

**T.C.
UŞAK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**CİLT AYDINLATMA ETKİSİ OLAN β -ARBUTİN İÇEREN NANOLİFLİ
TEKSTİL YÜZEYLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

EJEBAY JUMAGELDİYEVA ŞİŞMAN

ŞUBAT 2021

UŞAK

**T.C.
UŞAK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**CİLT AYDINLATMA ETKİSİ OLAN β -ARBUTİN İÇEREN NANOLİFLİ
TEKSTİL YÜZEYLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

EJEBAY JUMAGELDİYEVA ŞİŞMAN

UŞAK 2021

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Ejebay JUMAGELDİYEVA ŞİŞMAN



**CİLT AYDINLATMA ETKİSİ OLAN β -ARBUTİN İÇEREN NANOLİFLİ
TEKSTİL YÜZEYLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Ejebay JUMAGELDİYEVA ŞİŞMAN

**UŞAK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
Şubat 2021**

ÖZET

Bu çalışmada kitosan ve sodyum aljinat polimerleri ile cilt aydınlatıcı ve cilt lekelerini azaltıcı etkisi literatürce kanıtlanmış olan toz halindeki bitki özütü β -arbutin (ARB) etken maddesi içeren nanolifli tekstil yüzeylerin geliştirilmesi amaçlanmıştır. En yaygın nanolif üretim metodu olan elektrolif çekim yöntemi ile nanoliflerin üretimi ve karakterize edilmesi amaçlanmıştır. Tek başına elektrolif çekimi zor olan kitosan (CS) ve sodyum aljinat (SA) polimerleri için elektrolif çekimde poli (vinil alkol) (PVA) polimeri yardımcı olarak kullanılmıştır. PVA/SA, PVA/SA/ARB, PVA/CS ve PVA/CS/ARB nanoliflerinin morfolojik karakterizasyonu taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanarak yapılmış olup, optimum proses parametreleri belirlendikten sonra nanoliflerin uzun üretimleri gerçekleştirilmiştir. Uzun süreli elektrolif çekimi yapılan nanolifli yüzeylere karakterizasyon testleri uygulanmıştır. Fourier Transform İnfrared Spektrofotometresi (FTIR) analizi uygulanmış olup, lif çekim çözeltisi içerisine ilave edilen polimerler ve etken madde ile başarılı bir şekilde nanolifli yüzeylerin üretilebildiği kanıtlanmıştır. Daha sonra izotonik çözelti (serum) içerisinde 24 saat süren kesikli salım testleri gerçekleştirilmiştir. Salım ortamından belirlenen zaman dilimlerinde alınan sıvılara UVgörünür bölge spektrofotometre analizi uygulanmış olup, nanolifli yüzeylerin belirlenen süreler dahilindeki salım profilleri oluşturulmuştur.

Çalışmadan elde edilen tüm sonuçlar cilt aydınlattıcı ve leke giderici etkiye sahip bitkisel doğal aktif madde ile nanolifli tekstil yüzeyleinin başarılı bir şekilde üretildiğini ve konu ile ilgili sonraki çalışmalar için ışık tutacağıını göstermektedir.

Bilim kodu :

Anahtar Kelimeler: β -arbutin, elektrolif çekim, nanolifler, kozmetik tekstiller, kitosan, sodyum aljinat.

Sayfa Adedi : 97

Tez Yöneticisi : Do. Dr. Ayşe Ebru TAYYAR



**DEVELOPMENT OF NANOFIBER TEXTILE SURFACES CONTAINING A SKIN
LIGHTENING AGENT, β -ARBUTIN**

(M.Sc. Thesis)

Ejebay JUMAGELDIYEVA ŞİŞMAN

**UŞAK UNIVERSITY
GRADUATE EDUCATION INSTITUTE**

February 2021

ABSTRACT

In this study, it was aimed to develop nanofiber textile surfaces using chitosan and sodium alginate polymers and containing an active agent, β -arbutin (ARB), which has been proven by the literature to lighten skin and reduce skin blemishes. It is aimed to produce and characterize nanofibers with electrospinning method that is the most common nanofiber production method. Electrospinning of pure chitosan (CS) and pure sodium alginate (SA) polymers are difficult. Thus, an auxiliary polymer, poly (vinyl alcohol) (PVA) polymer was used. Morphological characterizations of PVA/SA, PVA/SA/ARB, PVA/CS and PVA/CS/ARB nanofiber surfaces were performed using scanning electron microscope (SEM), and long-term electrospinning of nanofiber surfaces were carried out after the optimum process parameters were determined. Characterization tests were conducted on the nanofiber surfaces that were produced by long-term electrospinning. The Fourier Transform Infrared Spectrophotometer (FTIR) analyses were applied and the characteristic peaks of the polymers and the active agent (β -arbutin) added into the fiber spinning solution were observed. Then, batch release tests were performed in isotonic solution (serum). UV-visible spectrophotometer analyses were applied to the release media taken at determined time intervals. And the β -arbutin release profiles of the CS and the SA nanofiber surfaces were determined.

All of the results obtained from the study show that the nanofiber textile surfaces containing natural active agent that have skin lightening and reducing skin blemishes effects were successfully produced and the study will shed a light on the subject for future studies.

Science code :

Keywords : β -arbutin, electrospinning, nanofibers, cosmetic textiles, chitosan, sodium alginate.

Number of Pages : 97

Thesis Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Ayse Ebru TAYYAR



TEŞEKKÜR

Lisansüstü çalışmamın her aşamasında bana destek olan, bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren, mühendislik etiğine sahip, sürekli gelişim ve öğrenmeye açık bir mühendis olmamda büyük katkı sahibi olan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ayşe Ebru TAYYAR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Yüksek lisans öğrenimim boyunca bana laboratuvarının kapılarını açan, elektrolif çekim deney düzeneği ile tanıştıran, bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren hocam Sayın Dr. Öğr. Üye. Gamze TETİK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu araştırmayı 219M574 numaralı proje ile destekleyen TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarında bana yardımcı olan hocalarım Doç. Dr. Onur GÜNEŞER ve Dr. Öğr. Üyesi Zeynep CİĞEROĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim boyunca her anımda yanımda olan eşim Hakan ŞİŞMAN'a, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen annem, babam ve canım aileme teşekkürü borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
TEŞEKKÜR	v
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
1 GİRİŞ	1
2 GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	4
2.1 Kozmetik Tekstiller	4
2.2 Kozmetik Tekstillerin Sınıflandırılması	5
2.2.1 İnsan vücudu kontürü düzenleyici kozmetik tekstiller	5
2.2.2 Aromaterapi özellikli kozmetik tekstiller	7
2.2.3 Nanolif yapılı kozmetik tekstiller	8
2.2.4 Diğer kozmetik tekstiller	11
2.3 İnsan Cildi.....	12
2.3.1 Cilt rengi	14
2.3.2 Cilt lekeleri	15
2.3.3 Cilt Beyazlatıcı ajanlar ve etki mekanizmaları.....	17
2.3.4 Yaygın olarak kullanılan doğal kozmetik ve cilt beyazlatıcı/aydınlatıcı ajanlar	18
2.3.5 Cilt beyazlatıcılar ile ilgili yapılan bilimsel çalışmalar	22
2.3.6 Arbutin.....	30
2.3.6.1 Kimyasal yapısı ve özellikleri.....	30
2.3.6.2 Arbutin ve türevlerinin kullanım alanları	32
2.4 Kozmetik Tekstillerin Karakterizasyonu ve Performans Testleri.....	34
2.4.1 Kimyasal özellikleri.....	35
2.4.2 Zehirli/Zararsız olma	35
2.4.3 E Vitamin içeriği	36
2.4.4 Parfüm performans analizi.....	36
2.4.5 Etkinlik	36
2.4.6 Dayanıklılık	37

	Sayfa
2.4.7 Etiketleme.....	37
2.5 Kozmetik Tekstillerin Üretim Yöntemleri.....	37
2.5.1 Mikrokapsülasyon	38
2.5.2 Lif katkılama.....	39
2.5.3 Aşılama-Siklodekstrinler	40
2.5.4 Doğrudan kaplama.....	41
2.5.5 Nanoteknoloji ve üretim yöntemleri.....	42
2.5.5.1 Elektrolif çekimi ve tarihi	44
2.5.5.2 Elektrolif çekim prosesini etkileyen parametreler	45
2.6 Tezin içeriği ve amacı.....	51
3 MALZEME VE YÖNTEM.....	52
3.1 Kullanılan Polimerler ve Aktif Bileşen.....	52
3.2 Çalışmada Kullanılan Cihazlar	54
3.2.1 Analitik terazi	54
3.2.2 Manyetik karıştırıcı.....	54
3.2.3 Isıtıcı manyetik karıştırıcı.....	54
3.2.4 Viskozite ölçüm cihazı.....	54
3.2.5 İletkenlik ölçüm cihazı.....	54
3.2.6 Mikrometre	54
3.2.7 Elektrolif çekim düzeneği.....	55
3.2.8 Civa porozimetresi	55
3.2.9 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM).....	55
3.2.10 Fourier Dönüşümlü Kızıl Ötesi spektrometresi (FTIR).....	55
3.2.11 UV Görünür bölge spektrofotometre	55
3.3 Yöntem.....	56
3.3.1 Çözeltilerin hazırlanması.....	56
3.3.2 Çözeltilerin karakterizasyonları.....	58
3.3.3 Nanoliflerin elektrolif çekimleri.....	58
3.3.4 Nanoliflerin karakterizasyonları	60
3.3.4.1 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM).....	60
3.3.4.2 Nanolifli yüzeylerin kalınlık, gramaj, gözeneklilik ve yüzey alanları.....	61
3.3.4.3 Fourier Dönüşümlü Kızıl Ötesi spektrometresi (FTIR) analizi	61

	Sayfa
3.3.4.4 Salım testi	62
3.3.4.5 UV Görünür bölge spektrofotometre analizi	63
4 BULGULAR VE TARTIŞMA	64
4.1 Çözelti Karakterizasyonları	64
4.2 Nanoliflerin SEM Bulguları.....	66
4.3 Nanoliflerin Kalınlık, Gramaj, Gözeneklilik ve Yüzey Alanı Bulguları	73
4.4 FTIR Analizi Bulguları	74
4.5 UV-Görünür Bölge Analizi Bulguları	78
5 SONUÇ	81
6 KAYNAKLAR.....	83
EKLER	955
EK-1 Arbutin salımı için oluşturulan kalibrasyon eğrisi.....	966
ÖZGEÇMİŞ.....	977

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. PA6/ARB çözelti özellikleri.....	57
Çizelge 3.2. PVA/SA çözelti özellikleri.....	57
Çizelge 3.3. PVA/SA/ARB çözelti özellikleri.....	57
Çizelge 3.4. PVA/CS çözelti özellikleri	58
Çizelge 3.5. PVA/CS/ARB çözelti özellikleri.....	58
Çizelge 3.6. PA6/ARB çözeltilerine uygulanan voltaj değerleri.....	59
Çizelge 3.7. PVA/SA ve PVA/SA/ARB üretim parametresi	60
Çizelge 3.8. PVA/CS ve PVA/CS/ARB üretim parametresi.....	60
Çizelge 4.1. Ön çalışmalar sırasında alınan görüntülerin bazıları.....	69
Çizelge 4.2. Nanoliflerin tanımlayıcı istatistikleri.....	73
Çizelge 4.3. Örneklerin kalınlık ve gramaj bilgileri	73
Çizelge 4.4. Üretilen nanoliflerin civa porozimetresi analiz sonuçları	74
Çizelge 4.5. PVA, CS, SA polimerleri ve β -arbutin etken maddesine ait karakteristik pikler ve dalga boyları aralıkları	77

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. Çözeltilerin viskozite değerleri	65
Şekil 4.2. Çözeltilerin elektrik iletkenlik değerleri.....	65
Şekil 4.3. (a) PVA/SA, (b) PVA/SA/ARB nanoliflerinin çap dağılımları	72
Şekil 4.4. (a) PVA/CS, (b) PVA/CS/ARB nanoliflerinin çap dağılımları.....	72
Şekil 4.5. PVA/SA/ARB nanolifinin FTIR spektrumu	75
Şekil 4.6. PVA/CS/ARB nanolifinin FTIR spektrum	76
Şekil 4.7. Arbutin yüklü PVA/SA/ARB nanoliflerinin 24 saatlik salım grafiği	79
Şekil 4.8. Arbutin yüklü PVA/CS/ARB nanoliflerinin 24 saatlik salım grafiği	79

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Nanotaşıyıcılar	9
Resim 2.2. Epiderminin tabakaları.....	13
Resim 2.3. Dermis tabakasında melanositlerde melanin sentezi ve dağılımı.....	15
Resim 2.4. Açık ve koyu renk pigmentli insan cilt yapısının şeması	16
Resim 2.5. (a) β , (b) α arbutinin kimyasal yapısı	31
Resim 2.6. Kozmetik tekstillerin üretimi.....	38
Resim 2.7. Mikrokapül yapısı	39
Resim 2.8. Siklodekstrin.....	41
Resim 2.9. Nanolif üretim yöntemleri	42
Resim 2.10. Elektrolif çekim düzeneği	44
Resim 3.1. Çözeltilerin hazırlanması.....	56
Resim 3.2. Çalışmada kullanılan elektrolif çekim düzeneği	59
Resim 3.3. 5x5 cm ² 'lik nanolif örnekler ve kalınlık ölçümü.....	61
Resim 3.4. Çalışmada kullanılan ATR-FTIR cihazı	62
Resim 3.5. Salım testlerine ait görüntü.....	63
Resim 3.6. Çalışmada kullanılan UV spektrofotometre cihazı	63
Resim 4.1. (a), (b), (c), (d), (e), (f) sırasıyla %0, %2-1, %2-2, %2-3, %5 ve %10 β -arbutin içeren PA6 nanoliflerine ait görüntüler	67
Resim 4.2. PVA/SA, 20 cm-0,3 mL/sa-16 kV, (%8 PVA-distile su, %3 SA-distile su)	70
Resim 4.3. PVA/SA/ARB, 20 cm-0,2 mL/sa-16 kV, (%8 PVA-distile su, %3 SA-distile su, %2 ARB)	70
Resim 4.4. PVA/CS, 20 cm-0,25 mL/sa-18 kV, (%8 PVA-distile su, %2 CS-%30 A.A) ..	71
Resim 4.5. PVA/CS/ARB, 20 cm-0,25 mL/sa-18 kV, (%8 PVA-distile su, %2 CS-%30 A.A, %2 ARB)	71

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

μm

v/v

w/v

nm

kV

Açıklama

Mikrometre

Hacim/hacim

Ağırlık/hacim

Nanometre

Kilovolt

Kısaltmalar

SEM

FTIR

UV

PVA

SA

CS

ARB

PA6

FA

AA

Açıklama

Taramalı Elektron Mikroskobu

Fourier Transform İnfrared Spektrofotometresi

Ultra viyole

Poli (vinil alkol)

Sodyum Aljinat

Kitosan

Arbutin

Poli amid 6

Formik asit

Asetik asit

1 GİRİŞ

Birçoğumuz cildimizi sağlıklı, pürüzsüz, genç ve güzel göstermeye devam edebilecek ürünler için önemli miktarda para ve zaman harcamaktayız. Kozmetik endüstrisi gelişmekte olup, piyasada sürekli yeni nemlendiriciler, temizleyiciler ve güzellik ürünleri ortaya çıkmaktadır. Ürünlerin büyük çoğunluğu aktif uygulama gerektirir. Örneğin, yüz derisinin temizliği ve nemlendirilmesi için günlük bakım rutini önemlidir. Son yıllarda cilt bakımında kozmetik tekstiller adı altında yeni bir alanın gelişmeye başladığı gözlenmektedir. Kozmetik tekstiller henüz emekleme aşamasındadır. Kozmetik tekstillerin en büyük avantajı kozmetik maddeyi aktif olarak uygulama gereksinimini ortadan kaldırmasıdır. Gece ve gündüz boyunca kullandığımız tekstiller esas olarak bize koruma, sıcaklık ve destek vermek için tasarlanmıştır. Son yirmi yılda gelişen yeni teknolojiler, nefes alabilen tekstiller, akıllı tekstiller, tıbbi tekstiller ve daha yakın zamanlarda kozmetik tekstiller gibi sofistike teknik tekstillerin gelişmesine yol açmıştır. Kozmetik tekstiller, tekstil malzemelerini kozmetik etken maddelerle birleştirme prensibine dayanmaktadır. Yani, deri ve insan vücudu ile temasında, aktif bir maddenin kozmetik amaçlar için transfer edilmesi için tasarlanmıştır. Piyasadaki mevcut kozmetik tekstiller, nemlendirici, selülit azaltıcı, koku yayan, vücut zayıflatma etkili, enerji verici, gençleştirici, canlandırıcı, cildin sıkılığını ve elastikiyetini arttıran veya ince çizgilerin ve kırışıklıkların görünümünü azaltmaya yardımcı olan ürünlerden oluşmaktadır. Ayrıca ilgili alanlarda artan talep göz önüne alındığında, araştırmacılar ve tekstil üreticileri Ar-Ge ve Ür-Ge için kozmetik tekstillere önemli ölçüde yatırım yapmışlardır (Cheng et al., 2009). Adidas, Nike ve L'Oreal' da kozmetik tekstillere yoğun ilgi göstermektedir, bu da pazarın yeni aktif tekstilleri kabul etmeye başladığına işaret etmektedir (Shi and Xin, 2007).

Kozmetik aktif bileşenlerin tekstil yüzeylerine aktarılması, kozmetik içerikli maddelerin fiziksel veya kimyasal yöntemler ile elyaf yüzeyine bağlanması ile gerçekleşmektedir. Kozmetik tekstiller, doğrudan kaplama ya da kapsülleme, lif oluşturacak hammadde içerisine katkılama, iplik, lif ya da kumaş yüzeyine aşılıyarak tutundurma gibi çeşitli teknikler ile üretilmektedir (Singh et al., 2011). Kapsülleme birkaç farklı yöntemle gerçekleştirilebilmektedir. Aktif bileşenin kapsüllerden salınması, kullanım sırasında vücut hareketiyle oluşan kumaş ve cilt arasındaki ısı, biyolojik bozulma veya sürtünme sonucu

kapsüllerin parçalara ayrılması ve kapsüllenmiş aktif bileşenlerin serbest bırakılması ile meydana gelmektedir. Kozmetik tekstillerin üretimi için kullanılan mikrokapsüllemenin avantajı aktif maddenin çevreden, yani ısı, düşük veya yüksek pH, oksidasyon, buharlaşma ve bozulmadan korunmasıdır. Mikrokapsül kabuklarının beklenenden hızlı bir şekilde kırılıp cilde salınması ve alerjik etkiler yaratması ise dezavantaj olarak değerlendirilmektedir (Borkow, 2016).

Aktif bileşenin kozmetik tekstillere göre kontrollü salım özellikleri araştırılması gereken önemli bir husustur. Yavaş salımlı dağıtım mekanizması altında, kozmetik etken madde aşırı dozdan kaçınarak kontrollü bir şekilde insan cildine salınabilir. Etken maddenin biyoyuyluluk göstermesi kozmetik tekstillerin geliştirilmesinde önemli unsurlardan biridir. Biyoyuyluluk; bir biyomalzemenin vücut dokularına sağladığı optimum uyum olarak ifade edilmektedir. Kozmetik tekstillerin etken madde ve/veya dağıtım sistemi toksik olmamalıdır (S.Y. Cheng et al., 2008).

Kozmetik tekstil alanındaki araştırmalar, ilk olarak Japonya'nın 80'li yılların sonlarında tekstil bileşimine kozmetik kompozisyonu dâhil etmesiyle başlamıştır. 1995 yılında mikro kapsüllenmiş parfümlü atkılar, Avrupa'da ilk ticari mikro kapsüllenmiş tekstil ürünleri olan Hermes tarafından piyasaya sürülmüştür. Kozmetik tekstillere yönelik uygulama yelpazesi, kozmetik ve tekstil endüstrisindeki yüksek profilli firmaların artan katılımıyla aloe vera, zeytinyağı, vitamin C, vitamin E, kahve, koenzim Q10, maden suyu, kuşburnu yağı, tatlı badem yağı, meyve ve bitki özütleri gibi doğal bileşenlerle mikrokapsüllenmiş ve hareket sırasında cilde farklı kozmetik etkiler sağlayan tekstil ürünleri geliştirilmiştir. Tekstil ürünlerine mikrokapsüllenmiş kozmetik bileşenlerinin aktarımını gerçekleştirerek ticarileştiren markalardan Cognis şirketi Skintex® serisini, 2003 yılında Vista'da Celessence™ ile birlikte Lycra® vücut bakım serisini geliştirmiştir. Wrangler, aynı zamanda yasemin kokusu yayan, antisselülit ve nemlendirici etkisi olan, "Denim Spa Therapy for Legs" adlı ürününü piyasaya sürmüştür. Skin Up tarafından kayısı çekirdeği yağı, zencefil özü, brezilya fıncığı yağı, sahil andız otu gibi doğal meyve ve bitki özlerinin mikrokapsülленerek kepek ve saç dökülmesine karşı geliştirdikleri saç bakım havlusu piyasaya sürülmüştür. Nanoliflerin geliştirilmesi ile lif çekimi sırasında kozmetik etkili farklı ajanların lif içerisine doğrudan işlenmesiyle de kozmetik tekstil ürünleri geliştirilmiştir. Lenzing tarafından geliştirilen kitosan mikrokapsülleri içeren Tencel® C elyafı ipeksi yumuşaklığı, vücut nem dengesinin korunması ve hücre yenilenmesi özellikleri

ile öne çıkmaktadır. Pozzi Electra, antibakteriyel ve iyileştirici özellikleri ile bilinen kitosandan elde edilen Crabyon©'u, Solvay şirketi polimer matrisinde biyoaktif mineral kristalleri içeren bir poliamid 6.6 lifi Emana® geliştirilmiştir. Emana®, insan vücudunun ısını emmeye yardımcı olan, kolajen sentezinde bir iyileşme sağlayan, böylece cildin esnekliğini ve yumuşaklığını artıran mikro dolaşım kan akışını artıran, biyoaktif kristallerle zenginleştirilmiş, özel olarak tasarlanmış bir nanoliftir. Nyistar şirketi tarafından hyaluronik asit nanopartikülleri içeren Meryl® Hyaluronan lifleri üretilmiş ve patenti alınmıştır. Hyaluronik asit; ağırlığının beş katına kadar su tutabilen insan vücudunda da bulunan bir madde olup, cildi elastik, yumuşak ve sıkı hale getiren serbest radikallerin yaşlanma etkisini önleyen kolajen üretimini arttırmaktadır. Nilit firması, yüksek direnç, vücutta sıvı yönetimi ve antibakteriyel koruma ve vücut sıcaklığının dengesini sağlayan özelliklere sahip poliamid 6.6 esaslı birçok lifi ticarileştirmiştir. Almanya'dan AG/Rudolstadt şirketi, cildin yenilenmesini sağlayan ve çinko ile desteklenen doğal antibakteriyel elyaf olan Smartcel™'i geliştirmiştir. Lenzing, mikrokapsüllenmiş, üründe yumuşaklık ve hijyen özelliklerine katkıda bulunan deniz yosunundan elde edilen bileşenlerle zenginleştirilmiş, Sea Cell™ viskon elyafını piyasaya sürmüştür. Lif ve kumaştaki yeniliklerin yanı sıra, birçok tekstil imalat şirketi tarafından, kullanıcılara kozmetik etki sağlayan Skinsoft 415 New, Parafine SC-500, Parafine SC-1000, EVOTM CARE VITA gibi çok çeşitli yüzey kaplamalı ürünler geliştirilmiştir (Upadhayay et al., 2016; Kanjana and Nalankili, 2018; Singh et al., 2011; Bilir ve Şardağ, 2017; Doğan, 2012).

Geliştirilmiş bu tarz kozmetik tekstiller, selülit azaltıcı, inceltici, enerji verici ve sıkılaştırıcı etkileri ile birer alternatif tıp ürünü olarak da ele alınmaktadır (Tiwari et al., 2017). Ticari olarak kullanılan ürünler arasında ve bilimsel literatürde cilt lekelerini azaltmak veya cilt renginde aydınlatıcı etki yaratmak amacıyla kullanılabilecek herhangi bir kozmetik tekstil ürüne rastlanmamıştır.

Cilt aydınlatıcı etkisi literatürde ispatlanmış olan ve ticari kozmetik ürünlerde kullanım bulmuş β -arbutin etken maddesinin kullanıldığı bir kozmetik tekstil ürününün tasarlanması bu tezin esas amacını oluşturmaktadır. Bu ürünün tasarlanmasında elektrolif çekim yöntemi ile nanolifli yüzey ürünün üretilmesi hedeflenmiştir.

2 GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Kozmetik Tekstiller

Geleneksel tekstiller, örtünmek, süslenmek, koruma ve destek gibi çeşitli işlevleri yerine getirmek amacıyla kullanılmıştır. Son zamanlarda, doğal ve sağlıklı yollarla vücut bakımını iyileştirmeye ve güzelliği arttırmaya yönelik artan eğilim ile insanlar, sadece sıcaklık ve nem kontrolü gibi konfor özelliklerini değil, temizlik, koku yayma, görünüm değiştirme, ileri düzey koruma gibi ekstra fonksiyonları da taşıyan giyim ve ev tekstillerine istek duymaktadırlar. Tekstil mühendisleri, biyokimyagerler, kozmetik ve sağlık uzmanlarının ortak çalışmaları ile kozmetik tekstiller alanında önemli hedeflere ulaşılabilir. Tekstillerde kozmetik işlevsellik yaratmak için çeşitli metal, bitkisel ve hayvansal içerikler saf ve türev formunda kullanılmaktadır. Kozmetik tekstiller, aktif bir maddenin insan vücudu ve cilt ile temasında kozmetik amaçlarla transfer edilmesi için tasarlanmıştır. Kozmetik ve farmasötik bileşenlerin giysi kumaşına aktarılarak vücudun doğal hareketiyle cilde uzun sürede transfer edilmesi prensibine dayanmaktadır.

Kozmetik tekstil kavramı yeni olmasına rağmen kökeni Ayurveda’da yatıyor. Sağlık sorunlarını çözmek için kumaş ve giysiler kullanmak aslında Ayurveda adı verilen çok eski bir kavramdır. Ayurveda 5000 yıldan fazladır Hindistan’da uygulanan geleneksel “tıbbi iyileştirme” yöntemidir, kelime anlamı ise kabaca “ayur” sağlık, “veda” bilgelik demektir ve “Vastra” ise kumaş veya giysi anlamına gelmektedir. Ayurveda sadece şifalı otların kullanılmasıyla yapılan eski tekstil boyama tekniğidir. Ayurveda veya Ayurvedik tıbbi kumaş, el tezgâhında hazırlanan Ayurveda bitkileri kullanılarak işlenen ve boyanan %100 saf organik pamuk, ipek, yün, jüt veya hindistan cevizi ürünlerinden yapılmaktadır. Bu nedenle bunlar toksin salgılayabilen herhangi bir kimyasal içermedikleri gibi kişilere ve çevreye de zarar vermemektedir. Bu geleneksel iyileştirme yöntemi diyabet, cilt enfeksiyonları, hipertansiyon, astım gibi hastalıklarda ve bağışıklığın arttırılmasında Ayurveda tedavisi adı altında kullanılmakta ve uygulanmaktadır (Mamta and Rani, 2015; Rangari et al., 2012).

İlerleyen yıllarda Ayurveda kavramı Hindistan Kerala’da bir Dokumacılar Derneği tarafından devlet hükümetine sunulan bir proje ile yeniden canlandırılmıştır. 1992’den beri

Dokumacılar derneği, ekolojik kumaşları modern kullanıma uygun hale getirmek ve çeşitli sağlık yararları için çeşitli bitkiler/otlar kullanarak farklı renkler yaratmak için Ayurveda tekniğini geliştirmeye yönelik çabalarını sürdürmektedir. Ayurveda ürünlerinin yapım süreci %100 saf elyafla başlamakta, renkli ve hazır giyim haline gelmeden önce çeşitli iplik ve kumaş imalat aşamalarından geçmektedir. Boyama sürecine hiçbir makine dâhil değildir. Daha da önemlisi, iplikleri eğirme ve dokumaya hazırlamak, ürünün görünüş ve etkililiğini arttırmak için de hiçbir kimyasal katkı maddesi uygulanmamaktadır. Boya yapmak için yaklaşık 200 bitkinin kökleri, çiçekleri, yaprakları, tohumları ve kabukları kullanılmaktadır (Minocheherhomji and Solanki, 2015; Mamta and Rani, 2015; Rangari et al., 2012).

Vastra giysilerinin hazırlanmasındaki her adım çevrede bulunan zararlı bileşenlerin kontaminasyonunu önlemek için dikkatli ve hassas şekilde kontrol edilmektedir. Ayurveda'da kullanılan bitkilerin çoğu organik olarak yetiştirilmekte, eski güvenli antik yöntemlerle ekstrakte edilmekte ve uygulanmaktadır (Minocheherhomji and Solanki, 2015; Mamta and Rani, 2015; Rangari et al., 2012).

2.2 Kozmetik Tekstillerin Sınıflandırılması

Kozmetik amaçlı olarak kullanılan birçok ürünün cilt iyileştirme, güzelleştirme, aydınlatma, koruma vb. etkileri bulunmaktadır. Ancak bu kozmetik ürünlerin tekstil ile birleştirilip kozmetik tekstil ürünü haline getirilmesi üzerine yapılmış bilimsel ve ticari ürüne dönüştürülmesi üzerine kaynaklar oldukça kısıtlıdır. Ticari kozmetik tekstiller ve literatür araştırıldığında cilt lekesi giderici/aydınlatıcı etki yaratan bir kozmetik tekstil ürünü tespit edilememiştir. Literatürde geçen ve ticari olarak piyasaya sunulmuş kozmetik tekstillerin fonksiyonlarına göre sınıflandırılması yapılacak olursa kilo ve vücut kontürü düzenleyici ürünlerin sayısı ve çeşitlilik açısından en büyük sınıfı oluşturduğu görülmektedir. Bunun yanında ikinci büyük sınıf ise ferahlatıcı, canlandırıcı, rahatlatıcı vb. aromaterapik etkiler yaratan kozmetik tekstillerdir. Her iki sınıfa da girmeyen ve sınıf oluşturamayacak kadar az örnek bulunan kozmetik tekstiller ise diğer grubunda sınıflandırılabilir.

2.2.1 İnsan vücudu kontürü düzenleyici kozmetik tekstiller

Vücutta biriken fazla kilo ve yağlar çeşitli sağlık problemlerine yol açtığından tüm dünyada hem erkek hem de kadınlar tarafından ince bir vücut yapısı istenmektedir. İplik özellikleri, kumaş yapısı ve bitim işlemlerine göre zayıflama etkisi oluşturmaya çalışan tekstil yapıları zayıflatma etkili kozmetik tekstiller olarak adlandırılmaktadır. Cerrahi

müdahale ve yoğun egzersiz selülitleri azaltmanın iki ana yolu olmakla beraber kompresyonlu giysilerin kullanımı, zayıflama için üçüncü bir seçenek sunmaktadır. Ayrıca kompresyonlu giysiler kas hasarında azalma ve kas işlevini sürdürme konusunda da avantaj sağlamaktadır. Bu giysiler, damarlardaki kan akışını hızlandırarak ve oradaki dokunun daha çok oksijen tüketmesini ve canlanmasını sağlayarak daha estetik görünüm etkisi sağlamaktadır. Zayıflama için kullanılan kozmetik tekstiller, kullanıcılara zayıflamanın yanında rehabilitasyon etkisi de sağlamaktadır (Chattopadhyay et al., 2012; Trenell et al., 2006). Zayıflatma etkisi olan kumaşlara uygulanan maddeler ısı yayma etkisi ile yağ yakıcı ve zayıflatıcı özelliklerdedir. Bu maddeler cilt tarafından kolaylıkla emilebilmektedir. Bunun dışında cilde ferahlık hissi verir ve nemlendirir. Vücuttaki oksijen miktarının artmasına katkıda bulunarak vücudun savunma mekanizmasını güçlendirmektedir. Ayrıca hücre yenilenmesine katkıda bulunarak bağışıklık sisteminin güçlenmesine ve vücuttaki toksinlerin atılmasına yardımcı olur (Peker, 2013).

2008 yılında Türkiye’de İpekiş firması, nano enerji sayesinde vücuttaki yağların yakılmasını sağlayan kumaş üretmeyi başarmıştır. Ahududu, şili acı biberi, zeytinyağı gibi bazı gıda ürünlerinin özlerini nanoteknoloji yöntemleri ile kumaş yüzeyine aktarmayı başarmıştır. Kumaş vücudun hareketi ile birlikte oluşan ısı enerjisi sayesinde vücuttaki yağların yakılmasına yardımcı olmaktadır (Karahanlar, 2014).

Bu sınıftaki kozmetik tekstiller, cildi sıkılaştırıcı bazı doğal ürünler salgılamakta ve böylece cildin sıkılığını ve elastikiyetini kontrollü bir şekilde geliştirebilmektedir. Padina Pavonica bitkisinin cildin sıkılığını ve elastikiyetini arttırdığı yönde araştırmalar yapılmıştır. Padina Pavonica kahverengi alglerin koruyucu kaplamalarından elde edilir. Cildin sıkılığını ve elastikiyetini arttırmaya yardımcı olan, ticari ismiyle Hydrabra olarak adlandırılan iç çamaşırları piyasaya sürülmüştür. Hydrabra, Pavonica özleri ve nemlendirici losyon emdirilmiş ultra ince kumaştan özel olarak tasarlanmıştır (Singh et al., 2011). Legends & Heroes tarafından Ript Skinz markası altında karite yağı, kayısı çekirdeği yağı, kuşburnu yağı, kırmızı alg özü, kafein, retinolve E vitamini gibi doğal bileşenler ile mikrokapsüllenenek hazırlanan giysiler piyasaya sürülmüştür. Bu giysiler cildi gençleştiren, sıkılaştıran ve nemlendiren patentli kozmetik cilt bakım formülü ile ortalama on yıkamaya kadar dayanabilmektedir bu dayanım malzemenin sprey ile kumaşa yeniden aktarımı ile uzatılabilmektedir (Upadhyay et al., 2016).

2.2.2 Aromaterapi özellikli kozmetik tekstiller

Bir insanın enerji seviyesini yükseltmeye yardımcı olan tekstil ürünleri enerji veren kozmetik tekstiller olarak adlandırılmaktadır. İnsan vücudu hücreleri, hareket ve enerji seviyesini arttırmak için doğal bir antioksidan olan Q10 koenzimi kullanır (Singh et al., 2011). Kozmetik tekstillerin kullanımı ile kremlere gerek kalmadan istenilen etken madde istenilen miktarda insan cildine aktarılır. Enerji veren etken maddelerle dolu mikrokapsüller kumaşa yerleştirilir ve zaman içinde yavaş yavaş cilde salınır. Ticari olarak Freeskin diye bilinen giysilerde, cilt bakım özellikleri taşıyan kitin polimeri ile üretilen mikrokapsüllerin içine bitkilerden elde edilen uçucu yağlar yerleştirilmektedir. Bu giysilerin giyildiği sürece cildin bakım görmesinin ve vücudunuza enerji vermesinin yanı sıra sinek kovucu özelliği de vardır (Karahanlar, 2014).

Mikrokapsüllerin içine hapsedilmiş özel olarak üretilen parfüm esansları vücudun hareketi esnasında oluşan ısı veya sürtünme enerjisi sayesinde etrafa salınır. Parfüm esansları içeren mikrokapsüller ile hazırlanmış kumaşlardan oluşan giysiler ile her zaman güzel kokmanın yanı sıra çevre kokuları ve sigara kokularının da kişinin üzerine sinmesini engellemektedir (Singh et al., 2011).

Tekstil ürünlerine koku yayma işlevselliğini eklemek için çeşitli sentetik ve doğal ürünler kullanılmaktadır. Kitin, kitosan, asetil-glukozamin, D-glukosamid doğal polimerleri ve karanfil, yasemin, lavanta, çördük, sandal ağacı, gül ve buhur gibi çeşitli uçucu yağlar, parfüm etkisinin elde edilmesinde kullanılır. Deodorantın bir tekstil alt-tabakaya katılması, polimerizasyon sırasında, dozlama sırasında veya bitim aşamasında gerçekleştirilmektedir. Japonya, Toyobo Co., amonyak ve hidrojen sülfürün emilimini sağlamak amacıyla akrilik esaslı kumaşı hidrazin çözeltisi işlemine tabii tutmuştur. 2006 yılında Celessence, 2007 yılında ise Devan Chemicals firması tarafından Aromaterapi yağları içeren ve koku yayma özelliğine sahip tekstil ürünleri geliştirilmiştir (Singh et al., 2011; Karahanlar, 2014; Sayıt, 2015).

Giysilerden algılanan serinlik hissi, hem mikrokapsül formunda faz değiştiren malzemeler ile hem de yüksek nem geçirgenliği olan yüzeyler ile insan vücudu arasındaki temas alanını artırarak sağlanabilir. Terlemeye en çok eğilimli olan koltukaltı, sırt, göğüs ve omuzlar gibi vücut bölgelerine yüksek soğutma ya da ferahlatma gereklidir (Singh et al., 2011).

Skintex® şirketi 2004 yılında Supercool adını verdiği vücut temas alanını arttıran dikişsiz çok ince poliamid/elastan ipliklerden oluşan yeni bir ürününü piyasaya sunmuştur. Kontrollü salım yapan mikrokapsül mekanizması ile geliştirilen Supercool giysileri, vücut ısısı ve sürtünme meydana geldikçe içerdiği doğal aktif bileşenler (cilt yumuşatıcı, mentol, myritol, sentetik soğutucu) sayesinde vücuda serinlik ve ferahlık etkisi sağlamaktadır (Pricop et al., 2018).

Zencefil, mentol, portakal veya biberiye gibi bitki ve meyve bazlı bileşenlerin sentezlediği aromalar sayesinde canlandırıcı etki sağlayan kozmetik tekstiller geliştirilmektedir. Bu bileşenler mikrokapsülasyon tekniği ile tekstil yüzeylerine aktarılabilir. Birkaç yıkamadan sonra bu işlev kaybolmaktadır. Canlandırıcı kozmetik ürünler, bornoz ve havlu gibi ürünlere uygulanabilir (Singh et al., 2011).

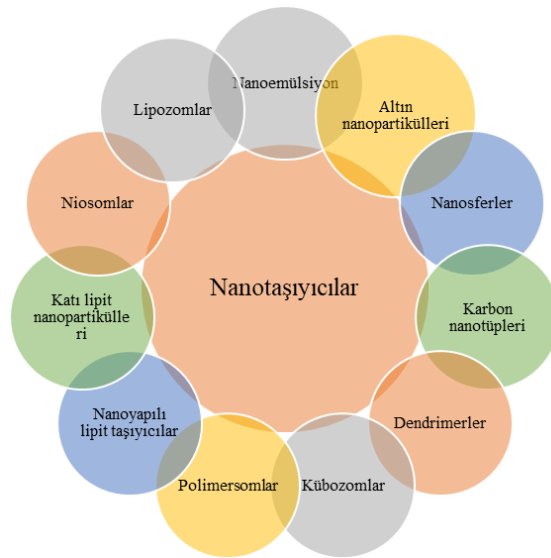
2.2.3 Nanolif yapıli kozmetik tekstiller

Nanolifler, benzersiz özelliklerinden dolayı kozmetik, doku mühendisliği, biyomedikal, filtreleme, kompozitler, koruyucu giysiler, elektriksel ve optik uygulamalar, sensörler ve tarım gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Nanoteknoloji katma değerli ürünlerin üretimine izin verdiğinden, nanoteknolojik yöntemlerle üretilen kozmetikler her alandan dikkat çekmiştir. Nanoteknoloji, 1986 yılında Dior tarafından üretilen ilk lipozomal kozmetik ürün olan ‘‘Capture’’ ile kozmetik alanına girmiştir. Nano kozmetiklerin bir takım avantajları vardır. Yani, bileşenler arasında fiziksel veya kimyasal etkileşim, ilaç bileşimi, polimer ve katkı maddeleri, oran ve hazırlama yöntemi gibi çeşitli faktörlerle taşıyıcılardan ilaç salımını kontrol ederek aktif maddelerin kontrollü olarak salınmasını sağlamaktadırlar. Nemlendiriciler, saç bakım ürünleri ve makyaj malzemeleri gibi nano boyutlu bileşenler içeren bir dizi modern kozmetik ürünleri geliştirilmiştir. Örneğin, lipozom bazlı yaşlanma karşıtı topikal formülasyonlar (kremler, losyonlar, jeller ve hidrojeller) 1986'dan beri kozmetik pazarında L'Oreal tarafından niosomlar ve Christian Dior tarafından lipozomlar şeklinde formüle edilmiştir (Elavia and Suvarna, 2018). Nano kozmetikler kokuların daha uzun süre dayanmasını sağlar, örneğin Chanel tarafından piyasaya sürülen Allure Parfum ve Allure Eau Parfum spreyleri bulunmaktadır. Bunlar cilt bakım formülasyonlarını daha etkili hale getirir ve güneş koruyucuların UV (ultraviyole) korumasını geliştirerek etkinliğini artırır. Çok küçük parçacık boyutuna sahip olarak, aktif bileşenlerin cilde aktif olarak taşınmasına izin veren yüzey alan artırılır. Nanopartiküllerin

çoğu hem lipofilik hem de hidrofilik ilaç dağıtımı için uygundur. Nanomalzemeler, kırışıklık önleyici kremlerin, nemlendirici kremlerin, cilt beyazlatıcı kremlerin, saç onarım şampuanlarının, saç kremlerinin ve saç serumlarının hazırlanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Kaul et al., 2018).

Nano kozmetik madde içerikli aktif bileşenlerin cilde uygulanmasında akıllı bir yaklaşım sunan taşıyıcı teknolojisi kullanılmaktadır Son yıllarda Resim 2.1’de de gösterildiği gibi çeşitli nanotaşıyıcı teknikler geliştirilmiştir (Nasir, 2010; Fox, 2009; Kaul et al., 2018).

Karbon nanotüpler, karbon esaslı fullerener, TiO₂, bakır nanopartiküller ve gümüş nanopartiküller gibi az sayıda ultra ince nanomalzemeler insan dokuları ve hücreleri için toksik etki gösterebilmektedir. Güneş koruyucularında bulunan titanyum dioksitin, hücrelerdeki DNA, RNA ve yağlara zarar verdiği görülmüştür. Nanopartiküllerin toksisitesi büyük ölçüde yüzey özellikleri, kaplama, yapı ve boyut gibi çeşitli faktörlere bağlıdır ve bu faktörler üretim sürecinde değiştirilebilir. Çözünürlüğü düşük nanopartiküllerin kansere neden olduğu ve daha belirgin toksisite gösterebildikleri belirlenmiştir (Buzea et al., 2007). Büyük parçacıkların aynı kütle konsantrasyonu ile karşılaştırıldığında nanopartiküllerin yüzey alanı nedeniyle sağlık tehlikesi ortaya çıkabilir. Partikül büyüklüğü ve toksisite arasındaki ilişki: nanopartiküllerin boyutu ne kadar küçükse, daha yüksek kimyasal ve biyolojik reaktivite olduğu için yüzey alanı/hacim oranı o kadar büyük olur (Kaul et al., 2018).



Resim 2.1 Nanotaşıyıcılar (Kaul et al., 2018)

Çeşitli nanolif üretim yöntemleri özellikle de elektrolif çekim yöntemi ile kontrol edilebilir gözenek boyutlarına ve lif çaplarına sahip yüzeyler elde edilebilir. Ayrıca, kozmetik alanına yapılan yeni yaklaşımlar, cilt sağlığı ve yenilenmesi için terapötik ürünler (cilt temizliği için yüz maskeleri, cilt iyileşmesi ve cilt terapisi gibi) gibi daha bilinçli kozmetik ürünlerin tüketimine yol açmaktadır (Yılmaz et al., 2016).

Fathi-Azarbayjani ve arkadaşları antioksidan ve kırışıklık karşıtı nanolif yapılı yüz maskesi tasarlamışlardır. Çalışmada elektrolif çekim çözeltisine askorbik asit, retionik asit, kollajen ve altın nanopartikülleri ekleyerek doğrudan lif çekimi gerçekleştirilmiştir. L-askorbik asit, serbest radikalleri temizleme ve oksitleyici ajanları yok etme yeteneği nedeniyle kozmetik ve dermatolojik ürünlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, kimyasal olarak değişken ve kolayca oksitlenebilen yapısı vardır. Piyasada bulunan mevcut kozmetik yüz maskeleri ıslatılmış şekilde sunulmaktadır, bu da maskenin sulu sıvı içeriğinin askorbik asit gibi değişken aktif bileşenlerin bazılarını oksitleyebileceği anlamına gelmektedir. Bu yeni yüz maskesi sadece cilde uygulanacağı zaman ıslatılır, böylece ürün stabilitesi artar. Nemlendikten sonra, maskenin içeriği yavaş yavaş çözülerek içeriğindeki aktif bileşenler salınacak ve maksimum deri penetrasyonunu sağlayacaktır. Nanolif yapılı maskenin yüksek yüzey alanı/hacim oranı, cilt yüzeyi ile maksimum temas sağlar ve sağlıklı görünümünü geri kazandırmak için cilt geçirgenliğini arttırmaya yardımcı olur (Fathi-Azarbayjani et al., 2010).

Vitaminler genellikle cilde topikal kremler, losyonlar veya merhemler şeklinde uygulanmaktadır. Bir grup araştırmacı nanoliflere çeşitli vitaminler yükleyerek cilt sağlığı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. A vitamini veya retinol türevi olan E vitamini kozmetikteki faydaları nedeniyle model vitaminlerdir. A vitamininin doğal olarak oluşan bir türevi olan Retin-A, akut promiyelositik lösemi, akne ve diğer cilt bozukluklarının tedavisinde kullanıldığı bilinen lipitte çözünen bir maddedir ve cilt yaşlanmasını yavaşlatmaya, kırışıklıkları gidermeye ya da foto yaşlanmaya bağlı hiperpigmentasyonu azaltmaya yardımcı olmaktadır. Lipitlerde çözünen bir vitamin olan E vitamini, güçlü antioksidan özelliği ile bilinmektedir. Çalışmada lif çözeltisine A ve E vitamini yükleyerek selüloz asetat nanolifleri üretmişler ve *in vitro* salım özelliklerini araştırmışlardır. Çalışmada kesitsel olarak yuvarlak ve pürüzsüz lifler elde edilmiştir. Bu liflerin ortalama çapları 247 ile 265 nm arasında değişmektedir (Taepaiboon et al., 2007).

E vitamini yanı sıra Bombyx mori'den elde edilen İpek fibroin de cilt dokuları tarafından tercih edilir ve kozmetik ürünlerinde katkı maddesi olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. İpek fibroin kolajen biyosentezinde, epitelizasyonda, yara iyileşmesinde faydalıdır. Atopik dermatiti hafifletmeye ve yara izi oluşumunu ortadan kaldırmaya yardımcı olur. Ayrıca ipek fibroin iyi biyouyumluluk, kan uyumluluğu, iyi oksijen ve su geçirgenliği, biyobozunurluk ve minimal inflamatuvar reaksiyon gibi çeşitli özelliklere sahip mükemmel bir biyopolimerdir. 2013 yılında E vitamininin ipek fibroin nanoliflerine yüklenmesini içeren bir çalışma yapılmıştır. Araştırmacılar, çalışmada sunulan yüzeylerin *in vitro* testler sırasında L929 fibroblast hücrelerinin hayatta kalmasını arttırdıkları için kişisel cilt bakım ürünleri olarak kullanılabilceğini göstermişlerdir. Bu çalışma, cilt bakımı, yara iyileşmesi ve cilt yenilenmesinde bu yeni nanolif yüzeylerinin ileriki çalışmaları ve pratik uygulamaları için temel sağlamıştır (Sheng et al., 2013).

2.2.4 Diğer kozmetik tekstiller

Nemlendirici etkisi olan nanopartiküller; skualen, aloe vera özü, ipek proteini, kolajen, seramid ve peptit gibi maddelerden yapılmaktadır. Aloe vera sakinleştirici, yatıştırıcı, nemlendirici, antioksidan ve cilt koruyucu özellikleri ile bilinmektedir. İpek proteinin en bilinen özelliklerinden biri cildi yumuşatarak nemlendirmesidir (Singh et al., 2011).

Antioksidan özellikleri ile bilinen kolajen ve peptit gibi maddeler, cildi nemlendirir ve cildin yaşlanmasına sebep olan etkenlere karşı savaştır. Genelde cilt bakımı ve nemlendirici olarak kullanılan seramid cilt yapısını yenileyerek ipeksi ve yumuşak hale getirir, cildi daha genç ve pürüzsüz göstermektedir (Peker, 2013).

Nanoteknoloji sayesinde hidrofilik tekstil yüzeylerinin gelişmesi sağlanabilir ve fotokatalitik etkili TiO₂'nin entegrasyonu ile tekstil yüzeylerinde nem emilim olasılığı artırılır. Günlük tek kullanımlık nemlendiricinin vücuda aktarılması için klasik bir külotlu çorapta %4 oranında nemlendirici bulunması gerektiği bildirilmektedir (Singh et al., 2011).

Uzun süre boyunca ultraviyole ışınlarına maruz kalmak, güneş lekesi, erken cilt yaşlanması, alerjiler ve hatta cilt kanseri gibi cilt hasarları ile sonuçlanabilir. Bu hasarlara karşı etkili koruma sağlayabilen tekstiller, UV koruması için kozmetik tekstiller olarak adlandırılır. UV radyasyonuna karşı cildin korunması, direk olarak kumaş örtü faktörü tarafından belirlenmekle birlikte örgü tipi, kumaş alan yoğunluğu, esneklik, nem ve kumaşın

yıkama döngüsünden de etkilenmektedir. 1,2-etandiol, Zn nanopartiküller, demir oksit, çinko oksit, titanyum oksit, karbon siyahı, bi-reaktif oksalik asit, dianitid türevleri ve çeşitli diğer kimyasallar, tekstil ürünlerinin UV koruma faktörünü (UPF) iyileştirmek için kullanılmaktadır (Sivakumar et al., 2013).

2.3 İnsan Cildi

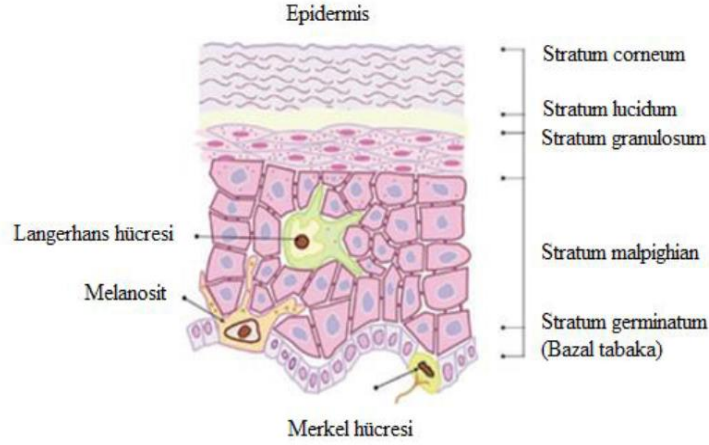
Deri, organizma ile dış çevre arasında kimyasal ve fiziksel darbelerden koruyan etkili bir bariyer görevi görmektedir. Vücudumuzun iskelet sisteminden sonra en geniş organı deridir. Derinin pH değeri 5,2-5,6 arasındadır. Yüzey alanı olarak erişkin bir insanda yaklaşık 1,8-2,0 m²'dir. Tüm vücudumuzu kaplar ve ağız, göz ile genital alanda mukoza olarak adlandırılmaktadır. Mukoza hastalıkların kolayca giriş yaptığı bölgelerdir. Erişkin bir insanda toplam vücut ağırlığının %15-%20' sini oluşturmaktadır. Vücut bölgesine bağlı bir biçimde değişmesiyle beraber 1 cm²'lik deride ortalama 10 kıl follikülü, 100 ter bezi, 15 yağ bezi, 0,5 metre kan damarları, 2 metre sinir, 3000 adet duyu sinir sonlanması, 200 adet ağrı algılayan sinir sonlanması, 25 adet basınç organı, 2 adet soğuk ve 12 adet sıcak algılayan sinir organı bulunmaktadır (Gürbüz vd., 2019; Lai-Cheong and McGrath, 2013; Alkilani et al., 2015).

Deri; epidermis, dermis ve deri altı dokusu-hipodermis ile birlikte toplam üç tabakadan oluşmaktadır. Bu üç tabakanın kalınlığı deri ve vücudumuzda anatomik bölgelere göre değişiklik göstermektedir. Epiderminin en ince olduğu yer 0,01-0,05 mm ile göz kapakları ile kulak arkasıdır. En kalın olduğu yer 1,5 mm ile avuç içi ve ayak tabanlarıdır, sırt derisi ise derminin en kalın olduğu deri bölgesidir (Kolarsick et al., 2011; Ağabeyoğlu ve Ulusoy, 1985).

Epidermis derinin en dış yüzeysel tabakasıdır ve çoğunlukla (% 95) keratinosit hücrelerinden oluşmaktadır. Epiderminin kalınlığı 0,05-1,5 mm'dir. Damarsal yapılar içermemekle beraber Keratinositler dışında melanosit, langerhans ve merkel hücreleri de bulunmaktadır. Yüzeysel tabakayı oluşturan kısımlar dıştan içe doğru 5 tabakadan (Resim 2.2) oluşmaktadır: *Stratum corneum*, *Stratum lucidum*, *Stratum granulosum*, *Stratum spinosum*, *Stratum bazale* (Kolarsick et al., 2011; Sayıt, 2015; McGrath et al., 2004).

Dermis vücut bölgesine bağlı olarak 0,5-5 mm kalınlığındadır: en ince olduğu yer göz kapakları ve en kalın olduğu yer sırt derisidir. Deri duyularına ait cisimler, ter bezleri, kıl folikülleri ve yağ bezleri burada bulunmaktadır. Dermisin ana bileşeni, insan cildinde

genetik olarak en az 15 farklı çeşidi bulunan lifli protein olan kolajendir. Kolajen cildin canlı ve esnek kalmasını sağlamaktadır. Kolajen cildin kuru ağırlığının %70'ini oluşturmaktadır. Dermisin işlevleri şöyle özetlenebilir: Solunum ve sıcaklık denetimi, ter ve yağ üretimi, iritan ve bakterilere karşı engelleyici bir savunma mekanizması oluşumu ve terleme yoluyla



Resim 2.2 Epiderminin tabakaları (Gürbüz vd., 2019)

vücudun su dengesinin korunmasıdır (Kolarsick et al., 2011; Ağabeyoğlu ve Ulusoy, 1985; McGrath et al., 2004; Baroni et al., 2012).

Deride epidermis bölgesinde bulunan ve keratenize hücrelerden oluşan stratum korneum tabakası epidermik bir bariyer olarak birçok kimyasal maddenin geçişini önlemektedir. Etken maddelerin deriden emilmelerinde saç folikülleri ve yağ bezleri çok önemlidir. Kıl folikülleri ve yağ bezleri ilaca direnç göstermediği için, emilmenin önemli bir bölümü buradan olmaktadır (Ağabeyoğlu ve Ulusoy, 1985).

İlaç deriye uygulandığı zaman aktif maddenin cilt tarafından emilebilmesi için ilk önce taşıyıcısında çözünerek moleküler hale geçmesi gerekmektedir. Bu emilime hazırlık aşamasıdır. Eğer etken madde taşıyıcı içinde deri yüzeyindeki lipit tabakasından daha çok çözünüyorsa emilimin aktivitesi daha yavaş ve az olacaktır. Başka bir deyişle etken madde taşıyıcıya bağlanma kapasitesi daha fazlaysa taşıyıcıdan kopması zor olabilir. Bundan sonraki aşamalar ise çözünen etken maddenin yüzeye bağlanması ve yüzeyde tutunan maddenin derinin diğer katmanlarına geçiş sürecidir (Aydemir, 2012).

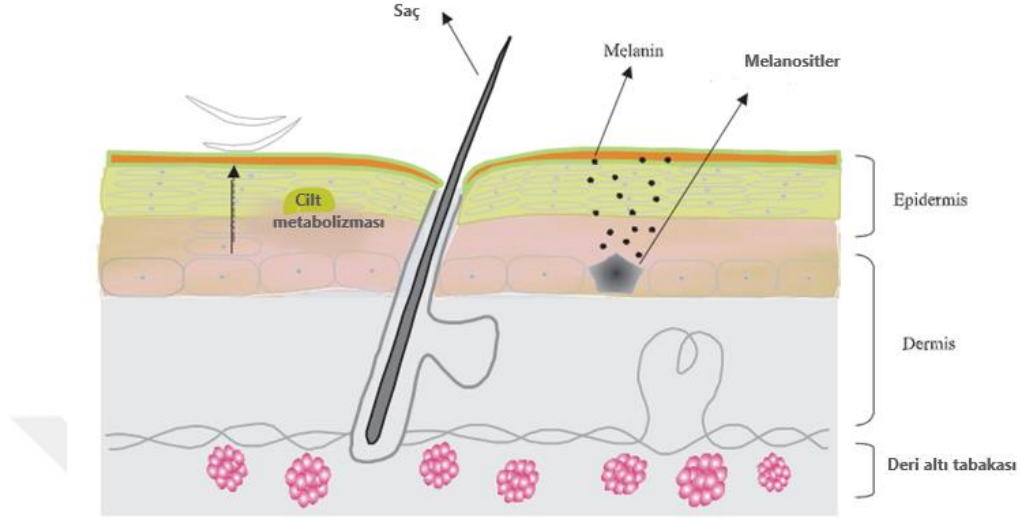
2.3.1 Cilt rengi

Ten rengi ya da cilt tonu insanlar arasındaki en belirgin fenotipik varyasyonlardan biridir. Esas olarak epidermis tabakasında bulunan melanin hücreleri cilt ve saç rengini belirleyen temel pigment olarak kabul edilmektedir. Melanin sentezini sağlayan melanositlerin sayısı, melanojenik aktivite, melanin tipi, melanozomların sayısı, büyüklüğü ve dağılımı cilt renginin oluşumundaki etkili faktörler olarak gösterilmektedir. Genetik faktörler, deri pigmentleri, UV ışınlarına maruz kalma ve çevresel faktörler de melanin aktivitesini etkileyen unsurlar arasındadır. (Rawlings, 2006; Malathi and Thappa, 2013).

Epidermis keratinosit, melanosit, langerhans ve merkel hücrelerinden oluşmaktadır. Keratinosit hücreleri, epiderminin temel hücre tipini oluşturur ve cildi dış faktörlere karşı korumak amacıyla epitelyal bariyer görevi görür. Melanosit hücreleri epiderminin bazal tabakasında yer alır ve dentritik (antijen sunan hücre) özellikteki hücrelerdir. Melanositler epiderminin pigment oluşturan hücreleridir ve ürettikleri melanin pigmenti ile keratinositleri, UV-B' nin DNA'ya hasar verici etkilerine karşı korumaktadır. Dentritik yapısı sayesinde bir melanosit hücresi, birden çok keratinosit hücreleri ile temas kurarak uzun mesafelere ulaşmaktadır (Resim 2.3). Melanozomlar ise melanositlerdeki pigment granülleridir. Bu yapıları keratinositler, hücre içlerine almakta ve melanozomlar, keratinositlerin çekirdeklerini ultraviyole ışınlarına karşı korumaktadırlar. Yüz ve genital bölgelerde melanositler daha fazla yoğunluk göstermektedir. Normal güneş görmeyen deride melanositler bazal tabakada yer alırlar ve yaklaşık 10 bazal hücre arasında 1-2 melanosit bulunur. Ağır güneş hasarlı yüz derisinde ise melanosit/bazal hücre oranı yaklaşık 1'dir (Gillbro and Olsson, 2011; Pillaiyar et al., 2017).

Melanin, feomelanin (sarı/kırmızı) ve ömelanin (kahverengi/siyah) olarak isimlendirilen formlarda olup tüm dünyadaki etnik deri rengi farklılıklarının esas nedeni olarak kabul edilmektedir. İlginçtir ki, feomelanin UV radyasyonuna cevap olarak serbest radikal üretme kapasitesine sahiptir. Serbest radikaller hücre yaralanmasına neden olabileceğinden, feomelanin cildi korumaktan ziyade UV kaynaklı cilt hasarının artmasına sebep olabilmektedir. Melanin, melanosit hücreleri içerisindeki melanozom adı verilen lizozom benzeri organellerde sentezlenmektedir. Melanogenezis melanin üretimi olup tirozinaz, Tirozin-Bağlı Protein1, Tirozin-Bağlı Protein2 adlı üç enzimin aktivitesi ile oluşmaktadır. Melanogeneziste esas belirleyici enzim tirozinaz enzimidir. Tirozinaz, memelilerde yaklaşık olarak 60-70 kDa moleküler ağırlığa sahip çok işlevli, glikosile

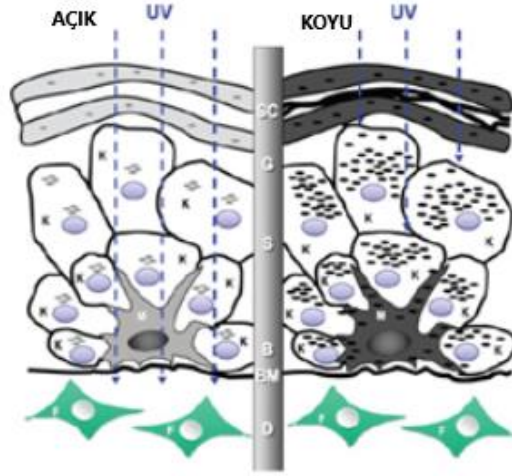
edilmiş, bakır içeren bir oksidazdır ve sadece melanositlerde bulunur (Parvez et al., 2006; Rawlings, 2006; Gillbro and Olsson, 2011; Pillaiyar et al., 2017).



Resim 2.3 Dermis tabakasında melanositlerde melanin sentezi ve dağılımı (Parvez et al., 2006)

2.3.2 Cilt lekeleri

Pigmentasyon, farklı ırk grupları arasındaki cilt özelliklerini belirleyen en önemli unsurdur. Bu irksal varyasyon melanositlerin gelişimi, yoğunluğu, melanozomlardaki yapısal ve enzimatik oluşumlar, melanin sentezi, melanozomların dentritlere ve keratinositlere transferi, melaninin derinin bazal tabakasındaki dağılımı ve sayısı gibi çeşitli fizyolojik işlemlerin sonucunda meydana gelmektedir. Aslında melanosit sayısı tüm ırklarda aynıdır. Fakat koyu tende melanositler daha kalındır ve daha uzun dallı dentritlere sahiptir. İnsan derisinde bulunan çeşitli renklerden dört kromofor sorumludur: hemoglobin, oksihemoglobin, melanin ve kerotenoidler. Hemoglobin ve oksihemoglobin kırmızı-pembe renkleri veririrken, siyah ve esmer (bronz) tenlerdeki çeşitli kahverengi tonlar melaninin sonucudur. Kerotenoidler sarı renkli pigmentasyonun kaynağıdır (Resim 2.4). Ciltteki diğer renk tonları tüm pigmentlerin bir kombinasyonundan oluşmaktadır (Parvez et al., 2006; Rawlings, 2006).



Resim 2.4 Açık ve koyu renk pigmentli insan cilt yapısının şeması. Yukarıdan aşağıya: SC, stratum corneum; G, stratum granulosum; S, stratum spinosum; B, stratum bazale; BM, bazal tabaka; D, dermis. Hücre çeşitleri: K, keratinosit; M, melanosit; F, fibroblast; gölgeli oval, melanin granülü (Yamaguchi vd. 2007)

Deri pigmentasyonunda genetik faktörler dışında en önemli faktör UV ışınlarıdır. UV ışınları ile cilt renginin koyulaşmasına neden olan sebepler melaninin oksidasyon ve polimerizasyonu, melanozomların dağılımındaki değişim, tirozinaz enziminin aktivasyonu, melanosit uyarıcı hormon salınımının artması ve derinin UV radyasyondan zarar görmesini engellemek için melaninin epidermisin en üst kısımlarına transferi olarak özetlenebilir. Cilt hiperpigmentasyonu hastaların yaşam kalitesini ciddi şekilde etkileyen kozmetik ve sosyal bir sorun yaratmaktadır (Yamaguchi et al., 2007;(Algin Yapar, 2017); (Parvez et al., 2006).

Deri hiperpigmentasyonu melanositlerin sayı ve fonksiyonlarındaki artış ya da deriye renk veren diğer maddelerin birikimi sonucu ortaya çıkmaktadır. Pigmentteki artış lokalize ve sınırlı kalabileceği gibi, diffüz ve yaygın dağılımlı da olabilmektedir. Çoğu hiperpigmentasyonlar bazen altta yatan sistemik bir hastalığın ya da deri malinitesinin göstergesi de olabilmektedir. Adrenal yetmezlik başta olmak üzere tiroid bezi bozuklukları, hemokromatozis, poliglandüler endokrinopatiler ve maligniteler hiperpigmentasyonla birliktelik gösterebilmektedir. Bunların yanı sıra antimalaryal ilaçlar, oral kontraseptifler, prostoglandin analogları ve daha pek çok ilaç hiperpigmentasyona yol açabilmektedir. İlaçların neden olduğu hiperpigmentasyonun, edinilmiş hiperpigmentasyon vakalarının % 10-20'sini oluşturduğu tahmin edilmektedir (Pérez-Bernal et al., 2000; Rigopoulos et al., 2007; Yıldız et al., 2018).

Hiperpigmentasyon sadece derideki normal dışı lekelenmeleri tanımlamaktadır. Yukarıda bahsedildiği gibi cilt lekelerinin esas sebebi deriye rengini veren melanosit hücrelerin sayısındaki artış ya da fonksiyonel olarak aşırı çalışmasıdır. Leke tedavisinde en önemli unsur doğru teşhistir. Tespitler doğrultusunda mevcut olan lekeleri giderme ve yenilerinin oluşumunu önlemeye yönelik çözümler belirlenmelidir. Cilt lekelerinin tedavileri lekenin cinsine göre değişmektedir ve başlıca lazer yöntemi, ışık tedavileri, buz tedavisi, kimyasal peeling ve leke açıcı kremlerin kullanılmasıdır (Y.-Y. Huang et al., 2014).

2.3.3 Cilt Beyazlatıcı ajanlar ve etki mekanizmaları

Cilt beyazlatıcı ürünler genel olarak deri üzerinde depigmentasyon etkisi oluşturmak üzere hazırlanmış preparatlardır. Sonradan oluşan hiperpigmentasyon kaynaklı cilt lekelerinin giderilmesindeki esas amaç melanin oluşumunun azaltılmasıdır. Depigmentasyona yönelik aktif bileşikler etki mekanizmalarına göre melanin sentezi öncesi, melanin sentezi sırasında, melanin sentezi sonrasında etkili olanlar ve diğerleri olarak gruplandırılmaktadır (Yapar, 2017; Khan et al., 2013; John et al., 2005).

Cilt rengini açmak ya da hiperpigmentasyon tedavisi için kimyasal maddeler ya da fiziksel tedaviler uygulanmaktadır. En sık kullanılan kimyasal ajanlar hidrokinon (HQ) ve türevleri, α -arbutin, β -arbutin (W. Thongchai et al., 2009), askorbik asit ve türevleri (Maibach and Ong, 2017), azelaik asit (Arbab and Eltahir, 2010) ve A vitamini asitidir (Couteau and Coiffard, 2016). Fiziksel tedavi örnekleri ise sıvı azot ile kriyoterapi (dondurma, kar ya da soğuk tedavisi), lazer, kimyasal peeling ve yüzeysel dermabrazyondur (cildin üst tabakasındaki ölü deriyi alma işlemi) (Maibach and Ong, 2017). Hidrokinonun uzun kullanımdan sonra oluşan yan etkilerinden dolayı cilt rengini açıcı ürün olarak kullanılması Avrupa konseyi tarafından yasaklanmıştır. Bununla beraber Avrupadaki kozmetik formülasyonlarda Asya kökenli, alternatif aktif maddeler kullanılmaya başlanmıştır (Masse et al., 2001).

Doğal cilt beyazlatıcı ajanlar olarak daha çok bitkisel kaynaklı aktif bileşenler kullanılmaktadır. Bunlardan kojik asit (*Agaricus bisporus* mantarı) (Karakaya, 2017), arbutin (ayı üzümü, armut yaprağı), globradin (meyan kökü), mulberroside F (beyaz dut), doğal polifenoller (üzüm çekirdeği, kızılıçık suyu), ellagik asit (nar kabuğu özü), artocarpus, flavanoidler, B3 vitamini (Zhu and Gao, 2008), bitki ekstraktları (Gupta et al., 2014) ve cilt

beyazlatma etkisi olduğu bilinen C vitamini içeren meyve (limon, portakal, papaya) ekstraktları kullanılmaktadır (Arbab and Eltahir, 2010).

2.3.4 Yaygın olarak kullanılan doğal kozmetik ve cilt beyazlatıcı/aydınlatici ajanlar

Cildin beyazlaması ile cildin aydınlanması arasında hiçbir fark yoktur. Bu, ürünü hangi ülkeye pazarlanacağı ile ilgili bir durumdur. Örneğin, Asya ülkelerinde bir ürünün cilt beyazlatma etkileri olduğunu iddia etmek meşrudur, ancak Avrupa ülkelerinde pazarlama stratejilerinde kullanılan kelimelere daha dikkatli olmaya yani, “beyazlatıcı” yerine daha “aydınlatici” veya “parlatıcı” ürün olarak pazarlamayı tercih etmektedirler. Bunun nedeni cildin "beyazlatma" teriminin ırkçı bir yorum olarak algılanması ve bazı insanlara karşı duyarsız görünme riskinin olmasıdır. Literatürde bahsi geçen ve cilt beyazlatıcı etkisi kanıtlanmış olan doğal ajanlardan birkaçı aşağıda verilmiştir (Shivhare et al., 2013; Kim and Uyama, 2005; Kahn, 1995; Zhu and Gao, 2008; Singh et al., 2011; Hanamura et al., 2008; Prakash and Majeed, 2009; Choi and Shin, 2016).

Kojik asit, Japon Koji mantarından elde edilen doğal bir maddedir. Bir cilt aydınlatici madde olarak, kojik asit, melanin üretimini (koyu lekeleri ve kahverengi pigmentleri) inhibe ederek etki göstermektedir. İnsan sağlığına zararlı olmamasına rağmen, kojik asit aşırı kullanılırsa cilt üzerinde birkaç olumsuz etkiler yaratabilir. Cilt tahrişine neden olabilir ve tahriş sonrası sürekli kullanım alerjik kontakt dermatite neden olabilmektedir (Shivhare et al., 2013; Kim and Uyama, 2005; Kahn, 1995; Zhu and Gao, 2008; Singh et al., 2011; Hanamura et al., 2008; Prakash and Majeed, 2009; Choi and Shin, 2016).

Liquorice Özü (Meyan Kökü), ekstresi çok popüler bir cilt beyazlatıcıdır ve cilt renk atmalarını etkin bir şekilde hafifletmek için yıllardır kullanılmaktadır. Cilt beyazlatma için ana bileşik, tirozinaz aktivasyonunu önleyerek pigmentasyonu önleyen güçlü bir cilt aydınlatici madde olan glabridindir. Meyan kökü de iltihap önleyici özelliklere de sahiptir ve özellikle güneşten bronzlaşmış ciltler üzerinde etkilidir (Shivhare et al., 2013).

Dut, beyaz dut ve/veya kâğıt dutları, hidrokinondan daha güçlü tirozinaz enzimi inhibitörleridir. Dut özü ile cilt tahrişi, diğer cilt açıcı maddelerden daha azdır. Kâğıt dut özü, *Broussonetia kazinoki*, Siebold'un kökünden elde edilir. Bu kökün özleri, tirozinaz enziminin güçlü inhibitörleridir (Shivhare et al., 2013; Hanamura et al., 2008).

Glikolik asit, alfa hidroksi asitten türetilen bir maddedir ve diğer cilt açıcı bileşenlerinin cilde daha derin nüfuz etmesini sağlamak için cildi temizlemektedir. Cilt hücre

dönüşümünü hızlandırarak, glikolik asit cilt tonunu doğal olarak aydınlatır ve dengeler. Ayrıca ince çizgilerin ve kırışıklıkların görünümünü azaltmaya yardımcı olmaktadır (Kim and Uyama, 2005; Hanamura et al., 2008).

Laktik asit, glikolik aside benzer şekilde çalışır, ancak genellikle hassas cilde sahip kişiler için daha uygundur. Laktik asit, deri altındaki yeni sağlıklı hücreleri ortaya çıkarmak için ölü deri hücrelerini uzaklaştırır ve cilt daha canlı ve parlak görünüme sahip olur (Zhu and Gao, 2008; Hanamura et al., 2008).

Limon suyu özündeki sitrik asit, doğanın en güçlü cilt beyazlatıcı bileşenlerinden biridir. Bununla birlikte cildi tahriş edebilir ve cilt aydınlatıcılarda küçük konsantrasyonlarda kullanılmaktadır. Ayrıca limon suyu özünü uygulandıktan sonra cildin güneş ışığına maruz bırakılmaması gerekmektedir, aksi halde ciltte leke oluşmasına yol açabilir (Zhu and Gao, 2008; Hanamura et al., 2008).

A vitamini antioksidan özelliklere sahiptir ve cildin erken yaşlanmasını engeller. Kuruluğu ve lekelenmeyi önler, cildi sağlıklı ve temiz tutar. Cilt hasarını onarmaya, gözeneklerin sıkılaşmasına ve cilt dokusunu pürüzsüzleştirmeye yardımcı olmaktadır (Choi and Shin, 2016; Hanamura et al., 2008).

C Vitamini, her biri farklı özelliklere sahip birçok farklı formda (L-askorbik asit, askorbik asit ve magnezyum askorbil fosfat) bulunabilen doğal bir antioksidandır. Vitamin C ayrıca cildi güneşten gelen UV radyasyonunun zararlı etkilerinden korumaktadır. UVA/UVB ışınlarına maruz kalmak cildin kollajen liflerine zarar vererek yaşlanmayı hızlandırabilir. C vitamini kollajen üretimindeki önemi ile tanınmaktadır. Son yıllarda C vitamini içeren cilt gençleştirme, kırışıklık önleyici ve cilt aydınlatma ürünlerinde yüksek derecede artış olmaktadır (Singh et al., 2011; Hanamura et al., 2008).

Emblica (Amla), *Phyllanthus emblica* (Bektaş üzümü) bitkisinden elde edilen patentli bir kompozisyondur. Bitki ekstraktı yüksek seviyede antioksidan bileşikler içermektedir. Son zamanlarda yapılan çalışmalar, bu doğal antioksidanın, orta dereceli konsantrasyonlarda kullanıldığında önemli cilt aydınlatma özellikleri sağladığını göstermiştir (Hanamura et al., 2008; Zhu and Gao, 2008).

Aloe vera, B1, B2, B6, C, niasin amid, kolin ve 18 amino asit vitaminini içeren bir beslenme deposudur. Aloe vera ürünleri, fazla işlendiğinde yararlı bileşenlerinin çoğunu kaybedebilir. Aloe vera'nın, gerekli vitamin, mineral ve diğer aktif bileşenlerin kaybını en aza indirmek için ekstraktı özenle işlenmelidir. Bir Aloe ürünü Uluslararası Aloe Bilim

Konseyi tarafından onaylanmalıdır. Ayrıca polisakkarit ve sterol içeriği nedeniyle cilt için su bağlayıcı madde işlevini görmektedir. Araştırmalar ayrıca aloe'nin antiinflamatuvar, antioksidan ve antibakteriyel özelliklere sahip olduğunu göstermiştir. Glikoprotein gibi izole edilmiş Aloe veranın bileşenleri de doku onarımı ve yara iyileştirici etkiye sahiptir (Hanamura et al., 2008; Zhu and Gao, 2008).

Üzüm çekirdeği polifenolleri, cilt üzerinde çok güçlü serbest radikal temizleme etkisi uygulayarak cildin yaşlanmasını yavaşlatmaya yardımcı olur. Olumsuz alerjik ve inflamatuvar tepkileri azaltır ve iyileşmeyi destekler. Cildin içindeki kolajen ve elastini stabilize ederek cildin elastikiyetinin korunmasına yardımcı olmakta ve cildin kimyasal yapısının bozulmasını önlemektedir (Hanamura et al., 2008; Zhu and Gao, 2008).

Hesperidin, turuncgil meyvelerinin kabuğunda ve zarlarında yaygın olarak bulunan bir biyoflavonoiddir. Yapılan çalışmalar sonucunda, hesperidinin sitotoksikite olmadan melanin sentezini inhibe edici ve UVA kaynaklı fibroblast hasarına ve kollajen oksidatif hasarına karşı cildi koruma özellikleri bulunmuştur (Shivhare et al., 2013; Prakash and Majeed, 2009).

Polifenollerin en yüksek konsantrasyonunu içerdiği bilinen yeşil çay, antioksidan, anti-inflamatuvar ve sıkılaştırıcı özellikleri ile bilinmektedir. Yeşil çay polifenolleri, bazı yaşlanma belirtilerinin gelişimini yavaşlatmaya yardımcı olur ve aynı zamanda serbest radikalleri engelleyerek ve inflamasyonu azaltarak cilt hasarını onarmaya yardımcı olur (Shivhare et al., 2013; Prakash and Majeed, 2009).

Yonca özü cilt için mükemmel bir protein, mineral ve C, D, E & K vitamini kaynağıdır. Cilt iyileşmesini sağlamak için cilt metabolizmasını iyi bir kondisyona getirir ve artırır (Shivhare et al., 2013).

Havyar özü (balık yumurtası) cildi besleyen, hücre yenilenmesini hızlandıran ve daha sağlıklı, daha sıkı bir görünüm için doğal kollajen üretimini arttıran proteinler, vitaminler ve minerallerin kaynağıdır (Shivhare et al., 2013).

Salatalık özü cildi yatıştırıcı ve nem bağlama özelliğine sahip doğal bir anti-inflamatuvar maddedir. Hafif hücre yenileme özelliklerine sahiptir ve cildin sıkılaşmasına yardımcı olur (Prakash and Majeed, 2009; Shivhare et al., 2013).

Gliserin, doğal nemlendiricidir ve doğal maddelerden, yağların hidrolizi ve şekerlerin fermantasyonu yoluyla elde edilir. Aynı zamanda sentetik olarak da üretilebilir. Gliserin, hücreler arası matris olarak bilinen alanı doldurarak ve cilt dengesini korumak için

doğru miktarda su çekerek doğal korunmayı güçlendirmektedir. Hücreler arası tabakadaki gliserin varlığının diğer cilt lipidlerinin işlerini daha iyi yapmalarına yardımcı olduğu da literatürce kanıtlanmıştır (Shivhare et al., 2013; Prakash and Majeed, 2009).

Hidrolize edilmiş soya proteini soya unundan elde edilen bitkisel kökenli doğal proteindir. Cildi nemlendirir, yumuşatır, pürüzsüzleştirir ve kırışıklıkların ve ince çizgilerin görünümünü azaltmaya yardımcı olur (Zhu and Gao, 2008; Shivhare et al., 2013).

Niasin amid B3 Vitamini melanositlerden keratinositlere melanozom transferini inhibe eden etkili bir cilt beyazlatıcı bileşiktir. Genellikle bu bileşen, diğer cilt beyazlatıcı ürünler ile beraber kullanıldığında çok iyi sonuçlar vermektedir. Niasin amidinin akne tedavisinde de etkili olduğu bilinmektedir (Zhu and Gao, 2008; Shivhare et al., 2013).

Şeker kamışı özü daha yeni, daha sağlıklı, cilt hücrelerini ortaya çıkarmak için ölü hücrelerin dökülmesine ve yenilenmesine yardımcı olan Glikolik Asit içermektedir. Cilt aydınlatıcı etken maddelerin deriden emilmesini kolaylaştırmaktadır (Shivhare et al., 2013; Zhu and Gao, 2008).

Aspir tohumu yağı uçucu yağ asitleri bakımından zengindir. Cildi derinden nemlendirir ve bakım yaparak nem dengesini geri kazandırır, cildin kurummasını önler (Shivhare et al., 2013; Zhu and Gao, 2008; Hanamura et al., 2008).

Salisilik asit söğüt ağacının kabuğundan elde edilen bir Beta Hidroksi Asit'dir. Gözeneklere nüfuz eder ve tıkanmasını önler ve yeni hücrelerin büyümesi için yer açmaktadır. Akneye eğilimli ciltler için mükemmel bir ekfoliyandır (pullanmayı önleyicidir) (Shivhare et al., 2013; Zhu and Gao, 2008; Hanamura et al., 2008).

Skualen, hurma yağı, zeytinyağı da dâhil olmak üzere birçok bitkisel yağda bulunan, ancak genellikle yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu köpekbalığı karaciğerinden ekstrakte edilen yağlı bir bileşiktir. Skualen'in kimyasal yapısı sebum denilen doğal deri lipidine benzemektedir. Cilde kolay emilim sağlayabilmekte ve cildin doğal olarak hidrasyon oluşturma ve koruma yeteneğini desteklemektedir. Cilde nüfuz etme kabiliyeti, diğer malzemelerin daha derin cilt seviyelerine taşınmasına yardımcı olur. Skualen askorbil fosfat, E vitamini ve hyaluronik asit ile birlikte cildin foto yaşlanmasına ve kahverengi yaşlılık lekelerinin oluşumuna karşı korunmasına yardımcı olur (Shivhare et al., 2013; Zhu and Gao, 2008; Hanamura et al., 2008).

E vitamini yüksek derecede nemlendirme özelliklerine sahiptir. Güçlü antioksidan özellikleri ile cildin erken yaşlanmasını önlemektedir (Shivhare et al., 2013; Zhu and Gao, 2008; Hanamura et al., 2008).

Su teresi özü sebum üretimini ve nem dengesini düzenlemeye yardımcı olmaktadır. Cilt tahrişi etkisi yoktur (Shivhare et al., 2013; Zhu and Gao, 2008; Hanamura et al., 2008).

α/β -arbutin saf suda çözünür ve toz formunda üretilen biyosentetik bir etken bileşendir. Şu anda piyasadaki en gelişmiş cilt aydınlatıcı maddelerden biri olarak bilinmektedir. Çok düşük konsantrasyonlarda bile, arbutinin tirozinaz aktivitesini inhibe ettiği gösterilmiştir. α -arbutin'in inhibe edici mekanizması, β -arbutine nazaran on kat daha etkili olabilmektedir (Shivhare et al., 2013; Zhu and Gao, 2008; Hanamura et al., 2008).

Ginkgo ağacının yapraklarından elde edilen özler, cilde uygulandığında kuvvetli serbest radikal temizleyici aktivitesi göstermektedir. Ginkgo flavon glikozitler, çoğunlukla kuersetin ve kaempferol türevleri, enzimdeki bakırı etkisiz hale getirerek tirozinaz aktivitesini inhibe edebilmektedir (Shivhare et al., 2013; Zhu and Gao, 2008; Hanamura et al., 2008).

Kuersetin, soğan, kıvırcık lahana, pırasa, brokoli ve yaban mersini gibi çeşitli meyve ve sebzelerde bulunan popüler bir flavonoid olarak bilinmektedir. Kuersetin güçlü bir tirozinaz inhibitörü olan antioksidan ve antikanser ajanıdır (Shivhare et al., 2013; Zhu and Gao, 2008; Hanamura et al., 2008).

Glycyrrhiza glabra'dan (*Licorice*) gelen glabridinin hem melanogenezi hem de enflamasyonu inhibe ettiği gösterilmiştir. Tirozinaz inhibe edici aktiviteye sahip olduğu ve hayvan modeli çalışmalarında, %0,5 glabridinin topikal uygulamasının, gine domuzu cildinde UVB'nin neden olduğu deri pigmentasyonunu ve iltihabını inhibe ettiği bulunmuştur (Shivhare et al., 2013; Zhu and Gao, 2008; Hanamura et al., 2008).

2.3.5 Cilt beyazlatıcılar ile ilgili yapılan bilimsel çalışmalar

Anti-melanogenez aktivitesi olan beyazlatıcı kozmetikler dünya çapında çok popülerdir. Birçok şirket, yeni ürün geliştirmeye yönelik antimelanogenez etkilerini gösteren yeni bileşenleri tanımlamaya çalışmıştır. Bitkisel kökenli birçok bileşik arasında, polifenollerin en umut verici antimelanogenez bileşenlerinden biri olduğu düşünülmektedir (Choi and Shin, 2016).

Bu bölümde doğal cilt beyazlatıcılar ile ilgili son on beş yılda yapılan bilimsel çalışmalardan bahsedilmektedir.

Yoshimura ve arkadaşları (2005), ellagik asit bakımından zengin olan (%90) nar kabuğu özünün tirozinaza karşı inhibe edici aktivitesini oral uygulama ile *in vitro* olarak araştırmıştır. Araştırmada denek olarak kahverengi guinea domuzları kullanılmıştır. Nar kabuğu 3 saat boyunca 60° C ila 70° C'de %50 sulu etil alkol ile ekstre edilmiştir ve etil alkol vakum altında çıkarılmıştır. Elde edilen sulu çözelti hidroklorik asit ile asitleştirilerek 70° C'de 6 saat geri akım yapılmıştır. Su ile seyreltme üzerine, ellagik asit çöktürülmüştür. Çökelti süzülerek toplanmış ve kurutucuda kurutulmuştur. Bu nar özünün kuru bazda % 90,16 oranında ellagik asit içeriği HPLC analizi ile doğrulanmıştır. Tıraş edilmiş deri yüzeyine 4 cm² lik alana UV kaynaklı cilt pigmentasyonu oluşturulmuştur. Güne domuzları 4 gruba ayrılmış ve deneklere oral olarak su, nar özütü ve L-askorbik asit 35 gün boyunca uygulanmıştır. 5 haftalık uygulamadan sonra L-askorbik asit ve nar özütünün her iki dozunun da UV kaynaklı cilt pigmentasyonunu inhibe ettiği görülmüştür. Ayrıca mantar tirozinaz kullanarak tirozinaz inhibisyonu deneyi de gerçekleştirilmiştir. Nar özütünün tirozinaz inhibe edici aktivitesi L-askorbik asit ve arbutin ile karşılaştırılmıştır. Nar özütü 1850,2 mg/ml IC₅₀ (inhibe edici özelliği olan maddenin tam inhibasyonu sağlayacak konsantrasyonunun yarı değeri) değerinde mantar tirozinaz aktivitesini inhibe etmiştir. Nar özütünün bu inhibe edici aktivitesi arbutin ile hemen hemen aynıdır, ancak L-askorbik asitin'den yaklaşık on kat daha zayıf olduğu belirlenmiştir (Yoshimura et al., 2005).

Tengamnuay ve arkadaşları (2006), *Artocarpus lakoocha Roxb*'un özodunu özütünün insan gönüllülerinde *in vitro* tirozinaz inhibe edici aktivite ve *in vivo* melanin düşürücü etkinliğini değerlendirmişlerdir. Propilen glikol içinde çözünen ekstrakt daha sonra kendi gönüllülük kontrolüne sahip paralel bir klinik deney kullanılarak kadın gönüllülerde test edilmiştir. Birinci gruba, test çözeltisi olarak %0,25 w/v *A. lakoocha* çözeltisi uygulanırken, ikinci ve üçüncü gruba, aynı çözücü içinde referans çözeltiler olarak sırasıyla %0,25 meyan ve %3 kojik asit ekstresi uygulanmıştır. Her gruptaki denekler günde iki kez test (veya referans) çözeltisini üst kollarına uygularken, kalan kısma 12 hafta boyunca sadece propilen glikol kullanmışlardır. Her uygulama alanının melanin içeriği her hafta Mexameter® kullanılarak ölçülmüş ve melanin içeriğinde başlangıç melanin değerine (% beyazlatma) göre % azalma olarak hesaplanmıştır. Sadece 4 haftalık uygulamadan sonra *A. lakoocha* özütü, en yüksek etkiyi göstermiştir (p <0.05), ardından %3 kojik asit (6 hafta) ve %0,25

meyan kökü ekstresi (10 hafta) takip eden en kısa sürede belirgin beyazlatıcı etki göstermiştir. Ekstrakt su içinde bir yağ emülsiyonu olarak formüle edildiğinde, beyazlatma etkinliği daha da artmıştır. Günlük %0,1 w/w *A. lakoocha* losyonunu, gönüllülerin üst kollarına (n = 25) ve yanaklarına (n = 15), sırasıyla 2 ve 3 hafta boyunca uygulanmıştır ve belirgin bir şekilde beyazlatıcı etki göstermiştir (p <0.05). Sonuçlar *A. lakoocha*'nın özodun ekstraktının etkili ve ekonomik bir cilt beyazlatma ajanı olarak kullanımını için ümit verici bir potansiyele sahip olabileceğini göstermiştir (Tengamnuay et al., 2006).

Özer ve arkadaşları (2007), *Juglans regia L. (Juglandaceae)* yapraklarının, *Castanea sativa Mill (Fagaceae)* kök kabuğunun ve *Okalyptus camaldulensis Dehnh (Myrtaceae)* yapraklarının metanol özütlerinin ellagik asit içerikleri ve tirozinaz inhibe edici etkilerini incelemiştir. Ellagik asit (EA), çeşitli bitkilerde serbest formunda veya ellagitannin glikozitler formunda bulunan doğal olarak oluşan polifenoldür. EA tayini için gelişmiş NaNO₂ deneyi kullanılmıştır. Ekstraktların ve sentetik EA'nın tirozinaz inhibe edici aktivitesi, melanogenez prosesinde bir ara madde olan dopakromun görünümünü izleyerek *in vitro* olarak test edilmiştir. Sonuçlar, aynı toplam inhibitör konsantrasyonunu koruyarak karşılaştırılmıştır. Formülasyonlarda yapılan dopakrom testlerine dayanarak, bitki özleri ile kombinasyonun sinerjistik bir etkiye sahip olduğu ve jel formülasyonunun düzensiz cilt pigmentasyonunu tedavi etmek için etkili bir taşıyıcı olarak önerilebileceği sonucuna varılmıştır (Özer et al., 2007).

Hanamura ve arkadaşları (2008), Amerikada yaygın olarak bulunan aserola (Barbados kirazı) meyvesindeki polifenollerin melanogenez üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. 50 kg aserola (*Malpigha emarginato*) meyvesinden elde edilen ham polifenol konsantre özü, kontrollü olarak orta derecede UVB ışınlarına maruz bırakılan gine domuzları üzerindeki cilt aydınlatma etkisini incelemek için hazırlanmıştır. Gine domuzlarının epidermisindeki melanosit ve melanozom dağılımları insan derisindeki dağılımlara benzemektedir. Bu nedenle UV kaynaklı pigmentasyonunun patojenizini araştırmak için genellikle gine domuzları kullanılmıştır. Hazırlanan konsantre özü 8 hafta boyunca günlük 400 mg/kg dozda oral yoldan uygulanmıştır. 14.günden itibaren UVB pigmentasyonunun önemli ölçüde azaldığı görülmüştür. Ayrıca bu çalışmada aserola meyvesinin B16 melanom hücrelerindeki melanin içeriğini önemli ölçüde azaltıcı etkisi de incelenmiştir (Hanamura et al., 2008).

Nattapong ve Omboon (2008), dut bitkisinden elde edilen ekstraktların antitirozinaz aktivite etkilerini incelemişler ve dut ağacının cilt beyazlatıcı ajan olarak kullanılabilceğini kanıtlamışlardır. Ayrıca antienflamatuar ve antitirozinaz aktivite ajanı olarak bilinen betulinik asidin varlığı da rapor edilmiştir. Bitkideki betulinik asidi ölçmek için HPLC miktar tayini tekniği kullanılmıştır. Antitirozinaz aktivitesi mantar tirozinaz enzimlerinin UV 492 nm dalga boyundaki absorpsiyon değişiklikleri ölçülerek test edilmiştir. Çalışmada dut ağacının kök kabuğu, kök odunu, gövde kabuğu, odun gövdesi kullanılmıştır ve fırında kurularak toz haline getirilmiştir. Toz halindeki her numune, 60 saat boyunca arka arkaya hekzan, etil asetat ve etanol içeren Soxhlet cihazında özümlemiş ve daha sonra kurutulmuştur. Her numune biri HPLC analizi için diğeri anti-tyrosinaz aktivite testi için iki kopya halinde hazırlanmıştır (Nattapong and Omboon, 2008).

Choi ve arkadaşları (2009), yeni cilt beyazlatıcı kozmetik maddeleri araştırmak için Çin'den toplanan yaklaşık 47 Geleneksel Çin Tıbbı (GÇT) bitki özütleri üzerine çalışma yapmışlardır. Toplanan bitkiler, oda sıcaklığında gölgede kurutulmuş ve oda sıcaklığında 24 saat boyunca %70 etanol (kurutulmuş bitkilerin ağırlığının 10 katı kadar) ile iki kez ekstre edilmiştir. Daha sonra bitki özleri, filtrelenmiş ve 60° C'de buharlaştırılmıştır. Buharlaştırmadan sonra liyofilize edilmiştir. 47 geleneksel Çin tıbbi bitki özü, *in vitro* mantar tirozinaz deneyi ve B16-F10 melanom hücresi kullanılarak melanin oluşumu inhibe edici etkileri açısından incelenmiştir. *Siphonostegia chinensis* ve *Salvia miltiorrhiza Bunge*'nin ekstraktlarının B16-F10 melanom hücrelerinde melanin oluşumunu inhibe ettiği belirlenmiştir. *Salvia miltiorrhiza Bunge*, GÇT listesinde kan dolaşımını teşvik etme, kan durgunluğunu hafifletme, kandaki ısıyı temizleme, şişmeyi çözme ve zihni sakinleştirme etkileriyle bilinmektedir. *Salvia miltiorrhiza Bunge*'nin kökünde bulunan biyolojik olarak aktif maddeler arasında dihidrotansiyon I (Dih), tansinon I (Tan I), kriptotansinon (Cry) ve tansinon IIA (Tan IIA) ve suda çözünür bileşikler gibi abietan tipi diterpenler bulunmaktadır. Sonuçlar, *Siphonostegia chinensis* özü ve *Sodyum danshensu*'nun cilt beyazlatma kozmetiklerinde faydalı bileşenler olabileceğini göstermiştir (Chou et al., 2009).

Kiefer ve arkadaşları (2010), etkili bir cilt aydınlatma kozmetik bileşeni için çeşitli turuncgil özlerinden lipozom enkapsüle ederek flavonoidlerin ideal bileşimini bulmak üzere çalışma yapmışlardır. Flavonoidler, insan diyetinin ana bileşenleri olarak, birçok iyi bilinen faydalı özelliklere sahiptir. Melanin oluşumunda hız sınırlayıcı enzim olan tirozinazın inhibisyonu ile cildi aydınlatmak için birçok kozmetik bileşen kullanılmaktadır. Seçilen

turunçgil özütleri, güvenlik ve *in vitro* etkinlik açısından test edilmiştir. 0,8 mg/ml'ye kadar hiçbir sitotoksik etki tespit edilmemiştir ve insan tirozinazının inhibisyonu 0,4 mg/ml'de %60'a kadar ulaşmıştır. Turunçgil özlerinin karışımı, lipozomal-enkapsüle edilerek %1'lik oranda bir kozmetik formülasyona dâhil edilmiştir. Daha sonra stabilite ve cilt iritasyon kapasitesi ile göz tahrişi ve mutajenik potansiyel açısından test edilmiştir. Son olarak, ürün 56 gün boyunca etkinlik için beyaz tenli gönüllüler üzerine *in vivo* olarak uygulanmış ve %1 (0,4 mg / ml) konsantrasyonunda belirgin cilt beyazlatıcı etkileri göstermiştir. Bu lipozomal kapsüllenmiş turunçgil flavonoid karışımının, yaşlanma lekelerini gidermek ve cilt tonunu aydınlatmak için kozmetik formülasyonda %1 oranında etkili olduğu kanıtlanmıştır (Kiefer et al., 2010).

Rasul ve arkadaşları (2011), süt devedikeni (*Silybum marianum*) ekstraktının topikal kreminin (su/yağ emülsiyonu) cilt eritması (kızarıklık) ve cilt melanini üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Süt devedikeni ekstresi su/yağ emülsiyonun iç sulu fazında saklanmıştır. Taşıyıcı (ekstraksız baz) ve aktif formülasyon (%4 ekstrakt içeren) gönüllü deneklere (n = 11) 12 hafta süreyle uygulanmıştır. Derideki eritma ve melanin bu topikal kremlerin ürettiği herhangi bir etkiyi belirlemek için iki haftada bir Mexameter® ile ölçülmüştür. Ekstrakt içermeyen baz kremin uygulandığı deri örneklerinde ki melanin istatistiksel olarak anlamlı artış gösterirken aktif formülasyon içeren kremin uygulandığı derideki melanin içeriğinde düşüş tespit edilmiştir. Deri eritması durumunda, baz istatistiksel olarak önemsiz bir azalma gösterirken, formülasyon istatistiksel olarak anlamlı bir azalma göstermiştir. Çalışma, süt devedikeni ekstresi içeren aktif formülasyonun silimarin flavonoidlerin varlığına bağlı olarak deri melaninini azalttığını göstermiştir. Formülasyon ayrıca antienflamatuar etkilere sahiptir ve topikal uygulamaya uygun olduğu bulunmuştur (Rasul et al., 2011).

Kim ve arkadaşları (2011), *Nelumbo nucifera*'nın (mavi lotus) su özütünü, olası fonksiyonel kozmetik ajan için test etmişlerdir. Beyazlatıcı etki, tirozinaz inhibe edici ve DOPA-oksidadaz önleme etkileri ölçülmüş, ayrıca kırışıklık karşıtı etkisi de gözlemlenmiştir. *Nelumbo nucifera*'nın yaprak, tohum ve çiçek ekstraktının DOPA-oksidadaz inhibisyonu etkisi (beyazlatma etkisi) sırasıyla %59, %57 ve %50 oranda olduğu belirlenmiştir. *Nelumbo nucifera*'nın yaprak, tohum ve çiçek özü, 200 µg/ml'de %56, %49 ve %54 elastaz inhibisyonu (kırışıklık karşıtı) etkisini göstermiştir, adenozin ise % 26 oranda inhibisyon göstermiştir. *Nelumbo nucifera*'nın kökü, yaprağı, çiçeği, gövde özü de dâhil olmak üzere su bazlı kremi ciltte ciddi tahrişe neden olmamıştır. %4 *Nelumbo nucifera* özütü içeren su bazlı

kremleri, çeşitli sıcaklık koşulları altında 30 gün boyunca değişiklik göstermemiştir. Araştırmadan *Nelumbo nucifera*'nın yaprak, çiçek ve tohum özleri beyazlatma ve kırışıklık karşıtı fonksiyonel kozmetik ajan olarak sunulabileceği sonucuna varılmıştır (Kim et al., 2011).

Jo ve arkadaşları (2012), yeşil çay bitki (*Camellia sinensis* L.) tohumunun ve perikarpının (tohum zarı) antioksidan, tirozinaz inhibe edici ve asetilkolinesteraz (AChE) inhibe edici aktiviteleri üzerinde çalışma yapmışlardır. Perikarp ve tohumlar ayrı ayrı dondurularak kurutulmuştur ve paslanmaz çelik bir karıştırıcı kullanılarak toz haline getirilmiştir. Çay perikarp ve tohumunun ekstraksiyonu için su ve metanol ayrı-ayrı kullanılmıştır. Toplam en yüksek fenolik içerik, DPPH (antioksidan analiz yöntemi) ve ABTS (antioksidan analiz yöntemi) radikal temizleme faaliyetleri β -karoten ağartma önleyici aktivite, en yüksek tirozinaz önleyici aktivite ve AChE önleyici aktivite perikarpın metanol ekstraktlarında bulunmuştur. Çay tohumu ve perikarpın özünde kafein, gallik asit, birkaç fenolik bileşik, hidroksimetil furfural ve yağ asidi türevi bileşikler tespit edilmiştir. Ek olarak, bu bileşikler, asetilkolin esterazın inhibe edici aktivitesine sahip olduklarından Alzheimer hastalığına da iyi gelmektedir. Perikarpın metanol ekstresi ekstraktlar arasında üstün tirozinaz inhibe edici aktivite ($IC_{50} = 735,58 \pm 24,43 \mu\text{g/mL}$) göstermiştir, ancak perikarpın su ekstraktı tohum ekstraktlarından daha zayıf tirozinaz önleyici aktivite göstermiştir. Bu sonuçlar, antioksidan ve tirozinaz inhibe edici aktivitelerden sorumlu bileşiklerin, çay tohumunda ve perikarpında farklı olduğunu ve tohum ve perikarpın, gıda endüstrisindeki antioksidan içerik maddeleri için potansiyel kaynaklar olarak kullanılabileceğini göstermektedir (Jo et al., 2012).

Germanò ve arkadaşları (2012), *betula pendula*'nın (BE) (adi huş) etanolik ekstraktının, mantar tirozinaz aktivitesi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Sonuçlar BE'nin tirozinaz tarafından katalize edilen doza bağlı olarak L-DOPA oksidasyonunu inhibe edebildiğini göstermiştir. Sonuçlar, huş yaprağı özlerinin kozmetik ve ilaç endüstrisindeki cilt beyazlatma ve antioksidan etkileri için faydalı olduğunu göstermektedir. Fotodiyot dizisi (PDA), kütle spektrometrisi (MS) tespiti ve yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) ile BE ekstraktlarındaki polifenolik bileşiklerin tespiti gerçekleştirilmiştir. Tamamlayıcı analitik bilgi yoluyla toplam 25 bileşik pozitif olarak tanımlanmıştır (Germanò et al., 2012).

Jung ve arkadaşları (2013), *Phryma leptostachya* (Phrymaceae) bitkisinin antiinflamatuar, antioksidan, antianjiyojenik ve cilt beyazlatma aktivitelerini

araştırmışlardır. *P. leptostachya*'nın kurutulmuş kökleri öğütülmüş ve oda sıcaklığında bir hafta boyunca %70'lik etanolda bekletilerek özütü çıkarılmıştır. Sıvı ekstresi vakumda buharlaştırılarak %13,1 verimle PLE (*Phryma leptostachya* ekstresi) kuru tozu elde edilmiştir. Tirozinazın L-DOPA oksidasyon aktivitesi, 96 oyuklu bir plaka okuyucusu kullanılarak dopakrom usulü ile belirlenmiştir. Tirozinazın monooksijenaz ve oksidaz aktiviteleri PLE tarafından önemli ölçüde inhibe edilmiştir. 30 mg/ml'lik bir konsantrasyonda, PLE, monooksijenaz aktivitesini, inhibe edilmemiş değerin %26,9'una indirgeyebilirken, inhibe edilmeyen oksidaz aktivitesi seviyesi, PLE ile %45,2'ye indirilmiştir. Tirozinazın monooksijenaz ve oksidaz aktiviteleri için PLE'nin IC₅₀ değerleri sırasıyla 9,0 mg ve 11,6 mg bulunmuştur. Pozitif kontrol olarak kullanılan β-arbutinin IC₅₀ değerleri, monooksijenaz aktivitesi için 0,9 mg/ml ve oksidaz aktivitesi için 18,5 mg/ml olarak oldukça yüksek çıkmıştır. Bu sonuçlar, PLE'nin, hız sınırlayıcı melanojenik enzimin aktivitesini inhibe ederek melanin biyosentezini bastırabildiğini göstermektedir. Sonuç olarak, PLE potansiyel cilt beyazlatma aktivitesine sahiptir (Jung et al., 2013).

Shin ve arkadaşları (2013), *Sophora flavescens* köklerinin etanol ekstraktının, temel etki mekanizmalarını araştırarak beyazlatıcı bir kozmetik ajan olarak kullanım potansiyeline sahip olup olmadığını belirlemek için çalışma yapmışlardır. *S. flavescens* ekstraktının etki mekanizmasını açıklamak için DNA mikroçip teknolojisini kullanmışlardır. Melanosomların oluşumu ve taşınımı ile ilişkili genlerin mRNA seviyelerindeki değişiklikleri araştırmışlardır. *S. flavescens* ekstraktının *in vivo* olarak cilt beyazlatıcı etkisi insan derisi üzerinde analiz edilmiştir. Sonuç olarak, *S. flavescens*'in ekstrosinaz aktivitesini güçlü bir şekilde inhibe ettiğini bulunmuştur (IC₅₀, 10,4 mg/mL). Ayrıca, melanosomların oluşumunda ve taşınmasında rol oynayan kilit proteinlerin, *S. flavescens* ekstraktına maruz kalan keratinositlerde hem mRNA hem de protein seviyesinde dramatik bir şekilde aşağı regüle edildiğini göstermiştir. Ek olarak, insan derisi üzerinde % 0,05 *S. flavescens* ekstresi içeren bir kremin klinik bir denemesi, mekanik ve görsel değerlendirme (1,14 kat) ile cildin beyazlaşması üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermiştir (Shin et al., 2013).

Murata ve arkadaşları (2014), 5 *Prunus* türünün (*P. persica*, *P. amygdalus* ve *P. mume*. *P. yedoensis* ve *P. amniaca*'nın çiçekleri) antitirozinaz ve antimelanin üretim aktivitelerini araştırmışlardır. Bitki örnekleri toz haline getirilerek 100 gr toz 1 L %50'lik etanol (EtOH) ile işlenmiş ve süzölmüştür. Daha sonra basınç altında buharlaştırılarak özüt liyofilize edilmiştir. Test edilen tüm *Prunus* özleri, antitirozinaz tahlilinde önemli inhibe

edici aktivite göstermiştir. Bunların arasında, *P. persica*'nın çiçekleri en güçlü inhibe edici aktivite göstermiştir (sırasıyla 200 ve 500 µg/mL'de %46,0 ve %52,1). Ek olarak, *P. persica* B16 sıçan melanom hücrelerinde melanogenezin baskılandığını da göstermiştir. Deneylerde pozitif kontrol olarak kojik asit kullanılmıştır (Murata et al., 2014).

Kim ve arkadaşları (2015), siyah, yeşil ve beyaz çay ekstralarının melanin sentezi ve tirozinaz aktivitesi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Taze çay yaprakları özellikle yeşil çay kateşin ve kateşin türevlerini kapsayan flavonoidler bakımından zengindir. Yeşil çayın bileşiminde kateşinin epigallokateşin (EGC), epikateşin (EC), epigallokateşin gallat (EGCG) ve epikateşin gallat (ECG) formları bulunmaktadır ve EGCG kateşinler içinde en fazla antioksidan özelliğe sahiptir. Çalışmada Kore'den temin edilen SÇ (600 g), YÇ (600 g), BÇ (600 g) 6 litre damıtılmış su içerisinde 2 saat boyunca kaynatılarak liyofilizasyon ile toz haline getirilmiştir. SÇ, YÇ ve BÇ özütlerinin verimleri sırasıyla %10,2, %21,3 ve %20,0'dir. Melanin sentezi ve tirozinaz aktivite testi için melan-A fare hücreleri kullanılmıştır. Çay ekstralarının hiperpigmentasyon etkisini değerlendirmek için melan-A hücreleri, 0 ila 12,5 µg/mL arasındaki konsantrasyonlarda test reaktiflerine 72 saat maruz bırakılmış ve mikroskop ile incelenmiştir. Çaylar arasında SÇ, EGCG'ninkine kıyasla daha üstün olan en yüksek inhibitör etki göstermiştir. Çalışmada arbutin (Arb) pozitif kontrol olarak kullanılmıştır, çünkü bu bileşiğin melanin sentezi üzerinde kojik asitten daha büyük bir inhibe edici etki gösterdiği önceki çalışmalarda kanıtlanmıştır. İşlem görmemiş kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, Arb, EGCG, SÇ, YÇ ve BÇ ile tedavi edilen hücrelerde tirozinaz aktivitesi konsantrasyona bağlı bir şekilde azalmıştır. Çaylar arasında BÇ, EGCG'ninkine benzer en büyük inhibitör etkiyi göstermiştir. Ekstreler arasında SÇ, EGCG'den bile üstün olan en güçlü inhibe edici etkiyi göstermiştir (Kim et al., 2015).

Kang ve arkadaşları (2018), *Euphorbia supina*'nın (ES) (Benli sütleşen) yaprak ve gövde kısımlarının %70'lik etanol ekstresinin antioksidan ve cilt beyazlatma etkilerini değerlendirmek amacıyla çalışma yapmışlardır. ES halk hekimliğinde antibakteriyel, hemostatik ve antiinflamatuvar özellikleri nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. B16F10 hücrelerinin canlılığı ve başka deneyler için toksik olmayan doz sınırını belirlemek için MTT (3-(4,5-dimetiltiyazol-2-il) -2,5-difenil tetrazolyum bromür)tahlili ile değerlendirilmiştir. Tirozinaz ve hücresel tirozinaz aktiviteleri daha sonra bir enzim-substrat (askorbik asit) kullanılarak ölçülmüştür. ES ekstraktının mantar tirozinaz aktivitesi üzerindeki inhibe edici etkisini ölçmek için, tirozinaz inhibisyonu tahlili yapılmıştır. Pozitif kontrol olarak arbutin

kullanılmıştır. Sonuçlar, mantar tirozinaz aktivitesinin, ES konsantrasyonu ile yüksek konsantrasyonlarda inhibe edildiğini göstermiştir. (Kang et al., 2018).

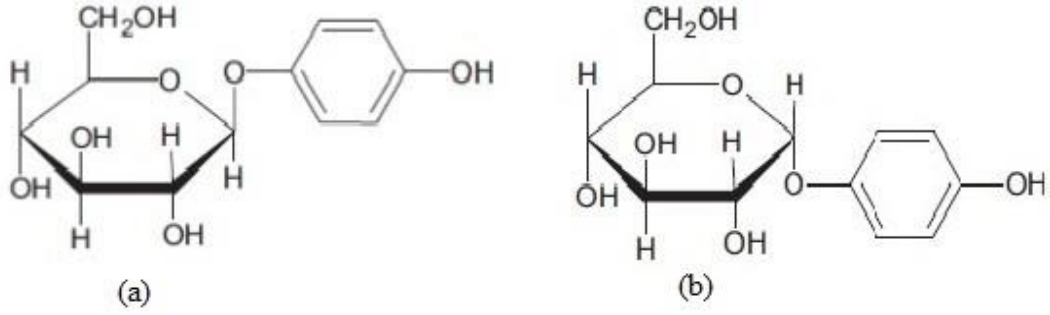
Cilt beyazlatma ürünlerindeki beyazlatıcı ajanların analizi için en yaygın yöntem HPLC yöntemidir (Thongchai et al., 2007). Kullanılan diğer teknikler arasında TCC ve GC/MS bulunmaktadır. HPLC aşamasından sonra analizlerin tespiti çoğunlukla UV bazen de kemilüminesans ile yapılmaktadır. Cilt beyazlatma ürünlerindeki beyazlatıcı maddelerin nicel olarak belirlenmesi için Wang ve arkadaşları tarafından HPLC-UV yöntemi geliştirilmiştir. Geliştirilen bu yöntem hızlı olmakla birlikte, dokuz analitin tümünü aynı anda tek bir enjeksiyonla ölçebilmektedir (Y. H. Wang et al., 2015).

2.3.6 Arbutin

Doğal olarak oluşan arbutin (4-hidroksifenil- β -D-glikopiranozid) ilk olarak 1881 yılında Schiff ve Michael tarafından doğal kaynaklardan izole edilmiş ve tanımlanmıştır. *Arctostaphylos* cinsinde ve genellikle *Ericaceae* familyasında yer alan diğer bitkilerde ve ayı üzümü bitkisinin kurutulmuş yapraklarından elde edilen arbutin, hidrokinon beta-D-glikopiranoziddir. SCOPUS verilerine göre, arbutin ve türevleri, son on yılda en az 120' den fazla bilimsel makaleye konu olmuştur. EMA (2012) monograflarına göre, idrar yolu enfeksiyonlarının tedavisinde arbutin içeren bitkisel materyaller kullanılmaktadır. Arbutin, türevleri ve arbutin içeren ekstrelerin biyolojik aktiviteleri üzerine yapılan çalışmalar sayesinde kullanım alanları genişlemektedir. Şimdiye kadar, bitkiler, özellikle *Uvae ursi folium*, arbutinin temel kaynakları olmuştur. Günümüzde bitki özlerinin yerini kimyasal ve biyoteknolojik olarak sentezlenmiş arbutin ve türevleri almıştır (Migas and Krauze-Baranowska, 2015; EMA, 2012).

2.3.6.1 Kimyasal yapısı ve özellikleri

Glikoz ve hidrokinon arasındaki glikozit bağın anomerik modeline bağlı olarak arbutinin α ve β -arbutin olarak iki izomeri Resim 2.5'te gösterilmiştir (Kurosu et al., 2002); Wang et al., 2006).



Resim 2.5 (a) β , (b) α arbutinin kimyasal yapısı (Migas and Krauze-Baranowska, 2015)

β -glikopiranozid konjugatı arbutinin doğal şeklidir. Molekül ağırlığı 272,25 g/mol, erime noktası 199,5°C, su ve alkolde kolayca çözünebilmektedir (Degen et al., 2015).

Ayı üzümü, buğday, yabanmersini, kırmızı ayı üzümü ve armut gibi çeşitli bitkilerde β -arbutin bulunmaktadır. Bitki materyalindeki arbutin miktarı değişkendir. Bitkinin kurutma yöntemi ve bitki örtüsü dönemi arbutin içeriği üzerinde büyük etkiye sahiptir. Örneğin, en büyük miktarda arbutinin, 80-100°C’ de kurutulmuş *Bergenia crassifolia*’nın (*Saxifragaceae*) genç, tamamen gelişmiş yeşil yapraklarında olduğu belirtilmiştir (Lubsandorzheva et al., 2000). α -arbutin ve diğer arbutin türevleri kimyasal ve enzimatik metotlarla sentezlenmektedir (Seo et al., 2012). İşlevsel olarak her iki izoform, tirozinaz aktivitesini inhibe ederek melanin pigment gelişiminin önlenmesi için etkilidir (Maeda and Fukuda, 1996; Sugimoto et al., 2004; Hu et al., 2009). Ama son araştırmalar α -arbutinin β -arbutinden daha etkili ve stabil olduğunu, özellikle α -arbutinin IC₅₀ değerinin (inhibe edici özelliği olan maddenin tam inhibasyonu sağlayacak konsantrasyonunun yarı değeri) 2,1 mM olduğunu, buna karşın β -arbutinin 30 mM’dan yüksek olduğunu göstermektedir. Ayrıca sentezlenmiş üç arbutin türevinden bd-glikopiranosil (1→6)-arbutin, bd-glikopiranosil (1→4)-arbutin ve bd-glikopiranosil (1→3) arbutin araştırılmış ve 1→3 arbutinin B16F10 melanom hücrelerinde melanin sentezi üzerinde en yüksek engelleyici etkiye sahip olduğu bulunmuştur. Yapılan araştırmalar, arbutinin hidrokinon kadar etkili olduğunu, ancak toksik olmadığını göstermektedir (Sugimoto et al., 2005).

Üç çeşit arbutin elde etme yöntemi bulunmaktadır bunlar, bitkilerden ekstraksiyon, bitki hücre kültürü ve organik sentezdir. Arbutinin sentez yoluyla üretilmesi çok zordur ve genel olarak insanlar da sentetik bileşiklere sıcak bakmamaktadırlar (Bulduk et al., 2016).

2.3.6.2 Arbutin ve türevlerinin kullanım alanları

Arbutin 18. yüzyılda, başlangıçta tıbbi alanda antienflamatuar ve antimikrobiyal bir madde olarak kullanılmasına (özellikle sistik, üretrit ve piyelit için) rağmen (Lee and Kim, 2012) şu anda cilt lekeleri ve çillenmeleri önlemek için kullanılmaktadır. Cilt depigmentasyonunda Japonya ve Asya ülkelerinde çok popüler olan cilt beyazlatıcı ajan olmakla birlikte, gıdalarda, reçetesiz satılan ilaçlarda ve bitkisel besin takviyelerinde bulunmaktadır. Sık olarak, cilt bakımında ve kozmetik ürünlerinde, deride hiperpigmentasyon veya hiperaktif melanosit fonksiyonunu içeren çeşitli cilt koşullarında melanin oluşumunun önlenmesi için cilt aydınlatma ajanı olarak kullanılan aktif bir bileşendir. Ayrıca, idrar sistemi için bir antienfektif olarak ve idrar söktürücü olarak da kullanılmıştır (Thongchai et al., 2007).

İdrar yolu enfeksiyonu etkisi (İYE): Arbutin içeren bitki materyallerinin sulu ve etanol-su ekstraktları, sadece idrar yolu enfeksiyonu (İYE) tedavisinde, daha çok kompleks bitkisel ilaçların bileşenleri olarak kullanılmaktadır. EMA kılavuzlarına göre, 2–3 dozlarda uygulanan 400–800 mg/gün arbutin İYE tedavisinde etkilidir. 5 ila 10 g *Uvae ursi* yapraklarından hazırlanan infüzyona karşılık gelmektedir. Arbutinin aglikonu olarak hidrokinon, bitki özlerinin antibakteriyel aktivitesinden sorumludur. Sıkılaştırıcı, dezenfektan ve antioksidan özellikler göstermektedir. Ayrıca hidrokinon hepatotoksiktir ve lösemi *de novo* gelişimine yol açabilmektedir. DNA ve kromozomal hasara neden olur, kolon mukozasının hemen yakınındaki bağırsak bakterilerinin, arbutini hidrolize ederek hidrokinonun mutajenik aktivite riskini artırabileceği belirlenmiştir (McDonald et al., 2001). Bununla birlikte, maddenin aktivitesi doza bağlıdır. Bu nedenle, *Uva ursi* özütlerinin İYE tedavide önerilen kullanım süresi olarak 2 hafta olarak önerilmiştir. Aynı nedenle, arbutinin etkili dozu ve yan etkileri azaltıldığından, arbutin içeren özütler ve bitki maddeleri esas olarak bitkisel karışımların bileşenleri olarak kullanılmaktadır (Migas and Krauze-Baranowska, 2015).

Antioksidan etkisi: Arbutin ve türevleri, diğer fenoller gibi, antioksidan aktivite sergilemektedir. Farklı radikal analizleri kullanılarak gerçekleştirilen deneyler, arbutinin hidrokinon ile karşılaştırılabilir veya hatta daha üstün bir antioksidan madde olduğunu göstermiştir. Dahası, arbutinin antioksidan aktivitesi, hidrokinona kıyasla daha uzun sürmüştür. Arbutinin antioksidan etkisi *in vitro* çalışmalarda doğrulanmıştır (Migas and Krauze-Baranowska, 2015).

Antienflamatuar etkisi: Arbutinin anti-enflamatuar etkisi birçok akademik çalışmanın konusu olmuştur. Arbutinin antienflamatuar özellikleri, sıçanlar üzerinde yapılan *in vivo* çalışmalarda ve mide ülseri hücre hatları kullanılarak yapılan *in vitro* testlerde doğrulanmıştır. Arbutinin mide mukozası, azalmış mukozal içerik, ülser bölgesi ve iltihaplanma üzerinde koruyucu bir etki sergilediği gözlemlenmiştir (Taha et al., 2012).

Antitümör etkisi: *In vitro* çalışmalar, arbutinin antitümör aktivitesini göstermiştir. Bileşiğin, hücre dışı sinyalle düzenlenen kinazı inhibe ettiği ve p21 proteininin ekspresyonunu artırdığı bulunmuştur (Li et al., 1999).

Cilt hiperpigmentasyonu üzerindeki etkisi: Melaninler, zararlı UVA/UVB radyasyonu emilim ve cildin korunmasından sorumludur. UV radyasyonu aşırı melanin üretimini uyarır ve ciltte renk değişikliğine ve koyu lekelerle neden olur. Bu nedenle, UV filtreleri ve tirozinaz inhibitörleri, hiperpigmentasyon tedavisinde kullanılan ürünlerde en sık kullanılan bileşenlerdir (Jin et al., 1999; Thongchai et al., 2009; Solano et al., 2006). Hem arbutin hem de onun aglikonu olan hidrokinon, melaninlerin biyosentezini inhibe etmektedir. Şimdiye kadar, hidrokinon hiperpigmentasyon tedavisinde en yaygın olarak uygulanan bileşiktir. Bununla birlikte, hidrokinon kullanımı bazı yan etkilerle ilişkilidir. Hidrokinon, lipid hücre zarlarına zarar verir, glutasyon eksikliğine katkıda bulunur ve DNA ve RNA sentezini inhibe eder. Ayrıca tahriş edici özelliklere sahiptir ve iltihaplanma sonrası hiperpigmentasyon riskini artıran iltihaplı reaksiyonları uyarır. Bu nedenlerle, kozmetikte hidrokinon kullanımı Avrupa'da önemli ölçüde azaltılmıştır. Günümüzde ağırlıklı olarak saç ağartma preparatlarında ve yapay tırnaklarda mevcuttur. Bununla birlikte, birkaç çalışma, hidrokinonun özellikle harici olarak kullanılan ürünlerde bulunan konsantrasyonlardaki yan etkileri hakkındaki bilgilerin abartılı olduğunu göstermektedir (De Arriba et al., 2013); (O'Donoghue, 2006). Tirozinaz aktivitesinin inhibisyonu, arbutin türevleri için de gözlemlenmiştir. Diğer arbutin türevleri ile ilgili araştırmalar, bunların arbutinin kendisinden daha etkili olduğunu kanıtlamaktadır (Davis and Callender, 2010; Gao et al., 2008; Gao ve diğerleri, 2008; Hu et al., 2009). Arbutin hidrokinon ile karşılaştırıldığında etkili dozlarda önemli yan etkilerinin olmadığı rapor edilmiştir (Maeda and Fukuda, 1996), çünkü % 10 sulu çözeltilerde yüksek arbutin konsantrasyonları nekrotik değişikliklere neden olmamıştır. Arbutin ayrıca herhangi bir mutajenik veya kanserojen özelliğe sahip değildir (Lim et al., 2009). Bununla birlikte, bazı çalışmalar, arbutin içeren preparatların kullanımının, doza bağlı bir şekilde bazı yan etkilerle ilişkili olabileceğini göstermiştir. Daha

yüksek konsantrasyonlarda arbutin uygulanması cilt tahrişine ve hiperpigmentasyona neden olmuştur (Draelos, 2007; Kim et al., 2012).

Bilimsel Tüketici Güvenliği Komitesi (SCCS), α - arbutinin (yüz kremlerinde %2'den yüksek ve vücut losyonlarında %5'ten büyük konsantrasyonlar için) ve β - arbutinin (yüz kremlerinde %7'den büyük konsantrasyonlar için) kullanım güvenliğini değerlendirerek raporlamıştır (Degen, 2015; Degen, 2016).

2.4 Kozmetik Tekstillerin Karakterizasyonu ve Performans Testleri

Kozmetik tekstillerle ilgili yapılan literatür araştırmaları sonucunda bu alanda ciddi bir eksiklik olduğu göze çarpmaktadır. Kozmetik tekstiller vücudu sarmakta ve ten ile bire bir temas halinde bulunmaktadır. Bu nedenle, bu giysilerin kozmetik etkinliklerinin cilt üzerinde yaratacağı etkilerinin tespiti de insan sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır (Yılmaz ve Öndoğan, 2014).

Kozmetik madde dağıtım sisteminin biyoyumluluğu, kozmetik tekstillerin geliştirilmesinde önemli etkenlerden biridir. Biyoyumluluk, bir biyomalzemenin vücut dokularına sağladığı optimum uyum olarak açıklanabilir. Bir maddenin biyoyumlu olması için bulunduğu canlı ortam tarafından kabul edilmesi gerekmektedir (Özalp ve Özdemir, 1996). Kozmetik tekstil ürünlerinin kozmetik madde dağıtım sistemi toksik ve kanserojen olmamalıdır. Vücut dışı uygulamalarda, kozmetik tekstiller aktif bileşenlerin salınması sırasında derinin tahriş olmasına neden olmamalıdır (Kan and Yuen, 2005).

Her bir kozmetik tekstil ürünü incelenirken birkaç sorunun ele alınması gerekmektedir:

1. Ürün kullanımdan sonra talep edilen kozmetik etki;
2. İddia edilen etkilerin klinik/kozmetik bağımsız kontrollü çalışmalarda gösterilmiş olması;
3. Ürünün etkisini görebilmek için kullanım sıklığı ve süresi ne olmalı?
4. Tekstil ürünü olduğundan yıkayarak kullanımına devam edilebilir mi ve kozmetik etkisi kaç yıkama için geçerlidir;
5. Ürün çevre dostu mu ve ürünün dayanıklılığı/raf ömrü nedir? (Borkow, 2016).

Bu sorular altında kozmetik tekstillerin etkinliğini, güvenilirliğini ve dayanıklılığını değerlendirmek ve test edilmesine ilişkin Avrupa Standardizasyon Komitesi, kozmetik tekstiller için test standartlarının oluşturulmasını sağlamaktadır.

1994 yılında Avrupa Standardizasyon Komitesi CEN/TC 248, WG-9 (working grup) “Araştırma konularının önceliklendirilmesi” çalışma grubunu kurmuştur. 1999 yılında WG-9 faaliyet alanını “Devam eden ve gelecekteki standardizasyonu destekleyen araştırma ihtiyaçları” olarak yeniden tanımlamıştır. 2003’ten beri CEN/TC 248/ WG-9 sağlık hizmeti, fonksiyonel tekstiller, etkileşimli tekstiller, sürdürülebilir kalkınma gibi katma değeri yüksek tekstil ürünleri alanında standardizasyon faaliyetlerine daha fazla önem vermektedir. 2004’ten önce AB’de akıllı tekstil ve giyim alanındaki test yöntemlerini tanımlayan ulusal standartlar oluşturulmamıştır. 2004 yılında CEN/TC 248/WG-9, kozmetik özelliklere sahip tekstillerin etkinliği, toksisitesi, dayanıklılığı ve kimyasal analiz metotlarını incelemek üzere “Kozmetik tekstiller” grubunu kurmaya karar vermiştir. 2006 yılında kozmetik tekstiller için teknik rapor geliştirmek üzere yeni bir çalışma grubu, WG-25 kurulmuştur. Teknik rapor, standardizasyon çalışmasının teknik içeriği hakkında bilgi sağlayan belgedir. 2009 yılında WG-25 grubunun çalışması sonucunda kozmetik tekstillerin test standartları yayınlanmıştır (Singh et al., 2011).

WG-25, standardizasyonun gerekli olduğu bazı önemli alanları belirlemiş ve kozmetik tekstillerin farklı yönleri üzerinde çalışmak üzere beş tane alt grup oluşturmuştur. WG-25 çalışma grubunun oluşturmuş olduğu alt gruplar aşağıdaki alanlarda standart oluşturmak üzere çalışmalarına devam etmektedir (Singh et al., 2011).

2.4.1 Kimyasal özellikleri

Kozmetik tekstil ürünlerinin asidik veya bazik karakteri, yanıcı olup olmaması veya başka bir maddeyle reaksiyona girme kapasitesi gibi kimyasal özellikleri mevcut yasal yönergeler ve kozmetik yasalarına göre test edilmektedir. Hali hazırda, hem tekstil hem de kozmetik ile ilgili olarak on üç yönetmelik tanımlanmakta ve listelenmektedir. Avrupa kozmetik Yönetmeliği kozmetik ürünler için standartların geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapmaktadır (Singh et al., 2011).

2.4.2 Zehirli/Zararsız olma

Zehirlilik ve zararsızlık ile ilgili alt çalışma grubu, kozmetik tekstillerinin ilaç olarak kabul edilemeyeceği, yani sadece harici olarak kullanılabilmesi sonucuna varmıştır. Kozmetiklerin ilk önce tekstil materyali üzerine uygulanması daha sonra ürünün cilde yakın olarak kullanılması gerekmektedir. Kozmetik tekstiller, EN ISEO 10993, OECD test yöntemlerini başarılı bir şekilde geçmelidir (OECD 405, 406, 407 & 471). OEKO TEX

yöntemi de ayrıca başka bir seçenek olarak kullanılabilir. Bu grubun tüm üyeleri faaliyetlerin iki adımda gerçekleştirilmesi gerektiğinde hemfikirdir.

Adım I: Kozmetik endüstrisindeki mevcut test standartlarına uygun olarak ürünün sadece etken maddesinin test edilmesi.

Adım II: Nihai ürünün antimikrobiyal teste benzer genel bir biyolojik testten geçirilmesi gerekmektedir.

Kullanılan test yöntemleri, maliyet ve güvenlik açısından dengeli olmalıdır (Singh et al., 2011).

2.4.3 E Vitamin içeriği

Tekstil yüzeylerindeki E Vitamini içeriğinin testi, demir klorür çözeltisi ile E vitamininin indirgenme özelliklerini kullanarak renk reaksiyonu yoluyla kantitatif olarak gerçekleştirilebilir.

Bitmiş tekstil yüzeylerine $FeCl_3$ çözeltisi damlatılır. E vitamini varlığında Fe^{3+} iyonu Fe^{2+} 'ya indirgenir. Daha sonra Fe^{2+} iyonlarının varlığında kırmızı şelat kompleksi oluşturan dipiridil çözeltisi damlatılmaktadır (Singh et al., 2011).

Ajala ve arkadaşları polyester kumaş yüzeyindeki E vitamini ve shea yağı varlığının karşılaştırılması ve kanıtı için FT-IR spektrumları ve termal gravimetrik analizler (TGA) yapmışlardır (Ajala et al., 2017).

2.4.4 Parfüm performans analizi

Bu analiz, çeşitli parfümlü tekstil ürünlerinin performansını test etmek için gereklidir. Headspace gaz kromatografisi/kütle spektrometresi (Headspace GC/MS), uçucu bileşikler için analiz etmek için kullanılan bir spesifik yöntemdir. Bir hava geçirmez kapalı örnekleme kabına numune yerleştirilir ve daha sonra belli bir sıcaklığa kadar ısıtılır. Oluşan buhar, ASTM - D3362, D3452, D4128 gibi çeşitli ASTM standartlarına göre polimer katkı maddelerinin tanımlanması kalıntı çözücü analizi için test edilmektedir (Zhu and Chai, 2006).

2.4.5 Etkinlik

Kozmetik tekstillerin etkinliği, kozmetik ürünler ile aynı test aracı ve test koşulları kullanılarak test edilmesi gerekmektedir. WG-25, bu sorunun karmaşıklığını çözmek için bazı kurallar koymayı kabul etti. ISO/DIS 11930 testi, kozmetik ürünler için hazırlanmasına

rağmen, kozmetik tekstillerin yararlılığını test etmede de başarılı olabileceği düşünülmektedir (Alvarez et al., 2017).

2.4.6 Dayanıklılık

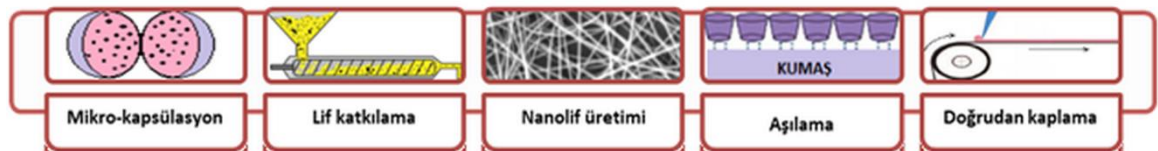
WG-25, kozmetik tekstillerin dayanıklılık özelliğini vurgulamak için ayrı bir alt grup oluşturmuştur. Yıkama haslığı için, bu alt grup tarafından birçok test yöntemi önerilmektedir. Bir tekstil yüzeyinde mikrokapsülleri bağlamak için kullanılan binder adı verilen yapıştırıcının etkinliği terbiye işleminde yer alan ürünlerin farklı ara yüzlerinin uyumluluğuna bağlıdır. Genel olarak, mikrokapsüllerin bağlanması, tekstil yüzeylerinin kimyasal türüne ve yapısına bağlı olmaktadır (Salaün et al., 2009).

2.4.7 Etiketleme

WG-25 grubunun, kozmetik tekstillerin ambalajında etiketleme için bir standart koyma fizibilitesine ilişkin son toplantısında, kozmetik tekstillere dikilecek etiket ile ilgili ve ambalaj üzerine yazılacak açıklama ile ilgili olarak iki kısımdan oluşan öneride bulunulmuştur. WG-25 grubu hala kozmetik tekstiller için etiketleme standartlarını belirleme çalışmalarına devam etmektedir (Singh et al., 2011).

2.5 Kozmetik Tekstillerin Üretim Yöntemleri

Kozmetik etki elde etmek için farklı üretim aşamalarında farklı teknikler kullanılarak tekstil materyali üzerine çeşitli maddeler eklenmektedir. Bu tekniklerin seçimi, kozmetik bileşenlerin ve tekstil materyalinin yapısına ve ilave edilecek kozmetik içerik miktarına bağlıdır (Singh et al., 2011). Vücudun doğal hareketi ile kumaşa aktarılan aktif bileşenler kontrollü olarak taşıyıcı sistemlerden insan derisine nüfus etmektedir. Hali hazırda kozmetik tekstiller en çok kapsülleme teknolojisi ve nanolif üretim teknikleri ile üretilebilmektedir (Resim 2.6).



Resim 2.6 Kozmetik tekstillerin üretimi (Jumageldiyeva vd., 2020)

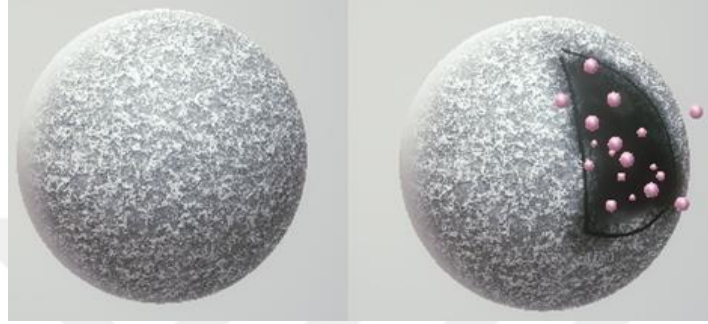
2.5.1 Mikrokapsülasyon

Kapsülleme, bir materyalin veya bir materyal karışımının başka bir materyal veya sistem içinde kaplandığı veya tutulduğu tekniktir. Kaplanmış malzemeye aktif veya çekirdek malzeme denir ve kaplama malzemesine kabuk, duvar malzemesi, taşıyıcı veya enkapsülen denmektedir (Madene et al., 2006). Mikrokapsülleme, bir gaz, sıvı veya katı bir malzemenin (çekirdek) etrafını çevreleyen ortamdaki koruyucu ve izole eden ve özelliklerini gerektiği gibi ayarlayan sağlam bir kabuk (kapsül) ile çevrelenip kaplandığı bir işlemdir. Başka bir deyişle, bir mikrokapsül, tipik olarak sentetik veya doğal polimerler tarafından üretilen bir zarla çevrili aktif bir madde içeren bir haznedir (Manjanna et al., 2010).

Her alanda olduğu gibi tekstil sektöründe de fonksiyonel ürünlerin geliştirilmesi öncelikli hale gelmiştir. Genellikle tekstil materyallerine kazandırılan fonksiyonellik lif üretimi aşamasında çoğunlukla da bitim işlemleri ile sağlanmaktadır. Sağladığı fonksiyonellik ve uzun süreli etkilerinden dolayı mikrokapsül uygulamaları fonksiyonel tekstillerin üretiminde en sık kullanılan yöntemdir (Eyüpoğlu ve Kut, 2016).

Mikrokapsül çalışmaları, 1930'ların ve 1940'ların sonlarında kimyacı Baret Green ve arkadaşlarının, sonunda birkaç patente (karbonsuz kopya kağıdı dahil) yol açan jelatin ile koaservasyon işlemini geliştirmesiyle başlamıştır, ancak mikro kapsüllemenin sistematik çalışması 1970'lere kadar popüler değildi. 1980'lerin ortalarında, gıda, kozmetik, tarım, bahçecilik, boya, baskı, fotoğrafçılık, bilgisayar, gübre, yapıştırıcılar, temizlik ve havacılık endüstrileri dahil olmak üzere birkaç alanda mikro kapsülleme teknolojisi hızla büyüdü. Farmasötikler için mikro kapsülleme prosedürlerinin geliştirilmesi Bungenburg de Jong ve Kass tarafından 1931'de yayınlanan ve kaplama malzemesi olarak jelatinli mikrokapsüllerin hazırlanmasını ele alan makale ile başlamıştır. O zamandan beri, ilaç endüstrisi tarafından ilaçların mikro kapsüllemesi için pek çok başka kaplama malzemesi ve uygulama süreci geliştirilmiştir (Manjanna et al., 2010). Kozmetik tekstillerde aktif maddenin kontrollü salım özellikleri önemli bir husustur. Yavaş salım mekanizması altında, aşırı dozdan kaçınmak için kozmetik madde insan derisine kontrollü bir şekilde salınmalıdır. İlk defa 1950'lerin sonlarında bir şirket tarafından ilaçları kapsüllemek ve kontrollü salımlarını sağlamak için uygulanmıştır. Aspirin, mide tahrişini önlemek için ilk mikrokapsül formunda üretilen ilaçlardan biridir. Kontrollü salımlı mikrokapsül teknolojisi uygulamalarına geç başlanmış olmasına rağmen, günümüzde farmasötikler alanında oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır (Cheng et al., 2009; Saez. et al., 2007).

1µm'den küçük kapsüller nanokapsüller, 1000 µm'den büyük kapsüller makrokapsüller olarak adlandırılmaktadır (Dubey et al., 2009). Ticari mikrokapsüllerin boyutları genellikle 3-800µm arasındadır ve %10-90 çekirdek materyali içermektedir (Erkan, 2008). Mikrokapsülün kabuk kalınlığı 0,2 µm ile birkaç mikrometre arasında değişmektedir (Manjanna et al., 2010). Resim 2.7' de mikrokapsülün yapısı şematize edilmiştir.



Resim 2.7 Mikrokapsül yapısı (Jumageldiyeva vd., 2020)

Mikrokapsülasyonun amaçları, biyoaktif bileşeni (çekirdek) ışıktan, atmosfer koşullarından, zararlı çevreden koruyabilmek, istenmeyen tat ve kokuları maskeleyebilmek ve raf ömrünü uzatmak olarak sayılabilir. Mikrokapsülasyon teknolojisi sayesinde toz ya da sıvı maddeler katı halde taşınabilmekte, kapsüllenmiş malzemenin hedefli salımı ve aktif bileşenin kontrollü salımı gerçekleştirilebilmektedir (Erkan, 2008).

Birçok mikrokapsül üretim teknikleri vardır ve mikrokapsülasyon tekniğinin seçiminde, çekirdek materyalin tipi, istenilen kapsül boyutu, kabuk materyalinin geçirgenliği gibi özelliklere dikkat edilmesi gerekmektedir. Çeşitli kabuk ve çekirdek malzemeler kullanarak anti-bakteriyallik, böcek kovuculuk, güç tutuşurluk, bitkisel özlerin mikrokapsüllemesi ile yara iyileştirici, ağrı ve sancı azaltma etkisi olan kumaşlar, koku veren, su itici kumaşlar ve biyosensör içeren maddelerin mikrokapsüllemesi ile koruyucu giysiler üretilmektedir (Eyüpoğlu ve Kut, 2016).

2.5.2 Lif katkılama

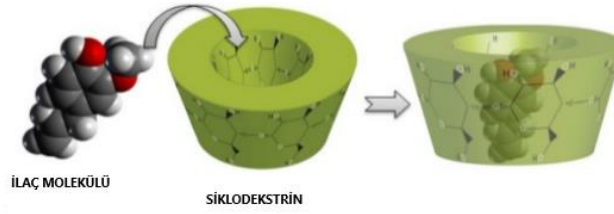
Bu başlık altındaki çalışmalar daha çok nanolifli, elektrolif çekim yöntemi ile üretilen tekstilleri kapsamaktadır. Kozmetik amaçlarla üretilen nanolifler burada ayrı bir başlık altında ele alındığından burada sınırlı sayıda mikrolif katkılama çalışmasına değinilmiştir. Mikrolifler genellikle 0,1-1,2 dtex aralığındaki polyester, poliamid, akrilik, gibi sentetik ve

modal, liyosel ve viskoz gibi rejenere liflerden üretilmektedir. Mikrolifler kullanım amacına bağlı olarak kesikli stapel veya kesiksiz filament şeklinde üretilmektedir (Kaynak ve Babaarslan, 2009). Mikrolifli kullanımı ile üretilen tekstil ürünleri geleneksel tekstillerin yanı sıra, fonksiyonel teknik tekstillerin üretiminde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Kozmetik alanında; antienflamatuvar, iyileştirici ve renk verici özellikleri olan zerdeçal ile katkılanmış polilaktik asit lifleri eriyikten çekim yöntemi ile üretilmiş ve termal, yapısal ve mekanik özellikleri araştırılmıştır (Sharifah et al., 2017). Ayrıca Bombyx mori ipeğinin üç farklı katkılama ajanı ile katkılanması ile liflerin üretilip, mekanik, termal ve elektriksel özelliklerinin incelendiği, kozmetik alanında da uygulanma potansiyeline sahip olan akıllı tekstillerin üretimini içeren bir çalışma Rudilosso tarafından sunulmuştur (Rudilosso, 2014).

2.5.3 Aşılama-Siklodekstrinler

Moleküler kapsüllere verilebilecek en iyi örnek siklodekstrinlerdir. Siklodekstrinler supramoleküler kimyada ev sahibi molekül olarak kullanılmaktadır. Farklı özelliklere sahip iki veya daha fazla molekül, iyon ya da koordinasyon bileşiklerinin molekül içi etkileşimler ile birleşmesi sonucu oluşan kompleksler supramoleküller olarak adlandırılmaktadır. Bu etkileşimlerin çoğu ev sahibi ve misafir tipinde olmaktadır (Resim 2.8). Supramoleküler kimyada ev sahibi molekül, kriptandlar, taş eterler, kalikserenler, siklotanlar ve siklodekstrinler gibi kafes yapısında olan bileşiklerdir (Gönülşen, 2013).

Siklodekstrinler nişastanın transglikozilaz enzimi ile enzimatik parçalanması sonucu endüstriyel olarak üretilmektedir. Siklodekstrinler homojen ve kristal yapıda olmakla birlikte higroskopik değildir. Siklodekstrinler en az altı tane glikoz halkasına sahiptir ve daha küçük siklodekstrinler sterik etkilerden dolayı oluşmamaktadır. Ticari olarak üretilen siklodekstrinler 6 (α -siklodekstrin), 7 (β -siklodekstrin) ve 8 (γ -siklodekstrin) glikoz halkasına sahiptirler. Moleküldeki glikoz halkalarının sayısına bağlı olarak siklodekstrinler farklı içyapılara sahiptirler. Siklodekstrinler halka şeklinde olup bu yapı üstten kesik koniğe benzemektedir. Siklodekstrinler polar hidrofilik dış yüzeye ve hidrofobik iç yüzeye sahip olmalarından dolayı hidrofilik ortamda hidrofob bileşenlere ev sahipliği yapabilmektedir (Erkan, 2008).



Resim 2.8 Siklodekstrin (Sharma and Baldi, 2016)

Siklodekstrinler kristal haldayken iki tip, kanal ve kafes formunda bulunurlar. Kanal formundeyken kafa-kuyruk ya da kafa-kafa formunda birbirleri üzerine dizilip, iç boşlukları kanal oluşturur ve misafir moleküller bu kanal içerisine dizilmektedirler (Erkan, 2008). Siklodekstrinler kafes formundeyken iç kısımlarındaki boşluk sayesinde, başka moleküller bu boşluğa girerek inklüzyon kompleksi oluşturur ve misafir moleküller siklodekstrin boşluğu tarafından tutulmaktadır. Bu kompleks sonrasında misafir moleküllerin oksidasyon, hidroliz, fotokimyasal reaksiyonlara karşı dayanımının artması, uçucu maddelerin buharlaşma hızlarının önemli ölçüde azalması ve bunların daha düzenli ve kontrollü olarak serbest bırakılması sağlanabilmektedir. Sahip oldukları bu özelliklerinden dolayı siklodekstrinler ecza, kozmetik, gıda, çevre koruma, tekstil vb. Birçok alanda değişik amaçlarla kullanılmaktadır (Akçakoca ve Atav, 2006).

2.5.4 Doğrudan kaplama

Örme dokuma ya da dokusuz yüzey olarak üretilen kumaşın bir ya da her iki yüzeyini kimyasal maddeler ile kaplanması sonucu kaplama kumaşlar üretilmektedir. Ayrıca iplik formunda da kaplama uygulanabilmektedir. Tekstil kaplama proseslerinde genellikle dokuma kumaşlar tercih edilmektedir. Kaplama, kumaşa normal terbiye işlemleri ile kazandırılmayan özel işlemler için uygulanan bir yöntemdir. İstenilen özel işleme göre sıvı, hamur veya toz halde bulunan kimyasallar toz, pasta veya köpük formunda kumaşa aktararak kumaş yüzeyinde bir film tabakası oluşturulmaktadır (Kadem ve Tölek, 2016).

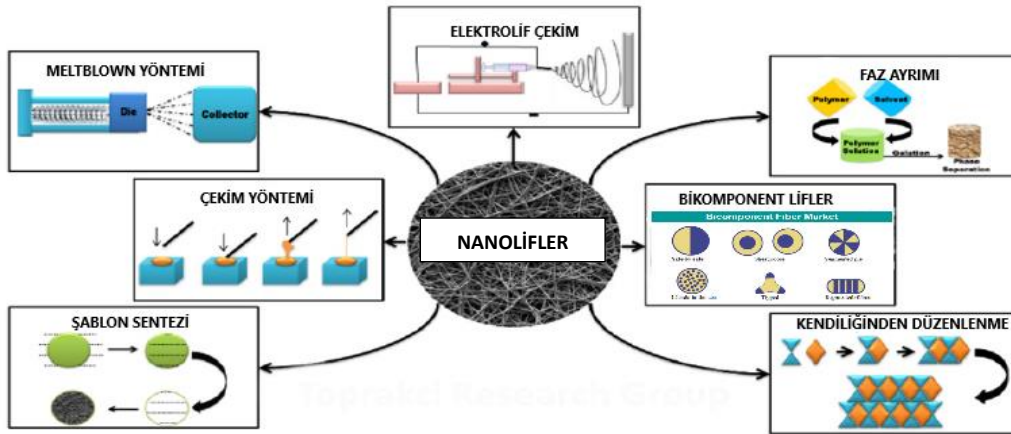
Estetik ve dekoratif özelliklerin yanı sıra, tekstil ürünlerinin teknik veya fonksiyonel özelliklerinin artırılmasına yönelik üretilen koruyucu ve spor tekstillerinde özellikle yüksek performans, sağlamlık, konfor gibi parametrelerin önemli olduğu yerlerde modern kaplama teknolojileri kullanılmaktadır (Kadem ve Ergen, 2011).

Kaplamada kullanılan maddelerin hepsi uzun zincirli lineer moleküller olan termoplastik polimerlerdir. Bitmiş ürünün dayanıklılığını ve performansını, doğrudan bu maddelerin özellikleri etkilemektedir (Bulut, 2010).

Klasik kaplama tekniklerinin yanı sıra son zamanlarda kullanımı artan plazma ve sol-jel teknolojileri gibi modern teknikler geliştirilmiştir (Gencer, 2015).

2.5.5 Nanoteknoloji ve üretim yöntemleri

Nano kelimesi Yunancada ‘‘cüce’’ anlamına gelmektedir ve fiziksel ölçü birimlerinde ön takı olarak kullanıldığında bu ölçüm birimlerinin milyarda biri anlamını ifade etmektedir. Kısacası nanometre (nm) metrenin milyarda biridir. Ticari ürünlerde yaygın olarak kullanılan nano parçacıklar 1-100 nm arasındadır (Doğan, 2012). Nanoteknoloji kavramı 1959 yılında Nobel ödüllü fizikçi Richard Feynman tarafından verilmiştir ve maddenin atomik-moleküler boyuttaki yeni özelliklerinin ortaya çıkarılması, nanometre ölçeğindeki fiziksel, kimyasal ve biyolojik olayların anlaşılması, kontrolü ve üretimi amacıyla, fonksiyonel sistemlerin, materyallerin ve cihazların geliştirilmesi olarak tanımlanabilir. Tekstil endüstrisi şu anda nanoteknolojinin birçok uygulamasından en çok yararlanan sektörlerden biridir (Patra and Gouda, 2013). Resim 2.9’da hali hazırda kullanılan nanolif üretim yöntemleri gösterilmiştir.



Resim 2.9 Nanolif üretim yöntemleri (Kanmaz et al., 2018)

Çekim yöntemi; bu yöntem kimyasal lif üretim metotlarından biridir ve kuru çekim yönteminin moleküler düzeyde uygulaması şeklinde tanımlanabilir. Çekim yöntemiyle 2-

100 nm lif çapına sahip nanoliflerin üretimi yapılabilmektedir (Ondarçuhu and Joachim, 1998; Doğan, 2012).

Şablon sentezi; bir şablon veya kalıp yardımıyla nanolifler elde edilir ve 3-15 nm lif çapına sahip nanolifler üretilmektedir (Doğan, 2012).

Faz ayrımı; bu yöntemdeki temel prensip fiziksel uyumsuzluğa bağlı olarak fazların ayrışmasıdır. Faz ayırma tekniği polimerlerin çözülmesi, jelleşmesi, çözücünün ayrılması, dondurma ve soğuk kurutma olmak üzere beş adımdan oluşan bir işlemdir. Faz ayrımı yöntemi ile 50-500 nm lif çapına sahip nanolif üretimi yapılabilmektedir (Kozanoğlu, 2006).

Kendiliğinden düzenlenme; bu yöntem küçük moleküllerden basit blokların kurulmasıyla nanoboyuttaki liflerin oluşturulmasını ifade etmektedir. Kendiliğinden düzenleme tekniğinde üretilen lif çapları 7-100 nm aralığında değişmektedir (Kozanoğlu, 2006).

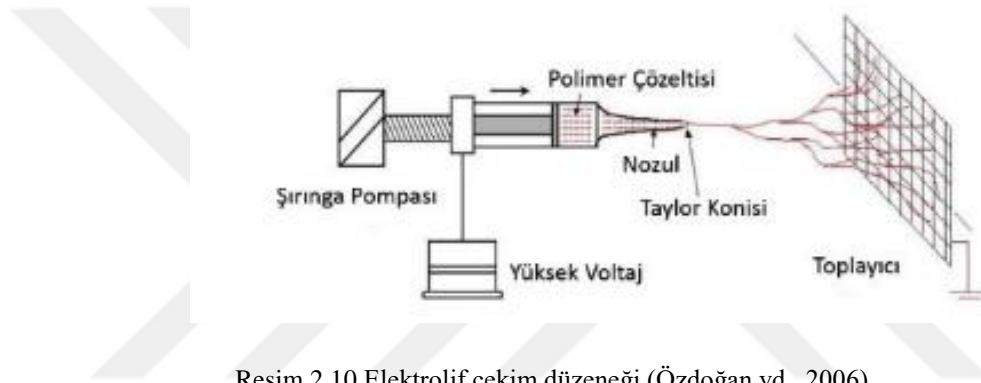
Meltblown yöntemi; klasik Meltblown yöntemi kullanarak üretilen lif çapları 2 -5 µm arasında olup, büyük miktarlarda küçük çaplı lif üretimi ve nonwoven kumaş üretmek için kullanılan bir yöntemdir. Nanolif yüzeylerin üretimi için, düzelerin yer aldığı plakanın yapısı ve toplama sistemi özel olarak yeniden tasarlanmıştır. Düze çaplarının küçültülmesi ve sayılarının artırılmasıyla geliştirilen yeni düze plakasının yapısı sayesinde nano boyutlarda lif üretimleri yapılmaktadır (Kozanoğlu, 2006).

Meltblown Yöntemi (Geliştirilmiş); bu yöntemle nanolif eldesi elektrolif çekim yöntemine göre 15000 kat daha fazla olabilmektedir. Geliştirilmiş yöntemdeki üretim, klasik meltblown tekniğinde üretilen lif tülbentinin üretim miktarına eşittir. Bu yöntemin bir diğer avantajı ise birçok değişik polimerin karıştırılarak kullanımının mümkün olmasıdır (Süpüren vd., 2007).

Bikomponent yöntemi; birden fazla farklı fiziksel ve kimyasal özellikteki polimerin tek düzeden geçerek oluşturduğu lif yapısı, bikomponent lif olarak tanımlanır. Günümüzde ticari olarak mevcut olan bu yöntemde, bir pilot tesiste bir elyaf içinde çok sayıda lif içerecek şekilde üretim yapılmış olup, 4000 adet elyaf potansiyelinin olduğu belirtilmektedir. Bu tekniği kullanarak içi boş tüp şeklinde de lifler üretilmektedir (Kozanoğlu, 2006).

Elektrolif Çekim Yöntemi; bu yöntemde polimer çözeltisi veya polimer eriyiğinin elektriksel olarak yüklenmesiyle oluşan jetten nanolif elde edilmektedir. Elektrolif çekim yönteminde, çekimi yapılacak polimer, uygun bir çözücüde çözülür veya eritilerek bir

ucunda küçük bir delik bulunan pipetin veya şırınganın içerisine yerleştirilir. Bu pipet/şırınga ile belirli bir mesafede bulunan liflerin toplanmasında kullanılan metal toplayıcı plaka arasında yeterli derecede gerilim uygulanarak elektrik akımı oluşturulur. Nanolif üretiminde kullanılan en yaygın yöntem elektrolif çekim yöntemi olup, elektrostatik kuvvetler yardımıyla nano lif üretiminde temel olarak iğneli ve iğnesiz olmak üzere iki farklı elektro lif çekim yöntemi mevcuttur. İğneli elektro lif çekim yönteminde karşılaşılan bazı problemleri gidermek için çeşitli iğnesiz elektro lif çekim teknikleri geliştirilmiştir. En yaygın kullanılan iğnesiz elektro çekim yöntemi olan silindirik yöntem Jirsak ve arkadaşları tarafından 2005'te geliştirilmiştir (Beypazar, 2013). Basit bir elektrolif üretim düzeneği ana parçaları Resim 2.10'da verilmiştir.



Resim 2.10 Elektrolif çekim düzeneği (Özdoğan vd., 2006)

Elektrolif çekim yöntemi düzeneğinin basit olması, proses parametrelerinde rahatlıkla değişiklik yapılabilmesi, kullanılabilecek polimerler diğer yöntemlere göre daha geniş çeşitlilik göstermesi ve üretim maliyetleri açısından daha avantajlı olmaktadır. Şırınga/ pipet ağzının farklı tasarımlarıyla co-axial olarak adlandırılan eş merkezli nanolif veya içi boş (hollow) nanolif eldesi mümkündür (Doğan, 2012).

2.5.5.1 Elektrolif çekimi ve tarihi

Elektrolif çekim 1600'lü yıllarda William Gilberin manyetizma çalışmaları esnasında elektro-manyetizmanın sıvılar üzerindeki etkisini tesadüfen gözlemlemesi ile başlamıştır. Stephen Gray 1731 yılında, elektrostatik kuvvetler altında su damlacıklarının aktivitesi üzerinde çalışmıştır. 1800'lerin sonunda Larmor, elektrik yükleri altında dielektrik sıvıların hareketlerini elektrodinamik teorisi ile açıklamıştır. Bu teori, ilk olarak 20. yüzyılın başlarında Cooley ve Morton tarafından denenilen elektrospinning'e katkıda bulunmuştur ve ayrıca, elektrolif çekim hakkındaki ilk patent 1902 yılında Cooley tarafından yayınlanmıştır.

Aynı yıl Morton, pozitif veya negatif yüksek elektrik potansiyeli altında sıvı parçacıklar üreten bir prosesi patentlemiştir (Grey, 1731; Ahern, 2003; Kurban et al., 2010).

1929 yılında Hagiwara, elektrolif çekim viskon elyaf üretim sistemini tasarlamıştır. Yaygın olarak kabul edilen elektrolif çekim üretimi için ilk patent 1934 yılında Anton Formhals tarafından yayınlanmıştır. Bu sistemde etilen glikolde selüloz asetat çözülerek çözelti hazırlanmıştır. Daha sonra kaba bir tamburla çözeltiye yaklaşık 5-10 kV kadar yüksek bir voltaj uygulanmış ve polimerik lifler elde edilmiştir (Gümüş, 2009).

1966 yılında Simons, patent başvurusu olarak da yayınlanan elektrolif çekim düzeneğinin uygulanmasıyla çok ince ve dokusuz yüzeyler üretmeyi başarmıştır. Farklı yapılarıdaki fiber ağlar, selüloz esterler ve eterler, vinil, akrilik, polistiren, poliüretan, kloroformda çözülmüş polikarbonat, farklı dielektrik sabitleri olan keton bazlı çözücüler gibi polimerler ile elde edilmiştir (Huang et al., 2003).

1969 yılında Geoffrey Taylor bir elektrik akımının etkisi altında olan sıvı damlacıklarının oluşturduğu koninin şeklini matematiksel olarak modelleyerek elektrolif çekimine katkıda bulunmuştur. Düze ucundaki sıvı damlacıklarının önce yarı küresel yüzeye sahip olduğunu, artan elektrik akımıyla birlikte damlanın konik bir şekil aldığını ve daha sonra jetlerin bu koninin tepesinden çıktığını gözlemlemiştir. Bu karakteristik damlacık şekli diğer araştırmacılar tarafından “Taylor Konisi” olarak adlandırılmıştır. Farklı viskoz sıvıların ayrıntılı şekilde incelemesiyle Taylor, polimerin yüzey gerilimini elektrostatik kuvvetlerle dengelemek için 49,3 derecelik bir açının gerekli olduğunu da belirlemiştir (Düzyer, 2014; Gümüş, 2009; Subbiah et al., 2005).

2.5.5.2 Elektrolif çekim prosesini etkileyen parametreler

Elektrolif çekim prosesini etkileyen parametreler hakkında bugüne kadar çok sayıda araştırmalar yapılmış ve bu parametreler farklı kategoriler altında incelemek mümkündür. Bu parametreler, çözelti parametreleri, proses parametreleri ve ortam koşulları olmak üzere üç ana başlık altında sınıflandırılmıştır. Bu parametreler değiştirilerek farklı formlarda ve özelliklerde nanolifli yüzeyler elde etmek mümkündür.

Çözelti parametreleri: Polimer çözelti özellikleri, elektrolif çekim prosesinde lif morfolojisini, üretim hızını ve lif çapını doğrudan etkilemektedir. Moleküler ağırlığı, konsantrasyon, viskozite, yüzey gerilimi, çözücü özellikleri, çözelti iletkenliği ve sıcaklığı

çözelti özelliklerini belirleyen önemli parametrelerdir (Gümüş, 2009; Düzyer, 2014; (Doğan, 2012).

Polimer yapısı: Farklı yapıda polimer çözeltiler kullanılarak birbirinden farklı niteliklere sahip nanolifli yüzeyler elde etmek mümkündür. Farklı polimerle elde edilmiş farklı morfolojiye sahip nanolifler düz, dallanmış veya eğik şeritler halinde, helisel, gözenekli tiplerde olabilmektedir (Üstün, 2011).

Viskozite: Polimer çözeltilerinin moleküller arası etkileşimlerini tanımlayan viskozite, elektrolif çekim yönteminde lif çapını ve morfolojisini belirleyen en önemli parametredir. Polimer çözücü sistemleri için konsantrasyon, moleküller arası etkileşimleri azaltarak veya artırarak viskozite üzerinde en büyük rolü oynar. Bu nedenle, bu iki parametre arasında doğrusal bir ilişki vardır. Buna ek olarak, polimer molekülleri ile çözücü, organik veya inorganik katkı maddeleri arasındaki etkileşimler viskoziteyi etkileyen diğer faktörlerdir (Heikkilä and Harlin, 2008).

Elektrolif çekim yöntemi ile nanolifler üretmek için, çözeltinin viskozitesinin belirlenen optimum aralıklarda olması gerekmektedir. Eğer viskozite çok yüksekse, elektrostatik kuvvetler polimer sıvısından bir jet üretmez ya da daha büyük çaplı lifler üretilir. Viskozite değerinin yüksek olması, polimerin şırıngadan akışını güçleştirir, şırınga ucunda damla oluşabildiğinde ise çözücü buharlaşır. Böylelikle şırınga ucunda kurumalar ve tıkanmalar meydana gelir. Aksine, daha düşük viskoziteli bir polimer çözeltisi, lifler yerine nano ve mikro parçacıklar üretir. Bu nedenle, bu işleme elektrospreyleme denir (Lee et al., 2003; Deitzel et al., 2001).

Viskozitenin lif morfolojisi üzerindeki bir diğer etkisi de “boncuk oluşumu” olarak adlandırılan kusurlardır. Boncuk oluşumu, yukarıda belirtilen nedenlerden ötürü düzensiz bir şekilde jetten kaynaklanan bir bozukluktur. Buna ek olarak, boncukların boyutu ve yapısı değişebilir. Artan viskozite, lifler üzerindeki boncuk kusurlarının sayısını azaltır ve daha düşük viskozite çözeltilerinden küresel boncuk kusurları oluşmaktadır. Diğer taraftan, tanecikler artan viskoziteye sahip eliptik şekiller oluşturur. Sonunda, pürüzsüz lifler herhangi bir boncuk oluşumu olmaksızın çok daha yüksek viskoz çözeltilerden elektrolif çekim haline getirilir (Fong et al., 1999).

Konsantrasyon: Çözelti konsantrasyonu, elektrolif çekim prosesi için en önemli parametrelerden biridir, bu yöntemle nanolif üretmek için uygun konsantrasyon ve viskoziteye sahip çözeltilerin kullanılması gerekmektedir.

Konsantrasyon çok düşükse, jet, jetlerin kırılmasıyla sonuçlanan düşük viskoelastik kuvvet nedeniyle elektrostatik kuvvetlere dayanamaz. Sonuç olarak, süreksiz lifler ve hatta parçacıklar oluşmaktadır. Diğer taraftan, konsantrasyon veya viskozite uygun bir aralık dahilindeyse, polimer zincirleri arasındaki moleküler temaslar ve sürtünme artar. Bu iç kuvvetler, jet kırılmalarını veya boncuk kusurlarını önleyen elektrostatik kuvvetlere direnç gösterir ve ayrıca jeti uzatmak için elektrostatik kuvvetler sağlayarak lifleri inceltir (Supaphol et al., 2005).

Lif çapı konsantrasyon ile doğrusal olarak orantılıdır. Tek tip nanolif elektrospinlemek için yüksek konsantrasyonlu çözeltiler kullanılmalıdır.

Moleküler ağırlık: Polimerin molekül ağırlığı, polimer zincirinin uzunluğunu gösterir ve polimerin uzunluğu çözelti içindeki polimer zincirlerinin karışıklığını belirlediği için, çözelti viskozitesi üzerinde etkilidir. Viskoziteyi arttırmanın diğer bir yolu ise çözelti içindeki polimer konsantrasyonunu arttırmaktır. Molekül ağırlığının artışına benzer şekilde, konsantrasyondaki artış, elektrolif çekim sırasında jetin sürekliliğini sağlayan polimer zincirinin daha fazla karışıklığına neden olur (Düzyer, 2014).

Molekül ağırlığının arttırılması moleküller arasındaki mesafenin azalmasına neden olur. Genel olarak yüksek moleküler ağırlıklı bir polimer bir çözücü ile çözüldüğünde, çözeltinin viskozitesi aynı polimerin düşük moleküler ağırlığından hazırlanan çözeltiden daha yüksektir (Üstün, 2011).

Yüzey gerilimi: Yüzey gerilimi, bir sıvının birim kütledeki yüzey alanını azaltma etkisine sahiptir ve elektrolif çekimi zorlaştıran bir faktördür. Viskoelastik kuvvetler elektrolif çekim sırasında polimer damlacıklarını düzensiz kuvvetlere karşı korur. Yüzey gerilimi ise polimer damlacıklarını minimum yüzey alanında tutma eğilimindedir, aksine elektrostatik kuvvetler onları uzatmaya iter ve hatta polimer damlacıklarını maksimum yüzey alanına sahip yapılara dağıtmak için polimer jetini kırarlar (Gümüş, 2009).

Çözelti iletkenliği: Elektrolif çekim yöntemi polimer çözeltisi yüzeyindeki zıt yüklerin birbirini itmesi sonucu, çözeltinin gerdirilmesi esasına dayanmaktadır. Polimer çözeltisinin lif olarak çekilebilmesi için belli bir iletkenlik değeri olması gerekmektedir. Eğer çözeltinin iletkenliği artarsa polimer jeti tarafından daha fazla yük taşınabilir. Çözelti yeterince iletken değilse, lif oluşumu görülmeyebilir. Çözeltinin iletkenliği iyonların eklenmesiyle arttırılabilir. Ayrıca çoğu ilaç ve protein suda çözüldüğünde iyonlar oluşturur. Daha önce belirtildiği gibi, çözelti tam olarak gerilmemişse boncuk oluşumu meydana gelecektir. Bu

nedenle, çözeltiliye az miktarda tuz veya polielektrolit eklendiğinde, çözeltinin taşıdığı artan yükler çözeltinin gerilmesini arttıracaktır. Çözeltinin gerilmesindeki artış aynı zamanda daha küçük çaplı liflerin oluşmasını sağlayacaktır (Robb and Lennox, 2011).

pH: Bazı araştırmacılar, pH değerinin değişmesiyle elektrik iletkenliğin de değiştiğini belirtmişlerdir. pH değerlerinin artmasıyla liflerin daha düzgün ve ince yapıda oldukları ancak asidik ortamda boncuklu yapıların oluştuğu gözlemlenmiştir (Üstün, 2011). Bu durumun, asidik ortamda polimerin proton fazlalığından kaynaklanması olarak belirtilmiştir (Kozanoğlu, 2006).

Çözücünün dielektrik sabiti: Bir çözücünün dielektrik sabiti elektrolif çekim üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Genel olarak, daha büyük bir dielektrik özelliğe sahip çözeltilerden elde edilen lifler boncuksuz ve daha küçük çapa sahiptirler. Lif morfolojisini geliştirmek ve çözeltinin dielektrik özelliğini arttırmak için N, N-Dimetilformamid (DMF) gibi çözücüler ilave edilebilir (Üstün, 2011).

Proses parametreleri: Elektrolif çekim işlemini etkileyen bir başka önemli parametre, elektrolif jet üzerine uygulanan çeşitli dış faktörlerdir. Bunları voltaj, besleme hızı, çözeltinin sıcaklığı, toplayıcı tipi, iğne çapı ve iğne ucu ile toplayıcı arasındaki mesafe olarak sınıflandırabiliriz. Bu parametreler lif morfolojisinde çözelti parametreleri kadar olmasa da belirli bir etkiye sahiptir.

Voltaj: Polimer çözeltilisine uygulanan yüksek voltaj, elektrolif çekim prosesini etkileyen önemli unsurlardan biridir. Yüksek voltaj çözeltilideki gerekli yükleri indükleyerek ve harici elektrik alanıyla birlikte çözeltilideki elektrostatik kuvvet çözeltinin yüzey gerilimini yendiğinde elektrolif çekim başlayacaktır. Çözeltinin besleme hızına bağlı olarak, Taylor Konisinin stabil olması için yüksek voltaj gerekebilir. Taylorun 1964 yılında yaptığı çalışmada genellikle 6 kV'dan daha yüksek negatif ve pozitif voltajın jet başlangıcı sırasında iğnenin ucundaki çözelti damlacığının koni şeklini aldığını belirtmiştir. Jet içindeki coulomb itici kuvvetler, viskoelastik çözeltiyi gerecektir. Uygulanan voltaj daha yüksekse, daha fazla yük miktarı jetin daha da hızlanmasına neden olur ve iğnenin ucundan daha fazla çözelti çekilir. Bu da daha küçük ve stabil olmayan Taylor Konisine sebep olmaktadır. Çözeltinin toplama plakasına çekilmesi kaynaktan gelene besleme hızından daha hızlı olduğunda Taylor Konisi iğneye geri çekilebilir (Tan et al., 2005; İkiz, 2009).

Verilen voltaj ve elektrik alanı, jetin gerilmesinde ve hızlanmasında bir etkiye sahip olduğundan, elde edilen liflerin morfolojisi üzerinde önemli etkiye sahiptir. Çoğu durumda,

daha yüksek bir voltaj, jet içindeki daha büyük coulomb kuvvetler ve daha güçlü elektrik alanı nedeniyle çözeltinin daha fazla gerilmesine yol açmaktadır. Bunlar liflerin çapının düşük olmasına ve daha fazla buharlaşmadan dolayı kuru liflerin oluşmasına sebebiyet vermektedir (Biber et al., 2010).

Yüksek voltajın etkisi sadece lifin fiziksel görünüşünü üzerine değil, aynı zamanda polimer liflerinin kristalinitesini de etkilemektedir. Elektriksel akım polimer moleküllerinin daha düzenli olmasına böylece lif içinde daha yüksek kristallenmeye neden olmaktadır. Bununla birlikte, belirli bir voltaj değerinin üzerinde, liflerin kristalinitesi düşmektedir. Bu nedenle uygulanacak voltaj değerinin en uygun kritik değerler arasında ayarlanması gerekmektedir (Zhao et al., 2003).

Besleme hızı: Besleme hızı, elektrolif çekilebilmesi için gereken çözelti miktarını belirlemektedir. Stabil Taylor konisi oluşturabilmek için uygulanan bir voltaj değerine uygun bir besleme hızının ayarlanması gerekmektedir. Besleme hızı artmasıyla birlikte lif çapında ve boncuklu yapı oluşumunda artış gözlemlenir. İdeal besleme hızı, iğne ucundan toplayıcıya uçuş süresince çözücünün buharlaşmasını sağlayacak olan en düşük seviyedir. Aksi takdirde lifler toplayıcı üzerine düşene kadar kurumaz ve ıslak bir şekilde toplandıkları için yapışmalar meydana gelir. Bu sebeple daha düşük besleme hızı, buharlaşma için yeterli süreyi sağlayacağından istenen bir durumdur (Gümüş, 2009; Düzyer, 2014; Robb and Lennox, 2011).

İğne çapı: İğnenin iç çapı elektrolif çekim işlemi üzerinde belirli bir etkiye sahiptir. Daha küçük bir iç çapının, tıkanmayı ve liflerin üzerindeki boncuk miktarını azalttığı bulunmuştur. İğne çapının küçük olması iğne ucunda oluşan damlacığın yüzey gerilimini artırır ve jetin oluşabilmesi için daha yüksek elektrostatik itme kuvveti gerektirir. Voltaj miktarı aynı düzeyde tutulduğunda itme kuvvetinin şiddeti azalacağından oluşan jet yavaşlar ve lif oluşumunun havada geçirdiği süre artacaktır. Dolayısıyla lif çapında da azalma olur. Eğer iğne çapı çok küçük olursa polimer çözeltisinin püskürtülmesi zorlaşır ve uçta tıkanmalar oluşur (Düzyer, 2014).

Toplayıcının şekli: Elektrolif çekim işleminin başlayabilmesi için toplayıcı plaka ve iğne/şırınga arasında elektrik akımının oluşması gerekmektedir. Bu nedenle elektrolif çekiminde toplayıcı olarak genellikle topraklanmış alüminyum folyo gibi iletken malzemeler kullanılmaktadır. Toplayıcı olarak iletken olmayan bir malzeme kullanıldığında jet üzerindeki yükler hızlı bir şekilde toplayıcı üzerine birikir ve bu da az lif birikmesine

neden olmaktadır. Toplayıcının sabit veya hareketli olup olmaması da elektrolif çekim işleminde önemli bir etkiye sahiptir. Sabit bir plakaya toplanan lifler birbirinin üzerinde rastgele bir şekilde konumlanırlar ve bu şekilde üretilen nanolifli yüzeylerin kullanım alanlarını sınırlandırmaktadır. Bu nedenle daha düzenli hizalanmış lifler elde etmek için dönen tambur veya disk gibi hareketli toplayıcılar kullanılmaktadır (Brenner, 2009; (Doğan, 2012).

İğne ucu ve toplayıcı arasındaki mesafe: Toplama plakası ile iğne ucu arasındaki mesafe lif morfolojisini etkileyen önemli değişkendir. Boncuk oluşumu, iğne ucu ve toplayıcı arasındaki alan kuvvetinin artmasının bir sonucu olabilir. Mesafeyi azaltmak, verilen voltajı arttırmakla aynı etkiye sahiptir ve bu alan kuvvetinde bir artışa neden olur. Daha önce de belirtildiği gibi, alan kuvveti çok yüksekse, jetin artan dengesizliği boncuk oluşumunu tetiklemektedir. Bununla birlikte, eğer mesafe alan kuvveti optimum mesafede olursa, elektrostatik alan jet için yeterli gerilme kuvveti sağlayabilir ve daha az boncuk oluşur (Brenner, 2009; İkiz, 2009).

Ortam parametreleri: Elektrolif çekim prosesinde çevre şartlarının polimer jetine etkilerini konu alan araştırma az olsa da ortamın sıcaklığı, nem, atmosfer tipi ve basıncı liflerin morfolojisi üzerinde etkisi olabilir.

Nem: Ortam nemi elektrolif çekim işlemi sırasında polimer çözeltisi özelliklerini değiştirebilir. Yüksek nem oranlarında lif üzerinde sıvı yoğunlaşması meydana gelmekte ve uçucu çözücüler içinde çözülen polimerlerin lif morfolojisini etkilemektedir (Gümüş, 2009). Polisülfon / tetrahidrofuran çözeltisi ile yapılan bir deneyde % 50'den daha düşük nem ile pürüzsüz lifler elde edilmiştir. Bu sınırdan sonra nem oranındaki artış lif yüzeyinde dairesel gözeneklerin oluşmasına neden olur ve nem oranının yükselmesi ile gözeneklerin çapı artmıştır (Casper et al., 2004).

Sıcaklık: Ortam sıcaklığı düşük olduğunda çözücünün buharlaşma hızı yavaşlar. Polimer jetleri toplayıcıya ulaştıklarında tamamen katılaşmaz, bu nedenle nanoliflerin çapında artış olabilir. Ortam sıcaklığı yüksekse, polimer jet yayılması ve jet uzaması için gereken süre, daha yüksek katılaşma oranları nedeniyle tamamlanamaz. Bunun sonucu olarak, lif çapları ve lif çapı dağılımları yükselir. Çözücünün jet üzerinde buharlaşması ve daha ince lifler elde edebilmek ayarlanan optimum sıcaklık aralıklarında çalışılmalıdır. Yapılan deneyler sonucu elektrolif çekim için en uygun sıcaklık aralığının 22-26 °C arasında olduğu belirtilmiştir (Gümüş, 2009; Zhao et al., 2003).

Basınç: Genel olarak, polimer jeti çevreleyen basınçtaki azalma, elektrolif çekim işlemini olumsuz etkilemektedir. Basınç atmosfer basıncının altında olduğunda, şırıngadaki polimer çözeltisi iğneden daha fazla akma eğilimine sahip olacak ve kararsız jet başlangıcına neden olacaktır. Basınç azaldıkça, iğnenin ucunda çözeltinin hızlı bir şekilde kabarması meydana gelir. Çok düşük basınçta, elektrik yüklerinin doğrudan boşalması nedeniyle elektrolif çekimi mümkün değildir (İkiz, 2009).

2.6 Tezin içeriği ve amacı

Bu çalışmada kitosan ve sodyum aljinat polimerleri ile cilt lekelerini azaltıcı ve yok edici etkisi kanıtlanmış olan arbutinin doğal formu β -arbutin (ARB) içeren nanolifli yüzeylerin elektrolif çekim yöntemi ile üretilerek karakterize edilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmanın giriş kısmında tez konusa hitaben genel bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde çalışmamızın esas konusu olan kozmetik tekstiller ve üretim yöntemleri, kozmetik tekstil ürünlerinin sınıflandırması ve performans testleri hakkında genel literatür bilgilerini içermektedir. Ayrıca yine bölümde insan cildi, cilt lekeleri ve tedavi yöntemlerini kapsayan esas konulara da değinilmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde kullanılan malzemeler ve cihazlar, üretim yöntemi hakkında bilgiler yer almaktadır. Bu çalışmanın dördüncü bölümü olan bulgular ve tartışma kısmında yöntemde yapılan analiz ve test sonuçları verilmiş ve tartışılmıştır.

3 MALZEME VE YÖNTEM

3.1 Kullanılan Polimerler ve Aktif Bileşen

Tez çalışmasının ön denemesinde β -arbutin'in lif olarak çekilebildiğini görebilmek adına poliamid 6 (PA6) polimeri ile birkaç çalışma gerçekleştirilmiştir ve bu tezde tüm çalışma prosesleri sonuçları ile birlikte verilmiştir. Farklı oranlarda β -arbutin içeren çözeltiler hazırlanmış ve farklı üretim üretim prosesleri uygulanarak bu tez çalışması için optimum β -arbutin konsantrasyonu belirlenmiştir. Düzgün morfolojili lif oluşumuna izin verdiği düşünülen nanolifli yüzeylerden kısa süreli elektrolif çekimleri sonunda SEM görüntüleri alınmıştır. Poliamid 6 (PA6) CAS numarası 25038-54-4, çözen olarak kullanılan formik asit (FA) CAS numarası 64-18-6 ve aktif bileşen olarak kullanılan β -arbutin CAS numarası 497-76-7 Sigma-Aldrich (Steinheim, Almanya) firmasından temin edilmiştir.

Çalışmada kitosan, sodyum aljinat ve poli (vinil alkol) polimerleri ile cilt lekeleri azaltıcı etkisi literatürce kanıtlanmış olan β -arbutin aktif bileşeni kullanılmıştır.

Çalışmada aktif bileşen olarak kullanılan β -arbutin cilt lekesini azaltıcı ve yok edici özelliği kanıtlanmış olan arbutinin doğal formudur. Toz formundaki β -arbutin (%99 saflıkta) yurt dışından temin edilmiştir.

Kitosan [poly-(b-1/4)-2-amino-2-deoxy-D-glikopiranoz], yengeç ve karides gibi deniz kabuklularının kabuklarında, bazı mantarların hücre duvarlarında ve kelebeklerin kanatlarında bulunmaktadır. Kitinin alkalik deasetilasyonu ile elde edilen ve doğada selülozdan sonra en sık rastlanan katyonik bir polisakkarittir. Biyolojik olarak parçalanabilirliği, toksik olmaması, biyoyumluluğu, antifungal ve antimikrobiyel etkinliği nedeniyle kitosan ve türevleri, tıp, kozmetik, tarım, biyokimyasal ayırma sistemleri, doku mühendisliği ve benzeri alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Başlıca bir doğal polimer türü olan kitosan, elektrolif çekim alanında da büyük ilgi görmektedir. Bununla birlikte, güçlü moleküler etkileşimi nedeniyle, kitosanın seyreltik asetik asit içerisindeki normal çözeltilerinden üniform ultra ince lifler elde etmek oldukça zordur (Zhang et al., 2007; Çiftçi vd., 2015; Erdem and Sancak, 2014).

Çalışmada kullanılan toz formundaki kitosan polimeri yüksek moleküler ağırlıklı olup (310.000-375.000 Da), CAS numarası 9012-76-4'tür ve Sigma-Aldrich (Steinheim, Almanya) markadır.

Aljinat, kahverengi deniz yosunlarından elde edilen doğal bir anyonik polisakkarittir. Aljinat, yosunların hücre duvarlarında aljinik asidin kalsiyum, magnezyum ve sodyum tuzları olarak bulunmaktadır. Aljinatın kalsiyum ve magnezyum tuzları suda çözünmez ancak sodyum tuzu suda çözünmektedir. Toksik olmayan, biyolojik olarak parçalanabilen ve mükemmel jelleşme özelliğine sahip olan sodyum aljinat endüstride çok geniş kullanım alanı bulmuştur. Sodyum aljinat kalsiyum iyonları ile kombinasyon halinde iyi bir hemostatik etki göstermektedir. Bu nedenle de hemostatik pansumanlarda ve yara permeat absorpsiyon pansumanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Aljinat polimeri ile nanolifli yüzeyler üretildiğinde, nanoliflerin fonksiyonel özelliklerine aljinatın bu üstün özellikleri eklenmekte ve gelişmiş ürünlerin üretilmesi mümkün olmaktadır. Ancak rijit ve polielektrolid özellikleri nedeniyle, sodyum aljinatın saf halde elektrolif çekimi mümkün değildir. Bu sebeple, aljinatın nanolif haline dönüştürülmesi için poli(etilen oksit) ve poli(vinil alkol) gibi suda çözünebilen sentetik polimerler ile karıştırılması gerekmektedir (Üstündağ ve Karaca, 2009; Vigani et al., 2018; Krepsztul et al., 2019).

Çalışmada kullanılan toz formundaki sodyum aljinat polimerinin CAS numarası 9005-38-3'tür ve Sigma-Aldrich (Steinheim, Almanya) markadır.

Tek başına nanolif üretimleri mümkün olmayan ya da çok zor olan kitosan ve sodyum aljinat nanoliflerinin üretiminde yardımcı polimer olarak nanolif oluşturma yeteneği ve mekanik özellikleri oldukça iyi olan PVA seçilmiştir. PVA, biyomedikal alanda yaygın olarak kullanılan, toksik olmayan, suda çözünebilen, biyolojik olarak uyumlu ve biyolojik olarak parçalanabilen ve doğal yapışkanlığı olan sentetik bir polimerdir. PVA, daha iyi lif oluşturabilmek için oldukça hidrofilik özelliklere sahip ve nanoliflerin üretimi için uygun bir polimerdir (Üstündağ ve Karaca, 2009; Norouzi et al., 2018; Zhang et al., 2007).

Çalışmada kullanılan toz formundaki PVA polimerinin molekül ağırlığı 89,000-98,000 (%99) olup, CAS numarası 9002-89-5'tir ve Sigma-Aldrich (Steinheim, Almanya) markadır.

Cilt lekelerini azaltma bölgesi olarak cilt (dış deri katmanı) düşünüldüğünden salım testlerinde uygun salım ortamı olarak %0,9'luk izotonik çözelti (serum) kullanılmıştır.

Çalışmada çözücü olarak kullanılan Panreac asetik asit (%99,8 ekstra saf) Merck (New Jersey, ABD) markadır.

3.2 Çalışmada Kullanılan Cihazlar

3.2.1 Analitik terazi

Numunelerin hazırlanması aşamasında RADWAG marka analitik terazi kullanılmıştır. Analitik terazide tartılabilecek maksimum ağırlık 220 gram ve minimum ağırlık ise 0,1 mg'dir.

3.2.2 Manyetik karıştırıcı

Çözeltilerin hazırlanması aşamasında VELP marka (Velp Scientifica Multistirrer 6, İtalya) manyetik karıştırıcısı kullanılmıştır.

3.2.3 Isıtıcı manyetik karıştırıcı

PVA çözeltilerin hazırlanması aşamasında bir de IKA marka RT 10 model (Staufen, Alm.) çoklu ısıtıcı manyetik karıştırıcı kullanılmıştır. Cihazın ısıtma kapasitesi maksimum 120 °C ve karıştırma hızı 0-1000 rpm'dir.

3.2.4 Viskozite ölçüm cihazı

Çözeltilerin viskoziteleri Brookfield DV2 T Model Reometre (ABD) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kullanılan spindle türü S01'dir.

3.2.5 İletkenlik ölçüm cihazı

Çalışmada çözeltilerin iletkenlik değerlerini ölçmek için Hach HQ440D (Loveland, ABD) elektrod tutuculu çift kanallı masa tipi multi parametre ölçüm cihazı kullanılmıştır.

3.2.6 Mikrometre

20 saatlik üretimi gerçekleştirilen nanolifli yüzeylerin kalınlık ölçümleri Uşak Üniversitesi Mühendislik Fakültesi bünyesindeki 0-25 mm arasındaki kalınlıkları ölçme kabiliyetine sahip olan Mitutoyo (Japonya) marka mekanik mikrometre yardımı ile gerçekleştirilmiştir.

3.2.7 Elektrolif çekim düzeneği

Elektrolif çekim yöntemi ile polimer çözeltilerinden nanolif eldesini gerçekleştirebilmek için, yüksek voltaj güç kaynağı (Gamma, ES50P10W/DAM, Gamma High Voltage, Ormond Beach, FL, ABD) kullanılmıştır. Yüksek voltaj güç kaynağı ile şırınga pompasının (NE1000, New Era Syringe Pump Systems Inc., Farmingdale, NY, ABD) üzerine yerleştirilen şırınganın metal iğnesine yüksek voltaj uygulanarak elektrik alan oluşturulmuştur ve topraklanmış alüminyum folyo kaplı plaka üzerine lifler toplanmıştır.

3.2.8 Civa porozimetresi

Nanolifli yüzeylerin gözeneklilik ve gözenek boyut dağılımlarının ölçümü Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'ndeki (TUAM) civa porozimetresi (Micromeritics, Autopore IV 9500, ABD) ile gerçekleştirilmiştir. Cihaz 3 nm ile 360 µm arasındaki gözenekleri ölçme kabiliyetine sahiptir.

3.2.9 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Tüm nanolif yüzeylerin SEM görüntüleri Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde bulunan LEO marka 1430 VP model (Cambridge, Birleşik Krallık) SEM ile 20 kV ivmelendirici voltaj altında nanolifli yüzeylerin SEM görüntüleri alınmış ve incelenmiştir.

3.2.10 Fourier Dönüşümlü Kızıl Ötesi spektrometresi (FTIR)

Elektrolif çekimleri tamamlanmış olan numunelerin içerisindeki organik yapıdaki bileşenlerin tespiti için FTIR analizi yapılmıştır. FTIR analizi için Perkin Elmer marka Spectrum Two model (ABD) ATR-FTIR kullanılmıştır.

3.2.11 UV Görünür bölge spektrofotometre

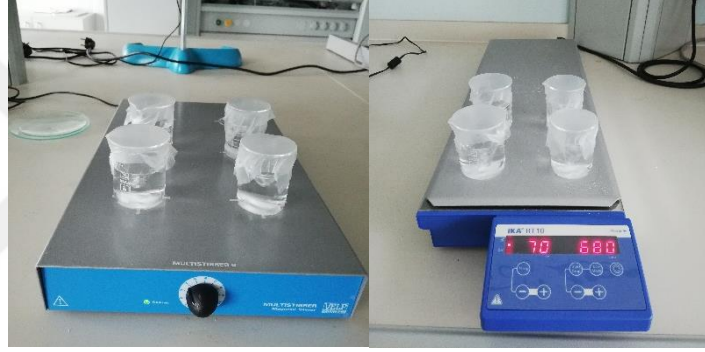
Elektrolif çekimi sonrası elde ettiğimiz numunelerin salım grafiklerini oluşturabilmek için belirlenen zaman aralıklarında salım ortamından alınan sıvıların absorbans değerleri Perkin Elmer marka Lambda 365 model (ABD) UV-Görünür bölge spektrofotometresi ile ölçülmüştür.

3.3 Yöntem

3.3.1 Çözeltilerin hazırlanması

Çalışmada kullanılan tüm polimerlerin konsantrasyonları ve hacimce karıştırma oranları daha önceki gerçekleştirilen çalışmaların sonuçları dikkate alınarak belirlenmiştir. Ayrıca ön çalışmalar sırasında farklı üretim parametreleri denenerek düzgün jet oluşumu gözlemlenmeye çalışılmış ve sadece jet oluşumu gözlemlenen parametrelerle örnekler alınarak SEM görüntüleri incelenmiştir.

Çalışmada kullanılan toz halindeki polimerler, çözgen içerisine azar azar ilave edilerek gerekli süre boyunca manyetik karıştırıcıda karıştırılarak homojen elektrolit çekim çözeltileri hazırlanmıştır (Resim 3.1).



Resim 3.1 Çözeltilerin hazırlanması

Standart β -arbutin ve PA6 polimerinin elektrolit çekiminin gerçekleştirilebilmesi için % 20 (w/v) oranında PA6 ve %0, %2, %5 ve %10 (w/v) oranlarında β -arbutin içerecek şekilde çözeltiler hazırlanmışlardır (Çizelge 3.1). %20'lik PA6 polimeri formik asit çözeltisine yavaş yavaş ilave edilerek 24 saat oda sıcaklığında karıştırılarak çözündürülmüştür. Daha sonra belirlenen oranlarda β -arbutin eklenmiş ve 24 saat oda sıcaklığında karıştırılmıştır.

Çizelge 3.1. PA6/ARB çözelti özellikleri

Polimer	Polimer kons. (%)	Çözgen	Çözgen kons. (%)	ARB miktarı (%)
PA6	20	Formik asit	100	0
				2
				5
				10

%3' lük (w/v) SA distile suda 45° C sıcaklıkta 3 saat daha sonra da oda sıcaklığında 3 saat manyetik karıştırıcıda homojen olana kadar karıştırılarak çözündürülmüştür. %8'lik (w/v) PVA distile suda 70°C sıcaklıkta 5 saat ısıtıcı manyetik karıştırıcıda karıştırılarak homojen çözelti elde edilmiştir. Daha sonra oda sıcaklığına gelene kadar soğutularak karıştırılmaya devam edilmiştir. PVA/SA çözeltilerinin 70:30 oranda karıştırılması ile elde edilen karışım oda sıcaklığında 24 saat karışmaya bırakılmıştır ve homojen bir sulu çözelti elde edilmiştir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. PVA/SA çözelti özellikleri

Polimer	Polimer kons. (%)	Çözgen	Çözgen kons. (%)	Karışım oranı
PVA	8	Su	100	70:30
SA	3	Su	100	

Aynı oranlarda ve konsantrasyonlarda hazırlanan PVA/SA çözeltisinin 100 ml' sine 2 g toz β-arbutin eklenerek oda sıcaklığında 24 saat karıştırılarak homojen bir PVA/SA/ARB (%2 β-arbutin (w/v)) çözeltisi elde edilmiştir (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. PVA/SA/ARB çözelti özellikleri

Polimer	Polimer kons. (%)	Çözgen	Çözgen kons. (%)	Karışım oranı	ARB miktarı (%)
PVA	8	Su	100	70:30	2
SA	3	Su	100		

Yüksek molekül ağırlıklı kitosandan düzgün morfolojili lif elde etmek oldukça zordur. O yüzden ön deneme aşamasında %11'lik (w/v) Poliamid 6 (PA6) polimeri ve %8'lik (w/v) PVA polimerleri kullanılmıştır.

Ön denemeler sonucunda PA6 polimeri ile istenilen görüntüler elde edilememiştir ve PVA polimerine karar verilmiştir. PVA/CS çözeltilerinin hazırlanma aşamasında ilk olarak %2'lik (w/v) kitosan %30'luk asetik asit içeren distile suda oda sıcaklığında 24 saat

karıştırılarak çözündürülmüştür. PVA polimeri yine aynı şekilde 70°C sıcaklıkta distile su içinde 5 saat ısıtıcı manyetik karıştırıcıda devamlı karıştırılarak hazırlanmıştır. Daha sonra PVA ve CS çözeltileri sırasıyla 80:20 oranında oda sıcaklığında 24 saat homojen olana kadar karıştırılarak elektrolif çekimleri gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4 PVA/CS çözelti özellikleri

Polimer	Polimer kons. (%)	Çözgen	Çözgen kons. (%)	Karışım oranı
PVA	8	Su	100	80:20
CS	2	Asetik asit/su	30	

Aynı oranlarda ve konsantrasyonlarda hazırlanan PVA/CS çözeltisine %2'lik β -arbutin toz eklenmiş ve 24 saat oda sıcaklığında karıştırılarak homojen bir PVA/CS/ARB çözeltisi elde edilmiştir (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5. PVA/CS/ARB çözelti özellikleri

Polimer	Polimer kons. (%)	Çözgen	Çözgen kons. (%)	Karışım oranı	ARB miktarı (%)
PVA	8	Su	100	80:20	2
CS	2	Asetik asit	30		

3.3.2 Çözeltilerin karakterizasyonları

Elektrolif çekim çözeltileri üretilen liflerin morfolojileri üzerinde önemli etkiye sahiptir. Bu yüzden çözeltilerin yüzey gerilimi, viskozite, elektrik iletkenlik değerleri ölçülmüştür. Ölçümler 20 ± 2 °C sıcaklıkta ölçülmüş olup, her çözeltiden üç tekrarlı ölçümler alınarak ortalama değerleri hesaplanarak verilmiştir. Sadece lif oluşumunu mümkün kılan polimer çözeltilerinin karakterizasyonları gerçekleştirilmiştir.

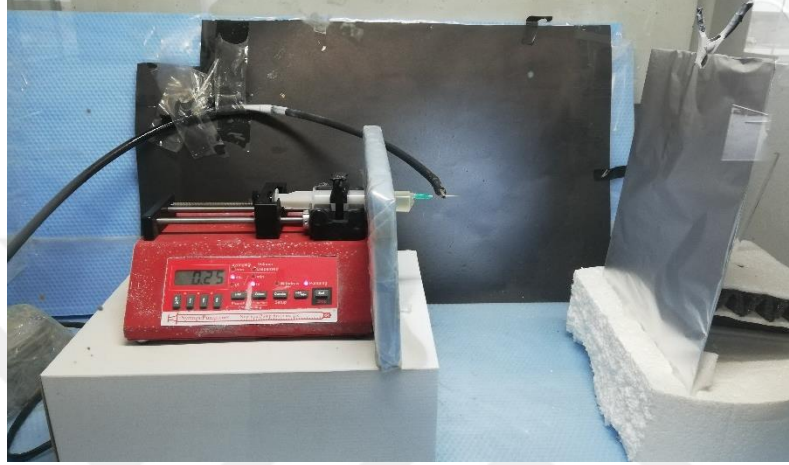
İletkenlik ölçüm probu çözelti içerisine daldırılarak elektrik iletkenlik değerleri mS/cm cinsinden kaydedilmiştir.

Çözeltilerin viskoziteleri Brookfield DV2 T Model Reometre kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kullanılan spindle türü S01'dir. Tüm çözeltilerin kesme hızına göre viskozite değerleri cP cinsinden verilmiştir.

3.3.3 Nanoliflerin elektrolif çekimleri

Yapılan ön denemeler sırasında farklı polimer konsantrasyonları ve farklı üretim parametreleri denenerek üniform ve boncuksuz lif morfolojileri elde edilmeye çalışılmıştır.

Denemeler sonucunda SEM karakterizasyonu ile düzgün morfolojili lif üretiminin gerçekleştiği parametreler sabitlenerek uzun süreli üretime geçilmiştir. Resim 3.2’ de elektrolif çekiminin gerçekleştirildiği elektrolif çekim düzeneği verilmiştir. PVA/SA, PVA/SA/ARB, PVA/CS ve PVA/CS/ARB örneklerinin her biri için nanolifli yüzeylerin elde edilmesi adına, yirmişer saat boyunca lif çekimi gerçekleştirilmiştir.



Resim 3.2 Çalışmada kullanılan elektrolif çekim düzeneği

Standart β -arbutin içeren PA6 polimeri ile gerçekleştirilen ön çalışmada optimum elektrolif çekim parametrelerinin belirlenebilmesi adına düzenekte mesafe 20 cm’ye ve akış hızı 5 μ L/dk’ya ayarlandıktan sonra voltaj değiştirilerek (Çizelge 3.6) stabil jetin gözlemlendiği ve düzgün morfolojili lif oluşumuna izin verdiği düşünülen nanolifli yüzeylerden kısa süreli çekimler sonunda SEM görüntüleri alınmıştır. %2 oranında β -arbutin içeren çözeltilisine elektrolif çekimi sırasında daha düzgün jet gözlemlendiği için üç farklı voltaj değeri uygulanarak en uygun proses parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Çizelge 3.6. PA6/ARB çözeltilerine uygulanan voltaj değerleri

Örnek kısa adı	Saf	2-1	2-2	2-3	5	10
β -arbutin kons. (%)	0	2	2	2	5	10
Voltaj (kV)	30	28	30	32	30	30

Tez çalışmasında gerçekleştirilen denemeler sonucunda PVA/SA için en iyi lif morfolojisi, %8’lik PVA ve %3’lük SA’nın distile suda çözündürülerek hazırlanan çözeltisi ile 16 kV voltaj 0,3 mL/sa akış hızı ve 20 cm mesafeli üretim parametreleri ile gerçekleştirilen lif çekimi sonucunda elde edilmiştir. Aynı konsantrasyonlarda hazırlanan

PVA/SA/ARB çözeltisi için en iyi morfoloji 16 kV voltaj, 0,2 mL/sa akış hızı ve 20 cm mesafe ile elde edilmiştir (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7. PVA/SA ve PVA/SA/ARB üretim parametresi

	PVA/SA	PVA/SA/ARB
VOLTAJ	16 kV	16 kV
AKIŞ HIZI	0,3 mL/sa	0,2 mL/sa
MESAFE	20 cm	20 cm

PVA/CS lifleri için en iyi lif morfolojisi, %8'lik PVA'nın distile suda ve kitosanın %30'luk derişik asetik asitte çözüldürülmesi ile hazırlanan çözelti ile 18 kV voltaj, 0,25 mL/sa akış hızı ve 20 cm mesafeli üretim parametreleri ile gerçekleştirilen lif çekimi sonucunda elde edilmiştir. Aynı konsantrasyonlarda hazırlanan PVA/CS/ARB çözeltisi için en iyi morfoloji 18 kV voltaj, 0,25 mL/sa akış hızı ve 20 cm mesafe ile elde edilmiştir (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.8. PVA/CS ve PVA/CS/ARB üretim parametresi

	PVA/CS	PVA/CS/ARB
VOLTAJ	18 kV	18 kV
AKIŞ HIZI	0,25 mL/sa	0,25 mL/sa
MESAFE	20 cm	20 cm

Tüm nanolif çekimlerinde dış çapı 0,8 mm olan 21 G inceliğinde ucu düz bir şekilde kesilmiş iğne ve 20 ml plastik şırınga kullanılmıştır. Kolektör olarak üzeri alüminyum folyo ile kaplanmış sabit metal plaka kullanılmıştır.

3.3.4 Nanoliflerin karakterizasyonları

3.3.4.1 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

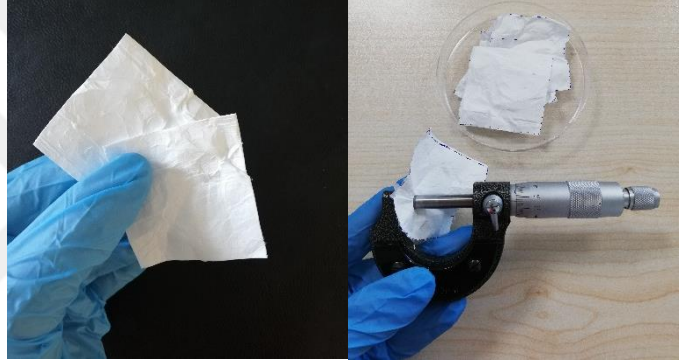
Elektro lif çekim yöntemi ile elde edilmiş nanolif yüzeylerin morfolojileri taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile 20 kV ivmelendirici voltaj altında incelenmiştir. Nanolif yüzeylerin iletken olmaması nedeniyle, iletkenliği sağlaması ve daha net görüntü alınabilmesi için SEM analizi öncesinde örnekler çift taraflı karbon bantlara yapıştırılarak, altın kaplama ünitesinde 15 sn süre ile altın ile kaplanmış ve iletken hale getirildikten sonra görüntüler alınmıştır.

Boncuksuz ve üniform liflerin elde edildiği SEM görüntülerinin lif çap ve çap dağılımları Image-J Görüntüleme ve Ölçümleme Programı ile ölçülmüştür. Nanoliflerin

çapları incelendikten sonra Microsoft Excel programı ile lif çap dağılım grafikleri ve minimum, maksimum, aralık, ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir.

3.3.4.2 Nanolifli yüzeylerin kalınlık, gramaj, gözeneklilik ve yüzey alanları

Üretilen nanolifli yüzeylerin kalınlık ölçümleri mikrometre kullanarak her bir örneğin farklı bölgesinden ölçümler alınarak gerçekleştirilmiştir. Gramaj ölçümleri ise üretilen nanolifli yüzeyin 5 farklı bölgesinden alınan $5 \times 5 \text{ cm}^2$ 'lik örneklerin (Resim 3.3) analitik terazide tartılması ile hesaplanmıştır. 20 saat boyunca elektrolif çekimleri yapılan nanolifli yüzeylerin gözeneklilik ve gözenek boyut dağılımlarının ölçümü 3 nm ile 360 μm arasındaki gözenekleri ölçme kabiliyetine sahip civa porozimetresi ile gerçekleştirilmiştir. Bu cihaz sayesinde gözeneklerin yapısı, iç bağlantılılık durumu ile ilgili bilgiler de alınabilmektedir.



Resim 3.3 $5 \times 5 \text{ cm}^2$ 'lik nanolif örnekler ve kalınlık ölçümü

3.3.4.3 Fourier Dönüşümlü Kızıl Ötesi spektrometresi (FTIR) analizi

Fourier Transform Infrared (FTIR) tekniği ile organik maddelere yüklenen bileşenler tespit edilebilmektedir. FTIR ile yüzeydeki moleküllere özgü titreşimlerle belirli frekans aralığındaki sinyaller yardımıyla bu moleküllerdeki fonksiyonel gruplar analiz edilmektedir. Bu çalışmada çok ince yüzeylerin ve polimerlerin analizinde ATR daha iyi sonuç verdiği için Perkin Elmer marka Spectrum Two model (ABD) ATR-FTIR tercih edilmiştir. $4000\text{-}400 \text{ cm}^{-1}$ spektral aralığındaki spektrumlar alınmıştır (Resim 3.4).



Resim 3.4 Çalışmada kullanılan ATR-FTIR cihazı

3.3.4.4 Salım testi

Cilt lekelerini azaltma bölgesi olarak dış deri katmanı düşünüldüğünden uygun salım ortamı olarak %0,9'luk izotonik çözelti seçilmiştir. Salım testleri 10 mg ağırlığındaki örneklerin her biri için 3 mL izotonik çözelti içeren 12 kuyucuklu plakaya yerleştirilmesi ile hazırlanmıştır. Testler 3 tekrarlı gerçekleştirilmiş olup, salım için hazırlanan örnekler cilt sıcaklığı olan 32 °C'ye ayarlanmış inkübatörde bekletilmiştir. Salım ortamından örnek sıvıların alınması için belirlenen süreler 10 dk, 20 dk, 30 dk, 1 saat, 2 saat, 4 saat, 8 ve 24 saat 'dir. Bu sürelerde salım ortamından alınan sıvının yerine her seferinde taze izotonik çözelti eklenmiştir. Örnekler analiz edilene kadar kapakları kapalı eppendorf tüplerinde +4 °C'de saklanmıştır (Resim 3.5).



Resim 3.5 Salım testlerine ait görüntü

Kalibrasyon eğrisi çıkartabilmek için 10 mg/ml konsantrasyonlu β -arbutin/serum stok çözeltisi hazırlanmıştır. Bu aşamadan sonra seyreltme işlemine geçilmiş ve diğer fraksiyonlar hazırlanmıştır. Yapılan seyreltmeler sonunda çözeltiler sıra ile spektrofotometreye yerleştirilmiştir. 1. yuvaya sadece izotonik çözelti konulmuş; 2. yuvaya başlangıç konsantrasyonu olan 10 mg/ml lik β -arbutin/serum konulmuştur. Daha sonra sıra ile seyreltilen diğer çözeltiler de konulmuş ve ölçüm yapılmıştır. Ölçüm sonunda hazırlanan kalibrasyon eğrisi incelenmiştir.

3.3.4.5 UV Görünür bölge spektrofotometre analizi

Belirlenen zaman dilimlerinde salım ortamından alınan sıvı örneklerin UV-Görünür bölge absorpsiyon spektrofotometresi (Perkin Elmer, Lambda 365, ABD) ile de analizleri gerçekleştirilmiştir (Resim 3.6). Spektrofotometrik ölçümler 1,0 cm kuvarz küvetlerdeki örneklerin referansa (saf izotonik çözeltiliye) göre okunması ile yapılmıştır. Absorbans okuması kullanılan bitkisel ajan olan β -arbutin için alınan absorbans değerinde (279 nm) kaydedilmiştir. Örneklerde bulunan özütün farklı konsantrasyonlardaki çözeltileri hazırlanmış ve okunan absorbans değerleri ile kalibrasyon eğrileri çıkartılmıştır. Her UV-görünür bölge ölçümü için salım ortamından 3 mL örnek alınmıştır. Öncelikle salım testine kullanılan malzemenin (10 mg nanolifli yüzey) üzerinde bulunan toplam özüt miktarı teorik olarak belirlenmiştir. Belirlenen salım süreleri için salınan bileşenlerin absorbans değerlerinden kalibrasyon eğrisi vasıtasıyla, salınan madde miktarı hesaplanmış ve salınan madde miktarı yüzde kümülatif olacak şekilde grafikler çizdirilmiştir.



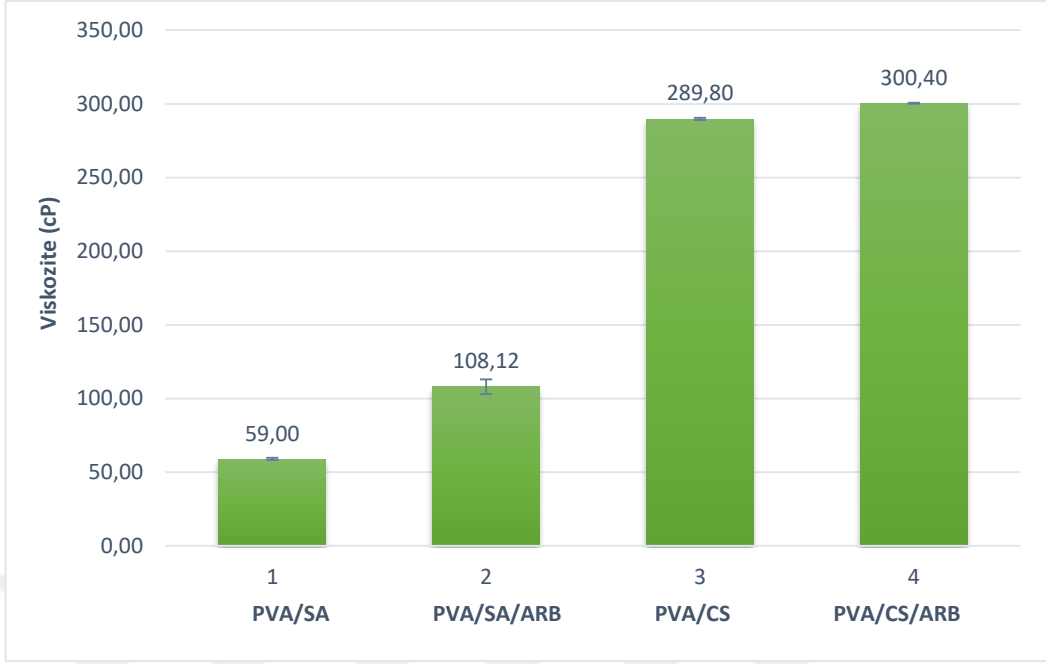
Resim 3.6 Çalışmada kullanılan UV spektrofotometre cihazı

4 BULGULAR VE TARTIŞMA

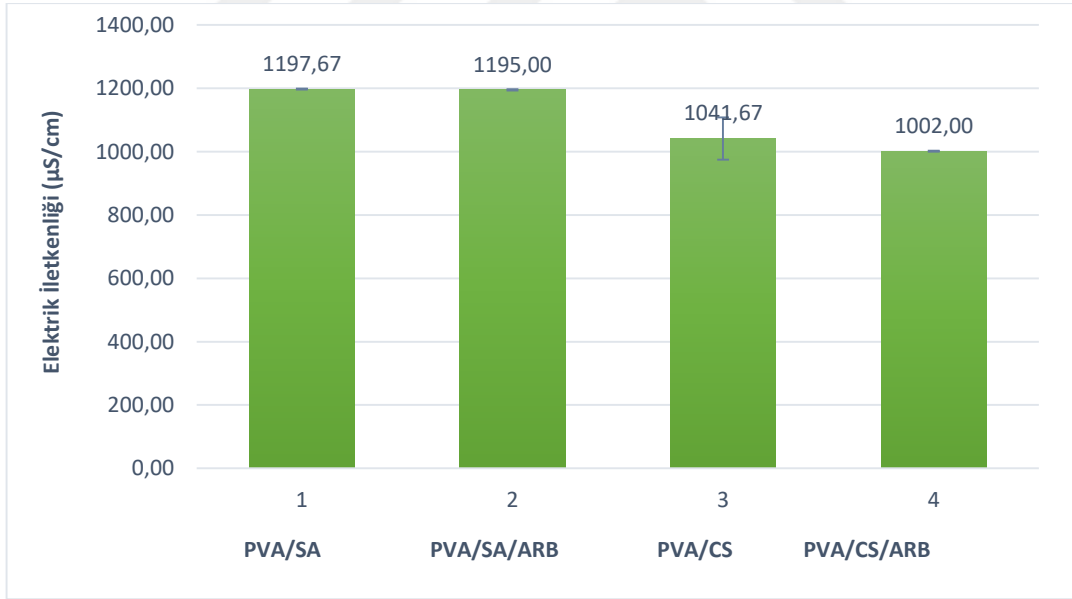
4.1 Çözelti Karakterizasyonları

Çözeltilerin elektrik iletkenlikleri ve viskoziteleri üç tekrarlı ölçümlerden hesaplanmış olan ortalama değerleri ile grafik haline getirilmiştir (Şekil 4.1-4.2).

Genellikle çözeltilere ilave edilen maddeler içinde çözüldükleri çözücünün viskozitesini artırır. Kullanılan kitosanın moleküler ağırlığının yüksek olması viskozite, yüzey gerilimi, iletkenlik ve dielektrik dayanım gibi reolojik ve elektriksel özellikler üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yüksek ve orta moleküler ağırlıklı kitosanın çözünmesi zordur ve bu, serbest amino gruplarının bulunmamasından dolayı anyonları adsorbe etmelerini zorlaştırır (Norouzi et al. 2018). Moleküler ağırlık ve viskozitenin doğrudan bir ilişkisi vardır. Şekil 4.1'deki sonuçlar çözelti içerisindeki β -arbutin ilavesi sodyum aljinat içeren çözeltilerde viskoziteyi önemli ölçüde arttırırken, kitosan içeren çözeltide önemli bir fark yaratmamıştır. Şekil 4.2'de görülen sonuçlara göre β -arbutin ilavesi çözeltilerin elektrik iletkenliklerinde önemli bir değişiklik yaratmamıştır. Bu durum da saf polimer çözeltileri için kullanılan elektrolit çekim parametrelerinin arbutinli çözeltiler için de uygulanabileceğini göstermektedir.



Şekil 4.1 Çözeltilerin viskozite değerleri



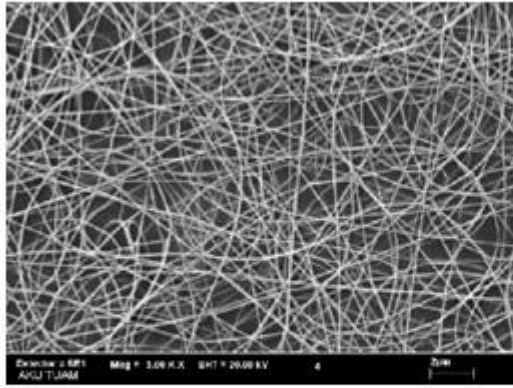
Şekil 4.2 Çözeltilerin elektrik iletkenlik değerleri

4.2 Nanoliflerin SEM Bulguları

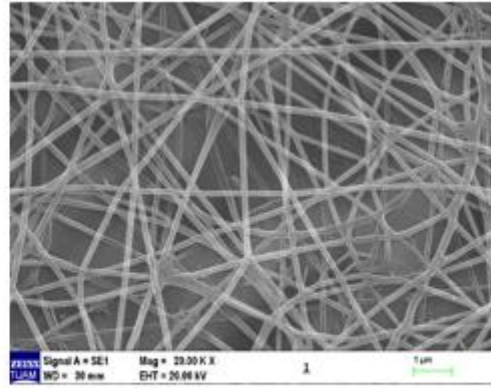
Farklı parametreler denenmesi sonucunda elde edilen nanolifli yüzeyler arasından en düzgün morfolojiyi seçmek ve deneyin bir sonraki basamağına hangi parametrelerle devam edileceğine karar vermek için elde ettiğimiz her bir örneğin SEM altındaki görüntüleri incelenmiştir.

Standart β -arbutin içeren PA6 polimeri ile gerçekleştirilen ön çalışma sonucunda alınan SEM görüntüleri Resim 4.1' de verilmiştir.

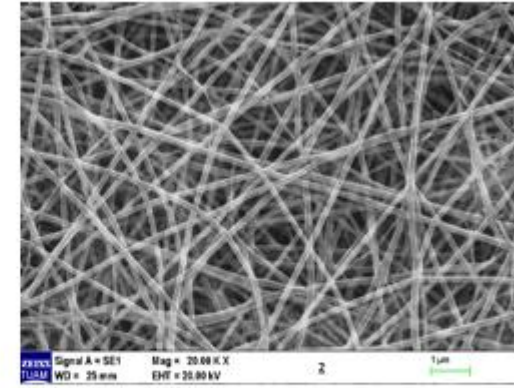




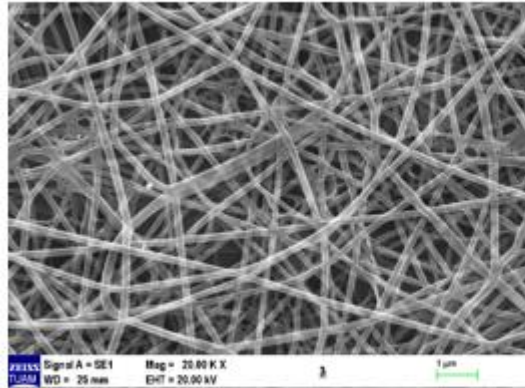
(a)



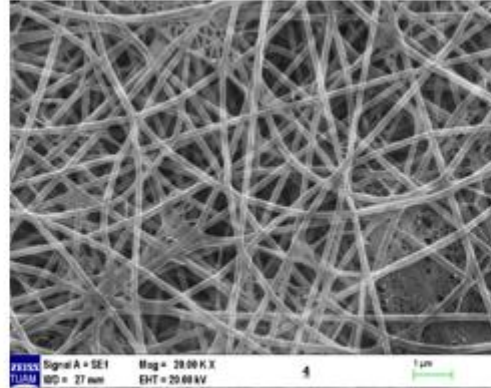
(b)



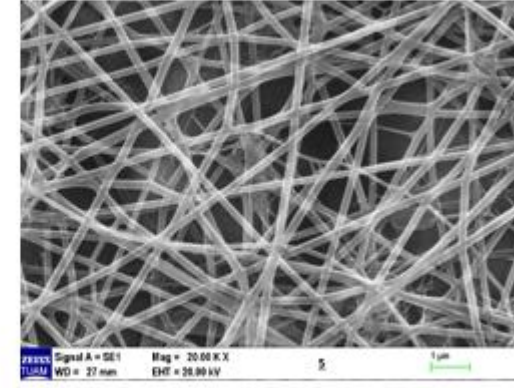
(c)



(d)



(e)



(f)

Resim 4.1 (a), (b), (c), (d), (e), (f) sırasıyla %0, %2-1, %2-2, %2-3, %5 ve %10 β -arbutin içeren PA6 nanoliflerine ait görüntüler

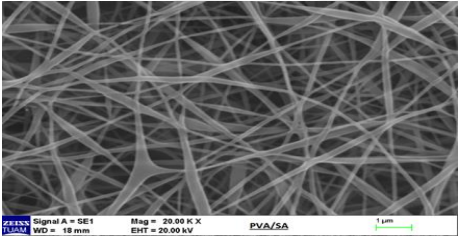
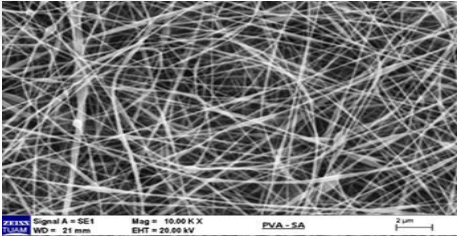
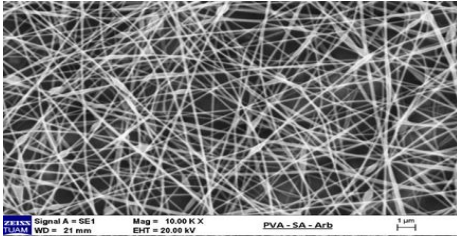
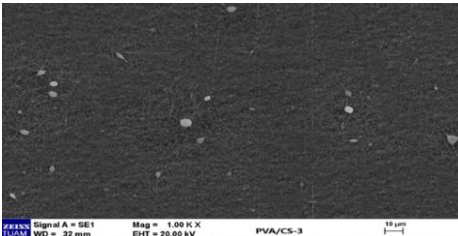
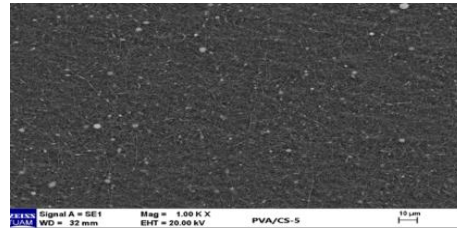
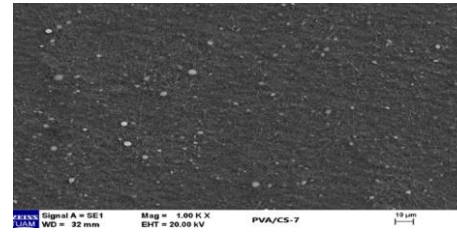
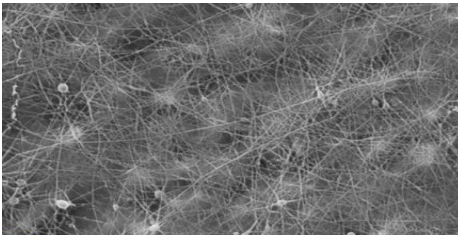
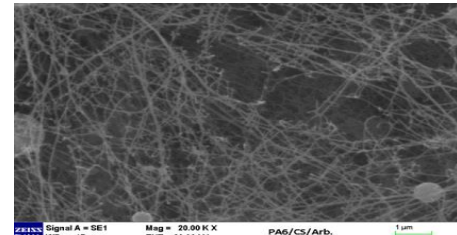
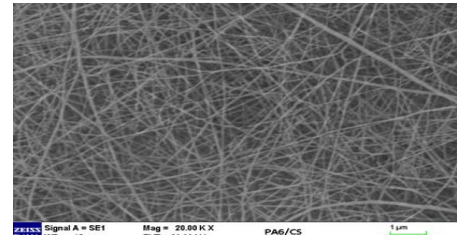
Bu tez çalışmasında yüksek molekül ağırlıklı kitosan kullanılmıştır. Molekül ağırlığının yüksek olması elektrolif çekim sırasında jetin sürekliliğini sağlayan polimer zincirinin daha fazla karışıklığına neden olmaktadır.

Farklı parametreler ile yapılan çalışmalardan sonra polivinil alkol ile karıştırılan kitosan ve sodyum aljinat çözeltileri ile düzgün morfolojili nanolifler elde etmek mümkün olmuştur. Bu çözeltilere arbutin eklenerek deneme yapıldığında da başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

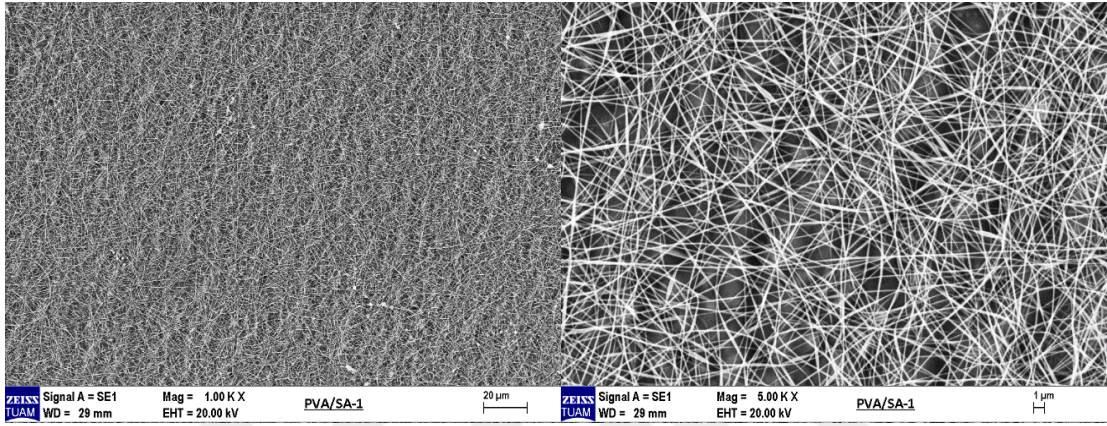
Çizelge 4.1' de ön denemeler sırasında alınan görüntülerin bazıları verilmiştir.



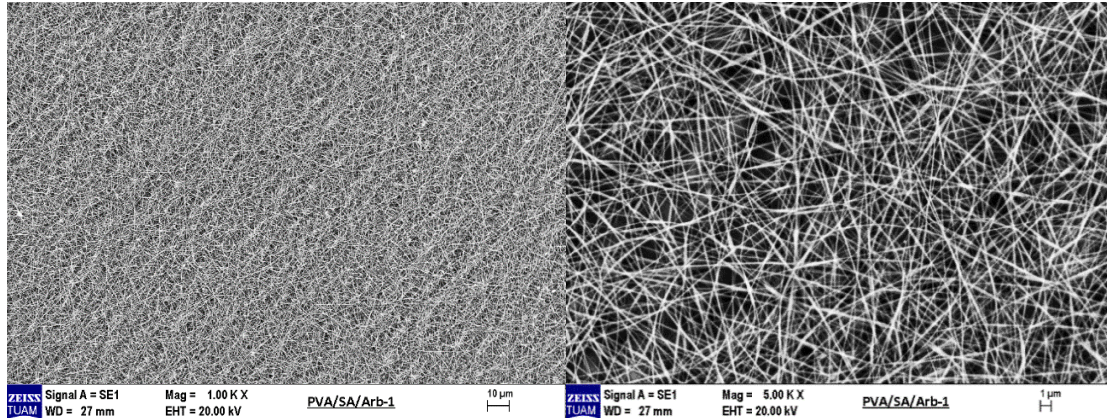
Çizelge 3.3.4.51. Ön çalışmalar sırasında alınan görüntülerin bazıları

 <p>Signal A = SE1 WD = 18 mm Mag = 20.00 K X EHT = 20.00 kV PVA/SA 1 µm</p>	 <p>Signal A = SE1 WD = 21 mm Mag = 10.00 K X EHT = 20.00 kV PVA-SA 2 µm</p>	 <p>Signal A = SE1 WD = 21 mm Mag = 10.00 K X EHT = 20.00 kV PVA-SA-ARB 1 µm</p>
<p>PVA/SA, 15 cm-0,3 mL/sa-10 kV, (%8 PVA-distile su, %3 SA-distile su)</p>	<p>PVA/SA, 15 cm-0,3 mL/sa-10 kV, (%8 PVA-distile su, %3 SA-distile su)</p>	<p>PVA/SA/ARB, 20 cm-0,20 mL/sa- 26 kV, (%8 PVA-distile su, %3 SA-distile su, %2 ARB)</p>
 <p>Signal A = SE1 WD = 32 mm Mag = 1.00 K X EHT = 20.00 kV PVA/CS-3 10 µm</p>	 <p>Signal A = SE1 WD = 32 mm Mag = 1.00 K X EHT = 20.00 kV PVA/CS-5 10 µm</p>	 <p>Signal A = SE1 WD = 32 mm Mag = 1.00 K X EHT = 20.00 kV PVA/CS-7 10 µm</p>
<p>PVA/CS, 20 cm-0,14 mL/sa-16 kV, (%8 PVA-%70 A.A, %2 CS-%70 A.A)</p>	<p>PVA/CS, 20 cm-0,28 mL/sa-20 kV, (%8 PVA-distile su, %2 CS-%90 A.A)</p>	<p>PVA/CS, 20 cm-0,28 mL/sa-22 kV, (%8 PVA-%30 A.A, %2 CS-%30 A.A)</p>
 <p>Signal A = SE1 WD = 21 mm Mag = 10.00 K X EHT = 20.00 kV PA6-CS 2 µm</p>	 <p>Signal A = SE1 WD = 17 mm Mag = 20.00 K X EHT = 20.00 kV PA6/CS/ARB 1 µm</p>	 <p>Signal A = SE1 WD = 18 mm Mag = 20.00 K X EHT = 20.00 kV PA6/CS 1 µm</p>
<p>PA6/CS, 20 cm-0,24 mL/sa-22 kV, (%11 PA6-%100 F.A, %2 CS-%90 A.A)</p>	<p>PA6/CS/ARB, 15 cm-0,4 mL/sa-32 kV, (%11 PA6-%100 F.A, %2 CS-%90 A.A, %2 ARB)</p>	<p>PA6/CS, 15 cm-0,5 mL/sa-32 kV, (%11 PA6-%100 F.A, %2 CS-%90 A.A)</p>

Polimer konsantrasyonları %8 (w/v) PVA ve %3 (w/v) SA sabit tutularak farklı üretim parametreleri ile PVA/SA ve PVA/SA/ARB ön denemeleri yapılmıştır. Ön denemeler neticesinde SEM görüntüleri alındıktan sonra, en düzgün morfolojili ve boncuksuz PVA/SA nanoliflerinin 16 kV uygulanan voltaj, 20 cm mesafe, 0,3 mL/sa akış hızı ve PVA/SA/ARB nanoliflerinin 16 kV voltaj, 20 cm mesafe, 0,2 mL/sa akış hızı ile elde edildiği gözlemlenmiştir. Resim 4.2’de PVA/SA ve Resim 4.3’te verilmiş olan görüntüler PVA/SA/ARB düzgün yapıdaki boncuksuz ve nanoliflerinin oluştuğunu kanıtlamaktadır.



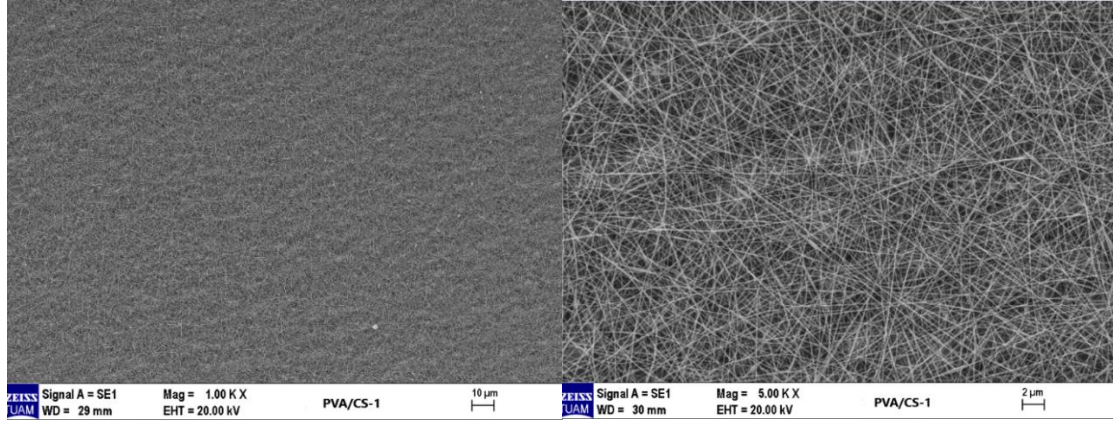
Resim 4.2 PVA/SA, 20 cm-0,3 mL/sa-16 kV, (%8 PVA-distile su, %3 SA-distile su)



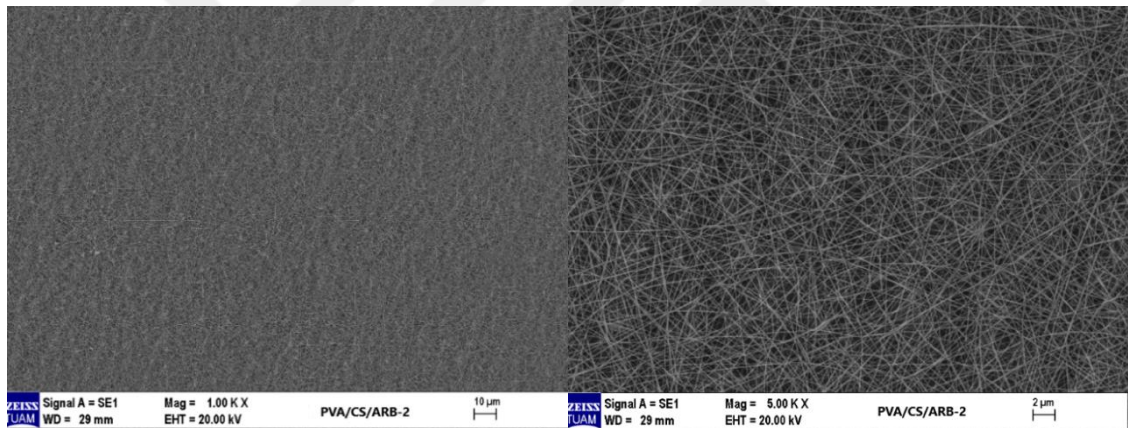
Resim 4.3 PVA/SA/ARB, 20 cm-0,2 mL/sa-16 kV, (%8 PVA-distile su, %3 SA-distile su, %2 ARB)

Ön denemeler neticesinde yüksek moleküler ağırlıklı kitosanın çözücü olarak kullanılan yüksek asetik asit konsantrasyonu ile boncuksuz ve üniform liflerin oluşmadığı gözlemlenmiştir. %30'luk düşük asetik asit konsantrasyonu ile yapılan denemelerin SEM görüntüleri alındıktan sonra, en düzgün morfolojili ve boncuksuz PVA/CS ve PVA/CS/ARB nanoliflerinin 18 kV uygulanan voltaj, 20 cm mesafe, 0,25 mL/sa akış hızı ile elde edildiği

gözlemlenmiştir. Resim 4.4-4.5 düzgün yapıdaki boncuksuz PVA/CS ve PVA/CS/ARB nanoliflerinin oluştuğunu kanıtlamaktadır.

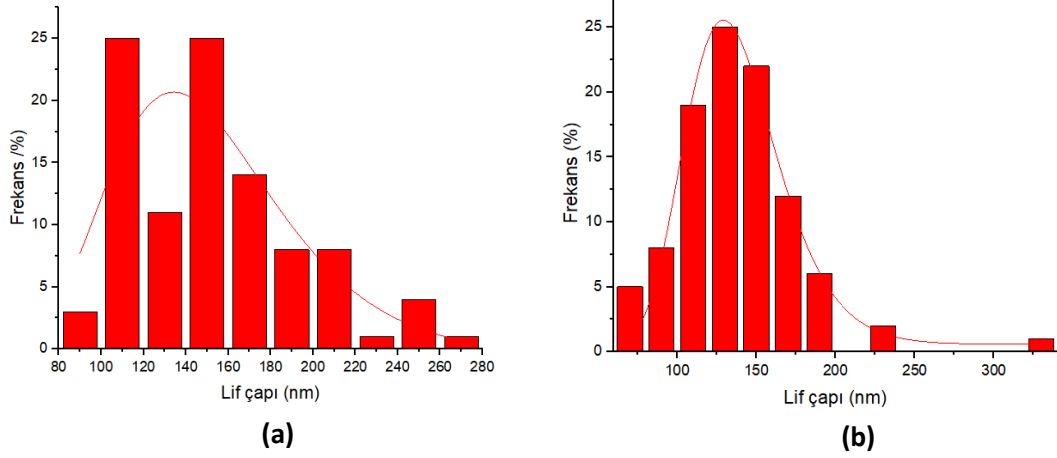


Resim 4.4 PVA/CS, 20 cm-0,25 mL/sa-18 kV, (%8 PVA-distile su, %2 CS-%30 A.A)

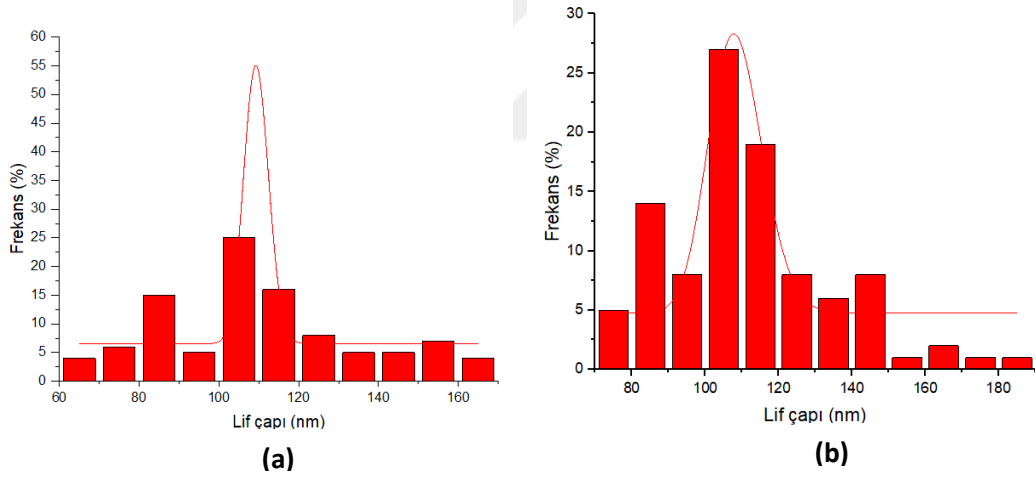


Resim 4.5 PVA/CS/ARB, 20 cm-0,25 mL/sa-18 kV, (%8 PVA-distile su, %2 CS-%30 A.A, %2 ARB)

SEM görüntü analizleri verilmiş olan numunelerin lif çapları incelenmiştir. Bunun için SEM analizleri alınmış olan numunelerin SEM görüntüleri üzerinden 100 farklı lifin çapı ölçülmüştür. Şekil 4.3'te PVA/SA ve PVA/SA/ARB, Şekil 4.4'te ise PVA/CS ve PVA/CS/ARB nanoliflerin çap dağılımları verilmiştir.



Şekil 4.3 (a) PVA/SA, (b) PVA/SA/ARB nanoliflerinin çap dağılımları



Şekil 4.4 (a) PVA/CS, (b) PVA/CS/ARB nanoliflerinin çap dağılımları

Çizelge 4.2 Microsoft Excel ile nanolifli yüzeyler için elde edilen tanımlayıcı istatistik verilerini göstermektedir. Çizelgeden görüldüğü üzere, kitosan polimeri kullanılarak elde edilen arbutinli ve arbutinsiz lifler en ince lifler iken, arbutinli ve arbutinsiz sodyum aljinat liflerinin daha kalın olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.2. Nanoliflerin tanımlayıcı istatistikleri

	N	Aralık	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
PVA/SA	100	179,00	90,00	269,00	150,32	40,96
PVA/SA/ARB	100	254,00	71,00	325,00	135,75	37,74
PVA/CS	100	102,00	66,00	168,00	110,04	24,99
PVA/CS/ARB	100	110,00	74,00	184,00	110,33	23,00

4.3 Nanoliflerin Kalınlık, Gramaj, Gözeneklilik ve Yüzey Alanı Bulguları

Üretilen PVA/SA, PVA/CS, PVA/SA/ARB ve PVA/CS/ARB örneklerinden oldukça ince ve hafif yüzeyler üretilebilmiştir. Kalınlık μm ve gramaj g/m^2 cinsinden verilmiştir. Çizelge 4.3'te verilen sonuçlardan çözeltilere %2'lik β -arbutinin eklenmesiyle gramaj ve kalınlıkların arttığı açıkça görülmektedir.

Çizelge 4.3. Örneklerin kalınlık ve gramaj bilgileri

Örnekler	Kalınlık (μm)	Gramaj (g/m^2)
PVA/SA	5,37 \pm 1,53	16,68 \pm 1,88
PVA/SA/ARB	8,24 \pm 3,64	17,248 \pm 3,208
PVA/CS	2,69 \pm 2,31	6,496 \pm 1,456
PVA/CS/ARB	5,32 \pm 3,12	9,44 \pm 1,04

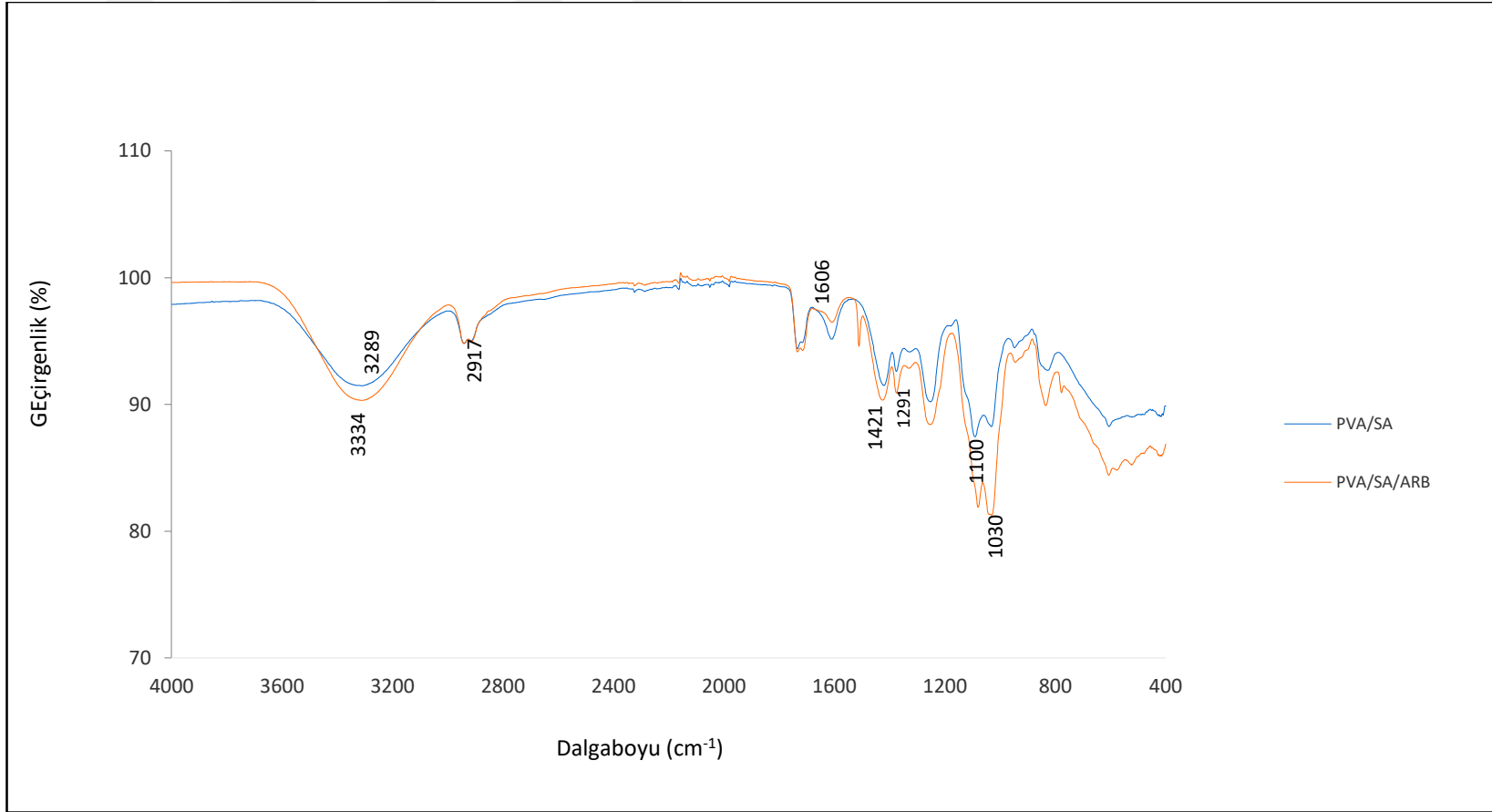
Çizelge 4.4'te 20 saatlik üretimleri yapılan PVA/SA, PVA/SA/ARB, PVA/CS ve PVA/CS/ARB nanolifli yüzeylerin civa porozimetresi analiz sonuçları verilmiştir. Hem kitosan, hem de sodyum aljinat polimerleri ile üretilen nanolifli yüzeyler için porozimetre sonuçları benzer çıkmıştır. Kitosan içeren nanolifli yüzeylerin gözeneklilik değerleri \approx %88 iken, sodyum aljinat içeren liflerde gözeneklilik \approx %87'dir. Arbutin ilavesi ile gözeneklilik değerleri aynı polimerler için sırasıyla \approx %92'ye ve \approx %91'e çıkmıştır. Aynı zamanda arbutinin ilavesi hacim, alan ve 4V/A bazındaki ortalama gözenek boyutlarını arttırmıştır.

Çizelge 4.4. Üretilen nanoliflerin civa porozimetresi analiz sonuçları

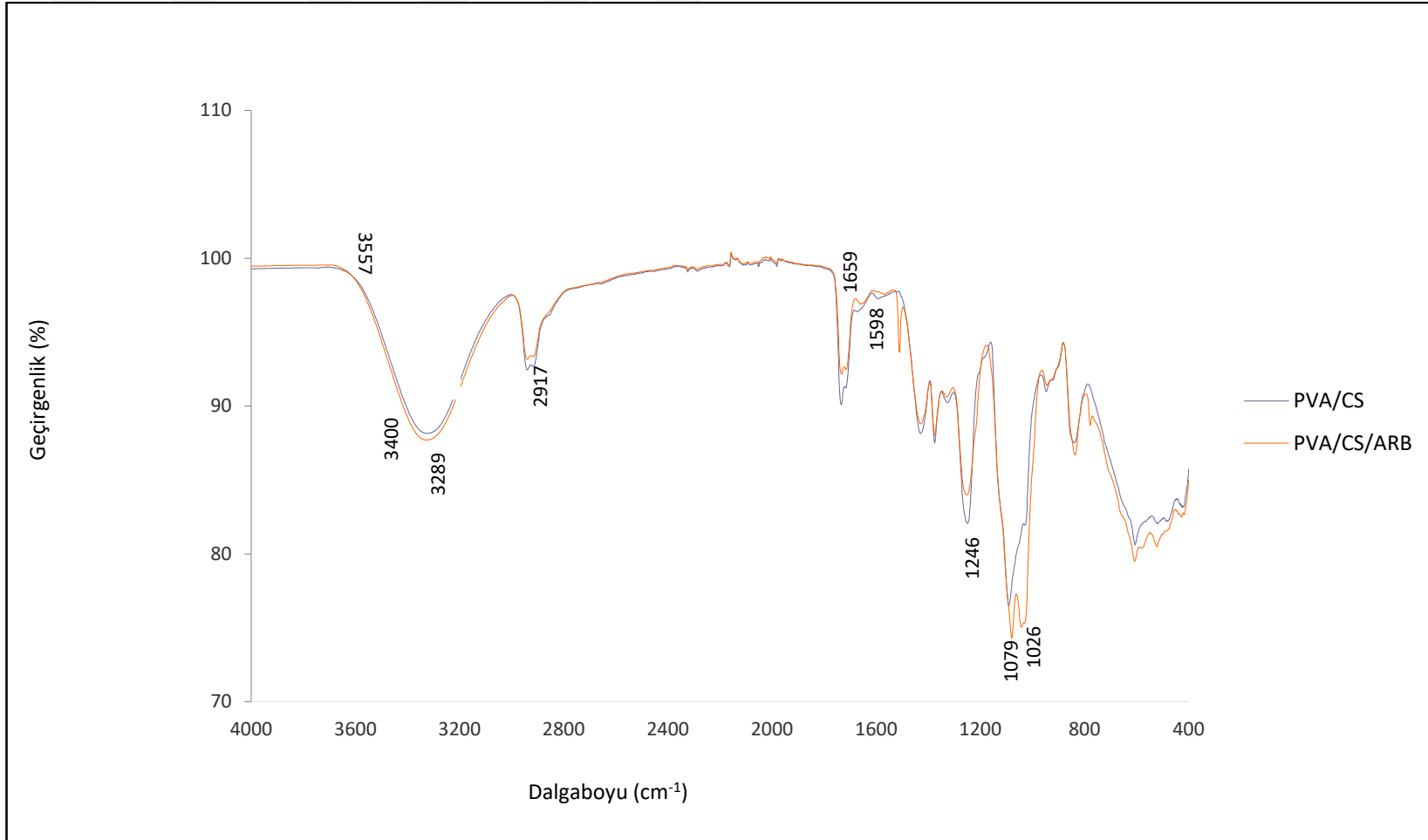
Özellik	PVA/SA	PVA/SA/ARB	PVA/CS	PVA/CS/ARB
Toplam İntrüzyon Hacmi (mL/g)	6,8484 mL / g	11,7133 mL/g	7,6099 mL/g	11,6615 mL/g
Toplam Gözenek Alanı (m²/g)	31,252 m ² / g	25,712 m ² /g	39,415 m ² /g	36,060 m ² /g
Ortalama Gözenek Boyutu (Hacim (nm))	11635,8 nm	37617,4 nm	14170,0 nm	82713,6 nm
Ortalama Gözenek boyutu (Alan (nm))	200,6 nm	267,9 nm	138,4 nm	172,1 nm
Ortalama Gözenek boyutu (4V/A (nm))	876,5 nm	1822,2 nm	772,3 nm	1293,6 nm
Bulk Yoğunluğu (g/mL)	0,1289 g / mL	0,0787 g/mL	0,1144 g/mL	0,0780 g/mL
Görünür (iskelet) Yoğunluk (g/mL)	1,0973 g / mL	1,0094 g/mL	0,8834 g/mL	0,8623 g/mL
Gözeneklilik (%)	% 88,2560	92,2017 %	87,0509 %	90,9547 %
Kullanılan Kök Hacmi (%)	% 26	55 %	32 %	51 %

4.4 FTIR Analizi Bulguları

Uzun üretimi yapılan nanolif yüzeylerinin moleküler yapılarını incelemek için FTIR analizi uygulanmıştır. Çalışmanın bu bölümünde PVA/SA, PVA/SA/ARB, PVA/CS ve PVA/CS/ ARB nanoliflerinin yapılarında bulunan fonksiyonel grupların karakterizasyonu incelenmiş ve parmak izi bölgesi pikleri de değerlendirilerek yorumlanmıştır (Çizelge 4.5). Üretilen nanolifli yüzeylerin %70-80 PVA içermesinden dolayı diğer polimerlerin karakteristik dalgalarındaki kaymalar normal karşılanmaktadır (Ayumi et al., 2019).



Şekil 4.5 PVA/SA/ARB nanolifinin FTIR spektrumu



Şekil 4.6 PVA/CS/ARB nanolifinin FTIR spektrum

Çizelge 4.5. PVA, CS, SA polimerleri ve β -arbutin etken maddesine ait karakteristik pikler ve dalga boyları aralıkları

Polimerler	Dalgaboyu	Karakteristik Pikler
Polivinil alkol	3289 cm^{-1}	OH gerilmesi (Alkol)
	2917 cm^{-1}	Alifatik CH gerilme
	3007 cm^{-1}	CH ₃ gerilme
	1095.56 cm^{-1}	Alifatik CO gerilme
Sodyum aljinat	3334 cm^{-1}	OH gerilme
	2941 cm^{-1}	CH gerilme
	1606 cm^{-1}	COO-(asimetrik) eğilme
	1421 cm^{-1}	COO-(simetrik) eğilme
	1100 cm^{-1}	CO gerilme
Kitosan	3400-3500 cm^{-1}	OH gerilmesi (Alkol)
	2879 cm^{-1}	CH gerilme
	1659-1598 cm^{-1}	NH ₂ ve O-C-NH ₂ gerilme
	1079 cm^{-1}	C-O-C
	1000-1200 cm^{-1}	CH ₃ ve CH ₃ -O
	1246 cm^{-1}	C-N gerilme
β -arbutin	3557 cm^{-1}	O-H hidrojen bağları
	3327 ve 3278 cm^{-1}	C-H fenil modları
	1512 cm^{-1} ve 1117 cm^{-1}	C-C titreşim bandı
	1291 cm^{-1} ve 1064 cm^{-1}	Eter bağları
	1026 cm^{-1} ve 1030 cm^{-1}	C-OH gerilme pikleri

Çizelge 4.5' te PVA, CS, SA polimerleri ve β -arbutin etken maddesine ait karakteristik pikler ve dalga boyu aralıkları verilmiştir. PVA/SA ve PVA/SA/ARB nanoliflerinin FTIR spektrumları incelendiğinde sodyum aljinat ve PVA'nın hidroksil grupları arasındaki hidrojen bağı etkileşimini görmek mümkündür (Şekil 4.5 ve Şekil 4.6). 3289 cm^{-1} 'de görülen geniş pik PVA'nın -OH (hidroksil grubu) ve hidrojen bağlarına ait piklerdir. PVA'nın CH₂ ve CH₃ grupları 2917-3007 cm^{-1} 'de karakteristik geniş bant sergilemiştir (Paipitak et al., 2011).

3334 cm^{-1} , 2941 cm^{-1} , 1606 cm^{-1} , 1421 cm^{-1} ve 1100 cm^{-1} 'de gözlenen karakteristik pikler sodyum aljinatın sırasıyla OH, CH, COO-(asimetrik), COO-(simetrik) ve CO gerilme

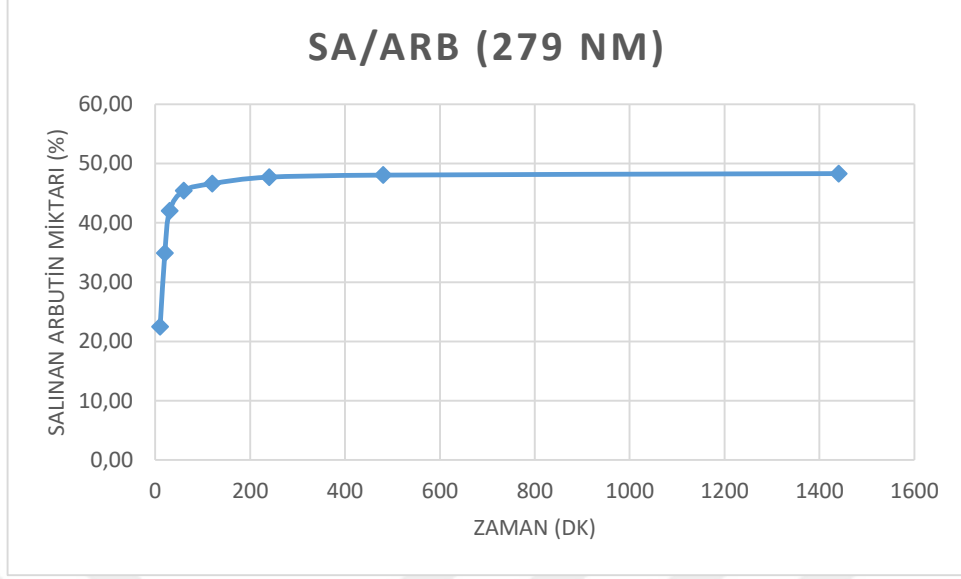
titreşimlerini göstermektedir. Bölgedeki 1606 cm^{-1} ile 1303 cm^{-1} arasındaki absorpsiyon bantları karboksilik grupların gerilme titreşimlerini göstermektedir. Ayrıca 1200-940 cm^{-1} 'deki soğurma bantları sodyum aljinatın altı üyeli (piranoz) halkasının iskelet titreşimlerine yorumlanmaktadır (Aadil et al., 2018).

Kitosan, 3400-3500 cm^{-1} 'de karakteristik geniş OH grubu bantları sergilemiştir. 1659 cm^{-1} 'de NH_2 grubu ve O-C- NH_2 grubu bantları gözlemlenebilir. CH_3 ve CH_3 -O grubunun geniş bantları 1000-1200 cm^{-1} 'de görülebilmektedir (Paipitak et al., 2011). Arbutin ve kitosan kompleksleşmesi CS'deki pozitif yüklü amin gruplarının β -arbutindeki negatif yüklü karboksilat grubu ile çekildiği iyonik bağlardan kaynaklanmaktadır. 2912 cm^{-1} ve 2879 cm^{-1} 'de CH, 1246 cm^{-1} 'de C-N ve 1079 cm^{-1} 'de C-O-C gerilmeler gözlemlenmiştir (Ayumi et al., 2019).

Arbutinin O-H hidrojen bağları maksimum 3557 cm^{-1} 'de görülmektedir. Arbutindeki C-H fenil bölümünün gerilme modları 3327 ve 3278 cm^{-1} 'de görülmektedir. C-C titreşim bantları da maksimum 1512 cm^{-1} ve 1117 cm^{-1} 'de görülebilir. 1291 cm^{-1} ve 1064 cm^{-1} 'deki bantlar, arbutin molekülündeki eter bağlarını göstermektedir. Şekil 4.5 ve 4.6' da gözlemlenen 1026 ve 1030 cm^{-1} 'deki pikler literatürde desteklendiği gibi (Nycz et al., 2010) β -arbutinin C-OH gerilme titreşimine karşılık gelmektedir.

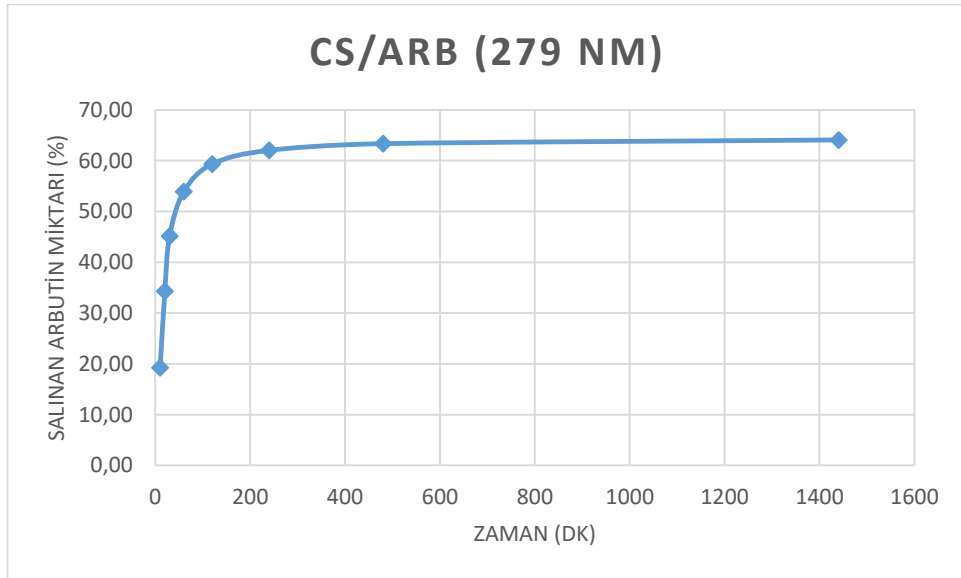
4.5 UV-Görünür Bölge Analizi Bulguları

Lif çekim çözeltisi içerisine %2 arbutin yüklü nanolifli yüzeylerin salım testlerinden belirlenen zaman dilimlerinden alınan ortam sıvıları UV-görünür bölge analizine tabi tutulmuştur. UV-görünür bölge analizi ile elde edilen, kitosanlı ve sodyum aljinatlı örneklerden arbutinin kümülatif salım grafikleri Şekil 4.7- 4.8'te gösterilmektedir.



Şekil 4.7 Arbutin yüklü PVA/SA/ARB nanoliflerinin 24 saatlik salım grafiği

Şekil 4.7’ de PVA/SA/ARB nanoliflerinin salım grafiği verilmiştir. Grafik incelendiğinde ilk 10 dakikada %22’lik bir salım gerçekleşmiş ve bu durum ilerleyen dakikalarda yavaşlamıştır. 24 saatin sonunda toplamda %48’lik salım gerçekleşmiştir. Bu durumun lif çekim çözeltisi içerisine eklenen arbutin ve sodyum aljinatın nanolifli yapısına dahil olması ile güçlü fiziksel etkileşimlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.8 Arbutin yüklü PVA/CS/ARB nanoliflerinin 24 saatlik salım grafiği

PVA/CS/ARB nanoliflerinin 24 saatlik salım grafiği Şekil 4.8'de verilmiştir. Kümülatif salım değerleri incelendiğinde ilk 10 dakikada yaklaşık %20'lik bir salım geręekleŐmiŐ olup, sonraki dakikalarda salım yavaŐlamıŐ ve 24 saatin sonunda toplamda yaklaşık %65'lik bir salım geręekleŐmiŐtir.



5 SONUÇ

Bu tez çalışmasında cilt aydınlatıcı ve leke giderici özelliği kanıtlanmış olan bitkisel kaynaklı doğal aktif madde olan β -arbutin içeren nanolifli yüzeylerin üretimi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda gerçekleştirilen tüm çalışmalardan elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Düzgün lif morfolojisine sahip boncuksuz PVA/SA, PVA/SA/ARB, PVA/CS ve PVA/CS/ARB nanolif üretimleri gerçekleştirilmiştir.

Üretilen nanoliflerin SEM görüntüleri üzerinden 100 farklı lifin lif çap ve çap dağılımları Image-J Görüntüleme ve Ölçümleme Yazılımı kullanılarak ölçülmüştür. Buna göre PVA/SA için ortalama $150,32 \pm 40,96$ nm, PVA/SA/ARB için ortalama $135,75 \pm 37,74$ nm, PVA/CS için ortalama $110,04 \pm 24,99$ nm ve PVA/CS/ARB için ortalama $110,33 \pm 23,00$ nm çaplarında nanolifler üretilmiştir. Sodyum aljinat liflerine nazaran kitosan liflerinden daha ince lifler üretilmiştir ve %2'lik β -arbutin eklenmesi az da olsa lif çaplarında artış etkisi yaratmıştır.

Uzun üretimleri gerçekleştirilmiş olan nanolifli yüzeylerin her birinden 5×5 cm²'lik beş adet numuneler kesilerek kalınlık ve gramajları ölçülmüştür. Kalınlık değerleri PVA/SA için ortalama $5,37 \pm 1,53$ μ m, PVA/CS için ortalama $2,69 \pm 2,31$ μ m, PVA/SA/ARB için ortalama $8,24 \pm 3,64$ μ m ve PVA/CS/ARB için ortalama $5,32 \pm 3,12$ μ m olarak ölçülmüştür. 20 saatlik üretimi gerçekleştirilen nanolifli yüzey gramajları PVA/SA için ortalama $16,68 \pm 1,88$ g/m², PVA/CS için ortalama $6,496 \pm 1,456$ g/m², PVA/SA/ARB için ortalama $17,248 \pm 3,208$ g/m² ve PVA/CS/ARB için ortalama $9,44 \pm 1,04$ g/m² olarak bulunmuştur. Bu sonuçlardan lif çekim çözeltilisine eklenen %2'lik β -arbutinin etkisini görmek mümkündür.

Üretilen nanolifli yüzeylerin civa porozimetresi ile ölçülen gözeneklilik değerleri PVA/SA için %88,25, PVA/SA/ARB için % 92,20, PVA/CS için %87,05 ve PVA/CS/ARB için %90,95 olarak bulunmuştur.

FTIR analizi ile lif çekim çözeltilisi içerisine yüklenen tüm polimerlerin başarılı bir şekilde lif yapısına dahil edildiği kanıtlanmıştır. Ayrıca 1026 ve 1030 cm⁻¹'de arbutine ait karakteristik pik çalışmada elde edilen iki örnekte de gözlemlenmiştir.

Üretilen tüm örnekler kesikli salım testine tabi tutulmuştur. Salım ortamı sıvılarına uygulanan UV-görünür bölge analizi sonuçlarına göre, salım süresi artışı ile salım ortamına geçen bileşen miktarında tüm örnekler için bir artış gözlemlenmiştir. Bu artış CS/ARB örneklerinde yüksek, SA/ARB örneklerinde daha düşüktür. Bunun sebebinin çekim çözeltisi içerisine ilave edilen polimerlerin birbirleri ile yarattığı güçlü fiziksel etkileşimler olduğu düşünülmektedir.

Genel olarak çalışmada hedeflendiği gibi cilt aydınlatıcı ve leke giderici etkisi literatürce desteklenen bitkisel bileşen olan β -arbutin içeren kitosan ve sodyum aljinat nanolifli yüzeyler başarılı bir şekilde üretilmiştir. Ancak ileriki çalışmaların lif çekim çözeltisi içerisine ilave edilen arbutin miktarının cilt aydınlatıcı ve leke giderici özelliği bakımından yeterli olup olmadığının araştırılması gerektiği açıktır. Bu tez çalışmasında denenen miktarlar elektrolif çekim işlemi ile düzgün morfolojili nanolif üretimine izin verilen maksimum miktarlardır. Biyouyumluluğu olumsuz yönde etkilemeyen ve kullanılan tüm polimerler ile uyumlu olan çapraz bağlayıcılar kullanılarak nanoliflerin parçalanma hızlarının yavaşlatılıp suya dayanıklı hale getirilerek ve ani salımlarının azaltılabileceği düşünülmektedir. Çalışma kullanılan cilt aydınlatıcı ve leke giderici özelliğine sahip arbutinin tamamen doğal olması ve ilk defa nanolifli bir tekstil yüzeyine aktarılıyor olması bakımından özgün olup, ileride etik kurul izni alındıktan sonra yapılacak olan insan denekleri içerikli araştırmalara ışık tutacaktır.

6 KAYNAKLAR

- Aadil, K. R., Nathani, A., Sharma, C. S., Lenka, N., Gupta, P., 2018, "Fabrication of biocompatible alginate-poly(vinyl alcohol) nanofibers scaffolds for tissue engineering applications", *Materials Technology*, 33(8): 507-512.
- Ağabeyoğlu, İ., Ulusoy, A., 1985, "Deriden emilme", *FABAD Farmasötik Bilimler Dergisi*, 10: 82-94.
- Ahern, J. C., 2003, "The influence of electric charge and electric fields on the formation and duration of water boules", Doctoral dissertation, *School of Information Systems, Computing and Mathematics, Brunel University*, London, 228.
- Ajala, E. O., Aberuagba, F., Olaniyan, A. M., Onifade, K. R., 2017, "Enzymatic extraction of Shea Butter: Optimization study using response surface methodology", *Journal of Food Process Engineering*, 40(1): e12329.
- Akçakoca, E. P., Atav, R., 2006, "Siklodekstrinlerin inklüzyon kompleksleri", *Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Uygulama Merkezi Yayınları*, 16(2): 94-99.
- Alkilani, A. Z., McCrudden, M. T. C., Donnelly, R. F., 2015, "Transdermal drug delivery: Innovative pharmaceutical developments based on disruption of the barrier properties of the stratum corneum", *Pharmaceutics*, 7(4): 438-470.
- Alvarez, V. A., Muñoz, V., Gonzalez, J. S., Martinez, M. A., 2017, "Functional textiles for skin care by active substance encapsulation", *Journal of Textile Engineering & Fashion Technology*, 2(6): 538-545.
- Arbab, A., Eltahir, M. M., 2010, "Review on skin whitening agents", *Khartoum Pharm J*, 13(1): 5-9.
- Aydemir, E. H., 2012, "Yerel tedavi (bölüm I): Temel ilkeler ve emilim. *Turkderm Deri Hastalıkları ve Frengi Arsivi*, 46(3): 117-120.
- Ayumi, N. S., Sahudin, S., Hussain, Z., Hussain, M., Samah, N. H. A., 2019, "Polymeric nanoparticles for topical delivery of alpha and beta arbutin: preparation and characterization", *Drug Delivery and Translational Research*, 9(2): 482-496.
- Baroni, A., Buommino, E., De Gregorio, V., Ruocco, E., Ruocco, V., Wolf, R., 2012, "Structure and function of the epidermis related to barrier properties", *Clinics in Dermatology*, 30(3): 257-262.
- Beyyapazar, Ö., 2013, "Nanolif üretiminde çap kontrolü", Yüksek Lisans Tezi, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekirdağ, 86.
- Biber, E., Gündüz, G., Mavis, B., Colak, U., 2010, "Effects of electrospinning process parameters on nanofibers obtained from Nylon 6 and poly (ethylene-n-butyl acrylate-maleic anhydride) elastomer blends using Johnson SB statistical distribution function", *Applied Physics A: Materials Science and Processing*, 99(2): 477-487.

- Bilir, T.B., Şardağ, S., 2017, "Tencel ve pamuk karışım ipliklerin performans özelliklerinin incelenmesi", *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 22(1): 13-28.
- Borkow, G., 2016, "Cosmetotextiles - sometimes the simple things work", *Journal of Cosmetology & Trichology*, 02(01): 1-2.
- Brenner, E. K., 2009, "Investigation into the electrospinning of hyaluronic Acid", Master's Thesis, Submitted to the Faculty of Drexel University, Pensilvanya, 93.
- Bulduk, I., Şahin, M. D., Şanlı, S., 2016, "Arbutin analysis in leaves, fruit and branches of *Pyrus anatolica*, method optimization", *Eurasian Journal of Analytical Chemistry*, 11(5): 233-244.
- Bulut, Y., 2010, "Kaplama giysilik kumaşların mekanik özellikleri", Doktora Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 99.
- Buzea, C., Pacheco, I. I., Robbie, K., 2007, "Nanomaterials and nanoparticles: Sources and toxicity", *Biointerphases*, 2(4): 17-71.
- Casper, C. L., Stephens, J. S., Tassi, N. G., Chase, D. B., Rabolt, J. F., 2004, "Controlling surface morphology of electrospun polystyrene fibers: Effect of humidity and molecular weight in the electrospinning process", *Macromolecules*, 37(2): 573-578.
- Chattopadhyay, R., Gupta, D., Bera, M., 2012, "Effect of input tension of inlay yarn on the characteristics of knitted circular stretch fabrics and pressure generation", *Journal of the Textile Institute*, 103(6): 636-642.
- Cheng, S.Y., Yuen, C. W. M., Kan, C. W., Cheuk, K. K. L., 2008, "Development of cosmetic textiles using microencapsulation technology", *Research Journal of Textile and Apparel*, 12(4): 41-51.
- Cheng, Shuk Yan, Yuen, M. C. W., Kan, C. W., Cheuk, K. K. L., Chui, C. H., Lam, K. H., 2009, "Cosmetic textiles with biological benefits: Gelatin microcapsules containing Vitamin C", *International Journal of Molecular Medicine*, 24(4): 411-419.
- Choi, M. H., Shin, H. J., 2016, "Anti-melanogenesis effect of quercetin", *Cosmetics*, 3(2): 1-16.
- Chou, G., Zhu, E., Lee, S.Y., Kim, Y.H., Park, S.K., Oh, S.T., Kim, K.H., 2009, "The study on the whitening effects of traditional chinese medicines", *J. Soc. Cosmet. Scientists Korea*, 35(4): 257-263.
- Couteau, C., Coiffard, L., 2016, "Overview of skin whitening agents: Drugs and cosmetic products", *Cosmetics*, 3(3): 27.
- Çiftci, Ş., Özek, S., Aksoy, S. A., Aksoy, K., Göde, F., 2015, "Synthesis and Characterization of PVA/Chitosan nanofiber added nanoclay", *SDU Journal of Science (E-Journal)*, 10(1): 118-128.
- Davis, E. C., Callender, V. D., 2010, "Postinflammatory hyperpigmentation: A review of the epidemiology, clinical features, and treatment options in skin of color", *Journal of Clinical and Aesthetic Dermatology*, 3(7): 20.

- De Arriba, S. G., Naser, B., Nolte, K. U., 2013, "Risk assessment of free hydroquinone derived from arctostaphylos uva-ursi folium herbal preparations", *International Journal of Toxicology*, 32(6): 442–453.
- Degen, G. H., Bernauer, U., Coenraads, P. J., Dusinska, M., Liliënblum, W., Nielsen, E., Platzeck, T., Rastogi, S. C., Rousselle, C., van Benthem, J., 2015, "Opinion of the Scientific Committee on Consumer Safety (SCCS) - Opinion on the safety of the use of β -arbutin in cosmetic products". In *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 73(3): 866-867.
- Degen, G. H., 2016, "Opinion of the scientific committee on consumer safety (scs) – opinion on the safety of the use of α -arbutin in cosmetic products", *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 74: 75-76.
- Deitzel, J. M., Kleinmeyer, J., Harris, D., Beck Tan, N. C., 2001, "The effect of processing variables on the morphology of electrospun nanofibers and textiles", *Polymer*, 42(1): 261-272.
- Doğan, G., 2012, "Elektrolif çekim yöntemiyle elde edilen biyopolimer nanoliflerden doku mühendisliği ve ilaç salımı uygulamalarında kullanım olanaklarının araştırılması", Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 184.
- Draelos, Z. D., 2007, "Skin lightening preparations and the hydroquinone controversy", *Dermatologic Therapy*, 20(5): 308-313.
- Dubey, R., Shami, T. C., Bhasker Rao, K. U., 2009, "Microencapsulation technology and applications", *Defence Science Journal*, 59(1): 82
- Düzyer, Ş., 2014, "Elektro çekim (elektrospinning) yöntemiyle üretilen poliester nanoliflerin medikal alanda kullanılabilirliklerinin araştırılması", Doktora Tezi, *T.C Uludağ Üniversitesi*, Bursa, 194.
- Elavia, P. F., Suvarna, V., 2018, "A Review on applications of nanotechnology in cosmetics", *International Research Journal Of Pharmacy*, 9(4): 1–4.
- Erdem, R., Sancak, E., 2014, "Investigation of morphological and mechanical properties of PVA/ Aloe barbadensis and PEO/Chitosan blended nanofibrous structures fabricated by dual electrospinning system", *Afyon Kocatepe University Journal of Sciences and Engineering*, 14(1): 1–6.
- Eyüpoğlu, Ş., Kut, D., 2016, "Mikrokapsülasyon teknolojisi ve tekstil sektöründe kullanımı". *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 15(29): 9.
- Fathi-Azarbayjani, A., Qun, L., Chan, Y. W., Chan, S. Y., 2010, "Novel vitamin and gold-loaded nanofiber facial mask for topical delivery", *AAPS PharmSciTech*, 11(3): 1164–1170.
- Fong, H., Chun, I., Reneker, D. H., 1999, "Beaded nanofibers formed during electrospinning", *Polymer*, 40(16): 4585-4592.
- Fox, C. B., 2009, "Squalene emulsions for parenteral vaccine and drug delivery", *Molecules*, 14(9): 3286–3312.

- Gao, X. H., Zhang, L., Wei, H., Chen, H. D., 2008, "Efficacy and safety of innovative cosmeceuticals", *Clinics in Dermatology*, 26(4): 367-374.
- Gencer, T., 2015, "Endüstriyel tekstillerde kullanılan poliüretan ve polivinilklorür esaslı kaplama yüzeylerin performans özelliklerinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 80.
- Germanò, M. P., Cacciola, F., Donato, P., Dugo, P., Certo, G., D'Angelo, V., Mondello, L., Rapisarda, A., 2012, "Betula pendula leaves: Polyphenolic characterization and potential innovative use in skin whitening products", *Fitoterapia*, 83(5): 877–882.
- Gillbro, J. M., Olsson, M. J., 2011, "The melanogenesis and mechanisms of skin-lightening agents - Existing and new approaches", *International Journal of Cosmetic Science*, 33(3): 210–221.
- Gökhan, E., 2008, "Bazı anti fungal ajanların mikrokapsülasyonu ve tekstil materyallerine uygulaması", Doktora Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 146.
- Gün, A.D., Demircan, B., Şevkan, A., 2011, "Mikroliflerin üretim yöntemleri özellikleri ve kullanım alanları", *Tekstil ve Mühendis*, 18(83): 1-9.
- Gürbüz, A., Güngör, S., Erdal, M. S., 2019, "Deriye ilaç uygulanması için transetozomların formülasyonu ve in vitro karakterizasyonu", *Istanbul University Institute of Health Sciences Journal of Advanced Research in Health Sciences*, 2(2): 51–59.
- Gray, S., "II. A letter concerning the electricity of water, from Mr. Stephen Gray to Cromwell Mortimer", *MD Secr. R. S. Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 37(422): 227-260.
- Gönülşen, İ., 2013, "Portakal yağı içeren mikro ve moleküler kapsüllerin salım davranışlarının incelenmesi", Doktora Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 91.
- Gupta, S. K., Gautam, A., Kumar, S., 2014, "Natural skin whitening agents: A current status", *Advances in Biological Research*, 8(6): 257–259.
- Gümüş, T., 2009, "Design and manufacture of polymeric nanofiber membranes via electrospinning method", M.Sc. Thesis, *Istanbul Technical University Institute of Science and Technology*, İstanbul, 131.
- Hanamura, T., Uchida, E., Aoki, H., 2008, "Skin-lightening effect of a polyphenol extract from acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruit on UV-induced pigmentation", *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 72(12): 3211–3218.
- Heikkilä, P., Harlin, A., 2008, "Parameter study of electrospinning of polyamide-6", *European Polymer Journal*, 44(10): 3067-3079.
- Hu, Z. M., Zhou, Q., Lei, T. C., Ding, S. F., Xu, S. Z., 2009a, "Effects of hydroquinone and its glucoside derivatives on melanogenesis and antioxidation: Biosafety as skin whitening agents", *Journal of Dermatological Science*, 55(3): 179–184.

- Huang, Y.Y., Vecchio, D., Avci, P., Yin, R., Garcia-Diaz, M., Hamblin, M. R., 2014, "Melanoma resistance to photodynamic therapy: new insights", *Biological Chemistry*, 394(2): 239-250.
- Huang, Z. M., Zhang, Y. Z., Kotaki, M., Ramakrishna, S., 2003, "A review on polymer nanofibers by electrospinning and their applications in nanocomposites", *Composites Science and Technology*, 63(15): 2223–2253.
- İKiz, Y., 2009, "Elektro çekim yöntemi işlem parametrelerinin pva nanolif morfolojisine etkileri", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15(3): 363-369–369.
- Jin, Y. H., Lee, S. J., Chung, M. H., Park, J. H., Park, Y. I., Cho, T. H., Lee, S. K., 1999, "Aloesin and arbutin inhibit tyrosinase activity in a synergistic manner via a different action mechanism", *Archives of Pharmacal Research*, 22(3): 232–236.
- Jo, Y. H., Yuk, H. G., Lee, J. H., Kim, J. C., Kim, R., Lee, S. C., 2012, "Antioxidant, tyrosinase inhibitory, and acetylcholinesterase inhibitory activities of green tea (*Camellia sinensis* L.) seed and its pericarp", *Food Science and Biotechnology*, 21(3): 761–768.
- John, S., Lorenz, P., Petersen, R.D., Heldermaun, M., Borchert, S., 2005, "Skin-lightening agent with different pathways of action on melanogenesis", *Softw Journal*, 131(7): 40–49.
- Jumageldiyeva, E., Tayyar, A. E., Tetik, G., 2020, "Kozmetik tekstillerin üretimi, karakterizasyonu ve performans testleri ile ilgili bir derleme", *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(4): 2400-2417.
- Jung, H. J., Cho, Y. W., Lim, H. W., Choi, H., Ji, D. J., Lim, C. J., 2013, "Anti-inflammatory, antioxidant, anti-angiogenic and skin whitening activities of *Phryma leptostachya* var. *asiatica* Hara extract", *Biomolecules and Therapeutics*, 21(1): 72–78.
- Karahanlar, Ü., 2014, Doküma ve örme tekstiller üzerinde akıllı uygulamalar", Yüksek Lisans Tezi, *T.C. Haliç Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul, 223.
- Kaynak, H.K., Babaarslan, O., 2009, "Mikroliflerin tekstil endüstrisindeki yeri ve önemi", *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3(3): 70-83.
- Karakaya, G., 2017, "Kojik asit türevi mannich bazlarının sentezi ve insan melanoma hücrelerine etkisi ile antitirozinaz aktivitelerinin araştırılması", Doktora Tezi, T.C. *Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 215.
- Kadem, D. F., Tölek, Ş., 2016, "Kaplamalı denim kumaşlarda performans özellikleri üzerine deneysel bir çalışma", *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 31(2): 307–316.
- Kadem, F. D., Ergen, A., 2011, "Farklı membranlı laminasyonlu kumaşların mukavemetlerinin araştırılması", *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 26(2): 1–8.
- Kahn, V., 1995, "Effect of kojic acid on the oxidation of DL-DOPA, norepinephrine, and dopamine by mushroom tyrosinase", *Pigment cell research*, 8(5): 234-240.
- Kan, C. W., Yuen, C. W. M., 2005, "Cosmetic textiles", *Textile Asia*, 36(6): 29-35.

- Kang, S. H., Jeon, Y. D., Cha, J. Y., Hwang, S. W., Lee, H. Y., Park, M., Lee, B. R., Shin, M. K., Kim, S. J., Shin, S. M., Kim, D. K., Jin, J. S., Lee, Y. M., 2018, "Antioxidant and skin-whitening effects of aerial part of *Euphorbia supina* Raf. Extract", *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 18(1): 4–11.
- Kanmaz, D., Toprakci, H. A. K., Olmez, H., Toprakci, O., 2018, "Electrospun polylactic acid based nanofibers for biomedical applications", *Material Science Research India*, 15(3): 224–240.
- Kaul, S., Gulati, N., Verma, D., Mukherjee, S., Nagaich, U., 2018, "Role of nanotechnology in cosmeceuticals: A Review of recent advances", *Journal of Pharmaceutics*, 2018: 1–19.
- Khan, B. A., Akhtar, N., Hussain, I., Abbas, K. A., Rasul, A., 2013, "Whitening efficacy of plant extracts including *Hippophae rhamnoides* and *Cassia fistula* extracts on the skin of Asian patients with melasma", *Postepy Dermatologii i Alergologii*, 30(4): 226–232.
- Kiefer, S., Weibel, M., Smits, J., Juch, M., Tiedtke, J., Herbst, N., 2010, "Citrus Flavonoids with skin lightening effects- safety and efficacy studies", *International Journal for Applied Science*, 132: 46–54.
- Kilinç, U. F., Metin, P. A., 2019, "Yüzün hiperpigmentasyon hastalıkları", *Dermatoz*, 2(1): 245-253.
- Kim, H., Choi, H. R., Kim, D. S., Park, K. C., 2012, "Topical hypopigmenting agents for pigmentary disorders and their mechanisms of action", *Annals of Dermatology*, 24(1): 1.
- Kim, T., Kim, H. J., Cho, S. K., Kang, W. Y., Baek, H., Jeon, H. Y., Kim, B., Kim, D., 2011, "Nelumbo nucifera extracts as whitening and anti-wrinkle cosmetic agent", *Korean Journal of Chemical Engineering*, 28(2): 424–427.
- Kim, Y. C., Choi, S. Y., Park, E. Y., 2015, "Anti-melanogenic effects of black, green, and white tea extracts on immortalized melanocytes", *Journal of Veterinary Science*, 16(2): 135–143.
- Kim, Y. J., Uyama, H., 2005, "Tyrosinase inhibitors from natural and synthetic sources: Structure, inhibition mechanism and perspective for the future", *Cellular and Molecular Life Sciences*, 62(15): 1707–1723.
- Korkmaz, S., Erturan, I., 2010, "Hiperpigmentasyon tedavisi ve yeni yaklaşımlar", *Türkiye Klinikleri Dermatoloji*, 20(1): 14–22.
- Kozanoğlu, G. S., 2006, "Elektrospinning yöntemiyle nanolif üretim teknolojisi", Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 148.
- Kolarsick, P. A., Kolarsick, M. A., Goodwin, C., 2011, "Anatomy and physiology of the skin", *Journal of the Dermatology Nurses' Association*, 3(4): 203-213.

- Kurban, Z., Lovell, A., Bennington, S. M., Jenkins, D. W. K., Ryan, K. R., Jones, M. O., Skipper, N. T., David, W. I. F., 2010, "A solution selection model for coaxial electrospinning and its application to nanostructured hydrogen storage materials", *Journal of Physical Chemistry C*, 114(49): 21201–21213.
- Kurosu, J., Sato, T., Yoshida, K., Tsugane, T., Shimura, S., Kirimura, K., Kino, K., Usami, S., 2002, "Enzymatic synthesis of α -arbutin by α -anomer-selective glucosylation of hydroquinone using lyophilized cells of *Xanthomonas campestris* WU-9701", *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 93(3): 328–330.
- Lai-Cheong, J. E., McGrath, J. A., 2013, "Structure and function of skin, hair and nails. *Medicine (United Kingdom)*, 41(6): 317–320.
- Lee, H. J., Kim, K. W., 2012, "Anti-inflammatory effects of arbutin in lipopolysaccharide-stimulated BV2 microglial cells", *Inflammation Research*, 61(8): 817–825.
- Lee, K. H., Kim, H. Y., Bang, H. J., Jung, Y. H., Lee, S. G., 2003, "The change of bead morphology formed on electrospun polystyrene fibers", *Polymer*, 44(14): 4029-4034.
- Lim, Y. J., Lee, E. H., Kang, T. H., Ha, S. K., Oh, M. S., Kim, S. M., Yoon, T. J., Kang, C., Park, J. H., Kim, S. Y., 2009, "Inhibitory effects of arbutin on melanin biosynthesis of α -melanocyte stimulating hormone-induced hyperpigmentation in cultured brownish guinea pig skin tissues", *Archives of Pharmacal Research*, 32(3): 367-373.
- Lubsandorzheva, P. B., Zhigzhitov, B. S., Dargaeva, T. D., Bazarova, Z. G., Nagaslaeva, L. A., 2000, "Chromatospectrophotometric determination of arbutin in the leaves of *Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch", *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 34(5): 261-264.
- McGrath, J.A., Eady, R. A. J., Pope, F. M., 2004, "Anatomy and organization of human skin", *Rook's Textbook of Dermatology: Eighth Edition*, 1: 3–2.
- Madene, A., Jacquot, M., Scher, J., Desobry, S., 2006, "Flavour encapsulation and controlled release - A review", *International Journal of Food Science and Technology*, 41(1): 1–21.
- Maeda, K., Fukuda, M., 1996, "Arbutin: Mechanism of its depigmenting action in human melanocyte culture", *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 276(2): 765-769.
- Maibach, H. i, Ong, M. W. S., 2017, "Skin whitening agents", *Handbook of Cosmetic Science and Technology, January 2014*: 423–438.
- Malathi, M., Thappa, D., 2013, "Systemic skin whitening/lightening agents: What is the evidence", *Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology*, 79(6): 842–846.
- Mamta, Rani, A., 2015, "Ayurveda: A miracle mediherbal cloth", *Medicinal Plants*, 7(1): 1–8.
- Manjanna, K. M., Shivakumar, B., Pramod Kumar, T. M., 2010, "Microencapsulation: An acclaimed Novel Drug-Delivery System for NSAIDs in arthritis", *Critical Reviews in Therapeutic Drug Carrier Systems*, 27(6): 509–545.

- Minocheherhomji, F. P., Solanki, B., 2015, "Ayurvastra: An innovative alliance of ayurveda and textile: A review", *Sch J Appl Med Sci*, 3(2): 925-931.
- Masse, M. O., Duvallet, V., Borremans, M., Goeyens, L., 2001, "Identification and quantitative analysis of kojic acid and arbutine in skin-whitening cosmetics", *International Journal of Cosmetic Science*, 23(4): 219-232.
- McDonald, T. A., Holland, N. T., Skibola, C., Duramad, P., Smith, M. T., 2001, "Hypothesis: Phenol and hydroquinone derived mainly from diet and gastrointestinal flora activity are causal factors in leukemia", *Leukemia*, 15(1): 10-20.
- Migas, P., Krauze-Baranowska, M., 2015, "The significance of arbutin and its derivatives in therapy and cosmetics", *Phytochemistry Letters*, 13: 35-40.
- Mukhopadhyay, S., Ramakrishnan, G., 2008, "Microfibres", *Textile Progress*, 40(1): 1-86.
- Murata, K., Takahashi, K., Nakamura, H., Itoh, K., Matsuda, H., 2014, "Search for skin-whitening agent from Prunus plants and the molecular targets in melanogenesis pathway of active compounds", *Natural Product Communications*, 9(2): 185-188.
- Nasir, A., 2010, "Nanotechnology and dermatology: Part II-risks of nanotechnology", *Clinics in Dermatology*, 28(5): 581-588.
- Nattapong, S., Omboon, L., 2008, "A new source of whitening agent from a Thai Mulberry plant and its betulinic acid quantitation", *Natural Product Research*, 22(9): 727-734.
- Norouzi, Z., Abdouss, M., Tajiki, A., Rezaei, S. M., Nahooji, M. K., 2018, "Application of chitosan / PVA nanofibrous composite for molecular capture", *J Nanomed Res*, 7(3): 221-226.
- Nycz, J. E., Malecki, G., Morag, M., Nowak, G., Ponikiewski, L., Kusz, J., Switlicka, A., 2010, "Arbutin: Isolation, X-ray structure and computational studies", *Journal of Molecular Structure*, 980(1-3): 13-17.
- O'Donoghue, J. L., 2006, "Hydroquinone and its analogues in dermatology - A risk-benefit viewpoint", *Journal of Cosmetic Dermatology*, 5(3): 196-203.
- Ondarçuhu, T., Joachim, C., 1998, "Drawing a single nanofibre over hundreds of microns", *Europhysics Letters*, 42(2): 215-220.
- Özdoğan, E., Demir, A., Seventekin, N., 2006, "Nanoteknoloji ve tekstil uygulamaları", *Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi*, 16(4): 225-229.
- Özalp, Y., Özdemir, N., 1996, "Biyomateryaller ve biyoyumluluk", *Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 25(2): 57-72.
- Özer, Ö., Mutlu, B., Kivçak, B., 2007, "Antityrosinase activity of some plant extracts and formulations containing ellagic acid", *Pharmaceutical Biology*, 45(6): 519-524.
- Patra, J. K., Gouda, S., 2013, "Application of nanotechnology in textile engineering: An overview", *Journal of Engineering and Technology Research*, 5(5): 104-111.
- Paipitak, K., Pornpra, T., Mongkotalang, P., Techitdheer, W., Pecharapa, W., 2011, "Characterization of PVA-chitosan nanofibers prepared by electrospinning", *Procedia Engineering*, 8: 101-105.

- Parvez, S., Kang, M., Chung, H. S., Cho, C., Hong, M. C., Shin, M. K., Bae, H., 2006, "Survey and mechanism of skin depigmenting and lightening agents", *Phytotherapy Research*, 20(11): 921-934.
- Peker, E. H., 2013, "Akıllı giysilerin insan hayatındaki yeri", *Tekstil El Kitabı, TETSİAD Yayınları*, İstanbul, 125-126.
- Pérez-Bernal, A., Muñoz-Pérez, M. A., Camacho, F., 2000, "Management of facial hyperpigmentation", *American Journal of Clinical Dermatology*, 1(5): 261–268.
- Pillaiyar, T., Manickam, M., Namasivayam, V., 2017, "Skin whitening agents: Medicinal chemistry perspective of tyrosinase inhibitors", *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 32(1): 403–425.
- Prakash, L., Majeed, M., 2009, "Natural ingredients for anti-ageing skin care", *Household and Personal Care Today*, 1: 44–46.
- Pricop, F., Chirila, L., Popescu, A., Raşcov, M., Scarlat, R., 2018, "Study regarding the development of the functional textiles with antimicrobial properties", In International Conference on Advanced Materials and Systems (ICAMS), *The National Research & Development Institute for Textiles and Leather-INCOTEX*, Romania, 141–146.
- Rudilosso, M., 2015, "Modified Bombyx Mori silk fibers characterization," M.S. thesis, *School of Industrial Engineering and Information*, Politecnico di Milano, Milano, Italy, 131.
- Rangari, N. T., Kalyankar, T. M., Mahajan, A. A., Lendhe, R. P., Puranik, K. P., 2012, "Ayurveda: Herbal couture technology in textile", *International Journal of Research in Ayurveda and Pharmacy*, 3(5):733–736.
- Rasul, A., Akhtar, N., Khan, B. A., Mahmood, T., uz Zaman, S., Ali, A., Khan, H. M. S., Parveen, R., 2011, "Assessment of anti erythmic and skin whitening effects of milk thistle extract", *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 5(20): 2306–2309.
- Rawlings, A. V., 2006, "Ethnic skin types: Are there differences in skin structure and function?", *International Journal of Cosmetic Science*, 28(2): 79–93.
- Rigopoulos, D., Gregoriou, S., Katsambas, A., 2007, "Hyperpigmentation and melasma", *Journal of Cosmetic Dermatology*, 6(3): 195–202.
- Robb, B., Lennox, B., 2011, "The electrospinning process, conditions and control", *Electrospinning for Tissue Regeneration*, 51-56.
- Salaün, F., Devaux, E., Bourbigot, S., Rumeau, P., 2009, "Application of contact angle measurement to the manufacture of textiles containing microcapsules", *Textile Research Journal*, 79(13): 1202-1212.
- Sayıt, G., 2005, "Mikrokapsül ve lipozom teknolojisi kullanarak kozmetik-tekstil üretimi", *Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 140.
- Sharifah, I. S. S., Qairol, A. A. B., Azlina, H. N., & Khairusshima, M. K. N. (2017). Thermal, Structural and Mechanical Properties of Melt Drawn Cur-loaded Poly(lactic acid) Fibers. *Procedia Engineering*, 184: 544–551.

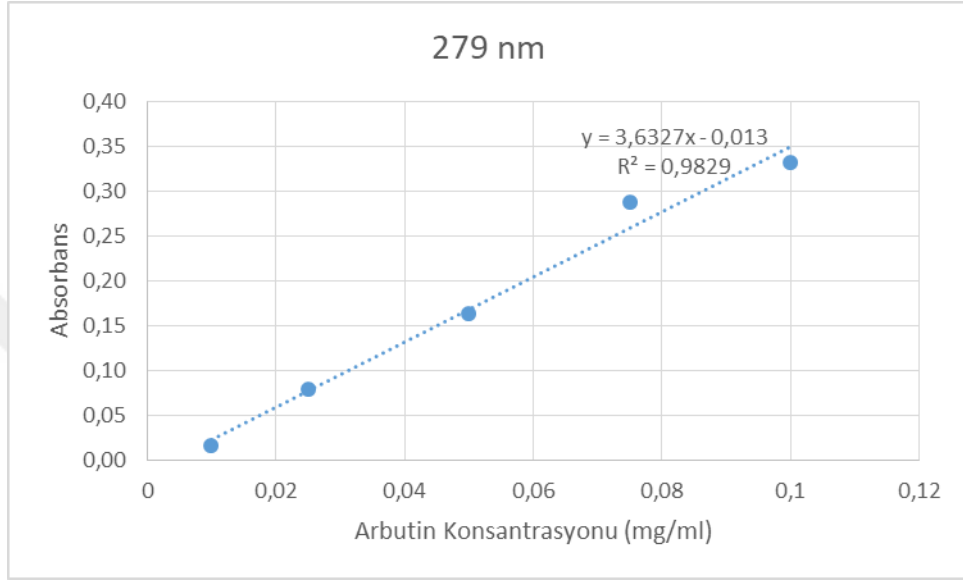
- Sharma, N., Baldi, A., 2016, "Exploring versatile applications of cyclodextrins: An overview", *Drug Delivery*, 23(3): 729-747.
- Saez, V., Hernández, J. R., Peniche, C., 2007, "Microspheres as delivery systems for the controlled release of peptides and proteins", *Biotecnología Aplicada*, 24(2): 108-116.
- Seo, D. H., Jung, J. H., Ha, S. J., Cho, H. K., Jung, D. H., Kim, T. J., Baek, N. I., Yoo, S. H., Park, C. S., 2012, "High-yield enzymatic bioconversion of hydroquinone to α -arbutin, a powerful skin lightening agent, by amylosucrase", *Applied Microbiology and Biotechnology*, 94(5): 1189–1197.
- Sheng, X., Fan, L., He, C., Zhang, K., Mo, X., Wang, H., 2013, "Vitamin E-loaded silk fibroin nanofibrous mats fabricated by green process for skin care application", *International Journal of Biological Macromolecules*, 56: 49–56.
- Shi, H., Xin, J. H., 2007, "Cosmetic textiles: Concepts, application and prospects", *Institute of Textiles & Clothing*, 5(9): 21134-21138.
- Shin, D. H., Cha, Y. J., Joe, G. J., Yang, K. E., Jang, I. S., Kim, B. H., Kim, J. M., 2013, "Whitening effect of *Sophora flavescens* extract", *Pharmaceutical Biology*, 51(11): 1467–1476.
- Shivhare, S.C., Malviya, K.G., Malviya, K.K. Shivhare, J.V., 2013, "A Review: Natural skin lighting and nourishing agents", *Research Journal of Topical and Cosmetic Sciences*, 4(1): 21–25.
- Singh, M. K., Varun, V. K., Behera, B. K., 2011, "Cosmetotextiles: State of art", *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 87(4): 27–33.
- Sivakumar, A., Murugan, R., Sundaresan, K., Periyasamy, S., 2013, "UV protection and self-cleaning finish for cotton fabric using metal oxide nanoparticles", *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 38: 285–292.
- Solano, F., Briganti, S., Picardo, M., Ghanem, G., 2006, "Hypopigmenting agents: an updated review on biological, chemical and clinical aspects", *Pigment cell research*, 19(6): 550-571.
- Subbiah, T., Bhat, G. S., Tock, R. W., Parameswaran, S., Ramkumar, S. S., 2005, "Electrospinning of nanofibers", *Journal of Applied Polymer Science*, 96(2): 557-569.
- Sugimoto, K., Nishimura, T., Nomura, K., Sugimoto, K., Kuriki, T., 2004, "Inhibitory effects of α -arbutin on melanin synthesis in cultured human melanoma cells and a three-dimensional human skin model", *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 27(4): 510–514.
- Sugimoto, K., Nomura, K., Nishimura, T., Kiso, T., Sugimoto, K., Kuriki, T., 2005, "Syntheses of α -arbutin- α -glycosides and their inhibitory effects on human tyrosinase", *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 99(3): 272-276.
- Subramanian, K., Govindan, N., 2018, "Integration of cosmetics with textiles: An emerging area of functional textiles—a review", *Journal of Textile Engineering & Fashion Technology*, 4(4): 316-318.

- Supaphol, P., Mit-Uppatham, C., Nithitanakul, M., 2005, "Ultrafine electrospun polyamide-6 fibers: Effect of emitting electrode polarity on morphology and average fiber diameter", *Journal of Polymer Science, Part B: Polymer Physics*, 43(24): 3699-3712.
- Süpüren G., Kanat Z.E., Çay A., Kırıcı T., Gülümser T., T. I., 2007, "Nano lifler (bölüm 2)", *Tekstil ve Konfeksiyon*, 17(2): 83–89.
- Taepaiboon, P., Rungsardthong, U., Supaphol, P., 2007, "Vitamin-loaded electrospun cellulose acetate nanofiber mats as transdermal and dermal therapeutic agents of vitamin A acid and vitamin E", *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 67(2): 387–397.
- Taha, M. M. E., Salga, M. S., Ali, H. M., Abdulla, M. A., Abdelwahab, S. I., Hadi, A. H. A., 2012, "Gastroprotective activities of *Turnera diffusa* Willd. ex Schult. revisited: Role of arbutin", *Journal of Ethnopharmacology*, 141(1): 273-281.
- Tan, S. H., Inai, R., Kotaki, M., Ramakrishna, S., 2005, "Systematic parameter study for ultra-fine fiber fabrication via electrospinning process", *Polymer*, 46(16): 6128-6134.
- Tengamnuay, P., Pengrungruangwong, K., Pheansri, I., Likhitwitayawuid, K., 2006, "Artocarpus lakoocha heartwood extract as a novel cosmetic ingredient: Evaluation of the in vitro anti-tyrosinase and in vivo skin whitening activities", *International Journal of Cosmetic Science*, 28(4): 269–276.
- Thongchai, W., Liawruangrath, B., Liawruangrath, S., 2009, "Arbutin determination in medicinal plants and creams", *International Journal of Cosmetic Science*, 31(2): 87–96.
- Thongchai, Wisanu, Liawruangrath, B., Liawruangrath, S., 2007, "High-performance liquid chromatographic determination of arbutin in skin-whitening creams and medicinal plant extracts", *Journal of Cosmetic Science*, 58(1): 35–44.
- Tiwari, D., Upmanyu, N., Malik, J., Shukla, S., 2017, "Cosmetotextiles used as a medicine", *International Journal of Pharma And Chemical Research I*, 3(4): 814–828.
- Trenell, M. I., Rooney, K. B., Sue, C. M., Thompson, C. H., 2006, "Compression garments and recovery from eccentric exercise: A31P-MRS study", *Journal of Sports Science and Medicine*, 5(1): 106–114.
- Upadhyay, H., Jahan, S., Upreti, M., 2016, "Cosmetotextiles: Emerging trend in technical textiles", *IOSR Journal of Polymer and Textile Engineering*, 3(6): 8–14.
- Üstün, A., 2011, "Hava filtrasyonu için nanolif üretimi", Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 69.
- Üstündağ, G.C., Karaca, E., 2009, "Poli (vinil alkol)/Sodyum alginat karışımlarından elektro çekim yöntemi ile elde edilen nanolifli yüzeylerin incelenmesi", *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 14(1): 159–172.
- Vigani, B., Rossi, S., Sandri, G., Bonferoni, M. C., Milanese, G., Bruni, G., Ferrari, F., 2018, "Coated electrospun alginate-containing fibers as novel delivery systems for regenerative purposes", *International Journal of Nanomedicine*, 13: 6531–6550.

- Wang, Y. H., Avonto, C., Avula, B., Wang, M., Rua, D., Khan, I. A., 2015, "Quantitative determination of α -arbutin, β -arbutin, kojic acid, nicotinamide, hydroquinone, resorcinol, 4-methoxyphenol, 4-ethoxyphenol, and ascorbic acid from skin whitening products by HPLC-UV", *Journal of AOAC International*, 98(1): 5-12.
- Wang, Z. X., Shi, X. X., Chen, G. R., Ren, Z. H., Luo, L., Yan, J., 2006, "A new synthesis of α -arbutin via Lewis acid catalyzed selective glycosylation of tetra-O-benzyl- α -D-glucopyranosyl trichloroacetimidate with hydroquinone", *Carbohydrate Research*, 341(11): 1945–1947.
- Wróblewska-Krepsztul, J., Rydzkowski, T., Michalska-Požoga, I., Thakur, V. K., 2019. "Biopolymers for biomedical and pharmaceutical applications: Recent advances and overview of alginate electrospinning", *Nanomaterials*, 9(3): 7–9.
- Yamaguchi, Y., Brenner, M., Hearing, V. J., 2007, "The regulation of skin pigmentation", *Journal of Biological Chemistry*, 282(38): 27557–27561.
- Yapar, A.E., 2017, "Skin whiteners an overview", *Marmara Pharmaceutical Journal*, 21(1): 48–53.
- Yilmaz, F., Celep, G., Tetik, G., 2016, "Nanofibers in Cosmetics" *Nanofiber Research - Reaching New Heights*, 127-146.
- Yıldız, P., Bulur, I., Arık, D., Teke, H. Ü., 2018, "Hiperpigmentasyon ile birliktelik gösteren esansiyel trombositoz", *Türk Dermatoloji Dergisi*, 12(1): 63–64.
- Yılmaz, E., Öndoğan, Z., 2014, "Fonksiyonel tekstillerde yükselen trend kozmetik tekstiller," XIII. Uluslararası İzmir Tekstil ve Hazır Giyim Sempozyumu, İzmir, Türkiye, 146-150.
- Yoshimura, M., Watanabe, Y., Kasai, K., Yamakoshi, J., Koga, T., 2005, "Inhibitory effect of an ellagic acid-rich pomegranate extract on tyrosinase activity and ultraviolet-induced pigmentation", *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 69(12): 2368–2373.
- Zhang, Y., Huang, X., Duan, B., Wu, L., Li, S., Yuan, X., 2007, "Preparation of electrospun chitosan/poly(vinyl alcohol) membranes", *Colloid and Polymer Science*, 285(8): 855–863.
- Zhao, S., Wu, X., Wang, L., Huang, Y., 2003, "Electrospinning of Ethyl – Cyanoethyl Cellulose / Tetrahydrofuran Solutions", *Journal of Applied Polymer Science*, 91(1): 242–246.
- Zhu, J., & Chai, X.-. (2006). Some Recent Developments in Headspace Gas Chromatography. *Current Analytical Chemistry*, 1(1): 79–83.
- Zhu, W., Gao, J., 2008, "The use of botanical extracts as topical skin-lightening agents for the improvement of skin pigmentation disorders", *Journal of Investigative Dermatology Symposium Proceedings*, 13(1): 20–24.



EK-1 β -arbutin salımı için oluşturulan kalibrasyon eğrisi



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : JUMAGELDİYEVA ŞİŞMAN, Ejebay

Uyruğu : Türkmenistan.

Doğum tarihi ve yeri :

Medeni hali

Telefon

e-mail

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Uşak Üniversitesi /Tekstil Mühendisliği Bölümü	2021
Lisans	Uşak Üniversitesi/ Tekstil Mühendisliği Bölümü	2017
Lise	Mekdep no 11	2010

İş Deneyimi

Yok

Yabancı Dil

İngilizce, Rusça

Yayınlar

Jumageldiyeva, E., Tayyar, A. E., Tetik, G. Kozmetik Tekstillerin Üretimi, Karakterizasyonu ve Performans Testleri ile İlgili Bir Derleme. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(4), 2400-2417.

Tetik, G., Jumageldiyeva, E., Tayyar, A.E. Elektrolif Çekim Yöntemi ile β -arbutin İçeren Nanolifli Tekstil Yüzeyi Üretimi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, (kabul edildi).

İlgi Alanları

Mikrokapsülasyon, nanoteknoloji ve karakterizasyonu

