



T.C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PAMUKLU KUMAŞLARDA KOMBİNE ENZİM PROSESLERİNİN  
GELİŞTİRİLMESİ**

Tuba TOPRAK

Prof. Dr. Pervin ANIŞ

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2014

## TEZ ONAYI

Tuba TOPRAK tarafından hazırlanan “Pamuklu Kumaşlarda Kombine Enzim Proseslerinin Geliştirilmesi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Prof. Dr. Pervin ANIŞ

**Başkan :** Prof. Dr. Pervin ANIŞ  
Mühendislik Fakültesi,  
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza



**Üye :** Prof. Dr. Dilek KUT  
Mühendislik Fakültesi,  
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza



**Üye :** Prof. Dr. Feza KARAER  
Mühendislik Fakültesi,  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım

**Prof. Dr. Ali Osman DEMİR**

Enstitü Müdürü

...../...../.....

## BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

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

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

06/01/2015

  
**Tuba TOPRAK**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### PAMUKLU KUMAŞLARDA KOMBİNE ENZİM PROSESLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

**Tuba TOPRAK**

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Prof. Dr. Pervin ANIŞ

Bu tez çalışmasında, enzimlerle kombine olarak pamuk kumaşa ön terbiye işlemleri yapılmıştır. Çalışmada haşıl sökme, hidrofilleştirme, biyo-parlatma işlemleri enzimlerle kombine olarak farklı sıcaklıklarda, sürelerde, pH'larda ve konsantrasyonlarda yapılmıştır. Enzimlerle üçlü, ikili ve tekli olarak çalışılmıştır. Enzimatik ön işlemin sonuçları konvansiyonel ön işlem ve ham kumaşın test sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Çalışma kapsamında yırtılma mukavemeti, hidrofilitte, beyazlık, parlaklık, haşıl sökme ve boncuklanma testleri yapılmıştır. Deneyin ilk kısmını oluşturan üçlü enzim kullanımlarından elde edilen sonuçlara göre, bazik ortamda yapılan enzimatik işlemin beyazlık, parlaklık, hidrofilitte değerleri asidik ortamın değerlerinden yüksekken, asidik ortamın da yırtılma mukavemeti değerleri daha yüksek çıkmıştır. Konvansiyonel ön işlem en düşük yırtılma mukavemeti değerini verirken, en yüksek beyazlık, parlaklık, hidrofilitte değerlerini vermiştir. Haşıl sökme ve boncuklanmada enzimatik ve konvansiyonel işlemler arasında fark görülmemiştir. Sıcaklık ve süre artışı, yırtılma mukavemeti değerlerinde azalmaya sebep olurken, beyazlık, parlaklık ve hidrofilitte değerlerini artırmış, boncuklanma ve haşıl sökme değerlerinde değişiklik yaratmamıştır. Deneyin ikinci kısmında, enzimler ikili kombinasyonlar halinde artan konsantrasyonlarda, farklı pH'larda, sabit sıcaklık ve sürede kullanılmışlardır. Konsantrasyon artışı, yırtılma mukavemeti hariç bütün testlerin değerlerinde artış sağlamıştır. Asidik ortamda çalışan enzimlerin sadece yırtılma mukavemeti değerleri bazik ortama göre daha iyidir. Bazik ortamda işleme sokulan pektinaz+selülaz kombinasyonu en düşük yırtılma mukavemeti, beyazlık, parlaklık ve en yüksek hidrofilitte değerlerini vermiştir. Deneyin üçüncü kısmında enzimler tekli olarak kullanılmıştır. Çıkan sonuçlara göre amilaz enzimi haşılın uzaklaşmasını sağlayarak beyazlık ve parlaklıkta, selülaz ve pektinaz enzimleri pamuktaki safsızlıkların uzaklaştırılmasını sağlayarak hidrofilitte artışa sağlamıştır. Selülaz enzimi aynı zamanda selülozun hidrolizine sebep olarak yırtılma mukavemeti kaybında artışa sebep olmuştur.

Enzimatik kombine işlem çok daha kısa sürelerde ve çok daha düşük sıcaklıklarda yapılmasına rağmen konvansiyonel yonteme yakın değerler vermiştir.

**Anahtar kelimeler:** Çevre dostu, temiz üretim, sürdürülebilir üretim, amilaz, pektinaz, selülaz, pullinaz, enzim, kombine ön işlem

**2014, x+144 sayfa.**

## ABSTRACT

MSc Thesis

### IMPROVING OF COMBINE ENZYME PROCESSES ON COTTON FABRICS

Tuba TOPRAK

Uludag University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Textile Engineering

**Supervisor:** Prof. Dr. Pervin ANIŞ

In this thesis, pretreatment was done to the cotton fabric by combined enzymes. In the study desizing, scouring, bio-polishing operations were done combined with enzymes at different temperatures, durations, pH values and concentrations. The study was done by triple, double and single enzymes usage. The results of the enzymatic pre-treatment was compared with the test results of conventional pre-treatment and greige fabric. Tear strength, wettability, whiteness, brightness, desizing and pilling tests were done in the content of the study. According to the results got from the usage of the triple enzymes which was the first part of the experiment; as whiteness, brightness, wettability values of the enzymatic treatment were better in alkaline medium than acidic medium, tear strength values of the enzymatic treatment were higher in acidic medium. As conventional pre-treatment gave the minimum tear strength value, it also gave the maximum whiteness, brightness and wettability values. There was no difference observed for the scouring and pilling between enzymatic and conventional pre-treatment. Increase of the temperature and duration caused decrease on the tear strength values, it increased whiteness, brightness and wettability values and it didn't change the pilling and desizing values. In the second part of the experiment, enzymes were used as double combinations with increasing concentrations and different pH values, at constant temperature and duration. Increase of concentration provided increase in every test results except tear strength. Only tear strength values of the enzymes in acidic medium was better than alkaline medium. Pectinase+cellulase enzyme combination in the alkaline medium gave the minimum tear strength, whiteness, brightness values and maximum wettability values. In the third part of the experiment enzymes were used as singles. As a result amylase enzyme provided increase of the whiteness and brightness by desizing, cellulase and pectinase enzymes provided increase of wettability by removing the impurities from the cotton. At the same time cellulase enzyme caused increase of the loss of the tear strength by hydrolysis of cellulose.

Although combined enzymatic pretreatment was done at much more short durations and much more low temperatures it gave close results to the conventional pretreatment.

**Keywords:** Eco-friendly, cleaner production, sustainable production, amylase, pectinase, cellulase, pullinase, enzyme, combine pre-treatment

**2014, x +144 pages.**

## TEŞEKKÜRLER

Yüksek lisans eğitimim boyunca desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen, her konuda yanımda olan, bu tez çalışmasının yürütülmesinde ve değerlendirilmesinde emeği geçen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Pervin ANIŞ' e teşekkürlerimi sunuyorum.

Deney sonuçlarının istatistiksel analizini yapmamda her türlü desteği sağlayan hocam Sayın Prof. Dr. Yusuf ULCAY' a ve Doç. Dr. Kenan ÇEVEN' e teşekkürlerimi sunuyorum.

Tez çalışmam süresince her türlü bilgi ve yardımlarını benden esirgemeyen sevgili arkadaşlarım Ender AYDOĞMUŞ' a, Kaan KORÇA' ya, Merve CENGİZ' e, Can TÜRKMENOĞLU' na, Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Sayın Araş. Gör. Gizem MANASOĞLU' na ve Sayın Araş. Gör. Rumeysa TURAL' a teşekkürü bir borç bilirim.

Tüm bu süreç boyunca her türlü desteğiyle her an yanımda olan anneme, babama ve ağabeyime sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Tuba TOPRAK

Aralık 2014

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ .....	3
2.1. Pamuk Lifi.....	3
2.2. Pamuk Lifinin Özellikleri .....	4
2.2.1. Pamuk lifinin fiziksel özellikleri.....	5
2.2.2. Pamuk lifinin kimyasal özellikleri .....	6
2.2.2.1. Asitlerin etkisi .....	6
2.2.2.2. Alkalilerin etkisi.....	6
2.2.2.3. Sıcaklığın etkisi.....	6
2.2.2.4. Işığın etkisi .....	7
2.2.2.5. Çözücülerin etkisi .....	7
2.2.2.6. Yükseltgen maddelerin etkisi.....	7
2.2.2.7. Organik çözücülerin etkisi .....	8
2.2.2.8. Tuzların etkisi.....	8
2.2.2.9. Suyun etkisi .....	8
2.3. Enzim .....	8
2.3.1. Proteinin yapısı .....	8
2.3.2. Protein moleküllerinin şekli .....	10
2.3.3. Enzimlerin yapısı .....	12
2.3.4. Enzimlerin özellikleri.....	12
2.3.5. Enzimlerin Adlandırılması ve Sınıflandırılması .....	14
2.3.5.1. Enzimlerin adlandırılması .....	14
2.3.5.2. Enzimlerin sınıflandırılması .....	16
2.3.6. Enzim aktivitesi.....	18
2.3.7. Enzim katalizi.....	19
2.3.8. Homojen sistemlerde enzim kinetiği.....	20
2.3.8.1. Enzim kinetiğinin temel bağıntıları.....	21
2.3.9. Reaksiyon hızını etkileyen faktörler .....	26
2.3.9.1. Sıcaklık.....	26
2.3.9.2. pH.....	28
2.3.9.3. Substrat konsantrasyonu.....	28
2.3.9.4. Enzim konsantrasyonu .....	29
2.3.10. Enzimlerin denatürasyonu.....	29
2.3.11. Enzimlerin inhibisyonu .....	30
2.3.12. Enzimlerin immobilizasyonu .....	30
2.4. Biyoteknoloji Nedir?.....	30
2.4.1. Biyoteknolojinin tekstil endüstrisindeki uygulamaları .....	32
2.4.1.1 Yeni lif kaynakları.....	33
2.4.1.2. Lif modifikasyonu .....	34
2.4.1.3. Atık uygulamaları.....	35

2.4.1.4. Tekstil boyalarında çevre dostu yaklaşımlar.....	35
2.4.1.5. Liflerin hazırlanması .....	36
2.4.1.6. Temizleme uygulamaları.....	36
2.4.1.7. Kumaş terbiye işlemleri .....	37
2.4.1.7.1. Haşıl sökme.....	37
2.4.1.7.2. Hidrofilleştirme .....	38
2.4.1.7.3. Ağartma işlemi .....	40
2.4.1.7.4. Peroksit atıklarının uzaklaştırılması.....	41
2.4.1.7.5. Bitim işlemleri.....	42
2.4.1.7.6. İpekte serisin giderme .....	44
2.4.1.7.7. Yünlü mamüllerde keçeleşmezlik, biyo-temizleme, biyo-yağ giderme işlemleri.....	44
2.4.1.7.8. Sentetik liflerin modifikasyonu.....	46
2.5. Literatür Çalışmaları .....	47
3.MATERYAL VE YÖNTEM .....	73
3.1 Materyal .....	73
3.1.1.Ham pamuk dokuma kumaş.....	73
3.1.2. Penenzim HSE amilaz enzimi.....	73
3.1.3. Rucolase PTZ pektinaz enzimi .....	73
3.1.4. Penenzim NE selülaz enzimi.....	73
3.1.5. Premscour BL pektinaz enzimi .....	73
3.1.6. Bio Cons New selülaz enzimi .....	74
3.1.7. Dextrozyme DX amilaz+pullinaz enzimi .....	74
3.1.8. Nuyasol Nek ıslatıcı .....	74
3.1.9. Pronat OLY yıkama yardımcı maddesi.....	74
3.1.10. Sodyum hidroksit .....	75
3.1.11. Çalışmada kullanılan makine .....	75
3.2 Yöntem.....	75
3.2.1. Deneysel çalışmalar .....	75
3.2.2. Testler.....	80
3.2.2.1. Yırtılma mukavemeti testi.....	80
3.2.2.2. Boncuklanma testi.....	81
3.2.2.3. Hidrofilite testi .....	82
3.2.2.4. Haşıl sökme derecesi tayini.....	82
3.2.2.5. Beyazlık ve parlaklık indeksleri ölçümleri .....	82
3.2.2.6. Kumaş kalınlığı ölçüm cihazı .....	82
3.2.3. Hipotezler ve matematiksel modeller.....	83
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	89
4.1. Üçlü Enzim Kullanımlarında Sıcaklık, Süre ve pH'ın Test Sonuçlarına Etkilerinin İncelenmesi .....	89
4.1.1.Yırtılma mukavemetleri sonuçları.....	94
4.1.2.Hidrofilite değerleri sonuçları .....	98
4.1.3. Beyazlık değerleri sonuçları.....	99
4.1.4. Parlaklık değeri sonuçları.....	102
4.1.5. Haşıl sökme değerlerinin incelenmesi .....	104
4.1.6. Boncuklanma değerlerinin incelenmesi .....	104
4.2. Üçlü Enzim Kullanımı ile Enzimatik İşlem, Konvansiyonel İşlem ve Ham Kumaş Numunelerinin Test Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	104



4.2.1.Çözgü yırtılma değerleri .....	104
4.2.2. Atkı yırtılma değerleri.....	105
4.2. 3. Hidrofilite değerleri.....	106
4.2.4. Beyazlık değerleri .....	107
4.2.5. Parlaklık değerleri .....	107
4.2.6. Haşıl sökme değerleri.....	108
4.2.7. Boncuklanma değerleri .....	109
4.3. İkili Enzim Kullanımlarında Ortam pH'ı, Enzim Kombinasyonu ve Konsantrasyonunun Test Sonuçları Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması.....	110
4.3.1. Yırtılma mukavemeti test sonuçları .....	113
4.3.2. Hidrofilite test sonuçları.....	115
4.3.3. Beyazlık test sonuçları .....	116
4.3.4. Parlaklık test sonuçları .....	117
4.3.5. Haşıl sökme test sonuçları.....	118
4.3.6. Boncuklanma test sonuçları .....	119
4.4. İkili Enzim Kombinasyonları Test Sonuçlarının Karşılaştırılması .....	120
4.5. Tekli Enzim Kullanımları Test Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	127
5. SONUÇ .....	134
KAYNAKLAR .....	138
ÖZGEÇMİŞ .....	144

## SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar	Açıklama
UV	Ultraviyole
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sülfirik asit
AlCl <sub>3</sub>	Alüminyum klorür
NaOH	Sodyum hidroksit
PHAs	Polihidroksialkonatlar
PHB	Polihidroksibütirat
PCPs	Pentaklorfenoller
GOD	Glikozoksidaz
FAD	Flavinadenindinükleotid
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Hidrojen peroksit
NaOCl	Sodyum hipoklorit
PET	Polietilen tereftalat
PAN	Poliakrilonitril
PA 6,6	Poliamid 6,6
HCl	Hidroklorik asit
owf	Kumaş ağırlığı üzerinden
EDTA	Etilendiamintetraasetikasit
TAED	Tetraasetilendiamin
PAA	Perasetikasit
POD	Peroksidaz
PG	Poligalakturonaz
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Sodyum karbonat
APS	Amonyum persülfat
Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> * 10H <sub>2</sub> O	Sodyumpirofosfatdekahidrat
oz	Ons ( 0,028 gr)
lb	Libre
Da	Dalton ( 1.66 × 10 <sup>-27</sup> kg)
B	Eğilme
BOİ	Biyolojik oksijen ihtiyacı
KOİ	Kimyasal oksijen ihtiyacı

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1. Dünya pamuk üretim miktarları.....	3
Şekil 2.2. Selüloz .....	4
Şekil 2.3. Pamuk lifinin yapısı.....	5
Şekil 2.4. Pamuk lifine asitlerin etkisi .....	6
Şekil 2.5. Selülozun bozunmuş yapıları.....	7
Şekil 2.6. Aminoasitin yapısı .....	8
Şekil 2.7. Peptid molekülü oluşumu .....	9
Şekil 2.8. Proteaz kurdele diyagramı .....	10
Şekil 2.9. Enzimlerin yapısal hiyerarşisi.....	11
Şekil 2.10. Liyozom enziminin moleküler modeli .....	13
Şekil 2.11. Anahtar- kilit modeli .....	14
Şekil 2.12. Pektin liyazın reaksiyonu.....	17
Şekil 2.13. Reaksiyon- enerji ilişkisi .....	20
Şekil 2.14. Substrat doygunluk eğrisi .....	24
Şekil 2.15. Lineweaver-Burk grafiği .....	25
Şekil 2.16. Enzim aktivitesi-sıcaklık grafiği.....	26
Şekil 2.17. Enzim aktivitesi-pH grafiği .....	28
Şekil 2.18. Enzimlerin denatürasyonu .....	29
Şekil 3.1. Numune boyama makinesi .....	75
Şekil 3.2. Ard işlem diyagramı .....	77
Şekil 3.3. Konvansiyonel yöntem işlem koşulları .....	79
Şekil 3.4. Yırtılma cihazı .....	80
Şekil 3.5. Boncuklanma test cihazı .....	81
Şekil 3.6. Boncuklanma değerlendirme cihazı (Pillscope).....	81
Şekil 3.7. Spektrofotometre .....	82
Şekil 3.8. Kumaş kalınlık ölçüm cihazı .....	83
Şekil 4.1. Bazik ortam çözgü yırtılma mukavemeti-sıcaklık-süre grafiği .....	94
Şekil 4.2. Bazik ortam atkı yırtılma mukavemeti-sıcaklık-süre grafiği.....	95
Şekil 4.3. Asidik ortam çözgü yırtılma mukavemeti-sıcaklık-süre grafiği.....	95
Şekil 4.4. Asidik ortam atkı yırtılma mukavemeti-sıcaklık-süre grafiği .....	96
Şekil 4.5. Sıcaklık- çözgü yırtılma mukavemeti SNK testi .....	96
Şekil 4.6. Sıcaklık- atkı yırtılma mukavemeti SNK testi.....	97
Şekil 4.7. Süre-çözgü yırtılma mukavemetleri SNK testleri.....	97
Şekil 4.8. Süre-atkı yırtılma mukavemetleri SNK testleri .....	97
Şekil 4.9. Bazik ortam 60sn. test süresi hidrofilitate grafiği .....	98
Şekil 4.10. Asidik ortam 60sn. test süresi hidrofilitate grafiği .....	98
Şekil 4.11. Sıcaklık-hidrofilitate SNK testi .....	99
Şekil 4.12. Süre-hidrofilitate SNK testi .....	99
Şekil 4.13. Bazik ortam beyazlık-sıcaklık-süre grafiği.....	100
Şekil 4.14. Asidik ortam beyazlık-sıcaklık-süre grafiği .....	100
Şekil 4.15. Sıcaklık-beyazlık SNK testi.....	101
Şekil 4.16. Süre-beyazlık SNK testi .....	101
Şekil 4.17. Bazik ortam parlaklık-sıcaklık-süre grafiği .....	102

Şekil 4.18. Asidik ortam parlaklık-sıcaklık-süre grafiği.....	102
Şekil 4.19. Sıcaklık-parlaklık SNK testi.....	103
Şekil 4.20. Süre-parlaklık SNK testi.....	103
Şekil 4.21. İşlem-çözgü yırtılma SNK testi .....	105
Şekil 4.22. İşlem-atkı yırtılma SNK testi.....	106
Şekil 4.23. İşlem-hidrofilite SNK testi .....	106
Şekil 4.24. İşlem-beyazlık SNK testi.....	107
Şekil 4.25. İşlem-parlaklık SNK testi .....	108
Şekil 4.26. İşlem-haşıl sökme SNK testi .....	109
Şekil 4.27. İşlem-boncuklanma SNK testi.....	109
Şekil 4.28. Çözgü yırtılma mukavemeti .....	114
Şekil 4.29. Atkı yırtılma mukavemeti.....	115
Şekil 4.30. Hidrofilite .....	116
Şekil 4.31. Beyazlık .....	117
Şekil 4.32. Parlaklık.....	118
Şekil 4.33. Haşıl sökme .....	119
Şekil 4.34. Boncuklanma .....	120
Şekil 4.35. Çözgü yırtılma SNK testi .....	123
Şekil 4.36. Atkı yırtılma SNK testi.....	123
Şekil 4.37. Hidrofilite SNK testi.....	124
Şekil 4.38. Beyazlık SNK testi .....	125
Şekil 4.39. Parlaklık SNK testi .....	125
Şekil 4.40. Haşıl sökme SNK testi.....	126
Şekil 4.41. Boncuklanma SNK testi .....	126
Şekil 4.42. Çözgü yırtılma SNK testi .....	129
Şekil 4.43. Atkı yırtılma SNK testi.....	130
Şekil 4.44. Hidrofilite SNK testi.....	130
Şekil 4.45. Beyazlık SNK testi .....	131
Şekil 4.46. Parlaklık SNK testi .....	131
Şekil 4.47. Haşıl sökme SNK testi.....	132
Şekil 4.48. Boncuklanma SNK testi .....	132

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 2.1. Pamuk lifinin kimyasal kompozisyonu .....	4
Çizelge 2.2. Pamuk lifinin fiziksel özellikleri .....	5
Çizelge 2.3. Michaelis-Menten eşitliğini doğrusallaştırma eşitlikleri .....	25
Çizelge 2.4. Biyoteknoloji renk kodları .....	31
Çizelge 2.5. Tekstilde yaygın olarak kullanılan enzimler, kökenleri ve kullanım alanları .....	32
Çizelge 2.6. Mantar esaslı pektinaz enzimlerinin özellikleri .....	40
Çizelge 2.7. Bazı proteaz sınıfları .....	45
Çizelge 3.1. Üçlü enzim kombinasyonları .....	76
Çizelge 3.2. Asidik ortamda ikili enzim kombinasyonları uygulama koşulları .....	78
Çizelge 3.3. Bazik ortam ikili enzim kombinasyonları uygulama koşulları .....	78
Çizelge 3.4. Tekli enzim kullanımı işlem koşulları .....	79
Çizelge 4.1. Bazik ortam üçlü enzim test sonuçları .....	89
Çizelge 4.2. Asidik ortam üçlü enzim test sonuçları .....	89
Çizelge 4.3. Üçlü enzim kullanımı varyans analizi .....	91
Çizelge 4.4. Çözgü yırtılma değerlerinde işlem farklılıklarına ait varyans analizi .....	104
Çizelge 4.5. Atkı yırtılma değerlerinde işlem farklılıklarına ait varyans analizi .....	105
Çizelge 4.6. Hidrofilite değerlerinde işlem farklılıklarına ait varyans analizi .....	106
Çizelge 4.7. Beyazlık değerlerinde işlem farklılıklarına ait varyans analizi .....	107
Çizelge 4.8. Parlaklık değerlerinde işlem farklılıklarına ait varyans analizi .....	107
Çizelge 4.9. Haşıl sökme değerlerinde işlem farklılıklarına ait varyans analizi .....	108
Çizelge 4.10. Boncuklanma değerlerinde işlem farklılıklarına ait varyans analizi .....	109
Çizelge 4.11. Üçlü enzim kullanımına ait SNK testi özet tablo .....	110
Çizelge 4.12. İkili enzim kullanımı asidik ortam test sonuçları .....	111
Çizelge 4.13. İkili enzim kullanımı bazik ortam test sonuçları .....	112
Çizelge 4.14. İşlem kodları ve karşılığı .....	113
Çizelge 4.15. Çözgü yırtılma mukavemeti için varyans analizi .....	113
Çizelge 4.16. Atkı yırtılma mukavemeti için varyans analizi .....	113
Çizelge 4.17. Hidrofilite için varyans analizi .....	115
Çizelge 4.18. Beyazlık için varyans analizi .....	116
Çizelge 4.19. Parlaklık için varyans analizi .....	117
Çizelge 4.20. Haşıl sökme için varyans analizi .....	118
Çizelge 4.21. Boncuklanma için varyans analizi .....	119
Çizelge 4.22. İkili enzim kullanımı varyans analizi .....	121
Çizelge 4.23. İkili enzim kullanımına ait SNK testi özet tablo .....	127
Çizelge 4.24. Tekli enzim kullanımı test sonuçları .....	127
Çizelge 4.25. Tekli enzim kullanımı varyans analizi .....	128
Çizelge 4.26. Tekli enzim kullanımına ait SNK testi özet tablo .....	133

## 1. GİRİŞ

Günümüzde çevre kirliliği ve yarattığı sorunlar tüm dünyada en fazla önem kazanan konuların başında gelmektedir. İşletmelerin çevre kirliliği yaratması durumunda devletlerin bu durumla ilgili ağır yaptırımları olmaktadır. Bir diğer konu ise artan enerji ve su maliyetleridir. Ekonominin ve ticaretin küreselleştiği günümüz dünyasında işletmeler varlıklarını sürdürebilmek için bu iki önemli konuyu halletmek zorundadırlar. Bu sebeple işletmeler, çevreyi her türlü açıdan en az düzeyde kirleten ve enerji tüketim seviyesi en az düzeyde olan çevre dostu üretim yöntemlerini geliştirip, uygulama konusunda üzerlerine düşeni yapmak durumundadırlar.

Pamuk lifi, üretimi ve kullanımı bakımından dünyada ve ülkemizde en çok tercih edilen doğal lifdir. Pamuğun ham durumdan tekstil yüzeyi haline gelene kadar gördüğü terbiye işlemleri çevreye çok fazla atık yükü oluşturmakta, çok fazla su kullanımı gerektirmekte ve yüksek miktarda enerjiye ihtiyaç duymaktadır.

Çevre dostu üretim yöntemleri çerçevesinde tekstil yaşı terbiye işlemlerinde biyoteknoloji uygulaması çok önem kazanmıştır. Günümüzde hem üretimleri hem de kullanımları esnasında çevre dostu olmalarından dolayı, enzimlerin proseslerde kullanılmalarında önemli miktarda artış görülmektedir. Elli yıldan daha uzun süredir tekstilde haşıl sökme işlemlerinde amilaz enzimi kullanılmaktadır. Son zamanlardaki yeni uygulamalar çerçevesinde yeni enzimler üretilmeye ve kullanılmaya başlanmıştır.

Enzimler yardımıyla gerçekleştirilen ilk biyoteknolojik uygulama keten üzerinde üreyen mikroorganizmalar sayesinde keten tohumundan keten lifinin çekilmesidir. 1857 yılında ise gerçek anlamda enzimler kullanılmaya başlanmıştır. 1900' lü yıllardan itibaren amilaz, 1960 yılından sonra proteaz, 1970 yılından sonra ise selüloz enzimi tekstilde kullanılmaya başlanmıştır. Bu tarihten günümüze kadar çok sayıda enzim üretilmiş ve tekstilde kullanılmaya başlanmıştır.

Enzimler kumaşa zarar verebilecek kimyasalların yerine kullanılabilmesi, uzun ve ayrı banyolarda fazlaca miktarda su tüketerek ve yüksek sıcaklıkta yapılması gereken işlemleri tek banyoda ılımlı şartlarda ve daha kısa sürede, daha az su ve enerji

kullanarak yapma imkanı sağlamaları, biyolojik olarak parçalanabilmeleri, belirli sıcaklık ve pH'da etkili oldukları için bunlardan birinin değiştirilmesi ile işlemin kolayca bitirilmesi ve dolayısıyla reaksiyon kontrollerinin kolay olması, sadece bir substrata özgü olmaları sebebiyle fazla miktarda kullanım olanağı bulmaktadır.

Enzimler, pamuk lifi ve karışımlarından oluşan kumaşlarda haşıl sökmede, hidrofilleştirmede, ağartmada, hidrojen peroksit ağartması sonrasında peroksit atıklarını giderme işleminde, denim kumaşlarda yıkama işlemlerinde, ipek lifinde serisin gidermede, rejenere selüloz lifinden biri olan lyocell lifinden fibril uzaklaştırmada, yün lifine keçeleşmezlik ve çekmezlik özelliği kazandırmada kullanılmaktadır.

Son yıllarda hidrofobik yapıda olan sentetik liflerle beraber kutinaz, esteraz, lipaz gibi enzimler kullanılarak, bu liflerin yüzeyleri modifiye edilmekte ve bu sayede hidrofilitik kazandırılmaktadır.

Bu çalışmada %100 pamuk kumaşa enzim içeren kombine işlemler yoluyla haşıl sökme, hidrofilleştirme ve biyo parlatma işlemleri yapılarak kimyasal kullanımı olmadan, daha ılımlı şartlarda, daha kısa sürede işlem yaparak çevre dostu proseslerin gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Enzimatik ön terbiye işlemlerinin kombine olarak gerçekleştirilmesindeki performans kumaşa yırtılma mukavemeti, hidrofilitik, beyazlık ve parlaklık testleri yapılarak değerlendirilmiştir. İşlem süresi, işlem sıcaklığı ve enzim konsantrasyonu açısından en uygun proseslerin tespitine çalışılmıştır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1. Pamuk Lifi

Meksika'nın Tehuacan bölgesindeki bir mağarada bulunan pamuk kapsülleri ve pamuktan yapılmış tekstil parçaları M.Ö.5800 yıllarına aittir. Bugünkü Pakistan' da, eskiden İndus ırmağının alt kısımları olarak tarif edilen bölgede, M.Ö.3000 yılına ait pamuklu tekstil malzemelerine ait kalıntılar kazılar sırasında ortaya çıkarılmıştır. Yine aynı bölgede 9000 yıldan daha eski pamuk tohumları ortaya çıkarılmıştır. M.S. 1000 yıllarında Arapların Sicilya ve İspanya' ya geçmeleri ile pamuk Avrupa' ya taşınmış ve Avrupalılar tarafından da yetiştirilmeye başlanmıştır. Kuzey Amerika' nın pamuk eyaletleri olarak bilinen Florida, Kuzey ve Güney Carolina, Louisina ve Georgia' nın pamukla tanışmaları 17. ve 18. yüzyıllara dayanır (Demir ve Torun 2003).

Günümüzde başlıca pamuk üreticileri Çin, Hindistan ve Amerika Birleşik Devletleri'dir. Bu ülkeleri ise Pakistan, Brezilya, Özbekistan, Avustralya ve Türkiye takip etmektedir. Aşağıda son yıllara ait Dünya pamuk üretim miktarları verilmektedir.

<b>Dünya Pamuk Üretimi</b>						
Milyon metrik ton	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15 Ağustos	2014/15 Eylül
Hindistan	5.9	6.3	6.2	6.7	6.3	6.5
Çin	6.6	7.4	7.6	7.0	6.4	6.4
ABD	3.9	3.4	3.8	2.8	3.8	3.6
Pakistan	1.9	2.3	2.0	2.1	2.1	2.1
Brezilya	2.0	1.9	1.3	1.7	1.6	1.6
Özbekistan	0.9	0.9	1.0	0.9	0.9	0.9
Türkiye	0.5	0.7	0.6	0.5	0.6	0.7
Avustralya	0.9	1.2	1.0	0.9	0.5	0.5
Türkmenistan	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Yunanistan	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Burkina Faso	0.1	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3
Meksika	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3
Arjantin	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2
Diğerleri	1.7	2.1	2.0	1.9	1.9	2.0
Afrika Serbest Bölgesi	0.5	0.6	0.8	0.9	0.9	0.9
AB-27	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4
<b>Dünya</b>	<b>25.5</b>	<b>27.6</b>	<b>26.8</b>	<b>25.8</b>	<b>25.6</b>	<b>25.7</b>

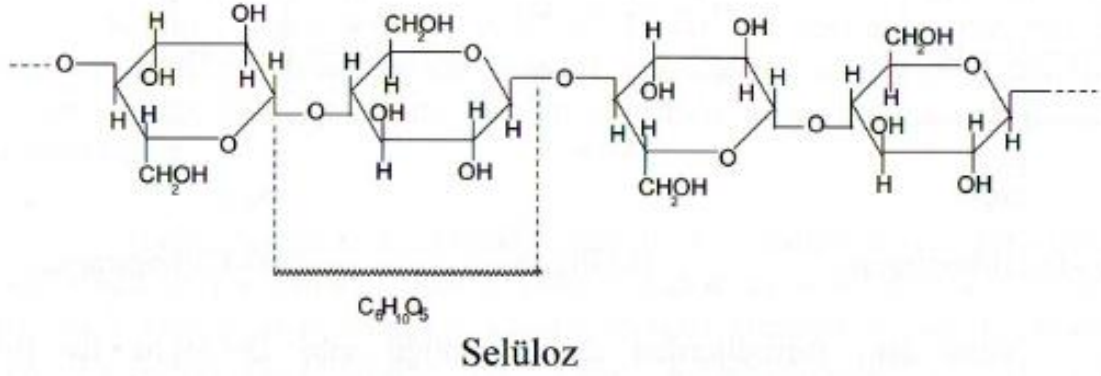
**Şekil 2.1.** Dünya pamuk üretim miktarları (<http://www.cottoninc.com/corporate/MarketData/MonthlyEconomicLetter/pdfs/Monthly-Economic-Letter-Turkish.pdf>, 2014)



## 2.2. Pamuk Lifinin Özellikleri

Selüloz doğadaki bütün bitkilerin, otların ve ağaçların yapı taşlarından birisidir. Doğada saf halde bulunmaz. Pamuk bitkisinin de yapıtaşı selülozdur ve lifin %85-90'ını oluşturur. Terbiye işlemleri sırasında pamuktan uzaklaştırılan safsızlıklarla beraber bu oran %99'a çıkmaktadır (Şahinbaşkan 2010).

Polisakkarit olan selülozun genel formülü  $(C_6H_{10}O_5)_n$ ' dir.



Şekil 2.2. Selüloz (Seventekin 2012)

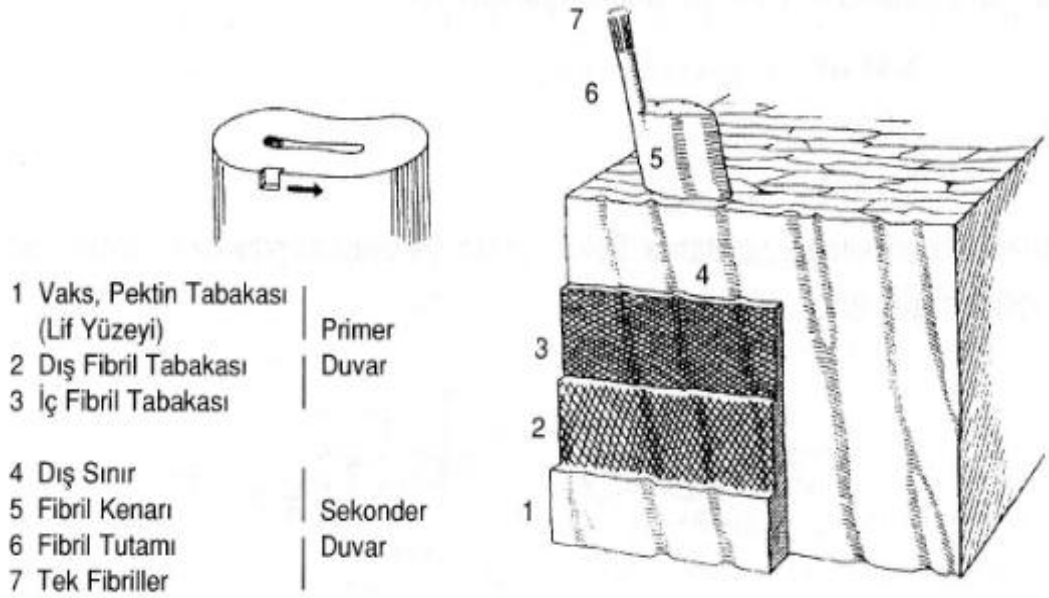
Ham pamuğun kimyasal bileşiminde genel olarak bulunan maddeler aşağıdaki tabloda listelenmiştir.

Çizelge 2.1. Pamuk lifinin kimyasal kompozisyonu (Aniş 2005)

	Olgun pamuk	Olgunlaşmamış pamuk
<b>Pektin</b>	%0.7-1.2	-
<b>Şeker</b>	%0.3	-
<b>Yağlar ve vakslar</b>	%0.4-1.0	Artar
<b>Protein</b>	%1.1-1.9	Artar
<b>Kül</b>	%0.7-1.6	-
<b>Diğer organik maddeler</b>	%0.5-1.0	Artar
<b>Renkli maddeler</b>	Eser miktarda	Artar

Pamuk lifi tek bir hücreden oluşur. Bu lif mikroskop altında incelendiğinde, lif uzunluğu boyunca merkezi bir kanal görülür. Bu kanal (lümen) çökmüş ve bükülmüş düz bir tüp şeklindedir. İçi boş olan kanal pamuklu kumaşın sıcak tutma özelliğine sahip

olmasını sağlar. Lif boyunca görülen kıvrımların sayısı cm. başına 20-100 arasında iken, helislerin yönleri sık sık değişir (Dayıoğlu ve Karakaş 2007).



Şekil 2.3. Pamuk lifinin yapısı (Demir ve Torun 2003)

### 2.2.1. Pamuk lifinin fiziksel özellikleri

Pamuk lifine ait fiziksel özellikler Çizelge 2.2' de verilmiştir.

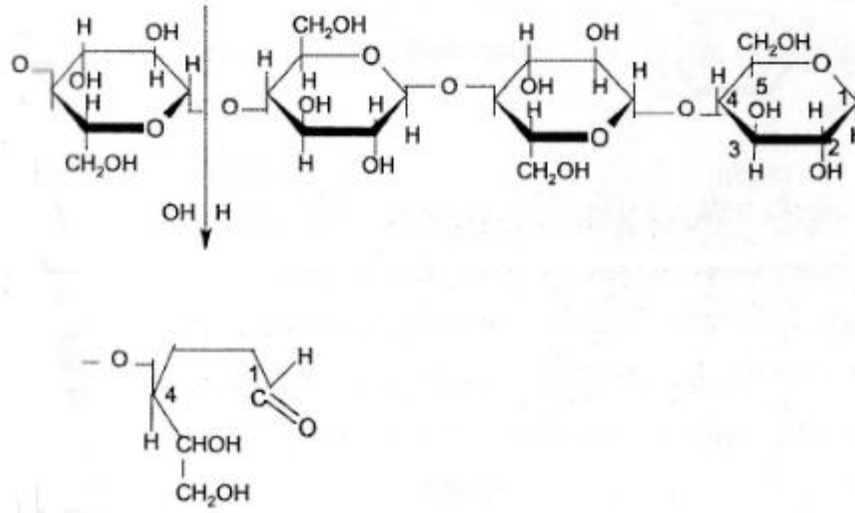
Çizelge 2.2. Pamuk lifinin fiziksel özellikleri (Demir ve Torun 2003)

Fiziksel özellik	Değer
İncelik	1-4 dtex
Uzunluk	25-30 mm
Yoğunluk	1.5-1.54 g/cm <sup>3</sup>
Özgül mukavemet	25-50 cN/dtex
Çap	6-25 µm
Ortalama uzama miktarı	% 7-8
Nem absorblama	% 8.5

## 2.2.2. Pamuk lifinin kimyasal özellikleri

### 2.2.2.1. Asitlerin etkisi

İlımlı şartlarda uygulanan asitler hidroselüloz oluşumuna sebep olur.



Şekil 2.4. Pamuk lifine asitlerin etkisi (Dayıoğlu ve Karakaş 2007)

Soğuk seyreltik asitlerin selüloz üzerinde herhangi bir etkisi yoktur. Ancak bunları kumaş üzerinden uzaklaştırmak için NaOH ile nötralizasyon ve ardından durulama yapılmalıdır. Derişik  $H_2SO_4$  selülozu çözerken, selülozun nitrik asitle uzun süreler muamele edilmesi selüloz nitrat oluşumuna sebep olur.

### 2.2.2.2. Alkalilerin etkisi

Pamuk lifi alkalilere karşı dayanıklıdır ancak oksijenli ortamda etki ederler. Orta kuvvetteki alkaliler havasız ortamda pamuğa etki etmezken, ortamda oksijen varsa oksiselüloz oluşarak lifin parçalanmasına sebebiyet verir. Bazı kompleks bazlar (Cuoksam, Cuen) pamuğu çözer.

### 2.2.2.3. Sıcaklığın etkisi

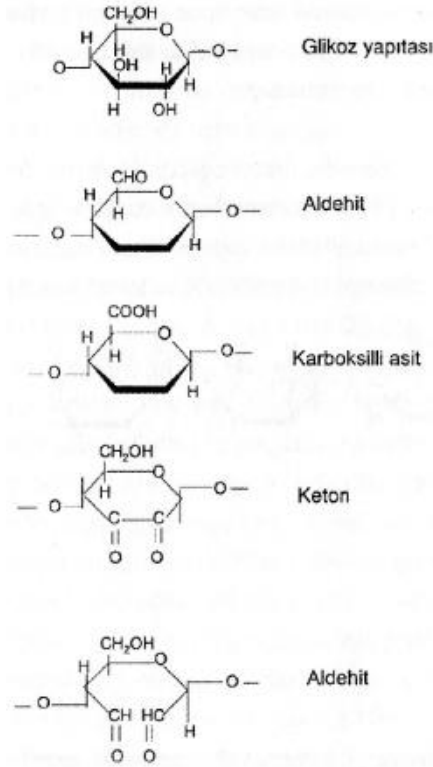
$150^{\circ}C$ ' nin üzerinde makromolekül zincirlerinde yavaş bir parçalanma,  $200^{\circ}C$ ' nin üzerinde ısıl parçalanma başlar.  $350^{\circ}C$ ' nin üzerinde kıvılcımla tutuşabilecek olarak ortaya çıkan gaz karışımı  $400^{\circ}C$ ' nin üzerinde kendiliğinden tutuşur.

#### 2.2.2.4. Işığın etkisi

Oksijensiz ortamda yıpratıcı etkisi yoktur. Ancak oksijenle beraber uzun süre ışığa maruz kalırsa, oksiselüloz oluşarak lifte bozunma meydana gelir. Nem ve bazı metallerin olması da yıpranmayı hızlandırır.

#### 2.2.2.5. Çözücülerin etkisi

Normal çözücülere karşı son derece dayanıklı olan pamuk, tetramin bakırhidroksit ve bakırII etilen diamin gibi bakır komplekslerinde ve %70'lik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>'de dağılır (Dayıoğlu ve Karakaş 2007).



Şekil 2.5. Selülozun bozunmuş yapıları (Dayıoğlu ve Karakaş 2007)

#### 2.2.2.6. Yükseltgen maddelerin etkisi

Pamuk lifi yükseltgen maddeler tarafından hemen etkilenip, oksielüloz haline dönüşür. Bu maddeler selülozun fonksiyonel grubuna veya glikozit bağlarına etki ederek zincir kopmalarına sebep olurlar.

### 2.2.2.7. Organik çözücülerin etkisi

Alkol, eter gibi organik çözücüler selüloza etki etmediğinden pamuğa da etki etmezler.

### 2.2.2.8. Tuzların etkisi

Pamuk lifi nötral tuz çözeltilerinde şişme gösterir, asidik tuz çözeltilerinde ( $AlCl_3$ ) ise kolayca hidrolize uğrar.

### 2.2.2.9. Suyun etkisi

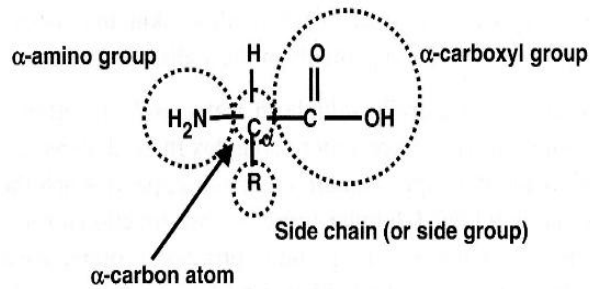
Pamuk lifi su ile ıslandığında kimyasal bir olay meydana gelmez. Su molekülleri hidrojen köprüleri vasıtasıyla pamuğun üzerinde bağlanır, böylece zincirlerin arası açılarak pamuk lifinde şişmeye neden olur (Şahinbaşkan 2010).

## 2.3. Enzim

Enzimler protein yapıda, reaksiyonları hızlandırarak katalizleyen, doğanın kendi kendine ürettiği katalistlerdir. Yaşamın devamının sağlanması için gerekli olan yapılardır. Reaksiyon dengesini değiştirmeksizin düşük hızlardaki reaksiyonları katalitik aktivite göstererek katalizlerler (İşmal 2003). Bu biyomoleküller, 20 çeşit aminoasitin hücrenin DNA'sına göre özel olarak kombine olması ile canlı hücrelerde ortaya çıkarlar (McAuliffe ve ark. 2007).

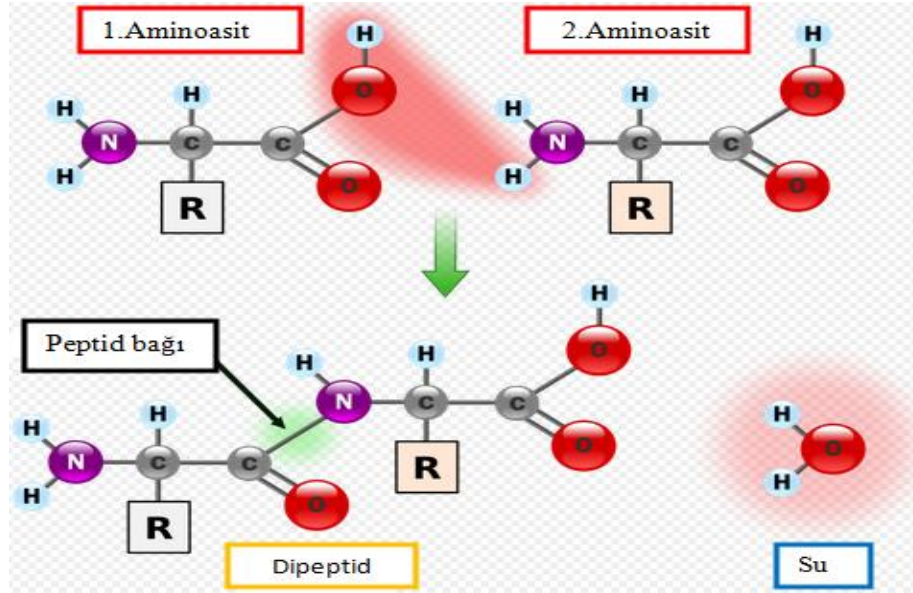
### 2.3.1. Proteinin yapısı

Aminoasitler, amino ve karboksil grubu içeren organik moleküllerdir. Yapılarında merkezi bir  $\alpha$ -karbon atomu, bu karbon atomuna bağlı amino grubu, karboksil grubu, bir hidrojen atomu ve yan grup vardır (Cavaco-Paulo ve Gübitz 2003).



Şekil 2.6. Aminoasitin yapısı (Cavaco-Paulo ve Gübitz 2003)

Bir aminoasidin amino grubuyla, komşu aminoasidin karboksil grubu su açığa çıkararak CO-NH amid grubunu (peptid bağı) oluşturur ve böylece aminoasitler birbirine zincir şeklinde bağlanarak peptidleri oluşturmuş olurlar. Peptid makromolekülleri  $\alpha$ -aminoasitlerin polikondenzasyon reaksiyonları sonucunda meydana gelir.



**Şekil 2.7.** Peptid molekülü oluşumu ([http://en.wikipedia.org/wiki/Amino\\_acid#\\_media\\_viewer/File:Peptidformationball.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/Amino_acid#_media_viewer/File:Peptidformationball.svg) 2014)

Peptid zincirini oluşturan aminoasit sayısı polimerizasyon derecesini verir. 2-9 arasında polimerizasyon derecesine sahip moleküllere *oligopeptid*, 10-100 arasında olan moleküllere *polipeptid*, 100'den fazla olanlara ise *makropeptid* denilmektedir. Proteinleri oluşturan makromoleküller 100'den fazla aminoasitten oluştuğundan, bunlar makropeptiddir ve her bir makropeptid de aminoasitlerin peptid bağları ile birbirine bağlanması ile oluşan zincirlerden meydana gelir (Cavaco-Paulo ve Gübitz 2003, Seventekin 2012).

Proteinlerde ortak olarak 20 aminoasit bulunur ve bunlar birbirlerine peptid bağlarıyla bağlıdırlar. Birbirine bağlı aminoasitlerin dizilimi proteinin kendine özgü üç boyutlu yapısının oluşması için gereken bilgiyi içerir.

### 2.3.2. Potein molekülünün şekli

Protein molekülünün yapısal karmaşıklığı dört organizasyon düzeyine indirgenerek incelenebilir. Bunlar primer, sekonder, tersiyer ve kuarterner olarak düşünülebilir (Tokullugil ve ark. 1997).

Aminoasitlerin zincir şeklinde yanyana dizilmesiyle oluşan yapıya *primer yapı* (*primary sequence, ana dizilim*) denir. N- ile biten zincirler serbest  $\alpha$ -amino gruba sahipken, C- ile biten zincirler serbest karboksilik asit fonksiyonuna sahiptirler. Enzimler ve proteinler katlanarak çok kompleks yapılar oluşturabilirler.

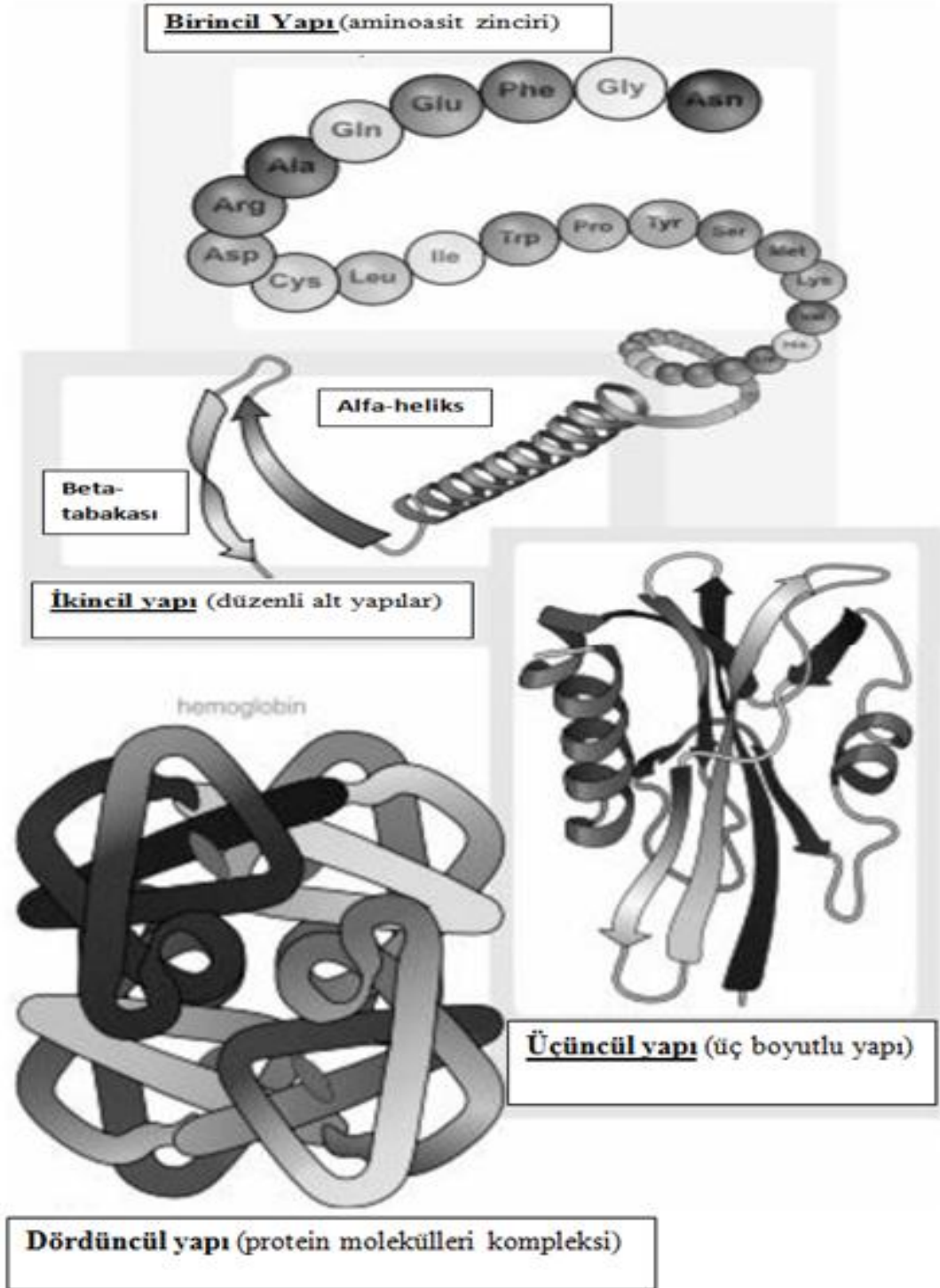
*Sekonder yapı* (*sekonder structure, ikincil yapı*), ana dizilimde farklı aminoasitler arasındaki hidrojen bağlarının oluşturduğu  $\alpha$ -heliks,  $\beta$ -tabakası ve rastgele sarmal yapılardan oluşur. Aminoasitlerin dizilimi ve özelliği sekonder yapının özelliklerini belirler. Sekonder yapı katlanmaya devam ederek *tersiyer yapı* (*tertiary structure, üçüncül yapı*) oluşturur ve bu yapı içerdiği non-kovalent ve kovalent bağlarla stabil duruma geçer. Tersiyer yapı, birçok şekilde gösterilebilir ancak en genel gösterimi kurdele şeklinde olmalıdır. Bu diyagramda aminoasitten oluşan iskelet gösterilip, karışıklık yaratmaması açısından aminoasit yan grupları gösterilmemektedir.



**Şekil 2.8.** Proteaz kurdele diyagramı (McAuliffe ve ark. 2007)

*Kuarterner yapı* (*quaternary structure, dördüncül yapı*) ise iki veya daha fazla tam katlanmış proteinlerin birleşmesinden oluşur. Bu yapı aynı enzimden birçok alt ünitenin birleşmesi ile oluşabilirken (homodimer, trimer gibi), farklı moleküllerin birleşmesi ile (heterodimer, trimer gibi) de oluşabilir. Çoğu enzim monomer formda iken inaktif

durumdadır ve aktivitesini kuarterner yapıyı oluşturduğu zaman gösterir (McAuliffe ve ark. 2007).



Şekil 2.9. Enzimlerin yapısal hiyerarşisi (McAuliffe ve ark. 2007)



### 2.3.3. Enzimlerin yapısı

Enzimlerin bazıları sadece protein bir yapıdan oluşurken, bazı enzimler de katalitik etki gösterebilmek için protein yapıda olmayan bazı bileşiklere ihtiyaç duyarlar. Sadece proteinden oluşan enzimlere *basit enzim* adı verilir ve bu enzimler ısı ile kolayca denatüre olur. Enzimlerin ana protein yapısına *apoenzim* adı verilir. Bu kısım enzimin özgülüğünü sağlar. Bazı enzimlerin çalışması için gerekli olan ve protein yapıda olmayan maddelere kofaktör denir. Yapısına kofaktörü dahil ederek aktif hale geçen apoenzim ve kofaktörden oluşan yapıya *holoenzim* denir. Kofaktörler tek başlarına etkin değildirler. Etkin olabilmeleri için apoenzime ihtiyaçları vardır (MEGEP 2007).

Kofaktörler geniş olarak 3 sınıfta incelenebilirler:

1-Prostetik grup: Organik kofaktörlerdir ve enzime sıkıca bağlıdırlar. Bazı dehidrojenaz enzimi ile flavin adenin dinükleotit (FAD), bazı karboksilaz enzimleri ile biyotin prostetik gruba örnektir.

2-Koenzimler: Organik kofaktörlerdir ve prostetik gruba göre enzimlerden daha kolay ayrılırlar.

3-Metal iyonlar: Bazı enzimler için kofaktördürler. Enzime sıkıca bağlı olabilecekleri gibi enzimden kolayca ayrılabilirler (Cavaco-Paulo ve Gübitz 2003).

### 2.3.4. Enzimlerin özellikleri

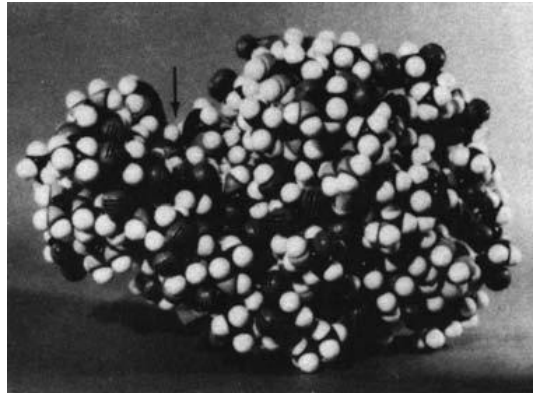
Enzimler stabil yapılardır ve ılıman koşullarda çalışırlar. Diğer kimyasallara ve biyolojik moleküllere göre daha stabil yapıları katalistlerdir. Aynı reaksiyonda başka katalistlerin çalışamayacağı kadar ılıman sıcaklık ve pH da çalışırlar. Dolayısıyla diğer kimyasallara nazaran çevreye karşı çok daha dost yapılardır.

Enzimler yaşayan organizmalar değildir, basit biyolojik moleküllerdir. Katalizlediği reaksiyonda son ürünün bir parçası haline gelmez. Biyokimyasal reaksiyon bittiğinde, reaksiyon sonucu oluşan ürün enzimi serbest bırakır. Aynı enzim benzer reaksiyonda, doğru işlem koşullarında ihtiyaç olduğu sürece defalarca yeniden kullanılmak için hazırdır.

Enzimler tamamen biyolojik olarak bozunurlar. Endüstrilerde kullanılan kimyasallar hem kullanım esnasında hem de işlem sonunda atıldıklarında çevreyi tehdit ederler. Enzimler ise kimyasalların yaptığı işin aynısını çok daha ucuz ve çevreye zarar vermeden gerçekleştirirler çünkü enzimler doğanın bir parçası oldukları için birçok mikroorganizma tarafından kolayca aminoasitlere kadar parçalanıp, çevresindeki herhangi bir yapıda yeniden can bulmak üzere kullanılırlar.

Her enzim özel bir reaksiyonu katalizler. Enzimlerin herbirinin özel bir görevi ve etki ettiği bir madde vardır. Doğru enzim doğru madde ile karşılaştığı zaman biyokimyasal reaksiyon meydana gelir. Enzim ve substrat arasında olması gerekenden başka herhangi bir yan reaksiyon oluşmaz ve o substrattan başka hiçbir madde o reaksiyondan etkilenmez.

Enzimler üç boyutlu yapıya sahiptir. Enzimler milyonlarca aminoasidin birbiri ardınca sıralanmasıyla oluşur. Bazıları düz zincir yapısında iken, çoğu kompleks üç boyutlu yapıdadır. Farklı aminoasitler arasında oluşan kimyasal bağlar, enzimin üç boyutlu yapıda olmasına sebep olur.

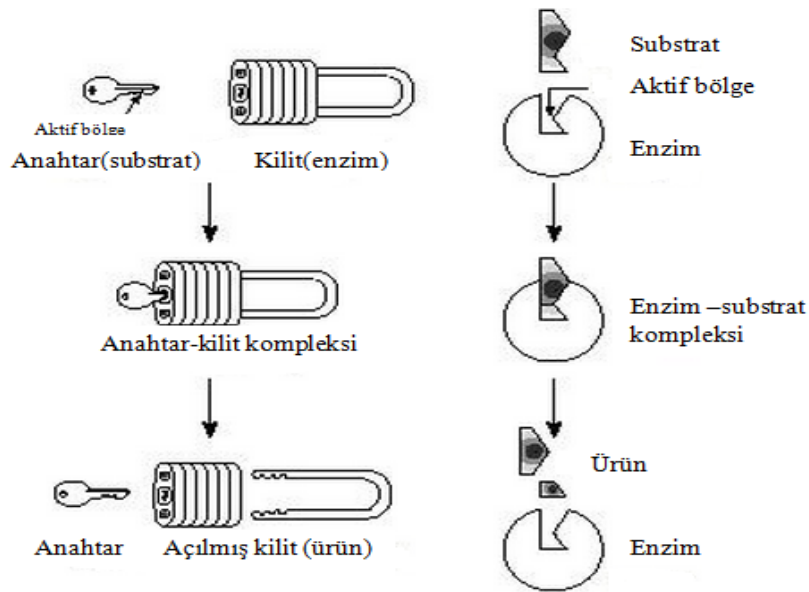


**Şekil 2.10.** Liyozom enziminin moleküler modeli (Aehle ve ark. 2012).

Aminoasitlerin düzeni enzimlerin görevini belirler. Enzimlerin herbiri kendine özgü 3 boyutlu yapıya sahiptir ve bu onların görevlerini belirler. Bu üç boyutlu yapı, aminoasitlerin diziliş sırasına göre belirlenir. Sıralanmadaki en ufak bir değişiklik, proteinin yapısının değiştirir. Bir ya da birkaç aminoasidin yer değiştirmesi ile sadece görüntüde değil, enzimin görevinde de değişiklik olur.

Enzimler aktif bölgelere sahiptir. Enzimler milyonlarca aminoasitten oluşan büyük moleküllerdir. Enzimler reaksiyonlara aktif bölge denilen özel kısımları ile katılırlar. Aktif bölge substratla anahtar-kilit gibi birleşir. Bu durum enzimleri sadece kendi reaksiyonlarında spesifik kılar. Enzim-substrat reaksiyonu substrat doğru şekilde iken meydana gelir (<http://www.novozymes.com/en/about-us/our-business/what-are-enzymes/pages/default.aspx#specific>, 2014).

Enzim - substrat ilişkisi anahtar ile kilidin uyumuna benzer (Cavaco-Paulo ve Gübitz 2003).



**Şekil 2.11.** Anahtar- kilit modeli (<http://intro.chem.okstate.edu /ChemSource/Enzymes /enzyme13.html>, 2014)

### 2.3.5. Enzimlerin Adlandırılması ve Sınıflandırılması

#### 2.3.5.1. Enzimlerin adlandırılması

1950' lerin sonuna doğru bilinen enzimlerin sayısı hızlıca artmıştır. Artan enzim sayısı ile enzimlerin görevleri ve isimleri arasında çok fazla karışıklık ortaya çıkmıştır. Bu durum enzimlerin belirli bir standarda göre adlandırılmaları gereğini ortaya çıkartmıştır. 1956 yılında Uluslararası Biyokimya Topluluğu (IUB)' nun desteği ve gözetimi altında Uluslararası Enzim Komisyonu kurulmuştur. Bu komisyon 1961 yılında yayınladıkları ilk raporda enzimlerin adlandırılmaları ve sınıflandırılmalarında enzim kinetiklerinin

tanımlanmasında kullanılan semboller ile beraber, aktivite ünitelerini ve standart değerlendirme metotlarını kullanmayı tavsiye etmiştir.

1977 yılında enzimlerin adlandırılması ve sınıflandırılmasından Uluslararası Biyokimya ve Moleküler Biyoloji Topluluğu'nun Nomenklatür Komisyonu (NC-IUBMB) sorumlu olmuştur. Sürekli güncellenen enzim nomenklatürüne "<http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb/enzyme/>" adresinden ulaşılabilir (Aehle ve ark. 2012).

Enzimler katalize ettikleri kimyasal reaksiyon veya substratın adının sonuna "-az" eki getirilerek isimlendirilirler. Örnek olarak; lipid substratına etki eden enzimin adı lipaz, dekarboksilasyon reaksiyonunu katalizleyen enzimin adı da dekarboksilazdır.

Enzimlerin sınıflandırılması ve adlandırılmasında takip edilen bazı genel kurallar vardır. Bunlardan ilki "az" son eki, bir tek enzim için kullanılmalı, sadece bir enzimin adı olmalıdır. Birden fazla enzim içeren sistemlerde bu son ek kullanılmamalıdır. Örneğin moleküler oksijen tarafından süksinatın oksidasyonu süksinat dehidrojenaz, sitokrom oksidaz ve bazı taşıyıcılar tarafından gerçekleştirilir. Bu enzimlerin hepsine süksinat oksidaz demek yerine, süksinat oksidaz sistem adı verilmelidir. Yani enzimin isminin yanına sistem kelimesi eklenmelidir.

Diğer bir kural enzimlerin katalizledikleri reaksiyona göre yani enzim tarafından meydana gelen kimyasal değişikliğe göre adlandırılmaları gerekliliğidir. Enzimin adı reaksiyon mekanizmasını, kofaktör adını ya da prostetik grup adlarını içermemelidir.

Her enzimin, Enzim Komisyonu tarafından belirlenen E.C. harfleri ile başlayan bir ismi olmalıdır. Bu durum yaşanabilecek karışıklık ve belirsizlikleri ortadan kaldıracaktır. Uyulması gereken bu kural, sistematik adlandırma ile enzimin fonksiyonunu, katalizlediği reaksiyonu, enzimin sınıfını net bir şekilde tanımlar ( <http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb/enzyme/rules.html>, 2014).

Önemli bir diğer genel kural, bir enzim hayvandan, bitkiden ve mikroorganizmadan elde edilebiliyor olsa da, kaynağının farklı olması sebebiyle enzime birden fazla isim verilmemeli, tek bir isim verilmelidir.

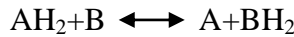
Enzimin katalizlediği kimyasal reaksiyon tam olarak bilinmeden, enzime sistematik bir isim verilmemelidir. Örneğin, enzim reaksiyonda bir basamak olarak bir molekülde izotopik değişiklik yapıyor ancak reaksiyonun geneli biliniyorsa, bu enzime isim verilmeyerek bu kural uygulanmalıdır.

Enzim Komisyonu' nun 1961 yılındaki raporunda enzimleri katalizledikleri reaksiyona göre 6 sınıfa ayırmıştır. Her enzime E.C. ile başlayan ve devamında birbirinden nokta ile ayrılan 4 sayıdan oluşan bir kod vermiştir. Örnek olarak E.C.4.2.1.22 numarası verilebilir (Cavaco-Paulo ve Gübitz 2003).

1. numara enzimin 6 ana sınıftan hangisine ait olduğunu yani katalize ettiği reaksiyonun sınıfını belirler.
2. numara etki ettiği kimyasal yapıyı ve fonksiyonel grubu belirler.
3. numara akseptörü belirler.
4. numara ise enzimin ait olduğu en alt sınıftaki sıra numarasını ifade eder (Kut 2014).

### 2.3.5.2. Enzimlerin sınıflandırması

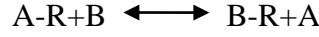
**1. Oksidoredüktazlar (EC 1.):** Bu enzim sınıfı redoks reaksiyonlarını katalizler.



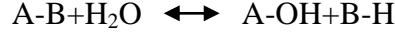
Önerilen isim dehidrojenazdır ama redüktaz da kullanılır, ancak indirgenme için O<sub>2</sub> akseptör ise oksidaz kullanılır.

Glikoz oksidaz, katalaz, lakkaz (EC 1.10.3.2), sellobioz dehidrojenaz (EC 1.1.99.18) bu gruptandır.

**2. Transferazlar (EC 2.):** Transferazlar fonksiyonel grubun (metil gibi) genellikle donör olarak adlandırılan bir substrattan, akseptör diye kabul edilen diğer substrata transferini katalizler. Çoğu durumda donör bir kofaktördür ve transfer edilecek grubu taşır (<http://www.enzyme-database.org/cinfo.php?c=2&sc=0&ssc=>, 2014).

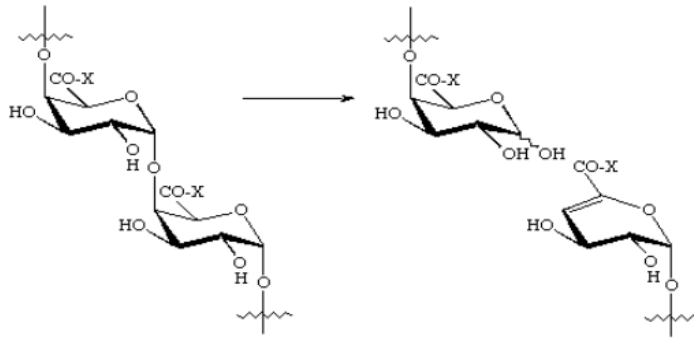
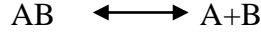


**3. Hidrolazlar(EC 3.):** Hidrolitik olarak C-O, C-N, C-C gibi bağların kırılmasını katalizler.



Kutinaz (EC 3.1.1.74), esteraz (EC 3.1), lipaz (triacilgliserol açilhidrolazlar EC 3.1.1.3), tannaz (tanin açil hidrolaz (TAH), EC 3.1.1.20), poligalakturonaz içeren pektinaz (EC 3.2.1.15), pektinesteraz (EC 3.1.1.11), peptidaz (EC 3.4), nitrili degrade eden enzimler (EC 3.5), dehalojenazlar (EC 3.8), (hemi) selülazlar, xilenazlar, amilazlar (EC 3.2.x), proteazlar bu gruptan olan enzimlerdir.

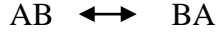
**4. Liyazlar (EC 4.):** C-C, C-O, C-N ve diğer bağları hidroliz ve oksidasyondan başka reaksiyonlarla kırar. Diğer enzimlerden farklı olarak reaksiyona bir yönden giren substrat miktarı ikiden fazla iken, diğer yönde bir bileşik eksik oluşur. Bir molekül üzerinde etki ettiklerinde, molekül yok edilebilir ve bu yeni çift bağ ve halkalar oluşmasına sebep olur (<http://www.enzyme-database.org/cinfo.php?c=4&sc=0&ssc=>, 2014).



**Şekil 2.12.** Pektin liyazın reaksiyonu (<http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb/enzyme/reaction/polysacc/4222.html>, 2014)

Nitril hidrataz (EC 4.2.1.84), pektin liyaz (EC 4.2.2.10), pektat liyaz (EC 4.2.2.2) bu gruptan olan enzimlere örnektir.

**5. İzomerazlar (EC 5.):** Bir moleküldeki geometrik ve yapısal değişiklikleri katalizler.



**6. Ligazlar (EC 6.):** Enzim, iki molekülün birleştirilmesinde reaksiyonu katalizlerken aynı zamanda ATP veya benzer trifosfatlardaki difosfat bağlarını hidrolize eder (<http://www.enzyme-database.org/cinfo.php?c=6&sc=0&ssc=>, 2014).

*Örnek reaksiyon* : ATP + piruvat + HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>  $\longleftrightarrow$  ADP + fosfat + oksaloasetat

( Cavaco-Paulo ve Gübitz 2003, Aehle ve ark. 2012, Demarche ve ark. 2012, McAuliffe 2012, <http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb/>, 2014, <http://www.enzyme-database.org/class.php>, 2014).

### 2.3.6. Enzim aktivitesi

Bir enzimatik reaksiyonun hızı, enzim etkinliği veya enzimin aktivitesi ile ilişkilidir ve ne kadar fazla ise o kadar fazla substrat ürün haline dönüşür.

Bir enzimin aktivitesi, o enzim tarafından katalizlenen reaksiyonun, enzim etkisiyle optimal koşullarda belirli bir sürede ürüne dönüştürülen substrat miktarına göre ifadesidir. Bir diğer ifadeyle enzimin katalizlediği tepkimenin hızı o enzimin aktivite değerini verir. Enzim preparatları istenilen oranda saf olmama ve etkinliğinin bir kısmını yitirmiş olma ihtimaline karşın enzim örneğindeki aktif enzim belirlenmeli ve enzim derişimi olarak bu değer kullanılmalıdır (İşmal 2003).

Enzim aktivite birimleri aşağıdaki gibidir.

Uluslararası ünite (birim): Bir ünite enzim, 1 dakikada 1 µmol ürünün oluşumunu katalizleyen enzim miktarıdır. Birimi UI veya kısaca U'dur.

$$U = \mu\text{mol} / \text{dk}$$

Spesifik aktivite: 1 mg protein başına düşen enzim ünitesinin sayısı spesifik (özgün) aktiviteyi verir.

Spesifik aktivite = U/mg protein

Katal(Kat): Bir saniyede 1 mol substratı dönüşüme uğratan enzim miktarı 1 kat'tır. µkat (mikrokat) ve nkat (nanokat) birimleri kullanılır.

1IU = 16,67 nkat

1 µkat = 60 IU

Kat =  $60 \times 10^6$  IU

Turnover (Dönüşüm) sayısı: Enzim substrat ile doygunken 1 molekül enzim tarafından 1 dakikada ürüne dönüştürülen substratın mol sayısıdır. Bu değer Turnover sayısının yüksek olması aktivitenin fazla olduğunu gösterir. Bu değer enzimatik reaksiyonda  $k_c$  değerine karşılık gelir.

Katalitik merkez aktivitesi: 1 dakikada 1 aktif bölge tarafından dönüşüme uğratılan substrat moleküllerinin miktarıdır

Moleküler aktivite: Enzimin molekül ağırlığı biliniyorsa, enzim aktivitesi için bu ifade kullanılabilir. 1 dakikada 1 mol enzim tarafından kullanılan substratın veya oluşturulan ürünün mol sayısıdır. Örneğin 1 mol katalaz 1 dakikada  $5 \times 10^6$  mol hidrojen peroksidi, su ve oksijene çevirir (Sarıışık 2001, Temizkan ve Arda 2008).

Çeşitli enzimler için özel aktivite birimleri de tanımlanmıştır.

Bodansky Ünitesi: 37 °C'de pH8 8,6'da 100 ml serumda sodyum gliserofosfattan 1 saatte 1 mg fosfor oluşumunu katalize eden fosfataz enzimi aktivitesidir.

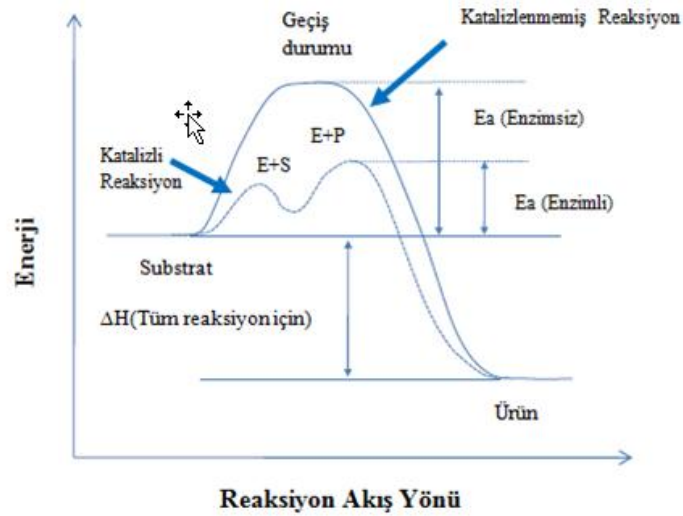
King-Armstrong Ünitesi: 37 °C'de 100 ml serumda fenilfosfattan 15 dakikada 1mg fenol oluşumunu katalize eden fosfataz enzimi aktivitesidir (Altınışik 2014).

### **2.3.7. Enzim katalizi**

Bir kimyasal reaksiyonda enzimlerin ve kimyasal katalistlerin görevi buldukları reaksiyonların hızını arttırarak, reaksiyondan değişikliğe uğramadan çıkmaktır.



Enzimler bir reaksiyonun hızını yaklaşık  $10^6 - 10^{14}$  kat arttırabilirler. Örneğin katalaz enzimi hidrojen peroksidin parçalanması reaksiyonunu katalizörsüz sisteme göre  $10^{14}$  kat arttırır. Her bir katalaz molekülü saniyede 5 milyon  $H_2O_2$  molekülünü parçalar. Enzimler reaksiyon hız artışını, reaksiyonun aktivasyon enerjisini ( $E_a$  veya  $\Delta G$ ) düşürerek yaparlar. Yani katalizörlü sistemde serbest enerji değişimi katalizörsüz sisteme göre daha düşüktür (Cavaco-Paulo ve Gübitz 2003).



Şekil 2.13. Reaksiyon-enerji ilişkisi (McAuliffe ve ark. 2007)

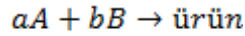
### 2.3.8. Homojen sistemlerde enzim kinetiği

Enzimler katalizledikleri reaksiyonun dengesini değiştirmeden hızını artıran biyolojik yapılardır. Bir enzimin kataliz etkinliği ve yeteneğini ifade edebilmek için enzimin kinetiğinin incelenmesi gerekir.

Enzim kinetiği bir reaksiyonun hızını değiştirmede etkili olan etmenleri inceler. Enzimatik bir reaksiyonda temel olarak substrat ve enzim vardır. Reaksiyon hızı bu maddelerin derişimlerine, iyonik güç ve pH'ına, ortam sıcaklığına, aktivatörler ve inhibitörlerin varlığına bağlıdır. Bu nedenle enzime ait kinetik değerleri belirlemeden önce bu enzimin katalizlediği reaksiyonun optimum koşullarının belirlenmesi lazımdır (Temizkan ve Arda 2008).

### 2.3.8.1. Enzim kinetiğinin temel bağıntıları

Kinetik, reaksiyon hızının zamanla değişen reaktan miktarının ölçülmesi ile yapılan çalışmalardır. Kimyasal kinetik, kütle hareket kanunlarına tabidir. Bu kanuna göre reaksiyon hızı ( $v$ ) ürünü oluşturan reaktanların konsantrasyonları ( $[A]$ ,  $[B]$ ) (pratik olması açısından aktivite değeri yerine molaritedeki konsantrasyon değeri kullanılabilir) ve stoikiometrik sabitleri ( $a, b$ ) ile orantılıdır.



ise reaksiyonun hızı;

$$v = k \cdot [A]^a \cdot [B]^b \quad (4)$$

şeklinde tanımlanabilir.

$A \rightarrow P$  olarak verildiğinde reaksiyonunun hızı için aşağıdaki gibi bir bağıntı da yazılabilir:

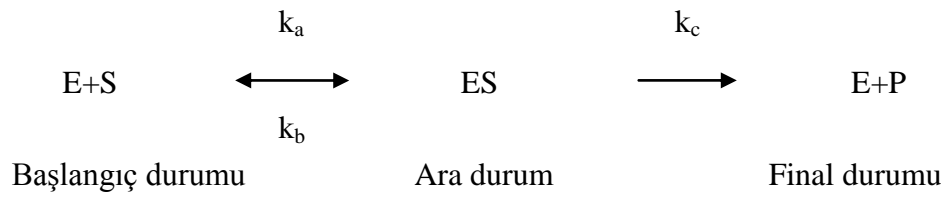
$$v = -\frac{d[A]}{dt} = +\frac{d[P]}{dt} = k \cdot [A] \quad (5)$$

5 numaralı denklemindeki ifadeler sırasıyla, reaksiyon hızını, reaktanın (A) zamana göre konsantrasyonundaki azalmayı, zaman göre ürünün (P) konsantrasyonundaki artışı,  $k$  sabit oranı,  $t$  zamanı ifade eder.

5 numaralı denklemdeki reaksiyonun çeşitli zamanlardaki hızı, bu reaksiyona ait konsantrasyon değişimi-zaman grafiğinin tanjantları hesaplanarak bulunabilir (Cavaco-Paulo ve Gübitz 2003).

Yukarıda kimyasal kinetiğe ait verilen bilgiler homojen bir ortamda gerçekleşen enzimatik reaksiyonlarda da geçerlidir. Enzimatik reaksiyon başlangıç hızı ( $v_0$ ), substrat derişimine bağlı olarak değişir. Enzim derişiminin sabit olduğu bir reaksiyonun hızı, düşük substrat derişimlerinde substrat derişimine bağlıdır. Çünkü bu durumda ortamda yeterince enzim molekülü bulunduğu için, substrat derişimindeki en ufak bir değişim,

doğal olarak reaksiyon hızına yansıyor onun belirleyicisi olacaktır. Reaksiyonun ilerleyen safhalarında substrat miktarı düşeceği için, reaksiyonun substrat derişimine karşı olan hassasiyeti azalacaktır. Substrat derişiminin yüksek olduğu durumlarda ise, enzim moleküllerinin aktif yerleri reaksiyonun her aşamasında dolu olacağından, reaksiyon hızında substrat derişiminin bir etkisi olmayacaktır ve hız maksimum hıza eşit olacaktır. Bu karakteristik özellik ilk kez 1902 yılında Victor Henri, 1913’ te Leonor Michaelis ve Maud Menten tarafından matematiksel bağıntılarla ifade edilmiştir. Henri-Michaelis- Menten’in oluşturduğu enzimatik model aşağıdaki gibidir.



Bu modelin en önemli özelliği ES ara bileşiminin oluşmasıdır. Sabit durum (steady-state) olarak adlandırılan bu aşamada ES derişimi sabit kalırken, E,S,P’ nin derişimleri değişir ve kinetikçiler bu aşamadaki hızı ölçmek isterler. Sabit durum ES’ nin oluşum ve yıkım hızlarının birbirine eşit olduğu anda meydana gelir.

Substrat derişimi düşük olduğunda, reaksiyon başladıktan bir süre sonra tüm substratlar enzimlere bağlanır ve ES bileşimini oluştururlar ve bu durumda ortamda serbest substrat kalmamışken, serbest durumda enzim mevcuttur. Tersi durumda yani substrat molekül sayısı enzim molekül sayısından fazla ise, tüm enzimler ES kompleksi içindedir ve serbest halde enzim kalmamıştır. Ancak ortamda serbest halde substrat vardır. Tüm enzim ve substrat molekülleri ES kompleksi içindeyse reaksiyon en yüksek hızda ve sabittir. Başka bir ifadeyle reaksiyon hızı substrat derişiminden bağımsızdır (Temizkan ve Arda 2008).

Yukarıda anlatılan bilgilerin sayısal ifadeleri aşağıdaki gibidir.

[ES] konsantrasyonunun değişimi zamanla sabit kabul edilirse enzim-substrat kompleksi için aşağıdaki eşitlik yazılabilir:

$$-\frac{d[ES]}{dt} = k_a[E][S] - k_c[ES] - k_b[ES] = 0 \quad (6)$$

$E_0$  başlangıçtaki enzim konsantrasyonunu,  $[ES]$  ve  $[E]$  belirli bir zamandaki konsantrasyonları göstermek üzere, kütle dengesine göre reaksiyonda:

$$[E]=[E_0]-[ES] \quad (7)$$

6 numaralı eşitlikten;

$$k_a[E][S] = (k_c + k_b)[ES] \quad (8)$$

$[ES]$  değeri ( $ES$ 'nin konsantrasyonu) :

$$[ES] = \frac{[E_0][S]}{k_m + [S]} k_a[E_0][S] - k_a[ES][S] = (k_c + k_b)[ES] \quad (9)$$

$$\left[ k_m = \frac{k_b + k_c}{k_a} \right] \quad \text{Michaelis-Menten sabiti} \quad (10)$$

Enzim-substrat kompleksinin ayrılıp, ürünün oluştuğu reaksiyonun hızı:

$$v = k_c \cdot [ES] \quad (11)$$

Sonuç Michaelis-Menten eşitliğidir:

$$v = \frac{k_c[E_0][S]}{k_m + [S]} \quad (12)$$

Maksimum reaksiyon hızı:

$$v_{max} = k_c \cdot [E_0] \quad (13)$$

Michaelis-Menten sabiti ve 11 numaralı eşitlik 13 numaralı eşitlikte yerine yazılırsa

**Michaelis-Menten eşitliği** yeniden aşağıdaki gibi elde edilir:

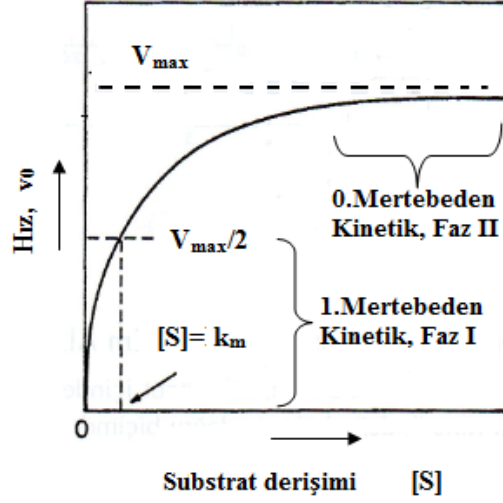
$$v = \frac{v_{max} \cdot [S]}{k_m + [S]} \quad (14)$$

(Cavaco-Paulo ve Gübitz 2003).

$k_m$ , yarı maksimum hızdaki substrat derişimini ifadesidir. Yani reaksiyonun hızı maksimum hızın yarısı iken ortamdaki substratın derişimi değerlidir, başka bir ifadeyle ortamdaki toplam enzim aktif bölgelerinin yarısını dolduran substrat derişimidir.

$[S] = k_m$  değeri her enzimin her substratı için sabittir. Örneğin, x enzimi A substratı için belli bir reaksiyon koşulundaki  $k_m$  değeri hep aynıdır. Ancak substrat veya reaksiyon koşulları değışirse  $k_m$  değeri de değışir.

Bir enzim birden fazla substrat ile reaksiyon verebilir. Bu durumda hangisinin enzimin doğal substratı olduğunu  $k_m$  değeri ile belirleriz. Enzim hangi substrat ile en düşük  $k_m$  değerini ve en yüksek aktivite hızını veriyorsa, bu madde o enzimin doğal substratıdır. Enzimin substrata ilgisi ne kadar düşükse de  $k_m$  değeri o kadar yüksek olur. Michaelis-Menten eşitliğinde  $k_m$  değeri açısından bakıldığında, 14 formülünün ancak  $k_m > [S]$  koşulunda geçerli olduğu görülür. Burada reaksiyon hızını etkileyen tek değışken substrat derişimidir. Eşitliğin sağındaki  $v_{max}$  ve  $k_m$  değerleri yüksek olacağından bunlardaki değışme gözardı edilebilir. Bu nedenle  $v_{max}$  ve  $k_m$  değerlerini elde etmek için diğer tüm şartlar sabit tutularak, değışik substrat derişimlerinde enzimin aktivitesi ölçülür. Substrat derişimi arttıkça reaksiyon hızı artar. Aktivite değeri- substrat derişimi arasındaki grafik aşağıdaki gibidir. Bu grafiğe *substrat doygunluk grafiği* denir (Temizkan ve Arda 2008).



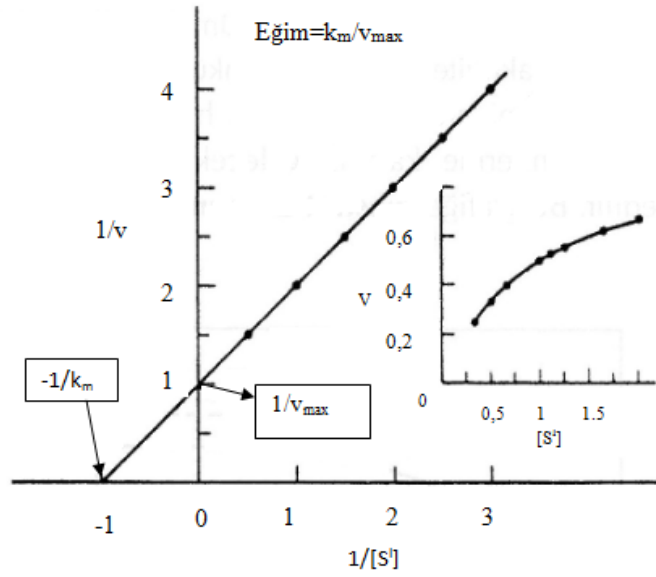
**Şekil 2.14.** Substrat doygunluk eğrisi (Temizkan ve Arda 2008)

Substrat doygunluk eğrisi eğri olmasından dolayı istenilen  $v_{max}$  ve  $k_m$  değerlerini doğru bir şekilde vermez. Grafiğin  $v_{max}$  değeri gerçekten daha düşük çıkar; bu da dolayısıyla  $k_m$  değerinin hatalı olmasına neden olur. Bu hataları yapmamak adına grafik bazı denklemlerle doğrusal hale getirilmiştir.

**Çizelge 2.3.** Michaelis-Menten eşitliğini doğrusallaştırma eşitlikleri (Cavaco-Paulo ve Gübitz 2003)

Eşitlik	Grafik
$\frac{1}{v_0} = \frac{k_m}{v_{max}} \cdot \frac{1}{[S_0]} + \frac{1}{v_{max}}$	Lineweaver- Burk
$v_0 = -k_m \cdot \frac{v_0}{[S_0]} + v_{max}$	Eadie- Hofstee
$\frac{[S_0]}{v_0} = \frac{1}{v_{max}} \cdot [S_0] + \frac{k_m}{v_{max}}$	Hanes- Woolf

Lineweaver- Burk yönteminde Michaelis-Menten eşitliğinin tersi alınıp, y eksenine  $1/v_0$ , x eksenine  $1/[S]$  değeri konulmuştur. Buna göre çizilen grafikte doğrunun dikey eksenini kestiği nokta  $1/v_{max}$ 'ı, eğimi  $k_m/v_{max}$ 'ı, y eksenini kestiği noktadan sonra uzatılmasıyla  $-1/k_m$  değerleri bulunur. Çünkü doğru  $y=m_x+b$  şeklindedir.



**Şekil 2.15.** Lineweaver-Burk grafiği (Temizkan ve Arda 2008)

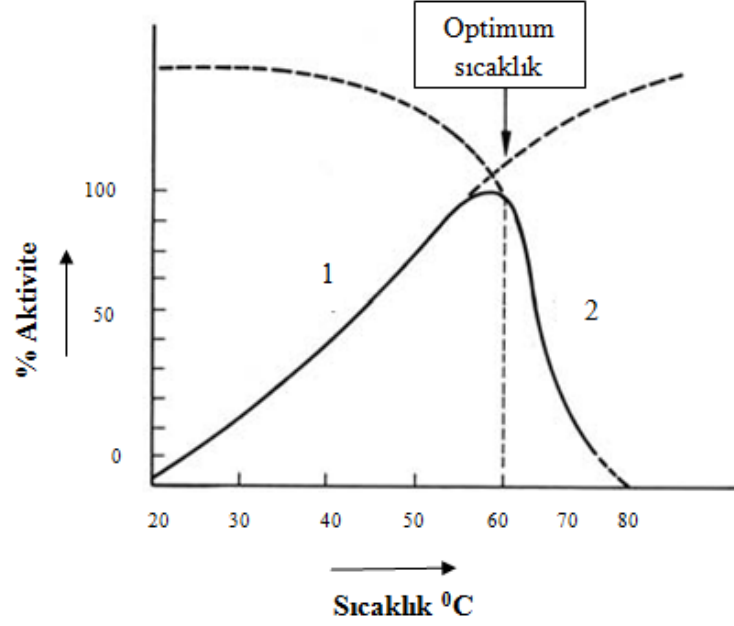
Uzun yıllardır kullanılan klasik doğrusallaştırma eşitlikleri, diğer yöntemlere göre çok daha doğru sonuç vermektedir. Ancak günümüzde bilgisayar aracılığıyla non-lineer regresyon metodu kullanılmaktadır (Cavaco-Paulo ve Gübitz 2003).

### 2.3.9. Reaksiyon hızını etkileyen faktörler

Tepkime hızını etkileyen dört temel faktör sıcaklık, pH, enzim ve substrat konsantrasyonudur.

#### 2.3.9.1. Sıcaklık

Kimyasal kinetik kanunlarına göre reaksiyon hızı sıcaklığın artması ile artış gösterir. Bu kural enzimatik reaksiyonlar için belli bir sıcaklığa kadar geçerlidir. Bu optimum sıcaklıktan sonraki artış, enzimatik reaksiyonun hızının düşmesine sebep olurken, enzimin yapısını bozar. Enzimlerin çoğu 40-60<sup>0</sup> C' den sonra inaktif hale geçmeye başlar. Bunun yanında aktivitesini 100<sup>0</sup> C' ye kadar koruyan enzimler de mevcuttur. Sıcaklığın etkisiyle denatüre olan bir enzim yeniden aktif hale gelemez (Sarışık 2001, Aehle ve ark. 2012).



Şekil 2.16. Enzim aktivitesi-sıcaklık grafiği (Aehle ve ark. 2012)

Reaksiyon hızı, sıcaklık ve aktivasyon enerjisi arasındaki ilişki Arrhenius Eşitliği ile tanımlanmıştır.

$$k = A \cdot e^{-\left(\frac{E_a}{R.T}\right)}$$

**Arrhenius Eşitliği**

R: Gaz sabiti (1,987 cal/mol<sup>0</sup> K)

T: Mutlak sıcaklık

k: Reaksiyon hızı katsayısı

A: Sıklık faktörü (frequency factor)

E<sub>a</sub>: Aktivasyon enerjisi

Bu eşitlik katalistlerin reaksiyonun hızını 10<sup>14</sup> katına kadar nasıl hızlandırabildiğini göstermektedir. Örneğin, enzimle 25<sup>0</sup> C' de aktivasyon enerjisindeki 10 kJ/mol kadarlık bir düşme, reaksiyonun hızını 50 kat, 40 kJ/mol civarındaki düşme 10<sup>7</sup> kat arttırır (McAuliffe ve ark. 2007).

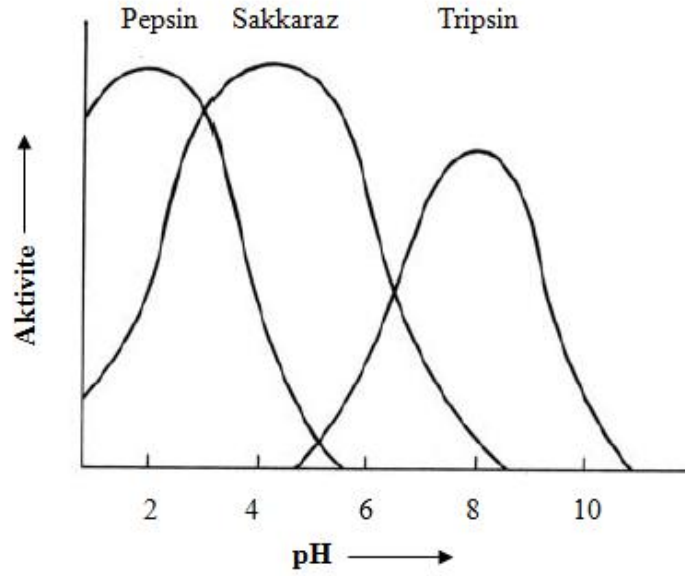


### 2.3.9.2. pH

Her enzimin maksimum aktivitesini gösterdiği bir pH aralığı vardır. Bu maksimum aktivite asidik, bazik veya nötr ortamda görülebilir. Enzim aktivite-pH grafikleri genelde bell-shape denilen şekildedir ancak tam şekil enzime göre değişiklik gösterir (Cavaco-Paulo ve Gübitz 2003).

Optimum pH' ın altındaki veya üstündeki bir değerde enzimin aktif merkezini oluşturan gruplar değişime uğrayarak veya kendileri değişime uğrayarak aktivitelerini kaybederler (Sarıışık 2001).

Enzimlerin çoğu için optimum pH çalışma aralıkları 5 ile 7 arasındadır. Ancak pepsin (E.C. 3.4.23.1) için bu değer 1,5 ve alkali fosfataz enzimi için (E.C. 3.1.3.1) 10,5' tur.



Şekil 2.17. Enzim aktivitesi-pH grafiği (Aehle ve ark. 2012)

### 2.3.9.3. Substrat konsantrasyonu

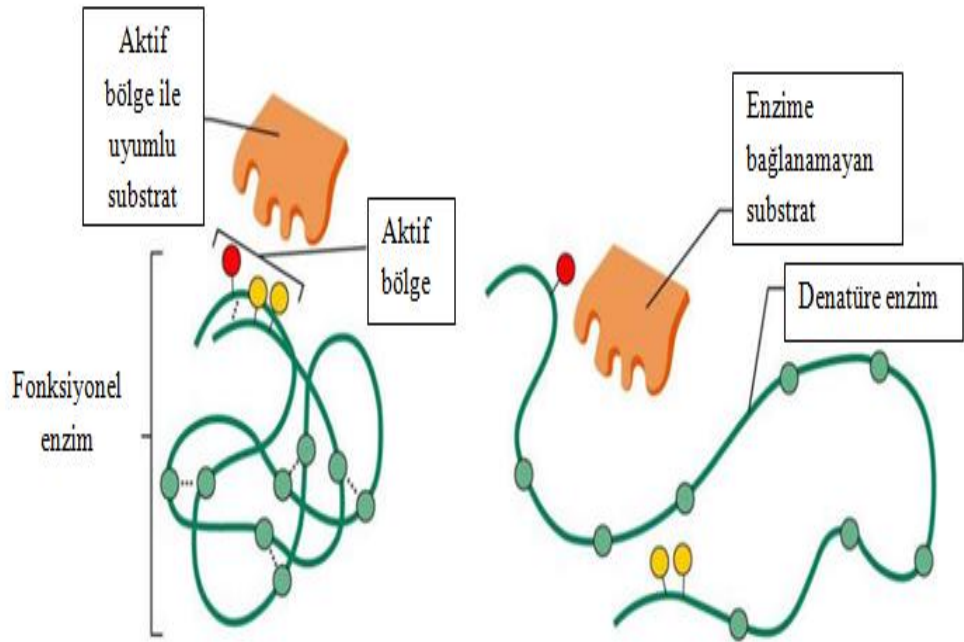
Enzim katalizli bir reaksiyon maksimum hızına ulaşana kadar, substrat konsantrasyonu artışı ile reaksiyon hızı artar. Reaksiyon hızı dengeye ulaştığında enzimin uygun olan bütün bölgeleri substrat tarafından doyurulmuş demektir (Tokullugil ve ark. 1997).

#### 2.3.9.4. Enzim konsantrasyonu

Enzimatik bir tepkimede ortamda bol miktarda substrat bulunması durumunda tepkimenin hızı enzim konsantrasyonu arttıkça doğru orantılı olarak artar (Yılmaz 2004).

#### 2.3.10. Enzimlerin denatürasyonu

Proteinlerin, ısı, X-ışını ve UV ışınlar, ultrason, uzun süreli çalkalamalar, tekrar tekrar dondurup eritmeler, asit etkisi, alkali etkisi, organik çözücülerin etkisi, derişik üre ve guanidin-HCl etkisi, salisilik asit gibi aromatik asitlerin etkisi, dodesil sülfat gibi deterjanların etkisiyle yapılarında bozulmalar olur ve biyolojik aktiviteleri kaybolur. Denatürasyon ile proteinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinde değişimler meydana gelir. Proteinin denatürasyonu sırasında birincil yapıda değişiklik meydana gelmezken, ikincil ve üçüncül yapılar bozulur. Bu olay sırasında polipeptid zincirleri arasındaki hidrojen ve bisülfid bağları kopar (Sarışık 2001).



**Şekil 2.18.** Enzimlerin denatürasyonu (<http://classes.midlandstech.edu/carterp/courses/bio210/chap02/chap02.html> 2014)

Denatüre olmuş bir proteinin tekrar eski haline dönecek şekilde katlanıp, aktivitesini kazanmasına *renatürasyon* denir.

### **2.3.11. Enzimlerin inhibisyonu**

Enzimlerin tepkimelerdeki hızlarını azaltan veya kataliz görevlerini yerine getirmelerini engelleyen maddeler inhibitör olarak adlandırılmaktadır. Bu maddeler enzimlere bağlanırlar ancak substrat gibi hareket etmezler. Yani ürün oluşumunu engellerler. İnhibisyon geriye dönüşümlü ve geriye dönüşümsüz olarak iki grupta incelenir. Geri dönüşümlü inhibisyonda substrat konsantrasyonu veya inhibitöre oranla enzim konsantrasyonu artırılarak inhibitör etkisiz hale getirilebilirken, geriye dönüşümsüz inhibisyonlarda aktif bölgeye bağlanan molekül enzim yapısını bozar ve dolayısıyla geriye dönüş söz konusu değildir.

### **2.3.12. Enzimlerin immobilizasyonu**

Biyoteknolojinin birçok alanda uygulamasının artması ile birlikte biyokatalizörlerin daha kullanışlı ve ekonomik hale gelebilmesi için çalışmalar da hız kazanmıştır. Çünkü enzimlerin izolasyonu ve saflaştırılmaları oldukça pahalı işlemlerdir.

Genellikle sulu çözeltilerde gerçekleştirilen işlemlerde katalizör olarak kullanılan enzimlerin aktivitelerini yitirmeden geri kazanılmaları olanaksızdır. Bu sorunun çözüm yolu enzim immobilizasyonudur. Enzim, tepkime ortamından aktivitesini kaybetmeden geri kazanılır. Suda çözünen ve çözeltide serbest hareket edebilen enzim molekülleri, suda çözünmeyen reaktif polimer bir taşıyıcıya bağlanarak hareketi kısıtlanır. Bu işlem immobilizasyon olarak adlandırılır. İmmobilize enzimler serbest enzimlere göre çevre şartlarına daha dayanıklı, daha uzun süre kullanılabilme gibi avantajlara sahiptir (İşmal 2003, Davulcu 2008).

## **2.4. Biyoteknoloji Nedir?**

Endüstriyel ürün ve proseslere canlı organizma ve onların bileşenlerinin uygulanmasına **biyoteknoloji** denir. 1981 yılında Avrupa Biyoteknoloji Federasyonu (EFB) “Mikropların ve doku kültürlerinin kapasitelerinden teknolojik uygulamalarda yararlanmak için biyokimya, mikrobiyoloji ve kimya mühendisliği bilimlerinin entegre olarak kullanılmasıdır” diye tanımlamıştır (Kumar 2007). EFB’ nin 1989 yılı tanımı ise “Doğa ve mühendislik bilimlerinin, mikroorganizmaların, hücrelerin, bunların

parçalarının ve moleküler analoglarının ürün ve hizmet üretimi için entegrasyonu” şeklinde olmuştur (Akkaya ve Pazarlıoğlu ).

Biyoteknoloji kağıt, tekstil, gıda, çevre, deterjan, tarım ve hayvancılık, medikal, biyoenerji gibi sektörlerde enzimleri ve mikroorganizmaları kullanarak biyo tabanlı ürünler elde edilmesini sağlar (<http://www.europabio.org/what-industrial-biotechnology> , 2014). Birçok alanda hayatımıza girmiş olan biyoteknoloji birçok alt dallara ayrılmıştır ve her biri bir renk ile ifade edilmektedir.

**Çizelge 2.4.** Biyoteknoloji renk kodları (Akkaya ve Pazarlıoğlu)

Renk	Biyoteknoloji Faaliyet Alanı
Kırmızı	Sağlık, medikal,tarı
Mavi	Su, sahil, deniz
Sarı	Gıda, beslenme
Yeşil	Tarım ve çevre
Kahverengi	Sulama ve çöl
Beyaz	Gen teknolojisine dayalı biyo endüstriler
Gri	Klasik fermentasyon ve bioproses teknolojisi
Altın	Biyoinformatik, nanobiyoteknoloji
Mor	Patentler,yayımlar, fikri mülkiyet hakları
Siyah	Biyoterör, biyosuç

Geniş kullanım alanlarına sahip bazı renklerin kısaca açıklamaları yapılacak olursa;

Yeşil Biyoteknoloji: Modern bitki üretim uygulama alanını kapsamakta olup, biyoteknolojik yöntemlerle herbisidler üretilmektedir. En önemli alanlarından birisi gen teknolojisidir. Bu teknolojiyle bir bitkiden diğerine belirli genler aktararak, bitkilerin dirençleri arttırılır.

Mavi Biyoteknoloji: Okyanus, deniz ve tatlı su biyoteknolojisini ifade eder. Örnek olarak bu sularda yaşayan canlıların korunması ve türlerinin devamlarının sağlanması verilebilir.

Kırmızı Biyoteknoloji: Biyoteknolojinin en önemli uygulama alanı olarak kabul edilir. Yeni ilaç geliştirilmesi (örnek kanser ilaçları), tanı koyma (biyosensör, DNA çipleri) bu uygulama alanında yapılan işlere örnek olarak verilebilir (Akkaya ve Pazarlıoğlu).

Beyaz Biyoteknoloji: Endüstriyel biyoteknoloji olarak bilenen bu alt ana dal, canlı hücreleri ve enzimleri, doğada kolayca bozunabilen, daha az enerji ile üretilen ve çevreye çok daha az miktarda atık bırakan ürünlerin sentezinde kullanılır (Frazzetto 2003).

#### 2.4.1. Biyoteknolojinin tekstil endüstrisindeki uygulamaları

Tekstilde yaygın olarak kullanılan enzimler ve bu enzimlerin kökenleri ile kullanım yerleri Çizelge 2.5' de görülmektedir. Bu enzimlerin çoğu bakteri ya da mantar kaynaklıdır.

**Çizelge 2.5.** Tekstilde yaygın olarak kullanılan enzimler, kökenleri ve kullanım alanları (Sarışık 2000)

Enzim	Köken	Kullanım alanı
<b>Amilaz</b>	<i>Bacillus substiles</i> <i>Bacillus lickeriformis</i>	Nişasta haşılının sökülmesi
<b>Selülaz Hemiselülaz</b>	<i>Trichoderma raesci</i> <i>Aspergillus niger</i>	Denim mamullerde taş kullanmadan yıkama işlemlerinde - CMC haşılının sökülmesi -Selülozik liflerin yüzey modifikasyonu
<b>Pektinaz</b>	<i>Aspergillus niger</i>	Jüt, keten, kenevir gibi sak ve bitkisel liflerin yıkama işlemleri-Selülozik liflerin kaynatma işlemleri
<b>Proteaz</b>	<i>Bacillus subtilis</i> <i>B.Licheniformis</i> <i>B.Oryzaeof</i>	Hayvansal liflerin yıkanması-İpekte serisinin uzaklaşması
<b>Lipaz</b>	<i>Aspergillus niger</i> <i>Muco javanicus</i>	Yağ ve mumların uzaklaştırılması
<b>Katalaz</b>	<i>Aspergillus niger</i>	Hidrojen peroksit giderme

### 2.4.1.1 Yeni lif kaynakları

Biyoteknoloji var olan lif kaynaklarında önemli gelişmeler sağlamanın yanında, polimer sentezinde de tamamen yeni bir kaynaktır. Dünyadaki atıkların büyük çoğunluğunun plastikten oluşmasından dolayı, doğada bozunabilir plastik üretimi çok önem kazanmıştır. Bu sebeple biyobozunur polimerler üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır. Polihidroksialkonatlar (PHAs) doğal yolla üretilen poliester ailesine dahil edilen bir sınıftır ve birçok bakteri tarafından üretilen, içinde karbon depolanmış granül formdan oluşmaktadır. İlk ürün Zeneca tarafından üretilmiştir. Şimdilerde ise Monsanto tarafından “Biopol” adıyla taneli polimer üretilmektedir. Şeker pancarı ve tahıl fotosentez yarıklarında, havadan alınan karbondioksit karbonhidrata dönüştürülür. Bu karbonhidrat genellikle glikozdur. Bu glikozu *Alicalicogenes Eutrophus* isimli mikroorganizma fermantasyonla biyopolimere dönüştürür. Proses sonunda mikroorganizma kendi ağırlığının %80’ i kadar ağırlıkta termoplastik reçine polihidroksibütirat (PHB) biriktirmiş olur. Hücreler kırılarak açılır ve daha sonra safsızlaştırma işlemi yapılarak PHB ekstrakte edilir. Biopol kalıplara dökülerek direk olarak şişe, film ve lif formunda üretilmektedir. Ancak fiyatının yüksek olması en büyük dezavantajdır. Erime noktası 136<sup>0</sup> C -162<sup>0</sup> C civarındadır ve bu sıcaklıklar konvansiyonel tekstil sektörü için uygun değildir. Ancak esnekliği, tokluğu ve tamamen biobozunur olması gelecekte kaplamacılık işleminde kullanılmasının önünü açmaktadır.

Kanebo firması piyasada Lactron olarak bilinen, mısırdan biobozunur polilaktik asit lifi üretmektedir. Bu lif 175<sup>0</sup> C erime noktasına sahiptir ve giyim sektöründe nihai kullanım için daha uygundur. Filament, stapel formda lif üretimi vardır ve pamuk, yün gibi liflerle karıştırılarak giyim ve farklı sektörlerde kullanılabilir. Poliesterle benzer mukavemet ve uzama değerleri verirken, poliesterle göre Young's modülü değeri ve erime noktası daha düşüktür. Genellikle asetik asit üreten bazı bakteriler karanlıkta lifli selüloz üretebilmektedir. Bu saf selüloz hakkında araştırmalar halen devam etmektedir. *Acerabactor aceti* adlı bakteri on gün özel koşullarda bekletildiğinde jelle benzer bir materyal üretmekte ve bu yapı ince selüloz liflerinden oluşmaktadır. Ancak bu yapı konvansiyonel giyimde bitmiş ürün olarak kullanılmak için çok incedir. Giyim sektörü yerine kağıt ve medikal sektörlerinde kullanılabilir. Bu selüloz yapısı kağıt gibi işlendiğinde oldukça yüksek Young's modülü değeri vermekte ve bu değer

alimünyumun değerine yaklaşmaktadır. Kompozit yapılarda yapay deri yapımında yumuşak bir tutum elde etmek için ayakkabı sektöründe kullanılmaktadır. Mantarlardan da iki tipte selüloz filament üretimi yapılabilmektedir. İlki mikroskopik düzeyde dallanmış miselyum formu, ikincisi ise birkaç santimetre uzunluğa erişebilen düz iplik formunda yapıdır. Safsızlaştırma ve ayrıştırma işlemi yapıldığında bu filamentler dokusuz yüzey yapıda elde edilebilirken, aynı zamanda konvansiyonel liflerle de karışım halinde kullanılabilir.

#### **2.4.1.2. Lif modifikasyonu**

En çok kullanılan liflerden birisi olan pamuk, üretimi sırasında çok fazla toprak, su ve böcek ilacı kullanım ihtiyacı olan bir lifdir. Dünya' nın %3'lük bir tarım arazisi pamuk üretimi için ayrılmıştır. Bu miktardaki pamuk, tüm dünyada kullanılan tarım ilacının %10, böcek ilacının %22, suni gübrenin %7.5 oranlarındaki kullanımını gerektirmektedir. Durum böyle olunca organik pamuk üretimi tüm dünyada ciddi oranda ilgiyi üzerine toplamıştır. Danimarka firması Novotex A/S "Green Cotton" adı ile üretimin her aşamasında çevreye karşı çok duyarlı pamuk üretmiştir. Kirliliklerin tamamı ortadan kaldırılmış olmasa da proses rotası en az zararlı olacak şekilde seçilmiştir (Rowe 1999).

Araştırmacılar renkli pamuk üretimi üzerine de araştırmalar yapmışlardır. Pamuk bitkisine dışarıdan alınan renkli genlerin transfer edilmesi ile renkli pamuk üretimi yapılmaktadır. Çin' in Xinjiang Uygur Bölgesi yıllık 44 000 ton renkli pamuk üretimi ile dünyada üretilen renkli pamuğun %30' unu oluşturmaktadır ve dünyanın en fazla renkli pamuk üretilen bölgesidir. Çin'de kahverengi ve yeşil renk dahil sekiz renk ile renkli pamuk üretimi yapılmaktadır.

Çin'de ipek lifi de kırmızı, sarı, yeşil, pembe ve turuncu renklerde genetik modifikasyon sayesinde renkli olarak üretilmiştir. Ayrıca 2003 yılında ipek böceğinin gen haritası çıkarılmıştır. Bu da ipek böceklerinin yapısından gelen bazı eksikliklerin, kırışma özelliğinin çok fazla olması gibi, giderilebilmesini sağlayacaktır (Chen ve ark. 2007). Ayrıca dünyanın her yerinde olmayan ve zor bulunan dut ağacının yaprakları ile beslenme özelliklerinin değiştirilmesi de bu gen haritası sayesinde mümkün olabilecektir.

Amerikan firması olan Agracetus, pamuğun lümen tabakasına gen nakli yapmaya çalışmaktadır. Bu başarılırsa doğal poliester gibi biopolimer üretilbilecektir. % 1±2 oranında doğal poliester katkılı pamuğun üretimi başarılmıştır. Hayvansal lifler üzerine yapılan genetik araştırmalar genellikle hayvanların kötü hava koşullarına karşı dayanımını artırmak amacıyla yapılmaktadır. Yünün kırkımının kolay yapılabilmesi için bazı zamanlarda hayvana büyümeyi engelleyici hormon içeren aşılar yapılmaktadır. Bu aşı kılların hayvandan dökülmesini sağlamaktadır.

Keten, jüt gibi gövde lifleri genetik değişikliklerle toprakta kalan böcek ilaçları atıklarına dayanıklı, enzimatik havuzlama işlemi özellikleri iyileştirilmiş hale getirilmiştir (Rowe 1999).

#### **2.4.1.3. Atık uygulamaları**

Tüm endüstriyel prosesler gibi, tekstil sektöründe de çevreye zararlı çok fazla atık ortaya çıkar. Belki de en önemli çevresel problem renkli boyar maddelerin kullanımından kaynaklanan renkli atık sulardır. Yaklaşık olarak dünyada yıllık 700 000 ton boyar madde kullanılmaktadır ve bunun maliyeti yaklaşık 2,5 milyar sterlidir. Biyopolimer olan çitin, renkli atık suların renksizleştirilmesinde kullanılmaktadır. Çürümeyi engellemek için kullanılan ve çevreye çok zararlı olan pentaklorfenoller (PCPs) haşıl sökme sırasında yıkama ile uzaklaşarak çevreye atık olarak gitmektedir. Keşfedilen bir mantar türü bu kimyasalı biyoabsorpsiyon sayesinde yok etmektedir. Bazı mantarlar de iyonları, taninleri ve toksinleri absorblayabilmektedir (Rowe 1999).

#### **2.4.1.4. Tekstil boyalarında çevre dostu yaklaşımlar**

Kimyasalların çevreye verdiği zararlar konusunda bilinç arttıkça ve aynı konuda yasalarla beraber ağır cezalar gelmeye başladıkça, çevreye zarar vermeyen kimyasal üretimi konusunda çok fazla çalışmalar yapılmaya başlamıştır. Tekstil sektöründe çok kullanılan kimyasalların başında gelen boyarmaddelerin doğada çözünemiyor olması biyoteknolojinin devreye girmesini sağlamıştır.

Mitsui Petrokimyasal Endüstrisi tarafından kırmızı pigment *Shikonin* 1983 yılından beri üretilmektedir. Bu pigment özel bir bitkinin kökünden ekstrakte edilerek elde edilmekte ve renklendirici olarak kullanılmaktadır. Bu pigmentler Japon kozmetik ürünlerinde de



kullanılmaktadır. Yünün shyama köklerinden ekstrakte edilen boyarmadde ile sonradan kromlama metoduna göre boyanması, ipeğin *Rubia cordifolia* kökünden ekstrakte edilen boyarmadde ile boyanması biyoteknoloji uygulamalarına verilebilecek diğer örneklerdir (McCarthy 1997).

#### **2.4.1.5. Liflerin hazırlanması**

Gövde lifleri, bitkiden havuzlama denilen proses ile ekstrakte edilir. Havuzlama en yaygın kullanılan yöntemdir. Havuzlama prosesi öncelerde nemli yerde veya çok az akıntısı olan bir nehirde, bakteri inkübasyonu ile yapılmakta idi. Bu işlem çok dikkatli olunması gereken bir işlemdi. Ancak günümüzde 30<sup>0</sup> C’ deki su dolu tanklarda yapılmaktadır.

Hemiselülaz ve pektinaz enzimleri keten liflerinin havuzlama işleminin daha kontrollü ve daha az atık yükü oluşturarak yapılmasına olanak sağlar.

Jüt lifleri, selülaz enzimi ile temizlenip yumuşatılarak daha sonraki işlemlerin daha kolay yapılmasına olanak sağlar. Ayrıca selülazla beraber ksilenaz enzimi kullanıldığında jütün beyazlatılması desteklenmiş olur. Havuzlama ve devamındaki yumuşatma işlemine çok dikkat etmek gerekir. Çünkü istenmeyen mukavemet kayıplarına sebep olabilir (Paulo 1998).

#### **2.4.1.6. Temizleme uygulamaları**

Enzimlerin deterjanlardaki kullanımı 1960 yılından itibaren bilinmektedir. Bu yıllarda detarjanlara konan toz formundaki enzimler çalışanlarda alerjik reaksiyonlara sebep olmuştur. Ayrıca deride de bazı sorunlara yol açmıştır. 1970 yılında geliştirilen “prilling” teknolojisi ile enzimler tozsuz olarak üretilmeye başlanmıştır. T-granül yapısı ile bu sorun çözülmüştür.

Birçok enzim bahsedildiği gibi günümüzde deterjanlarda çok fazla kullanılmaktadır. Proteaz enzimi protein kaynaklı lekelerin çıkarılmasında, özellikle kan ve ter lekelerinde, çok fazla kullanılmaktadır. Lipazlar düşük sıcaklıklarda ve pamuk-poliester karışım kumaşlarda ruj gibi yağlı lekelerin çıkarılmasında kullanılır. Amilaz enzimi ise

nişastalı lekelerde kullanılmaktadır. Selüloz enzimi de deterjanlarda da kullanılmaktadır (Rowe 1999).

#### **2.4.1.7. Kumaş terbiye işlemleri**

Bu başlık altında anlatılacak konularda enzimler temel faktördür. Günümüzde kumaş terbiyesinde yaygın olarak kullanılan enzimler; amilaz, proteaz, selüloz, katalaz, lakkaz ve lipazdır.

##### **2.4.1.7.1. Haşıl sökme**

Çözgü iplikleri dokuma sırasında çeşitli mekanik zorlamalara maruz kaldığı için liflerinin birbirine daha iyi yapışması, daha kapalı, daha sağlam bir hale gelmeleri ve kayganlıklarını arttırarak dokuma performanslarını iyileştirmek amacı ile haşillanır (Aniş 2005).

Haşıl maddeleri iyi tanınırsa başarılı bir haşıl sökme işlemi yapılabilir. Haşıl maddeleri şöyle sınıflandırılabilir:

1. Nişasta ürünleri= patates, mısır nişastası ve derivatları
2. Selüloz esaslı haşıl maddeleri=CMC, metil selüloz
3. Sentetik haşıl maddeleri=PVA, PAC, çeşitli kopolimerler
4. Diğer ürünler= alginat, kemik unu, tutkal, jelatin, kazein

Suda çözünebilir akrilat, CMC, PVA, özel modifiye nişasta haşıl maddeleri açık en yıkama makinelerinde, suda çözülmeyen haşillama maddeleri ise; enzimatik, oksidatif, bazik ve asidik yolla uzaklaştırılırlar (Duran ve Öneş 1994). Oksidatif, bazik ve asidik yöntemler selüloza ve çevreye zarar verme olasılığı yüksek yöntemlerdir. Ancak haşıl sökmenin enzimlerle yapılması zararlı kimyasal kullanılmaması, işlem koşullarının geniş olması, atık sularda biyolojik olarak parçalanabilmesi ve liflere zarar vermemesi gibi önemli avantajlara sahiptir (İşmal 2003).

Enzimler tekstil sektöründe 1800' lü yılların başından beri kullanılmaktadır. Bunlardan ilki *Bacillus amyloiquefaciens*' den elde edilen sıcaklığa karşı stabil amilaz enzimidir.

Bu enzim, nişasta moleküllerini suda çözünebilir şeker formuna dönüştürür ve nişasta haşılı pamuk kumaşta haşıl sökme işlemi için uygulandığında kumaşa zarar vermez.

1996 yılına kadar haşıl sökme işlemleri amilaz enzimi ( $\alpha$ -amilaz EC 3.2.1.1,  $\beta$ -amilaz EC 3.2.1.2, glikoamilaz EC 3.2.1.3) ile yapılmaktaydı. Ancak bazı dokumacıların nişasta haşılına trigliserid yağlama maddesi ilave etmeleriyle amilaz enzimi tek başına yeterli olamamıştır, lipaz enzimi ile beraber kullanılmaya başlanmıştır. Lipazlar yağların sökümüne yardımcı olarak daha emici kumaşlar elde edilmesini sağlamıştır (Rowe 1999).

Enzim bazlı haşıl sökme işleminde nişasta kısa zincirli karbonhidrata dönüştürülerek uzaklaştırıldığı için işlem sonundaki atık suda kirlilik değerleri yüksek olduğu gibi, haşıl maddesinin yeniden kullanılması olanağı da ortadan kalkmaktadır (Rowe 1999).

Enzimatik haşıl sökme işleminin hızı, ekonomikliği geliştirilmesi gereken konulardır. Enzim anlamında ise sıcaklık karşısındaki davranışı, farklı kumaşlarda, haşılarda ve proses koşullarında aktivite ve performansının nasıl karakterize edilmesi gerektiği detaylı araştırma ve inceleme yapılması gereken konular arasındadır (Kumar 2007).

#### **2.4.1.7.2. Hidrofilleştirme**

Pamuk liflerinin içerdiği vaks, pektin, yağ, hemiselüloz, protein gibi safsızlıklar lifin tutumunu yumuşatıp, güzel bir tuşe sağlamaktaysa da çoğu hidrofob karakterli olduğundan terbiye işlemlerinde liflerin ıslanmasını ve çözelti almasını zorlaştırır. Bu yüzden pamuğun hidrofilleştirilmeye ihtiyacı vardır (Aniş 2005).

Pamuğun primer çeperinde bulunan pektin biyolojik bir tutkaldır ve poligalakturonik asitlerden oluşur. Bu tutkal lif büyürken magnezyum, kalsiyum, demir gibi tuzlara dönüşür. Suda çözünmeyen bu tuzlar büyüme sırasında primer çeper matriksindeki yağ ve proteinleri birbirine bağlayarak koruma sağlar. Pektin hidroliz edilerek matriksin aralarının açılarak lifin su absorbansını sağlar (Öneş 2000).

Pamuğun hidrofilleştirilmesinde uzun yıllardır bazik işlem uygulanmaktadır. Bu işlemin amacı ham pamuktaki ve lif yüzeyindeki selülozik olmayan kısımları uzaklaştırarak, lifi su emer hale getirmektir. Safsızlıklar uzaklaştırıldığı için işlemde çok miktarda

kimyasal uzun sürelerde ve yüksek sıcaklıkta kumaşla muamele edilir. Bu ağır işlem koşulları liflerin ortalama polimerizasyon derecesinde azalmaya ve dolayısıyla kopma dayanımında azalmaya sebep olurken, kaçınılmaz olarak işlem atıklarındaki BOİ ve KOİ değerleri de çok yüksektir.

Kalite kayıplarını ve kullanılan kimyasal miktarını en aza indirmek, çevreyle uyumlu alternatif bir yöntem geliştirmek amacıyla günümüzde enzim kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu işlemde pektinaz enzimi temel enzim iken, yanında proteaz, selüloz ve lipaz enzimleri de kullanılmaktadır (İşmal 2003). Pektinaz enzimlerinin kumaş mukavemetine olumsuz etkileri yoktur. Islatıcı veya organik solvente ihtiyacı olmadan sulu sistemlerde pektinle reaksiyona girerler (Öneş 2000).

*Lipaz:* Dokuma kumaşların birçoğu nişasta esaslı polimerler ve mum esaslı yağlayıcıların karışımı ile haşillanır. Triglicerid formunda olan yağlar, lipazlar ile gliserol, yağ asitleri, mono ve diglicerid reaksiyon ürünleri vererek tamamen hidrolize olur.

*Selüloz:* Selülozu hidrolize edip, daha kısa zincirli selüloz polimerlerine parçalayan selüloz enzimi ile bazik işlemde önce yapılan bir ön işlem, tohum kabuğu atıkları üzerinde olumlu etkiye sahiptir.

*Proteaz:* Protein ve peptidlerin hidrolizini katalizleyen proteaz enzimleri bu işlem için hayvanlardan elde edilen pepsin, tripsin, kimotripsini ve *papaya'* dan elde edilen papaini kapsamaktadır.

*Pektinaz:* Pamuğun primer çeperindeki pektin kuvvetli biyolojik bir tutkaldır. Bu tutkal lif büyümesi sırasında kalsiyum, magnezyum, demir ve diğer tuzlara dönüşen poligalakturonik asitlerden oluşur. Suda çözünmeyen bu pektin tuzları primer çeper matriksindeki yağ ve proteinleri birbirine bağlamaya yarayan koruyucu bariyer oluşturur. Bu sebeple primer çeperdeki pektin hidrolizi matriksin aralarını açmayı sağlayarak su alımını sağlar (Sarıışık ve ark. 2006).

Enzimatik hidrofilleştirme sonunda elde edilen beyazlık ve uzaklaşan çöpel miktarı değerleri, konvansiyonel yöntemle göre daha düşüktür. Ancak daha sonra yapılacak beyazlatma işlemi ile bu olumsuzluklar giderilebilir (İşmal 2003).

Bazı pektinaz enzimlerine ait özellikler Çizelge 2.6'da görüldüğü gibidir.

**Çizelge 2.6.** Mantar esaslı pektinaz enzimlerinin özellikleri (Sarışık 2001)

<b>Kaynak</b>	<b>MA</b>	<b>pH</b>
<i>Aspergillus niger</i>	35 000	4.0
<i>Trichoderma kőningii</i>	32 000	5.0
<i>Rhizopus arrhizus</i>	30 300	5.0
<i>Fusarium oxysporum</i>	37 000	5.0

#### **2.4.1.7.3. Ağartma işlemi**

Ham pamuğa doğal sarımtrak rengi veren pigmentlerin uzaklaştırılması işlemine *ağartma işlemi* denir. Bu işlem beyaz kumaş üretimini amaçlar ve renkleri daha parlak hale getirir. Dolayısıyla daha iyi bir satış desteklenmiş olur. Ağartma, hidrofilleştirme gibi bir temizleme işlemi değil, oksidasyonla renkli maddelerin yok edilmesidir (Aniş 2005).

Ağartma işlemi sodyum hipoklorit, sodyum klorit ve hidrojen peroksit yükseltgenleri ile yapılmaktadır. Ancak son yıllarda toksik atıksız, daha çevreci yöntem olan enzimlerle yapılan ağartmalar kullanılmaya başlanmıştır. Bu enzimler lakkaz, peroksidaz ve glikozoksidaz (GOD) enzimleridir.

GOD enzimleri oksidoredüktaz sınıfına dahildirler. Diğer işlemlerden gelen glikoz içerikli atıkları kullanır. GOD, FAD (flavin adenin dinükleotid) varlığında  $\beta$ -D glikoz ile tepkimeye girdiğinde  $H_2O_2$  oluşur. Bu işlem pH 4,5-7 aralığında  $40^0 C$ ' de meydana gelir. Oluşan peroksit daha sonra pH 7 civarında  $85-90^0 C$ ' de 60-120 dk işlem süresinde ağartmayı gerçekleştirir.

Lakkaz enzimi (EC 1.10.3.2) çok geniş substrat spesifikliği olan, 74 kDa moleköl ağırlığına sahip, moleküler oksijen alıcısı olarak kullanılan, düşük moleköl ağırlıklı kinonların ve çeşitli fenolik bileşiklerin oksidasyonunu katalizleyen, oksidoredüktaz sınıfına dahil, çeşitli bitki, mantar ve bazı bakterilerden elde edilen bir enzimdir (Sarıışık ve ark. 2006). Eğer substrat büyükse ya da substratın redoks potansiyeli yüksek ise lakkaz enzimi oksitleme işlemini gerçekleştiremez. O zaman oksitleme, mediatör denilen ara bileşik kullanılarak yapılır. Lakkaz enzimi kromofor gruplara etki ettiği için renkli atık suların renksizleştirilmesinde ve denim kumaşların beyazlatılmasında da kullanılır (Kut 2014).

Peroksidaz enzimi (EC 1.11.1.7) farklı oksidatif maddeleri katalizleyen oksidoredüktaz sınıfına dahil olan bir enzimdir. Bu enzim ile yapılan ağartma işleminde yeterli beyazlık derecesine ulaşılamamaktadır. Bu enzimin aktivitesi spektrofotometrik yöntemle ölçölür (Cavaco-Paulo ve Gübitz 2003).

#### **2.4.1.7.4. Peroksit atıklarının uzaklaştırılması**

İşletmelerdeki yerleşmiş enzim uygulamalarından birisi de katalaz enzimi ile hidrojen peroksit beyazlatmasından sonra kalan peroksit atıklarını uzaklaştırmaktır. Enzim kalan peroksidi su ve oksijene kadar parçalar. Özellikle reaktif boyalar peroksite karşı çok hassas olduklarından boyama işleminden önce mutlaka yapılması gereken bir işlemdir. Oksidatif ağartmadan sonra katalaz enzimi ile 30<sup>0</sup> C- 40<sup>0</sup> C sıcaklıkta, 15 dakika işlem süresi yeterli olmaktadır (Kumar 2007).

Katalaz enzimi sadece peroksitle reaksiyona girdiği için boyarmaddeye zarar vermez ve konvansiyonel yöntemde ağartmadan sonra bol suyla birkaç sefer yapılan çalkalama işlemini de ortadan kaldırdığı için su ve enerji tasarrufu yapılmasını sağlar.

Katalaz enzimlerinin substrat enzim oranı çok yüksektir. Örnek verilecek olursa bir moleköl katalaz beş milyon peroksit molekölünü parçalayabilir. Bu sebeple litrede 0,1-0,2 ml kullanımı işlem için yeterlidir ve boyama işlemine de aynı banyoda devam edilmesine olanak sağlar (Rowe 1999, Sarıışık 2001).

Katalaz enzimi mantardan ve bakteriden elde edilebilir. Kontinü ve diskontinü yıkama proseslerinin ikisinde de uygulanabilir. Uygun maddelerle immobilize edildiklerinde termik stabiliteleri arttığı gibi kayıpsız olarak tekrar kullanılmalarını da sağlar. Bu enzimi malzemedan uzaklaştırmak için ilave olarak başka bir temizleme işlemi yapılmaz. Peroksit gideriminin yapıldığı flotte değiştirilmeden, aynı banyoda boyama işlemine devam edilebilir. Ticari katalazlar (pH 6-10, 20-50<sup>0</sup> C gibi) geniş bir çalışma aralığına sahiptirler ancak optimum etkilerini pH 7,8-8 aralığında, 15-30<sup>0</sup> C' de gösterirler.

Peroksit gideriminde enzim kullanımının avantajları arasında reaksiyon ürünlerinin ekolojik açıdan sakınca yaratmaması, işlemin yüksek sıcaklık gerektirmemesi, az miktarda enzim kullanılması ve atık suda tuz yüküne sebep olmaması en önemlileri olarak sayılabilir (Sarışık ve ark. 2006).

#### **2.4.1.7.5. Bitim işlemleri**

Biyo-taşlama, tekstilde enzimlerin kullanıldığı alanların en yenilerindedir. Denim kumaşın taş yıkama sonucunda yıpranmış görünümü 1970 ve 1980' li yıllarda gençler tarafından çok rağbet görmüştür. Ancak bu fiziksel yıpratma sırasındaki makinenin aldığı zarar, ponza taşının insana ve çevreye verdiği zarardan dolayı aynı etkinin elde edilebileceği ancak daha zararsız alternatif yöntem araştırılmıştır. 1989 yılında Avrupa'da tanıtılan biyo-taşlama işlemi selülaz enzimi ile pamuklu kumaşlar üzerinde yapılmıştır (Rowe 1999). Bu işlemde asit ve nötral selülaz enzimleri kullanılmaktadır. Asit selülazlar pH 4,5-5,5 arasında etkindirler ve kısa sürede kimyasal aşınmaya sebep olurlar. pH 6-8 arasında aktif olan nötral selülazlara göre daha aktiftirler. Nötral selülazların etki göstermesi için daha uzun süreye ihtiyaçları vardır (Sarışık ve ark. 2006).

Selülaz enzimi selülozu hidrolize ederek daha kısa zincirli selüloz polimerlerine ve glikoza parçalamaktadır. Mantar ve bakterilerden elde edilen selülaz enzimleri üç değişik tiptedir.

- Endoselülaz veya endoglukonazlar (EC 3.2.1.4): Amorf bölgelere daha önce saldırarak uzun zincirli selüloz polimerini daha kısa zincirli polimere parçalar.

- Eksoselülaz veya sellobiyohidrolazlar (EC 3.2.1.91): Selülozun zincir uçlarına etki ederler ve sellobiozları oluştururlar.
- Beta-glukosidazlar (EC 3.2.1.21): Sellobioz gibi kısa zincirli selüloz oligomerlerini glikoza parçalarlar (Öneş 2000).

Endoglukonaz enzimleri selülozu rastgele parçalayarak yeni uçlara sahip küçük parçaların oluşmasına sebep olurken, daha sonra bu parçaların uç kısımlarına sellobiyohidrolazlar etki ederek sellobiozların oluşmasına sebep olurlar. Sellobiazlar ( $\beta$ -glukosidaz) da bu sellobiozları glukoz yapıtaşına indirger (Cavaco-Paulo ve Gübitz 2003). Sonuç olarak selülaz selülozu parçalar. Dolayısıyla boyanmış pamuklu kumaşlara uygulandığında kumaşın dış yüzeyinden itibaren lifleri ayırmaya başlayacağı için, altta boyanmamış olarak kalan kısımlar yüzey görüntüsünde belirginleşecektir. Dolayısıyla eskimiş görünüm elde edilecektir. Görüntünün eskimişlik derecesi işlem süresi ile ayarlanabilir (Rowe 1999).

Enzimatik yıkama/taşlama işlemi esnasında denim kumaştan ayrılan boyarmadde tekrar kumaş üzerine çökerek geri boyamaya sebep olabilir. Geri boyamayı önlemek için kumaş dispergir madde ve NaOCl ile muamele edilmektedir. Ancak yapılan bazı çalışmalarda lakkaz ve proteaz enzimlerinin geri boyamayı engellediği görülmüştür. Lakkazın etkisi indigo boyarmaddeyi substrat olarak görmesinden kaynaklanmaktadır. Asit selülazın proteinlerinden bazıları indigo boyanın çökmesine sebep olduğu için, proteazın etkisi de selülazın proteinlerine bağlanmasıyla ortaya çıkmaktadır (Cavaco-Paulo ve Eriksson 1998, Sarıışık ve ark. 2006).

Kumaş yüzeyinden dışarı çıkan lif uçlarının uzaklaştırılma işlemine *biyo-parlatma* veya *anti-pilling* işlemi denir. Bu işlem selüloz içeren mamullere uygulanmaktadır. Biyo-parlatma işleminde parlak bir görünüm elde edildiği için kumaşın pillingleşme eğilimi azaltılmış olur. Daha düzgün bir yüzey elde edildiği için baskı netliği, renk parlaklığı da daha iyi olur. Selülazla yapılan bu işlem sonucunda kumaşın tuşesi de yumuşarken, kumaş daha dökümlü bir hale gelir (Kumar 2007).



#### **2.4.1.7.6. İpekte serisin giderme**

İpek lifleri iki fibroinin etrafının serisinle örülmesi ile oluşur. Serisin de fibroin de protein yapıdadır. Aralarındaki en önemli farklılıklardan birisi hidroksil ve karboksil grubu sayılarıdır. Serisinde fazla miktarda bulunan bu gruplar, serisinin hafif bazik sıcak suda çözünmesini sağlar. Diğer bir farklılık ise proteolitik fermentlere dayanıksız olmasıdır. Serisinin amorf yapıda olması da başka bir farklılıktır (Sarıışık 2001).

İpek lifinde serisin uzaklaştırıldıktan sonra lifin ağırlığında %17-38 arasında azalma görülür. Serisini enzimlerle uzaklaştırılırken dikkat edilmesi gereken nokta serisinde etkili ancak fibroinde etkili olmayan bir enzim bulunması gerekliliğidir. Serisini uzaklaştırmada bakteriyel proteaz enzimi, tripsin ve papain enzimlerine göre daha etkili sonuç vermiştir. Proteaz enzimi ipek lifine eskitilmiş görünüm verirken aynı zamanda tuşesinin yumuşamasını da sağlar. Bu enzim ile lifin ıslanabilirliği de artış gösterir (Cavaco-Paulo ve Eriksson 1998).

Serisin gidermede proteazla beraber lipaz enzimi de kullanılır (Şahinbaşkan 2010).

#### **2.4.1.7.7. Yünlü mamüllerde keçeleşmezlik, biyo-temizleme, biyo-yağ giderme işlemleri**

Yün liflerini yıkanabilir duruma getirmek, keçeleşmezlik işlemiyle mümkün olmaktadır. Keçeleşmezlik işlemi parçalayıcı yöntemle pulcuk tabakasının uzaklaştırılmasıyla, katma yöntemle lif yüzeyine yapışan bir polimer tabakasının life aplane edilmesiyle, bu yöntemlerin birleşimi olan Chlor-Hercoset yöntemi ile önce yün toplarının kuvvetli asitle klorin işlemine, sülfite ile ard işleme ve son olarak polimer aplikasyonu ile yüzeyin kaplanmasıyla, enzim ve plazma uygulamaları ile yapılmaktadır (Sarıışık2001).

Yünün enzimatik hidrolizinde kullanılan enzimler proteazlar, lipazlar ve lipoprotein-lipazlardır. Proteaz enzimi pektinleri ve polipeptid moleküllerini organik asite ve amine ayırır. İki sınıfa ayrılır.

- Proteinaz (Endopeptidazlar): Proteinlerin ve peptidlerin iç peptid bağlarına etki ederek, proteinleri polipeptid zincirlere ve polipeptidlere ayırır. Bu çeşit

proteazlar hayvan kökenli pepsin, tripsin ve siyomotripsin ile *papaya*'dan elde edilen papaini kapsamaktadır.

- Peptidazlar: Peptid türevleri üzerinde etkilidirler. Proteinlere etki etmezler. (Öneş 2000).
- Bazı önemli proteaz sınıfları Çizelge 2.7' de görülmektedir.

**Çizelge 2.7.** Bazı proteaz sınıfları (Sarışık 2001)

EC.3.4.11 Alfa aminoasilpeptidhidrolaz
EC.3.4.13 Dipeptid hidrolaz
EC.3.4.14 Dipeptidil peptid hidrolaz
EC.3.4.15 Peptidildipeptid hidrolaz
EC.3.4.16 Serin karboksi peptidaz
EC.3.4.17 Metallo karboksi peptidaz

Yünün proteolizi ile kumaşın tuşesi yumuşar, pillingleşme eğilimi azalır, daha parlak bir görünüm elde edilir (Cavaco-Paulo ve Eriksson 1998).

Keçeleşmezliğin tripsin ve pepsin enzimleri ile yapılması 1910 yılına kadar gitmektedir. Yün lifi enzimlere karşı diğer protein liflerine göre yapısındaki disülfür köprülerinden dolayı çok daha dayanıklıdır. Yündeki sistin bağları bozulmadan kalırsa, enzimle proteolizçok yavaş olmaktadır. Fakat yapıdaki bazı çapraz bağlar kırılırsa, protein yapıların enzimle parçalanması daha hızlı olmaktadır. Bu yüzden oksidatif işlem ve enzimatik işlemin beraber kullanılması daha iyi sonuçlar vermektedir. Ancak enzim fiyatının yüksekliği ve çok fazla ağırlık kaybı olduğundan sanayideki uygulaması çok kısıtlıdır. Papain ve ticari proteaz enzimler oksidatif işlemden sonra uygulanırsa, lifin aldığı zarar çok yüksek olmasına rağmen, pulcuklar yüksek oranda giderilir.

Protein disülfid izomeraz enzimleri ile disülfür köprülerinin yeniden düzenlenmesiyle yünün keçeleşmezlik özelliği iyileştirilmiştir (King ve Brockway 1988).

Transglutaminaz enzimleri de oldukça farklı bir mekanizma ile amonyak açığa çıkararak yeni çapraz bağ şekilleri oluşturur, keçeleşmezlik sağlar (McDevitt ve ark. 1991).

Lipazlar, yağlar ve yağimsı maddelere etki ederek yünün hidrofilliğini arttırırken, lipoprotein-lipazlar lipoprotein üzerinde etkili olarak hidrofobik engelleri ortadan kaldırırlar (Kut 2014).

#### **2.4.1.7.8. Sentetik liflerin modifikasyonu**

Enzimler doğal katalist olmalarına rağmen sentetik polimerlerin modifikasyonunu da katalizleyebilirler. Poliakrilonitril' in (PAN) nitril hidrataz enzimi ile modifikasyonu yapılır. Bu işlemdeki amaç lifin yüzeyindeki amid gruplarının sayısını arttırarak lifin boyanabilme özelliğini iyileştirmek ve hidrofilliğini arttırmaktır (Cavaco-Paulo ve Eriksson 1998). PAN liflerine hidrataz ve amidaz enzimleri de aynı etkileri yapmaktadır. Esteraz enzimi, PAN lifinin vinil asetat içeriğinden dolayı kopolimerin modifikasyonunda kullanılır.

PET (polietilen tereftalat) lifleri lipazlarla muamele edildiğinde liflerin ıslanabilirlik ve absorpsiyon yetenekleri gelişirken, esterazla muameleleri sonucunda pilling özellikleri azalır, kir dayanımları, ıslanma ve boyanma özellikleri iyileşir.

Poliamid 6 lifleri içerdikleri amid bağları sebebiyle proteolitik enzimler tarafından hidroliz edilebilirler, manganaz peroksidaz tarafından da liflerin yüzeyi, çapları azalmadan modifiye edilebilir.

PA 6,6 lifinin hidrofilliğini lakkaz enzimi arttırırken, nitril hidrataz enzimi bu lif için prekürsör olarak da kullanılabilir (Sarıışık ve ark. 2006).

Biyoteknolojiler arasında enzimatik işlemler, konvansiyonel yöntem yerine sürdürülebilir ve umut vaat eden alternatiflerden en önemlilerinden birisidir. Yaşayan mikroorganizmalardan protein yapıda elde edilen enzimler, birçok biyokimyasal reaksiyonlarda katalist olarak görev yapar.

## 2.5. Literatür Çalışmaları

**Tzanov ve ark. (2001)**'nin yaptığı çalışmanın amacı enzimatik yolla hidrofilleştirme ve beyazlatma yapmaktır. Bunun için alkali pektinaz, asidik pektinaz ve glikoz oksidaz enzimlerini kullanmışlardır. 120 g/m<sup>2</sup> ağırlığındaki %100 pamuklu kumaşın haşılı Rapidase L40 amilaz enzimi sökülüdür. Alkali bakteriyel pektinaz enzimi-Bioprep 3000L (Novozymes) ile pH 8' de 55<sup>0</sup> C'de, asit mantar pektinaz-Pect 062L (Biocatalysts) enzimi ile de pH 5' de 40<sup>0</sup> C'de hidrofilleştirme işlemi yapılmıştır. Hidrofilleştirme işleminin değerlendirilmesi kumaş ağırlık kaybı ve su alımı ile yapılmıştır.

Haşılı sökülüş pamuk kumaş asidik ve alkali pektinaz ile işleme tabi tutulduktan sonra, glikoz oksidaz enzimi ile üretilen peroksit ile pH 10–11' de, 90<sup>0</sup> C' de bir saat beyazlatılmıştır.

Alkali ve asidik enzimlerle yüzey aktif madde varlığında yapılan işlemlerin sonucunda kaybedilen ortalama ağırlık %4,6 iken, NaOH ile yapılan işlemdeki kayıp %6,3' tür. Enzimlerin sadece distile su ile beraber kullanımından elde edilen ağırlık kaybı sonuçları ise %1,7 civarındadır. Bu fark beyazlık derecelerinde de belirgindir. Enzimatik hidrofilleştirme sonucundaki beyazlık değerleri ortalama 26 iken, NaOH ile bu değer 34,7 olmuştur.

Haşıl sökme ve beyazlatma işlemleri aynı banyoda enzimlerle yapıldığında elde edilen beyazlık derecesi 52,2 iken, farklı banyolarda haşıl sökme, asidik hidrofilleştirme ve beyazlatma işlemine tabi tutulmuş kumaşın beyazlık değeri 64,7' dir. Beyazlatma işlemleri aynı kumaşlara peroksitle yapıldığında ise bu değerler sırasıyla 62,3 ve 70,5' tir.

**Aly ve ark. (2003)**, iki farklı ham pamuk kumaşın haşılını sökmek için Kemilaz (amilaz) enzimini, hidrofilleştirme için Bio-prip (pektinaz) enzimini, biyo-parlatma işlemi için Cellusoft L enzimini (selülaz) farklı konsantrasyon, sıcaklık ve sürelerde ayrı ayrı kullanarak bunların ıslanabilirlik, kopma mukavemeti, ağırlık kaybı, eğilme rijitliği üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Ayrıca Denilite enzimi (lakkaz) ile haşılı

sökülmüş ve hidrofilleştirilmiş kumaş ayrı ayrı beyazlatma işlemine tabi tutularak sonuçları karşılaştırılmıştır.

Bio-rip ve Cellusoft L enzimlerinin konsantrasyonları arttıkça (%0–4 owf) ıslanma süresi Bio-rip enzimi ile yaklaşık olarak 67 saniyeden 15 saniyeye düşerken, Cellusoft L enzimi ile 20 saniyeden 2 saniyeye düşmüştür. Kumaş rijitliği değeri her iki enzim kullanımında ortalama %10 azalırken, kopma mukavemeti değerinde de yaklaşık %13-14 azalma görülmüştür. Ağırlık kaybı artan enzim konsantrasyonları ile artmaktadır.

Sıcaklık artışının (30-40-50-60<sup>0</sup> C) etkileri incelendiğinde Bio-rip enzimi ile 60<sup>0</sup> C' ye kadar olan sıcaklık artışında, ıslanma süresi 96 saniyeden 20 saniyeye, rijitlik 33 mg/cm<sup>2</sup>' den 30 mg/cm<sup>2</sup>' ye ve kopma mukavemeti değerleri de %10' luk düşme göstermiştir. Ağırlık kaybı değerlerinde %20' den fazla artış görülmektedir. Cellusoft L enzimi ile de 50<sup>0</sup> C' ye kadar aynı sonuçlar elde edilmektedir. 50<sup>0</sup> C' den sonra Cellusoft L enziminin aktivitesi azaldığı için ıslanma süresi ve kopma mukavemeti değeri artarken, ağırlık kaybı değeri azalmaktadır.

Sonuçlar üzerinde enzimlerin işlem sürelerinin de etkili olduğu ortaya çıkmıştır. Süreler 15-30-60-90 dk olarak belirlenmiştir. 60 dk' ya kadar olan süre enzim aktivitesinde önemli bir artış sağlamış, bu durum sonuçları olumlu yönde etkilemiştir. Kumaşın ıslanabilirliği gelişirken, rijitlik değerleri düşme göstermiştir. Ayrıca kopma mukavemet değerleri düşerken, ağırlık kaybı artmıştır.

Denilite enzimi ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile yapılan beyazlatma işlemleri sonunda kumaşın beyazlık indeksleri, ıslanma süreleri, kopma mukavemetleri karşılaştırıldığında; peroksit ile yapılan işlemde beyazlık değeri 50 iken, bu değer Denilite enzimi ile yapılan işlemde 38,6'dır. Islanma süreleri bakımından karşılaştırıldığında peroksitle olan işlemde kumaş daha kısa sürede ıslanmıştır. Enzimatik işlemin kopma mukavemeti değeri (29), kimyasal işleme (26,5) göre daha yüksek sonuç vermiştir.

**Hebeish ve ark. (2009)**, pamuk ve pamuk-poliester kumaş için uygun enzimatik hidrofilleştirme koşullarını araştırmanın yanında, enzimatik işlemde pektinazla beraber selüloz da kullanmışlardır. Buradan elde edilen sonuçları alkali hidrofilleştirme sonuçları ile karşılaştırmışlardır. EDTA' nın farklı konsantrasyonlarda pektinaz ile

işlemede etkili olup olmadığının ve yine aynı kimyasalların pektinaz-selüloz karışımında etkili olup olmadığının araştırmasını, TAED (tetraasetilendiamin) ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile beyazlatma prosesinin optimizasyonunu, TAED ve alkali pektinaz ile tek banyoda kullanılabilirliğini araştırmışlardır.

Araştırmada kullanılan haşılı sökülmiş pamuk kumaş, haşılı sökülmiş merseze pamuk kumaş, haşılı sökülmiş pamuk-poliester (50/50) karışım kumaş, haşılı sökülmiş pamuk-poliester (35/65) karışım kumaş, 2g/l alkali pektinaz ile 55<sup>0</sup> C, 60 dakika, pH 8,5 işlem koşullarında başarı ile hidrofilleştirilmiştir.

NaOH ile yapılan alkali hidrofilleştirme ile pektinaz+selüloz enzim kombinasyonu kullanarak yapılan enzimatik hidrofilleştirmenin işlem sonuçları yaklaşık olarak birbirine benzer değerler vermiştir. İkili kombinasyon hidrofilitede iyileşme sağlarken, kopma mukavemeti değerinde ciddi düşmelere sebep olmuştur ve bu kombinasyona EDTA ilavesi de kumaşın performans özelliklerinde iyileşme sağlamıştır. Ağırlık kaybı ve beyazlık indeksi konularında en iyi sonuçları sırasıyla alkali hidrofilleştirme, pektinaz-selüloz enzim kombinasyonu, tek başına pektinaz enzimi kullanımı ile hidrofilleştirme vermiştir. Kopma mukavemetinde en fazla azalma alkali hidrofilleştirmede, daha sonra tek başına pektinaz enzimi kullanımında görülmüştür. En iyi su alım değeri enzim kombinasyonuna aittir.

Pektinaz-selüloz karışımında en iyi sonuçlar 1:1 kullanım oranında elde edilmiştir. Bu orandaki karışım banyoya 2g/l EDTA ilavesi ile optimum değerler elde edilmiştir. EDTA konsantrasyonu 1g/l' den 2g/l' ye çıkarken, su alımı ve beyazlık indeksi değerleri iyileşirken, ağırlık kaybı, kopma mukavemeti ve sarılık indeksi değerleri azalmıştır. EDTA konsantrasyonunun 2g/l' den 4g/l' ye çıkarılması bahsedilen değerlerde önemli değişiklikler yapmamıştır.

Pektinazla hidrofilleştirme ve PAA ile beyazlatma işleminin aynı banyoda yapılabileceği ortaya çıkmıştır. a-amilaz enzimi ile haşıl sökme işleminden sonra, kumaşlar alkali pektinaz ile hidrofilleştirme ve TAED ile H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>' nin beraber kullanımıyla beyazlatma işlemine tabi tutulmuştur. En iyi beyazlık değeri elde edilen reçetede alkali pektinaz (2 g/l), TAED (15 g/l), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (5 g/l), non-iyonik ıslatıcı (0,5 g/l)

ve sodyum silikat (2 g/l) mevcuttur ve işlem 60<sup>0</sup> C' de 60 dakikada yapılmıştır. Testlerden elde edilen değerler, konvansiyonel işlemlerden elde edilen değerlerle kıyaslanabilir ve aynı zamanda çevre dostu bir yöntemdir.

**Calafell ve Garriga (2003)**, hidrofilleştirmede asit pektinazı kullanmış ve proses parametrelerinin işlem üzerine etkilerini değerlendirmişlerdir. Hidrofilleştirme işlemi ham örme pamuk-poliester kumaşa, Biocatalyst'den temin edilen Pectinase 062L enzimi ile yapılmıştır. İşlem parametreleri sıcaklık, pH ve yüzey aktif maddedir.

Ortaya çıkan sonuçlara göre asidik pektinaz, hidrofilleştirme işleminde etkili bir şekilde kullanılabilir. Sıcaklık prosesin sonuçlarını etkileyen temel parametrelerden birisi olmasa da onun artışı reaksiyonun daha hızlı gerçekleşmesini sağlamıştır. Sıcaklık artışı yüzey aktif madde varlığında kumaşın ağırlık kaybını artırmıştır. Yüksek banyo oranları enzimatik reaksiyonun daha etkili olmasını sağlamıştır.

**Öner ve Şahinbaşkan (2011)**, işlem görmemiş pamuk kumaşa amilaz, pektinaz ve katalaz enzimleri ile aynı banyoda haşıl sökme, hidrofilleştirme ve beyazlatma işlemlerini yapmış, devamında ise reaktif boyarmadde ile boyama işlemini yapmışlardır. Bu işleme “Hızlı Enzimatik Tek Banyo Uygulaması” (REST) adını vermişlerdir. Bu kombine işlem için laboratuvar ölçekli boyama makinesi, jiger ve haspel kullanmışlardır. İlk adım olarak amilaz ile haşıl sökme yapıldıktan sonra aynı banyoya pektinaz ilave edilerek hidrofilleştirme yapılmıştır. Devamında aynı banyoya peroksit ilave edilerek beyazlatma yapılmıştır. Boyama işlemine geçmeden önce bu peroksitin atıklarını gidermek için de katalaz enzimi ilave edilmiştir. Bu yöntemle yapılan işlemin sonuçları konvansiyonel yöntemin sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Renk farklılığı değerlendirmesinde konvansiyonel boyama sonuçları standart olarak alındığında kırmızı renkte en yüksek renk farklılığı haspelde yapılan boyama işleminde görülürken, diğer renklerde renk farklılığı jigerde yapılan boyama işleminde genel olarak en fazla olmuştur. Bu renk farklılıklarını minimize etmek için boyarmadde kimyasal yapısı, boya-enzim ilişkisi ve proses şartları hakkında daha fazla araştırma yapılmalıdır.

Renk değerlerinin iyileştirilmesi için boyamadan önce banyonun 1/3' ünün ya da 1/2' sinin taze su ile değiştirilmesi ve banyonun filtre edilmesi değerlerde iyileşme sağlamıştır.

REST ile boyanmış kumaşlar iyi derecede yıkama haslığı (4-5), kuru ve yaş sürtme haslığı (4-5), lekeleme haslığı (4-5) vermesinin yanında, konvansiyonel yöntemle yapılan boyama işlemine göre işlem süresi % 50 daha azdır ve daha ılımlı koşullarda yapıldığı için daha yüksek kopma mukavemeti değeri vermiştir. Konvansiyonel yöntemle boyamada çözgü yönünde kopma mukavemetindeki ortalama azalma %13 iken, REST ile bu değer yaklaşık % 4' tür. Ayrıca tüketilen su miktarı da yaklaşık olarak konvansiyonel yöntemin 1/3' ü kadardır. Bu da su tasarrufunun yanında ısıtma için harcanan enerjiden tasarruf ve çevreye atılan kirliliğin daha az olması anlamına gelmektedir.

**Shamshad ve ark. (2013)**, %100 pamuk havluların haşıl sökme, beyazlatma ve boyama işlemlerinin enzim kullanılarak, tek banyoda entegre halde yapılması ile ilgili bir çalışma yapmıştır.

Nişasta haşılı %100 pamuk havlu kumaşın haşılını sökmek için alfa-amilaz enzimi (Bactosol MTN) kullanılmıştır. Haşıl sökme işlemi banyosu atıklarından glikoz üretmek için amiloglikosidaz/pullinaz enzimi (Dextrozyme DX) ve aynı banyoda elde edilen glikozlardan hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) üretmek amacıyla glikozoksidaz (GOx) enzimi (Gluzyme Mono 100 000 BG) kullanılmıştır. Banyonun bir litresinde yaklaşık 85 mg peroksit üretimi sağlanarak beyazlatma işlemi yapılmıştır. Reaktif boyama yapmadan önce peroksit atıklarını uzaklaştırmak için katalaz enzimi (Bactosol ARL) kullanılmıştır.

Deneylerden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, entegre metot, konvansiyonel yöntemle göre su tüketiminde % 400, termal enerji tüketiminde % 50 tasarruf sağlamıştır. Reaktif boyama prosesi, ön terbiye prosesleri ile katalaz enzimi sayesinde başarılı şekilde entegre edilebilmiştir. Entegre enzimatik prosesin renk verimlilik değerleri (K/S) konvansiyonel yöntemden elde edilen değerlere göre daha düşüktür. İşlem metodundan bağımsız olarak daha yüksek beyazlık değeri, daha yüksek renk



verimliliği sağlamıştır. Beyazlık değerleri konvansiyonel yöntemde artan peroksit miktarı ile (%3' ten %4' e) 60,40' dan 62,30' a çıkarken, entegre metotta 53,84' den 56,34' e çıkmıştır. Peroksit artışı su alım ve haşıl sökme değerlerinde herhangi bir değişikliğe sebep olmazken, her iki yöntemde de ağırlık kaybında artışa sebep olmuştur. Renk haslık değerleri konvansiyonel yöntemden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılabilir düzeydedir.

**Opwis ve ark. (2008)**' nın çalışmalarındaki amaçlardan biri enzimatik hidrofilleştirme ile haşıl sökme ile beraber uygulanmasının başarılı olup olmayacağını görmektir. Nişasta haşılı pamuk kumaşa  $\alpha$ -amilaz (Beisol T 2090<sup>®</sup>), hemiselülaz /pektinaz karışımı enzim (Beisol DHP<sup>®</sup>) ve yardımcı kimyasallar, pad-batch yöntemiyle uygulanmışlardır. Elde edilen değerleri karşılaştırmak amacıyla yapılan konvansiyonel işlem, farklı banyolarda yapılan  $\alpha$ -amilaz ile haşıl sökme ve alkali hidrofilleştirme işlemlerini kapsamıştır. İki yöntemden sonra da kumaşlar kurutulmuş ve beyazlatma işlemine tabi tutulmuşlardır.

Çalışmanın diğer amacı ise glikozoksidaz (GOD) ve peroksidazı (POD) aynı anda kullanarak, bir yandan peroksit üreterek beyazlatma işlemini yapmak, diğer taraftan boyama sonrası oluşan renkli banyonun dekolorizasyonunu sağlamaktır.

Enzimatik ve konvansiyonel olarak haşıl sökme ve hidrofilleştirme işlemleri yapılmış kumaşlara yapılan peroksit ağartması sonrasında, enzimatik işlemin beyazlık değerinin, konvansiyonel işlemin beyazlık değerinden daha yüksek olduğu görülür. Enzimatik işlem hem pektin hem de hemiselülozların dekompozisyonunu sağladığı için liflere beyazlatma kimyasallarının daha iyi ulaşmasını sağlamıştır. Bu durum ıslanabilirlikte de enzimatik işlemde daha iyi sonuçlar alınmasını sağlamıştır. Enzimatik işlemde su damlacığının kumaş üzerinden kaybolması için geçen süre 1 saniye iken, konvansiyonel yöntemde 3 saniyedir. Enzimatik uygulamanın haşıl sökme derecesi, konvansiyonel işlemde önemsiz derecede düşükken, her iki işlem de tatmin edici sonuç vermiştir. Ağırlık kaybı ise konvansiyonel işlemde enzimatik işleme göre % 3 daha fazladır. Çünkü alkali hidrofilleştirme istenmeyen safsızlıkların uzaklaştırılmasının yanı sıra, selülozun kısmi hidrolizine de sebep olur. Bu durum aynı zamanda kopma dayanımında da konvansiyonel yöntemde daha düşük değerler alınmasına sebep olur.

Beyazlatma amacıyla yapılan işlemlerin sonuçları karşılaştırıldığında konvansiyonel yöntemle en yüksek değer (80) alınmıştır. Haşılı sökülmüş ve hidrofilleştirilmiş kumaşın başlangıçtaki beyazlık değeri 55 Berger iken, ortamda glikoz yokken beyazlatma sadece POD (Baylase®RP) ve peroksit ile yapıldığında beyazlık değeri 55' te kalmıştır çünkü POD, peroksit tarafından inaktive edilmiştir. Glikoz, POD ve GOD beraber kullanıldığında beyazlık 64' e yükselmiştir. Bu değerler, sadece peroksit kullanılarak yapılan konvansiyonel beyazlatma yönteminden elde edilen değere göre düşüktür. Çalışma sonunda oksidoredüktazların bir arada kullanımlarının mümkün olduğu ortaya çıkmıştır.

**Surribas ve ark. (2013)**, %100 pamuk kumaşın ön terbiye işlemlerinde konvansiyonel işlemler yerine biyoteknolojik yöntemler geliştirmeye çalışmışlardır. Bu amaçla dört farklı yöntem denemişlerdir. İlk yöntemde konvansiyonel olarak haşıl sökme, hidrofilleştirme ve beyazlatma, ikinci yöntemde enzimatik olarak ilk banyoda haşıl sökme+hidrofilleştirme, ikinci banyoda peroksitle beyazlatma, üçüncü yöntemde ilk banyoda amilaz+pullinaz enzimi ile beraber pektinaz enzimi kullanılarak haşıl sökme ve hidrofilleştirme, ikinci banyoda peroksitle beyazlatma, dördüncü yöntemde ise tek banyoda enzimatik haşıl sökme, hidrofilleştirme, kimyasal beyazlatma işlemleri yapılmıştır. Ayrıca katalaz enziminin beyazlatma banyosunda tekrarlı kullanımını sağlamak için bu enzimin çitosan polimerinin üzerine immobilizasyonunu sağlamışlardır.

Deneylerden sonra kumaşların ağırlık kayıpları, su absorpsiyon, beyazlık ve haşıl sökme dereceleri tespit edilmiştir.

Konvansiyonel olarak yapılan haşıl sökme, hidrofilleştirme ve ağartma işlemlerinde harcanan süreyi kısaltmak için ikinci yöntem denenmiştir. İkinci yöntem enzimatik iki adımlı yarı kontinü enzimatik bir prosestir. Bu yöntemde, konvansiyonel yöntemle göre daha düşük sıcaklıkta işlem yapılabilirken, su tüketiminin de azaltılması sağlanmıştır. Ancak işlem süresi çok fazla artmıştır. İşlem süresini kısaltmak için üçüncü yöntemin denemesi yapılmıştır. Alternatif enzimatik iki adımlı yarı kontinü bu işlemde amilaz ve pullinaz enzimlerinden oluşan Dextrozyme enzimi ile beraber pektinaz enzimi kullanılmıştır. Bu kombinasyonla işlem süresinde azalma sağlanmıştır.

Dördüncü yöntemde ise aynı banyoda enzimlerle haşıl sökme ve hidrofilleştirme yapılırken beraberinde peroksit ile ağartma da yapılmıştır. Yüksek sıcaklığa dayanıklı amilaz (Texazyme TA10) ve pektinazla yapılan denemelerden sonra yapılan damlama test değerlerinde iyileşme görülmemiştir. Daha sonra banyodan pektinaz da çıkarılarak damlama testi tekrarlanmış ve değerlerde yine iyileşme görülmemiştir. Aynı zamanda farklı stabilizatörlerin (sodyum silikat, ticari stabilizatör ve glikoz) etkileri de değerlendirilmiştir. Silikat ile ticari stabilizatörden elde edilen değerler arasında belirgin bir fark görülmezken, en iyi değerler stabilizatör olmadığında elde edilmiştir. Bu yüzden denemelere amilaz, ıslatıcı, şelat ajanı, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>' nin bulunduğu banyo ile devam edilmiştir.

Beyazlık derecesinde en iyi sonuç tek adımlı enzimatik proste (71) elde edilirken, en düşük değer alternatif enzimatik iki adımlı yarı kontinü proste (61) elde edilmiştir. Konvansiyonel ve enzimatik iki adımlı yarı kontinü proste elde edilen değerler (63,1-65) birbirine yakındır. Ağırlık kayıpları bakımından inceleme yapıldığında en fazla kayıp konvansiyonel yöntemde iken, en az kayıp enzimatik yarı kontinü proste görülmüştür.

**Esfandiari ve ark. (2013)**, %100 pamuklu kumaşta haşıl sökme ve biyo-parlatma işlemleri için enzim kullanmışlardır. Çalışmada enzim konsantrasyonu, işlem süresi ve metal bilye sayısı değiştirilerek, bunların sonuçları nasıl değiştirdiği incelenmiştir. Bu etkilerin sonuçlarını değerlendirebilmek için ağırlık kaybı ve renk ölçümleri yapılmıştır. Kumaş yüzeylerinin işlemde önce ve işlemde sonra görüntüleri alınmıştır.

Deneylerde %100 pamuklu ham kumaş, amilaz enzimi (Amylas), biyo-parlatma enzimi (Rocolas), asetik asit, sodyum hidroksit, EDTA, sodyum karbonat ve ıslatıcı kullanılmıştır.

Birinci grup deneyde kombine haşıl sökme ve biyo-parlatma işleminde Rocolase enzimi (2, 4, 6, 8 ve10 g/l) farklı konsantrasyonlarda kullanılırken, amilaz enzimi (4 g/l) tek konsantrasyonda kullanılmıştır. İkinci grup deneyde, birinci gruptakinden farklı olarak banyoya çelik bilyeler eklenmiş ve banyo oranı değiştirilmiştir. Reçetede kullanılan kimyasallarda ve enzimlerin konsantrasyonlarında herhangi bir değişiklik yoktur.

Enzimatik işlem sırasında çelik bilyelerle yapılan mekanik etki de devreye girdiğinde ağırlık kaybında artma görülmüştür. Ağırlık kaybı, çelik bilye varlığında, 60 dakika işlem süresinde, 4 g/l' ye kadar olan Rocolase enzim konsantrasyonlarında artarken, 6 g/l' den 10 g/l' ye kadar olan konsantrasyonlarda giderek azalmıştır. Rocolase konsantrasyonun 3 çelik bilye varlığında artışı, 45 dakika işlem süresinde ağırlık kaybını devamlı olarak artırmıştır. Ancak 5 ve 7 metal bilye ile elde edilen sonuçlarda düzenli artımlar olmamıştır.

Bilye, enzimatik işlemin su alım değerlerinde de ciddi oranda iyileşme sağlamıştır. 60 dk işlem süresinde bilyesiz işlemde su alım değeri ortalama 2,7 saniye iken, 5 bilye varlığında bu değer 0,48 saniyeye düşmüştür. Su alımında en iyi değeri 7 bilye varlığında, 45 dakika işlem süresi vermiştir. 45 dakikalık işlem süresinde, değişen çelik bilye sayısı ile ortalama en iyi değeri sırasıyla 7,3 ve 5 bilye vermiştir. Ayrıca Rocolase enziminin konsantrasyonu arttığı sürece, kumaşın su alım değeri de iyileşmektedir.

Mekanik etki, ipliğin enine kesitinde değişikliğe sebep olduğu için ışığın yansımada olumsuz etki yapmıştır. Aynı zamanda de bilye ile işlem yapıldığında kumaşın beyazlık derecesinde azalma görülmüştür. Dolayısıyla mekanik etki, parlaklık ve iyi derecede beyazlık istenen yerlerde kullanılacak kumaşlarda tercih edilmemelidir.

Enzimatik işlemin yanında mekanik etkinin de devrede olduğu biyo-parlatma işlemlerinde kumaş tüylülüğü ciddi oranda azalmış, istenilen sonuçlar elde edilmiştir.

Bu çalışmada optimum sonucu, 2-6 g/l Rocolase konsantrasyonu, 5 tane çelik bilye varlığında ve 45 dk işlem süresinde vermiştir. 2 ve 6 g/l enzim konsantrasyonundan elde edilen sonuçlar birbirlerine benzerdir, ancak enzimin 2g/l konsantrasyonda kullanımı daha ticaridir.

**Aly ve ark. (2010)**,  $\alpha$ -amilaz ve poligalakturonaz (PG) enzimlerinin *Trichoderma harzianum* mantarından elde edilmesini sağlamış ve daha sonra optimum çalışma koşullarını tespit etmiş, bu enzimlerle önce ayrı ayrı banyolarda, daha sonra aynı banyoda haşıl sökme ve hidrofilleştirme işlemleri yapmaya çalışmışlardır.

Nişasta haşılılı %100 pamuk kumaşa  $\alpha$ -amilaz enzimi non-iyonik yzeye aktif madde varlığında uygulandığında ağırlık kaybı artan enzim konsantrasyonu ve işlem suresi ile artarken, kumaşta kalan nişasta haşılılı miktarı ve kumaşın kopma mukavemeti değeri azalmıştır.

PG enzimi ile haşılılı sökülmüş kumaş muamele edildiğinde, artan enzim konsantrasyonu ve 6 saate kadar olan işlem suresi ile kumaşın ağırlık kaybı artarken kopma mukavemeti değeri azalmıştır. Aynı zamanda pamuk üzerindeki pektin, haşıl sökme sonunda kalan nişasta gibi doğal atıklar PG enzimi ile uzaklaştırıldığı için ıslanma zamanı banyodaki enzim miktarı arttıka düşmüştür. Haşıl sökmeden başka bir işleme maruz kalmayan kumaşın ıslanma zamanı yaklaşık 80 saniye iken 5,2 U/ml konsantrasyondaki enzimle beraber bu süre 3 saniyeye kadar düşmüştür.

$\alpha$ -amilaz ve PG enzimlerinin çalışma koşulları için bulunan optimum koşullar hemen hemen her iki enzim için de aynıdır. Optimum alışma koşulları amilaz için pH 5,5, 40<sup>0</sup> C iken, PG için pH 5,5, 50<sup>0</sup> C'dir. Dolayısıyla bunlarla ortak koşullarda, pH 5,5' da, 45<sup>0</sup> C sıcaklıkta, tek banyoda işlem yapılabilieceği ortaya çıkmıştır. Bu iki enzimle tek banyoda artan enzim konsantrasyonu ve sürede işlem yapıldığında ağırlık kaybında artış gözlenmiştir. Aynı zamanda banyodaki artan enzim miktarları kopma mukavemeti değerini, kumaşın ıslanma zamanını, kumaşta kalan haşıl miktarını ciddi oranda düşürmüştür.

**Ibrahim ve ark. (2007)**, yaptıkları çalışmada Aquazym 240L amilaz enzimi ile haşıl sökme işleminde optimum koşulları ortaya çıkarmayı ve bu enzimle beraber H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve sellz enzimini kullanarak işlem görmüş kumaşın performansındaki ve boyanma özelliklerindeki değişimleri gözlemlemeyi amaçlamışlardır.

Deneylede nişasta haşılılı 2 farklı ağırlıkta pamuk kumaş, Aquazym 240L ( $\alpha$ -amilaz), Aquazym Ultra 250L ( $\alpha$ -amilaz), Denimax 302S (nötral sellz) enzimleri, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve yardımcı kimyasallar beraber kullanılmıştır.

Aquazym 240L ile haşıl sökme işleminde optimum çalışma koşulları 70<sup>0</sup> C, 60 dk ve 4g/l olarak belirlenmiştir. Enzim konsantrasyonu 6 g/l' ye kadar yükseltildiğinde, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O (0,5 g/l' ye kadar) ve NaCl (6 g/l'ye kadar) kimyasalları enzim

stabilizatörü olarak kullanıldığında, flotte oranı arttırıldığında, ajitasyon 40 devir/dakikaya kadar yükseltildiğinde haşıl sökme etkinliği artmıştır. Ayrıca haşıl sökme derecesi arttıkça, kopma mukavemeti değeri azalmıştır.

Enzimatik haşıl sökmede ıslatıcı maddelerin iyonite durumlarına göre işlemdeki etkinliği noniyonik>noniyonik/ anyonik>anyonik şeklinde olmuştur.

Aquazym 240L enzimi ile haşıl sökme işlemi tamamlandıktan sonra banyo pH' ını 10' a çıkarmak için Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>' ün yanında organik stabilizatör ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (4 ml/l, % 35) ilave edilip sıcaklık 95<sup>0</sup> C' ye çıkarılarak beyazlatma işlemi yapılmıştır. Bu durumda sökülen haşıl miktarında, beyazlık derecesinde (ortalama %200 artış), reaktif boyalarla boyanabilme özelliğinde, su alım süresinde (ortalama %96 azalma) ciddi oranda iyileşme görülürken, ağırlık kaybındaki %10' luk artışa bağlı olarak kopma mukavemetinde %4-5 azalma görülmüştür. Amilaz enzimi (6 g/l), nötral selüloz (Denimax 302S) (%2 owf) ile beraber kullanıldığında ağırlık kaybında %5 artış görülmüş, buna bağlı olarak da kopma mukavemeti değerleri yaklaşık %5 azalmıştır. Sadece amilaz enzimi ile işlem yapıldığında ıslanma süresi 120 saniyeden fazla iken, selülozla beraber kullanıldığında ortalama süre 20 saniyeye düşmüştür. Daha iyi boyanabilme özelliği ve daha dökümlü kumaşlar elde edilmiştir.

**Ul-Haq ve Nasir (2011)**, enzimatik haşıl sökme için α-amilaz enzimi (Bactosol) ile ikisi emdirme, ikisi çektirme yöntemiyle olmak üzere 4 farklı yolla yapmışlardır. Pad-roll, pad-steam, jiger ve haspel kullanmışlardır. Bu farklı yöntemlerin işlem üzerinde etkisinin olup olmadığı araştırılmıştır.

En kaliteli haşıl sökme haspelle yapılan işlemde elde edilmiştir. İşlem sonucu TEGEWA değeri 8 olup, beyazlık derecesi %76' dır. Bu değer ham kumaşın beyazlık derecesinden 1,5 kere daha fazladır. Pad-steam ile elde edilen beyazlık değeri % 69 olup, ham kumaştan 1,35 kere daha yüksektir. Kumaşa batırma testi uyguladığında en kısa süreyi 23 saniye ile haspel verirken, pad-steamde bu değer 30 saniyedir.

**El Shafie ve ark. (2009)**, TAED'i (tetraasetilendiamin) ve sodyum perboratı beraber kullanarak perasetik asit (PAA) elde etmişlerdir. Çalışmalarında iki farklı proses kullanmışlardır. İlk çalışmaları aynı banyoda tek adımda enzimatik hidrofilleştirme ve

PAA ile beyazlatma yapmak olmuştur. Bu işlemde banyoya Scourzym L (alkali pektinaz), selülaaz enzimi (BioPrep), TAED, sodyum perborat ve Egyptol (non-iyonik ıslatıcı) konulmuştur. İkinci proseste ise PAA ve amonyum persülfatla ayrı ayrı haşıl sökme işlemi yapılmış ve bu işlemleri enzimatik hidrofilleştirme ve PAA ile beyazlatma işlemi izlemiştir.

İki adımlı olan proseste PAA ile haşıl sökmek için çözeltide kullanılan kimyasallar 10 g/l TAED, 5 g/l sodyum perborat, 5 g/l Egyptol' dür. 70<sup>0</sup> C' de 30 dakika işlem yapılmıştır. Amonyum persülfat ile haşıl sökmek için 0,5 g/l APS ve 5 g/l Egyptol ile 90<sup>0</sup> C' de 30 dakika işlem yapılmıştır. İki uygulamadan sonra da numuneler yıkanmış, kurutulmuştur. Devamında enzimatik hidrofilleştirme ve PAA ile beyazlatma işlemi yapılmıştır.

Tek adımda enzimatik hidrofilleştirme ve beyazlatma işleminde ise 2 g/l pektinaz ve/veya selülaaz enzimi, 5g/l Egyptol (non-iyonik ıslatıcı), farklı konsantrasyonlarda TAED (5–25 g/l) ve sodyum perborat (5–25 g/l) kullanılarak banyo hazırlanmıştır. 60<sup>0</sup> C' de 1 saat işlem yapılmıştır.

Tek adımlı işlemde PAA ile beraber pektinaz kullanıldığında elde edilen beyazlık değeri (45,37), PAA ile beraber selülaaz kullanıldığında elde edilen değerden (45,16) daha yüksektir. PAA, pektinaz + selülaaz karışımı ile beraber kullanıldığında (44,67), tek başına kullanıldığında verdiği beyazlık değerinden (43,71) daha yüksek sonuç vermiştir. PAA, pektinaz, selülaaz, pektinaz+selülaaz ile beraber kullanıldığında kumaşın ıslanma süresi 4 saniye iken tek başına kullanıldığında bu değer 180 saniyeden fazladır. Optimum beyazlatma reçetesi 25 g/l TAED, 15 g/l sodyum perborat, 2 g/l pektinaz ve 5 g/l Egyptol (non-iyonik ıslatıcı) kullanılarak 60<sup>0</sup> C ve 90 dakika işlem süresinde elde edilmiştir.

İki adımlı proseste, enzimatik hidrofilleştirme ve beyazlatmadan önce yapılan PAA ile yapılan haşıl sökme işleminde TAED, beyazlık üzerinde sodyum perborata göre daha etkili olmuştur ve daha yüksek değer vermiştir. Sodyum perborat kumaşta daha fazla mukavemet kaybına sebep olmuştur. Amonyum persülfatla haşıl sökme işleminden sonra yapılan enzimatik hidrofilleştirme ve PAA ile beyazlatma işleminin sonuçları,

PAA ile haşıl sökme ve ardından yapılan enzimatik hidrofilleştirme ve PAA ile beyazlatma işlemi sonuçlarına göre beyazlık, kopma mukavemeti ve uzama değerlerinde daha düşük sonuçlar vermiştir.

Tek adımlı işlemde elde edilen beyazlık değerleri ve ıslanma süreleri, iki adımlı işlemde elde edilen değerlerden daha düşüktür.

**Tavčer ve ark. (2006)**, pamuk kumaşa iki farklı prosesle hidrofilleştirme ve beyazlatma işlemlerini yapmışlardır. Tek adımlı proseste aynı banyoda pektinaz ve PAA beraber kullanılmış, iki adımlı proseste ise ayrı banyolarda önce pektinazla hidrofilleştirme, daha sonra PAA ile beyazlatma işlemi yapılmıştır. Ayrıca kumaş, enzimlerle tek başlarına da kullanılmıştır.

Deneyde NS 29048 (asit pektinaz) ve BioPrep 3000L (alkali pektinaz), Persan S15 (PAA), tetrasodyum pirofosfat ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \times 10\text{H}_2\text{O}$ ), Lavotan RWS (non-iyonik ıslatıcı) kullanılmıştır.

Sonuç olarak asit ve alkali pektinazın her ikisi de kumaşın hidrofilitate değerlerini PAA varlığında daha da iyileştirmişlerdir. Böylece enzimler ve PAA'nın beraber kullanılabilmesi görülmüştür. Beyazlık derecesini son banyonun sıcaklığı ve PAA kullanımı etkilemiştir. Sıcaklık ve PAA konsantrasyonu arttıkça beyazlık değerleri artmıştır. Hidrofilitate ve beyazlıkta en iyi değerler aynı banyoda alkali pektinaz ve PAA ile kombine işlemde elde edilmiştir. İşlemde kullanılan son banyonun sıcaklığının artması ve banyoya sodyumpirofosfat ilavesi kumaşın hidrofilitatesini iyileştirmiştir. Asit pektinaz ile PAA aynı banyoda kullanıldığında hidrofilitate değerleri iyi düzeyde iken beyazlık değerleri düşüktür. Bu işlemlerde kumaş zarar görmemiştir.

**Deganı ve ark. (2002)**, bakteriyel kutinazı ve pektin liyazı birlikte kullanarak, pamuğun hidrofilitatesindeki etkilerini incelemişlerdir. Sonuçları, NaOH ve pektinaz kullanarak yaptıkları işlemlerin sonuçları ile karşılaştırmışlardır.

Deneyde Cutinase ISC-02-BE1 (kutinaz), Pectazym HF (pektin liyaz), Rapidase C80L (poligalakturonaz) enzimleri kullanılmıştır. Kutinaz ve pektin liyaz için bazik ortam, poligalakturonaz için asidik ortam gerekmektedir.



Kutinazın hidrofilitite değeri 20-30 saniye, pektin liyazın 700 saniye, kutinaz+pektin liyazın ise 5 saniyedir. Bu sonuçlar, iki enzimin sinerjik etki yarattığını ve kutinazın hidrofilleştirme işleminde kullanılabileceğini göstermiştir. Pektin liyazla pektinazın sonuçları karşılaştırıldığında, pektin liyazın hidrofilitite ve mukavemet değerleri pektinaza göre daha iyidir. Pektinazın sebep olduğu mukavemet kaybı daha fazladır.

**Stanescu ve ark. (2010)**, %100 pamuk kumaşın hidrofilleştirilmesinde enzimle beraber EDTA yerine sodyum sitratın kullanılabilirliği araştırmışlardır. Ayrıca ultrasonun hidrofilleştirmede etkisinin olup olmadığına bakılmıştır. Deneyde EDTA, sodyum sitrat, Sera Zyme C-PE (pektat liyaz enzimi), ıslatıcı (Sulfolen 148) kullanılmıştır.

Konvansiyonel ve enzimatik hidrofilleştirme sonucunda elde edilen değerler birbirine yakındır. Sodyum sitrat kullanıldığında alınan hidrofilitite değerleri, EDTA kullanıldığında alınan hidrofilitite değerlerine yakındır. Kumaş, sadece enzimle %1,55 owf konsantrasyonda muamele edildiğinde kumaşın ortalama ağırlık kaybı %1,5, ıslanma süresi 3,2 saniyedir. Enzim sodyum sitratla beraber kullanıldığında ise kumaşın ortalama ağırlık kaybı % 1,7, ıslanma süresi 3,6 saniyedir. Ayrıca sodyum sitrat konsantrasyonu arttıkça ağırlık kaybı artarken, kumaşın ıslanması için geçen süre azalmıştır. Enzimatik işlem (%1,55 owf) ultrasonla beraber yapıldığında ortalama ağırlık kaybı % 1,4 iken, ıslanma süresi 2,6 saniyedir. Bu işleme sodyum sitrat da ilave edildiğinde ağırlık kaybı %1,86, ıslanma süresi 2,9 saniye olmuştur. Ayrıca artan işlem süresi ağırlık kaybını artırırken, ıslanma süresini azaltmıştır. EDTA, enzim (%1,5 owf) ve sodyum sitrat beraber kullanıldığında kumaşın ıslanma süresi 2,36 saniye, ağırlık kaybı %1,85 olmuştur. EDTA; ultrason, enzim ve sodyum sitratla beraber kullanıldığında ise ağırlık kaybı % 1,95 olurken, ıslanma süresi 2,85 saniye olmuştur.

Ultrasonla 20 dakikalık işlem süresi, 60 dakikalık işlem süresine göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Sitrat kullanımında banyoya ıslatıcı ilave etmek kumaşın hidrofiliğini artırmıştır.

**Kim ve ark. (2008)**, enzimatik hidrofilleştirmenin sonuçlarını, konvansiyonel yöntemle yapılan hidrofilleştirmenin sonuçları ile karşılaştırmışlardır. Alkali pektinaz (Bio-ripri)

enzimi %100 pamuk örme kumaşla beraber kullanılmıştır. Kumaşların ağırlık kayıpları, boyanma özellikleri, tuşeleri ve pilling değerleri karşılaştırılmıştır.

Ağırlık kaybı konvansiyonel yöntemle yapılan işlemde daha fazla olmuştur. Enzimatik işlemde pektinaz enzimi sadece pektinleri parçalayarak ortalama %3 ağırlık kaybına sebep olmuş, konvansiyonel hidrofilleştirmede kullanılan alkali pektinle beraber selüloz ve başka safsızlıkları da parçaladığı için bu değer % 4' e çıkmıştır. Aynı sebepten dolayı SEM görüntüleri enzimatik işlemde pamuk liflerinin zarar görmediğini ortaya çıkartmıştır. Lif yüzeylerinden alkali işlem sonunda dışarı doğru çıkan fibriller enzimatik işleme göre daha fazla olduğu için alkali işlemin pilling değeri enzimatik işleme göre fazladır.

Enzimatik işlemden sonra kumaş daha yumuşak bir tutum vermiştir. KAWABATA ile MIU (sürtünme katsayısı) ve SMD (geometrik pürüzlülük) değerleri ölçülmüştür. Bu değerler alkali işlemde sırasıyla 2,27 ve 5,34 iken, enzimatik işlemde 2,11 ve 4,02' dir. Boyanma özelliklerini karşılaştırmak için boya alımları ve K/S değerleri dikkate alınmıştır. Sarı renkte enzimatik işlem görmüş kumaşın boya adsorpsiyonu daha fazla iken, kırmızı ve mavi renkte ön işlemlerin herhangi bir etkisi görülmemiştir. Renk derinliği bakımından enzimatik işlem görmüş ve boyanmış kumaştan elde edilen değerler, alkali işlem görmüş ve boyanmış kumaştan elde edilen değerlere göre daha fazladır. Bu sonuçlar aynı zamanda enzimatik hidrofilleştirme ve boyama işleminin aynı banyoda yapılabileceğini de göstermiştir.

Banyoya emülsifer ilave edildiğinde daha düzgün bir boyama elde edilmiştir. Yıkama haslığı değerlerinde de enzimatik işlemin herhangi olumsuz bir etkisi olmamıştır.

**Farooq ve ark. (2012)**, üç farklı sıcaklık ve sürede ticari hidrojen peroksitle ve glikozdan peroksidaz enzimi yardımıyla üretilen hidrojen peroksitle beyazlatma işlemleri yapmışlardır.

Konvansiyonel ve enzimatik işlemlerde, işlem sıcaklığı ve süresi arttıkça elde edilen beyazlık değeri artmıştır. Enzimatik işlemde elde edilen beyazlık değerleri konvansiyonel yöntem değerine göre daha yüksektir. Enzimatik işlemde beyazlık derecesi 30<sup>0</sup> C' de 30, 60<sup>0</sup> C' de 57, 90<sup>0</sup> C' de 68' dir. Aynı sıcaklıklarda konvansiyonel

işlemin beyazlık sonuçları ise sırasıyla 22, 53 ve 65' tir. Aynı sıcaklıklardaki konvansiyonel yöntemin kopma mukavemeti sonuçları (lb) sırasıyla 69,5, 68,5, 67 iken, enzimatik işlemin sonuçları 70, 68, 65' tir. Artan işlem sıcaklıkları kopma mukavemeti değerlerinin azalmasına sebep olmuştur. Yırtılma mukavemeti sonuçlarında enzimatik işlem bütün sıcaklıklarda konvansiyonel yöntemle göre daha yüksek sonuçlar vermiştir. Enzimatik işlemde ortalama yırtılma mukavemeti değeri 8 lb iken, konvansiyonel işlemde bu değer 7 lb' dir.

Tuşe olarak enzimatik işlem görmüş kumaş daha yumuşaktır.

**Csisz'ar ve ark. (2001)**, enzimatik olarak haşılı sökülmiş kumaşla beraber farklı koşullarda çalışan selüloz ve hemiselüloz enzimleri kullanmışlardır ve bu enzimlerin kumaşın ağırlığına ve polimerizasyon derecesine etkilerini incelemişlerdir.

Öncelikle Cellusoft L, Viscozyme 120 L, Celluclast 1,5 L, Denimax Acid L, Cellulase EBT Pulpzyme HC, Denimax L enzimlerinin aktiviteleri ölçülmüştür. Pulpzyme HC, Denimax L enzimleri pH 7 civarında en yüksek aktivitelerini gösterirken, diğer enzimler için bu değer pH 4,5-5' tir. Kumaşlar farklı enzim konsantrasyonlarında, farklı sürelerde, ajitasyonla ve ajitasyonsuz olarak enzimlerle işleme tabi tutulmuşlardır.

Enzimlerle 0,5 g/l' den 1,0 g/l' ye kadar olan konsantrasyonlarda işlem yapıldığında 0,5–4 saatlik işlem sürelerinde önemli bir degradasyon ve ağırlık kaybı görülmemiştir. Ancak bu şartlarda enzimatik işlem ajitasyonla beraber yapıldığında ağırlık kaybında önemli değişimler görülmektedir. Celluclast1.5 L, Denimax L ve Denimax Acid L ile uzun işlem süreleri (4 saat) pamuğun dış kısmında kısmi degradasyona sebep olmuştur ancak enzimlerin hiçbiri pamuktaki selülozun polimerizasyon derecesinde önemli bir değişiklik meydana getirmemiştir. Sonuç olarak selüloz ve hemiselülozların uygun şartlarda pamukla birlikte kullanılabilmesi ortaya çıkmıştır.

**Hebeish ve ark. (2012)**, bir önceki çalışmalarında (2009) pamuk ve pamuk-poliester karışım kumaşları amilaz enzimi ile haşıl sökme işlemine tabi tutmuş, daha sonra bu kumaşlara alkali pektinaz ile enzimatik hidrofilleştirme yapmışlardır. Devamında ise in-situ yoluyla PAA üreterek kumaşın beyazlatılmasını sağlamışlardır. Bu çalışmada ise bu biyo-prosesi tamamlamak amacıyla biyo-parlatma işlemi yapmışlardır. Bu işlemde

kullanılan selülazın farklı proses parametrelerinde kumaşın performans özelliklerinde meydana getirdiği değişimler incelenmiştir.

Sonuçlar biyo-parlatma işleminin proses şartlarına bağlı olduğunu göstermiştir. Kumaş ağırlığındaki azalmalar 50<sup>0</sup> C ve 60<sup>0</sup> C' de ham mercerize pamuk kumaşta %9, 100 % ham pamuk ve ham pamuk-poliester (50/50) kumaşlar için yaklaşık %7, ham pamuk-poliester (35/65) karışım kumaşta ise %2 seviyesindedir. Bu değerler 40<sup>0</sup> C' deki ağırlık kaybı değerlerinden daha yüksektirler. Sıcaklığın 40°C' den 50°C' ye çıkması beyazlık ve kopma mukavemeti değerlerinde düşmeye sebep olmuş, deneyin yapıldığı en yüksek sıcaklıkta (60<sup>0</sup> C) ölçülen bu iki değerde de daha fazla azalma görülmemiştir. Kopma uzaması değeri, sıcaklığın artmasıyla artış göstermiştir. Selülazın en fazla mercerize pamuk kumaşla işleme girdiği tespit edilmiştir. SEM görüntüleri, selülazla muameleden sonra kumaş yüzeylerinin pürüzsüzleştiğini açığa çıkarmıştır.

**Karapınar ve ark. (2004)**, pektinaz, proteaz ve selülaz enzimleri üç farklı şekilde haşıl sökme işlemi yapılmış pamuk kumaş ile altı farklı kombinasyonda, 3 farklı sürede (30, 60, 90 dk) işleme tabi tutulmuşlardır.

Kullanılan numune kumaşlar eşit atkı ve çözgü sıklığında olup, %100 pamuk kumaşlardır. Deneyde kullanılacak kumaşlara yapılan üç farklı ön işlem sırasıyla, 100<sup>0</sup> C' de suda kaynatma,  $\alpha$ -amilaz enzimi ile haşıl sökme ve 100<sup>0</sup> C' de suda kaynatma, ardından  $\alpha$ -amilaz ile haşıl sökme işlemleridir. Bu işlemleri görmüş kumaşlara sırasıyla A, B, C kodları verilmiştir. Sonuçları karşılaştırmak adına bu kumaşlara aynı zamanda alkali hidrofilleştirme de yapılmıştır.

Yapılan testlerin istatistiksel değerlendirmelerinin sonucunda B ve C kumaşları arasında herhangi bir farklılık görülmemiştir. Enzimatik haşıl sökme işlemi etkili bir hidrofilleştirme için yeterli olmuştur. 30 dk işlem süresi efektif hidrofilleştirmede 60 ve 90 dk işlem süresi ile karşılaştırıldığında yetersiz kalmaktadır. 60 ve 90 dakikadan işlem süresinin sonuçları arasında önemli farklılık yoktur. Selülazın olduğu kombinasyonlarda sonuçlar daha iyidir. Enzimatik hidrofilleştirmelerinin hiçbiri alkali hidrofilleştirmeden daha iyi sonuçlar vermemiştir. Alkali hidrofilleştirme, selülaz+pektinaz ve

selüloz+proteaz+pektinaz enzim kombinasyonları ile ıslanabilirlik ve uzaklaşan pektin miktarı bakımından yakın sonuçlar vermiştir.

**Petra Forte Tavčer (2011)**, bir önceki çalışmasında pektinaz ve PAA ile aynı banyoda 50–60<sup>0</sup> C’ de, 40–60 dk işlem sürelerinde, pH 5–8 de eş zamanlı olarak hidrofilleştirme ve beyazlatma işlemlerinin yapılabileceğini göstermiştir. Bu çalışmasında ise sırasıyla aynı ve farklı banyolarda pektinaz ve PAA ile işlem görmüş pamuk kumaşın beyazlığını, hidrofilitelerini, boyanabilme özelliğini, alkali ile hidrofilleştirme ve peroksit ile beyazlatma işlemine tabi tutulmuş kumaşın sonuçları ile karşılaştırmıştır.

Haşılı sökülmiş pamuk kumaş hidrofilleştirme işlemi için alkali, asidik pektinaz ve bazik pektinaz ile 3 farklı şekilde işleme sokulmuştur. Hidrofilleşen kumaşlar hidrojen peroksit ve PAA ile beyazlatma işlemine tabi tutulmuşlardır.

Elde edilen sonuçlara göre hidrojen peroksit, PAA’ ya göre daha fazla beyazlatma etkisine sahiptir ve en yüksek beyazlık değerini (85,6) asidik pektinaz ve hidrojen peroksit kombinasyonu vermiştir. DIN 53924 test standardına göre yapılan hidrofilitite testinde hidrojen peroksitin NaOH ile alkali işlem ve asidik pektinaz ile kullanımında en yüksek değer elde edilmiştir. İkinci en yüksek değeri ise NaOH ile alkali işlem ve bazik pektinazın PAA ile kullanımı vermiştir. En fazla mukavemet kaybına bazik pektinazın PAA ile işlemi sebep olurken (13,75 cN/tex), kombine işlemlerde en yüksek sonucu 18,84 cN/tex ile bazik pektinaz ile PAA’ nın kullanımı vermiştir.

**Tzanov ve ark. (2001)**, beyazlatma banyosundan kalan peroksit atıklarını uzaklaştırmak katalaz enzimini kullanıp, enzim ilave edilmiş banyoda reaktif boyamanın yapılabilirliğini araştırmışlardır.

Peroksit ile yapılan beyazlatma işleminden sonra banyoya katalaz enzimi ilave edilmiştir. Enzim ilavesinden sonra ise iki farklı yapıda reaktif boyar madde ile boyama yapılmıştır. Beyazlatma banyosunda kalan peroksit miktarı 0,01 owf’ nin üzerine çıktığında boyama sonunda renk farklılığı ( $\Delta E^*$ ) artmaktadır. Boyama işlemi beyazlatma banyosuna enzim, tuz, boyarmadde ilave edilerek yapıldığında oluşan renk farklılığı, beyazlatma banyosuna enzim, alkali, boyarmadde ilave edilerek yapılan boyama işleminde oluşan farklılığı ile aynı olurken, aynı reçeteye tuz ilavesiyle

azalmıştır. Katalazın farklı pH' lardaki beyazlatma banyosuna ilavesi renk farklılığını etkilemektedir. Katalaz, nötralize edilmiş beyazlatma banyosuna ilave edildiğinde renk farklılığını, taze suya ilave edildiğine göre çok fazla artırır. Bu renk farklılıkları vinilsülfon esaslı boyarmaddede daha fazla olmaktadır. Enzim ilavesinden sonra aynı banyoda yapılan boyama sıcaklığı da renk farklılığında etkilidir. Sıcaklık arttıkça renk farklılığı da artmaktadır. Aynı zamanda banyodaki tuz miktarı 65 g/l' nin üzerinde çıktığında vinilsülfon esaslı boyarmaddede renk farklılığı kaybolurken, monoklortriazin esaslı boyarmaddede 60 g/l' den sonra renk farklılığı görülmektedir. Sonuç olarak boya, tuz, alkali ve enzim ile optimum koşullarda çalışıldığında renk farklılığı belirgin ölçüde azalmaktadır.

**Kalantzi ve ark. (2008)**, yaptıkları çalışmada pamuk kumaşı hidrofilleştirmek için pektat liyaz enzimi kullanmışlardır. İşlem süresi, enzim konsantrasyonu gibi proses parametreleri değiştirilerek, bu değişimlerin kumaşın beyazlık, kristalinite indeksi, ıslanma zamanı, tuşe gibi özelliklerinde yol açtığı değişimler incelenmiştir.

Enzim konsantrasyonunun artması beyazlık derecesinde artışa sebep olurken, 2 ve 3 saat işlem süreleri arasında belirgin bir fark görülmemiştir. En yüksek beyazlık derecesini 750 ünite/g.kumaş enzim konsantrasyonu ve 3 saat işlem süresi vermiştir ve bu değer 51,2 Berger' dir. Alkali işlemden elde edilen beyazlık derecesi ise 54,9 Berger' dir. İşlem süresi ve enzim konsantrasyonu arttıkça kristalinite indeks değeri artmıştır. % 91 elde edilen en yüksek kristalinite indeks değeridir ve bu değer için işlem koşulları 1000 ünite/g kumaş enzim konsantrasyonu ve 3 saatlik işlem süresidir. Alkali ile işlem sonucunda kristalinite indeks değeri % 93' tür. Enzimle yapılan işlemde sonucun daha düşük çıkması pektat liyazın amorf materyalleri de yok etmesi ile açıklanabilir. Enzimatik işlem görmüş kumaşın boyanmasında reaktif boyarmadde kullanılmıştır. Artan işlem süreleri ve enzim konsantrasyonu renk verimliliğini (K/S) arttırmıştır. En yüksek K/S değeri 800 ünite/g kumaş enzim konsantrasyonu ile 3 saat işlem süresinde elde edilmiştir ve elde edilen değer alkali işlemden elde edilen değer (29,3) ile yaklaşık olarak aynıdır. Eğilme rijitliği, enzim konsantrasyonu değişimden işlem süresinin değişimine göre daha fazla etkilenmektedir. Artan konsantrasyon eğilme rijitliği değerini arttırmaktadır. En yüksek konsantrasyonda elde edilen değer 0,1 gf cm<sup>2</sup>/cm iken, alkali işlemden bu değer 0,113 gf cm<sup>2</sup>/cm' dir. Kumaşın uzayabilme özelliği artan

enzim konsantrasyonu ile azalmıştır. İşlem zamanının ise bu özellik üzerindeki etkisi, enzim konsantrasyonuna göre çok daha azdır ve artan işlem süresi kumaşın uzayabilirliği azaltmıştır. 1000 ünite/g.kumaş enzim konsantrasyonu ile 3 saatlik işlem süresinde bu değer % 4' ten % 3,44' e düşerek yaklaşık %14 azalmıştır. Aynı özellik alkali işlem sonucunda artış göstererek % 4,07' ye yükselmiştir.

**Kalantzi ve ark. (2010)**, lipaz enzimini (Lipolase 100L) önce tek başına ve daha sonra pektinaz enzimi (Bio-prep 3000L) ile beraber aynı banyoda kullanıp, bu enzimlerin hidrofilleştirme ve boyama işlemlerindeki etkilerini incelemişlerdir. Bu işlemlerden elde edilen sonuçlar alkali hidrofilleştirme sonuçları ile karşılaştırmışlardır.

Beyazlık ve kristalinite değerleri alkali işlem sonucunda sırasıyla %55 ve % 93' tür. Tek başına lipaz enzimi kullanıldığında ise bu değerler sırasıyla % 46, % 90' dir. Ayrıca enzim konsantrasyonu arttıkça bu değerler artış gösterirken, kumaşın ıslanma zamanı ve polimerizasyon derecesi azalmıştır. Lipaz enzimi ile işlem sonunda elde edilen eğilme rijitliği değeri (0,137 g/cm<sup>2</sup>/cm), alkali işlem değerine göre (0,113) çok daha yüksek iken, kayma rijitliği değerleri hemen hemen aynıdır (4 gf/cm.derece). Uzayabilirlik özelliğinin karşılaştırmasında ise alkali işlem %4,08 ile daha yüksek sonuç vermiştir.

Lipaz ve pektinaz enzimleri beraber kullanıldığında 30 dakikalık işlem süresinde, 120 dakikalık işlemde tek başına kullanılmalarına göre daha fazla miktarda vaks, pektin, protein uzaklaştırmışlardır. Lipaz ve pektinaz enzimleri hidrofilitede sinerjik etki göstermişlerdir. Ancak kristalinite, polimerizasyon ve beyazlıkta bu etki görülmemiştir. Kombine işlemdeki kristalinite indeksi ve polimerizasyon değerleri sırasıyla 90,4 ve 2 188 iken, tek başına pektinazla hidrofilleştirme yapıldığında bu değerler 90 ve 2 137'dir. Kombine işlemin beyazlık değeri (%42,7), tek başına lipaz kullanımına göre daha yüksek (%42), tek başına pektinaz kullanımına göre (% 44,5) daha düşük sonuç vermiştir. Renk verimliliğinde de kombine işlemin olumlu etkisi olmuştur. 30 dakikalık işlem süresinde kombine işlemde elde edilen renk verimliliği değeri 5,03 iken, tek olarak lipaz ve pektinaz 120 dakikalık işlem süresinde kullanıldığında renk verimliliği değerleri sırasıyla 3,11 ve 4,53' tür. Renk verimliliğinde kombine işlem iyileşme sağlamıştır ancak alkali işlemde elde edilen değere göre yine de çok düşük kalmaktadır (7,79). Kombine işlemler, mikromekanik özelliklerde de gelişme sağlamıştır.

**Petra Forte Tavčer** farklı işlemlerle hidrofilleştirilmiş ve beyazlatılmış kumaşları orta ve açık tonlardaki reaktif boyarmadde ile boyayıp, bu prosesleri ekolojik açıdan değerlendirmiştir.

Hidrofilleştirme işlemi için asidik pektinaz (Forylase KL) , alkali pektinaz (Bioprep 3000L) enzimleri ve sodyum hidroksit kullanılmıştır. Beyazlatma işleminde ise hidrojen peroksit ve perasetik asit (Persan S15) kullanılmıştır. Enzimatik hidrofilleştirme ile aynı banyoda yapılan işlemin şartları 60 dakika 55<sup>0</sup> C' dir. Daha sonra sıcaklık 80<sup>0</sup> C' ye çıkarılarak enzimler deaktive edilmiştir. Hidrofilleştirilmiş kumaşlar daha sonra 60<sup>0</sup> C' de 90 dakika %0,5 ve % 2 Cibaron rot F-B ile boyanmıştır.

Ön terbiye işleminden sonra boyanmış numunelerin renk verimliliği (K/S) ve renk farklılığı ( $\Delta E^*$ ) değerleri incelenmiştir. K/S değeri ön terbiye işlemi olarak sadece hidrofilleştirme yapılmış ve boyanmış kumaşlarda yaklaşık olarak aynıdır. Hidrojen peroksitle yapılmış beyazlatma işleminden sonra yapılan boyamada elde edilen K/S değerleri, PAA kullanılarak yapılan beyazlatmadan sonraki boyama sonuçlarına göre her iki boyarmadde konsantrasyonunda da daha düşüktür. Yani beyazlatma işlemi sonunda daha beyaz hale gelmiş kumaşlarda K/S değeri daha düşük çıkmıştır. Hidrofilleştirme ve PAA ile beyazlatmanın aynı banyoda yapıldığı ve ardından % 0,5 boyarmadde konsantrasyonunda yapılan boyamada K/S değerleri asidik pektinazla yapılan işlemde 3,78, alkali pektinazla yapılan işlemde 3,97 çıkmış, bu değerler ayrı banyolarda yapılan enzimatik hidrofilleştirme ve PAA ile beyazlatma işlemlerinden sonra yapılan boyama işleminden sonra elde edilen değerlerden ( asidik pektinaz için 3,89, bazik pektinaz için 4,10) daha düşüken, enzimatik hidrofilleştirme-peroksitle beyazlatma-boyama işleminin sonuçlarından daha yüksektir. % 2' lik boyarmadde konsantrasyonu kullanılarak yapılan boyamalarda aynı banyoda ve ayrı banyolarda PAA ile beyazlatmadan sonra yapılan boyamalarda elde edilen K/S değerleri yaklaşık aynı iken (13,2), ayrı banyoda peroksit ağartmasından sonra yapılan boyamada farklıdır ve en düşük değerdedir (9,5). Renk farklılığı ise enzimatik hidrofilleştirmenin ardından yapılan peroksit beyazlatmasından sonra yapılan her iki boyarmadde konsantrasyonundaki boyamada da en alt düzeydedir.



**Losonczy ve ark. (2004)**, haşılı sökülmiş pamuk kumaşa asidik selüloz (Celluclast 1.5 L), hemiselüloz-asidik pektinaz (Viscozyme120 L) ve xylanaz (Pulzyme HC) enzimleri ile hidrofilleştirme işlemi, devamında hidrojen peroksit ile beyazlatma ve heterobifonksiyonel reaktif boyarmadde ile dört farklı konsantrasyonda boyama yapmışlardır. Ön işlem görmüş kumaşların boyanma karakteristikleri araştırılmıştır. Elde edilen veriler, konvansiyonel hidrofilleştirme işlem sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Enzimatik işlem non-iyonik yüzey aktif madde varlığında kumaşa harika ve uniform bir şekilde hidrofilitate sağlamıştır. Enzimatik hidrofilleştirme yapılmış kumaşın ıslanma zamanı da alkali hidrofilleştirme yapılmış kumaşın ıslanma zamanına eşittir. Buffer çözeltisi, yüzey aktif madde varlığında enzim olmadan kullanıldığında ıslanma yeteneğini ve haşılı sökülmiş kumaşın hidrofilitasını önemli ölçüde arttırmıştır. Konvansiyonel olarak hidrofilleştirilmiş kumaş, enzimatik hidrofilleştirilmiş kumaşlara göre daha temiz ve parlak görüntü vermiştir. Bu yüzden enzimatik ve konvansiyonel işlemde elde edilen renk farklılıkları önemli düzeydedir. Ancak hidrofilleştirmeden sonra yapılan peroksit beyazlatması parlaklık ve kroma farklılığını önemli ölçüde azaltmıştır. Enzimatik işlemin ardından ilave beyazlatma işlemine gerek kalmadan boyama yapılabilmektedir. Düşük boyarmadde konsantrasyonunda, enzimatik ve konvansiyonel olarak hidrofilleştirilmiş kumaşlar arasında önemli renk farklılıkları görülürken, yüksek boyarmadde konsantrasyonunda bu durum ortadan kalkmıştır. Düşük boyarmadde konsantrasyonu ile boyamadaki bu dezavantaj, enzimatik işlemde sonra peroksit beyazlatması yapılarak ortadan kaldırılmış, homojen boyama elde edilmiştir. Kumaşın gördüğü ön terbiye işlemi, yıkama haslığında herhangi bir değişikliğe sebep olmamıştır.

**Tzanov ve ark. (2001)**, bir önceki çalışmasında beyazlatma işleminden sonra aynı banyoya katalaz enzimi ve reaktif boyarmadde ilave ederek aynı banyoda boyama işlemi yapmıştır. Ancak bu yöntemde elde edilen renk, konvansiyonel yöntemde elde edilen renklere göre çok farklıdır. Bu çalışmada bu renk farklılığının sebebini araştırmışlardır.

Boyama sıcaklığının artışına karşılık olarak, banyodaki boyarmadde konsantrasyonunda ciddi oranda azalma görülmüştür. Bu azalma da renk farklılığına sebep olmuştur.

Boyarmadde miktarının azalmasının sebebi ise sıcaklığın artması ile bozulan protein yapılarının çökmesi sırasında bünyelerine boyarmadde moleküllerini de alması olarak yorumlanmıştır.

**Körlü ve ark. (2008)**, kumaş üzerinde kanal selüloz enziminin kumaşa verdiği zararları tespit etmek amacıyla pamuk ve viskon süprem kumaşları selülozla işleme sokup, kumaşı farklı sürelerde (30, 60, 120 dk gibi) bekletmişlerdir. Bu kumaşların boncuklanma derecelerini, iplik mukavemetlerini ve gramajlarını ölçmüşlerdir.

Pamuk kumaşın boncuklanma değeri enzimin aktivitesinin devam ettiği ve sonlandırıldığı bütün işlem sürelerinde 5' tir. Viskon kumaşta 30 dk bekletme sonunda bu değer 2,5 iken, 60 ve 120 dakika sonunda 3,5, 2 gün ve 1 hafta sonunda ise 4 olmuştur.

İplik mukavemet değerlerinde her iki kumaş tipi için de azalma görülmüştür, ancak viskondaki kayıp amorf bölgelerinin daha fazla olması sebebiyle daha fazla olmuştur. 60 dakikalık enzimatik işlemin ardından bir haftalık bekletme sonunda viskonun iplik mukavemet değerinde %23' lük azalma görülürken, pamukta bu değer %13' tür. Enzimatik işlem %12 civarında ağırlık kaybına sebep olmuştur. Kumaşın gördüğü zararları tespit etmek için Harrison Gümüş Çözeltisi ve Fehling Testi yapılmıştır. Test sonuçlarında özellikle bir haftalık bekletme sonunda kumaşta oksidasyon ve hidro selüloz oluşumunun artış gösterdiği, yani kumaşın zarar gördüğü ortaya çıkmıştır.

**Maryan ve ark. (2013)**, enzimatik haşıl sökme işleminde amilaz enzimi ile beraber asidik selüloz (Denimax 992 L), nötral selüloz (Denimax XT) ve lakkaz (Denilite IT) enzimlerini kullanmışlardır. Ağırlık kaybı, buruşma açısı, renk değerleri, aşınma özellikleri incelenmiştir.

Nötral selüloz ve lakkaz kombinasyonu ile pH 7' de, asidik selüloz ve lakkaz kombinasyonu ile pH 5' te, 10g/l enzim konsantrasyonunda, 55-60<sup>0</sup> C' de çalışılmıştır. Enzimatik işlem, haşılı sökülmüş ve sökülmemiş kumaşa göre L\* değerinin artmasına sebep olmuştur. Haşılı sökülmüş kumaş, haşılı kumaşa göre daha parlaktır. Haşılı sökülmemiş ve selüloz/amilaz enzim kombinasyonu ile işlem görmüş kumaş, haşılı sökülmüş ve ardından asidik ve nötral selülozla işlem görmüş kumaşa göre daha düşük,

tek başına selülaazla işlem görmüş kumaşa göre daha yüksek  $L^*$  değeri vermiştir. Farklı işlem koşulları, numunelerin  $L^*$  değerinde önemli farklılıklara yol açmamıştır. Nötral selülaazla işlem, asidik selülaazla olana göre daha yüksek  $L^*$  değeri vermiştir. Lakkaz /selülaaz kombinasyonu, tek başına selülaazla olan işleme göre daha yüksek, tek başına lakkazla olan işleme göre daha düşük  $L^*$  değeri vermiştir.

Haşılı sökülmemiş ve amilaz/lakkaz kombinasyonu ile işlem görmüş kumaş, tek başına lakkaz kullanımına göre daha yüksek, haşılı sökülmiş ve lakkaz ile işlem görmüş kumaşa göre daha düşük  $L^*$  değeri vermiştir. Haşılı sökülmiş ve selülaaz/lakkaz kombinasyonu ile işlem görmüş kumaş, amilaz/selülaaz/lakkaz kombinasyonuna göre daha yüksek  $L^*$  değeri vermiştir. Bu durum enzimatik haşıl sökmenin parlaklık üzerinde etkisinin olmadığını göstermiştir.

Lakkazla işlem, selülaazla işleme göre daha kırmızıda bir renk vermiştir. Amilaz/selülaaz/lakkaz kombinasyonu, haşılı sökülmiş veya sökülmemiş ve selülaaz/lakkaz kombinasyonu ile işlem görmüş kumaşa göre  $a^*$  değerinde önemli değişiklik yapmamıştır.

Lakkaz ile işlem mavilik değerinde düşmeye sebep olmuştur.  $b^*$  değerinde, amilaz/selülaaz/lakkaz kombinasyonu ile haşılı sökülmiş veya sökülmemiş ve selülaaz/lakkaz kombinasyonu ile işlem görmüş kumaş arasında farklılık görülmemiştir.

Ağırlık kaybında en düşük değeri lakkaz ile olan işlemler vermiştir. Çünkü lakkazın selüloz üzerinde etkisi yoktur, sadece renk değişikliğine sebep olur. Selülaazın dahil olduğu kombinasyonlar en fazla ağırlık kaybının görüldüğü işlemler olmuşlardır. Selülaaz/ lakkaz kombinasyonundaki kayıp, tek başına selülaaz ile işlemdekenden daha düşüktür.

Haşılı sökülmemiş kumaş en yüksek aşınma dayanım değerini vermiştir. Haşılı sökülmemiş ve selülaazlarla işlem görmüş kumaş, lakkaz ile işlem görmüş kumaşa göre daha düşük değer vermiştir. Lakkaz/ selülaaz kombinasyonu bu dayanımı arttırmıştır. Selülaazla işlem dayanımı azaltmıştır.

**Eren ve ark. (2009)**, %100 pamuk kumaşın haşıl sökme, beyazlatma ve boyama işlemlerini aynı banyoda yapmışlardır. Enzimle kumaş üzerinden sökülen nişasta glikoza kadar parçalanmıştır. Bu glikoz birimleri glikozoksidaz enzimi ile hidrojenperoksit üretimde kullanılarak beyazlatma işlemi yapılmıştır. Bu işlemden sonra peroksit atıklarını gidermek için boyamadan önce katalaz enziminden yararlanılmıştır. Bu işlemlerden sonra aynı banyoya boyama yardımcı kimyasalları ve boyarmadde ilave edilerek boyama işlemi yapılmıştır. Enzimatik kombine işlemin sonuçları, konvansiyonel yöntemin sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Kombine işlemin mukavemet, renk ve çevresel atık yük değerleri konvansiyonel işlemle karşılaştırıldığında, kombine işlem daha yüksek mukavemet değerleri vermiş, benzer renk değerleri vermiş, çevreye daha az atık yükü oluşturmuştur.

**Ibrahim N.A ve ark. (2003)**, alkali pektinaz ile enzimatik hidrofilleştirmede optimum koşulların, enzimatik hidrofilleştirmenin sırasıyla ve ayrı ayrı H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, reaktif boyama ile uygulanabilirliğinin ve enzimatik haşıl sökme ve hidrofilleştirme ile peroksitle beyazlatmanın kombine halde çalışması için gerekli optimum koşulların araştırmasını yapmışlardır.

Banyo oranı 1:10' dan 1:30' a çıkarıldığında kumaşın hidrofilitesi ve beyazlık değerleri artış göstermiştir. Kullanılan pektinaz enziminin miktarının artmasıyla kumaşın boyanabilirliği ve hidrofilitesi artarken, sarılık indeks değeri azalmıştır. Banyo pH değeri 8,5' a yükseltildiğinde uzaklaşan vaks ve pektin miktarı artmış, bu durum da kumaşın beyazlık, hidrofilitesi ve boyanabilirlik özelliklerini iyileştirmiştir. Alkali pektinazla beraber aynı banyoda vaksların emülsiyonlaştırma işlemi yapıldığında kumaşın performans özellikleri iyileşmiştir. Aynı banyoda enzimatik haşıl sökme ve hidrofilleştirme, peroksit ağartmasının yapılabilirliği ortaya konulmuştur.

**Lenting ve ark. (2004)**, pamuklu kumaşın enzimatik ön terbiye işlemlerini sürekli bir sistemde daha kısa zamanda gerçekleştirmek için entegre bir yöntem geliştirmeye çalışmışlardır. Bu sistemin ilk banyosunu buffer, yüzey aktif madde ve yüksek sıcaklığa dayanıklı  $\alpha$ -amilaz enzimi oluşturmaktadır. İlk banyodan çıkan kumaş, buffer, yüzey aktif madde, amilaz ve pektinaz enzimlerini içeren ve 55<sup>0</sup> C' deki 2. banyoya geçmeden önce vakum cihazından geçirilmiştir. Devamında ise kumaş sırasıyla yüzey

aktif madde ve şelat ajanı içeren 95<sup>0</sup> C' deki ve saf su içeren 70<sup>0</sup> C' deki banyolarda iki defa çalkalama işlemine tabi tutulmuştur. Çalkalama işlemlerinden sonra kumaştan çıkan safsızlıkları etkili bir şekilde uzaklaştırmak için kumaş yeniden vakum cihazından geçirilmiştir. Kumaşın enzimlerle toplam işlem süresi 2 dakika olacak şekilde kumaşın geçiş hızı ayarlanmıştır.

Aynı banyoda yapılan işlemlerin sürelerinin pektinin uzaklaşması ve kumaşın ıslanma süresi üzerindeki etkisi yok denecek kadar azdır. Ancak iki farklı banyodan geçirilen kumaşın uzaklaşan pektin miktarında ve ıslanma zamanında kayda değer bir artış görülmüştür. Vakum ekstraksiyon uygulanmasının uzaklaşan pektin miktarı ve kumaş ıslanma zamanı üzerinde sınırlı etkisi varken, parçalanmış nişastanın uzaklaştırılmasında etkisi fazladır.

**Etters (1999)**, kostikle ve enzimle hidrofilleştirme yaparak, bu iki farklı işlemin kumaşın boyanma ve hidrofilitte özelliklerine etkisini araştırmıştır. Bu işlemlerden sonra kumaşlar boyama işlemine tabi tutulmuşlardır. Bu iki yöntemin renk derinliği ve kumaş ıslanma değerleri incelendiğinde belirgin farklılıklar yoktur. Enzimatik işlem görmüş kumaşta boyarmaddenin kumaşa olan substantivitesi daha düşüktür. Bunun sebebi de kumaş üzerinde daha fazla vaks kalması olarak açıklanabilir.

### **3.MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1 Materyal**

##### **3.1.1.Ham pamuk dokuma kumaş**

Bu çalışmada kullanılacak olan ham pamuk dokuma kumaş  $137\text{g/m}^2$  ağırlığındadır. Kumaşın çözgü sıklığı 52 tel/cm, atkı sıklığı 27 tel/cm, haşıl maddesi nişastadır.

##### **3.1.2. Penenzim HSE amilaz enzimi**

$\alpha$ -Amilaz yapıda olan Penenzim HSE özellikle dokuma kumaşlarda pamuk ipliğine mukavemet kazandırmak için kullanılan haşılın sökülmesi için kullanılır. Isıya karşı dayanıklı bir enzim olduğundan  $105-110^0\text{ C}$ ' ye varan sıcaklıklara kadar, nişasta parçalanması işlemlerinde kullanılır. Tamamen parçalanabilir. Çalışma pH aralığı 4-9' dur. Kullanılacak makine türüne göre nişasta ile temas süresi, dolayısıyla konsantrasyon miktarı farklılık gösterir.

##### **3.1.3. Rucolase PTZ pektinaz enzimi**

Pektinaz enzimi olarak kullanılan Rucolase PTZ selülozik liflerden yapılan tekstil materyallerinin hidrofilleştirilmesinde kullanılmaktadır. Özgül ağırlığı  $1\text{ g/cm}^3$ , pH değeri 6,5-7,5 arasındadır. Düşük köpüklenme özelliğine sahip enzim su ile her oranda seyreltilebilir. İyon tutucu ve anyonik yapıya karşı hassastır. Lifin kendisine zarar vermeden sadece lif üzerindeki pektinleri parçalayan bu enzim optimum etkiyi pH 8,2-8,5 ve  $50-60^0\text{ C}$ ' de, % 0,4-0,5 enzim kullanımı ile gerçekleştirir.

##### **3.1.4. Penenzim NE selülaz enzimi**

Nötral anti-pilling enzimi olan Penenzim NE pH 5-8 gibi geniş bir pH aralığında kullanılabilir. Nötral koşullarda uygulanması sebebi ile hem diğer enzimlerle hem de boyama prosesi ile kombine edilebilir. $40-60^0\text{ C}$ ' de aktivitesinde herhangi bir değişiklik olmadan uygulanabilir.

##### **3.1.5. Premscour BL pektinaz enzimi**

Bu enzim genetiksel olarak modifiye edilmiş fungal bir zincirden üretilmiştir. Yoğunluğu  $1,2\text{ g/ml}$  olan enzimin pH' sı 4,5' tur. Pamuğun primer zarındaki pektinleri

parçalayarak pamuğun hidrofil hale gelmesini sağlar. En iyi etkiyi 40-55<sup>0</sup> C sıcaklıkta, pH 4,5' ta, % 0,5-1 konsantrasyonda verir.

### **3.1.6. Bio Cons New selülaz enzimi**

Kumaş yüzeyinde temiz bir görünüm, kumaşta dökümlü ve yumuşak bir tutum, kumaşın boncuklanma eğiliminin azaltılması için kullanılan bu enzimin pH değeri 4,5-5,5' tur. Su ile her oranda kolayca karışır. Çalışma sıcaklığı 55<sup>0</sup> C, çalışma süresi 30-60 dakikadır. Jet, haspel, parça boyama makinelerinde uygulanabilir.

### **3.1.7. Dextrozyme DX amilaz+pullinaz enzimi**

Glikoamilaz ile pullinaz enziminin karışımından oluşan Dextrozyme ticari isimli enzim *Aspegillus niger* ve *Bacillus deramificans*' dan elde edilir. Pullinaz enzimi glikozdan maltoz ve izomaltoz oluşmasını engellerken, amilaz enzimi nişastanın daha küçük parçalara ayrılmasını sağlar (Presečki ve ark. 2013). %96' dan fazla dekstroz eldesi sağlayan enzim, 64<sup>0</sup> C sıcaklığa kadar dayanıklıdır. Dextrozyme enziminin önerilen çalışma pH'ı 4.2-4.5, sıcaklığı 60-62<sup>0</sup> C' tır.

### **3.1.8. Nuyasol Nek ıslatıcı**

Non-iyonik yapıda olan bu ıslatıcı her tür elyaftan kir sökme, preparatların uzaklaştırılması ile hidrofilitate artırıcı olarak kullanılır. Su ile her oranda çözünür. pH değeri 7' dir. Yağalkoletoksilat ve poliglikoleteryağların karışımından oluşmaktadır. En etkili olduğu pH aralığı 5-11, sıcaklık aralığı ise 50-90<sup>0</sup> C' dir.

### **3.1.9. Pronat OLY yıkama yardımcı maddesi**

Boyarmadde, boyarmadde içeren safsızlıklar, organik bileşenlerin kalıntıları, preperasyonlar için yüksek çözücü özelliğe sahip olan yıkama yardımcı maddesi Pronat OLY, noniyonik yapıdadır. pH'sı 6-9 aralığındadır. Bu kimyasalın yapısı yüksek kaynama derecesine sahip, tensit içeren solvent karışımıdır. Bu madde ayrıca boyama makinelerinin temizliğinde de kullanılır.

### 3.1.10. Sodyum hidroksit

Kimyasal formülü NaOH olan sodyum hidroksit beyaz renkte nem çekici bir maddedir. Suda kolaylıkla çözünür. Tekstil endüstrisinde tekstil materyallerinin ön terbiye işlemleri olan hidrofilleştirme ve ağartma işlemlerinde, ayrıca reaktif boyamada alkali ortam sağlamak için kullanılmaktadır.

### 3.1.11. Çalışmada kullanılan makine

Bu tez çalışmasında kullanılan makine Dyetech Polybath marka numune boyama makinesidir. Tekstil numunelerinin çektirme yöntemine göre boyanması için kullanılan programlanabilir numune boyama makinesi, döner mil üzerine monte edilen toplam 12 adet boyama tüplerinden oluşmaktadır. Elle kumanda edilen cihazda 36 ana program bulunmaktadır.



Şekil 3.1. Numune boyama makinesi

## 3.2 Yöntem

### 3.2.1. Deneysel çalışmalar

Ham pamuk kumaşa aynı banyoda haşıl sökme, hidrofilleştirme ve biyoparlatma işlemlerini farklı sıcaklık ve sürelerde yaparak, bu parametrelerin kumaşın bazı fiziksel özelliklerine etkilerini incelemek amacıyla, asidik ortamda çalışan amilaz+pulinaz, pektinaz ve selülaz, bazik ortamda çalışan amilaz, pektinaz ve selülaz enzimleri aşağıdaki Çizelge 3.1' de gösterilen şartlarda numune boyama makinesinde 1:10 banyo oranında kumaş numuneleri ile birlikte işleme tabi tutulmuştur. Her bir kumaş

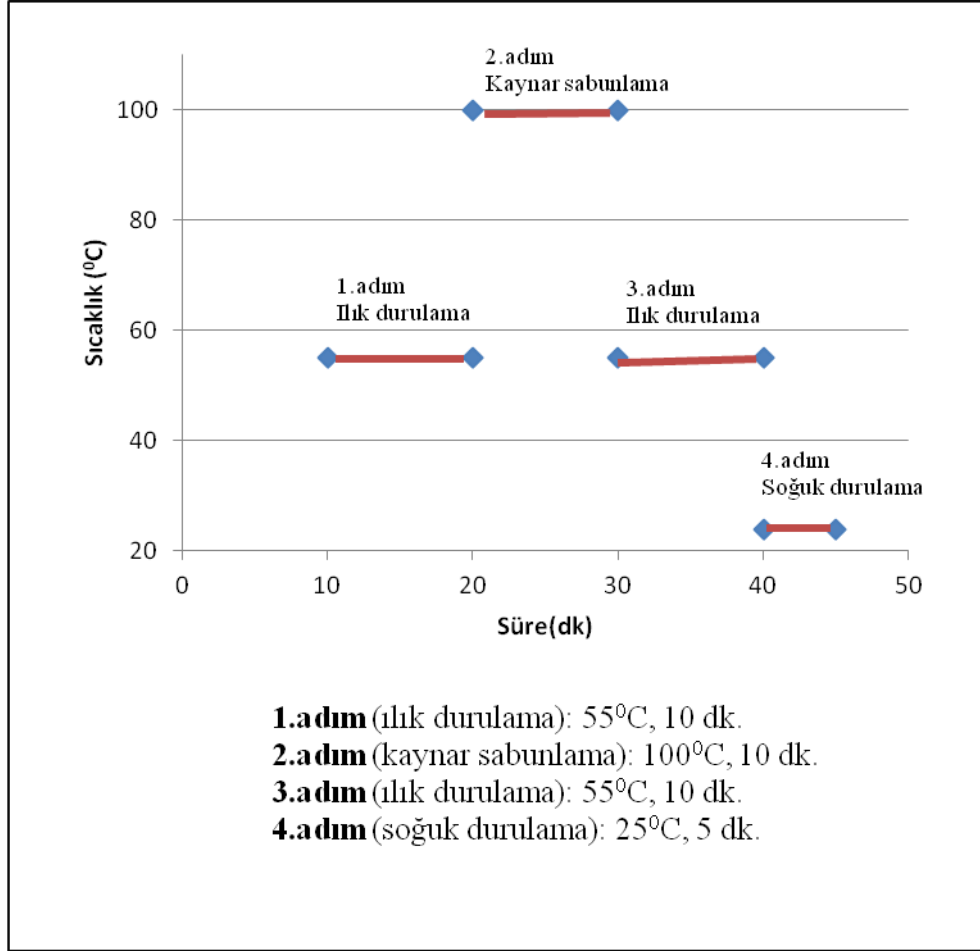


numunesinin ağırlığı 10 gr' dır. Deneylem üğer tekrardlıdır. Deneylemde çözeltili pH'ı ve sıcaklığı sürekli kontrol altında tutulmuştur. İstatistiksel analizde kullanılan güven aralığı %95' tir.

**Çizelge 3.1.** Üçlü enzim kombinasyonları

İşlem Koşulları ve Kimyasal Miktarları									
Parametreler	Komb 1	Komb 2	Komb 3	Komb 4	Komb 5	Komb 6	Komb 7	Komb 8	Komb 9
Penenzim HSE	0,4 ml/1	0,4 ml/1	0,4 ml/1	0,4 ml/1	0,4 ml/1	0,4 ml/1	0,4 ml/1	0,4 ml/1	0,4 ml/1
Rucolase PTZ	0,3 ml/1	0,3 ml/1	0,3 ml/1	0,3 ml/1	0,3 ml/1	0,3 ml/1	0,3 ml/1	0,3 ml/1	0,3 ml/1
Penenzim NE	0,4 ml/1	0,4 ml/1	0,4 ml/1	0,4 ml/1	0,4 ml/1	0,4 ml/1	0,4 ml/1	0,4 ml/1	0,4 ml/1
Islatıcı	0,3 ml/1	0,3 ml/1	0,3 ml/1	0,3 ml/1	0,3 ml/1	0,3 ml/1	0,3 ml/1	0,3 ml/1	0,3 ml/1
Sıcaklık (°C)	40	40	40	50	50	50	60	60	60
Süre (dk)	20	40	60	20	40	60	20	40	60
pH	8								
	Komb 10	Komb 11	Komb 12	Komb 13	Komb 14	Komb 15	Komb 16	Komb 17	Komb 18
Dextrozime	0,4 ml/1	0,4 ml/1	0,4 ml/1	0,4 ml/1	0,4 ml/1	0,4 ml/1	0,4 ml/1	0,4 ml/1	0,4 ml/1
Premscour	0,3 ml/1	0,3 ml/1	0,3 ml/1	0,3 ml/1	0,3 ml/1	0,3 ml/1	0,3 ml/1	0,3 ml/1	0,3 ml/1
Biocons New	0,4 ml/1	0,4 ml/1	0,4 ml/1	0,4 ml/1	0,4 ml/1	0,4 ml/1	0,4 ml/1	0,4 ml/1	0,4 ml/1
Islatıcı	0,3 ml/1	0,3 ml/1	0,3 ml/1	0,3 ml/1	0,3 ml/1	0,3 ml/1	0,3 ml/1	0,3 ml/1	0,3 ml/1
Sıcaklık (°C)	40	40	40	50	50	50	60	60	60
Süre (dk)	20	40	60	20	40	60	20	40	60
pH	4,5								

Enzimatik işlemden sonra kumaşa sırasıyla ılık durulama, kaynar sabunlama, ılık durulama ve soğuk durulama işlemleri toplamda 25 dakika olacak şekilde yapılmıştır. İşleme ait diyagram Şekil 3.2' de görüldüğü gibidir.



**Şekil 3.2.** Ard işlem diyagramı

Ard işlemlerden sonra numuneler 100-110<sup>0</sup>C’ da 10-15 dakika kurutulmuştur.

Haşıl sökme, hidrofilleştirme ve biyoparlatma işlemleri için enzimlerin üçlü olarak kullanılmalarından sonra elde edilen numunelere yırtılma mukavemeti, hidrofilitte, beyazlık, parlaklık, haşıl sökme, boncuklanma testleri yapılmıştır. En iyi test sonuçlarının alındığı işlem koşullarında enzimler ikili kombinasyonlarla, farklı konsantrasyonlarda kullanılarak deneye devam edilmiştir.

**Çizelge 3.2.** Asidik ortamda ikili enzim kombinasyonları uygulama koşulları

Asidik ortam ikili kombinasyonlar									
Komb.Kodu	A			B			C		
Enzimler	Dextrozime, ml/l	Premscour, ml/l	No	Premscour, ml/l	Biocons, ml/l	No	Dextrozime, ml/l	Biocons, ml/l	No
	0,4	0,3	A.1	0,3	0,4	B.10	0,4	0,4	C.19
		0,6	A.2		0,7	B.11		0,7	C.20
		0,9	A.3		1	B.12		1	C.21
	0,7	0,3	A.4	0,6	0,4	B.13	0,7	0,4	C.22
		0,6	A.5		0,7	B.14		0,7	C.23
		0,9	A.6		1	B.15		1	C.24
	1	0,3	A.7	0,9	0,4	B.16	1	0,4	C.25
		0,6	A.8		0,7	B.17		0,7	C.26
		0,9	A.9		1	B.18		1	C.27
Sıcaklık	50 <sup>0</sup> C								
Süre	60 dk.								
pH	4,5								

**Çizelge 3.3.** Bazik ortam ikili enzim kombinasyonları uygulama koşulları

Bazik ortam ikili kombinasyonlar									
Komb.Kodu	D			E			F		
Enzimler	Penenzim HSE, ml/l	Rucolase PTZ, ml/l	No	Rucolase PTZ, ml/l	Penenzim NE, ml/l	No	Penenzim HSE, ml/l	Penenzim NE, ml/l	No
	0,4	0,3	D.1	0,3	0,4	E.10	0,4	0,4	F.19
		0,6	D.2		0,7	E.11		0,7	F.20
		0,9	D.3		1	E.12		1	F.21
	0,7	0,3	D.4	0,6	0,4	E.13	0,7	0,4	F.22
		0,6	D.5		0,7	E.14		0,7	F.23
		0,9	D.6		1	E.15		1	F.24
	1	0,3	D.7	0,9	0,4	E.16	1	0,4	F.25
		0,6	D.8		0,7	E.17		0,7	F.26
		0,9	D.9		1	E.18		1	F.27
Sıcaklık	60 <sup>0</sup> C								
Süre	60 dk.								
pH	8								

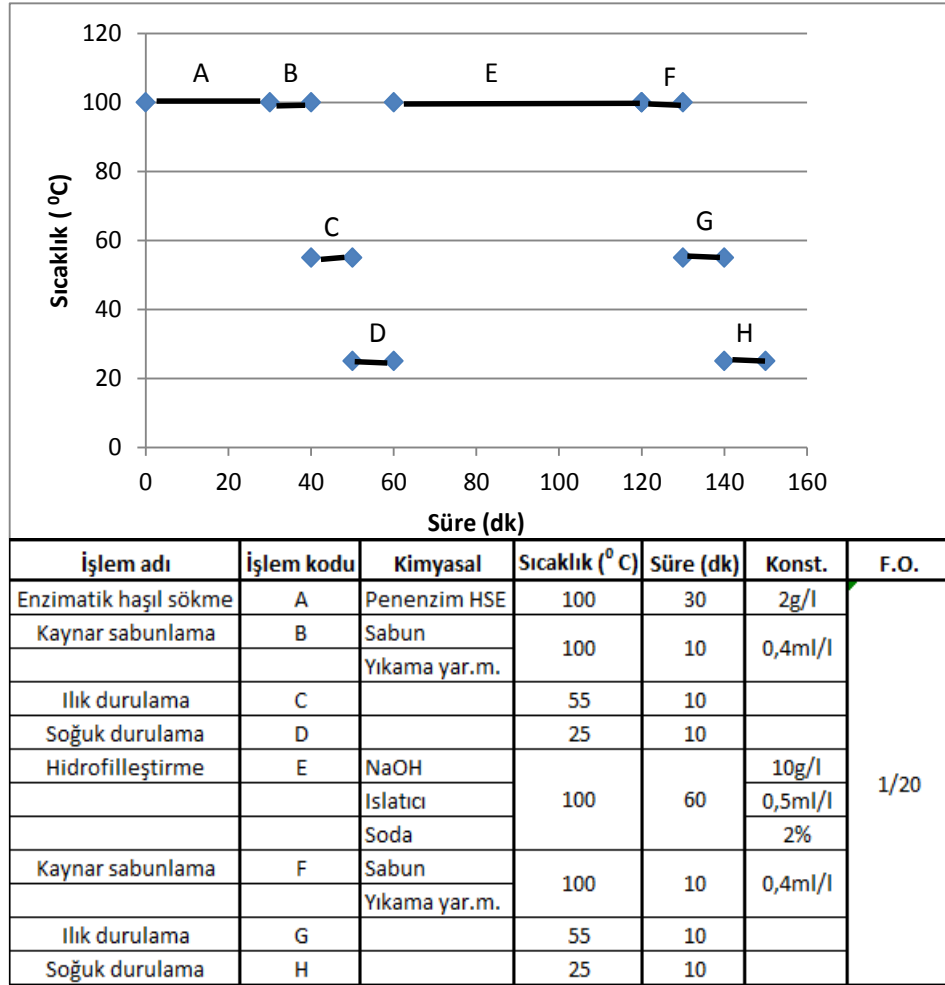
İkili enzimatik uygulamalardan sonra yapılan ard işlemler, üçlü enzimatik kombinasyondan sonra yapılan işlemlerle aynıdır (bkz. Şekil 3.2).

Test sonuçlarını doğru bir şekilde karşılaştırmalı olarak değerlendirebilmek adına enzimlerle üçlü kombinasyondan alınan en iyi sonuçların çalışma koşullarında, ham kumaş enzimler ile tek tek işleme tabi tutulmuştur. Aynı zamanda konvansiyonel yöntemle de numuneler elde edilmiş, bu sonuçlar karşılaştırmada kullanılmıştır. Tekli

enzim kullanımı ve konvansiyonel yöntemle ait işlem koşulları Çizelge 3.4 ve Şekil 3.3’ de gösterildiği gibidir.

**Çizelge 3.4.** Tekli enzim kullanımı işlem koşulları

İşlem Koşulları ve Kimyasal Miktarları						
Parametre	G	H	I	K	L	M
	Penenzim HSE (ml/l)	Rucolase PTZ (ml/l)	Penenzim NE (ml/l)	Dextrozyme (ml/l)	Premscour (ml/l)	Biocons (ml/l)
Sıcaklık (°C)	60	60	60	50	50	50
Süre (dk)	60	60	60	60	60	60
Konsantrasyon	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4
pH	8	8	8	4,5	4,5	4,5



**Şekil 3.3.** Konvansiyonel yöntem işlem koşulları

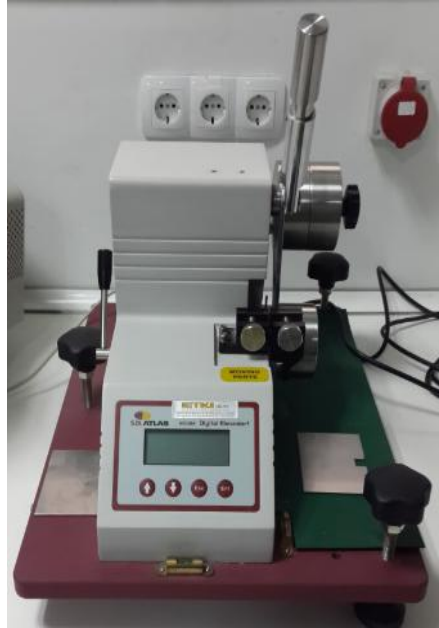
### 3.2.2. Testler

Testler Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

#### 3.2.2.1. Yırtılma mukavemeti testi

Bu testte ASTM D1424-09 standardı kullanılmıştır. 2013 yılında yeniden onaylanan ASTM D 1424-09 test standardı battaniyeden hava yastığı kumaşına kadar birçok kumaşın yırtılma mukavemetini belirlemek için kullanılmaktadır. Bir yırtıkla başlayan deformasyonun kumaşın tamamını kesene kadar gerekli olan kuvveti sarkaç prensibi ile ölçmektedir. Cihaza yerleştirilmek üzere keserek hazırlanan numuneler (102\*75 mm) iki çene arasına yerleştirilir. Kumaş çenelerden tutulan yerden, cihazda bulunan kol vasıtasıyla belirli miktarda yukarıya doğru sabit bir miktarda kesilir. Uygun ağırlık sarkaca yerleştirildikten sonra o ağırlığın düşmesi sağlanarak kumaşın yırtılmaya karşı gösterdiği direnç değeri okunur.

*Dijital Elmendorf MOO8E yırtılma test cihazı:* Mikroişlemcili düşey hareketli sarkacı ile tekstil materyallerinin balistik yırtılma mukavemetlerini ölçer. Kesme şablonları numunelerin hazırlanmasında kullanılmaktadır. Kg, oz, lb gibi çeşitli birimlerle birlikte sonuç 16 karakterli LCD ekranda görülür.

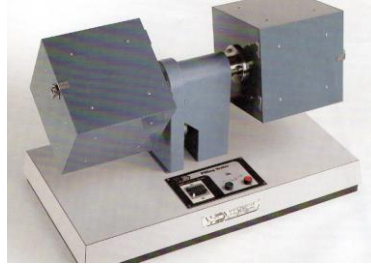


Şekil 3.4. Yırtılma cihazı

### 3.2.2.2. Boncuklanma testi

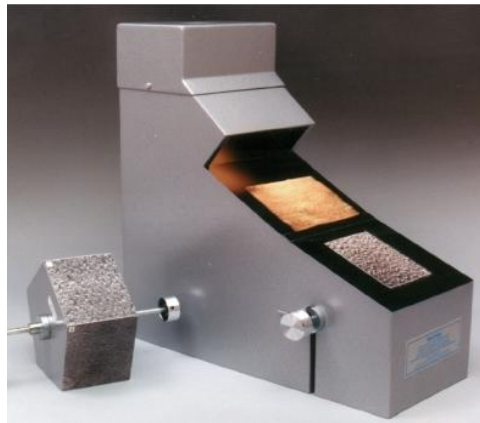
Bu test için ISO 12 945-1:2 000 test standardı kullanılmıştır. ISO 12 945 test metodunun bu kısmı, kumaşın boncuklanmaya karşı olan direncini ve kumaşın yüzeyindeki değişiklikleri belirlemek için kullanılmaktadır. Poliüretan tüplere geçirilen numuneler içi mantar kaplı dönen kutucuklarda, belirlenen devir sayısında sabit dönme hızında işleme tabi tutulur. İşlemden sonra kumaşların yüzeyleri standart fotoğraflarla karşılaştırılarak değerlendirilerek derecelendirilir.

*ICI Pilling Tester, James H.Heal & Co. Ltd.:* Boncuklanma test cihazının yatay ekseninde dönme hareketi yapan 2 adet içi mantar kaplı kutusunun devir sayısı 60 devir/dk' dır. Poliüretan numune tüpleri, cidar mantarları, işaretleme şablonu, kesme aparatı, numune bandı ile birlikte komple set halindedir.



**Şekil 3.5.** Boncuklanma test cihazı

İşlem gören numunelerin boncuklanma değerine, belirli bir açı altında standart fotoğraflarla karşılaştırılarak karar verilir.



**Şekil 3.6.** Boncuklanma değerlendirme cihazı (Pillscope)

### 3.2.2.3. Hidrofilite testi

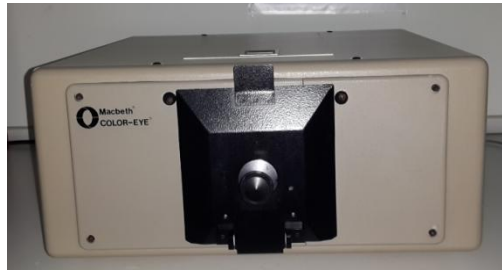
Kumaşın hidrofilliği DIN 53 924 test standardı kullanılarak belirlenmiştir. 1978 yılında yayınlandıktan sonra, 1997 yılında revize edilerek tekrar yayınlanan bu metot, kumaşın suyu emme hızı ile veya belirli zamanlarda suyun kumaştaki yükselme miktarı ölçerek kumaşın hidrofilliğini test eder. Test edilecek kumaş şeridi test öncesinde kondüsyonlanır. Kumaş alt ucundan distile suya daldırılır. Suyun yükselmesini daha iyi gözlemleyebilmek için kumaşın ıslanma özelliğine etki etmeyen bir boyarmadde de suya ilave edilebilir. Belirli bir zaman geçtikten sonra (maksimum 5 dk) suyun daldırıldığı noktadan itibaren yükselme miktarı ölçülür (Sarkar 2007).

### 3.2.2.4. Haşıl sökme derecesi tayini

İyotun nişasta ile verdiği mavi renge göre haşılın sökülme derecesi belirlenir. Kumaş üzerine  $I_2/KI$  çözeltisi damlatılır. Ortaya çıkan mavi renk Tegewa skalası ile subjektif olarak karşılaştırılır. Skaladaki 1 değeri en kötü, 9 ise en iyi haşıl sökme derecesine karşılık gelir.

### 3.2.2.5. Beyazlık ve parlaklık indeksleri ölçümleri

Beyazlık (Stensby) ve parlaklık indeksleri 360 -740 nm dalga boyları arasında ölçüm yapabilen Macbeth Color-Eye MS2020 spektrofotometresinde D65 ışık kaynağında  $10^0$  bakış açısı altında her bir örneğin 3 farklı bölgesinden 5 ölçüm alınarak AATCC 110-1995 test metodu kullanılarak ölçülmüştür.



Şekil 3.7. Spektrofotometre

### 3.2.2.6. Kumaş kalınlığı ölçüm cihazı

Kumaş kalınlığının ölçümünde James H.Heal & Co. Ltd. marka kumaş kalınlığı ölçüm aleti kullanılmıştır. Aletin test alanı  $1 \text{ cm}^2$ , hassasiyeti ise  $0.01 \text{ mm}$ ' dir. ASTM D 1777-

test standardı kullanılmıştır. Kumaş numuneleri kalınlık ölçüm aletinin en düşük basınç değeri olan 5 gf/cm<sup>2</sup> de ölçülmüştür.



Şekil 3.8. Kumaş kalınlık ölçüm cihazı

### 3.2.3. Hipotezler ve matematiksel modeller

Bu tez çalışmasında test sonuçlarını değerlendirebilmek adına 4. Bölümde kullanılacak olan hipotezler ve matematiksel modeller aşağıdaki gibidir.

Tez çalışmasının 4.1. numaralı bölümünde üçlü enzim kullanımında sıcaklık, süre ve pH'ın test sonuçlarına etkilerinin incelenmesinde kullanılacak olan;

➤ **Matematiksel model:**

$$Y_{ijkm} = \mu + P_i + S_j + PS_{ij} + Z_k + PZ_{ik} + SZ_{jk} + MSZ_{ijk} + \epsilon_{ijkm}$$

$\mu$  : Ortalama yırtılma mukavemeti / hidrofilitite / beyazlık / parlaklık / haşıl sökme/ boncuklanma

$Y_{ijkm}$ : Kumaş yırtılma mukavemeti / hidrofilitite / beyazlık / parlaklık / haşıl sökme/ boncuklanma

$P_i$  : pH

$S_j$  : Sıcaklık



$Z_k$ :Zaman

$\epsilon_{ijkm}$ :Hata

➤ **Hipotezler:**

$H_{01} : \tau_j = 0$  (Üçlü enzim kullanımlarında, sıcaklığın yırtılma mukavemetine /hidrofilliğe / beyazlığa/parlaklığa/haşıl sökmeye /boncuklanmaya etkisi yoktur).

$H_{A1} : \tau_j \neq 0$  (Üçlü enzim kullanımlarında, sıcaklığın yırtılma mukavemetine /hidrofilliğe / beyazlığa/parlaklığa/haşıl sökmeye/ boncuklanmaya etkisi vardır).

$H_{02} : \tau_j = 0$  (Üçlü enzim kullanımlarında, zamanın yırtılma mukavemetine /hidrofilliğe / beyazlığa/parlaklığa/haşıl sökmeye/ boncuklanmaya etkisi yoktur).

$H_{A2} : \tau_j \neq 0$  (Üçlü enzim kullanımlarında, zamanın yırtılma mukavemetine /hidrofilliğe / beyazlığa/parlaklığa/haşıl sökmeye/ boncuklanmaya etkisi vardır).

$H_{03} : \tau_j = 0$  (Üçlü enzim kullanımlarında, pH'nın yırtılma mukavemetine /hidrofilliğe / beyazlığa / parlaklığa / haşıl sökmeye / boncuklanmaya etkisi yoktur).

$H_{A3} : \tau_j \neq 0$  (Üçlü enzim kullanımlarında, pH'nın yırtılma mukavemetine / hidrofilliğe / beyazlığa / parlaklığa / haşıl sökmeye / boncuklanmaya etkisi vardır).

$H_{04} : \tau_j = 0$  (Üçlü enzim kullanımlarında sıcaklık ve zamanın yırtılma mukavemetine /hidrofilliğe / beyazlığa /parlaklığa / haşıl sökmeye/ boncuklanmaya etkisi yoktur).

$H_{A4} : \tau_j \neq 0$  (Üçlü enzim kullanımlarında sıcaklık ve zamanın yırtılma mukavemetine /hidrofilliğe / beyazlığa/parlaklığa / haşıl sökmeye / boncuklanmaya etkisi vardır).

$H_{05} : \tau_j = 0$  (Üçlü enzim kullanımlarında sıcaklık ve ortam pH'sının yırtılma mukavemetine /hidrofilliğe / beyazlığa/parlaklığa/haşıl sökmeye/ boncuklanmaya etkisi yoktur).

$H_{A5} : \tau_j \neq 0$  (Üçlü enzim kullanımlarında sıcaklık ve ortam pH'sının yırtılma mukavemetine / hidrofiliğe / beyazlığa / parlaklığa / haşıl sökmeye / boncuklanmaya etkisi vardır).

$H_{06} : \tau_j = 0$  (Üçlü enzim kullanımlarında zamanın ve ortam pH'sının yırtılma mukavemetine / hidrofiliğe / beyazlığa / parlaklığa / haşıl sökmeye/ boncuklanmaya etkisi yoktur).

$H_{A6} : \tau_j \neq 0$  (Üçlü enzim kullanımlarında zamanın ve ortam pH'sının yırtılma mukavemetine / hidrofiliğe / beyazlığa / parlaklığa / haşıl sökmeye / boncuklanmaya etkisi vardır).

$H_{07} : \tau_j = 0$  (Üçlü enzim kullanımlarında sıcaklık, zaman ve ortam pH'sının yırtılma mukavemetine /hidrofiliğe / beyazlığa/parlaklığa/haşıl sökmeye / boncuklanmaya etkisi yoktur).

$H_{A7} : \tau_j \neq 0$  (Üçlü enzim kullanımlarında sıcaklık, zaman ve ortam pH'sının yırtılma mukavemetine / hidrofiliğe / beyazlığa / parlaklığa / haşıl sökmeye / boncuklanmaya etkisi vardır).

4.2. numaralı bölümde üçlü enzimatik işlem, konvansiyonel işlem ve ham kumaş numunelerinin test sonuçları arasındaki farklılıklarının karşılaştırılmasında kullanılacak olan tek faktörlü matematiksel model ve hipotezler;

➤ **Matematiksel model:**

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

$\mu$  : Ortalama yırtılma mukavemeti/ hidrofilité/ beyazlık/ parlaklık/ haşıl sökme / boncuklanma

$Y_{ij}$ : Kumaş yırtılma mukavemeti/ hidrofilité/ beyazlık/ parlaklık/ haşıl sökme/ boncuklanma

$\tau_i$  :İşlem (Enzimatik işlem, konvansiyonel işlem, ham kumaş)

$\epsilon_{ij}$ : Hata

➤ **Hipotezler:**

$H_0 : \tau_j = 0$  (Enzimatik işlem görmüş, konvansiyonel işlem görmüş, ham kumaşların yırtılma mukavemetleri/hidrofillikleri/beyazlıkları/parlaklıkları/sökülen haşıl miktarları/boncuklanma değerleri arasında fark yoktur).

$H_A : \tau_j \neq 0$  (Enzimatik işlem görmüş, konvansiyonel işlem görmüş, ham kumaşların yırtılma mukavemetleri/hidrofillikleri/beyazlıkları/parlaklıkları/sökülen haşıl miktarları/boncuklanma değerleri arasında fark vardır).

4.3. numaralı bölümde ikili enzim kullanımlarında pH, konsantrasyon ve kombinasyonların test sonuçları üzerindeki etkilerinin araştırılmasında kullanılacak olan matematiksel model ve hipotezler;

➤ **Matematiksel model:**

$$Y_{ijkm} = \mu + P_i + K_j + PK_{ij} + C_{k(j)} + PC_{ik} + \epsilon_{m(ijk)}$$

$\mu$  : Ortalama yırtılma mukavemeti / hidrofilite / beyazlık / parlaklık / haşıl sökme / boncuklanma

$Y_{ijkm}$ : Kumaş yırtılma mukavemeti / hidrofilite / beyazlık / parlaklık / haşıl sökme / boncuklanma

$P_i$ : Ortam pH'ı

$K_j$ : Kombinasyon

$C_k$ : Konsantrasyon

$\epsilon_{m(ijk)}$ : Hata

➤ **Hipotezler:**

$H_0 : \tau_j = 0$  (İkili enzim kullanımlarında konsantrasyon, pH ve kombinasyonun yırtılma mukavemeti / hidrofilitite / beyazlık / parlaklık / haşıl sökme / boncuklanma üzerinde etkisi yoktur).

$H_A : \tau_j \neq 0$  (İkili enzim kullanımlarında konsantrasyon, pH ve kombinasyonun yırtılma mukavemeti /hidrofilitite / beyazlık / parlaklık / haşıl sökme/ boncuklanma üzerinde etkisi vardır).

4.4. numaralı bölümde ikili enzim kullanımlarında test sonuçlarını birbirleriyle ve konvansiyonel işleme kıyaslayarak değerlendirmek için kullanılacak olan matematiksel model ve hipotezler aşağıdaki gibidir.

➤ **Matematiksel model:**

$$Y_{ij} = \mu + \tau_j + \varepsilon_{ij}$$

$\mu$  : Ortalama yırtılma mukavemeti/ hidrofilitite/ beyazlık/ parlaklık/ haşıl sökme/ boncuklanma

$Y_{ij}$ : Kumaş yırtılma mukavemeti/ hidrofilitite/ beyazlık/ parlaklık/ haşıl sökme / boncuklanma

$\tau_j$  : İşlem

$\varepsilon_{ij}$ :Hata

➤ **Hipotezler:**

$H_0 : \tau_j = 0$  ( İkili enzim kullanımlarında bütün işlemlerden elde edilen yırtılma mukavemetleri / hidrofilitite değerleri / beyazlık değerleri / parlaklık değerleri / haşıl sökme / boncuklanma değerleri aynıdır).

$H_A : \tau_j \neq 0$  ( İkili enzim kullanımlarında bütün işlemlerden elde edilen yırtılma mukavemetleri / hidrofilitite değerleri / beyazlık değerleri / parlaklık değerleri / haşıl sökme değerleri / boncuklanma farklıdır).

4.5. numaralı bölümde enzimlerin tek olarak kullanılmalarıyla yapılan deneylerin sonuçlarını değerlendirmek için kullanılacak olan tek faktörlü matematiksel model ve hipotezler;

➤ **Matematiksel model:**

$$Y_{ij} = \mu + \tau_j + \varepsilon_{ij}$$

$\mu$  : Ortalama yırtılma mukavemeti /hidrofilite / beyazlık / parlaklık / haşıl sökme/ boncuklanma

$Y_{ij}$ : Kumaş yırtılma mukavemeti /hidrofilite / beyazlık / parlaklık / haşıl sökme/ boncuklanma

$\tau_j$  : Enzim

$\varepsilon_{ij}$  :Hata

➤ **Hipotezler:**

$H_0$  :  $\tau_j = 0$  ( Enzimler tek başlarına kullanıldıklarında bütün enzimlerden aynı yırtılma mukavemetleri / hidrofilite / beyazlık / parlaklık / haşıl sökme / boncuklanma değerleri elde edilir).

$H_A$  :  $\tau_j \neq 0$  ( Enzimler tek başlarına kullanıldıklarında bütün enzimlerden farklı yırtılma mukavemetleri / hidrofilite / beyazlık / parlaklık / haşıl sökme / boncuklanma değerleri elde edilir).

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Üçlü Enzim Kullanımlarında Sıcaklık, Süre ve pH'ın Test Sonuçlarına Etkilerinin İncelenmesi

Bu grupta asidik ve bazik ortamda çalışan amilaz, pektinaz, selüloz enzimleri aynı banyoda kullanılmıştır.

Bazik ortamda yapılan deneylere ait ölçüm sonuçları Çizelge 4.1' de görüldüğü gibidir.

Çizelge 4.1. Bazik ortam üçlü enzim test sonuçları

Komb.No.	Çözgü yırtılma (N)	Atkı yırtılma (N)	Hidrofilite (cm)	Beyazlık (Stensby)	Parlaklık	Haşıl Sökme	Boncuklanma
Ham Kumaş	44,14±0,23	40,11±0,29	0,00	58,83±0,36	54,78±0,09	1±0	4±0
Konv.İşlem	39,93±0,25	38,18±0,08	4,43±0,15	70,29±0,34	60,67±0,31	9±0	5±0
1.3	43,11±0,08	39,93±0,01	2,9±0,1	61,37±0,59	53,89±0,27	9±0	5±0
2.3	43,08±0,30	39,78±0,06	3,33±0,05	61,38±0,08	53,97±0,15	9±0	5±0
3.3	42,98±0,24	39,64±0,16	3,46±0,05	61,46±0,18	54,11±0,11	9±0	5±0
4.3	42,75±0,07	39,65±0,11	3,46±0,05	61,55±0,06	54,13±0,13	9±0	5±0
5.3	42,56±0,44	39,59±0,05	3,53±0,15	61,62±0,09	54,17±0,19	9±0	5±0
6.3	42,51±0,25	39,51±0,13	3,66±0,05	61,63±0,09	54,20±0,25	9±0	5±0
7.3	42,29±0,35	39,48±0,29	3,7±0	61,64±0,11	54,24±0,05	9±0	5±0
8.3	42,15±0,11	39,33±0,12	3,66±0,05	61,81±0,02	54,32±0,24	9±0	5±0
9.3	41,97±0,17	39,27±0,07	3,73±0,05	61,82±0,05	54,31±0,08	9±0	5±0

Asidik ortamda yapılan deneylere ait sonuçlar Çizelge 4.2' de görüldüğü gibidir.

Çizelge 4.2. Asidik ortam üçlü enzim test sonuçları

Komb.No.	Çözgü yırtılma (N)	Atkı yırtılma (N)	Hidrofilite (cm)	Beyazlık (Stensby)	Parlaklık	Haşıl Sökme	Boncuklanma
Ham Kumaş	44,14±0,23	40,11±0,29	0,00	58,83±0,36	54,78±0,09	1±0	4±0
Konv.İşlem	39,93±0,25	38,18±0,08	4,43±0,15	70,29±0,34	60,67±0,31	9±0	5±0
10.3	42,84±0,1	39,94±0,41	2,5±0	61,28±0,07	53,84±0,18	9±0	5±0
11.3	42,81±0,16	39,81±0,06	2,93±0,05	61,28±0,05	53,87±0,09	9±0	5±0
12.3	42,72±0,13	39,74±0,07	3,43±0,05	61,31±0,02	54,005±0,12	9±0	5±0
13.3	42,62±0,15	39,72±0,08	3,13±0,11	61,35±0,12	54,097±0,11	9±0	5±0
14.3	42,60±0,1	39,65±0,06	3,3±0	61,39±0,18	54,19±0,04	9±0	5±0
15.3	42,55±0,2	39,61±0,07	3,9±0	61,38±0,11	54,21±0,02	9±0	5±0
16.3	42,52±0,09	39,45±0,17	3,43±0,05	61,46±0,19	54,24±0,22	9±0	5±0
17.3	42,48±0,09	39,32±0,04	3,53±0,05	61,44±0,03	54,27±0,04	9±0	5±0
18.3	42,46±0,2	39,29±0,1	3,9±0	61,51±0,1	54,26±0,04	9±0	5±0

Üç enzimin, üç farklı sıcaklık ve sürede, iki farklı pH' da beraber kullanımlarına ait varyans analizi Çizelge 4.3' de görüldüğü gibidir. Bağımsız değişkenler sıcaklık, zaman ve pH'dır. Bu değişkenlerin kumaş numunelerinin yırtılma mukavemetlerine, hidrofilitelerine, beyazlık, parlaklık, haşıl sökme, boncuklanma değerlerine etkileri incelenmiştir.

### **Sıcaklık bağımsız değişkeninin;**

Çözüğü yırtılma mukavemeti üzerindeki etkisi için  $F_{\text{istatistik}} = 38,124 > F_{2, 36, \alpha=0,05} = 3,27$  olduğundan  $H_{01} : \tau_j = 0$  hipotezi reddedilir.

Atkı yırtılma mukavemeti üzerindeki etkisi için  $F_{\text{istatistik}} = 38,687 > F_{2, 36, \alpha=0,05} = 3,27$  olduğundan  $H_{01} : \tau_j = 0$  hipotezi reddedilir.

Hidrofilitite üzerindeki etkisi için  $F_{\text{istatistik}} = 345,292 > F_{2, 36, \alpha=0,05} = 3,27$  olduğundan  $H_{01} : \tau_j = 0$  hipotezi reddedilir.

Beyazlık üzerindeki etkisi için  $F_{\text{istatistik}} = 10,363 > F_{2, 36, \alpha=0,05} = 3,27$  olduğundan  $H_{01} : \tau_j = 0$  hipotezi reddedilir.

Parlaklık üzerindeki etkisi için  $F_{\text{istatistik}} = 20,806 > F_{2, 36, \alpha=0,05} = 3,27$  olduğundan  $H_{01} : \tau_j = 0$  hipotezi reddedilir.

Haşıl sökme üzerindeki etkisi için  $F_{\text{istatistik}} = 1 < F_{2, 36, \alpha=0,05} = 3,27$  olduğundan  $H_{01} : \tau_j = 0$  hipotezi kabul edilir.

Boncuklanma üzerindeki etkisi için  $F_{\text{istatistik}} = 0,2 < F_{2, 36, \alpha=0,05} = 3,27$  olduğundan  $H_{01} : \tau_j = 0$  hipotezi kabul edilir.

Yani sıcaklığın elde edilen numunelerin yırtılma mukavemetlerine/ hidrofiliğine/ beyazlığına / parlaklığına etkisi vardır.

Çizelge 4.3. Üçlü enzim kullanımı varyans analizi

Varyans Kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Beklenen varyans	Fist.	F tablo ( $\alpha=0,05$ )
<b>Sıcaklık</b>	2	9,95	4,978	454,45 > 3,27	
Ç.yirtilma	2	3,35	1,674	38,12 > 3,27	
A.yirtilma	2	1,84	0,921	38,68 > 3,27	
Hidrofilite	2	3,07	1,535	345,29 > 3,27	
Beyazlık	2	0,64	0,320	10,36 > 3,27	
Parlaklık	2	1,01	0,504	20,8 > 3,27	
Boncuklanma	2	0,01	0,005	0,2 < 3,27	
Hasil	2	0,037	0,019	1 < 3,27	
<b>Zaman</b>	2	2,94	1,473	263,85 > 3,27	
Ç.yirtilma	2	0,22	0,110	2,50 < 3,27	
A.yirtilma	2	0,31	0,156	6,54 > 3,27	
Hidrofilite	2	2,23	1,117	251,29 > 3,27	
Beyazlık	2	0,06	0,029	0,93 < 3,27	
Parlaklık	2	0,10	0,052	2,14 < 3,27	
Boncuklanma	2	0,01	0,005	0,2 < 3,27	
Hasil	2	0,009	0,005	0,25 < 3,27	
<b>pH</b>	1	1,05	1,05	98,85 > 4,12	
Ç.yirtilma	1	0,01	0,008	0,17 < 4,12	
A.yirtilma	1	0,02	0,017	0,73 < 4,12	
Hidrofilite	1	0,33	0,327	73,49 > 4,12	
Beyazlık	1	0,59	0,594	19,22 > 4,12	
Parlaklık	1	0,03	0,025	1,04 < 4,12	
Boncuklanma	1	0,01	0,005	0,2 < 4,12	
Hasil	1	0,074	0,074	4 < 4,12	
<b>Sıcaklık * Zaman</b>	4	0,67	0,168	27,655 > 2,65	
Ç.yirtilma	4	0,01	0,003	0,071 < 2,65	
A.yirtilma	4	0,03	0,007	0,29 < 2,65	
Hidrofilite	4	0,45	0,113	25,41 > 2,65	
Beyazlık	4	0,01	0,003	0,09 < 2,65	
Parlaklık	4	0,04	0,011	0,45 < 2,65	
Boncuklanma	4	0,07	0,019	0,8 < 2,65	
Hasil	4	0,046	0,012	0,625 < 2,65	
<b>Sıcaklık * pH</b>	2	1,11	0,556	24,37 > 3,27	
Ç.yirtilma	2	0,86	0,430	9,78 > 3,27	
A.yirtilma	2	0,02	0,008	0,34 < 3,27	
Hidrofilite	2	0,10	0,052	11,62 > 3,27	
Beyazlık	2	0,07	0,035	1,13 < 3,27	
Parlaklık	2	0,01	0,007	0,30 < 3,27	
Boncuklanma	2	0,01	0,005	0,2 < 3,27	
Hasil	2	0,037	0,019	1 < 3,27	
<b>Zaman * pH</b>	2	0,68	0,341	62,76 > 3,27	
Ç.yirtilma	2	0,05	0,024	0,55 < 3,27	
A.yirtilma	2	0,01	0,004	0,16 < 3,27	
Hidrofilite	2	0,53	0,267	60,12 > 3,27	
Beyazlık	2	0,02	0,008	0,27 < 3,27	
Parlaklık	2	0,0008	0,00040	0,01 < 3,27	
Boncuklanma	2	0,0650	0,03200	1,4 < 3,27	
Hasil	2	0,009	0,005	0,25 < 3,27	
<b>Sıcaklık * Zaman * pH</b>	4	0,25	0,063	3,641 > 2,65	
Ç.yirtilma	4	0,03	0,008	0,18 < 2,65	
A.yirtilma	4	0,002	0,001	0,021 < 2,65	
Hidrofilite	4	0,02	0,006	1,24 < 2,65	
Beyazlık	4	0,01	0,004	0,11 < 2,65	
Parlaklık	4	0,01	0,002	0,065 < 2,65	
Boncuklanma	4	0,13	0,032	1,4 < 2,65	
Hasil	4	0,046	0,012	0,625 < 2,65	
<b>Hata</b>	36	6,08	0,169		
<b>Toplam</b>	53	22,75			



### **Zaman bağımsız değişkeninin;**

Çözümlü yırtılma mukavemeti üzerindeki etkisi için  $F_{\text{istatistik}} = 2,501 < F_{2, 36, \alpha=0,05} = 3,27$  olduğundan  $H_{02}: \tau_j = 0$  hipotezi kabul edilir.

Atkı yırtılma mukavemeti üzerindeki etkisi için  $F_{\text{istatistik}} = 6,542 > F_{2, 36, \alpha=0,05} = 3,27$  olduğundan  $H_{02}: \tau_j = 0$  hipotezi reddedilir.

Hidrofilite üzerindeki etkisi için  $F_{\text{istatistik}} = 251, 292 > F_{2, 36, \alpha=0,05} = 3,27$  olduğundan  $H_{02}: \tau_j = 0$  hipotezi reddedilir.

Beyazlık üzerindeki etkisi için  $F_{\text{istatistik}} = 0,931 < F_{2, 36, \alpha=0,05} = 3,27$  olduğundan  $H_{02}: \tau_j = 0$  hipotezi kabul edilir.

Parlaklık üzerindeki etkisi için  $F_{\text{istatistik}} = 2,144 < F_{2, 36, \alpha=0,05} = 3,27$  olduğundan  $H_{02}: \tau_j = 0$  hipotezi kabul edilir.

Haşıl sökme üzerindeki etkisi için  $F_{\text{istatistik}} = 0,25 < F_{2, 36, \alpha=0,05} = 3,27$  olduğundan  $H_{02}: \tau_j = 0$  hipotezi kabul edilir.

Boncuklanma üzerindeki etkisi için  $F_{\text{istatistik}} = 0,2 < F_{2, 36, \alpha=0,05} = 3,27$  olduğundan  $H_{02}: \tau_j = 0$  hipotezi kabul edilir.

Yani zamanın hidrofilite ve atkı yırtılma mukavemetine etkisi vardır.

### **pH bağımsız değişkeninin;**

Çözümlü yırtılma mukavemeti üzerindeki etkisi için  $F_{\text{istatistik}} = 0,173 < F_{1, 36, \alpha=0,05} = 4,12$  olduğundan  $H_{03}: \tau_j = 0$  hipotezi kabul edilir.

Atkı yırtılma mukavemeti üzerindeki etkisi için  $F_{\text{istatistik}} = 0,732 < F_{1, 36, \alpha=0,05} = 4,12$  olduğundan  $H_{03}: \tau_j = 0$  hipotezi kabul edilir.

Hidrofilite üzerindeki etkisi için  $F_{\text{istatistik}} = 73,500 > F_{1, 36, \alpha=0,05} = 4,12$  olduğundan  $H_{03}: \tau_j = 0$  hipotezi reddedilir.

Beyazlık üzerindeki etkisi için  $F_{\text{istatistik}} = 19,221 > F_{1, 36, \alpha=0,05} = 4,12$  olduğundan  $H_{03}: \tau_j = 0$  hipotezi reddedilir.

Parlaklık üzerindeki etkisi için  $F_{\text{istatistik}} = 1,043 < F_{1, 36, \alpha=0,05} = 4,12$  olduğundan  $H_{03}: \tau_j = 0$  hipotezi kabul edilir.

Haşıl sökme üzerindeki etkisi için  $F_{\text{istatistik}} = 4 < F_{2, 36, \alpha=0,05} = 4,12$  olduğundan  $H_{03}: \tau_j = 0$  hipotezi kabul edilir.

Boncuklanma üzerindeki etkisi için  $F_{\text{istatistik}} = 0,2 < F_{2, 36, \alpha=0,05} = 4,12$  olduğundan  $H_{03}: \tau_j = 0$  hipotezi kabul edilir.

Sonuç olarak pH'nin etkilediği parametreler hidrofilite ve beyazlıktır.

Sıcaklık ve zaman için  $F_{\text{istatistik}} = 27,655 > F_{4, 36, \alpha=0,05} = 2,65$  olduğundan  $H_{04}: \tau_j = 0$  reddedilir. Bu redde sebep olan parametre hidrofilite değeridir. Hidrofilite üzerinde sıcaklık ve zaman beraber etki gösterip farklılık yaratmıştır.

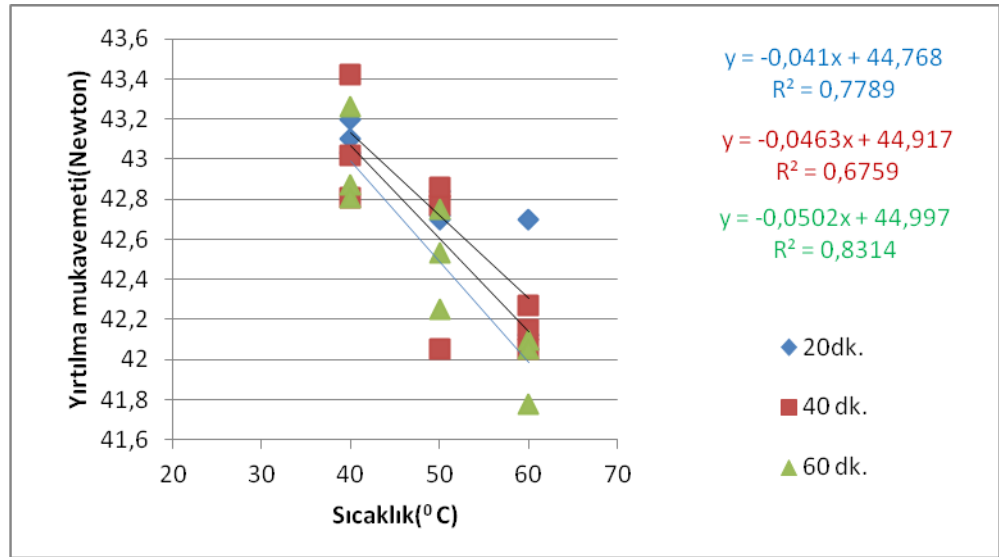
Sıcaklık ve pH için  $F_{\text{istatistik}} = 24,37 > F_{4, 36, \alpha=0,05} = 2,65$  olduğundan  $H_{05}: \tau_j = 0$  hipotezi reddedilir. Ancak bu iki bağımsız atkı yırtılma, beyazlık, parlaklık, haşıl sökme, boncuklanma parametrelerini etkilemez. Sıcaklık ve pH'nin kombine etkisi çözgü yırtılma değerinde ve hidrofilitede görülmüştür.

Zaman ve pH için  $F_{\text{istatistik}} = 62,76 > F_{2, 36, \alpha=0,05} = 3,27$  olduğundan  $H_{06}: \tau_j = 0$  hipotezi reddedilir. Ancak bu iki bağımsız değişkenin etkilediği tek bağımlı değişken hidrofilitedir. Diğer bağımlı değişkenlerde herhangi bir farklılık yaratmamıştır.

**Sıcaklık, zaman ve pH için**  $F_{\text{istatistik}} = 3,641 > F_{4, 36, \alpha=0,05} = 2,65$  olduğundan  $H_{07} : \tau_j = 0$  reddedilir. Yani sıcaklık, süre ve ortam pH'sının yırtılma mukavemetlerine/hidrofilliğe/beyazlığa/parlaklığa/ haşıl sökme değerine/boncuklanmaya etkisi vardır.

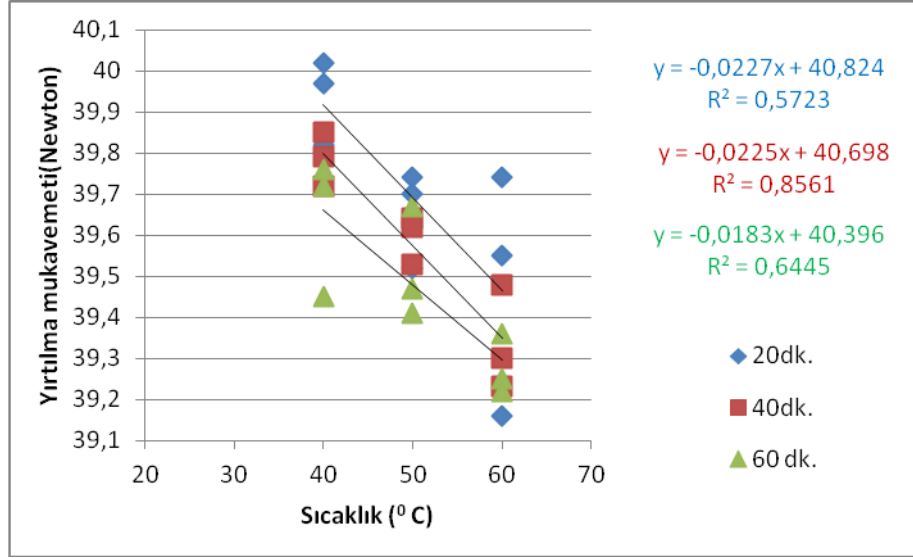
#### 4.1.1.Yırtılma mukavemetleri sonuçları

Varyans analizi sonucu sıcaklığın her iki yöndeki yırtılma mukavemetine de, sürenin ise sadece atkı yırtılma mukavemetine etkisi vardır. pH' ın ise herhangi bir etkisi görülmemektedir. Bu sonuçlar ışığında Şekil 4.1 incelendiğinde bazik ortamda çözgü yönündeki yırtılma mukavemeti değişiminin sıcaklıktan kaynaklandığı ve sıcaklık-yırtılma mukavemeti arasındaki bu ilişkinin ortalama % 75 civarında olduğu görülmektedir. Sıcaklık arttıkça çözgü yırtılma mukavemeti değerlerinde düşme görülmüştür.



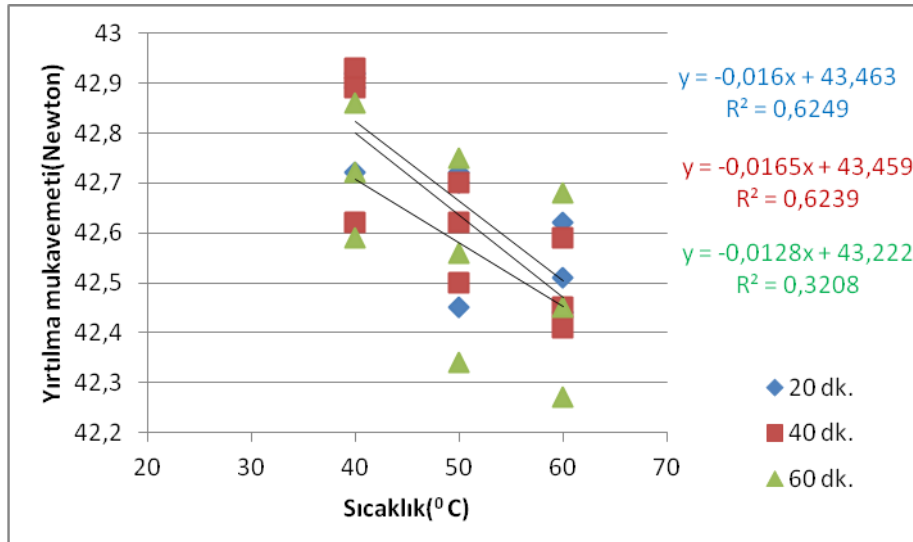
**Şekil 4.1.** Bazik ortam çözgü yırtılma mukavemeti-sıcaklık-süre grafiği

Şekil 4.2 incelendiğinde bazik ortamda atkı yönündeki yırtılma mukavemeti değişiminin sıcaklıktan ve süreden kaynaklandığı ve sıcaklık-süre-yırtılma mukavemeti arasındaki bu ilişkinin ortalama % 68 civarında olduğu görülmektedir. Sıcaklık ve süre arttıkça atkı yırtılma mukavemeti değerlerinde düşme görülmüştür.

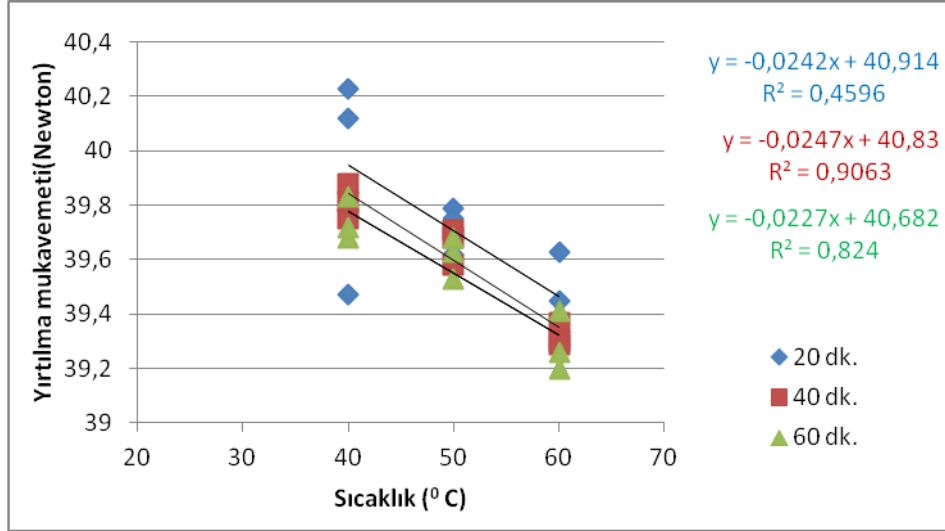


**Şekil 4.2.** Bazık ortam atkı yırtılma mukavemeti-sıcaklık-süre grafiği

Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’ de sıcaklık ve sürenin asidik ortamda çözgü ve atkı yırtılma mukavemetlerine etkisi gösterilmiştir. Varyans analizi sonucu sıcaklığın her iki yöndeki yırtılma mukavemetine de, sürenin ise sadece atkı yırtılma mukavemetine etkisi vardır. pH’ın ise herhangi bir etkisi görülmemektedir. Şekil 4.3’ deki değişimin sebebi sıcaklıktır. Sıcaklık arttıkça çözgü yırtılma mukavemeti değerlerinde düşme görülmüştür. Şekil 4.4’ deki değişimin sebebi ise sıcaklık ve süredir. Sıcaklık ve süre arttıkça atkı yırtılma mukavemeti değerlerinde düşme görülmüştür.



**Şekil 4.3.** Asidik ortam çözgü yırtılma mukavemeti-sıcaklık-süre grafiği



**Şekil 4.4.** Asidik ortam atkı yırtılma mukavemeti-sıcaklık-süre grafiği

Varyans analizi sonucu sıcaklığın ve sürenin çözgü ve atkı yırtılma mukavemetlerine etkisi olduğu görülmüştür. SNK post hoc testi ile grupların sonuçları incelendiğinde sıcaklığın bütün gruplarda farklılık yarattığı anlaşılır. Sürenin ise çözgü yırtılma değerlerinde farklılık yaratmadığı ancak atkı yırtılma değerlerinde etkili olduğu ortaya çıkmıştır. Atkı yırtılma mukavemeti 20 dakika işlem süresi sonuçları, 60 ve 40 dk işlem süreleri sonuçlarından %5 anlamlılık düzeyinde farklıdır.

**Ç.yırtılma**

Student-Newman-Keuls<sup>a,b,c</sup>

Sıcaklık	N	Subset		
		1	2	3
3	18	42,3161		
2	18		42,6006	
1	18			42,9256
Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are display ed.  
Based on Ty pe III Sum of Squares  
The error term is Mean Square(Error) = ,044.

- Uses Harmonic Mean Sample Size = 18,000.
- The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Ty pe I error lev els are not guaranteed.
- Alpha = ,05.

**Şekil 4.5.** Sıcaklık- çözgü yırtılma mukavemeti SNK testi

#### Ayırılma

Student-Newman-Keuls<sup>a,b,c</sup>

Sıcaklık	N	Subset		
		1	2	3
3	18	39,3606		
2	18		39,6261	
1	18			39,8106
Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = ,024.

- Uses Harmonic Mean Sample Size = 18,000.
- The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.
- Alpha = ,05.

Şekil 4.6. Sıcaklık-atkı yırtılma mukavemeti SNK testi

#### Çıyırılma

Student-Newman-Keuls<sup>a,b,c</sup>

Süre	N	Subset
		1
3	18	42,5344
2	18	42,6172
1	18	42,6906
Sig.		,079

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = ,044.

- Uses Harmonic Mean Sample Size = 18,000.
- The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.
- Alpha = ,05.

Şekil 4.7. Süre-çözgü yırtılma mukavemetleri SNK testleri

#### Ayırılma

Student-Newman-Keuls<sup>a,b,c</sup>

Süre	N	Subset	
		1	2
3	18	39,5139	
2	18	39,5850	
1	18		39,6983
Sig.		,175	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

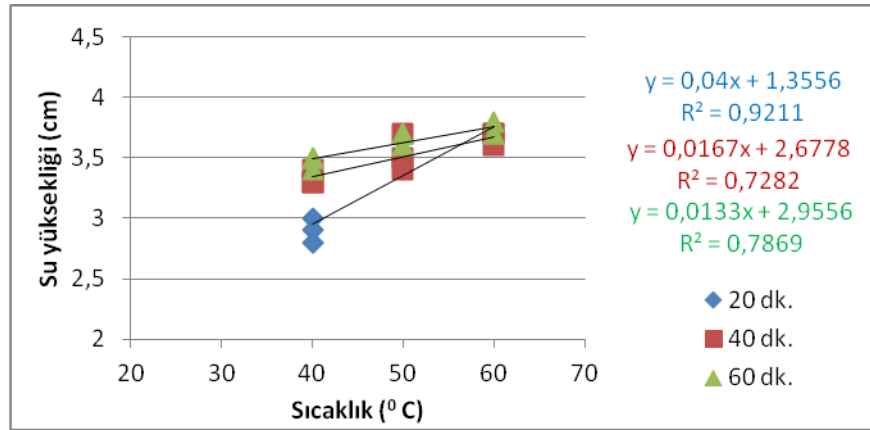
The error term is Mean Square(Error) = ,024.

- Uses Harmonic Mean Sample Size = 18,000.
- The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.
- Alpha = ,05.

Şekil 4.8. Süre-atkı yırtılma mukavemetleri SNK testleri

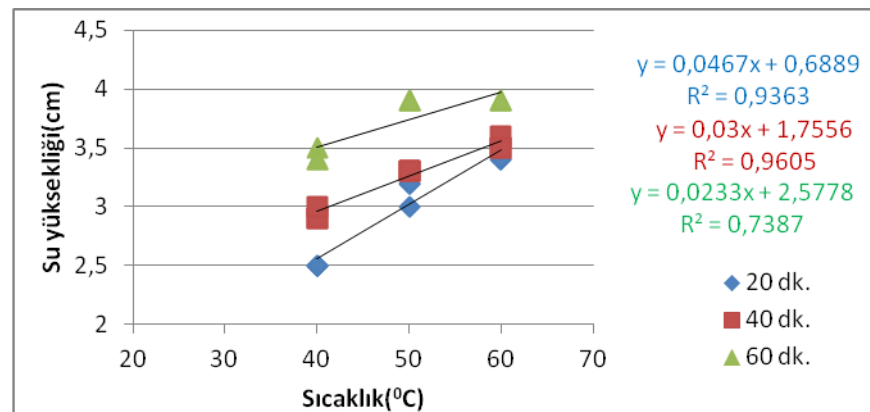
#### 4.1.2. Hidrofilite değerleri sonuçları

Şekil 4.9' da sıcaklık ve sürenin bazık ortamda hidrofiliteye etkisi gösterilmiştir. Varyans analizi sonucuna göre üç bağımsız değişkenin de (sıcaklık-süre-pH) hidrofilite üzerinde etkisi vardır. Genel olarak sıcaklığın ve sürenin artması hidrofilite değerlerini artırmıştır. Sıcaklık-süre-pH ve hidrofilite arasındaki en kuvvetli ilişki 20 dk işlem süresinde görülmektedir ve %92 civarındadır.



Şekil 4.9. Bazık ortam 60sn. test süresi hidrofilite grafiği

Şekil 4.10' da asidik ortamda sıcaklık-süre- hidrofilite arasındaki ilişki gösterilmiştir. Varyans analizi sonucunda üç bağımsız değişkenin de (sıcaklık-süre-pH) hidrofilite değeri üzerinde etkili olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Genel olarak sıcaklığın ve sürenin artması hidrofilite değerlerini artırmıştır. Sıcaklık-süre- pH ve hidrofilite arasındaki en kuvvetli ilişki 40 dk işlem sresindeki sıcaklıklarda görülmektedir (%96).



Şekil 4.10. Asidik ortam 60sn. test süresi hidrofilite grafiği

Varyans analizi sonucu sıcaklığın ve sürenin hidrofilite üzerinde etkili olduğu ortaya çıkmıştır. Yani sıcaklık ve süre için  $\tau_j \neq 0$ ’dır. Gruplararası bu farklılık SNK post hoc testi ile incelendiğinde bütün sıcaklıkların ve sürelerin sonuçları %5 anlamlılık düzeyinde birbirinden farklıdır.

**Hidrofilite**

Student-Newman-Keuls<sup>a,b,c</sup>

Sıcaklık	N	Subset		
		1	2	3
1	18	3,0944		
2	18		3,5000	
3	18			3,6611
Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = ,004.

- Uses Harmonic Mean Sample Size = 18,000.
- The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.
- Alpha = ,05.

**Şekil 4.11.** Sıcaklık-hidrofilite SNK testi

**Hidrofilite**

Student-Newman-Keuls<sup>a,b,c</sup>

Süre	N	Subset		
		1	2	3
1	18	3,1889		
2	18		3,3833	
3	18			3,6833
Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = ,004.

- Uses Harmonic Mean Sample Size = 18,000.
- The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.
- Alpha = ,05.

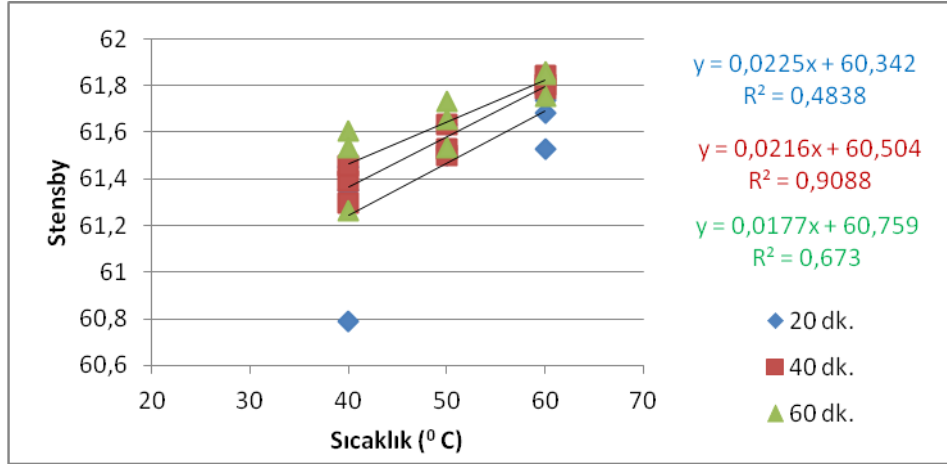
**Şekil 4.12.** Süre-hidrofilite SNK testi

#### 4.1.3. Beyazlık değerleri sonuçları

Şekil 4.13’ de bazik ortamda sıcaklık ve sürenin beyazlık değerlerine etkisi gösterilmiştir. Varyans analizi sonucunda beyazlık değeri üzerinde sıcaklığın ve pH’ ın etkisi olduğu görülürken, sürenin ise herhangi bir etkisi görülmemiştir. Yani Şekil 4.13’

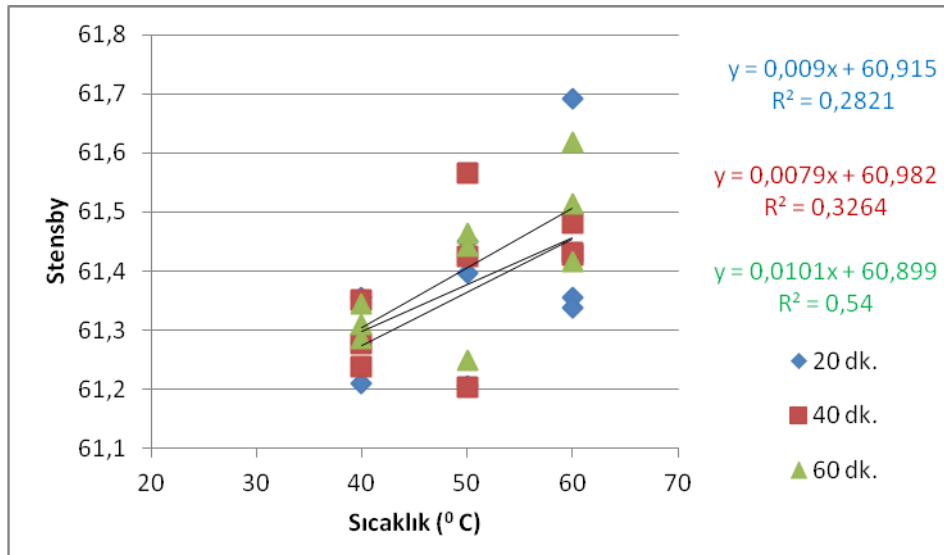


de veriler arasındaki ilişki sıcaklıktan kaynaklanmaktadır. Sıcaklık arttıkça beyazlık değerlerinde artış görülmüştür. Sıcaklık ve beyazlık arasındaki en kuvvetli ilişki 40 dk işlem süresinde 40-50 ve 60<sup>0</sup> C sıcaklıklarda görülmüştür ( $R^2 = \%90,88$ ).



**Şekil 4.13.** Bazık ortam beyazlık-sıcaklık-süre grafiği

Şekil 4.14' de ise asidik ortamda sıcaklık-süre-beyazlık değerlerine ait grafik gösterilmiştir. Varyans analizi sonucunda beyazlıkta ortaya çıkan farklılıkların sıcaklık ve pH' dan kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Sıcaklık arttıkça beyazlık değerlerinde artış görülmüştür. En kuvvetli ilişki 60 dk işlem süresindeki 40-50 ve 60<sup>0</sup> C sıcaklıklarda görülmüştür ( $R^2 = \% 54$ ).



**Şekil 4.14.** Asidik ortam beyazlık-sıcaklık-süre grafiği

Sıcaklığın beyazlık üzerinde etkisi vardır demek farklı sıcaklıktaki beyazlık sonuçları farklıdır demektir. Grupların ortalamaları sıcaklık bakımından birbirleriyle kıyaslandığında bütün grupların %5 anlamlılık düzeyinde birbirinden farklı olduğu görülür. İşlem süreleri beyazlık değerlerinde etkili olmadığı için bütün sürelerin beyazlık değeri ortalamaları %5 anlamlılık düzeyinde birbirinden farklı değildir.

**Beyazlık**

Student-Newman-Keuls<sup>a,b,c</sup>

Sıcaklık	N	Subset		
		1	2	3
1	18	61,3511		
2	18		61,4928	
3	18			61,6177
Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
Based on Type III Sum of Squares  
The error term is Mean Square(Error) = ,031.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18,000.
- b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.
- c. Alpha = ,05.

**Şekil 4.15.** Sıcaklık-beyazlık SNK testi

**Beyazlık**

Student-Newman-Keuls<sup>a,b,c</sup>

Süre	N	Subset
		1
1	18	61,4448
2	18	61,4926
3	18	61,5242
Sig.		,375

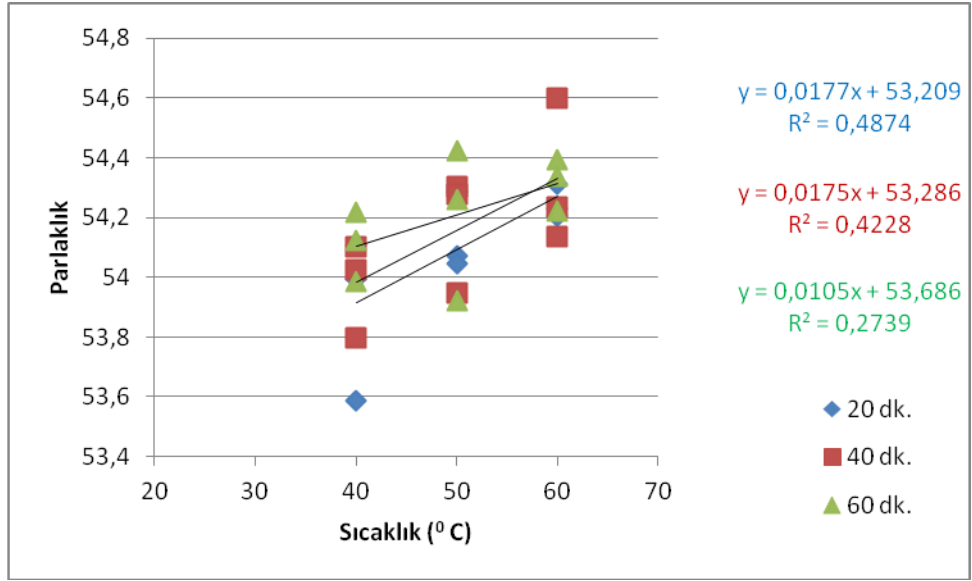
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
Based on Type III Sum of Squares  
The error term is Mean Square(Error) = ,031.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18,000.
- b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.
- c. Alpha = ,05.

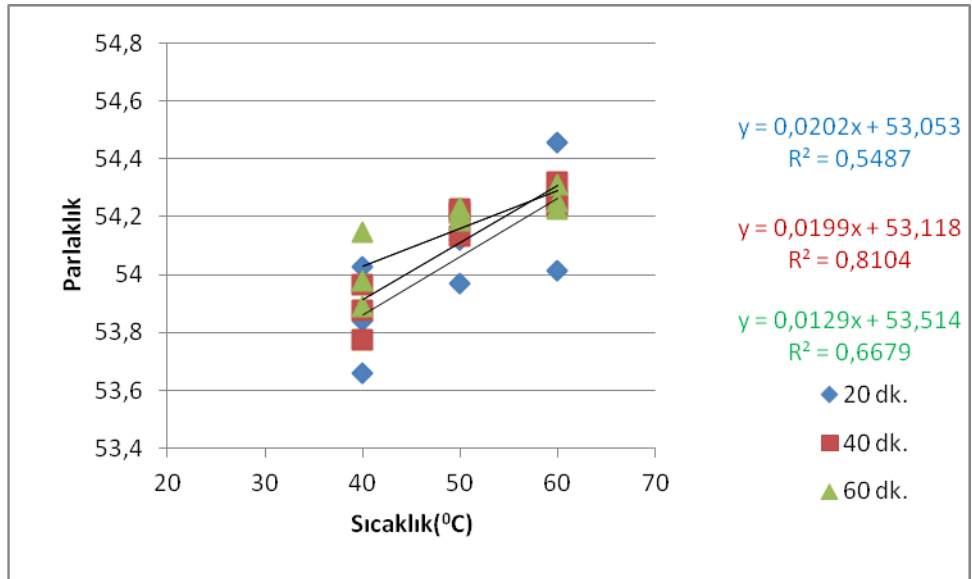
**Şekil 4.16.** Süre-beyazlık SNK testi

#### 4.1.4. Parlaklık değeri sonuçları

Şekil 4.17’ de bazik ortamda, Şekil 4.18’ de ise asidik ortamda sıcaklık ve sürenin parlaklık değerlerine etkileri gösterilmiştir. Varyans analizi sonucunda parlaklık üzerinde sadece sıcaklığın etkisi olduğu görülmektedir. Yani şekillerdeki farklılıklar sıcaklıklardan kaynaklanmaktadır. Sıcaklık artışı ile parlaklık değerleri artış göstermiştir.



Şekil 4.17. Bazik ortam parlaklık-sıcaklık-süre grafiği



Şekil 4.18. Asidik ortam parlaklık-sıcaklık-süre grafiği

Sıcaklığın parlaklık üzerinde etkisi olduğu sonucu sıcaklığın parlaklıkta farklılık yarattığı şeklinde yorumlanır. Gruplararası bu farklılık %95 güven aralığında incelendiğinde bütün grupların birbirinden farklı olduğu görülür. İşlem süreleri ise parlaklık değerlerinde etkili olmadığı için SNK testi sonucunda bütün sürelerin parlaklık değerlerinin aynı ortalama sınıfına dahil olduğu görülür.

**Parlaklık**

Student-Newman-Keuls<sup>a,b,c</sup>

Sıcaklık	N	Subset		
		1	2	3
1	18	53,9504		
2	18		54,1689	
3	18			54,2784
Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
Based on Type III Sum of Squares  
The error term is Mean Square(Error) = ,024.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18,000.
- b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.
- c. Alpha = ,05.

**Şekil 4.19.** Sıcaklık-parlaklık SNK testi

**Parlaklık**

Student-Newman-Keuls<sup>a,b,c</sup>

Süre	N	Subset
		1
1	18	54,0778
2	18	54,1353
3	18	54,1846
Sig.		,113

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
Based on Type III Sum of Squares  
The error term is Mean Square(Error) = ,024.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18,000.
- b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.
- c. Alpha = ,05.

**Şekil 4.20.** Süre-parlaklık SNK testi

#### 4.1.5. Haşıl sökme değerlerinin incelenmesi

Haşıl sökme derecesine ait varyans analizi sonucu incelendiğinde sıcaklık, süre ve pH'ın haşıl sökme üzerinde etkilerinin olmadığı anlaşılır. Bütün sıcaklık, süre ve pH'larda nişasta haşılının tamamı sökülüştür.

#### 4.1.6. Boncuklanma değerlerinin incelenmesi

Boncuklanma derecesine ait varyans analizi sonucu incelendiğinde sıcaklık, süre ve pH'ın boncuklanma üzerinde etkilerinin olmadığı anlaşılır. Bütün sıcaklık, süre ve pH'larda pamuk kumaş benzer boncuklanma değerleri vermiştir.

### 4.2. Üçlü Enzim Kullanımı ile Enzimatik İşlem, Konvansiyonel İşlem ve Ham Kumaş Numunelerinin Test Sonuçlarının Karşılaştırılması

Enzimatik işlem, konvansiyonel işlem ve ham kumaşın test sonuçlarını karşılaştırmak için bu kısımda kullanılacak olan işlem kodlarının açıklamaları aşağıdaki gibidir:

1: Bazik ortamda yapılan enzimatik işlem

2: Asidik ortamda yapılan enzimatik işlem

3: Konvansiyonel işlem

4: Ham kumaş şeklindedir.

#### 4.2.1.Çözü yırılma değerleri

**Çizelge 4.4.** Çözü yırılma değerlerinde işlem farklılıklarına ait varyans analizi

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Beklenen Varyans	F İstatistiği ( $\alpha=0,05$ )	F tablo
İşlem	3	248,129	82,710	1040,008 > 2,70	
Hata	104	8,271	0,080		
Toplam	107	256,400			

$F_{\text{istatistik}} = 1040,008 > F_{3,104,\alpha=0,05} = 2,70$  olduğundan  $H_0 : \tau_j = 0$  hipotezi reddedilir. Yani enzimatik, konvansiyonel ve ham kumaşların çözü yırılma değerleri arasında %5

anlamlılık düzeyinde fark vardır. Bu farklılık SNK post-hoc testi ile analiz edildiğinde asidik ve bazik ortamın yırtılma mukavemeti değerleri %5 anlamlılık düzeyinde birbirinden farklı değilken, diğer gruplardan farklıdır. En yüksek çözgü yırtılma değerine sahip ham kumaşı sırasıyla asidik ortamda yapılan enzimatik işlem ve bazik ortamda yapılan enzimatik işlem sonuçları takip etmektedir.

**Ç.yırtılma**

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

İşlem	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
3,00	27	39,9367		
1,00	27		42,6022	
2,00	27		42,6259	
4,00	27			44,1467
Sig.		1,000	,758	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 27,000.

**Şekil 4.21.** İşlem-çözgü yırtılma SNK testi

#### 4.2.2. Atkı yırtılma değerleri

**Çizelge 4.5.** Atkı yırtılma değerlerinde işlem farklılıklarına ait varyans analizi

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Beklenen Varyans	F İstatistiği ( $\alpha=0,05$ )	F tablo
<b>İşlem</b>	3	55,922	18,641	404,657 > 2,70	
<b>Hata</b>	104	4,791	0,046		
<b>Toplam</b>	107	60,713			

$F_{\text{istatistik}} = 404,657 > F_{3,104,\alpha=0,05} = 2,70$  olduğundan  $H_0 : \tau_j = 0$  hipotezi reddedilir. Yani enzimatik, konvansiyonel ve ham kumaşların atkı yırtılma değerleri arasında %5 anlamlılık düzeyinde fark vardır. Bu farklılık hangi gruptan kaynaklanıyor diye incelenmek üzere SNK post-hoc testi yapıldığında asidik ve bazik ortamın atkı yırtılma değerleri arasındaki fark anlamlı değilken, konvansiyonel yöntemle enzimatik yöntem arasındaki fark anlamlıdır ve konvansiyonel yöntem düşük atkı yırtılma mukavemeti ortalamasına sahiptir.

### A.yırıtılma

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

İşlem	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
3,00	27	38,1833		
1,00	27		39,5811	
2,00	27		39,6170	
4,00	27			40,1167
Sig.		1,000	,540	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 27,000.

Şekil 4.22. İşlem-atkı yırtılma SNK testi

### 4.2. 3. Hidrofilite değerleri

Çizelge 4.6. Hidrofilite değerlerinde işlem farklılıklarına ait varyans analizi

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Beklenen Varyans	F İstatistiği ( $\alpha=0,05$ )	F tablo
İşlem	3	304,099	101,366	1505,056 > 2,70	
Hata	104	7,004	0,067		
Toplam	107	311,103			

$F_{\text{istatistik}} = 1505,056 > F_{3,104,\alpha=0,05} = 2,70$  olduğundan  $H_0 : \tau_j = 0$  hipotezi reddedilir. Enzimatik, konvansiyonel ve ham kumaşların hidrofilite değerleri arasında %5 anlamlılık düzeyinde fark vardır. Bu farklılığın hangi gruptan kaynaklandığını tespit etmek için SNK post-hoc testi yapıldığında bütün grupların birbirinden anlamlı düzeyde farklı olduğu görülür. En yüksek hidrofilite değerine konvansiyonel işlem görmüş kumaş sahiptir. Bazık ortamda enzimatik işlem görmüş kumaşın hidrofilite değeri, asidik ortamın hidrofilite değerinden yüksektir.

### Hidrofilite

İşlem	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
4,00	27	,0000			
2,00	27		3,3407		
1,00	27			3,4963	
3,00	27				4,4000
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Şekil 4.23. İşlem-hidrofilite SNK testi

#### 4.2.4. Beyazlık değerleri

Çizelge 4.7. Beyazlık değerlerinde işlem farklılıklarına ait varyans analizi

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Beklenen Varyans	F istatistiği ( $\alpha=0,05$ )	F tablo
İşlem	3	2030,340	676,780	10842,597 > 2,70	
Hata	104	6,492	0,062		
Toplam	107	2036,831			

$F_{\text{istatistik}} = 10842,597 > F_{3,104,\alpha=0,05} = 2,70$  olduğundan  $H_0 : \tau_j = 0$  hipotezi reddedilir. Yani enzimatik, konvansiyonel ve ham kumaşların beyazlık değerleri aynı ortalamaya sahip değildir. SNK post-hoc testi ile gruplar arasındaki farklılığa bakıldığında bütün grupların birbirinden farklı olduğu görülür. En yüksek beyazlık konvansiyonel yöntemden elde edilmiştir. Bazık ortamda yapılan enzimatik işlemin beyazlık değeri, asidik ortamda yapılan enzimatik işlem ve ham kumaşın beyazlık değerlerinden yüksektir.

**Beyazlık**  
Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

İşlem	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
4,00	27	58,8387			
2,00	27		61,3823		
1,00	27			61,5921	
3,00	27				70,2997
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Şekil 4.24. İşlem-beyazlık SNK testi

#### 4.2.5. Parlaklık değerleri

Çizelge 4.8. Parlaklık değerlerinde işlem farklılıklarına ait varyans analizi

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Beklenen Varyans	F istatistiği ( $\alpha=0,05$ )	F tablo
İşlem	3	817,911	272,637	7095,907 > 2,70	
Hata	104	3,996	0,038		
Toplam	107	821,906			



$F_{\text{istatistik}} = 7095,907 > F_{3,104,\alpha=0,05} = 2,70$  olduğundan  $H_0 : \tau_j = 0$  hipotezi reddedilir. Yani enzimatik, konvansiyonel ve ham kumaşların parlaklık değerleri % 95 güven aralığında birbirinden farklıdır. SNK post-hoc testi ile gruplararası farklılıklara bakıldığında asidik ve bazik ortamda yapılan enzimatik işlemlerin parlaklık değerleri arasındaki fark anlamlı değilken, en yüksek parlaklığa konvansiyonel işlem görmüş kumaş sahiptir.

**Parlaklık**

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

İşlem	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
2,00	27	54,1107		
1,00	27	54,1540		
4,00	27		54,7837	
3,00	27			60,6750
Sig.		,419	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 27,000.

**Şekil 4.25.** İşlem-parlaklık SNK testi

#### 4.2.6. Haşıl sökme değerleri

**Çizelge 4.9.** Haşıl sökme değerlerinde işlem farklılıklarına ait varyans analizi

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Beklenen Varyans	F istatistiği ( $\alpha=0,05$ )	F tablo
İşlem	3	1280,130	426,710	33283,37 > 2,70	
Hata	104	1,333	0,013		
Toplam	107	1281,463			

$F_{\text{istatistik}} = 33283,37 > F_{3,104,\alpha=0,05} = 2,70$  olduğundan  $H_0 : \tau_j = 0$  hipotezi reddedilir. Yani enzimatik işlem görmüş, konvansiyonel işlem görmüş ve ham kumaşların haşıl sökme değerleri anlamlı düzeyde birbirinden farklıdır. Bu farklılığı ham kumaş yaratmaktadır. Enzimatik ve konvansiyonel işlemlerin haşıl sökme değerleri arasında fark yoktur.

### HASIL

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

İşlem	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
4,00	27	1,0185	
1,00	27		8,9815
2,00	27		9,0000
3,00	27		9,0000
Sig.		1,000	,579

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 27,000.

Şekil 4.26. İşlem-haşıl sökme SNK testi

### 4.2.7. Boncuklanma değerleri

Çizelge 4.10. Boncuklanma değerlerinde işlem farklılıklarına ait varyans analizi

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Beklenen Varyans	F İstatistiği ( $\alpha=0,05$ )	F Tablo
İşlem	3	17,833	5,944	337,212	> 2,70
Hata	104	1,833	0,018		
Toplam	107	19,667			

$F_{\text{istatistik}} = 337,212 > F_{3,104,\alpha=0,05} = 2,70$  olduğundan  $H_0 : \tau_j = 0$  hipotezi reddedilir. Yani enzimatik işlem görmüş, konvansiyonel işlem görmüş ve ham kumaşların boncuklanma değerleri anlamlı düzeyde birbirinden farklıdır. Bu farklılığı ham kumaş yaratmaktadır. Enzimatik ve konvansiyonel işlemlerin haşıl sökme değerleri arasında fark yoktur.

### BONCUKLANMA

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

İşlem	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
4,00	27	4,0185	
2,00	27		4,9444
1,00	27		4,9630
3,00	27		4,9630
Sig.		1,000	,865

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 27,000.

Şekil 4.27. İşlem-boncuklanma SNK testi

**Çizelge 4.11.** Üçlü enzim kullanımına ait SNK testi özet tablo

SNK Testi Sonucu Özet Tablo							
	Çözü yırıtılma (N)	Atkı yırıtılma (N)	Hidrofilite (cm)	Beyazlık (Stensby)	Parlaklık	Haşıl sökme	Boncuklanma
İşlemler	4	4	3	3	3	1-2-3	1-2-3
	1-2	1-2	1	1	4	4	4
	3	3	2	2	1-2		
			4	4			
1:bazık ortamda enzimatik işlem 2:asidik ortamda enzimatik işlem 3:konvansiyonel işlem 4:ham kumaş <b>Sıralamalarda değerler büyükten küçüğe doğrudur.</b>							

### 4.3. İkili Enzim Kullanımlarında Ortam pH'ı, Enzim Kombinasyonu ve Konsantrasyonunun Test Sonuçları Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması

Bazık (pH 8) ve asidik (pH 4,5) ortamda amilaz, pektinaz ve selüloz enzimleri farklı konsantrasyonlarda ikili kombinasyonlar halinde kullanılmıştır. Bu kombinasyonların test sonuçlarına ait değerler Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13' de görüldüğü gibidir.

Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13'de kullanılan kısaltmalar aşağıda açıklanmıştır.

A: (Amilaz+pullinaz)+pektinaz

B: Pektinaz+selüloz

C: (Amilaz+pullinaz)+ selüloz

D:Amilaz+pektinaz

E: Pektinaz+selüloz

F: Amilaz+selüloz

İşlem kodlarının karşılığı Çizelge 4.14' de verilmiştir ( detaylar için bkz Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3).

**Çizelge 4.12.** İkili enzim kullanımı asidik ortam test sonuçları

	Çözgü Yırtılma (N)	Atkı Yırtılma (N)	Hidrofilite (cm)	Beyazlık (Stensby)	Parlaklık	Haşıl Sökme	Boncuklanma
A.1	43,58±0,14	40,14±0,34	1,8±0,1	62,23±0,04	54,55±0,14	8,83±0,28	4,5±0
A.2	43,47±0,16	40,16±0,18	2,1±0,1	62,35±0,09	54,62±0,11	8,83±0,28	4,16±0,28
A.3	43,33±0,36	40,00±0,21	2,23±0,15	62,35±0,1	54,64±0,34	8,83±0,28	4,33±0,28
A.4	43,39±0,30	39,90±0,09	2,7±0,1	62,48±0,09	54,62±0,14	9±0	4,5±0
A.5	43,15±0,11	39,69±0,03	2,83±0,05	62,57±0,02	54,70±0,24	8,83±0,28	4,33±0,28
A.6	42,69±0,36	39,42±0,06	2,96±0,05	62,63±0,05	54,77±0,04	9±0	4,5±0
A.7	42,69±0,07	39,47±0,06	3±0,1	62,66±0,1	54,78±0,12	9±0	4,33±0,28
A.8	42,78±0,22	39,35±0,06	3,03±0,05	62,72±0,24	54,81±0,06	9±0	4,5±0
A.9	42,59±0,15	39,26±0,21	3,2±0	62,68±0,05	54,78±0,13	9±0	4,5±0
B.10	43,14±0,13	40,22±0,01	1,96±0,05	61,80±0,21	54,18±0,06	4,33±0,28	5±0
B.11	43,12±0,14	39,76±0,06	2,56±0,05	61,91±0,08	54,34±0,07	4,83±0,28	5±0
B.12	43,04±0,1	39,6±0,23	2,83±0,05	61,99±0,22	54,27±0,09	4,33±0,28	4,83±0,28
B.13	42,85±0,06	39,51±0,23	3,06±0,05	62,04±0,09	54,38±0,41	4,33±0,28	5±0
B.14	42,88±0,12	39,33±0,1	3,06±0,05	62,11±0,2	54,51±0,31	4,83±0,28	5±0
B.15	42,82±0,4	39,55±0,11	3,1±0	62,15±0,05	54,59±0,03	4,33±0,28	5±0
B.16	42,81±0,07	39,38±0,1	3,16±0,05	62,20±0,07	54,54±0,11	4,66±0,28	4,83±0,28
B.17	42,70±0,05	39,05±0,18	3,23±0,05	62,34±0,08	54,52±0,16	4,33±0,28	5±0
B.18	42,60±0,07	39,23±0,34	3,4±0	62,44±0,09	54,65±0,11	4,83±0,28	5±0
C.19	43,33±0,24	40,32±0,17	1,93±0,11	62,11±0,19	54,22±0,15	8,83±0,28	4,83±0,28
C.20	43,26±0,37	39,7±0,26	2,43±0,05	62,27±0,03	54,34±0,48	8,83±0,28	5±0
C.21	43,14±0,32	39,84±0,1	2,83±0,2	62,33±0,09	54,43±0,11	8,83±0,28	5±0
C.22	43,04±0,13	39,78±0,09	2,9±0,1	62,45±0,09	54,38±0,06	9±0	5±0
C.23	42,96±0,45	39,62±0,13	2,9±0	62,59±0,05	54,51±0,1	8,83±0,28	5±0
C.24	42,82±0,07	39,55±,1	2,93±0,05	62,63±0,08	54,54±0,1	9±0	4,66±0,28
C.25	42,8±0,18	39,64±0,16	3±0	62,74±0,09	54,48±0,2	9±0	5±0
C.26	42,64±0,10	39,28±0,27	3,13±0,11	62,69±0,13	54,64±0,09	9±0	4,83±0,28
C.27	42,63±0,07	39,30±0,20	3,3±0	62,80±0,07	54,54±0,28	9±0	5±0

Çizelge 4.13. İkili enzim kullanımı bazik ortam test sonuçları

	Çözü Yırtılma (N)	Atkı Yırtılma (N)	Hidrofilite (cm)	Beyazlık (Stensby)	Parlaklık	Haşıl Sökme	Boncuklanma
D.1	42,33±0,06	39,77±0,09	3±0	61,65±0,09	54,38±0,15	9±0	4,5±0
D.2	42,4±0,04	39,64±0,38	3,1±0,1	61,94±0,06	54,57±0,12	9±0	4,33±0,28
D.3	42,32±0,17	39,59±0,06	3,2±0	62,318±0,16	54,69±0,21	9±0	4,33±0,28
D.4	41,77±0,18	39,51±0,13	3,26±0,05	62,65±0,22	54,79±0,031	9±0	4,33±0,28
D.5	41,67±0,15	39,21±0,42	3,33±0,05	62,781±0,12	54,89±0,06	9±0	4,33±0,28
D.6	41,54±0,15	39,17±0,50	3,4±0	62,92±0,07	54,90±0,04	9±0	4,33±0,28
D.7	41,46±0,15	39,12±0,1	3,46±0,05	63,01±0,01	54,94±0,01	9±0	4,16±0,28
D.8	41,53±0,19	39,22±0,19	3,56±0,05	63,08±0,05	54,95±0,02	9±0	4,16±0,28
D.9	41,35±0,09	38,97±0,06	3,8±0,1	63,12±0,11	54,98±0,01	9±0	4,16±0,28
E.10	42,15±0,30	39,04±0,24	3,6±0	61,40±0,14	54,21±0,36	5,16±0,28	4,83±0,28
E.11	41,66±0,10	38,88±0,23	3,66±0,05	61,65±0,028	54,37±0,06	5±0	5±0
E.12	41,62±0,29	38,72±0,03	3,73±0,11	61,74±0,09	54,42±0,04	5±0	5±0
E.13	41,47±0,28	38,72±0,09	3,9±0	61,90±0,09	54,58±0,15	5,16±0,28	5±0
E.14	41,24±0,26	38,43±0,19	3,96±0,05	61,94±0,08	54,64±0,14	5,33±0,28	5±0
E.15	41,21±0,05	38,43±0,20	4,03±0,05	62,06±0,08	54,64±0,04	5,16±0,28	5±0
E.16	41,13±0,09	38,41±0,5	4,16±0,05	62,17±0,05	54,65±0,22	5±0	4,83±0,28
E.17	41,13±0,11	38,38±0,18	4,16±0,05	62,23±0,2	54,69±0,03	5,16±0,28	4,83±0,28
E.18	41,14±0,12	38,47±0,07	4,26±0,05	62,43±0,13	54,70±0,05	5,33±0,28	5±0
F.19	42,17±0,33	39,47±0,07	3,1±0	61,90±0,52	54,43±0,5	9±0	5±0
F.20	42,34±0,18	39,39±0,43	3,13±0,05	62,06±0,12	54,48±0,26	9±0	4,83±0,28
F.21	42,17±0,25	39,26±0,61	3,2±0	62,35±0,07	54,54±0,13	9±0	5±0
F.22	41,68±0,76	39,26±0,21	3,3±0	62,40±0,07	54,58±0,25	9±0	5±0
F.23	41,57±0,05	39,11±0,09	3,36±0,05	62,61±0,12	54,63±0,06	9±0	5±0
F.24	41,38±0,17	39,12±0,1	3,43±0,05	62,73±0,13	54,77±0,02	9±0	5±0
F.25	41,43±0,32	39,12±0,12	3,6±0	62,83±0,12	54,85±0,09	9±0	5±0
F.26	41,53±0,14	38,95±0,34	3,7±0	62,84±0,15	54,91±0,03	9±0	5±0
F.27	41,34±0,29	38,60±0,17	3,86±0,05	62,93±0,03	54,93±0,05	9±0	4,83±0,28

Çizelge 4.14. İşlem kodları ve karşılığı

İşlem Kodu	Karşılığı	İşlem Kodu	Karşılığı
1	D1-E10-F19	10	A1-B10-C19
2	D2-E11-F20	11	A2-B11-C20
3	D3-E12-F21	12	A3-B12-C21
4	D4-E13-F22	13	A4-B13-C22
5	D5-E14-F23	14	A5-B14-C23
6	D6-E15-F24	15	A6-B15-C24
7	D7-E16-F25	16	A7-B16-C25
8	D8-E17-F26	17	A8-B17-C26
9	D9-E18-F27	18	A9-B18-C27

#### 4.3.1. Yırtılma mukavemeti test sonuçları

Çizelge 4.15. Çözgü yırtılma mukavemeti için varyans analizi

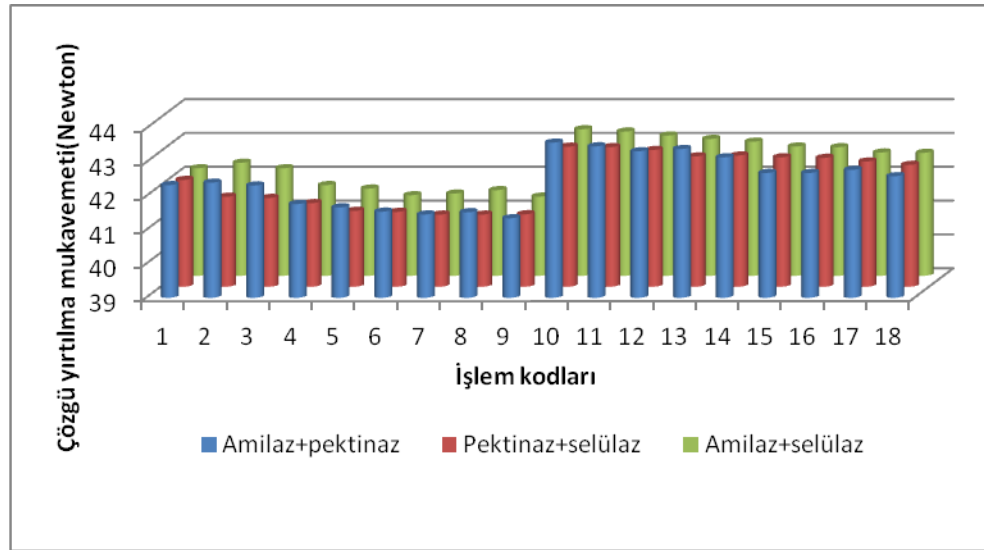
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Beklenen Varyans	F istatistiği	F tablo ( $\alpha=0,05$ )	Hipotez
pH	1	70,09543	70,09543	1289,247	> 3,95	Red
Kombinasyon	2	2,428484	1,214242	22,33323	> 3,1	Red
pH*Kombinasyon	2	0,471885	0,235943	4,339631	> 3,1	Red
Konsantrasyon	24	15,24436	0,635182	11,68273	> 1,64	Red
pH*Konsantrasyon	24	1,402571	0,05844	1,07488	< 1,64	Kabul
Hata	108	5,871883	0,054369			
Toplam	161	95,51461				

Çizelge 4.16. Atkı yırtılma mukavemeti için varyans analizi

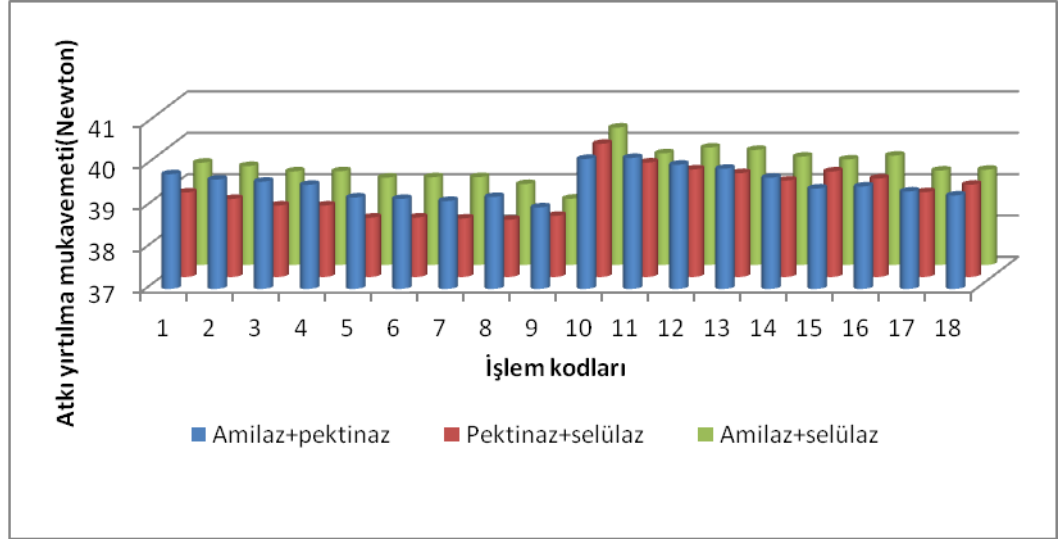
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Beklenen Varyans	F istatistiği	F tablo ( $\alpha=0,05$ )	Hipotez
pH	1	14,29342	14,29342	273,18	> 3,95	Red
Kombinasyon	2	6,460493	3,230246	61,738	> 3,1	Red
pH*Kombinasyon	2	2,097337	1,048669	20,043	> 3,1	Red
Konsantrasyon	24	11,95032	0,49793	9,5167	> 1,64	Red
pH*Konsantrasyon	24	0,843874	0,035161	0,6720	< 1,64	Kabul
Hata	108	5,650733	0,052322			
Toplam	161	41,29618				

Çözgü ve atkı yırtılma değerlerine ait varyans analizleri incelendiğinde pH, kombinasyon, pH\*kombinasyon, konsantrasyon değişkenlerinin yırtılma mukavemeti üzerinde etkili oldukları anlaşılır. pH\*konsantrasyonun ise yırtılma mukavemeti üzerinde etkisi yoktur.

Şekil 4.28 ve 4.29 incelendiğinde asidik ortamda kullanılan enzim kombinasyonlarının yırtılma mukavemeti değerleri, bazik ortamda kullanılan enzim kombinasyonlarının yırtılma mukavemeti değerlerinden daha yüksektir. Her iki ortamda da en düşük değerleri pektinaz+selülaz kombinasyonları verirken, en yüksek değerleri amilaz+pektinaz kombinasyonları vermiştir. Selülazın kullanıldığı kombinasyonların daha düşük değerler vermesi beklenen bir sonuçtur. Çözgü yırtılma mukavemeti değerleri atkı yırtılma mukavemeti değerlerinden yüksektir. Enzim konsantrasyonlarının artması kumaşın yırtılma mukavemetlerinin azalmasına sebep olmuştur.



Şekil 4.28. Çözgü yırtılma mukavemeti



Şekil 4.29. Atkı yırtılma mukavemeti

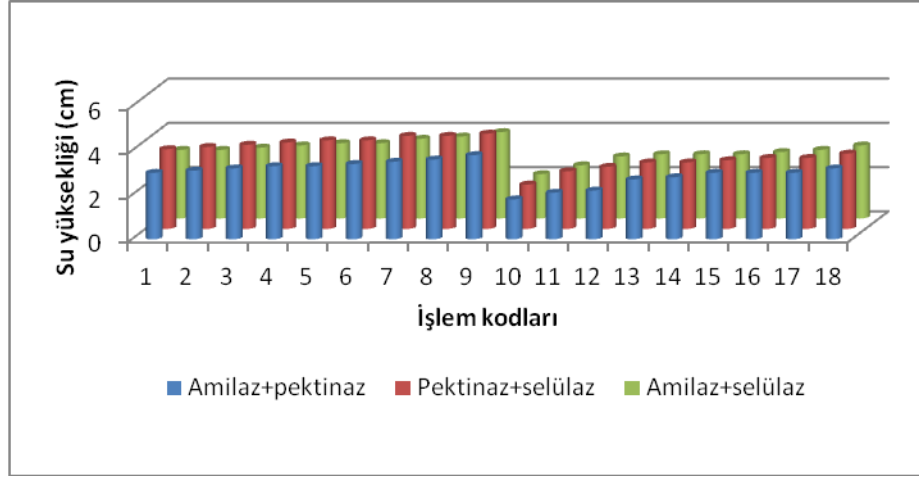
#### 4.3.2. Hidrofilite test sonuçları

Çizelge 4.17. Hidrofilite için varyans analizi

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Beklenen Varyans	F istatistiği	F tablo( $\alpha=0,05$ )	Hipotez
pH	1	23,805	23,805	4881,53	> 3,95	Red
Kombinasyon	2	5,594938	2,797469	573,6582	> 3,1	Red
pH*Kombinasyon	2	1,282593	0,641296	131,5063	> 3,1	Red
Konsantrasyon	24	16,32481	0,680201	139,4842	> 1,64	Red
pH*Konsantrasyon	24	2,357407	0,098225	20,14241	> 1,64	Red
Hata	108	0,526667	0,004877			
<b>Toplam</b>	<b>161</b>	<b>49,89142</b>				

Hidrofilite değerlerine ait varyans analizi incelendiğinde bütün bağımsız değişkenlerin ve kombinasyonlarının hidrofilite üzerinde etkisinin olduğu anlaşılır. Bu bilgiler kapsamında hidrofilite için çizilen Şekil 4.30 analiz edildiğinde 60 saniyedeki su yükselme miktarı değerleri bazik ortamda kullanılan ikili enzim kombinasyonlarında daha yüksektir. Her iki pH ortamında da pektinaz+selülaz kombinasyonları diğer kombinasyonlara göre daha yüksek değerler verirken, en düşük sonuçları amilaz+pektinaz kombinasyonları vermiştir. Selülaz, pektinaz enzimi ile sinerjik etki göstermiştir. Selülaz enzimi kullanımı ve enzim konsantrasyonlarının artması kumaşın hidrofilitesini olumlu etkilemiştir.





Şekil 4.30. Hidrofilite

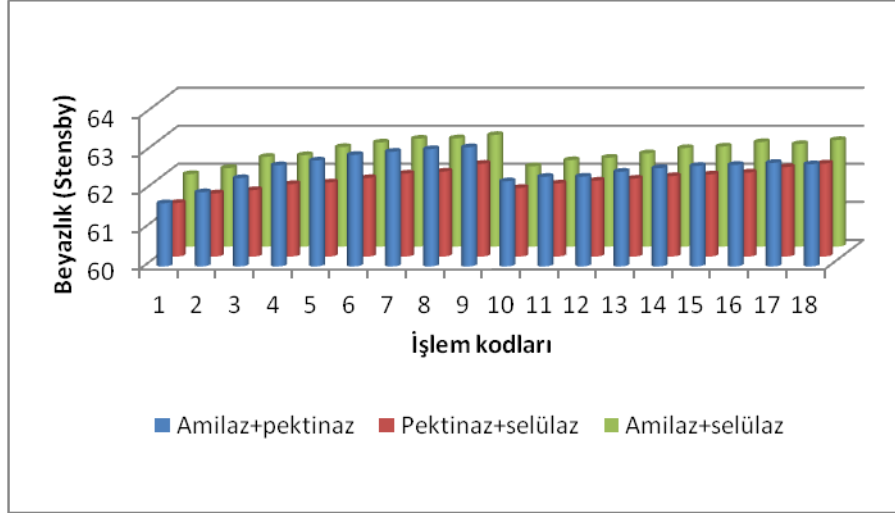
#### 4.3.3. Beyazlık test sonuçları

Çizelge 4.18. Beyazlık için varyans analizi

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Beklenen Varyans	F istatistiği	F tablo( $\alpha=0,05$ )	Hipotez
pH	1	0,01975	0,01975	0,978321	< 3,95	Kabul
Kombinasyon	2	9,458392	4,729196	234,2658	> 3,1	Red
pH*Kombinasyon	2	0,438826	0,219413	10,86886	> 3,1	Red
Konsantrasyon	24	13,31355	0,554731	27,4792	> 1,64	Red
pH*Konsantrasyon	24	1,944484	0,08102	4,01342	> 1,64	Red
Hata	108	2,180229	0,020187			
Toplam	161	27,35523				

Beyazlık (Stensby) değerlerine ait varyans analizi incelendiğinde pH hariç bütün bağımsız değişkenlerin ve kombinasyonlarının beyazlık üzerinde etkisinin olduğu anlaşılır.

Şekil 4.31' deki farklılığın sebebinin tek başına pH olmadığı varyans analizi sonucu anlaşılır. pH, enzim kombinasyonu ve konsantrasyon bağımsız değişkenleri beraberken beyazlık üzerinde etkili olmaktadır. Her iki ortamda da pektinaz+selülaz kombinasyonları diğerlerine göre daha düşük beyazlık değerleri verirken, en yüksek beyazlık değerlerini amilaz+pektinaz kombinasyonları vermiştir. Amilaz enzimi kumaş üzerindeki haşılın uzaklaştırılmasına katkı sağlayarak beyazlıkta iyileşme sağlamıştır ve beyazlık üzerinde pektinazla olan sinerjik etkisi selülaz enzimine göre daha iyidir. Enzim konsantrasyonlarının artması kumaşın beyazlığını olumlu etkilemiştir.



Şekil 4.31. Beyazlık

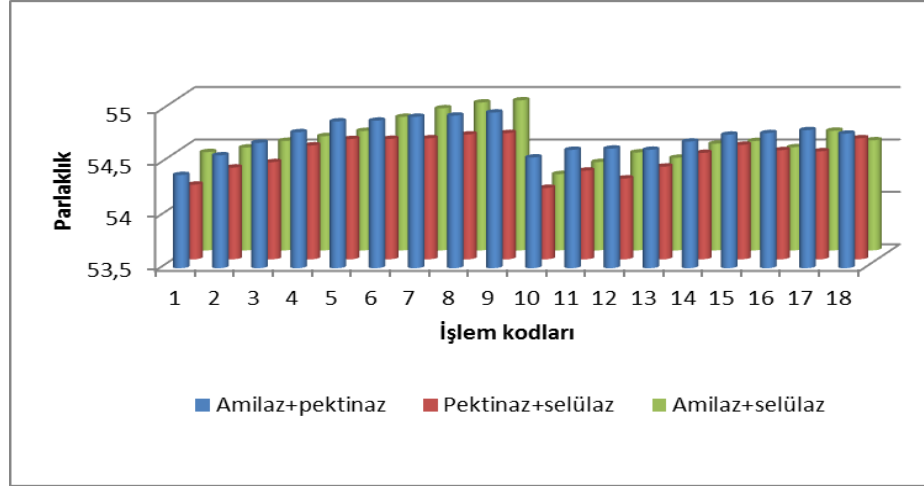
#### 4.3.4. Parlaklık test sonuçları

Çizelge 4.19. Parlaklık için varyans analizi

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Beklenen Varyans	F istatistiği	Ftablo ( $\alpha=0,05$ )	Hipotez
pH	1	0,7996909	0,799691	23,23217	> 3,95	Red
Kombinasyon	2	1,7964047	0,898202	26,0940	> 3,1	Red
pH*Kombinasyon	2	0,1505823	0,075291	2,187316	< 3,1	Kabul
Konsantrasyon	24	3,3671945	0,1403	4,075911	> 1,64	Red
pH*Konsantrasyon	24	0,3559889	0,014833	0,430916	< 1,64	Kabul
Hata	108	3,7175433	0,034422			
<b>Toplam</b>	<b>161</b>	<b>10,187405</b>				

Parlaklık verilerine ait varyans analizi incelendiğinde parlaklık değerlerinde pH, kombinasyon ve konsantrasyonun ayrı ayrı etkilerinin olduğu anlaşılır. Bu değişkenlerin beraber olarak parlaklık üzerinde etkisi yoktur.

Parlaklık değerleri sonuçlarına göre çizilen Şekil 4.32 incelendiğinde, bazik ortamda kullanılan enzim kombinasyonlarının parlaklık değerlerinin daha yüksek olduğu görülür. Her iki pH ortamında da amilaz+pektinaz kombinasyonları diğer kombinasyonlara göre daha yüksek sonuçlar verirken, en düşük sonuçları pektinaz+selülaz kombinasyonları vermiştir. Amilaz enzimi beyazlıkta olduğu gibi parlaklıkta da iyileşme sağlamıştır Enzim konsantrasyonlarının artması kumaşın parlaklığını olumlu etkilemiştir.



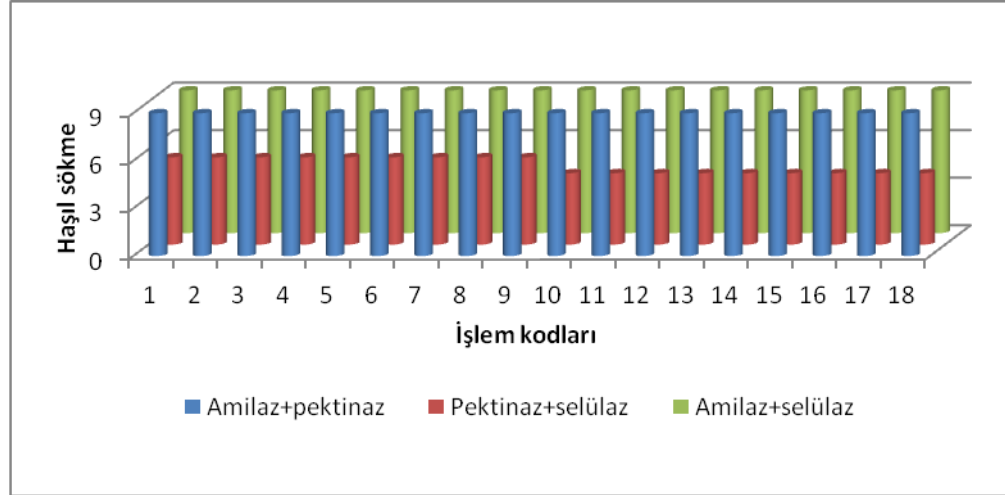
Şekil 4.32. Parlaklık

#### 4.3.5. Haşıl sökme test sonuçları

Çizelge 4.20. Haşıl sökme için varyans analizi

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Beklenen Varyans	F istatistiği	Ftablo ( $\alpha=0,05$ )	Hipotez
pH	1	2,594136	2,594136	73,08696	> 3,95	Red
Kombinasyon	2	611,1883	305,5941	8609,783	> 3,1	Red
pH*Kombinasyon	2	2,595679	1,29784	36,56522	> 3,1	Red
Konsantrasyon	24	1,305556	0,054398	1,532609	< 1,64	Kabul
pH*Konsantrasyon	24	0,935185	0,038966	1,097826	< 1,64	Kabul
Hata	108	3,833333	0,035494			
<b>Toplam</b>	<b>161</b>	<b>622,4522</b>				

Haşıl sökme için varyans analizi Çizelge 4.20’ deki gibidir. Haşıl sökme değerleri üzerinde pH, kombinasyon ve pH\*kombinasyonun etkilerinin olduğu anlaşılır. Amilaz enzimi kullanıldığı kombinasyonlarda haşılın tamamen uzaklaşmasını sağlamıştır. Bazık ortamda pektinaz+selülaz enzim kombinasyonu ile sökülen haşılın miktarı, asidik ortamda pektinaz+selülaz enzim kombinasyonu ile sökülen haşıla göre daha fazladır.



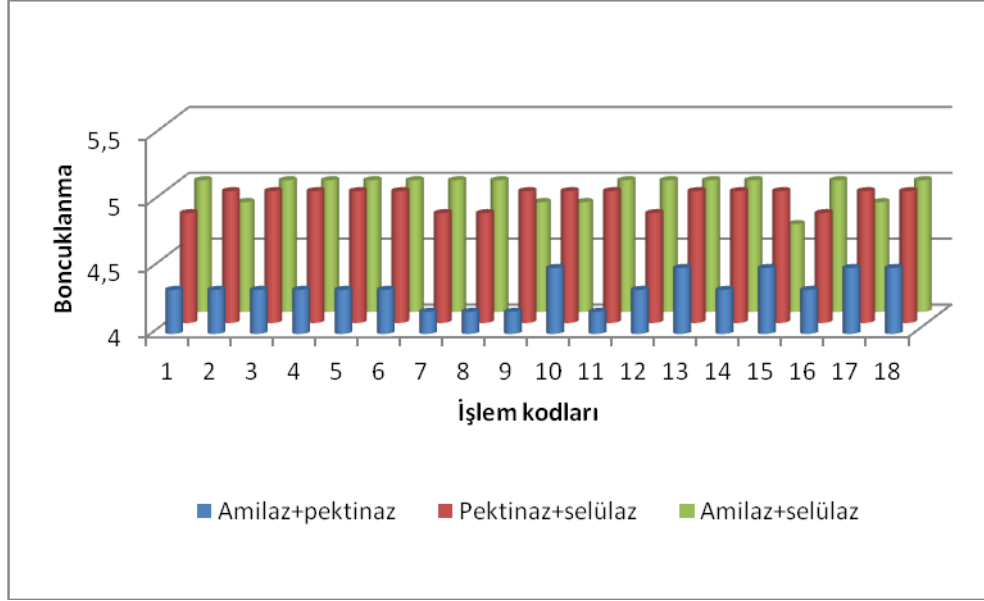
Şekil 4.33. Haşıl sökme

#### 4.3.6. Boncuklanma test sonuçları

Çizelge 4.21. Boncuklanma için varyans analizi

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Beklenen Varyans	F istatistiği	Ftablo ( $\alpha=0,05$ )	Hipotez
pH	1	0,055556	0,055556	1,56	3,95	Kabul
Kombinasyon	2	13,24383	6,621914	185,56	3,1	Red
pH*Kombinasyon	2	0,194444	0,097222	2,73	3,1	Kabul
Konsantrasyon	24	0,546296	0,022762	0,64	1,64	Kabul
pH*Konsantrasyon	24	0,75	0,03125	0,88	1,64	Kabul
Hata	108	3,833333	0,035494			
Toplam	161	18,62346	0,055556			

Boncuklanmaya ait varyans analizi Çizelge 4.21 incelendiğinde boncuklanma değerleri üzerinde sadece kombinasyonun etkisi olduğu anlaşılır. Selülaz enzimi kullanıldığı kombinasyonlarda boncuklanma değerinde iyileşme sağlamıştır.



**Şekil 4.34.** Boncuklanma

#### 4.4. İkili Enzim Kombinasyonları Test Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bu kısımda kullanılacak olan rakamlara karşılık gelen kombinasyonlar aşağıdaki gibidir.

- 1: amilaz+pektinaz (bazik)
- 2: pektinaz+selülaz (bazik)
- 3: amilaz+selülaz (bazik)
- 4: (amilaz+pullinaz)+pektinaz (asidik)
- 5: pektinaz+selülaz (asidik)
- 6: (amilaz+pullinaz)+selülaz (asidik)
- 7: konvansiyonel işlem

**Çizelge 4.22.** İkili enzim kullanımı varyans analizi

**ANOVA**

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
C.y irt	Between Groups	204,126	6	34,021	261,176	,000
	Within Groups	23,707	182	,130		
	Total	227,833	188			
A.y irt	Between Groups	53,646	6	8,941	87,488	,000
	Within Groups	18,600	182	,102		
	Total	72,246	188			
Hidrofilite	Between Groups	66,772	6	11,129	103,185	,000
	Within Groups	19,629	182	,108		
	Total	86,401	188			
Bey azlık	Between Groups	1463,751	6	243,958	2265,410	,000
	Within Groups	19,599	182	,108		
	Total	1483,350	188			
Parlaklık	Between Groups	855,304	6	142,551	2813,235	,000
	Within Groups	9,222	182	,051		
	Total	864,526	188			
Hasil	Between Groups	660,034	6	110,006	3062,709	,000
	Within Groups	6,537	182	,036		
	Total	666,571	188			
Boncuklanm	Between Groups	14,976	6	2,496	88,560	,000
	Within Groups	5,130	182	,028		
	Total	20,106	188			

Varyans analizi sonucu:

Çözgü yırtılma mukavemeti değeri için  $F_{\text{istatistik}} = 261,176 > F_{6,182,\alpha=0,05} = 2,15$  olduğundan  $H_0 : \tau_j = 0$  hipotezi reddedilir. Yani kombinasyonların çözgü yırtılma değerleri birbirlerinden farklıdır.

Atkı yırtılma mukavemeti değeri için  $F_{\text{istatistik}} = 87,478 > F_{6,182,\alpha=0,05} = 2,15$  olduğundan  $H_0 : \tau_j = 0$  hipotezi reddedilir. Yani kombinasyonların atkı yırtılma değerleri birbirlerinden farklıdır.

Hidrofilite değeri için  $F_{\text{istatistik}} = 103,185 > F_{6,182,\alpha=0,05} = 2,15$  olduğundan  $H_0 : \tau_j = 0$  hipotezi reddedilir. Yani kombinasyonların hidrofilite değerleri birbirlerinden farklıdır.

Beyazlık değeri için  $F_{\text{istatistik}} = 2265,410 > F_{6,182,\alpha=0,05} = 2,15$  olduğundan  $H_0 : \tau_j = 0$  hipotezi reddedilir. Yani kombinasyonların beyazlık değerleri birbirlerinden farklıdır.

Parlaklık değeri için  $F_{\text{istatistik}} = 2813,235 > F_{6,182,\alpha=0,05} = 2,15$  olduğundan  $H_0 : \tau_j = 0$  hipotezi reddedilir. Yani kombinasyonların parlaklık değerleri birbirlerinden farklıdır.

Haşıl sökme değeri için  $F_{\text{istatistik}} = 3062,709 > F_{6,182,\alpha=0,05} = 2,15$  olduğundan  $H_0 : \tau_j = 0$  hipotezi reddedilir. Yani kombinasyonların haşıl sökme değerleri birbirlerinden farklıdır.

Boncuklanma değeri için  $F_{\text{istatistik}} = 88,560 > F_{6,182,\alpha=0,05} = 2,15$  olduğundan  $H_0 : \tau_j = 0$  hipotezi reddedilir. Yani kombinasyonların boncuklanma değerleri birbirlerinden farklıdır.

Bu farklılıklar SNK post hoc testi ile analiz edilir.

#### Çözgü yırtılma mukavemeti için:

Test sonucunda, asidik ortamda çalışan enzim kombinasyonlarının çözgü yırtılma mukavemetleri arasındaki farkın anlamlı olmadığı, asidik ortamda çalışan enzim kombinasyonlarının çözgü yırtılma mukavemeti ortalamalarının, bazik ortamda çalışan enzim kombinasyonlarının çözgü yırtılma mukavemeti ortalamalarından yüksek olduğu görülmüştür. Bazik ortamda çalışan amilaz+pektinaz ve amilaz+selüloz kombinasyonlarının ortalamaları arasında fark görülmemiştir. Konvansiyonel işlem en düşük çözgü yırtılma mukavemeti değerine sahiptir.

### C. Yırtılma

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Enzim	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
7,00	27	39,9300			
2,00	27		41,4204		
3,00	27			41,7367	
1,00	27			41,8207	
5,00	27				42,8874
6,00	27				42,9600
4,00	27				43,0770
Sig.		1,000	1,000	,381	,120

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 27,000.

Şekil 4.35. Çözgü yırtılma SNK testi

#### Atkı yırtılma mukavemeti için:

Test sonucunda asidik ortamda çalışan enzim kombinasyonlarının atkı yırtılma mukavemeti değerleri arasında %5 anlamlılık düzeyinde fark olmadığı ve asidik ortamda çalışan enzim kombinasyonlarının atkı yırtılma mukavemeti ortalamalarının bazik ortamda çalışan enzimatik grupların atkı yırtılma mukavemeti ortalamalarından yüksek olduğu görülmüştür. Pektinaz+selüloz kombinasyonunun asidik ve bazik ortamdaki atkı yırtılma değerleri aynıdır. Konvansiyonel işlem en düşük atkı yırtılma mukavemeti değerine sahiptir.

### A Yırtılma

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Enzim	N	Subset for alpha = .05				
		1	2	3	4	5
7,00	27	38,1800				
2,00	27		38,6141			
3,00	27			39,1467		
1,00	27				39,3593	
5,00	27				39,5152	39,5152
6,00	27					39,6707
4,00	27					39,7163
Sig.		1,000	1,000	1,000	,074	,055

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 27,000.

Şekil 4.36. Atkı yırtılma SNK testi



### Hidrofilite değerleri için:

SNK testi sonucunda bazik ortamda çalışan enzimatik kombinasyonların hidrofilite değerlerinin daha yüksek olduğu görülür ve en yüksek ortalamayı pektinaz+sellz kombinasyonu vermiştir. Asidik ortamda çalışan amilaz+sellz kombinasyonunun hidrofilite değeri, asidik ortamda çalışan amilaz+pullinaz+pektinaz kombinasyonu ve asidik ortamda çalışan pektinaz+sellz kombinasyonunun hidrofilite değerleri ile farklılık göstermemiştir. Konvansiyonel işlem en yüksek hidrofilite değerine sahiptir.

**Hidrofilite**

Student-Newman-Keuls <sup>a</sup>

Enzim	N	Subset for alpha = .05				
		1	2	3	4	5
4,00	27	2,6519				
6,00	27	2,8185	2,8185			
5,00	27		2,9333			
1,00	27			3,3481		
3,00	27			3,4111		
2,00	27				3,9444	
7,00	27					4,4300
Sig.		,061	,196	,477	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 27,000.

**şekil 4.37.** Hidrofilite SNK testi

### Beyazlık değerleri için:

Beyazlık değerleri incelendiğinde pektinaz+sellz enzim kombinasyonlarının asidik ve bazik ortamdaki beyazlık değerleri arasında %5 anlamlılık düzeyinde fark yokken, bu gruplar, aynı alt grupta olan yani beyazlık değerleri anlamlı düzeyde birbirinden farklı olmayan diğer kombinasyonların beyazlık değerlerinden daha düşük bir beyazlığa sahiptir. Konvansiyonel işlem en yüksek beyazlık değerine sahiptir.

### Beyazlık

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Enzim	N	Subset f or alpha = .05		
		1	2	3
2,00	27	61,9523		
5,00	27	62,1141		
6,00	27		62,5157	
3,00	27		62,5233	
4,00	27		62,5246	
1,00	27		62,6126	
7,00	27			70,2900
Sig.		,056	,659	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 27,000.

**Şekil 4.38.** Beyazlık SNK testi

Parlaklık değerleri için:

Gruplararası farklılıklar incelendiğinde, asidik ortamda çalışan pektinaz+selülaz ile amilaz+pullinaz+selülaz enzim kombinasyonlarının arasındaki farkın anlamlı olmadığı görülür. Bazik ortamda çalışan amilaz+pektinaz ve amilaz+selülaz grupları arasındaki fark da anlamlı değildir. Konvansiyonel işlem en yüksek parlaklık değerine sahiptir.

### Parlaklık

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Enzim	N	Subset f or alpha = .05		
		1	2	3
5,00	27	54,4453		
6,00	27	54,4581		
2,00	27	54,5488		
3,00	27		54,6846	
4,00	27		54,7023	
1,00	27		54,7939	
7,00	27			60,6700
Sig.		,147	,118	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 27,000.

**Şekil 4.39.** Parlaklık SNK testi

Haşıl sökme değerleri için:

Asidik ve bazik ortamda çalışan pektinaz+selülaz kombinasyonlarının haşıl sökme dereceleri bütün gruplardan ve birbirlerinden anlamlı derecede farklıdır. Bazik

ortamda çalışan pektinaz+selülaz kombinasyonunun haşıl sökme derecesi, asidik ortamda çalışan pektinaz+selülaz kombinasyonunun haşıl sökme derecesinden yüksektir ve asidik pektinaz+selülaz kombinasyonu en düşük haşıl sökme derecesini vermiştir.

**Hasıl**

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

İslem	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
5,00	27	4,5370		
2,00	27		5,1481	
4,00	27			8,9259
6,00	27			8,9259
7,00	27			8,9630
1,00	27			9,0000
3,00	27			9,0000
Sig.		1,000	1,000	,605

Means f or groups in homogeneous subsets are display ed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 27,000.

**Şekil 4.40.** Haşıl sökme SNK testi

Boncuklanma değerleri için:

Asidik ve bazik ortamda çalışan amilaz+pektinaz kombinasyonlarının boncuklanma değerleri, diğer kombinasyonların boncuklanma değerinden daha düşük değerlere sahiptirler. Pektinaz+selülaz, amilaz+selülaz kombinasyonları ve konvansiyonel işlem benzer boncuklanma değerleri vermiştir. Enzimatik işlemden selülaz kullanımı boncuklanmada iyileşme sağlamıştır.

**Boncuklanm**

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

İslem	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
1,00	27	4,2778		
4,00	27		4,4074	
6,00	27			4,9259
2,00	27			4,9444
3,00	27			4,9630
5,00	27			4,9630
7,00	27			5,0000
Sig.		1,000	1,000	,486

Means f or groups in homogeneous subsets are display ed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 27,000.

**Şekil 4.41.** Boncuklanma SNK testi

**Çizelge 4.23.** İkili enzim kullanımına ait SNK testi özet tablo

SNK Testleri Sonuçları Özet Tablo							
	Çözü yırılma (N)	Atkı yırılma (N)	Hidrofilite (cm)	Beyazlık (Stensby)	Parlaklık	Haşıl sökme	Boncuklanma
İşlemler	4-5-6	4-5-6	7	7	7	1-3-4-6-7	2-3-5-6-7
	1-3	5-1	2	1-3-4-6	1-3-4	2	4
	2	3	1-3	2-5	2-6-5	5	1
	7	2	5-6				
		7	4-6				
1: amilaz+pektinaz (bazik) 2: pektinaz+selülaz (bazik) 3: amilaz+selülaz (bazik) 4: amilaz+pullinaz+pektinaz (asidik) 5: pektinaz+selülaz (asidik) 6: amilaz+pullinaz+selülaz (asidik) 7: konvansiyonel işlem Sıralamalarda değerler büyükten küçüğe doğrudur.							

#### 4.5. Tekli Enzim Kullanımları Test Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bu kısımda enzimlere ait kodlar aşağıdaki gibidir.

- 1: amilaz (bazik)
- 2: pektinaz (bazik)
- 3: selülaz (bazik)
- 4: (amilaz+pullinaz) (asidik)
- 5: pektinaz (asidik)
- 6: selülaz (asidik)

**Çizelge 4.24.** Tekli enzim kullanımı test sonuçları

Enzim	Çözü yırılma (N)	Atkı yırılma (N)	Hidrofilite (cm)	Beyazlık (Stensby)	Parlaklık	Haşıl Sökme	Boncuklanma
1	42,68±0,24	39,55±0,25	2,63±0,15	62,78±0,13	54,40±0,19	9±0	4,16±0,28
2	42,53±0,24	38,95±0,51	3,66±0,05	61,66±0,27	54,14±0,13	4±0	4±0
3	42,23±0,22	38,89±0,29	3,73±0,15	61,15±0,45	53,89±0,13	3,5±0	5±0
4	42,69±0,20	39,84±0,40	2,53±0,15	61,33±0,07	53,70±0,05	9±0	4,5±0
5	42,57±0,03	39,72±0,09	2,63±0,15	61,16±0,78	53,64±0,13	3±0	4,5±0
6	42,46±0,15	39,51±0,20	2,9±0,1	60,65±0,37	53,52±0,08	2,5±0	5±0

**Çizelge 4.25.** Tekli enzim kullanımı varyans analizi

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
C.yirt	Between Groups	,921	5	,184	4,614	,003
	Within Groups	1,198	30	,040		
	Total	2,119	35			
A.yirt	Between Groups	4,824	5	,965	9,713	,000
	Within Groups	2,980	30	,099		
	Total	7,803	35			
Hidrofilite	Between Groups	8,746	5	1,749	101,561	,000
	Within Groups	,517	30	,017		
	Total	9,262	35			
Beyazlık	Between Groups	8,529	5	1,706	10,621	,000
	Within Groups	4,818	30	,161		
	Total	13,348	35			
Hasıl	Between Groups	268,201	5	53,640	7724,200	,000
	Within Groups	,208	30	,007		
	Total	268,410	35			
Parlaklık	Between Groups	3,343	5	,669	22,234	,000
	Within Groups	,902	30	,030		
	Total	4,245	35			
Boncuklanm	Between Groups	5,139	5	1,028	92,500	,000
	Within Groups	,333	30	,011		
	Total	5,472	35			

Varyans analizi sonucu:

Çözgü yırtılma mukavemeti değeri için  $F_{\text{istatistik}} = 4,614 > F_{5,30,\alpha=0,05} = 2,53$  olduğundan  $H_0 : \tau_j = 0$  hipotezi reddedilir. Yani enzimlerin çözgü yırtılma değerleri birbirlerinden farklıdır.

Atkı yırtılma mukavemeti değeri için  $F_{\text{istatistik}} = 9,713 > F_{5,30,\alpha=0,05} = 2,53$  olduğundan  $H_0 : \tau_j = 0$  hipotezi reddedilir. Yani enzimlerin atkı yırtılma değerleri birbirlerinden farklıdır.

Hidrofilite değeri için  $F_{\text{istatistik}} = 101,561 > F_{5,30,\alpha=0,05} = 2,53$  olduğundan  $H_0 : \tau_j = 0$  hipotezi reddedilir. Yani enzimlerin hidrofilite değerleri birbirlerinden farklıdır.

Beyazlık değeri için  $F_{\text{istatistik}} = 10,621 > F_{5,30,\alpha=0,05} = 2,53$  olduğundan  $H_0 : \tau_j = 0$  hipotezi reddedilir. Yani enzimlerin beyazlık değerleri birbirlerinden farklıdır.

Parlaklık değeri için  $F_{\text{istatistik}} = 22,234 > F_{5,30,\alpha=0,05} = 2,53$  olduğundan  $H_0 : \tau_j = 0$  hipotezi reddedilir. Yani kombinasyonların parlaklık değerleri birbirlerinden farklıdır.

Haşıl sökme değeri için  $F_{\text{istatistik}} = 7724,2 > F_{5,30,\alpha=0,05} = 2,53$  olduğundan  $H_0 : \tau_j = 0$  hipotezi reddedilir. Yani kombinasyonların haşıl sökme değerleri birbirlerinden farklıdır.

Boncuklanma değeri için  $F_{\text{istatistik}} = 92,5 > F_{5,30,\alpha=0,05} = 2,53$  olduğundan  $H_0 : \tau_j = 0$  hipotezi reddedilir. Yani kombinasyonların boncuklanma değerleri birbirlerinden farklıdır.

Bu farklılıklar SNK post hoc testi ile analiz edilir.

Çözgü yırtılma değerleri için:

Çözgü yırtılma değerleri için SNK testi incelendiğinde selülaz enzimlerinin çözgü yırtılma değerleri arasında %5 anlamlılık düzeyinde herhangi bir farklılık görülmemiştir. Diğer enzimler de kendi aralarında bir grup oluşturmuştur ve aynı çözgü yırtılma değerlerine sahiptirler.

#### Ç.yırtılma

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Enzim	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
3,00	6	42,2217	
6,00	6	42,4517	42,4517
2,00	6		42,5350
5,00	6		42,5800
1,00	6		42,6767
4,00	6		42,6983
Sig.		,055	,231

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,000.

Şekil 4.42. Çözgü yırtılma SNK testi

Atkı yırtılma değerleri için:

Atkı yırtılma değerleri için SNK testi incelendiğinde bazik ortamda çalışan pektinaz ve selülazın verdiği yırtılma değerleri aynıdır ve bu enzimler bir başka grup oluşturan enzimlerin yırtılma değerlerinden daha düşük yırtılma değerlerine sahiptir.

**Ayirtılma**

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Enzim	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
3,00	6	38,8850	
2,00	6	38,9583	
6,00	6		39,5183
1,00	6		39,5617
5,00	6		39,7317
4,00	6		39,8417
Sig.		,690	,304

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,000.

**Şekil 4.43.** Atkı yırtılma SNK testi

Hidrofilite değerleri için:

En yüksek hidrofilite değerini bazik ortamda çalışan selülaz ve pektinaz enzimleri verirken, en düşük değeri asidik ortamda çalışan pektinaz, selülaz ve bazik amilaz vermiştir. Enzimlerin hidrofilite değerleri birbirlerinden anlamlı düzeyde farklıdır.

**Hidrofilite**

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Enzim	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
4,00	6	2,5500		
5,00	6	2,6333		
1,00	6	2,6333		
6,00	6		2,9167	
2,00	6			3,6667
3,00	6			3,7333
Sig.		,522	1,000	,386

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,000.

**Şekil 4.44.** Hidrofilite SNK testi

### Beyazlık değerleri için:

Beyazlık SNK analizi sonuçları incelendiğinde en yüksek beyazlık değerini bazik amilaz verirken, en düşük değeri kendi aralarında %5 anlamlılık düzeyinde aynı beyazlık değerlerine sahip asidik ortam enzimleri ve bazik selülaz enzimi vermiştir. Bunlar dışında kalan enzimlerin de beyazlık değerleri anlamlı düzeyde birbirinden farklı değildir.

**Beyazlık**

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Enzim	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
6,00	6	60,7745		
3,00	6	61,3318	61,3318	
5,00	6	61,3450	61,3450	
4,00	6	61,3760	61,3760	
2,00	6		61,8133	
1,00	6			62,3540
Sig.		,065	,182	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,000.

**Şekil 4.45.** Beyazlık SNK testi

### Parlaklık değerleri için:

Parlaklık SNK analizi sonuçları incelendiğinde en yüksek parlaklık değerini bazik amilaz verirken, en düşük değeri kendi aralarında %5 anlamlılık düzeyinde aynı parlaklık değerlerine sahip asidik ortam enzimleri vermiştir. Bazik pektinazın parlaklık değeri, bazik selülazdan daha yüksektir ve aralarındaki fark anlamlıdır.

**Parlaklık**

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Enzim	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
6,00	6	53,5253			
5,00	6	53,6470			
4,00	6	53,7033	53,7033		
3,00	6		53,8995		
2,00	6			54,1423	
1,00	6				54,4063
Sig.		,194	,059	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,000.

**Şekil 4.46.** Parlaklık SNK testi



Haşıl sökme değerleri için:

Haşıl sökme değerleri ile ilgili SNK analizi sonuçları incelendiğinde asidik ve bazik ortamda çalışan amilazların haşıl sökme dereceleri arasında fark yokken, diğer grupların hepsinin birbirinden anlamlı derecede farklı olduğu ortaya çıkmıştır. Her iki pH ortamında da pektinaz enzimleri selülden daha iyi haşıl sökmüştür ve bazik ortamda sökülen haşılın miktarı daha fazladır.

**Hasil**

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Enzim	N	Subset for alpha = .05				
		1	2	3	4	5
6,00	6	2,5000				
5,00	6		3,0000			
3,00	6			3,5000		
2,00	6				4,0000	
1,00	6					8,9167
4,00	6					9,0000
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	,094

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,000.

**Şekil 4.47.** Haşıl sökme SNK testi

Boncuklanma değerleri için:

Boncuklanma değerleri ile ilgili SNK analizi sonuçları incelendiğinde asidik ve bazik ortamda çalışan selüldenlerin boncuklanma değerleri arasında fark çıkmamıştır ve en yüksek değerleri vermişlerdir. Asidik amilaz ve pektinazın da boncuklanma değerleri benzer çıkmış ve selülden sonra en yüksek değerleri vermişlerdir. En düşük değeri ise bazik pektinaz enzimi vermiştir.

**Boncuklanm**

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

Enzim	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
2,00	6	4,0000			
1,00	6		4,1667		
4,00	6			4,5000	
5,00	6			4,5000	
3,00	6				5,0000
6,00	6				5,0000
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,000.

**Şekil 4.48.** Boncuklanma SNK testi

**Çizelge 4.26.** Tekli enzim kullanımına ait SNK testi özet tablo

<b>SNK Testleri Sonuçları Özet Tablo</b>							
	<b>Çözü yırılma (N)</b>	<b>Atkı yırılma (N)</b>	<b>Hidrofilite (cm)</b>	<b>Beyazlık (Stensby)</b>	<b>Parlaklık</b>	<b>Haşıl sökme</b>	<b>Boncuklanma</b>
<b>İşlemler</b>	1-2-4-5-6	1-4-5-6	3-2	1	1	1-4	2-3-5-6-7
	3-6	3-2	6	2-3-4-5	2	2	4
			1-4-5	3-4-5-6	3-4	3	1
					4-5-6	5	
						6	

1: amilaz (bazik)  
2: pektinaz (bazik)  
3: amilaz(bazik)  
4: amilaz+pullinaz (asidik)  
5: pektinaz (asidik)  
6: selülaz (asidik)  
**Sıralamalarda değerler büyükten küçüğe doğrudur.**

## 5. SONUÇ

Bu tez çalışmasında temel amaç; %100 pamuk kumaşa enzimlerle kombine ön terbiye işlemleri yapmak, enzimatik işlemlerin konvansiyonel işlemler yerine kullanılabilirliğini araştırmak, enzimatik işlemde çeşitli parametreleri değiştirerek optimum çalışma koşullarını bulmak ve değişen parametrelerin haşıl sökme, hidrofilleştirme, boncuklanma, beyazlık, parlaklık, yırtılma mukavemeti değerlerine etkilerini incelemektir. Bu amaçla bazik ortamda çalışan amilaz, pektinaz, selüloz ve asidik ortamda çalışan amilaz+pullinaz, pektinaz, selüloz enzimleri kullanılmıştır. Bu enzimlerin beraber kullanımıyla haşıl sökme, hidrofilleştirme ve biyo parlatma işlemlerinin tek banyoda yapılması amaçlanmıştır. Deneyin ilk kısmında bu enzimler üçerli olarak pH 4,5 ve pH 8' de 40-50-60<sup>0</sup> C sıcaklıkta, 20-40-60 dk işlem sürelerinde kullanılmıştır. İşlemin başarısı yırtılma mukavemeti, hidrofilitte, beyazlık, parlaklık, haşıl sökme, boncuklanma değerleri ile test edilmiştir. Bu testlerin sonuçları incelendiğinde pH 8' de yapılan denemelerden en iyi sonuç 60<sup>0</sup> C, 60 dk'da, pH 4,5' da 50<sup>0</sup> C, 60 dk'da alınmıştır. Deneyin ikinci kısmında ise enzimler ikili kombinasyonlar halinde pH 4,5' da 50<sup>0</sup> C, 60 dk' da ve pH 8' de 60<sup>0</sup> C, 60 dk işlem sürelerinde çeşitli konsantrasyonlarda kullanılmıştır. Böylece konsantrasyon farklılığının yırtılma mukavemeti, hidrofilitte, beyazlık, parlaklık, haşıl sökme, boncuklanma değerleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Deneyin üçüncü kısmını ise enzimlerin tekli olarak kullanılması oluşturmaktadır. Bu kısımda kullanılan ortam şartları ikinci kısımdaki gibidir. Enzimler sabit konsantrasyon, sıcaklık ve sürede tek başlarına kullanılmış ve enzimlerin yırtılma mukavemeti, hidrofilitte, beyazlık, parlaklık, haşıl sökme, boncuklanma değerleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Deneyleerin tamamından elde edilen sonuçlar, konvansiyonel yöntemden elde edilen sonuçlarla kıyaslanarak, enzimatik işlemin konvansiyonel işlem yerine alternatif oluşturup oluşturamayacağı incelenmiştir.

Üçlü enzim kullanımlarında sıcaklığın artması yırtılma mukavemeti değerlerinde azalmaya sebep olurken, hidrofilitte, beyazlık ve parlaklık değerlerini artırmıştır. Bunun sebebi sıcaklığın reaksiyon hızını artırması ve enzimlerin optimum sıcaklıklarına ulaşması olarak yorumlanabilir. Ancak sıcaklık artışının boncuklanma ve haşıl sökme değerleri üzerinde etkisi olmamıştır. İşlem süresinin artması hidrofilitte değerlerini

artırırken, atkı yönlü yırtılma mukavemeti değerlerini azaltmış, beyazlık, parlaklık, boncuklanma ve haşıl sökmede herhangi bir farklılık yaratmamıştır. Sürenin etkisinin sadece atkı yönünde görülmesinin sebebi atkı sıklığının çözgü sıklığından daha düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Yırtılma mukavemetindeki kayıplar bazik ortamda daha fazladır. Bu durum beklenenden farklı çıkmıştır. Bazik ortamda çalışan enzimlerin aktivitelerinin daha yüksek olması bu durumun izahı olabilir. Ancak SNK testi sonucunda asidik ve bazik enzimatik işlemlerin yırtılma mukavemetleri arasında fark görülmemiştir. Asidik ortamda yapılan enzimatik işlemin hidrofilit ve beyazlık değerleri, bazik ortamda yapılan enzimatik işlemin değerlerine göre daha düşüktür ve aralarındaki fark anlamlıdır.

Üçlü enzim kullanımından elde edilen sonuçlar, konvansiyonel yöntemin ve ham kumaşın sonuçları ile kıyaslanmıştır. Yırtılma mukavemeti bakımından konvansiyonel yöntem, enzimatik işlemlerden daha düşük sonuçlar vermiştir ve bu beklenen bir sonuçtur. Konvansiyonel yöntemde kullanılan NaOH, oksijen varlığında oksiselüloz oluşumuna sebep olarak lifin mukavemetinin azalmasına neden olur. Hidrofilit, beyazlık, parlaklık değerleri bakımından konvansiyonel yöntem enzimatik işlemlerden daha yüksek sonuçlar vermiştir. Çünkü konvansiyonel yöntem ile lif üzerinden uzaklaşan pektin, yağ, vaks, mum, renkli pigmentler gibi safsızlıkların miktarı enzimatik yöntemlere göre daha fazla olduğu için konvansiyonel yöntemin hidrofilit, beyazlığa, parlaklığa olan etkisi enzimatik işleme göre daha fazla olmuştur. Enzimatik ve konvansiyonel yöntemlerin boncuklanma ve haşıl sökme değerleri karşılaştırıldığında aralarında herhangi bir farklılık görülmemiştir. Ham kumaş ise en düşük beyazlık, en yüksek yırtılma mukavemeti değerlerine sahiptir.

Deneyin ikinci kısmında enzim konsantrasyon artışının yırtılma mukavemeti kaybını, hidrofilit, beyazlık ve parlaklık değerlerini artırdığı görülmüştür. Bu durum her iki pH ortamından elde edilen sonuçlarda da aynıdır. Artan enzim miktarı daha çok substratın reaksiyona girmesine sebep olmuş, dolayısıyla reaksiyonlarda daha fazla enzim aktivite göstermiş ve test edilen değerlerde artış sağlamıştır. Üçlü enzim kombinasyonlarından alınan sonuçlar gibi ikili enzim kombinasyonlarında da asidik ortamın yırtılma mukavemeti değerleri, bazik ortamın yırtılma mukavemeti değerlerinden yüksekken, hidrofilit değerlerinde ise bu durumun tersi geçerli olmuştur.

Pektinaz+selülaz kombinasyonu en düşük yırtılma mukavemeti, en yüksek hidrofilite değerlerini vermiştir. Bu kombinasyondaki pektinaz enzimi pamuk lifinin en dış kısmındaki ve primer çeperindeki safsızlıkları uzaklaştırarak, selülaz enzimi de selülozun hidrolizini sağlayarak lifin hidrofilleştirilmesine katkı sağlamış ve bu iki enzim hidrofilitede sinerjik etki göstermişlerdir. Aynı zamanda selülaz enzimi yırtılma mukavemeti değerlerinde azalmaya sebep olmuştur. Beyazlık ve parlaklıkta en yüksek sonuçları amilaz+pektinaz, en düşük sonuçları pektinaz+selülaz kombinasyonları vermiştir. Çünkü amilaz nişasta haşılının, pektinaz da safsızlıkların uzaklaşmasını sağlayarak beyazlık ve parlaklıkta iyileşme sağlamışlardır.

İkili enzim kullanımlarından elde edilen yırtılma mukavemeti, hidrofilite, beyazlık, parlaklık, boncuklanma, haşıl sökme sonuçları kendi aralarında ve konvansiyonel yöntemin sonuçlarıyla karşılaştırıldığında, asidik ortamda çalışan enzimatik kombinasyonların yırtılma mukavemeti değerleri arasında herhangi bir farklılık görülmezken, bazik ortamda çalışan pektinaz+selülaz kombinasyonunun yırtılma mukavemeti değerleri, amilaz+pektinaz ve amilaz+selülaz kombinasyonlarının sonuçlarından farklıdır ve ortalama değeri daha düşüktür. Hidrofilite değerleri kıyaslandığında ise en yüksek ortalama sahip olan konvansiyonel işlemi sırasıyla bazik ortamda çalışan pektinaz+selülaz kombinasyonunu, amilaz+pektinaz ve amilaz+selülaz kombinasyonları beraber izlemiştir. Yani amilaz+pektinaz ve amilaz+selülaz kombinasyonları arasında anlamlı düzeyde fark görülmemiştir. Beyazlık ve parlaklık değerleri bakımından asidik ve bazik ortamda çalışan amilaz+pektinaz ve amilaz+selülaz kombinasyonlarının sonuçları birbirlerinden farklı çıkmamıştır ve en yüksek beyazlık değeri ortalamasına sahip konvansiyonel işlemden sonra gelmişlerdir. Bu sonuçlar ışığında, beyazlık ve parlaklıkta amilaz enziminin farklılık yarattığı söylenebilir. Haşıl sökme dereceleri incelendiğinde amilaz içeren kombinasyonların asidik ve bazik ortamda kumaşın haşılını tamamen söktüğü görülmüştür. Haşılın kumaş üzerinden tamamen uzaklaşması, kumaşın beyazlık ve parlaklığında artmaya neden olmuştur. Boncuklanmada, selülaz enzimi kullanıldığı kombinasyonlarda, kumaş yüzeyinden dışarı doğru çıkan lif uçlarının tamamen temizlenmesini sağlayarak, numunelerin pilling derecelerini 5'e çıkarmıştır.

Deneyin üçüncü kısmının sonuçları incelendiğinde her iki pH' da da en düşük yırtılma mukavemeti değerlerini selüloz enzimlerinin verdiği görülür ve bu beklenen bir sonuçtur. Çünkü selüloz enzimi selülozun hidrolizini sağlayarak yırtılma mukavemetinde azalmaya sebep olur. Diğer enzimlerin yırtılma mukavemeti değerleri ise birbirlerinden farklı değildir. Hidrofilite değerleri incelendiğinde bazik selüloz, bazik pektinaz, asidik selüloz enzimleri en yüksek hidrofilite değerlerine sahip ilk üç sıradaki enzimlerdir. Böylece deneyin ikinci kısmında ortaya çıkan pektinaz+selüloz kombinasyonunun en iyi hidrofilite değerleri verdiği sonucu kanıtlanmış olur. Pektin, mum, yağ gibi safsızlıkların uzaklaşmasında selüloz ve pektinaz enzimleri önemli rol oynamışlardır. Ayrıca bazik ortamda çalışan enzimlerin hidrofilite değerleri asidik ortamda çalışan enzimlerin hidrofilite değerlerinden daha yüksektir. Bunun nedeni alkali ortamın hidrofiliteye verdiği katkı ile açıklanabilir. Beyazlık ve parlaklık değerleri incelendiğinde bazik amilaz enziminin en yüksek değerlere sahip olduğu görülür ve deneyin ikinci kısmından çıkarılan yorumu destekler. Boncuklanmada selüloz enzimi en iyi değerleri verirken, haşıl sökmede amilaz enzimleri en yüksek değerleri vermişlerdir.

Enzimatik işlemdeki sıcaklık, süre ve konsantrasyon artışı genel olarak yırtılma mukavemeti değerlerinde düşmeye sebep olurken, hidrofilite, beyazlık ve parlaklık değerlerini artırmıştır. Bazik ortamın hidrofilite, beyazlık ve parlaklık değerleri asidik ortama göre daha yüksekken, yırtılma mukavemeti değerleri daha düşüktür. Amilaz enzimi haşıl sökmede, beyazlıkta ve parlaklıkta, selüloz enzimi hidrofilitede, mukavemet kaybında ve boncuklanmada etkili olmuştur. Haşıl sökme, hidrofilleştirme, boncuklanma işlemleri aynı banyoda başarılı bir şekilde 50-60<sup>0</sup> C' da, 40-60 dk işlem süresinde yapılabilmektedir. Bütün sonuçlar incelendiğinde enzimatik işlemlerin daha düşük sıcaklıklarda ve daha kısa sürelerde yapılmasına rağmen, enzimatik yöntemin test sonuçlarının yeterli düzeyde ve konvansiyonel ön işlemlerin test sonuçları ile benzer olduğu görülmüştür. Yani enzimatik işlem konvansiyonel ön işlemlerin alternatifi olarak kullanılabilir.

## KAYNAKLAR

**Aehle, W., Perham, R., Michal, G., Caddow, A., Concoby, B. 2012.** Enzymes:Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, s.575-609.

**Altınışık, M. 2014.** <http://www.mustafaaltinisik.org.uk/89-1-09.pdf>- (Erişim Tarihi:20.07.2014).

**Anonim,2014.** <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=4300> - (Erişim Tarihi:13.04.2014).

**Anonim,2014.** <http://www.novozymes.com/en/about-us/our-business/what-are-enzymes/pages/default.aspx#specific> - (Erişim Tarihi:24.06.2014).

**Anonim,2014.** (<http://intro.chem.okstate.edu/ChemSource/Enzymes/enzyme13.html> - (Erişim Tarihi:12.07.2014).

**Anonim,2014.** <http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb/enzyme/> - (Erişim Tarihi: 26.06.2014).

**Anonim,2014.** <http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb/enzyme/rules.html> - (Erişim Tarihi:27.06.2014).

**Anonim,2014.** <http://www.enzyme-database.org/cinfo.php?c=2&sc=0&ssc> - (Erişim Tarihi:29.06.2014).

**Anonim,2014.** <http://www.enzyme-database.org/cinfo.php?c=4&sc=0&ssc>- (Erişim Tarihi:29.06.2014).

**Anonim,2014.** <http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb/enzyme/reaction/polysacc/4222.html> - (Erişim Tarihi:29.06.2014).

**Anonim,2014.** <http://www.enzyme-database.org/cinfo.php?c=6&sc=0&ssc> - (Erişim Tarihi:29.06.2014).

**Anonim,2014.** <http://classes.midlandstech.edu/carterp/courses/bio210/chap02/chap02.html> - (Erişim Tarihi:14.07.2014).

**Anonim,2014.** <http://www.cottoninc.com/corporate/MarketData/MonthlyEconomicLetter/pdfs/Monthly-Economic-Letter-Turkish.pdf> - (Erişim Tarihi: 25.09.2014).

**Anonim,2014.** [http://en.wikipedia.org/wiki/Amino\\_acid#mediaviewer/File:Peptid\\_formationball.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/Amino_acid#mediaviewer/File:Peptid_formationball.svg)- (Erişim Tarihi: 30.06.2014).

**Anonim, 2014.** <http://www.europabio.org/what-industrial-biotechnology/> - (Erişim Tarihi:14.07.2014).

**Aniş, P. 2005.** Pamuğun temel n terbiye işlemleri: Tekstil n Terbiyesi, Alfa aktüel, İstanbul, s. 6-120.

**Akkaya, A., Pazarlıoğlu, N. 21.** Yüzyılın Anahtar Teknolojisi: Beyaz Biyoteknoloji.

**Ali, S., Khatri, Z., Khatri, A., Tanwari, A. 2014.** Integrated desizing–bleaching–reactive dyeing process for cotton towel using glucose oxidase enzyme. *Journal of Cleaner Production*, 66: 562-567.

**Aly, A. S., Moustafa, A. B., Hebeish, A. 2004.** Bio-technological treatment of cellulosic textiles. *Journal of Cleaner Production*, 12(7): 697-705.

**Aly, A.S., Sayed, S.M., Zahran, M.K. 2010.** One-step process for enzymatic desizing and bioscouring of cotton fabrics. *Journal of Natural Fibers*, 7(2): 71-92.

**Calafell, M., Garriga, P. 2004.** Effect of some process parameters in the enzymatic scouring of cotton using an acid pectinase. *Enzyme and Microbial Technology*, 34(3): 326-331.

**Cavaco-Paulo, A., Gübitz, G.M. 2003.** Textile processing with enzymes. Woodhead Publishing, İngiltere, 228 s.

**Chen, J., Wang, Q., Hua, Z., Du, G. 2007.** Research and application of biotechnology in textile industries in China. *Enzyme and Microbial Technology*, 40(7): 1651-1655.

**Csiszr, E., Losonczy, A., Szakcs, G., Rusznk, I., Bezr, L., Reicher, J. 2001.** Enzymes and chelating agent in cotton pretreatment. *Journal of Biotechnology*, 89(2): 271-279.

**Csiszar, E., Urbnszki, K., Szakacs, G. 2001.** Biotreatment of desized cotton fabric by commercial cellulase and xylanase enzymes. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 11(4): 1065-1072.

**Davulcu, A. 2008.** Pamuklu Kumaşların n Terbiye Proseslerinin Enzimatik Yöntemlerle Kombine Edilmesi zerine bir Araştırma. *Doktora Tezi*, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

**Dayioğlu H., Karakaş, H. 2007.** Doğal lifler: Elyaf Bilgisi. Ajans Plaza Tanıtım ve İletişim Hizmetleri Ltd.şti., İstanbul, s. 28-40.

**Degani, O., Gepstein, S., Dosoretz, C.G. 2002.** Potential use of cutinase in enzymatic scouring of cotton fiber cuticle. *Applied biochemistry and biotechnology*, 102(1-6): 277-289.

**Demarche, P., Junghanns, C., Nair, R. R., & Agathos, S. N. 2012.** Harnessing the power of enzymes for environmental stewardship. *Biotechnology advances*, 30(5), 933-953.



**Demir, A., Torun, A.R. 2003.** Tekstil hammaddesi: lifler ve iplikler:Tekstil üretim yöntemleri. Şan Ofset, Türkiye, s. 16-20.

**Drauz, K., Waldmann H. 2002.** Enzyme Catalysis in Organic Synthesis. Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, 214 s.

**Duran, K., Öneş, M. 1994.** Tekstil Terbiyesinde Enzimler ve Kullanımı. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 4: 318-328.

**Eren, H. A., Anis, P., Davulcu, A. 2009.** Enzymatic One-bath Desizing-Bleaching-Dyeing Process for Cotton Fabrics. *Textile Research Journal*, 79(12): 1091-1098.

**Eriksson K.E.L., Cavaco-Paulo A. 1998.** Processing Textile Fibers with Enzymes :Enzyme Applications in Fiber Processing, Editörler: Eriksson K.E.L., Cavaco-Paulo A., Woodhead publishing, USA, s. 180-189.

**Ertuğrul, M., Dellal, G., Elmacı, C., Akın, A.O., Pehlivan, E., Soysal M.İ., Arat, S. 2010.** Çiftlik hayvanları genetik kaynakların korunması ve sürdürülebilir kullanımı. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 11-15 Ocak 2010, Milli Kütüphane, Ankara.

**Esfandiari, A., Firouzi-Pouyaei, E., Aghaei-Meibodi, P. 2014.** Effect of enzymatic and mechanical treatment on combined desizing and bio-polishing of cotton fabrics. *The Journal of The Textile Institute*, 1-10.

**Etters, J.N. 1999.** Cotton preparation with alkaline pectinase: an environmental advance. *Textile Chemist and Colorist and American Dyestuff Reporter*, 1(3): 33-36.

**Farooq, A., Ali, S., Abbas, N., Fatima, G. A., Ashraf, M.A. 2013.** Comparative performance evaluation of conventional bleaching and enzymatic bleaching with glucose oxidase on knitted cotton fabric. *Journal of Cleaner Production*, 42: 167-171.

**Frazzetto, G.2003.** White biotechnology. Embo Reports.

**Hebeish, A., Hashem, M., Shaker, N., Ramadan, M., El-Sadek, B., Hady, M.A. 2012.** Cellulase enzyme in bio-finishing of cotton-based fabrics: effects of process parameters. *RITA*, 16(3): 57-60.

**Hebeish, A., Hashem, M., Shaker, N., Ramadan, M., El-Sadek, B., Hady, M.A. 2009.** New development for combined bioscouring and bleaching of cotton-based fabrics. *Carbohydrate polymers*, 78(4): 961-972.

**Ibrahim, N.A., El-Hossamy, M., Morsy, M.S., Eid, B.M. 2004.** Optimization and modification of enzymatic desizing of starch-size. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 43(2): 519-538.

**Ibrahim, N.A., El-Hossamy, M., Morsy, M.S., Eid, B.M. 2004.** Development of new eco-friendly options for cotton wet processing. *Journal of applied polymer science*, 93(4): 1825-1836.

**İşmal, Ö.E. 2003.** Pamuklu kumaşların enzimatik yöntemle hidrofilleştirilmesi üzerine bir araştırma. *Doktora Tezi*, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.

**Kalantzi, S., Mamma, D., Christakopoulos, P., Kekos, D. 2008.** Effect of pectate lyase bioscouring on physical, chemical and low-stress mechanical properties of cotton fabrics. *Bioresource technology*, 99(17): 8185-8192.

**Kalantzi, S., Mamma, D., Kalogeris, E., & Kekos, D. 2010.** Improved properties of cotton fabrics treated with lipase and its combination with pectinase. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 18(5): 82.

**Karapinar, E., & Sariisik, M. O. 2004.** Scouring of cotton with cellulases, pectinases and proteases. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 12(3): 79-82.

**Kim, J., Kim, S.Y., Choe, E.K. 2006.** The beneficial influence of enzymatic scouring on cotton properties. *Journal of Natural Fibers*, 2(4): 39-52.

**King, D.R., Brockway, B.E. 1988.** Treatment of wool materials. Patent, EP 0276547A1.

**Körlü, A. E., Duran, K., Bahtiyari, İ. 2008.** Selülaz Enziminin Selülozik Esaslı Kumaşlar Üzerine Etkisi. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 35-40.

**Kumar, G. V. N. S. 2007.** Scope of biotechnology in textiles. *J Textil Assoc*, 263-266.

**Kut D. 2014.** Enzimler Ve Tekstil Terbiyesindeki Kullanım Alanları Ders Notu

**Lenting, H. B. M., Warmoeskerken, M.M.C.G. 2004.** A fast, continuous enzyme-based pretreatment process concept for cotton containing textiles. *Biocatalysis and Biotransformation*, 22(5-6): 361-368.

**Li, Y., Hardin, Z.R. 1997.** Enzymatic scouring of cotton: effects on structure and properties. *Cellulose*, 94(88.0): 96-0.

**Losonczy, A., Csiszar, E., Szakacs, G., Kaarela, O. 2004.** Bleachability and dyeing properties of biopretreated and conventionally scoured cotton fabrics. *Textile research journal*, 74(6): 501-508.

**Maryan, A. S., Montazer, M. 2013.** A cleaner production of denim garment using one step treatment with amylase/cellulase/laccase. *Journal of Cleaner Production*, 57: 320-326.

**McAuliffe, J. C., Ahle, W., Whited, G. M., Ward, D. E. 2007.** Industrial Enzymes and Biocatalysis. *In Kent and Riegel's Handbook of Industrial Chemistry and Biotechnology*, 1375-1420.

**McCarthy, B.J. 1997.** Biotechnology and coloration. *Review of Progress in Coloration and related topics*, 27(1): 26-31.

**McDevitt, J.P., Patrick, J., Winkler, J.1991.** Method for enzymatic treatment of wool. Patent, JP 3213574.

**Milli Eğitim Bakanlığı, Megep, 2007.** [http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/gida/moduller/enzimlerin\\_ozellikleri.pdf](http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/gida/moduller/enzimlerin_ozellikleri.pdf)- (Erişim tarihi:20.07.2014).

**Opwis, K., Knittel, D., Schollmeyer, E., Nord-West eV, D. T. 2013.** Use of enzymes in the pre-treatment of cotton.

**Öner, E., Sahinbaskan, B.Y. 2011.** A new process of combined pretreatment and dyeing: REST. *Journal of Cleaner Production*, 19(14): 1668-1675.

**Pereira, L., Bastos, C., Tzanov, T., Cavaco-Paulo, A., Gübitz, G.M. 2005.** Environmentally friendly bleaching of cotton using laccases. *Environmental Chemistry Letters*, 3(2): 66-69.

**Presečki, A. V., Blažević, Z. F., & Vasić-Rački, Đ. 2013.** Complete starch hydrolysis by the synergistic action of amylase and glucoamylase: impact of calcium ions. *Bioprocess and biosystems engineering*, 36(11), 1555-1562.

**Rowe, H.D. 1999.** Biotechnology in the textile/clothing industry—a review. *Journal of Consumer Studies & Home Economics*, 23(1): 53-61.

**Sarışık, M., Soyheptemiz, F., Pazarlıoğlu, N. 2006.** Tekstil Sanayinde Enzim Kullanımı. Biyoteknoloji Yüzyılı Ve Türkiye Kongresi, 06.2006

**Sarışık, M. Ö. 2000.** Pamuklu mamüllerin hidrofilleştirilmesinde enzim kullanımı. *Tekstil & Teknik*.166-177.

**Sarışık, M. 2001.** Tekstil Terbiye İşlemlerinde Enzimler. D.E.Ü.Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir, 190 s.

**Sarkar, M., Fan, J., Qian, X. 2007.** Transplanar water transport tester for fabrics. *Measurement Science and Technology*, 18(5), 1465.

**Seventekin, N. 2012.** Selüloz liflerinin kimyasal yapısı ve kimyasal özellikleri, protein liflerinin kimyasal yapısı ve kimyasal özellikleri: Tekstil kimyası. E.Ü.Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezi Yayınları, Meta Basım, İzmir, s.1-40.

**Shafie, A. E., Fouda, M.M., Hashem, M. 2009.** One-step process for bio-scouring and peracetic acid bleaching of cotton fabric. *Carbohydrate polymers*,78(2): 302-308.

**Stănescu, M. D., Dochia, M., Fogoraşi, M., Pustianu, M., Bucur, M.S. 2010.** Enzymes in cotton bio-scouring. *Cellulose*, 86(93): 52.

**Stanescu, M. D., Dochia, M., Radu, D., Sirghie, C. 2010.** Green Solution for Cotton Scouring. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 18(3): 80.

**Şahinbaşkan, B.Y. 2010.** Selülozik elyaf içeren materyallerin çevre dostu yöntemlerle boyanması. *Doktora Tezi*, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Eğitimi Anabilim Dalı, İstanbul.

**Tavčer, P. F., Križman, P., Preša, P. 2006.** Combined bioscouring and bleaching of cotton fibres. *Journal of Natural Fibers*, 3(2-3): 83-97.

**Tavčer, P. F.** Dyeing of Environmentaly Friendly Pretreated Cotton Fabric.

**Tavčer, P. F. 2011.** Biotechnology in textiles—An opportunity of saving water. 978-953.

**Temizkan , G., Arda, N. 2008.** Enzimatik Analiz ve Aktivite Belirleme Yöntemleri:Moleküler Biyolojide Kullanılan Yöntemler, Editörler: Temizkan , G., Arda, N, İstanbul Üniversitesi Biyoteknoloji ve Genetik Mühendisliği Araştırma ve Uygulama Merkezi, ,Nobel Tıp Kitabevleri Ltd. Şti., İstanbul, s 275-302.

**Tokullugil, A., Dirican, M., Ulukaya, E., Gür, E., Tuncel, P., Sarandal, E., Cangül, H. 1997.** Protein yapısı ve fonksiyonu:Biyokimya, Editörler: Tokullugil, A., Dirican, M., Ulukaya, E., Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul, s 1-59.

**Tzanov, T., Costa, S., Guebitz, G.M. 2001.** Dyeing in catalase-treated bleaching baths. *Coloration Technology*, 117(1): 1-5.

**Tzanov, T., Calafell, M., Guebitz, G.M., Cavaco-Paulo, A. 2001.** Bio-preparation of cotton fabrics. *Enzyme and Microbial Technology*, 29(6): 357-36.

**Tzanov, T., Costa, S., Guebitz, G.M., Cavaco-Paulo, A. 2001.** Effect of temperature and bath composition on the dyeing of cotton with catalase-treated bleaching effluent. *Coloration Technology*, 117(3): 166-170.

**Ul-Haq, N., Nasir, H. 2012.** Cleaner production technologies in desizing of cotton fabric. *Journal of The Textile Institute*, 103(3): 304-310.

**Yılmaz, B. 2004.** *Yüksek Lisans tezi*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Eğitimi Anabilim Dalı, İstanbul.

## ÖZGEÇMİŞ

- Adı Soyadı** : Tuba TOPRAK  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Sivas-Merkez 01.01.1987  
**Yabancı Dili** : İngilizce  
**Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)**
- Lise** : Sivas Fen Lisesi (2000-2003)  
**Lisans** : Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
Tekstil Mühendisliği Bölümü  
**Yüksek Lisans** : İstanbul Teknik Üniversitesi,  
Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı.  
Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,  
Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
- Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yılı** : Taha Giyim ( LC Waikiki) (2.5 yıl)  
Batu Tekstil (9 ay)  
Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
Tekstil Mühendisliği Bölümü, (2013-halen)
- İletişim (e-posta)** : [tubatoprak@uludag.edu.tr](mailto:tubatoprak@uludag.edu.tr)