



T.C.

ÜSKÜDAR ÜNİVERSİTESİ

BAĞIMLILIK VE ADLİ BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi TUĞBA ÜNSAL SAPAN

**PAMUKLU KUMAŞ ÜZERİNDEKİ TOUCH DNA ÖRNEKLERİNİN GERİ
KAZANILMASINDA EN UYGUN METODUN BELİRLENMESİ**

ADLİ BİLİMLER ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ADLİ BİLİMCİ PELİN ELİF SAYITOĞLU

İSTANBUL, 2024

T.C.
ÜSKÜDAR ÜNİVERSİTESİ
BAĞIMLILIK VE ADLİ BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi TUĞBA ÜNSAL SAPAN

PAMUKLU KUMAŞ ÜZERİNDEKİ TOUCH DNA ÖRNEKLERİNİN GERİ
KAZANILMASINDA EN UYGUN METODUN BELİRLENMESİ

ADLİ BİLİMLER ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ADLİ BİLİMCİ PELİN ELİF SAYITOĞLU

İSTANBUL, 2024

EKLER

EK-1 Etik Kurul Onay Belgesi



www.uskudar.edu.tr

Altunizade Mahallesi Üniversite Sokak No:14 34662 Üsküdar/İSTANBUL
T: 0216 400 22 22 F: 0216 474 12 56 bilgi@uskudar.edu.tr

T.C.
ÜSKÜDAR ÜNİVERSİTESİ
GİRİŞİMSSEL OLMAYAN ARAŞTIRMALAR
ETİK KURULU BAŞKANLIĞI

SAYI: 61351342/020-344

KONU:AĞUSTOS 2024-46 No.lu Dosyanın Onay Yazısı

29/08/2024

Sayın; Dr. Öğr. Üyesi Tuğba ÜNSAL SAPAN
(Pelin Elif SAYITOĞLU)

Üsküdar Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulunun 29/01/2024 tarihinde yapılan 01 No.lu toplantısında onay alan “Çeşitli Kumaşlar Üzerindeki Touch DNA Örneklerinin Geri Kazanılmasında En Uygun Metodun Belirlenmesi” adlı araştırma projenizin isminin 26/08/2024 tarihinde yapılan 08 No.lu toplantısında “Pamuklu Kumaş Üzerindeki Touch DNA Örneklerinin Geri Kazanılmasında En Uygun Metodun Belirlenmesi” olarak değiştirilmesinin etik açıdan uygun olduğuna karar verilmiştir.

Bilgilerinize rica ederim.

Prof. Dr. Cumhuri TAŞ
Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik
Kurulu Başkanı

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Çeşitli Kumaşlar Üzerindeki Touch DNA Örneklerinin Geri Kazanılmasında En Uygun Metodun Belirlenmesi” adlı çalışmanın, tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını, intihal yapmadığımı ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Tarih

... / ... /

Ad-Soyad

Pelin Elif SAYİTOĞLU

İmza

TEŞEKKÜR

Bölümümüzün öncüsü olup bize her imkânı sağlamak için elinden geleni yapan Rektör Yardımcısı ve Bağımlılık ve Adli Bilimler Enstitüsü Başkanı Sayın Prof. Dr. Sevil ATASOY’a,

Yüksek lisansım, tez yazım ve laboratuvar süreçlerimde bütün deneyimleri ile bana desteğini her zaman gösteren, aynı zamanda okul hayatım boyunca da verdiği emeklerle bu bölümü sevmemi sağlayan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Tuğba ÜNSAL SAPAN’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Aynı zamanda lisans ve yüksek lisans sürecimde ilgisini ve alakasını esirgemeyen, laboratuvar çalışmalarında, yetişemediğim her anda desteğini yanımda hissettiğim Arş. Gör. Umut KENDÜZ’e,

Ders sürecimde ve laboratuvar çalışmalarında desteğini esirgemeyen Arş. Gör. Nurdan SANDIKÇI’ya,

Bütün yaşamım boyunca hedeflerime ulaşmam için çabalayan, her zaman yanımda olan sevgili annem ve sevgili babama,

Benimle bu süreçte fikir alışverişinde bulunan sevgili arkadaşım Ümmühan ÇAKIRTEKİN’e ve her sorunun cevabını sabırla ve ilgiyle cevaplamaya çalışan Ali Zikir DUMAN’a, ayrıca desteğini esirgemeyen bütün arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

EKLER.....	I
YEMİN METNİ.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
TABLolar DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
KISALTMALAR VE SİMGELER.....	IX
ÖZET	X
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1 ADLİ BİLİMLER VE TARİHÇESİ.....	3
2.2 ADLİ GENETİK VE TARİHÇESİ	3
2.2.1 DNA	5
2.3 BİYolojİK DELİLLER.....	6
2.3.1 Biyolojik Delillerin Toplanması ve Saklanması.....	6
2.3.2 Biyolojik Delillerin Analizi	9
2.3.2.1 Adli Seroloji	10
2.3.2.2 DNA İzolasyonu.....	11
2.3.2.3 DNA Miktar Ölçümü	12
2.3.2.4 PCR (Polimeraz Zincir Reaksiyonu)	14

2.3.2.5 Elektroforez	14
2.3.2.6 DNA Profillerinin Eldesi.....	15
2.4 TOUCH DNA KAVRAMI	16
2.5 İNSAN TERİ VE TOUCH DNA	17
3. MATERYAL VE METOD	19
3.1 KULLANILAN CİHAZLAR VE SARF MALZEMELER	19
3.2 NUMUNELERİN ÖZELLİKLERİ, ÖRNEKLERİN OLUŞMA VE TOPLANMA AŞAMASI	19
3.3 ÖRNEKLER ÜZERİNDE TOUCH DNA GÖRÜNÜRLEŞTİRİLMESİ	20
3.3.1 Promega Diamond™ Nucleic Acid Dye Kiti Kullanılarak Görünürleştirme..	20
3.3.2 OBELUX marka çok dalga boylu ışık kaynağı ile görünürleştirme	20
3.4 ÖRNEKLER ÜZERİNDEN TOUCH DNA ÖRNEKLERİNİN TOPLANMASI	21
3.5 DNA İZOLASYONU	21
3.5.1 Promega Diamond™ Nucleic Acid Dye Kiti ile Görünürleştirilen Örneklerin DNA İzolasyonu	21
3.5.2 OBELUX marka çok dalga boylu ışık kaynağı ile Görünürleştirilen Örneklerin DNA İzolasyonu	21
3.5.3 QIAGEN QIAamp DNA Investigator Kit, Isolation of Total DNA from Sexual Assault Specimens Protokol	22
3.5.4 ZYMO Quick-DNA Microprep Plus Kit Biological Fluids Protocol.....	24
3.6 DNA MİKTAR ÖLÇÜMÜ.....	24
4. BULGULAR	26
4.1 PROMEGA DIAMOND™ NUCLEİC ACİD DYE KİTİ VE OBELUX MARKA ÇOK DALGA BOYLU IŞIK KAYNAĞI KULLANILARAK GÖRÜNÜRLEŞTİRİLEN KUMAŞ GÖRSELLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI	26

4.2 PROMEGA DIAMOND™ NUCLEIC ACID DYE KİTİ İLE GÖRÜNÜRLEŞTİRİLİP FARKLI DNA İZOLASYON KİTLERİ İLE ELDE EDİLEN DNA MİKTAR ÖLÇÜMLERİ.....	30
4.3 OBELUX MARKA ÇOK DALGA BOYLU IŞIK KAYNAĞI İLE GÖRÜNÜRLEŞTİRİLİP FARKLI DNA İZOLASYON KİTLERİ İLE ELDE EDİLEN DNA MİKTAR ÖLÇÜMLERİ.....	30
5. TARTIŞMA	34
6. SONUÇ	40
7. KAYNAKLAR.....	42
8. ÖZGEÇMİŞ	46

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo I. DNA Miktar Ölçüm Sonuçları.....	30
Tablo II OBELUX marka çok dalga boylu ışık kaynağı ile Görünürleştirilen Örneklerin Miktar Ölçüm Değerleri.....	31
Tablo III Diamond™ Nucleic Acid Dye Kit ile Görünürleştirilen Örneklerin Miktar Ölçüm Değerleri.....	31



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1: Promega Diamond Nucleic Acid Dye Kit (DD Kit).....	26
Şekil 2: 1. ve 2. kumaş örneklerinin görünürleştirilmesinde kullanılan farklı yöntemlerin karşılaştırılması	27
Şekil 3: 3. ve 4. kumaş örneklerinin görünürleştirilmesinde kullanılan farklı yöntemlerin karşılaştırılması	28
Şekil 4: 5. ve 6. kumaş örneklerinin görünürleştirilmesinde kullanılan farklı yöntemlerin karşılaştırılması	29
Şekil 5: OBELUX Marka Çok Dalga Boylu Işık Kaynağı ile Görünürleştirilen Örneklerin Farklı Kitlelere Göre Maksimum DNA Miktarları.....	32
Şekil 6: DD kit ile görünürleştirilen örneklerin farklı kitlelere göre maksimum DNA miktarları	32
Şekil 7: 6 tişört üzerinde görünürleştirilen ter örneklerinin görünürleştirme kitlerine göre oranı	33

KISALTMALAR VE SİMGELER

DNA: Deoksiribonükleik Asit

PCR: Polimerase Chain Reaction (Polimeraz Zincir Reaksiyon)

STR: Short Tandem Repeats (Kısa ardışık tekrar dizileri)

UV: Ultraviyole (Morötesi)

°C: Derece

EDTA: Etilendiamin tetraasetik asit

M: Molar

pH: Power of Hydrogen

nm: Nanometre

ng: Nanogram

µl: Mikrolitre

cm: Santimetre

RPM: Revolutions Per Minute (Dakikadaki devir sayısı)

RNA: Ribonükleik Asit

ml: Mililitre

(SAYİTOĞLU, PELİN ELİF, Yüksek Lisans, İstanbul, 2024)

Pamuklu Kumaş Üzerindeki Touch DNA Örneklerinin Geri Kazanılmasında En Uygun

Metodun Belirlenmesi

ÖZET

Adli bilimler, suçların çözülmesinde bilimsel yöntemlerin kullanılmasını içerir ve DNA analizi bu alanın en önemli araçlarından biridir. Geleneksel DNA analizi genellikle kan, tükürük, semen gibi biyolojik örneklerden elde edilirken, Touch DNA ise eser miktarlardan DNA profili çıkarılmasına olanak tanır. Touch DNA, özellikle görünür biyolojik izlerin bulunmadığı vakalarda büyük bir avantaj sağlar. Touch DNA, adli bilimlerde son yıllarda büyük bir ilgi görmeye başlamış bir delil türüdür. Bu DNA türü, bir kişinin bir yüzeye dokunduğunda ya da kısa bir süreliğine temas ettiğinde bıraktığı hücrelerden elde edilir. Adli bilimlerde, Touch DNA'nın analizi, suçluların kimliklerini belirlemede, suç mahalleriyle bağlantı kurmada ve adaletin sağlanmasında kritik bir rol oynar.

Touch DNA, cilt hücrelerinin bir yüzeye transfer edilmesi yoluyla elde edilir. Bu hücreler, bir kişinin deri döküntüleri, ter veya vücut yağları ile bir yüzeye temas ettiğinde bırakılır. Laboratuvar ortamında, bu hücrelerden DNA izole edilir ve polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) kullanılarak çoğaltılır. Elde edilen DNA profili, veri tabanlarındaki profillerle karşılaştırılarak kimlik tespiti yapılır. Touch DNA, adli bilimlerde önemli bir yenilik olarak kabul edilmektedir. Küçük ve görünmez örneklerle çalışabilmesi sayesinde, birçok vakada kritik kanıtlar sunmasını sağlar. Ancak, bu teknolojinin doğru ve güvenilir bir şekilde kullanılması, laboratuvar prosedürlerinin titizlikle uygulanmasını gerektirir. Gelecekte, Touch DNA analiz tekniklerinin daha da geliştirilmesi ve standartlaştırılması, adli bilimlerde daha geniş bir uygulama alanı bulmasına katkı sağlayacaktır.

Pamuk Kumaşlar Üzerinde Touch DNA Geri Kazanımı

Bu çalışmada olay yerinde bulunabilecek kıyafetlerin üzerindeki ter ve epitel dokulardan, elverişli DNA elde edilip edilemeyeceği sorusuna cevap almak amaçlanmış olup bu doğrultuda pamuklu tişörtlerden terlemeye bağlı DNA kaynaklarından farklı görünürleştirme ve DNA izolasyon metotları kullanılarak DNA geri kazanımı sağlanmışır. Bu tür örneklerde en uygun DNA geri kazanma metodunun Diamond™ Nucleic Acid Dye Kit ile görünürleştirilip QIAGEN QIAamp DNA Investigator Kit ile izolasyon yapılan metot olduğu sonucuna varılmışır.

Anahtar Kelimeler: Adli Bilimler, Adli Genetik, Touch DNA, Terden DNA Geri Kazanımı



ABSTRACT

Forensic science involves the use of scientific methods to solve crimes and DNA analysis is one of the most important tools in this field. While traditional DNA analysis is usually obtained from biological samples such as blood, saliva and semen, Touch DNA allows DNA profiling from trace amounts. Touch DNA provides a great advantage, especially in cases where there are no visible biological traces. Touch DNA is a type of evidence that has attracted great interest in forensic science in recent years. This type of DNA is extracted from cells left by a person when they touch or briefly come into contact with a surface. In forensic science, the analysis of Touch DNA plays a critical role in identifying criminals, linking them to crime scenes and bringing them to justice.

Touch DNA is obtained by transferring skin cells to a surface. These cells are released when a person comes into contact with a surface with skin rashes, sweat or body oils. In a laboratory setting, DNA is isolated from these cells and amplified using polymerase chain reaction (PCR). The resulting DNA profile is compared with profiles in databases to identify the person. Touch DNA is recognized as an important innovation in forensic science. Its ability to work with small and invisible samples enables it to provide critical evidence in many cases. However, the accurate and reliable use of this technology requires the rigorous implementation of laboratory procedures. In the future, further development and standardization of Touch DNA analysis techniques will contribute to its wider application in forensic science.

In this study, we aimed to answer the question of whether DNA can be recovered from sweat and epithelial tissues on clothes that may be found at the crime scene. In this direction, DNA recovery from DNA sources due to perspiration from cotton t-shirts was achieved by using

Pamuk Kumaşlar Üzerinde Touch DNA Geri Kazanımı

different visualization and DNA isolation methods. It was concluded that the most suitable DNA recovery method for such samples was visualization with the Diamond™ Nucleic Acid Dye Kit and isolation with the QIAGEN QIAamp DNA Investigator Kit. In such samples, it was concluded that the most suitable DNA recovery method is the direct shear method.

Keywords: Forensic Science, Forensic Genetics, Touch DNA, DNA Recovery from Sweat



1. GİRİŞ

Adli bilimler, bir suç işlendiğinde adaletin tecelli etmesi ve doğru kişinin cezalandırılması adına eski tarihlerden bugüne kadar gelişim göstermiş ve hala gelişmekte olan, multidisipliner bir bilim dalıdır. Adli biyoloji, adli genetik, adli balistik, adli toksikoloji, adli botanik, adli entomoloji bu alt dallardan birkaç tanesidir.

Suçtan sonraki süreçte, bir olay yeri incelemesi yapmak gerekmektedir. Bununla görevlendirilmiş kolluk kuvvetlerinin, bir suç mahallinin olay yeri incelemesini yaparken dikkat etmeleri gereken hususlar bulunmaktadır. Bu hususları göz önünde bulundurarak gerçekleştirilen olay yeri incelemesinin ardından, toplanan bulgular uygun koşullarda laboratuvar incelemeleri için ilgili kriminal laboratuvarlara gönderilmektedir.

Olay yeri incelemesinde bulunabilecek en önemli delil türlerinden biri biyolojik sıvılardır. Bulunan biyolojik sıvılar genellikle eser miktarda veya karışım halde bulunmaktadır. Her kişide farklılık gösteren DNA materyali sayesinde, kişilerin kimliklendirilmesi yapılabilmektedir (1). Touch DNA analizi, ilk kez 1997 yılında rapor edildiğinden bu yana adli laboratuvar iş yükünün önemli bir rutini ve adli bilimciler için faydalı bir analiz aracı haline gelmiştir (2).

Eser miktarda olan Touch DNA örnekleri, cinsel saldırı, cinayet, hırsızlık suçları ile ilişkili suç mahallerinde yaygın olarak bulunan bir DNA kanıtı türüdür ve şüphelileri suçlarla ilişkilendirmek için sıklıkla kullanılmaktadır (3).

Genellikle suç aletleri, kapı kolları, giysiler gibi yaygın olarak kullanılan yüzeylerden toplanılmaktadır. Ancak yüzeyin tipi, çevresel faktörler, toplama teknikleri ve DNA analizinde kullanılan kitler, Touch DNA'dan elde edilecek DNA miktarını etkileyecek faktörler olduğundan, çalışılması oldukça zor materyallerdir (4). Touch DNA örnekleri genellikle kan lekelerinde veya diğer vücut sıvılarında bulunan DNA'dan daha az miktarda biriktiğinden, Touch DNA örneklerinden DNA profilleri elde etmek daha zordur. Kimliklendirme için yeterli Touch DNA miktarı elde etmenin yöntemi, Touch DNA analizi için uygun olabilecek nesneleri

Pamuk Kumaşlar Üzerinde Touch DNA Geri Kazanımı

tanımaya ve en yüksek miktarda biyolojik örneği geri kazanacak toplama tekniğini kullanmaya bağlıdır (5).

Bu alışma, pamuklu kumaşlar üzerindeki ter ve epitel dokulardan yararlanılarak doğrudan kesme yöntemi ve çeşitli işaretleme metotları kullanılarak Touch DNA örneklerinin DNA geri kazanımı ve profil elde edilmesi üzerine çeşitler teknikler denenmiş ve uygun metot hakkında belirlemelerde bulunulmuştur.



2. GENEL BİLGİLER

2.1 Adli Bilimler ve Tarihçesi

Adli bilim, bilimsel bilgi ve metodolojinin ceza soruşturması ve hukuki sorunlara uygulanmasıdır. Bir suçu kanıtlamak ve sanığı işlediği suçun türü ve şekline göre cezalandırılmak üzere mahkeme önüne çıkarmak için ceza soruşturması prosedüründe uygulanır. Bir soruşturmanın sonuçlanması için deliller ile suç ve şüpheli kişiler arasında bağlantı kuran bir olasılıktır. Şimdiye kadar, adli bilim kavramının kökeni bilinmemektedir. Tarih uzmanlarının çoğu adli bilim kavramının 16. yüzyılda ortaya çıktığı konusunda hemfikir (6). Fakat adli bilimlerin temel prensipleri, 19. yüzyılın başlarında olay yeri ve kimlik tespitinin gerçekleşmesi ile ortaya konulmuştur. Edmond Locard “Her temas iz bırakır.” prensibi ile adli bilimlere farklı bir bakış açısı getirmiştir ve Locard’ın bu tezi adli bilimleri çeşitlendirmeye yaramıştır (7).

Gelişen çalışmalar ve farklılaşan suçlarla birlikte kanunlar da çeşitlenmiş ve soruşturmalar için alanında ilgili ve uzman kişiler görevlendirilmiştir. Bu kişiler genellikle adli tabipler olmuştur ve adli tabipler adli bilimlerin temelini oluşturmuşlardır (1, 7).

Adli bilimler, bir suç işlendikten sonra başlatılan bir soruşturma sonucunda elde edilen delillerin analiz edilmesi ve raporlanması ile suçlunun tespit edilmesi için farklı alt dalların kullanıldığı multidisipliner bir bilim dalıdır. Adli bilimlerin multidisipliner olması, haksız mahkumiyetlerin önüne geçilmesi için oldukça önemli bir özelliktir. Adli genetik, adli balistik, adli kimya, adli entomoloji, adli tıp, adli toksikoloji adli bilimlerin birkaç alt dalıdır (8).

2.2 Adli Genetik ve Tarihçesi

Genetik teknolojisinin adli bilimlerdeki kullanımı, öncelikle bir suçla ilişkili biyolojik materyalin kaynağı olabilecek bireyler arasında ayırım yapmak için uygulanmaktadır. Ceza

Pamuk Kumaşlar Üzerinde Touch DNA Geri Kazanımı

adaleti sisteminin karmaşık ortamında bu amaca ulaşmak için bilimsel prosedürlerin sağlam, hassas, son derece ayırt edici olması ve minimum öznellik ile uygulanması amaçlanmaktadır.

Delil olarak, bilimsel sonuçların yasal incelemeye dayanacak kadar sağlam, ancak sürekli değişen ve öngörülemeyen suç faaliyetlerine uyum sağlayacak kadar değişken olması gerekmektedir. Bu zorlukların üstesinden gelmek için adli biyoloji alanı farklı gelişim aşamalarından geçmiştir (9).

1900 yılında Karl Landsteiner ana kan gruplarını ayırt etmiş ve bireylerin kan gruplarına göre farklı gruplara yerleştirilebileceğini gözlemlemiştir. Bu, adli hemogenetiğin gelişiminde atılan ilk adım olmuştur. 1915 yılında Leone Lattes, babalık davasını çözmek için ABO genotiplemesinin kullanımını tanımlamıştır. 1931'de ABO genotipleme tekniğinin absorpsiyon ve inhibisyonu geliştirilmiştir. Bunu takiben çeşitli kan grubu belirteçleri ve çözünebilir kan serumu protein belirteçleri karakterize edilmiştir. 1960'larda ve 1970'lerde, moleküler biyolojideki gelişmeler, enzimlerin kısıtlanması, Southern blotlama (Southern blotlama, DNA parçalarının bir elektroforez jelinden bir membran desteğine aktarılmasıdır, bu da DNA parçalarının immobilizasyonu ile sonuçlanır, böylece membran jelin bantlama modelinin yarı kalıcı bir reproduksiyonunu taşır) ve Sanger dizilimi araştırmacıların DNA dizilerini incelemesini sağlamıştır. 1978'de Southern blotting kullanarak DNA polimorfizmlerinin tespiti ortaya çıkmıştır. 1980 yılında İlk polimorfik lokus rapor edilmiştir. 1983 yılında adli genetik tarihinde, bir kimyager olan Kary Mullis tarafından kavramsallaştırılan ve daha sonra 1993 yılında Nobel Ödülü'ne layık görülen, DNA'nın belirli bölgelerini çoğaltabilen PCR işleminin ortaya çıkmasıyla kritik bir gelişme gerçekleşmiştir. 1984'te Alec Jeffrey adli genetik alanında DNA parmak izini tanıttı ve DNA'daki bazı bölgelerin bireyler arasında farklılık gösteren ve tekrarlayan dizilere sahip olduğunu kanıtlamıştır. Bu keşif sayesinde ilk adli vaka DNA analizi kullanılarak çözülmüştür (10).

2.2.1 DNA

DNA ilk olarak 1953 yılında Watson ve Crick tarafından sarmal bir düzene sahip çift sarmallı bir molekül olarak tanımlanmıştır. Her bireyin genomu, DNA profillemesi için potansiyel hedef olan büyük miktarda DNA içerir. DNA genellikle "yaşamın mavi baskısı" olarak tanımlanır, çünkü bir organizmanın işlev ve üreme için ihtiyaç duyduğu tüm bilgileri içerir. DNA'nın çift sarmal yapısının modeli Watson ve Crick tarafından önerilmiştir. DNA molekülü nükleotidlerden oluşan bir polimerdir. Her nükleotid bir azotlu baz, beş karbonlu bir şeker (deoksiriboz) ve bir fosfat grubundan oluşur. DNA'da iki pürin (adenin ve guanin) ve iki pirimidin (sitozin ve timin) olmak üzere dört azotlu baz vardır. Her baz kendi tamamlayıcı bazını çeker: adenin bazı her zaman timin bazıyla eşleşirken sitozin bazı her zaman guanin bazıyla eşleşir (10).

Her çekirdekli insan hücresinde genomun iki tam kopyası bulunmaktadır. İnsanlar 23 çift kromozomda gruplanmış ~3.200.000.000 baz çifti (BPs) bilgi içerir. 2 çift kromozom vardır; her kromozomun 1 versiyonu her ebeveynden toplam 46 kromozom ile kalıtsal olarak aktarılır (11).

Adli genetik için kullanılacak DNA lokusları aşağıdaki ideal özelliklere sahip olmalıdır:

- Yüksek oranda polimorfik olmalıdır.
- Karakterize edilmesi kolay ve ucuz olmalıdır.
- Yorumlanması ve laboratuvarlar arasında karşılaştırılması kolay olmalıdır.
- Düşük mutasyon oranına sahip olmalıdır.

Moleküler biyoloji tekniklerindeki son gelişmelerle, genomu oluşturan 3,2 milyar BP ile herhangi bir bölgeyi analiz etmek mümkündür (1).

Son 20-25 yılda adli bilimlerde çeşitli sağlam ve güvenilir DNA tipleme teknolojileri geliştirilmiş ve uygulamıştır. Elde edilen başarılar, son derece küçük miktarlarda DNA'nın güvenilir bir

Pamuk Kumaşlar Üzerinde Touch DNA Geri Kazanımı

şekilde kimliklendirilmesini sağlamıştır. Buna ek olarak, adli moleküler biyoloji araçları, iyi tanımlanmış doğrulama gereklilikleri nedeniyle çok güvenilirdir (12).

2.3 Biyolojik Deliller

İnsan vücudunda trilyonlarca hücre bulunur ve kırmızı kan hücreleri hariç bunların çoğu çekirdekli hücrelerdir. Her çekirdekli hücre bireyin genomunun iki kopyasını içerir ve bir DNA profili oluşturmak için kullanılabilir (13).

Biyolojik deliller, birçok durumda DNA analizi yapılabildiği için özel bir öneme sahiptir. Bu DNA analizi söz konusu kişinin kimliğini belirleyebilir. DNA içeren biyolojik kanıtlar;

- Kan
- Semen
- Tükürük
- Deri
- Saç, kıl
- İdrar
- Diş
- Kemik

olarak örnek gösterilebilir (14).

Bir DNA profili, fail tarafından ellenen veya farkında olmadan dokunduğu düşünülen nesnelerden örnek alınarak da elde edilebilir. Bu tür kanıtlar “Touch DNA” olarak adlandırılır (14).

2.3.1 Biyolojik Delillerin Toplanması ve Saklanması

Olay yerine ulaşıldığında yapılması gereken öncelikli olarak fotoğraflandırmadır. Önce olay yerinin geniş açılı fotoğrafını, daha sonra bulguların fotoğrafları prosedüre uygun şekilde tek tek çekilmelidir. Bulgu toplama işlemi, fotoğraflandırma yapıldıktan sonra gerçekleştirilmelidir (15).

Pamuk Kumaşlar Üzerinde Touch DNA Geri Kazanımı

Herhangi bir bulgu toplanırken, özellikle biyolojik bulgular, daima maske, eldiven, gözlük takılmalı ve olay yeri tulumu giyilmelidir. Biyolojik örneklerin hassasiyeti göz önünde bulundurularak çift eldiven takılabilir (15).

Kanıtların laboratuvar personeli tarafından ele alınana kadar kaybolmamasını, hasar görmemesini veya kirlenmemesini sağlamak, aynı zamanda güvenilir sonuçların ve olası kanıtların mahkemede kabul edilebilir olmasını sağlamak için bulgular uygun şekilde etiketlenmeli ve paketlenmelidir (16).

İyi bir kanıt yönetimi için; seçme ve toplama, paketleme, mühürleme, etiketleme ve uygun kite yerleştirme, depolanma, korunma, taşınma ve adli laboratuvar tarafından teslim alınma basamakları, prosedürlerine uygun şekilde sağlamalıdır ve her zaman delil teslim zincirinin uygunluğunu korunmalıdır (16).

Adli bilim laboratuvarlarına incelenmek üzere yaygın olarak sunulan yüzlerce çeşit fiziksel kanıt vardır. DNA analizine tabi tutulabilecek kanıtlar genellikle doğası gereği biyolojik olan şeylerle sınırlıdır ve toplama yöntemi, biyolojik delilin durumuna ve koşullarına bağlıdır. Kan, semen, vücut dokusu, kemik, saç, idrar ve tükürük bir kişinin vücuduna veya giysilerine ya da doğrudan bir nesneye veya olay yerine bulaşabilir (17).

Şüphelilerden ve mağdurlardan referans numuneler alınması zorunludur. Alınan referans örnek çoğunlukla kandır. Söz konusu kişiden alınan sıvı kan nitelikli tıbbi personel tarafından alınmalıdır. Kişi, yakın zamanda herhangi bir kan naklinde bulunduyorsa laboratuvar bilgilendirilmelidir (17).

Şüphelilerden ve mağdurlardan referans numuneler alınması zorunludur. Alınan referans örnek çoğunlukla kandır. Söz konusu kişiden alınan sıvı kan nitelikli tıbbi personel tarafından alınmalıdır. Kişi, yakın zamanda herhangi bir kan naklinde bulunduyorsa laboratuvar bilgilendirilmelidir. Kan, olay yerinde kuru veya ıslak şekilde, aynı zamanda damla veya daha fazla miktarda rastlanabilen bir kanıt türüdür. Olay yerinde bulunan sıvı kan steril bir enjektör

Pamuk Kumaşlar Üzerinde Touch DNA Geri Kazanımı

veya tek kullanımlık pipetle toplanmalı ve steril bir test tüpüne aktarılmalıdır. Kan pıhtısı steril bir spatula-bistüri ile steril bir test tüpüne aktarılabilir. Islak kan lekeleri bulunan küçük nesneler öncelikle olay yerinde kurumaya bırakılmalı, ardından olduğu gibi toplanmalıdır. Olay yerinden kaldırılamayan büyük nesnelerin üzerinde ıslak kan lekelerine rastlanırsa, ıslak kan steril bir swap üzerine aktarılmalıdır. Silahlar, giysiler ve diğer taşınabilir nesneler üzerindeki kurumuş kan lekeleri, eşyanın tamamı ayrı ayrı olacak şekilde toplanmalıdır. Eğer kan lekesi kesilebilir bir nesne üzerinde bulunuyorsa, kan lekesini içeren nesnenin bir kısmı kesilerek çıkarılabilir. Kan lekesi kuru ve taşınamayacak haldeyse kan lekesi modeli belgelenmeli ve ölçekli bir şekilde çizilmelidir. Daha sonra leke bantla kaldırılabilir ya da kağıt bir bulgu poşetinin içine kazınabilir. Bant kaldırıcı ile alınan kan örneği daha sonra bir kağıt parçası üzerine yapıştırılabilir. Kan lekesi kazınamıyorsa veya kesilemiyorsa sterilize serum fizyolojik veya distile suyla nemlendirilmiş steril bir swap ile, swabı bölgeye sürterek alınabilir. Swap daha sonra kurumaya bırakılır ve bir kağıt bulgu poşetine yerleştirilir. Her bir eşya kendi kağıt bulgu poşetine yerleştirilmeli ve bunlar uygun şekilde mühürlenip etiketlenmelidir. Bu numuneler mümkün olan en kısa sürede laboratuvara gönderilmelidir (17).

İdrar, tükürük ve diğer vücut sıvılarının toplanması kan ile aynı kurallara tabiidir.

Semen ve seminal lekelerinin toplanması ve belgelendirilmesi de farklı prosedürleri dayanır. Semen bulguları; alınan notlar, fotoğraflar, videolar veya çizimlerle belgelenmelidir. Sıvı semeni temiz ve steril bir tüpe aktarmak için temiz bir enjektör veya pipet kullanılmalı ve tüp, vaka ve bulgu numarası, tarih, saat, yer ve toplayıcının adı ile etiketlenmelidir. Örneği soğuk zincirde saklayıp mümkün olan en kısa sürede laboratuvara göndermek en doğru transfer yöntemidir. Semen emdirilerek steril pamuklu swap üzerine aktarılması da alternatif bir yöntemdir. Lekeli olan külot, giysi, çarşaf, yastık gibi nesneler de kesinlikle toplanmalıdır. Islak bir leke varsa, lekenin iyice kuruması beklenmeli ve lekeli alan kısım taşınamayacak ise kesilmelidir. Semen lekeleri emici olmayan yüzeylerde bulunuyorsa, temiz bir bisturi

Pamuk Kumaşlar Üzerinde Touch DNA Geri Kazanımı

kullanılarak temiz bir kağıt üzerine kazınmalı, kağıt katlanmalı ve ayrı ayrı paketlenmelidir. Paketlenmiş bulgular uygun şekilde kapatılmalı, etiketlenmeli ve mümkünse soğuk zincirde saklanmalıdır (17).

Deri, organ veya kemik gibi bulgu türleri, steril bir pens ile alındıktan sonra, her bir delilin ayrıntıları notlarla açıklanmalı ve fotoğraf, kroki veya video kaydıyla belgelenmelidir. Bulgular, temiz bir kağıt bulgu poşeti içine yerleştirilmelidir. Poşetler uygun şekilde kapatılmalı, etiketlenmeli ve soğuk zincirde saklanmalıdır ve mümkün olan en kısa sürede laboratuvara gönderilmelidir. Eğer çürümüş bir ceset varsa, postmortem kişilerden referans numuneleri toplarken kan numunesine ek olarak, derin kas dokusu parçası, belirli bir organ dokusu (kalp, beyin, karaciğer veya böbrek değil), 2-4 sağlam azı dişi ve kompakt bir kemik örneği (örneğin femur) gibi numuneler toplanmalıdır. Ancak bu numuneler, yaralanan bölgeden uzakta olmalı, derhal dondurulmalı ve herhangi bir koruyucu maddeye konulmamalıdır (17).

2.3.2 Biyolojik Delillerin Analizi

DNA analizi, adli vakalar için kullanılmaya başlandığından beri DNA üzerinde kullanılan belirli genetik markırlar vardır. Günümüzde DNA üzerindeki STR lokusları; polimorfik yapıda oluşu, kişileri ayırt etmedeki ayırım gücü ve degrades olmuş biyolojik örneklerin kimliklendirilmesindeki başarısı bakımından tercih edilmektedir.

DNA analizi,

- Adli Seroloji
- DNA ekstraksiyonu.
- DNA miktar tayini.
- DNA amplifikasyonu. (PCR)
- PCR ile çoğaltılmış DNA verilerin belirlenmesi olarak adımlardan oluşur (10).

2.3.2.1 Adli Seroloji

Adli seroloji, modern adli bilimin önemli bir parçasıdır. Adli serologların birincil faaliyeti vücut sıvılarının tanımlanmasıdır. Sorgulanan bir örnekte kan, semen, tükürük veya diğer vücut sıvılarının varlığını tespit etmeye odaklanır. Vücut sıvısı lekeleri genellikle şiddet içeren suç vakalarıyla ilişkilendirilir. Örneğin; cinayet, nitelikli saldırı, cinsel saldırı ve hırsızlık gibi vakalarda kan izlerinin tespit edilmesi sıklıkla gereklidir. Kanın varlığının kanıtlanması, bir soruşturma için iddia edilen şiddet eylemlerini doğrulayabilir. Semen ve tükürüğün tanımlanması özellikle cinsel saldırı vakalarının soruşturulması için önemlidir. Örneğin, bir şüphelinin semen lekelerinin mağdurun giysileri üzerinde bulunması, iddia edilen bir cinsel faaliyeti doğrulayabilir ve bir şüphelinin tükürük lekelerinin mağdurun cinsel organı üzerinde bulunması, iddia edilen oral çiftleşmeyi doğrulayabilir (18).

Adli seroloji, bulguların bireyselleştirilmesinden önce gerçekleşen inceleme ve tanımlama süreci olarak kabul edilebilir. Biyolojik kanıtların bireyselleştirilmesi, bir vücut sıvısı örneğinin belirli bir kişiden gelip gelmediğini belirlemek için kullanılır. Günümüzde adli DNA analizi kullanılarak bireyselleştirme sağlanabilmektedir. Ancak, vücut sıvısının tanımlanması adli DNA analizi ile ortadan kaldırılamaz veya değiştirilemez. Örneğin, bir cinsel saldırı vakasında mağdurun giysisinden alınan bir leke adli DNA analizine tabi tutulur ve lekenin DNA profili şüpheli olduğu iddia edilen bir kişiyle eşleşirse, yalnızca DNA profillemeye sonuçlarına dayanarak, şüphelinin DNA'sının mağdurun giysisinde bulunduğu sonucuna varılabilir ve böylece şüpheli ile mağdur arasında bir bağlantı kurulabilir. Bununla birlikte, adli seroloji testi biyolojik lekenin semen lekesi olduğunu tespit ederse, mağdurdan alınan kıyafette semen bulunduğu ve şüphelinin semen lekesindeki DNA'nın kaynağı olduğu sonucuna varılabilir. Dolayısıyla, cinsel bir eylemin gerçekleşmiş olabileceği görülmektedir (18).

2.3.2.2 DNA İzolasyonu

Olay yerinde bulunan DNA örneğinin kimliklendirilmesi adına yapılan çalışmaların ilk basamağı DNA izolasyonudur. Adli seroloji basamağında doğrulama testleri bitirilmiş olan örnekler DNA izolasyonu basamağına geçer.

DNA izolasyonu için kullanılan laboratuvar cihazlarının ve malzemelerin steril olması gerekmektedir. Laboratuvar çalışanının ve ortamın gerekli koşulları sağlaması gerekmektedir. Aksi bir durumda DNA izolasyonu sonucunda örnek miktarı etkilenebilir (19).

DNA izolasyonu, hücre zarını ve çekirdek zarını parçalayarak DNA'nın ortaya çıkmasına, çıkan DNA'nın saflaştırılması adına proteinleri ortamdan uzaklaştırma basamağıdır. Adli bilimlerde hedeflenen, az miktardaki biyolojik örnekten kimliklendirme için yeterli DNA miktarına ulaşabilmektir (20).

DNA izolasyonu 3 farklı basamaktan oluşmaktadır.

- 1) **Liziz:** Liziz basamağı, hücre duvarının yıkılması ve DNA'nın serbest kalması için uygulanmaktadır.
- 2) **Denatürasyon:** Denatürasyon basamağı, liziz basamağından sonra serbest haldeki DNA'nın proteinlerinden ayrılmasını için uygulanmaktadır.
- 3) **Pürifikasyon:** Pürifikasyon basamağı, DNA'nın kimyasal analizlerle kalan proteinler ve başka büyük moleküllerden kurtulması yani DNA'nın saflaştırılması için uygulanmaktadır (21).

Günümüzde adli genetikte kullanılan izolasyon yöntemlerinin başında manyetik boncuk ve spin kolon gelmektedir. Aynı zamanda DNA izolasyonundan elektroforeze kadar basamakları tek seferde yapan Rapid DNA cihazları da bulunmaktadır. Adli bilimcinin kullanmaya karar vereceği izolasyon yöntemi, elinde bulunan delil farklılığına veya laboratuvar şartlarına bağlı olarak değişebilmektedir (20).

Pamuk Kumaşlar Üzerinde Touch DNA Geri Kazanımı

Adli laboratuvarlar, DNA izolasyon basamağını manuel şekilde veya izolasyon için üretilmiş cihazlar ve kitler kullanarak yapmaktadırlar. DNA izolasyonu aşamasında, kontaminasyonu en minimuma indirmek adına UV ile sterilizasyonu sağlanmış laminar kabinlerde çalışılmalıdır (20).

Manyetik Boncuk Yöntemi: DNA'ya özel olan bir DNA bağlayıcı antikor veya polimer ile kaplanmış manyetik nanopartiküller, DNA'nın bağlanması için kullanılır. Manyetik boncuklar genellikle çekirdekte manyetit veya maghemitten oluşur ve kullanılabilecek yüzey maddeleri arasında sülfat ve hidroksil grupları gibi fonksiyonel gruplarla beraber silika da bulunur. DNA'ya bağlı manyetik boncukların hücre lizatından ayrılması, bir mıknatıs kullanılarak tüpün dibine bir manyetik alan uygulanmasıyla sağlanır. Boncuklar tüpün dibinde toplandıktan sonra süpernatant durularak uzaklaştırılır. Manyetik pelet, etanol çökeltme yöntemiyle elüe edilir, ardından manyetik partikülleri DNA'dan elüe etmek için 65°C'de inkübe edilir (22).

Silika Bazlı Spin Kolon Yöntemi: Bu yöntemde numuneye lizis tamponu (0,05 M EDTA ve 3 ml 0,2 M Tris, pH 8,0), %1 SDS ve 100 mikrogram Proteinaz K eklenir. 60°C'de bir saat inkübasyondan sonra karışım silika jel içeren bir tüpe aktarılır. Fenol-kloroform 1:1 oranında eklenir ve karışım kuvvetlice çalkalanarak 1000xg'de 5 dakika santrifüj edilir. Bu işlem proteinleri ve organik fazı silika kolonun altına hapsederken DNA içeren sulu fazın jel polimer tabakasının üzerinde kalmasını sağlar. DNA içeren sulu katman daha sonra boşaltma veya pipetleme yoluyla yeni bir tüpe aktarılır ve TE tamponunda çözülür. Silika jel kullanıldığında, ekstrakte edilen DNA'nın saflığı artar. Silika jel toksik reaktiflerle fiziksel teması önlemeye yardımcı olur ve DNA veriminin normal organik çözücü bazlı DNA ekstraksiyon yönteminden %40 daha yüksek olduğu bildirilmiştir (22).

2.3.2.3 DNA Miktar Ölçümü

İzolasyon sonucu elde edilen DNA miktarı, uluslararası validasyonun önemli bir parçasıdır. Ticari STR kitleri, optimum DNA miktarı çalışılacak şekilde üretilmektedir. DNA miktarının

Pamuk Kumaşlar Üzerinde Touch DNA Geri Kazanımı

belirlenen sınırın altında veya üstünde olması, PCR basamağı sonrasında alel kayıplarının yaşanmasına ve istenmeyen piklerin ortaya çıkmasına yol açabilmektedir (23).

DNA ekstraksiyonundan sonra, DNA ekstraktının miktarının ve kalitesinin doğru bir şekilde ölçülmelidir. PCR'a doğru miktarda DNA eklenmesi, kısa süre içinde en iyi kalite profil çıkmasını sağlar. Daha az veya daha fazla miktarda DNA eklenmesi, yorumlanması zor veya elverişsiz bir profil çıkmasına neden olacaktır (10).

DNA miktarını ölçmek için yararlanılabilecek spektrofotometrik, florometrik ve gerçek zamanlı PCR yöntemleri bulunmaktadır (23).

- **Spektrofotometrik yöntem:** DNA'ya belirli dalga boyunda ışık verilerek saflığı ve miktarı kantitatif şekilde ölçülür. Ölçümü yapılacak DNA izolatına belirli dalga boyunda ışık (260nm) gönderilerek ne kadarının nükleik asitler tarafından absorbe edildiğine bakılır. DNA tarafından absorbe edilmeyen ışığın miktarı ölçülerek izolattaki DNA miktarı belirlenir. DNA izolasyon basamağında DNA'yı mümkün olduğu kadar proteinlerden arındırmak gerekmektedir çünkü proteinler veya organik çözücüler absorplanma değerini düşürmektedirler (23).
- **Florometrik yöntem:** UV ışık altında DNA'nın floresan vermesi ile DNA'nın miktarı ölçülür. Spektrofotometrik yöntemle göre daha hassastır. Adli genetik laboratuvarlarında çoğunlukla florometrik yöntemler kullanılmaktadır. STR bölgelerinin çoğaltılması için optimum DNA miktarı çoğunlukla 0.5-1 ng arasındadır. DNA miktarı 1 ng'dan fazla ise DNA seyreltilmeli ve optimum miktara getirilmelidir (23).
- **Real-Time PCR:** Adli laboratuvarlarda verdiği sonucun doğruluğu ve güvenilirliği açısından en çok tercih edilen yöntemdir. Floresan işaretli proplar kullanılarak bir veya birden fazla nükleik asit içeren örneğin gerçek zamanlı miktar ölçümü tayin edilir (23).

2.3.2.4 PCR (Polimeraz Zincir Reaksiyonu)

PCR tabanlı yöntemler, DNA'nın kısmi bölgelerinin çoğaltılmasını sağlamaktadır. Bu keşif, 100 pg veya daha az DNA'nın incelenmesine imkân tanımış ve adli genetik tiplendirme yöntemlerinin geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Ayrıca, kısa tandem tekrarlar (STR), PCR multipleksleri ve çok renkli floresan tekniği ile elektroforez aracılığıyla tespit edilmiş ve tiplendirilmiştir. Bu yöntemlerin geliştirilmesiyle birlikte, adli genetik laboratuvarları artık kapiler elektroforez ve çok renkli floresan yöntemleriyle tespit edilen on ila on beş STR'nin multipleks PCR STR analizlerini aynı anda kullanmaktadır (24).

Günümüzde suç vakalarında STR'lerin araştırılması konusunda uluslararası bir kabul vardır. Bir STR bölgesinin polimorfizmi temel olarak tekrarlanan dizilerin sayısındaki farklılıklardan kaynaklanır. Bu da STR bölgelerinin toplam uzunluklarının kişiden kişiye değişmesine neden olur. PCR yöntemiyle ilgili DNA parçalarının milyonlarca veya milyarlarca kopyası elde edilebildiği için çok az miktarda leke materyali kullanılabilir. Ancak, DNA kontaminasyonunu önlemek için numune alma ve PCR tabanlı DNA analizlerinin gerçekleştirilmesi sırasında bir dizi önlem alınmalıdır. Bu yöntemler uluslararası iş birliği ile standart hale getirilmiştir (24).

PCR, DNA'nın amplifikasyonu için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. PCR, DNA şablonunun belirli bölgelerini çoğaltır; tek bir molekül bile 30 döngü amplifikasyon ile 1 milyar kata kadar çoğaltılabilir (24).

DNA amplifikasyonu üç aşamadan oluşan döngü aşamasında gerçekleşir.

- Denatürasyon
- Primer bağlanması
- DNA ekstraksiyonu (10).

2.3.2.5 Elektroforez

DNA içindeki bir STR işaretleyicisi, tekrar bölgesinin her iki tarafında bulunan bir forward ve reverse PCR primeri ile hedeflenir. Primerlerden biri 5'-ucunda, amplifikasyonu takiben ortaya

Pamuk Kumaşlar Üzerinde Touch DNA Geri Kazanımı

çıkan PCR ürününün tespit edilmesini sağlayan bir floresan boya ile işaretlenir. PCR ürünleri elektroforez kullanılarak boyut ve boya rengine göre ayrılır ve ardından çoklu dalga boyu tespiti ile lazer kaynaklı floresan kullanılır. Çok renkli elektroferogramlar şeklinde toplanan veriler, dahili boyut standardından üretilen standart bir grafiğe dayalı olarak STR alel boyutlarını otomatik olarak belirleyen bir yazılım tarafından analiz edilir. STR genotiplemesi, her bir örnekteki alel boyutlarının, daha önce dizilenmiş ortak alelleri içeren bir alel ladderında bulunan alellerin boyutlarıyla karşılaştırılmasıyla gerçekleştirilir (25).

2.3.2.6 DNA Profillerinin Eldesi

STR'ler keşfedilmelerinden bu zamana kadar, adli tıpta insan kimlik tespitinde altın standart olarak kabul edilmektedirler. STR veya mikrosatellitler bireyler arasında ayırım yapmak için en sık kullanılan genotiplerdir. STR mononükleotid, dinükleotid, trinükleotid, tetranükleotid, pentanükleotid ve hekzanükleotid tekrarlarından oluşur ve bunlardan tetranükleotid tekrarları genotipleme için kullanılır (1).

Adli tıpta STR tabanlı DNA analizi, profesyoneller ve toplum tarafından ceza adaleti ve insan kimliğinin belirlenmesinde önemli bir araç olarak kabul görmüştür (1).

STR'lar içinde bulunan alellerin tekrar sayısı ile tanımlanmaktadırlar. Tamamlanan DNA analizi aşamalarından sonra DNA profili çıkartılmaktadır. DNA'ya bağlanan floresans boyalar elektroforez aşamasında cihazın sistemi ile molekül ağırlıklarına göre ölçülür ve ayrıştırılır. Ayrı renklere, pik boyutuna göre cihaz tarafından DNA profili boyutlanır. Elde edilen verilen adli bilimciler tarafından okunur ve değerlendirilir. Kendisinden istenilen bilgilere göre değerlendirme sonucunu yorumlar ve rapor oluşturur (26).

2.4 Touch DNA Kavramı

Touch DNA analizi, 1997 yılında ilk kez rapor edildiğinden bu yana adli laboratuvar iş yükünün önemli bir rutini olmuş ve araştırmacılar için faydalı bir hale gelmiştir. Eser miktardaki DNA'nın deri teması yoluyla aktarımına ilişkin teori ve uygulamaların kapsamlı bir incelemesi Wickenheiser tarafından yapılmıştır (4). Dokunma yoluyla DNA aktarımını içeren vaka türleri çeşitlidir. Bunlar, bir aracın direksiyon simidinin kullanılabilir bir profil verdiği cinayet vakasından, bir apartman dairesinde zorla alıkonulan bir mağdurun kontak lensini kaybettiği cinsel saldırı vakalarına kadar uzanmaktadır (27).

Touch DNA olarak adlandırılan iz DNA'lar, suç mahallerinde yaygın olarak bulunan bir DNA kanıtı türüdür ve şüphelileri suçlarla ilişkilendirmek için sıklıkla kullanılır. Yeni olasılıkların önünü açmış ve aletler, bıçaklar, giysiler, ateşli silahlar vb. gibi çok çeşitli yüzeylerden DNA toplanmasına yol açmıştır. Ancak yüzey tipi, çevresel faktörler, toplama yöntemleri, toplama teknikleri ve ekstraksiyon kitleri toplanan Touch DNA'nın miktarını etkileyebileceğinden diğer biyolojik örneklerle kıyasla daha zorlu bir DNA kanıtı türüdür (2, 4).

Touch DNA örnekleri, özellikle vücut sıvıları gibi diğer biyolojik kanıt türlerinin bulunamadığı durumlarda da şüphelileri suç mahalleriyle ilişkilendirmek için önemli bir araç olduğundan, adli DNA vakalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. DNA profillemeye çalışmalarının teknoloji ile ilerlemesi ve çok çeşitli yüzeylerden Touch DNA'nın başarılı bir şekilde toplanması ile Touch DNA profillemeye teknikleri de sürekli olarak gelişmiştir. Bununla birlikte; yüzey tipi, toplama ekipmanları, kullanılan toplama teknikleri ve çevresel faktörler gibi değişkenler kimliklendirme için kullanılabilir bir DNA profili elde etme başarısını etkileyebilecek değişkenlerdir ve bu nedenle Touch DNA örnekleri zorlayıcı örneklerdir. Yapılan çalışmalarda ve rutinde genel olarak pamuklu ve naylon floklu swaplar, Touch DNA örneklerinin toplanması için uygun görülen toplama teknikleridir (28).

Pamuk Kumaşlar Üzerinde Touch DNA Geri Kazanımı

Touch DNA örneklerinin toplanmasında yaşanan zorluklar, çoğunlukla eser miktarda olması, görüntülenememesi ve kumaşlardan analiz yapılması için herhangi bir testin mevcut olmaması ile ilgilidir. Bant kaldırma, genellikle deriden dökülen Touch DNA örneklerinin toplanması için yaygın olarak kullanılan bir toplama tekniğidir. Bunun yanında ıslak swap ile sürüntü alma veya doğrudan analize gitme teknikleri de kullanılabilmektedir (29).

Touch DNA hakkında yayınlanan araştırmalar genellikle iki sorudan birine cevap vermektedir:

- 1) Rastlanan örnek türü için en iyi teknik hangisidir? veya
- 2) Bir örnek toplanan teknik sonucu muamele edildikten ve geri kazanıldıktan sonra ne kadar DNA tespit edilir?

Şimdiye kadar nadiren üçüncü ve daha temel bir soruya da cevap bulunabilmiştir: Biriktirilen “Touch DNA” nereden geliyor?

"Touch DNA" terimi bir vücut sıvısı veya lekesi görsel olarak tespit edilmeden varsayımsal olarak geri kazanılan herhangi bir kaynaktan gelen DNA'yı ifade etmektedir. Bu DNA kaynağı, yüzey üzerinde bırakılan DNA parçacıkları, “kullanıcı DNA'sı” olarak adlandırılan giysi kumaşından elde edilen DNA ve dokunma birikintileri olarak tanımlanan yüzeye dokunarak bırakılan materyalleri içerebilir (30).

2.5 İnsan Teri ve Touch DNA

İnsan vücudu üzerindeki temas izleri, bir kişiye karşı işlenen suç davalarında araştırılan yaygın bir materyaldir. Bu gibi durumlarda, en kesin yöntem olan DNA analizinin sonuçlarının yorumlanması zaman zaman zorluklara yol açabilmektedir. Ter ve yağ maddesi (SGS, Sweat and grease substance), insan vücudundan sürekli salgılanan bir materyaldir ve çevreye sürekli temas halindedir (31).

Bir kişiye karşı gerçekleştirilen bedensel saldırılarda, mağdurun yüz, boyun ve üst uzuvlarında failin temasına sıklıkla rastlanır. Bu durumlarda, fail sadece ellerini değil, aynı zamanda

Pamuk Kumaşlar Üzerinde Touch DNA Geri Kazanımı

omuzlarını ve ön kollarını da kullanabilir. Bu nedenle, mağdurun derisinde iz bırakan kişinin DNA ile tanımlanması olasılığı özellikle önemlidir (31).

Ter ve yağ maddesi (SGS) miktarı ve bileşimi sıcaklık, nem, temas yüzeyi gibi dış faktörlere; cinsiyet, yaş, vücut ağırlığı, sağlık gibi bireysel faktörlere ve cildin temizlenmeyi veya ter ve yağ birikintileri içeren nesnelerle temas gibi durumsal faktörlere bağlı olarak değişebilir.

Dolayısıyla, yıkanmış veya kuru eller iz bırakan nesneler üzerinde çok daha az DNA bırakır.

İnsan vücudunun çeşitli bölgelerindeki derinin morfolojik yapısının özellikleri ve salgılanmasının fizyolojisinin temelinde, bireylerin derisinde bırakılabilen boyun derisi, parmak uçları, avuç içleri ve ön kolların ön kısımlarındaki SGS'nin incelenmesi, DNA tanımlaması açısından pratik bir ilgi alanıdır (31).

Çeşitli suçların işlenmesiyle birlikte adli tıp uygulamaları giderek daha fazla bilinir hale gelmiştir ve böylece olay yerlerinde biyolojik kanıt bulmak soruşturmacılar için daha zor hale gelmektedir. Ter ya da terleme, en dikkatli suçlunun bile olay yerinde bırakmaktan kaçınamayacağı renksiz ve kokusuz bir kanıt türüdür. Son deneyimler, ter DNA analizi taleplerinin son 2 yılda önemli ölçüde arttığını ve geçen zamana rağmen, ciddi suçların çözülmesine yardımcı olmak için bu tür analizlerin giderek daha fazla talep edildiğini göstermektedir (32).

3. MATERYAL VE METOD

3.1 Kullanılan Cihazlar ve Sarf Malzemeler

- OBELUX marka çok dalga boylu ışık kaynağı
- Grant-bio UVT-S-AR Kabin
- NUVE NF 800R Santrifüj
- BioCote Vortex Mixer
- Biosan ThermoShaker TS-100C
- Qubit 4.0 Fluorometer
- QIAGEN QIAamp DNA Investigation Kit
- ZYMO Quick-DNA Microprep Plus Kit
- Qubit dsDNA HS Assay Kit
- Promega Diamond Nucleic Acid Dye Kit
- ISOLAB Micropipet

3.2 Numunelerin Özellikleri, Örneklerin Oluşma ve Toplanma Aşaması

Bu çalışma Üsküdar Üniversitesi Girişimsel Olmayan Etik Kurul Başkanlığı tarafından 26.08.2024 tarihinde 08 No.'lu toplantısında 61351342/020-344 sayılı etik kurul kararı ile etik açıdan uygun bulunmuştur. Çalışmamız Üsküdar Üniversitesi Bağımlılık ve Adli Bilimler Enstitüsü laboratuvarında ve laboratuvarında bulunan cihaz ve ekipmanlar ile gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma, gönüllü 6 farklı kişinin (3 kadın, 3 erkek) ter örnekleri ile çalışılmıştır. Gönüllülere, aynı marka ve aynı kumaştan (%100 dokuma pamuklu kumaş) oluşan beyaz tişörtler, 90 derecede yıkandıktan ve UV sterilizasyon kabininde 3 saatten fazla bekletilip steril edildikten sonra aynı şekilde steril edilen karton poşetlere yerleştirilip, 24 Nisan 2024 tarihinde ve 21°C'de giymeleri üzere teslim edilmiştir. Gönüllülerden tişörtleri 12 saat boyunca giymeleri ve

Pamuk Kumaşlar Üzerinde Touch DNA Geri Kazanımı

gündelik yaşamdaki hayatlarına devam etmeleri istenmiştir. 12 saat sonunda, gönüllüler giydikleri tişörtleri steril karton poşetlere kendileri yerleştirmiş ve teslim etmişlerdir.

3.3 Örnekler Üzerinde Touch DNA Görünürleştirilmesi

3.3.1 Promega Diamond™ Nucleic Acid Dye Kiti Kullanılarak Görünürleştirme

Diamond™ Nucleic Acid Dye, tek sarmallı DNA, çift sarmallı DNA ve RNA'ya bağlanan ve jellerdeki nükleik asitleri boyamak ve görüntülemek için kullanılabilen hassas bir floresan boyadır. Diamond™ Nucleic Acid Dye denatüre edici ve doğal agaroz ve poliakrilamid jellerle uyumludur.

10.000x stok DD boyası, 20x : 10.000x olacak şekilde %75'lik etanol ile dilue edildi. Ara stoktan otomatik pipet ile 20µl DD boyası çekildi. 10ml %75'lik etanole 20µl DD boyası pipetaj edilmiştir (33). Steril bir püskürtme şişesinde kullanılabilecek kadar muhafaza edildi.

Tişörtlerin sol koltuk altı kısmına çözelti DD boyası spreylendikten sonra 30-40 dakika kurumaya bırakıldı.

30-40 dakika bekletildikten sonra, OBELUX marka çok dalga boylu ışık kaynağı ile UV ışık taraması yapıldı. Parlama alınan noktalardan öncelikle görüntüler alındıktan sonra izolasyon için 2cm büyüklüğünde kumaşlar kesildi.

3.3.2 OBELUX marka çok dalga boylu ışık kaynağı ile görünürleştirme

Tişörtlerin sağ koltukaltlarına OBELUX marka çok dalga boylu ışık kaynağı kullanılarak tarama yapıldı. Parlama görülen noktalardan öncelikle görüntüler alındıktan sonra izolasyon için 2cm büyüklüğünde kumaşlar kesildi.

3.4 Örnekler Üzerinden Touch DNA Örneklerinin Toplanması

Tişörtlerin sağ ve sol koltukaltından görüntülemeler yapıldıktan sonra 2cm büyüklüğünde Qiagen QIAamp DNA Investigator Kit ve Zymo Quick-DNA MicroPrep Plus Kit için ayrı olmak üzere 2'şer adet kumaş kesildi ve doğrudan kesme yöntemi ile izolasyona gidildi.

3.5 DNA İzolasyonu

Kesilen her kumaş gruplarına göre ayrıldı ve 2ml'lik steril santrifüj tüplere aktarıldıktan sonra numaralandırıp kodları yazıldı.

Çalışmanın DNA izolasyon basamağı için;

- 1) QIAGEN QIAamp DNA Investigator Kit (34).
 - 2) ZYMO Quick-DNA MicroPrep Plus Kit olmak üzere iki farklı izolasyon kiti kullanıldı.
- Uygun prosedürler ile izolasyon yapıldı (35).

3.5.1 Promega Diamond™ Nucleic Acid Dye Kiti ile Görünürleştirilen Örneklerin DNA İzolasyonu

DD kit ile tespit edilip kesilen örnekler hem QIAGEN QIAamp DNA Investigation Kit (6 örnek) ile hem de ZYMO Quick-DNA Microprep Plus Kit (6 örnek) ile izole edildi.

3.5.2 OBELUX marka çok dalga boylu ışık kaynağı ile Görünürleştirilen Örneklerin DNA İzolasyonu

OBELUX marka çok dalga boylu ışık kaynağı ile tespit edilip kesilen örnekler hem QIAGEN QIAamp DNA Investigation Kit (6 örnek) ile hem de ZYMO Quick-DNA Microprep Plus Kit (6 örnek) ile izole edildi.

3.5.3 QIAGEN QIAamp DNA Investigator Kit, Isolation of Total DNA from Sexual Assault Specimens Protokol

1. Kesilen kumaş parçası 2 ml'lik bir mikrosantrifüj tüpüne yerleştirdi.
2. Numuneye 20µl Proteinaz K ve 500µl Tampon ATL eklendi. Kapak kapatıldı ve 10 saniye boyunca pulse-vorteksleyerek karıştırıldı.
3. 2 ml'lik tüpler ısıtılmalı orbital inkübatöre yerleştirildi ve en az 1 saat boyunca 900 rpm'de çalkalayarak 56°C'de inkübe edildi.
4. Kapağın iç kısmındaki damlaları çıkarmak için 2 ml'lik tüpler kısaca santrifüjlendi.
5. Katı maddeyi tüpten çıkartıldı.
6. Tüpler 5 dakika boyunca tam hızda santrifüjlendi. Süpernatantın 30µl 'si hariç tamamını peleti bozmadan dikkatlice yeni bir tüpe aktarıldı. (Epitel hücrelerinden DNA izolasyonu için 300 µL süpernatantı 2 ml'lik bir mikrosantrifüj tüpüne aktarıldı ve prosedürdeki adım 12 ile devam edildi.)
7. 300 µL Tampon AL (taşıyıcı RNA'lı) eklendi, kapağı kapatıldı ve 10 saniye boyunca pulse-vorteksleyerek karıştırıldı.

Tampon AL, Tampon ATL'ye eklendiğinde beyaz bir çökelti oluşabilir. Bu çökelti QIAamp prosedürünü etkilemez ve 13. adımdaki inkübasyon sırasında çözülür.
8. Tüpler ısıtılmalı orbital inkübatöre yerleştirildi ve 10 dakika boyunca 900 rpm'de çalkalayarak 70°C'de inkübe edildi.
9. Tüpler 1 dakika boyunca tam hızda (14.000 rpm) santrifüjlendi ve süpernatantı dikkatlice yeni bir 1,5 ml mikrosantrifüj tüpüne aktarıldı.
10. 150µl etanol (%96-100) eklendi. Kapak kapatıldı ve 15 saniye boyunca pulse-vorteksleyerek karıştırıldı.
11. Kapağın iç kısmındaki damlaları çıkarmak için 1,5 ml'lik tüpler kısaca santrifüjlendi.

Pamuk Kumaşlar Üzerinde Touch DNA Geri Kazanımı

12. Adım 12'deki lizatın tamamı QIAamp MinElute kolonuna (2 ml'lik bir toplama tüpü içine) kenarını ıslatmadan dikkatlice aktarıldı.
13. Kapak kapatıldı ve 1 dakika boyunca 8000 rpm'de santrifüjlendi. QIAamp MinElute kolonu temiz bir 2 ml toplama tüpüne yerleştirildi ve akış suyunu içeren toplama tüpünü atıldı.
14. QIAamp MinElute kolonu dikkatlice açıldı ve kenarını ıslatmadan 500µl Tampon AW1 eklendi. Kapaklar kapatıldı ve 1 dakika boyunca 8000 rpm'de santrifüjlendi. QIAamp MinElute kolonu temiz bir 2 ml toplama tüpüne yerleştirildi ve akış suyunu içeren toplama tüpünü atıldı.
15. QIAamp MinElute kolonuna dikkatlice kenarını ıslatmadan 700µl Tampon AW2 eklendi. Kapaklar kapatıldı ve 1 dakika boyunca 8000 rpm'de santrifüjlendi. QIAamp MinElute kolonu temiz bir 2 ml toplama tüpüne yerleştirildi ve akıntıyı içeren toplama tüpünü atıldı.
16. Membranın tamamen kuruması için 3 dakika boyunca tam hızda (14.000 rpm) santrifüjlendi.
17. QIAamp MinElute kolonu temiz bir 1,5 ml mikrosantrifüj tüpüne yerleştirildi ve akış suyunu içeren toplama tüpünü atıldı. QIAamp MinElute kolonları, kapağı açık şekilde 56°C'de 3 dakika inkübe edildi.
18. Membranın ortasına 50µl Tampon ATE uygulandı.
19. Kapaklar kapatıldı ve oda sıcaklığında 1 dakika inkübe edildi. Tam hızda (14.000 rpm) 1 dakika santrifüjlendi.

3.5.4 ZYMO Quick-DNA Microprep Plus Kit Biological Fluids Protocol

1. Bir mikrosantrifüj tüpüne kesilen kumaşlar eklendi ve ilave edildi: 50µl BioFluid & Cell Buffer (Kırmızı) 5 µl Proteinaz K
2. 10-15 saniye vortekslendi ve ardından tüpler 55°C'de 10 dakika inkübe edildi.
3. Sindirilmiş numuneye 105µl Genomic Binding Buffer ekleyindi. 10-15 saniye vortekslendi.
4. Lizat bir Collection Tube içinde Zymo-Spin™ IC-XM Kolonuna aktarıldı. 5 dakika boyunca $\geq 12.000 \times g$ 'de santrifüjlendi. Akışkan su ve toplama tüpü atıldı.
5. Yeni bir Collection Tube döndürme kolonuna 200µl DNA Pre-Wash Buffer eklendi. 1 dakika boyunca $\geq 12.000 \times g$ 'de santrifüjlendi. Collection Tube boşaltıldı.
6. Döndürme kolonuna 700µl g-DNA Wash Buffer eklendi. 1 dakika boyunca $\geq 12.000 \times g$ 'de santrifüjlendi. Collection Tube boşaltıldı.
7. Döndürme kolonuna 200µl g-DNA Wash Buffer ekleyin. $\geq 12.000 \times g$ 'de 1 dakika santrifüjlendi. Collection Tube akışla birlikte atıldı.
8. Spin kolonlar temiz mikrosantrifüj tüplere aktarıldı. Doğrudan matrisin üzerine $\geq 10 \mu l$ DNA Elution Buffer eklendi. Oda sıcaklığında 5 dakika inkübe edildi, ardından DNA'yı elüe etmek için 1 dakika boyunca maksimum hızda santrifüjlendi.

3.6 DNA Miktar Ölçümü

DNA izolasyon basamağı tamamlandıktan sonra miktar ölçümleri Qubit 4.0 Fluorometer cihazı ve Qubit dsDNA HS Assay Kit kullanılarak ölçüldü (36).

Qubit dsDNA HS Assay Kit, DNA, RNA veya protein hedeflerine bağlandığında floresan ışıma yayan seçici boyalar içermektedir. Sadece DNA, RNA ve protein hedeflerine bağlandığından, karışabilecek herhangi bir tuz, çözücü, deterjan vb. numunenin kirlendiği maddelerden

Pamuk Kumaşlar Üzerinde Touch DNA Geri Kazanımı

etkilenmez ve numune konsantrasyonlarını doğru şekilde ölçer. Bu kit, özellikle düşük DNA miktarlarının hassas ölçümleri için optimize edilmiştir.

ThermoFisher Scientific Qubit dsDNA HS Assay Kit Protokol:

- Standartlar için 2 ve 24 numune için 1'er 0,5ml'lik ependorf tüpü ayarlandı.
- Çalışma için 24 ve standartlar için 2 örnek sayılarak toplam 26 örnek için solüsyon hazırlandı. 26 tüp için 199 μ L dsDNA HS Buffer ve 1 μ L regend hazırlandı. 5.174 μ L dsDNA HS Buffer ve 26 μ L regend bir falcon tüpü içine aktarıldı ve kısaca vortekslendi.

Standart 1 ve Standart 2 hazırlanışı:

- 190 μ L Buffer + 10 μ L Standart 1
- 190 μ L Buffer + 10 μ L Standart 2 eklendi ve kısaca vortekslendi.

Numune hazırlanışı:

0,5 ml'lik ependorf tüplerine;

- 190 μ L Buffer + 10 μ L elde edilen DNA eklendi ve kısaca vortekslendi.

Qubit 4.0 Fluorometer Cihazı

- Cihaz fişe takıldı ve açılması beklendi.
- Ana ekran geldiğinde tahlil tipi “dsDNA” olarak seçildi.
- Gelen seçenekler arasından “dsDNA High Sensitivity” seçeneği ile devam edildi.
- “Read Standarts” basamağına gelindiğinde Standart 1 ve Standart 2 sırayla cihaza okutuldu.
- **Standart 1:** 37.57 ng/ μ L ve **Standart 2:** 12941.22 ng/ μ L değerinde ölçüldü.
- Cihaz kalibrasyonu tamamlandıktan sonra örneklerin doğru okunması için örnek miktarı ve birim seçimi yapıldı. (10 ng/ μ L)
- Örnekler sırasıyla test kuyucuğuna yerleştirildi ve çıkan sonuçlar belgelendi.

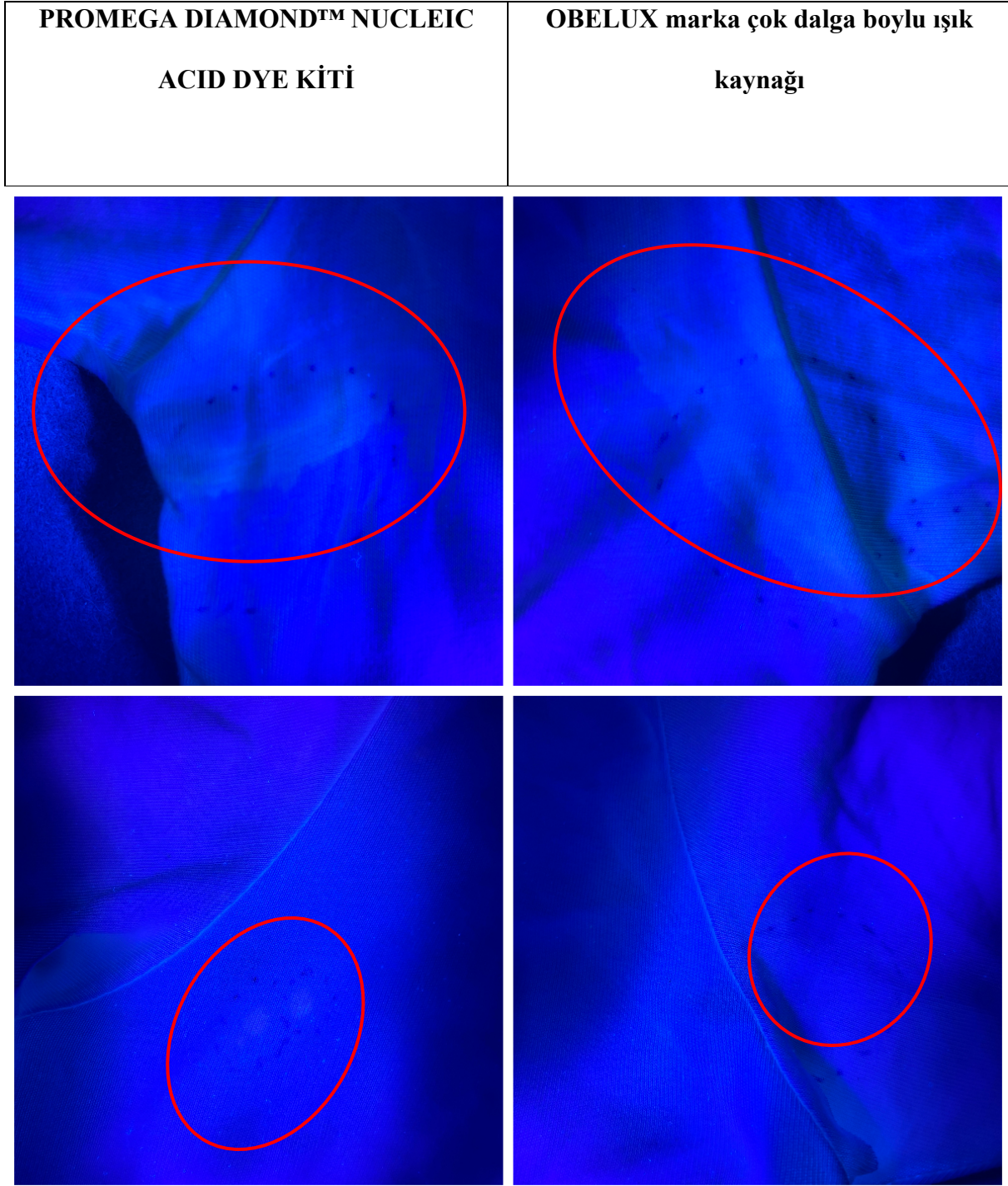
4. BULGULAR

Yapılan çalışmada, 12 saat boyunca pamuklu beyaz tişörtü giymesini ve günlük yaşantısına devam etmesini istediğimiz 6 farklı gönüllülerin tişört üzerindeki Touch DNA örneklerinin analizi yapılmıştır. Çalışmada kullanılan 2 farklı görüntüleme yöntemi ile tespit edilen bölgelerden doğrudan kesme yöntemi ile topladığımız örnekler iki farklı DNA izolasyon kiti çalışılarak izole edilmiş ve DNA miktarları ölçülmüştür.

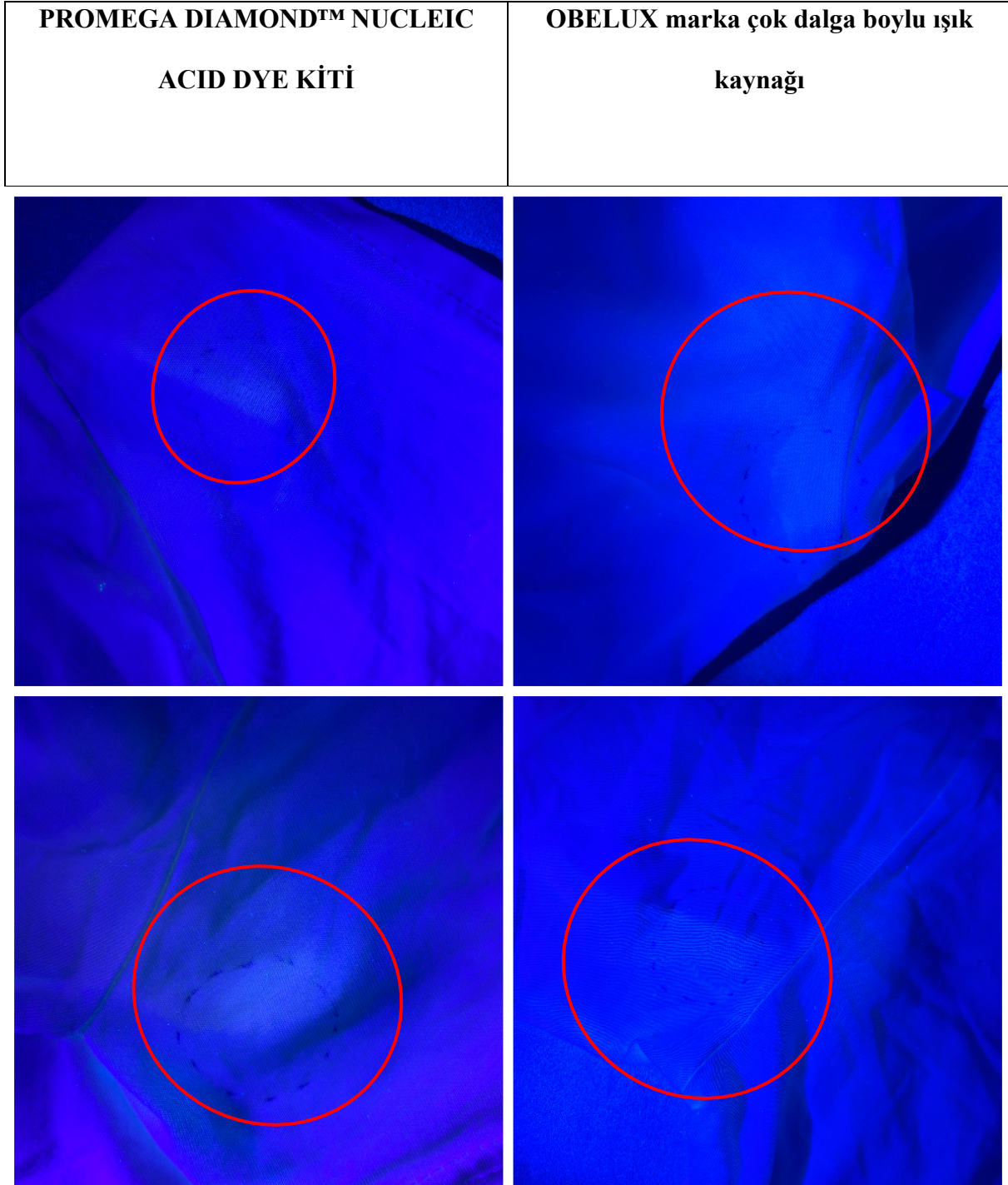
4.1 Promega Diamond™ Nucleic Acid Dye Kiti ve OBELUX marka çok dalga boylu ışık kaynağı Kullanılarak Görünürleştirilen Kumaş Görsellerinin karşılaştırılması



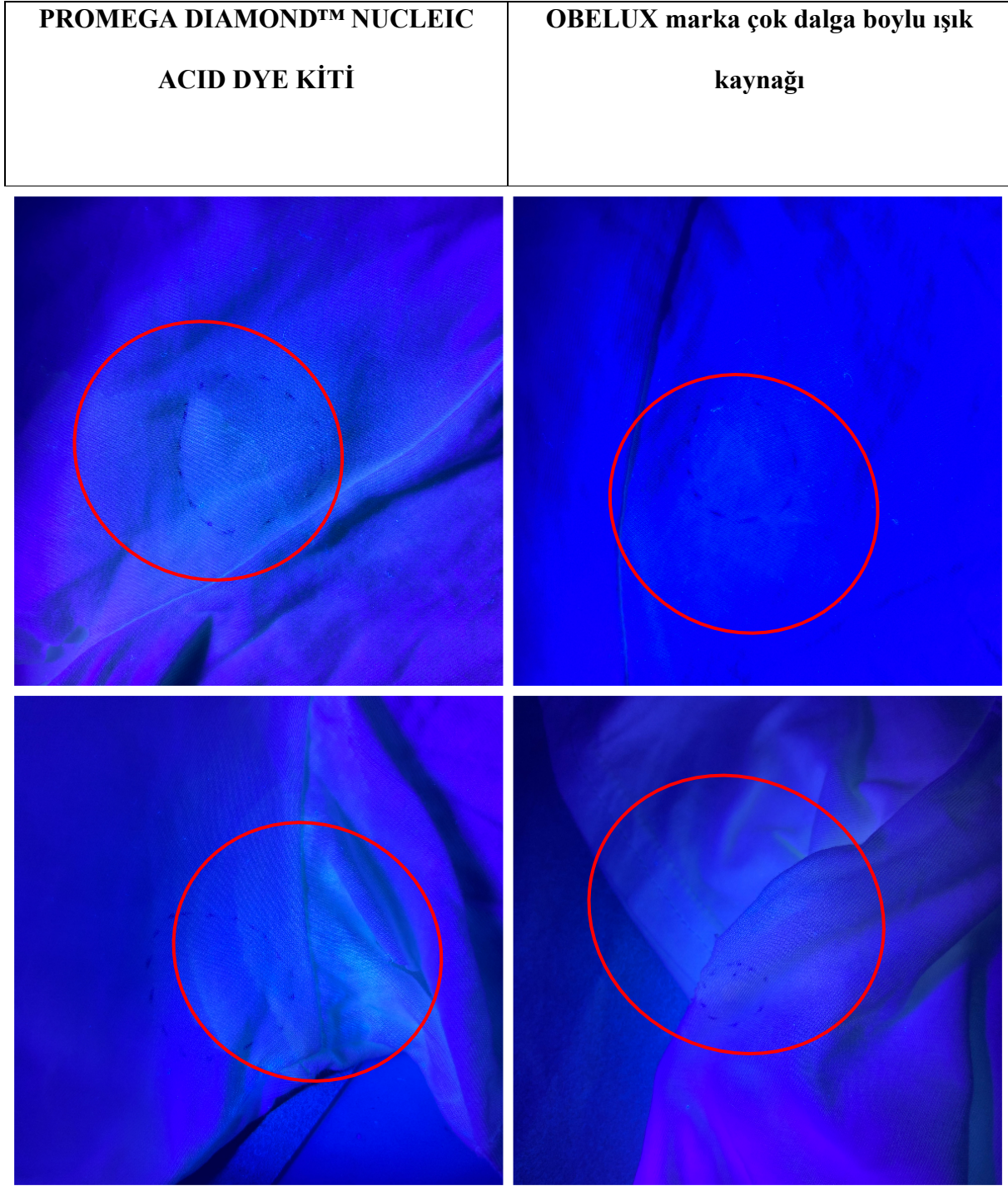
Şekil 1: Promega Diamond Nucleic Acid Dye Kit (DD Kit)



Şekil 2: 1. ve 2. kumaş örneklerinin görünürleştirilmesinde kullanılan farklı yöntemlerin karşılaştırılması



Şekil 3: 3. ve 4. kumaş örneklerinin görünürleştirilmesinde kullanılan farklı yöntemlerin karşılaştırılması



Şekil 4: 5. ve 6. kumaş örneklerinin görünürleştirilmesinde kullanılan farklı yöntemlerin karşılaştırılması

4.2 Promega Diamond™ Nucleic Acid Dye Kiti ile Görünürleştirilip Farklı DNA İzolasyon Kitleri ile Elde Edilen DNA Miktar Ölçümleri

Diamond Nucleic Acid Dye kit ile görünürleştirildikten sonra doğrudan kesme yöntemi uygulanarak toplanan örnekler, izolasyonun ardından miktar ölçümü analizine tabi tutulmuştur. Örneklerin DNA miktarları Tablo I’de belirtilmiştir.

Tablo I. DNA Miktar Ölçüm Sonuçları

Elde Edilen DNA Miktarları			
Qiagen QIAamp DNA Investigator Kit		Zymo Quick-DNA MicroPrep Plus Kit	
A1	0,0968 ng/μL	C1	0,103 ng/μL
A2	0,0718 ng/μL	C2	Değer yok
A3	0,184 ng/μL	C3	0,0790 ng/μL
A4	0,0888 ng/μL	C4	0,0136 ng/μL
A5	0,0118 ng/μL	C5	Değer yok
A6	0,168 ng/μL	C6	0,0854 ng/μL
B1	0,822 ng/μL	D1	0,0550 ng/μL
B2	0,0846 ng/μL	D2	Değer yok
B3	2,56 ng/μL	D3	0,0534 ng/μL
B4	0,536 ng/μL	D4	Değer yok
B5	0,0758 ng/μL	D5	Değer yok
B6	0,197 ng/μL	D6	0,220 ng/μL

4.3 OBELUX marka çok dalga boylu ışık kaynağı ile Görünürleştirilip Farklı DNA İzolasyon Kitleri ile Elde Edilen DNA Miktar Ölçümleri

OBELUX marka çok dalga boylu ışık kaynağı ile görünürleştirildikten sonra doğrudan kesme yöntemi uygulanarak toplanan örnekler, izolasyonun ardından miktar ölçümü analizine tabi tutulmuştur. Örneklerin DNA miktarları Tablo I, II ve III’te detaylı belirtilmiştir.

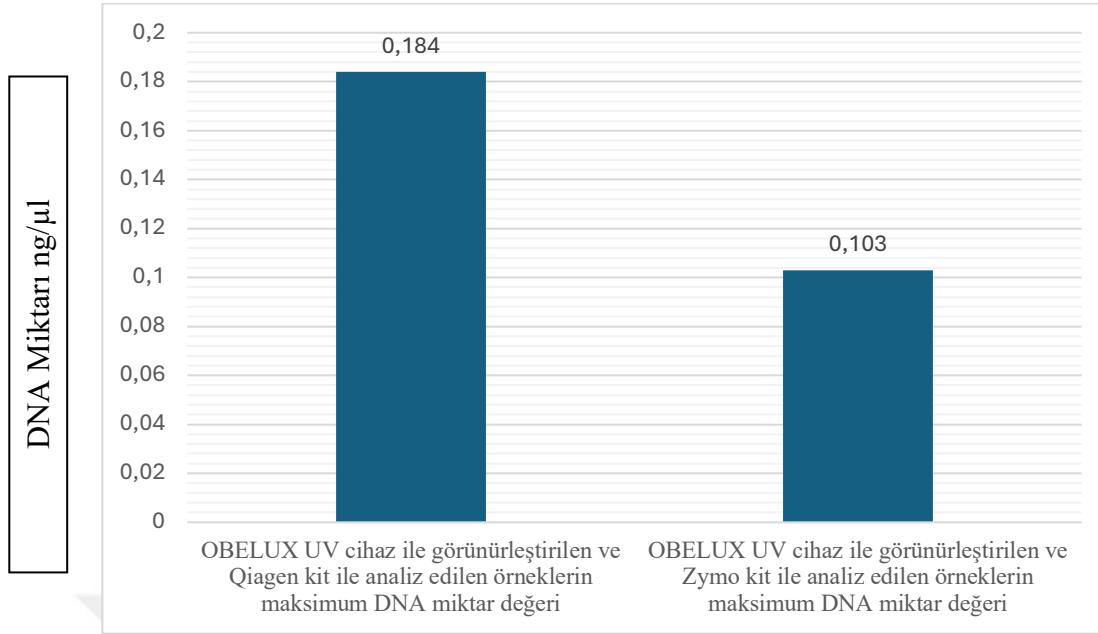
Tablo II OBELUX marka çok dalga boylu ışık kaynağı ile Görünürleştirilen Örneklerin Miktar Ölçüm Değerleri

OBELUX marka çok dalga boylu ışık kaynağı			
Qiagen QIAamp DNA Investigator Kit		Zymo Quick-DNA MicroPrep Plus Kit	
A1	0,0968 ng/μL	C1	0,103 ng/μL
A2	0,0718 ng/μL	C2	Değer yok
A3	0,184 ng/μL*	C3	0,0790 ng/μL
A4	0,0888 ng/μL	C4	0,0136 ng/μL
A5	0,0118 ng/μL	C5	Değer yok
A6	0,168 ng/μL*	C6	0,0854 ng/μL

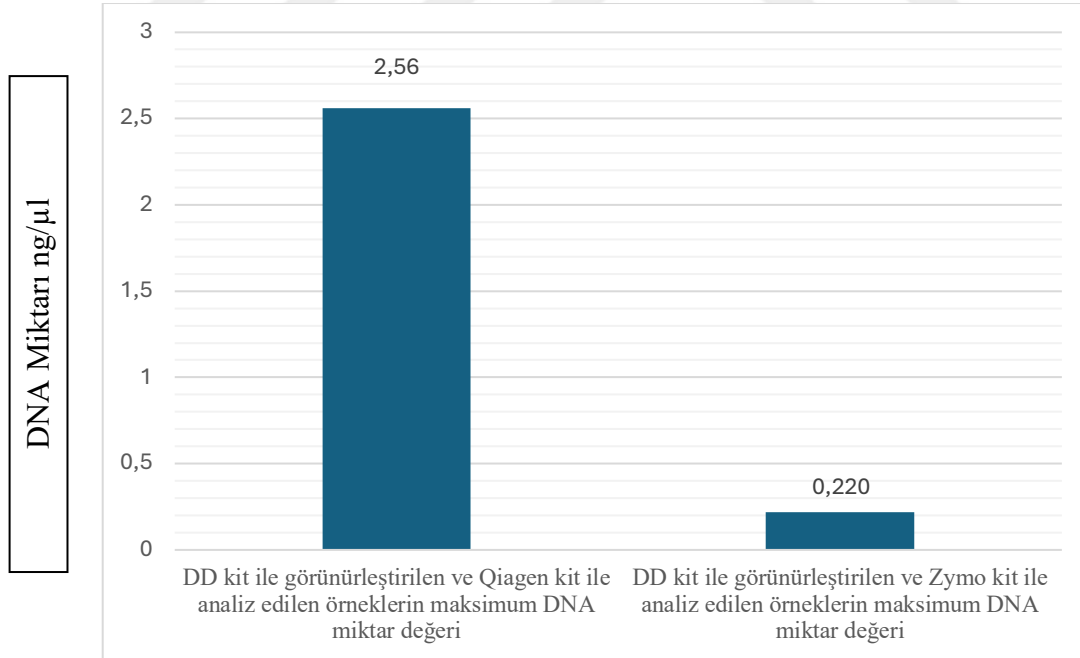
Tablo III Diamond™ Nucleic Acid Dye Kit ile Görünürleştirilen Örneklerin Miktar Ölçüm Değerleri

Diamond™ Nucleic Acid Dye Kit			
Qiagen QIAamp DNA Investigator Kit		Zymo Quick-DNA MicroPrep Plus Kit	
B1	0,822 ng/μL*	D1	0,0550 ng/μL
B2	0,0846 ng/μL	D2	Değer yok
B3	2,56 ng/μL*	D3	0,0534 ng/μL
B4	0,536 ng/μL*	D4	Değer yok
B5	0,0758 ng/μL	D5	Değer yok
B6	0,197 ng/μL*	D6	0,220 ng/μL*

*Koyu renkte işaretli örnekler kimliklendirmeye yetecek miktardaki örneklerdir

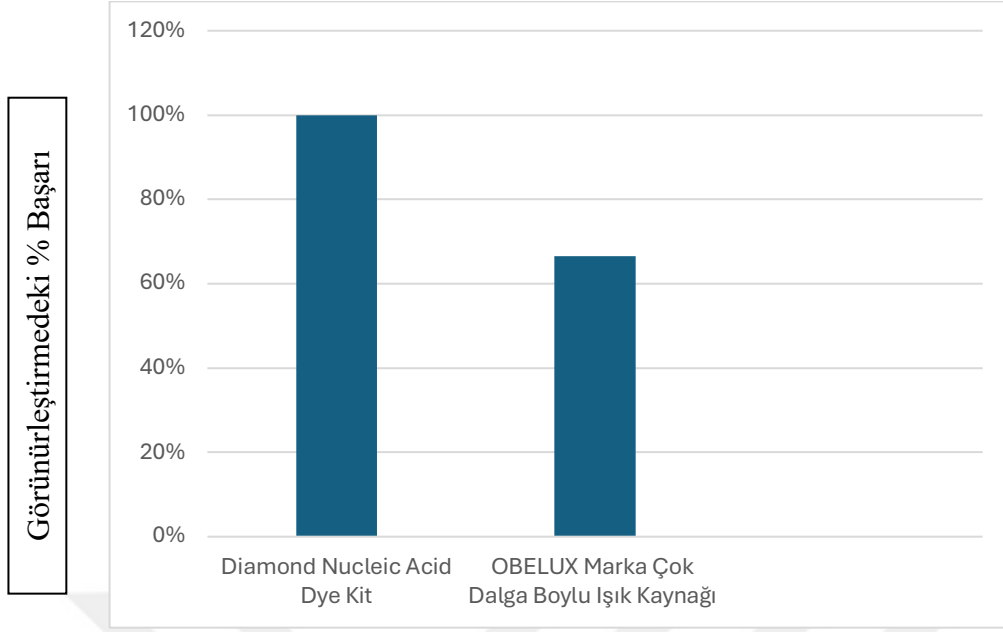


Şekil 5: OBELUX Marka Çok Dalga Boylu Işık Kaynağı ile Görünürleştirilen Örneklerin Farklı Kitlere Göre Maksimum DNA Miktarları



Şekil 6: DD kit ile görünürleştirilen örneklerin farklı kitlere göre maksimum DNA miktarları

Pamuk Kumaşlar Üzerinde Touch DNA Geri Kazanımı



Şekil 7: 6 tişört üzerinde görünürleştirilen ter örneklerinin kitlerine göre görünürleştirme başarı oranları

5. TARTIŞMA

Touch DNA analizleri, DNA analizlerinin gelişmesi sonucunda rutinde kullanılabilen ve birçok davanın sonuçlanmasında rol oynayan analizler haline gelmiştir. Olay yerinde veya bir kurbanın üzerinde hiçbir delile rastlanılmadığı sanılan vakalarda Touch DNA varlığı adli bilimciler için oldukça yol göstericidir. İnsanın dokunması, sürtmesi gibi faaliyetlerin sonucunda bırakılan epitel doku, ter gibi materyaller kullanılarak bir DNA profilinin çıkartılması soruşturmanın sonuçlanması ve adaletin tecellisi için oldukça önemlidir.

Touch DNA örnekleri, her türlü olay yerinde sıklıkla rastlanılan ve analiz edildiğinde soruşturmaya büyük ölçüde yön veren delil türlerinden biridir. Touch DNA eşyalara dokunarak/giyerek/elleyerek biriken DNA miktarını bildiren çalışmalar mevcuttur. Giyilen kıyafetlerin, özellikle de şapkaların, dokunulan eşyalardan daha fazla DNA tutması gibi yorumlar sıklıkla rapor edilse de DNA birikimi ve geri kazanımındaki beklenti açıktır ve ölçülen DNA miktarı 0 ng ile yaklaşık 170 ng arasında değişmektedir (30).

Bu çalışmada, pamuklu kumaşlar kullanılarak kişinin günlük yaşantısında giydiği bir tişörtten Touch DNA analizi yapılarak elverişli DNA miktarına ulaşabilmek amaçlanmıştır. Bunun için 6 farklı kişiye, steril edilmiş 6 farklı %100 pamuk içerikli beyaz tişörtler dağıtılmış ve kişinin günlük yaşantısına devam edilmesi istemiştir. Kişiler tişörtleri giydikten 12 saat sonra teslim etmişlerdir. Teslim alınan tişörtler, 2 farklı görüntüleme tekniğine tabi tutulmuştur. Tişörtlerin sağ koltukaltı sadece UV ışık altında incelenerek ışımlar tespit edilmeye çalışılmıştır. Sol kısım ise Promega Diamond Nucleic Acid Dye kit sıkılıp, 30 dakika beklemenin ardından UV ışığa maruz bırakılmıştır ve ışımlar tespit edilmiştir. Işımlar tespit edilip işaretlendikten sonra, 2 cm uzunluğunda örnekler kesilip, DNA izolasyon basamağı için hazır hale getirilmiştir.

Görünürleştirilme açısından sonuçlar değerlendirildiğinde;

Tişörtlerin üzerinde bulunan ve gözle görülmeyen ter veya epitel dokuları görüntüleyebilmek için 2 yöntem kullanılmıştır. Öncelikle herhangi bir kimyasal kullanmadan, **UV ışık altında** ışıma görülüp görülemediğine bakılmıştır. 6 tişörtün 4'ünde gözle görülür ışımlar oluşmuştur fakat çok belirsiz ışımlardır. Fotoğraflandırılmasında zorluklar yaşanmıştır.

İkinci yöntem olan **Diamond Nucleic Acid Dye kiti tişörtlere püskürtüldükten** 30 dakika sonra, UV ışık altında yarattığı ışımlar tüm örneklerde başarılı bir şekilde görüntülenmiştir. Bu ışımlar daha parlak, belirgin ve fotoğraflandırılması kolay ışımlar olmuştur (Şekil 2, 3 ve 4). Böylelikle, Diamond Nucleic Acid Dye kiti kullanılarak belirginleştirilen bölgelerden daha doğru konumlardan örnek toplanabilmektedir. Sadece UV ışık altında bakılan örneklerden gözükmeyen tişörtlere kör atışlar yapılmıştır. Örnekler toplandıktan sonra 2 farklı DNA izolasyon kiti kullanılarak izolasyon yapılmıştır ve DNA miktar ölçümüne gidilmiştir.

DNA İzolasyon kiti açısından sonuçlar değerlendirildiğinde

Tablo IV'te verildiği üzere, **Qiagen QIAamp DNA Investigator Kit** ile çalışılan örneklerin **hepsinde DNA elde edilebilmiştir.** Bu yöntemle maksimum DNA miktarı 2,56 ng/μl elde edilmiştir. Fakat **Zymo Quick-DNA MicroPrep Plus Kit** ile çalışılan **12 örneğin 7'sinde DNA elde edilebilmiştir.** Elde edilebilenlerden maksimum DNA miktarı ise 0.220 ng/μl bulunmuştur. Her iki DNA izolasyon metodunda da Diamond Nucleic Acid Dye kiti kullanılarak belirginleştirilen örneklerden sonra yapılan izolasyonlardan daha iyi DNA geri kazanımı gözlenmiştir (Şekil 5,6). Bu sonuç neticesinde görünürleştirme kitinin biyolojik lekeyi daha iyi işaretlemesi sayesinde doğru yerden örnek alarak daha fazla DNA geri kazanımını sağladığı söylenebilecektir.

Görünürleştirilme ve izolasyon yöntemleri beraber kimliklendirme açısından

değerlendirildiğinde; GlobalFiler PCR Amplifikasyon Kiti hassasiyet çalışmasına göre tam DNA profili elde edilmesi için en az 0,125 ng/μl DNA örneği kullanılması gerektiği bilinmektedir (37).

Bu bilgiye dayanarak sadece UV ışık ile görünürleştirilen ve Qiagen QIAamp DNA Investigator Kit kullanılarak izole edilen 6 örnekten yalnızca 2 tanesinden kimliklendirmeye gidilebilecek miktarda DNA elde edilmiştir (Başarı oranı %33,3). Sadece UV ışık ile görünürleştirilen ve Zymo Quick-DNA MicroPrep Plus Kit kullanılarak çalışılan 6 örnekten hiçbirisi kimliklendirme için yeterli miktara sahip olamamıştır. Diamond Nucleic Acid Dye kiti ile görünürleştirilen ve Qiagen QIAamp DNA Investigator Kit ile çalışılan 6 örnekten 4'ünden (Başarı oranı 66,6); Diamond Nucleic Acid Dye kiti ile görünürleştirilen ve Zymo Quick-DNA MicroPrep Plus Kit ile çalışılan 6 örnekten yalnızca 1'inde (Başarı oranı %16,6) 0,125 ng/μl 'nin üzerinde yani kimliklendirme için yeterli miktarda DNA örneği elde edilmiştir (Tablo IV,V).

Literatürdeki diğer çalışmalar:

Daly ve arkadaşlarının 2010'da yaptığı çalışmada, ellerden cama, kumaşa ve ahşaba aktarılan DNA miktarındaki değişim incelenmiştir. Çalışmaya %50'si erkek, %50'si kadın olmak üzere 300 gönüllü katılmıştır. Gönüllüler materyalleri 60 saniye boyunca ellerinde tutmuşlardır. Bir mini bant kaldırıcı kullanılarak nesnelerden DNA örnekleri toplanmıştır ve örnekler Qiagen QIAamp DNA mini kiti kullanılarak ekstrakte edilmiş, Quantifiler kit assay kullanılarak ölçülmüş ve AmpFISTR SGM Plus™ Amplification Kit kullanılarak amplifiye edilmiştir. Sonuç olarak, DNA transferi ve geri kazanımı açısından ahşap en iyi verimi vermiş, onu kumaş ve ardından cam izlemiştir. Kişilerin kendi profillerini elde etme olasılığı cam örnekleri için yaklaşık %9, kumaş için %23 ve ahşap için %36' olarak ölçülmüştür. Erkek veya kadın

Pamuk Kumaşlar Üzerinde Touch DNA Geri Kazanımı

gönüllüler tarafından aktarılan DNA miktarı arasında önemli bir fark olmadığı yorumlanmıştır (27). Daly ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada kumaş örnekleri bant kaldırma yöntemiyle toplanıp Qiagen QIAamp DNA Investigator Kit kullanılarak profil elde etme olasılığı %23 olarak hesaplanmıştır. Bu tezde, farklı olarak kumaş örneklerinden doğrudan kesme yöntemi ile örnek toplanarak, Diamond Nucleic Acid Dye kit ile görünürleştirilip Qiagen QIAamp DNA Investigator Kit ile izole edilen örneklerle kimliklendirmeye gidilirse %66,6 oranında başarı elde edilebileceği bulunmuştur.

Alketbi ve arkadaşının 2022’de yaptığı çalışmada; giysilerden, kumaş parçalardan ve kağıt gibi gözenekli yüzeylerden Touch DNA toplamak için bant kaldırma yöntemi tercih edilip, mini bant kaldırma yöntemi, zamana bağlı değişim ve DNA birikme alanlarının Touch DNA’nın geri kazanımına etkisi araştırılmıştır. Tişörtün göğüs bölgesinden, pantolonun kalça bölgesine kıyasla 24 saat boyunca aralıklı olacak şekilde örnek toplandığında (1 saat, 3 saat, 6 saat, 12 saat, 24 saat) daha fazla DNA toplanmıştır. Toplanan DNA miktarı zamanla azalmış ancak gözlenen alel sayısı tişört için zamandan etkilenmemiştir. Pantolon örneklerinden tam karışım profilleri elde edilmiş ancak 6 saat sonra minör katılımcıdan hiçbir alel gözlenmemiştir. DNA birikme alanı, zaman ve kişinin aktivitesi gibi diğer faktörler giysilerden toplanan Touch DNA miktarını etkileyebileceği gözlemlenmiştir. Pantolonun kalça bölgesi, tişörtün göğüs bölgesine kıyasla, farklı yüzeylerde tekrar tekrar oturmak gibi bir faaliyetten kaynaklanan sürtünmeye daha yatkındır ve bu da mevcut Touch DNA miktarını azalttığı gözlemlenmiştir (3). Alketbi ve arkadaşlarının çalışmalarının sonucunda, kıyafetlerin sürekli katlanan ve birbirine sürtünen koltuk altı bölgesinden Touch DNA geri kazanımının süreye bağlı olarak değişkenlik gösterebileceği kanısına varılmıştır. Bu çalışmamızda, pamuklu tişörtler gönüllüler tarafından 12 saat giyildikten sonra analiz edilmiştir. Bu nedenle bahsi geçen çalışmaya paralel olarak,

Pamuk Kumaşlar Üzerinde Touch DNA Geri Kazanımı

süreyle bağlı DNA kayıpları yaşandığı söylenebilir. Mağdur veya suçluların kıyafetlerinin hemen toplanması, Touch DNA'dan elde edilecek profillemenin başarı oranını yükseltecektir.

Alketbi'in 2022'de yaptığı bir diğer çalışmada, %65 polyester ve %35 pamuk karışımından oluşan kumaşlar kullanılmıştır. Katılımcılar ellerini antibakteriyel sabunla yıkadıktan sonra kumaş parçalarını elleri arasında 1 dakika süreyle ovmuşlardır. Toplama yöntemleri olarak Copan pamuklu swap, Copan naylon swap ve Scene Safe Fast™ mini bant kullanılmıştır. Sonuçlar, kullanılan toplama yönteminin DNA miktarını önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. Scene Safe Fast™ mini bant kaldırma yönteminin en iyi DNA geri kazandığı belirlenmiştir. Minitape yöntemi ile toplanan örneklerin tamamı tam DNA profili üretirken, diğer yöntemlerle toplanan örneklerin sadece yarısı tam DNA profilleri üretmiştir. Bu çalışma, kumaşlardan Touch DNA toplanmasında kullanılan toplama yönteminin, elde edilen DNA miktarını ve kalitesini önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymaktadır (2).

Alketbi ve arkadaşlarının çalışmasında kullandıkları toplama yöntemlerinin aksine çalışmamızda doğrudan kesme yöntemi ayrıca biyolojik örneğin işaretleme kiti ile boyanarak toplanması çalışılmış olup; bu yöntemle ter örneklerinden DNA profili elde etme başarı oranının %66,6 olabileceği belirlenmiştir.

Madden ve arkadaşlarının 2024 yılında yaptığı çalışmada, Diamond Nucleic Acid Dye kullanarak bant kaldırma yöntemi ile toplanan örneklerden Touch DNA geri kazanımı araştırılmıştır. Yapılan çalışmada, farklı yüzeylerdeki Touch DNA'nın toplanmasında Diamond Nucleic Acid Dye kitinin yüzeyler üzerindeki etkinliğini ölçmeyi hedeflemişlerdir. Araştırmanın sonucunda, Diamond Nucleic Acid Dye kullanmanın Touch DNA tespitinde ve örneğin doğru yerden toplama için Diamond Nucleic Acid Dye kitin başarısının yüksek oranda olduğu gözlemlenmiştir. Bu yöntemin, özellikle büyük yüzeylerde DNA tespiti ve analizi için etkili bir araç olabileceği yorumlanmıştır (33).

Pamuk Kumaşlar Üzerinde Touch DNA Geri Kazanımı

Madden ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, Diamond Nucleic Acid Dye kiti kullanılarak görünürleştirilen Touch DNA örneklerinde sağladıkları başarı yaptığımız bu çalışmada da sağlanmıştır. Diamond Nucleic Acid Dye kiti, Touch DNA örneklerini görünürleştirmede önemli bir rol oynamıştır. Çok dalga boylu ışık kaynağına göre kumaş yüzeylerde görünürleştirme kiti kullanılıp örnek alınabilecek yerleri görünür hale getirmenin daha başarılı olduğu kanaatine ulaşılmıştır.

Kimliklendirme açısından Precision ID Identity Panel'ine göre değerlendirildiğinde, bahsedilen kitin tam profil için göz önünde bulundurulması gereken minimum değeri 0,1 ng/μl'dir (38). Bu değere göre, OBELUX marka çok dalga boylu ışık kaynağı ve DD kit kullanılarak elde edilen örneklerin Qiagen QIAamp DNA Investigator Kit ile analizi sonucunda 12 örneğin 6 tanesinden tam profil elde edilebileceği düşünülmektedir. Başarı oranı %50 olarak hesaplanmıştır. OBELUX marka çok dalga boylu ışık kaynağı ve DD kit kullanılarak elde edilen örneklerin Zymo Quick DNA MicroPrep Plus Kit ile izolasyonu sonucunda 12 örneğin 2 tanesinden tam profil elde edilebileceği düşünülmektedir. Başarı oranı %16,66 olarak hesaplanmıştır.

6. SONUÇ

Bu tez çalışmasında görünürleştirme kiti kullanılarak Touch DNA'nın görünürleştirildiği kısımdan alınan örneklerden diğer yöntemlere göre daha fazla miktar DNA elde edildiği ve biyolojik örneklerin görüntülenmesinde floresan boya içeren kitlerle görünürleştirme yapıldıktan sonra örnek toplanmasının UV ışık kullanılarak veya UV ışık altında belirlenemeyen yerlerden rastgele örnek toplanmasına göre daha anlamlı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Çalışmada iki farklı DNA izolasyon kiti kullanılmış olup; **QIAGEN marka kitin özellikle de görünürleştirme kiti kullanımı sonrası izolasyonda DNA'yı daha iyi izole ederek kimliklendirmeye gitmek için daha anlamlı sonuçlar gösterdiği yani kimliklendirmeye yetecek DNA miktarları elde edildiği görülmüştür.** Çalışmada kullanılan diğer kit olan ZYMO marka kitte ise protokol daha kısa olup hem görünürleştirme kiti kullanılan hem de UV ışık ile görünürleştirme yapıp toplanan örneklerde kimliklendirmeye gitmek için 1 örnek dışında anlamlı sonuçlar elde edilemediği tespit edilmiştir.

Precision ID Identity Panel'ine göre değerlendirildiğinde, analiz edilen örneklerin kimliklendirme açısından belirli bir başarı oranı göstermektedir. OBELUX marka çok dalga boylu ışık kaynağı ve DD kit kullanılarak yapılan analizlerde, Qiagen QIAamp DNA Investigator Kit ile çalışılan 12 örnekten 6'sından tam profil elde edilmesi, %50'lik bir başarı oranı ile dikkat çekmektedir. Buna karşın, Zymo Quick DNA MicroPrep Plus Kit ile yapılan izolasyonda yalnızca 2 örnekten tam profil elde edilmesi, %16,66'lık daha düşük bir başarı oranı ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, farklı analiz yöntemlerinin etkinliğini ve örneklerin kimliklendirilmesinde hangi koşulların daha uygun olduğunu göstermektedir.

Pamuk Kumaşlar Üzerinde Touch DNA Geri Kazanımı

Yapılan çalışmada, kumaşlar üzerinde biriken Touch DNA kalıntılarının analizlerinde doğru görünlüşleştirme yöntemleri ile yerlerinin belirlenmesinin yanı sıra eser miktarda bulunan DNA miktarının en uygun kit kullanılarak elde edilmesinin çok önem arz ettiği sonucuna varılmıştır. Görünlüşleştirme ve izolasyondan sonra kimliklendirmeye gidilmesi yönteminin bu çalışmada başarısı görülmüş olup bu yöntemin başka örnek gruplarında da çalışılması bir sonraki çalışmalar için önerilmektedir.



7. KAYNAKLAR

1. Goodwin, William, Linacre, Adrian ve Hadi, Sibte . An introduction to forensic genetics. Scotland : John Wiley & Sons, 2010.
2. The Impact of Collection Method on Touch DNA Collected from Fabric. Alketbi, Salem Khalifa. 5, Preston : Juniper Publishers, 2022, Journal of Forensic Sciences & Criminal Investigation, Cilt 15, s. 1-4.
3. The impact of deposition area and time on Touch DNA collected from fabric. Alketbi, Salem K. ve Goodwin , W. . Preston : Elsevier, 2022, Forensic Science International: Genetics Supplement Series, Cilt 8, s. 45-47.
4. Validating Touch DNA Collection Techniques Using Cotton Swabs. Alketbi, Salem Khalifa ve Goodwin, William . 3, Dubai : Journal of Forensic Research, 2019, Journal of Forensic Research, Cilt 10, s. 1-3.
5. Generating STR profile from “Touch DNA”. Aditya, Sangeeta , ve diğerleri. 7, Kolkata : Elsevier, 2011, Journal of Forensic and Legal Medicine, Cilt 18, s. 295-298.
6. History of Forensic Science. Hemanth, Kavya , Tharmavaram, Maithri ve Pandey, Gaurav . : Wiley VCH, 2020, Technology in Forensic Science: Sampling, Analysis, Data and Regulations, Cilt 1, s. 1-16.
7. Tilstone, William J. , Savage, Kathleen A. ve Clark, Leigh . Forensic Science: An Encyclopedia of History, Methods, and Techniques. California : ABC-CLIO, 2006.
8. Dokgoz, Halis. Adli Tıp & Adli Bilimler. Ankara : Akademisten Kitabevi, 2020.
9. Walsh, Simon J . Recent advances in forensic genetics. Sydney : Expert Review of Molecular Diagnostics, 2004.
10. DNA Profiling in Forensic Science: A Review. Bukyya, Jaya Lakshmi, ve diğerleri. Stuttgart : Thieme, 2021, Global Medical Genetics .

11. Finishing the euchromatic sequence of the human genome. Consortium, International Human Genome Sequencing. : Nature, 2004, Cilt 431, s. 931-945.
12. Extracting evidence from forensic DNA analyses. Bruce , Budowle ve van Daal, Angela . 5, : Future Science, 2009, Biotechniques, Cilt 46, s. 339-350.
13. Efficacy and limits of genotyping low copy number DNA samples by multiplex PCR of STR loci. Kloosterman, A. D. ve Kersbergen, P. . 9, : Elsevier, 2003, International Congress Series, Cilt 1239, s. 795-798.
14. Dillon, Jack, ve diğerleri. Collecting DNA Evidence at Property Crime Scenes. San José State University. [Çevrimiçi] 7 Mart 2009.
<https://www.sjsu.edu/people/steven.lee/courses/c2/s2/Collecting%20DNA%20Evidence%20at%20Property%20Crime%20Scenes%20Course.pdf>.
15. UNIT, SHERIFF'S OFFICE FORENSICS. COLLECTION OF BIOLOGICAL EVIDENCE AT CRIME SCENES. Santa Barbara County Sheriff's Office. [Çevrimiçi] 13 11 12.
<https://www.sbsheriff.org/wp-content/uploads/2019/12/SOP-CSI-005-12-Biological-Evidence-Collection.pdf>.
16. Biological Evidence Management for DNA Analysis in Cases of Sexual Assault. Magalhães, Teresa , ve diğerleri. Coimbra : Hindawi Publishing Corporation, 2015, e Scientific World Journal, Cilt 2015, s. 1-11.
17. Cătălin, Marian , Andrei, Anghel ve Mitraşca, Oana . MODERN METHODS OF COLLECTION AND PRESERVATION OF BIOLOGICAL EVIDENCE FOR HUMAN IDENTIFICATION BY DNA ANALYSIS. Abacus Diagnostics. [Çevrimiçi] 11 04 2013.
https://abacusdiagnostics.com/Modern_Methods_of_Collection.pdf.
18. LI, Richard. Forensic Serology. [kitap yaz.] Lawrence Kobilinsky. Forensic Chemistry Handbook. New Jersey : John Wiley & Sons, 2011.

19. Butler, John M. Forensic DNA Typing: Biology, Technology, and Genetics of STR Markers. Burlington : Elsevier, 2005.
20. Li, Richard. Forensic Biology Identification and DNA Analysis of Biological Evidence. Florida : CRC Press, 2011.
21. A simplified universal genomic DNA extraction protocol suitable for PCR. Wang, T.Y. , ve diğerleri. 1, Henan : Genetics And Molecular Research, 2011, Cilt 10, s. 519-525.
22. The Evolution of DNA Extraction Methods. DAIRAWAN, Mariyam ve SHETTY, Preetha J. 1, : American Journal of Biomedical Science & Research, 2020, Cilt 8, s. 39-45.
23. Advances in Forensic DNA Quantification: A Review. Lee, Steven B. , McCord, Bruce ve Buel, Eric . 21, : Wiley Online Library, 2014, Electrophoresis , Cilt 35, s. 3044-3052.
24. PCR in forensic genetics. Morling, Niels. 2, Copenhagen : Biochemical Society Transactions, 2009, Cilt 37.
25. Forensic DNA typing by capillary electrophoresis using the ABI Prism 310 and 3100 genetic analyzers for STR analysis. Butler, John M. , ve diğerleri. 10-11, : Electrophoresis, 2004, Cilt 25, s. 1397-1412.
26. Erdogan, Tuna. Yıkanmış Kan Lekelerinden DNA Elde Edilmesi. İstanbul : Üsküdar Üniversitesi Bağımlılık ve Adli Bilimler Enstitüsü, 2019. 602003.
27. The transfer of touch DNA from hands to glass, fabric and wood. Daly, Dyan J , Murphy, Charlotte ve McDermott, Sean D . 1, Dublin : Elsevier, 2010, Forensic Science International Genetics, Cilt 6, s. 41-46.
28. Touch DNA collection versus firearm fingerprinting: comparing evidence production and identification outcomes. Nunn, Samuel . 3, : Wiley, 2013, Journal of Forensic Science, Cilt 58, s. 601-608.

29. Evaluation of tapelifting as a collection method for touch DNA. Verdon, Timothy J., Mitchell , R. John ve van Oorschot, Roland A.H. . 1, Victoria : Elsevier, 2014, Forensic Science International: Genetics, Cilt 8, s. 179-186.
30. A review of trace “Touch DNA” deposits: Variability factors and an exploration of cellular composition. Burrill, Julia , Daniel, Barbara ve Frascion, Nunzianda . London : Elsevier, 2019, Forensic Science International: Genetics, Cilt 39, s. 8-18.
31. Possibilities of DNA Identification of Foreign Sweat and Grease Substance on Human Skin. Faleeva, T. G. , ve diğerleri. 6, Rusya : Pleiades Publishing, 2018, Russian Journal of Genetics, Cilt 54.
32. Robotic DNA extraction system as a new way to process sweat traces rapidly and efficiently. Pizzamiglio, M. , ve diğerleri. İtalya : Elsevier, 2006, International Congress Series, Cilt 1288.
33. Predicting probative levels of touch DNA on tapelifts using Diamond™ Nucleic Acid Dye. Madden, Isla , ve diğerleri. Australia : Elsevier, 2024, Forensic Science International: Genetics, Cilt 70.
34. QIAGEN. QIAamp DNA Investigator Handbook. Almanya : QIAGEN, 2020.
35. Research, ZYMO. Quick-DNA™ Microprep Plus Kit. Kaliforniya : DNA Purification Made Sample, 2023.
36. Scientific, ThermoFisher. Qubit® dsDNA HS Assay Kits. Amerika : Molecular Probes Life Technologies, 2015.
37. GlobalFiler™ and GlobalFiler™ IQC PCR Amplification Kits . USER GUIDE . Amerika : Applied Biosystems , 2019.
38. Thermo Fisher, Scientific. Precision ID Identity Panel. Massachusetts, Amerika Birleşik Devletleri, 2018.

8. ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Ad-Soyad: Pelin Elif SAYITOĞLU

EĞİTİM DURUMU:

Üsküdar Üniversitesi Bağımlılık ve Adli Bilimler Enstitüsü Adli Bilimler Ana Dalı Adli

Genetik Bilim Dalı Yüksek Lisans Programı (2022-)

Üsküdar Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Adli Bilimler Bölümü (2018-2022)

Mustafa Saffet Anadolu Lisesi (2016-2018)

Heybeliada Anadolu Lisesi (2014-2016)

LİSANS BİTİRME TEZİ:

Sapan Ünsal T., Sayitoğlu, PE. Cesedin Bulunduğu Tatlı Sudan Alınan Örneklerin Şüpheli Şahıs Üzerindeki Kıyafetlerle Mukayese Edilmesi Temsili Olgu Sunumu. İstanbul, 2022.