



T.C.

ÜSKÜDAR ÜNİVERSİTESİ

BAĞIMLILIK VE ADLİ BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

Danışman

Doç. Dr. Aylin YALÇIN SARIBEY

KOYU RENKLİ YÜZEYLER ÜZERİNDEKİ KAN LEKELERİNİN ALTERNATİF
IŞIK KAYNAĞI VE SPEKTROSKOPİK YÖNTEMLER KULLANILARAK TESPİTİ

ADLİ BİLİMLER ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZAL ÖZÇELİK

İSTANBUL-2023

T.C.
ÜSKÜDAR ÜNİVERSİTESİ
BAĞIMLILIK VE ADLİ BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

DANIŞMAN
DOÇ. DR. AYLİN YALÇIN SARİBEY

**KOYU RENKLİ YÜZEYLER ÜZERİNDEKİ KAN LEKELERİNİN ALTERNATİF
IŞIK KAYNAĞI VE SPEKTROSKOPİK YÖNTEMLER KULLANILARAK TESPİTİ**

ADLİ BİLİMLER ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZAL ÖZÇELİK

İSTANBUL-2023

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum ‘Koyu Renkli Yüzeyler Üzerindeki Kan Lekelerinin Alternatif Işık Kaynağı ve Spektroskopik Yöntemler Kullanılarak Tespiti’ adlı çalışmanın, tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere uygun aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazdığımı, intihal yapmadığımı ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla doğrularım.

04.07.2023

Hazal ÖZÇELİK

ÖNSÖZ

Adli bilimlerin Türkiye’deki öncüsü olan ve birikimleriyle şu an sahip olduğum eğitim seviyesine ulaşmamı sağlayan kıymetli hocam Prof. Dr. Sevil ATASOY’a, lisans ve ardından yüksek lisans eğitimim boyunca benden bilgi, tecrübe ve desteğini esirgemeyerek bana yol gösteren, zorlu anlarda daima omzumda elini hissettiğim, gerek akademik gerek kişisel hayatımda doldurulamaz bir yeri olan, manevi desteğiyle kendimi aileden biri gibi hissettiren tez danışmanım ve çok değerli hocam Doç. Dr. Aylin Yalçın SARIBEY’e, tüm birikimini eksiksiz bir şekilde aktararak zamanını harcayan, her ihtiyacım olduğunda verdiği desteğiyle hem akademik hem de kişisel anlamda yanımda olan sevgili arkadaşım ve değerli hocam Arş. Gör. Umut KENDÜZ’e, bu süreçte kendi tecrübeleri ile bana destek olan değerli hocam Arş. Gör. Alihan KOCABAŞ’a ve yüksek lisans eğitimim boyunca bana ışık tutarak bildiğim her şeyi öğreten diğer tüm hocalarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarım boyunca yardımını benden esirgemeyen Ayşe Öykü TUNCAY’a, çalışmalarım ve materyal temini aşamasında her türlü yardımıyla sürecimi kolaylaştırarak beni daima cesaretlendiren İrem KARAKAŞ’a ve her anımda yanımda olarak bu zorlu süreci en kolay şekilde atlattırma yardımcı olan canım arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak bugünlere gelmemde beni koşulsuz ve şartsız bir şekilde destekleyen, başta canım annem, babam ve kardeşim olmak üzere diğer tüm aile üyelerime ve zamanımın çoğunu birlikte geçirdiğim iş arkadaşlarıma sonsuz sevgi, saygı ve en içten teşekkürlerimi sunarım.

Hazal ÖZÇELİK

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

YEMİN METNİ	i
ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	ii
TABLolar DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
SEMBOL VE KISALTMALAR	xiii
I. ÖZET.....	xvi
II. ABSTRACT.....	xvii
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. KAN	3
2.1. Kan Lekesi Model Analizi	4
2.2. Kan Lekesi Model Analizi Tarihçesi.....	6
2.3. Kan Lekelerinin Sınıflandırılması.....	13
2.3.1. Oluşum Hızlarına Göre Kan Lekelerinin Sınıflandırılması.....	14
2.3.1.1. Düşük Hızlı Darbe Sonucu Meydana Gelen Kan Lekeleri.....	14
2.3.1.2. Orta Hızlı Darbe Sonucu Meydana Gelen Kan Lekeleri	14
2.3.1.3. Yüksek Hızlı Darbe Sonucu Meydana Gelen Kan Lekeleri	14
2.3.2. Görünüşlerine Göre Kan Lekelerinin Sınıflandırılması	15
2.3.3. Oluşum Mekanizmasına Göre Kan Lekelerinin Sınıflandırılması	15
2.3.3.1. Pasif Kan Lekeleri.....	15
2.3.3.2. Sıçrama Yoluyla Oluşmuş Lekeler.....	15

2.3.3.3. Diğer Kan Lekeleri	16
2.4. Kan Tayin Metotları	16
2.4.1. Tarama Testleri.....	16
2.4.2. Doğrulama Testleri	19
2.5. Spektroskopik Metotlar	21
2.6. Alternatif Işık Kaynakları (ALS)	24
2.6.1. Ultraviyole (UV) Işık Kaynağı	27
2.6.2. Lazerler (Uyarılmış Radyasyon Emisyonu ile Işık Amplifikasyonu)	29
2.6.3. Crime Lites	30
2.6.4. Ayarlanabilir Işık Kaynakları.....	30
2.7. Video Spektral Karşılaştırmacı (VSC)	32
2.8. Kan Lekelerinin Adli Olaydaki Yere.....	32
3. MATERYAL VE YÖNTEM	35
3.1. Kullanılan Materyaller	35
3.2. Cihaz ve Programlar.....	35
3.3. Örneklerin Hazırlanması	36
3.4. Tarama ve Görüntüleme Analizleri	41
3.5. Spektral Analizler.....	41
3.6. VSC Analizleri	42
4. BULGULAR	44
4.1. Kontrol Gruplarının Karakterizasyonu	44
4.1.1. Kontrol Gruplarının VSC Analizi	44
4.1.1.1. Keten	44
4.1.1.2. Polyester.....	46

4.1.1.3.	Saten.....	48
4.1.1.4.	Kadife.....	50
4.1.1.5.	Pamuk	52
4.1.1.6.	Ahşap.....	54
4.1.1.7.	Kâğıt.....	56
4.1.1.8.	Seramik	58
4.2.	Test Gruplarının Karakterizasyonu	59
4.2.1.	Test Gruplarının Yüzey Analizi	59
4.2.2.	Test Gruplarının Spektral Analizi	65
4.2.3.	Test Gruplarının VSC Analizi.....	70
4.2.3.1.	UV 254 nm Dalga Boyunda Görünüm	70
4.2.3.2.	UV 365 nm Dalga Boyunda Görünüm	72
4.2.3.3.	Görünür Beyaz Işık Altında Görünüm.....	74
4.2.3.4.	IR 645 nm Dalga Boyunda Görünüm	76
4.2.3.5.	Spot Floresan 400-485 nm Dalga Boyu Aralığında Görünüm.....	78
5.	TARTIŞMA	80
6.	SONUÇ	91
7.	KAYNAKLAR.....	94
	ÖZGEÇMİŞ	97

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo I: Literatüre göre test edilen ALS'lerin dalga boyları ve tespit edilebilir lekeler bakımından karşılaştırılması	26
Tablo II: UV ışıklar ve spektral dalga boyu aralıkları	28
Tablo III: VSC altında ALS ile incelenen koyu renkli yüzeylerde ışıklara göre kan lekelerinin tespit edilme durumu	82



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1: Kırmızı kan hücrelerinin yapısı	3
Şekil 2: MacDonell,H.L., Bialousz,L, İnsan Kanının Uçuş Karakteristikleri ve Leke Modelleri başlıklı çalışma	10
Şekil 3: Gallen-Kallela'nın 1897 yılına ait 'The Fratricide' adlı eseri	13
Şekil 4: (a) Dağıtıcı kızılötesi spektrometre, (b) FTIR'ın şematik diyagramı	22
Şekil 5: Zayıflatılmış toplam (ATR) teorisi diyagramı	24
Şekil 6: Kurumuş kan lekesinin absorpsiyon spektrumu	25
Şekil 7: A 500-W Crimescope CS16	31
Şekil 8: (a) Koyu renk saten kumaş. (b) Koyu renk ahşap yüzey. (c) Koyu renk kadife kumaş. (d) Koyu renk keten kumaş. (e) Koyu renk seramik yüzey. (f) Koyu renk kâğıt yüzey. (g) Koyu renk polyester kumaş. (h) Koyu renk pamuk kumaş	36
Şekil 9: VWR Ultrasonic Cleaner USC-TH su banyosu	37
Şekil 10: BioCote Vortex SA8 Karıştırıcı	37
Şekil 11: (a) Kan sıçratılmış koyu renk saten kumaş. (b) Kan sıçratılmış koyu renk ahşap yüzey. (c) Kan sıçratılmış koyu renk kadife kumaş. (d) Kan sıçratılmış koyu renk keten kumaş. (e) Kan sıçratılmış koyu renk seramik yüzey. (f) Kan sıçratılmış koyu renk kâğıt yüzey. (g) Kan sıçratılmış koyu renk polyester kumaş. (h) Kan sıçratılmış koyu renk pamuk kumaş	38
Şekil 12: 10 gün kurumaya bırakılan örnekler	39
Şekil 13: (a) Kurumuş kan lekeli koyu renk saten kumaş. (b) Kurumuş kan lekeli koyu renk ahşap yüzey. (c) Kurumuş kan lekeli koyu renk kadife kumaş. (d) Kurumuş kan lekeli koyu renk keten kumaş. (e) Kurumuş kan lekeli koyu renk seramik yüzey. (f) Kurumuş kan lekeli koyu renk kâğıt yüzey. (g) Kurumuş kan lekeli koyu renk polyester kumaş. (h) Kurumuş kan lekeli koyu renk pamuk kumaş	40
Şekil 14: Leica M60 Routine Stereo Microscope	41
Şekil 15: Agilent Cary 630 FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy).....	42
Şekil 16: Foster + Freeman VSC® 8000/HS	43
Şekil 17: (a) Koyu renkli ham keten yüzeyin UV 254 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü. (b) Koyu renkli ham keten yüzeyin UV 365 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü	44
Şekil 18: (c) Koyu renkli ham keten yüzeyin spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığında VSC cihazı altındaki görüntüsü. (d) Koyu renkli ham keten yüzeyin spot floresan 645-800 nm dalga boyu aralığında VSC cihazı altındaki görüntüsü	44
Şekil 19: (e) Koyu renkli ham keten yüzeyin spot IR 645 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (f) Koyu renkli ham keten yüzeyin IR 925 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü	45

Şekil 20: (g) Koyu renkli ham keten yüzeyin alttan ışıklandırılmış UV 365 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü. (h) Koyu renkli ham keten yüzeyin görünür beyaz ışıktaki VSC cihazı altındaki görüntüsü	45
Şekil 21: (a) Koyu renkli polyester yüzeyin UV 254 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü. (b) Koyu renkli polyester yüzeyin UV 365 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü	46
Şekil 22: (c) Koyu renkli polyester yüzeyin spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığında VSC cihazı altındaki görüntüsü (d) Koyu renkli polyester yüzeyin spot floresan 645-800 nm dalga boyu aralığında VSC cihazı altındaki görüntüsü	46
Şekil 23: (e) Koyu renkli polyester yüzeyin IR 645 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (f) Koyu renkli polyester yüzeyin IR 925 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü	47
Şekil 24: (g) Koyu renkli polyester yüzeyin alttan ışıklandırılmış 365 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (h) Koyu renkli polyester yüzeyin görünür beyaz ışıktaki VSC cihazı altındaki görüntüsü	47
Şekil 25: (a) Koyu renkli saten yüzeyin UV 254 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (b) Koyu renkli saten yüzeyin UV 365 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü	48
Şekil 26: (c) Koyu renkli saten yüzeyin spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığında VSC cihazı altındaki görüntüsü (d) Koyu renkli saten yüzeyin spot floresan 645-800 nm dalga boyu aralığında VSC cihazı altındaki görüntüsü	48
Şekil 27: (e) Koyu renkli saten yüzeyin IR 645 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (f) Koyu renkli saten yüzeyin IR 925 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü	49
Şekil 28: (g) Koyu renkli saten yüzeyin alttan ışıklandırılmış UV 365 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (h) Koyu renkli saten yüzeyin görünür beyaz ışıktaki VSC cihazı altındaki görüntüsü	49
Şekil 29: (a) Koyu renkli kadife yüzeyin UV 254 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (b) Koyu renkli kadife yüzeyin UV 365 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü	50
Şekil 30: (c) Koyu renkli kadife yüzeyin spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığında VSC cihazı altındaki görüntüsü (d) Koyu renkli kadife yüzeyin spot floresan 645-800 nm dalga boyu aralığında VSC cihazı altındaki görüntüsü	50
Şekil 31: (e) Koyu renkli kadife yüzeyin IR 645 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (f) Koyu renkli kadife yüzeyin IR 925 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü	51
Şekil 32: (g) Koyu renkli kadife yüzeyin alttan ışıklandırılmış UV 365 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (h) Koyu renkli kadife yüzeyin görünür beyaz ışıktaki VSC cihazı altındaki görüntüsü	51

Şekil 33: (a) Koyu renkli pamuk yüzeyin UV 254 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (b) Koyu renkli pamuk yüzeyin UV 365 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü	52
Şekil 34: (c) Koyu renkli pamuk yüzeyin spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığında VSC cihazı altındaki görüntüsü (d) Koyu renkli pamuk yüzeyin spot floresan 645-800 nm dalga boyu aralığında VSC cihazı altındaki görüntüsü	52
Şekil 35: (e) Koyu renkli pamuk yüzeyin IR 645 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (f) Koyu renkli pamuk yüzeyin IR 925 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü	53
Şekil 36: (g) Koyu renkli pamuk yüzeyin alttan ışıklandırılmış UV 365 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (h) Koyu renkli pamuk yüzeyin görünür beyaz ışıktaki VSC cihazı altındaki görüntüsü	53
Şekil 37: (a) Koyu renkli ahşap yüzeyin UV 254 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (b) Koyu renkli ahşap yüzeyin UV 365 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü	54
Şekil 38: (c) Koyu renkli ahşap yüzeyin spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığında VSC cihazı altındaki görüntüsü (d) Koyu renkli ahşap yüzeyin spot floresan 645-800 nm dalga boyu aralığında VSC cihazı altındaki görüntüsü	54
Şekil 39: (e) Koyu renkli ahşap yüzeyin IR 645 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (f) Koyu renkli ahşap yüzeyin IR 925 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü	55
Şekil 40: (g) Koyu renkli ahşap yüzeyin alttan ışıklandırılmış UV 365 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (h) Koyu renkli ahşap yüzeyin görünür beyaz ışıktaki VSC cihazı altındaki görüntüsü	55
Şekil 41: (a) Koyu renkli kâğıt yüzeyin UV 254 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (b) Koyu renkli kâğıt yüzeyin UV 365 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü	56
Şekil 42: (c) Koyu renkli kâğıt yüzeyin spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığında VSC cihazı altındaki görüntüsü (d) Koyu renkli kâğıt yüzeyin spot floresan 645-800 nm dalga boyu aralığında VSC cihazı altındaki görüntüsü	56
Şekil 43: (e) Koyu renkli kâğıt yüzeyin IR 645 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (f) Koyu renkli kâğıt yüzeyin IR 925 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü	57
Şekil 44: (g) Koyu renkli kâğıt yüzeyin alttan ışıklandırılmış UV 365 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (h) Koyu renkli kâğıt yüzeyin görünür beyaz ışıktaki VSC cihazı altındaki görüntüsü	57
Şekil 45: (a) Koyu renkli seramik yüzeyin UV 254 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (b) Koyu renkli seramik yüzeyin UV 365 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü	58

Şekil 46: (c) Koyu renkli seramik yüzeyin spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığında VSC cihazı altındaki görüntüsü (d) Koyu renkli seramik yüzeyin spot floresan 645-800 nm dalga boyu aralığında VSC cihazı altındaki görüntüsü	58
Şekil 47: (e) Koyu renkli seramik yüzeyin IR 645 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (f) Koyu renkli seramik yüzeyin IR 925 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü	59
Şekil 48: (g) Koyu renkli seramik yüzeyin alttan ışıklandırılmış UV 365 dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (h) Koyu renkli seramik yüzeyin görünür beyaz ışıktaki VSC cihazı altındaki görüntüsü	59
Şekil 49: Koyu renkli ham keten yüzey üzerindeki kurumuş kan lekelerinin stereo mikroskop altındaki görüntüsü	60
Şekil 50: Koyu renkli polyester yüzey üzerindeki kurumuş kan lekelerinin stereo mikroskop altındaki görüntüsü	61
Şekil 51: Koyu renkli saten yüzey üzerindeki kurumuş kan lekelerinin dış çeperlerinin stereo mikroskop altındaki görüntüsü	61
Şekil 52: Koyu renkli kadife yüzey üzerindeki kurumuş kan lekelerinin stereo mikroskop altındaki görüntüsü	62
Şekil 53: Koyu renkli pamuklu yüzey üzerindeki kurumuş kan lekelerinin stereo mikroskop altındaki görüntüsü	63
Şekil 54: Koyu renkli ahşap yüzey üzerindeki kurumuş kan lekelerinin stereo mikroskop altındaki görüntüsü	64
Şekil 55: Koyu renkli kâğıt yüzey üzerindeki kurumuş kan lekelerinin stereo mikroskop altındaki görüntüsü	64
Şekil 56: Koyu renkli seramik yüzey üzerindeki kurumuş kan lekelerinin stereo mikroskop altındaki görüntüsü	65
Şekil 57: Kurumuş kan lekesi bulunan keten yüzeyin spektrum grafiği	66
Şekil 58: Kurumuş kan lekesi bulunan polyester yüzeyin spektrum grafiği	66
Şekil 59: Kurumuş kan lekesi bulunan saten yüzeyin spektrum grafiği	67
Şekil 60: Kurumuş kan lekesi bulunan kadife yüzeyin spektrum grafiği	67
Şekil 61: Kurumuş kan lekesi bulunan pamuk yüzeyin spektrum grafiği	68
Şekil 62: Kurumuş kan lekesi bulunan ahşap yüzeyin spektrum grafiği	68
Şekil 63: Kurumuş kan lekesi bulunan kâğıt yüzeyin spektrum grafiği	69
Şekil 64: Kurumuş kan lekesi bulunan seramik yüzeyin spektrum grafiği	69
Şekil 65: (a) UV 254 nm altında koyu renkli kadife kumaş. (b) UV 254 nm altında koyu renkli keten kumaş. (c) UV 254 nm altında koyu renkli pamuk kumaş. (d) UV 254 nm altında koyu renkli polyester kumaş. (e) UV 254 nm altında koyu renkli saten kumaş	71
Şekil 66: UV 254 nm dalga boyu altında koyu renkli ahşap yüzey ve kurumuş kan lekesinin bulunduğu bölge	72

Şekil 67: UV 254 nm dalga boyu altında koyu renkli kâğıt yüzey	72
Şekil 68: UV 254 nm dalga boyu altında koyu renkli seramik yüzey ve kurumuş kan lekesinin bulunduğu bölge	72
Şekil 69: (a) UV 365 nm altında koyu renkli kadife kumaş. (b) UV 365 nm altında koyu renkli keten kumaş. (c) UV 365 nm altında koyu renkli pamuk kumaş. (d) UV 365 nm altında koyu renkli polyester kumaş. (e) UV 365 nm altında koyu renkli saten kumaş	73
Şekil 70: UV 365 nm dalga boyu altında koyu renkli ahşap yüzey ve kurumuş kan lekesinin bulunduğu bölge	74
Şekil 71: UV 365 nm dalga boyu altında koyu renkli kâğıt yüzey	74
Şekil 72: UV 365 nm dalga boyu altında koyu renkli seramik yüzey ve kurumuş kan lekesinin bulunduğu bölge	74
Şekil 73: Görünür beyaz ışık altında koyu renkli ahşap yüzey	75
Şekil 74: Görünür beyaz ışık altında koyu renkli kâğıt yüzey	75
Şekil 75: Görünür beyaz ışık altında koyu renkli keten kumaş	75
Şekil 76: Görünür beyaz altında koyu renkli pamuk kumaş	75
Şekil 77: Görünür beyaz ışık altında koyu renkli polyester kumaş	75
Şekil 78: Görünür beyaz ışık altında koyu renkli seramik yüzey	75
Şekil 79: (a) Görünür beyaz ışık altında koyu renkli kadife kumaş. (b) Görünür beyaz ışık altında koyu renkli saten kumaş	76
Şekil 80: IR 645 nm dalga boyu altında koyu renkli ahşap yüzey	77
Şekil 81: IR 645 nm dalga boyu altında koyu renkli kadife kumaş	77
Şekil 82: IR 645 nm dalga boyu altında koyu renkli kâğıt yüzey	77
Şekil 83: IR 645 nm dalga boyu altında koyu renkli keten kumaş	77
Şekil 84: IR 645 nm dalga boyu altında koyu renkli pamuk kumaş	77
Şekil 85: IR 645 nm dalga boyu altında koyu renkli polyester kumaş	77
Şekil 86: IR 645 nm dalga boyu altında koyu renkli saten yüzey ve kan lekelerinin gözlemlendiği bölgeler	77
Şekil 87: IR 645 nm dalga boyu altında koyu renkli seramik yüzey	77
Şekil 88: Spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığında koyu renkli ahşap yüzey	78
Şekil 89: Spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığında koyu renkli kadife kumaş	78
Şekil 90: Spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığında koyu renkli kâğıt yüzey	78
Şekil 91: Spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığında koyu renkli keten kumaş	78
Şekil 92: Spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığında koyu renkli pamuk kumaş	79
Şekil 93: Spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığında koyu renkli polyester kumaş	79
Şekil 94: Spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığında koyu renkli saten kumaş	79
Şekil 95: Spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığında koyu renkli seramik yüzey	79

Şekil 96: 8 farklı koyu renkli yüzeyin karşılaştırılmış spektrum grafiği	85
Şekil 97: Tüm yüzeylere ait PCA grafiği	86
Şekil 98: Polyester, pamuk ve keten yüzeylere ait PCA grafiği	87
Şekil 99: Kadife ve saten yüzeylere ait PCA grafiği	88
Şekil 100: Ahşap ve seramik yüzeylere ait PCA grafiği	89
Şekil 101: Koyu renkli kumaş yüzeylere ait PCA grafiği	90



SİMGELER VE KISALTMALAR

A/D: Analog Dijital

ALS: Alternatif Işık Kaynağı

ATR: Zayıflatılmış Toplam Yansıma

BY40: Temel Sarı 40

cm: Santimetre

CO₂: Karbondioksit

DNA: Deoksiribonükleik asit

ELISA: Enzime Bağlı İmmünosorbent Tahlili

EOS: Electro-Optical System

EUV: Aşırı Ultraviyole

FBI: Federal Soruşturma Bürosu

FTIR: Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrometresi

FUV: Uzak Ultraviyole

g/L: Gram/Litre

Hb: Hemoglobin

IABPA: Uluslararası Kan Lekesi Patern Analizi Derneği

IR: Kızılötesi

ISO: Uluslararası Standardizasyon Örgütü

LED: Işıık Yayan Diyot

LUV: Düşük Ultraviyole

mm³: Milimetreküü

m/s: Metre/Saniye

MUV: Orta Ultraviyole

nm: Nanometre

NUV: Yakın Ultraviyole

PC1: Temel Bileşen 1

PC2: Temel Bileşen 2

PCA: Temel Bileşen Analizi

pH: Potansiyel Hidrojen

RSID: Hızlı İnsan Kanı Lekesi Tespiti

sn: Saniye

SUV: Kısa Ultraviyole

SWAGSTAIN: Kan Lekesi Patern Analizi İçin Bilimsel Çalışma Grubu

TEM: Geçirimli Elektron Mikroskobu

USC: Ultrasonik Temizleyici

UV: Ultraviyole

UVA: Ultraviyole A

UVB: Ultraviyole B

UVC: Ultraviyole C

VIS: Görünür

VUV: Vakum Ultraviyole

VSC: Video Spektral Karşılaştırıcı

W: Watt



ÖZÇELİK, Hazal, Yüksek Lisans, İstanbul, 2023

Koyu Renkli Yüzeyler Üzerindeki Kan Lekelerinin Alternatif Işık Kaynağı ve Spektroskopik Yöntemler Kullanılarak Tespiti

ÖZET

Olay yerinde sıklıkla karşılaşılan ve suçun aydınlatılmasına büyük rol oynayan başlıca biyolojik delillerden biri kandır. Açık renkli yüzeylerde kan lekelerinin tespit edilmesi ve görselleştirilmesi kolay ve hızlı bir şekilde yapılabilirken, koyu renkli veya tamamen siyah olan yüzeylerde çeşitli zorluklara sebebiyet verebilmektedir. Koyu renkli yüzeylerde kan lekelerinin tespit edilememesi, soruşturma açısından çeşitli sorunlar doğurmaktadır. Bu çalışmada alternatif ışık kaynakları ve spektroskopik yöntemler kullanılarak 8 farklı koyu renkli yüzey üzerinde bulunan kan lekelerinin tespit edilerek görünür hale getirilmesi sağlanmıştır. Analizler FTIR spektroskopisi, VSC ve Stereo mikroskop ile yapılmıştır. Tüm yüzeylere kendi aralarında PCA uygulandığında PC1-PC2 grafiğinin %91 ayırt ediciliğe sahip olduğu hesaplanmıştır. Kendi içinde gruplaşma gösteren yüzeylere kendi aralarında PCA uygulandığında %100 ayırt ediciliğe sahip oldukları tespit edilmiştir. İncelenen yüzeylerin tamamının IR 645 nm ve spot floresan 400-485 nm altında görüntülediği, koyu renkli yüzeylerin türüne göre tespit edilme ve görüntüleme düzeyinin değiştiği kaydedilmiştir. FTIR spektroskopisi ile tespit edilen kan lekelerinin VSC altında çeşitli alternatif ışık kaynaklarıyla incelenerek görünür hale getirilebileceği, yüzeylerin karakteristik özelliklerine göre uygulanan yöntem ve ışıkların değişmesi gerektiği tespit edilmiştir. Bu sayede olay yerindeki koyu renkli yüzeylerde bulunması muhtemel kan lekelerinin yöntemin türüne göre izlenebilecek adımlarla delil olarak kazandırılması, adli olguya olumlu yönde katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Kan lekesi, olay yeri inceleme, FTIR spektroskopisi, ALS, koyu renkli yüzey, VSC, stereo mikroskobu

Ozcelik, Hazal, Master's Degree, Istanbul, 2023

Detection of Bloodstains on Dark Colored Surfaces Using Alternative Light Source and Spectroscopic Methods

ABSTRACT

Blood is one of the main biological evidence that is often encountered at the crime scene and plays an important role in illuminating the crime. While detecting and visualizing blood stains on light-colored surfaces can be done easily and quickly, it can pose various challenges on dark-colored or completely black surfaces. The inability to detect blood stains on dark-colored surfaces can lead to several issues in the investigation. In this study, the detection and visualization of blood stains on 8 different dark-colored surfaces were achieved by utilizing alternative light sources and spectroscopic methods. The analyses were conducted using FTIR spectroscopy, VSC (Visible Spectral Comparison), and Stereo Microscope. It has been calculated that the PC1-PC2 graph has a stability of 91% when PCA is applied to all surfaces among themselves. When PCA was applied within individual groups, it was determined that they had 100% discrimination. It was observed that all examined surfaces were imaged under IR 645 nm and spot fluorescence 400-485 nm, and the level of detection and imaging varied depending on the type of dark-colored surface. It was determined that blood stains detected by FTIR spectroscopy could be visualized using various alternative light sources under VSC, and the methods and lights applied should be adjusted according to the characteristic features of the surfaces. Thus, the potential blood stains on dark-colored surfaces at crime scenes can be preserved as evidence by following specific steps based on the method used, which will contribute positively to the forensic investigation.

Keywords: Blood stain, crime scene investigation, FTIR spectroscopy, ALS (Alternative Light Sources), dark-colored surface, VSC (Visible Spectral Comparison), stereo microscope.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Olay yerinde sıklıkla karşılaşılan ve suçun aydınlatılmasına büyük rol oynayan başlıca biyolojik deliller idrar, tükürük, semen, vajinal sıvılar ve kandır. Olay yerinde tespit edilen kandan elde edilebilen DNA profili ile suçluların belirlenmesi, potansiyel şüphelilerin elimine edilmesi ve suç soruşturmalarının açıklığa kavuşturulması mümkün olmaktadır. En önemli biyolojik örneklerden biri olan kanın lekelerinin şekli, boyutu ve çevresindeki eşyalara göre konumu, olayın orijini ve nasıl meydana geldiği hakkında bilgi vermekte olup, olayın ve olay yerinin yeniden canlandırılmasına olanak sağlamaktadır.

Kan lekesi model analizi ile olayın kronolojik sırası, hareketin yönü, doğrultusu ve kuvveti tespit edilebilmektedir. Bu bilgiler ışığında olayın nasıl geliştiği daha net anlaşılabilmekte olup, olay anında orada bulunan kişileri ve kişilerin eylemleri hakkında detay vermektedir. Viskozite, yüzey gerilimi, kütle çekimi ve açık hava basıncı gibi kuvvetlerin etkisi altında olan kan çeşitli davranışlar sergilemektedir. Kanın ve sonucunda oluşan kan lekesi modellerinin bu fiziksel özellikleri, şeklin doğasını ortaya koymaktadır. Kan lekesinin şeklini belirleyen diğer fiziksel faktörlerden bazıları ise yüzeyin özelliği, kanın sıçrama açısı ve yüksekliğidir. Yüzeyin kan lekelerinin oluşumunda ve görüntülenebilmesinde ne kadar etkisi olduğunun da araştırıldığı çalışmalar literatürde mevcuttur.

Kan lekesi ve örüntülerinin doğru bir şekilde görselleştirilmesi ve belgelendirilmesi, olay yeri inceleme esnasında ve laboratuvar çalışmaları süresince mutlaka uyulması gereken adımlardandır. Açık renkli yüzeylerde kan lekelerinin tespit edilmesi ve görselleştirilmesi kolay ve hızlı bir şekilde yapılabilirken, koyu renkli veya tamamen siyah olan yüzeylerde çeşitli zorluklara sebebiyet verebilmektedir. Koyu renkli yüzeylerde kan lekelerinin tespit edilememesi, görünen lekenin tanınamaması ya da olay yerinden elde edilen verilerin yetersiz olması soruşturma açısından çeşitli sorunlar doğurmaktadır. Kanın varlığının tespit edilmesinin

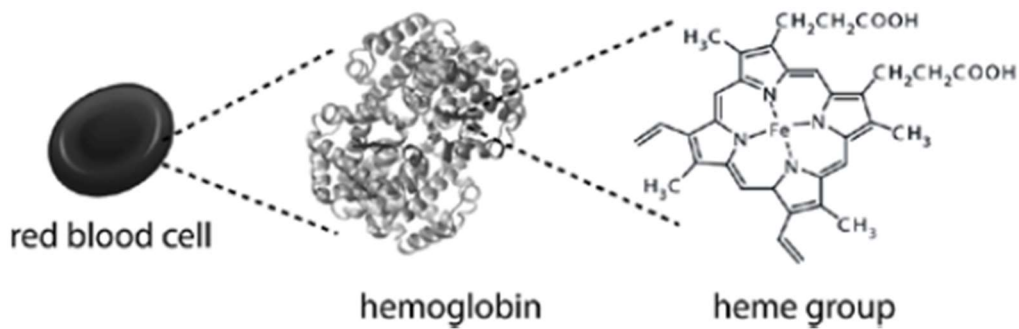
yanı sıra, koyu renkli yüzeylerde bıraktığı iz ve örüntüsü de olayla ilgili aydınlatıcı bir delildir. Koyu renkli yüzeylerde kan lekesi varlığının tespit edilemediği durumlarda önemli bilgiler imha edilebilmektedir. Bu aşamada koyu renkli yüzeyde hem kanın varlığını tespit etmek, ardından ise şeklini görüntülemek olayın aydınlatılması için oldukça önem arz etmektedir. O.J. Simpson davasında, olay yerinde bulunan siyah renkteki eldivenlerde kan lekelerinin varlığının tespit edilmemesi, görüntüleme adımlarının uygulanmaması ve kanın görünmediğinin bildirilmesi, ardından yapılan görüntülemelerde ise kanın varlığının tespit edilmesi, koyu renkli yüzeylerin mutlaka dikkatli bir şekilde ve pek çok yöntemle incelenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bu tez çalışmasının amacı, adli bilimler ve olay yeri inceleme açısından büyük önem arz eden kan lekelerinin, çıplak gözle tespit edilmesinin zorlu olduğu durumlarda koyu renkli yüzeyler üzerinde çeşitli spektrometrik yöntemler ve ışık kaynakları ile tespit edilmesi, doğrulanması ve görünür hale getirilmesidir. Literatürde yapılan çalışmalara ek olarak yeni yöntemler ile incelenen koyu renkli yüzeylerin çeşidi arttırılmış, olay yerlerinde inceleme yapan uzmanların karşısına çıkabilecek olan 8 farklı koyu renkli yüzey göz önünde bulundurulmuştur. Literatürdeki çalışmalara sık sık konu olan polyester ve pamuk kumaşlara ek olarak, nadir olarak çalışmalarda kullanılan ya da hiç kullanılmayan yüzeyler üzerinde incelemeler yaparak, bu konu hakkında yapılan araştırma örneklerinin çeşitlendirilmesi hedeflenmiştir. Bu sayede hangi yöntemlerin koyu renkli yüzeyler üzerindeki kan lekelerini görünür hale getirmede daha verimli olduğu, yöntem ve ışık kaynaklarının hangi yüzeyde nasıl sonuçlar verdiği, hangi yüzeylerin incelemeye elverişsiz olduğu ve bu yöntemlerin birbiriyle ne kadar uyumlu olduğu tespit edilebilecektir. Yüzeylerin karakteristik özelliklerinin kan lekelerini tespit etme ve doğrulamada ne kadar etkili olduğu incelenecek olup ortaya çıkan sonuçlar, olay yerinde bulunması muhtemel olan yüzeyler için ayrı inceleme süreçlerinin yürütülmesine imkân sağlayacaktır.

2. KAN

Kan, besinleri, metabolik atıkları ve insan vücudunda gerçekleşen fizyolojik olaylarda yer alan önemli molekülleri içinde bulunduran sıvı formdaki destek dokudur. Suyu göre daha yüksek bir viskozite oranı gösteren kanın ortalama pH'ı 7.4, yetişkin bir insan vücudunda yaklaşık bulunan ortalama kan hacmi ise 4,5- 5 litre olarak bildirilmektedir. Kan, eritrositler, lökositler, trombositler ve plazmadan meydana gelmektedir. Kanın %55'ini plazma oluştururken, %45'i ise kırmızı kan hücreleri, beyaz kan hücreleri ile trombositlerden meydana gelmektedir. Kan hücrelerinin büyük bir çoğunluğunu oluşturan eritrositlerin içeriğinin yaklaşık %95'ini hemoglobin (Hb) pigmenti oluşturmaktadır. Kan, ortalama miktarı 14 ile 16 g/L olarak belirlenen hemoglobin ile dokulara oksijen taşımaktadır ancak bu miktar, cinsiyet ve yaşa göre farklılık göstermektedir. Kanda bulunan oksijenin %98'lik kısmı eritrositleri, %2'lik kısmı ise çözülmüş olarak bulunduğu plazma ile dokulara taşınmaktadır (1).

Hemoglobin, oksijenin bağlanabildiği dört adet demir (heme) grubu ve bir adet globin molekülü içermektedir (Şekil 1). Kan kırmızı rengini alması hemoglobin ile oksijen molekülünün bağlanma reaksiyonu sonucunda meydana gelmektedir. Beyaz kan hücreleri olan lökositler vücudun savunma ve bağışıklık metabolizmasından sorumludur (2). Yetişkin bir insan kanının 1 mm³ hacminde yaklaşık 4000-10000 adet lökosit bulunmaktadır (3).



Şekil 1: Kırmızı kan hücrelerinin yapısı (4).

Lökositler, monosit, lenfosit ve granülositler olmak üzere üç temel grupta incelenmektedir. Bu kan hücrelerinden meydana gelen diğer lökositler ise doğal katil hücreler olan ozinofil, basofil, makrofaj, nötrofil ve dendritik hücreleridir (2). Trombositler yani kan pulcukları ise kanın pıhtılaşması, yara iyileşmesi ve inflamasyondan sorumludurlar. Plazmanın yaklaşık %90'ı su, %7'si plazma proteinleri ve kalan %3'lük kısmı ise elektrolitler, enzimler, amino asitler, metabolizma artıkları ve hormonlardır (5). Plazma, transferrin taşıyıcı proteinler ailesine mensup olan çözünmüş albümin, globülin ve fibrinojen gibi proteinler, pıhtılaşma faktörleri ve hormon, antikor ile elektrolitlerin serum içinde çözülmesiyle meydana gelmektedir. Fibrinojen, kanın pıhtılaşmasında rol oynarken fibrinojensiz plazmaya serum denmektedir. Albuminler ise kan damarları içindeki kan basıncının düzenlenmesinde ve çeşitli moleküllerin kanda taşınmasında önemli role sahiptir (5).

Genel anlamıyla kan, dokular için gereken oksijenin dokulara taşınmasının yanı sıra vücuttaki homeostatik dengenin sağlanması, boşaltım, besin ve mineral taşınması, ısı ve pH dengesi ile vücut bağışıklığının sağlanmasından sorumludur. Özellikle oksijen metabolizmasının bir ürünü olan CO_2 molekülünün uzaklaştırılması, pH dengesinin korunmasında büyük bir önem taşımaktadır (1).

2.1.Kan Lekesi Model Analizi

Kan, olay yerinde en sık rastlanan ve az miktarlarda dahi netice verebilen önemli bir biyolojik delildir. Uygun koşullarda saklanmış bir kan lekesi yıllar sonra dahi adli analizler için kullanılabilmekte ve sonuç verebilmektedir. Nem, sıcaklık ve kir gibi uygun olmayan koşullara maruz kalmış bir kan örneği kontamine olarak delil özelliğini yitirebilmektedir (6).

Kan lekesi model analizi, olay yerindeki kan lekelerinin ayrı ayrı ve birbirlerine göre dağılımlarını, şekil karakteristik özelliklerini, hacimlerini, sayılarını ve oluşturdıkları modelin ortaya çıkarılmasını sağlayan, bunu yaparken fizik ve matematikten faydalanan bir disiplindir.

Ortaya çıkan bu bilgiler ışığında kanın olay yerindeki hangi noktada ortaya çıktığı ve kanın vücut dışına çıkma mekanizması aydınlatılmaya çalışılmaktadır (7). Kan lekesi model analizi ile olay hakkında aşağıdaki bilgiler elde edilebilmektedir;

- Kan damlasının bulunduğu yüzeye yaptığı çarpma açısı
- Kan damlalarının hedef yüzeye kadar aldıkları mesafe
- Kan damlalarının çarptığı yüzeye geliş doğrultusu
- Uygulanan kuvvetin özellikleri ve uygulanma yönü
- Kuvveti uygulayan nesnenin özellikleri
- Olay sırasındaki darbe ya da atış sayısı
- Spesifik kan lekesi modelleri oluşturan nesnelerin özellikleri
- Mağdur/ölen, şüpheli/fail ve ortamdaki diğer nesnelerin birbirlerine göre pozisyonları ve olay anındaki hareketleri
- Meydana gelen olayların kronolojik sırası
- Kuvvetin hangi el ile uygulandığı
- Mağdur, görgü tanıkları ya da şüpheli tarafından anlatılanların olayla olan uyumu

Kan lekelerinin oluşturduğu modellerin dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi ile olay hakkında önemli bilgiler elde edilebileceği gibi, olayın yeniden kurgulanması da mümkün hale gelmektedir (7). Kan lekesi model analizi olay yerinin dikkatli incelenmesi ve fotoğraflamanın yanı sıra elbiselerin ve suç aletinin incelemesi ile desteklenebilmektedir. Kan lekesi model analizinden faydalanarak olay yerinin yeniden yapılandırılması, olayın ne ve nerede olduğu, hangi sırayla meydana geldiği, olaylar anında kimlerin orada olup olmadığı gibi sorulara yanıt

vermektedir (8). Kan lekesi model analizlerinde en önemli husus, lekelerin bağlantılı olduğu olayın dinamik doğasına uygun ve bilimsel olarak yorumlanabilmesidir (7).

2.2.Kan Lekesi Model Analizi Tarihçesi

Kan lekesi model analizi disiplininin yazılı tarihi 1856'ya kadar uzanmaktadır. 1856 yılında Lassaigne,J.B. "Neue Untersuchungen zur Erkennung von Blutflecken auf Eisen und Stahl" yani 'Demir ve Çelik Üzerinde Bulunan Kan Lekelerini Ayırt Etmede Yeni Yöntemler' isimli makalesini yayımlamıştır. Bu makalenin son bölümünde, böcekler tarafından meydana getirilen lekelerin kan lekelerine olan benzerliğinden söz edilmektedir (9).

Beck,J. ve Beck,T. tarafından 1863 yılında yazılan 'Elements of Medical Jurisprudence' yani 'Adli Tıbbın Temel İlkeleri' isimli makalede, kan lekesi model analizi yöntemleri kullanılan bazı vakalar tartışılmış, yaralanma öyküsü olan vakalar referans gösterilmiştir (9).

1880'de Dr. Faulds H. 'On Skin-Furrows of the Hand' yani 'Avuç İçi İzi' isimli çalışmasını yayınlayarak kanlı el izlerinin failin teşhisinde kullanılabileceğini ortaya atmıştır (9).

Profesör Tidy, C. M. 1882 yılında yayımladığı 'Legal Medicine' yani 'Adli Tıp' isimli makalesinde çeşitli yüzeyler üzerinde bulunan kan lekelerinin adli soruşturmalara yeni bir bakış açısı kazandıracağından söz etmiştir (9).

Kan lekelerinin dağılımı üzerine bilinen ilk çalışmalar, Polonya Adli Tıp Enstitüsü'nde asistan olan Dr. Pitrowski,E. tarafından 1895 yılında yapılmıştır. Çalışması 'Über Entstehung, Form, Richtung und Ausbreitung der Blutspuren nach Hiebunden des Kopfes' İngilizceye MacDonell, H. L. tarafından 'Concerning origin, shape, direction, and distribution of the bloodstains following head wounds caused by blows' yani 'Darbelerden Kaynaklanan Kafa Yaralarını Takip Eden Kan Lekelerinin Kökeni, Şekli, Yönü ve Dağılımına Dair' olarak

çevrilmiştir. Bu çalışmada kan lekelerinin nasıl oluştuğunu ve çeşitli darbelerin lekelerin şeklini nasıl etkilediğini araştırmış, olay yerinde bulunan kan lekelerinin büyük bir dikkatle incelendiğinde cinayetlere ışık tutacağını ve olaya dair önemli bilgileri ortaya koyacağını belirtmiştir. Araştırma esnasında canlı tavşanları çekiç ve taş gibi çeşitli aletler kullanarak öldürmüş, meydana gelen saçılmaları incelemiştir. Kan lekesinin kuyruğu ile yönü arasındaki ilişkiyi keşfetmiş, cast-off (saçılma) modelinin oluşmasına sebep olan durumları bu çalışma sayesinde ayırt etmiştir. Araştırmanın her aşamasında, ressam bir arkadaşının deneyleri resmettiği bilinmektedir (8).

Bir sonraki dikkat çekici çalışma ise 1900 yılında Dr. Jeserich, P tarafından cinayet mahallerindeki kan lekelerinin incelendiği araştırması olmuştur (9).

Thorwald,J. ve Profesör Florence A 1901’de yayımladığı “Les Taches de Sang au Laboratoire De Medicine Legale De Lyon” yani ‘Lyon Adli Tıp Laboratuvarında Kan Lekeleri’ isimli makalesinde kan lekelerinin sınıflandırılması hakkındaki görüşlerini sunmuşlardır (9).

Kan lekelerinin çeşitli karakteristik şekillerde karşımıza çıkabileceğinden ve bunların dikkatle incelenmesi gerektiğinden söz eden, kan lekelerinin insan kanı olup olmadığının belirlenmesine yönelik hususlardan 1902 yılında Dr. Glaister J. ‘Medical Jurisprudence Toxicology and Public Health’ yani ‘Adli Tıp Toksikolojisi ve Halk Sağlığı’ isimli kitabında yer vermiştir (9).

Gross,H’nin 1904 yılında yazdığı Türkçesi ‘Savcılar için Kriminalistik El Kitabı’ olan ‘Handbook für Untersuchungsrichter Als System Der Kriminalistik’ isimli kitabında, kan lekelerinin oluşturduğu çeşitli karakteristik şekiller ve bunların sınıflandırılması üzerinde durmuş, adli soruşturma sırasında kan lekelerinin nasıl kullanılabileceğinden bahsetmiştir (9).

1912’de yayımlanan ‘Scientific Techniques of Criminal Investigation’ yani ‘Kriminal Soruşturmada Bilimsel Teknikler’ isimli makalede, kan lekesi model analizi uygulamaları

tartışılmış, Profesör Reiss, R.A. tarafından emici ve emici olmayan yüzeyler üzerinde bulunan lekeler arasında karşılaştırma yapılmıştır.

Haberda,H'nin 1914 yılında yayımlanan, Türkçesi 'Özel Bir Kan Lekesi Modeli' olan 'Eine besondere Form von Blutspritzen' isimli makalesinde, solunum yolu travmaları sonucu oluşan spesifik bir kan lekesi modelinden söz etmiş, bu modeli hava kabarcıkları ile karışmış kan lekesi olarak tanımlamıştır. İlgili model günümüzde 'teneffüs lekeleri' yani 'expired blood spatter' olarak adlandırılmaktadır (9). 1914'de Ziemke,E.'ye ait olan "Die Untersuchung von Blutspuren" yani 'The Examination of Blood Tracks' başlıklı kitap bölümünde bir olay yerindeki iz delillerden en önemlisinin kan lekesi izleri olduğunu vurgulanmıştır. Bu kitap bölümünde yavru damlaların (satellite stains) ve leke kuyruğunda meydana gelen dalgalanmaların (wave cast-off) kan damlasının hareket doğrultusunu belirlemede kullanılabileceğinden bahsetmiştir.

Dr. Hesselink,W.F.'in 1931'de yaptığı, Türkçesi 'Kriminalistik Uygulamalarında Kan İzleri' olan 'Blutspuren in der Kriminalistischen' isimli çalışmasında, kumaşa bulaşmış ve kurumuş kan lekelerini karşılaştırarak birbirlerine göre oluşma zamanlarını incelemiştir. Bu çalışmasında çeşitli aletlerle ortaya koyduğu tekrar eden saçılma deneylerinde, çekicin suç aleti olarak kullanıldığı durumlarda kanın her yöne doğru sıçradığını, bu nedenle şüphelinin üzerinde mutlaka kan lekeleri bulunması gerektiğini, olay yerinde sopa kullanıldığında kanın sadece sağa ve sola sıçradığını dolayısıyla şüphelinin üzerinde kan lekesi bulunmama ihtimalinin olduğunu, sopalar öne eğik kullanıldığında ise kanın sadece ön tarafa doğru sıçradığını tespit etmiştir (9).

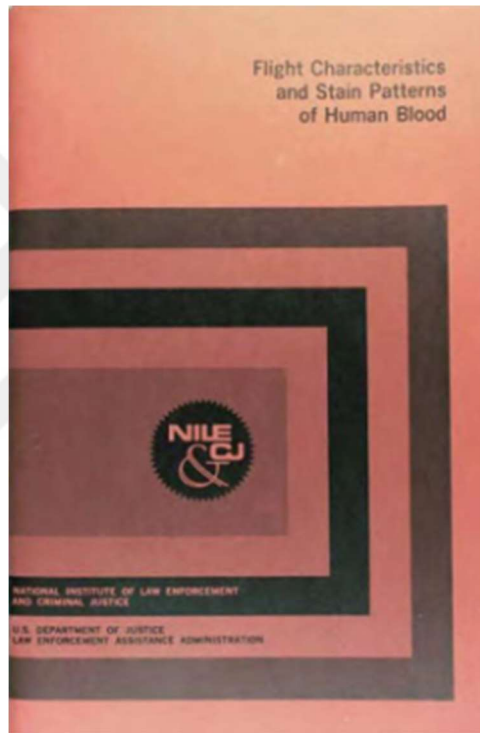
1939'da Dr. Balthazard,V. ve arkadaşları, Türkçesi 'Kan Sıçramaları Üzerine Araştırmalar' olan 'Etude Des Gouttes De Sang Projete' başlıklı makale ile 22. Paris Adli Tıp Kongresine katılmışlardır. Makalede kan damlalarının izlediği yolları ve bu kan damlalarının oluşturdukları şekilleri incelenmiş, kan lekelerinin yorumlanmasında meydana gelen olayın

dinamiklerini anlamının önemine değinilmiş ve laboratuvar ortamında kanın sıçrama eyleminin gerçekçi taklidinin yapılmasının mümkün olmayabileceği durumlar olduğu belirtilmiştir. Kan damlasının çarpma açısının hesaplanmasında, kan lekesinin en/boy oranını göz önünde bulundurmuş, kan damlalarının kaynaklandığı orijin noktasını hesaplayabilmiş ve ‘ip germe metodu’ olarak bilinen yöntemin temellerini ortaya koymuştur (7). Yaptığı çalışmalar sonucunda oluşan lekenin çapının düşüş yüksekliği ve düşen damlanın hacmi olarak iki değişkene bağlı olduğunu belirtmiştir. Balthazard, V. ve arkadaşları son olarak hedef yüzeyin özelliğine bağlı olan kan lekelerinde çeşitli deformasyonlar meydana gelebileceğini tespit ederek yüzeyin doğası ile ilgilenmişlerdir. Daha gerçekçi veriler elde etmek amacıyla araştırmalarda tavşanlar kullanılmıştır (9).

1949 yılında İngiltere’de ilk kez bir olgu kan lekesi model analizinden yararlanılarak Dr. Edward, F.C. tarafından aydınlatılmıştır. 1953 yılında yayınladığı kitabında ‘Blood: Physical Investigation’ (Kan: Fiziksel İnceleme) başlıklı bir bölüme yer veren Dr. Kirk,P, bu bölümde kan lekesi model analizi disiplinin kriminal soruşturmalara uygulanabilirliği üzerinde durmuştur. 1955 yılında ise ‘Samuel Steppard Davası’nda saldırganın ve kurbanın saldırı gerçekleştiği anda birbirlerine göre pozisyonlarını hesaplamayı kan lekesi model analizine dayandırarak başarmış ve kan lekelerinin yorumlanmasının olayın yeniden yapılandırılmasında hayati önem taşıdığını ortaya koymuştur. Kan lekesi model analizinin hukuk sisteminde tanınması ve bu disiplinin yaygın olarak kabul görmesi bu dava ile sağlanmıştır (7).

1960 yılında, Dr. Radzicki, J., ‘Slady Krwi w Praktyce Sledczej’ (Soruşturmaya Uygulanan Kan İzleri) isimli çalışmasını yayınlamıştır. Kan lekelerini onları meydana getiren mekanizmalara göre gruplandıran Dr. Radzicki, J.’nin bu çalışmasında dikkat çeken bir başka önemli nokta ise, benzer şartlar altında farklı hedef yüzeylere düşen kan damlalarının farklı lekeler oluşturabileceğini tespit etmiş olmasıdır (9).

MacDonell, H.L. ve Bialousz, L., 1970 yılında, Türkçesi "İnsan Kanının Uçuş Karakteristikleri ve Leke Modelleri" olan çalışmayı hazırlayarak darbe sonucu oluşan kan damlacıklarının yanı sıra serbest düşüş halinde olan ve yatay bir yüzeye çarpan kan damlacıklarını incelemişlerdir (Şekil 2) (9). Ayrıca, kan bulaşmış bir cismin hareketiyle çevreye saçılan kanın oluşturduğu saçılma lekelerini "cast-off modeli" olarak tanımlamışlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda, kan lekelerini yavaş, orta ve yüksek hızlı kan lekeleri olarak üç gruba ayırmışlardır (10).



Şekil 2: MacDonell, H.L., Bialousz, L., İnsan Kanının Uçuş Karakteristikleri ve Leke Modelleri başlıklı çalışma (9).

H.L. MacDonell tarafından, 1973 yılında ilk resmi kan lekeleri eğitim kursu verilmeye başlanmıştır. MacDonell, H.L.'nin ikinci yayını olan "Kan Lekesi Kanıtları ve Geometrik Yorumu Üzerine Laboratuvar Kitabı" öğrenciler tarafından kullanılmıştır. Bu tarihten itibaren, MacDonell, H.L. ve diğer araştırmacılar, Amerika Birleşik Devletleri'nde ve yurt dışında olmak

üzere yüzlerce polis, olay yeri ekibi personeli ve adli bilimler uzmanını eğitmişlerdir. 1983 yılında Deforest, P., Dr. Lee, H. ve Dr. Gaensslen, R.E. birlikte "Adli Bilimler: Kriminalistiğe Giriş" adlı multidisipliner çalışmalarını yayınlamışlardır. Çalışmalarında, kan lekesi modellerinden bahsetmişler ve kan damlalarının dinamikleri hakkında çok az bilginin olması nedeniyle, canlı verilere ihtiyaç duyulduğunu düşünerek yüksek hızlı fotoğraf tekniğinin sağlayabileceği bilgilere değinmişlerdir. Benzer şekilde 1983 yılında Laber, T.L. ve Epstein, B.P. birlikte 'Kan Lekesi Model Analizi İçin Deneyler ve Pratik Çalışmalar' isimli laboratuvar el kitabını hazırlamış ve bunu kan lekesi model analizi kurslarında kullanmak üzere yayınlamışlardır. 1986 yılında, Pizzola, P., Roth, S. ve Deforest, P. tarafından Journal of Forensic Sciences dergisinde "Kan Damlası Dinamikleri I ve II" başlıklı çalışma yayınlanmıştır. Bu çalışmalar, olay yerindeki kan damlası dinamiklerinin anlaşılması açısından önemli bulgular içermektedir. Bu araştırmacı grubu, sıvı damlaların dinamiklerini araştırmış, yüzeye çarpmalarını fotoğraflayarak incelemiş ve bu sayede kan lekelerinin kuyruğunda meydana gelen dalgalanma olayını (wave cast-off) anlamaya çalışmıştır.

Dr. Eckert, W.G. ve James S.H. tarafından yazılan Türkçesi 'Olay Yerinde Karşılaşılan Kan Lekesi Delillerinin Sunumu' olan 'Interpretation of Bloodstain Evidence at Crime Scenes' isimli kitabın ilk baskısı 1989 yılında yayımlanmıştır.

1993'te Tennessee Üniversitesinde çalışmakta olan Paulette, T., 'Bloodstain Pattern Analysis in Violent Crimes' (Şiddet suçlarında kan lekesi model analizi) isimli el kitabını çıkartmıştır.

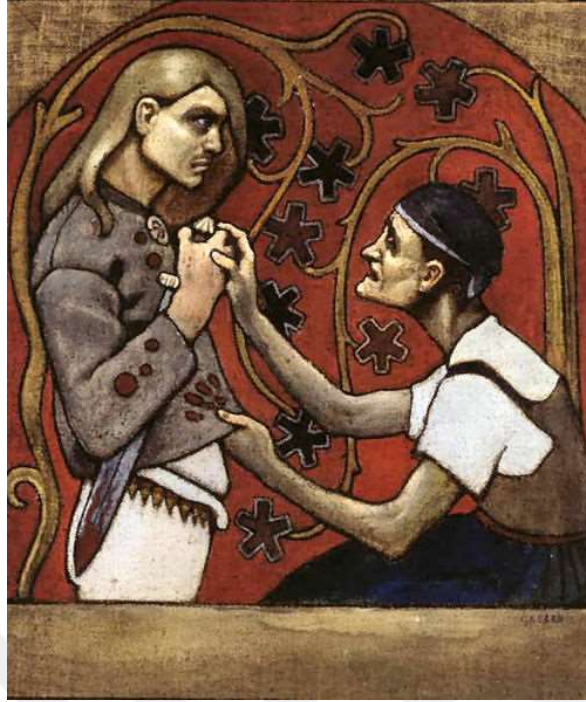
Dr. Carter, A., Fischer, W. ve arkadaşları tarafından 1998'de yazılan 'Scientific and Legal Applications of Bloodstain Pattern Analysis' (Kan Lekesi Model Analizinin Bilimsel ve Yasal Uygulamaları) isimli kitap James S.H. editörlüğünde yayımlanmıştır (9).

Federal Bureau of Investigation (FBI) tarafından 2002 yılında ‘Scientific Working Group for Bloodstain Pattern Analysis’ (SWGSTAIN) kurulmuştur. Polis, laboratuvar çalışanları ve uluslararası bağımsız çalışanlarıyla birlikte kuruluşun amacı olan kan lekesi model analizi disiplini üzerine araştırma ve geliştirme çalışmaları yapmaya başlamıştır (11).

Kan lekesi model analizi disiplini birçok adli bilimler ve kriminalistik kitabında bölüm olarak yer almanın yanı sıra, pek çok makaleye de konu olmuştur (7). Bu çalışmalar 1983 yılında bir dernek çatısı altında toplanmış, tekniklerin geliştirilmesi ve kan lekesi delilinin anlaşılması amacıyla, IABPA (International Association of Bloodstain Pattern Analysts) (Uluslararası Kan Lekesi Model Analistleri Derneği) kurulmuş ve amaçlarına uygun olarak her yıl kan lekesi model analizi ve diğer disiplinler ile ilgili olarak eğitim ve seminerler vermişlerdir (9).

Bazı kaynaklarda adli bilimler disiplininin gelişimden de önce, kan lekeleri resim olarak ele alınmıştır. Bu kaynaklar her ne kadar günümüz kan lekesi analizleri açısından önemli bir yere sahip olmasalar da kan lekelerinin önyargılı doğasına ilginç sanatsal örneklerle ışık tutulmasını sağlamışlardır (12).

Kan lekelerine dair ilginç bir örnek, Finlandiya Merkez Sanat Arşivi’nde bulunan Gallen-Kallela’nın 1897 yılına ait eseridir (Şekil 3). Bu eserde, annesi giysisinde bulunan çok sayıda kan lekesini işaret eden, kanlı kılıcı ve giysisi olan genç bir adam resmedilmiştir (9).



Şekil 3: Gallen-Kallela'nın 1897 yılına ait 'The Fratricide' adlı eseri (13).

İnsanlığın meraklı doğasını yansıtan eserleri bulunan yazar Sör Arthur Conan Doyle, 1887'de okuyucularını Sherlock Holmes karakteriyle tanıştırmak üzere bir hikâye yazmıştır. Bu hikâyede usta bir dedektif olan Holmes, yalnızca kan için güvenilir test keşfetmekle değil, aynı zamanda yerde bulunan kan sıçramalarıyla ilgilenmiştir (9).

Bu çalışmalar, kan lekesi model analizinin tarihsel gelişiminde bilimsel gelişmelerin de öncesinde, kan lekelerinin suçla olan ilişkisinin dikkate alındığı ve merak uyandırdığını gösterir sanatsal göstergelerin var olduğunu ortaya çıkarmıştır.

2.3.Kan Lekelerinin Sınıflandırılması

Kan lekeleri sınıflandırılmasında temel olarak üç adım izlenmektedir. Bunlardan ilki lekenin genel görünümünün yorumlanmasıyken, ikinci ve üçüncü adım lekenin oluşum hızı ve mekanizmasının tespit edilmesidir.

2.3.1. Oluşum Hızlarına Göre Kan Lekelerinin Sınıflandırılması

Kan lekelerini hızlarına göre ayırtıran bu sınıflandırma 1971 yılında Herb McDonell ve Lorraine Bialousz tarafından önerilmiştir. Yapılan sınıflandırmaya göre kan lekeleri, düşük, orta ve yüksek hızlı darbeye bağlı oluşan lekeler olarak üçe ayrılmaktadır (7).

2.3.1.1.Düşük Hızlı Darbe Sonucu Meydana Gelen Kan Lekeleri

Darbeye neden olan kuvvetin hızı maksimum 1,5 m/s olup, oluşan lekelerin çapı 3 mm ve üzeridir. Kanın küçük parçalara ayrılmasını sınırlı miktardaki kinetik enerji engeller. Serbest düşen kan damlaları, üst üste damlayan kan damlaları ve kan birikintisine basmak gibi olayların sonucunda bu sınıfa giren kan lekeleri meydana gelmektedir (7).

2.3.1.2. Orta Hızlı Darbe Sonucu Meydana Gelen Kan Lekeleri

Darbeye neden olan kuvvet hızının 1,5 m/s ile 7,5 m/s'nin arasında olduğu durumlar, orta hızlı darbe olarak adlandırılmaktadır. Bu darbe sonucu oluşan kan lekelerin çapı 1 mm ile 3 mm arasında değişirken, bazı durumlarda daha büyük ya da daha küçük çaplı lekeler de meydana gelebilir. Kesici ve delici alet yaralanmaları ile künt travmatik yaralanmalar, bu sınıfa giren kan lekelerinin oluşmasına neden olan örneklerdendir (7).

2.3.1.3.Yüksek Hızlı Darbe Sonucu Meydana Gelen Kan Lekeleri

Yüksek hızlı bir darbe sayılabilecek kuvvetin hızı 30 m/s ve daha üstü olarak bilinmektedir. Bu lekelerin çapı, genel olarak 1 mm ya da daha küçüktür. Oluşan kan damlacıkların büyük bir çoğunluğu 0,1 mm veya daha küçük çapa sahip olmakla birlikte, daha büyük çaplı damlacıklara da rastlamak mümkündür. Ufak çapları nedeniyle kanamanın kaynağından itibaren kısa mesafelere kadar yayılabilirler ve tipik olarak spreyle püskürtülmüş gibi bir görünüme sahiptirler. Ateşli silah yaralanmaları ve patlamalar, bu sınıfa giren kan lekelerinin oluşmasına neden olan olaylara örnek olarak verilebilir (7).

2.3.2. Görünümlerine Göre Kan Lekelerinin Sınıflandırılması

Anita Wonder 2001 yılında Mcdonell ve Bialousz'un sınıflandırmasından farklı olarak, kan lekelerini sıçramış lekeler ve sıçramamış ya da diğer lekeler olarak ikiye ayırmıştır. Wonder'ın bu ayrımı yapmasındaki sebep, Mcdonell ve Bialousz'un sınıflandırmasını oluşturan leke boyutlarının, net bir ayırım yapmada yetersiz kalmasıdır. Öne sürdüğü sınıflandırmanın temelini lekenin boyutlarına değil, genel görünümüne dayandırmış olan Wonder, leke boyutlarındaki değişkenliğin sebep olduğu belirsizlik durumunu ortadan kaldırmaya çalışmıştır (7).

2.3.3. Oluşum Mekanizmasına Göre Kan Lekelerinin Sınıflandırılması

James ve arkadaşlarının 2005 yılında yayımladığı 'Kan Lekesi ve Model Analizinin İlkeleri' (Principles of Bloodstain Pattern Analysis, Theory and Practice) isimli kitabında, kan lekeleri pasif, sıçrama ve diğer kan lekeleri olmak üzere üç ana gruba ayrılmıştır (7).

2.3.3.1. Pasif Kan Lekeleri

Oluşum mekanizması serbest düşme olan lekelere, pasif kan lekeleri denmektedir. Bu lekelere oluşumları sırasında yalnızca yer çekimi ve sürtünme kuvveti etki etmektedir (7).

2.3.3.2. Sıçrama Yoluyla Oluşmuş Lekeler

Sıçrama modelleri, kanlı bir nesneden, nesnenin hareketi sırasında sıçrayan ya da oluşumları sırasında yer çekimi ve sürtünme kuvvetinden ayrı olarak üçüncü bir kuvvetin etkisi altında meydana gelen lekelerdir. Bu üçüncü kuvvet, kan kaynağının maruz kaldığı bir darbeyeyle oluşmaktadır. Sıçrama yoluyla oluşmuş lekelerin en önemli özelliği ise yön belirtmeleridir (7).

2.3.3.3. Diğer Kan Lekeleri

Kuruma, pıhtılaşma ve difüzyona uğrama gibi olaylar bu etkiler arasında sayılmaktadır. Bu gruba dahil olan lekelerin görünüşleri fizyolojik ya da fiziksel etkiler yüzünden değişmektedir (7).

2.4. Kan Tayin Metotları

Olay yerinde bulunan materyallerin üzerinde bulunan biyolojik sıvıların bütünlüğünün bozulmadan saklanması oldukça önem arz etmektedir. Özellikle olayın gidişatını değiştirebilecek kanıt niteliğinde olan eşyaların ilgili olaya karışmış kişilerce değiştirilmesi ya da kanıt niteliğinin bozulması durumuyla sık karşılaşılmaktadır.

Olay yerinde bulunan kan lekelerinin tayini için sıkça kullanılan bazı yöntemler bulunmaktadır. Tarama testleriyle kan lekesinin bulunduğu yer tespit edilirken, tarama testleri yapıldıktan sonra bulunan lekenin tanımlanması için doğrulama testleri uygulanmaktadır (1).

2.4.1. Tarama Testleri

Kan, olay yerinde en sık rastlanılan biyolojik sıvı olmakla birlikte, olay yerinde bulunan bir lekenin kan lekesi olup olmadığının belirlenmesi için bazı testler yapılmaktadır. Genel prensibi hemoglobinin yapısında bulunan demirin kimyasallar ile tepkime vermesine bağlı olan bu testler, kan tanımlama testleri olarak adlandırılmaktadır. Kan tanımlama testlerinde yaygın olarak kullanılan indikatörlerden bazıları; o-Tolidin, benzidin, fenolftalein, löko kristal viyole, kastel meyer, lökomalaşit yeşili ve luminoldür.

Luminol testi diğer tarama testleriyle karşılaştırıldığında, yanlış pozitif ve yanlış negatif sonuçları daha az vermesi ve diğer reaktiflere göre daha az tehlike arz etmesi nedeniyle sık başvurulan bir testtir ve ilk uygulanan tarama testlerinden biri olarak yaklaşık 50 yıldır kullanılmaktadır (14). Olay yerindeki kan lekeleri temizlenmiş olabileceği gibi gözle

görülemeyecek kadar küçük kan lekelerinin olması durumunda luminol kullanarak kan lekelerinin varlığı tespit edilebilmektedir. Hemoglobinin yapısında bulunan demir iyonu luminol solüsyonu ile tepkimeye girerek ortama mavi bir ışıma yaymaktadır. Bu ışıma, ortamda bulunan kanın varlığı ispatlanmaktadır (6). Lüminesans ışıma en net karanlık ortamlarda görülmekte ve bu ışıma birkaç dakika sürmesinden dolayı kısa süre içerisinde fotoğraflanması gerekmektedir. Eski kan lekeleri taze kan lekelerine göre luminolde daha uzun ve daha yoğun ışıma vermektedir. Işıma süresinin yetersiz kaldığı durumlarda luminol çözeltisi tekrar uygulanarak görüntüleme yapılabilmektedir (14).

Lüminol çözeltisinin hassasiyet, ışıma süresi ve DNA analizlerine etkileri bakımından avantaj ve dezavantaj içeren formülasyonları bulunmaktadır. DNA'ya zarar veren formülasyonlardaki lüminol sıvısı, şüpheliler tarafından temizlenen dahi olay yerlerinde kullanılabilmektedir. Lüminol çözeltisinin bir başka dezavantajı ise bakır içeren bronz ve pirinç gibi alaşımlarla yalancı pozitiflik verebilmesidir. Bu tür maddelerin kullanıldığı alanlarda dikkatli olunması gerekmektedir. Yalnızca karanlık bir ortamda kullanılması ve kullanım esnasında koruyucu kıyafet ve gözlük gerekliliği de lüminol çözeltisinin dezavantajlarından (14).

Kimyasal ışıma (Kemilüminesans) temelli bir diğer teknik, kan lekesindeki DNA'ya zarar vermeden pozitif sonuç veren Bluestar'dır. Bluestar tekniği luminol ile kıyaslandığında, daha hassas ve daha stabil olduğu düşünülmektedir (14).

Kan örneğinin kimliklendirilmesinde peroksidaz enzimatik aktivitesi ile "hem" grubunun tepkimesini baz alan çeşitli katalitik testler de bulunmaktadır. Benzidin testi bunların içinde en çok kullanılanlardan biridir. Etanol/asetik asit solüsyonu ile reaksiyona girdiğinde kanın mavi bir ışıma vermesi pozitif sonucu ortaya koymaktadır. Bu yöntemin uygulanmasıyla birlikte sebze-meyve peroksidazları ve kimyasal oksidanlar sebebiyle yanlış pozitif sonuçlar görülmesine rağmen yöntemin asıl dezavantajı benzidin reaktifinin karsinojen bir madde

oluşudur. Bu dezavantajdan dolayı benzidin testinin kullanımına son yıllarda sınırlandırma getirilmiştir (14).

Kan lekesi için en çok bilinen tarama yöntemlerinden biri diğeri de Kastle-Meyer testi olarak da bilinmekte olan fenolftalein testidir. Fenolftalein ve kandaki hemoglobinin etkileşime girmesi sonucu pembe renk ortaya çıkmaktadır. Bu test tıpkı benzidin reaksiyonu gibi malt ekstraktı, bazı meyve suları ve ağır metal tuzlarına karşı yanlış pozitif sonuçlar verebilmektedir ancak karsinogenik değildir (14).

Kan lekesi tespitinde sıklıkla kullanılan metotlardan bir diğeri ise lökomalaşit testidir. Asidik koşullar altında katalize edilmiş “hem”in bu tepkime sonucu yeşil bir renkte ışıma vermesiyle gerçekleşmektedir. Diğer tüm tarama testleri gibi türe spesifik değildir ve şüpheli kanın bir insana ya da diğer bir canlıya ait olduğunu göstermez (14).

Katalitik olmayan ve immünolojik temele dayandırılan bazı kan lekesi tarama testleri de mevcuttur. Yukarıda bahsedilen tarama testleriyle de birlikte kullanılabilen bu testlerden bazıları, primat kanını kimliklendirmek için kullanılan ABACard Hema Trace, Hema Select ve Hexagon OBTI gibi immünolojik testlerdir. Hexagon OBTI ile eski ya da degrade materyallerden sonuç almak mümkündür ancak bu materyallerin yanlış negatif sonuç verebileceği de göz ardı edilmemelidir (14).

Olay yerinde gözle görülen ya da görülmeyen kan lekelerinin tespit edilmesi için kullanılan en basit test, ultraviyole (UV) ışık veren lambaların kullanıldığı alternatif ışık kaynaklarıdır. ALS yöntemi, özellikle arka planı koyu renk olan lekeler için daha yüksek başarı oranına sahiptir. Kan lekesi herhangi bir kimyasal kullanılmadığında belirli dalga boylarında ışıma göstermemekle birlikte, geniş bir dalga boyu aralığında (300-900 nm) yüksek bir absorpsiyon değerine sahiptir. Bu ultraviyole ışık, görülebilir ve kızılötesi (IR) ışığın tamamını kapsamaktadır.

Absorpsiyonun en yüksek olduğu aralık 395-435 nm, hemoglobin nedeniyle en yüksek noktası ise 415 nm'dir. Bu yöntem, boya ile kaplı olan kan lekelerini saptamak dahi mümkün kılmaktadır.

Bazı dalga boylarının kan lekesindeki DNA'ya zarar verme riski taşıması, ışık kaynaklarının çok dikkatli kullanılmasını gerektirmektedir. Literatürde, 255 nm dalga boyundaki ışık kaynağına 30 saniye ve üzeri süre boyunca maruz kalan biyolojik örnekten yeterli DNA'nın elde edilemediği bildirilmektedir (14).

Kan lekelerinin tespiti için faydalanılan bu testler yalnızca tarama testleri olmakla birlikte kesin sonuç alabilmek için doğrulayıcı testleri uygulamak gerekmektedir (5).

2.4.2. Doğrulama Testleri

Tarama testleri ile pozitif bir sonuç elde edildiğinde kan lekesini doğrulamak için çeşitli doğrulama testleri uygulanmaktadır. Olay yerinde bulunan kan lekelerinin, insan kanındaki proteinlere özel anti serumları kullanarak çökelme tepkimesi sonucunda kanın insana ait olup olmadığının tespiti doğrulama testleri ile yapılmaktadır (5). Kan doğrulama testleri, mikroskopik, immünolojik, spektroskopik ve kromatografik yöntemler olarak sınıflandırılmaktadır.

Mikroskopik yöntemler en basit haliyle, sıvı kanda doğrudan kan hücrelerinin saptanmaya çalışılmasıdır. Kırmızı ve beyaz kan hücrelerinin görsel olarak kimliklendirilmesi, olay yerinden alınan numunenin kan olduğunu ortaya koymaktadır. Bu alanda sıklıkla 'Geçirimli Elektron Mikroskobu (TEM)' yöntemine başvurulmaktadır. Gözle görülemeyecek kadar küçük ya da seyreltilmiş lekeler bile TEM metoduyla tespit edilebilmektedir.

Çeşitli kimyasal reaktiflerle tepkimeye giren kan lekeleri mikroskop altında görülebilen bir kristallenme tepkimesi göstermektedirler. Kristallenme testleri için en bilinen iki test, Teichman ve Takayama testleri olarak kabul edilmektedir. Halojenür ve glasiyel asetik asit

varlığında kurutulmuş bir lekenin ısıtılmasıyla hematin oluşması Teichman testi olarak adlandırılmaktadır. Takayama testi ise alkali koşullar altında, piridin ve glukoz tepkimesiyle hemokromojen oluşması temeline dayanmakta ve mikroskop altında somon pembesi kristaller görülmesidir.

RSID™-Blood (Rapid Stain Identification of Human Blood) testi, eritrosit membranında bulunan insan glikoforin A'sını tespit etmek için iki spesifik antikor kullanan immünolojik yöntemlerden biridir. Bu antikorlar şüpheli örnek üzerine uygulandıktan sonra test sonucu numunenin insan kanı olup olmadığını göstermektedir. Test ile ilgili ilk değerlendirme test uygulandıktan 10 dk sonra yapılmalı, test için uygun hacim ve dilüsyonda örnek kullanılmasına dikkat edilmelidir.

Ticari olarak piyasada satılmakta olan immünolojik temelli diğer bir yöntem ise ABACard HemaTrace testidir. Test Anti-Human Hb antikorlarını içermekte ve insan kanında bulunan hemoglobinin varlığını ortaya koymaya dayanmaktadır. Bu tür antikorlu testler şüpheli numune ile temas ettiğinde, örnek hemoglobin içeriyorsa tepkime görülmekte ve stripin sonuç kısmında pembe renkli bir çizgi pozitif sonuç vermektedir. Buna ek olarak HemaTrace testi bazı hayvan kanlarıyla da çapraz tepkime verebilmektedir. Bu nedenle kanda doğrulama yapmak için ilk olarak çoğunlukla RSID™-Blood testi tercih edilmektedir. Kanın identifikasyonunda tercih edilen bir diğer immünolojik yöntem ise ELISA tekniğidir.

Kromatografik metotlar (kâğıt ve ince tabaka kromatografisi) hemoglobin ve türevlerinin ayırımında kullanılabilen tekniklerden bir diğeridir. Uzun bir ön hazırlık süresinin bulunması, bu tekniğin en önemli dezavantajlarından biridir. Bu sebeple adli laboratuvarlarda rutin kullanımı sıklıkla görülmemektedir.

Spektroskopik metotların ise bir kan lekesi varlığının tespit edilmesinde yüksek derecede güvenilir oldukları düşünülmektedir. Hemoglobinin türevleri, yaklaşık 400 nm'de güçlü

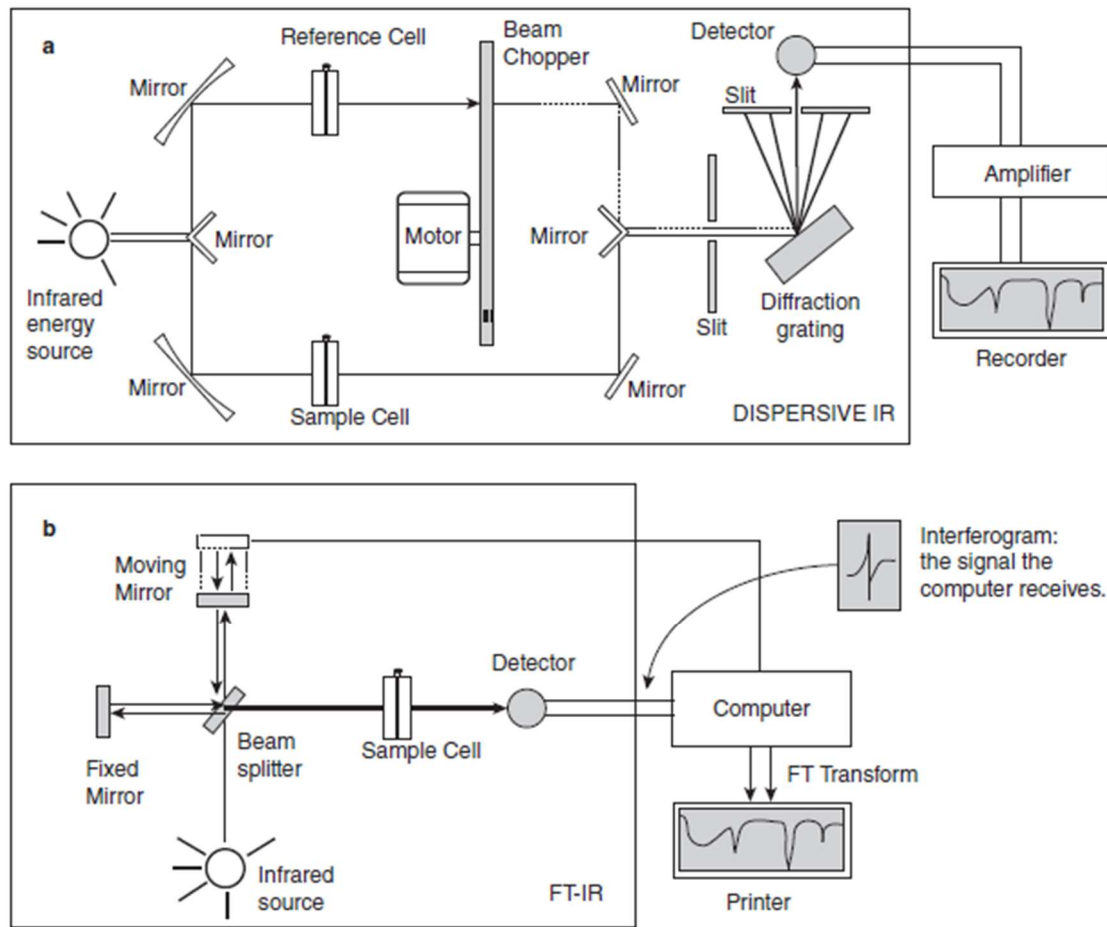
karakteristik bir absorbans bandına sahiptir fakat güneş ışığına maruz kalma, pas ya da ısıtma gibi faktörler sonuçları etkileyebilmektedir. Buna ek olarak farklı yöntemlerin daha sık tercih edilmesi, spektroskopik testlerin kullanımını sınırlandırmaktadır (14).

2.5.Spektroskopik Metotlar

Spektroskopi; çeşitli ışınların ve madde arasında dalga boyunun bir fonksiyonu olarak ortaya çıkan etkileşim ya da bu etkileşimi inceleyen bilim dalı için ifade edilen genel bir terimdir. Spektrometri ve spektrometrik yöntemler ise, madde miktarını veya bir maddenin türünü belirlemek için kullanılmaktadır. Ölçüm yapmak için kullanılan cihaza da genel anlamıyla spektrometre denmektedir (15).

Fourier dönüşümü kızılötesi (FTIR) spektroskopisi, günümüzde birçok modern laboratuvarında karakterizasyon için en sık kullanılan araçlardan biridir. Moleküler seçiciliği nedeniyle, bu güçlü spektroskopik teknik, kimya, malzeme bilimi, elektronik ve tıbbi tanı alanında uzun süredir kullanılmaktadır. Çeşitli endüstrilerde IR spektroskopisinin kullanılması, ilgili maddenin hızlı ve güvenilir karakterizasyonu ve bilinmeyen veya yabancı maddelerin saptanmasında kolaylıklar sunmaktadır. IR spektroskopisinde bir interferometre kullanıldığında ise bu yöntem Fourier dönüşümü kızılötesi olarak adlandırılmaktadır (16).

FTIR, Fourier dönüşümü yöntemi ile ışığın kızıl ötesi yoğunluğuna karşı dalga sayısını ölçen kimyasal analitik bir ölçüm metodudur. Klasik bir FTIR spektrometresi, kaynak, numune hücresi, amplifikatör, detektör, A/D dönüştürücü ve bir bilgisayardan oluşmaktadır. Kaynaktan gelen ışınlar interferometreden geçtikten sonra dedektöre ulaşır. Dedektöre ulaşan ışınların sinyalinin yükseltilmesinin ardından A/D dönüştürücü ve yükseltici kullanılarak dijital bir sinyale dönüştürülür (17). Sinyalin bu dönüşümünün ardından, Fourier dönüşümünün gerçekleştirildiği bilgisayara aktarılır (18). FTIR spektrometresinin şematik diyagramı aşağıdaki gibidir;



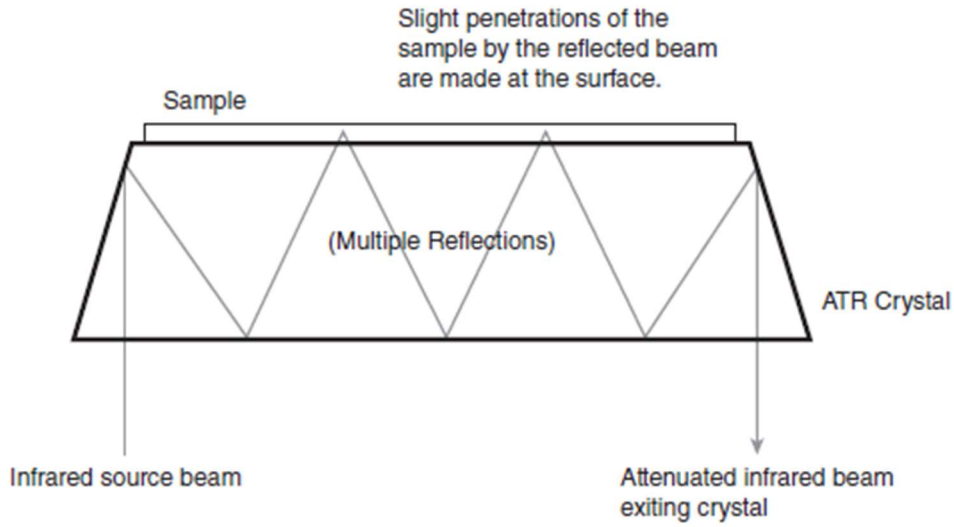
Şekil 4: (a) Dağıtıcı kızılötesi spektrometre, (b) FTIR'ın şematik diyagramı (18).

Kızılötesi spektrometri, bir bileşiğin moleküler ve kimyasal yapısı hakkında önemli bilgiler veren bir titreşim spektroskopisidir. Kızılötesi radyasyonun bir molekül tarafından absorbe edilebilmesi için, titreşim veya dönme hareketine sahip olması gerekmektedir. Momentin büyüklüğü, atomların yük merkezleri arasındaki mesafe ve yük dağılımı ile belirlenmektedir. Gelen kızılötesi ışınların frekansı molekülün doğal titreşim veya dönme frekansına eşit olduğu durumlarda, net bir enerji transferi gerçekleşir. Gerçekleşen enerji transferi, gelen kızılötesi ışınların absorbe edilmesinden kaynaklanan moleküler titreşimlerin genliğinde veya dönme hızında bir değişiklik meydana getirmektedir. Bir titreşim veya dönme enerji seviyesinden diğerine elektronik bir geçiş yaşanmasına enerji transferi denmektedir.

Gelen kızılötesi ışınlar, çeşitli dalga boylarından ve buna bağlı olarak çeşitli frekanslardan oluşan bir süreklilikten meydana gelecektir. Bahsedilen kriterleri karşılayan frekanslar molekül tarafından absorbe edilirken, sürekliliği olmayan frekanslar ileilmeyecektir (15).

Bir FTIR spektroskopi cihazının en önemli kısmı ışık yayıcı, sabit ayna ve hareketli aynadan oluşan interferometredir. FTIR cihazıyla interferogram bir saniyeden az bir sürede ölçülebilir. Bu nedenle aynı numunenin birçok kez interferogramını toplamak kolaylaşmaktadır. Bir numunenin spektrumunu tespit edebilmek için öncelikle arka planın interferogramının oluşturulması gerekmektedir. Oluşturulan bu interferogram Fourier Dönüşümü uygulanarak arka planın spektrumunu elde etmemizi sağlamaktadır. Üzerinde çalışılacak numune cihaza yerleştirilir ve ışına maruz bırakılarak interferogram oluşması, ardından bu interferogramdan spektrum elde edilmesi sağlanır. Elde edilen spektrumda hem arka planın hem de numunenin emilim değerleri bulunmaktadır. Kaynaktan gelen ışığın, sabit ve hareketli aynalara yansıtmasının ardından iki parçaya bölmek için bir ışık ayırıcı kullanılmasını interferometre sağlamaktadır. Bu işlem sonucunda kaynaktan 45 derecelik açıyla gelen ışık, ayırıcıdan geçerek biri sapmamış, diğeri ise 90 dereceye yönelmiş iki ışına ayrılır. Ayrılan bu iki ışık, aynalardan geri yansıtılarak ışık ayırıcıda yeniden birleşir fakat artık farklı dalga boylarına sahip olduklarından dolayı çeşitli sonuçlar doğururlar. Işın ayırıcı, meydana gelen interferogramı numuneye geri yollar. Numune tüm dalga boylarını aynı anda emer ve her dalga boyunda emilen enerji miktarı ile ilgili numune bilgisi içeren interferogramı dedektöre ulaştırır. Ortaya çıkan düzensiz değişimler bir dedektör tarafından ölçülür ve oluşan sinyaller sayısallaştırılarak verilerin toplanacağı makineye gönderilir. Bilgisayar tarafından referans olarak alınan bir ışınla gelen veriler karşılaştırılır. Bu aşama, Fourier transformasyonun gerçekleştirildiği kısımdır. Sürecin sonunda numune ile ilgili bütün spektral bilgileri içeren interferogram elde edilmektedir (15). Elde edilen interferogram ile emilen tüm frekansların görülmesi sağlanır ve bu sayede numuneye ait bir kızılötesi spektrum ortaya çıkmış olur.

Dalga boyunun bir fonksiyonu olarak dahili olarak yansıyan radyasyonun yoğunluk grafiğine zayıflatılmış toplam yansıma (ATR) spektrumu denir. FTIR'ın alt türlerinden biri olan ATR metodu, kızılötesi spektroskopiyle birlikte kullanılmaktadır. Örneklere herhangi bir hazırlık yapılmadan direkt olarak incelenmesini sağlayan yöntemdir. FTIR hacimsel yapıda bulunmakta olan kimyasal bağlar hakkında bilgi verirken, ATR yöntemi yüzeyde bulunan kimyasal bağlar hakkında da bilgi vermektedir (18).



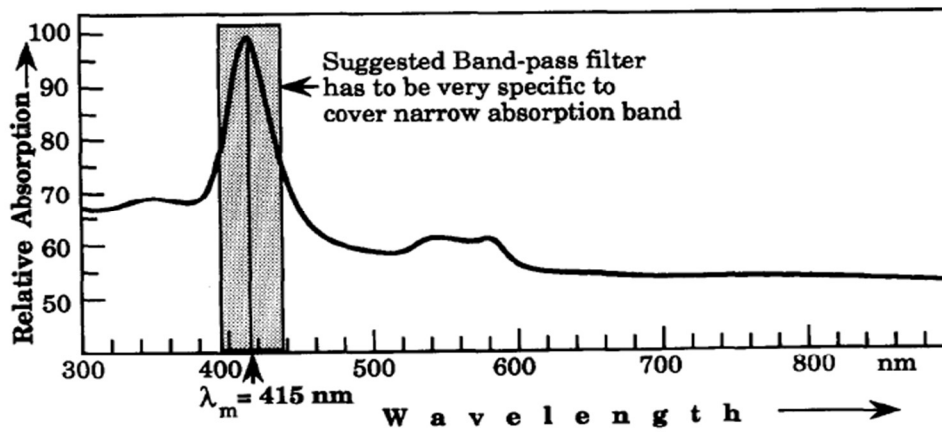
Şekil 5: Zayıflatılmış toplam (ATR) teorisi diyagramı (18).

2.6. Alternatif Işık Kaynağı (ALS)

Alternatif ışık kaynakları (ALS), beyaz ışık, UV veya infrared (IR) ışık kullanarak cisimlerin daha parlak (floresans) ya da daha koyu (absorbe) bir biçimde görünmesine yol açan ışık kaynaklarıdır. Belirli dalga boylarındaki ışık demetleri biyolojik örnekler üzerine yansıtıldığında bu örneklerin etkileşime girdiği dalga boyuna bağlı olarak absorbansına göre belli bir görüntü ortaya koymaktadır (14). Bu nedenle, olay yerlerinin incelenmesinde tükürük, meni, idrar ve kan gibi biyolojik örneklerin tespit edilip tanımlanması oldukça önemlidir. Biyolojik örnekleri tespit etmek ve tanımlamak için alternatif aydınlatma kaynakları sıklıkla

tercih edilmektedir. ALS yönteminin sıklıkla tercih edilmesinin nedeni kullanımının tahribatsız, basit ve çok çeşitli biyolojik örneklerde işe yaramasıdır (19). Biyolojik örneklerin, kendilerini diğer örneklerden ayıran doğal özelliklerinin bulunması nedeniyle çeşitli dalga boylarından faydalanarak tanımlamak mümkündür (20).

Kurumuş kan lekesi çeşitli ışık dalga boylarında yüksek bir absorpsiyona sahiptir ve 300-900 nm arasındaki dalga boylarındaki ışığı absorbe edebilirken, en yüksek değerini 415 nm’de vermektedir (Şekil 6) (21). Bu aralık görünür, UV ve IR dahil tüm ışık dalga boylarını kapsamaktadır (22). Bir kan lekesi herhangi bir ışığa maruz bırakıldığında, bulunduğu yerde karanlık bir nokta oluşturacaktır (20). Kan lekeleri çeşitli yüzeylerde bulunabileceği gibi gözle görülmesi zor olan koyu renkli yüzeylerde de bulunmaktadır. Koyu renkli yüzeylerde bulunan kan lekelerini incelerken arka planın daha parlak görüldüğüne dikkat etmek oldukça önemlidir. Bu nedenle alternatif ışık kaynakları kullanılarak tespit edilmeye çalışılan kan lekelerini aramadan önce arka plan renginin mutlaka not edilmesi gerekmektedir (19).



Şekil 6: Kurumuş kan lekesinin absorpsiyon spektrumu (21).

Alternatif aydınlatma kaynakları ile tespit edilebilen bir diğer biyolojik örnek tükürüktür. Renksiz olan kurumuş tükürük lekesi normal bir gözle tespit edilememektedir. Tükürük lekeleri floresan özelliklere sahiptir ve UV ışığı kullanılarak tespit edilebilir ancak diğer lekelerden ayırt edilemez. Bunun nedeni çoğu biyolojik lekenin de UV ışığı altında mavimsi beyaz görünmesidir (19).

ALS yöntemi kullanılarak tespit edilebilen bir diğer biyolojik örnek ise idrardır. İdrarın temas ettiği yüzeylerde kolaylıkla seyreltilebilmesinden dolayı diğer biyolojik örneklerle göre tespiti daha zordur. Ayrıca idrar lekelerinin rengi idrarda bulunan maddelere bağlı olarak değişebildiği için çıplak gözle idrarın fark edilmesi zorlaşmaktadır (20).

Biyolojik örneklerin tanımlanmasında ve tespitinde kullanılabilecek çeşitli alternatif ışık kaynakları bulunmaktadır (Tablo I.). Bu ışık kaynaklarının özelliklerine göre seçilmesinin nedeni, farklı biyolojik lekelerin farklı dalga boylarına maruz kaldığında verdiği tepkimelerdir (19).

Tablo I: Literatüre göre test edilen ALS'lerin dalga boyları ve tespit edilebilir lekeler bakımından karşılaştırılması (19).

Alternatif (Adli) Işık Kaynakları	Dalga boyları (nm)	Tespit Edildiği Bildirilen Lekeler
TracER (Lazer)	532 nm (yeşil lazer ışını)	Semen, Tükürük, İdrar
Spectra-Physics Reveal (Lazer)	532 nm (yeşil lazer ışını)	Semen, Tükürük, İdrar
Poliray	415-610 nm (müdahale edilebilir filtreler)	Kan, Tükürük, İdrar
Polilight PL500	Ayarlanabilir UV, 415-650 nm ve beyaz ışık	Kan, Semen, Tükürük, İdrar
Lumatec Superlite 400	Ayarlanabilir 320-700 nm	Kan, Semen, Tükürük, İdrar
Wood's Lamp	320-400 nm (uzun dalga boylu UV)	Semen (şüpheli)
BlueMaxx BM500	450 nm (mavi ışık)	Semen, Tükürük, İdrar
BlueMaxx Mini	450 nm (mavi ışık)	Semen
Evident Product	365 nm (uzun dalga boylu UV)	Semen, Tükürük, İdrar
Mineralight	254 nm (kısa dalga boylu UV)	Semen, Tükürük, İdrar
Yüksek Yoğunluklu LED	Kullanılan LED'e göre dalga boyu değişmektedir.	Kan, Semen (İdrar, Luxeon Star V LED ile tespit edilebilmektedir)

Literatürde alternatif ışık kaynaklarının yalnızca vücut sıvılarında değil, kemik ve diş gibi diğer biyolojik örnekler üzerindeki etkisini tespit etmek için yapılan çalışmalar da mevcuttur. Yapılan bu çalışmalar, turuncu bir filtre varlığında kemik ve diş tespit etmek için en iyi dalga boyunun 455 nm olduğunu, ayrıca kemik ve dişin yüksek floresansa sahip olduğunu da ortaya koymuştur (23).

Adli soruşturmalarda şiddet kullanımının tespiti için ciltteki morlukların ALS yöntemleriyle görüntülendiği çalışmalar da literatürde bulunmaktadır. Vücut yüzeyinde bulunan çürükler, görünmedikleri sürece gözden kaçarlar. Bu çalışmada IR ve UV ışık altında morlukların varlığı tespit edilmeye çalışılmıştır (24).

2.6.1. Ultraviyole (UV) Işık Kaynağı

Spektrumun mavi ucundaki görünür ışıktan daha kısa bir dalga boyuna sahip elektromanyetik radyasyona Ultraviyole ışık (UV) denir. Spektral aralığı 10-400 nm aralığını kapsamaktadır (Tablo II). En sık kullanılan cihazlar pratiklik ve güvenlik için spektrumun 350-400 nm dalga boyuna sahip bölgesinde ışık yaymaktadır. 254 nm'lik bir dalga boyuna sahip bir UV ışık kaynağının çeşitli sağlık ve güvenlik sorunları teşkil ettiği ve günlük işlerde sıklıkla tercih edilmediği de bilinmektedir (25).

Tablo II: UV ışıklar ve spektral dalga boyu aralıkları (25).

İsim	Kısaltma	Dalga Boyu (nm)
Ultraviyole A, geniş bant ya da siyah ışık	UVA	400-315
Yakın dalga boyu	NUV	400-300
Ultraviyole B ya da orta dalga boyu	UVB	315-280
Orta dalga boyu	MUV	300-200
Ultraviyole C, kısa dalga boyu ya da antiseptik	UVC	280-100
Uzak dalga boyu	FUV	200-122
Vakum Ultraviyole	VUV	200-100
Düşük dalga boyu	LUV	100-88
Süper dalga boyu	SUV	150-10
Ekstrem dalga boyu	EUV	121-10

Işık kalitesinin gözle görülemeyen delilleri bulmak için kritik olduğuna mutlaka dikkat edilmelidir. Görünür dalga boyu aralığında en küçük emisyon bile indüklenen herhangi bir floresans üzerinde ciddi bir etkiye sahip olabileceğinden, hiçbir UV ışığının 400 nm'nin üzerinde dalga boyu yaymaması gerekmektedir.

Piyasada çok sayıda UV cihazı üreticisi bulunmakta olup, çoğu hem bir spektrometre ile ölçülmüş hem de sahada test edilmiştir. Labino Track Pack serisi ve 35 Watt'lık İngiltere merkezli UV el lambası, günümüzde en sık kullanılan cihazlardandır. Bu cihaz sistemlerinin her ikisi de hava koşullarına dayanıklı olup, muhafaza içine monte edilmiş çok yüksek UV çıkışına sahip bir xenon gaz deşarj ampulünü baz almaktadır (25).

UV ışığının kullandığı alanlardan biri olan ceset fotoğrafçılığı gibi bazı uygulamalar için, cilde olası hasar nedeniyle bir UV ışık kaynağının kullanılmasının uygun olmadığı belirtilmekte olup, bu gibi durumlarda UV flaş tabancasının kullanılması önerilmektedir.

Çoğu UV cihazının sağlık için tehdit oluşturabilme potansiyeline sahip olduğuna dikkat etmek oldukça önemlidir. Bu nedenle UV cihazının kullanımı sırasında kişisel koruyucu ekipmanlar kullanılmalıdır. UV ışık kaynağı göz için olası bir risk oluşturmakta olup, kullanımlarında mutlaka dikkat edilmelidir. Kullanım esnasında daima gözler ve cilt kişisel koruyucu ekipmanlarla korunmalıdır. Kümülatif olarak UV ışık kaynağında maruz kalmak, baş ağrısı gibi basit bir belirtilerden, kornea iltihaplanmasına kadar çeşitli sorunlara neden olabilmektedir. Uzun vadede tekrarlanan maruz kalma durumu korunmasız cilt bölgelerinin kansere yakalanma riskini arttırmaktadır. UV ışığa aşırı maruz kalımlarda ise ciddi yanıklara neden olabilmektedir. UV ışık kaynağının yanı sıra herhangi bir yapay aydınlatma kullanmadan önce bir risk değerlendirmesi yapılmasının gerekliliği gündeme gelmektedir (25).

2.6.2. Lazerler (Uyarılmış Radyasyon Emisyonu ile Işık Amplifikasyonu)

Lazerler, parlak ve yüksek enerjili ışığın monokromatik tutarlı ışınlarını sağlayan ışıklardır. Lazerler diğer ışık kaynaklarından farklı olarak ışık enerjilerini oluşturmak için bir ampul veya filtre kullanmazlar. Lazerler, sabit dalga boyunda çıkış göstermekte olup, 532 nm'nin tespit edilen delil türlerinin çeşitliliği için en esnek dalga boyu olduğu tespit edilmiş, 445 nm'lik mavi lazerin ise BY40 ile boyanmış Super-Glue yardımıyla izleri, vücut sıvılarını ve özellikle de olay yerindeki spermin tespit edilmesinde yüksek fayda sağladığı görülmüştür. Bahsi geçen her iki dalga boyu da olay yerinde kullanılmaktadır (25).

90'lı yıllarda kullanılan tek lazer Spectra Physics 2016'dır. Argon iyon lazeri olduğu bilinen Spectra Physics 2016'nın oldukça büyük olması, kendisi için bir oda ayrılmasına ve çok fazla güce ihtiyaç duymasına neden olmuştur. Duyduğu yüksek güce rağmen 514 nm'de

yalnızca 2 Watt ışık üretebilen bu lazer ışık üretmede yeterince başarılı olamamıştır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte lazerlerde de gelişmeler yaşanmış, boyutları küçülürken daha düşük güç ile daha fazla ışık üretmeye başlamışlardır. Revelation ve Trace gibi sistemler ise yüksek güçlü diyotlar kullanan lazerler olarak piyasaya sürülmüştür.

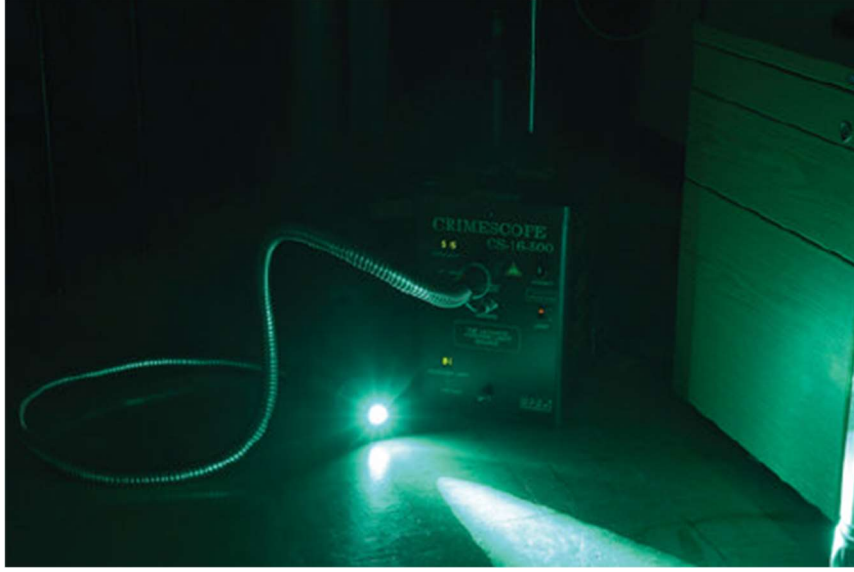
Ultraviyole ışıkta olduğu gibi, lazerleri de kullanırken sağlık ve güvenlik kurallarına dikkat etmek oldukça önemlidir. Renkli ışıklar zararsız gibi görünebilirler ancak oldukça güçlü olup aldatıcıdır. Odaklanmış bir ışının aksine dağınık bir çıkış olarak görülseler de ani bir şekilde kör etme potansiyeline sahiptirler. Bu aşamada yapılması gereken en doğru uygulama gözlük gibi kişisel koruyucu ekipmanların tedarik edilmesidir (25).

2.6.3. Crime Lites

Foster ve Freeman'dan 'Crime-Lites' sistemini geliştirmesi, ışık yayan diyot (LED) teknolojisinin ortaya çıkışıyla başlamıştır. Crime-lites, şebeke enerjisi ve pille çalışan, meşale benzeri cihazlardır ve 40 W ışık üreterek lazere iyi bir alternatif sunmaktadır. Geniş bir arama alanını kapsayan bu diyot tabanlı ışıklar, belirli bant genişliğinde ışık yaymaktadır. Bu bant genişlikleri değişmekle birlikte genellikle 30-50 nm arasında seyretmektedir. Buna ek olarak spektrumu kapsayan bir dizi ışıkla birlikte genellikle 4 veya 5 parçadan oluşan setler halinde satılırlar. Sürekli gelişen sistemleri nedeniyle mutlaka güncellenerek kullanılmaya devam edilmelidir (25).

2.6.4. Ayarlanabilir Işık Kaynakları

Uyarma dalga boyunun değiştirilebileceği ışık kaynakları olarak literatürde yer almaktadır. Dünya çapında en yaygın kullanılan İngiltere üretimi olan Crimescope'tur (Şekil 7). Avustralya'da tasarlanan Polilight ve yine İngiltere'de Foster ve Freeman tarafından tasarlanan Quaser 2000/30 sıklıkla tercih edilen ayarlanabilir ışık kaynakları arasındadır. Türkiye'de ForenScope tarafından geliştirilen ayarlanabilir ışık kaynakları da Türkiye'de ve uluslararası eğitimlerde tercih edilmeye başlanmıştır (26).



Şekil 7: A 500-W Crimescope CS16 (25).

Ayarlanabilir ışık kaynağı olarak geliştirilen tüm sistemler, istenen uyarma dalga boyunu oluşturmak için bir tekerleğe monte edilmiş bant geçiren filtrelerin bir kombinasyonundan oluşmaktadır. Ksenon ark veya metal halojenür ampul gibi parlak beyaz bir ışık kaynağının önüne yerleştirilen filtreler döndürülebilir ve böylece bir dizi farklı 40-50 nm bant geçiren dalga boyu filtresi seçilebilir (25).

Yüksek çıkışlı lazerlerin filtrelenmiş ve ayarlanabilir bir ışık kaynağından çok daha etkili olması nedeniyle, özellikle parmak izlerinin tespitinde ilk olarak tercih edilmezler. Özellikle olay yerlerinde gündeme gelen bir konu ise ilgili cihazların ışığı incelenecek yüzeye ulaştırmak için sıvı ışık kılavuzları kullanmasıdır. Bu ışık kılavuzları genellikle iki metre ile sınırlı olmakla birlikte, cihazın operatörün yakınında bulunması gerektiği anlamına gelmektedir. Basamak plakaları, küçük koridorlar ve merdivenlerde çalışırken bunu başarmak beraberinde çeşitli zorluklar getirmektedir. Ayrıca büyük miktarlarda ısı üretirler ve bu ısı üretimini kontrol altına almak için hava soğutucu kullanırlar. Bu durum DNA veya kan grubu partiküllerinin cihaza çekilip başka bir olay yerinde yeniden yayılma olasılığını ve buna bağlı olarak çapraz kontaminasyonuna neden olabilmektedir (25).

2.7. VSC Video Spektral Karşılaştırıcı

VSC 8000 cihazı karşılaştırmalı görüntü analizi yaparken çok dalga boylu Light Emitting Diode ve Super Resolution Imaging sistemlerini kullanan bir görüntüleme yazılımıdır. VSC 8000 cihazında yapılan incelemelerde çeşitli ışık kaynaklarının farklı dalga boylarından, farklı açı ve yönlerden faydalanılmaktadır. Cihazda bulunan mikro spektrofotometre ile emilim, yansıma ve floresansa ait spektrumlar alınmaktadır. VSC 8000 cihazında yaklaşık A4 kâğıdı ebadında ve 10 cm yüksekliğinde numunelerin konulabildiği bir görüntüleme kabini, farklı açılarla konumlandırılmış kamera ve ışık kaynakları, görüntü büyütme lensleri, ekran ünitesi, tek dalga boyuna sahip ışın elde etmeyi sağlayan monokromatörler ve filtreler bulunmaktadır. Bunlara ek olarak multi spektral kameralar ve yüksek çözünürlüklü televizyonlardan yaklaşık 4 kat fazla nitelikli görüntü alınmasını sağlayan görüntü sistemi de cihazda mevcuttur. İnceleme yapılan yüzeylerde yıkıcı etkisinin olmaması VSC cihazını adli incelemelerde tekrar edilebilirliğini göstermektedir (27).

2.8. Kan Lekelerinin Adli Olaylardaki Yeri

Kan lekesi model analizi, kan lekelerinin fiziki olarak incelenmesi sonucu elde edilen bilgilerle adli olayı meydana getiren olaylar zinciri hakkında bilgi vermeyi amaçlayan bir disiplindir. Kan lekesinin boyutsal özellikleri, lekenin hacmi ve örüntüsü, lekelerin sıklığı ve bu leke ile lekenin içinde bulunduğu çevreyle olan ilişkisi hakkında yapılan incelemeler sonucunda ortaya koyulan sonuçlardır. Elde edilen bu veriler sayesinde araştırmacının geçmiş bir olayı anlaması sağlanmakta ve adli olayla ilgili objektif bir kronolojik sıra oluşturularak olayın yeniden canlandırılmasına yardımcı olmaktadır. Kan lekesi model analizi, tıpkı diğer adli disiplinler gibi bir adli olayda ortaya çıkan soruları cevaplamaya ve gerçekleri tespit etmeye çalışmakta olup, kan lekelerinden edinilen bilgiyle adli olayın tamamının aydınlatamayabileceği bir gerçektir (9).

Kan lekesi model analizi bir sıvı olan kanın yüzey geriliminin kohezif kuvvetleri, viskozite ve çeşitli dış kuvvetlerin (yerçekimi kuvveti, açık hava basıncı vb.) etkisi altında öngörülebilir sonuçlar vermesi teorisine dayanmaktadır. Bu nedenle, kanın oluşturabileceği çeşitli lekeler tekrar edilebilirlik özelliği taşımaktadır. Kan lekesi modellerinin fiziksel özellikleri, lekeyi meydana getiren olayın genel olarak doğasının ve kronolojik sırasının tanımlanmasına yardımcı olmaktadır (9).

Kan lekesi model analizi, adli olay esnasında meydana gelen bir dizi eylemi ortaya koymakla kalmaz, adli olayın meydana geldiği sırada olay yerinde bulunmuş olabilecek kişilerin sayısı ve bu kişilerin olası hareketleri hakkında da fikir vermektedir (9). Kan lekesi model analizi disiplini sayesinde olay yerinin ve olayın yeniden canlandırılmasının yanı sıra, sorulan bazı sorulara da başlıca cevaplar bulunabilir. Cevapların ortaya koyduğu bazı sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (28).

- Olayın ne zaman meydana geldiği,
- Olayın nerede meydana geldiği,
- Olayların meydana geliş sırası,
- Olaya dahil olan kişiler,
- Olaya dahil olmayan kişiler,
- Olay esnasında gerçekleşen ve gerçekleşmeyen şeyler,

Kan lekesi model analizinde ağırlıklı olarak kan lekelerinin şekil, büyüklük ve dağılımı üzerinde durulmaktadır. Bu bilgiler olay ve olay yeri hakkında önemli bilgiler vermekte olup, elde edilen bu bilgilerin DNA analizi ve otopsi sonucu ile değerlendirilmesi daha anlamlı bir bütün oluşturmaktadır (28). Sadece kan lekelerinin analiz edilmesi bile meydana gelen olayın orijininin tespit edilmesine büyük ölçüde yanıt verilebilirken, diğer bilgilerin de değerlendirmeye dahil edilmesi olayın yeniden canlandırılmasını oldukça kolaylaştıracaktır (28).

Kan damlalarının, hangi şartlarda altında ne gibi şekiller oluşturacağını olay yerine gidilmeden önce biliniyor olması, olay yeri incelemesi sırasında olayın nasıl meydana geldiği gibi konularda incelemeciye ışık tutacaktır. Deneyssel olarak oluşturulmuş ve literatüre kazandırılmış kan lekeleri üzerinde yapılan çalışmalar, olay yerindeki lekelerin yorumlanmasını kolaylaştıracak ve kan lekelerinin araştırmacı tarafından kolayca tanınır ve yorumlanabilir hale gelmesini sağlayacaktır (7).



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma Üsküdar Üniversitesi Bağımlılık ve Adli Bilimler Enstitüsü Enstrümantal Analiz ve Adli Fizik Laboratuvarları'nda bulunan cihazlardan faydalanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 5 tanesi kumaş olmak üzere toplamda 8 farklı koyu renk yüzey kullanılmış olup, çalışmaya konu kan lekelerinin oluşturulabilmesi için kasaptan taze olarak temin edilen sığır kanından faydalanılmıştır.

3.1.Kullanılan Materyaller

- Yaklaşık boyutu 10x10 cm olan koyu renkli 5 adet kumaş yüzey (keten, pamuk, polyester, saten, kadife)
- Yaklaşık boyutu 5x11 cm olan ahşap yüzey
- Yaklaşık boyutu 10x10 cm olan seramik yüzey
- Yaklaşık boyutu 10x10 cm olan kâğıt yüzey
- Yaklaşık 100 mililitre taze sığır kanı
- 10 adet 10 mililitrelik steril enjektör
- Cam tüp
- L tipi ölçüm cetveli
- %70 Etanol solüsyonu
- Kraft zarf, beyaz kalem, 30 cm cetvel, makas, eldiven, filtre kâğıdı gibi diğer yardımcı materyaller

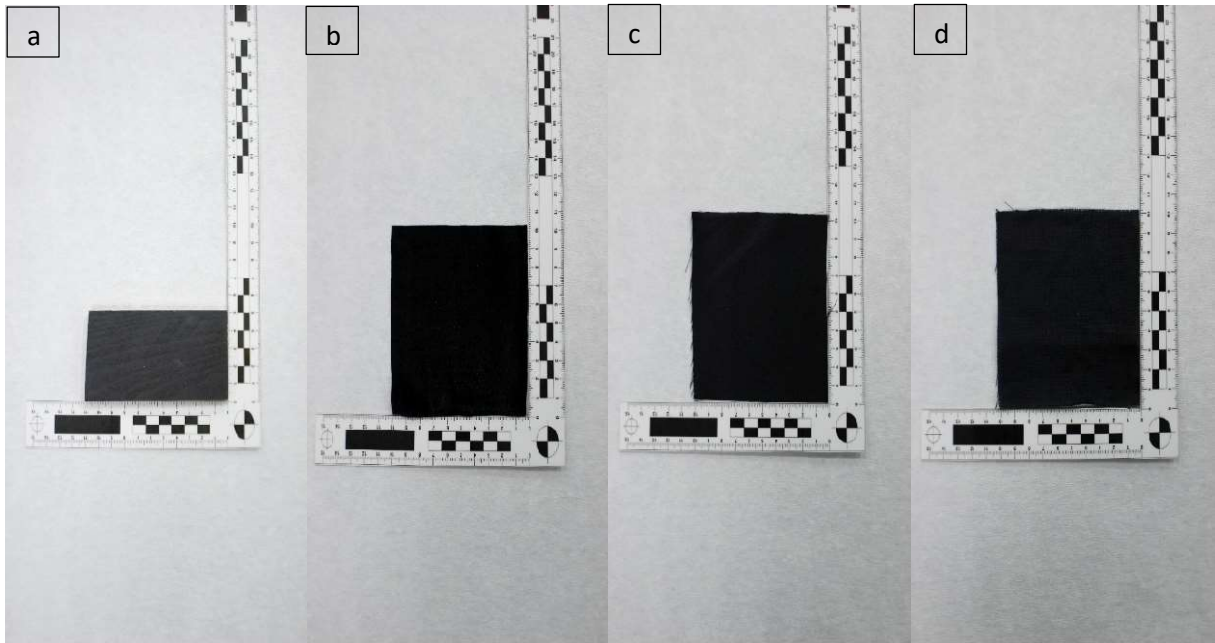
3.2.Cihaz ve Programlar

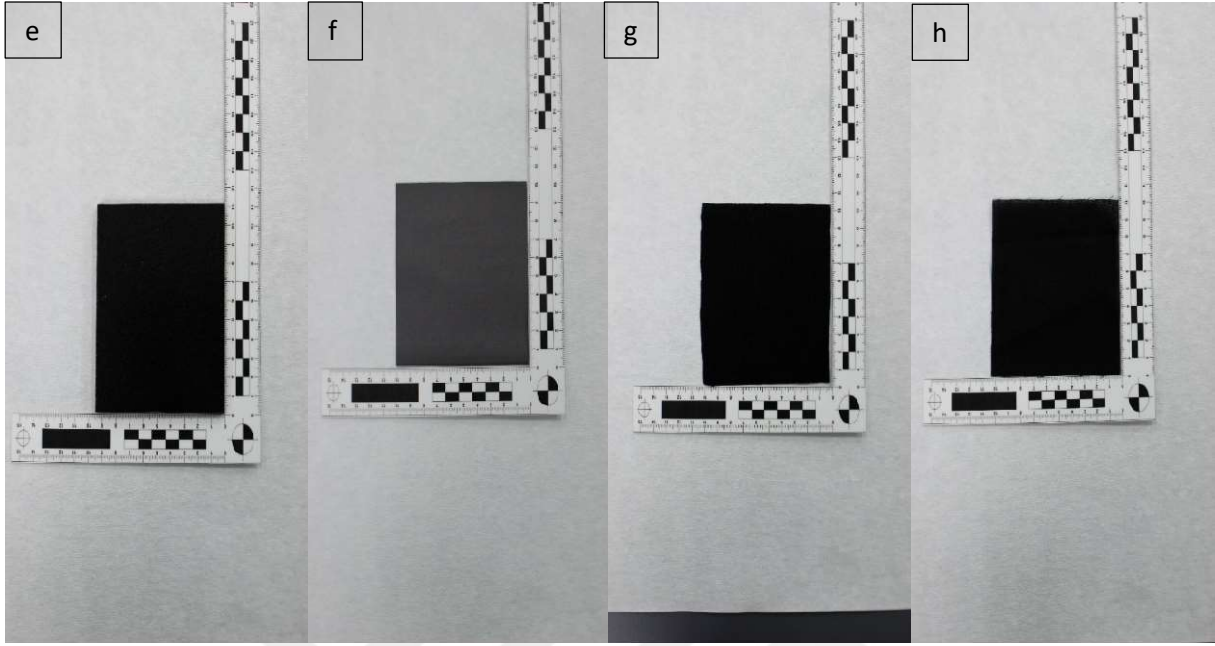
- Agilent Cary 630 FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)
- Foster + Freeman VSC® 8000/HS
- Leica M60 Routine Stereo Microscope
- MicroLAB yazılımı
- Orange 3.0 Data Mining

- VWR Ultrasonic Cleaner USC-TH
- Canon EOS 550D fotoğraf makinesi
- SpectraGryph v1.2.16.1
- BioCote Vortex SA8 karıştırıcı

3.3.Örneklerin Hazırlanması

İlk olarak kontrol ve test gruplarını oluşturmak adına her bir koyu yüzeyden iki adet olmak üzere belirli ölçülerde kesilmiş ve test grupları L tipi ölçüm cetveliyle fotoğraflanmıştır (Şekil 8). Kan lekesi oluşturmada önce temin edilen taze sığır kanından bir miktar ayrılmış, ayrılan kan daha sonra oluşabilecek durumlar için kullanılmak üzere cam tüp içinde +4 derecedeki buzdolabına beklemeye alınmıştır. Kullanılacak sığır kanı ilk olarak VWR Ultrasonic Cleaner USC-TH su banyosunda ultrasonik titreşimlere maruz bırakılmış ve 36 derece vücut sıcaklığına getirilmiştir (Şekil 9). Vücut sıcaklığına getirilen sığır kanı BioCote Vortex SA8 ile 10 saniye boyunca karıştırılarak homojen hale getirilmiştir (Şekil 10).





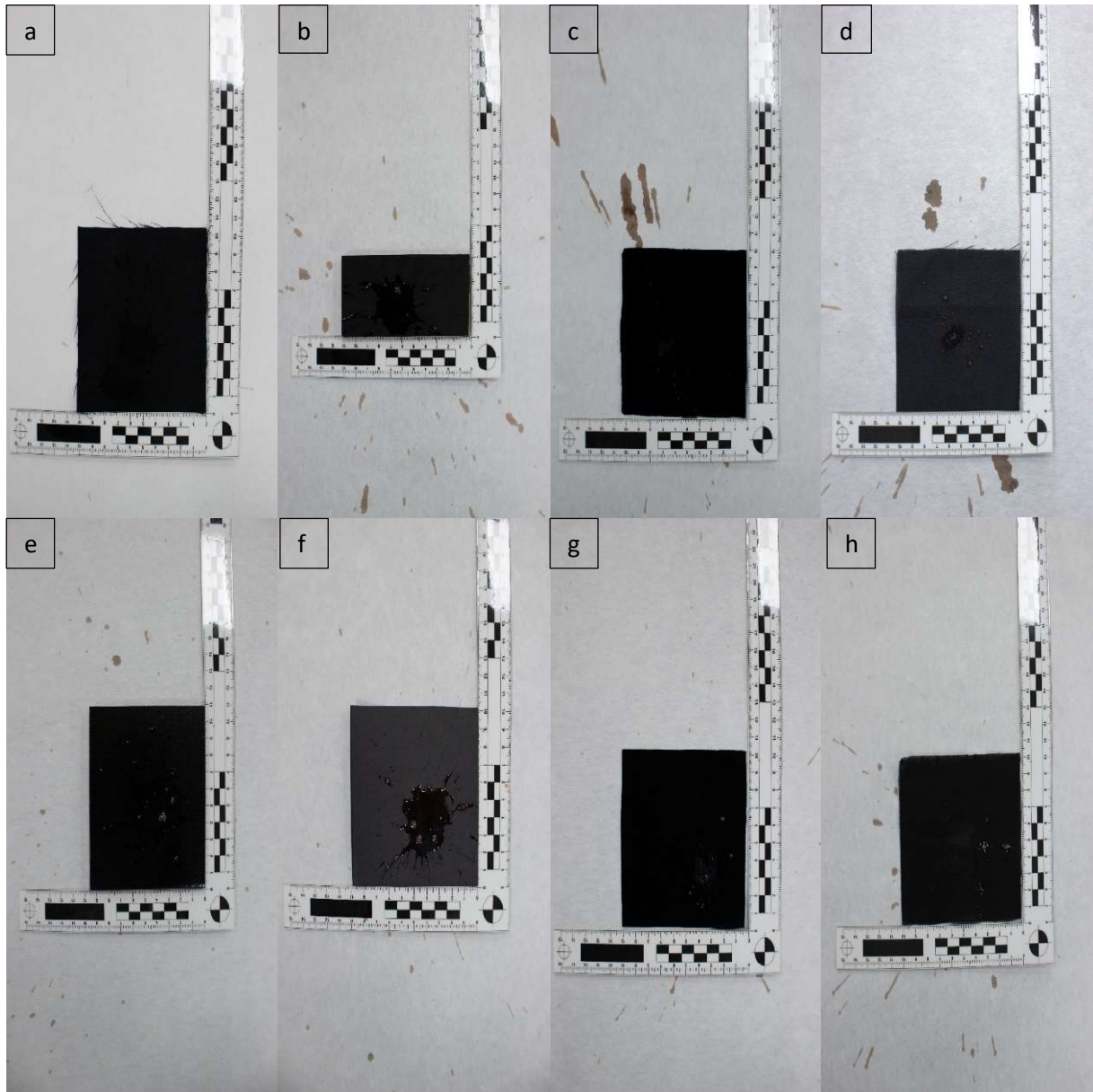
Şekil 8: (a) Koyu renk saten kumaş. (b) Koyu renk ahşap yüzey. (c) Koyu renk kadife kumaş. (d) Koyu renk keten kumaş. (e) Koyu renk seramik yüzey. (f) Koyu renk kâğıt yüzey. (g) Koyu renk polyester kumaş. (h) Koyu renk pamuk kumaş.



Şekil 9-10: VWR Ultrasonic Cleaner USC-TH su banyosu. BioCote Vortex SA8 Karıştırıcı

Filtre kâğıdı üzerinde fotoğraflanan test gruplarına, vücut sıcaklığına getirilen sıgır kanından 2 ml steril enjektör yardımıyla, yüzeylerin merkezine 10 cm yükseklikten olacak

şekilde sıçratılmıştır. Aynı işlem sırasıyla koyu renkli olan keten, kadife, pamuk, ahşap, polyester, saten, seramik ve kâğıt için tekrarlanmıştır. Kan sıçratılan test grubu yüzeyleri L tipi ölçüm cetveliyle yeniden fotoğraflanmıştır (Şekil 11). Fotoğraflanan örnekler, kontrol grupları zarfın içinde olmak üzere hangi yüzey olduğu belirtilmiş hamur zarfların üzerinde kurumaya alınmıştır. Kurumaya alınan örneklerin 24 derece oda sıcaklığında 7 gün boyunca kuruması sağlanmıştır (Şekil 12).

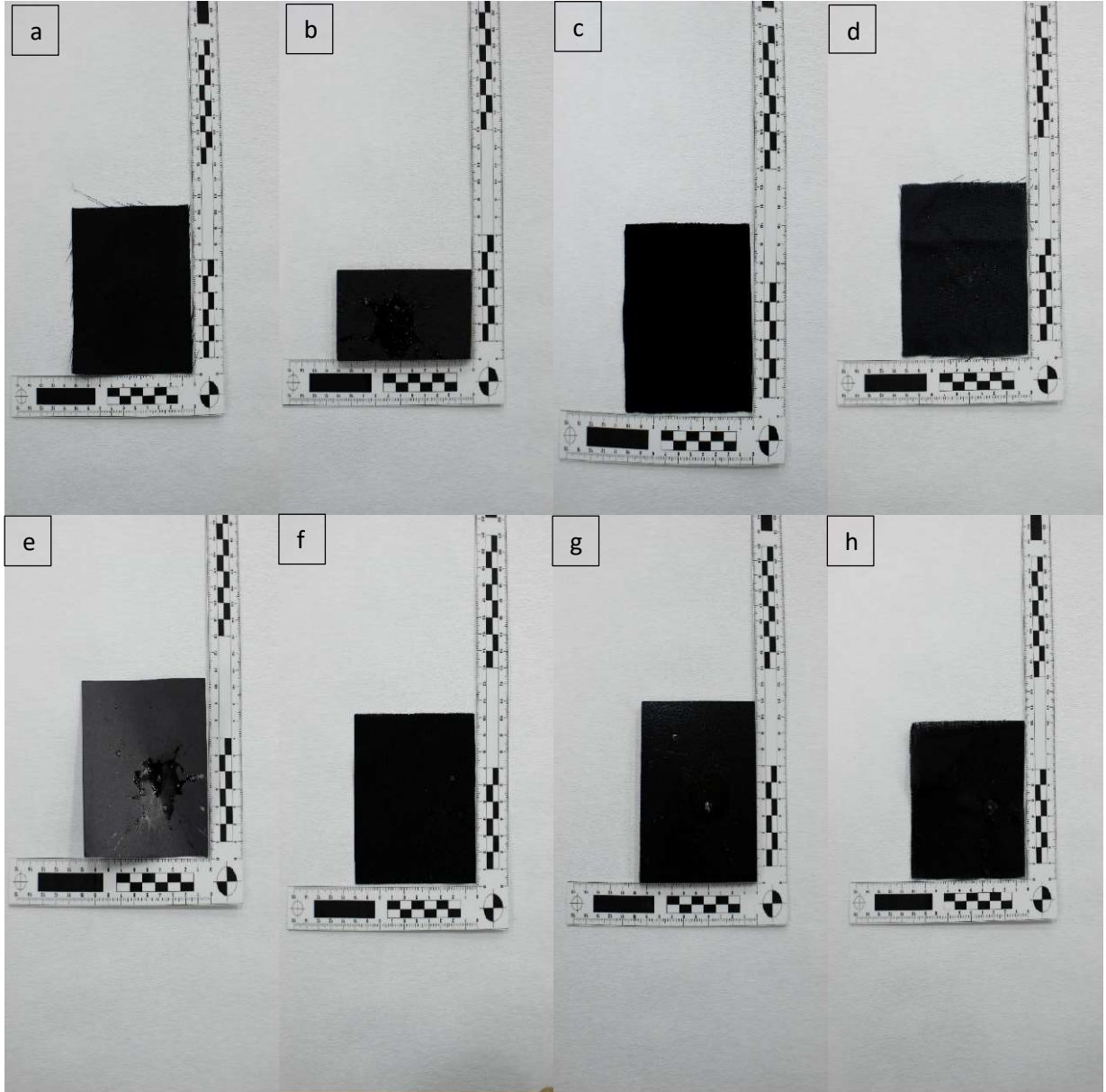


Şekil 11: (a) Kan sıçratılmış koyu renk saten kumaş. (b) Kan sıçratılmış koyu renk ahşap yüzey. (c) Kan sıçratılmış koyu renk kadife kumaş. (d) Kan sıçratılmış koyu renk keten kumaş. (e) Kan sıçratılmış koyu renk seramik yüzey. (f) Kan sıçratılmış koyu renk kâğıt yüzey. (g) Kan sıçratılmış koyu renk polyester kumaş. (h) Kan sıçratılmış koyu renk pamuk kumaş.



Şekil 12: 7 gün kurumaya bırakılan örnekler.

7 günün sonunda kurumuş olan örnekler filtre kâğıdı üzerinde L tipi ölçüm cetveli ile fotoğraflanmıştır (Şekil 13). Fotoğraflanan test ve kontrol grubu örnekleri için tarama ve görünürleştirme, spektral ve VSC analizleri uygulanmıştır. Tüm örnek hazırlama ve inceleme aşamaları odak uzunluğu 18 mm, diyafram açıklığı f/5.6, poz süresi 1/40 sn ve ISO hızı ISO-400 olan Canon EOS 550D ile fotoğraflanmıştır.



Şekil 13: (a) Kurumuş kan lekeli koyu renk saten kumaş. (b) Kurumuş kan lekeli koyu renk ahşap yüzey. (c) Kurumuş kan lekeli koyu renk kadife kumaş. (d) Kurumuş kan lekeli koyu renk keten kumaş. (e) Kurumuş kan lekeli koyu renk seramik yüzey. (f) Kurumuş kan lekeli koyu renk kâğıt yüzey. (g) Kurumuş kan lekeli koyu renk polyester kumaş. (h) Kurumuş kan lekeli koyu renk pamuk kumaş.

3.4.Tarama ve Görünürleştirme Analizleri

Kurumuş kan numuneleri bulunan yüzeyler ilk olarak Leica M60 stereo mikroskobu altında çözünürlüğü artırılarak incelenmiştir. İncelenen yüzeyler bilgisayar ortamında fotoğraflanmıştır (Şekil 14).



Şekil 14: Leica M60 Routine Stereo Microscope

3.5.Spektral Analizler

Spektral analizler için Agilent Cary 630 FTIR cihazı MicroLAB yazılımı aracılığıyla çalıştırılmıştır (Şekil 15). İlgili veriler $650-400\text{ cm}^{-1}$ orta IR bölgesinin frekans aralığında 50 tarama/sn aralığında elde edilmiş ve 4 cm^{-1} çözünürlükte spektrumlar şeklinde kaydedilmiştir. Her numune okutulmadan önce cihaz üzerinde bulunan elmas kristali %70'lik etanol ile temizlenmiştir. Cihaz kalibrasyonunun sağlanması ve yüzey bileşenlerinin göz ardı edilebilmesi için her test grubu numunesinden önce kontrol grubu numuneleri okutulmuştur. Bu sayede yüzeyler background olarak alınmıştır. Elde edilen piklerden istikrarlı sonuçlar elde etmek amacıyla her bir numune üç defa cihaza okutulmuştur. Aynı adımlar her numune için

tekrarlanmış olup, ahşap ve seramik yüzeyler için ölçüm değerleri değiştirilerek ekstra taramalar yapılmıştır. Sırasıyla okuma sayısı 100 ve 150 tarama/sn şeklinde artırılmış, yeniden okutulan ahşap ve seramik yüzeylere ait veriler de kaydedilmiştir. Tüm IR spektrumlar toplanmış, oluşan piklerin incelenmesi ve PCA yapılması için Orange 3.0 Data Mining ve SpectraGryph v1.2.16.1 yazılımları kullanılmıştır.

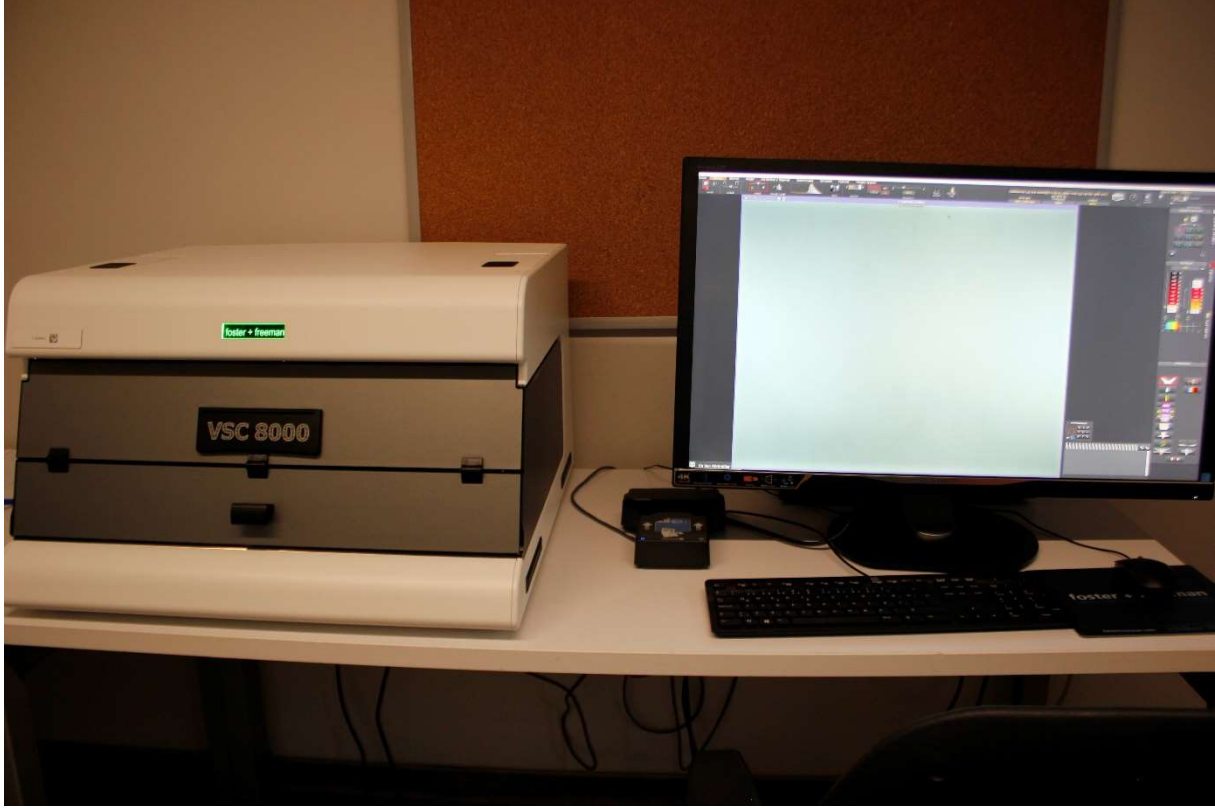


Şekil 15: Agilent Cary 630 FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)

3.6.VSC Analizleri

VSC analizleri için Foster + Freeman VSC® 8000/HS cihaz ve yazılımı çalıştırılmış, kontrol ve test grubu numuneleri cihaz içindeki görüntüleme kabinine sırayla yerleştirilmiştir (Şekil 16). Kabin yerleştirilen örnekler IR 645 nm, IR 925 nm, UV 254 nm, UV 365 nm, alttan aydınlatmalı UV 365 nm, spot floresan 400-485 nm, spot floresan 645-800 nm ve projektör görünür ışık altında incelenmiştir. İncelemelerin ardından elde edilen görüntüler bilgisayar

ortamında kaydedilmiştir. Kaydedilen görüntüler arasında birbirinden farklı olan ışıklar tercih edilerek bu çalışmada kullanılmıştır.



Şekil 16: Foster + Freeman VSC® 8000/HS.

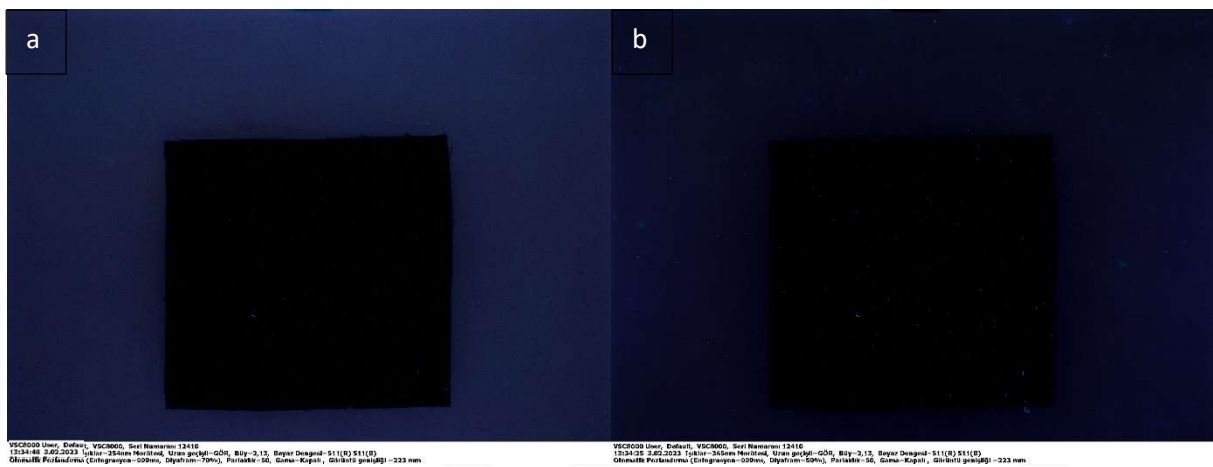
4. BULGULAR

4.1.Kontrol Gruplarının Karakterizasyonu

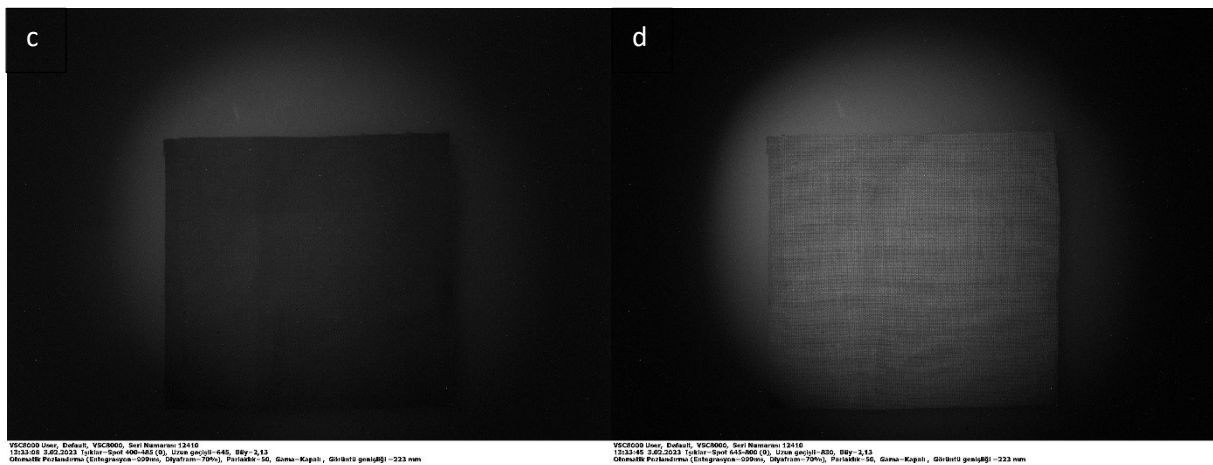
4.1.1. Kontrol Gruplarının VSC Analizi

Kan lekesi sıçratılmamış koyu renkli kontrol grubu yüzeyleri Foster + Freeman VSC® 8000/HS cihazında farklı dalga boyları aralığında incelenmiş olup herhangi bir ısıma tepkimesi gözlenmemiştir.

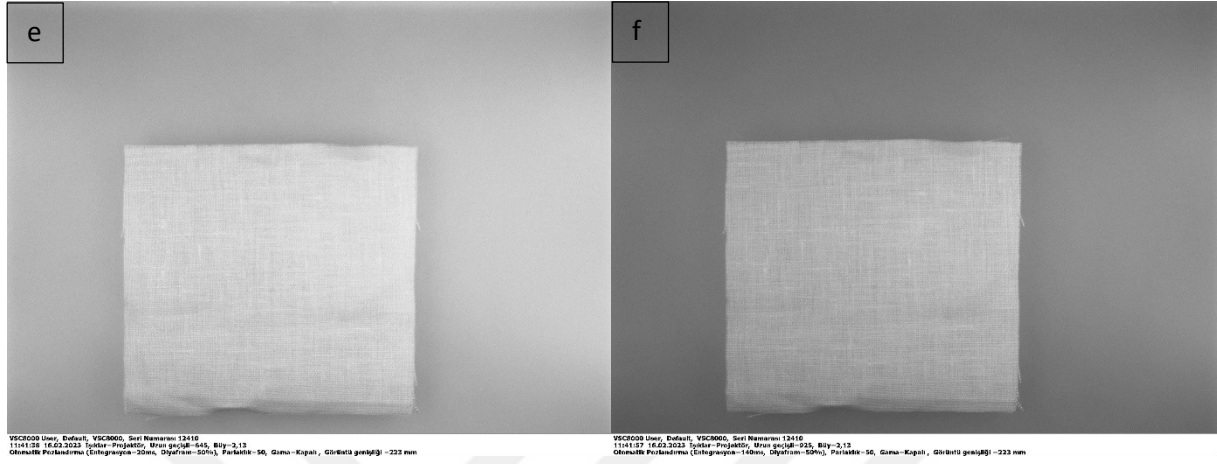
4.1.1.1.Keten



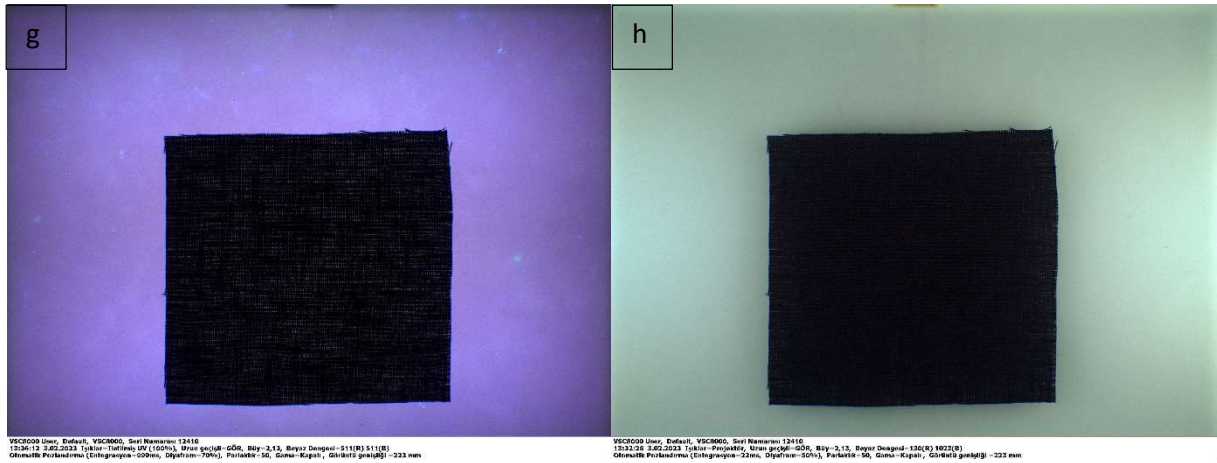
Şekil 17: (a) Koyu renkli ham keten yüzeyin UV 254 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü. (b) Koyu renkli ham keten yüzeyin UV 365 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü.



Şekil 18: (c) Koyu renkli ham keten yüzeyin spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığında VSC cihazı altındaki görüntüsü. (d) Koyu renkli ham keten yüzeyin spot floresan 645-800 nm dalga boyu aralığında VSC cihazı altındaki görüntüsü.

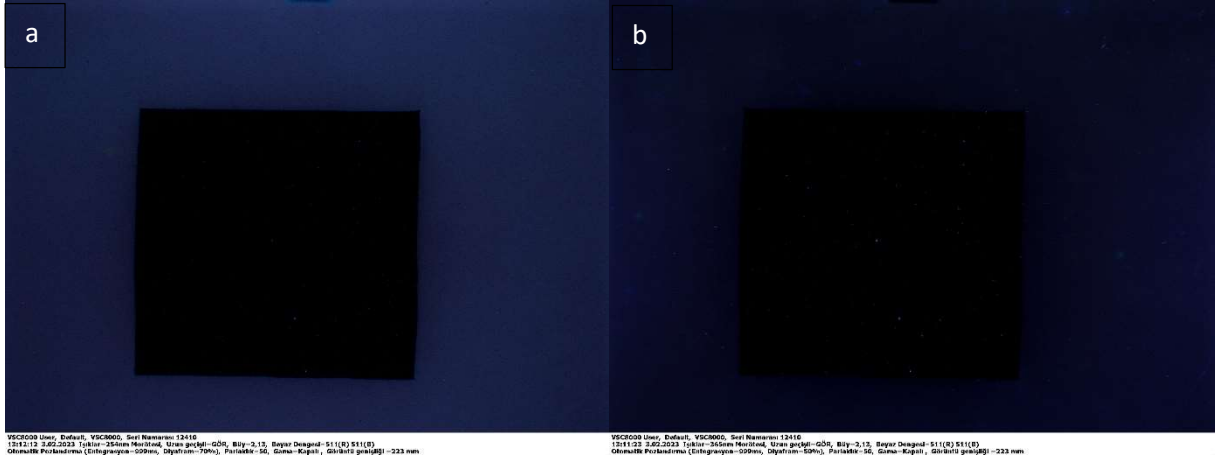


Şekil 19: (e) Koyu renkli ham keten yüzeyin spot IR 645 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (f) Koyu renkli ham keten yüzeyin IR 925 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü.

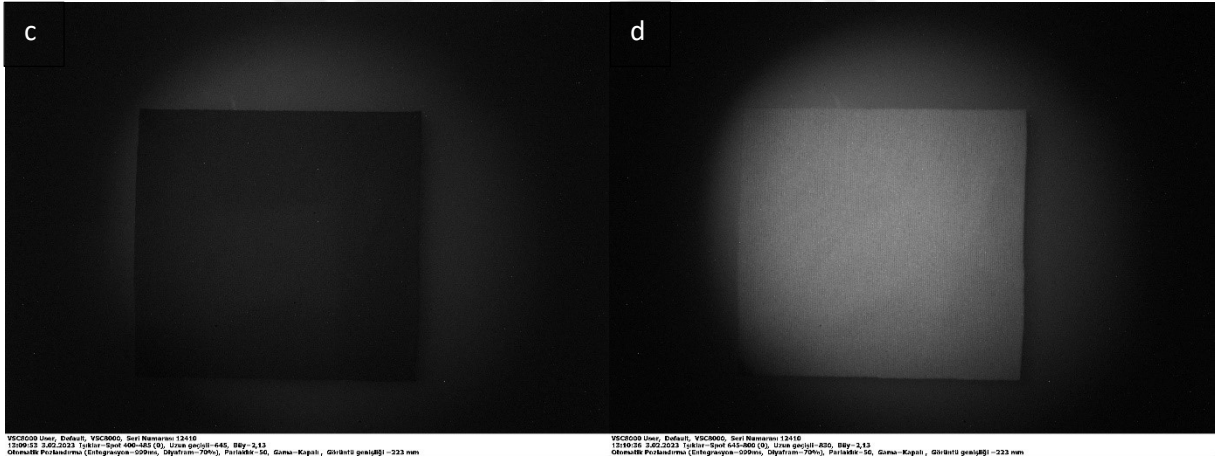


Şekil 20: (g) Koyu renkli ham keten yüzeyin alttan ışıklandırılmış UV 365 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü. (h) Koyu renkli ham keten yüzeyin görünür beyaz ışıktaki VSC cihazı altındaki görüntüsü.

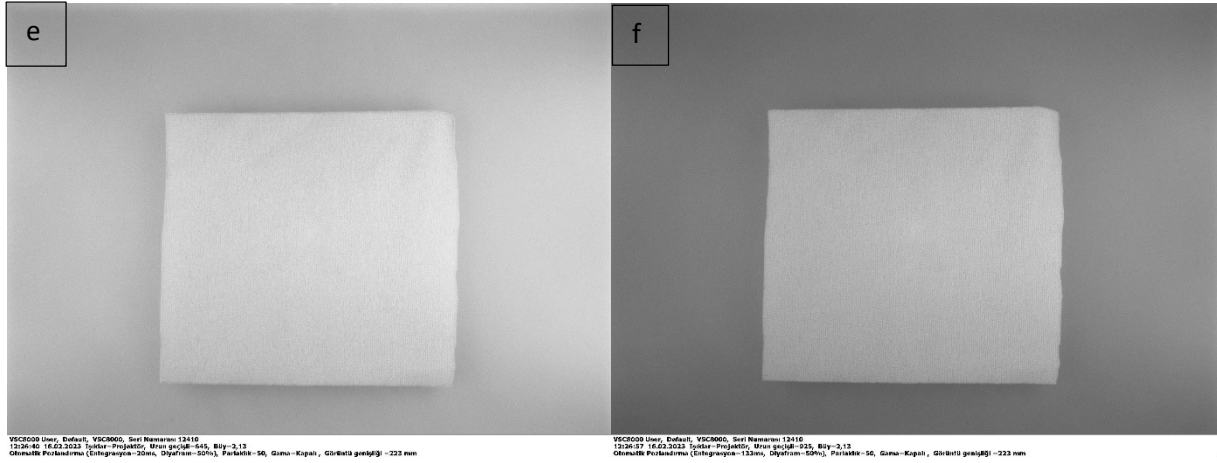
4.1.1.2. Polyester



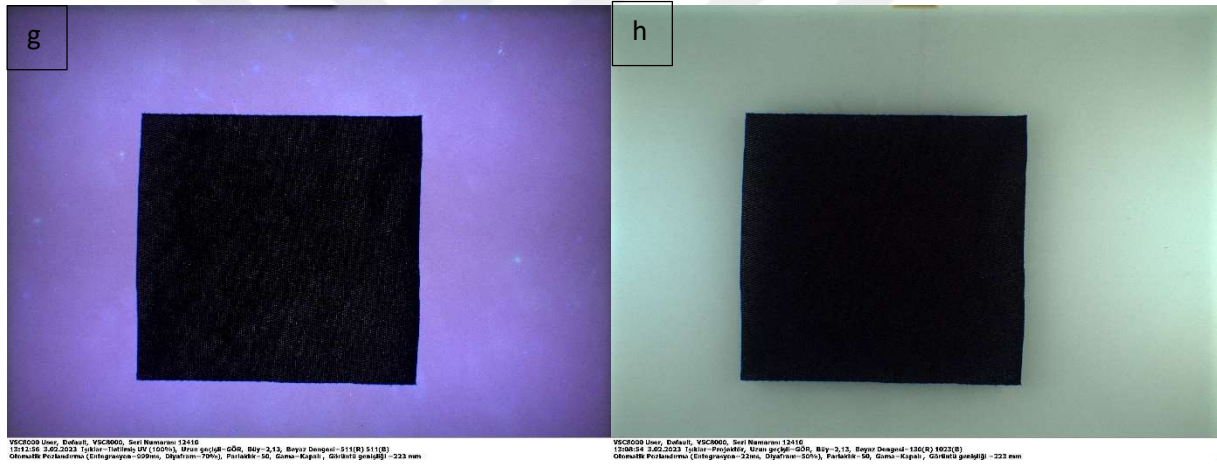
Şekil 21: (a) Koyu renkli polyester yüzeyin UV 254 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü. (b) Koyu renkli polyester yüzeyin UV 365 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü.



Şekil 22: (c) Koyu renkli polyester yüzeyin spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığında VSC cihazı altındaki görüntüsü (d) Koyu renkli polyester yüzeyin spot floresan 645-800 nm dalga boyu aralığında VSC cihazı altındaki görüntüsü.

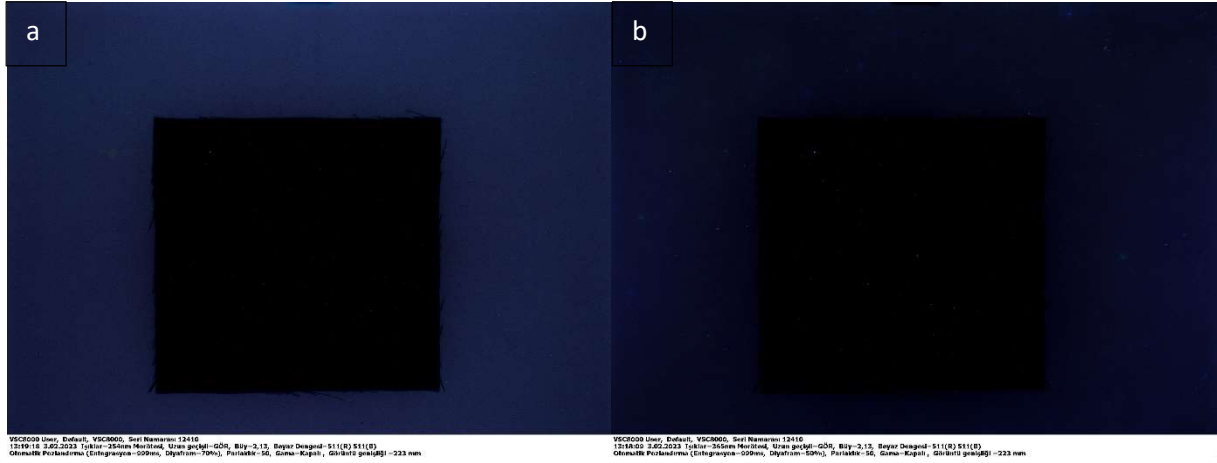


Şekil 23: (e) Koyu renkli polyester yüzeyin IR 645 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (f) Koyu renkli polyester yüzeyin IR 925 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü.

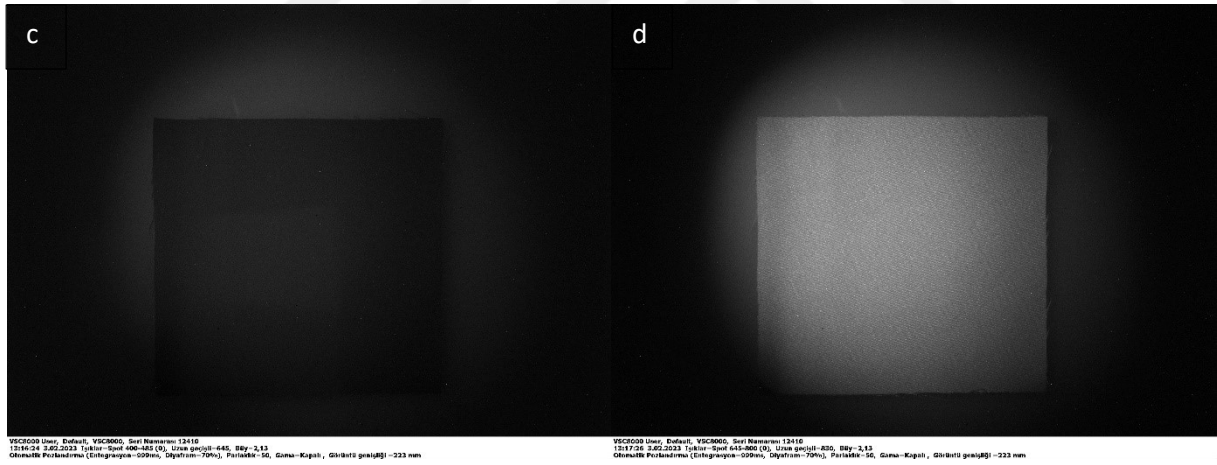


Şekil 24: (g) Koyu renkli polyester yüzeyin alttan ışıklandırılmış 365 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (h) Koyu renkli polyester yüzeyin görünür beyaz ışıktaki VSC cihazı altındaki görüntüsü.

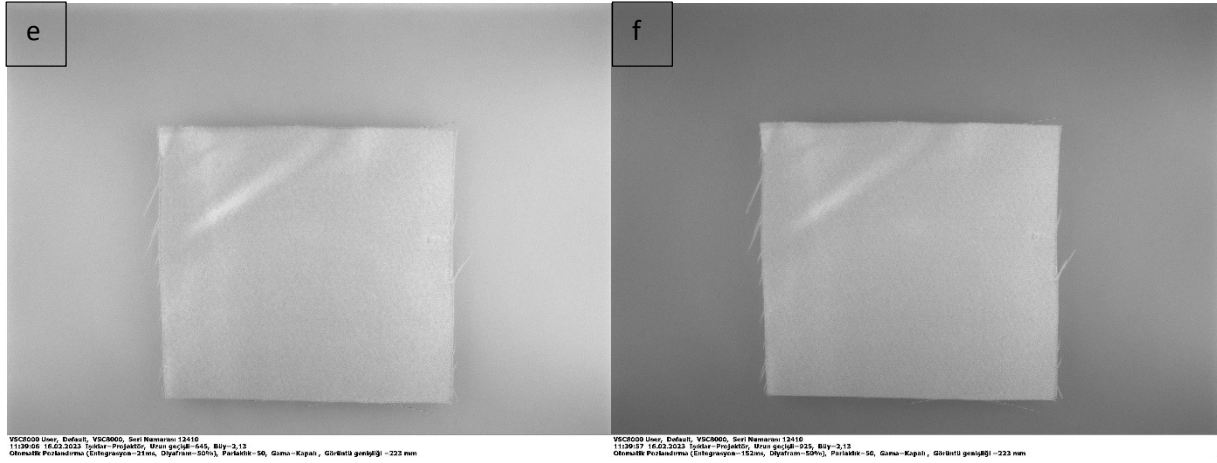
4.1.1.3.Saten



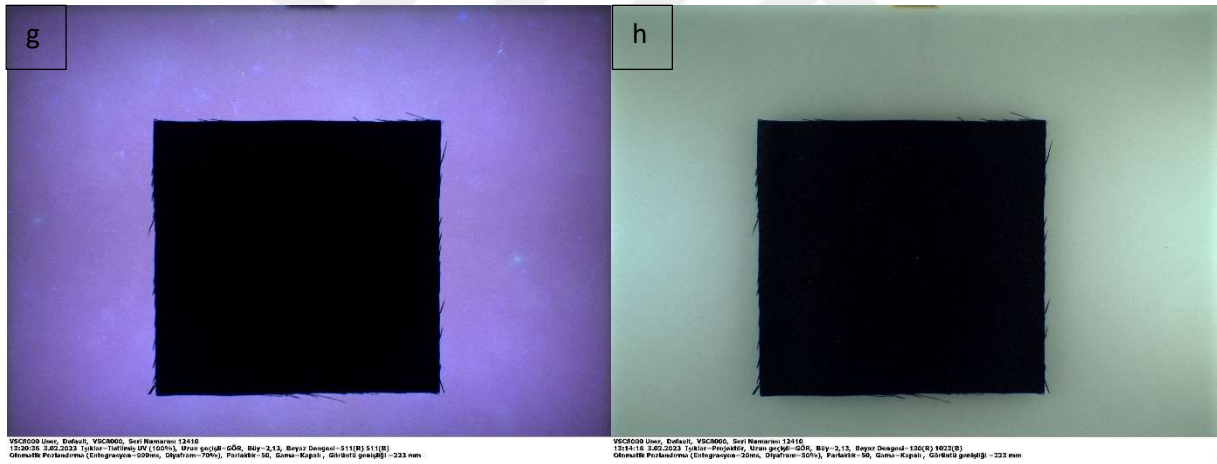
Şekil 25: (a) Koyu renkli saten yüzeyin UV 254 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (b) Koyu renkli saten yüzeyin UV 365 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü.



Şekil 26: (c) Koyu renkli saten yüzeyin spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığında VSC cihazı altındaki görüntüsü (d) Koyu renkli saten yüzeyin spot floresan 645-800 nm dalga boyu aralığında VSC cihazı altındaki görüntüsü.

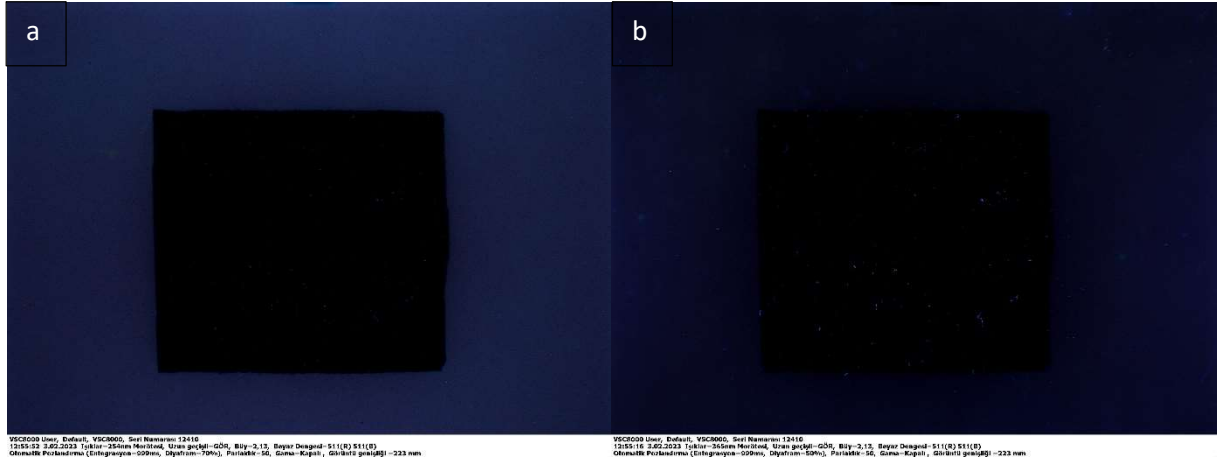


Şekil 27: (e) Koyu renkli saten yüzeyin IR 645 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (f) Koyu renkli saten yüzeyin IR 925 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü.

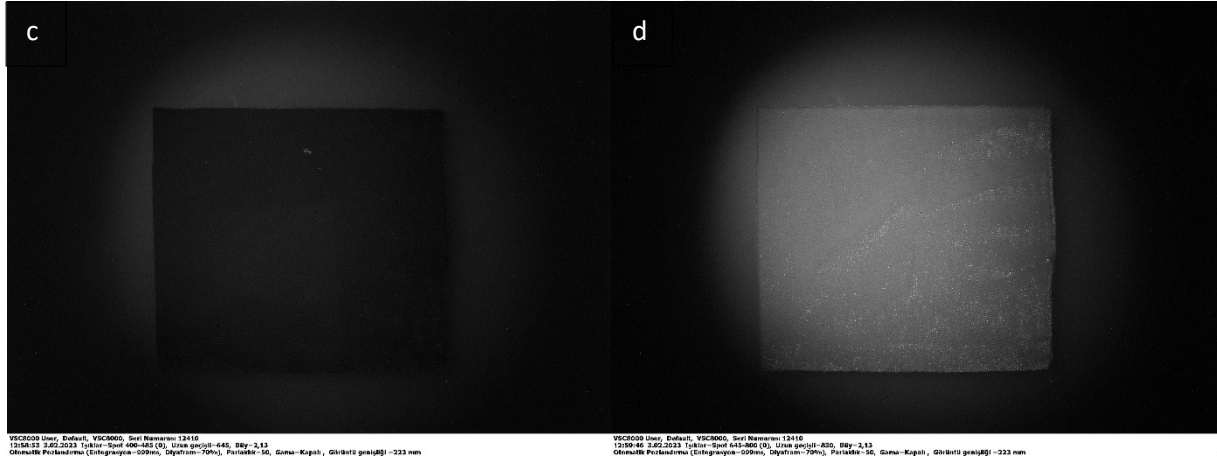


Şekil 28: (g) Koyu renkli saten yüzeyin alttan ışıklandırılmış UV 365 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (h) Koyu renkli saten yüzeyin görünür beyaz ışıktaki VSC cihazı altındaki görüntüsü.

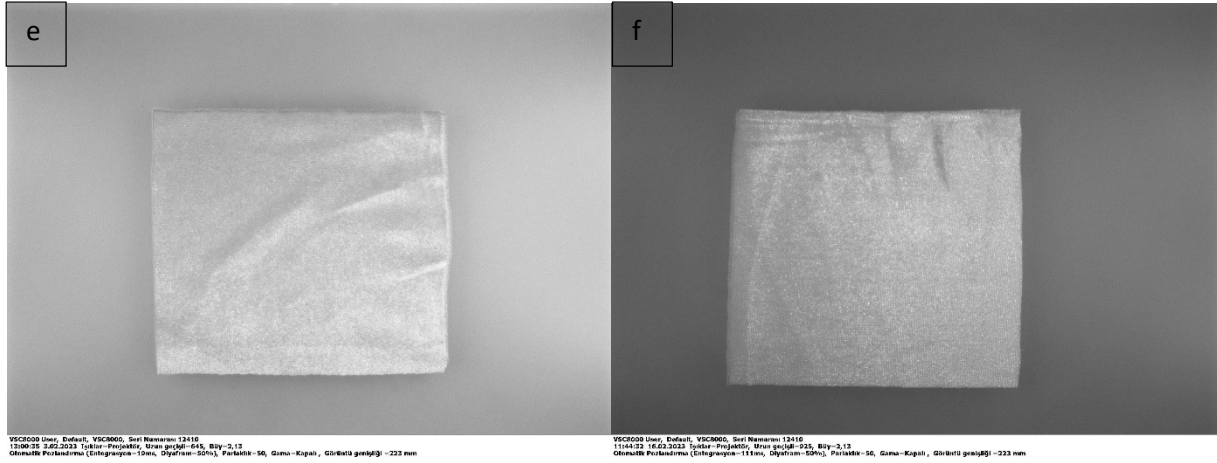
4.1.1.4.Kadife



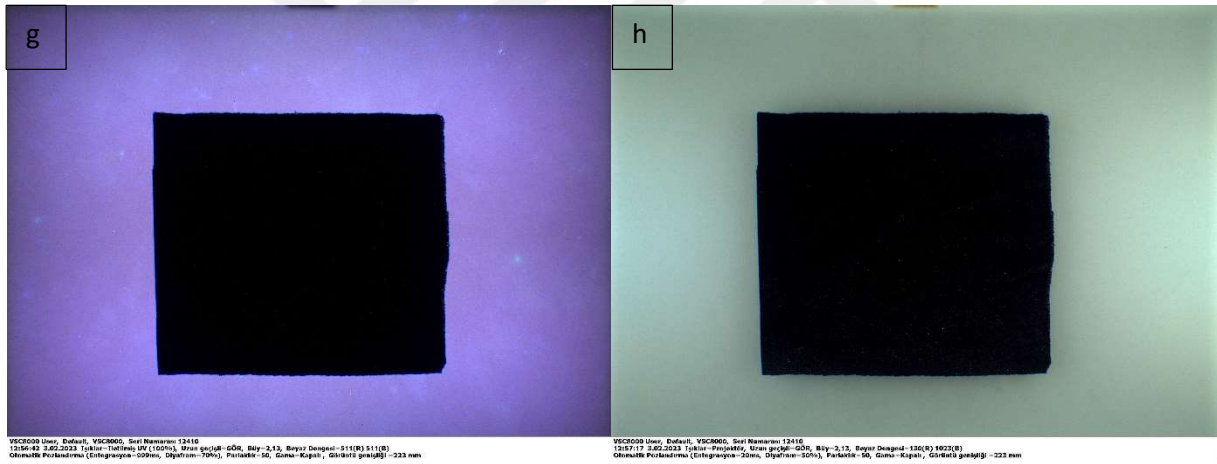
Şekil 29: (a) Koyu renkli kadife yüzeyin UV 254 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (b) Koyu renkli kadife yüzeyin UV 365 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü.



Şekil 30: (c) Koyu renkli kadife yüzeyin spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığında VSC cihazı altındaki görüntüsü (d) Koyu renkli kadife yüzeyin spot floresan 645-800 nm dalga boyu aralığında VSC cihazı altındaki görüntüsü.

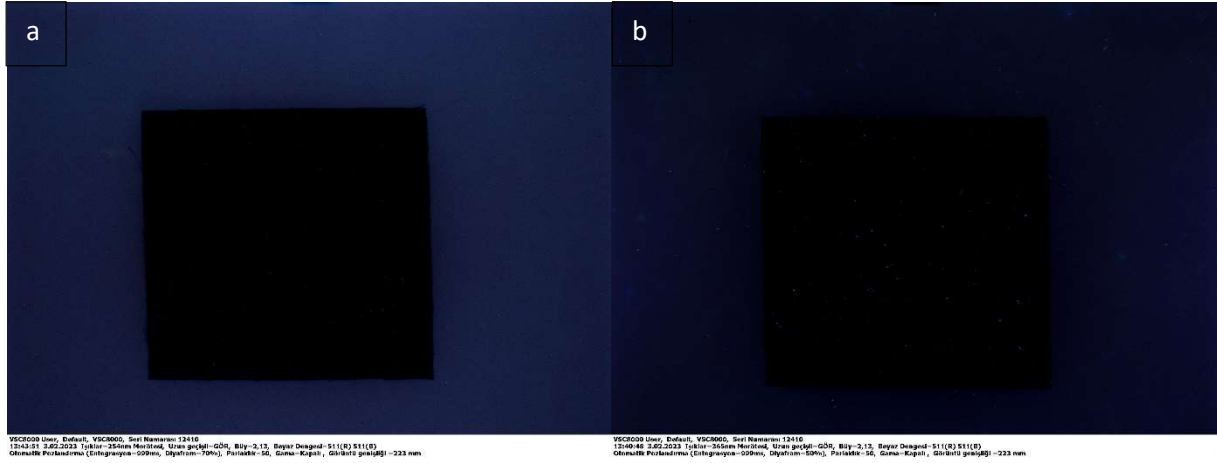


Şekil 31: (e) Koyu renkli kadife yüzeyin IR 645 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (f) Koyu renkli kadife yüzeyin IR 925 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü.

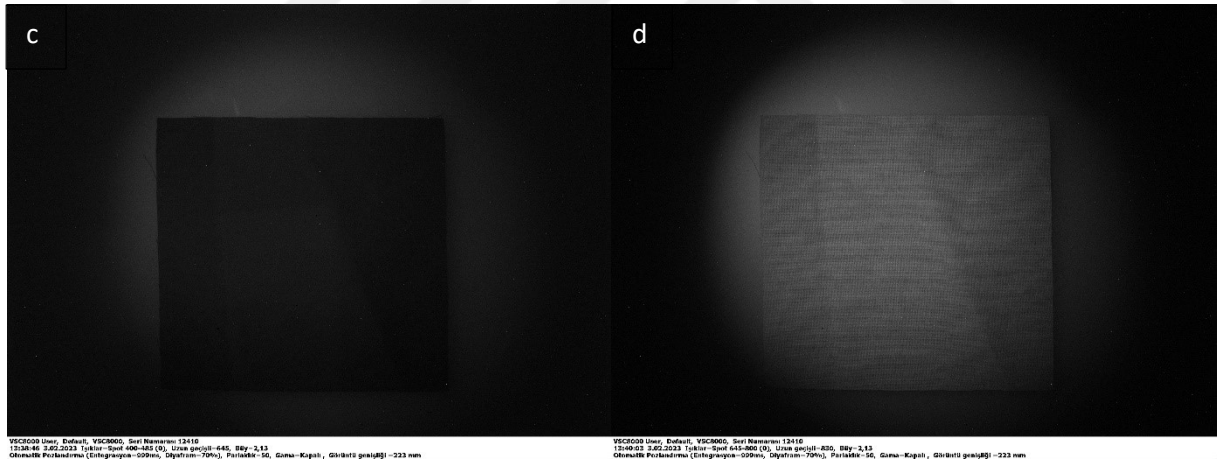


Şekil 32: (g) Koyu renkli kadife yüzeyin alttan ışıklandırılmış UV 365 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (h) Koyu renkli kadife yüzeyin görünür beyaz ışıktaki VSC cihazı altındaki görüntüsü.

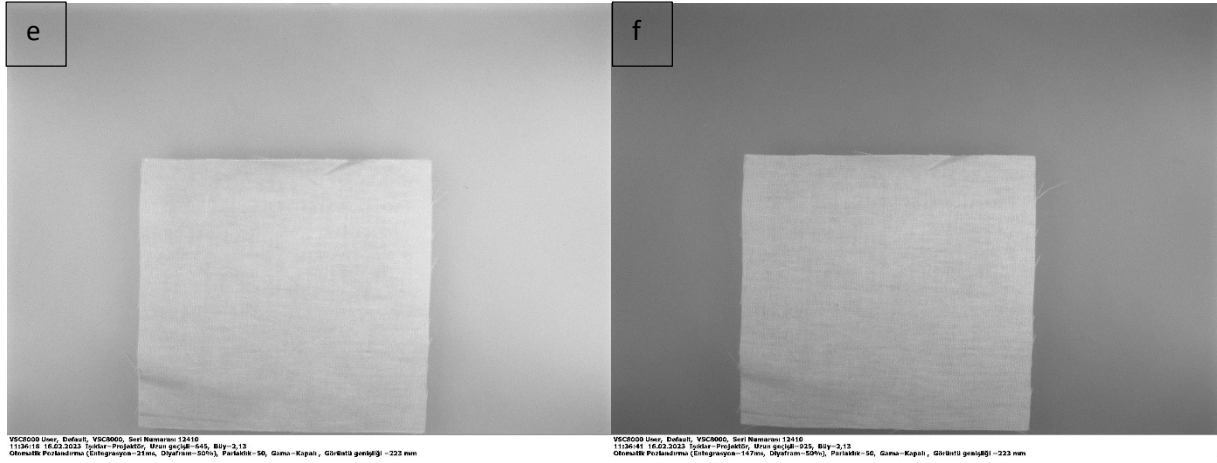
4.1.1.5.Pamuk



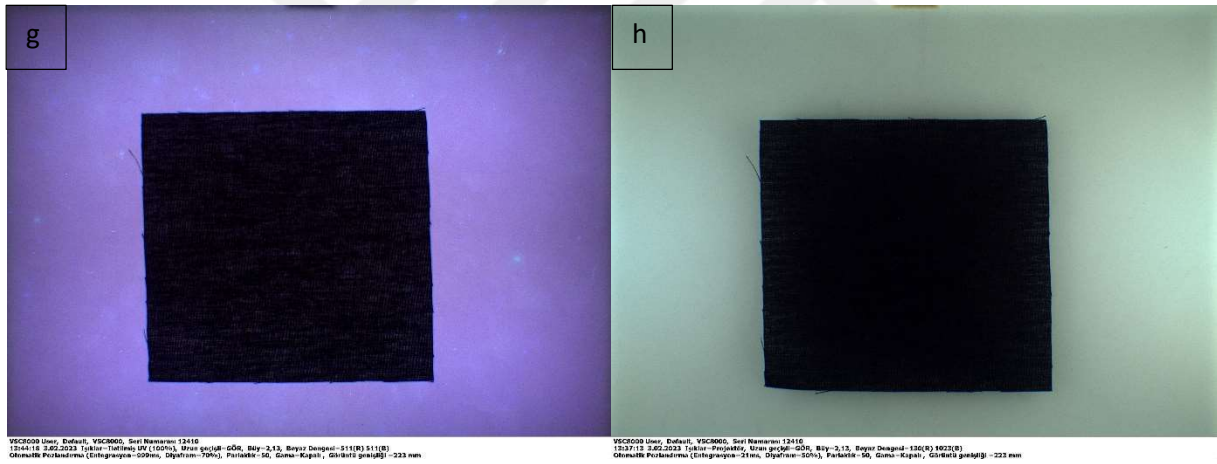
Şekil 33: (a) Koyu renkli pamuk yüzeyin UV 254 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (b) Koyu renkli pamuk yüzeyin UV 365 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü.



Şekil 34: (c) Koyu renkli pamuk yüzeyin spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığında VSC cihazı altındaki görüntüsü (d) Koyu renkli pamuk yüzeyin spot floresan 645-800 nm dalga boyu aralığında VSC cihazı altındaki görüntüsü.

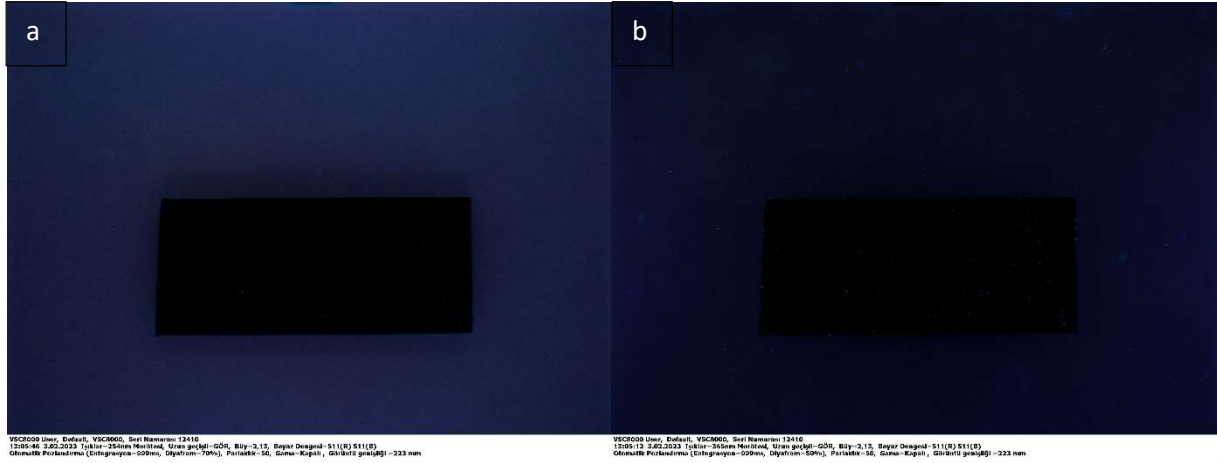


Şekil 35: (e) Koyu renkli pamuk yüzeyin IR 645 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (f) Koyu renkli pamuk yüzeyin IR 925 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü.

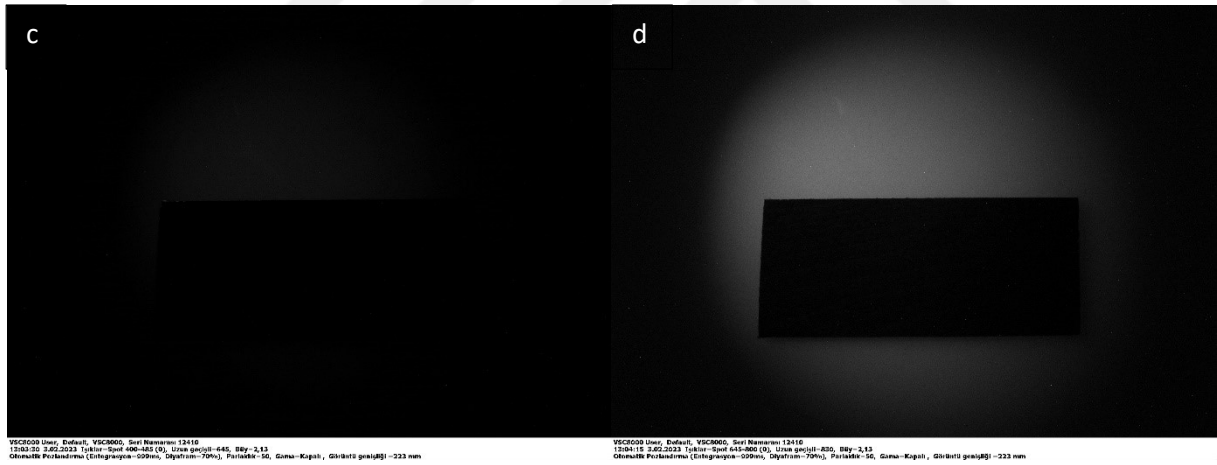


Şekil 36: (g) Koyu renkli pamuk yüzeyin alttan ışıklandırılmış UV 365 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (h) Koyu renkli pamuk yüzeyin görünür beyaz ışıktaki VSC cihazı altındaki görüntüsü.

4.1.1.6. Ahşap



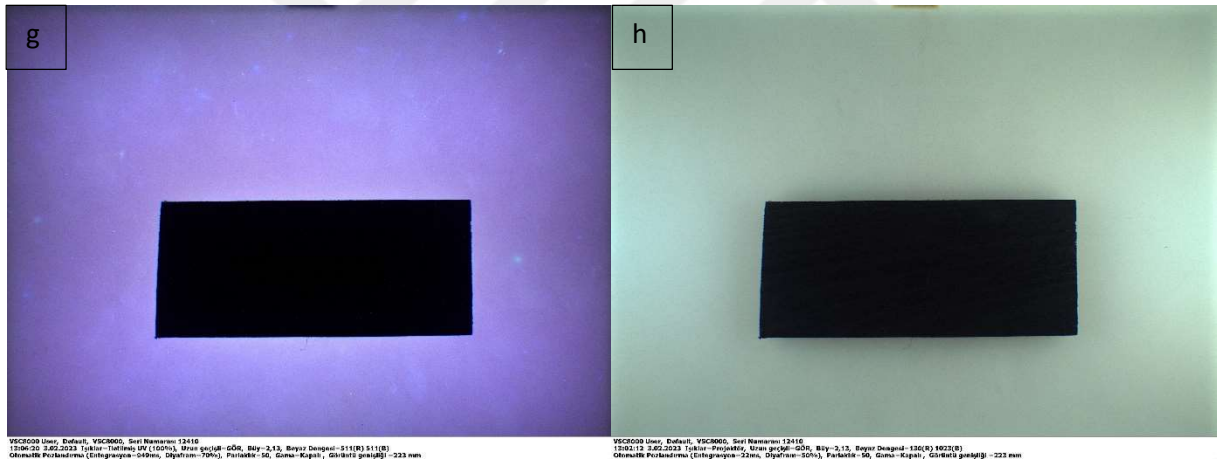
Şekil 37: (a) Koyu renkli ahşap yüzeyin UV 254 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (b) Koyu renkli ahşap yüzeyin UV 365 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü.



Şekil 38: (c) Koyu renkli ahşap yüzeyin spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığında VSC cihazı altındaki görüntüsü (d) Koyu renkli ahşap yüzeyin spot floresan 645-800 nm dalga boyu aralığında VSC cihazı altındaki görüntüsü.



Şekil 39: (e) Koyu renkli ahşap yüzeyin IR 645 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (f) Koyu renkli ahşap yüzeyin IR 925 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü.



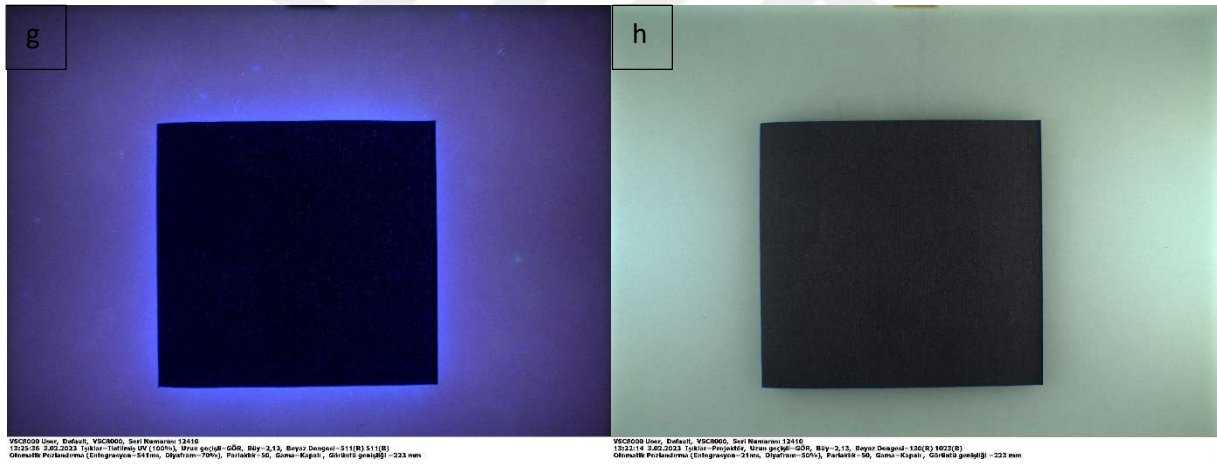
Şekil 40: (g) Koyu renkli ahşap yüzeyin alttan ışıklandırılmış UV 365 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (h) Koyu renkli ahşap yüzeyin görünür beyaz ışıktaki VSC cihazı altındaki görüntüsü.

Figure 1 consists of two panels, (a) and (b), showing the effect of a 100 nm thick layer of ZnO on the photoluminescence (PL) intensity of a GaN epilayer. Panel (a) shows the PL intensity of the GaN epilayer without the ZnO layer, and panel (b) shows the PL intensity of the GaN epilayer with the ZnO layer. Both panels show a square region of high PL intensity (red) on a dark background. The intensity in (b) is visibly higher than in (a).

Şekil 42: (c) Koyu renkli kâğıt yüzeyin spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığında VSC cihazı altındaki görüntüsü (d) Koyu renkli kâğıt yüzeyin spot floresan 645-800 nm dalga boyu aralığında VSC cihazı altındaki görüntüsü.

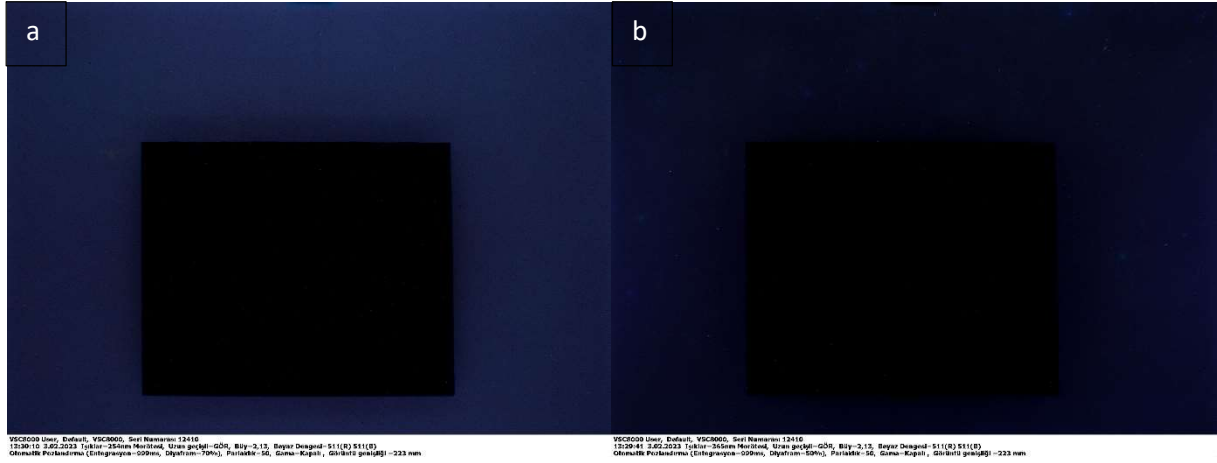


Şekil 43: (e) Koyu renkli kâğıt yüzeyin IR 645 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (f) Koyu renkli kâğıt yüzeyin IR 925 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü.

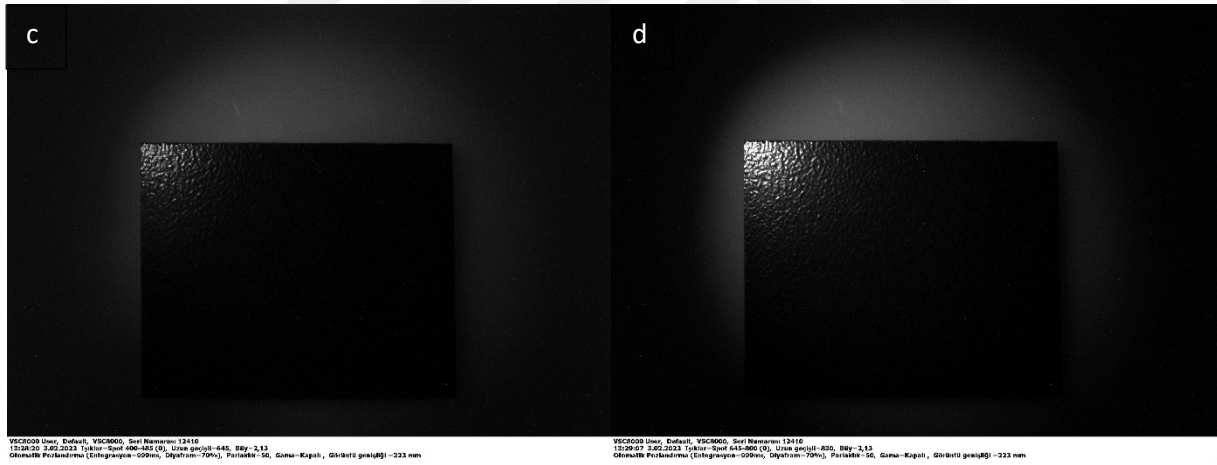


Şekil 44: (g) Koyu renkli kâğıt yüzeyin alttan ışıklandırılmış UV 365 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (h) Koyu renkli kâğıt yüzeyin görünür beyaz ışıktaki VSC cihazı altındaki görüntüsü.

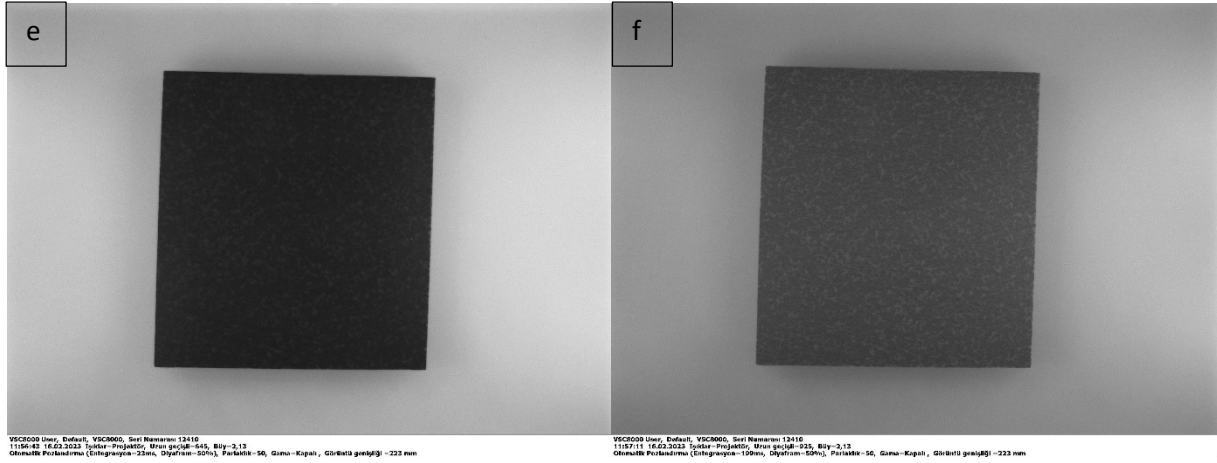
4.1.1.8.Seramik



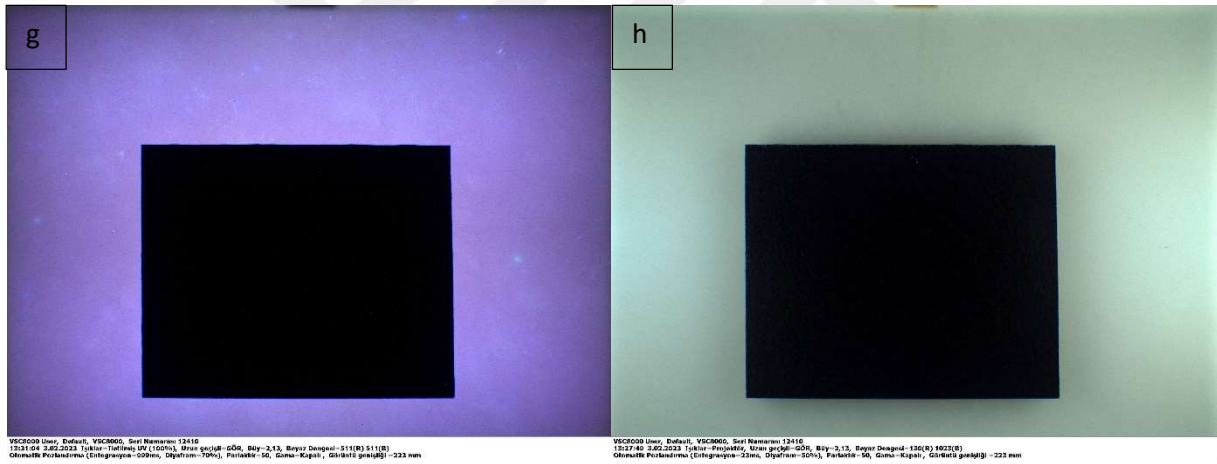
Şekil 45: (a) Koyu renkli seramik yüzeyin UV 254 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (b) Koyu renkli seramik yüzeyin UV 365 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü.



Şekil 46: (c) Koyu renkli seramik yüzeyin spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığında VSC cihazı altındaki görüntüsü (d) Koyu renkli seramik yüzeyin spot floresan 645-800 nm dalga boyu aralığında VSC cihazı altındaki görüntüsü.



Şekil 47: (e) Koyu renkli seramik yüzeyin IR 645 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (f) Koyu renkli seramik yüzeyin IR 925 nm dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü.



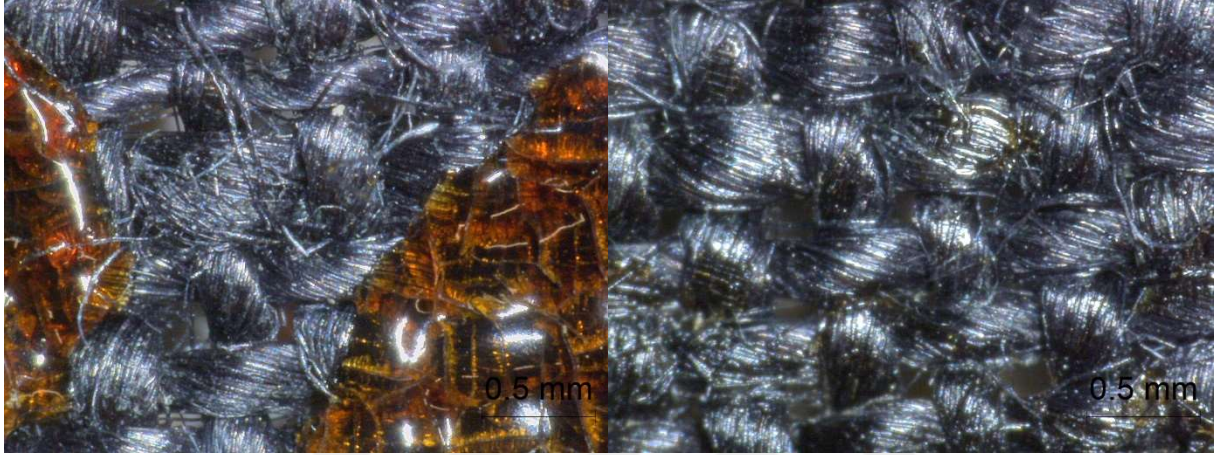
Şekil 48: (g) Koyu renkli seramik yüzeyin alttan ışıklandırılmış UV 365 dalga boyunda VSC cihazı altındaki görüntüsü (h) Koyu renkli seramik yüzeyin görünür beyaz ışıktaki VSC cihazı altındaki görüntüsü.

4.2. Test Gruplarının Karakterizasyonu

4.2.1. Test Gruplarının Yüzey Analizi

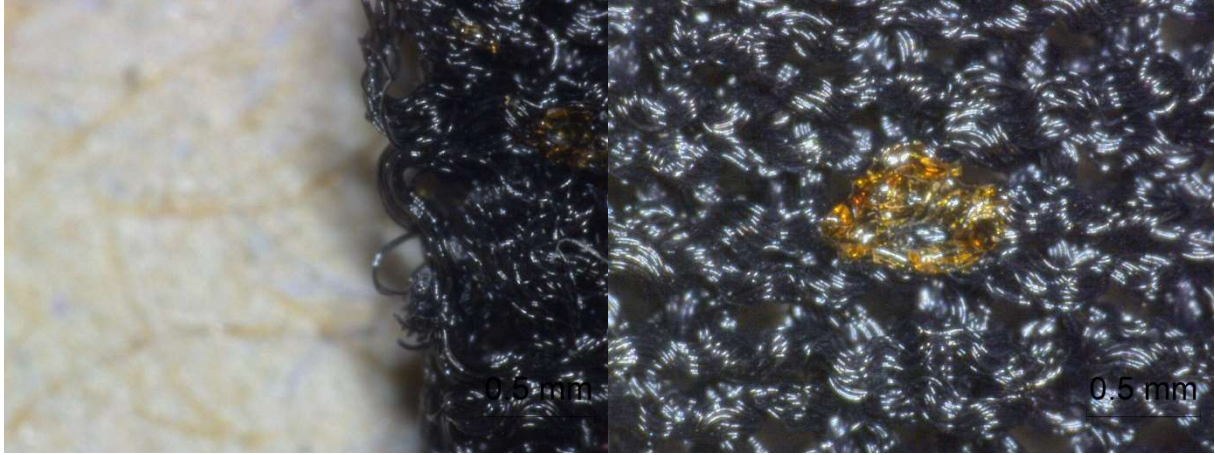
Kan lekesi sıçratılmasının ardından kuruması için beklemeye alınan koyu renkli keten, polyester, saten, kadife, pamuk, ahşap, kâğıt ve seramik yüzeylerden oluşan test grubu örnekleri 7. gününde Leica M60 stereo mikroskobu altında incelenmiştir.

Yapılan incelemelerde koyu renkli ham keten kumaşın kan lekelerini tamamen emmediği ve lifler üzerinde bir tabaka oluşturulduğu görülmüştür. Keten kumaş üzerinde kan damlalarının viskozitesini koruyarak dağılmadığı ve stereo mikroskop altında ayırt edilebilir şekilde görüntülenebildiği tespit edilmiştir.



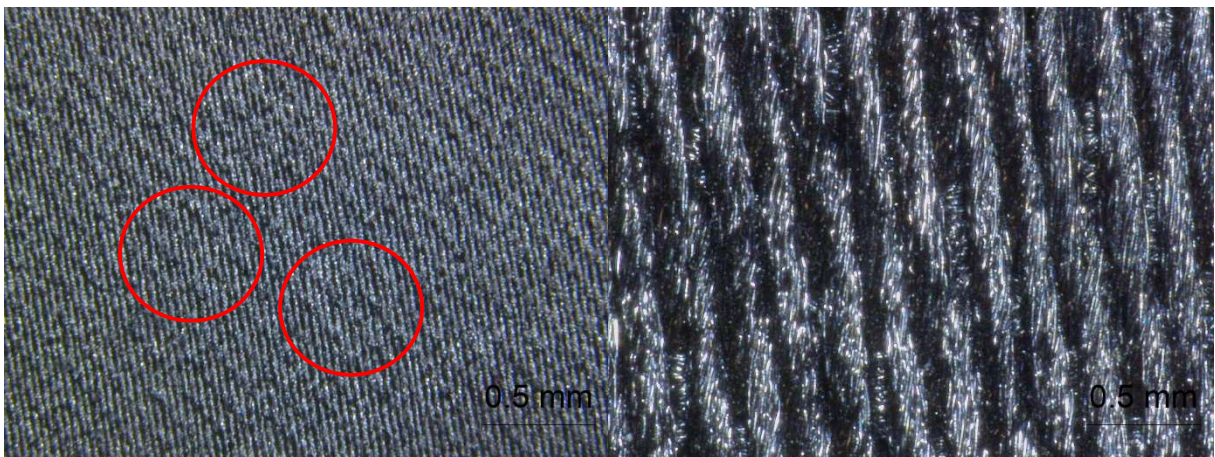
Şekil 49: Koyu renkli ham keten yüzey üzerindeki kurumuş kan lekelerinin stereo mikroskop altındaki görüntüsü.

Koyu renkli polyester kumaşın stereo mikroskop altında ışığı yansıttığı ve bundan dolayı yansıtıcı beyaz parlamalar yaptığı görülmüştür. Polyester kumaşın kan lekelerini tamamen emmediği ve lifler üzerinde bir tabaka oluşturulduğu görülmüştür. Polyester kumaş üzerinde kan damlalarının viskozitesini yüksek oranda koruyarak dağılmadığı ve stereo mikroskop altında ayırt edilebilir şekilde görüntülenebildiği tespit edilmiştir.



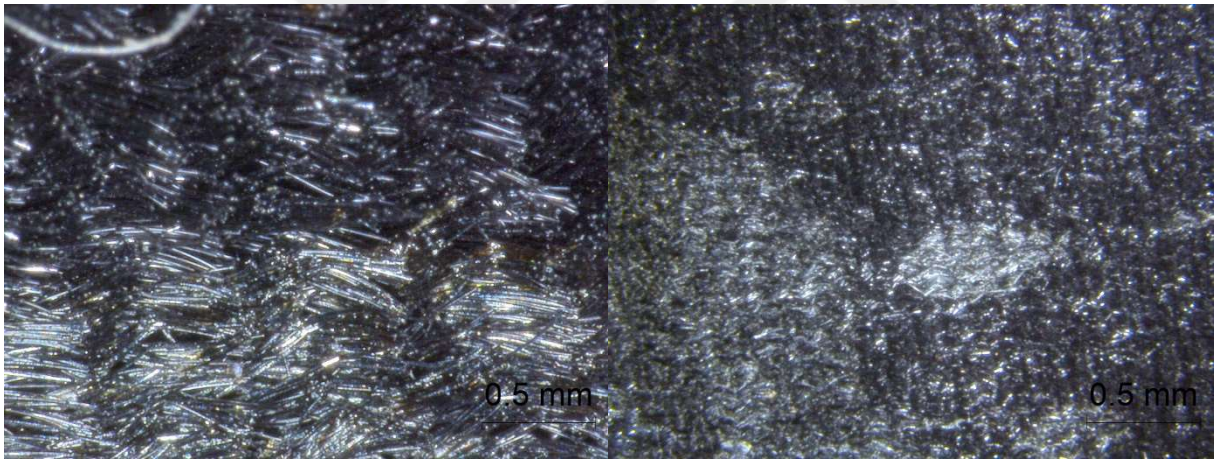
Şekil 50: Koyu renkli polyester yüzey üzerindeki kurumuş kan lekelerinin stereo mikroskop altındaki görüntüsü.

Koyu renkli saten kumaşın stereo mikroskop altında ışığı yüksek oranda yansıttığı ve bundan dolayı yansıtıcı beyaz yansımalar oluşturduğu görülmüştür. Saten kumaşın kan damlalarını tamamen emdiği ve lifler üzerinde bulunan kurumuş kan lekelerinin ayırt edilemediği tespit edilmiştir. Saten kumaşın dokumasının sık olduğu, kan damlalarının düşük viskozite gösterdiği ve stereo mikroskop altında net bir şekilde ayırt edilemediği tespit edilmiştir. Kurumuş kan lekelerinin dış çeperlerinin stereo mikroskopun ışığını az miktarda yansıttığı, bundan dolayı beyaz ışık yansımalarının ilgili bölgelerde daha fazla gözlenebilir olduğu izlenmiştir.



Şekil 51: Koyu renkli saten yüzey üzerindeki kurumuş kan lekelerinin dış çeperlerinin stereo mikroskop altındaki görüntüsü.

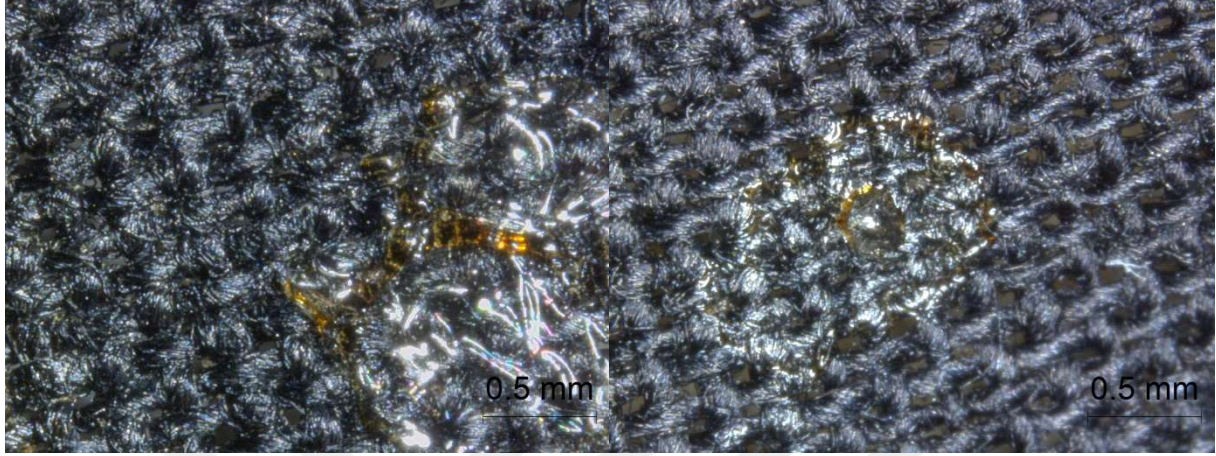
Koyu renkli kadife kumaşın stereo mikroskop altında ışığı yüksek oranda yansıttığı ve bundan dolayı yanılıcı beyaz yansımalar oluşturduğu görülmüştür. Kurumuş kan lekelerinin kadife kumaş üzerinde çıplak gözle görülememesine rağmen, stereo mikroskop altında ayırt edilebilir şekilde beyaz bir ışımaya oluşturduğu izlenmiştir. Kadife kumaşın kan damlalarını tamamen emdiği ve lifler üzerinde bulunan kurumuş kan lekelerinin ayırt edilebilir şekilde görülebildiği tespit edilmiştir. Kadife kumaşın dokumasının sık olduğu, kan damlalarının düşük viskozite göstererek dağıldığı ve stereo mikroskop altında net bir şekilde ayırt edilebildiği tespit edilmiştir.



Şekil 52: Koyu renkli kadife yüzey üzerindeki kurumuş kan lekelerinin stereo mikroskop altındaki görüntüsü.

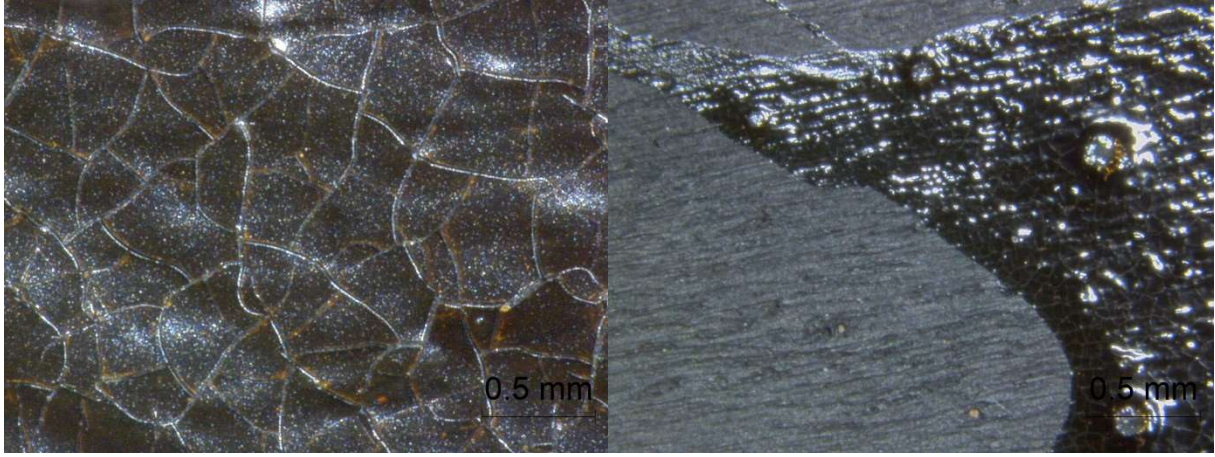
Koyu renkli pamuklu kumaşın kan damlalarını yüksek oranda emip lifleri içine hapsettiği, kuruyan kanın stereo mikroskop altında liflerde beyaz bir parlama gösterdiği ve buna ek olarak kurumuş kan lekelerinin dış çeperinin lifler üzerinde oval tabakalar oluşturarak ayırt edilebilir şekilde gözlenebildiği tespit edilmiştir. Pamuklu kumaşın dokumasında boşluklar olduğu, kan

damlalarının dış çeperleri hariç düşük viskozite göstererek yayıldığı ve stereo mikroskop altında net bir şekilde ayırt edilebildiği tespit edilmiştir.



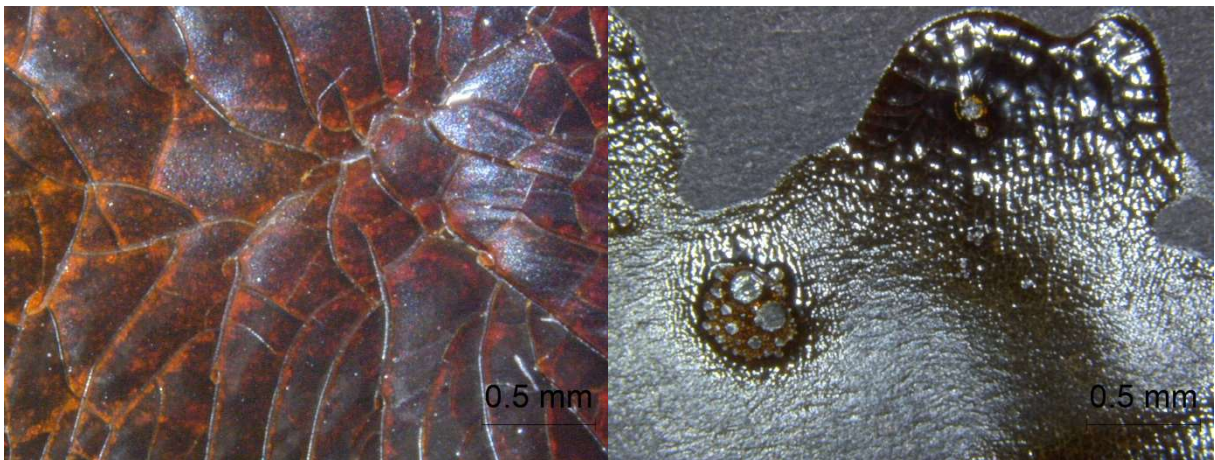
Şekil 53: Koyu renkli pamuklu yüzey üzerindeki kurumuş kan lekelerinin stereo mikroskop altındaki görüntüsü.

Koyu renkli ahşap yüzeyin kan damlalarını emmediği ve ahşap yüzey üzerinde keskin bir şekilde ayırt edilerek stereo mikroskop altında gözlenebildiği tespit edilmiştir. Kan damlalarının sıçratıldıktan sonra yayıldığı ve kurumuş kan lekeleri üzerinde birbirini takip eden kırılmalar olduğu görülmüştür. Kullanılan ahşabın yüzey sertliğinden dolayı sıçratılan kanın bazı noktalarda hava kabarcıkları oluşturduğu ve kanın bu kabarcıklarla birlikte kuruyarak ilgili lekeleri meydana getirdiği tespit edilmiştir.



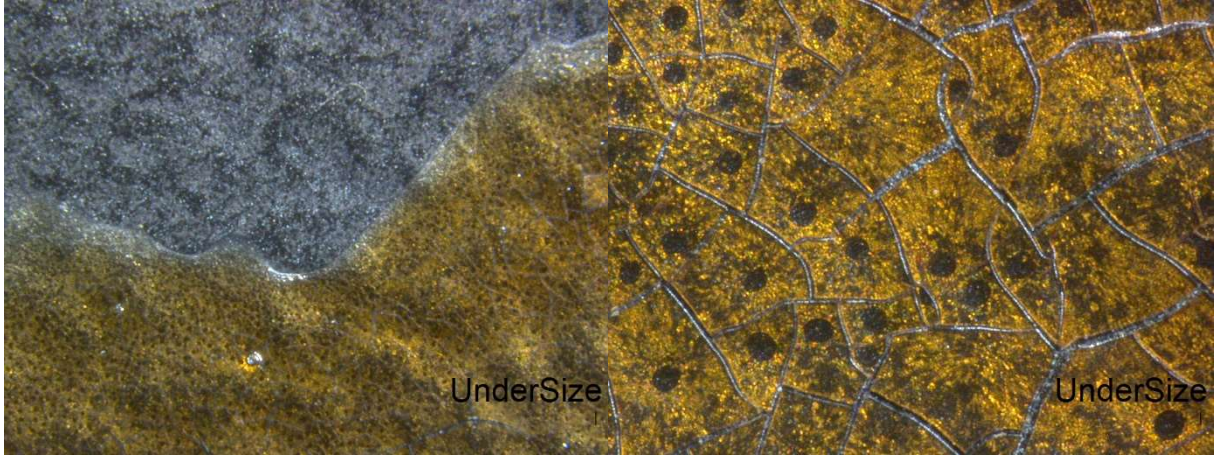
Şekil 54: Koyu renkli ahşap yüzey üzerindeki kurumuş kan lekelerinin stereo mikroskop altındaki görüntüsü.

Koyu renkli kâğıt yüzeyin kan damlalarını emmediği ve kurumuş bu kan lekelerinin kâğıt yüzey üzerinde hem sınırları hem de koyu kırmızı rengiyle keskin bir şekilde ayırt edilerek stereo mikroskop altında gözlenebildiği tespit edilmiştir. Kan damlalarının sıçratıldıktan sonra yayıldığı ve kurumuş kan lekeleri üzerinde birbirini takip eden kırılmalar oluşturduğu görülmüştür. Kullanılan kâğıdın yüzey sertliğinden dolayı sıçratılan kanın bazı noktalarda hava kabarcıkları oluşturduğu ve kanın bu kabarcıklarla birlikte kuruyarak ilgili lekeleri meydana getirdiği tespit edilmiştir.



Şekil 55: Koyu renkli kâğıt yüzey üzerindeki kurumuş kan lekelerinin stereo mikroskop altındaki görüntüsü.

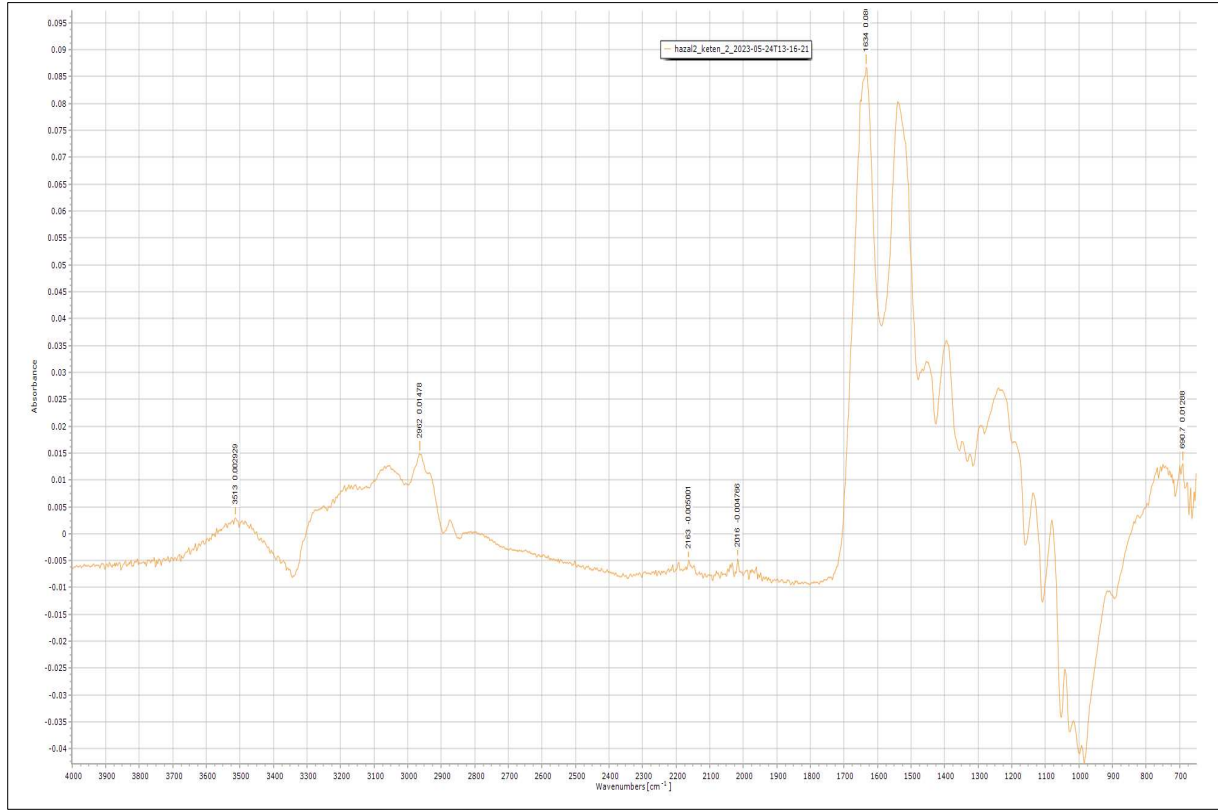
Koyu renkli seramik yüzeyin kan damlalarını emmediği ve kurumuş bu kan lekelerinin seramik yüzey üzerinde net bir şekilde ayırt edilerek stereo mikroskop altında gözlenebildiği tespit edilmiştir. Kan damlalarının sıçratıldıktan sonra yayıldığı ve kurumuş kan lekeleri üzerinde birbirini takip eden kırılmalar oluşturduğu, oluşan her bir kırığın içinde merkeze yakın kurumuş kan birikintisi noktalarının bulunduğu görülmüştür. Kullanılan seramiğin yüzey sertliği ve kayganlığından dolayı sıçratılan kanın bazı noktalarda hava kabarcıkları oluşturduğu ve kanın bu kabarcıklarla birlikte kuruyarak ilgili lekeleri meydana getirdiği tespit edilmiştir.



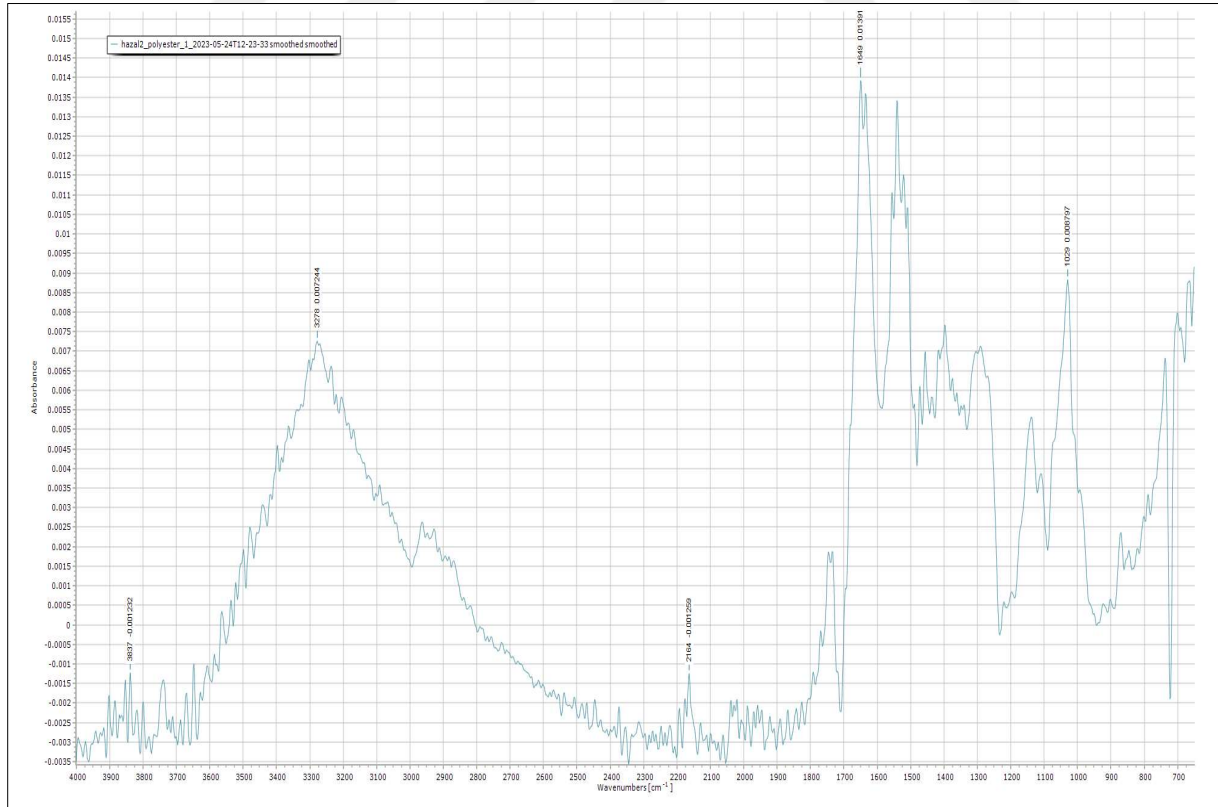
Şekil 56: Koyu renkli seramik yüzey üzerindeki kurumuş kan lekelerinin stereo mikroskop altındaki görüntüsü.

4.2.2. Test Gruplarının Spektral Analizi

Koyu renkli keten, polyester, saten, kadife, pamuk, ahşap, kâğıt ve seramik yüzeylerden oluşan test grubu örnekleri 7. gününde FTIR kullanılarak incelenmiştir. İncelenen yüzeylere ait spektrum grafikleri aşağıda yer almaktadır.



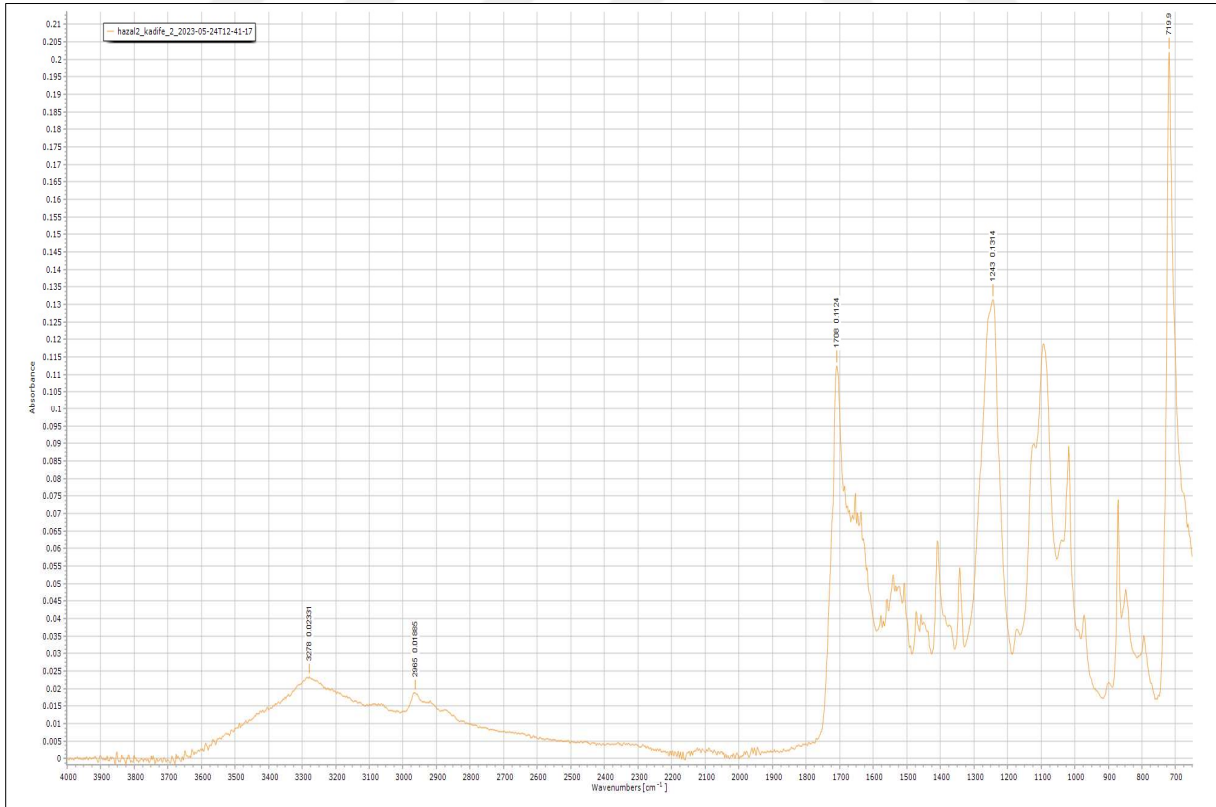
Şekil 57: Kurumuş kan lekesi bulunan keten yüzeyin spektrum grafiği.



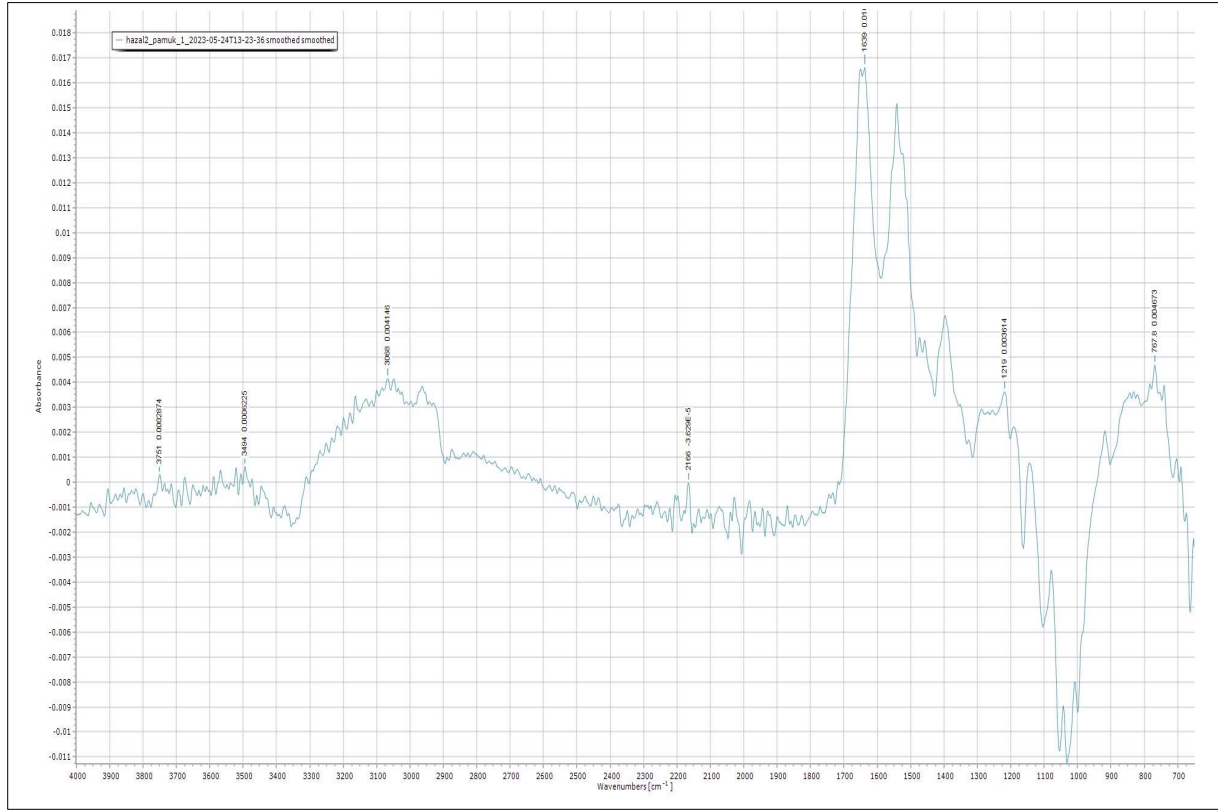
Şekil 58: Kurumuş kan lekesi bulunan polyester yüzeyin spektrum grafiği.



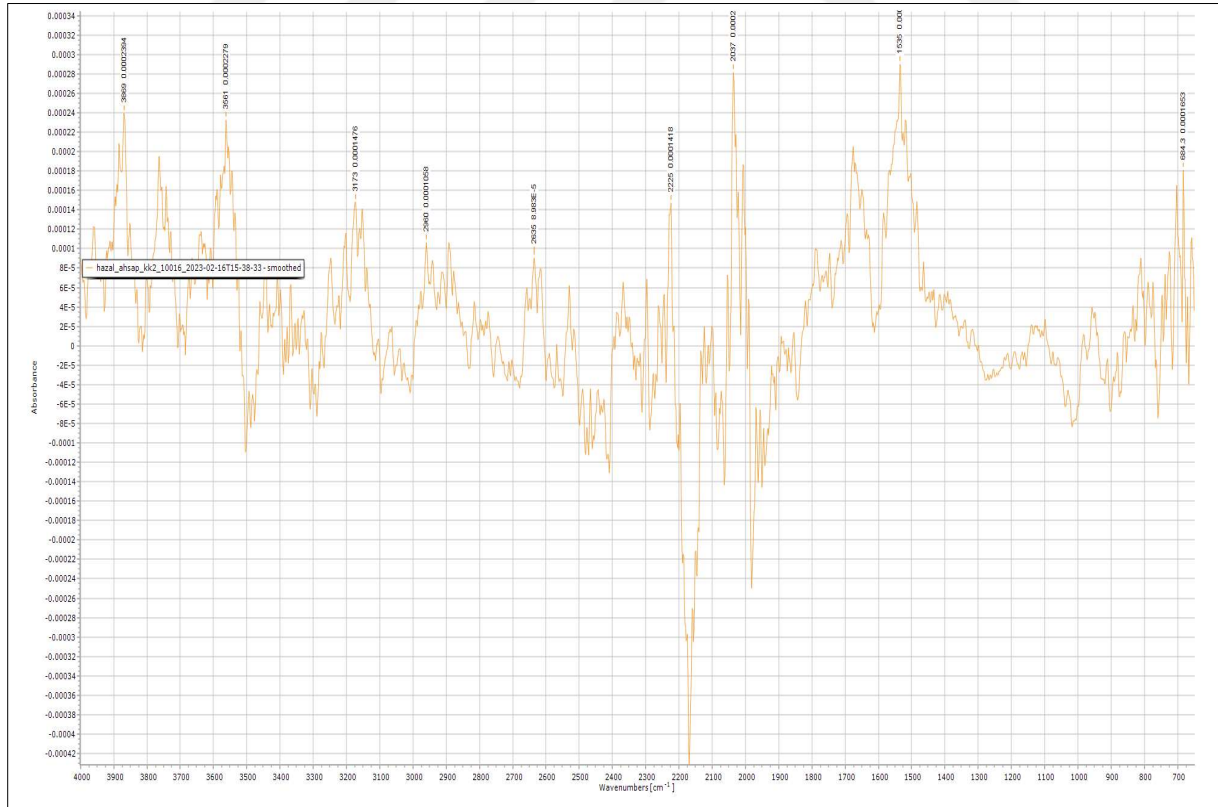
Şekil 59: Kurumuş kan lekesi bulunan saten yüzeyin spektrum grafiği.



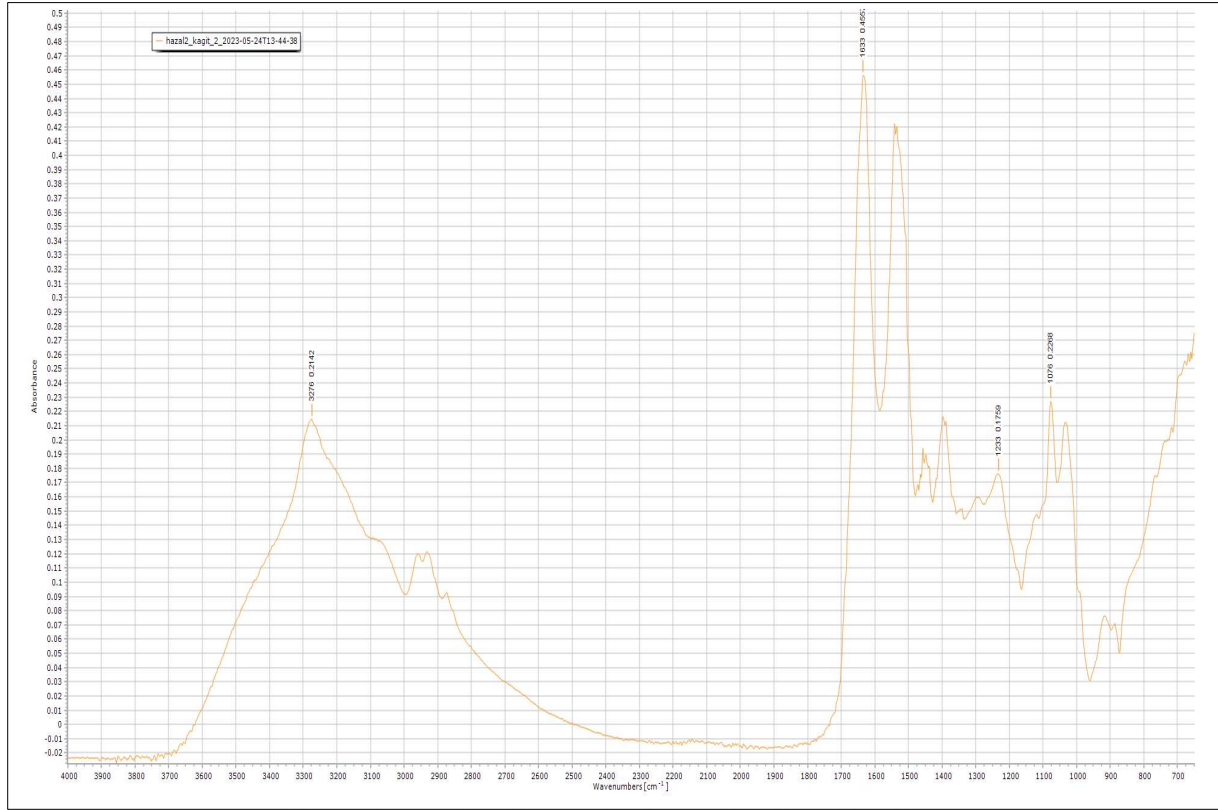
Şekil 60: Kurumuş kan lekesi bulunan kadife yüzeyin spektrum grafiği.



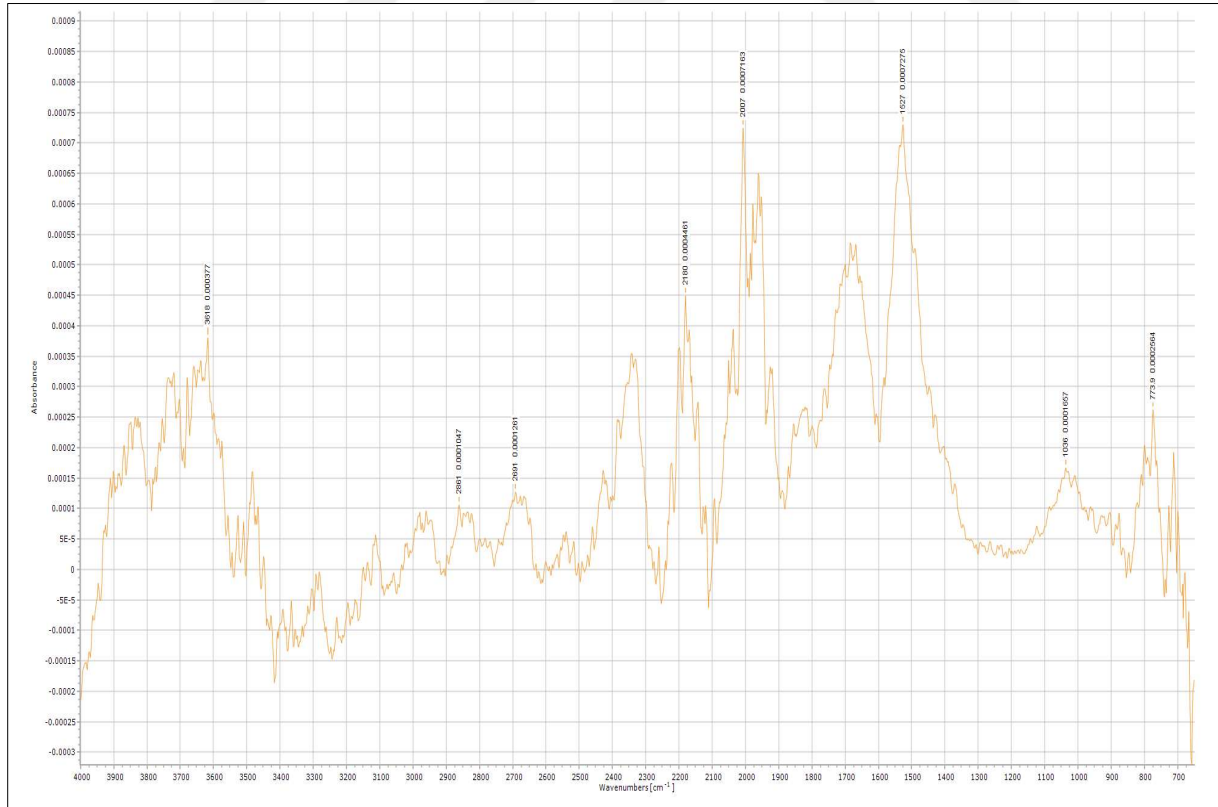
Şekil 61: Kurumuş kan lekesi bulunan pamuk yüzeyin spektrum grafiği.



Şekil 62: Kurumuş kan lekesi bulunan ahşap yüzeyin spektrum grafiği.



Şekil 63: Kurumuş kan lekesi bulunan kâğıt yüzeyin spektrum grafiği.



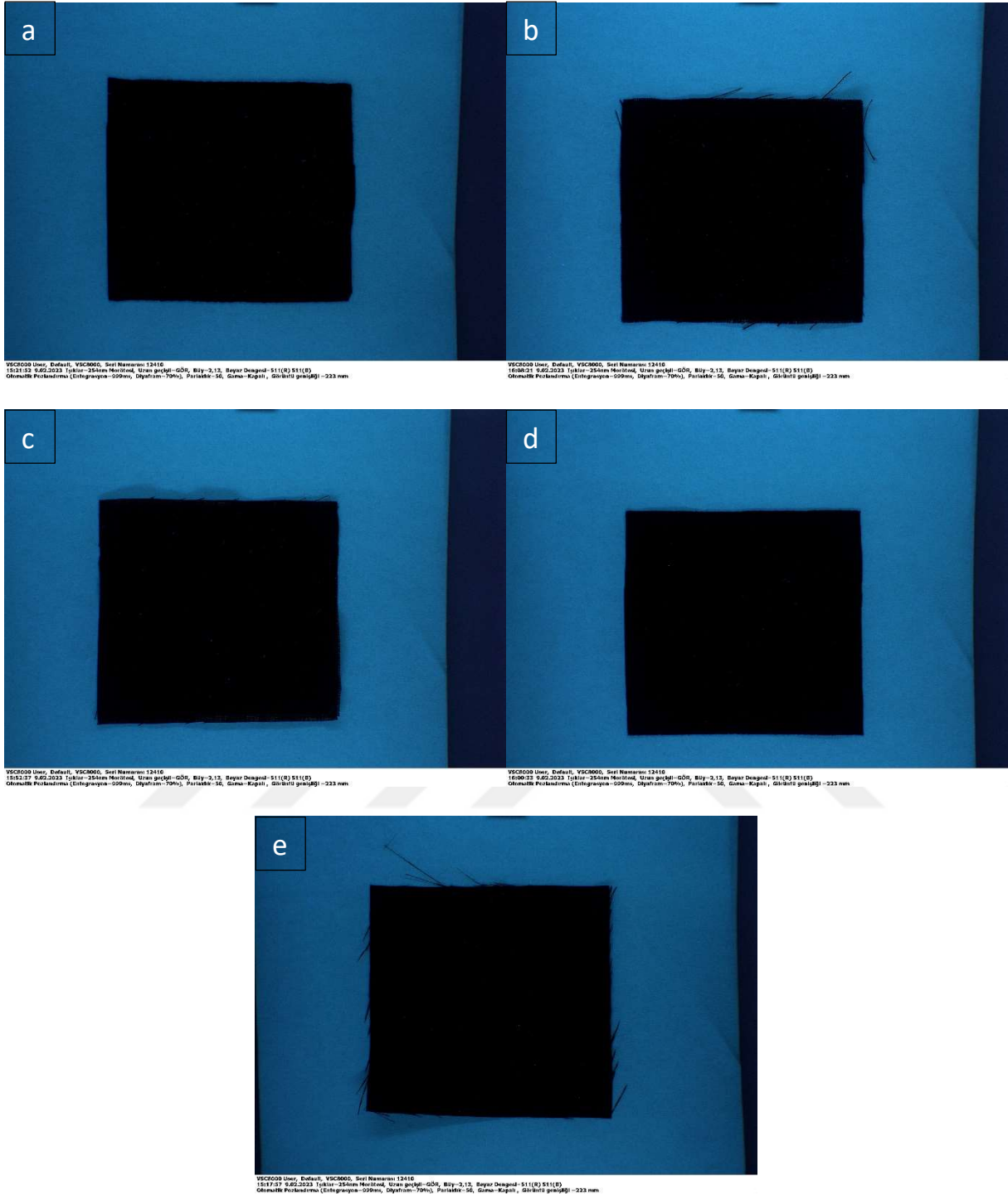
Şekil 64: Kurumuş kan lekesi bulunan seramik yüzeyin spektrum grafiği.

4.2.3. Test Gruplarının VSC Analizi

Test grubu olarak kullanılan 8 farklı koyu renkli yüzey VSC cihazı altında 5 farklı dalga boyu ve ışık aracılığıyla incelenmiştir.

4.2.3.1. UV 254 nm Dalga Boyunda Görünüm

Test grubu olan ahşap, kadife, kâğıt, keten, pamuk, polyester, saten ve seramik UV 254 nm dalga boyu altında incelenmiştir. Yapılan incelemelerde kadife, keten, pamuk, polyester ve saten yüzeylerde herhangi bir ışıma görülmemiş, kurumuş kan lekelerinin varlığı tespit edilememiştir (Şekil 65). Kumaş yüzeylerin tamamında negatif sonuç alınırken ahşap, kâğıt ve seramik gibi emici olmayan ya da emicilik özelliği az bulunan sert yüzeylerde kurumuş kan lekelerinin varlığı tespit edilebilmiştir (Şekil 66-68).



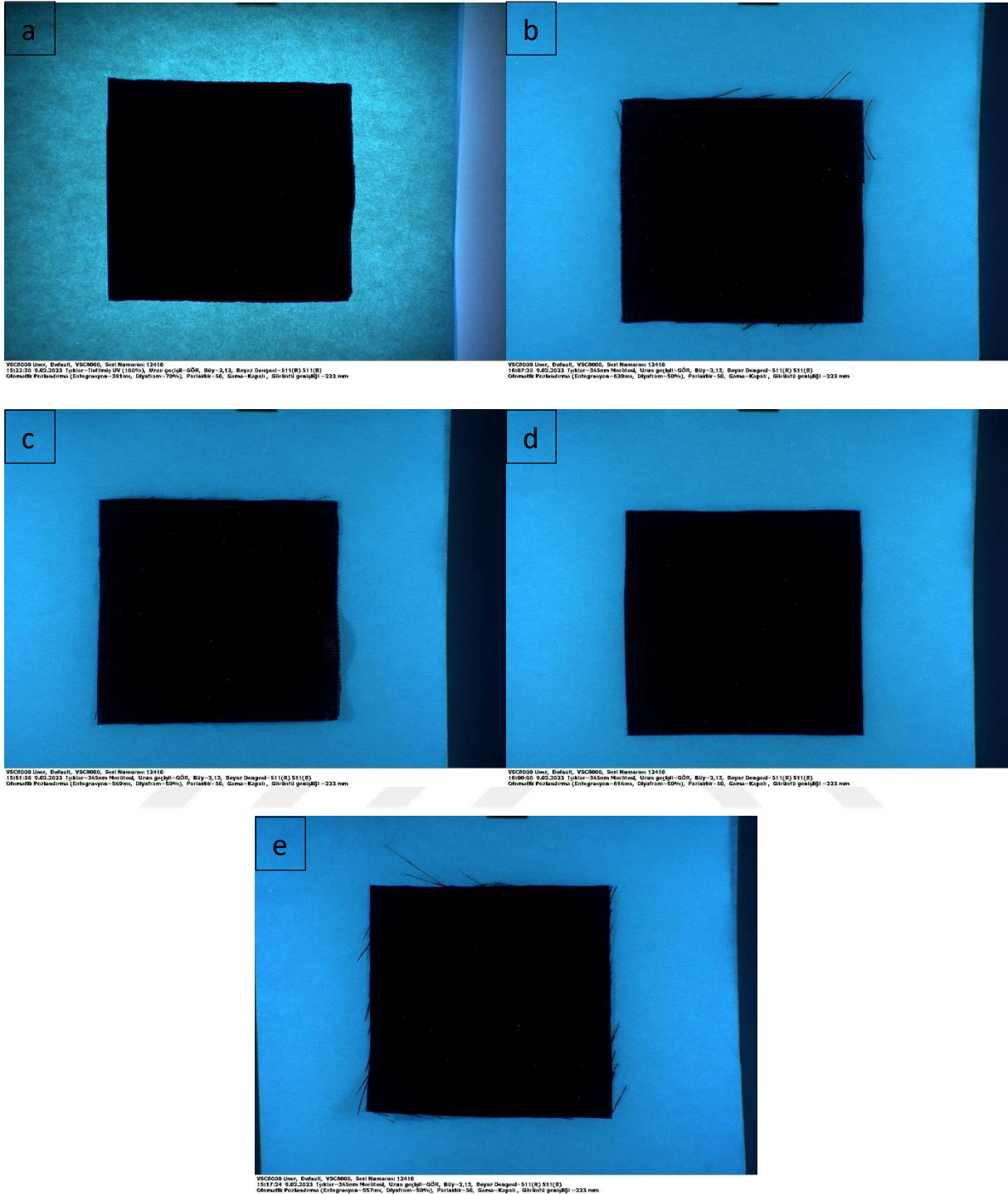
Şekil 65: (a) UV 254 nm altında koyu renkli kadife kumaş. (b) UV 254 nm altında koyu renkli keten kumaş. (c) UV 254 nm altında koyu renkli pamuk kumaş. (d) UV 254 nm altında koyu renkli polyester kumaş. (e) UV 254 nm altında koyu renkli saten kumaş.



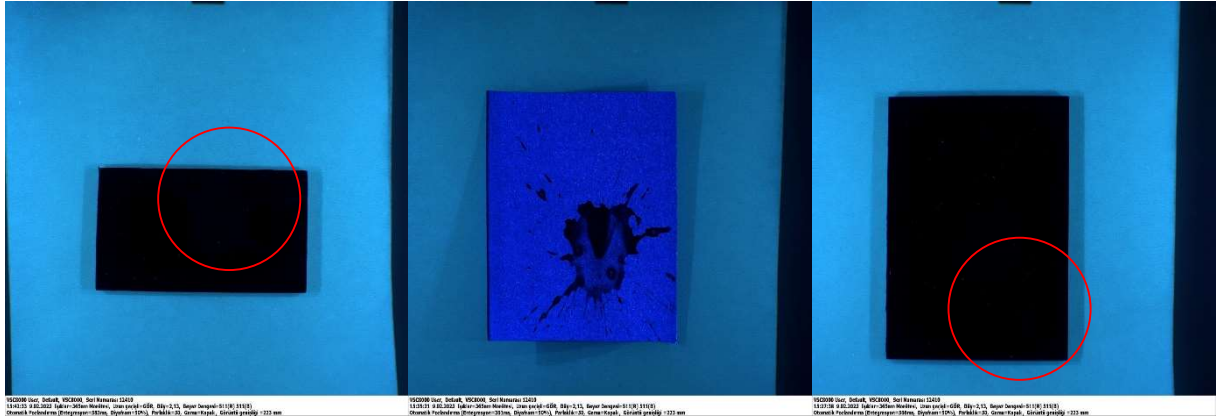
Şekil 66-68: (67) UV 254 nm dalga boyu altında koyu renkli ahşap yüzey ve kurumuş kan lekesinin bulunduğu bölge. (68) UV 254 nm dalga boyu altında koyu renkli kâğıt yüzey. (69) UV 254 nm dalga boyu altında koyu renkli seramik yüzey ve kurumuş kan lekesinin bulunduğu bölge.

4.2.3.2. UV 365 nm Dalga Boyunda Görünüm

Test grubu olan ahşap, kadife, kâğıt, keten, pamuk, polyester, saten ve seramik UV 365 nm dalga boyu altında incelenmiştir. Yapılan incelemelerde kadife, keten, pamuk, polyester ve saten yüzeylerde herhangi bir ışıma görülmemiş, kurumuş kan lekelerinin varlığı tıpkı UV 254 nm dalga boyu altında olduğu gibi tespit edilememiştir (Şekil 69). Kumaş yüzeylerin tamamında negatif sonuç alınırken ahşap, kâğıt ve seramik gibi emici olmayan ya da emicilik özelliği az bulunan sert yüzeylerde kurumuş kan lekelerinin varlığı bir önceki incelemede olduğu gibi tespit edilebilmiştir. UV 365 nm dalga boyu altında tespit edilen kan lekelerinin, UV 254 nm dalga boyu altında tespit edilenlere göre daha belirgin bir şekilde görüldüğü kaydedilmiştir (Şekil 70-72).



Şekil 69: (a) UV 365 nm altında koyu renkli kadife kumaş. (b) UV 365 nm altında koyu renkli keten kumaş. (c) UV 365 nm altında koyu renkli pamuk kumaş. (d) UV 365 nm altında koyu renkli polyester kumaş. (e) UV 365 nm altında koyu renkli saten kumaş.



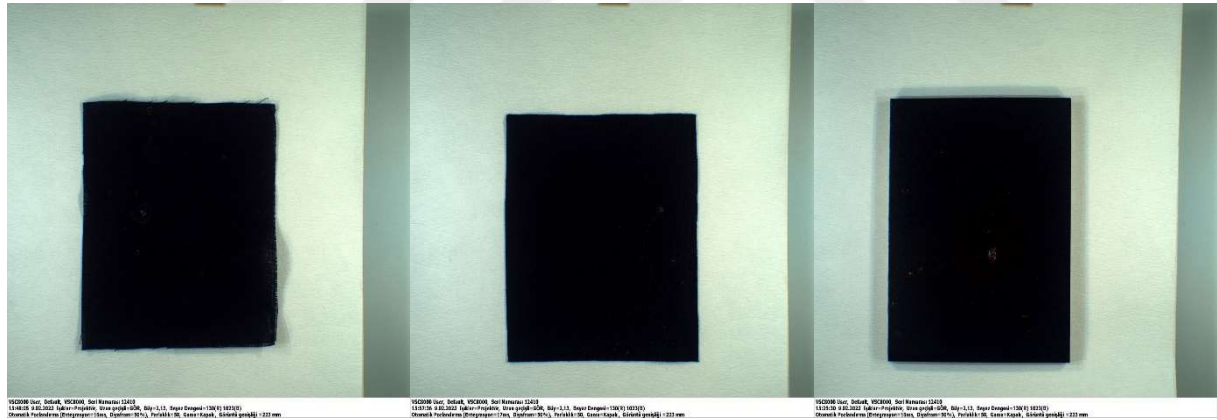
Şekil 70-72: (71) UV 365 nm dalga boyu altında koyu renkli ahşap yüzey ve kurumuş kan lekesinin bulunduğu bölge. (72) UV 365 nm dalga boyu altında koyu renkli kâğıt yüzey. (73) UV 365 nm dalga boyu altında koyu renkli seramik yüzey ve kurumuş kan lekesinin bulunduğu bölge.

4.2.3.3 Görünür Beyaz Işık Altında Görünüm

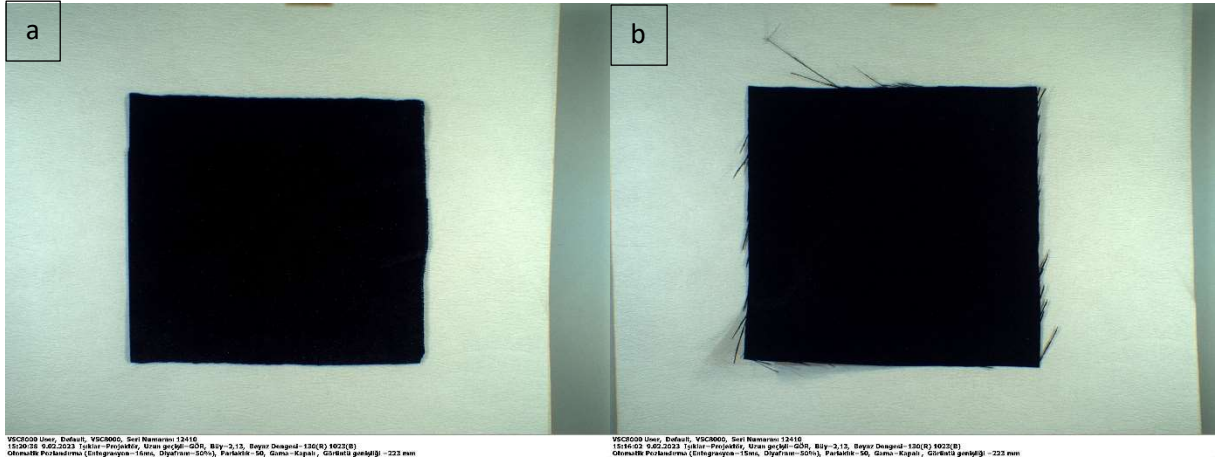
Test grubu olan ahşap, kadife, kâğıt, keten, pamuk, polyester, saten ve seramik görünür beyaz ışık altında incelenmiştir. Yapılan incelemelerde ahşap, kâğıt, keten, pamuk, polyester ve seramik yüzeylerde kurumuş kan lekeleri rahatlıkla seçilebilirken (Şekil 73-78), kadife ve saten kumaşlarda kan lekelerinin varlığı tespit edilememiştir (Şekil 79). Kadife ve saten kumaşlarda negatif sonuç elde edilmesi, kumaşların lif türleri nedeniyle yüksek emiciliğe sahip olması ve kanın koyu renkten ayırt edilememesine bağlanmıştır. Görünür beyaz ışık altında kan lekelerinin herhangi bir ışımaya tepkimesi göstermediği tespit edilmiştir.



Şekil 73-75: (74) Görünür beyaz ışık altında koyu renkli ahşap yüzey. (75) Görünür beyaz ışık altında koyu renkli kâğıt yüzey. (76) Görünür beyaz ışık altında koyu renkli keten kumaş.



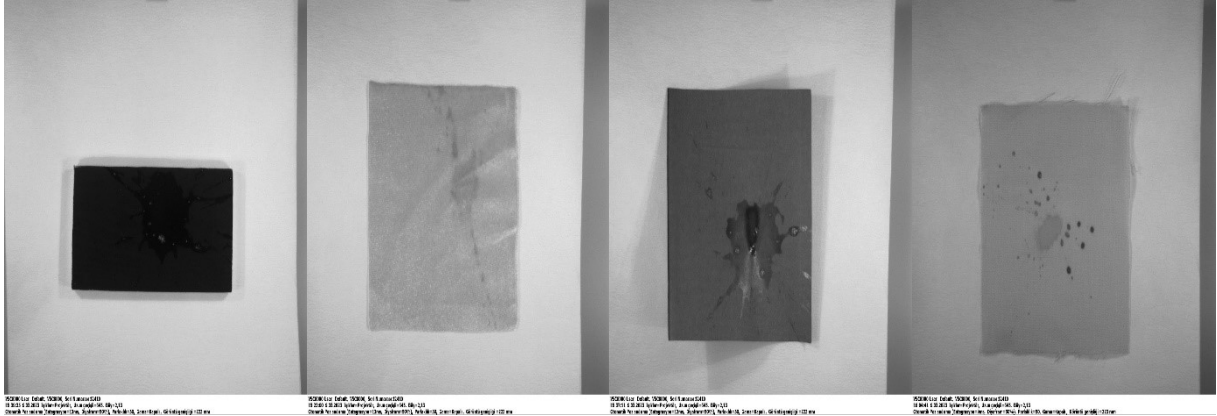
Şekil 76-78: (77) Görünür beyaz altında koyu renkli pamuk kumaş. (78) Görünür beyaz ışık altında koyu renkli polyester kumaş. (79) Görünür beyaz ışık altında koyu renkli seramik yüzey.



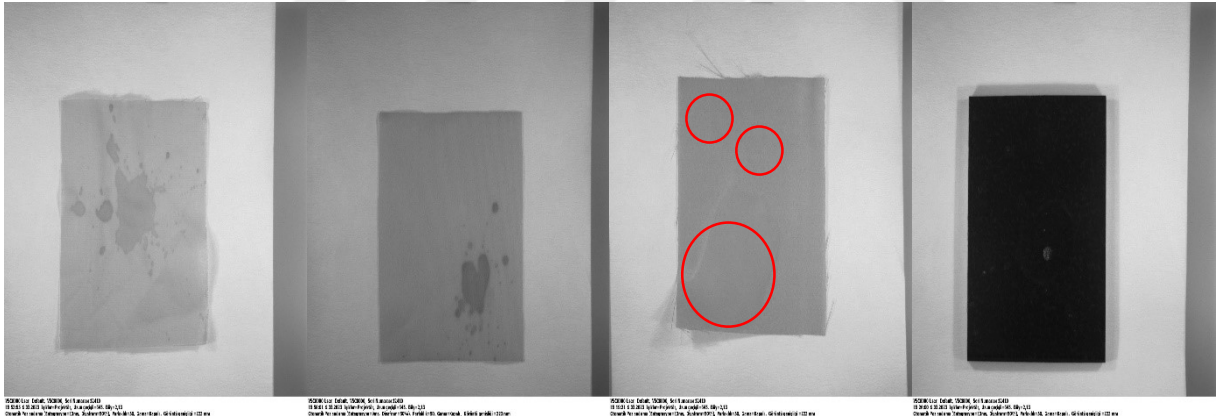
Şekil 79: (a) Görünür beyaz ışık altında koyu renkli kadife kumaş. (b) Görünür beyaz ışık altında koyu renkli saten kumaş.

4.2.3.4 IR 645 nm Dalga Boyunda Görünüm

Test grubu olan ahşap, kadife, kâğıt, keten, pamuk, polyester, saten ve seramik IR 645 nm dalga boyu altında incelenmiştir. Yapılan incelemelerde test grubu örneklerinin tamamının IR 645 nm altında tespit edilebildiği görülmüştür (Şekil 80-87). Örneklerin tamamına yakınının belirgin bir şekilde tespit edilebildiği gözlenirken, saten kumaştaki kan lekelerinin zorlukla seçilebildiği kaydedilmiştir (Şekil 86). IR 645 nm altında koyu renkli kumaşların parlamadan dolayı beyaz renkte görüldüğü, buna bağlı olarak kan lekelerinin tersi bir renkte belirdiği görülmüştür.



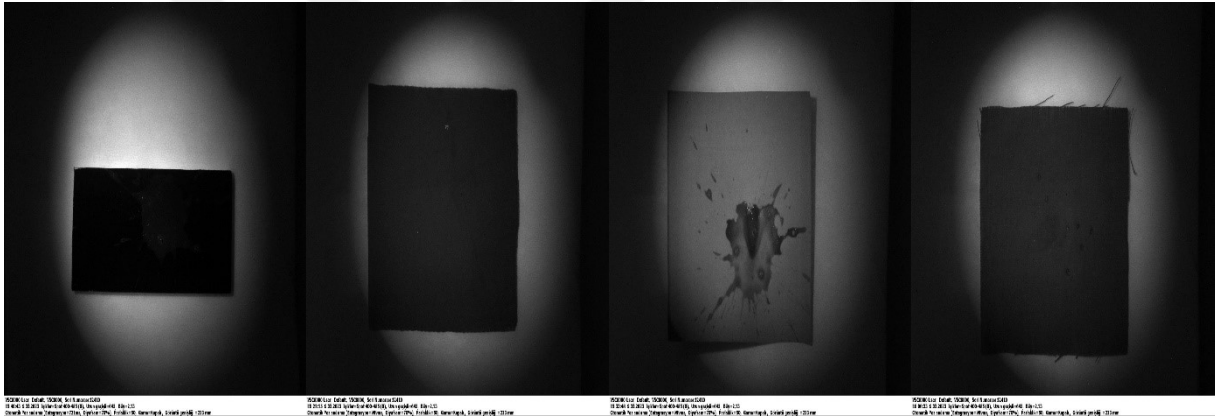
Şekil 80-83: (81) IR 645 nm dalga boyu altında koyu renkli ahşap yüzey. (82) IR 645 nm dalga boyu altında koyu renkli kadife kumaş. (83) IR 645 nm dalga boyu altında koyu renkli kâğıt yüzey. (84) IR 645 nm dalga boyu altında koyu renkli keten kumaş.



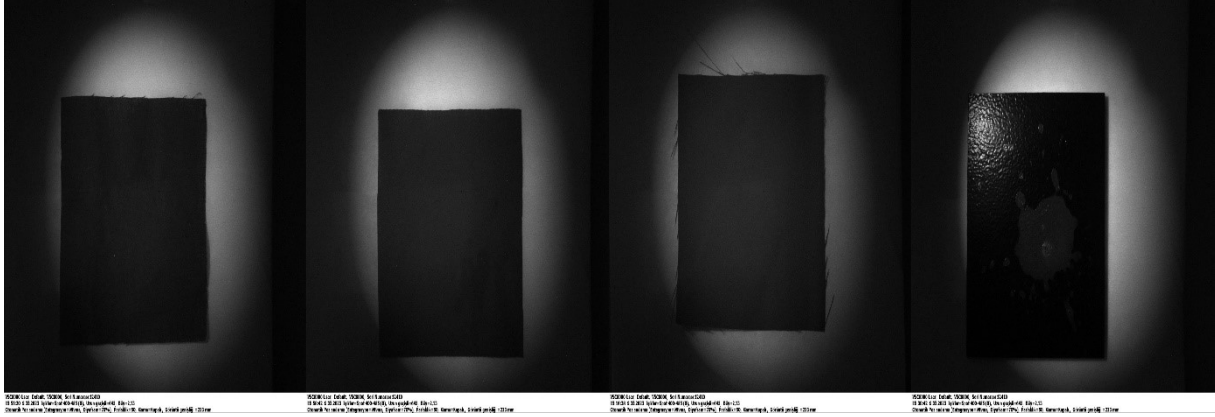
Şekil 84-87: (85) IR 645 nm dalga boyu altında koyu renkli pamuk kumaş. (86) IR 645 nm dalga boyu altında koyu renkli polyester kumaş. (87) IR 645 nm dalga boyu altında koyu renkli saten yüzey ve kan lekelerinin gözlemlendiği bölgeler. (88) IR 645 nm dalga boyu altında koyu renkli seramik yüzey.

4.2.3.5. Spot Floresan 400-485 nm Dalga Boyu Aralığında Görünüm

Test grubu olan ahşap, kadife, kâğıt, keten, pamuk, polyester, saten ve seramik spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığı altında incelenmiştir. Yapılan incelemelerde test grubu örneklerinin tamamının spot floresan 400-485 nm aralığında tespit edilebildiği görülmüştür (Şekil 88-95). Örneklerin tamamına yakınının belirgin bir şekilde tespit edilebildiği gözlenirken, saten kumaştaki kan lekelerinin zorlukla seçilebildiği kaydedilmiştir (Şekil 94). Kurumuş kan lekelerinin ilgili ışık ve dalga boyu altında gri renkte gözüktüğü, sadece varlığının tespit edilmesiyle kan lekesi olup olmadığı kanaatine varılamayacağı görülmüştür.



Şekil 87-91: (89) Spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığında koyu renkli ahşap yüzey. (90) Spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığında koyu renkli kadife kumaş. (91) Spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığında koyu renkli kâğıt yüzey. (92) Spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığında koyu renkli keten kumaş.



Şekil 92-95: (93) Spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığında koyu renkli pamuk kumaş. (94) Spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığında koyu renkli polyester kumaş. (95) Spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığında koyu renkli saten kumaş. (96) Spot floresan 400-485 nm dalga boyu aralığında koyu renkli seramik yüzey.

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada, 8 farklı koyu renkli yüzeyde bulunan kurumuş kan lekelerinin çeşitli spektroskopik yöntemler ve alternatif ışık kaynaklarıyla incelenerek tespit edilmesi ve olay yerinden gelen örnekler üzerinde kullanılabilirliğinin ortaya koyulması amaçlanmıştır.

Olay yerinde en sık karşılaşılan biyolojik delillerden birisi kan lekeleridir. Olay anının, olayın gerçekleşme biçiminin, olay anında orada bulunması muhtemel kişilerin ve birçok önemli detayın tespit edilmesinde önem arz eden kan lekelerini tespit etmek amacıyla günümüzde pek çok yöntem geliştirilmiştir. Gözle görülmeyen kan lekelerinin tespiti ve tanımlanmasında alternatif aydınlatma kaynakları sıklıkla tercih edilmektedir. ALS ile tespit yönteminin sıklıkla tercih edilmesinin nedeni ilgili cihazların kullanımının tahribatsız ve basit olmasıdır. Her biyolojik örneğin kendini diğerlerinden ayıran spesifik özelliklerinin bulunması nedeniyle çeşitli dalga boylarından faydalanılmaktadır. Gözle görülmeyen kan lekesi ve yüzeylerinin tespiti için kullanılan bir diğer yöntem ise spektral analizlerdir. FTIR spektroskopisi, moleküler seçiciliği nedeniyle pek çok analiz için modern laboratuvarlarda kullanılmaktadır. Moleküllerin absorpsiyon değerleri frekanslarla ifade edilmekte olup, bir molekülün IR parmak izinin elde edilmesi, ilgili yüzeyin cinsini ve koyu renkli yüzeylerde kan lekelerinin bulunup bulunmadığını ortaya koymaktadır. Bu çalışmada da kullanılan VSC cihazı farklı dalga boylarındaki ışıkları kullanarak karşılaştırmalı görüntü analizi yapmakta olup, ışığın soğurulması ya da yansımalarıyla görünmeyen lekelerin görüntülenebilmesine olanak sağlamaktadır. VSC 8000 cihazı ağırlıklı olarak tahrif edilmiş yüzeylerin, çek, senet, kâğıt para, kimlik ve pasaport gibi belge sahteciliğine konu olan kıymetli evrakların incelenmesinde kullanılsa da, bu çalışmada barındırdığı farklı dalga boylarındaki ışık kaynaklarından faydalanılarak farklı yüzeylerde kan lekelerinin tespit edilebilirliği için tercih edilmiştir. Yapılan literatür incelemelerinde VSC cihazı kullanılarak koyu renkli yüzeylerdeki kan lekelerinin tespitini ele alan herhangi bir çalışma görülmemiştir.

İlk olarak 8 farklı koyu renk yüzeyde bulunan ve gözle görülmesi zor olan kan lekeleri 7. gününde Leica M60 stereo mikroskobu altında incelenmiştir. Yapılan incelemelerde keten, polyester kumaşlar üzerindeki kan lekelerinin kumaşların emicilik düzeyine bağlı olarak dağılmadığı, kumaş üzerinde viskozitesini koruyarak kuruduğu gözlenmiştir. Emiciliği yüksek olan diğer kumaşlarda kan lekelerinin lifler arasına karışmasından dolayı daha az görüldüğü, özellikle saten kumaşa tespit edilemeyecek kadar emildiği tespit edilmiştir. Bu durum, yüksek emiciliği bulunan kumaşların biyolojik örneklerin floresan özelliğini maskeleyesinden kaynaklanmaktadır (20). Emici olmayan ya da emiciliği düşük olan ahşap, seramik ve kâğıt gibi yüzeylerde ise kan lekelerinin bir katman şeklinde kuruduğu gözlenmiştir.

Schuler ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada siyah renkli pamuk ve polyester kumaşlar büyütülerek görüntülenmiş, siyah kumaşlardaki boya bileşenlerinden dolayı kan lekelerinin ışığı yansıtan arka plana karşı oldukça görünür olduğu tespit edilmiştir. Yapılan görüntüleme çalışmalarında bu çalışmaya uyumlu olarak pamuk ve polyester yüzeylerde kurumuş kan lekelerinin tespit edilebildiği, buna ek olarak keten kumaşa da satenin aksine kan lekelerinin tespit edilebildiği kaydedilmiştir (29).

Test grubu olan ahşap, kadife, kâğıt, keten, pamuk, polyester, saten ve seramik yüzeyler 5 farklı ışık altında incelenmiştir. 254 ve 365 nm frekanslarında emici özelliğe sahip olan koyu renkli kumaşlar üzerindeki kan lekeleri görünmezken, sert yüzeylerdeki kan lekeleri hafif mavi ışıma şeklinde tespit edilmiştir. Görünür beyaz ışıktaki yüksek emiciliğe sahip olan kadife ve saten yüzeyler hariç hepsinde kan lekesi seçilebilirken, IR ve spot floresan 400-485 nm aralığında tüm kumaşlardaki kan lekelerinin tespit edilebildiği kaydedilmiştir (Tablo III).

Schuler ve ark. (2012) yaptığı çalışmada hyperspektral görüntüleme yöntemi olarak VSC 8000 yerine CONDOR cihazını kullanmış, bu cihazda siyah renkli pamuk ve polyester kumaşlar üzerindeki kan lekelerini tespit edebilmiştir (29). Foster + Freeman VSC 8000 cihazının diğer spektral görüntüleme yöntemlerine göre daha kolay kullanılabilir ve daha geniş

bir dalga boyu aralığına sahip olması, görüntüleme ve kan lekesi varlığının tespitini kolaylaştırmaktadır.

Tablo III: VSC altında ALS ile incelenen koyu renkli yüzeylerde ışıklara göre kan lekelerinin tespit edilme durumu

	UV 254 nm	UV 365 nm	VIS	IR 645 nm	Spot Floresan 400-485 nm
Ahşap	+	+	+	+	+
Kadife	-	-	-	+	+
Kâğıt	+	+	+	+	+
Keten	-	-	+	+	+
Pamuk	-	-	+	+	+
Polyester	-	-	+	+	+
Saten	-	-	-	+	+
Seramik	+	+	+	+	+

Airlie ve ark. (2020) yaptığı çalışmada çeşitli koyu renkli yüzeyler üzerindeki kan lekelerini incelemiş, IR altında incelenen tüm yüzeylerde kan lekesi varlığının izlenebilir olduğunu ortaya koymuştur. Çalışmada kullanılan yün ve naylon halı, vinil, seramik ve laminant yüzeye ek olarak, çalışmamızda kullanılan ahşap, kâğıt ve çeşitli kumaşlarda da IR altında pozitif sonuçlar elde edilmiştir (30).

Lin ve ark. (2007)'nin çalışmasına göre dilüsyona uğramamış kanların tamamının az da olsa IR altında gözlenebildiği, dilüsyona uğrayarak seyreltilen kanların görüntüleme yöntemlerinde tespit edilemediği bildirilmiştir (31). Yaptığımız çalışmada da 8 farklı koyu renkli yüzeyin tamamında IR ile kan lekelerinin gözlemlenebilmesi, IR 645 nm dalga boyunun

hem olay yerinde hem de laboratuvarlarda yüksek pozitiflik vererek kullanışlı olduğunu ortaya koymaktadır.

Chuen ve Bee Ee (2010)'nin derlemesinde kurumuş kanların ALS altında yüksek floresans etki göstermese de 300-900 nm arasında yüksek absorpsiyon değerine sahip olduğu bildirilmiştir. Çalışmadaki koyu renkli yüzeylerde bulunan kan lekeleri düşük dalga boyu aralığındaki ALS cihazları ile görüntülenemezken, en iyi görüntülemenin 930 nm üzerindeki IR dalga boyunda yapıldığı belirtilmiştir (20). Bu çalışmada kullanılan IR 645 nm ile tüm yüzeylerdeki kurumuş kan lekelerinin tespit edilebildiği anlaşılmış, literatüre uyumlu olarak IR dalga boyunun farklı yüzeylerde de çalıştığı kaydedilmiştir.

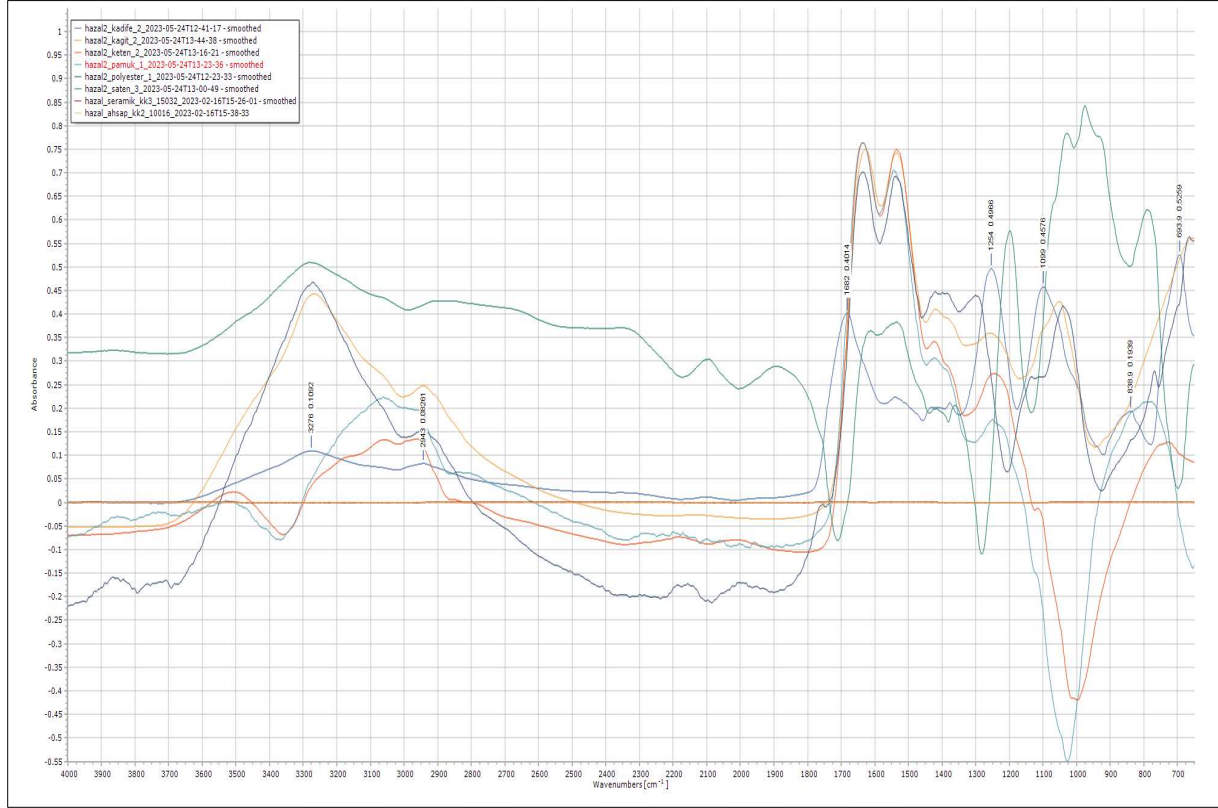
De Forest ve ark. (2009) yaptığı çalışmada siyah renkli pamuklu, polyester, kot, deri, ipek, yün, seramik ve ahşap laminant yüzeylerde damlatma, sürme ve temas gibi yöntemlerle kan lekeleri oluşturmuş, bu kan lekelerini görselleştirmeye çalışmıştır. Çapraz polarize ışık altında görselleştirmeye çalıştığı kan lekelerinin çeşitli ışık açıları ve 400-700 nm dalga boyu aralığındaki filtreler ile tespit edilebildiği, kan lekelerinin oluşum mekanizmasının görselleştirmeye etki etmediği görülmüştür. İpek ve polyester gibi emiciliği yüksek yumuşak kumaşlarda kan lekelerinin daha hızlı emilerek absorbe edildiği, buna bağlı olarak deri, seramik ve ahşap gibi kalın ve az emici olan yüzeylere göre kan lekelerinin tespit edilmesinin daha zor olduğu gözlenmiştir (32). İnsan ve sığır kanında bulunan hemoglobinin kan lekelerini görünürleştirmede anlamlı bir farklılık yaratmadığı görülmüştür.

Koyu renkli 8 farklı test grubu yüzey kanın varlığının tespit edilmesi amacıyla FTIR altında incelenmiş ve kızılötesi spektrumları toplanarak karşılaştırılmıştır. Kadife, keten, pamuk, polyester, saten ve kâğıt yüzeylerde 1740-1475 cm^{-1} spektral bölgede bulunan amit proteinleri kaynaklı pikler görülmüştür. Ahşap ve seramik yüzeylerde yapılan ölçümler yüzeylerin kalın olmasından kaynaklı gürültülü sonuçlar vermiş, spektral grafik üzerindeki bant kalabalığını azaltmak için grafiğe pürüzsüzleştirme özelliği uygulanmıştır. Pürüzsüzleştirme

sonucu elde edilen verilerin koyu renkli seramik ve ahşap yüzeylerde bulunan kan lekeleri doğrulamada yetersiz olduğu sonucuna varılmıştır.

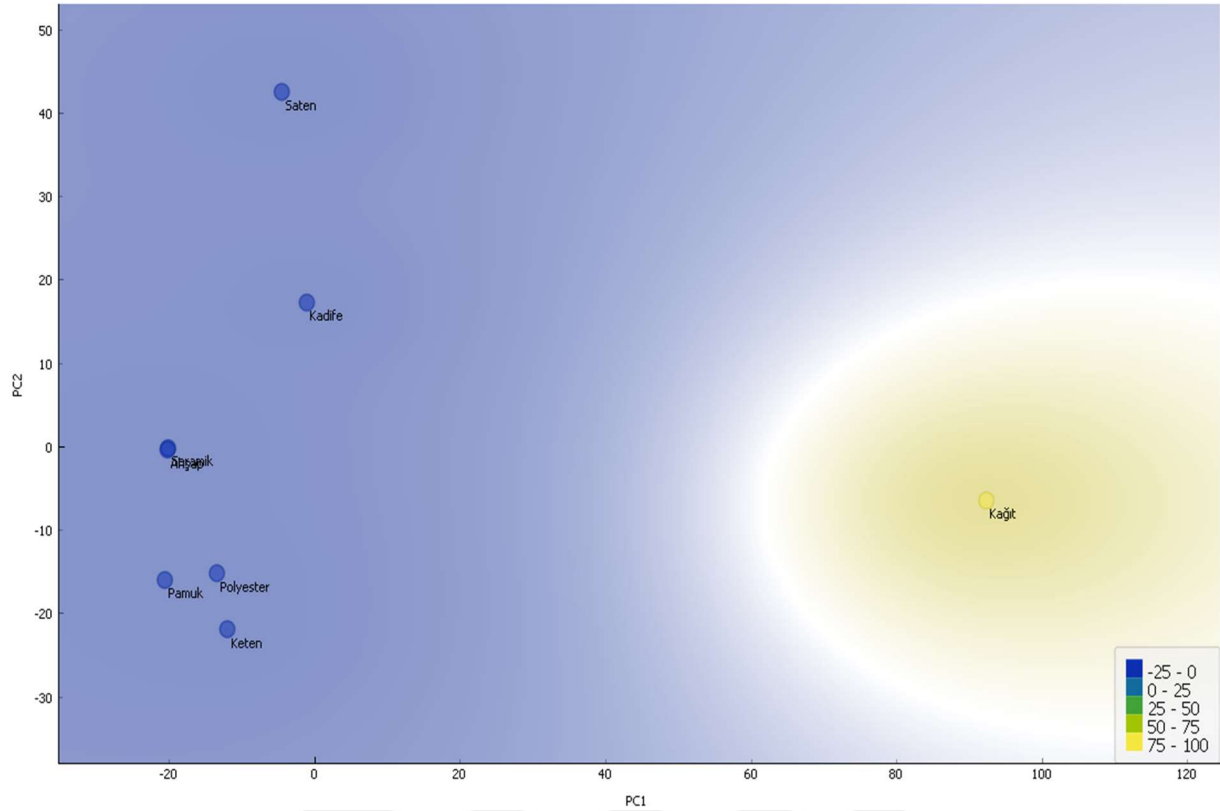
Chen ve ark. (2010)'nın çalışmasında farklı tür ahşaplar için FTIR analizinden önce hazırlık aşaması yapılmış, örnekler öğütülerek analiz edilmiştir. Öğütülmüş ahşap örneklerin, herhangi bir işleme tabii tutulmayan örneklerden farklı olarak selüloz bileşenlerini gösterir şekilde anlamlı sonuçlar verdiği görülmüştür (33). Bu durum, olay yerinden getirilen ahşap örneklerine hazırlık süreci olmadan FTIR analizi yapılmaması gerektiğini, elde edilen verilerin değerlendirmeye elverişli olmadığını ortaya koymaktadır. Kadife ve saten kumaşların örgü yapısı ve kumaş emiciliği nedeniyle liflerde yüksek oranda dağılan kan, spektral grafikte tespit edilse dahi eksi absorpsiyon vermiştir.

8 farklı yüzeyin spektrum grafikleri SpectraGryph v1.2.16.1 yazılımında karşılaştırılmıştır (Şekil 96). Bu işlem sonucunda yüzeylerin Amit 1 ve Amit 2 protein bantlarında pik gösterdiği, örneklerin birbirine benzemez karakteristik özelliklerini içeren 1800-900 nm dalga boyları arasında yüzeylere özgü değerler verdiği gözlenmiştir. Seramik ve ahşap yüzeylerin diğer yüzeylerle birlikte incelendiği grafikte absorbans değerlerinin kullanılmaya elverişli olmadığı tespit edilmiştir. Yüzeylere özgü spektral grafiklerin literatürle uyumlu olduğu kaydedilmiştir (34).



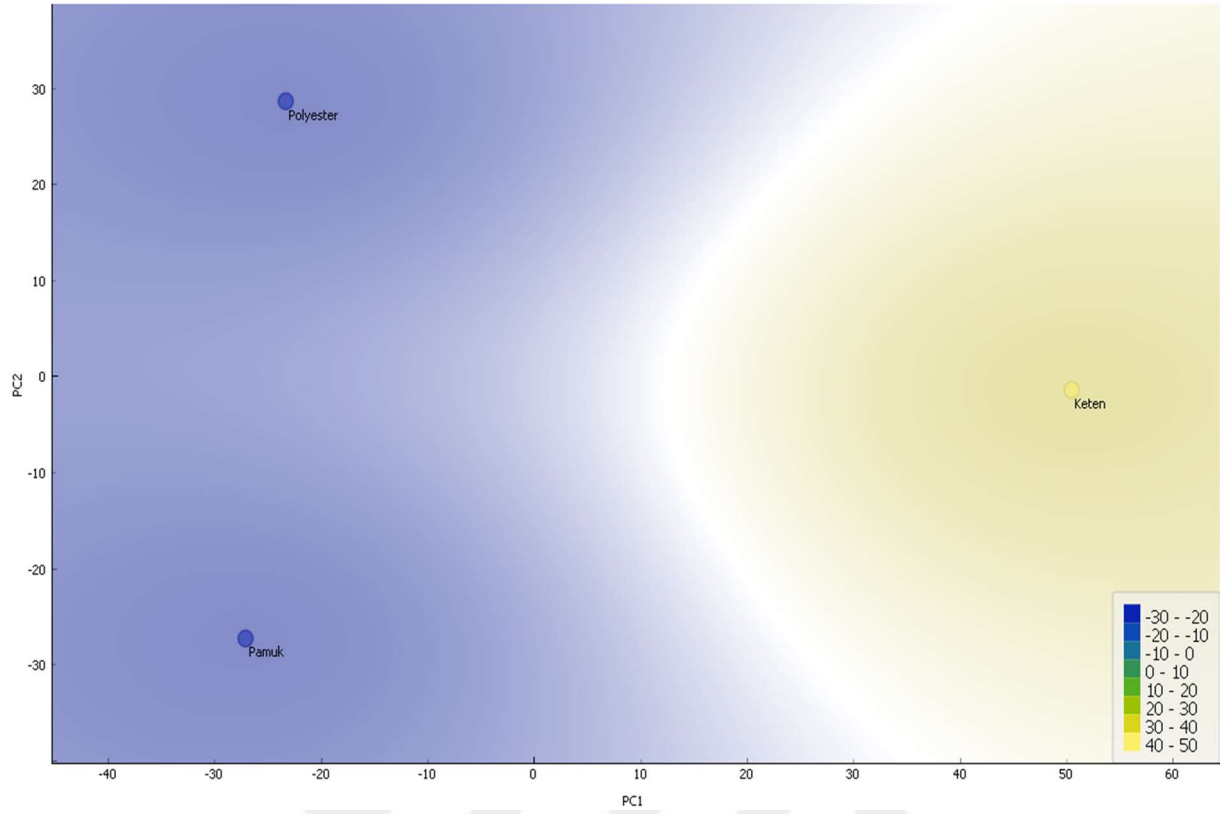
Şekil 96: 8 farklı koyu renkli yüzeyin çakıştırılmış spektrum grafiği

SpectraGryph v1.2.16.1 yazılımından elde edilen absorpsiyon ve dalga boyu verilerine Orange 3.0 Data Mining programında temel bileşen analizi (PCA) uygulanmış, yüzeyler arasındaki ayırt edicilik tespit edilmiştir.



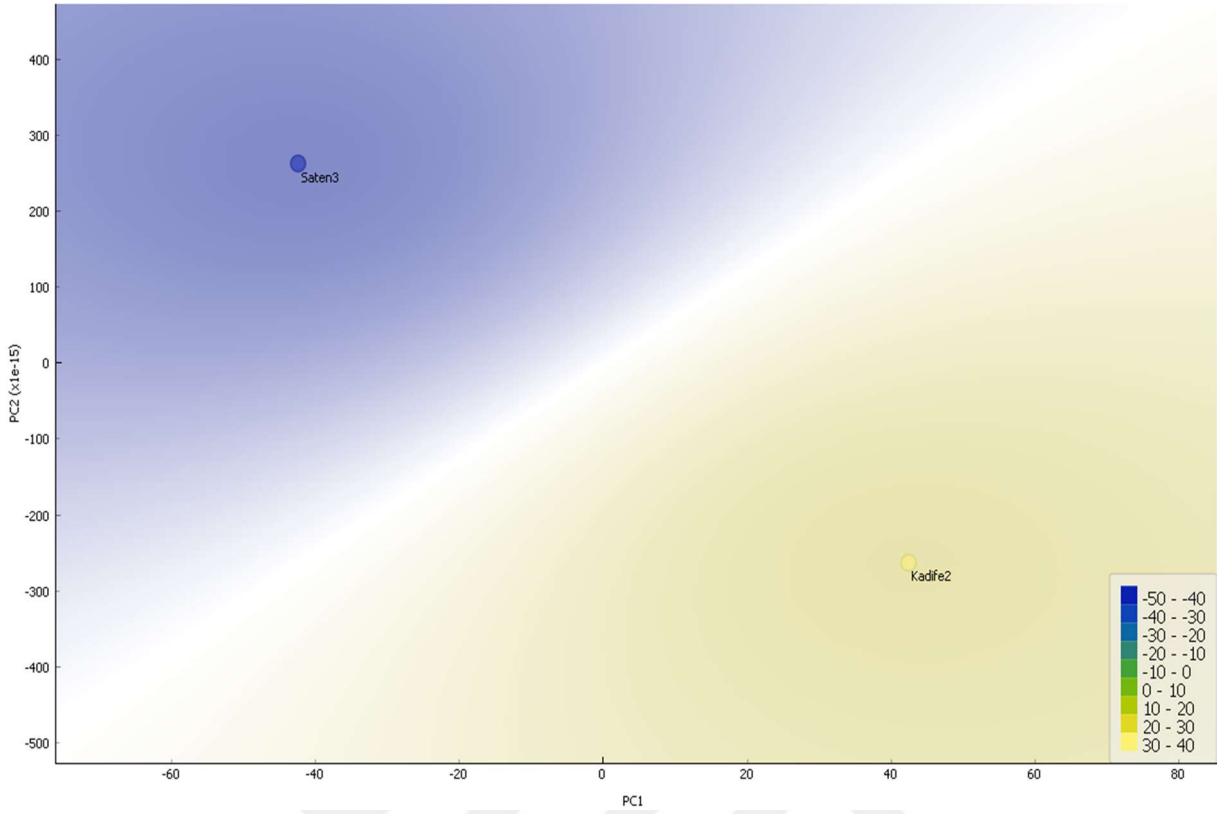
Şekil 97: Tüm yüzeylere ait PCA grafiği.

Ahşap, kadife, kâğıt, keten, pamuk, polyester, saten ve seramik olmak üzere 8 farklı koyu renkli yüzeye PCA uygulanmıştır. PCA uygulandığında PC1 ve PC2 değerleri toplamının %91 ayırt ediciliğe sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Kâğıt yüzeyin diğerlerine göre yüksek ayırt ediciliğe sahip olduğu, pamuk-polyester-keten üçlüsünde ve kadife-saten ikilisinde gruplaşma görüldüğü, ahşap ve seramik yüzeylerin ise spektral değerlerinin anlamlı olmaması nedeniyle çakıştığı kaydedilmiştir (Şekil 97).



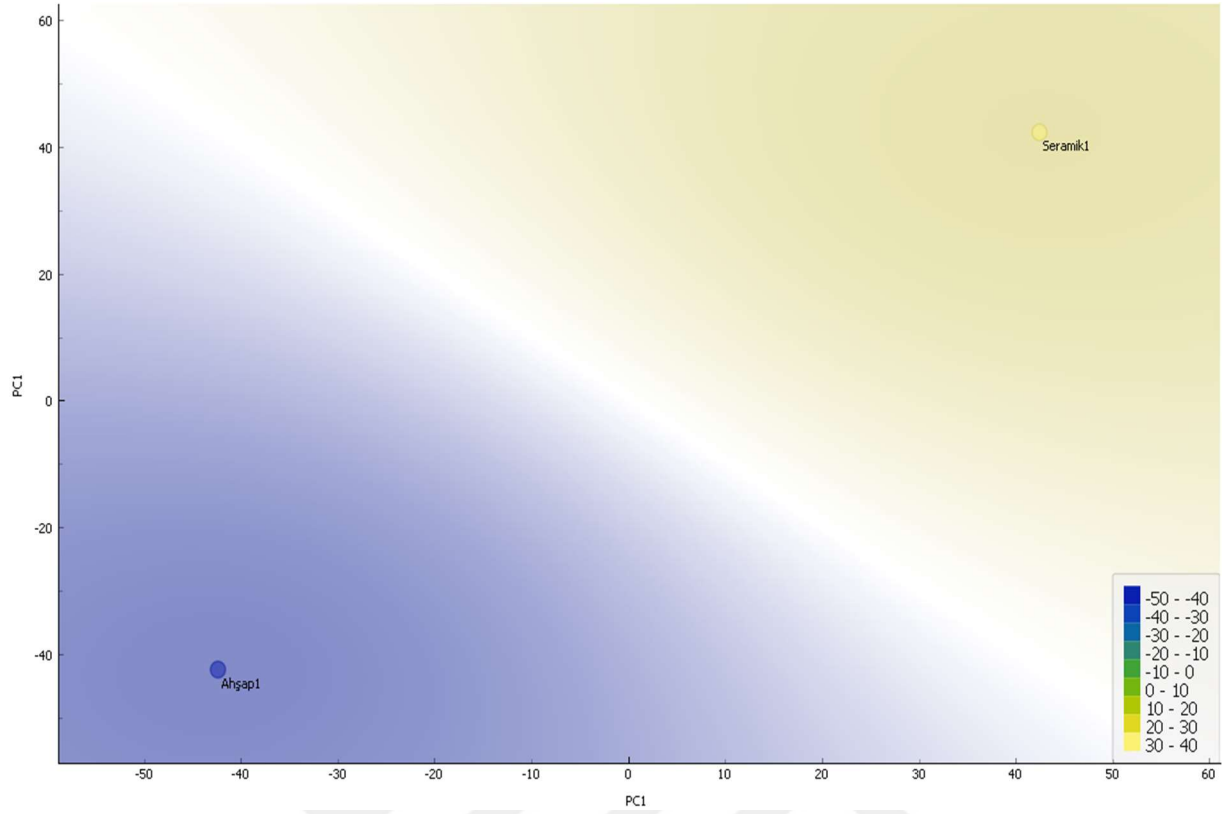
Şekil 98: Polyester, pamuk ve keten yüzeylere ait PCA grafiği.

Polyester, pamuk ve keten olmak üzere gruplaşma gösteren 3 farklı koyu renkli yüzeye PCA uygulanmıştır. PCA uygulandığında PC1 ve PC2 değerleri toplamının %100 ayırt ediciliğe sahip olduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 98).



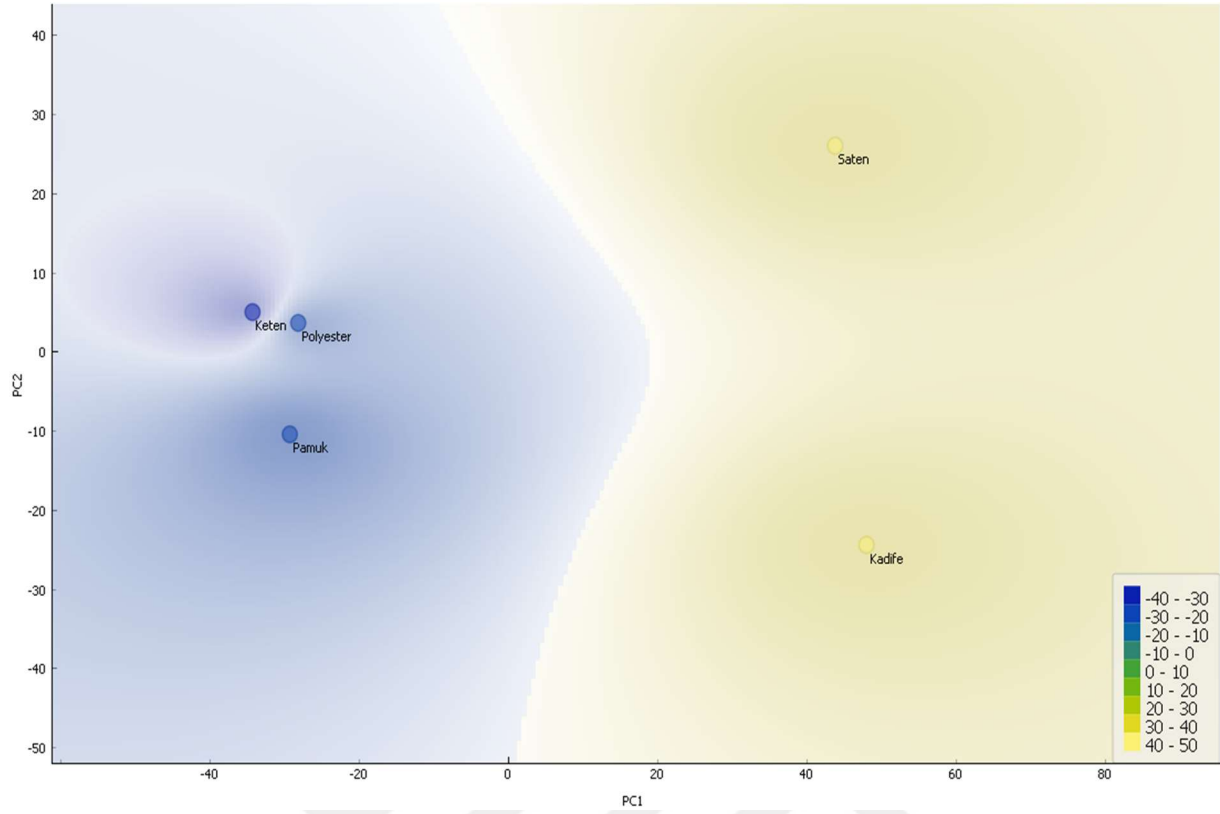
Şekil 99: Kadife ve saten yüzeylere ait PCA grafiği.

Kadife ve saten olmak üzere gruplaşma gösteren 2 farklı koyu renkli yüzeye PCA uygulanmıştır. PCA uygulandığında PC1 ve PC2 değerleri toplamının %100 ayırt ediciliğe sahip olduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 99).



Şekil 100: Ahşap ve seramik yüzeylere ait PCA grafiği.

Ahşap ve seramik olmak üzere karakteristik özellikleri tespit edilemediğinden dolayı çakışma gösteren toplam 2 farklı koyu renkli yüzeye PCA uygulanmıştır. PCA uygulandığında PC1 ve PC2 değerleri toplamının %100 ayırt ediciliğe sahip olduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 100).



Şekil 101: Koyu renkli kumaş yüzeylere ait PCA grafiği.

Kadife, keten, pamuk, polyester ve saten olmak üzere 5 farklı koyu renkli kumaş yüzeye PCA uygulanmıştır. PCA uygulandığında PC1 ve PC2 değerleri toplamının %94 ayırt ediciliğe sahip olduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 101).

6. SONUÇ

Bu çalışmada kadife, kâğıt, keten, pamuk, polyester, saten, seramik ve ahşap olmak üzere 8 farklı koyu renkli yüzey incelenmiştir. İncelemeler sırasıyla Leica M60 Rutin Stereo Mikroskobu, Foster + Freeman VSC® 8000/HS ve Agilent Cary 630 FTIR cihazları kullanılarak yapılmıştır. VSC cihazında UV 254 nm, UV 365 nm, VIS, IR 645 nm ve spot floresan 400-485 nm dalga boylarındaki alternatif ışık kaynaklarından faydalanılmıştır. Agilent Cary 630 FTIR cihazında 4000-650 cm^{-1} kızılötesi frekans aralığında çalışılmıştır. Yapılan bu incelemeler ışığında olay yerinde bulunan, birbirinden farklı ve koyu renkli yüzeyler üzerindeki kan lekelerinin spektroskopik yöntemler ve alternatif ışık kaynakları kullanarak tespit edilmesi, görselleştirilmesi ve kan lekelerinin tespitinde kullanılabilecek alternatif yöntem ve cihazların uygulanabilirliğine katkı sağlaması amaçlanmıştır. Kullanılan yöntem ve cihazların yüzeylerin karakteristik özelliklerine göre göstereceği değişiklikler ile koyu renkli çeşitli yüzeyler üzerinde yapılacak olan incelemelerde belirli metotların kullanılmasını, olay yerinden gelen deliller üzerinde yüzeye göre maksimum verim elde edilebilecek şekilde incelemeler yapılmasına da olumlu anlamda katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Koyu renkli yüzeyler sırasıyla VSC ile incelenmiştir. Yapılan incelemelerde tüm yüzeylerde IR 645 ve spot floresan 400-485 nm altında kan lekeleri görünür hale gelmiştir. Çalışılan tüm dalga boylarında kanın görülebildiği yüzeyler emici olmayan ya da az emici olan ahşap, kâğıt ve seramik olurken, yumuşak olan kumaş yüzeyler ağırlıklı olarak UV ışık altında ışıma göstermemiştir. Örme yapısı ve yüksek emiciliğinden dolayı kanı hızlı bir şekilde emerek absorbe eden koyu renkli kadife ve saten yüzeylerdeki kan lekelerinin çıplak gözle görülemediği fotoğraflanmıştır. Çıplak gözle kan lekelerinin görülemediği kadife ve saten yüzeyler Leica M60 stereo mikroskobu altında da incelenmiş olup, kan lekelerinin benzer şekilde güçlükle tespit edilebildiği görülmüştür.

Koyu renkli yüzeyler sırasıyla Agilent Cary 630 FTIR cihazında incelenmiştir. Yapılan incelemelerde yumuşak ve ince yüzeylerin spektrum grafiğinde karakteristik özelliklerini de içerecek şekilde sonuçlar verirken, ahşap ve seramik gibi kalın ve ışığı geçirmeyen yüzeylerden incelemeye elverişli olmayacak şekilde gürültülü sonuçlar elde edilmiştir.

Yüzeylerin PCA aracılığıyla ayırt ediciliği incelenmiştir. 8 yüzeyin ayırt edilebilirliğinin %91, gruplaşma gösteren polyester, pamuk ve keten yüzeylerin ayırt edilebilirliğinin %100 olduğu tespit edilmiştir. Gruplaşma gösteren kadife ve saten yüzeyin kendi içinde %100 ayırt ediciliğe sahip olduğu, çakışan ahşap ve seramik yüzeylerin anlamlı sonuçlar vermeyerek %100 ayırt edilebilir olarak görüldüğü tespit edilmiştir.

Bu çalışmanın sonucunda koyu renkli yüzeylerin karakteristik özelliklerinin farklılık gösterdiği ve bu farklılıkların çeşitli yöntem ve cihazlar ile incelemelerde ayırt edici olabileceği görülmüştür. Koyu renkli yüzeylerde kanın varlığı FTIR spektroskopisi yardımıyla tespit edilebilirken, rutinde ağırlıklı olarak belgede sahtecilik, kıymetli evrak incelemeleri gibi adli belge incelemelerinde kullanılan VSC'nin olay yerinde kullanılan alternatif ışık kaynaklarına alternatif ve laboratuvar da kullanımı kolay bir yöntem olduğu kaydedilmiştir. Yüzeylerin stereo mikroskobu, VSC ve FTIR ile yapılan analizlerde kendilerine özgü özelliklerinden kaynaklı olarak farklı inceleme süreçlerine dahil edilebileceği, bu süreçlerin olay yerinden alınan koyu renkli yüzey incelemelerine kolaylaştırıcı ve hızlandırıcı yönde katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Kullanılan yöntemlerin hızlı ve basit prosedürlerden oluşması, tekrarlanabilir olması, kan lekelerindeki DNA yapısına zarar vermemesi ve az miktarda kanın varlığında dahi uygulanabilir olmasının olay yerin incelemelerinde büyük ölçüde kolaylık sağlayacağı anlaşılmıştır. Çıplak gözle kan lekelerinin tespit edilmesinin zor olduğu koyu renkli yüzeylerin göz ardı edilmeden çeşitli alternatif ışık kaynaklarıyla laboratuvar ortamında da mutlaka incelenmesi gerektiği anlaşılmıştır. Adli çalışmalarda incelemelerden yüksek oranlı doğrulama

sonuçları elde etmek ve bu incelemeleri rutinde yaygınlaştırmak için farklı tekniklerin birlikte kullanılması ve elde edilen sonuçların karşılaştırılması gelecek olgular için önem taşımaktadır.



7. KAYNAKLAR

1. Güngör ID. Pamuklu Kumaş Üzerinde Yıkanmış Kan Lekesinin Raman Spektroskopi ve Kemometri ile Tespiti. [Yüksek Lisans Tezi]. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Biyomühendislik Anabilim Dalı, 2022.
2. Rahadi I, Choodoung M, Choodoung A. Red Blood Cells and White Blood Cells Detection by Image Processing. Indonesia: The 5th Hamzanwadi International Conference of Technology and Education 2019, 2020; 1539(1).
3. Başkent Üniversitesi Ankara Hastanesi. Kanın Yapısı ve Görevleri. Kan Merkezi. (Son Erişim Tarihi: 12.04.2023) <https://ankara.baskenthastaneleri.com/tr/tani-tedavi-birimlerimiz/kan-merkezi/kanin-yapisi-ve-gorevleri>.
4. Reyhani A, ve ark. Blood-Catalyzed RAFT Polymerization. Australia: Angewandte Chemie International Edition 2018; 57(32).
5. Bakış ŞG. Farklı Kumaşlar Üzerindeki Kan Lekelerinde Sıcaklığa ve Zamana Bağlı İçeriksel Değişimlerin Fourier Dönüşüm Kızılötesi Spektroskopisi (FT-IR) ve Kemometrik Analizler ile Belirlenmesi. [Yüksek Lisans Tezi]. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2016.
6. Menek N, Taşdöven U. Adli Bilimlerde Kriminalistik ve Luminol. Samsun: Adli Bilimler ve Suç Araştırmaları Dergisi 2021; 3(1-2): 3-17.
7. Ayrancıoğlu CA. Sentetik Kan ile Modelleme Yoluyla Oluşturulacak Olan Kan Lekelerinin Şekillerini Etkileyen Faktörlerin Deneysel Analizi. [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Adli Tıp Enstitüsü, 2014.
8. Arslan MN. Kan Lekesi Model Analizi ile Olay Yerinin Yeniden Yapılandırılması. [Uzmanlık Tezi]. İstanbul: Adli Tıp Kurumu Başkanlığı, 2009.
9. Bevel T, Gardner RM. Bloodstain Pattern Analysis With an Introduction to Crime Scene Reconstruction. USA: CRC Press, 2008; Cilt 3.
10. James SH, Kish PE, Sutton TP. Principles of Bloodstain Pattern Analysis Theory and Practice. USA: CRC Press; 2005.
11. Taylor MC, ve ark. The Reliability of Pattern Classification in Bloodstain Pattern Analysis, Part 1: Bloodstain Patterns on Rigid Non-absorbent Surfaces. Yeni Zelanda: Journal of Forensic Sciences 2016; 61(4): 922-27.
12. Aşıcıoğlu F. Kan Lekesi Model Analizi. İstanbul: Adli Tıp Dergisi 2004; 18(2): 12-22.
13. Gallen-Kallela A. The Fratricide. Finnish National Gallery, Helsinki: 1897.
14. Karadayı B, Karadayı Ş ve Sezgin N. Biyolojik Delillerin Tespitinde Kullanılan Tarama ve Doğrulama Testleri ve Bu Konudaki Son Gelişmeler. İstanbul: Türkiye Klinikleri Journal of Forensic Medicine and Forensic Sciences 2018; 15(2): 80-92.

15. Şimşek E. İmza ve Mühür İncelemelerinde Kronolojik Sıranın ATR-FTIR Spektroskopisi ile Tayini. [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul: Üsküdar Üniversitesi Bağımlılık ve Adli Bilimler Enstitüsü, 2021.
16. Yavuz AN. Türkiye’de Üretilen Tütün Çeşitlerinin FTIR Cihazı Kullanılarak Menşeinin Tespit Edilmesi. [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul: Üsküdar Üniversitesi Bağımlılık ve Adli Bilimler Enstitüsü, 2021.
17. Paşaoğlu E. Tırnak Cilalarının Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrometresi Kullanılarak İncelenmesi. [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul: Üsküdar Üniversitesi Bağımlılık ve Adli Bilimler Enstitüsü, 2022.
18. Pavla DL, ve ark. Introduction to Spectroscopy. Stamford: Cengage Learning, 2015; 5.
19. Fahika B. Technology in Forensic Science. Suudi Arabistan: Journal of Science and Technology 2018; 7(1).
20. Chuen LW, Ee KB. Forensic Light Sources for Detection of Biological Evidences in Crime Scene Investigation: A Review. Penang: Malaysian Journal of Forensic Sciences 2010; 1(1): 17-28.
21. Stoilovic M. Detection of Semen and Blood Stains Using Polilight as a Light Source. İrlanda: Forensic Science International 1991; 51(1): 289-296.
22. Seidl S, Hausmann R, Betz P. Comparison of Laser and Mercury-Arc Lamp for the Detection of Body Fluids on Different Substrates. Almanya: International Journal of Legal Medicine 2008; 122(3):241-4.
23. Miranda GE, ve ark. Use of Alternate Light Source of Detect Tooth and Bone. Brezilya: Brazilian Dental Journal 2017; 28(1): 78-81
24. Olds K, ve ark. Validation of Alternate Light Sources for Detection of Bruises in Non-Embalmed and Embalmed Cadavers. Avustralya: Forensic Science, Medicine and Pathology 2017; 13(1): 28-33.
25. Marsh N. Forensic Photography A Practitioner's Guide. Birleşik Krallık: WILEY Blackwell, 2014.
26. Kaya DÖ, ve ark. Evaluation of the Detectability of Different Ages of Bloodstains on Fabrics in Different Washing Conditions and at Various Wavelengths. İstanbul: Journal of Forensic and Legal Medicine 2023; 94(1).
27. Uysal S. Çeşitli Yüzeylerde Seri Numarası Restorasyonu. [Doktora Tezi]. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Adli Bilimler Anabilim Dalı, 2022.
28. James SH, Kish PE, Sutton TP. Principles of Bloodstain Pattern Analysis Theory and Practice. USA: CRC Press; 2005.
29. Schuler RL, Kish PE, Plese CA. Preliminary Observations on the Ability of Hyperspectral Imaging to Provide Detection and Visualization of Bloodstain Patterns on Black Fabrics. Pittsburgh: Journal of Forensic Sciences 2012; 57(6): 1562-9.

30. Airlie M, ve ark. An Evaluation of Infrared Photography for Detecting Bloodstains on Dark-Coloured Floor Coverings Commonly Encountered at Crime Scenes. Avustralya: Australian Journal of Forensic Sciences 2020.
31. Lin ACY, ve ark. Forensic Applications of Infrared Imaging for the Detection and Recording of Latent Evidence. Tayvan: Journal of Forensic Sciences 2007; 52(5): 1148-1150.
32. De Forest PR, ve ark. Blood on Black- Enhanced Visualization of Bloodstains on Dark Surfaces. Washington: U.S. Department of Justice 2009.
33. Chen H, ve diğerleri. Qualitative and Quantitative Analysis of Wood Samples by Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Multivariate Analysis. Wuhan: Carbohydrate Polymers 2010; 82(1): 772-8.
34. Peets P, ve ark. Reflectance FT-IR Spectroscopy as a Viable Option for Textile Fiber Identification. Estonya: Heritage Science 2019; 7(1): 93-103.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı: Hazal

Soyadı: Özçelik

EĞİTİM

- Üsküdar Üniversitesi, Adli Bilimler (Lisans, Türkçe) 2017-2021
- Üsküdar Üniversitesi Adli Bilimler-Olay Yeri İnceleme (Tezli Yüksek Lisans, Türkçe) 2021-2023
- Anadolu Üniversitesi, Adalet (Ön Lisans, Türkçe) 2020-2023

İŞ DENEYİMLERİ

- Adli Tıp ve Adli Antropoloji Stajyeri, KKTC Sağlık Bakanlığı, 2019-2019
- İçerik Moderatörü ve Sosyal Medya Uzmanı, Conectys 2020-2020
- Operasyon ve Büyüme Sorumlusu, Finahukuk, 2021-2022
- Operasyon Yöneticisi, Finahukuk, 2022-Devam Ediyor

BİLDİRİLER

- Özçelik, H., Erdoğan, G., Soluk, M., Karaboğa, N., Çeker, D., Deniz, İ., İstisnai Bir Erken Mumyalaşma Olgusu, 1. Uluslararası 17. Ulusal Adli Bilimler Kongresi, Adli Tıp Uzmanları Derneği, 2020, İstanbul.
- Özçelik, H., Yalçın Sarıbey, A., Mesleki İlgi, Beceri ve İmkanların İntihar Üzerindeki Etkisi, 3. Uluslararası 19. Ulusal Adli Bilimler Kongresi, Adli Tıp Uzmanları Derneği, 2022, Aydın.

YABANCI DİL

- İngilizce