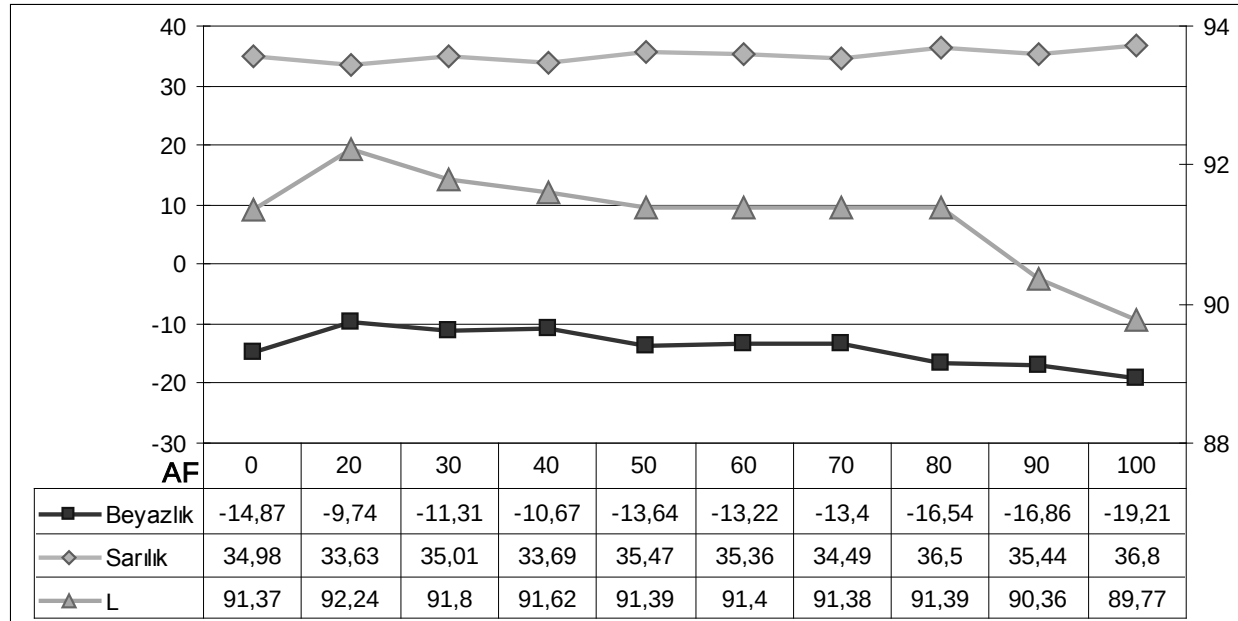


1



10

Ek 35 Soya Kumaşların Ozon ile Ağartılmasında Kumaşın İçerdiği A_F Değerinin Beyazlık, L* ve Sarılık Değerlerine Olan Etkisi



pH= 6,5-7,5; işlem süresi= 20 dak.

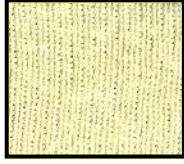
**Ek 36 Soya Kumaşların Hidrojen Peroksit ile Ağartılmasına İlişkin Duncan
Post Hoc Test Sonuçları**

		Hidrojen peroksit Konsantrasyonu, g/l				Sıcaklık, °C			
		N	1	2	3	N	1	2	3
Beyazlık	30	18	-26,24			95	18	-30,02	
	45	18	-25,74			80	18	-22,99	
	15	18		-20,74		65	18	-19,71	
	Sig.		0,809	1,000		Sig.		1,000	0,050
Parlaklık	30	18	90,43			95	18	89,76	
	45	18	90,43			80	18	90,85	
	15	18		91,27		65	18		91,52
	Sig.		0,988	1,000		Sig.		1,000	1,000
Sarılık	15	18	35,59			65	18	35,51	
	45	18		37,18		80	18	36,25	
	30	18		37,21		95	18	38,21	
	Sig.		1,000	0,962		Sig.		0,186	1,000
Absorblanan Nem Miktarı	30	18	6,55			95	18	6,59	
	15	18	6,62	6,62		65	18	6,68	
	45	18		6,85		80	18	6,75	
	Sig.		0,595	0,103		Sig.		0,306	
		Soda Konsantrasyonu, g/l				Süre, dak.			
		N	1	2	3	N	1	2	3
Beyazlık	3	18	-26,24			80	18	-24,58	
	4,5	18	-25,74			60	18	-24,24	
	1,5	18		-20,74		40	18	-23,90	
	Sig.		0,809	1,000		Sig.		0,775	
Parlaklık	3	18	90,43			80	18	90,59	
	4,5	18	90,43			60	18	90,72	
	1,5	18		91,27		40	18	90,81	
	Sig.		0,988	1,000		Sig.		0,522	
Sarılık	1,5	18	35,59			40	18	36,63	
	4,5	18		37,18		80	18	36,67	
	3	18		37,21		60	18	36,67	
	Sig.		1,000	0,962		Sig.		0,951	
Absorblanan Nem Miktarı	3	18	6,55			60	18	6,55	
	1,5	18	6,62	6,62		40	18	6,55	
	4,5	18		6,85		80	18		6,93
	Sig.		0,595	0,103		Sig.		0,966	1,000

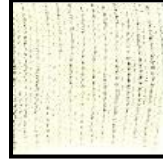
**Ek 37 Soya Kumaşların Sodyum Ditionit ile Ağartılmasına İlişkin Duncan
Post Hoc Test Sonuçları**

		Sodyumditionit Konsantrasyonu, g/l			Sıcaklık, °C		
		N	1	2	1	2	
Beyazlık	6	18	-25,15		80	-28,37	
	4	18	-23,40		65	-27,23	
	8	18	-23,04		95		-15,99
	Sig.		0,39		Sig.	0,389	1,000
Parlaklık	6	18	88,87		80	88,86	
	8	18	88,88		65	89,14	89,14
	4	18		89,55	95		89,31
	Sig.		0,97	1,000	Sig.	0,150	0,397
Sarılık	8	18	35,91		95	33,36	
	4	18	36,55		65		37,80
	6	18	36,57		80		37,86
	Sig.		0,48		Sig.	1,000	0,897
Absorblanan Nem Miktarı	8	18	6,46		95	6,55	
	4	18		6,80	65	6,68	
	6	18		6,81	80	6,85	
	Sig.		1,000	0,982	Sig.	0,075	
		Soda Konsantrasyonu, g/l			Süre, dak.		
		N	1	2	1	2	
Beyazlık	4	18	-25,15		40	-24,57	
	2,5	18	-23,40		60	-23,54	
	5,5	18	-23,04		80	-23,48	
	Sig.		0,393		Sig.	0,659	
Parlaklık	4	18	88,87		40	88,99	
	5,5	18	88,88		80	89,04	
	2,5	18		89,55	60	89,26	
	Sig.		0,969	1,000	Sig.	0,207	
Sarılık	5,5	18	35,91		80	36,22	
	2,5	18	36,55		60	36,33	
	4	18	36,57		40	36,48	
	Sig.		0,481		Sig.	0,78	
Absorblanan Nem Miktarı	5,5	18	6,46		60	6,50	
	2,5	18		6,80	80	6,61	
	4	18		6,81	40		6,96
	Sig.		1,000	0,982	Sig.	0,425	1,000

Ek 38 Ozon/İndirgen/Yükseltgen Maddeler Varlığında Gerçekleştirilen Ağartma İşlemlerinin Soya Kumaşların Beyazlık ve L* Değerlerine Olan Etkisi



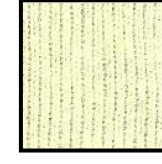
Ham soya kumaş
(Beyazlık= -45,49; L*= 87,33)



1
(Beyazlık= -4,19; L*= 93,06)



2
(Beyazlık= -25,33; L*= 90,64)



3
(Beyazlık= -16,44; L*= 91,57)



4
(Beyazlık= -6,71; L*= 93,08)

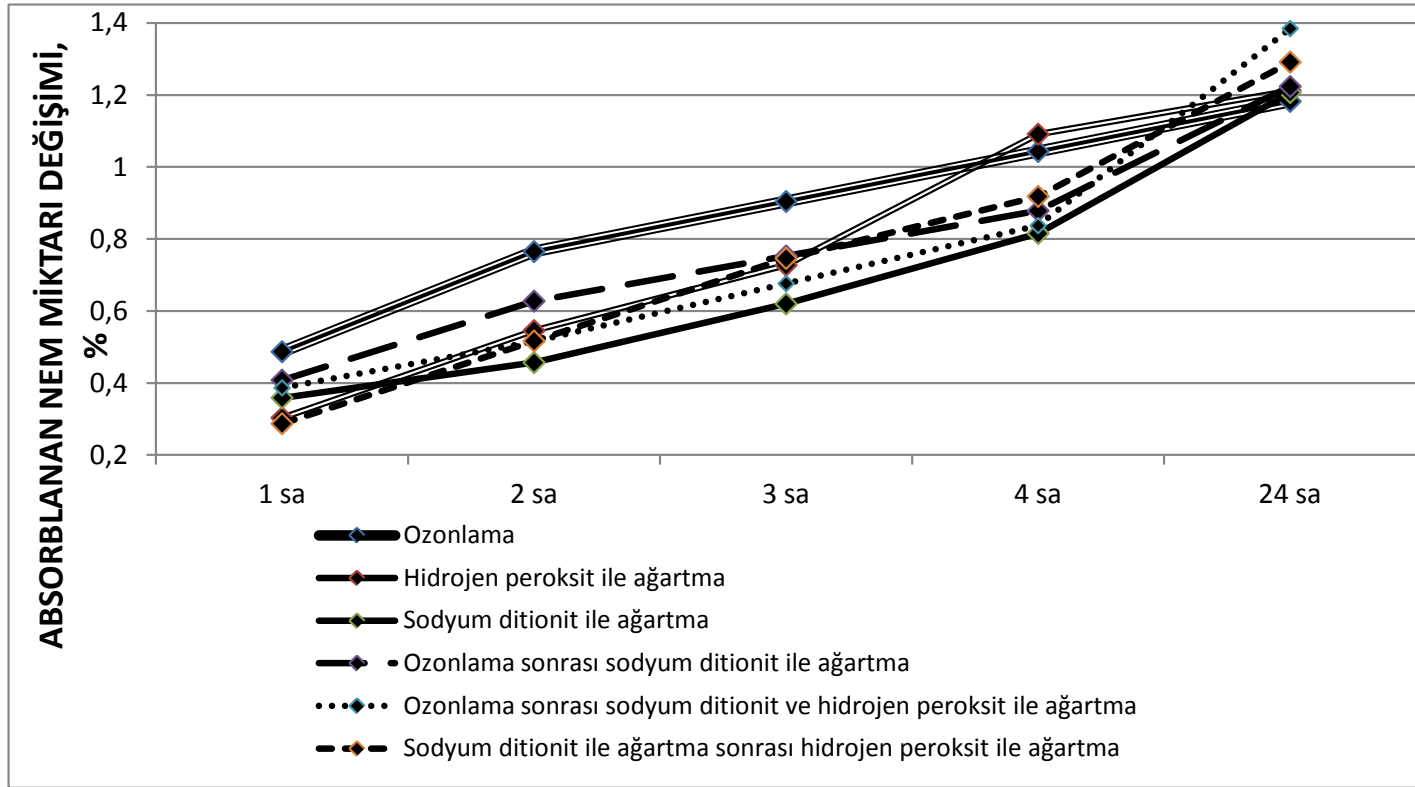


5
(Beyazlık= 17,82; L*= 93,75)

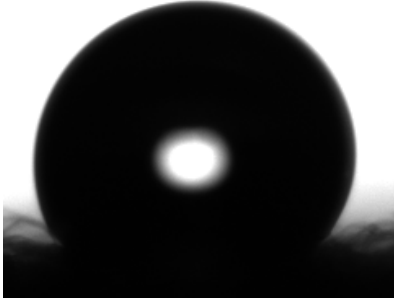


6
(Beyazlık= -12,37; L*= 91,92)

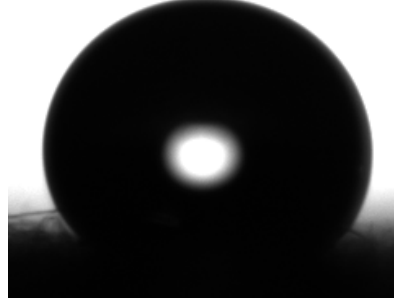
Ek 39 Ozon/İndirgen/Yükseltgen Maddeler Varlığında Gerçekleştirilen Ağartma İşlemlerinin Soya Kumaşların Absorbladıkları Nem Miktarı Üzerine Olan Etkisi



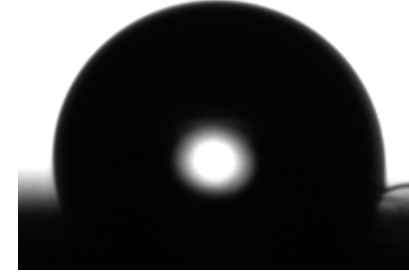
Ek 40 Ozon/İndirgen/Yükseltgen Maddeler Varlığında Gerçekleştirilen Ağartma İşlemlerinin Soya Kumaşların Temas Açısı Ölçüm Sonuçlarına Olan Etkisi



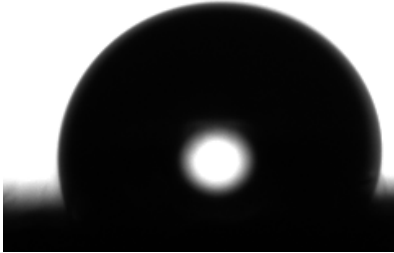
1 (T= 0,696 sn.)



2 (T= 0,864 sn.)



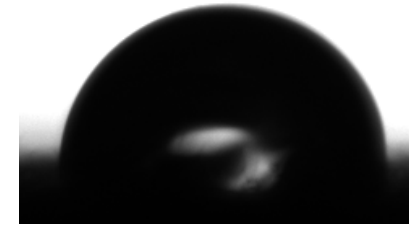
3 (T= 0,648 sn.)



4 (T= 0,312 sn.)



5 (T= 0,024 sn.)



6 (T= 0,256 sn.)

1= Ozonlanmış soya kumaş, 2= Hidrojen peroksit ile ağartılmış soya kumaş, 3= Sodyum ditionit ile ağartılmış soya kumaş, 4= Ozonlama sonrası sodyum ditionit ile ağartılmış soya kumaş, 5= Ozonlama sonrası hidrojen peroksit ardından sodyum ditionit ile ağartılmış soya kumaş, 6= Hidrojen peroksit sonrası sodyum ditionit ile ağartılmış soya kumaş

Ek 41 Ham ve Ozon/İndirgen/Yükseltgen Maddeler Varlığında Ağartma İşlemine Tabi Tutulmuş Soya Kumaşlara Ait İnfrared Band İşaretleri (Zhang And Yan, 2012; Vynias, 2011)

Ham Kumaş ⁷	1	2	3	4	5	6	Olası İşaretler
1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	S-sülfonat
1064	1069	1069	1067	1067	1067	1069	Sisteik asit
1140	1140	1140	1140	1140	1140	1140	Sistin monoksit
1170	1170	1170	1170	1170	1170	1170	Sistin dioksit
1236	1236	1236	1236	1236	1239	1236	Amid III N-H (ib), C-N (s)
1403	1405	1405	1408	1405	1405	1405	CH ₃ C-H (d)
1441	1433	1433	-	1431	1431	1433	CH ₂ ve CH ₃ , C-H (d)
1529	1532	1532	-	1534	1532	1532	Amid II N-H (ib), C-N (s), C-C (s)
1651	1641	1641	1638	1641	1641	1641	Amid I C=O (s), C-N (s), C-C-N (d)
2860	2860	2860	2850	2860	2860	2860	CH ₂ (ss)
2901	2906	2906	2906	2906	2906	2906	CH ₃ (ss)
2941	2941	2941	2941	2941	2936	2941	CH ₂ (as)
3291	3286	3286	3275	3301	3286	3286	N-H (s) sekonder amidler O-H (s) hidrojen bağlı

Kumaş no 1= Ozonlanmış soya kumaş

Kumaş no 2= Hidrojen peroksit ile ağartılmış soya kumaş

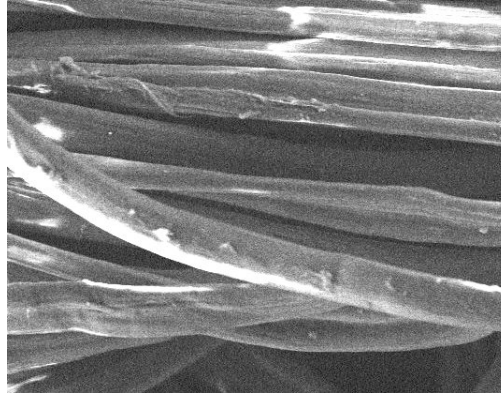
Kumaş no 3= Sodyum ditionit ile ağartılmış soya kumaş

Kumaş no 4= Ozonlama sonrası sodyum ditionit ile ağartılmış soya kumaş

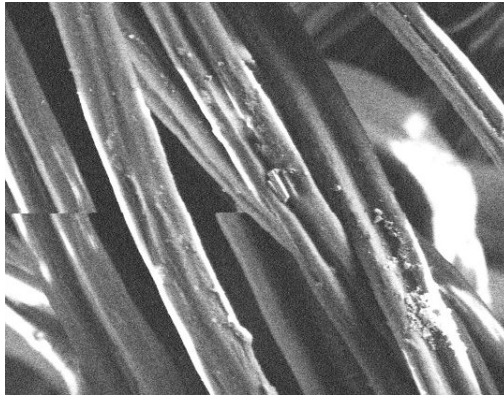
Kumaş no 5= Ozonlama sonrası hidrojen peroksit ardından sodyum ditionit ile ağartılmış soya kumaş

Kumaş no 6= Hidrojen peroksit sonrası sodyum ditionit ile ağartılmış soya kumaş

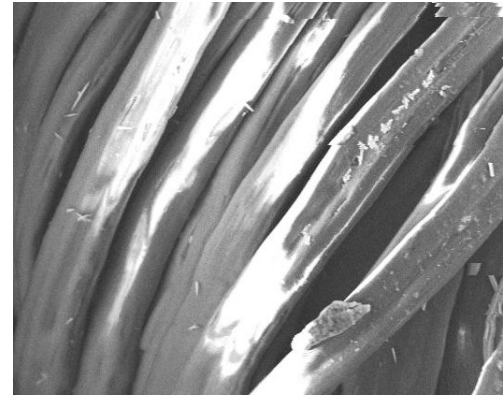
Ek 43 Ham ve Ozon/İndirgen/Yükseltgen Maddeler Varlığında Ağartma İşlemine Tabi Tutulmuş Soya Kumaşlara Ait Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüleri (1000 Büyütme)



Ham soya kumaş

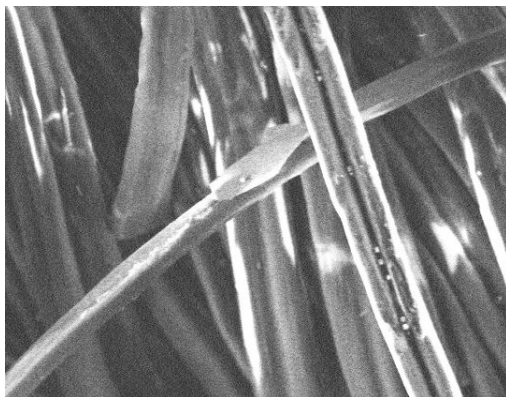


1

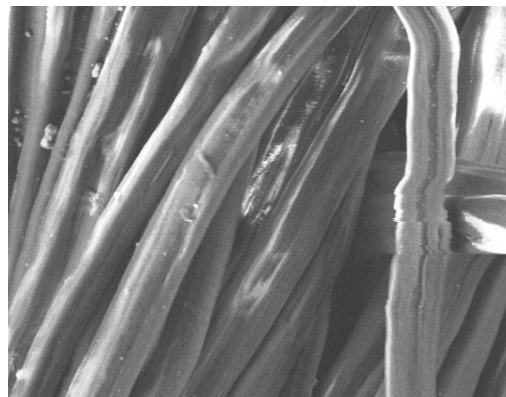


2

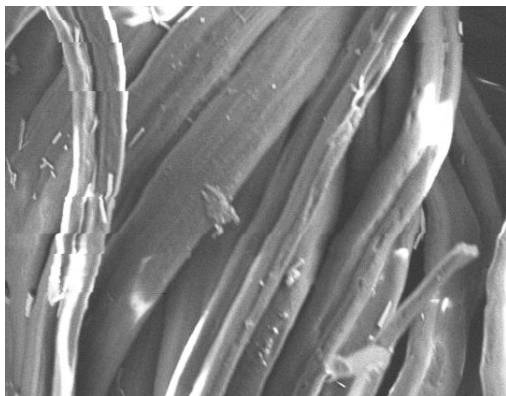
Ek 43 (devam)



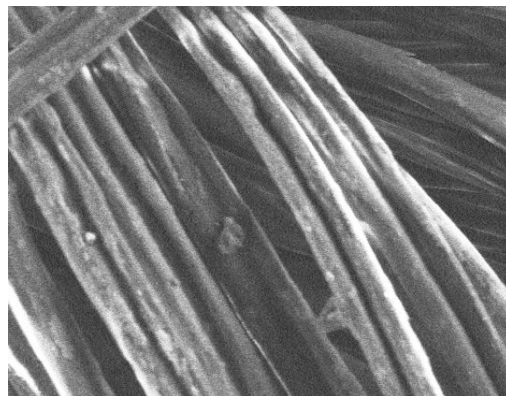
3



4



5



6

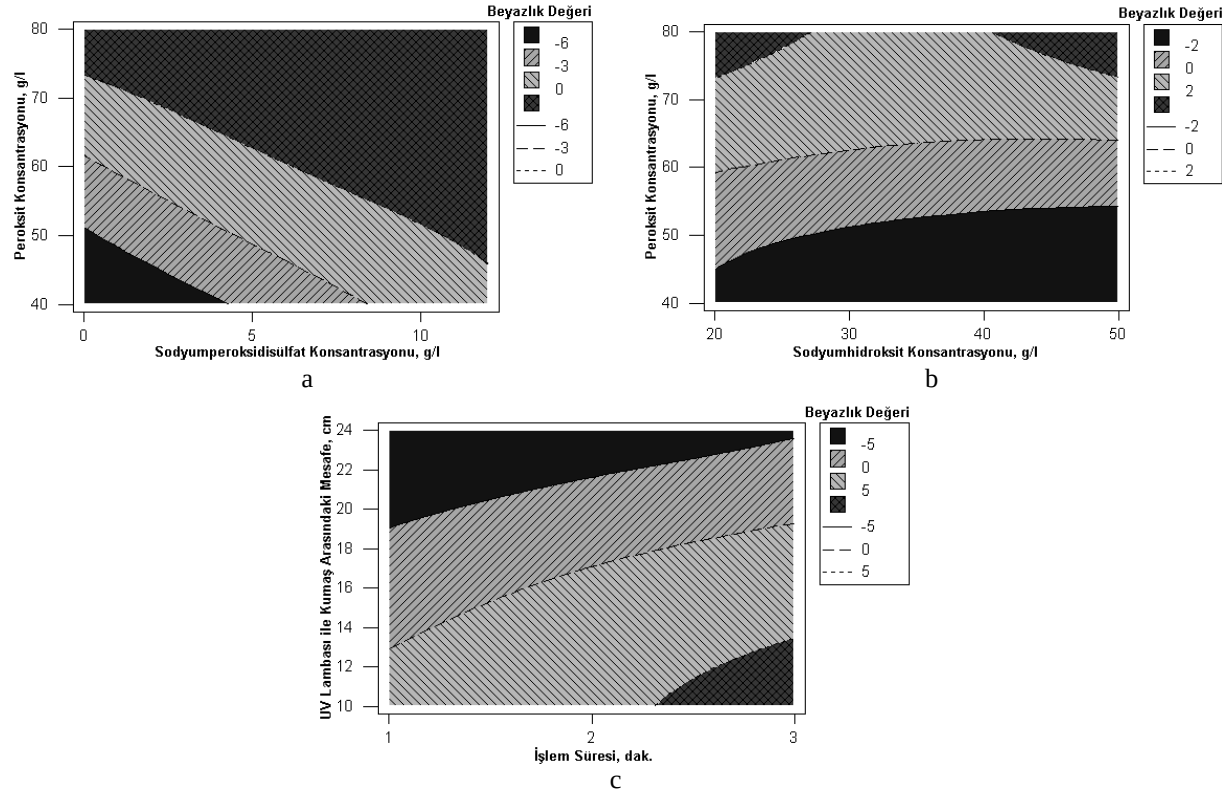
Ek 44 Ultraviyole Enerjisi Varlığında Ağartma İşlemine Tabi Tutulmuş Soya Kumaşların Beyazlık ve L* Değişimlerine İlişkin Gerçekleşen ve Geliştirilen Model Tarafından Tahminlenen Değerler

No:	Beyazlık Değişimi, %		No:	Beyazlık Değişimi, %	
	Gerçekleşen	Tahminlenen		Gerçekleşen	Tahminlenen
1	-4,13	-4,21	24	-10,69	-10,659
2	-12,41	-12,548	25	-4,38	-4,302
3	-4,82	-4,833	26	2,98	2,91
4	1,54	1,653	27	3,29	2,989
5	-5,48	-5,5	28	-0,020	-0,148
6	-1,72	-1,776	29	-0,670	-0,567
7	-2,69	-2,663	30	1,650	1,653
8	2,18	2,281	31	-11,11	-11,208
9	3,44	3,289	32	-2,130	-2,086
10	2,83	2,594	33	1,56	1,653
11	1,54	1,686	34	1,68	1,613
12	7,84	8,087	35	-3,14	-2,927
13	-4,81	-4,865	36	1,88	2,081
14	1,83	1,653	37	7,98	7,604
15	-9,20	-9,239	38	0,050	0,056
16	-2,42	-2,615	39	-6,63	-6,434
17	-0,820	-0,867	40	1,600	1,653
18	4,67	4,494	41	1,54	1,663
19	7,65	7,633	42	-9,44	-9,392
20	-4,49	-4,447	43	-5,79	-5,71
21	6,97	7,041	44	1,74	1,653
22	5,82	6,032	45	7,96	8,103
23	-4,63	-4,528	46	-5,150	-5,106
No:	L* Değeri		No:	L* Değeri	
	Gerçekleşen	Tahminlenen		Gerçekleşen	Tahminlenen
1	91,48	91,465	24	91,40	91,443
2	91,26	91,194	25	91,74	91,706
3	91,45	91,371	26	91,63	91,618
4	91,51	91,478	27	91,45	91,392
5	91,48	91,50	28	91,65	91,578
6	91,16	91,204	29	91,18	91,244
7	91,70	91,641	30	91,44	91,478
8	91,77	91,761	31	91,27	91,271
9	91,80	91,836	32	91,76	91,761
10	91,210	91,238	33	91,46	91,478
11	91,40	91,409	34	91,75	91,791
12	91,61	91,602	35	91,11	91,123
13	91,35	91,338	36	91,40	91,412
14	91,55	91,478	37	91,54	91,548
15	91,65	91,71	38	91,75	91,714
16	91,68	91,651	39	91,57	91,554
17	91,40	91,41	40	91,49	91,478
18	91,43	91,36	41	91,47	91,542
19	91,61	91,624	42	91,040	91,102
20	91,43	91,425	43	91,45	91,488
21	91,54	91,588	44	91,42	91,478
22	91,67	91,672	45	91,35	91,328
23	91,31	91,259	46	91,42	91,446

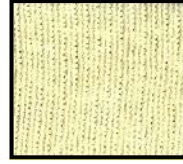
**Ek 45 Beyazlık ve L* Değerlerine İlişkin Regresyon Modelini İfade Eden
Denklem (29)-(30)'da Yer Alan Her Bir Bağımsız Değişkenin
Katsayısı ve P-değerleri**

	Unsur	Katsayı	StDev	T	P
Beyazlık Değeri	Sabit	1,653	0,07570	21,84	0,000
	T	2,634	0,04636	56,828	0,000
	M	-6,216	0,04636	-134,082	0,000
	P	3,432	0,04636	74,031	0,000
	K	-0,456	0,04636	-9,829	0,000
	S	2,305	0,04636	49,723	0,000
	T ²	-0,924	0,06277	-14,727	0,000
	M ²	-2,593	0,06277	-41,306	0,000
	P ²	-1,666	0,06277	-26,543	0,000
	K ²	-0,319	0,06277	-5,088	0,000
	S ²	-1,535	0,06277	-24,459	0,000
	T*M	-0,055	0,09271	-0,593	0,558
	T*P	2,475	0,09271	26,695	0,000
	T*K	-2,532	0,09271	-27,315	0,000
	T*S	3,97	0,09271	42,82	0,000
	M*P	-1,045	0,09271	-11,271	0,000
	M*K	2,22	0,9271	23,945	0,000
	M*S	1,553	0,09271	16,745	0,000
	P*K	0,645	0,09271	6,957	0,000
	P*S	-2,107	0,09271	-22,731	0,000
	K*S	-0,035	0,09271	-0,378	0,709
L* Değeri	Sabit	91,4783	0,02255	4057,475	0,000
	T	0,0256	0,01381	1,856	0,075
	M	-0,0469	0,01381	-3,395	0,002
	P	0,1187	0,01381	8,601	0,000
	K	-0,0213	0,01381	-1,539	0,136
	S	0,0362	0,01381	2,626	0,015
	T ²	0,0308	0,01869	1,649	0,112
	M ²	0,0092	0,01869	0,490	0,628
	P ²	-0,0283	0,01869	-1,516	0,142
	K ²	0,1583	0,01869	8,470	0,000
	S ²	-0,1583	0,01869	-8,470	0,000
	T*M	0,0025	0,02761	0,091	0,929
	T*P	-0,0775	0,02761	-2,807	0,010
	T*K	0,0425	0,02761	1,539	0,136
	T*S	-0,0850	0,02761	-3,078	0,005
	M*P	0,0225	0,02761	0,815	0,423
	M*K	-0,0900	0,02761	-3,259	0,003
	M*S	0,0525	0,02761	1,901	0,069
	P*K	0,1300	0,02761	4,708	0,000
	P*S	-0,0350	0,02761	-1,268	0,217
	K*S	0,2975	0,02761	10,774	0,000

Ek 46 Ultraviyole Enerjisi Varlığında Ağartma İşlemine Tabi Tutulan Soya Kumaşların Beyazlık Değerlerine “Hidrojen Peroksit ve Sodyum Peroksidisülfat Konsantrasyonunun” (a), “Hidrojen Peroksit ve Sodyum Karbonat Konsantrasyonunun” (b) ve “UV Lambası ile Kumaş Arasındaki Mesafenin ve UV ile İşlem Süresinin” (c) Etkisi



Ek 47 Ultraviyole Enerjisi Varlığında Gerçekleştirilen Ağartma İşlemlerinin Soya Kumaşların Beyazlık ve L* Değerlerine Olan Etkisi



Ham soya kumaş
(Beyazlık= -45,49; L*= 87,33)

Ham soya kumaşlara UV ile işlem süresinin etkisi



1 dak. (Beyazlık= -10,69; L*= 91,4)

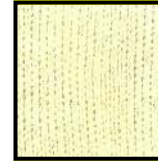


3 dak. (Beyazlık= -5,48; L*= 32,21)

UV ile işlem sırasında kumaş ile UV lambası arasındaki mesafenin etkisi



10 cm (Beyazlık= 1,54; L*= 91,47)



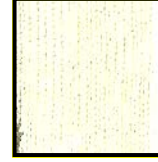
24 cm (Beyazlık= -10,69; L*= 91,4)

Ek 47 (devam)

UV ile işlem sırasında kullanılan hidrojen peroksit konsantrasyonunun etkisi



40 g/l (Beyazlık= -4,13; L*= 91,48)



80 g/l (Beyazlık= 7,98; L*= 91,54)

UV ile işlem sırasında kullanılan sodyum karbonat konsantrasyonunun etkisi

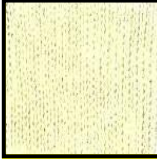


20 g/l (Beyazlık= 7,65; L*= 91,61)



50 g/l (Beyazlık= 2,18; L*= 91,77)

UV ile işlem sırasında kullanılan sodyum peroksidisülfat konsantrasyonunun etkisi

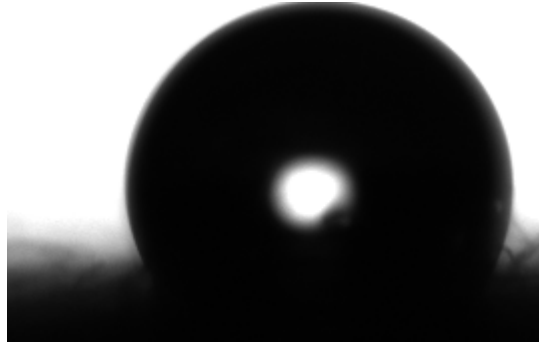


0 g/l (Beyazlık= -12,41; L*= 91,26)



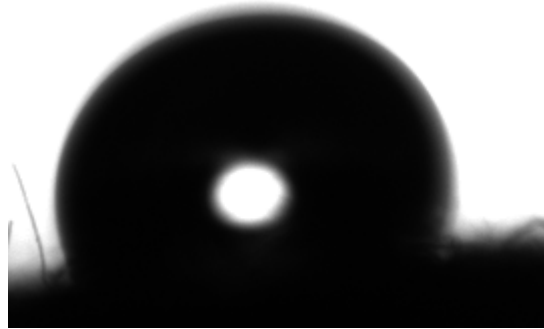
12 g/l (Beyazlık= -4,82; L*= 91,45)

Ek 48 UV Enerjisi Varlığında Gerçekleştirilen Ağartma İşlemlerinin Soya Kumaşların Temas Açısı Ölçüm Sonuçlarına Olan Etkisi

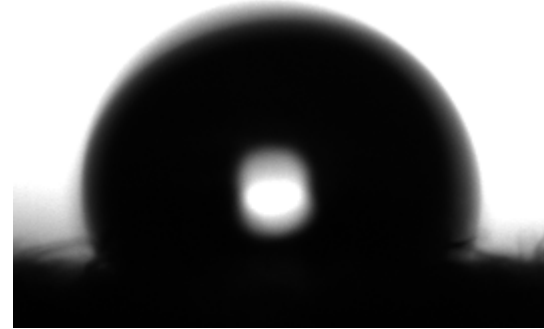


Ham soya kumaş ($T \geq 2$ dak.)

Ham soya kumaşlara UV ile işlem süresinin etkisi



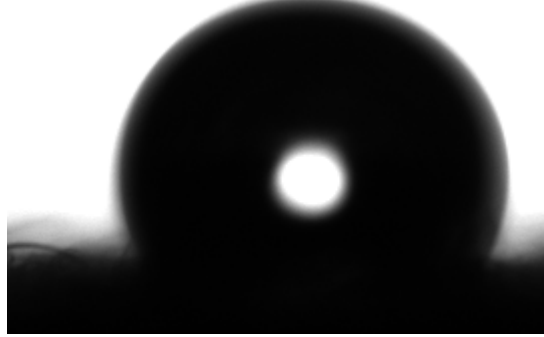
24 ($T = 0,224$ sn.)



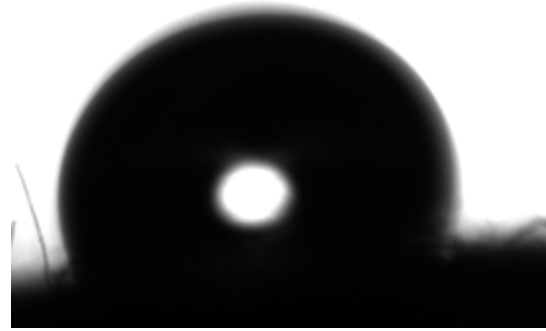
5 ($T = 0,144$ sn.)

Ek 48 (devam)

UV ile işlem sırasında kumaş ile UV lambası arasındaki mesafenin etkisi



41 (T = 0,224 sn.)

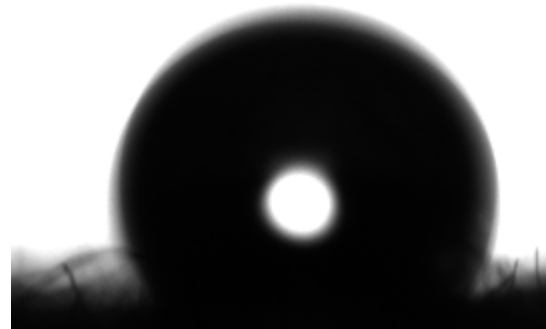


24 (T = 0,304 sn.)

UV ile işlem sırasında kullanılan hidrojen peroksit konsantrasyonunun etkisi



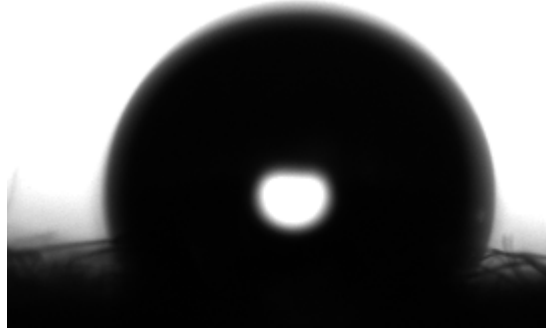
1 (T = 0,240 sn.)



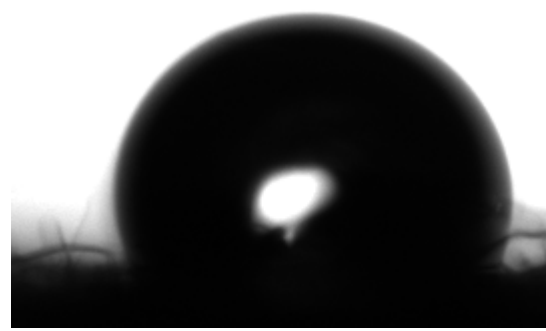
37 (T = 0,192 sn.)

Ek 48 (devam)

UV ile işlem sırasında kullanılan sodyum karbonat konsantrasyonunun etkisi

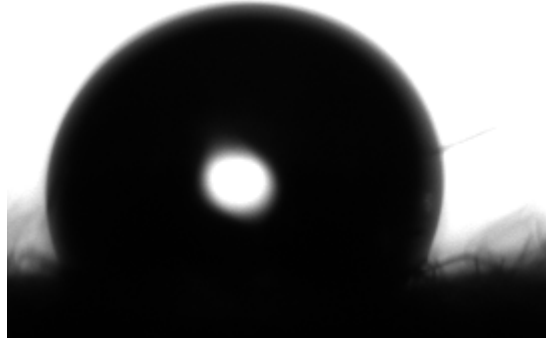


19 (T = 0,240 sn.)

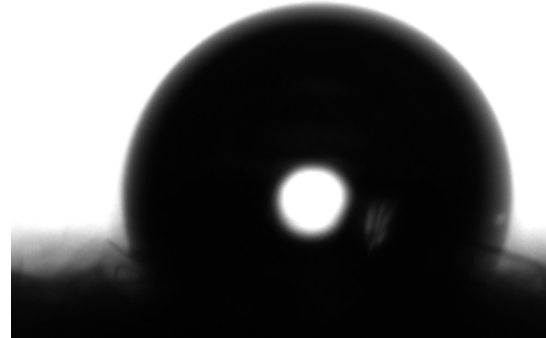


8 (T = 0,096 sn.)

UV ile işlem sırasında kullanılan sodyum peroksidisülfat konsantrasyonunun etkisi



2 (T = 0,208 sn.)



3 (T = 0,192 sn.)

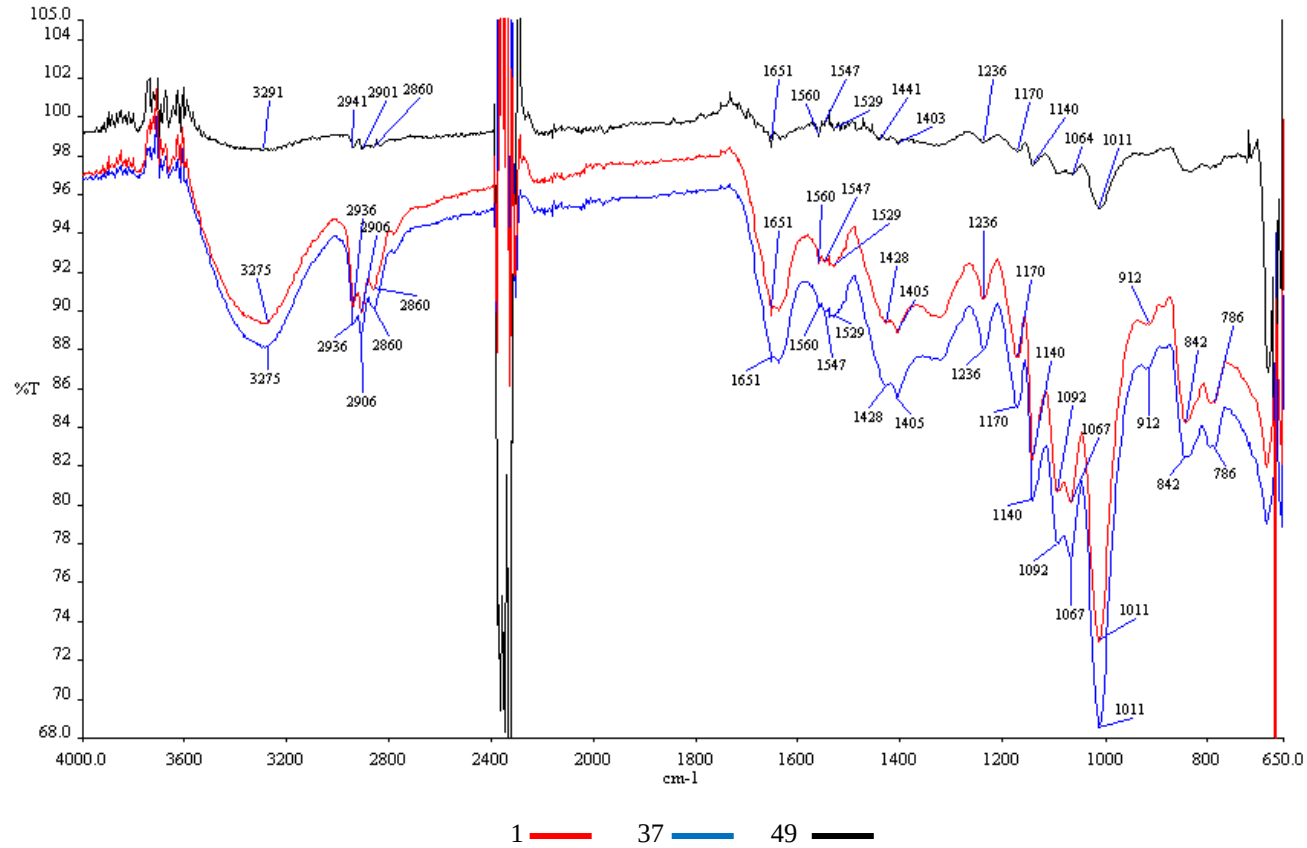
Ek 49 Ham ve UV Enerjisi Varlığında Ağartma İşlemine Tabi Tutulmuş Soya Kumaşlara Ait İnfrared Band İşaretleri (Zhang And Yan, 2012; Vynias, 2011)

Ham Kumaş ⁴⁹	Hidrojen peroksit Kons.		Sodyum peroksidisülfat Kons.		Sodyum karbonat Kons.		UV ile işlem süresi		UV lambasına olan mesafe		Olası İşaretler
	1	37	2	3	19	8	24	5	41	24	
1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	S-sülfonat
1064	1067	1067	1067	1067	1064	1067	1067	1067	1067	1067	Sisteik asit
1140	1140	1140	1140	1140	1140	1142	1140	1140	1140	1140	Sistin monoksit
1170	1170	1170	1170	1170	1170	1173	1170	1170	1170	1170	Sistin dioksit
1236	1236	1236	1236	1236	1236	1239	1239	1239	1236	1239	Amid III N-H (ib), C-N (s)
1403	1405	1405	1405	1405	1403	1405	1405	1405	1405	1405	CH ₃ C-H (d)
1441	1428	1428	1431	1431	1441	1431	1431	1431	1428	1431	CH ₂ ve CH ₃ , C-H (d)
1529	1529	1529	1529	1529	1529	1529	1532	1532	1532	1532	Amid II N-H (ib), C-N (s), C-C (s)
1651	1651	1651	1653	1653	1651	1651	1651	1651	1651	1651	Amid I C=O (s), C-N (s), C-C-N (d)
2860	2860	2860	2860	2860	2860	2860	2860	2860	2865	2860	CH ₂ (ss)
2901	2906	2906	2906	2906	2901	2906	2906	2906	2906	2906	CH ₃ (ss)
2941	2936	2936	2936	2936	2941	2936	2936	2936	2936	2936	CH ₂ (as)
3291	3275	3275	3286	3286	3291	3286	3281	3281	3281	3281	N-H (s) sekonder amidler O-H (s) hidrojen bağlı

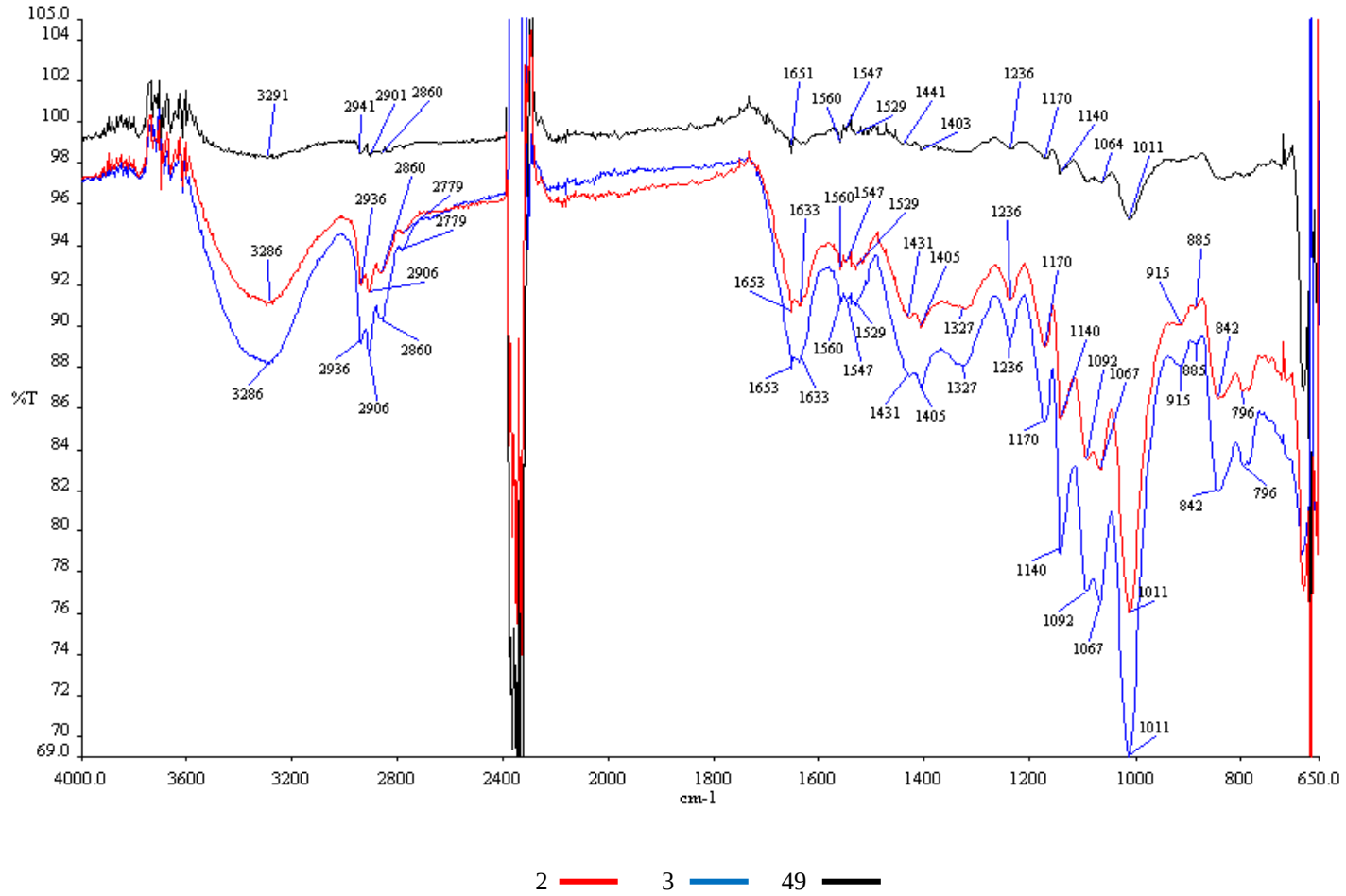
Kumaş no 1: 40 g/l hidrojen peroksit, 35 g/l sodyum karbonat, 6 g/l sodyum peroksidisülfat içeren emdirme banyosu ile emdirilip UV lambasından 17 cm uzağa yerleştirilerek 3 dak. işlem görmüş soya kumaş
Kumaş no 37: 80 g/l hidrojen peroksit, 35 g/l sodyum karbonat, 6 g/l sodyum peroksidisülfat içeren emdirme banyosu ile emdirilip UV lambasından 17 cm uzağa yerleştirilerek 3 dak. işlem görmüş soya kumaş
Kumaş no 2: 60 g/l hidrojen peroksit, 35 g/l sodyum karbonat içeren emdirme banyosu ile emdirilip UV lambasından 24 cm uzağa yerleştirilerek 2 dak. işlem görmüş soya kumaş
Kumaş no 3: 60 g/l hidrojen peroksit, 35 g/l sodyum karbonat, 12 g/l sodyum peroksidisülfat içeren emdirme banyosu ile emdirilip UV lambasından 24 cm uzağa yerleştirilerek 2 dak. işlem görmüş soya kumaş
Kumaş no 19: 60 g/l hidrojen peroksit, 20 g/l sodyum karbonat, 6 g/l sodyum peroksidisülfat içeren emdirme banyosu ile emdirilip UV lambasından 10 cm uzağa yerleştirilerek 2 dak. işlem görmüş soya kumaş
Kumaş no 8: 60 g/l hidrojen peroksit, 50 g/l sodyum karbonat, 6 g/l sodyum peroksidisülfat içeren emdirme banyosu ile emdirilip UV lambasından 10 cm uzağa yerleştirilerek 2 dak. işlem görmüş soya kumaş
Kumaş no 24: 60 g/l hidrojen peroksit, 35 g/l sodyum karbonat, 6 g/l sodyum peroksidisülfat içeren emdirme banyosu ile emdirilip UV lambasından 24 cm uzağa yerleştirilerek 1 dak. işlem görmüş soya kumaş
Kumaş no 5: 60 g/l hidrojen peroksit, 35 g/l sodyum karbonat, 6 g/l sodyum peroksidisülfat içeren emdirme banyosu ile emdirilip UV lambasından 24 cm uzağa yerleştirilerek 3 dak. işlem görmüş soya kumaş
Kumaş no 41: 60 g/l hidrojen peroksit, 35 g/l sodyum karbonat, 6 g/l sodyum peroksidisülfat içeren emdirme banyosu ile emdirilip UV lambasından 10 cm uzağa yerleştirilerek 1 dak. işlem görmüş soya kumaş

Ek 50 Ham ve UV Enerjisi Varlığında Ağartma İşlemine Tabi Tutulmuş Soya Kumaşlara Ait İnfrared Spektralar

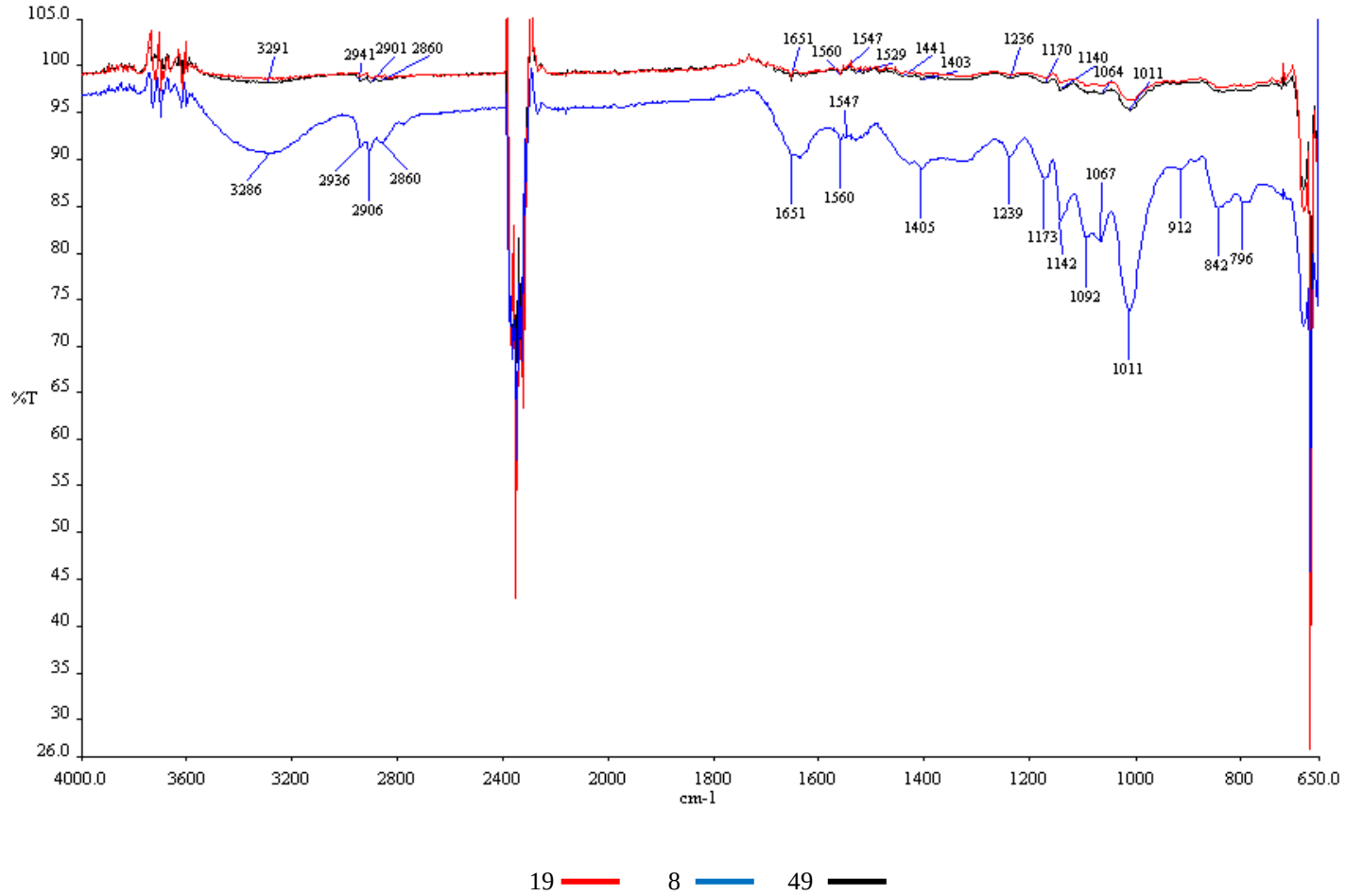
Ek 50a Hidrojen peroksit konsantrasyonunun etkisini gösteren 49-1-37 nolu kumaşlara ait infrared spektra



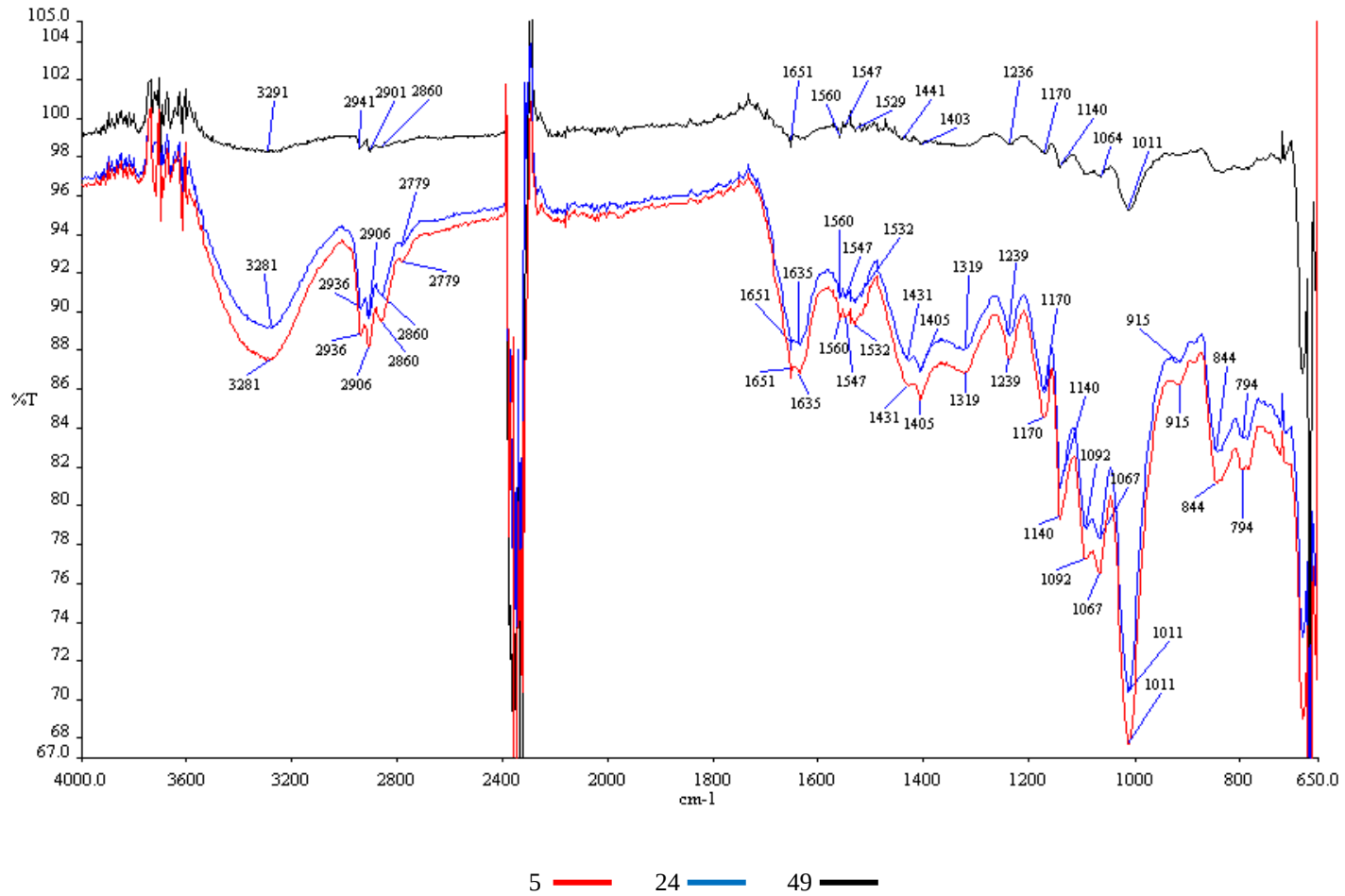
Ek 50b Sodyum peroksidisülfat konsantrasyonunun etkisini gösteren 49-2-3 nolu kumaşlara ait infrared spektra



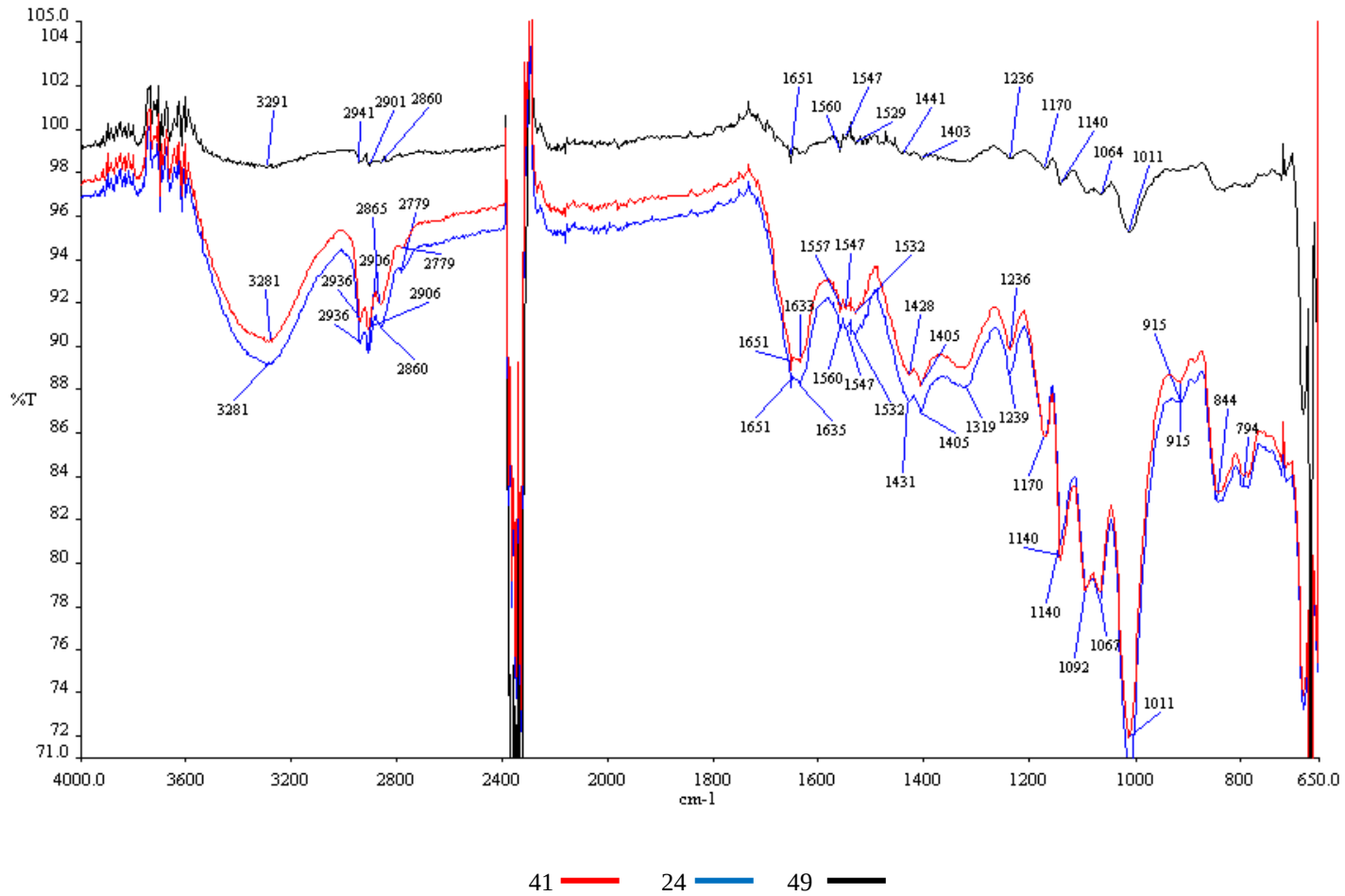
Ek 50c Sodyum hidroksit konsantrasyonunun etkisini gösteren 49-19-8 nolu kumaşlara ait infrared spektra



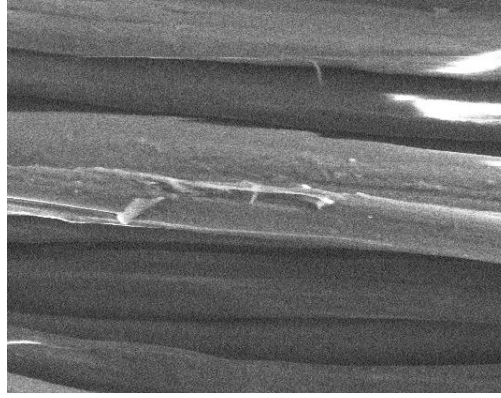
Ek 50d UV ile işlem süresinin etkisini gösteren 49-24-5 nolu kumaşlara ait infrared spektra



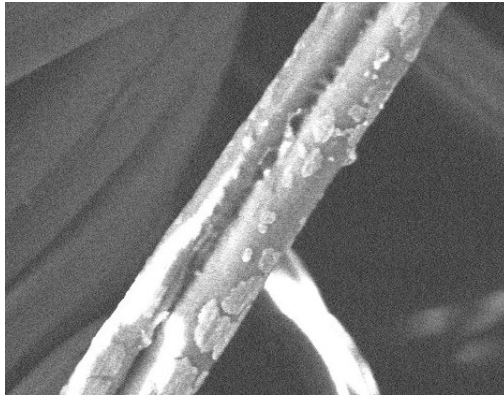
Ek 50e UV lambası ile kumaş arasındaki mesafenin etkisini gösteren 49-41-24 nolu kumaşlara ait infrared spektra



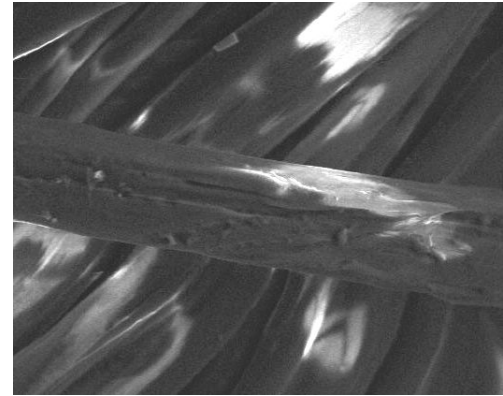
Ek 51 Ham ve UV Enerjisi Varlığında Ağartma İşlemine Tabi Tutulmuş Soya Kumaşlara Ait Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntüleri (2000 Büyütme)



Ham soya kumaş

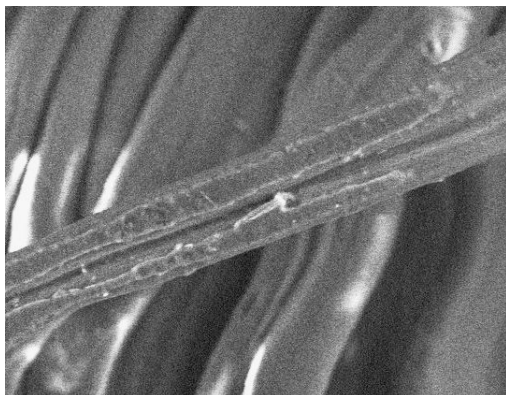


1

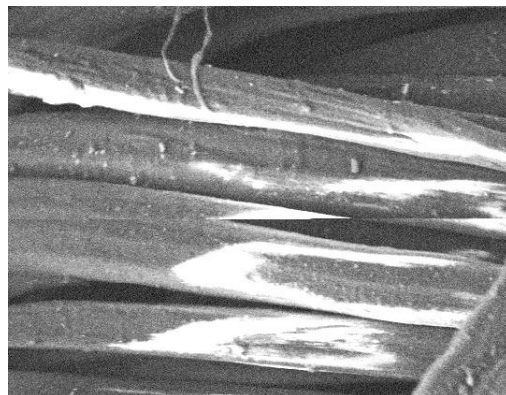


37

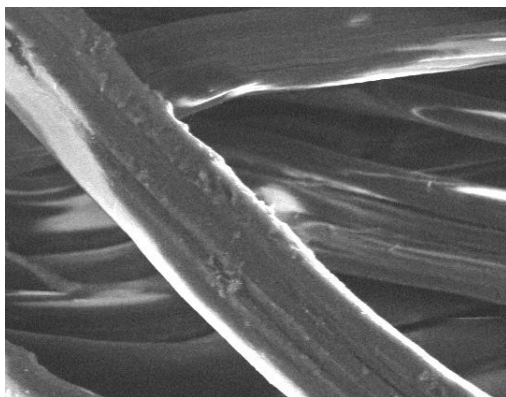
Ek 51 (devam)



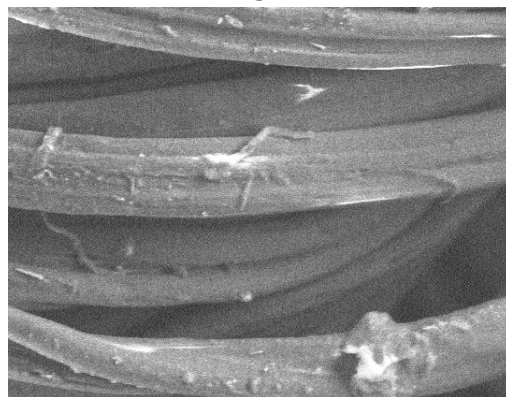
2



3

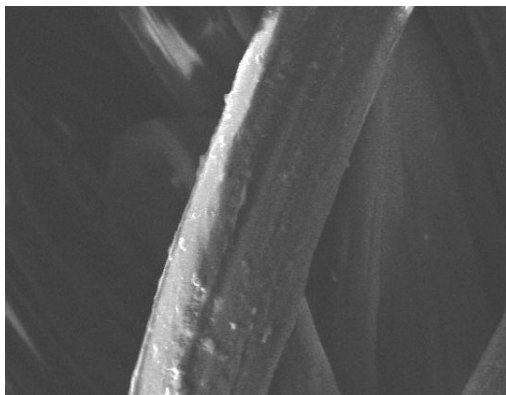


19

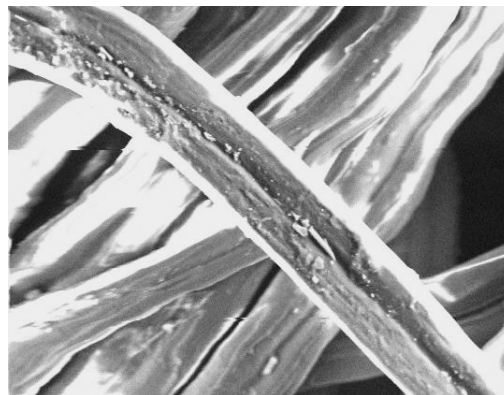


8

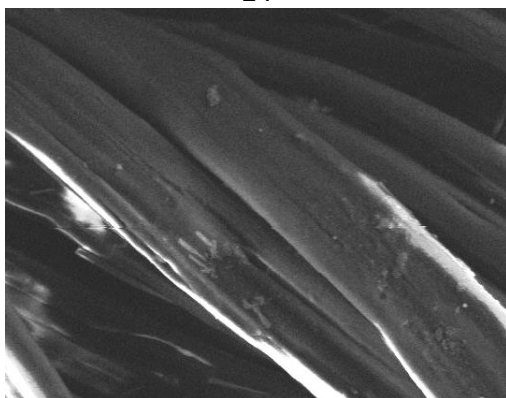
Ek 51 (devam)



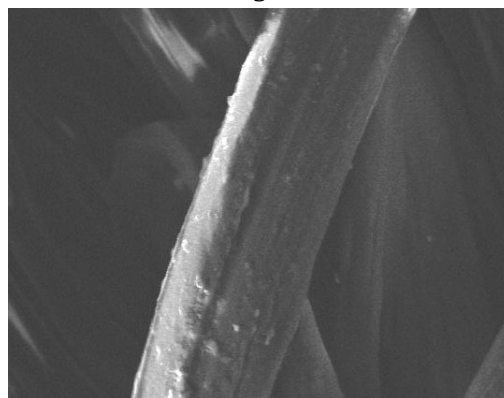
24



5



41



24