



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



KUMAŞ ÜZERİNDE OLUŞMUŞ KAN VE SEMEN LEKELERİNİN FARKLI TEMİZLİK MADDELERİYLE YIKANMASINDAN SONRA FTİR İLE TESPİTİ

Mahmut Şerif YILDIRIM

**DİSİPLİNLERARASI ADLİ BİLİMLER ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. E. Sümer ARAS**

**ANKARA
2022**

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KUMAŞ ÜZERİNDE OLUŞMUŞ KAN VE SEMEN
LEKELERİNİN FARKLI TEMİZLİK MADDELERİYLE
YIKANMASINDAN SONRA FTİR İLE TESPİTİ**

Mahmut Şerif YILDIRIM

**DİSİPLİNLERARASI ADLİ BİLİMLER ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. E. Sümer ARAS**

**ANKARA
2022**

Ankara Üniversitesi

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Doktora tezi olarak hazırlayıp sunduğum “KUMAŞ ÜZERİNDE OLUŞMUŞ KAN VE SEMEN LEKELERİNİN FARKLI TEMİZLİK MADDELERİYLE YIKANMASINDAN SONRA FTIR İLE TESPİTİ” başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan deneysel çalışma/araştırma tarafımdan yapılmış olup, tüm cümleler, yorumlar bana aittir.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Mahmut Şerif YILDIRIM

Tarih: 10/06/2022

İmza:

Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Disiplinlerarası Adli Bilimler Anabilim Dalı'nda
Mahmut Şerif YILDIRIM tarafından hazırlanan
“KUMAŞ ÜZERİNDE OLUŞMUŞ KAN VE SEMEN LEKELERİNİN FARKLI
TEMİZLİK MADDELERİYLE YIKANMASINDAN SONRA FTIR İLE TESPİTİ”

adlı tez çalışması
aşağıdaki jüri tarafından DOKTORA TEZİ olarak OY
BİRLİĞİ / OY ÇOKLUĞU ile kabul/ret edilmiştir.
Tez Savunma Tarihi:

İmza
Unvanı Adı ve Soyadı
Üniversitesi
Jüri Başkanı

İmza
Unvanı Adı ve Soyadı
Üniversitesi
Raportör

İmza
Unvanı Adı ve Soyadı
Üniversitesi
Üye

İmza
Unvanı Adı ve Soyadı
Üniversitesi
Üye

İmza
Unvanı Adı ve Soyadı
Üniversitesi
Üye

Tez hakkında alınan jüri kararı, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Yönetim Kurulu tarafından onaylanmıştır.

İmza
Unvanı Adı ve Soyadı
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

İÇİNDEKİLER

Etik Beyan	ii
Kabul ve Onay	iii
İçindekiler	iv
Önsöz	vi
Simgeler ve Kısaltmalar	vii
Şekiller	viii
Çizelgeler	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Kan lekesi ve semen lekesi incelemelerinin tarihsel gelişimi ve Adli Biyoloji açısından önemi	1
1.2. Kan ve semen lekesinin temel bileşenleri	3
1.3. Kan lekesi ve semen lekesinin analizinde kullanılan testler	4
1.4. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopi	5
1.5. Biyolojik lekelerin yıkanarak ortadan kaldırılması	7
1.6. Çalışmanın amacı	9
2. GEREÇ VE YÖNTEM	11
2.1. Kimyasallar	11
2.2. Kan ve semen numunelerinin toplanması	11
2.3. Kan ve semen lekesi depozitlerinin oluşturulması	12
2.4. Deney grupları ve yıkama işlemleri	13
2.5. Enstrümantasyon ve numunelerin analizi	16
2.6. Elde edilen verilerin analizi	18
3. BULGULAR	19
3.1. Kan lekesi spektrumları	19
3.1.1. Kan lekelerinin yıkama sıvısında immersiyonu ile elde edilen numunelerden elde edilen verilerin spektral grafiği	19
3.1.2. Kan lekelerinin yıkama sıvısında mekanik temizliği ile elde edilen numunelerden elde edilen verilerin spektral grafiği	20
3.2. Semen lekesi spektrumları	21

3.2.1. Semen lekelerinin yıkama sıvısında immersiyonu ile elde edilen numunelerden elde edilen verilerin spektral grafiğı	21
3.2.2. Semen lekelerinin yıkama sıvısında mekanik temizliğı ile elde edilen numunelerden elde edilen verilerin spektral grafiğı	22
3.3. PLS-DA Analizi	23
4. TARTIŞMA	50
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	57
ÖZET	59
SUMMARY	60
KAYNAKLAR	61
ÖZGEÇMİŞ	68



ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, olay yerinde sıklıkla kumaş üzerinde depozit şeklinde bulunan ve sıklıkla çalışmalara konu olan kan ve semen lekelerinin farklı kimyasal temizleyicilerle temizlendikten sonra FTIR spektrumları ve kemometrik yöntemler aracılığı ile ayırt edilmiştir.

Bu tez çalışmasının her aşamasında güveni ve anlayışı nedeni ile danışmanım Prof. Dr. E. Sümer ARAS'a,

Akademik hayatımın her döneminde olduğu gibi bu tezin hazırlanmasında da benden desteğini esirgemeyen Prof. Dr. Ramazan AKÇAN'a,

Bu çalışmanın deney aşamasında yoğun desteği ile yardımlarını esirgemeyen Uzm. Dr. Burak TAŞTEKİN'e,

Kemometrik analizlerde yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. İsmail Hakkı BOYACI'ya,

Hayatımın her aşamasında olduğu gibi bu tez döneminde de anlayış ve sevgisiyle desteğini esirgemeyen sevgili eşim Uzm. Dr. Sema KOÇ YILDIRIM'a teşekkürü bir borç bilirim.

SİMGELER VE KISALTMALAR

ATR	Evrensel azaltılmış toplam yansıtma (<i>Universal Attenuated Total Reflectance</i>)
DNA	Deoksiribonükleik asit
EFR	Etkililik oranı
FNR	Yanlış negatiflik oranı
FTIR	Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopi (<i>Fourier transform infrared spectroscopy</i>)
LV	Latent variabl
mRNA	Mesajcı ribonükleik asit
miRNA	Mikro ribonükleik asit
PLS-DA	Kısmi en küçük kareler diskriminant analizi (<i>Partial least square discriminant analysis</i>)
Rh	Bağıl nem oranı
RMSEC	<i>Root mean squares error calibration</i>
RMSECV	<i>Root mean squares error cross validation</i>
SPR	Özgüllük oranı
STR	Duyarlılık oranı
STRs	Kısa ardışık tekrar dizileri
TPR	Doğru pozitiflik oranı

ŞEKİLLER

Şekil 2.1. Kan ve semen lekeleri aktarılmış kumaş parçaları	13
Şekil 2.2. Kan lekesi numunelerinin yıkama sonrası görünüşleri	14
Şekil 2.3. Numunelerin sabit koşullarda bekletildiği iklimlendirme kabini.	16
Şekil 2.4. Çalışmada kullanılmış olan Universal Azaltılmış Toplam Yansıtma (ATR) Örneklem Akseuarlı Perkin Elmer Spectrum 400 FT-IR / FT-NIR spektrometresi	17
Şekil 3.1. Kan lekesi numunelerinin yıkama sıvısında immersiyonu sonucu elde edilen intermitans gösterir spektral grafikler	20
Şekil 3.2. Kan lekesi numunelerinin yıkama sıvısında mekanik temizliği sonucu elde edilen intermitans gösterir spektral grafikler	21
Şekil 3.3. Semen lekesi numunelerinin yıkama sıvısında immersiyonu sonucu elde edilen intermitans gösterir spektral grafikler	22
Şekil 3.4. Semen lekesi numunelerinin yıkama sıvısında mekanik temizliği sonucu elde edilen intermitans gösterir spektral grafikler	23
Şekil 3.5. Kumaş üzerinde kan ve semen lekelerinin ayrımı.	24
Şekil 3.6. Tüm kan ve semen verileri ile kontrol ve yıkanmış numunelerin ayrımı	25
Şekil 3.7. Kontrol grubu ve yıkanmış kan lekelerinin ayrımı	27
Şekil 3.8. Kontrol grubu ve yıkanmış semen lekelerinin ayrımı	28
Şekil 3.9. Kontrol grubu ve yıkama yöntemlerinin ayrımı	29
Şekil 3.10. İmmersiyon ve mekanik yıkamanın ayrımı	30
Şekil 3.11. BL ile kan lekesini yıkamanın ayrımı	32
Şekil 3.12. HCl ile kan lekesi yıkamanın ayrımı	33
Şekil 3.13. MEOH ile kan lekesi yıkamanın ayrımı	34
Şekil 3.14. DET ile kan lekesi yıkamanın ayrımı	35
Şekil 3.15. SP ile kan lekesi yıkamanın ayrımı	36
Şekil 3.16. W ile kan lekesi yıkamanın ayrımı	37
Şekil 3.17. BL ile semen lekesi yıkamanın ayrımı	38
Şekil 3.18. HCl ile semen lekesi yıkamanın ayrımı	39
Şekil 3.19. MEOH ile semen lekesi yıkamanın ayrımı	40

Şekil 3.20. DET ile semen lekesi yıkamanın ayrımı	41
Şekil 3.21. SP ile semen lekesi yıkamanın ayrımı	42
Şekil 3.22. W ile semen lekesi yıkamanın ayrımı	43
Şekil 3.23. BL ile yıkamanın ayrımı	44
Şekil 3.24. HCl ile yıkamanın ayrımı	45
Şekil 3.25. MEOH ile yıkamanın ayrımı	46
Şekil 3.26. DET ile yıkamanın ayrımı	47
Şekil 3.27. SP ile yıkamanın ayrımı	48
Şekil 3.28. W ile yıkamanın ayrımı	49



ÇİZELGELER

Çizelge 2.1. Numunelere yapılan ön işlemlere ait iş akış basamakları	15
Çizelge 3.1. PLS-DA ayrımı performans parametreleri	26
Çizelge 3.2. Yıkama kimyasallarının PLS-DA ayrımcılığının performans parametreleri	31



1. GİRİŞ

1.1. Kan lekesi ve semen lekesi incelemelerinin tarihsel gelişimi ve Adli Biyoloji açısından önemi

Lekeler, olay yeri inceleme sistematığının henüz oluşmamış olduğu antik zamanlarda dahi, suçun aydınlatılmasında kullanılan başlıca bulgulardan birisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Biyolojik bir varlık olarak insanı ve insana ait parçaları adli bulgu olarak değerlendirmenin sistematik bir düşünce olarak ortaya çıkışı, günümüzden beş bin yıl kadar öncesine, Mısır medeniyetine dayandırılmış olsa da, modern anlamda bir sistematik oluşması ve gelişiminin esas olarak 19. yüzyıldan sonra meydana geldiği bilinmektedir (Koç ve Biçer, 2009).

Kan lekesi, travmanın ciddi bir belirteci olarak, tüm biyolojik sınırlar arasında en erken dönemde çalışılmaya başlanan ve en fazla üzerinde çalışılan konulardan birisi olarak dikkati çekmektedir (Piotrowski, 1985; Fisher, 2004; Virkler ve Lednev, 2009; Elkins, 2011; Kumar, Sharma ve Sharma, 2020). Adli bilimlerin esaslarının oluşmaya başladığı 19. yüzyılın sonuna doğru dünyaya gelmiş olan, öyküleri ve romanlarıyla tüm dillerde en fazla satılan kurgu yazarı olan, tıp eğitimi aldığı hocasından ilham alarak oluşturduğu Sherlock Holmes karakteri ile bilinen Sir Arthur Conan Doyle, “A Study in Scarlet” isimli kitabında, kan lekesi değerlendirmesi yardımıyla çözölen bir olguyu anlatmaktadır (Doyle, 2009).

Lekelerin önemi, lekeler üzerinde yapılan analizlere dair teknolojilerin ve bu analizlerden çıkacak sonuçların verdiği faydalı bilgilerin artmasıyla doğru orantılı olarak artmıştır. Halen yapılmakta olan her yeni çalışma ile daha fazla çıkarıma olanak sağlayan leke analizlerinin önemi giderek de artış göstermektedir. Bu teknolojiler içerisinde belki de en önemli ve en belirgin katkıyı ise adli DNA

teknolojilerinin gelişimi ortaya koymuştur. Sir Alec Jeffreys tarafından 1985 yılında “DNA parmak izleri” tanımının da yapıldığı, sadece adli biyoloji değil, belki de tüm adli bilimlerde devrime yol açan, günümüzde hala adli tıbbi kimliklendirmenin altın standardı olarak kabul edilen çalışma dizisi ve ardından kısa tekrar dizileri (STRs) analizine dayanan onlarca çalışma, biyolojik sıvılardan oluşan lekelerin hem önemini artırmış, hem de leke üzerinde DNA testi yapılmadan önce yapılacak tüm pre-analitik ve analitik yöntemleri etkilemiştir (Gill, Jeffreys ve Werrett, 1985; Jeffreys, Wilson ve Thein, 1985; Lygo *ve ark.*, 1994; CL, 2017). Olay yeri incelemesi ile olay rekonstrüksiyonunun üç ana basamağından birisi olan fail ve mağdur kimliklendirilmesi amacıyla adli DNA analizleri kullanıldığı için, tüm biyolojik leke analizi çalışmaları, numunedeki DNA’yı etkilemeyen teknolojileri öncelemeye çaba sarf etmektedir.

Lekeler, olay yerlerinde karşılaşılan bulgulardan birisi olarak adli biyologların da sıkça incelediği ve üzerinde geniş araştırmalar yaptığı alanlardan birisi olarak karşımıza çıkmaktadır (Virkler ve Lednev, 2008; Kumar, Sharma ve Sharma, 2020). İnsanlarda ve hayvanlarda kan, idrar, ter, tükürük, vajinal sıvı, nazal mukus, semen gibi vücut sıvıları literatürde detaylıca çalışılmış vücut sıvılarının arasında yer almaktadır (Virkler ve Lednev, 2009; Sikirzhytski, Sikirzhytskaya ve Lednev, 2011; Kumar, Sharma ve Sharma, 2020). Kan ve semen lekeleri ise tüm bu vücut sıvılarının arasında, kan daha sık olmak üzere, üzerinde araştırma yapılan konuların başında gelmektedir (Virkler ve Lednev, 2009; Kumar, Sharma ve Sharma, 2020). Biyolojik vücut sıvılarının oluşturduğu lekelerin incelenmesi sonucunda; olay yerinde bulunan kişilerin kim oldukları ve olayın oluş şekli hakkında bilgi edinilebildiği gibi (Fisher, 2004); olayın oluş zamanı hakkında fikir verici yöntemler ve çalışmalarla da literatürde karşılaşılmaktadır (Strasser *ve ark.*, 2007; Bremmer *ve ark.*, 2011, 2012; Zapata, Fernández de la Ossa ve García-Ruiz, 2015).

1.2. Kan ve semen lekesinin temel bileşenleri

Sağlıklı bir erişkinde kanın içeriğinin yarısından biraz fazlasını hücre içermeyen; kanın şekilsiz elemanları, elektrolitler ve çözünebilir bileşikler içeren plazma oluştururken; kalan yarısından daha az kısmını ise hücreler oluşturmaktadır. Bu hücrelerin içerisindeki en büyük çoğunluğu ise, içeriğindeki demir nedeni ile kana rengini veren, oksijenin taşınımından sorumlu olduğu bilinen, globüler bir protein olan hemoglobini içeren kırmızı kan hücreleri oluşturmaktadır (Cheng ve ark., 2004; Karita ve ark., 2009; Ambayya ve ark., 2014; Adeli ve ark., 2015). İnsan kanının büyük bir kısmını oluşturan kırmızı kan hücreleri, kanın toplam içeriğinin hacimce %34 ila %43'lük bir kısmını meydana getirmektedir (Adeli ve ark., 2015). Kan lekesinin, vücut dışı bir ortamda veya bir yüzey üzerinde depozisyonunu takip eden süreçte en önemli değişiklikler de bu kısımda, özellikle her bir dL kanda 11,4 ila 14,8 g miktarda bulunan hemoglobin ve türevlerinde meydana gelmektedir (Adeli ve ark., 2015; Y. Zhang ve ark., 2017; Fuggle, 2020). Bununla birlikte; nükleik asitlerin degradasyonu, protein ve lipid yapıdaki kanda çözünmüş olan biyomoleküllerin zamanla meydana gelen yıkımları ve hücre içinde görece çok bulunan elektrolitlerin hücre zarının yıkımı ile hücre dışına çıkması sonucu nispeten artmaları karşılığında, hücre dışında daha yoğun bulunan elektrolitlerin ise göreceli olarak azalmaları depozisyon sürecinde meydana gelen değişiklikler arasında sıralanmaktadır (Anderson ve ark., 2005; Ambayya ve ark., 2014; Adeli ve ark., 2015; Y. Zhang ve ark., 2017; Fuggle, 2020).

Semen içeriği ise temelde hücresel ve hücresel olmayan olarak iki kısımda incelenmekte; hücresel kısım testiküler kaynaklı spermatozoa ve immatür germinal hücreler, ürogenital yolun döşemesinden dökülen epitelyal hücreler ve az sayıda lökositten oluşmaktadır (Dunphy, Neal ve Cooke, 1989; Gupta ve Kumar, 2017). Hücresel olmayan kısım ise testis, epididim, Cowper bezleri, seminal bezler ve prostat kaynaklı salgılardan oluşmaktadır (Bonde ve ark., 1998; Jensen, Bonde ve Joffe, 2006; Moore, Dalley ve Agur, 2010; Gupta ve Kumar, 2017).

1.3. Kan lekesi ve semen lekesinin analizinde kullanılan testler

Kan, semen ve diğer vücut sıvılarının analizinde kullanılan testler; lekelerin olay yerinde veya laboratuvarında tespitinde kullanılan, hızlı sonuç veren, ancak yanlış pozitiflik riskini de içinde barındıran ön değerlendirme testleri olan ihtimali reaktifler/testler ve ihtimali reaktiflerle pozitiflik saptanan olgularda yürütülen, daha kesin sonuçlar elde edilebilen doğrulama testleri olarak ikiye ayrılmaktadır (Fisher, 2004; Virkler ve Lednev, 2009).

Olay yerinde ve laboratuvarında oldukça yaygın olarak kullanılan ön testlerden birisi olarak alternatif ışık kaynakları; idrar ve ter de dahil olmak üzere birçok vücut sıvısı ve organik materyalle ile çapraz reaksiyon vermekle beraber, numune üzerinde doğrulama testlerinin ve kimliklendirme için ileri aşama testlerin yapılacağı bölgelerin seçilmesi; diğer bir deyişle bulgu haritasının çıkarılması açısından, hem kan hem de semen lekelerinde, faydalı bir uygulama olarak görülmektedir (Fisher, 2004; Virkler ve Lednev, 2009).

Oldukça kolay uygulama basamaklarına sahip olan bu yöntemin dışında, yine laboratuvarında olduğu kadar olay yerinde de kullanımları olan; hemoglobinin oksidan özelliğine dayanan ön testlerden birisi olan luminol testi (Quickenden ve Cooper, 2001; Barni ve ark., 2007), katalitik bir test olan benzidin testi (Cox, 1991; An ve ark., 2012), Kastle-Meyer testi adıyla da bilinen fenolftalein testi (Glaister, 1926; Higaki ve Philp, 1976) ve lökomalaşit yeşili testi (Cox, 1991) başta olmak üzere literatürde tanımlanmış ve kan lekeleri için yaygın kullanıma girmiş olan birçok ön değerlendirme testi bulunmaktadır. Benzer şekilde semen lekelerinin ön değerlendirmesini yapmak amacıyla geliştirilmiş birçok test de bulunmaktadır. Bu testler arasında seminal asit fosfataz (Toates, 1979; Lu ve ark., 2007) ve lösin aminopeptidaz (Lawton ve Sutton, 1982) aktivitesine dayanan yöntemler öne çıkmaktadır. Bununla birlikte; kütle spektrometrisi ile eşlenmiş yöntemler yardımı ile

eser denilebilecek kadar küçük miktarlardaki numunelerin bile incelenebildiği farklı yöntemlerin her geçen gün bir yenisinin daha literatürde tanımlandığı görülmektedir (Davidovics *ve ark.*, 2022).

Ancak bu yöntemlerin büyük bir kısmında ya yöntemin ana bileşeninin veya yöntemin etkinliğinin artırılması için kullanılan kimyasal maddelerin, adli tıbbi kimliklendirmenin “altın standart” yöntemi olarak kabul edilen, STRs analizinin üzerine olumsuz etkilerinin olması bu yöntemlerin en büyük dezavantajını oluşturmaktadır (McNally *ve ark.*, 1989; Hochmeister, Budowle ve Baechtel, 1991; De Almeida, Glesse ve Bonorino, 2011; Quinones *ve ark.*, 2007).

1.4. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopi

Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopi olarak dilimize çevrilmiş olan “Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)”, titreşim spektroskopisi olarak adlandırılan analitik yöntemler arasında yer almakta olup; elektronların titreşim düzeylerinde meydana gelen değişimleri incelemekte ve bu değişimlerin santimetredeki dalga boyu miktarı olarak elde edilen yansımalarını spektral bir grafik olarak sunmaktadır (Jaggi, 2006; Zheng *ve ark.*, 2010; Baker *ve ark.*, 2014; Lee, Liong ve Jemain, 2017).

Titreşim spektroskopisi olarak bilinen yöntemler, Raman spektroskopisi ve kızılötesi spektroskopi yöntemlerini içermekte olup; bir analitik araç olarak, hem sağlık bilimlerinde hem de adli bilimlerde, özellikle son birkaç dekatta akademik olarak çalışılmış, patlayıcı analizinden adli belge incelemelerine kadar geniş bir yelpazede yer alan bazı alanlarda ise kendisine rutin kullanım imkanı bulmuştur (Edwards, 2004; Huang *ve ark.*, 2008; Movasaghi, Rehman ve Rehman, 2008; Izake, 2010; Hargreaves ve Edwards, 2012; Baker *ve ark.*, 2014; Buzzini ve Suzuki, 2016;

Doty *ve ark.*, 2016; Wang, He, *ve ark.*, 2017; Al-Hetlani *ve ark.*, 2020; Pedrosa *ve ark.*, 2020). Biyolojik lekelerin analizi için hem Raman spektroskopisi ile hem de farklı kızılötesi spektroskopik yöntemlerle başarılı çalışmalar literatürde tanımlanmıştır (Virkler ve Lednev, 2009; Olsztyńska-Janus *ve ark.*, 2012; Zapata, De la Ossa ve García-Ruiz, 2015; Zapata, De La Ossa ve García-Ruiz, 2016). Raman spektroskopisi ile yapılan çalışmalar, özellikle Lednev ve çalışma grubunun da ardışık çalışmaları sayesinde, ön planda gibi görülse de, mikroskop camları üzerinde yapılan bu çalışmalar, olay yerinde biyolojik lekelerin bulunduğu farklı yüzeyler söz konusu olduğu zaman, FTIR ile kıyaslandığında daha başarısız sonuçlar vermektedir (Virkler ve Lednev, 2009; McLaughlin, Sikirzhytski ve Lednev, 2013; Zapata, Fernández de la Ossa ve García-Ruiz, 2015; Doty *ve ark.*, 2016; Gregório, Zapata ve García-Ruiz, 2016; Sharma ve Singh, 2020).

Kan, üzerinde en fazla adli biyolojik çalışma yapılmış vücut sıvısı olarak, titreşim spektroskopisini esas alan yöntemlerle ilk kez üçüncü milenyumun başlarında tanımlanmaya çalışılan bir biyolojik örnek olarak karşımıza çıkmaktadır (Strasser *ve ark.*, 2007; De Wael *ve ark.*, 2008; Zapata, De la Ossa ve García-Ruiz, 2015). Önceleri bu yöntemlerin biyolojik türler arası ayırım yapabilme yeteneklerini test ederek, özellikle insan kanını diğer hayvan kanlarından ayırmayı amaçlamış çalışmalar yoğunluk göstermiş olsa da (De Wael *ve ark.*, 2008; Pereira *ve ark.*, 2017; Lin *ve ark.*, 2018); bu çalışmaların beraberinde ve sonrasında yayınlanan birçok çalışmada, kan lekesi yaşı tayini ve lekenin bulunduğu yüzeyin etkileri başta olmak üzere birçok faktörün çalışma konusu olduğu (Virkler ve Lednev, 2009; McLaughlin, Sikirzhytski ve Lednev, 2013; Orphanou, 2015; Doty, McLaughlin ve Lednev, 2016; Kumar, Sharma ve Sharma, 2020), hatta kan lekesinden lekenin ölümden önce mi yoksa sonra mı oluştuğunun tespiti, ırk tayini ve fenotiplendirme dahi yapılmaya çalışıldığı görülmektedir (Mistek *ve ark.*, 2016; Takamura *ve ark.*, 2017; Mistek, Halámková ve Lednev, 2019).

Kan lekesi analizlerine benzer şekilde, semen lekesi üzerinde de titreşim spektroskopisi kullanılarak klinik çalışmalar yapıldığı gibi, adli biyolojik çalışmalar

da yapılmış; semen içeriğindeki farklılıkların analizinden, semenin diğer vücut sıvılarından ayırt edilerek tanımlanmasına kadar geniş bir yelpazede faydalı olabilecek çalışmalar üretilmiştir (Barçot *ve ark.*, 2007; Elkins, 2011; Huang *ve ark.*, 2011; Takamura *ve ark.*, 2018) Biyolojik sıvılar üzerinde yapılmış bunca çalışmanın verdiği temel sonuçlardan birisi olarak; biyolojik sıvıların FTIR spektroskopi ile analizi sonucu elde edilen spektrumların sadece görsel olarak değerlendirilemeyeceği, birbirine yakın kimyasal bileşimler içeren bu biyolojik sıvıların analizlerinde mutlaka karmaşık biyoistatistiksel ve/veya kemometrik yöntemler kullanılmasının zorunlu olduğu önermesi karşımıza çıkmaktadır (Gregório *ve ark.*, 2017; Gregório, Zapata ve García-Ruiz, 2016; J. Zhang, Li, Wang, Li, *ve ark.*, 2017; Lee, Liong ve Jemain, 2017).

Kemometrik yöntemler, son yıllarda yapılan lekelerin spektroskopik incelemelerini esas alan çalışmalar başta olmak üzere hem adli bilimler hem de sağlık bilimleri alanında yapılan çalışmalarda artan sıklıkla kullanılmaktadır (J. Zhang, Li, Wang, Li, *ve ark.*, 2017; J. Zhang, Li, Wang, Wei, *ve ark.*, 2017; Wang, Zhang, *ve ark.*, 2017; Sharma ve Singh, 2019; Kumar, Sharma ve Sharma, 2020). Analiz sonucunda elde edilen verinin yüksek çözünürlüklü olması, özellikle biyolojik numunelerde spektruma etki eden faktörlerin çokluğu, veri ile beraber istenmeyen etkenlerin neden olduğu gürültü ve/veya arka plan spektrumu gibi birçok faktörün etkisi, kemometrik yöntemlerin FTIR ile kombine şekilde kullanımını gerekli hale getirmektedir (Lee, Liong ve Jemain, 2017; Biancolillo ve Marini, 2018).

1.5. Biyolojik lekelerin yıkanarak ortadan kaldırılması

Olay yeri, olayın faili tarafından kasıtlı olarak veya olay dışı kişiler tarafından gerek kasıtlı gerekse kasıtsız olarak değiştirilebilmektedir. Biyolojik sıvıların oluşturduğu lekelerin parlak yüzeylerde bulunduğu durumlarda silinmesi veya yıkanması, emici yüzeylerde bulunduğu durumlarda ise yıkanması ve/veya farklı

kimyasallara maruz bırakılması sık karşılaşılan bir olay yerini değiştirici müdahale olarak karşımıza çıkabilmektedir. Emici yüzeylerin farklı temizleyiciler ile yıkanması durumunda biyolojik sıvıların oluşturduğu lekelerden elde edilen bulgulara tespit edilebilecek değişiklikler ve incelemelerde yapılması gereken değişiklikler hususunda çalışılmasının gerekliliği açıkça bilinmektedir.

Cinsel saldırı bulgularının değerlendirilmesi hususuna dikkati çeken yayınlarda, özellikle çarşaf ve iç çamaşırı gibi kumaşlarda kalan semen lekelerinin yıkamayı takiben değerlendirilmesine yönelik çalışmalar yapılmış, bu çalışmalar çoğunluğu itibariyle ise farklı marka çamaşır makineleri ve deterjanlar arasında, veya farklı sayılarda yıkamalar arasında kıyaslamalar yapmaya çalışmıştır (Jobin ve De Gouffe, 2003; Hofmann *ve ark.*, 2019; Noël *ve ark.*, 2019). Literatüre bakıldığında; biyolojik lekelerin alternatif ışık kaynakları ile araştırılmasında ve enzimatik testlerle tespitinde, farklı şekillerde ve farklı sıvılarla yapılan yıkamalar sonrasında güçlükler görülse de; yıkama solüsyonuna, yıkama işlemine, yıkama sayısına ve süresine göre değişik derecelerde tespitin mümkün olabildiği, bundan daha önemli olarak da bu numunelerde kısmen degrade olsa da çok büyük oranda DNA profili tespitinin mümkün olabildiği görülmektedir (Joshi, Subhedar ve Saraf, 1981; Andrews ve Coquoz, 1994; Crowe, Moss ve Elliot, 2000; Farmen, Cortez ve Frøyland, 2008; Castelló, Francés ve Verdú, 2009; Jobin ve De Gouffe, 2003; Kafarowski, Lyon ve Sloan, 1996; Kulstein ve Wiegand, 2018; Hofmann *ve ark.*, 2019; Noël *ve ark.*, 2019).

Biyolojik lekelerin yıkanması ile ilgili yapılan çalışmalarda; her ne kadar muhtemel olay gelişim simülasyonlarına uygun olması amaçlandığı için öyle yapıldığı ifade edilmiş olsa dahi, her yerde ulaşılabilir olmayan, programları arasında farklılıklar bulunan çamaşır makineleri ve ticari olarak satılan, içeriği çok değişken olan kimyasal temizleyicilerin kullanımından kaynaklı olarak kontrollü deney ortamının sağlanmasından kısmen uzaklaşmış olduğu görülmektedir. Literatürde deney şartlarının kontrolünü kısmen sağlamış olan çalışmalar bulunsa da (Sharma ve Singh, 2019), hem içeriğin hem de yıkama sürecinin tekrarlanabilir ve sabit şartlar

altında yapıldığı çalışmalar azınlıkta kalmaktadır. Bu konuda bir diğer önemli husus ise suç faillerinin olay yerindeki bulguları değiştirmek amacı ile her zaman çamaşır makinesi kullanmadıkları gerçeği olarak karşımıza çıkmaktadır. Suç delili olabilecek biyolojik lekelerle yapılan müdahaleler elde yıkama şeklinde olabildiği gibi, bazen sadece su veya kimyasal temizleyici ile müdahale şeklinde de olabilmektedir. Bu tez çalışmasının konusu ve tasarımı yapılırken literatürde yer alan bu belirgin açıklık dikkate alınmıştır.

1.6. Çalışmanın amacı

Güncel literatürde, standardize kimyasal temizleyiciler yerine, içeriği ve konsantrasyonu bilinmeyen temizleyicilerin kullanılması sonucunda meydana gelen standardize çalışma açığını kapatmayı amaçlayan bu çalışma; hem kimyasal madde içeriklerini sabit ve tekrarlanabilir konsantrasyonlarda kullanmayı, hem de dünyanın her yerinde standart olmayan, modelden modele değişiklik gösterebilen çamaşır makineleri ile yapılan yıkamalar yerine, sık başvuru alan bir yöntem olan elde mekanik temizliği standardize şekilde kullanarak, bu temizlik yöntemlerinin FTIR ile kan ve semen lekelerinin tespit edilmesi üzerine olan sonuçlarını irdelemektedir.

Bu tez çalışmasında, literatürde cevabı bulunmayan aşağıdaki üç temel soruya cevap aranmaktadır:

- i. Kan ve semen lekesinde mekanik olarak temizlik yapmakla, sadece immersiyon yoluyla temizlik yapmak arasında, FTIR ile yapılan incelemelerin sonuçlarına etki bakımından farklılık var mıdır?
- ii. Depozisyonu tamamlanmış kan ve semen lekelerinin temizliği sırasında kullanılan muhtemel sıvılar arasında FTIR ile tespitini etkileyecek, ayırımı güçleştirecek farklılıklar var mıdır?

- iii. Kan ve semen depoziti üzerinde farklı kimyasal temizleyicilerin spektrum üzerindeki etkileri ne şekilde meydana gelmektedir?



2. GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Kimyasallar

Laboratuvar analizi için metanol (LC gradyan derecesi) Merck'ten (Darmstadt, Almanya) satın alınmıştır. Sodyum hipoklorit (%40) ve hipoklorik asit (%5) çözeltileri Seba Kimya'dan (İstanbul, Türkiye) temin edilmiştir. Saf sabun granülleri ve sıvı bulaşık deterjanı Procter&Gamble Türkiye'den (İstanbul, Türkiye) satın alınmıştır. Kullanılan bulaşık deterjanı enzim içermeyen tiptedir. Bulaşık deterjanı içeriği aşağıdaki gibidir: %5-15 anyonik yüzey aktif madde, <%5 iyonik olmayan yüzey aktif madde, metil-izolitiazolinon, fenoksietanol, parfüm, geraniol, limonen.

2.2. Kan ve semen numunelerinin toplanması

Bu deneyde, daha önce başka bir çalışma için alınan kan ve semen numuneleri kullanılmıştır. Söz konusu çalışma Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun GO 20/121 proje numarası ile kayıtlıdır.

Alınan kan numuneleri; üç yetişkin erkek ve üç yetişkin kadından her bir bireyden 10 cc olacak şekilde alınmıştır. Kan alınmadan önce her denekten ayrı ayrı onam alınmıştır. Alınan örneklerde tam kan sayımı yapılmış ve deneklerin kan sayım değerlerinin normal aralıklarda olduğu görülmüştür.

Yazılı onamları olan ve üç günlük cinsel perhizi olan üç erkek denekten semen örneği alındıktan sonra semende hücre sayımı ve pH analizi yapılmıştır. Semen örneklerinde pH, sperm sayısı ve morfolojisinin normal sınırlar içinde olduğu görülmüştür.

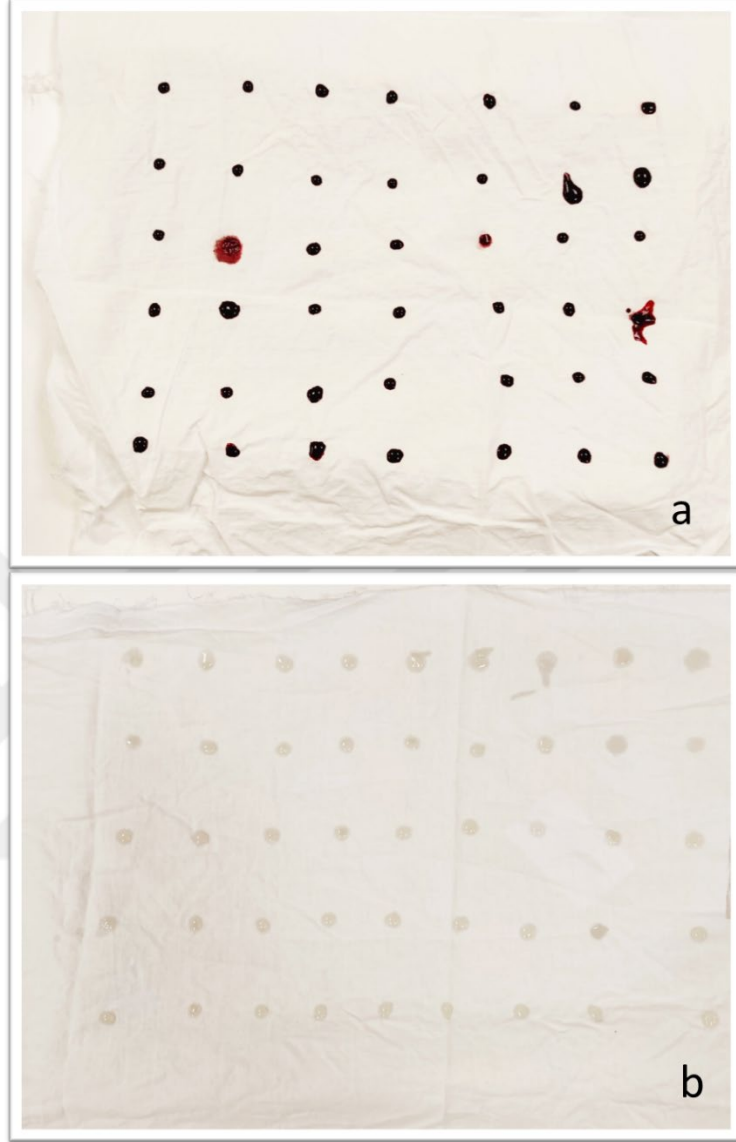
Alınan hiçbir örneğe, olay mahallini aslına uygun bir şekilde simüle edebilmek ve spektrumda katkı maddelerinin etkilerini görmemek için, antikoagülan veya başka bir koruyucu eklenmemiştir.

Kan örneklerine antikoagülan madde eklenmediği için leke alındıktan hemen sonra, koagülasyon ve/veya hemoliz başlamadan kumaşa transfer edilmiştir.

Semen örnekleri oda sıcaklığında 20 dakika bekletildikten sonra likefiye olarak homojenize edildikten sonra leke transferine başlanmıştır.

2.3. Kan ve semen lekesi depozitlerinin oluşturulması

20 µl kan veya semen, 2 cm²'lik ayrılmış alanlara sahip pamuklu kumaş parçalarına damlatılmıştır. Her iki leke merkezi arasındaki mesafe en az 4 cm olacak şekilde leke depozisyonu uygulanmıştır. Toplam 78 kan ve 78 semen lekesi transfer edildikten sonra örnekler 10000 lümen beyaz ışık, 23 °C sıcaklık ve %40'lık bağıl nem (Rh) sağlayan bir dolapta, sabit koşullar altında, 3 saat süre ile kurumaya bırakılmıştır. Depozisyon işleminden sonra numuneler, her grup 6 lekeden oluşacak şekilde ayrılmıştır. Bu aşamadan sonra hem kan hem de meni lekelerine aynı işlemler uygulanmıştır.

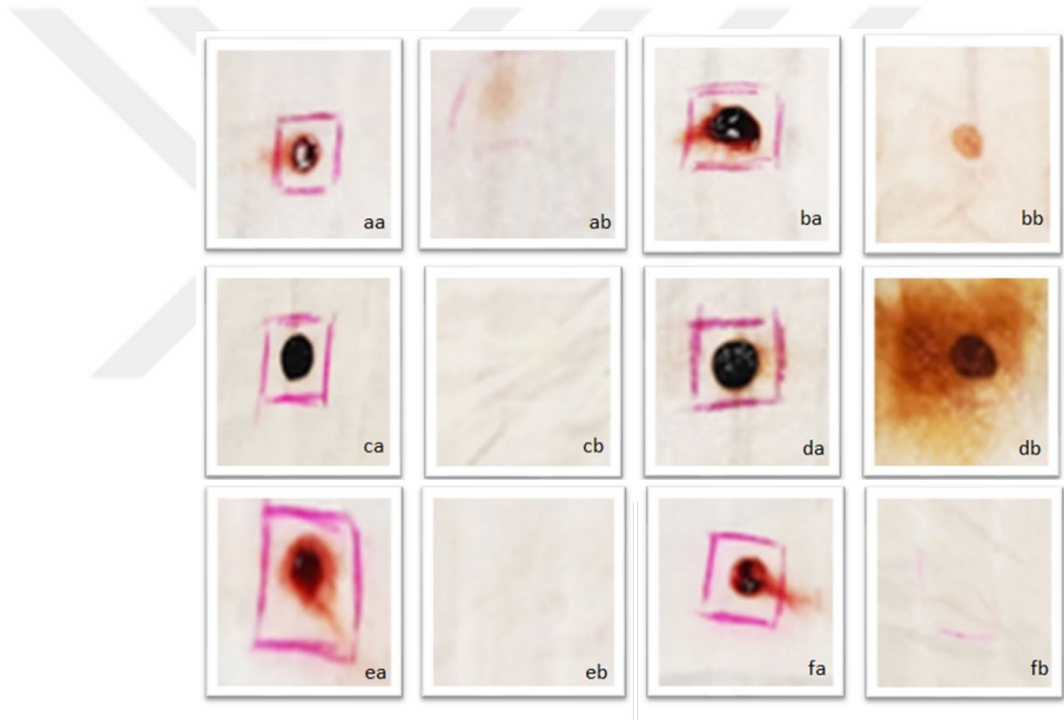


Şekil 2.1. Kan ve semen lekeleri aktarılmış kumaş parçaları (a: kan lekesi aktarılmış kumaş parçası, b: semen lekesi aktarılmış kumaş parçası).

2.4. Deney grupları ve yıkama işlemleri

Kontrol grubu olarak bir kan ve bir meni lekesi grubu (altışar leke) ayrılmış ve herhangi bir işlem yapılmadan analize kadar iklimlendirme kabini içerisinde saklanmıştır. Her bir kimyasal temizleyici için bir grup kan ve meni lekesi 200 cc

temizleme sıvısında bir saat bekletilmiş, diğer grup lekeler ise temizleme sıvısı içindeyken mekanik temizliğe tabi tutulmuş ve ardından bir saat sıvıda bekletilmiştir. Mekanik temizlik aynı cins kumaş ile 60-80 N/cm² basınç altında leke üzerine beş dakika süre ile basınç altında sürtünme uygulaması şeklinde ovulması ile sağlanmıştır. Temizleme sıvısı olarak saf su, saf su içerisinde %40'lık metanol, %5'lik sodyum hipoklorit, %5 hipoklorik asit, 5 g/L sabunlu saf su ve 5 g/L bulaşık deterjanı çözülmüş saf su kullanılmıştır. Numunelerin yıkamalar sonrası görüntüleri Şekil 2.2'de gösterilmiştir. Numunelere yapılan ön işlemlere ait iş akış basamakları Çizelge 2.1'de sunulmuştur.



Şekil 2.2. Kan lekesi numunelerinin yıkama sonrası görünüşleri (aa: saf su içinde immersiyon yapılmış numune, ab: saf su içinde mekanik temizlik yapılmış numune, ba: %40'lık metanol içinde immersiyon yapılmış numune, bb: %40'lık metanol içinde mekanik temizlik yapılmış numune, ca: %5'lik sodyum hipoklorit içinde immersiyon yapılmış numune, cb: %5'lik sodyum hipoklorit içinde mekanik temizlik yapılmış numune, da: %5'lik hipoklorik asit içinde immersiyon yapılmış numune, db: %5'lik hipoklorik asit içinde mekanik temizlik yapılmış numune, ea: 5 g/L sabun içinde immersiyon yapılmış numune, eb: 5 g/L sabun içinde mekanik temizlik yapılmış numune, fa: 5 g/L bulaşık deterjanı içinde immersiyon yapılmış numune, fb: 5 g/L bulaşık deterjanı içinde mekanik temizlik yapılmış numune).

Çizelge 2.1. Numunelere yapılan ön işlemlere ait iş akış basamakları (* Uygulanan pre-analitik işlemler: 1. Pamuklu kumaş üzerine 20 µL kan lekesi depozisyonu, 2. Pamuklu kumaş üzerine 20 µL semen lekesi depozisyonu, 3. 30 dakika oda ısısında, güneş ışığından ve hava akımından uzak olarak depozitin tam olarak kurutulması, 4. %5 sodyum hipoklorit içeren 200 cc sıvı içerisinde bir saat immersiyon, 5. İmmersiyon sonrası saf su içerisine daldırılarak kimyasal kalıntıların azaltılması, 6. 60-80 N kuvvet uygulayarak immerse edilecek sıvı içerisinde lekenin 5 dk mekanik sürtünmeye maruz bırakılması, 7. 5 g/L sıvı bulaşık deterjanı içeren 200 cc solüsyon içerisinde bir saat immersiyon, 8. %5 hidroklorik asit içeren 200 cc sıvı içerisinde bir saat immersiyon, 9. 5 g/L sabun çözöürölmüş 200 cc sıvı içerisinde bir saat immersiyon, 10. 200 cc saf su içerisinde bir saat immersiyon, 11. 200 cc %40'lik metanol içerisinde bir saat immersiyon).

Numune Tipi	Pre-analitik işlem*	Tekrar sayısı
<i>Kontrol – Kan</i>	1+3	6
<i>Kontrol – Semen</i>	2+3	6
<i>Çamaşır Suyu – İmmersiyon – Kan</i>	1+3+4+5+3	6
<i>Çamaşır Suyu – İmmersiyon – Semen</i>	2+3+4+5+3	6
<i>Çamaşır Suyu – Mekanik - Kan</i>	1+3+6+4+5+3	6
<i>Çamaşır Suyu – Mekanik - Semen</i>	2+3+6+4+5+3	6
<i>Bulaşık deterjanı – İmmersiyon - Kan</i>	1+3+7+5+3	6
<i>Bulaşık deterjanı – İmmersiyon – Semen</i>	2+3+7+5+3	6
<i>Bulaşık deterjanı – Mekanik – Kan</i>	1+3+6+7+5+3	6
<i>Bulaşık deterjanı – Mekanik – Semen</i>	2+3+6+7+5+3	6
<i>Tuz ruhu – İmmersiyon – Kan</i>	1+3+8+5+3	6
<i>Tuz ruhu – İmmersiyon – Semen</i>	2+3+8+5+3	6
<i>Tuz Ruhu – Mekanik – Kan</i>	1+3+6+8+5+3	6
<i>Tuz ruhu – Mekanik – Semen</i>	2+3+6+8+5+3	6
<i>Sabun – İmmersiyon – Kan</i>	1+3+9+5+3	6
<i>Sabun – İmmersiyon – Semen</i>	2+3+9+5+3	6
<i>Sabun – Mekanik – Kan</i>	1+3+6+9+5+3	6
<i>Sabun – Mekanik – Semen</i>	2+3+6+9+5+3	6
<i>Saf su – İmmersiyon – Kan</i>	1+3+10+3	6
<i>Saf su – İmmersiyon – Semen</i>	2+3+10+3	6
<i>Saf su – Mekanik – Kan</i>	1+3+6+10+3	6
<i>Saf su – Mekanik – Semen</i>	2+3+6+10+3	6
<i>Metanol – İmmersiyon – Kan</i>	1+3+11+3	6
<i>Metanol – İmmersiyon – Semen</i>	2+3+11+3	6
<i>Metanol – Mekanik – Kan</i>	1+3+6+11+3	6
<i>Metanol – Mekanik – Semen</i>	2+3+6+11+3	6

İmmersiyon veya mekanik temizleme işlemlerinden sonra numuneler 10000 lümen beyaz ışık, 23 °C sıcaklık ve %40 Rh sağlayan bir iklimlendirme kabiniinde (Mikrotest © MIT 120 Climating Chamber, Ankara, Türkiye) 12 saat sabit koşullarda tutularak leke kalıntısının kuruması sağlanmış ve ardından analiz edilmiştir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Numunelerin sabit koşullarda bekletildiği iklimlendirme kabini.

2.5. Enstrümantasyon ve numunelerin analizi

Bu çalışmada; Evrensel Azaltılmış Toplam Yansıtma (ATR) Örnekleme Aksesuarlı Perkin Elmer Spectrum 400 FT-IR / FT-NIR spektrometresi kullanılmıştır (Şekil 2.4). Çalışılan örneklere ait spektrumlar, Spectrum 10.5.4 (Perkin Elmer Inc., Norwalk, CT, ABD) yazılımı kullanılarak elde edilmiştir.



Şekil 2.4. Çalışmada kullanılmış olan Universal Azaltılmış Toplam Yansıtma (ATR) Örnekleme Aksesuarlı Perkin Elmer Spectrum 400 FT-IR / FT-NIR spektrometresi

Altı farklı gönüllüden elde edilmiş olan lekelerin incelenmesi sırasında, her numune için, numunenin farklı bölgelerinden üç adet spektrum elde edilmiş ve bu spektrumların ortalaması alınmıştır. Kumaşın yapısı ve kumaşta kalan kimyasal temizleyicilerin spektrum üzerine olan etkilerini ortadan kaldırmak için numune içermeyen bir kumaş bölgesinden arka plan (background) spektrumu alınmış ve elde edilen bu spektrum kan veya semen lekeli kumaş spektrumundan yazılım yardımıyla otomatik olarak çıkartılmıştır. Her örneğin spektrumu alınırken bu işlem tekrarlanmıştır. Numuneler arasında çapraz bulaşa neden olmamak amacıyla her bir numune analizi öncesinde ve sonrasında numune konulan yüzey metanol ile silinmiş ve kuruması beklendikten sonra diğer numunenin analizine geçilmiştir.

2.6. Elde edilen verilerin analizi

Elde edilen veriler öncelikle görsel olarak değerlendirilmiş, bu amaçla elde edilen verilerden Microsoft® Office 365 Excel (Microsoft, 2022) ve The Unscrambler X v10.4 (Camo, 2020) programı ile ortalama spektral grafikler elde edilmiş ve elde edilen grafikler görsel olarak değerlendirilmiştir.

FTIR verilerinin kemometrik analizi için MATLAB yazılımı (Mathworks, 2020) ve PLS_Toolbox sürüm 8.2 (Eigenvector Research, 2018) kullanılmıştır. FTIR verilerinin 3:1 oranında eğitim ve test veri setleri ile ayrımı için kısmi en küçük kareler diskriminant analizi (PLS-DA) kullanıldı. PLS-DA (i) kan ve meni (tüm spektrumlar); (ii) kontrol numuneleri ve yıkanmış numuneler; (iii) meni lekeleri için kontrol ve yıkanmış numuneler; (iv) kan lekeleri için kontrol ve yıkanmış numuneler; (v) yıkama işlemlerinin türü (immersiyon ve mekanik), (vi) kan ve meni lekesinin yıkanmasında hangi kimyasalın kullanıldığı (kan ve meni numuneleri ayrı ayrı ve birlikte) değerlendirilmiştir.

Ayrıca, PLS-DA ayırmacılığının performansını belirlemek için, duyarlılık oranı (STR, %), özgüllük oranı (SPR, %) ve model verimlilik oranı (EFR, %); gerçek pozitif oran (TPR), yanlış negatif oran (FNR), gerçek negatif oran (TNR), yanlış pozitif oran değeri (FPR) kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$STR = TPR / (TPR + FNR)$$

$$SPR = TNR / (TNR + FPR)$$

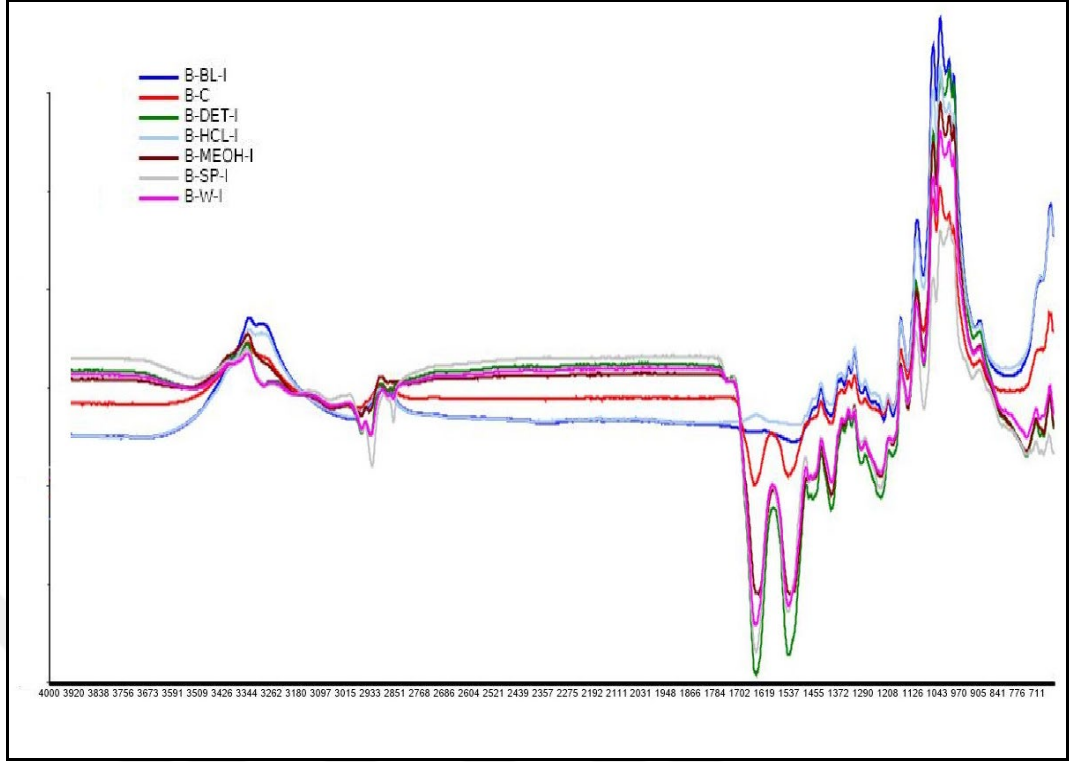
$$EFR = 100 - (FPR + FNR)$$

3. BULGULAR

3.1. Kan lekesi spektrumları

3.1.1. Kan lekelerinin yıkama sıvısında immersiyonu ile elde edilen numunelerden elde edilen verilerin spektral grafiği

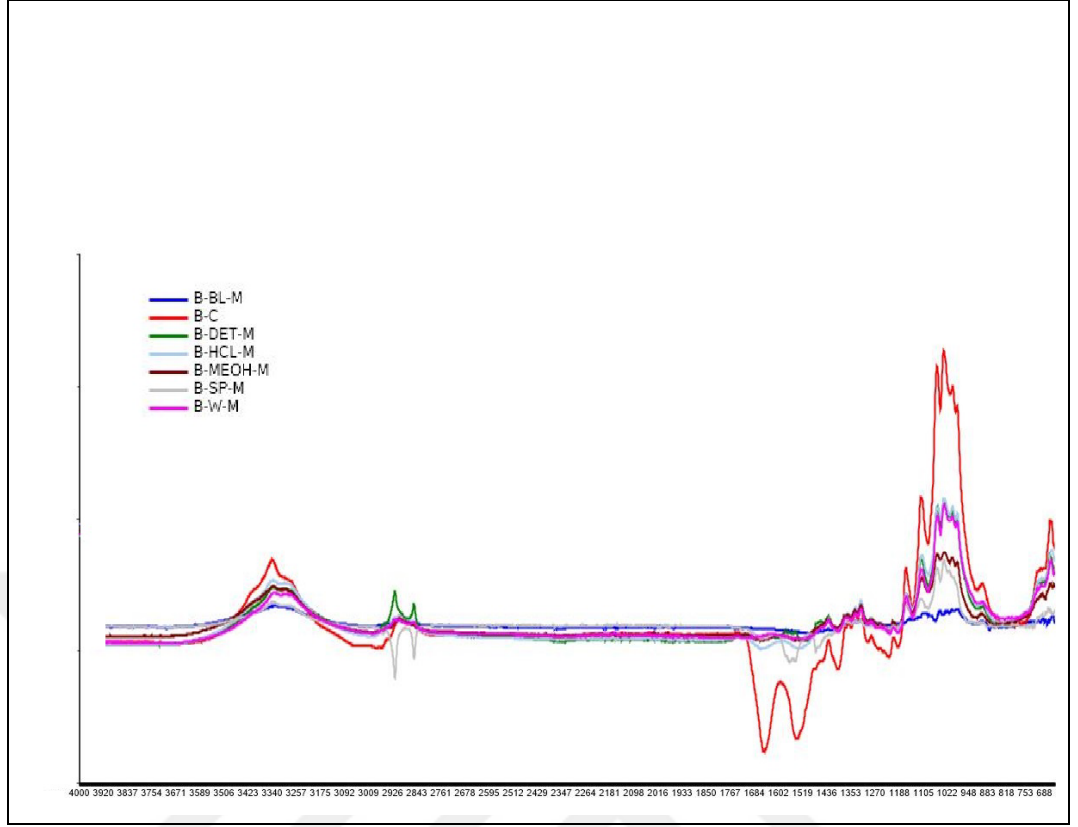
Kan lekelerini içeren numunelerin kontrol numunesi ile birlikte 200 cc'lik saf su, saf su içerisinde %40'lık metanol, %5'lik sodyum hipoklorit, %5 hipoklorik asit, 5 g/L sabunlu saf su ve 5 g/L bulaşık deterjanı çözünmüş saf su içerisinde bir saat bekletilmesi sonucunda elde edilen intermitans spektrumlarına ait grafik Şekil 3.1'deki gibi elde edilmiştir.



Şekil 3.1. Kan lekesi numunelerinin yıkama sıvısında immersiyonu sonucu elde edilen intermitansı gösterir spektral grafikler (B-BL-I: %5’lik sodyum hipoklorit içinde immersiye edilmiş numune, B-C: kontrol numunesi, B-DET-I: 5 g/L bulaşık deterjanı içinde immersiye edilmiş numune, B-HCL-I: %5’lik hipoklorik asit içinde immersiye edilmiş numune, B-MEOH-I: %40’lık metanol içinde immersiye edilmiş numune, B-SP-I: 5 g/L sabun içinde immersiye edilmiş numune, B-W-I: saf su içinde immersiye edilmiş numune).

3.1.2. Kan lekelerinin yıkama sıvısında mekanik temizliği ile elde edilen numunelerden elde edilen verilerin spektral grafiği

Kan lekelerini içeren numunelerin kontrol numunesi ile birlikte 200 cc’lık saf su, saf su içerisinde %40’lık metanol, %5’lik sodyum hipoklorit, %5 hipoklorik asit, 5 g/L sabunlu saf su ve 5 g/L bulaşık deterjanı çözünmüş saf su içerisinde mekanik temizliği sonucunda elde edilen intermitans spektrumlarına ait grafik Şekil 3.2’deki gibi elde edilmiştir.

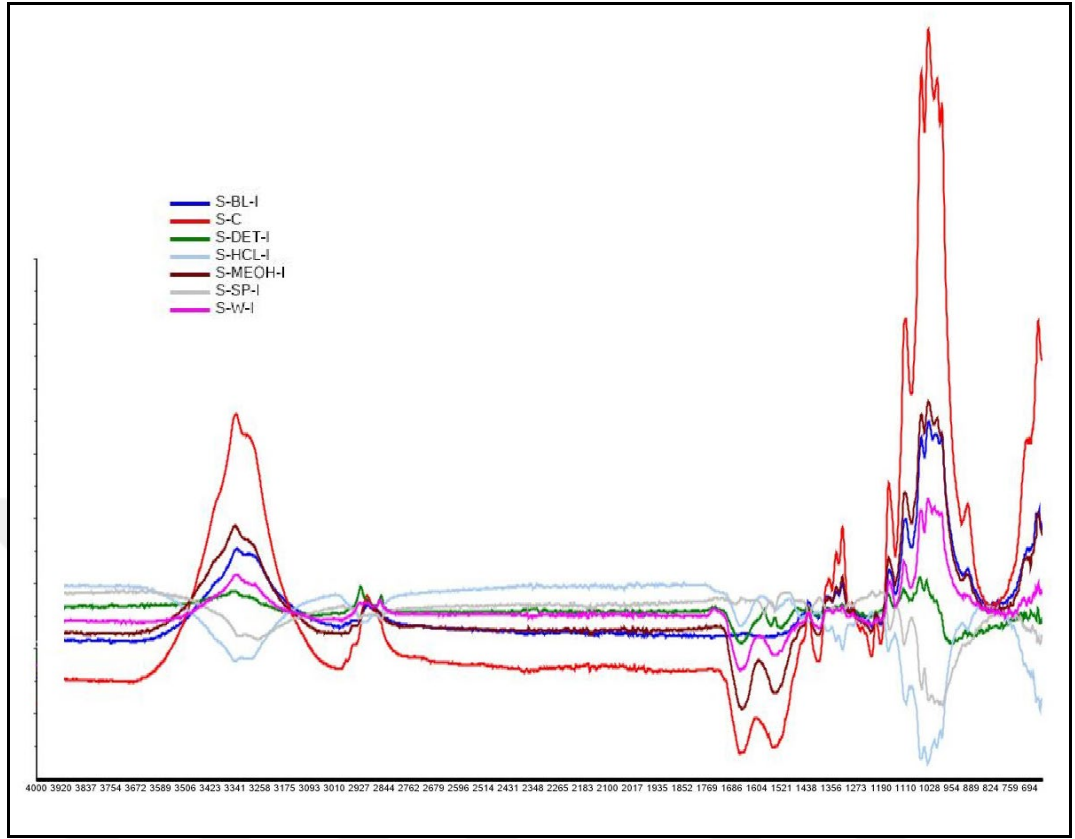


Şekil 3.2. Kan lekesi numunelerinin yıkama sıvısında mekanik temizliği sonucu elde edilen intermitansı gösterir spektral grafikler (B-BL-M: %5’lik sodyum hipoklorit içinde mekanik temizlik yapılmış numune, B-C: kontrol numunesi, B-DET-M: 5 g/L bulaşık deterjanı içinde mekanik temizlik yapılmış numune, B-HCL-M: %5’lik hipoklorik asit içinde mekanik temizlik yapılmış numune, B-MEOH-M: %40’lık metanol içinde mekanik temizlik yapılmış numune, B-SP-M: 5 g/L sabun içinde mekanik temizlik yapılmış numune, B-W-M: saf su içinde mekanik temizlik yapılmış numune).

3.2. Semen lekesi spektrumları

3.2.1. Semen lekelerinin yıkama sıvısında immersiyonu ile elde edilen numunelerden elde edilen verilerin spektral grafiği

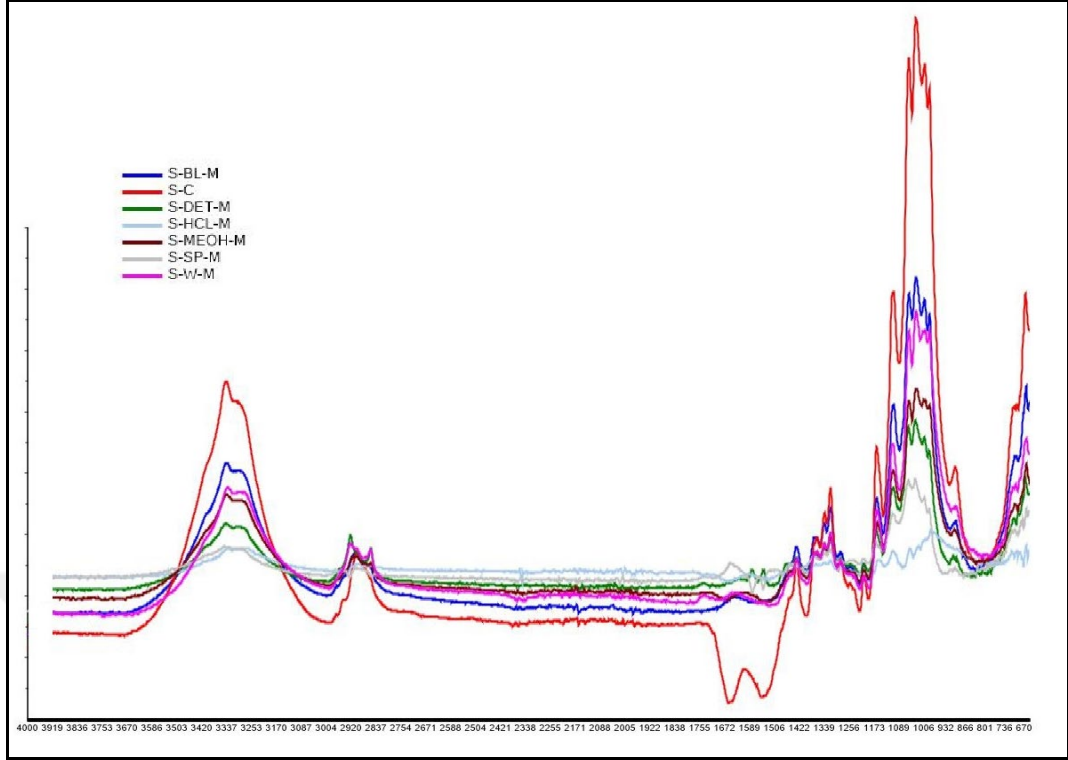
Semen lekelerini içeren numunelerin kontrol numunesi ile birlikte 200 cc’lik saf su, saf su içerisinde %40’lık metanol, %5’lik sodyum hipoklorit, %5 hipoklorik asit, 5 g/L sabunlu saf su ve 5 g/L bulaşık deterjanı çözünmüş saf su içerisinde bir saat bekletilmesi sonucunda elde edilen intermitans spektrumlarına ait grafik Şekil 3.3’teki gibi elde edilmiştir.



Şekil 3.3. Semen lekesi numunelerinin yıkama sıvısında immersiyonu sonucu elde edilen intermitans gösterir spektral grafikler (S-BL-I: %5'lik sodyum hipoklorit içinde immersiyeon yapılmış numune, S-C: kontrol numunesi, S-DET-I: 5 g/L bulaşık deterjanı içinde immersiyeon yapılmış numune, S-HCL-I: %5'lik hipoklorik asit içinde immersiyeon yapılmış numune, S-MEOH-I: %40'lık metanol içinde immersiyeon yapılmış numune, S-SP-I: 5 g/L sabun içinde immersiyeon yapılmış numune, S-W-I: saf su içinde immersiyeon yapılmış numune).

3.2.2. Semen lekelerinin yıkama sıvısında mekanik temizliği ile elde edilen numunelerden elde edilen verilerin spektral grafiği

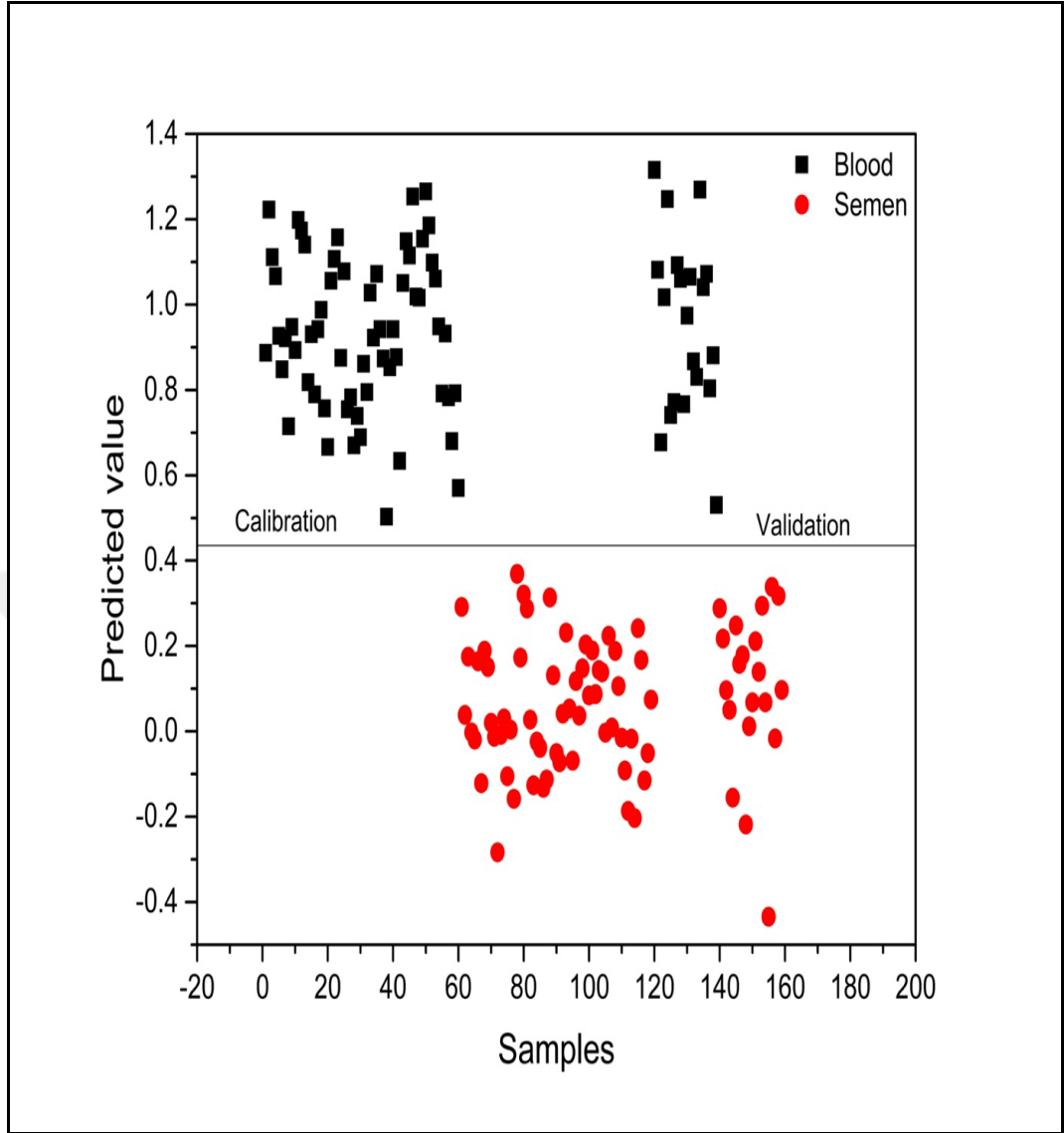
Semen lekelerini içeren numunelerin kontrol numunesi ile birlikte 200 cc'lik saf su, saf su içerisinde %40'lık metanol, %5'lik sodyum hipoklorit, %5 hipoklorik asit, 5 g/L sabunlu saf su ve 5 g/L bulaşık deterjanı çözünmüş saf su içerisinde mekanik temizliği sonucunda elde edilen intermitans spektrumlarına ait grafik Şekil 3.4'teki gibi elde edilmiştir.



Şekil 3.4. Semen lekesi numunelerinin yıkama sıvısında mekanik temizliği sonucu elde edilen intermitansı gösterir spektral grafikler (S-BL-M: %5'lik sodyum hipoklorit içinde mekanik temizlik yapılmış numune, S-C: kontrol numunesi, S-DET-M: 5 g/L bulaşık deterjanı içinde mekanik temizlik yapılmış numune, S-HCL-M: %5'lik hipoklorik asit içinde mekanik temizlik yapılmış numune, S-MEOH-M: %40'lık metanol içinde mekanik temizlik yapılmış numune, S-SP-M: 5 g/L sabun içinde mekanik temizlik yapılmış numune, S-W-M: saf su içinde mekanik temizlik yapılmış numune).

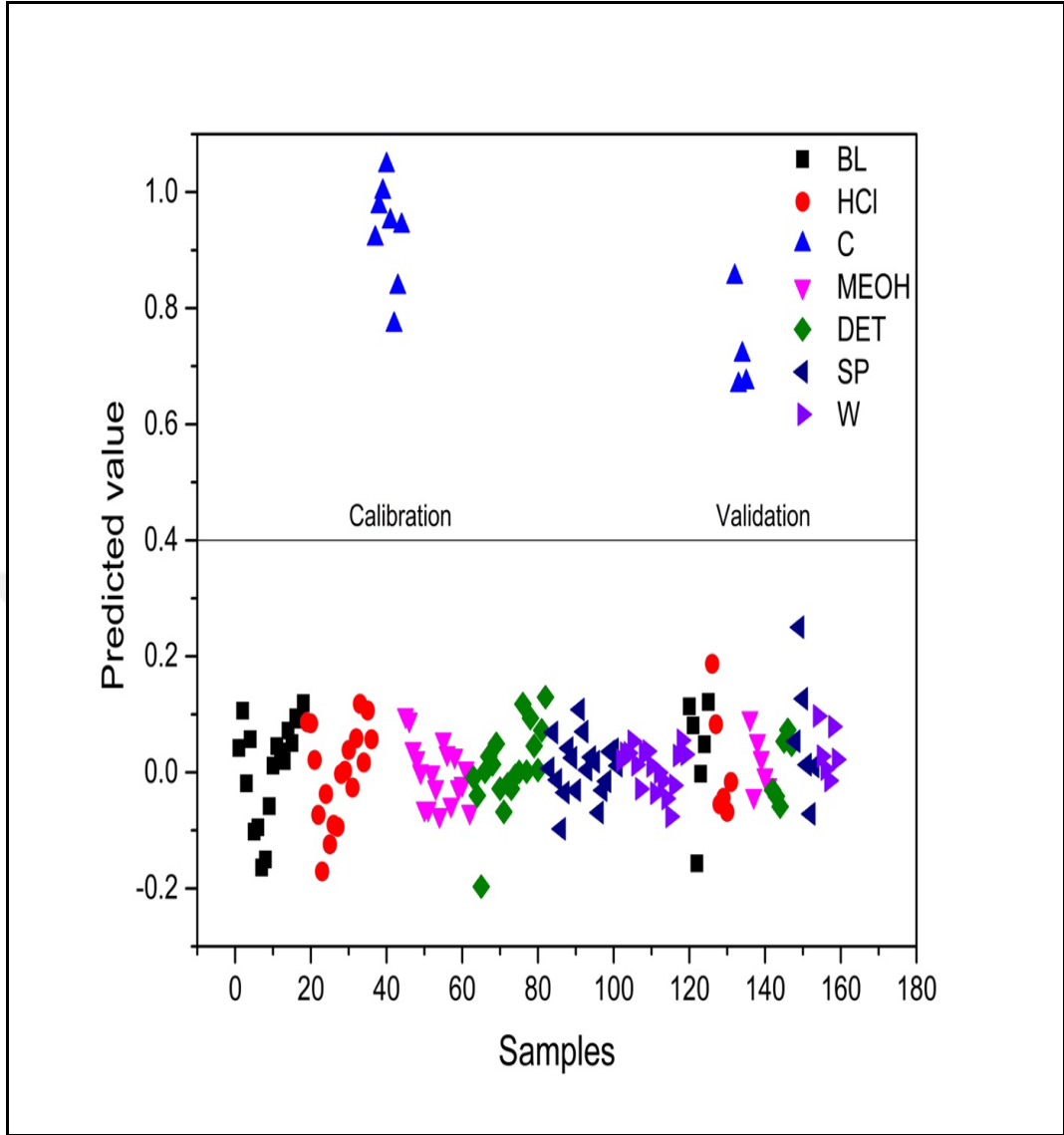
3.3. PLS-DA Analizi

Tüm yıkanmış ve yıkanmamış kan ve semen lekeleri %100 duyarlılık, özgüllük ve model etkinliği ile PLS-DA kullanılarak başarıyla ayırt edildi (Şekil 3.5). Tüm kan ve semen lekelerinin FTIR spektrumları, 2. Türev (order: 2, window: 7 pt, incl only, tails: polyinterp) ile ön işleme tabi tutulmuştur.



Şekil 3.5. Kumaş üzerinde kan ve semen lekelerinin ayrımı.

Kan ve meni lekelerini içeren kontrol ve yıkanmış leke örneklerinin PLS-DA grafiği Şekil 3.6'da verilmiştir. Şekil 3.6'daki PLS-DA modeline esas spektrumlar 2. Türev (order: 2, window: 7 pt, incl only, tails: polyinterp) ve Otomatik Ölçek (autoscale) ile önceden işlenmiştir. Sınıflandırma modelinin %100 SPR, STR ve EFR ile doğru bir şekilde geliştirildiği Çizelge 3.1'de görülebilir.

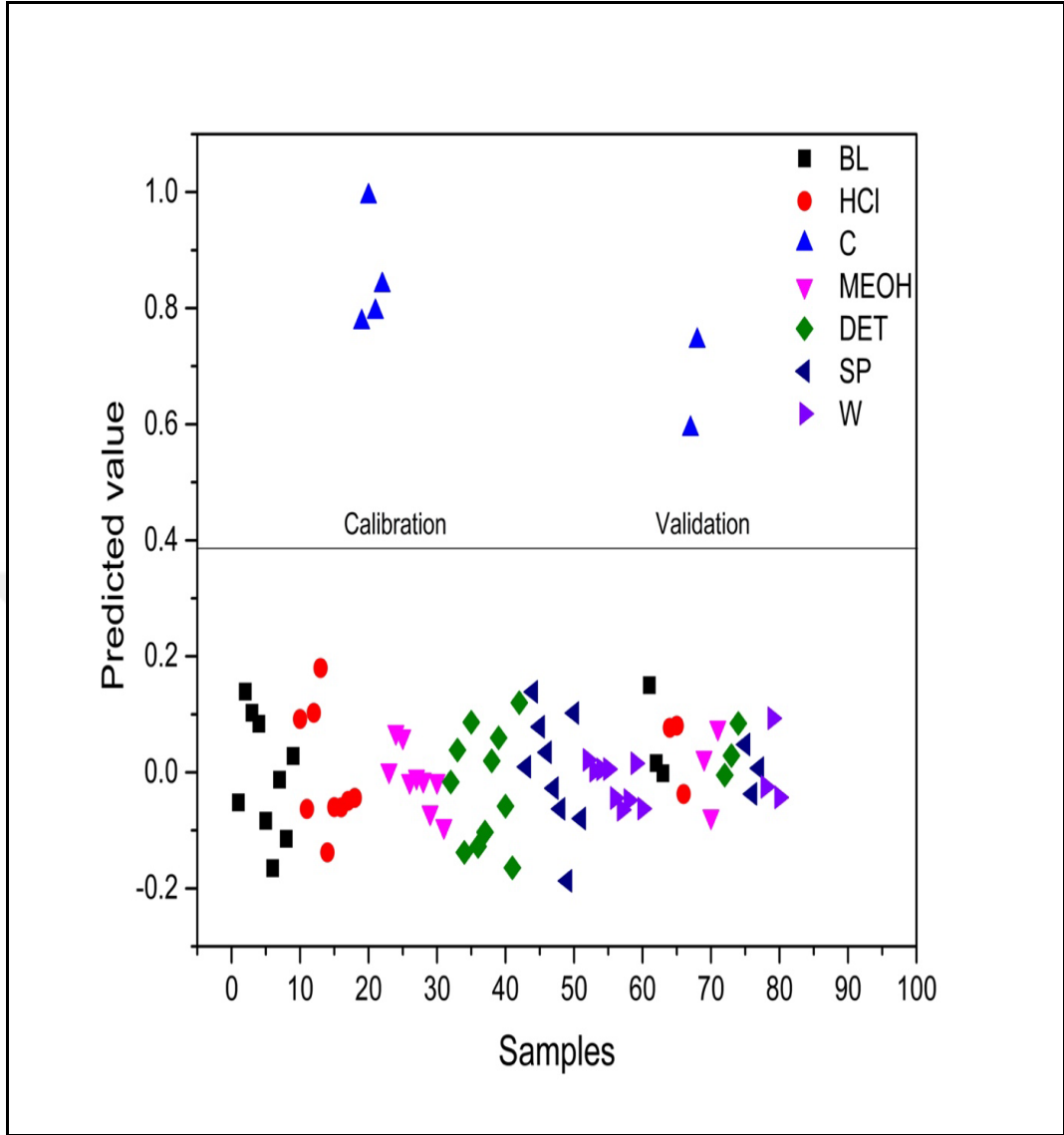


Şekil 3.6. Tüm kan ve semen verileri ile kontrol ve yıkanmış numunelerin ayrımı (BL, çamaşır suyu; HCl, hidroklorik asit; C, kontrol; MEOH, metanol; DET, bulaşık deterjanı; SP, sabun; W, su).

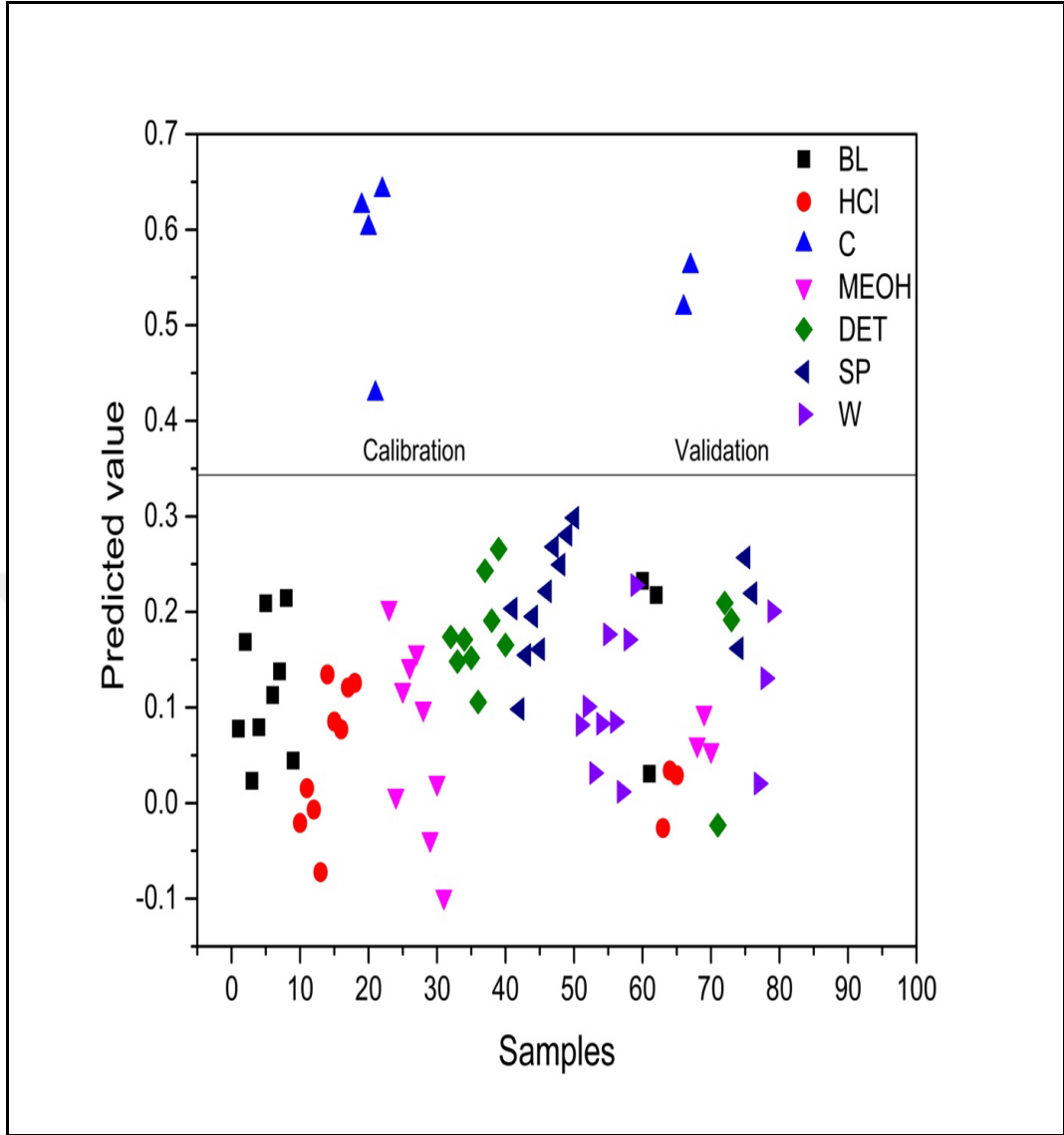
Çizelge 3.1. PLS-DA ayrımı performans parametreleri (a kan; b semen; c kan ve semen; LV, latent variabl; RMSEC, “root mean squares error calibration”; RMSECV, “root mean squares error cross validation”; STR, duyarlılık oranı; SPR, özgüllük oranı; TPR, doğru pozitiflik oranı ; FNR, yanlış negatiflik oranı; EFR, etkililik oranı).

	Kan ve semen	Kontrol ve yıkanmış	Kontrol ve yıkama türü (immersiyon, mekanik)	İmmersiyon ve mekanik temizlik
LV	4	9 ^a 6 ^b 8 ^c	10	7
REMSEC	0.1731	0.0926678 ^a 0.186528 ^b 0.0684923 ^c	0.065709	0.2062
RMSECV	0.2161	0.133611 ^a 0.204686 ^b 0.112158 ^c	0.129965	0.3498
STR (%)	100	100 ^a 100 ^b 100 ^c	100	100
SPR (%)	100	100 ^a 100 ^b 100 ^c	100	100
TPR (%)	1	1 ^a 1 ^b 1 ^c	1	1
FNR (%)	0	0 ^a 0 ^b 0 ^c	0	0
EFR (%)	100	100 ^a 100 ^b 100 ^c	100	100

Kontrol ve yıkanmış kan ve meni ayrımı Şekil 3.7 ve 3.8'de ayrı ayrı gösterilmiştir.

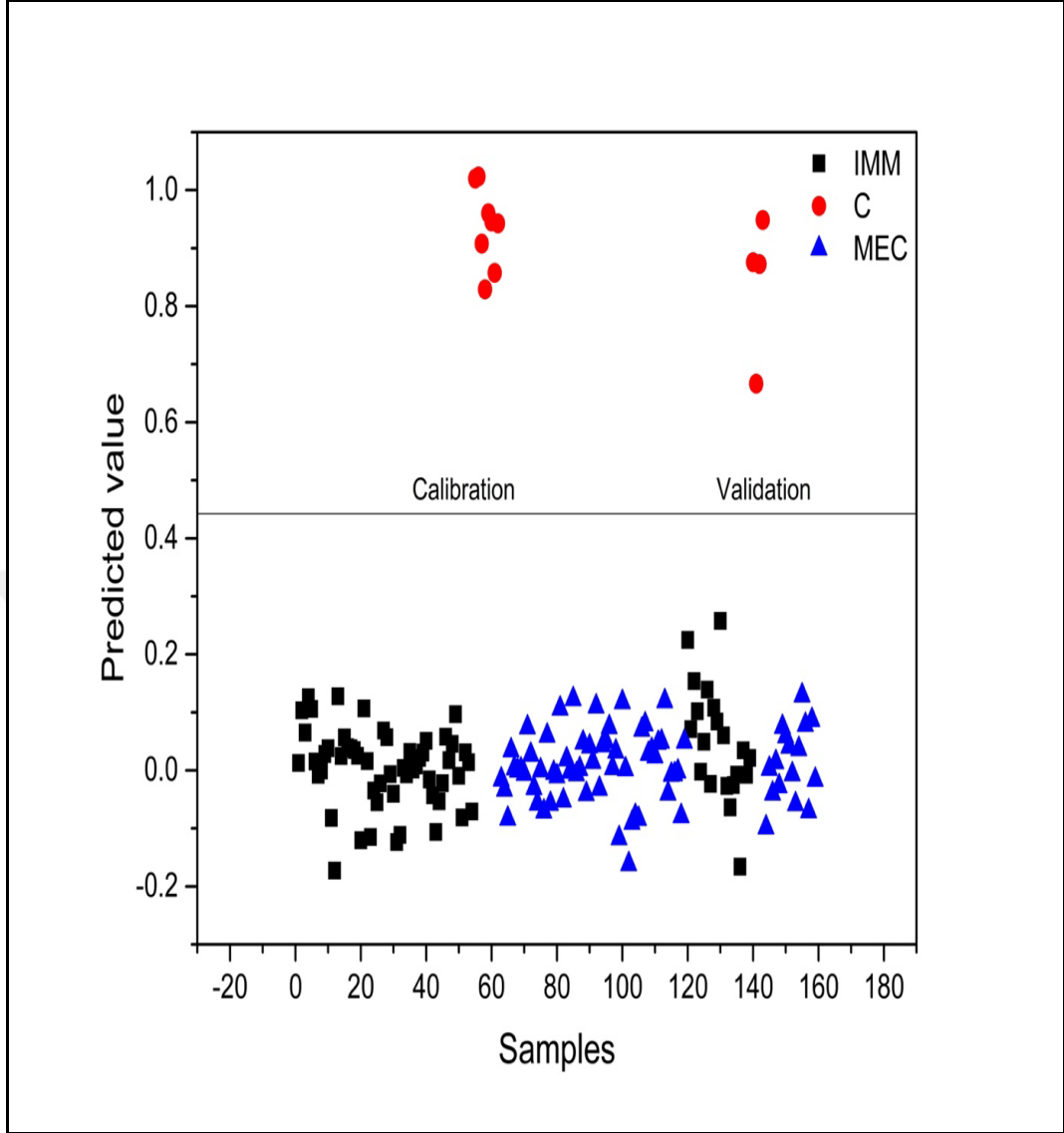


Şekil 3.7. Kontrol grubu ve yıkanmış kan lekelerinin ayrımı (BL, çamaşır suyu; HCl, hidroklorik asit; C, kontrol; MEOH, metanol; DET, bulaşık deterjanı; SP, sabun; W, su).

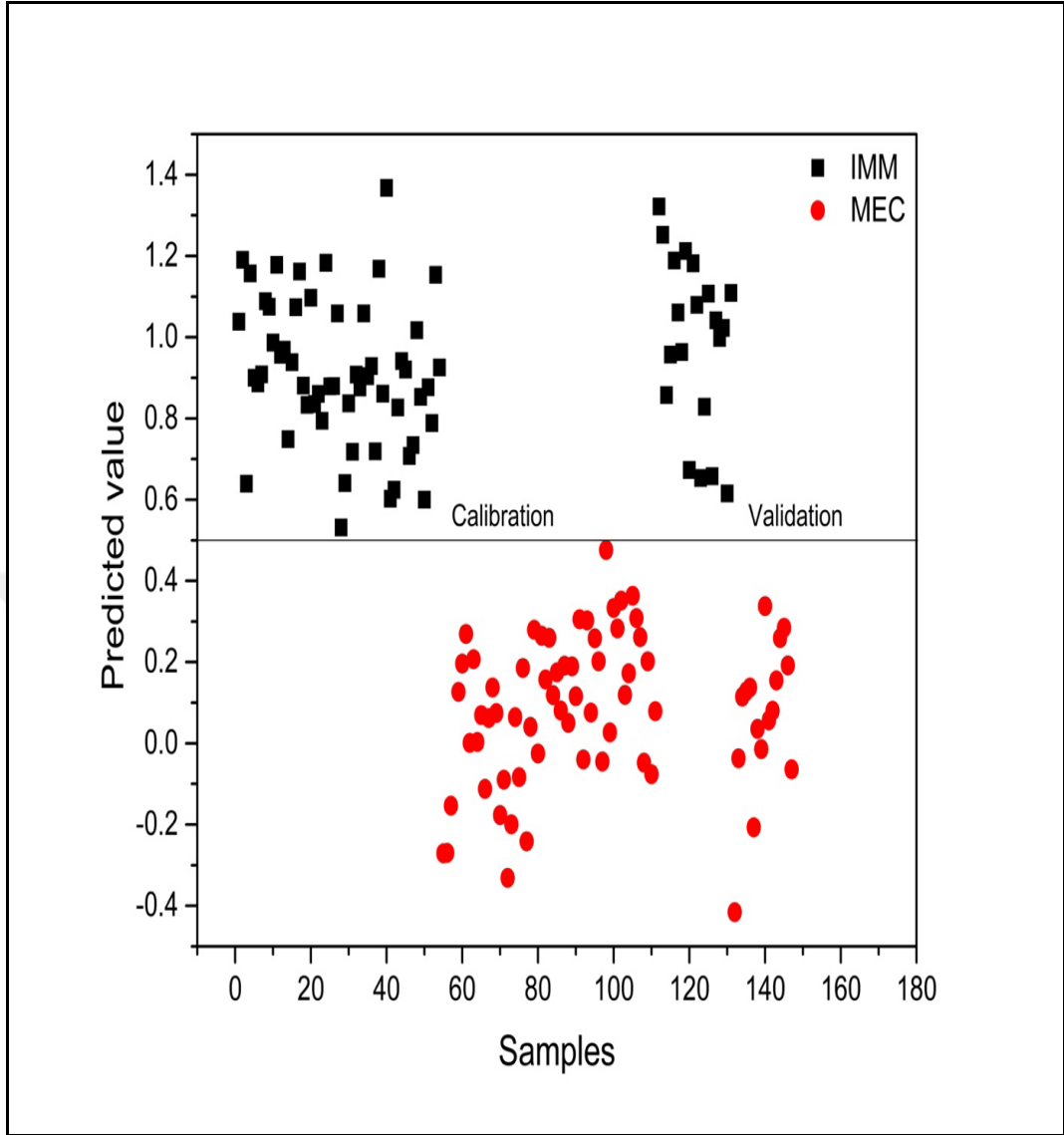


Şekil 3.8. Kontrol grubu ve yıkanmış semen lekelerinin ayrımı (BL, çamaşır suyu; HCl, hidroklorik asit; C, kontrol; MEOH, metanol; DET, bulaşık deterjanı; SP, sabun; W, su).

Şekil 3.9'da kontrol numuneleri ve yıkanmış numuneler, yıkama türlerine göre başarılı bir şekilde ayırt edilirken, Şekil 3.10; immersiyon ve mekanik yıkamanın ayrımını göstermektedir. Yıkama yöntemlerinin ayrımında %100 STR, SPR ve EFR ile yüksek doğruluklu modeller elde edilmiştir.



Şekil 3.9. Kontrol grubu ve yıkama yöntemlerinin ayrımı (IMM, immersion; C, kontrol; MEC, mekanik).

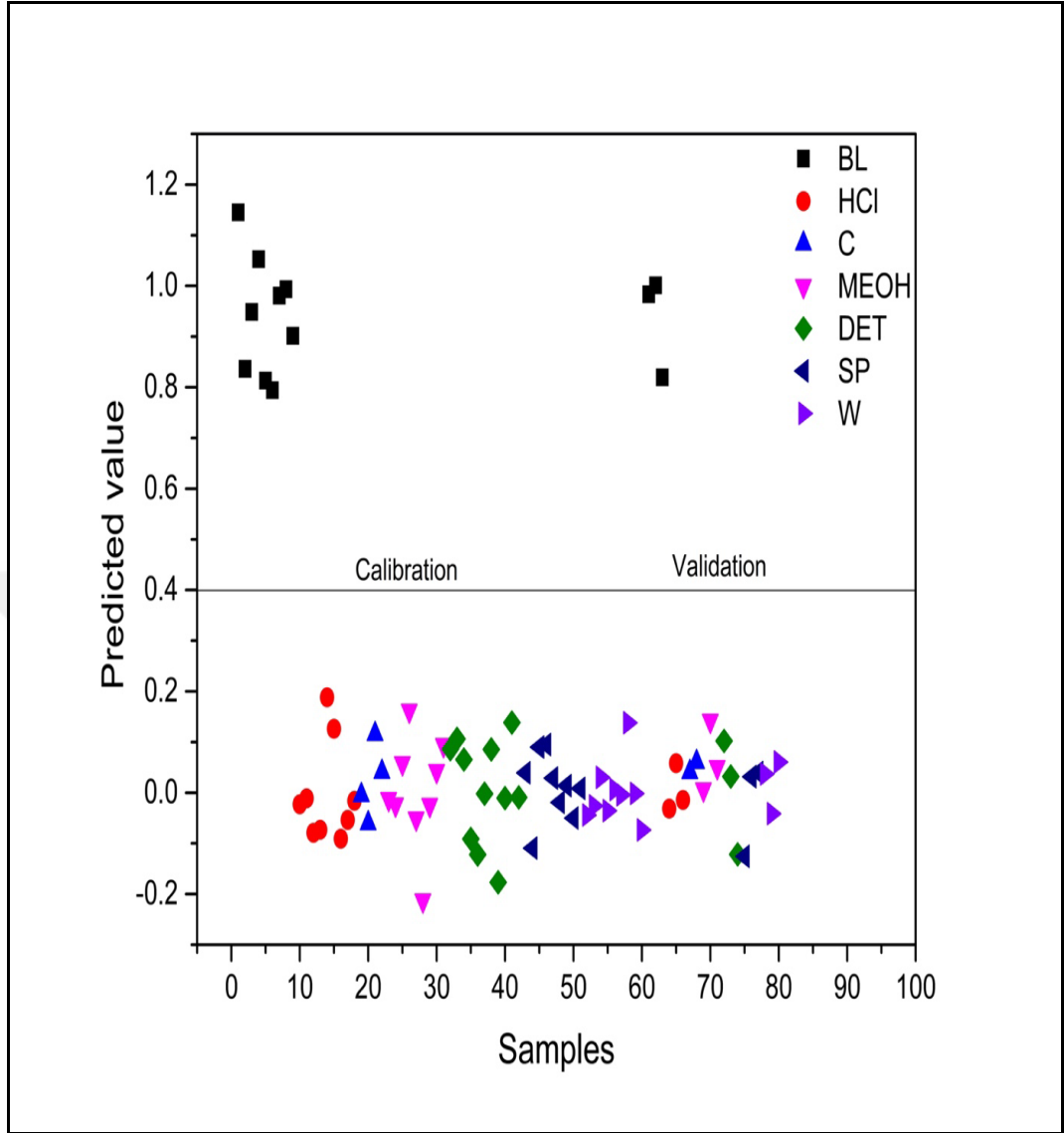


Şekil 3.10. İmmersiyon ve mekanik yıkamanın ayrımı (IMM, immersiyon; MEC, mekanik).

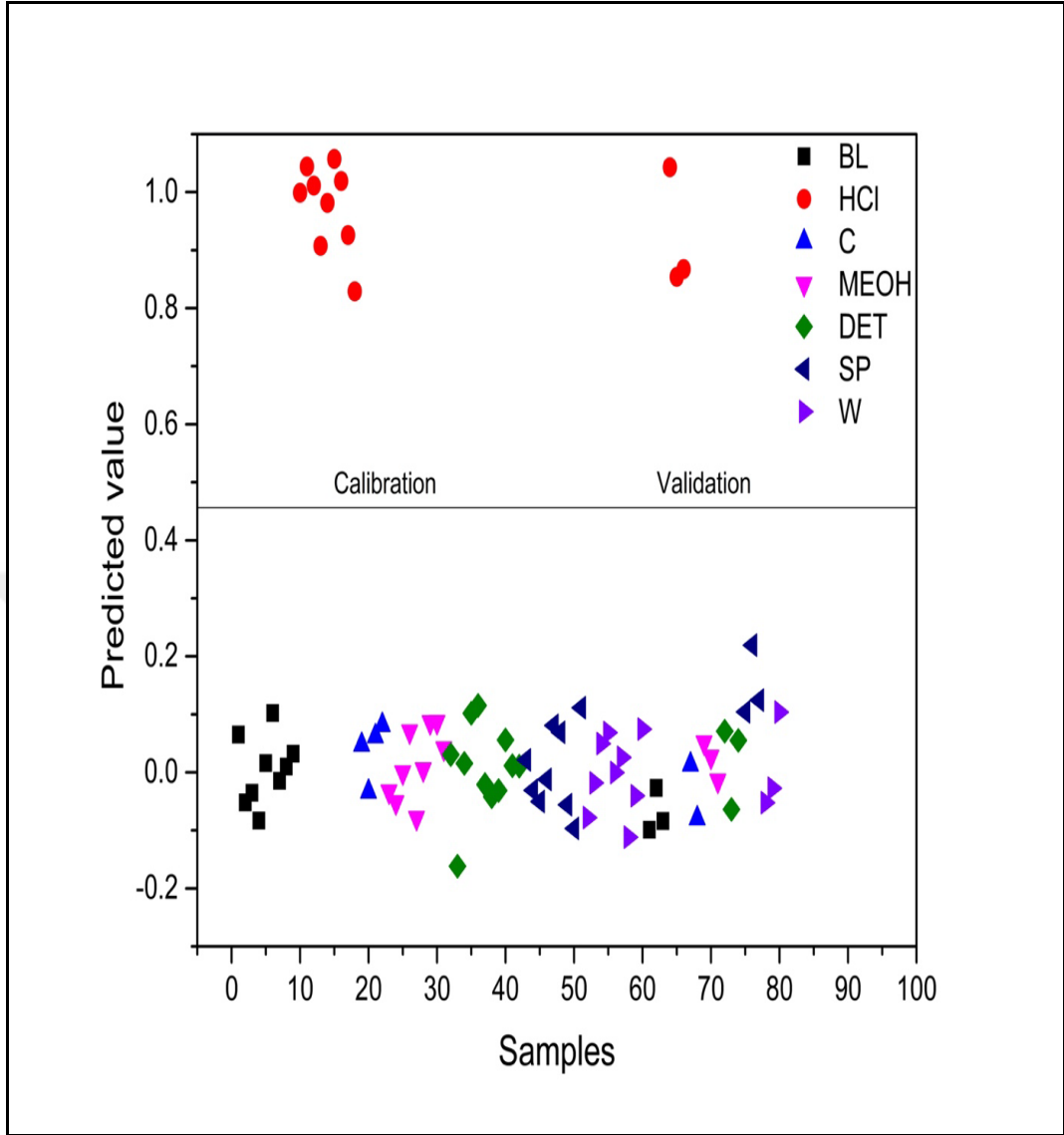
Son olarak kan ve semen lekelerini temizlemek için kullanılan yıkama maddeleri ayırt edilmiş olup 2. Türev (sıra: 2, pencere: 7 pt, sadece kuyruklar: polyinterp) hem kan hem de semen spektral verileri için ön işlem olarak kullanılmıştır. Yıkama işlemi için kullanılan kimyasallarının kan lekesi üzerindeki ayrımı Şekil 3.10-15'te %100 duyarlılık, özgüllük ve model verimliliği ile gösterilmiştir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Yıkama kimyasallarının PLS-DA ayrımcılığının performans parametreleri (a kan; b semen; c kan ve semen; LV, latent variabl; RMSEC, root mean squares error calibration; RMSECV, root mean squares error cross validation; STR, duyarlılık; SPR, özgüllük; TPR, doğru pozitiflik oranı; FNR, yanlış pozitiflik oranı; EFR, etkinlik oranı. BL, %5'lik sodyum hipoklorit; HCl, %5'lik hipoklorik asit; MEOH, %40'lık metanol; DET, 5 g/L bulaşık deterjanı; SP, 5 g/L sabun; W, saf su).

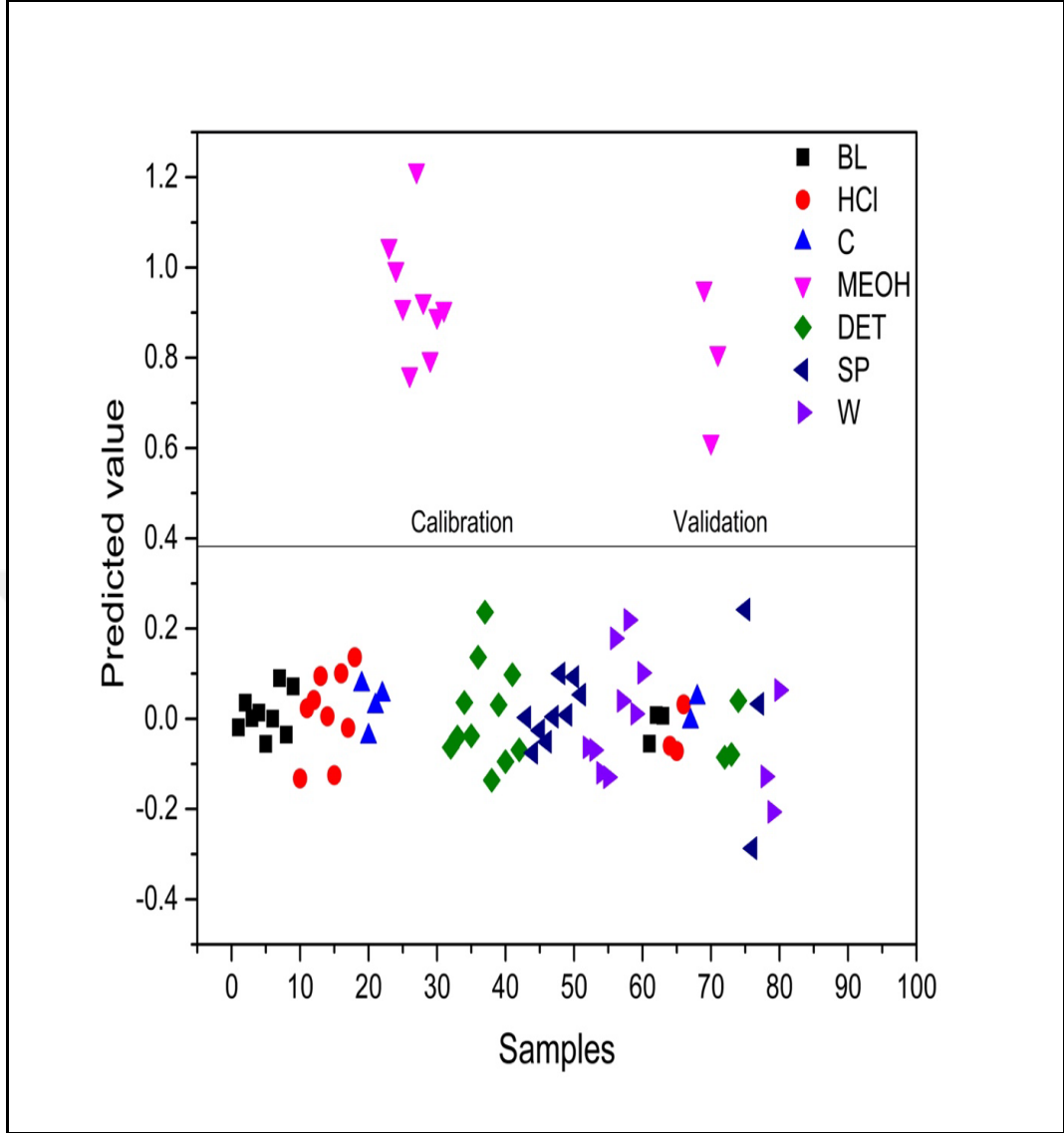
WASHING CHEMICALS						
	BL	HCl	MEOH	DET	SP	W
LV	9 ^a	9 ^a	9 ^a	9 ^a	9 ^a	9 ^a
	6 ^b	6 ^b	6 ^b	6 ^b	6 ^b	6 ^b
	8 ^c	8 ^c	8 ^c	8 ^c	8 ^c	8 ^c
RMSEC	0.0905 ^a	0.0650 ^a	0.0975 ^a	0.0721 ^a	0.1077 ^a	0.0796 ^a
	0.0984 ^b	0.1044 ^b	0.0783 ^b	0.1099 ^b	0.1396 ^b	0.0876 ^b
	0.0745 ^c	0.0680 ^c	0.0656 ^c	0.0808 ^c	0.1103 ^c	0.0671 ^c
RMSECV	0.1142 ^a	0.0956 ^a	0.1343 ^a	0.1265 ^a	0.1352 ^a	0.1189 ^a
	0.1274 ^b	0.1322 ^b	0.1143 ^b	0.1282 ^b	0.1622 ^b	0.1139 ^b
	0.1005 ^c	0.0889 ^c	0.0942 ^c	0.1011 ^c	0.1255 ^c	0.0978 ^c
STR (%)	100 ^{a, b, c}	100 ^{a, b, c}	100 ^{a, b, c}	100 ^{a, b, c}	100 ^{a, b, c}	100 ^{a, b, c}
SPR (%)	100 ^{a, b, c}	100 ^{a, b, c}	100 ^{a, b, c}	100 ^{a, b, c}	100 ^{a, b, c}	100 ^{a, b, c}
TPR (%)	1 ^a	1 ^a	1 ^a	1 ^a	1 ^a	1 ^a
	1 ^b	1 ^b	1 ^b	1 ^b	1 ^b	1 ^b
	1 ^c	1 ^c	1 ^c	1 ^c	1 ^c	1 ^c
FNR (%)	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a
	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b
	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^c
EFR (%)	100 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a
	100 ^b	100 ^b	100 ^b	100 ^b	100 ^b	100 ^b
	100 ^c	100 ^c	100 ^c	100 ^c	100 ^c	100 ^c



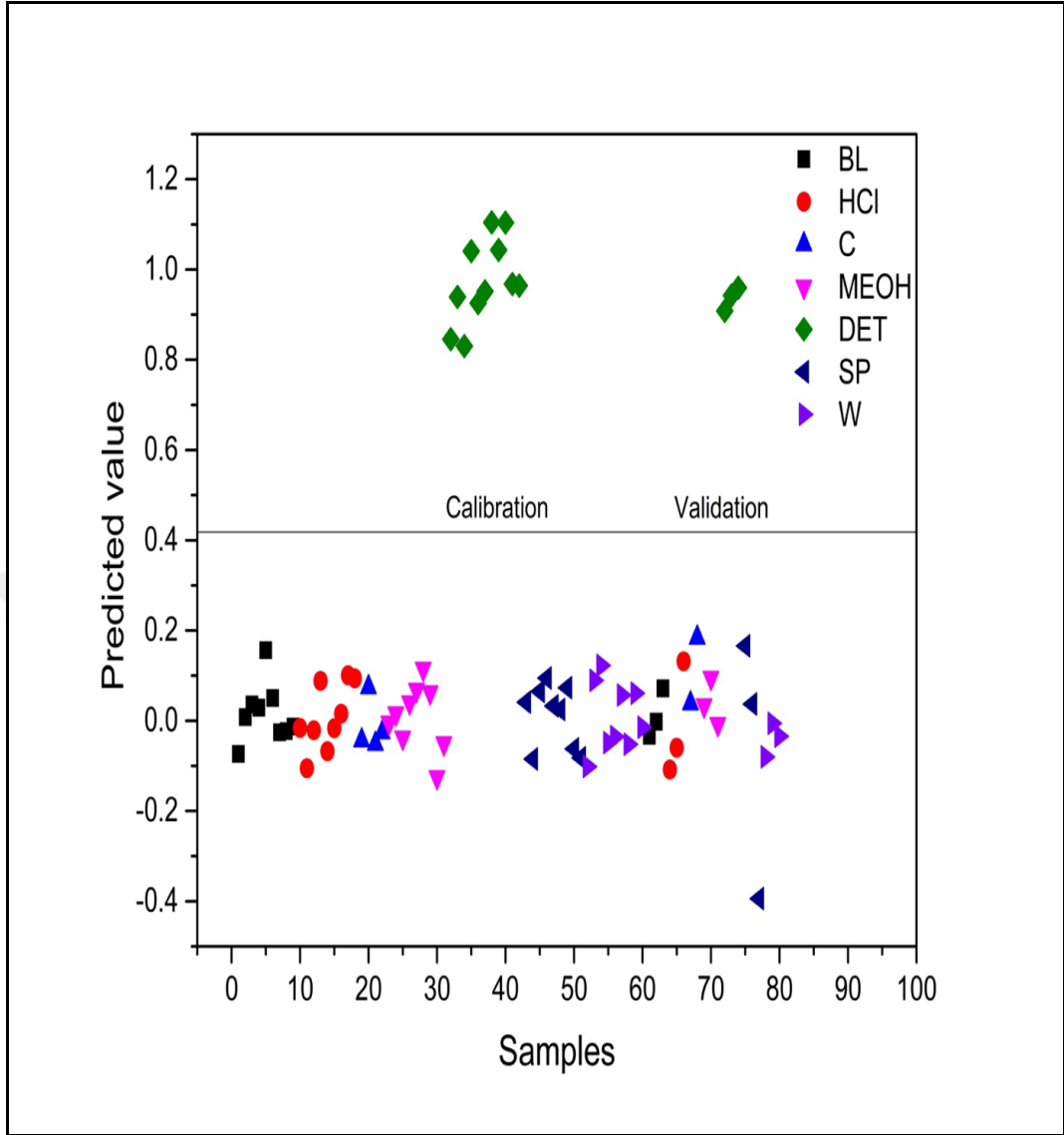
Şekil 3.11. BL ile kan lekesini yıkamanın ayrımı (BL, çamaşır suyu; HCl, hidroklorik asit; C, kontrol; MEOH, metanol; DET, bulaşık deterjanı; SP, sabun; W, su).



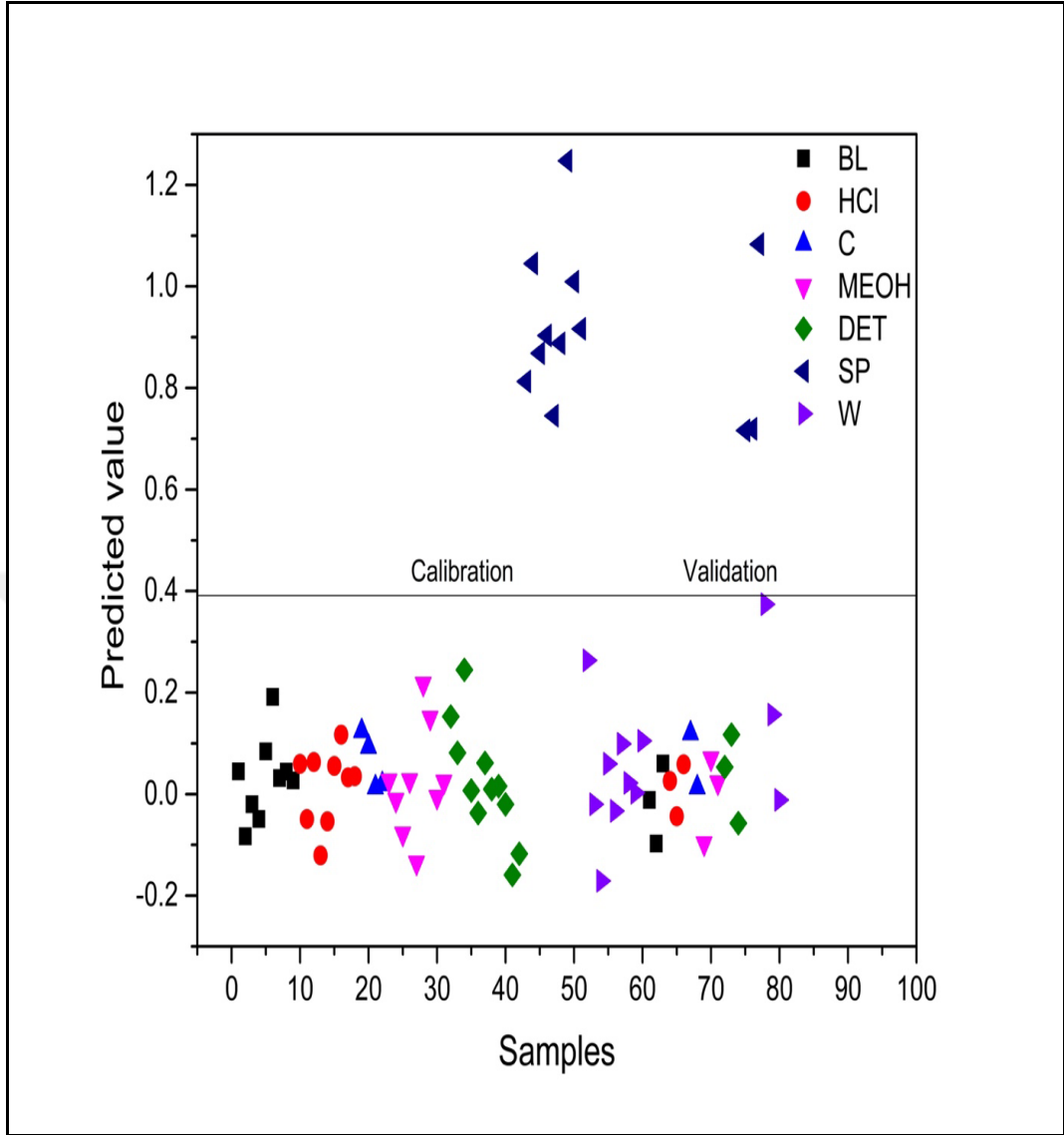
Şekil 3.12. HCl ile kan lekesi yıkamanın ayrımı (BL, çamaşır suyu; HCl, hidroklorik asit; C, kontrol; MEOH, metanol; DET, bulaşık deterjanı; SP, sabun; W, su).



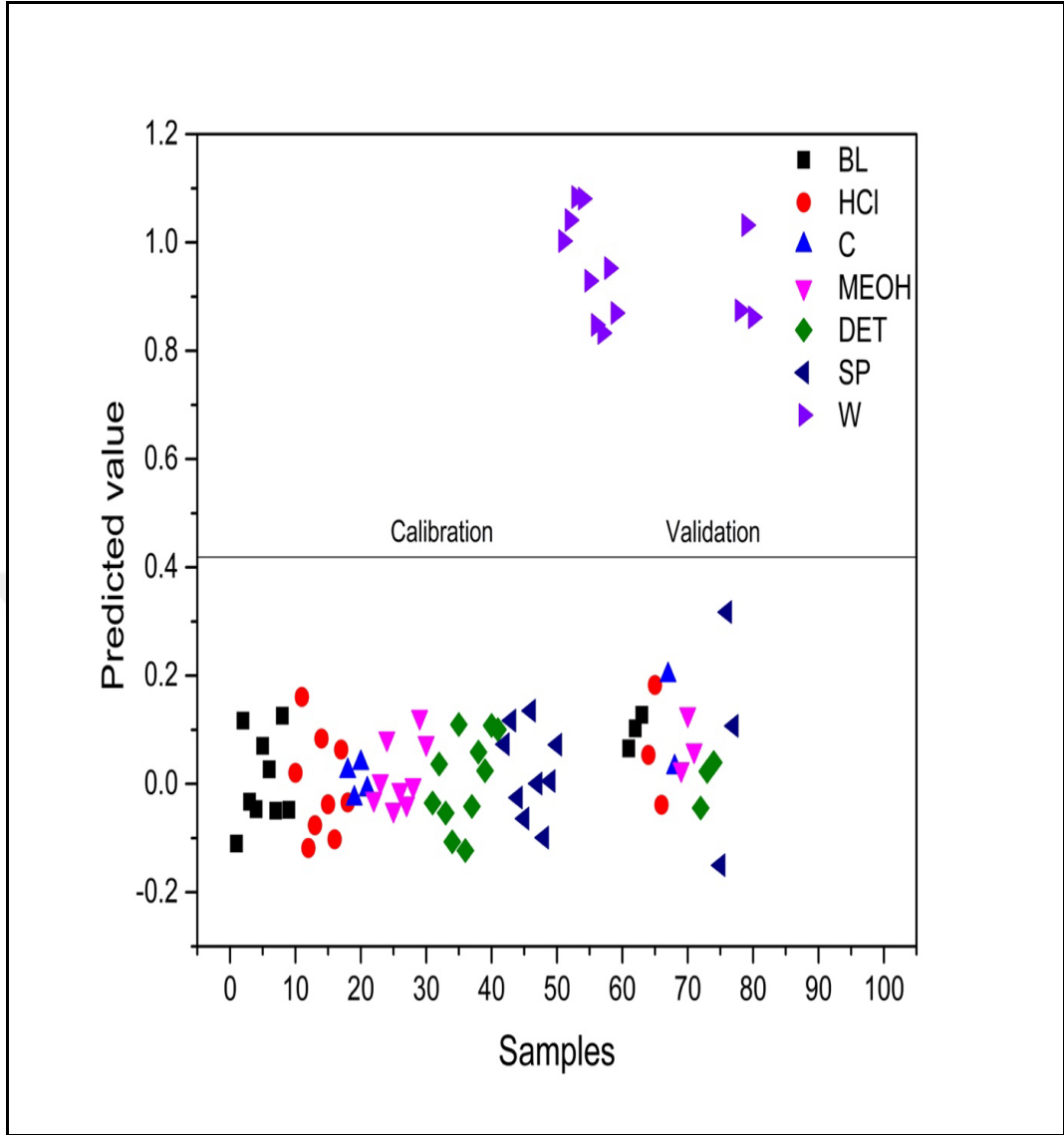
Şekil 3.13. MEOH ile kan lekesi yıkamanın ayrımı (BL, çamaşır suyu; HCl, hidroklorik asit; C, kontrol; MEOH, metanol; DET, bulaşık deterjanı; SP, sabun; W, su).



Şekil 3.14. DET ile kan lekesi yıkamanın ayrımı (BL, çamaşır suyu; HCl, hidroklorik asit; C, kontrol; MEOH, metanol; DET, bulaşık deterjanı; SP, sabun; W, su).

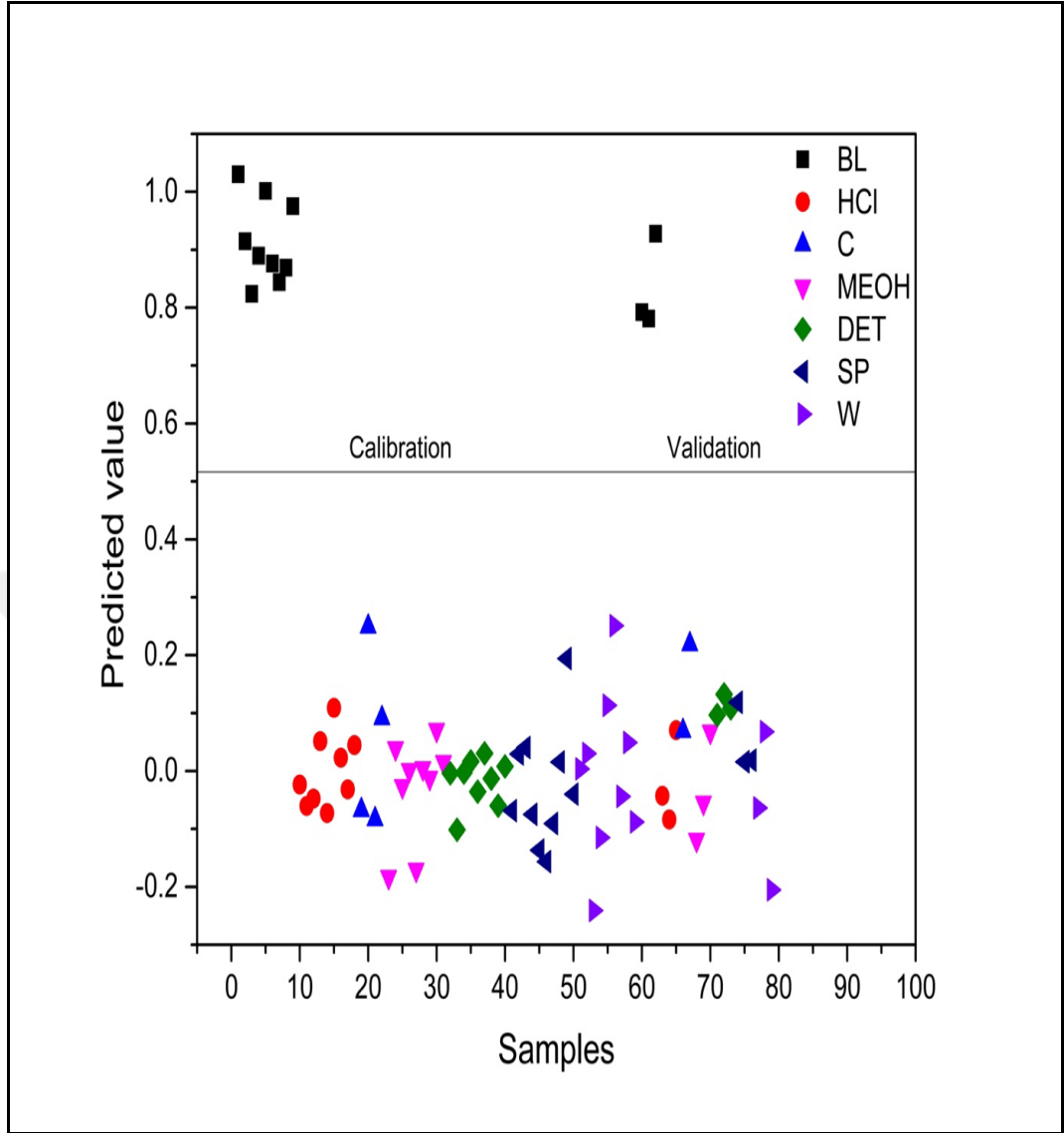


Şekil 3.15. SP ile kan lekesi yıkamanın ayrımı (BL, çamaşır suyu; HCl, hidroklorik asit; C, kontrol; MEOH, metanol; DET, bulaşık deterjanı; SP, sabun; W, su).

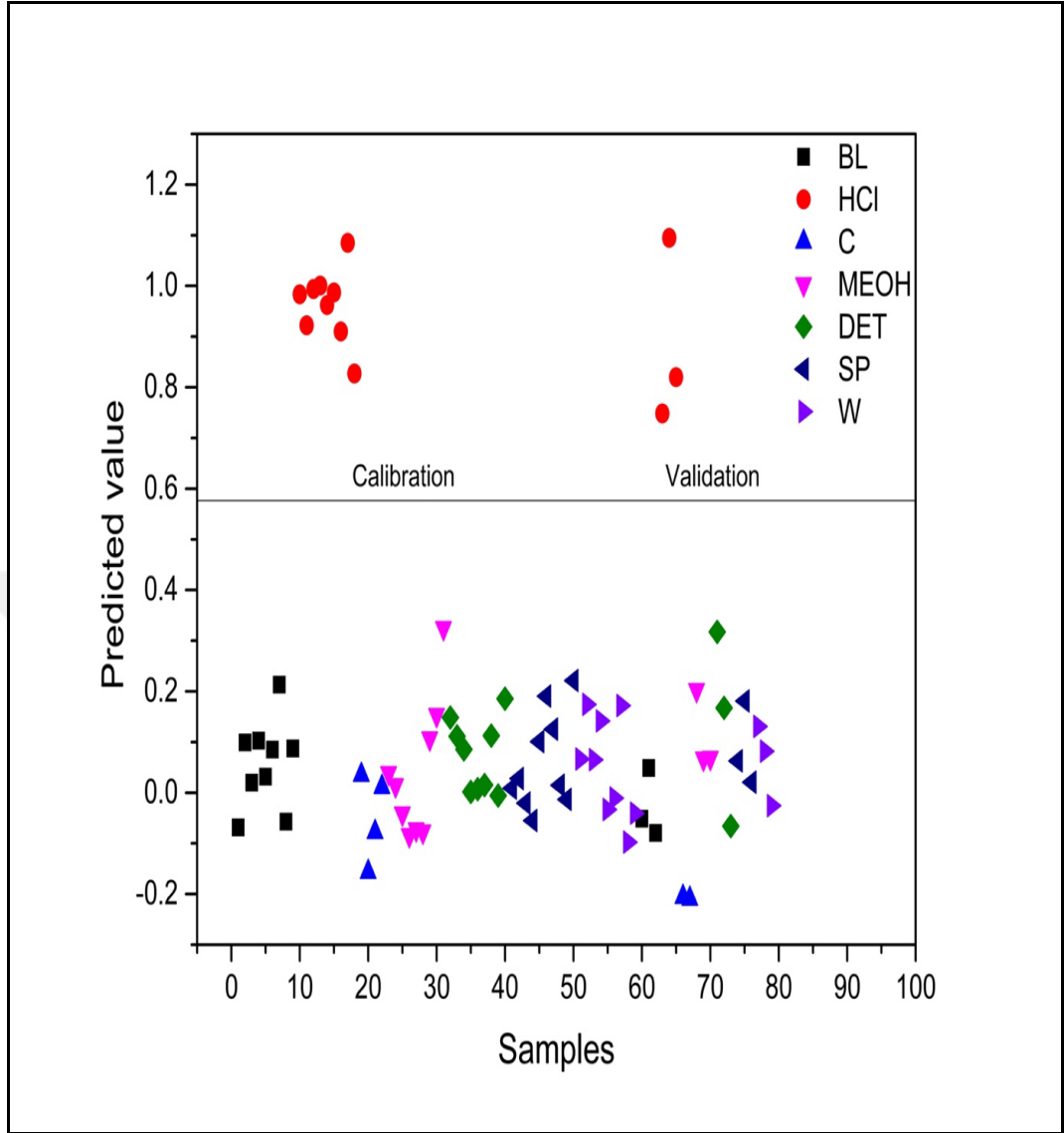


Şekil 3.16. W ile kan lekesi yıkamanın ayrımı (BL, çamaşır suyu; HCl, hidroklorik asit; C, kontrol; MEOH, metanol; DET, bulaşık deterjanı; SP, sabun; W, su).

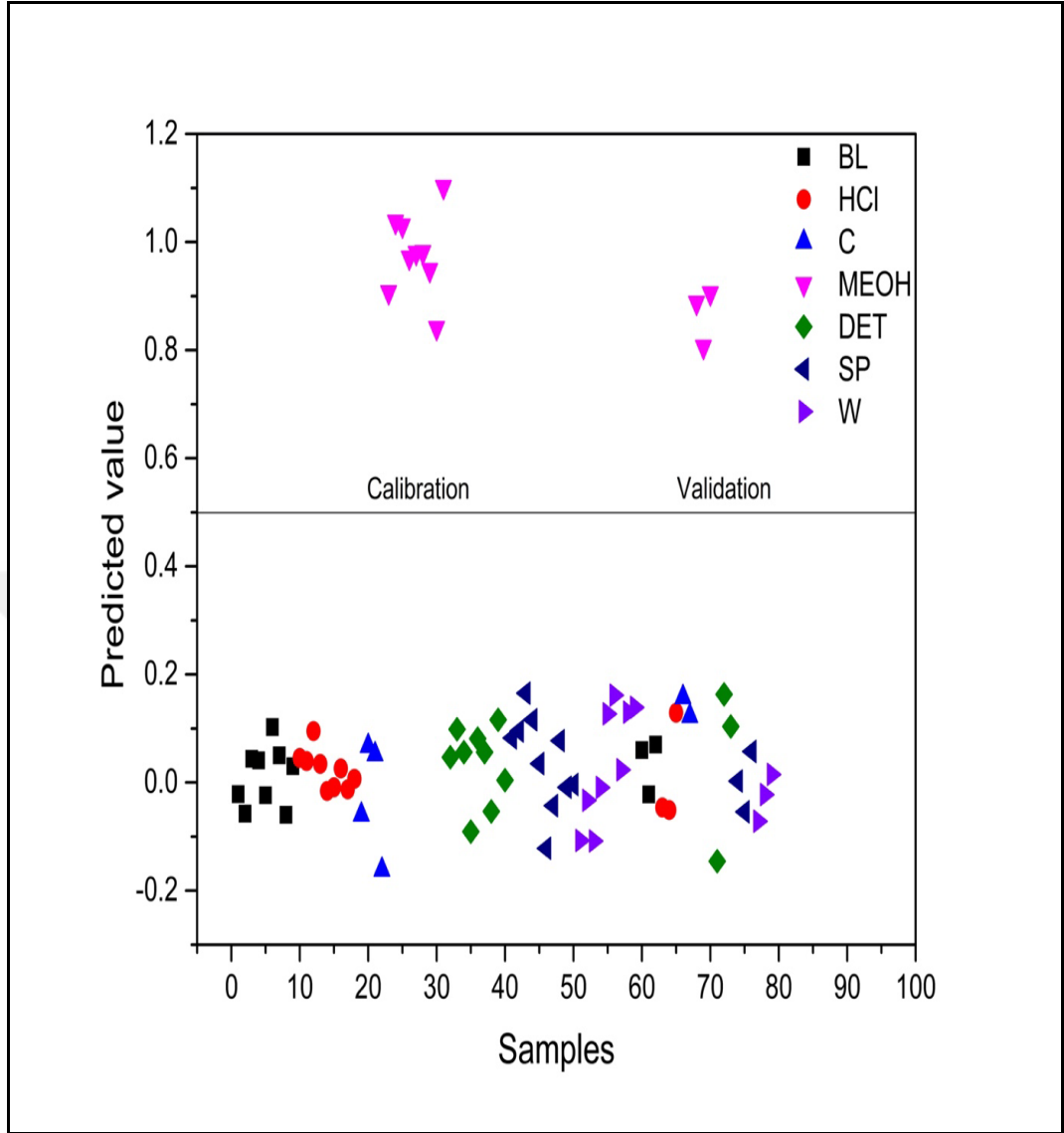
Şekil 3.16-21’de semen lekelerinin yıkamada kullanılan kimyasallara göre ayrımı gösterilmiştir. Yapılan değerlendirme öncesinde semen lekesi spektrumları 2. Türev (order: 2, window: 7 pt, incl only, tails: polyinterp) ile ön işlemden geçirilmiştir.



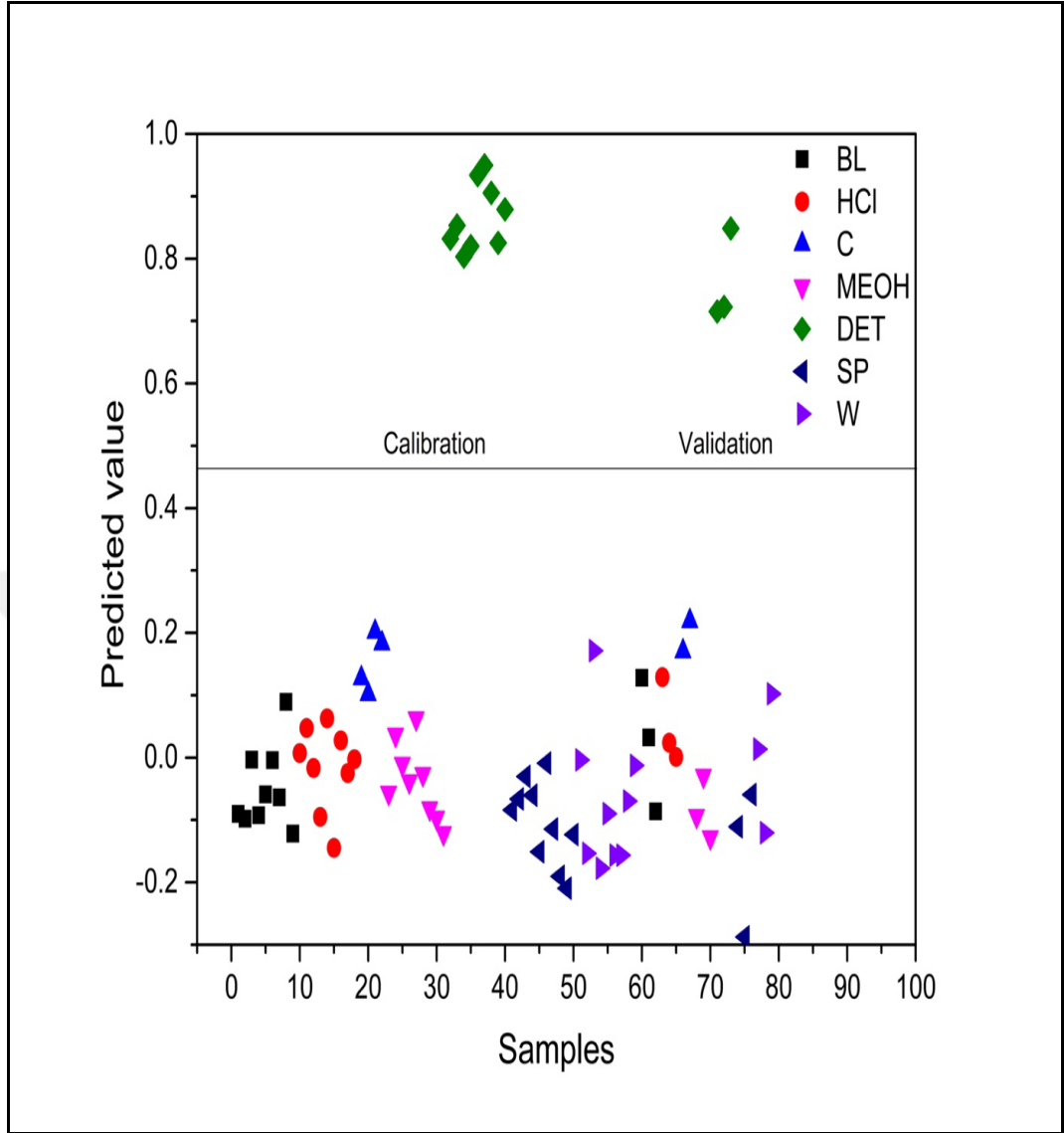
Şekil 3.17. BL ile semen lekesi yıkamanın ayrımı (BL, çamaşır suyu; HCl, hidroklorik asit; C, kontrol; MEOH, metanol; DET, bulaşık deterjanı; SP, sabun; W, su).



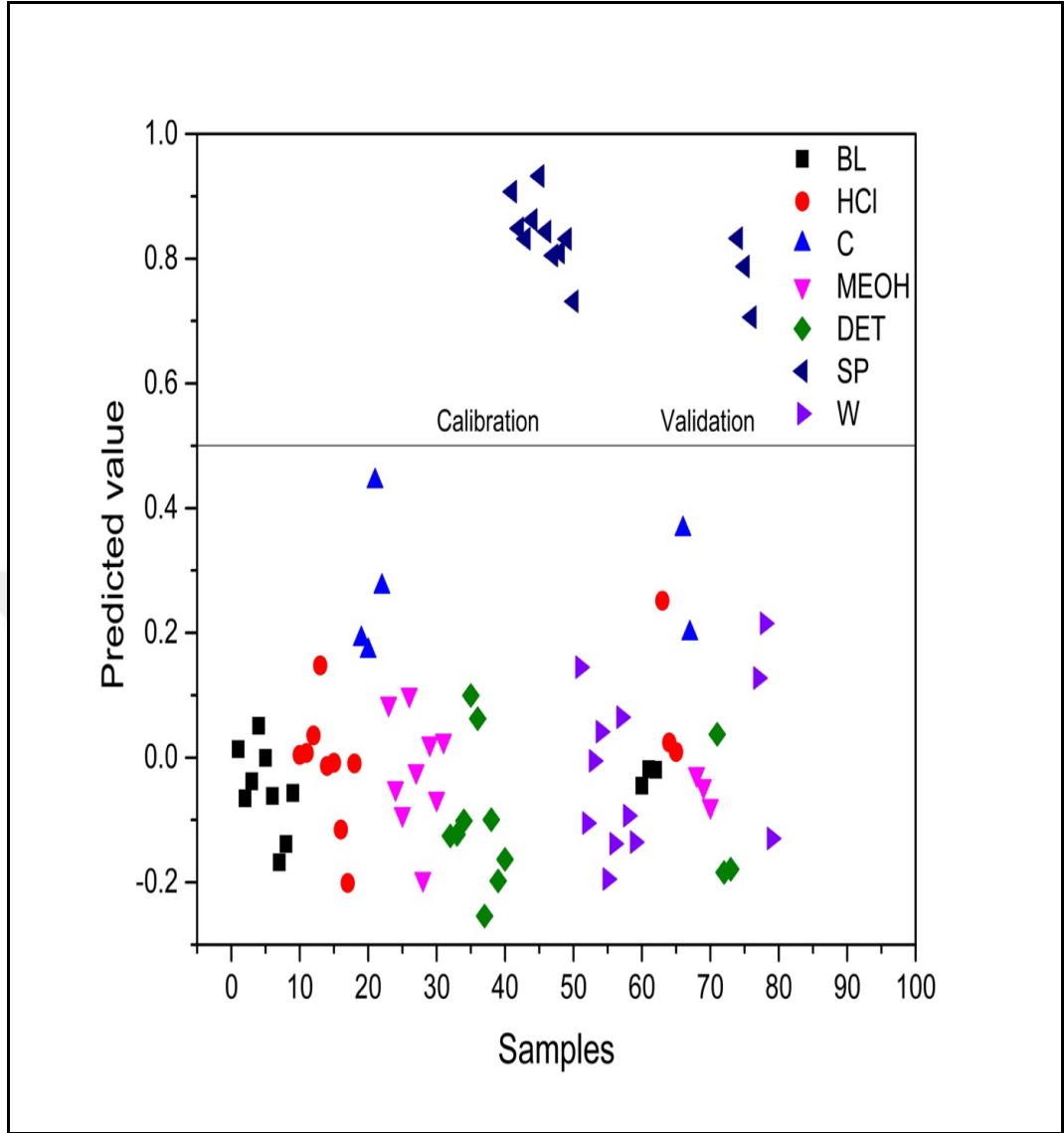
Şekil 3.18. HCl ile semen lekesi yıkamanın ayrımı (BL, çamaşır suyu; HCl, hidroklorik asit; C, kontrol; MEOH, metanol; DET, bulaşık deterjanı; SP, sabun; W, su).



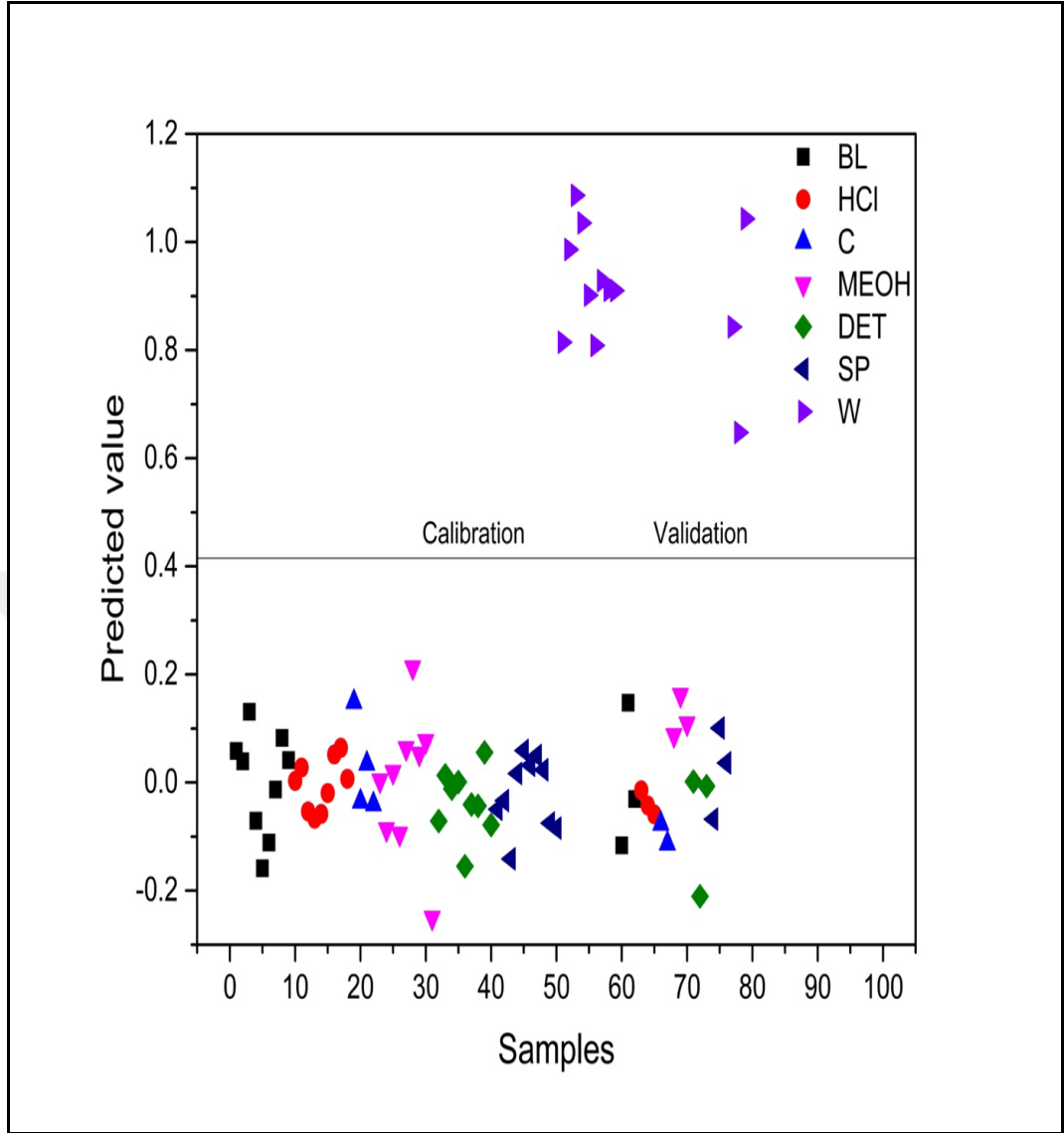
Şekil 3.19. MEOH ile semen lekesi yıkamanın ayrımı (BL, çamaşır suyu; HCl, hidroklorik asit; C, kontrol; MEOH, metanol; DET, bulaşık deterjanı; SP, sabun; W, su).



Şekil 3.20. DET ile semen lekesi yıkamanın ayrımı (BL, çamaşır suyu; HCl, hidroklorik asit; C, kontrol; MEOH, metanol; DET, bulaşık deterjanı; SP, sabun; W, su).

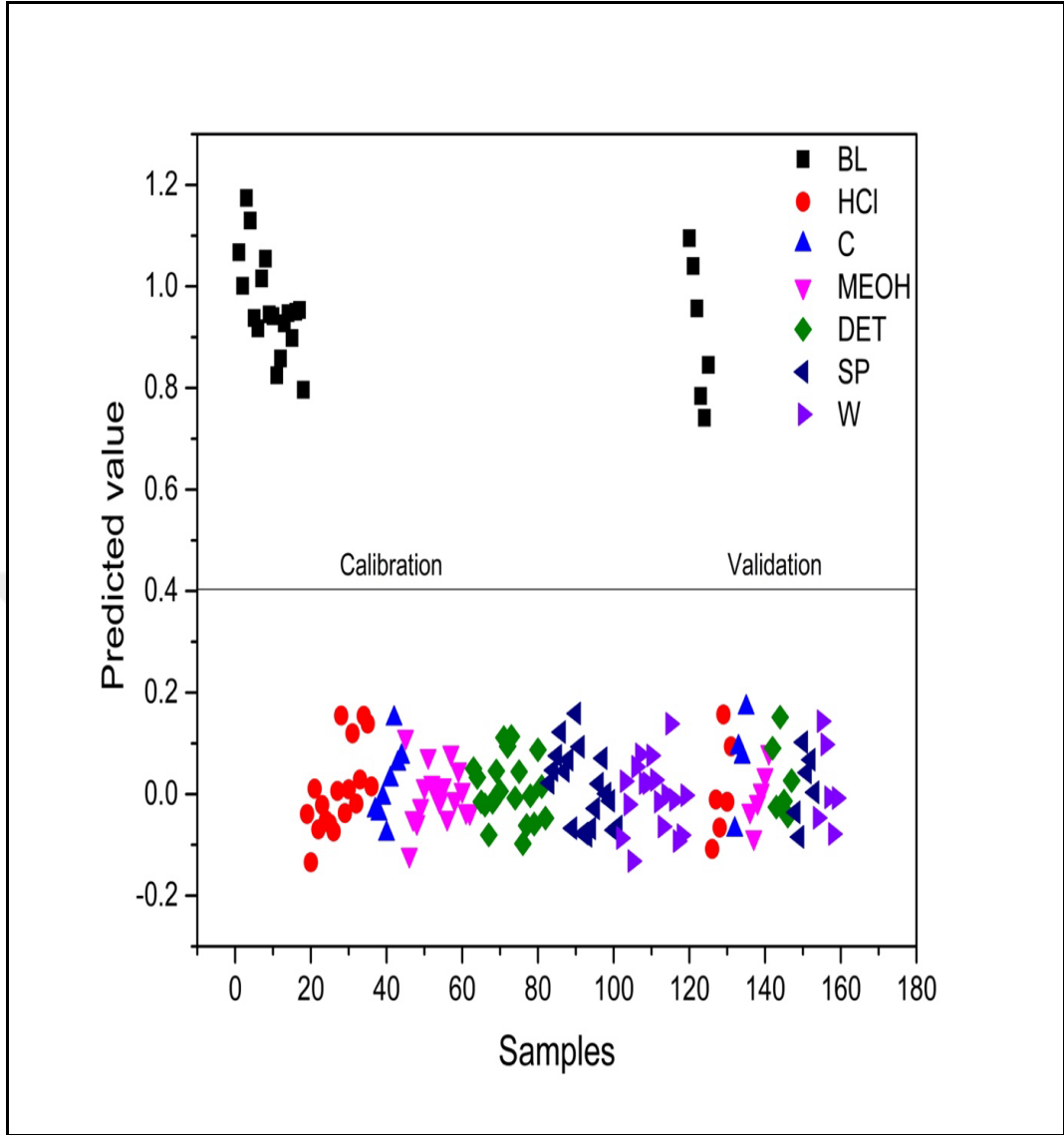


Şekil 3.21. SP ile semen lekesi yıkamanın ayrımı (BL, çamaşır suyu; HCl, hidroklorik asit; C, kontrol; MEOH, metanol; DET, bulaşık deterjanı; SP, sabun; W, su).

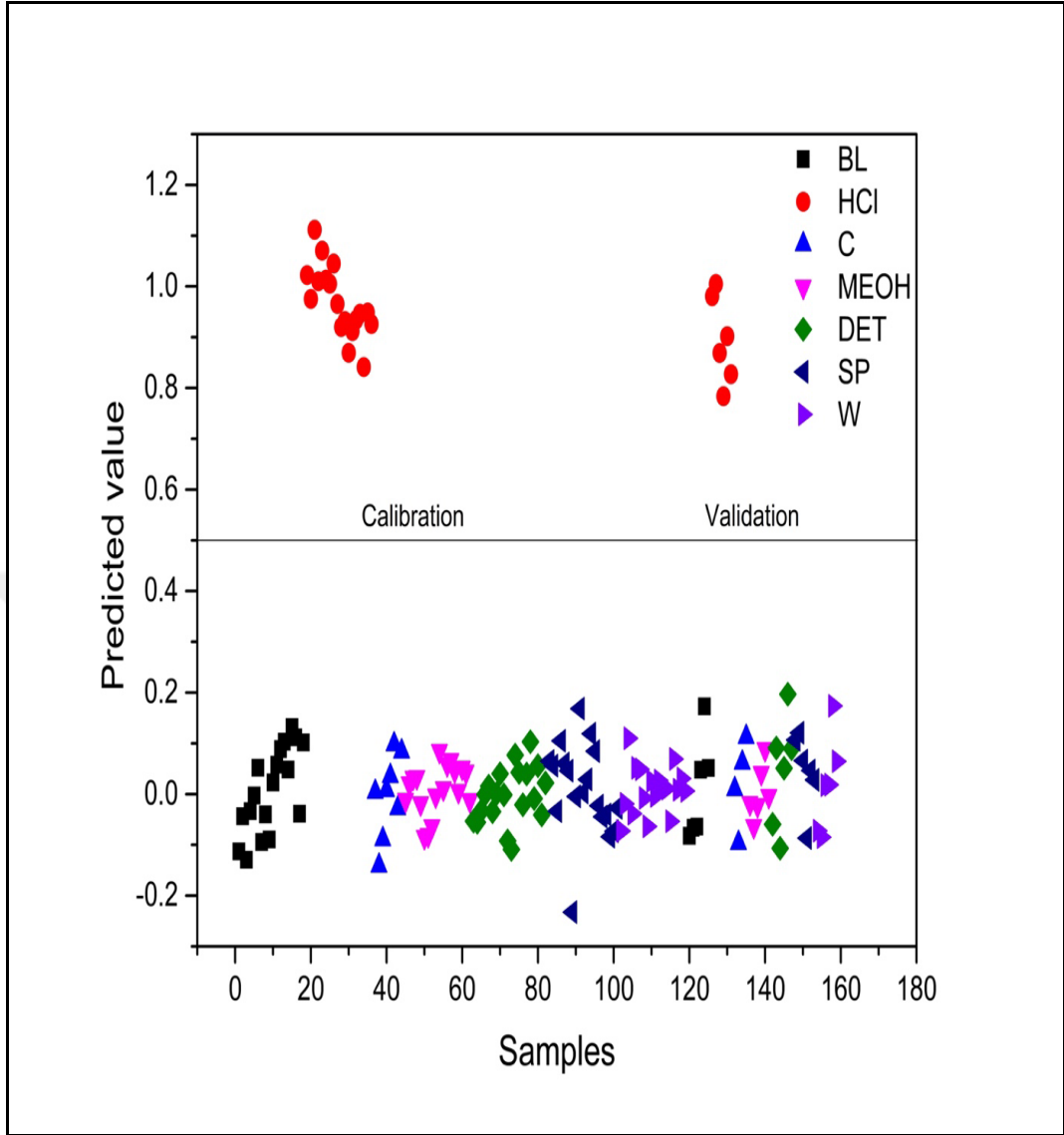


Şekil 3.22. W ile semen lekesi yıkamanın ayrımı (BL, çamaşır suyu; HCl, hidroklorik asit; C, kontrol; MEOH, metanol; DET, bulaşık deterjanı; SP, sabun; W, su).

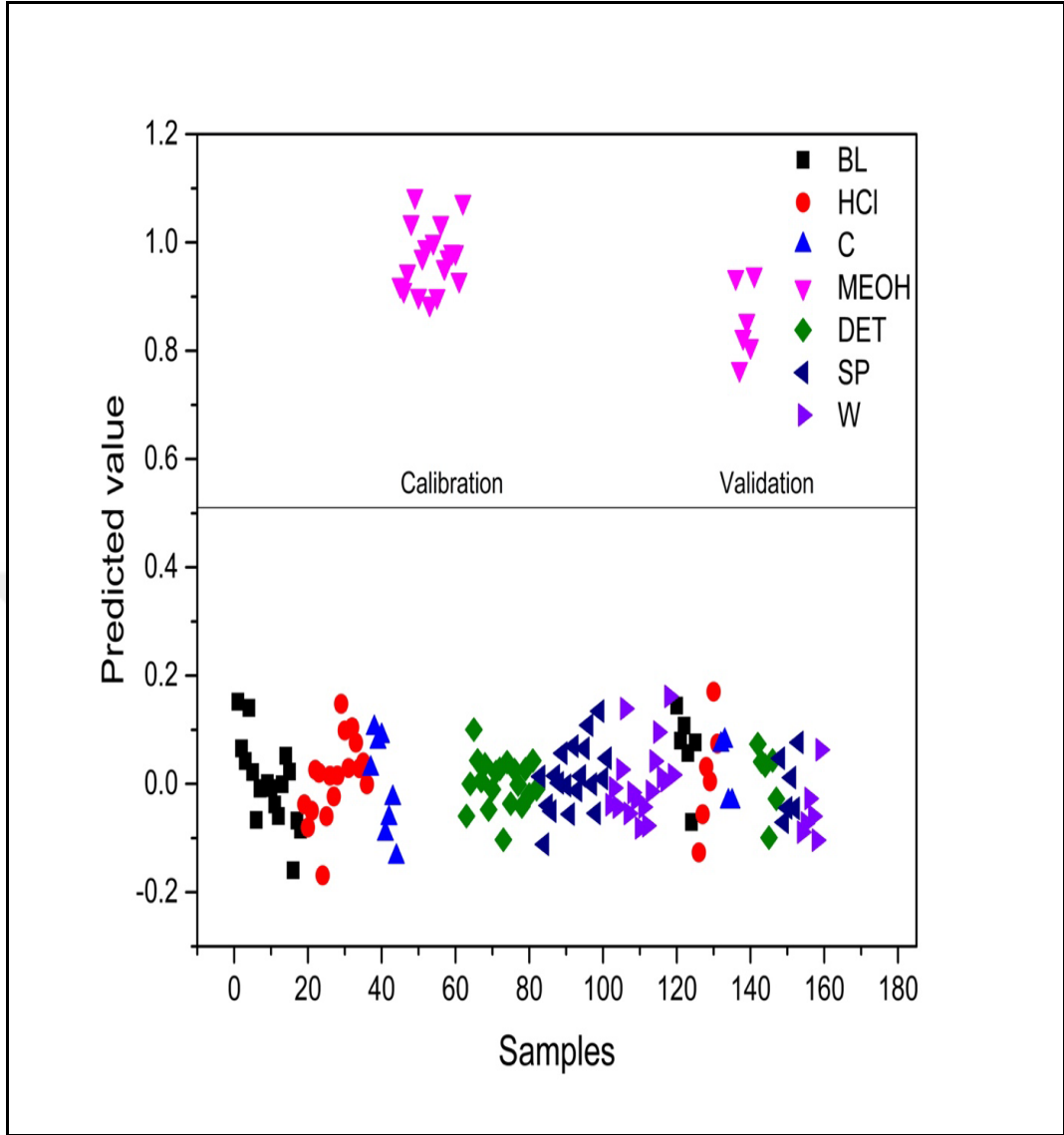
Şekil 3.22-27’de yıkama için kullanılan kimyasallar ayırt edilirken kan ve semen lekesi örnekleri birlikte kullanılmış ve bir bütün olarak değerlendirilmiştir. Söz konusu veri 2. Türev (order: 2, window: 7 pt, incl only, tails: polyinterp) ve Otomatik Ölçek (autoscale) ile önceden işlenmiştir.



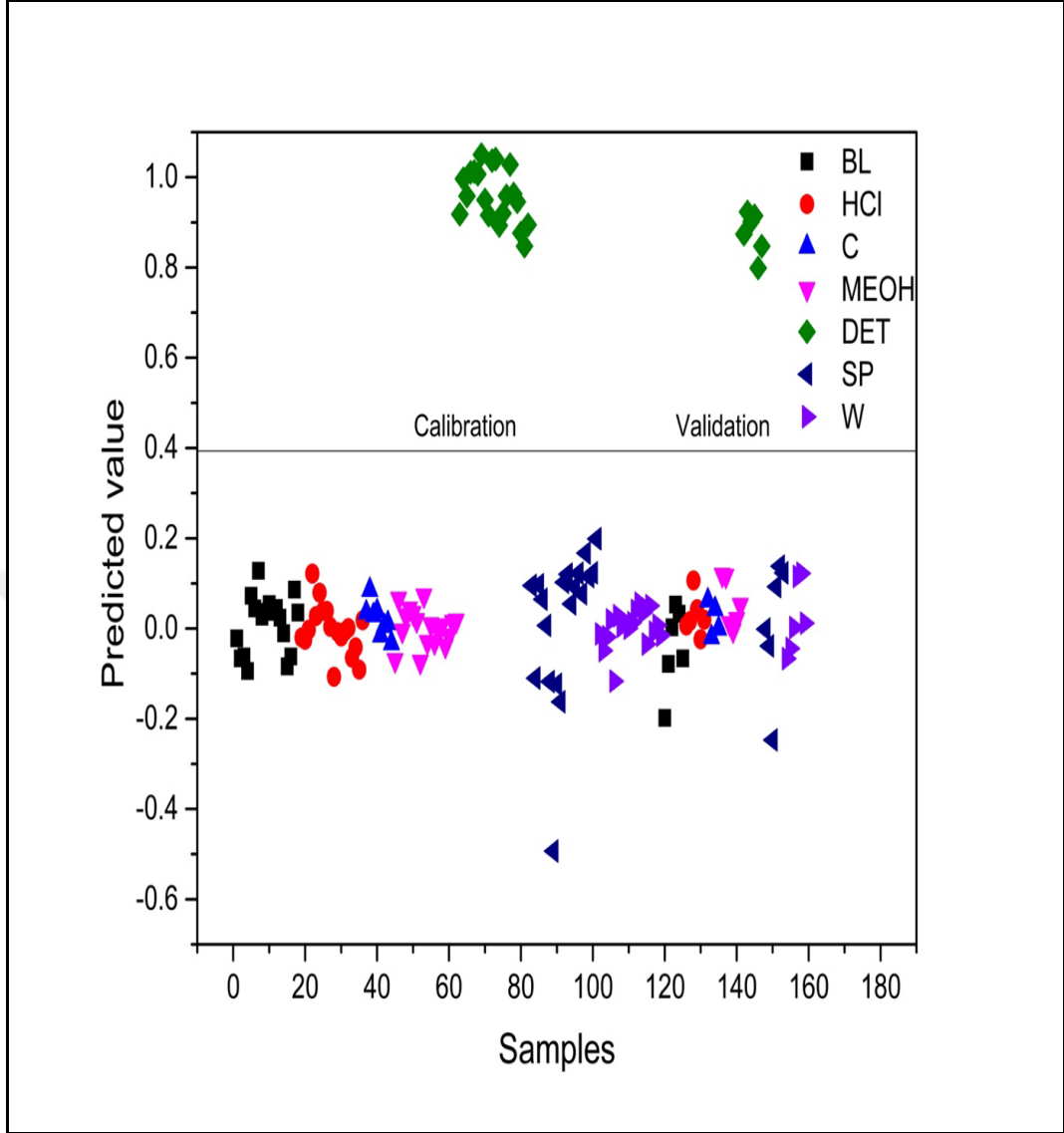
Şekil 3.23. BL ile yıkamanın ayrımı (BL, çamaşır suyu; HCl, hidroklorik asit; C, kontrol; MEOH, metanol; DET, bulaşık deterjanı; SP, sabun; W, su).



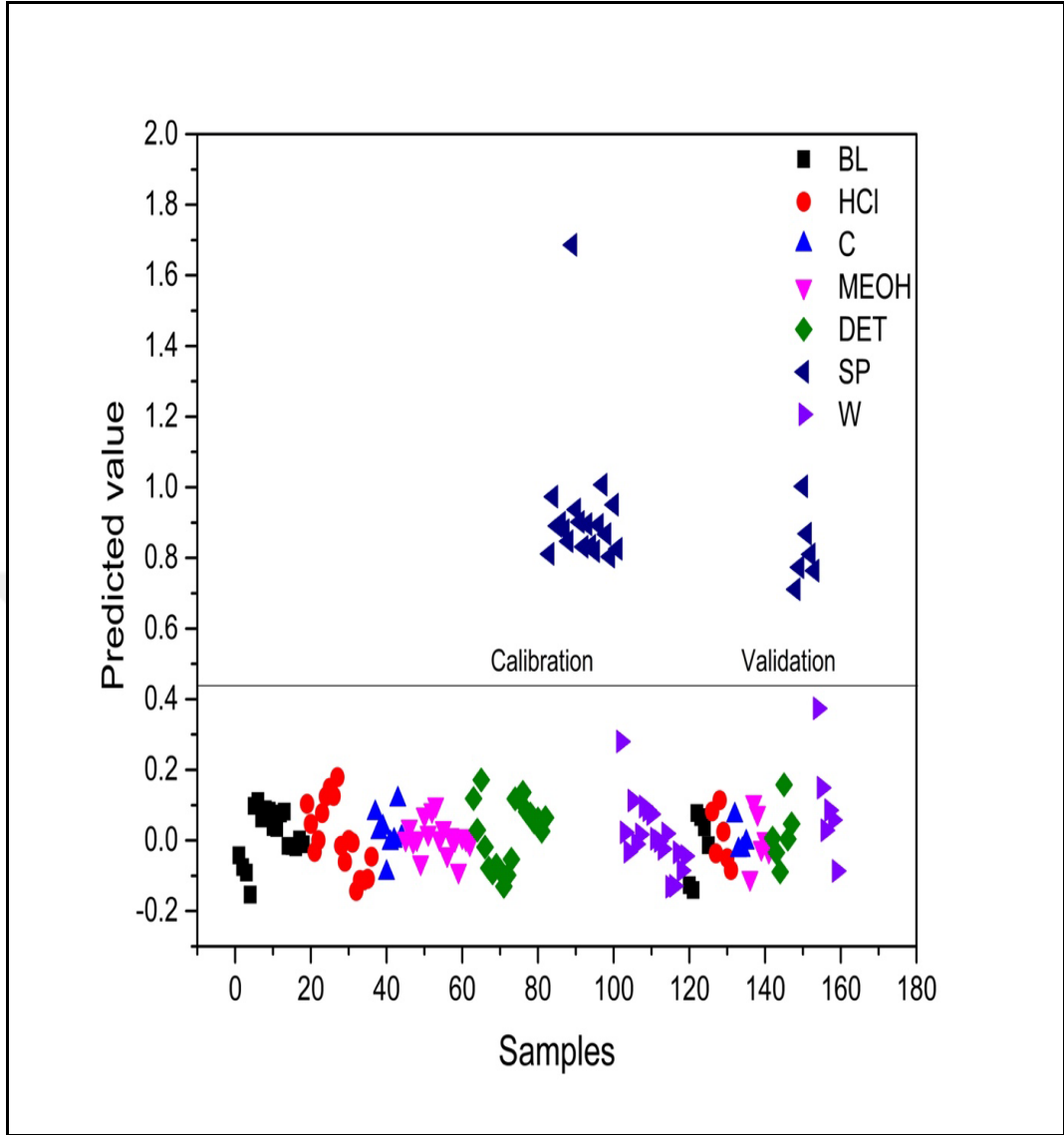
Şekil 3.24. HCl ile yıkamanın ayrımı (BL, çamaşır suyu; HCl, hidroklorik asit; C, kontrol; MEOH, metanol; DET, bulaşık deterjanı; SP, sabun; W, su).



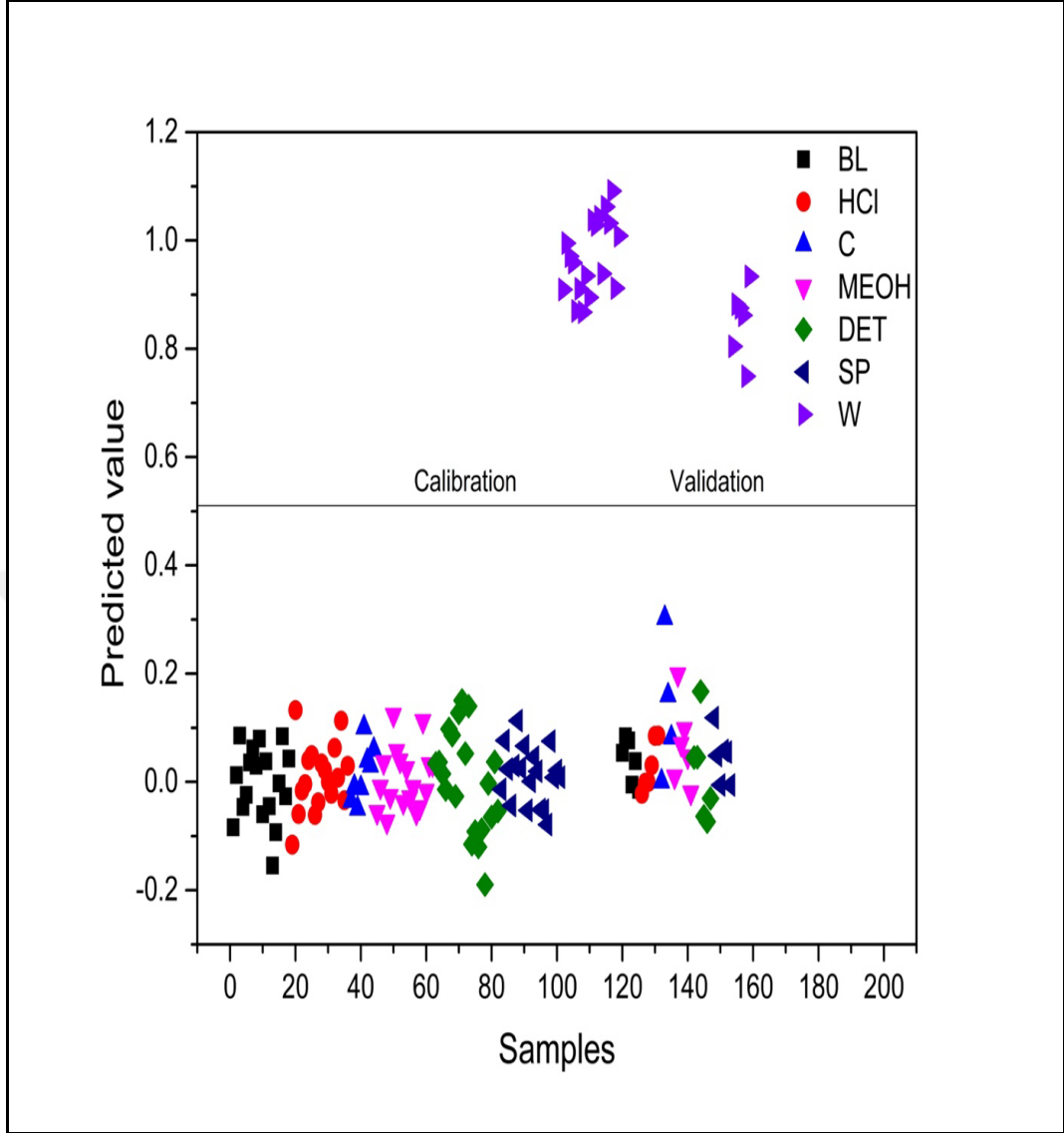
Şekil 3.25. MEOH ile yıkamanın ayrımı (BL, çamaşır suyu; HCl, hidroklorik asit; C, kontrol; MEOH, metanol; DET, bulaşık deterjanı; SP, sabun; W, su).



Şekil 3.26. DET ile yıkamanın ayrımı (BL, çamaşır suyu; HCl, hidroklorik asit; C, kontrol; MEOH, metanol; DET, bulaşık deterjanı; SP, sabun; W, su).



Şekil 3.27. SP ile yıkamanın ayrımı (BL, çamaşır suyu; HCl, hidroklorik asit; C, kontrol; MEOH, metanol; DET, bulaşık deterjanı; SP, sabun; W, su).



Şekil 3.28. W ile yıkamanın ayrımı (BL, çamaşır suyu; HCl, hidroklorik asit; C, kontrol; MEOH, metanol; DET, bulaşık deterjanı; SP, sabun; W, su).

Geliştirilen modellerin performans parametrelerine göre, PLS-DA yönteminin hem yıkanmış kan hem de semen lekelerinde, temizlik amaçlı kullanılan kimyasalları ayırt etmede güçlü bir araç olduğu görülmektedir.

4. TARTIŞMA

Kan ve semen lekeleri olay yerinden elde edilebilecek değerli bulgular arasında yer almaktadır. Ancak bu lekeler az miktarda ve farklı yüzeyler üzerinde depozit şeklinde bulunabilmektedir. Kan ve semen lekeleri, kıyafetler başta olmak üzere, çeşitli amaçlar için üretilmiş pamuklu kumaşlara emilmiş şekilde bulunabilmektedir. Bu kumaşlar da bazen fail, bazen mağdur, bazen de olayla ilişkisiz kişiler tarafından yıkanarak temizlenebilmektedir (Crowe, Moss ve Elliot, 2000; Castelló, Francés ve Verdú, 2009; Schlagetter ve Glynn, 2017).

Farklı yıkama şekillerinin biyolojik lekelerin bulunduğu kumaş parçasından DNA eldesini zorlaştırdığı, ancak imkansız hale getirmedeği; yıkanmış olsa dahi bu lekelerden DNA elde edebilmek için kumaşın analiz edilmesi gerektiği bilinmektedir (Brayley-Morris *ve ark.*, 2015; Kulstein ve Wiegand, 2018; Noël *ve ark.*, 2019). Yıkanmış lekenin bulunduğu kumaştan DNA, hatta mRNA (mesajcı ribonükleik asit) ve miRNA (mikro ribonükleik asit) örneği elde edilebilir, belli yıkama koşullarında intact şekilde kalmış spermatozoa bile tespit edilebilir; ancak DNA örneği elde edilebilmesi için öncelikle geniş kumaş parçasında lekenin nerede lokalize olduğunun tespit edilmesi gerekmektedir (Crowe, Moss ve Elliot, 2000; Farmen, Cortez ve Frøyland, 2008; Brayley-Morris *ve ark.*, 2015; Kulstein ve Wiegand, 2018; Mayes *ve ark.*, 2019). Bulgu haritalaması olarak da adlandırılan numunenin yerinin tespiti işleminde kullanılan yöntemlerin yıkama işlemi ile işlevsiz hale gelebildiği, yıkamanın yoğunluğu, yıkamada kimyasal temizleyici kullanılması, kumaş türü ve rengi gibi birçok faktörün bu ön testleri etkileyebildiği bilinmektedir (Stoilovic, 1991; Kobus, Silenieks ve Scharnberg, 2002; Quickenden, Ennis ve Creamer, 2004; Jobin ve De Gouffe, 2003; Nolan *ve ark.*, 2018; Hofmann *ve ark.*, 2019). Numuneye zarar vermeyen ve hızlı bir yöntem olan FTIR, kemometrik analizlerle kombine edildiğinde, lekenin olduğu yeri tespit edebildiği gibi, lekenin hangi tür biyolojik

sıvıya ait olduğunu da belirleyebilmektedir (Elkins, 2011; Orphanou, 2015; Quinn ve Elkins, 2017; Takamura *ve ark.*, 2018; Edler *ve ark.*, 2020).

Çalışmamız sırasında yapılan yıkamalar sonrasında semen lekelerinin hem immersiyon hem de mekanik temizliğin ardından gözle tespit edilemez hale geldiği tespit edilmiştir. Kan lekelerinin ise immersiyon işleminden sonra halen kumaş üzerinde görünür halde olduğu, mekanik temizlik yapılan kan lekelerinin ise metanol ve hidroklorik asit ile temizlenen numuneler dışında gözle tespit edilemez hale geldiği, metanol ve hidroklorik asit ile mekanik temizlik yapılan numunelerin gözle tespit edilebildiği dikkati çekmiştir. Yüksek sıcaklık altında fıkse olan kan lekelerinin bertaraf edilmesinin daha zor olduğunu ortaya koyan bir çalışma, bu durumun kan lekeleri içindeki hemoglobinin methemoglobine dönüşümü ile ilişkili olabileceği sonucunu öne sürmektedir (Quickenden, Ennis ve Creamer, 2004). Çalışmamızda hidroklorik asit ve metanolla yıkaması yapılan numunelerin daha kalıcı olmasını da benzer şekilde, oksidan özellikleri nedeni ile methemoglobin oluşumunun indüklenmesine bağlamak mümkün görünmektedir (Ham ve Balean, 1905; Dieckmann, 1932).

Kan lekelerinin FTIR spektrumu üzerine literatürde yapılan çalışmalar, beklendiği üzere, spektrumun, başta hemoglobin başta olmak üzere, kan içeriğinde bulunan proteinöz yapıların pikleri tarafından domine edildiğini göstermektedir (Elkins, 2011; Takamura *ve ark.*, 2018). Literatürde, protein yapıların moleküler etkileşimleri sonucunda oluşması beklendiği ifade edilen ve spektrumda 1700-1600 cm^{-1} arasında yerleşen Amide I geniş piki ve Amide II piki (Elkins, 2011; Orphanou, 2015); çalışmamızda elde edilen tüm kontrol spektrumlarında, pamuk liflerinin spektruma etkileri dışlandıktan sonra tespit edilmiştir. Literatürde tanımlanan ve kan lekesinin karakteristik spektrumunu meydana getiren majör pikler ve biyomoleküller için ayırt edici bölgeler çıplak gözle görsel olarak tanımlanabilecek şekilde çalışmamızda elde edilen kontrol numunesi spektrumlarında görülmüştür (Elkins, 2011; Quinn ve Elkins, 2017; Takamura *ve ark.*, 2017, 2018).

Kan lekelerine benzer şekilde, semen spektrumları da literatürde tanımlanmış olan spektrumlara benzer şekilde elde edilmiştir. Başta semen lekelerinde tanımlanmış en ayırt edici pik olan, 1016 cm^{-1} 'de yerleştiği bilinen ve asimetrik O-C-C gerilimine atfedilen pik olmak üzere, semene ait majör pikler kontrol numunesinde elde edilmiştir (Elkins, 2011; Takamura *ve ark.*, 2018). Ancak 1016 cm^{-1} 'de yerleşik olan pik, özellikle mekanik yıkama işlemine maruz bırakılmış numunelerde, oldukça zayıf bir pik olarak tespit edilmiştir. Benzer bir durum pamuklu pedlerin substrat olarak kullanıldığı başka bir çalışmada da tespit edilmiş olup; bu durum, pamuğa ait spektrumun bu bölgede biyolojik numune spektrumuna baskın gelerek neden olduğu bozulmaya bağlanmıştır (Gregório, Zapata ve García-Ruiz, 2016).

İncelenen örnekler, olay yerinde sıklıkla leke depozitlerinin kumaş üzerinde görülebilmesi nedeni ile pamuk kumaş olarak seçilmiştir. Pamuk lifleri de organik moleküllerden meydana geldiği için biyomoleküller için ayırt edici bölgelerde pik formasyonu oluşturmaktadır. Daha önce yapılan bazı çalışmalar bu etkiyi göz ardı etmiş olsa da, literatürde, pamuk liflerinin kan ve semen için FTIR spektrumuna etkilerinin özellikle $900\text{-}1500\text{ cm}^{-1}$ aralığında meydana geldiğini gösteren bir çalışma bulunmaktadır (Zapata, De La Ossa ve García-Ruiz, 2016).

Pamuk liflerine ait en belirgin pikler 1032 cm^{-1} 'de yerleşen yoğun ve dar bir pik ve 3330 cm^{-1} 'de yerleşen geniş bir pik olarak tanımlanmaktadır (Portella *ve ark.*, 2016). Pamuk liflerine ait en güçlü pikin olduğu bölgenin yakınında, $1059\text{-}1084\text{ cm}^{-1}$ civarında tespit edilmesi beklenen ve prostat spesifik antijene atfedilen pik, literatürde daha önce de bildirilmiş olduğu gibi, bizim çalışmamızda da numunelerde tespit edilememiştir (Orphanou, 2015; Gregório, Zapata ve García-Ruiz, 2016). Her ne kadar Zapata ve arkadaşları yaptıkları çalışmada (Zapata, De La Ossa ve García-Ruiz, 2016) $1500\text{-}1800\text{ cm}^{-1}$ alanının pamuk liflerinin spektrumundan az etkilendiğini ve bu nedenle pamuklu kumaşlar üzerinde yapılacak adli amaçlı leke incelemelerinin bu bölgede güvenle yapılabileceğini söylese de, pamuk liflerine ait

1622 cm^{-1} yerleşimli orta yoğunluklu bir pikin varlığı da bilinmektedir (Portella ve ark., 2016). Çalışmamızda elde edilen spektrumlar incelendiğinde; kontrol örneklerinde pamuk liflerine ait olan bu piklerin neden olduğu etkilerin yoğunluk ve görünürlüğünün azalmış olduğu, yıkama işleminin daha etkisiz kaldığı immersiyon işlemlerinde ise mekanik yıkama örneklerine kıyasla daha az belirgin olduğu görülmektedir. Bu durum, kan ve semen depozitinin moleküler yoğunluğunun ortadan kalkmasıyla, daha önce depozite ait olan pik yoğunluklarının azalması ve pamuk liflerine ışığın geçişini engelleyen depozitin bu bariyer fonksiyonunun sona ermesi sonucunda pamuk liflerine ait pik yoğunluklarının daha da görünür hale gelmesine bağlanabileceği değerlendirilmiştir.

Yukarıda, semen lekesi spektrumunda 1016 cm^{-1} 'de görülmesi beklenen pik için tariflenen bozulmanın bir benzeri de kan için Amide A pikinde tespit edilmiştir. Pamuk liflerine ait 3330 cm^{-1} 'de yer alması beklenen majör pik nedeni ile, 3292 cm^{-1} 'de görülmesi beklenen Amide A pikinde de benzer bir bozulma paterninin ortaya çıktığı değerlendirilmiştir (Movasaghi, Rehman ve Rehman, 2008; Orphanou, 2015).

Çalışmamızda elde edilen kan ve semen lekelerinin spektrum görüntüleri, pamuk substratın spektrum görüntüsü de dahil edildiğinde; görsel olarak, çalışmamızla benzer şekilde pamuk substrat kullanan Zapata ve arkadaşlarının çalışmasında (Zapata, De La Ossa ve García-Ruiz, 2016) elde edilen kan ve semen spektrumuna benzer şekilde görünmektedir. Ancak bizim elde etmiş olduğumuz FTIR spektrumunda belirgin farklılıklar dikkati çekmektedir. Çalışmamızda, pamuk liflerine ait spektrumun, elde edilen spektrumdan dışlanması için arka plan spektrumu elde edilmiş ve yazılım aracılığı ile pamuk liflerine ait pikler dışlanmıştır. Elde ettiğimiz FTIR intermitans spektrumlarında görülen ayna görüntüsü şeklinde pik formasyonlarının oluşması, arka plan spektrumunda elde edilen pamuk liflerine ait spektrumdaki piklerin numune üzerinde örtülmesi ve bunun sonucunda çıkarma işleminin negatif piklere yol açması ile açıklanabilir.

DNA'nın FTIR spektrumundaki yeri, numuneden DNA eldesinin de belirteci olması nedeni ile önemli bir husus olarak karşımıza çıkmaktadır. Semen numuneleri ve tam kan üzerinde FTIR kullanılarak yapılmış klinik çalışmalarda; taban noktası 1150 cm^{-1} ile 940 cm^{-1} üzerinde olan, tepe noktası ise 966 cm^{-1} 'de yer alan, nükleik asitlere, bilhassa da DNA'ya atfedilen bir pik tanımlanmaktadır (Benedetti *ve ark.*, 1997; Barçot *ve ark.*, 2007). Bu pik, Abramovich'in sperm motilitesi oranı ile semenin FTIR spektrumunu kıyasladığı klinik amaçlı çalışmasında da (Abramovich ve Shulzinger, 2015) yoğunluğu düşük bir pik olarak görünmektedir. Ancak çalışmamızda pamuk kumaşın kullanımı, DNA eldesi hakkında bu bölgeden çıkarım yapabilmenin önündeki en büyük engel olarak görünmektedir. Pamuk liflerine ait piklerin de aynı alanda yoğunlaşmış olması nedeni ile klinik çalışmalarda elde edilen bilginin mevcut olay yeri simülasyonuna uygulanmasının mümkün olmadığı anlaşılmaktadır. Benzer şekilde, Edler'in çalışması (Edler *ve ark.*, 2020) DNA üzerinde en katastrofik etkiye sahip ağartıcının sodyum hipoklorit olduğunu ifade etse de çalışmamızla bunu teyit etmek olanaksız görünmektedir. Ancak çalışmamızda elde edilen spektrumlar incelendiğinde, her ne kadar DNA hakkında yorum yapılamasa da, kontrol numunesi spektrumundan görsel olarak en fazla uzaklaşmanın sodyum hipoklorit ile meydana geldiği görülmektedir.

Çalışmada kemometrik analizler için kullanılan PLS-DA yöntemi, iki değişken grup arasında birden fazla ilişkili değişim varlığında ayırım ve test etme yetisi sağlayan ve FTIR kullanılarak yapılmış adli leke incelemeleri çalışmalarında da sıklıkla başvurulmuş bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır (Gautam *ve ark.*, 2015; Lee, Liong ve Jemain, 2017; Kumar ve Sharma, 2018; Takamura *ve ark.*, 2018).

Yapılan PLS-DA analizlerinde; semen ve kan spektrumları hem yıkama şeklinde yapılan müdahale öncesinde hem de müdahaleden sonra birbirinden güvenilir bir şekilde ayırt edilebilmiştir.

Literatürdeki diğer çalışmalarda da benzer şekilde, gerek kemometrik analizlerle, gerekse de biyomoleküller için ayırt edici bölge olan 900-1800 cm⁻¹ alanının görsel analizi ile kan ve semenin birbirinden ayırt edilebildiği çalışmamızın sonuçlarında da tekrarlanan bir bulgu olarak dikkati çekmiştir (Elkins, 2011; Abramovich ve Shulzinger, 2015; Takamura *ve ark.*, 2018).

Çalışmamızda, immersiyon şeklinde yapılan yıkamalardan sonra da kan ve semen lekelerinin FTIR spektrumlarının analizi ile tanınabilir olduğu ve birbirinden güvenilir şekilde ayırt edilebildiği gösterilmiştir. Ancak mekanik yıkamalardan sonra ortaya çıkan tabloda aynı şeyi söylemek mümkün görünmemektedir. Yakın zamanda yapılan bir çalışmada, sodyum hidroksit ve deterjanla muamele edilmiş semen lekesi içeren pamuk kumaşların da dahil olduğu bir grup substrattan semen depozitinin FTIR spektrumu aracılığı ile tanımlanamadığı sonucuna ulaşıldığı görülmektedir (Sharma ve Singh, 2019). Çalışmada uygulanan kimyasal yıkamanın detayları verilmediğinden çalışmamızın deney protokolü ile karşılaştırma ihtimali bulunmamakla birlikte; çalışmamızda elde edilen spektrumların da özellikle mekanik yıkama sonucunda bozulmuş olduğu, daha uzun süren ve daha yoğun bir yıkama sonucunda spektrumların depozitler hakkında fikir verici olmayabileceği sonucuna varmak yanlış olmayacaktır.

Yıkama amaçlı olarak yapılan müdahalelerin depozitlerin spektrumuna etki etmesini beklemek şaşırtıcı değildir. Ayrıca bu etkinin yıkama işlemi ve yoğunluğu kadar yıkamanın yapıldığı kimyasallarla da değişiklik göstermesi, incelenen biyolojik numunenin pH ve hidrasyon durumundan bile spektrumun kolayca etkilendiği bilinen bir yöntemde, yine beklenen bir varyasyon olarak karşımıza çıkmaktadır (Olsztyńska-Janus *ve ark.*, 2012). Bu çalışmada elde edilen spektrumlar ve PLS-DA ile elde edilen kemometrik veriler farklı kimyasal temizleyicilerin numuneler üzerinde farklı etkilerinin olabildiğini, numunedeki değişikliklerin homojenize bir şekilde ayırdım gücü yüksek piklerin yoğunluğunun azalması veya bu piklerin ortadan kalkması şeklinde ortaya çıkmadığını; kimyasal temizleyicinin ve numunenin özellikleri ve etkileşimleri sonucunda birbirinden farklı spektral sonuçlar

ortaya çıkacağını göstermektedir. Farklı kimyasal temizleyicilerle ortaya çıkan farklı spektral özellikler; görsel olarak her zaman olmasa da kemometrik olarak, kullanılan temizleyici ajana göre güvenilir ve geçerli bir ayırım yapabilme olanağı sağlamaktadır. Bu bağlamda, çalışmamızın sonuçları, FTIR spektrumlarının analizi ile belirli bir düzeyde kimyasal temizleyicilerle temizlik yapılmış kan ve semen lekelerinin tanınmasına olanak bulunduğu gibi, kullanılan temizleyicinin ne olduğu hakkında da fikir elde edilmesinin mümkün olduğunu göstermektedir.

Çalışmada kullanılan yöntem her ne kadar mümkün olan en yüksek düzeyde deney şartlarını kontrol etmeyi amaçlamış olsa da çalışmanın tekrarlanabilirliğini etkileyecek faktörlerin bulunması muhtemeldir. Çalışmada substrat olarak kullanılan kumaş saf pamuktan üretilmiş ve boyanmamıştır. Ancak kumaş içerisindeki lif yoğunluğu kumaş türlerine göre değişebilmektedir. Kan numunelerinin yıkanmasını takiben luminol ile leke tespiti ve DNA analizi yapılan bir çalışmada (Edler ve ark., 2017); aynı materyallerden yapılmış kumaş türlerinde bile, lif yoğunluğunun leke üzerinde yapılacak analizleri etkileyebileceği gösterilmiştir. Benzer bir etkinin FTIR ile yapılan biyolojik leke analizlerinde de görülüp görülmeyeceği ayrıca bir çalışma konusu olmakla birlikte, bu konuda henüz çalışma yapılmamış olması bizim çalışmamızın tekrarlanabilirliğini etkileyecek faktörlerden birisi olabileceği anlaşılmaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında elde edilen veriler ışığında; kan ve semen lekelerinin FTIR ile %100 duyarlılık, özgüllük ve model etkinliği ile PLS-DA kullanılarak başarıyla ayırt edilebildiği ortaya konulmuştur. Kan ve semen lekelerinin sadece immersiyon ve mekanik temizlikle beraber immersiyonu arasında; görsel olarak, spektral olarak ve kemometrik olarak belirgin farklılıklar olduğu, bu farklılıkların lekeleri %100 duyarlılık, özgüllük ve model etkinliği ile PLS-DA kullanılarak başarıyla ayırt edilebileceği gösterilmiştir. Kontrol kan ve semen numuneleri ile immersiyonla temizlik yapılmış numuneler arasında belirgin spektral farklılıklar olmakla birlikte, mekanik temizlik yapılan numunelerdeki kan ve semene ait spektral değişikliklerin görsel olarak tanınmayı engelleyecek kadar fazla olduğu tespit edilmiştir.

Yıkanmış kan ve semen lekelerinin yıkanmasında kullanılan kimyasal temizleyicilere göre lekeleri %100 duyarlılık, özgüllük ve model etkinliği ile PLS-DA kullanılarak başarıyla ayırt etmenin mümkün olduğu anlaşılmıştır.

Kan ve semen lekelerinin spektrumu üzerine kimyasalların etkisi kadar, olay yeri simülasyonu amacı ile kullanılan pamuklu kumaşa ait liflerin piklerinin de spektrumu saptırıcı etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Bu tez çalışmasından elde edilen veriler ışığında, FTIR ve kemometrik analiz ile standardize bir kan ve semen lekesi inceleme akışı oluşturabilmek için yapılması gereken birçok ek çalışmaya ihtiyaç olduğu ortaya çıkmıştır. Lekelerin farklı sıcaklıklarda depozisyonu, lekelerin farklı sıcaklıklarda yıkanması, lekelerin farklı

yoğunluklarda yıkanması, farklı türde ve yoğunlukta kumaş üzerindeki lekelerin yıkanması gibi kontrollü deneylerle ortaya konulması gereken birçok dış faktörün açığa kavuşturulacağı yeni çalışmalara ihtiyaç olduğu aşikardır.

Çalışmanın sonuçları toplu olarak değerlendirildiğinde; yıkama işlemleri sonucunda spektrumu görsel olarak tanımlanmasını etkileyecek derecede bozulmuş kan ve semen lekesi numunelerinde bile hem lekenin bulgu haritalamasının yapılmasında hem de yıkama işleminde kullanılan kimyasal temizleyicilerin tanımlanmasında FTIR'ın kemometrik analizlerle birlikte kullanılabileceği sonucu ortaya çıkmaktadır.

ÖZET

Kumaş Üzerinde Oluşmuş Kan ve Semen Lekelerinin Farklı Temizlik Maddeleriyle Yıkanmasından Sonra FTIR ile Tespiti

Kan ve semen lekeleri olay yerinden elde edilebilecek değerli bulgular arasında yer almaktadır. Ancak bu lekeler az miktarda ve farklı yüzeyler üzerinde depozit şeklinde bulunabilmektedir. Kan ve semen lekeleri, kıyafetler başta olmak üzere, çeşitli amaçlar için üretilmiş pamuklu kumaşlara emilmiş şekilde bulunabilmektedir. Bu kumaşlar da bazen fail, bazen mağdur, bazen de olayla ilişkisiz kişiler tarafından yıkanarak temizlenebilmektedir. Bu çalışmada, olay yerini bozmak için sık kullanılan bir yöntem olarak lekeyi elde yıkamanın kan ve semenin FTIR spektrumları üzerine etkilerini incelemek amaçlanmaktadır. Bu amaçla, altışarlı gruplar halinde 78 kan ve 78 semen lekesi depozitine sabit şartlarda immersiyon ve mekanik temizlikle beraber immersiyon şeklinde temizlik yapılmıştır. Temizleme sıvısı olarak saf su, saf su içerisinde %40'lık metanol, %5'lik sodyum hipoklorit, %5 hipoklorik asit, 5 g/L sabunlu saf su ve 5 g/L bulaşık deterjanı çözünmüş saf su kullanılmıştır. Temizlik işleminin ardından kurutulan numuneler ATR-FTIR ile incelenmiş, elde edilen spektrumlar kemometrik olarak analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda; kontrol kan ve semen lekelerinin birbirinden, kontrol lekelerinin yıkanmış numunelerden ve yıkanmış kan ve semen lekelerinin yıkanmasında kullanılan kimyasal temizleyicilere göre lekeler %100 duyarlılık, özgüllük ve model etkililiği ile PLS-DA kullanılarak başarıyla ayırt edilmiş ve FTIR'ın kemometrik analizlerle birlikte kan ve semen lekelerinin bulgu haritalaması ve analizi için kullanılabileceği gösterilmiştir.

Anahtar sözcükler: kan lekesi, semen lekesi, bulgu haritalama, FTIR, kemometri

SUMMARY

Detection of Blood and Semen Stains Formed on the Fabric with FTIR after Washing with Different Cleaning Agents

Blood and semen stains are among the valuable findings that can be obtained from the crime scene. However, these stains can be found in small amounts and in the form of deposits on different surfaces. Blood and semen stains can be found absorbed into cotton fabrics produced for various purposes, especially clothes. These fabrics can be cleaned by washing sometimes by the perpetrator, sometimes by the victim, and sometimes by people unrelated to the incident. In this study, it is aimed to examine the effects on the FTIR spectra of blood and semen of hand washing as a frequently used method to disrupt the crime scene. For this purpose, 78 blood and 78 semen stain deposits in groups of six were cleaned by immersion and mechanical cleaning together with immersion under constant conditions. Pure water, 40% methanol, 5% sodium hypochlorite, 5% hypochloric acid, 5 g/L soapy water and 5 g/L dishwashing detergent dissolved in pure water were used as cleaning fluid. After the cleaning process, the dried samples were examined with ATR-FTIR, and the obtained spectra were analyzed chemometrically. As a result of the analysis, the stains were successfully differentiated between control samples, control stains from washed samples, and the chemical cleaners used in washing washed blood and semen stains, with 100% sensitivity, specificity and model effectiveness using PLS-DA. It has been shown that FTIR can be used for mapping of the crime scene samples and analysis of blood and semen stains along with chemometric analysis.

Keywords: blood stain, semen stain, evidence mapping, FTIR, chemometry

KAYNAKLAR

- ABRAMOVICH A, SHULZINGER A (2015). Diagnostic and Analysis of Human Sperm Characteristics Using Fourier Transform Infrared Spectroscopy. *Open Journal of Urology*, **05**(06):97–101.
- ADELI K, RAIZMAN JE, CHEN Y, HIGGINS V, NIEUWESTEEG M, ABDELHALEEM M, WONG SL, BLAIS, D (2015). Complex Biological Profile of Hematologic Markers across Pediatric, Adult, and Geriatric Ages: Establishment of Robust Pediatric and Adult Reference Intervals on the Basis of the Canadian Health Measures Survey. *Clinical Chemistry*, **61**(8):1075–1086.
- AL-HETLANI E, HALÁMKOVÁ L, AMIN, MO, LEDNEV IK (2020). Differentiating smokers and nonsmokers based on Raman spectroscopy of oral fluid and advanced statistics for forensic applications. *Journal of Biophotonics*, **13**(3):e201960123.
- DE ALMEIDA JP, GLESSE N, BONORINO C (2011). Effect of presumptive tests reagents on human blood confirmatory tests and DNA analysis using real time polymerase chain reaction. *Forensic Science International*, **206**(1–3); 58–61.
- AMBAYYA A, SU AT, OSMAN NH, NIK-SAMSUDIN NR, KHALID K, CHANG KM, SATHAR J, RAJASURIAR JS, YEGAPPAN S (2014). Haematological reference intervals in a multiethnic population. *PLoS ONE*, **9**(3):e91968
- AN JH, SHIN KJ, YANG WI, LEE HY (2012). Body fluid identification in forensics. *BMB Reports*, **45**(10):545–553.
- ANDERSON S, HOWARD B, HOBBS GR, BISHOP CP (2005). A method for determining the age of a bloodstain. *Forensic Science International*, **148**(1):37–45.
- ANDREWS C, COQUOZ R (1994). PCR DNA Typing of Washed Stains, in BÄR W, FIORI A (eds) *Advances in Forensic Haemogenetics*. Berlin, Heidelberg: Springer, pp.: 343–345.
- BAKER MJ, TREVISAN J, BASSAN P, BHARGAVA R, BUTLER HJ, DORLING KM, FIELDEN PR, FOGARTY SW, FULLWOOD NJ, HEYS KA, HUGHES C, LASCH P, MARTIN-HIRSCH PL, OBINAJU B, SOCKALINGUM GD, SULÉ-SUSO J, STRONG RJ, WALSH MJ, WOOD BR, GARDNER P, MARTIN FL (2014). Using Fourier transform IR spectroscopy to analyze biological materials. *Nature Protocols*, **9**(8):1771–1791.
- BARČOT O, BALARIN M, GAMULIN O, JEŽEK D, ROMAC P, BRNJAS-KRALJEVIĆ J (2007). Investigation of spermatozoa and seminal plasma by Fourier transform infrared spectroscopy. *Applied Spectroscopy*, **61**(3):309–313.
- BARNI F, LEWIS SW, BERTI A, MISKELLY GM, LAGO G (2007). Forensic application of the luminol reaction as a presumptive test for latent blood detection. *Talanta*, **72**(3):896–913.
- BENEDETTI E, PAPINESCHI F, ROSSI I, BENEDETTI E (1997). Determination of the Relative Amount of Nucleic Acids and Proteins in Leukemic and Normal Lymphocytes by Means of Fourier Transform Infrared Microspectroscopy. *Applied Spectroscopy*, **51**:792–797.
- BIANCOLILLO A, MARINI F (2018). Chemometric methods for spectroscopy-based pharmaceutical analysis. *Frontiers in Chemistry*, **6**:576.
- BONDE JPE, ERNST E, JENSEN TK, HJOLLUND-I NH, KOLSTAD H, HENRIKSEN TB, SCHEIKE T, GIWERCMAN A, OLSEN J, SKAKKEBÆK NE (1998). Relation between

- semen quality and fertility: A population-based study of 430 first-pregnancy planners. *Lancet*, **352**(9135):1172–1177.
- BRAYLEY-MORRIS, H, SORRELL A, REVOIR AP, MEAKIN GE, COURT DS, MORGAN RM (2015). Persistence of DNA from laundered semen stains: Implications for child sex trafficking cases. *Forensic Science International: Genetics*, **19**, pp. 165–171.
- BREMMER RH, NADORT A, VAN LEEUWEN TG, VAN GEMERT MJC, AALDERS MCG (2011). Age estimation of blood stains by hemoglobin derivative determination using reflectance spectroscopy. *Forensic Science International*, **206**(1–3):166–171.
- BREMMER RH, DE BRUIN KG, VAN GEMERT MJC, VAN LEEUWEN TG, AALDERS MCG (2012). Forensic quest for age determination of bloodstains. *Forensic Science International*, **216**(1–3):1–11.
- BUZZINI P, SUZUKI E (2016). Forensic applications of Raman spectroscopy for the in situ analyses of pigments and dyes in ink and paint evidence. *Journal of Raman Spectroscopy*, **47**(1):16–27.
- CAMO (2020). The Unscrambler X. Oslo, Norway.
- CASTELLÓ A, FRANCÉS F, VERDÚ F (2009). Bleach interference in forensic luminol tests on porous surfaces: More about the drying time effect. *Talanta*, **77**(4):1555–1557.
- CHENG CKW, CHAN J, CEMBROWSKI GS, VAN ASSENDELFT OW (2004). Complete blood count reference interval diagrams derived from NHANES III: Stratification by age, sex, and race. *Laboratory Hematology*, **10**(1):42–53.
- CL G (2017). The Effect of Fabric Type and Laundering Conditions on the Detection of Semen Stains. *International Journal of Forensic Sciences*, **2**(2).
- COX M (1991). A Study of the Sensitivity and Specificity of Four Presumptive Tests for Blood. *Journal of Forensic Science*, **36**(5):1503–1511.
- CROWE G, MOSS D, ELLIOT D (2000). The effect of laundering on the detection of acid phosphatase and spermatozoa on cotton T-Shirts. *Journal of the Canadian Society of Forensic Science*, **33**(1), pp. 1–5.
- DAVIDOVICS R, SAW YL, BROWN CO, PRINZ M, MCKIERNAN HE, DANIELSON OB, LEGG KM (2022). High-throughput seminal fluid identification by automated immunoaffinity mass spectrometry. *Journal of Forensic Sciences*, **00**:1–7.
- DIECKMANN WJ (1932). Methemoglobinemia. *Archives of Internal Medicine*, **50**(4):574–578.
- DOTY KC, MURO CK, BUENO J, HALÁMKOVÁ L, LEDNEV IK (2016). What can Raman spectroscopy do for criminalistics? *Journal of Raman Spectroscopy*, **47**(1):39–50.
- DOTY KC, MCLAUGHLIN G, LEDNEV IK (2016). A Raman “spectroscopic clock” for bloodstain age determination: the first week after deposition. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, **408**(15):3993–4001.
- DOYLE AC (2009). *A Study in Scarlet and The Adventure of the Speckled Band*. Old Saybrook, Connecticut, USA: Tantor Media Incorporated.
- DUNPHY BC, NEAL LM, COOKE ID (1989). The clinical value of conventional semen analysis. *Fertility and Sterility*, **51**(2):324–329.
- EDLER C, GEHL A, KOHWAGNER J, WALTHER M, KREBS O, AUGUSTIN C, KLEIN A (2017). Blood Trace Evidence on Washed Textiles - a systematic approach. *International Journal of Legal Medicine*, **131**(4):1179–1189.
- EDLER C, KREBS O, GEHL A, PALATZKE K, TIEDEMANN N, SCHRÖDER AS, KLEIN A (2020). The effect of bleaching agents on the DNA analysis of bloodstains on different floor

- coverings. *International Journal of Legal Medicine*, **134**(3):921–927.
- EDWARDS HGM (2004). Forensic applications of Raman spectroscopy to the non-destructive analysis of biomaterials and their degradation. *Geological Society, London, Special Publications*, **232**(1):159–170.
- EIGENVECTOR RESEARCH (2018). PLS_Toolbox, Manson, WA, USA.
- ELKINS KM (2011). Rapid presumptive “fingerprinting” of body fluids and materials by ATR FT-IR spectroscopy. *Journal of Forensic Sciences*, **56**(6):1580–1587.
- FARMEN RK, CORTEZ P, FRØYLAND ES (2008). Spermatozoa recovered on laundered clothing. *Forensic Science International: Genetics Supplement Series*, **1**(1):418–420.
- FISHER BAJ (2004). *Techniques of Crime Scene Investigation, Techniques of Crime Scene Investigation*. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press.
- FUGGLE S (2020). *Clinical Biochemistry Reference Ranges Handbook*. Leeds, UK.
- GAUTAM R, VANGA S, ARIESE F, UMAPATHY S (2015). Review of multidimensional data processing approaches for Raman and infrared spectroscopy. *EPJ Techniques and Instrumentation*, **2**(1):8.
- GILL P, JEFFREYS AJ, WERRETT DJ (1985). Forensic application of DNA “fingerprints”. *Nature*, **318**(6046):577–579.
- GLAISTER J (1926). The Kastle-Meyer Test for the Detection of Blood: Considered from the Medico-Legal Aspect. *British Medical Journal*, **1**(3406):650.
- GREGÓRIO I, ZAPATA F, TORRE M, GARCIA-RUIZ C (2017). Statistical approach for ATR-FTIR screening of semen in sexual evidence. *Talanta*, **174**(July):853–857.
- GREGÓRIO I, ZAPATA F, GARCIA-RUIZ C (2016). Analysis of human bodily fluids on superabsorbent pads by ATR-FTIR. *Talanta*, **162**(October):634–640.
- GUPTA S, KUMAR A (2017). The Human Semen, in *Basics of Human Andrology*. Springer, Singapore, pp: 163–170.
- HAM CE, BALEAN H (1905). The effects of acids upon blood. *The Journal of Physiology*, **32**(3–4):312.
- HARGREAVES MD, EDWARDS HGM (2012). Identification of Ivory by Conventional Backscatter Raman and SORS. *Infrared and Raman Spectroscopy in Forensic Science*, pp.: 447–454.
- HIGAKI RS, PHILP WMS (1976). A Study of the Sensitivity, Stability and Specificity of Phenolphthalein as an Indicator Test for Blood’. *Canadian Society of Forensic Science Journal*, **9**(3):97–102.
- HOCHMEISTER M, BUDOWLE B, BAECHTEL F (1991). Effects of Presumptive Test Reagents on the Ability to Obtain Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLP) Patterns from Human Blood and Semen Stains. *Journal of Forensic Science*, **36**(3):656–661.
- HOFMANN M, ADAMEC J, ANSLINGER K, BAYER B, GRAW M, PESCHEL O, SCHULZ MM (2019). Detectability of bloodstains after machine washing. *International Journal of Legal Medicine*, **133**(1):3–16.
- HUANG P, KE Y, LU Q, XIN B, FAN S, YANG G, WANG Z (2008). Analysis of postmortem metabolic changes in rat kidney cortex using Fourier transform infrared spectroscopy. *Spectroscopy*, **22**(1):21–31.
- HUANG Z, CHEN X, CHEN Y, CHEN J, DOU M, FENG S, ZENG H, CHEN R (2011). Raman spectroscopic characterization and differentiation of seminal plasma. *Journal of Biomedical Optics*, **16**(11):110501.

- IZAKE EL (2010). Forensic and homeland security applications of modern portable Raman spectroscopy. *Forensic Science International*, **202**(1–3):1–8.
- JAGGI N (2006). *Handbook of Applied Solid State Spectroscopy*. Springer US, Boston, MA, USA.
- JEFFREYS AJ, WILSON V, THEIN SL (1985). Individual-specific “fingerprints” of human DNA. *Nature*, **316**(6023):76–79.
- JENSEN TK, BONDE JP, JOFFE M (2006). The influence of occupational exposure on male reproductive function. *Occupational Medicine*, **56**(8):544–553.
- JOBIN RM, DE GOUFFE M (2003). The Persistence of Seminal Constituents on Panties After Laundering. Significance to Investigations of Sexual Assault. *Canadian Society of Forensic Science Journal*, **36**(1):1–10.
- JOSHI UN, SUBHEDAR SK, SARAF DK (1981). Effect of water immersion on seminal stains on cotton cloth. *Forensic Science International*, **17**(1):9–11.
- KAFAROWSKI E, LYON AM, SLOAN MM (1996). The Retention and Transfer of Spermatozoa in Clothing by Machine Washing. *Canadian Society of Forensic Science Journal*, **29**(1):7–11.
- KARITA E, KETTER N, PRICE MA, KAYITENKORE K, KALEEBU P, NANVUBYA A, ANZALA O, JAOKO W (2009). CLSI-derived hematology and biochemistry reference intervals for healthy adults in eastern and southern Africa. *PLoS ONE*, **4**(2):e4401.
- KOBUS HJ, SILENIEKS E, SCHARNBERG J (2002). Improving the Effectiveness of Fluorescence for the Detection of Semen Stains on Fabrics. *Journal of Forensic Sciences*, **47**(4):15467J.
- KOÇ S, BİÇER Ü (2009). Adli Tıbbın Tarihsel Gelişimi, Türkiye’deki Yapılanması ve Sorunları. *Klinik Gelişim*, **22**:1–5.
- KULSTEIN G, WIEGAND P (2018). Comprehensive examination of conventional and innovative body fluid identification approaches and DNA profiling of laundered blood- and saliva-stained pieces of cloths. *International Journal of Legal Medicine*, **132**(1):67–81.
- KUMAR R, SHARMA K, SHARMA V (2020). Bloodstain age estimation through infrared spectroscopy and Chemometric models. *Science and Justice*, **60**(6):538–546.
- KUMAR R, SHARMA V (2018). Chemometrics in forensic science. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, **105**:191–201.
- LAWTON ME, SUTTON JG (1982). A Study of Leucine Aminopeptidase as a Possible Means of Identifying Semen. *Journal of the Forensic Science Society*, **22**(2):193–198.
- LEE LC, LIONG CY, JEMAIN AA (2017). A contemporary review on Data Preprocessing (DP) practice strategy in ATR-FTIR spectrum. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, **163**(February):64–75.
- LİN H, ZHANG Y, WANG Q, Lİ B, FAN S, WANG Z (2018). Species identification of bloodstains by ATR-FTIR spectroscopy: the effects of bloodstain age and the deposition environment. *International Journal of Legal Medicine*, **132**(3):667–674.
- LU JC, FANG C, XU HR, HUANG YF, LU NQ (2007). Preliminary investigations on the standardization and quality control for the determination of acid phosphatase activity in seminal plasma. *Clinica Chimica Acta*, **375**(1–2):76–81.
- LYGO JE, JOHNSON PE, HOLDAWAY DJ, WOODROFFE S, KIMPTON CP, GILL P, WHITAKER JP, CLAYTON TM (1994). The validation of short tandem repeat (STR) loci for use in forensic casework. *International Journal of Legal Medicine*, **107**(2):77–89.
- MATHWORKS (2020). MATLAB. Natick, MA, USA.
- MAYES C, HOUSTON R, SEASHOLS-WILLIAMS S, LARUE B, HUGHES-STAMM S (2019). The stability and persistence of blood and semen mRNA and miRNA targets for body fluid

- identification in environmentally challenged and laundered samples. *Legal Medicine*, **38**(March):45–50.
- MCLAUGHLIN G, SIKIRZHYTSKI V, LEDNEV IK (2013). Circumventing substrate interference in the Raman spectroscopic identification of blood stains. *Forensic Science International*, **231**(1–3):157–166.
- MCNALLY L, SHALER RC, BAIRD M, BALAZS I, FOREST PD, KOBILINSKY L (1989). Evaluation of Deoxyribonucleic Acid (DNA) Isolated from Human Bloodstains Exposed to Ultraviolet Light, Heat, Humidity, and Soil Contamination. *Journal of Forensic Science*, **34**(5):1059–1069.
- MICROSOFT (2022). Excel. Redmond, WA, USA.
- MISTEK E, HALÁMKOVÁ L, DOTY KC, MURO CK, LEDNEV IK (2016). Race Differentiation by Raman Spectroscopy of a Bloodstain for Forensic Purposes. *Analytical Chemistry*, **88**(15):7453–7456.
- MISTEK E, HALÁMKOVÁ L, LEDNEV IK (2019). Phenotype profiling for forensic purposes: Nondestructive potentially on scene attenuated total reflection Fourier transform-infrared (ATR FT-IR) spectroscopy of bloodstains. *Forensic Chemistry*, **16**:100176.
- MOORE KL, DALLEY AF, AGUR AMR (2010). Pelvis and Perineum, in MOORE KL, DALLEY AF, AGUR AMR (eds), *Clinically Oriented Anatomy*. 6th edition. Philadelphia, USA: Lippincott Williams & Wilkins, pp.: 326–438.
- MOVASAGHI Z, REHMAN S, REHMAN IU (2008). Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy of biological tissues. *Applied Spectroscopy Reviews*, **43**(2):134–179.
- NOËL S, LAGACÉ K, RAYMOND S, GRANGER D, LOYER M, BOURGOIN S, JOLICOEUR C, SÉGUIN D (2019). Repeatedly washed semen stains: Optimal screening and sampling strategies for DNA analysis. *Forensic Science International: Genetics*, **38**:9–14.
- NOLAN A, SPEERS SJ, MURAKAMI J, CHAPMAN B (2018). A pilot study: The effects of repeat washing and fabric type on the detection of seminal fluid and spermatozoa. *Forensic Science International*, **289**:51–56.
- OLSZTYŃSKA-JANUS S, SZYMBORSKA-MAŁEK K, GASIOR-GLOGOWSKA M, WALSKI T, KOMOROWSKA M, WITKIEWICZ W, PEZOWICZ C, KOBIELARZ M, SZOTEK S (2012). Spectroscopic techniques in the study of human tissues and their components. Part I: IR spectroscopy. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, **14**(3):101–115.
- ORPHANOU CM (2015). The detection and discrimination of human body fluids using ATR FT-IR spectroscopy. *Forensic Science International*, **252**:e10–e16.
- PEDROSA M, CURATE F, BATISTA DE CARVALHO LAE, MARQUES MPM, FERREIRA MT (2020). Beyond metrics and morphology: the potential of FTIR-ATR and chemometrics to estimate age-at-death in human bone. *International Journal of Legal Medicine*, **134**(5):1905–1914.
- PEREIRA JFQ, SILVA CS, VIEIRA MJL, PIMENTEL MF, BRAZ A, HONORATO RS (2017). Evaluation and identification of blood stains with handheld NIR spectrometer. *Microchemical Journal*, **133**:561–566.
- PIOTROWSKI E (1985). Über Entstehung, Form, Richtung u. Ausbreitung der Blutspuren nach Hiebunden des Kopfes. *Universität Wien*.
- PORTELLA EH, ROMANZINI D, ANGRIZANI CC, AMICO SC, ZATTERA AJ (2016). Influence of Stacking Sequence on the Mechanical and Dynamic Mechanical Properties of Cotton/Glass Fiber Reinforced Polyester Composites. *Materials Research*, **19**(3):542–547.
- QUICKENDEN TI, COOPER PD (2001). Increasing the specificity of the forensic luminol test for blood. *Luminescence*, **16**(3):251–253.

- QUICKENDEN TI, ENNIS CP, CREAMER JI (2004). The forensic use of luminol chemiluminescence to detect traces of blood inside motor vehicles. *Luminescence*, **19**(5):271–277.
- QUINN AA, ELKINS KM (2017). The Differentiation of Menstrual from Venous Blood and Other Body Fluids on Various Substrates Using ATR FT-IR Spectroscopy. *Journal of Forensic Sciences*, **62**(1):197–204.
- QUINONES I, SHEPPARD D, HARBISON S, ELLIOT D (2007) Comparative Analysis of Luminol Formulations. *Journal of the Canadian Society of Forensic Science*, **40**(2):53–63.
- SCHLAGETTER TG, GLYNN CL (2017). The Effect of Fabric Type and Laundering Conditions on the Detection of Semen Stains. *International Journal of Forensic Sciences*, **2**(2):000122
- SHARMA S, SINGH R (2019). Detection and discrimination of seminal fluid using attenuated total reflectance Fourier transform infrared (ATR FT-IR) spectroscopy combined with chemometrics. *International Journal of Legal Medicine*, **134**(2):411–432.
- SHARMA S, SINGH R (2020). Detection of vaginal fluid stains on common substrates via ATR FT-IR spectroscopy. *International Journal of Legal Medicine*, **134**(5):1591–1602.
- SIKIRZHYTSKI V, SIKIRZHYTSKAYA A, LEDNEV IK (2011). Multidimensional Raman spectroscopic signatures as a tool for forensic identification of body fluid traces: A review. *Applied Spectroscopy*, **65**(11):1223–1232.
- STOILOVIC M (1991). Detection of semen and blood stains using polilight as a light source. *Forensic Science International*, **51**(2):289–296.
- STRASSER S, ZINK A, KADA G, HINTERDORFER P, PESCHEL O, HECKL WM, NERLICH AG, THALHAMMER S (2007). Age determination of blood spots in forensic medicine by force spectroscopy. *Forensic Science International*, **170**(1):8–14.
- TAKAMURA A, WATANABE K, AKUTSU T, IKEGAYA H, OZAWA T (2017). Spectral Mining for Discriminating Blood Origins in the Presence of Substrate Interference via Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy: Postmortem or Antemortem Blood? *Analytical Chemistry*, **89**(18):9797–9804.
- TAKAMURA A, WATANABE K, AKUTSU T, OZAWA T (2018). Soft and Robust Identification of Body Fluid Using Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Chemometric Strategies for Forensic Analysis. *Scientific Reports*, **8**(1):1–10.
- TOATES P (1979). The forensic identification of semen by isoelectric focusing of seminal acid phosphatase. *Forensic Science International*, **14**(3):191–214.
- VIRKLER K, LEDNEV IK (2008). Raman spectroscopy offers great potential for the nondestructive confirmatory identification of body fluids. *Forensic Science International*, **181**(1–3):1–5.
- VIRKLER K, LEDNEV IK (2009). Analysis of body fluids for forensic purposes: From laboratory testing to non-destructive rapid confirmatory identification at a crime scene. *Forensic Science International*, **188**(1–3):1–17.
- DE WAEL K, LEPOT L, GASON F, GILBERT B (2008). In search of blood - Detection of minute particles using spectroscopic methods. *Forensic Science International*, **180**(1):37–42.
- WANG Q, ZHANG Y, LIN H, ZHA S, FANG R, WEI X, FAN S, WANG Z (2017). Estimation of the late postmortem interval using FTIR spectroscopy and chemometrics in human skeletal remains. *Forensic Science International*, **281**:113–120.
- WANG Q, HE H, LI B, LIN H, ZHANG Y, ZHANG J, WANG Z (2017). UV–Vis and ATR–FTIR spectroscopic investigations of postmortem interval based on the changes in rabbit plasma. *PLoS ONE*, **12**(7):1–16.
- ZAPATA F, DE LA OSSA MÁF, GARCÍA-RUIZ C (2015). Emerging spectrometric techniques for

- the forensic analysis of body fluids. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, **64**:53–63.
- ZAPATA F, DE LA OSSA MÁF, GARCÍA-RUIZ C (2016). Differentiation of body fluid stains on fabrics using external reflection fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) and chemometrics. *Applied Spectroscopy*, **70**(4):654–665.
- ZHANG J, LI B, WANG Q, WEI X, FENG W, CHEN Y, HUANG P, WANG Z (2017). Application of Fourier transform infrared spectroscopy with chemometrics on postmortem interval estimation based on pericardial fluids. *Scientific Reports*, **7**(1):18013.
- ZHANG J, LI B, WANG Q, LI C, ZHANG Y, LIN H, WANG Z (2017). Characterization of postmortem biochemical changes in rabbit plasma using ATR-FTIR combined with chemometrics: A preliminary study. *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, **173**:733–739.
- ZHANG Y, WANG Q, LI B, WANG Z, LI C, YAO Y, HUANG P, WANG Z (2017). Changes in Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectra as Blood Dries Out. *Journal of Forensic Sciences*, **62**(3):761–767.
- ZHENG N, YANG T, LIANG M, ZHANG H, LI L, SUNNASSEE A, LIU L (2010). Characterization of protein in old myocardial infarction by FTIR micro-spectroscopy. *Journal of Huazhong University of Science and Technology - Medical Science*, **30**(4):546–550.

ÖZGEÇMİŞ

I- Bireysel Bilgiler

Adı: Mahmut Şerif
Soyadı: YILDIRIM
Doğum yeri ve tarihi:
Uyruğu: Türkiye Cumhuriyeti
Medeni durumu:
Askerlik durumu:
İletişim adresi ve telefonu:

II- Eğitimi

Lisans: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tıp Fakültesi (2006-2012)
Tıpta Uzmanlık: Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Adli Tıp Anabilim Dalı (2013-2018)
Yabancı Dili: İngilizce (TOEFL iBT: 99, YÖKDİL 2022/1: 92,5)

III- Ünvanları

Dr. (2012)
Arş. Gör. Dr. (2013)
Öğr. Gör. Dr. (2019)

IV-Mesleki Deneyimi

T.C. Sağlık Bakanlığı Şiran Devlet Hastanesi – Pratisyen Hekim (2012-2013)
Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Adli Tıp Anabilim Dalı – Araştırma Görevlisi (2013-2018)
Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Tıp Fakültesi Adli Tıp Anabilim Dalı – Öğretim Görevlisi (2019-)

V- Üye Olduğu Bilimsel Kuruluşlar

Adli Tıp Uzmanları Derneği
Tıbbi Bilirkişilik Derneği

VI-Bilimsel İlgi Alanları

Görev Aldığı Projeler:

- Postmortem İnterval Sürecinde Karaciğer Atenüasyonundaki Değişikliğin Bilgisayarlı Tomografi ile Ratlarda Gösterilmesi, ARAŞTIRMA PROJESİ, Yönetici: TÜMER ALİ RIZA, Araştırmacı: YILDIRIM

MAHMUT ŞERİF, Araştırmacı: ONBAŞILAR İLYAS, , 17/01/2017 - 04/12/2017 (ULUSAL).

- Tavşanlarda postmortem immersiyeonun doku eroin ve metabolit düzeylerine etkisi, Yükseköğretim Kurumları tarafından destekli bilimsel araştırma projesi, Araştırmacı: AKÇAN RAMAZAN, Yürütücü: TÜMER ALİ RIZA, Araştırmacı: LALE AYKUT, Araştırmacı: YILDIRIM MAHMUT ŞERİF, Araştırmacı: GÜRLER MUKADDES, 15/03/2018 - 08/04/2019 (ULUSAL).

Yazarı olduğu kitaplar veya kitap bölümler:

- Nanotechnology Applications in Health and Environmental Sciences, Bölüm adı:(Microbial Nanotechnology in Reference to Postmortem Diagnosis) (2021)., YILDIRIM MAHMUT ŞERİF, AKÇAN RAMAZAN, KALISZAN MICHAL, SAĞLAM NECDET, Springer, Editör:Sağlam N, Korkusuz F, Prasad R, Basım sayısı:1, Sayfa Sayısı 441, ISBN:978-3-030-64410-9, İngilizce(Bilimsel Kitap), (Yayın No: 7065648)
- Temel Pediatri, Bölüm adı:(Çocuk Ölümlerine Adli Tıbbi Yaklaşım) (2020)., AKÇAN RAMAZAN, YILDIRIM MAHMUT ŞERİF, Güneş Tıp Kitabevi, Editör:Hasanoğlu E, Düşünsel R, Bideci A, Boduroğlu K, Basım sayısı:2, Sayfa Sayısı 3248, ISBN:978-975-277-806-1, Türkçe(Bilimsel Kitap), (Yayın No: 7065653)
- Temel Pediatri, Bölüm adı:(Çocuklarda Yaş Tayini) (2020)., AKÇAN RAMAZAN, YILDIRIM MAHMUT ŞERİF, Güneş Tıp Kitabevi, Editör:Hasanoğlu E, Bideci A, Düşünsel R, Boduroğlu K, Basım sayısı:2, Sayfa Sayısı 3248, ISBN:978-975-277-806-1, Türkçe(Bilimsel Kitap), (Yayın No: 7065652)
- Geriatrik Bilimler, Bölüm adı:(Adli Tıp Bakış Açısı ile Yaşlılık) (2018)., YILDIRIM MAHMUT ŞERİF, TÜMER ALİ RIZA, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Editör:GÖKÇE KUTSAL YEŞİM, CANGÖZ BANU, BAYDAR TERKEN, Basım sayısı:1, Sayfa Sayısı 540, ISBN:978-975-491-482-5, Türkçe(Bilimsel Kitap), (Yayın No: 5222285)

Yazarı olduğu bilimsel makaleler:

- AKÇAN RAMAZAN, AYDOĞAN HALİT CANBERK, YILDIRIM MAHMUT ŞERİF, TAŞTEKİN BURAK, SAĞLAM NECDET (2020). Nanotoxicity: a challenge for future medicine. TURKISH JOURNAL OF MEDICAL SCIENCES, 50, 1180-1196., Doi: 10.3906/sag-1912-209 (Yayın No: 7065636)
- AKÇAN RAMAZAN, YILDIRIM MAHMUT ŞERİF, İLHAN HASAN, GÜVEN BURCU, TAMER UĞUR, SAĞLAM NECDET (2020). Surface enhanced Raman spectroscopy as a novel tool for rapid quantification of heroin and metabolites in saliva. TURKISH JOURNAL OF MEDICAL SCIENCES, 50, 1470-1479., Doi: 10.3906/sag-1912-196 (Yayın No: 7065643)
- AKÇAN RAMAZAN, TAŞTEKİN BURAK, YILDIRIM MAHMUT ŞERİF, AYDOĞAN HALİT CANBERK, SAĞLAM NECDET (2020). Omics era in forensic medicine: towards a new age. TURKISH JOURNAL

OF MEDICAL SCIENCES, 50, 1480-1490., Doi: 10.3906/sag-1912-197 (Yayın No: 7065639)

- AKÇAN RAMAZAN,YILDIRIM MAHMUT ŞERİF,İSAK ABDURRAHMAN,TÜMER ALİ RIZA (2019). The unexpected effect of Syrian civil war in Turkey: Change of forensic postmortem case pattern. Journal of Forensic and Legal Medicine, 66, 65-69., Doi: 10.1016/j.jflm.2019.06.006 (Yayın No: 5139800)
- AKÇAN RAMAZAN,YILDIRIM MAHMUT ŞERİF,TÜMER ALİ RIZA (2019). Forensic age estimation in the geriatric population. The Turkish Journal of Geriatrics, 22(2), 122-139., Doi: 10.31086/tjgeri.2019.86 (Yayın No: 5164546)
- TÜMER ALİ RIZA,LALE AYKUT,GÜRLER MUKADDES,YILDIRIM MAHMUT ŞERİF,KAYNAK AYŞE DERYA,AKÇAN RAMAZAN (2018). The effects of traditional fermented beverages on ethanol, ethyl glucuronide and ethyl sulphate levels. Egyptian Journal of Forensic Sciences, 8(33), 1-5., Doi: 10.1186/s41935-018-0064-8 (Yayın No: 4960673)
- CAVLAK MEHMET,AKÇAN RAMAZAN,TÜMER ALİ RIZA,BALSEVEN ODABAŞI AYSUN,LALE AYKUT,YILDIRIM MAHMUT ŞERİF,HEYBET EYUP RUŞEN (2015). Forensic medicine evaluation of Alzheimer patients: a series from Ankara, Turkey. TURKISH JOURNAL OF MEDICAL SCIENCES, 45, 1047-1050., Doi: 10.3906/sag-1403-80 (Yayın No: 4864508)
- CAVLAK MEHMET,BALSEVEN ODABAŞI AYSUN,AKÇAN RAMAZAN,YILDIRIM MAHMUT ŞERİF,LALE AYKUT,HEYBET EYUP RUŞEN,TÜMER ALİ RIZA (2014). ASSESSMENT OF LEGAL CAPACITY IN THE GERIATRIC POPULATION: A RETROSPECTIVE STUDY. Turkish Journal of Geriatrics, 14(4), 350-5. (Yayın No: 4969490)
- TÜMER ALİ RIZA,YILDIRIM MAHMUT ŞERİF,KOÇAK SAVAŞ (2017). Difficult Decision on Tyroid Surgery of Expert Witness Complication or Malpractice. The Bulletin of Legal Medicine, 22(3), Doi: 10.17986/blm.2017332861 (Kontrol No: 4954515)
- AKÇAN RAMAZAN,YILDIRIM MAHMUT ŞERİF,LALE AYKUT,İSAK ABDURRAHMAN,CAVLAK MEHMET,BALSEVEN ODABAŞI AYSUN,TÜMER ALİ RIZA (2017). The Regulation of Health Requirements for Police and Current Problems. The Bulletin of Legal Medicine, 22(2), Doi: 10.17986/blm.2017227935 (Kontrol No: 4954385)
- LALE AYKUT,YILDIRIM MAHMUT ŞERİF,AKÇAN RAMAZAN,BALSEVEN ODABAŞI AYSUN,TÜMER ALİ RIZA (2017). Postmortem interval estimation by vitreous fluid analysis from past to present. Turkish Journal of Forensic Medicine, 31(1), 26-35., Doi: 10.5505/adlitip.2017.97268 (Kontrol No: 4930329)
- YILDIRIM MAHMUT ŞERİF,BALSEVEN ODABAŞI AYSUN,TÜMER ALİ RIZA (2017). Errors in Occupational Height Measurements and Suggestions to Reduce Errors. Türkiye Klinikleri Journal of Forensic Medicine, 14(2), 56-60., Doi: 10.5336/forensic.2017-55163 (Kontrol No: 4930364)

- CAVLAK MEHMET,ŞAHİN M FEYZİ,YILDIRIM MAHMUT ŞERİF,LALE AYKUT,ERDEM FEYZULLAH,BALSEVEN ODABAŞI AYSUN (2016). Toilet-related deaths. Turkish Journal of Forensic Medicine, 30(2), 135-142., Doi: 10.5505/adlitip.2016.42204 (Kontrol No: 4924111)
- LALE AYKUT,HEYBET EYUP RUŞEN,AKÇAN RAMAZAN,YILDIRIM MAHMUT ŞERİF (2016). Aviation Related Injuries and Forensic Medicine. Turkish Journal of Forensic Medicine, 30(1), 60-70., Doi: 10.5505/adlitip.2016.12599 (Kontrol No: 4924017)
- YILDIRIM MAHMUT ŞERİF,SEVİNÇ SİNAN,AKÇAN RAMAZAN,BALSEVEN ODABAŞI AYSUN,TÜMER ALİ RIZA (2015). Use of Microbiological Methods in Postmortem Interval Estimation. The Bulletin of Legal Medicine, 20(1), 56-56., Doi: 10.17986/blm.2015110925 (Kontrol No: 4864474)

Bilimsel toplantılarda sunulan bildiriler:

- AKÇAN RAMAZAN, YILDIRIM MAHMUT ŞERİF, İLHAN HASAN, DEMİREL GÖKHAN, TAMER UĞUR, SAĞLAM NECDET (2019). Measurements of 6-monoacetylmorphine in body fluids using surface enhanced raman spectroscopy. Euroanalysis (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:7065660)
- AKÇAN RAMAZAN, YILDIRIM MAHMUT ŞERİF, İLHAN HASAN, GÜVEN BURCU, TAMER UĞUR, SAĞLAM NECDET (2020). Measurement of heroin and its metabolites in saliva using Surface Enhanced Raman Spectroscopy. 9th Rostocker International Conference: "Thermophysical Properties for Technical Thermodynamics" (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:7065657)
- AKÇAN RAMAZAN, YILDIRIM MAHMUT ŞERİF, SAĞLAM NECDET (2021). Environmental conditions and crime scene: how temperature and humidity effect biological stains?. THERMAM (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:7413836)
- YILDIRIM MAHMUT ŞERİF, SAĞLAM NECDET (2021). Thermal effects on decaying cadavers and postmortem interval.. 10th Rostocker International Conference: "Thermophysical Properties For Technical Thermodynamics" (Thermam) ((Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:7554990)
- LALE AYKUT,AKÇAN RAMAZAN,YILDIRIM MAHMUT ŞERİF,GÜRLER MUKADDES,CAVLAK MEHMET,BALSEVEN ODABAŞI AYSUN,TÜMER ALİ RIZA (2019). POSTMORTEM REDISTRIBUTION OF HEROIN AND ITS METABOLITES IN DIFFERENT MEDIUMS. The 27th International Meeting on Forensic Medicine Alpe-Adria-Pannonia (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:5582619)
- AKÇAN RAMAZAN,YILDIRIM MAHMUT ŞERİF,GÜVEN BURCU,TEMELLİ BERAY,YILMAZ ESİN,TÜMER ALİ RIZA (2019). BLOODSTAIN AGE DETERMINATION WITH FOURIER TRANSFORM INFRARED SPECTROSCOPY: CRIME SCENE MODELLING. The 27th

International Meeting on Forensic Medicine Alpe-Adria-Pannonia (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:5582582)

- AKÇAN RAMAZAN,YILDIRIM MAHMUT ŞERİF,İLHAN HASAN,DEMİREL GÖKHAN,TAMER UĞUR,SAĞLAM NECDET (2019). Use of Surface Enhanced Raman Spectroscopy as a Tool for Detection of 6-Mono Acetyl Morphine (6-MAM). 8th Rostocker Int. Conf.: Thermophysical Properties for Technical Thermodynamics (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:5582520)

- AKÇAN RAMAZAN,YILDIRIM MAHMUT ŞERİF,İLHAN HASAN,TAMER UĞUR,SAĞLAM NECDET (2018). A novel application of surface enhanced raman spectroscopy: measurements of heroin in body fluids. 7th Rostocker International Conference: “Thermophysical Properties for Technical Thermodynamics” (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:5405635)

- AKÇAN RAMAZAN,YILDIRIM MAHMUT ŞERİF,İLHAN HASAN,TAMER UĞUR,SAĞLAM NECDET (2018). Evaluation of Raman active qualities of different substrates in SERS analysis of morphine. 7th Rostocker International Conference: “Thermophysical Properties for Technical Thermodynamics” (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:5582353)

- LALE AYKUT,YILDIRIM MAHMUT ŞERİF,AKÇAN RAMAZAN (2016). Decision Making Difficulties In Forensic Toxicology: Amisulpride Case. 2nd International Congress of Forensic Toxicology “Industrial and Environmental Toxicology” (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:5160761)

- BALSEVEN ODABAŞI AYSUN,YILDIRIM MAHMUT ŞERİF,LALE AYKUT,AKÇAN RAMAZAN,TÜMER ALİ RIZA (2015). Traditional Turkish Tea Cup and Teapot Related Pediatric Burns. 14th International Society for the Prevention of Child Abuse and Neglect (ISPCAN) European Regional Conference (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:5160745)

- CAVLAK MEHMET,AKÇAN RAMAZAN,BALSEVEN ODABAŞI AYSUN,LALE AYKUT,YILDIRIM MAHMUT ŞERİF,HEYBET EYUP RUŞEN (2014). Forensic medicine evaluation of Alzheimer patients: a series from Ankara, Turkey. World Forensic Festival 2014 (IAFS 2014) (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:5160727)

- TÜMER ALİ RIZA,YILDIRIM MAHMUT ŞERİF,ALP OKAN,LALE AYKUT,BALSEVEN ODABAŞI AYSUN (2014). Investigation of Knowledge Level About Motorcycle Helmets And Head Injuries Among Motorcycle Riders In Turkey.. World Forensic Festival - 2014 (IAFS 2014) (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:5160724)

VII- Bilimsel Etkinlikleri

- YILDIRIM MAHMUT ŞERİF (2019). Sağlık Çalışanı İntiharları – Türkiye Profili. 23. Türk Psikiyatri Derneği Klinik Eğitim Sempozyumu, Fethiye, Türkiye. (Panelist)

VIII- Diğer Bilgiler

- YILDIRIM MAHMUT ŞERİF (2019). 2. Maluliyet Bilirkişiliği Kongresi, Ankara, Türkiye. (Düzenleme Kurulu)