



**VİSKON, PAMUK VE POLYESTER KUMAŞ
TÜRLERİNDE PİLLİNG (BONCUKLANMA)
DEĞERLERİNİ İYİLEŞTİREN VE KUMAŞLARA
YUMUŞAK TUŞE VEREN YENİ NESİL POLİMERLERİN
GELİŞTİRİLMESİ**

Burcu BÜYÜKKORU



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**VİSKON, PAMUK VE POLYESTER KUMAŞ TÜRLERİNDE
PİLLİNG (BONCUKLANMA) DEĞERLERİNİ İYİLEŞTİREN VE
KUMAŞLARA YUMUŞAK TUŞE VEREN
YENİ NESİL POLİMERLERİN GELİŞTİRİLMESİ**

Burcu BÜYÜKKORU
0000-0002-3399-9899

Prof. Dr. Ali KARA
(Danışman)

DOKTORA TEZİ
KİMYA ANABİLİM DALI

BURSA – 2021
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

VİSKON, PAMUK VE POLYESTER KUMAŞ TÜRLERİNDE PİLLİNG (BONCUKLANMA) DEĞERLERİNİ İYİLEŞTİREN VE KUMAŞLARA YUMUŞAK TUŞE VEREN YENİ NESİL POLİMERLERİN GELİŞTİRİLMESİ

Burcu BÜYÜKKORU

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ali KARA

Boncuklanma (pilling), tekstil kumaşlarında önemli bir kalite sorunu olup kumaş yüzeyinde birbirine karışmış lif yumağından meydana gelen bir kumaş kusuru olarak tanımlanmaktadır. Bu kusuru tanımlamak, farklı yöntemlerle boncuklanma değerlerini belirlemek ve iyileştirmek için pek çok çalışma yapılarak literatürde rapor edilmiştir. Bu çalışma, kimyasal bitim işlemi ile kumaşların boncuklanma eğilimini azaltmak ile ilgilidir. Tekstil yardımcı kimyasalının kumaşa uygulandığı bu yöntem için, kumaşların boncuklanma eğilimini azaltabileceği öngörülen fonksiyonel polimerler sentezlenmiş, karakterize edilmiş ve farklı tür kumaşlara uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Bu fonksiyonel polimerler; poli(N-vinilimidazol), poli(N-vinilkaprolaktam), poli(N-vinilpirolidon), polivinil-1,2,4-triazol olup serbest radikal polimerizasyon yöntemi ile sentezlenmişlerdir. Polimerlerin karakterizasyonları FT-IR, NMR ve elementel analiz cihazları ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, polietilen glikol-laktik asit, poli(N-vinilimidazol)-etilen glikol dimetakrilat, N-vinilpirolidon-etilen glikol dimetakrilat, N-vinilpirolidon-N-izopropil akrilamid ürünleri ve çözeltileri hazırlanarak kumaşlara fular yöntemi ile applike edilmiştir. Aplikasyon sonrası kumaşların ram makinasında yüksek sıcaklıklarda kurutulması esnasında, kimyasalların kumaş üzerinde film oluşturarak boncuklanmayı azaltabileceği düşünülmüş ve bu durum detaylı olarak incelenmiştir. Karışım kumaşların boncuklanma değerlerinin daha kötü olması ve zor iyileştirilmesi nedeniyle boncuklanma değerleri 5’li skalada ortalama 2-3 arasında olan polyester/pamuk karışımı veya polyester/viskon karışımı kumaşlar seçilmiştir. Sonuç olarak, polimerlerin birçoğu tüm kumaşlarda etkili olmuştur ve boncuklanma derecesi yaklaşık 1,5-2 birim iyileştirilmiştir. Öte yandan, anti-boncuklanma kimyasallarının çoğu, kumaşların hidrofilitelerini olumsuz yönden etkilerken, çalışmada kullanılan polimerler hidrofilitelerinin daha da iyileştirmiştir. Kumaşlar tuşe, sararma ve beyazlık parametreleri açısından da değerlendirilerek polimerlerin bu alanlarda kumaşları negatif yönde etkilemediği saptanmıştır. Böylece, boncuklanmayı azaltmak amacıyla sentezlenen ve karakterize edilen polimerlerin, farklı tipteki kumaşlarda etkin, anti-boncuklanma kimyasalları olarak kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Anti-boncuklanma, boncuklanma, fonksiyonel polimerler, hidrofiliteler, tekstil yardımcı kimyasalları, tuşe

2021, xiii + 200 sayfa.

ABSTRACT

PhD Thesis

DEVELOPMENT OF FUNCTIONAL POLYMERS THAT IMPROVE PILLING VALUES IN VISCOSE, COTTON AND POLYESTER FABRICS AND GIVE SOFT HAND TO FABRICS

Burcu BÜYÜKKORU

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Chemistry

Supervisor: Prof. Dr. Ali KARA

Pilling as one of the most important quality problems being encountered in textile industry, is defined as a mechanically originated fabric defect consisting of a series of roughly spherical masses of entangled fibers. Numerous studies have been reported in order to figure out the factors causing this unwanted problem thoroughly, determine the pilling intensity by applying distinct methods and ameliorate the pilling degrees of fabrics. This study aims at lowering the pilling tendency of fabrics favored by chemical finishing methods. This method is based on application of textile auxiliary chemicals onto fabrics. In order to reach this goal, anti-pilling polymers were synthesized, characterized and applied onto various fabrics. These polymers are poli(N-vinylimidazole, poly(N-vinylcaprolactam), poli(N-vinylpyrrolidone) and polyvinyl-1,2,4-triazole which were all synthesized by free radical polymerization method. FT-IR, NMR and elemental analysis devices were used in order to characterize the polymers. Solutions of polyethylene glycol-lactic acid, poli(N-vinylimidazole-ethylene glycol dimethacrylate, N-vinylpyrrolidone-ethylene glycol dimethacrylate, N-vinylpyrrolidone-N-isopropyl acrylamide were prepared and their solutions were applied onto fabrics. During application, fabrics are cured on ram machine under high temperatures. Initial prediction was that chemicals would provide a film on fabrics surface and lead to pilling suppression. The whole phenomena has been further investigated in detail to prove this initial hypothesis. Natural/synthetic blend fabrics consisting of staple fibres result in unsatisfactory pilling degrees and cause inconveniences in pilling suppression. Consequently, blended fabrics with pilling degrees of approximately 2-3 on a scale of 5 have been chosen. An improvement of 1.5-2 pilling degrees was obtained by application of majority of polymers. Conventional anti-pilling polymers knowingly decrease hydrophilicity of the fabrics. However, functional polymers used in this study did not cause drop in hydrophilicity. On the contrary, they improved the hydrophilicity values. Other important fabric characteristics such as hand, yellowing and whiteness were also investigated with no negative impact observed. As a result, synthesized and characterized polymers could be applied as an effective anti-pilling chemicals.

Key words: Anti-pilling chemicals, functional polymers, hand, hydrophilicity, pilling, textile auxiliary chemicals

2021, xiii + 200 pages.

ÖNSÖZ ve/veya TEŞEKKÜR

Öğretici ve destekleyici bakış açısı ile sadece kimya alanında değil hayatın farklı alanlarında da yetişmeye katkıda bulunan tez danışmanım sayın hocam Prof. Dr. Ali KARA'ya en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım esnasında bilgilerini benimle paylaşan öncelikle bölüm başkanımız Prof. Dr. Asım OLGUN başta olmak üzere tüm kimya bölümü öğretim üyelerine ve araştırma görevlilerine teşekkürlerimi sunarım.

Doktora çalışmalarımın sentez aşamasını yürüttüğüm Uludağ Üniversitesi Fizikokimya Bölümü laboratuvarlarında, yardımlarını benden hiçbir zaman esirgemeyen tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

9 yıldır çalışma hayatımı sürdürdüğüm ve doktora çalışmalarımın tekstil uygulamalarını gerçekleştirdiğim Rudolf-Duraner ailesine ve çalışma arkadaşlarıma desteklerinden ötürü duyduğum minnetimi belirtmek isterim.

Bu doktora çalışması, TÜBİTAK-TEYDEB 3170840 nolu proje kapsamında desteklenmiştir, maddi desteğinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Ve sevgili ailem; annem Bahise BÜYÜKKORU, babam Salih BÜYÜKKORU, kardeşim Hakan BÜYÜKKORU. Hayalini kurduğum akademik kariyer yolunda bana ışık tuttuğunuz, güç verdiğiniz, zor süreçlerden geçerken hayatımı kolaylaştırdığınız ve o anlarda hatırlattıklarınızla başaracaklarıma dair inancımı kamçıladığınız için iyi ki hayatımdasınız diyerek teşekkür ederim. Hayatımda olduğunuz için bu tezin daha bir anlamı var, başarıyı sizlerle paylaşabildiğim için mutluyum ve yapmış olduğum çalışma, bu çalışmanın bana getirdiği; ödül, fayda, patent, makale ve nice güzelliğin değeri sizlerle paylaştığımda artmakta. Siz olmasaydınız bu yola çıkmazdım. Tezimi size, aileme adıyorum...

Burcu BÜYÜKKORU
09/12/2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ ve/veya TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
2.1. Boncuklanma.....	5
2.1.1. Boncuklanmanın tanımı.....	5
2.1.2. Boncuklanmanın tarihçesi.....	6
2.1.3. Boncuklanmanın önemi.....	6
2.1.4. Boncuk oluşumu.....	7
2.1.5. Boncuklanmayı etkileyen faktörler.....	9
2.1.6. Boncuklanmayı ölçme ve değerlendirme yöntemleri.....	11
2.1.7. Martindale boncuklandırma ve aşındırma test cihazı.....	15
2.1.8. Boncuklanmanın subjektif olarak değerlendirilmesi.....	17
2.1.9. Boncuklanmanın objektif olarak değerlendirilmesi.....	19
2.1.10. PillGrade Cihazı.....	20
2.1.11. Boncuklanma eğiliminin iyileştirilmesi için yöntemler.....	22
2.1.12. Mekanik işlemler ile boncuklanmanın iyileştirilmesi.....	22
2.1.13. Biyolojik işlemler ile boncuklanmanın iyileştirilmesi.....	23
2.1.14. Bitim işlemleri ve kimyasal işlemler ile boncuklanmanın iyileştirilmesi.....	25
2.2. Kumaşlar ve Lif Bileşenleri.....	31
2.2.1. Lifler hakkında genel bilgiler.....	31
2.2.2. Pamuk.....	34
2.2.3. Viskoz.....	38
2.2.4. Polyester.....	39
2.2.5. Elastan.....	43
2.2.6. Karışım liflerden oluşan kumaşlar.....	44
2.3. Polimer Kimyası.....	47
2.3.1. Polimer kimyasına giriş ve temel tanımlar.....	47
2.3.2. Polimerlerin sınıflandırılması.....	50
2.3.3. Polimerlerin ısıya karşı gösterdikleri davranışlara göre sınıflandırılması.....	53
2.3.4. Polimerlerin sentez yöntemleri.....	54
2.3.5. Kondenzasyon polimerizasyonu.....	55
2.3.6. Katılma polimerizasyonu.....	57
2.3.7. Koordinasyon polimerizasyonu.....	58
2.3.8. İyonik polimerizasyon.....	59
2.3.9. Serbest radikal polimerizasyonu.....	60
2.3.10. Fonksiyonel polimerler.....	62
2.3.11. Vinil grubu içeren fonksiyonel polimerler.....	63
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	67
3.1. Materyaller.....	67
3.1.1 Kullanılan kimyasal maddeler.....	67
3.1.2 Kullanılan Cihazlar.....	68
3.1.3. Kullanılan Araç ve Gereçler.....	68

3.1.4. Kumaşlar	69
3.2. Yöntem.....	77
3.2.1. Poli(N-vinilimidazol) (PVIM) sentezi	79
3.2.2. Poli(N-vinilkaprolaktam) (PVCL) sentezi	80
3.2.3. Poli(N-vinilfosfonik asit) (PVPA) sentezi	81
3.2.4. Poli(N-vinilpirolidon) (PVP) sentezi	82
3.2.5. Poli(vinil-1,2,4-triazol) (PVTAZ) sentezi.....	83
3.2.6. Poli(viniltrietoksisilan) (PVTES) sentezi.....	84
3.2.7. Poli(viniltrimetoksisilan) (PVTMS) sentezi	85
3.2.8. Poli(viniltri(β -metoksietoksi)silan) (PVTMES) sentezi.....	86
3.2.9. Polietilenglikol+Laktik asit (PEG+LA) ürününün hazırlanması ve kumaş üzerine uygulaması.....	87
3.2.10. (N-vinilimidazol)+(Etilen glikol dimetakrilat) (VIM+EGDMA) ürününün hazırlanması ve kumaş üzerine uygulaması.....	88
3.2.11. (N-vinilpirolidon)+(Etilen glikol dimetakrilat) (VP+EGDMA) ürününün hazırlanması ve kumaş üzerine uygulaması.....	89
3.2.12. (N-vinilpirolidon)+(N-izopropil akrilamid) (VP+NIPAM) ürününün hazırlanması ve kumaş üzerine uygulaması.....	89
3.2.13. Polimerlerin karakterizasyonları	90
3.2.14. Kimyasal bitim işlemi	90
3.2.15. Polimerlerle applike edilmiş kumaşların boncuklanma testine tabi tutulması.....	98
3.2.16. Polimerlerle applike edilmiş kumaşların boncuklanma derecelerinin belirlenmesi.....	98
3.2.17. Polimerlerle applike edilmiş kumaşların hidrofilite değerlerinin belirlenmesi.....	99
3.2.18. Polimerlerle applike edilmiş kumaşların sararma durumunun incelenmesi	99
3.2.19. Polimerlerle applike edilmiş kumaşların tuşelerinin değerlendirilmesi.....	100
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	101
4.1. Karakterizasyonlar	101
4.1.1. FT-IR analizleri.....	101
4.1.2. NMR analizleri.....	104
4.1.3. Elementel analizler.....	106
4.2. Polimerlerin kumaşların boncuklanması ve hidrofilitesi üzerine etkisi	108
4.2.1. İşlemsiz kumaşların boncuklanma ve hidrofilite değerleri	108
4.2.2. PVIM uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma ve hidrofilite değerleri .	110
4.2.3. PVCL uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma ve hidrofilite değerleri .	115
4.2.4. PVPA uygulanmış kumaşların boncuklanma ve hidrofilite sonuçları	117
4.2.5. PVP uygulanmış kumaşların boncuklanma ve hidrofilite değerleri	122
4.2.6. PVTAZ uygulanmış kumaşların boncuklanma ve hidrofilite değerleri.....	127
4.2.7. PEG 400 ve LA uygulanmış kumaşların boncuklanma ve hidrofilite değerleri .	129
4.2.8. VIM ve EGDMA uygulanmış kumaşların boncuklanma ve hidrofilite değerleri.....	132
4.2.9. VP ve EGDMA uygulanmış kumaşların boncuklanma ve hidrofilite değerleri .	134
4.2.10. VP ve NIPAM uygulanmış kumaşların boncuklanma ve hidrofilite değerleri.....	136
4.3. Kumaşların yüzey görüntüleri.....	138
4.4. Polimerlerin kumaşların tuşesi üzerine etkisi	147
4.5. Polimerlerin kumaşların sararma eğilimi üzerine etkisi.....	147
5. SONUÇ.....	150

KAYNAKLAR	152
EKLER.....	170
EK 1 Polimerlerin FT-IR analizleri.....	171
EK 2 Polimerlerin NMR analizleri	187
ÖZGEÇMİŞ	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
cm	Santimetre
dk	Dakika
g	Gram
m	Metre
M	Molarite
mm	Milimetre
mmol	Milimol
ml	Mililitre
sn	Saniye
µg	Mikrogram
°C	Santigrat derece

Kısaltmalar	Açıklama
AIBN	2,2-azoisobütironitril
ASTM	American Society for Testing and Materials (Uluslararası Amerikan Test ve Materyalleri Topluluğu)
BISFA	The International Bureau for the Standardization of Man-Made Fibres (Uluslararası Sentetik Lif Standardizasyon Bürosu)
CO	Pamuk
CS ₂	Karbon disülfid
CV	Viskon
DP	Polimerizasyon derecesi
EG	Etilen glikol
EGDMA	Etilen glikol dimetakrilat
EL	Elastan
EMPA	Swiss Pilling Test-İsviçre Boncuklanma Testi
FTIR	Fourier Transform Infrared Spectroscopy (Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi)
I	Başlatıcı
ICI	Imperial Chemical Industries
ISO	International organization for standardization (Uluslararası Standardizasyon Örgütü Kuruluşu)
LA	Laktik asit
M	Monomer
MA	Molekül ağırlıkları
MEG	Monoetilen glikol
N ₂	Azot gazı
NaOH	Sodyum hidroksit
NIPAM	N-izopropil akrilamid
NMR	Nükleer Manyetik Rezonans

PAN	Poliakrilonitril
PDMS	Polidimetilsiloksan
PEG	Polietilenglikol
PES	Polyester
PET	Polietilen teraftalat
PTA	Saf teraftalik asit
PVCL	Poli(N-vinilkaprolaktam)
PVIM	Poli(N-vinilimidazol)
PVP	Poli(N-vinilpirolidon)
PVPA	Poli(N-vinilfosfonik asit)
PVTAZ	Poli(Vinil-1,2,4-triazol)
PVTES	Poli(Viniltrietoksilan)
PVTMES	Poli(Viniltri(β -metoksietoksi)silan)
PVTMS	Poli(Viniltrimetoksilan)
T _g	Camsı geçiş sıcaklığı
TM	Erime sıcaklığı
TPA	Teraftalik asit
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
VCL	N-vinilkaprolaktam
VIM	N-vinilimidazol
VP	N-vinilpirolidon
VPA	Vinilfosfonik asit
VTAZ	Vinil-1,2,4-triazol
VTES	Viniltrietoksilan
VTMES	Viniltri(β -metoksietoksi)silan

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Boncuklanma problemine sahip kumaş numunesi.....	5
Şekil 2.2. Martindale Boncuklanma ve Aşındırma Test Cihazı.....	15
Şekil 2.3. Lissajous hareketi.....	16
Şekil 2.4. EMPA standartlarına göre boncukların standart fotoğraf kategorisi	18
Şekil 2.5. Boncuklanma Değerlendirme Görüntüleyici	19
Şekil 2.6. PillGrade Cihazı.....	21
Şekil 2.7. İşlemsiz ve anti-boncuklanma kimyasalı uygulanmış kumaşların görüntüsü. 26	
Şekil 2.8. Polimetilmetakrilat (PMMA) yapısı	27
Şekil 2.9. Polivinil asetat (PVA) yapısı	27
Şekil 2.10. Sodyumpoliakrilat yapısı	27
Şekil 2.11. Polidimetilsiloksan (PDMS) yapısı	28
Şekil 2.12. Selüloz yapısı	36
Şekil 2.13. Polyester (PES) yapısı	41
Şekil 2.14. Polietilen teraftalat eldesinin kimyasal reaksiyonu	41
Şekil 2.15. Vinil klorür monomerinden polivinilklorür polimerinin oluşması	48
Şekil 2.16. Polietilen molekülünün kısa gösterim şekilleri.....	49
Şekil 2.17. Polietilen molekülünün düzgün dörtyüzlü geometrisinde gösterimi	49
Şekil 2.18. Bir hidroksi asitin dimerleşmesi	56
Şekil 2.19. Katılma polimerizasyonuna ait reaksiyon şeması-1	57
Şekil 2.21. Aktif merkez oluşumu	58
Şekil 2.22. AIBN başlatıcısının radikal oluşturması.....	60
Şekil 2.23. N-vinilimidazol-etil metakrilat kopolimerinin kimyasal yapısı.....	63
Şekil 2.24. Poli(N-vinilimidazol-co-sodyum stirensulfonat) {PVI-SSS}'ın kimyasal yapısı	64
Şekil 2.25. Etilendiamin taşıyan magnetik polimetil metakrilat'ın kimyasal yapısı.....	64
Şekil 2.26. Poli(glisidil metakrilat) bağlı 1,3-bis(benzimidazol-2-il)propilamin'in kimyasal yapısı.....	65
Şekil 2.27. Kuarternize edilmiş poli(4-vinilpiridin)'in kimyasal yapısı	65
Şekil 2.28. Poli(4-vinil-2'-karboksibenzofenon) kimyasal yapısı	66
Şekil 2.29. Pb(II) ile ön düzenlenmiş polivinilbenzoat'ın kimyasal yapısı	66
Şekil 3.1. Işık mikroskobu altında K-1 kumaşının görüntüsü.....	71
Şekil 3.2. Işık mikroskobu altında K-2 kumaşının görüntüsü.....	71
Şekil 3.3. Işık mikroskobu altında K-3 kumaşının görüntüsü.....	72
Şekil 3.4. Işık mikroskobu altında K-4 kumaşının görüntüleri.....	72
Şekil 3.5. Işık mikroskobu altında K-5 kumaşının görüntüleri.....	73
Şekil 3.6. Işık mikroskobu altında K-6 kumaşının görüntüsü.....	74
Şekil 3.7. Işık mikroskobu altında beyaz K-7 kumaşının görüntüsü	74
Şekil 3.8. Sırasıyla; K-1, K-2, K-3, K-4, K-5 nolu kumaşların görüntüsü	75
Şekil 3.9. Orjinal K-1'in yüzey görüntüsü	75
Şekil 3.10. Orjinal K-2'nin yüzey görüntüsü	76
Şekil 3.11. Orjinal K-3'ün yüzey görüntüsü	76
Şekil 3.12. Orjinal K-4'ün yüzey görüntüsü	77
Şekil 3.13. Orjinal K-5'in yüzey görüntüsü	77
Şekil 3.14. Yöntem adımları	78
Şekil 3.15. VIM'in yapısı.....	79
Şekil 3.16. PVIM'in sentez şeması	79

Şekil 3.17. VCL'nin yapısı	80
Şekil 3.18. PVCL'nin sentez şeması	80
Şekil 3.19. VPA'nın yapısı	81
Şekil 3.20. PVPA'nın reaksiyonu şeması	81
Şekil 3.21. VP'nin yapısı	82
Şekil 3.22. PVP'nin reaksiyonu şeması	82
Şekil 3.23. VTAZ'ın yapısı	83
Şekil 3.24. PVTAZ'ın reaksiyonu şeması	83
Şekil 3.25. Fular makinası	91
Şekil 3.26. Ram makinaları	92
Şekil 3.27. Farklı sıcaklıklarda PVIM uygulanan kumaşların görüntüsü	93
Şekil 3.28. Martindale Cihazı	98
Şekil 3.29. PillGrade Cihazı	99
Şekil 3.30. Datacolor test cihazı	100
Şekil 4.1. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVIM uygulanmış	138
K-1 kumaşının yüzey görüntüsü	138
Şekil 4.2. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVIM uygulanmış	139
K-2 kumaşının yüzey görüntüsü	139
Şekil 4.3. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVIM uygulanmış	139
K-3 kumaşının yüzey görüntüsü	139
Şekil 4.4. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVIM uygulanmış	139
K-4 kumaşının yüzey görüntüsü	139
Şekil 4.5. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVIM uygulanmış	140
K-5 kumaşının yüzey görüntüsü	140
Şekil 4.6. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVCL uygulanmış	140
K-1 kumaşının yüzey görüntüsü	140
Şekil 4.7. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVCL uygulanmış	140
K-2 kumaşının yüzey görüntüsü	140
Şekil 4.8. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVCL uygulanmış	141
K-3 kumaşının yüzey görüntüsü	141
Şekil 4.9. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVCL uygulanmış	141
K-4 kumaşının yüzey görüntüsü	141
Şekil 4.10. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVCL uygulanmış	141
K-5 kumaşının yüzey görüntüsü	141
Şekil 4.11. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVPA uygulanmış	142
K-1 kumaşının yüzey görüntüsü	142
Şekil 4.12. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVPA uygulanmış	142
K-2 kumaşının yüzey görüntüsü	142
Şekil 4.13. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVPA uygulanmış	142
K-3 kumaşının yüzey görüntüsü	142
Şekil 4.14. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVPA uygulanmış	143
K-4 kumaşının yüzey görüntüsü	143
Şekil 4.15. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVPA uygulanmış	143
K-5 kumaşının yüzey görüntüsü	143
Şekil 4.16. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVP uygulanmış	143
K-1 kumaşının yüzey görüntüsü	143
Şekil 4.17. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVP uygulanmış	144
K-2 kumaşının yüzey görüntüsü	144

Şekil 4.18. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVP uygulanmış	144
K-3 kumaşının yüzey görüntüsü	144
Şekil 4.19. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVP uygulanmış	144
K-4 kumaşının yüzey görüntüsü	144
Şekil 4.20. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVP uygulanmış	145
K-5 kumaşının yüzey görüntüsü	145
Şekil 4.21. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVTAZ uygulanmış	145
K-1 kumaşının yüzey görüntüsü	145
Şekil 4.22. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVTAZ uygulanmış	145
K-2 kumaşının yüzey görüntüsü	145
Şekil 4.23. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVTAZ uygulanmış	146
K-3 kumaşının yüzey görüntüsü	146
Şekil 4.24. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVTAZ uygulanmış	146
K-4 kumaşının yüzey görüntüsü	146
Şekil 4.25. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVTAZ uygulanmış	146
K-5 kumaşının yüzey görüntüsü	146
Şekil 4.26. İşlemsiz ve PVPA uygulanmış	148
K-1 kumaşının yüzey görüntülerinin sararma açısından kıyaslanması	148
Şekil 4.27. İşlemsiz ve PVPA uygulanmış	148
K-2 kumaşının yüzey görüntülerinin sararma açısından kıyaslanması	148
Şekil 4.28. İşlemsiz ve PVPA uygulanmış	148
K-3 kumaşının yüzey görüntülerinin sararma açısından kıyaslanması	148
Şekil 4.29. İşlemsiz ve PVPA uygulanmış	149
K-4 kumaşının yüzey görüntülerinin sararma açısından kıyaslanması	149
Şekil 4.30. İşlemsiz ve PVPA uygulanmış	149
K-5 kumaşının yüzey görüntülerinin sararma açısından kıyaslanması	149

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Boncuklanma derecelerinin açıklamaları.....	18
Çizelge 2.2. Doğal liflerin sınıflandırılması.....	31
Çizelge 2.3. Yapay liflerin sınıflandırılması.....	32
Çizelge 2.4. Polimerlerin sınıflandırılması.....	50
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan kumaşların özellikleri.....	70
Çizelge 3.2. Tüm aplikasyon çalışmaları.....	93
Çizelge 4.1. PVIM'in elementel analiz sonuçları.....	106
Çizelge 4.2. PVCL'nin elementel analiz sonuçları.....	106
Çizelge 4.3. PVP'nin elementel analiz sonuçları.....	107
Çizelge 4.4. PVTAZ'ın elementel analiz sonuçları.....	107
Çizelge 4.5. İşlemsiz kumaşların boncuklanma değerleri.....	108
Çizelge 4.6. İşlemsiz kumaşların hidrofilite değerleri.....	109
Çizelge 4.7. 10 g/l PVIM uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri ..	110
Çizelge 4.8. 10 g/l PVIM uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri.....	110
Çizelge 4.9. 20 g/l PVIM uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri ..	111
Çizelge 4.10. 20 g/l PVIM uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri.....	111
Çizelge 4.11. 30 g/l PVIM uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri ..	112
Çizelge 4.12. 30 g/l PVIM uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri.....	112
Çizelge 4.13. 40 g/l PVIM uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri ..	113
Çizelge 4.14. 40 g/l PVIM uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri.....	113
Çizelge 4.15. 50 g/l PVIM uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri ..	114
Çizelge 4.16. 50 g/l PVIM uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri.....	114
Çizelge 4.17. 40 g/l PVCL uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri ..	115
Çizelge 4.18. 40 g/l PVCL uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri.....	115
Çizelge 4.19. 50 g/l PVCL uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri ..	116
Çizelge 4.20. 50 g/l PVCL uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri.....	116
Çizelge 4.21. 10 g/l PVPA uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri ..	117
Çizelge 4.22. 10 g/l PVPA uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri	117
Çizelge 4.23. 20 g/l PVPA uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri ..	118
Çizelge 4.24. 20 g/l PVPA uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri	118
Çizelge 4.25. 30 g/l PVPA uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri ..	119
Çizelge 4.26. 30 g/l PVPA uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri	119
Çizelge 4.27. 40 g/l PVPA uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri ..	120
Çizelge 4.28. 40 g/l PVPA uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri	120
Çizelge 4.29. 10 g/l PVP uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri ...	122
Çizelge 4.30. 10 g/l PVP uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri	122
Çizelge 4.31. 20 g/l PVP uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri ...	123
Çizelge 4.32. 20 g/l PVP uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri	123
Çizelge 4.33. 30 g/l PVP uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri ...	124
Çizelge 4.34. 30 g/l PVP uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri	124
Çizelge 4.35. 40 g/l PVP uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri ...	125
Çizelge 4.36. 40 g/l PVP uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri	125
Çizelge 4.37. 5 g/l PVTAZ uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri ..	127
Çizelge 4.38. 5 g/l PVTAZ uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri	127

Çizelge 4.39. 10 g/l PVTAZ uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri.....	128
Çizelge 4.40. 10 g/l PVTAZ uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri....	128
Çizelge 4.41. 40 g/l PEG 400 ve 15 g/l LA uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri.....	129
Çizelge 4.42. 40 g/l PEG 400 ve 15 g/l LA uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri.....	129
Çizelge 4.43. 80 g/l PEG 400 ve 25 g/l LA uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri.....	130
Çizelge 4.44. 80 g/l PEG 400 ve 25 g/l LA uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri.....	130
Çizelge 4.45. 80 g/l PEG 400 ve 1 g/l LA uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri.....	131
Çizelge 4.46. 80 g/l PEG 400 ve 1 g/l LA uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri.....	131
Çizelge 4.47. 80 g/l VIM ve 160 g/l EGDMA'nın organik fazda uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri	132
Çizelge 4.48. 80 g/l VIM ve 160 g/l EGDMA'nın organik fazda uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri.....	133
Çizelge 4.49. 80 g/l VIM ve 160 g/l EGDMA'nın sulu fazda uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri	133
Çizelge 4.50. 80 g/l VIM ve 160 g/l EGDMA'nın sulu fazda uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri.....	134
Çizelge 4.51. 80 g/l VP ve 160 g/l EGDMA'nın organik fazda uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri	134
Çizelge 4.52. 80 g/l VP ve 160 g/l EGDMA'nın organik fazda uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri.....	135
Çizelge 4.53. 80 g/l VP ve 160 g/l EGDMA'nın sulu fazda uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri	135
Çizelge 4.54. 80 g/l VP ve 160 g/l EGDMA'nın sulu fazda uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri.....	135
Çizelge 4.55. 80 g/l VP ve 80 g/l NIPAM'in organik fazda uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri	136
Çizelge 4.56. 80 g/l VP ve 80 g/l NIPAM'in organik fazda uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri.....	136
Çizelge 4.57. 80 g/l VP ve 80 g/l NIPAM'in sulu fazda uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri	137
Çizelge 4.58. 80 g/l VP ve 80 g/l NIPAM'in sulu fazda uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri.....	137

1. GİRİŞ

Polimerler günlük hayatımızda en çok kullandığımız kimyasal ürünlerdir. Bugün baktığımız her yerde, polimerlerden üretilmiş bir malzeme görülebilmektedir. Telefonlar, bilgisayarlar, gözlükler, araba tekerlekleri, yastıklar, uyku tulumları, eldivenler, paketleme ürünleri, kurşun geçirmez malzemeler, oyuncaklar, kablolar, ayakkabılar, kalem, izolasyon malzemeleri ve kıyafetler polimerlerin karşımıza çıktığı alanlardan bazılarıdır. Polimerler yapıları gereği, sert, yumuşak, kolay şekillendirilebilir ya da kırılabilirlik gibi çeşitli karakteristik özelliklere sahip olduklarından dolayı tüm bu farklı alanlarda kullanılabilmektedirler. Kıyafetlerde de oldukça fayda sağlayan polimerler kullanılarak sürdürülebilir tekstiller alanında katkı sağlanabilir. Sürdürülebilir tekstiller için, giysinin özelliklerini kaybetmeden uzun süre kullanılabilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu da, ancak kıyafetlerdeki kalitenin artırılması ile gerçekleştirilebilir. Kullanılan kıyafetlerin uzun ömürlü olmaları durumunda kullanıcının yeni kıyafet ihtiyacı azalır ve diğer tüketiciler tarafından ikinci el kıyafet olarak da tercih edilebilir. Ayrıca kaliteli ürünlerin üretimi sonucu, dolaylı olarak enerji, üretim ve işletme maliyetleri de düşmüş olur (Oğlakçıoğlu ve Marmaralı, 2007). Tekstil sektöründe, giysilerin ömrünü kısaltan en önemli kalite problemlerinden biri kumaşların boncuklanmasıdır. Boncuklanma, iplik içerisinde bulunan liflerin yüzeye göç etmesiyle kumaş yüzeyinde oluşan birbirine karışmış lif yumağı olarak tanımlanabilir (Kahraman, 2006). Boncuklanma, kumaşta istenmeyen bir yüzey görüntüsü olmasının yanı sıra delik oluşumuna da yol açarak ürünün kullanım ömrünü azaltmaktadır (Khoddami, Carr ve Gong, 2009). Bu nedenle boncuklanma, kumaşların kalitesi ve sürdürülebilir tekstiller için kritik önem taşıyan bir parametredir. Boncuklanmanın oluşmasında temel faktör, mekanik sürtünmelerdir. Mekanik sürtünmeler, genellikle tekstil yüzeylerinin yıkanması sırasında oluşmaktadır (Candan, 2000). Gereksiz yere yüksek yıkama süreleri ve sıcaklıkları, kıyafetlerde boncuklanma sorununa yol açmaktadır.

Boncuklanmanın neden meydana geldiğini belirlemek, kumaş üzerinde ne derece oluştuğunu tanımlayabilmek, oluşan boncukları yok etmek ve boncuklanma oluşumunu azaltmak gibi çeşitli açılardan boncuklanma konusu ele alınarak araştırmacılar

tarafından uzun yıllardır çalışılmaktadır. Son yıllarda sentetik elyafların (genellikle polyester) ve bunların karışımlarının kullanımının artmasıyla boncuklanmanın önemi daha da artmıştır (Telli, 2019). Çalışmalar özellikle kumaşların boncuklanmasını azaltmak üzerine yoğunlaşmış olup bu amaçla geliştirilen yöntemler literatürde rapor edilmiştir (Hashemikia ve Montazer, 2012; Kulyk, Scapinello ve Stefan, 2012; Kowalczyk, Brzezinski ve Kaminska, 2015). Bu yöntemlerin en kullanışlı olanlarından biri kimyasal bitim işlemidir (Ming ve diğerleri, 2016; Tusief, Mahmood, Amin ve Saleem, 2012; Montazer ve diğerleri, 2011). Kimyasalların, kumaşa uygulanması sırasında, lifler ile oluşturdukları bağlar sayesinde, kumaş yüzeyinde boncuk oluşumunu azaltması prensibine dayanarak, kimyasal bitim işleminin bu alanda işe yaradığı söylenebilir. Bu amaçla kullanılan kimyasallar genellikle enzimlerdir (Mavruz ve Oğulata, 2009; Ala, Bakıcı ve Abdulvahitoğlu, 2017). Ancak, enzim kullanımı, üretimde zorluklara sebep olmakta ve yüksek üretim maliyetleri oluşturmaktadır. İlaveten enzimler, viskonun amorf/kristalin bölge oranından kaynaklanan yapısal özelliklerinden dolayı bu tür kumaşlarda etkili değildir. Polyester/viskon karışımı veya pamuk/viskon karışımı gibi harmanlanmış kumaşlarda yeterli boncuklanma iyileşmesini sağlayamamaktadır. Piyasada mevcut boncuklanma azaltıcı olarak kullanılan bir diğer ürün grubu ise poliüretan, poliakrilat gibi polimerleri içeren ürünlerdir. Ancak benzer şekilde bu ürünler de viskon kumaşlar için yeterli düzeyde başarı sağlayamamakta ve ürünlerin içeriğinde yer alan polimerlerin yapısı sebebiyle genellikle kumaşlara sert bir tuşe vermektedir. Ayrıca ürünlerin çoğu kumaşlar üzerindeki hidrofilitiyi olumsuz yönde etkileyerek kumaşların su emiciliğini azaltmaktadır (Büyükkoru ve Kara, 2020). Tüm kumaşlarda istenilen sonucun elde edilememesi ise diğer bir sınırlayıcı etkidir. Sonuç olarak yukarıda anlatılan olumsuzluklar ve mevcut çözümlerin yetersizliği; kumaşların boncuklanma eğilimini iyileştirme konusunda bir geliştirme yapılmasını gerekli kılmıştır.

Bu çalışmada, boncuklanma oluşumunu azaltmak amacıyla uygun fonksiyonel polimerler tasarlanarak sentezleri, karakterizasyonları ve tekstil uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Polimerlerin boncuklanma değerleri üzerindeki etkisini net bir şekilde ortaya koyabilmek için iyileştirmenin en zor olduğu, genellikle polyester veya viskon elyaflar içeren karışım kumaşlar da dahil, boncuklanma değerleri 2-3 arasında

notlandırılmış en problemli kumaşlar seçilmiştir. Serbest radikal polimerizasyon yöntemi ile sentezlenen polimerler, kumaşlara çeşitli konsantrasyonlarda aplike edilmiştir. Ardından, bu kumaşlar boncuklanma testlerine tabi tutularak kumaş üzerinde oluşan boncuklar değerlendirilerek notlandırılmıştır. Sonuç olarak fonksiyonel polimerlerin çoğunun, uygulandığı kumaşlarda, ortalama 1,5 boncuklanma derecesi iyileşme sağladıkları tespit edilmiştir. Öte yandan, boncuklanma değerlerini iyileştirmek için kullanılan kimyasallar genellikle kumaşların hidrofilite değerlerini düşürürken, çalışmada kullanılan fonksiyonel polimerlerin çoğunun kumaşların hidrofilitesini geriye götürmenin aksine su emicilik değerlerini daha da arttırdığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca, kumaşların tuşe, sararma ve renk değişimi durumları ile polimerlerin ve bunların çözeltilerinin stabiliteleri de değerlendirilmiştir. Bu alanlarda da polimerlerin negatif etkiye neden olmadıkları anlaşılmıştır. Boncuklanmayı azaltmak amacıyla işe yarayacağı ön görülüp sentezlenen ve kimyasal bitim işlemi yönteminde tekstil yardımcı kimyasalları olarak kullanılan fonksiyonel polimerlerin farklı tipteki kumaşlar üzerinde, olumsuz etkileri olmaksızın boncuklanma azaltıcı kimyasal olarak kullanabileceği kanıtlanmıştır. Fonksiyonel polimerler, tekstil sektöründe kullanılan ve literatürde rapor edilen diğer ürünlerden özellikle hidrofiliteyi de arttırması ve viskon, polyester, karışım kumaşlar gibi çeşitli kumaşlarda etkili olması yönüyle öne çıkmaktadırlar.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

Tez kapsamında yapılan çalışma, polimerler sayesinde kumaşlarda görülen boncuklanma probleminin azaltılması üzerinedir. Bu sebeple, kurumsal temeller ve kaynak araştırması, aşağıdaki üç ana başlıkta incelenmiştir.

- 1- Boncuklanma,
- 2- Kumaşlar ve lif bileşenleri,
- 3- Polimerler

İlk bölümde, boncuklanmanın tanımı, tarihçesi, önemi, oluşumu, etkilendiği faktörler, ölçüm ve değerlendirme metodları, iyileştirilmesi için yöntemler hakkında bilgiler verilmiştir.

İkinci bölüm, boncuklanma kumaş üzerinde meydana geldiğinden kumaşlar ve onları oluşturan lif bileşenleri ile ilgilidir. Liflerin tanımı, sınıflandırılması, özellikleri ve karışım halinde kullanılması durumunda oluşan avantajlar ve dezavantajlar bu başlık altında anlatılmıştır. Çalışmada kullanılan kumaşlar polyester, pamuk, viskon ve elastan liflerinden olduğundan bu liflerden daha detaylı olarak bahsedilmiştir.

Son bölümde, kumaşların boncuklanması polimerler sayesinde azaltıldığından, polimer kimyasına değinilmiştir. Polimer kimyasındaki temel kavramlar, polimerlerin sınıflandırılması, ısıya karşı davranışları, sentez yöntemleri ile ilgili bilgiler literatürden faydalanılarak paylaşılmıştır. Çalışmada kullanılan polimerler, fonksiyonel polimerler grubunda olduğundan ve serbest radikalik reaksiyon yöntemi ile sentezlendiklerinden bu başlıklar daha geniş bir şekilde açıklanmıştır.

Tez konusu hakkındaki teorik bilgiler aktarılırken; aynı zamanda kaynak araştırması sonucu ulaşılan tez konusu ile ilgili yapılan çalışmaların özetleri ve raporlanan çalışmalardan elde edilen bilgilere de bu bölümde yer verilmiştir.

2.1. Boncuklanma

2.1.1. Boncuklanmanın tanımı

Uluslararası Kumaş Bakım Enstitüsü'nün Eğitim ve Tüketici ilişkileri Bölümü boncuklanmayı: “kumaş yüzeyindeki topaklar veya küçük lif karmaşılaşması” olarak tanımlamaktadır (Şamlı, 1994; Ukponmwan, Mukhopadhyay ve Chatterjee, 1998). Aşağıdaki şekilde boncuklanma meydana gelmiş kumaş görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 2.1. Boncuklanma problemine sahip kumaş numunesi

Boncuklanma üzerine birçok tanım olup bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Gintis ve ark. (1959) boncuklanmayı, kumaş yüzeyi üzerinde, bazen iplikten çıkan tüycüklerin bazen de yabancı madde ya da elyaf gibi kirliliklerin ilavesi ile liflerin toparlaklar halinde olduğu fiziksel bir işlem şeklinde tanımlamıştır.

Boncuklanma, kumaş yüzeyinde ovalanma etkisi ile karmaşılaşan lif demetleridir (Sivakumar ve Pillay, 1981).

Boncuklanma, fiziksel bir süreç (işlem) olup giysi yüzeyinde ortaya çıkan, ara sıra kirleticilerle beraber, liflerin ilavesi ile küçük yumakların oluşumudur (Sridharan, 1982).

Boncuklanma, kumaşdaki liflerin yüzeye yükselerek bir araya gelmesi ile meydana gelen lif grupları veya lif topçuklarıdır (Okur ve Sular, 2001).

Boncuklanma, lif uçlarının kumaş yüzeyinde sürtünme kuvvetlerinden kaynaklı birleşerek kumaş görüntüsünün bozulmasıdır (Can ve Akaydın, 2013).

2.1.2. Boncuklanmanın tarihçesi

Geçmişten bu yana boncuklanma üzerine araştırmalar yapılarak boncuklanmanın tanımı, oluşum aşamaları, nedenleri, hangi kumaşlarda daha fazla meydana geldiği, azaltılması, miktarının farklı yöntemlerle ölçümü ve değerlendirilmesi hakkında çalışmalar yapılmıştır. İlk olarak 1945'te örme kumaşların üretiminin ve kullanımının artması ile boncuklanma sorunu gündeme getirilmiştir (Göksel, Köstem, Yıldırım ve Ogan, 2008). Sentetik liflerin keşfi ve doğal lifler ile birlikte kumaşlarda kullanılması neticesinde, bu karışım kumaşlarda ciddi oranda boncuklanma sorunu görülmüş, böylece boncuklanma konusunun önemi artmış ve bu alana yönelik çalışmalar derinleştirilmiştir. İlk çalışmaların büyük bir kısmı, boncuk oluşum mekanizması ve bu mekanizmanın modellenmesi üzerinedir. 1970 ve 1990 yılları arasında boncuklanmaya etki eden faktörlerin belirlenmesi, boncuklanma test yöntemleri ve farklı teknikler kullanılarak boncuklanma mekanizmasının görüntülenmesi gibi konulara ilişkin çalışmalar yürütülmüştür. 2000'li yıllara gelindiğinde ise daha çok tüysüz iplikten üretilen kumaşların boncuklanma performanslarının diğer konvansiyonel yöntemlerle üretilenlerle kıyaslanması gibi konulara yer verildiği görülmüştür. Boncuklanma, günümüzde hâlâ önemini koruyan bir araştırma konusu olup kumaşların boncuklanmasının azaltılması üzerine yapılan çalışmalar daha fazladır.

2.1.3. Boncuklanmanın önemi

Her zaman istenmeyen bir yüzey problemi olarak görülen boncuklanmanın önemi günümüzde daha da artmıştır. Bunun temel sebebi, sentetik liflerin piyasaya girerek doğal liflerin yanı sıra kumaşlarda yer bulmasıdır (Büyükkoru ve Kara, 2019). Sentetik lifler, doğal liflere göre birçok avantaja sahip olmakla birlikte, önemli bir kalite sorunu olan boncuklanma dezavantajını da beraberinde getirmektedirler.

Günümüzün rekabetçi piyasasında, bu kumaşlar tercih edilip üretilirken, kaliteden de ödün vermemek adına, mevcut teknoloji ve tecrübeler ışığında ürünler farklı yöntemler

ile iyileştirilebilmektedir. Böylece, kumaşlarda sentetik lifler kullanılsa da yumuşak, dökümlü ya da boncuklanma eğilimi azaltılmış kumaşlar elde edilebilmektedir.

Sürdürülebilir tekstiller için de boncuklanma konusu önem arz etmektedir. Sürdürülebilirlik için temelde önemli olan giydiğimiz kıyafetlerin kalitesidir. Eğer kıyafetler kaliteli olursa ancak o zaman uzun ömürlü olabilirler. Kullanıcı kıyafetten vazgeçse bile ikinci el ürün olarak başka bir kişi de üründen yararlanabilir. Uzun süreli kullanımı en çok sınırlandıran faktör ise kıyafetlerde oluşan boncuklanmadır. Babaarslan ve Kelebek (2009) çalışmalarında sürtünmenin; kumaş yüzeyinin yapısını bozduğunu, neticesinde kumaşın kullanım süresini kısaltan bir etken olduğunu belirtmişlerdir. Kullanım süresinin kısalmasının sebebi, boncuklanmanın kumaşa kötü bir görünüm kazandırmakla birlikte, zaman zaman delik oluşumlarına sebebiyet vererek kıyafetleri kullanılamayacak bir duruma getirmesidir. Böylece tüketici açısından yeni kıyafet alma gereksinimi artmaktadır. Boncuklanma sorunu azaltıldığında uygun maliyetli kaliteli ürünler ile hem çevreye hem de sürdürülebilir tekstil alanına fayda sağlanabilecektir. Ayrıca, su ve enerji tasarrufu ile doğaya verilen zararın azaltılmasıyla birlikte yaşanabilir bir dünyaya katkı sağlanmış olunacaktır (Oğlakçioğlu ve Marmaralı, 2007).

2.1.4. Boncuk oluşumu

İlk defa 1985 yılında Cooke tarafından boncuklanma mekanizmasının aşamaları araştırılmış ve literatürde rapor edilmiştir. Sonrasında yapılan tüm çalışmalar Cooke teorisini destekler niteliktedir. Buna göre boncuklanma 4 basamaktan meydana gelmektedir.

Boncuklanma aşamaları;

- a- Havların meydana gelmesi,
- b- Havların karmaşıklaşması sonucu boncuk oluşurması,
- c- Boncuğun büyümesi,
- d- Boncuğun koparak kumaş yüzeyinden uzaklaşması sonucu delik oluşumu olarak sıralanabilir.

Boncuklanma, serbest liflerin kumaş yüzeyine çıkması sonucu boncukların oluşmasıyla başlar. Aşınma ve yıpranma, yüzey liflerinin migrasyonuna sebebiyet vererek kumaş üzerinde gevşek elyaf uçları meydana getirir ve bu elyaf uçları sonrasında minik elyaf topları haline gelir (Çetin, 2009). İpliklerden sarkan liflerin birbirlerine dolanması ve yabancı maddeler de havların karmaşılaşarak boncuklanmasına yol açar. Kumaş yüzeyindeki boncuk, belirli bir limite ulaşana kadar büyür. Büyüyen boncuk 2 farklı yol izleyebilir. Boncuğun izleyeceği yol, kumaştaki liflerin cinsine ve dış kuvvetlere bağlıdır. Birinci durum, boncuğu kumaş yüzeyine bağlı tutan liflerin toplam mukavemetinden daha yüksek dış kuvvetlerin olduğu durumda gerçekleşir. Yün lifler ve bazı sentetik lifler, düşük kopma mukavemeti ve eğilme direncine sahip olduğundan bu liflerde dış kuvvetler baskın gelir. Bu durumda, dış kuvvetler boncuğun kumaş yüzeyinden ayrılmasına yol açar (Lohrasbi, Ghahi ve Yazdanshenas, 2011). İkinci durumda ise dış kuvvetlerden daha fazla eğilme direncin ve kopma mukavemeti olan lifleri içeren kumaşların yüzeyindeki boncukları sıkı sıkı tutması söz konusudur (Önal, 2000). Boncuğu yüzeyden uzaklaştırabilecek dış kuvvetler ile boncuğu yüzeyde tutan liflerin mukavemeti sürekli bir yarış halindedir. Bir süre sonra boncuğun kumaşa oluşması maksimum hale gelir. Bu aşamadan sonra boncuk uzaklaşma hızı, boncuk oluşum hızını geçer. Böylelikle yüzeydeki boncuk yoğunluğunda bir azalma meydana gelir. Ancak çok yüksek kopma mukavemeti ve eğilme direncine sahip olan polyester ve naylon liflerinde, boncuğun uzaklaşması geciktiğinden boncuk yoğunluğu maksimum seviyede kalır (Okur, 1994).

Serbest liflerin kumaş yüzeyine çıkması sonucu başlayan boncuklanmada, liflerin kumaş yüzeyine göçünü başlatan temel faktör kumaşın; kendisiyle, diğer kumaşlarla veya deri ile sürtünmesidir. Bu mekanik sürtünmeler boncuklanmanın oluşmasında önemli bir rol oynar (Avcıoğlu ve Babaarslan, 2011). Kıyafetin giyimi esnasında meydana gelen sürtünmeler, yol açtığı yoğun etkileşim kuvvetleri neticesinde boncuklanmaya sebep olur. Ayrıca, kıyafetin kullanımı esnasında, vücut hareket ettikçe mekanik sürtünmelerden kaynaklı iplik yapısında bulunan lifler göç ederek boncuklanmaya sebebiyet verir (Hearle ve Wilkins, 2006). Kullanım sırasında sürtünmenin daha çok meydana geldiği dirsek ve yaka gibi bölgelerde, daha çok boncuklanma olmasının sebebi de budur.

Kullanıcı hataları da mekanik sürtünmelere ve sonrasında boncuklanma sorununa yol açabilmektedir. Kullanıcı hatalarının başında kıyafetlerin yıkanması esnasında yıkama sürelerinin ve sıcaklıklarının gereğinden fazla olması gelmektedir. Kuru temizleme ve sert fırçalarla temizleme gibi işlemlerde de mekanik sürtünmeler oluşup sonrasında boncuklanmayı arttırabilir. Öte yandan yıkama esnasında oluşan hidrodinamik kuvvetler de boncuklanmaya yol açabilmektedir.

2.1.5. Boncuklanmayı etkileyen faktörler

Boncuklanma eğilimini etkileyen çok fazla faktör vardır. Bunlar, lif, iplik ve kumaş özellikleri ile kumaşa uygulanan bitim işlemleri başlıkları altında toplanabilir (Büyükkoru ve Kara, 2016). Lif özellikleri ile ilgili olarak cinsi başta olmak üzere lifin uzunluğu, inceliği, eğilme direnci, lifler arası sürtünme (Beltran, 2006; Derdiyok, 2007; Alay, 2010; Demiryürek, 2016) sıralanabilir. İplik özellikleri ise iplik numarası, büküm katsayısı, tüylülüğü, iplik kat adedi, üretim yöntemleri faktörlerine bağlı olarak değişir ve boncuklanma üzerinde rol oynar (Rameshkumar, 2008; Altas, 2012). Kumaş özellikleri ise kumaş sıklığı, kumaş dokusu, konstrüksiyon ve üretim yöntemleri açısından farklılık göstermekte olup boncuklanmayı etkileyen faktörler olarak sıralanabilir (Kane, 2007; Kadem, 2014).

Karışım ipliklerden (sentetik-doğal) üretilen kumaşlarda boncuklanma problemleri daha fazladır. Polyester-pamuk karışımı kumaşların, boncuklanma eğiliminin olması, literatürde de oldukça rastlanan bir konudur. Bu durum, polyester ve pamuk liflerinin mukavemet ve elyaf uzunluklarının farklı olması ve statik elektriklenme vb. çok sayıda durum ile ilişkilendirilebilir. Ayrıca karışımı kumaşlarda, lifler arasındaki uyuşmazlıklar, boncuklanma derecesini artırmaktadır (Kertmen, 2019).

Ayrıca, kumaşa uygulanan bitim işlemleri de kumaşlardaki boncuklanma üzerinde önemli bir rol oynamaktadır (Mavruz ve Oğulata, 2007; Körlü, 2008; Balcı, 2010).

Boncuklanmayı etkileyen faktörler ile ilgili birçok çalışma yayınlanmıştır. Her bir faktörün önemini vurgulamak için bu çalışmalardan örnekler seçilmiştir. Çalışmalar, amacı ve sonucu belirtilerek aşağıda özet şeklinde verilmiştir.

Liu (2006) yumuşak lifler olan kaşmir ve yün için boncuklanmanın daha hızlı meydana geldiğini, ama lifin yumuşaklığı sayesinde lif toparlarının kumaştan kolaylıkla ayrıldığını bildirmiştir. Sentetik lifler ya da %100 pamuktan elde edilen kumaşlarda ise lif toparlarının kumaştan zor ayrılması yüzünden boncukların kumaş yüzeyinde kaldığını ifade ederek, böylece neden sentetik lifler ya da %100 pamuktan elde edilen kumaşlarda boncuklanma probleminin daha fazla olduğunu açıklamıştır.

Sentetik liflerde boncukların kumaş yüzeyinden ayrılma hızı, oluşma hızından daha düşüktür. Bu sebeple, boncuklar kumaş yüzeyinde kalarak boncuklanma problemine yol açar.

Su itici özelliklere sahip hidrofobik lifler elektrostatik olup, su emici olan hidrofil liflere göre yabancı maddeleri çekmeye, dolayısıyla boncuklanmaya daha eğilimlidirler. Hidrofob liflere örnek olarak polyester lifi verilebilirken, hidrofil liflere örnek olarak pamuk, yün ve viskon lifleri verilebilir (Önal, 2000).

Lifin kısa, ince ve elastik olması boncuklanma eğilimini artırır. Kopmuş ve karmaşıklaşmış lifler, kısa olup en ince ve en elastik liflerdir. Bu lifler git gide bir araya gelerek boncuğun büyümesine yol açar (Ukponmwan, Mukhopadhyay ve Chatterjee, 1998).

Dayık ve ark. (2012), lifin inceliği, mukavemeti ve uzunluğunun boncuklanma üzerine etkisi üzerine çalışmalar yürütmüşlerdir. Çalışma sonuçlarına göre, lif inceliğinin azalmasının, mukavemetin azalmasının ve uzunluğun artmasının kumaşlarda boncuk oluşumunu azalttığını belirtmişlerdir (Dayık ve Yılmaz, 2012; Dede ve Dayık, 2012).

Kavuşturan ve ark. (2011) çalışmalarında farklı iplik malzeme türlerinin aşınmadaki etkilerini ve şanel örgü kumaşların hareket tarzını incelemişlerdir. Martindale cihazı ile

ölçülen boncuklanma sonuçlarına göre, aşınmadan dolayı kütle ve kalınlık kaybı gibi fiziksel özelliklerin ve boncuklanma değerlerinin, iplik türleri tarafından etkilendiğini ortaya koymuşlardır.

Ömeroğlu (2005) yapmış olduğu tez çalışmasında, deneysel çalışma sonuçlarına göre, kompakt ipliklerden üretilmiş olan örme kumaşların ring ipliklerden elde edilenlere göre boncuklanma eğiliminde azalma olduğunu tespit etmiştir. Bu durumun, kompakt liflerin iplik yapısından sıyrılmaya karşı olan dirençlerinden ve kompakt iplikleri meydana getiren liflerin, iplik yüzeyinde daha az tüylülüğe yol açmasından ileri geldiğini açıklamıştır.

Özer (2016) yapmış olduğu çalışmada, yatak kapitonelerinde kullanılan kumaşların tipine göre boncuklanma değerlerinin nasıl değiştiğini inceleyerek yataklar için en uygun kumaş tipini belirlemek istemiştir. Çalışmada, kapitone dış yüzeylerini oluşturan dokuma ve örme kumaşların boncuklanma değerlerini karşılaştırmıştır. Boncuklanma testinden elde edilen sonuçlara göre örme kumaşın boncuklanma değerini 2-3 aralığında, dokuma kumaşın boncuklanma değerini ise 4-5 aralığında ölçmüştür. Böylece çalışması ile örme kumaşların boncuklanma eğilimlerinin dokuma kumaşlara göre daha fazla olduğu açıkça gözler önüne sermiştir.

Kertmen (2019) tez çalışmasında, kumaşların cinsine göre boncuklanma eğilimlerini karşılaştırmıştır. En düşük boncuklanma eğiliminin %100 filament polyester ipliklerden oluşan kumaşlarda gördüğünü belirtmiştir. En fazla boncuklanmanın ise %50 pamuk/%50 polyester (%50 CO/%50 PES) karışımı ve rejenere selüloz ipliklerden (%100 viskon) örülen kumaşlarda meydana geldiğini vurgulamıştır.

2.1.6. Boncuklanmayı ölçme ve değerlendirme yöntemleri

Boncuklanma değerlerini iyileştirebilmek için öncelikle boncuklanma miktarının doğru tespit edilmesi çok önemlidir. Boncuklanma değerlerini ölçmek ve değerlendirmek amacıyla birçok çalışma yapılarak literatürde rapor edilmiştir. Öncelikle farklı cihazlar ve test yöntemleri ile boncuklanmanın oluşturularak ölçülmesi, ardından oluşan

boncukların objektif ya da subjektif olarak değerlendirilmesi sonucu boncuklanma değerleri tanımlanmış olur.

Ölçüm aşamasında kullanılan cihazlar arasında bazı farklar bulunmaktadır. Bunlar, kumaşın cinsi, kumaşa uygulanan hareket ve zorlamanın derecesidir. 2015 yılında Furferi ve ark., 1990 yılından itibaren boncuklanmanın değerlendirilmesi amacıyla rapor edilen görüntü işleme ve makine görmesi yöntemleri hakkında yapılan çalışmaları özetleyen bir derleme makale yayınlamışlardır. Günümüzde, hangi test cihazının gerçek sonuçlar ile daha fazla örtüştüğü üzerine araştırmalar hâlâ devam etmekte olup 20'den fazla yöntem literatürde bildirilmiştir. Bu yöntemler iki ana başlık altında toplanabilir. Birinci grup numunenin yuvarlanmasını, ikinci grup ise numunenin aşındırılmasını baz alan test yöntemleridir.

Boncuklanma testine tabi tutulan numunenin, yuvarlandırılarak boncuklandırılması prensibine dayanan cihazlarda, cihaz içerisindeki farklı aşındırıcı yüzeylerle ya da aynı kumaştan yapılan diğer numunelerle beraber yuvarlanarak numunenin rastgele hareketlerle sürtünmesi sonucu boncuklanması sağlanır. Bu yöntemin kullanan cihazlar Düşey taklalı (Random Tumble) ve Kutulu boncuklanma (ICI Pilling Box) test cihazlarıdır.

Numunenin aşındırılarak boncuklandırılması esasına sahip diğer yöntemde numunenin boncuklanması, numune ile aynı kumaş olan numuneye ya da başka bir kumaşa sürtünmesi ile gerçekleştirilir. Bu yönteme dayanarak boncuklanmayı ölçen cihazlar; Martindale Boncuklandırma ve Aşındırma Cihazı, Hatra Boncuklanma Test Cihazı, IWS Test Cihazı, Fırçalı Boncuklanma Testi ve Elastomerik Yastık Taban Metodu Testi olarak sıralanabilir.

Bugün bu cihazların üretilen tiplerinden en çok kullanılanlar; İngiltere'de kullanım alanı bulan ve British Standards tarafından kabul görmüş ICI Boncuklanma Test Kutusu, ABD'de ASTM Standartlarına uygun görülmüş Atlas Random Tumble Boncuklanma Test Cihazıdır (Cooke ve Göksoy, 1998).

Hangi test yönteminin daha uygun olduğunu seçerken, test yönteminin ürünün kullanımı sırasındaki gerçek koşullarını yansıtip yansıtmadığına bakılmaktadır. Kumaşın boncuklanma performansını doğru ölçebilmek için kumaşın ürün olarak giyilmesi sırasında karşılaşıacağı mekanik kuvvetleri simüle ederek boncuk oluşturulması ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, alınan sonuçların tekrarlanabilir olması gerekmektedir. Boncuklanma eğilimini belirlemek için sabit bir yöntem geçerli değildir, test yöntemi seçilirken testin hangi amaca yönelik yapıldığının göz önünde bulundurularak test yönteminin seçilmesi gerekmektedir (Biermann, 2001).

Boncuklanma ölçüm yöntemleri üzerine yapılan araştırmalar ile ilgili olarak literatürde yer alan çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Cooke ve Göksoy (1998) çalışmalarında, Martindale ve Akselaratör cihazları kullanıldığında, kumaşların boncuklanması hakkında doğru sonuçlar elde edildiğini, ICI Pilling Box cihazının ise yanıltıcı sonuçlar verebildiğini belirtmişlerdir.

Jasinska ve ark. (2009) RGB modeli diye adlandırılan renkli dijital görüntüleri kullanarak boncuklanma sonrası örme kumaşların yüzey analizlerini yapmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre RGB modeli ile bulanıklık ve havlanma değişikliklerinin daha etkili ve hassas olarak ayırt edildiğini tespit etmişlerdir.

Babaarslan ve Kelebek (2009), sürtünmenin; kumaşın yüzey yapısını bozan ve kullanım süresini azaltan bir etken olduğunu bildirmişlerdir. Bu sebeple, günümüzde kumaş yüzeylerinin (dokunmuş ve dokunmamış) temas neticesinde gösterecekleri yüzey özelliklerinin ve performanslarının önceden belirlenmesinin, güncel bir araştırma konusu olduğunu vurgulamışlardır. Ürünlerin son kullanım aşamasında talep edilen ihtiyaçları karşılayıp karşılamayacağını bilmesi ve performans özelliklerinin tayini amacıyla birçok kalite kontrol sisteminin ve test cihazının geliştirildiğini belirterek çalışmalarında farklı test cihazlarını ve kontrol sistemlerini araştırarak detaylı bilgiler sunmuşlardır.

Abril ve ark. (1998) 3 görüntü analizini kullanarak standart boncuklanma fotoğrafları ile kumaş görüntülerini karşılaştırarak boncuklanma değerlerini belirleyen bir yöntem üzerine çalışmalar yürütmüşlerdir. Çalışmaları neticesinde buldukları logaritmik denklemin, gerçek değerler ile uyumlu olduğunu rapor etmişlerdir.

Technikova ve ark. (2016) 3D boncuklanma ölçüm tekniğini kullanmışlardır. Bu teknikte yanal ışıklandırma sayesinde 3 boyutlu yapı elde etmişlerdir. Renkli kumaşlarda rengin boncuk görüntülerini baskılamasını önlemesi amacıyla bu teknik ile çalışmışlardır.

Jung ve ark. (2013) objektif bir değerlendirme için uzman olan ve uzman olmayan iki grup ile çalışarak boncuklanma değerlendirmesi yaptırmışlardır. Sonuçları kendi görüntü işleme tekniklerinin sonuçları ile kıyaslamışlardır. Üç farklı LED ışık kaynağından oluşan aydınlatma sisteminden yararlanarak görüntülerin alınması sırasında iyi kontrast sağlamayı hedeflemişlerdir. Sonuçta iki grubun sonuçlarının görüntü işleme sonuçları ile örtüştüğünü bulmuşlardır.

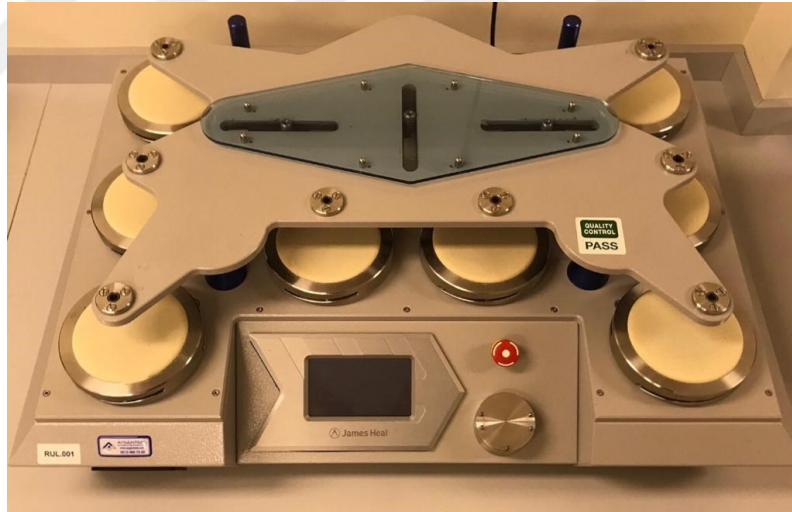
Türker ve ark. (2017) yayınlamış oldukları makalede, görüntü işleme yöntemi sayesinde, sayısal verilere dayanan daha gerçekçi bir yöntem geliştirdiklerini, böylelikle diğer yöntemlerden farklı olarak toplam boncuklanma alanı, boncuklanma sayısı, birim alana düşen toplam boncuklanma sayısı gibi değerlendirme parametrelerinin elde edilebileceğini açıklamışlardır.

Kayseri ve Kırtay (2011) çeşitli iplik numaralarından ve kumaş sıklıklarından üretilmiş interlok örme kumaşlar kullanarak boncuklanma ölçüm yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Düşey taklalı ve Martindale boncuklanma test yöntemleri kullanıldığında, boncuklanma değerleri paralel bulunurken ICI boncuklanma kutusu yöntemi sonucu ölçülen değerlerin bu yöntemlerden elde edilen verilerden epey farklı çıktığını bildirmişlerdir. En düşük boncuk oluşumunun ICI boncuklanma test yöntemi ile ölçüldüğünü, en yoğun boncuk oluşumunun ise Martindale Test Cihazı kullanıldığında ölçüldüğünü belirtmişlerdir.

Biermann (2001) Martindale boncuklanma cihazında kullanılan test yönteminin, giysilerin kollarının ve pantolonların paçalarının kullanım sırasında maruz kaldığı sürtünmeye paralel olduğunu ve tekrarlanabilir sonuçlar verdiğini rapor etmiştir.

2.1.7. Martindale boncuklandırma ve aşındırma test cihazı

Boncuklanma değerlerini ölçmek amacıyla kullanılan bir çok cihaz arasında, Martindale Boncuklandırma ve Aşındırma Test Cihazı (Şekil 2.2) en çok tercih edilen cihazlardan biridir. Özellikle karışım liflerden meydana gelen kumaşlarda doğru sonuçlar vermesi ve çalışmada kullandığımız kumaşların genellikle bu özellikte olması, makine kalibrasyonunun sürekli kontrol altında olması ve kolay yapılması, ölçüm hassasiyet değerlerinin uluslararası standartlarda kabul edilmesi, literatür taramasına göre tekrarlanabilir sonuçlara sahip olması, en güvenilir cihaz olarak bildirilmesi, tez çalışmasında boncuklanmanın ölçülmesi için bu cihazın tercih edilmesinin nedenleridir.



Şekil 2.2. Martindale Boncuklanma ve Aşındırma Test Cihazı

İlk olarak 1942’de geliştirilen Martindale test cihazı günümüzde en çok tercih edilen boncuklanma ölçme cihazlarından biridir. Cihaz, daire şeklindeki alt ve üst taşıyıcılar, üstüne yerleştirilen plaka, devir sayısını ayarlayan sayaç kutusu, sıkıştırma somunları, kafa sayısına göre ağırlıklar ve açma kapama düğmelerinden meydana gelmektedir (Martindale, 1942). Yeni modelleri hem boncuklanma hem de aşındırma testleri için uygundur (Kadem, 2007). Cihaz kullanılırken daha geniş numune tutucularla

sabitlenerek üst plakanın hareket alanı 60,5 mm'den 24 mm'ye düşürülür. Pirinç bir üst levhaya, cihaz tipine göre adedi değişen pirinç numune tutucular (1,25 inç çaplı) yerleştirilir. Tutucular, rahatlıkla hareket edecek biçimde sabitlenir. Böylece, numuneye uygulanacak sürtünme kuvvetinin sadece numune tutucu ağırlığından meydana gelmesini sağlarlar. Basıncı arttırmak için bazı testlerde numune tutucularının üzerine ağırlıklar ilave edilmektedir. Numune tutuculara örme kumaşlar için 155 gram, dokuma kumaşlar için 415 gramlık basınç uygulanır. Teste tabi tutulacak numunelerden daire şeklinde bir parça kesilerek yuvarlak çelik tamburun üzerindeki keçeler üstüne yerleştirilir. 500 g/m²'den daha hafif numunelerin arkası, standart süngerler ile desteklenir. Aşındırma görevi için, numunenin kendi kumaşı veya standart bir kumaş seçilir. Bu kumaş, çember kısaça aşındırma istasyon tablası üzerine sabitlenir (Özçelik, 2009; Bekiroğlu, 2020).

Numuneler aşındırıcı kumaş üzerinde lissajoux hareketi yaparlar. Bu hareket, dairesel hareketle başlayıp, dereceli daralan elipsodik harekete ve ardından doğrusal hale gelen harekete ulaştıktan sonra da ters yönde hareket ederek genişleyen elips şeklindeki hareketle devam eder. Bu harekete ait şekil aşağıda verilmiştir (Bekiroğlu, 2020).



Şekil 2.3. Lissajoux hareketi

Test kullanıcının talebine bağlı olarak genellikle 125, 500, 1000, 2000, 5000 veya 7000 devir sayısında gerçekleşir. Her ne kadar kıyafetin kullanımı sırasındaki boncuklanma ile en uyumlu devir sayısı 7000 devir olarak tespit edilmiş olsa da bu devirde oluşan boncuklar sürtünmeyle yüzeyden uzaklaşır. Bu sebeple, en çok 2000 devir tercih edilmektedir (Özdil, 2003). Cihazın döner kafaları devir sayıları kadar döner.

Böylelikle, numunelerin iki yuvarlak çelik tamburlara yerleştirilerek birbirlerine direkt sürtünmesi ile boncuk oluşmaktadır (Martindale, 1942).

Test standardı olarak ASTM D4970 ve TS EN ISO 12945-2 bulunmakta olup çalışmada, en çok tercih edilen TS EN ISO 12945-2 standardı baz alınmıştır. Martindale cihazının çalışma prensibi sebebiyle her bir aşındırma istasyonuna ayrı komut verilebilir, test sayısı farklı belirlenebilir, üzerine istenilen basıncı uygulamak için farklı ağırlık yerleştirilebilir veya çeşitli aşındırıcı kumaşlar seçilebilir. Her bir istasyonun kendine özgü olması sayesinde aynı anda birbirinden farklı uygulamaların yapılmasını sağlar. Öte yandan böylelikle hem dokuma hem de örme kumaşlar ile tek seferde çalışma imkânını da verir.

Dirican 2010 yılında yapmış olduğu tez çalışmasında Martindale yönteminin kumaş yüzeyinde oluşan boncuklanmanın ölçülmesi için yeterli geldiğini, özellikle sentetik kumaşlar için başarılı sonuçlar verdiğini rapor etmiştir. Hem örme hem dokuma kumaş türleri için uygun olduğunu vurgulayarak oluşan yüksek sürtünme etkisi sebebiyle, diğer test yöntemlerinden daha fazla boncuk oluşmasına neden olan cihaz olduğunu eklemiştir.

2.1.8. Boncuklanmanın subjektif olarak değerlendirilmesi

Kumaşların boncuklanma değerlerini ölçmek için pek çok cihaz kullanılabilirken cihazlardan alınan kumaşların boncuklanma değerlerinin notlandırılması sadece 2 farklı yöntemle dayanır. Bu yöntemlerden birincisi subjektif değerlendirme; ikincisi ise objektif değerlendirmedir. Objektif değerlendirme de kendi içinde ikiye ayrılarak boncukların ağırlığı ya da adedine göre değerlendirilmesi temeline dayanır. Bu bölümde subjektif değerlendirmenin nasıl yapıldığı hakkında bilgi verilmiştir.

Görsel olarak yapılan değerlendirme en sık başvuru yöntemidir. Numunelerin standart fotoğraflarla karşılaştırılarak notlandırılması prensibine dayanır. EMPA tarafından geliştirilen bu yöntemde, 6 adet standart fotoğraf kategorisi bulunmaktadır. Bunlardan üçü dokuma kumaşlar için diğer üçü de örme kumaşlar içindir. Her bir

fotoğraf kategorisi, ayrı boncuklanma derecesine sahip 4 adet standart fotoğrafı içermektedir. Aşağıdaki şekilde örme ve dokuma kumaşlara ait birer adet örnek fotoğraf kategorisi gösterilmiştir. Bu fotoğraflar, numunelerin görsel olarak karşılaştırılmasını daha kolay hale getirmek amacıyla, boncukların kumaş arka planı ile kontrast oluşturulmuş görüntüleridir. Kumaş numunelerinin notlandırılması bu görüntülere bakılarak yapılmaktadır (Candan, 2000).



A



B

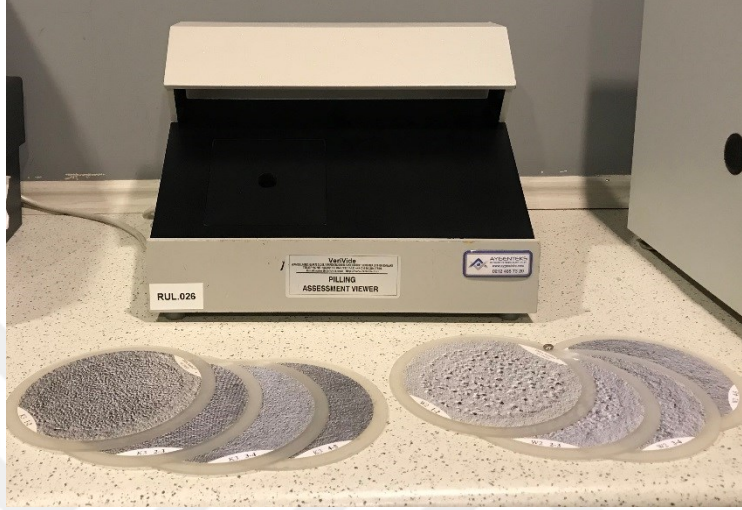
Şekil 2.4. EMPA standartlarına göre boncukların standart fotoğraf kategorisi
A) Örme kumaşlar B) Dokuma kumaşlar

Fotoğraflar, boncuklanma durumuna göre 1’den 5’e kadar derecelendirilmiştir (Kayseri ve Kırtay, 2011). Boncuklanma derecelerinin değerlendirilmesi aşağıdaki çizelgedeki notlandırmaya uygun olarak yapılır (Furferi, 2014).

Çizelge 2.1. Boncuklanma derecelerinin açıklamaları

Boncuklanma Derecesi	Açıklama
5	Hiçbir değişiklik yok
4	Çok az miktarda hafif yüzey tüylenmesi
3	Orta derecede tüylenme veya boncuk
2	Önemli ölçüde tüylenme veya boncuk
1	Çok yoğun miktarda tüylenme veya boncuk

Kumaşların boncuklanma derecelerinin belirlenmesi için net bir görüntüleme ışığı ortamının olduğu bir kabine ihtiyaç vardır. Bu amaçla, Boncuklanma Değerlendirme Görüntüleyici (Şekil 2.5) kullanılır. Kabin içerisinde, kumaşlar ile standart fotoğrafların yan yana koyularak notlandırılması ile boncuklanma dereceleri değerlendirilir.



Şekil 2.5. Boncuklanma Değerlendirme Görüntüleyici

Chen ve ark. (2004) boncuklanma derecesi objektif ve subjektif yöntem ile belirlenen kumaşlara giyim denemesi yaparak derecelendirme arasındaki korelasyon katsayısını 0,94 olarak bulmuştur. Bu çalışma objektif ve subjektif derecelendirme arasında yüksek bir ilişki olduğunu ispatlamıştır.

2.1.9. Boncuklanmanın objektif olarak değerlendirilmesi

Bugau (1997) tarafından geliştirilen görüntü analiz tekniği kumaş görünümünü değerlendirmede objektif yöntem olarak kabul edilmiştir. Boncuklanma derecesinin objektif olarak belirlenmesi için sonrasında da birçok araştırma yapılmış olup günümüzde bu yöntem üzerine çalışmalar devam etmektedir.

Objektif değerlendirmenin sınıflandırılması iki türdür;

1. Boncuk ağırlığına göre boncuklanmanın değerlendirilmesi: Belirli devirlerin sonunda kumaş yüzeyindeki boncuklar kesilir ve tartılır. Boncuk ağırlığı ne kadar fazla gelirse, kumaşın boncuklanma eğiliminin o kadar çok olduğu temeline dayanır.

2. Belirli alana düşen boncuk sayısına göre boncuklanmanın değerlendirilmesi: Ortalama boncuk adedine göre değerlendirme yapılarak boncuk ağırlığı ya da büyüklüğü dikkate alınmadan değerlendirme yapılır.

Özçelik ve Kırtay (2009) boncukların ağırlığına göre yapılan değerlendirmede, kesilip tartılması işlemi zaman kaybına yol açtığından ve uzun olduğundan görüntü analiz yöntemlerinin öneminin giderek arttığını bildirmişlerdir.

2.1.10. PillGrade Cihazı

Boncuklanmanın objektif olarak değerlendirilmesinde en çok tercih edilen cihazlardan biridir. Büyük bir polyester lif üreticisinin, 2003 yılında, polyester kesikli liflerdeki boncuklanma değerlerinin iyileştirilmesi üzerine yaptığı bir projede, objektif bir boncuklanma test cihazının gerektiğini belirtmiştir. Bunun üzerine, tekstil endüstrisinde önemli bir yeri olan LineTech Industries, otomatik görüntüleme sistemleri konusundaki çalışmalarını derinleştirerek, objektif değerlendirme yönteminin geliştirilmesi üzerine çalışarak PillGrade Otomatik Boncuklanma Derecelendirme Sistemi geliştirilmiştir. Günümüzde çeşitli test laboratuvarlarında PillGrade en çok kullanılmakta olan objektif değerlendirme yöntemlerinden biridir (LineTech Industries).



Şekil 2.6. PillGrade Cihazı

PillGrade, otomatik üç boyutlu bir kumaş tarama sistemi olup kumaş yüzeyindeki boncukları yakalayıp ölçer ve sayar. Cihaz, ön ve arka ışık kaynağı, besleme masası, iki ayna, hareketli silindirler, kamera ve yazılım programı içermektedir. Sistem, boncuklanma detaylarını tespitleyerek ISO standartlarına göre 1-5 arası değeri monitöre aktarır. Her kumaş türü ve kalınlığına uygun bir ölçüm cihazı olan PillGrade, hem ISO hem de ASTM test standartlarına göre, tekrarlanabilir ve objektif olarak boncuklanmanın değerlendirilmesini sağlar. Bunu yaparken, döner milin etrafında kumaşın hareketi sırasında, yatay düzlemin taranması ile boncuklanma derecesi, ağırlıklı toplam boncuk sayısı, toplam boncuk sayısı gibi özellikler yanında her bir boncuğun yüksekliğini ve havlanmayı ölçerek boncuklanmayı değerlendirir (Jackson, 2005). Alandaki boncukların toplam sayısına toplam boncuklanma sayısı denilir. Boncuklar büyüklüklerine göre katsayı ile çarpılmaktadır. Her bir boncuk, boyutuna göre değerlendirilir ve ağırlıklı boncuk sayısının hesaplanması sırasında logaritmik bir skala kullanılır. Cihazın önemli bir avantajı, boncuklanmanın değerlendirilmesi sırasında boncuk yüksekliklerini de dikkate almasıdır. Bu yönüyle, 2 boyutlu olarak yüzeyi inceleyen cihazlardan ayrılmaktadır.

2.1.11. Boncuklanma eğiliminin iyileştirilmesi için yöntemler

Kumaşların boncuklanma eğilimini azaltmak için pek çok çalışma yapılarak literatürde rapor edilmiş olup bu amaçla mekanik, biyolojik ve kimyasal işlemler uygulanmaktadır. Mekanik işlemler ile boncuklanmanın iyileştirilmesi için uygulanan yöntemler: yakma, makaslama ve zımparalama işlemleridir. Biyolojik işlem ile boncuklanma sorununu azaltma, enzim ile gerçekleştirilen biyo-parlatma prosesi ile mümkündür. Kimyasal işlem ile boncuklanmanın iyileştirilmesi ise anti-boncuklanma kimyasalının kumaşa fular veya kaplama yöntemi ile applike edilmesi ile gerçekleşmektedir.

a) Mekanik işlemler ile boncuklanmanın iyileştirilmesi

- Makaslama
- Yakma
- Zımparalama

b) Biyolojik işlemler ile boncuklanmanın iyileştirilmesi

- Enzim ve biyoparlatma

c) Kimyasal işlemler ile boncuklanmanın iyileştirilmesi

- Anti-boncuklanma kimyasalları

2.1.12. Mekanik işlemler ile boncuklanmanın iyileştirilmesi

Makaslama, yakma ve zımparalama işlemlerinin hepsi kumaşa uygulanan mekanik apre işlemleri altında yer almaktadır. Bazı durumlarda uygulamalardan biri tek başına yetersiz kalabilir, böyle durumlarda bu işlemler birlikte de uygulanabilir.

Makaslama

İplikten çıkan lif uçlarının uzaklaştırma işlemi makaslama olarak tanımlanmaktadır. Öncelikle, kumaşa fırçalama yapılarak havlar yüzeyden uzaklaştırılır, ardından makaslama işlemi birkaç kez iki yüze de tekrarlanır, son olarak yakma işlemi uygulanırsa kalan serbest liflerin yakılarak uzaklaştırılması sağlanır.

Yakma

Yakma işlemi uygulanırken, kumaşın yanmasına da sebep olabileceğinden çok dikkatli çalışmalıdır. Riski en aza indirmek için uygulama esnasında, yüksek geçiş hızında, yüksek alev sıcaklığında ve soğutulabilen silindirler üzerinde yakmak önerilir. Özellikle polyester lifi hızlı bir şekilde eridiğinde bu liflerden yapılmış kumaşlara ayrıca dikkat etmek gerekir. Öte yandan polyester lifinin termoplastik olması sebebiyle, önce yumuşar sonra sertleşir, bu da kumaşın tuşesini sertleştirerek negatif etkiler. Yün/polyester karışımlarında, yakma esnasında kumaşın tuşesi sertleştiğinden bu kumaşlarda yakma işlemi tercih edilmez.

Zımparalama

Zımparalama, kullanım esnasında sürtünmeden kaynaklı oluşabilecek lif uçlarının önceden oluşturulmasına dayanan mekanik bir apre işlemidir. Zımparalama işlemi, zımpara kaplı dönen silindirler yardımıyla yapılır. Genellikle, yaş zımparalama tercih edilirken zımparalama işleminden sonra makaslama işleminin yapılması da önerilir. Zımparalama işlemi sonrasında makaslama işlemi de yapıldığında daha fazla verimli sonuçlar elde edilebilir.

2.1.13. Biyolojik işlemler ile boncuklanmanın iyileştirilmesi

Enzimler katalizör olarak görev alarak özelliklerine göre çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Biyolojik olarak parçalanarak çevreye zarar vermemesi, çok az miktarda kullanılmasının yeterli olması ve atık su yüklerinin fazla olmaması gibi

nedenlerden dolayı kimya ve tekstil sektöründe sıklıkla başvuru alan ve ihtiyaç duyulan kimyasallar arasında yer alır.

Tekstil sektöründe, kumaşların boncuklanmasını azaltmak için etkili olan enzim türü: selüloz enzimleridir. Bu enzimler, selüloz moleküllerinden kopardığı bağı hidrolizi ile molekülleri küçük parçalara bölen proteinlerdir. Bu şekilde çalışan selüloz enzimleri, kumaş yüzeyini düzgünleştirir ve boncuklanma değerlerini iyileştirebilir (Zilz ve diğerleri, 2012). Selüloz enziminin, selülozik malzeme üzerindeki etkileri, ön işlemler, sıcaklık, pH, enzim türü, merseze, elyafın kristalinite durumu gibi faktörlere bağlıdır (Yakartepe, 2004).

Selüloz enzimini kullanarak kumaştaki lif uçlarını yok edip boncuklanmayı azaltan enzimatik yaş işleme biyo-parlatma adı verilmiştir. Biyolojik yıkama (Biyo-polishing) tamamen biyolojik bir işlem olup (Eker, 2011) biyolojik apre işlemi olarak adlandırılabilir. Biyo-parlatma uygulaması sayesinde kumaşların boncuklanma değerlerinin iyileşmesinin yanı sıra, kumaşlarda dökümlülük, parlaklık, yumuşak tuşe ve hoş bir kullanım hissi sağlanmaktadır. İşlem süresi arttıkça, boncuklanma eğilimi azalmaktadır (Köylüoğlu, 1993).

Aşağıda, biyo-parlatma işleminin boncuklanmayı azaltıcı bir etkisi olduğunu literatürde rapor eden çalışmalardan bazıları özetlenmiştir.

Mavruz ve Oğulata (2009) biyoparlatma işlemi uygulanan örme kumaşlarda yıkama sayısının artması ile kumaşların boncuklanma eğiliminin azaldığını rapor etmişlerdir.

Dirican, 2010 yılında yayınlamış olduğu tez çalışmasında, örme viskon kumaşların boncuklanma probleminin önlenmesi amacıyla viskon kumaşların biyoparlatmasında enzimler kullanmıştır. Öte yandan bu amaçla kullanılacak hangi enzimin daha etkin olduğunu, hangi aşamada uygulanması gerektiğini ve optimum koşulları da detaylı araştırarak ayrı ayrı belirtmiştir.

Erenler (2009) çalışmasında, %75 pamuk/%25 viskon karışımı ve %100 pamuk örme kumaşlara, 3 çeşit kimyasal yapıya (standart selüloz, modifiye selüloz ve endo-enriched selüloz) sahip selüloz enzimini çeşitli konsantrasyonlarda uygulamıştır. Testler sonucunda, koyu tona sahip pamuk/viskon karışımında, kumaşın boncuklanma değerinin, açık tona kıyasla enzim derişiminden daha çok etkilendiğı ortaya konulmuştur. Öte yandan, koyu tona sahip pamuk/viskon karışımı kumaşın boncuklanma değerlerinin, enzim konsantrasyonundan en fazla etkilenen kumaş olduğı gözlemlenmiştir.

Ala ve ark. (2017), farklı pH değerlerinde, boyama işlemlerinden sonra örme kumaşlara, selüloz bazlı anti-boncuklanma enzimi uygulayarak kumaşların boncuklanma eğilimi üzerine katkısını araştırmışlardır. Boncuklanma eğilimlerinde, pH değerinin etkili olduğı, anti-boncuklanma enzimi uygulanmış olan kumaşlar için özellikle pH değeri 6 iken yapılan uygulamalarda elde edilen boncuklanma değerlerinin pH 4,5'ta yapılan uygulama sonuçlarına göre daha iyi olduğı sonucuna ulaşılmıştır.

Pamuk kumaşlarda etkili olan konvansiyonel asidik selüloz, viskon kumaşlarda boncuklanma değerlerini iyileştirme konusunda hala kabul gören sonuçları sağlayamamıştır. Bunun temel sebebi, pamuk ve viskon liflerinin benzer yapıya sahip olup selülozik esaslı olmalarına rağmen, liflerin farklı makromoleküler yapıda olmasıdır.

2.1.14. Bitim işlemleri ve kimyasal işlemler ile boncuklanmanın iyileştirilmesi

Tüketici kıyafeti seçerken kumaşın yumuşaklığı, kayganlığı, dökümlülüğü, duruma göre su emici ya da su itici olması, güç tutuşurluğı, yağ ve kir itici olması, terletmemesi, hızlı kuruması, az buruşması, kolay ütülenmesi gibi özelliklerini göz önünde bulundurarak o kıyafeti tercih eder. Bahsedilen tüm bu özellikler bitim işlemleri ile kumaşa kazandırılabilir. Bitim işlemleri (apre); tekstil materyalinin karakterini, yüzeyini ya da görünüşünü değıştiren, böylelikle değerini yükselterek satışa hazırlayan, kimyasal ya da mekanik tüm işlemler olarak tanımlanır. Bitim işlemi sayesinde aynı kumaşlara farklı kullanım özellikleri sağlanabilir (Zinetbaş, 2015). Kumaşa son dokunuşu yaparak

istenilen efekti vermek için yapılan bitim işleminde, efekt kimyasalları kumaşa fular, çektirme ve kaplama yöntemleri ile uygulanabilir.

Bu yöntem kumaşların boncuklanma değerlerini iyileştirmek için de kullanılabilir. Anti-boncuklanma kimyasalları ile kumaşlara aplikasyon yapıldığında polimer oluşturuca maddelerle lif yüzeyinde bir zar oluşur. Böylelikle, iplikleri oluşturan lifler arasındaki kohezyon arttırılarak kumaşların boncuklanması azaltılmaktadır (Zia ve diğerleri, 2012). Genellikle sentetik liflerde, boncuklanmayı önlemek amacıyla bu kimyasallardan yararlanılır. Kumaşlara anti-boncuklanma özelliği olan bir kimyasal ile apre yapıldığında, uygulanan kumaşın cinsine bağlı olarak boncuk oluşumu önemli miktarlarda azalmaktadır. Şekil 2.7’de anti-boncuklanma kimyasalı uygulanan kumaş, işlemsiz hali ile karşılaştırılmıştır. Açıkça görüleceği gibi anti-boncuklanma kimyasalı ile bitim işlemi yapıldığında kumaştaki boncuklanma ciddi ölçüde azalmıştır (Büyükkoru ve Kara, 2018).

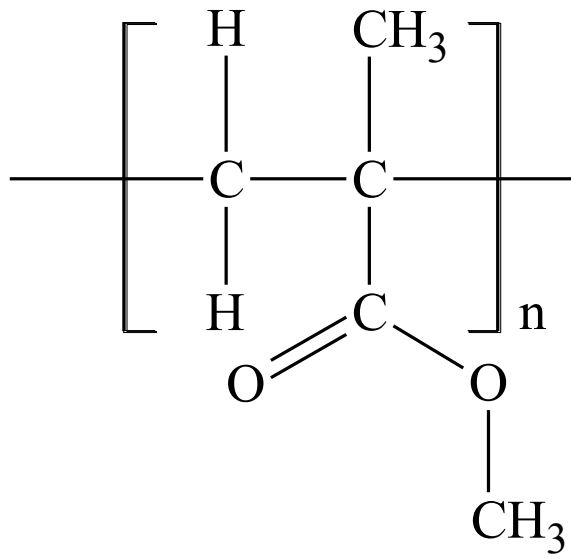


A

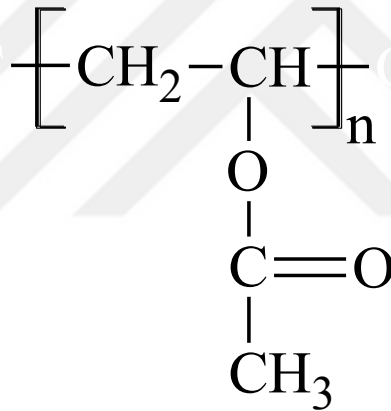
B

Şekil 2.7. İşlemsiz ve anti-boncuklanma kimyasalı uygulanmış kumaşların görüntüsü
A) İşlemsiz **B)** Kimyasal uygulandıktan sonra

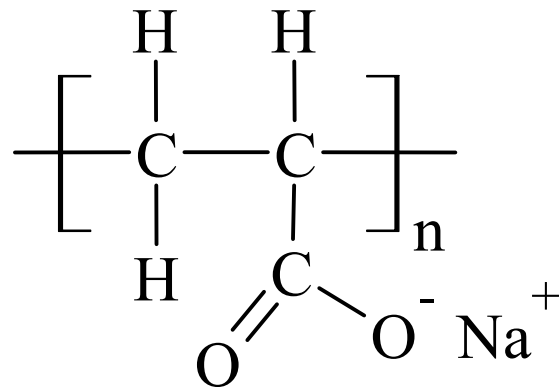
Anti-boncuklanma işlevi için en sık kullanılan kimyasallar; poliakrilat, polivinil türevleri ve silikat asidinin sulu dispersiyonlarıdır. Aşağıdaki şekillerde anti-boncuklanma kimyasallarından bazılarının yapıları verilmiştir.



Şekil 2.8. Polimetilmetakrilat (PMMA) yapısı



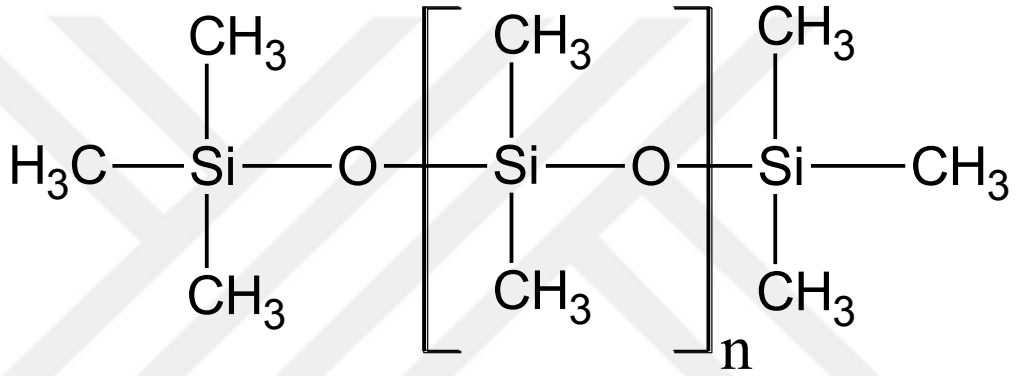
Şekil 2.9. Polivinil asetat (PVA) yapısı



Şekil 2.10. Sodyumpoliakrilat yapısı

Akrilat dispersiyonları (Şekil 2.10) elyaf üzerinde film oluşturarak elyaf uçlarını yapıştırır.

Silikon ve türevleri; kayganlık etkisi ile liflerin iplikten dışarı çıkmasına yol açsa bile liflerin birbirine tutunmasını engelledikleri için boncuklanmayı azaltıcı rol oynarlar. Polidimetilsiloksan (PDMS) kullanarak kumaşların boncuklanma değerlerinin iyileştirilmesi üzerine Hussain ve ark. 2008 yılında çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, PDMS sayesinde boncuklanmanın azaldığını rapor etmişlerdir. PDMS yapısı, Şekil 2.11’de gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Polidimetilsiloksan (PDMS) yapısı

Boncuklanmanın iyileştirilebilmesi hatta oluşmaması için günümüze kadar epey çalışma yapılarak rapor edilmiştir. Aşağıda, bu çalışmalardan bazıları özet halinde anlatılmıştır.

Lv ve ark. (2010) anyonik poliüretan ile yün kumaşlara kimyasal bitim işlemi uygulamışlardır. Neticesinde 1,5 boncuklanma derecesine sahip yün kumaşların boncuklanma derecesi 4 olarak ölçülmüştür. Böylece, poliüretan kimyasalının yün kumaşların boncuklanma değerlerini iyileştirdiğini kanıtlamışlardır.

Montazer ve ark. (2011) çeşitli kimyasallar kullanarak yüzey modifikasyonun boncuklanmayı azaltmak için en iyi yöntem olduğunu bildirmişlerdir ve uygun bitim işleminin uygulanması ile kumaşların boncuklanmasının azaltılabileceğini eklemişlerdir. Yapmış oldukları çalışmada üre ve melamin reçineleri kullanarak

polyester/viskon karışımı kumaşlarda boncuklanma değerleri iyileştirmişlerdir. Reçinelerin boncuklanmayı iyileştirmesinin sebebinin de kumaş ile kurdukları çarpaz bağ sayesinde olduğunu ifade etmişlerdir. Kullanılan reçinenin miktarı arttıkça boncuklanma değerlerindeki iyileşmenin de arttığı görülmektedir.

Aksoy ve Genç (2015) çalışma sonuçlarına göre 1,2,3,4-butanetetracarboxylic acid (BTCA) pamuk kumaşlarda anti-boncuklanma kimyasalı olarak kullanılabileceğini rapor etmişlerdir.

Tusief ve ark. (2012) çeşitli anti-boncuklanma kimyasalları sayesinde polyester/pamuk karışımı gibi kumaşların boncuklanma eğiliminin azaltılabileceğini rapor etmişlerdir. Ayrıca uygulanan anti-boncuklanma kimyasalının konsantrasyon miktarının arttırılması ile boncuklanma değerlerindeki iyileşme miktarında da artış görüldüğünü, pH miktarının değişmesinin ise boncuklanma değerleri üzerine bir etkisi olmadığını eklemişlerdir.

Can ve ark. (2008) birçok araştırmacının kumaşların kalitesinde en önemli faktörün, boncuklanma eğilimleri olduğunu belirterek, yapmış oldukları çalışmada dokuma kumaşların boncuklanma değerlerinin, kırışmaya karşı direnç sağlayan kimyasalların uygulanması ile iyileştiğini ispatlamışlardır. Bu iyileşmenin sebebinin uygulanan kimyasalın, kumaştaki liflerin hareket kapasitesini sınırlandırması sonucu gerçekleştiği ve böylelikle kumaşlardaki boncuklanmayı azalttığı şeklinde açıklamışlardır.

Chitsaz ve ark. (2010) UV ve hidrojenperoksit kullanarak pamuk kumaşlarda boncuklanma değerlerini iyileştirmişlerdir.

Dalbaşı ve Kayseri (2015) kimyasal bitim işlemi yöntemini uygulayarak pamuk örme kumaşlar ile poliakrilatlar arasında çarpaz bağ oluşturarak kumaşların boncuklanma değerlerinde iyileştirme sağlamışlardır.

Nihat ve ark. (2010) tekstil sektöründe en önemli ve sık kullanılan yumuşatıcı türü olan silikonlar ile çalışmışlardır. Partikül büyüklüğüne bağlı olarak silikonların mikro, makro

ve nano-silikon olarak sınıflandırıldığını çalışmalarında nano-silikon yumuşatıcıların kumaş içine daha kolay sızması sebebiyle tercih edildiğini belirtmişlerdir. Örme kumaşların nanosilikon yumuşatıcılarla aplike edilmesi sonucu boncuklanma değerlerinin iyileştiği sonucuna varmışlardır.

Bekiroğlu (2020) tez çalışmasında, boncuklanmayı iyileştirmeye yönelik uygulanan bitim işlemlerinin iyi bir boncuklanma performansı sağladığını ortaya koymuştur. Bitim işlemleri için poliüretan ve/veya silisik asit karışımı kullanarak kumaşlarda boncuklanma değerlerini iyileştirmiştir.

Hussain ve ark. (2008) noniyonik organo modifiye silikon mikroemülsiyonlarının ve bazı aminofonksiyonel polisiloksan bileşiklerinin yapılarından dolayı sürtünmeyi azaltarak boncuk oluşumunu azalttığını bildirmişlerdir.

Ehrhardt ve ark. (2009) sodyum hidroksit (NaOH) kimyasalının tek başına ya da üre ile birlikte kullanılarak rejenere-selüloz ipliği çözdüğünü, böylece kumaş yapısının değişerek çeşitli özelliklerinin farklılaştığını ve daha iyi boncuklanma değerlerinin elde edildiğini rapor etmişlerdir.

Yukarda özetlenen tüm çalışmalar, kumaşların boncuklanma eğilimini azaltabilmek ile ilgili olup giderek önemi artan bu konuda net bir çözümün henüz elde edilemediği açıkça görülmektedir. Tüm kumaş türlerinde etkin, kumaşların hidrofilitesini bozmayan anti-boncuklanma kimyasalına duyulan ihtiyaç çok açıktır. Bu tez çalışmasında, kimyasal bitim işlemi ile kumaşların boncuklanma eğilimini azaltmak üzerine çalışmalar yürütülmüştür. Yapısındaki reaktif gruplar sayesinde anti-boncuklanma kimyasalının kumaşa bağlanarak kumaş yüzeyinde bir film oluşturması, böylelikle yüzeyde boncukların oluşumuna fırsat vermeyeceği prensibinden yararlanılmıştır (Büyükkoru ve Kara, 2017).

2.2. Kumaşlar ve Lif Bileşenleri

2.2.1. Lifler hakkında genel bilgiler

Belirli inceliğe, uzunluğa, sarılmaya, mukavemete, eğilmeye ve bükülmeye sahip olan materyallere lif adı verilmektedir (Mangut, 2017).

Lifler, tekstil sektöründe kumaş yapımında ve giysilerde binlerce yıldır kullanılmaktadırlar. İlk zamanlarda lifler hayvanlardan ve bitkilerden doğal kaynaklı olarak elde edilmiştir. Zamanla liflerin bu şekilde eldesi yetersiz kalmıştır ve 19. yüzyılda ticari lif üretimine başlanmıştır (Dündar, 2008).

Lifler, doğal ve yapay lifler olarak iki ana grupta sınıflandırılır. Doğal lifler; yün, pamuk, ipek gibi liflerdir. Kendi içinde de hayvansal ve bitkisel kaynaklı olmalarına göre alt gruplara ayrılan doğal liflerin en sık kullanılanlarının hangi grupta yer aldığı aşağıdaki çizelgede sunulmuştur (Başer, 2002; Tekstil Teknolojisi, 2014).

Çizelge 2.2. Doğal liflerin sınıflandırılması

Doğal lifler	
Hayvansal kaynaklı	Bitkisel kaynaklı
Yün	Pamuk
İpek	Keten
Tiftik	Kenevir

Doğal liflerin kendilerine özgü bazı avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Doğal liflerin çoğunun kimyasal işleme tabi tutulmadan elde edilmesi büyük bir avantaj sağlarken sınırlı sayıda doğal lif çeşitliliği, değiştirilemeyen sabit özellikleri, fiyatlarının yüksek oluşu, mikroorganizmalar tarafından zarar görebilme ihtimali gibi dezavantajları mevcuttur. Günümüzde özellikle doğal lifler sınıfında yer alan pamuğun boncuklanma problemi oldukça sık karşımıza çıkan bir durumdur.

Tekstil teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak, giysi ve kumaşlardan beklenen özellikler gün geçtikçe artmakta olup kişi başına düşen lif tüketimi de hızla artmaktadır. Bu sebeple, tek başına doğal lifler, bu büyük endüstri için yetersiz kalmaktadır. Artan lif ihtiyacı doğrultusunda talebi karşılamak, ürün çeşitliliğini arttırmak ve istenilen farklı özelliklere sahip kumaşları elde etmek için yapay liflerin de tek başına ya da doğal liflerle birleştirilerek kullanılması gerekliliği doğmuştur. (Celep, 2012; Yelkovan, 2015).

Yapay lifler, insan yapımı olup kendi aralarında üç alt başlığa ayrılarak sentetik lifler, rejenere lifler ve mineral lifler olarak sınıflandırılır. Aşağıda yapay liflerin sınıflandırılmasına ait çizelgede, sık kullanılan bazı ipliklerin hangi sınıfta yer aldığı gösterilmiştir.

Çizelge 2.3. Yapay liflerin sınıflandırılması

Yapay lifler		
Sentetik lifler (Sentetik polimerler)	Rejenere lifler (Doğal polimerler)	Mineral lifler
PES	Viskoz	Metal lifler
Poliamid	Liyosel	Cam lifler
Poliüretan	Selüloz asetat	Asbest

Yapay liflerin alt grubunda yer alan sentetik lifler, doğal kaynaklı olmayıp kimyasal bileşenlerden meydana gelir. Sentetik liflerin tekstil endüstrisinde kullanılmaya başlaması, bir poliamit olan naylonun 1930 yılında W. Carothers (Du pont Araştırma Merkezi) tarafından bulunması ve 1939 yılında ilk kez tekstil lifi olarak ticarileştirilmesiyle başlamıştır. Sentetik liflerin hammaddesi olan polimer, kimyasal elementler ve bileşiklerden sentez yoluyla elde edilir. Üretimleri için kullanılan polimerin sıvı formda olması gerekir. Bu sıvı polimer sabit basınç altında ince deliklerden püskürtülür. Deliklerden geçen sıvı polimerin katılaşması için filament halinde katılaşabileceği bir ortam olmalıdır. Bu koşullar uygulanarak üç farklı yöntemle yapay lifler üretilir (Başer, 2002; Helvacı, 2019). Petrokimyasallardan elde edilen polyeşter ve naylon saf sentetik liflere örnek olarak verilebilir.

Sentetik liflerin sağladığı çok fazla avantajları vardır. Bu avantajların başında uygun maliyetli olmaları gelir. Ayrıca, istenilen karakteristik özelliklere sahip olarak üretilebilirler ve mikroorganizmalardan etkilenmezler. Üretimlerinde çok fazla kimyasal işlemlere maruz kalmaları ise dezavantajlarıdır (Besci, 2010). Bu liflerin yol açtığı en büyük sorun ise kumaşlarında yaşanan boncuklanma problemidir. Günümüzde yapay liflere ve karışım kumaşlara duyulan ihtiyaçtan dolayı, giderek artan şekilde yapay liflerin ve karışım kumaşların üretimi devam edecektir. Dolayısıyla yapay liflerin kullanımı ve getirdiği problemlerin çözümü zorunlu hale gelmiştir.

Yapay liflerin bir diğer alt grubu rejenere liflerdir. Rejenere liflerin hammaddesi doğal kaynaklı polimerlerdir. Bu polimerlerin fiziksel ve kimyasal işlemler ile lif haline getirilmesi sonucu üretilirler. Rejenere liflere örnek olarak odun liflerinden elde edilen asetat ve rayon-yapay ipek verilebilir. İlk olarak 1890'da keşfedilip üretilmeye başlanan rejenere selüloz liflerinin gerçek değeri, artan taleple birlikte 1930'lardan sonra anlaşılmıştır (Woodings, 2001). Günümüzde ise dünya lif üretiminin yaklaşık %80'i rejenere selüloz liflerden meydana gelmektedir. Rejenere selüloz lifleri arasında en çok kullanılan lif türü viskondur.

Yapay liflerin alt sınıfında yer alan diğer bir lif türü mineral liflerdir. Bu lifler çok sık kullanılmamaktadır.

Bu çalışmada boncuklanma değerlerini iyileştirmek için seçilen kumaşlar viskon, polyester, pamuk ve elastan liflerinden oluşmaktadır. Bundan dolayı, bu liflerin yapıları, özellikleri ve kumaşlara kazandırdıkları fonksiyonlar hakkında bilgiler daha detaylı olarak alt bölümlerde açıklanmıştır.

Ayrıca, karışım kumaşların boncuklanmanın en sık görüldüğü ve zor iyileştirildiği kumaş türü olması nedeniyle çalışmada genellikle viskon, polyester, pamuk ve elastan liflerinin karışımlarından oluşan kumaşlar tercih edilmiştir. Bu sebeple, lifler ayrı ayrı anlatıldıktan sonra karışım hallerinde neden boncuklanmanın daha fazla olduğu başta olmak üzere, günümüzde hangi liflerin sıklıkla karıştırılıp kumaşlarda yer aldığı, karışım kumaşların olumlu ve olumsuz özelliklerine de değinilecektir.

2.2.2. Pamuk

Pamuk lifi, doğal lifler sınıfında yer alan bitkisel kökenli bir lifdir. Endüstri bitkisi olan pamuk, lifleri ile selülozün hammaddesini oluşturur (Karaöz, 2020). Pamuk lifleri, geçmişten bugüne kadar gelen en eski liflerden biridir (Kırış, 2020). Pamuğun dokumada ilk kullanımı M.Ö. 3000 yıllarına denk gelmektedir (Cengiz, 2004).

Genellikle giysi ve ev tekstil ürünlerinde kullanılan pamuk lifinin %10'luk bir kısmı teknik tekstil uygulamalarında yer almaktadır. Pamuk lifi, tek başına kullanılabileceği gibi çeşitli liflerle karıştırılarak da kullanılabilir (Okur, 2006; Yıldız, 2019).

Yapısında ağırlıklı olarak selüloz bulunsa da ham pamuğun bileşiminde, selülozun yanında farklı bileşenler de bulunur (Kadolph ve Langford, 2002). Pamuk lifinin bileşenleri ve yüzdeleri şöyledir:

- Selüloz: %88-96
- Anorganik maddeler: %1,0-1,2
- Protein ve renkli madde: %1,5-5
- Hemiselüloz ve pektin: %4-6
- Vaks ve yağlar: %0,5-0,6

Ancak ön terbiye işlemleri uygulandığında, pamuktaki selüloz yüzdesi %99'a kadar çıkmaktadır.

Pamuğun ana bileşeni olan selüloz ile ilgili bilgiler alt başlık 2.2.2.a'da anlatılmıştır. Pamuk lifinin her bir molekülünde yaklaşık 1000 adet glikoz molekülü bulunur. Glikoz molekülünde bulunan hidroksil grupları ise selülozik liflerin özellikleri açısından önemli bir rol oynar (Özşeker, 2018).

Pamuk lifi, hammaddesinin uygun, hidrofilitesinin iyi olması, kolay boyanabilirliği, makinada yıkanabilirliği, kuru temizlemeye uygunluğu gibi istenilen özelliklere sahip olmasından dolayı, en sık kullanılan doğal polimer türüdür (Digilli, 2015)

Dezavantajları ise fiziksel mukavemetinin düşük olmasından dolayı endüstriyel uygulamalarda kullanılabilirliğinin zayıf olması, kırışmasından dolayı bakımlarının zor olması ve renk haslığının düşük olması gibi özelliklerdir (Basu, 2012; Erdoğan, 2017).

Pamuk ve selüloz esaslı diğer liflerin kimyasal özellikleri, lif içerisindeki makromoleküllerin yerleşimlerine, kristalin ve amorf yüzdelerine bağlı olarak değişir. Ayrıca elyaftaki yabancı maddeler de kimyasal özellikleri etkiler. Molekülleri oluşturan yapıtaşları, bunları birbirine bağlayan bağlar, uç grupların cinsi, zincir uzunluğu ile yapısı ve ortalama polimerizasyon derecesi, makromolekölün kimyasal yapısını oluşturur ve lifin kimyasal özellikleri üzerinde rol oynar. (Mangut ve Karahan, 2005).

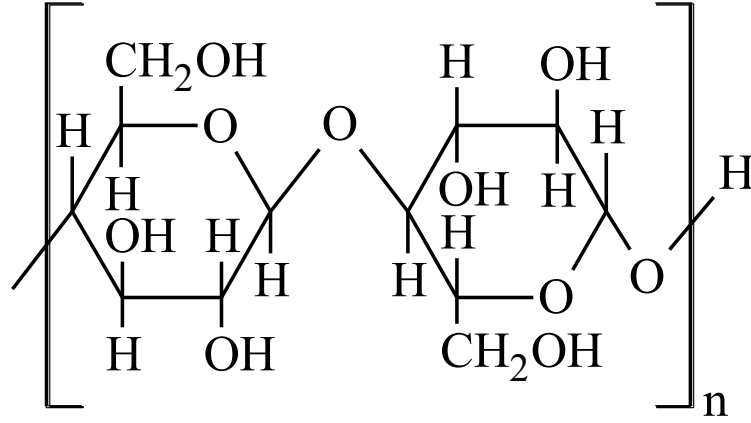
2.2.2.a. Selüloz

Selüloz, pamuğun ana bileşeni olduğundan selüloz hakkında genel bilgiler, selülozu oluşturan glikoz molekülleri, selülozun sınıflandırılması ve kumaşlar ile yaptığı kimyasal bağlar ile ilgili bilgiler bu bölümde anlatılmıştır.

Selüloz; hem doğal liflerin (keten, pamuk, jüt, kenevir) hem de rejenere selülozik liflerin (viskoz, asetat, bakır ve triasetat) temel kimyasal yapısıdır. Bu sebeple lifleri anlatmadan önce temel yapıtaşı olan selülozdan bahsetmek gerekir.

Selüloz tüm bitkilerin, ağaçların ve otların temel yapıtaşıdır. Selüloz, saf halde bulunmayıp bitkiler tarafından üretilir. Ancak, bu haliyle direk olarak kullanılamayan selüloz, yabancı maddelerden arındırılarak çeşitli amaçlar için uygun hale getirilir.

Selüloz genel formülü: $C_6H_{10}O_5$ olan bir polisakkarittir. Selüloz; karbon (C), hidrojen (H) ve oksijen (O) elementlerinden meydana gelmiştir. Selüloz yapısı içerisinde %44,4 C elementi, %6,2 H elementi ve %49,4 O elementi bulunmaktadır. Aşağıdaki şekilde selüloz yapısı gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Selüloz yapısı

Selüloz n tane glikoz yapıtalarının 1. ve 4. karbon atomları üzerinden birbirlerine oksijen köprüleri ile bağlanarak meydana gelen bir makromoleküldür. Glikoz üniteleri yan yana gelerek birer mol su kaybederek makromolekülü oluşturur.

Şekildeki selüloz yapısındaki 2. ve 3. karbon atomlarına bağlı olan hidroksil grupları sekonder hidroksil grubu, 6. karbon atomuna bağlı CH₂OH molekülündeki hidroksil grubu ise primer hidroksil grubudur (Lewin, 1998; Sağlam, 2014). Bu hidroksil grupları, selülozun bir polialkol etkisi göstermesini sağlayarak kimyasal maddeler ile etkileşimlerini sağlar (Erenler, 2009).

Moleküller arasındaki bağlardan ilki, 1. ve 4. karbon atomları arasında oluşan oksijen köprüleri ile kovalent bağlardır. Kovalent bağlar, kuvvetli bir bağ olmasından dolayı lif mukavemeti üzerinde olumlu yönde etki yaratır. Yapıdaki OH grupları ile hidrojen bağları kurulur. Ayrıca yapıda van der Waals kuvvetleri de mevcuttur. Tüm bu kuvvetler, selülozun yapısını oluşturan zincirlerin birbirlerine kafes şeklinde bağlanmasını sağlar.

Selüloz oluşumunda glikozları birbirine bağlayan oksijen köprüleri, asitlere karşı dayanıksızdır. Bu köprüler, kuvvetli asitlerin etkisi ile kopmakta olup makromoleküller daha küçük parçalara bölünmektedir. Bu yüzden, selüloz liflerinin kopma dayanımları ve diğer özellikleri de olumsuz şekilde etkilenir. Ayrıca, selüloz liflerinden yapılmış tekstil mamüllerinin terbiyesi esnasında kumaşlarda fular banyolarındaki pH değeri

önemlidir ve banyonun pH değeri 5,0-5,5 arasına ayarlanmalıdır. Bu aşamada kuvvetli asitlerin kullanılmasından kaçınılmalıdır.

Lifin doğal veya rejenere selüloz olmasına bağlı olarak moleküler yapıdaki kristalin bölgenin amorf bölgeye oranı değişiklik gösterir. Bu durum da lifin kimyasal ve fiziksel özelliklerine etki eder. Liflerde kristallenme oranının yükselmesine bağlı olarak, liflerin bükülme ve eğilme yetenekleri azalır, sertlik derecesi ve kimyasal maddelere karşı dayanıklılığı artar. Öte yandan, liflerdeki amorf yapının artmasına bağlı olarak da liflerin yumuşaklığı, eğilme ve bükülme yetenekleri iyileşir. Buna bağlı olarak, lif içerisinde sulu çözeltilerin nüfus etmesi daha kolay hale gelir ve lifin kimyasal maddelere karşı direnci azalır.

Selülozik esaslı liflerde, makromolekül zincirleri arasında farklılıklar mevcuttur. Bu zincirler rejenere selüloz liflerde doğal selülozik liflere göre daha azdır. Bunun sonucu olarak, rejenere liflerin makromolekül zincirleri arasındaki bağlarının sayısı daha düşük olduğundan, yaş kopma dayanımları kuru kopma dayanımlarına göre daha azdır. Ayrıca daha fazla suyu absorbe edebilmelerinin sonucu olarak meydana gelen kesit artışı, makromoleküller arasındaki mesafenin artmasına neden olur. Artan mesafe de makromoleküller arasında oluşan bağların kuvvetini azaltır. Doğal selüloz makromolekülleri arasındaki çekim kuvvetlerinin daha fazla olmasının sebebi makromoleküllerin daha uzun olmasından dolayıdır. Bu nedenle, doğal liflerde meydana gelen kopma, makromoleküllerin birbiri üzerinden kaymasından çok makromoleküllerdeki glikoz yapıtaşını birbirine bağlayan oksijen köprüleri üzerinden gerçekleşir.

Özetle, kristalin ve amorf bölge oranlarının farklılığı ile makromolekül sayılarına bağlı olarak değişen polimerizasyon dereceleri, aynı kimyasal yapıya sahip olmalarına rağmen (genellikle) doğal ve rejenere selüloz liflerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin neden farklı olduğunu açıklar (Ünal, 2007).

2.2.3. Viskoz

Viskoz rejenere selüloz lifi olup yapay lifler sınıfında yer alır. Hammaddesi selüloz olan viskoz üretimi için hammadde olarak α selüloz oranı yüksek olan kavak, ladin, kayın, kızılçam gibi ağaçlar ya da pamuk linterleri, ayçiçeği, saman, keten ve kenevir sapları tercih edilir (Erdem, 2004).

İlk olarak 1891’de selüloz kimyasını inceleyen Charle Frederick Cross ve iş arkadaşları Clayton Beadle ve Edward John Beyan adlı kimyacılar tarafından keşfedilmiştir (Başer, 1992; Coşkun, 2010). İpeğe benzemesi sebebiyle, o yıllarda yapay ipek olarak anılan bu life, 1924 yılında tekstil endüstrisi rayon ismini vermiştir. Günümüzde ise üretimi ve tüketimi en fazla olan rejenere selüloz lifi olup viskoz olarak adlandırılmaktadır (Canoğlu ve Yükseloğlu, 2008).

2.2.3.a. Viskon

Viskoz, filament olarak iplik üretildiğinde floş; kesik olarak iplik üretildiğinde ise viskon adını almaktadır. Viskon lifinin çok tercih edilme sebepleri, hammaddesi selülozun en ucuz polimer olması, iyi boyanma kabiliyeti, kumaş haline gelme yeteneği, iyi tuşeye sahip oluşu, ipek gibi olma avantajı ve zengin görünüşüdür (Gürarda, 1994). Ayrıca, doğal ürünlere karşı duyulan ilgi nedeniyle parlak bir görünüme, iyi tuşeye ve dökümlülüğe sahip olması özellikleri de viskona olan talebi arttırmıştır (Özgüney, Ekmekçi ve Özerdem, 2004). Diğer insan yapımı lifler gibi sentetik olmaması, viskon lifinin en önemli özelliğidir (Küpeli, 2019).

Sodyum hidroksit (NaOH) ile alkalileştirilen selüloz, karbon disülfid (CS₂) ile ksantatlaştırılır ve ardından sulandırılmış alkali yardımı ile çözünerek kıvamlı hale getirilir (Harmancıoğlu, 1981). Bu kıvamlı çözelti düzelerden basınç yardımıyla asidik bir banyoya sokularak sertleştirilir, böylece katı lif olarak elde edilir. (Aniş, 1998; Ardıç, 2007; Dayıoğlu ve Karakaş, 2007).

Rejenere selüloz lifi olan viskon, bir selüloz lifi olması nedeniyle kendisi gibi selüloz liflerinden oluşan ancak doğal lifler sınıfında yer alan pamuk ile kısmen benzer kimyasal özellikler gösterir. Ancak, pamuk ile kıyaslandığında, kimyasal özellikleri genellikle daha narindir. Viskon pamuktan, kimyasal reaktiflere karşı daha az dirençli, daha mukavemetsiz ve ıslandığında daha düşük dayanıklılığa sahip bir liftir (Mangut ve Karahan, 2005). Bu durum, viskonda amorf bölgelerinin daha fazla olması ve ortalama polimerizasyon derecesinin daha düşük olması ile ilişkilendirilir (Ünal, 2007). Pamuk için polimerizasyon derecesi 2000-10000 arasında iken viskon için polimerizasyon derecesi 200-250 arasındadır. Öte yandan, kristalin bölgelerin oranı viskonda %40 iken pamukta %70'tir. Bu farklılıklar, viskon ve pamuğun kimyasal ve fiziksel özelliklerinin ayrı olmasını sağlar.

Viskonun amorf bölge miktarı yüksek olduğundan hidrofilitesi iyidir. Bu durum, lifin şişerek hacminin artmasına ve uzamasına sebep olur. Öte yandan, yüksek nem içeriği sayesinde sıcak tutmayı da sağlamaktadır ve alerjik değildir. Termoplastik özelliğe sahip olmadıklarından 1500°C'de mukavemeti düşmeye başlar ve 185-205°C'de dekompoze olurlar (Erdem, 2004). Liflerin direnci bazlara karşı fazla iken, asitlere karşı zayıftır. Kuvvetli alkali ortamda ise, liflerin şişmesi sonucu mukavemet kaybına rastlanmaktadır. Oksidan maddelere karşı dayanıksız olan bu lifler, peroksitler ile ağartmaya uğrarlar (Aniş, 1998).

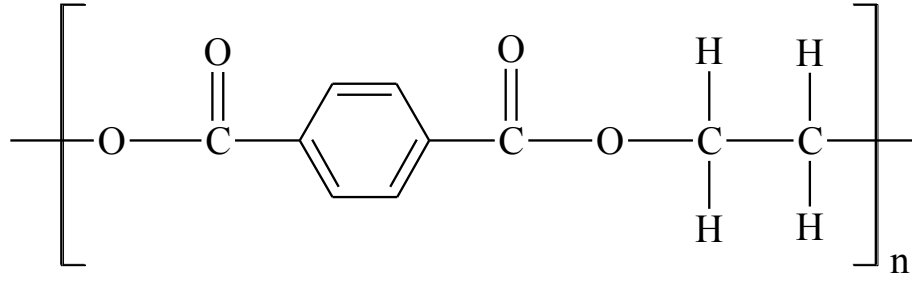
2.2.4. Polyester

Yapay lifler kategorisinde yer alan polyester, sentetik lifler alt başlığındadır. Avrupa Sentetik Elyaf Derneği, sentetik lifler arasında en çok kullanılan lifin polyester olduğunu açıklamıştır (Venkatraman, 2016). Polyester bileşik bir kelime olup çok anlamındaki poly ve organik bir tuzu ifade ederken kullanılan bir terim olan ester kelimelerinden meydana gelmektedir. Böylece polyester çok sayıda organik tuz olarak tanımlanabilir. Yapıdaki ester molekül zincirleri de polimer olarak tanımlanabilir. Polyesterler doğada bulunmakla birlikte genellikle tüm polikarbonat ve polietilen teraftalat içeren sentetik polyesterlere ait geniş bir aileyi kapsar. Uluslararası Sentetik

Lif Standardizasyon Bürosu (BISFA) üyesi Batı Avrupa sentetik lif üreticileri kararıyla polyester kısaca PES olarak tanımlanmaktadır (Yakartepe ve Yakartepe, 1998).

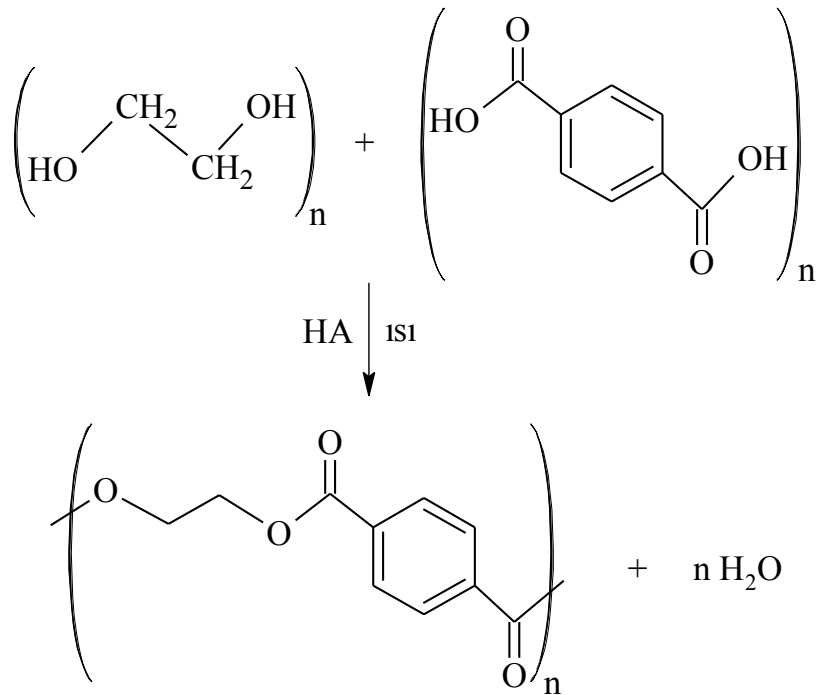
İlk sentetik PES tarihinde, 1. Dünya savaşında su geçirmezlik özelliği elde etmek için gliserin ftalat kimyasalının kullanılması ile görülmüştür. Polyesterler konusunda kapsamlı araştırmalar, DuPont® şirketinde polimerler ile ilgili gerçekleştirilen araştırmalar esnasında yapılmıştır. Fakat bunlardan lif elde edilmesi ancak 1941 yılında gerçekleştirilmiştir (Çirkin, 2006). Önce İngiltere’de Calicio Printers şirketinde çalışan J.R. Whinfield ile J.T. Dickson teraftalik asiti (TPA) ve etilen glikol (EG) kondense ederek Polietilen teraftalatı elde etmişler ve bundan da lif üretebilmişlerdir (Çirkin, 2006). İngiltere’de Imperial Chemical Industries (ICI) ile ABD’de DuPont® firmaları, İkinci Dünya savaşından sonra polyester lif üretim yöntemlerini geliştirmişlerdir. Sentetik polimerlerin tekstilde yaygınlaşması 1946’da DuPont® şirketinin orlon adı altında büyük çaplı poliakrilonitril (PAN) üretimi ile devam etmiştir. Özellikle 1950’den günümüze polyester lif üretiminde artış gözlemlenmektedir. Hammaddesi petrol türevi olan PTA (Saf Teraftalik Asit) ile MEG (Monoetilen Glikol) ve yardımcı madde olarak da Titanyum Dioksit (matlaştırıcı) ile Antimon Triasetat (katalizör) kullanılarak üretimi sağlanmaktadır (Çirkin, 2006).

Polyester, bir dialkol ile bir dikarboksilik asidin polikondenzasyonu sonucunda ester bağları oluşturarak elde edilen uzun zincirli polimerlerdir (Erdem, 2004; Karaman, 2020). Bu zincirde ester (-CO-O-) çok sayıda tekrarlanır. Zincirdeki radikal gruplarının yapısı, elde edilen polimerin tekstil sektöründeki kullanılabilirliğini belirler. Tekstil sektöründe kullanılacak bir polimer sentezlenmesi için seçilen radikal grubun yapısının aromatik olması gerekir. Eğer bu yapı alifatik olursa sentezlenen polimerin erime sıcaklığı çok düşük olacağından polimer tekstil sektöründe kullanılamaz (Karasu, 2020). Seçilen bileşenlere bağlı olarak farklı yapıda elde edilen polyesterlerin DP (polimerizasyon derecesi) ve MA (molekül ağırlıkları) değişkenlik gösterir. Normal polyester lifleri için ortalama DP 100 ve dolayısıyla ortalama MA’sı 20.000 civarındadır. Tekstil pazarında ortalama DP 300’den 55.000’e kadar PES lifleri de mevcuttur (Seventekin, 2004). Aşağıdaki şekilde PES yapısı gösterilmiştir.



Şekil 2.13. Polyester (PES) yapısı

Polyester üretimi, polietilenteraftalat kimyasalından, eriyikten elyaf çekme yöntemi ile gerçekleşir. Eriyik haline getirilen elyaf hammaddesi hava ile temas etmeden düzelere pompalanır ve elyaf çekimi yapılır. Düzedden çıkan filament haldeki elyaf sertleştirilerek gerdirilir. Ardından tekstüre edilerek bobinlere sarılır. Filament elyaf istenilen boylarda kesilerek, kesikli hale getirilir ve kesik elyaf iplikçiliğinde %100 polyester olarak veya diğer elyaflarla (pamuk, viskon, akrilik vb.) karıştırılarak iplik üretimi yapılır (Karasu, 2020). Karıştırılarak kullanıldığında, polyester lif uçları kumaş yüzeyinde tüylülüğü arttırarak boncuklanma sorununa yol açmaktadır (Cavaco-Paulo ve Gübitz, 2003). Şekilde polietilen teraftalat eldesinin kimyasal reaksiyonu gösterilmiştir (Çirkin, 2006).



Şekil 2.14. Polietilen teraftalat eldesinin kimyasal reaksiyonu

PES makromoleküllerinde benzen halkalarından kaynaklanan dispersiyon çekim kuvvetleri ve H köprüleri nedeniyle, sıkı bir moleküler üstü yapıya sahip olduğundan bazlara karşı dayanıklı bir liftir. Ayrıca, kimyasal maddelere karşı dayanımı da oldukça iyidir (Tekstil Dershanesi, 2017; Küpeli, 2019). Kristalin bölge oranının yüksekliği ve polar yapısı hidrofobik olmasını sağlar. Bu durumun hem avantajları hem dezavantajları vardır. Hidrofobik olmasının sağladığı avantajlar; nem çekme özelliğinin az olması, çok hızlı kuruyabilmesi ve ıslandığında dayanıklılıkta azalma görülmemesidir (Kanuma, 1992). Getirdiği dezavantajlar ise hidrofobik olup suyu sevmemesi, aynı zamanda yağlara ve yağlı kirlere karşı ilgili olması demektir. Bu sebeple çabuk kirlenir. Öte yandan yağlardan arınması için su ve yüzey aktif bir ürün olan deterjanın lif içine girmesi gerekmektedir, ancak hidrofobik yapısı nedeniyle lif içine yüzey aktiflerin ve suyun nüfuz etmesi zordur. Ayrıca, PES'in statik elektriklenme özelliği neticesinde havadaki yağlı kirler kolaylıkla çekilerek kirlenme daha da hızlanmaktadır.

Termoplastik bir lif olduğundan sıcaklık karşısında davranışları değişmektedir. 100°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda büzülme gösterirken 150°C'de renklerinde bozulma meydana gelir. Diğer liflere nazaran daha düşük sıcaklıklarda ütülenmesi gerekirken ütüleme sıcaklığı 135-140°C olarak önerilmektedir. Buruşmaya karşı direnci çok iyi olup (Amari, Themelis ve Wernick, 1999) kendi formunu koruduğundan PES kumaşlarda ütü, kuru temizleme ciddi bir problem olmayıp kıyafetlerin bakımı kolaydır. 200°C'de uzun süre bekletildiklerinde mukavemetlerinde düşme olur. Erime noktası 260°C'dir. Genellikle PES lifinin eriyen kısımlarında boncuklanma görülür. Boncuklanma, tekstil lifleri içerisinde en fazla PES liflerinde yaşanan bir durumdur (Baykuş, 2003). Statik elektriklenme ve boncuklanma PES lifin en önemli problemidir. Germe ve aşınma direçleri yüksektir. Alerjik bir durum oluşturmazlar (Harmancıoğlu, 1981; Anış, 1998; Erdem, 2004). Alkali ortamda az miktarda hidrolize olur, bunun sonucunda hidrofilite değerleri ve tuşe iyileşir (Cavaco-Paulo ve Gübitz, 2003). NaOH ile işlem görmesine kotonozi adı verilir, bu işlem ile lif yüzeyi aşınarak mat pürüzlü bir görünüm elde edilir ve ipeksi tuşe elde edilir (Dayıoğlu ve Karakaş, 2007). Hafiflik, düşük üretim maliyeti, iyi renk haslıkları, katkı malzemeleri ile hidrofilitesinin artırılabilmesi, deriyi tahriş etmemesi PES liflerinin diğer avantajlı özellikleridir (Venkatraman, 2016).

2.2.5. Elastan

Uluslararası sözleşmelere göre poliüretanelastomer lifleri, elastan lif olarak adlandırılır. Poliüretan esaslı elastomerik lif sentezi ilk olarak 1937 yılında Otto Bayer, H. Rinke ve arkadaşları tarafından geliştirilen diizosiyanat-poliadisyon prosesi ile gerçekleştirilmiştir. Endüstriyel anlamda ilk poliüretan esaslı elastomerik lif üretimi ise DuPont® firması araştırma bölümlerinde kuru çekim yöntemi ile yapılmıştır. Poliüretan esaslı multi filament yapıdaki elastomerik bu life Lycra adı veren firma 1962 yılından beri bu isimle üretim ve satışını yapmaktadır (Coşkun, 2010).

Son yıllarda elastan lifinin kullanımında önemli bir artış görülmektedir ve hemen hemen her türlü giysi ve kıyafetin içeriğinde elastan yer almaktadır (Atış, 2001; Kul, 2005). Bunun temel sebebi, kumaşlarda rahatlık, kullanışlılık ve çok yönlülük özelliklerinin günümüzde daha fazla ön planda olması ve aranan nitelikler haline gelmesidir.

Kimyasal yapılarından dolayı elastan lifleri, kopmadan çok yüksek uzama gösterebilen ve kopma noktasına kadarki uzamalarda tamamen ve hızlıca eski hallerine dönebilen liflerdir (Kul, 2005). Hem esnek oluşu hem de yırtılma direncinin yüksekliği sayesinde pek çok alanda kullanım kolaylığı sağlar ve kullanıldığı ürünün fonksiyonelliğinde önemli rol oynar. Böylece, elastan özellikle serbest zaman giysileri, spor giyim ve jimnastik giysileri ile bay ve bayan giyime kadar geniş bir alanda tercih edilir. Yüksek aktivite içeren ve çeşitli vücut hareketleri gerektiren sporlarda kumaş esneme kabiliyetinin %50'ye varan değerlerde olması beklenir (Kul, 2005). Hedeflenen bu yüksek değerlere, elastan liflerinin karakteristik özellikleri sayesinde kumaş içerisinde %2-5 civarında kullanılması ile ulaşılabilir.

Elastan lifleri kumaşlarda kullanıldığı zaman, giysilerde düzgün ve daha hoş bir görünüm sağlanması, giysilere verilen şekil boyutlarının daha kalıcı olması, daha düşük buruşma eğilimi, yıka-giy etkisi gibi değerli özellikleri kumaşlara kazandırmaktadır. Ayrıca hidrofobik yani su itici özelliğe sahip olan elastan liflerinin nem alma özelliği azdır ve sudan etkilenmez. Bu sebeple yüzme kıyafetlerinde kullanılmaktadır. Kumaş içeriğindeki lif yüzdesi olarak en fazla kullanıldığı yer de yüzme giysileri ve tıbbi

tekstillerdir. Bunun dışında elastan ipliklerinin kumaştaki kullanım oranları genellikle %10'un altındadır (Coşkun, 2010).

Elastan liflerinin cinsine bağlı olarak sıcaklığa karşı dirençleri değişkenlik gösterir. 150°C'de sertleşme gözlenirken 150-200°C arasında yumuşa ve 230-290°C arasında erime meydana gelir. Ütüleme sıcaklığı 150°C'yi geçmemelidir. Yüksek sıcaklıklar, elyafın bozulmasına neden olur, lifler eriyerek ıssız olarak yanar. Bu esnada, kimyasal koku açığa çıkar. Elastan lifleri, diğer sentetik elyaflara göre daha dayanıksızdır. Belirli kimyasal maddeler, güneş, ultraviyole ışınları, hava kirliliği, iklim değişiklikleri elastan liflerini olumsuz yönde etkileyebilir (Baykuş, 2003; Kul, 2005).

2.2.6. Karışım liflerden oluşan kumaşlar

Tekstil sektöründe liflerin bir araya getirilerek karışım kumaşların elde edilmesi oldukça sık başvurulan bir yöntemdir. Bu durumun bazı avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Bir araya gelen liflerin cinsine bağlı olarak elde edilen kumaş farklı özelliklere sahip olarak elde edilir. En çok kullanılan karışım lifler şöyledir:

- a) Viskon ve pamuk liflerinin karışımı
- b) Polyester ve pamuk liflerinin karışımı
- c) Polyester ve viskon liflerinin karışımı

a) Viskon ve pamuk liflerinin karışımı

Genel olarak, pamuk lifinin bazı özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla pamuk, rejenere bir lif olan viskon ile karıştırılarak kullanılmaktadır. Viskonun yapısı sayesinde karışım kumaşta, pamuğa ait sınırlı lif uzunluğu, mukavemet, incelik gibi özelliklerin geliştirilmesi sağlanmaktadır. Bu liflerin emicilik, ısı iletkenlik özellikleri iyi olmasına rağmen, yırtılma, aşınma mukavemetleri ve kırışma dirençleri sentetik liflere kıyasla daha düşüktür (Sarı 2019). Bu karışımın dezavantajı, tek başına pamuk lifinde oluşan kumaşta boncuklanma değerlerini iyileştirmek kolay iken viskon ile karışım halinde olduğunda boncuklanma değerlerinin iyileştirilmesinin zor olmasıdır.

b) Polyester ve pamuk liflerinin karışımı

Doğal bir lif olan pamuk hidrofilik yapıda olmasından dolayı hidrofilitesi yüksek olan bir liftir. Bu durum kumaş üzerindeki suyu geç uzaklaştırmasından dolayı vücutta ıslaklık hissi yaratır.

Pamuk, sentetik bir lif olan polyester ile karışım halinde kullanıldığında ise sentetik liflerin hızlı kurutma özelliği sayesinde kumaşın nefes alabilirlik özellikleri iyileşmektedir. Böylece, istenmeyen bir durum olan vücutta ıslaklık hissi sorunu çözülmektedir (Sarı, 2019). Bu iki lif karışımının birçok avantajı bulunmakla birlikte en büyük avantajlarından biri pamuk lifinin, pamuğa göre daha ucuz bir lif olan polyester ile birleştirilmesi sayesinde maliyet açısından ciddi bir ucuzluk sağlamasıdır. Üstün mekanik dayanım ve elastikiyet özelliklerine rağmen polyester, viskon gibi rejenere selülozik liflerden daha ekonomiktir (Erdoğan, 2017). Lif karışımlarındaki en büyük sorun ise kumaşlarda yaşanan boncuklanma problemidir.

c) Polyester ve viskon liflerinin karışımı

Tekstil endüstrisinde viskon genellikle polyester ile karışım halde kullanılır. Bunun sebebi her iki lifin kendine has özelliklere sahip olması ve bir araya geldiğinde uygun maliyetli yüksek performanslı kumaşlar elde edilmesidir. Viskonun kumaşa getirdiği yüksek nem çekme özelliği sayesinde ciltteki nemi hızlıca absorbe etmesi, parlak, konforlu, iyi tuşeli kumaşlar elde edilmesidir. Polyester liflerin kumaşa sağladığı avantajlar ise iyi yaş ve kuru mukavemet değerleri, hidrofobik yapısı sebebiyle kuruma süresini azaltmasıdır. Bu iki lifin karışımında en önemli avantaj polyesterin hidrofobik olması nedeniyle ciltte yarattığı ıslaklık hissini viskonun nem çekme özelliğinin fazla olması sayesinde kuruluk hissine dönüştürmesidir. İki lifin bir arada kullanılmasının getirdiği en önemli dezavantaj ise kumaşlarda oluşan boncuklanma problemidir.

Pamuk ile de karıştırılarak kullanılan polyester, viskon ile karıştırılarak kullanıldığında, viskonun pamuk lifine göre daha elastik yapısı olmasından dolayı daha iyi bir kopma

uzaması sağlar. Kumaşta elastikiyet arandığı durumlarda, polyester viskon ile karıştırılarak istenilen özellik elde edilebilir (Enhos, 2001; Sardağ, 2007; Sulek, 2009).

Yukarıdaki anlatılan tüm lif karışımlarında temel sorun kumaşların boncuklanmasıdır. Liflerin karıştırılarak kullanılması birçok avantaj sağlarken ne yazık ki boncuklanma sorununu da beraberinde getirmektedir. Bunun temel sebebi, sentetik lif olan PES lifinin daha mukavim olmasından dolayı, oluşan boncuk kumaş yüzeyinden zor ayrılır. Bunun sonucu olarak sentetik liflerde boncuk oluşum hızı, koparak dökölme hızından daha yüksek olup boncuklanma daha fazladır. Bu yüzden, sentetik lifler (polyester, poliamid, akrilik vb.) ve doğal lifler (pamuk, yün vb.) birleştirilerek elde edilen kumaşlarda boncuklanma ciddi bir kumaş problemi olarak karşımıza çıkmaktadır (Candan, 2000).

2.3. Polimer Kimyası

Sentetik polimerlerin üretiminden önce, kumaşlarda yün, pamuk, jüt, keten türü doğal lifler kullanılmaktaydı. Sentetik polimerlerin üretimi ile birlikte farklı lif çeşitleri elde edilmiş ve bu lifler kumaşlarda yer almaya başlamıştır. Her geçen gün üretimi artarak günümüzde kumaşlarda sıklıkla kullanılan sentetik lifler, polimer kimyasındaki gelişmeler sonucu sentetik polimerlerin üretilmesi sayesinde elde edilmiştir.

Bu çalışmada, kumaşların boncuklanmasını iyileştirmek için anti-boncuklanma kimyasalları olarak polimerler kullanılmıştır. Bundan dolayı, tez ile ilgili kuramsal temeller ve kaynak araştırmasının anlatıldığı bu bölümde son olarak polimerler hakkında bilgiler verilmiştir. Çalışmada kullanılan polimerler, reaktif polimerler sınıfında yer aldığından ve reaksiyon yöntemi serbest radikal polimerizasyonu olduğundan bu konular daha detaylı olarak anlatılmıştır.

2.3.1. Polimer kimyasına giriş ve temel tanımlar

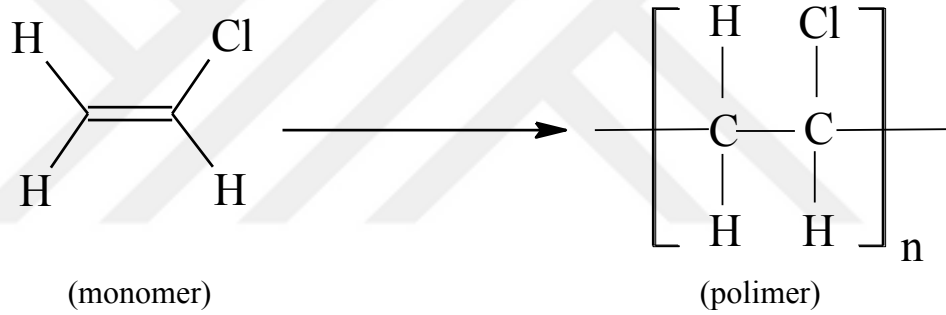
Polimerler; ucuz, hafif, farklı amaçlarda kullanıma uygun, kolay şekillendirilebilen, mekanik özellikleri yeterli, kimyasal bakımdan korozyona uğramayan ve inert maddelerdir. Polimerler bu üstün özellikleri sayesinde, sadece kimyagerlerin değil, tekstil, makine, endüstri ve fizik mühendisliği, tıp, biyokimya, moleküler biyoloji gibi alanlarda çalışanların da dikkatini çekmektedir. (Saçak, 2004; Akbulut, 2008).

Polimerler, fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından çoğu durumda küçük moleküllü kimyasallardan farklı özellikler gösterirler. Bu nedenle küçük moleküllü kimyasallar için kullanılan tanımlamalar ve kavramlar, polimer kimyası için yeterli olamamaktadır. Bu kapsamda geleneksel bilim kitaplarında bulunmayan yeni kavramlar oluşmuştur. Polimer kimyasını anlayabilmek için öncelikle bu temel kavramları bilmek gerekir, bundan dolayı ilk olarak bu kavramlar açıklanacaktır.

Polimer birleşik bir kelime olup çok anlamına gelen poly ile parça anlamına gelen meros kelimelerinin birleşmesi ile türetilmiştir. Polimer kelimesi ise çok sayıda parçacık olarak düşünülebilir (Seymour ve Carraher, 1981). Birbirine benzeyen küçük molekül

birimlerinin zincir şeklinde birbirine eklenerek oluşan iri moleküllere polimer adı verilir (Alcaicer, 1987). Polimeri oluşturan bu küçük moleküller ise monomerlerdir. Monomer, birbirlerine kovalent bağlar ile bağlanarak büyük moleküller oluşturan küçük mol kütleli kimyasal maddeler olarak tanımlanır. Monomer kelimesini kullanarak yapılacak polimer tanımı ise şöyledir: Polimer, çok sayıda monomerin kovalent bağlar ile birbirlerine bağlanması ile meydana gelen iri molekülün adıdır (Saçak, 2008). Bir polimer molekülünde yüzlerce hatta daha çok monomer birleşmiş olarak bulunabilir (Oğian, 2004).

Monomerden başlanarak polimerlerin oluşmasına yol açan tepkimelerin tamamına polimerizasyon ya da polimerleşme tepkimesi adı verilir (Basan, 2001; Tez, 2015). Aşağıda örnek bir polimerizasyon şekli yer almaktadır.



Şekil 2.15. Vinil klorür monomerinden polivinilklorür polimerinin oluşması

Polimerin kimyasal gösteriminde, parantez içinde verilen yapı yinelenen birim olup “mer” adıyla tanımlanır. Bu birimlerin yan yana yazılması ile polimer molekülü elde edilir. Şekildeki “n” sayısı, polimerizasyon derecesi olarak adlandırılıp zincir başına düşen yinelenen birim sayısını ifade eder. Ana zincir ise, polimerin iskeletini meydana getiren ve zincir boyunca birbirine bağlanan atomlar dizisine denilmektedir. Bazen polimerin ana zincirinde bulunan atomlara yan grup olarak adlandırılan kimyasal yapılar bağlanabilir (Saraç, 2015).

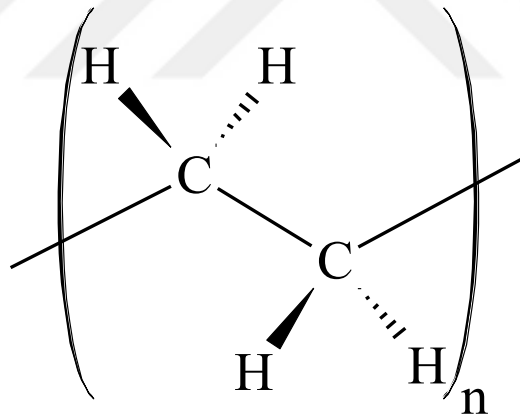
Polimer bir zincire, monomer ise bu zinciri oluşturan halkalara benzetilebilir. Bu nedenle, polimer molekülü için bazen polimer zinciri tanımı da kullanılır. Polimerler için kullanılan uzun zincir tanımı, bu maddelerin kimyasının ve fiziğinin hızla

gelişmesine uygun bir zemin hazırlanmıştır (Kurbanova, 1996). Polimerler, iri olması sebebiyle makromolekül olarak da tanımlanmaktadır. Polimer zincirleri çeşitli yazılım ve biçimler ile gösterilebilir. Örnek olarak polietilen polimerinin gösterim şekillerinden bazıları aşağıda verilmiştir.

Polietilen zincirleri üzerindeki karbon atomları, Şekil 2.16’da olduğu gibi doğru boyunca dizilmek yerine aslında sp^3 hibritleşmesine uygun şekilde düzgün dörtyüzlü (tetrahedral) geometrisinde düzenlenip zigzag görüntüsünde bir yapıyı meydana getirirler (Şekil 2.17). Yapıda bulunan her karbon atomu sp^3 hibritleşmesi yapar (Saçak, 2010).



Şekil 2.16. Polietilen molekülünün kısa gösterim şekilleri



Şekil 2.17. Polietilen molekülünün düzgün dörtyüzlü geometrisinde gösterimi

Polimerizasyon derecesi (Dp) polimerin sentez yöntemine göre iki farklı şekilde tanımlanır. Katılma polimerlerinde “Dp”, “n” ile eşit olup zincir başına düşen ortalama molekül sayısıdır. Basamaklı polimerlerde ise “Dp” bir zincirde bulunan ortalama birim sayısı olarak ifade edilir (Saçak, 2012).

2.3.2. Polimerlerin sınıflandırılması

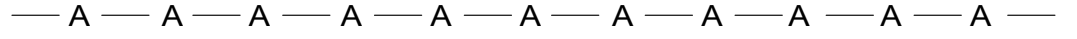
Polimerler farklı özellikler açısından incelendiğinde çok çeşitli şekilde sınıflandırılabilir. Kaynak araştırması sonucu elde edilen bilgiler ışığında (Petrucci, 2002; Bilici, 2009; Yıldırım, 2014) polimerlerin sınıflandırılması en temel parametrelere göre aşağıdaki çizelgede özetlenmiştir.

Çizelge 2.4. Polimerlerin sınıflandırılması

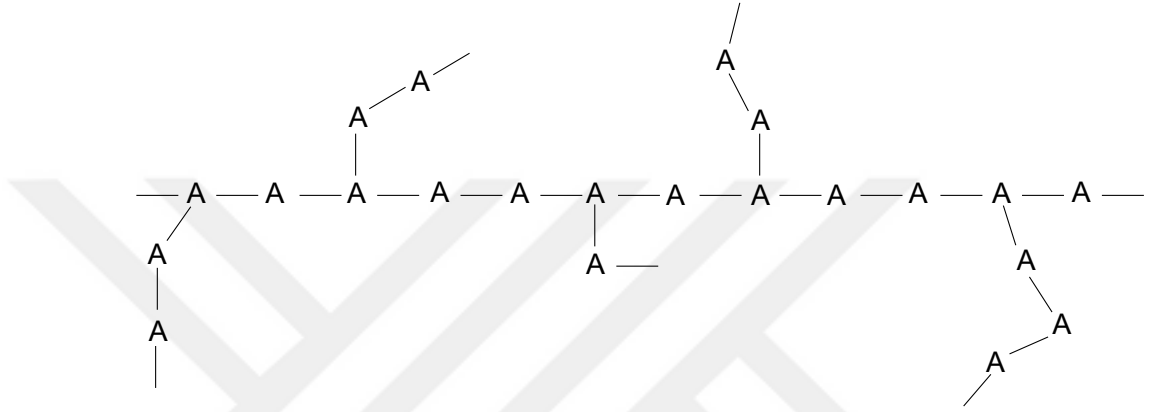
Sentez yöntemi	Kondenzasyon
	Katılma
Kaynağı	Doğal
	Sentetik
Kimyasal yapıları	Organik
	İnorganik
Zincir şekilleri	Düz zincirli (Lineer)
	Dallanmış
	Ağ yapılı
Monomer çeşitleri	Homopolimerler: Tek çeşit monomerin polimerleşmesi ile meydana gelirler.
	Kopolimerler: İki çeşit monomerin polimerleşmesi ile meydana gelirler.
	Terpolimerler: Üç çeşit monomerin polimerleşmesi ile meydana gelirler.
Isısal davranışları	Termoplastikler
	Termosetler
	Elastomerler

Zincir şekillerine göre polimerlerin yapısı aşağıdaki gibidir.

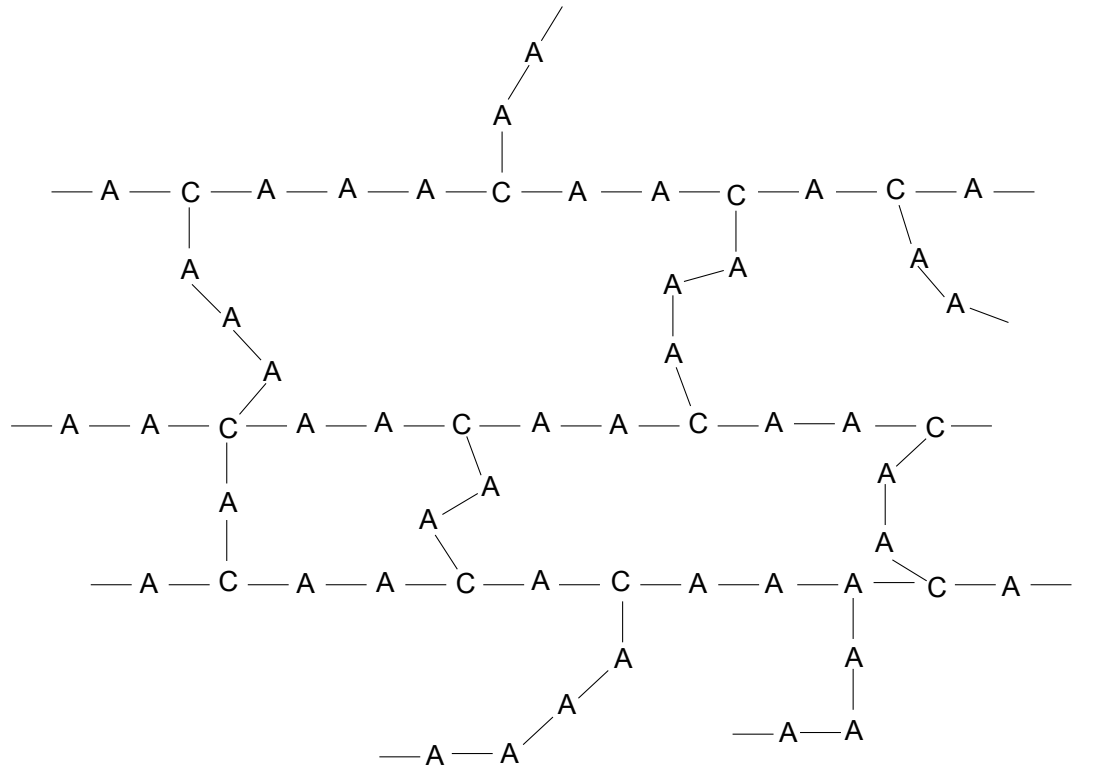
a) Düz zincirli (Lineer)



b) Dallanmış



c) Ağ yapılı



Monomer çeşitleri açısından polimerlerin sınıflandırılması aşağıdaki gibidir.

- a) Homopolimerler: tek çeşit monomerin polimerleşmesi ile meydana gelirler.



- b) Kopolimerler: iki çeşit monomerin polimerleşmesi ile meydana gelirler.

Kopolimerler diziliş bakımından üçe ayrılırlar:



Çizelgedeki sınıflandırmada polimerlerin kaynağına, kimyasal yapısına, zincir şekline göre ayrılmasında kullanılan tanımlar net ve anlaşılır iken ısıya karşısındaki davranışları ve sentez yöntemlerine göre sınıflandırılmasında yeni tanımlar ve kavramlar ile karşılaşılır. Alt bölümlerde bu sınıflandırmalara ait bilgiler kapsamlı olarak açıklanmıştır.

2.3.3. Polimerlerin ısıya karşı gösterdikleri davranışlara göre sınıflandırılması

Çizelge 2.4'te belirtildiği gibi polimerler ısı karşısında gösterdiği davranışlara göre termoplastikler, termosetler ve elastomerler olarak üçe ayrılır.

2.3.3.a. Termoplastikler

Termoplastikler üretilen plastiklerin yaklaşık %85'ini oluştururlar. Bu sebeple plastik denildiğinde ilk akla gelen aslında termoplastiklerdir (Xanthos, 2010). Termoplastikler ısı ile eriyik hale gelebilen ve tekrar şekillendirilebilen polimerlerdir. Termoplastiklerin doğrusal veya dallanmış yapıdaki zincirleri arasında London kuvvetleri, polar etkileşimler ve hidrojen bağları gibi fiziksel etkileşimler bulunur (Saçak, 2012; Uçar, 2017).

Termoplastikler çok geniş kullanım alanına sahip olup en sık kullanılan ticari termoplastik matrisler: yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE), alçak yoğunluklu polietilen (AYPE), polistiren (PS), izotaktik polipropilen (PP) ve polivinil klorür (PVC) olarak sıralanabilir. Poliamit, polyester ve akrilik polimerler ise önemi ve kullanımı gün geçtikçe artan termoplastiklerdir. (Xanthos, 2010; Saçak, 2012). Günümüzde, sadece akrilik asit türevleri ile üretilen farklı polimerler sayesinde milyar dolarlık bir akrilik endüstrisi mevcuttur (Olabisi ve Adewale, 2016).

2.3.3.b. Termosetler

Termosetler, yüksek molekül ağırlığına sahip zincirleri arasında yoğun çarpaz bağ bulunan polimerlerdir (Ersoy, 2001; Saçak, 2012). Oda koşullarında sıvı halde bulunan termosetlerin ısıtılarak veya sertleştirici ilavesiyle sertleştirilmesi işlemi sırasında moleküllerindeki polimer zincirleri çarpaz bağlanır (Callister, 2000; Özorak, 2014).

Zincirleri arasındaki çarpaz bağ, termosetleri termoplastiklerden ayıran en önemli faktördür. Bu durum termosetlerin özelliklerinin termoplastiklerden epey farklı olmasına yol açmaktadır. Sahip oldukları çarpaz bağlar sebebiyle ısı ile eritilemezler. Yüksek sıcaklıklara ısıtıldıklarında ise bozunduklarından yumuşatılamazlar ve tekrar

şekillendirilemezler (Saçak, 2014; Şahin, 2015). Öte yandan, üç boyutlu çapraz bağları, çözücülere karşı yüksek çözücü direncine ve yüksek boyutsal kararlılığa sahip olmasını sağlamaktadır. Günümüzde termosetlerin sertliği ve maksimum çalışma sıcaklıklarında önemli iyileştirmeler yapılarak rapor edilmiştir (Uçar, 2017).

Termosetlerin arasında en sık kullanılan polyester, epoksi, silikon, fenolik ve amino reçinelerdir. En çok kullanılan termoset reçine ise uygun fiyatlı ve basit olmasından dolayı polyester reçinelerdir (Callister, 2000; Özorak, 2014). Polyesterler kullanılan tüm reçinelerin %75'lik kısmını oluşturur ve genellikle elyaf takviyeli plastiklerde kullanılır (Nichols, 1988; Özorak, 2014).

2.3.3.c. Elastomerler

Elastomerler kauçuk özellikleri gösterebilen polimerlerdir. Elastomerlerin polimer zincirleri arasında az oranda çapraz bağ oluşmaktadır. Çapraz bağ sayısı az olduğu için ısıtıldığında küçülürler, soğutulduğunda ise eski haline geri dönerler. Bu sebeple zincirlere kuvvet uygulandığında kalıcı deformasyona uğramazlar. Elastomerlere kuvvet uygulandığında boyları büyük oranda uzarken, kuvvet kaldırıldığında ise ilk boylarına geri dönerler.

Elastomer polimerlere örnek olarak polibütadien, polikloropren, poliizopren ve poliizobütadien verilebilir. En yaygın kullanılan elastomer ise SBR kauçuğu olarak adlandırılan stiren ve bütadienden üretilen polimerdir ve genellikle araç lastiklerinde kullanılır (Saçak, 2012).

2.3.4. Polimerlerin sentez yöntemleri

Polimerlerin sentezi için farklı kimyasal reaksiyonlar takip edilebilir. Bu reaksiyonlar genel işleyiş mekanizmaları bakımından ikiye ayrılır:

- a) Kondenzasyon Polimerizasyonu
- b) Katılma Polimerizasyonu

Bu iki polimerizasyon yöntemi arasında ciddi farklar bulunmaktadır. En ayırt edici fark polimerin mol kütlesinin zamanla değişimidir. Katılma polimerizasyonunda monomerler aktif merkezlere art arda katılıp zinciri hızlıca büyütürler. Büyüme tepkimeleri sadece monomer ile aktif zincir arasında gerçekleşir. Bundan dolayı polimerizasyon reaksiyonu boyunca ortamda yüksek mol kütleli polimer ve monomer bulunur. Polimerizasyon başlar başlamaz oluşan polimerin mol kütlesi yüksektir. Basamaklı polimerizasyonda ise reaksiyon adım adım ilerler ve polimerin mol kütlesi zamanla artar. Bunun temel sebebi: ortamda bulunan her büyüklükteki molekülün birbiri ile reaksiyona girmesidir.

Basamaklı polimerizasyon, Diels-Alder, Friedel-Crafts gibi reaksiyonları kapsasa da kondenzasyon reaksiyonları basamaklı polimerizasyona en uygun ve en sık kullanılan yöntemdir. Hatta çoğu kez, basamaklı polimerizasyon kondenzasyon polimerizasyonu olarak tanımlanır.

Katılma polimerizasyonu, reaksiyonu başlatan aktif merkezin özelliğine göre serbest radikalik, koordinasyon ve iyonik katılma polimerizasyonu olarak sınıflandırılır. İyonik katılma polimerizasyonu, aktif merkezin iyonitesine göre katyonik ya da anyonik polimerizasyon olarak kendi içinde ikiye ayrılır (Billmeyer, 1984).

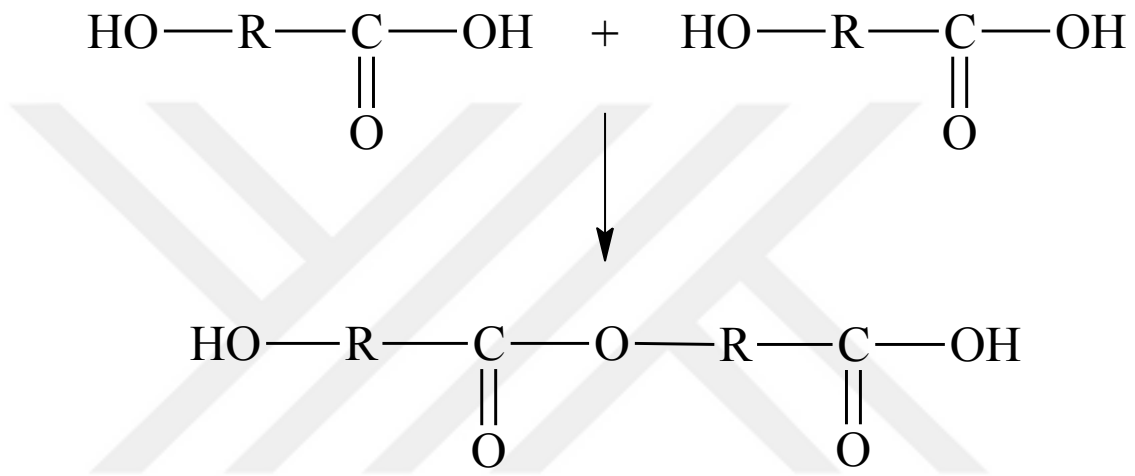
Alt bölümlerde polimerizasyon türlerine ait bilgiler daha detaylı olarak verilmiştir.

2.3.5. Kondenzasyon polimerizasyonu

İki ya da daha çok fonksiyonel grup bulunduran molekülün kovalent bağlar ile birbirine bağlanıp basit moleküllerin ayrılması neticesinde gerçekleşen polimerleşme kondenzasyon polimerizasyonu olarak tanımlanır. Bu polimerizasyonda en az iki yerden kondenzasyona girebilecek monomerlere ihtiyaç bulunmaktadır. Monomerler -OH, -NH₂, -COOH gibi fonksiyonel gruplar içerir. Reaksiyonun bu fonksiyonel gruplar üzerinden ardarda ilerlemesiyle (polikondenzasyon) polimer zincirleri oluşur. Kondenzasyon polimerleri elde edilirken H₂O, HCl, NH₃, NaBr, CO₂, CH₃COOH gibi küçük moleküller açığa çıkar (Yıldırım, 2014; Katırcı, 2015). Reaksiyonlarda kullanılan

monomerler; çok fonksiyonlu asitler, glikoller, dikarboksilli asitler, laktonlar ve asit anhidritleridir (Öztürk, 2002). Bu yöntemle sentezlenen polimerler arasında polyesterler, naylonlar ve poliüretanlar bulunur (Anon, 2010; Küçük, 2019).

Kondenzasyon polimerizasyon şemasına örnek olarak, iki fonksiyonel grup içeren HO-R-COOH gibi bir polyester üzerinden gerçekleşen dimerleşme tepkimesi Şekil 2.18’de gösterilmiştir.



Şekil 2.18. Bir hidroksi asitin dimerleşmesi

Reaksiyon fonksiyonel gruplar taşıyan monomerler arasında adım adım ilerler. Öncelikle, iki monomer birbiri ile reaksiyona girip bir dimer meydana getirir. Ardından, dimer diğer bir monomer ile birleşip trimere veya başka bir dimer ile birleşip tetramere dönüşür. Reaksiyonların benzer şekilde ilerlemesiyle zincirler büyümeyi sürdürür. Böylelikle reaksiyon, adım adım devam ederken oluşan polimerin molekül ağırlığı devamlı olarak artar. Reaksiyonun başından itibaren monomer; dimer, trimer, tetramer vb. oluşturduğu için monomerin derişimi hızlıca azalır. Reaksiyon monomerlerden bir tanesi tükeninceye dek devam eder.

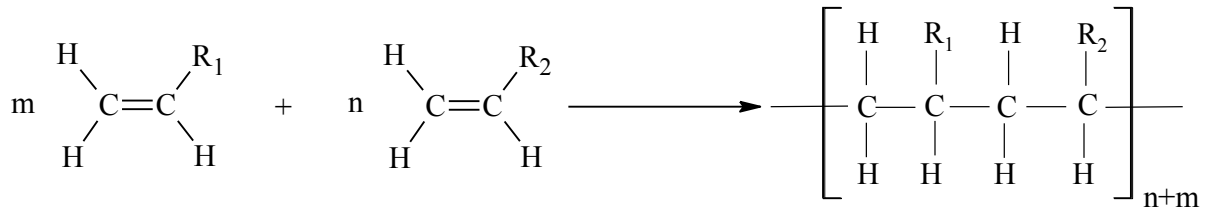
İyi bir kondenzasyon polimerizasyonu ve yüksek mol kütleli polimerler elde edebilmek için monomerler saf, eşit konsantrasyonda olmalı ve oluşan kondenzasyon ürünleri ortamdan iyice uzaklaştırılmalıdır. Monomerler eşdeğer miktarda kullanılmazsa yüksek

molekül ağırlıklarına çıkılamayabilir (Katırcı, 2015). Ayrıca, reaksiyon ortamındaki az miktardaki safsızlık, fonksiyonel grupların stokiometrisini bozup zincir sonlarının fazla olan fonksiyonel gruplar ile kapanmasına neden olarak zincirin büyümesini engeller (Baysal, 1994; Gökteş, 2014). Genellikle polimerizasyon şartlarının kontrolü zor olup çoğunlukla düşük mol kütleli polimerler oluşmaktadır. (Allcock ve Lampe, 1981; Mısıır, 2011).

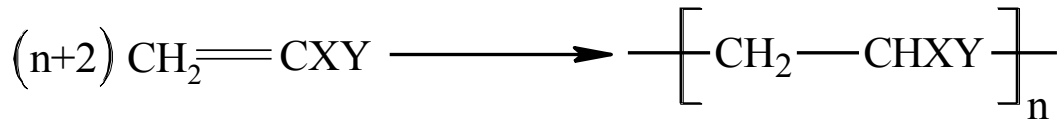
2.3.6. Katılma polimerizasyonu

Monomerlerin doğrudan birbirine katılarak polimer zincirini oluşturması ile gerçekleşen polimerleşmeye katılma polimerizasyonu adı verilir. Monomer olarak çoğunlukla doymamış bağlar içeren etilen, stiren, vinil klorür gibi dien ya da vinil monomerleri kullanılır (Kazancı, 2010). Katılma polimerizasyonu ile sentezlenen polimerlere örnek olarak polietilen, polivinil klorür, poliakrilikler, polistiren, politetrafloroetilen ve polivinilimidazol verilebilir (Küçük, 2019).

Katılma polimerizasyonuna ait örnek reaksiyon şemaları aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



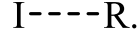
Şekil 2.19. Katılma polimerizasyonuna ait reaksiyon şeması-1



Şekil 2.20. Katılma polimerizasyonuna ait reaksiyon şeması-2

Reaksiyonun gerçekleşmesi için ortamda aktif merkez oluşturulması şarttır. Bu amaç için bir başlatıcı katalizörden yararlanılır. Isı ve ışık yardımı ile homolitik olarak ayrılan

başlatıcı katalizör, aktif merkezi oluşturur ve polimerleşme başlar (Şekil 2.21). Şekil 2.21’de gösterilen I başlatıcıyı, R. aktif merkezi temsil etmektedir.



Şekil 2.21. Aktif merkez oluşumu

Aktif merkez, zincir büyümesinden sorumlu olup, monomerlerin katılması esnasında, tek bir polimer molekülüne bağlanır. Bu sebeple, reaksiyonun en başında bile, ortamda monomer ile yüksek molekül ağırlıklı polimer moleküllerden başka neredeyse hiçbir ara molekül görülmemektedir (Katırcı, 2015). Bu polimerizasyonda, polimer zincirinin tekrar eden biriminin molekül formülünde, monomerde bulunan atomlar yer almamaktadır (Azak, 2015).

Bu yöntemin en önemli özelliği polimer zincirinin hızlıca yüksek molekül ağırlığına ulaşmasıdır. Polimerleşme zamanı arttıkça, monomerin derişimi azalır ve polimerin verimi artar. (Oadian, 1981; Misra ve Bajpai, 1982; Saunders, 1988; Kumar ve Gupta, 1998; Tsuruta, 2001; Mısıır, 2011).

Katılma polimerizasyonu aktif merkezin özelliğine göre; serbest radikalik, anyonik ve katyonik, koordinasyon polimerleşme reaksiyonu olarak dörde ayrılır (Billmeyer, 1984). Aşağıdaki alt bölümlerde bu başlıklar anlatılmıştır, tez kapsamında sentezlenen polimerler radikalik katılma polimerizasyonu ile gerçekleştirildiğinden bu reaksiyon yöntemi daha detaylı olarak işlenmiştir.

2.3.7. Koordinasyon polimerizasyonu

Koordinasyon polimerizasyonu, Ziegler-Natta katalizörleri şeklinde adlandırılan; $TiCl_4$, $CuCl_2$, $MnCl_2$, $CrCl_3$, VCl_3 , VCl_4 gibi geçiş metali klorürlerinin ve LiC_4H_9 , $Al(C_2H_5)_3$, $Be(C_2H_5)_2$ gibi I-III. grup metal kompleksleri ile propilen, 1-büten gibi α -olefinlerin polimerizasyonu olarak tanımlanır (Saçak, 2012; Göktaş, 2014).

Koordinasyon polimerizasyonunun en büyük avantajı: polimerdeki yan grupların zincirdeki dizilişinin istenildiği gibi yapılabilmesi, böylece taktisitesi belli polimerlerin elde edilmesidir. Yan grupların polimer zincirindeki diziliş biçimine bağlı olarak koordinasyon polimerleri sindiyotaktik, izotaktik ya da ataktik olabilir. Yan grup polimer zinciri boyunca altta ve üstte gelişigüzel düzenlendiğinde ataktik polimer elde edilir. Yan grup hep aynı tarafta, altta ya da üstte dizildiğinde izotaktik polimer sınıfına girer. Yan grup sırayla bir altta bir üstte yer aldığına ise sindiyotaktik polimer elde edilmiş olur (Göktaş, 2014).

2.3.8. İyonik polimerizasyon

İyonik polimerizasyon, çoğunlukla katalizörlerin ayrı bir fazda yer aldığı heterojen sistemlerden meydana gelir. Polimerizasyon, iyonik bir yüke sahip aktif merkezler ile gerçekleştirilir. Aktif merkez, pozitif yüklü olduğunda katyonik polimerizasyon; negatif yüklü olduğunda ise anyonik polimerizasyon olarak sınıflandırılır. İyonik polimerizasyon katalizörleri adı verilen elektron alıcı ya da verici maddelerin reaksiyon ortamında varlığı sayesinde, monomer molekülünde bulunan bağ heterolitik olarak kırılarak bir iyon oluşturulur. Polimerizasyon, nitrobenzen, pentan gibi düşük polariteye sahip çözücülerde yapılır. Bu çözücülerin polaritesi düşük olduğundan, iyonlar kuvvetli bir şekilde bağlı iyon çiftlerini meydana getirir. İyon çiftleri üzerinden ilerleyen polimerizasyonda, sonlanma çoğunlukla büyüyen zincirin çözücüye veya monomere transferi ile gerçekleşir (Allcock ve Lampe, 1981; Kumar, 1998; Göktaş, 2014).

İyonik polimerizasyonda reaksiyonlar, serbest radikal polimerizasyonuna göre çok daha hızlı ilerler. Reaksiyon hızının kontrollü olması için polimerizasyon işleminin çok düşük sıcaklıklarda gerçekleştirilmesi tercih edilebilir (Petrucchi, 2002). Reaksiyon hızlarının kontrolü ve reaksiyonun polimer oluşumu yönüne kaydırılması amacıyla -100°C ya da daha düşük sıcaklıklarda çalışılır.

İyonik polimerizasyon, monomer türü açısından, serbest radikal polimerizasyonuna göre daha seçicidir. Çünkü iyonik polimerizasyondaki aktif merkezler, iyonik bir yüke

sahiptir ve monomerler aktif merkezi kararlı kılan yer değiştirebilen gruplardan meydana gelmektedir.

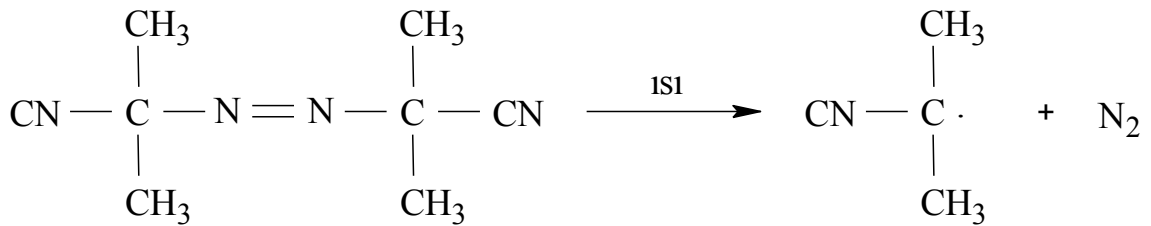
2.3.9. Serbest radikal polimerizasyonu

Katılma polimerizasyonunda aktif merkezin radikaller olduğu zaman reaksiyon serbest radikal polimerizasyonu olarak tanımlanır. Serbest radikal polimerizasyonu çoğu monomer için en uygun procestir (Matyjaszewski, 1999), çünkü çoğu monomer radikalik yolla homopolimerler veya kopolimerler oluşturabilir. Ayrıca radikal polimerizasyon saf monomer içinde, sulu süspansiyonda, emülsiyonda, dispersiyonda ve başka ortamlarda yapılabilir. (İlboğa, 2014).

Polimerizasyon; başlama, büyüme ve sonlanma basamaklarından oluşur. Başlama basamağında, monomerler fiziksel ya da kimyasal yollarla aktiveleştirilerek radikal haline dönüştürülür. Polimerizasyonu başlatmak için gerekli olup radikal oluşumunu sağlayan kimyasallara başlatıcı denir. En çok kullanılan başlatıcılar organik peroksitler ile azo bileşikler olup aşağıda genellikle kullanılan iki başlatıcı ve özellikleri anlatılmıştır.

a) Benzoilperoksit: Benzoil peroksit 60°C'de ısıtılınca iki radikal verir.

b) Azo-bis-izobütironitril (AIBN): 60-70°C aralığına ısıtıldığında iki tane radikal meydana gelir. AIBN başlatıcısı ile radikal oluşumu Şekil 2.22'de gösterilmiştir.



Şekil 2.22. AIBN başlatıcısının radikal oluşturması

Büyüme basamağında, monomer radikalinin çok sayıda çarpışmalar ile birlikte diğer monomerlere katılması söz konusudur. Bu basamakta polimer zinciri oluşup hızla büyür. Polimerizasyonun büyüme basamağından sonra sonlanma basamağı gerçekleşir.

Bu basamakta oluşan aktif polimer zincirinin aktifliğini kaybeder ve ölü polimer haline geçer.

İyonik ya da koordinasyon polimerizasyonuna göre pek çok avantaja sahiptir. Çoğu vinyl monomeri bu polimerizasyon yöntemi ile sentezlenmektedir. Reaksiyon koşulu sadece oksijen içermeyen bir ortam olmasıdır. Süspansiyon ya da emülsiyon polimerizasyonunda olduğu gibi kullanılan su ve diğer safsızlıklar polimerizasyonu negatif etkilemez (Kaya, 2004). Plastik, kauçuk ve elyaf gibi polimerik malzemeleri hazırlamak amacıyla sanayide en sık kullanılan yöntem radikal polimerizasyondur (Moad ve Solomon, 1995).

Radikal polimerizasyon yöntemi, yüksek molekül ağırlığına sahip polimerlerin elde edilmesinde kullanılan önemli bir metottur. Bunun nedeni bu yöntemin birçok vinyl monomeri için ılıman reaksiyon koşullarını sağlamasıdır. Reaksiyon oksijenin olmadığı suyun kullanılabildiği oldukça geniş bir sıcaklık aralığına sahiptir (-20°C ile 200°C). Bunun yanında diğer bir avantajı ise birçok monomerin kolaylıkla radikale dönüşüp yardımcı monomerlerle kopolimer oluşturabilmesidir (Bozkuş, 2019).

2.3.10. Fonksiyonel polimerler

Fonksiyonel polimerler, reaktif işlevsel grupların yer aldığı makromoleküller için kullanılan genel bir tanımlamadır. Özellikleri, aynı fonksiyonel grup veya gruplara sahip küçük moleküllerde olan özellikler ile aynıdır. Fonksiyonel polimerlerin avantajları, hem yapılarındaki fonksiyonel gruplardan hem de makromoleküller yapıda olduklarından polimerik yapılarından ileri gelmektedir (Akelah ve Moet, 1990; Saraç, 2015). Reaktif fonksiyonel grup, polimer ana zincirinin ortasında, uçlarında, zincir yan grubunda ya da zincirin herhangi bir yerinde bulunabilir.

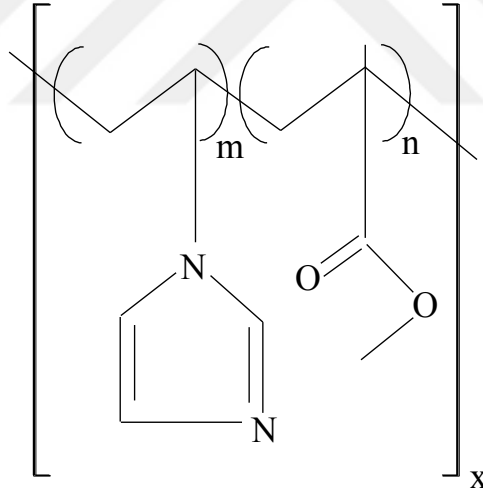
Fonksiyonel polimerler modern polimer bilim ve teknolojisinin gelişmesi ile birlikte ortaya çıkmıştır. Fonksiyonel polimerler; amino, hidroksil veya karboksil grubu gibi fonksiyonel grup içeren polimerler ve belirli uygulamalar için sentezlenen ve özgün işlevleri olan polimerler olarak iki şekilde tanımlanmaktadır (Seçkin, 2015; Cengiz, 2018).

Fonksiyonel polimerlerin sentezinde, son ürünün hedef özellikleri belirlendikten sonra farklı yöntemler kullanılabilir. Ancak farklı sentez yöntemleriyle hazırlanan bu fonksiyonel polimerlerin fizikokimyasal özellikleri birbirlerine göre farklılık göstermektedir. Bu nedenle, son ürünün hedef özelliklerinin belirlenmesinin ardından, monomer seçimi, çözücü seçimi, uygulanacak polimerizasyon yöntemi vb. tüm özelliklerin tasarlanması gerekmektedir. Fonksiyonel polimerler; organik sentezlerde kataliz desteği, tıpta hücre yedeği olarak kullanılmaktadır. Ayrıca; manyetik polimerler, biyomalzemeler, yapı ve fotoğrafçılık malzemeleri, boya ve yüzey örtü maddeleri de fonksiyonel polimerlerin uygulama alanları arasında yer almaktadır (Seçkin, 2015; Cengiz, 2018).

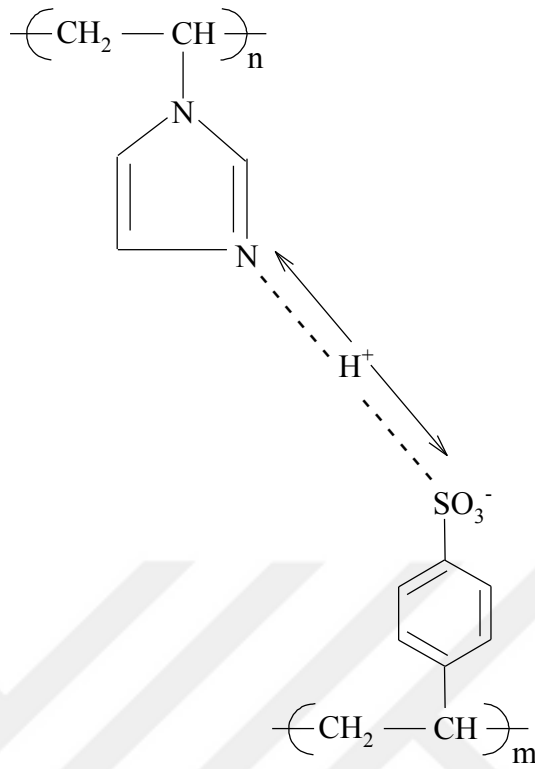
Çalışmada kumaşların boncuklanma değerlerini iyileştirmek amacıyla sentezlenen polimerler fonksiyonel polimerler grubunda yer almaktadır. Bu polimerlerde fonksiyonel grup olarak azot ya da fosfor yer almaktadır. Ayrıca, çoğunun yapısında vinil grubu bulunmaktadır. Bu sebeple alt bölümde vinil grubu içeren polimerler hakkında detaylı bilgi verilmiştir.

2.3.11. Vinil grubu içeren fonksiyonel polimerler

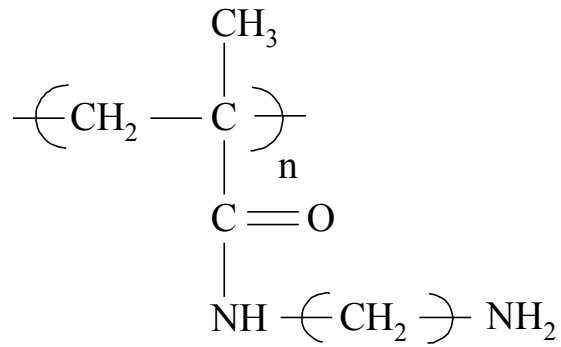
Vinil monomerlerin polimerizasyonu endüstriyel açıdan büyük öneme sahiptir. Vinil monomerlerinden yola çıkılarak sentezlenen polimerler çok farklı alanlarda kullanılmakta olup çoğunlukla termoplastik özellik göstermektedir. Sentez yöntemi olarak genellikle serbest radikal, iyonik ve koordinasyon polimerizasyon mekanizması uygundur. Radikalik polimerizasyon, iyonik ve koordinasyon polimerizasyonlarına göre önemli avantajlara sahip olup en çok tercih edilen sentez yöntemidir. Radikalik polimerizasyonun reaksiyon koşulları daha ılımlıdır. En önemlisi safsızlıklar karşısında reaksiyon diğer yöntemlere göre daha az etkilendir. Bu sayede, ticari monomerlerde bulunan stabilizatörleri, eser miktarda oksijen varlığında, titizlikle kurutulmamış çözücüler içinde veya hatta sulu ortamda bulunan stabilizatörleri çıkarmadan hazırlamayı mümkün hale gelmektedir (Gülbüz, 2008). Aşağıda vinil grubu içeren fonksiyonel polimerlerden bazı örnekler verilmiştir.



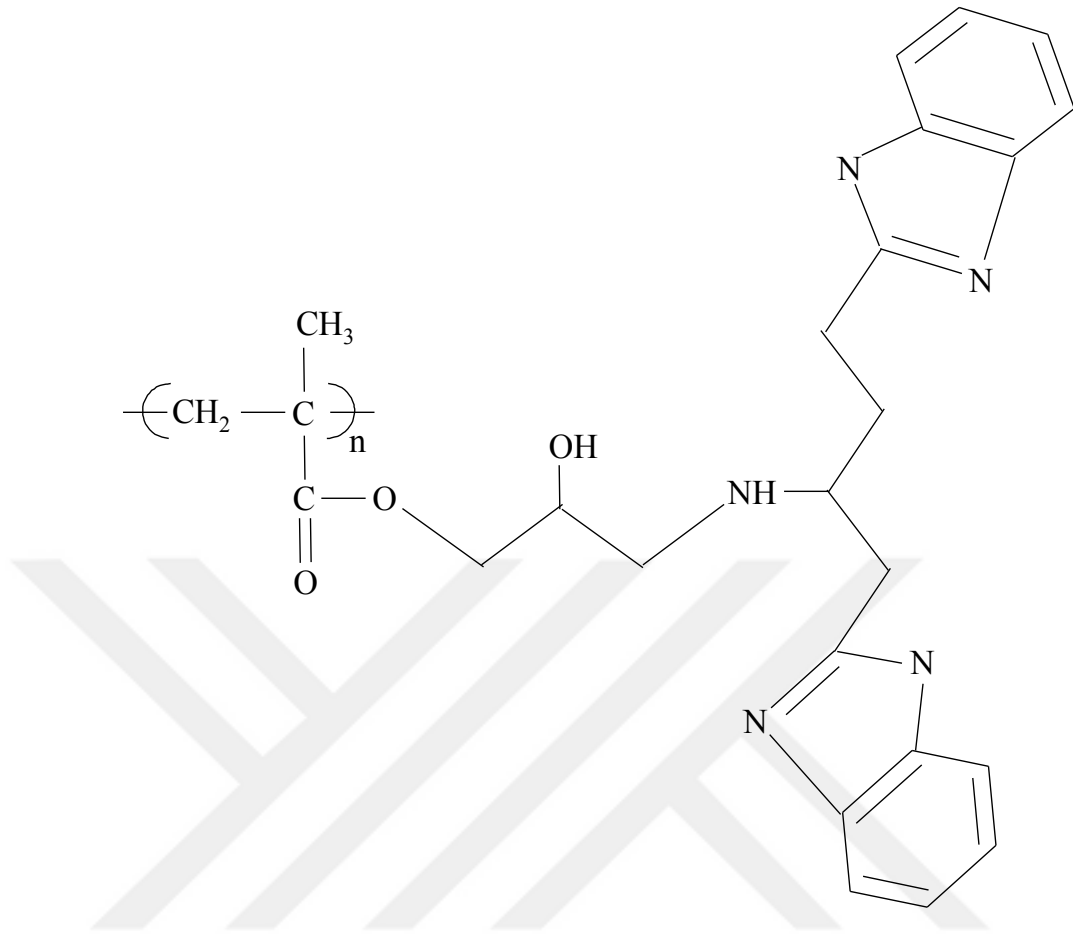
Şekil 2.23. N-vinilimidazol-etil metakrilat kopolimerinin kimyasal yapısı



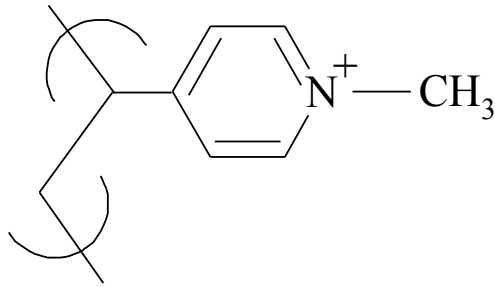
Şekil 2.24. Poli(N-vinilimidazol-co-sodyum stirensulfonat) {PVI-SSS}'ın kimyasal yapısı



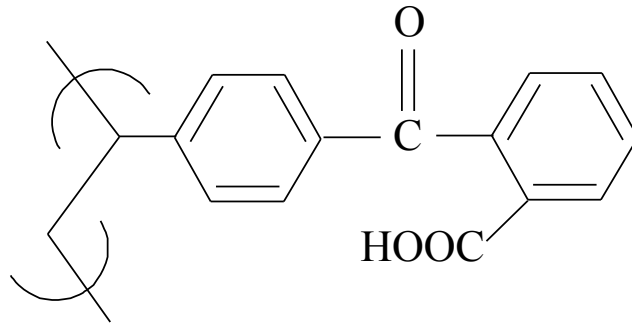
Şekil 2.25. Etilendiamin taşıyan magnetik polimetil metakrilat'ın kimyasal yapısı



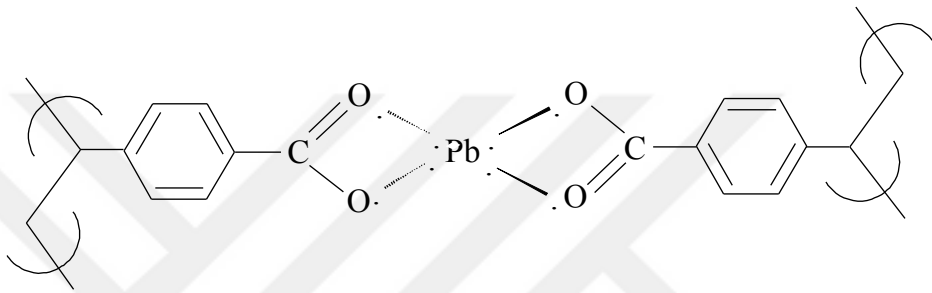
Şekil 2.26. Poli(glisidil metakrilat) bağlı 1,3-bis(benzimidazol-2-il)propilamin'in kimyasal yapısı



Şekil 2.27. Kuarternize edilmiş poli(4-vinilpiridin)'in kimyasal yapısı



Şekil 2.28. Poli(4-vinil-2'-karboksibenzofenon) kimyasal yapısı



Şekil 2.29. Pb(II) ile ön düzenlenmiş polivinilbenzoat'ın kimyasal yapısı

Tez kapsamında kullanılan polimerlerin birçoğu vinil grubu içeren monomerlerden sentezlenen fonksiyonel polimerlerdir. Reaksiyonlarda sentez yöntemi olarak serbest radikalik polimerizasyon kullanılmıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyaller

3.1.1 Kullanılan kimyasal maddeler

Monomer olarak kullanılan kimyasallar aşağıda sıralanmış olup hepsi Merck firmasından tedarik edilmiştir.

- N-vinilimidazol (VIM)
- N-vinilkaprolaktam (VCL)
- Vinilfosfonik asit (VPA)
- N-vinilpirolidon (VP)
- Vinil-1,2,4-triazol (VTAZ)
- Viniltrioksilan (VTS)
- Viniltrimetoksilan (VTMS)
- Viniltri(β -metoksietoksi)silan (VTMES)

Başlatıcı olarak, toluen içinde 2M AIBN, amonyum persülfat, potasyum persülfat, sodyum asetat başlatıcıları seçilmiş ve Merck firmasından temin edilmiştir.

Çözücü olarak görev alan benzen ve toluen Merck firmasından tedarik edilmiştir. Ayrıca sentezlerde demineralize su ve sentezlenen polimerlerin çözünmesinde ise yumuşak su kullanılmıştır. İnert gaz olarak azot gazı seçilmiştir ve Orsez firmasından tedarik edilmiştir. Diğer yardımcı kimyasallar;

- Polietilen glikol 400 (PEG 400)
- Laktik asit (LA)
- Etilen glikol dimetakrilat (EGDMA)
- N-izopropil akrilamid (NIPAM)
- Sodyum hidroksit (NaOH) olup bu kimyasallar Merck firmasından temin edilmiştir.

3.1.2 Kullanılan Cihazlar

Karakterizasyonlarında kullanılan cihazlar, marka ve modelleri ile birlikte aşağıdadır.

- FT-IR Cihazı: Shimadzu/IR-Prestige-21
- NMR Cihazı: JEOL/ECZ500R
- Elementel Analiz Cihazı: Perkin Elmer/2400 Series II

Tekstil uygulamalarında kullanılan cihazlar, marka ve modelleri ile birlikte aşağıdadır.

- Fular Makinası: Ataç/F-350
- Ram Makinası: Mathis/PTC 96 ve Ataç/GK-40
- Martindale Test Cihazı: James Heal/864 NU
- PillGrade Cihazı: SDL Atlas-LineTech Industries
- Boncuklanma Değerlendirme Görüntüleyici: VeriVide
- Datacolor Spectrum: Datacolor 600™

Kumaşların lif içeriği, Olympus/BX51 ışık mikroskobu ile aydınlatılmıştır.

3.1.3. Kullanılan Araç ve Gereçler

Reaksiyonlarda kullanılan araç ve gereçler, marka ve modelleri ile birlikte aşağıdadır.

Manyetik karıştırıcı: Heidolph/MR Hei-Tec

Hassas terazi: And/6X-600

Vakum etüv: Memmert ve Ordell/OC770

Etüv: Binder/ED53

pH metre: WTW/3210

Su banyolu düzenek: JSR/JSIB-11T

Azot tüpleri: Orsez firmasından temin edildi. Cam malzeme olarak; termometre, distilasyon düzeneği, mezür, huni, erlen, beher, çeşitli ebatlarda 3 boyunlu balon, geri soğutucular, baget, pipet, piset, damlalık, petri kabı ve küçük numune şişeleri kullanılmıştır.

3.1.4. Kumaşlar

Polimerlerin, uygulandığı kumaşlarda boncuklanma değerlerini iyileştirip iyileştirmediğini anlamak için çalışılan kumaşların boncuklanma değerleri maksimum 3 olmalıdır. Maksimum boncuklanma değerleri 3 olan kumaşlar seçilirken 12 adet işlemsiz kumaş Martindale cihazında boncuklanma testine tabi tutulmuştur. Test sonuçlarına göre, 3 veya daha az boncuklanma derecesine sahip 5 adet kumaş bulunmuştur. Polimerlerin kumaşların boncuklanma üzerine etkisinin incelenmesi amacıyla çalışma boyunca bu 5 kumaş kullanılmıştır. Ayrıca, polimerlerin kumaşlarda sararmaya yol açış açmadığını görebilmek için farklı içeriğe sahip 2 adet beyaz kumaşa da polimerler aplane edilmiştir ve sararma testi için bu kumaşlar kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan tüm kumaşlar, K-1'den K-7'ye olacak şekilde kodlanmıştır. Kumaşlar farklı lif bileşimlerine, iplik dizisine ve renklere sahip olup lif bileşimlerinin kalitatif olarak belirlenmesi için mikroskopik yöntem kullanılmıştır. Kullanılan mikroskopun markası: Olympus, modeli: BX51'dir.

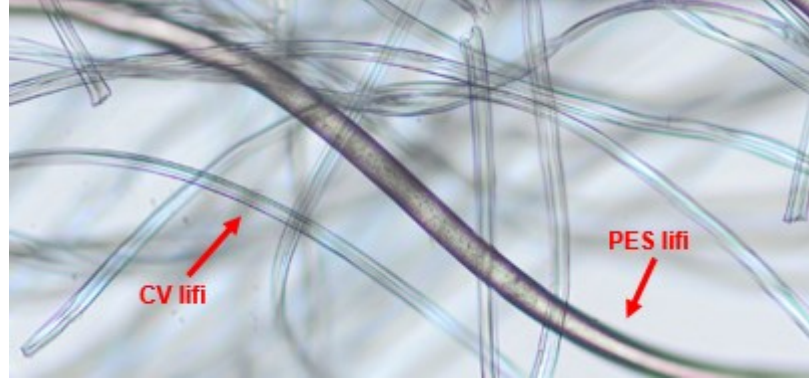
Kumaşlardaki liflerin mikroskopik yöntemle belirlenmesinden sonra, ISO-1833-11'e göre kimyasal yöntemle liflerin yüzdeleri belirlenmiştir. Kumaşların zellikleri, lif bileşimleri, boncuklanma ve hidrofilite değerleri aşağıdaki izelge 3.1'de özetlenmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan kumaşların özellikleri

No	Renk	Kumaş yapıları	Boncuklanma değerleri*	Hidrofilite değerleri	Lif bileşimi
K-1	Açık pembe	Dokuma	2	1 s	%77 Viskon, %23 Polyester
K-2	Koyu pembe	Dokuma	2-3	1 s	%78 Viskon, %22 Polyester
K-3	Turuncu	Örme	2-3	1 s	%100 Pamuk
K-4	Yeşil ekoseli	Dokuma	3	2-6 min ort. 4 min	%66 Polyester, %32 Viskon, %2 Elastan
K-5	Siyah	Dokuma	2-3	7-14 s ort. 11 s	%64 Polyester, %32 Viskon, %4 Elastan
K-6	Beyaz	Dokuma	4-5	1 s	%68 Polyester %32 Pamuk
K-7	Beyaz	Dokuma	4-5	1 s	%55 Viskon %45 Polyester

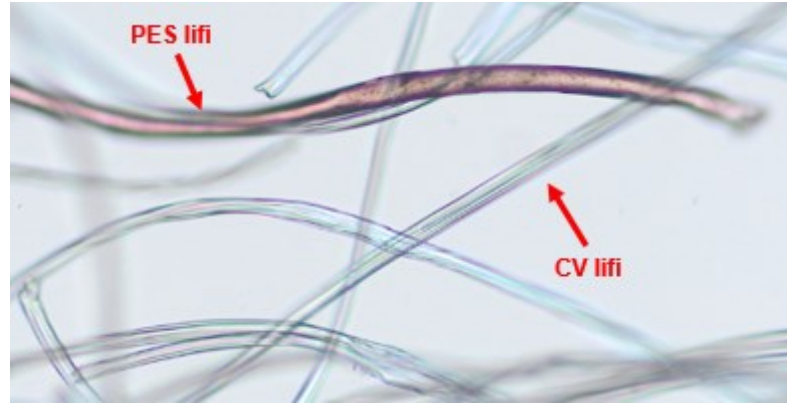
*Boncuklanma derecesi 5: boncuklanma olmadığı anlamına gelir; 1 çok şiddetli boncuklanma anlamına gelir.

Kumaşlara ait lifler işaretlenerek mikroskop altındaki görüntüleri aşağıdaki şekiller ile gösterilmiştir (Şekil: 3.1-3.7).



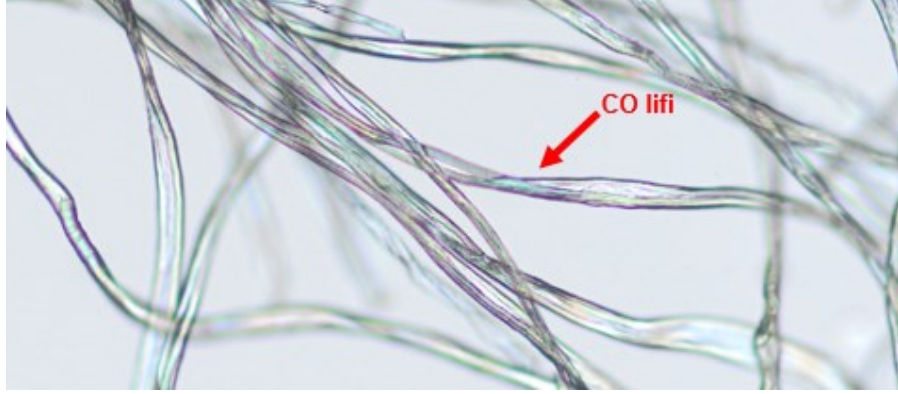
Şekil 3.1. Işık mikroskobu altında K-1 kumaşının görüntüsü

K-1 kodlu kumaş, CV ve PES liflerinden oluşmaktadır. Bu lifler Şekil 3.1’de gösterilmiş olup liflerin yüzdeleri %77 CV ve %23 PES olarak belirlenmiştir.



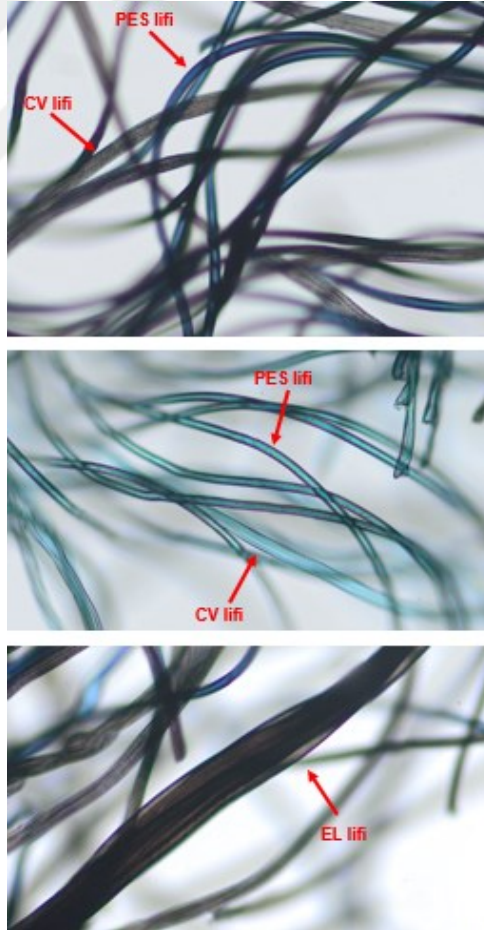
Şekil 3.2. Işık mikroskobu altında K-2 kumaşının görüntüsü

Şekil 3.2’de K-2 kodlu kumaşın görüntüsü yer almakta olup, kumaşın CV ve PES kumaşlardan oluştuğu görülmektedir. Kumaşta bulunan bu liflerin yüzdeleri %78 CV ve %22 PES olarak tespit edilmiştir.



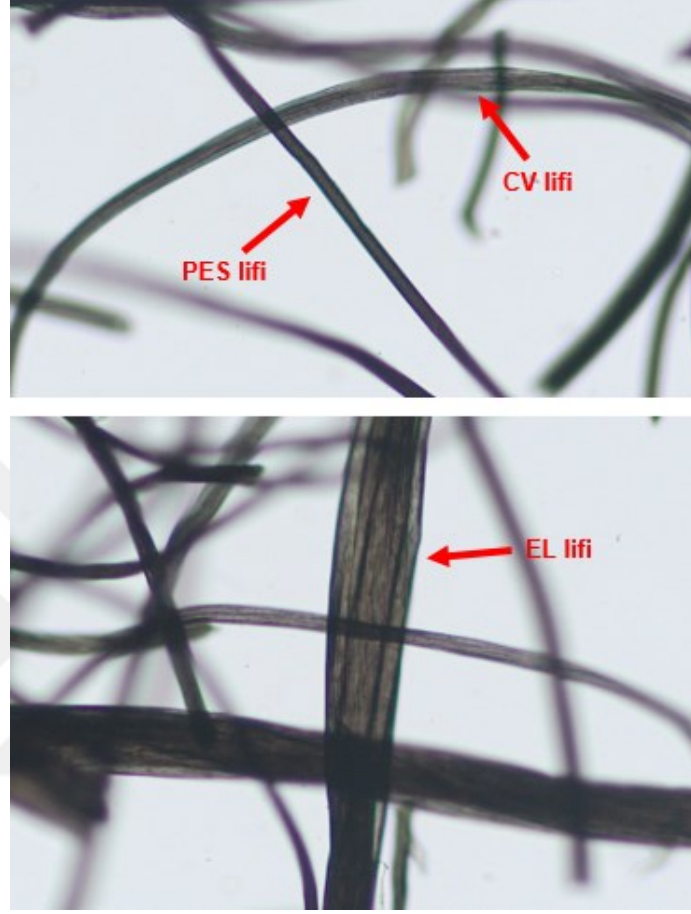
Şekil 3.3. Işık mikroskobu altında K-3 kumaşının görüntüsü

K-3 kodlu kumaş tamamen CO liflerinden oluşmaktadır. Şekil 3.3'te kumaş görüntüsü yer almaktadır.



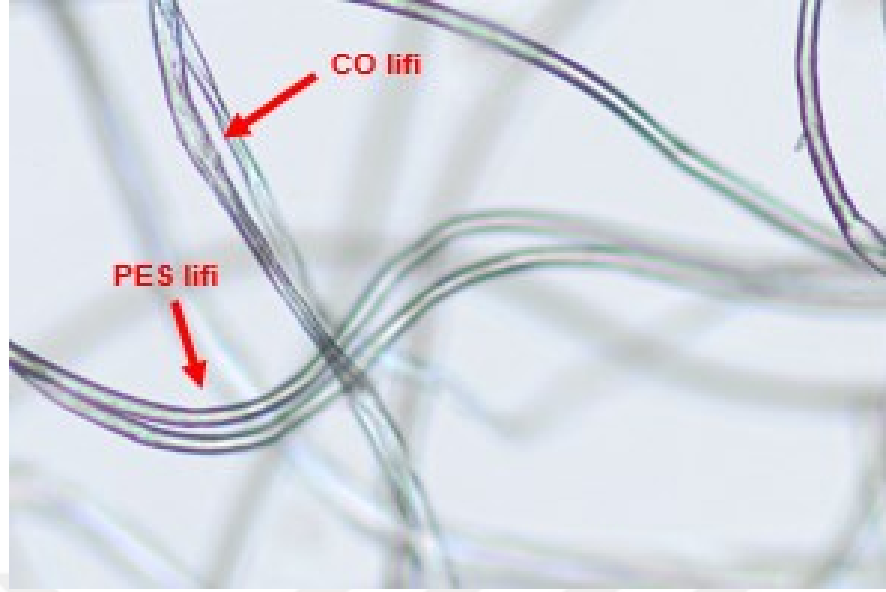
Şekil 3.4. Işık mikroskobu altında K-4 kumaşının görüntüleri

K-4 kodlu kumaş için CV, PES ve EL lifleri belirlenmiştir (Şekil 3.4). Bu liflerin yüzdeleri %64 PES, %32 CV ve %4 EL olarak bulunmuştur.



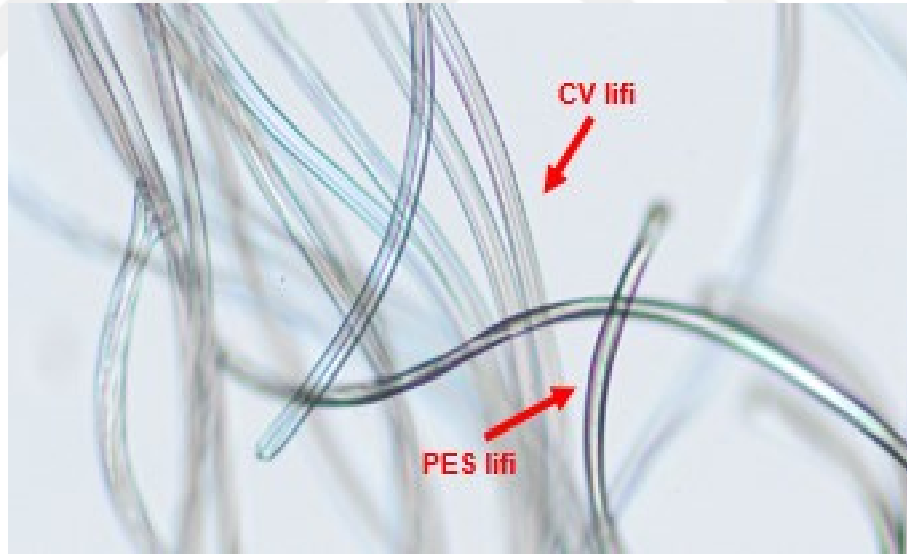
Şekil 3.5. Işık mikroskobu altında K-5 kumaşının görüntüleri

Şekil 3.5'ten görülebileceği gibi, K-5 kumaşı CV, PES ve EL elyaflarından oluşmaktadır. Lifler şekilde gösterilmiş olup yüzdeleri %66 PES, %32 CV ve %2 EL olarak tespit edilmiştir.



Şekil 3.6. Işık mikroskobu altında K-6 kumaşının görüntüsü

Polyester ve pamuk karışımından oluşan K-6 kodlu kumaş %68 PES, %32 CO lifi içermekte olup lifler Şekil 3.6’da gösterilmektedir.



Şekil 3.7. Işık mikroskobu altında beyaz K-7 kumaşının görüntüsü

Viskon ve polyester liflerden oluşan K-7 kodlu kumaş görüntüsü Şekil 3.7’de yer almaktadır. Kumaş %55 CV ve %45 PES liflerinden meydana gelmektedir.

Boncuklanma değerleri ölçülen renkli kumaşların (K-1, K-2, K-3, K-4, K-5) fotoğrafı çekilerek görsellerinin yer aldığı şekil aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.8. Sırasıyla; K-1, K-2, K-3, K-4, K-5 nolu kumaşların görüntüsü

Kumaşların yüzey görüntüleri, dijital yüzey mikroskobu (LEICA marka, DVM6 model) ile x44 büyütmede alınmıştır. K-1, K-2, K-3, K-4, K-5 nolu kumaşlara ait görüntüler aşağıda sırasıyla verilmiştir.



Şekil 3.9. Orjinal K-1'in yüzey görüntüsü



Şekil 3.10. Orjinal K-2'nin yüzey görüntüsü



Şekil 3.11. Orjinal K-3'ün yüzey görüntüsü



Şekil 3.12. Orjinal K-4'ün yüzey görüntüsü

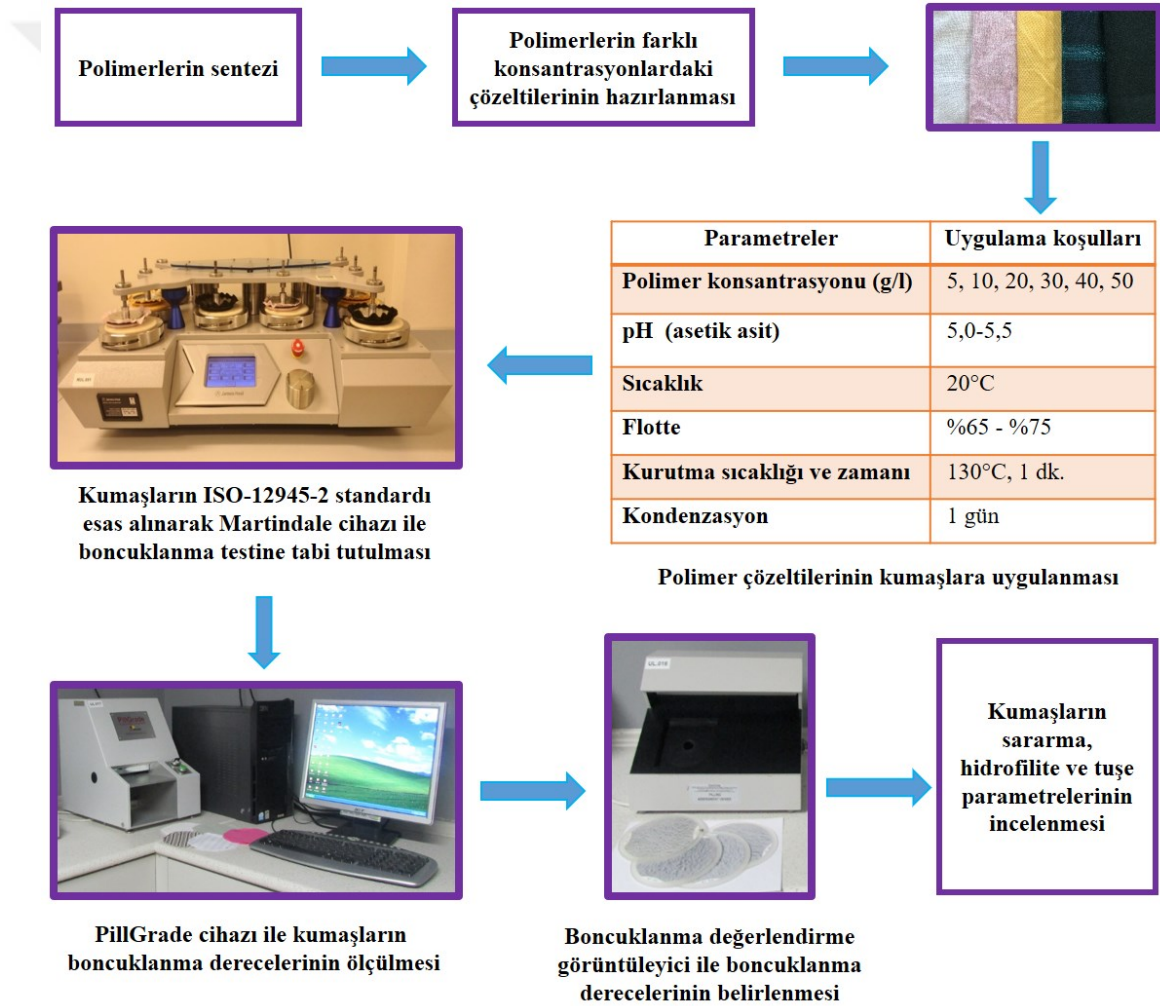


Şekil 3.13. Orjinal K-5'in yüzey görüntüsü

3.2. Yöntem

Çalışmada takip edilecek yol aşağıdaki şemada özetlenmiştir. Sırayla, anti-boncuklanma özelliği vereceği düşünülen fonksiyonel polimerlerin sentezi, karakterizasyonu, farklı konsantrasyonlarda hazırlanan polimer çözeltilerinin belirlenen çeşitli kumaşlara fular uygulamalarının yapılması, kumaşların boncuklanma testine tabi tutularak ardından cihaz yardımıyla ve subjektif olarak derecelendirilmesi, tekstil sektöründe diğer önemli unsurlar olan tuşe, sararma, renk değişimi, hidrofilité değerleri açısından kumaşların

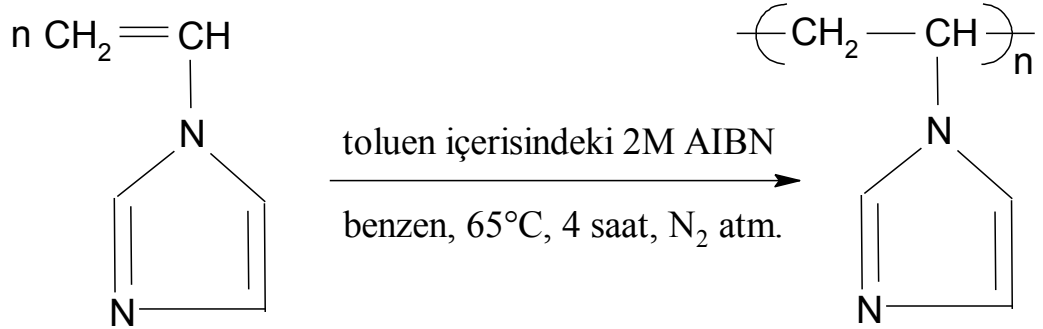
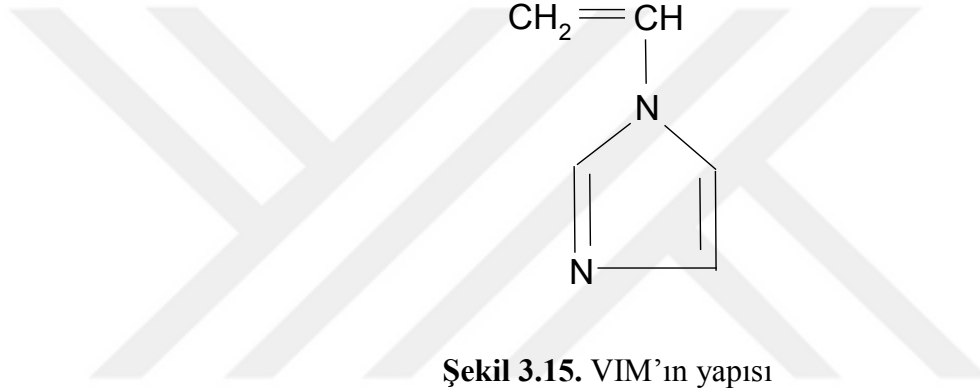
testlere tabi tutularak notlandırılması başlıkları altında yöntem adımları uygulanmıştır. Aşağıdaki bölümlerde bu yöntem adımları tek tek detaylı olarak anlatılmıştır. Bahsedilen yönteme ilave olarak ilk aşamadaki polimerlerin sentezi bölümü yerine anti-boncuklanma kimyasalı olarak kumaş üzerine direk uygulamaları yapılacak karışım ürünler de yapılarak bunların çözeltileri de kumaşlara applike edilmiştir. Aşağıdaki şemada yöntem adımları gösterilmiştir. Tez kapsamında çalışılan 12 üründen 4 tanesi için ise, şemanın 1. ve 2. adımları biraz daha farklıdır. Bu ürünler için polimer sentezi yapılmadan, kimyasalların farklı çözelti konsantrasyonları hazırlanarak kumaşlara aplikasyonları yapılmıştır.



Şekil 3.14. Yöntem adımları

3.2.1. Poli(N-vinilimidazol) (PVIM) sentezi

15 ml VIM (0,166 mmol), 30 ml benzen (0,34 mmol) içerisinde çözünmüştür. Ardından, başlatıcı olarak toluen içerisindeki 2 M AIBN (3 g, 0,018 mmol) eklenmiştir. Reaksiyon, azot (N₂) atmosferi altında, 65°C’de gerçekleştirilmiştir. 4 saat sonra, PVIM beyaz katı olarak elde edilmiştir. Vakum distilasyonu yöntemi ile 500-600 mmHg basınçlarda ve 50°C-55°C sıcaklıklarda, benzen çözücüsü uzaklaştırılmıştır (Büyükkoru ve Kara, 2021b). PVIM polimerini elde etmek için kullanılan VIM monomerinin yapısı ve polimerizasyonun reaksiyon şeması aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.

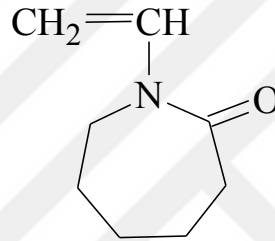


Şekil 3.16. PVIM’in sentez şeması

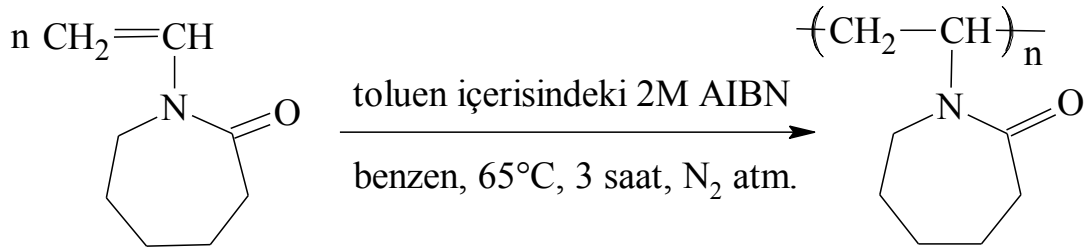
Sonuç olarak reaksiyon şemasında da özetlendiği gibi, PVIM polimeri, monomer olarak VIM, çözücü olarak benzen, başlatıcı olarak toluen içerisinde 2M AIBN kullanılarak serbest radikal polimerizasyonu yöntemiyle azot atmosferi altında, 65°C’de, 4 saat sonunda başarı ile sentezlenmiştir.

3.2.2. Poli(N-vinilkaprolaktam) (PVCL) sentezi

50 ml VCL (0,37 mmol), 25 ml benzen (0,28 mmol) içerisinde çözünmüştür. Ardından, 3,25 g (0,02 mmol) toluen içerisindeki 2 M AIBN başlatıcı olarak eklenmiştir. Reaksiyon, azot atmosferi altında, 65°C’de yürütülmüştür. 3 saat sonra, reaksiyon tamamlanarak PVCL sarımsı yumuşak sıvı olarak elde edilmiştir. Vakum distilasyonu yöntemi ile 500-600 mmHg basınçlarda ve 50°C-55°C sıcaklıklarda, benzen çözücüsü uzaklaştırılmıştır (Büyükkoru ve Kara, 2021c). PVCL polimerini elde etmek için kullanılan VCL monomerinin yapısı ve polimerizasyonun reaksiyon şeması aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



Şekil 3.17. VCL’nin yapısı

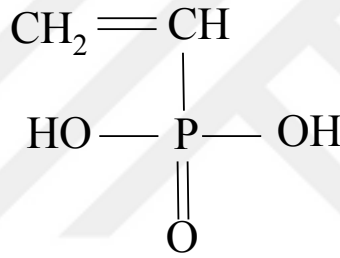


Şekil 3.18. PVCL’nin sentez şeması

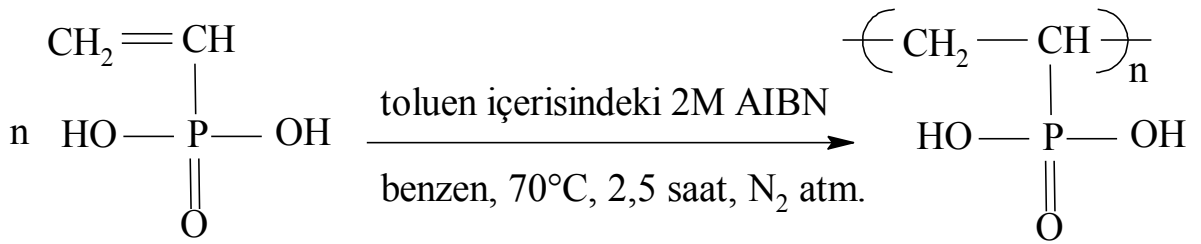
Sonuç olarak reaksiyon şemasında da özetlendiği gibi, PVCL polimeri, monomer olarak VCL, çözücü olarak benzen, başlatıcı olarak toluen içerisinde 2M AIBN kullanılarak serbest radikal polimerizasyonu yöntemiyle azot atmosferi altında, 65°C’de, 3 saat sonunda başarı ile sentezlenmiştir.

3.2.3. Poli(N-vinilfosfonik asit) (PVPA) sentezi

VPA (21,12 g, 0,196 mol), benzen (63 ml, 0,705 mol) içerisinde çözünmüştür. Ardından başlatıcı olarak toluen içerisindeki 2 M AIBN (4 ml, 0,021 mol) eklenmiştir. Reaksiyon, azot atmosferi altında, 70°C'de gerçekleştirilmiştir. Reaksiyon 2,5 saat sonra sonlandırılarak sarı balımsı formda PVPA elde edilmiştir. Vakum distilasyonu yapılarak çözücü olarak kullanılan benzen 500-600 mmHg basınçlarda ve 50°C-55°C sıcaklıklarda uzaklaştırılmıştır (Büyükkoru ve Kara, 2021a). Kullanılan reaksiyon yöntemi, literatürde bildirilen prosedürlerden bazıları ile benzerlik göstermektedir (Tekin ve ark. 2006, Uzluk 2008). PVPA polimerini elde etmek için kullanılan VPA monomerinin yapısı ve polimerizasyonun reaksiyon şeması aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



Şekil 3.19. VPA'nın yapısı

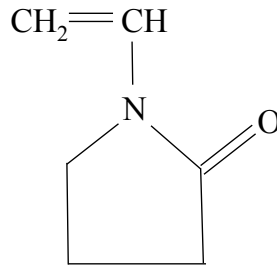


Şekil 3.20. PVPA'nın reaksiyonu şeması

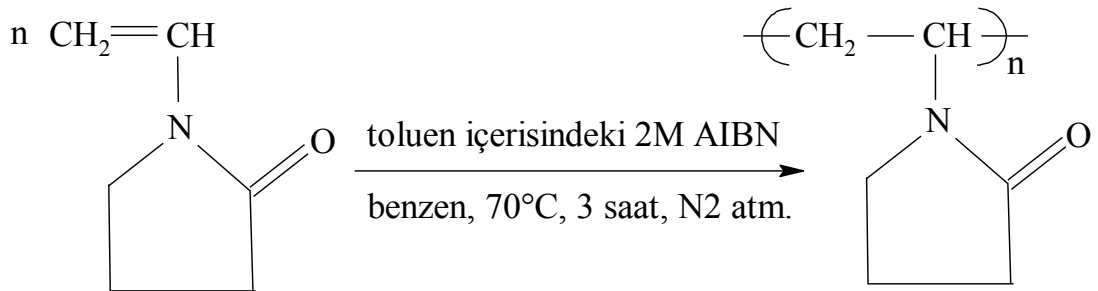
Sonuç olarak reaksiyon şemasında da özetlendiği gibi, PVPA polimeri, monomer olarak VPA, çözücü olarak benzen, başlatıcı olarak toluen içerisinde 2M AIBN kullanılarak serbest radikal polimerizasyonu yöntemiyle azot atmosferi altında, 70°C'de, 2,5 saat sonunda başarı ile sentezlenmiştir.

3.2.4. Poli(N-vinilpirolidon) (PVP) sentezi

N-vinilpirolidon (VP) monomeri kullanılarak serbest radikal polimerizasyonu ile polivinilpirolidon polimeri başarı ile sentezlenmiştir. Benzen (20 ml, 0,224 mol) çözücüsü içerisinde vinilpirolidon (20 ml, 0,187 mol) ilave edilerek başlayan reaksiyon, başlatıcı görevi için toluen içerisinde 2M AIBN (2 ml, 0,01 mol) eklenmesiyle devam etmiştir. Bu sentezde azot gazına yani inert atmosfere ihtiyaç duyulmadan polimer başarı ile sentezlenebilmektedir. Reaksiyonun sıcaklığı 70°C, süresi 3 saattir. Benzen, vakum distilasyonu yöntemi ile 500-600 mmHg basınçlarda ve 50°C-55°C sıcaklıklarda uzaklaştırılmıştır. PVP polimerini elde etmek için kullanılan VP monomerinin yapısı ve polimerizasyonun reaksiyon şeması aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir. Kullanılan monomer: VP, iki çeşittir. Birincisi sıvı, ikincisi ise katı formda olup kimyasal yapıları aynıdır. Reaksiyon ikisi ile de gerçekleştirilebilmekte, ancak elde edilen polimerin fiziksel görünümü birincisinde sarı renkte, ikincisinde ise renksizdir. Sonuç olarak, PVP polimeri, monomer olarak VP, çözücü olarak benzen, başlatıcı olarak toluen içerisinde 2M AIBN kullanılarak serbest radikal polimerizasyonu yöntemiyle azot atmosferi altında, 70°C’de, 3 saat sonunda başarı ile sentezlenmiştir.



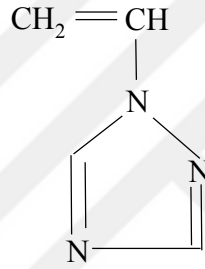
Şekil 3.21. VP’nin yapısı



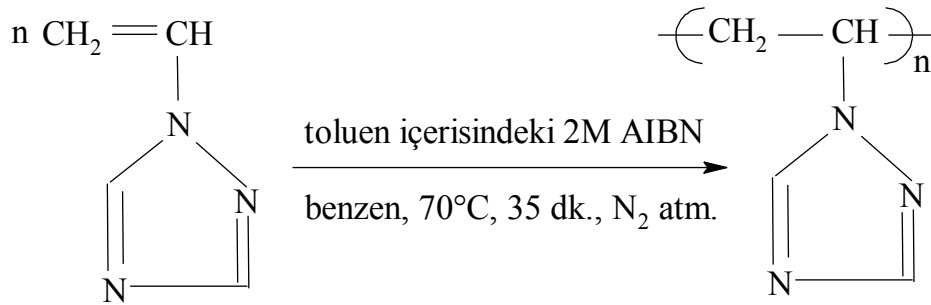
Şekil 3.22. PVP’nin reaksiyonu şeması

3.2.5. Poli(vinil-1,2,4-triazol) (PVTAZ) sentezi

Çözücü olarak benzen (20 ml, 0,224 mol) kullanılarak 1-Vinil-1,2,4-triazol monomeri (2 ml, 0,023 mol) çözülmüştür. Ardından, başlatıcı olarak toluen içerisindeki 2M AIBN (2 ml, 0,01 mol) eklenmiştir. Reaksiyon sıcaklığı 70°C olup 35 dk. sonunda, beyaz renkte katı olarak PVTAZ polimeri elde edilmiştir. Vakum distilasyonu yöntemi ile 500-600 mmHg basınçlarda ve 50°C-55°C sıcaklıklarda, benzen çözücüsü uzaklaştırılmıştır. PVTAZ polimerini elde etmek için kullanılan yöntem, literatürde rapor edilen bazı yöntemlere benzerlik göstermektedir (Hazarika ve Jana, 2012). VTAZ monomerinin yapısı ve polimerizasyonun reaksiyon şeması aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



Şekil 3.23. VTAZ'ın yapısı



Şekil 3.24. PVTAZ'ın reaksiyonu şeması

Sonuç olarak reaksiyon şemasında da özetlendiği gibi, PVTAZ polimeri, monomer olarak VTAZ, çözücü olarak benzen, başlatıcı olarak toluen içerisinde 2M AIBN kullanılarak serbest radikal polimerizasyon yöntemiyle azot atmosferi altında, 70°C'de, 35 dk. sonunda başarı ile sentezlenmiştir.

3.2.6. Poli(viniltrietoksisilan) (PVTES) sentezi

PVTES polimerini sentezlemek amacıyla literatürdeki makalelerde hem organik fazda hem de sulu fazda reaksiyonların gerçekleştirildiği görülmüştür (Eo ve diğerleri, 1998; Agudelo ve Perez, 2016). Bu sebeple, çalışmada PVTES polimerinin eldesi için iki fazda da reaksiyonlar yapılmıştır. Sonuç olarak, hem sulu fazda hem organik fazda gerçekleştirilen reaksiyonlarda PVTES polimeri elde edilebilmiştir. Aşağıda reaksiyonlara ait detaylar bildirilmiştir.

- **Organik fazda reaksiyon çalışmaları**

Viniltrietoksisilanın organik fazda polimerleşmesi şöyledir: Viniltrietoksisilan monomeri (7 ml) üzerine benzen (14 ml) çözücüsü ilave edilerek monomerin çözünmesi sağlanmıştır. Reaksiyonda başlatıcı olarak, organik çözücü kullanıldığı zaman uygun olan başlatıcı olan toluen içerisinde 2M AIBN (2 ml) tercih edilmiştir. Reaksiyon, azot atmosferi altında, 70°C’de gerçekleştirilmiştir. Reaksiyon sonunda elde edilen polimerin fiziksel görünümü sarı renkte kristal formdadır.

- **Sulu fazda reaksiyon çalışmaları**

Viniltrietoksisilanın sulu fazda polimerleşmesi şöyledir: Viniltrietoksisilan monomeri (20 ml) saf su (60 ml) içerisinde, sodium hidroksit yardımıyla pH 9,0-11,0 aralığına ayarlanarak çözünmesi ile reaksiyon başlatılmıştır. Başlatıcı olarak amonyum persülfat (6 g) eklenmiştir. Reaksiyonun çalışma sıcaklığı 65°C’dir. Reaksiyon sonunda kahverengimsi-beyaz renk karışımında katı toz formunda polimer elde edilmiştir.

Su içerisinde yapılan reaksiyon için kilit nokta: uygun pH aralığında çalışıldığı takdirde reaksiyonun başarı ile gerçekleşebildiğidir. Bu uygun pH aralığı: 9,0-11,0’dır. Çalışma sonuçlarına göre, monomer suda çözünürken sodyum hidroksit ilavesiyle pH bu aralığa ayarlanmaz ise reaksiyon sonucu PVTES sentezlenemez. Ancak uygun pH aralığında çalışıldığı takdirde PVTES’in sentezlenebildiği sonucuna varılmıştır.

3.2.7. Poli(viniltrimetoksisilan) (PVTMS) sentezi

Bir diğ er monomer olan viniltrimetoksisilan yapı olarak viniltri etoksisilan monomerine benzese de     nme davranışları farklılık göstermektedir. Yukarıda bahsedilen viniltri etoksisilanın 2 farklı tip reaksiyon yöntemi ile de çalıştığı gözönünde bulundurularak, benzer yapıdaki viniltrimetoksisilan monomeri de hem sulu hem de organik fazda reaksiyonlara tabi tutulmuştur.

- **Organik fazda reaksiyon  alışmaları**

Viniltrimetoksisilanın organik fazda polimerleşmesinde, viniltrimetoksisilan monomeri (5 ml), çözücü olarak toluen (10 ml), başlatıcı olarak toluen içerisinde 2M AIBN (1 ml) kullanılmıştır. Reaksiyon, azot atmosferi altında, 70 C’de gerçekleştirilmiştir. Ancak, reaksiyon sonunda polimer elde edilememiştir.

- **Sulu fazda reaksiyon  alışmaları**

Viniltrimetoksisilanın sulu fazda polimerleşmesi şöyledir: poliviniltri etoksisilanın reaksiyonu baz alınarak sadece ufak bir değişiklik yapılıp başlatıcı olarak amonyumpers lfat yerine potasyumpers lfat kullanılmıştır. Viniltrimetoksisilan monomeri (7 ml) saf su (21 ml) içerisinde çözünmüştür. Ardından, başlatıcı olarak potasyum persülfat (3 g) eklenmiştir. Reaksiyonun  alışma sıcaklığı 70 C’dir. Reaksiyon sonunda beyaz renkte katı formda PVTMS polimeri elde edilebilmiştir.

3.2.8. Poli(viniltri(β -metoksietoksi)silan) (PVTMES) sentezi

Viniltri(β -metoksietoksi)silanın da yukarıdaki iki monomer örneğinde olduğu gibi, 2 farklı tip reaksiyon yönteminde de gözlenmek istenmiş ve hem sulu fazda hem de organik fazda reaksiyonlara tabi tutulmuştur.

- **Organik fazda reaksiyon çalışmaları**

Viniltri(β -metoksietoksi)silanın organik fazda polimerleşmesi şöyledir: Viniltri(β -metoksietoksi)silan monomerinin (7 ml) üzerine benzen (14 ml) çözücüsü ilave edilerek çözünmüştür. Reaksiyonda başlatıcı olarak, toluen içerisinde 2M AIBN (2 ml) kullanılmıştır. Reaksiyon, azot atmosferi altında, 70°C'de gerçekleştirilmiştir. Reaksiyon sonunda elde edilen polimerin fiziksel görünümü: sarı renkte kristal formdadır.

- **Sulu fazda reaksiyon çalışmaları**

Viniltri(β -metoksietoksi)silanın sulu fazda polimerleşmesi şöyledir: Viniltri(β -metoksietoksi)silan monomeri (21 ml) saf su (63 ml) içerisinde çözünmüştür. Başlatıcı olarak amonyum persülfat (3 g) eklenmiştir. Reaksiyonun çalışma sıcaklığı 50°C'dir. Buradaki önemli nokta, sodium hidroksit yardımıyla pH 9,0-11,0 aralığına ayarlanmasına gerek kalmadan polimerin sentezlenebilmesidir.

3.2.9. Polietilenglikol+Laktik asit (PEG+LA) ürününün hazırlanması ve kumaş üzerine aplikasyonu

- **(PEG+LA)-1**

PEG 400 (40 g, 0,1 mol) ve laktik asit (12,5 g, 0,14 mol) karıştırılmıştır. Berrak renksiz sıvı görünümünde homojen bir karışım elde edilmiştir, karışımın pH değeri 2,6 olarak kaydedilmiştir. Bu karışıma demineralize su (47 g, 2,61 mol) eklenmiştir. Yapılan ürünün tekstil uygulamaları için ürün üzerine 400 g yumuşak su eklenerek çözelti 500 grama tamamlanmıştır ve seyreltik asit ile çözelti pH'ı 5,5'a ayarlanmıştır. Böylece, 80 g/l PEG 400 ve 25 g/l LA kumaşlara applike edilmiş olmaktadır.

- **(PEG+LA)-2**

Bir önceki üründen farklı olarak daha az laktik asit kullanarak ürün hazırlanmıştır. PEG 400 (40 g, 0,1 mol) üzerine laktik asit (0,4 g, 0,04 mol) ve demineralize su (52,5 g, 2,91 mol) eklenerek karıştırılmıştır. Ürün, berrak renksiz sıvı görünümde homojen olarak elde edilmiştir. Hazırlanan ürün üzerine 400 g yumuşak su eklenerek çözelti 500 grama tamamlanarak seyreltik asit ile çözelti pH'ı 5,5'a ayarlanmıştır. Böylece, 80 g/l PEG 400 ve 1 g/l LA kumaşlara applike edilmiş olmaktadır.

3.2.10. (N-vinilimidazol)+(Etilen glikol dimetakrilat) (VIM+EGDMA) ürününün hazırlanması ve kumaş üzerine uygulaması

- **(VIM+EGDMA)-1, organik çözücü varlığında kumaş üzerine uygulaması**

EGDMA (32 ml, 0,17 mol) üzerine toluen (21,3 ml, 0,2 mol) eklenerek 15 dk. karıştırılmıştır. Ardından, çözeltiye VIM (16 ml, 0,177 mol) ve başlatıcı olarak toluen içerisindeki 2 M AIBN (2 ml, 0,01 mol) ilave edilmiştir (Kara ve ark. 2014, 2015). 5 dk. karıştırıldıktan sonra toluen eklenerek çözelti 200 ml'ye tamamlanarak pH değeri seyreltik asetik asit ile pH 5,5'a ayarlanmıştır. Elde edilen çözelti, sarımsı sıvı görünümündedir. VIM ve EGDMA kimyasallarının, kumaş üzerine bu şekilde uygulamasında 80 g/l VIM ve 160 g/l EGDMA uygulanmış olmaktadır.

- **(VIM+EGDMA)-2, su varlığında kumaş üzerine uygulaması**

EGDMA (80 g, 0,404 mol) üzerine saf su (40 ml, 2,22 mol) eklenerek karıştırılmıştır. Çözelti görünümü sarıdan turuncuya sıvı şeklinde olup EGDMA su içerisinde tamamen çözünmediğinden, zamanla ayrılmakta olup homojen değildir. Çözeltiye VIM (40 g, 0,425 mol) ve başlatıcı olarak sodyum asetat (5 g, 0,061 mol) eklenerek karıştırılmıştır. Ürüne ait pH değeri 8,4 olarak kaydedilmiştir. Her ne kadar homojen olmasa da ürünün boncuklanma etkisini anlayabilmek için kumaşlara uygulamaları yapılmıştır. Ürün, yumuşak su ile 500 grama tamamlanarak seyreltik asetik asit ile pH: 5,5'a ayarlanmıştır. Böylece, 80 g/l VIM ve 160 g/l EGDMA uygulanmış olmaktadır.

- **(VIM+EGDMA)-3 kopolimerin sentezi**

EGDMA (32 ml, 0,17 mol) üzerine toluen (21,3 ml, 0,2 mol) eklenerek 15 dk. karıştırılmıştır. Ardından, çözeltiye VIM (16 ml, 0,177 mol) ve başlatıcı olarak toluen içerisindeki 2 M AIBN (2 ml, 0,01 mol) ilave edilmiştir. Reaksiyon, azot atmosferi altında, 70°C'de 30 dakikada tamamlanmıştır. Vakum distilasyonu yöntemi ile 500-600 mmHg basınçlarda ve 50°C-55°C sıcaklıklarda, toluen uzaklaştırılmıştır. Beyaz renkte çok sert katı şeklinde kopolimer elde edilmiştir.

3.2.11. (N-vinilpirolidon)+(Etilen glikol dimetakrilat) (VP+EGDMA) ürününün hazırlanması ve kumaş üzerine aplikasyonu

EGDMA (32 ml, 0,17 mol) üzerine, toluen (21,3 ml, 0,2 mol) eklenerek 15 dk. karıştırılmıştır. Ardından çözeltiye VP (16 ml, 0,15 mol) ve başlatıcı olarak toluen içerisindeki 2 M AIBN (2 ml, 0,01 mol) ilave edilmiştir (Kara ve ark. 2014, 2015). 5 dk. karışımdan sonra ürüne, toluen çözücüsü eklenerek çözelti 200 ml'ye tamamlanarak pH değeri seyreltik asetik asit ile pH 5,5'a ayarlanmıştır. Elde edilen çözelti, sarımsı sıvı görünümündedir. Bu çözeltinin kumaşlara applike edilmesi ile 80 g/l VP ve 160 g/l EGDMA uygulanmış olmaktadır.

3.2.12. (N-vinilpirolidon)+(N-izopropil akrilamid) (VP+NIPAM) ürününün hazırlanması ve kumaş üzerine aplikasyonu

- **(VP+NIPAM)-1, organik çözücü varlığında kumaş üzerine aplikasyonu**

NIPAM (16 g, 0,14 mol) üzerine, toluen (21,3 ml, 0,2 mol) eklenerek 15 dk. karıştırılmıştır. NIPAM yeterince çözünmemiştir. Çözücünün az gelmesi sebebiyle çözünmenin tam olarak gerçekleşmediği ihtimali düşünülerek çözeltiye 83,75 ml (0,91 mol) daha toluen ilave edilmiştir. İlave çözücü sayesinde NIPAM tam olarak çözünerek homojen bir çözelti elde edilebilmiştir. Ardından çözeltiye VP (16 ml, 0,15 mol) ve başlatıcı olarak toluen içerisindeki 2 M AIBN (2 ml, 0,01 mol) ilave edilmiştir. 5 dk. karışımdan sonra ürüne, toluen çözücüsü (60,95 ml, 0,66 mol)) eklenerek çözelti 200 ml'ye tamamlanmıştır. pH değeri 5,5 olan çözeltinin kumaşlara applike edilmesi ile 80 g/l VP ve 80 g/l NIPAM uygulanmış olmaktadır.

- **(VP+NIPAM)-2, su varlığında kumaş üzerine aplikasyonu**

NIPAM (16 g, 0,14 mol) üzerine, saf su (166 ml, 9,215 mol) eklenerek homojen bir şekilde çözünmüştür. Çözeltiye VP (16 g, 0,15 mol) ve başlatıcı olarak sodyum asetat (2 g, 0,024 mol) ilave edilerek karıştırılmıştır. Homojen çözelti ile kumaşlara aplikasyonlar yapıldığında, 80 g/l VP ve 80 g/l NIPAM uygulanmış olmaktadır.

3.2.13. Polimerlerin karakterizasyonları

Sentezlenen polimerlerin karakterizasyonları FT-IR (Shimadzu, IR-Prestige-21, Pike Miracle ATR), NMR (JEOL-ECZ500R) ve Elementel Analiz (Perkin Elmer 2400 Series II) cihazları ile yapılmıştır.

3.2.14. Kimyasal bitim işlemi

Karakterize edilerek başarı ile sentezlendiği kanıtlanan polimerler, boncuklanma değerlerinin iyileştirilmesi hedeflenen kumaşlara emdirme-kurutma-kondenzasyon (pad-dry-cure process) yöntemine göre uygulanmıştır (Orhan, 2021). Fular olarak da adlandırılan bu aplikasyon işlemi için, öncelikle polimerler yumuşak su içerisinde çözünerek farklı konsantrasyonlardaki çözeltilerinin hazırlanması gerekmektedir. PVIM, PVCL, PVPA, PVP, PVTAZ polimerleri suda homojen bir şekilde çözünerek farklı konsantrasyonlardaki çözeltileri hazırlanmıştır. Çözelti konsantrasyonları 5, 10, 20, 30, 40, 50 g/l olup polimerlerin test sonucu gösterdiği etkilere ve fiyatlarına göre belirlenmiştir. Çözeltiler hazırlanırken polimerlerin yumuşak su içerisinde çözünmelerinin sebebi ise tekstil işletmelerinde çözelti hazırlanırken yumuşak suyun kullanılmasından dolayıdır. Hazırlanan çözeltilerin pH'ı asetik asit ile 5,0-5,5 aralığına ayarlanmıştır. İşletmelerde de çözelti aplikasyonlarında bu pH aralığı kullanılmaktadır, bunun temel sebebi kimyasalın kumaşa bu pH aralığında etki etmesi, düşük veya yüksek pH değerlerinde kumaşın yıpranarak zarar görmesidir. Yumuşak su kullanılarak ve asetik asit yardımıyla pH değeri 5,0-5,5 aralığına ayarlanmış farklı konsantrasyondaki çözeltilerin her biri ayrı ayrı, çalışma için seçilen çeşitli kumaşlara fular yöntemi ile applike edilmiştir. Aplikasyon esnasında, kumaşlar %65-70 pick-up değeri elde edilecek şekilde, cinsine bağlı olarak fular makinasından (Şekil 3.20) 2 ya da 3 bar basınçtan geçirilmiştir. Bu işlemden sonra kumaşlar ram makinasında (Şekil 3.21) optimum çalışma sıcaklığı olarak belirlenen 130°C'de kurutulmuştur. Kurutulan kumaşlar bir gün şartlandırılmış odada bekletilmiştir. Bu kumaşlar tuşe, sararma ve hidrofilite testleri için ayrılmıştır. Boncuklanma testi için, yukarıda bahsedilen işlemlerin tümü tekrar edilerek başka bir parti kumaş hazırlanmıştır.

Bu yöntemde olmazsa olmaz bir aşama, fular uygulaması için gerekli homojen polimer çözeltilerinin hazırlanmasıdır. PVTMES, PVTES, PVTMES polimerlerinin suda istenildiği gibi çözünmediği anlaşılmıştır. Bu sebeple suda çözünmeyen ya da yeterince çözünmeyip homojen çözeltisi elde edilemeyen bu polimerlere fular uygulamaları yapılamamıştır.

PEG+LA, VIM+EGDMA, VP+EGDMA, VP+NIPAM ürünlerinde ise başlangıç aşaması için farklı bir yol izlenmiştir. Bu ürünlerde uygulanan fular çözeltisinin hazırlanış biçimi farklıdır. Polimerin sentezlenip suda çözündükten sonra seyreltilerek çözeltisinin hazırlanması yerine bu ürünlerde kimyasalların üzerine su eklenerek fular çözeltisi elde edilir. Ürünlerin etkinliği, aplike edilen kumaşın ram makinasında yüksek sıcaklıklarda işleme tabi tutulduğunda kimyasalların kumaş üzerinde bir film oluşturması esnasında gerçekleşmektedir. Burada, kimyasalların reaktif grupları ile kumaşların reaktif gruplarını arasında oluşan kimyasal bağlar sayesinde, kimyasalların kumaş üzerinde film oluşturarak boncuklanmayı azaltabileceği prensibinden yararlanılmıştır (Büyükkoru ve Kara, 2017).



Şekil 3.25. Fular makinası



Şekil 3.26. Ram makinaları

Kumaşların ram makinasında kurutulma işlemi sırasındaki sıcaklık değeri kritik önem taşır. Bu sebeple çalışmanın başlangıcında PVIM polimeri ile kumaşlara farklı sıcaklıklarda (110°C - 170°C) aplikasyonlar yapılarak optimum sıcaklık değeri belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, 120°C 'nin altında çalışıldığında anti-boncuklanma kimyasalı kumaş üzerine yeterince bağlanmaz ve boncuklanma değerlerindeki iyileşme çok az olur. Ram makinasındaki çalışma sıcaklığı 140°C 'nin üstünde olduğunda ise anti-boncuklanma kimyasalı kumaş üzerinde sararmaya yol açar. Aşağıda, örnek olarak kumaşın 130°C ve 170°C sıcaklıklarda PVIM uygulaması sonucu görüntüleri verilmiştir. Şekil 3.22'den de görüleceği gibi kumaşlar arasındaki renk farkı oldukça belirgindir. Sağdaki görüntü, 170°C sıcaklıktaki uygulamaya ait olup kumaşın rengi belirgin ölçüde değişmiştir. 110°C ve 170°C arasında yapılan uygulama sonuçlarına göre anti-boncuklanma kimyasalının kumaş üzerindeki etkinliği ve kumaşların sararma durumu açısından değerlendirildiğinde en uygun sıcaklık değerlerinin 120°C - 140°C arasında olduğu sonucuna varılmıştır. Böylece ram makinasında kumaşların kurutulması veya kimyasalın kumaşa bağlanması için en uygun değer 130°C olarak tespit edilmiştir. Sonraki tüm fular uygulamaları için bu çalışma baz alınarak kumaşların ram makinasındaki kurutulması 130°C 'de gerçekleştirilmiştir.



A

B

Şekil 3.27. Farklı sıcaklıklarda PVIM uygulanan kumaşların görüntüsü

A) 130°C’de PVIM uygulanan kumaş **B)** 170°C’de PVIM uygulanan kumaş

Tüm anti-boncuklanma kimyasalları, bu kimyasalların aplikasyon miktarları ve uygulamaların yapıldığı kumaşlar Çizelge 3.2’de yer almaktadır. Aplike edilen K-1, K-2, K-3, K-4, K-5 kumaşlarına boncuklanma ve hidrofilite testleri yapılmıştır. K-6 ve K-7 beyaz kumaşlarına sararma testleri yapılarak kimyasalların kumaşlarda sararmaya yol açıp açmadığı araştırılmıştır. Uygulanacak konsantrasyonlar belirlenirken, ürünlerin ilk uygulama miktarı sonucu, kumaşlardaki boncuklanma değerlerini ne derece etkilediği baz alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, ürünlerin çözelti konsantrasyonu arttırılmış ya da azaltılmıştır. Bu konuyla ilgili detaylı bilgi, alt bölüm 4.2’de anlatılmıştır.

Çizelge 3.2. Tüm aplikasyon çalışmaları

No	Uygulanan Ürün	Kumaş	Aplikasyon miktarı (g/l)
1	PVIM	K-1	10
2	PVIM	K-2	10
3	PVIM	K-3	10
4	PVIM	K-4	10
5	PVIM	K-5	10
6	PVIM	K-1	20
7	PVIM	K-2	20
8	PVIM	K-3	20
9	PVIM	K-4	20
10	PVIM	K-5	20

11	PVIM	K-1	30
12	PVIM	K-2	30
13	PVIM	K-3	30
14	PVIM	K-4	30
15	PVIM	K-5	30
16	PVIM	K-1	40
17	PVIM	K-2	40
18	PVIM	K-3	40
19	PVIM	K-4	40
20	PVIM	K-5	40
21	PVIM	K-1	50
22	PVIM	K-2	50
23	PVIM	K-3	50
24	PVIM	K-4	50
25	PVIM	K-5	50
26	PVIM	K-6	50
27	PVIM	K-7	50
28	PVCL	K-1	40
29	PVCL	K-2	40
30	PVCL	K-3	40
31	PVCL	K-4	40
32	PVCL	K-5	40
33	PVCL	K-1	50
34	PVCL	K-2	50
35	PVCL	K-3	50
36	PVCL	K-4	50
37	PVCL	K-5	50
38	PVCL	K-6	50
39	PVCL	K-7	50
40	PVPA	K-1	10
41	PVPA	K-2	10

42	PVPA	K-3	10
43	PVPA	K-4	10
44	PVPA	K-5	10
45	PVPA	K-1	20
46	PVPA	K-2	20
47	PVPA	K-3	20
48	PVPA	K-4	20
49	PVPA	K-5	20
50	PVPA	K-1	30
51	PVPA	K-2	30
52	PVPA	K-3	30
53	PVPA	K-4	30
54	PVPA	K-5	30
55	PVPA	K-1	40
56	PVPA	K-2	40
57	PVPA	K-3	40
58	PVPA	K-4	40
59	PVPA	K-5	40
60	PVP	K-1	10
61	PVP	K-2	10
63	PVP	K-3	10
64	PVP	K-4	10
65	PVP	K-5	10
66	PVP	K-1	20
67	PVP	K-2	20
68	PVP	K-3	20
69	PVP	K-4	20
70	PVP	K-5	20
71	PVP	K-1	30
72	PVP	K-2	30
73	PVP	K-3	30

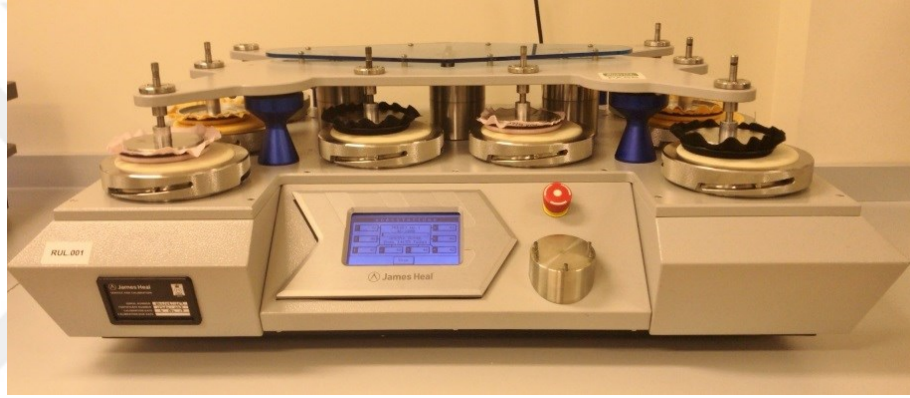
74	PVP	K-4	30
75	PVP	K-5	30
76	PVP	K-1	40
77	PVP	K-2	40
78	PVP	K-3	40
79	PVP	K-4	40
80	PVP	K-5	40
81	PVP	K-6	40
82	PVP	K-7	40
83	PVTAZ	K-1	5
84	PVTAZ	K-2	5
85	PVTAZ	K-3	5
86	PVTAZ	K-4	5
87	PVTAZ	K-5	5
88	PVTAZ	K-1	10
89	PVTAZ	K-2	10
90	PVTAZ	K-3	10
91	PVTAZ	K-4	10
92	PVTAZ	K-5	10
93	PVTAZ	K-6	10
94	PVTAZ	K-7	10
95	PEG 400+LA	K-1	40/15
96	PEG 400+LA	K-2	40/15
97	PEG 400+LA	K-3	40/15
98	PEG 400+LA	K-1	80/25
99	PEG 400+LA	K-2	80/25
100	PEG 400+LA	K-3	80/25
101	PEG 400+LA	K-1	80/1
102	PEG 400+LA	K-2	80/1
103	PEG 400+LA	K-3	80/1
104	(VIM+EGDMA)-1	K-1	80/160

105	(VIM+EGDMA)-1	K-2	80/160
106	(VIM+EGDMA)-1	K-3	80/160
107	(VIM+EGDMA)-1	K-4	80/160
108	(VIM+EGDMA)-1	K-5	80/160
109	(VIM+EGDMA)-2	K-1	80/160
110	(VIM+EGDMA)-2	K-2	80/160
111	(VIM+EGDMA)-2	K-3	80/160
112	(VIM+EGDMA)-2	K-4	80/160
113	(VIM+EGDMA)-2	K-5	80/160
114	(VP+EGDMA)-1	K-1	80/160
115	(VP+EGDMA)-1	K-2	80/160
116	(VP+EGDMA)-1	K-3	80/160
117	(VP+EGDMA)-1	K-4	80/160
118	(VP+EGDMA)-1	K-5	80/160
119	(VP+EGDMA)-2	K-3	80/160
120	(VP+NIPAM)-1	K-1	80/80
121	(VP+NIPAM)-1	K-2	80/80
122	(VP+NIPAM)-1	K-3	80/80
123	(VP+NIPAM)-1	K-4	80/80
124	(VP+NIPAM)-1	K-5	80/80
125	(VP+NIPAM)-2	K-1	80/80
126	(VP+NIPAM)-2	K-2	80/80
127	(VP+NIPAM)-2	K-3	80/80
128	(VP+NIPAM)-2	K-4	80/80
129	(VP+NIPAM)-2	K-5	80/80

VIM+EGDMA, VP+EGDMA, VP+NIPAM için parantez dışında 1 olduğunda toluen içerisinde çözünerek; 2 olduğunda suda çözünerek fular aplikasyonları yapılmıştır. Örneğin 109. satırdaki (VIM+EGDMA)-2, VIM+EGDMA kimyasallarının suda çözünerek 80 g/l VIM ve 160 g/l EGDMA çözelti konsantrasyonu olacak şekilde, K-1 kumaşına fular uygulamasının gerçekleştiğini ifade etmektedir.

3.2.15. Polimerlerle aplike edilmiş kumaşların boncuklanma testine tabi tutulması

Kumaşların boncuklanma değerlerini belirlemek için kullanılabilecek birçok yöntem arasından en çok tercih edilenlerden biri olan Martindale boncuklanma test cihazı ile kumaşlar test edilmiştir. Çeşitli polimerler ile aplike edilmiş tüm kumaşlar ve bu kumaşların işlemsiz halleri, cihazda ISO-12945-2 yöntemine göre test edilmiştir. Daha sonra hem görsel olarak hem de PillGrade cihazı ile boncuklanma dereceleri belirlenecek kumaşlar, Martindale cihazında 2000 döngüye maruz bırakılmıştır. Aşağıdaki şekilde çalışmadaki kumaşların cihazda boncuklanma testine tabi tutulması esnasında çekilen fotoğraf gösterilmiştir.



Şekil 3.28. Martindale Cihazı

3.2.16. Polimerlerle aplike edilmiş kumaşların boncuklanma derecelerinin belirlenmesi

Boncuklanma testine tabi tutulan kumaşların hem pilling değerlendirme görüntüleyicisi cihazında görsel değerlendirmesi yapılmış hem de PillGrade cihazı (Şekil 3.24) kullanılarak kumaşların tekrarlanan ölçümlerinin ortalaması alınarak boncuklanma değerleri sayısal olarak ölçülmüştür. Böylece, polimerlerin kumaşların boncuklanma eğilimi üzerindeki etkisi ortaya konulmuştur.



Şekil 3.29. PillGrade Cihazı

Boncuklanma dereceleri belirlenirken 5 üzerinden değerlendirme yapılır. Boncuklanma derecesi 5 olan bir kumaşta hiç boncuklanma olmadığı anlaşılmalıdır. Çok az miktarda boncuklanma var ise derecesi 4, orta derecede boncuklanma varsa derecesi 3 olarak nitelendirilmektedir. Boncuklanma derecesi 2 olarak belirlenen bir kumaşta ise açıkça görülebilecek miktarda boncuklanma olduğu düşünülmelidir. Çok yoğun miktarda boncuklanmanın olduğu kumaşların derecesi ise 1 olarak notlandırılmaktadır.

3.2.17. Polimerlerle aplike edilmiş kumaşların hidrofilite değerlerinin belirlenmesi

Kumaşların hidrofilite değerleri belirlenirken kumaşların suyu absorbe etme kapasitesi değerlendirilmektedir. Bu amaçla, standart yöntem: AATC 79 kullanılmıştır. Bu yöntemde kronometre kullanılarak zaman ölçülür. Kronometre, bir pipetle kumaşın üzerine su damlatıldıktan hemen sonra başlatılır ve kumaş su damlasını emdiğinde durdurulur. Geçen süre kumaşın hidrofilite değeri olarak kaydedilir ve not edilir. Aplikasyonu yapılan tüm kumaşlara, hidrofilite ölçümleri bu şekilde gerçekleştirilmiştir. Böylece, anti-boncuklanma kimyasallarının kumaşın su emicilik değerleri üzerine etkisi araştırılmıştır.

3.2.18. Polimerlerle aplike edilmiş kumaşların sararma durumunun incelenmesi

Polimerlerin beyaz kumaşlarda sararmaya yol açıp açmadığını görmek için, polimer çözeltileri beyaz kumaşlara da aplike edilmiştir. Kumaşlar 170°C’de 1 dk. fikseldikten sonra Datacolor test cihazında beyazlık değerleri ölçülmüş ve elde edilen

Berger değerleri işlemsiz kumaşların değerleri ile karşılaştırılmıştır. Eğer işlemsiz kumaştan daha düşük Berger değerleri görölürse kumaştta sararma olduğu söylenebilir. Testten elde edilen sonuçlara bakılarak, anti-boncuklanma kimyasallarının yüksek sıcaklıklarda kumaş üzerinde sararmaya neden olup olmadığı anlaşılmaktadır.



Şekil 3.30. Datacolor test cihazı

Ayrıca, polimerlerin kumaşlarda sararmaya yol açıp açmadığını görmek için polimerler ile aplike edilen kumaşlar ile, kör çalışma için asetik asit ile pH değeri 5,5'e ayarlanmış yumuşak su kullanılarak aplikasyonu yapılan kumaşlar kıyaslanmıştır. Böylece, aplike edilen kumaşlarda polimerin sararmaya yol açıp açmadığı araştırılmıştır.

3.2.19. Polimerlerle aplike edilmiş kumaşların tuşelerinin değerlendirilmesi

İşlemsiz halleri ile polimerle aplikasyonları yapılmış kumaşların tuşeleri karşılaştırılmıştır. Böylece, anti-boncuklanma kimyasallarının kumaşların tuşesi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Tuşe, kumaş parmak uçları arasına alınarak o esnada kişiye verdiği hissiyata göre değerlendirilir. Bu hissiyat sonucu kumaş yumuşak, kaygan, ince, dökümlü ya da dolgun olarak ifade edilebilir. Tuşe her ne kadar göreceli olup zaman zaman kişiden kişiye göre değişse de genellikle çoğunluğun beğendiği tuşe aynıdır. Aplike edilmiş kumaşların tuşesi, birçok kişiye danışılarak işlemsiz hallerine göre kıyaslatılmıştır ve tuşe yorumlarının genellikle benzer olduğu görölmüştür.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Karakterizasyonlar

Kumaşların boncuklanma değerlerini iyileştireceği düşünülen fonksiyonel polimerler başarı ile sentezlendikten sonra aralarından kumaşların boncuklanma değerlerini azaltma konusunda etkili olan PVIM, PVCL, PVPA, PVP ve PVTAZ polimerlerinin karakterizasyonları gerçekleştirilmiştir. Elde edilen analiz sonuçları, polimerlerin başarıyla sentezlendiğini kanıtlamıştır.

4.1.1. FT-IR analizleri

Polimerlerin FT-IR analizleri için kullanılan cihazın markası Shimadzu olup modeli IR-Prestige-21, Pike Miracle ATR'dir.

a) Poli(N-vinilimidazol) (PVIM)

PVIM'a ait FT-IR spektrumu Ek 1'de verilmiştir. Spektrumda görülen pikler literatür ile uyumludur (Ghaffarlou, 2012). Bu pikler ve bunların nereye ait olduğu şöyledir: C-H (halkadaki) gerilmesi: 3109 cm^{-1} 'de, C-H ve CH_2 (ana zincirdeki) gerilmesi: 2910 cm^{-1} 'de, C=C (halkadaki) gerilmesi: 1649 cm^{-1} 'de, C-C ve C-N gerilmesi: 1495 cm^{-1} 'de, halka gerilmesi: 1414 cm^{-1} 'de, C-H (halkada) düzlem içi eğilme ve C-N (halkada) gerilmesi: 1283 ve 1227 cm^{-1} 'de, C-H (halkadaki) düzlem içi eğilme: 1107 cm^{-1} 'de, C-H (halkadaki) düzlem içi eğilme ve halka gerilmesi: 1007 cm^{-1} 'de, C-H (ana zincirdeki) düzlem içi eğilme ve C-C gerilmesi: 907 cm^{-1} 'de, halka gerilmesi ve düzlem içi eğilmesi: 818 cm^{-1} 'de gözlenmiştir.

Ayrıca, monomer olan VIM'a ait spektrum (Ek 1) ile karşılaştırıldığında 3109 cm^{-1} 'de görülen keskin pik yerine, PVIM polimerine ait spektrumda, bandın 3200 cm^{-1} ile 3400 cm^{-1} arasında geniş band olarak görülmesi, homopolimerleşmenin gerçekleştiğini ve PVIM'in oluştuğunu göstermektedir.

b) Poli(N-vinilkaprolaktam) (PVCL)

Monomer VCL ve bu monomerden yola çıkılarak sentezlenen PVCL'nin FT-IR spektrumları Ek 1'de verilmiştir. Spektrumda görülen pikler literatür ile uyumludur (Kozanoğlu, Özdemir ve Usanmaz, 2011). VCL'nin FT-IR spektrumunda karakteristik karbonil (C=O) piki 1622 cm^{-1} 'de gözlenmiştir. C=C için pikler 1661 cm^{-1} ve 943 cm^{-1} 'dedir. 2932 ve 2851 cm^{-1} 'de görülen pikler alifatik C-H stretching e karşılık gelmektedir. -CH_2 pikleri 1439 ve 1305 cm^{-1} 'de yer alırken C-N stretching titreşimleri $1266\text{--}1046\text{ cm}^{-1}$ 'de gözlenmiştir. 1622 cm^{-1} 'de uzanan C=O bağı genişlemiştir ve C=O zirvesine yakın çift bağın tepe noktası (-C=C-) kaybolmuştur. Alifatik C-H gerilmesi 2924 ve 2865 cm^{-1} 'de gözlenmiştir. 943 cm^{-1} 'deki monomer spektrumundaki vinil, $\text{CH}_2=\text{CH-}$ tepe noktası PVCL spektrumunda görülmemektedir. 1622 cm^{-1} 'deki diğer vinil tepe noktası, kaydırılmış C=O tepe noktası ile değişmiştir. CH_2 tepe noktaları yaklaşık 1440 cm^{-1} 'dir. Çift bağa ait pikler tamamen yok olmuştur. Monomer spektrumunda $1261\text{--}1161\text{ cm}^{-1}$ 'de C-N germe titreşiminin tepe noktaları, polimer spektrumunda yoğunluk ve pozisyonda değişiklikler göstermektedir. Bu durum, yan grup ve rezonans yapılarının konformasyonundaki değişikliklerden ileri gelebilir. Polimer spektrumundaki piklerin keskinliği, polimer moleküler zincirinde düzenlilik göstermiştir.

c) Poli(N-vinilfosfonik asit) (PVPA)

Monomer VPA ve bu monomerlen yola çıkılarak sentezlenen PVPA polimerinin FT-IR spektrumları Ek 1'de verilmiştir. PVPA'nın FT-IR spektrumunda görülen, 1173 cm^{-1} , 1099 cm^{-1} ve 731 cm^{-1} 'deki bantlar: (P)-O-C ester grubunun ve 924 cm^{-1} 'deki bandın absorpsiyonları, P-O-(C) titreşimlerine atfedilmiştir. (P)-O-H eğilme titreşimi: 972 cm^{-1} 'de ve geniş (P)-O-H germe bandı: 2328 cm^{-1} 'de görülmüştür. Bu sonuçlar literatürde bildirilenlere (Parvole ve Jannasch, 2008) çok benzerdir. PVPA'nın FT-IR spektrumu, literatür ile tutarlı sonuçlara sahiptir, bu da polimerin başarıyla sentezlendiğini açıkça göstermektedir.

d) Poli(N-vinilpirolidon) (PVP)

PVP'ye ait FT-IR spektrumu Ek 1'de verilmiştir. Spektrumda gözlenen bandlar literatürdeki veriler (Amelia ve ark. 2016) ile uyum içerisindedir. 1670 cm^{-1} 'de görülen keskin pik, PVP'nin karakteristik pikidir. Ayrıca, monomer olan VP'ye ait spektrum (Ek 1) ile karşılaştırıldığında, PVP polimeri için 3300 cm^{-1} - 3650 cm^{-1} arasında görülen geniş band homopolimerleşmenin gerçekleştiğini kanıtlar niteliktedir.

e) Poli(vinil-1,2,4-triazol) (PVTAZ)

PVTAZ'a ait FT-IR spektrumu Ek 1'de yer almaktadır. Analiz sonuçları yorumlanırken özellikle, spektrumda gözlenen 3200 cm^{-1} - 3700 cm^{-1} arasında görülen geniş band dikkate alınmalıdır. Bu band homopolimerleşmenin gerçekleştiğini ispatlamaktadır. Ayrıca, spektrumdaki pikler, literatürdeki (Hazarika ve Jana, 2012) veriler ile uyumludur. Bu durum, PVTAZ polimerinin başarı ile sentezlendiğini göstermektedir.

4.1.2. NMR analizleri

Sentezlenen ve kumaşlar üzerindeki boncuklanma eğilimini azaltan PVIM, PVCL, PVPA, PVP ve PVTAZ polimerlerinin karakterizasyonları NMR ile de yapılmıştır. Analizler için kullanılan cihazın markası JEOL olup ECZ500R modelidir.

a) Poli(N-vinilimidazol) (PVIM)

Ek 2’de verilen PVIM spektrumuna ait karakteristik pikler şöyledir: Ana zincirdeki metilen (-CH₂) protonları: 1,91-1,97 ppm arasında çoklu, ana zincirdeki metin (-CH) protonu: 2,49-3,39 ppm arasında, ana zincirdeki metin (-CH) protonu: 3,2 ppm’de, imidazol halkasının metin (-CH) protonları: 6,82-7,92 ppm arasında görülmüştür. Bu pikler, literatür (Ghaffarlou, 2012) ile uyumlu olup homopolimerleşmenin gerçekleştiğini ve PVIM polimerinin başarıyla sentezlendiğini kanıtlamıştır.

b) Poli(N-vinilkaprolaktam) (PVCL)

PVCL spektrumu Ek 2’de verilmiş olup spektrumda aşağıdaki karakteristik pikler görülmüştür. Kaprolaktam halkasındaki 6 tane CH₂ ve ana zincirdeki 2 tane CH₂’ye ait pikler 1,52 ppm’de, C=O’ya yakın olan 2 tane CH₂’ye ait pik 2,29 ppm’de, N’a yakın olan 2 tane CH₂’ye ait pik 3,04 ppm’de ve CH’a ait pik 4,34 ppm’de gözlenmiştir. Bu karakteristik pikler, literatürde not edilenler (Kozanoğlu, Özdemir ve Usanmaz, 2011) ile çok yakındır. Bu durum, homopolimerizasyonun gerçekleştiğini ve PVCL polimerinin başarıyla sentezlendiğini kanıtlamıştır.

c) Poli(N-vinilfosfonik asit) (PVPA)

PVPA yapısını aydınlatmak için ³¹P-NMR uygulanabilir. Çünkü ³¹P, %100 doğal olup bol bulunan ve NMR hassasiyeti yüksek bir çekirdektir. PVPA’nın ³¹P-NMR spektrumu Ek 2’de verilmiştir. Bu spektrumda, PVPA için ana pik 31,81 ppm’de P-OH bağından gelmiştir. Literatürde ise bu ana pik 32 ppm olarak rapor edilmiştir (Mizuno ve ark.

2014). Bu veriler çok yakın olup elde edilen analiz sonucu, homopolimerizasyonun gerçekleştiğini ve PVPA'nın başarılı bir şekilde sentezlendiğini kanıtlamıştır.

d) Poli(N-vinilpirolidon) (PVP)

Ek 2'de gösterilen PVP'ye ait NMR spektrumu, polimerin başarı ile sentezlendiğini göstermektedir. Bu spektrumda pikler: 1,8 ppm-2,3 ppm arasında (N'a bağlı vinil grubunun CH₂'sinden ve N'a en uzak olan CH₂'ye ait pikler), 2,5 ppm'de (C=O'ya yakın olan CH₂'ye ait pik), 3,2 ppm'de (N'a yakın olan CH₂'ye ait pik) ve 3,4 ppm'de (N'a yakın olan CH'a ait pik) görülmüştür. Bu pikler, literatürdeki (Amelia ve ark. 2020) veriler ile uyum içersindedir.

e) Poli(vinil-1,2,4-triazol) (PVTAZ)

PVTAZ'a ait NMR spektrumu, Ek 2'de verilmiştir. Yapılan analiz sonucu elde edilen pikler: 5,1 ppm, 5,7 ppm, 7,4 ppm, 8,0 ppm, 8,8 ppm'de görülmüştür. Bu pikler, literatür (Zhang ve ark. 2016) ile örtüşmektedir. Bu durum PVTAZ polimerinin başarı ile sentezlendiğini kanıtlar niteliktedir.

4.1.3. Elementel analizler

Polimerlerin elementel analiz sonuçları aşağıdaki çizelgelerde sırasıyla verilmiştir. Çizelgelerin sol tarafında reaksiyon öncesi kullanılan monomer, çözücü ve başlatıcı bileşenlerinin mol oranlarının yüzdesi; sağ tarafında ise elementel analizi yapılan reaksiyon sonrası elde edilen polimerin karbon, hidrojen ve azot yüzdeleri yer almaktadır.

PVIM polimerine ait elementel analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. PVIM’in elementel analiz sonuçları

Reaksiyon öncesi karışımdaki bileşenlerin oranı (%mol)			Elementel analiz sonuçları (%)		
VIM	Benzen	Toluen içindeki 2 M AIBN	Karbon	Hidrojen	Azot
31,68	64,88	3,44	59,66	7,04	27,86

PVCL polimerine ait elementel analiz sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. PVCL’nin elementel analiz sonuçları

Reaksiyon öncesi karışımdaki bileşenlerin oranı (%mol)			Elementel analiz sonuçları (%)		
VCL	Benzen	Toluen içindeki 2 M AIBN	Karbon	Hidrojen	Azot
55,22	41,79	2,99	65,69	9,18	10,13

PVP polimerine ait elementel analiz sonuçları Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. PVP'nin elementel analiz sonuçları

Reaksiyon öncesi karışımdaki bileşenlerin oranı (%mol)			Elementel analiz sonuçları (%)		
VP	Benzen	Toluen içindeki 2 M AIBN	Karbon	Hidrojen	Azot
44,42	53,21	2,38	51,64	8,56	12,4

PVTAZ polimerine ait elementel analiz sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. PVTAZ'ın elementel analiz sonuçları

Reaksiyon öncesi karışımdaki bileşenlerin oranı (%mol)			Elementel analiz sonuçları (%)		
VTAZ	Benzen	Toluen içindeki 2 M AIBN	Karbon	Hidrojen	Azot
8,95	87,16	3,89	47,59	5,23	41,93

Sentezlenen polimerlerden PVPA polimerinde azot grubu olmadığı için elementel analiz cihazı ile karakterizasyonu yapılmamıştır.

4.2. Polimerlerin kumaşların boncuklanması ve hidrofilitesi üzerine etkisi

Uygulanan anti-boncuklanma kimyasalları, çözelti konsantrasyonları ve uygulanan kumaşların hepsinin yer aldığı tüm aplikasyonlar Çizelge 3.1’de özetlenmiştir. Bu bölümde, applike edilen kumaşların teste tabi tutulması sonucu elde edilen boncuklanma ve hidrofilite değerlerine ait sonuçlar verilmiştir. Kumaşlara uygulanan çözelti konsantrasyonları belirlenirken ilk uygulama miktarı sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerlerinin ne derece etkilendiği baz alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, polimer çözeltisinin konsantrasyonu artırılmış ya da azaltılmıştır. Örneğin; 10 g/l çözelti konsantrasyonunda iyi sonuçlar alınamadığı durumda, konsantrasyon artırılarak 20 g/l’ye çıkarılmıştır. Ancak, 10 g/l uygulamasında alınan sonuçlar yeterli ve uygulanan polimerin maliyeti yüksek ise uygulama miktarı azaltılarak 5 g/l’ye düşürülmüştür. Tüm sonuçlar kumaşların işlemsiz halleri ile karşılaştırılarak verilmiştir.

4.2.1. İşlemsiz kumaşların boncuklanma ve hidrofilite değerleri

Öncelikle, çalışılan kumaşların işlemsiz hallerinin boncuklanma ve hidrofilite değerleri ölçülmüştür. Sonuçlar aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 4.5. İşlemsiz kumaşların boncuklanma değerleri

No	Kumaş tanımı	Lif bileşenleri	İşlemsiz
K-1	Açık pembe dokuma	%77 CV/%23 PES	2
K-2	Pembe dokuma	%78 CV/%22 PES	2-3
K-3	Turuncu örme	%100 CO	2-3
K-4	Yeşil ekoseli dokuma	%66 PES/%32 CV/%2 EL	3
K-5	Siyah dokuma	%64 PES/%32 CV/%4 EL	2-3

Çizelgeden de görüleceği üzere çalışılan 5 adet kumaşın işlemsiz halleri boncuklanma testine tabi tutulup boncuklanmaları değerlendirildiğinde 2-3 arasında değerler elde edilmiştir. Bu sonuçlar, kumaşlarda yoğun boncuklanma görüldüğünü ve iyileştirilmenin gerekli olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.6. İşlemsiz kumaşların hidrofilite değerleri

No	Kumaş çeşidi	Lif bileşimi	İşlemsiz
K-1	Açık pembe dokuma	%77 CV / %23 PES	1 sn.
K-2	Pembe dokuma	%78 CV / %22 PES	1 sn.
K-3	Turuncu örme	%100 CO	1 sn.
K-4	Yeşil ekose dokuma	%66 PES / %32 CV / %2 EL	2-6 dk., ort. 4 dk.
K-5	Siyah dokuma	%64 PES / %32 CV / %4 EL	40-90 sn., ort. 65 sn.

K1, K2 ve K3 kumaşları son derecede hidrofil olup suyu anında absorbe etmektedir ve hidrofilite değerleri 1 saniye olarak kaydedilmiştir. K4 kumaşı, suyu minimum 2 dakika, maksimum 6 dakika içinde absorbe etmektedir. Yaklaşık 20 kez tekrarlanan hidrofilite testleri sonucu çıkan değerlerin ortalaması alındığında, ortalama değer 4 dakika olarak bulunmuştur ve sonraki çizelgelerde bu kumaş için hidrofilite değeri 4 dk. olarak yazılmıştır. K5 kumaşı ise, suyu minimum 40 saniye, maksimum 90 saniye içinde absorbe etmektedir. Kumaşa yaklaşık 20 kez hidrofilite testi uygulanarak elde edilen sonuçların ortalaması alındığında, ortalama hidrofilite değeri 65 saniye olarak hesaplanmıştır ve sonraki çizelgelerde bu ortalama değer yazılmıştır.

4.2.2. PVIM uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma ve hidrofilite değerleri

Poli(N-vinilimidazol) (PVIM) sırasıyla 10, 20, 30, 40, 50 g/l çözelti konsantrasyonlarında hazırlanarak kumaşlara aplike edilmiştir. 5 çeşit kumaşa ve her kumaşa 5 farklı PVIM konsantrasyonunda toplam 25 adet fular aplikasyonu yapılarak PVIM'ın tüm kumaşlardaki etkinliği araştırılmış ve en uygun konsantrasyon miktarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Kumaşların boncuklanma ve hidrofilite değerleri, işlemsiz kumaşların değerleri ile karşılaştırılarak aşağıdaki çizelgelerde sunulmuştur.

PVIM (10)

PVIM polimerinin kumaşların boncuklanma eğiliminindeki etkisini anlamak için 10 g/l çözelti konsantrasyonu hazırlanarak fular uygulaması yapıldığında elde edilen sonuçlar aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 4.7. 10 g/l PVIM uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri

No	İşlemsiz	PVIM (10)
K-1	2	3-3,5
K-2	2-3	3
K-3	2-3	4
K-4	3	3-4
K-5	2-3	3-3,5

Çizelge 4.8. 10 g/l PVIM uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri

No	İşlemsiz	PVIM (10)
K-1	1 sn.	1 sn.
K-2	1 sn.	1 sn.
K-3	1 sn.	1 sn.
K-4	4 dk.	2 dk.
K-5	65 sn.	45 sn.

PVIM (20)

10 g/l PVIM uygulaması sonucu kumaşların boncuklanma değerlerindeki sonuçlar umut verici olurken yetersizdir ve polimerin uygulama miktarının artırılması gerektiğini göstermiştir. 20 g/l PVIM ile aplike edilen kumaşların boncuklanma ve hidrofilite değerleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 4.9. 20 g/l PVIM uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri

No	İşlemsiz	PVIM (20)
K-1	2	3-3,5
K-2	2-3	3-3,5
K-3	2-3	4
K-4	3	3-4
K-5	2-3	3-3,5

Çizelge 4.10. 20 g/l PVIM uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri

No	İşlemsiz	PVIM (20)
K-1	1 sn.	1 sn.
K-2	1 sn.	1 sn.
K-3	1 sn.	1 sn.
K-4	4 dk.	1,5 dk.
K-5	65 sn.	40 sn.

Elde edilen sonuçlar 10 g/l PVIM uygulamasına göre daha iyidir. Bu durum uygulanan polimer konsantrasyonun artmasına paralel olarak kumaşların boncuklanma değerlerinin arttığını ve istenildiği gibi hidrofilitesinin de artarak daha kısa sürede suyu absorbe ettiğini göstermektedir. Bu sebeple, PVIM konsantrasyonu 30 g/l'ye çıkarılarak kumaşlara aplike edilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki bölümde sunulmuştur.

PVIM (30)

30 g/l PVIM ile aplike edilen kumaşların boncuklanma ve hidrofilite değerleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 4.11. 30 g/l PVIM uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri

No	İşlemsiz	PVIM (30)
K-1	2	3,5-4
K-2	2-3	3-3,5
K-3	2-3	4-4,5
K-4	3	4-5
K-5	2-3	3,5-4

Çizelge 4.12. 30 g/l PVIM uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri

No	İşlemsiz	PVIM (30)
K-1	1 sn.	1 sn.
K-2	1 sn.	1 sn.
K-3	1 sn.	1 sn.
K-4	4 dk.	1 dk.
K-5	65 sn.	35 sn.

30 g/l PVIM uygulaması sonucu elde edilen değerler 20 g/l PVIM uygulamasına göre daha iyidir. Ancak kumaşların boncuklanma değerlerini 4'ün üzerinde elde etmek hedeflendiğinden PVIM konsantrasyonu 40 g/l'ye çıkarılarak kumaşlara aplike edilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki bölümde sunulmuştur.

PVIM (40)

40 g/l PVIM ile applike edilen kumaşların boncuklanma ve hidrofilite değerleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 4.13. 40 g/l PVIM uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri

No	İşlemsiz	PVIM (40)
K-1	2	4
K-2	2-3	3-4
K-3	2-3	5
K-4	3	4-5
K-5	2-3	4

Çizelge 4.14. 40 g/l PVIM uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri

No	İşlemsiz	PVIM (40)
K-1	1 sn.	1 sn.
K-2	1 sn.	1 sn.
K-3	1 sn.	1 sn.
K-4	4 dk.	45 sn.
K-5	65 sn.	25 sn.

40 g/l PVIM uygulaması sonucu kumaşların boncuklanma değerleri hedeflendiği gibi 4'ün üzerinde elde edilmiştir. Sadece K-2 nolu kumaş için 3-4 boncuklanma değerine sahip olduğu görülmüştür. Bu kumaş için de değer daha fazla iyileştirilebilir mi diye araştırmak adına PVIM konsantrasyonu 50 g/l'ye çıkarılarak kumaşlara applike edilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki bölümde sunulmuştur.

PVIM (50)

50 g/l PVIM ile applike edilen kumaşların boncuklanma ve hidrofilite değerleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 4.15. 50 g/l PVIM uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri

No	İşlemsiz	PVIM (50)
K-1	2	4-5
K-2	2-3	4-5
K-3	2-3	5
K-4	3	4,5-5
K-5	2-3	4-5

Çizelge 4.16. 50 g/l PVIM uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri

No	İşlemsiz	PVIM (50)
K-1	1 sn.	1 sn.
K-2	1 sn.	1 sn.
K-3	1 sn.	1 sn.
K-4	4 dk.	8 sn.
K-5	65 sn.	12 sn.

50 g/l PVIM uygulanan kumaşların boncuklanma değerleri 4-5 arasındadır. Sonuçlar oldukça iyi olup PVIM'in boncuklanma değerlerini iyileştirdiğini göstermektedir. Bu iyileşmenin sebebi, PVIM'in yapısındaki azot atomlarından dolayıdır. Fular aplikasyonu esnasında, ramda yüksek sıcaklıkta (130°C) tutulan kumaş ile polimer arasında kuvvetli kimyasal bağlar oluşur ve bu durum boncuklanma azaltıcı etkiye yol açmaktadır. Ayrıca, PVIM kumaşların hidrofilitelerini de arttırmıştır. Uygulanan PVIM konsantrasyonu arttıkça, boncuklanma ve hidrofilite değerlerinde iyileşme görülmüştür. 40 g/l PVIM uygulaması sonucu K-2 kumaşı hariç diğer kumaşlarda boncuklanma değerleri 4 ve üzeri olduğundan ve hidrofilite değerleri de epey azaldığından fiyat performans açısından değerlendirildiğinde optimum değer 40 g/l olarak belirlenmiştir.

4.2.3. PVCL uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma ve hidrofilite değerleri

PVCL için ilk uygulama miktarını seçerken yapısının oldukça benzediği PVIM polimerinin uygulama sonuçları baz alınarak PVIM için optimum uygulama miktarı olan 40 g/l ile çalışmalar başlatılmıştır. 40 g/l PVCL ile applike edilen kumaşların boncuklanma ve hidrofilite değerleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

PVCL (40)

Çizelge 4.17. 40 g/l PVCL uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri

No	İşlemsiz	PVCL (40)
K-1	2	3
K-2	2-3	3-4
K-3	2-3	3,5
K-4	3	4,5-5 ⁺
K-5	2-3	4,5-5

Çizelge 4.18. 40 g/l PVCL uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri

No	İşlemsiz	PVCL (40)
K-1	1 sn.	1 sn.
K-2	1 sn.	1 sn.
K-3	1 sn.	1 sn.
K-4	4 dk.	6 sn.
K-5	65 sn.	1 sn.

Çizelgedeki verilere göre, özellikle K-4 ve K-5 için ölçülen 4,5-5 değerleri fazlasıyla iyi olup diğer kumaşlarda da görülen en az 1 birim iyileşme, PVCL'nin kumaşların boncuklanma eğilimini azalttığını ve anti-boncuklanma kimyasalı olarak kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Hidrofilite, K-4 hariç diğer kumaşlarda 1 sn. olarak ölçülmüştür. K-4'ün işlemsiz halinin hidrofilitesinin 4 dakika iken 6 sn.'ye düşmesi ise PVCL polimerinin hidrofiliteyi önemli ölçüde arttırdığını ispatlamıştır.

PVCL (50)

40 g/l PVCL uygulaması ile boncuklanma ve hidrofilite değerlerinde oldukça iyi sonuçlar elde edilse de, K-1, K-2 ve K-3 için 4'ün üzerinde boncuklanma değeri sağlanabilir mi sorusuna yönelik 50 g/l PVCL uygulaması yapılmıştır. Daha düşük uygulama miktarı ile çalışılmamasının sebebi, 40 g/l uygulanmasında ilk 3 kumaş için boncuklanma değerlerinin yaklaşık 1 birim iyileşmesi ve hedef iyileşme değerinin minimum 1 birim olmasından dolayıdır. Aşağıdaki çizelgelerde 50 g/l PVCL uygulaması sonucu kumaşların boncuklanma ve hidrofilite değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.19. 50 g/l PVCL uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri

No	İşlemsiz	PVCL (50)
K-1	2	3-3,5
K-2	2-3	3,5-4
K-3	2-3	3,5
K-4	3	4,5-5 ⁺
K-5	2-3	4,5-5 ⁺

Çizelge 4.20. 50 g/l PVCL uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri

No	İşlemsiz	PVCL (50)
K-1	1 sn.	1 sn.
K-2	1 sn.	1 sn.
K-3	1 sn.	1 sn.
K-4	4 dk.	6 sn.
K-5	65 sn.	1 sn.

Uygulama miktarı arttırıldığında K-1 ve K-2 için sadece 0,5 birim boncuklanma artışı sağlanmıştır. Hidrofilite değerleri, tüm kumaşlarda aynı kalmıştır. Veriler, fiyat artışına değecek sonuçların elde edilemediğini göstermektedir. Özetle, PVCL'nin optimum çözelti konsantrasyonunun 40 g/l olduğu ve yapısındaki azot atomları sayesinde iyi bir anti-boncuklanma kimyasalı olup hidrofiliteyi de arttırdığı sonucuna varılmıştır.

4.2.4. PVPA uygulanmış kumaşların boncuklanma ve hidrofilite sonuçları

PVPA polimerinin yapısı, PVIM ve PVCL polimerlerinin yapılarından oldukça farklıdır. Kumaş ile polimer arasındaki bağlar, azot atomu üzerinden değil fosfor atomu üzerinden gerçekleşir. Bu sebeple, maliyet avantajı da göz önünde bulundurularak kumaşlara öncelikle 10 g/l PVPA polimeri uygulanmıştır.

PVPA (10)

10 g/l PVPA uygulama sonucu kumaşların boncuklanma ve hidrofilite değerleri işlemsiz kumaşların verileri ile karşılaştırılarak aşağıdaki çizelgelerde sunulmuştur.

Çizelge 4.21. 10 g/l PVPA uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri

No	İşlemsiz	PVPA (10)
K-1	2	3
K-2	2-3	3-4
K-3	2-3	3-3,5
K-4	3	3-3,5
K-5	2-3	3

Çizelge 4.22. 10 g/l PVPA uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri

No	İşlemsiz	PVPA (10)
K-1	1 sn.	1 sn.
K-2	1 sn.	1 sn.
K-3	1 sn.	1 sn.
K-4	4 dk.	15 sn.
K-5	65 sn.	16 sn.

Görülebileceği gibi, düşük bir aplikasyon miktarı olan 10 g/l'de bile PVPA işe yarayarak değerleri iyileştirmiştir. Hedef, boncuklanma değerlerini 4'ün üzerine çıkarmak olduğundan PVPA konsantrasyonu artırılarak çalışmalara devam edilmiştir.

PVPA (20)

20 g/l PVPA ile aplike edilen kumaşların boncuklanma ve hidrofilite değerleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 4.23. 20 g/l PVPA uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri

No	İşlemsiz	PVPA (20)
K-1	2	3,5
K-2	2-3	3-4
K-3	2-3	3,5
K-4	3	4
K-5	2-3	3

Çizelge 4.24. 20 g/l PVPA uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri

No	İşlemsiz	PVPA (20)
K-1	1 sn.	1 sn.
K-2	1 sn.	1 sn.
K-3	1 sn.	1 sn.
K-4	4 dk.	13 sn.
K-5	65 sn.	6 sn.

20 g/l PVPA uygulamasında 10 g/l uygulamasına göre elde edilen sonuçlar daha iyidir. Bu da çözelti konsantrasyonu arttıkça PVPA'nın kumaşlar üzerindeki etkisinin arttığını göstermektedir. Bunun üzerine PVPA konsantrasyonu artırılarak 30, 40 g/l PVPA uygulamaları yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda paylaşılmıştır.

PVPA (30)

30 g/l PVPA ile aplike edilen kumaşların boncuklanma ve hidrofilite değerleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 4.25. 30 g/l PVPA uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri

No	İşlemsiz	PVPA (30)
K-1	2	3-4
K-2	2-3	4
K-3	2-3	3,5
K-4	3	3,5-4
K-5	2-3	3

Çizelge 4.26. 30 g/l PVPA uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri

No	İşlemsiz	PVPA (30)
K-1	1 sn.	1 sn.
K-2	1 sn.	1 sn.
K-3	1 sn.	1 sn.
K-4	4 dk.	9 sn.
K-5	65 sn.	4 sn.

Polimerin 30 g/l uygulanması sonucu elde edilen veriler hem boncuklanma hem de hidrofilite değerlerinin işlemsiz kumaşların değerleri ile karşılaştırıldığında oldukça iyi olduğunu ortaya koymaktadır. Kumaşların boncuklanma değerlerindeki iyileşme 1,5 ya da 2 birim artış şeklindedir. İşlemsiz boncuklanma değeri 2 ya da 2-3 olan bir kumaşı 3,5-4 boncuklanma değerlerine çıkarmak oldukça yeterli bir kazanımdır. Genellikle bu alanda kullanılan ürünlerin kumaşların hidrofilitesini geriye götürdüğü düşünülecek olursa PVPA polimerinin hidrofiliteyi daha da arttırması ise ürünün diğer bir avantajı olmuştur.

PVPA (40)

40 g/l PVPA ile aplike edilen kumaşların boncuklanma ve hidrofilite değerleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 4.27. 40 g/l PVPA uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri

No	İşlemsiz	PVPA (40)
K-1	2	3-4
K-2	2-3	4
K-3	2-3	3,5
K-4	3	3,5-4
K-5	2-3	3-3,5

Çizelge 4.28. 40 g/l PVPA uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri

No	İşlemsiz	PVPA (40)
K-1	1 sn.	1 sn.
K-2	1 sn.	1 sn.
K-3	1 sn.	1 sn.
K-4	4 dk.	8 sn.
K-5	65 sn.	2 sn.

Sonuçlar değerlendirildiğinde 30 g/l uygulamasına yakın veriler elde edildiği görülmektedir. Bu da PVPA konsantrasyonu arttıkça boncuklanma ve hidrofilite değerlerinin arttığını, ancak belli bir konsantrasyondan sonra fiyat-performans açısından düşünüldüğünde konsantrasyon artışının daha fazla yapılmaması gerektiğini göstermektedir. Her ne kadar 40 g/l uygulamasında özellikle hidrofilite değerlerinde daha da iyileşme görülse de bu aslında maliyet artışı düşünüldüğünde çok da fiyat artışına değecek bir artış değildir. Zaten 30 g/l PVPA uygulandığında elde edilen hidrofilite değerleri olumlu ve yeterlidir. Bu sebeple PVPA polimeri için optimum uygulama miktarının 30 g/l olduğu sonucuna varılmıştır.

Özetle, PVPA'nın kumaşların boncuklanma değerlerini iyileştirdiği çizelgelerdeki sonuçlardan açıkça görülmektedir. Bu çalışmada amaç, işlem görmemiş kumaşların boncuklanma değerlerini en az 1 derece iyileştirmektir. PVPA polimerinin, incelenen 5 farklı kumaşın tümünde bu gelişmeyi etkili bir şekilde sağladığı görülmektedir. Tüm kumaşlar için 30 g/l PVPA uygulaması yeterli olmaktadır. Hem hidrofilite hem de boncuklanma değerleri açısından PVPA polimeri ile istenilen sonuçlar elde edilmiştir.

PVPA'nın boncuklanma değerlerini iyileştirme sebebi, polimer yapısında bulunan vinil fosfonik asit molekülündeki fosfor atomu sayesinde. PVPA kumaşlara fular yöntemi ile applike edilirken kumaşlar ramda yüksek sıcaklıkta (130°C) tutulmaktadır. Bu esnada, kumaş ile polimer arasında kuvvetli kimyasal bağlar oluşmaktadır. Bu bağlanmalarda en önemli katkı, fosfor grupları neticesinde gerçekleşmektedir.

4.2.5. PVP uygulanmış kumaşların boncuklanma ve hidrofilite değerleri

PVP polimerinin kumaş üzerine uygulamalarında, öncelikle maliyet avantajı da düşünülerek kumaşlara 10 g/l PVP polimeri uygulanmıştır. Uygulama sonucu elde edilen boncuklanma ve hidrofilite değerleri aşağıdaki çizelgelerdeki gibi olup işlemsiz kumaşların verileri ile karşılaştırılmıştır.

PVP (10)

10 g/l PVP uygulama sonucu kumaşların boncuklanma ve hidrofilite değerleri işlemsiz kumaşların verileri ile karşılaştırılarak aşağıdaki çizelgelerde sunulmuştur.

Çizelge 4.29. 10 g/l PVP uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri

No	İşlemsiz	PVP (10)
K-1	2	2-3
K-2	2-3	3
K-3	2-3	3
K-4	3	4
K-5	2-3	3-4

Çizelge 4.30. 10 g/l PVP uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri

No	İşlemsiz	PVP (10)
K-1	1 sn.	1 sn.
K-2	1 sn.	1 sn.
K-3	1 sn.	1 sn.
K-4	4 dk.	40 sn.
K-5	65 sn.	15 sn.

Çizelgelerden de görüleceği gibi oldukça düşük bir aplikasyon miktarı olan 10 g/l uygulamasında PVP polimeri tüm kumaşlarda hem boncuklanma hem de hidrofilite değerlerini iyileştirdiği görülmektedir.

PVP (20)

20 g/l PVP ile aplike edilen kumaşların boncuklanma ve hidrofilite değerleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 4.31. 20 g/l PVP uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri

No	İşlemsiz	PVP (20)
K-1	2	3
K-2	2-3	3,5
K-3	2-3	3
K-4	3	4-4,5
K-5	2-3	4

Çizelge 4.32. 20 g/l PVP uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri

No	İşlemsiz	PVP (20)
K-1	1 sn.	1 sn.
K-2	1 sn.	1 sn.
K-3	1 sn.	1 sn.
K-4	4 dk.	32 sn.
K-5	65 sn.	12 sn.

20 g/l PVP uygulamasında 10 g/l uygulamasına göre elde edilen sonuçlar daha iyidir. Bu da çözelti konsantrasyonu arttıkça PVP'nin etkisinin arttığını göstermektedir. Konsantrasyon artışı sonucu sağlanan başarının artması üzerine 30 g/l PVP uygulaması yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda paylaşılmıştır.

PVP (30)

30 g/l PVP ile aplike edilen kumaşların boncuklanma ve hidrofilite değerleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 4.33. 30 g/l PVP uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri

No	İşlemsiz	PVP (30)
K-1	2	3
K-2	2-3	3,5
K-3	2-3	3-4
K-4	3	4,5-5
K-5	2-3	4-5

Çizelge 4.34. 30 g/l PVP uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri

No	İşlemsiz	PVP (30)
K-1	1 sn.	1 sn.
K-2	1 sn.	1 sn.
K-3	1 sn.	1 sn.
K-4	4 dk.	22 sn.
K-5	65 sn.	10 sn.

PVP'nin 30 g/l uygulanması sonucu elde edilen boncuklanma ve hidrofilite değerleri işlemsiz kumaşların değerleri ile kıyaslandığında oldukça iyidir. Kumaşların boncuklanma değerlerindeki iyileşme 1 ya da 2 birim artış şeklindedir. İşlemsiz boncuklanma değeri 2 ya da 2-3 olan bir kumaşı 3,5-4 boncuklanma değerlerine çıkarmak oldukça yeterli bir kazanımdır. Yine de, K-1 ve K-2 kodlu kumaşların değeri daha da iyileştirilebilir mi sorusuna yönelik 40 g/l PVP uygulaması yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda paylaşılmıştır.

PVP (40)

40 g/l PVP ile aplike edilen kumaşların boncuklanma ve hidrofilite değerleri aşağıdaki çizelgelerde sunulmuştur.

Çizelge 4.35. 40 g/l PVP uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri

No	İşlemsiz	PVP (40)
K-1	2	3
K-2	2-3	3,5
K-3	2-3	3-4
K-4	3	4,5-5 ⁺
K-5	2-3	4,5-5 ⁺

Çizelge 4.36. 40 g/l PVP uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri

No	İşlemsiz	PVP (40)
K-1	1 sn.	1 sn.
K-2	1 sn.	1 sn.
K-3	1 sn.	1 sn.
K-4	4 dk.	18 sn.
K-5	65 sn.	9 sn.

Sonuçlar değerlendirildiğinde 30 g/l uygulamasına yakın veriler elde edildiği görülmektedir. Bu da PVP konsantrasyonu arttıkça boncuklanma ve hidrofilite değerlerinin arttığını, ancak belli bir konsantrasyondan sonra iyileşmenin fiyat-performans açısından da düşünüldüğünde daha fazla yapılmaması gerektiğini göstermektedir. Bu sebeple, PVP konsantrasyonunun daha da artırılarak çalışılmasına gerek olmadığı, hatta 30 g/l uygulanmasının PVP için optimum çözelti konsantrasyonu olduğu söylenebilir. Her ne kadar 40 g/l uygulamasında özellikle hidrofilite verilerinde daha da iyileşme görülse de bu aslında maliyet artışı düşünüldüğünde çok da fiyat artışına değecek bir artış değildir. Zaten 30 g/l PVPA uygulandığında elde edilen hidrofilite değerleri olumlu ve yeterlidir.

Özetle, PVP'nin kumaşların boncuklanma değerlerini iyileştirdiği çizelgelerdeki verilerden açıkça görülmektedir. Bu çalışmada amaç, işlem görmemiş kumaşların boncuklanma değerlerini en az 1 derece iyileştirmektir. PVP polimerinin, incelenen 5 farklı kumaşın tümünde bu gelişmeyi etkili bir şekilde sağladığı görülmektedir.

Tüm kumaşlar için 30 g/l PVP uygulaması yeterli olmaktadır. Hem hidrofilite hem de boncuklanma değerleri açısından PVP polimeri ile istenilen sonuçlar elde edilmiştir. PVP'nin boncuklanma değerlerini iyileştirme sebebi, polimer yapısında bulunan azot atomu sayesinde. PVP kumaşlara fular yöntemi ile applike edilirken kumaşlar ramda yüksek sıcaklıkta (130°C) tutulmaktadır. Bu esnada, kumaş ile polimer arasında PVP polimerinin yapısındaki azot atomları sayesinde, kuvvetli kimyasal bağlar oluşmaktadır, bu da kumaşlar üzerinde boncuklanma azaltıcı etki sağlamaktadır.

4.2.6. PVTAZ uygulanmış kumaşların boncuklanma ve hidrofilite değerleri

VTAZ monomeri oldukça pahalı olduğundan bu monomerden sentezlenen PVTAZ polimerinin maliyeti de yüksektir. Anti-boncuklanma kimyasalı olarak kullanılabilmesi için fiyatı da düşünülerek doğru konsantrasyon belirlenmelidir. Bu sebeple, diğer polimerlerden daha düşük konsantrasyonlarda; 5 ve 10 g/l'den uygulamalar yapılmıştır.

PVTAZ (5)

Öncelikle 5 g/l PVTAZ polimerinin uygulandığı kumaşların boncuklanma ve hidrofilite değerleri aşağıdaki çizelgelerde paylaşılmıştır.

Çizelge 4.37. 5 g/l PVTAZ uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri

No	İşlemsiz	PVTAZ (5 g/l)
K-1	2	3
K-2	2-3	3-4
K-3	2-3	3
K-4	3	3,5
K-5	2-3	3-4

Çizelge 4.38. 5 g/l PVTAZ uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri

No	İşlemsiz	PVTAZ (5 g/l)
K-1	1 sn.	1 sn.
K-2	1 sn.	1 sn.
K-3	1 sn.	1 sn.
K-4	4 dk.	2,5 dk.
K-5	65 sn.	36 sn.

Düşük bir konsantrasyon miktarı olan 5 g/l PVTAZ uygulamasında bile kumaşların boncuklanma derecesinde 0,5-1 birim iyileşme sağlanmıştır. Benzer şekilde kumaşların hidrofilite değerlerinde de artış görülmüştür.

Ölçülen boncuklanma değerleri 4'ün üzeri olmadığından ve polimerin konsantrasyon miktarının artışına bağlı olarak elde edilecek değerler araştırılmak istendiğinden 10 g/l PVTAZ çözeltisi de kumaşlara uygulanmıştır. Aplike edilen kumaşlara ait sonuçlar aşağıdaki çizelgelerdeki gibidir. Görüleceği üzere, değerlerde ciddi bir artış olmamıştır. Polimerin maliyeti düşünüldüğünde bu artış için konsantrasyonun arttırılması gereksizdir.

PVTAZ (10)

10 g/l PVTAZ uygulama sonucu kumaşların boncuklanma ve hidrofilite değerleri işlemsiz kumaşların verileri ile karşılaştırılarak aşağıdaki çizelgelerde sunulmuştur.

Çizelge 4.39. 10 g/l PVTAZ uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri

No	İşlemsiz	PVTAZ (10)
K-1	2	3-4
K-2	2-3	3-4
K-3	2-3	3
K-4	3	3,5
K-5	2-3	3-4

Çizelge 4.40. 10 g/l PVTAZ uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri

No	İşlemsiz	PVTAZ (10)
K-1	1 sn.	1 sn.
K-2	1 sn.	1 sn.
K-3	1 sn.	1 sn.
K-4	4 dk.	40 sn.
K-5	65 sn.	9 sn.

PVTAZ polimeri, PVIM, PVCL, PVP polimerlerinde olduğu gibi yapısındaki azot atomları sayesinde, boncuklanma azaltıcı etki göstermektedir.

4.2.7. PEG 400 ve LA uygulanmış kumaşların boncuklanma ve hidrofilite değerleri

PEG 400 ve laktik asit (LA) farklı konsantrasyonlarda kumaşlar üzerine uygulanmıştır. Öncelikle, fular çözeltisi olarak 40 g/l PEG 400 ve 15 g/l LA'nın kumaşlara uygulanması sonucu elde edilen boncuklanma ve hidrofilite değerleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

PEG 400 (40)+LA (15)

Çizelge 4.41. 40 g/l PEG 400 ve 15 g/l LA uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri

No	İşlemsiz	PEG 400 (40)+LA (15)
K-1	2	2
K-2	2-3	2-3
K-3	2-3	2-3

Çizelge 4.42. 40 g/l PEG 400 ve 15 g/l LA uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri

No	İşlemsiz	PEG 400 (40)+LA (15)
K-1	1 sn.	1 sn.
K-2	1 sn.	1 sn.
K-3	1 sn.	1 sn.

Özetle, K-1, K-2 ve K-3 kumaşlarının boncuklanma değerlerinde hiçbir iyileştirme sağlanamamıştır. Bunun üzerine K-4 ve K-5 kumaşlarının aplikasyonu yapılmamıştır. Kimyasalların konsantrasyonunun arttırılmasına karar verilmiştir.

PEG 400 (80)+LA (25)

Kumaşların hidrofilitesine negatif etkisi olmayan tuşelerini de iyileştiren bu ürünün, anti-boncuklanma kimyasalı olarak kullanılıp kullanılamayacağını anlayabilmek için PEG 400 miktarı 2 katına çıkarılarak 80 g/l olarak uygulanmıştır. LA ise 25 g/l olarak uygulanmıştır. Elde edilen değerler aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 4.43. 80 g/l PEG 400 ve 25 g/l LA uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri

No	İşlemsiz	PEG 400 (80)+LA (25)
K-1	2	2
K-2	2-3	2-3
K-3	2-3	2-3

Çizelge 4.44. 80 g/l PEG 400 ve 25 g/l LA uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri

No	İşlemsiz	PEG 400 (80)+LA (25)
K-1	1 sn.	1 sn.
K-2	1 sn.	1 sn.
K-3	1 sn.	1 sn.

PEG 400'ün konsantrasyonunun artışına bağlı olarak K-1, K-2 ve K-3 kumaşlarının tuşeleri daha hoş tutumlu olarak elde edilse de kumaşların boncuklanma değerleri aynı kalmıştır. Bu sebeple, K-4 ve K-5 kumaşlarının aplikasyonu yapılmamıştır.

PEG 400 (80)+LA (1)

Laktik asitin kumaşların boncuklanma eğilimine negatif etkisi olup olmadığını anlamak için LA uygulama miktarı 1 g/l'ye düşürülerek PEG 400 konsantrasyonu aynı tutulmuştur. 80 g/l PEG 400 ve 1 g/l LA'nın K-1, K-2 ve K-3 kumaşlarına uygulanması sonucu, kumaşların boncuklanma değerlerinde iyileşme sağlanamamıştır ve bu son uygulama ile ürünün anti-boncuklanma kimyasalı olarak kullanılamayacağı anlaşılmıştır. Bu sebeple, K-4 ve K-5 kumaşlarına uygulama yapılmaya gerek duyulmamıştır. Elde edilen değerler aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 4.45. 80 g/l PEG 400 ve 1 g/l LA uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri

No	İşlemsiz	PEG 400 (80)+LA (1)
K-1	2	2
K-2	2-3	2-3
K-3	2-3	2-3

Çizelge 4.46. 80 g/l PEG 400 ve 1 g/l LA uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri

No	İşlemsiz	PEG 400 (80)+LA (1)
K-1	1 sn.	1 sn.
K-2	1 sn.	1 sn.
K-3	1 sn.	1 sn.

4.2.8. VIM ve EGDMA uygulanmış kumaşların boncuklanma ve hidrofilite değerleri

[VIM (80)+EGDMA (160)]-1

80 g/l VIM ve 160 g/l EGDMA olacak şekilde fular çözeltisi hazırlanarak kumaşlara uygulanmıştır. Bu değerler belirlenirken, deneysel bölümde bahsedilen (3.2.10) VIM-EGDMA kopolimeri sentezinde kullanılan kimyasalların miktarlarından yola çıkılmıştır. Sentezlenen kopolimer, suda çözünmediği için fular çözeltisi hazırlanamamış, bu yüzden kumaşlara aplikasyonları yapılamamıştır. VIM ve EGDMA kimyasalları polimerleşme reaksiyonuna tabi tutulmadan, organik faz olarak toluen kullanarak çözünmüştür. 80 g/l VIM ve 160 g/l EGDMA olacak şekilde hazırlanan çözelti ile kumaşlara aplikasyonlar yapılmıştır. Kimyasalların kumaşa bu şekilde uygulandığı yöntemde, kumaşlar ram cihazında yüksek sıcaklıklarda kurutulurken, kimyasallar kumaş üzerine bağlanarak film oluşturup boncuklanma değerlerini iyileştirebilir. Ancak, fular makinasından geçirilen kumaşların kurutması ram makinasında yüksek sıcaklıklarda değil, zorunlu olarak oda koşullarında gerçekleştirilmiştir. Çünkü toluen çözücüsü kumaşların üzerinde olduğundan ram cihazında 130°C’de kuruturken toluen kumaşın alev almasına yol açabilir. Oda koşullarında kurutulan kumaşların boncuklanma ve hidrofilite değerleri aşağıdaki çizelgelerdeki gibi olup boncuklanma değerleri iyiye gitmenin aksine toluen çözücüsünün varlığından dolayı geriye gitmiştir, hidrofilite değerlerinde ise iyileşme söz konusudur.

Çizelge 4.47. 80 g/l VIM ve 160 g/l EGDMA’nın organik fazda uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri

No	İşlemsiz	[VIM (80)+EGDMA (160)]-1
K-1	2	1-2
K-2	2-3	2
K-3	2-3	2
K-4	3	2,5
K-5	2-3	2

Çizelge 4.48. 80 g/l VIM ve 160 g/l EGDMA'nın organik fazda uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri

No	İşlemsiz	[VIM (80)+EGDMA (160)]-1
K-1	1 sn.	1 sn.
K-2	1 sn.	1 sn.
K-3	1 sn.	1 sn.
K-4	4 dk.	1 dk.
K-5	65 sn.	15 sn.

[VIM (80)+EGDMA (160)]-2

Toluen çözücü kullanarak hazırlanan üründe istenilen sonuçlar alınamadığından VIM ve EGDMA suda çözünerek ürün yapılmıştır. Bu ürünün çözeltisi hazırlanarak aplikasyonlar gerçekleştirilmiştir. Böylece kumaşlara zarar veren toluen olmadan su varlığında VIM ve EGDMA etkisi araştırılmıştır. Bu şekilde yapıldığında ram makinasında 130°C'de kurutma işlemi de yapılabilmiştir. Böylelikle kimyasal yüksek sıcaklıkta kumaş üzerine bağlanabilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki çizelgelerdeki gibidir. Ölçülen boncuklanma ve hidrofilite değerleri beklenildiği gibi olsa da su içerisinde yeterince homojen çözünmediğinden kumaş üzerinde lekelerin oluşmasına sebebiyet vermiştir. Özellikle K-3, K-4 ve K-5 kumaşlarında ciddi renk değişimleri görülmüştür ve anti-boncuklanma kimyasalı olarak VIM ve EGDMA'nın kullanılamayacağı anlaşılmıştır.

Çizelge 4.49. 80 g/l VIM ve 160 g/l EGDMA'nın sulu fazda uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri

No	İşlemsiz	[VIM (80)+EGDMA (160)]-2
K-1	2	4-4,5
K-2	2-3	4
K-3	2-3	Kumaş görünümleri kötü, beyaz lekeler oluştu. Açık pembe kumaş yavruağzına, pembe kumaş ise turuncu bir renge döndü.
K-4	3	
K-5	2-3	

Çizelge 4.50. 80 g/l VIM ve 160 g/l EGDMA'nın sulu fazda uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri

No	İşlemsiz	[VIM (80)+EGDMA (160)]-2
K-1	1 sn.	1 sn.
K-2	1 sn.	1 sn.
K-3	1 sn.	1 sn.
K-4	4 dk.	18 sn.
K-5	65 sn.	9 sn.

4.2.9. VP ve EGDMA uygulanmış kumaşların boncuklanma ve hidrofilite değerleri

[VP (80)+EGDMA (160)]-1

VIM ve EGDMA kimyasallarının uygulamasında olduğu gibi, VP ve EGDMA kimyasallarında da aynı yol izlenmiştir. Çünkü yapı olarak VIM ve VP monomerleri birbirlerine çok benzemektedir. İlk olarak toluen çözücüsü kullanarak kimyasallar çözünmüştür. Yüksek sıcaklıklarda değil oda koşullarında kurutulan kumaşlar için istenilen boncuklanma iyileşmesi sağlanamamıştır.

Çizelge 4.51. 80 g/l VP ve 160 g/l EGDMA'nın organik fazda uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri

No	İşlemsiz	[VP (80)+EGDMA (160)]-1
K-1	2	2
K-2	2-3	2
K-3	2-3	2-3
K-4	3	3
K-5	2-3	2-3

Çizelge 4.52. 80 g/l VP ve 160 g/l EGDMA'nın organik fazda uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri

No	İşlemsiz	[VP (80)+EGDMA (160)]-1
K-1	1 sn.	1 sn.
K-2	1 sn.	1 sn.
K-3	1 sn.	1 sn.
K-4	4 dk.	50 sn.
K-5	65 sn.	12 sn.

[VP (80)+EGDMA (160)]-2

VP ve EGDMA suda çözünerek karışım ürün yapılmıştır. Bu ürün suda seyreltilerek 80 g/l VP ve 160 g/l EGDMA olacak şekilde çözeltisi hazırlanmıştır. Fular uygulamasından hemen sonra çözeltide ayrışma gözlenmiştir. Çözeltinin stabil olmaması sebebiyle, K-3 kumaşına yapılan aplikasyon sonrası kumaşta ciddi renk değişimi meydana gelmiştir. Yine de K-3 kumaşının boncuklanma ve hidrofilite değerleri ölçülmüş ve aşağıdaki çizelgelerde sonuçları verilmiştir. Kumaşta yol açtığı renk değişimi ve suda çözeltisinin stabil olmaması nedeniyle anti-boncuklanma kimyasalı olarak kullanılamayacağı anlaşılan ürünün diğer kumaşlarda aplikasyonlarını uygulamaya gerek duyulmamıştır.

Çizelge 4.53. 80 g/l VP ve 160 g/l EGDMA'nın sulu fazda uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri

No	İşlemsiz	[VP (80)+EGDMA (160)]-2
K-3	2-3	4

Çizelge 4.54. 80 g/l VP ve 160 g/l EGDMA'nın sulu fazda uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri

No	İşlemsiz	[VP (80)+EGDMA (160)]-2
K-3	1 sn.	1 sn.

4.2.10. VP ve NIPAM uygulanmış kumaşların boncuklanma ve hidrofilite değerleri

[VP (80)+NIPAM (80)]-1

Kumaşlarda sağlanan boncuklanma değerlerindeki artış yetersizdir. 3 kumaş için hiçbir iyileşme olamamıştır. Diğer 2 kumaş için boncuklanma değerleri 0,5-1 boncuklanma derecesi iyileştirilmiştir. Bu değer, hem çok azdır hem de çözültide toluen kullanılması çok tercih edilmemektedir.

Çizelge 4.55. 80 g/l VP ve 80 g/l NIPAM'in organik fazda uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri

No	İşlemsiz	[VP (80)+NIPAM (80)]-1
K-1	2	2
K-2	2-3	2-3
K-3	2-3	2-3
K-4	3	4
K-5	2-3	3

Çizelge 4.56. 80 g/l VP ve 80 g/l NIPAM'in organik fazda uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri

No	İşlemsiz	[VP (80)+NIPAM (80)]-1
K-1	1 sn.	1 sn.
K-2	1 sn.	1 sn.
K-3	1 sn.	1 sn.
K-4	4 dk.	3 sn.
K-5	65 sn.	8 sn.

[VP (80)+NIPAM (80)]-2

Ürün suda homojen olarak çözünmüştür, ancak uygulama sonrası aplikasyon çözeltisi kumaşların rengini değiştirmiştir.

Çizelge 4.57. 80 g/l VP ve 80 g/l NIPAM’ın sulu fazda uygulaması sonucu kumaşlardaki boncuklanma değerleri

No	İşlemsiz	[VP (80)+NIPAM (80)]-2
K-1	2	2-3
K-2	2-3	3
K-3	2-3	3
K-4	3	3-4
K-5	2-3	2-3

Çizelge 4.58. 80 g/l VP ve 80 g/l NIPAM’ın sulu fazda uygulaması sonucu kumaşlardaki hidrofilite değerleri

No	İşlemsiz	[VP (80)+NIPAM (80)]-2
K-1	1 sn.	1 sn.
K-2	1 sn.	1 sn.
K-3	1 sn.	1 sn.
K-4	4 dk.	28 sn.
K-5	65 sn.	2 sn.

Çizelgelerden de görülebileceği gibi tüm kumaşlar için boncuklanma değerlerinde 0,5-1 puan iyileştirme sağlanabilmiştir ve hidrofilite değerleri iyileşmektedir. Kumaşların tuşesi ise çok iyidir. Kumaşların renginin değişmesi ve boncuklanma değerlerinde istenilen iyileşmenin elde edilememesi sebebi ile bu ürünün anti-boncuklanma kimyasalı olarak kullanılamayacağı açıktır.

4.3. Kumaşların yüzey görüntüleri

Boncuklanma değerlerinin tablolarda verilmesinin yanı sıra, işlemsiz kumaşlar ile polimerler ile uygulanan kumaşların boncuklanma testine tabi tutulmasının ardından yüzey görüntüleri de çekilerek boncukların azalması fotoğraflar ile de gösterilmiştir. Kumaş yüzeylerinin görüntüleri dijital yüzey mikroskobu (LEICA marka, DVM6 model) ile x44 büyütmede alınmıştır. Görüntüler karşılaştırıldığında, PVIM, PVCL, PVPA, PVP ve PVTAZ polimerlerinin uygulandığı kumaşlarda boncuklanmanın azaldığı açıkça görülmektedir. Bu durum, polimerler ile kumaş arasında bağ oluştuğunu kanıtlar niteliktedir. Ayrıca polimerler ile applike edilen kumaşlarda var olan boncukların eşit olarak dağılması ve kumaşların çeşitli bölgelerinden bakılan hidrofilite değerlerinin yakın olması polimerlerin kumaşlara homojen dağıldığını göstermektedir. Örnek olması açısından PVIM polimerine ait işlemsiz ve maksimum uygulama miktarı olan 50 g/l aplikasyonu sonucu kumaşların boncuklanma testine tabi tutulmasının ardından çekilen yüzey görüntüleri aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



A



B

Şekil 4.1. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVIM uygulanmış K-1 kumaşının yüzey görüntüsü
A) İşlemsiz **B)** 50 g/l PVIM uygulanmış



A



B

Şekil 4.2. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVIM uygulanmış
K-2 kumaşının yüzey görüntüsü
A) İşlemsiz **B)** 50 g/l PVIM uygulanmış



A



B

Şekil 4.3. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVIM uygulanmış
K-3 kumaşının yüzey görüntüsü
A) İşlemsiz **B)** 50 g/l PVIM uygulanmış



A



B

Şekil 4.4. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVIM uygulanmış
K-4 kumaşının yüzey görüntüsü
A) İşlemsiz **B)** 50 g/l PVIM uygulanmış



A



B

Şekil 4.5. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVIM uygulanmış
K-5 kumaşının yüzey görüntüsü
A) İşlemsiz **B)** 50 g/l PVIM uygulanmış



A



B

Şekil 4.6. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVCL uygulanmış
K-1 kumaşının yüzey görüntüsü
A) İşlemsiz **B)** 40 g/l PVCL uygulanmış

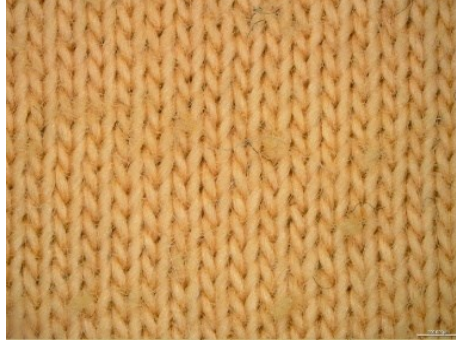


A

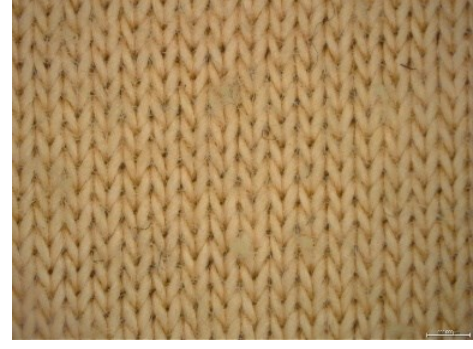


B

Şekil 4.7. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVCL uygulanmış
K-2 kumaşının yüzey görüntüsü
A) İşlemsiz **B)** 40 g/l PVCL uygulanmış



A



B

Şekil 4.8. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVCL uygulanmış
K-3 kumaşının yüzey görüntüsü
A) İşlemsiz **B)** 40 g/l PVCL uygulanmış



A

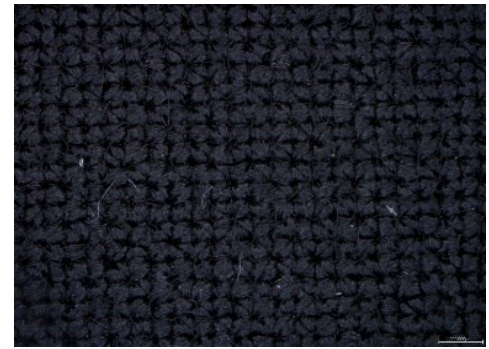


B

Şekil 4.9. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVCL uygulanmış
K-4 kumaşının yüzey görüntüsü
A) İşlemsiz **B)** 40 g/l PVCL uygulanmış



A



B

Şekil 4.10. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVCL uygulanmış
K-5 kumaşının yüzey görüntüsü
A) İşlemsiz **B)** 40 g/l PVCL uygulanmış



A



B

Şekil 4.11. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVPA uygulanmış K-1 kumaşının yüzey görüntüsü
A) İşlemsiz **B)** 40 g/l PVPA uygulanmış



A



B

Şekil 4.12. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVPA uygulanmış K-2 kumaşının yüzey görüntüsü
A) İşlemsiz **B)** 40 g/l PVPA uygulanmış



A



B

Şekil 4.13. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVPA uygulanmış K-3 kumaşının yüzey görüntüsü
A) İşlemsiz **B)** 40 g/l PVPA uygulanmış



A



B

Şekil 4.14. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVPA uygulanmış K-4 kumaşının yüzey görüntüsü
A) İşlemsiz **B)** 40 g/l PVPA uygulanmış



A



B

Şekil 4.15. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVPA uygulanmış K-5 kumaşının yüzey görüntüsü
A) İşlemsiz **B)** 40 g/l PVPA uygulanmış



A



B

Şekil 4.16. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVP uygulanmış K-1 kumaşının yüzey görüntüsü
A) İşlemsiz **B)** 30 g/l PVP uygulanmış



A



B

Şekil 4.17. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVP uygulanmış K-2 kumaşının yüzey görüntüsü
A) İşlemsiz B) 30 g/l PVP uygulanmış



A

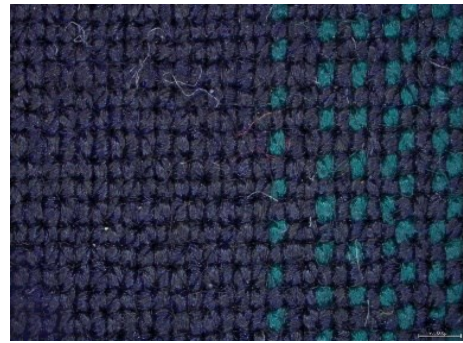


B

Şekil 4.18. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVP uygulanmış K-3 kumaşının yüzey görüntüsü
A) İşlemsiz B) 30 g/l PVP uygulanmış



A



B

Şekil 4.19. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVP uygulanmış K-4 kumaşının yüzey görüntüsü
A) İşlemsiz B) 30 g/l PVP uygulanmış



A



B

Şekil 4.20. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVP uygulanmış K-5 kumaşının yüzey görüntüsü
A) İşlemsiz **B)** 30 g/l PVP uygulanmış



A



B

Şekil 4.21. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVTAZ uygulanmış K-1 kumaşının yüzey görüntüsü
A) İşlemsiz **B)** 10 g/l PVTAZ uygulanmış

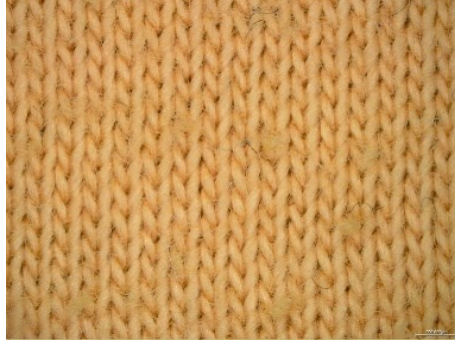


A



B

Şekil 4.22. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVTAZ uygulanmış K-2 kumaşının yüzey görüntüsü
A) İşlemsiz **B)** 10 g/l PVTAZ uygulanmış



A



B

Şekil 4.23. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVTAZ uygulanmış K-3 kumaşının yüzey görüntüsü
A) İşlemsiz **B)** 10 g/l PVTAZ uygulanmış



A



B

Şekil 4.24. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVTAZ uygulanmış K-4 kumaşının yüzey görüntüsü
A) İşlemsiz **B)** 10 g/l PVTAZ uygulanmış



A



B

Şekil 4.25. Boncuklanma testi sonrası işlemsiz ve PVTAZ uygulanmış K-5 kumaşının yüzey görüntüsü
A) İşlemsiz **B)** 10 g/l PVTAZ uygulanmış

4.4. Polimerlerin kumaşların tuşesi üzerine etkisi

Anti-boncuklanma ürünlerinin birçoğu kumaşların tuşesini çok negatif olarak etkilememiştir. Kumaşlara en iyi tuşe PEG/LA ürünün uygulanması ile elde edilmiştir. Polimerin tuşeyi biraz geri götürmesi durumunda fular çözeltisine 10 g/l silikon emülsiyonu (Rudolf-Duraner ürünü: RUCOFIN ELS) verilmiştir. Bu sayede, kumaşların boncuklanma değerleri 2 yerine 1,5 derece iyileşmiştir, ancak kumaşların tuşesi daha yumuşak hale getirilmiştir. Anti-boncuklanma ürününün kullanım prosedürü, tüketicinin ihtiyaçlarına göre şekillendirilebilir. Hedeflenen boncuklanma derecesi, hidrofilite değeri, tuşe parametreleri açısından polimer çözeltisinin konsantrasyonu ayarlanmalıdır.

4.5. Polimerlerin kumaşların sararma eğilimi üzerine etkisi

K-6 ve K-7 olarak kodlanan 2 tür beyaz kumaş, polimerlerin çalışmada kullanılan en yüksek çözelti konsantrasyonları ile applike edilmiştir (bkz. Çizelge 3.1). Datacolor test cihazında teste tabi tutularak ölçülen Berger değerleri, işlemsiz hallerinin Berger değerleri ile kıyaslanmıştır. PVIM, PVCL, PVPA, PVP ve PVTAZ polimerlerinin 130°C fular uygulamasında K-6 ve K-7 kumaşlarında sararmaya yol açmadığı sonucuna varılmıştır. Öte yandan, PEG/LA, VIM/EGDMA, VP/EGDMA, VP/NIPAM kimyasallarının suda çözünerek yapılan fular uygulamalarında kumaşlarda ciddi renk değişimi ve sararma gözlenmiştir.

PVIM, PVCL, PVPA, PVP ve PVTAZ polimerlerinin farklı konsantrasyonlarda uygulandığı kumaşların yüzeylerinin görüntüleri çekilerek işlemsiz hallerinin yüzey görüntüleri ile kıyaslanmıştır. Yüzey görüntüleri, dijital yüzey mikroskobu (LEICA marka, DVM6 model) ile x44 büyütmede alınmıştır. Diğer polimerler için benzer görüntüler elde edildiğinden ve eğer sararma varsa en yüksek uygulama miktarlarında daha belirgin görülebileceğinden, örnek olarak sadece PVPA polimerinin en yüksek konsantrasyonda (40 g/l) uygulandığı kumaşların yüzey görüntüleri işlemsiz kumaşlar ile kıyaslanmıştır (Şekil 4.26-4.30).



A



B

Şekil 4.26. İşlemsiz ve PVPA uygulanmış
K-1 kumaşının yüzey görüntülerinin sararma açısından kıyaslanması
A) İşlemsiz **B)** 40 g/l PVPA uygulanmış



A



B

Şekil 4.27. İşlemsiz ve PVPA uygulanmış
K-2 kumaşının yüzey görüntülerinin sararma açısından kıyaslanması
A) İşlemsiz **B)** 40 g/l PVPA uygulanmış



A



B

Şekil 4.28. İşlemsiz ve PVPA uygulanmış
K-3 kumaşının yüzey görüntülerinin sararma açısından kıyaslanması
A) İşlemsiz **B)** 40 g/l PVPA uygulanmış



A



B

Şekil 4.29. İşlemsiz ve PVPA uygulanmış
K-4 kumaşının yüzey görüntülerinin sararma açısından kıyaslanması
A) İşlemsiz **B)** 40 g/l PVPA uygulanmış



A



B

Şekil 4.30. İşlemsiz ve PVPA uygulanmış
K-5 kumaşının yüzey görüntülerinin sararma açısından kıyaslanması
A) İşlemsiz **B)** 40 g/l PVPA uygulanmış

Şekillerden görülebileceği gibi, PVIM, PVCL, PVPA, PVP ve PVTAZ polimerlerinin uygulanan en yüksek konsantrasyonlarında bile kumaşlarda herhangi bir sararma eğilimi görülmemiştir. Bu durum, polimerlerin bu uygulama haliyle kumaşlarda sararmaya yol açmadığını göstermektedir.

5. SONUÇ

- Kumaşların boncuklanma değerlerini iyileştireceği düşünülen fonksiyonel polimerler; PVIM, PVCL, PVP, PVPA, PVTAZ, PVTES, PVTMS, PVTMES, VIM+EGDMA başarıyla sentezlenmiş ve karakterize edilmiştir.
- Kumaşlara, fular çözeltileri hazırlanarak uygulanan ürünler: PEG+LA, VIM+EGDMA, VP+EGDMA ve VP+NIPAM'dır.
- Anti-boncuklanma kimyasallarının çeşitli konsantrasyonlarda çözeltileri hazırlanarak tekstil uygulamaları gerçekleştirilmiştir.
- Ürünler arasından PVIM, PVCL, PVP, PVPA, PVTAZ polimerleri, kumaşların boncuklanma değerlerini, uygulama miktarına bağlı olarak yaklaşık 1,5-2 boncuklanma derecesi artmıştır. Elde edilen verilere göre PVIM, PVCL ve PVPA polimerleri, kumaşların boncuklanmasını en çok iyileştiren anti-boncuklanma kimyasalları olmuştur. Artan uygulama miktarı ile hem hidrofilite değerlerinin hem de boncuklanma derecelerinin daha da iyileştiği kanıtlanmıştır. PVIM ve PVCL için 40 g/l, PVP ve PVPA için 30 g/l, PVTAZ için 10 g/l çözelti konsantrasyonları hedeflenen boncuklanma değerleri için optimum fular aplikasyon miktarı olarak belirlenmiştir.
- Boncuklanmayı iyileştiren polimerler tüm kumaşlarda etkili olabilmektedir. Piyasadaki ürünlerin özellikle viskon ve polyester karışımı kumaşlarda etkin olmadığı düşünülürse çalışmadaki fonksiyonel polimerler işe yarayabilirlik açısından oldukça başarılı anti-boncuklanma iyileştirici ürünlerdir.
- Öte yandan, anti-boncuklanma kimyasalları, boncuklanmayı azaltmak için kullanılan diğer çoğu kimyasalın yol açtığı kumaşların hidrofilitesine negatif etki sağlama sorunu göstermemiştir. Aksine, ürünlerin çoğu uygulandığı kumaşların hidrofilite değerlerini arttırmıştır.

- Fular aplikasyonu sırasında, çalışılacak sıcaklığı belirlemek adına ram makinasında farklı sıcaklıklarda çalışılarak kumaşlardaki sararma durumu ve boncuklanma değerlerindeki iyileşme araştırılmıştır. Düşük sıcaklıklarda yapılan çalışmalarda beklenen boncuklanma değerleri sağlanamazken yüksek sıcaklıklarda ise kumaşların sarardığı gözlenmiştir. Boncuklanma değerleri ve sararma durumu değerlendirildiğinde optimum çalışma sıcaklığı 120°C ile 140°C arasında belirlenmiştir ve aplikasyonların tümü 130°C sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir.
- Anti-boncuklanma kimyasalları K-6 ve K-7 beyaz kumaşlarına da uygulanıp 170°C’de fikse edildikten sonra sararma testine tabi tutulduğunda boncuklanma eğilimini azaltan PVIM, PVCL, PVP, PVPA ve PVTAZ polimerlerinin hiçbirisi kumaşlarda sararmaya yol açmamıştır. Ayrıca işlemsiz kumaşlar ile polimerlerle applike edilmiş kumaşların fotoğrafları çekilerek kumaşlarda sararma olmadığı net bir biçimde ortaya konulmuştur.
- Kumaşlardaki sonuçlara göre en başarılı bulunan 3 adet polimer suda çözünerek %25’lik konsantrasyonlarda ürünler haline getirilmiştir. Böylece, fiyat-performans açısından düşünüldüğünde pazarlama stratejisi için uygun hale getirilen ürünlerin, Rudolf-Duraner ürün listesine dahil edilmek üzere “RUCO-PLAST EPG” serisinde kodları alınmıştır. Bu ürünlerin kumaşlarda boncuklanma iyileştirici ürün olarak kullanılabileceği ve tekstil sektöründe diğer önemli parametreler olan hidrofilite, kumaşlarda sararmama ve renk değişmemesi gibi özellikler de göz önünde bulundurulduğunda fonksiyonel ürünler olarak pazarda yer bulabileceği kanıtlanmıştır.
- Bu tez kapsamında öne çıkan 3 adet polimerin kumaşların boncuklanma değerlerini iyileştirmesindeki etkisi kapsamında 5 adet patent alınmıştır. Patent numaraları: PT2019-00085, PT2019-00086, PT2020-01461, PT2020-01462 ve PT2020-01463 olup her bir polimer için makale yazılmıştır.

KAYNAKLAR

- Abril, H.C., Millan, M.S., Torres, Y., Navarro, Y. (1998). Automatic method based on image analysis for pilling evaluation in fabrics. *Optical Engineering*, 37(11), 2937-2947.
- Agudelo, N. A., & Pérez, L. D. (2016). Synthesis and characterization of Polydimethylsiloxane end-Modified Polystyrene from Poly (Styrene-co-Vinyltriethoxysilane) copolymers. *Materials Research*, 19(2), 459-465.
- Akbulut, M.A. (2008). *Redoks yöntemi ile poli(metil metakrilat) makrofotobaşlatıcısının sentezi, karakterizasyonu ve blok kopolimer eldesinde kullanılması* (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <http://hdl.handle.net/11513/879>.
- Akelah, A., Moet, A. 1990. *Functionalized polymers and their applications*. Chapman and Hall; 1st Edition, Part one, 3-24.
- Aksoy, S. A., Genç, E. (2015). Functionalization of cotton fabrics by esterification cross-linking with 1,2,3,4-butanetetracarboxylic acid (BTCA). *Cellulose Chemistry and Technology*, 49(5-6), 405-413.
- Ala, D.M, Bakıcı, G.G., Abdulvahitoğlu, A. (2017). Investigation of thickness, air permeability and pilling properties of single jersey fabrics. Çukurova University, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture*, 32(3), 103-109.
- Alay, S., Yılmaz, D. (2010). An investigation of knitted fabric performances obtained from different natural and regenerated fibres. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 1(2), 91-95.
- Alcacer, L. 1987. *Conducting Polymers* (L. Alcácer, Ed.), Dordrecht, : *Springer Netherlands*.
- Allcock, H.R., Lampe, F.W. (1981). *Contemporary Polymer Chemistry*, First Edition, Prentice Hall.
- Altas, S., Kadoğlu, H. (2012). Comparison of conventional ring, mechanical compact and pneumatic compact yarn spinning systems. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 7(1), 87-100.
- Amari, T., Themelis, N.J., Wernick, I. K. (1999). Resource recovery from used rubber tires, *Resources Policy*, 25(3), 179-188.
- Aniş, P. (1998). Tekstil ön terbiyesi. *Alfa Basın Yayın Dağıtım Ltd. Şti.* 204s.

- Anon. (2010). Polymer Science and Technology Editorial, *Polimeros-Ciencia E. Tecnologia*, 20, E1-E1.
- Araki, M., Kato, K., Koyanagi, T., Machida, S. (1977). Spontaneous polymerization of maleic anhydride by imidazole derivatives. *Journal of Macromolecular Science—Chemistry*, 11(5), 1039-1052.
- Ardıç, Y. (2007). *Selülozik Liflerin Farklı Şartlarda Fibrilleşme ve Yorulma Davranışlarının İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Erişim adresi: <http://hdl.handle.net/11452/3632>
- ASTM International. (2005). D4970-05 Standard test method for pilling resistance and other related surface changes of textiles fabrics (Martindale pressure tester method). Retrieved from <https://doi.org/10.1520/D4970-05>
- Atıf, S. (2001). Lycra'lı kumaşlara uygulanan terbiye işlemleri ve incelenmesi, Tekstil Projesi, Çukurova Üniversitesi., Adana.
- Avcıoğlu, K.N., Babaaslan, O. (2011). Sürtünme özelliklerinin araştırılması. *Electronic Journal of Textile Technologies*, 5(1), 11-19.
- Azak, H. (2015). *Ditiyonepirol (dtp) tarzı iletken polimerlerin sentezi, karakterizasyonu ve bu polimerlerin biyosensör uygulamaları* (Doktora tezi). Erişim adresi: <https://hdl.handle.net/11492/4481>.
- Balcı, O., Asker, G., Kurtoğlu, N. (2010). Biyoparlatma ve reaktif boyama işlemlerinin kombine uygulanması ile hızlı boyama prosesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 1(1), 39-48.
- Basan, S. (2001). Polimer kimyası, *Cumhuriyet Üniversitesi Yayınları*, Sivas.
- Baser, I. (1992). Elyaf Bilgisi. *Marmara Üniversitesi Döner Sermaye İşletmesi Teknik eğitim Fakültesi Matbaa Birimi, İstanbul*.
- Basu, B. (2012). Polymers in textiles. Erişim adresi: <http://www.fibre2fashion.com/industry-article/40/3906/polymers-in-textiles1.asp>.
- Başer, İ. (2002). Lif Bilgisi. Marmara Üniversitesi, İstanbul, 139 s.
- Başer, İ. (2002). Doğal Lifler. Lif Bilgisi 2. Bölüm, Marmara Üniversitesi Döner Sermaye İşletmesi Teknik Eğitim Fakültesi Matbaa Birimi, 53-54.
- Baykuş, D. (2003). *Elastan içeren dokuma tekstil ürünlerinde performans belirleme ve iyileştirme yöntemlerinin değerlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yök veri tabanından erişildi (Erişim No.135536)

- Baysal, B. (1994). Polimer Kimyası, İkinci Baskı, *O.D.T.Ü. Basımevi*, Ankara.
- Bekiroğlu, E. (2020). *Pet karışumlu viskon örme kumaşlarda parça boyama sonrası ortaya çıkan boncuklanma probleminin araştırılması ve iyileştirilmesi* (Yüksek lisans tezi). Yök veri tabanından erişildi (Erişim No. 637255).
- Beltran, R., Wang, L., Wang, X. (2006). Measuring the influence of fibre-to-fabric properties on the pilling of wool fabrics. *The Journal of Textile Institute*, 97(3), 197-204.
- Besci, S. (2010). *Hava-jet tekstüre sistemi ile üretilen polyester/polyester ve polyester/teflon dikiş iplikleri özelliklerinin analizi* (Yüksek Lisans Tezi). Erişim adresi: <https://acikerisim.uludag.edu.tr/bitstream/11452/19581/1/593318.pdf>
- Biermann, I. (2001). Pilling tendency of textiles-special features of measurement and assessment. *Melliand Textilberichte International Textile Reports*, 82(4), E83-E83.
- Bilici, A. (2009). *Oksidatif polikondenzasyon ile aromatik halkalı azometin polimerlerinin sentezi ve karakterizasyonu* (Doktora tezi). Erişim adresi: <http://hdl.handle.net/20.500.12575/34237>
- Billmeyer, F.W. (1984). *Textbook of Polymer Science*. 3. Ed., John Wiley & Sons. Inc., New York.
- Bovey, L. (1989). *Advanced Materials by Design: New Structural Materials*, Technologies Office of Technology Assessment US Government Printing Office, John Wilder Building, Hithercroft Industrial Estate, Wallingford, Oxon OX10 9AR UK (June 1988).
- Bozkuş, T. (2019). *Halka açılması polimerizasyonu ve fotokimyasal katyonik polimerizasyon yöntemlerinin birleştirilmesiyle farklı kollu AB₂ tipi yıldız kopolimerlerinin sentezi* (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <http://hdl.handle.net/11513/2475>
- Bugau, X. 1997. Instrumental evaluation of fabric pilling. *Journal of The Textile Institute*, 88, 488-500.
- Bui, H. M., Enhrhardt, A., Bechtold, T. (2008). Pilling in cellulosic fabrics, Part 2: A study on kinetics of pilling in alkali-treated lyocell fabrics. *Journal of Applied Polymer Science*, 109, 3696–3703.

- Bui, H. M., Enhrhardt, A., Bechtold, T. (2008). Pilling in man-made cellulosic fabrics, part 1: assesment of pilling formation methods. *Journal of Applied Polymer Science*, 110, 531-538.
- Büyükkoru, B., Kara, A. (2016). Physicochemical research of the effects of polymers having antipilling effect on different fabrics. *46th IUPAC World Polymer Congress (Macro'16)*, 17-21 Temmuz 2016, Haliç Kongre Merkezi, İstanbul.
- Büyükkoru, B., Kara, A. (2017). Physicochemical studies of polymer affinities on cotton knitted fabrics. *3rd Global Conference on Materials Sciences (GC-MAS'17)*, 28-30 Ağustos 2017, Bahçeşehir Üniversitesi Kongre Merkezi, İstanbul.
- Büyükkoru, B., Kara, A. (2018). Synthesis of functional polymers that gives antipilling property and soft handle to fabrics. *VII. Polymer Science&Technology Congress*, 09-12 Eylül 2018, Osmangazi Üniversitesi Kongre Merkezi, Eskişehir.
- Büyükkoru, B., Kara, A. (2019). Synthesis of functional polymer and investigation of its antipilling properties on woven fabrics. *2nd International Conference on Physical Chemistry and Functional Materials (PCFM'19)*, 25-27 Haziran 2019, Perissia hotel & convention center, Nevşehir.
- Büyükkoru, B., Kara, A. (2020). Karışım kumaşlarda pilling değerlerini iyileştiren fonksiyonel polimerin tasarımı, sentezi ve tekstil uygulamaları. *6. Uluslararası Lif ve Polimer Araştırmaları Sempozyumu*, 24-25 Ocak 2020, Uludağ Üniversitesi Mete Cengiz Kültür Merkezi, Bursa.
- Büyükkoru, B., Kara, A. (2021a). Investigation of the pilling properties of polyvinyl phosphonic acid treated fabrics. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University* (Kabul edilmiş olup basım aşamasındadır).
- Büyükkoru, B., Kara, A. (2021b). Investigation of antipilling properties of different fabrics applied with polyvinylimidazole. *Textile and Apparel* (Son revizyon gönderilmiş olup hakem değerlendirme süreci devam etmektedir).
- Büyükkoru, B., Kara, A. (2021c). Investigation of anti-pilling properties of different fabrics applied with polyvinylcaprolactam. *Indian Journal of Fibre & Textile Research* (Hakem değerlendirme süreci devam etmektedir).

- Callister, W. (2000). *Materials science and engineering an introduction*, Sixth Edition, John Wiley & Sons, New York.
- Can, Y., Akaydin, M. (2013). Effects on laundering process on pilling characteristic of cotton plain fabric. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 19(4), 170-173.
- Can, Y., Akaydin, M., Turhan, Y., Ay, E. (2009). Effect of wrinkle resistance finish on cotton fabric properties. *Indian Journal of Fibre&Textile Research*, 34, 183-186.
- Candan, C. (2000). Factors affecting the pilling performance of knitted wool fabrics. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 24(1), 37-46.
- Canoğlu, S., Yükseloğlu, S. M. (2008). Hairiness values of the polyester/viscose ring-spun yarn blends. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 16(4), 34-38.
- Cavaco-Paulo, A., Gübitz, G. (2003). Catalysis and processing in textile processing with enzymes. *Woodhead Publishing*, 86-119.
- Celep, G., Yüksekaya, M. (2012). Geri dönüşüm liflerden ve orijinal liflerden üretilen battaniyelerin ısı konfor özelliklerinin incelenmesi. *I. Ulusal Geri Kazanım Kongre ve Sergisi, Uşak*, 157-162.
- Cengiz, F. (2004). *Türk pamuklarının fiziksel özelliklerinin araştırılması ve dünya pamukları ile karşılaştırılması* (Yüksek lisans tezi). Yök veri tabanından erişildi (Erişim No. 184332).
- Cengiz, H.Y. (2018). *Tekstil endüstrisinde fonksiyonel polimerlerin yardımcı kimyasal olarak kullanımının incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <https://hdl.handle.net/20.500.12831/4503>
- Chen, X., Huang, X.B. (2004). Evaluating fabric pilling with light-projected image analysis. *Textile Research Journal*, 74(11), 977-981.
- Chitsaz, E., Khoddami, A., Zolfaghari, K. (2010). A novel simultaneous bleaching and antipilling of cotton goods using UV/H₂O₂. *INDUSTRIA TEXTILA*, 61(1), 3-6.
- Cooke, W.D., Göksoy, M. (1988). ‘Problematik der Vorhersage des Pillingverhaltens anhand von Labortestmethoden’, *Melliand Textilberichte*, 69, 250–254.
- Cooke, W.D., Göksoy, M. (1998). ADI Melliand Textilber Eng. Ed., 69, 250 (E314).
- Coşkun M.T. (2010). *PES/VIS/EA (Polyester/viskon/elastan) içerikli kumaşlarda atkıda kullanılan viskon filamentinin kumaş performans özelliklerine etkilerinin araştırılması* (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <http://libratez.cu.edu.tr/tezler/7713.pdf>

- Çetin, E. (2009). *Ring ve kompakt ipliklerde sürtünme katsayısının ve iplik tüylülüğünün pilling üzerine etkisi* (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <http://openaccess.marmara.edu.tr/handle/11424/25410>
- Çirkin, S. (2006). *Yalancı büküm tekstüre işleminde tekstüre değişkenlerinin iplik özellikleri üzerindeki etkisi* (Yüksek Lisans Tezi). Erişim adresi: <http://libratez.cu.edu.tr/tezler/5768.pdf>
- Dalbaşı, E. S., Kayseri, G.Ö. (2015). Research about the effect of the antipilling treatments on different structured cotton knitted fabrics. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 25, 54-60.
- Dayık, M., Yılmaz, F. (2012). Pamuklu kumaşta boncuk oluşumunun bulanık mantık metoduyla tespiti. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6(2), 19-27.
- Dayıoğlu, H., & Karakaş, H. (2007). Elyaf Bilgisi, Ajans Plaza Tanıtım ve İletişim Hizmetleri Ltd. Şti., İstanbul.
- Dede, A., Dayık, M. (2012). Pamuk ipliğinde tüylülüğü etkileyen parametrelerin bulanık mantık yardımıyla tespiti. *Electronic Journal of Textile Technologies*, 6(2), 10-18.
- Demiryürek, O., Uysaltürk, D. (2016). Viloft/Polyester karışımli örme kumaşların patlama mukavemeti ve boncuklanma özelliklerinin araştırılması. *Tekstil ve Mühendis*, 23(102), 105-112.
- Derdiyok, U. (2007). *Metal lif takviyeli pamuk ipliklerinden üretilmiş örme kumaşların mekanik ve termal özelliklerinin incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Erişim adresi: <http://hdl.handle.net/11424/7089>
- Digilli, M. (2015). *100% bambu, 100% soya, 100% organik pamuk ve 100% pamuk örme kumaşların böcek iticilik etkileri üzerine bir çalışma* (Yüksek lisans tezi). Yök veri tabanından erişildi (Erişim No. 406206).
- Dirican, M. (2010). *Viskon örme kumaşlarda biyoparlatma uygulamaları ile boncuklanma probleminin önlenmesi* (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <http://hdl.handle.net/11527/4603>
- Doba Kadem, F., (2007). İpliği boyalı pamuklu kumaşlarda bazı fiziksel özelliklerin seçilmiş performans özellikleriyle ilişkisinin araştırılması (Doktora Tezi). Erişim adresi: <http://libratez.cu.edu.tr/tezler/6535.pdf>

- Dündar, E. (2008). *Çeşitli selülozik ipliklerden üretilen örme kumaşların performanslarının karşılaştırılması* (Yüksek Lisans Tezi). Erişim adresi: <http://hdl.handle.net/11527/4583>
- Ehrhardt, A., Bui, H.M., Duelli, H., Bechtold, T. (2010). NaOH/Urea aqueous solutions improving properties of regenerated-cellulosic fabrics. *Journal of Applied Polymer Science*, 115, 2865-2874.
- Eker, P. (2011). *Farklı hammaddeler içeren lycralı dokuma kumaşlarda biyo-parlatma ve biyo-parlatmanın kumaş performansına etkileri* (Yüksek Lisans Tezi). Yök veri tabanından erişildi. (Erişim No. 299385)
- Enhoş, S.A. (2001). *Karışım ipliklerinin mukavemet özelliklerini etkileyen faktörler üzerine bir araştırma* (Yüksek lisans tezi). Yök veri tabanından erişildi (Erişim No. 109704).
- Eo, Y. J., Kim, D. J., Bae, B. S., Song, K. C., Lee, T. Y., & Song, S. W. (1998). Coating of tetraethylorthosilicate (TEOS)/vinyltriethoxysilane (VTES) hybrid solution on polymer films. *Journal of sol-gel science and technology*, 13(1), 409-413.
- Erdem, N. (2004). Kimyasal ve sentetik lifler. *Yayımlanmamış ders notu*.
- Erdoğan, M.K. (2017). *Polyester kumaşların indigo boyar maddeleri ile boyanabilirliğinin geliştirilmesi için poli(vinil alkol) ve modifiye poli(vinil alkol) polimerleri ile modifiye edilmesi* (Doktora tezi). Yök veri tabanından erişildi (Erişim No. 467452).
- Erdoğan, M.K., (2017). *Polyester kumaşların indigo boyar maddeleri ile boyanabilirliğinin geliştirilmesi için poli(vinil alkol) ve modifiye poli(vinil alkol) polimerleri ile modifiye edilmesi* (Doktora tezi), Yök veri tabanından erişildi (Erişim No. 467452).
- Erenler, A. (2009). *Biyoenzimler ve biyoenzimlerin örme kumaş özelliklerine etkisi* (Yüksek Lisans Tezi). Yök veri tabanından erişildi. (Erişim No. 244308)
- Ersoy, H.Y. (2001). Kompozit malzeme, Birinci Baskı, *Literatür Yayınları*, İstanbul.
- Furferi, R., Carfagni, M., Governi, L., Volpe, Y., Bogani, P. (2014). Towards automated and objective assessment of fabric pilling. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 11(10), 171. doi: 10.5772/59026

- Furferi, R., Governi, L., Volpe, Y. (2015). Machine vision-based pilling assessment: A Review. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 10(3), 79-93.
- Ghaffarlou, M. (2012). *Formation and characterization of interpolymer complexes of poly(n-vinylimidazole)/poly(acrylic acid) and poly(n-vinylimidazole)/poly(methacrylic acid) in aqueous medium* (Master's thesis).
- Gintis, D., Mead, J. E. (1959). The Mechanism of Pilling. *Textile Research Journal*, 578-585.
- Göksel, F., Köstem, M., Yıldırım, K., Ogan, N. (2008). Kumaş kalitesi ile ilgili performans testleri, boncuklanma ve yüzey değişimi. *TÜBİTAK-Bursa Test ve Analiz Laboratuvarı (BUTAL)*.
- Göktaş, M. (2014). *İki fonksiyonel grup ihtiva eden polietilen glikol bazlı yeni bir makro raft-rop başlatıcı kullanılarak tersinir katılmalı/ayrışmalı zincir transfer polimerizasyonu ve halka açılma polimerizasyonu ile aynı anda tek basamakta triblok kopolimerlerin sentezi* (Doktora tezi). Yök veri tabanından erişildi (Erişim No. 374069).
- Gürarda, A. (1994). *Türkiye'de üretilen selülozik viskon liflerinin bazı teknolojik özellikler üzerine karşılaştırmalı bir çalışma* (Yüksek lisans tezi). Yök veri tabanından erişildi (Erişim No. 650979)
- Gürbüz, R. (2008). *Kalgon fonksiyonalitesine sahip polimerlerin atom transfer radikal polimerizasyonu yöntemi ile polimerizasyonu* (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <http://hdl.handle.net/11527/5647>
- Harmancıoğlu, M. (1981). Tekstil maddeleri II: rejenere ve sentetik lifler. *Ege Üniversitesi Matbaası*, 293-309.
- Hashemikia, S., & Montazer, M. (2012). Sodium hypophosphite and nano TiO₂ inorganic catalysts along with citric acid on textile producing multi-functional properties. *Applied Catalysis A: General*, 417, 200-208.
- Hearle, J.W.S. Wilkins, A.H. (2006). Mechanistic modelling of pilling. Part I: Detailing of mechanisms. *Journal of The Textile Institute*, 97(4), 359–368.
- Helvacı, A. R. (2019). *Viskon elyafta ekolojik boyama yöntemlerinin geliştirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Yök veri tabanından erişildi (Erişim No. 570543). <https://doi.org/10.1007/978-94-009-3907-3>

- Hussain, T., Ahmed, S., Qayum, A. (2008). Effect of different softeners and sanforising treatment on pilling performance of polyester/viscose blended fabrics. *Coloration Technology*, 124(6), 375–378.
- İlboğa, S. (2014). *Termal duyarlı polimerlerin davranışlarına uç grupların ve çeşitli polimerik blokların etkisinin incelenmesi* (Doktora tezi), Erişim adresi: <http://hdl.handle.net/11508/20685>
- Jackson, T., Keyes, N. M., Haris, P., & Holden, J. B. (2005). A preliminary report: fuzz and pilling surface changes on cotton fabrics measured by Linetech Industries' image analysis system. In *Beltwide Cotton Conferences*.
- Jasinska, J. (2009). Assessment of a fabric surface after the pilling process based on image analysis. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 17(2), 55-58.
- Jung, M. H., Rhodes, P. A., & Clark, M. (2013). *Objective Evaluation of Fabric Pilling Using Digital Image Processing* (Vol. 3, pp. 1033-1036). The Colour Group.
- Kadem, F.D., Oğulata, R.T. (2014). İpliği boyalı pamuklu kumaşlarda kumaş konstrüksiyonunun boncuklanma ve aşınmaya etkisinin araştırılması. Çukurova Üniversitesi, *Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29(1), 89-97.
- Kadolph, S., Langford, A.L. (2002). Flame lamination meets environmental challenge. *Printice Hall, Upper Saddle River*.
- Kahraman, B. (2006). *Örme kumaşlarda boncuklanma nedenlerinin incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <http://openaccess.marmara.edu.tr/handle/11424/13616>
- Kane, C.D., Patıl, U.J., Sudhakar, P. (2007). Studies on the influence of knit structure and stitch length on ring and compact yarn single jersey fabric properties. *Textile Research Journal*, 77(8), 572-582.
- Kanuma, T. (1992). Adhesion technology of textiles to rubber, *Polymer Science Technology*, 19(8), 32-40.
- Kara, A., Osman, B., Yavuz, H., Beşirli, N., Denizli, A. (2005). Immobilization of α -amylase on Cu^{2+} chelated poly(ethylene glycol dimethacrylate-n-vinyl imidazole) matrix via adsorption. *Reactive & Functional Polymers*, 62(1), 61–68.
- Kara, A., Uzun, L., Beşirli, N., Denizli, A. (2004). Poly(ethylene glycol dimethacrylate-n-vinyl imidazole) beads for heavy metal removal. *Journal of Hazardous Materials*, 106(2-3), 93-99.

- Karaman, A. (2020). *Polyester kord bezi-kauçuk yüzey işleminde yeni epoksi güçlendiriciler* (Yüksek lisans tezi). Yök veri tabanından erişildi (Erişim No. 630343).
- Karaöz, D. (2020). *Pamuk-fesleğen birlikte ekim yönteminin pamuk zararlıları ve doğal düşmanlarının popülasyon değişimleri üzerine etkisi* (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <http://hdl.handle.net/11607/3999>
- Karasu, S. (2020). *Farklı oranlarda titanyum dioksit kullanılarak elde edilen polyester iplik ve kumaş özelliklerinin incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <http://hdl.handle.net/11452/11558>
- Katırcı, E. (2015). *Polimerik fonksiyonel gruplu Schiff bazı ligandları kullanarak metal içeren polimerlerin sentezi ve karakterizasyonu* (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <https://hdl.handle.net/20.500.12619/79829>
- Kavuşturan, Y., Tekoğlu, O., (2011). Şenil ve makarna döşemelik kumaşların aşınma dayanımı ve kopma mukavemeti. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 21(4), 336-342.
- Kaya, E. (2004). *Alkil ve aril yan gruplu metakrilat monomerlerin atom transfer radikal polimerizasyonu ve polimerlerinin bazı ticari polimerlerle karışabilirliklerinin termal incelenmesi* (Doktora tezi). Erişim adresi: <http://hdl.handle.net/11508/20318>
- Kayseri, G.Ö., Kırtay, E., (2011). Farklı ölçüm yöntemleri ile kumaş boncuklanma eğiliminin değerlendirilmesi. *Tekstil ve Mühendis*, 18(84).
- Kazancı, A. (2010). *Polimer Schiff bazları ve metal komplekslerinin sentezi ve katalizör özelliklerinin incelenmesi* (Doktora tezi). Yök veri tabanından erişildi (Erişim No. 256360).
- Kelebek, N. ve Babaaslan, O. (2009). Spunbond ve su-jeti yöntemleri ile üretilmiş dokunmamış kumaşların sürtünme ve yumuşaklık davranışlarının incelenmesi. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 2, 145-150.
- Kertmen, (2019). Örme kumaşlarda ilmeklenme sorunu ve çözüm yollarının araştırılması. (Doktora tezi), Yök veri tabanından erişildi. (Erişim No. 561536)
- Khoddami, A., Carr, C.M., Gong, R.H. (2009). Effect of hollow polyester fibres on mechanical properties of knitted wool/polyester fabrics. *Fibers and Polymers*, 10(4), 452-460.
- Kırış, G. (2020). *Farklı filament inceliği ve filament kesit formu kullanılarak geri dönüşüm pet polimerinden (rpet) poy ve tekstüre (dty) polyester ipliklerin eldesi ve*

- örme ve dokuma kumaşların çeşitli performans özelliklerinin incelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Yök veri tabanından erişildi. (Erişim No. 640632)
- Kowalczyk, D., Brzezinski, S., Kaminska, I. (2015). Multifunctional bioactive and improving the performance durability nanocoatings for finishing PET/CO woven fabrics by the sol-gel Method. *Journal of Alloys and Compounds*, 649, 387-393.
- Kozanoğlu, S., Özdemir, T., Usanmaz, A. (2011). Polymerization of N-Vinylcaprolactam and characterization of Poly(N-Vinylcaprolactam). *Journal of Macromolecular Science, Part A: Pure and Applied Chemistry*, 48(6), 467–477.
- Körlü, A.E., Duran, K., Bahtiyari, M.İ., Perinçek, S. (2008). Selüloz enziminin selülozik esaslı kumaşlar üzerine etkisi. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 18(1), 35-41.
- Köylüoğlu, C. (1993). Selülozik elyaf içeren dokumalar için biyolojik yıkama. *TMMOB - Kimya Mühendisleri Odası, Bursa Şubesi 3. Tekstil Boyaları ve Uygulamadaki Son Yenilikler Sempozyumu, 20 - 22 Mayıs 1993, Bursa, Türkiye*.
- Kul, E. (2005). *PES/VIS/Elastan içerikli iplik tiplerinde kalite iyileştirici proses çalışmaları ve dokuma kumaşlarda kalite analizi*. (Yüksek lisans tezi). Yök veri tabanından erişildi (Erişim No.198103).
- Kul, E., (2005). *PES/VIS/Elastan içerikli iplik tiplerinde kalite iyileştirici proses çalışmaları ve dokuma kumaşlarda kalite analizi* (Yüksek lisans tezi). Yök veri tabanından erişildi (Erişim No. 198103).
- Kulyk, I., Scapinello, M., Stefan, M. (2012). Generation of nano roughness on fibrous materials by atmospheric plasma. *Journal of Physics: Conference Series*, 406(1): 01(2015). IOP Publishing.
- Kumar, A. ve Gupta, R. K., (1998). *Fundamentals of Polymers*, The McGraw-Hill Companies Inc., New York.
- Kumar, A., Gupta, R.K. (1998). *Fundamentals of Polymers*, McGraw-Hill, New York.
- Kurbanova, R., Mirzaoglu, R., Karataş, İ., & Kara, H. (1996). Polimer kimyası deneyler ve analizler. *SÜ Fen Edebiyat Fakültesi Yayınları*.
- Küçük, A. (2019). *Yeni bir başlatıcı sistemi ile biyoyumlu poli kaprolakton polimerleri, biyoyumlu poli kaprolakton-poli metil metakrilat blok kopolimerlerin sentezi, karakterizasyonu, polimerlerin nanofiberlerinin*

- hazırlanması ve ilaç salınım özelliklerinin incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <http://acikerisim.ktu.edu.tr/jspui/handle/123456789/851>
- Küpeli, Ç. (2019). *Farklı eğirme sistemlerinde üretilmiş polyester/viskon iplik özelliklerinin incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Yök veri tabanından erişildi (Erişim No. 571082)
- Lewin, M., Pearce, E. M. (1998). Handbook of fiber chemistry, New York, 1083s.
- LineTech Industries, PillGrade Automated 3D Pilling & Fuzz Grading System Operation Manuel, Erişim adresi: <http://tobjackson.synology.me/images/pillgrademanual.pdf>
- Liu, L., Chen, J., Zhu, B., Yu, T. X., Tao, X. M., & Cao, J. (2006, April). The yarn-to-yarn friction of woven fabrics. In *Proceeding of the 9th international ESAFORM conference on material forming* (Vol. 492).
- Lohrasbi, F., Ghahi, J.M., Yazdanshenas, M. E. (2011). Influence of weave type and weft density on worsted fabric pilling. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 19(5), 64-69.
- lv, H.N., Chen, Z.J., Xue, Y., Cai, Z.S. (2010). Synthesis and application of waterborne polyurethane on the anti-pilling finishing of wool fabrics. *Proceedings of the 12th International Wool Research Conference (IWRC (2010)) Location: Shanghai, China, Vols I And II*: 227-230.
- Mangut, M., Karahan N. (2005). Tekstil lifleri, Ekin Kitabevi, Birinci Basım, Bursa.
- Mangut, M., Karahan, N. (2017). Doğal Lifler, *Ekin Yayınevi*, Bursa.
- Marmaralı, A., (2004). Atkı Örmeciliğine Giriş, İzmir, Ege Üniversitesi Yayınları.
- Martindale, J.G. (1942). A new design of cloth wearing tester. *Journal of the Textile Institute*, 151-158.
- Matyjaszewski, K. (1999). Transition metal catalysis in controlled radical polymerization: atom transfer radical polymerization. *Chemistry–A European Journal*, 5(11), 3095-3102.
- Mavruz, S., Oğulata, R. (2007). Tekstil terbiyesinde biyoparlatma uygulamaları ve pamuklu örme kumaşların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkisi. *Tekstil ve Mühendis*, 14(66), 15-22.
- Mavruz, S., Oğulata, R. (2009). Biyoparlatma uygulanmış örme kumaşlara tekrarlı (çoklu) yıkamaların etkisinin incelenmesi. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 18(3), 224-230.

- Mısır, M. (2011). *Yeni başlatıcı sistemleri ile ϵ -kaprolaktonun halka açılma polimerizasyonu (rop) ve çeşitli monomerlerin atom transfer radikal polimerizasyonu (atrp)* (Doktora tezi). Erişim adresi: <http://acikerisim.ktu.edu.tr/jspui/handle/123456789/885>
- Millî Eğitim Bakanlığı (2014). Doğal Lifler, Ankara.
- Ming, Yu, M., Wang, Z., Lv, M., Hao, R., Zhao, R., Qi, L., Liu, S., Yu, C., Zhang, B., Fan, C., Yu, M., Wang, Z., Lv, M., Hao, R., Zhao, R., Qi, L., Li, J. (2016). Antisuperbug cotton fabric with excellent laundering durability. *ACS applied materials & interfaces*, 8(31), 19866-19871.
- Misra, G. S., & Bajpai, U. D. N. (1982). Redox polymerization. *Progress in Polymer Science*, 8(1-2), 61-131.
- Mizuno, M., Iwasaki, A., Umiyama, T., Ohashi, R., Ida, T. (2014). Local structure and dynamics of imidazole molecules in proton-conducting poly(vinylphosphonic acid)-imidazole composite material, *Macromolecules*, 47(21), 7469–7476.
- Moad, G., Solomon, D.H. (2006). *The chemistry of radical polymerization*. Elsevier.
- Montazer, M., Mazaheri, F., Khosravian, S.H., Azimi, M., Bameni, M., Sadeghi, A.H. (2011). Application of resins and crosslinking agents on fiber blend fabric to reduce pilling performance, Optimized by Response Surface Methodology. Society of Plastics Engineers. *Journal of Vinyl & Additive Technology*, 17(3), 213-221. doi:10.1002/vnl.20274
- Nihat, C., Değirmenci, Z., Kaynak, H.K. (2010). Effect of nano-silicone softener on abrasion and pilling resistance and color fastness of knitted fabrics. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 20(1), 41-47.
- Odian, G. (1981). *Principles of Polymerization*, 2nd Edn., Wiley-Interscience, New York.
- Odian, G. (2004). *Principles of polymerization*. John Wiley & Sons.
- Oğlakçioğlu, N., Marmaralı, A. (2007). Thermal comfort properties of some knitted structures. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 15(5-6), 94-96.
- Okur, A. (1994). Kumaşlarda boncuklanma oluşumunu etkileyen faktörler ve test yöntemleri. *Tekstil ve Mühendis*, 8(46), 10-18.

- Okur, N. (2006). *Bambu lifi ve iplik özelliklerinin diğer lif ve iplikleri performans özellikleri ile karşılaştırılmalı olarak incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Erişim adresi: <http://hdl.handle.net/11527/4567>
- Olabisi, O., Adewale, K. (Eds.). (2016). *Handbook of thermoplastics* (Vol. 41). CRC press.
- Orhan, M. 2021. Wrinkle recovery and performance properties of viscose surface treated with different crosslinking agents. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 36(2), 883-896.
- Ömeroğlu, S. (2005). Kompakt ve ring ipliklerden elde edilmiş örme kumaşların patlama mukavemeti ve boncuklanma performansı üzerine bir araştırma. *Journal of Engineering Sciences*, 11(3), 357-360.
- Önal, L. (2000). *Örme kumaşlarda boncuklanmaya etki eden parametreler* (Yüksek lisans tezi). Yök veri tabanından erişildi. (Erişim No. 101231)
- Öz, M.K. (2006). *Yanmaya karşı dirençli (fr) ve katyonik boyalarla boyanabilen (cd) polyester üretimi ve bu polyesterin elyaf prosesi* (Doktora Tezi). Erişim adresi: <http://libratez.cu.edu.tr/tezler/5806.pdf>
- Özçelik, K.G., Kırtay, E. (2008). Farklı ölçüm parametreleri ile kumaş boncuklanma eğiliminin değerlendirilmesi. *Tekstil ve Mühendis*, 84, 27-31.
- Özdil, N. (2003). Kumaşlarda fiziksel kalite kontrol yöntemleri. *EÜ Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma ve Uygulama Merkezi Yayını*, (21).
- Özgüney, A., Ekmekçi, A., Özerdem, A. (2004). Farklı viskon tiplerinin reaktif boyarmaddelerle basılmasında karşılaşılan sorunların giderilmesi. *TÜBİTAK-TAM*, 5, 3-23.
- Özörak, C. (2013). *Bor atığı katkılı polimer kompozitlerin aşınma ve mekanik özelliklerinin incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Yök veri tabanından erişildi (Erişim No. 375995).
- Özşeker, M. (2018). *Bambu, pamuk ve viskon lifinden üretilen kumaşların spor kıyafetlerinde kullanımının araştırılması* (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <http://tez.sdu.edu.tr/Tezler/TF03947.pdf>
- Parvole, J., Jannasch, P. (2008). Polysulfones grafted with poly(vinylphosphonic acid) for highly proton conducting fuel cell membranes in the hydrated and nominally dry state. *Macromolecules*, 41(11), 3893:3903.

- Petrucchi, R.H., Harwood, W.S., Herring, F.G. (2002). Genel Kimya 2, *Palme Yayıncılık*, Ankara.
- PillGrade Automated 3D Pilling & Fuzz Grading System Operating Manual, SDL Atlas, LineTech Industries.
- Rameshkumar, C., Anadkumar, P., Senthilnathan P., Jeevitha R., Anbumani, N. (2008). Comparative studies on ring rotor and vortex yarn knitted fabrics. *Autex Research Journal*, 8(4), 100-105.
- Saçak, M. (2002). İletken polimerler. *Polimer Kimyası, Ankara Üniversitesi, Gazi Kitabevi, Ankara*, 525s.
- Saçak, M. (2004). *Polimer Kimyası*. Gazi Kitabevi, Ankara, 525s.
- Saçak, M. (2008). Polimer kimyası. *Gazi Kitabevi, Ankara*.
- Saçak, M. (2012). Polimer kimyası, Altıncı Baskı, *Gazi Kitabevi, Ankara*.
- Saçak, M. (2012). *Polimer Kimyası*. İlksan Matbacılık, Ankara, 524s.
- Saçak, M. (2014). Polimer teknolojisi, Üçüncü Baskı, *Gazi Kitabevi, Ankara*.
- Saçak, M. (2014). *Polimer Teknolojisi*. İlksan Matbacılık, Gazi Kitabevi, Ankara,
- Sağlam, Ş. (2014). *Kaymazlık aprelerinin pamuk ve viskon kumaşlarda boyama ve kumaş performansına etkileri* (Yüksek lisans tezi). Yök veri tabanından erişildi (Erişim No. 379711).
- Saraç, M.A. (2015). *Halka açılma polimerizasyonu, klik kimyası ve fotokimyasal polimerizasyon yöntemlerinin birleştirilmesi ile blok kopolimerin sentezi* (Yüksek lisans tezi). Yök veri tabanından erişildi (Erişim No. 410748).
- Sardağ, S., Özdemir, Ö., Kara, İ. (2007). The effects of heat-setting on the properties of polyester-viscose blended yarns. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 15(4), 63.
- Sarı, U. (2019). *Spor aktiviteleri için fonksiyonel kompresyon ürünlerinin geliştirilmesi* (Doktora Tezi). Erişim adresi: <https://hdl.handle.net/11454/67809>
- Saunders, K.J. (1988). *Organic Polymer Chemistry. Second Edition*, Chapman & Hall, London.
- Seçkin, T. (2015). *Polimer kimyası: fonksiyonel yaklaşım ve uygulamaları*. Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Sedat, Ö. (2016). *Hazır yataklarda kullanılan tekstillerin konfor ve fiziksel özelliklerini etkileyen parametrelerin araştırılması* (Yüksek lisans tezi). Yök veri tabanından erişildi. (Erişim No. 426736)

- Seventekin, N. (2004). Tekstil kimyası. *Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezi Yayınları, Bornova-İzmir*.
- Seymour, R.B., Carraher, C.E. (1981). *Polymer Chemistry*, Marcel Dekker, Inc.
- Sivakumar, V. R., Pillay, K. P. R. (1981). Study of pilling in polyester/cotton blended fabrics. *Indian Journal of Textile Research*, 6, 22-27.
- Sridharan, V. (1982). Ways to eliminate pilling. *Man-made Textiles in India*, 25, 445.
- Sulek, P., Crnoja-Cosic, M., & Schlangen, J. (2002). Rainbow: a novel viscose fiber for PES blends innovations in dyeing technology. *Lenzinger Berichte*, 81, 22-26.
- Sülar, V., Okur, A. (2001). Kumaşlarda aşınma ve eskime, *Tekstil Maraton*, 11(55), 28-40.
- Şahin, Y. (2015). Kompozit malzemelere giriş, Üçüncü Baskı, *Gazi Kitabevi*, Ankara.
- Şamlı, D. (1994). *Dokuma komuşlarda boncuklaşma ve ölçüm metodlarının karşılaştırılması* (Yüksek lisans tezi). Yök veri tabanından erişildi (Erişim No. 39813).
- Technikova, L., Tunak, M., Janacek, J. (2016). Pilling evaluation of patterned fabrics based on a gradient field method. *Indian Journal of Fibre&Textile Research*, 41, 97-101.
- Tekin, N., Kadıncı, E., Demirbaş, Ö., Alkan, M., Kara, A., Doğan, M. (2006). Surface properties of poly(vinylimidazole)-adsorbed expanded perlite. *Microporous and Mesoporous Materials*, 93(1-3), 125-133.
- Telli, A. (2019). An image processing research consistent with standard photographs to determine pilling grade of woven fabrics. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 29(1), 268-276.
- Tez, M.P. (2015). *İletken polimer nanokompozit yapılarında elektrolit türü ve konsantrasyonunun polimerleşmeye etkisi* (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <https://hdl.handle.net/11480/6851>
- TS EN ISO 12945-2, (2002). Tekstil kumaşlarda yüzey tüylenmesi ve boncuklanma yatkınlığının tayini-Bölüm 2: Geliştirilmiş Martindale Metodu, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Tsuruta, T. (2001). *Polimer Kimyası*, Seç Yayın Dağıtım, İstanbul.
- Tusief, M.Q., Mahmood, N., Amin, N., Saleem, M. (2012). Fabric tensile strength as affected by different anti-pilling agents at various concentration and pH levels. *Journal of the Chemical Society of Pakistan*, 34(1), 53-57.

- Tusief, M.Q., Mahmood, N., Saleem, M. (2012). Effect of different antipilling agents to reduce pilling on polyester/cotton fabric. *Journal of The Chemical Society of Pakistan*, 34(1), 53-57.
- Türker, E., Türkmen, E., Necla, D., Turan, Y. (2017). Tekstil yüzeylerinde oluşan boncuklanmanın görüntü işleme ile ölçülmesi. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*. 6(1), 50-61.
- Uçar, E. (2017). *Yerinde emülsiyon polimerizasyonu yöntemi kullanılarak grafen oksit katkılı polimer nanokompozitlerin hazırlanması ve karakterizasyonu* (Yüksek lisans tezi). Yök veri tabanından erişildi (Erişim No. 467707).
- Ukponmwan, J.O., Mukhopadhyay, A., Chatterjee, K.N., (1998). Pilling. *Textile Progress*, 28(3), 1-57.
- Usanmaz, A., Özdemir, T., Polat, Ö. (2009). Solid state polymerization of N-vinylcaprolactam via gamma irradiation and characterization. *Journal of Macromolecular Science, Part A*, 46(6), 597-606.
- Uzluk, E. (2008). *Bazı polimerlerin sentezi, karakterizasyonu ve özelliklerinin incelenmesi* (Yüksek lisans tezi), Yök veri tabanından erişildi (Erişim No. 233907).
- Ünal, Ç. (2007). *Pamuk ve farklı tipte viskon karışımı ipliklerden örülen düz örgü kumaşların boyutsal ve fiziksel özellikleri* (Yüksek Lisans Tezi). Yök veri tabanından erişildi (Erişim No. 199843)
- Venkatraman, P. (2016). Materials and technology for sportswear and performance apparel, *CRC Press*.
- Wang, X.Y., Gong, R.H., Dong, Z., Porat, I. (2007). Abrasion resistance of thermally bonded 3D nonwoven fabrics. *Science Direct, Wear*, 262, 424–431.
- Woodings, C. (2001). Regenerated cellulose fibres. Woodhead Publishing Limited, England.
- Xanthos, M. (2010). Functional fillers for plastics, Second Edition, John Wiley & Sons, Weinheim.
- Yakartepe, M. 1997. Genel Tekstil Terbiyesi. *Tekstil Konfeksiyon Araştırma Merkezi Yayınları*, 520-600.
- Yanatma, S. (2011). *Kontrollü polimerizasyon yöntemiyle organik/anorganik polimerik kompozit malzemelerin sentezi ve karakterizasyonu* (Yüksek Lisans Tezi). Erişim adresi: <http://hdl.handle.net/11616/6223>

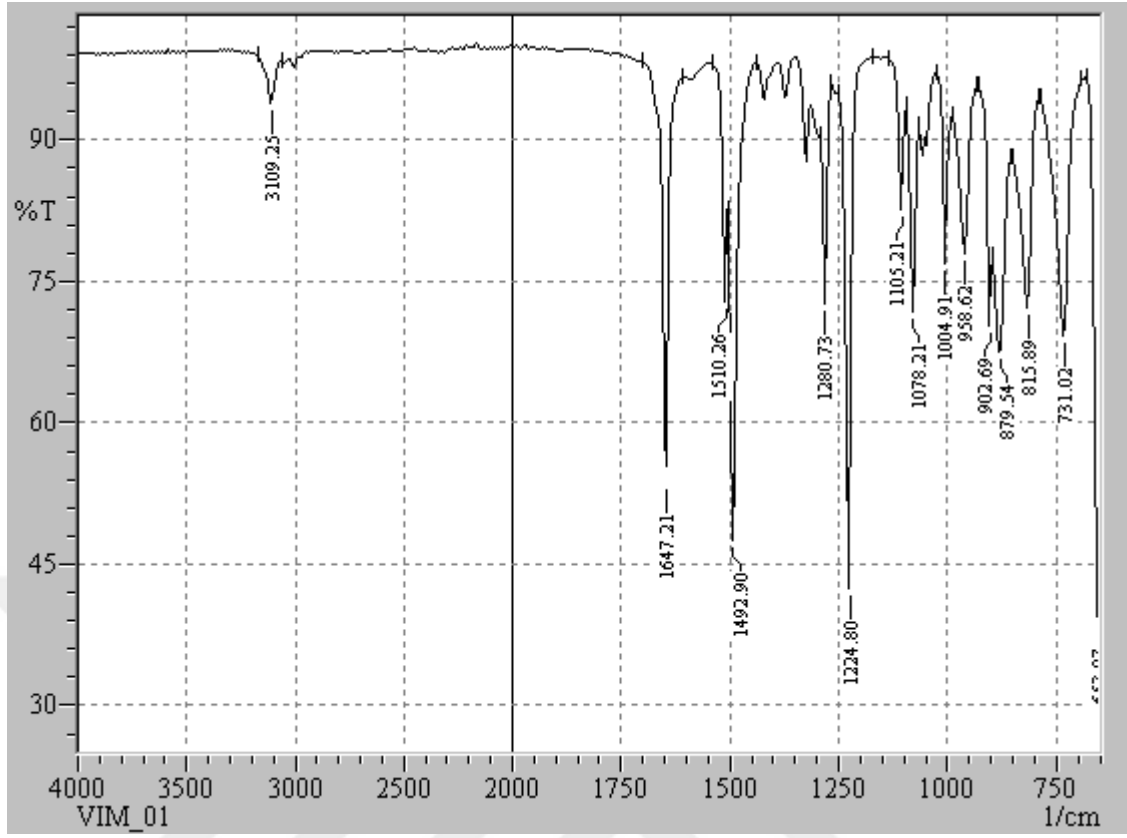
- Yelkovan, S. (2015). *Pamuk ve geri dönüşüm pamuk liflerinden eğrilen ipliklerin özelliklerinin incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Yök veri tabanından erişildi (Erişim No. 483836).
- Yıldırım, E. (2014). *Polimerik ve oligometrik yapılı metal içeren epoksi polimerlerin hazırlanması, termal ve elektronik özelliklerinin araştırılması* (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <https://hdl.handle.net/20.500.12619/79969>
- Yıldız, G. (2019). *Protein, pamuk, viskon ve polyester esaslı örme kumaş özelliklerinin karşılaştırılması* (Yüksek Lisans Tezi). Erişim adresi: <http://hdl.handle.net/11452/11753>
- Zia, K.M., Zuber, M., Rizwana, A., Jamil, T., Tabasuma, S., Shahid, M. (2012). Modification of cellulosic fabric using polyvinyl alcohol— Part-I: Physicochemical properties. *Carbohydrate Polymers*, 87(3), 2063– 2067.
- Zilz, L., Rau, M., Budag, N., Scharf, M., Cavaco-Paulo, A., Andreausa, J. (2012). Nonionic surfactants and dispersants for biopolishing and stonewashing with *Hypocrea jecorina* cellulases. *Society of Dyers and Colourists, Color. Technol.*, 129, 49–54.
- Zinetbaş, G. (2015). *Farklı tip buruşmazlık etkisi sağlayan kimyasalların boyanmış viskon dokuma kumaşın özellikleri üzerine etkilerinin incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: <https://acikerisim.uludag.edu.tr/bitstream/11452/2694/1/406512.pdf>

EKLER

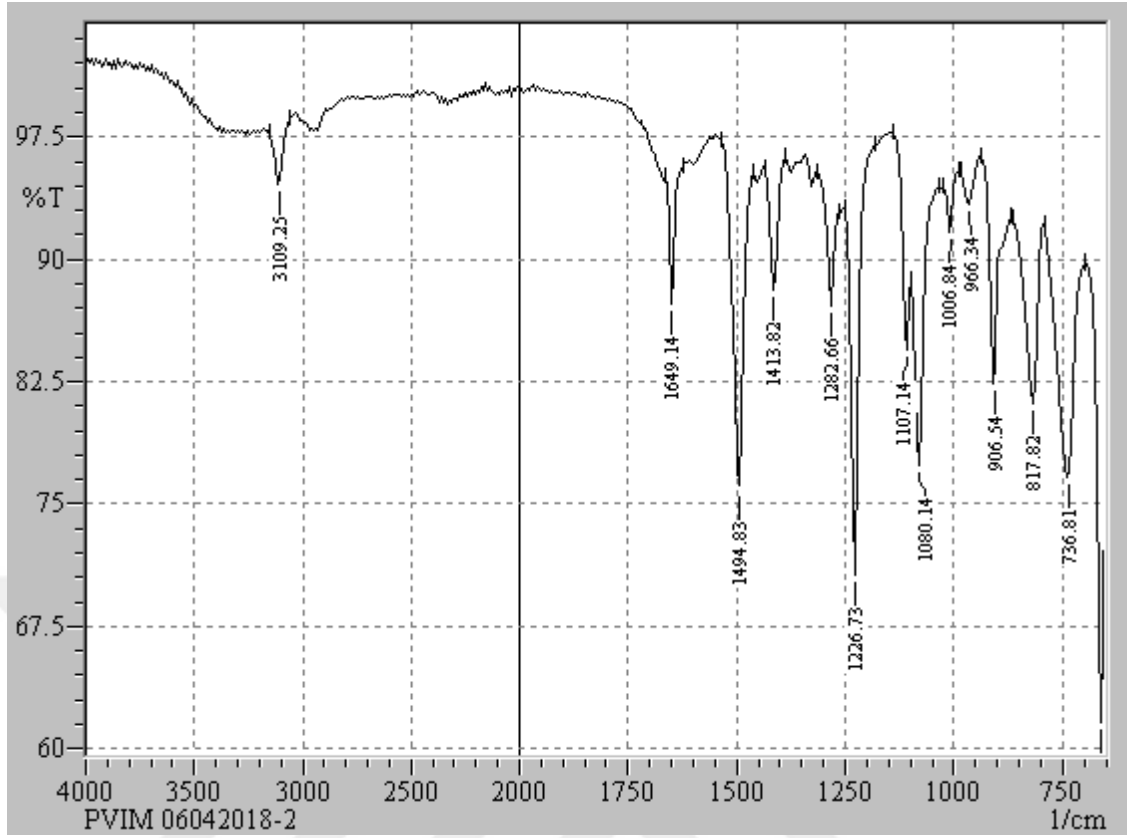
EK 1 Polimerlerin FT-IR analizleri.....	171
Ek 1 Şekil 1. VIM'in FT-IR spektrumu	172
Ek 1 Şekil 2. PVIM'in FT-IR spektrumu.....	173
Ek 1 Şekil 3. VIM ve PVIM'in FT-IR spektrumlarının karşılaştırılması	174
Ek 1 Şekil 4. VCL'nin FT-IR spektrumu.....	175
Ek 1 Şekil 5. PVCL'nin FT-IR spektrumu.....	176
Ek 1 Şekil 6. VCL ve PVCL'nin FT-IR spektrumlarının karşılaştırılması.....	177
Ek 1 Şekil 7. VPA'nın FT-IR spektrumu.....	178
Ek 1 Şekil 8. PVPA'nın FT-IR spektrumu.....	179
Ek 1 Şekil 9. VPA ve PVPA'nın FT-IR spektrumlarının karşılaştırılması.....	180
Ek 1 Şekil 10. VP'nin FT-IR spektrumu.....	181
Ek 1 Şekil 11. PVP'nin FT-IR spektrumu	182
Ek 1 Şekil 12. VP ve PVP'nin FT-IR spektrumlarının karşılaştırılması	183
Ek 1 Şekil 13. VTAZ'ın FT-IR spektrumu	184
Ek 1 Şekil 14. PVTAZ'ın FT-IR spektrumu	185
Ek 1 Şekil 15. VTAZ ve PVTAZ'ın FT-IR spektrumlarının karşılaştırılması	186
 EK 2 Polimerlerin NMR analizleri.....	 187
Ek 2 Şekil 1. PVIM'in NMR spektrumu.....	188
Ek 2 Şekil 2. PVCL'nin NMR spektrumu-1	189
Ek 2 Şekil 3. PVCL'nin NMR spektrumu-2	190
Ek 2 Şekil 4. PVPA'nın ³¹ P-NMR spektrumu	191
Ek 2 Şekil 5. PVP'nin NMR spektrumu-1	192
Ek 2 Şekil 6. PVP'nin NMR spektrumu-2	193
Ek 2 Şekil 7. PVTAZ'ın NMR spektrumu.....	194

EK 1 Polimerlerin FT-IR analizleri

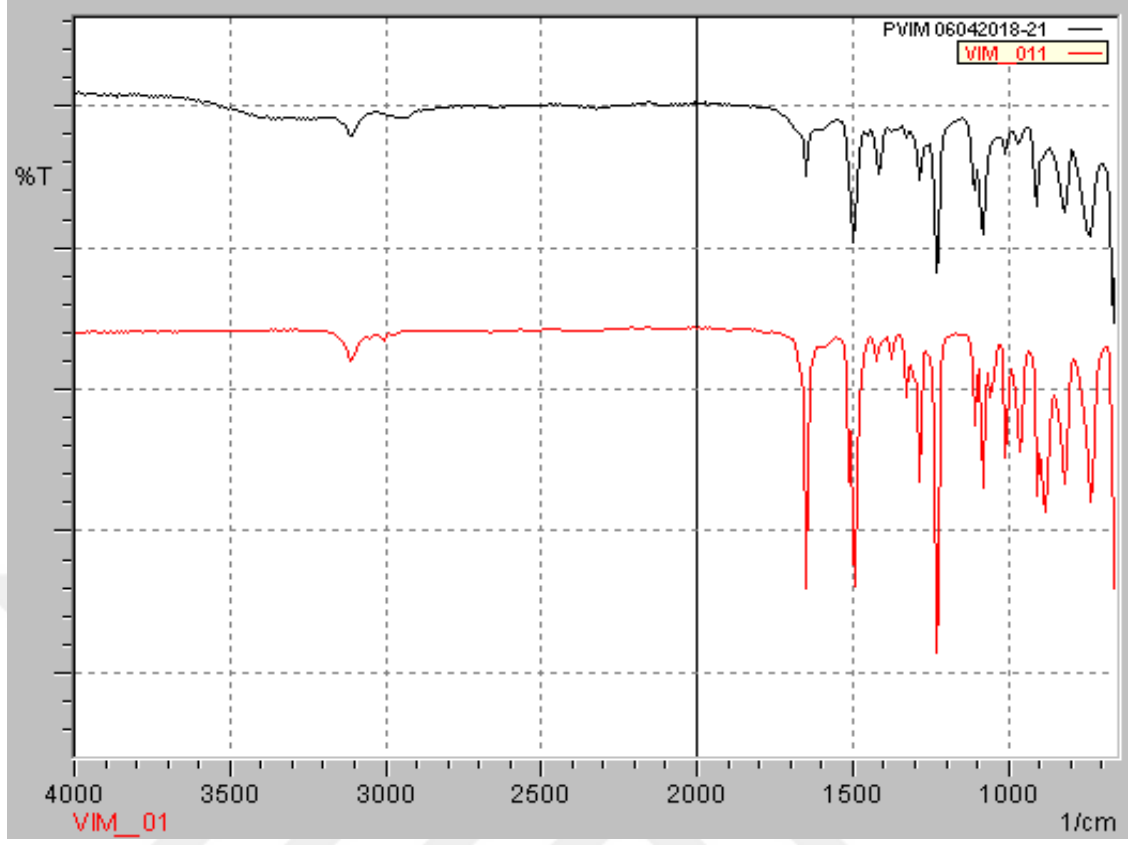




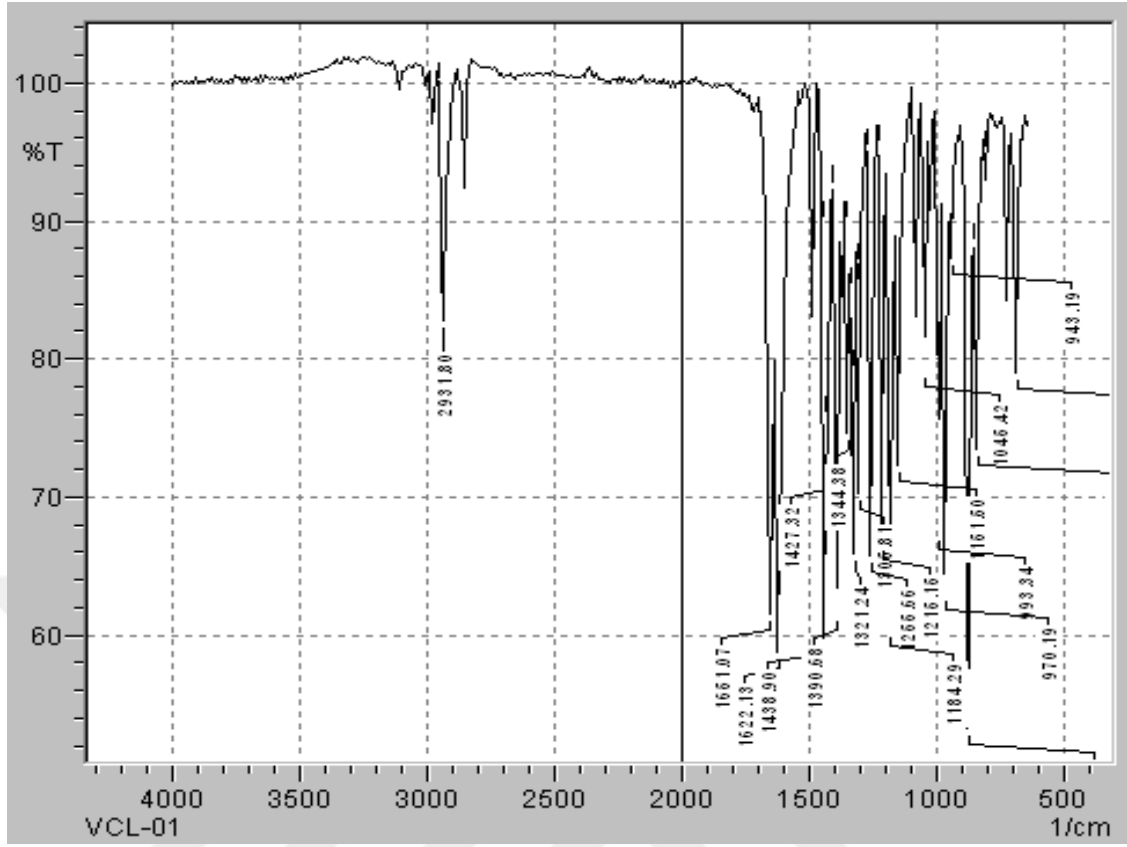
Ek 1 Şekil 1. VIM'in FT-IR spektrumu



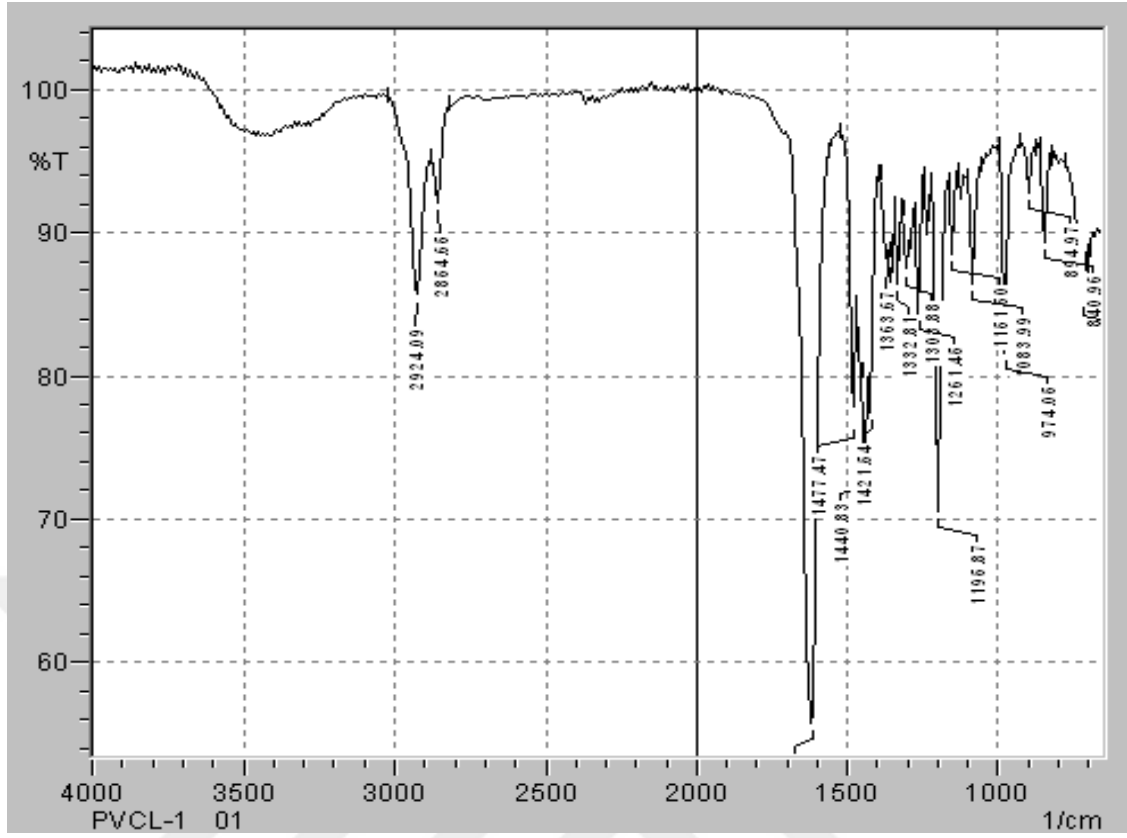
Ek 1 Şekil 2. PVIM'in FT-IR spektrumu



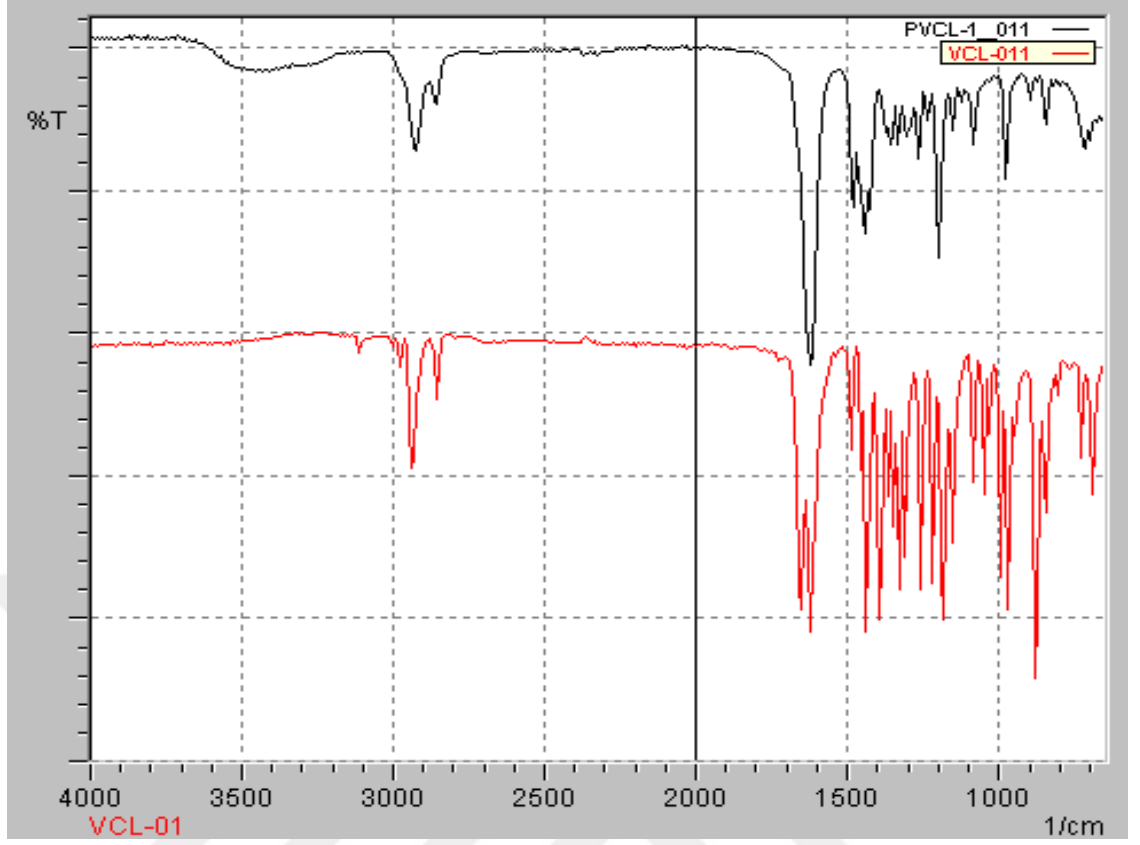
Ek 1 Şekil 3. VIM ve PVIM'ın FT-IR spektrumlarının karşılaştırılması



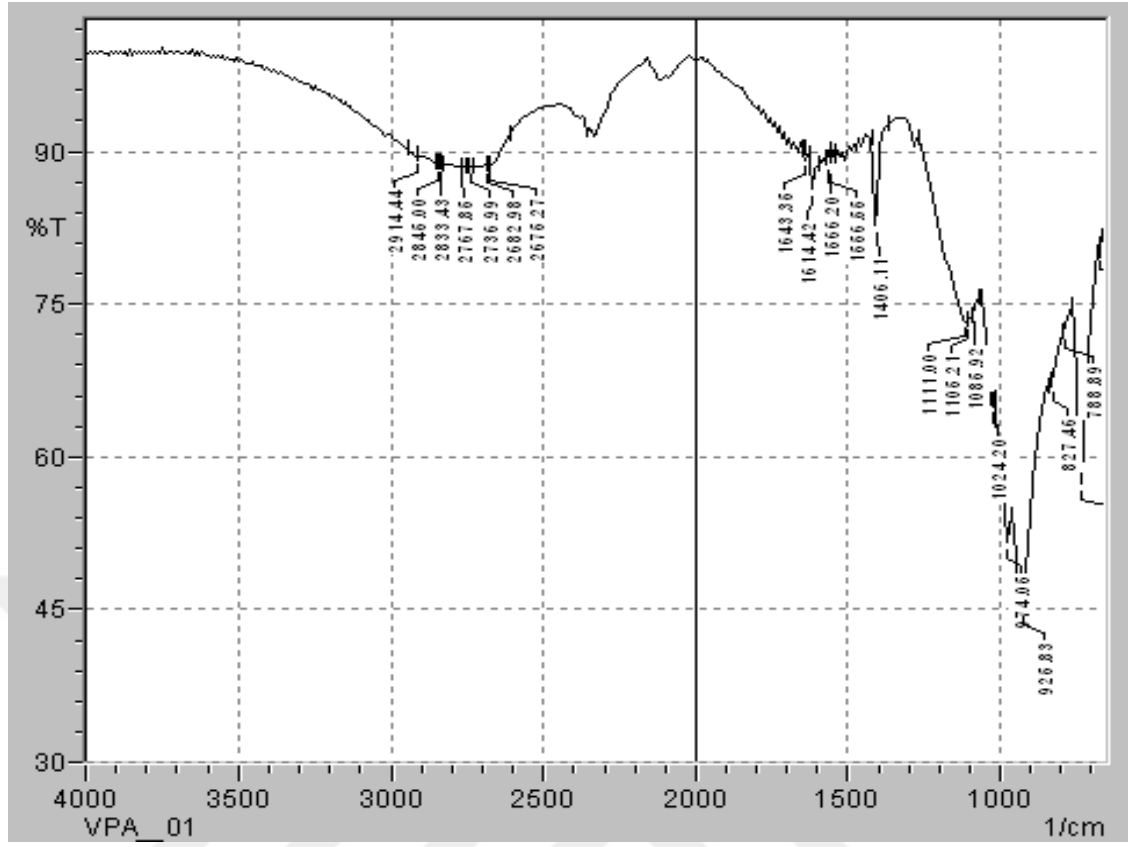
Ek 1 Şekil 4. VCL'nin FT-IR spektrumu



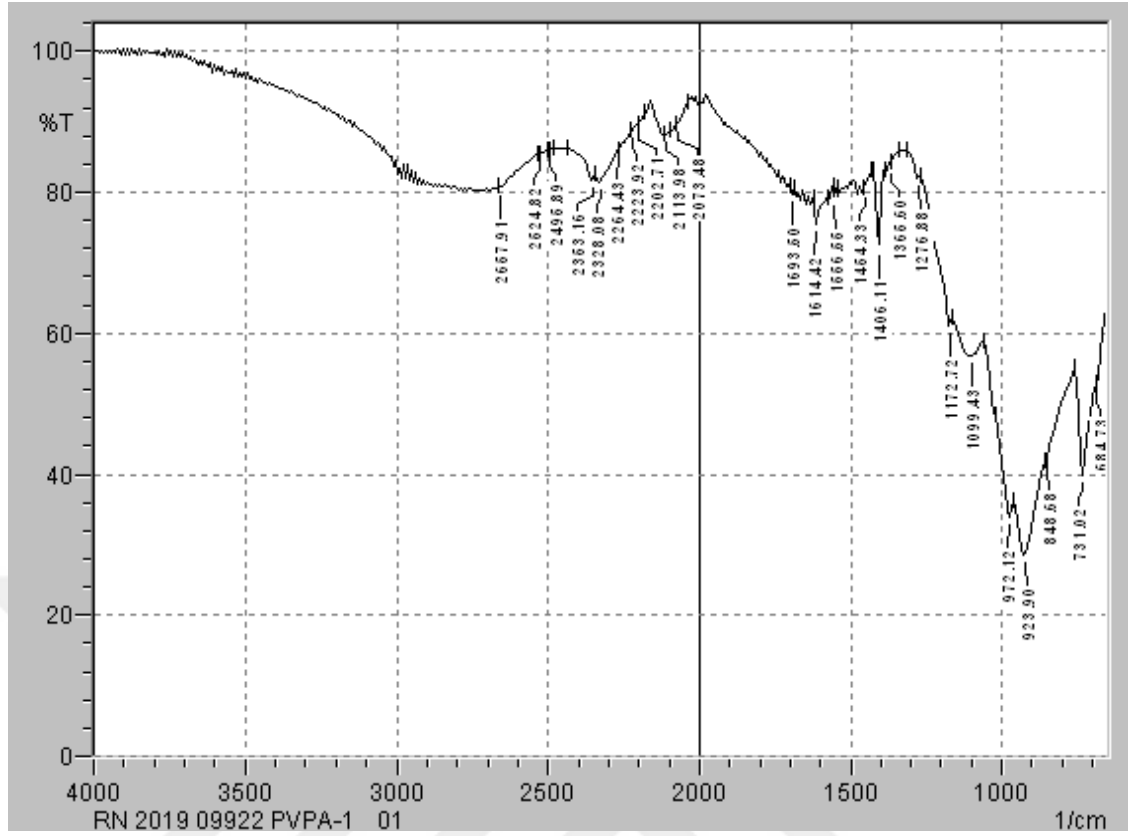
Ek 1 Şekil 5. PVCL'nin FT-IR spektrumu



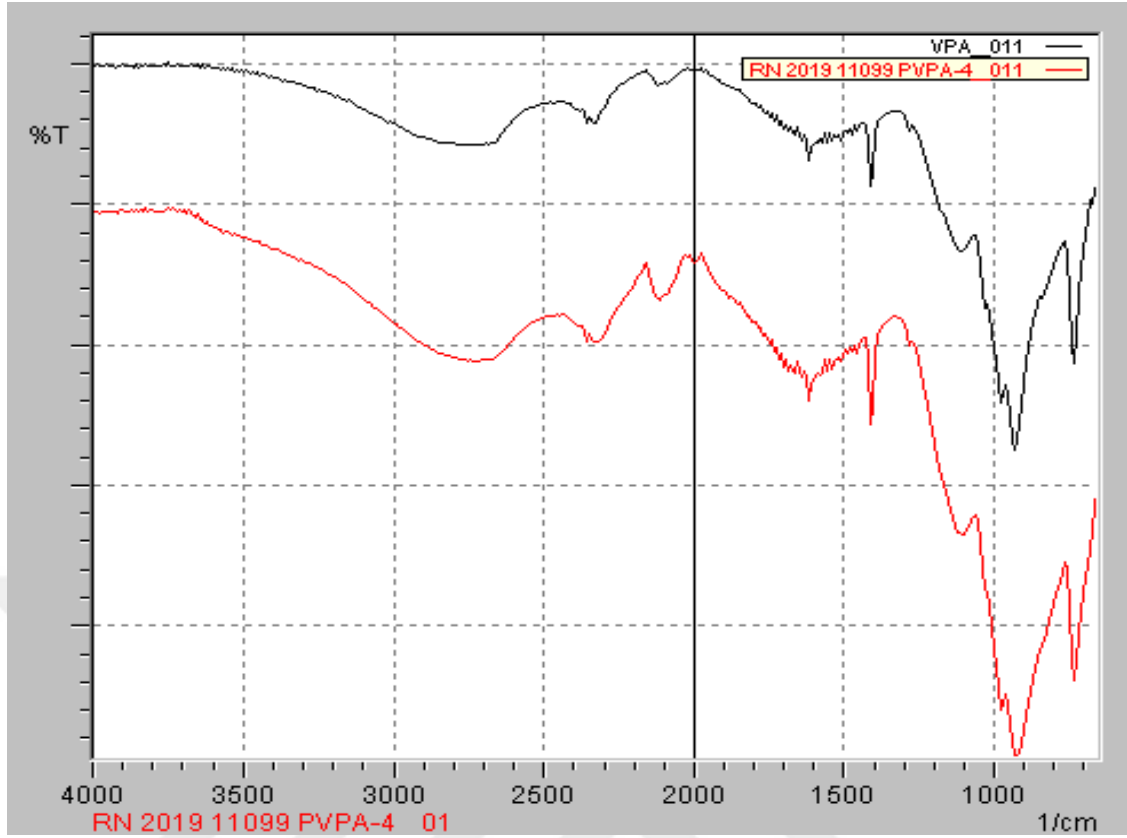
Ek 1 Şekil 6. VCL ve PVCL'nin FT-IR spektrumlarının karşılaştırılması



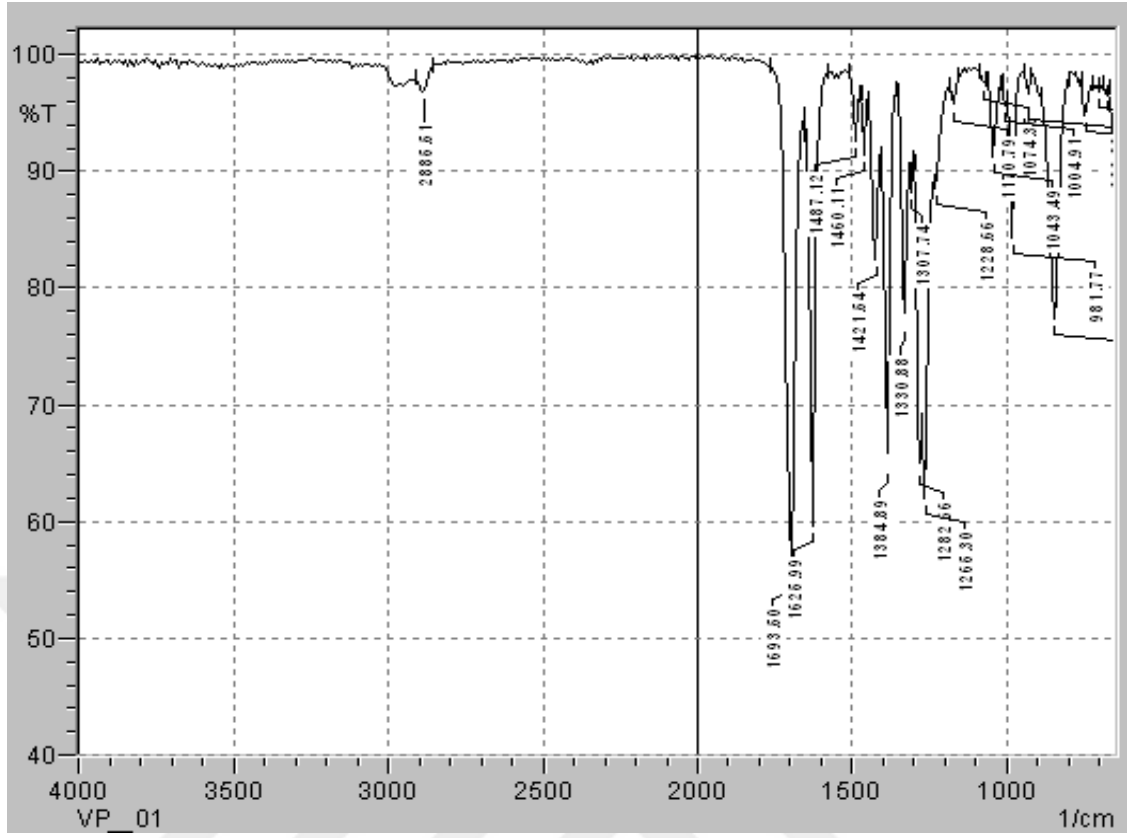
Ek 1 Şekil 7. VPA'nın FT-IR spektrumu



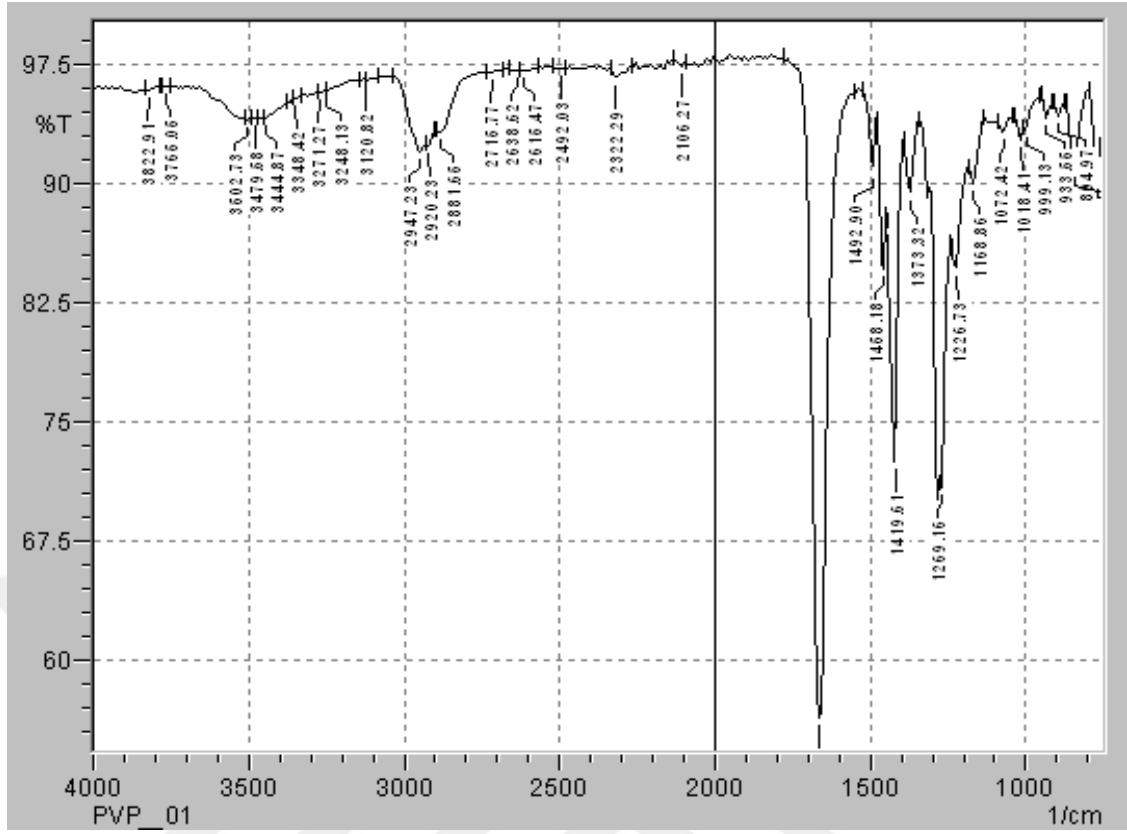
Ek 1 Şekil 8. PVPA'nın FT-IR spektrumu



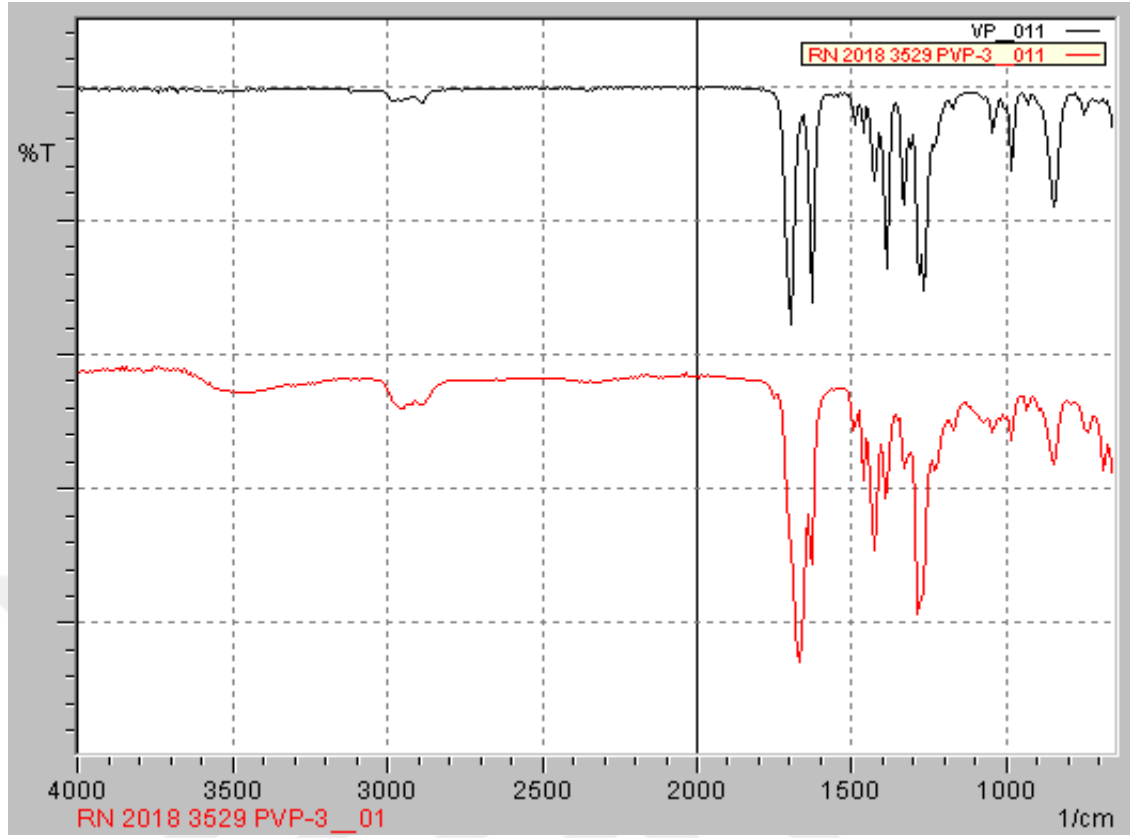
Ek 1 Şekil 9. VPA ve PVPA'nın FT-IR spektrumlarının karşılaştırılması



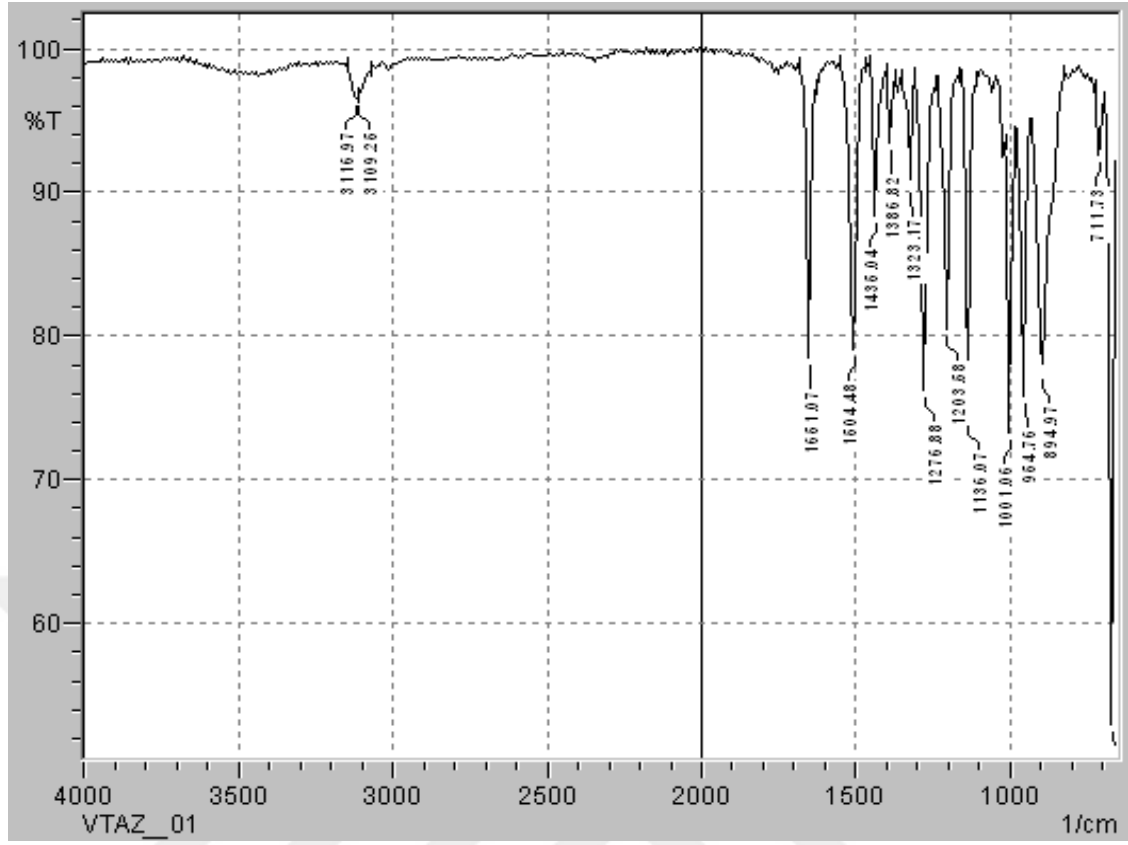
Ek 1 Şekil 10. VP'nin FT-IR spektrumu



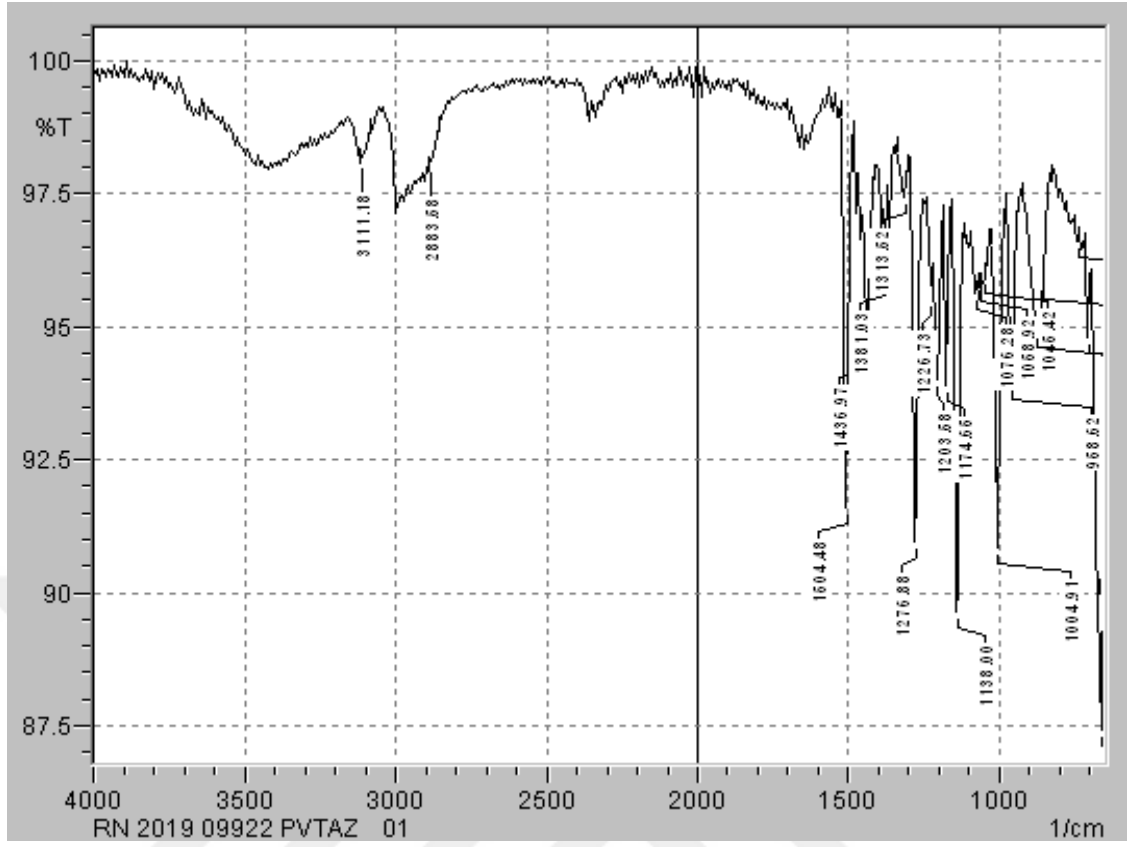
Ek 1 Şekil 11. PVP'nin FT-IR spektrumu



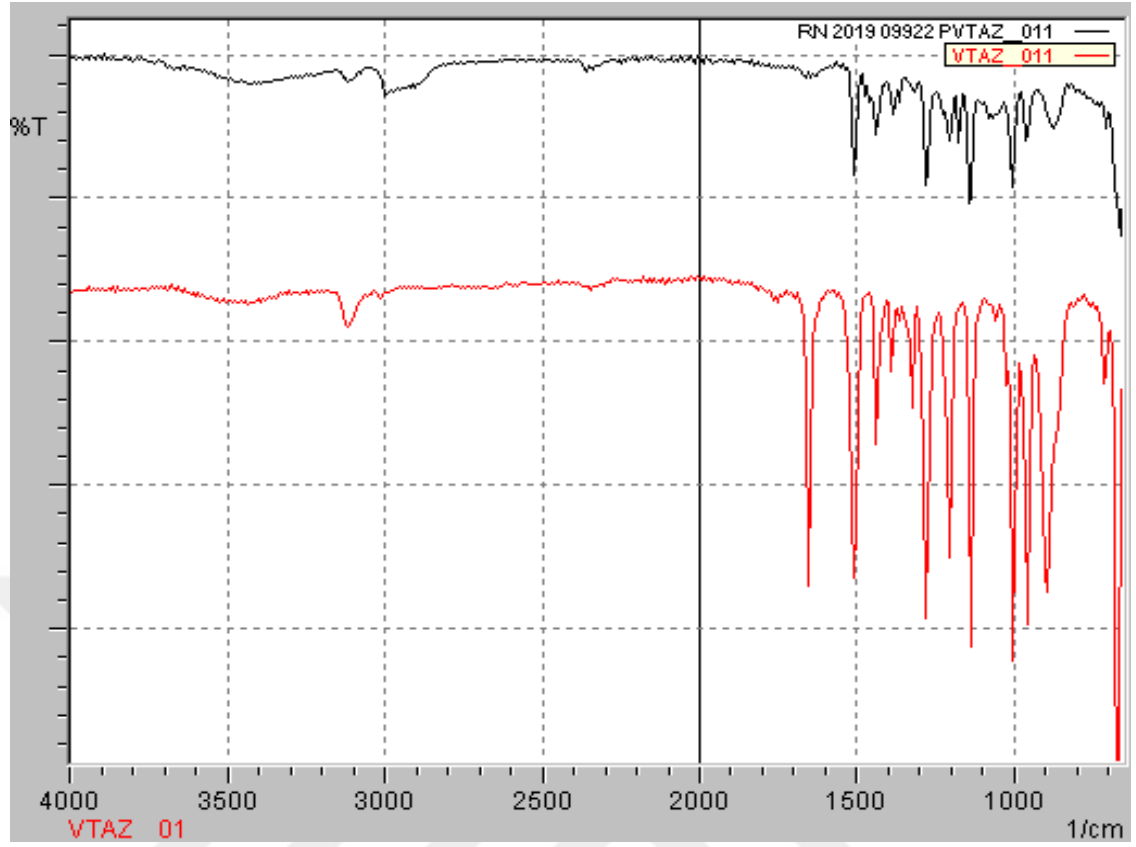
Ek 1 Şekil 12. VP ve PVP'nin FT-IR spektrumlarının karşılaştırılması



Ek 1 Şekil 13. VTAZ'ın FT-IR spektrumu



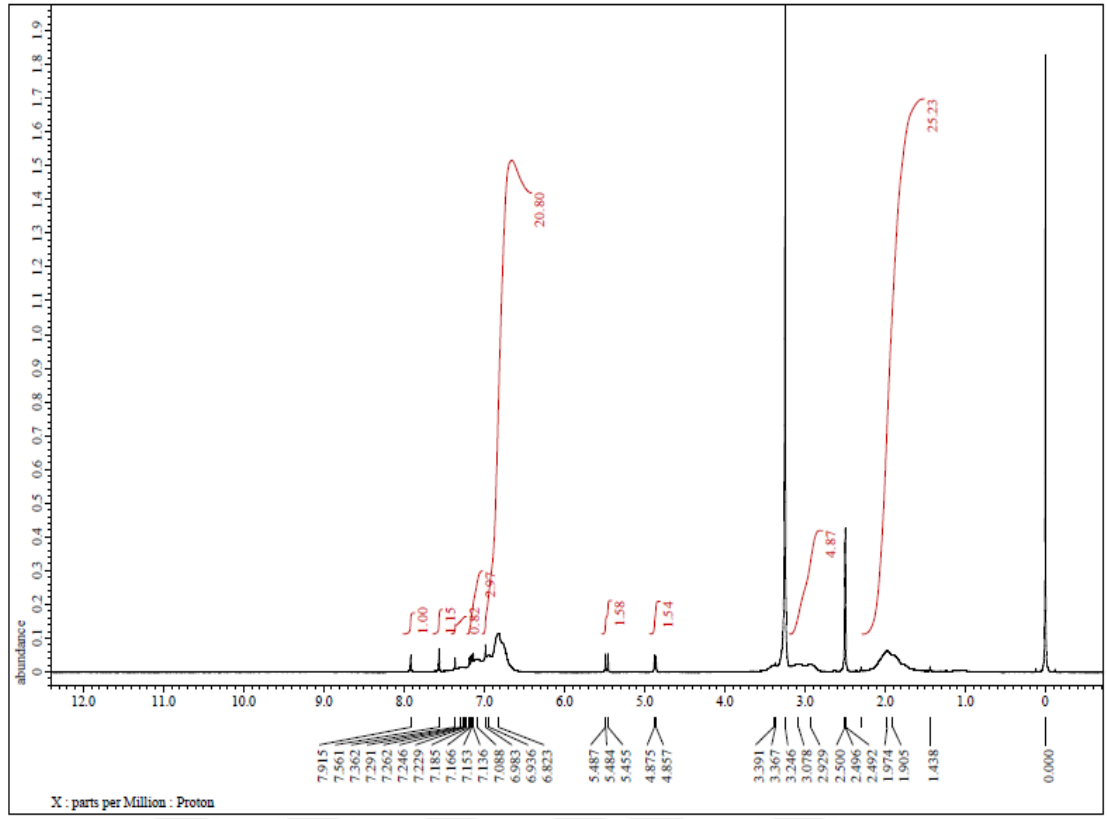
Ek 1 Şekil 14. PVTaz'ın FT-IR spektrumu



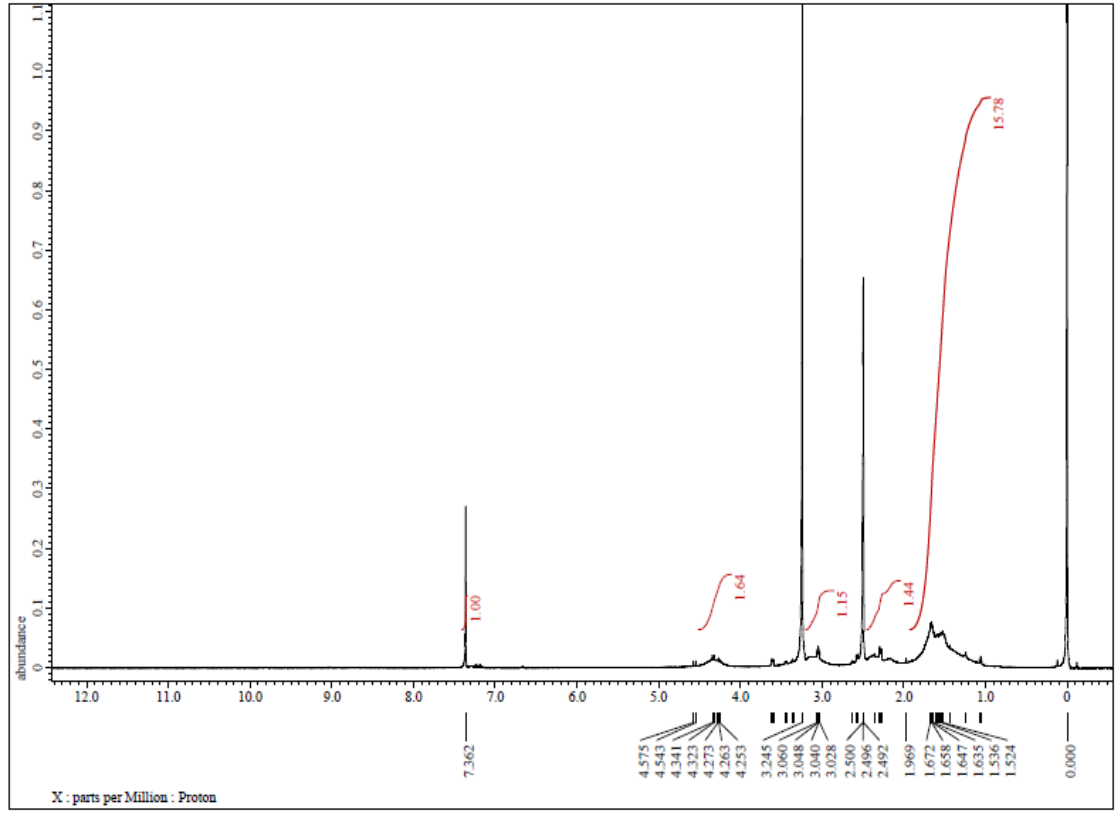
Ek 1 Şekil 15. VTAZ ve PVTAZ'ın FT-IR spektrumlarının karşılaştırılması

EK 2 Polimerlerin NMR analizleri

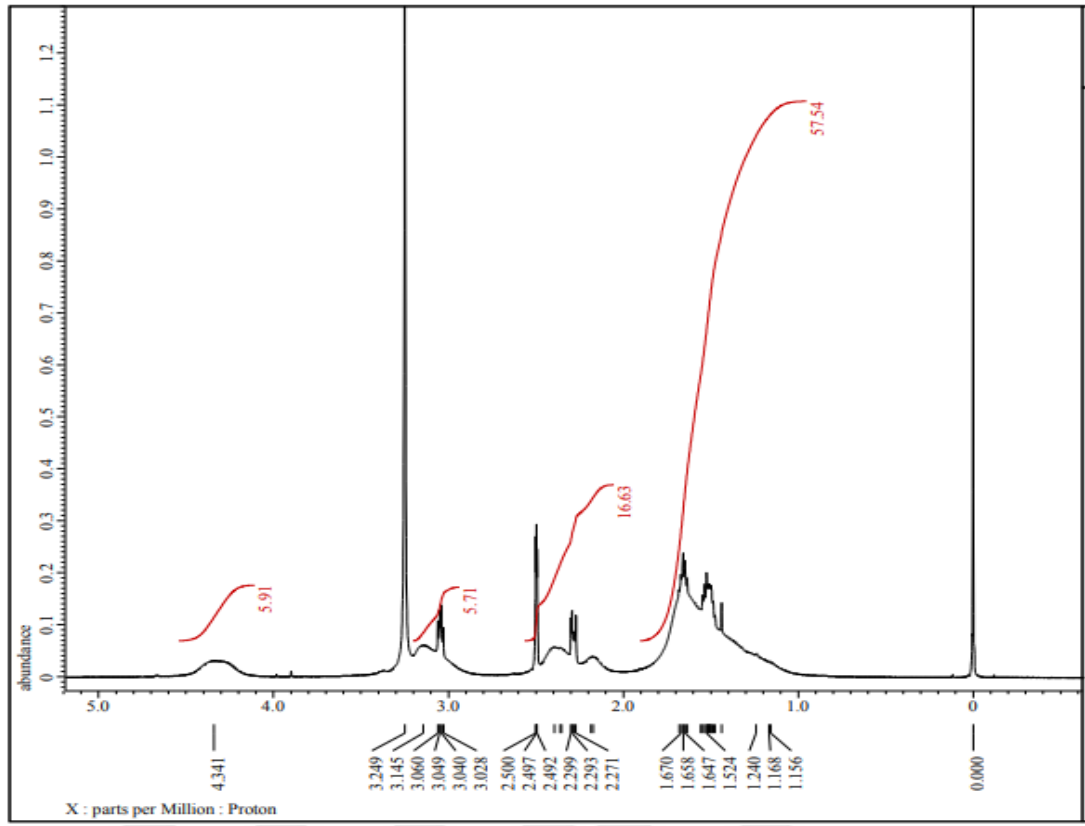




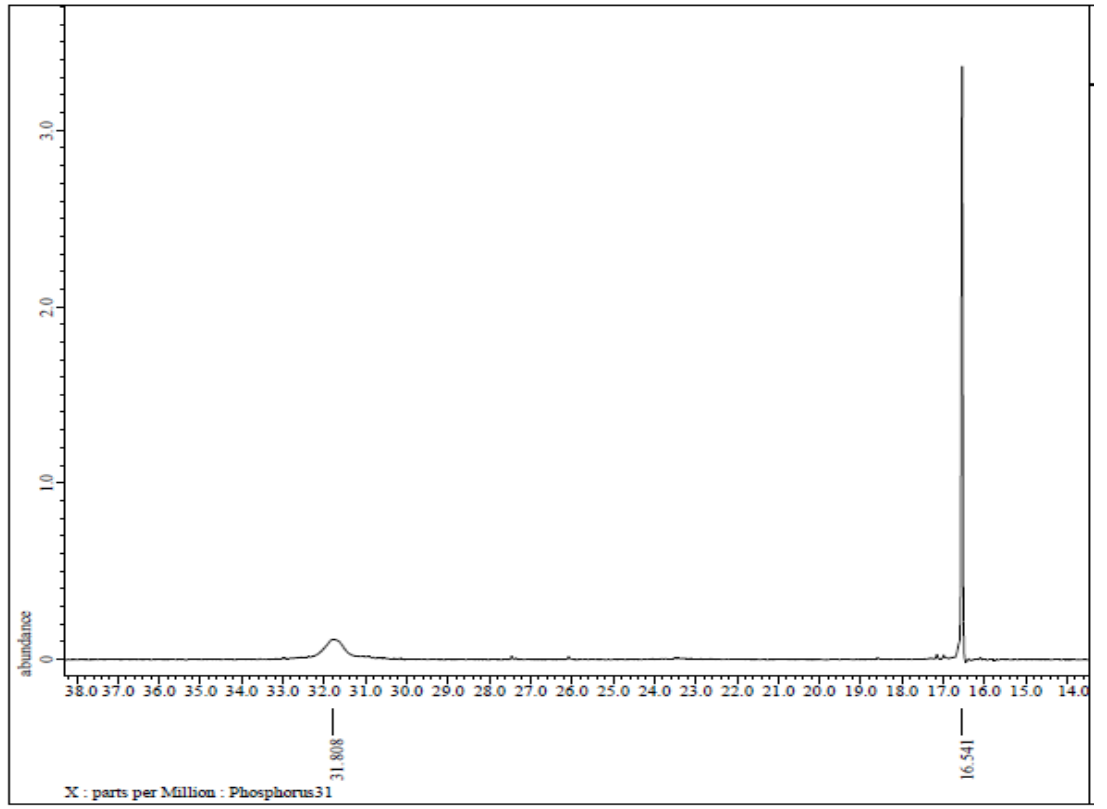
Ek 2 Şekil 1. PVIM'in NMR spektrumu



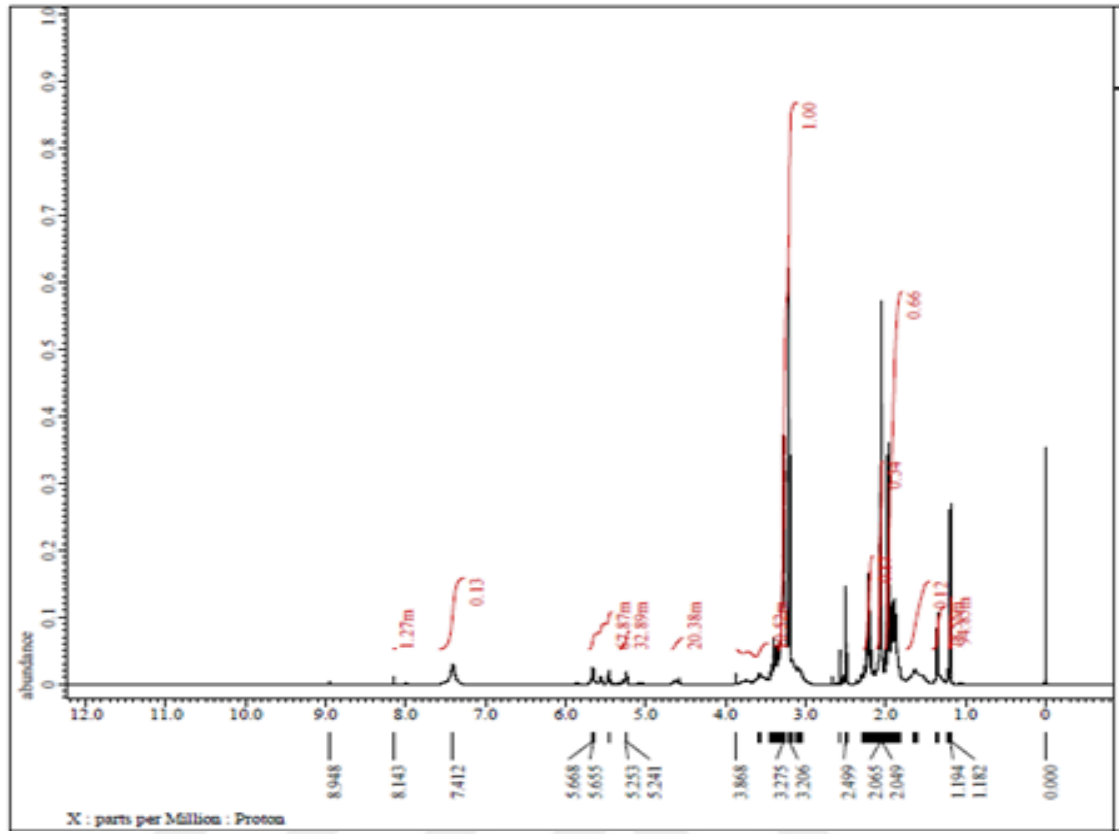
Ek 2 Şekil 2. PVCL'nin NMR spektrumu-1



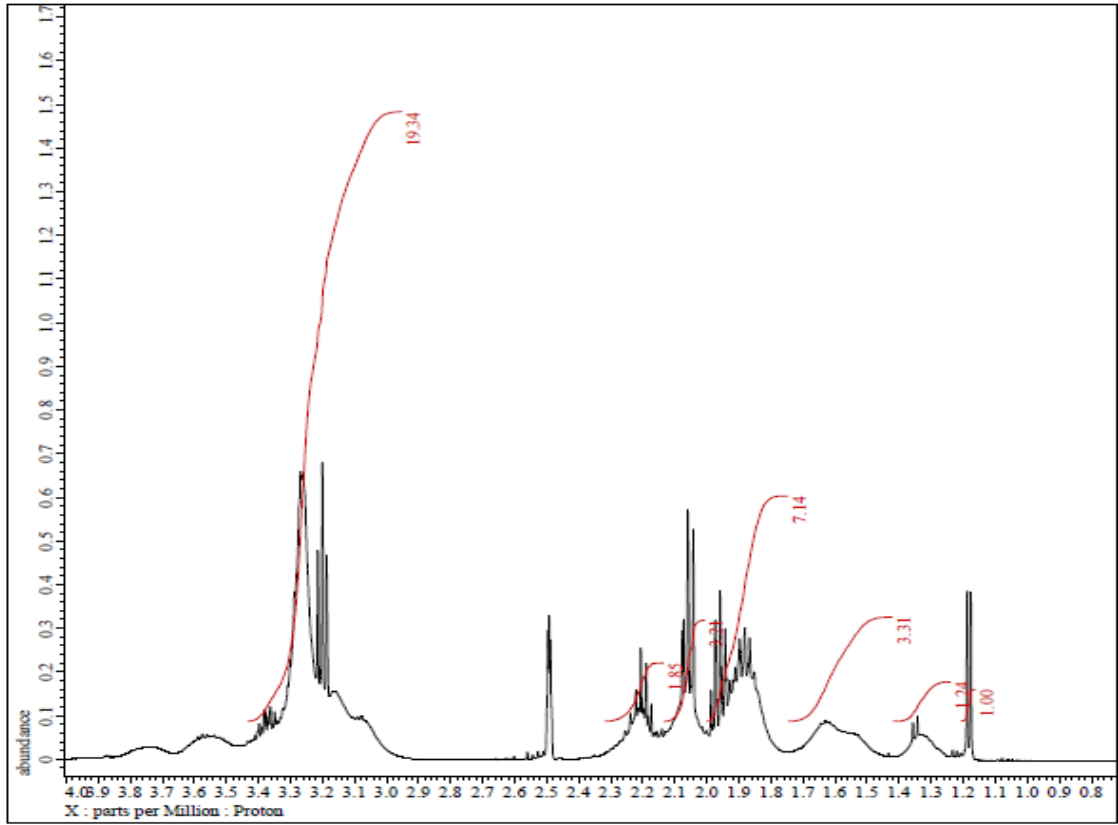
Ek 2 Şekil 3. PVCL'nin NMR spektrumu-2



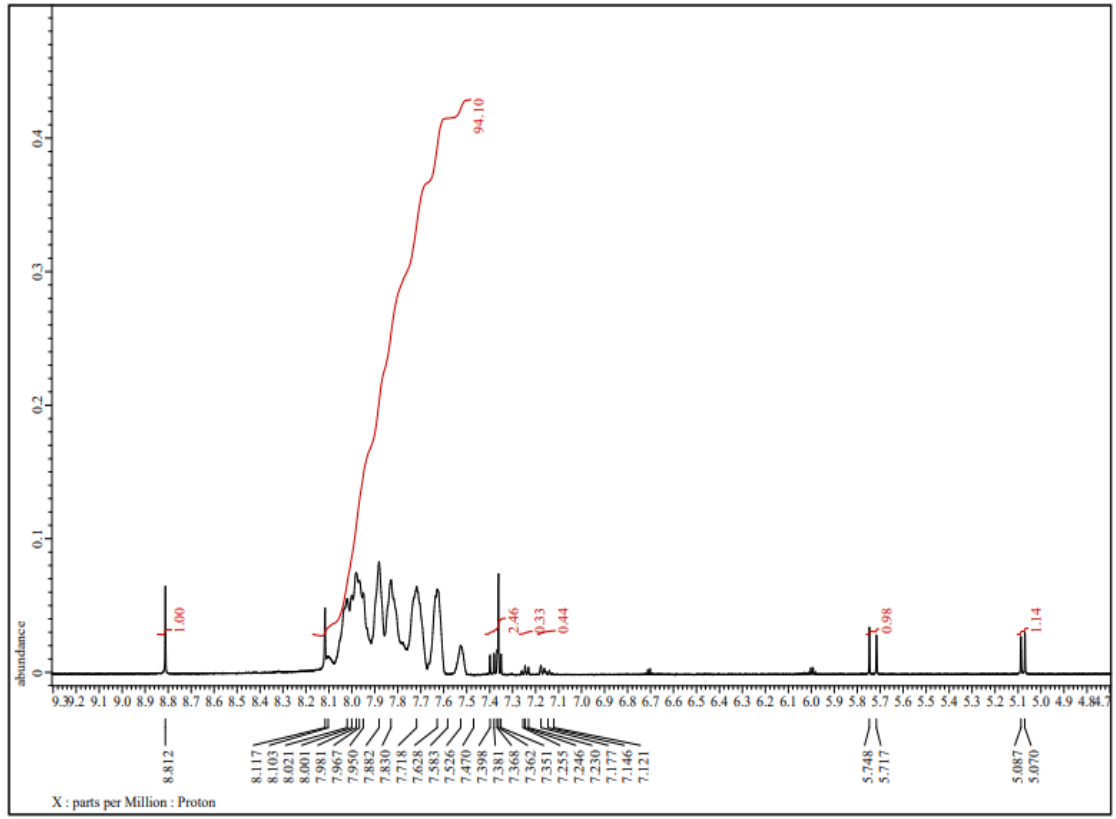
Ek 2 Şekil 4. PVPA'nın ^{31}P -NMR spektrumu



Ek 2 Şekil 5. PVP'nin NMR spektrumu-1



Ek 2 Şekil 6. PVP'nin NMR spektrumu-2



Ek 2 Şekil 7. PVTAZ'ın NMR spektrumu