



TEKSTİL VE MÜHENDİS
(Journal of Textiles and Engineer)

<http://www.tekstilvemuhendis.org.tr>



Tekstil Boyama İşlemlerinde Lipozomların Kullanımı

Application of Liposomes in Textile Dyeing Process

Pelin ALTAY, A. Merih SARIŞIK
Dokuz Eylül Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, İZMİR

Online Erişime Açıldığı Tarih (Available online): 27 Haziran 2012 (27 June 2012)

Bu makaleye atıf yapmak için (To cite this article):

Pelin ALTAY, A. Merih SARIŞIK(2012): Tekstil Boyama İşlemlerinde Lipozomların Kullanımı,
Tekstil ve Mühendis, 19: 86, 56-62.

For online version of the article: <http://dx.doi.org/10.7216/130075992012198608>

TEKSTİL BOYAMA İŞLEMLERİNDE LİPOZOMLARIN KULLANIMI

Pelin ALTAY

A. Merih SARIŞIK*

Dokuz Eylül Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, İZMİR

Gönderilme Tarihi / Received: 07.05.2012

Kabul Tarihi / Accepted: 20.06.2012

ÖZET: Tekstil proseslerinin ekolojik olarak gerçekleştirilmesinde fosfolipitler gibi doğal ürünlerin kullanımına ilgi giderek artmaktadır. Lipozomlar, sulu iç bölgeye sahip fosfolipitten meydana gelen çift katmanlı yapılardır. Aktif maddenin hücre zarının bir ucundan öbür ucuna taşınmasına olanak tanıyan lipozomlar; eczacılık, kozmetik, gıda, deterjan, tekstil ve bunun gibi birçok alanda uygulama potansiyeline sahiptir. Son yıllarda, lipozomlar daha düşük sıcaklıklarda ve çevreye duyarlı bir şekilde tekstil üzerine boyarmaddelerin aktarılmasında taşıyıcı olarak araştırılmaktadır. Ülkemizde lipozomların üretimi laboratuvar ortamındaki çalışmalarla sınırlı kalmıştır. Bu çalışmada, lipozomların genel özellikleri hakkında bilgi verilmiş ve özellikle yün boyamada olmak üzere boyama işlemlerinde lipozomların diğer tekstil yardımcı maddelerle birlikte kullanımı üzerine çalışmalar incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Lipozom, tekstilde kapsülleme, tekstilde boyama, yün boyama

APPLICATION OF LIPOSOMES IN TEXTILE DYEING PROCESS

ABSTRACT: There is an increasing interest in using natural products such as phospholipids to create ecofriendly textile processes. Liposomes are the bilayers composed by phospholipids encapsulating an inner solution phase. Liposomes allowing transport of active agent to one end of cell membrane to the other one have potential application in numerous fields, such as pharmaceuticals, cosmetics, foods, detergents and textiles. Recently, liposomes have been investigating as carriers in transferring dye molecules on textile material at lower temperature and environmentally. Production of liposomes has been limited in laboratory environment in our country. This study provides information on general characteristics of liposomes and the studies on the use of liposomes in textile dyeing processes with other textile auxiliaries, especially wool dyeing, were examined.

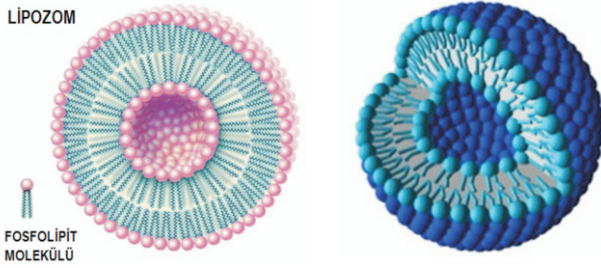
Key words: Liposomes, encapsulation in textile processes, dyeing processes in textile, wool dyeing

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author: merih.sariisik@deu.edu.tr*

DOI: 10.7216/130075992012198608, www.tekstilvemuhendis.org.tr

1. GİRİŞ VE GENEL BİLGİLER

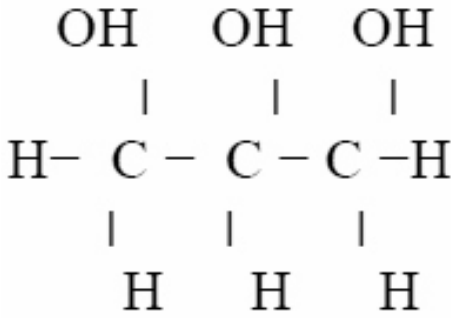
Lipozomlar, sulu iç bölgeye sahip kapalı keseciklerden oluşan, çapları 10 nm ile 10 µm arasında değişen küresel fosfolipit tabakalarıdır [1]. Lipozomlar, yüzey aktif biyolojik lipitler tarafından oluşturulmuş keseciklerdir. İçerisindeki sulu bölgesi, çift katmanlı lipit tabakaları arasında hapsedilmiştir. Fosfatidilkolin, lipozomların üretiminde en yaygın olarak kullanılan biyolojik lipittir [2]. Şekil 1'de tek tabakalı lipozomun şematik görünümü verilmiştir.



Şekil 1: Tek tabakalı (Unilamellar) lipozom [3, 4]

Lipozomlar, hidrofobik ve hidrofilik iki kısımdan meydana gelmektedir. Hidrofilik kısım, fosfat ve kolin gruplarından meydana gelirken; hidrofobik kısım iki hidrokarbon zincirinden oluşmaktadır [5, 6].

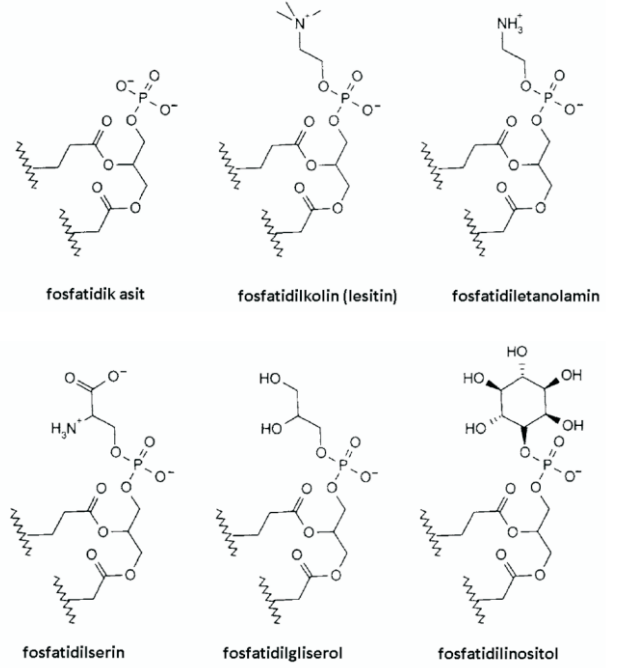
Lipozomlar, genellikle soya yağı veya yumurtadan elde edilen yüksek derecede saflaştırılmış fosfolipitlerden üretilmektedir [10]. Gliserolün bir karbonuna fosforik asit, diğer iki karbonuna yağ asitlerinin ester bağıyla bağlanması sonucu, fosfolipitlerin yapısındaki ana madde olan fosfatidik asit oluşur. Gliserin (Şekil 2), diğer adı "gliserol" olan lipitlerin yapısında bulunan üç karbonlu bir alkolüdür.



Şekil 2. Gliserol [7]

Gliserin molekülünün 3 numaralı OH grubu önce fosforik asit ile esterleşir, sonra fosforik asidin bir oksijeni değişik moleküllerle örneğin; gliserin, kolin, etanolamin, serin ve inositol ile tekrar esterleşerek hidrofilik baş grubunu oluştururlar. Gliserinin 1 ve 2 numaralı OH grupları uzun zincirli yağ asitleri ile esterleşerek hidrokarbon zincirini oluştururlar. Yağ asitlerinin zincir uzunlukları ve doyma- mışlık dereceleri fosfolipitlerin özelliklerini belirlerler.

Fosfolipitlerin içerdikleri başlıca doymamış yağ asitleri; oleik, linoleik, linolenik ve araşidonik asitler, doymuş yağ asitleri ise; laurik, miristik, palmitik, stearik ve araşidik asitlerdir [8]. Şekil 3'te lipozomu oluşturan fosfolipit yapıları verilmiştir.



Şekil 3. Lipozomu oluşturan fosfolipit yapıları [9]

Tablo 1'de lipozomların hazırlanmasında kullanılan çeşitli lipitler verilmiştir. Bu moleküller, iki alkil gruplu ve bir amfoterik gruplu gliserolün türevleridir [5].

Tablo 1. Farklı yüklü lipit çeşitleri [5]

Katyonik	Diöleil-Trimetilamonyum-propan
	N-Metil-4(diöleil)-metilpiridinyumklorid
	N-Metil-4(stearil)-metilpiridinyumklorid
	Diöleil-fosfatidil-etanolamin
	N-(1-(2,3-diöleiloksi)propil)-N,N,N,-trimetilamonyum klorid
	1,2-bis(oleiloksi)-3-(trimetilamonyum)propan
	3b(N-(N,N,N,-dimetilaminoetan)-karbamoil) kolesterol
	1,2-dimyristoil-P-O-etilfosfatidilkolin
Anyonik	Diöleil fosfatidik asit
	Diöleil fosfatidilgliserol kardiolipin
	Diöleil fosfatidilserin
	Fosfatidik asit
	Pirofosfatidik asit
	Fosfatidilgliserol
Nötral	Diöleil-fosfatidilkolin
	Fosfatidilkolin
	1,2- dimiristoil-sn-gliserol-3-fosfatidilkolin
	1,2- dimiristoil -sn- gliserol-fosfatidiletanolamin
	1,2_ dimiristoil-sn-gliserol-fosfatidilkolin
	1-palmitoil-2-oleil-sn-gliserol-3-fosfatidilkolin

Lipozom üretiminin ilk evresinde, fosfolipit molekülleri kendiliğinden bir araya gelerek çift tabakalı yapı oluşturmaktadır. Bu çift tabakalı yapının oluşumu esnasında, hidrofobik bileşikler membran içerisine katılmaktadır. Daha sonra, çift tabakalı yapının uç kısımları kendi etrafını sararak ve birbirlerine kenetlenerek lipozomu oluşturmaktadır. Lipozom kesecikleri, sulu fazın bir kısmının çevresini sarmakta ve böylece sulu faz içerisinde bulunan hidrofilik bileşikler buraya hapsolmektedir [10].

Lipozom üretimi için, Bangham metodu, donma-çözülme metodu (freze-thawing method), süpersonik iradyasyon metodu (supersonic irradiation method), ters-faz buharlaştırma metodu (reverse-phase evaporation method) ve deterjan-diyaliz metodu (detergent dialysis method) gibi birkaç yöntem bulunmaktadır [11]. Lipozomlar, ilk olarak 1974 yılında Bangham tarafından keşfedilmiştir. Bu yöntemde, lipitler ilk önce kloroform veya kloroform/etanol karışımı içerisinde çözülür. Organik çözügen uzaklaştırıldıktan sonra, elde edilen ince lipit filmine sulu tampon çözeltisi ilave edilerek ve lipitin faz-geçiş sıcaklığının üzerinde bir sıcaklıkta çözelti karıştırılarak kuru lipit filminin basit bir şekilde hidrasyonu gerçekleştirilmektedir. Bu çok katmanlı yapıların sonikasyonu, ekstrüzyonu ve homojenizasyonu ile tek katmanlı lipozomlar üretilebilmektedir [5, 12, 15]. Bangham yöntemi kullanılarak hazırlanan lipozomlar, 0.05-10 µm çapına sahip multilamel (çok tabakalı) lipozomlar (MLV)'dir. Üretilen lipozomların farklı gözenek çapına sahip polikarbonat membranlardan geçirilmesi ile istenilen büyüklüğe ve homojen büyüklük dağılıma sahip lipozomlar elde edilmektedir [16].

Lipozomlar, biyolojik membranlar için model olarak uzun süre kullanılmıştır. 2000li yılların başında, lipozomların ilaç, gen tedavisi ve diğer birçok medikal ve kozmetik uygulamalarda taşıyıcı olarak kullanımının gelecek vaat ettiği kanısına varılmıştır [11].

Lipozomların, suda çözünebilir maddeleri iç bölgelerindeki sulu fazı içerisine, yağda çözünebilir maddeleri ise çift katmanlı lipit tabakaları içerisine hapsedebilme özelliklerinden dolayı, ilaç salım sistemleri için taşıyıcı olarak kullanımı gelecek için önemli bir araştırma alanı olacaktır. Lipozomları belirli bir bölgeye (hücreye veya dokuya) hedeflemek için lipozomların yüzeyi, galaktoz ve aldoz şekeri (mannoz) gibi şekerlerle veya polietilenglikol ve poligliserol gibi hidrofilik bileşikler ile kolaylıkla modifiye edilebilmektedir. Böylelikle; lipozomlar, belirli bir hücreyi hedef alan ve yan etkileri azaltılmış kanser tedavisi gibi çeşitli hastalıkların tedavisinde ve genlerin lipozom kesecikleri içerisine hapsedilmesi yoluyla gerçekleştirilen gen terapisi gibi çeşitli tıbbi

uygulamalarda uygulama potansiyeline sahiptir. Lipozomlar, aynı zamanda ilaç formülasyonlarında ve kozmetik alanda yaygın olarak kullanılmaktadır [11].

1.1 Kapsülleme Verimliliği

Keseciklerin oluşumu esnasında, lipozomların bileşikler içerisine hapsedebilme verimliliği, kapsülleme verimliliği olarak bilinmektedir [10]. Lipozomların kapsülleme verimliliği; kapsüllenen maddenin kimyasal yapısına, ortam çözeltisinin çeşidine, lipozomların yapısına (çift katmanları arasındaki kolesterol miktarına) ve lipozom konsantrasyonuna bağlıdır [5].

Lipozom yapısı içerisinde tutulan bileşikler, ya sulu faz içerisine hapsolmakta ya da çift tabakalı membran yapısına katılmaktadır. Kapsülleme verimliliğinin hesaplanması genellikle, lipozomun yapısına katılmayan bileşiklerin uzaklaştırılması ve geri kalan materyalin hepsinin lipozom içerisine hapsoldüğünün varsayılmasına dayanmaktadır.

Çift tabakalı membran, çok çeşitli hidrofobik bileşikler taşınmasına olanak sağlayan kovalent olmayan bağlar tarafından birbirine tutunmaktadır. Bu bileşiklerin membran içerisine hapsolme oranı, yaklaşık olarak ağırlıkça % 10'a kadar çıkmaktadır. yüzde oranının membranın akıcılığını ve geçirgenliğini etkileyebilmesine rağmen, membran yapısı bozulmamaktadır. Yüksek derecede hidrofobik materyaller ve organik çözügenler kullanılarak gerçekleştirilen lipozom hazırlama yöntemleri için; lipozomun büyüklüğü, tipi ve bileşimi dikkate alınmaksızın kapsülleme oranı genellikle % 100'e yakındır. Düşük derecede hidrofob olan moleküller için lipozom içerisindeki bileşimin konumu ve lipozomun kapsülleme verimliliği; lipozomun hidrofobik ve hidrofil fazlar arasında bölümlere ayrılmasına bağlıdır [10].

Marti ve arkadaşları [17], Bangham metoduna göre asit boyarmadde moleküllerini lipozom içerisine iki farklı şekilde (sulu faz ve organik fazdan) kapsüllemiş ve lipozomların kapsülleme verimliliklerini değerlendirmişlerdir. İlk yöntemde; organik çözügen uzaklaştırılarak elde edilen kuru lipit filmine sulu boyarmadde çözeltisi ilave edilmiştir. Böylelikle lipozomların oluşumları anında boyarmadde molekülleri lipozomların sulu iç bölgelerine penetre olmuştur. Diğer yöntem olarak; lipit ve boyarmadde molekülleri ilk önce organik faz (kloroform-metanol karışımı) içerisinde karıştırılmış ve çözügen uzaklaştırıldıktan sonra, elde edilen lipit-boyarmadde karışım filmine sulu tampon çözeltisi ilave edilerek filmin hidrasyonu gerçekleştirilmiştir. Böylelikle; lipozom oluşumundan önce boyarmadde molekülleri lipit matrisi içerisine dağılmıştır. Bu iki yöntemde göre elde edilen lipozomların kapsülleme verimlilikleri karşılaştırıldığında, asit boyarmadde dellerinin organik fazdan kapsüllemesi, sulu fazdan

kapsüllemesine göre daha etkili olduğu görülmüştür. Asit boyarmaddelerinin organik fazdan lipozom içerisine kapsüllemesindeki doyma seviyesinin, sulu fazdan kapsüllemesindeki maksimum doyma seviyesinden 3-4 kat daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu da; asit boyarmaddelerin lipit tabakalarına bağlanmasında esas olarak hidrofobik etkileşimlerin rol oynadığı anlamına gelmektedir.

1.2 Lipozomların Stabilitesi

Lipozomlar, termodinamik açıdan kararsız olduklarından; hazırlanma yöntemleri lipozomların partikül büyüklüğü, ortalama büyüklük dağılımı, tabakalaşma ve kapsülleme verimliliği gibi fizikokimyasal özelliklerini etkilemektedir [16].

Lipozomlar, kendiliğinden bir araya gelme davranışı göstermektedir. Tekstil proseslerinde lipozomların kullanımı; pH, sıcaklık, süre ve lipit tabakaları arasındaki kolesterol miktarına bağlı olan fizikokimyasal stabiliteyi gerektirmektedir. Agregasyon veya çözünabilirlikten dolayı lipozomların boyutlarında meydana gelen değişim, spektrofotometre ve dinamik ışık saçılması metodu kullanılarak, bu sistemlerin hem absorpsiyonunda hem de ortalama kesecik büyüklük dağılımındaki değişimler ölçülerek tayin edilebilmektedir.

Lipozomlar, asidik ve bazik ortamda ve 40-80 °C'de fizikokimyasal stabiliteye sahiptir. Lipit tabakaları, sıcaklığa bağlı olarak jel veya sıvı faz formunda bulunabilmektedir. 40-50 °C'de agregasyondan dolayı lipozomların partikül büyüklük dağılımında herhangi bir değişim gözlenmektedir. Bununla birlikte; sulu işlem esnasında sıcaklığın artışıyla (60-80 °C) lipozom agregasyonu gözlenmektedir. Sıcaklığın daha da yükselmesiyle, agregasyon artmaktadır. Yüksek sıcaklıkta, lipozomlar kumaş yüzeyinde depolanan ve etken maddenin absorpsiyonuna karşı hidrofobik bariyer meydana getirebilen tek polimer zincirli dispers fosfolipitlere dönüşmektedir. Boyama sıcaklık aralıkları, her zaman lipozomları oluşturan lipitlerin geçiş sıcaklığından yüksektir. Bu nedenle; 40-80 °C sıcaklık aralığında lipozomlar en iyi performans göstermektedir.

Sulu işlem esnasında, süre uzatıldığında lipozomların stabilitesi düşmekte ve lipozomların konsantrasyonundaki artış ile kesecik büyüklüğü artmaktadır. Lipozomların yapısındaki kolesterol miktarındaki artış ile bu sistemlerin stabilitesi artış göstermektedir. İşlem süresine bağlı olarak, sodyum hipoklorit çözeltisi içerisindeki lipozomların stabilitesi, doğrudan yükseltgen madde ve lipitler arasındaki molar oranla ilişkilidir. Boyama işlemi esnasında, lipozomların büyüklüklerinde küçük bir artış meydana gelmektedir.

Lipozom konsantrasyonundaki artış, boyamanın son evresinde boyarmadde alımında düşüşe yol açmaktadır. Bu durum, lipozomların stabilitesi ile ilişkilendirilebil-

mektedir. Lipozomlar, boyamanın son evresinde dispers fosfolipitlere dönüşmekte ve yün lifi yüzeyinde depolanarak son boyama sıcaklığında boyarmadde alımında düşüşe yol açabilmektedir [5].

2. LİPOZOMLARIN BOYAMA İŞLEMLERİNDE KULLANIMI

Tekstil proseslerinin ekolojik olarak gerçekleştirilmesinde fosfolipitler gibi doğal ürünlerin kullanımına ilgi giderek artmaktadır. Son yıllarda, lipozomlar, uygun maliyetli ve çevreye duyarlı bir şekilde tekstil üzerine boyarmaddelerin aktarılmasında taşıyıcı olarak araştırılmaktadır [6, 18]. Araştırmalar, lipozomların boyamada yaygın olarak kullanılan çeşitli sentetik yardımcı maddelere alternatif bir araç olarak kullanılabileceğini göstermektedir [5].

Yapısal özelliklerinden dolayı, lipozomlar sulu fazı içerisinde hidrofil boyarmaddeleri (reaktif, asit ve bazik boyarmaddeler) ve fosfolipit çift katmanlı yapıları arasında hidrofobik boyarmaddeleri (dispers boyarmaddeler) kapsülleyebilmektedir [19, 20].

Tekstil boyama işlemlerinde, konvansiyonel olarak sentetik yardımcı maddelerle ve yüksek sıcaklıklarda (100 °C ve daha yüksek sıcaklıklarda) çalışılmaktadır. Bu faktörlerin, hem tekstil (lif zararı) hem de çevre üzerine (atık su yükü) olumsuz etkileri bulunmaktadır. Boyama işleminde, lipozomlar kullanılarak bu problemler azaltılabilmektedir. Lipozomların yün, ipek, yün/pes ve polyester boyamada taşıyıcı olarak kullanımı üzerine birçok araştırma yapılmış ve saf yün ve yün karışımlarıyla elde edilen sonuçlar mükemmel çıkmıştır [17, 18]. Yün boyama işleminde, lipozomlar hem laboratuvar hem de endüstriyel ölçekte uygulanmaktadır. Yapılan çalışmalar; boyarmadde alımı, boyarmadde fiksajı ve tekstil tutumu açısından, lipozomların yün boyama işleminin optimizasyonunda sentetik yardımcı maddelere alternatif olarak kullanılabileceğini göstermektedir [17].

2.1 Yün Boyama

Yünün düşük sıcaklıkta boyanması esnasında, boya banyosunda çeşitli sentetik yardımcı maddeler yaygın olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda ticari lipozomlar çoğunlukla yün boyamada olmak üzere boyama işlemlerinde diğer tekstil yardımcı maddeleriyle birlikte kullanılmaktadır [2].

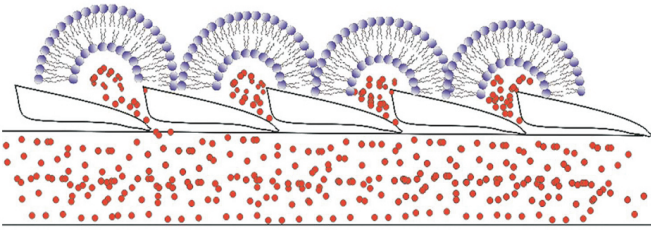
Yünün düşük sıcaklıkta boyanmasının birçok avantajı vardır. En önemli avantajı enerji tasarrufudur. Bunun yanı sıra; sıcaklığın düşürülmesiyle ya da yüksek sıcaklıkta boyama süresinin kısaltılmasıyla lifler korunmaktadır. Yün ve yün karışımlarının lipozom içeren boya banyosunda boyanması; enerji tasarrufu sağlamak ve düşük çevresel etkilerle birlikte; liflere daha doğal bir tutum ve iyileştirilmiş kalite özelliği kazandırmaktadır [2]. Yün

ve yün karışımlarının lipozom varlığında boyanmasında, boyama sıcaklığında belirgin bir düşüş (konvansiyonel boyama işlemi ile kıyaslandığında yaklaşık 10 °C) sağlanmaktadır. Ürünün boyama düzgünlüğü ve mekanik özellikleri iyileştirilmektedir. Atık su yükünde de belirgin bir düşüş meydana gelmektedir [1].

2.1.1 Lipozom-Yün Etkileşimi

Yün, bilindiği üzere, lipitleri içeren doğal hücrel liflerdir ve lipozomlar da lipitlerden meydana gelmektedir. İşte bu sebeple; yün liflerinin yüzey işleminde lipozomların kullanılması, lipozomların yün hücre bileşimine katılabilme yeteneğinden ve farklı yapıdaki maddeleri kapsülleyip, bu maddelerin taşıyıcı rolü üstlenmesini sağlamasından dolayı özel bir önem taşımaktadır. Yün yüzey modifikasyonunda, lipozomların hücre üzerinde taşıyıcı olarak çok etkin rol oynadığı ve bununda iyileştirilmiş çok farklı etkilere sahip yeni yün materyallerinin yaratılmasına ışık tutacağı kuşkusuzdur [26].

Lipozom içerisine kapsüllenmiş boyarmadde, yün lifleri tarafından absorbe edilmekte ve lipozomun lipit bileşenleri ile yünün kompleks hücre membranı (CMC) arasında boyarmadde difüzyonunun hızlanmasına yol açan karşılıklı etkileşim meydana gelmektedir. Bu da, yün kumaşı düşük sıcaklıklarda kısa süreli boyamada, boya banyosuna lipozom (mevcut boya yardımcı maddelere alternatif olarak) eklenmesinin uygun olduğu anlamına gelmektedir [1]. Kapsüllenmiş boyarmadde, yün liflerine doğru daha iyi boyarmadde alımı gerçekleştirerek yavaş yavaş serbest bırakılmaktadır. Şekil 4'te lipozom içerisindeki boyarmadde moleküllerinin yün liflerine doğru difüzyonu gösterilmektedir.



Şekil 4. Lipozom içerisine kapsüllenmiş boyarmadde moleküllerinin yün liflerine doğru difüzyonu [17]

Yapısal olarak; yün lifleri, kütikula ve kortikal hücrelerin "kompleks hücre membranı" (CMC) tarafından birbirine tutunması ile bir araya gelmektedir. Liflerin boyanma ve difüzyon özellikleri, büyük çoğunlukla yünün iç yapısındaki lipitler tarafından oluşturulan bu membran yapısından etkilenmektedir. Bu lipitler, toplam lif ağırlık oranının sadece % 1.5'ini oluşturmakta ve üç ana lipit çeşidinden meydana gelmektedir: steroller, serbest yağ asitleri ve polar lipitler. Yünün iç yapısındaki lipitlerin, yün liflerinin geçirgenliğini etkilediği bilinen, hücre membranı

yapısında (CMC) tabakalar halinde sıralandığı varsayılmaktadır. Yün lifleri içerisine kimyasal maddelerin taşınmasında kompleks hücre membranı (CMC) önemli rol oynamaktadır.

Lipozom-yün etkileşimleri, fosfolipitlerin yün lifleri tarafından absorpsiyonu ve yün lipitlerinin çözünabilirliğinden dolayı hücre membranı yapısında meydana gelen yapısal değişimler ile açıklanabilmektedir. Lipozom-yün arasındaki karşılıklı etkileşimlerle ilgili çalışmalar, lipozom ve yün lifleri arasında bazı lipit materyallerinin yer değiştirebileceğini göstermektedir. Yün lifleri lipozomlar ile işleme tabi tutulduklarında, lipozomun yapısındaki fosfatidilkolin yün tarafından absorbe edilmekte ve yünün kompleks hücre membran bütünlüğünü bozmadan yünün hücre yapısına katılmaktadır. Yün lipit tabakaları arasındaki fosfolipitlerin varlığı, yün lifleri içerisine boyarmaddenin geçirgenliğini dolayısıyla difüzyonunu etkilemektedir. Yün lifleri lipozomlar ile işlem gördüklerinde, yün liflerinden polar lipitlerin uzaklaşması ve fosfolipitlerin (PC) yün lifleri içerisine penetrasyonu eş zamanlı olarak gerçekleşmektedir. Esas olarak seramid ve kolesterol sülfattan meydana gelen polar lipitler, kimyasal yapı ve membran davranışı açısından fosfatidilkolinden önemli derecede farklılık gösterdiğinden dolayı; böyle bir yer değiştirme olayı yünün hücre membranı yapısını, dolayısıyla boyarmadde moleküllerinin yün liflerine doğru geçirgenliğini büyük oranda etkilemektedir [17].

2.2 Önceki Çalışmalar

De La Maza A. ve arkadaşları [21], yün liflerinin 1:2 metal kompleks boyarmaddeyiyle boyanmasında boyarmaddeyi lipozom içerisine kapsüllemişlerdir. İşlem görmemiş yün üzerine boyarmaddenin taşınması, boyarmadde alımı, lif içerisine boyarmaddenin difüzyonu ve life bağlanan toplam boyarmadde miktarının lipozomların tabakaları arasındaki fosfatidilkolin (PC) konsantrasyonuna ve PC/boyarmadde ağırlık oranına bağlı olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu etkinin, boyarmadde moleküllerinin lifler içerisine difüzyonuna yardımcı olmasının yanı sıra, boyama hızının kontrolünde ve yün üzerine boyarmaddenin uniform bir şekilde dağılımında önemli bir rolü olduğu düşünülebilmektedir. Ayrıca; lipozomların boyama işlemi esnasında pH 5.5'te stabil olduğu ve bu stabilitenin de katmanlar arasındaki fosfatidilkolin konsantrasyonuna bağlı olduğu sonucuna varılmıştır. De La Maza [22], başka bir çalışmada, konvansiyonel boyamada gereken sıcaklıktan daha düşük sıcaklıkta ve daha kısa sürede boyama işleminin gerçekleştirilmesi için ticari lipozomlarının boya banyosuna katılmasının uygun olduğunu ortaya koymuştur. Montazer M. ve arkadaşları da [1], benzer sonuçlar elde etmiş ve yün kumaşın 85 °C'de iyi mekanik ve tutum özelliğinin yanı sıra tatmin edici seviyede boyarmadde alımı ve fiksajı sağlanarak boyanabileceği sonucuna varmışlardır. Lipozom içeren boya banyosunda boyanan örnek-

lerin yıkama haslık özelliklerinin de iyileştiği gözlenmiştir. Zawahry M.M. ve arkadaşları [19], yün ve yün karışım kumaşlarının boyanmasında etkili boyarmadde alımının gerçekleşmesi ve iyi düzgünleşme özelliğinin sağlanması açısından lipozomların yün boyama işleminin optimizasyonunda kullanımının uygun olduğu görüşünü desteklemiştir. Marti ve arkadaşları [2], 80-85 °C'nin altındaki sıcaklıklarda, (sodyum sülfat kullanılmadığında bile) lipozomların boyarmadde alımı üzerinde geciktirici etkisinin olduğunu, 85 °C'de ise boyarmadde alımında önemli bir artış olduğu ve 85-90 °C'de daha yüksek boyarmadde alım değerlerine ulaşıldığını ortaya koymuşlardır.

Yün dışında, ipek ve poliester boyama işlemlerinde de lipozomların kullanımı araştırılmıştır. Zawahry ve arkadaşları [23], ipek kumaşın asit ve reaktif boyarmaddeyle boyanmasında, lipozomun reaktif boyarmaddeleleri daha iyi kapsüllediği ve asit boyarmaddelelerinden daha iyi boyarmadde alımı sağladığı gözlenmiştir. Bu da; anyonik reaktif boyarmadde moleküllerinin ipek kumaşa doğru etkili salımının gözlemlendiği boyarmadde-lipozom sisteminin daha fazla afiniteye sahip olması ile açıklanabilmektedir. Bunun tam aksine; anyonik asit boyarmadde molekülleri içeren lipozom kesecikleri, ipek kumaşa doğru daha yavaş bir salım gerçekleştirmektedir. Marti ve arkadaşları [24, 25], poliester kumaşın dispersiyon boyarmaddeleleriyle boyanmasında lipozomların yüksek sıcaklıklarda boyarmadde molekülünün agregasyonunu önleyebildiği ve boyarmadde dispersiyonunu stabilize ederek boyarmadde moleküllerinin poliester kumaş içerisine absorpsiyonunu kolaylaştırabildiğini gözlemlemiştir.

3. SONUÇ

Lipozomlar; kapsüllenmiş materyalin yavaş yavaş serbest bırakılmasının önemli olduğu eczacılık, kozmetik, gıda, deterjan, tekstil ve bunun gibi çok çeşitli alanlarda uygulanabilmektedir. Lipozomların tekstil terbiye ve boyama proseslerinde kullanımı araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Özellikle; yün boyama işlemlerinin optimizasyonunda olmak üzere, lipozomlar boyama işlemlerinde boyarmadde taşıyıcısı olarak kullanılabilir.

Lipozomlar ile boyarmaddelelerin kapsüllemesi; boyarmadde alımının geliştirilmesinde ve boyarmadde-lif arasındaki bağ kuvvetlerinin, boyarmadde difüzyonunun ve dağılımının iyileştirilmesinde önemli rol oynamaktadır. Yün lifleri lipozom varlığında, konvansiyonel boyamadan daha düşük sıcaklıkta ve kısa sürede boyanabilmektedir. Böylelikle; daha ılıman koşullarda boyama yaparak, hem liflerin fazla zarar görmesi engellenmekte hem de enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Lipozomlar, doğal bir bileşik olan fosfolipitlerden meydana geldiklerinden

biyolojik olarak kolay bir şekilde parçalanabilmektedir. Dolayısıyla, boya banyosunda lipozomların kullanımı atık su yükünde de belirgin bir düşüşe neden olmaktadır.

Bütün bu sonuçlar; lipozomların başta yün boyamacılığı olmak üzere, tekstil boyamacılığında kullanımının gelecek vaat ettiğini göstermektedir. Ancak; ülkemizde lipozom üretimi laboratuvar ortamında sınırlı kalmakta, bu ürünler yurt dışından hazır olarak tedarik edilmektedir. Bu nedenle; böyle etkili ve çok yönlü kullanım imkanı sağlayan lipozom teknolojisine gerekli önem verilmeli ve ülkemizde lipozomların üretilmesi konusunda yapılan çalışmalara hız kazandırılarak, bu ürünlerin ticarileştirilmesine imkan sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Montazer, M, Validi, M., Toliyat, T., (2006), *Influence of Temperature on Stability of Multilamellar Liposomes in Wool Dyeing*, Journal of Liposome Research, 16:81-89.
2. Marti, M., De La Maza, A., Parra, J.L., Coderch, L., (2001), *Dyeing Wool at Low Temperatures: New Method Using Liposomes*, Textile Research Journal, 71(8), 678-682.
3. <http://www.britannica.com/EBchecked/media/92244/Phospholipids-can-be-used-to-form-artificial-structures-called-liposomes>, (Şubat 2012).
4. <http://classic.the-scientist.com/blog/display/57269/>, (Mart 2012).
5. Barani, H., Montazer, M., (2008), *A Review on Applications of Liposomes in Textile Processing*, Journal of Liposome Research, 18:249-262.
6. Yurdakul, A., Atav, R., (2007), *Lipozomların Yapısı ve Sınıflandırılması*, Tekstil ve Konfeksiyon 4243-247.
7. Milli Eğitim Bakanlığı Mesleki Eğitim Geliştirme Projesi (MEGEP), Lipitler, (2011), http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/modul_pdf/541GI0007.pdf.
8. Vemuri, S., Rhodes, C.T., (1995), *Preparation and Characterization of Liposomes as Therapeutic Delivery Systems: A review*, Pharmaceutica Acta Helvetica, 70, 95-111.
9. Hermanson, G.T., *Bioconjugate Techniques* (2008), *Preparation of Liposome Conjugates and Derivatives (Chapter 12)*, Published by Academic Press, Inc., 2nd Edition, 528-569.
10. Thompson, A.K., Couchoud, A., Singh, H., (2009), *Comparison of Hydrophobic and Hydrophilic Encapsulation Using Liposomes Prepared From Milk Fat Globule-derived Phospholipids and Soya Phospholipids*, Dairy Science and Technology, 89, 99-113.
11. Otake, k., Imura, T., Yoda, S., Takebayashi, Y., Sugeta, T., Nakazawa, N., Sakai, H., Abe, M., (2003), *Formation and Physicochemical Properties of Liposomes Using a Supercritical Reverse Phase Evaporation Method*, 2012 Şubat.
12. Bangham, A.D., Standish, M.M., Watkins, J.C., (1965), *Diffusion of Univalent Ions Across the Lamellae of Swollen Phospholipids*, Journal of Molecular Biology, 13, 238-252.
13. Otake, K., Shimomura, T., Goto, T., Imura, T., Furuya, T., Yoda, S., Takebayashi, Y., Sakai, H., Abe, M., (2006), *Preparation of Liposomes Using an Improved Supercritical Reverse Phase*

- Evaporation Method*, Langmuir, 22, 2543-2550.
14. Imura, T., Otake, K., Hashimoto, S., Gotoh, T., Yuasa, M., Yokoyama, S., Sakai, H., Rathman, J.F., and Abe, M., (2002), *Preparation and Physicochemical Properties of Various Soybean Lecithin Liposomes Using Supercritical Reverse Phase Evaporation Method*, Colloids Surfaces, B, 27, 133.
 15. De La Maza A., Manich, A.M., Coderch, L., Parra, J.L., (1995), *Multilamellar Liposomes Including Cholesterol as Carriers of Azobenzene Disperse Dyes in Wool Dyeing*, Textile Research Journal, 65(3), 163-170.
 16. Imura, T., Gotoh, T., Otake, K., Yoda, S., Takebayashi, Y., Yokoyama, S., Takebayashi, H., Sakai, H., Yuasa, M., Abe, M., (2003), *Control of Physicochemical Properties of Liposomes Using a Supercritical Reverse Phase Evaporation Method*, Langmuir, 19, 2021-2025.
 17. Marti, M., Barsukov, L.I., Fonollosa, J., Parra, J.L., Sukhanov, S.V., Coderch, L., (2004), *Physicochemical Aspects of the Liposome-Wool Interaction in Wool Dyeing*, Langmuir, 3068-3073.
 18. Nelson, G., (2002), *Application of Microencapsulation in Textiles*, Int. J. Pharm., 242, 55.
 19. El-Zawahry, M. M, El Shami, S., El Mallah, M. H., (2007), *Optimizing a Wool Dyeing Process with Reactive Dye by Liposome Microencapsulation*, Dyes and Pigments, 74, 684.
 20. De la Maza, A., Parra, J.L., Manich, A.M., (1993), *Lipid Bilayers Including Cholesterol as Vehicles for Acid Dyes in Wool Dyeing*, Textile Research Journal, 63, 643.
 21. De la Maza, A., Coderch, L., Serra, S., Parra J.L., (1997), *Phosphatidylcholine Unilamellar Liposomes as Vehicles for a 1:2 Metal Complex Dye in Wool Dyeing*, Textile Research Journal, 113, 165-169.
 22. De la Maza, A., Coderch, L., Manich, A.M., Marti, M., Parra J.L., (1998), *Optimizing a Wool Dyeing Process with an Azoic 1:2 Metal Complex Dye Using Commercially Available Liposomes*, Textile Research Journal, 68(9), 635-642.
 23. El-Zawahry, M.M., El-Mallah, M.H., El-Shami, S., (2009), *An Innovative Study on Dyeing Silk Fabrics by Modified Phospholipid Liposomes*, Society of Dyers and Colourists, Coloration Technology, 125, 164-171.
 24. Marti, M., Coderch, L., De la Maza, A., and Parra, J.L., (2007), *Liposomes of Phosphatidylcholine: A Biological Natural Surfactant as a Dispersing Agent*, Coloration Technology, 123, 237-241.
 25. Marti, M., De la Maza, A., Parra, J.L., Coderch, L., (2010), *Liposome as Dispersing Agent into Disperse Dye Formulation*, Textile Research Journal 81(4) 379-387.
 26. Sheveleva, I.A., Belokurova, O.A., Shcheglova, T.L., Mel'nikov, B. N., (2003), *Polyfunctional Properties of Liposomes in Preparation of Textile Materials*, Fibre Chemistry, 35, 1, 48-52.