

T.C.
ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ADLİ TIP ANABİLİM DALI

DOĞAL OLARAK YAŞLANDIRILMIŞ KÂĞIT BELGELERDEKİ ISLAK
İMZALARDA MÜREKKEP YAŞ TAYİNİNİN KİMYASAL
YÖNTEMLERLE AYIRT EDİLMESİNİN ADLİ BELGE İNCELEMESİ
AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

DR. SAMET KIYAK

TIPTA UZMANLIK TEZİ

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. RIZA YILMAZ

ZONGULDAK
2019

T.C.
ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ADLİ TIP ANABİLİM DALI

DOĞAL OLARAK YAŞLANDIRILMIŞ KÂĞIT BELGELERDEKİ ISLAK
İMZALARDA MÜREKKEP YAŞ TAYİNİNİN KİMYASAL
YÖNTEMLERLE AYIRT EDİLMESİNİN ADLİ BELGE İNCELEMESİ
AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. Samet KIYAK

TIPTA UZMANLIK TEZİ

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Rıza YILMAZ

ZONGULDAK
2019

TEZ ONAY TUTANAĞI

Tezin Teslim Edildiği Üniversite/Fakülte: Bülent Ecevit Üniversitesi Tıp Fakültesi

Tez Başığı : Doğal Olarak Yaşlandırılmış Kağıt Belgelerdeki Islak İmzalarda Mürekkep Yaş Tayininin Kimyasal Yöntemlerle Ayırt Edilmesinin Adli Belge İncelemesi Açısından Değerlendirilmesi

Tez Yazarı : Arş. Gör. Dr. Samet KIYAK

Tez Savunma Tarihi : 04/03/2019

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Rıza YILMAZ

Prof.Dr. Rıza YILMAZ
Jüri Başkanı

Doç.Dr. Sadık TOPRAK
Jüri Üyesi

Doç.Dr. Ömer MURTAŞ
Jüri Üyesi

UYGUNDUR



ÖNSÖZ

Bu çalışma Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Adli Tıp Anabilim Dalında uzmanlık tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez çalışmam boyunca bilgi ve birikimlerini benimle paylaşan ve karşılaştığım problemlerin çözümünde deneyimlerinden yararlandığım ve de eğitim süreci boyunca güncel adli-tıbbi bilgi ile donanmamız konusunda özverili çabaları ile yetişmemizde büyük emekleri olan tez danışmanım sayın Prof. Dr. Rıza Yılmaz'a, eğitim süreci boyunca yetişmemde büyük emekleri olan sayın Doç. Dr. Sadık Toprak'a teşekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışmada bilgi ve deneyimleriyle tezime katkıda bulunan ve yardımlarını esirgemeyen, laboratuvar çalışmalarında bana yardımcı olan sayın Doç. Dr. Hasan Çabuk'a, burada ismini tek tek sayamayacağım herkese ve özellikle hayatım boyunca destek ve sevgisini hiç esirgemeyen annem Ayşen Kıyak'a ve babam Mehmet Kıyak'a ve de iyi ve kötü günümde yanımda olan, desteğini hiç esirgemeyen değerli eşim Rabia Ecem Kıyak'a çok teşekkür ederim.

*Dr. Samet KIYAK
Zonguldak, 2019*

ÖZET

Samet Kıyak, Doğal Olarak Yaşlandırılmış Kâğıt Belgelerdeki Islak İmzalarda Mürekkep Yaş Tayininin Kimyasal Yöntemlerle Ayırt Edilmesinin Adli Belge İncelemesi Açısından Değerlendirilmesi. Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Adli Tıp Uzmanlık Tezi, Zonguldak, 2019.

Amaç: Bu araştırmada adli belge incelemeciliğinde önemli bir yer tutan adli belge sahteciliği kapsamında; doğal olarak yaşlandırılmış kâğıt belgelerdeki mavi, kırmızı ve siyah tükenmez kalemle atılan ıslak imzalarda mürekkep yaş tayininin kimyasal yöntemlerle ayırt edilmesinin adli belge incelemesi açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem: Bu araştırmada 15.04.2018- 15.10.2018 tarihleri arasında, her ay aynı özellikteki kâğıtlara, aynı kişi tarafından, aynı marka mavi, kırmızı, siyah renkteki tükenmez kalemler ile aynı yazılar yazılıp, o günün tarihiyle birlikte ıslak imzalar atıldı, yazılan belgeler önceden yazılanın üstüne konularak kapalı karton kutuda aynı koşullarda doğal yaşlandırmaya bırakıldı. Sonrasında örneklerde mürekkep yapısında uçucu olarak bulunan Fenoksietanol, GC-MS sistemi ile incelenerek analiz edildi.

Bulgular: Yapılan analizler neticesinde; her üç renkteki tükenmez kalem mürekkebi ile oluşturulmuş 1 günlük ve 1 aylık yazılı belgeler kıyaslandığında, fenoksietanol miktarlarında azalma tespit edilmiştir. Her üç renkteki tükenmez kalemlerle oluşturulan 3 ve 4 aylık yazılı belgelerdeki fenoksietanol miktarları karşılaştırıldığında, beklenmedik şekilde 4 aylık belgelerdeki fenoksietanol miktarları 3 aylık belgelerdekenden daha yüksek değerlerde olduğu görülmüştür. 5 ve 6 aylık yazılı belgelerdeki fenoksietanol miktarları karşılaştırıldığında, 5 aylık belgelerdeki fenoksietanol miktarları 6 aylık belgelerdekenden az da olsa yüksek saptanmıştır. Kırmızı, mavi ve siyah tükenmez kalemlerle oluşturulan 1 günlük ve 6 aylık belgelerdeki fenoksietanol miktarlarının azalma oranı kendi içinde kıyaslandığında 6 aylık belgelerde %50'nin üzerinde oranlarda (kırmızı %52.5 - mavi %66.5 – siyah %60.1) fenoksietanol miktarlarında düşüş tespit edilmiştir.

Sonuç: Çalışmamızda yazılı belgeler yaşlandıkça fenoksietanol miktarında düşüş beklendiği ancak bazı aylarda düşüş yerine aksine yükselme olduğunu görülmüştür. Bu durumun da temel olarak aynı şartlarda aynı kişi tarafından oluşturulup, aynı koşullarda saklanan belgelerin, üst üste konulması neticesinde fenoksietanolün bir kâğıt belgeden alt ve üstündeki diğer kâğıt belgelere difüzyonuna bağlanmıştır. Ayrıca aynı kişi tarafından farklı zamanlarda oluşturulmuş yazılı belgelerde dahi baskı farkı olabileceği ve bu durumda sonuçları etkileyeceği şeklinde yorumlanmıştır. Aynı koşullarda aynı kişi tarafından oluşturulup aynı şartlarda saklanan yazılı belgelerde fenoksietanol miktarları arasında anlamlı derecede fark olduğu durumlarda belgeler arasında sıralama yapılabileceği, kesin bir tarihleme yapılamasa da yine de kesin olmamakla birlikte bir tarih aralığı verilebileceği şeklinde yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Adli Bilimler, Adli Tıp, Adli Belge İnceleme, Mürekkep yaşı, fenoksietanol, doğal yaşlandırma

ABSTRACT

Samet Kiyak, The Assessment of Recognizing the Ink Age of Wet Signatures on the Papers Naturally Aged By Chemical Techniques With Regard to Forensic Document Examination. Zonguldak Bülent Ecevit University, Faculty Of Medicine, Forensic Medicine Specialization Thesis, Zonguldak 2019.

Aim: With the scope of the forgery of judicial documents, which have important place in analyzing the judicial documents; in this research, it is aimed to evaluate to recognize the ink age of the wet-signatures by the chemical techniques which singed with blue, red and black ink on the papers which are aged normally with regard to analyzing the judicial documents.

Materials and Methods: It was put signatures to the papers have the same features by the same person by writing the same things with the same brand blue, red and black pen and by writing that date in every month between 15.04.2018 and 15.10.2018. The written documents was put to the natural ageing at the same condition in a closed box with the previous ones. Then, phenoxyethanol which is found as volatile in the structure of ink in pattrens was analyzed with the system of GC-MS.

Findings: As a result of researches, when the documents which are written with every three colored pen was compared, the reducing at the quantity of phenoxyethanol was determined. When the quantity of phenoxyethanol at the 3 and 4 month documents which are written with three colored pens were compared, it was unexpectedly seen that the quantity of phenoxyethanol at 4-month documents is higher than the 3-month documents. When the quantities of phenoxyethanol at the 5 and 6 month documents were compared, the quantity of phenoxyethanol at 5 month documents was appointed as a bit higher than 6 month ones. When the quantities of phenoxyethanol at the 1-day and 6-month documents, which are written with red, blue and black pens were compared in itself, a decline over %50 (red %52.5 - blue %66.5 – black %60.1) at the 6-month documents was observed.

Conclusion: As the written documents get older, a decline in the quantity of phenoxyethanol is expected, but in our study an increase in the quantity of phenoxyethanol at some months was observed. This case is attributed to the diffusion of phenoxyethanol to other paper documents, are formed by same person and are saved in same condition, from up to down when they are implicated. In addition, it was interpreted that there might be a difference in pressure even in written documents created by the same person at different times and in this case, it would affect the results. It is commented that sorting can be done between the documents, which are formed by the same person at the same conditions, and then saved. Although a certain dating is not done, a date range can be given.

Keywords: Forensic Sciences, Forensic Medicine, Forensic Document examination, Ink age, phenoxyethanol, natural aging

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER	viii
ŞEKİL DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ	xiv
KISALTMALAR	xv
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1. Tarihçe.....	2
2.2. Adli Belge İncelemesi	4
2.3. Yazı Mekanizması.....	6
2.4. Belgeyi Oluşturan Unsurlar.....	6
2.4.1. Kâğıt.....	7
2.4.2. Yazı yazma araçları	10
2.5. Yazı Analizi.....	14
2.5.1. Fiziksel yazı analizi	14
2.5.2. Kimyasal yazı analizi.....	24
2.6. Tükenmez Kalem Aracılığıyla Kâğıda Uygulanan Mürekkebin Yaşlanma Süreçleri.....	26
2.6.1. Boyaların solması	26
2.6.2. Çözücülerin buharlaşması.....	26
2.6.3. Reçinelerin polimerleşip sertleşmesi	28
2.6.4. Mürekkep yapı ve yaş tayini ile ilgili yapılan çalışmaların dünden bugüne gelişimi.....	28
2.7. Belge İnceleme Biriminin Ekipmanları.....	33
2.7.1. Gözle muayene	33
2.7.2. Büyüteç	33
2.7.3. Fotokopi makinası.....	33

2.7.4. Kamera.....	34
2.7.5. Mikroskopla muayene.....	34
2.7.6. ESDA (Electrostatic Detection Apparatus)	35
2.7.7. Video spectral comparator (VSC).....	35
2.7.8. Yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC).....	35
2.7.9. Gaz kromatografisi – kütle spektrometrisi (GC-MS)	36
3. GEREÇ VE YÖNTEM	40
3.1. Kullanılan Kimyasal Maddeler ve Cihazlar	40
3.2. Kalem ve Kâğıt Numuneleri.....	42
3.3. Arşiv oluşturma	42
3.4. Kâğıt Belgelerin Analiz İçin Hazırlanması	43
3.5. Fenoksietanol Analizi İçin GC-MS Sisteminin Kalibrasyonu	45
3.6. Boş Kâğıt Belgeden Alınan Numunenin GC-MS Sisteminde Analizi.....	49
3.7. Fenoksietanol İçin GC-MS Sisteminin Tayin Limiti (LOD) ve Belirleme Limiti (LOQ)	50
4. BULGULAR	52
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	66
6. KAYNAKÇA	74
7. EKLER.....	80
Ek 1: Etik Kurul Onayı.....	80

ŞEKİL DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1. Hiyelografik yazı	2
Şekil 2. Mürekkebin bilyedeki görünümü	11
Şekil 3. Çizgili yazı	18
Şekil 4. Çıkan inen yazı	18
Şekil 5. Düşen yazı.....	18
Şekil 6. Konveks- konkav yazı	18
Şekil 7. Konveks yazı.....	18
Şekil 8. Gerileyici yazı	18
Şekil 9. Açılı yazı.....	18
Şekil 10. Vertikal yazı.....	18
Şekil 11. Büyük yazı	19
Şekil 12. Küçük yazı	19
Şekil 13. Basık yazı	19
Şekil 14. Yoğun yazı.....	19
Şekil 15. Savurgan hareketli yazı.....	19
Şekil 16. Nüanse yazı.....	20
Şekil 17. Uyumsuz yazı.....	20
Şekil 18. Değişken yazı.....	20
Şekil 19. Homojen yazı	20
Şekil 20. Spontan yazı.....	20
Şekil 21. Yüzeysel yazı.....	21
Şekil 22. Komplike yazı.....	21
Şekil 23. Açık yazı	21
Şekil 24. Karışık Yazı	22
Şekil 25. Düzensiz Yazı	22
Şekil 26. Hafif Yazı	22
Şekil 27. Ağır Yazı.....	22
Şekil 28. Hızlı Yazı.....	23
Şekil 29. Yavaş Yazı	23
Şekil 30. Boşluksuz Yazı	23

Şekil 31. Organize Yazı	23
Şekil 32. İnorganize Yazı.....	23
Şekil 33. Dolma kalem ile çizilmiş büyütülmüş çizgi.....	24
Şekil 34. Kâğıt üzerinde eş zamanlı olarak gerçekleşen mürekkebin kuruma süreci	27
Şekil 35. Uçucu çözücülerin uçucu olmayan çözücülerden buharlaşmasının zamana göre değişimini açıklayan denklem.	27
Şekil 36. Yaşlanma Eğrisi	28
Şekil 37. Humecki'nin yaş eğrisi	30
Şekil 38. Aginskynin yaş eğrisi	31
Şekil 39. Siyah tükenmez kalem ile boş beyaz kâğıda çizilen kesişen iki çizginin Elektron Mikroskobu ile büyütüldüğündeki görüntüsü.....	34
Şekil 40. HPLC cihazının şematik gösterimi	36
Şekil 41. GC-MS cihazının şematik gösterimi	37
Şekil 42. Çalışmamızda kullanılan Vorteks Karıştırıcı.....	40
Şekil 43. Çalışmamızda kullanılan GC-MS cihazı	41
Şekil 44. Çalışmamızda kullanılan mavi mürekkepli kalem ile oluşturulan kâğıt belge örneği	43
Şekil 45. Çalışmamızda kullanılan kırmızı mürekkepli kalem ile oluşturulan kâğıt belge örneği	43
Şekil 46. Çalışmamızda kullanılan siyah mürekkepli kalem ile oluşturulan kâğıt belge örneği	43
Şekil 47. Punch	44
Şekil 48. Vial.....	44
Şekil 49. Mikroenjantör	44
Şekil 50. Çalışmamızda kullanılan kırmızı, mavi ve siyah mürekkepli kalem ile 6 ay süresince oluşturulmuş belgelerden biri olan kırmızı mürekkepli kalem ile oluşturulmuş imza örneğinin, 2 adet 3mm'lik numune alınması sonrası görünümü.....	44
Şekil 51. Yazılı kâğıt belgelerin üst üste konularak saklandığı karton kutunun kapalı ve açık hali.....	45
Şekil 52. Fenoksietanole ait Kalibrasyon Grafiği	46
Şekil 53. 0,5 µg/mL konsantrasyonunda fenoksietanolün GC-MS kromotogramı....	46

Şekil 54. 0,1 µg/mL fenoksietanolün kalibrasyon kromotogramı	47
Şekil 55. 0,05 µg/mL fenoksietanolün kalibrasyon kromotogramı	47
Şekil 56. 0,01 µg/mL fenoksietanolün kalibrasyon kromotogramı	48
Şekil 57. 0,005 µg/mL fenoksietanolün kalibrasyon kromotogramı	48
Şekil 58. Fenoksietanolün kimyasal yapısı	49
Şekil 59. Fenoksietanol için elde edilen kütle spektrumu.....	49
Şekil 60. Boş kâğıt belgeden alınan numuneye ait kromotogram.....	50
Şekil 61. 1 günlük kırmızı tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram	52
Şekil 62. 1 günlük mavi tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram.....	52
Şekil 63. 1 günlük siyah tükenmez kalem mürekkebininin kromatogram.....	53
Şekil 64. 1 aylık kırmızı tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram	53
Şekil 65. 1 aylık mavi tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram.....	54
Şekil 66. 1 aylık siyah tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram	54
Şekil 67. 2 aylık kırmızı tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram	55
Şekil 68. 2 aylık mavi tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram.....	55
Şekil 69. 2 aylık siyah tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram	56
Şekil 70. 3 aylık kırmızı tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram	56
Şekil 71. 3 aylık mavi tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram.....	57
Şekil 72. 3 aylık siyah tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram	57
Şekil 73. 4 aylık kırmızı tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram	58
Şekil 74. 4 aylık mavi tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram.....	58
Şekil 75. 4 aylık siyah tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram	59
Şekil 76. 5 aylık kırmızı tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram	59
Şekil 77. 5 aylık mavi tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram.....	60
Şekil 78. 5 aylık siyah tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram	60
Şekil 79. 6 aylık kırmızı tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram	61
Şekil 80. 6 aylık mavi tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram.....	61
Şekil 81. 6 aylık siyah tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram	62
Şekil 82. Kırmızı tükenmez kalem mürekkebindeki fenoksietanol miktarının (ng/cm) zamanla değişimi	63
Şekil 83. Mavi tükenmez kalem mürekkebindeki fenoksietanol miktarının (ng/cm) zamanla değişimi	63

Şekil 84. Siyah tükenmez kalem mürekkebindeki fenoksietanol miktarının
(ng/cm) zamanla değişimi 64



TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 1. GC-MS sistemi ile ilgili özellikler.....	41
---------------------------------------------------	----



KISALTMALAR

μg	: Mikrogram
μL	: Mikrolitre
cm	: Santimetre
-CO	: Karbonil Grubu
ENFSI	: European Network Of Forensic Science Institutes
ESDA	: Electrostatic Detection Apparatus
ESI-MS	: Electrospray Sequential İonization–Mass Spectrometry
FTIR	: Fourier Dönüşümlü Infrared Spektrofotometre
GC-FID	: Gas Chromatography – Flame Ionization Detector
GC-MS	: Gaz Kromatografisi – Kütle Spektrometrisi
gr	: Gram
HPLC	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
LOD	: Tayin Limiti
LOQ	: Belirleme Limiti
M.Ö	: Milattan Önce
M.S	: Milattan Sonra
m/z	: Kütle/Yük
MALDI	: Matriks Assisted Laser Desorption İonization
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
MS	: Kütle Spektrometresi
ng	: Nanogram
RPA	: Bağlı pik alanı
Rpm	: Revolutions Per Minute
S/N	: Sinyal/Gürültü
TLC	: Thin Layer Chromatography
UV	: Ultraviöle
VSC	: Video Spectral Comparator

1. GİRİŞ VE AMAÇ

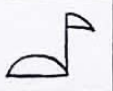



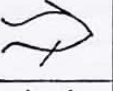

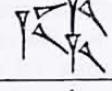
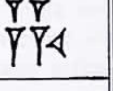



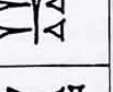



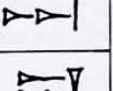
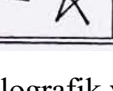

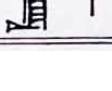
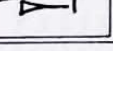
Kâğıt, kalem, mürekkep gibi temel malzemelerden başlayarak daktilo, fotoğraf makinesi, kamera gibi aletlerin yanı sıra son yüzyılda elektronik çok sayıda aletin de kullanımı; bir yandan yazılı belgelerin sayısının ve günlük yaşamdaki önemiyetinin artmasına neden olurken, öte yandan yazılı belgelerin amaç dışı ve kötüye kullanımını da yaygınlaştırmıştır. Bu gelişmeler neticesinde; anlaşmazlık yaratan ya da delil niteliği bulunan her türlü basılı ve yazılı belge üzerinde bilimsel yöntemler ve analitik teknikler kullanarak adli amaçlarla inceleme yapan multidisipliner bir bilim dalı olan adli belge incelemeciliğinin önemi giderek artmıştır (1-4). Yargı sistemi zaman zaman belgenin yazarı, belgedeki imzanın ıslak imza olup olmadığı ve belgedeki şüpheli yazıların oluşturulma zamanları ile ilgili olarak bilirkişinin bilgi ve deneyimine ihtiyaç duymaktadır (5, 6). Bilirkişiler bu sorulara cevap bulabilmek için fiziksel ve kimyasal inceleme yöntemlerine başvururlar. Kimyasal inceleme yönünden kâğıdın ve mürekkebin yapısı analitik yöntemlerle değerlendirilir (7). Mürekkep yaş analizi çalışmaları 19. yüzyıl başlarında dolma kalem mürekkebi ile başlamış son yıllarda ise tükenmez kalem mürekkebi üzerine yoğunlaşmıştır. Mürekkebi oluşturan bileşenlerdeki zamana bağlı değişimlerin tespiti mürekkep yaş tayininin temelini oluşturmaktadır (7). Tükenmez kalemler ile oluşturulmuş belgelerde, belgenin ne zaman oluşturulduğunun tespiti oldukça zor bir süreçtir. Mürekkebi oluşturan bileşenlerin zaman içindeki fiziko-kimyasal değişimleri tespit edilmeye çalışılmaktadır ancak yapılan bu çalışmalar neticesinde kesin bir yaş sunulamamakta, belirli yaş aralığı verilebilmektedir (8, 9). Ülkemizde mürekkep yaş tayininin tespit edilmesi amacıyla fiziksel yöntemler kullanılmaya çalışılmışsa da çok fazla işe yaramadığından dünya da uzun yıllardır kullanılan kimyasal yöntemler ülkemizde yeni yeni kullanıma girmiştir. Bu çalışmamızda, ülkemizde yeni olarak kullanıma giren kimyasal yöntemle mürekkep yaş tayinine adli belge incelemesi açısından katkı sağlaması amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Tarihçe

İnsanlık tarihindeki en önemli buluşlar arasında yazı halen önemini korumaya devam etmektedir. Medeniyetin ilerlemesinde ve pek çok alandaki gelişmelerde yazının bulunuşu çok önemli bir yer tutmaktadır (10).

Bazı eski çağ ulusları yazının tanrısal güçler tarafından bulunup kendilerine armağan edildiğine inanırlardı. Örneğin Eski Mısırlı'lar yazıyı Tanrı Thot'un (Mısır Hiyeroglif dilinde: Dhwtj'un), İskandinavlı'lar ise mitolojik Tanrıları Din'in bulduğunu ileri sürmüşlerdir. Çinlilere göre milattan önce (M.Ö.) 2950 yılında yazıyı bulan imparatorları Fu-hi'dir. Eski Meksika ve Peru'lulara göre de yazı yine Tanrısal bir güç tarafından yaratılmıştır. Yazının tarihi M.Ö. 4000 yılına kadar uzanmakla birlikte, ilkyazı olarak hiyerografi gösterilmektedir. Sonrasında yanına çivi yazısı ve ardından da günümüzde harf yazısı almıştır (11, 12).

Piktografi	Logografi	Arkaik Çivi Yazısı	Asur Çivi Yazısı	ANLAMI
				KUŞ
				BALIK
				ÖKÜZ
				AYAK, DURMAK, GİTMEK
				SABANLA SÜRMEK, KAZMAK

Şekil 1. Hiyelografik yazı

Basit düşünceleri ifade etmek için ilk zamanlarda insanlar resim yazısı olarak tanımlanan pictografi'yi ve fikir yazısı olarak tanımlanabilecek ideografi'yi kullanmışlardır. Eski uluslar yaptıkları resimlere çeşitli anlamlar vermişlerdir. Örneğin

bir nokta bulunan bir daire sembolü ile taptıkları öküzü anlatmışlardır. Zamanla gelişen insan topluluğu biriken anılarını, kutsal değerlerini gelecek kuşaklara aktarmak istemiştir. Bu sebeplerden dolayı yazının gelişmesinin önu açılmıştır (3, 6, 13).

Artan ihtiyaçlar ve de toplumlardaki gelişmeler neticesinde önce hece yazısı ve yazı sistemleri gelişmiştir. Sonrasında her sesi ifade eden bir harf icat edilerek, yazının gelişiminin son safhası olarak değerlendirilen ve de günümüzde de kullanılan harf yazısına geçilmiştir. Pek çok ulus çeşitli alfabe sistemleri kullanmıştır. Alfabeler arasında farklılıklar olsa da üç tip yazı yazılmaktadır. Bunlar; büyük harf yazısı (Block Capital Writing), bağlantılı yazı-el yazısı (Cursive Writing), küçük harf bağlantısız yazı veya baskı yazısı (Disconnected Writing)'dır (4, 14, 15).

Tarih boyunca insanlar düşüncelerini kaydetmek için taş, odun, seramik, kumaş, ağaç kabuğu, metal, ipek, bambu ve ağaç yapraklarını yazı yazma yüzeyi olarak kullanılmıştır. Kâğıdın icadı ile birlikte bunlar önemini kaybetmiştir. İnsanlar düşüncelerini kâğıtlara yazmaya başlamıştır (4). Önceleri yazılan yazılar az sayıda kişi tarafından yazılmakta ve bilinmekte iken günümüzde kâğıdın icadı ve yaygınlaşması ile beraber yazı dünya da tüm toplumlar tarafından kullanılır hale gelmiştir (11, 12).

Yazı yazma araçlarının üretim tekniklerindeki yaşanan hızlı ilerlemelerle birlikte, tükenmez kalem en güvenilir ve yaygın yazı yazma aracı olmuştur. Bu gelişmeler neticesinde, tükenmez kalemle yapılan sahtecilikler ve kalemin kendisindeki hatalar sebebiyle oluşan farklılıkları tespit etmek ihtiyacı meydana gelmiştir (1, 13).

Kâğıt, kalem, mürekkep gibi temel malzemelerden başlayarak daktilo, fotoğraf makinesi, kamera gibi aletlerin yanı sıra son yüzyılda elektronik çok sayıda aletin de kullanımı bir yandan yazılı belgelerin sayısının ve günlük yaşamdaki önemiyetinin artmasına neden olurken öte yandan yazılı belgelerin amaç dışı ve kötüye kullanımını da yaygınlaştırmıştır. Tüm bu gelişmeler neticesinde; anlaşmazlık yaratan ya da delil niteliği bulunan her türlü basılı ve yazılı belge üzerinde bilimsel yöntemler ve analitik teknikler kullanarak adli amaçlarla inceleme yapan multidisipliner bir bilim dalı olan adli belge incelemeciliğinin önemi giderek artmıştır (1-4).

2.2. Adli Belge İncelemesi

Yirminci yüzyılda gelişen teknoloji, genişleyen iş hacmi, ticaret olanakları ve kentleşmenin hızlanması sonucu sosyokültürel çevrelerin sözleşmeleri yazılı hale getirmelerini zorunlu kılmış iken yirmi birinci yüzyılda elektronik iletişim çağında olmamıza rağmen yazılı doküman ve imza hala çok fazla kullanılmaya devam etmektedir (13, 16). Yazılı ve basılı sözleşmelerin kanıtlanabilirliği, yasal düzenlemedeki yaptırım gücü, bu tür belgelerin artmasına neden olurken amaç dışı ve kötü kullanımlarını da arttırmaktadır (13, 16, 17).

İmza veya yazıların bugünkü toplum hayatımızda son derecede önemli bir yere sahip oldukları bir gerçektir. Uygarlık düzeyinin zamanla daha yüksek mertebelere doğru çıkması, kamusal hizmetlerdeki artış ve giderek yayılma, okuma-yazma bilenlerin oranlarının her toplumda artışı, imza veya yazıları hayatın ayrılmaz bir parçası haline getirdi. İmza veya yazının toplum içerisinde var olan yeri ise önemini korumaktadır. Keza hukuk da, bu derece önemli kavramlara gerekli olan ehemmiyeti vermiş ve özellikle imzanın aidiyetinin önemine binaen sınırlarını çizmeye çalışmıştır (13, 18).

El yazısı, kan ya da parmak izi gibi fiziki bir delil olup, sahibinin kimliğini belirlemeye yardım etmektedir. Her insanın yazısı kendine özgü nitelikler taşır ve bu nitelikler bir başkasının yazısında aynen bulunmadığı için belirleyicidir. Gerçi el yazıları okul, eğitim, yaşanan coğrafi alan, zaman, millet ve aile gibi pek çok etkenle çeşitlilik gösterebileceği gibi, aynı kişinin yazısı içerisinde de çeşitli nedenlerle değişimlere rastlanabilmektedir (13, 19).

Adli amaçlı incelemeye konu olan “belge” en geniş tanımıyla; *“bir hakkın doğmasına veya bir olayın kanıtlanmasına yarayan bir anlam, bilgi veya mesaj iletecek şekilde herhangi bir sembol, şekil veya işaret içeren herhangi bir nesnedir.”* Uygulamada, belgelerin büyük çoğunluğu yazılı kâğıtlar olarak karşımıza çıkmaktadır (13, 14, 20, 21).

Adli belge incelemesi, anlaşmazlık yaratan ya da delil niteliği bulunan her türlü basılı ve yazılı belge üzerinde bilimsel yöntemler ve analitik teknikler kullanarak adli amaçlarla inceleme yapan multidisipliner bir bilim dalıdır (14, 22). Bu bilim dalı pek çok bilim dalındaki bilgilerden ve gelişmelerden de faydalanır.

Adli belge incelemecilerinin günlük uğraşları içerisinde her türlü el yazısı ve imza incelemeleri, daktilo ve bilgisayar yazıcısı yazılarının incelemeleri, fotokopi belge incelemeleri, matbu evrak ve değerli kâğıt incelemeleri ile mürekkep ve kâğıt analizleri gibi pek çok konu girmektedir (22-24).

Son 50 yılda adli belge incelemesi alanında önemli gelişmeler meydana gelmiştir. Sahteciliğin ortaya çıkarılmasında her geçen gün yeni teknikler kullanıma girmiştir ve girmektedir (5, 14, 20, 25, 26).

Ülkemizde belge, imza, yazı, para ile ilgili sahteciliklerle ilgilenen bilim son yıllara kadar grafoloji olarak tanımlanmıştır. Ancak grafoloji tanım olarak kişinin el yazısından karakter analizi yapma tekniği anlamına gelmektedir. Dolayısıyla kişilerin yazı ve imzalarına bakarak grafolog kişinin karakterini yorumlamaya çalışır (12-14, 26).

Yazı ve imza ile ilgili yargıyı ilgilendiren konularda çalışanlara adli belge incelemecileri, bu alanın kendisine ise adli belge incelemesi denilmektedir. Pek çok gelişmiş ülkede adli belge incelemecileri kimya fakültesi eğitiminin üzerine adli doküman inceleme laboratuvarında iki yıl eğitim almış kişilerdir (12).

Adli belge incelemeciliği ile ilgili çalışmalar Amerika Birleşik Devletleri'nde 1910'larda, Avrupa'da 1930'larda başlamıştır (2, 20, 23).

Ülkemizdeki adli belge incelemeciliğinin gelişimine bakılacak olursa; Cumhuriyet öncesi döneme ait bilirkişilik konusunda ve de kurumsal anlamda bir yapılanmaya rastlanmamaktadır (3, 6).

Türkiye Cumhuriyetinin kurulduğu 1923 yılından, Latin alfabesinin kabul edildiği 1928 yılına kadar adli bilimlerdeki bilimsel gelişmeler neticesinde adli belge incelemeciliği alanının da gelişimine zemin hazırlanmıştır. Soyadı kanununun kabul edildiği 1934 yılında imzaların nasıl atılması gerektiği belirtilmiş olup bu yıldan itibaren eski ve yeni alfabe arasında sorunların meydana gelmesiyle bu konunun çözümlenmesi amacıyla bilirkişilere başvurulmuştur (3, 6).

Ülkemizde adli belge incelemeciğinin gelişmesinde Adli Tıp uzmanı Dr. Hayrettin Dalokay'ın katkıları büyük olmuştur. İtalya'da belge incelemeleri konusunda eğitim alan Dr. Dalokay, edindiği bilgi ve deneyimleri ile Adli Tıp Kurumu Fizik İhtisas Dairesi'nde önemli görevler yapmıştır. Ayrıca Dr. Dalokay 1955 yılında Adli Tıbbi Ekspertiz adında Türk Adli Tıbbının ilk dergisini

yayınlayarak, adli belge incelemeciliği konusunda bilimsel çalışmaların yayınlanması sağlamıştır (3, 6).

Ülkemizde adli belge inceleme birimleri; Adli Tıp Kurumu Fizik İhtisas Dairesi Adli Belge İnceleme Laboratuvarı, Emniyet Genel Müdürlüğü Polis Kriminal Laboratuvarları, Jandarma Genel Komutanlığı Kriminal Daire Başkanlığı El Yazısı ve Doküman İnceleme Laboratuvarları, İstanbul Üniversitesi Adli Tıp Enstitüsü Adli Belge İnceleme Laboratuvarı ve Üniversitelerin Adli Tıp Anabilim dallarıdır. Son yıllarda adli belge incelemeciliği ile ilgili “Belge İnceleme Uzmanları Derneği” ve “Adli Belge İncelemeciler Derneği” ülkemizde kurulmuştur (2, 6, 23, 27).

2.3. Yazı Mekanizması

Yazı yazma karar bölgesi ve primer motor korteks frontal bölgededir. Sinirsel iletilerle harfler bellekten çağrılır ve motor korteks yardımıyla yazı oluşturulur. Primer motor kortekste el ve parmak hareketleri merkezi sayesinde yazı hareketleri oluşturulur (12, 13).

Yazı yazılırken koordinasyon birçok merkezle takip edilir. Yazma konusunda tecrübe artıkça yazı yazma otomatikleşir (13, 28).

Beyinde konuşma ve yazmayı kontrol eden merkezler Broka, Wernicke merkezleri ile Posteropariyetal bölgedeki angüler girus alanıdır. Duyulan ve görülen uyarılar Wernike alanına gelerek işlenir, anlamlandırılan sinyaller Broka merkezinde konuşma ve yazmayı sağlayan kas aktivasyonunu yönetir. Yazmak; düşünme, bellek, dikkat, konuşma, okuma ve hayal gücü gibi beyindeki pek çok merkezin kompleks ve kolektif çalıştığı bir olaydır (11-13).

2.4. Belgeyi Oluşturan Unsurlar

Kâğıt, yazı yazma araçları ve mürekkep belgeyi oluşturan başlıca unsurlardır.

2.4.1. Kâğıt

Çin'de M.Ö. 2. yüzyıla ait, bugünkü modern kâğıdın temsilcisi olarak sayılabilen eski arkeolojik parçalar bulunmuştur. 13. yüzyıl'da kâğıt Çin'den Orta Doğu ve Avrupa'ya yayıldı ve burada ilk suyla çalışan kâğıt fabrikaları inşa edildi. 19. yüzyılda kâğıdın sanayide üretimine geçilmesiyle birlikte üretim maliyetleri düştü. Bu nedenle bilginin kâğıt üzerine dökümü yaygınlaştı. Bu durum kitlesel bilgi alışverişine önemli katkılarda bulundu. 1844 yılında, Kanadalı mucit Charles Fenerty ve Alman FG Keller bağımsız ağaç liflerinin hamurlaştırılması sürecini geliştirdi (29, 30).

Türkçe "kâğıt" kelimesi Farsça kökenli olmasına rağmen, etimolojik olarak İngilizce "Paper" kelimesi, Latince "Papirüs" den türetilmiştir. Papirüs ise bir bitki ve Yunanca adı Cyperus papyrus olan πάπυρος (papyrus)'tan gelir. Papirüs, Orta Doğu ve Avrupa'ya kâğıdın gelmesinden önce, yazmak için eski Mısır ve diğer Akdeniz kültürlerinde kullanılan Cyperus papyrus bitkisinin liflerinden üretilen kalın ve kâğıt benzeri bir malzemedir. Kâğıt etimolojik olarak papirüsten türetilmesine rağmen, ikisinin üretimi birbirinden çok farklıdır ve günümüz modern kâğıdının gelişimi ile papirüsün gelişimi birbirinden ayrıdır (29).

Günümüzde kullanılan kâğıtla yakın özellikte olan kâğıt üretimi, milattan sonra (M.S.) 105 yılında Çin'de Tsai Lun tarafından icat edilmiştir (5, 25). Kâğıt; başlıca odun, kumaş ya da bazı otlardan elde edilen selülozdan yapılmaktadır. Halen en fazla odun kullanılmaktadır, doğal olarak kâğıt hamuru yapmak için de odun hamuru kullanılmaktadır.

2.4.1.1. Kâğıt hamuru üretimi

Kâğıt hamuru üretiminde kullanılan malzemeler odun hamuru, çeşitli kimyasallar, ağartıcılar ve katkı maddelerini içermektedir. Günümüzde kâğıt üretimi için en önemli kaynak odun hamurudur. Kâğıt üretiminde kaliteyi artırmak için çeşitli kimyasallardan faydalanılır. Kâğıdın ağartılması için ilk zamanlarda klor kullanılmışsa da günümüzde yerini ozon, klor dioksit ve hidrojen peroksit gibi kimyasallar almıştır. Kâğıt üretiminde kullanılan katkı maddeleri; boyut ajanları (reçine, alkil keten dimerler, alkenil susinik anhidrit), kuru mukavemet ajanları

(katyonik nişasta, tutkal), ıslak mukavemet ajanları (üre formaldehit, poliamin reçineleri), renklendirici ajanlar (asit, bazik ve direk boyalar, renkli pigmentler) ve kaplama ajanları (titanyum dioksit, sodyum bikarbonat) gibi malzemeleri içermektedir (25).

Kâğıt hamurunun yapılabilmesi, mekanik ve kimyasal (pişirme) yöntemler aracılığı ile olmaktadır. Mekanik yöntemde öncelikle odun parçaları ve su ile kâğıt hamuru oluşturulur. Mekanik yöntemde ayrıca kâğıt hamuru elekten geçirilerek parçalar küçültülür böylece fazla su hamurdan uzaklaştırılır (31). Kimyasal yöntemin mekanik yöntemden farkı istenmeyen maddeler kimyasal bazı uzaklaştırıcılar yardımıyla ayrılırlar. Günümüzde bu yöntemle daha kaliteli kâğıt üretmek mümkün hale gelmiştir. Başlıca kullanılan kimyasal yöntemler asit şerbeti ve alkali şerbeti yöntemleridir. Pişirme işlemi sonrası, yabancı maddelerin uzaklaştırılması için yıkama işlemi yapılır. Sonrasında hamurun türüne ya da kullanım amacına göre ağartma işlemi yapılır. Kimyasal pişirme metodu ile hazırlanan kâğıt hamurlarına dövme işlemi uygulanırken, mekanik yöntem ile elde edilen kâğıt hamurlarında dövme işlemi uygulanmamaktadır. Dövme işlemi ile lifler incelik ve esneklik kazanır. Dövme işlemi esnasında kâğıt hamuruna bazı boya ve dolgu maddeleri eklenebilir. Eklenen bu dolgu maddeleri kâğıdın yumuşaklık, beyazlık, opaklık ve mürekkep emme gibi özelliklerini geliştirmeye yardımcı olur. Kil, titan dioksit ve tebeşir gibi beyaz maddeler kâğıt hamurunu beyazlatmak amacıyla kullanılırken, reçineler ise suya karşı direncinin artırılması amacıyla kullanılmaktadır (31). Kalınlık, nem, dayanıklılık, porozite, yüzey düzgünlüğü, Ph ve Cobb gibi pek çok parametre mürekkebin kâğıda geçişini etkilemektedir ve kâğıdın güvenliği için fligran gibi çeşitli unsurlar kullanılmaktadır (32, 33).

2.4.1.2. Kâğıda mürekkebin geçişini etkileyen parametreler

Kalınlık; Bir tek kâğıt parçasının alt ve üst yüzeyi arasındaki mesafenin mikron cinsinden ifadesidir. Kalınlığın homojen olması mürekkebin emiliminden sonra ton farkı olmaması ve uygulanacak mürekkebin basıncının belirlenmesi bakımından önemlidir (32, 33).

Nem; Kâğıdın yapısında bulundurduğu su miktarıdır. En ideal nem oranı % 55'tir. Bu oranın artması mürekkebin kurumasını zorlaştırmakta, azalması ise kâğıdın kırılğan bir hal almasına neden olmaktadır (32, 33).

Dayanıklılık; Kâğıdın kopmadan önce dayandığı birim genişlik başına düşen en büyük kopma direncidir (32, 33).

Porozite; Birim zamanda ve birim basınç farkı altında birim alandan geçen ortalama hava akış miktarıdır. Bu değerin yüksek olması mürekkebin yazıya nüfus etmesi sırasında yazı kalitesinde düşüğe neden olmaktadır (32, 33).

Yüzey düzgünlüğü(perdah); Yazı yazılan kâğıdın yüzeyinin düzgün oluşu yazı kalitesini artırmaktadır (32, 33).

pH değeri; Yazma esnasında kâğıdın yapısının korunması, ton farklarının ve kuruma problemlerinin olmaması için kâğıt ile mürekkebin pH değerlerinin uyumlu olması gerekmektedir (33).

Cobb değeri; Kâğıt yüzeyinin suya karşı gösterdiği direncin bir ölçüsüdür. Belirli bir süre içerisinde 1m² kâğıt yüzeyi tarafından emilen su miktarının g/m² cinsinden ifadesidir. Dünya standartlarında ofset, fotokopi ve kuşe kâğıtlarda bu değer 60 saniyedir. Bu değerdeki dengesizlik ya da bu değerinin uygun bir aralıkta olmaması yazı kalitesini önemli derecede etkilemektedir (32).

2.4.1.3 Evrakta güvenlik unsurları

Değerli evraklarda güvenlik unsuru olarak sıklıkla fligran kullanılmaktadır. Fligranın yanı sıra değerli evrakların güvenlik unsurlarına emniyet şeridi, holografik şerit folyo, mikro yazı, floresan (UV-ultraviole) etkili mürekkep gibi özellikler de eklenmiştir (1).

Fligran: Kâğıt imalinin ıslak aşamasında, merdanelerden birisine sarılmış ince metal figürler yardımıyla kâğıdın o bölgedeki liflerinin kenara itilmesi ve o bölge lif içeriğinin azaltılmasına fligran denmektedir. Işığa tutulan kâğıdın fligranlı bölgesinin ışığa karşı daha fazla geçirgen olması esasına dayanan bir güvenlik unsurudur. Banknotlarda, posta pullarında ve devlete ait resmi belgelerde kalpazanlığı önleme amacıyla sıkça kullanılmaktadır. 1276 yılında Fabriano Mills tarafından icat edilen fligran, kâğıdın ne zaman ve hangi üretici tarafından

üretildiğinin tespitine imkân veren bir güvenlik unsurudur. Kâğıdı üreten imalatçı üretimin zamanını, kullandığı metodu, kâğıdı piyasaya hangi yıl sürdüğünü, üretim miktarını fligran içine detaylıca kaydedebilmektedir (1).

Emniyet Şeridi: Kâğıda gömülü olan bu şeritler düz bir hat şeklinde, UV ışık altında farklı renkte parlama gösterebilir (34).

Holografik Şerit Folyo: Farklı açılardan bakıldığında zaman renkli ve parlak yansımalar veren holografik şerit folyo özellikle banknotlarda bulunmaktadır (34).

Mikro Yazı: Kâğıda kabartma baskı tekniğinin uygulandığı, büyüteçle okunabilen mikro yazılar vardır (34).

Floresan (UV) Etkili Mürekkep: Özellikle banknotta floresan etkili mürekkep, kullanılan güvenlik unsurlarından biridir ve bu mürekkep UV ışığı altında parlama özelliğine sahiptir (34).

2.4.2. Yazı yazma araçları

İnsanlık tarihi boyunca parmakla kuma şekiller çizerek başlayan yazı yazma, zamanla tabletlere sivri objelerle şekiller çizmeye buradan da kuş tüyleri, mürekkepli kalem, kurşun kalem, daktilo ve klavye kullanarak yazmaya kadar değişerek günümüze kadar gelmiştir (35).

Yazı yazma araçları eski ve modern yazı yazma araçları olarak ikiye ayrılabilir. Eski yazı araçlarından en bilineni kuş tüyüdür. Bunu modern yazı yazma araçları olan tükenmez kalem ve diğer kalemler izlemiştir.

2.4.2.1. Eski yazı yazma araçları

İs, gaz yağı, misk ve eşek derisinden elde edilmiş bir tür yapışkan maddeyle ilk mürekkep oluşturulmuştur. Eski zamanları anlatan filmlerde de görüldüğü üzere kuş tüyünün mürekkebe batırılıp yazı yazılması dönemi artık bitmiştir. Yani 1000 yılı aşkın sürelik kullanımdan sonra dolma kalemin icadı ile bu yöntemle yazı yazma sona ermiştir (35).

2.4.2.2. Modern yazı yazma araçları

Yazılı belgelerde kullanılan kalemler tükenmez ve diğer kalemler olarak ikiye ayrılır.

2.4.2.1. Tükenmez kalem

Yağ bazlı boyar maddeler ve pigmentler içerir. Tükenmez kalem; içindeki borucuktaki özel ve koyu kıvamdaki yağlı mürekkebi, ucunda bulunan bilye sayesinde yüzeye aktaran modern bir yazı yazma aracıdır. Kullanılabilirliği ve bulunabilirliği ile günlük yaşamda yaygın bir kullanıma sahiptir. En yaygın mürekkep renkleri mavi, siyah ve kırmızı olup, diğer renklerde yazan tükenmez kalemler de üretilmektedir. Tükenmez kaleme "tükenmez" denmesinin nedeni, onunla yaklaşık iki-üç kilometre uzunluğunda bir çizgi çizilebilmesidir (34).



Şekil 2. Mürekkebin bilyedeki görünümü (35)

2.4.2.2.1. Tükenmez kalemin tarihçesi

30 Ekim 1888 tarihinde ABD'li denizci John Loud, derilerini işaretlemek için ucunda bilye bulunan mürekkepli kalemi icat etti ve ilk patentini aldı. Bu buluşu, 1935 yılında gazete editörü olan Macar Ladislao Biro ve kimyager kardeşi geliştirdi. Biro Kardeşler, buldukları kalemi tanıştıkları Arjantin Başkanı Augustine Justo'ya gösterdi ve başkanın teşvik etmesiyle kardeşler, Arjantin'de fabrika kurdular. Yapılan ikinci denemede başarılı oldular. Chicago'lu Milton Reynolds, Arjantin'de gördüğü bu kalemleri, Amerika Birleşik Devletleri'nde perakende olarak satmaya başladı. 1940'larda artan tükenmez kalem üreticileri arasında rekabet oluşmaya başladı (25, 34).

2.4.2.3. Tükenmez kalem mürekkebi

Tükenmez kalem mürekkeplerinin yapısında organik çözücüler, reçineler ve boyar maddeler bulunmaktadır (36). Bunların yanı sıra az miktarlarda kayganlaştırıcılar, korozyon önleyiciler, emülsiyonlaştırıcılar, tamponlar, kalemin tıkanmasını önleyen katkıları, mikrobiyolojik üremeyi önleyen katkıları, pH ayarlayıcı maddelerde bulunmaktadır (5, 37).

2.4.2.3.1. Boyar maddeler

Boyar maddeler mürekkebe rengine veren organik veya inorganik yapıda olabilen maddelerdir. Boyaların rengi, boya moleküllerinin yapısında var olan kromoforun enerji seviyelerini değiştirmesi sonucu görünür bölgede (400-800 nanometre) oluşan absorpsiyonu gözümüz renk olarak algılamaktadır. Ucuz, sağlam ve kalıcı olan mürekkep renklendiricileri ile daha çok bulunması ve de ucuz olmaları nedeniyle organik boyalar tercih edilir. Kristal Viyole, Metil viyole, viktorya mavisi ve bakır ftalosiyanın türevleri tükenmez kalem mürekkeplerinde sıklıkla kullanılan boyar maddelerdir (5, 32, 37).

2.4.2.3.2. Çözücüler

Renklendiricinin seyreltilmesi ve kalem kartuşunda mürekkebin kurumadan kalmasını sağlamak amacıyla kullanılırlar. Tükenmez kalem mürekkebinde ilk olarak yağ bazlı çözücüler kullanılırken daha sonra glikol bazlı çözücüler kullanılmaya başlanmıştır (37).

Glikol çözücüler mürekkebin kalemin kartuşunda sıvı olarak kalmasını sağlaması, mürekkebin hızlı bir şekilde kurumasına olanak vermesi nedeniyle sıklıkla tercih edilmektedir (5).

Tükenmez kalem mürekkeplerinin yapısında ana çözücü olarak fenoksietanol kullanılmaktadır. Mürekkep kâğıda uygulandığı anda mürekkep yapısında kimyasal değişimler başlamaktadır (38, 39).

İleri metotlar ve teknolojinin de yardımıyla mürekkebin kâğıda tatbiki sonrası fenoksietoneldeki meydana gelen değişimler çeşitli kimyasal yöntemlerle incelenebilmektedir. Kâğıda kalem aracılığıyla yazı yazılırken geçen fenoksietanolün miktarı zamanla azalmaktadır. Kâğıttaki mürekkepte azalan fenoksietanol miktarındaki değişimlerin tespit edilmesi mürekkep yaşını belirlemeye imkân sağlamaktadır (38-40).

Mürekkebin yaşlanma süreçleri bölümünde çözücülerin buharlaşması başlığı altında bu konu detaylandırılmıştır.

2.4.2.3.3. Reçineler

Reçineler yüksek molekül ağırlığına sahip doğal, sentetik, başlangıçta sıvı olup yavaş yavaş sertleşen ve kuruma aşamasında polimerleşerek mürekkep ile kâğıt arasında bir bağ oluşturmak, viskoziteyi ayarlamak, film dayanırlığını ve mürekkebin bilyeden kâğıda aktarılırken ki yağlama kalitesini arttırmak için mürekkebin yapısına katılan maddelerdir (36, 37, 41).

İleri metotlar ve teknolojinin de yardımıyla mürekkebin kâğıda tatbiki sonrası reçinelerdeki meydana gelen süreçler incelenebilmektedir. Reçinelerin miktarını ve türünün incelenmesi neticesinde mürekkep partilerinin ve üretim tarihlerinin tespitinin mümkün olduğunu ve de mürekkep yaşlanma ürünlerinin de tespit edilebileceğine yönelik çalışmalar mevcuttur (37).

Mürekkebin yaşlanma süreçleri bölümünde reçinelerin polimerleşip sertleşmesi başlığı altında bu konu detaylandırılmıştır.

2.4.2.2 Diğer kalemler:

Su bazlı boyar madde ve pigment içerirler. Dolma Kalem, roller kalem, markerlar, jel kalemler vb. dolma kalemin mekanizmasında bulunan bilye düzeneği ile bir hava deliği ve üç küçük kanal sayesinde mürekkep etrafa damlamaz ve kalemin ucuna daha kolay gelir. Günümüzde “pilot kalem” olarak bilinen kalemin düzeneğini de bu bilye oluşturmaktadır (35).

Modern yazı araçlarından tükenmez kalem 1945 yılında, keçeli kalem 1963 yılında, marker kalem 1970 yılında ve jel kalem 1984 yılında piyasaya sürülmüşlerdir. Yazı yazma araçlarındaki değişim ve gelişim ile teknolojik gelişmeler göz önüne alındığında, adli belge incelemeciliği alanını ilgilendiren yeni sahtecilik yöntemlerinde artış olduğu görülebilir (1, 6, 13, 37).

Doğal olarak mürekkebi oluşturan unsurların iyi bilinmesi fiziksel ve kimyasal olarak yazı analizinin de iyi irdelemesine sebep olacaktır.

2.5. Yazı Analizi

Analiz kelimesinin manası Türk Dil Kurumu'na göre çözümlmek, tahlil etmek anlamına gelmektedir (42). Yazılı belgelerde şüpheli durumlarda yapılan incelemelere de yazı analizi denir.

Belge incelemede çalışma alanını Subjektif ve Objektif kısım olarak iki ana gruba ayırmak mümkündür;

1. Subjektif kısım; yazı ve imza incelemeleri gibi gelişmiş teknik ekipmanla birlikte uygulayıcının deneyim ve sezgilerinin de önemli olduğu çalışma alanı,
2. Objektif kısım; tecrübe ve teknik bilginin yanı sıra teknik ekipmanın önemli olduğu özellikle belgelerdeki tahrifatlar gibi sahteciliği kapsayan alandır (13, 22, 24, 43, 44).

Yazı analizi başlıca fiziksel ve kimyasal analiz olarak sınıflandırılabilir.

2.5.1. Fiziksel yazı analizi

El yazısı incelemesinde faydalanılan bazı unsurlar vardır. Bilinmeyen bir yazının tetkiki; kişinin yazma alışkanlıkları ile kimin yazdığı bilinen örnekler arasındaki benzerliğe dayanır. Ancak karar verilirken varyasyonlara dikkat edilmeli ve bu varyasyonların yazının doğasında bütünleyici bir bölüm olduğu akılda tutulmalıdır. Varyasyon insan bedeninde makine gibi kesinlik olmamasına bağlıdır. Bu durum aynı zamanda yazma esnasında gösterilen özen ile birlikte yorgunluk, ilaç kullanımı, hastalık, zehirlenme ve ruhsal durum gibi fiziksel ve mental durumlar ve de dış faktörlerden etkilenir. Tüm bu varyasyonlar yazarın yaşı ile de değişim göstermekle

birlikte yazının analizine engel teşkil etmez. El yazısının temel nitelikleri çerçevesinde varyasyon yazının ayırt ve analiz edilmesini sağlayan ek faktörlerden birisidir (13, 45, 46).

“Yalnızca bir kişi, tam olarak şüpheli materyalin yazarıyla aynı yazıyı yazar.”

Bu ifade her analizin köşe taşıdır. Uygulamada ise incelemeye konu ve karşılaştırmaya konu yeterli sayıda el yazısı örnekleri olmalıdır. Bu belgelerde kişisel yazı niteliklerini ve normal yazı varyasyonlarından kaynaklanacak değişiklikleri tam olarak yansıtmalıdır (46, 47).

Kişinin el yazısının karakterini kasıtlı olarak değiştirmesinin çok zor olduğu kabul edilmekle birlikte; bazı deneyimli kişilerin yazılarını yanıltıcı bir biçimde değiştirebileceği de bilinmektedir. Ancak yazının tüm unsurlarının değişmeyeceği, bazı karakteristik özelliklerin kalıcı olduğu bilinmektedir. Belge inceleme uzmanı daima yazı değiştirme unsurunu dikkate alarak, mümkün olan çok sayıda şüpheli yazı ve aynı kelimeler ile aynı stilde yazılmış örnek toplayarak, varyasyonları da göz önünde bulundurarak, imla, genel düzen ve resimsel benzerlik gibi kalıcı unsurları dikkate alarak incelemesini yapmalıdır (13, 48).

El yazısının bilimsel incelenmesi, çalışmayı genellikle kesin bulgulara yönlendirir. Bununla birlikte belge inceleyicisinin pozitif bir sonuca ulaşmasını engelleyen veya onun yalnızca nitelikli bir tahmine varmasını sağlayan çeşitli durumlar vardır. Yeterli sayıda bilinen yazı örneğinin olmaması en sık karşılaşılan eksikliklerdir. Ek olarak; çok farklı koşullarda yazılmış, standartları tartışmalı materyallerden elde edilen bulgular da yetersizdir. Böyle standartlar vasiyetname ile kıyaslanabilecek birkaç karalanmış not olabilir. Bununla birlikte imzalardan ziyade kısa yazılar; özellikle, not defteri yazısı ya da çok dikkatsizce metne eklenmiş birkaç kelime büyük zorluk çıkarır. Kesin olarak evet veya hayır şeklinde verilen bir cevap; standart ve tartışmalı materyalin tarihleri arasındaki belirgin farklılıklar (önemli derecede acele veya dikkatsizce yazılmış küçük bir yazı parçası) nedeniyle hataya yol açabilir. Bu sorun özellikle, benzer koşullarda yazılmış herhangi bir standart yazı örneği yoksa söz konusudur. Bununla birlikte bu istisnai durumlar kesin sonuçlara ulaştıracak pek çok olguyla karşılaştırıldığında küçük bir azınlığı oluşturur (15, 46, 49).

Kişinin yazısını saklaması veya değiştirmeye çalışması çok güçtür. Kısa bir metin yazma durumunda yazıyı değiştirmek kolay olabilir, fakat uzun bir yazı yazan

kişi iradesini ne kadar zorlarsa da asıl yazısını gösterecek şekilleri çizmekten kendisini alıkoyamaz. Genellikle yazıda yapılacak ufak bir değişiklik ile yazının tanınmaz hale geleceği kanaati yazısını değiştirmek isteyenleri yanıltır (15, 45, 49).

Doğallıkla mükemmel taklit tam korunmayı sağlayacaktır, fakat mükemmel taklidin bizzat kendisi aşırı derecede zordur. Gerçi kişinin analizi önleyecek yeterli sayıda bir veya birkaç kelime için yazma alışkanlıklarını değiştirmesi nispeten basit olsa da, etkili bir şekilde taklidi sürdürbilme işi her ek kelimeyle daha da zorlaşır. Bir sayfa uzunluğundaki bir yazı taklit edildiğinde, genellikle yazarın normal alışkanlıklarının yalnızca bir kısmını gizleyebildiği görülür. Bu koşullarda özellikle fazla miktarda bilinen yazı örneği varsa taklit yöntemi analizle ortaya çıkarılabilir (13, 45, 50).

Sahte yazı, onun normal yazıdan ayırt edilmesini sağlayacak oldukça karakteristik özelliklere sahiptir. Genellikle kalıcı, doğal alışkanlıklar ile bunları baskılama çabası arasındaki mücadele bir çekişme bulgusunu içerir. Sonuçta kişinin genel yazısında göstereceği hünerden daha azıyla üstesinden gelinir; düzensizlikler ve tutarsızlıklar ortaya çıkma eğilimi gösterir (13, 49, 51).

Her iki elini hemen hemen aynı rahatlıkla ve hünerle kullanarak yazan çok küçük bir yazar grubu vardır. Her iki elden çıkmış bu hünerli yazılar, bütün örnekleriyle ters elle yazılanlardan farklı olup belli bir derecede etkinliğe alıştıırılmış el için hiç bir taklit düşüncesi uyandırmaz. Bu kişilerin her birinde, sağ elleriyle yazdıkları yazı sol elleriyle yazdıklarından farklı olur. Bu nedenle her iki elden çıkmış yazı örneklerini şüpheli materyalle karşılaştırmak sağlıklı bir analiz için daha doğru olur (45, 48, 50).

Yazı analizi tipik, anormal olan veya geneli göstermeyen karakterler arasındaki fark, taklit olan veya kasten ve bilinçli olarak değiştirilmış (tezyin) karakterleri tanıma ve her bir yazara ait genel yazı varyasyonlarının normal miktarının saptanması olan ayırt edici bütün karakterlerin keşfedilmesi ve incelenmesini kapsar. Eğer bilinmeyen yazı taklit edilmeksizin yazılmışsa; bu yazarın bilinçsizce yaptığı yazma alışkanlıklarını ve niteliklerini içerir. İki grup yazının aynı kişinin yazısı olup olmadığını saptamak için; hem bilinen hem de bilinmeyen yazıda yeterli bireysellik olmalıdır (13, 45, 51).

El yazısının doğru analiz edilebilmesi için yeterli miktarda tam bilinen örnekler ile hem şüpheli belge hem de bilinen yazının tam olarak incelenmesi gerekir. Yazının başka kişinin eli ürünü olduğu kararına varılmadan önce farklılıkların incelenmesi birlikte yapılmalı ve de saptanan belirgin farklılıklar ile olası yazı durumları akılda tutularak değerlendirilmelidir. El yazısı incelemesi komplike bir işlemdir (11, 13, 45, 52).

2.5.1.1. Fiziksel yazı analizinin temel ilkeleri

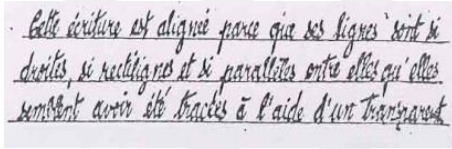
Yazı dokümanlarının gözleminde; 175 cins yazının tam tanımlanmasını yapabilmek Crepieux'un da dediği gibi hiç bir zaman olanaklı olmayacaktır. Çünkü sonsuz sayıda yazı çeşidi bulunmaktadır. Bu güçlük karşısında Morand'ın "*les bases analyses de l'écriture*" adlı eserinde bahsettiği yazı tipleri şunlardır: sour vital yazı tipi, sous vital yazı tipi, hafifleyici yazı tipi (mitige), dengeli yazı tipi (equilibre) (45, 50).

Dökümante yazıların incelenmesinde tamamen tek planda kalan çıkıntılar, çekimler, vurgular üzerinde değil, sistemli temel esaslar dahilinde incelenmesi gereklidir (45). Bir el yazısı hangi dilde, hangi ülkede, hangi zamanda yazılmış olursa olsun el ürünü bir hareket olan bu yazıda 7 temel ve karakteristik bulgu vardır (bazı yazarlar bunu 8-9 veya daha fazla bulgu olarak açıklamaktadır). Bunlarla bir yazıyı değerlendirebilmek, yazının ifade tarzını ve düzeyini anlamak çok kolaydır. Fakat özel karakteristiklerini ayırt etmek için çok iyi gözlem yapılması gerekir. Tüm yazılarda şekillerin oluşumu ve biçimi bu 7 temel bulgu içinde değerlendirilmelidir. Tüm yazılarda objektif gerçeklik olarak mutlaka bulunan, unutulmayacak ve yanlış tanımlanmayacak karakterlerdir (15, 19, 45, 48).

Fiziksel yazı analizinde yazının yönü, yoğunluğu (boyutu), sürekliliği (seyri), biçimi, düzenlenmesi (tertip-istif), baskı derecesi ve hızı incelenmesi gereken başlıca unsurlardır.

2.5.1.1.1. Yazının yönü

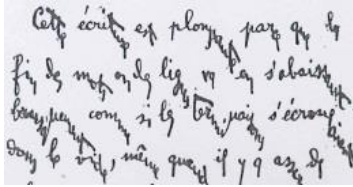
El yazılarında hareketin yalnızca soldan sağa olmasının dışında çizgili (Şekil 3) veya çizgisiz kağıtlarda; horizontal yönde çıkan-inen (Şekil 4), satırdan düşen (Şekil 5), katı- yumuşak, konkav-konveks (Şekil 6), konveks (Şekil 7) olması da önem taşır. Çizgiler arasında sağa doğru yönelen grafik şekiller (ilerleyici yazı) ya da anormal olarak yazarın başladığı yere doğru yönelen, yazdığına bağlı olarak sola ve başa yönelen gerileyici (Şekil 8) yazıdır. Ayrıca yazılarda normal eksene oranla sağa veya sola yazının yattığı ve açı yaptığı görülebilir (Şekil 9). Normal eksende yazılan yazılar vertikal yazı (Şekil 10) olarak değerlendirilir. Sonuç olarak tüm yazıların bir yönü vardır (15, 45, 48).



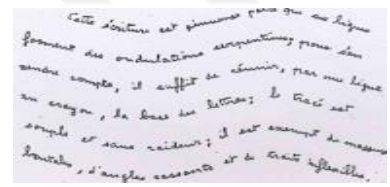
Şekil 3. Çizgili yazı



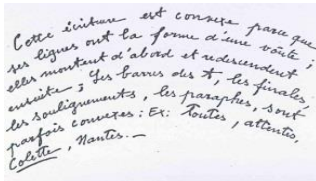
Şekil 4. Çıkan inen yazı



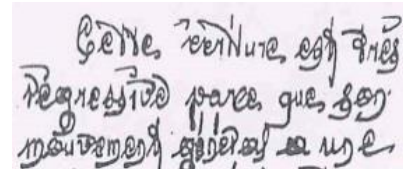
Şekil 5. Düşen yazı



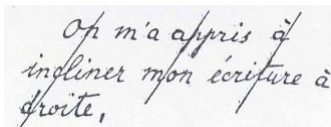
Şekil 6. Konkav-konveks yazı



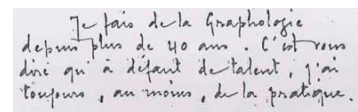
Şekil 7. Konveks yazı



Şekil 8. Gerileyici yazı



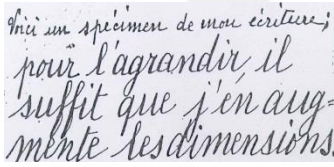
Şekil 9. Açılı yazı



Şekil 10. Vertikal yazı

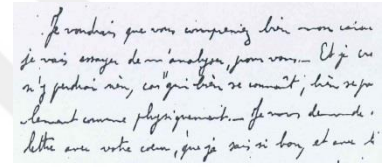
2.5.1.1.2. Yazının yoğunluğu (boyutu)

Tüm yazıların bir yoğunluğu bulunur zira harfleri büyük ve geniş (büyük yazı- Şekil 11), harfleri küçük ve dar (küçük yazı- Şekil 12), büyük harfleri ileri derecede yüksek veya küçük yazıların boyutuna ulaşan basık yazı (Şekil 13) olarak sınıflandırabiliriz. Ayrıca bir satıra üç beş kelimeyi sığdırarak yazıya büyük bir genişlik kazandırabiliriz (uzamış yazı) ya da abartılı biçimde bir satıra çok sayıda sözcük sıkıştırabiliriz (sıkışık yazı). Kelimeler arasında dikkat çekici bir boşluk (1-2 cm kadar) bırakabilir (boşluklu yazı) veya bu boşluk 1 ya da 2 mm'e kadar indirebilen yoğun yazıdır (Şekil 14). Yazının yoğunluğu aynı zamanda kişinin hareket ustalığını da az çok ele verir. Küçüklüğün sınırındaki bir yazı (tasarruflu yazı) veya çok aşırı hareketli olan savurgan hareketli yazı (Şekil 15) türleri vardır (13, 15, 51).



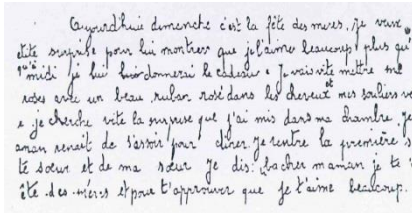
Merci un spécimen de mon écriture ;
pour l'agrandir, il
suffit que j'en aug-
mente les dimensions.

Şekil 11. Büyük yazı



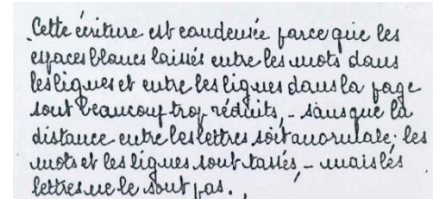
Je voudrais que vous compariez bien mon écriture
de nos jours de nos jours, pour vous... Et je ne
s'y prendrai rien, car j'ai bien vu comment j'ai sepa-
rément comme physiquement... Je vous demande
d'être avec votre cœur, que je suis si long et que d'

Şekil 12. Küçük yazı



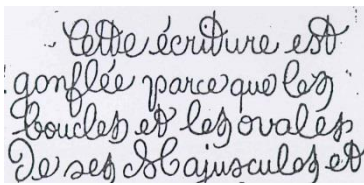
Aujourd'hui dimanche c'est la fête des mères, je suis
allé chercher pour lui montrer que j'ai aimé beaucoup plus qu'
mardi je lui ai dit merci de ce que j'ai mis dans ma
note avec un beau ruban rose dans les cheveux mes sœurs et
je cherche vite la surprise que j'ai mis dans ma chambre. Je
suis venu de l'école pour aller je rentre la première
le soir et de ma note je dis à l'heure maman je te
ai des mères et pour l'apprendre que je t'aime beaucoup.

Şekil 13. Basık yazı



Cette écriture est condamnée parce que les
espaces blancs laissés entre les mots dans
les lignes et entre les lignes dans la page
sont beaucoup trop réduits, - sans que la
distance entre les lettres soit accrue; les
mots et les lignes sont tassés, - mais les
lettres ne le sont pas.

Şekil 14. Yoğun yazı

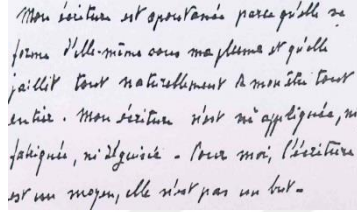


Cette écriture est
gonflée parce que les
boucles et les ovales
de ses majuscules et

Şekil 15. Savurgan hareketli yazı

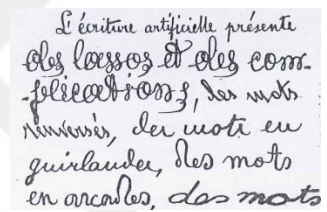
2.5.1.1.4. Yazının biçimi

Tüm yazılarda bir biçim vardır. Bizim kişisel yazılarımızda kaydedilen hareketler spontan ve serbest olarak yazının ortaya konmasına yol açan spontan yazı (Şekil 20) veya bir yazı isteklice taklit ederek doğal yazıdan oldukça farklı araştırmacı ve fantastik yazılar yazılabilir (yüzeysel yazı- Şekil 21). Ayrıca harfler herhangi bir dikkat gösterilmeksizin basitçe yazılabilir, yazıdaki grafik elemanları basitleştiren bir formda ya da gereksiz bazı çizgiler, spiraller, yuvarlaklıklar katılarak komplike (Şekil 22) bir duruma sokulabilir, az ya da çok aslına sadık bir şekilde sıkı sıkıya taklit edebilir veya uyumsuz ve yuvarlak harfler (a, d, g, o, v.b) açık ya da kapalı bir şekil alabilir, bu yazılara yuvarlak, açık- kapalı yazılar (Şekil 23) denir (13, 49, 50).



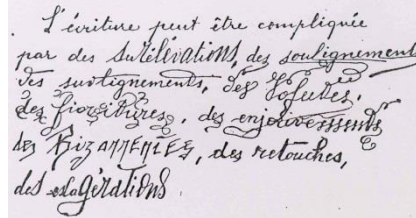
Mon écriture est spontanée parce qu'elle se forme elle-même sans ma plume et qu'elle jette tout matériellement à mon être tout entier. Mon écriture n'est ni appliquée, ni fatiguée, ni déguisée - Pour moi, l'écriture est un moyen, elle n'est pas un but.

Şekil 20. Spontan yazı



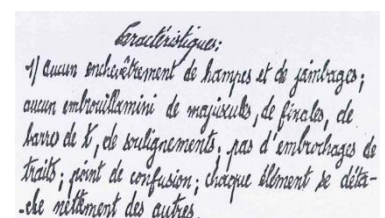
L'écriture artificielle présente des lacunes et des corrections, des mots réarrangés, des mots en guirlandes, des mots en arceaux, des mots

Şekil 21. Yüzeysel yazı



L'écriture peut être compliquée par des surélévations, des soulèvements, des soulèvements, des sauts, des fioritures, des enjolivements, des fioritures, des enjolivements, des sauts, des soulèvements, des sauts, des soulèvements.

Şekil 22. Komplike yazı



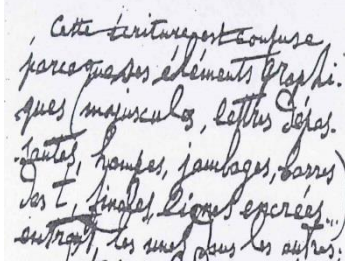
Caractéristiques:
-) Aucun enchevêtrement de hampes et de jambages; aucun embrouillemens de majuscules, de finales, de hampes de x, de soulèvements, pas d'embrouillemens de traits; point de confusion; chaque élément se détache nettement des autres.

Şekil 23. Açık yazı

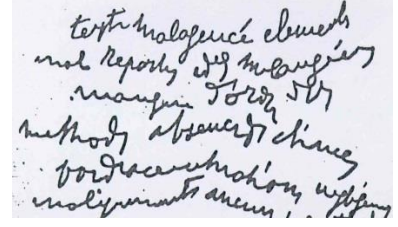
2.5.1.1.5. Yazının düzenlenmesi (Tertip-İstif)

Kaydedilen bazı yazılarda kâğıtta, mektupta, kelimelerde, cümle ve paragraflarda açık bir şekilde ve tüm gizliliğin dışında metodik biçimde; özenli ve dikkatli olarak hiçbir noktalama işareti ve çizgilerin unutulmadığı (örneğin t'nin çizgisi, i'nin noktası) yazılar olabilir ki; bunlar özenli, dikkatli ve açık yazılardır. Bunun aksine tümüyle karışık, kapalı, düşüncelerin belirsiz olduğu ve gerekli takıların, detayların, noktalamanın, aksanın, çizgilerin, boşlukların, kenarda ve üstte bırakılan payların

olmadığı görülür ki bunlar karışmış (Şekil 24), düzensiz (Şekil 25) ve tartışmalı yazılardır (13, 15, 45).



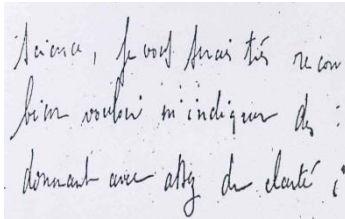
Şekil 24. Karışık Yazı



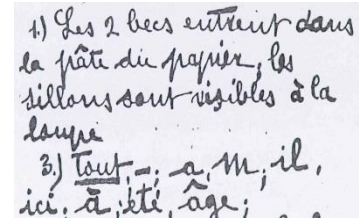
Şekil 25. Düzensiz Yazı

2.5.1.1.6. Yazının baskı derecesi

Kaydedilen bazı yazılarda öylesine hafif bir el vardır ki kalemin gücüyle adeta kâğıt üzerinde yazı kayar, buna karşın bir başkasında ağır ve yavaş el kalemine güçlüce dayanır ki yazı neredeyse kâğıdın içine gömülür (hafif ve ağır yazı, Şekil 26 ve Şekil 27). Aynı şekilde yazıyı bir enerjiyle, bir karar, çözüm, netlik ve kesinlikle yazdığımızda, bir incelikte ya da yumuşak ve gevşeklikle diğerlerinden farklılaşan düz ve kapalı ince ayrımlarla dolu hareketlerin var olduğuna dikkat etmek gerekir (45, 46, 48).



Şekil 26. Hafif Yazı

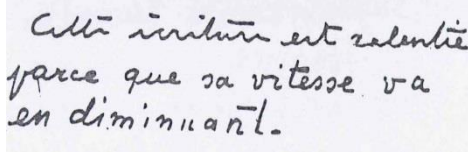


Şekil 27. Ağır Yazı

2.5.1.1.7. Yazının hızı

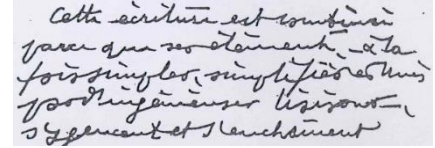
En son olarak da yazıların tümünün aynı zamanda bir hızı bulunur. Zira az ya da çok bir hızla yazılan hızlı veya yavaş yazı (Şekil 28 ve Şekil 29), sürekli boşluksuz yazı (Şekil 30) ve kontrollü veya yavaş ve aralıklı yazı tipleri vardır. Bazı yazılarda dakikada 50-70 harften daha fazlası yazılmaz ki buna yavaş ve düzensiz yazı denir,

buna karşın dakikada rahatlıkla 180- 200 hatta daha fazla harf yazanlar vardır ki buna organize yazı denir (Şekil 31). Psikomotor güçle kişinin yazısının hızı artar veya olumlu bir etkilenim yazının hızını artırıcı yönde etkiler, buna karşın yorgunluk, sıkıntı vb. gibi etkilenimler yazının hızının ağırlaşmasına (inorganize yazı- Şekil 32) neden olur (13, 45, 51).



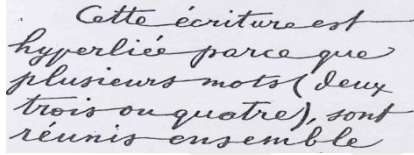
Celle écriture est ralentie
parce que sa vitesse va
en diminuant.

Şekil 28. Hızlı Yazı



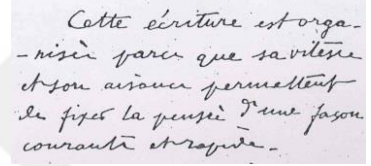
Celle écriture est combinée
parce qu'elle est faite
de plusieurs simplifications
qui permettent d'écrire
plus vite et plus facilement.

Şekil 29. Yavaş Yazı



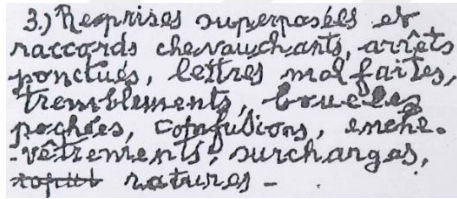
Celle écriture est
hyperliée parce que
plusieurs mots (deux,
trois ou quatre), sont
réunis ensemble.

Şekil 30. Boşluksuz Yazı



Celle écriture est orga-
nisée parce que sa vitesse
et son aisance permettent
de fixer la pensée d'une façon
courante et rapide.

Şekil 31. Organize Yazı



3) Reprises superposées et
raccords chevauchant, arêtes
ponctués, lettres mal faites,
tremblements, boucles
pochées, confusions, enche-
vêtrements, surcharges,
motifs naturels.

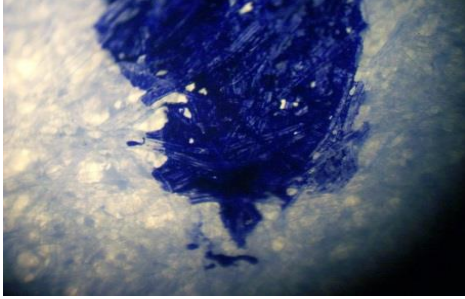
Şekil 32. İnorganize Yazı

Tüm yazılarda Latin alfabesi olsun olmasın çizgiler soldan sağa, yukarıdan aşağı doğru, oryantal yazılarda sağdan sola, aşağıdan yukarıya doğru yönelim gösterebilirler bu 7 büyük karakteristik bulgu hiçbirisinde olağanüstü farklılıklar göstermez. Bu 7 büyük yazı karakteristiği bize objektif bir gerçeklik sunar; bu gerçeklik bir yazının temelinde grafik şekillere bunların farklılıklarına, hızına, bağıntısına, süreklilik ve düzensizliğine göre ayrıştırılır (13, 46, 49).

2.5.2. Kimyasal yazı analizi

Kimyasal yazı analizinde temel olarak mürekkep yapı ve yaş tayini yöntemlerinden faydalanılmaktadır. Kimyasal yazı analizi konusu uzun yıllardır adli belge incelemecilerinin çalıştığı bir alan olmuştur ve bu konuda pek çok çalışmalar yapılmıştır.

Mürekkep çeşitli renklendirici ya da boyalar kullanılarak üretilmiş akışkan bir maddedir. Mürekkeplerin ilk örnekleri günümüzden 4.500 yıl öncesinde Çin'de icat edildiği sanılan siyah renkli yazı mürekkepleridir. Yazı mürekkeplerinin büyük çoğunluğu meşe mazısından elde edilen asitler ile içinde demir bulunan kimyasal maddelerin karıştırılması ile elde edilmiştir. İçlerinde boya maddesi bulunan mürekkepler ise "tükenmez kalem" olarak anılan kalemlerde kullanılır. Keçeli kalemlerde kullanılan boya-katkılı mürekkeplerde ise kurumayı önlemek için alkol kullanılır. Mürekkep içinde bazen %5 civa bile bulunabilen heterojen bir maddedir (53).



Şekil 33. Dolma kalem ile çizilmiş büyütülmüş çizgi (53).

Mürekkep yaşını tespit ederek belgenin ne zaman oluşturulduğunun tespit edilmesinde mürekkebi oluşturan kimyasalların geçen zamanla değişimlerinin saptanabilir olması önemlidir. Mürekkebin yapısını oluşturan kimyasal maddelerin zamanla değişimlerinin analiz edilmesinde başlıca statik, mutlak dinamik ve bağıl dinamik olmak üzere 3 farklı yaklaşım öne çıkmaktadır (54).

2.5.2.1. Statik yaklaşım

Mürekkebin içerisinde aradan geçen zamanla değişmeyen bileşenlerin analizini esas alan yaklaşımdır. Mürekkep üreticilerinin mürekkebe kattıkları işaretleyici maddeler yıllara göre değişim göstermektedir. Bu yaklaşım mürekkep üreticilerin kullandıkları işaretleyicilerin arşivlenmesi ile şüpheli yazıda kullanılan mürekkebin iddia edilen zaman diliminde piyasada olup olmadığına cevap verilebilmektedir (54).

Bu şekilde oluşturulacak veri havuzunun güncellenmesinin zor oluşu ve oluşturulan arşivin tüm üreticileri kapsayamaması statik yaklaşımın önemli bir dezavantajıdır (5, 40).

2.5.2.2. Mutlak dinamik yaklaşım

Bu yaklaşım mürekkebin kâğıt üzerindeki yaşlanma süreçlerine dayanır. Mürekkep, yaşlanma sürecine kâğıda uygulandıktan sonra başlar. Mürekkep yaşlanması kâğıdın özellikleri, ortam ve saklama koşulları gibi pek çok değişkenden etkilenmektedir (40, 55).

Kâğıt belgeye uygulanan mürekkebin yaşlanma süreçleri değişken koşullardan etkilendiğinden tam olarak mürekkep yaşının belirlenmesi yerine zaman aralığı verilmesi daha doğrudur (56).

2.5.2.3. Bağlı dinamik yaklaşım

Kâğıt belgelerdeki mürekkeplerin yaşlarının kıyaslanması bu yaklaşımda esas alınmıştır. Bu yaklaşımla aynı koşullarda oluşturulmuş sadece yazılma zamanları farklı kâğıt belgelerdeki mürekkep yaşları zamana göre sıralanabilmektedir. Günlükler bu yaklaşımda değerlendirebilecek önemli örneklerdir (5).

Kimyasal yazı analizinin en önemli inceleme alanı olarak mürekkep yaşlanma süreçleri gösterilebilir. Teknolojik gelişmelerin de yardımıyla, son yıllarda mürekkep yapı ve yaş tayini ile ilgili yapılan bilimsel çalışmalarda artış olduğu görülmektedir.

2.6. Tüklenmez Kalem Aracılığıyla Kâğıda Uygulanan Mürekkebin Yaşlanma Süreçleri

İncelenen kâğıt belgelerdeki yazı ve imzaların yazılma zamanlarını tespit edebilmek ya da zaman aralığı verebilmek için mürekkebin zaman içinde geçirdiği yaşlanma süreçlerini incelemek gerekir.

Mürekkebin kâğıt belgeye uygulandığı andan itibaren buharlaşmaya başlaması nedeniyle yaşlanmaya başladığı da kabul edilmektedir. Yaşlanma sürecine aynı zamanda çözücülerin kâğıda nüfus etmeye başlaması, boyaların solması ve reçinelerin polimerleşmesi de eşlik eder. Tüm bu etkenler ortam koşullarından (nem, ışık, sıcaklık vb.) oldukça etkilenir (5, 54, 56).

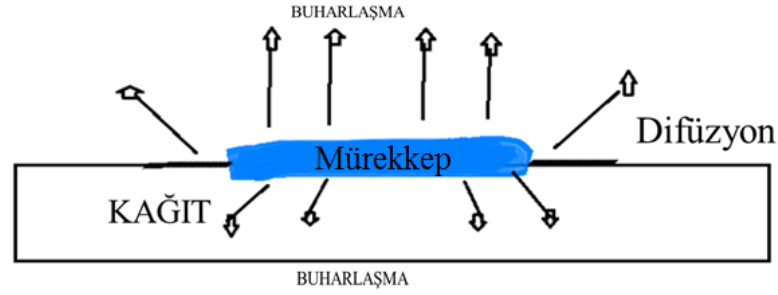
Mürekkebin yaşlanma sürecindeki değişimler boyaların solması, çözücülerin buharlaşması ve reçinelerin polimerleşip sertleşmesi başlıkları altında incelenebilir.

2.6.1. Boyaların solması

Görünür ya da ultraviyole ışığa maruziyet nedeniyle başlayan birtakım fotokimyasal süreçler sonucunda zamanla renkler solmaktadır. Boyaların solmasında ve solma hızında pek çok değişken rol almaktadır. Çevresel faktörlerin yanı sıra (nem, sıcaklık, ışık) boyaların kimyasal yapıları da bu süreçte önemli rol almaktadır. Kâğıdın fiziksel, kimyasal ve yüzey özellikleri ile gözenek yapısı, kâğıdın içerisinde kalan çözücüler ışığa bağlı solmayı etkileyen faktörlerdir (5).

2.6.2. Çözücülerin buharlaşması

Şekil 34'te gösterilen mürekkebin kuruması; çözücülerin yüzeye tutunmasını, kâğıdın içerisinde yayılmasını ve ortam koşullarında buharlaşmasını eş zamanlı olarak kapsayan kompleks bir olaydır. Çözücüsünün bir bölümü hızlıca buharlaşırken bir bölümü de kâğıda dik ve yatay olarak yayılmaktadır. Selüloza tutunamayan çözücünün dik olarak yayılan kısmı da mürekkep uygulanan tarafın arkasından buharlaşmaya başlar (56).



Şekil 34. Kâğıt üzerinde eş zamanlı olarak gerçekleşen mürekkebin kuruma süreci

Uçucu çözücülerin uçucu olmayan çözücülerden buharlaşmasının zamana göre değişimini açıklayan eşitliği (Şekil 35) Prof. Dr. Atakan Avcı ve arkadaşları 1990’larda buldular (57).

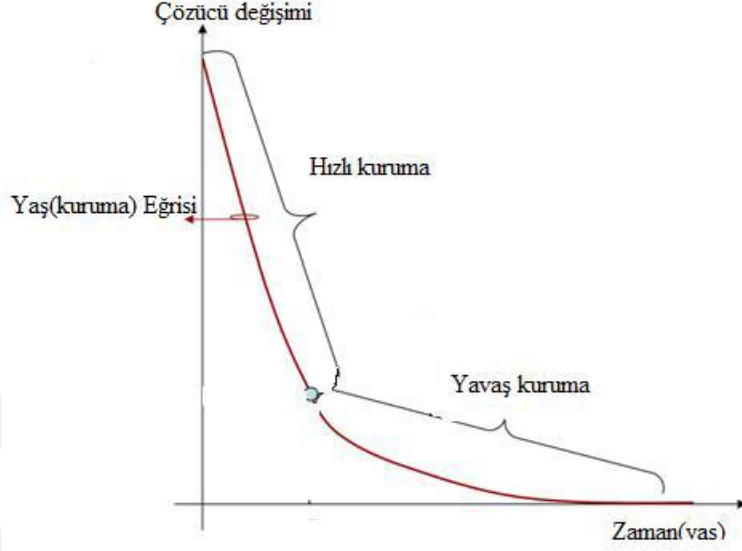
$$y(t) = m_0 + m_f e^{-(t/t_f)^{1/2}} + m_s e^{-(t/t_s)^{1/2}}$$

Şekil 35. Uçucu çözücülerin uçucu olmayan çözücülerden buharlaşmasının zamana göre değişimini açıklayan denklem.

Bu eşitlikte (y) çözücünün zamanla azalma miktarı (yaşlanma), (m_0) bir sabit (değişmez), (m_f) hızlı buharlaşan kısmın kütlesi, (m_s) yavaş buharlaşan kısmın kütlesi, (t) ise ilgili zamanlardır (38, 57).

Avcının oluşturduğu modeldeki uçucu çözücünün yerine mürekkebin çözücüsü olan fenoksietanolün ve uçucu olmayan çözücünün yerine kâğıdın selülozu konması durumunda mürekkep yaşlanma eğrisinin modeldeki matematiksel eşitliğe uygun olduğunu Cantu 2012 yılında yayınladığı makalede göstermiştir. Kâğıda yayılarak selülozda çözünen fenoksietanolün selülozdaki çözünürlüğü ve kaynama noktası yüksek olduğu için uygun saklama koşullarında yukarıdaki denkleme uyarak kâğıttan tam olarak buharlaşıp uçması üzere 1 ile 2 yıl arasında değişmektedir (36, 38). Elde edilen eşitliğe uygun eğri Şekil 36’da gösterilmiştir. Bu yöntemde çözücünün yüzeydeki miktarı fazla olduğundan buharlaşmanın hızlı olduğu ilk evre hızlı kuruma olarak tanımlanmaktadır. Çözücünün yüzeydeki miktarı azaldığında ve

yüzeye doğru çıkışı veya geri diffüzyonu esnasında selüloz matrisi ile karşılaşması nedeniyle buharlaşma yavaşlar ve bu evre yavaş kuruma olarak adlandırılır (38).



Şekil 36. Yaşlanma Eğrisi (38).

2.6.3. Reçinelerin polimerleşip sertleşmesi

Moleküller arası uzaklıkların azalması, polimerleşme, çapraz bağların oluşması gibi pek çok oluşumu içinde barındıran reçinelerin katılaşma süreci, çözücülerini ve boyaları çapraz bağlar arasına hapsedmesi açısından önem arz eden bir olaydır. Reçinelerin polimerleşip sertleşmesi 8 ay ile 2 yıl arasında kararlı bir duruma gelmektedir (5, 37).

Mürekkebin yaşlanma süreçleri, mürekkep yaş tayini konusunda pek çok bilimsel çalışmaya temel dayanak olmuştur. Dolayısıyla son yıllarda bu konudaki çalışmalar hız kazanmıştır.

2.6.4. Mürekkep yapı ve yaş tayini ile ilgili yapılan çalışmaların dünden bugüne gelişimi

Adli Belge İnceleme Uzmanları belgeyi oluşturan mürekkep ve kâğıdı ileri metotlarla tetkik ederler. Belgeye zarar vermeden inceleme imkânı sunan optik

incelemeler, geleneksel metotların ilk akla gelenidir. Optik inceleme ile farklı formülasyona sahip mürekkepler ayırt edilirken, aynı formüle sahip ancak üretim reçeteleri farklı mürekkepler ayırt edilememektedir. Bu nedenlerle 1950'lerden sonra kromatografik yöntemler geliştirilmiştir. 1904 yılında Mitchell ve Hepworth tarafından mürekkep yaş tayini ile ilgili ilk çalışma "*Inks and Their Composition And Manufacture*" yayınlanmıştır (58).

Mitchell 1920 yılında "*Estimation of the Age of ink in Writing*" adlı yaşla ilgili başka bir çalışmasını *The Analyst* dergisinde yayınlamıştır (59).

Mitchell, Witte, Hess ve arkadaşları 1930 yılında dolma kalem mürekkebinin yapısındaki sülfat ve klorür iyonlarının göçünü baz alarak bağıl yaş analizi hesapladılar. Mitchell 1937 yılında zamanı bilinen standartla, sorgulanan mürekkebin mavi renginin kaybolmasını karşılaştırdı. Bu çalışma ile oksalik asit uyguladığı demir gallotanatlı taze mürekkepte mavi rengin yayıldığını ancak 3-4 yıllık belgelerde ise bu yayılmanın daha az ve yavaş olduğunu saptadı. Bu çalışmayla kâğıt belge üzerindeki dolma kalem mürekkebinin inceleyen ilk araştırmacı olmuştur (54, 60).

1950 yılında Linton Godawn sıvı mürekkeplerin incelenmesi için disk ya da İnce tabaka kromatografisi (TLC)'nin kullanılabileceğini American Society of Questioned Document Examined toplantısında ilk defa dile getiren araştırmacı oldu. 1952'de Somerford ve Souder kâğıt kromatografisi ile çalışarak sıvı mürekkeplerin kıyaslanması için mürekkep incelemesinde mikro miktarın yeterli olduğunu ve belgeye verilen zararın minimum olduğunu gösterdiler. 1959, 1960 ve 1963 yıllarında yaptığı araştırmada Mitchell'in tekniğini temel alan Kikuchi mavi ve siyah mürekkebin kâğıda uygulanmasından sonra hidroklorik asit damlatarak çözücülerin kâğıt üzerindeki dağılım sürelerini ölçerek; yeni mürekkeplerin eski mürekkeplere göre daha hızlı dağıldığını tespit etti. Çözücü ekstraksiyon tekniklerinin temelini bu çalışmada kullanılan teknik oluşturdu (61-63).

1960'lı yılların başında tükenmez kalemli imalat tarihini belirlemek için Werner Hoffman, Zürih Kanton Polis Laboratuvarında standart mürekkep referans koleksiyonunu kullandı. Sorgulanan mürekkebi, bilinen mürekkeple karşılaştırırken, ince tabaka kromatografisi, kâğıt kromatografisi, spektrofotometri ve belgeye zarar vermeyen testleri kullandı (37, 60).

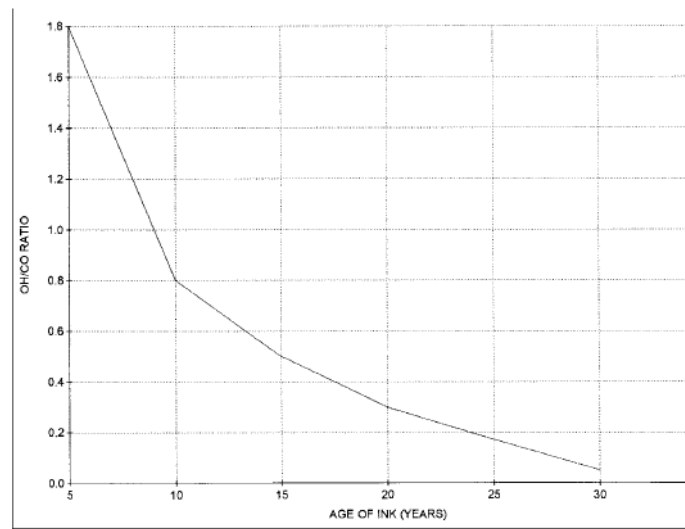
Crown ve arkadaşları 1961 yılında tükenmez kalemlerdeki farklı boyar maddelerin ayırt eden kimyasal spot testi, Witte 1963 yılında kâğıt üzerindeki mürekkebin analizi için direkt belgeden numune alma teknikleri geliştirdi. 1968 yılında Brunelle, Witte'nin çalışmalarını temel alarak belgeye büyük zarar vermediği için önem taşıyan benzer bir örnekleme tekniği geliştirdi. 1965 yılında Nakamura ve Shimoda tükenmez kalem mürekkeplerini TLC ile analizleyerek metil viyole ailesini ayırmayı başardılar(60).

1966 yılında ise Tholl mürekkep analizlerinde TLC'nin etkin bir ayırma yaptığını tespit etti (37, 60).

1975 yılında Brunelle ve Cantu mürekkep etiketleme programını geliştirerek üreticinin üretim yılını tespit edip şüpheli belgedeki yazıların zamanı hakkında fikir yürütebilmeyi amaçladılar. Bu çalışma statik yaklaşımın temellerini oluşturdu (37).

1982 yılında Stewart'ın mürekkep kâğıda uygulandıktan sonra zamanla organik çözücülerinin azaldığını Gas Chromatography – Flame Ionization Detector (GC-FID) kullanarak tespit etti. Mürekkep formülünü TLC ile saptayıp, mürekkep kütüphanesi ile karşılaştırdı (37, 64).

Humecki (Şekil 37) 1985 yılında mürekkep çözücülerinin –OH, -CH ve –CO(karbonil grubu) bandlarındaki değişimleri Fourier Dönüşümlü Infrared Spektrofotometre (FTIR) ile inceleyerek, -OH/-CO oranında zamanla azalma olduğunu tespit etti. 0-22 yıla kadar olan belgelerde çalıştı (37, 54).

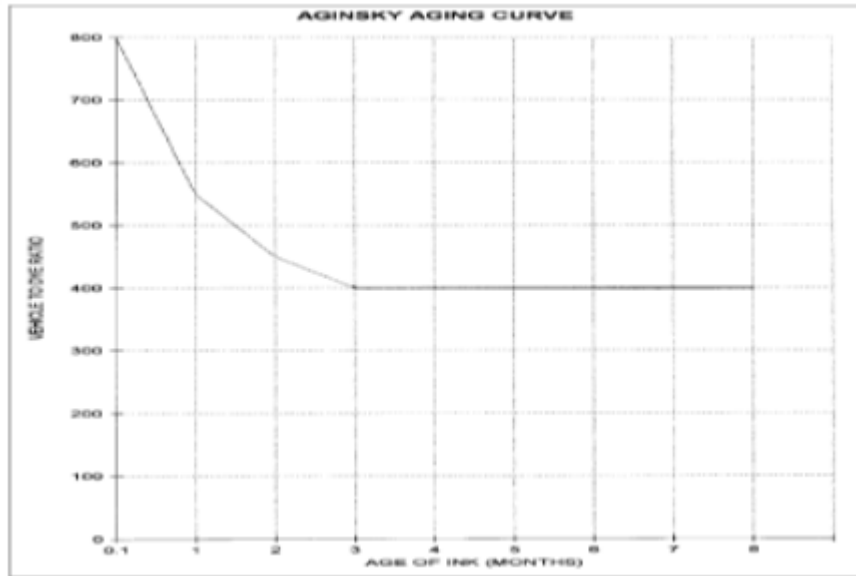


Şekil 37. Humecki'nin yaş eğrisi (54)

1988 yılında Cantu yapay yaşlandırma modelini ortaya koyarak, mürekkebin doğal yaşlandırmadaki değişimlerin öngörülebileceğini savundu (65).

Isaacs ve Clayton 1990 yılında aynı kalem ile farklı aylarda çizdikleri numuneleri polar çözücülerle ekstrakte edip, diode array UV/görünür spektrometreyle analizleyip ekstraksiyon eğrileri çizdiler. 2-3 gün aralıklarla oluşturulan örneklerden toplam 4 aylık bir arşiv hazırlayarak HPLC cihazında analizlerini yaptılar. Çalışmayla taze mürekkep örneklerinin eski mürekkep örnekleriyle karşılaştırıldığında tamamıyla ekstrakte edilebilir olduğu tespit edilirken yaşlanma ile ilgili anlamlı bir sonuç bulunamadı (37).

Aginsky (Şekil 38) gaz kromatografi ve kütle spektrofotometri yöntemlerini birlikte kullanarak yaşa bağlı mürekkebin uçucu ve boya bileşenlerinin oranlamasını birer değişken olabileceğini ve bu değişkenin zaman bağımlı olabileceğini tespit etti. GC ile kâğıt üzerindeki mürekkebin yaşlanma sürecinde uçucu bileşenlerin ekstraksiyonları incelediğinde bunun da zamanla değişebileceğini gösterdi. Aginsky mürekkepte bulunan reçineleri, diğer uçucu olmayan renksiz bileşenlerdeki değişimleri ince-tabaka kromatografisi ile tespitini kapsayan bir metotla analize etti (66).



Şekil 38. Aginsky'nin yaş eğrisi (66)

Brunelle 1995 yılında, biri oda koşullarında diğeri ise ısıtılarak yapay yaşlandırılmış iki örneği ince tabakada analizleyerek sonuçları karşılaştırdı (67).

2000 yılında katı faz mikroekstraksiyonu kullanarak kâğıt üzerinden tükenmez kalem mürekkebinin uçucu miktar tayinini Brazeau ve Gaudreau GC'de gerçekleştirdiler. 2002'de ise uçucu kaybı oran metodunu ortaya koyarak yaklaşık mürekkep yaşını tespit edebilmeyi amaçladılar (37, 68).

2004 yılında Lociciro ve ark. mürekkebi kâğıt üzerinden solvent yardımıyla ekstrakte ederek GC'de analizini yaptılar. Uçucu bileşenlerin, mürekkebin yapısındaki başka stabil bir bileşenin miktarıyla karşılaştırılmasının mürekkep yaş tayini açısından anlamsız olduğu sonucuna vardılar (37, 69).

Kirsch ve arkadaşları 2005 ve 2006 yıllarında electrospray sequential ionization–mass spectrometry (ESI-MS) ve Matriks assisted laser desorption ionization (MALDI) sistemleri ile reçinelerin miktarını ve türünü inceledi. Geliştirilen bu metot ile mürekkep üretim tarihlerinin tespitinin mümkün olduğunu ve de mürekkep yaşlanma ürünlerinin de tespit edildiğini belirttiler (37).

2007 yılında Weyermann ve ark. fenoksietanolün kâğıt yüzeyinden buharlaşmasının zamanla ilişkisini açıklamak için fenoksietanol, etoksietanol, dipropilen glikol ve fenoksietoksietanolü 1.5 yıllık belgelerde GC-MS ile analizlediler. Temel çözücüler dışındaki diğer az miktardaki çözücülerin mürekkebin kâğıda uygulanmasından sonra hızlı bir şekilde buharlaştığı, 10 gün içinde etoksietanol miktarındaki azalmanın durduğu, 2 hafta içinde dipropilen glikol, fenoksietanol, fenoksietoksietanolün miktarlarında hızlı bir düşüş olduğunu ve fenoksietanol, etoksietanol ile dipropilen glikolün temas halinde saklanan kâğıtlarda mürekkebin bulunduğu kâğıttan alt veya üstteki kâğıda diffüzlenererek göç ettiğini tespit etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada bağıl pik alanı - zaman eğrisi kullanıldığında 562 günlük belgelerde fenoksietanolü saptayabildiklerini ve analizledikleri numunelerin %90'dan fazlasında fenoksietanole rastladıklarını belirttiler. Belgedeki mürekkebin yaşlanmasının belgenin saklama koşullarına mürekkep ve kâğıdın çeşidine bağlı olduğunu bildirdiler. Elde ettikleri sonuçları değerlendirdiklerinde kesin tarihlenmenin mümkün olmadığını ancak yaş dilimlerinin belirlenebileceğini, yeni oluşturulmuş, eski veya daha eski belge mürekkeplerinin kıyaslanabileceğini bildirdiler (37, 39).

Cantu'nun 2017 yılında yayınladığı makalede; yazılı belgelerdeki fenoksietanolü GC-MS sistemleri ile analiz etmiş, düşüş beklenen durumlarda düşüş olmadığı; şaşırtıcı bir şekilde yükselme ya da farklı zamanlarda oluşturulmuş belgelerde aynı değerlerde fenoksietanol tespit ettiğini bildirmiştir. Cantu aynı kalem kullanılarak ve aynı özellikteki kâğıttaki farklı yaştaki mürekkeplerdeki fenoksietanol miktarlarındaki beklenmeyen bu davranışa neden olabilecek durumları; bazı ekstraksiyonların tam olmasına, bası farkına, kâğıdın yeterince homojen olmaması durumuna, mürekkep çözücülerin kâğıda geçme durumuna, yazılı belgelerin depolama ve çevre koşullarına bağlı olabileceğini bildirmiştir (37, 40).

2.7. Belge İnceleme Biriminin Ekipmanları

Adli belge incelemecisi şüpheli belgeyi incelerken inceleme konusuna göre pek çok ekipmandan faydalanabilmektedir. Temel aletlerden komplike cihazlara kadar değişen yelpazede cihazlar belge incelemede kullanılmaktadır.

2.7.1. Gözle muayene

İncelemenin ilk aşamasında yapılan gözle muayene, belge inceleme uzmanının kullandığı en temel ekipmandır (46, 70).

2.7.2. Büyüteç

Belgenin dört katı büyüklüğünü elde etmek, birçok belge incelemesinde gerekir. Bu iş için en iyi ekipman büyüteçtir (46).

2.7.3. Fotokopi makinası

İleri ki bir tarihte benzerlikleri tanımlamak ve referans olması için kanıtlar çoğaltılabilmektedir (70). Ancak günümüzde kamera sistemlerindeki gelişim ve dijital depolama aygıtlarındaki kapasite oranlarının büyüklüğü, dolayısıyla dijital

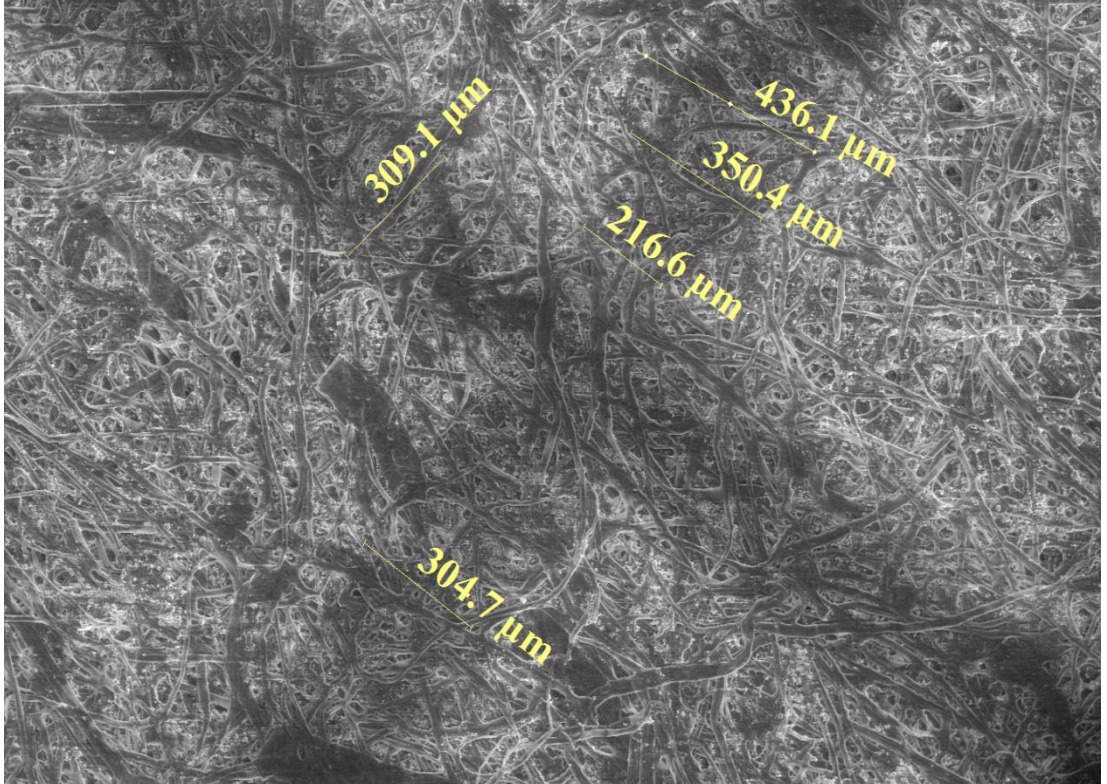
kopyalama olanağının artması nedeniyle fotokopi makinalarıyla belge çoğaltma işlemi eski önemini yitirmiştir.

2.7.4. Kamera

Kullanışlı ve küçük olmaları, mikroskop ve bilgisayar sistemlerine bağlantı kurabilmesiyle belge incelemesinde oldukça faydalıdır (70).

2.7.5. Mikroskopla muayene

İki çeşit mikroskop vardır. Stereo mikroskop ile üç boyutlu büyüklük elde edilir böylece silintiler, değişiklikler ve diğer problemler gerekli büyütme ile araştırılabilir. Karşılaştırmalı mikroskop ise inceleme konusu belge ile karşılaştırma konusu belge arasında mukayese yapmaya yardımcı olur (1, 70, 71).



Şekil 39. Siyah tükenmez kalem ile boş beyaz kâğıda çizilen kesişen iki çizginin Elektron Mikroskopu ile büyütüldüğündeki görüntüsü

2.7.6. ESDA (Electrostatic Detection Apparatus)

Belgelerdeki izlenimleri transparan olarak xerografi prensiplerine göre meydana getirir. ESDA makinasının gözenekli vakum yatağına dokümanı yerleştirirken doküman temiz bir polimer film ile kaplanır. Yüksek voltaj esnasında doküman üzerinde iyonlaşma oluşur. Negatif elektrik polimer film üzerinde pozitif elektrik ise vakum yatağında oluşur. Negatif elektrik ile beraber toner belgenin üzerine doğru hareketlenir. Belgenin şeklini alana kadar o bölgede konsantre olmaya devam eder. Bu arada belgeye hiç zarar vermez. Diğer tüm tekniklerin başarısız olduğu durumlarda tecrübeli bir kullanıcı ile ESDA çok başarılı sonuçlar verebilmektedir (26, 71).

2.7.7. Video spectral comparator (VSC)

İncelenen belgeyi büyüten ve bulguları görmeye olanak veren, renkli mürekkeplerdeki farklılıkları göstermede ayrıca da rutin el yazısı incelemelerinde kullanılan çok önemli ve çok yönlü bir ekipmandır (70).

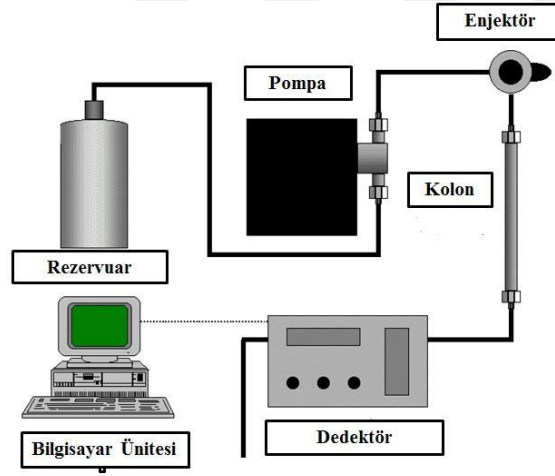
2.7.8. Yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC)

Kromatografi, bir karışımın bileşenlerini, bunlara seçimsel ilgi gösteren iki ya da daha çok evreden sistemler arasında farklı göçlerine bakarak tanımak, gerektiğinde niceliklerini belirlemek amacıyla yapılan ve ayırma işlemine dayanan analitik yöntemdir. Günümüzde son derece duyarlı ve etkin bir ayırma yöntemi olarak kabul edilmektedir. Kimyasal ve fiziksel özellikleri birbirine çok yakın olan bileşiklerden oluşan karışımları damıtma ve ayırmsal kristallendirme ile birbirinden ayırmak zor olabilir. Bu tür maddeler için çeşitli kromatografi yöntemleri kullanılarak başarılı ayrımlar yapılabilir. Kromatografi, bir karışımın gözenekli bir ortamda, hareketli bir çözücü etkisiyle, karışım bileşenlerinin farklı hareketleri sonucu birbirinden ayrılması olgusuna dayanır. Hareket eden faza hareketli faz, bahsedilen gözenekli ortama ise adsorban veya sabit faz denir (72).

Yüksek performanslı sıvı kromatografisi kısaca HPLC (High Performance Liquid Chromatography), bir karışımdaki her bir bileşeni ayırmak, tanımlamak ve nicelleştirmek için analitik kimya da kullanılan bir tekniktir (73).

Yüksek performans; yüksek ayrımı ifade etmektedir (74). HPLC analitik ayırma teknikleri arasında, en yaygın olarak kullanılan tekniktir. Doğruluk dereceleri yüksek sonuçlar vermesi, kolaylıkla uyarlanabilir oluşu, pek çok bilim dalını ve toplumu ilgilendiren alanlarda yaygın kullanılabilir oluşu sistemin bütün analitik ayırma metodları arasında en çok tercih edilen yöntem olmasını sağlamaktadır (75).

Tipik bir HPLC sistemi şematik olarak Şekil 40'da gösterilmektedir. Sistem pompa, enjektör, kolon, detektör ve verilerin işlendiği bir bilgisayardan oluşmaktadır.



Şekil 40. HPLC cihazının şematik gösterimi (www.lcreources.com)

2.7.9. Gaz kromatografisi – kütle spektrometrisi (GC-MS)

2.7.9.1. Gaz kromatografisi

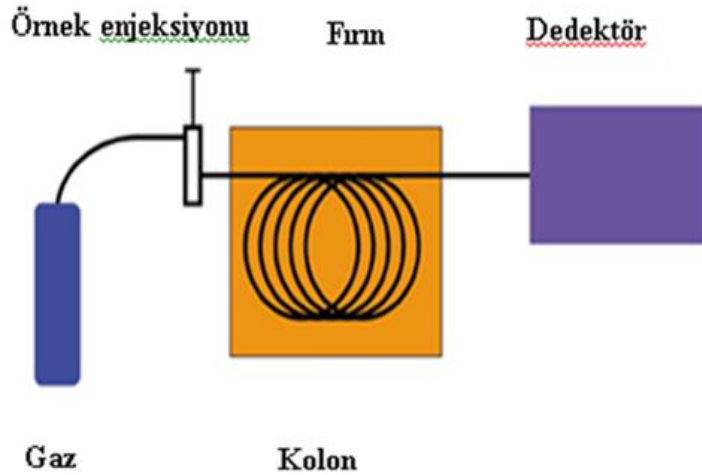
Uçucu olan ya da uçucu hale getirilebilen organik maddelerin analizinde analitik kimya da kullanılan kromatografinin yaygın bir türüdür. Genellikle farklı bileşenlerden oluşan maddeyi ayırmak, ayrılan bileşenlerin görece miktarlarını tayin etmek ve belirli bir maddenin saflığını test etmek amacıyla kullanılır (76, 77).

Taşıyıcı faz olarak genellikle helyum veya azot gibi inert gazlar kullanılır. Yanıcı olmaması ve de çok sayıda detektörle çalışabilmesi nedeniyle helyum en çok tercih edilen taşıyıcı gazdır (78).

Cihazın sabit fazı ise kolon diye adlandırılan metal hortum gibi bir katı destek üzerinde sıvı veya polimer bir mikroskopik tabakadadır. Sabit faz ile kaplı olan kolon duvarları ile analizi yapılan gaz bileşenler etkileşime girerler. Bu etkileşim her bileşiğin farklı zamanlarda tutulmasına sebep olur (76).

Gaz kromatografisinde analiz edilecek madde, enjektör yardımıyla cihazın kolon girişinde bulunan enjeksiyon bölümüne verilir. Karışım ısıtılmış durumdaki bu kısımda buharlaşır ve taşıyıcı gaz yardımıyla kolona girer. Kolonda olan her bileşik sabit fazdan taşıyıcı faza ve taşıyıcı fazdan sabit faza farklı hızlarda hareket ederler ve böylelikle birbirlerinden ayrılarak farklı zamanlarda kolondan çıkarlar. Kolonun sonuna uygun bir dedektör konularak saptanan miktarlarına göre kaydedilirler (74).

Sistem temel olarak numune enjeksiyon bölgesi, kolon fırını, ayırma kolonu, dedektör ve bilgisayar bölümlerinden oluşur (77).



Şekil 41. GC-MS cihazının şematik gösterimi (79)

Taşıyıcı gaz: Mobil faz olarak kullanılır ve maddeleri sürükler. Helyum, azot ve argon gibi inert gazlar mobil faz olarak kullanılır. Helyum yanıcı olmaması ve çok sayıda detektörle çalışabilmesi nedeniyle sıklıkla tercih edilen taşıyıcı gazdır. Analiz edilen madde ve sabit fazla reaksiyona girmeyen, gaz difüzyonunu en düşük

düzyeyde tutabilen, saf, kolay bulunabilen ve ucuz olan bir taşıyıcı gaz istenen özelihte bir taşıyıcı gaz olarak değeriendirilir (78).

Enjeksiyon bölümü: Manuel veya oto örnekleyci ile örneğ, bir enjektör kullanılarak, yüksek sıcaklıkta tutulan bu bölüme verilir. İncelenecek numune, kolona taşıyıcı gaz akışı ile geğer (77).

Kolon: Cam veya metal boru gibi sabit katı bir desteğın iç çeperine kaplanmış özel bir polimerden oluşun yapıya kolon adı verilir. Ayırma işleminin gerçekteştiğı yerdir. Dolgu ve kapiler kolon olmak üzere iki tip kolon gaz kromatografisinde kullanılmaktadır (74, 77).

Dedektör: Gaz kromatografisinde farklı dedektörler kullanılabilir.

- Termal iletkenlik dedektörü (Thermal conductivity detector, TCD)
- Elektron yakalama dedektörü (Electron capture dedector, ECD)
- Alev iyonlaşma dedektörü (Flame ionization detector, FID)
- Kütle seçici detector (Mass selective detector, MSD) (74).

Bizim çalışmamızda Kütle seçici detector (Mass selective detector) kullanılmıştır.

2.7.9.2. Kütle spektrometrisi

Gaz kromatograf ile birlikte detektör olarak kullanılabilen özel olarak üretilmiş sistemlerdir. Kütle spektrometrisi, kimyasal türleri iyonize edip oluşun iyonları kütle/yük (m/z) oranını baz alarak sıralayan bir analitik tekniktir. Kütle spektrumu bir numunenin içindeki kütleleri ölçer ve bunları kütle/yük oranlarına göre ayırır. Elde edilen spektrum maddenin teşhis ve tayinini sağlar. Kütle spektrometrisi bir çok farklı alanda kullanılır ve kompleks karışımlara uygulandığı kadar saf numunelere de uygulanır (77, 80).

Bir kütle spektrumu, kütle/yük oranının bir fonsiyonu olan iyon sinyallerinin grafiğidir (38). Basit sayılabilecek bileşiklerin spektrumlarında bile, farklı yükseklikte ve çok sayıda pikler görülebilir. Piklerin sayısı; bileşiğın yapısına, iyonlaşma potansiyeline ve kullanılan cihazın yapısına göre görülen pik sayısında değışir (77).

Bir numunenin elementsel veya izotopik imzaları, parçacıkların ve moleküllerin kütlelerini belirlemek ve moleküllerin kimyasal yapılarını ortaya çıkarmak için kütle spektrometri ile tespit edilen spektrumlar kullanılır (80).

Tipik bir Kütle Spektrometri prosedüründe, katı, sıvı veya gaz olabilecek bir numune iyonlaştırılır, bu işlem numuneye elektron bombardımanı ile yapılabilir. Bu işlem bazı numune moleküllerinin yüklü parçalara ayrılmasına sebebiyet verir. Sonrasında bu iyonlar kütle/yük oranına göre birbirinden ayrılırlar, bu ayrılma genellikle onları hızlandırıp bir elektrik veya manyetik alana maruz bırakarak başılır. Aynı kütle/yük oranına sahip iyonlar aynı sapma hareketlerini yaşar. İyonlar elektron çoklayıcısı gibi yüklü parçacıkları tanımlayabilen bir mekanizma tarafından tespit edilir. Sonuçlar kütle/yük oranının bir fonksiyonu olan, belirlenen iyonların bağıl çokluğu spektrumlar halinde görüntülenir. Numunedeki atomlar veya moleküller bilinen kütlelerin cihaz tarafından tanımlanmış kütleler veya karakteristik bir parçalanma örneği ile bağdaştırılması ile tespit edilebilir (78, 80).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu tez çalışması, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Tıp Fakültesi Adli Tıp Anabilim Dalı'nda ve Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Analitik Kimya Laboratuvarında 2018 yılında gerçekleştirildi.

Araştırma sürecince her ay aynı özellikteki kâğıtlara, aynı kişi tarafından, aynı marka seçilmiş mavi, kırmızı, siyah renkteki tükenmez kalemler ile aynı yazılar yazılıp, ıslak imzalar atıldı, aynı koşullarda doğal yaşlandırmaya bırakıldı, sonrasında örneklerde mürekkep yapısında uçucu olarak bulunan fenoksietanol GC-MS sistemleri ile incelenerek analiz edildi.

Çalışmamız, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi İnsan Araştırmaları Etik Kurulunun 17.09.2018 tarih ve 399 protokol nolu toplantı karar onayı ile yapılmıştır.

3.1. Kullanılan Kimyasal Maddeler ve Cihazlar

Çalışma boyunca analitik saflıkta fenoksietanol (Fluka) ve metanol (Merck) kullanılmıştır. Ayrıca örneklerin hazırlanması basamağında BioSan MPS-1 marka vorteks karıştırıcı (Şekil 42) ve kromatografik analiz basamağında ise GC-MS cihazı (Şekil 43) kullanılmıştır. GC-MS sistemi ile ilgili özellikler ve çalışma koşulları Tablo 1.'de gösterilmiştir.



Şekil 42. Çalışmamızda kullanılan Vorteks Karıştırıcı



Şekil 43. Çalışmamızda kullanılan GC-MS cihazı

Tablo 1. GC-MS sistemi ile ilgili özellikler

Sistem parametreleri	Sistem model ve özellikleri
GC-MS sistemi	Thermo-Finnigan MAT 4500
Kolon	ZB-5 MS, 30 m uzunluk, 0,25 mm iç çap, 0,25 µm film kalınlığı
GC Sıcaklık Programı	50 °C (6 dk), 10 °C/dak, 300 °C (5 dk)
Enjektör bloğu sıcaklığı	230 °C
Transfer hattı sıcaklığı	300 °C
İyon kaynağı sıcaklığı	230 °C
Tarama modu ve kütle aralığı	Tam tarama, 50-650 m/z
İyonlaşma modu	Elektron çarpması (EI)
İyonlaşma voltajı ve akımı	70 eV ve 350 µA
Taşıyıcı gaz ve akış hızı	Helyum, 1 mL/dk
Yazılım	Xcalibur 3.0
Enjeksiyon modu ve hacmi	Bölünmesiz (splitless), 1 µL

1 µL'lik enjeksiyon hacimli, enjektör bloğu ve iyon kaynağı sıcaklığı 230 °C olan, taşıyıcı gaz olarak helyum seçilen, 30 m uzunluk, 0,25 mm iç çap, 0,25 µm film kalınlığı olan kolon kullanılarak, 50-650 m/z aralığındaki maddeleri tarayabilen, elektron çarpması iyonlaşma modunun kullanıldığı, 70 eV ve 350 µA İyonlaşma voltajı ve akımı özelliklerine sahip Thermo-Finnigan MAT 4500 marka ve modeldeki GC- MS sistemi ile çalışılmıştır. GC sıcaklık programı ise analizin ilk 6 dakikasında 50 °C, sonrasında devam eden her dakikada sıcaklık 10 °C artarak 300 °C'ye ulaşan

ve devamında 5 dakika 300 °C’de kalan ve de toplan 36 dakika süren bir sıcaklık programı kullanılmıştır.

3.2. Kalem ve Kâğıt Numuneleri

Kâğıt belge olarak piyasadan temin edilen Mopak Rekort Laser marka (A₄/80gr/m² 210x297 mm) kâğıtlar kullanılmıştır. Araştırmada mavi, kırmızı ve siyah renkte 3 adet tükenmez kullanılmıştır.

Bu kalemler;

1425 Faber Castell (Mavi)

1425 Faber Castell (Kırmızı)

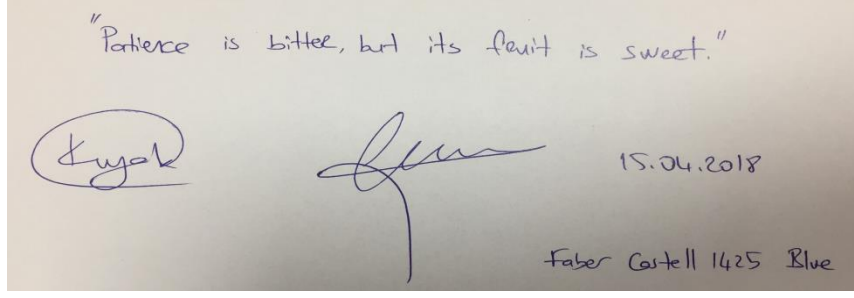
1425 Faber Castell (Siyah)

3.3. Arşiv oluşturma

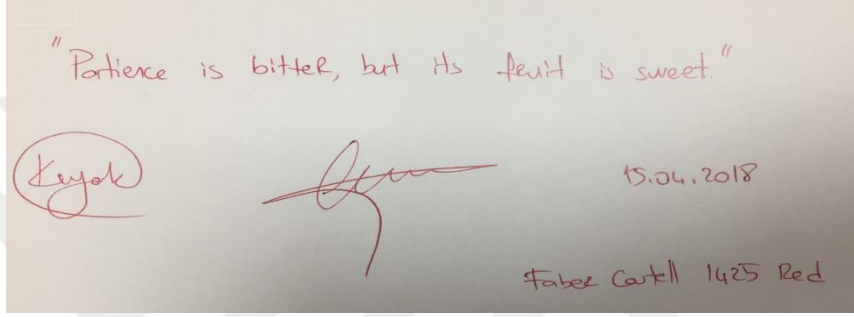
Araştırma sürecince her ay aynı özellikteki kâğıtlara, bası farkını ortadan kaldırmak için aynı kişi tarafından, üç farklı renkteki kalemler ile aynı yazılar yazılıp, o günün tarihi ile imzalar atılarak aynı koşullarda doğal yaşlandırmaya bırakıldı.

Oda sıcaklığında, ışık almayan karton kutu içerisinde, her ay oluşturulan yazılı kâğıt belge bir önceki yazılı kâğıt belgenin üzerine konularak belgeler doğal yaşlanmaya bırakıldı.

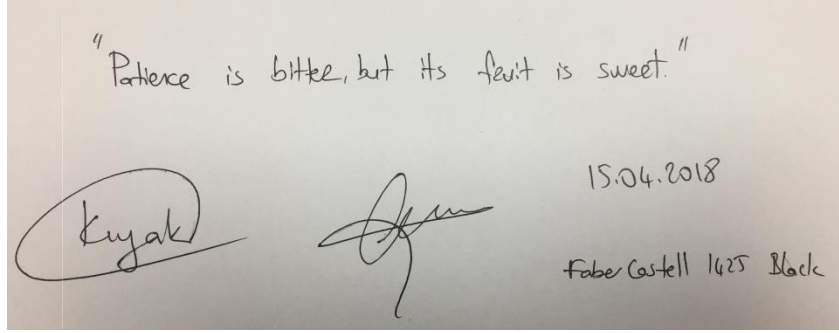
Altı ay sonra, en yaşlısı (15.04.2018 tarihli) 6 aylık, en yenisi (16.10.2018) 1 günlük toplam 21 adet kâğıt belgelerdeki ıslak imzalardan örnekler alındı ve Fenoksietanol’ün GC/MS ile analiz edilmesi sonucu belgeler arasında yazım zamanının sıralaması yapılmaya çalışıldı. 15.04.2018 tarihli ilk belgelerdeki yazı ve imzalar şekil 44-46’te gösterilmiştir.



Şekil 44. Çalışmamızda kullanılan mavi mürekkepli kalem ile oluşturulan kâğıt belge örneği



Şekil 45. Çalışmamızda kullanılan kırmızı mürekkepli kalem ile oluşturulan kâğıt belge örneği

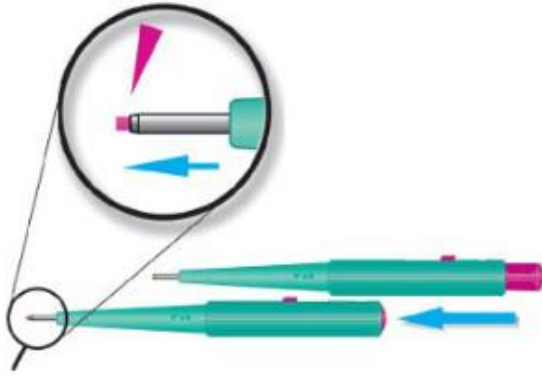


Şekil 46. Çalışmamızda kullanılan siyah mürekkepli kalem ile oluşturulan kâğıt belge örneği

3.4. Kâğıt Belgelerin Analiz İçin Hazırlanması

Kâğıt belgelerdeki doğal yaşlandırılmış ıslak imza örneklerinden punch (şekil 47) yardımı ile ilk 0-4 aylık belgelerden 2 tane 3 mm'lik, 5-6 aylık belgelerden 3 tane 3 mm'lik kesit alındı. 5-6 aylık belgelerden 3 adet 3mm'lik numune alınmasının

sebebi, GC-MS cihazının algılama sınırının altına düşülmesinden dolayıdır. Alınan kesit numuneler 2 mL'lik vial'e (şekil 48) konuldu. Ardından vial içerisine 20 µL metanol ilave edilerek 2500 rpm'de 5dk vorteks ile karıştırıldı. Bu karışımdan mikroenjektör (şekil 49.) yardımıyla alınan 1 µL'lik kısım GC-MS ile analiz edildi.



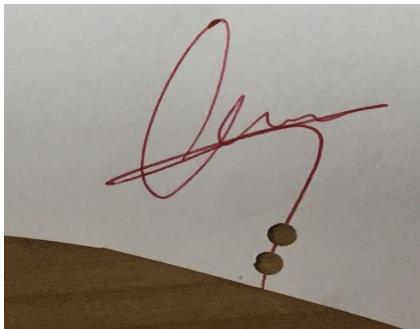
Şekil 47. Punch



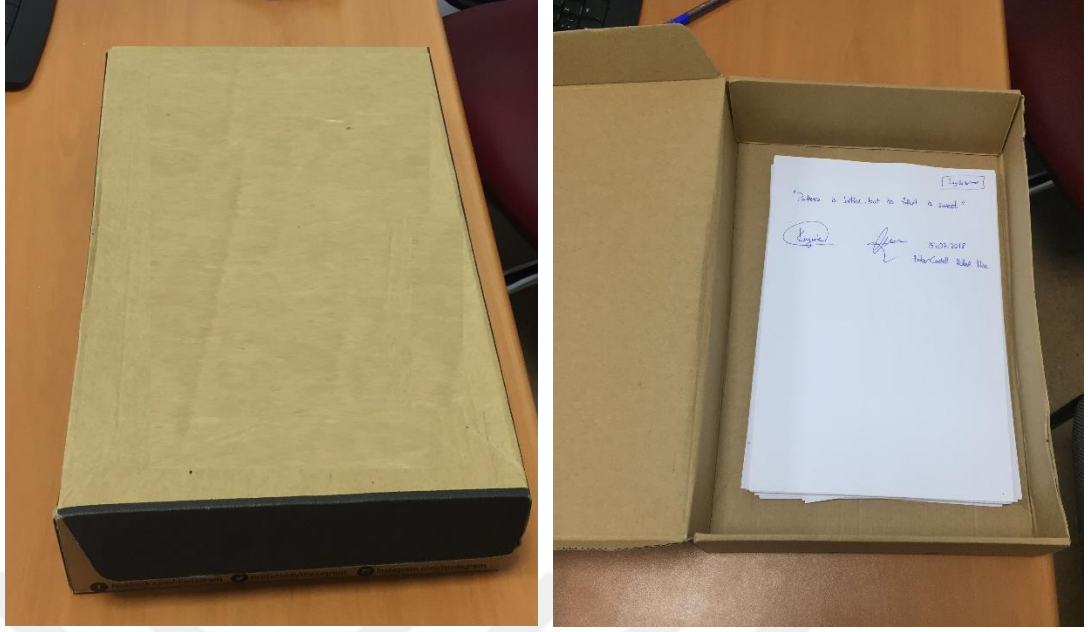
Şekil 48. Vial



Şekil 49. Mikroenjektör



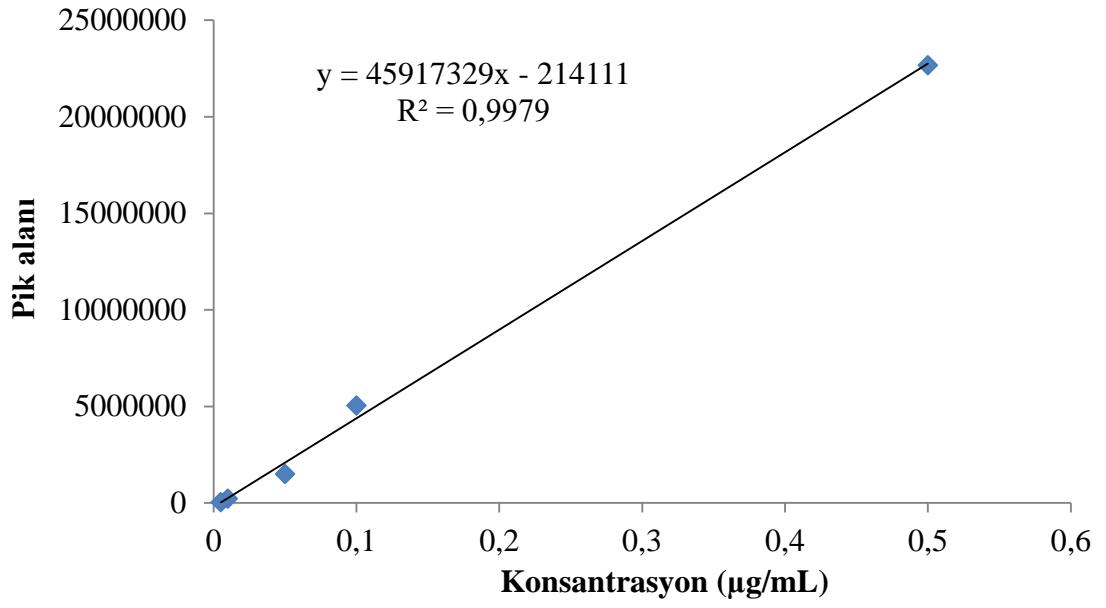
Şekil 50. Çalışmamızda kullanılan kırmızı, mavi ve siyah mürekkepli kalem ile 6 ay süresince oluşturulmuş belgelerden biri olan kırmızı mürekkepli kalem ile oluşturulmuş imza örneğinin, 2 adet 3mm'lik numune alınması sonrası görünümü.



Şekil 51. Yazılı kağıt belgelerin üst üste konularak saklandığı karton kutunun kapalı ve açık hali

3.5. Fenoksietanol Analizi İçin GC-MS Sisteminin Kalibrasyonu

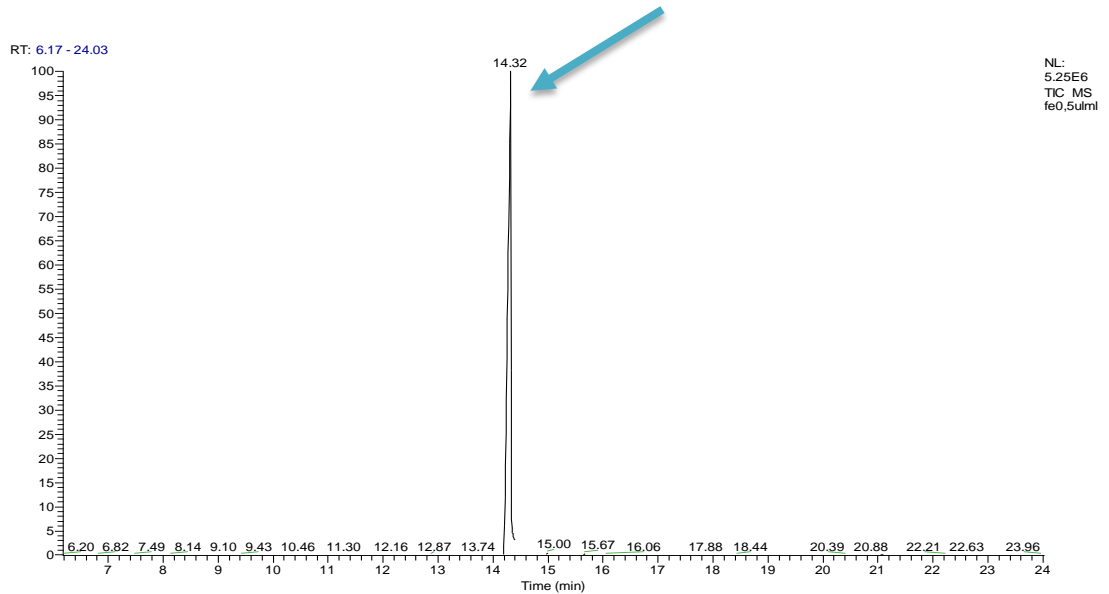
Fenoksietanol içeren stok çözeltinin ($10 \mu\text{g/mL}$) seyreltilmesiyle hazırlanan farklı konsantrasyonlardaki ($0,5 \mu\text{g/mL}$, $0,1 \mu\text{g/mL}$, $0,05 \mu\text{g/mL}$, $0,01 \mu\text{g/mL}$, $0,005 \mu\text{g/mL}$) çözeltiler GC-MS ile analiz edildi. Analiz sonuçlarından elde edilen fenoksietanole ait pik alanı değerleri konsantrasyonlara karşı grafiğe geçirilerek fenoksietanol için kalibrasyon grafiği oluşturuldu. Fenoksietanol için oluşturulan kalibrasyon grafiği şekil 52’de verilmiştir.



Şekil 52. Fenoksietanole ait Kalibrasyon Grafiği

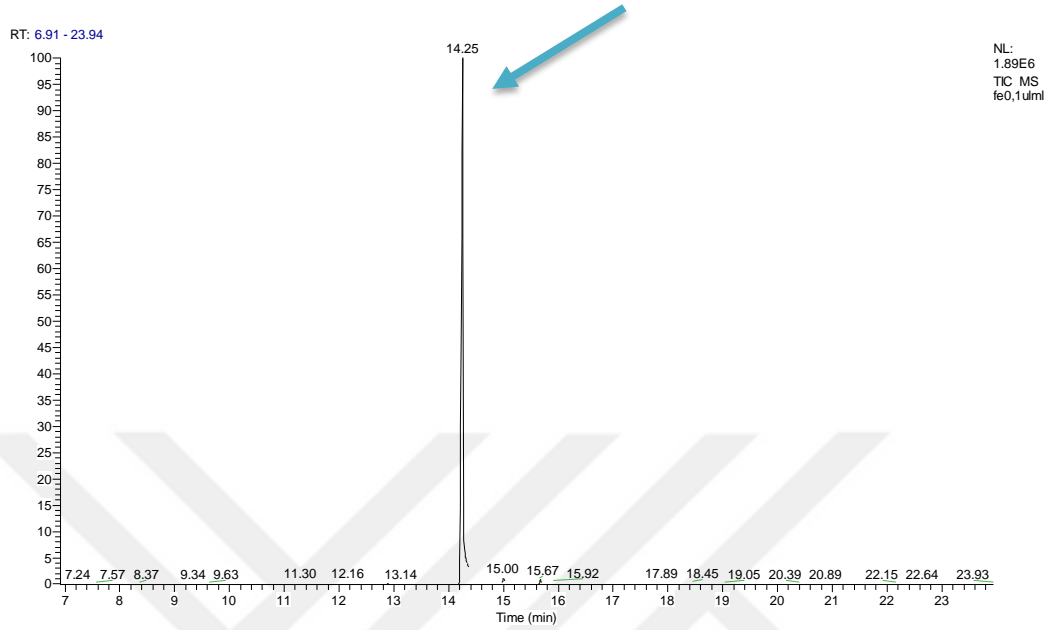
Kalibrasyon grafiğinin oluşturulmasında analizi yapılan farklı konsantrasyondaki fenoksietanol çözeltilerin analizinden elde edilen GC-MS kromatogramları sırasıyla şekil 53-57'de verilmiştir.

Şekil 53'te görüldüğü üzere yapılan analizde 14.32. dakikada fenoksietanolün miktarları ile uyumlu şekilde pik verdiği okla gösterilmiştir.



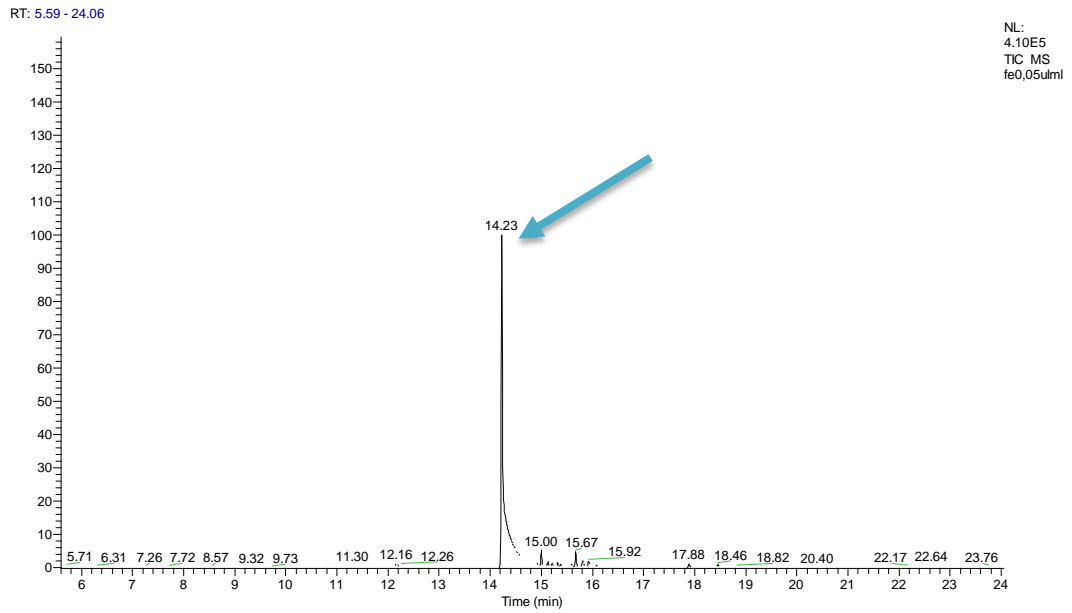
Şekil 53. 0,5 µg/mL konsantrasyonunda fenoksietanolün GC-MS kromatogramı

Şekil 54'de görüldüğü üzere yapılan analizde 14.25. dakikada fenoksietanolün miktarı ile uyumlu şekilde pik verdiği okla gösterilmiştir.



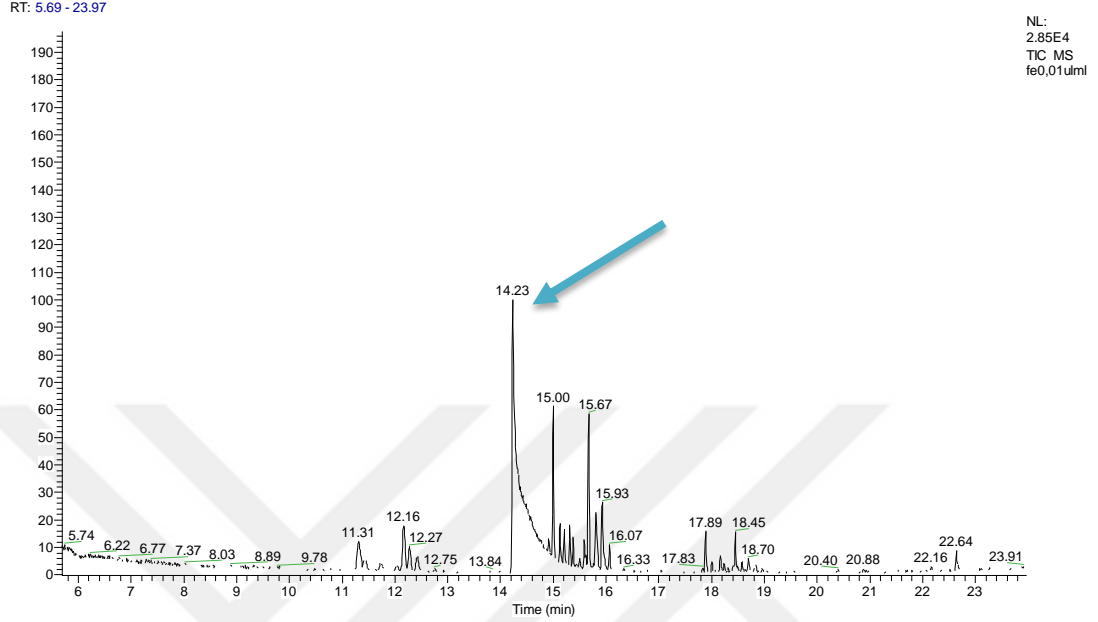
Şekil 54. 0,1 µg/mL fenoksietanolün kalibrasyon kromotogramı

Şekil 55'te görüldüğü üzere yapılan analizde 14.23 dakikada fenoksietanolün miktarı ile uyumlu şekilde pik verdiği okla gösterilmiştir.



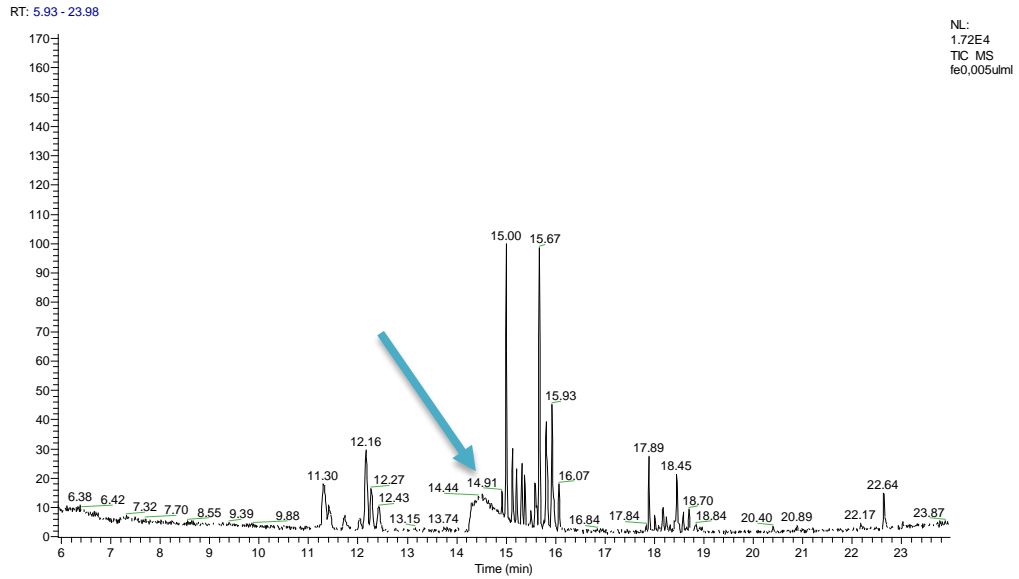
Şekil 55. 0,05 µg/mL fenoksietanolün kalibrasyon kromotogramı

Şekil 56'da görüldüğü üzere yapılan analizde 14.23. dakikada fenoksietanolün miktarı ile uyumlu şekilde pik verdiği okla gösterilmiştir.

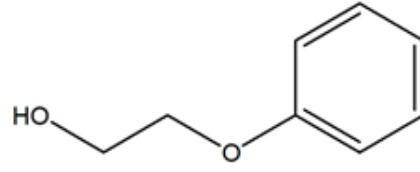


Şekil 56. 0,01 µg/mL fenoksietanolün kalibrasyon kromotogramı

Şekil 57'de görüldüğü üzere yapılan analizde 14.91. dakikada fenoksietanolün miktarları ile uyumlu şekilde pik verdiği okla gösterilmiştir.

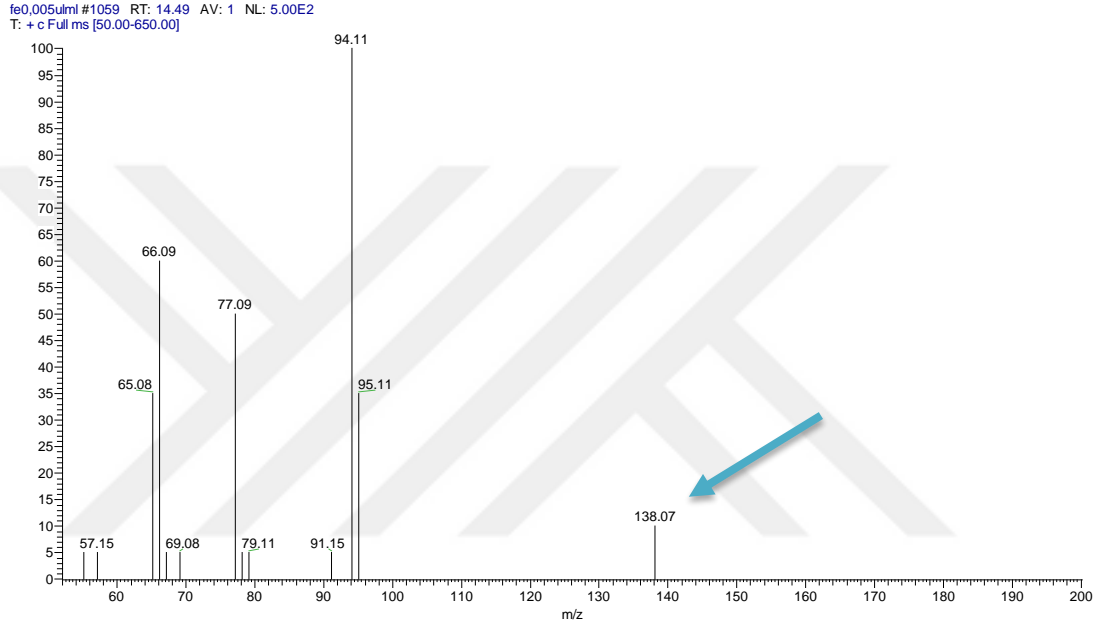


Şekil 57. 0,005 µg/mL fenoksietanolün kalibrasyon kromotogramı



M = 138 g/mol

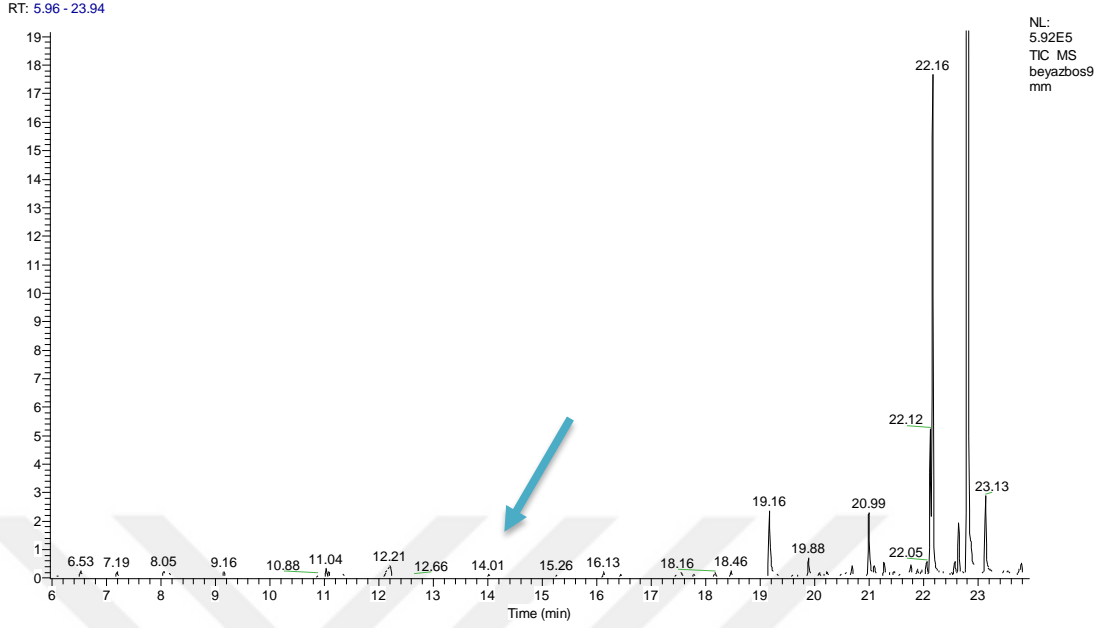
Şekil 58. Fenoksietanolün kimyasal yapısı



Şekil 59. Fenoksietanol için elde edilen kütle spektrumu

3.6. Boş Kâğıt Belgeden Alınan Numunenin GC-MS Sisteminde Analizi

Boş bir kâğıttan (üzerinde herhangi bir yazı yazılmayan A4 kâğıdından) örnek alınarak ve uygun şekilde hazırlanarak GC/MS cihazına verildi. GC-MS cihazına verilen örnekte fenoksietanolü içeren mürekkep yazısı ya da boş kâğıt belgede kirlilik veya kontaminasyon olsaydı kromatogramda 138.1 molekül ağırlığına uyan ve 14-15. dakikada görülen bir pik elde edilebilirdi; ancak boş kâğıttan alınan örnek olması sebebiyle 14-15. dakikada görülebilecek herhangi bir pik (Şekil 60) elde edilmedi (okla gösterilmiştir), yani boş kâğıt belgeden kaynaklanan bir kontaminasyon olmadığı da anlaşıldı. Şekil 60'da 19, 20 ve 22. dakikalara görülen pikler fenoksietanol ile alakalı olmayan piklerdir.



Şekil 60. Boş kâğıt belgeden alınan numuneye ait kromotogram

3.7. Fenoksietanol İçin GC-MS Sisteminin Tayin Limiti (LOD) ve Belirleme Limiti (LOQ)

Kromotogramlarda y ekseninin hemen üzerinde düzensiz şekilde devamlılık arz eden ancak pik oluşturmayan çizgiler gürültü olarak nitelenebilen değerlerdir. LOD değerini hesaplariken bu gürültünün 3 katı değeri sistemin tayin edebildiğinden, LOQ değerini hesaplariken ise bu gürültünün 10 katı değerini sistemin belirleyebildiğinden yola çıkılarak hesaplama yapılmıştır.

Fenoksietanol için sinyal/gürültü (S/N) oranı 3 alınarak, GC-MS sisteminin tayin limiti (LOD) hesaplanmıştır. LOD değerinin hesaplanmasında, konsantrasyonu 0,01 µg/mL olan standart fenoksietanol çözeltisinin analizinden elde edilen sinyal/gürültü (S/N) oranları kullanılmıştır. Konsantrasyonu 0,01 µg/mL olan standart fenoksietanol çözeltisinin seçilmesinin sebebi literatürde genellikle en alt değere yakın değerlerden birisinin seçilerek hesaplanma yapılmasındandır.

Örneğin, standart fenoksietanol çözeltisinin (0,01 µg/mL) yapılan analizinden, S/N oranı 105 bulunmuştur.

Fenoksietanol için LOD değeri, fenoksietanol konsantrasyonunun 3 ile çarpılıp S/N değerine bölünmesiyle hesaplanmıştır.

$$\text{LOD} = 0,01 \mu\text{g/mL} \times 3/105 = 0,00029 \mu\text{g/mL}$$

Fenoksietanol için sinyal/gürültü (S/N) oranı 10 alınarak, GC-MS sisteminin belirleme limiti (LOQ) hesaplanmıştır.

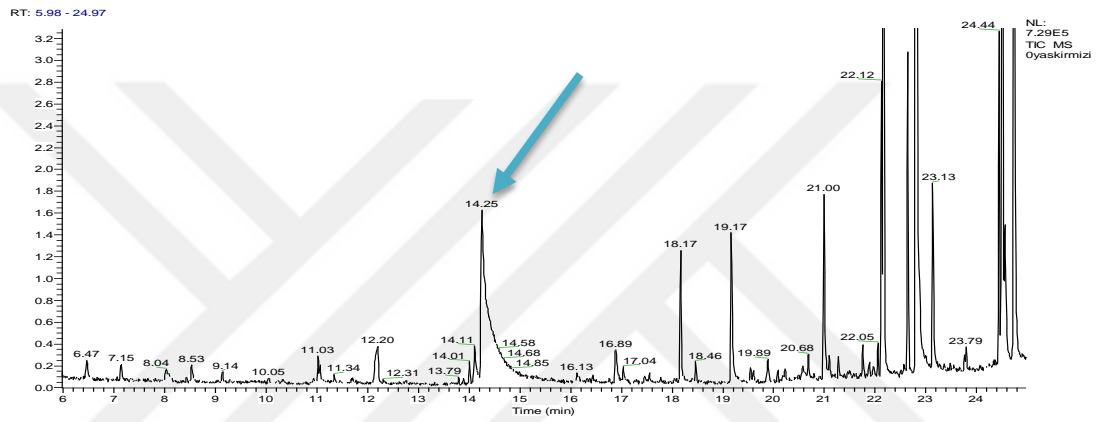
$$\text{LOQ} = 0,01 \mu\text{g/mL} \times 10/105 = 0,00095 \mu\text{g/mL}$$



4. BULGULAR

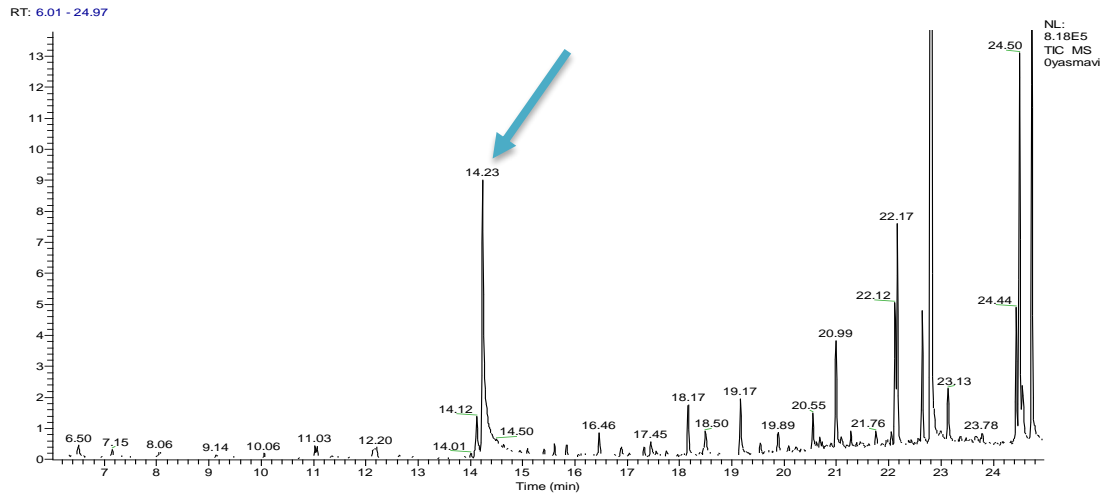
Doğal yaşlandırılmış 1 günlük-6 aylık, 3 farklı renkte yazı ve imza yazılmış kâğıt belgelerin GC-MS sisteminde analizleri yapılmıştır.

Kâğıda yazıldıktan 1 gün sonra analizi yapılan 3 farklı renkteki kaleme ait örneklerin bulguları şekil 61-63'te gösterilmiştir. 1 günlük kırmızı mürekkebe ait şekil 61'deki kromatogramda 14.25 dakikada fenoksietanol piki okla gösterilmiştir ve pik alanı hesaplanmıştır. Pik alanı 113907 oldu.



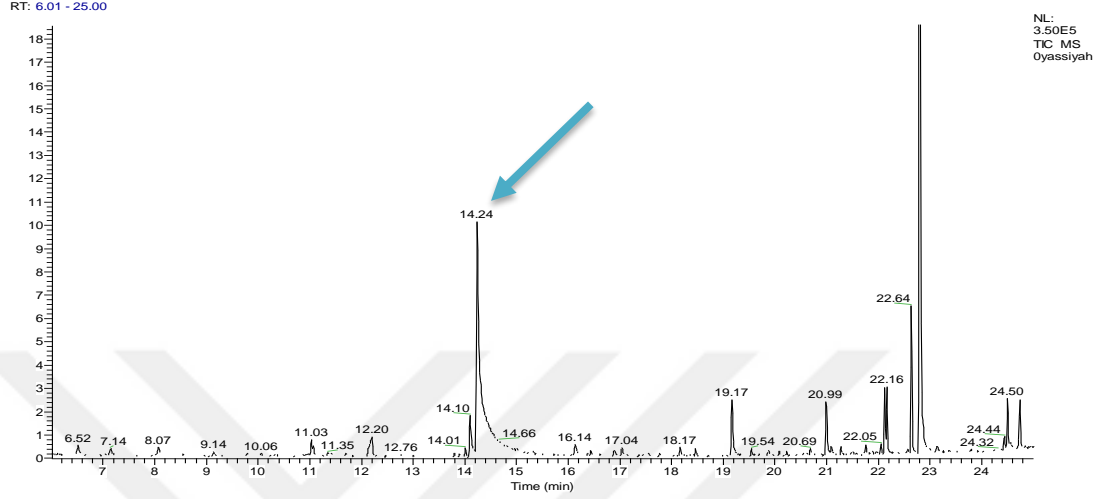
Şekil 61. 1 günlük kırmızı tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram

1 günlük mavi mürekkebe ait şekil 62.'deki kromatogramda 14.23 dakikada fenoksietanol piki okla gösterilmiştir ve pik alanı hesaplanmıştır. Pik alanı 267667 oldu.



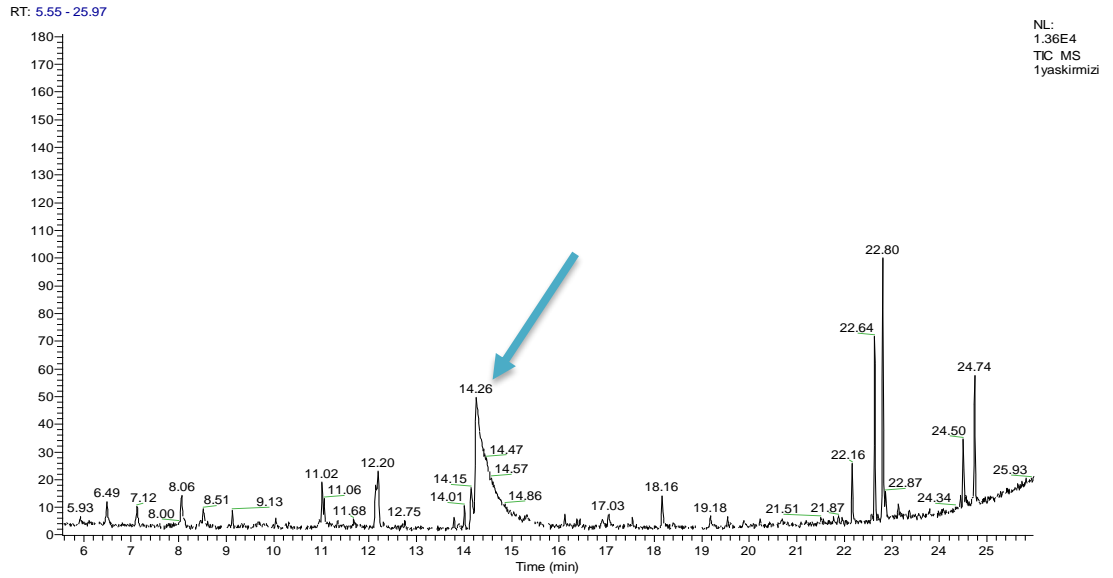
Şekil 62. 1 günlük mavi tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram

1 günlük siyah mürekkebe ait şekil 63.'teki kromotagramda 14.24 dakikada fenoksietanol piki okla gösterilmiştir ve pik alanı hesaplanmıştır. Pik alanı 190867 oldu.



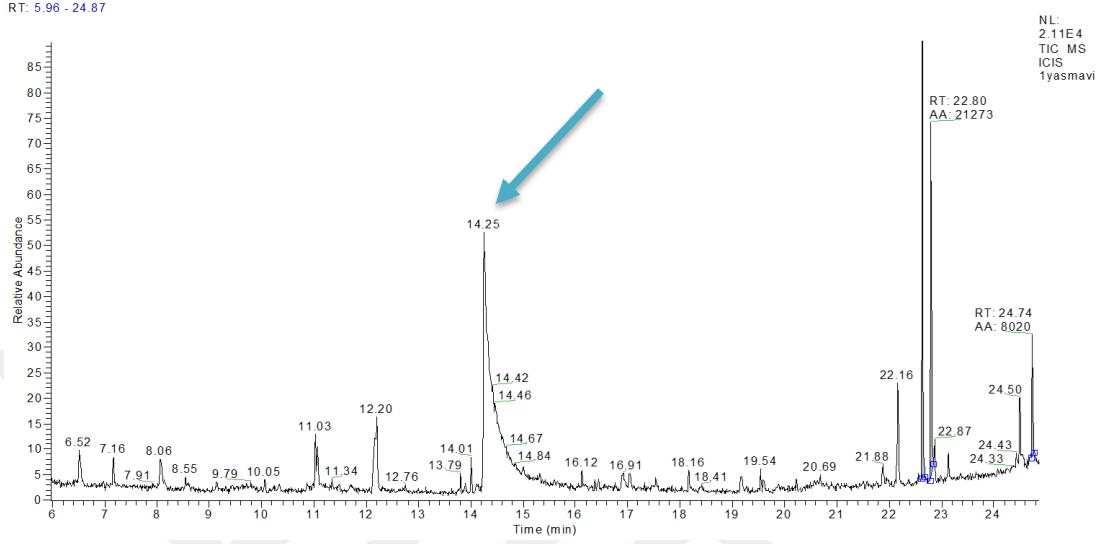
Şekil 63. 1 günlük siyah tükenmez kalem mürekkebinin kromatogram

Kağıda yazıldıktan 1 ay sonra analizi yapılan 3 farklı kaleme ait örneklerin bulguları şekil 64-66'da gösterilmiştir. 1 aylık kırmızı mürekkebe ait şekil 64'teki kromotagramda 14.26 dakikada fenoksietanol piki okla gösterilmiştir ve pik alanı hesaplanmıştır. Pik alanı 96129 oldu.



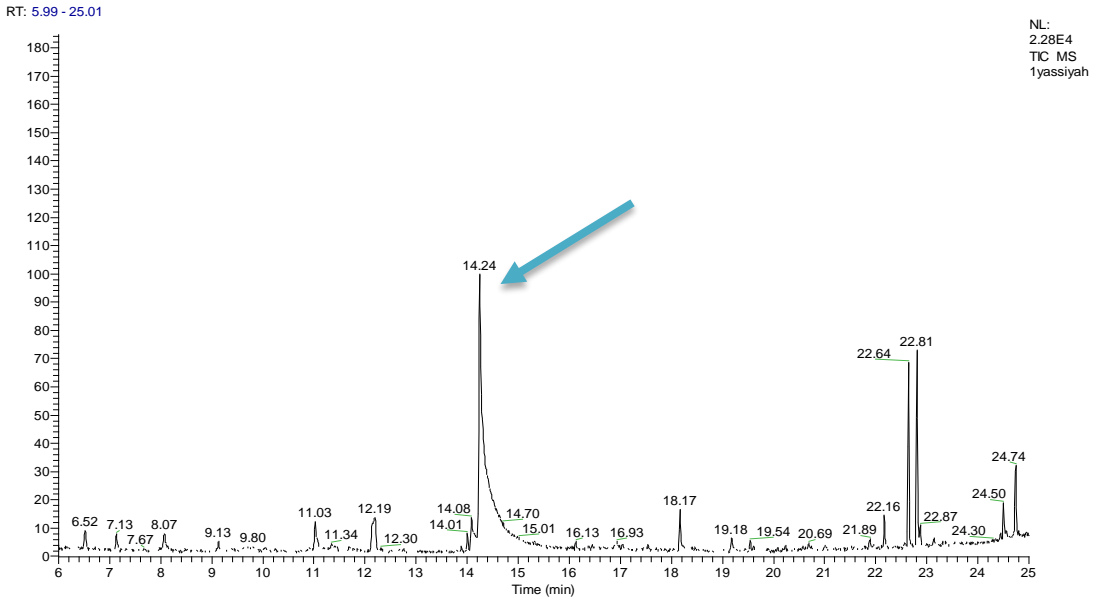
Şekil 64. 1 aylık kırmızı tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram

1 aylık mavi mürekkebe ait şekil 65'teki kromotagramda 14.25 dakikada fenoksietanol piki okla gösterilmiştir ve pik alanı hesaplanmıştır. Pik alanı 112263 oldu.



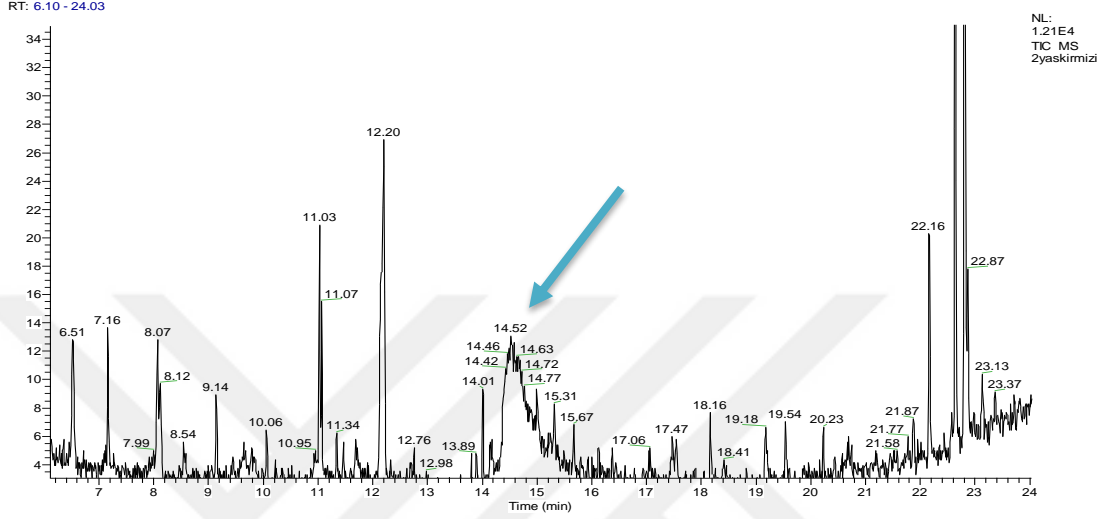
Şekil 65. 1 aylık mavi tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram

1 aylık siyah mürekkebe ait şekil 66'daki kromotagramda 14.24 dakikada fenoksietanol piki okla gösterilmiştir ve pik alanı hesaplanmıştır. Pik alanı 180699 oldu.



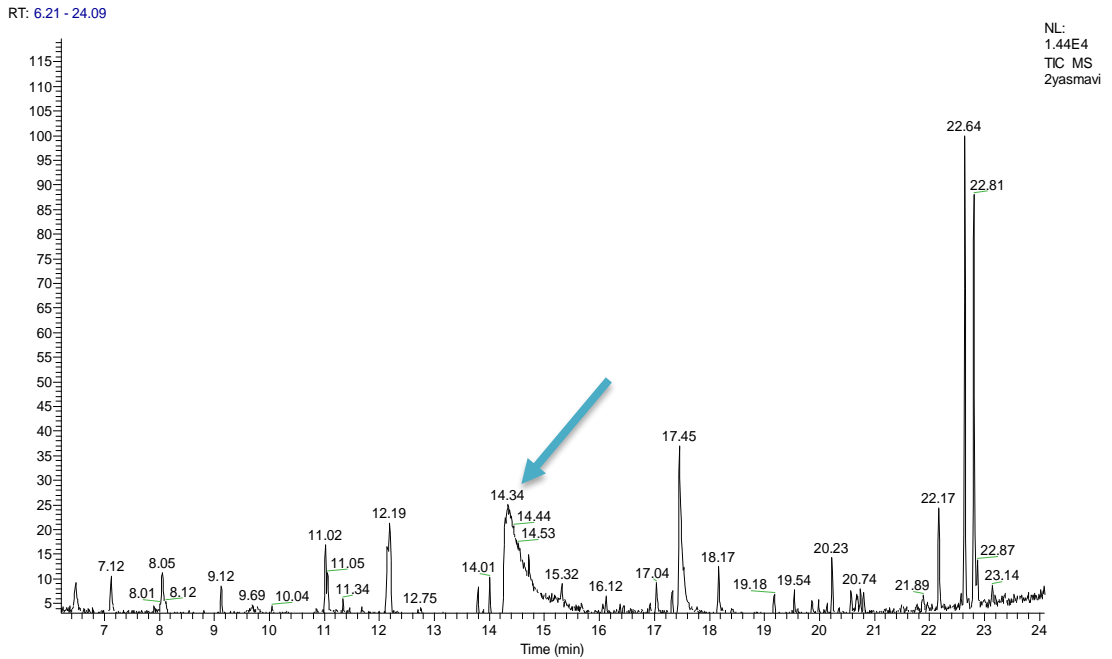
Şekil 66. 1 aylık siyah tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram

Kağıda yazıldıktan 2 ay sonra analizi yapılan 3 farklı kaleme ait örneklerin bulguları şekil 67-69'da gösterilmiştir. 2 aylık kırmızı mürekkebe ait şekil 67'deki kromotagramda 14.52 dakikada fenoksietanol piki okla gösterilmiştir ve pik alanı hesaplanmıştır. Pik alanı 32505 oldu.



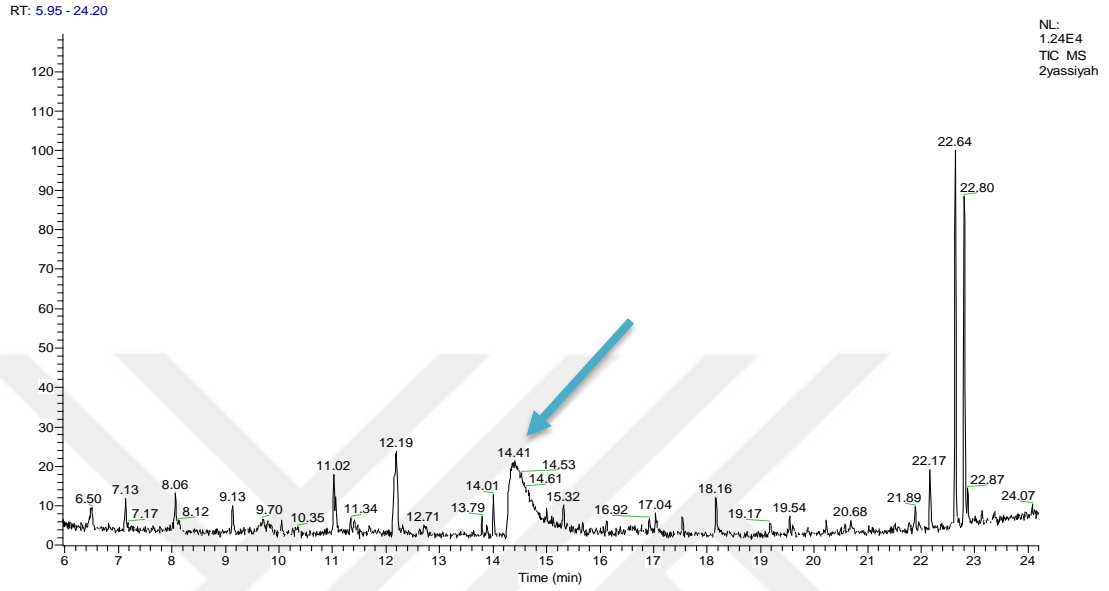
Şekil 67. 2 aylık kırmızı tükenmez kalem mürekkebine ait kromotogram

2 aylık mavi mürekkebe ait şekil 68'deki kromotagramda 14.34 dakikada fenoksietanol piki okla gösterilmiştir ve pik alanı hesaplanmıştır. Pik alanı 71906 oldu.



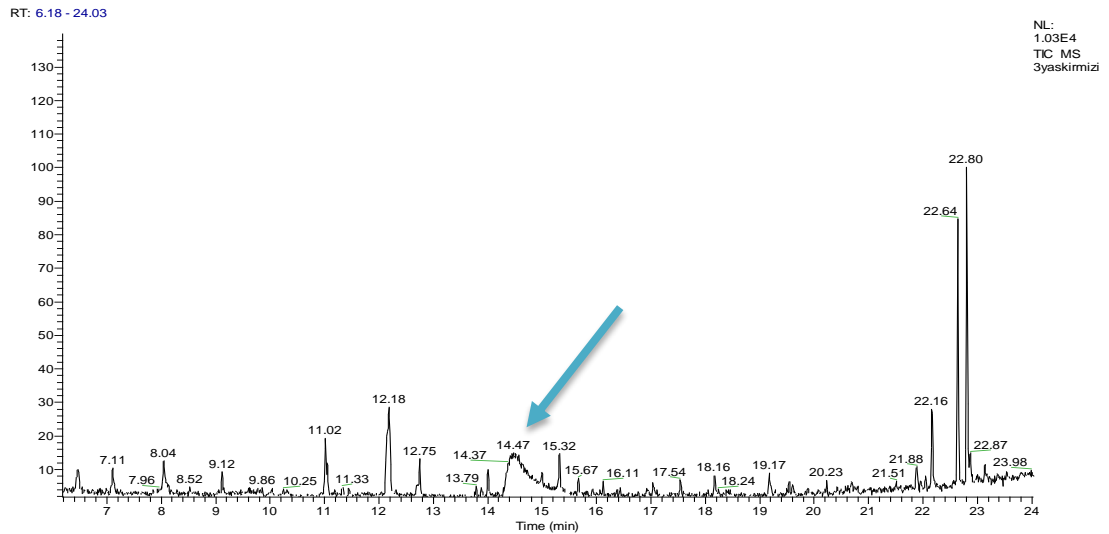
Şekil 68. 2 aylık mavi tükenmez kalem mürekkebine ait kromotogram

2 aylık siyah mürekkebe ait şekil 69'daki kromotagramda 14.41 dakikada fenoksietanol piki okla gösterilmiştir ve pik alanı hesaplanmıştır. Pik alanı 54788 oldu.



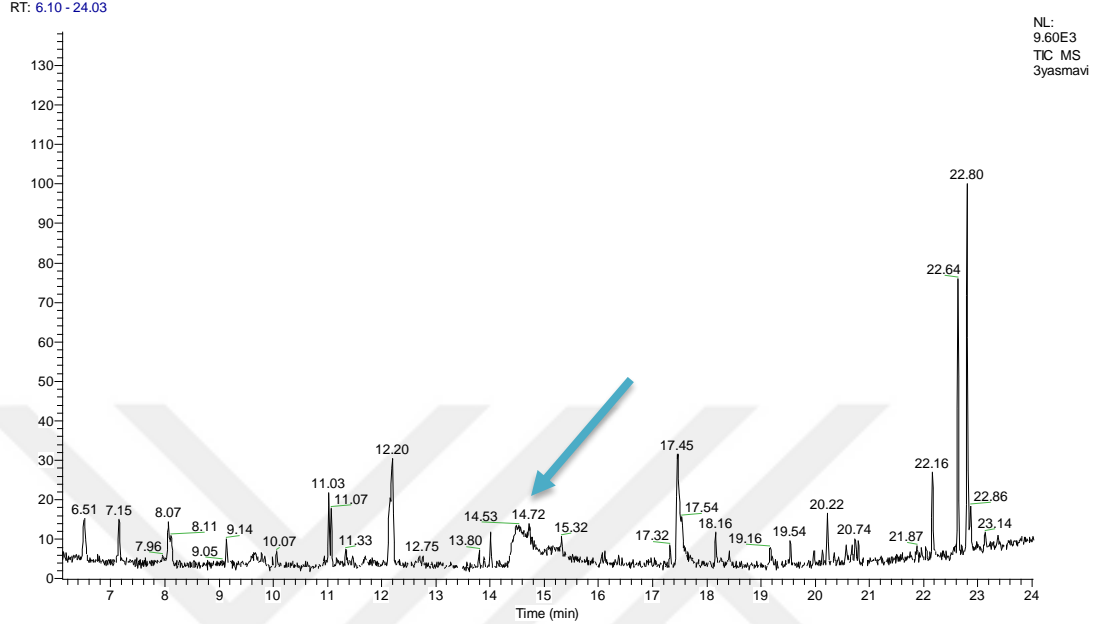
Şekil 69. 2 aylık siyah tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram

Kağıda yazıldıktan 3 ay sonra analizi yapılan 3 farklı kaleme ait örneklerin bulguları şekil 70-72'de gösterilmiştir. 3 aylık kırmızı mürekkebe ait şekil 70'teki kromotagramda 14.47 dakikada fenoksietanol piki okla gösterilmiştir ve pik alanı hesaplanmıştır. Pik alanı 26670 oldu.



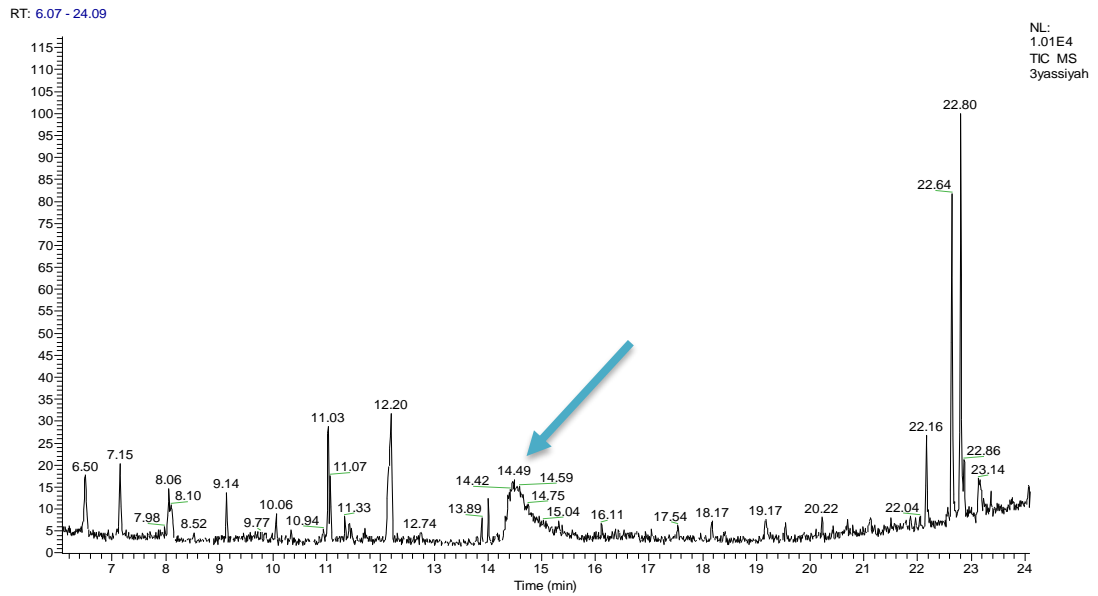
Şekil 70. 3 aylık kırmızı tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram

3 aylık mavi mürekkebe ait şekil 71'deki kromotagramda 14.72 dakikada fenoksietanol piki okla gösterilmiştir ve pik alanı hesaplanmıştır. Pik alanı 20447 oldu.



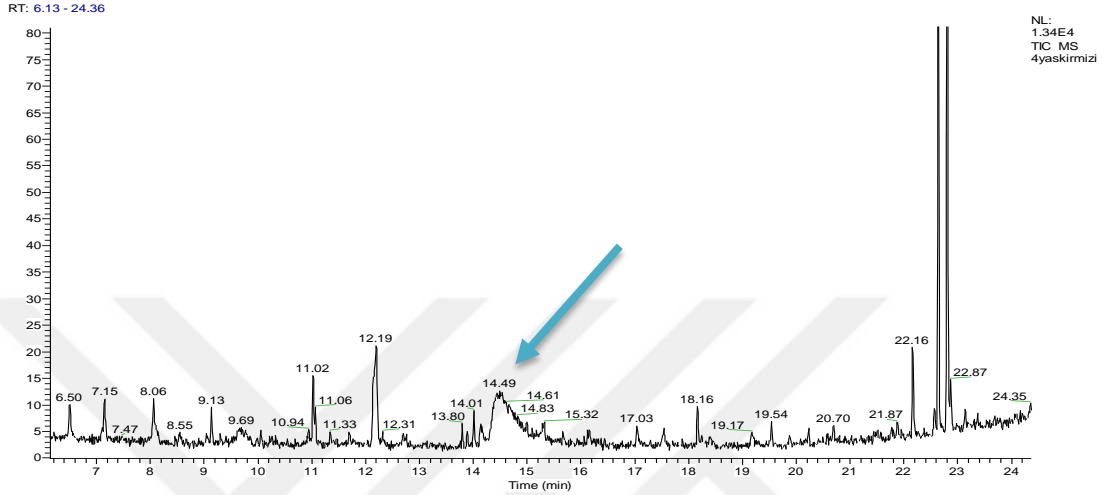
Şekil 71. 3 aylık mavi tükenmez kalem mürekkebine ait kromotogram

3 aylık siyah mürekkebe ait şekil 72'deki kromotagramda 14.49 dakikada fenoksietanol piki okla gösterilmiştir ve pik alanı hesaplanmıştır. Pik alanı 25908 oldu.



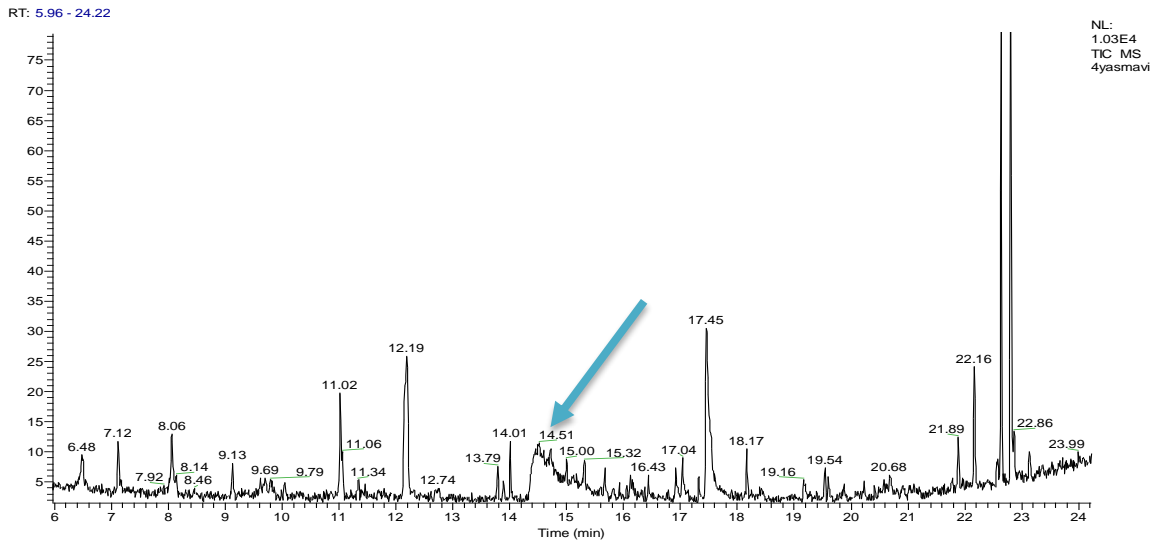
Şekil 72. 3 aylık siyah tükenmez kalem mürekkebine ait kromotogram

Kağıda yazıldıktan 4 ay sonra analizi yapılan 3 farklı kaleme ait örneklerin bulguları şekil 73-75'te gösterilmiştir. 4 aylık kırmızı mürekkebe ait şekil 73'teki kromotagramda 14.49 dakikada fenoksietanol piki okla gösterilmiştir ve pik alanı hesaplanmıştır. Pik alanı 27330 oldu.



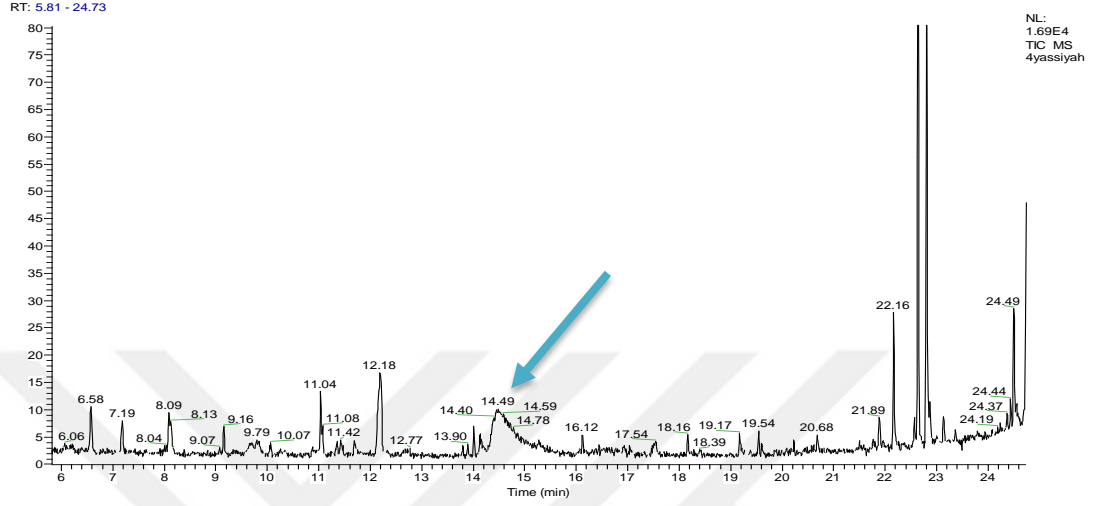
Şekil 73. 4 aylık kırmızı tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram

4 aylık mavi mürekkebe ait şekil 74'teki kromotagramda 14.51 dakikada fenoksietanol piki okla gösterilmiştir ve pik alanı hesaplanmıştır. Pik alanı 23380 oldu.



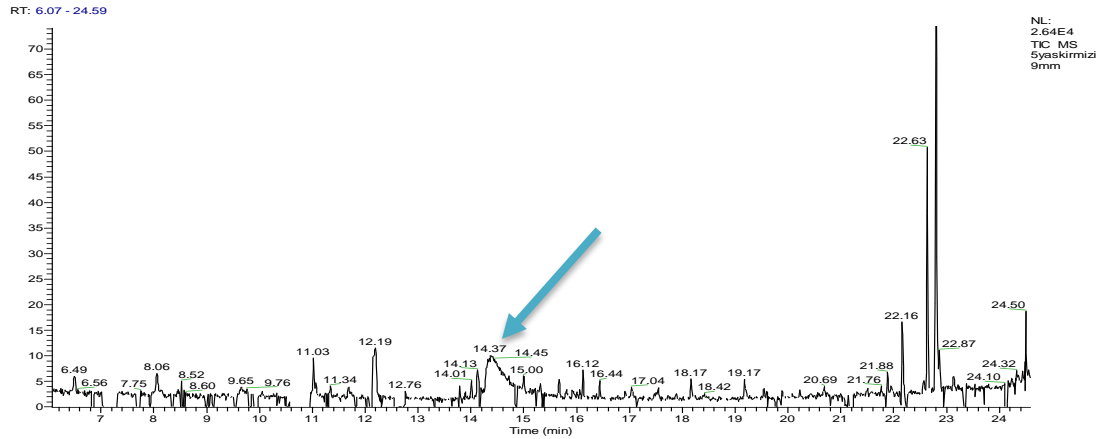
Şekil 74. 4 aylık mavi tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram

4 aylık siyah mürekkebe ait şekil 75'teki kromotogramda 14.49 dakikada fenoksietanol piki okla gösterilmiştir ve pik alanı hesaplanmıştır. Pik alanı 25994 oldu.



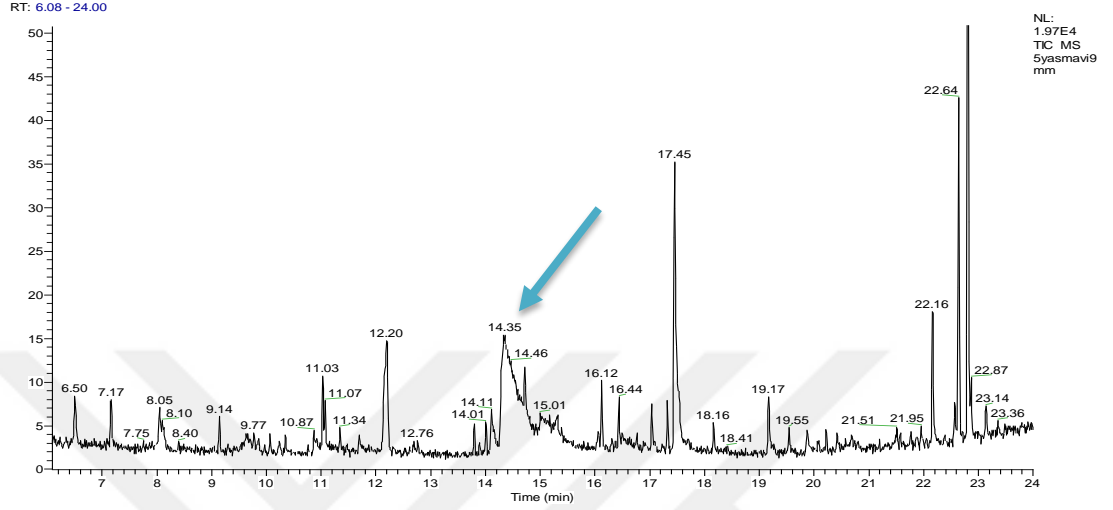
Şekil 75. 4 aylık siyah tükenmez kalem mürekkebine ait kromotogram

Kağıda yazıldıktan 5 ay sonra analizi yapılan 3 farklı kaleme ait örneklerin bulguları şekil 76-78'de gösterilmiştir. 5. ve 6. ayda 2 adet 3mm'lik numuneler yerine 3 adet 3mm'lik numuneler alınmaya başlanmıştır. 5-6 aylık belgelerden 3 adet 3mm'lik numune alınmasının sebebi, GC-MS cihazının algılama sınırının altına düşülmesinden dolayıdır. 5 aylık kırmızı mürekkebe ait şekil 76'daki kromotogramda 14.37 dakikada fenoksietanol piki okla gösterilmiştir ve pik alanı hesaplanmıştır. Pik alanı 30137 oldu.



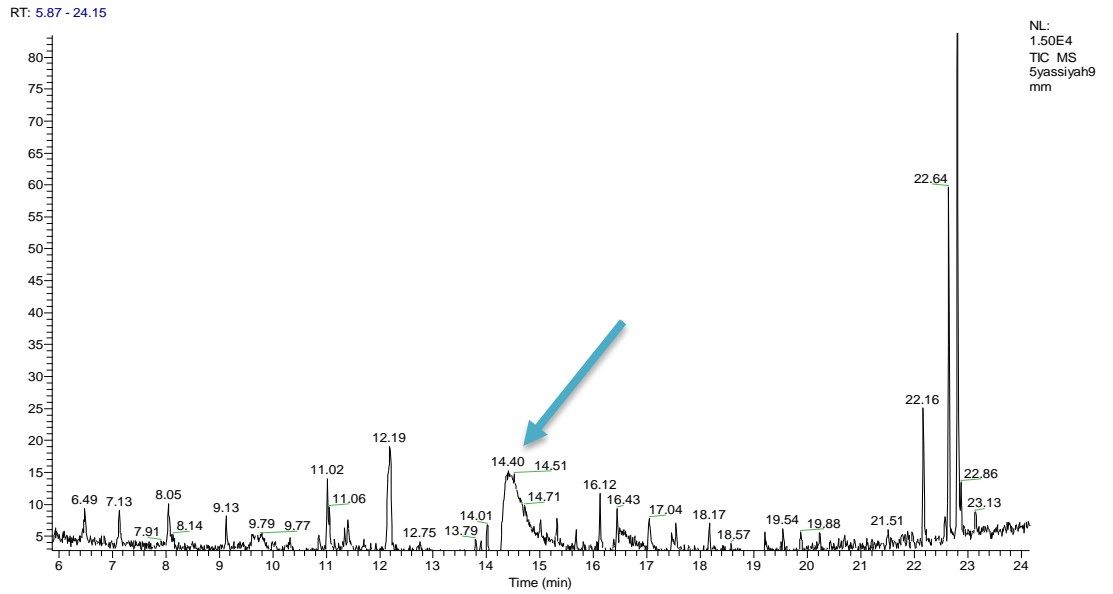
Şekil 76. 5 aylık kırmızı tükenmez kalem mürekkebine ait kromotogram

5 aylık mavi mürekkebe ait şekil 77'deki kromotagramda 14.35 dakikada fenoksietanol piki okla gösterilmiştir ve pik alanı hesaplanmıştır. Pik alanı 43004 oldu.



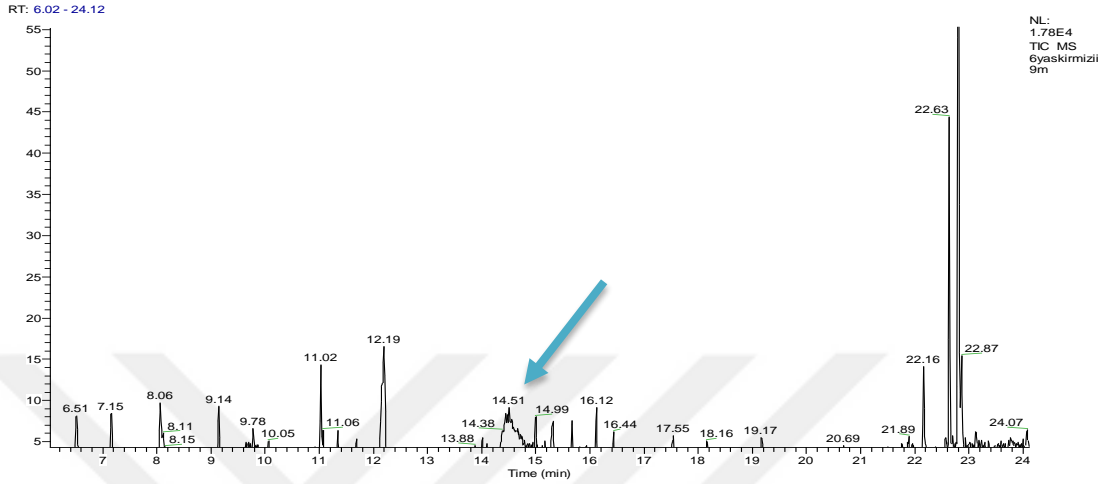
Şekil 77. 5 aylık mavi tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram

5 aylık siyah mürekkebe ait şekil 78'deki kromotagramda 14.40 dakikada fenoksietanol piki okla gösterilmiştir ve pik alanı hesaplanmıştır. Pik alanı 30909 oldu.



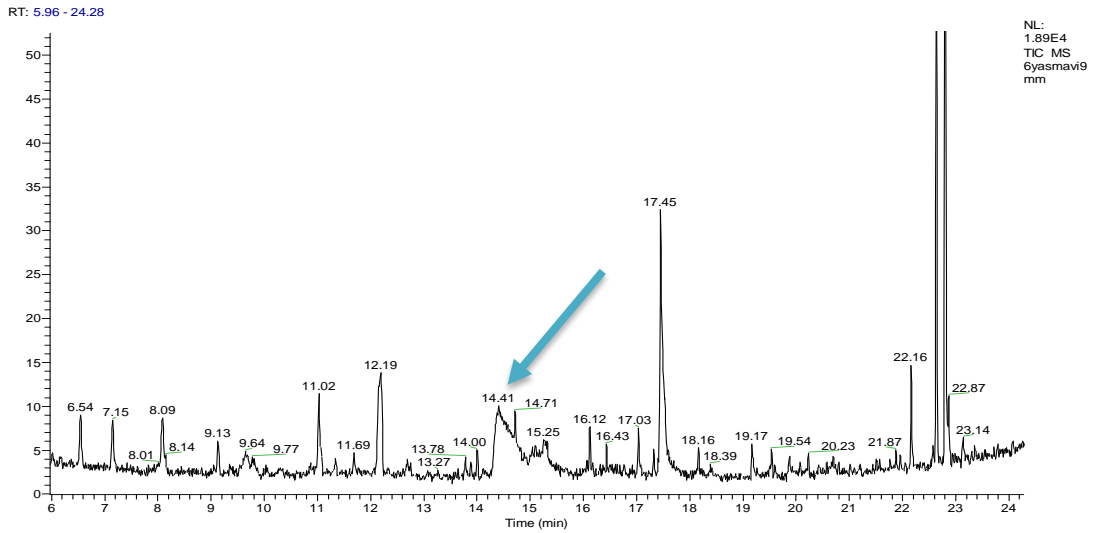
Şekil 78. 5 aylık siyah tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram

Kağıda yazıldıktan 6 ay sonra analizi yapılan 3 farklı kaleme ait örneklerin bulguları şekil 79-81'de gösterilmiştir. 6 aylık kırmızı mürekkebe ait şekil 79'daki kromatogramda 14.51 dakikada fenoksietanol piki okla gösterilmiştir ve pik alanı hesaplanmıştır. Pik alanı 19750 oldu.



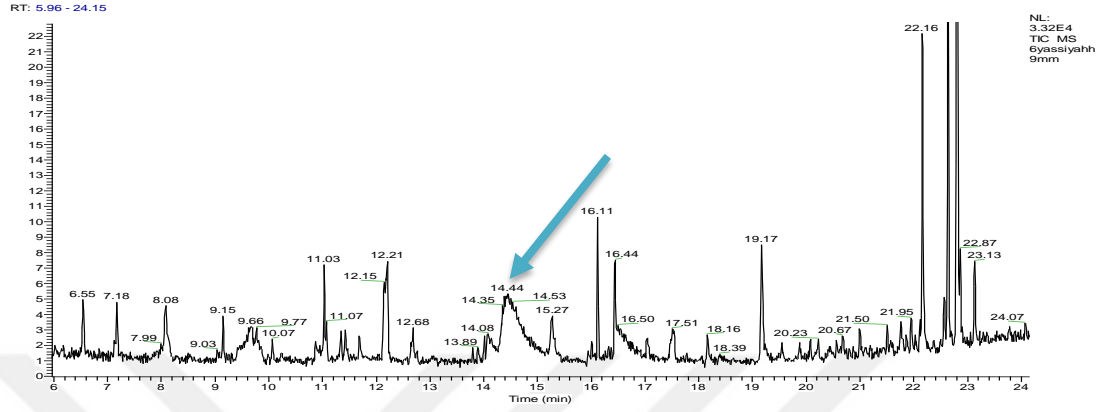
Şekil 79. 6 aylık kırmızı tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram

6 aylık mavi mürekkebe ait şekil 80'deki kromatogramda 14.41 dakikada fenoksietanol piki okla gösterilmiştir ve pik alanı hesaplanmıştır. Pik alanı 27676 oldu.



Şekil 80. 6 aylık mavi tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram

6 aylık siyah mürekkebe ait şekil 81'deki kromotagramda 14.44 dakikada fenoksietanol piki okla gösterilmiştir ve pik alanı hesaplanmıştır. Pik alanı 28188 oldu.



Şekil 81. 6 aylık siyah tükenmez kalem mürekkebine ait kromatogram

Numunelerin analizinden elde edilen fenoksietanole ait pik alanı değerleri fenoksietanole ait kalibrasyon grafiği kullanılarak fenoksietanol konsantrasyonları $\mu\text{g/mL}$ olarak hesaplandı;

- $(\text{Pik alanı} + 214111)/45917329,6 = \text{Fenoksietanol } (\mu\text{g/mL})$

Ardından $20 \mu\text{L}$ metanol fazındaki fenoksietanol miktarı μg olarak hesaplandı;

- $\text{Fenoksietanol } (\mu\text{g/mL}) \times 0,02 \text{ mL} / 1 \text{ mL} = \text{Fenoksietanol } (\mu\text{g})$

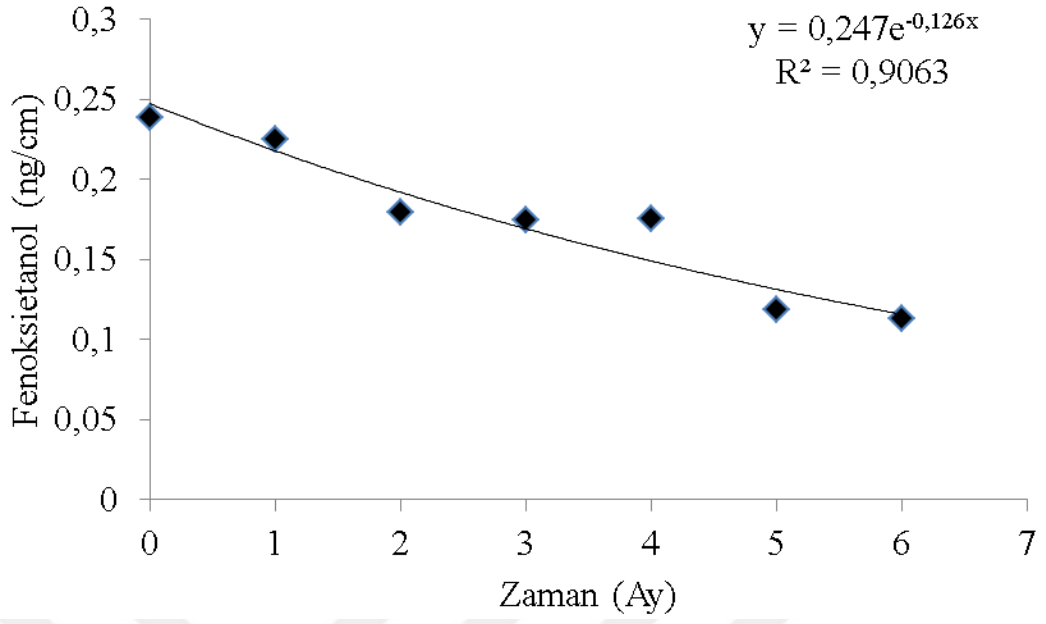
Ardından, $0,6 \text{ cm}$ veya $0,9 \text{ cm}$ mürekkep örneğindeki fenoksietanol miktarı $\mu\text{g/cm}$ hesaplanmıştır;

- $\text{Fenoksietanol } (\mu\text{g}) \times 1 \text{ cm} / 0,6 \text{ cm} = \text{Fenoksietanol } (\mu\text{g/cm})$

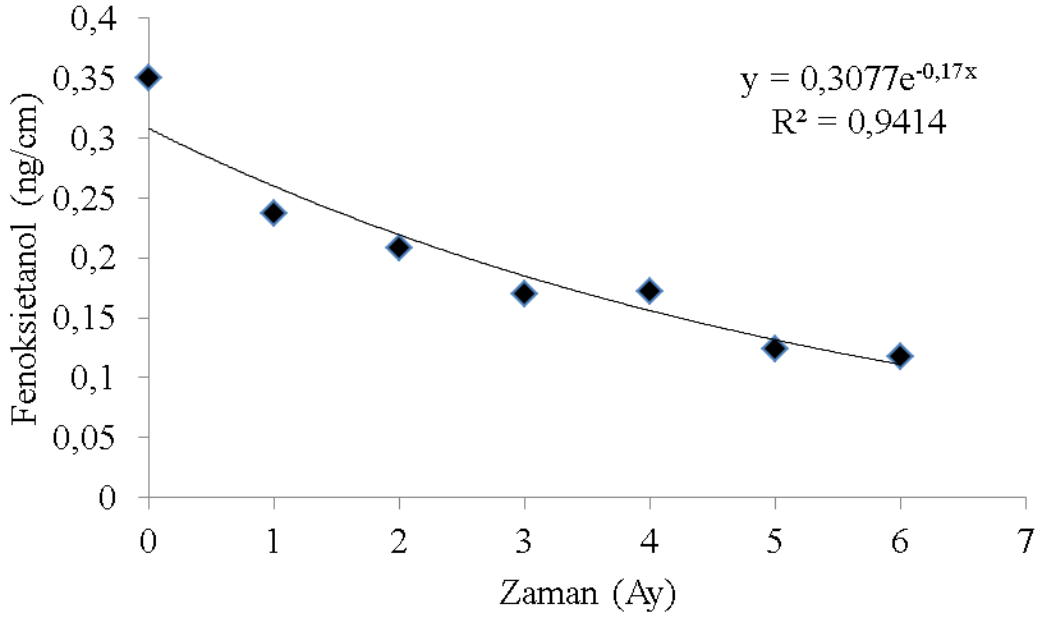
Mürekkep örneğindeki $\mu\text{g/cm}$ birimindeki fenoksietanol miktarı ng/cm birimine dönüştürülmüştür;

$\text{Fenoksietanol } (\mu\text{g/cm}) \times 1000 = \text{Fenoksietanol } (\text{ng/cm})$

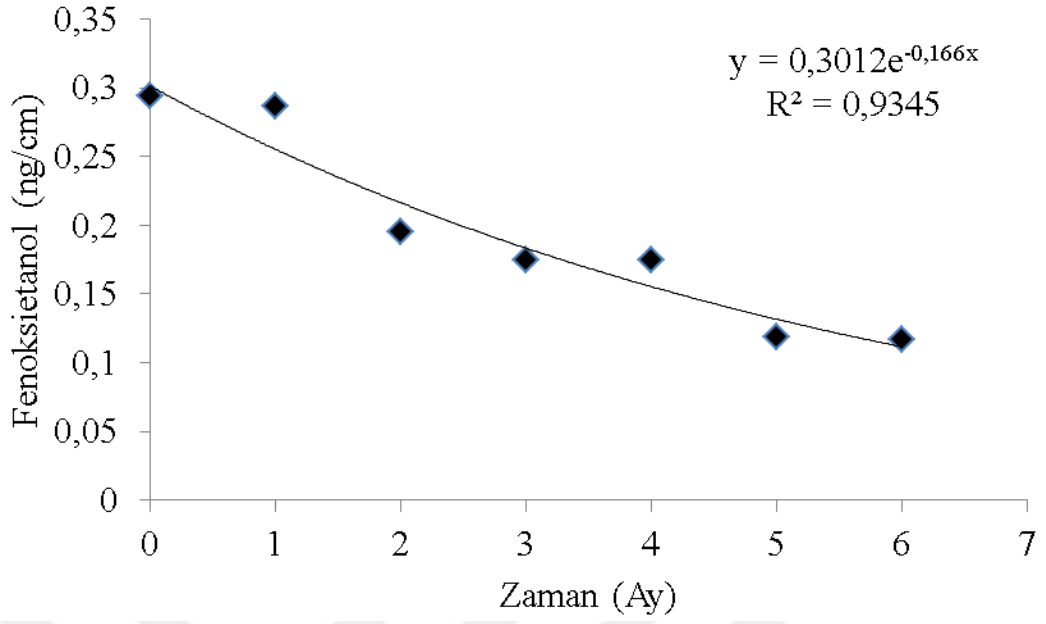
Fenoksietanol miktarları (ng/cm) zamana karşı grafiğe geçirildi.



Şekil 82. Kırmızı tükenmez kalem mürekkebindeki fenoksietanol miktarının (ng/cm) zamanla değişimi



Şekil 83. Mavi tükenmez kalem mürekkebindeki fenoksietanol miktarının (ng/cm) zamanla değişimi



Şekil 84. Siyah tükenmez kalem mürekkebindeki fenoksietanol miktarının (ng/cm) zamanla değişimi

Yaptığımız çalışmada mürekkep yapısında uçucu olarak bulunan fenoksietanol miktarının doğal yaşlandırılmış kâğıt belgelerdeki zaman içerisindeki değişen miktarlarının tayini temel alınmıştır.

Çalışmamızın kırmızı tükenmez kalemle olan sonuçları değerlendirildiğinde: kırmızı tükenmez kalem mürekkebi ile oluşturulmuş yazılı belgelerde 1 günlük ve 1 aylık numuneler kıyaslandığında, 1 aylık belgedeki fenoksietanol miktarının daha düşük ve düşüş oranının %5.4 olduğu, 3 aylık ve 4 aylık belgelerdeki fenoksietanol miktarı kıyaslandığında bulunan değerlerin birbirine yakın olmakla beraber 4 aylık belgelerdeki fenoksietanol miktarının 3 aylık belgedeki miktardan 0.000479 ng/cm fazla olduğu (%0.27 oranında artış) ve de 5 ve 6 aylık belgelerdeki fenoksietanol miktarlarının kıyaslanmasında bulunan değerlerin birbirine yakın olmakla beraber (sırasıyla 5 ve 6 aylık kırmızı tükenmez kalemle oluşturulmuş belgelerdeki fenoksietanol miktarları 0.1182017 ng/cm - 0.11318 ng/cm, düşüş oranı %4.25) 6 aylık belgede fenoksietanol miktarının daha az olduğu saptanmıştır. Yine 1 günlük ve 6 aylık belgelerdeki fenoksietanol miktarları kıyaslandığında, 6 ay doğal yaşlanmış belgedeki fenoksietanol miktarının %52.5 oranında azaldığı saptanmıştır.

Çalışmamızın mavi tükenmez kalemle olan sonuçları değerlendirildiğinde: mavi tükenmez kalem mürekkebi ile oluşturulmuş yazılı belgelerde 1 günlük ve 1 aylık numuneler kıyaslandığında, 1 aylık belgedeki fenoksietanol miktarının daha düşük ve düşüş oranının %32.26 olduğu, 3 aylık ve 4 aylık belgelerdeki fenoksietanol miktarı kıyaslandığında bulunan değerlerin birbirine yakın olmakla beraber 4 aylık belgelerdeki fenoksietanol miktarının 3 aylık belgedeki miktardan 0.002129 ng/cm fazla olduğu (%1.25 oranında artış) ve de 5 ve 6 aylık belgelerdeki fenoksietanol miktarlarında kıyaslamada bulunan değerlerin birbirine yakın olmakla beraber (sırasıyla 5 ve 6 aylık mavi tükenmez kalemle oluşturulmuş belgelerdeki fenoksietanol miktarları 0.124434 ng/cm - 0.117016 ng/cm, düşüş oranı %5.9) 6 aylık belgede fenoksietanol miktarının daha az olduğu saptanmıştır. Yine 1 günlük ve 6 aylık belgelerdeki fenoksietanol miktarları kıyaslandığında, 6 ay doğal yaşlandırılmış belgedeki fenoksietanol miktarının %66.5 oranında azaldığı saptanmıştır.

Çalışmamızın siyah tükenmez kalemle olan sonuçları değerlendirildiğinde: siyah tükenmez kalem mürekkebi ile oluşturulmuş belgelerde 1 günlük ve 1 aylık numuneler kıyaslandığında, 1 aylık belgedeki fenoksietanol miktarının daha düşük ve düşüş oranının %2.5 olduğu, 3 aylık ve 4 aylık belgelerdeki fenoksietanol miktarı kıyaslandığında bulunan değerlerin birbirine yakın olmakla beraber 4 aylık belgede fenoksietanol miktarının 0.000062431 ng/cm daha fazla olduğu (%0.036 oranında artış) ve de 5 ve 6 aylık belgelerdeki fenoksietanol miktarlarındaki kıyaslamada bulunan değerlerin birbirine yakın olmakla beraber (sırasıyla 5 ve 6 aylık kırmızı tükenmez kalemle oluşturulmuş belgedeki fenoksietanol miktarı 0.11858026 ng/cm - 0.117263401 ng/cm, düşüş oranı %1.1) 6 aylık belgede fenoksietanol miktarının daha az olduğu saptanmıştır. Yine 1 günlük ve 6 aylık belgelerdeki fenoksietanol miktarları kıyaslandığında, 6 ay doğal yaşlandırılmış belgedeki fenoksietanol miktarının %60.1 oranında azaldığı saptanmıştır.

Her üç renkteki tükenmez kalemlerle oluşturulmuş, 6 aylık belgelerde ölçülen fenoksietanol miktarlarının birbirine yakın değerlerde olduğu (sırasıyla 6 aylık kırmızı, mavi ve siyah tükenmez kalemle oluşturulmuş kâğıt belgelerdeki fenoksietanol miktarları 0.11318 ng/cm - 0.117016 ng/cm - 0.117263401 ng/cm) tespit edilmiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Kâğıt, kalem, mürekkep gibi temel malzemelerden başlayarak daktilo, fotoğraf makinesi, kamera gibi aletlerin yanı sıra son yüzyılda elektronik çok sayıda aletin de kullanımı; bir yandan yazılı belgelerin sayısının ve günlük yaşamdaki önemiyetinin artmasına neden olurken, öte yandan yazılı belgelerin amaç dışı ve kötüye kullanımını da yaygınlaştırmıştır. Bu gelişmeler neticesinde; anlaşmazlık yaratan ya da delil niteliği bulunan her türlü basılı ve yazılı belge üzerinde bilimsel yöntemler ve analitik teknikler kullanarak adli amaçlarla inceleme yapan multidisipliner bir bilim dalı olan adli belge incelemeciliğinin önemi giderek artmıştır (1-4, 14).

Yargı sistemi zaman zaman belgenin yazarı, belgedeki imzanın ıslak imza olup olmadığı ve belgedeki şüpheli yazıların oluşturulma zamanları ile ilgili olarak bilirkişinin bilgi ve deneyimine ihtiyaç duymaktadır (5, 6). Bilirkişiler bu sorulara cevap bulabilmek için fiziksel ve kimyasal inceleme yöntemlerine başvururlar. Yazının kimin eli ürünü olduğu başlıca fiziksel metotlarla cevaplandırılırken, yazının ne zaman yazıldığına tespiti kâğıdın ve mürekkebin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin incelenmesi ile mümkün olabilmektedir (3, 7, 23).

Uzun yıllardır mürekkep yaş tespiti konusunda mürekkep yapısındaki boyar maddelerin, reçinelerin ve de uçucu olarak bulunan bileşenlerin zaman içindeki değişimlerine göre bir yöntem geliştirilmeye çalışılmaktadır (81, 82).

Mürekkep yaş tespiti işlemlerinde mürekkep yapısında uçucu olarak bulunan maddelerden en fazla fenoksietanol miktarının zamanla azalması çalışılmıştır (8, 9, 69, 81, 83).

Mürekkep yaşı tayininde mürekkep yapısından bulunan uçucu bileşenler üzerinde yapılan çalışmaların kronolojik sıralamasına bakıldığında: 1982 yılında Stewart'ın, 1985 yılında Humecki'nin, 1988 yılında Cantu'nun, 1993, 1994 ve 1997 yıllarında Aginsky'nin, 2000 ve 2002 yıllarında Brazeau ve Gaudreau'nun, 2004 yılında LaPorte ve arkadaşlarının ile Lociciro ve arkadaşlarının, 2007 ve 2008 yılında Weyermann'nın, 2012 ve 2017 yılında Cantu'nun çalışmalarının olduğu görülmektedir (38).

1982 yılında Stewart mürekkebin çözücü bileşenleri üzerinde çalışmıştır. Mürekkep kâğıda uygulandıktan sonra zamanla organik çözücülerinin azaldığını GC-FID cihazını kullanarak tespit etmiştir (37, 64). Bizim çalışmamızda GC-MS sistemi kullanılmış olup, mürekkebin çözücü bileşenlerinden olan mürekkep yapısında uçucu olarak bulunan fenoksietanol üzerinde çalışılmıştır. Mürekkep kâğıda uygulandıktan sonra fenoksietanol miktarının azaldığı çalışmamızda da tespit edilmiştir.

Humecki 1985 yılında mürekkep çözücülerinin -OH, -CH ve -CO(karbonil grubu) bandlarındaki değişimleri FTIR ile inceleyerek, -OH/-CO oranında zamanla azalma olduğunu ve bu durumun mürekkebin çözücülerinin azalması ile birlikte mürekkep yaşı arasında bir ilişki kurduğunu bildirmiştir (37, 54). Bizim çalışmamızda GC-MS sistemi kullanılmıştır. Humecki 0-22 yıla kadar olan belgelerde çalışmıştır. Oranda hızlı düşüşün özellikle ilk 1 yılda olduğunu ve hızlı düşüşün 10 yılın üzerinde devam ederek sonrasında azalarak 30 yıl boyunca devam ettiğini, O-H bandının muhtemelen mürekkep yapısındaki bir uçucuyu temsil ettiğini bulmuştur (37, 54). Bizim çalışmamızda 6 aya kadar olan belgeler yer almaktadır. Humecki -OH/-CO oranı- zaman grafiğinde hızlı düşüşün özellikle ilk 1 yılda olduğunu ve hızlı düşüşün 10 yılın üzerinde devamlı biçimde olduğunu vurgulayıp bir yaşlanma eğrisi oluşturmuştur, bizim bulgularımızda 6 aylık belgeler olmasına rağmen belli bir oranda düşüş olmakla birlikte her üç renk içinde 3.-4. ve 5-6. aylarda yatay sayılabilecek bir düzeyde seyrettiği tespit edilmiştir. Humecki çalışmasında O-H bandının muhtemelen mürekkep yapısındaki bir uçucuyu temsil ettiğini söylemiş olup, bizim çalışmamız neticesinde bu maddenin feoksietanolü temsil etmediği düşünülmüştür.

1988 yılında Cantu yapay yaşlandırma modelini ortaya koyarak, mürekkebin doğal yaşlandırmadaki değişimlerinin öngörülebileceğini savunmuştur. Mürekkebin 4 dakika boyunca 100 C°de ısıtılmasının, bu mürekkebin 20 C°de 3 aylık doğal yaşlanmasına eşdeğer olacağını söylemiştir (65). Bizim çalışmamızda aynı özellikteki kâğıtlara, bası farkını ortadan kaldırmak için aynı kişi tarafından, oda sıcaklığında, ışık almayan karton kutu içerisinde, her ay yeni kâğıt belgeler eklenerek ve de her eklenen belge öncekilerin üstüne konularak, doğal yaşlanmaya bırakılan belgeler üzerinden mürekkep yaş tayini yapılması amaçlanmış olup yapay yaşlandırılmış belgelerle karşılaştırmalı olarak çalışılmamıştır.

Aginsky 1993 yılında, gaz kromatografi ve kütle spektrofotometri yöntemlerini birlikte kullanarak yaşa bağlı mürekkebin uçucu ve boya bileşenlerinin oranlamasının birer değişken olabileceğini ve bu değişkenin zaman bağımlı olabileceğini tespit etti (37). Aginsky 1994 yılında, GC kullanarak hızlandırılmış yaşlanma tekniği ile kâğıt üzerindeki mürekkebin yaşlanma sürecinde uçucu bileşenlerin ekstraksiyonları incelediğinde bunun da zaman bağımlı olabileceğini tespit etti (37, 66). Bizim çalışmamızda da uçucu bileşenlerden olan fenoksietanol GC-MS sistemi ile çalışılmıştır. Kısıtlılıklarımız nedeniyle uçucu bileşenlerin mürekkep yapısındaki diğer bileşenlere oranlanması yoluna gidilmemiştir. Doğal yaşlandırma dışında hızlandırılmış yaşlanma tekniği kullanılarak yapay yaşlandırma yöntemi tercih edilmemiştir. Doğal yaşlandırılmış belgelerde çalışmayı tercih etmemizin sebebi pratik hayatta adli belge incelemecilerinin doğal yaşlandırılmış belgelerdeki problemlerle sıklıkla karşılaşılıyor olması nedeniyledir.

2000 yılında katı faz mikroekstraksiyonu kullanarak herhangi bir çözücü kullanmadan doğrudan kâğıt üzerinden tükenmez kalem mürekkebinin uçucu miktar tayinini Brazeau ve Gaudreau GC'de gerçekleştirmişlerdir (37). Bizim çalışmamızda da yazılı belgelerdeki mürekkebin uçucu bileşenlerinden olan fenoksietanol miktarı GC-MS sistemi ile tayin edilmeye çalışılmıştır. Ancak Brazeau ve Gaudreau'nun çalışmasından farklı olarak çalışmamızda çözücü olarak metanol kullanılmıştır.

2002'de ise Brazeau ve Gaudreau dinamik yaklaşım modeliyle uçucu kaybı oran metodunu ortaya koyarak yaklaşık mürekkep yaşını tespit edebilmeyi amaçlamışlardır. Bizim çalışmamızda da dinamik yaklaşım modeli kullanılmıştır. Brazeau ve Gaudreau 63 tükenmez kalem örneğini analiz ettikten sonra fenoksietanolün analiz edilen tüm numunelerdeki en yaygın solventlerden biri olduğunu bu nedenle en uygun çözücü olarak fenoksietanolü çalışmalarını için seçtiklerini bildirmişlerdir. Bu çalışmada da bildirildiği üzere tükenmez kalemlerde en yaygın uçucu madde olarak bulunan fenoksietanol bizim çalışmamızda da bu nedenden dolayı tercih edilme sebebi olmuştur. Brazeau ve Gaudreau'nun yönteminin temelinde, fenoksietanolün ilk 6-8 ay içinde yüksek hızda buharlaştığı, buharlaşmanın 6 ila 18 ay arasında devam ettiği ve fenoksietanolün buharlaşmasının yaklaşık 2 yıllık bir süreden sonra önemli ölçüde durduğunu belirtmişlerdir (37, 68). Bizim çalışmamızdaki kısıtlılıklar nedeniyle sadece 6 ay süresince oluşturduğumuz

yazılı kağıt belgelerde fenoksietanolün değişimleri gözlenmiştir. 1 günlük ve 6 aylık belgelerdeki fenoksietanol miktarlarındaki düşüş oranları göz önüne alındığında (kırmızı %52.5 - mavi %66.5 – siyah %60.1). Brazeau ve Gaudreau'nun yönteminde temel aldıkları görüşü destekler niteliktedir.

2004 yılında LaPorte ve ark. mürekkep formüllerinde fenoksietanolün bulunma sıklığını belirlemeye yönelik, 2002 yılında Brazeau ve Gaudreau'nun yaptığı çalışmayı genişleterek GC-MS kullanarak 633 tükenmez kalem mürekkeplerini analiz ettiler. Siyah mürekkepli kalemlerin % 85'inde ve mavi mürekkepli kalemlerin %83'ünde fenoksietanolü tespit etmişlerdir (37). Çalışmamızda mavi, siyah ve kırmızı tükenmez olmak üzere üç farklı renkte kalem kullanılmış olup, her üç renkteki, kâğıda geçen mürekkepte fenoksietanol GC-MS sisteminde taranarak tespit edilmiştir.

2004 yılında Locicero ve ark. mürekkebi kâğıt üzerinden solvent yardımıyla ekstrakte ederek GC'de analizini yaptılar. Uçucu bileşenlerin, mürekkebin yapısındaki başka tanımlanamayan stabil bir bileşenin miktarıyla karşılaştırılmasının mürekkep yaş tayini açısından anlamsız olduğu sonucuna vardılar (37, 69). Bizim çalışmamızda da GC-MS sistemi kullanılmış olup, çalıştığımız uçucu madde olan fenoksietanol mürekkep yapısındaki stabil bir bileşenle literatürdeki anlamsızlık nedeniye karşılaştırma yoluna gidilmemiştir.

2007 yılında Weyermann ve ark. fenoksietanolün yazılı kâğıt belgeden buharlaşmasının zamanla ilişkisini açıklamak için fenoksietanol, etoksietanol, dipropilen glikol ve fenoksietoksietanolü, 1.5 yıllık belgelerde GC-MS ile analizlemişlerdir. Bizim çalışmamızda da fenoksietanolün yazılı kâğıt belgeden buharlaşmasının zamanla ilişkisini açıklamak için 6 aylık belgelerde GC-MS sistemi ile çalışılmıştır. Weyermann ve ark. temel çözücüler dışındaki, az miktarda bulunan diğer çözücülerin mürekkebin kâğıda uygulanmasından sonra hızlı bir şekilde buharlaştığını, 10 gün içinde etoksietanolün miktarındaki azalmanın durduğunu, 2 hafta içinde dipropilen glikol, fenoksietanol, fenoksietoksietanolün miktarlarında hızlı bir düşüş olduğunu saptamışlardır (37, 39). Bizim çalışmamızda sadece fenoksietanol incelenmiş olup mürekkep yapısında bulunan diğer çözücüler çalışılmamıştır. Ayrıca çalışmamızda incelenecek yazılı belgeler aylık olarak oluşturulduğundan, 2 haftalık belgelerle çalışılmamış olmakla birlikte Weyerman ve

arkadaşlarının saptadığı fenoksietanol miktarındaki 2 hafta içinde saptanan hızlı düşüş; çalışmamızda kırmızı ve siyah tükenmez kalemle oluşturulmuş belgelerin 1 günlük ve 1 aylık fenoksietanol miktarlarındaki düşüş oranları (kırmızı %5.4 – siyah %2.5) göz önüne alındığında uyumlu bulunmamış, mavi tükenmez kalemle oluşturulmuş belgelerin 1 günlük ve 1 aylık fenoksietanol miktarlarındaki düşüş oranları (%32.26) açısından uyumlu sayılabileceği şeklinde yorumlanmıştır.

Weyerman ve arkadaşları 2007 yılındaki çalışmalarında fenoksietanol, etoksietanol ile dipropilen glikolün temas halinde saklanan kâğıtlarda mürekkebin bulunduğu kâğıttan alt veya üstteki kâğıda diffüzlenerak göç ettiğini tespit etmişlerdir (37, 39). Yaptığımız çalışma sonucunda incelenen sonuçlarda yazılı kâğıt belgeler yaşlandıkça fenoksietanol miktarında düşüş beklenirken, 4 aylık belgelerde 3 aylık belgelere kıyasla fenoksietanol miktarlarında düşüş olmadığı hatta azda olsa artış olduğu saptanmıştır. Yine 6 aylık belgelerdeki fenoksietanol miktarı ile 5 aylık belgelerdeki fenoksietanol miktarının kıyaslanmasında beklenen düşüşün anlamlı derecede olmadığı, tespit edilen değerlerin birbirine yakın sayılabilecek değerler olduğu görülmüştür. Bu durum temel olarak aynı şartlarda, aynı kişi tarafından oluşturulup, aynı koşullarda saklanan belgelerin üst üste konulması neticesinde fenoksietanolün bir kâğıt belgeden alt ve üstündeki diğer kâğıt belgelere difüzyonuna bağlanmıştır (37, 39). Bu sonuç 2007 yılında Weyermann ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada fenoksietanol miktarındaki beklemeyen sonuçların nedenlerinden olarak gösterilen üst üste yakın saklanan belgelerde fenoksietanolün bir belgeden diğerine difüzlendiği görüşünü desteklemektedir.

Yine Weyerman ve ark. yaptıkları çalışmada bağıl pik alanı – zaman eğrisi kullanıldığında 562 günlük belgelerde fenoksietanolü saptayabildiklerini ve analizledikleri numunelerin %90'dan fazlasında fenoksietanole rastladıklarını belirttiler (37, 39). Bizim çalışmamızda da fenoksietanol 180 günlük belgelerde saptanmış olup, fenoksietanol miktarı (ng/cm)-zaman eğrisi kullanılmıştır. Weyerman ve ark. belgedeki mürekkebin yaşlanmasının belgenin saklama koşullarına, mürekkep ve kâğıdın çeşidine bağlı olduğunu bildirmiş olup, elde ettikleri sonuçları değerlendirdiklerinde kesin tarihlenmenin mümkün olmadığını ancak yaş dilimlerinin belirlenebileceğini, yeni oluşturulmuş, eski veya daha eski belge mürekkeplerinin kıyaslanabileceğini bildirdiler (37, 39). Bizim çalışmamızın

sonuçları irdelendiğinde aynı koşullarda, aynı kişi tarafından oluşturulup, aynı şartlarda saklanan yazılı belgelerdeki fenoksietanol miktarları arasında anlamlı derecede fark olduğu durumlarda belgeler arasında sıralama yapılabileceği ancak kesin tarihlenmenin verilemeyeceği şeklinde yorumlanmış olup Weyerman ve ark. çalışması ile uyumlu bulunmuştur.

Weyerman ve ark. 2007 yılındaki çalışmalarından sonraki European Network of Forensic Science Institutes (ENFSI) bildirimlerinde mürekkep yaşı hakkında; yazdıktan sonraki ilk 3 ayı, 3-6 ayı 6-9 ayı ve 9-15 ayı ile 15 aydan daha yaşlı yazılı belgeler hakkında kıyas veya yorum yapılabileceğini belirtmişlerdir. Bizim çalışmamızda 4. aydaki fenoksietanol miktarının 3. aydaki fenoksietanol miktarından yüksek olması ile 5. ve 6. aylardaki fenoksietanol miktarlarının birbirine yakın olması göz önüne alındığında bu görüşün ilk 6 ayını kapsayan kısmı çalışmamız sonuçları ile tam olarak uyumlu bulunmamıştır (33, 37, 39).

Cantu 2012 yılında yayınladığı makalede Avcı'nın oluşturduğu modeldeki uçucu çözücünün yerine mürekkebin çözücüsü olan fenoksietanolün ve uçucu olmayan çözücünün yerine kâğıdın selülozu konması durumunda saptanan mürekkep yaşlanma eğrisini göstermiştir. Bu yöntemde çözücünün yüzeydeki miktarı fazla olduğunda buharlaşmanın hızlı olduğu ilk evre hızlı kuruma olarak tanımlanmış, çözücünün yüzeydeki miktarı azaldığında ve yüzeye doğru çıkışı veya geri diffüzyonu esnasında selüloz matriks ile karşılaşması nedeniyle buharlaşmanın yavaşladığı evreyi de yavaş kuruma olarak adlandırılmıştır (36, 38). Bizim çalışmamızda; 1 günlük ile 6 aylık belgelerdeki fenoksietanol miktarlarındaki düşüş oranları (kırmızı %52.5 - mavi %66.5 – siyah %60.1) yorumlandığında bu durumun hızlı kuruma evresi olarak değerlendirilebileceği ve de Cantu'nun 2012 yılında yayınladığı makale ile uyumlu olduğunun söylenebileceği ancak 6 aydan daha yaşlı örneklerle çalışılmamış olması daha geniş değerlendirme yapılması noktasında kısıtlayıcı olmuştur (38).

Cantu'nun 2017 yılında yayınladığı makalede; yazılı belgelerdeki fenoksietanolü GC-MS sistemleri ile analiz etmiş, düşüş beklenen durumlarda düşüş olmadığı; şaşırtıcı bir şekilde yükselme ya da farklı zamanlarda oluşturulmuş belgelerde yakın değerlerde fenoksietanol tespit ettiğini bildirmiştir(37, 40). Bizim çalışmamızda da yazılı belgelerdeki fenoksietanol GC-MS sistemleri ile analiz

edilmiştir. Cantu aynı kalem kullanılarak ve aynı özellikteki kâğıttaki farklı yaştaki mürekkeplerdeki fenoksietanol miktarlarındaki beklenmeyen bu davranışa neden olabilecek durumları; bazı ekstraksiyonların hatalı olmasına, bası farkına, kâğıdın yeterince homojen olmaması durumuna, mürekkep çözücülerin kâğıda geçme durumuna, yazılı belgelerin depolama ve çevre koşullarına bağlı olabileceğini bildirmiştir (37, 40). Bizim çalışmamızda da fenoksietanol miktarındaki beklenmeyen sonuçların nedenlerinden biri olarak üst üste yakın saklanan belgelerde fenoksietanolün bir belgeden diğerine difüzlendiği şeklinde yorumlanmış olup, Cantu'nun görüşünü desteklemektedir. Çalışmamızda yazılı belgelerin üst üste olacak şekilde doğal yaşlanmaya bırakılma sebebi; pratikte incelemeye konu yazılı belgelerin dosyalarda ya da klasörlerde, başka yazılı belgelerle arka arkaya ve yakın olması durumu göz önüne alındığındandır. Ayrıca çalışmamızda fenoksietanol miktarlarındaki saptanan beklenmedik davranışların nedenleri arasında; aynı kişi tarafından, farklı zamanlarda oluşturulmuş yazılı belgelerde dahi bası farkı olabileceği ve bu durumda sonuçları etkileyeceği şeklinde yorumlanmıştır. Bu durum 2017 yılında Cantu'nun yayınladığı makalede belirttiği fenoksietanol miktarındaki beklenmeyen sonuçların nedenlerinden biri olarak gösterdiği bası farkı etmenini desteklemektedir (40).

Cantu'nun 2017 yılında yayınladığı makalede bahsettiği fenoksietanol miktarlarındaki saptanan beklenmedik davranışların nedenleri arasında kâğıdın homojen olmaması durumu çalışmamızda piyasadan temin edilen aynı marka ve model kâğıtlar kullanılarak aşılmıştır. Cantu'nun bahsettiği ekstraksiyonların tam olmaması durumu yazılı belgelerden alınan numunelerin ekstraksiyonlarında her bir numune için aynı yöntem kullanılarak ekstraksiyon etmeninden oluşabilecek hataların da önüne geçilmiştir. Ayrıca Cantu'nun bahsettiği bir diğer neden olan çevresel koşullar tüm çalışılacak numunelerin oda sıcaklığında, ışık almayan karton kutu içerisinde, aynı şartlarda olacak şekilde muhafaza edilmiş olması nedeniyle bu durum da aşılmıştır (40).

Çalışmamızın sonuçları irdelendiğinde aynı koşullarda, aynı kişi tarafından oluşturulup, aynı şartlarda saklanan yazılı belgelerdeki fenoksietanol miktarları arasında anlamlı derecede fark olduğu durumlarda belgeler arasında sıralama

yapılabileceği, kesin bir tarihlleme yapılamasa da yinede kesin olmamakla birlikte bir tarih aralığı verilebileceği şeklinde yorumlanmıştır.

Formülleri bilinen mürekkeplerin arşivlenerek oluşturulacak mürekkep veri bankası ile değerli kâğıtlarda güvenlik unsuru olarak kullanılan ve değerli kâğıtların künyesi niteliğinde olan fligranın mürekkep yapısında eşdeğerli olabilecek formülasyon yardımıyla, 2015 yılında Avcı ve Gökçedağ'ın yaptıkları çalışmada da değerindikleri gibi formül şifresi bilinen mürekkepli kalemlerle değerli evraklara yazı yazılıp imza atılması mürekkep yaş tayini veya belgede yaş tayinini belirlemede adli belge inceleme açasından kolaylık sağlayacaktır (84).

Ülkemizde mahkemelerde incelemeye konu olabilecek yazılı belgelerin uzun süreler boyunca dosyalarda ve de arşivlerde saklanıyor oluşu, incelemeye konu belgelerin bazen uzun yıllar sonra ortaya çıkışı gibi nedenlerden dolayı 2 yıl'dan daha yaşlı belgelerde mürekkep yaş tayini amacıyla mürekkep yapısında bulunan boyar maddeler ile reçineler üzerinde daha çok çalışma yapılmasının faydalı olacağı kanaati hasıl olmuştur.

Çalışmamızda, ülkemizde yeni yeni kullanıma giren kimyasal yöntemlerle mürekkep yaş tayinine adli belge incelemesi açasından katkı sağlanması amaçlanmıştır. Çalışmamız ve de literatür araştırmaları neticesinde mürekkep yaş tayini konusunda uçucu bileşenleri, boyar maddeleri ve de reçineleride içeren daha fazla çalışma yapılması gerektiği düşünölmüştür.

6. KAYNAKÇA

1. Alkan N, Birincioglu İ, Kurtas Ö, Ö. F. (2000). Adli Belge İncelemede Kâğıt İncelemeleri ve Fligranın Önemi. İstanbul Barosu Dergisi, 74 (1-3), 132-142.
2. Alkan N, Ö. F. (1999). Yurdumuzda Adli Belge İncelemesi Alanında Günümüzdeki Durum. İstanbul Barosu Dergisi, 73 (10-12), 999-1010.
3. YILMAZ, R., & KOÇ, S. (2006). Adli Belge İncelemeciliğinin Tarihsel Gelişimi (I). Türkiye Klinikleri Journal of Forensic Medicine and Forensic Sciences, 3(2), 72-78.
4. Köstekçi Y., K. Ö. (n.d.). "İmza-El Yazısı ve Belge İncelemeleri." Vedat Kitapçılık, İstanbul, 1-128, 2010.
5. Weyermann, C. (2005). Mass spectrometric investigation of the aging processes of ballpoint ink for the examination of questioned documents (Doctoral dissertation, Universitätsbibliothek Giessen).
6. Yılmaz R, K. S. (n.d.). Adli Belge İncelemeciliğinin Tarihsel Gelişimi (II). Türkiye Klinikleri J Foren Med 2006, 3:101-106.
7. Ortiz-Herrero, L., Bartolomé, L., Durán, I., Velasco, I., Alonso, M. L., Maguregui, M. I., & Ezcurra, M. (2018). Datuvink pilot study: A potential non-invasive methodology for dating ballpoint pen inks using multivariate chemometrics based on their UV-vis-NIR reflectance spectra. Microchemical Journal, 140, 158-166.
8. Koenig, A., & Weyermann, C. (2018). Ink dating, part I: Statistical distribution of selected ageing parameters in a ballpoint inks reference population. Science & Justice, 58(1), 17-30.
9. Koenig, A., & Weyermann, C. (2018). Ink dating part II: Interpretation of results in a legal perspective. Science & Justice, 58(1), 31-46.
10. Munis, E., (1966). Evrimi ile yazı sanatı. Selçuk Eğitim Enstitüsü Konya, Sevinç Matbaası.
11. H., A. M. (1959). Grafoloji Esasları. İstanbul: Ercan Matbaası.
12. Alkan, N. (1996). Yaşlanmaya bağlı yazı ve imza değişiklikleri. Uzmanlık Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Adli Tıp Anabilim Dalı, İstanbul.

13. Yılmaz, R. (2003). Tıbbi Belgelerde Yapılan Sahtecilikler, Adalet Bakanlığı Adli Tıp Kurumu Başkanlığı, Uzmanlık Tezi.
14. Huber, R. A., & Headrick, A. M. (1999). Handwriting identification: facts and fundamentals. CRC press.
15. Eldridge, M. A., Nimmo-Smith, I., Wing, A. M., & Totty, R. N. (1984). The variability of selected features in cursive handwriting: Categorical measures. *Journal of the Forensic Science Society*, 24(3), 179-219.
16. A. İnce H, Kurtaş Ö, (1993). Grafoloji Dosyalarının Coğrafi, Ekonomik ve Demografik İncelenmesi,
17. Aydın B, Atalay N, Kurtaş Ö, Ç. H. (n.d.). Belgeler Üzerinde İlave Yöntemi ile Yapılan Değişirme İşlemleri. In 8. Ulusal Adli Tıp Günleri 16-20 Ekim 1995 Antalya, Poster Sunuları: 249-53.
18. Evrim S, O. A. A. (1976). Hukuk ve Psikoloji Açısından İmza ve El Yazısı.
19. Bafra, J. (1995). El yazısı incelemelerinde “kişisel yazı unsurlarının isteyerek değiştirilmesi” problemi ve kimlik belirlenmesi. Sosyal Bilimler Doktora Tezi. İstanbul, 18-9.
20. Hilton, O. (1988). The evolution of questioned document examination in the last 50 years. *Journal of Forensic Science*, 33(6), 1310-1318.
21. Safak E, G. A. (1993). En Son Yargıtay İçtihatlarıyla Zimmet, Sahtekarlık, Hırsızlık, Gasp, Dolandırıcılık ve Emniyeti Suistimal Suçları. Feryal Matbaacılık San. Ve Tic. Ltd. Şti. Ankara, 1993: 107-191
22. Alkan, N., Sözen, M. Ş., & Kurtaş, Ö. (1998). Dünyada adli belge incelemesi. *The Bulletin of Legal Medicine*, 3(2), 61-66.
23. Alkan, N., & Sözen, M. Ş. (1998). Türkiye’de adli belge incelemesinde bilirkişilik sisteminin değerlendirilmesi. *The Bulletin of Legal Medicine*, 3(3), 86-93.
24. Koç F, A. N. (n.d.). Ülkemizde El Yazısı ve İmza İncelemesi Pratiğinde Uyulması Gereken Kurallar. In Adalet Bakanlığı Adli Tıp Kurumu Yıllık Adli Tıp Toplantıları (pp. 356–359).
25. Levinson, J. (2001). Questioned documents: A lawyer's handbook. Academic Press.

26. Eckert, W. G. (1996). Introduction to forensic sciences. CRC press.
27. Özağ K. (2003). Adli Tıp Uzmanının Görev Tanımı, Adalet Bakanlığı Adli Tıp Kurumu Başkanlığı. Uzmanlık Tezi,
28. Kandemir K. (1999). İstemli Olarak Değiştirilen İmzalardaki Kalıcı Unsurlar.
29. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Kâğıt#Tarihçe> Erişim tarihi 19.11.2018.
30. Grant, J. (1937). Books and documents: dating, permanence, and preservation.
31. Bostancı, Ş. (1987). Kâğıt Hamuru Üretimi ve Ağartma Teknolojisi. Karadeniz Üniversitesi.
32. Güngör B. (2013). Siyah Tükenmez Kalem Mürekkeplerinin Fotokimyasal Dönüşümlerinin HPLC ile İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi.
33. Salkım D. (2015). Belgeden Mavi Renkli Tükenmez Kalem Mürekkeplerinin Yapı ve Yaş Tayini, Doktora Tezi; İstanbul.
34. <https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/TR/TCMB+TR/Main+Menu/Banknotlar/Sahte+Banknotlar/Sahte+Turk+Lirasi+Banknotlarin+Ozellikleri> Erişim tarihi 17.01.2019.
35. [www. http://tr.wikipedia.org/wiki/Tükenmez_kalem](http://tr.wikipedia.org/wiki/Tükenmez_kalem) Erişim tarihi 19.11.2018.
36. Bügler, J. H., Buchner, H., & Dallmayer, A. (2008). Age determination of ballpoint pen ink by thermal desorption and gas chromatography–mass spectrometry. *Journal of forensic sciences*, 53(4), 982-988.
37. Ezcurra, M., Góngora, J. M., Maguregui, I., & Alonso, R. (2010). Analytical methods for dating modern writing instrument inks on paper. *Forensic Science International*, 197(1-3), 1-20.
38. Cantú, A. A. (2012). A study of the evaporation of a solvent from a solution— application to writing ink aging. *Forensic science international*, 219(1-3), 119-128.
39. Weyermann, C., Kirsch, D., Vera, C. C., & Spengler, B. (2007). A GC/MS study of the drying of ballpoint pen ink on paper. *Forensic science international*, 168(2-3), 119-127.
40. Cantú, A. A. (2017). On the behavior of certain ink aging curves. *Forensic science international*, 278, 269-279.

41. Weyermann, C., Kirsch, D., Andermann, T., & Spengler, B. (2003). Dating of ink entries by MALDI/LDI-MS and GC-MS analysis: Reality or utopia?. In Proceedings of the 3rd European Academy of Forensic Science meeting (Vol. 136, pp. 73-74). Elsevier.
42. http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_bts&view=bts&kategori1=veritbn&kelimesec=15617 Erişim tarihi 08.02.2019.
43. F., M. M. (1991). Adli Grafoloji Bakımından Şüpheli Evrak Üzerinde Yazı ve İmza Tetkiki.
44. Akın, S. G. (2001). Adli Grafolojide Sağlıklı Mukayese Belge Temininin Esasları. İstanbul Üniversitesi Adli Tıp Enstitüsü Sosyal Bilimler Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
45. Kurtaş, Ö. (1992). Adli Tıp Açısından Grafolojinin Önemi, Adalet Bakanlığı Adli Tıp Kurumu Başkanlığı, Uzmanlık Tezi.
46. Harrison, W. R. (1958). Suspect documents. Their scientific examination.
47. Kurtaş Ö, Özman Y, K. K. Yazı ve İmza İncelemelerinde Karşılaşılan Sorunlar. 7. Ulusal Adli Tıp Günleri, Poster Sunuları: 175-81
48. Harris, J. J. (1952). Disguised handwriting. *J. Crim. L. Criminology & Police Sci.*, 43, 685.
49. Hilton, O. (1984). Effects of writing instruments on handwriting details. *Journal of Forensic Science*, 29(1), 80-86.
50. Michel, L. (1978). Disguised signatures. *Journal of the Forensic Science Society*, 18(1-2), 25-29.
51. Hardcastle R.A. Mathews C.J. (1991). Speed Of Writing. *Journal Of Te Forensic Science Society*.31/1: 21-29.
52. Hilton, O. (1992). *Scientific examination of questioned documents*. CRC press.
53. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Mürekkep> Erişim tarihi 20.11.2018
54. Brunelle, R. L., & Crawford, K. R. (2003). Advances in the forensic analysis and dating of writing ink. Charles C Thomas Publisher.
55. Andrasko, J., & Kunicki, M. (2005). Inhomogeneity and aging of ballpoint pen inks inside of pen cartridges. *Journal of Forensic Science*, 50(3), 1-6.

56. Weyermann, C., Almog, J., Bügler, J., & Cantu, A. A. (2011). Minimum requirements for application of ink dating methods based on solvent analysis in casework. *Forensic science international*, 210(1-3), 52-62.
57. Avcı, A., Can, M., & Etemoğlu, A. B. (2001). A theoretical approach to the drying process of thin film layers. *Applied thermal engineering*, 21(4), 465-479.
58. Mitchell, C. A., & Hepworth, T. C. (1904). *Inks: their composition and manufacture*. C. Griffin & company, limited.
59. Ainsworthá Mitchell, C. (1920). Estimation of the age of ink in writing. *Analyst*, 45(532), 247b-258.
60. Brunelle, R. L., & Reed, R. W. (1984). Forensic examination of ink and paper (pp. 124-133). Springfield, IL: CC Thomas.
61. Kikuchi, Y. (1959). Estimation of the age of the writing in blue black ink (first report). *Japanese Police Science Laboratory Report*, 12(3), 379-386.
62. Kikuchi, Y. (1960). Studies on the age of iron–gallotannate ink writing (II) the chromatic study of ink stain. *Journal of Criminology*, 26(2), 39-59.
63. Kikuchi, Y. (1963). Estimation of age of blue black ink writing (III). *Japanese Police Science Report*, 16(1), 83-86.
64. Stewart, L. F. (1985). Ballpoint ink age determination by volatile component comparison a preliminary study. *Journal of Forensic Science*, 30(2), 405-411.
65. Cantu, A. A. (1988). Comments on the accelerated aging of ink. *Journal of Forensic Science*, 33(3), 744-750.
66. Aginsky, V. N. (1993). Some new ideas for dating ballpoint inks—a feasibility study. *Journal of Forensic Science*, 38(5), 1134-1150.
67. Brunelle, R. L. (1995). A sequential multiple approach to determining the relative age of writing inks. *International Journal of Forensic Document Examiners*, 1(2), 94-98.
68. Brazeau, L., Chauhan, M., & Gaudreu, M. (2000, August). The Use of Solid Phase Micro Extraction (SPME) in the Development of a Method to Determine the Aging Characteristics of Ink. In *Proceedings of 58th Annual Meeting ASQDE*.
69. Locicero, S., Dujourdy, L., Mazzella, W., Margot, P., & Lock, E. (2004). Dynamic of the ageing of ballpoint pen inks: quantification of phenoxyethanol by GC-MS. *Science and Justice*, 44(3), 165-171.

70. Harris, J. (n.d.). Techniques in Handwriting Examinations. In Presented to Forensic Document Examiners at the Institute of Forensic Medicine, Ministry of Justice, İstanbul, Turkey, 2002.
71. Hall, A. B. (2002). Forensic science handbook (Vol. 1). R. Saferstein (Ed.). Upper Saddle River: Prentice Hall.
72. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Kromatografi> Erişim tarihi 27.11.2018
73. https://en.wikipedia.org/wiki/High-performance_liquid_chromatography. Erişim tarihi 27.01.2019
74. Cimder, M., D, A. (2004). Gaz ve Sıvı Kromatografileri, BilimYayıncılık. Ankara.
75. Kılıç, E., Köseoğlu, F., Yılmaz, H., & Yılmaz, H. (1998). Enstrümental Analiz İlkeleri. Bilim Yayıncılık. Ankara.
76. https://tr.wikipedia.org/wiki/Gaz_kromatografisi Erişim tarihi 27.11.2018.
77. Salkım, D. (2008). Fluoksetin ve Metaboliti Norfluoksetinin GC-MS Yöntemiyle Biyolojik Materyallerden Tayini. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
78. Gündüz, T. (2002). İnrümental analiz. Gazi Büro Kitabevi.
79. https://en.wikipedia.org/wiki/Gas_chromatography%E2%80%93mass_spectrometry#/media/File:Gcms_schematic.gif Erişim Tarihi: 08.02.2019.
80. https://tr.wikipedia.org/wiki/Kütle_spektrometrisi Erişim tarihi 27.11.2018.
81. Koenig, A., Magnolon, S., & Weyermann, C. (2015). A comparative study of ballpoint ink ageing parameters using GC/MS. Forensic science international, 252, 93-106.
82. Calcerrada, M., & García-Ruiz, C. (2015). Analysis of questioned documents: a review. Analytica chimica acta, 853, 143-166.
83. Brazeau, L., & Gaudreau, M. (2007). Ballpoint pen inks: the quantitative analysis of ink solvents on paper by solid-phase microextraction. Journal of forensic sciences, 52(1), 209-215.
84. Gökçedağ, N. (2015). Aynı cins mavi mürekkepli kalem kullanılarak farklı tarihlerde düzenlenmiş belgelerin absorpsiyon spektrumu ile incelenmesi. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

7. EKLER

Ek 1: Etik Kurul Onayı

Kayıt Tarihi: C6.8.2018	Protokol No: 399
-------------------------	------------------

17/09/2018


T.C
BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
İNSAN ARAŞTIRMALARI ETİK KURULU KARARI

ÇALIŞMANIN TÜRÜ:	DeneySEL
BAŞLIK:	Doğal Olarak Yaşlandırılmış Kağıt Belgelerdeki Islak İmzalarda Mürekkep Yaş Tayininin Kimyasal Yöntemlerle Ayırt Edilmesinin Adli Belge İncelemesi Açısından Değerlendirilmesi
SORUMLU ARAŞTIRMACI:	Rıza Yılmaz
KARAR:	Uygun

ETİK KURUL ÜYELERİ

1- Prof. Dr. Hamza ÇEŞTEPE (Başkan)

2- Doç. Dr. Ayça DEMİR (Başkan Yrd.)

3- Doç. Dr. Ali ARSLAN (Başkan Yrd.)





4- Doç. Dr. Hasan MEYDAN

5- Doç. Dr. Ertuğrul YILDIRIM

6- Dr. Öğr. Üyesi Hasan ÖZER

İMZA



29.05.2014 tarih ve 2014/08-13 sayılı Senato Kararı ile kabul edilmiştir.