

III.INTERNATIONAL CONGRESS ON ADVANCED RESEARCH AND APPLICATIONS

ADLI TIP UYGULAMALARINDA GİZLİ PARMAK İZLERİNİN TESPİTİNE YÖNELİK NANOTEKNOLOJİ KULLANIMI

THE USE OF NANOTECHNOLOGY FOR THE DETECTION OF LATENT FINGERPRINTS IN FORENSIC APPLICATIONS

Sabuhı Abdulzade

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Biyomühendislik-YL, Bilecik, Türkiye

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-1306-0903>

Prof. Dr. Mustafa Oğuzhan Çağlayan

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomühendislik Bölümü, Bilecik, Türkiye

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7265-1094>

ÖZET

Parmak izlerinin ortaya çıkarılması ve geliştirilmesi, adli soruşturmalarda büyük önem taşır. Parmak izleri, suç araştırmalarında kimlik tespiti için kritik öneme sahiptir, ancak çoğu zaman yüzeylerde çok düşük miktarda bulundukları için tespit edilmeleri güçleşmektedir. Parmak izinin bulunduğu yüzeyin yapısına ve izin türüne bağlı olarak farklı geliştirme teknikleri uygulanmaktadır. Parmak izlerinin görünür hâle getirilmesinde, nanoparçacık temelli yaklaşımların öne çıktığı görülmektedir. Bu çalışmada adli tıp uygulamalarında gizli parmak izlerinin ortaya çıkarılması için yeni bir yöntem geliştirmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla literatürde bulunan nanoparçacık temelli geliştiriciler incelenmiş ve silika bazlı nanoparçacıkların parmak izi tespitinde etkili ve uygun bir alternatif olduğu tespit edilmiştir. Silika bazlı bir yaklaşımın kullanılacağı çalışmamızda ise, parmak izinin iki temel bileşeni olan ekrin ve sebum salgılarına odaklanan, aptamer ve silika temelli yenilikçi bir nanoteknolojik strateji kullanılmıştır. Çalışma kapsamında, ekrin salgısında bulunan lizozime özgül bir aptamer ile işlevselleştirilmiş, floresan yüklü silika nanoparçacıkları sentezlenecektir. Aynı zamanda, sebum içeriğindeki yağ asitleri ve mum bileşenlerine daha iyi bağlanan hidrofobik özellik kazandırılmış floresan taşıyıcı silika yapıları da üretilenecektir. Sonuç olarak, bu özgün yaklaşımın parmak izi tespitini daha duyarlı, hızlı ve güvenilir hale getirmesi, ayrıca aptamer-silika tabanlı teknolojinin klasik yöntemlere kıyasla daha az zarar verici ve daha ekonomik bir alternatif sunması beklenmektedir.

Anahtar kelimeler: Adli Tıp, Adli Bilimler, Parmak İzi, Nanoteknoloji

ABSTRACT

The detection and development of fingerprints play a crucial role in forensic investigations. Fingerprints are of critical importance for personal identification in criminal cases; however, they are often found in trace amounts on surfaces, making their detection difficult. Depending on the nature of the surface and the type of fingerprint, different development techniques are employed. In recent years, nanoparticle-based approaches have gained prominence in making latent fingerprints visible. In this study, a new method was developed for the visualization of latent fingerprints in forensic applications. For this purpose, nanoparticle-based developers reported in the literature were examined, and silica-based nanoparticles were identified as an effective and suitable alternative for fingerprint detection. In our study, which utilized a silica-based approach, an innovative nanotechnological strategy combining aptamers and silica is employed, focusing on two key components of fingerprints: eccrine and sebaceous secretions. Within the scope of the study, fluorescent silica nanoparticles functionalized with a lysozyme-specific aptamer, one of the characteristic constituents of eccrine secretions, will be synthesized. In addition, fluorescent silica structures endowed with hydrophobic properties will be produced to enhance binding to fatty acids and wax components present in sebum. As a result, this original approach is expected to make fingerprint detection more sensitive, rapid, and reliable, while

offering a less destructive and more economical alternative compared with conventional methods through the use of aptamer–silica-based technology.

Keywords : Forensic Medicine, Forensic Sciences, Fingerprint, Nanotechnology

GİRİŞ.

Parmak izlerinin kişiyi tanımlamada kullanılmasına ilişkin en eski örnekler antik Çin ve Hindistan uygarlıklarında görülmektedir. 1858 yılında Herschel, parmak izlerinin sözleşme, tapu ve ödeme işlemlerinde kimlik doğrulama aracı olarak kullanılmasını desteklemiştir. 1863'te Coulier, görünmeyen parmak izlerini ortaya çıkarmaya yönelik bir yöntem geliştirerek bu tekniğin suçluların belirlenmesinde kullanılabileceğini öne sürmüştür. Henry ise parmak izlerinin suç soruşturamalarında bilimsel bir temel oluşturabilecek değerli bir araç olduğunu savunmuştur. Konuya ilişkin ilk sistematik ve kapsamlı incelemeler ise Galton tarafından gerçekleştirilmiştir. Parmak izi sırt desenlerinin sınıflandırılması da ilk kez Henry tarafından kabul edilmiştir (Neumann ve ark, 2012).

Parmak izi, parmakların yüzeyinde bulunan ince ve kıvrımlı çizgilerden oluşur. Bu çizgiler “papil hatları” olarak adlandırılır ve her birey için eşsiz bir yapıya sahiptir. Bir parmak herhangi bir yüzeye temas ettiğinde, papil hatlarının oluşturduğu iz o yüzeyde kalır; buna parmak izi denir (Hawthorne, 2009). Papiller hatlar, ter bezlerinden salgılanan terin gözeneklerden (porlardan) dışarı aktarılması sırasında oluşan, düzenli bir biçimde sıralanmış çok sayıda hücre hattından meydana gelir. Ter, bezlerden kanallar aracılığıyla taşınarak deri yüzeyinde birikir ve su, yağlar, tuzlar gibi çeşitli bileşenler içerir. Bu karışım, parmak herhangi bir yüzeye temas ettiğinde iz bırakan temel unsurlardan birini oluşturur (Bayer, 2003).

Bununla birlikte, parmak izinin kimyasal yapısı yalnızca terdeki bileşenlerden ibaret değildir; daha karmaşık bir kompozisyona sahiptir. Parmak izi içeriği hem vücuttan doğal olarak salgılanan endojen maddeleri (epidermis ve dermisten salınan bileşenler) hem de dış ortamdan bulaşan ekzojen maddeleri (metabolitler, ilaç kalıntıları, uyuşturucu maddeler, kozmetik ürünler, toz ve diğer çevresel kirlenmeler) kapsar (Cadd ve ark., 2015).

Parmak izlerini benzersiz kılan bazı temel özellikler bulunmaktadır:

- Eşsizdir – Hiçbir kişinin parmak izi bir başkasınıninkiyle aynı değildir.
- Sabitlik gösterir – Kişi doğduğundan itibaren parmak izi ömür boyu değişmeden kalır.
- Sınıflandırılabilir – Belirli bir sistematik yöntemle göre gruplara ayrılabilir.

Parmak izlerinin benzersizliği, dünya üzerinde iki insanın aynı papil yapısına sahip olmamasıyla ilişkilidir. Bireyin gelişimi sırasında parmakların büyümesi izlerin boyutunu etkileyebilse de papil hatlarının karakteristik düzeni değişmez. Bununla birlikte, ciddi yanıklar, güçlü asitlerle temas veya derin kesiler papil yapısını bozabilir.

Sınıflandırılabilirlik özelliği ise parmak izlerinin belirli şekil özelliklerine göre düzenli bir yapıda kategorilere ayrılması anlamına gelir. Bu sınıflar kendi içinde harf ve rakamlarla kodlanır ve belirli bir tasnif sistemi oluşturur. On parmak üzerinden, tek parmak üzerinden ya da iki el birlikte değerlendirilen farklı sınıflandırma modelleri bulunmaktadır.

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte geleneksel sınıflandırma yöntemlerinin yerini dijital analiz sistemleri almıştır. Dijital parmak izi sistemlerinde, kişilerin parmak izleri veri tabanlarına kaydedilir ve olay yerinden elde edilen bir iz, bu arşivde taranarak eşleşme olup olmadığı belirlenir (Deniz, 2016, ss. 32–40).

Gizli parmak izlerinin ortaya çıkarılması ve geliştirilmesi, adli soruşturmalarda büyük önem taşır. Görünmeyen parmak izlerinin net bir şekilde incelenebilmesi için hem temel hem de renkli geliştirme yöntemlerine ihtiyaç duyulur. Parmak izinin bulunduğu yüzeyin yapısına ve izin türüne bağlı olarak farklı geliştirme teknikleri uygulanmaktadır. Özellikle koyu zeminlerde bulunan kanlı parmak izleri, ilk bakışta belirgin olmasa da uygun işlemlerle görünür hâle getirilebilir. Optik yöntemlerin yetersiz kaldığı

durumlarda, kimyasal geliştiriciler kullanılarak kan izleri daha net hâle getirilir. Kimyasal geliştirme, kandaki amino asitler ve proteinler gibi biyomoleküller üzerinde belirli fonksiyonel gruplarla etkileşime giren reaktiflerin uygulanmasına dayanır. Bu amaçla kullanılan çok sayıda kimyasal ajan bulunmaktadır. Amido Black, Acid Violet gibi protein boyaları ile çeşitli deterjan ve protein bazlı boyalar bu gruba dahildir (Meng ve ark., 2018).

Son yıllarda yapılan çalışmalar, gizli parmak izlerinin beyaz ışık altında daha etkili şekilde görünür hâle getirilmesine yönelik yeni malzeme yaklaşımlarını ortaya koymuştur. Wang ve ekibi, bu amaçla 4-(klorometil) fenil gruplarıyla fonksiyonlandırılmış amfilik silikanın kullanımını rapor etmiştir. Lee ve ekibi, gizli parmak izlerinin geliştirilmesi için polivinilpirolidon (PVP) ile dış yüzeyi kaplanmış, organik boya içeren lüminesan silika nanoparçacıklarını amfilik bir toz formunda kullanıldığını bildirmiştir (Divya ve ark., 2018).

YÖNTEM

Çalışmamızda gizli parmak izlerinin tespiti amacı ile önerilen nanotaşıyıcılar için çok-basamaklı ardışık sentez yöntemi uygulanacaktır. Hidroksisüksinimid (NHS) ester karboksi floresin (FAM-SE) içeren floresan taşıyıcı silika nanoparçacıklar (FAMSNp) belirli bir sentez protokolü ile hazırlanacaktır. İlk aşamada, farklı oranlarda FAM-SE ile 3-aminopropil trietoksilan (APTES) etanol içerisinde karıştırılarak konjugat oluşturulacaktır. Daha sonra bu konjugat, değişen miktarlarda tetraetil ortosilikat (TEOS) içeren etanolik çözeltiye eklenerek amonyum hidroksit ortamında reaksiyona alınacaktır. Reaksiyon ilerledikten sonra, yüzeyde ek NH_2 fonksiyonel gruplarının oluşturulması amacıyla ikinci bir APTES eklemesi yapılarak sentez tamamlanacaktır. Farklı miktarlarda floresan boya kapsülleyen nanotaşıyıcılar (FAMSNp), TEOS miktarı sabit tutularak üretilecek, ardından santrifüjle ayrılacak, yıkanıp etanol içinde dağıtılarak 4°C 'de saklanacaktır. NH_2 grubu ile işlevselleştirilmiş bu silika nanoparçacıklarının yüzeyine aptamer bağlanması için PEG ve EDC-NHS kimyasal aktivasyon yöntemi kullanılacaktır ve 5'- NH_2 modifiye anti-lizozim aptamer nanoparçacığa konjüge edilerek Apt-FAMSNp elde edilecektir.

Bu çalışmanın bir diğer yenilikçi yönü, sebum bileşenlerine karşı seçiciliği artırmak amacıyla, belirlenen oranlarda (küttele 1:0.1 veya daha düşük) hegzadesil trimetoksilan (HDTMS) kullanılarak FAMSNp'nin yüzeyine hidrofobik modifikasyon uygulanmasıdır. Bu işlemler ile Hfb-FAMSNp adlı nanomalzeme geliştirilecektir. Bu nanoparçacıklar statik temas açısı ölçümleri, yüzey fonksiyonelleşmesini doğrulamak için ATR-FTIR analizi, morfolojik özellikler için SEM-EDX incelemeleri, seçilen optimal örnekler için Z-boyut ölçümleri, spektrofotometrik analizler ve 96 kuyucuklu plaka üzerinde taşıyıcı/serbest floresan karşılaştırmalı testleri uygulanarak karakterize edilecektir.

Geliştirilen nano-developer'lar (Hfb-FAMSNp ve Apt-FAMSNp'nin etanol-PBS karışımları) ile kontrol kimyasalı olarak ninhidrin, kâğıt dışındaki çeşitli ve önceden izopropanol/aseton ile temizlenmiş yüzeylerde standart yöntemlere göre parmak izlerinin geliştirilmesinde kullanılacaktır.

BULGULAR

Teknolojik ilerlemeler, adli olayların aydınlatılmasında kullanılan parmak izi analizlerine de yansımış ve bu alanda önemli yeniliklerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Özellikle parmak izlerinin görünür hâle getirilmesinde nanoparçacık temelli yaklaşımların öne çıktığı görülmektedir. Yapılan çalışmalar, silika nanoparçacıklarının parmak izi tespitinde etkili ve uygun bir alternatif sunduğunu göstermektedir. Boyar maddelerin silika nanoparçacıkları içerisine entegre edilmesi sayesinde, tek bir optik özelliğe sahip problemler kullanılarak yüksek kontrastlı parmak izi görüntüleri elde edilebilmektedir (Çetli ve ark., 2019b).

Gizli parmak izlerinin ortaya çıkarılmasında kullanılan silika tabanlı geliştiriciler; hassas yapıları, ekonomik olmaları, yüksek kontrast sağlamaları ve yüzey özelliklerinin kolayca düzenlenebilmesi sayesinde önemli bir avantaj sunmaktadır. Literatürde yer alan çalışmaların sonuçları aşağıda belirtilmiştir.

Meng ve arkadaşları, siyah gözeneksiz plastik yüzeylerdeki gizli kan parmak izlerini MSN süspansiyonu püskürterek geliştirmiştir. Yöntem, sadece püskürtme ve durulama ile beyaz veya tek dalga boylu ışık altında net ve yüksek kontrastlı izler sağlamıştır. Süspansiyon etanol içerdiğinden, ön işlem gerekmeden

kullanılabilmiş ve fotonik kristal MSN'ler boya veya floresan etiket ihtiyacını ortadan kaldırmıştır (Meng ve ark, 2018).

Yang ve arkadaşları, gizli parmak izlerini görüntülemeye etkili olan konjuge oligomer OFDBT ile kovalent olarak modifiye edilmiş kırmızı yayıcı silika nanopartiküller sentezlemiştir. OFDBT/SiO₂-Epoksi NPs, yaklaşık 20 nm boyutunda küresel yapıya sahip olup, parmak izi sırtlarıyla mekanik etkileşim için uygun özellik göstermiştir. Elde edilen nanoparçacıklar, parmak izi salgılarına yüksek afinite sergileyerek, ayrıntıları net ve yüksek çözünürlüklü floresan görüntüler sağlamıştır (Yang ve ark, 2019).

Zhang ve arkadaşları, yüksek verimli floresan nanomalzemeler geliştirmek için konjuge bir oligomerin silika nanoparçacıklarına entegre edildiğini bildirmiştir. Elde edilen hibrit nanoparçacıklar, oligomer öncüsü eklendiğinde kuantum veriminde %97'ye varan artış göstermiştir. Ayrıca bu floresan nanoparçacıklar, ultraviyole ışık altında iyi bir fotostabilite sergilemiştir. Çalışmada, SiO₂ nanoparçacıklarının gizli parmak izlerinin optik ve floresan tabanlı tespitinde etkili bir ajan olduğu sonucuna varılmıştır (Zhang ve ark, 2017).

Aptamer temelli parmak izi görüntüleme ilk kez Wood ve ekibi tarafından PVDF membran üzerinde uygulanmıştır. Çalışmada, parmak izi kalıntılarında bulunan lizozim hedef alınmış ve lizozime özgü aptamer, floresan etiket CAL Fluor® Orange 560 ile işaretlenmiştir. Bu aptamer, yüzeye bırakılan parmak izlerindeki lizozime bağlanmış ve PVDF membrana uygulandıktan sonra izler floresan mikroskobu ile görüntülenmiştir (Wood ve ark, 2012).

Wang ve ark., parmak izindeki lizozim ve kokainin tespiti için aptamer ile yakın kızılötesi destekli yukarı dönüşüm nanoparçacıklarını (UCNP) birleştirmiştir. UCNP'ler, arka plan ışığını engelleyerek görüntülemeyi kolaylaştırmaktadır. Ayrıca, aptamer türü değiştirilerek parmak izindeki farklı ekzojen maddelerin tespitinde de uygulanabilmektedir (Wang ve ark, 2014).

Li ve çalışma arkadaşları, gizli parmak izlerini ortaya çıkarmak için altın nanoparçacıklara (AuNP) bağlı aptamerlerin lokalize yüzey plazmon rezonansı (LSPR) özelliklerinden yararlanan nanoplazmonik bir yöntem geliştirmiştir. Çalışmada kokain aptamerleri kullanılmış ve parmak izlerinde kokain bulunduğu AuNP'lerin kümelenerek karanlık alan mikroskobunda (DFM) görünür hâle geldiği gösterilmiştir (Li ve ark, 2013).

Bu literatür bulgularına dayanarak, çalışmamızda geliştirilecek aptamer-silika esaslı nano-developer sisteminin, gizli parmak izlerinin tespitinde hem kimyasal hem de biyolojik seçiciliği bir arada sunması beklenmektedir. Lizozime özgül aptamer içeren floresan silika nanoparçacıkların, ekrin tipi izlerde protein temelli bileşenlere yüksek afinite göstermesi; hidrofobik özellik kazandırılmış silika yapıların ise sebum kaynaklı yağ ve mum içerikli izlerde tutunmayı artırması öngörülmektedir. Böylece, farklı yüzey türlerinde ve farklı biyolojik içerikli izlerde yüksek kontrastlı, homojen ve kalıcı görüntüler elde edilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca geliştirilecek bu nano-developerların düşük toksisite, yüzeye zarar vermeme, yeniden üretilebilirlik ve ekonomik sentez avantajlarıyla klasik kimyasal geliştiricilere kıyasla daha sürdürülebilir bir alternatif oluşturması beklenmektedir. Bu yönleriyle çalışma, aptamer ve silika tabanlı nanoteknolojik yaklaşımların adli tıpta çok yönlü, hedefe özgü ve çevre dostu parmak izi tespit yöntemlerine dönüştürülmesi açısından önemli bir potansiyel taşımaktadır.

SONUÇ.

Sonuç olarak bu çalışmada hedef Adli Tıpta gizli parmak izlerinin tespitine yönelik daha yenilikçi ve verimli yöntem geliştirmektir. Ekrin salgısına spesifik aptamer içerikli developerların, yağ asitleri ve mumlar içeren sebum salgısı bileşenleri için de daha spesifik olarak geliştirilmesini hedeflenmiştir. Önerilen yaklaşımın literatürdeki yaklaşımlardan farkı ve avantajları yönleri bu çalışmada karşılaştırılmıştır. Bu çalışma kapsamında elde edilecek deneyimlerin farklı ajanlara spesifik aptamerlerin taşıyıcıya konjugasyonu ile daha kapsamlı adli tıp-parmak izi uygulamalarında kullanılabilecek developerlar geliştirilmesinde kullanılabileceği değerlendirilmiştir.

III.INTERNATIONAL CONGRESS ON ADVANCED RESEARCH AND APPLICATIONS

Teşekkür: Bu çalışma TÜSEB Acil Araştırma ve Geliştirme Projeleri Destekleme Programı kapsamında 2025-A2-01 Çağrı no- lu, 46816 numaralı projemiz desteklenmektedir.

KAYNAKÇA

Neumann, C., Ian, E., Skerret, J. (2012). Quantifying the weight of evidence from a forensic fingerprint comparison: a new paradigm. *Journal of the Royal Statistical Society*. 175(2). ss. 371- 415.

Bayer, M., (2003), "Olay Yeri İnceleme Kriminal Laboratuvar Analizleri", ANKARA: SONGÜR YAYINCILIK.

Cadd, S., Islam, M., Manson, P., Bleay, S. ,(2015), "Fingerprint composition and aging: A literature review", *Science & Justice*, 55(4), 219–238.

Hawthorne, M.R. (2009), *Fingerprints Analysis and Understanding*. CRC Press Taylor& Francis Group.

Deniz, T. (2016), Olay yeri incelemesinde delilden sanığa gitmenin insan haklarının korunmasındaki önemi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Maltepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İnsan Hakları ABD. ss. 32-40. İstanbul

Çetli, E., Koç, F., Özkoçak, V. (2019b). Parmak izi ve yapay sinir ağı sistemlerinin gelişiminin adli bilimler açısından incelenmesi. *Turkish Studies Dergisi*. 14(5), ss. 37-51.

Meng, L., Ren, Y., Zhou, Z., Li, C., Wang,C., Fu, S. (2018). Monodisperse silica nanoparticle suspension for developing latent blood fingerprints. *Forensic Sciences Research*. 1-9.

Yang, Y., Liu, R., Cui, Q., Xu, W., Peng, R., Wang, J., Li, L. (2019). Red-emissive conjugated oligomer/silica hybrid nanoparticles with high affinity and application for latent fingerprint detection. *Colloids and Surfaces A* 565; 118 130.

Zhang, S., Liu, R., Cui, Q., Yang, Y., Cao, Q., Xu, W., Li, L. (2017b). Ultra-Bright Fluorescent Silica Nanoparticle Embedded with Conjugated Oligomers and Their Application for Latent Fingerprint Detection. *ACS Appl. Mater. Interfaces*. 1-39.

Wood, M., Maynard, P., Spindler, X., Lennard, C., Roux, C., (2012), "Visualization of Latent Fingerprints Using an Aptamer-Based Reagent", *Angewandte Chemie International Edition*, 51(49), 12272–12274.

Wang, Jie, Wei, T., Li, X., Zhang, B., Wang, J., Huang, C., Yuan, Q., (2014), "NearInfrared-Light-Mediated Imaging of Latent Fingerprints based on Molecular Recognition", *Angewandte Chemie International Edition*, 53(6), 1616–1620.

Li, K., Qin, W., Li, F., Zhao, X., Jiang, B., Wang, K., Li, D., (2013), "Nanoplasmonic Imaging of Latent Fingerprints and Identification of Cocaine", *Angewandte Chemie International Edition*, 52(44), 11542–11545.

Divya V., Bhavesh Agrawal, Amit Srivastav, Pooja Bhatt, Sagar Bhowmik, Yadvendra K. Agrawal & Prasenjit Maity (2018). Fluorescent amphiphilic silica nanopowder for developing latent fingerprints, *Australian Journal of Forensic Sciences*, 1-14.