ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Pınar EKER

FARKLI HAMMADDELER İÇEREN LYCRALI DOKUMA KUMAŞLARDA BİYO-PARLATMA VE BİYO-PARLATMANIN KUMAŞ PERFORMANSINA ETKİLERİ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2011

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI HAMMADDELER İÇEREN LYCRALI DOKUMA KUMAŞLARDA BİYO-PARLATMA VE BİYO-PARLATMANIN KUMAŞ PERFORMANSINA ETKİLERİ

Pınar EKER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 14/10/2011 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/~~Oyçokluğu~~ ile Kabul Edilmiştir.

…….....	……	……
Prof. Dr. R. Tuğrul OĞULATA	Prof. Dr. Mesut BAŞIBÜYÜK	Yrd. Doç. Dr. Füsun DOBA KADEM
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. İlhami YEĞİNGİL
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç.Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: MMF2010YL3

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI HAMMADDELER İÇEREN LYCRALI DOKUMA KUMAŞLARDA BİYO-PARLATMA VE BİYO-PARLATMANIN KUMAŞ PERFORMANSINA ETKİLERİ

Pınar EKER

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. R. Tuğrul OĞULATA
Yıl: 2011, Sayfa: 91
Jüri : Prof. Dr. R. Tuğrul OĞULATA
Prof. Dr. Mesut BAŞIBÜYÜK
Yrd. Doç. Dr. Füsun DOBA KADEM

Bu tez kapsamında, farklı hammaddeler ve iplik numaralarına sahip bezayağı dokuma kumaşların performans özelliklerine, biyo-parlatma işleminin etkisi incelenmiştir. Farklı iplik numaralarında %95 pamuk %5 lycra kumaşlar, %95 viskon %5 lycra kumaş, %95 yün %5 lycra kumaş, %95 keten %5 lycra kumaş, farklı karışım oranlarında polyester/viskon lycralı kumaşlar ve polyester/viskon/yün karışımından dokunmuş lycralı dokuma kumaşlar kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında kullanılan kumaşlar üç grupta incelenmiştir. İlk grup kumaşlar biyo-parlatma işlemi öncesi performans testlerine tabi tutulmuştur. İkinci grup kumaşlara endo aktivitesi arttırılmış selülaz enzimi ile biyo-parlatma işlemi uygulanmış ve performans özellikleri incelenmiştir. Üçüncü grup kumaşlara ikinci grup kumaşlar ile aynı şartlar altında modifiye asit selülaz enzimleri biyo-parlatma işlemi uygulanmış ve ardından kumaş performans özellikleri tespit edilmiştir. Performans testleri kapsamında kumaşlara pilling testi, yumuşaklık testi, hidrofilite tayini, kopma ve yırtılma mukavemetleri testi yapılmıştır.

Her üç grup için kaydedilen test sonuçları kıyaslanarak biyo-parlatma işleminin ve farklı yapıdaki enzim türlerinin kumaş performans özelliklerine etkileri incelenmiştir.

Deney sonuçlarından elde edilen verilere, SPSS paket programında Paired-Samples T testi uygulanmış ve değişimin istatistiksel açıdan anlamlılığı değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyo-parlatma, kumaş performans özellikleri, enzim, pilling, dokuma kumaş

ABSTRACT

MSc THESIS

BIO-POLISHING ON WOVEN FABRICS WITH LYCRA THAT CONTAIN DIFFERENT RAW MATERIALS AND EFFECTS OF BIO-POLISHING TO FABRIC PERFORMANCE

Pınar EKER

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF TEXTILE ENGINEERING

Supervisor : Prof. Dr. R. Tuğrul OĞULATA
Year : 2011, Page: 91
Jury : Prof. Dr. R. Tuğrul OĞULATA
Prof. Dr Mesut BAŞIBÜYÜK
Asst.Prof.Dr. Füsun DOBA KADEM

Within the scope of this thesis, with a number of different raw materials and yarn plain woven fabrics performance characteristics, bio-polishing process were investigated. 95% cotton 5% lycra fabrics of different yarn counts, 95% viscose 5% lycra fabric, 95% wool 5% lycra woven fabric, 95% linen 5% lycra fabric, different mixture ratios of polyester/viscose/lycra fabric and polyester/viscose/wool blend woven fabrics with lycra used in this thesis.

The fabrics used in this study were examined in three groups. The first group of fabrics have been subject to performance tests before bio-polishing process. Bio-polishing process with endo-enzyme cellulase were applied and the performance characteristics were examined to second group of fabrics. Bio-polishing process with modified acid cellulase enzymes under the same conditions as the second group of fabrics were applied to third group of fabrics and then fabric performance characteristics have been identified. Within the scope of performance tests; pilling test, stiffness test, hydrophility determination, tensile and tear strength test were performed.

Effects of bio-polishing process and the different types of enzymes to the fabric performance characteristics, were examined by comparing the test results recorded for each of the three groups.

The data obtained from experimental results was applied Paired Samples T Test at SPSS and evaluated the change in statistical significance.

Key Words: Bio-polishing, performance characteristics of fabric, enzyme, pilling, woven fabric

TEŞEKKÜR

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

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca değerli önerileri ile bana yol gösteren, teşvikleri ile hayatımı değiştiren; zamanını, tecrübelerini, destek ve güvenini esirgemeyen, hayatımın altın kalemi, değerli hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Füsun DOBA KADEM'e akademik ve hayata dair öğretileri için içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarımda sürekli yanımda olan, bilgi ve desteklerini esirgemeyen, tezim için benimle çalışıp benimle emek veren değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Serin MEZARCIÖZ'e,

Desteğini her zaman yanımda hissettiğim; zor anlarımda çalışma azmi ve moral veren değerli hocalarım Arş. Gör. Dr. Halil ÖZDEMİR ve Arş. Gör. Dr. Belkıs ZERVENT ÜNAL'a,

Tez çalışmamda içten yardımlarıyla hep benimle olan sevgili arkadaşlarım Arş. Gör. Sabiha SEZGİN BOZOK ve Arş. Gör. İlkan ÖZKAN'a,

Moral ve motivasyon destekleri için arkadaşlarım Yusuf KARA, Tuğçe ÇELEBİ, Serkan KARTAL ve Yeliz SAYIN'a,

Yardımları için Gökhan İLASLANER ve Sezgin GENÇ'e,

Destekleri için Erhan GENÇ ve Rukiye GENÇ'e içten teşekkürler.

Bütün kararlarımda benimle adım atan, her an yanımda ve en önemlisi her an arkamda olan, ellerini hep yüreğimde hissettiğim, hayat üçgenimin köşegenleri Songül EKER, Mustafa EKER ve Dila EKER'e benimle oldukları için çok çok teşekkür ederim.

Saygılarımla...

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
İÇİNDEKİLER IV
ÇİZELGELER DİZİNİ VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ X
1.GİRİŞ 1
1.1. Kullanılan Çeşitli Lifler Ve Özellikleri 2
1.1.1. Pamuk Lifleri 3
1.1.2. Viskon Lifleri 4
1.1.3. Polyester Lifleri 6
1.1.4. Yün Lifleri 7
1.1.5. Keten Lifleri 8
1.1.6. Lycra Lifleri 9
1.2. Dokuma Kumaşlar 10
1.2.1. Temel Dokuma İşlemleri 10
1.2.2. Temel Dokular 11
1.2.2.1. Bezayağı Örgü 11
1.2.2.2. Dimi Örgü 12
1.2.2.3. Saten Örgü 13
1.3. Enzimler 14
1.3.1. Enzimlerin Çalışmalarını Etkileyen Faktörler 16
1.3.1.1. Enzim Aktivitesine Sıcaklığın Etkisi 17
1.3.1.2. Enzim Aktivitesine pH Etkisi 18
1.3.1.3. Enzim Aktivitesine Aktivatörlerin Etkisi 19
1.3.1.4. Enzim Aktivitesine İnhibitörlerin Etkisi 19
1.3.1.5. Enzim Aktivitesine Enzim Konsantrasyonunun Etkisi 19
1.3.1.6. Enzim Aktivitesine Substrat Konsantrasyonunun Etkisi 20
1.3.1.7. Enzim Aktivitesine Diğer Faktörlerin Etkisi 20

1.3.2. Enzimatik Reaksiyonların Çalışma Mekanizması 20
1.3.3. Enzim İmmobilizasyonu 22
1.3.3.1. Tutuklama 23
1.3.3.2. Taşıyıcı Bağlama 25
1.3.4. Tekstilde Kullanılan Enzimler 26
1.3.4.1. Amilazlar 27
1.3.4.2. Peroksidazlar 27
1.3.4.3. Pektinazlar 27
1.3.4.4. Proteazlar 28
1.3.4.5. Lipazlar 28
1.3.4.6. Katalazlar 28
1.3.4.7. Lakkaz 28
1.3.4.8. Selülaz 29
1.3.5. Enzimlerin Kullanıldığı Tekstil Prosesleri 30
1.3.5.1. Haşıl Sökme 30
1.3.5.2. Ağartma 35
1.3.5.3. Enzimatik Kaynatma 35
1.3.5.4. Serisin Uzaklaştırma 36
1.3.5.5. Taş Yıkama 37
1.3.5.6. Biyo-parlatma 37
1.4. Biyo-parlatma İşlemi 37
1.4.1. Biyo-parlatmanın Dokuma Kumaşlara Etkileri 40
1.4.1.1. Biyo-parlatmanın Boncuklanma (Pilling) Eğilimine Etkisi 40
1.4.1.2. Biyo-parlatmanın Yumuşaklık ve Tutuma Etkisi 41
1.4.1.3. Biyo-parlatmanın Hidrofiliteye Etkisi 41
1.4.1.4. Biyo-parlatmanın Mukavemete Etkisi 41
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 43
3. MATERYAL ve METOD 47
3.1. Kullanılan Materyaller 47
3.1.1. Kullanılan Kumaşların Özellikleri 47

3.1.2. Kullanılan Kimyasalların Özellikleri 48
3.2. Metod 48
3.2.1. Kumaşlara Uygulanan Kimyasal İşlemler 48
3.2.2. Kumaşlara Uygulanan Testler 50
3.2.2.1. Pilling Testi 50
3.2.2.2. Yumuşaklık Testi 50
3.2.2.3. Hidrofilite Testi 51
3.2.2.4. Kopma Mukavemeti Testi 52
3.2.2.5. Yırtılma Mukavemeti Testi 53
4. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 57
4.1. Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi 57
4.1.1. Pilling Testi Sonuçları 57
4.1.2. Yumuşaklık Testi Sonuçları 61
4.1.3. Hidrofilite Test Sonuçları 63
4.1.4. Kopma Mukavemeti Testi Sonuçları 65
4.1.5. Yırtılma Mukavemeti Testi Sonuçları 71
4.2. Test Sonuçların İstatistiksel Değerlendirmesi 76
4.2.1. Yumuşaklık Test Sonuçların İstatistiksel Değerlendirmesi 77
4.2.2 Hidrofilite Test Sonuçların İstatistiksel Değerlendirmesi 78
4.2.3. Kopma Mukavemeti Test Sonuçların İstatistiksel Değerlendirmesi 79
4.2.4. Yırtılma Mukavemeti Test Sonuçların İstatistiksel Değerlendirmesi 80
5. SONUÇLAR 83
KAYNAKLAR 87
ÖZGEÇMİŞ 91

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 1.1. Enzimlerin isimlendirilmelerine örnekler 16
Çizelge 1.2. Amilazların etkili olduğu pH ve sıcaklıklar 31
Çizelge 1.3. Serisindeki elementlerin oranı 36
Çizelge 1.4. Selülaz enzimlerinin kullanım alanları 39
Çizelge 1.5. Değişik selülaz tiplerinin pH ve sıcaklık şartları 40
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan kumaşların özellikleri 47
Çizelge 3.2. Kasar reçetesi 48
Çizelge 3.3. Boyama reçetesi 49
Çizelge 3.4. Seçilen pendulumlar 55
Çizelge 4.1. Martin-dale pilling test sonuçları (125-500 devir) 58
Çizelge 4.2. Martin dale pilling test sonuçları (1000-2000 devir) 59
Çizelge 4.3. Martin dale pilling test sonuçları (5000-7000 devir) 60
Çizelge 4.4. Enzimsiz numunelerin yumuşaklık test sonuçları 61
Çizelge 4.5. E1 ile işlem görmüş numunelerin yumuşaklık test sonuçları 62
Çizelge 4.6. E2 ile işlem görmüş numunelerin yumuşaklık test sonuçları 62
Çizelge 4.7. Enzimsiz numunelerde batma süreleri 64
Çizelge 4.8. e1 ile işlem görmüş numunelerde batma süreleri 64
Çizelge 4.9. e2 ile işlem görmüş numunelerde batma süreleri 65
Çizelge 4.10. Enzimsiz numunelerin kopma mukavemeti test sonuçları 66
Çizelge 4.11. e1 ile işlem görmüş numunelerin kopma mukavemeti test sonuçları 67
Çizelge 4.12. e2 ile işlem görmüş numunelerin kopma mukavemeti test sonuçları 68
Çizelge 4.13. Kopma mukavemeti test sonuçları 69
Çizelge 4.14. Enzimsiz numunelerin yırtılma testi sonuçları 71
Çizelge 4.15. e1 ile işlem görmüş numunelerin yırtılma testi sonuçları 72
Çizelge 4.16. e2 ile işlem görmüş numunelerin test sonuçları 73
Çizelge 4.17. Yırtılma mukavemeti test sonuçları 74
Çizelge 4.18. Stiffness paired-samples t testi sonuçları 77

Çizelge 4.19. Hidrofilite paired-samples t testi sonuçları..... 78
Çizelge 4.20. Kopma mukavemeti atkı yönü paired-samples t testi sonuçları 79
Çizelge 4.21. Kopma mukavemeti çözgü yönü paired-samples t testi sonuçları..... 80
Çizelge 4.22. Yırtılma mukavemeti çözgü yönü paired-samples t testi sonuçları 81
Çizelge 4.23. Yırtılma mukavemeti atkı yönü paired-samples t testi sonuçları..... 81

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 1.1. Pamuk Lifinin Yapısı 3
Şekil 1.2. Selülozun Kimyasal Yapısı 4
Şekil 1.3. Viskon Liflerinin Enine Kesiti..... 5
Şekil 1.4. Poliester liflerinin formülü 6
Şekil 1.5. Keten Lifi Yapısı 9
Şekil 1.6. Bezayağı Dokusu 11
Şekil 1.7. Bezayağı Örgü Raporu..... 12
Şekil 1.8. Dimi Doku..... 12
Şekil 1.9. Dimi Örgü Raporu 13
Şekil 1.10. Saten Örgü..... 13
Şekil 1.11. Saten Örgü Raporu..... 14
Şekil 1.12. Aminoasitlerin Genel Yapısı 15
Şekil 1.13. Sıcaklığın Enzim Aktivasyonuna Etkisi..... 18
Şekil 1.14. Ortam pH'ının Enzim Aktivasyonuna Etkisi 18
Şekil 1.15. Enzim Konsantrasyonu - Reaksiyon Hızı Grafiği 20
Şekil 1.16. Anahtar-Kilit Modeli..... 21
Şekil 1.17. İnduced Fit Modeli..... 21
Şekil 1.18. Enzim İmmibilizasyon Yöntemlerinin Sınıflandırılması 23
Şekil 1.19. Kafeste Tutuklama 24
Şekil 1.20. Mikrokapsülleme 24
Şekil 1.21. Çapraz Bağlama..... 25
Şekil 1.22. Adsorbsiyon..... 25
Şekil 1.23. Kovalent Bağlama..... 26
Şekil 1.24. Katalazların Hidrojenperoksiti Parçalama Reaksiyonu 28
Şekil 1.25. Haşıl Maddelerinin Uzaklaştırılma Şekilleri 30
Şekil 1.26. Nişastanın Hidrolizasyonu..... 32
Şekil 1.27. 30-70ºC'de Çalışan Enzimlerin Aktivitesinin Sıcaklığa Göre Değişimi..... 33
Şekil 1.28. 30-70ºC'de Çalışan Enzimlerin Aktivitesinin pH'a Göre Değişimi..... 33

Şekil 1.29. 80-115ºC'de Çalışan Enzimlerin Aktivitesinin Sıcaklığa Göre Değişimi..... 34
Şekil 1.30. 80-115ºC'de Çalışan Enzimlerin Aktivitesinin pH'a Göre Değişimi..... 34
Şekil 3.1. Enzim Prosesi..... 49
Şekil 3.2. Martindale Pilling Test Cihazı..... 50
Şekil 3.3. Stiffness Test Cihazı..... 51
Şekil 3.4. Titan Universal Test Cihazı..... 52
Şekil 3.5. Kopma Mukavemeti Numune Hazırlama..... 53
Şekil 3.6. Elmatear Test Cihazı..... 54
Şekil 4.1. Atkı Yönlü Numunelerde Kopma Mukavemeti..... 70
Şekil 4.2. Çözgü Yönlü Numunelerde Kopma Mukavemeti..... 70
Şekil 4.3. Atkı Yönlü Numunelerde Yırtılma Mukavemeti..... 75
Şekil 4.4. Çözgü Yönlü Numunelerde Yırtılma Mukavemeti..... 75

1. GİRİŞ

Türkiye'nin önemli endüstri dallarından biri olan tekstil sektörü, ihracatımızın lokomotifi durumundadır. Tekstil sektörü ihracatının alt dallarından olan dokuma kumaş ihracatı ise önemini her dönem korumaktadır.

Dokuma kumaş ihracatının önemi ve kullanım yelpazesinin genişliği, kumaş kalite parametrelerinin de önemini arttırmaktadır. Bu nedenle; dokuma kumaşların kullanım ömrünü ve kalitesini arttıran bitim işlemleri, en çok araştırılan ve geliştirmeye yönelik üzerinde çalışılan işlemlerdir. Kumaşlarda kaliteyi ve kullanım ömrünü etkileyen en önemli parametrelerden biri boncuklanmadır (piling oluşumu). Boncuklanma; sürtünme gibi çeşitli mekanik etkiler sonucu, kumaş yapısında bulunan lif uçlarının kumaş yüzeyine çıkması ve mekanik etkinin devamı neticesinde lif demetleri oluşmasıdır. Bu istenmeyen bir durum olup, çeşitli şekillerde önlenebilmektedir. Yüzey aktif maddeler yardımıyla, yakma işlemi ya da enzimatik işlemler yoluyla pilling oluşumu engellenebilmektedir. Yüzey aktif maddelerin kullanıldığı işlemler sonucu, kumaşlarda emicilik özelliği olumsuz etkilenirken, yakma işlemi sonucu ise kumaşlarda sararma meydana gelmektedir. Bu nedenle antipilling işlemi için enzimlerin kullanımı giderek artmaktadır. Enzimatik antipilling işlemleri yani biyoparlatma işlemleri için farklı yapılardaki çeşitli enzimler kullanılabilmektedir.

Bu çalışmada biyoparlatma işleminde kullanılan enzimlerin yapıları incelenmiştir. Eksoy Kimya Fabrikası tarafından üretilen 2 farklı yapıdaki enzim kullanılarak, farklı hammaddelerden üretilen dokuma kumaşlara biyoparlatma işlemi uygulanmıştır. Çalışma sonunda aşağıdaki sorulara cevap bulunması hedeflenmiştir.

- Biyoparlatma işlemi, kumaş performansını etkiler mi?
- Etkiliyor ise bu etkinin kumaşın içerdiği hammaddeyle ilişkisi nasıldır?
- Biyoparlatma işleminde kullanılan enzimlerin sahip oldukları farklı kimyasal yapılar performansı nasıl etkiler?
- Dokuma kumaşlarda hammadde, boncuk oluşumu üzerinde etkin bir parametre midir?

- Hammadde içeriği pilling oluşumunu etkiliyor ise, hangi hammadde pillingi nasıl ve ne derece etkiler?

Hedefler doğrultusunda biyoparlatma işlemine tabii tutulan dokuma kumaşlara performans testleri uygulanmış, böylece enzim seçiminin ve biyoparlatma işleminin kumaş performansına etkilerinin gözlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmalarda pamuk, viskon, keten, yün, poliester-viskon ve bunların elastan içerikli karışımlarından dokunmuş kumaşlar kullanılmıştır.

Her kumaş için biyo-parlatma öncesi ve 2 farklı enzimin kullanıldığı biyo-parlatma işlemi sonrası olmak üzere 3 adet sonuç kaydedilmiştir. Biyo-parlatma işlemi öncesi kaydedilen sonuçlar kontrol grubu olarak ele alınmış, sonuçlar bu grup ile kıyaslanmıştır. Çalışma sonunda; biyo-parlatma işleminin performansı olumsuz ve olumlu etkilediği noktalar saptanmıştır.

Boncuklanma eğilimini azaltmak için yapılan biyo-parlatma işleminin performansa etkilerinin önceden bilinmesi, tekstil mamulünün kullanım alanına göre, apre aşamasına yön verilmesini kolaylaştıracaktır.

1.1. Kullanılan Çeşitli Lifler Ve Özellikleri

Lifler, yeterli uzunluk, incelik ve mukavemete sahip; sarılma, eğrilme ve katlanmaya elverişli olan tekstil ana malzemeleridir. Tekstilin hammaddesini oluşturan lifler doğal ve yapay lifler olmak üzere genel olarak 2'ye ayrılmaktadır.

Doğal lifler hayvansal, bitkisel ve mineral kökenli liflerden oluşmaktadır. Hayvansal kökenli doğal liflerden hala en çok tercih edileni yün lifidir. Bitkisel kökenli liflerin en başında pamuk lifi gelmektedir. Sektördeki önemini kaybetmeyen pamuk lifini keten lifi kullanımı takip etmektedir.

Sektörde liflere olan talebin artması ve teknik gelişmeler, yapay liflerin kullanımını doğurmuştur. Yapay lifler doğal kökenli ve sentetik polimer kökenli olarak üretilebilmektedir. Dünya genelinde lif tercihini en çok etkileyen parametre elyafın konfor özelliğidir. Bu özellik insan yapımı selülozik liflerin önemini arttırmaktadır. Bu alanda en çok kullanılan selülozik yapay lif viskondur. Polimer kökenli yapay liflerin başında ise polyester gelmektedir. Karışıma yatkınlıkları,

fiziksel ve kimyasal özellikleri yanı sıra konfor özellikleri ve üretim sahalarının genişliği bu liflerin geniş yelpazede kullanımını sağlamıştır.

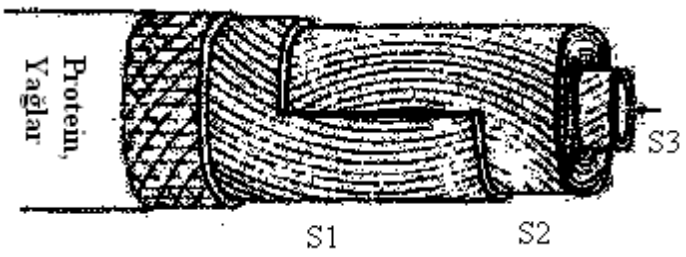
Yapay liflerden olan elastik lifler, kullanımda sağladıkları rahatlık ve modanın da etkisiyle sektörde önemli bir yer edinmiştir.

Aşağıda bu lifler daha geniş anlatılmıştır.

1.1.1. Pamuk Lifleri

Pamuk günümüzde Türkiye'nin en önemli hammaddelerinden biridir. Pamuk ve pamuklu ürünler, Türkiye'nin uluslararası piyasalarda kısmen söz sahibi olduğu sektörlerin başında gelmektedir.

Pamuk, esas kimyasal yapısı selüloz olan en önemli bitkisel liftir. Pamuk lifi, selülozik ve selülozik olmayan materyallerden oluşmaktadır. Bir pamuk lifinin en dış tabakası; mum ve pektinle kaplı kütikula tabakadır ve mum, pektin, selüloz ve proteinik materyallerden oluşan primer çeperin etrafını sarmaktadır (Sarıışık, 2001).

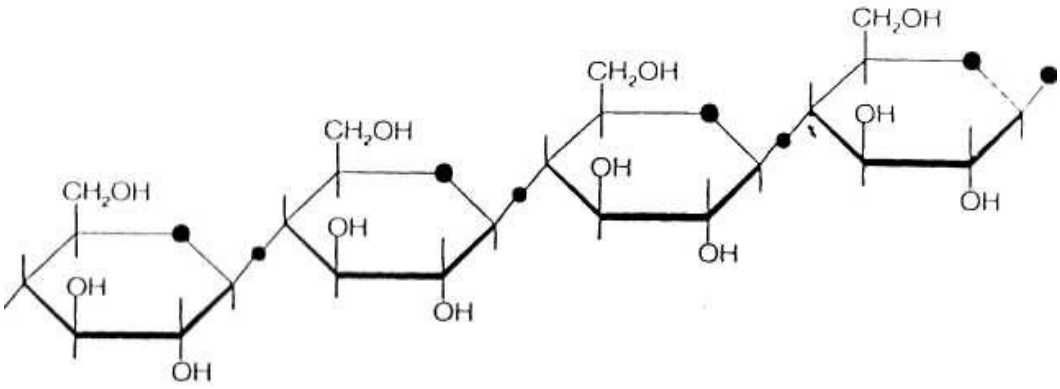


S1: Primer Çeper S2: Sekonder Çeper S3: Lümen
Şekil 1.1. Pamuk Lifinin Yapısı (Erenler, 2009)

Pamuk lifinin daha iç kısımlarında paralel selüloz fibrilllerinden oluşan sekonder çeper ve lümen bulunmaktadır. Tabakaların kimyasal ve fiziksel yapıları farklıdır. Mum, protein ve kütikula lif ağırlığının %2.5'u kadardır. Bunlar amorf yapıdadırlar. Selüloz esaslı primer çeper lif ağırlığının %2.5'u kadardır ve %30 kristalite indeksine sahiptir. Sekonder çeper de primer çeper gibi selüloz esaslıdır. %70 kristalite indeksine sahip bu katman lifin %91.5 ağırlığındadır. En iç tabaka olan lümen ise protoplazmik kalıntılardan oluşmaktadır.

Enzimatik işlemlerin anlaşılmasında pamuğun yapısı önemlidir. Mum, pektin maddeler ve proteinlerin hepsi amorf yapıdadır. Primer çeper selülozu, sekonder çeper ve lifin ana yapısındaki selülozdan daha amorftur. Selülozik olmayan maddeler ve primer çeper selülozu pamuk lif ağırlığının çok küçük bir kısmını oluşturur. Pamuk yüzeyinde mikro gözenekler ve yarıklar bulunmaktadır. Bunlar enzim girişine izin vermek amacıyla genişletilebilir. Bu nedenle pamuk yüzeyi lif iskeletine göre daha kolay enzimle iletişime geçer (Asferg ve Videback, 1990).

Pamuk lifi ağırlığının %85-90'ını oluşturan selüloz, terbiye işlemleri sonucu %99'a varan bir orana ulaşmaktadır. Bu nedenle pamuğun kimyasal karakterinde selülozun önemi büyüktür.



Şekil 1.2. Selülozun Kimyasal Yapısı (Lewin and Pearce, 1998)

Selülozun yapısında bulunan OH grupları, kimyasal maddelerin pamuk lifine etkilerini belirlemektedir.

1.1.2. Viskon Lifleri

Doğal liflerin artan talebe karşılık veremeyişi nedeniyle başlayan araştırmalar sonucu rejenere selüloz lifleri üretilmiştir. Bu lifler, odun (ağaç) hamuru selülozunun uygun bir çözücüde rejenerasyonu sonucu elde edilirler.

Rejenere selüloz liflerinin sahip olduğu,

- İyi boyanabilme özelliği, oldukça yüksek haslıkta boyamaların elde edilebilmesi,

- Liflerin doğal parlaklığı nedeniyle tüm renk nüanslarının elde edilebilmesi,
- Bu liflerden elde edilen tekstil ürünlerinin yumuşak tutumu ve zarif görünümü,
- Kolay işlenebilmesi,
- Pratikte bütün lif türleri ile karşım halinde kullanılabilmesi
- Yüksek giyim konforu,
- Yüksek emicilik özelliği,
- Biyolojik olarak parçalanabilir olması,
- Yenilenebilen hammaddeden üretilmesi gibi avantajlar kullanım yelpazesini genişletmiştir. Bu avantajların yanında rejenere lifler bazı özel dez avantajlara sahiptir. Düşük yaş mukavemet, yüksek buruşma eğilimi, uzun kurutma süresi, kolay tutuşabilme, alkali flottelerde çekme ve deformasyon bunlardan bazılarıdır (Robinson, 1980).

Rejenere selüloz lifler içinde en çok kullanılanı viskon lifidir.



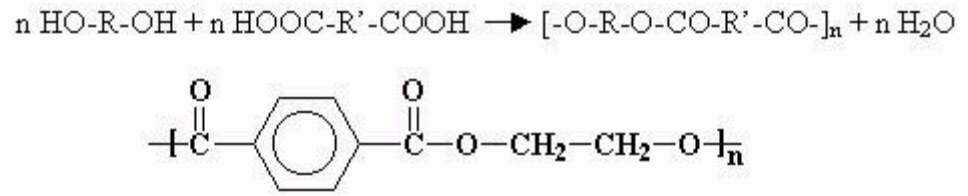
Şekil 1.3. Viskon Liflerinin Enine Kesiti (Rouette, 2001)

Selülozik olan viskon elyafında kristalin bölge oranı amorf bölge oranından daha düşüktür. Lif %60-70 intermiselar yani amorf bölgeden oluşmaktadır. Bu noktada viskon lifi pamuk lifiyle kıyaslandığında daha düşük mukavemete sahiptir. Yapılarına daha fazla su alma yeteneğine sahip olan bu lifler, daha yüksek elastikiyet ve daha kuvvetli buruşma özelliğine sahiptirler.

Enzimatik yıkama işlemleri fibrilasyon özelliğine sahip viskon liflerine uygulanan önemli terbiye işlemlerinden biridir. Gerek terbiye işlemleri sırasında (ağartma, boyama), gerekse kullanım sırasında mamul yüzeyinde oluşabilecek tüycük ve lif uçlarını uzaklaştırmak kaliteli bir ürün için vazgeçilmez bir unsurdur (Sarıışık, 2001).

1.1.3. Polyester Lifleri

Sentetik polimerlerden üretilen yapay liflerin en çok kullanılanı polyester lifleridir. Poliester kelimesi, genel olarak bir dialkol ile bir dikarboksilik asidin kondensasyon ürünü olan uzun zincirli polimerlere verilen addır. Bu zincirde ester (-CO-O-) grubu çok sayıda tekrarlanır.



Şekil 1.4. Poliester liflerinin formülü (Başer, 2002)

Poliester lifleri eriyikten lif çekme yöntemine göre üretilmektedir. Düzelerden geçen eriyiğin lif haline getirilmesi ile elde edildiklerinden enine kesitleri değişik olarak üretilebilirler. Ancak özel amaçlar dışında enine kesit daireseldir. Lif yüzeyleri pürüzsüz olup cam çubuğa benzemektedir.

Polyester lifleri yüksek oranda kristalin bölge içerdiklerinden mukavemetleri yüksektir ve üretim şekline bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Genel olarak polyester liflerinin avantajları;

- Yüksek elastikiyet özelliği ve yüksek mukavemet,
- Yüksek yıpranma dayanıklılığı,
- Mükemmel ısı dayanıklılığı,
- Düşük su absorbsiyonu, kolay yıkanabilirlik ve çabuk kuruma,
- Kırışmaya karşı dirençlidir, ısı uygulandığında kıvrılma özelliği,

- Kimyasallara karşı dayanıklılık şeklinde sıralanabilir.

  Bütün bu avantajlarına rağmen polyester liflerinin,

- Kirliliğe yol açan maddeler ve yağlara ilgi,
- Kuvvetli elektrostatik yüklenme ve hızlı kirlenme,
- Boyama zorlukları,
- Düşük su ve ter absorbsiyonu,
- Kesikli elyafın oluşan mamul ürünlerde pilling oluşması gibi bazı spesifik dezavantajları vardır (Reichert, 1998).

Polyester içeren tekstil mamullerindeki pillinglenmenin tamamen önüne geçmek mümkün değildir. Ancak enzimlerle yapılan biyolojik yıkama işlemleriyle, boncuk oluşumu en aza indirilmektedir.

1.1.4. Yün Lifleri

Yün temel olarak proteinden oluşur. Kimyasal olarak yün, keratin olarak adlandırılan protein grubuna dahildir. Keratin makromolekülleri yirmi iki ayrı alfa amino asidinden oluşmuştur (Yakartepe, M. Ve Yakartepe, Z., 1995).

Yün lifleri diğer tüm doğal ve yapay liflerden daha fazla çeşitte moleküler arası çekime sahiptir. Bunlar; kovalent bağlar, tuz bağları, hidrojen köprüleri ve apolar bağlar olarak gruplandırılabilir. Fakat aralarında en önemli olanı makropeptit zincirleri birbirine bağlayan disülfür bağlarıdır. Bu bağlar yün lifinin fiziksel ve meknaik özelliklerine katkıda bulunmaktadır (Bahtiyar, Akça ve Duran, 2008).

Yün lifinin en belirgin özelliği çok iyi ısı tutmasıdır. Kuru ağırlığının 1/3'ü kadar nem alabilme ve verme yeteneğine sahiptirler. Nem alışverişi sırasında ıslaklık hissedilmez. Yün, sıcaklık, emicilik, dökümlülük ve tuşeyi destekler. Yapay liflerin karışıma kazandırdıkları özellikler sayesinde çok kullanışlı ürünler meydana gelir.

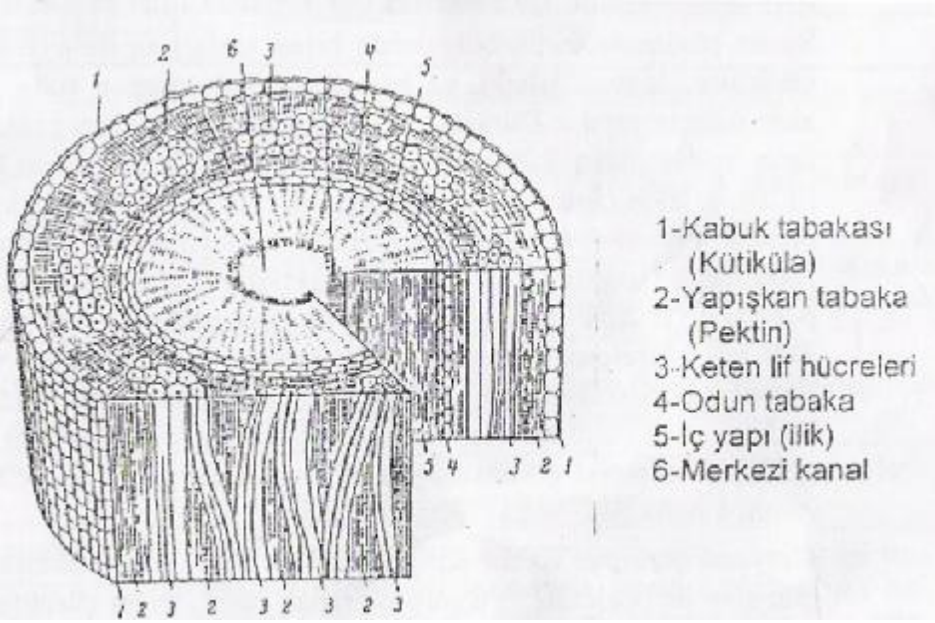
1.1.5. Keten Lifleri

Keten bir gövde lifi olduğundan, genellikle kabuk ve iç doku arasındaki gövdenin dış kısımlarından elde edilir ve havuzlanma işlemi ile kullanılır hale gelir. Havuzlama, liflerin lif olmayan dokulardan biyokimyasal olarak ayrılmasıdır.

Keten yapısında selüloz yanında pek çok madde bulunmaktadır. Keten lifinde, havuzlama sırasında pektinazik ve hemi-selülozik şekerler uzaklaştırılmaktadır. Selüloz liflerini, onları çevreleyen dokulardan ayırarak, serbest kalmasını sağlamak havuzlamanın temel amacıdır. Bu ya mikroorganizmalar bitki gövdesinin içine nüfuz ederek ya da enzimatik işlemler ile lif yığınlarını birbirine bağlayan pektinazı, suda çözebilen basit bileşiklere dönüştürerek yapılır (Körlü, 2006).

Keten lifi, bitkinin sap ve gövdesinden elde edilir. Keten sapının enine kesitinde tabakalar halinde bir yapıyla karşılaşılmaktadır. Sapın en dış tabakası kütikuladır. İnce olan bu taba-kadan sonra sırasıyla epidermis, kabuk doku ve ince kambiyum tabakası gelmektedir. Kambiyumun altında ise lif hüzmelerinin (demetlerinin) bulunduğu geniş odun tabakası bulunmaktadır.Sap kesitinin orta kısmında ise bitki özü tabakası ve boş kanal var-dır. Lif hücreleri; çok köşeli,fazla uzanmış ve iki ucu sivrilmiş bir prizmanın şekline sahiptir. Primer çeper,sekonder çeper ve lümenden oluşmuştur.

Keten içeren tekstil mamüllerinin çabuk kuruyarak serinlik hissi vermesinden dolayı özellikle sıcak havalarda aranılan bir elyaftır. Ayrıca tutum ve parlaklığının iyi olması, pamukla aynı şekilde yıkanabilir ve kuru temizleme yapılabilir olması, ütülenme sıcaklığı en yüksek olan kumaş (232ºC) olması ve hiçbir statik elektriklenme ya da pilling problemi yaratmaması keten lifine olan talebin artmasını sağlamaktadır.



Şekil 1.5. Keten Lifi Yapısı

1.1.6. Lycra Lifleri

Lycra lifleri, makromolekül zincirleri, üretan gruplarının tekrarı şeklinde olan lineer makromoleküllerden oluşmuştur. Üretan ile kısa zincirli sert blok polimer olarak segmanlaşmış poliüretan ve hareketli, uzun zincirli segman olarak yüksek molekül ağırlığına sahip polieterdir. Lycra (likra) elyafı olarak iki tip polimer geliştirilmiştir. Bu polimerlerden bir kısmı eter, diğer bir kısmı da ester gruplarıyla bağlanmıştır. Ester bağları ile bağlanmış elyaf, kimyasal muamelelere ve tekstilde uygulanan muamelelere son derece hassastır. Buna karşılık eter bağları ile bağlı olanlar işlemlere daha dayanıklıdır. Gerildiklerinde esneme ve geri dönme özelliklerini kaybetmezler (Yakartepe, 1995).

Lycra elyafının mukavemeti 0,5 gr/denye civarındadır %500'ün üzerinde uzamaya sahip liflerdir. Elyafın herhangi bir şekilde uzatılmasından sonra eski haline geri dönebilme yeteneğini, yapısındaki amorf bölge oranı belirler. Lycra elyafındaki %85'lik amorf bölge oranı, lifin en belirgin özelliğinin esneklik olmasını sağlamaktadır. Elyaf yapısında kristalin bölge ile amorf bölge arasında bağlantılar vardır. Uzamaya maruz kaldıklarında amorf bölge kristalize olur. Kuvvet ortadan kalktığında eski amorf formuna geri döner.

Gün ışığına, hava şartlarına, küflenmeye, birçok kimyasala, aşınmaya ve biyolojik etkenlere karşı dirençlidirler. Bu özellikleri, bu elyaflardan üretilen tekstil materyallerinin uzun ömürlü olmasını sağlamaktadır. Ancak çok ağır şartlarda, uzun süreli etkilerde elastikiyetinden kaybeder.

1.2. Dokuma Kumaşlar

Bu çalışma kapsamında yapılan testlerde dokuma kumaşlar kullanılmıştır. Dokuma kumaşlar, iki iplik sistemiyle oluşturulmuş tekstil yüzeyleridir. Belirli kurallara göre dik açılar yaparak kesişen ‘’atkı’’ ve ‘’çözgü’’ ipliklerinden oluşurlar. Oluşan dokuma kumaşın boyu yönündeki iplikler çözgü iplikleridir. Bunlara dik konumda olan ve kumaşın eni boyunca uzanan iplikler ise atkı iplikleri olarak isimlendirilir. Çözgü ve atkı ipliklerinin kesişmelerine ‘’bağlama’’ adı verilir.

Atkı ve çözgü ipliklerinin çeşitli düzenlere göre oluşturdukları desene doku (örgü) denilmektedir. Bezayağı, dimi ve saten adı verilen 3 doku türüne ‘’Temel Dokular’’ denir. Diğer tüm doku çeşitli bu dokulardan türetilirler ve ‘’Türev dokular’’ olarak isimlendirilirler.

1.2.1. Temel Dokuma İşlemleri

Doku tipi ve dokuma teknolojisi ne olursa olsun; dokuma kumaş oluşumu için 3 temel işlemin gerçekleşmesi gerekir.

- Ağızlık oluşumu: İstenilen örgü tipine göre, atkı geçişi sağlanacak şekilde çözgü ipliklerinin 2 gruba ayrılması işlemidir.
- Atkı atımı: Atkı ipliğinin, tezgahın bir tarafından diğer tarafına taşınarak ağızlığa atılması işlemidir. Atkı ipliğinin taşınması mekik, mekikçik, kanca, hava veya su jeti ile gerçekleştirilir.
- Tefeleme: Ağızlığa yatırılan atkı ipliğinin, ileri geri hareket eden tarak yardımıyla kumaşa dahil edilmesi işlemidir.

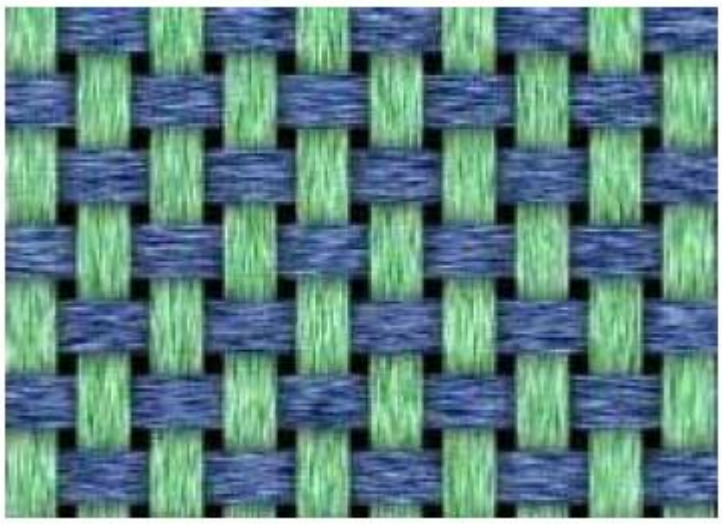
Kumaş oluşumu için gerçekleşmesi gereken bu 3 temel işlemin dışında dokuma işleminin devam edebilmesi için 2 ana işlemin gerçekleşmesi gerekir.

- Çözgü salma: Çözgü ipliklerinin dokuma bölgesine sabit gerginlikte beslenmesi işlemidir.
- Kumaş sarma: Her makine devrinde, belirlenen miktarda dokunmuş kumaşın, dokuma bölgesinden çekilerek kumaş levendine sarılması işlemidir. Atkı sıklığı kumaş çekme miktarı ile belirlenir. Bir dokuma makinesi devrinde çekilen kumaş miktarı arttırılırsa atkı sıklığı azalır, azalırsa atkı sıklığı artar (Ak, 2006).

1.2.2. Temel Dokular

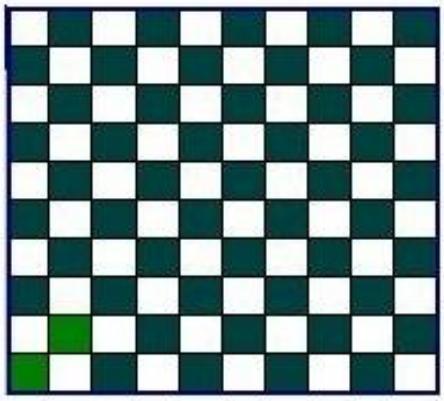
1.2.2.1. Bezayağı Örgü

En basit örgü yapısıdır. Bezayağı dokuma kumaşlarda, kumaşın tersi ile doğru yüzü aynı görünümdedir.



Şekil 1.6. Bezayağı Dokusu (http://www.tekstiltek.com)

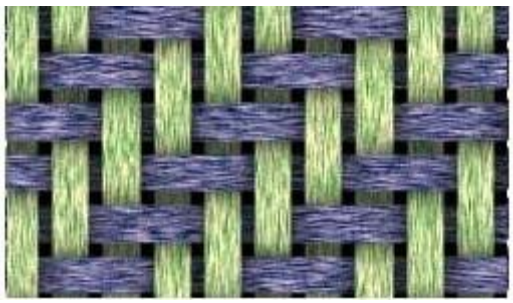
Doku birim raporu 2 atkı ve 2 çözgü ipliğinden oluşur. Bu doku konstrüksiyonunda iplikler birbirine maksimum desteği verdiği için sağlam yapılar oluşur.



Şekil 1.7. Bezayağı Örgü Raporu (http://www.tekstiltek.com)

1.2.2.2. Dimi Örgü

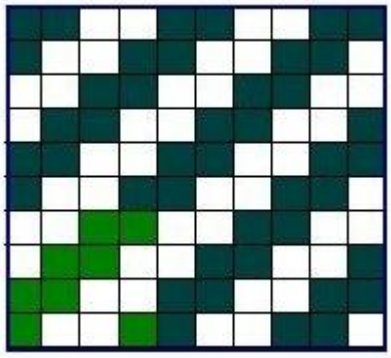
Kumaş üzerinde diyagonal çizgilerin oluştuğu doku tipidir. Diyagonal çizgiler z (sağ) veya s (sol) yönlü olabilir. Kumaşın bir yüzünde çözgü atlamalarını yoğunluğu var ise diğer yüzünde atkı atlamalarının yoğunluğu vardır.



Şekil 1.8. Dimi Doku (http://www.tekstiltek.com)

Dimi örgüde bağlantılar arasındaki iplik atlamaları bezayağı örgüye göre daha fazladır. Bu nedenle aynı sıklık ve aynı iplik numarasında dokunan dimi kumaşlar bezayağı kumaşlara göre daha esnek, daha yumuşak ve daha dökümlü olur.

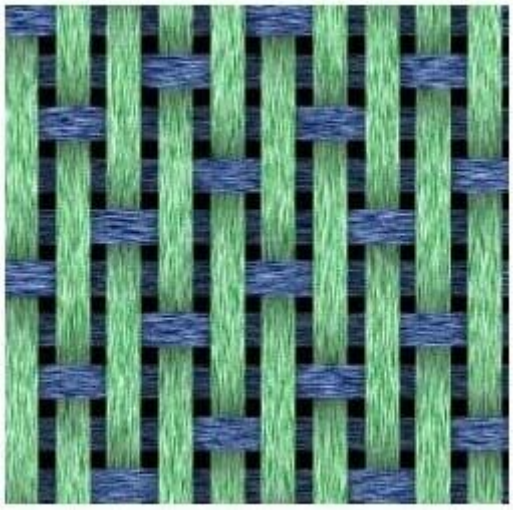
Dimi örgü birim raporu 3atkı ve 3 çözgü ipliğinden oluşur.



Şekil 1.9. Dimi Örgü Raporu (http://www.tekstiltek.com)

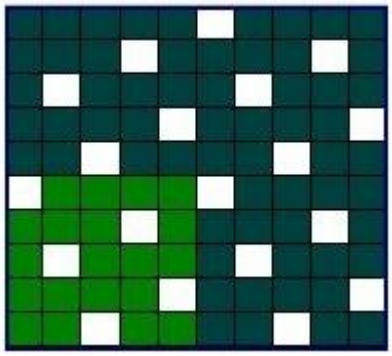
1.2.2.3. Saten Örgü

Bu örgü tipinde bağlantılar birbirine dokunmamaktadır. Bağlantı noktaları birbirine uzak olduğu için yumuşak ve parlak kumaşlar elde edilir.



Şekil 1.10. Saten Örgü (http://www.tekstiltek.com)

Saten örgü birim raporu 5 atkı ve 5 çözgü ipliğinden oluşur.



Şekil 1.11. Saten Örgü Raporu (http://www.tekstiltek.com)

1.3. Enzimler

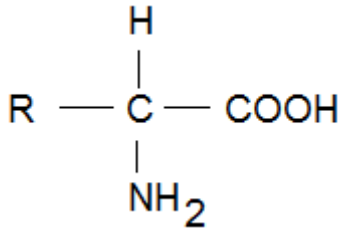
Enzimler 1800'lerin başında, etin mide salgılarıyla sindirilmesinin, nişastanın tükürük ve çeşitli bitki ekstraktları ile şekere dönüştürülmesinin incelenmesi çalışmalarında tanımlanmıştır.

Lous Pasteur, 1850'lerde, şekerin maya vasıtasıyla alkole fermantasyonunun fermentler vasıtasıyla katalizlendiği sonucuna vardı ve daha sonra enzimler olarak adlandırılan bu fermentlerin canlı maya hücresinden ayrılmaz olduğunu kabul etti. Pasteur'un bu görüşü uzun yıllar benimsendikten sonra 1897'de Eduard Buchner tarafından maya ekstraktlarının şekeri alkole fermente edebildiğinin keşfi, fermantasyonu sağlayan enzimlerin canlı hücre yapısından çıkarıldığında da fonksiyon görebildiğini ispat etti (Altınışık, 2010).

Enzimlerin; canlı hücre yapısı dışında da fonksiyon görebildiğinin ispatı, ilgi ve araştırmaların artmasına neden olmuştur. 1926'da James Sumner üreazı izole ve kristalize etmiş, üreaz kristallerinin tamamen proteinden oluştuğunu bulmuştur. Aynı şekilde 1930'larda John Northrop ve arkadaşları pepsin ve tripsin üzerinde çalışmış ve bunların protein olduklarını kanıtlamışlardır. Bu çalışmalar sonucunda, enzimlerin protein oldukları görüşü genel kabul görmüştür.

Proteinler, zincirdeki sayısı yüz ile birkaç bin arasında değişen amino asitlerin diziminden oluşan polipeptidlerdir. Primer yapıları 20 çeşit α-amino asitten oluşur. Amino asitlerde α-C atomuna bağlı amin ve karboksil grup bulunur.

Proteinleri oluşturan bu amino asitlerin genel yapısı aşağıda görülmektedir (Sarıışık,2001).



Şekil 1.12. Aminoasitlerin Genel Yapısı

Moleküler arası kimyasal reaksiyonda moleküller yeterli enerji düzeyine sahipse reaksiyon kendiliğinden meydana gelecektir. Bir reaksiyonun hızı uyarılmış durumdaki moleküllerin konsantrasyonu ile orantılıdır. Kimyasal reaksiyonun hızını arttırmak için sıcaklık arttırılabilir. Artan sıcaklıkla moleküllerin termik hareketleri, kinetik enerjileri ve uyarılmış durumdaki molekül sayısı artmaktadır. Sıcaklığı arttırmanın dışında sisteme katalizör eklenerek de reaksiyon hızı arttırılabilir.

Doğal durumda suda çözünen enzimler, organizmada oluşan tüm reaksiyonların çok yumuşak koşullarda gerçekleşmesini sağlayan ve bu reaksiyonları koordine eden protein yapısındaki spesifik katalizatörlerdir (Telefoncu, 1986). Doğal protein oldukları için biyolojik olarak çok hızlı ve kolay parçalanmaktadırlar. Az miktarda kullanımları yeterli olmaktadır. Böylece tekstil terbiyesinin önemli bir sorunu olan atık su yükünü engellemektedirler.

Endüstriyel olarak mikroorganizmaların fermantasyonu ile elde edilmektedirler. Fermantasyonda giriş materyali olarak patates unu, mısır suyu, tuz ve şeker gibi doğal maddeler kullanılır. Fermantasyon işlemi için oksijene ihtiyaç vardır ve gerekli oksijen sisteme sterilize edilmiş havanın verilmesi ile sağlanmaktadır. Enzim üretimi sırasında uygun koşulların (pH, sıcaklık ve basınç) sağlanması çok önemlidir.

Üretilen enzimlerin standart hale getirilmesi için yüksek maliyetli temizleme ya da ayrıştırma (örneğin, tambur filtrasyonu ve çeşitli ultrafiltrasyon teknikleri)

işlemleri gerekir. Temizleme teknikleri enzimin sıvı ya da granül olmasına bağlı olarak değişir.

Genel olarak enzimler, katalize ettikleri kimyasal reaksiyonun tipi veya etkiledikleri substrat esas alınarak isimlendirilir. Substrat veya reaksiyonun sonuna –az (ase) eki getirilir. Aşağıdaki çizelgede, enzim isimlendirilmelerine örnekler verilmiştir (Sarıışık, 2001).

Çizelge 1.1. Enzimlerin isimlendirilmelerine örnekler (Sarıışık, 2001)

Substrata göre		**Reaksiyona göre**	
Substrat	**Enzim**	**Reaksiyon**	**Enzim**
Protein	Proteinaz	Oksidasyon	Oksiaz
Karbonhidrat	Karbonhidraz	Redüksiyon	Redüktaz
Lipid	Lipaz	Dekarboksilasyon	Dekarboksilaz
Üre	Üreaz	Hidrolizasyon	Hidrolaz

Tekstil endüstrisinde haşıl sökme işlemiyle önem kazanan enzimler, günümüzde gelişen terbiye teknolojisi ve yol gösteren araştırmalar sayesinde önterbiyeden bitime kadar her aşamada yer edinmiştir.

1.3.1. Enzimlerin Çalışmalarını Etkileyen Faktörler

Enzimler, düşük hızlarda oluşan reaksiyonları katalizlerler. Bu işlem sırasında reaksiyonunun dengesini değiştirmeden katalitik aktivite gösterirler. Enzimlerin katalitik özellikleri çeşitli nedenlerle yavaşlayabilir. Enzimler, protein oldukları için proteinlerin yapılarını etkileyen her faktörden etkilenmektedirler. Isı, yüksek veya düşük pH değerleri, mekanik kuvvetlerin etkisi, UV, X ve radyoaktif ışınlar, organik çözenler, ağır metal tuzları, bazı deterjanlar ve kompleks yapıcı maddeler proteinlerin denatürasyonlarına sebep olmakta ve enzimlerin aktivitelerini etkilemektedir.

Enzim aktivasyonu, enzim preparasyonunun birim ağırlığının, birim zamanda tepkimeye girdiği substratın ya da biçimlendirdiği ürün miktarının bir ölçüsüdür.

Enzim aktivitesi aktivite birimleri ile ifade edilir. 4 aktivite birimi vardır (Sarıışık,2001).

Spesifik Aktivite *:* 1 mg enzim tarafından birim zamanda dönüşüme uğratılan substratın μmol miktarıdır.

IU = Spesifik Aktivite: μmol/mg.dak

Aktif Merkez Aktivitesi : 1 aktif merkez tarafından 1 dakikada dönüşüme uğratılan substrat moleküllerinin miktarıdır.

Turnover Sayısı *:* 1 molekül enzim tarafından dakikada dönüme uğratılan substart molekülleri sayısıdır. Turnover sayısının yüksek olması aktivitenin fazla olduğu anlamına gelmektedir.

Katal (kat) *:* 1 sn'de 1 mol substratı dönüşüme uğratan enzim aktivitesi 1 kat'tır. μkat (mikrokat) ve nkat (nanokat) birimleri kullanılır.

1 IU = 16,67 nkat

1 μkat = 60 IU

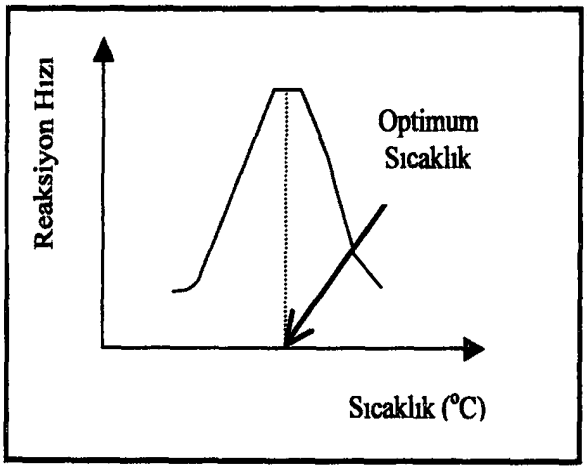
Kat = $60x10^6$ IU

1.3.1.1. Enzim Aktivitesine Sıcaklığın Etkisi

Kimyasal kinetik kanunlarına göre reaksiyon hızları sıcaklıkla artmaktadır. Optimum sıcaklığa kadar, enzimatik reaksiyonların da hızları sıcaklıkla artar. Enzimler, yapılarındaki proteinden dolayı yüksek sıcaklıkta denatüre olurlar. Bu nedenle enzim aktivitesi belli bir optimum sıcaklıktan sonra azalmaya başlar. Genellikle, 50-60ºC'de inaktif hale geçmektedirler. Ancak 80-90ºC sıcaklığa kadar aktivitelerini saklayan enzimler de vardır.

Enzimlerin denatürasyonu geri dönüşümü olmayan bir olaydır. İnaktif hale gelen enzim, tekrar aktif hale getirilemez.

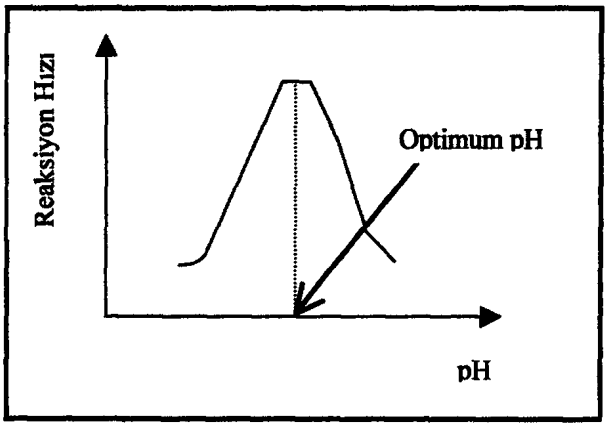
Her enzimin aktivasyonunun maksimum olduğu sıcaklık farklıdır. Bu sıcaklığa optimum sıcaklık denir. Aşağıdaki şekilde sıcaklığın enzim tepkimesine etkisi gösterilmiştir.



Şekil 1.13. Sıcaklığın Enzim Aktivasyonuna Etkisi (Alkış, 2003)

1.3.1.2. Enzim Aktivitesine pH Etkisi

Enzimlerin en fazla aktivite gösterdiği pH değerine optimum pH denir. Bu pH değerinin altında ve üstünde aktivitede düşüşler meydana gelir. Aşırı asidik ve aşırı bazik ortamlarda ise enzimler etkisiz kalmaktadırlar. Optimum pH değeri, enzimler için genellikle 4,5-5,0 aralığındadır.



Şekil 1.14. Ortam pH'ının Enzim Aktivasyonuna Etkisi (Alkış, 2003)

1.3.1.3. Enzim Aktivitesine Aktivatörlerin Etkisi

Enzimleri aktive eden maddelere aktivatör, koenzim veya kofaktör adı verilir. Koenzimler enzimlerin etken gruplarını meydana getirirler. Bazı enzimlerde vitaminler koenzim rolü oynamaktadır. Bu özelliği gösteren vitaminlere genellikle kofaktör denilmektedir (Pekin, 1978).

1.3.1.4. Enzim Aktivitesine İnhibitörlerin Etkisi

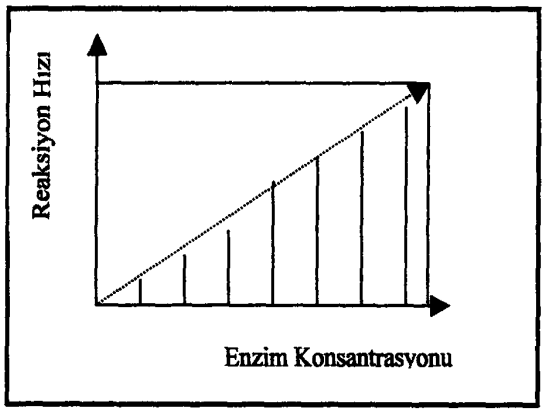
İnhibitörler, enzimatik reaksiyonların hızlarını azaltan maddelerdir. Genellikle ağır metallerin katyonları enzimler için inhibitördür. Yükseltgen ve indirgen maddeler de enzim yok edici maddelerdir. Genel olarak proteinlerin çökmesine ya da denatüre olmasına neden olan maddeler enzimatik reaksiyonları inhibe ederler.

Bazı inhibitörler tıpkı substratlar gibi enzimlerle kompleks yaparlar. Bunlar 2 sınıfa ayrılır. Bir kısmı, substratın enzime bağlandığı aynı aktif merkezler üzerinde enzim ile kompleks yaparlar. Böyle inhibitörler enzim ile substrata kıyasla daha koay kompleks verebildiği oranda etkendirler. Bu inhibitörlere ‘’Rekabet edici inhibitörler’’ denir. Diğer tür inhibitörler ise enzime, substratın bağlandığı yerden bağlanmazlar. Bu durumda hem substrat hem de inhibitör aynı anda enzime bağlanabilir. Bu inhibitörlere ‘’Rekabet etmeyen inhibitör’’ denilir (Sarıışık, 2001).

1.3.1.5. Enzim Aktivitesine Enzim Konsantrasyonunun Etkisi

Enzim konsantrasyonunun, aktiviteye etkisi substrat miktarının yeterli olduğu kabul edilerek açıklanır. Ortamda yeterli miktarda substrat olduğu sürece, konsantrasyondaki artış reaksiyon aktivitesini arttırmaktadır.

Aşağıdaki şekilde, enzim konsantrasyonu ile enzim aktivitesi arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil 1.15. Enzim Konsantrasyonu - Reaksiyon Hızı Grafiği (Alkış, 2003)

1.3.1.6. Enzim Aktivitesine Substrat Konsantrasyonunun Etkisi

Substrat konsantrasyonunun reaksiyon hızına etkisi enzim miktarının yeterli olduğu kabul edilerek açıklanır. Ortamda yeterli miktarda enzim olduğu sürece, substrat konsantrasyonundaki artış, enzimatik reaksiyonun aktivitesini doğru orantılı olarak arttırmaktadır.

1.3.1.7. Enzim Aktivitesine Diğer Faktörlerin Etkisi

Enzimlerin etkileri ışıkla artırılabilir veya azaltılabilir. Örneğin kırmızı ve mavi ışık tükürük amilazının etkisini artırır, UV ışık ise ters etki gösterir. Enzim çözeltisinin kuvvetlice çalkalanması enzimi denatüre edebilir [Erenler, 2009].

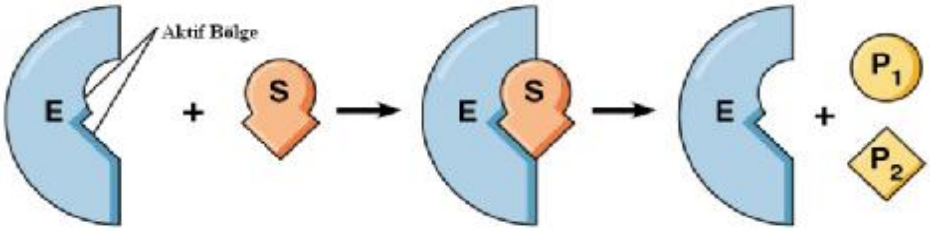
1.3.2. Enzimatik Reaksiyonların Çalışma Mekanizması

Çok yüksek sıcaklık ve basınç altında, laboratuarlarda gerçekleştirilen reaksiyonlar, enzimlerin varlığı ile organizmada vücut sıcaklığında gerçekleşebilmektedir.

Reaksiyonları katalizlemek için, enzim molekülü substrat ile bir kompleks oluşturur. Enzimin aktif merkezleri molekülün nüfuz eden bölgeleri ile

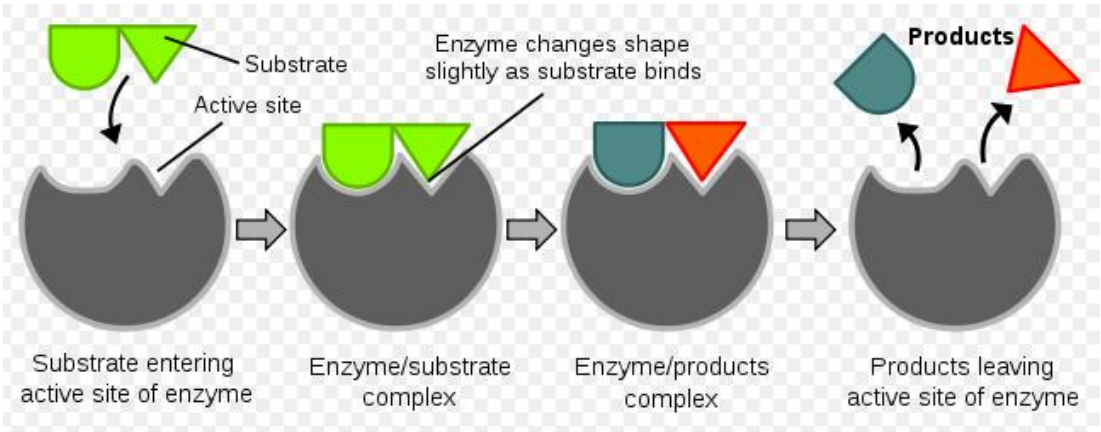
karşılaşmaktadır. Bu, enzimi substrata karşı çeker ve her iki molekülün oryante olmasına izin verir. Böylece bir enzim-substrat kompleksi oluşumu başlamış olur.

Enzimatik reaksiyonların çalışma mekanizması, Ficher tarafından 1894 yılında geliştiren anahtar-kilit mekanizması ile açıklanmaktadır. Enzimler hangi tepkimeyi katalizledikleri ve bu tepkimeye hangi substratın girdiğine çok büyük bir özgüllük gösterirler. 1894'te Emil Ficher bunun nedeninin, enzim ve substratının birbirine tam uyan tamamlayıcı geometrik şekilleri olmasından dolayı olduğunu öne sürmüştür. Bu fikre sıkça "anahtar kilit" modeli olarak değinilir (http://tr.wikipedia.org/wiki/Enzim).



Şekil 1.16. Anahtar-Kilit Modeli (Erenler, 2009)

Anahtar-kilit modeli enzim özgüllüğünü açıklasa da geçiş halinin enzim tarafından stabilizasyonunu açıklamaz. Anahtar-kilit modelinin yetersiz kaldığı bu noktayı indüklenmiş uyum-induced fit modeli açıklamaktadır.



Şekil 1.17. İnduced Fit Modeli (http://tr.wikipedia.org/wiki/Enzim)

İndüklenmiş uyum modeli, 1958'de Daniel Koshland tarafından öne sürülmüştür. Enzimler göreli olarak esnek yapılar olduklarından, substrat enzimle etkileşirken aktif merkezin şekli sürekli olarak substrat tarafından değiştirilir. Bunun sonucu olarak, substrat sadece hareketsiz bir aktif merkeze bağlanmayıp, aktif merkezi oluşturan amino asit yan zincirleri, biçim alarak enzimin katalitik işlevini yerine getirmesini sağlar. Substrat tamamen bağlanana kadar aktif merkez şeklini değiştirmekte ve en son şeklini alır. Bu değişiklik substratla enzim arasındaki uyumu, bağlanma isteğini ve kuvvetini artırır. Reaksiyon sona erdiğinde enzim herhangi bir değişikliğe uğramadan açığa çıkar.

1.3.3. Enzim İmmobilizasyonu

Mikrobiyal kaynaklar sayesinde enzim üretiminde hammadde sorunu yaşanmamaktadır. Enzimlerin mikrobiyal kaynaklardan izolasyon ve saflaştırma işlemleri ile elde edilmesi, enzim teknolojisini masraflı kılar.

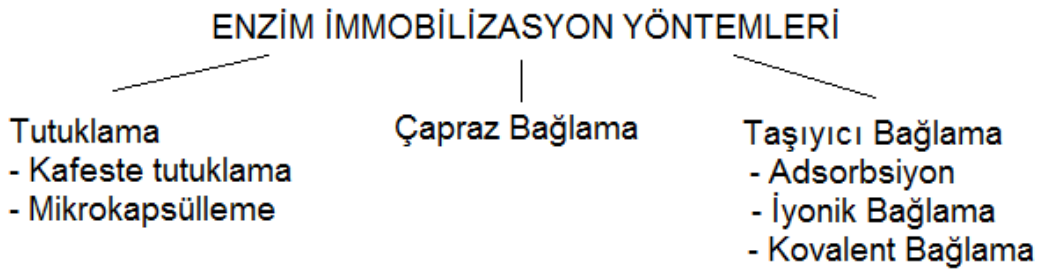
Enzimler suda çözünen spesifik katalizörlerdir. Endüstriyel uygulamaların çoğu sulu çözeltilerde gerçekleştirildiğinden, enzimin aktivitesini kaybetmeden geri kazanılması mümkün olmaz. Reaksiyonun inhibitör yardımıyla sonlandırılması, reaksiyon ürünlerinde kirliliğe neden olduğundan tercih edilmemektedir. Bu sorunu olumlu olarak çözümleyebilmek için immobilizasyon işlemi uygulanmaktadır.

Enzimlerin çözünmeyen destek görevi gören materyaller (matriksler) yardımıyla suda çözünmeyen hale getirilmeleri immobilizasyondur.

Enzimler katalizör olarak, pratikte üç değişik formda kullanılır.

- Çözünen form
- Çözünen immobilize form
- Çözünmeyen immobilize form

Çözünen immobilize form ve çözünmeyen immobilize form için immobilize enzim terimini kullanmak daha doğrudur. Enzim immobilizasyon yöntemleri Şekil 1.3.3.'de olduğu gibi gruplandırılır (Sarıışık, 2001).



Şekil 1.18. Enzim İmmibilizasyon Yöntemlerinin Sınıflandırılması

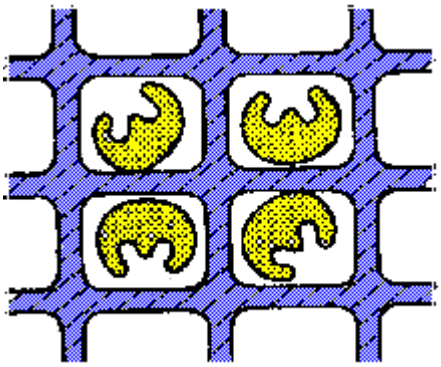
İmmobilize enzimin, doğal (serbest) enzimden üstünlükleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Reaksiyon sonunda ortamdan kolayca uzaklaştırılabilme (Süzme, Santrifüjleme vb.) ve ürünlerin enzim tarafından kirletilmesi gibi bir problem yaratmama
- Çevre koşullarına (sıcaklık, pH vs.) karşı daha dayanıklılık
- Birçok kez ve uzun süre kullanılabilirlik
- Sürekli işlemlere uygulanabilirlik
- Doğal enzime göre daha kararlılık
- Ürün oluşumunun kontrol altında tutulabilmesi
- Birbirini izleyen çok adımlı reaksiyonlar için uygunluk
- Bazı durumlarda serbest enzimden daha yüksek bir aktivite gösterebilme
- Enzimin kendi kendini parçalayabilme olasılığının azlığıdır (Telefoncu, 1986)

1.3.3.1. Tutuklama

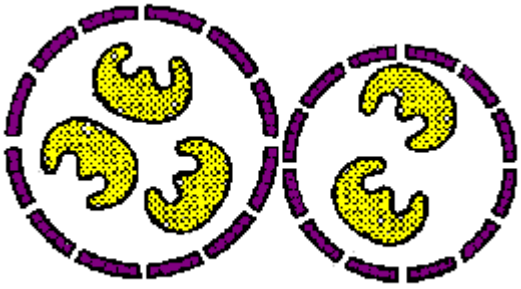
Tutuklama; kafeste tutuklama, mikrokapsülleme ve çapraz bağlama olmak üzere 3 grupta incelenir.

Kafeste tutuklamada enzimler, Şekil 1.19.'de olduğu gibi polimer kafesler içinde tutuklanırlar. Kafesler doğal ya da yapay polimer kafesler olabilir. Polimer kafesler içine substrat girer ve ürün dışarı çıkar.



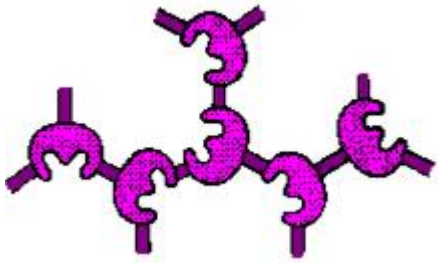
Şekil 1.19. Kafeste Tutuklama (www.istanbul.edu.tr)

Mikrokapsüllemede enzimler çeşitli tipteki membranlar içine alınırlar. Bu membranlar yarı geçirgendir. Düşük molekül ağırlıklı substratı ve molekülleri geçirirler. Mikrokapsülleme Şekil 1.20.'te verilmiştir.



Şekil 1.20. Mikrokapsülleme (www.istanbul.edu.tr)

Çapraz bağlamada, enzimler glutaraldehit, alifatik diaminler gibi bifonksiyonel reaktiflerle çapraz bağlanırlar. Bu reaktifler Şekil 1.21.'da görüldüğü gibi enzim molekülleri arasında bağ oluştururlar.

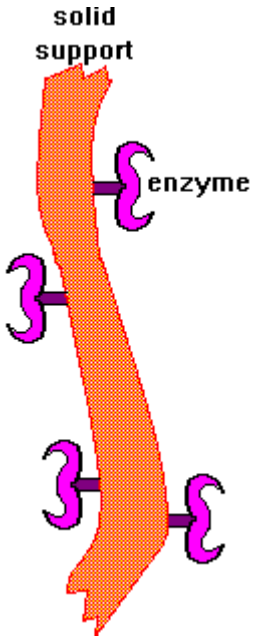


Şekil 1.21. Çapraz Bağlama (www.istanbul.edu.tr)

1.3.3.2. Taşıyıcı Bağlama

Taşıyıcı bağlama; enzim moleküllerinin taşıyıcılar üzerine çeşitli şekilde bağlanmaları işlemidir. Bağlanma şekline göre adsorbsiyon, iyonik bağlama ve kovalent bağlama olmak üzere 3 grupta incelenir.

Adsorbsiyon; enzim moleküllerinin taşıyıcıların yüzeyine adsorblanmaları esasına dayanır. Kolay bir yöntemdir. Şekil 1.22.'de verilmiştir.

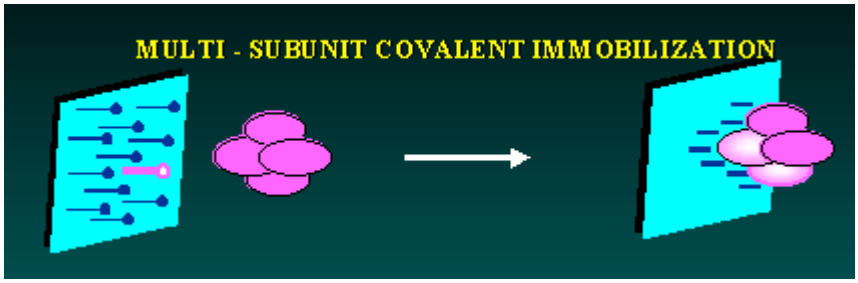


Şekil 1.22. Adsorbsiyon (www.istanbul.edu.tr)

İyonik bağlama yöntemi, iyon değiştirme yeteneğine sahip suda çözünmeyen taşıyıcılara enzimin iyonik bağlanması temeline dayanır. İyonik bağlama çok yumuşak koşullarda gerçekleştiğinden enzimin konformasyonununda ve aktif

merkezinde değişikliğe neden olmazç ancak enzim ile taşıyıcı arasındaki bağ kovalent bağ kadar güçlü olmadığından enzim kaçışı söz konusudur [Kocatürk,2008].

Kovalent bağlama, Şekil 1.23.'te olduğu gibi enzimler, kimyasal olarak kovalent bağlarla selüloz, sefadeks, agaroz, poliakrilamid, porlu seramik gibi suda çözünmeyen taşıyıcılara bağlanırlar.



Şekil 1.23. Kovalent Bağlama (www.istanbul.edu.tr)

1.3.4. Tekstilde Kullanılan Enzimler

Enzimler doğal katalizör olmaları, biyolojik olarak parçalanabilmeleri ve çevre dostu özellikleri, az miktarda kullanılıyor olmaları ve fazla atık su yükü yapmamaları nedeniyle tekstil terbiyesinde farklı amaçlar için kullanılmaktadırlar.

Amilaz enzimleri çok eskiden beri nişasta haşılını uzaklaştırmada kullanılmaktadır. Selülozu hidrolize eden selülaz enzimleri, kumaş yüzeyini düzgünleştirmede, boncuklanma eğilimini azaltmada, biyoparlatmada ve denim kumaşlara eskimiş görünüm kazandırmada kullanılmaktadır. Proteaz enzimlerinden ise; yünlü mamullere keçeleşmezlik özelliği sağlamada ve boyarmadde alımını arttırmada, ipek mamullerden ise serisin uzaklaştırma işleminde yararlanılmaktadır. Pektinaz enzimleri ağartma öncesi pamuklu mamullerin hidrofilleştirilmesinde; keten, kenevir, jüt, rami gibi bitkisel liflerin enzimatik havuzlama işlemlerinde kullanılmaktadır. Katalaz enzimleri ise hidrojenperoksit ağartmasından sonra, flottedeki peroksiti su ve oksijene parçalamaktadır (Hamlyn, 1995).

1.3.4.1. Amilazlar

Amilazlar, nişastanın moleküler zincirini parçalama özelliğine sahiptir. amilazın yardımıyla nişastanın α-glikosidik bağları parçalanarak nişasta depolimerize edilir. Suda çözünen dekstrin oluşturulmaktadır.

Üç tip amilaz enzimi mevcuttur.

1- Pankreas Amilazı : Kesilmiş hayvanların pankreaslarından su ve tuz ekstraksiyonu ile elde edilirler.

2- Bakteri Amilazı : Uygun bakterilerin üretilmesi ve bakteriyal faaliyetlerin sonunda oluşan enzimlerin ekstraksiyonu ile elde edilirler.

3- Malt Amilazı : Yeşermeye başlayan arpadan elde edilen maltın su ile ekstraksiyonu sonucunda elde edilirle (Alkış, 2003).

Tekstil terbiyesinde bakteri amilazı kullanımı yaygındır.

1.3.4.2. Peroksidazlar

Tektil terbiye proseslerinde geniş bir yere sahip olan hidrojenperoksit, boyama işlemi öncesinde mamul üzerinden uzaklaştırılmalıdır. Uzaklaştırılmadığı taktirde, oksidasyona hassas boyarmaddelerle boyamada abraja neden olur.

Peroksidazlar, boyarmaddelerle reaksiyona girebilen zincirler üzerinde etkili olmamakta ve böylece her tip boyarmaddeye karşı inert davranmaktadır. Sonuç olarak banyo boşaltılmadan enzimatik reaksiyonunun tamamlanmasından sonra hemen boyama işlemine başlanabilmektedir (Duran ve Ayaz, 1999).

1.3.4.3. Pektinazlar

Pektinaz enzimleri, bitkisel liflerde bulanan pektin maddesine etki ederler. Enzimler, D-pektik asitin metil esterleşmiş α 1,4 bağlarına etki eder.

Özellikle pamuk ön terbiyesinde, lifin yapısında bulunan ve selülozik olmayan pektin, hemiselüoz ve mum gibi yabancı maddelerin uzaklaştırılması için yapılan kaynatma işlemini pektinaz enzimleri katalizlemektedir.

1.3.4.4. Proteazlar

Proteinaz ve peptidaz olarak 2 sınıfa ayrılan proteaz enzimleri, polipeptid molekülleri ve pektini amin ve organik aside ayırmaktadır. Proteinazlar, proteinleri polipeptid zincirlere ve polipeptidlere ayrırken, peptidazlar peptidler ve türevleri üzerinde etkilidirler.

1.3.4.5. Lipazlar

Lipazlar, düşük molekül ağırlığındaki alkoller, gliserin ve yağ asitlerinin esterlerini hidrolize ederler.

1.3.4.6. Katalazlar

Solunum aktivesi olan hücrelerde bulunur. Hücreler için zehirli olan hidrojenperoksiti su ve oksijene parçalar. Katalazlar, bu şekilde, yaşayan hücrelere oksijen sağlarlar.

$$H_2O_2 + H_2O_2 \rightarrow O_2 + 2H_2O$$

Şekil 1.24. Katalazların Hidrojenperoksiti Parçalama Reaksiyonu

1.3.4.7. Lakkaz

Lakkaz enzimi serbest veya immobilize olarak azo boyarmaddelerinin renk gideriminde kullanılmaktadırlar. 1-hidroksibenzotriazol (HBT)'nin mediatör (aracı) olarak kullanımı lakkaz enziminin katalitik yeterliliğini artırmaktadır (Temoçin, 2006).

Lakkaz modelkülü, üç redoks bölgesinde dağılmış monomer başına genellikle dört bakır atomu içeren dimerik veya tetramerik glikoproteindir. Bu enzim, moleküler dioksijenin suya indirgenmesi ile birleştitirilen, bazı organik iyonların yanı sıra orto ve paradifenollerin, aminofenollerin, polifenollerin, poliaminlerin,

ligninlerin ve aril diaminlerin oksidasyonunu katalizlemektedir (Arık, Ekmekçi Körül, Duran, 2008).

1.3.4.8. Selülaz

Selüloz yeryüzünde en fazla bulunan organik bileşiktir. Bundan dolayı, selülozu parçalayan bakteriler, sürekli toprağa ulaşan selülozun büyük miktarlarını yok etmek suretiyle, doğada oldukça önemli rol oynamaktadır.

Selülazlar kısaca I.U.B.(International Union of Biochemistry) 3.2.1.4 veya 1,4-(1,3;1,4)-β-D-Glucan-4-glucanohydrolase olarak olarak adlandırılan ve Emert ve arkadaşları (1974) ve whitaker (1971)'ın belirttiği gibi beraber hareket ederek selülozu hidrolize eden enzim grubuna verilen isimdir (Bahtiyari, 2005).

Selülaz enzimleri, selülozu parçalayabilen proteinler olarak özel katalitik etki ile selüloz molekülünün 1,4 glukozid bağını kopartmaktadır. Bu bağın hidrolizi ile molekül küçük kopma parçalarına ayrılmakta, bunlar da yeniden parçalanabilecek bir yapıya sahip olarak kalmaktadırlar. Bu enzimler endo ve eksoglukonazların, sellobiohidrolaz ve ß-glukozidazenlerin bir kompleksidirler (Çoban, 1997).

Selülaz enzimlerinin genel olarak tekstil mamullerine sağladığı etkiler şu şekilde sıralanabilir;

- Merserizeli mamullerde materyal yapışmasının önemlenmesi,
- Boncuk, tüy ve lif uçlarının uzaklaştırılması,
- Tutumun geliştirilmesi,
- Yüzey yumuşaklığı,
- Pürüzsüz ve temiz yüzeyden dolayı artan parlaklık,
- Geliştirilmiş esneklik,
- Yıkamaya dayanım, düşük tüylenme eğilimi ve kullanım sırasında neps oluşmaması,
- Keten ve rejenere selüloz liflerinden yapılan mamullerde tüylülüğü uzaklaştırma,
- Ponza taşı ve zararlı kimyasal maddeler kullanmadan taş yıkama efekti,

- Modaya uygun, kullanılmış görünümlü mamuller eldesi (Hemmpel, 1991).

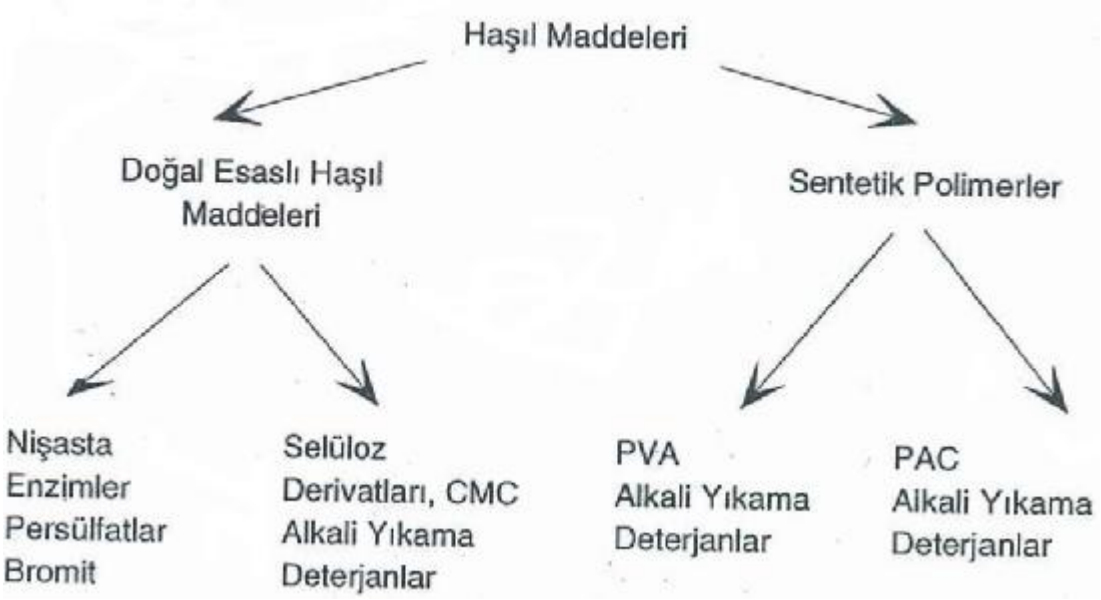
1.3.5. Enzimlerin Kullanıldığı Tekstil Prosesleri

1.3.5.1. Haşıl Sökme

Çözgü ipliklerinin, dokuma sırasında uygulanan gerilmelere ve karşılaşılan sürtünmelere karşı dayanıklı olması ve böylece dokuma sırasındaki kopuşların azaltılmasıyla amacıyla haşıllama işlemi yapılır. Terbiye işlemleri sırasında sorun yaşanmaması için çözgü ipliklerindeki haşılların sökülmesi gerekir. Haşıl sökme işlemi, kullanılan haşıl maddesine göre 2 şekilde gerçekleştirilir.

- Suda çözülerek: Açık en yıkama makinesinde kolaylıkla çözülmektedir. Ek olarak ıslatıcı ilavesi yapılmaktadır.
- Kimyasal işlemlerle: Enzimatik, oksidadif, bazik hidroliz veya asidik hidroliz ile haşıl sökülür. Bu şekilde haşıl sökme işleminde önce nişasta makromolekülleri parçalanmakta sonra yıkama ile uzaklaştırılmaktadır.

Çeşitli doğal ve sentetik haşıl maddelerinin uzaklaştırılıma şekilleri aşağıdaki şekilde verilmiştir (Duran ve Korkmaz, 1999).



Şekil 1.25. Haşıl Maddelerinin Uzaklaştırılma Şekilleri (Duran ve Korkmaz, 1999)

Doğal nişasta lineer amilaz polimeri veya dallanmış amilopektin polimerlerinden oluşur. Nişastanın parçalanmasında amilaz enzimleri kullanılır. Amilazlar yalnız nişasta moleküllerini parçalayıp liflere zarar vermezler. Elde edildikleri kaynaklarına göre amilaz enzimleri 3 grupta incelenir.

- Bakteri amilazı: Uygun bakterileri üretilme ve bakteriyel faaliyetler sonucu oluşan enzimlerin ekstraksiyonu ile elde edilir.
- Pankreas amilazı: Kesilen hayvanların pankreaslarından su ve tuz ekstraksiyonu ile elde edilir (Duran ve Korkmaz, 1999).
- Malt amilazı: Yeşermeye başlamış arpanın su ekstraksiyonu sonucu elde edilir.

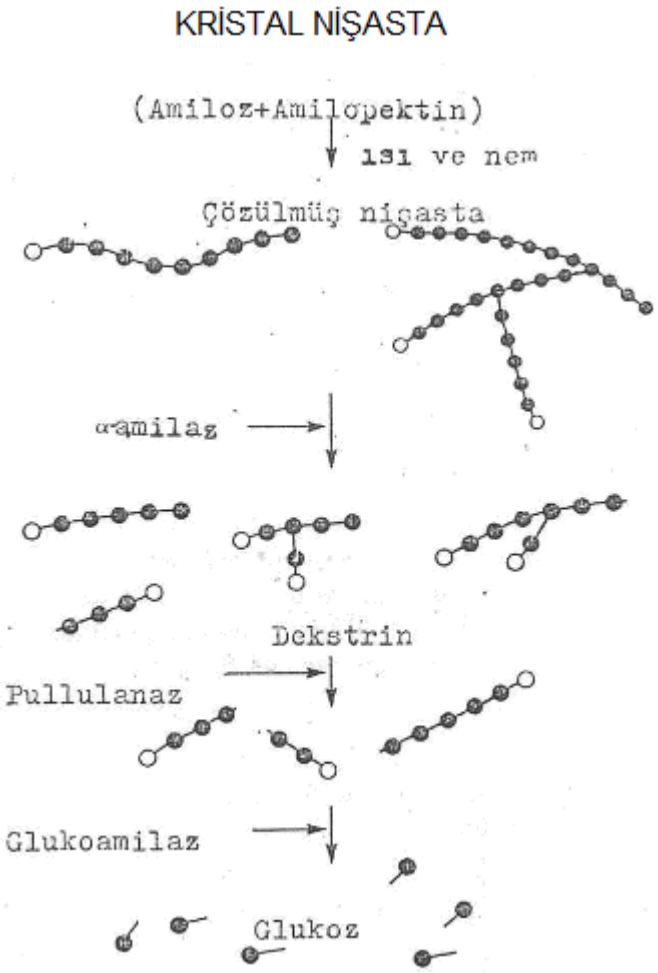
Farklı kaynaklardan elde edilen amilaz enzimleri farklı ortam şartlarında etkindirler. Amilaz enzimleri ve etkin oldukları ortam şartları Çizelge 1.2.'de verilmiştir.

Çizelge 1.2. Amilazların Etkili Olduğu pH ve Sıcaklıklar (Duran ve Öneş, 1994)

Amilazın Cinsi	Uygun pH	Uygun Sıcaklık º C	Etkili pH Bölgesi	Etkili Sıcaklık Bölgesi º C
Pankreas	6.8	50-55	4.5-9.0	60-65
Malt	4.6-5.2	60-65	2.1-8.1	85
Bakteri	5.4-7.0	60-65	2.0-9.0	90-yukarı

Bazı nişasta granüllerinin çapı 15mikron kadardır. Nişasta granülleri soğuk suda erimez, jöleleşmesi için sıcaklık 62-72ºC olmalıdır. Jöleleşme sıcaklığı amilaz ve amilopektinin nispi miktarına bağlıdır. Bunun yanında, bazı nişastalar (patates nişastası) diğerlerine göre (pirinç nişastası) daha kolay jöleleşir. Pişmiş nişasta kolay ve çabuk bir şekilde enzim tarafından hidrolize edilebilir (Duran ve Öneş, 1994).

Nişastanın hidrolizasyonu Şekil 1.26.'da olduğu gibi bir parçalanma işlemidir.



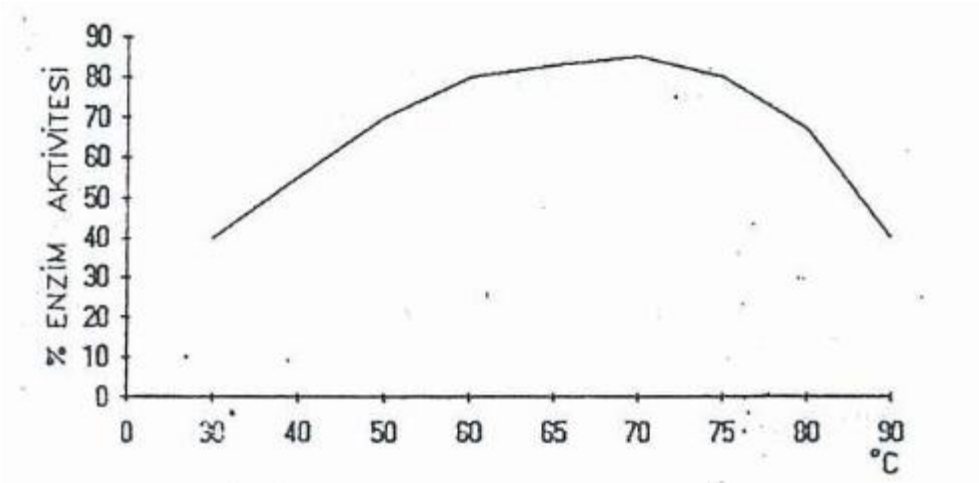
Şekil 1.26. Nişastanın Hidrolizasyonu (Duran ve Öneş, 1994)

Nişastayı hidrolize eden amilazlar, endo şeklinde hücum ederler. Nişastanın, rastgele 1-4 bağlarını parçalayarak suda çözünür hale getirirler. Oluşan kısa nişasta parçacıklarına dekstrin adı verilir. Bunun için önce enzimle ile nişastanın iç içe oturma işlemi gerçekleşir. Bu işleme kompleks oluşumu denir. Kompleks oluşan nokta hidrolize olur. Bu işlem nişastanın tamamı hidrolize oluncaya kadar devam eder.

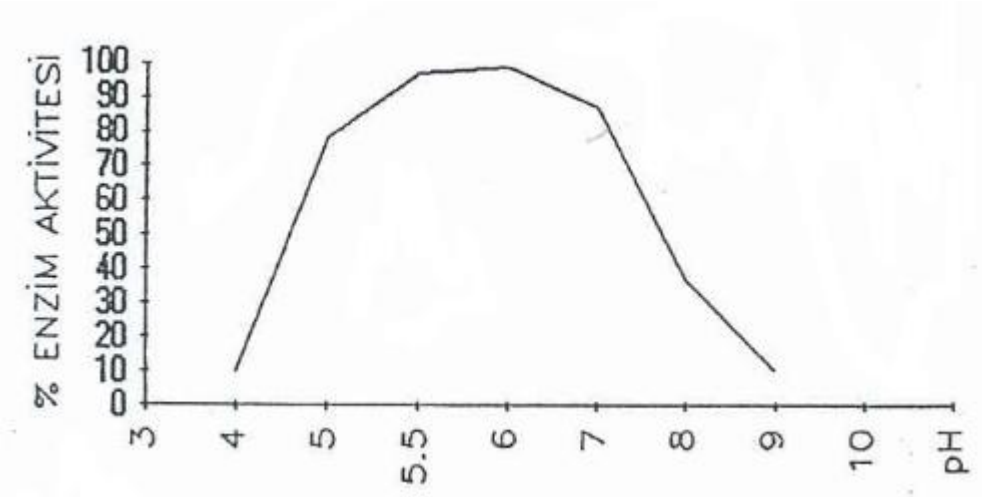
Enzimlerle atmosfer basıncı altında belirli bir sıcaklık ve pH ta çalışılır. Bir çok enzimin optimal çalışma sıcaklığı 30-70ºC, pH'ı ise nötr ortamdadır. Fakat özel bazı enzimlerle yüksek sıcaklıkta düşük miktarda çalışmak mümkündür. Bu tip enzimler 80-115 ºC arasında çalışabilir. 100ºC'nin üzerinde (Pad-Steam)

çalışıldığında 1-2dakika içinde haşıl sökülmüş olur. Fakat 100ºC'nin üzerinde çalışmak için sıcaklığa, korozyona ve basınca dayanıklı ekipmana ihtiyaç vardır.

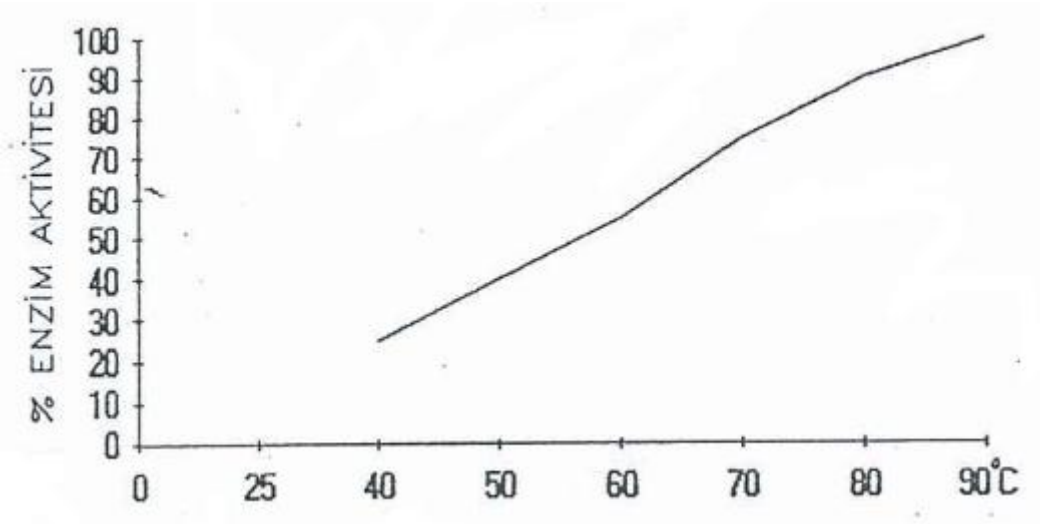
Günümüzde nişastayı parçalayıcı olarak kullanılan bakteri amilazları 30-70ºC'de ve 80-115ºC'de nişastayı parçalayan enzimler olarak 2 tiptedir (Duran ve Öneş, 1994).



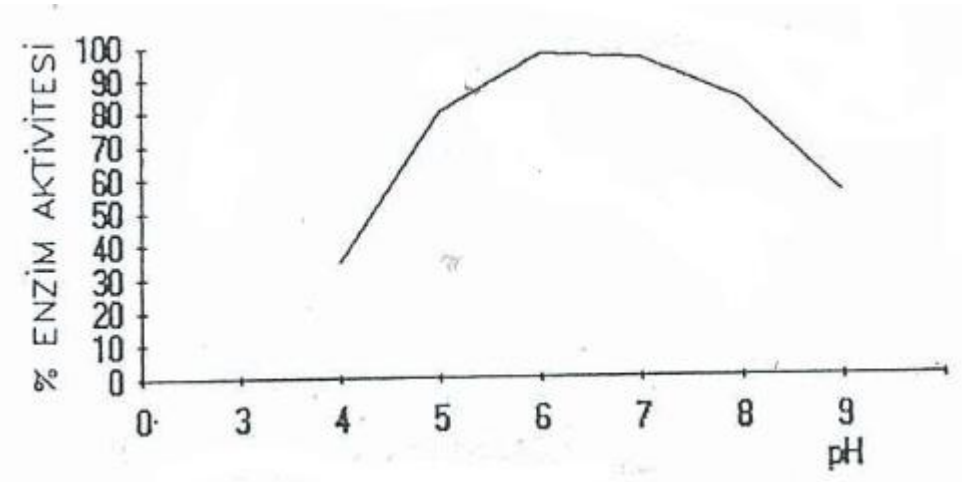
Şekil 1.27. 30-70ºC'de Çalışan Enzimlerin Aktivitesinin Sıcaklığa Göre Değişimi (Duran ve Öneş, 1994)



Şekil 1.28. 30-70ºC'de Çalışan Enzimlerin Aktivitesinin pH'a Göre Değişimi (Duran ve Öneş, 1994)



Şekil 1.29. 80-115ºC'de Çalışan Enzimlerin Aktivitesinin Sıcaklığa Göre Değişimi (Duran ve Öneş, 1994)



Şekil 1.30. 80-115ºC'de Çalışan Enzimlerin Aktivitesinin pH'a Göre Değişimi (Duran ve Öneş, 1994)

Elyafın haşıl sökme flottesi ile muamelesi, nişastanın suda çözünebilir dekstrin haline getirilmesi ve dekstrinin uzaklaşması safhalarında oluşan enzimatik haşıl sökme işleminin oksidatif haşıl sökmeye göre bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır.

Enzimatik haşıl sökmenin oksidatif haşıl sökmeye göre birtakım avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır:

Avantajları:

- Lif zararı meydana gelmez.

- Çeşitli yöntemlere göre çalışma olanağı vardır.
- Biyolojik olarak parçalanır.

Dezavantajları:

- Mamul üzerinde bulunan yabancı maddelere karşı daha az temizleme etkisi
- Bazı nişasta türleri (tipao nişastası) ve üzerinde enzim zehri bulunan mallarda etkili olamaması (Duran ve Korkmaz, 1999)

1.3.5.2. Ağartma

Hidrojen peroksit pamuk ve karışımlarının ağartılmasında %90'dan daha fazla bir kullanıma sahiptir. Ağartma işlemi sonrasında, kumaş üzerinde kalan fazla miktardaki hidrojenperoksitin boyama işleminde istenmeyen bir etki yaratmaması için uzaklaştırılması gereklidir. Bu işlem genellikle birbirini takip eden durulamalar ile yapılmaktadır. Bu da ek bir maliyet getirmektedir. Bu problem hidrojen peroksitin oksijen ve suya bozunumunu katalize eden bir katalaz enziminin kullanımı ile kolaylıkla çözülebilmektedir. Peroksidasyonların enzimatik reaksiyonu anahtar-kilit prensibine göre gerçekleştiği için herhangi bir yan reaksiyon oluşumu söz konusu değildir. Katalaz enzimleri sadece peroksite karşı etkili olduğu için boyaları etkilemez. Dolayısıyla peroksit ve diğer indirgen maddelerin neden olabileceği renk farklılıkları önlenmiş olur. Boyamaya geçiş süresi azaldığı için enerji tasarrufu sağlanır. Peroksit giderimi için yapılan durulamaların sayısı azaldığı için su tasarrufu da yapılmış olur (Alkış, 2003).

1.3.5.3. Enzimatik Kaynatma

Pamuk lifleri, içerisinde selülozun yanısıra lifin toplam ağırlığının yaklaşık olarak %10'u kadar lipid, mum, pektin, organik asit, protein ve selüloz esaslı olmayan polisakkaritler içermektedir. Pamuk liflerindeki bu yabancı maddelerin mamul üretiminden önce uzaklaştırılması gerekmektedir ve bu işlem genellikle sodyum peroksit çözeltisi ile kaynatılarak sağlanmaktadır. Çok miktarda su ve enerji kullanılan konvansiyonel kaynatma işlemi sırasında alkali yapıdaki atık su spesiyal

işlemlere ihtiyaç duymaktadır. Bu sebeple pamuk lifleri farklı yapıda selülaz, pektinaz, proteaz, lakkaz ve lipazlar ile muamele edilmektedir (Duran ve Ayaz, 2001).

1.3.5.4. Serisin Uzaklaştırma

Bir çeşit protein olan serisin c,H,N ve O içeriri Ampirik formülü $C_{15}H_{25}N_5O_8$ olan serisindeki elementlerin oranı aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 1.3. Serisindeki Elementlerin Oranı

Elementler	Oranı (%)
Karbon	46,5
Hidrojen	6,04
Azot	16,5
Oksijen	30,96

Serisin uzaklaştırma ham ya da doğal ipek liflerinin ağırlıkça yaklaşık %25'ini oluşturan ipek zamkını uzaklaştırma işlemidir (Fiskus, 1995).

Serisinin uzaklaştırılma derecesi amacına göre değişir ve bu işlem 3 şekilde yapılabilir.

- Bazik ortamda serisin uzaklaştırma: bu yöntemde en uygun serisin giderme şekli sabunlu su ile yıkama işlemidir. Fibroine zarar verilmemesi için %7'lik sabunlu su çözeltisinde kaynatma işlemi yapılır.
- Asidik ortamda serisin uzaklaştırma: pH5-8 arasında serisin uzaklaştırılması çok az olmaktadır. Ancak daha asidik ve sıcak ortamda çözülme artar. Sıcaklığın ve kuvvetli asitlerin etkisiyle fibroin hidrolize olur ve mukavemet düşer. Yün ve ipek karışımlı kumaşlarda, bu şekilde serisin uzaklaştırma işlemi yaygındır. Sebebi yün lifinin bazik ortamdan zarar görmesidir.
- Enzimatik ortamda serisin uzaklaştırma: bu şekilde serisin uzaklaştırmada uygun bir yüzey aktif madde ile ipek serisini şişirilmekte ve giderilmektedir. Bir çeşit protein olan serisinin uzaklaştırılması için proteini

parçalayan enzimler kullanılır. En çok kullanılan enzimler; pepsin, tripsin ve papaindir.

1.3.5.5. Taş Yıkama

Denim kumaşlarda eskitilmiş havası veren taş yıkama işlemi; ponza taşı veya enzimler yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Tekstil materyaline taşın sürtünmesi ile üst yüzey aşındırılmakta ve alt kısımdan beyaz kısmın açığa çıkması sağlanmaktadır. Bu işlem sırasında tekstil materyalinin karşılaştığı mekanik etki, özellikle kalın dikilmiş yerlerde aşırı yıpranmalara neden olur. Bu dezavantaj, taş yıkama işleminde enzim kullanımının yaygınlaşmasına sebep olmuştur.

Selülaz enzimleri işlem sırasında yüzeyde bulunan boyanmış lifleri, serbest lif uçlarını çözmektedir. Bunun sonucu, işlem durumuna göre kısa veya orta sürede altta bulunan boyanmamış kısım açığa çıkmaktadır. Böylece mamul zarar görmeden açık, berrak bir yüzey yapısı görünümüne kavuşmaktadır (Çoban, 1997).

1.3.5.6. Biyo-parlatma

Kumaşlarda pilling eğiliminin azaltılması amacıyla, selülaz enzimi kullanımıyla gerçekleştirilen biyo-parlatma işlemine biyo-polishing veya biyolijik yıkama da denilmektedir. Biyo-parlatma işleminde, kumaş yüzeyindeki lif uçları uzaklaştırılmaktadır. İşlem sonrasında boncuklanma eğiliminde azalma, tutumda bir yumuşaklık ve kumaşta dökümlülük gözlemlenir.

Biyo-parlatma işlemi 1.4.Bölümde detaylı olarak incelenmiştir.

1.4. Biyo-parlatma İşlemi

Biyo-parlatma; enzimatik bir işlem olup, kumaş yüzeyine çıkan lif uçlarının uzaklaştırılması işlemidir. Biyopolishing veya biyolojik yıkama adı da verilen bu işlem, tamamen biyolojik bir prosestir. Amaç; kimyasal maddeler kullanılmadan yumuşak bir tutuma sahip kumaşlar yaratırken dökümlülük kazandırmaktır.

Bu terbiye prosesinin başlangıcı 1988 yılına kadar uzanmaktadır. 1988 yılında, Japonya'da tecrübe edilerek uygulanmaya başlanmıştır. Ağırlık kaybına rağmen pamuğa yumuşak tutum kazandırdığı tespit edilmiştir. 1991 yıllarında pamuk ve pamuk karışımı örme mamullerde tüylenme ve pillinglerin uzaklaştırılması amacıyla uygulanmaya başlanmıştır. 1992 yılında ise bakır viskonu, viskon ve lyocellin defibrilasyonu, üst yüzey efektlerinin geliştirilmesi ve yumuşak tutum kazandırılması amacıyla muamelesinde kullanılmıştır.

Elyaf, kumaş ve dikilmiş formda uygulanabilen biyo-parlatma işleminde; büyük moleküllü enzim kompleksi selüloz strüktürünün içerisine çok zor ulaşır. Öncelikle üst yüzeye etki eder. Buradaki selüloz zincirleri parçalanır. Ancak zayıflatılan lif uçları iplik gövdesinden uzaklaştırılmamaktadır. Bu nedenle biyo-parlatma prosesinin tamamlanması için, mekanik bir işlem gerekmektedir. Serbest hale getirilen lif uçları, mekanik işlem etkisiyle koparak uzaklaşmaktadır.

Biyo-parlatma işlemi sonucunda kumaş yüzeyinde meydana gelen olumlu yöndeki değişimler kalıcıdır. Çünkü selülaz ile işlem yalnız dokuma üzerinde kalmayıp, aynı zamanda işlem gören lifin de bir modifikasyon işlemidir (www.science.ntv.ac.uk/research/EnzyTex/ERTF34.html).

Biyopolishing işleminde selülozü hidrolize eden selülaz enzimleri kullanılmaktadır. Ticari anlamda piyasada üç tip asit selülaz kullanılmaktadır.

1- Standart Selülaz

2- Modifiye Asit Selülaz

3- Endo Aktivitesi Arttırılmış Selülaz (Sarıışık, 2001)

Selülaz seçiminde, kumaş yapısı, elyaf türü ve işlem sonunda beklenen etki göz önünde bulundurulmalıdır. Bu durum Çizelge 1.4.'te tablolaştırılmıştır.

Çizelge 1.4. Selülaz Enzimlerinin Kullanım Alanları (Sarıışık, 2001)

	Özellikleri	**Kullanım Alanları**	**Kumaş Tipi**
Standart Selülaz	• Saldırgan • Geri boyama	• Denim Yıkama • Kuvvetli kumaşların biyo-parlatması	• Pamuk • Modal rayon • Lyocell
Modifiye Asit Selülaz	• Saldırgan • Düşük geri boyama • Daha az mukavemet kaybı	• Denim Yıkama • Biyo-Parlatma	• Pamuk
Endo Aktivitesi Arttırılmış Selülaz	• Daha az saldırgan • Çok az mukavemet kaybı	• Mukavemet kaybının önemli olduğu enzimatik işlemler	• Pamuk • Keten • Viskon

Standart asit selülazlar denim gibi ağır kumaşlarda veya yüksek yüzey parlatma gereken işlemler için uygundur. Modifiye asit selülazlar çoğunlukla geri boyamanın az istendiği kısa işlem süreli veya taşsız denim yıkamalarda kullanılır. Endo aktivitesi arttırılmış selülazlar ise daha az mukavemet kaybına neden olduğundan keten ve viskon kumaşlar için uygundur. Yüksek derecede parlatma ve aşındırma istenen işlemler için uygun değildir. Çünkü yüksek miktarda kullanım ve ek süre gerektirir. Narin selülozik kumaşların bitim işlemlerinde standart asit selülazlar kullanılabilir. Ancak aşırı mukavemet kaybını önelemek için pH ve sıcaklık gibi işlem şartları çok iyi kontol edilmelidir.

Çizelge 1.5. Değişik Selülaz Tiplerinin pH ve Sıcaklık Şartları (Sarıışık, 2001)

	pH		Sıcaklık	
Selülaz Tipi	**Önerilen**	**Optimum**	**Önerilen**	**Optimum**
Standart Selülaz	4,0 - 6,5	4,5 – 5,5	45 – 60 ºC	55 - 58 ºC
Modifiye Selülaz	5,0 – 6,0	5,5 – 6,0	45 - 60 ºC	50 – 55 ºC
Endo Aktivitesi Arttırılmış	4,5- 5,5	5,0 -5,5	45 – 60 ºC	50 - 55 ºC

Biyo-parlatma işlemi, enzimin deaktivasyonu ile bitirilir. Enzim mutlaka deaktive edilmelidir. Bu nedenle deaktivasyon işlemi biyo-parlatma işleminden ayrı düşünülmez ve biyo-parlatma işleminin bir basamağıdır. Deaktivasyonun yapılmadığı durumlarda kumaş mukavemetinde kuvvetli kayıplar yaşanır. Deaktivasyon işleminde, enzim yapısı geri dönüşü olmaksızın bozulur.

Deaktivasyonun gerçekleştirilmesi için 3 alternatif işlem vardır.

- En az 10 dakika süre ile sıcaklığı 70 ºC'nin üzerine çıkarmak
- En az 10 dakika süre ile pH'ı 7,5 üzerine çıkarmak
- En az 10 dakika süre ile hem pH'ı 7,5 üzerine çıkarmak hem de sıcaklığı 70 ºC'nin üzerine çıkarmak (Kumar, 1997).

1.4.1. Biyo-parlatmanın Dokuma Kumaşlara Etkileri

1.4.1.1. Biyo-parlatmanın Boncuklanma (Pilling) Eğilimine Etkisi

Mamul yüzeyindeki kısa veya birbirine iyi bağlanmamış lif uçlarının sürtünme gibi bir mekanik etki sonucu mamul yüzeyinde oluşturduğu düğümlere pilling (boncuklanma) denir. Yapılan araştırmalar sonucunda, biyo-parlatma işleminin boncuklanmayı azaltıcı bir etkisi olduğu gözlenmiştir.

Biyo-parlatma işleminin süresi arttıkça boncuklanma eğilimi azalmaktadır (Köylüoğlu, 1993).

1.4.1.2. Biyo-parlatmanın Yumuşaklık ve Tutuma Etkisi

Biyo-parlatma işlemi sonucu hem örgü hem de dokuma kumaşlar hissedilebilir düzeyde yumuşaklık ve dökümlülük kazanmaktadır. Bu işlem sonunda elde edilen yumuşaklık ve hoş tutum kalıcı olmaktadır. Oysa bilinen kimyasal yumuşatıcılarla eldi edilen yumuşaklık ve tutum her yıkama sonunda giderek azalmaktadır (Sarıışık, 2001). Enzimlerin kumaşa yüzeysel tutunmaktan ziyade lifin yapısına kadar etki etmesi, enzim etkisinin kalıcı olmasına neden olmaktadır.

1.4.1.3. Biyo-parlatmanın Hidrofiliteye Etkisi

Klasik yumuşatıcılarla yapılan işlemlerde yumuşaklık artarken hidrofilite düşmektedir. Biyo-parlatma işlemi ise bu alanda yumuşatıcılara karşı bir avantaj sağlamaktadır. Kullanılan selülaz enzimleri, mamul hidrofilliğinde düşüşe neden olmamaktadır.

Sarıışık (2001) enzimler konulu kitabında bildirdiğine göre; ham, bazik işlem görmüş ve ağartılmış kumaşlara çeşitli konsantrasyon, işlem süresi ve pH'larda yapılan biyo-parlatma işlemlerinde selülaz enzimlerinin boyarmadde alımını, yumuşaklığı ve hidrofilliği arttırdığı tespit edilmiştir. Enzimler lif yapısındaki kristalin bölgelere zarar verirken, lifin kararlılığını olumsuz etkilemektedirler. Bu sayede lif hidrofilitesinde artışlar meydana gelir.

1.4.1.4. Biyo-parlatmanın Mukavemete Etkisi

Biyo-parlatma işlemi, liflerin kısmen hidrolize olması ve mamulden uzaklaştırılması temeline dayandığı için mukavemet kayıpları beklenen bir durumdur. Bu aşamada önemli olan kaybın miktarıdır. Mukavemet kaybındaki düşüş oranı, mamul hammaddesine ve tercih edilen enzim tipine bağlı olarak değişmektedir. Enzim yapılarındaki farklar, enzim saldırganlığı ve gücünü etkilemektedir. Daha saldırgan yapıdaki enzimler, lifte daha etkili bir hidrolizasyona neden olmakta ve bu nedenle mukavemetteki düşüş artmaktadır. Aynı şekilde hassas

liflerde enzimler yapıda daha fazla tahribata neden olarak, mukavemeti daha fazla düşürmektedirler. Bu da biyo-parlatma işleminde enzim seçimini önemli bir parametre haline getirmektedir.

Poliester/pamuk karışımı kumaşların muamelesinde mukavemet düşüşü ihmal edilebilecek düzeyde düşüktür. Pamuklu kumaşların muamelelerinde ise bu oran %11'den fazla olmamaktadır (Öztürk, 1994). Poliester lifinde kristalin bölge oranı yüksekliği ve daha kararlı yapıda olması nedeniyle, enzimlere karşı dayanıklıdır. Biyo-parlatma işlemi sırasında, enzim saldırısına karşı daha kararlı durabilmektedirler. Bu da polyester liflerinin kullanıldığı pamuklu karışımların, mukavemet kayıplarını önemsiz düzeye düşürmektedir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Aşağıda biyo-parlatma işlemi ve etkileri konusunda literatürde yer alan çalışmalardan örnekler verilmiştir.

Öztürk ve Duran (1994) ; Ham, bazik işlem görmüş ve ağartılmış kumaşlara çeşitli konsantrasyon, işlem süresi ve pH'larda yapılan biyo-parlatma işlemlerinde selülaz enzimlerinin boyarmadde alımını, yumuşaklığı ve hidrofilliği arttırdığını gözlemlemiştir.

Kontart ve Yarbaş (2001) ; Selülozik lif çeşidine uygun selülaz enzimi seçilmesi konusunda araştırma yapılmıştır. Araştırmada Gemsan firmasının, standart asit selülaz ve endo-aktivitesi artırılmış (endo-enriched) asit selülaz olmak üzere iki farklı kimyasal yapıdaki asit selülaz enzimleri kullanılmıştır. Çalışmada kumaş olarak %100 pamuk örgü, %100 viskon rayon dokuma ve %100 keten dokuma kumaşlar tercih edilmiştir. %100 pamuk örme kumaşa pH 5, 55°C'de 30 dk. ve 1/10 flotte oranında 1,5gr/lt, 2,0 gr/lt, 3,0 gr/lt, 4,0 gr/lt oranlarında Gempil TAP-100(standart asit selülaz) ve 1,95 gr/lt, 2,6 gr/lt, 3,9 gr/lt ve 5,2 gr/lt oranlarında da Gempil RFW (Endo-enriched asit selülaz) uygulanmıştır. Uygulamaların ardından numunelerde mukavemet kaybı ile pilling derecesi arasındaki ilişki incelenmiştir. Aynı çalışma, 0,5 gr/lt, 1,0 gr/lt ve 1,5 gr/lt oranlarında TAP-100(standart asit selülaz) ve 0,65 gr/lt, 1,3 gr/lt ve 1,95 gr/lt oranlarında Gempil RFW (Endo-enriched asit selülaz) enzimleriyle %100 viskon kumaşa uygulanarak, kumaştaki mukavemet kaybı ile lif uzaklaştırma derecesi arasındaki ilişki incelenmiştir. Benzer bir çalışma da %100 keten için aynı koşullarda 1/20 flotte oranında 1,0 gr/lt, 2,0 gr/lt, 3,0 gr/lt oranlarında Gempil TAP-100(standart asit selülaz) ve 1,3 gr/lt, 2,6 gr/lt, 3,9 gr/lt oranlarında Gempil RFW (Endo-enriched asit selülaz) enzimleriyle uygulanarak performans değerlendirmesi kumaş dolgunluğu ve dökümlülüğü ile mukavemet kaybı arasındaki ilişki incelenerek yapılmıştır.

Akmaz (2001) ; Çalışmada selülozun selülaz enzimiyle hidrolizi ve bunun için gerekli olan önhidroliz çalışmaları yapılmıştır. Çalışmanın ilk kısmında selüloz 180, 190, 205, 220 ºC'lerde 1-6 saatlik sürelerde suyla hidroliz edilmiştir. Daha sonra süzülerek sıvı kısmından ayrılmış olan kalıntı madde miktarlarından yararlanılarak

selülozun su için reaksiyon hız sabitleri ve aktivasyon enerjisi değerleri hesaplanmıştır. Çalışmanın ikinci kısmında ise 220ºC'de 4 saat süreyle su ile ön hidrolizi gerçekleştirilen reaksiyon ürünleri kullanılarak 30,40,50,60ºC sıcaklıklarda 20 saate kadar süren tepkime süreleriyle çalışılmıştır.

Alkış (2003) ; %100 Pamuklu ve %95/5 Pamuk/Lycra karışımı, farklı kumaş örgüsüne sahip toplam 11 çeşit örme kumaş öncelikle ağartma işlemine tabi tutulmuş daha sonra bu kumaşlara piyasada bulunan üç firmanın selülaz enzimleri uygulanmıştır. Uygulamalar sırasında ağartma öncesi, ağartma sonrası ve enzim uygulaması sonrası kumaşlardan numuneler alınarak bu numunelere gramaj, boncuklanma ve patlama mukavemeti testleri uygulanarak kumaş performansları ve enzimlerin kumaşlar üzerindeki etkileri incelenerek piyasada en çok kullanılan üç enzim birbirleriyle kıyaslanmıştır.

Mccloskey ve Jump (2005) ; Çalışmalarında %100 polyester dokuma kumaşı iki farklı katinaz enzimi ile muamele etmişlerdir. Bu çalışma %100 polyester kumaşın biyoparlatma bitim işleminde katinazla muamele edilebileceğini ve polyester/pamuk karışımı kumaşın biyoparlatma bitim işleminde katinaz enzimiyle kombine halde selülaz enziminin de kullanılabileceğini göstermiştir.

Bahtiyari (2005) ; Çalışmada %100 Viskon'dan biri 1/1 bezayağı diğeri süprem örgü olan iki farklı kumaşa ağartma, antiperoksit ve durulama işlemleri sırasıyla uygulandıktan sonra elde edilen kumaş temel alınarak biyo-parlatma işlemleri uygulanmıştır. Çalışmada viskon kumaşların biyo-parlatma özelliklerini incelemek için üç farklı deney planı ayrı ayrı uygulanmıştır. I. Planda yukarıda belirtilen iki farklı kumaş tipine 8 adet farklı selülaz enzimi 2 farklı süre ve 3 farklı konsantrasyonda uygulandıktan sonra numunelerin bir kısmına 5 kez ev tipi yıkama işlemi uygulanarak elde edilen efektlerin kalıcılıkları incelenmiştir. II. Planda ise 8 adet selülaz enzimi hem tek başlarına hem de çapraz bağlama işlemine tabi tutulduktan sonra farklı sıcaklık ve pH'larda kumaşlara uygulanmıştır. III. Deney planında ise selülaz enzim uygulamalarının yanı sıra terbiye işlemleri de kombine edilerek kumaşlardaki pilling problemlerinin çözülmesine çalışılmıştır. Bu kısımda terbiye işlemi olarak pillinglenmeyi etkileyen iki temel işlem olan kostikleme ve reçine apre işlemleri uygulanmıştır. Kostikleme yapılan numuneler herhangi bir

enzim uygulaması yapılmadan, reçine apre uygulanan numuneler ise melamin formaldehit esaslı bir reçine emdirildikten sonra enzimatik işleme tabi tutulduktan sonra değerlendirmeye alınmıştır. Değerlendirmede ise kopma mukavemeti ölçümü, patlama mukavemeti ölçümü, yüzey modifikasyonu, pilling derecesi tayini, ağırlık kaybı tayini, aktivite tayini, bradfort protein tayini ve SDS-PAGE (SDS Polyacrylamıde Gel Electrophoresıs) yapılarak çalışma tamamlanmıştır.

Cardamone, Yao ve Phillips (2005) ; Çalışmada yünlü kumaşlar üzerinde kombine ağartma, çekmezlik ve biyo-parlatma işlemleri yapılmıştır. Kumaşlar bu işlemle muamele sonunda traşlı bir yüzey, parlak beyaz bir görünüm ve yumuşak bir tutum kazanmıştır. Test sonuçları sayısallaştırılarak, uygun mukavemet ve ağırlık kaybında maksimum çekmezliği sağlayan enzim oranı belirlenmiştir.

Stewart (2005) ; Çalışmada %100 Pamuk, %100 tencel ve %60/40 Pamuk/Polyester dokusuz yüzey kumaşlara Cellosoft L enzimi ile biyo-parlatma işlemi uygulanmıştır. Deneylerde, enzim konsantrasyonu %0.5-1.0-1,5-2,0-2,5-3.0 ve aplikasyon süresi ise 30,60,90,120,150,180 dakika şeklinde değiştirilerek dokusuz yüzey kumaşlara enzim uygulaması yapılmıştır. Uygulama yapılan kumaşlarla birlikte enzimsiz kumaş da dikkate alınarak ağırlık değişimi, eğilme rijitliği, gerilme mukavemeti, yırtılma mukavemeti, sürtünme özellikleri, pilling testi, patlama mukavemeti, hava geçirgenliği, görüntü analizi, pamuk lif dispersiyonunun akışkanlığı ve lif mukavemet kararlılığı incelemeleri yapılmıştır.

Körlü, Bahtiyari, Perinçek ve Duran (2008) ; Çalışmada viskon ve pamuklu kumaşlarda biyoparlatma sonrası deaktive edilmemiş halde kalan selülaz artıklarının mekanik etki olmadan kumaşta meydana getirdiği değişiklikleri incelenmiştir. Enzimatik işlem sonrası viskon ve pamuklu kumaşlar 30-60-120-240 dk, 1 gün ve 1 hafta süreyle selülazla birlikte yaş halde bekletilmiş ve değerlendirme amacıyla pillinglenme dereceleri, gramaj değişimi, iplik mukavemeti ölçülmüş, Harrison gümüş ve fehling testi yapılmıştır. Yapılan denemeler sonucunda, selülaz enziminin pilling sorununu azaltma açısından pamuktaki (biyoparlatma sonrası pilling derecesi 5) ve viskondaki (biyoparlatma sonrası pilling derecesi 2,5) etkilerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Viskonda, pamuktaki kadar etkili olamamasına rağmen, kumaşta ciddi zararlar oluşturabildiği görülmüştür. İster pamuklu ister viskon olsun

biyoparlatmanın ardından selülaz enzimin deaktive edilmesinin önemi anlatılmış, aksi taktirde pamuklu kumaşta %13'e, viskon kumaşta ise %23'e varan ciddi zararlar meydana geldiği gözlenmiştir.

Oğulata ve Mavruz (2008) ; Çalışmada 30/1 Ne pamuk ipliğinden üretilmiş süprem kumaşa işletme şartlarında, 3 farklı selülaz enzimi (Enpilase 2XL, Gempil 4L CONC ve Biopolish 300), 3 farklı konsantrasyonda (0,6-0,8-1,0) uygulandıktan sonra kumaşlara boyama ve apre işlemleri aynı koşullarda uygulanmıştır. Uygulamalar sonrasında kumaşlara gramaj testi, pilling testi, patlama mukavemeti, yüzey görünümü, yıkama haslığı, ter haslığı, tükürük haslığı ve sürtünme haslığı testleri yapılmıştır.

Erenler (2009) ; Çalışmada, %100 pamuk ve %75-25 Pamuk-Viskon karışımlı örme kumaşlar kullanılmıştır. Her iki kumaş isletme şartlarında aynı rengin açık ve koyu tonu olmak üzere boyanmıştır. Boyama sonrasında kumaşlara laboratuar şartlarında, 3 farklı kimyasal yapıda (standart selülaz, modifiye selülaz ve endo-enriched selülaz) selülaz enzimi, 4 farklı konsantrasyonda uygulanmıştır. Enzim prosesi öncesinde ve sonrasında kumaşlara renk ölçümü, haslık (ter haslığı, yıkama haslığı, sürtünme haslığı ve ışık haslığı) ve pilling testleri yapılmıştır. Testler sonucunda pilling değerleri incelendiğinde, Pamuk/Viskon karışımında koyu ton kumaşın pilling değerinin açık tona nazaran enzim konsantrasyonundan daha fazla etkilendiği görülmüştür. Ayrıca pilling derecesi açısından enzim derişiminden en fazla etkilenen Pamuk/Viskon karışımlı koyu ton kumaş olduğunu gözlemlemiştir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Kullanılan Materyaller

3.1.1. Kullanılan Kumaşların Özellikleri

Çalışmada aynı lot pamuk, yün, polyester, viskon, keten elyaflarına lycra ilavesi ile hazırlanan dokuma kumaşlar kullanılmıştır. Farklı karışım oranları ve farklı iplik numaraları değişik parametrelerin kumaş performans özelliklerine etkilerinin incelenmesine olanak sağlamıştır.

Çalışmada kullanılan kumaşlar, aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada Kullanılan Kumaşların Özellikleri

No	Hammadde	İplik Numarası		Doku Tipi
		Atkı	Çözgü	
1	95% Pamuk 5% Lycra	Ne 30/1	Ne 30/1	Bezayağı
2	95% Pamuk 5% lycra	Ne 16/1	Ne 16/1	
3	95% Pamuk 5% Lycra	Ne 36/1	Ne 30/1	
4	95% Viskon 5% Lycra	Ne 24/1	Ne 24/1	
5	95% Yün 5% Lycra	Ne 16/1	Ne 16/1	
6	95% Keten 5% Lycra	Ne 24/1	Ne 24/1	
7	Poliviskon + Lycra 65%/35%	Ne 40/2	Ne 40/2	
8	Poliviskon + Lycra 65%/35%	Ne 40/2	Ne 36/2	
9	Poliviskon + Lycra 67%/33%	Ne 28/2	Ne 28/2	
10	Poliviskon/Yün + Lycra	Ne 44/2	Ne 44/2	

Çizelgede verilen numune kumaşlar; ağartma işlemlerinin ardından boyama işlemlerine tabi tutulmuşlardır. Bitim işlemlerine hazır hale getirilen bu kumaşlara laboratuar şartlarında biyo-parlatma işlemi uygulanmıştır.

3.1.2. Kullanılan Kimyasalların Özellikleri

Biopolish 300: Eksoy Kimya'nın modifiye selülaz enzimi
Biopolish 7 K: Eksoy Kimya'nın endo aktivitesi arttırılmış anti-pilling enzimi
Asetik Asit : Biyoparlatma işlemi sırasında pH ayarlamak için kullanılmıştır.

3.2. Metod

3.2.1. Kumaşlara Uygulanan Kimyasal İşlemler

Çizelge 3.1'de verilen ham kumaşlara Kıvanç Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş. işletme şartlarında, Çizelge 3.2.'de verilen reçeteye uygun olarak kasar işlemi uygulanmıştır. 100ºC'de 32dk. işlem gören kumaşlara, sıcaklığın 50ºC'ye düşürüldüğü ortamda, anti-peroksit ilavesi ile 20dk. muamele edilmiştir. Ağartma işleminin ardından 135ºC'de kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Kumaşlar daha sonra, Çizelge 3.2'de verilen reçeteyle işletme şartlarında boyanmıştır.

Çizelge 3.2. Kasar Reçetesi

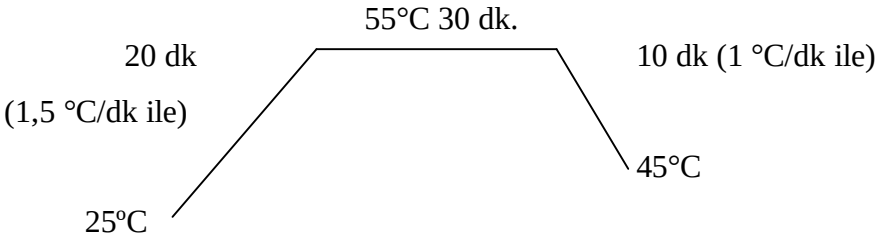
Kimyasal Madde	Miktar (gr/lt)
Hidrojen Peroksit	2.0
Kostik Peroksit	3.0
Islatıcı	0.5
İyon Tutucu	2.0
Yağ Sökücü	1.0
Asetik Asit	1.0
Anti-Peroksit	0.5

Çizelge 3.3. Boyama Reçetesi

Kullanılan Boyarmadde / Yrd. Kimyasallar	**Miktar (%)**
Remazol Red 3BS	%2.30
Remazol Navy RGB	% 0.83
Remazol Yellow 3RSA	% 0.92
Tuz (Sülfat Tuzu)	80
Soda	10

Boyama işlemi sonrasında 90ºC'de sabun ile yıkama ve 75ºC'de durulma işlemleri uygulanmıştır.

Boyanmış kumaşlara, Eksoy Kimya Laboratuarlarında 2 farklı enzim ile biyo-parlatma işlemi yapılmıştır. İşlem için Termal marka laboratuar tipi çektirme makinesi kullanılmıştır. 40gr numune ve 1/10 flotte oranında çalışılmıştır. 0.2 gr/l enzim oranı ile pH 5.5'ta biya-parlatma işlemi uygulanmıştır. Bu işlem, şekil 3.1'de verilen grafik doğrultusunda gerçekleşmiştir.



Şekil 3.1. Enzim Prosesi

Enzimle muamelenin ardından, biyo-parlatma işleminin tamamlanması için gereken enzim deaktivasyonu, 85ºC'de yıkama işlemiyle sağlanmıştır. Yıkama işleminden sonra soğuk durulama yapılan kumaşlar, Test T608 SF marka sıkma merdanelerinden geçirilip, Ataç marka laboratuar tipi F-350 cihazında 100ºC'de 3dk. kurutulmuştur.

Bu işlem sonrasında her çeşit kumaş numunesinden; enzimsiz, 1.enzimli ve 2.enzimli olmak üzere toplam 3'er adet numune elde edilmiştir.

Kumaşlar, 48 saat kondisyonlandıktan sonra testler uygulanmıştır.

3.2.2. Kumaşlara Uygulanan Testler

3.2.2.1. Pilling Testi

Numune kumaşların pilling oluşumlarının tespit edilmesinde TS EN ISO 12945-2 standardı esas alınmıştır. Testlerde Şekil 3.2.'de verilen Martindale cihazı kullanılmıştır. Kumaş numunelerinden 150 mm ± 2mm boyutlarında, 6'şar adet kare parçalar kesilmiştir. Pilling oluşumunun gözlenmesi için 125, 500, 1000, 2000, 5000 ve 7000. devirlerde makine durdurulup üst deney parçaları çıkarılarak numuneler, standart ışık kabininde değerlendirilmiştir. Değerlendirme 1-5 aralığında değişen Empa standardı fotoğrafları referans alınarak yapılmıştır. Bu fotoğraf skalasında 1 yoğun yüzey tüylenmesi ve boncuk oluşumunu ifade etmektedir. 5 ise en iyi değerlendirmedir ve tüylenmenin olmadığını ifade eder.



Şekil 3.2. Martindale Pilling Test Cihazı

3.2.2.2. Yumuşaklık Testi

Kumaşların yumuşaklık derecesinin tespitinde Şekil 3.3'te verilen Dijital Pnomatik Stiffness Tester cihazı kullanılmıştır. Bu cihaz, numuneyi değişebilen bir yüke maruz bırakan bir deney parmağından, numunenin söz konusu yük etkisi ile

geçtiği bir delikten ve uygulanan yükün büyüklüğünün okunduğu bir göstergeden oluşmaktadır (Ç.Ü. Tekstil Mühendisliği Bölümü, Deney Föyleri, 2006).



Şekil 3.3. Stiffness Test Cihazı (Ç.Ü. Tekstil Mühendisliği Bölümü Deney Föyleri, 2006)

Test yapılacaktan kumaştan 102 x 204mm ebatlarında 3'er adet numune alınmıştır. Deneye başlamadan önce basınç manometre yardımıyla 3 bar'a sabitlenmiştir. Hazırlanan numune, cihaz üzerinde deliği örtecek şekilde yerleştirildikten sonra, parmağın hareket etmesi sağlanmıştır. Parmağın yüküyle, numunenin delikten geçmesiyle deney fiziksel olarak tamamlanmıştır. Bu sırada dijital göstergede kgf cinsinden okunan değer, test sonucunu vermektedir. Aynı kumaş üzerinden alınan 3 numune sonucunun aritmetik ortalaması alınarak sertlik derecesi tespit edilir.

Kumaşın delikten geçmesi için uygulanması gereken yükün yüksek olması yumuşaklık derecesinin düşük olduğu anlamına gelir.

3.2.2.3. Hidrofilite Testi

Numune kumaşların su emicilik derecelerinin tespiti için batma testi yapılmıştır. Kumaş numunelerinin her birinden 7,5cm x 7,5cm boyutlarında 3'er adet

numune kesilmiştir. Test, numunelerin, rahat hareket edebileceği çapta bir beher içine koyulan 21 ± 3ºC damıtık suya, 10 ± 3mm yükseklikten bırakılması ile yapılır. Hidrofilite tayini için bu yöntemde batma süreleri esas alınmıştır. Kumaş yüzeyi suya değdikleri anda kronometre çalıştırılmıştır. Kumaşın suyu emerek tamamen battığı anda durdurulmuştur. Okunan değer o numune için batma süresidir. Aynı kumaştan alınan 3 numune için okunan değerlerin aritmetik ortalaması, o kumaş için batma süresini verir. Batma süresinin kısalması, kumaşın hidrofilitesinin artması anlamına gelmektedir.

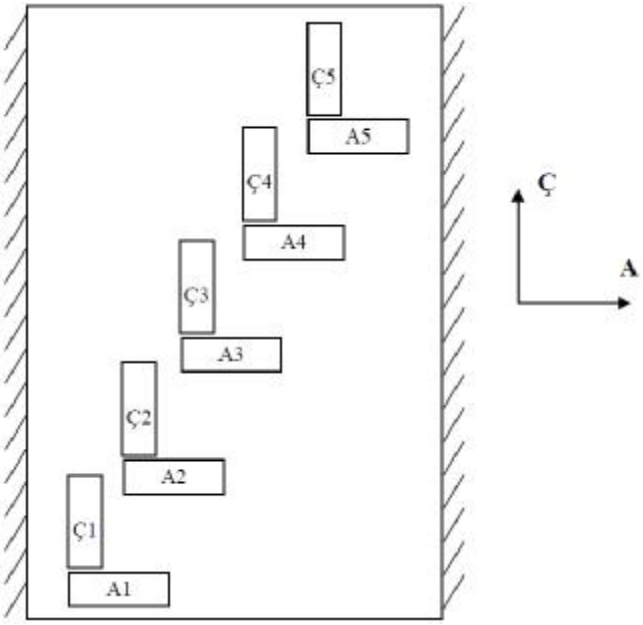
3.2.2.4. Kopma Mukavemeti Testi

Dokuma kumaşın atkı ve çözgü yönünde uygulanan yük karşısında direncini ifade eden kopma mukavemeti, şerit (strip) metodu esas alınarak Titan marka Universal Test Cihazı (Şekil 9.2.2.4.1) ile TS EN ISO 13934-1 standardına göre tespit edilmiştir. Bu cihazda, numuneler biri hareketli diğeri sabit iki çene arasına yerleştirilmektedir. Kumaşa gittikçe artan bir kuvvet uygulanmakta ve kumaşın kopmasıyla birlikte kopma mukavemeti belirlenmektedir. Kumaşın koptuğu andaki kuvvet kopma kuvveti ve kumaşın koptuğu ana kadarki uzama miktarının ilk boyuna oranına kopma uzaması (%) denir.



Şekil 3.4. Titan Universal Test Cihazı (Ç.Ü. Tekstil Mühendisliği Bölümü Deney Föyleri, 2006)

Deney için hazırlanan numuneler, saçaklar hariç 50mm x 200mm ebatlarında olmalıdır. Bu nedenle 100mm x 200mm ebatlarında atkı ve çözgü yönünde olmak üzere 5 takım hazırlanmıştır. Şekil 3.5.'te numune hazırlanışı verilmiştir.



Şekil 3.5. Kopma Mukavemeti Numune Hazırlama (Ç.Ü. Tekstil Mühendisliği Deney Föyleri, 2011)

Test cihazı bir bilgisayar yazılımı ile çalışmaktadır. Teste başlamadan önce uygun çeneler yerleştirilmiş ve bilgisayara isim, numune sayısı gibi bilgilerin girişi yapılmıştır. Numuneler çeneleri ortalayacak şekilde yerleştirilmiş ve kopma işlemi gerçekleşene kadar çekilmesi sağlanmıştır.

Numune kopuşu olduğu anda Newton cinsinden kopma kuvveti ve % olarak uzama değerleri yazılım yardımıyla ekrandan okunmuştur. Kaydedilen bu değerlerin, her kumaş için atkı ve çözgü yönünde ayrı ayrı aritmetik ortalamaları alınarak, o kumaş için kopma mukavemeti tespit edilmiştir.

3.2.2.5. Yırtılma Mukavemeti Testi

Yırtılma mukavemeti Elmendorf metoduna göre tayin edilmiştir. Bu test için BS EN ISO 13937-1: 2000 standardı esas alınmıştır. Test yapılacak kumaşlardan,

atkı ve çözgü yönünde olmak üzere 5'er takım numune kesilmiştir. Numuneler 75 mm x 100mm ebatlarında hazırlanmıştır. Çözgü numunesi için, şablonun uzun kenarı çözgüye paralel, atkı numunesi için atkıya paralel alınmıştır.

Test için şekil 3.6.'da verilen elmatear laboratuar tipi test cihazı kullanılmıştır.



Şekil 3.6. Elmatear Test Cihazı
(http://www.akintekstiltestlab.com/sayfalar.asp?KatID=6&ID=15)

Teste başlamadan önce her numune için ayrı ayrı pendulum seçimi yapılmıştır. Uygun pendulumun seçilmesi için birkaç atkı ve çözgü numunesi ile test denemeleri yapılmıştır. Sonuçların %15 - %85'lik alan içinde olmasına dikkat edilerek doğru pendulumlar Çizelge 3.4.'teki şekilde belirlenmiştir.

Çizelge 3.4. Seçilen Pendulumlar

Numune No	Atkı Numunesi	Çözgü Numunesi
1	A	B
2	C	C
3	C	D
4	B	B
5	C	C
6	C	D
7	C	C
8	C	D
9	-	-
10	C	C

A: 800 CN/gr
B: 1600 CN/gr
C: 3200 CN/gr
D: 6400 CN/gr

Çizelgeden de görüldüğü gibi 9 numaralı numune için denenen pendulumlar sonuç vermemiş ve bu numune için deneme testlerinde yırtılma gözlenmemiştir. Deneme sayısı arttırılmış ve sonuç değişmemiştir. Bu nedenle yırtılma mukavemetinin incelenmesi kısmında bu numune dikkate alınmayacaktır.

Seçilen pendulumların 3 kez doğrulama işlemi yapılmıştır. Bunun için tüm vidalar sıkılıp pendulum serbest bırakılmış ve 3 kez 0 değeri görülmüştür.

Atkı ve çözgü numuneleri, uzun kenarları çenelerin üst uçlarına paralel olacak şekilde ve ortalı olarak yerleştirilir. Cihazdaki bıçak yardımıyla 20 ± 0,5mm'lik çentik açılır (Tekstilde Ölçme ve Kalite Kontrol Laboratuarı Standart Test Talimatı, 2006).

Pendulumun serbest bırakılmasıyla kumaşta yırtılma meydana gelmiştir. Bu esnada cihazın gösterdiği değerler kaydedilmiş ve aynı kumaş için aynı yönlü numunelerden elde edilen sonuçların ortalaması alınmıştır.

4. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Tez kapsamında yapılan testler sonucunda kaydedilen sonuçlar, biyo-parlatma işleminin uygulanmadığı numuneler ve 2 farklı yapıdaki enzim ile işlem gören numuneler için ayrı ayrı verilmiştir.

Deneysel çalışmanın sonuçları değerlendirilirken biopolish 300 enzimi ile işlem gören kumaşlar E1, biopolish 7 K ile işlem gören kumaşlar E2 ve enzimin uygulanmadığı kumaşlar E0 kısaltmaları ile verilmiştir.

Numuneler kodları ile verilmiştir.

4.1. Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

4.1.1. Pilling Testi Sonuçları

Çizelge 4.1, Çizelge 4.2. ve Çizelge 4.3'te Martin Dale pilling testi sonuçları verilmiştir. Tablolarda 125., 500., 1000., 2000., 5000. ve 7000. devirlerde yapılan gözlem sonuçları her kumaş ve her numune için ayrı ayrı verilmiştir. Değerlendirmede yer alan 1 rakamı; maksimum boncuklanmayı, 5 rakamı ise yüzeyde boncuklanma olmadığını göstermektedir.

Kaydedilen bu değerlerin her numune ve enzim tipi için ortalamaları alınarak, o numune için pilling test sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuçlarda aynı çizelgelerde verilmiştir.

Yapılan testler sonucunda, biyo-parlatma işleminin boncuklanmayı azaltıcı bir etkisi olduğu gözlenmiştir. E0 enzimsiz numuneler ile E1 ve E2 numuneleri kıyaslandığında bu durum açıkça görülmektedir. Pilling testi sırasında, genel olarak E1 enzimin kullanıldığı kumaşlarda pilling (boncuk) oluşumunun, E2'ye kıyasla daha az olduğu gözlenmiştir. Devir sayısının boncuk oluşumu üzerindeki etkileri genel olarak incelendiğinde yüksek devirlerde, boncuklanmanın biranda azaldığı görülmüştür. Bunun nedeni, kumaş yüzeyindeki lif uçlarının daha düşük devirlerde büyük oranda kumaşı terk etmesidir. Lif uçlarının uzaklaşması sonucu, sürtmenin etkisiyle boncuk oluşumu azalmaktadır.

Çizelge 4.1. Martin-Dale Pilling Test Sonuçları (125-500 Devir)

Numune	125 DEVİR												500 DEVİR											
	E0			Ort.	E1			Ort.	E2			Ort.	E0			Ort.	E1			Ort.	E2			Ort.
1	4-5	4-5	4-5	4-5	5	5	5	5	4-5	4	5	4-5	4	4-5	3-4	4	5	5	5	5	4-5	4-5	4-5	4-5
2	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
3	5	4-5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4-5	5	5	5	4-5	5	5	5	4-5	5	5	5
4	4	4	3-4	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	3-4	4	4	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4	4-5	4
5	3-4	3-4	3-4	3-4	4-5	4-5	5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	3-4	3-4	3	3-4	4-5	5	5	5	4-5	4-5	4-5	4-5
6	3	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	4	4	4	4	3-4	3-4	3-4
7	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4	4	4	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5
8	4-5	4-5	4	4-5	5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4-5	5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
9	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4	4	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4	4	4-5
10	4	4-5	4-5	4-5	5	5	5	5	5	5	4-5	5	4	4-5	4-5	4-5	5	5	4-5	5	5	5	4-5	5

E0: Enzim ile işlem görmemiş numuneler
E1: Biopolish 300 enzimi (modifiye selülaz enzimi) ile işlem gören numuneler
E2: Biopolish 7K enzimi (endo aktivitesi arttırılmış enzim) ile işlem gören numuneler

Çizelge 4.2. Martin Dale Pilling Test Sonuçları (1000-2000 Devir)

Numune	1000 DEVİR												2000 DEVİR											
	E0		Ort.	E1		Ort.	E2		Ort.	E0		Ort.	E1		Ort.	E2		Ort.	E0		Ort.	E1		Ort.	E2		Ort.
1	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	3-4	3-4	4-5	5	5	4-5	4-5	5	5	5	5	5
2	4-5	4-5	4-5	5	5	5	4-5	4-5	5	4-5	4	4-5	4	4-5	4	4-5	5	5	4-5	4-5	5	5	5	4-5	4-5
3	4-5	4-5	4-5	4-5	5	5	4-5	4-5	5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4-5	5	5	4-5	4-5	5	5	5	5	5
4	3-4	4	4	4-5	4-5	4-5	4	4	4-5	4	4	4	4	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4	4-5	4	4	4-5	4-5	4-5
5	3-4	3-4	3-4	5	5	5	5	5	5	4-5	4	4	4	3-4	4	4-5	5	5	4-5	5	5	5	4-5	5	5
6	3-4	3-4	3-4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3-4	3-4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
7	4	4	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4	4-5	4	4	4	3-4	3-4	4-5	4	4	4	4-5	4	4	4	4	4
8	4	4	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4	3-4	4	5	5	5	4-5	5	5	4-5	4	4	4
9	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4-5	4	4	4	3-4	3-4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
10	4	4-5	4-5	5	5	5	4-5	5	5	5	5	5	3-4	4	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4	4-5

E0: Enzim ile işlem görmemiş numuneler
E1: Biopolish 300 enzimi (modifiye selülaz enzimi) ile işlem gören numuneler
E2: Biopolish 7K enzimi (endo aktivitesi arttırılmış enzim) ile işlem gören numuneler

Çizelge 4.3. Martin Dale Pilling Test Sonuçları (5000-7000 Devir)

Numune	5000 DEVİR												7000 DEVİR											
	E0		Ort.	E1		Ort.	E2		Ort.	E0		Ort.	E1		Ort.	E2		Ort.	E0		Ort.	E1		Ort.	E2		Ort.
1	4	4	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	5	5	5	4-5	4-5	5	4-5	4-5	4-5	5	5	4-5
2	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	5	5	4-5	4-5	4-5	5	5	4-5	4-5	4-5	5	4-5	4-5	4-5	5	5	4-5
3	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4-5	4-5	4-5	5	5	4-5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
4	4	4	4	4-5	4	4	4-5	4	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5
5	4	4	4	4	4-5	4	4	4-5	4	4-5	4-5	4-5	5	5	4-5	5	5	5	4-5	5	5	5	5	5
6	3-4	4	4	3-4	3-4	4	4	3-4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4-5	4-5	4	4-5	4-5
7	3-4	3-4	3-4	4-5	4	4	4	4	4	3-4	3-4	3	4-5	4	4-5	4	4	4	4	4-5	4	4	4-5	4
8	4	3-4	3-4	5	5	5	4-5	5	4-5	3-4	3-4	3	5	5	5	5	5	5	3-4	5	5	5	4-5	4-5
9	3-4	3	3	4	4	4	3-4	4	3-4	3-4	3	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4
10	3-4	3-4	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	3-4	4	4	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	5	4	4-5	4-5	5	4-5	4-5

E0: Enzim ile işlem görmemiş numuneler
E1: Biopolish 300 enzimi (modifiye selülaz enzimi) ile işlem gören numuneler
E2: Biopolish 7K enzimi (endo aktivitesi arttırılmış enzim) ile işlem gören numuneler

Hammadde içerikleri aynı olan 1, 2 ve 3 numaralı kumaşlar ile 7, 8 ve 9 numaraları kumaşlar kendi aralarında kıyaslandığında, iplik numarası daha büyük olan daha ince kumaşların, boncuklanmasının daha az olduğu gözlenmiştir. Bunun nedeni; daha kalın ipliklerden dokunmuş kumaşlarda, serbest konumda bulunan ve kumaş yüzeyine çıkabilecek lif uçlarının daha fazla olmasıdır.

Pilling oluşumuna yatkın olan polyester lifinin karışımdaki oranının arttırılması boncuklanma eğilimini arttırmıştır. 7 ve 8.numune ile 9.numuneler kıyaslandığında artan polyester oranının ve kalınlaşan iplik kullanımının etkisi görülmektedir.

4.1.2. Yumuşaklık Testi Sonuçları

Çizelge 4.4'te enzimsiz numunelere ait test sonuçları, Çizelge 4.5.'te E1 ve Çizelge 4.6'da E2 ile işlem gören numunelere ait test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.4. Enzimsiz Numunelerin Yumuşaklık Test Sonuçları

Kumaş Kodu	1.Numune (kgf)	2.Numune (kgf)	3.Numune (kgf)	Ort. (kgf)
1	0,093	0,099	0,096	0,096
2	0,861	1,040	0,941	0,947
3	0,054	0,059	0,049	0,054
4	0,069	0,065	0,069	0,063
5	0,020	0,016	0,018	0,018
6	0,026	0,034	0,038	0,033
7	0,034	0,046	0,041	0,040
8	0,076	0,066	0,071	0,071
9	0,083	0,093	0,090	0,088
10	0,015	0,016	0,013	0,015

Çizelge 4.5. E1 ile İşlem Görmüş Numunelerin Yumuşaklık Test Sonuçları

Kumaş Kodu	1.Numune (kgf)	2.Numune (kgf)	3.Numune (kgf)	Ort. (kgf)
1	0,081	0,078	0,082	0,080
2	0,711	0,630	0,685	0,675
3	0,040	0,026	0,033	0,033
4	0,053	0,056	0,054	0,054
5	0,016	0,011	0,014	0,014
6	0,020	0,020	0,021	0,020
7	0,020	0,023	0,020	0,021
8	0,044	0,033	0,038	0,038
9	0,066	0,060	0,054	0,060
10	0,012	0,012	0,013	0,012

Çizelge 4.6. E2 ile İşlem Görmüş Numunelerin Yumuşaklık Test Sonuçları

Kumaş Kodu	1.Numune (kgf)	2.Numune (kgf)	3.Numune (kgf)	Ort. (kgf)
1	0,085	0,084	0,085	0,085
2	0,820	0,809	0,813	0,814
3	0,048	0,047	0,048	0,048
4	0,060	0,057	0,059	0,059
5	0,013	0,016	0,015	0,015
6	0,015	0,016	0,016	0,016
7	0,018	0,020	0,018	0,019
8	0,041	0,036	0,029	0,035
9	0,064	0,066	0,049	0,060
10	0,011	0,010	0,011	0,011

Yumuşaklık test sonuçlarından yola çıkarak biyoparlatma işleminin dokuma kumaşlarda yumuşaklılığı arttırdığı yorumu yapılabilir. Ancak e1 ve e2 enzimlerinin ayrı ayrı etkileri incelendiğinde net bir yorum yapmak mümkün değildir.

Biyo-parlatma işlemi öncesi kaydedilen kuvvetlerin, bütün numunelerde daha fazla olduğu görülmektedir. E1 ve E2 enzimleri farklı kumaşlarda farklı sonuçlar vermiştir. Örneğin; 8, 9 ve 10 numaralı numunelerde enzim farkı kuvvette dikkate değer bir değişme yaratmazken, 2 numaralı numunede belirgin bir fark görülmektedir. Yün, keten ve polyester/viskon karışımlı dokuma kumaşlarda farklı yapıdaki enzimlerin kuvvette belirgin bir etkileri olmamıştır. Ancak pamuklu dokumalarda E1 enziminin yumuşaklık üzerindeki etkisi daha fazladır.

4.1.3. Hidrofilite Test Sonuçları

Çizelge 4.7, Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9'da verilen değerler saniye cinsinden numunelerinin batma süreleridir. Çizelge 4.7'de enzim ile işlem görmeyen kumaşlardan elde edilen hidrofilite testi batma süreleri verilmiştir. Çizelge 4.8'de e1 ile işlem gören kumaşların batma süreleri verilmiştir. Çizelge 4.9'da ise E2 ile işlem gören kumaşların batma süreleri verilmiştir. Tablolarda verilen batma sürelerinin, her numune için ayrı ayrı aritmetik ortalamaları alınarak hidrofilite test sonuçları tayin edilmiş ve aynı çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 4.7. Enzimsiz Numunelerde Batma Süreleri

Kumaş Kodu	1.Numune (sn)	2.Numune (sn)	3.Numune (sn)	Ort. (sn)
1	14	11	15	13
2	15	17	21	18
3	2	2	2	2
4	59	73	68	67
5	68	68	68	68
6	63	65	68	65
7	75	71	76	74
8	28	32	31	30
9	50	48	45	48
10	210	214	208	211

Çizelge 4.8. E1 ile İşlem Görmüş Numunelerde Batma Süreleri

Kumaş Kodu	1.Numune (sn)	2.Numune (sn)	3.Numune (sn)	Ort. (sn)
1	2	2	2	2
2	1	2	1	1
3	1	2	1	1
4	4	4	3	4
5	52	50	51	51
6	86	80	84	83
7	42	43	45	43
8	32	29	35	32
9	33	29	35	32
10	59	38	43	47

Çizelge 4.9. E2 ile İşlem Görmüş Numunelerde Batma Süreleri

Kumaş Kodu	1.Numune (sn)	2.Numune (sn)	3.Numune (sn)	Ort. (sn)
1	7	6	7	7
2	4	4	4	4
3	2	2	1	2
4	23	25	24	24
5	65	63	60	63
6	76	80	78	78
7	59	62	63	61
8	33	33	31	32
9	41	40	39	40
10	102	103	99	101

Çizelgelerde, kumaşlara uygulanan biyoparlatma işleminin hidrofiliteyi arttırdığı gözlenmektedir. E1 ve E2 ile işlem gören numuneler kıyaslandığında E2'li kumaşların hidrofilitesinin daha iyi olduğu görülmüştür.

4.1.4. Kopma Mukavemeti Testi Sonuçları

Deneylerde kullanılan kumaşların biyoparlatma işlemi öncesi ve sonrasında yapılan kopma mukavemeti test sonuçları Çizelge 4.10, Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.10. Enzimsiz Numunelerin Kopma Mukavemeti Test Sonuçları

Kumaş Kodu	Atkı yönlü Numuneler					Çözgü Yönlü Numuneler				
	1.Numune	2.Numune	3.Numune	4.Numune	5.Numune	1.Numune	2.Numune	3.Numune	4.Numune	5.Numune
1	344,2	352,5	351,7	345,7	347,9	1212,8	1210,8	1213,4	1214,1	1219,9
2	799,4	771,2	789,7	791,3	790,9	1524,2	1528,5	1570,1	1512,1	1503,1
3	413,7	417,0	416,7	415,8	414,8	1309,2	1285,4	1287,5	1283,8	1280,1
4	444,5	437,1	443,5	446,1	443,8	865,6	870,4	861,4	872,8	869,8
5	285,7	288,4	293,5	290,7	295,2	750,0	740,8	745,1	749,9	750,2
6	703,9	703,7	704,1	704,2	703,1	896,0	890,1	896,5	889,9	898,0
7	675,0	665,1	666,7	669,4	669,3	735,2	739,9	731,0	740,2	747,2
8	542,3	549,8	546,1	537,9	550,4	919,7	921,5	921,0	920,9	925,4
9	1539,4	1532,3	1535,6	1539,1	1548,1	2098,7	2082,5	2053,7	2076,4	2045,7
10	300,1	298,3	297,4	295,7	305,0	730,7	735,9	729,4	731,4	729,1

Çizelge 4.11. E1 ile İşlem Görmüş Numunelerin Kopma Mukavemeti Test Sonuçları

Kumaş Kodu	Atkı yönlü Numuneler					Çözgü Yönlü Numuneler				
	1.Numune	2.Numune	3.Numune	4.Numune	5.Numune	1.Numune	2.Numune	3.Numune	4.Numune	5.Numune
1	319,5	315,8	315,4	318,9	318,4	1117,3	1115,8	1121,8	1116,9	1123,7
2	732,6	719,9	732,0	734,3	736,7	1358,2	1360,1	1359,4	1359,7	1360,6
3	385,7	390,3	415,7	410,6	388,7	1236,5	1227,6	1228,1	1229,4	1232,1
4	429,9	435,3	438,1	429,5	430,2	835,7	836,1	832,4	830,6	835,7
5	279,3	281,7	285,4	282,6	280,5	730,0	722,3	720,4	719,9	718,4
6	660,1	659,0	655,7	650,8	648,9	871,0	832,4	815,1	856,9	865,1
7	613,0	635,1	633,6	625,8	644,8	720,1	715,8	730,3	720,8	718,0
8	533,7	537,1	538,2	537,7	543,0	868,9	887,7	881,5	878,5	880,4
9	1498,8	1463,0	1507,2	1530,8	1515,2	1968,4	1969,9	1978,2	1973,8	1976,7
10	291,1	282,9	287,8	285,0	293,5	719,9	719,3	719,4	717,8	719,1

E1: Biopolish 300 enzimi (modifiye selülaz enzimi) ile işlem gören numuneler

Çizelge 4.12. E2 ile İşlem Görmüş Numunelerin Kopma Mukavemeti Test Sonuçları

Kumaş Kodu	Atkı yönlü Numuneler					Çözgü Yönlü Numuneler				
	1.Numune	2.Numune	3.Numune	4.Numune	5.Numune	1.Numune	2.Numune	3.Numune	4.Numune	5.Numune
1	341,3	335,2	342,1	338,3	337,6	1182,0	1175,4	1169,8	1179,2	1176,1
2	762,3	762,5	755,0	749,9	761,3	1420,9	1420,5	1418,9	1428,4	1420,3
3	415,0	382,6	412,5	405,8	400,9	1249,0	1239,4	1241,9	1245,1	1241,8
4	435,3	442,9	438,5	436,7	442,1	843,8	850,9	845,3	844,6	852,15
5	287,9	285,9	289,7	286,8	281,4	742,3	745,1	740,9	743,5	742,2
6	693,6	692,0	690,9	694,3	693,2	851,4	858,9	852,3	856,3	857,1
7	656,0	654,6	661,9	659,1	660,9	731,2	724,1	722,0	720,1	713,1
8	531,4	549,5	542,4	540,4	538,8	909,4	905,9	901,3	913,4	918,2
9	1536,2	1527,5	1550,0	1538,6	1537,2	1844,7	1847,3	1840,2	1840,6	1845,2
10	292,4	286,5	283,1	291,9	293,4	716,3	720,7	725,4	720,7	728,2

E2: Biopolish 7K enzimi (endo aktivitesi arttırılmış enzim) ile işlem gören numuneler

Elde edilen sonuçlarda çözgü yönlü numunelerin kopma mukavemetlerinin atkı yönlü numunelerin mukavemetlerinden daha fazla olduğu gözlenmiştir. Çizelgelerle verilen ve ayrı ayrı ölçümlerle elde edilen test sonuçlarının aritmetik ortalamaları alınarak, kopma mukavemeti sonuçları elde edilmiştir. Sonuçlar Çizelge 4.13'te verilmiştir.

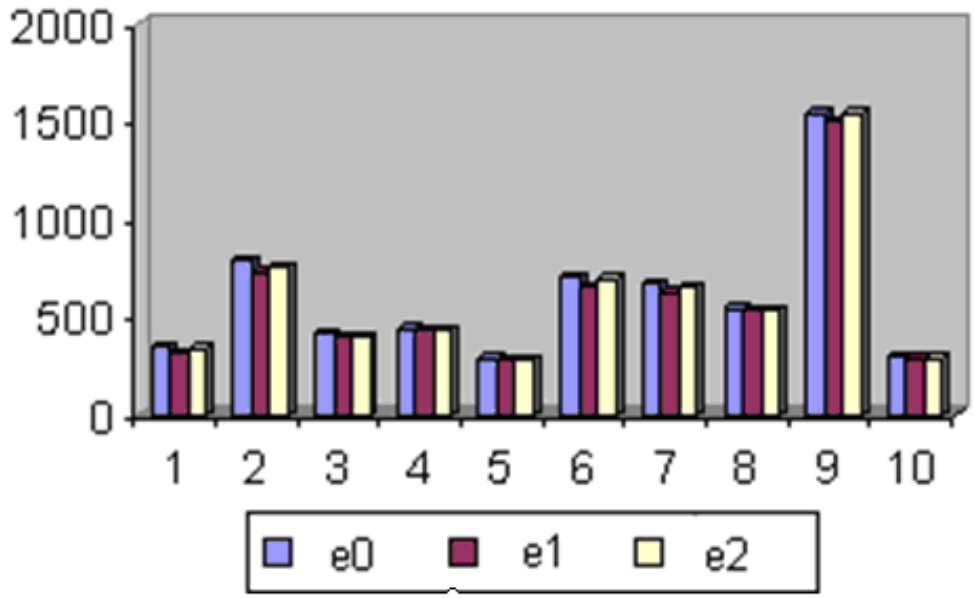
Çizelge 4.13. Kopma Mukavemeti Test Sonuçları

Kumaş Kodu	Atkı Yönlü Numuneler			Çözgü Yönlü Numuneler		
	E0	E1	E2	E0	E1	E2
1	348,4	317,6	338,9	1214,2	1119,1	1176,5
2	790,1	731,1	758,2	1527,6	1359,6	1421,8
3	415,6	398,2	403,4	1289,2	1230,7	1243,4
4	443,0	432,6	439,1	868,0	834,1	847,4
5	290,7	281,9	286,3	747,2	722,2	742,0
6	703,8	654,9	692,8	894,1	848,1	855,2
7	669,1	630,5	658,5	738,7	721,0	722,1
8	545,3	537,9	540,5	921,7	879,4	909,6
9	1538,9	1503,0	1537,9	2071,4	1973,4	1843,6
10	299,3	288,1	289,5	731,3	719,1	722,3

E0: Enzim ile işlem görmemiş numuneler
E1: Biopolish 300 (modifiye selülaz enzimi) ile işlem görmüş numuneler
E2: Biopolish 7 K (endo aktivitesi arttırılmış selülaz enzimi) ile işlem görmüş numuneler

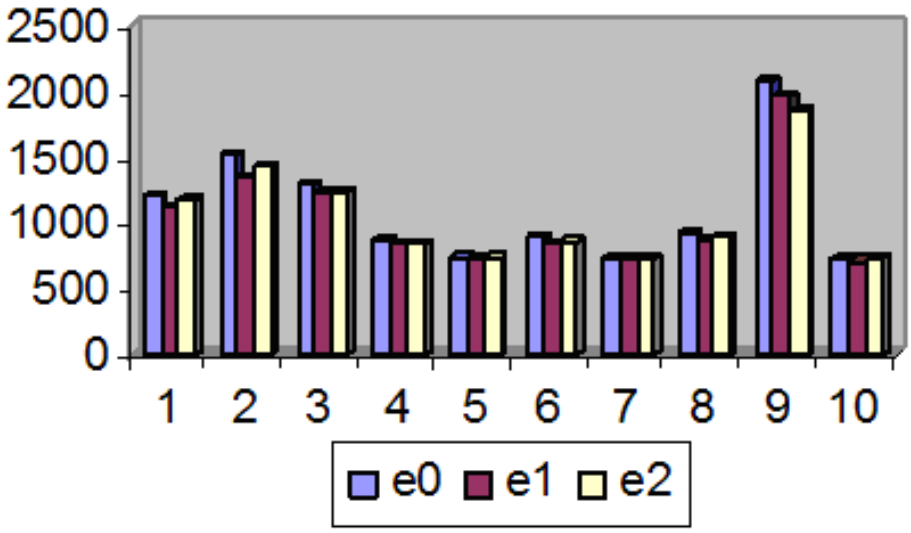
Biyoparlatma işlemi sonrası kopma mukavemetinde düşüşler meydana gelmiştir. Tablo incelendiğinde e1 enziminin mukavemeti daha çok etkilediği gözlenmektedir.

Atkı yönlü numuneler için kopma mukavemetleri Şekil 4.1. ve çözgü yönlü numuneler için kopma mukavemetleri Şekil 4.2.'de verilmiştir.



e0: Enzim ile işlem görmemiş numuneler
e1: Biopolish 300 (modifiye selülaz enzimi) ile işlem görmüş numuneler
e2: Biopolish 7 K (endo aktivitesi arttırılmış selülaz enzimi) ile işlem görmüş numuneler

Şekil 4.1. Atkı Yönlü Numunelerde Kopma Mukavemeti



e0: Enzim ile işlem görmemiş numuneler
e1: Biopolish 300 (modifiye selülaz enzimi) ile işlem görmüş numuneler
e2: Biopolish 7 K (endo aktivitesi arttırılmış selülaz enzimi) ile işlem görmüş numuneler

Şekil 4.2. Çözgü Yönlü Numunelerde Kopma Mukavemeti

Şekillerden hem atkı hem çözgü yönünde endo aktivitesi arttırılmış enzimlerin kopma mukavemetinde çok az kayıplara neden olduğu görülmektedir.

Modifiye selülaz enzimleri ise endo aktivitesi arttırılmış selülaz enzimlerine göre daha fazla kayıba neden olmuştur. Bu durum modifiye asit selülaz enzimleri ile endo aktivitesi arttırılmış selülaz enzimlerinin etki güçlerinin farkından kaynaklanmaktadır. Daha saldırgan olan modifiye enzim, daha az saldırgan olan endo enzimden daha fazla kopma mukavemeti kaybına neden olmuştur.

Kopma mukavemetinin önemli olduğu tekstil mamulleri için biyo-parlatma işlemi sırasında endo enzim kullanımı tercih edilmelidir.

4.1.5. Yırtılma Mukavemeti Testi Sonuçları

Yırtılma mukavemeti testi için ana numuneler üzerinden alınan 5'er adet atkı ve çözgü numunelerinden elde edilen test sonuçları tablolaştırılmıştır. Çizelge 4.14.'te biyoparlatma işlemi görmemiş numunelerden alınan sonuçlar verilmiştir.

Çizelge 4.14. Enzimsiz Numunelerin Yırtılma Testi Sonuçları

Kumaş Kodu	Atkı yönlü Numuneler					Çözgü Yönlü Numuneler				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	7,17	7,05	7,32	7,06	7,30	13,07	13,43	13,85	13,52	13,38
2	28,40	28,73	27,73	28,52	28,05	30,22	29,80	29,49	29,53	30,14
3	24,30	24,87	24,85	24,70	24,65	34,37	32,13	33,48	34,26	34,32
4	14,03	11,80	12,91	13,08	13,08	14,36	13,53	14,18	13,87	13,91
5	19,53	18,30	18,77	18,79	18,94	21,35	21,12	22,05	21,60	21,41
6	29,71	30,08	30,71	30,12	30,22	32,03	34,59	36,64	35,01	33,88
7	23,45	23,77	23,56	23,47	23,80	30,36	29,94	30,58	30,20	30,31
8	29,32	29,02	29,35	29,15	29,31	44,87	44,87	48,32	47,59	44,45
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	19,16	18,99	18,23	18,83	18,75	28,80	27,83	28,81	28,50	28,46

Çizelge 4.15.'te E1 enzimi ile işlem görmüş numunelere uygulanan yırtılma mukavemeti testi sonuçları verilmektedir.

Çizelge 4.15. E1 ile İşlem Görmüş Numunelerin Yırtılma Testi Sonuçları

Kumaş Kodu	Atkı yönlü Numuneler					Çözgü Yönlü Numuneler				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	6,55	6,52	6,51	6,54	6,51	12,89	12,73	13,05	12,90	12,88
2	25,46	26,39	24,19	25,30	25,40	27,65	26,80	27,19	27,24	27,18
3	18,73	19,58	20,19	19,45	19,55	24,17	26,82	26,59	25,73	25,99
4	11,12	10,77	10,98	11,01	10,93	13,50	13,84	13,48	13,16	13,52
5	17,91	17,94	18,27	17,98	18,07	20,06	20,87	20,38	20,51	20,36
6	28,36	30,08	29,22	28,93	29,51	32,12	32,29	32,32	32,18	32,31
7	20,54	20,48	20,48	20,54	20,51	23,83	22,82	22,51	23,18	22,93
8	25,16	24,70	26,61	25,53	25,45	43,26	42,44	42,85	42,85	42,85
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	18,55	18,72	18,40	18,60	18,51	27,81	25,57	26,29	26,62	26,49

E1: Biopolish 300 (modifiye selülaz enzimi) ile işlem görmüş numuneler

Çizelge 4.16.'da E2 ile işlem görmüş numunelere ait yırtılma mukavemeti testi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.16. E2 ile İşlem Görmüş Numunelerin Test Sonuçları

Kumaş Kodu	Atkı yönlü Numuneler					Çözgü Yönlü Numuneler				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	6,82	6,82	6,79	6,73	6,85	13,11	13,18	13,16	13,15	13,21
2	27,27	26,73	27,41	27,23	27,05	28,26	28,10	27,80	28,18	27,92
3	21,77	22,07	22,31	21,93	22,17	29,15	28,81	28,51	28,94	28,70
4	12,00	11,65	11,72	11,91	11,84	12,43	14,81	13,56	13,71	13,59
5	18,00	19,19	18,96	18,87	18,56	21,24	20,90	20,40	20,77	20,92
6	29,08	30,35	30,18	29,74	30,00	33,78	33,77	33,95	33,81	33,86
7	23,75	22,57	22,94	23,11	23,06	28,76	27,08	27,63	28,15	27,93
8	27,97	27,84	27,76	27,93	27,89	44,16	44,03	44,18	44,11	44,15
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	18,60	18,54	18,56	18,68	18,66	27,31	28,00	27,50	27,94	27,27

E2: Biopolish 7 K (endo aktivitesi arttırılmış selülaz enzimi) ile işlem görmüş numuneler

Her kumaş için atkı ve çözgü yönlü numuneler ayrı ayrı olmak üzere, enzimsiz, E1 ile işlem görmüş ve E2 ile işlem görmüş numunelerden elde edilen sonuçların aritmetik ortalamaları alınmıştır. Bu şekilde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.17.'de verilmektedir.

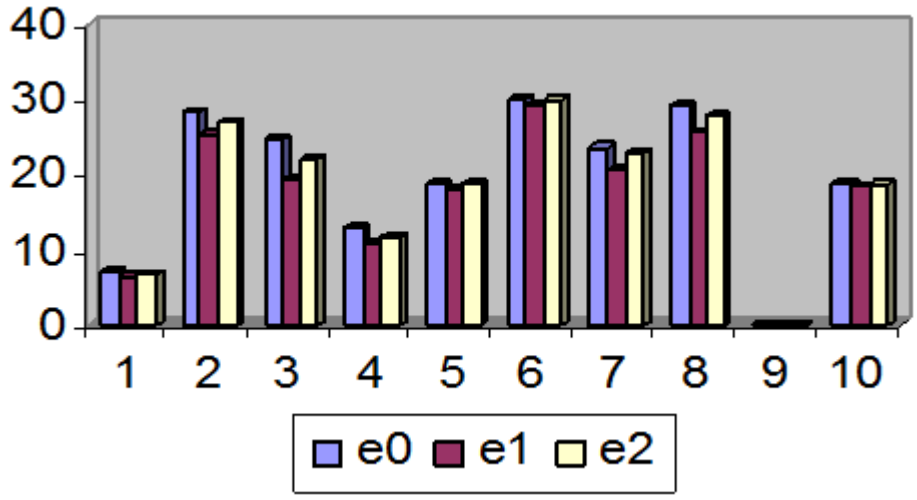
Çizelge 4.17. Yırtılma Mukavemeti Test Sonuçları

Kumaş Kodu	Atkı Yönlü Numuneler			Çözgü Yönlü Numuneler		
	E0	E1	E2	E0	E1	E2
1	7,18	6,53	6,80	13,45	12,89	13,15
2	28,29	25,35	27,14	29,84	27,21	28,05
3	24,67	19,50	22,05	33,17	25,86	28,82
4	12,91	10,95	11,83	13,95	13,50	13,62
5	18,87	18,04	18,72	21,51	20,44	20,85
6	30,17	29,22	29,87	34,42	32,24	33,83
7	23,61	20,51	23,09	30,29	23,05	27,91
8	29,23	25,49	27,88	46,02	42,85	44,13
9	-	-	-	-	-	-
10	18,79	18,56	18,63	28,48	26,56	27,60

E0: Enzim ile işlem görmemiş numuneler
E1: Biopolish 300 (modifiye selülaz enzimi) ile işlem görmüş numuneler
E2: Biopolish 7 K (endo aktivitesi arttırılmış selülaz enzimi) ile işlem görmüş numuneler

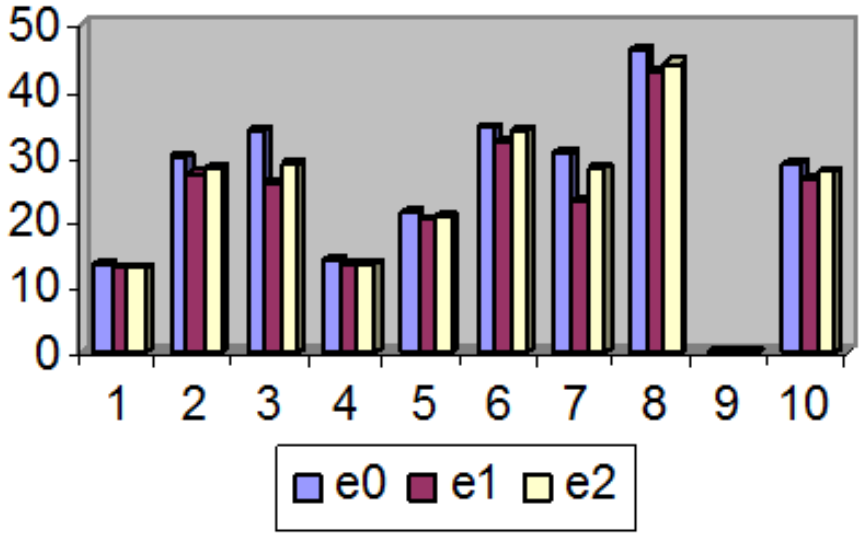
Sonuçlarda dokuma kumaşların çözgü yönünde mukavemetlerinin atkı yönde mukavemetlerinden daha iyi olduğu görülmektedir. Biyoparlatma işlemi sonrasında yırtılma mukavemetinde azalmalar gerçekleşmiştir. Mukavemet kaybı e1 enziminde daha fazladır.

Atkı yönlü numuneler için kaydedilen sonuçlar Şekil 4.3.'te ve çözgü yönlü numuneler için kaydedilen sonuçlar Şekil 4.4.'te verilmiştir.



e0: Enzim ile işlem görmemiş numuneler
e1: Biopolish 300 (modifiye selülaz enzimi) ile işlem görmüş numuneler
e2: Biopolish 7 K (endo aktivitesi arttırılmış selülaz enzimi) ile işlem görmüş numuneler

Şekil 4.3. Atkı Yönlü Numunelerde Yırtılma Mukavemeti



e0: Enzim ile işlem görmemiş numuneler
e1: Biopolish 300 (modifiye selülaz enzimi) ile işlem görmüş numuneler
e2: Biopolish 7 K (endo aktivitesi arttırılmış selülaz enzimi) ile işlem görmüş numuneler

Şekil 4.4. Çözgü Yönlü Numunelerde Yırtılma Mukavemeti

Her iki grafikte de biyo-parlatma işlemi sonucu yırtılma mukavemetlerinde meydana gelen düşüş görülmektedir. Grafiklerden, yapılan araştırmalar sonucu e1 enzimli numunelerin mukavemette daha fazla kayıba neden olduğu yorumu yapılır.

Yırtılma mukavemetinde de kopma mukavemetinde olduğu gibi modifiye selülaz enzimi ile biyo-parlatma yapılmış kumaşlarda mukavemet kaybı endo aktivitesi arttırılmış selülaz enzimine göre daha fazladır.

4.2. Test sonuçlarının İstatistiksel Değerlendirmesi

Performans testleri sonunda enzimsiz kumaşlardan elde edilen değerler ile enzimli kumaşlardan elde edilen değerlere ayrı ayrı Paired-Samples T Testi uygulanmıştır. Böylece eşleştirilmiş iki grup arasındaki anlamlılığı istatistiksel olarak değerlendirilmek hedeflenmiştir.

İstatistiksel değerlendirme için oluşturulan boş hipotez ve alternatif hipotez şu şekildedir;

H_0: Gruplar arasında fark yoktur.

H_1: Gruplar arasında fark vardır.

Paired-samples t testi %95 hassasiyetle yapılmıştır. Test sonunda elde edilen sig.(2 tailed) değerinin 0,05 değerinden büyük olduğu durumlarda gruplar arasında farkın olmadığını savunan boş hipotez reddedilemez. Ancak bu değer 0,05 değerinden küçük ise boş hipotez reddedilebilir.

Bu değerlendirilmeler sonucunda ‘fark vardır’ veya ‘fark yoktur’ şeklinde kesin bir yargıya varmak doğru değildir. Aynı sayısal veriler ve aynı test için farklı hassasiyetlerde farklı kanılara ulaşılması mümkündür. Bu nedenle; Paired-Samples T Testi sonuçları, sadece istatistiksel olarak ve %95 hassasiyette farkın yokluğunun reddedilebilme durumu için yorum yapılmasını sağlamaktadır.

Paired-Sapmles T Testi, niteliksel gözlem sonucu kaydedilen pilling testi sonuçlaru için uygulanmamıştır.

4.2.1. Yumuşaklık Test Sonuçlarının İstatistiksel Değerlendirilmesi

Yumuşaklık testi sonucu kaydedilen ortalama kuvvetlere Paired-Samples T Testi uygulanmıştır. Paired-Samples T testi, enzim ile işlem görmeyen numunelerden

elde edilen sonuçlar ile endo enzim ve modifiye enzim ile işlem gören numunelerden elde edilen sonuçlar arasında yapılmıştır.

Paired-Samples T testi ile biyo-parlatma işleminin kumaş performans özelliklerinde meydana getirdiği değişimlerin anlamlılığı %95 hassasiyette incelenmiştir. Test için oluşturulan alternatif ve boş hipotezler şu şekildedir.

H_0: Gruplar arasında fark yoktur.

H_1: Gruplar arasında fark vardır.

Elde edilen tablo Çizelge 4.18.'de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Stiffness Paired-Samples T Testi Sonuçları

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	ensz - en1	,041800	,081457	,025759	-,016471	,100071	1,623	9	,139
Pair 2	ensz - en2	,026300	,039130	,012374	-,001692	,054292	2,125	9	,062

ensz: Enzim ile işlem görmemiş numunelerin test sonuçları
en1: Biopolish 300 (modifiye selülaz enzimi) ile işlem görmüş numunelerin test sonuçları
en2: Biopolish 7 K (endo aktivitesi arttırılmış selülaz enzimi) ile işlem görmüş numunelerin test sonuçları

Enzimsiz numuneler ile modifiye selülaz enzimli numuneler arasında yapılan test sonucu elde edilen Sig. (2 tailed) değeri 0.139'dur. Endo aktivitesi arttırılmış enzimlerle enzimsiz numunelerin test sonuçları arasında yapılan T testin sonucunda elde edilen Sig. (2 tailed) değeri 0.062'dir. Bu durumda her iki enzim içinde H_0 boş hipotezi reddedilememektedir Bu nedenle, biyo-parlatma işleminin dokuma kumaşlarda yumuşaklığı değiştirdiği görüşü, istatistiksel olarak % 95 hassasiyet ile yapılan test sonucu kesinliğini kaybetmiştir. Sig. (2 tailed) değerinden yola çıkarak, enzim 1'in enzim 2'ye kıyasla daha kuvvetle H_0 hipotezinin reddedilememesine neden olduğu yorumu yapılabilir. İstatistiksel olarak, biyo-parlatma işleminin yumuşaklığa etkisi anlamlı değildir.

4.2.2 Hidrofilite Test Sonuçlarının İstatistiksel Değerlendirilmesi

Hidrofilite testi sonucu elde edilen batma süreleri için uyulanan Paired-Samples T Testi tablosu Çizelge 4.19.'da verilmiştir.

Paired-Samples T testi, enzim ile işlem görmeyen numunelerden elde edilen hidrofilite testi batma süreleri ile endo enzim ve modifiye enzim ile işlem gören numunelerden elde edilen hidrofilite testi sonuçları arasında yapılmıştır.

Paired-Samples T testi ile biyo-parlatma işleminin kumaş performans özelliklerinde meydana getirdiği değişimlerin anlamlılığı %95 hassasiyette incelenmiştir. Test için oluşturulan alternatif ve boş hipotez şu şekildedir.

H_0: Gruplar arasında fark yoktur.

H_1: Gruplar arasında fark vardır.

Çizelge 4.19. Hidrofilite Paired-Samples T Testi Sonuçları

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	ensz - en1	18,400	35,318	11,169	-6,865	43,665	1,647	9	,134
Pair 2	ensz - en2	30,000	51,758	16,367	-7,025	67,025	1,833	9	,100

ensz: Enzim ile işlem görmemiş numunelerin test sonuçları
en1: Biopolish 300 (modifiye selülaz enzimi) ile işlem görmüş numunelerin test sonuçları
en2: Biopolish 7 K (endo aktivitesi arttırılmış selülaz enzimi) ile işlem görmüş numunelerin test sonuçları

Enzimsiz numuneler ile modifiye selülaz enzimli numuneler arasında yapılan test sonucu elde edilen Sig. (2 tailed) değeri 0.134'dur. Endo aktivitesi arttırılmış enzimlerle enzimsiz numunelerin test sonuçları arasında yapılan T testin sonucunda elde edilen Sig. (2 tailed) değeri 0.100'dir. Test sonucu Sig. (2 tailed) değerleri H_0 boş hipotezini reddedilemez kılmaktadır. Biyoparlatma işlemi sonrası, dokuma kumaş hidrofilitesinde kesin bir değişimden söz etmek, istatistiksel anlamda yanlıştır. Kaydedilen batma sürelerinin, her kumaşta farklı oranlarda yarattığı değişim bu sonuca neden olmuştur. Ortalama batma sürelerine bakıldığında 1. ve 10.

numunelerde fark çok açıkken, 3., 5. ve 8. numunelerde fark, ihmal edilecek kadar azdır. Bu da enzimin hidrofiliteye etkisini istatistiksel açıdan anlamsız kılmaktadır.

4.2.3. Kopma Mukavemeti Test Sonuçlarının İstatistiksel Değerlendirilmesi

Kopma mukavemeti test sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesinde enzimsiz kumaşlardan elde edilen sonuçlar, modifiye selülaz enzimi ve endo aktivitesi arttırılmış selülaz enzimleriyle elde edilen sonuçlar ile ayrı ayrı kıyaslanmıştır. Böylece, her iki enzimle de yapılan biyo-arlatma işleminin kopma mukavemetinde değişime neden olduğunun istatistiksel olarak kanıtlanması hedeflenmiştir.

Aşağıdaki Çizelge 4.20.'de atkı yönlü numunelerin yırtılma mukavemeti Paired-Samples T Testi sonuçları verilmiştir. Çizelge 4.21.'de ise atkı yönlü numunelerin atkı mukavemeti Paired-Samples T Testi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.20. Kopma Mukavemeti Atkı Yönü Paired-Samples T Testi Sonuçları

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
					95% Confidence Interval of the Difference				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper			
Pair 1	ensz - en1	26,84000	18,45211	5,83507	13,64015	40,03985	4,600	9	,001
Pair 2	ensz - en2	9,91000	8,58053	2,71340	3,77186	16,04814	3,652	9	,005

ensz: Enzim ile işlem görmemiş numunelerin test sonuçları
en1: Biopolish 300 (modifiye selülaz enzimi) ile işlem görmüş numunelerin test sonuçları
en2: Biopolish 7 K (endo aktivitesi arttırılmış selülaz enzimi) ile işlem görmüş numunelerin test sonuçları

Enzimsiz numuneler ile modifiye selülaz enzimli numunelerin atkı yönlerinde kopma mukavemeti değerleri arasında yapılan test sonucu elde edilen Sig. (2 tailed) değeri 0.001'dur. Endo aktivitesi arttırılmış enzimlerle enzimsiz numunelerin test sonuçları arasında yapılan T testin sonucunda elde edilen Sig. (2 tailed) değeri 0.005'dir.

Çizelge 4.21. Kopma Mukavemeti Çözgü Yönü Paired-Samples T Testi Sonuçları

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	ensz - en1	59,67000	48,10960	15,21359	25,25447	94,08553	3,922	9	,003
Pair 2	ensz - en2	51,95000	68,38207	21,62431	3,03242	100,86758	2,402	9	,040

ensz: Enzim ile işlem görmemiş numunelerin test sonuçları
en1: Biopolish 300 (modifiye selülaz enzimi) ile işlem görmüş numunelerin test sonuçları
en2: Biopolish 7 K (endo aktivitesi arttırılmış selülaz enzimi) ile işlem görmüş numunelerin test sonuçları

Enzimsiz numuneler ile modifiye selülaz enzimli numunelerin çözgü yönlerinde kopma mukavemeti değerleri arasında yapılan test sonucu elde edilen Sig. (2 tailed) değeri 0.003'tür. Endo aktivitesi arttırılmış enzimlerle enzimsiz numunelerin test sonuçları arasında yapılan T testin sonucunda elde edilen Sig. (2 tailed) değeri 0.040'tır.

Her iki yönde de sig. (2 tailed) değerleri 0,05 değerinden küçüktür. Bu nedenle H_0 hipotezi reddedilmektedir. Biyo-parlatma işlemi sonrası kopma mukavemetinde değişmeler olmuştur. Özellikle enzim 1 (modifiye selülaz enzimi)'in kullanıldığı biyo-parlatma işleminde sig. (2 tailed) değerleri 0,05'ten oldukça uzaktır. Her iki yönde de modifiye selülaz enzimi, endo aktivitesi arttırılmış selülaz enzimine kıyasla daha fazla kopma mukavemeti değişimine neden olmuştur.

4.2.4. Yırtılma Mukavemeti Test Sonuçlarının İstatistiksel Değerlendirilmesi

Yırtılma mukavemeti test sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesinde enzimsiz kumaşlardan elde edilen sonuçlar, modifiye selülaz enzimi ve endo aktivitesi arttırılmış selülaz enzimleriyle elde edilen sonuçlar ile ayrı ayrı kıyaslanmıştır. Böylece, her iki enzimle de yapılan biyo-parlatma işleminin yırtılma mukavemeti üzerinde etkisi olduğunun istatistiksel olarak kanıtlanması hedeflenmiştir.

Aşağıdaki Çizelge 4.22.'de çözgü yönlü numunelerin yırtılma mukavemeti Paired-Samples T Testi sonuçları verilmiştir. Çizelge 4.23.'te ise atkı yönlü numunelerin yırtılma mukavemeti Paired-Samples T Testi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.22. Yırtılma Mukavemeti Çözgü Yönü Paired-Samples T Testi Sonuçları

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	ensz - en1	2,94778	2,61521	,87174	,93755	4,95801	3,381	8	,010
Pair 2	ensz - en2	1,46333	1,31567	,43856	,45202	2,47465	3,337	8	,010

ensz: Enzim ile işlem görmemiş numunelerin test sonuçları
en1: Biopolish 300 (modifiye selülaz enzimi) ile işlem görmüş numunelerin test sonuçları
en2: Biopolish 7 K (endo aktivitesi arttırılmış selülaz enzimi) ile işlem görmüş numunelerin test sonuçları

Enzimsiz numuneler ile modifiye selülaz enzimli numunelerin çözgü yönlerinde yırtılma mukavemeti değerleri arasında yapılan test sonucu elde edilen Sig. (2 tailed) değeri 0.010'dur. Endo aktivitesi arttırılmış enzimlerle enzimsiz numunelerin test sonuçları arasında yapılan T testin sonucunda da 0.010 Sig. (2 tailed) değeri elde edilmiştir.

Çizelge 4.23. Yırtılma Mukavemeti Atkı Yönü Paired-Samples T Testi Sonuçları

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	ensz - en1	2,17444	1,67050	,55683	,89038	3,45851	3,905	8	,005
Pair 2	ensz - en2	,85667	,80030	,26677	,24150	1,47183	3,211	8	,012

ensz: Enzim ile işlem görmemiş numunelerin test sonuçları
en1: Biopolish 300 (modifiye selülaz enzimi) ile işlem görmüş numunelerin test sonuçları
en2: Biopolish 7 K (endo aktivitesi arttırılmış selülaz enzimi) ile işlem görmüş numunelerin test sonuçları

Enzimsiz numuneler ile modifiye selülaz enzimli numunelerin atkı yönlerinde yırtılma mukavemeti değerleri arasında yapılan test sonucu elde edilen Sig. (2 tailed) değeri 0.005'tir. Endo aktivitesi arttırılmış enzimlerle enzimsiz numunelerin test sonuçları arasında yapılan T testin sonucunda elde edilen Sig. (2 tailed) değeri 0.012'dir.

Atkı ve çözgü yönlü numunelerin her ikisinde de test sonucu sig. (2 tailed) değeri 0,05 değerinden küçük olduğu için boş hipotez reddedilebilir. Kumaşlara uygulanan biyo-parlatma işlemi, dokuma kumaşın atkı ve çözgü yönünde yırtılma

mukavemetlerinde değişime neden olmuştur. Bu değişim %95 hassasiyette yapılan istatistiksel incelemeler sonucunda anlamlıdır.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada yapılan deneyler ve ölçümler, kaydedilen değerler ve istatistiksel uygulamalardan aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Seçilen 2 tip enzimin boyama sonrası yapılan tüm uygulamaları, çalışmada kullanılan numunelerin tamamının boncuklanma ve performans özelliklerini etkilemiştir.

Biyo-parlatma işleminin birincil amacı olan pilling üzerindeki etkileri, yapılan Martindale Pilling Testi sonuçları ile değerlendirildiğinde;

- Bu tez kapsamında yapılan enzim uygulamalarının tamamında boncuklanma eğiliminde azalma gözlenmiştir. Ancak azalmanın miktarı iplik numarası, hammadde cinsi, elyaf karışım oranı, enzim tipi gibi etkilere bağlı olarak değişim göstermektedir.
- Tez kapsamında kullanılan dokuma kumaşlarda iplik kalınlığı arttıkça, boncuklanma eğiliminde artma gözlenmiştir.
- Polyester gibi pillinge daha yatkın elyafların karışım oranı arttıkça boncuklanma eğiliminde artış gözlenmiştir.
- Biyo-parlatma işleminde kullanılan enzim tipinin, boncuklanmaya etkisi çok önemlidir. Bu çalışma kapsamındaki biyo-parlatma işlemlerinde kullanılan modifiye selülaz enzimlerinin saldırgan yapıları nedeniyle pilling oluşumu üzerinde daha etkili oldukları gözlenmiştir. Daha az saldırgan olan endo aktivitesi arttırılmış selülaz enzimleri ile kıyaslandıklarında, modifiye selülazların Martindale pilling test sonuçlarının daha iyi oldukları gözlenmiştir.

Biyo-parlatma işlemi, kumaş yumuşaklılığında da değişimler meydana getirmiştir. İncelemeler sonucu;

- Biyo-parlatma işleminin ardından kullanılan dokuma kumaşlara uygulanan testin sonuçları yumuşaklılığın arttığını göstermiştir.
- Hammadde tipine bağlı olarak enzimin etki gücü değişmektedir. Bu çalışma kapsamında stiffness test sonuçları incelendiğinde, pamuklu dokuma kumaşlarda modifiye asit selülaz enziminin, endo aktivitesi arttırılmış selülaz enzimine kıyasla daha fazla yumuşaklığa sahip oldukları görülmüştür. Ancak bu durum diğer

kumaşlarda farklıdır. Yün, keten ve polyester/viskon karışımlı dokuma kumaşlarda farklı yapıdaki enzimlerin yumuşaklık üzerindeki etkileri hemen hemen aynıdır. Bu nedenle enzimlerin dokuma kumaşlarda yumuşaklılığı arttırdığı yorumu netlik kazanırken enzim tipinin etkisinin hammadde tipine göre değişebileceği sonucu gözlenmiştir.

- Bu çalışma kapsamında elde edilen verilerle yapılan istatistiksel incelemelerde, biyo-parlatma işleminin dokuma kumaşların yumuşaklığına etkisi %95 hassasiyette anlamlı değildir. Bunun nedeni stiffness testi sonuçlarının her kumaşta farklı oranda değişime neden olmasıdır. Örneklem, test ve numune sayısı arttırılarak istatistiksel olarak anlamlılığı elde etmek mümkün olabilir.

Biyo-parlatma işleminden etkilenen diğer bir performans özelliği hidrofilitedir. Tekstil materyallerinin kullanım alanlarına göre beklenen batma süreleri farklılık göstermektedir. Kumaş tipine göre normal batma süreleri değişmektedir. Teste tabi tutulan kumaşların hammadde içerik ve oranları, iplik numaraları gibi yapısal özellikleri farklı olduğundan bunlar için standart batma süresi belirlemek yanlış olur. Bu nedenle, her kumaş kendi arasında değerlendirilmiş ve enzimlerin hidrofiliteye etkisi her kumaş için ayrı ayrı tespit edilmiştir. Genel olarak bakıldığında;

- Tez kapsamında yapılan incelemeler sonucu, biyo-parlatma işlemi dokuma kumaşlarda hidrofilitenin artmasına neden olmuştur. Endo aktivitesi arttırılmış enzimlerle işlem gören kumaşlarda hidrofilite artışı, modifiye selülaz enzimlere kıyasla daha azdır.. Bunun nedeni iki enzim tipinin farklı yapıları ve saldırganlıklarıdır. Enzimler, lif yapısında parçalanmaya sebep olurken, lifin kararlılığını olumsuz etkilemektedir. Daha az kararlı hale gelen liflerde, boya alımı, hidrofilite ve yumuşaklık artmaktadır. Modifiye asit selülaz lifleri daha saldırgan yapıda olduklarından, etki mekanizmaları daha güçlüdür. Lif yapısına zarar verdiklerinden hidrofiliteyi, endo aktivitesi arttırılmış liflere göre daha fazla arttırmaktadırlar.
- Bu çalışma kapsamında biyo-parlatma işleminin ardından yapılan hidrofilitete test sonuçları istatistiksel olarak incelendiğinde %95 hassasiyette boş hipotez reddedilememiştir. Bunun nedeni kaydedilen batma süresinin, her kumaşta farklı

oranlarda yarattığı değişim bu sonuca neden olmuştur. Bu çalışma sırasında yapılan hidrofilite test sonuçlarının veri olarak kullanıldığı istatistiksel değerlendirme sonucu, biyo-parlatma işleminin hidrofiliteye etkisi anlamlı değildir.

Dokuma kumaşların çözgü yönlerinin atkı yönlerine kıyasla daha mukavim olduğu bilinen bir durumdur. Biyo-parlatma işlemi, enzimlerin lifi kısmen hidrolize etme işlemi olduğundan her iki yönde de mukavemet kaybı yaşanması kaçınılmazdır.

- Yapılan testler sonucunda, enzimsiz numunelerin yırtılma ve kopma mukavemetlerinin enzimli numunelerden daha iyi olduğu gözlenmiştir. Enzim tipi, kumaşı oluşturan elyaf tipi ve iplik numarası gibi parametrelere bağlı olmaksızın, biyo-parlatma işleminin mukavemette düşüşlere neden olduğu açıktır. Mukavemetin, biyo-parlatmadan ne kadar etkileneceği, enzim tipine bağlıdır. Hassas kumaşların biyo-parlatma işlemi için önerilen endo aktivitesi arttırılmış selülaz enzimlerinde mukavemet kaybı, daha saldırgan bir yapıda olan modifiye asit selülaz enzimlerine kıyasla daha azdır. Saldırgan enzimin, lif kristalin yapısına daha fazla müdahale etmesinden kaynaklanan bu durumun sonuçları, yırtılma ve kopma mukavemeti için aynıdır.
- Mukavemetteki kaybın etkilendiği diğer bir parametre elyaf tipidir. İplik numarası önemsenmeksizin yapılan değerlendirmede, lycralı viskon kumaştan oluşan dokuma kumaşlarda mukavemetteki kaybın yüzde oranı, polyester/viskon karışımlı lycralı dokuma kumaşlardaki orana kıyasla daha fazladır. Bu sonuçta hareketle, polyester gibi kristalin bölge oranının fazla olduğu liflerin karışımdaki oranlarının arttırılması, biyo-parlatma işleminin yapılacağı kumaşlarda mukavemet kaybını azaltacaktır. Yapılan testlerde, endo aktivitesi arttırılmış enzimlerle işlem gören polyesterli lycralı dokuma kumaşlarda yırtılma ve kopma mukavemeti minimum düzeyde olduğu gözlenmiştir.
- Mukavemet kayıplarına enzimlerin etkisi istatistiksel açıdan % 95 hassasiyette anlamlıdır.

KAYNAKLAR

AK, F.N., 2006, Belirli Doku Konstrüksiyonlarının Kumaş Performans Özelliklerine Etkisi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Adana, 29s.

ALKIŞ, M., 2003. Biyo-Parlatma Yöntemi İle Pamuklu Kumaşların Yüzey Düzgünlüğünün Sağlanmasında Olası Sorunlar, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 90s.

ALTINIŞIK, M., 2010, Enzimler, TBL 102 Biyokimya Ders Notları, Aydın Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu, Aydın

ARIK, B., EKMEKÇİ KÖRLÜ, A., DURAN, K., 2008, Lakkaz Enzimlerinin Tekstilde Kullanım Alanları, Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt 2, Sayı 2, 17-22s.

ASFERG, L., O., T. VIDEBACK, 1990, Softening and Polishing of Cotton Fabrics By Cellulase Treatment, International Textile Bulletin, Dyeing/Printing/Finishing

BAHTİYARİ, İ., 2005, Viskon Kumaşlarda Farklı Tip Enzimlerle Pilling Probleminin Önlenmesi ve Elde Edilen Efektlerin Karşılaştırılması, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 178s.

BAHTİYARİ, İ., AKÇA, C., DURAN, K., 2008, Yün Lifinin Yeni Kullanım Olanakları, Ege Üniversitesi Tekstil ve konfeksiyon Araştırma Uygulama Merkezi Yayını, Yıl 18, Sayı1, Ocak-Mart 2008

BAŞER, İ., 2002, Elyaf Bilgisi, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yayını, İstanbul, 139-143s.

ÇOBAN, S., 1997, Tekstil Endüstrisinde Enzim Kullanım Durumları, Tekstil ve Konfeksiyon, Sayı 3, İzmir, 229-231s.

DENEY FÖYLERİ, 2006, Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana

DENEY FÖYLERİ, 2011, Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana

DURAN, K., ÖNEŞ, M., 1994, Tekstil Terbiyesinde Enzimler ve Kullanımı, Tekstil ve Konfeksiyon, Sayı:4, İzmir, 318-328s.

DURAN, K., AYAZ, Ö., 1999, Selülazların Rejenere Selüloz Liflerinde Kullanımıyla Alternatif Terbiye Prosesleri, Tekstil ve Konfeksiyon, Sayı:5, İzmir, 390-396s.

DURAN, K., KORKMAZ, A., 1999, Önterbiyede Enzim Kullanımı, Tekstil ve Konfeksiyon, Sayı:4, İzmir, 321-325s.

DURAN, K., AYAZ, Ö.Y., 2001, Enzimlerin Tekstil Terbiyesinde Kullanımına Yönelik Farklı Perspektifler, Tekstil ve Konfeksiyon, Sayı:1, 14-24s.

ERENLER, A., 2009, Biyoenzimler ve Biyoenzimlerin Örme Kumaş Özelliklerine Etkisi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Adana

FISKUS, G., GRUNENWALD, D., 1995, Textile Finishing, High Textil, Saumheim, 197s.

HAMLYN, P., 1995, The Impact of Biotechnology on The Textile Industry, Textiles Magazine, 3, 6-10p.

HEMMPEL, W.H., 1991, The Surface Modificationof Woven And Knitted Cellulose Fibre Fabrics By Enzymatic Degradation, ITB Dyeing/Printing/Finishing 3, 5-14p.

KOCATÜRK, S., 2008, Enginar Polifenol Oksidazının Alginat ve Karragenan Jellerde İmmobilizasyonu ve Bazı Biyokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Edirne, 9-12s.

KÖRLÜ, A., 2006, Ketenin Genel Özellikleri ve Havuzlanması, Tekstil ve Konfeksiyon, 1/2006, İzmir, 276-280s.

KÖYLÜOĞLU, C., 1993, Selülozik Elyaf İçeren Dokumalar İçin Biyolojik Yıkama, 3. Tekstil Boyaları ve Kimyasal Maddeleri ve Uygulamadaki Son Yenilikler Sempozyumu, Mayıs, TMMOB Kimya Müh. Odası Bursa Şubesi, Bursa, 113-126s.

KUMAR, A., 1997, Optimizing The Use Of Cellulose Enzymes In Finishing Cellulosic Fabrics, Textile Chemist and Colorist

LEWIN, M., and PEARCE, E.M., 1998, Handbook of Fiber Chemistry, New York, 1083p.

ÖZTÜRK, S., 1994, Pamuklu Kumaşlarda Biyoparlatma, Bitirme Ödevi, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği, İzmir, 45s.

PEKİN, B., 1978, Fizikokimya Dersleri, Cilt 3, E.Ü. Fen Fakültesi Yayınları, İzmir, 159s.

REICHERT, Y., GÖKGÖL, M., 1998, Polyester Elyaftan Bitim İşlemlerine, 8. Uluslar arası İzmir Tekstil ve Hazır Giyim Sempozyumu, İzmir, 398-422s.

ROBINSON, T., 1980, Modifizierung der Hydroplastizitaet von Regenerierten Cellulosefasern durch Hochvederedlung-Einfluss auf die Trageeigenschaften, Textilpraxis International, 320-327 p.

ROUETTE, H.K., 2001, Encyclopedia of Textile Finishing, Springer

TÜBİTAK, 2006, Standart Test Talimatı, Tekstilde Ölçme Ve Kalite Kontrol Laboratuarı, Adana

TELEFONCU, A., 1986, Temel ve Uygulamalı Enzimoloji, Biyokimya Lisansüstü Yazokulu, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi, İzmir

TEMOÇİN, H., 2006, Tekstil Atık Sularının Renginin Giderilmesi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 159s.

SARIIŞIK, M., 2001, Tekstil Terbiye İşlemlerinde Enzimler, DEÜ Mühendislik Fakültesi Basım ünitesi, İzmir

YAKARTEPE M. ve YAKARTEPE Z., 1995, T.K.A.M. Tekstil Ansiklopedisi, Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Merkezi Yayını, Cilt 7, İstanbul

İstanbul Üniversitesi, www.istanbul.edu.tr, Web Sayfası, Erişim Tarihi: Mayıs 2011

Mustafa Altınışık, www.mustafaaltinisik.org, Web Sayfası, Erişim Tarihi: Mart 2011

www.tekstiltek.com, Web Sayfası, Erişim Tarihi: Haziran 2011

Vikipedi, www.tr.wikipedia.org, Web Sayfası, Erişim Tarihi: Şubat 2011

www.science.ntv.ac.uk, Web Sayfası, Erişim Tarihi: Temmuz 2010

Akın Tekstil Test Laboratuarı, www.akintekstiltestlab.com/, Web Sayfası, Erişim Tarihi: Mart 2011

ÖZGEÇMİŞ

04/03/1986 tarihinde Adana'da doğdu. İlk öğrenimini Adana Mimar Kemal İlköğretim Okulu'nda tamamladıktan sonra orta ve lise öğrenimine Adana Çeaş Seyhan Anadolu Lisesi'nde devam etti. 2004 yılında başladığı Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nü 2008 yılında tamamladı. Aynı yıl Tekstil Mühendisliği Bölümü Tekstil Bilimleri Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı. 2010 yılında İstanbul'da özel bir şirkette çalışmaya başladı. Halen işine devam etmektedir.