



TEKSTİL VE MÜHENDİS
(Journal of Textiles and Engineer)

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



SİVRİSİNEK KOVUCU TEKSTİL MALZEMELERİ ÜZERİNE BİR DERLEME

A REVIEW ON MOSQUITO REPELLENT TEXTILE MATERIALS

Rumeysa ÇELEN¹
Dilayda KANMAZ¹
Cansu ARAS GÜL¹
Serkan YILDIZ¹
Mehmet TİRİTOĞLU¹
Şebnem DÜZYER GEBİZLİ¹
Serpil KORAL KOÇ¹
Esra KARACA^{1*}

¹Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye

Online Erişime Açıldığı Tarih (Available online):31 Aralık 2023 (31 December 2023)

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

Rumeysa ÇELEN, Dilayda KANMAZ, Cansu ARAS GÜL, Serkan YILDIZ, Mehmet TİRİTOĞLU, Şebnem DÜZYER GEBİZLİ, Serpil KORAL KOÇ, Esra KARACA (2023): Sivrisinek Kovucu Tekstil Malzemeleri Üzerine Bir Derleme, Tekstil ve Mühendis, 30: 132, 351- 367.

For online version of the article: <https://doi.org/10.7216/teksmuh.1341597>

Derleme Makalesi / Review Article

SİVRİSİNEK KOVUCU TEKSTİL MALZEMELERİ ÜZERİNE BİR DERLEME

Rumeysa ÇELEN¹ 

Dilayda KANMAZ¹ 

Cansu ARAS GÜL¹ 

Serkan YILDIZ¹ 

Mehmet TİRİTOĞLU¹ 

Şebnem DÜZYER GEBİZLİ¹ 

Serpil KORAL KOÇ¹ 

Esra KARACA^{1*} 

¹Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye

Gönderilme Tarihi / Received: 11.08.2023

Kabul Tarihi / Accepted: 04.12.2023

ÖZ: Koruyucu tekstiller modern insan hayatının önemli bir parçası haline gelmiştir. Değişen iklim koşulları ve yaygınlaşan bulaşıcı hastalıklar, insanların koruyucu tekstillere olan ihtiyacını arttırmaktadır. Sivrisinekler, pek çok zararlı organizmayı insanlara taşıyan, bu nedenle de hastalıklara ve ölümlere sebep olan böceklerdir. Toplum sağlığı açısından önemli bir tehdit kaynağı oldukları için sivrisineklerden korunma yöntemleri büyük önem arz etmektedir. Sivrisineklere karşı en etkili korunma yöntemi ise, tekstil malzemeleri ile kişisel korunmanın sağlanmasıdır. Sivrisinek kovucu maddelerin çeşitli yöntemlerle, konvansiyonel ve özellikle nanolifli tekstil yüzeylerine dâhil edilmesiyle hem yüksek oranda hem de uzun süre koruyuculuk sağlayan ürünler elde etmek mümkündür. Sivrisinek kovucu maddeler içerisinde doğal yağlar, insan sağlığı ve çevresel etkenler nedeniyle önem kazanmaktadır. Ancak bu maddeler uçucu yapıda oldukları için kalıcılıkları sınırlıdır. Bu nedenle, sivrisinek kovucu maddenin kontrollü salımına ve uzun süreli etkili olmasına olanak sağlayan mikrokapsülasyon teknikleri ön plana çıkmıştır. Bu makalede, sivrisineklerden koruma sağlayan tekstil malzemelerinin üretimi ve etkinliği üzerine yapılan çalışmalar incelenerek detaylı bir şekilde sunulmuştur. Ayrıca; sivrisinek kovucu maddelerin ve tekstil yapılarına entegrasyonunun, koruyuculuk ve toplum/çevre sağlığı üzerindeki etkileri tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sivrisinek, koruyucu tekstil, mikrokapsül, nanolif, kovuculuk testleri

A REVIEW ON MOSQUITO REPELLENT TEXTILE MATERIALS

ABSTRACT: Protective textiles have become an essential part of modern human life. Changing climatic conditions and spreading infectious diseases increase people's need for protective textiles. Mosquitoes are insects that carry numerous harmful organisms to humans, causing diseases and even fatalities. Due to their significance as a threat to public health, methods of protection against mosquitoes are of great importance. The most effective method of protection against mosquitoes is to provide personal protection using textile materials. It is possible to obtain products that offer both high and long-lasting protection by incorporating mosquito repellent substances into conventional and especially nanofiber textile surfaces with various methods. Among mosquito repellent substances, natural oils have attained significance due to their impact on human health and the environment. However, the durability of these substances is limited since they are volatile. Therefore, microencapsulation techniques, which allow the controlled release and prolonged effectiveness of mosquito repellent agents, become prominent. In this paper, the studies on the production and efficacy of textile materials that provide protection against mosquitoes are investigated and presented in detail. Furthermore, the effects of mosquito repellent materials and their integration into textile structures on protection and community/environmental health are discussed.

Key words: Mosquito, protective textile, microcapsule, nanofiber, repellency tests

*Sorumlu Yazarlar/Corresponding Author: ekaraca@uludag.edu.tr

DOI: <https://doi.org/10.7216/teksmuh.1341597> www.tekstilmuhendis.org.tr

1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ile birlikte teknik tekstil ürünleri içerisinde insan vücudunu tehlikeli ortamlardan ve etkilerden korumayı sağlayan tekstil yapıları önem kazanmaya başlamıştır. Koruyucu tekstiller; kişinin zararlı maddelere, kötü çevre koşullarına maruz kalma riskini önlemek ve bu riskten korunmasını sağlamak ve/veya bu riski azaltmak için kullanılan polimerik malzemelerdir. Sivrisinek kovucu özellik taşıyan tekstil malzemeleri, kovucuların topikal uygulanmasına gerek kalmadan, uzun süreli kişisel koruma sağlayarak hem hastalanmayı hem de hastalığın yayılmasını engeller ve böylece, toplum sağlığına katkıda bulunur.

Sivrisinek ısırtıklarından kişisel korunma, özellikle sıtma hastalığını kontrol etmek için en çok başvurulan önlemlerden biridir. Son zamanlarda, sivrisinek kaynaklı hastalıkların bulaşmasını önlemek için kovucuların kullanımı giderek daha fazla ilgi görmektedir. Genel olarak kovucular, buhar fazında hareket eden yüksek uçuculuğundaki sıvılardır. Kovucuların buharlaşma oranını sınırlamak, daha uzun ömürlü bir itici geliştirmenin anahtarıdır. Bu nedenle böcek kovucuların kapsüllenmesi, dağıtımlarını kontrol etmenin ve kullanıcının gereksiz yere maruz kalmasını sınırlamanın kilit bir yöntemidir [1].

Aktif kovucuların çeşitli matrislerde kapsüllenmesi ve salınması, yeni nesil kovucu sistemlerin geliştirilmesi için alternatif bir yöntem olarak ortaya çıkmıştır. Kapsülleme yöntemleri, uçucu yağın aktif bileşenlerinin kademeli ve kontrollü salınımını sağlarken etkinlik süresini artırmaktadır. Böylece, kovucuların ciltle doğrudan temas etmesi önlenirken; lifli yapıların yüksek spesifik yüzey alanları sayesinde maksimum iticilik sağlayan optimum buharlaşma kapasitesi elde edilebilmektedir [2-5]. Bugüne kadar çeşitli uçucu yağların kapsüllenecek tekstil yüzeylerine emdirilmesi yönünde çok sayıda çalışma yapılmıştır. Ancak söz konusu çalışmalarda geliştirilen özellikle giysi amaçlı çok kullanımlık tekstil kumaşlarının yıkama, aşınma gibi etkilere karşı dayanımları kritik hale gelmiştir. Tek kullanımlık nanolifli bir yüzey ile birleştirilmiş çeşitli uçucu yağ kapsüllerine yönelik çalışmalar ise daha başlangıç aşamasında olup, devam etmektedir.

Bu derlemede; sivrisinek kovucu tekstil malzemelerinin önemi, üretim yöntemleri, özellikleri ve etkinlikleri ile test yöntemlerine yer verilmiştir. Ayrıca; bu malzemelerin geliştirilmesinde nanoteknolojinin, kapsülasyon tekniklerinin ve bitkisel kaynakların kullanımının etkileri, literatürdeki son çalışmalar dikkate alınarak vurgulanmıştır.

2. SİVRİSİNEK VE ÖLÜMCÜL ETKİLERİ

Sivrisinek; subtropikal veya tropikal bölgelerde yaşayan çift kanatlılar (Diptera) takımı, böcekler (Insecta) sınıfı ve eklem bacaklılar (Arthropoda) şubesinin üyesidir ve dünyadaki en ölümcül hayvanlardan biridir. Sivrisinekler, insanlara çeşitli hastalıkların bulaşmasındaki rolleri nedeniyle dünya çapında böcek tehdidi olarak kabul edilmektedir. Özellikle; sıtma, dang humması, sarıhumma, ensefalit (beyin iltihabı) ve filaryaz (fil hastalığı) gibi birçok parazitsel hastalığı insanlara bulaştırırlar. Her yıl %90'ı Afrika'da olmak üzere 500 milyon kadar sıtma vakası meydana gelmekte ve yılda 2,7 milyon kadar ölüm

olmaktadır [6]. Dünya Sağlık Örgütü'ne göre; 2018 yılında 228 milyon, 2020 yılında 241 milyon sıtma vakası meydana gelmiş ve bunun sonucunda 2018 yılında 405.000, 2020 yılında 627.000 ölüm gerçekleşmiştir. Ölümün %80'i beş yaşın altındaki çocuklardır [1, 3, 7-9]. Dang humması, enfeksiyon riski taşıyan 2500 milyon insan ve 100'den fazla ülkede yılda 20 milyon vaka ile dünyanın en önemli sivrisinek kaynaklı virüs hastalığıdır [10]. Dünya çapında dang humması insidansı son 30 yılda 30 kat artmıştır [11]. Dünyada 3000'den fazla sivrisinek türü vardır, ancak pek çok ölüm ve hastalıktan sorumlu olduğu bilinen üç türü özellikle risklidir: Aedes, Culex ve Anopheles. Bu sivrisineklerin taşıdıkları hastalıklar Tablo 1'de listelenmiştir.

Sivrisinek ısırtıkları nedeniyle; alerjik reaksiyonlar geliştirmekte, bulaşıcılık artmakta, ısırtıkların kaşınması sonucu cilt bariyerinin zarar görmesi ile bakteriyel enfeksiyonlar oluşmakta ve yaşam kalitesi düşmektedir. Bütün bunların yanı sıra, özellikle sivrisinek kaynaklı hastalıkların yaygın olduğu bölgelerde, sivrisinek çoğalmasının önüne geçilmesi ve kontrol altına alınması ek maliyetler getirmekte ve küçümsenmeyecek bir ekonomik yük yaratmaktadır [12-14].

Tablo 1. Çeşitli sivrisinek türleri ile taşınan hastalıklar [6].

Sivrisinek türü	Taşıdığı hastalıklar
Aedes	Dang humması Çikungunya ateşi Rift vadisi ateşi Sarıhumma Zika virüsü
Culex	Japon ensefaliti Lenfatik filaryaz Batı Nil humması
Anopheles	Sıtma

3. SİVRİSİNEK KOVUCU MADDELER

Sıcakkanlı canlılarda bulunan karbondioksit ve laktik asit, sivrisinekler için çekici bir madde görevi görür. Sivrisinek kaynaklı hastalıklara karşı etkili bir aşının olmaması, sivrisinek ısırtıklarının kişisel korunma yöntemleriyle önlenmesini en önemli strateji haline getirmektedir. Bu nedenle, doğrudan açıkta kalan cilt üzerinde sivrisinek kovucuların kullanılması şiddetle tavsiye edilir. Sivrisinek ağı gibi fiziksel engeller dışında, böcek ısırtıklarını azaltmanın en başarılı yöntemi, böcekleri belirli bir alandan veya kişiden uzaklaştıran kimyasal bazlı kovucuların, genellikle aerosol tipi sprey veya topikal losyon ve jellerin uygulanması olmuştur [15]. Kovucu maddeler, sivrisinekleri çeken insan tenindeki kokuyu maskeleymeyi hedefler. Piyasada; B vitamini içeren yamalar, sonik cihazlar, kovucu kimyasal emdirilmiş bileklikler, kovucu madde içerikli kaplama boyaları, uçucu yağlar içeren difüzörler gibi pek çok farklı türde sivrisinek kovucu ürün (Şekil 1) mevcuttur [16]. Bununla birlikte mevcut kovucuların çoğu doğası gereği uçucudur ve etkinlikleri yalnızca kısa bir süre ile sınırlı olduğundan, sıklıkla yeniden uygulanmaları gerekir [4].



Şekil 1. Ticari sivrisinek kovucu ürün örnekleri [17-21]

Sivrisinek kovucu maddeler doğal ve sentetik olarak iki başlık altında sınıflandırılır. Yaygın olarak kullanılan doğal ve sentetik sivrisinek kovucu maddeler Tablo 2’de listelenmiştir.

3.1. Sentetik sivrisinek kovucu maddeler

Sentetik sivrisinek kovucu maddeler arasında en çok kullanılanlar Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (U.S. Food and Drug Administration, FDA) tarafından onaylanmıştır; DEET, Pikaridin, IR3535 ve Permetrin’dir. DEET böcek kovucu olarak 1946 yılında keşfedilmiş ve 1957 yılında ticari olarak kullanılmaya başlanmış en yaygın kullanılan sivrisinek kovucu kimyasallardan biridir [9, 22, 23]. Permetrin, krizantem çiçeklerinden elde edilen doğal bir insektisit olan piretrinlere benzer piretroid bazlı bir insektisittir. Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansına göre; kullanılan tek böcek veya sinek kovucu kimyasal olan permetrin, hem kovucu hem de öldürücü olarak fare, bit, kene, pire, sivrisinek ve siyah sineklere karşı kullanılır [6, 24, 25]. Pikaridin; DEET kadar güçlüdür, yapısal benzerliği nedeniyle DEET gibi benzer koku bağlama bölgeleriyle etkileşime girer. Ancak daha az toksiktir, daha az cilt tahrişine ve daha uzun süreli etkiye sahiptir. Diğer üç sentetik kovucuya göre bileşiminde daha az toksisite sunan IR3535, 6 aylıktan büyük çocuklara ve hamile kadınlara reçete edilebilir. Düşük toksisite seviyesi nedeniyle diğer kovucular arasında en iyi seçenek olmuştur [26].

Sentetik kovucuların bazıları, zararlı ve toksik etkilerle ilişkilendirilirken; bazıları, alerjik reaksiyonlara ve sinir sisteminde hasara neden olur. Örneğin; lipofilik özelliğinin bir sonucu olarak cilt tarafından emilerek daha derin katmanlara ve

kan damarlarına ulaşabilen DEET’in, yüksek konsantrasyonlarda ve uzun süreli kullanılması sonrasında kan dolaşımında yan etkiler, deri döküntüsü, nöbetler, beyin dejenerasyonu ve merkezi sinir sistemi toksisitesi bildirilmiştir [4, 22, 27, 28]. Bunların dışında sentetik kovucular sadece insanlar için toksik olmakla kalmayıp aynı zamanda çevreyi kirletmektedirler. Çevresel kaygılarla birlikte bazı sivrisineklerin mevcut sentetik kovuculara dirençli hale gelmesi sentetik kovucuların etkili kullanımlarını engellemiştir [29]. Son yıllarda, insan kullanımı için daha güvenli ve çevre dostu oldukları düşünüldüğünden, doğal kovuculara olan ilgi artmıştır [2].

3.2. Doğal sivrisinek kovucu maddeler

Günümüzde bitkisel kaynaklı ve doğal ürünlere olan talep tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanım hacminin gün geçtikçe artmasına neden olmaktadır. Son 20 yılda, tıbbi ve aromatik bitki ticaretinin yılda yaklaşık 60 milyar dolarlık pazar payına sahip olduğu bildirilmiştir. Bu veri, dünyadaki yıllık ilaç pazarının yaklaşık %20’sidir. Diğer taraftan, bilinen 3000 adet uçucu yağ çeşidinden sadece 300’ünün ticari öneme sahip olduğu kabul edilmektedir [30-33]. Tıbbi ve aromatik bitkilerin içeriğindeki etken maddelerin, sentetik yollarla sentezlenen etken maddelere göre etkisi daha fazladır. Bu nedenle tıbbi ve aromatik bitkiler; ilaç sanayi, tarım, dişçilik, kozmetik, parfüm, gıda ve meşrubat gibi pek çok endüstri alanında hızlı bir tüketime sahiptir [34-36].

Uçucu yağlar, terapötik aktiviteye sahip bitkilerin farklı bölgelerinden (tohum, yaprak vb.) elde edilen aromatik bileşiklerdir. Oda sıcaklığında sıvı olarak bulunan bu yağlar, açık sarı ya da sarı renkte ve yoğun kokuya sahiptirler. Kimyasal yapılarını yoğun şekilde terpen grupları oluşturmaktadır. Terpenlerin yanı sıra alkoller, fenoller, esterler, aldehitler, azotlu ve kükürtlü bileşikler de içermektedirler. Gıda katkı maddeleri, parfümler, kozmetik ve kişisel bakım ürünleri ve farmasötik ilaçlarda koku ve aroma olarak yaygın şekilde kullanılan bazı bitki uçucu yağlarının böcekleri uzaklaştırdığı uzun zamandır bilinmektedir ve sivrisinek kovucu olarak da tavsiye edilirler [37, 38]. Uçucu yağlar, yüksek iticilik derecesine, iyi bir kokuya sahip oldukları ve pratik olarak hiçbir zararlı etki göstermedikleri için alternatif bir doğal böcek kovucu olarak ortaya çıkmıştır. Doğal kovucu yağlar, böcekleri insan ve hayvan derisinden caydırabilen veya uzaklaştırabilen bir buhar bariyeri görevi görürler [28, 39].

Tablo 2. Yaygın olarak kullanılan doğal ve sentetik sivrisinek kovucu ve/veya itici maddeler [6]

Sentetik sivrisinek kovucular	Doğal sivrisinek kovucular	
DEET (N,N-dietil-meta-toluamid)	Sitronella yağı	Lavanta yağı
Permetrin (3-fenoksibenzil (IRS)-cis, trans-3-(2,2-diklorovinil)-2,2-dimetil siklopropan karboksilat)	Biberiye yağı	Karanfil yağı
Pikaridin (1-(1-metilpropoksikarbonil)-2-(2-hidroksietil) piperidin)	Nane yağı	Neem yağı
IR3535 (etil-3 [asetil(butil)amino] propionat)	Fesleğen yağı	Limon yağı
Malathion	Çay ağacı yağı	Kekik yağı
Karbamatlar	Okaliptüs yağı	
N,N-dietil fenilasetamid (DEPA) dimetil karbat		
Alletrin		

Literatürde; zencefil [40, 41], rezene [42, 43], fesleğen [44], karanfil [45], sandal ağacı [46], adaçayı, lavanta, yasemin [47], zerdeçal [48], biberiye [49], karabiber [50], paçuli [51], papatya [52], nane [53], zeytin [54], çay ağacı [55], sardunya [56], süpürge otu [57], okalipütüs [58], dere otu [59], hint inciri [60], kişniş [61], portakal [62, 63], sedir [64], tarçın [65], kafur [66], anason [67], civan perçemi [68] gibi çok sayıda uçucu yağın sivrisinek kovucu etkinliği ispatlanmıştır. Bu çalışmalarda, kullanılan yağların 20 dakika ile 8 saat arasında değişen sürelerde %90'dan fazla koruma sağladığı bildirilmiştir.

Doğal sivrisinek kovucular, geleneksel sinek kovucuların zarar verebileceği birçok hassas ağaç, çalı ve çime uygulanabilir, ayrıca doğal özler faydalı olan böcekleri etkilemez. Bu avantajlarının aksine doğal sivrisinek kovucuların etkinlik süreleri kısadır. Dolayısıyla uzun süre yoğun sivrisinek bulunan bir ortamda kullanılacaklarsa, uygulamayı sık sık tekrar etmek gerekmektedir. Ayrıca keskin kokuya sahip olduklarından solunum rahatsızlıklarını tetiklemektedirler [16].

Önceki çalışmalar, uçucu yağların birçok haşere zararlısına karşı kovucu etkileri yanında, memeliler için düşük toksisite, hedef olmayan organizmalarla uyumluluk ve daha az zararlı çevresel etkiler gibi faydalı özelliklerini de göstermiştir [69-72]. Ancak bu özelliklerine rağmen hızlı bir buharlaşmaya ve dolayısıyla kısa bir koruma süresine sahiptirler. Ayrıca uçucu yağların çoğu, suda düşük çözünürlük ve ısı, nem ve oksijen gibi çevresel faktörlere karşı düşük stabilite gibi zayıf fiziksel özelliklere sahiptir. Bu nedenle, uçucu yağların bir nano taşıyıcı içinde kapsüllenmesiyle emülsiyon, misel, jel, yama, mikrokapsül, nanopartikül veya nanokompozit şeklinde kontrollü bir salım sisteminin oluşturulması ve böylece, aktif bileşenlerinin korunması ve stabilitelerinin artırılması zorunludur [38, 73-75].

4. SIVRİSİNEK KOVUCU ÖZELLİKTE TEKSTİL MALZEMELERİ

İnsan vücudunun büyük bir bölümünü kapladığından, dış etkilere karşı koruma sağlamak için ideal olan tekstil malzemeleri; böceklerin, sineklerin/sivrisineklerin ve diğer antropoidlerin girişine karşı fiziksel olarak bir bariyer görevi görebilirler. Giysilere ve farklı kumaş yapılarına sivrisinek kovucu ajanların uygulanması, cilt üzerine yapılan direk uygulamalara kıyasla, aşırı duyarlı tepkilerin olasılığını azalttığı için daha fazla tercih edilmektedir. Sivrisinek kovucu özellikte bir tekstil malzemesi, sivrisinekleri uzaklaştırabilir veya temas halindeyken öldürebilir [76]. Sinek veya sivrisinek kovucu tekstil ürünleri ilk defa Rozendaal [77] tarafından Tablo 3'teki gibi sınıflandırılmıştır.

Günümüzde, gelişen teknoloji sayesinde daha farklı yapıda ve fonksiyonel özellikte ürün çeşitliliği mevcuttur. Şekil 2'de sivrisinek kovucu tekstil ürünlerine ait örnekler sunulmuştur.

Sivrisinek kovucu doğal veya sentetik maddelerin, aşağıdaki yöntemlerle tekstil yapılarına uygulanması/dahil edilmesi ile

sivrisinek kovucu özellikte tekstil malzemelerinin eldesi mümkündür:

1. Kovucu maddenin sentetik iplik üretim aşamasında polimer matrise karıştırılması ile sivrisinek kovucu özellikte ipliklerin eldesi
2. Kovucu maddenin kumaş yüzeylerine emdirilmesi, püskürtülmesi, kaplanması vb. ile sivrisinek kovucu özellikte kumaşların eldesi
3. Kovucu maddenin nanolif üretimi esnasında polimer matrise karıştırılması ile sivrisinek kovucu özellikte nanolifli yüzeylerin eldesi

Tablo 3. Sinek/sivrisinek kovucu tekstil ürünlerinin sınıflandırılması [77]

Giysi	Döşemelik kumaş/ Dış mekân tekstili
Kaplanmış ceket	Çıkarılabilir yamalar
File ceket	Hamak
Kuşak ve çorap	Perde
File başlık	Yatak örtüleri
Yelek	Cibinlik
Tişört ve pantolon	Sineklik



Şekil 2. Sivrisinek kovucu tekstil ürünleri; (a) cibinlik, (b) dış mekânlar için cibinlik, (c) yapıştırılabilen yama, (d) ceket, pantolon ve eldiven, (e) fileli şapka, (f) çorap [78-82]

Hem ticari ürünlerde hem de yapılan çalışmalarda, sinek kovucu etkinliğin ömrü endişe edilen noktalardan biridir. Farklı sinek kovucular farklı koruma sürelerine sahiptir. Aynı zamanda sinek kovucu malzemelerin yıkamaya karşı dayanımının da yüksek olması istenir [6, 83-85]. Bu nedenle genellikle, kapsülasyon tekniği kullanılarak koku bileşikleri önce kapsülendir ve ardından tekstil yüzeylerine uygulanabilir veya dahil edilebilir. Temel olarak, kapsüllenme prosesinde, küçük küreler aktif malzemeyi korumak için ince bir kabuk filmle kaplanır. Isı, ışık ve oksijen gibi çevresel faktörler tarafından etkilenen antimikrobiyel, böcek itici gibi malzemelerin özellikleri bu teknoloji sayesinde kolaylıkla korunur. Buna ek olarak, insanlar da bu malzemelerin daha düşük dozlarının maruziyetine uğramış olurlar. Sivrisinek kovucuların kapsülendirilmesi aynı zamanda istenen etkiyi uzatması

nedeniyle de cazip hale gelmiştir. Kapülasyon prosesi ile fonksiyonel özellikleri korumak mümkündür [86, 87]. Şekil 3’de, mikro/nanokapsüllerin kumaş yüzeylerine uygulanma yöntemleri şematize edilmiştir.

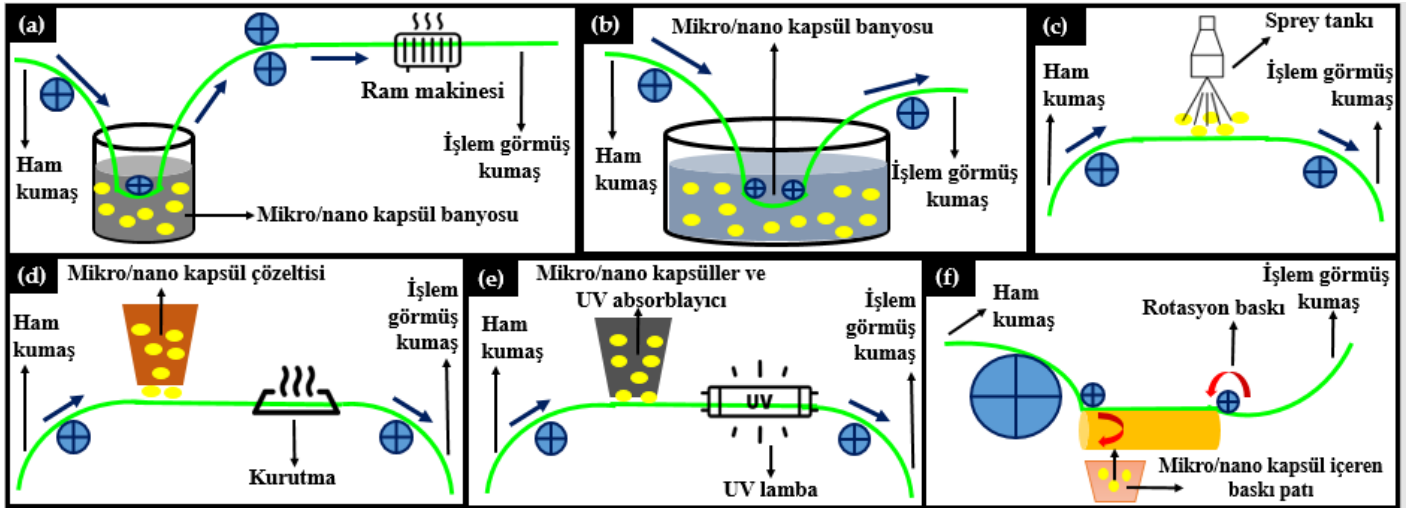
4.1. Sivrisinek kovucuların iplik yapısına dahil edilmesi

Sivrisinek kovucu özellikle iplikler üretmek, kovucu malzemenin lif çekimi sırasında polimer içerisine katılması ile mümkün olabilmektedir. Böylelikle; kovucu madde iplik yapısı içine hapsolacağından, kovuculuğun uzun süreli olması beklenmektedir. Sumitomo Chemical (Japonya) firması, lif çekimi sırasında permetrin katılması ile üretilen polietilen monofilamentlerinden Olyset® Net ticari adıyla sinek kovucu ağlar üretmişlerdir [6]. Olyset™ Net, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından 2001 yılında uzun ömürlü böcek öldürücü olarak onaylanan ilk ağıdır.

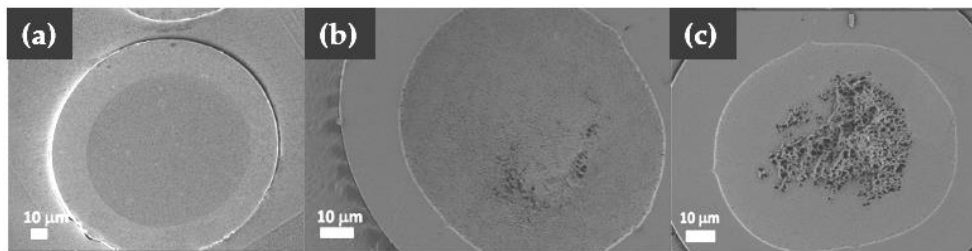
Literatürde sivrisinek kovucu iplik üretimiyle ilgili çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Akbarzadeh ve ark. [88], reaktif bir boyarmadde ve DEET’in bileşimini içeren sivrisinek kovucu özellikte poliamid 6 iplik üretmişlerdir. Üretilen ipliğin %90’a yakın kovuculuk özelliğine sahip olduğu bildirilmiştir. Özellikle son yıllarda yapılan çalışmalarda, çevreyi koruma ve daha az kirlenme kavramından bahsedilerek doğal sivrisinek kovucu

malzemelere dikkat çekilmektedir. Sibanda ve ark. [89] tarafından yapılan çalışmada, kontrollü salım yapabilen ve uygun maliyetli sivrisinek kovucu içiçe bikomponent iplik üretilmiştir. Çalışmada, DEET içeren çekirdek kısmının poli(etilen-ko-vinil asetat) polimerinden ve uçucu aktif maddenin atmosfere salım hızını azaltan kabuk kısmının yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) polimerinden oluşması tasarlanmıştır. Sivrisinek kovucu özellikteki iplikten (Şekil 4) üretilen örme kumaşlar, 20 yıkamadan sonra bile kovucu özelliğini korumuştur.

Dai ve ark. [90] doğal sivrisinek kovucu maddelerden biri olan armut otunu, poliester çözeltisine ilave ederek kesikli lifler üretmişlerdir. Çalışmanın devamında; sivrisinek kovucu poliester lifleri, zayıf nem absorpsiyonları nedeniyle, bambu lifleri ile birleştirilerek bambu-poliester sivrisinek kovucu iplik elde edilmiştir. Sivrisinek kovucu iplikten üretilen örme kumaşların konfor özellikleri test edilmiştir. Ferreira ve ark. [91] tarafından yapılan çalışmada; erişik çekim yönteminde poli(D,L-laktik asit) (PDLA) içerisine %20 oranında DEET dahil edilerek, çevresel etkisi azaltılmış ve biyolojik olarak parçalanabilir sivrisinek kovucu multifilament iplik üretilmiştir. DEET’in dahil edilmesiyle; mekanik özellikleri belirgin bir şekilde olumsuz etkilenmesine rağmen, ipliğin sıtma kontrolü için kullanılabilir potansiyele sahip olduğu belirtilmiştir.



Şekil 3. Mikro/nanokapsüllerin tekstil yüzeylerine uygulanması için çeşitli yöntemler; (a) fularlama, (b) daldırma, (c) spreyleme, (d) kaplama, (e) ultraviole, (f) baskı



Şekil 4. Sivrisinek kovucu bikomponent filamentin enine kesitinin SEM görüntüleri; (a) katkısız, (b) %10 DEET katkılı, (c) %20 DEET katkılı [89]

Sinek kovucu özellik gösteren iplik üretiminde karşılaşılan en büyük problemlerden bir tanesi iplik ile sivrisinek kovucu bileşen arasında zayıf bir bağlanma olmasıdır. Bu zayıf bağlanma nedeniyle, sivrisinek kovucu etkinlik özellikle yıkama sonrası düşer ve uzun süreli olmaz. Sivrisinek kovucu bileşen ile iplik arasındaki etkileşimin ve kovuculuğun etkinliğini arttırmak için, ipliğin kaplanması veya iplik içerisine mikrokapsüllenmiş bileşen eklenmesi gibi yöntemler geliştirilmiştir. Pinheiro ve ark. [92] tarafından yapılan çalışmada, polilaktik asit (PLA) içerisine ekstrüzyon işlemi sırasında doğal sivrisinek itici ajan olan Schinus Molle ekstraktı içeren silika esaslı mikrokapsüller eklenmiştir. PLA monofilament ipliklerden üretilen örme kumaşların 5 yıkama sonrasında da sivrisinek itici aktiviteye sahip olduğu görülmüştür. Chen ve ark. [93] ise patentlerinde, bu etkinliği arttırmak amacıyla daldırma yöntemi geliştirerek, ipliği permetrin ve oktilizotiyazolinon ile kaplamışlardır. Çalışma sonunda, 25 yıkamaya kadar etki sağlayan iplik ve kumaşlar elde edilmiştir.

4.2. Sivrisinek kovucuların kumaşlara veya giysilere uygulanması

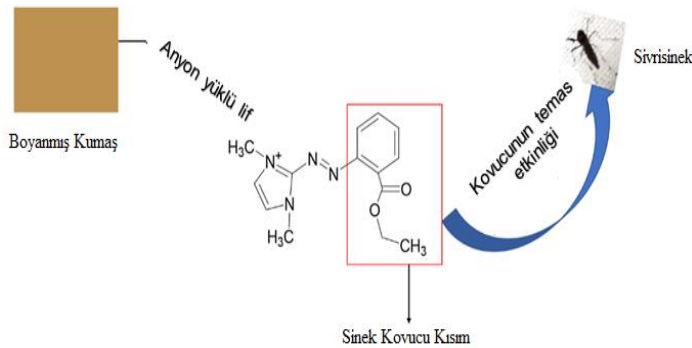
Sivrisinek kovucu tekstil ürünleri ile ilgili araştırmaların büyük bir kısmı, sivrisinek kovucu maddelerin tekstil terbiyesi aşamasında uygulanması üzerinedir. Sivrisinek kovucular kumaşlara; boyama, baskı, kaplama gibi çeşitli terbiye işlemleri ile dahil edilebilmektedir.

Pennetier ve ark. [94], sivrisinek kovucu askeri kıyafet geliştirmişlerdir. Standart permetrin emdirilmiş üniformaları, sadece sivrisinek itici KBR3023 ve bir organofosfat (Pirimiphos-Metil) kombinasyonu ile muamele edilmiş üniformalar ile kıyaslamışlardır. Sonuçta, sivrisinek itici ve organofosfat kombinasyonu ile muamele edilen üniformaların daha iyi sivrisinek iticiliği gösterdiği tespit edilmiştir. Sumithra ve ark. [95] doğal aromatik bitkiler kullanarak sivrisinek itici aprelerin geliştirilmesine yönelik bir çalışma yapmışlardır. Hintyağı, sinameki ve astım bitkisi özütlerini dört farklı denim kumaşa direkt olarak fulardlama-kurutma yöntemiyle (pad-dry) uygulamışlardır. %100 pamuklu denim kumaşların sivrisinek kovuculuğunu 30 yıkamaya kadar koruduğunu tespit etmişlerdir. Ramasamy ve ark. [96] tarafından yapılan çalışmada, sivrisinek kovucu etkinliği arttırmak için nanoparçacıklardan faydalanılmıştır. Vitex Negundo bitkisinin yapraklarından elde edilen özütü içeren nanoparçacıklar, pamuklu kumaşlar üzerine geleneksel fulardlama-kurutma yöntemi ile uygulanmıştır. Bu yöntemle, kumaşların sivrisinek kovucu etkinliği 15 yıkamaya kadar devam etmiştir. Bhatt ve Kale [97] krizantem yağı nanoemülsiyonu ile kumaşlara sivrisinek kovucu özellik kazandırmışlardır. Sivrisinek kovucu tekstil malzemesi, naylon tül kumaşların nanoemülsiyonla katman biriktirme (layer by layer) tekniği kullanılarak işlenmesiyle elde edilmiştir. İşlem görmüş kumaşlar %100 sivrisinek kovucu etkinlik ve %90 ölüm oranı göstermiş ve 25 yıkamaya kadar aktivitelerini korumuştur. Teli ve Chavan [98] çalışmalarında, DEET'i modifiye ederek sivrisinek kovucu bir

kimyasal geliştirmişlerdir. Bu kimyasalı pamuklu kumaşlara geleneksel fulardlama-kurutma-kürleme (pad-dry-cure) metodu ile aktarmışlardır. Sonuçta modifiye edilmiş DEET ile muamele edilmiş kumaşların sivrisineklere karşı daha yüksek ve daha uzun süreli koruma sağladığı tespit edilmiştir. Khanna ve Chakraborty [99], β -Siklodekstrin sitratın (β -CD CA) sedir ağacı, karanfil, okaliptüs, nane, lavanta ve yasemin esansiyel yağları ile bileşimini, fulardlama-kurutma-kürleme yöntemiyle pamuklu kumaşa uygulayarak sivrisinek kovucu etkinliğini değerlendirmişlerdir. Lavanta ve sedir ağacı yağı ile olan bileşimler, sırasıyla 210 ve 160 dakika ile en uzun koruma sağlarken, yasemin ve nane yağları sırasıyla 20 ve 60 dakika ile en az koruma göstermiştir.

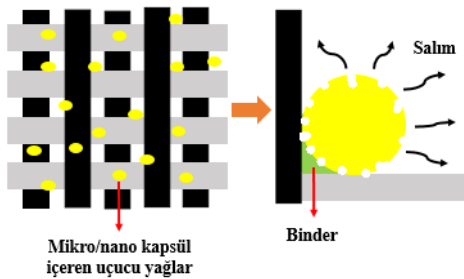
Sivrisinek kovucuların terbiye işlemleriyle hızlı bir şekilde kumaşa aktarılması zordur. Bu tip kimyasal apreli tekstiller, yıkama işlemlerinden sonra koruyuculuğunu kaybedebilmektedir. Binderler ve çapraz bağlama ajanları gibi kimyasalların kullanımı da, tekstil malzemelerinin fiziksel özelliklerini etkilemektedir. Tekstil malzemelerinin çoğu renkli olduğundan; sivrisinek kovucu boyaların geliştirilmesi, renklendirme ve fonksiyonel apre işleminin birleştirilmesine yardımcı olabilmektedir. Sivrisinek kovucu boyalar, uygun boya-lif etkileşimi ile tutunabileceğinden, fiksaj için binderlere ihtiyaç duyulmaz. Dolayısıyla; renk, sivrisinek kovuculuk ve diğer işlevler tek bir boyama işleminde elde edilebilir ve bu da boyama işlemini sürdürülebilir bir seçenek haline getirmektedir [100]. Sumithra ve ark. [101], bambu kumaşlara sivrisinek kovucu özelliği kekik yağı ile kazandırmayı amaçlamışlardır. Bambu kumaşları annotto tohumu, soğan kabuğu ve kızılğaç odunu ile boyadıktan sonra kekik yağı ile kaplamışlardır. Sonuçta en iyi sivrisinek kovucu özelliği, annotto tohumu ile boyanmış numunenin gösterdiğini gözlemlemişlerdir. Teli ve Chavan [102] tarafından yapılan çalışmada, poliamid 6 kumaşlara sivrisinek kovucu bitim işlemi tek boyama ve bitim işlemi ile kazandırılmıştır. Bu yaklaşım, yaygın olarak kullanılan sivrisinek kovucu DEET ve içeriği DEET'e dayanan bir reaktif boyarmaddenin sentezlenmesine dayanmaktadır. Bu boyarmadde sentezlendikten sonra poliamid 6 kumaşa kovalent bağlarla bağlanmış ve kumaşa sivrisinek kovucu özellik kazandırılmıştır. Teli ve Chavan 'nın [103] daha sonraki bir çalışmasında ise, DEET bazlı yeni bir azo boyarmadde sentezlenmiş ve sivrisinek kovucu malzeme üretmek için pamuklu kumaşa uygulanmıştır. Boyanmış kumaşların sinek kovucu özelliği 2–30 dakika arasında değişen farklı zaman aralıklarında ölçüldüğünde, yaklaşık %81-95 arasında değişen kovuculuk oranları elde edilmiştir. Aynı zamanda boyalı kumaşlar, sivrisinek kovuculuğunu önemli ölçüde kaybetmeden ışık, yıkama ve sürtünmeye karşı iyi haslık özellikleri göstermiştir. Singh ve Sheikh [100] çalışmalarında, DEET türevi olan etil antranilat ve 4-hidroksikumarin gibi sivrisinek kovucuların bir kombinasyonundan yeni sivrisinek kovucu boyarmaddelerin sentezlenmesini amaçlamışlardır. Sentezlenen boyarmaddeler poliester kumaşların boyanması için kullanılmıştır. Boyanan kumaşlar %100 sivrisinek kovucu özelliğin yanında

antibakteriyellik ve UV ışınlarına karşı koruyuculuk da göstermiştir. Singh ve Sheikh [104] çalışmalarında; poliester kumaşa sivrisinek kovucu, UV ve antibakteriyel özellik kazandırmak için yeni bir dispers boyarmadde sentezlemişlerdir. Boyama işleminden sonra, boyanmış kumaşın sivrisinek kovucu etkinliği ölçülmüş ve %100 koruyuculuk elde edilmiştir. Singh ve Sheikh' in [105] bir diğer çalışmasında ise, akrilik kumaşlara hem sivrisinek kovucu hem de UV koruyucu özellik kazandırmak için yeni bir katyonik boyarmaddenin sentezlenmesi amaçlanmıştır. Geliştirilen boyarmadde akrilik kumaşlara infrared boyama makinesi ile uygulanmıştır. Yapılan testler, kumaşların sivrisinek kovucu ve UV-koruyucu özellik gösterdiğini ispatlamıştır (Şekil 5). Ayrıca boyanmış kumaşlar, yıkama sonrasında multifonksiyonel özelliklerini korumuşlardır.



Şekil 5. Çalışmada sentezlenen boyarmadde molekülü ve boyanmış sivrisinek kovucu akrilik kumaş [105]

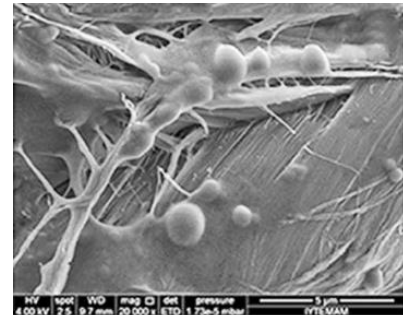
Tekstil bitim işlemlerinde mikro veya nano kapsüllerin kullanımı ile daha az itici malzeme kullanarak yıkamaya dayanıklı tekstil ürünleri üretmek de mümkün olmaktadır. Kullanım sırasında aromatik bileşiklerin yavaş salımı da sivrisinek ısırmasına karşı gerekli korumayı sağlar [6]. Şekil 6'da mikrokapsüllerin tekstil yüzeyine uygulanması ve kontrollü salımın gerçekleşmesi gösterilmektedir.



Şekil 6. Mikrokapsüllerin kumaş yüzeyine uygulanması ve kontrollü salımın gerçekleşmesi

Specos ve ark. [106] sitronella yağı içeren mikrokapsülleri, %100 pamuklu bezayağı dokuma kumaşa uygulamışlar ve sivrisinek kovuculuğunu test etmişlerdir. Mikrokapsüllemiş sitronella yağı içeren kumaşlar ile uçucu sitronella yağı püskürtülmüş kumaşlar iticilik bakımından kıyaslanmıştır. Mikrokapsüllü kumaşların daha uzun süreli ve %90'dan fazla itici bir etki sağladığı

gözlenmiştir. Anitha ve ark. [107] limon otu yağını sodyum aljinat içinde kapsülleyerek poliester kumaşlara fulardlama-kurutma yöntemi ile uygulamışlardır. Elde edilen sonuçlara göre %92 oranında kovucu aktivite rapor edilmiştir. Ramya ve Maheshwari [108], *Andrographis panikulata* bitkisinden ekstrakte edilen Andrographolide içeren sodyum aljinat mikrokapsüller hazırlamış ve bambu/pamuk karışımı kumaşa çektirme yoluyla uygulamışlardır. Sivrisinek kovucu etkinlik, mikrokapsül uygulanan kumaşta %94 ve doğrudan apre işlemi uygulanmış kumaşta ise %96 olarak kaydedilmiştir. Kovucu etkinlik 30 yıkamadan sonra kapsüllü ve direkt apreli kumaşlar için sırasıyla %52 ve %40'a düşmüştür. Geethadevi ve Maheshwari [109] çalışmalarında, sivrisinek kovucu bir kumaş elde etmek için mikrokapsüllemiş esansiyel yağlar kullanılarak bambu/ tencel karışımı bir kumaş hazırlamışlardır. Mikrokapsüllerin kabuk malzemesi olarak sodyum aljinat, akasya arabica ve *Moringa oleifera* sakızı, çekirdek malzeme olarak kekik, selvi ve greyfurt yağları kullanarak mikrokapsülleri hazırlamışlar ve bambu/tencel karışımı kumaş üzerine çektirme yöntemiyle uygulamışlardır. *Moringa oleifera* mikrokapsülleri, iyi bir sivrisinek kovucu aktivite, yüksek UV koruması ve cilt üzerinde alerjik reaksiyon olmaksızın yüksek dayanıklılık göstermiştir. Kumaşın sivrisinek kovuculuğu 30 yıkamadan sonra bile %60 oranında belirlenmiştir. Rana ve ark. [110] kovucu etki için kadife çiçeği ve beşparmak ağacı metanol özünü kullanmışlardır. Aromatik yağlar, jelatin ve arap zıncı kullanarak mikrokapsüllemişlerdir. Mikrokapsül emdirilmiş %100 pamuklu kumaşların, özel olarak tasarlanan kafeslerde sivrisineklere karşı etkinlikleri test edilmiştir. 15 yıkama sonrasında dahi kumaşların iticilik performanslarının %50'nin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Türkoğlu ve ark. [111] tarafından yapılan çalışmada; iki farklı insektisidal etken madde (limonen ve permetrin) kapsüllemiş ve ardından pamuklu kumaşlara uygulanmıştır (Şekil 7). Sivrisineklerin işlenmiş kumaşlardan uzak durma eğiliminde olduğu ve sivrisinek ölüm oranlarının limonen ve permetrin için sırasıyla %41 ve %54 olduğu kaydedilmiştir. 20 tekrarlı yıkama sonrasında bile kumaş yüzeyinde kapsüllerin varlığı tespit edilmiştir.



Şekil 7. Çalışmaya ait limonen mikrokapsülleri ile işlem görmüş kumaşın SEM görüntüsü [111]

Dhillon ve ark. [112] pamuklu kumaşlara sinek kovucu özellikler kazandırmak amacıyla okaliptüs ve biberiye uçucu yağlarını mikrokapsüllemişlerdir. Uçucu yağ içeren pamuklu kumaşlar 15 tekrarlı yıkamaya maruz bırakılmış ve sinek kovuculuk

aktiviteleri tayin edilmiştir. Sonuçta, okaliptüs yağının daha etkili olduğu bildirilmiştir. Singh ve Sheikh [113] çalışmalarında, kabuk materyali olarak kitosan fosfat kullanılarak kekik yağı özlü fonksiyonel mikrokapsüller hazırlanmış ve bunu keten kumaşa fulardlama-kurutma yöntemi ile uygulamışlardır. Sinek kovucu özellik başta olmak üzere, güç tutuşurluk, antibakteriyellik gibi farklı fonksiyonel özelliklerin incelendiği çalışmada, %100 oranında mükemmel bir sivrisinek kovucu özellik elde edilmiş, 20 yıkama sonrası bile %90 sivrisinek kovuculuk oranı elde edilmiştir. Singh ve Sheikh [114] çalışmalarında, öz kısımda tarçın kabuğu yağı içeren kitosan-jelatin mikrokapsüller hazırlanmış, sinek kovucu özelliği de içinde barındıran çok fonksiyonlu bir koruyucu keten kumaş üretmişlerdir. İşlem görmüş kumaşlar, %100 oranında mükemmel bir sivrisinek kovucu özellik göstermiş ve 20 yıkama sonrası bile sivrisinek kovucu özelliğini korumuştur. Tariq ve ark. [115] sitronella yağı içeren mikrokapsüllerin hazırlanmasını ve poliester/pamuk karışımı kumaşa daldırma yöntemi ile uygulanmasını çalışmışlardır. Kumaşın sivrisinekleri uzak tutma yeteneği kafes testi ile değerlendirilmiştir. Sitronella yağı mikrokapsülleri ile aprelenen kumaş numunesi, yıkama öncesi %90, 30 yıkama sonrası %80 sivrisinek uzaklaştırma özelliği sergilemiştir.

4.3. Sivrisinek kovucu nanolifli yüzeylerin üretilmesi

Nanolifli yüzeylerin tıptan savunma sanayine kadar pek çok uygulama alanı mevcuttur. Son zamanlarda dikkat çeken uygulamalarından biri de, nanoliflerin içerisine etken madde eklenerek fonksiyonelleştirilmesi ve farklı alanlarda uygulanmasıdır. Etken maddeler; emülsiyon, karışım veya dispersiyon çözeltilerinin elektro çekimi vasıtasıyla nanoliflere dahil edilebilir [116]. Elde edilen yapıların artan yüzey alanı nedeniyle, birim alanda daha fazla etken madde bulunur ve dolayısıyla daha etkili yüzeyler ortaya konabilir.

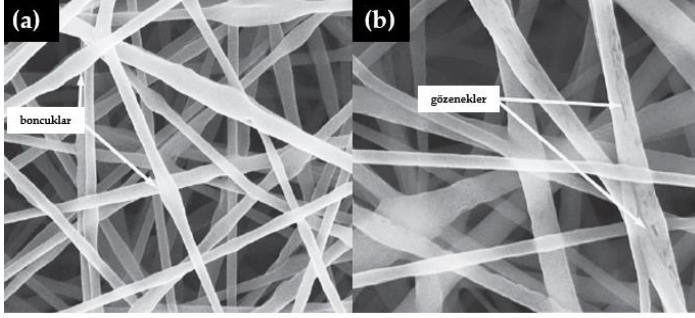
Dünya üzerinde sivrisinek ısırmasına bağlı olarak gerçekleşen hastalık ve ölümler düşünüldüğünde, nanolifli yapılar içerisine sivrisinek kovucu malzemelerin entegrasyonu, bu durumun önüne geçmek için önemli bir alternatif haline gelmiştir. Sentetik veya doğal sivrisinek kovucu etken maddelerin katılmasıyla hazırlanan karışım çözeltilerinden nanolif üretimi çalışmaları literatürde yer almaktadır. Iliou ve ark. [2], sivrisinek kovucu ajan olarak sitronella yağı içeren selüloz asetat ve polivinilpirolidon (PVP) bazlı tek ve üç katmanlı elektro çekilmiş yüzeyler üretmişlerdir. Polimer çözeltilerine %5 ve %20 olmak üzere iki konsantrasyonda sitronella yağı ilave edilerek karışım elektro çekim çözeltileri hazırlanmıştır. Üretilen tüm yüzeyler, en az 4 hafta boyunca sitronella yağı salımı ve sivrisinek itici aktivite sergilemiştir.

Konchada ve ark. [117] tarafından yapılan çalışmada, neem yağı içeren poliesteramid (PEA) nanolifli yüzeyler üretilmiştir. Neem yağı, PEA polimer sentezi esnasında reaksiyon karışımına damla damla eklenmiştir. Ardından, neem yağı içeren PEA/kloroform çözeltisi polikaprolakton (PCL)/kloroform çözeltisi ile farklı oranlarda karıştırılmıştır. Hazırlanan karışım çözeltilerden elektro

çekim yöntemiyle üretilen nanolifli yüzeylerin, 12 saat boyunca sivrisinek öldürme kapasitesinin %100 olduğu bildirilmiştir. Shao ve ark. [118]; yüksek performanslı, antibakteriyel ve sivrisinek kovucu hava filtreleri üretmiştir. Tarçın yağının etken maddesi olan sinnamealdehit (CMA) ve antiseptik bir madde olan poli(hexametilen biguanid (PHMB), selüloz asetat (CA)/aseton/dimetil asetatamid çözeltilerine dahil edilmiştir. CA/CMA/PHMB elektro çekim nanolifli yüzeyin sivrisinek kovuculuğu, başlangıçta %92,7 ve 30 gün sonra %77,5 olarak belirlenmiştir. Thum ve ark. [1] yaptıkları çalışmada, sentetik esaslı sivrisinek kovucu olan DEET kimyasalını %50'ye kadar farklı oranlarda poliamid 6,6 çözeltilerine karıştırmışlardır. Hazırlanan çözeltilerden elektro çekim yöntemi ile üretilen poliamid 6,6 nanolifli yüzeylerin karakterizasyonu sonucunda; DEET etkinliğinin yüzeyin ağırlığı ve içerdiği DEET miktarı ile ilişkili olduğunu, bu etkinliğin 72 saat ile 200 saat arasında değişebileceğini belirlemişlerdir. Bonadies ve ark. [119], sivrisinek kovucu DEET içeren poli(l-laktik asit) (PLLA) esaslı nanolifli yüzeyler üretmişlerdir. Kloroform ile hazırlanmış PLLA çözeltilerine dört farklı konsantrasyonda (%1, %2, %3, %4) DEET ilave edilmiştir. Elektro çekilmiş nanolifler ile DEET'in buharlaşması geciktirilmiş, bu da böcek kovucunun düzgün ve kontrollü bir şekilde salınmasına izin vermiştir. Du ve ark. [120], sivrisinek kovucu olarak bilinen sentetik IR3535 maddesi içeren PLLA nanolifli yüzeyler üretmişlerdir. IR3535'in PLLA/IR3535 nanolifli yüzeyinden çevreye salımı, 60 ile 100 °C arasındaki sıcaklıklarda termogravimetrik analizle ölçülmüştür. Sonuçlar; vücut sıcaklığında birkaç günlük bir zaman diliminde, kovucunun oldukça yavaş buharlaştığını göstermiştir. Fulton ve ark. [121] tarafından yapılan çalışmada; aynı anda DEET ve pikaridin (1:1) içeren geri dönüştürülmüş polietilen tereftalat (PET) esaslı mikrolifler, elektro çekim yöntemiyle üretilmiştir. Elektro çekilmiş mikrolifler, kovucu etken maddeleri %97 oranında içermiş ve sivrisineklere karşı 1 hafta boyunca %100'e, 3 haftadan fazla sürede ise %80'e kadar iticilik sağlamıştır.

Son yıllarda özellikle ilaç salım uygulamalarına yönelik olarak, daha iyi işlevselliğe sahip ve yüksek performanslı nanolifler üretmek amacıyla elektro çekim yönteminde dikkat çekici modifikasyonlar yapılmaktadır. Bunlardan biri, iki farklı bileşenin özelliklerinden yararlanan çekirdek-kabuk şeklinde çift bileşenli nanoliflerin eldesidir [122, 123]. Çekirdek-kabuk nanolifler, birbirine karışmayan polimer emülsiyonlarının tek bir düze aracılığıyla elektro çekimi (emülsiyon elektro çekim) veya koaksiyel bir düze vasıtasıyla elektro çekimi (koaksiyel elektro çekim) yoluyla üretilebilirler [124]. Çekirdek-kabuk nanoliflerde, etken madde nanolifler tarafından bir çeşit kapsüllenmekte (nanolifler içine hapsedilmekte) ve monolitik lifler ile karşılaştırıldığında, hassas biyobileşiklerin kullanılması ve uzun süreli kontrollü salım kinetiği açısından avantajlar elde edilmektedir [125-127]. Ciera ve ark. [4]; permetrin, biber yağı ve kedi nanesi yağını farklı konsantrasyonlarda içeren polivinilalkol (PVA) emülsiyon çözeltilerinden nanolifli yüzeyleri (Şekil 8) elektro çekim yöntemiyle üretmiştir. Permetrin ve biber yağı ilave

edilen numunelerin ısı özellikleri etkilenmezken, kedi nanesi yağı içeren numunelerin özelliklerinde hafif bir azalma gözlenmiştir. Sivrisinek iticilik testlerinde ise; dahil edilen tüm katkıları, kontrole kıyasla sivrisinek konma sayısını önemli ölçüde azaltmıştır.

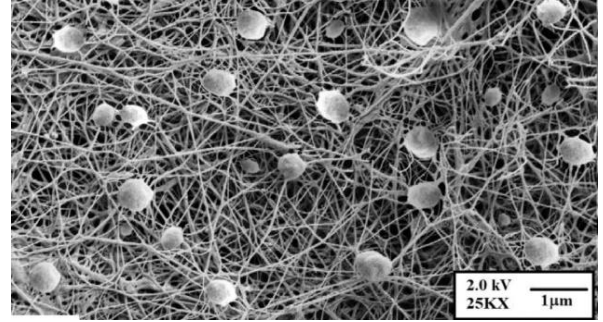


Şekil 8. Çalışmaya ait PVA nanolif SEM görüntüleri; (a) kedi nanesi yağı içeren, (c) biber yağı içeren [4]

Munoz ve ark. [128] tarafından yapılan çalışmada, sitriodiol yüklü etil selüloz nanolifli yüzeyler üretilmiştir. Çalışmada, elektro çekim yöntemiyle monolitik ve çekirdek-kabuk lifler elde edilmiştir. Sarıhumma sivrisineklerinin kullanıldığı itici aktivite testlerinin sonuçlarına göre; çekirdek-kabuk nanolifler, monolitik nanoliflere kıyasla daha uzun süre itme davranışı sergilemiştir. Çekirdek-kabuk nanolifler 34 gün boyunca %100 iticilik göstermiştir. Ryan ve ark. [15] tarafından gerçekleştirilen çalışmada, %10, %30 ve %50 oranında pikaridin içeren elektro çekim çözeltilerinden monofilament ve koaksiyel poliamid 6,6 nanolifleri üretilmiştir. Tüm yüzeylerde salım hızı, artan sıcaklık ve artan pikaridin ilavesi ile artmıştır. Monofilament lifler, ortam koşullarında kararlılık ve uzun süreli salım potansiyeli sergilemiştir. Koaksiyel liflerde ise dış koruyucu kılıf, uçucu bileşenin salımını değiştirmiştir.

Sivrisinek kovucu nanolifli yüzeyler üretirken, kovucu özellikte bir yağın karışım veya emülsiyon halinde polimer çözeltisi ile karıştırılması yerine, kapsülendirilerek çözelti içerisinde disperse edilmesi, uçucu yağın uzun süreli kontrollü salımı açısından tercih edilmektedir. Kapsülleme işlemi sivrisinek kovucuların nanolifler içerisine hapsedilmesi sürecini ifade eder. Nanolifler, sivrisinek kovucu kapsüller için bağlantı noktası görevi görmektedir (Şekil 9). Mikrokapsüller nanolifli yapıya dahil edildiğinde; nanoliflerin oluşturduğu ağısı yapı mikrokapsüllere ikinci bir kapsülleme

stratejisi sunmakta, kapsülendirilmiş madde daha stabil kalmakta ve daha uzun süreli kontrollü bir salım gerçekleşmektedir. Ayrıca; nanoliflerin yüksek spesifik yüzey alanları nedeniyle, yüzeyler maksimum iticilikte bir fonksiyonelliğe sahip olmaktadır [129]. Son yıllarda uçucu yağların kapsülendirilerek çeşitli polimerlerle birlikte nanolifli yapıların üretiminde (yapı içine dahil edilerek veya yapıya emdirilerek) özellikle antimikrobiyel etkinlik amaçlı kullanımına dair çalışmalar ilgi çekici hale gelmiştir (Tablo 4). Bu çalışmalar, sivrisinek kovucu özelliğe de sahip uçucu yağların kapsülendirilerek nanoliflere dahil edilmesi, elde edilen yüzeylerin performanslarının, kararlılıklarının ve kontrollü salım özelliklerinin tespit edilmesi ve iyileştirilmesi üzerinedir. Yapılan araştırmaların sonuçları; nano/mikrokapsüller içeren nanolifli yüzeylerin, sivrisinek ısırılmalarını önlemede de yenilikçi ve etkili stratejiler geliştirme potansiyeli olabileceğini ve bu yüzeylerin, sivrisinek kaynaklı hastalık ve ölümlerin azaltılmasına katkıda bulunabileceğini göstermektedir.

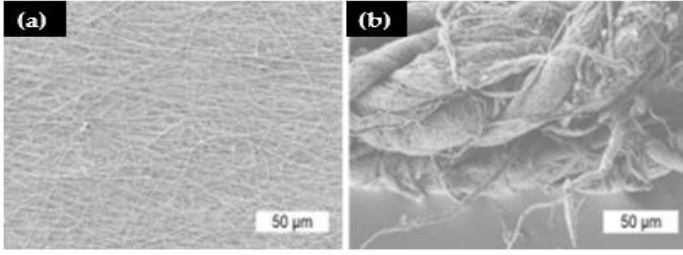


Şekil 9. Uçucu yağlar içeren mikrokapsüllerin nanolifli matris içerisindeki SEM görüntüsü [130]

Nanolifli yapılar, yüzey kaplama için ideal olmakla birlikte, geleneksel filament olarak veya konvansiyonel tekstil uygulamalarında kullanımları zordur. Nanolifli yapıların mekanik büküm ile iplik haline getirilmesi, bu tip yapıların konvansiyonel uygulamalara uygun hale getirilmesinde kullanılabilir. Lundin ve ark. [135] sivrisinek kovucu tekstillerin üretiminde bu yaklaşımı kullanmışlardır. Araştırmacılar, DEET katkılı naylon lifleri elektro çekim yöntemi ile üretmişler ve elde sonrasında iplik olarak eğirmişlerdir (Şekil 10). Böylece hem sivrisinek kovucu özelliği olan hem de mekanik iplik üretim teknikleri ile karşılaştırılabilecek yapılar elde etmişlerdir.

Tablo 4. Yağ kapsülü içeren nanolif üretim çalışmalarına örnekler

Uçucu Yağ	Mikrokapsül kabuk polimeri	Nanolif polimeri	Referans
Limon okaliptüs yağı etken maddesi	Melamin reçine	PVA	[4]
Kekik yağı bileşenleri (Timol ve Karvakrol)	PLA	Bakteriyel selüloz	[130]
Fesleğen yağı bileşeni (Öjenol)	PVA	Poliamid 6,6	[131]
Karanfil yağı	β-siklodekstrin	Kitosan	[132]
Kekik yağı	β-siklodekstrin	PVA	[133]
Tarçın yağı	β-siklodekstrin	PLA	[133]
		PCL	[133]
		PLA	[134]



Şekil 10. DEET katkılı naylon nanolifli yüzeyin SEM görüntüleri; a) büküm öncesi, b) büküm sonrası [135]

5. SİVRİSİNEK KOVUCU ÖZELLİKTE TEKSTİL MALZEMELERİNİN TEST VE DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

Sivrisinek kovucu malzemelerin etkinliğinin ölçülmesi için farklı test metodları geliştirilmiştir. Laboratuvar çalışmalarının amacı, bir kovucunun etkili dozunun belirlenmesi ve uygulandıktan sonra tam koruma süresinin tahmin edilmesidir. Yapılan testlerde aşağıdaki sorulara yanıt aranmaktadır [136]:

- 1- Kullanılan malzeme sivrisinek itici midir?
- 2- İticilik için ne kadar miktarda (dozaj) kovucu gereklidir?
- 3- İticilik süresi ne kadar sürmektedir?

Ölçümlerin farklı parametrelerden ve ortam şartlarından etkilenmemesi, tekrarlanabilir/karşılaştırılabilir olması ve doğru sonuç elde edilebilmesi için uygun deney şartlarının hazırlanması gerekmektedir. Örneğin sivrisinekler; 27 ± 2 °C sıcaklıkta, $\%80 \pm 10$ bağıl neme sahip ve 12 saat aydınlık, 12 saat karanlık olacak bir alanda yetiştirilmeli ve test edilmelidir. Sivrisinekler şeker çözeltisi ile beslenmeli, kanla besleme yapılmamalıdır. Yine sivrisineklerin 12 saat aç bırakılmış ve dişi olması gerekmektedir [137, 138]. Bazı çalışmalarda; sivrisineklerin uzun süre (8 saat) yüksek sıcaklıkta aktivitelerinin bozulması nedeniyle, 25 ± 2 °C ve $\%60 \pm 5$ bağıl nemli ortamda çalışıldığı bildirilmiştir [139].

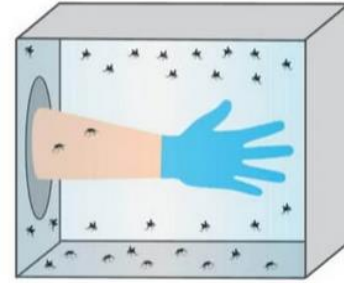
Kovucu ürünlerde son kullanıcının insan olması ve gerçek kullanım koşulları ile ilgili sonuçların talep edilebilmesi nedeniyle, çoğunlukla insan deneklerin kullanımı tercih edilmektedir. Laboratuvar çalışmalarına katılan gönüllülerin test edilecek bölgeleri önce kokusuz sabunla yıkayıp su ile durulanması, sonra $\%70$ etanol veya izopropil alkol içeren su ile durulanarak havlu ile kurulanması gerekmektedir. Gönüllülerden testin 12 saat öncesinden itibaren koku kullanmamaları ve tütün ürünü tüketmemeleri beklenmektedir [137].

Laboratuvar şartlarında sivrisinek kovucuların etkilerini analiz edebilmek amacıyla birçok teknik geliştirilmiştir. Bu teknikler avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Araştırmacılar sorularına çözüm ararken, bu tekniklerden kendileri için en kullanışlı olanını seçmişlerdir. Sahada yapılan kovuculuk testleri laboratuvar testlerine göre daha kompleksdir. Ancak, bu testler ile gerçeği simule etmek çok daha kolaydır [140].

5.1. Kafes testi

Sivrisinek kovucularının etkinliğini test etmek için en yaygın kullanılan yöntem kafes testidir. Bu yöntem, topikal kovucular ve emdirme işlemi uygulanmış kumaşların test edilmesi için uygundur. Denek, işlem görmüş ve işlem görmemiş kumaşı ayrı ayrı giyer ve sivrisinek davranışı incelenir. Bu yöntemin avantajları, sivrisineklerin insanlara dokunmasının ve ısırmasının doğrudan gözlemlenebilir olmasıdır. Ancak yöntemin dezavantajı, insan deneklerini içermesidir ve deneklerin onayı ve etik onay gerektirir. Ayrıca, testte kullanılan sivrisineklerin patojenlerden arındırılmış olması gerekmektedir [7].

Testte, şeffaf akrilik kenarlara sahip 40 cm'lik alüminyum çerçeveli bir kafes kullanılır. Testten 1 saat önce kafese 200 adet hiç doğurmamış, 7-8 günlük dişi sivrisinek yerleştirilir. Testi yapacak kişinin bir koluna kovucu ürün, diğerine ise DEET standart solüsyonu uygulanır. Ön kol kafese yerleştirilir ve 3 dakikada konan ve deriyi yoklayan sivrisinek sayısı gözlemlenir (Şekil 11). Gözlemler her 30 veya 60 dakikada bir tekrarlanır. Koruma süresi; deneyin gerekliliklerine bağlı olarak, kovucu uygulaması ile ilk belirlenen sivrisinek ısırığı arasında geçen süre veya kovucu uygulaması ile belirlenen ilk ısırıktan hemen önceki gözlem süresi arasında geçen süre olarak hesaplanır. Tüm aşamalarda “tam koruma süresi”, “kovucu uygulama zamanı” ile “ilk sivrisinek konması ve/veya sondalama arasında geçen süre” ölçülür [136, 137].

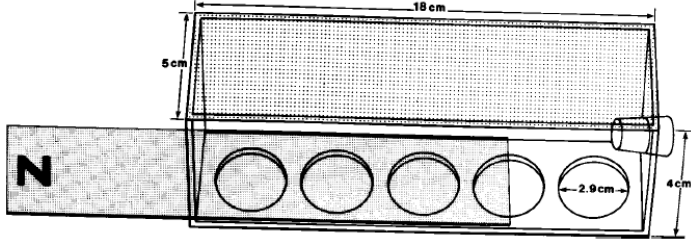


Şekil 11. Kafes testi uygulaması [141]

5.2. Modifiye edilmiş kafes testi

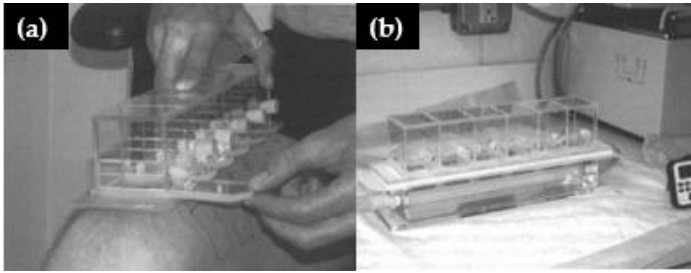
Avrupa Kimyasal Ajansı, sivrisinek kaynaklı hastalık riskleri nedeniyle saha testlerinden kaçınılması gerektiğini belirttiğinden yaygın olarak uygulanmakta olan kafes testi yerine alternatif ölçüm metodları geliştirilmiştir. ASTM E951-94 standardı ile, kovucuların etki dozları ve sivrisineklerin zaman içindeki işlevsel tepkilerini tanımlamak için modifiye edilmiş kafes testi önerilmiştir. Buna göre, alt yüzeyinde 29 mm çapında beş açıklık bulunan dikdörtgen şeffaf plastik test kafesi kullanılmaktadır (Şekil 12). Dört farklı konsantrasyondaki kovucu madde deriye uygulanır. Beşinci boşluk kontrol amaçlıdır. Kafes, gönüllünün koluna veya bacağına alt tarafı deriye gelecek şekilde bağlanır. Kafesin yanındaki açıklıktan 10-20 adet doğurmamış, 5-15 günlük dişi sivrisinekler yerleştirilir. Test kafesi tabanındaki açıklıkları kapatan plastik sürgü geri çekildiğinde test başlamakta ve

sivrisineklerin kovucu ile işlenmiş cilde erişmesine izin verilmektedir. Belirli sürede deriye konan ve deriyi yoklayan sivrisinek sayısı kaydedilir [142].



Şekil 12. Modifiye test kafesi [142]

Aynı anda birden fazla sivrisinek türünün tek doz koruyucuya verdiği tepkiyi ölçmek için geliştirilmiş bir başka yöntemde ise; insan derisine 3x4 cm'lik alanlar çizilerek belirlenir. Alanların birine kontrol amaçlı etanol, diğerlerine sivrisinek kovucu sürülür. *In vivo* yöntemde, her hücrede beş sivrisinek bulunan modül, cilt bölgesine konumlandırılır (Şekil 13a). *In vitro* yöntemde, su banyosu ile 38 °C de ısıtılmış haznelere 6 mL insan kanı doldurulur ve üzeri kollajen membran ile kaplanır (Şekil 13b). Her iki yöntemde de hücrelerin kapısı açılır. 2 dakika içinde deriyi ısırın veya kana bulanık sivrisinek sayısı kaydedilir [136].



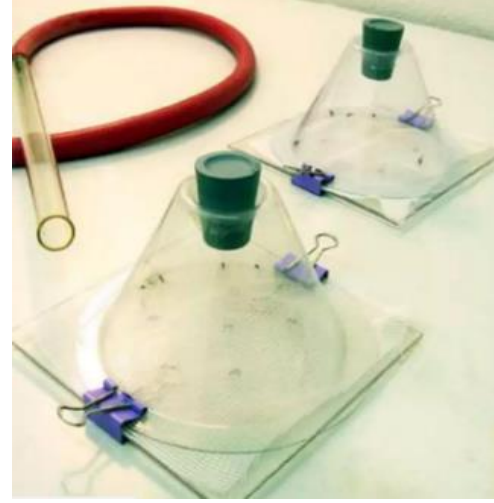
Şekil 13. Modifiye kafes testinin farklı uygulamaları; (a) *in vivo* yöntem, (b) *in vitro* yöntem [136]

5.3. Koni testi

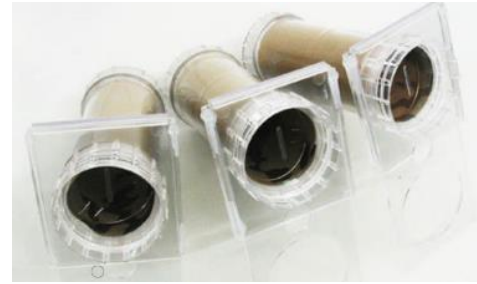
Emdirilmiş tekstil yüzeylerinin aktivitesini test etmek üzere geliştirilmiş bu yöntemde insan deneği kullanılmamaktadır. Kovuculuk işlemi uygulanmış 15x15 cm ölçülerinde kumaşın üzerine şeffaf koni yerleştirilir (Şekil 14). Bir aspiratör ile her koniye 10 sivrisinek konulur. Konilerin dar kısımları işlem görmemiş pamuklu kumaş ile kapatılır. 3 dakikalık muamele sonrasında sivrisinekler çıkartılarak 25±2 °C'de %50-70 bağıl nemde, şeker solüsyonuna erişimi ve aspiratör sistemi olan bir kafeste 24 saat gözlemlenir. Sivrisinek ölümleri gözlemlenerek yüzde hesaplama yapılır [143]. Ayrıca, 3 dakikalık muamele süresi içinde numuneler üzerine konan sivrisineklerin sayısının tespit edildiği çalışmalar da mevcuttur [76].

WHO-tube testi, koni testi ile benzer parametrelerde gerçekleştirilmektedir. Test malzemesi, bir WHO standart tüpünün (Şekil 15) iç duvarına yapıştırılmıştır (WHO, 1998). Test esnasında, on dişi sivrisinek test tüpüne aktarılır ve belirli bir süre boyunca işlenmiş yüzeye maruz bırakılır. Testin sonunda sivrisinekler test

tüpünden çıkarılır, daha fazla gözlem için küçük kafeslere yerleştirilir ve böcek ilacı içermeyen havada tutulur. Hareketsizleşmiş-devrilen sivrisinek sayısı bir saat sonra, ölen sivrisinek sayısı 24 saat sonra kaydedilir [145].



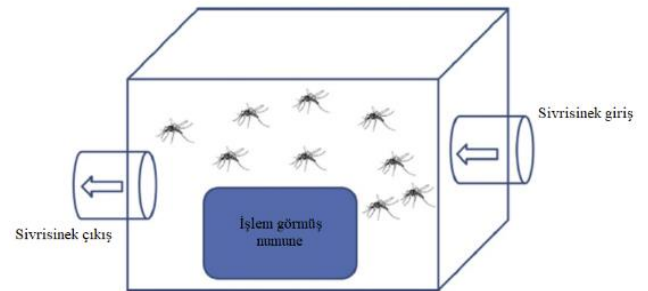
Şekil 14. Koni testi için hazırlanan deney düzeni [144]



Şekil 15. WHO-tube test aparatları [145]

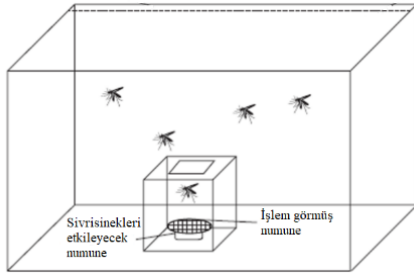
5.4. Kovuculuk odası (Excito oda) testi

Sivrisineklerin işlem görmüş kumaştan işlem görmemiş kumaşa geçiş şeklinde davranış değişikliğini gözlemlemek için modifiye edilmiş bir yöntemdir. İşlem görmüş ürünün yer aldığı kafesin (Şekil 16) bir ucundan numune gönderildikten sonra sivrisineklerin davranışları incelenir. 10 ve 30 dakika sonunda ölen ve kafesten kaçan sivrisinek sayısının tüm sayıya oranına göre değerlendirme yapılır [6].



Şekil 16. Excito oda testi için hazırlanan deney düzeni [6]

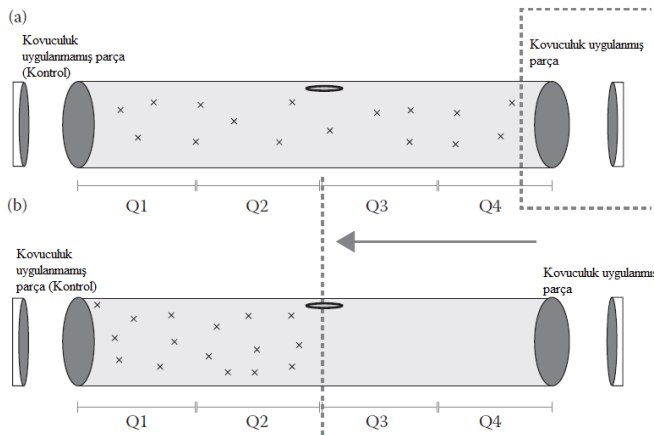
Bir başka deney düzeneğinde; test numunesi bir kutunun içine yerleştirilir. Numunenin altına, sivrisineklerin ilgisini çekebilmek için bir başka numune (örneğin, kan emdirilmiş) konulur (Şekil 17). Test odasına belirli sayıda (genellikle 5 adet) sivrisinek yerleştirilir. 8 dakika içerisinde kaç defa iniş yaptıkları ve toplam iniş süreleri kaydedilir [146].



Şekil 17. Kovuculuk odası testi için alternatif deney düzeneği [146]

5.5. Statik havada kovuculuk testi

Bu testte, 9x60 cm ebatlarındaki tüpün bir ucuna kovuculuk işlemi uygulanmış malzeme, diğerine işlem uygulanmamış malzeme yerleştirilir (Şekil 18). 5-10 günlük 20-25 adet sivrisinek tüpün içine bırakılır ve dağılım kaydedilir. Kovucunun bulunduğu yarı alandaki (Q3 ve Q4) sivrisinek sayısından diğer yarı alandaki (Q1 ve Q2) sayı çıkartılıp tüm sivrisinek sayısına bölünmesiyle etkinlik değeri hesaplanır. Ayrıca konumsal kovuculuk yanında kaçınma frekansı da ölçülebilmektedir [23]. Statik hava kovuculuk odasının avantajları, sivrisineklerin hareketlerinin geniş bir çevrede ölçülebilmesini sağlaması ve sivrisineklerin zamanla dağılımının saptanmasına izin vermesidir. Bu dezavantajları ise, yüksek dozda uygulanan kovucu bileşenlerin sivrisineklerin ölümüne neden olmasıdır.



Şekil 18. Statik havada kovuculuk test aparatı; a) başlangıç durumu, b) sivrisineklerin işlem görmüş malzemeden uzaklaşmaları [140]

6. SONUÇ

Estetik özelliklerden ziyade fonksiyonelliğin ön planda tutulduğu koruyucu tekstiller, teknik tekstillerin önemli alt kollarından biridir. Koruyucu tekstil malzemeleri ile olumsuz ortam ve koşullardan korunmak amaçlanmaktadır. Tekstil malzemeleri, insan vücudunun büyük bir bölümünü kapladığı için sivrisineklerin zararlı etkilerinden ve bunlardan kaynaklanabilecek hastalıklardan korunmada da büyük önem taşımaktadır.

Sivrisinekler, pek çok hastalığın insanlara bulaşmasına neden olabilen tehlikeli canlılardır. Özellikle sıcak ve tropik bölgelerde, sivrisinek kaynaklı hastalıklar hem bireyin hem de bulaşıcılığı nedeniyle toplumun sağlığını ciddi derecede tehdit etmektedir.

Doğal veya sentetik esaslı sivrisinek kovucu maddelerin çeşitli yöntemlerle tekstil malzemelerine katılmasıyla sivrisinek kovucu tekstil yüzeyleri üretilmektedir. Doğal ve sentetik sivrisinek kovucu maddelerin birbirilerine göre avantaj ve dezavantajları olmakla birlikte; son yıllarda çevre dostu yaklaşımların ve sürdürülebilirlik kavramlarının ön planda olması nedeniyle, akademik çalışmalarda doğal kovucu maddelere ilginin daha fazla olduğu görülmektedir. Sivrisinek kovucu tekstil yüzeyleri, kovucu maddenin lif üretimi aşamasında polimer matrisine katılmasıyla veya çeşitli terbiye işlemlerinde kumaşlara uygulanmasıyla elde edilebilmektedir. Literatürdeki çalışmaların büyük çoğunluğunu terbiye işlemleriyle elde edilen tekstil yüzeyleri oluşturmaktadır. Bununla birlikte, nanoliflerin yüksek spesifik yüzey alanları, birim alanda daha fazla kovucu madde yüklenebilmesine ve daha uzun süreli etkinliğe olanak sağlamaktadır.

Sivrisinek kovucu tekstil malzemelerinde aranan en önemli iki özellik, yüksek kovuculuk oranı ve kovuculuğun kalıcılık süresidir. Kapsülasyon teknolojisi ile elde edilen mikro/nano kapsüller, sivrisinek kovucu özelliğinin süresini ve dayanımını arttırmak için son yıllarda dikkat çeken bir yaklaşımdır. Böylece, hem daha az kovucu madde kullanılabilen hem de kovucu bileşenlerin yavaş salımı sayesinde daha uzun süre kalıcılığa sahip tekstil yüzeyleri üretilmektedir.

Sivrisinek kovucu tekstil malzemelerinin etkinliğini test etmek için çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. En yaygın kullanılan yöntem kafes testi olmakla birlikte; sivrisinek kaynaklı hastalık riski nedeniyle, insan temasının daha az olduğu veya hiç olmadığı farklı ölçüm yöntemleri de geliştirilmiştir. Tüm testlerde ortak amaç; belirli ortam şartlarında, tanımlanmış tür ve sayıdaki sivrisineğin kovucu malzeme ile etkileşiminin, temas sonrası davranışının ve kaçınma frekansının tespit edilmesidir.

Sonuç olarak; küresel ısınmasının artışıyla birlikte, sivrisinek kaynaklı hastalık ve ölüm tehlikesi de artmaktadır. Bu nedenle, sivrisineklerden korunma yöntemleri üzerine arayışlar devam edecektir. Bu amaçla; sivrisinek kovucu özellikte tekstil malzemelerinin geliştirilmesinde, nanoteknoloji ve kapsülasyon teknolojisi gibi yenilikçi yaklaşımlardan faydalanılması, ürün güvenliği ve çevresel etkilerin dikkate alınması, sürdürülebilirlik açısından kritik bir öneme sahiptir.

TEŞEKKÜR

Bu derleme çalışması; Bursa Uludağ Üniversitesi BAP Birimi tarafından desteklenen FAY-2023-1410 "Sitronella Yağı Esaslı Mikrokapüller İçeren Sivrisinek Kovucu Poliüretan Nanolifli Yüze Üretimi ve Karakterizasyonu" adlı altyapı projesi kapsamında hazırlanmıştır.

KAYNAKLAR

- Thum, M. D., Weise, N. K., Casalini, R., Fulton, A. C., Purdy, A. P., Lundin, J. G., (2022), *Incorporation of N, N, -diethyl - meta - toluamide within Electrospun Nylon - 6/6 Nanofibers*, Journal of Applied Polymer Science, 139(48), e53237.
- Iliou, K., Kikionis, S., Petrakis, P. V., Ioannou, E., Roussis, V., (2019), *Citronella Oil - loaded Electrospun Micro/nanofibrous Matrices as Sustained Repellency Systems for the Asian Tiger Mosquito Aedes Albopictus*, Pest Management Science, 75(8), 2142-2147.
- Gupta, P., Preet, S., Singh, N., (2022), *Preparation of Thymus Vulgaris (L.) Essential Oil Nanoemulsion and Its Chitosan Encapsulation for Controlling Mosquito Vectors*, Scientific Reports, 12(1), 4335.
- Ciera, L., Beladjal, L., Van Landuyt, L., Menger, D., Holdinga, M., Mertens, J., Van Langenhove, L., De Clerk, K., Gheysens, T., (2019), *Electrospinning Repellents in Polyvinyl Alcohol-nanofibres for Obtaining Mosquito-repelling Fabrics*, Royal Society Open Science, 6(8), 182139.
- Sarışık, A. M., Okur, S., Asma, Ş., (2012), *Odor Adsorption Kinetics on Modified Textile Materials Using Quartz Microbalance Technique*, Acta Physica Polonica A, 121(1), 243-246.
- Miao, M., Xin, J. H., (2018), *Engineering of High-Performance Textiles*, Woodhead Publishing.
- Yuce, I., (2018), *Sivrisineklerden Koruyucu Tekstil Ürünlerinin İncelenmesi*, Academic Perspective Procedia, 1(1), 498-506.
- Sanei-Dehkordi, A., Moemenbellah-Fard, M. D., Saffari, M., Zarenezhad, E., Osanloo, M., (2022), *Nanoliposomes Containing Limonene and Limonene-rich Essential Oils as Novel Larvicides against Malaria and Filariasis Mosquito Vectors*, BMC Complementary Medicine and Therapies, 22(1), 140.
- Solomon, B., Sahle, F. F., Gebre-Mariam, T., Asres, K., Neubert, R. H. H., (2012), *Microencapsulation of Citronella Oil for Mosquito-repellent Application: Formulation and in Vitro Permeation Studies*, European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics, 80(1), 61-66.
- García-Rivera, E. J., Vorndam, V., Rigau-Perez, J. G., (2009), *Use of an Enhanced Surveillance System for Encephalitis and Aseptic Meningitis for the Detection of Neurologic Manifestations of Dengue in Puerto Rico, 2003*, Puerto Rico Health Sciences Journal, 28(2), 114-120.
- Caraballo, H., King, K., (2014), *Emergency Department Management of Mosquito-borne Illness: Malaria, Dengue, and West Nile Virus*, Emergency Medicine Practice, 16(5), 1-23.
- Everyday Health. *Is It Skeeter Syndrome?*. <https://www.everydayhealth.com/bug-bites/is-it-skeeter-syndrome/>, Erişim Tarihi: 15 Temmuz 2023.
- Brouhard, R., *Infected Mosquito Bite Symptoms and Treatment*. <https://www.verywellhealth.com/mosquito-bites-1298218>, Erişim Tarihi: 15 Temmuz 2023.
- Mosquito Magnet. *The Economic Cost of Mosquito-Borne Diseases*. <https://www.mosquitomagnet.com/articles/the-economic-cost-of-mosquito-borne-diseases>, Erişim Tarihi: 15 Temmuz 2023.
- Ryan, J. J., Casalini, R., Orlicki, J. A., Lundin, J. G., (2020), *Controlled Release of the Insect Repellent Picaridin from Electrospun Nylon - 6,6 Nanofibers*, Polymers for Advanced Technologies, 31(12), 3039-3047.
- Khanna, S., Khaur, A., (2021), *Evaluation and Designing of Mosquito Repellent Home Textiles Produced from Cotton Blended Fabrics*, Proceedings of the National Conference on Futuristic Trends in Textiles- organised by CentEr for Textile Functions, NMIMS, Shirpur.
- Walmart. *Mosquito Repellent Patch*. <https://www.walmart.com/c/kp/mosquito-repellent-patch>, Erişim Tarihi: 30 Ocak 2023.
- Shopee. *Mosquito Repellent Bracelet*. <https://shopee.com.my/Shaking-Sound-Mosquito-Repellent-Bracelet-Rotation-Flash-Spinning-Top-Insecticide-Treated-Materials-for-the-Watch-Anti-M-i.438377858.10606510410>, Erişim Tarihi: 30 Ocak 2023.
- Walmart. *Mosquito Repellent Bracelet*. <https://www.walmart.com/ip/Mosquito-Repellent-Bracelet-Anti-Mosquito-Bracelet-Anti-Mosquito-Repellent-Bracelets-with-Natural-Material-for-Children-and-Adults/531115019>, Erişim Tarihi: 30 Ocak 2023.
- Coatings World. *AkzoNobel Launches Mosquito-repellent Coating to Help Combat Disease*. https://www.coatingsworld.com/contents/view_breaking-news/2022-06-13/akzonobel-launches-mosquito-repellent-coating-to-help-combat-disease/, Erişim Tarihi: 2 Şubat 2023.
- Istock. *Anti-sivrisinek difüzör*. <https://www.istockphoto.com/tr/foto%C4%9Fraf/sivrisinek-kovucu-elektrik-kullanan-kad%C4%B1n-veya-fumigator-anti-sivrisinek-dif%C3%BCz%C3%B6r-gm953028458-260175797>, Erişim Tarihi: 2 Şubat 2023.
- Ceccone, C., Caldera, F., Trotta, F., Bracco, P., Zanetti, M., (2018), *Controlled Release of DEET Loaded on Fibrous Mats from Electrospun PMDA/cyclodextrin Polymer*, Molecules, 23(7), 1694.
- Debboun, M., Frances, S. P., Strickman, D. A., (2015), *Insect Repellents Handbook*, Taylor and Francis, Boca Raton.
- Brown, M., Hebert, A. A., (1997), *Insect Repellents: An Overview*, Journal of the American Academy of Dermatology, 36(2), 243-249.
- U.S. Environmental Protection Agency. *Repellent-Treated Clothing*. <https://www.epa.gov/insect-repellents/repellent-treated-clothing>, Erişim Tarihi: 8 Mart 2023.
- Tavares, M., Da Silva, M. R. M., De Siqueira, L. B. D. O., Rodrigues, R. A. S., Bodjolle-d'Almeida, L., Dos Santos, E. P., Ricci-Júnior, E., (2018), *Trends in Insect Repellent Formulations: A Review*. International Journal of Pharmaceutics, 539(1-2), 190-209.
- Chattopadhyay, P., Dhiman, S., Borah, S., Rabha, B., Chaurasia, A. K., Veer, V., (2015), *Essential Oil Based Polymeric Patch Development and Evaluating Its Repellent Activity Against Mosquitoes*, Acta Tropica, 147, 45-53.
- Pardini, F., Iregui, A., Faccia, P., Amalvy, J., Gonzalez, A., Irusta, L., (2021), *Development and Characterization of Electrospun Microcapsules of Poly ε-caprolactone with Citronella Oil for Mosquito-repellent Application*, International Journal of Polymer Analysis and Characterization, 26(6), 497-516.

29. Kim, J., Kang, C., Lee, J., Kim, J., Han, H., Yun, H., (2005), *Evaluation of Repellency Effect of Two Natural Aroma Mosquito Repellent Compounds, Citronella and Citronellal*, Entomological Research, 35(2), 117-120.
30. Koşar, İ., Özel, A., (2018), *Çörekotu (Nigella Sativa L.) Çeşit ve Popülasyonlarının Karakterizasyonu: I. Tarımsal Özellikler*, Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 22(4), 533-543.
31. Temel, M., Tinmaz, A., Öztürk, M., Gündüz, O., (2018), *Dünyada ve Türkiye’de Tıbbi-aromatik Bitkilerin Üretimi ve Ticareti*, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 21, 198-214.
32. Swamy, M. K., Sinniah, U. R., Akhtar, M. S., (2016), *Antimicrobial Properties of Plant Essential Oils against Human Pathogens and Their Mode of Action: An Updated Review*, Evidence-Based Complement Alternative Medicine, 2016, 3012462.
33. Mahmoudi, R., (2017), *Application of Medicinal Plants: From Past to Present*, MOJ Biology and Medicine, 1(3), 80.
34. Swamy, M. K., Sinniah, U. R., (2015), *A Comprehensive Review on the Phytochemical Constituents and Pharmacological Activities of Pogostemon Cablin Benth: An Aromatic Medicinal Plant of Industrial Importance*, Molecules, 20, 8521-8547.
35. Arumugam, G., Swamy, M. K., Sinniah, U. R., (2016), *Plectranthus Amboinicus (Lour.) Spreng: Botanical, Phytochemical, Pharmacological and Nutritional Significance*, Molecules, 21(4), 369.
36. Karik, Ü., Öztürk, M. *Türkiye Dış Ticaretinde Tıbbi ve Aromatik Bitkiler*, <https://www.tibbivearomatikbitkiler.com/makaleler/turkiye-dis-ticaretinde-tibbi-ve-aromatik-bitkiler>, Erişim Tarihi: 18 Mart 2023.
37. Ucar, M. B., Ucar, G., Ozdemir, H., (2015), *Composition of Essential Oils from Fir (abies) Wood Species Grown in Turkey*, Chemistry of Natural Compounds, 51(2), 356-358.
38. Natrajan, D., Srinivasan, S., Sundar, K., Ravindran, A., (2015), *Formulation of Essential Oil-loaded Chitosan-alginate Nanocapsules*, Journal of Food and Drug Analysis, 23(3), 560-568.
39. Marsin, A. M., Muhamad, I. I., Anis, S. N. S., Lazim, N. A. M., Ching, L. W., Dolhaji, N. H., (2020), *Essential Oils as Insect Repellent Agents in Food Packaging: A Review*, European Food Research and Technology, 246(8), 1519-1532.
40. Choochote, W., Chaithong, U., Kamsuk, K., Jitpakdi, A., Tippawangkosol, P., Tuetun, B., Champakaew, D., Pitasawat, B., (2007), *Repellent Activity of Selected Essential Oils against Aedes Aegypti*, Fitoterapia, 78(5), 359-364.
41. Munda, S., Saikia, P., Lal, M., (2018), *Chemical Composition and Biological Activity of Essential Oil of Kaempferia Galanga: A Review*, Journal of Essential Oil Research, 30(5), 303-308.
42. Cosimi, S., Rossi, E., Cioni, P. L., Canale, A., (2009), *Bioactivity and Qualitative Analysis of Some Essential Oils from Mediterranean Plants against Stored-product Pests : Evaluation of Repellency against Sitophilus Zeamais Motschulsky, Cryptolestes Ferrugineus (Stephens) and Tenebrio molitor (L.)*, Journal of Stored Products Research, 45(2), 125-132.
43. Yoon, J. K., Kim, K., Cho, Y., Gwon, Y., Cho, H. S., Heo, Y., Park, K., Lee, Y., Kim, M., Oh, Y., Kim, Y. B., (2015), *Comparison of Repellency Effect of Mosquito Repellents for DEET, Citronella, and Fennel Oil*, Journal of Parasitology Research, 2015, 361021.
44. Piras, A., Jose, M., Alves, J., Falconieri, D., Porcedda, S., (2018), *Industrial Crops and Products Ocimum Tenuiflorum L. and Ocimum Basilicum L., Two Spices of Lamiaceae Family with Bioactive Essential Oils*, Industrial Crops and Products, 113, 89-97.
45. Trongtokit, Y., Curtis, C. F., Rongsriyam, Y., (2005), *Efficacy of Repellent Products against Caged and Free Flying Anopheles Stephensi Mosquitoes*, The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health, 36(6), 1423-1431.
46. Kong, C. S., Yoo, W. S., Lee, K. Y., Kim, H. S., (2009), *Nanofiber Deposition by Electroblowing of PVA (Polyvinyl Alcohol)*, Journal of Materials Science, 44, 1107-1112.
47. Amer, A., Mehlhorn, H., (2006), *Repellency Effect of Forty-one Essential Oils against Aedes, Anopheles, and Culex Mosquitoes*, Parasitology Research, 99(4), 478-490.
48. Tawatsin, A., Asavadachanukorn, P., Thavara, U., Wongsinkongman, P., Bansidhi, J., Boonruad, T., Chavalittumrong, P., Soonthornchareonnon, N., Komalamisra, N., Mulla, M. S., (2006), *Repellency of Essential Oils Extracted from Plants in Thailand against Four Mosquito Vectors (Diptera: Culicidae) and Oviposition Deterrent Effects against Aedes Aegypti (Diptera: Culicidae)*, Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health, 37(5), 915-931.
49. Gillij, Y. G., Gleiser, R. M., Zygadlo, J. A., (2008), *Mosquito Repellent Activity of Essential Oils of Aromatic Plants Growing in Argentina*, Bioresource Technology, 99(7), 2507-2515.
50. Kemabonta, K. A., Adediran, O. I., Ajelara, K. O., (2018), *The Insecticidal Efficacy of the Extracts of Piper Nigrum (Black Pepper) and Curcuma Longa (Turmeric) in the Control of Anopheles Gambiae Giles (Dip., Culicidae)*, Jordan Journal of Biological Sciences, 11(2), 195-200.
51. Gokulakrishnan, J., Kuppusamy, E., Shanmugam, D., Appavu, A., Kaliyamoorthi, K., (2013), *Pupicidal and Repellent Activities of Pogostemon Cablin Essential Oil Chemical Compounds against Medically Important Human Vector Mosquitoes*, Asian Pacific Journal of Tropical Disease, 3(1), 26-31.
52. Inouye, S., Uchida, K., Abe, S., (2006), *Volatile Composition and Vapour Activity against Trichophyton Mentagrophytes of 36 Aromatic Herbs Cultivated in Chichibu District in Japan*, International Journal of Aromatherapy, 16(3-4), 159-168.
53. Wu, H., Zhang, M., Yang, Z., (2019), *Industrial Crops and Products Repellent Activity Screening of 12 Essential Oils against Aedes Albopictus Skuse: Repellent Liquid Preparation of Mentha Arvensis and Litsea Cubeba Oils and Bioassay on Hand Skin*, Industrial Crops and Products, 128, 464-470.
54. Patumi, M., Andria, R., Marsilio, V., Fontanazza, G., Morelli, G., Lanza, B., (2002), *Olive and Olive Oil Quality after Intensive Monocone Olive Growing (Olea Europaea L., cv. Kalamata) in Different Irrigation Regimes*, Food Chemistry, 77(1), 27-34.
55. Southwell, I. A., Stiff, I. A., (1990), *Differentiation between Melaleuca Alternifolia and M. Linariifolia by Monoterpenoid Comparison*, Phytochemistry, 29(11), 3529-3533.
56. Sugimoto, M., (2004), *Mosquito Repellents of Plant Origin*, Japanese Patent 2004210756.
57. Govindarajan, M., (2010), *Larvicidal and Repellent Activities of Sida Acuta Burm. F. (Family: Malvaceae) against Three Important Vector Mosquitoes*, Asian Pacific Journal of Tropical Medicine, 3(9), 691-695.
58. Barbosa, L. C. A., Filomeno, C. A., Teixeira, R. R., (2016), *Chemical Variability and Biological Activities of Eucalyptus spp. Essential Oils*, Molecules, 21(12), 1671.

59. Kaur, G. J., Arora, D. S., (2010), *Bioactive Potential of Anethum Graveolens, Foeniculum Vulgare and Trachyspermum Ammi Belonging to the Family Umbelliferae-Current Status*, Journal of Medicinal Plant Research, 4(2), 87-94.
60. Haldar, K. M., Ghosh, P., Chandra, G., (2014), *Larvicidal, Adulticidal, Repellency and Smoke Toxic Efficacy of Ficus Krishnae against Anopheles Stephensi Liston and Culex Vishnui Group Mosquitoes*, Asian Pacific Journal of Tropical Disease, 4, 214-220.
61. Benelli, G., Flamini, G., Fiore, G., Cioni, P. L., Conti, B., (2013), *Larvicidal and Repellent Activity of the Essential Oil of Coriandrum Sativum L. (Apiaceae) Fruits against the Filariasis Vector Aedes Albopictus Skuse (Diptera:Culicidae)*, Parasitol Research, 112(3), 1155-1161.
62. Sritabutra, D., Soonwera, M., (2013), *Repellent Activity of Herbal Essential Oils against Aedes Aegypti (Linn.) and Culex Quinquefasciatus (Say.)*, Asian Pacific Journal of Tropical Disease, 3(4), 271-276.
63. Fouad, H. A., Camara, C. A. G., (2017), *Chemical Composition and Bioactivity of Peel Oils from Citrus Aurantiifolia and Citrus Reticulata and Enantiomers of Their Major Constituent against Sitophilus Zeamais (Coleoptera: Curculionidae)*, Journal of Stored Products Research, 73, 30-36.
64. Curtis, C. F., Lines, J. D., Ijumba, J., Callaghan, A., Hill, N., Karimzad, M. A., (1987), *The Relative Efficacy of Repellents against Mosquito Vectors of Disease*, Medical and Veterinary Entomology, 1(2), 109-119.
65. Chang, K., Tak, J., Kim, S., Lee, W., Ahn, Y., (2006), *Repellency of Cinnamomum Cassia Bark Compounds and Cream Containing Cassia Oil to Aedes Aegypti (Diptera:Culicidae) Under Laboratory and Indoor Conditions*, Pest Management Science, 62(11), 1032-1038.
66. Omolo, M. O., Okinyo, D., Ndiege, I. O., Lwande, W., Hassanali, A., (2004), *Repellency of Essential Oils of Some Kenyan Plants against Anopheles Gambiae*, Phytochemistry 65(20), 2797-2802.
67. Pavela, R., (2014), *Insecticidal Properties of Pimpinella Anisum Essential Oils Against the Culex Quinquefasciatus and the Non-target Organism Daphnia Magna*, Journal of Asia-Pacific Entomology, 17(3), 287-293.
68. Chou, S. T., Peng, H. Y., Hsu, J. C., Lin, C. C., Shih, Y., (2013), *Achillea Millefolium L. Essential Oil Inhibits LPS-induced Oxidative Stress and Nitric Oxide Production in RAW 264.7 Macrophages*, International Journal of Molecular Sciences, 14(7), 12978-12993.
69. Jack, E. R., (2000), *Biological and Biotechnological Control of Insect Pests*, Lewis Publishers, Boca Raton.
70. Zheljzkov, V. D., Craker, L. E., (2016), *Medicinal and aromatic crops: production, phytochemistry, and utilization*, American Chemical Society, Washington, DC.
71. Toledo, P. F. S., Jumbo, L. O. V., Rezende, S. M., Haddi, K., Silva, B. A., Mello, T. S., Della Lucia, T. M. C., Aguiar, R. W. S., Smaghe, G., Oliveira, E. E., (2020), *Disentangling the Ecotoxicological Selectivity of Clove Essential Oil against Aphids and Non-target Ladybeetles*, Science of The Total Environment, 718, 137328.
72. Moura, W. S., Oliveira, E. E., Haddi, K., Correa, R. F. T., Piau, T. B., Moura, D. S., Santos, S. F., Grisolia, C. K., Ribeiro, B. M., Aguiar, R. W. S., (2021), *Cassava Starch-based Essential Oil Microparticles Preparations:Functionalities in Mosquito Control and Selectivity against Non-target Organisms*, Industrial Crops and Products, 162, 113289.
73. Ibrahim, S. S., Abou-Elseoud, W. S., Elbeheri, H. H., Hassan, M. L., (2022), *Chitosan-cellulose Nanoencapsulation Systems for Enhancing the Insecticidal Activity of Citronella Essential Oil against the Cotton Leafworm Spodoptera Littoralis*, Industrial Crops and Products, 184, 115089.
74. Ghayempour, S., Montazer, M., (2019), *A Novel Controlled Release System Based on Tragacanth Nanofibers Loaded Peppermint Oil*, Carbohydrate Polymers, 205, 589-595.
75. Ramamoorthy, M., Rajiv, S., (2014), *l - carvone - loaded Nanofibrous Membrane as a Fragrance Delivery System: Fabrication, Characterization and in Vitro Study*, Flavour and Fragrance Journal, 29(6), 334-339.
76. Anuar, A. A., Yusof, N., (2016), *Methods of Imparting Mosquito Repellent Agents and the Assessing Mosquito Repellency on Textile*, Fashion and Textiles, 3(1), 1-14
77. Rozendaal, J. A., (1997), *Vector control: methods for use by individuals and communities*, World Health Organization.
78. Fruugo. *Sivrisinek Kamp Çadırı*. <https://www.fruugo.com/tr/sineklik-yatak-pop-up-katlanabilir-yatak-sivrisinek-ag%25C4%25B1-tas%25C4%25B1nabilir-seyahat-sivrisinek-ag%25C4%25B1-yatak-odas%25C4%25B1-ac%25C4%25B1k-kamp-icin-sivrisinek-kamp-cad%25C4%25B1r%25C4%25B1-kolay-kurulum/p-121264339>, Erişim Tarihi: 21 Mart 2023.
79. AliExpress. *Mosquito Tent*. <https://tr.aliexpress.com/i/4000540570425.html>, Erişim Tarihi: 21 Mart 2023.
80. Amazon. *Örgü Balıkçılık Süti*. <https://www.amazon.com.tr/bal%C4%B1k%C3%A7%C4%B1k-Sivrisinek-Kap%C3%BC%C5%9Fonlu-Bal%C4%B1k%C3%A7%C4%B1k-Koruyucu/dp/B0BK7ZJT43>, Erişim Tarihi: 21 Mart 2023.
81. Istock. *Cibinlik ile Şapka*. <https://www.istockphoto.com/tr/foto%C4%9Fraf/cibinlik-ile-%C5%9Fapka-gm697917962-130239293>, Erişim Tarihi: 21 Mart 2023.
82. Trendhunter. *Mosquito Net Socks*. <https://www.trendhunter.com/trends/net-socks>, Erişim Tarihi: 21 Mart 2023.
83. Becker, N., Petric, D., Zgomba, M., Boase, C., Madon, M., Dahl, C., Kaiser, A., (2010), *Mosquitoes and Their Control*, Springer, Heidelberg.
84. Islam, S., Butola, B. S., (2019), *The impact and prospects of green chemistry for textile technology*, Woodhead Publishing.
85. Chatha, S. A. S., Asgher, M., Asgher, R., Hussain, A. I., Iqbal, Y., Hussain, S. M., Bilal, M., Saleem, F., Iqbal, H. M. N., (2019), *Environmentally Responsive and Anti-bugs Textile Finishes-Recent Trends, Challenges, and Future Perspectives*, Science of The Total Environment, 690, 667-682.
86. Hebeish, A., Fouda, M. G., Hamdy, I. A., El-Sawy, S. M., Abdel-Mohdy, F. A., (2008), *Preparation of Durable Insect Repellent Cotton Fabric: Limonene as Insecticide*, Carbohydrate Polymers, 74(2), 268-273.
87. Rodrigues, S. N., Martins, I. M., Fernandes, I. P., Gomes, P. B., Mata, V. G., Barreiro, M. F., Rodrigues, A. E., (2009), *Scenfashion®: Microencapsulated Perfumes for Textile Application*, Chemical Engineering Journal, 149(1-3), 463-472.
88. Akbarzadeh, A., Mokhtari, J., Kolkoochi, S., Amin Sarli, M., (2012), *Imparting Insect Repellency to Nylon 6 Fibers by Means*

- of a Novel MCT Reactive Dye, *Journal of Applied Polymer Science*, 126(3), 1097-1104.
89. Sibanda, M., Focke, W., Braack, L., Leuteritz, A., Brünig, H., Tran, N. H. A., Wieczorek, F., Trümper, W., (2018), *Bicomponent Fibres for Controlled Release of Volatile Mosquito Repellents*, *Materials Science and Engineering: C*, 91, 754-761.
90. Dai, X., Jin, Z., Tao, J., (2019), *Study on Comfort Performance of Seamless Knitted Fabric with Mosquito- Proof Fiber*, 12th International Symposium on Computational Intelligence and Design (ISCID), Hangzhou, China.
91. Ferreira, I., Brünig, H., Focke, W., Boldt, R., Androsch, R., Leuteritz, A., (2021), *Melt-Spun Poly(D,L-lactic acid) Monofilaments Containing N,N-Diethyl-3- methylbenzamide as Mosquito Repellent*, *Materials*, 14(3), 638.
92. Pinheiro, C., Belino, N., Paul, R., (2019), *Application of Microencapsulated Natural Oils in the Development of Functionalized Sustainable Clothing*, *Annals of the University of Oradea: Fascicle of Textiles, Leatherwork*, 20(2), 13-18.
93. Chen, Y. C., Chung, H. N., Lin, S. M., (2006), Patent number: US 2006/0034882 A1, *Yarns and Fabrics Having Long-lasting Mosquito Repellent or Antibacterial Effect and Their Preparation*.
94. Penner, C., Chabi, J., Martin, T., Chandre, F., Rogier, C., Hougard, J. M. Pages, F., (2010), *New Protective Battle-dress Impregnated against Mosquito Vector Bites, Parasites and Vectors*, 3(1), 81-87.
95. Sumithra, M., Vasugi Raja, N., (2012), *Mosquito Repellency Finishes in Blended Denim Fabrics*, *International Journal of Pharmacy and Life Sciences*, 3(4), 1614-1616.
96. Ramasamy, R., Rajan, R., Velmurugan, R., (2014), *Development of Mosquito Repellent Fabrics Using Vitex Negundo Loaded Nanoparticles*, *Malaya Journal of Biosciences*, 1(1), 19-23.
97. Bhatt, L., Kale, R. D., (2015), *Development of Mosquito Repellent Textiles Using Chrysanthemum Oil Nano Emulsion*, *International Journal of Textile and Fashion Technology*, 5(3), 15-22.
98. Teli, M. D., Chavan, P. P., (2017), *Modified Application Process on Cotton Fabric for Improved Mosquito Repellency*, *The Journal of The Textile Institute*, 108(6), 915-921.
99. Khanna, S., Chakraborty, J. N., (2018), *Mosquito Repellent Activity of Cotton Functionalized with Inclusion Complexes of β -cyclodextrin Citrate and Essential Oils*, *Fashion and Textiles*, 5, 9.
100. Singh, A., Sheikh, J., (2021), *Development of Multifunctional Polyester using Disperse Dyes Based through a Combination of Mosquito Repellents*, *Journal of Molecular Structure*, 1232, 129988.
101. Sumithra, M., Stella, J., Yuvarani, S., (2014), *Mosquito Repellent Finish on Dyed Bamboo Fabric using Thyme Oil*, *Man-Made Textiles in India*, 42(9), 331-333.
102. Teli, M. D., Chavan, P. P., (2017), *Synthesis of Reactive Dye to Impart Mosquito Repellency to Nylon*, *The Journal of The Textile Institute*, 108(2), 226-232.
103. Teli, M. D., Chavan, P. P., (2018), *Dyeing of cotton fabric for improved mosquito repellency*, *The Journal of The Textile Institute*, 109(4), 427-434.
104. Singh, A., Sheikh, J., (2022), *Synthesis of Novel, Coumarin-based, Mosquito Repellent-cum-multifunctional Azo Disperse Dye for Functional Dyeing of Polyester*, *The Journal of The Textile Institute*, 114(8), 1108-1118.
105. Singh, A., Sheikh, J., (2023), *Synthesis of a Novel Cationic Dye to Impart Mosquito-Repellent and UV Protection to an Acrylic Fabric*, *ACS omega*, 8(11), 10214-10224.
106. Specos, M. M., García, J. J., Tornesello, J., Marino, P., Vecchia, M. D., Tesoriero, M. D., Hermida, L. G., (2010), *Microencapsulated Citronella Oil for Mosquito Repellent Finishing of Cotton Textiles*, *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 104(10), 653-658.
107. Anitha, R., Ramachandran, T., Rajendran, R., Mahalakshmi, M., (2011), *Microencapsulation of Lemon Grass Oil for Mosquito Repellent Finishes in Polyester Textiles*, *Elixir Bio- Physics*, 40, 5196-5200.
108. Ramya, K., Maheshwari, V., (2014), *Development of Eco Friendly Mosquito Repellent Fabric Finished with Andrographis Paniculata Plant Extracts*, *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6(5), 115-117.
109. Geethadevi, R., Maheshwari, V., (2015), *Long-lasting UV Protection and Mosquito Repellent Finish on Bamboo/tencel Blended Fabric with Microencapsulated Essential Oil*, *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 40(2), 175-179.
110. Rana, M., Singh, S. S. J., Yadav, S., (2017), *Effect of Microencapsulated Plant Extracts on Mosquito Repellency*, *Journal of Applied and Natural Science*, 9(4), 2127-2131.
111. Türkoğlu, G. C., Sarıışık, A. M., Erkan, G., Yıkılmaz, M. S., Kontart, O., (2020), *Micro-and nano-Encapsulation of Limonene and Permethrin for Mosquito Repellent Finishing of Cotton Textiles*, *Iranian Polymer Journal*, 29, 321-329.
112. Dhillon, G., Bains, S., Grewal, S., Kocher, K. D., (2020), *Mosquito Repellent Eucalyptus and Rosemary Essential Oil Finishes for Cotton Fabric*, *International Journal of Chemical Studies*, 9(1), 31-34.
113. Singh, N., Sheikh, J., (2021), *Sustainable Development of Mosquito-repellent, Flame-retardant, Antibacterial, Fragrant and Antioxidant Linen using Microcapsules containing Thymus Vulgaris Oil in in-situ Generated Chitosan-phosphate*, *Cellulose*, 28, 2599-2614.
114. Singh, N., Sheikh, J., (2022), *Multifunctional Linen Fabric Obtained through Finishing with Chitosan-gelatin Microcapsules Loaded with Cinnamon Oil*, *Journal of Natural Fibers*, 19(12), 4780-4790.
115. Tariq, Z., Izhar, F., Malik, M. H., Oneeb, M., Anwar, F., Abbas, M., Khan, A., (2022), *Development of Functional Textile via Microencapsulation of Peppermint Oils: A Novel Approach in Textile Finishing*, *Research Journal of Textile and Apparel. Basım aşamasında*.
116. Çalhoğlu, F. C., Güler, H. K., Çetin, E. S., (2019), *Emulsion Electrospinning of Bicomponent Poly (vinyl pyrrolidone)/gelatin Nanofibers with Thyme Essential Oil*, *Materials Research Express*, 6(12), 125013.
117. Konchada, S., Killi, N., Sayyad, S., Gathalkar, G.B., Gundloori, R.V., (2020), *Blends of neem oil based polyesteramide as nanofiber mats to control Culicidae*. *RSC advances*, 10(70), 42827-42837.
118. Shao, Z., Kang, G., Xie, J., Shen, R., Li, H., Zeng, Z., Jiang, J., Wang, X., Li, W., Guo, S., Liu, Y., Zheng, G., (2023), *Electrospun Mutualism-Inspired CA/CMA/PHMB Ultrafine Bimodal Nanofibrous Membrane for High-Performance, Antibacterial, and Mosquito-Repellent Air Filtration*, *Separation and Purification Technology*, 327, 124920.

119. Bonadies, I., Longo, A., Androsch, R., Jehnichen, D., Göbel, M., Di Lorenzo, M. L., (2019), *Biodegradable Electrospun PLLA Fibers Containing the Mosquito-repellent DEET*, European Polymer Journal, 113, 377-384.
120. Du, F., Bonadies, I., Longo, A., Rupp, H., Di Lorenzo, M.L., Androsch, R., (2023), *Sustainable Electrospun Poly (l-lactic acid) Fibers for Controlled Release of the Mosquito-Repellent Ethyl Butylacetylaminopropionate (IR3535)*, ACS Applied Polymer Materials, 5(7), 4838-4848.
121. Fulton, A.C., Thum, M.D., Jimenez, J., Camarella, G., Cilek, J. E., Lundin, J.G., (2023), *Long-Term Insect Repellent Electrospun Microfibers from Recycled Poly (ethylene terephthalate)*, ACS Applied Materials & Interfaces.
122. Tian, L., Prabhakaran, M. P., Hu, J., Chen, M., Besenbacher, F., & Ramakrishna, S. (2015), *Coaxial Electrospun Poly (Lactic Acid)/Silk Fibroin Nanofibers Incorporated with Nerve Growth Factor Support the Differentiation of Neuronal Stem Cells*, RSC Advances, 5(62), 49838-49848.
123. Zhang, Y. Z., Wang, X., Feng, Y., Li, J., Lim, C. T., Ramakrishna, S. (2006), *Coaxial Electrospinning of (fluorescein isothiocyanate-conjugated bovine serum albumin)-encapsulated Poly (ϵ -caprolactone) Nanofibers for Sustained Release*, Biomacromolecules, 7(4), 1049-1057.
124. Zupancic, S. (2019), *Core-shell Nanofibers as Drug-delivery Systems*, Acta pharmaceutica, 69(2), 131-153.
125. Ma, Q., Wang, J., Dong, X., Yu, W., Liu, G. (2014), *Electrospinning Fabrication and Characterization of Magnetic-upconversion Fluorescent Bifunctional Core-shell Nanofibers*, Journal of Nanoparticle Research, 16, 1-10.
126. Chou, S. F., Carson, D., Woodrow, K. A. (2015), *Current Strategies for Sustaining Drug Release from Electrospun Nanofibers*, Journal of Controlled Release, 220, 584-591.
127. Sperling, L. E., Reis, K. P., Pranke, P., Wendorff, J. H. (2016), *Advantages and Challenges Offered by Biofunctional Core-Shell Fiber Systems for Tissue Engineering and Drug Delivery*, Drug Discovery Today, 21(8), 1243-1256.
128. Munoz, V., Buffa, F., Molinari, F., Hermida, L. G., García, J. J., Abraham, G. A., (2019), *Electrospun ethylcellulose-based Nanofibrous Mats with Insect-repellent Activity*, Materials Letters, 253, 289-292.
129. Jiang, S., Lv, L. P., Landfester, K., Crespy, D., (2016), *Nanocontainers in and onto Nanofibers*. Accounts of Chemical Research, 49(5), 816-823.
130. Adep, S., Khandelwal, M., (2020), *Bacterial Cellulose with Microencapsulated Antifungal Essential Oils: A Novel Double Barrier Release System*, Materialia, 9, 100585.
131. Kim, J., Kim, S., (2017), *Eco-Friendly Acaricidal Effects of Nylon 66 Nanofibers via Grafted Clove Bud Oil-Loaded Capsules on House Dust Mites*, Nanomaterials, 7(7), 179.
132. Munhuweyi, K., Caleb, O. J., van Reenen, A. J., Opara, U. L., (2018), *Physical and Antifungal Properties of β -cyclodextrin Microcapsules and Nanofibre Films Containing Cinnamon and Oregano Essential Oils*, LWT - Food Science and Technology, 87, 413-422.
133. Shi, C., Zhou, A., Fang, D., Lu, T., Wang, J., Song, Y., Lyu, L., Wu, W., Huang, C., Li, W., (2022), *Oregano Essential oil/ β -cyclodextrin Inclusion Compound Poly(lactic Acid)/polycaprolactone Electrospun Nanofibers for Active Food Packaging*, Chemical Engineering Journal, 445, 136746.
134. Wen, P., Zhu, D. H., Feng, K., Liu, F. J., Lou, W. Y., Li, N., Zong, M. H., Wu, H., (2016), *Fabrication of electrospun polylactic acid nanofilm incorporating cinnamon essential oil/ β -cyclodextrin inclusion complex for antimicrobial packaging*. Food chemistry, 196, 996-1004.
135. Lundin, J., G., Thum, M. D., Casalini, R., Cilek, J., Orlicki, J., Murphy, J., Hoffman, N., Mosurkal, R., Perry, M. *Electrospun Multifunctional Composite Fibers for Improved Warfighter Insect Protection: Monofilaments, Dual-repellents, and Electrospun Yarns*. <https://apps.dtic.mil/sti/trecms/pdf/AD1168559.pdf>, Erişim Tarihi: 28 Temmuz 2023.
136. Barnard, D.R., 2005. *Biological assay methods for mosquito repellents*, Journal of the American Mosquito Control Association, Supplement:12-16.
137. World Health Organization, (2009), *Guidelines for Efficacy Testing of Mosquito Repellents for Human Skin*.
138. Draft Uganda Standard, (2021), *Mosquito repellents – Performance tests guidelines – Part: I Skin applied repellents*, Standard No: DUS 2373-1.
139. Gomez, M. M. Mari, R. B., Carr, B. T., Bowman, G. R., Faherty, G. W., Gobbi, C., Palm, J. M., Sloun, P. V., Miranda, M. A., (2021), *Two new alternatives to the conventional arm-in-cage tests for assessing topical repellents*, Journal of Medical Entomology, 58(4), 1826-1838.
140. Eyüpoğlu, Ş., (2018), *Bazı Doğal ve Sentetik Ürünlerin Mikrokapsülasyon Tekniği ile Hazırlanarak, Arılarda Karşı Kovucu Özelliğe Sahip Kumaş Eldesinin Araştırılması*, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
141. Microbe Investigations, *Arm-in-cage Test*, <https://microbe-investigations.com/arm-in-cage-test/>, 30 Mayıs 2023.
142. American Society for Testing and Materials, (2006), *Standard Test Methods for Laboratory Testing of Non-commercial Mosquito Reppent Formulations on the Skin*, Standart No: ASTM E951-94(2006),
143. Parves, A. A., Hossain, M. J., Hossain, M. Z., Sohan, M. S. H., Hoque, F., Ahsan, M. H., Hoque, M. S., (2023), *Mosquito Repellent Fabric: Development and Characterization of Peppermint and Garlic Mixture Finish on Knitted Fabric to Examine Mosquito Repellency*, Heliyon, 9(5), e15944.
144. Alaroma-IMR-IR Insect Repellent, <https://www.slideshare.net/workbrain/alaroma-imr-ir-insect-repellent>, 28 Temmuz.2023
145. Biogents. *Who Cone Test*. <https://www.biogents.com/contract-research-who-cone-test/>, Erişim Tarihi: 30 Mayıs 2023.
146. Paul, R., (2015), *Functional Finishes for Textiles*, Woodhead Publishing, United Kingdom.