

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**TÜRK SİYAH VE YEŞİL ÇAYI EKSTRAKLARININ VE BU
EKSTRAKLARDAN YEŞİL SENTEZ YOLUYLA ÜRETİLEN DEMİR NANO
PARÇACIKLARININ BAZI GIDALARDA AFLATOKSİNLERİN
AZALTILMASI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

YÜKSEK LİSANS

Hasan GEDİKLİ

ŞUBAT-2022
GÜMÜŞHANE



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**TÜRK SİYAH VE YEŞİL ÇAYI EKSTRAKLARININ VE BU
EKSTRAKLARDAN YEŞİL SENTEZ YOLUYLA ÜRETİLEN DEMİR NANO
PARÇACIKLARININ BAZI GIDALARDA AFLATOKSİNLERİN
AZALTILMASI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

**A STUDY ON THE REDUCTION OF AFLATOXINS IN SOME FOODS OF
TURKISH BLACK AND GREEN TEA EXTRACTS AND IRON NANO
PARTICLES PRODUCED FROM THESE EXTRACTS BY GREEN
SYNTHESIS**

YÜKSEK LİSANS

Hasan GEDİKLİ

**ŞUBAT-2022
GÜMÜŞHANE**



T.C.

**GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**TÜRK SİYAH VE YEŞİL ÇAYI EKSTRAKLARININ VE BU
EKSTRAKLARDAN YEŞİL SENTEZ YOLUYLA ÜRETİLEN DEMİR NANO
PARÇACIKLARININ BAZI GIDALARDA AFLATOKSİNLERİN
AZALTILMASI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

**A STUDY ON THE REDUCTION OF AFLATOXINS IN SOME FOODS OF
TURKISH BLACK AND GREEN TEA EXTRACTS AND IRON NANO
PARTICLES PRODUCED FROM THESE EXTRACTS BY GREEN
SYNTHESIS**

YÜKSEK LİSANS

Hasan GEDİKLİ

Danışman: Doç. Dr. Cemalettin BALTACI

**ŞUBAT-2022
GÜMÜŞHANE**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlamış olduğum “**Türk Siyah Ve Yeşil Çayı Ekstraklarının Ve Bu Ekstraklardan Yeşil Sentez Yoluyla Üretilen Demir Nano Parçacıklarının Bazı Gıdalarda Aflatoksinlerin Azaltılması Üzerine Bir Araştırma**” isimli bu tezimin, tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi, alıntı yaptığım tüm çalışmaları kaynakçada belirttiğimi ve Gümüşhane Üniversitesi’nin lisanslı kullanıcısı olduğu intihal yazılım programı ile Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlediği kıstaslara uygun olarak raporladığımı taahhüt ederim. Tezimin kâğıt ve elektronik kopyalarının Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü arşivinde saklanmasına izin verdiğimi onaylarım.

Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği’nin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

16/02/2022

.....
Hasan GEDİKLİ

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyip, karşılaştığım zorluklarda bana yardımcı olan sayın hocam Sayın Doç. Dr. Cemalettin BALTACI'ya tezime ve gelecekteki hayatıma sunduğu katkılarından dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tüm çalışmalarım süresince maddi ve manevi desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen, her zaman anlayışlı ve hoşgörülü davranışlarıyla yanımda olan babam Arif GEDİKLİ ve annem Yaşar GEDİKLİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca bana manevi destek ve yol gösterici olan çok kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Salim Serkan NAS'a teşekkürlerimi sunarım.

Yine iş hayatımda olduğu gibi çalışmalarım sırasında da bana yardımcı olan Öner TATLI, Sedef BULUTOĞLU, Gökçe REİS ve Alihan KARTAL'a yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Bu çalışma Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Birimi (GÜBAP) projeleri tarafından desteklenmiştir. Proje no: 21.F5115.02.01

.....
Hasan GEDİKLİ
GÜMÜŞHANE - 2022

ÖZET

Aflatoksinler, başlıca *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus parasiticus* küfleri tarafından oluşturulan toksik maddelerdir. Aflatoksinlerin detoksifikasyonu fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemler ile gerçekleştirilmektedir. Bu biyolojik yöntemlerde bitkisel ekstraktların kullanımı önemli bir rol oynamaktadır. Bu bitkisel ekstraktlardan yeşil sentez yolu ile elde edilen nanoparçacıklar son zamanlarda araştırmacıların dikkatini çekmektedir.

Bu araştırmada, Türk siyah ve yeşil çaylarından elde edilen ekstraktlar kullanılarak aflatoksinlerin fındık ve fıstık püresindeki azalma seviyeleri incelenmiştir. Siyah ve yeşil çay ekstraktlarından yeşil sentez yolu ile demir nanoparçacıklar üretilmiştir. Üretilen bu nanoparçacıklar kullanılarak fındık ve fıstık pürelerinin aflatoksin seviyelerinin azalması amaçlanmıştır.

Bu çalışma için kullanılan fındık püresinin aflatoksin düzeyleri aflatoksin B₁ için 6.57 ± 0.06 µg/kg ve toplam aflatoksin için 13.03 ± 0.16 µg/kg'dır. Fıstık püresinin aflatoksin düzeyleri aflatoksin B₁ için 7.79 ± 0.15 µg/kg ve toplam aflatoksin için 15.21 ± 0.12 µg/kg'dır.

Bu çalışma sonucunda, siyah çayın çözünebilir ekstraktı ile muamele edilmiş fındık ve fıstık pürelerinin aflatoksin düzeylerinde %40-50 azalma, yeşil çayın çözünebilir ekstraktı ile muamele edilmiş fındık ve fıstık pürelerinin aflatoksin düzeylerinde %30-45 azalma, siyah çay demiroksit nanoparçacıklar ile muamele edilmiş fındık ve fıstık pürelerinin aflatoksin düzeylerinde %33-48 azalma, yeşil çay demiroksit nanoparçacıklar ile muamele edilmiş fındık ve fıstık pürelerinin aflatoksin düzeylerinde %40-50 azalma gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Aflatoksinler, Demir nanoparçacık, Siyah çay, Yeşil çay, Yeşil sentez.

SUMMARY

Aflatoxins are toxic substances mainly produced by the molds *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus*. Detoxification of aflatoxins is carried out by physical, chemical, and biological methods. The use of herbal extracts plays an important role in these biological methods. Nanoparticles obtained from these herbal extracts by green synthesis have recently attracted the attention of researchers.

In this study, the reduction levels of aflatoxins in hazelnut and peanut puree were investigated by using extracts from Turkish black and green teas. Iron nanoparticles were produced by green synthesis from black and green tea extracts. It is aimed to reduce aflatoxin levels in hazelnut and peanut purees by using these nanoparticles.

The aflatoxin levels of hazelnut puree used for this study were 6.57 ± 0.06 µg/kg for aflatoxin B1 and 13.03 ± 0.16 µg/kg for total aflatoxin. Aflatoxin levels of peanut puree were 7.79 ± 0.15 µg/kg for aflatoxin B1 and 15.21 ± 0.12 µg/kg for total aflatoxin.

As a result of this study, it was observed that 40-50% decrease in aflatoxin levels of hazelnut and peanut purees treated with soluble extract of black tea, 30-45% decrease in aflatoxin levels of hazelnut and peanut purees treated with soluble extract of green tea, 33-48% decrease in aflatoxin levels of hazelnut and peanut purees treated with black tea iron oxide nanoparticles, 40-50% decrease in aflatoxin levels in hazelnut and peanut purees treated with green tea iron oxide nanoparticles.

Keywords: Aflatoxins, Iron nanoparticle, Black tea, Green tea, Green synthesis.

İÇİNDEKİLER

KABUL ve ONAY.....	III
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI.....	IV
TEŞEKKÜR.....	V
ÖZET... ..	VI
SUMMARY	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
TABLolar DİZİNİ	XIV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XII
EKLER DİZİNİ.....	XIVI
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XIXI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Mikotoksinler.....	4
1.3. Mikotoksinlerin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri	6
1.3.1.Kanser Oluşturma.....	7
1.3.2. Genotoksisite.....	8
1.4. Mikotoksinlerle İlgili Mevzuat	10
1.5. Mikotoksin Analiz Teknikleri.....	11
1.5.1. İnce Tabaka Kromatografisi.....	12
1.5.2. Elisa Yöntemi.....	12
1.5.3. Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi	13
1.5.4. Gaz Kromatografisi/Kütle Spektrometresi.....	14
1.5.5. Floresan Polarizasyon İmmünoanaliz	14
1.6. Yeşil Sentezle Üretilen Metal Nano Parçacıklar.....	14
1.7. Önceki Çalışmalar	17
1.8. Çalışmanın Amacı.....	20
1.9. Çalışmanın Kapsamı	21
2. MATERYAL VE METOT.....	22
2.1. Cihazlar	22
2.2. Kullanılan Kimyasallar	22
2.3. Çözeltilerin Hazırlanması	22

2.4. Çay Ekstraktlarının Hazırlanması	22
2.4.1.Siyah Çay Ekstraktının ve Çözünebilir Toz Çay Hazırlanması	22
2.4.2.Yeşil Çay Ekstraktının Hazırlanması	22
2.4.3.Siyah Çay Demir Oksit Nano Parçacıkların (SÇ-DONP) Hazırlanması	23
2.4.4. Yeşil Çay Demir Oksit Nano Parçacıkların (YÇ-DONP) Hazırlanması	24
2.5. DONP'ların Karakterizasyonu	25
2.5.1.Fourier-Transform İnfrared (FTIR) Spektrofotometre Analizi.....	26
2.5.2.Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)Analizi	26
2.6. Doğal Aflatoksin Bulaşık Örneklerin Hazırlanması	26
2.7. Fındık Püresinin Siyah ve Yeşil Çay Ekstraktları İle Muamelesi.....	27
2.7. Fıstık Püresinin Siyah ve Yeşil Çay Ekstraktları İle Muamelesi	28
2.8. Çözelti İçindeki Aflatoksinlerin Siyah ve Yeşil Çay Ekstraktları İle Muamele İşlemi.....	28
2.9. Fındık Püresinin Siyah ve Yeşil Çay DONP İle Muamelesi	29
2.10.Fıstık Püresinin Siyah ve Yeşil Çay DONP İle Muamelesi.....	29
2.11.Çözelti İçindeki Aflatoksinlerin Siyah ve Yeşil DONP İle Muamele İşlemi	30
2.12.Aflatoksin Analiz Yöntemi	30
2.12.1.Metodun Kapsam ve Prensibi	30
2.12.2.Güvenlik Uyarıları ve Önlemler.....	31
2.13.3. Test Metodunun Tanımı.....	31
2.13.3.1. Standart ve Referans Reaktif Materyaller	31
2.13.3.2. İşlem Basamakları için.....	33
2.13.3.2.1. Numunelerin Analize Alınması	33
2.13.3.2.2. Kromatografik İşlem	37
2.13.3.2.3. Tespit ve Raporlama	38
2.13.3.3. Raporlama	38
2.14.Elde Edilen DONP'ların Fe Miktarının Analizi.....	39
3. BULGULAR ve TARTIŞMA	40
3.1. Doğal Örneklerin Aflatoksin Miktarları	40
3.2. Elde Edilen DONP'lar	40
3.3. Elde Edilen DONP'ların Karekterizasyonu	42
3.3.1.Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR)Analizi	43
3.3.2.DONP'ların FTIR, SEM ve Enerji Dağılım Spektroskopisi (EDX) Analizi... ..	45
3.4. Siyah Çay Toz Ekstraktı İle Muamele Edilen Doğal Yer Fıstığı Püresi Örneklerinin AFL Analiz Sonuçları	49

3.5. Siyah Çay Toz Ekstraktı İle Muamele Edilen Doğal Fındık Püresi Örneklerinin AFL Analiz Sonuçları	51
3.6. Yeşil Çay Toz Ekstraktı İle Muamele Edilen Doğal Yer Fıstığı Püresi Örneklerinin AFL Analiz Sonuçları	54
3.7. Yeşil Çay Toz Ekstraktı İle Muamele Edilen Doğal Fındık Püresi Örneklerinin AFL Analiz Sonuçları.....	56
3.8. Yeşil ve Siyah Çay Toz Ekstraktları Çözelti içindeki AFL Analiz Sonuçları	58
3.9. Siyah Çay DONP İle Muamele Edilen Doğal Yer Fıstığı Püresi Örneklerinin AFL Analiz Sonuçları.....	60
3.10.Siyah Çay DONP İle Muamele Edilen Doğal Fındık Püresi Örneklerinin AFL Analiz Sonuçları.....	62
3.11. Yeşil Çay DONP İle Muamele Edilen Doğal Yer Fıstığı Püresi Örneklerinin AFL Analiz Sonuçları.....	64
3.12. Yeşil Çay DONP İle Muamele Edilen Doğal Fındık Püresi Örneklerinin AFL Analiz Sonuçları.....	66
3.13.Yeşil ve Siyah Çay DONP Çözelti içindeki AFL Analiz Sonuçları	68
4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	73
KAYNAKÇA.....	75
EKLER.....	82
ÖZGEÇMİŞ	158

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Bazı mikotoksinlerin kimyasal yapıları (Girgin vd, 2001).	5
Tablo 2. Aflatoksin'lerin çeşitli ülkelerdeki limitleri (Özçakmak, 2007).	10
Tablo 3. Türk Gıda Kodeksi bulaşanlar yönetmeliği aflatoksin limitleri	11
Tablo 4. Detoksifikasyon işleminde kullanılan sıcaklık, zaman ve miktar parametreleri	29
Tablo 5. Kalibrasyon seti konsantrasyon seviyesi	32
Tablo 6. Aflatoksin B ₁ , B ₂ , G ₁ ve G ₂ miktarının hesaplanması	38
Tablo 7. Doğal bulaşmış fındık ve fıstık püresine ait analiz sonuçları	40
Tablo 8. Siyah çay toz ekstraktı ile muamele edilen yer fıstığı püresi aflatoksin analiz sonuçları	49
Tablo 9. Siyah çay toz ekstraktı ile muamele edilen fındık püresi aflatoksin analiz sonuçları	52
Tablo 10. Yeşil çay toz ekstraktı ile muamele edilen yer fıstığı püresi aflatoksin analiz sonuçları	54
Tablo 11. Yeşil çay toz ekstraktı ile muamele edilen fındık püresi aflatoksin analiz sonuçları	57
Tablo 12. Yeşil ve siyah çay toz ekstraktı ile muamele edilen çözelti içinde aflatoksin analiz sonuçları ve % detoksifikasyon sonuçları.....	59
Tablo 13. Siyah çay DONP ile muamele edilen yer fıstığı püresi aflatoksin analiz sonuçları	61
Tablo 14. Siyah çay DONP ile muamele edilen yer fıstığı püresi aflatoksin analiz sonuçları	63
Tablo 15. Yeşil çay DONP ile muamele edilen yer fıstığı püresi aflatoksin analiz sonuçları	65
Tablo 16. Yeşil çay DONP ile muamele edilen fındık püresi aflatoksin analiz sonuçları	67
Tablo 17. Yeşil ve siyah çay DONP ile muamele edilen çözelti içinde aflatoksin analiz sonuçları ve % detoksifikasyon sonuçları	69

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. AFLB ₁ -N ⁷ -Guanil Kompleksi.....	8
Şekil 2. Yeşil sentezle nanopartikül üretim, karakterizasyon ve uygulama aşamaları ...	16
Şekil 3. Çay örneklerinin spreyci kurutucu ile kurutma işlemi.....	23
Şekil 4. Yeşil ve Siyah çay örneklerinden DONP'ların sentez işlemi	24
Şekil 5. Yeşil ve Siyah çay örneklerinden DONP'ların vakum altında kurutma işlemi .	25
Şekil 6. Örneklerin homojenizasyonunda kullanılan değirmen	27
Şekil 7. Örneklerin çözünür yeşil ve siyah çay ekstraktları ile muamele işlemleri	28
Şekil 8. Kalibrasyon kriter grafiği.....	33
Şekil 9. Vakum manifold ile kolondan numune geçirilmesi.....	34
Şekil 10. Aflatoksinlerin kolondan metanol ile elue edilmesi	35
Şekil 11. Örnek viallerinin HPLC cihazına yerleştirilmesi.....	35
Şekil 12. Analiz akış şeması.....	36
Şekil 13. DONP oluşum mekanizması.....	41
Şekil 14. Sentez edilen DONP'lar.....	42
Şekil 15. Siyah çayın FTIR spektrumu	43
Şekil 16. Yeşil çayın FTIR spektrumu.....	44
Şekil 17. Sentez edilen DONP'ların FTIR spektrumları (Siyah çay DONP, Yeşil çay DONP)	45
Şekil 18. Demir oksit nanoparçacıkların XRD analizi (Yeşil Çay DONP)	46
Şekil 19. Demir oksit nanoparçacıkların XRD analizi (Siyah Çay DONP).....	46
Şekil 20. Yeşil çay ekstraktları ile hazırlanan metal nanopartiküllerin SEM görüntüleri (Yeşil Çay DONP).....	47
Şekil 21. Siyah çay yaprağı ekstraktları ile metal nanopartiküllerin SEM görüntüleri (Siyah Çay DONP)	48
Şekil 22. Doğal yer fıstığı püresinde bulunan AFL'lerin çözünür siyah çay ekstraktı ile µg/kg bazında azalma grafiği	50
Şekil 23. Doğal yer fıstığı püresinde bulunan AFL'lerin çözünür siyah çay ekstraktı ile % detoksifikasyon grafiği	50
Şekil 24. Doğal fındık püresinde bulunan AFL'lerin çözünür siyah çay ekstraktı ile detoksifikasyon grafiği	53
Şekil 25. Doğal fındık püresinde bulunan AFL'lerin çözünür siyah çay ekstraktı ile % detoksifikasyon grafiği.....	53

Şekil 26. Doğal yer fıstığı püresinde bulunan AFL'lerin çözünebilir yeşil çay ekstraktı ile $\mu\text{g/kg}$ bazında azalma grafiği	55
Şekil 27. Doğal yer fıstığı püresinde bulunan AFL'lerin çözünebilir yeşil çay ekstraktı ile % detoksifikasyon grafiği.....	55
Şekil 28. Doğal fındık püresinde bulunan AFL'lerin çözünebilir yeşil çay ekstraktı ile $\mu\text{g/kg}$ bazında azalma grafiği	57
Şekil 29. Doğal fındık püresinde bulunan AFL'lerin çözünebilir yeşil çay ekstraktı ile % detoksifikasyon grafiği	58
Şekil 30. Siyah ve yeşil çay ekstraktlarının çözelti içindeki AFL'lerin PCA analizi.....	59
Şekil 31. Doğal yer fıstığı püresinde bulunan AFL'lerin siyah çay DONP ile $\mu\text{g/kg}$ bazında azalma grafiği.....	61
Şekil 32. Doğal yer fıstığı püresinde bulunan AFL'lerin siyah çay DONP ile % detoksifikasyon grafiği.....	62
Şekil 33. Doğal fındık püresinde bulunan AFL'lerin siyah çay DONP ile $\mu\text{g/kg}$ bazında azalma grafiği	63
Şekil 34. Doğal fındık püresinde bulunan AFL'lerin siyah çay DONP ile % detoksifikasyon grafiği.....	64
Şekil 35. Doğal yer fıstığı püresinde bulunan AFL'lerin yeşil çay DONP ile $\mu\text{g/kg}$ bazında azalma grafiği.....	65
Şekil 36. Doğal yer fıstığı püresinde bulunan AFL'lerin yeşil çay DONP ile % detoksifikasyon grafiği.....	66
Şekil 37. Doğal fındık püresinde bulunan AFL'lerin yeşil çay DONP ile $\mu\text{g/kg}$ bazında azalma grafiği	67
Şekil 38. Doğal fındık püresinde bulunan AFL'lerin yeşil çay DONP ile % detoksifikasyon grafiği.....	68
Şekil 39. Çözelti içindeki DONP'ların AFL'leri dedoksifikasyonunun PCA analizi.....	69

EKLER DİZİNİ

Ek 1. 0.1 ppb aflatoksin standartlarına ait pikler	82
Ek 2. 0.25 ppb aflatoksin standartlarına ait piki.....	82
Ek 3. 0.5 ppb aflatoksin standartlarına ait pikler	83
Ek 4. 1.0 ppb aflatoksin standartlarına ait pikler	83
Ek 5. 2.0 ppb aflatoksin standartlarına ait pikler	84
Ek 6. 5.0 ppb aflatoksin B ₁ standartına ait piki.....	84
Ek 7. 15.09.2021 Tarihli 1.0 ppb aflatoksin kalibarsyon piki.....	85
Ek 8. 15.09.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin geri kazanım piki.....	85
Ek 9. 16.09.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin geri kazanım piki.....	86
Ek 10. 16.09.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin kalibrasyon kontrol piki	86
Ek 11. 17.09.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin geri kazanım piki.....	87
Ek 12. 17.09.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin kalibrasyon kontrol piki	87
Ek 13. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-2 aflatoksin piki.....	88
Ek 14. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-3 aflatoksin piki.....	88
Ek 15. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-4 aflatoksin piki.....	89
Ek 16. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-5 aflatoksin piki.....	89
Ek 17. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-6 aflatoksin piki.....	90
Ek 18. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-7 aflatoksin piki.....	90
Ek 19. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-8 aflatoksin piki.....	91
Ek 20. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-9 aflatoksin piki.....	91
Ek 21. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-10 aflatoksin piki.....	92
Ek 22. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-11 aflatoksin piki.....	92
Ek 23. Siyah çay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-1 aflatoksin piki.....	93
Ek 24. Siyah çay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-2 aflatoksin piki.....	93
Ek 25. Siyah çay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-3 aflatoksin piki.....	94
Ek 26. Siyah çay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-4 aflatoksin piki.....	94
Ek 27. Siyah çay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-5 aflatoksin piki.....	95
Ek 28. Siyah çay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-6 aflatoksin piki.....	95
Ek 29. Siyah çay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-7 aflatoksin piki.....	96
Ek 30. Siyah çay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-8 aflatoksin piki.....	96
Ek 31. Siyah çay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-9 aflatoksin piki.....	97
Ek 32. Siyah çay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-10 aflatoksin piki.....	97

Ek 33. Siyah ay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-11 aflatoksin piki.....	98
Ek 34. Siyah ay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-1 aflatoksin piki	98
Ek 35. Siyah ay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-2 aflatoksin piki	99
Ek 36. Siyah ay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-3 aflatoksin piki	99
Ek 37. Siyah ay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-4 aflatoksin piki	100
Ek 38. Siyah ay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-5 aflatoksin piki	100
Ek 39. Siyah ay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-6 aflatoksin piki	101
Ek 40. Siyah ay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-7 aflatoksin piki	101
Ek 41. Siyah ay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-8 aflatoksin piki	102
Ek 42. Siyah ay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-9 aflatoksin piki	102
Ek 43. Siyah ay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-10 aflatoksin piki	103
Ek 44. Siyah ay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-11 aflatoksin piki	103
Ek 45. Yeşil ay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-1 aflatoksin piki	104
Ek 46. Yeşil ay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-3 aflatoksin piki	104
Ek 47. Yeşil ay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-5 aflatoksin piki	105
Ek 48. Yeşil ay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-7 aflatoksin piki	105
Ek 49. Yeşil ay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-9 aflatoksin piki	106
Ek 50. Yeşil ay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-11 aflatoksin piki	106
Ek 51. Kr özeltisi aflatoksin piki.....	107
Ek 52. Siyah ay ekstraktı ile muamele edilmiş çözelti aflatoksin piki.....	107
Ek 53. Yeşil ay ekstraktı ile muamele edilmiş çözelti aflatoksin piki	108
Ek 54. aflatoksin G ₂ için kalibrasyon standart eğrisi	108
Ek 55. aflatoksin G ₁ için kalibrasyon standart eğrisi	109
Ek 56. aflatoksin B ₂ için kalibrasyon standart eğrisi	109
Ek 57. aflatoksin B ₁ için kalibrasyon standart eğrisi	110
Ek 58. Cihaz 2 0.1 ppb aflatoksin B ₁ standartına ait piki	110
Ek 59. Cihaz 2 0.25 ppb aflatoksin B ₁ standartına ait piki	111
Ek 60. Cihaz 2 0.5 ppb aflatoksin B ₁ standartına ait piki	111
Ek 61. Cihaz 2 1.0 ppb aflatoksin B ₁ standartına ait piki	112
Ek 62. Cihaz 2 2.0 ppb aflatoksin B ₁ standartına ait piki	112
Ek 63. Cihaz 2 5.0 ppb aflatoksin B ₁ standartına ait piki	113
Ek 64. Cihaz 2 17.09.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin kalibrasyon kontrol piki	113
Ek 65. Cihaz 2 17.09.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin geri kazanım piki.....	114
Ek 66. Yeşil ay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-2 aflatoksin piki	114
Ek 67. Yeşil ay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-4 aflatoksin piki	115

Ek 68. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-6 aflatoksin piki	115
Ek 69. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-8 aflatoksin piki	116
Ek 70. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-10 aflatoksin piki	116
Ek 71. 03.11.2021 tarihli 0.1 ppb aflatoksin B ₁ standartına ait piki	117
Ek 72. 03.11.2021 tarihli 0.25 ppb aflatoksin B ₁ standartına ait piki	117
Ek 73. 03.11.2021 tarihli 0.5 ppb aflatoksin B ₁ standartına ait piki	118
Ek 74. 03.11.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin B ₁ standartına ait piki	118
Ek 75. 03.11.2021 tarihli 2.0 ppb aflatoksin B ₁ standartına ait piki	119
Ek 76. 03.11.2021 tarihli 5.0 ppb aflatoksin B ₁ standartına ait piki	119
Ek 77. 03.11.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin geri kazanım piki	120
Ek 78. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-2 aflatoksin piki.....	120
Ek 79. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-4 aflatoksin piki.....	121
Ek 80. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-6 aflatoksin piki.....	121
Ek 81. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-8 aflatoksin piki.....	122
Ek 82. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-10 aflatoksin piki.....	122
Ek 83. 03.11.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin kalibrasyon kontrol piki	123
Ek 84. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-2 aflatoksin piki	123
Ek 85. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-4 aflatoksin piki	124
Ek 86. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-6 aflatoksin piki	124
Ek 87. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-8 aflatoksin piki	125
Ek 88. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-10 aflatoksin piki	125
Ek 89. 04.11.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin kalibrasyon kontrol piki	126
Ek 90. 04.11.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin geri kazanım piki	126
Ek 91. Siyah çay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-2 aflatoksin piki.....	127
Ek 92. Siyah çay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-4 aflatoksin piki.....	127
Ek 93. Siyah çay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-6 aflatoksin piki.....	128
Ek 94. Siyah çay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-8 aflatoksin piki.....	128
Ek 95. Siyah çay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-10 aflatoksin piki.....	129
Ek 96. Fındık püresi kör numune aflatoksin piki.....	129
Ek 97. Siyah çay DONP ile muamele edilmiş fındık çözeltisi-1 aflatoksin piki	130
Ek 98. Siyah çay DONP ile muamele edilmiş fındık çözeltisi-2 aflatoksin piki	130
Ek 99. 08.11.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin kalibrasyon kontrol piki	131
Ek 100. 08.11.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin geri kazanım piki	131
Ek 101. Siyah çay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-2 aflatoksin piki.....	132
Ek 102. Siyah çay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-4 aflatoksin piki	132

Ek 103. Siyah ay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-6 aflatoksin piki.....	133
Ek 104. Siyah ay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-8 aflatoksin piki.....	133
Ek 105. Siyah ay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-10 aflatoksin piki.....	134
Ek 106. Yeşil ay DONP ile muamele edilmiş fıstık çözeltisi-1 aflatoksin piki.....	134
Ek 107. Yeşil ay DONP ile muamele edilmiş fıstık çözeltisi-2 aflatoksin piki.....	135
Ek 108. 03.11.2021 tarihli aflatoksin G ₂ için kalibrasyon standart eğrisi.....	135
Ek 109. 03.11.2021 tarihli aflatoksin G ₁ için kalibrasyon standart eğrisi.....	136
Ek 110. 03.11.2021 tarihli aflatoksin B ₂ için kalibrasyon standart eğrisi.....	136
Ek 111. 03.11.2021 tarihli aflatoksin B ₁ için kalibrasyon standart eğrisi.....	137
Ek 112. 03.11.2021 tarihli cihaz-2 0.1 ppb aflatoksin B ₁ standartına ait piki	137
Ek 113. 03.11.2021 tarihli cihaz-2 0.25 ppb aflatoksin B ₁ standartına ait piki	138
Ek 114. 03.11.2021 tarihli cihaz-2 0.5 ppb aflatoksin B ₁ standartına ait piki	138
Ek 115. 03.11.2021 tarihli cihaz-2 1.0 ppb aflatoksin B ₁ standartına ait piki	139
Ek 116. 03.11.2021 tarihli cihaz-2 2.0 ppb aflatoksin B ₁ standartına ait piki	139
Ek 117. 03.11.2021 tarihli cihaz-2 5.0 ppb aflatoksin B ₁ standartına ait piki	140
Ek 118. Cihaz-2 03.11.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin geri kazanım piki	140
Ek 119. Yeşil ay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-1 aflatoksin piki.....	141
Ek 120. Yeşil ay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-3 aflatoksin piki.....	141
Ek 121. Yeşil ay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-5 aflatoksin piki.....	142
Ek 122. Yeşil ay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-7 aflatoksin piki.....	142
Ek 123. Yeşil ay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-9 aflatoksin piki.....	143
Ek 124. Cihaz-2 03.11.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin kalibrasyon kontrol piki.....	143
Ek 125. Yeşil ay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-1 aflatoksin piki	144
Ek 126. Yeşil ay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-3 aflatoksin piki	144
Ek 127. Yeşil ay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-5 aflatoksin piki	145
Ek 128. Yeşil ay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-7 aflatoksin piki	145
Ek 129. Yeşil ay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-9 aflatoksin piki	146
Ek 130. Cihaz-2 04.11.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin kalibrasyon kontrol piki.....	146
Ek 131. Cihaz-2 04.11.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin geri kazanım piki	147
Ek 132. Siyah ay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-1 aflatoksin piki.....	147
Ek 133. Siyah ay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-3 aflatoksin piki.....	148
Ek 134. Siyah ay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-5 aflatoksin piki.....	148
Ek 135. Siyah ay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-7 aflatoksin piki.....	149
Ek 136. Siyah ay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-9 aflatoksin piki.....	149
Ek 137. Yeşil ay DONP ile muamele edilmiş fındık çözeltisi-1 aflatoksin piki.....	150

Ek 138. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fındık çözeltisi-2 aflatoksin piki.....	150
Ek 139. Cihaz-2 08.11.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin kalibrasyon kontrol piki.....	151
Ek 140. Cihaz-2 08.11.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin geri kazanım piki	151
Ek 141. Siyah çay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-1 aflatoksin piki	152
Ek 142. Siyah çay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-3 aflatoksin piki	152
Ek 143. Siyah çay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-5 aflatoksin piki	153
Ek 144. Siyah çay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-7 aflatoksin piki	153
Ek 145. Siyah çay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-9 aflatoksin piki	154
Ek 146. Fıstık püresi kör numune aflatoksin piki	154
Ek 147. Siyah çay DONP ile muamele edilmiş fıstık çözeltisi-1 aflatoksin piki	155
Ek 148. Siyah çay DONP ile muamele edilmiş fıstık çözeltisi-2 aflatoksin piki	155
Ek 149. Cihaz-2 03.11.2021 tarihli aflatoksin G ₂ için kalibrasyon standartı eğrisi.....	156
Ek 150. Cihaz-2 03.11.2021 tarihli aflatoksin G ₁ için kalibrasyon standartı eğrisi.....	156
Ek 151. Cihaz-2 03.11.2021 tarihli aflatoksin B ₂ için kalibrasyon standartı eğrisi.....	157
Ek 152. Cihaz-2 03.11.2021 tarihli aflatoksin B ₁ için kalibrasyon standartı eğrisi.....	157

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

%R	: % Geri Alma
ACN	: Asetonitril
AOAC	: Amerika Resmi Analitik Kimyacılar Birliği (Association of Official Agricultural Chemists)
AFL	: Aflatoksin
AFLB ₁	: Aflatoksin B ₁
AFLB ₂	: Aflatoksin B ₂
AFLG ₁	: Aflatoksin G ₁
AFLG ₂	: Aflatoksin G ₂
AFLM ₁	: Aflatoksin M ₁
ATA	: Alimentary Toxic Aleukie hastalığı
c	: Analiz Sonucu
C	: Kütle Fraksiyonu
CRM	: Sertifikalı Referans Materyali (Certificate Reference Material)
df	: Serbestlik Derecesi
DLS	: Dinamik Işık Saçılım Spektrometresi (Dynamic light scattering)
DNA	: Deoksiribo Nükleik Asit
DONP	: Demiroksit Nanoparçacık
EDX	: Enerji Dağılımlı X-Işını Spektroskopisi (Energy-dispersive X-ray spectroscopy)
EFSA	: Avrupa Gıda Güvenliği Kurumu (European Food Safety Authority)
ELISA	: Enzim Bağlı İmmunesorbent Deneyi (Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay)
EMIT	: enzim aktivitesine bağlı immunoteknik (Enzyme Multiplied Immunoassay Technique)
Eurachem	: A Focus For Analytical Chemistry in Europe
FAO	: Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture of United Nation)
FPIA	: Flouresans Polarization Immunoassay
FTIR	: Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (Fourier transform infrared)
FUMO	: Fumonisin

GTHB	: Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı (Tarım ve Orman Bakanlığı)
GC/MS	: Gaz kromatografisi/kütle spektrofotometresi (Gas chromatography–mass spectrometry)
HCC	: Hepatosellüler Karsinom
HPLC	: Yüksek basınçlı Sıvı Kromatografisi (Hight Performance Liquid Chromatography)
IAK	: İmmuno-affinite Kolon
IARC	: Uluslararası Kanser Araştırma Kuruluşu (International Agency for Research on Cancer)
IIE	: Institute of International Education
JECFA	: Gıda Katkı Maddeleri Uzman Komitesi (The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives)
kGy	: Kilogray
LC	: Sıvı Kromatografisi (Liquid Chromatography)
LOD	: Tespit Limiti (Limit of Detection)
LOQ	: Tayin Limiti (Limit of Quantification)
MeOH	: Metanol
n	: Tekrar Sayısı
NaCl	: Sodyum Klorür
nm	: nanometre
NP	: Nanoparçacık
OTA	: Okratoksin
ÖB	: Ölçüm Belirsizliği
PCA	: Temel Bileşenler Analizi
ppb	: parts per billion
ppm	: parts per million
PRSD	: Horwitz eşitliğinden hesaplanan rölatif standart sapma (Projected Relative Standard Deviation)
r	: Tekrarlanabilirlik Limiti
R	: Tekrar Üretilebilirlik Limiti
RASFF	: Gıda ve Yem Hızlı Alarm Sistemi (Food and Feed Rapid Alert)
RNA	: Ribo Nükleik Asit
RSD	: Rölatif Standart Sapma (Relative Standard Deviation)
S	: Standart Sapma

SCF	: Avrupa Gıda Bilim Komitesi (Europe Scientific Committee on Food)
SÇTE	: Siyah çay toz ekstraktı
SÇDONP	: Siyah çay demiroksit nanoparçacık
TAF	: Toplam Aflatoksin
TC	: Türkiye Cumhuriyeti
TELA	: Tespit Edilebilir Limitin Altında
TEM	: Transmission Electron Microscopy
TGK	: Türk Gıda Kodeksi
TLC	: İnce Tabaka Kromatografisi (Thin Layer Chromatography)
TOB	: Tarım Orman Bakanlığı
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
U _x	: Belirsizlik
U _G	: Genişletilmiş Belirsizlik
YÇTE	: Yeşil çay toz ekstraktı
YÇDONP	: Yeşil çay demiroksit nanoparçacık
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)
$\bar{x}$	: Analiz Sonuç Ortalaması
XRD	: x-ışını kristalografisi
μl	: Mikrolitre

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Aflatoksin (AFL) ilk kez 1960 yılında 100.000'den fazla genç hindinin bulunduğu bir İngiliz kümes hayvanı çiftliğinde görüldü. Birkaç ay içinde bu hastalığın ölüm oranı çok yükseldi. Bu yeni hastalığa "Hindi X hastalığı" adı verildi. Kısa süre sonra hastalığın hindilerle sınırlı olmadığı, yemlerle ilişkili hastalıkların, Brezilya fıstık unu olduğu bulundu. Yer fıstığı unu ile ilgili çalışmalar yapılmış ve sonuçlar, Hindi X hastalığında olduğu gibi yemin kümes hayvanları ve ördek yavruları için toksik bileşenlere sahip olduğu tespit edildi. Toksinin doğası gereği mantar kökenli olabileceği düşünüldü. 1961 yılında bir tür mantar olan *Aspergillus flavus* toksin üreticisi olarak tanımlanmış ve kökenine göre toksin aflatoksin olarak adlandırılmıştır (Eaton ve Groopman, 1994). Aflatoksin bulaşmış gıda ve yemlerin detoksifikasyonu, yüksek kanserojen özelliği ve dokulardaki metabolik süreçler ve kitleler yoluyla değişmeden kalma kabiliyetleri nedeniyle önemli bir sorundur. Çok sayıda detoksifikasyon yöntemi denenmiş olmasına rağmen, sadece bazıları besin öğelerinin etkinliğini, güvenliğini, koruma önlemlerini ve bir detoksifikasyon sürecinin maliyet gerekliliklerini yerine getirebilmektedir. Bu yöntemler kimyasal, fiziksel ve biyolojik teknikler olmak üzere üç alt kategoriye toplanmaktadır (Fedlu vd., 2019). Kimyasal olarak, alkali muameleler, aflatoksinin detoksifikasyonunda uygulanan başlıca kimyasal işlemlerden biridir. Amonyaklaşma ve nikstamalizasyon, detoksifikasyon için gıda ve yem malzemelerine uygulanan ve ısı işlem kombinasyonu ile aflatoksin önemli ölçüde azalmasına neden olan geleneksel alkali işlemlerdir. Güçlü asit muameleleri, aflatoksinleri çok daha az toksik olan hidrasyon yoluyla hemiasetal formuna dönüştürür. pH değeri düştükçe veya sıcaklık arttıkça hemiasetal dönüşüm oranının arttığı tespit edilmiştir. Hamed'in (2006) çalışmalarına göre; Aflatoksinler, bitkisel proteinlerin üretimi sırasında toksik veya mutajenik yan ürünler üretmeden hidroklorik asit ilavesi ile 129 °C ve 160 kPa buharla işlenmesi altında tamamen parçalanmıştır (Hamed, 2006). Metoksimetan formaldehit, kalsiyum hidroksit, etilen oksit, hidrojen peroksit, gıda ve yem malzemelerinin detoksifikasyonunda yaygın olarak kullanılan kimyasallardır. (Beckwith vd., 1976). Ancak; Kimyasalların kalite parametreleri (renk, tat, vb.) üzerindeki etkisi aflatoksin üzerindeki etkisiyle karşılaştırıldığında aflatoksini detoksifiye etmek için yüksek dozda kimyasallar kullanılmaktadır. Mikotoksinlerin biyolojik detoksifikasyonu, özellikle her ikisi de biyolojik sistemlerle sağlanabilen iki ana mekanizma, sorpsiyon ve enzimatik

bozunma yoluyla çalışır. Canlı ve ölü mikroorganizma, vücutlarında veya hücre duvarlarında mikotoksinleri emebilir ve biriktirebilir. Enzimatik degradasyon, hücre dışı veya hücre içi enzimler tarafından ve bunun bir sonucu olarak gerçekleştirilebilir. Bu şekilde; enzimatik modifikasyonlar toksisiteyi değiştirebilir, azaltabilir veya tamamen ortadan kaldırabilir (Aliabadi vd., 2013). Termal işlemler, gama ışınlaması, çözücülerle ekstraksiyon, adsorpsiyon aflatoksin detoksifikasyonunun fiziksel yöntemlerinden bazılarıdır. Fiziksel teknikleri kullanmanın avantajları şunlardır; başka toksik bileşikler oluşturmazlar veya herhangi bir zararlı kalıntı bırakmazlar, ürünlerin beslenme kalitesini ciddi şekilde etkilemezler, çoğunlukla ekonomik olarak uygulanabilir ve teknik olarak uygulanabilir (Rustom, 1997).

İnsanlarda karaciğer kanserinin etiyolojisinde aflatoksin B₁ rol oynadığı için gıdaların aflatoksin kontaminasyonu dünya çapında önemli bir sorundur. Aflatoksinler, çok çeşitli tarımsal ürünlerde büyüdülerinden esas olarak *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus parasiticus* tarafından üretilen ikincil metabolitlerin bir grubudur. Gıda ürünleri aflatoksin ile kontamine olduktan sonra, toksin oldukça stabil olduğundan toksinin uzaklaştırılması son derece zordur. Aflatoksinlerin detoksifikasyonu için çeşitli yaklaşımlar önerilmiştir; ancak, her yöntemin kendi eksiklikleri vardır. Doğal bitki ürünleri, aflatoksinlerin detoksifikasyonu için güvenli ve alternatif bir yol kaynağı olarak ilgi çekicidir. Bazı araştırmacılar, aflatoksinlerin detoksifikasyonu için tıbbi bitkilerin kullanıldığını bildirmişlerdir. Yapılan bir çalışmada Ajowan (*Trachyspermum ammi*) tohumlarının sulu ekstresi ile muamelesi, kontrole göre toplam aflatoksin içeriğinde yaklaşık %80 azalma göstermiştir (Hajare vd., 2005). Başka bir çalışmada, *T. ammi* tohumlarının diyalizlenmiş özütünün AFLG₁'in > %90'ının parçalanmasında etkili olduğu tespit edildi ve özütün aflatoksin detoksifikasyon aktivitesi, 100 °C'de 10 dakika kaynatıldıktan sonra büyük ölçüde azaldı. Diğer aflatoksinlerin, yani AFLB₁ (%61), AFLB₂ (%54) ve AFLG₂'nin (%46), diyaliz edilmiş *T. ammi* özütü ile degradasyona uğradıkları belirtilmiştir (Velazhahan vd., 2010). Vasaka (*Adhatoda vasica*) yapraklarından elde edilen sulu bir özütün, 37 °C'de 24 saat inkübe edildiğinde AFLB₁'i (≥98%) detoksifiye ettiği gösterilmiştir (Vijayanandraj vd., 2014).

Son yıllarda, nanoteknoloji, nanopartiküllerin (NP) boyut dağılımı ve morfolojisine atfedilen benzersiz özellikler nedeniyle çok sayıda in vitro ve in vivo uygulamada geniş bir kabul görmüştür (Chinen vd., 2015; Vaseeharan vd., 2010). Metal NP'ler, geleneksel veya geleneksel olmayan yöntemler kullanılarak sentezlenebilir. Çözelti, kimyasal / fotokimyasal reaksiyonlar, termal ayrışma, elektrokimyasal ve sonikasyon gibi farklı yöntemler, metal NP'leri sentezlemek için yaygın olarak

kullanılmaktadır (Rajput, 2015; Sutradhar vd., 2014). Bununla birlikte, geliştirilen yöntemlerin çoğu, tehlikeli kimyasalların dahil edilmesi, yüksek enerji gereksinimleri, çevresel toksisitenin artması ve maliyet etkisizliği gibi belirli dezavantajları vardır. Farklı araştırmacılar, bitki özlerini bir biyosentezde indirgeyici maddeler olarak veya metal NP'ler için yeşil sentez şeması olarak kullanan çok sayıda sentez yolu önermişlerdir (Nakhjavani vd., 2017; Senthilkumar ve Sivakumar, 2014). Bitkiler, redoks kapasitesine sahip fenolikler, terpenoidler, polisakkaritler ve flavonoidler gibi çok çeşitli ikincil metabolitler içerir. Bu nedenle, ideal olarak NP'lerin biyosentezi için kullanılmaktadır (Sun ve diğerleri, 2014). NP'lerin yeşil üretimi, fiziksel ve kimyasal özellikleri hakkında yayınlanmış raporlara kıyasla, metal NP'lerin antibakteriyel ve antifungal özellikleri hakkında çok sınırlı bilgi mevcuttur. Yeşil sentezin fiziksel ve klasik yöntemlere göre birçok avantajı vardır. Örneğin, uygun maliyetli, çevre dostudur ve yüksek basınç, enerji, sıcaklık veya toksik kimyasal reaktif kullanımı gerektirmez. Yeşil ve siyah çay, Çin, Hindistan ve Sri Lanka başta olmak üzere Asya'nın tropikal ve ılıman bölgelerinde yetişen *Camellia sinensis*'ten elde edilen ürünlerdir. *Camellia sinensis*, zengin bir polifenol kaynağıdır ve biyo-molekülleri, metal NP'lerin sentezi sırasında indirgeme ve kapatma ajanları olarak işlev görür (Shah vd., 2015). Bununla birlikte, metal NP'lerin kullanımı henüz AFL'leri adsorban olarak değerlendirilmesi ile ilgili çok az çalışma vardır (Asghar vd., 2018).

Çay yaprağı, polifenoller (kateşin ve flavanoidler), alkaloidler (kafein, theobromin, theofilin gibi), uçucu yağlar, polisakkaritler, inorganik elementler ve vitamin gibi bileşenleri içermektedir. Yeşil çay 6 temel kateşin bileşenini içerirken (kateşin, gallokateşin, epigallokateşin, epikateşin, epikateşin gallat, epigallokateşin gallat), siyah çayda oksidasyon aşamasında polifenollerin önemli bir kısmı yine antioksidan etkiye sahip flavanoid gibi bileşiklere okside olurlar (Sharangi, 2009).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) da dünya genelindeki gıda kaynaklarının yaklaşık %25'inin aflatoksin kontaminasyonundan etkilendiğini belirlemiştir. Bu nedenle aflatoksin kontaminasyonu, tarımsal pazarda sürekli olarak küresel bir sorun olmuştur.

Aflatoksin bulaşmasının insan ve hayvan sağlığı için olduğu kadar ekonomi için de büyük bir tehdit olduğu göz önünde bulundurularak, daha etkili ve çevre dostu detoksifikasyon yöntemlerini keşfetmek için birçok çalışma yapılmıştır (Peng vd., 2018). Fiziksel ve kimyasal stratejilerle karşılaştırıldığında, biyolojik detoksifikasyon, güvenlik açısından bakıldığında daha iyi görünmektedir.

1.2. Mikotoksinler

Mikotoksinler, çevre koşullarına bağlı olarak farklı küf türlerince üretilen zehirli ikincil metabolitlerdir. En çok tahıllar, kurutulmuş meyveler, kuruyemiş gibi gıdalarda doğal olarak oluşabilmektedirler. Günümüz itibari ile 400'ün üzerinde mikotoksin türü tespit edilmiştir. Bu mikotoksin türleri içerisinde insan ve hayvan sağlığını en çok riske atanlar aflatoksinler (AFL), fumonisin (FUMO) zearalenon (ZEA), trikotesenler, okratoksin A (OTA) ve ergot alkoidlerdir (Şener, 2018).

Mikotoksinlerin insanlara bulaşması, toksin bulaşısı olmuş bitki türevli gıdaların tüketilmesinden, mikotoksinleri ve metabolitlerini içeren et ve yumurta gibi hayvansal ürünlerin tüketilmesinden, toksin içeren hava ve toza maruz kalınmasından kaynaklanabilir. Mikotoksinler, dünyada her yıl insan sağlığı, hayvan sağlığı ve tarım ürünlerinde milyonlarca dolarlık kayıplara neden olmaktadır (Zain, 2011).

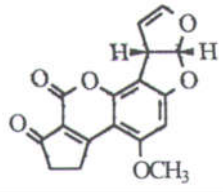
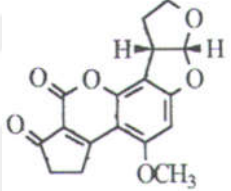
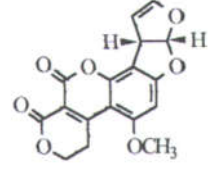
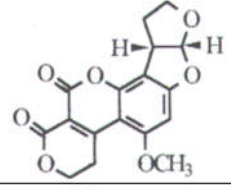
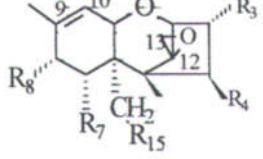
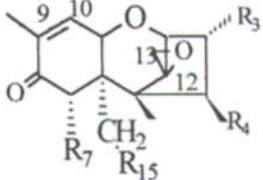
Mikotoksijenik mantarların en önemli cinsleri *Aspergillus*, *Alternaria*, *Claviceps*, *Fusarium*, *Penicillium* ve *Stachybotrys*'dir. Mikotoksinlerin başlıca sınıfları, *A. flavus* ve *A. parasiticus*'un bir metabolitini içerir. Aflatoksin B₁ (AFLB₁), bilinen en güçlü hepatokarsinojenik madde olup, genotoksik olduğu da kanıtlanmıştır. 1993'te DSÖ-Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı, AF, OTA, trikotesenler, ZEN ve FUMO'nun kanserojen potansiyelini değerlendirdi. Doğal olarak oluşan AFL, insanlar için kanserojenler olarak sınıflandırıldı. OTA ve FUMO olası kanserojenler olarak sınıflandırıldı. Bununla birlikte Trikotesenler ve ZEN insan kanserojenleri olarak sınıflandırılmamıştır (Zain, 2011). Tablo 1'de bazı mikotoksinlerin kimyasal yapıları gösterilmiştir

Mikotoksin tüketimi ile insan ve hayvanlarda görülen toksik sendromlarda "mikotoksikozis" adı kullanılmaktadır. Mikotoksinlerin insanlara bulaşması iki yol ile gerçekleşmektedir. Bunlardan ilki birincil mikotoksikozis'dir. Bu toksik sendrom direkt olarak mikotoksin içeren gıdaların tüketilmesi sonucu insan ve hayvanlarda oluşan mikotoksikozisdir. Diğer bir mikotoksikozis ise ikincil mikotoksikozis'dir. Bu toksik sendrom mikotoksin kontaminasyonu olmuş yemlerin hayvanlar tarafından tüketilmesi sonucu et, süt ve yumurta gibi hayvansal ürünlere geçmesi ile oluşmaktadır (Kabak, 2007).

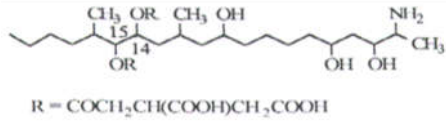
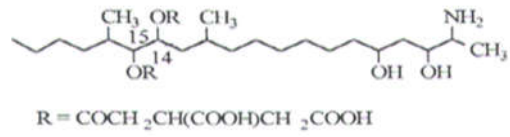
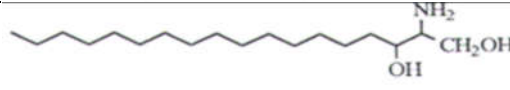
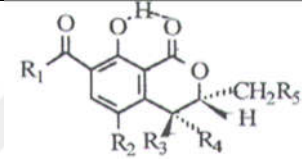
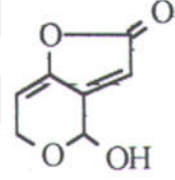
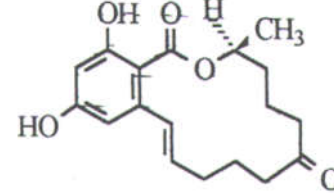
Mikotoksin oluşumunu etkileyen üç faktör bulunur bunlar; fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlerdir. Fiziksel faktörler, çevre sıcaklığı, gıdanın nem miktarı veya nispi nem miktarı olarak belirlenebilir. Aflatoksinlerin gelişimi için uygun ortam sıcaklığı 25-35 °C, patulin için uygun sıcaklık 20-25 °C, rubratoksin için uygun ortam sıcaklığı ise 25-30 °C'dir. Kimyasal faktörler, mikotoksin üreten küflerin üredikleri ve beslendikleri

ortamın kimyasal bileşimi olarak belirlenebilir. Bu beslenmeye etki eden faktörler su miktarı, asitliği, pH değeri ve gıda bileşimidir. Biyolojik faktörler, mikotoksin oluşumuna etki eden en önemli biyolojik faktör küflerin toksijenik durumudur. Toksin üretme kabiliyeti, mikrobiyal detoksifikasyonu ve ortamdaki diğer küfler ile rekabet durumu bu biyolojik faktörler olarak sıralanabilir (Öksüztepe, 2016).

Tablo 1. Bazı mikotoksinlerin kimyasal yapıları (Girgin vd., 2001).

Sıra No	Bileşimin Adı	Yapısı
1	Aflatoksin B ₁	
2	Aflatoksin B ₂	
3	Aflatoksin G ₁	
4	Aflatoksin G ₂	
5	Trikotesen (A tipi)	
6	Trikotesen (B tipi)	

Tablo 1. (Devamı)

Sıra no	Bileşimin Adı	Yapısı
7	Fumonisin B ₁	 $R = COCH_2CH(COOH)CH_2COOH$
8	Fumonisin B ₂	 $R = COCH_2CH(COOH)CH_2COOH$
9	Sifinganin	
10	Sfingosin	
11	Okratoksin	
12	Patulin	
13	Zearalenon	

1.3. Mikotoksinlerin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

Mikotoksin bulaşısı olmuş gıdaların insanlar tarafından tüketilmesi sonucunda akut, kronik, mutajenik ve teratojenik toksik etkiler gözlemlenmektedir. Mikotoksinlerin insanlara toksik etkisi; toksin çeşitine, alınan doza, yaşa, cinsiyete, etki mekanizmasına, toksine maruz kalma süresine ve metabolizmaya göre farklılık gösterir (Kabak, 2007).

Mikotoksinler insanlarda farklı hastalıklara ve mikotoksikoza yol açabilmektedir. Mikotoksikoz, mikotoksin bulaşısı olmuş gıdaların tüketilmesi sonucu görülen bir zehirlenme durumudur. Mikotoksikoz ilk olarak sindirim sistemiyle mikotoksinlerin kana geçişi ve ardından etkileyeceği doku ve organa yayılması ile görülmektedir. Farklı toksik derecelerde, farklı organ ve dokulara etki eden mikotoksinler, insanlarda akut ve kronik çeşitli hastalıklara sebep olmaktadır. Sinir sistemi ve beyini hedefleyen toksinler “nörotoksik”, böbrekleri hedefleyenler “nefrotoksik”, karaciğerleri hedefleyenler

“hepatotoksik” ve bağıklık sistemini hedefleyenler ise “immunotoksik” olarak tanımlanmaktadır. Bu etkilerin dışında mikotoksinler, teratojenik, kanserojenik, mutajenik ve östrojenik benzeri etkiler de oluşturabilmektedir (Şener, 2018).

Mikotoksikozlar, tüm toksikolojik sendromlar gibi, akut veya kronik olarak kategorize edilebilir. Akut toksisite genellikle hızlı bir başlangıç ve belirgin bir toksik tepkiye sahipken, kronik toksisite uzun bir süre boyunca düşük doza maruz kalma sonrası kanserlere ve genellikle geri dönüşü olmayan diğer etkilere neden olur. Modern öğütme uygulamalarının keşfinden ve uygulanmalarından önce, *Fusarium* türleri birçok mikotoksikoz salgınlarında etkili oldu. *F. sporitrikoides* ve *F. poae* ile kontamine olmuş tahıl taneleri, 1932’den 1947’ye kadar Rusya’da sindirimsel toksik aleukia ile ilişkilendirildi. Semptomları, mukoza zarı hiperemi, özofagus ağrısı, larenjit, boğulma, gastroenterit ve baş dönmesi olarak gözlemlendi (Zain, 2011).

1.3.1. Kanser Oluşturma

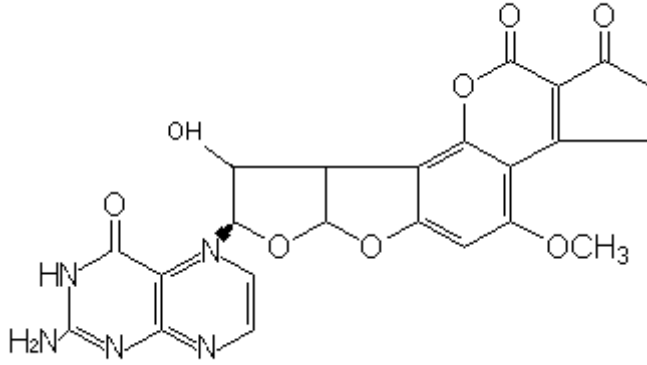
En önemli kanser oluşturma etkisine sahip olan mikotoksin aflatoksindir. Aflatoksinlerin en önemli olanları aflatoksin B₁, B₂, G₁, ve G₂’dir. Aflatoksin B₁ insanlarda kanser oluşturma etkisine sahip mikotoksin olarak bilinir (Vural, 1994).

Hayvanlar üzerinde kanser oluşturan aflatoksinler insanlarda görülen karaciğer kanseri üzerinde çok etkilidir (Smith ve Moss, 1985). Kuşlar, balıklar ve memeliler aflatoksinlerin kanser oluşturmaya karşı duyarlıdır. Fakat bu duyarlılık türler arasında farklılık göstermektedir. Örneğin, alabalıklarda yapılan araştırmada, iki hafta 20 ppb düzeyinde aflatoksin B₁’e maruz kalmaları 9 ay sonunda balıkların %40’ından fazlasında karaciğer tümörleri görülmesine neden olmuştur (Vural, 1994).

Bir çalışmada yüksek düzeyde aflatoksin alımının karaciğerde yağlanmaya neden olduğu, 10 ppm’lik bir aflatoksin düzeyinde maruz kalmanın ise karaciğer nekrozu ve ölüm gibi belirtilere sebep olduğu tespit edilmiştir (Hamilton ve Garlich, 1971). Tayvan’da küflü pirinç tükettikten sonra hastalanan 26 kişi arasından 3 çocuk ayaklarda ödem, karın ağrısı, kusma, karaciğerde büyüme belirtilerinden sonra ölmüştür. Bu pirinçlerin incelenmesi sonrasında 200 ppb aflatoksin B₁ tespit edilmiştir. Tayvan’daki çocuklara benzer belirtiler gösteren Uganda’lı 15 yaşındaki bir çocuk yediği cassava sonrası öldüğü belirtilmiştir. Bu cassava incelemeler sonucunda 1.7 ppm aflatoksin içerdiği kayıt edilmiştir. Tayland’da ise 3 yaşındaki bir çocuk 10 ppm aflatoksin içeren pirinç yedikten iki gün sonra “Reye’s sendromu” sonucu ölmüştür (Bullerman, 1979).

Aflatoksin B₁’in epoksidasyonu sonucu oluşan elektrofilik epoksid DNA, RNA ve protein gibi çeşitli nükleofilik merkezlere kovalent olarak bağlanabilir. AFLB₁-N⁷-Gua

kompleksinin aflatoksin B₁ in epoksi formunun bu aktifleşme reaksiyonu sonucunda DNA ile birleşerek oluştuğu bilinmektedir. Karsinogenik ve genotoksik etkilerin sorumlusu olarak bu kompleks değerlendirilmekte ve organizma veya hücreler için biyolojik tehlike oluşturmaktadır. Şekil 1’de AFLB₁-N⁷-Gua kompleksinin yapısı görülmektedir. Kenya’nın da bir bölgesinde hastalardan toplanan idrarlarda AFLB₁-N⁷-Gua kompleksi belirlenmiştir (Özkaya, 2003).



Şekil 1. AFLB₁-N⁷-Guanil Kompleksi

Bu bulgular sonucunda 1993 yılında Uluslararası Kansere Araştırma Kuruluşu (IARC) tarafından yapılan sınıflandırmada, aflatoksin B₁ “yeterli kanıt elde edilmiş insan karsinogenleri (sınıf 1)” içerisinde yer almıştır.

1.3.2. Genotoksisite

Aflatoksinler, yüksek dozlarda akut toksisite ve ölümcül olmayan dozlarda kronik toksisite gösterirler. AFLB₁’in klastojenik ajan olduğu ve ekstrahepatik döngüye katılarak kromozomal anormalliklere, mikronükleus oluşumuna, kardeş kromatid değişimine, programlanmamış DNA sentezine ve DNA zincir kırılmalarına yol açtığı Ülger (2020) tarafından belirtilmiştir. AFLB₁’in en önemli hedef organı, toksinin esas olarak CYP1A2 ve CYP3A4 tarafından metabolize edildiği ve özellikle p53 tümör baskılayıcı gende çok sayıda mutasyona neden olduğu karaciğerdir. Prostaglandin H sentaz yoluyla da metabolize edilen AFLB₁, enzimatik biyoaktivasyondan bağımsız olarak in vitro ve in vivo koşullarda oksidatif strese neden olarak mutajenik ve genomik kararsızlığa yol açar. Bu nedenle genotoksisite riski taşır. AFLB₁’e maruz kalmak, özellikle hepatit B ve C ile enfekte olmuş kişilerde hepatosellüler karsinom (HCC) gelişiminde önemli bir risk faktörü olarak tanımlanmıştır. Aflatoksinlerin dünya

çapındaki HCC vakalarının %5-28'inde neden olabileceği yönünde sonuçlar kaydedilmiştir (Ülger, 2020).

AFLB₁'in genotoksik düzeydeki dozları, HepG2, Huh7 ve HCT116 hücrelerinde eksik ve verimsiz bir kontrol noktası tepkisine neden olur. AFLB₁ ve AFLG₁, farklı potenslerle test edilen tüm hücre hatlarında genotoksik bir potansiyel göstermişlerdir. AFLM₁ ise 10 µM konsantrasyonda ve yalnızca LS-174T hücrelerinde genotoksik etki göstermiştir. AFLB₂ ve AFLG₂ test edilen hücrelerin hiçbirinde genotoksik etki oluşturmamıştır. Bu sonuçlara dayanarak, aflatoksinlerin genotoksik potansiyel sıralamaları: AFLB₁ ve AFLG₁ > AFLM₁ şeklindedir (Ülger, 2020).

Biyotransformasyon sırasında aflatoksinlerde bifuran halkasındaki çift bağın epoksidasyonu sonucu çok reaktif bir form oluşur. Bu bileşiklerden AFLB₁'in epoksi formunun DNA ile birleşerek hücrelerde kansorejen ve genotoksik etkiye neden olan AFLB₁-N7-Gua kompleksini oluşturduğu belirtilmektedir. AFLB₁'in epoksit radikali moleküler, biyokimyasal ve morfolojik olarak değişikliklere eden olur. Moleküler olarak apoptozu artırır, p53 protein seviyesini düşürür. Biyokimyasal olarak mitokondriyal aktiviteyi azaltır, reaktif oksijen türlerini artırır, hücrenin canlılığını azaltır. Morfolojik olarak ise hücre iletişimde bozulma, hücre zarı hasarı oluşumuna neden olur. AFLB₁'in ekzoepoksit formu, kansere ve p53 tümör baskılayıcı gende mutasyona sebep olur (Ülger, 2020).

Okratoksin'e maruz kalma hem hayvanlarda hem de insanlarda böbreği etkileyen bir dizi hastalıkla ilişkilendirilmiştir. Ayrıca mide, yemek borusu ve testis kanseri ile de ilişkili olduğu bildirilmiştir (Pfohl-Leszkowicz, 2007). Nefrotoksisiteye ek olarak, nörotoksisite, immünotoksisite, miyelotoksisite, üreme toksisitesi ve teratojenisite de bildirilmiştir. OTA, insanlarda üst ürotelyal sistem tümörleri ile ilişkili kronik ilerleyici bir böbrek hastalığı olan Balkan Endemik Nefropatisinin nedeni olarak da gösterilmiştir (Ülger, 2020).

Patulin karaciğer, böbrekler, gastrointestinal sistem ve bağışıklık için oldukça toksiktir. Ayrıca hücre bazlı ve hayvan bazlı birçok çalışmada patulinin genotoksisite, embriyotoksisite, sitotoksisite, nörotoksisite, immünotoksisite, karsinojenisite ve teratojenisite için bir risk faktörü olduğu bildirilmiştir. Patulin, sistein, lizin, histidin gibi amino asitlerle reksiyona girebilir ve elektrofilik kimyasallar ile kovalent bağlar oluşturabilir. Bu özellikleri nedeniyle patulin toksik etkiye neden olur (Ülger, 2020).

Fumonisinlerin genotoksin etkilerinin olup olmadığı halen tartışılmaktadır. Literatürdeki veriler FB₁'in bir genotoksin olduğu varsayımını tam olarak desteklememektedir. Ancak bazı çalışmalarda genotoksik etkilerinin olduğu

bildirilmiştir. FB₁'in genotoksik bir bileşik olduğu ve bunun altında yatan nedenin oksidatif stres artırıcı etki olduğu bazı çalışmalarda belirtilmiştir. Ayrıca DNA metilaz/demetilaz dengesindeki değişiklikler ve DNA hipometilasyonu gibi epigenetik mekanizmalarla da genotoksik etkileri olabileceği belirtilmektedir (Ülger, 2020).

Zearalenon mikronükleus ve kromozom aberasyonlarına, DNA iplikçik kırılmalarına ve DNA bağımlılıklarına neden olarak genotoksik aktiviteye neden olur. Embriyonik böbrek hücrelerinde ZEA'ya maruz kalmanın doza bağlı olarak DNA zincir kırılmalarına neden olduğu belirtilmektedir (Ülger, 2020).

Trikotesenlerde ise T-2'nin genotoksik aktivitesinin glutasyonu nötralize etmesi, lipid peroksidasyonunu indüklemesi, DNA ve RNA sentezini bozması nedeniyle olduğu düşünülmektedir (Ülger, 2020).

1.4. Mikotoksinlerle İlgili Mevzuat

Gıdalar işleme aşamalarında fiziksel kimyasal ve biyolojik olarak her türlü tehlikeyle karşı karşıya gelmektedir. Mikotoksinler de bu tehlikeler arasında olan bir metabolittir. İnsanların mikotoksinlerin etkilerinden korumak amacı ile gıda ve yemlerde bulunabilecek en yüksek miktarlar yasal düzenlemeler ile belirlenmektedir. Bazı ülkelerin yasal limitleri Tablo 2'de Türkiye için limitler Tablo 3'de gösterilmektedir. Bu düzenlemeler halk sağlığının korunması ve uluslar arası ticarete sorun olmaması açısından önemli olmaktadır.

Tablo 2. Aflatoksin'lerin çeşitli ülkelerdeki limitleri (Özçakmak, 2007).

Ülke	Ürün	Toplam Aflatoksin µg/kg	AFLB ₁ µg/kg
Macaristan, İspanya, Hollanda, Rusya	Gıdalar	-	5
Almanya	Gıdalar	En Fazla 4-5	2
	Süt ve bebek gıdaları	-	0.05
İngiltere	İncir	En fazla 4-5	2
Fransa	Yer fıstığı, badem ve yağlı tohumlar	10	1
	Çocuk hazır mamaları ve diyet gıdalar	0.02-0.1	-
Avusturya	Gıda grupları	-	1-2
Portekiz	Gıdalar	-	20
	Yer fıstığı	-	25
İran ve İrlanda	Gıdalar	-	30
İtalya	Yer fıstığı	-	50
Yunanistan	Gıdalar	10	-
AB	Fındık, yer fıstığı ve diğer yağlı kuru meyveler, yağlı tohumlar, incir, kuru üzüm, kuru meyveler ve bunlardan üretilen işlenmiş gıdalar	4	2
	İşlenmemiş yer fıstıkları	15	8

Tablo 3. Türk Gıda Kodeksi bulaşanlar yönetmeliği aflatoksin limitleri

2.1.	Gıda	Maksimum Limit (µg/kg)		
		B ₁	B ₁ +B ₂ +G ₁ +G ₂	M ₁
2.1.1.	Yer fıstığı ve diğer yağlı tohumlar (doğrudan insan tüketimine sunulmadan veya gıda bileşeni olarak kullanılmadan önce ayıklama veya diğer fiziksel işlemlere tabi tutulacak olan) - Rafine bitkisel yağ üretiminde kullanılan yer fıstığı ve diğer yağlı tohumlar hariç	8.0	15.0	-
2.1.2.	Badem, Antepfıstığı ve kayısı çekirdeği (doğrudan insan tüketimine sunulmadan veya gıda bileşeni olarak kullanılmadan önce ayıklama veya diğer fiziksel işlemlere tabi tutulacak olan)	12.0	15.0	-
2.1.3.	Fındık ve Brezilya fındığı (doğrudan insan tüketimine sunulmadan veya gıda bileşeni olarak kullanılmadan önce ayıklama veya diğer fiziksel işlemlere tabi tutulacak olan) - Rafine bitkisel yağ üretiminde kullanılan fındık hariç	8.0	15.0	-
2.1.4.	Sert kabuklu meyveler (Bölüm 2.1.2 ve 2.1.3’de belirtilenler hariç) (doğrudan insan tüketimine sunulmadan veya gıda bileşeni olarak kullanılmadan önce ayıklama veya diğer fiziksel işlemlere tabi tutulacak olan)	8.0	15.0	-
2.1.5.	Yer fıstığı, diğer yağlı tohumlar ve bunların işlenmiş ürünleri (doğrudan insan tüketimine sunulan veya gıda bileşeni olarak kullanılan) - Rafine edilecek bitkisel ham yağ ve rafine bitkisel yağ hariç	5.0	10.0	-
2.1.6.	Badem, Antepfıstığı ve kayısı çekirdeği (doğrudan insan tüketimine sunulan veya gıda bileşeni olarak kullanılan)	8.0	10.0	-
2.1.7.	Fındık ve Brezilya fındığı (doğrudan insan tüketimine sunulan veya gıda bileşeni olarak kullanılan) - Rafine bitkisel yağ üretiminde kullanılan fındık hariç	5.0	10.0	-
2.1.8.	Sert kabuklu meyveler ve bunların işlenmiş ürünleri (Bölüm 2.1.6 ve 2.1.7’de belirtilenler hariç) (doğrudan insan tüketimine sunulan veya gıda bileşeni olarak kullanılan)	5.0	10.0	-
2.1.9.	Kurutulmuş meyveler (doğrudan insan tüketimine sunulan veya gıda bileşeni olarak kullanılan)	8.0	10.0	-
2.1.10.	Tahıllar, bunlardan elde edilen ürünler ve bunların işlenmiş ürünleri (Bölüm 2.1.11, 2.1.14 ve 2.1.16’de belirtilenler hariç)	2.0	4.0	-
2.1.11.	Mısır ve pirinç (doğrudan insan tüketimine sunulmadan veya gıda bileşeni olarak kullanılmadan önce ayıklama veya diğer fiziksel işlemlere tabi tutulacak olan)	5.0	10.0	-
2.1.12.	Çiğ süt ısıtılmış işlem görmüş süt, süt bazlı ürünlerin üretiminde kullanılan süt	-	-	0.050

1.5. Mikotoksin Analiz Teknikleri

Mikotoksinlerin tespiti analizlerinde çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler şu şekilde sıralanabilir. İnce tabaka kromatografisi (TLC), yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC), gaz kromatografisi/kütle spektrometresi (GC/MS), ELISA yöntemi ve enzim aktivitesine bağlı immunoteknik (EMIT). Bu yöntemler uzun zamandır mikotoksin analizlerinde kullanılan yöntemlerdir. Bu yöntemlerin haricinde

ise mikotoksin analizlerinde farklı bir yöntem olan Flouresans Polarization Immunoassay (FPIA) yöntemi çalışmaları pozitif sonuçlar vermektedir (Oruç, 2005).

1.5.1. İnce Tabaka Kromatografisi

İnce tabaka kromatografik tekniğinde hareketli fazın ilerleyişi kapilarite etkisiyle olmaktadır. Bu yöntemin ayırım mekanizması, adsorpsiyon, partisyon, iyon değişimi etkilerinin ikisinin veya daha fazlasının birlikteliği ile gerçekleşmektedir. İnce tabaka kromatografisi ile kantitatif analizler önceleri plakadan bantların elüe edilmesi sonrası spektrofotometre vb. ile yapılırdı. 1970’li yıllarda plaka üzerinden doğrudan tayin yapılan densitometrik teknikler geliştirildi. 1980’li yıllarda ise yüksek Performanslı TLC (HPTLC) plakaları geliştirildi. Son yıllarda ise çözücünün sabit faz üzerinden basınç ile ve buna bağlı olarak daha hızlı geçirildiği OPTLC (Over Pressure TLC) tekniği ve santrifüj ile hızlandırılarak geçirildiği dairesel bir preparatif TLC tekniği geliştirilmiştir (Wall, 2005; Sherma ve Friend, 2003).

İnce tabaka kromatografisinin analitik işlem basamakları; örnekleme, ekstraksiyon ve ekstrakte temizleme, yoğunlaştırma, kromatografik ayırım, kalitatif kantitatif tayin ve doğrulama testleri şeklindedir (Açu ve Özdestan Ocak, 2019).

TLC ile yapılan aflatoksin analizlerinde aflatoksinlerin ekstrakte edilmesinde kloroform:su, metanol:su ve asetonitril:su ekstraksiyonu kullanılır. Yoğunlaştırma işlemleri rotary evaporatörde yapılır. Kloroform ile yıkanan aflatoksinlerin alınması için azot gazı altında buharlaştırma yapılır (Karakaş, 2013).

1.5.2. Elisa Yöntemi

Mikotoksinlerin antijenik özellik göstermeleri için bir protein ya da polipeptit zincirine bağlanması gerekir. Mikotoksinlerden, okratoksin ve patulin gibi reaktif gruplara sahip mikotoksinler doğrudan bağlanma reaksiyonları gösterirler. Aflatoksin ve trikotesenler gibi mikotoksinler ise reaktif gruplara sahip olmadıkları için öncelikle reaktif gruplara bağlanması gerekir. Son yıllarda ELISA yöntemi ile yapılan mikotoksin analizlerinde sep-pak kartuşlar kullanılmaktadır. 3 aşamada gerçekleşen bu işlemin birinci aşamasında örnekler kartuşa koyulur, sonrasında uygun olarak kullanılacak solvent ilave edilir ve kirlilikler ortamdan uzaklaştırılır. Ardından son olarak uygun çözücü ile toksin kartuştan alınır. Bu yöntemin farklı mikotoksin analizlerinde kullanılması için mikotoksinlere karşı özel antikor üretimleri çok önemlidir (Var vd., 2004).

1.5.3. Yüksek Basınçlı Sıvı Kromatografisi

Yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC) yöntemi bir sıvı içerisinde çözünmüş olan bileşenlerin, içerisinde yaygın olarak katı bir destek üzerinde bulunan sabit fazlı kolondan geçirilerek etkileşime girmesi sonucu kolonda farklı hızlarla hareketleri ile bileşenlerin birbirinden ayrılması prensibine dayanır. HPLC yöntemleri duyarlılığı, kantitatif analizlere uyarlanabilir olması, uçucu olmayan veya sıcaklık ile kolayca bozulabilen bileşiklerin ayrılması gibi etkilerden dolayı yaygın olarak kullanılır. Doğal floresan olan aflatoksinler UV absorpsiyon, floresans ve MS dedektörü ile HPLC’de analiz edilmektedirler (Açu ve Özdestan Ocak, 2019).

HPLC cihazı pompa, enjeksiyon bloğu, kolon, dedektör bölümlerinden oluşmaktadır. HPLC kolonları 4.5-5 mm iç çaplı ve 10-30 cm uzunluğunda, 5-10 µm sabit faz partikülleri ile doldurulmuştur. Kolonların yapımında paslanmaz çelik kullanılmaktadır. Kolon dolgu maddesi seçiminde önemli olan özellikler; tanecik büyüklüğü, tanecik büyüklüğünün dağılımı, gözenek hacmi ve yüzey alanıdır. Sabit faz olarak genellikle gözenekli maddeler kullanılır. Dolgu maddeleri ise silika ve alümina esaslıdır (Hışıl, 1999).

Dedektör olarak en ideal kullanılacak özellikler, geniş bir konsantrasyon aralığı, yüksek duyarlılık, düşük gürültü seviyesi ve yüksek seçicilik olmalıdır. Aflatoksinlerin analizleri UV absorpsiyon, floresans ve MS dedektörü ile HPLC’de yapılabilmektedir (Açu ve Özdestan Ocak, 2019).

HPLC kullanılarak yapılan mikotoksin analizlerinde genel olarak floresans dedektör kullanılmaktadır. Floresans dedektörden hareketli faz içerisinde çözünmüş olarak bileşikler ilerlerken üzerine uzun dalga boyunda monokromatik ışın gönderilir. Bileşikler tarafından absorbe edilen bu ışın daha sonrasında başka dalga boylarında geri yansıtılır. Floresans ölçümlerde bu emisyon miktarı analiz için değerlendirilir (Hacıbekiroğlu, 2013).

HPLC ile analiz yöntemi Ekstraksiyon- İmmunoaffinite kolon(IAC)-cihaza enjeksiyon aşamaları ile yapılır. Ekstraksiyonda metanol, asetonitril, aseton ve su gibi solventler kullanılır. Bu solventlerden uygun olanları ile numunedeki aflatoksinler solvent kısmına geçirilerek süzöldükten sonra IAC’dan geçirilir. IAC’de aflatoksinler tutulur, ardından kolon saf su ile yıkanır, metanol ile birlikte aflatoksinler IAC’dan ayrılır. Ardından cihaza enjeksiyon yapılır ve yöntem tamamlanır.

1.5.4. Gaz Kromatografisi/Kütle Spektrometresi

Gaz kromatografisinde hareketli faz helyum, azot, hidrojen gibi gazlardan oluşmaktadır. Sabit faz ise sıvı veya katı formda olabilir ve küçük katı maddelerden oluşur. Gaz kromatografisi gaz-katı ve gaz-sıvı olarak iki çeşittir. Bu ikililerden gaz-sıvı kromatografisi daha çok kullanım alanında tercih edilmiştir. Bu yöntemde numune buharlaştırıldıktan sonra kolona enjekte edilir. İnert bir hareketli faz yardımı ile elüe edilir. Gaz faz numunenin molekülleri ile etkileşmez yalnızca kolon boyunca taşıma işlemi yapar. Mikotoksin analizlerinde ise GC'ye MS (Kütle Spektrometresi) dedektörü eklenerek mikotoksinlerin atomlarına kadar parçalanmaları sağlanır ve ölçümler yapılır (Oruç, 2005).

1.5.5. Floresan Polarizasyon İmmünoanaliz

Floresan Polarizasyon İmmünoanaliz [Flouresans Polarization Immunoassay (FPIA)] metodu aflatoksin, deoksinivalenol, fumonisin ve zearalenon vb mikotoksinlerin analizlerinde kullanılmaya başlanmıştır. ELISA'den farklı olarak yıkama basamakları ve enzimatik reaksiyon basamağının kaldırılmasıdır. Bu sebeple daha basit uygulamalar ile yapılır ve daha hızlı sonuçlar elde edilir. Ancak günümüzdeki sonuçlara bakılacak olursa üzerinde çalışılması gereken bir tekniktir (Bozoğlu, 2005).

1.6. Yeşil Sentezle Üretilen Metal Nano Parçacıklar

Nanoparçacıklar uzaysal boyutta 0.1 ve 100 nm arasında uzunluğa ve geniş yüzey alanlarına sahip olan çözünmeyen parçacıklardır. Nanoparçacıklar birçok karakteristik özelliklere sahiptir. Bu özelliklerinden ötürü son zamanlarda birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır.

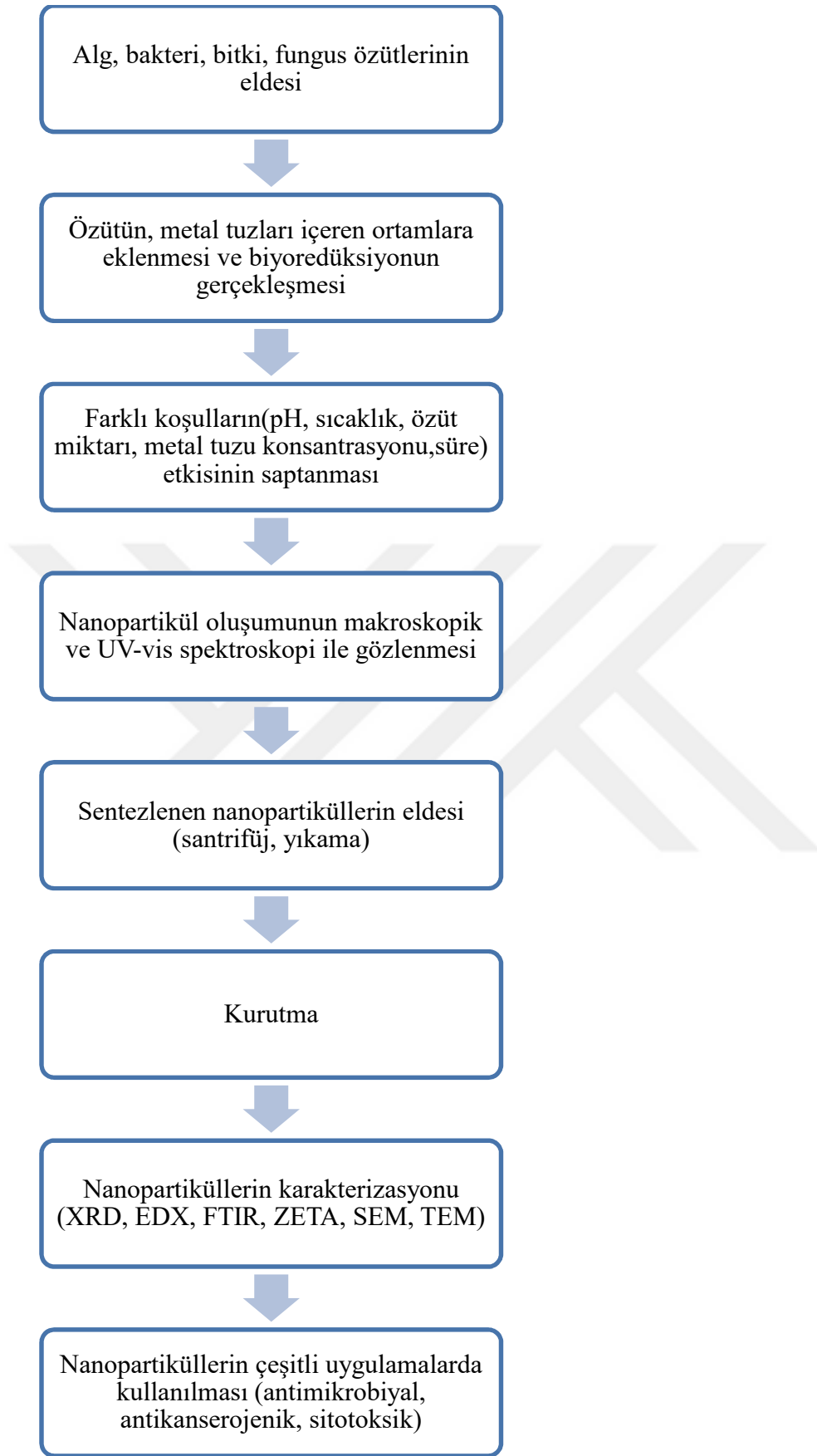
Nanoparçacıkların üretim yöntemlerine iki ana yaklaşım bulunmaktadır. Bunlar "Top down" yukarıdan aşağıya, "Bottom up" aşağıdan yukarıya olarak bilinmektedir (Ravichandran, 2010). Yukarıdan aşağıya yaklaşımında boyutları büyük olan materyallerin değişik fiziksel yöntemler ile istenilen nano boyutlara ve şekillere ulaşılması esasına dayanmaktadır (Gürsoy, 2013). Aşağıdan yukarıya yaklaşımında ise küçük boyutlu moleküllerin bir araya gelip bağ oluşturması esasına dayanarak, kimyasal metotlar ile atom, iyon ve moleküllerin birleşmesi sonucu üretilirler (Vandana, 2005).

Nanoparçacık üretiminde bitkiler yeşil bir yol olması açısından oldukça önemlidirler. Bitkide nanoparçacık (NP) sentezi için genellikle ilgili metalin iyonik formunun kök zarı boyunca taşınması, bitkide transloke olması ve tuz formunun

elemente indirgenmesi yöntemi kabul edilmektedir. Bu yöntemde metalik NP'lerin bitkilerde sentezlenebilmesi için bu metalin çözünebilir olması, taşınabilmesi ve transloke olabilmesi önemlidir. Yeşil sentez teknolojisinde yeşil bitki ekstraktları ve mikroorganizmalar kullanılmaktadır. Bitkide bulunan organik asitlerin indirgeme fonksiyonu ile metal tuzları NP seviyesine dönüştürebilmektedir (Şahin, 2017).

Metal NP yeşil sentez ile üretiminde pH, sıcaklık, işlem süresi, çalkalamalı veya statik uygulama, redükleyici ajan ve substrat miktarları gibi faktörler ve şartlar önemlidir. Bu alanda yapılan çalışmalar sonucunda, biyolojik ajana ve koşullara bağlı olarak farklı şekiller, boyutlar ve morfolojilerde NP'ler elde edilebilmektedir. Şekil 2'de yeşil sentez ile NP sentezinin akış şeması gösterilmiştir (Tatlıcı, 2019).





Şekil 2. Yeşil sentezle nanopartikül üretim, karakterizasyon ve uygulama aşamaları

X-ışını kristalografisi (XRD) NP'lerin kristal yapılarının belirlenmesi için önemlidir. Üretilen NP'lerin şekilleri boyutları ve morfolojisi hakkında bilgiyi transmisyon elektron mikroskobu ve taramalı elektron mikroskobu verir. Fourier transform infrared (FTIR) spektroskopi yönteminden faydalanarak NP'lerin etrafındaki farklı fonksiyonel gruplar hakkında bilgi edinilir. Metalik NP'lerin element içeriği EDX ile belirlenir. NP'lerin kararlılığı hakkındaki bilgi ise Zeta potansiyelinden elde edilir (Tatlıcı, 2019).

Bitkiler kullanılarak gerçekleştirilen yeşil sentezin birçok yönden avantajları vardır bunlar; güvenli kullanım, uygun maliyet, tek adımlı basit süreç, kolay kullanılabilirlik, hızlı sentez, çevre dostu, kararlı nanopartiküller, bitkilerin indirgenmeyi sağlayacak çeşitli metabolitler içermesi, nanopartiküllerin boyutu ve şekli üzerinde daha iyi kontrolü büyük ölçekli sentezlere uygunluk, hücre kültürlerinin ayrıntılı bakımının ortadan kaldırılması (Yeltekin, 2020).

1.7. Önceki Çalışmalar

Asghar vd. (2018), Yaptıkları bir çalışmada yeşil çay ve siyah çaydan yeşil sentez ile ürettikleri NP'lerin aflatoxin adsorpsiyon aktivitesi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Bu çalışma sonucunda, Sentezlemiş oldukları NP'lerin AFLB₁'in başlangıç konsantrasyonu arttıkça kademeli olarak azaldığını gözlemişlerdir. Bunun nedenini her NP'nin adsorpsiyon bölgelerinin düşük AFLB₁ konsantrasyonunda hafifçe işgal edilmiş olmasına ve adsorpsiyon için çok sayıda boş yüzey bölgesinin mevcut olmasına dayandırmışlardır. AFLB₁'in daha yüksek konsantrasyonu durumunda ise daha fazla adsorpsiyon alanı işgal edildiği ve adsorpsiyon için başka boş alan olmadığı sonuçlandırılmıştır. Sonuç olarak ise adsorpsiyon hızında kademeli olarak bir düşüş kaydedilmiştir. Ayrıca, AFLB₁'in fiziksel ve kimyasal özelliği, adsorpsiyon sürecinde hayati bir rol oynayabileceği not edilmiştir.

Asghar vd. (2020) yaptıkları bir başka çalışmada *Syzygium* kimyon yaprağı ekstresi kullanılarak demir, bakır ve gümüş NP'leri etkili bir şekilde üretmişlerdir. Gümüş-NP'ler demir ve bakır NP'lere oranla daha önemli antimikrobiyal aktivite sergilemiştir ve aflatoxin kontaminasyonu üretimini azaltmıştır. Ek olarak, demir NP'ler bakır ve gümüş NP'lere oranla AFLB₁ ile daha yüksek adsorpsiyon kapasitesi göstermiştir. Son olarak, NP'lerin insan ve hayvan gıdalarında/yemlerinde AFLB₁ detoksifikasyonu için piyasada bulunan aflatoxin adsorbanlarına bir alternatif olarak kullanılabileceğini not etmişlerdir.

Rolim vd. (2019), yaptıkları bir çalışmada yeşil çaydan elde ettikleri gümüş NP'lerin antibakteriyel ve sitotoksik etkilerini gözlemlemişlerdir. Bu çalışmada çay polifenolleri hem indirgeyici hem de kapatıcı maddeler olarak işlev görmüşlerdir. Gümüş NP'ler çeşitli patojenik gram pozitif ve gram negatif bakterilere karşı güçlü bir antibakteriyel etki göstermiştir. Ayrıca bu NP'ler HaCaT hücreleri için sitotoksik özellik göstermemektedir. Bu nedenle gümüş NP'lerin yeşil sentez ile üretimi, önemli biyoyumumluluk ve güçlü antibakteriyel etkiye sahip olması ile birlikte kolay üretiminin biyomedikal alanlarda kullanılabileceğini göstermiştir.

Jemilugba vd. (2019), yaptıkları bir çalışmada suda çözünebilen gümüş NP'lerini yeşil sentez yoluyla *C. erythrophyllum* yaprak özütünden sentezlemişlerdir. Gümüş NP'ler TEM görüntülerine göre parçacık boyutları 13.62 nm ve küresel şekildedirler. Sentezlenen bu gümüş NP'ler gram pozitif *S. aureus*, *S. epidermidis* ve gram negatif *E.coli* ve *P. vulgaris*'e karşı antibakteriyel aktivite gösterdikleri not edilmiştir.

Khan vd. (2020), yaptıkları bir araştırmada Yeşil sentez yolu ile ürettikleri NP'leri *C. inermis* özütünden sentezlemişlerdir. Bu NP'leri karakterize etmek için XRD, UV Visible, FTIR, TEM, EDX ve DLS gibi farklı teknikler kullanmışlardır. Sonuçlar, elde edilen NP'lerin ticari amaçla kullanılan altın ve gümüş NP'lere kıyasla çok daha iyi bir antioksidan, antibakteriyel ve antimotik performansa sahip olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca bu NP'ler ticari NP'lere oranla daha biyoyumlu olarak gözlenmiştir. Son olarak ise bu yöntemin daha çevre dostu ve daha ekonomik olarak uygulanabileceğini kanıtlamıştır.

Bilgiç (2018), yaptığı bir çalışmada yoğurt starter kültürlerinin aflatoxin M₁'i detoksifiye etme kapasitelerini araştırmıştır. Bu araştırmada ticari starter kültür, pH ve titrasyon asitliği faktörlerinin Aflatoxin M₁'i redüksiyonu üzerinde etkili olmadığı gözlemlenmiştir. İnkübasyon 24 saatlik inkübasyon süresince çalışmalar yapılmış olup 6. saat ve 24. saatler arasında azalma olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak endüstriyel yoğurt üretiminde kullanılan ticari starter kültürlerin aflatoxin M₁ üzerine önemli bir detoksifikasyona etki etmediği belirlenmiştir.

Aksoy (2019), yaptığı bir çalışmada aflatoxin üretiminin azaltılması için siringomisin E kullanmasını kuruyemişlerde gözlemlemiştir. Bu çalışma sonucunda optimum koşullarda üretilen saflaştırılmış siringomisin E peptidi aflatoxinlerin oluşumunu önlediğini gözlemlemiştir.

Tunç (2019), ozonlama işleminin aflatoxin detoksifikasyonuna ve fizikokimyasal özelliklerine etkisini araştırmıştır. Bu araştırmada aflatoxin bulaştırılmış çiğ fındıkların ozon uygulaması ile uygun doz ve uygulama süresi belirlenmiştir. Çalışma sonucunda

aflatoksin içeren fındıklara 200 mg/sa, 120 dak ve 600 mg/sa, 60 dak ozon gazı uygulamasının aflatoksinleri parçalayacağını ve kalite özelliklerini bozmayacağını gözlemlemiştir.

Atakan (2019), yaptığı bir çalışmada ozon uygulamasının aflatoksin düzeyindeki azalmasını gözlemlemiştir. Bu çalışmada belirli düzeylerde aflatoksin standardı kontamine edilen fındıklara 20 ppm ozon 5 dak ve 20 dak süre ile uygulanmıştır ve aflatoksin B₁ ve toplam aflatoksin miktarında azalma gözlemlenmiştir. Bu azalma aflatoksin B₁'de %38.96 iken toplam aflatoksinde %31.35 olarak belirlenmiştir.

Mo vd. (2013), Çay ekstraktının *Aspergillus flavus* tarafından aflatoksin üretimi üzerindeki inhibitör etkileri üzerine yaptıkları çalışmada Puer çayı, siyah çay, yasemin çayı kullanmışlardır. Çoğu çay ekstraktlarının aflatoksin B₁ üretimini engellediği gözlenmiştir.

Choudhary ve Verma (2004), yaptıkları bir çalışmada siyah çayın fare karaciğerinde aflatoksin kaynaklı lipid peroksidasyonu üzerindeki iyileştirici etkilerini incelemişlerdir. Katalaz, süperoksit dismutaz ve glutatyon peroksidaz aktivitelerindeki önemli azalma, aflatoksikoz sırasında gözlenen artan lipid peroksidasyonundan sorumlu olabileceğini bildirmişlerdir.

Shanta (1999), aflatoksinin mantarlar ile parçalanması üzerine yaptığı çalışmada, *Phoma s.*, *Mucor s.*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma s.* 639, *Rhizopus s.* 663, *Rhizopus s.* 710 ve *Alternaria s.* mantarlarının aflatoksin üretimini %90 oranında engellediği bildirilmiştir. *Phoma s.* %99 AFLB₁'i yok eden en etkili mantar türü olduğu bildirilmiştir.

Laciaková (2008), yaptığı araştırmalar sonucunda, AFLB₁'i parçalayan enzimleri eksprese eden veya AFLB₁'i bağlayan mikroorganizmaların gelişimi, yem, gıda ve fermentasyon endüstrisinde kullanılabileceğini bildirmiştir. Ayrıca moleküler biyoloji tekniklerinin uygulanmasıyla, fermente yiyecek ve içeceklerin kalitesini, güvenliğini ve kabul edilebilirliğini önemli ölçüde arttırmak için çok işlevli özelliklere sahip mikrobiyal suşlar tasarlanabileceğini bildirmiştir.

Peng (2018), yaptığı araştırmalar sonucunda, domuzlarda yürütülen bir in vitro araştırmanın sonuçları, kumarinin karaciğerde P450 enziminin aktivitesini inhibe edebileceğini ve ardından AFLB₁-DNA eklentisinin azalmasına neden olabileceğini bildirmiştir. Yeşil çay özlerinin ise sadece bağırsaka işlevi olduğunu gözlemlemiştir. Turunçgillerden *Poncirus trifoliata* R.'den izole edilen izoimperatorinin CYP1A'yı baskılayarak AFLB₁'in neden olduğu hepatotoksisiteye karşı koruma yeteneğine sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Aygün (2015), fıstıkta aflatoksinin ısıtılması ve gama ışınlanması ile detoksifikasyonu üzerine çalışmıştır. Yapılan çalışmalar sonucu yüksek ısı işlemleri (120°C'nin üzerinde) ve gama ışınması (10kGy) aflatoksin B₁ seviyesinin düşürülmesinde etkili olduğu bildirilmiştir. Maksimum aflatoksin B₁ detoksifikasyonu 200 °C/5 dakika kavurma ve gama ışınmasında (10 kGy) sırasıyla %77 ve %68 azalma seviyeleri gözlenmiştir.

Bedi (2014), Fiziksel ve kimyasal metodlar ile aflatoksin B₁ detoksifikasyonu üzerine yaptığı bir çalışmada 20.000-30.000 ppb AFLB₁ içeren pirinçleri haziran ayında 5 saat boyunca 37°C ile 42°C arasında değişen sıcaklıklarda doğrudan güneş ışığına bırakıldığında AFLB₁ içeriğinin %10-17 oranında azaldığını gözlemlemiştir. Bir başka deneyde ise basmati pirinci kullanılarak propiyonik asitle işlem yapılmış (PA), monoprop işlem yapılmış (MP), aktif kömürle işlem yapılmış (AC) olarak sonuçlar incelenmiştir. Aflatoksin B₁ düzeyinde azalma gözlenmiştir. Bu işlemlerin detoksifikasyondaki etkinlik sırası PA > AC > MP olarak sıralanabilir.

1.8. Çalışmanın Amacı

Aflatoksinlerin insan, hayvan vücudunda, gıda ve yemlerde detoksifikasyonunda kullanılan fiziksel yöntemler, kimyasal yöntemler ve biyolojik yöntemler bozunmanın üç ana detoksifikasyon metodudur. Bazı doğal fitokimyasallar da son yıllarda aflatoksinleri etkisizleştirme problemlerini çözmek için umut verici bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte, aflatoksinler için detoksifikasyon yöntemlerinin tam ve sistematik bir tartışması hala mevcut değildir. Bu yöntemlerin her biri mükemmel olmamakla birlikte, bizi aflatoksinlerden etkin bir şekilde korumuş ve tüm dünyada oldukça çok ekonomik kaybı azaltmıştır. Son zamanlarda, birkaç araştırmada doğal fitokimyasalların aflatoksin detoksifikasyonunda uygulanmasının yeni bir yöntemi ortaya çıkarmıştır. Örneğin Vasaka'nın yaprak özü, ana bileşenleri olarak kafestol ve kahveolun sıvı ortamda ve hayvanlarda aflatoksinleri azaltma potansiyeline sahip olduğu gösterilmiştir. Bu fitokimyasallar, geleneksel tekniklere kıyasla güvenlik açısından daha fazla avantaja sahiptir. Şu anda ve gelecekte benzer konular bulmak ve bu doğal fitokimyasalların pratik kullanıma nasıl sokulacağını incelemek için in vivo ve in vitro deneyler yapılmaktadır. Yüksek konsantrasyonlarda çeşitli flavonoidlerin aflatoksin üretimini engellediği bulunmuştur. Çay yapraklarının flavonoidler açısından zengin olduğu öne sürülmüştür. Çoğu çay, aflatoksin üretimini engelleyen moleküller içerir. Gıda korumasında antiaflatoksin ajanları olarak geliştirilebilirler. Bunlardan yine yeşil sentez yoluyla üretilen metal nano parçacıklar antiaflatoksin ajanları olarak

kullanılabilir. Dolayısıyla böyle çalışmalar ülkemizde üretilen çaylarla ilgili yapılmamıştır. Bu çalışma bu yönüyle özgün bir çalışmadır. Ayrıca hem direk çay ekstraktının hemde bu ekstraktlardan üretilen demir nanoparçacıkların aflatoksin içeren bir gıdaya uygulanacak olması bakımından da özgün bir çalışma olacaktır.

Son zamanlarda, doğal fitokimyasalların aflatoksin detoksifikasyonunda uygulanması aflatoksinlerin gıdalardan giderilmesinde yeni bir yol ortaya koymuştur. kafestol ve kahveol yaprak özütünün sıvı ortamda ve hayvanlarda aflatoksinleri azaltma potansiyeline sahip olduğu gösterilmiştir. Bu fitokimyasallar, geleneksel tekniklere kıyasla güvenlik açısından daha fazla avantaja sahiptir. Bu nedenle, yapılacak olan bu çalışma ile demir nano parçacıklarını Türk yeşil ve siyah çay yaprağı ekstraktlarını kullanarak sentezlemek ve karakterize etmek, hem ekstraktların hem de ekstraktlardan üretilen demir nano parçacıklarının aflatoksin tutma ve detoksifikasyon aktivitelerini araştırmayı amaçlamaktadır.

1.9. Çalışmanın Kapsamı

Mikotoksinlerin insan gıdası olarak kullanılan bitkisel ve hayvansal kaynaklı tüm gıda maddelerinde görülmesi muhtemeldir. Bu maddeler arasında pirinç, tahıl taneleri, mısır, soya fasulyesi, buğday, arpa, ceviz, kabuklu yemiş, yer fıstığı, baharatlar, kurutulmuş meyve çeşitleri ve işlenmiş ürünler mikotoksin üreten organizmalara karşı gerçek anlamda savunmasızdır. Fındık püresi, kavrulmamış iç fındığın tekniğine uygun olarak ezilmesi ile elde edilen fındık ezmesi vb. mamullerin yapımında kullanılan kıvamlı bir yarı mamuldür. Yer fıstığı püresi kavrulmuş iç yer fıstıklarının tekniğine uygun olarak ezilerek pekmez kıvamına getirilmesiyle elde edilen üründür. Her iki üründe de fındık püresi için başta çikolata, pastacılık ve tatlı sektöründe ve hammadde olarak birçok gıda ürününde kullanılmaktadır. Hem fındık hem de fıstık püre üretiminde hammadde olduğu için aflatoksinler pürelerde bulunma ihtimali çok yüksek olmaktadır. Özellikle güvenilir gıda üretimine dikkat edilmediğinde yer fıstığı ve fındık ile yapılan ürünlerde aflatoksinler bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında fındık ve yer fıstığı ürünleri kullanılacaktır. Bu ürünler sıvı olduklarından yapılacak olan aflatoksin detoksifikasyon uygulaması daha kolay olacaktır. Üzerinde çalışma yapılan bu araştırmada fındık ve yer fıstığı püresi ürünlerinde başarı sağlandığında gıda güvenliği açısından diğer aflatoksin içeren riskli ürünler üzerinde uygulamayı kapsayacaktır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Cihazlar

Kullanılan cihazlar analiz metotlarında verilmiştir.

2.2. Kullanılan Kimyasallar

Kullanılan kimyasallar analitik saflıkta olup, Merck ve Sigma firmaları tarafından üretilmişlerdir.

2.3. Çözeltilerin Hazırlanması

Çalışma esnasında kullanılan çözeltiler TS 545'e göre hazırlandı (TS 545, 1967).

2.4. Çay Ekstraktlarının Hazırlanması

2.4.1. Siyah Çay Ekstraktının ve Çözünebilir Toz Çay Hazırlanması

Siyah çay ekstraktı hazırlamak için 15 L hacme sahip kapaklı tencereye 1.5 kg siyah çay 10 L su ile karıştırıldı. Kaynamaya başladıktan sonra kısık alevde ağzı kapatılarak 2.5 saat süre ile kaynatıldı. Elde edilen ekstrakt sıcak olarak sırasıyla 2.00 mm, 1.00 mm ve 0.25 mm eleklerden geçirilerek süzülme işlemi yapıldı. Süzüntünün kuru madde içeriği dijital refraktometre (Hanna HI96801) ile analizi yapıldı. Yapılan analiz neticesinde siyah çayın ekstraktının kuru madde miktarı içeriği $\%4.00 \pm 0.25$ olarak tespit edildi. Siyah çay ekstraktının kuru maddesi daha sonra vakum evaporatör kullanılarak 60 °C'de 150 mbar basınç altında $\%10$ 'a çıkartıldı.

$\%10$ kuru madde içeriğine sahip olan siyah çay ekstraktı Şekil 3'de görüldüğü üzere laboratuvar tipi LabPlant (SD-06 spray, Labplant UK, England) marka sprey kurutucu ile 200 °C'de 4 saat boyunca 5 mL/dak sıvı akış hızı ile kurutma işlemine tabii tutuldu. Sprey kurutma işlemi sonunda suda çözünen toz çay elde edildi.

2.4.2. Yeşil Çay Ekstraktının Hazırlanması

Yeşil çay ekstraktı hazırlamak için 15 L hacme sahip kapaklı tencereye 1.5 kg yeşil çay 10 L su ile karıştırıldı. Kaynamaya başladıktan sonra kısık alevde ağzı kapatılarak 2.5 saat süre ile kaynatıldı. Elde edilen ekstrakt sıcak olarak sırasıyla 2.00 mm, 1.00 mm ve 0.25 mm eleklerden geçirilerek süzülme işlemi yapıldı. Süzüntünün kuru madde içeriği dijital refraktometre (Hanna HI96801) ile analizi yapıldı. Yapılan

analiz neticesinde siyah çayın ekstraktının kuru madde miktarı içeriği refraktometre (Hanna HI96801 Dijital Refraktometre) ile ölçülerek 6.00 ± 0.25 olarak tespit edildi. Siyah çay ekstraktının kuru maddesi daha sonra vakum evaporatör (Heidolph rotary vacuum evaporator, Heidolph Instruments GmbH & Co. KG, Schwabach, Germany) kullanılarak $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 150 mbar basınç altında kuru maddesi %10'a çıkartıldı.



Şekil 3. Çay örneklerinin spray kurutucu ile kurutma işlemi

%10 kuru madde içeriğine sahip olan siyah çay ekstraktı Şekil 3'de görüldüğü üzere laboratuvar tipi LabPlant (The SD-06 spray, Labplant UK, England) marka spray kurutucu ile $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 4 saat boyunca 5 mL/dak sıvı akış hızı ile kurutma işlemine tabii tutuldu. Spray kurutma işlemi sonunda suda çözünen toz çay elde edildi.

2.4.3. Siyah Çay Demir Oksit Nano Parçacıkların (SC-DONP) Hazırlanması

Siyah çay örneklerinden metal nonoparçacıkların hazırlanması için önce 250 mL 0.2 M Fe^{+3} çözeltisi $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ maddesinden hazırlandı. Bunun için 13.5165 g madde tartıldı. Sonra 0.1 M Fe^{+2} 250 mL çözelti hazırlamak için 3.8 g FeSO_4 maddesinden tartımı yapıldı. Her iki madde ayrı ayrı beherlerde çözülerek daha sonra 250 mL balonjojede birleştirilerek hacmine tamamlandı.

Bir behere (600 mL) 250 mL %10 kurumadde içeriğine sahip siyah çay ekstraktı kondu. pH metre (Ohaus Starter 3000) yardımıyla 1.0 M NaOH kullanılarak pH değeri 11 olarak ayarlandı. Daha sonra çözelti bir magnetik karıştırıcıya (Heidolph Mr Hei-

Standart) yerleştirildi. Laboratuvar ortamı sıcaklığında (yaklaşık 25 °C) 500 rpm karıştırılarak $\text{Fe}^{+2}/\text{Fe}^{+3}$ çözeltisinden saniyede 1 damla olacak biçimde ayırma hunisi vasıtasıyla damlatıldı. 250 mL çözeltinin damlaması yaklaşık 75 dak sürdü. Daha sonra 1 saat süreyle beherin ağzına bir petri kutusu kapatılarak 500 rpm'de karıştırıldı.



Şekil 4. Yeşil ve Siyah çay örneklerinden DONP'ların sentez işlemi

Çözeltinin rengi Fe_3O_4 oluştuğundan dolayı tamamem siyah renge dönüştü. Elde edilen DONP çözeltisi 6 adet 50 ml steril olmayan düz alt falkon/santrifüj tüpüne konarak 12000 rpm hızda santrifüj (Nüve Nf 800R) edildi. Bu işlem her defasında oluşan çökeleği her defasında saf su ile yıkamak suretiyle 4 kere tekrar edildi. Elde edilen çökelek darası alınmış 120x20 mm kapaklı cam petri kabına kondu. Daha sonra 60 °C vakumlu cam desikatör ve etüv yardımıyla kurutuldu (Yusefi vd., 2020).

2.4.4. Yeşil Çay Demir Oksit Nano Parçacıkların (YÇ-DONP) Hazırlanması

Yeşil çay örneklerinden metal nonoparçacıkların hazırlanması için 250 mL 0.2 M Fe^{+3} çözeltisi $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ maddesinden hazırlandı. Bunun için 13.5165 g madde tartıldı. 0.1 M Fe^{+2} 250 mL çözelti hazırlamak için 3.8 g FeSO_4 maddesinden tarımı yapıldı. Her iki madde ayrı ayrı beherlerde çözülerek daha sonra 250 mL balonjojede birleştirilerek hacmine tamamlandı.



Şekil 5. Yeşil ve Siyah çay örneklerinden DONP'ların vakum altında kurutma işlemi

Bir behere (600 mL) 250 mL %10 kurumadde içeriğine sahip yeşil çay ekstraktı kondu. pH metre (OHAUS Starter 3000 marka) yardımıyla 1.0 M NaOH kullanılarak pH değeri 11 olarak ayarlandı. Daha sonra çözelti bir magnetik karıştırıcıya (Heidolph Mr Hei-Standard) yerleştirildi. 500 rpm karıştırılarak Fe^{+2}/Fe^{+3} çözeltisinden saniyede 1 damla olacak biçimde ayırma hunisi vasıtasıyla damlatıldı. 250 mL çözeltinin damlaması yaklaşık 75 dak sürdü. Daha sonra 1 saat süreyle beherin ağzına bir petri kutusu kapatılarak 500 rpm'de karıştırıldı.

Çözeltinin rengi Fe_3O_4 oluştuğundan dolayı tamamem siyah renge dönüştü. Elde edilen DONP çözeltisi 6 adet 50 ml steril olmayan düz alt falkon/santrifüj tüpüne konarak 12000 rpm hızda santrifüj (NÜVE NF 800R) edildi. Bu işlem her defasında oluşan çökeleği saf su ile yıkamak suretiyle 4 kere tekrar edildi. Elde edilen çökelek darası alınmış 120x20 mm kapaklı cam petri kabına kondu. Daha sonra 60 °C vakumlu cam desikatör ve etüv yardımıyla kurutuldu (Yusefi vd., 2020).

2.5. DONP'ların Karakterizasyonu

FTIR ve SEM analizleri Erzurum Teknik Üniversitesi Yüksek Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde (ETÜ-YÜTAM) yaptırıldı.

2.5.1. Fourier-Transform İnfrared (FTIR) Spektrofotometre Analizi

Fonksiyonel grupların varlığı veya NP'lerde kimyasal bağın tanımlanması FTIR analizi kullanılarak değerlendirildi (Perkin-Elmer Inc, Waltham, MA). Spektral çalışma 400-4300 / cm aralığında yapıldı.

2.5.2. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi

Sentezlenen metal NP'lerin morfolojisi ve büyüklüğü SEM analizi kullanılarak incelenmiştir (SEM-Quanta FEG 250 ThermoFisher Scientific, Waltham, Massachusetts, ABD). Ayrıca EDS veya EDAX olarak adlandırılan enerji dispersif X-ışını analizi (EDX) malzemelerin elementel bileşimini tanımlamak için kullanılan bir x-ışını tekniği kullanıldı. EDX sistemleri, mikroskobun görüntüleme kabiliyetinin ilgilenilen numuneyi tanımladığı elektron mikroskobu aletlerinin (Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) veya Transmisyon Elektron Mikroskobu (TEM)) ekleridir. EDX analizi ile elde edilen veriler, analiz edilen numunenin gerçek bileşimini oluşturan elementlere karşılık gelen zirveleri gösteren spektrumlardan oluşmaktadır.

2.6. Doğal Aflatoksin Bulaşık Örneklerin Hazırlanması

Fındık püresi elde etmek için, 2.5 kg kavrulmuş fındık 1 L fındık yağı karıştırılarak 3600 rpm robot coupe R30 marka dik tip parçalayıcı ve öğütücü ile 10 dak süre ile muamele edilerek püre hale getirildi.

Fıstık püresi elde etmek içinde, 2.5 kg yer fıstığı 1.0 L yer fıstığı yağı ile karıştırılarak 3600 rpm robot coupe marka öğütücü ile 10 dak süre ile muamele edilerek püre hale getirildi. Elde edilen pürelerin homojenizasyon kontrolü ve içindeki toksin miktarını tespit etmek için aflatoksin analizleri yapıldı (n=3).



Şekil 6. Örneklerin homojenizasyonunda kullanılan değirmen

2.7. Fındık Püresinin Siyah ve Yeşil Çay Ekstraktarı İle Muamelesi

Fındık püresinden 1000 g kadar arçelik marka blendere konuldu. 25 dak kadar karıştırıldı. Çalışma esnasında karıştırılmaya devam edildi. Başka bir blendere 200 g püre örneği tartıldı. Üzerine 2g siyah çay ekstraktından tartıldı. Blenderin ağzı kapatılarak 2 dak waring marka blender homojenize edildi. Çalışma için 50 ml steril olmayan düz alt falkon/santrifüj tüplerine yaklaşık 35 mL olacak biçimde tartıldı (n=3). Yapılan işlemlerle ilgili resim Şekil 7’de verilmiştir.

Aynı biçimde siyah çay ekstraktı %2.0, yeşil çay ekstraktı %1.0 ve %2.0 için işlemler tekrarlandı. Tablo 4’de belirtilen değişken parametrelerine göre kontrol örneği 25 °C’de çalışıldı. 45 °C’de 2 ve 4 saat çalışma, 75 °C’de 2 ve 4 saat çalışma parametrelerinde detoksifikasyon işlemleri gerçekleştirildi. Tüm sıcaklık ve süre parameterlerinde örnekler her 30 dak aralığında 2 dak süre ile karıştırma işlemi yapıldı.



Şekil 7. Örneklerin çözünür yeşil ve siyah çay ekstraktları ile muamele işlemleri

2.7. Fıstık Püresinin Siyah ve Yeşil Çay Ekstraktları İle Muamelesi

Fıstık püresinden 1000 g kadar arçelik marka blendere konuldu. 25 dak kadar karıştırıldı. Çalışma esnasında karıştırılmaya devam edildi. Başka bir blendere 200 g püre örneği tartıldı. Üzerine 2g siyah çay ekstraktından tartıldı. Blenderin ağzı kapatılarak 2 dak waring marka blender homojenize edildi. Çalışma için 50 ml steril olmayan düz alt falkon/santrifüj tüplerine yaklaşık 35 mL olacak biçimde tartıldı (n=3). Yapılan işlemlerle ilgili resim Şekil 7’de verilmiştir.

Aynı biçimde siyah çay ekstraktı %2.0, yeşil çay ekstraktı %1.0 ve %2.0 için işlemler tekrarlandı. Tablo 4’de belirtilen değişken parametrelerine göre kontrol örneği 25 °C’de çalışıldı. 45 °C’de 2 ve 4 saat çalışma, 75 °C’de 2 ve 4 saat çalışma parametrelerinde detoksifikasyon işlemleri gerçekleştirildi. Tüm sıcaklık ve süre parameterlerinde örnekler her 30 dak aralığında 2 dak süre ile karıştırma işlemi yapıldı.

2.8. Çözelti İçindeki Aflatoksinlerin Siyah ve Yeşil Çay Ekstraktları İle Muamele İşlemi

İçerisinde aflatoksin B₁, B₂, G₁, G₂ bulunan çözelti %0.25 ve %0.50 çözünebilir siyah ve yeşil çay ekstraktı içerecek biçimde oda sıcaklığında muamele edildi. Elde edile çözeltiler oda sıcaklığında zaman zaman karıştırılmak suretiyle 2 saat süre işlem yapıldı. Daha sonra aflatoksin analizleri yapıldı.

Tablo 4. Detoksifikasyon işleminde kullanılan sıcaklık, zaman ve miktar parametreleri
Aflatoksinlerin detoksifikasyonu için deneysel aralık ve bağımsız değişken seviyeleri

Bağımsız değişken	Kod	Değişken seviyeleri					
		Fındık Püresi			Fıstık Püresi		
		-1	0	1	-1	0	1
Siyah Çay (°C)	X ₁	25	45	75	25	45	75
Siyah Çay (% Eks. Miktarı)	X ₂	1, 2	1	2	1, 2	1	2
Süre (Saat)	X ₃	4	2, 4	2, 4	4	2, 4	2, 4
Yeşil Çay (°C)	X ₁	25	45	75	25	45	75
Yeşil Çay (% Eks. Miktarı)	X ₂	1, 2	1	2	1, 2	1	2
Süre (Saat)	X ₃	4	2, 4	2, 4	4	2, 4	2, 4

2.9. Fındık Püresinin Siyah ve Yeşil Çay DONP İle Muamelesi

Fındık püresinden 1000 g kadar arçelik marka blendere konuldu. 25 dak kadar karıştırıldı. Çalışma esnasında karıştırılmaya devam edildi. Başka bir blendere 200 g püre örneği tartıldı. Üzerine 2g siyah çay DONP tartıldı. Blenderin ağzı kapatılarak 2 dak waring marka blender homojenize edildi. Çalışma için 50 ml steril olmayan düz alt falkon/santrifüj tüplerine yaklaşık 35 mL olacak biçimde tartıldı (n=3). Yapılan işlemlerle ilgili resim Şekil 7’de verilmiştir.

Aynı biçimde siyah çay ekstraktı %2.0, yeşil çay ekstraktı %1.0 ve %2.0 için işlemler tekrarlandı. Tablo 4’de belirtilen değişken parametrelerine göre kontrol örneği 25 °C’de çalışıldı. 45 °C’de 2 ve 4 saat çalışma, 75 °C’de 2 ve 4 saat çalışma parametrelerinde detoksifikasyon işlemleri gerçekleştirildi. Tüm sıcaklık ve süre parameterlerinde örnekler her 30 dak aralığında 2 dak süre ile karıştırma işlemi yapıldı.

2.10. Fıstık Püresinin Siyah ve Yeşil Çay DONP İle Muamelesi

Fıstık püresinden 1000 g kadar arçelik marka blendere konuldu. 25 dak kadar karıştırıldı. Çalışma esnasında karıştırılmaya devam edildi. Başka bir blendere 200 g püre örneği tartıldı. Üzerine 2g siyah çay DONP tartıldı. Blenderin ağzı kapatılarak 2 dak waring marka blender homojenize edildi. Çalışma için 50 ml steril olmayan düz alt falkon/santrifüj tüplerine yaklaşık 35 mL olacak biçimde tartıldı (n=3). Yapılan işlemlerle ilgili resim Şekil 7’de verilmiştir.

Aynı biçimde siyah çay ekstraktı %2.0, yeşil çay ekstraktı %1.0 ve %2.0 için işlemler tekrarlandı. Tablo 4’de belirtilen değişken parametrelerine göre kontrol örneği 25 °C’de çalışıldı. 45 °C’de 2 ve 4 saat çalışma, 75 °C’de 2 ve 4 saat çalışma parametrelerinde detoksifikasyon işlemleri gerçekleştirildi. Tüm sıcaklık ve süre parameterlerinde örnekler her 30 dak aralığında 2 dak süre ile karıştırma işlemi yapıldı.

2.11. Çözelti İçindeki Aflatoksinlerin Siyah ve Yeşil DONP İle Muamele İşlemi

İçerisinde aflatoksin B₁, B₂, G₁, G₂ bulunan çözelti %0.25 ve %0.50 çözünebilir siyah ve yeşil çay ekstraktı içerecek biçimde oda sıcaklığında muamele edildi. Elde edile çözeltiler oda sıcaklığında zaman zaman karıştırılmak suretiyle 15 dak süre işlem yapıldı. Daha sonra aflatoksin analizleri yapıldı.

25g kör analiz numunesi blender kavanozuna tartıldı, 5 g NaCl ve 125 mL MeOH+Su (70+30) (V+V) eklendi ve 2 dak yüksek hızda karıştırıldı. Ekstrakt katlanmış ve huni içerisine yerleştirilmiş Whatman No.4 filtre kağıdından süzüldü. Süzüntüden 15'er mL 5 adet santrifüj tüpüne alındı. 1 numaralı santrifüj tüpüne 0.0300 g yeşil çay DONP, 2 numaralı santrifüj tüpüne 0.0600 g yeşil çay DONP, 3 numaralı santrifüj tüpüne 0.0300g siyah çay DONP, 4 numaralı santrifüj tüpüne 0.0600 g siyah çay DONP eklendi ve 15 dak vortex cihazı ile karıştırıldı. 5 numaralı santrifüj tüpüne DONP eklemesi yapılmadı. Bu santrifüj tüplerine 30 mL dH₂O eklendi ve iyice karıştırıldı. Seyreltilmiş ekstrakt cam mikrofiber filtreden süzüldü.

Affinite kolonun tepesindeki kapak çıkarılıp, ucu kesildi ve yeniden kolona takıldı. Şekil 7'de görüldüğü gibi 15 mL numune ekstraktı (1 g örneği temsil eder), yaklaşık 3-6 mL/dak (1-2 damla/sn) hızla kolonda geçirildi.

Daha sonra kolondan 2-3 mL hava geçirildi. Kolon 15 mL su geçirilerek (2 damla/sn) yıkandı ardından tekrar 2-3 mL hava geçirildi. Daha sonra Şekil 10'da görüldüğü gibi aflatoksinler 1 mL metanol ile elue edilerek vialde alındı. Yine 2-3 mL hava geçirilerek kolonda metanol kalmaması sağlandı. Eluata 1 mL saf su ilave edildi.

3- Eluat 0.2 µm'lik filtre kartuştan geçirildi. Bu işlemler sonrasında vialde toplanan sıvı HPLC kromatografik şartlarına hazır hale gelmiş oldu. Şekil 11'de görüldüğü gibi vialler HPLC cihazına yerleştirildi. Analizleri yapıldı. Yer fıstığı püresi için siyah ve yeşil DONP aflatoksin pik görüntüleri Ek 106, 107, 147 ve 148'de gösterilmiştir. Fındık püresi için siyah ve yeşil DONP aflatoksin pik görüntüleri Ek 97, 98, 137 ve 138'de gösterilmiştir.

2.12. Aflatoksin Analiz Yöntemi

2.12.1. Metodun Kapsam ve Prensibi

Sert kabuklu meyvelerde (fındık, ceviz, antepfıstığı vb.) aflatoksin (B₁, B₂, G₁, G₂) analizini kapsar. Analiz metodu; metanol/su ile ekstraksiyon, aflatoksin B₁, B₂, G₁, G₂'ye spesifik monoklonal antikolar içeren immuno-affinite kolon (IAK) ile temizleme

(clean-up), metanol ile kolondan elüsyon ve kolon sonrası fotokimyasal türevlendirme ve floresan dedektörlü (FLD) yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) ile tespit edilmesi prensibine dayanmaktadır.

2.12.2. Güvenlik Uyarıları ve Önlemler

Mikotoksinler çok tehlikeli maddelerdir. Analizlerin uygulanmasında ve yapılmasında toksik materyaller ve solventler kullanılacağından sadece donanımlı olan laboratuvarlarda numuneye müdahale yapılmalıdır. Analiz süresince uygun koruyucu giysi, eldiven, maske, koruyucu gözlük ve laboratuvar önlüğü giyilmelidir. Yanıcı solventler, patlamaya dayanıklı dolap içinde muhafaza edilmelidir. Tehlikeli maddeler, yalnızca ilgili maddenin gerekliliklerini karşılayan kaplarda depolanmalı ve muhafaza edilmelidir. Laboratuvarlarda olası kimyasal kazalara karşı göz duşu, beden duşu vb. bulunmalı laboratuvar ekipmanlarının çalışıp çalışmadığı analize başlamadan önce kontrol edilmelidir. Laboratuvarlarda kullanılan korozif özellikteki madde, tehlikeli ve zehirli gazları meydana getirebileceğinden, laboratuvar çalışmaları çeker ocak altında yapılmalıdır. Genel olarak mikotoksinlerin dağılımı homojen olmadığı için, numuneler büyük bir dikkatle homojenize edilmelidir. Laboratuvara ulaşan numunenin tamamı homojenize edilmelidir. Aflatoksinler ultraviyole ışıktan etkilendiği için, analiz sırasında mümkün olduğunca gün ışığından kaçınılmalıdır.

2.13.3. Test Metodunun Tanımı

2.13.3.1. Standart ve Referans Reaktif Materyaller

Stok standart çözeltisi: Çözelti halindeki standart aflatoksin B₁, B₂, G₁, G₂ konsantrasyon 1 µg/mL B₁, B₂, G₁, ve G₂ olacak şekilde HPLC saflıkta MeOH ile seyreltilerek hazırlandı.

Ara Stok ve Kalibrasyon Standart Çözeltisi: Stok aflatoksin standart çözeltilerinden (1 µg/mL B₁, B₂, G₁, ve G₂), II. düzey ara standart stok çözeltisi hazırlandı. Stok aflatoksin standart çözeltisinden 10 mL'lik ölçülü balona 1 mL pipetlenip 10 mL'ye metanol ile tamamlanarak 0.1 µg/mL B₁, B₂, G₁, ve G₂ içeren ara standart stok çözeltisi hazırlandı.

II. düzey ara standart stok çözeltisinden 10 mL'lik ölçülü balona 1 mL pipetlenip 10 mL'ye metanol ile tamamlanarak 0.01 µg/mL B₁, B₂, G₁, ve G₂ içeren III. düzey ara standart stok çözeltisi hazırlandı.

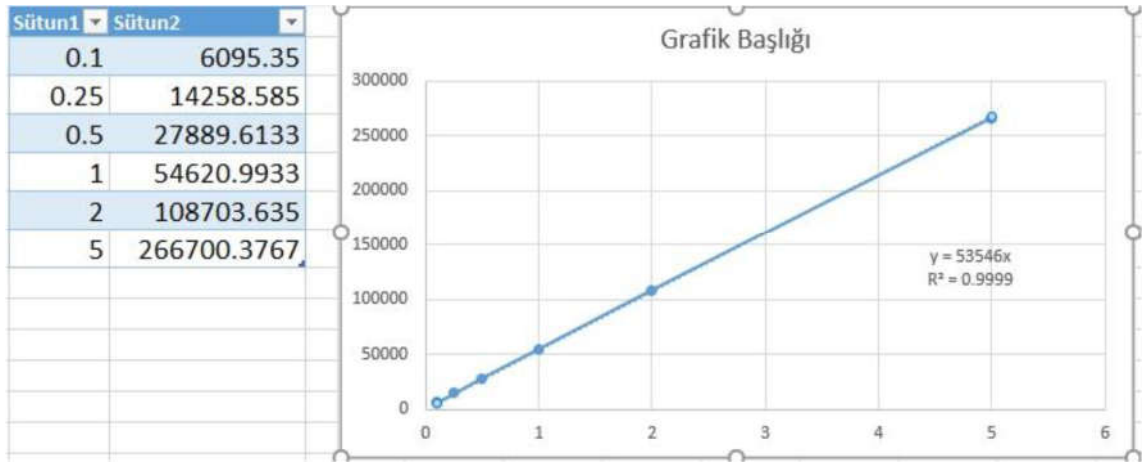
LC Mobil Faz Solvent: Elektrokimyasal olarak üretilen ;Su, Acetonitril, Methanol (6+2+3 , v/v/v) kullanılır. Mobil Fazın her bir litresi için 350 µl Nitrik Asit (4M) ve 119 mg potasyumbromür eklenerek çözünmesi için karıştırıldı.

Hazırlanan ara stok çözeltiler, HPLC viallerine alınarak kapakları kapatıldı, renksiz vialler ışık almaması için alüminyum folyo ile kaplandı ve derin dondurucuda muhafaza edildi. Kullanılacağı zaman oda sıcaklığına getirildikten sonra kapakları açıldı. Kalibrasyon Kabul Kriterleri : Cihaza kalibrasyon haftada bir verildi. Kalibrasyon kontrolü her gün olacak şekilde verilen kalibrasyon serisinin 1 ppb'lik standardı ile yapıldı. Kalibrasyon setinin konsantrasyon seviyeleri Tablo 5'de verilmiştir. Bu kalibrasyon setine ait aflatoksin pik görüntüleri Ek 1-7, Ek 58-64, Ek 71-76 ve Ek 112-117'de verilmiştir. Günlük kalibrasyon standart kontrol piklerinin görüntüleri Ek 10, 12, 83, 89, 99, 124, 130 ve 139'da verilmiştir.

Tablo 5. Kalibrasyon seti konsantrasyon seviyesi

Kalibrasyon Noktası	Alınacak Hacim (µL)	Elde edilen son konsantrasyon AFL. B1, B2 ve G1, G2 (ng/mL)	Eklenecek solvent miktarı (µL) Metanol/Su (50/50) (v/v)
1	15 µL (10 ng/ml ara stoktan)	0.1	1485
2	37.5 (10 ng/ml ara stoktan)	0.25	1462.5
3	75 (10 ng/ml ara stoktan)	0.5	1425
4	15 (100 ng/ml ara stoktan)	1	1485
5	30 (100 ng/ml ara stoktan)	2	1470
6	75 (100 ng/ml ara stoktan)	5	1425

Her bir parametrenin kararlılık katsayısı [(Coeff of Determinatoin (R2)] 0.99-1 olduğu takdirde kalibrasyon kabul kriteri sağlanmış olur. Kabul kriterinin bir örneği Şekil 8'de verilmiştir. Çalışmaların kalibrasyon eğrileri Ek 54-57, Ek 108-111 ve Ek 149-152'de verilmiştir.



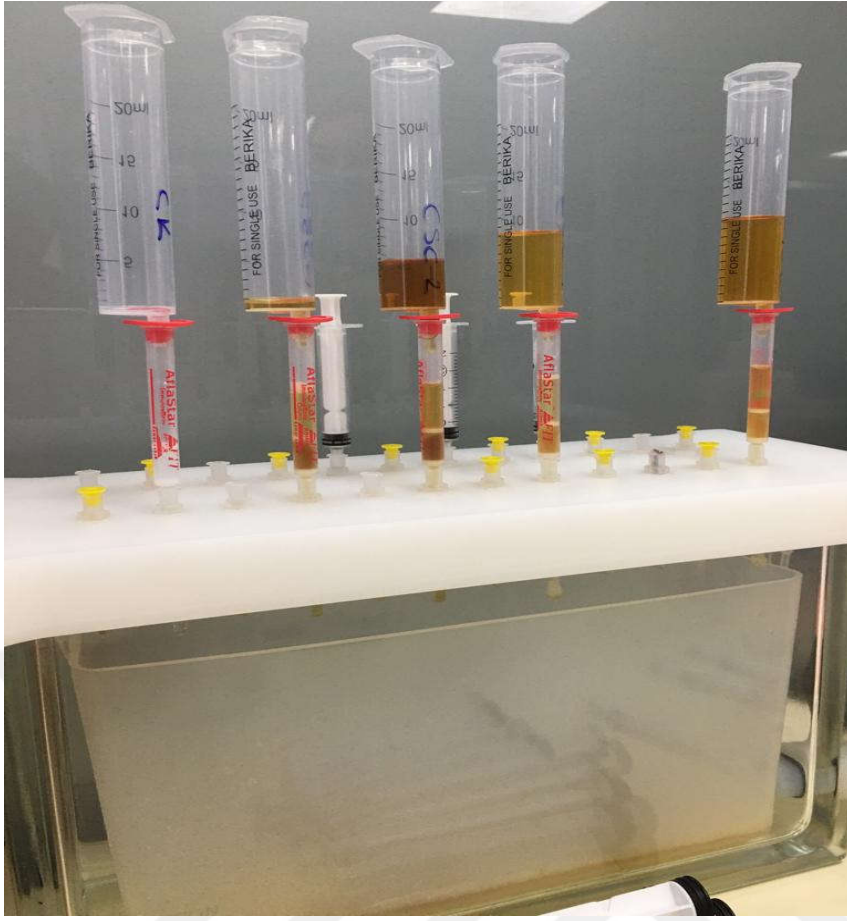
Şekil 8. Kalibrasyon kriter grafiği

2.13.3.2. İşlem Basamakları için

2.13.3.2.1. Numunelerin Analize Alınması

1- 25 g analiz numunesi blender kavanozuna tartıldı, 5 g NaCl ve 125 mL MeOH+Su (70+30) (V+V) eklendi (mikotoksinler genel olarak orta polaritedeki çözücülerde çok iyi çözüldüğünden toksin çözünürlüğünü artırmak amacıyla NaCl ilavesi yapılır. Toksinlerin suda çözünürlükleri 10-20 mg/l arasında değişmektedir).ve 2 dak yüksek hızda karıştırıldı. Ekstrakt katlanmış ve huni içerisine yerleştirilmiş Whatman No.4 filtre kağıdından süzüldü ve süzüntüden 15 mL ağzı kapaklı bir erlene alınarak üzerine 30 mL dH₂O eklendi ve iyice karıştırıldı. Seyreltilmiş ekstrakt cam mikrofiber filtreden süzüldü. Bu işlemten sonra IAK uygulamasına kadar geçen süre 30 dak. yı aşmamalıdır. Süzüntü çok berrak olmalıdır, berrak değilse şırınga filtresinden geçirildi.

2- Affinite kolonun tepesindeki kapak çıkarılıp, ucu kesildi ve yeniden kolona takıldı. Şekil 9'da görüldüğü gibi 15 mL numune ekstraktı (1 g örneği temsil eder), yaklaşık 3-6 mL/dak (1-2 damla/sn) hızla kolonda geçirildi.



Şekil 9. Vakum manifold ile kolondan numune geçirilmesi

Daha sonra kolondan 2-3 mL hava geçirildi (Kolondan her yeni solüsyon veya hava geçirileceğinde, şırınga kolondan ayrıldı ve piston bu durumda çıkarıldıktan sonra şırınga kolona tekrar takıldı). Kolon 15 mL su geçirilerek (2 damla/sn) yıkandı ardından tekrar 2-3 mL hava geçirildi. Daha sonra Şekil 10’da görüldüğü gibi aflatoksinler 1 mL metanol ile elue edilerek vialle alındı.



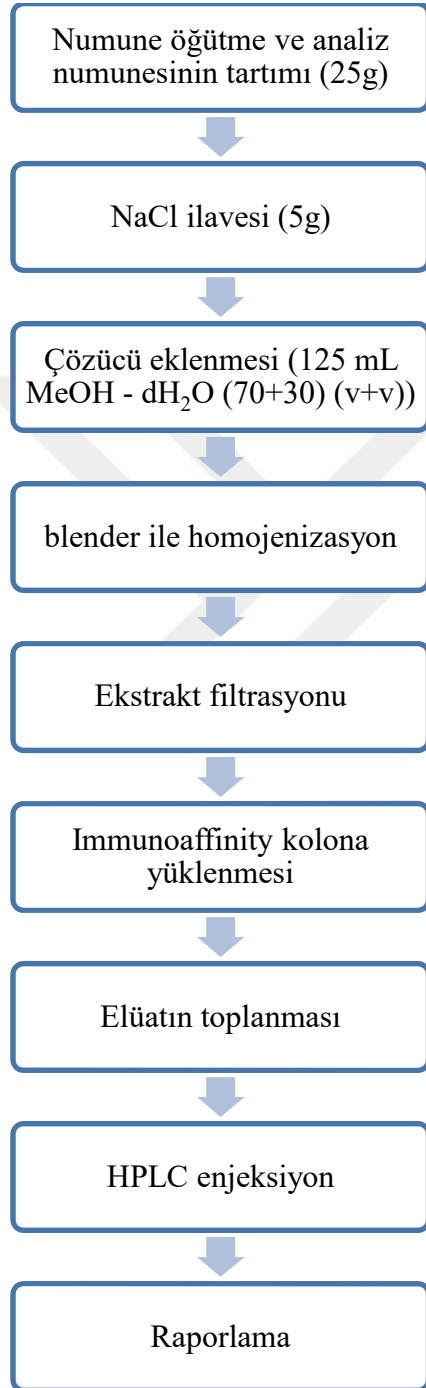
Şekil 10. Aflatoksinlerin kolondan metanol ile elue edilmesi

Yine 2-3 mL hava geçirilerek kolonda metanol kalmaması sağlandı. Eluata 1 mL saf su ilave edildi. Cihaza verilen kalibrasyon standartları methanol/su (50/50) (v/v) ile seyreltildiği için, numune vialindeki son içerik de bu şekilde kalibrasyon viali içeriğine eşitlenmiş oldu.



Şekil 11. Örnek viallerinin HPLC cihazına yerleştirilmesi

3- Eluat 0.2 μm 'lik filtre kartuştan geçirildi. Bu işlemler sonrasında vialde toplanan sıvı HPLC kromatografik şartlarına hazır hale gelmiş oldu. şekil 11'de görüldüğü gibi vialler HPLC cihazına yerleştirildi. Analiz akış şeması şekil 12'de gösterilmiştir



şekil 12. Analiz akış şeması

2.13.3.2.2. Kromatografik İşlem

- Türevlendirici sisteme bağlı iken metot şartlarında akış verildi. Aynı anda monitör baseline açıldı. Baseline cihaz üzerinde sabit bir çizgi halinde devam edene kadar beklendi. (Min. 15 dak)

- İlk sırada bir tane mix standart (kalibrasyon standartlarından biri) olmak üzere numune eluatları sıralanarak enjeksiyonları yapıldı.

- Standartlarla (AFL B₁, B₂, G₁, G₂) aynı alıkonma süresine (retention time) sahip pik olup olmadığı kontrol edildi (Standartların alıkonma süreleri önceden verildiğinde, numunelerde aynı alıkonma sürelerine sahip piklerin üzerine adı yazılarak tanımlama cihazın yazılımı tarafından yapıldı).

- Yeni mobil faz hazırlandığında cihaz üzerindeki standart alıkonma zamanlarında kaymalar meydana gelebilir. Böyle bir durumda kalibrasyon standartlarından bir tanesi ile kontrol yapılmalıdır. Konsatrasyonlarda değişme olduğu tespit edildiği durumlarda, kalibrasyon eğrisi yeniden oluşturulur.

Kolon bilgileri;

ODS-2 Hypersil (150*4.6*5(μ))

Akış ve kolon şartları;

Fırın sıcaklığı : 40 °C

Akış süresi : 1.2 mL/dakika

Enjeksiyon hacmi : 100.0 μl

Okuma süresi : 8.5 dakika

Akış : %100 Mobil fazda

Mobil faz: 6 + 2 + 3, v / v / v, dh20 + ACN + MeOH + 385μl HNO₃ + 0.130g KBr

Dedektör şartları;

Excitation : 365.0 nm

Emmission : 455.0 nm

Sensitivity : 6

2.13.3.2.3. Tespit ve Raporlama

Kalibrasyon grafiğinin oluşturulması;

Tablo 5.'de belirtilen konsantrasyonlarda hazırlanan aflatoksin B₁, B₂, G₁ ve G₂'yi birlikte içeren standart solüsyonlarının HPLC'ye enjeksiyonları yapıldı. Enjekte edilen hacimdeki aflatoksin B₁, B₂, G₁ ve G₂ miktarına (ng/mL) karşı, elde edilen sinyallerin (pik alanı) grafiği çizildi ve doğrusal regresyon ($y = ax+b$) hesaplandı. Kalibrasyon grafiği (fonksiyonu), ölçülen solüsyonun konsantrasyonunu hesaplamak için doğrusal regresyonla elde edildi. Numune içerisindeki aflatoksin miktarına ilişkin hesaplama Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Aflatoksin B₁, B₂, G₁ ve G₂ miktarının hesaplanması

İşlem basamakları	Toplam temsil edilen numune miktarı
25 gr numune üzerine 125 mL solvent ilavesi yapılması	25 gr
15 mL solvent süzütüsünün alınması	3 gr
15 mL solvent süzütüsüne, 30 mL dH ₂ O ilavesi (Toplam hacim 45mL)	3 gr
Dilue edilen süzütüden 15 mL alınması	1 gr
IAK'dan geçen 15 ml dilue süzütü sonrası, IAK'dan 1 ml MeOH geçirilmesi ve 1 mL dH ₂ O eklenerek vialde 2 mL eluat toplanması	1 gr

2.13.3.3. Raporlama

Analitik sonuçlar geri almaya göre düzeltilerek rapor edildi.

Geri Alma Oranına Göre Düzeltilmiş Sonuç = (Analiz Sonucunda Elde Edilen Konsantrasyon/Geri Alma Oranı) x 100

Analitik sonuçlar $X \pm U_x$ olarak raporlandı. Burada X geri kazanıma göre düzeltilmiş analitik sonucu, U_x ise genişletilmiş ölçüm belirsizliğini ifade eder. Analitik sonucun yasal limitlere uygunluk değerlendirmesi, geri almaya göre düzeltilmiş olan sonuçtan ölçüm belirsizliğinin çıkarılmasıyla elde edilen sonuca göre yapıldı. U değeri; koveraj faktörü olarak yaklaşık %95'lik bir güven aralığını veren "2" katsayısının kullanıldığı, genişletilmiş ölçüm belirsizliğini göstermektedir. Toplam aflatoksin raporlaması yapılırken analiz sonucu ve ölçüm belirsizliği hesaplaması aşağıdaki gibi yapıldı.

$$\text{Toplam Aflatoksin Sonucu} = (CB_1 + CB_2 + CG_1 + CG_2) \pm \sqrt{[(\ddot{O}BB_1)^2 + (\ddot{O}BB_2)^2 + (\ddot{O}BG_1)^2 + (\ddot{O}BG_2)^2]}$$

CB_1 =Aflatoksin B₁ konsantrasyonu $\ddot{O}BB_1$ =Aflatoksin B₁ Ölçüm belirsizliği

CB_2 =Aflatoksin B₂ konsantasyonu $\ddot{O}BB_2$ =Aflatoksin B₂ Ölçüm belirsizliği
 CG_1 =Aflatoksin G₁ konsantasyonu $\ddot{O}BG_1$ =Aflatoksin G₁ Ölçüm belirsizliği
 CG_2 =Aflatoksin G₂ konsantasyonu $\ddot{O}BG_2$ =Aflatoksin G₂ Ölçüm belirsizliği
Geri kazanım çalışmalarına aik aflatoksin pik görüntüleri Ek 8, 9, 11, 65, 77, 90, 100, 118, 131, 140'da verilmiştir.

2.14. Elde Edilen DONP'ların Fe Miktarının Analizi

Fe NP örneklerinden 0.2500 g tartımı yapılarak mikrodalga yakma kabına kondu. Üzerine 7 mL %65 HNO₃ ve 1 mL %37 H₂O₂ ilave edilerek kapların ağızları kapatılarak CEM Mars 5 marka mikrodalga yakma ünitesine yerleştirildi. Yakma işlemi tamamlandıktan sonra çözeltilerin hacimleri bidistile saf su ile 50 mL'ye tamamlandı. Kalibrasyon eğrisi için Fe (Demir) 1000 mg/L ana stok çözeltisinden 50.0 mg/L ara stok hazırlananarak bu çözeltiden kalibarsyon eğrisi hazırlamak için 1.0, 2.0, 4.0, 7.5 ve 10.0 mg/L çözeltileri hazırlandı. MP/AES okuması yapıldı. Aynı şekilde numuneler 0.45 mikron filtreden geçirilerek okuması yapıldı (NMKL 170 ve NMKL 161). Hesaplamaları aşağıda verilen eşitlik ile yapıldı.

$$C = (((Alan+b)/a)) \times \text{Sulandırma oranı} \quad (2.8)$$

$$C = \text{Konsantrasyon mg / L}$$

$$b = y \text{ kesen}$$

$$a = \text{eğim}$$

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. Doğal Örneklerin Aflatoksin Miktarları

Fındık ve fıstık örnekleri püre haline getirilirken aynı zamanda da homojen haline de getirilmiş oldular. Bu aşamada örneklerin içerisinde ne kadar aflatoksin bulunduğunu öğrenmek için analizleri (n=3) yapıldı. Analiz sonuçlarına ait bulgular Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Doğal bulaşmış fındık ve fıstık pürelerine ait analiz sonuçları

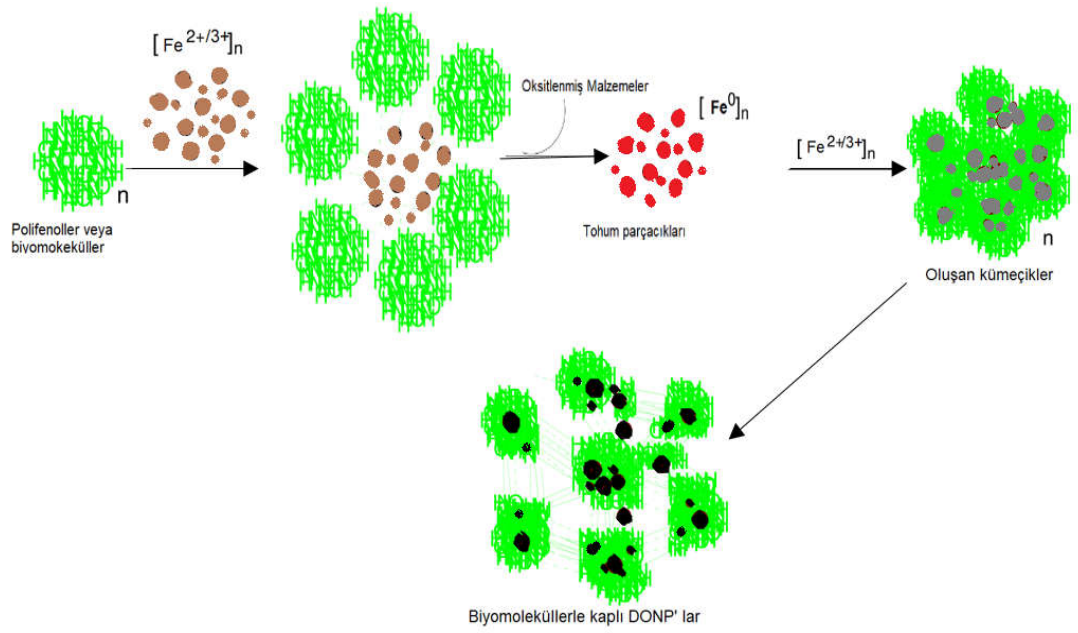
	Fındık Püresi	Fıstık Püresi
	µg/kg	µg/kg
Aflatoksin G₂	0.58±0.01	0.58±0.06
Aflatoksin G₁	5.21±0.10	6.37±0.06
Aflatoksin B₂	0.66±0.01	0.46±0.02
Aflatoksin B₁	6.57±0.06	7.79±0.15
Toplam Aflatoksin	13.03±0.16	15.21±0.12

Çalışma amacıyla doğal olarak fındık ve fıstık pürelerinden elde edilen örneklerin analiz sonuçları Türk Gıda Kodeksi (TGK) bulaşanlar yönetmeliğine göre değerlendirildiğinde sonuçların uygun olmadığı görülmektedir.

3.2. Elde Edilen DONP’lar

Hem siyah hemde yeşil nanoparçacıkların (DONP) oluşumu, reaksiyon karışımlarındaki renk değişimi ile anlaşıldı. Şekil 13’de görüldüğü gibi çay demi renginden siyah renge doğru bir dönüşüm oluştu. Örneğin, FeCl₃, FeSO₄ / çay yaprağı ekstresinin çözeltisinin rengi sarıdan siyaha değişen karışıma çok hızlı bir şekilde oluştu. Bu renk değişimi, yüzey plazma rezonansı ve metal iyonlarının çay yaprağı ekstresi ile indirgenmesinden kaynaklanmaktadır. Bu renk değişiklikleri çözeltide DONP oluşumunu göstermektedir. Aşağıda belirtildiği gibi DONP oluşumu için olası mekanizma aşağıdaki biçimde görüldüğü şekildedir (Keihan vd., 2016).

Şekil 13’deki n, metal iyonları tarafından oksitlenen grup sayısıdır, M metal iyonlarıdır ve yeşil şekiller aromatik yapıya sahip bileşikler göstermektedir. DONP oluşumu, çözeltinin pH’sındaki değişikliklerle doğrulandı. DONP çözeltisinin İndirgeme öncesi pH 11.00 bazik olarak ayarlandı.

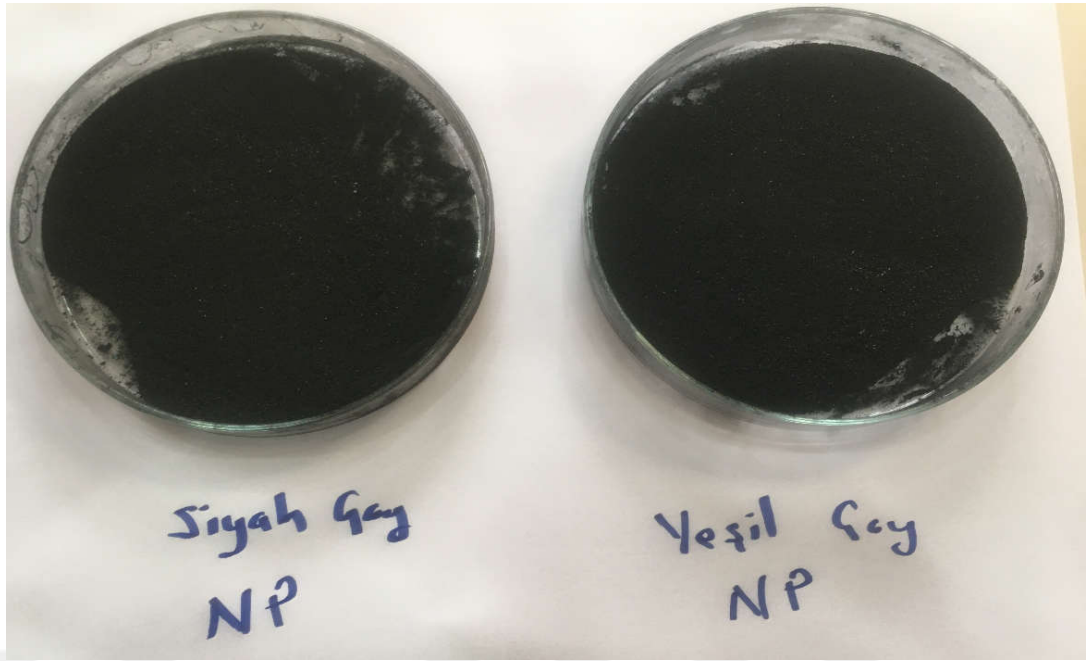


Şekil 13. DONP oluşum mekanizması

Sonrası pH 6.30 doğru düştüğü bulundu. Bununla birlikte, her numunenin pH'sının indirgeme sırasında azaldığı ve asidik aralığa kaydığı tespit edildi. Bitkinin biyolojik matrisi içindeki fenolik ve triterpenoid bileşikler Fe²⁺ ve Fe³⁺ 'nın Fe₃O₄'e indirgenmesi ve suda Fe DONP'ların oluşması konusunda işlev görmektedirler.

Demir ve demir oksit NP'lerin incelenmesi ve malzeme olarak kullanım alanlarındaki çalışmalar, çeşitli kimyasal ve fiziksel özelliklerinden dolayı son zamanlarda hızlı biçimde artmıştır. Manyetik konularda dahil olmak üzere birçok alanda potansiyel uygulama gösterirler manyetik sıvı, manyetik mikro cihaz, manyetik rezonans görüntüleme, manyetik hipertermi, su arıtma ve ilaç dağıtımı gibi (Xu vd., 2012).

DONP'ların sentezinde yeşil ve siyah çay ekstraktlarından %10 kurumadde içeriğine sahip 250 mL'lik dört çalışma ile toplamda 1000 mL'lik çalışma yapıldı. Vakum kurutma işleminden sonra yeşil çaydan elde edilen DONP'lar **29.8676 g** ve siyah çaydan elde edilen miktar **22.4610 g** olarak tespit edildi. Verim %10 kurumadde içeriğine sahip yeşil ve siyah çay ekstraktları için sırasıyla **%2.99** ve **%2.25** olarak bulundu. Yeşil çay DONP'ların miktarı %0.70 civarında daha fazla verim elde edildi. Buda yeşil çayın polifenolik bileşikler açısından siyah çaya göre daha çok zengin olmasından kaynaklanmaktadır. Şekil 14'de sentez edilen DONP'ların görseli verilmiştir.



Şekil 14. Sentez edilen DONP'lar

Demiroksit nanoparçacıklar (DONP); yeşil ve siyah çay yaprağı ekstreleri kullanılarak kolayca hazırlanabilmektedir. Bu çalışmada, herhangi bir zararlı indirgeyici, kapatma ve dağıtıcı madde kullanılmadan metal DONP'lar endüstriyel üretimini de teşvik edebilecek basit, güvenilir, yeşil, ucuz ve ekonomik bir biyolojik yöntem olarak bir daha ortaya konmuştur. Ülkemiz ay üretimi yönünden dünyada beşinci sırada bulunmaktadır. Coğrafi ve iklimsel anlamda da diğerk çay üreticisi olan ülkelerden oldukça farklıdır. Bu nedenle içerik olarakda diğerk ülkelerin çaylarından farklı bir içeriğe sahiptir. Dolayısı ile sentezi yapılan DONP'larda içerik olarak oldukça farklı olduğu düşünülmektedir.

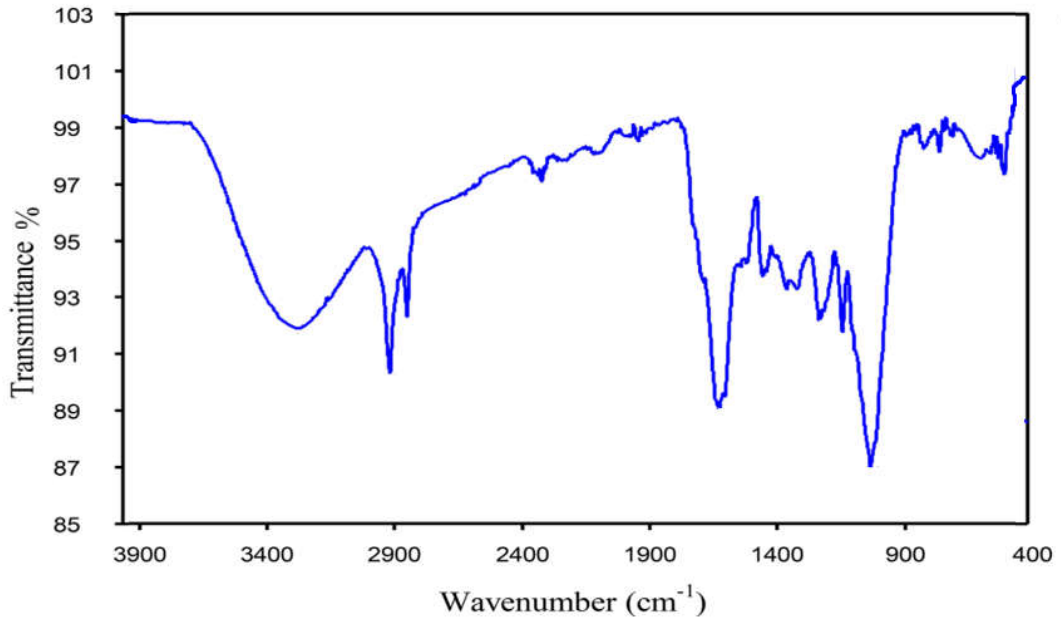
3.3. Elde Edilen DONP'ların Karakterizasyonu

Demir, canlı organizmalarda en bol bulunan metalik elementlerden biridir ve hemoglobin ile oksijen taşınması ve redoks enzimleri tarafından hücresel solunum gibi çeşitli biyolojik işlemler için gereklidir. DONP'lar, vücuda enjekte edilebilen ve insan vücudunun doğal metabolik yollarına dahil edilebilen birkaç nanomalzemeden biridir. Diğerk birçok nanoparçacıklar ile karşılaştırıldığında, DONP iyi huylu, toksik olmayan ve biyolojik olarak tolere edilebilen maddelerdir. En yaygın biyoyumlu manyetik nanomalzemeler, maghemit ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) ve manyetit gibi saf demir oksitlerdir (Fe_3O_4). Bu alışmada Fe_3O_4 türünden nanoparçacık elde edilmiştir.

3.3.1. Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) Analizi

Fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopisi (FTIR); siyah ve yeşil çay ekstresi ile sentezlenen demiroksit nanoparçacıkların konjugasyonundan ve azaltılmasından sorumlu olası fenolik bileşikleri tanımlamak için kullanıldı.

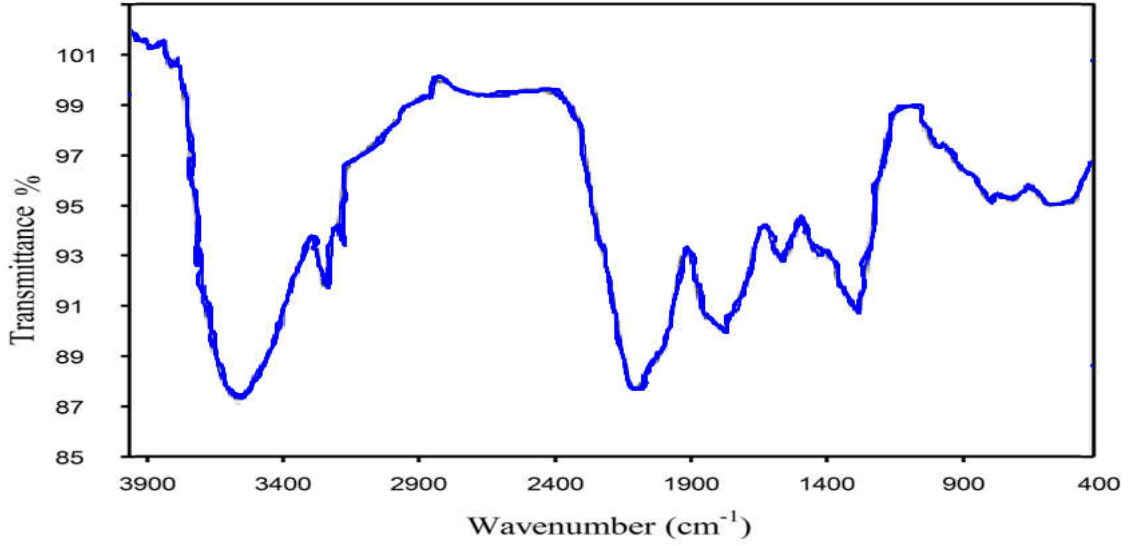
Siyah çay ekstraktı çözeltisinin FTIR spektrumu Şekil 15’de verilmiştir. Burada 3401 cm^{-1} ’de geniş bir bant görülmektedir. Germe modundaki bu değer polifenollerin O-H ve N-H titreşimleridir. 3310.7 cm^{-1} ’deki geniş absorpsiyon bandının alkoller ve fenolik bileşiklerdeki hidroksil (OH) fonksiyonel gruplarına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Polifenollerde C=O bağ gerilmesine ve aromatik halkada C=C bağ gerilmesine 1628 cm^{-1} ’de kuvvetli bir bant ortaya koymaktadır. Alkan ve karboksilik asit içindeki C-H gerilmesinin ve O-H gerilmesinin sırasıyla 2917 ve 2848 cm^{-1} ’de görülmektedir. Amino asitte C-O gerilmesi ile 1029 cm^{-1} ’de bir bant da ortaya vermiştir.



Şekil 15. Siyah çayın FTIR spektrumu

Yapılan bir çalışmada siyah, oolong ve yeşil çay gibi çeşitli çay türlerin özdeş FTIR bantları daha önceki çalışmalarda polifenollerden oluşan çay ekstresi çözeltisinin FTIR bantlarının 3388 cm^{-1} , 1636 cm^{-1} ve 1039 cm^{-1} ’de ortaya çıktığı ve bunların sırasıyla O-H/ N-H, C = C, C-O-C gerilmeleri ile ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır (Chai vd., 2015). Bu nedenle, FTIR spektrumundan, çaydaki ana fonksiyonel grupların polifenoller, karboksilik asit ve amino asit bileşiklerinin olduğunu göstermektedir (Senthilkumar ve Sivakumar, 2014).

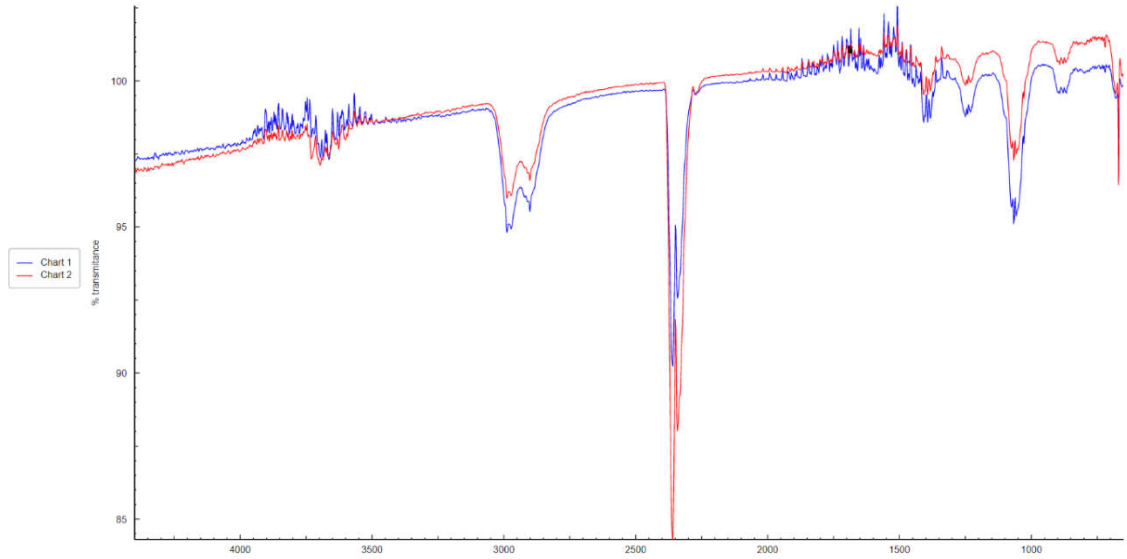
Yeşil çayın IR spektrumunda, 3394 cm^{-1} 'deki bant, su, alkol ve fenollerdeki O-H gruplarının gerilme titreşimlerinden ve aminlerdeki N-H gerilmesinden kaynaklanmaktadır. Alkanlardaki C-H gerilmesi ve karboksilik asitteki O-H gerilmesi sırasıyla 2926 ve 2864 cm^{-1} 'de görülür. 1627 cm^{-1} 'deki güçlü bant, aromatik halkalardaki C = C gerilmesine ve polifenollerdeki C = O gerilmesine atfedilir.



Şekil 16. Yeşil çayın FTIR spektrumu

Protein içindeki amidin C-N gerilmesi, bandı 1396 cm^{-1} 'de vermiştir. Polisakkaritlerdeki C-O-C gerilmesi 1741 cm^{-1} 'de bir bant vermiştir. Amino asitteki C-O gerilmesi 1037 cm^{-1} 'de bir banda neden olmuştur. Son olarak, 819 cm^{-1} 'deki zayıf bant, C-H'nin düzlem dışı bükülmesinin sonucudur.

Çalışmada sentezlenen DONP'ların ve yeşil, siyah çaya ait FTIR spektrumları Şekil 16'da verilmiştir. Spektrumlar benzer çıkmıştır. Biyolojik olarak sentezlenen DONP'ların yüzeyinde yeşil ve siyah çay ekstraktından elde edilen polifenollerin ve kafeinin varlığını doğrulamak için FT-IR ölçümleri yapıldı. 3600 cm^{-1} ve 2900 cm^{-1} 'deki bantlar, sırasıyla kateşinler ve C-H gibi -OH poliol grubuna atanan O-H germe titreşimi ve alifatik hidrokarbonların -CH₂- titreşimi ile ilişkilidir. 1582 cm^{-1} 'deki bant, bağlanmış konjuge ketonların, kinonların, karboksilik asitlerin ve esterlerin titreşimi ile ilişkilidir. 1400 cm^{-1} 'deki bant, aromatik aminlerin C-N germe titreşimi ile ilişkilidir. Bu da suda çözünür kafeinin varlığını gösterir ve 1065 cm^{-1} 'deki bant C-O-C germe titreşimi ile ilişkilidir. Bu sonuçlar önceki çalışmalara uygundur ve DONP yüzeyinde kapatma maddesi olarak yeşil çay polifenollerin varlığını göstermiştir (Asghar vd., 2018).



Şekil 17. Sentez edilen DONP'ların FTIR sektrumları (— Siyah çay DONP, — Yeşil çay DONP)

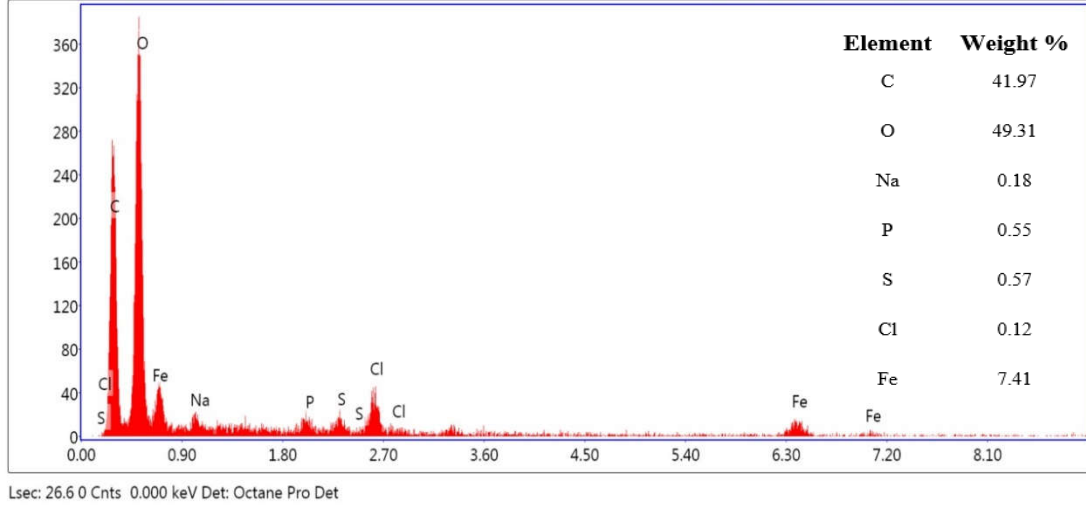
3.3.2.DONP'ların FTIR, SEM ve Enerji Dağılım Spektroskopisi (EDX)

Analizi

Sentezlenen tüm DONP'ların EDX görüntüleri Şekil 18 ve 19'da verilmiştir. SEM görüntüleri, Fe NP'lerin sırasıyla 42-60 nm arasında değişen bir çapa sahip aglomere ve küresel şekilli olduğunu açıkça göstermiştir. DONP boyut dağılımındaki değişim, yeşil ve siyah çay yaprağı ekstraktlarında bulunan ve yaygın olan çeşitli doğal kaynaklı bileşiklerin çeşitli indirgeyici özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Çay yaprağında, bakterisidal, antioksidan aktiviteye ve diğer bazı yararlı özelliklere sahip polifenoller, kafein ve terpenoidler bulunmaktadır (Sivamani vd., 2013). Çay yaprağı ekstraktlarındaki bu içerikler, metal DONP'ların sentezi için indirgeyici ve kapatıcı maddeler olarak işlev görür. Bu nedenle, nihai yapının ve DONP boyutunun oluşumunda kilit bir rol oynar.

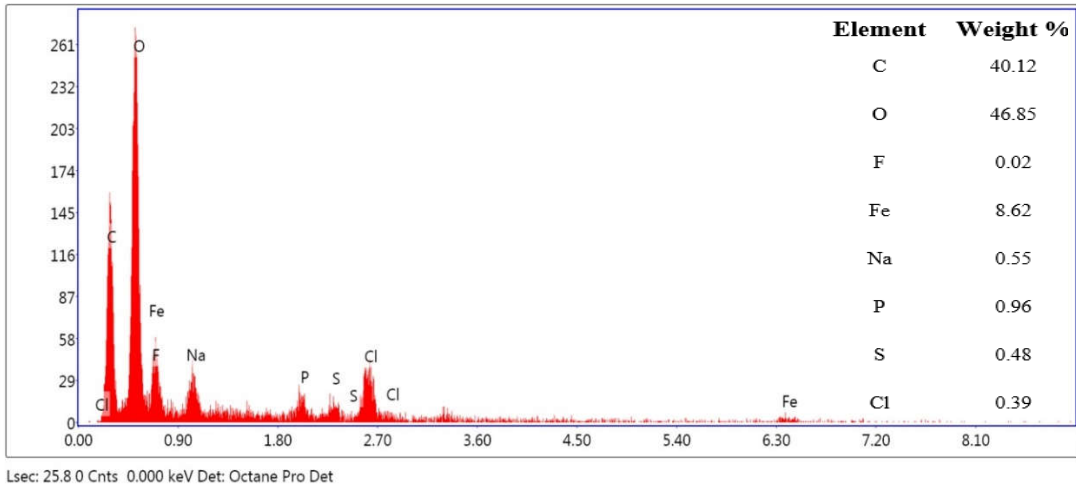
Element bileşenleri ve ayrıca sentezlenen Fe₃O₄ NP'lerin nispi bolluğu, Şekil 18 ve 19'da gösterildiği gibi enerji dağıtıcı X-ışını analizi (EDX) ile belirlendi. Şekil 18 ve 19'da Fe₃O₄ NP'ların saflığı ve kimyasal bileşimi hakkında bilgi vermektedir. Fe metalinin yüzdesinin yeşil çay NP'lerde **%7.56±1.43** ile siyah çay NP'lerde **%8.62±1.71** olduğu tespit edildi. MP-AES cihazı ile yapılan Fe analizinde yeşil çay DONP'da **%10.73±1.51** ve siyah çay DONP'larda **%9.91±1.67** olarak bulundu. EDX analizinden elde sonuçlar ile MP-AES'den elde edilen sonuçlar birbirlerini teyit etmektedirler. Yüzey plazmon rezonansı nedeniyle, indirgenmiş demir nanopartikülleri, 3 Kev'de optik absorpsiyon karakteristik tepe noktası ile EDX analizinde ortaya

konuldu. EDX’de demir iyonlarının elementel demire indirgendiğini gösteren güçlü bir sinyal üretti. Oksijene (O) ve karbona (C) bakıldığında yeşil çay DONP ve siyah çay DONP sırasıyla %49.31 ve %46.85 oksijen, %41.97 ve %40.12 karbon olacak şekilde nispi bileşime sahip olduğu tespit edildi.



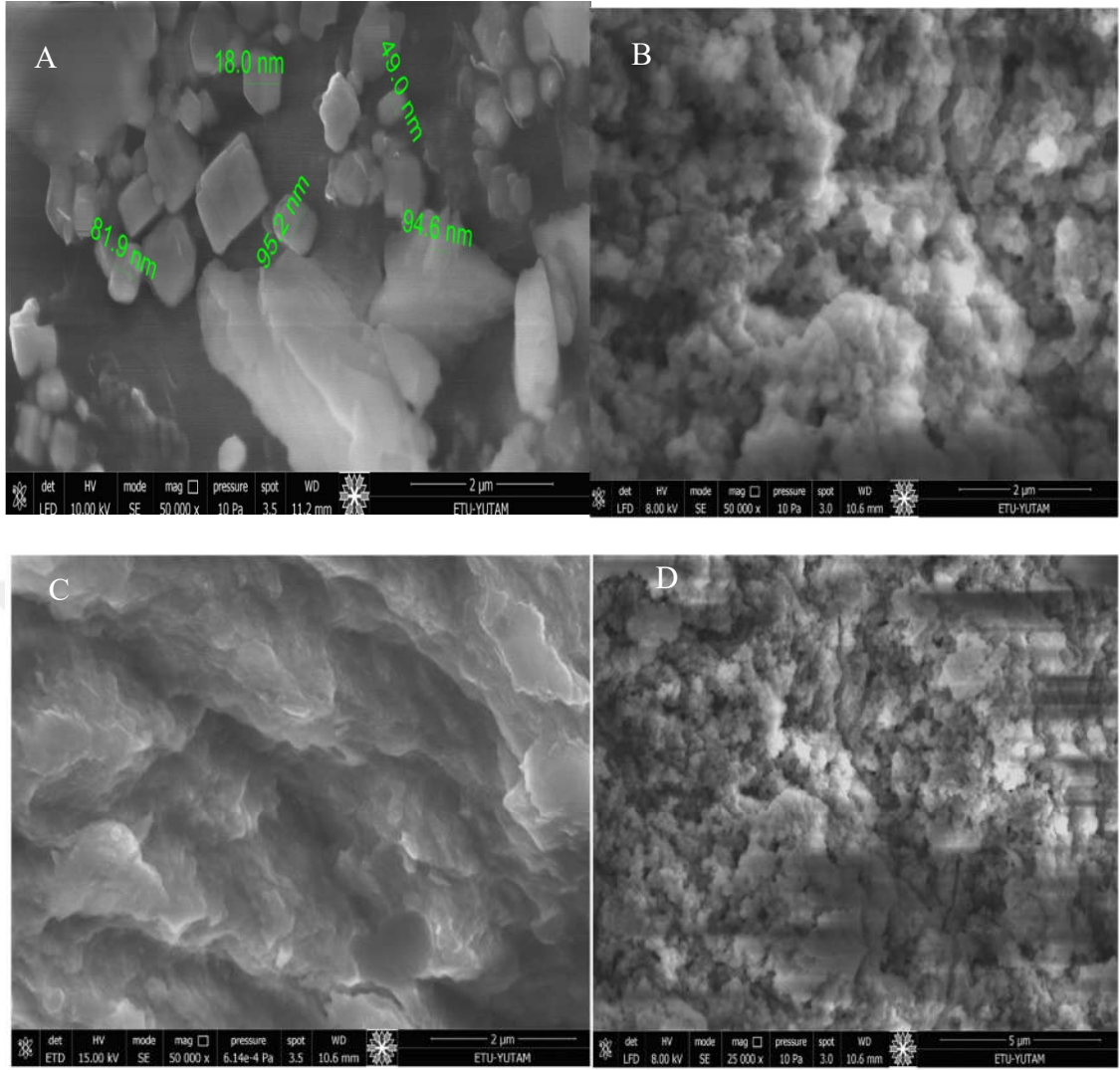
Şekil 18. Demir oksit nanoparçacıkların XRD analizi (Yeşil Çay DONP)

Enerji dağıtıcı X-ışını spektrumu (EDX); çay ekstraktından gelen karbon, oksijen, potasyum, az miktarda fosfor, kükürt ve klor gibi türlerle birlikte Fe'nin varlığı göstermektedir.



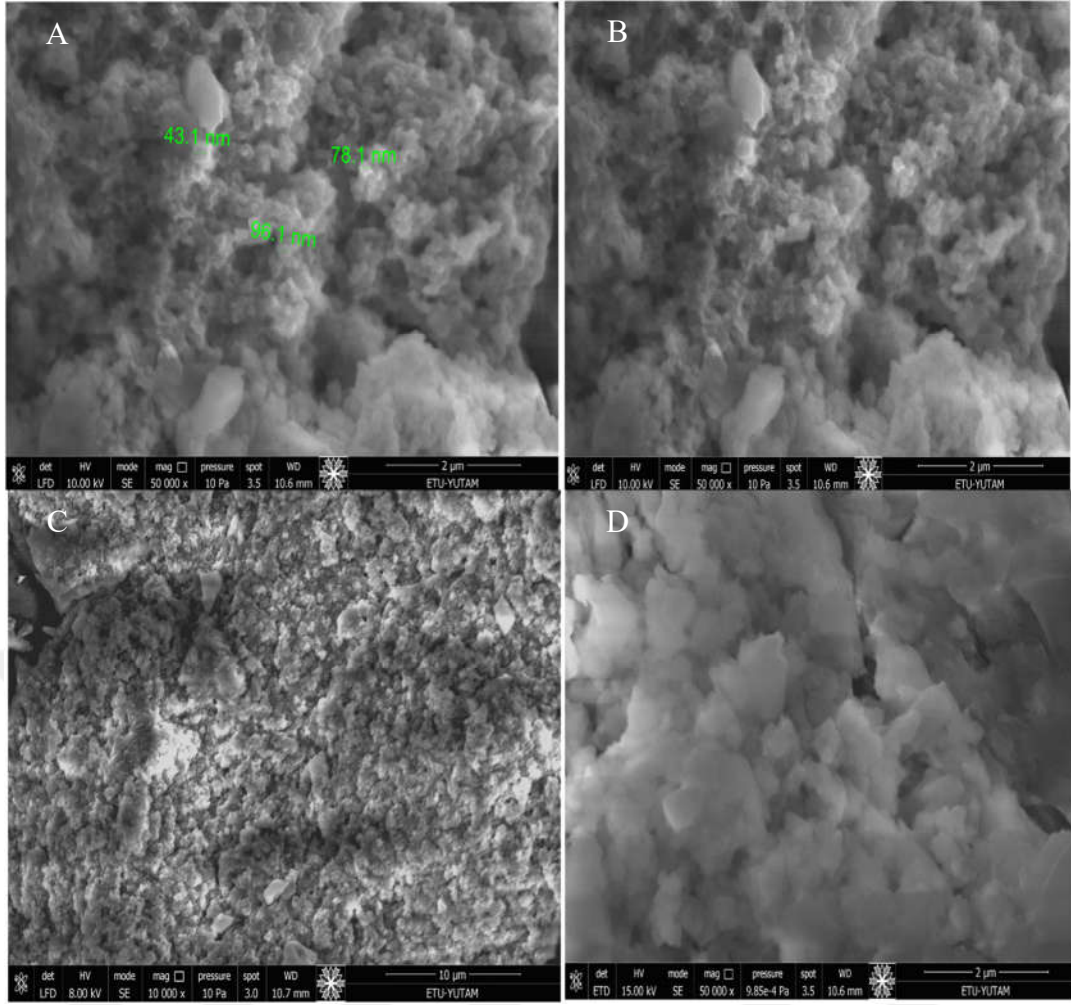
Şekil 19. Demir oksit nanoparçacıkların XRD analizi (Siyah Çay DONP)

Bu durum çay ekstraktlarının mineraller açısından zengin olduğunu göstermektedir. Çay Fe NP’leri -15.3 mV negatif zeta potansiyeli sergilemiştir. Bu, DONP’ların toplanmayı önlemek için elektrostatik stabilite için yeterli yüzey yüküne sahip olduğunu ve dolayısıyla TEM mikrografından elde edilen alingonat bir şekle sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil 20. Yeşil çay ekstraları ile hazırlanan metal nanopartiküllerin SEM görüntüleri (Yeşil Çay DONP)

Spektrum sonuçları, DONP'ların başarılı bir şekilde oluştuğunu gösterdi. Bununla birlikte, küçük safsızlıkların varlığının bitki bileşenlerinden kaynaklanmaktadır. Sentezlenen DONP'ların boyut ve şeklini görselleştirmek için SEM ve TEM teknikleri kullanılmıştır (Şekil 20 ve 21). Yeşil çaydan elde edilen DONP, parçacık büyüklüğü 18 ila 97 nm arasında değişen küresel bir şekle sahipti. Siyah çaydan elde edilen DONP, parçacık büyüklüğü 40 ila 97 nm arasında değişen alingonat bir şekle sahiptir.



Şekil 21. Siyah çay yaprağı ekstreleri ile metal nanopartiküllerin SEM görüntüleri (Siyah Çay DONP)

DONP'ların yeşil çay ve siyah çay ekstraktları kullanılarak sentezlendi. Ön fitokimyasal çalışmalar, ekstraktlarda kateşinler, teaflavinler, flavonoller, kaempferol, quercetin, mirisetin, gallik asit, kafein varlığını göstermiştir (Zhou vd., 2003). DONP'ların yeşil ve siyah çay yaprağı ekstreleri kullanılarak kolayca hazırlanabilmektedir. Bu çalışmada herhangi bir zararlı indirgeyici, kapatma ve dağıtıcı madde kullanmadan metal DONP'ların endüstriyel üretimini teşvik edebilecek basit, güvenilir, yeşil, ucuz ve ekonomik bir biyolojik prosedür tekrardan ortaya konulmuştur. TEM ve SEM çalışmaları, sentezlenen DONP'ların alingonat şeklini ve kristal yapısını literatürde yapılmış olan çalışmalarla benzer olduğunu doğruladı (Asghar vd., 2018).

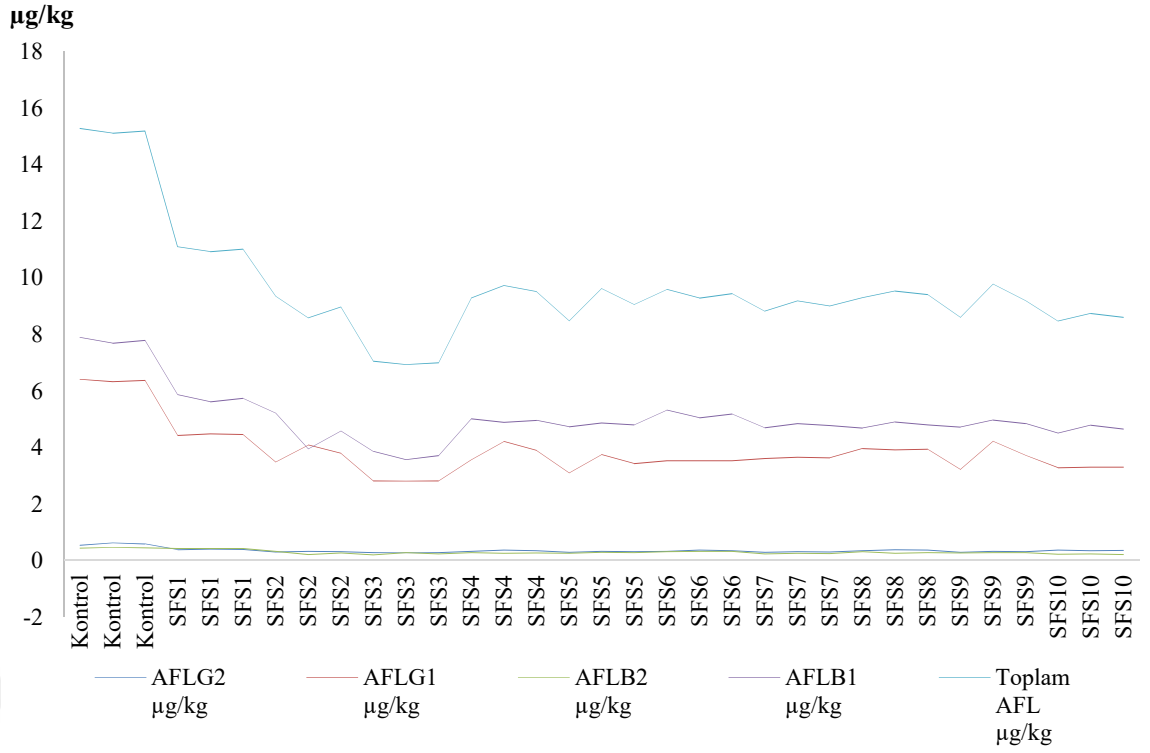
3.4. Siyah Çay Toz Ekstraktı İle Muamele Edilen Doğal Yer Fıstığı Püresi Örneklerinin AFL Analiz Sonuçları

Yapılan çalışmada Tablo 4’de verildiği üzere iki farklı konsantrasyon, üç farklı sıcaklık ve iki farklı süre değişkenleri kullanılarak içersinde doğal olarak aflatoksin bulunan yer fıstığı püresi çözünebilir siyah çay ekstraktı ile muamele edildi. Elde edilen aflatoksin analiz sonuçları Tablo 8’de verilmiştir. Tablo incelendiği zaman detoksifikasyon işleminin tüm aflatoksin türlerinde meydana geldiği görülmektedir. Detoksifikasyonun meydana gelmesinde ilave edilen çay ekstraktının konsantrasyonu, sıcaklık ve sürenin etkili olduğu ortaya konulmuştur.

Tablo 8. Siyah çay toz ekstarktı ile muamele edilen yer fıstığı püresi aflatoksin analiz sonuçları

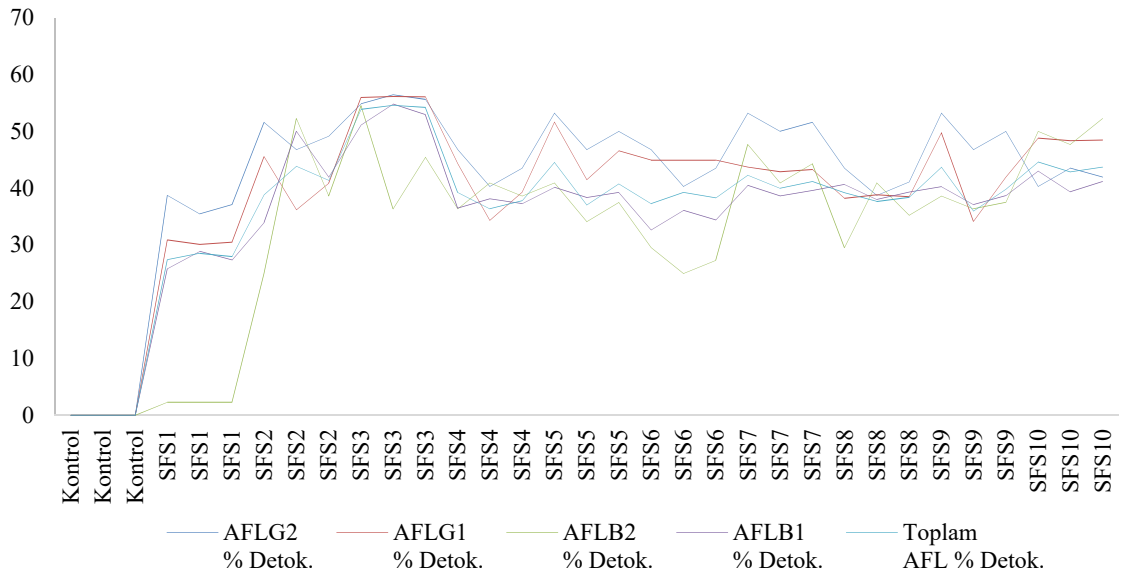
Kod	Örnek	Konsantarsyon	AFLG ₂	AFLG ₁	AFLB ₂	AFLB ₁	Toplam AFL
	Kontrol	µg/kg	0.58	6.37	0.46	7.80	15.21
		±SD	0.04	0.04	0.02	0.11	0.09
SFS1	% 1.0 SÇ	µg/kg	0.39	4.46	0.43	5.74	11.02
	Eks. 25 °C	SD	0.01	0.03	0.00	0.12	0.09
SFS2	% 1.0 SÇ	µg/kg	0.32	3.79	0.27	4.59	8.97
	Eks. 45 °C	±SD	0.02	0.30	0.06	0.64	0.39
	2 Saat						
SFS3	% 1.0 SÇ	µg/kg	0.28	2.82	0.24	3.72	7.00
	Eks. 45 °C	±SD	0.01	0.01	0.04	0.15	0.06
	4 Saat						
SFS4	% 1.0 SÇ	µg/kg	0.35	3.89	0.27	4.96	9.51
	Eks. 75 °C	±SD	0.02	0.32	0.01	0.07	0.22
	2 Saat						
SFS5	% 1.0 SÇ	µg/kg	0.31	3.43	0.28	5.00	9.06
	Eks. 75 °C	±SD	0.02	0.33	0.02	0.27	0.58
	4 Saat						
SFS6	% 2.0 SÇ	µg/kg	0.35	3.53	0.32	5.19	9.44
	Eks. 25 °C	±SD	0.02	0.00	0.01	0.14	0.15
SFS7	% 2.0 SÇ	µg/kg	0.30	3.64	0.25	4.78	9.00
	Eks. 45 °C	±SD	0.01	0.03	0.02	0.08	0.18
	2 Saat						
SFS8	% 2.0 SÇ	µg/kg	0.37	3.94	0.29	4.80	9.42
	Eks. 45 °C	±SD	0.02	0.02	0.03	0.11	0.12
	4 Saat						
SFS9	% 2.0 SÇ	µg/kg	0.31	3.72	0.28	4.85	9.20
	Eks. 75 °C	±SD	0.02	0.50	0.01	0.13	0.59
	2 Saat						
SFS10	% 2.0 SÇ	µg/kg	0.36	3.30	0.22	4.65	8.61
	Eks. 75 °C	±SD	0.01	0.02	0.01	0.15	0.14
	4 Saat						

SFS: siyah çay çözünür ekstrakt ile muamele edilen yer fıstığı püresi n:3



Şekil 22. Doğal yer fıstığı püresinde bulunan AFL'lerin çözünebilir siyah çay ekstraktı ile µg/kg bazında azalma grafiği

% Detoksifikasyon



Şekil 23. Doğal yer fıstığı püresinde bulunan AFL'lerin çözünebilir siyah çay ekstraktı ile % detoksifikasyon grafiği

Siyah çaydan elde edilen çözünebilir ekstraktla yapılan çalışmaya ait veriler Tablo 8'de verilmiştir. AFL'nin konsantrasyonundaki azalış grafiği Şekil 22 ve % detoksifikasyon grafiği Şekil 23'de verilmiştir. Bu çalışmalara ait pik görüntüleri Ek 34-44'da verilmiştir. Çalışmada FS0 kodlu örnek kontrol olarak kullanıldı. FS0 kodlu

örneğin pik görüntüsü Ek 146’da verilmiştir. Kontrol örneği doğal olarak elde edilen ve içinde AFL’lerin olduğu örnektir. Yapmış olduğumuz çalışmada siyah çaydan elde edilen çözünabilir çay ekstraktının aflatoksinlerin detoksifikasyonunda önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir. %2 konsantrasyona sahip, 75 °C’de ve 4 saatlik muamelede ortalama %43.7 civarında toplam aflatoksinlerde azalmaya neden olmuştur. AFL’lerin artan sıcaklıkla yüzde adsorpsiyonundaki artış, çözünabilir siyah çay ekstraktı üzerindeki aktif bölgeler ile AFL türleri arasındaki ve ayrıca adsorbe edilen fazdaki bitişik AFL molekülleri arasındaki sorptif kuvvetlerin sıcaklıkla gerilmesinden kaynaklanmaktadır. Yapılan bir çalışmada sıcaklık artıkça AFLB₁ adsorpsiyonun arttığı tespit edilmiştir (Thieu ve Pettersson, 2008). Sonuçlar ayrıca adsorpsiyon işleminin doğada endotermik olduğunu göstermiştir.

Sıcaklık, süre ve konsantrasyonun en yüksek olduğu SFS10 kodlu çalışmada AFLG₂, AFLG₁, AFLB₂, AFLB₁ ve toplam AFL detoksifikasyon oranları sırasıyla %41.94, 48.57, 50.00, 41.18 ve %43.71 olarak bulundu. Diğer sıcaklık, süre ve konsantrasyona bağlı olan çalışmalar Tablo 8’de verilmiştir. Grafikler ve tablolar incelendiğinde SFS1 ve SFS6 örnekleri kısmen hariç diğer örneklerde sıcaklık, süre ve konsantrasyon detoksifikasyon oranına etkili olduğu tespit edildi.

3.5. Siyah Çay Toz Ekstraktı İle Muamele Edilen Doğal Fındık Püresi Örneklerinin AFL Analiz Sonuçları

Yapılan çalışmada Tablo 4’de verildiği üzere iki farklı konsantrasyon, üç farklı sıcaklık ve iki farklı süre değişkenleri kullanılarak içersinde doğal olarak aflatoksin bulunan fındık püresi çözünabilir siyah çay ekstraktı ile muamele edildi. Elde edilen aflatoksin analiz sonuçları Tablo 9’da verilmiştir. Tablo incelendiği zaman detoksifikasyon işleminin tüm aflatoksin türlerinde meydana geldiği görülmektedir. Detoksifikasyonun meydana gelmesinde ilave edilen çay ekstraktının konsantrasyonu, sıcaklık ve sürenin etkili olduğu ortaya konulmuştur.

Siyah çaydan elde edilen çözünabilir ekstraktla yapılan çalışmaya ait veriler Tablo 9, Şekil 24 ve 25’de verilmiştir. Bu çalışmalara ait pik görüntüleri Ek 23-33’de verilmiştir. Çalışmada FN0 kodlu örnek kontrol olarak kullanıldı. FN0 kodlu örneğin pik görüntüsü Ek 96’da verilmiştir. Kontrol örneği doğal olarak elde edilen fındık püresi olup içinde AFL’lerin olduğu örnektir.

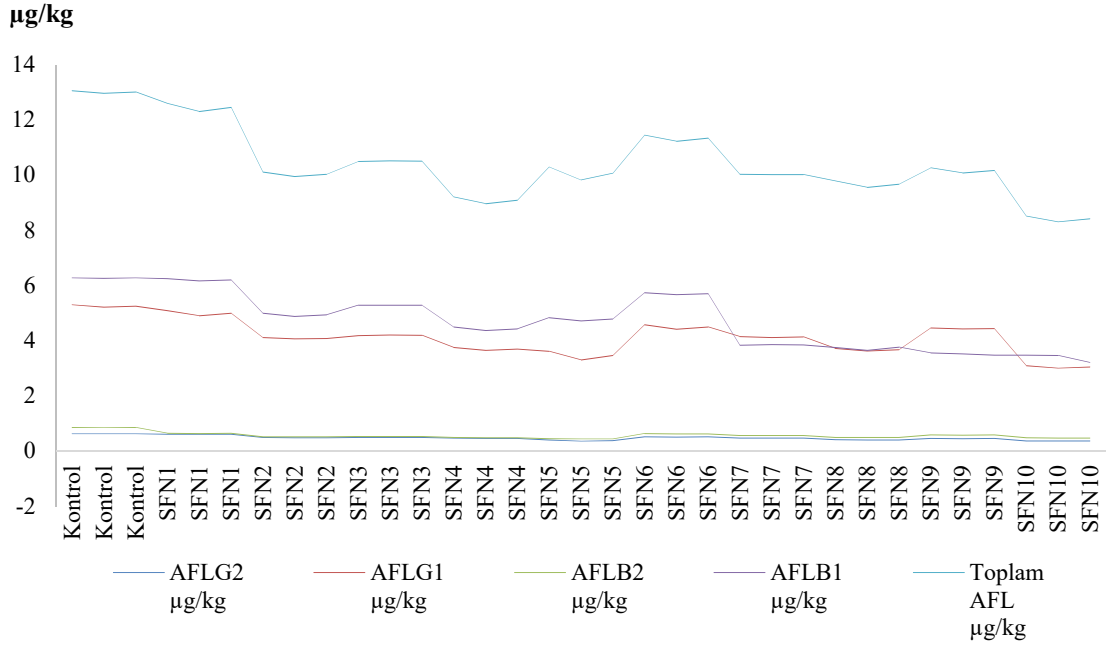
Tablo 9. Siyah çay toz ekstraktı ile muamele edilen fındık püresi aflatoksin analiz sonuçları

Kod	Örnek	Konsantrasyon	AFLG ₂	AFLG ₁	AFLB ₂	AFLB ₁	Toplam AFL
	Kontrol	µg/kg	0.63	5.25	0.85	6.27	13.00
		±SD	0.00	0.05	0.01	0.01	0.05
SFN1	% 1.0 SÇ	µg/kg	0.61	4.99	0.64	6.20	12.45
	Eks. 25 °C	SD	0.00	0.10	0.01	0.04	0.15
SFN2	% 1.0 SÇ	µg/kg	0.48	4.08	0.52	4.94	10.02
	Eks. 45 °C	±SD	0.01	0.03	0.00	0.06	0.08
	2 Saat						
SFN3	% 1.0 SÇ	µg/kg	0.50	4.19	0.53	5.28	10.50
	Eks. 45 °C	±SD	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
	4 Saat						
SFN4	% 1.0 SÇ	µg/kg	0.46	3.70	0.48	4.43	9.08
	Eks. 75 °C	±SD	0.01	0.05	0.01	0.07	0.12
	2 Saat						
SFN5	% 1.0 SÇ	µg/kg	0.38	3.46	0.44	4.78	10.06
	Eks. 75 °C	±SD	0.02	0.16	0.01	0.06	0.24
	4 Saat						
SFN6	% 2.0 SÇ	µg/kg	0.52	4.49	0.62	5.70	11.33
	Eks. 25 °C	±SD	0.01	0.08	0.01	0.03	0.11
SFN7	% 2.0 SÇ	µg/kg	0.47	4.13	0.57	3.84	10.01
	Eks. 45 °C	±SD	0.00	0.02	0.00	0.02	0.01
	2 Saat						
SFN8	% 2.0 SÇ	µg/kg	0.40	3.67	0.50	3.72	9.66
	Eks. 45 °C	±SD	0.01	0.05	0.01	0.06	0.12
	4 Saat						
SFN9	% 2.0 SÇ	µg/kg	0.46	4.44	0.59	3.52	10.16
	Eks. 75 °C	±SD	0.01	0.02	0.01	0.04	0.10
	2 Saat						
SFN10	% 2.0 SÇ	µg/kg	0.37	0.37	0.47	3.38	8.41
	Eks. 75 °C	±SD	0.00	0.00	0.01	0.15	0.11
	4 Saat						

SFN: Siyah çay çözünür ekstrakt ile muamele edilen fındık püresi. n:3

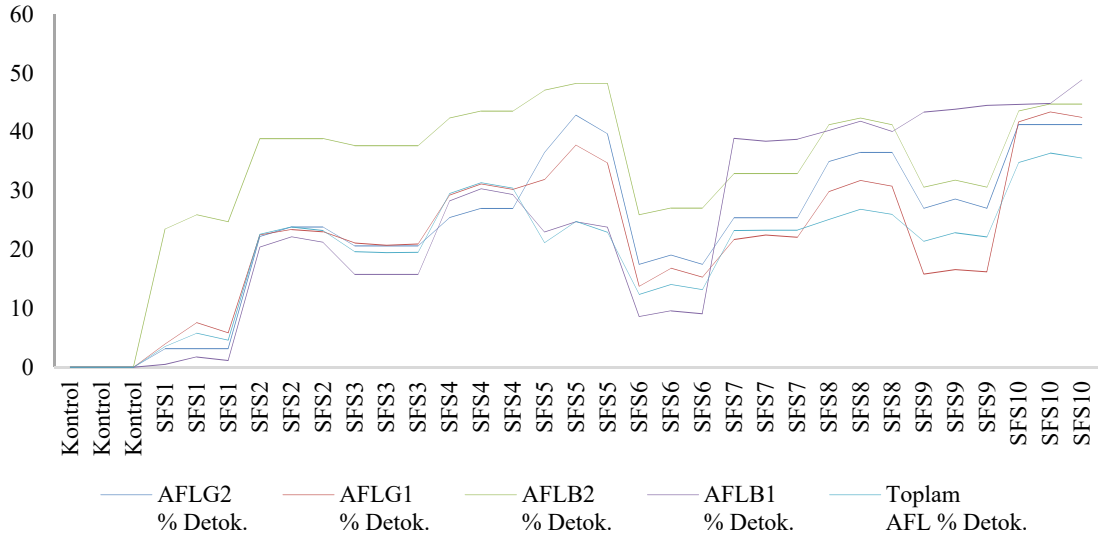
Yapmış olduğumuz çalışmada fındık püresinde siyah çaydan elde edilen çözünebilir çay ekstraktının aflatoksinlerin detoksifikasyonunda önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir. %2 konsantrasyona sahip, 75 °C’de ve 4 saatlik muamelede ortalama %41.95 civarında toplam aflatoksinlerde azalmaya neden olmuştur. Çalışmada çay ekstraktı konsantrasyonu, sıcaklık ve süre artığında detoksifikasyon oranının arttığı Şekil 24 ve 25’den anlaşılmaktadır.

Sıcaklık, süre ve konsantrasyonun en yüksek olduğu SFN10 kodlu fındık püresi çalışmasında AFLG₂, AFLG₁, AFLB₂, AFLB₁ ve toplam AFL detoksifikasyon oranları sırasıyla %41.27, 42.52, 44.31, 46.09 ve %35.58 olarak bulundu. Diğer sıcaklık, süre ve konsantrasyona bağlı olan çalışmalar Tablo 9’da verilmiştir.



Şekil 24. Doğal fındık püresinde bulunan AFL'lerin çözünabilir siyah çay ekstraktı ile detoksifikasyon grafiği

% Detoksifikasyon



Şekil 25. Doğal fındık püresinde bulunan AFL'lerin çözünabilir siyah çay ekstraktı ile % detoksifikasyon grafiği

Yer fıstığı püresi ve fındık püresindeki detoksifikasyon oranları birbirine yakın çıktı. Aflatoksinler ve çözünabilir çay ekstraktları yağimsı bir ortamda olmalarına rağmen hemen hemen %50 civarında detoksifikasyona uğramışlardır.

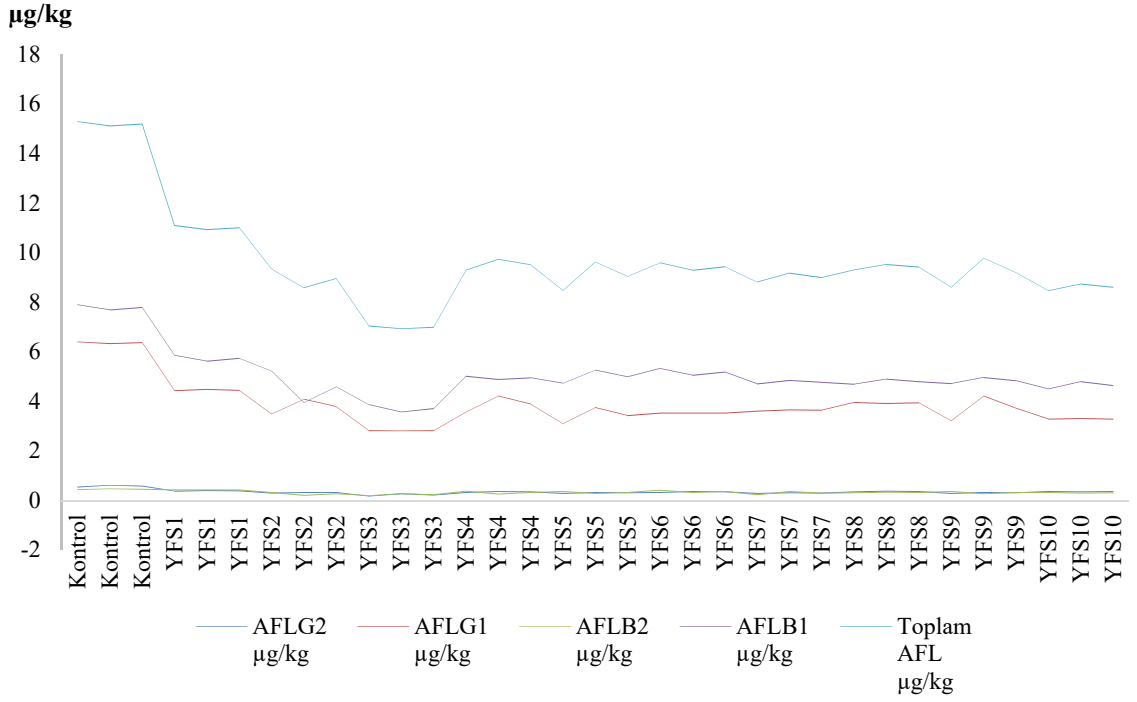
3.6. Yeşil Çay Toz Ekstraktı İle Muamele Edilen Doğal Yer Fıstığı Püresi Örneklerinin AFL Analiz Sonuçları

Yapılan çalışmada Tablo 4’de verildiği üzere iki farklı konsantrasyon, üç farklı sıcaklık ve iki farklı süre değişkenleri kullanılarak içersinde doğal olarak aflatoksin bulunan yer fıstığı püresi çözünebilir Yeşil çay ekstraktı ile muamele edildi. Elde edilen aflatoksin analiz sonuçları Tablo 10’da verilmiştir. Tablo incelendiği zaman detoksifikasyon işleminin tüm aflatoksin türlerinde meydana geldiği görülmektedir. Detoksifikasyonun meydana gelmesinde ilave edilen çay ekstraktının konsantrasyonu, sıcaklık ve sürenin etkili olduğu ortaya konulmuştur.

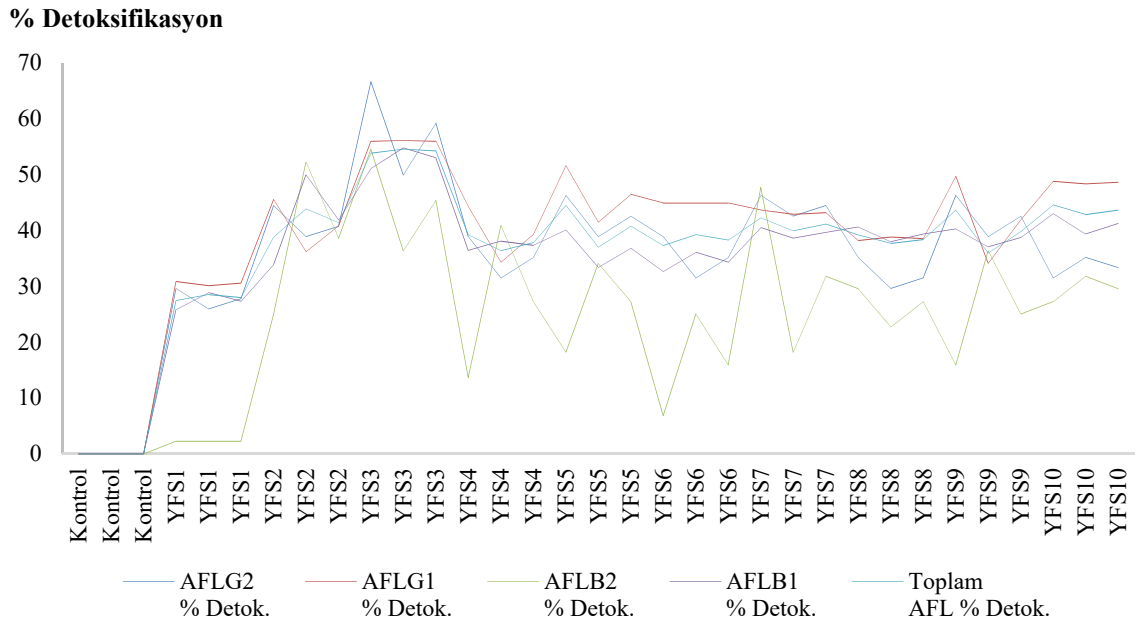
Tablo 10. Yeşil çay toz ekstraktı ile muamele edilen yer fıstığı püresi aflatoksin analiz sonuçları

Kod	Örnek	Konsantrasyon	AFLG ₂	AFLG ₁	AFLB ₂	AFLB ₁	Toplam AFL
	Kontrol	µg/kg	0.58	6.37	0.46	7.80	15.20
		±SD	0.04	0.04	0.02	0.11	0.09
YFS1	% 1.0 YÇ	µg/kg	0.39	4.45	0.43	5.74	11.01
	Eks. 25 °C	SD	0.01	0.03	0.00	0.12	0.09
YFS2	% 1.0 YÇ	µg/kg	0.32	3.79	0.27	4.59	8.96
	Eks. 45 °C	±SD	0.02	0.30	0.06	0.64	0.39
	2 Saat						
YFS3	% 1.0 YÇ	µg/kg	0.22	2.82	0.24	3.71	6.99
	Eks. 45 °C	±SD	0.05	0.01	0.04	0.15	0.06
	4 Saat						
YFS4	% 1.0 YÇ	µg/kg	0.35	3.89	0.32	4.95	9.51
	Eks. 75 °C	±SD	0.02	0.32	0.06	0.07	0.22
	2 Saat						
YFS5	% 1.0 YÇ	µg/kg	0.31	3.43	0.32	4.99	9.05
	Eks. 75 °C	±SD	0.02	0.33	0.04	0.27	0.58
	4 Saat						
YFS6	% 2.0 YÇ	µg/kg	0.35	3.53	0.37	5.19	9.44
	Eks. 25 °C	±SD	0.02	0.00	0.04	0.14	0.15
YFS7	% 2.0 YÇ	µg/kg	0.30	3.64	0.30	4.77	9.00
	Eks. 45 °C	±SD	0.01	0.03	0.07	0.08	0.18
	2 Saat						
YFS8	% 2.0 YÇ	µg/kg	0.37	3.94	0.32	4.79	9.42
	Eks. 45 °C	±SD	0.02	0.02	0.02	0.11	0.12
	4 Saat						
YFS9	% 2.0 YÇ	µg/kg	0.31	3.72	0.33	4.84	9.20
	Eks. 75 °C	±SD	0.02	0.50	0.05	0.13	0.59
	2 Saat						
YFS10	% 2.0 YÇ	µg/kg	0.36	3.29	0.31	4.64	8.61
	Eks. 75 °C	±SD	0.01	0.02	0.01	0.15	0.14
	4 Saat						

YFS: Yeşil çay çözünür ekstrakt ile muamele edilen fındık püresi. n:3



Şekil 26. Doğal yer fıstığı püresinde bulunan AFL'lerin çözünebilir yeşil çay ekstraktı ile µg/kg bazında azalma grafiği



Şekil 27. Doğal yer fıstığı püresinde bulunan AFL'lerin çözünebilir yeşil çay ekstraktı ile % detoksifikasyon grafiği

Yapmış olduğumuz çalışmada yer fıstığı püresinde yeşil çaydan elde edilen çözünebilir çay ekstraktının aflatoksinlerin detoksifikasyonunda önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir. %2 konsantrasyona sahip, 75 °C'de ve 4 saatlik muamelede ortalama %40 civarında toplam aflatoksinlerde azalmaya neden olmuştur. Çalışmada

ay ekstraktı konsantrasyonu, sıcaklık ve süre artığında detoksifikasyon oranının artığı Şekil 26 ve 27’den anlaşılmaktadır. Bu çalışmalara ait pik görüntüleri Ek 13-22’da verilmiştir.

Sıcaklık, süre ve konsantrasyonun en yüksek olduğu YFS10 kodlu yer fıstığı püresi çalışmasında AFLG₂, AFLG₁, AFLB₂, AFLB₁ ve toplam AFL detoksifikasyon oranları sırasıyla %33.33, 48.62, 29.55, 41.22 ve %43.71 olarak bulundu. Diğer sıcaklık, süre ve konsantrasyona bağlı olan alışmalar Tablo 10’da verilmiştir.

3.7. Yeşil ay Toz Ekstraktı İle Muamele Edilen Doğal Fındık Püresi rneklerinin AFL Analiz Sonuçları

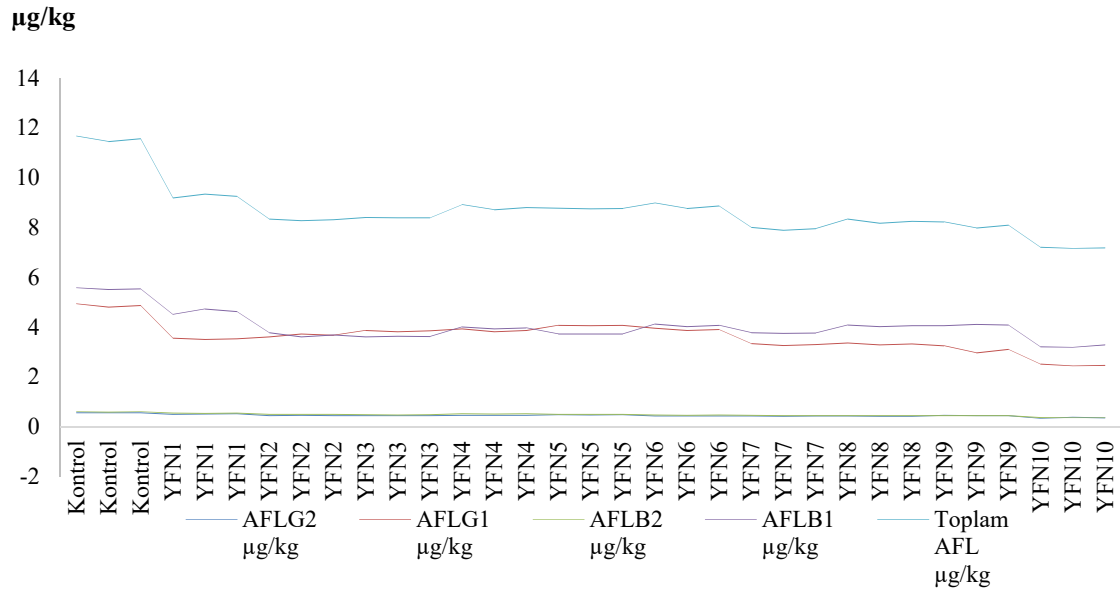
Yapılan alışmada Tablo 4’de verildiği üzere iki farklı konsantrasyon, üç farklı sıcaklık ve iki farklı süre değişkenleri kullanılarak içersinde doğal olarak aflatoksin bulunan fındık püresi çözünebilir yeşil çay ekstraktı ile muamele edildi. Elde edilen aflatoksin analiz sonucuları Tablo 11’de verilmiştir. Tablo incelendiği zaman detoksifikasyon işleminin tüm aflatoksin türlerinde meydana geldiği görülmektedir. Detoksifikasyonun meydana gelmesinde ilave edilen çay ekstraktının konsantrasyonu, sıcaklık ve sürenin etkili olduğu ortaya konulmuştur.

Yapmış olduğumuz çalışmada fındık püresinde yeşil çaydan elde edilen çözünebilir çay ekstraktının aflatoksinlerin detoksifikasyonunda önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir. %2 konsantrasyona sahip, 75  C’de ve 4 saatlik muamelede ortalama %38.96 civarında toplam aflatoksinlerde azalmaya neden olmuştur. Çalışmada ay ekstraktı konsantrasyonu, sıcaklık ve süre artığında detoksifikasyon oranının artığı Şekil 28 ve 29’den anlaşılmaktadır. Bu çalışmalara ait pik görüntüleri Ek 45-50 ve Ek 66-70’da verilmiştir.

Sıcaklık, süre ve konsantrasyonun en yüksek olduğu YFN10 kodlu fındık püresi çalışmasında AFLG₂, AFLG₁, AFLB₂, AFLB₁ ve toplam AFL detoksifikasyon oranları sırasıyla %36.31, 38.48, 39.44, 42.11 ve %38.44 olarak bulundu. Diğer sıcaklık, süre ve konsantrasyona bağlı olan alışmalar Tablo 11’de verilmiştir.

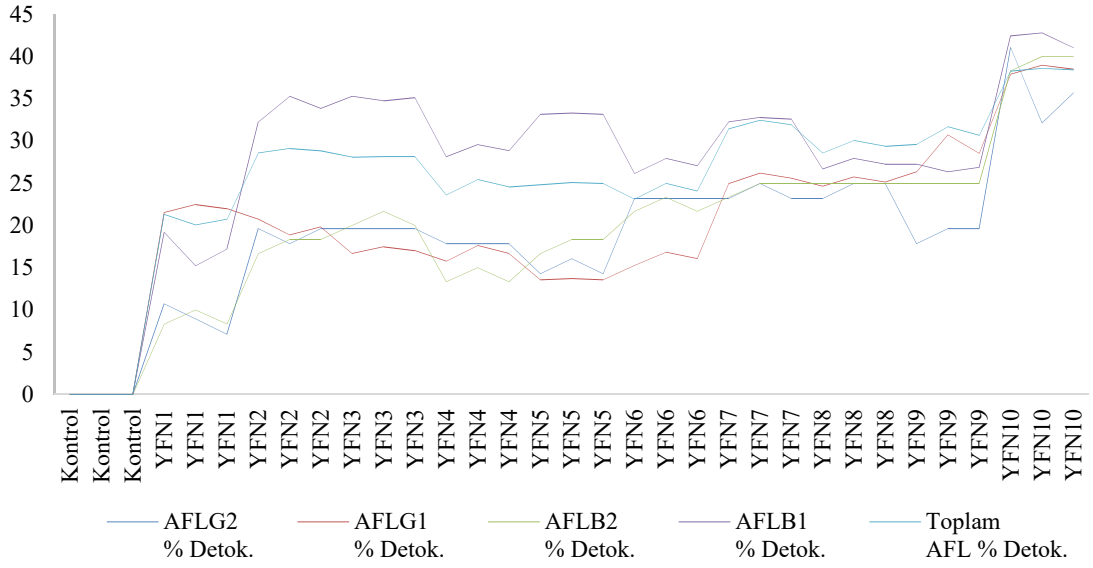
Tablo 11. Yeşil çay toz ekstraktı ile muamele edilen fındık püresi aflatoksin analiz sonuçları

Kod	Örnek	Konsantrasyon	AFLG ₂	AFLG ₁	AFLB ₂	AFLB ₁	Toplam AFL
	Kontrol	µg/kg	0.59	5.25	0.67	6.61	13.12
		±SD	0.02	0.10	0.02	0.08	0.21
YFN1	% 1.0 YÇ	µg/kg	0.55	4.67	0.55	5.66	11.44
	Eks. 25 °C	SD	0.06	0.19	0.10	0.35	0.10
YFN2	% 1.0 YÇ	µg/kg	0.47	3.87	0.46	4.41	9.20
	Eks. 45 °C	±SD	0.01	0.12	0.15	0.11	0.21
	2 Saat						
YFN3	% 1.0 YÇ	µg/kg	0.46	4.00	0.46	4.25	9.17
	Eks. 45 °C	±SD	0.02	0.21	0.12	0.07	0.41
	4 Saat						
YFN4	% 1.0 YÇ	µg/kg	0.44	3.83	0.49	4.73	9.50
	Eks. 75 °C	±SD	0.06	0.43	0.13	0.06	0.59
	2 Saat						
YFN5	% 1.0 YÇ	µg/kg	0.36	4.35	0.40	4.44	9.55
	Eks. 75 °C	±SD	0.02	0.01	0.26	0.03	0.24
	4 Saat						
YFN6	% 2.0 YÇ	µg/kg	0.37	3.81	0.46	3.73	8.36
	Eks. 25 °C	±SD	0.07	0.64	0.11	0.04	0.85
YFN7	% 2.0 YÇ	µg/kg	0.36	3.50	0.45	3.40	7.70
	Eks. 45 °C	±SD	0.11	0.40	0.12	0.22	0.45
	2 Saat						
YFN8	% 2.0 YÇ	µg/kg	0.37	3.34	0.45	3.76	7.92
	Eks. 45 °C	±SD	0.12	0.37	0.09	0.09	0.66
	4 Saat						
YFN9	% 2.0 YÇ	µg/kg	0.39	3.01	0.43	3.43	7.25
	Eks. 75 °C	±SD	0.15	0.22	0.13	0.13	0.61
	2 Saat						
YFN10	% 2.0 YÇ	µg/kg	0.24	3.10	0.41	2.97	6.73
	Eks. 75 °C	±SD	0.01	0.13	0.16	0.02	0.29
	4 Saat						



Şekil 28. Doğal fındık püresinde bulunan AFL'lerin çözünebilir yeşil çay ekstraktı ile µg/kg bazında azalma grafiği

% Detoksifikasyon



Şekil 29. Doğal fındık püresinde bulunan AFL'lerin çözünabilir yeşil çay ekstraktı ile % detoksifikasyon grafiği

3.8. Yeşil ve Siyah Çay Toz Ekstraktarı Çözelti içindeki AFL Analiz Sonuçları

Yeşil ve siyah çaylara ait çözünabilir ekstraktlardan %0.25 ve %0.50 konsantrasyonda içerisinde toksin bulunan çözeltiye ilave edildi. 15 dak karıştırıldıktan sonra süzme işlemi yapıldı. Elde edilen çözeltilerde aflatoxin analizleri yapıldı. Bu çalışmalara ait pik görüntüleri Ek 51-53'da verilmiştir.

Yapılan çalışmaya ait veriler hem AFL miktarlarına $\mu\text{g/kg}$, hemde % detoksifikasyon oranları bazında Tablo 12'de verilmiştir. Tabloyu incelediğimizde konsantrasyona bağlı olarak artış olduğunda % detoksifikasyon oranının arttığı görülmektedir. Nitekim siyah çay çözübilir ekstraktı AFLB₁ için %0.25 konsantrasyonda 27.92 ± 2.92 olurken bu oran %0.50 konsantrasyonda 72.08 ± 2.08 civarında olmaktadır. Yine yeşil çaya ait duruma baktığımızda AFLB₁ için %0.25 konsantrasyonda 82.08 ± 1.11 olurken bu oran %0.50 konsantrasyonda 90.42 ± 1.35 civarında gerçekleşmiştir.

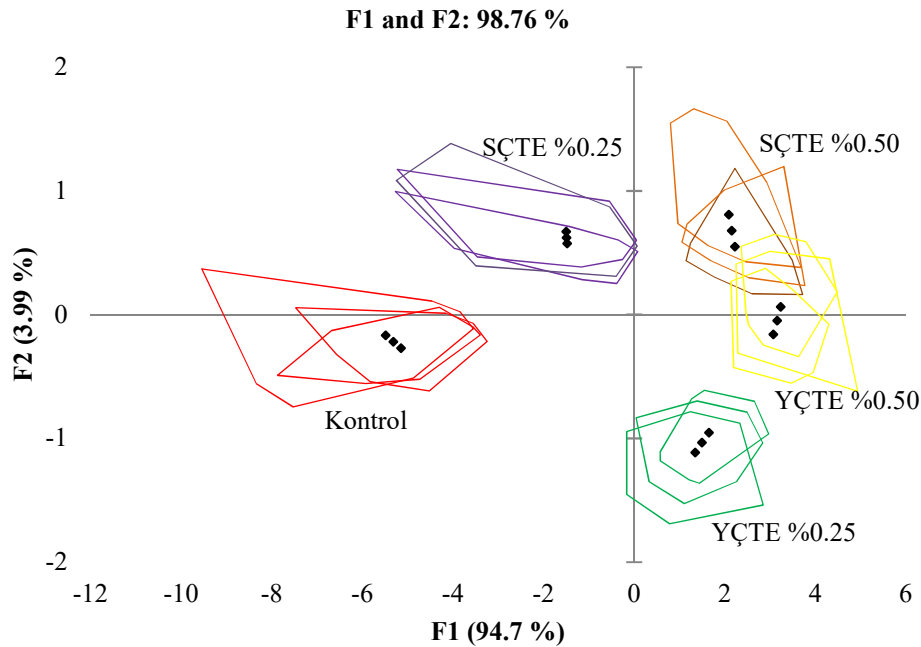
Diğer aflatoxinler için değerler Tablo 12'de görülmektedir. Tablo 12'de öne çıkan bir sonuçta AFLG₁ %50 civarında bir detoksifikasyon olurken bu değerler diğer AFL'ler için yeşil çay çözünabilir ekstraktı ilave edildiğinde %0.5 civarında madde ilave edildiğinde %90 civarına çıkmaktadır. Aynı konsantrasyonda siyah çay çözünabilir ekstraktında AFLB₂ hariç %70 civarında bir detoksifikasyon oranı görülmektedir.

Tablo 12. Yeşil ve siyah çay toz ekstraktı ile muamele edilen çözelti içinde aflatoksin analiz sonuçları ve % detoksifikasyon sonuçları

Örnekler	AFLG ₂ μg/kg	AFLG ₂ % Detok.	AFLG ₁ μg/kg	AFLG ₁ % Detok.	AFLB ₂ μg/kg	AFLB ₂ % Detok.	AFLB ₁ μg/kg	AFLB ₁ % Detok.	Toplam AFL μg/kg	Toplam AFL % Detok.
Kontrol	0.25	3.85	1.23	2.00	0.29	0.00	1.19	1.25	3.00	0.00
±SD	0.01	3.85	0.03	2.00	0.00	0.00	0.02	1.25	0.00	0.00
*SÇTE %0.25	0.18	32.69	0.82	34.40	0.15	48.28	0.87	27.92	2.01	33.00
±SD	0.00	1.92	0.01	0.80	0.00	0.00	0.04	2.92	0.03	1.00
*SÇTE %0.50	0.08	71.15	0.64	48.80	0.02	94.83	0.34	72.08	1.07	64.50
±SD	0.01	1.92	0.00	0.00	0.01	1.72	0.03	2.08	0.03	0.83
**YÇTE %0.25	0.07	75.00	0.68	45.60	0.15	50.00	0.22	82.08	1.11	63.17
±SD	0.01	1.92	0.03	2.40	0.00	1.72	0.02	1.25	0.02	0.83
**YÇTE %0.50	0.03	90.38	0.62	50.80	0.02	93.10	0.12	90.42	0.77	74.33
±SD	0.01	1.92	0.01	0.40	0.01	3.45	0.02	1.25	0.03	1.00

*SÇTE: Siyah çay çözünabilir toz ekstraktı, **YÇTE: Yeşil çay çözünabilir toz ekstraktı,

Yeşil çay ekstraktının daha yüksek bir detoksifikasyon oranına sahip olması şöyle yorumlanabilir. Yeşil çayda siyah çaya göre bileşik miktarı daha fazladır. Ayrıca konsantrasyona bağlı olarak bakıldığında konsantrasyon artıkc detoksifikasyon oranları artmaktadır.



Şekil 30. Siyah ve yeşil çay ekstraktlarının çözelti içindeki AFL'lerin PCA analizi

Çözelti ortamında aflatoksinlerin analiz sonuçlarının tüm veri setine temel bileşen analizi uygulandı. Buna ait verilere skor grafiği Şekil 30'da verildi. PCA analizi beş ana

bileşenin oluşumuna yol açtı. İlk beş bileşen, tüm veriler için varyansların %100 'nü açıklamaktadır. İlk bileşen, veri kümesinin maksimum varyasyonunu temsil etmektedir ve %94.7 dir. PCA skor grafiği SÇTE ve YÇTE farklı konsantrasyonlara detoksifikasyon verileri dört alanda yayılmış durumdadır. Örneklerin net ayrımları % detoksifikasyon oranlarına göre yayılım göstermişlerdir. Skor grafiği net biçimde ayrımları ortaya koymuştur. SÇTE %0.25 ve %0.50 ilavesi ile meydana gelen detoksifikasyon oranı YÇTE %0.25 ve %0.50 ilavesine göre daha düşük meydana gelmiştir. Skor grafiği konsantrasyona ve çözünebilir çayın türüne göre detoksifikasyon oranlarını açık biçimde göstermektedir.

3.9. Siyah Çay DONP İle Muamele Edilen Doğal Yer Fıstığı Püresi Örneklerinin AFL Analiz Sonuçları

Yapılan çalışmada Tablo 4’de verildiği üzere iki farklı konsantrasyon, üç farklı sıcaklık ve iki farklı süre değişkenleri kullanılarak içersinde doğal olarak aflatoxin bulunan yer fıstığı püresi çözünebilir siyah çay DONP ile muamele edildi. Elde edilen aflatoxin analiz sonuçları Tablo 13’de verilmiştir. Tablo incelendiği zaman detoksifikasyon işleminin tüm aflatoxin türlerinde meydana geldiği görülmektedir. Detoksifikasyonun meydana gelmesinde ilave edilen çay DONP konsantrasyonu, sıcaklık ve sürenin etkili olduğu ortaya konulmuştur.

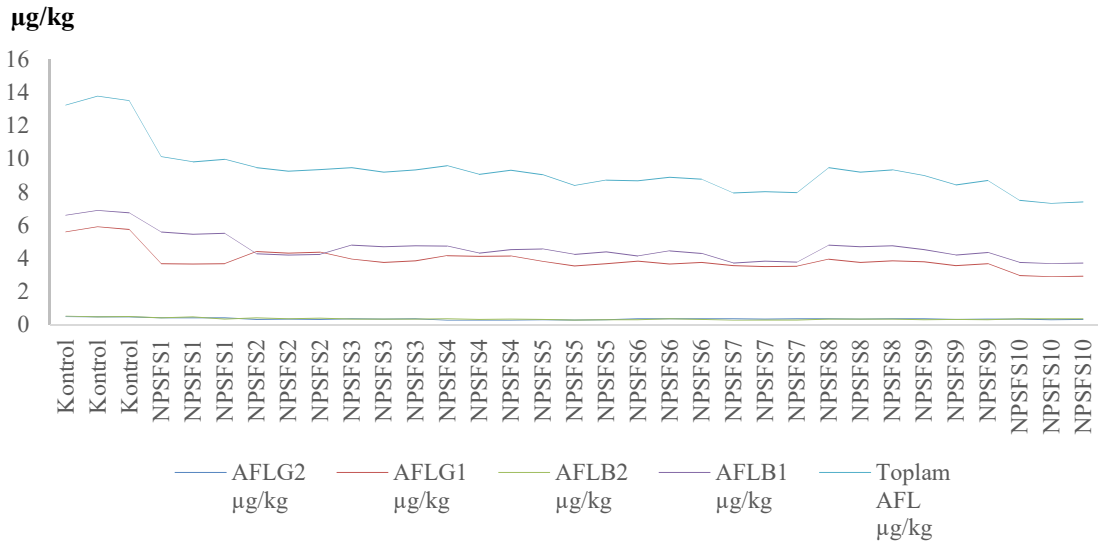
Yapmış olduğumuz çalışmada yer fıstığı püresinde siyah çaydan elde edilen DONP aflatoxinlerin detoksifikasyonunda önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir. %2 konsantrasyona sahip, 75 °C’de ve 4 saatlik muamelede ortalama %43.00 civarında toplam aflatoxinlerde azalmaya neden olmuştur. Çalışmada çay DONP konsantrasyonu, sıcaklık ve süre artığında detoksifikasyon oranının arttığı Şekil 31 ve 32’den anlaşılmaktadır. Bu çalışmalara ait pik görüntüleri Ek 101-105 ve Ek 141-145’de verilmiştir.

Sıcaklık, süre ve konsantrasyonun en yüksek olduğu NPSFS10 kodlu yer fıstığı püresi çalışmasında AFLG₂, AFLG₁, AFLB₂, AFLB₁ ve toplam AFL detoksifikasyon oranları sırasıyla %33.33, 47.41, 47.80, 43.57 ve %43.99 olarak bulundu. Diğer sıcaklık, süre ve konsantrasyona bağlı olan çalışmalar Tablo 13’de verilmiştir.

Tablo 13. Siyah çay DONP ile muamele edilen yer fıstığı püresi aflatoksin analiz sonuçları

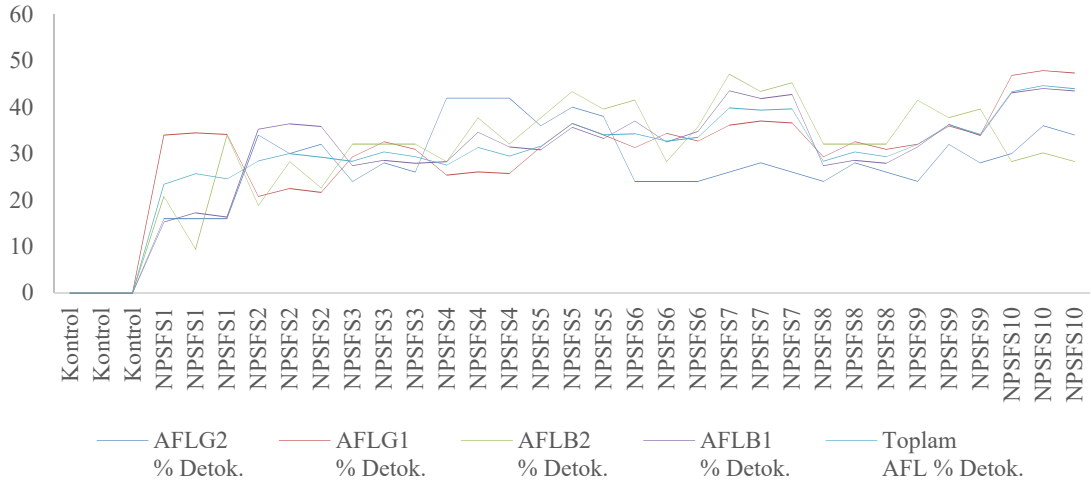
Kod	Örnek	Konsantrasyon	AFLG ₂	AFLG ₁	AFLB ₂	AFLB ₁	Toplam AFL
	Kontrol	µg/kg	0.49	5.75	0.50	6.76	13.51
		±SD	0.01	0.17	0.03	0.15	0.28
NPSFS1	% 1.0 YÇ	µg/kg	0.42	3.68	0.35	5.53	9.98
	Eks. 25 °C	SD	0.00	0.02	0.07	0.07	0.15
NPSFS2	% 1.0 YÇ	µg/kg	0.34	4.38	0.41	4.24	9.36
	Eks. 45 °C	±SD	0.01	0.05	0.03	0.04	0.11
	2 Saat						
NPSFS3	% 1.0 YÇ	µg/kg	0.37	3.86	0.36	4.76	9.35
	Eks. 45 °C	±SD	0.01	0.09	0.00	0.04	0.14
	4 Saat						
NPSFS4	% 1.0 YÇ	µg/kg	0.29	4.15	0.36	4.53	9.33
	Eks. 75 °C	±SD	0.00	0.02	0.03	0.21	0.26
	2 Saat						
NPSFS5	% 1.0 YÇ	µg/kg	0.48	4.07	0.49	3.73	8.76
	Eks. 75 °C	±SD	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
	4 Saat						
NPSFS6	% 2.0 YÇ	µg/kg	0.38	3.76	0.34	4.31	8.79
	Eks. 25 °C	±SD	0.00	0.09	0.04	0.15	0.11
NPSFS7	% 2.0 YÇ	µg/kg	0.37	3.54	0.29	3.78	7.98
	Eks. 45 °C	±SD	0.01	0.03	0.01	0.06	0.04
	2 Saat						
NPSFS8	% 2.0 YÇ	µg/kg	0.37	3.86	0.36	4.76	9.35
	Eks. 45 °C	±SD	0.01	0.09	0.00	0.04	0.14
	4 Saat						
NPSFS9	% 2.0 YÇ	µg/kg	0.36	3.69	0.32	4.37	8.71
	Eks. 75 °C	±SD	0.02	0.11	0.01	0.16	0.28
	2 Saat						
NPSFS10	% 2.0 YÇ	µg/kg	0.33	2.94	0.28	3.73	7.41
	Eks. 75 °C	±SD	0.02	0.03	0.01	0.03	0.09
	4 Saat						

NPSFS: Siyah çay DONP ile muamele edilen yer fıstığı püresi. n:3



Şekil 31. Doğal yer fıstığı püresinde bulunan AFL'lerin siyah çay DONP ile µg/kg bazında azalma grafiği

% Detoksifasyon



Şekil 32. Doğal yer fıstığı püresinde bulunan AFL'lerin siyah çay DONP ile % detoksifikasyon grafiği

3.10. Siyah Çay DONP İle Muamele Edilen Doğal Fındık Püresi Örneklerinin AFL Analiz Sonuçları

Yapılan çalışmada Tablo 4'te verildiği üzere iki farklı konsantrasyon, üç farklı sıcaklık ve iki farklı süre değişkenleri kullanılarak içersinde doğal olarak aflatoxin bulunan fındık püresi çözünebilir siyah çay DONP ile muamele edildi. Elde edilen aflatoxin analiz sonuçları Tablo 14'te verilmiştir. Tablo incelendiği zaman detoksifikasyon işleminin tüm aflatoxin türlerinde meydana geldiği görülmektedir. Detoksifikasyonun meydana gelmesinde ilave edilen çay DONP konsantrasyonu, sıcaklık ve sürenin etkili olduğu ortaya konulmuştur.

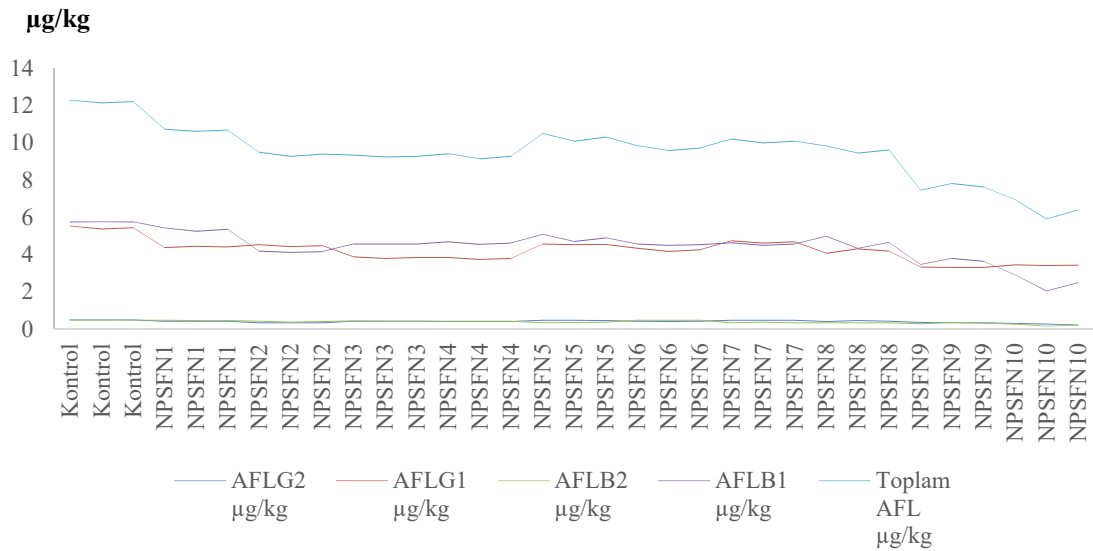
Yapmış olduğumuz çalışmada fındık püresinde siyah çaydan elde edilen DONP aflatoxinlerin detoksifikasyonunda önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir. %2 konsantrasyona sahip, 75 °C'de ve 4 saatlik muamelede ortalama %43 civarında toplam aflatoxinlerde azalmaya neden olmuştur. Çalışmada çay DONP konsantrasyonu, sıcaklık ve süre artığında detoksifikasyon oranının arttığı Şekil 33 ve 34'den anlaşılmaktadır. Bu çalışmalara ait pik görüntüleri Ek 91-95 ve Ek 132-136'da verilmiştir.

Sıcaklık, süre ve konsantrasyonun en yüksek olduğu NPSFN10 kodlu fındık püresi çalışmasında AFLG₂, AFLG₁, AFLB₂, AFLB₁ ve toplam AFL detoksifikasyon oranları sırasıyla %44.67, 37.85, 56.67, 56.77 ve %47.75 olarak bulundu. Diğer sıcaklık, süre ve konsantrasyona bağlı olan çalışmalar Tablo 14'te verilmiştir.

Tablo 14. Siyah çay DONP ile muamele edilen fındık püresi aflatoksin analiz sonuçları

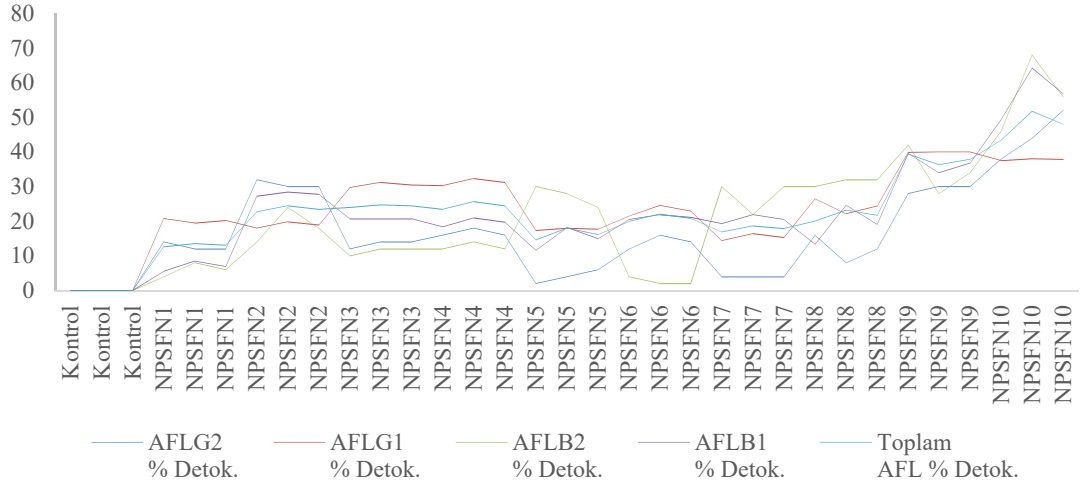
Kod	Örnek	Konsantrasyon	AFLG ₂	AFLG ₁	AFLB ₂	AFLB ₁	Toplam AFL
	Kontrol	µg/kg	0.50	5.46	0.50	5.76	12.22
		±SD	0.01	0.08	0.01	0.01	0.08
NPSFN1	% 1.0 YÇ	µg/kg	0.44	4.42	0.47	5.36	10.69
	Eks. 25 °C	SD	0.01	0.04	0.01	0.09	0.06
NPSFN2	% 1.0 YÇ	µg/kg	0.35	4.49	0.41	4.16	9.40
	Eks. 45 °C	±SD	0.01	0.05	0.03	0.04	0.11
NPSFN3	% 1.0 YÇ	µg/kg	0.43	3.85	0.44	4.57	9.30
	Eks. 45 °C	±SD	0.01	0.04	0.01	0.00	0.05
NPSFN4	% 1.0 YÇ	µg/kg	0.42	3.81	0.44	4.62	9.28
	Eks. 75 °C	±SD	0.01	0.06	0.01	0.08	0.14
NPSFN5	% 1.0 YÇ	µg/kg	0.48	4.56	0.36	4.90	10.30
	Eks. 75 °C	±SD	0.01	0.02	0.02	0.19	0.21
NPSFN6	% 2.0 YÇ	µg/kg	0.43	4.27	0.49	4.54	9.72
	Eks. 25 °C	±SD	0.01	0.09	0.01	0.04	0.13
NPSFN7	% 2.0 YÇ	µg/kg	0.48	4.69	0.36	4.58	10.11
	Eks. 45 °C	±SD	0.00	0.06	0.02	0.08	0.11
NPSFN8	% 2.0 YÇ	µg/kg	0.44	4.19	0.34	4.66	9.64
	Eks. 45 °C	±SD	0.02	0.12	0.01	0.33	0.19
NPSFN9	% 2.0 YÇ	µg/kg	0.35	3.32	0.33	3.64	7.64
	Eks. 75 °C	±SD	0.01	0.01	0.04	0.16	0.19
NPSFN10	% 2.0 YÇ	µg/kg	0.28	3.44	0.22	2.49	6.43
	Eks. 75 °C	±SD	0.04	0.02	0.06	0.43	0.52

NPSFN: Siyah çay DONP ile muamele edilen fındık püresi. n:3



Şekil 33. Doğal fındık püresinde bulunan AFL’lerin siyah çay DONP ile µg/kg bazında azalma grafiği

% Detoksifikasyon



Şekil 34. Doğal fındık püresinde bulunan AFL'lerin siyah çay DONP ile % detoksifikasyon grafiği

3.11. Yeşil Çay DONP İle Muamele Edilen Doğal Yer Fıstığı Püresi Örneklerinin AFL Analiz Sonuçları

Yapılan çalışmada Tablo 4'de verildiği üzere iki farklı konsantrasyon, üç farklı sıcaklık ve iki farklı süre değişkenleri kullanılarak içersinde doğal olarak aflatoxin bulunan yer fıstığı püresi çözünebilir yeşil çay DONP ile muamele edildi. Elde edilen aflatoxin analiz sonuçları Tablo 15'de verilmiştir. Tablo incelendiği zaman detoksifikasyon işleminin tüm aflatoxin türlerinde meydana geldiği görülmektedir. Detoksifikasyonun meydana gelmesinde ilave edilen çay DONP konsantrasyonu, sıcaklık ve sürenin etkili olduğu ortaya konulmuştur.

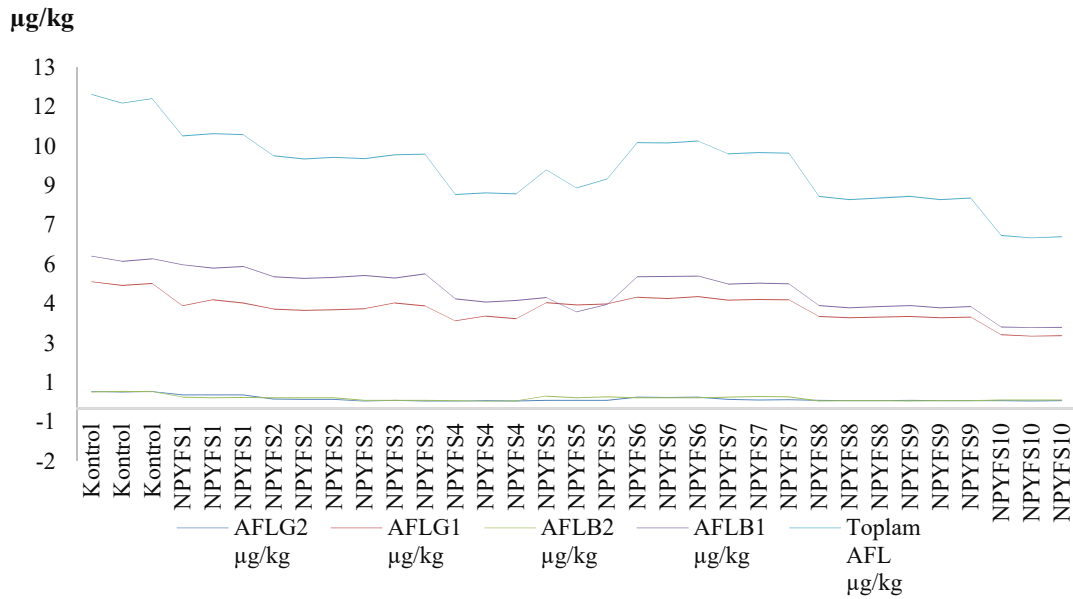
Yapmış olduğumuz çalışmada yer fıstığı püresinde yeşil çaydan elde edilen DONP aflatoxinlerin detoksifikasyonunda önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir. %2 konsantrasyona sahip, 75 °C'de ve 4 saatlik muamelede ortalama %43.17 civarında toplam aflatoxinlerde azalmaya neden olmuştur. Çalışmada çay DONP konsantrasyonu, sıcaklık ve süre artığında detoksifikasyon oranının arttığı Şekil 35 ve 36'dan anlaşılmaktadır. Bu çalışmalara ait pik görüntüleri Ek 78-82 ve Ek 119-123'de verilmiştir.

Sıcaklık, süre ve konsantrasyonun en yüksek olduğu NPYFS10 kodlu yer fıstığı püresi çalışmasında AFLG₂, AFLG₁, AFLB₂, AFLB₁ ve toplam AFL detoksifikasyon oranları sırasıyla %52.02, 42.34, 47.69, 46.56 ve %43.2 olarak bulundu. Diğer sıcaklık, süre ve konsantrasyona bağlı olan çalışmalar Tablo 15'de verilmiştir.

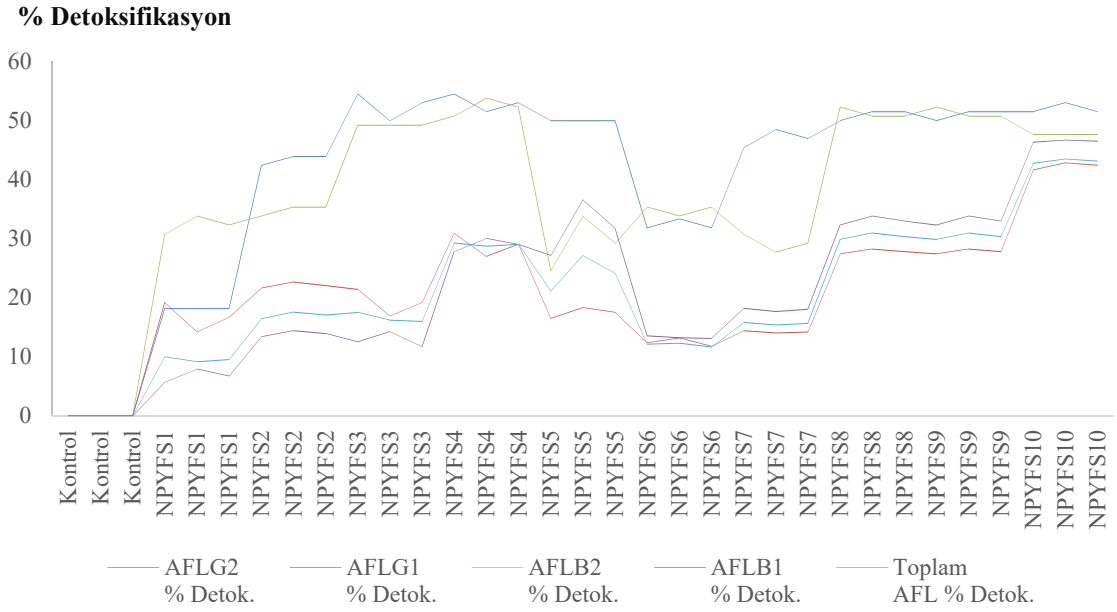
Tablo 15. Yeşil çay DONP ile muamele edilen yer fıstığı püresi aflatoksin analiz sonuçları

Kod	Örnek	Konsantrasyon	AFLG ₂	AFLG ₁	AFLB ₂	AFLB ₁	Toplam AFL
	Kontrol	µg/kg	0.66	4.78	0.66	5.72	11.82
		±SD	0.01	0.07	0.01	0.10	0.17
NPYFS1	% 1.0 YÇ	µg/kg	0.54	4.04	0.44	5.43	10.45
	Eks. 25 °C	SD	0.00	0.12	0.01	0.07	0.05
NPYFS2	% 1.0 YÇ	µg/kg	0.37	3.78	0.42	5.01	9.58
	Eks. 45 °C	±SD	0.01	0.03	0.01	0.03	0.07
	2 Saat						
NPYFS3	% 1.0 YÇ	µg/kg	0.31	3.92	0.33	5.07	9.64
	Eks. 45 °C	±SD	0.02	0.11	0.00	0.08	0.09
	4 Saat						
NPYFS4	% 1.0 YÇ	µg/kg	0.31	3.44	0.31	4.13	8.20
	Eks. 75 °C	±SD	0.01	0.10	0.01	0.07	0.03
	2 Saat						
NPYFS5	% 1.0 YÇ	µg/kg	0.33	4.00	0.46	3.97	8.76
	Eks. 75 °C	±SD	0.00	0.05	0.03	0.28	0.35
	4 Saat						
NPYFS6	% 2.0 YÇ	µg/kg	0.45	4.25	0.42	5.05	10.16
	Eks. 25 °C	±SD	0.01	0.04	0.01	0.02	0.04
NPYFS7	% 2.0 YÇ	µg/kg	0.35	4.16	0.46	4.77	9.74
	Eks. 45 °C	±SD	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03
	2 Saat						
NPYFS8	% 2.0 YÇ	µg/kg	0.32	3.50	0.32	3.90	8.04
	Eks. 45 °C	±SD	0.01	0.02	0.01	0.05	0.07
	4 Saat						
NPYFS9	% 2.0 YÇ	µg/kg	0.32	3.50	0.32	3.90	8.04
	Eks. 75 °C	±SD	0.01	0.02	0.01	0.05	0.07
	2 Saat						
NPYFS10	% 2.0 YÇ	µg/kg	0.32	2.80	0.34	3.11	6.56
	Eks. 75 °C	±SD	0.01	0.03	0.00	0.01	0.05
	4 Saat						

NPYFS: yeşil çay DONP ile muamele edilen yer fıstığı püresi. n:3



Şekil 35. Doğal yer fıstığı püresinde bulunan AFL'lerin yeşil çay DONP ile µg/kg bazında azalma grafiği



Şekil 36. Doğal yer fıstığı püresinde bulunan AFL'lerin yeşil çay DONP ile % detoksifikasyon grafiği

3.12. Yeşil Çay DONP İle Muamele Edilen Doğal Fındık Püresi Örneklerinin AFL Analiz Sonuçları

Yapılan çalışmada Tablo 4'te verildiği üzere iki farklı konsantrasyon, üç farklı sıcaklık ve iki farklı süre değişkenleri kullanılarak içersinde doğal olarak aflatoxin bulunan fındık püresi çözünabilir yeşil çay DONP ile muamele edildi. Elde edilen aflatoxin analiz sonuçları Tablo 16'da verilmiştir. Tablo incelendiği zaman detoksifikasyon işleminin tüm aflatoxin türlerinde meydana geldiği görülmektedir. Detoksifikasyonun meydana gelmesinde ilave edilen yeşil çay DONP konsantrasyonu, sıcaklık ve sürenin etkili olduğu ortaya konulmuştur.

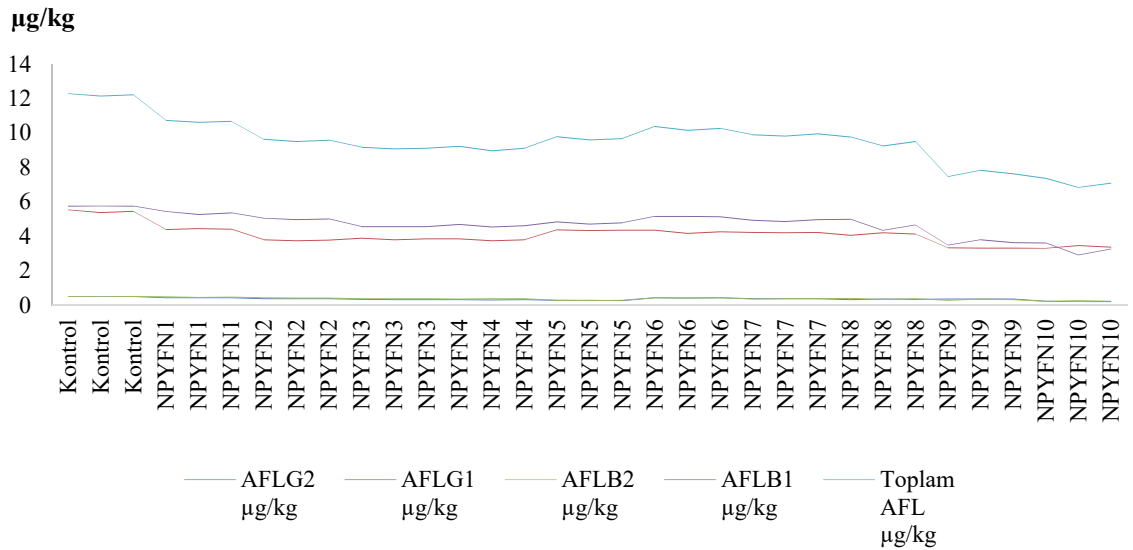
Yapmış olduğumuz çalışmada fındık püresinde yeşil çaydan elde edilen DONP aflatoxinlerin detoksifikasyonunda önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir. %2 konsantrasyona sahip, 75 °C'de ve 4 saatlik muamelede ortalama %43.17 civarında toplam aflatoxinlerde azalmaya neden olmuştur. Çalışmada yeşil çay DONP konsantrasyonu, sıcaklık ve süre artığında detoksifikasyon oranının arttığı Şekil 37 ve 38'den anlaşılmaktadır. Bu çalışmalara ait pik görüntüleri Ek 84-88 ve Ek 125-129'da verilmiştir.

Sıcaklık, süre ve konsantrasyonun en yüksek olduğu NPYFN10 kodlu fındık püresi çalışmasında AFLG₂, AFLG₁, AFLB₂, AFLB₁ ve toplam AFL detoksifikasyon oranları sırasıyla %57.14, 38.99, 51.96, 43.23 ve %42.24 olarak bulundu. Diğer sıcaklık, süre ve konsantrasyona bağlı olan çalışmalar Tablo 16'da verilmiştir.

Tablo 16. Yeşil çay DONP ile muamele edilen fındık püresi aflatoksin analiz sonuçları

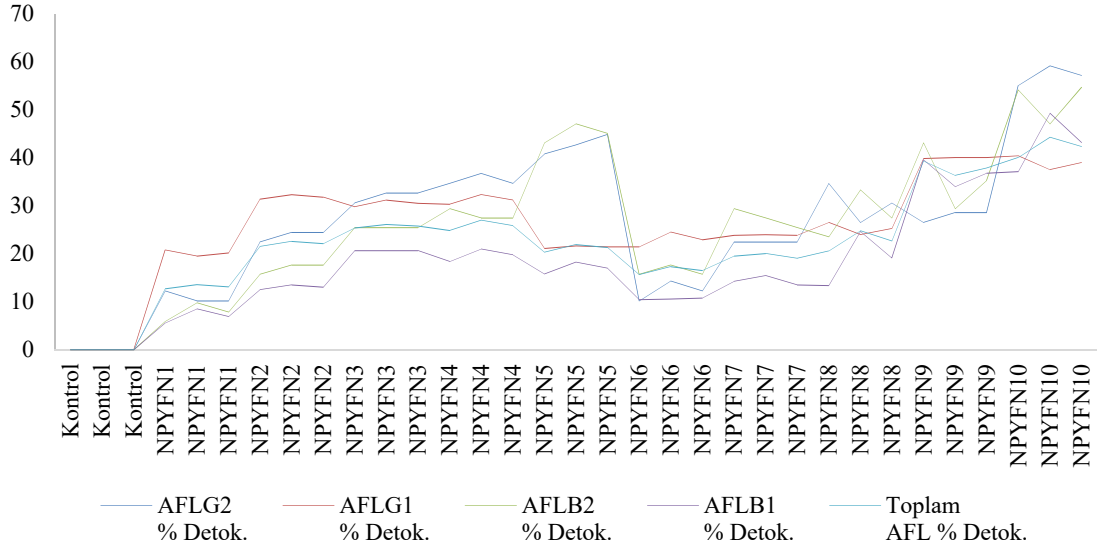
Kod	Örnek	Konsantrasyon	AFLG ₂	AFLG ₁	AFLB ₂	AFLB ₁	Toplam AFL
	Kontrol	µg/kg	0.49	5.46	0.51	5.76	12.23
		±SD	0.00	0.08	0.01	0.01	0.07
NPYFN1	% 1.0 YÇ	µg/kg	0.44	4.42	0.47	5.36	10.69
	Eks. 25 °C	SD	0.01	0.04	0.01	0.09	0.06
NPYFN2	% 1.0 YÇ	µg/kg	0.37	3.78	0.42	5.01	9.58
	Eks. 45 °C	±SD	0.01	0.03	0.01	0.03	0.07
	2 Saat						
NPYFN3	% 1.0 YÇ	µg/kg	0.33	3.85	0.38	4.57	9.13
	Eks. 45 °C	±SD	0.01	0.04	0.00	0.00	0.05
	4 Saat						
NPYFN4	% 1.0 YÇ	µg/kg	0.32	3.81	0.37	4.62	9.11
	Eks. 75 °C	±SD	0.01	0.06	0.01	0.08	0.13
	2 Saat						
NPYFN5	% 1.0 YÇ	µg/kg	0.28	4.35	0.28	4.78	9.69
	Eks. 75 °C	±SD	0.01	0.02	0.01	0.07	0.10
	4 Saat						
NPYFN6	% 2.0 YÇ	µg/kg	0.43	4.27	0.43	5.15	10.27
	Eks. 25 °C	±SD	0.01	0.09	0.01	0.01	0.11
NPYFN7	% 2.0 YÇ	µg/kg	0.38	4.22	0.37	4.93	9.90
	Eks. 45 °C	±SD	0.00	0.01	0.01	0.06	0.07
	2 Saat						
NPYFN8	% 2.0 YÇ	µg/kg	0.34	4.14	0.37	4.66	9.51
	Eks. 45 °C	±SD	0.02	0.07	0.03	0.33	0.26
	4 Saat						
NPYFN9	% 2.0 YÇ	µg/kg	0.35	3.32	0.33	3.64	7.64
	Eks. 75 °C	±SD	0.01	0.01	0.04	0.16	0.19
	2 Saat						
NPYFN10	% 2.0 YÇ	µg/kg	0.21	3.38	0.24	3.27	7.10
	Eks. 75 °C	±SD	0.01	0.08	0.02	0.35	0.26
	4 Saat						

NPYFN: Yeşil çay DONP ile muamele edilen yer fıstığı püresi. n:3



Şekil 37. Doğal fındık püresinde bulunan AFL'lerin yeşil çay DONP ile µg/kg bazında azalma grafiği

% Detoksifikasyon



Şekil 38. Doğal fındık püresinde bulunan AFL'lerin yeşil çay DONP ile % detoksifikasyon grafiği

3.13. Yeşil ve Siyah Çay DONP Çözelti içindeki AFL Analiz Sonuçları

Yeşil ve siyah çaylara ait DONP %0.25 ve %0.50 konsantrasyonda içerisinde toksin bulunan çözeltiye ilave edildi. 15 dak karıştırıldıktan sonra süzüm işlemi yapıldı. Elde edilen çözeltilerde aflatoxin analizleri yapıldı.

Yapılan çalışmaya ait veriler hem AFL miktarlarına $\mu\text{g/kg}$, hem de % detoksifikasyon oranları bazında Tablo 16'da verilmiştir. Tabloyu incelediğimizde Konsantrasyona bağlı olarak artış olduğunda % detoksifikasyon oranının arttığı görülmektedir. Nitekim siyah çay DONP AFLB₁ için %0.25 konsantrasyonda 30.98 ± 1.46 olurken bu oran %0.50 konsantrasyonda 51.33 ± 0.79 civarında olmaktadır. Yine yeşil çaya DONP duruma baktığımızda AFLB₁ için %0.25 konsantrasyonda 33.23 ± 1.65 olurken bu oran %0.50 konsantrasyonda 55.94 ± 5.11 civarında gerçekleşmiştir.

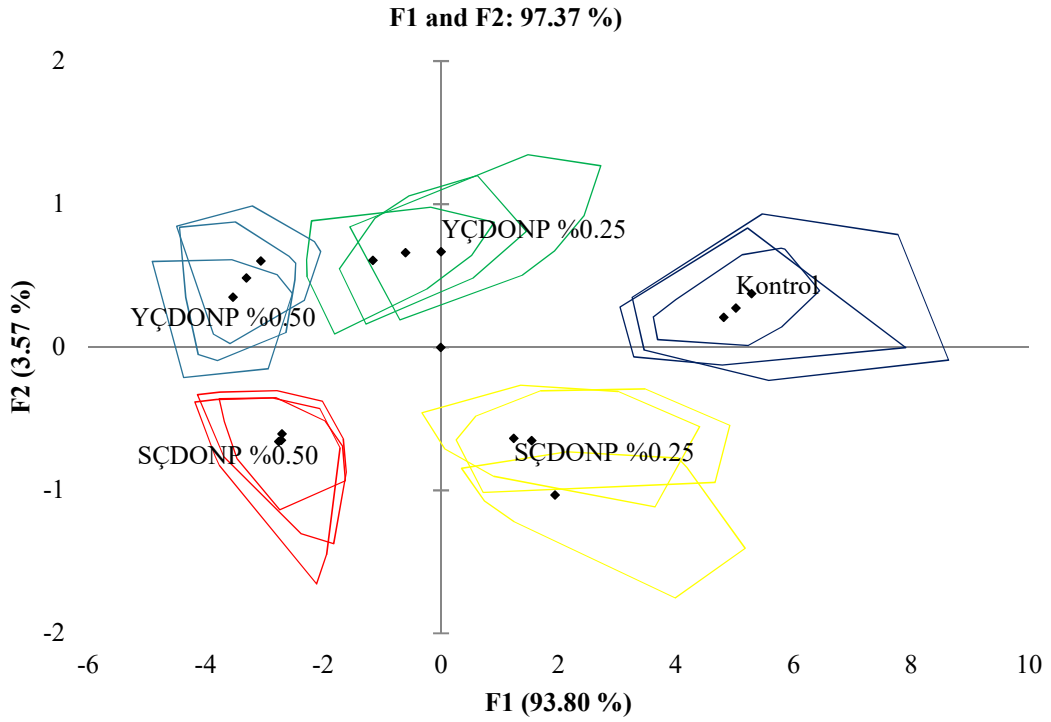
Diğer aflatoxinler için değerler Tablo 17'de görülmektedir. Tabloda öne çıkan bir sonuçta siyah çay DONP kullanıldığında AFLG₁ %14 civarında bir detoksifikasyon olurken bu değerler diğer AFL'ler için yeşil çay DONP %0.25 civarında madde ilave edildiğinde %22 civarına çıkmaktadır. Aynı konsantrasyonda siyah çay DONP AFLB₂ hariç %21 civarında bir detoksifikasyon oranı görülmektedir.

Tablo 17. Yeşil ve siyah çay DONP ile muamele edilen çözelti içinde aflatoksin analiz sonuçları ve % detoksifikasyon sonuçları

Örnekler	AFL G ₂ µg/kg	AFLG ₂ % Detok.	AFL G ₁ µg/kg	AFLG ₁ % Detok.	AFL B ₂ µg/kg	AFLB ₂ % Detok.	AFL B ₁ µg/kg	AFLB ₁ % Detok.	Topla m AFL µg/kg	Toplam AFL % Detok.
Kontrol	0.53	0.00	4.69	0.00	0.66	0.00	6.31	0.00	12.20	0.00
±SD	0.03	0.00	0.04	0.00	0.03	0.00	0.07	0.00	0.16	0.00
*SÇDONP %0.25	0.45	20.24	4.07	13.57	0.54	21.26	4.40	30.98	10.02	18.90
±SD	0.01	1.03	0.02	0.32	0.06	8.86	0.09	1.46	0.09	0.69
*SÇDONP %0.50	0.34	39.29	3.49	26.15	0.39	43.96	3.10	51.33	7.32	40.73
±SD	0.00	0.00	0.03	0.53	0.01	0.84	0.05	0.79	0.03	0.24
**										
YÇDONP %0.25	0.43	23.21	3.67	22.41	0.40	41.55	4.25	33.23	8.76	29.07
±SD	0.02	3.58	0.19	4.02	0.01	0.84	0.11	1.65	0.32	2.59
**										
YÇDONP %0.50	0.38	32.14	3.44	27.20	0.25	63.77	2.81	55.94	6.88	44.26
±SD	0.00	0.00	0.12	2.43	0.03	4.35	0.33	5.11	0.24	1.90

*SÇDONP: siyah çay DONP, ** YÇDONP: yeşil çay DONP,

Yeşil çay ekstraktının daha yüksek bir detoksifikasyon oranına sahip olması şöyle yorumlanabilir. Yeşil çayda siyah çaya göre bileşik miktarı daha fazladır. Ayrıca konsantrasyona bağlı olarak bakıldığında konsantrasyon artıkça detoksifikasyon oranları artmaktadır.



Şekil 39. Çözelti içindeki DONP'ların AFL'leri dedoksifikasyonunun PCA analizi

Çözültü ortamında aflatoksinlerin analiz sonuçlarının tüm veri setine temel bileşen analizi uygulandı. Buna ait verilere skor grafiği Şekil 39'da verildi. PCA analizi beş ana bileşenin oluşumuna yol açtı. İlk beş bileşen, tüm veriler için varyansların %100 'nü açıklamaktadır. İlk bileşen, veri kümesinin maksimum varyasyonunu temsil etmektedir ve %97.4 dir. PCA skor grafiği SÇDONP ve YÇDONP farklı konsantrasyonlara detoksifikasyon verileri dört alanda yayılmış durumdadır. Örneklerin net ayrımları % detoksifikasyon oranlarına göre yayılım göstermişlerdir. Skor grafiği net biçimde ayrımları ortaya koymuştur. SÇDONP %0.25 ve %0.50 ilavesi ile meydana gelen detoksifikasyon oranı YÇDONP %0.25 ve %0.50 ilavesine göre daha düşük meydana gelmiştir. Skor grafiği konsantrasyona ve DONP'ların türüne göre detoksifikasyon oranlarını açık biçimde göstermektedir.

Aflatoksin bulaşmış gıdaların detoksifikasyonu, gıda endüstrisi için devam eden bir zorluk olmuştur. Aflatoksinler, fiziksel veya kimyasal işlemlere duyarlılığı, gıdalardaki toksin konumları, nem içerikleri, gıdaların formları ve toksinlerin gıda bileşenleri ile tepkimeleri gibi birçok faktörden etkilenir. Gıdalarda aflatoksinleri detoksifikasyona uğratma işlemlerinin ardından gıdaların besinsel ve duyuşal niteliklerinde istenmeyen değişikliklere neden olmamalıdır. Fiziksel ve kimyasal işlemlerin birlikte kullanılması, yalnızca tek bir işlemin kullanılmasından daha etkili bir yöntem olduğu görülmektedir (Samarajeewa vd., 1990).

AFLB₁'in bozunma işlemleri, ya terminal furan halkasının çift bağını kaldırmayı ya da lakton halkasını açmayı hedeflemelidir. Lakton halkası açıldıktan sonra, terminal furan halkasının DNA ve proteinlere bağlanma özelliklerini değiştirmek için başka reaksiyonlar meydana gelebilir. Bu tür yapısal değişiklikler; AFLB₁ tarafından absorbe edilebilen bir biçimde enerji temini yoluyla indüklenebilir (Samarajeewa vd., 1990).

Aflatoksinlerin detoksifikasyonunda kullanılan fiziksel metodlar; sıcaklık, ışınlama, ultraviyole ve görünür ışık olarak seçenklendirilebilir. Katı AFLB₁, 260 °C'lik erime noktasına kadar kuru ısıya dayanıklıdır, termal bozunma sıcaklığı ise 269 °C'dir. Bununla birlikte, bazı gıdalarda AFLB₁'i parçalamak için 300 °C kadar yüksek sıcaklıkların gerekli olduğu gözlemlenmiştir (Samarajeewa vd., 1990). Hidrojen peroksitin gama radyasyonu ile kombine uygulaması iyi bir yaklaşım olarak görülmektedir. Çünkü oksijen serbest radikallerinin artan üretimi aflatoksin molekülleri ile daha verimli reaksiyona neden olabilir. Ancak serbest radikallerin gıda bileşenleri üzerindeki etkilerinin yakından incelenmesi gerekmektedir (Patel vd., 1989). AFLB₁ 222, 265 ve 362 nm'de ultraviyole (UV) radyasyonu emer ve en büyük absorpsiyon 362 nm'de gerçekleşir. 362 nm'de ışınlama, AFLB₁'i aktive eder ve bozulmaya karşı

duyarlılığını arttırır. AFLB₁'in, uç furan halkasının yapısını etkileyerek aktif bağlanma bölgesini ortadan kaldırır. 3'ten düşük veya 10'dan yüksek bir pH'da UV'ye karşı oldukça hassas olduğu bildirilmektedir (Lillard vd., 1970).

Aflatoksinlerin detoksifikasyonunda kullanılan kimyasal metodlar; klor uygulaması, hidrojen peroksit uygulaması, ozon uygulaması, bisülfid uygulaması, amonyak uygulaması, alkali uygulaması başta olmak üzere farklı kimyasallar ile uygulamalar da mevcuttur. Ancak bu kimyasal metodlar kimyasal kalıntılardan kaynaklanabilecek sorunlar nedeniyle gıdalardaki uygulamaları kısıtlıdır, buna rağmen aflatoksinlerin kimyasal bozunması şu anda gıdalardaki aflatoksin dekontaminasyonu için daha pratik bir yöntem olarak görülmektedir (Stoloff ve Trager, 1965). Halihazırda endüstride kullanılan bir gıda katkı maddesi olan sodyum bisülfid, gıdalardaki aflatoksinleri inaktive etmek için kabul görmektedir. Bisülfid, düşük konsantrasyonlarda, mısırdaki AFLB₁'i inaktive etmede amonyak ve sodyum hidroksitten daha etkilidir (Moerck vd., 1980). AFLB₁'in hayvan yemlerinde amonyak tarafından detoksifikasyonu, çok çeşitli laboratuvar ve saha koşulları kullanılarak yoğun bir şekilde incelenmiştir. Amonyak, yemlerdeki aflatoksinin dekontaminasyonunda gazlı veya sulu bir fazda eşit derecede etkili olmuştur. Bu uygulama aflatoksinlerin %95'ten fazla bozulmasına neden olur (Brekke vd., 1978).

Aflatoksinlerin detoksifikasyonu için şifalı bitkilerin kullanıldığı birkaç araştırmacı tarafından bildirilmiştir. Ajowan (*Trachyspermum ammi*) tohumlarının sulu ekstraktının bir aflatoksin inaktivasyonu faktörüne sahip olduğu bildirildi ve aflatoksinin ajowan tohumlarının sulu ekstraktı ile muamele edilmesi sonucu aflatoksin içeriğinde yaklaşık olarak %80'lik bir azalma gösterdiği bildirildi. Başka bir çalışmada, *T. ammi* tohumlarının diyaliz ekstraktının AFLG₁'in %90'ını parçalamada etkili olduğu bulundu. Diyalize *T. ammi* özütü ile AFLB₁ (%61), AFLB₂ (%54), ve AFLG₂ (%46) aflatoksinlerinin degradasyonu tespit edilmiştir. Diyaliz ekstraktının aflatoksin detoksifiye edici aktivitesi, 100 °C'de 10 dakika kadar kaynatıldıktan sonra büyük ölçüde azaldığı rapor edildi (Velazhahan vd., 2010).

Zimmu'nun yaprak özütünün AFLB₁'in detoksifikasyonunda etkili olduğu rapor edilmiştir (Sandoskumar vd., 2007). Vasaka yapraklarından elde edilen sulu bir özütün, 37 °C'de 24 saat inkübe edildiğinde AFLB₁'i %98 oranında detoksifiye ettiği bildirilmiştir. Bu detoksifikasyon LC-MS analizi ile doğrulanmıştır (Vijayanandraj vd., 2014). *Barleria lupulina*'nın yapraklarından elde edilen metanolik ekstrakt ile aflatoksinlerin parçalanabileceğini Kannan ve Velazhahan (2014) tarafından bildirilmiştir. Bu çalışmada aflatoksin detoksifikasyon oranları; AFLB₁ %61.1, AFLB₂

%71.4, AFLG₁ %94.4, AFLG₂ %58.8'dir (Kannan ve Velazhahan, 2014). *Ocimum basilicum*'un yapraklarından elde edilen sulu özütün, AFLB₁ ve AFLB₂'yi parçalamada sırasıyla %90.4 ve %88.6'lık bir performansa sahip olduğu bildirilmiştir (Iram vd., 2016).

Çeşitli fitokimyasalların veya bitki ürünlerinin hayvanlarda AFLB₁'in neden olduğu toksisiteye karşı iyileştirici etkileri olduğu gösterilmiştir. Bu konudaki çalışmaların bazıları şunlardır; Sarımsak özütünün kurbağada AFLB₁'in neden olduğu karsinogenez önlediği gözlemlenmiştir. Afrika Hindistan Cevizi'nin alkollü özü ile AFLB₁'in toksijenik etkilerinin horozlar üzerinde tersine çevrildiği gösterilmiştir. Sıçanlarda AFLB₁ kaynaklı genotoksisite ve hepatik oksidatif hasarın önlenmesinde *Garcinia kola* tohumlarının doğal bir Biflavonoidi olan kolaviron'un potansiyeli hakkında rapor verildi. Balıklarda diyetle %1 oranda çörek otu ve seylan tarçını ilavesi AFLB₁'in toksik etkilerini hafiflettiği bulundu. %2 sulu siyah çay ekstresinin ağız yolu ile verilmesinin ardından farelerde karaciğer lipid peroksidasyonunu (aflatoksin kaynaklı) iyileştirdiği bildirilmiştir (Velazhahan, 2017).

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

DONP'lar yeşil ve siyah çay yaprağı ekstreleri kullanılarak kolayca hazırlanabilmektedir. Bu çalışmada herhangi bir zararlı indirgeyici, kapatma ve dağıtıcı madde kullanmadan metal DONP'ların endüstriyel üretimini teşvik edebilecek basit, güvenilir, yeşil, ucuz ve ekonomik bir biyolojik prosedür olduğu tekrardan ortaya konulmuştur. Sentezlenen Fe NP'ler FT-IR spektroskopileri, SEM ve EDX teknikleri kullanılarak karakterize edildi.

✓ Yeşil sentez yoluyla elde edilen demiroksit nanoparçacıkların, gıda güvenliği açısından birçok alanda kullanılabileceği öngörülmektedir.

✓ Siyah çayın çözünebilir ekstraktının yer fıstığı püresi ile muamelesi sonucunda AFLG₂, AFLG₁, AFLB₂, AFLB₁ ve toplam AFL üzerindeki detoksifikasyon oranları sırasıyla %41.94, 48.57, 50.00, 41.18 ve %43.71 olarak bulundu.

✓ Siyah çayın çözünebilir ekstraktının fındık püresi ile muamelesi sonucunda AFLG₂, AFLG₁, AFLB₂, AFLB₁ ve toplam AFL üzerindeki detoksifikasyon oranları sırasıyla %41.27, 42.52, 44.31, 46.09 ve %35.58 olarak bulundu.

✓ Yeşil çayın çözünebilir ekstraktının yer fıstığı püresi ile muamelesi sonucunda AFLG₂, AFLG₁, AFLB₂, AFLB₁ ve toplam AFL üzerindeki detoksifikasyon oranları sırasıyla %33.33, 48.62, 29.55, 41.22 ve %43.71 olarak bulundu.

✓ Yeşil çayın çözünebilir ekstraktının fındık püresi ile muamelesi sonucunda AFLG₂, AFLG₁, AFLB₂, AFLB₁ ve toplam AFL üzerindeki detoksifikasyon oranları sırasıyla %36.31, 38.48, 39.44, 42.11 ve %38.44 olarak bulundu.

✓ Siyah çayın DONP'nın yer fıstığı püresi ile muamelesi sonucunda AFLG₂, AFLG₁, AFLB₂, AFLB₁ ve toplam AFL üzerindeki detoksifikasyon oranları sırasıyla %33.33, 47.41, 47.80, 43.57 ve %43.99 olarak bulundu.

✓ Siyah çayın DONP'nın fındık püresi ile muamelesi sonucunda AFLG₂, AFLG₁, AFLB₂, AFLB₁ ve toplam AFL üzerindeki detoksifikasyon oranları sırasıyla %44.67, 37.85, 56.67, 56.77 ve %47.75 olarak bulundu.

✓ Yeşil çayın DONP'nın yer fıstığı püresi ile muamelesi sonucunda AFLG₂, AFLG₁, AFLB₂, AFLB₁ ve toplam AFL üzerindeki detoksifikasyon oranları sırasıyla %52.02, 42.34, 47.69, 46.56 ve %43.17 olarak bulundu.

✓ Yeşil çayın DONP'nın fındık püresi ile muamelesi sonucunda AFLG₂, AFLG₁, AFLB₂, AFLB₁ ve toplam AFL üzerindeki detoksifikasyon oranları sırasıyla %57.14, 38.99, 51.96, 43.23 ve %42.24 olarak bulundu.

✓ Siyah çayın DONP'nın çözelti içindeki sonucunda AFLG₂, AFLG₁, AFLB₂, AFLB₁ ve toplam AFL üzerindeki detoksifikasyon oranları sırasıyla %39.29, 26.15, 43.96, 51.33 ve %40.73 olarak bulundu.

✓ Yeşil çayın DONP'nın çözelti içindeki sonucunda AFLG₂, AFLG₁, AFLB₂, AFLB₁ ve toplam AFL üzerindeki detoksifikasyon oranları sırasıyla %32.14, 27.20, 63.77, 55.94 ve %44.26 olarak bulundu.

Yeşil ve siyah çaylardan elde edilen ekstraktlar ve DONP'lar kullanılarak aflatoksin detoksifikasyonu sağlanması, hem sağlık açısından hem de ekonomik açıdan oldukça olumlu sonuçlara yol açabilecektir. Çalışmalar sonucunda aflatoksin detoksifikasyonunun yüksek olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar sanayide ekonomik açıdan oldukça fayda sağlayacaktır. Kolay elde edilebiliyor olmaları tercih nedenlerinden biri olacaktır. Bu yöntem ile çevre dostu bir yaklaşım sergilenebilecektir. Doğal yollar ile elde edilen DONP'lar uygulamada çevre dostu ve sağlık yönünden ise diğer kimyasal detoksifikasyon ürünleri ile kıyaslandıklarında oldukça önemli bir kullanım seçeneği olacaktır.

KAYNAKÇA

- Açu, M. ve Özdehan Ocak, Ö. (2019). Gıdalarda Aflatoksin Düzeylerinin Belirlenmesinde Kullanılan Analiz Yöntemleri. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2, 168-181.
- Aksoy, S. (2019). *Doğal Koruyucu Olarak Siringomisin E Kullanımıyla Kuruyemişlerde Aflatoksin Üretiminin Azaltılması*. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Aliabadi, M. A., Alikhani, F., Mohammadi, M. ve Darsanaki, R. K. (2013). Biological Control of Aflatoxin. *European Journal of Experimental Biology*, 3(2), 162- 166.
- Asghar, M.A., Zahir, E., Iqbal, J., Rehman, A.A., (2020). Facile, one-pot biosynthesis and characterization of iron, copper and silver nanoparticles using *Syzygium cumini* leaf extract: As an effective antimicrobial and aflatoxin B1 adsorption agents. *PLoS ONE Biosynthesis of metal NPs*, 15, 7.
- Asghar, M.A., Zahir, E., Shahid, S.M., Khan, M.N., Asghar, M.A., Iqbal, J. ve Walker, G. (2018). Iron, copper and silver nanoparticles: Green synthesis using green and black tea leaves extracts and evaluation of antibacterial, antifungal and aflatoxin B₁ adsorption activity. *LWT*, 90, 98–107.
- Atakan, O. (2019). *Ozon Uygulamasının Fındıkta Aflatoksin Miktarına Ve Bazı Kalite Kriterlerine Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Aygün, Ş.G. (2015). *Yerfıstığı Yemlerinde Kavurma Ve Gama Işınlama İle Aflatoksin B1'in Detoksifikasyonu*. Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Beckwith, A. C., Vesonder, R. F. ve Ciegler, A. (1976). *Chemical Methods Investigated for Detoxifying Aflatoxins in Foods and Feeds. Mycotoxins and Other Fungal Related Food Problems*, 4, 58-67. <http://dx.doi.org/10.1021/ba-1976-0149.ch004>
- Bedi, P.S. ve Agarwal, R.K. (2014). Detoxification Of Aflatoxin B1 By Physical And Chemical Methods. *World Journal Of Pharmacy And Pharmaceutical Sciences*, 3(12), 995-1002.
- Bilgiç, U. (2018). *Bazı Ticari Yoğurt Starter Kültürlerinin Aflatoksin M1 Detoksifikasyon Kapasiteleri*. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi, Erzurum.

- Bozoğlu, F. (2005). Mikotoksin analiz yöntemlerindeki gelişmeler, floresans polarizasyon iminoesseyi (FPIA). II. Ulusal Mikotoksin Sempozyumu Bildiri Kitabı, 23-24 Mayıs 2005, İstanbul, ss. 26-33.
- Brekke, O. L., Stringfellow, A. C. ve Peplinski, A. J. (1978). Aflatoxin inactivation in corn by ammonia gas: laboratory trials. *J. Agric. Food Chem*, 26, 1383-1389.
- Bullerman, L.B. (1979). Significance of Mycotoxins to Food Safety and Human Health. *Journal of Food Protection*, 42(1), 65-86.
- Chai, J., Wang, Y., Xi, X., Li, H. ve Wei, X. (2015). Using FTIR spectra and pattern recognition for discrimination of tea varieties. *Int. J. Biol. Macromol*, 78, 439–446.
- Chinen, A. B., Guan, C. M., Ferrer, J. R., Barnaby, S. N., Merkel, T. J. ve Mirkin, C. A. (2015). Nanoparticle probes for the detection of cancer biomarkers, cells, and tissues by fluorescence. *Chemical Reviews*, 115, 10530–10574.
- Choudhary, A. ve Verma, R.J. (2004). Ameliorative effects of black tea extract on aflatoxin-induced lipid peroxidation in the liver of mice. *Food and Chemical Toxicology*, 43, 99-104.
- Eaton, D. ve Groopman, J. (1994). The Toxicology of Aflatoxin. *Academic Press*, 383-426.
- Fedlu, M., Seid, A., Wollie, A. ve Mama, A. (2019). Aflatoxin and its Public Health Significance. *Journal of Dairy & Veterinary Sciences*, 12(3), 1-7.
- Girgin, G., Başaran, N. ve Şahin, G. (2001). Dünyada Ve Türkiye’de İnsan Sağlığını Tehdit Eden Mikotoksinler. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 58(3), 97-118.
- Gürsoy, N. (2013). *Aspergillus spp.’nin funguslu ortamda sentezlenen nano gümüş partikülleri ve antifungal ajan kombinasyonları ile engellenmesi. Yüksek Lisans Tez Projesi, Cumhuriyet Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bilimsel Araştırma Projeleri, Sivas.*
- Hacıbekiroğlu, I. (2013). *Gıda Örneklerinde Aflatoksin (G1, G2, B1, B2) Ve Okratoksin A’nın Hplc Metot Validasyonu Ve Miktar Tayinleri. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.*
- Hajare, S.S., Hajare, S.H. ve Sharma, A. (2005). Aflatoxin inactivation using aqueous extract of Ajowan (*Trachyspermum ammi*) seeds. *J. Food Science*, 70, 29-34.
- Hamed, K. A. (2006). *Aflatoxin and Food Safety*. New York, United States: CRC Press.
- Hamilton, P.B. ve Garlich, J.D. (1971). Aflatoxin as a Possible Cause of Fatty Liver Syndrome in Laying Hens. *Poultry Science*, 50(3), 800-804.

- Hışıl, Y. (1999). *Enstrümental Gıda Analizleri (I)*. İzmir, Bornova; Türkiye: Ege Üniversitesi Basımevi.
- Iram, W., Anjum, T., Iqbal, M., Ghaffar, A., Abbas, M. ve Khan, A.M. (2016). Structural analysis and biological toxicity of aflatoxins B1 and B2 degradation products following detoxification of *Ocimum basilicum* and *Cassia fistula* aqueous extracts. *Front Microbiol*, 7, 1105.
- Jemilugba, O.T., Sakho, H.M., Parani, S., Mavumengwana, V. ve Oluwafemi, O.S. (2019). Green synthesis of silver nanoparticles using *Combretum erythrophyllum* leaves and its antibacterial activities. *Colloid and Interface Science Communications*, 31, 100-191.
- Kabak, B. (2007). *Bazı Mikotoksinlerin Detoksifikasyonuunda Lactobascillus ve Bifidobacterium Suşlarının Kullanımı*. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Kannan, K. ve Velazhahan, R. (2014). The potential of leaf extract of *Barleria lupulina* for detoxification of aflatoxins. *Indian Phytopathol* 67, 298-302.
- Karakaş, T. (2013). *İnce Tabaka Kromatografisinde Yeni Bir Teknikle Kırmızıbiberde Aflatoksin Tayini*. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Keihan, A. H., Veisi, H. ve Veasi, H. (2016). Green synthesis and characterization of spherical copper nanoparticles as organometallic antibacterial agent. *Applied Organometallic Chemistry*, 31(7), 1-7.
- Khan, S.A., Shahid, S.ve Lee, C. (2020). Green Synthesis of Gold and Silver Nanoparticles Using Leaf Extract of *Clerodendrum inerme*; Characterization, Antimicrobial, and Antioxidant Activities. *Biomolecules*, 10, 835.
- Laciaková, A., Ciconová, P., Máté, D. ve Laciak, V. (2008). Aflatoxins and possibilities for their biological detoxification. *Medycyna Wet.* 64(3), 276-279.
- Mo, H.Z., Zhang, H., Wu, Q.H. ve Hu, L.B. (2013). Inhibitory effects of tea extract on aflatoxin production by *Aspergillus flavus*. *Letters in Applied Microbiology*, 56, 462-466.
- Moerck, K. E., McElfresh, P. A. Wohlman, A. ve Hilton, B. W. (1980). Aflatoxin destruction in corn using sodium bisulfite, sodium hydroxide, and aqueous ammonia. *J. Food Prot.* 43, 571-574.
- Nakhjavani, M., Nikkhah, V., Sarafraz, M. M., Shoja, S. ve Sarafraz, M. (2017). Green synthesis of silver nanoparticles using green tea leaves: Experimental study on the

- morphological, rheological and antibacterial behaviour. *Heat and Mass Transfer*, 53, 3201-3209.
- Oruç, H. H. (2005). Mikotoksinler ve Tanı Yöntemleri. *Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 24(1-2-3-4), 105-110.
- Öksüztepe, G. ve Erkan, S. (2016). Mikotoksinler ve Halk Sağlığı Açısından Önemi. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 5(2), 190-195.
- Özçakmak, S. ve Dervişoğlu, M. (2007). Fındıkta Aflatoksin Oluşumuna Etkili Faktörler, Avrupa Birliği'nin Limit Değerlerle İlgili Düzenlemeleri ve Türk Fındığı İhracatına Etkileri. *Gıda*, 32(1), 33-40.
- Özkaya, Ş. ve Temiz, A. (2003). Aflatoksinler : Kimyasal Yapıları, Toksisiteleri ve Detoksifikasyonları. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 1(1), 1-21.
- Peng, Z., Chen, L., Zhu, Y., Huang, Y., Hu, X., Wu, Q., . . . Yang, W. (2018). Current Major Degradation Methods for Aflatoxins. *Trends in Food Science & Technology*, 80, 155-166.
- Pfohl-Leszkowicz, A. ve Manderville, R.A. (2007). Ochratoxin A: an overview on toxicity and carcinogenicity in animals and humans. *Molecular Nutrition Food Research* 51, 61–99.
- Rajput, N. (2015). Methods of preparation of nanoparticles a Review. *International Journal of Advances in Engineering & Technology*, 7(4), 180–181.
- Ravichandran, R. (2010). Nanotechnology Applications in Food and Food Processing: Innovative Green Approaches, Opportunities and Uncertainties for Global Market. *International Journal of Green Nanotechnology: Physics and Chemistry*, 1, 72-96.
- Rolim, W.R., Pelegriño, M.T., Lima, B.A., Ferraz, L.S., Costa, F.N., Bernardes, J.S., . . . Brocchi, M. (2019). Green tea extract mediated biogenic synthesis of silver nanoparticles: Characterization, cytotoxicity evaluation and antibacterial activity. *Applied Surface Science*, 463, 66-74.
- Rustom, I. (1997). Aflatoxin in food and feed: occurrence, legislation and inactivation by physical methods. *Food Chemistry*, 59(1), 57-67.
- Saif, S., Tahir, A., Asim, T. ve Chen, Y. (2016). Plant mediated green synthesis of CuO nanoparticles: comparison of toxicity of engineered and plant mediated CuO nanoparticles towards *Daphnia magna*. *Nanomaterials* 6, 1–15.
- Samarajeewa, U., Sen, A. C., Cohen, M. D. Ve Wei, C. I. (1990). Detoxification of Aflatoxins in Foods and Feeds by Physical and Chemical Methods. *Journal of Food Protection*, 56(6), 489-501.

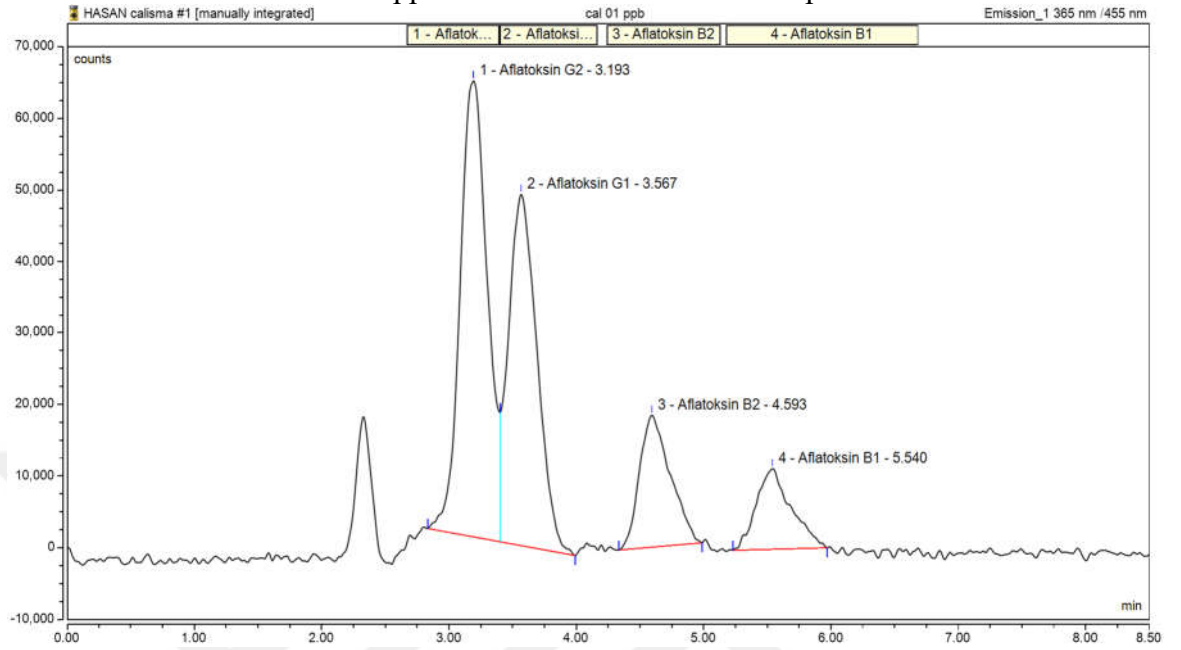
- Sandosskumar, R., Karthikeyan, M., Mathiyazhagan, S., Mohankumar, M., Chandrasekar, G. ve Velazhahan, R. (2007). Inhibition of *Aspergillus flavus* growth and detoxification of aflatoxin B1 by the medicinal plant zimmu (*Allium sativum* L. × *Allium cepa* L.). *World J Microbiol Biotechnol* 23, 1007-14.
- Senthilkumar, S. R. ve Sivakumar, T. (2014). Green tea (*Camellia sinensis*) mediated synthesis of zinc oxide (ZNO) nanoparticles and studies on their antimicrobial activities. *International Journal Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6(6), 461–469.
- Shanta, T. (1999). Fungal degradation of aflatoxin B1. *Natural Toxins*, 7(5), 175-178.
- Sharangi, A. B. (2009). Medicinal and therapeutic potentialities of tea (*Camellia sinensis* L.). *Food Research International*, 42(6), 529-535.
- Sherma, J. ve Friend, B. (Der.). (2003). *Handbook of Thin-Layer Chromatography Third Edition*. New York, Marcel Dekker Inc..
- Sivamani, S., Jyothi, S., Joseph, B., Gunalan, B., Venkatesh, B. ve Kar, B. (2013). Synthesis of antibacterial Ag nanoparticles from tea powder. *International Journal of NanoScience and Nanotechnology*, 4(1), 9–17.
- Smith, J.E. ve Moss, M.O. (1985). *Mycotoxins; Formation, Analysis and Significance*. John Wiley & Sons Ltd., ISBN 0471906719, United Kingdom 154s.
- Stoloff, L. ve Trager, W. (1965). Recommended decontamination procedures for aflatoxin. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 48, 681-682.
- Sun, Q., Cai, X., Li, J., Zheng, M., Chen, Z. ve Yu, C. P. (2014). Green synthesis of silver nanoparticles using tea leaf extract and evaluation of their stability and antibacterial activity. *Colloids and Surfaces a: Physicochemical and Engineering Aspects*, 444, 226–231.
- Sutradhar, P., Saha, M. ve Maiti, D. (2014). Microwave synthesis of copper oxide nanoparticles using tea leaf and coffee powder extracts and its antibacterial activity. *Journal of Nanostructure in Chemistry*, 4(1), 1–6.
- Şahin, B. (2017). *Kanserin Tedavisine Yönelik Yeşil Sentez İle Yeni Nesil Nanomalzemelerin Sentezi Ve Uygulamaları*. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Şener, Z. A. (2018). *Ultra Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi Yöntemi İle Gıdalarda Bulunan Bazı Mikotoksinlerin Tayini*. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

- Tatlıcı, E. (2019). *Altın Ve Gümüş Nanopartiküllerin Yeşil Sentezi, Karakterizasyonu Ve Antimikrobiyal Aktivitesi*. Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Thieu, N. Q. ve Pettersson, H. (2008). *In vitro evaluation of the capacity of zeolite and bentonite to adsorb aflatoxin B1 in simulated gastrointestinal fluids*. *Mycotoxin Research*, 24(3), 124–129. doi:10.1007/bf03032338
- Tunç, M. (2019). *Ozonlama İşleminin Kontamine Çiğ Fındıkların Aflatoksin Detoksifikasyonuna Ve Fizikokimyasal Özelliklerine Etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Ülger, T.G., Uçar, A., Çakıroğlu, F.P. ve Yılmaz, S. (2020). Genotoxic effects of mycotoxins. *Toxicon*, 185, 101-113.
- Vandana, S.P. (2005). Nanometre scale surface modification in a needle-plate exploding system. *Journal of Physics: Condensed Matter*, 17(35), 5327-5334.
- Var, I., Kabak, B. ve Özkarslı, M. (2004). Mikotoksin Aranmasında Kullanılan Analiz Yöntemleri. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 2(11), 1-11.
- Vaseeharan, B., Ramasamy, P. ve Chen, J. C. (2010). Antibacterial activity of silver nanoparticles (AgNps) synthesized by tea leaf extracts against pathogenic *Vibrio harveyi* and its protective efficacy on juvenile *Fenneropenaeus indicus*. *Letters in Applied Microbiology*, 50(4), 352–356.
- Velazhahan, R. (2017). Bioprospecting of medicinal plants for detoxification of aflatoxins. *International Journal of Nutrition, Pharmacology, Neurological Diseases*, 7(3), 60.
- Velazhahan, R., Vijayanandraj, S., Vijayasamundeeswari, A., Paraniharan, V., Samiyappan, R. ve Iwamoto, T. (2010). Detoxification of aflatoxins by seed extracts of the medicinal plant, *Trachyspermum ammi* (L.) Sprague ex Turrill—Structural analysis and biological toxicity of degradation product of aflatoxin G1. *Food Control*, 21, 719-25.
- Vijayanandraj, S., Brinda, R., Kannan, K., Adhithya, R., Vinothini, S. ve Senthil, K. (2014). Detoxification of aflatoxin B1 by an aqueous extract from leaves of *Adhatoda vasica* Nees. *Microbiol Res* 169, 294-300.
- Vural, H. (1994). Gıda İşleme ve Depolama Sırasında Oluşan Karsinojenler. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 22(2), 243-252.
- Wall, P.E. (2005). *Thin-Layer Chromatography: A Modern Practical Approach*. Cambridge: Royal Society of Chemistry.

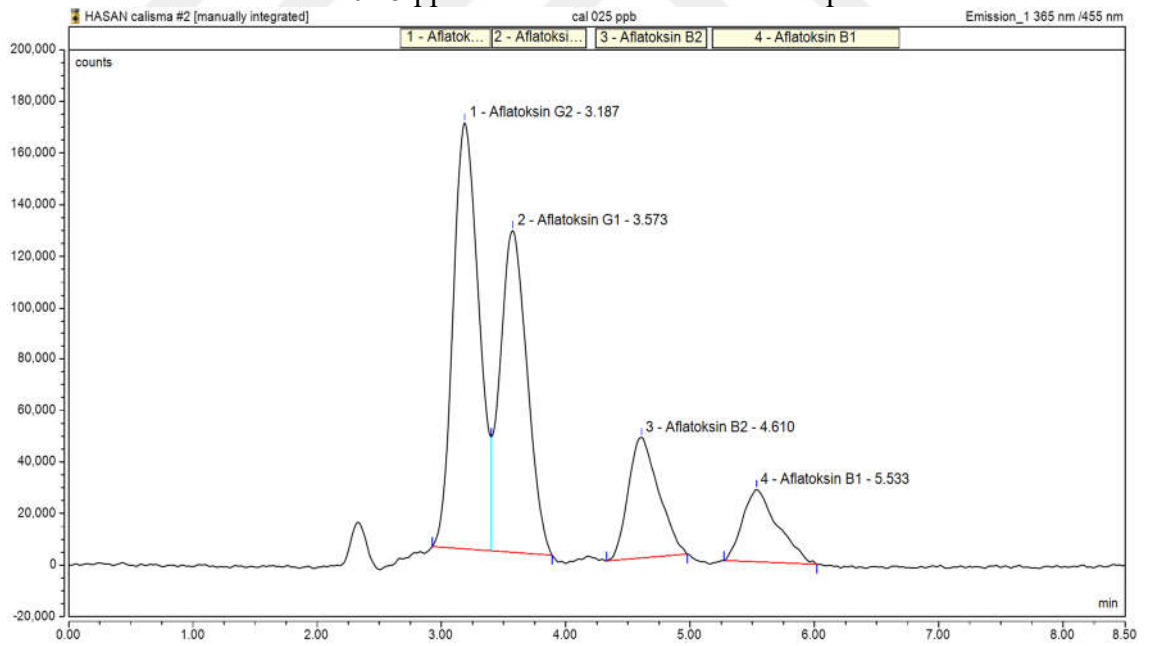
- Xu, P., Zeng, G.M. ve Huang, D.L. (2012). Use of iron oxide nanomaterials in wastewater treatment: a review. *Science of the Total Environment*, 424, 1–10.
- Yeltekin, S. (2020). *Yeşil Sentez Yöntemiyle Bitki Özütü Kullanarak Sentezlenen Altın (Au) Nanopartiküllerinin Antibakteriyel Aktivitesinin Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Burdur.
- Yusefi, M., Shameli, K., Rasit, A.R., Pang, S.W. ve Teow S.Y. (2020). Evaluating Anticancer Activity of Plant-Mediated Synthesized Iron Oxide Nanoparticles Using *Punica Granatum* Fruit Peel Extract. *Journal of Molecular Structure*, 1204(127539), 1-11.
- Zain, M. E. (2011). Impact of mycotoxins on humans and animals. *Journal of Saudi Chemical Society*, 15, 129-144.
- Zhou, J.R., Yu, L., Zhong, Y. ve Blackburn, G. L. (2003). Soy Phytochemicals and Tea Bioactive Components Synergistically Inhibit Androgen-Sensitive Human Prostate Tumors in Mice. *The Journal of Nutrition*, 133(2), 516–521.

EKLER

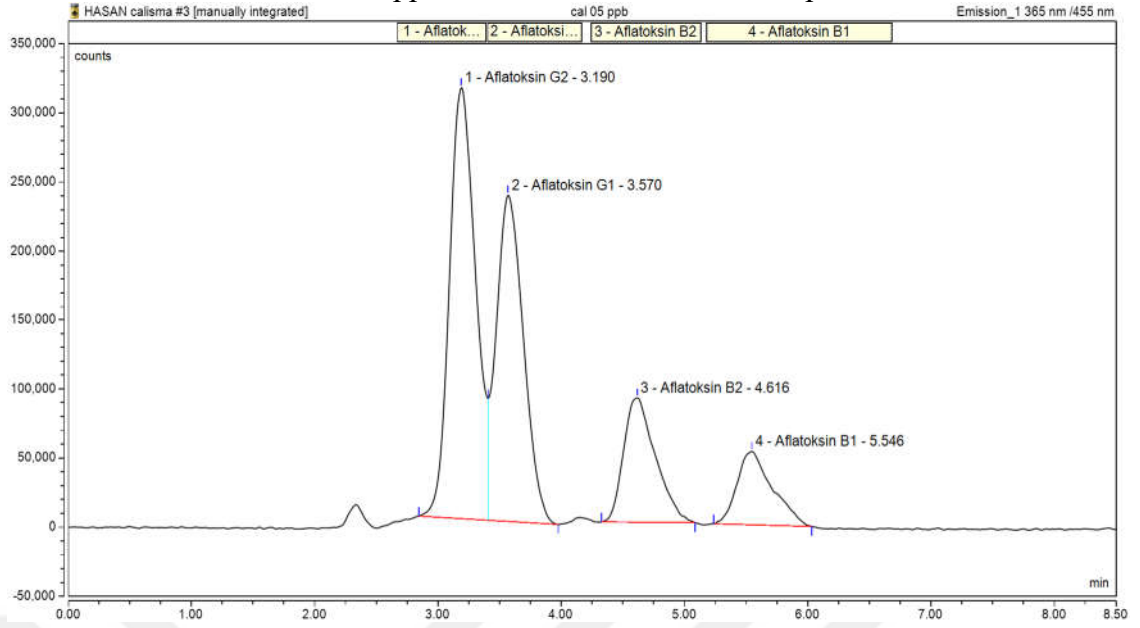
Ek 1. 0.1 ppb aflatoksin standartlarına ait pikler



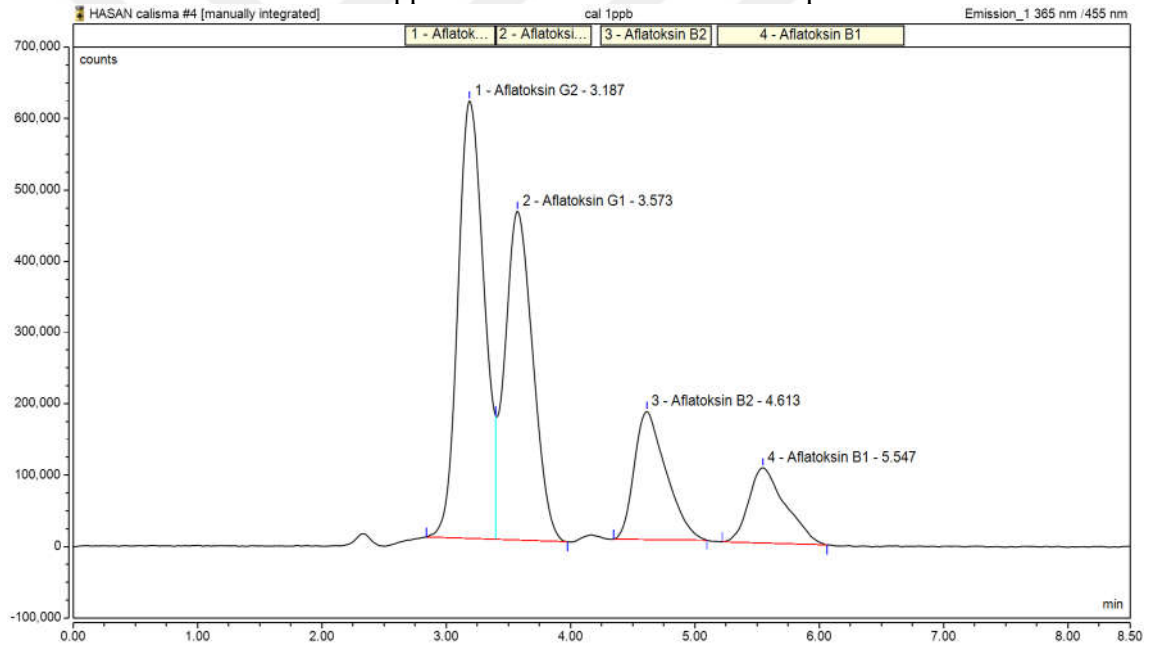
Ek 2. 0.25 ppb aflatoksin standartlarına ait piki



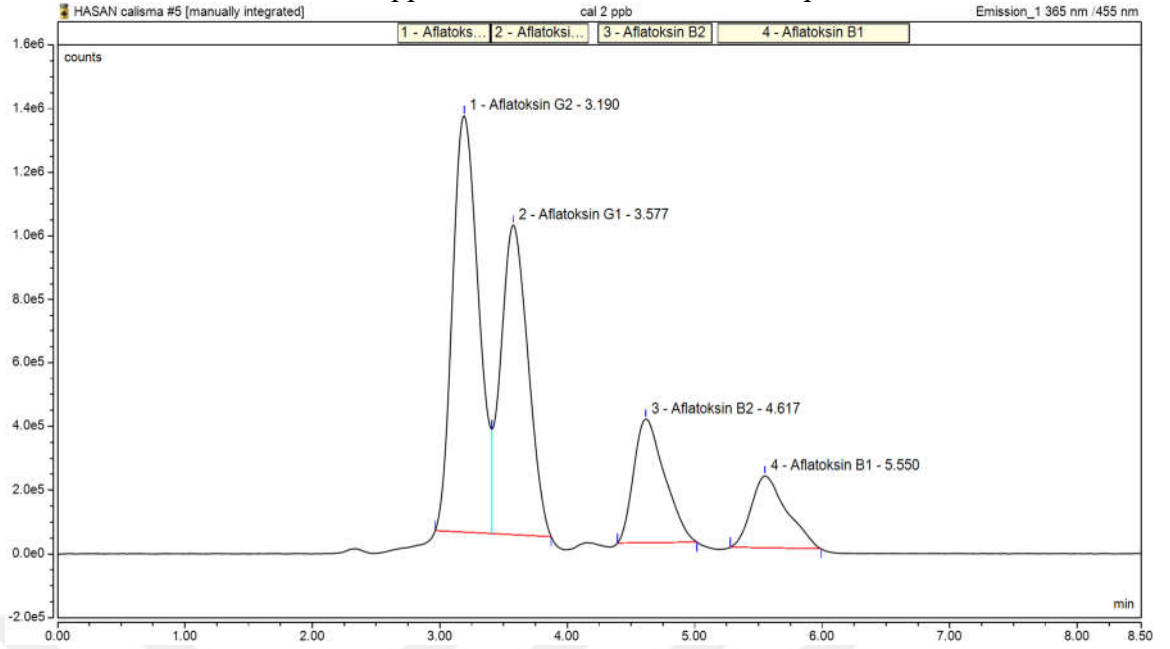
Ek 3. 0.5 ppb aflatoksin standartlarına ait pikler



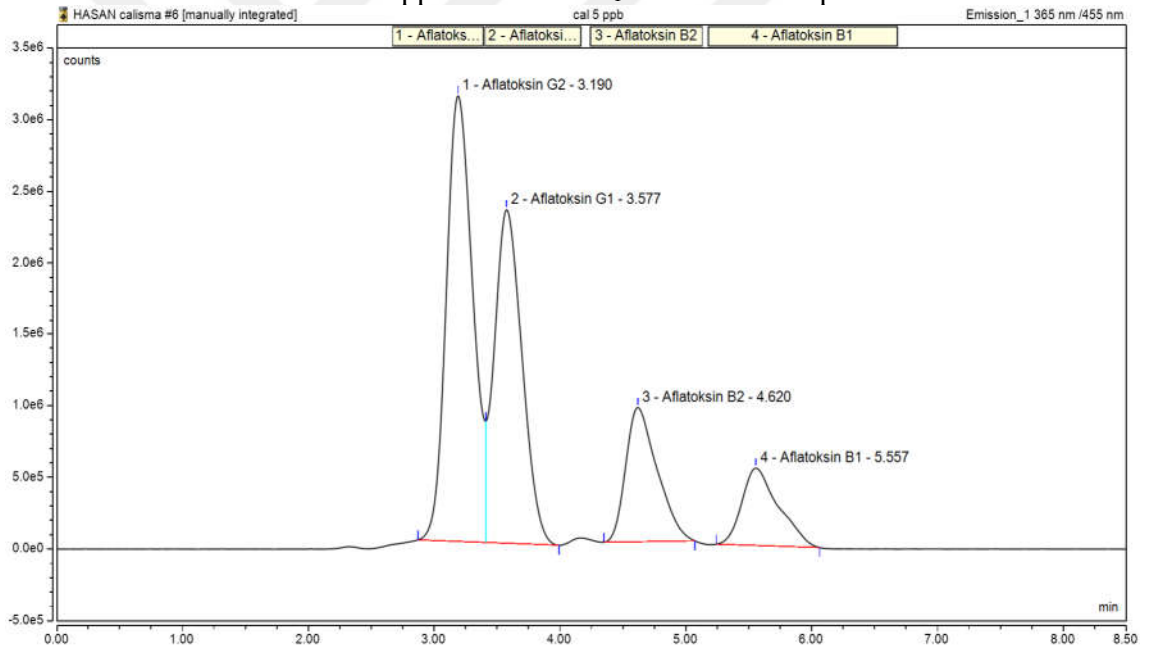
Ek 4. 1.0 ppb aflatoksin standartlarına ait pikler



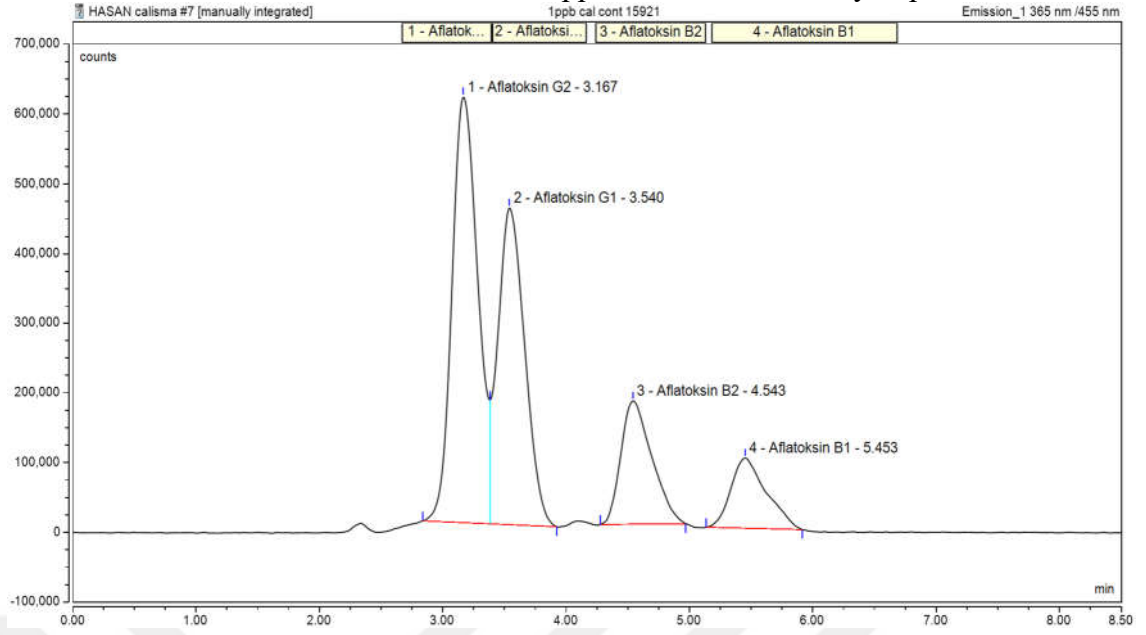
Ek 5. 2.0 ppb aflatoksin standartlarına ait pikler



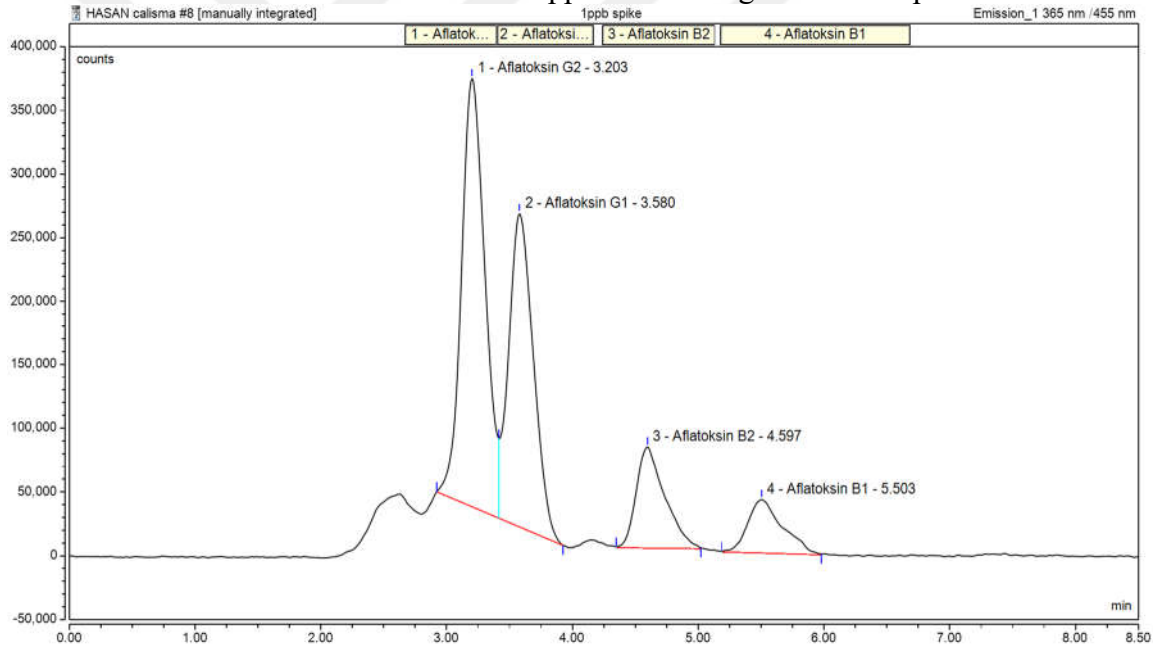
Ek 6. 5.0 ppb aflatoksin B₁ standartına ait piki



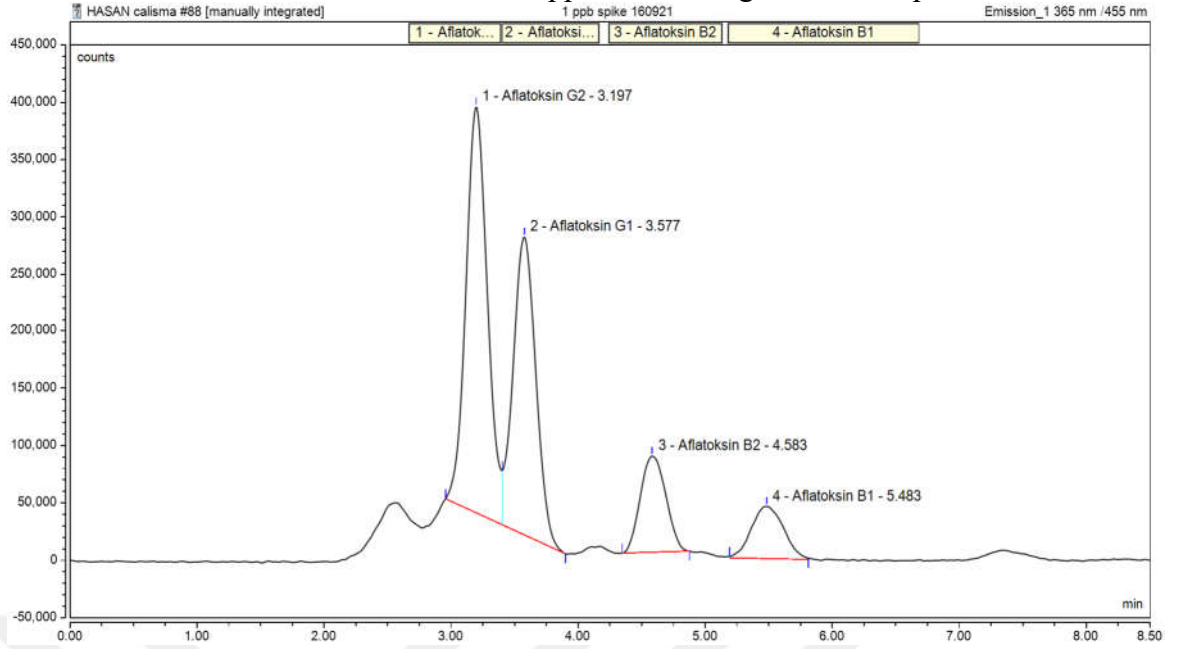
Ek 7. 15.09.2021 Tarihli 1.0 ppb aflatoksin kalibarsyon piki



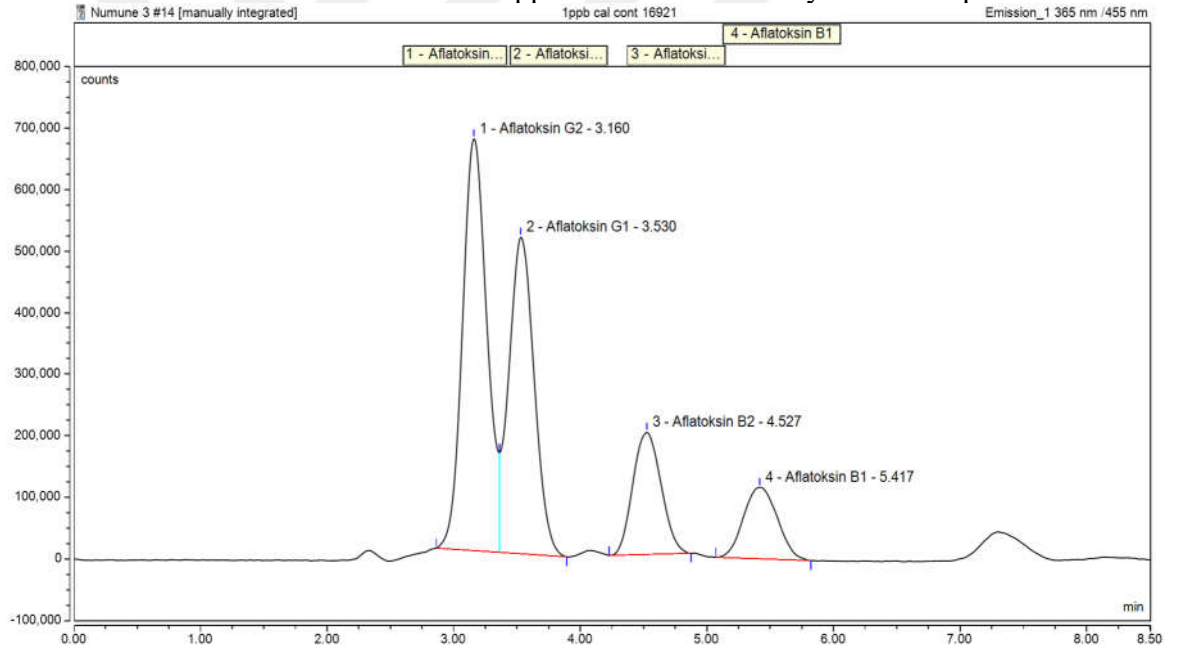
Ek 8. 15.09.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin geri kazanım piki



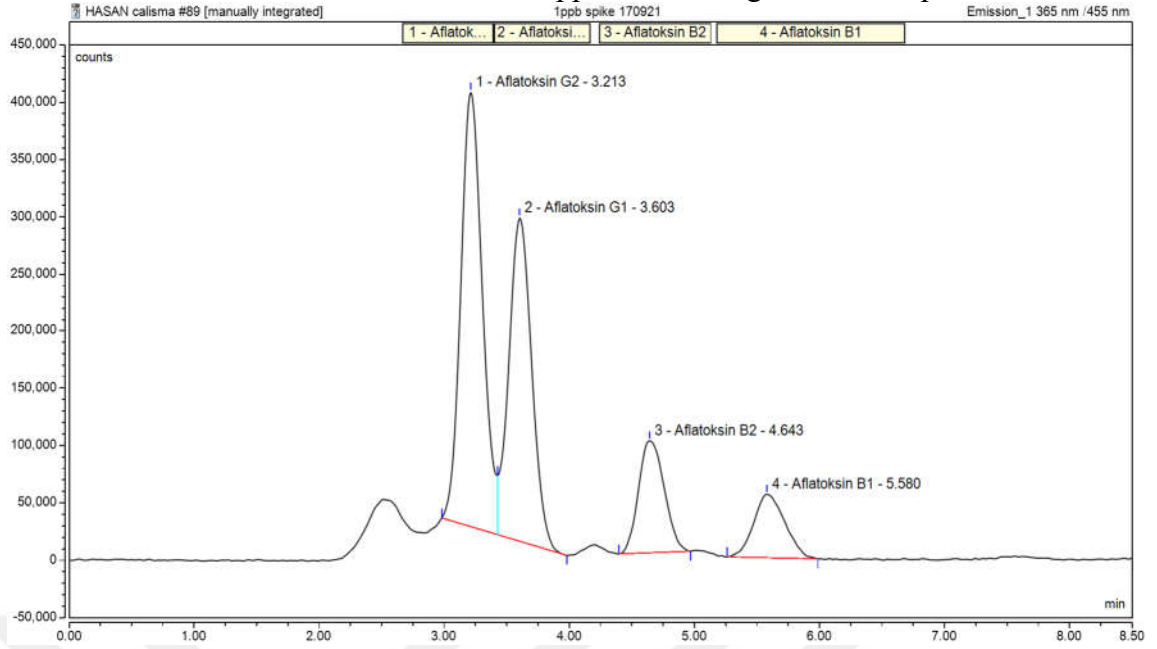
Ek 9. 16.09.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin geri kazanım piki



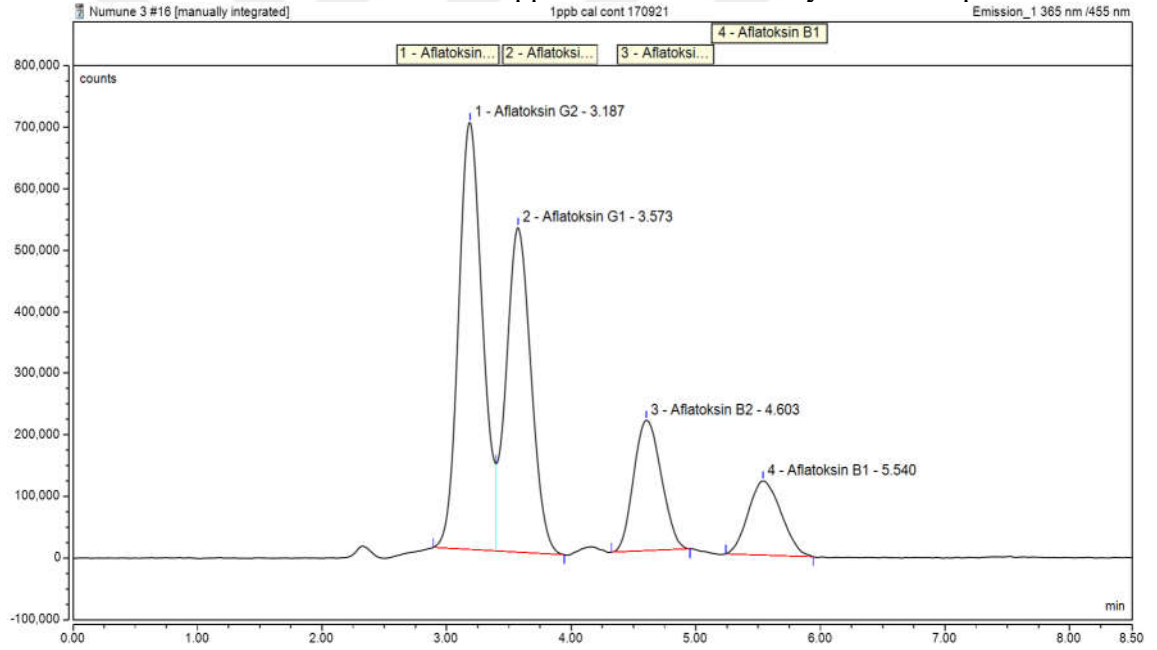
Ek 10. 16.09.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin kalibrasyon kontrol piki



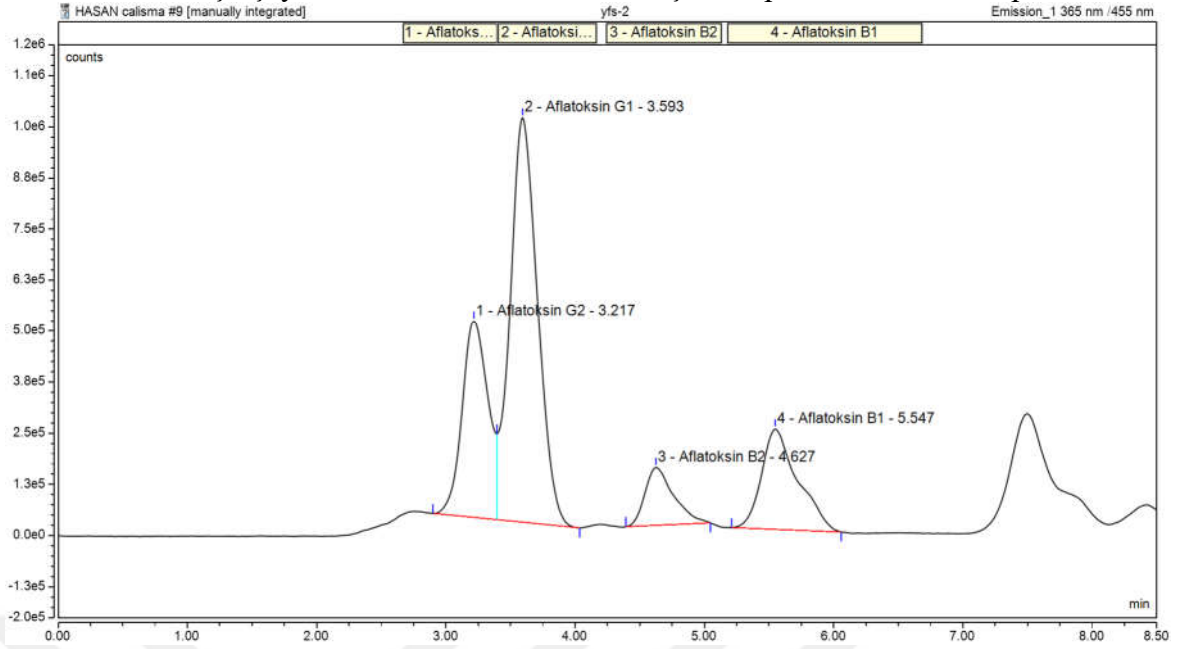
Ek 11. 17.09.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin geri kazanım piki



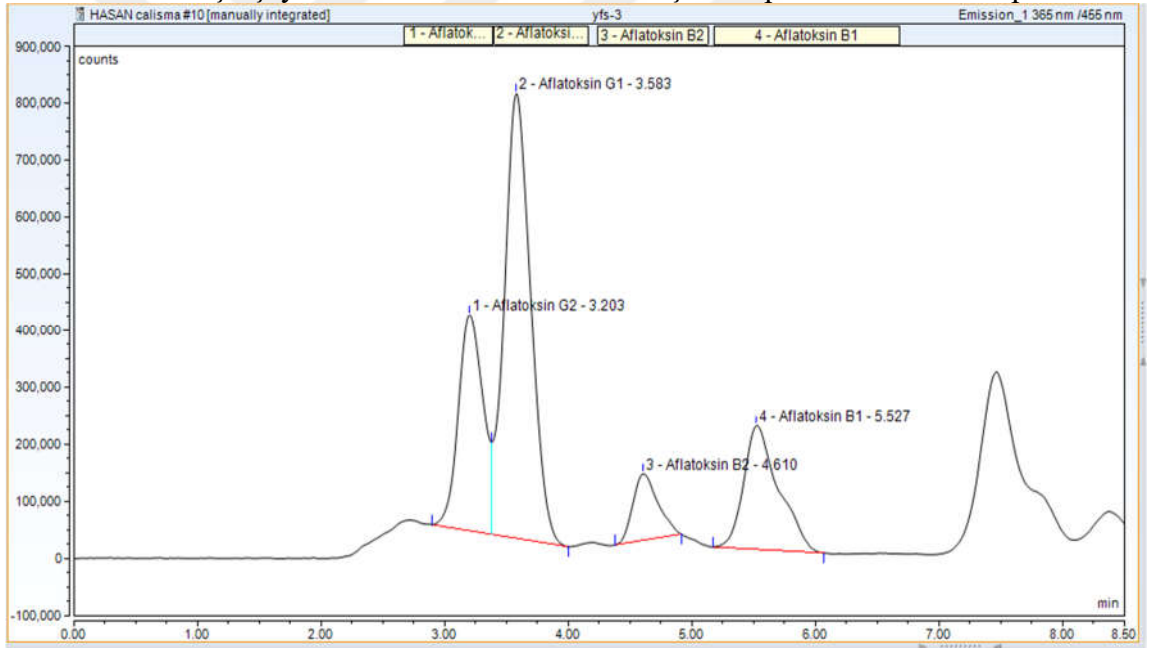
Ek 12. 17.09.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin kalibrasyon kontrol piki



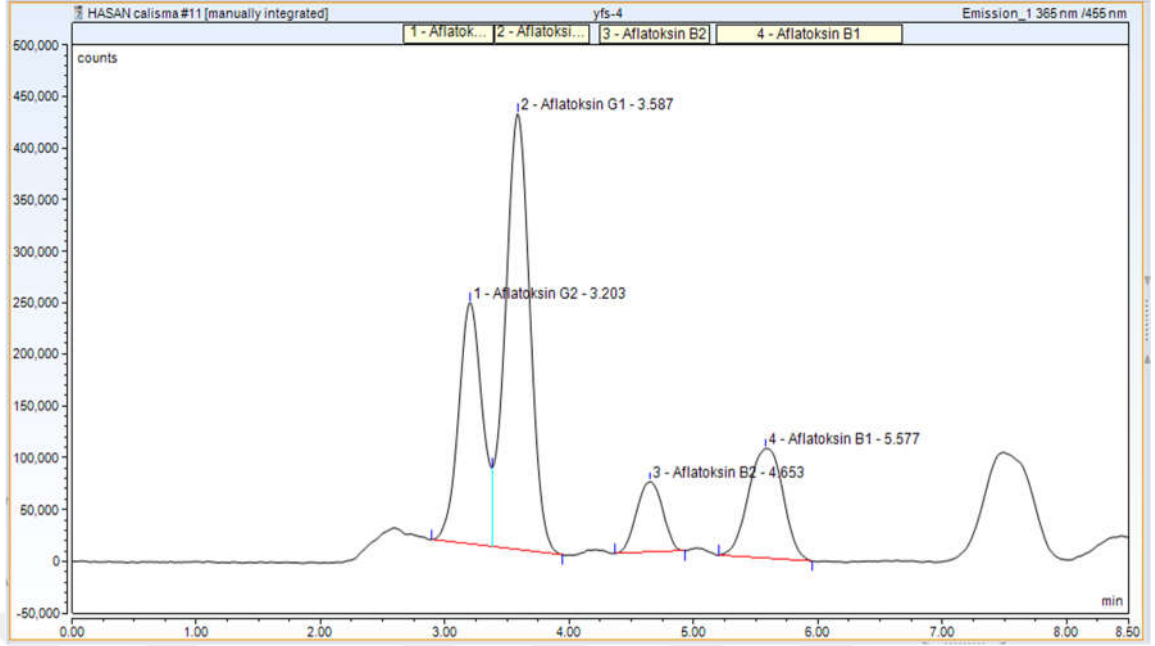
Ek 13. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-2 aflatoksin piki



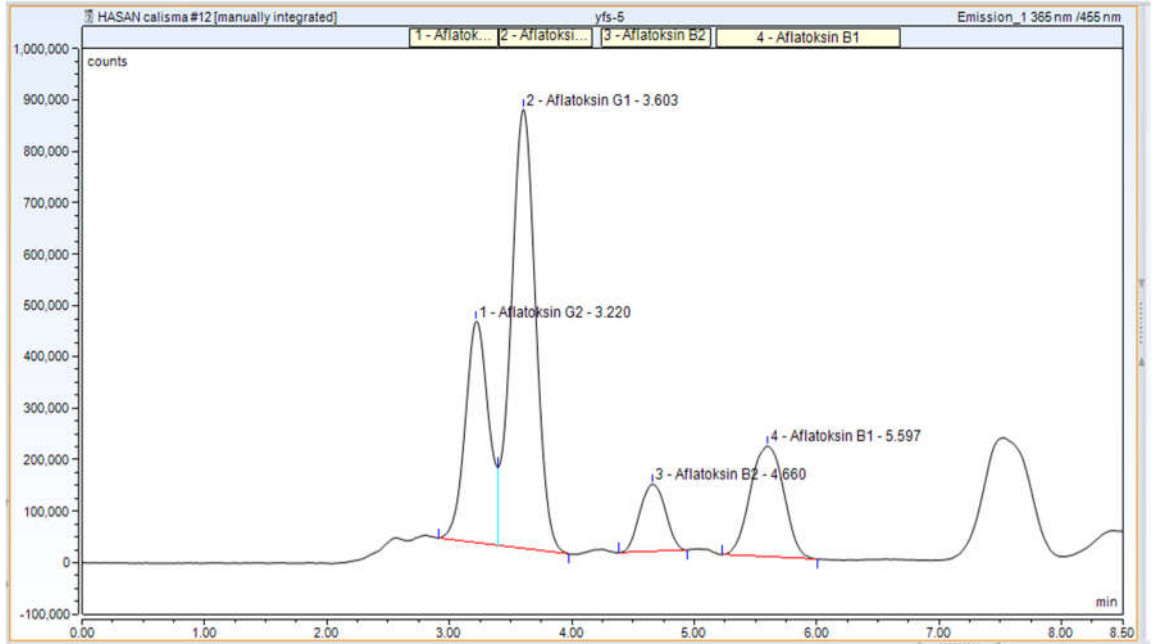
Ek 14. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-3 aflatoksin piki



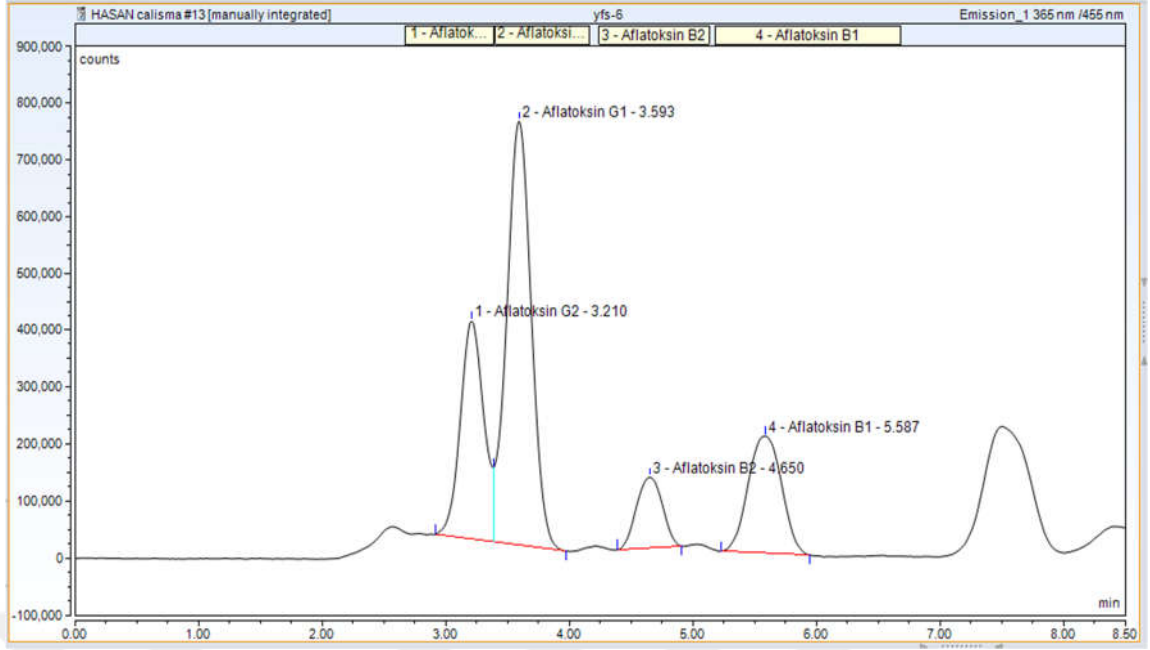
Ek 15. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-4 aflatoksin piki



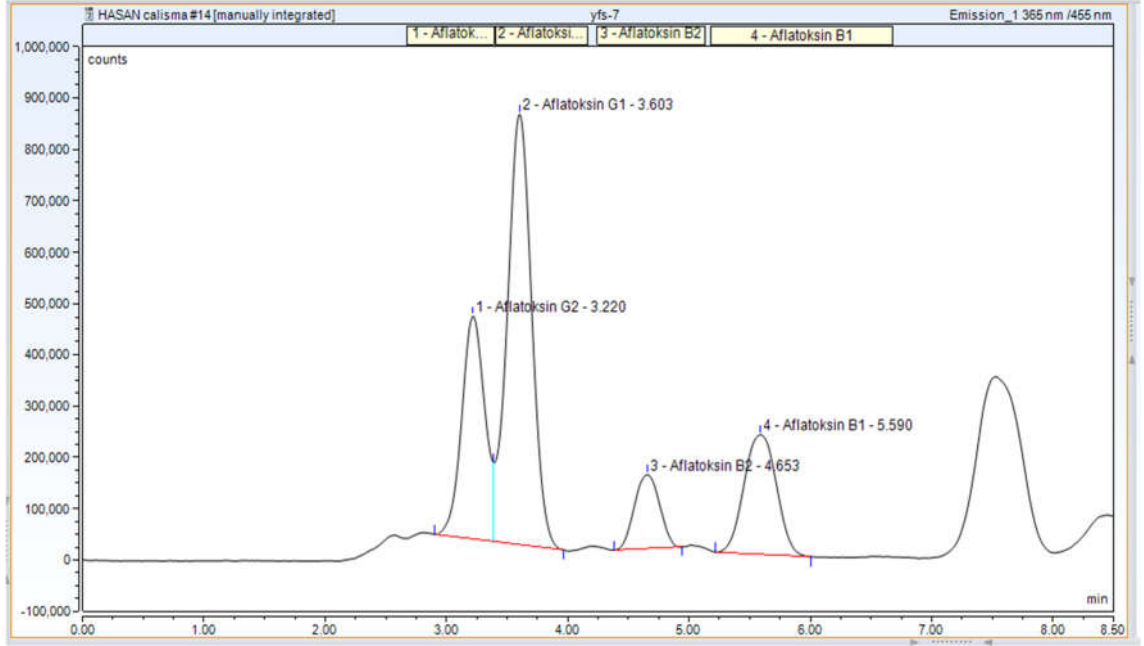
Ek 16. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-5 aflatoksin piki



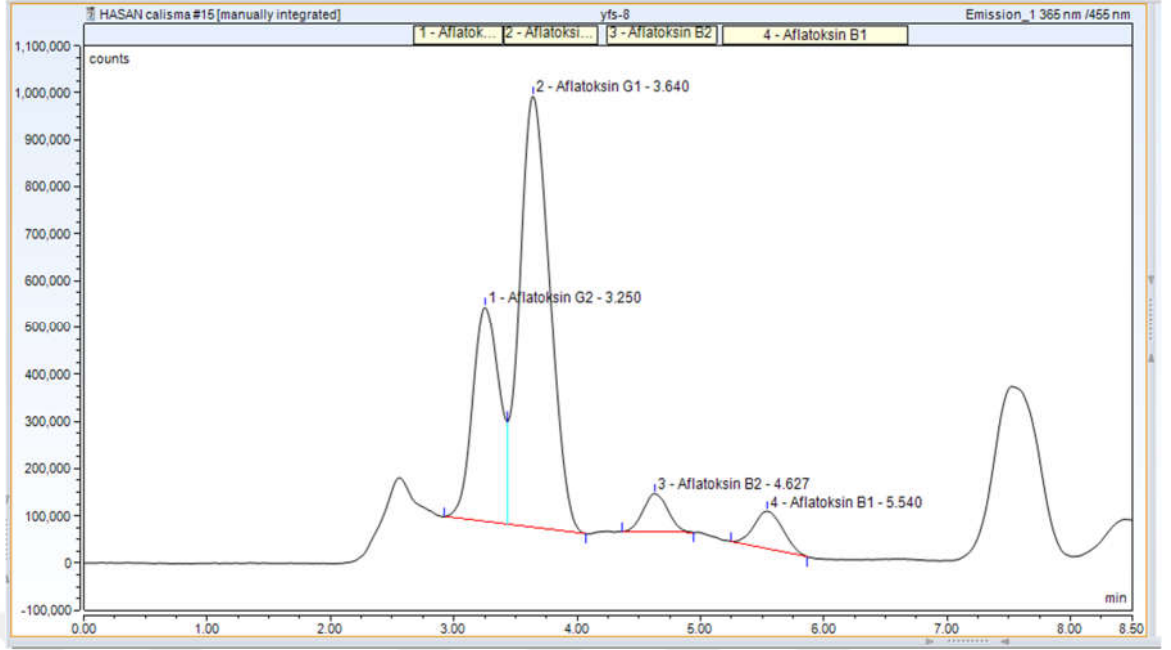
Ek 17. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-6 aflatoksin piki



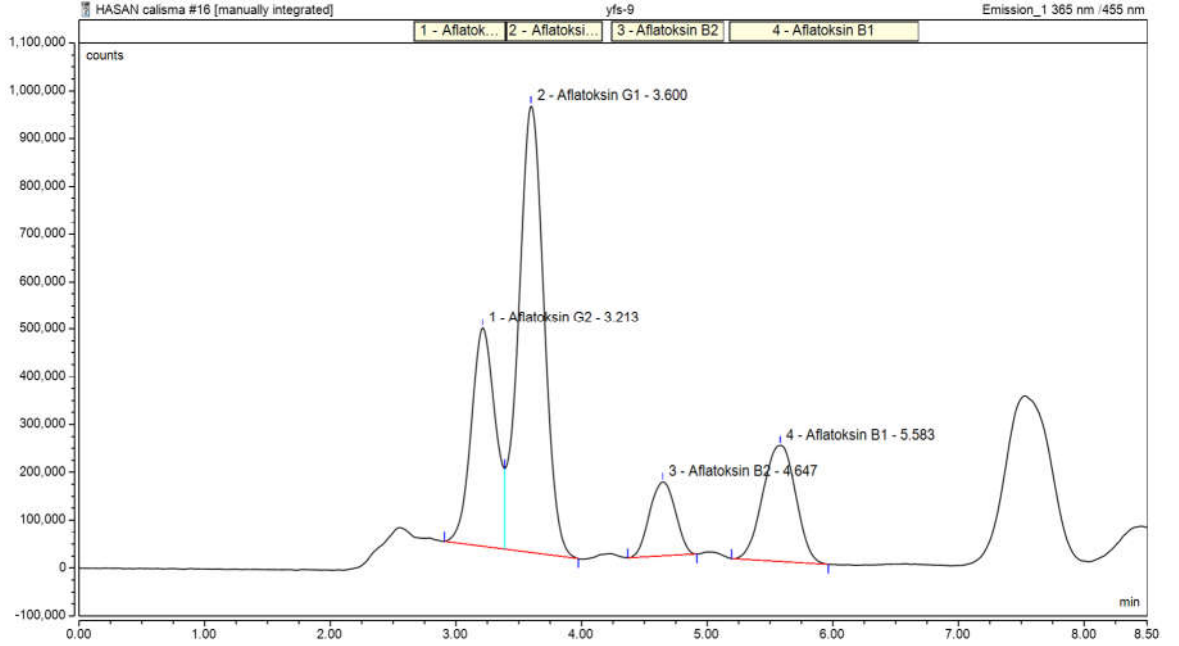
Ek 18. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-7 aflatoksin piki



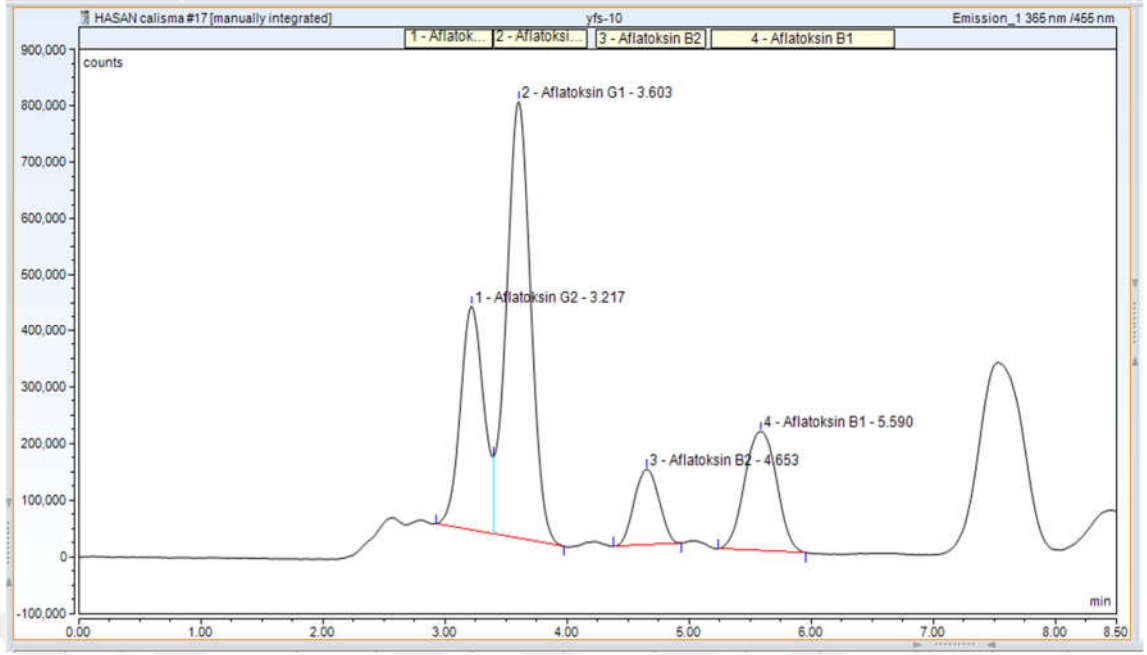
Ek 19. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-8 aflatoksin piki



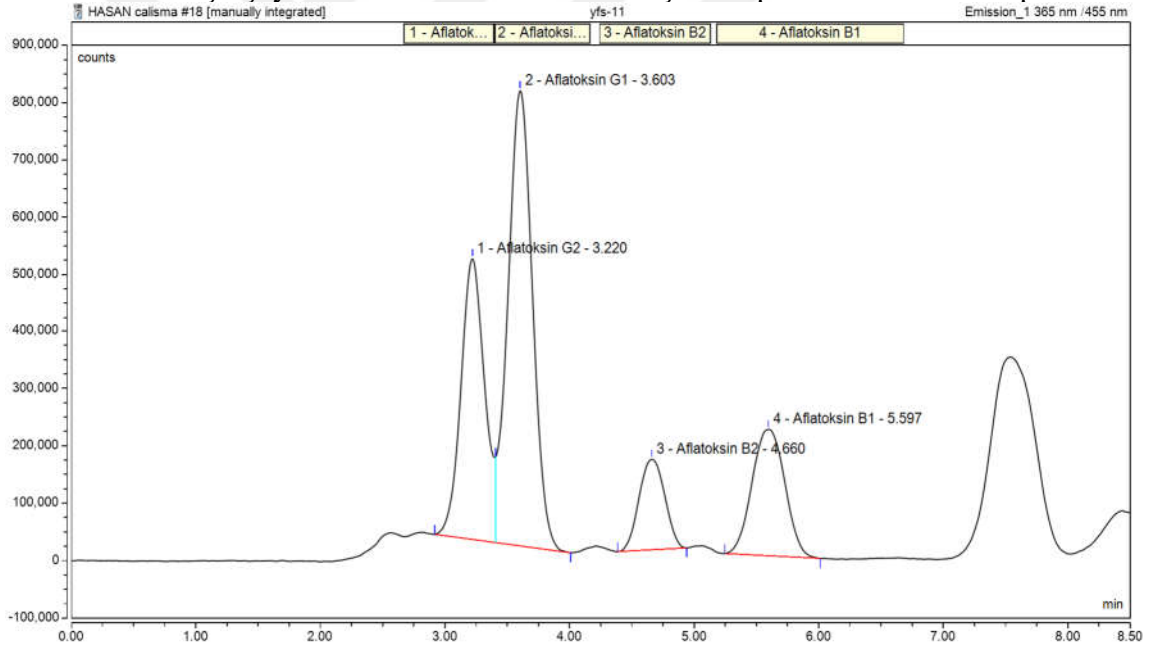
Ek 20. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-9 aflatoksin piki



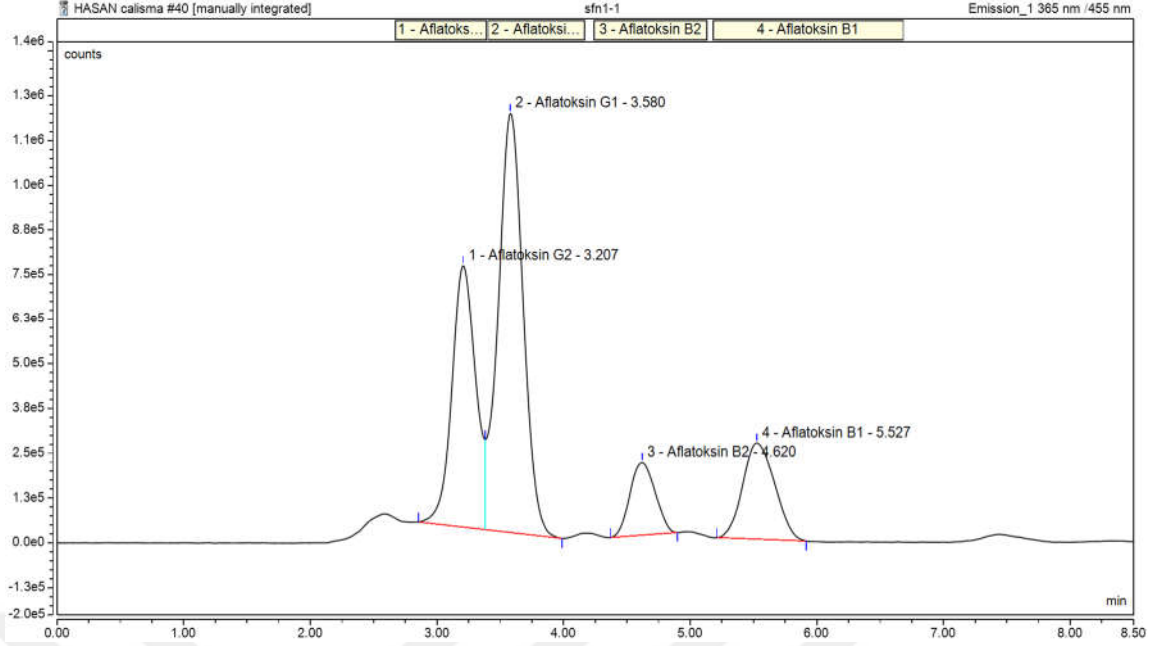
Ek 21. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-10 aflatoksin piki



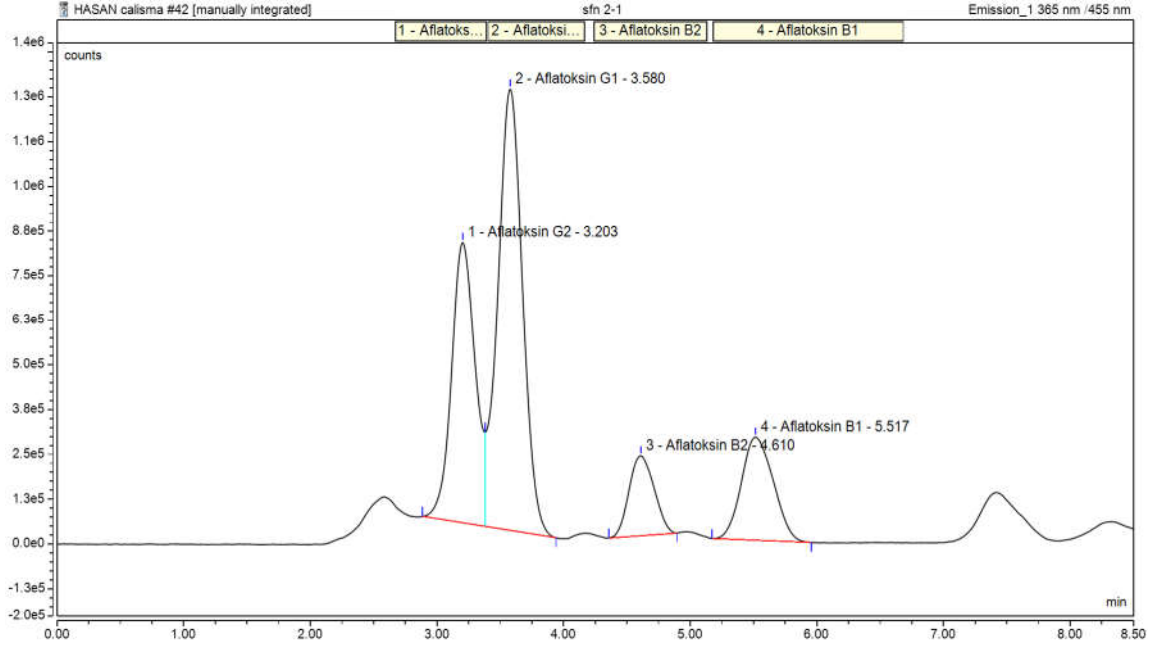
Ek 22. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-11 aflatoksin piki



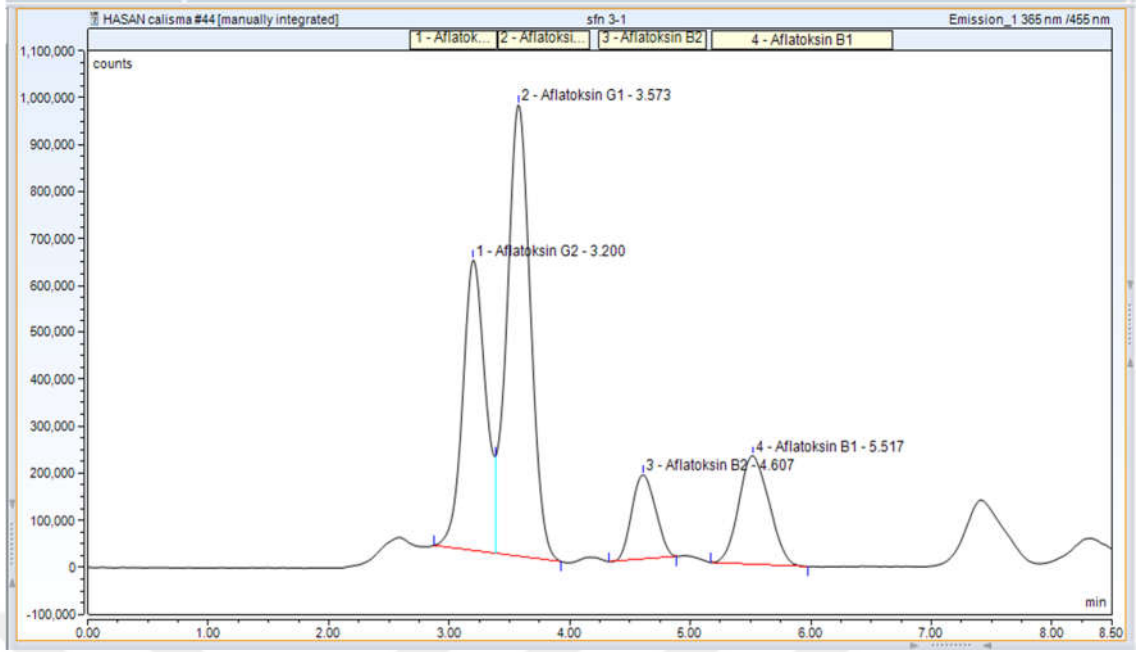
Ek 23. Siyah çay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-1 aflatoksin piki



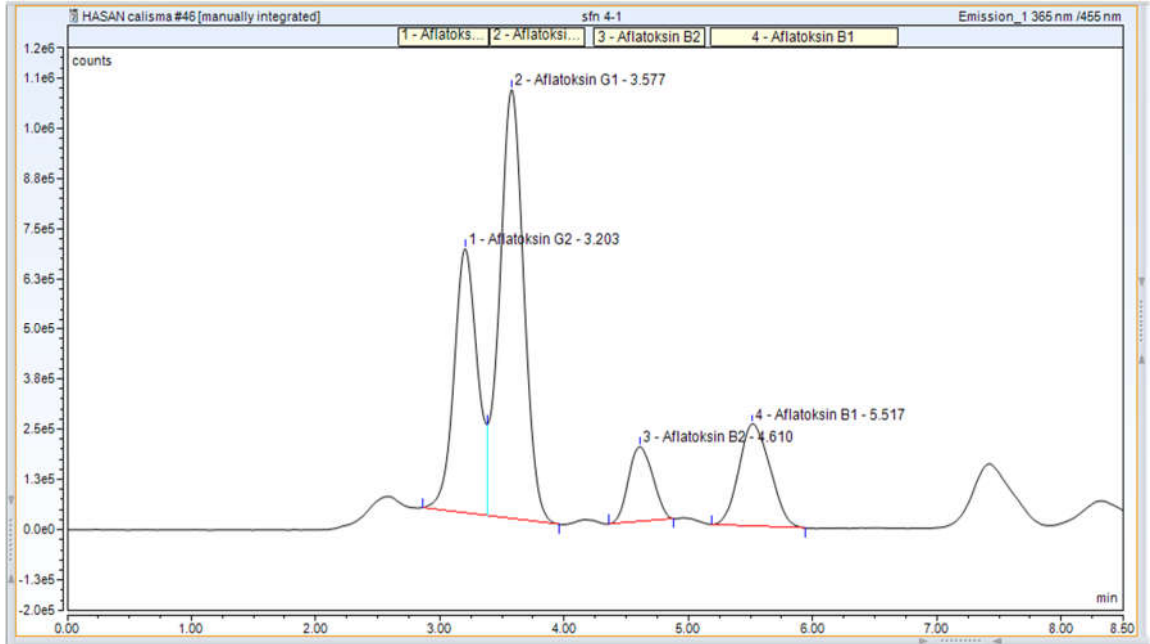
Ek 24. Siyah çay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-2 aflatoksin piki



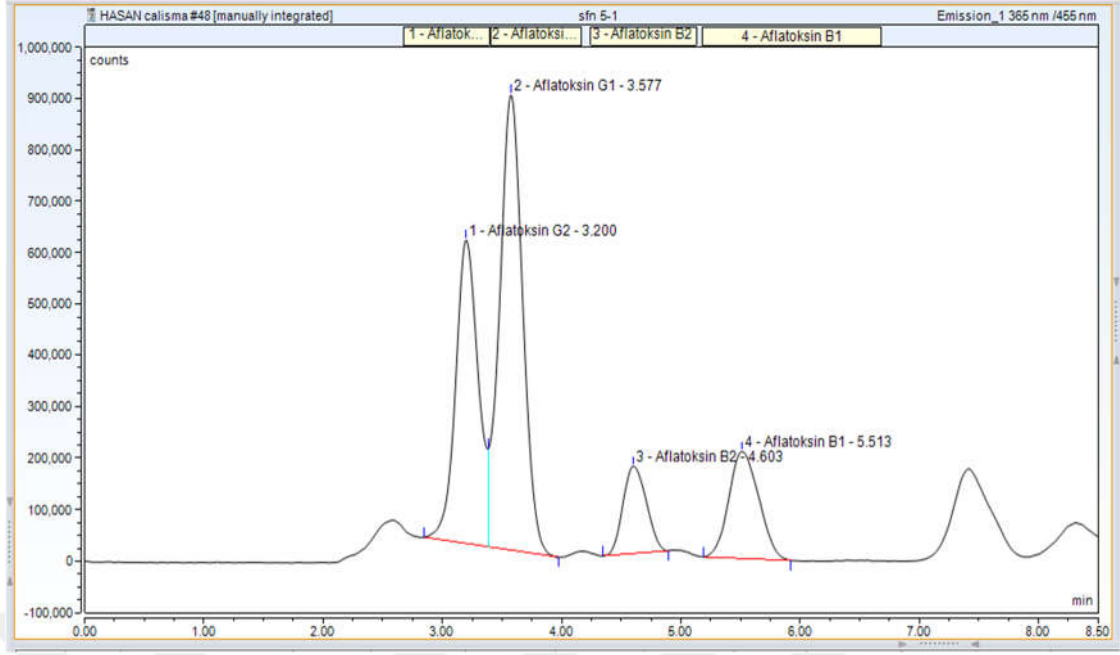
Ek 25. Siyah ay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-3 aflatoksin piki



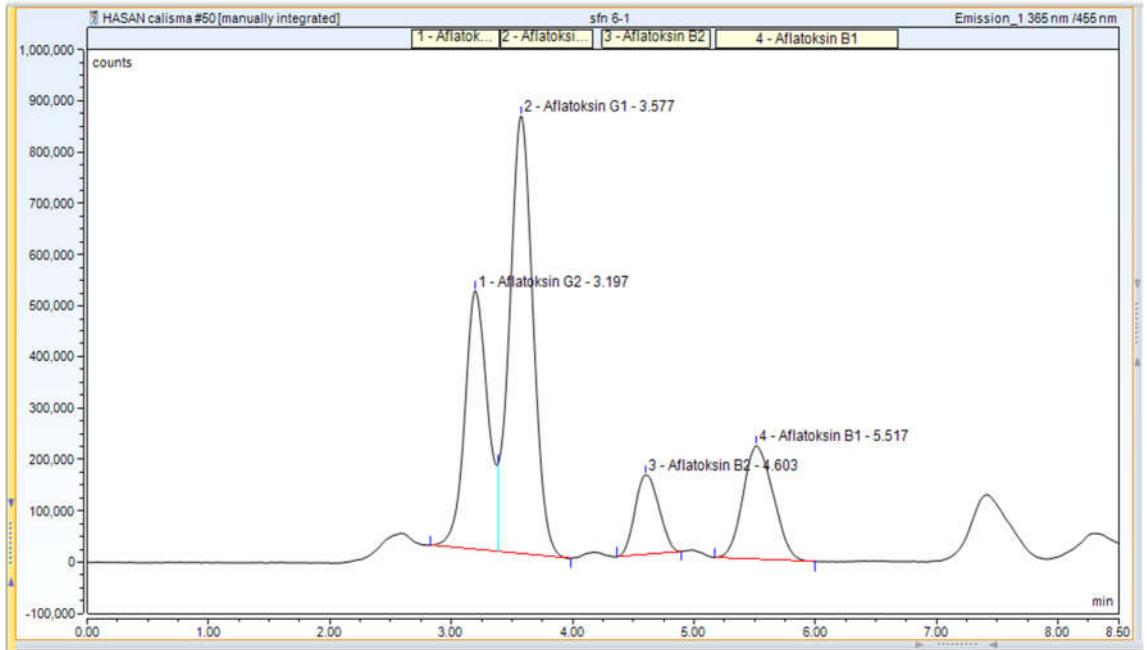
Ek 26. Siyah ay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-4 aflatoksin piki



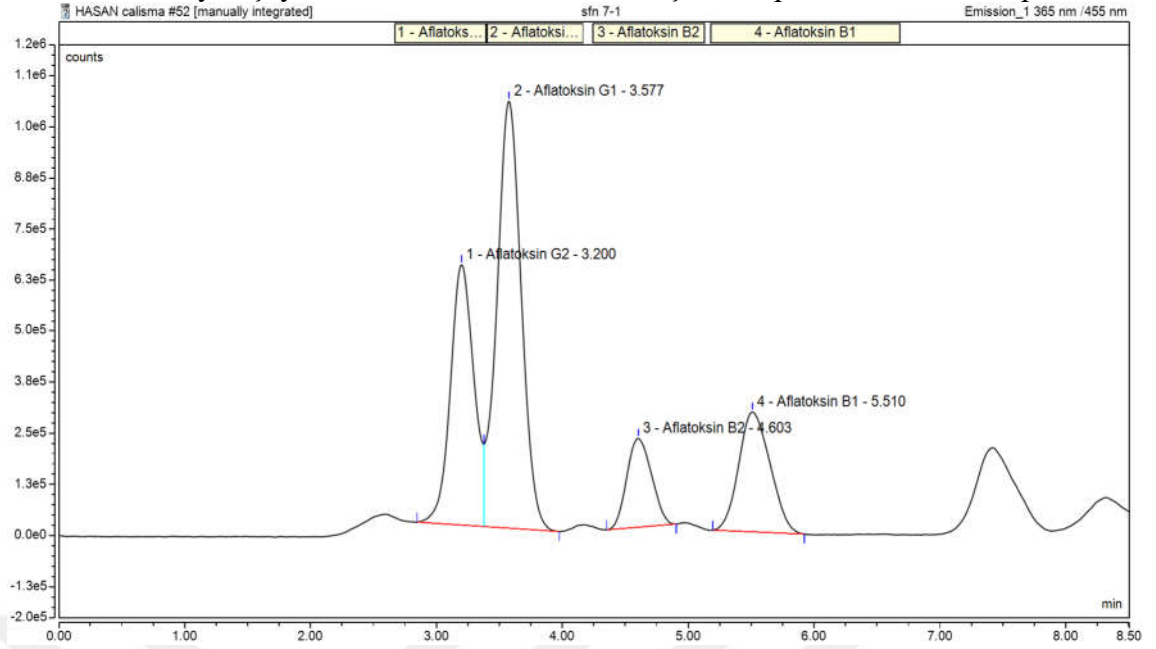
Ek 27. Siyah ay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-5 aflatoksin piki



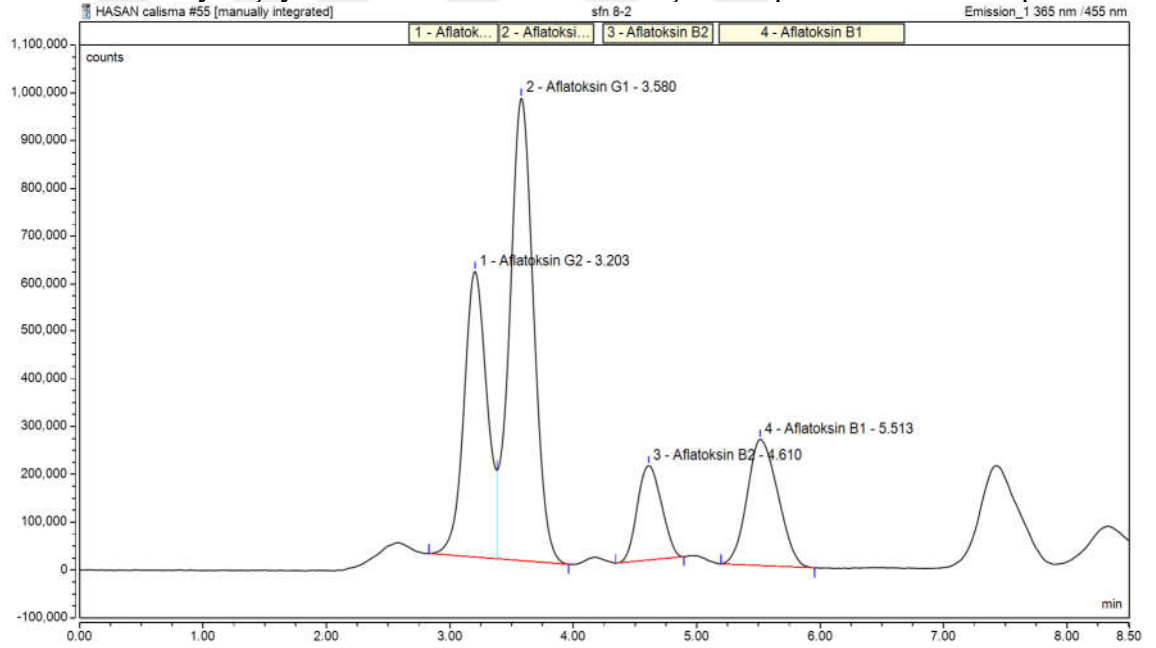
Ek 28. Siyah ay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-6 aflatoksin piki



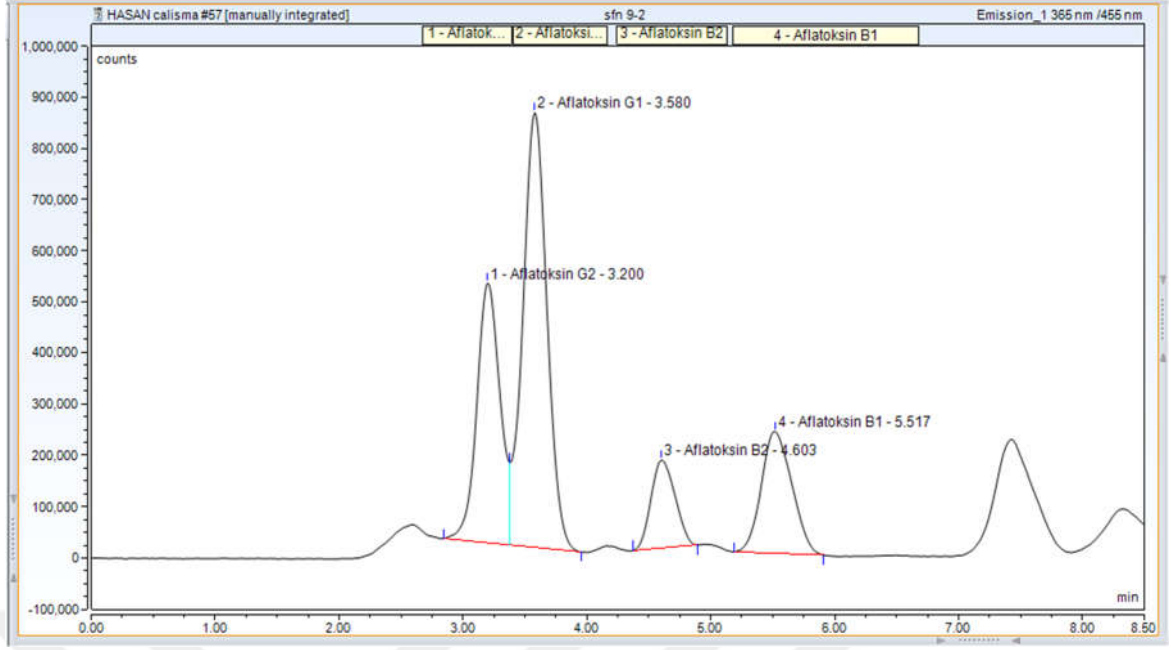
Ek 29. Siyah ay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-7 aflatoksin piki



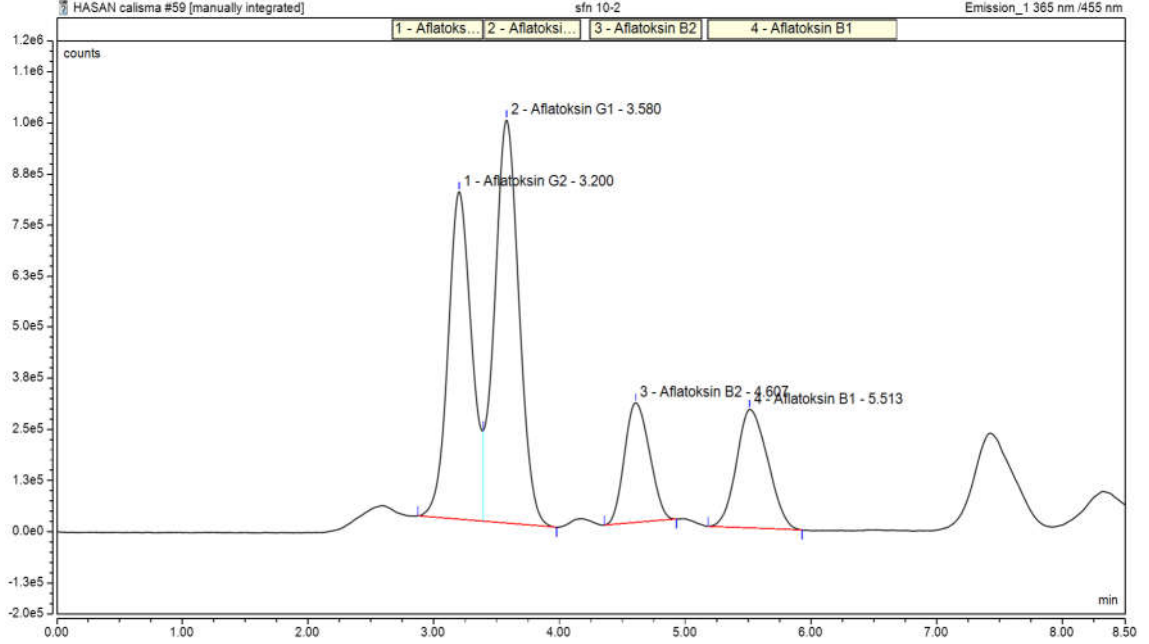
Ek 30. Siyah ay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-8 aflatoksin piki



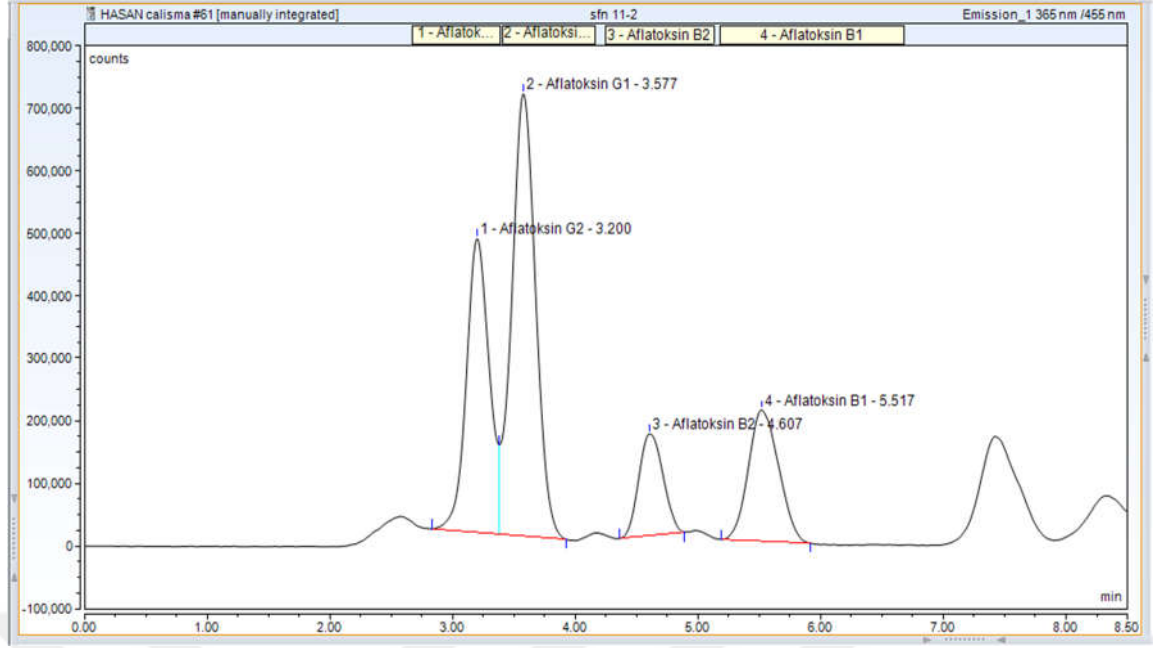
Ek 31. Siyah çay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-9 aflatoksin piki



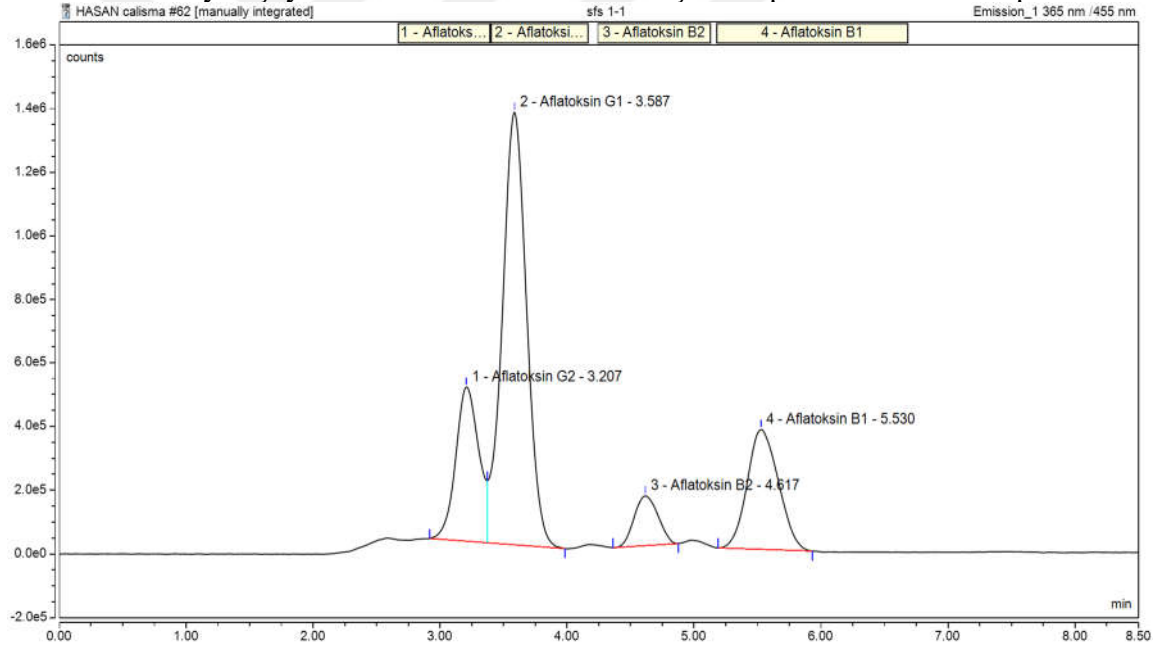
Ek 32. Siyah çay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-10 aflatoksin piki



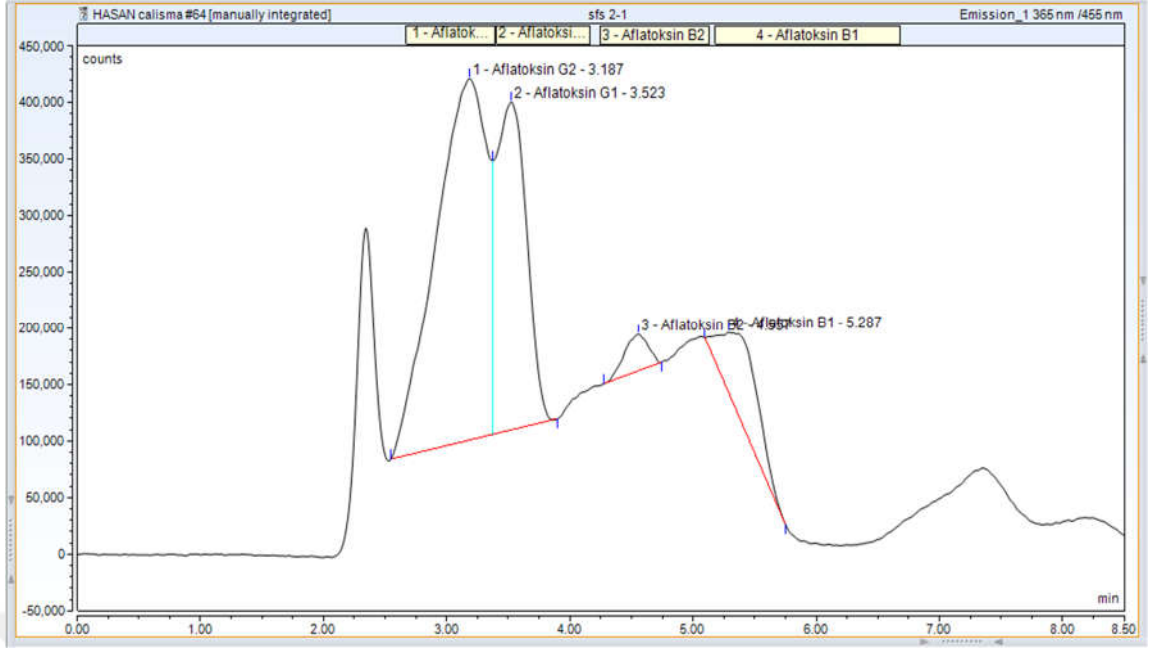
Ek 33. Siyah ay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-11 aflatoksin piki



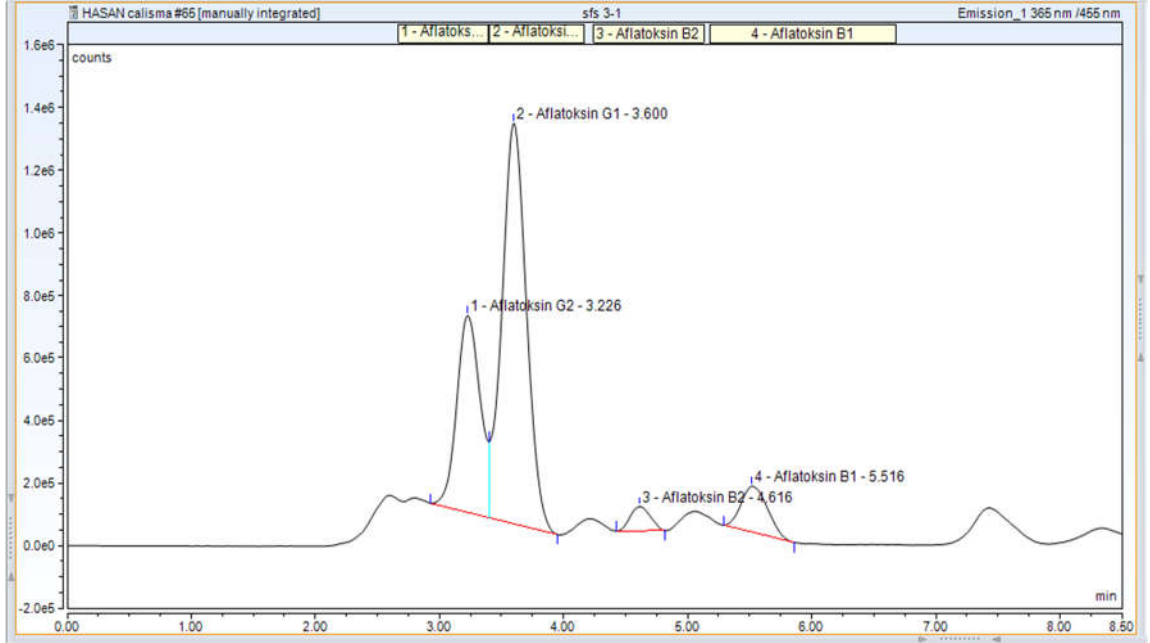
Ek 34. Siyah ay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-1 aflatoksin piki



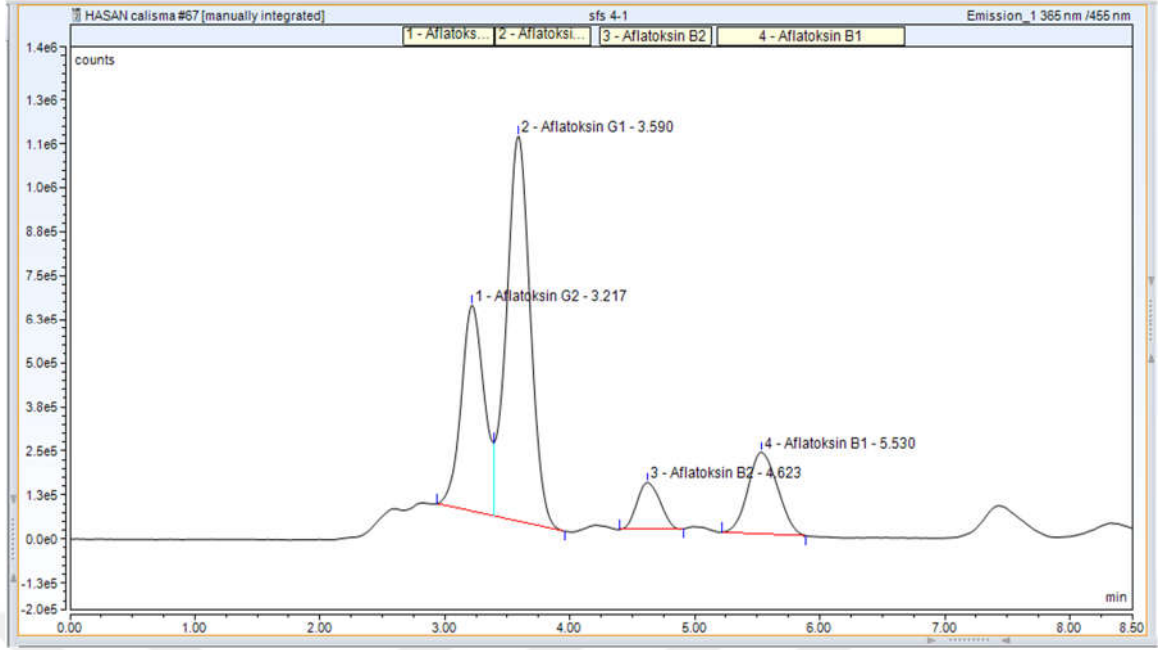
Ek 35. Siyah ay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-2 aflatoksin piki



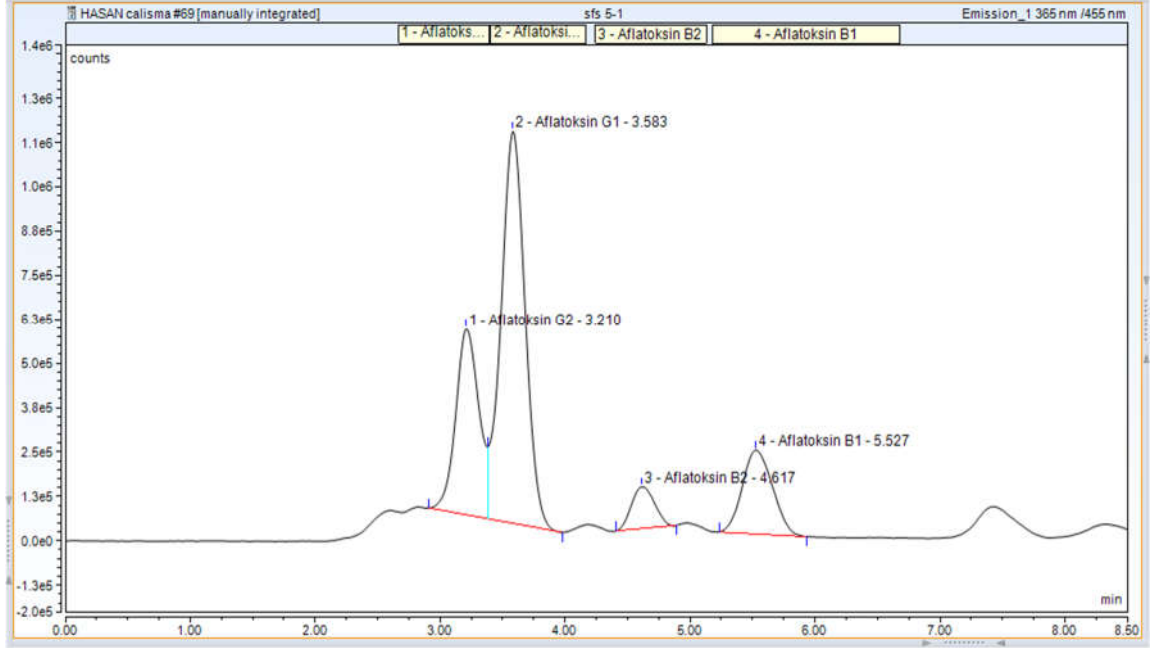
Ek 36. Siyah ay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-3 aflatoksin piki



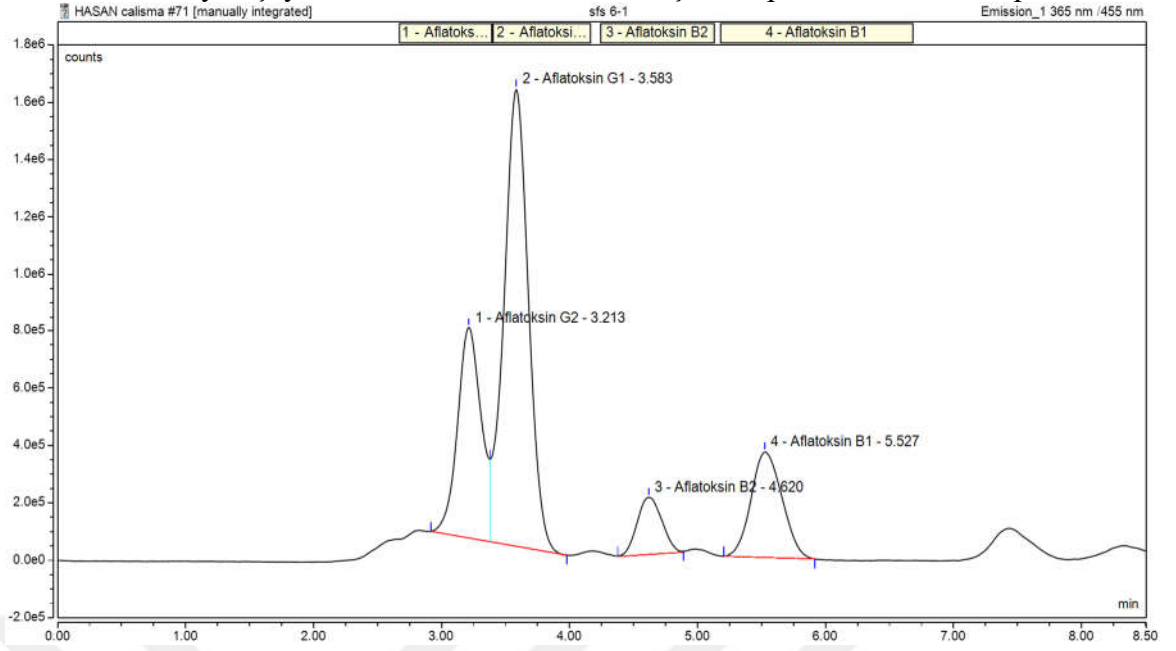
Ek 37. Siyah ay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-4 aflatoksin piki



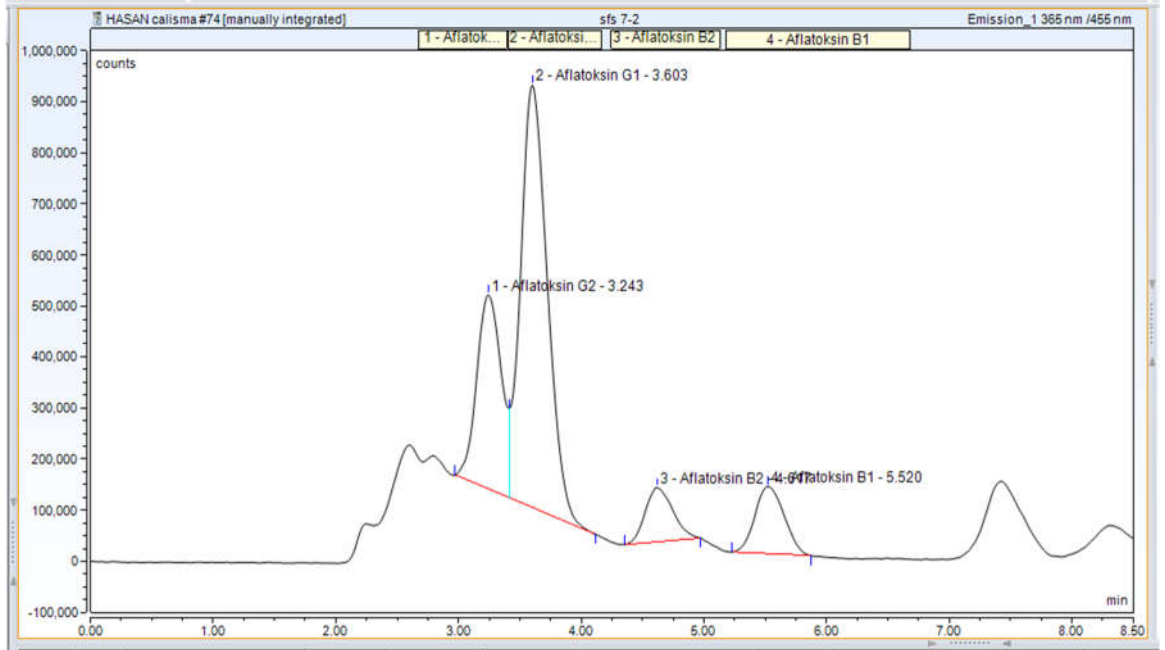
Ek 38. Siyah ay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-5 aflatoksin piki



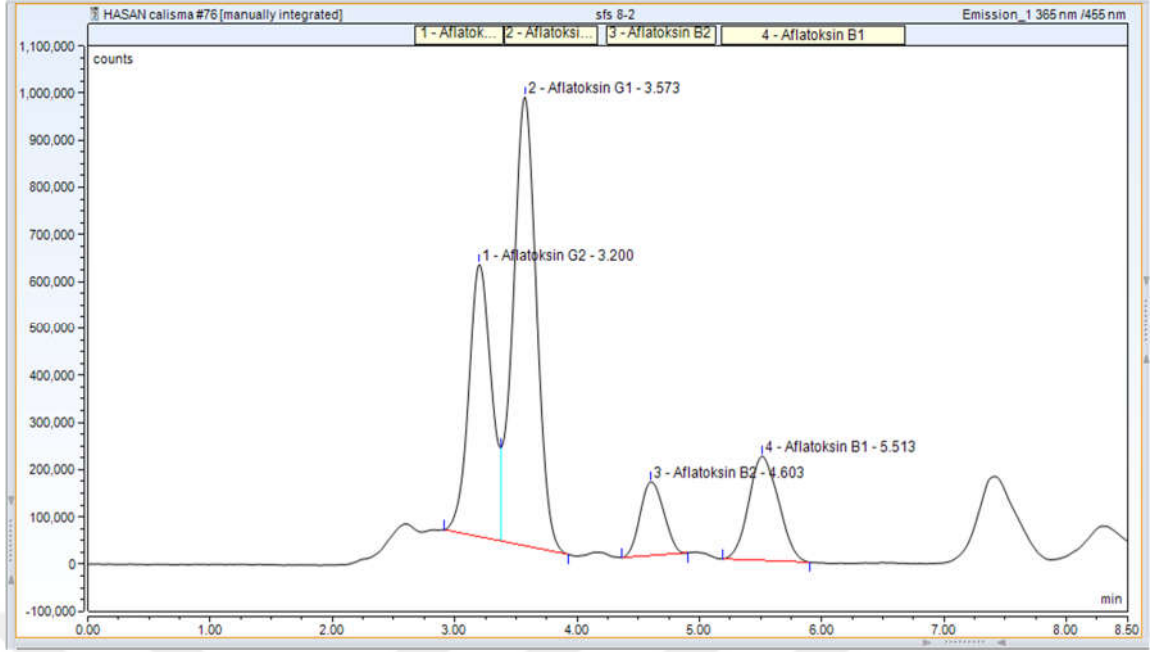
Ek 39. Siyah ay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-6 aflatoksin piki



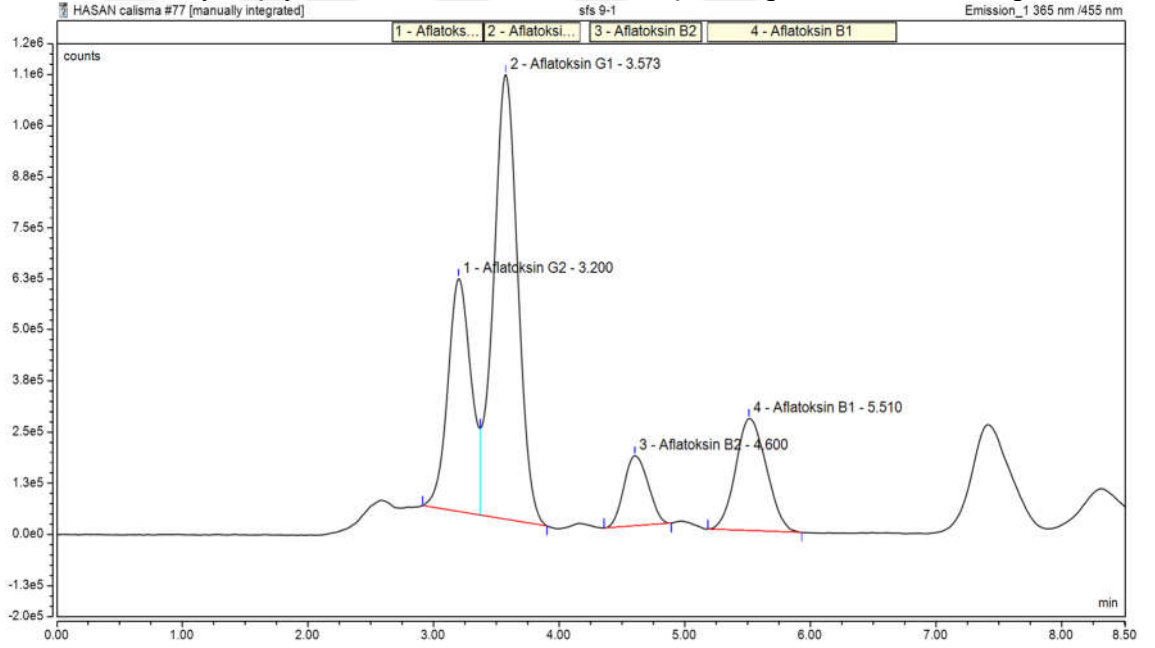
Ek 40. Siyah ay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-7 aflatoksin piki



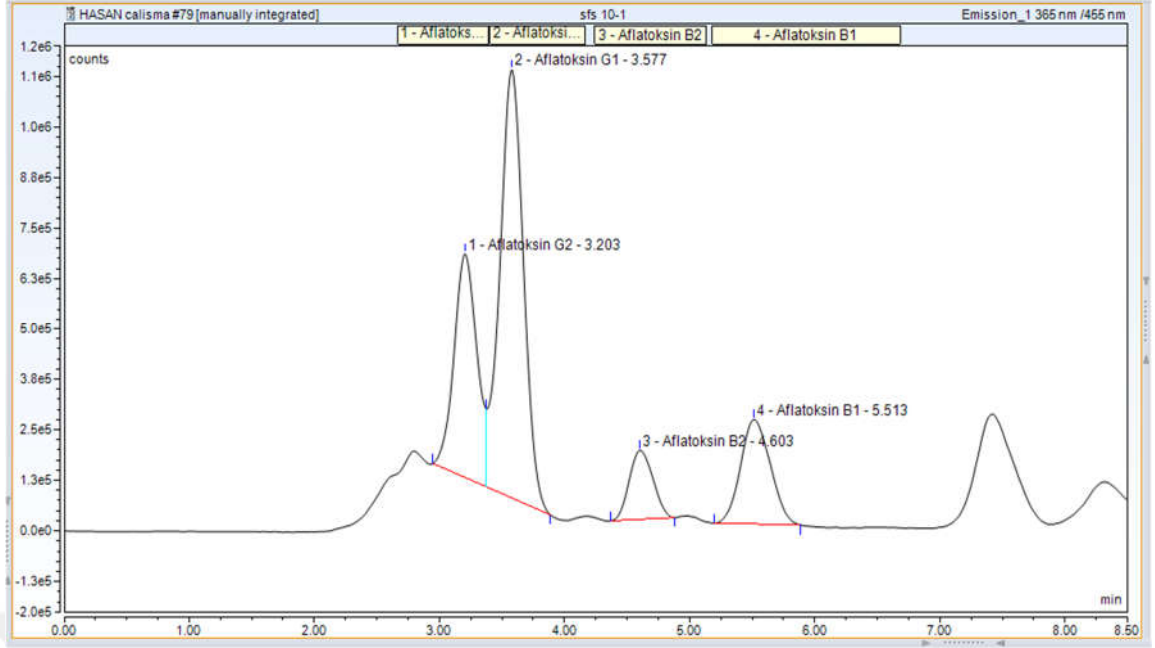
Ek 41. Siyah ay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-8 aflatoksin piki



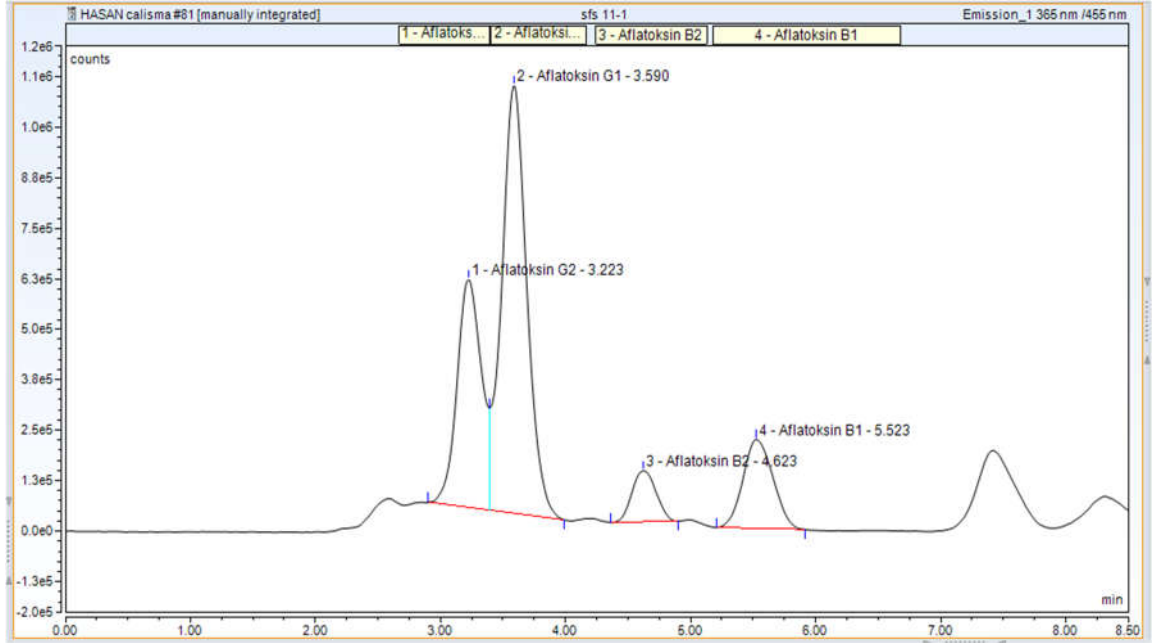
Ek 42. Siyah ay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-9 aflatoksin piki



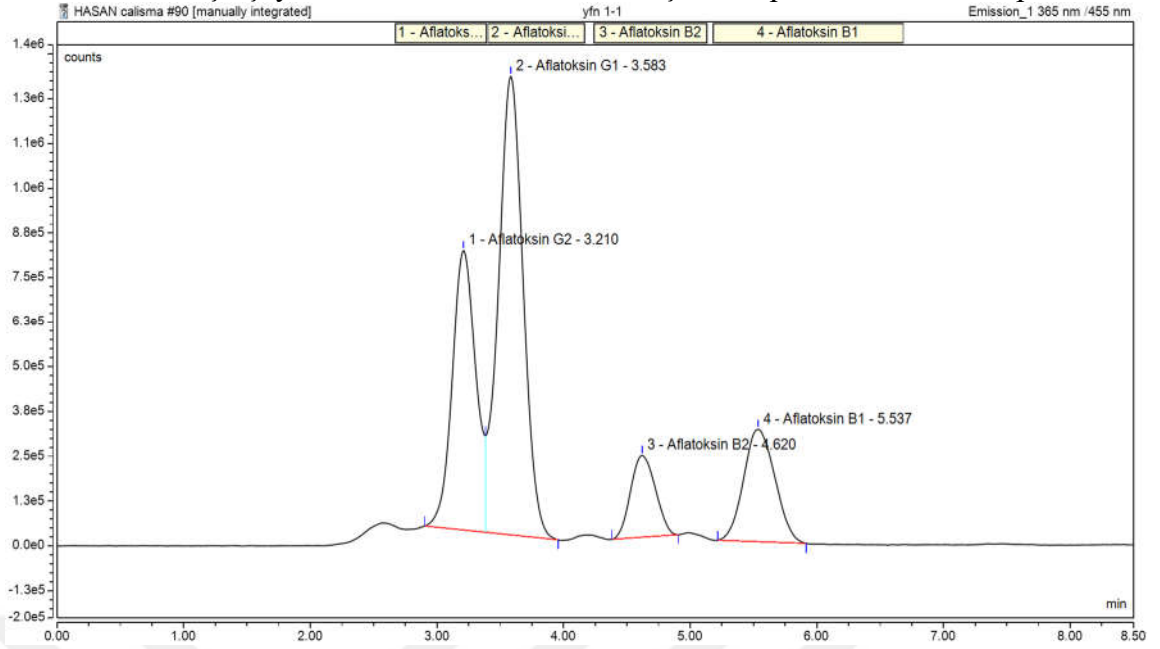
Ek 43. Siyah çay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-10 aflatoksin piki



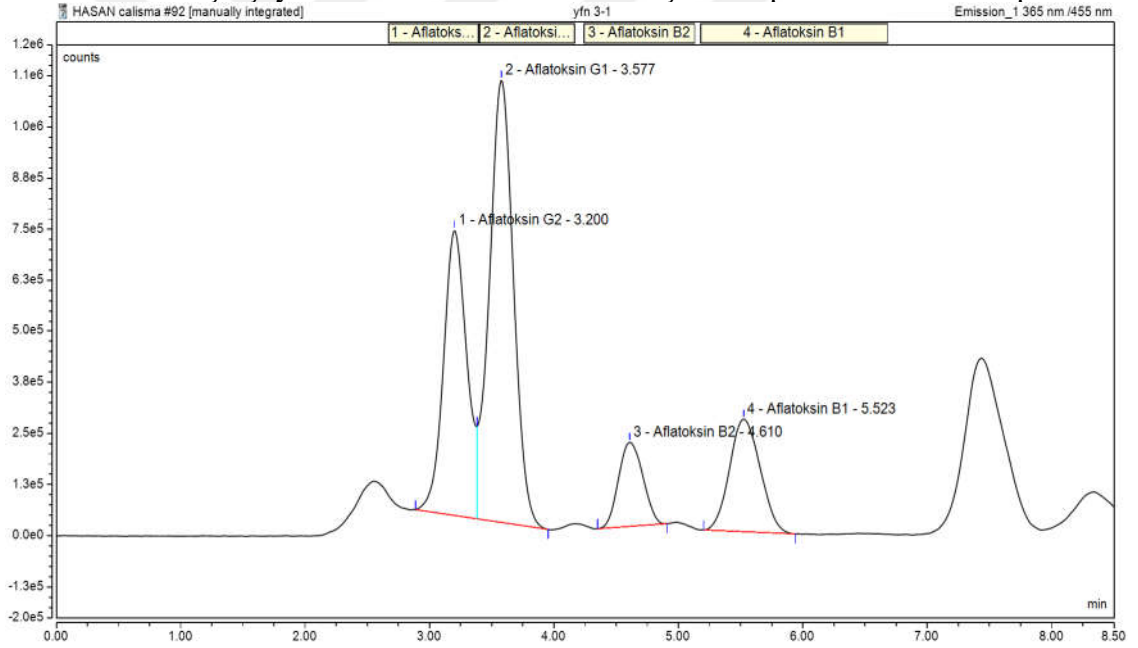
Ek 44. Siyah çay ekstraktı ile muamele edilmiş fıstık püresi-11 aflatoksin piki



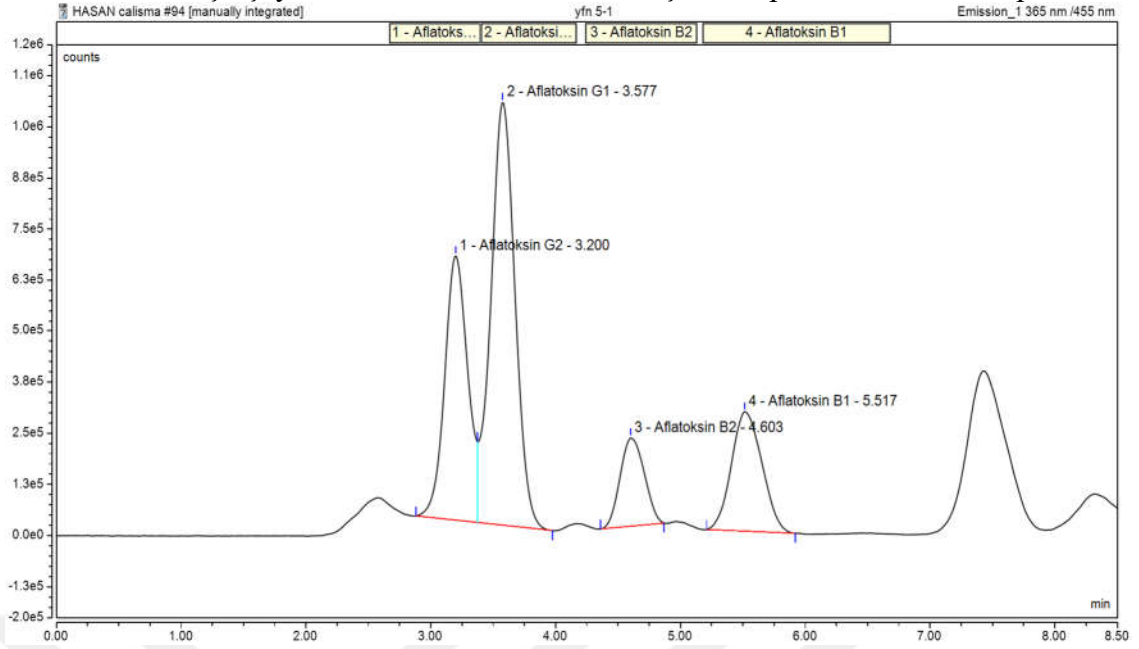
Ek 45. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-1 aflatoksin piki



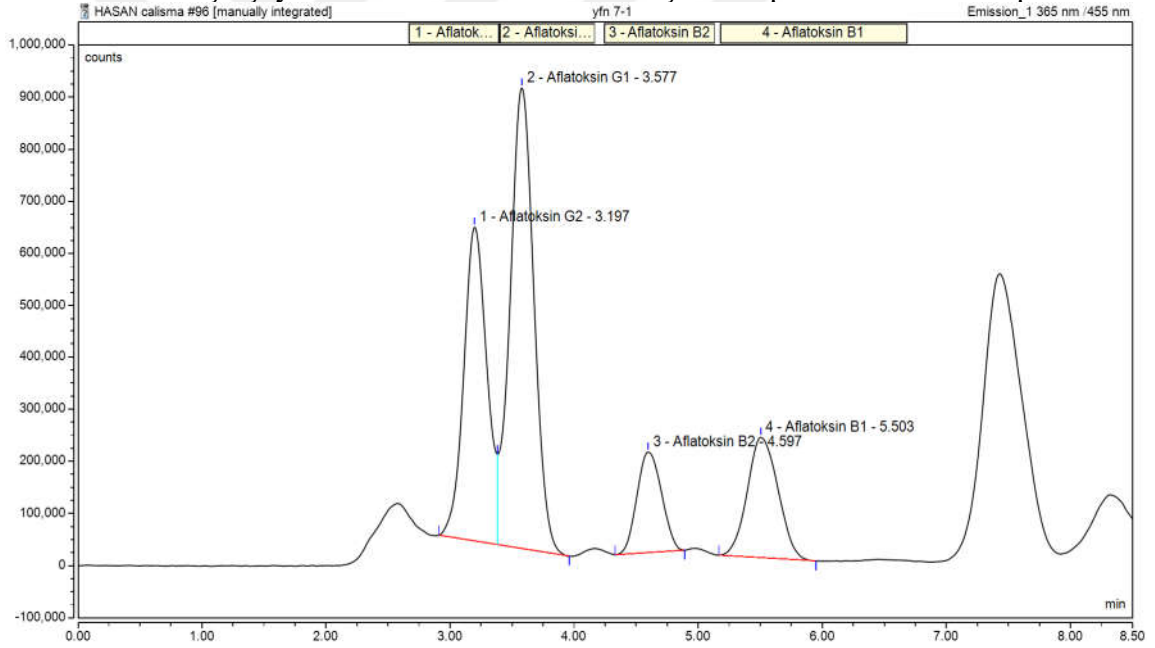
Ek 46. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-3 aflatoksin piki



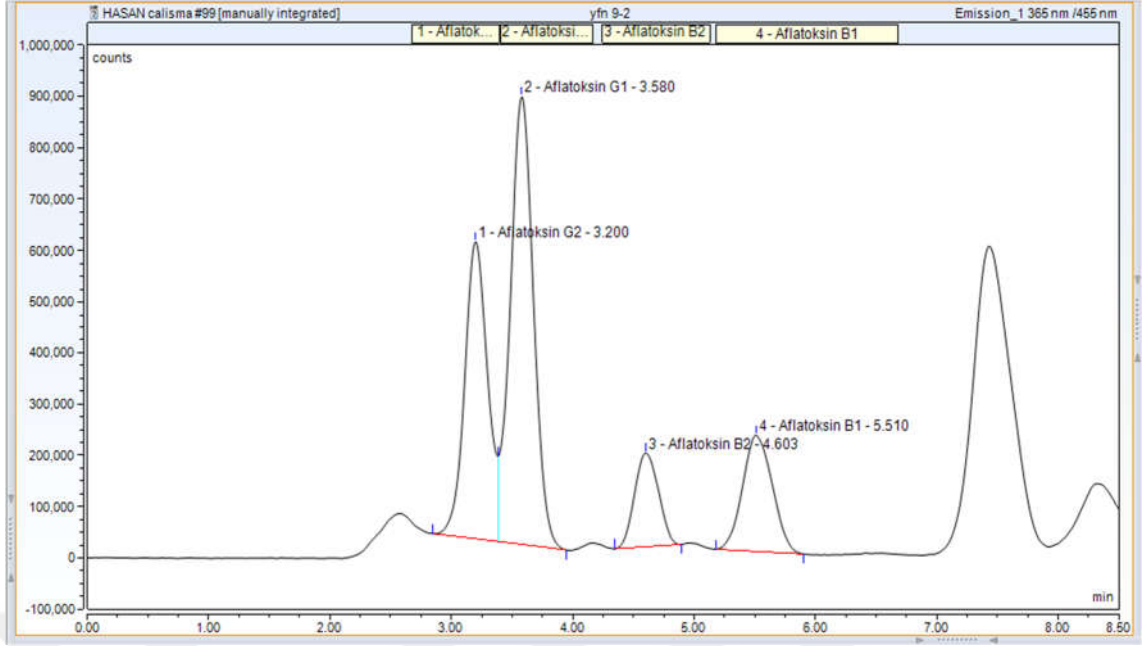
Ek 47. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-5 aflatoksin piki



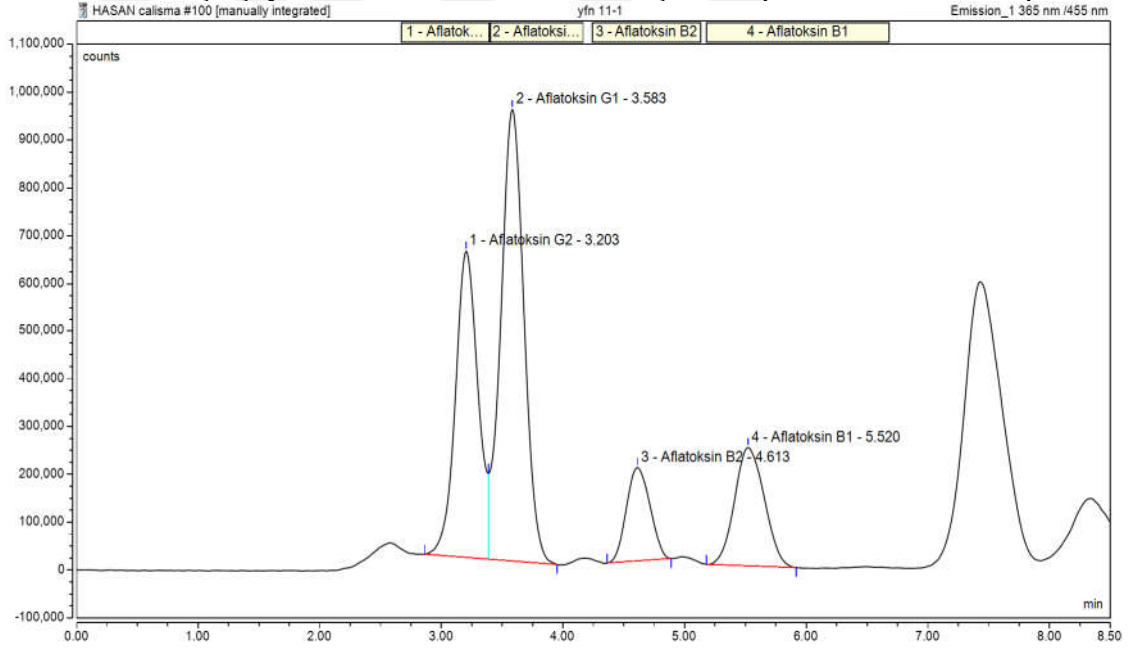
Ek 48. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-7 aflatoksin piki



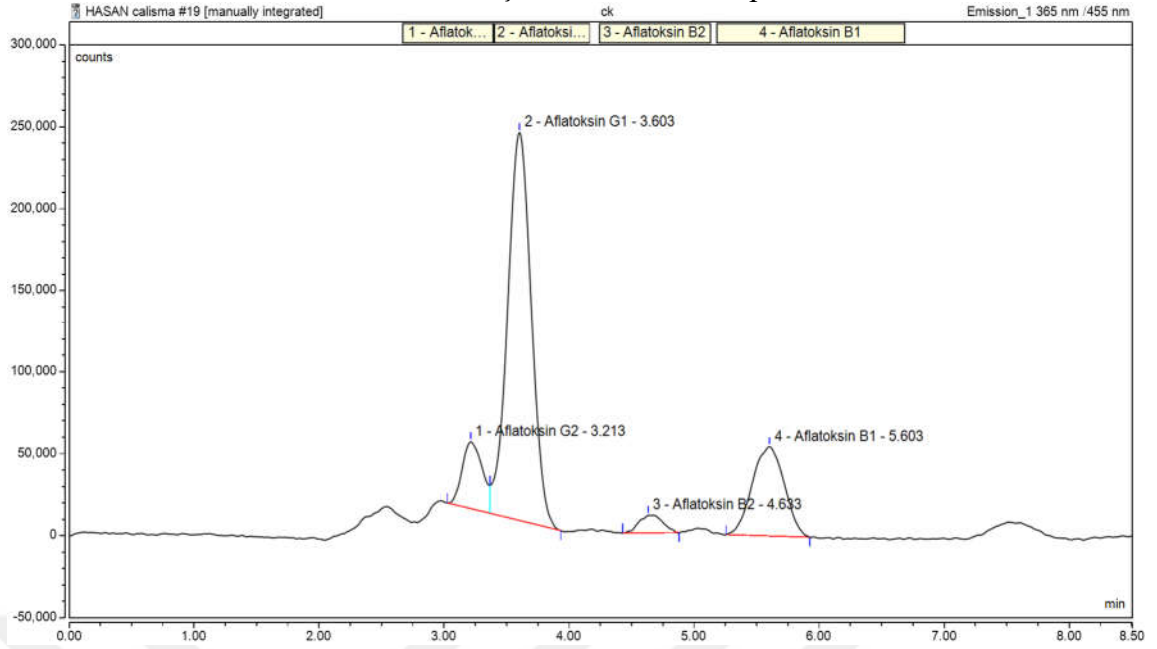
Ek 49. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-9 aflatoksin piki



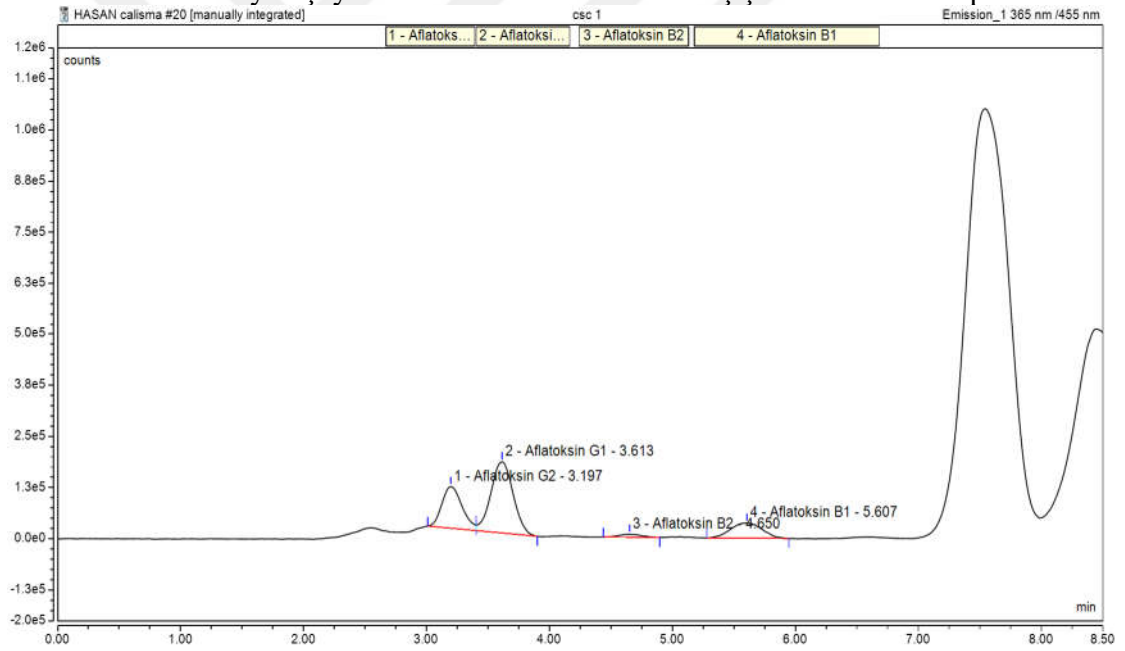
Ek 50. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-11 aflatoksin piki



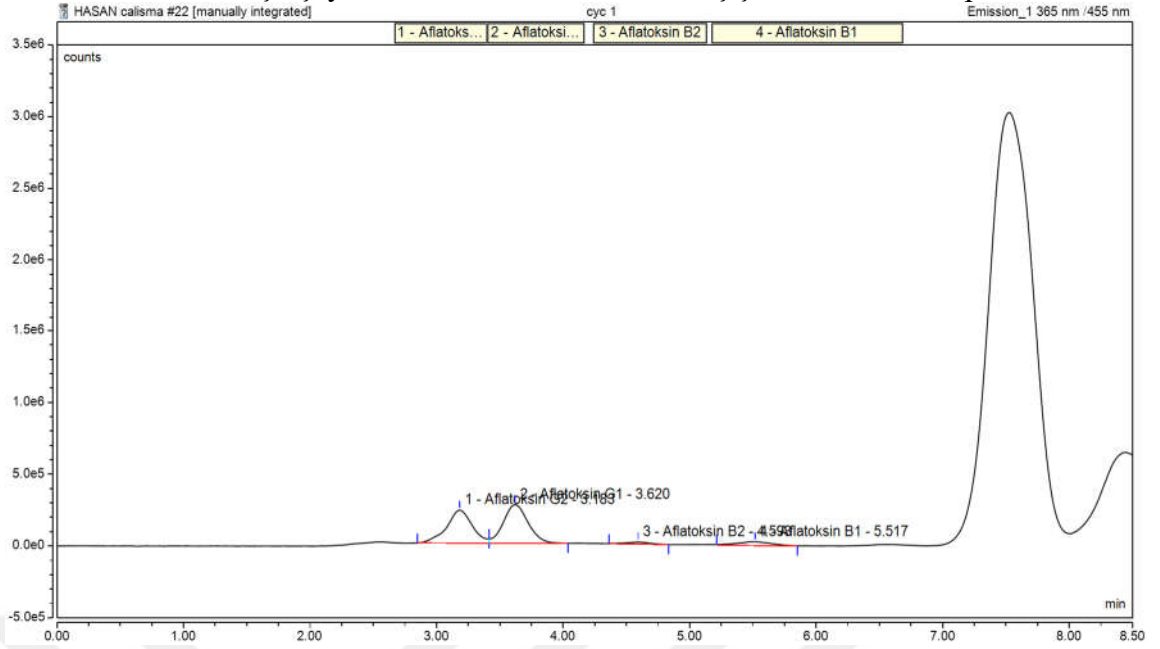
Ek 51. Kör çözeltisi aflatoksin piki



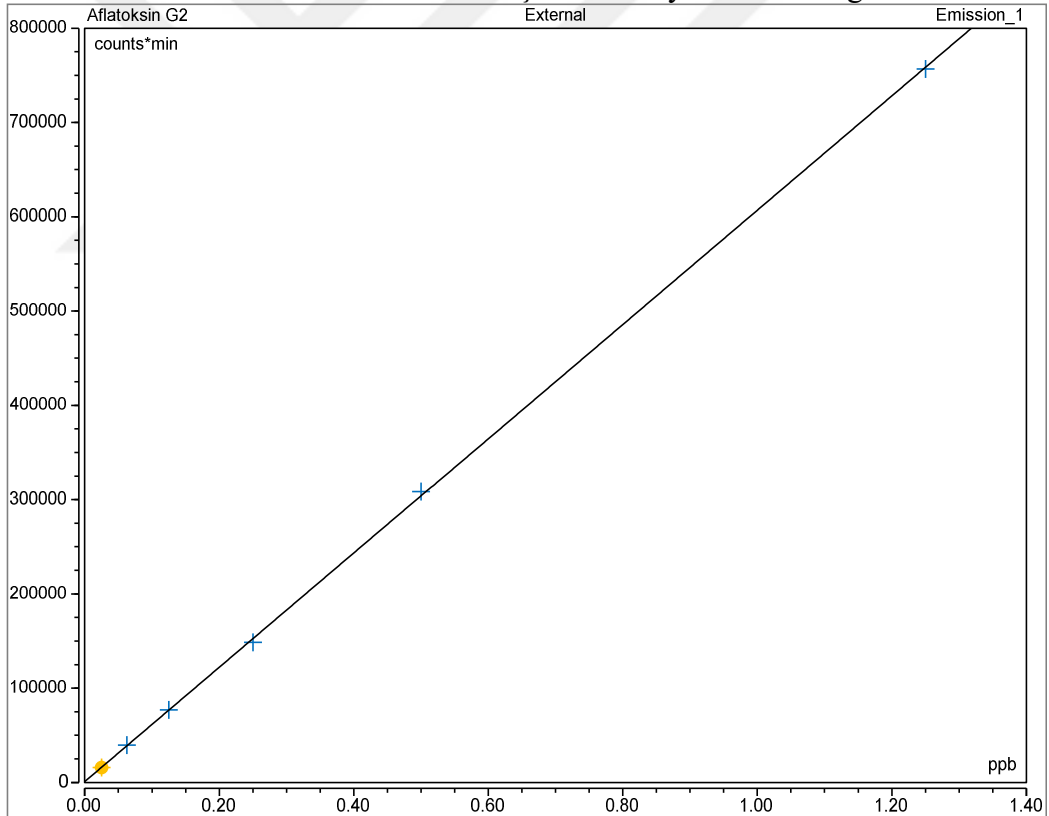
Ek 52. Siyah çay ekstraktı ile muamele edilmiş çözelti aflatoksin piki



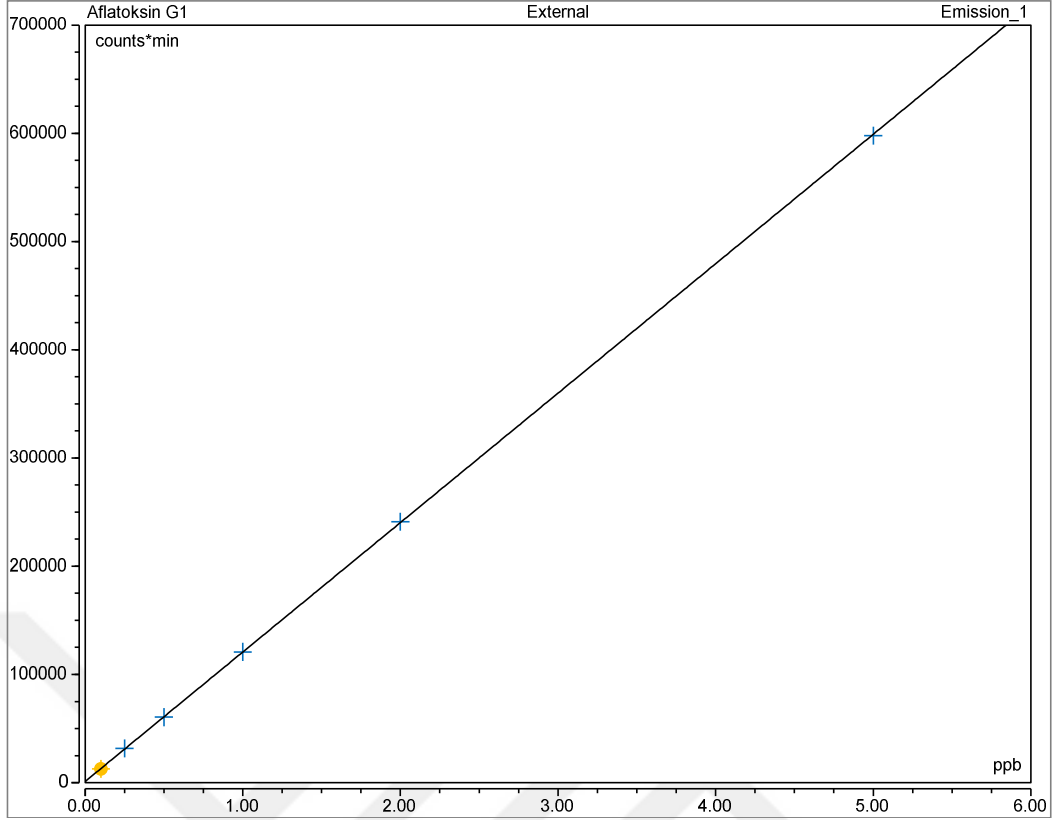
Ek 53. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş çözelti aflatoksin piki



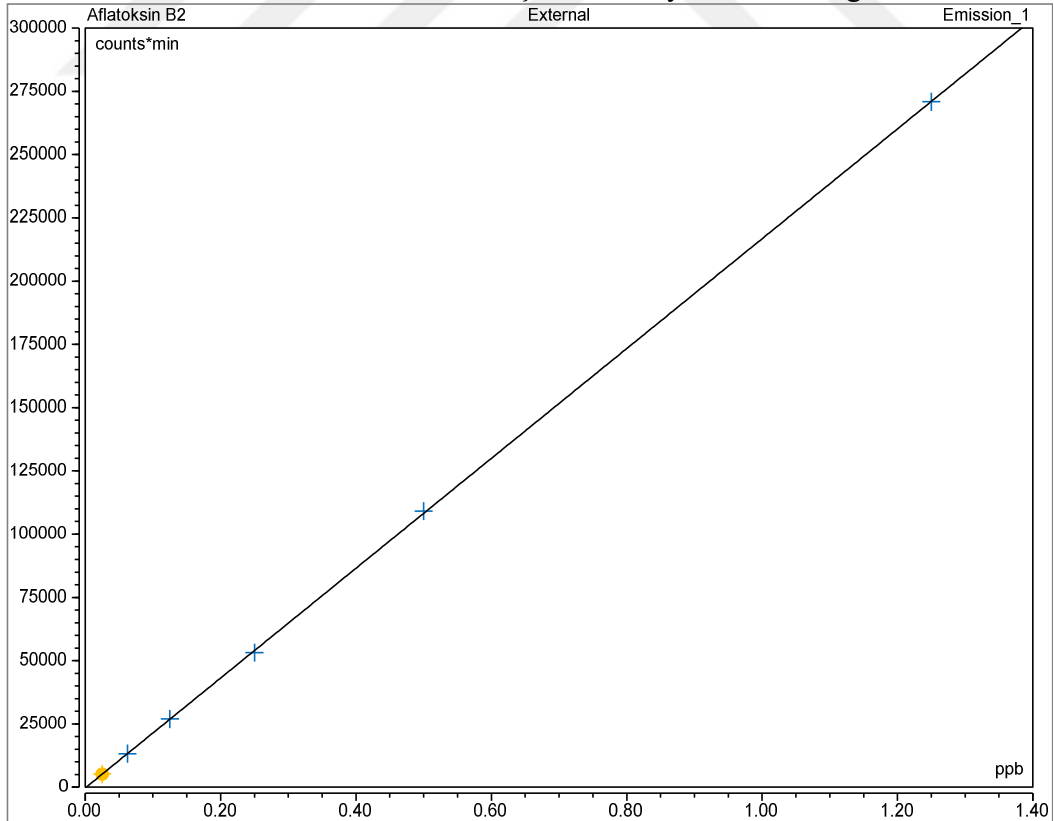
Ek 54. aflatoksin G₂ için kalibrasyon standart eğrisi



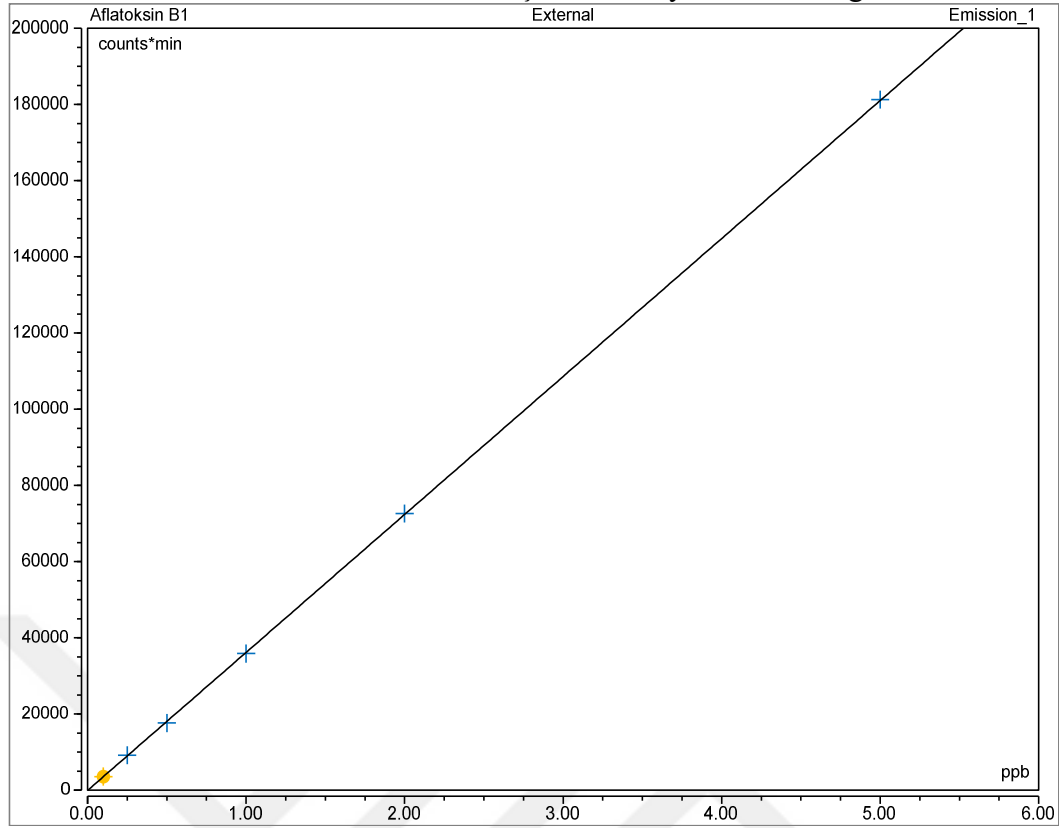
Ek 55. aflatoksin G₁ için kalibrasyon standart eğrisi



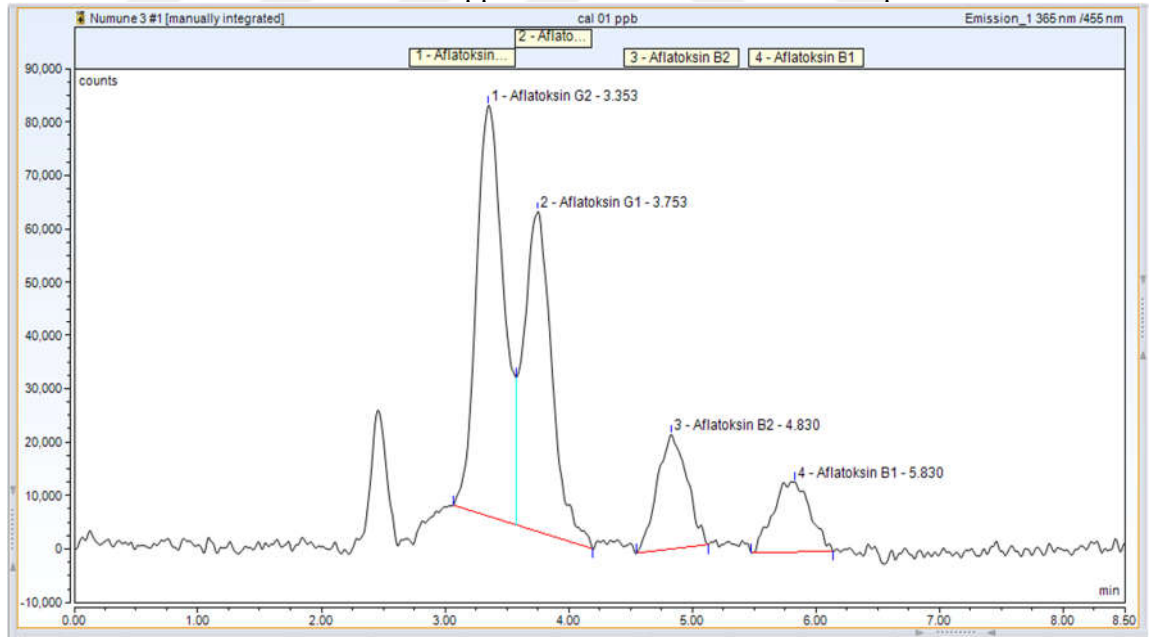
Ek 56. aflatoksin B₂ için kalibrasyon standart eğrisi



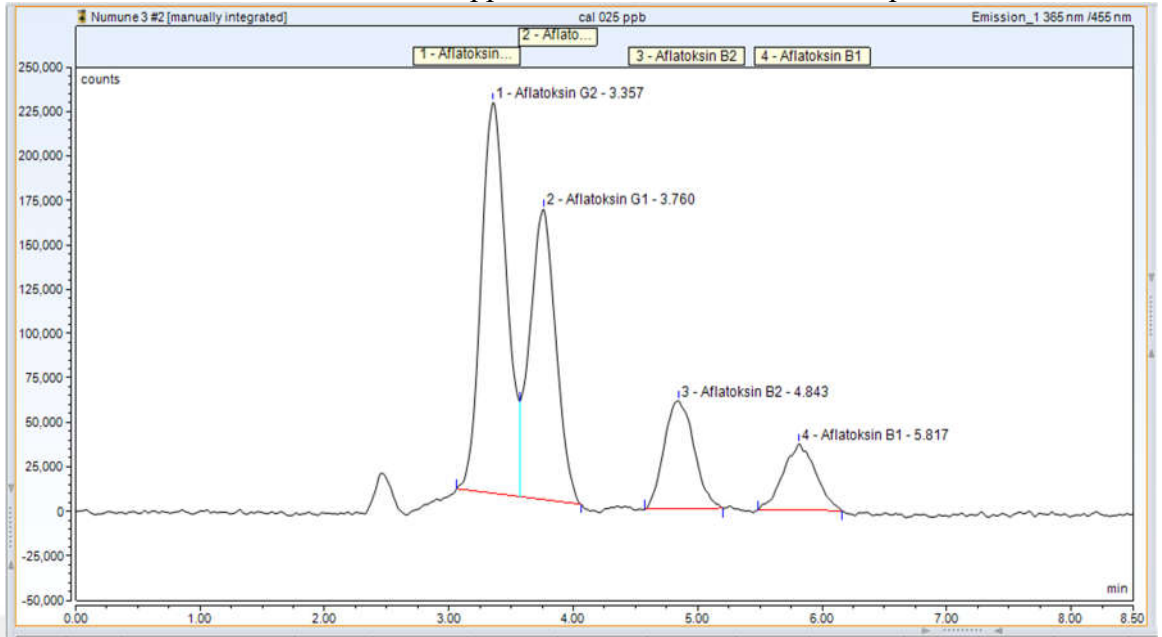
Ek 57. aflatoksin B₁ için kalibrasyon standart eğrisi



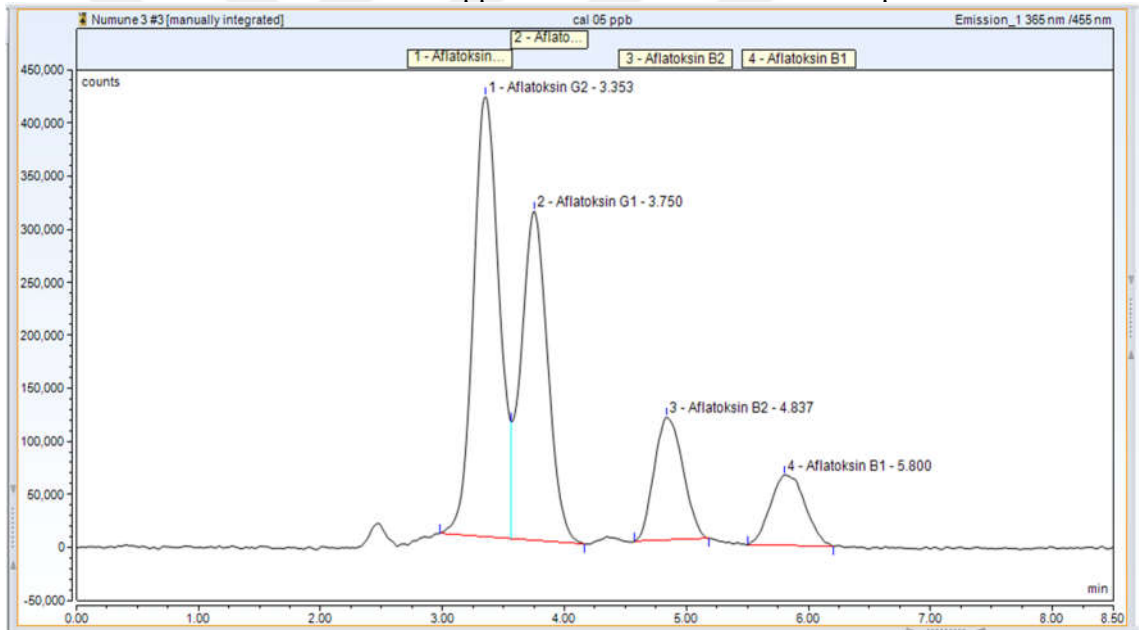
Ek 58. Cihaz 2 0.1 ppb aflatoksin B₁ standartına ait piki



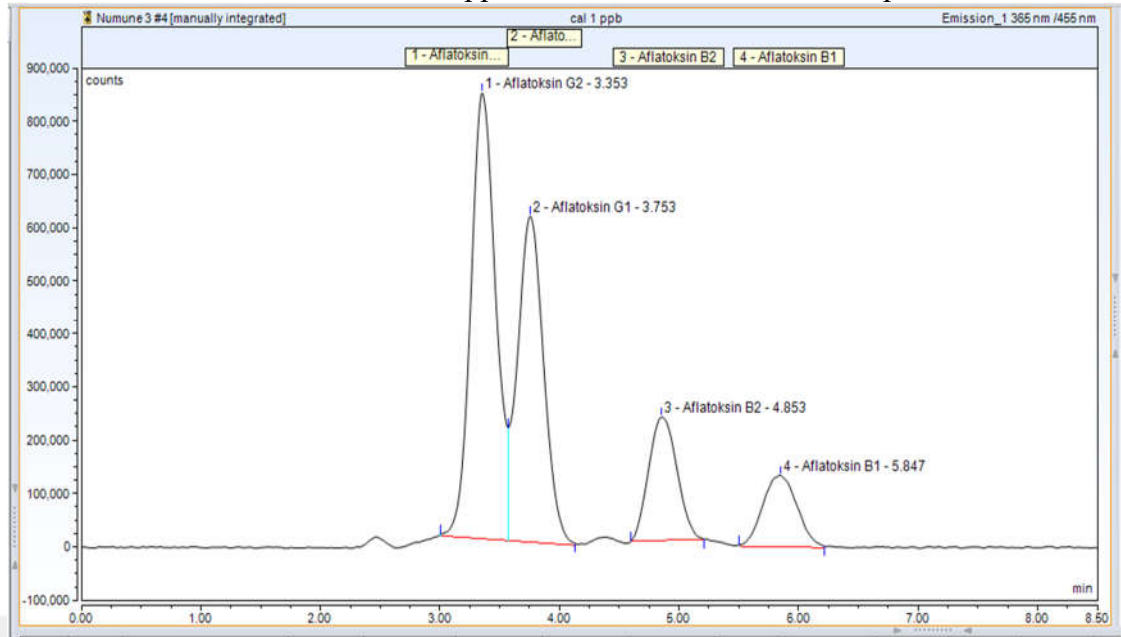
Ek 59. Cihaz 2 0.25 ppb aflatoksin B₁ standartına ait piki



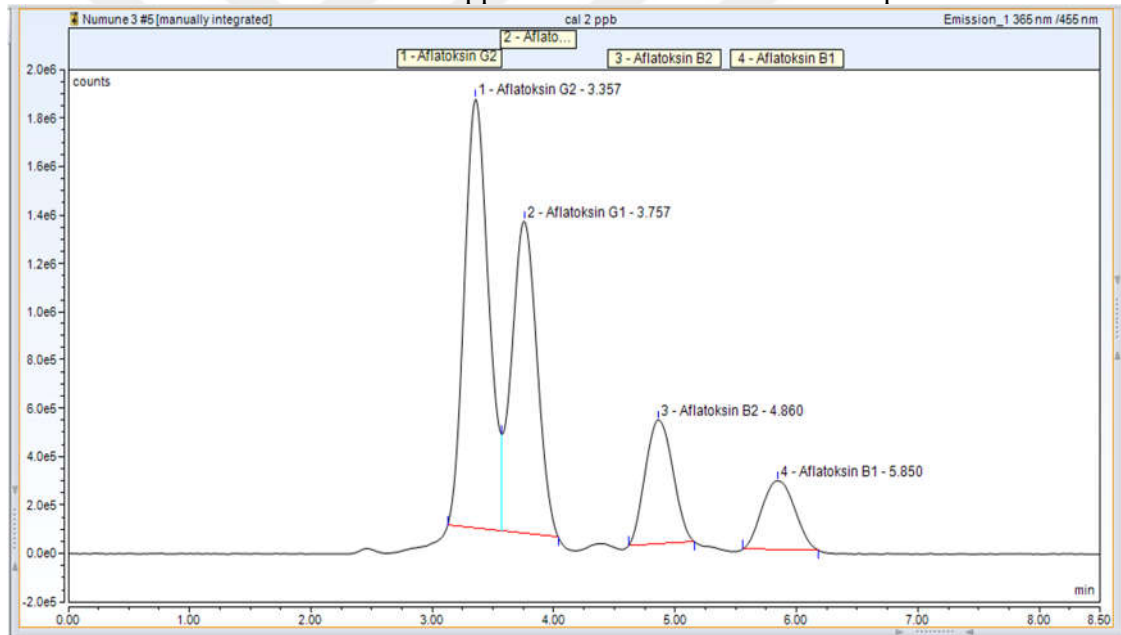
Ek 60. Cihaz 2 0.5 ppb aflatoksin B₁ standartına ait piki



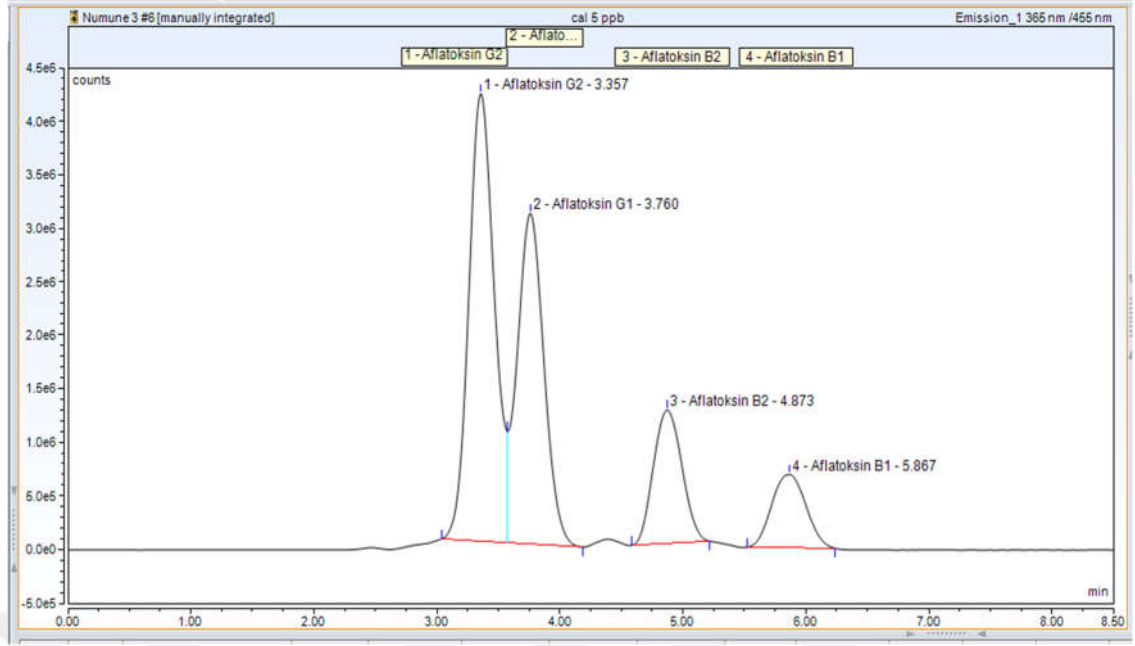
Ek 61. Cihaz 2 1.0 ppb aflatoksin B₁ standartına ait piki



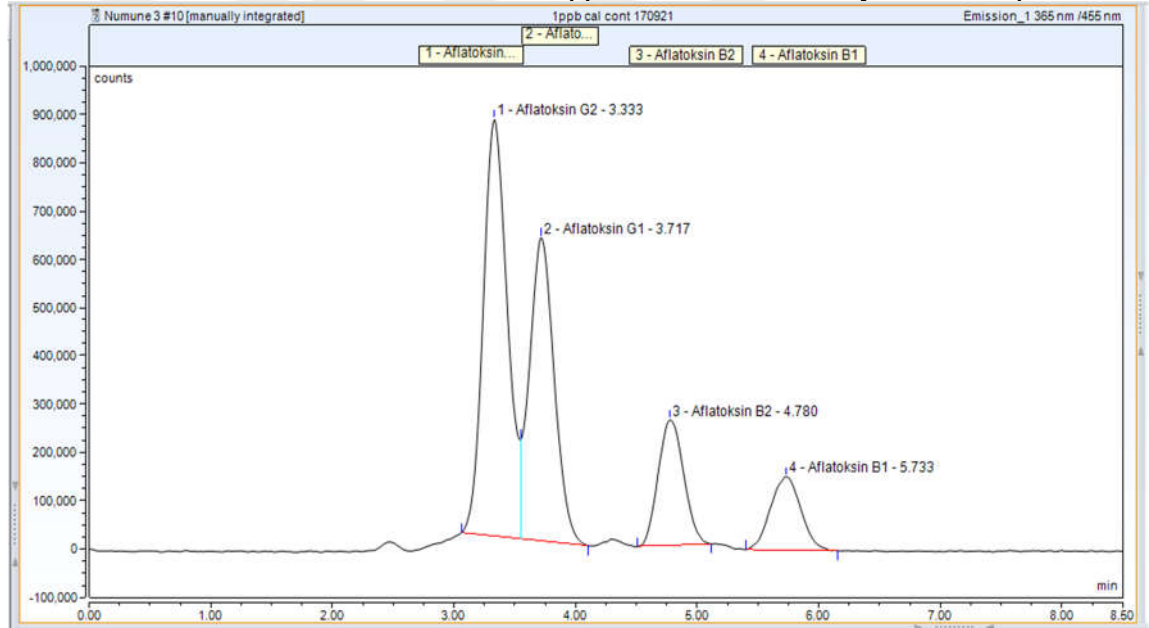
Ek 62. Cihaz 2 2.0 ppb aflatoksin B₁ standartına ait piki



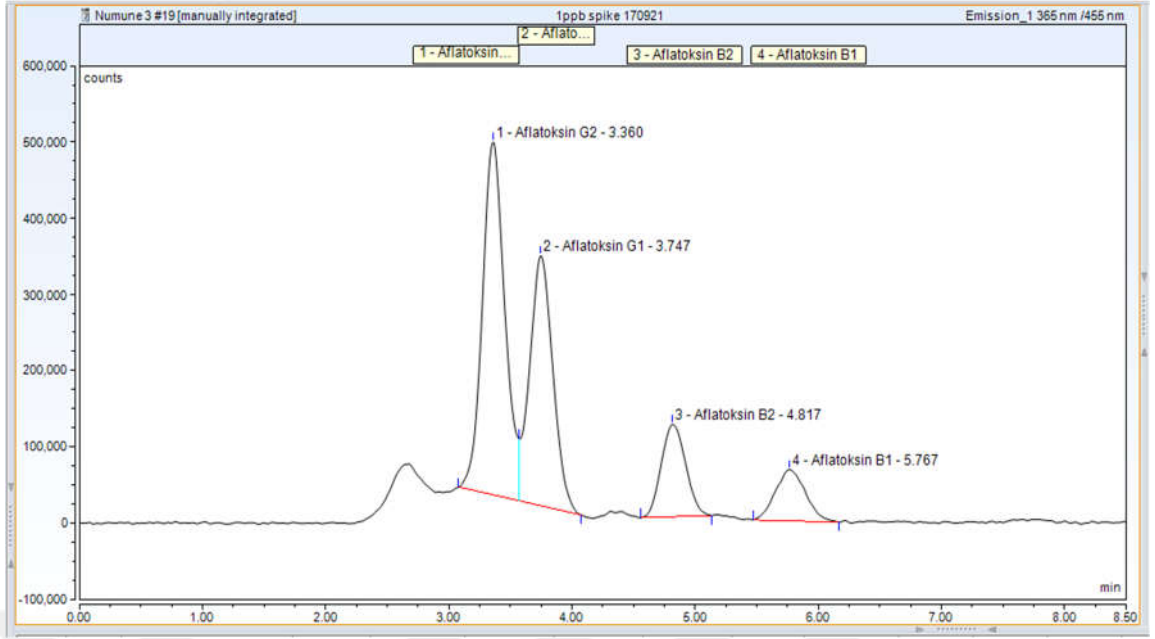
Ek 63. Cihaz 2 5.0 ppb aflatoksin B₁ standartına ait piki



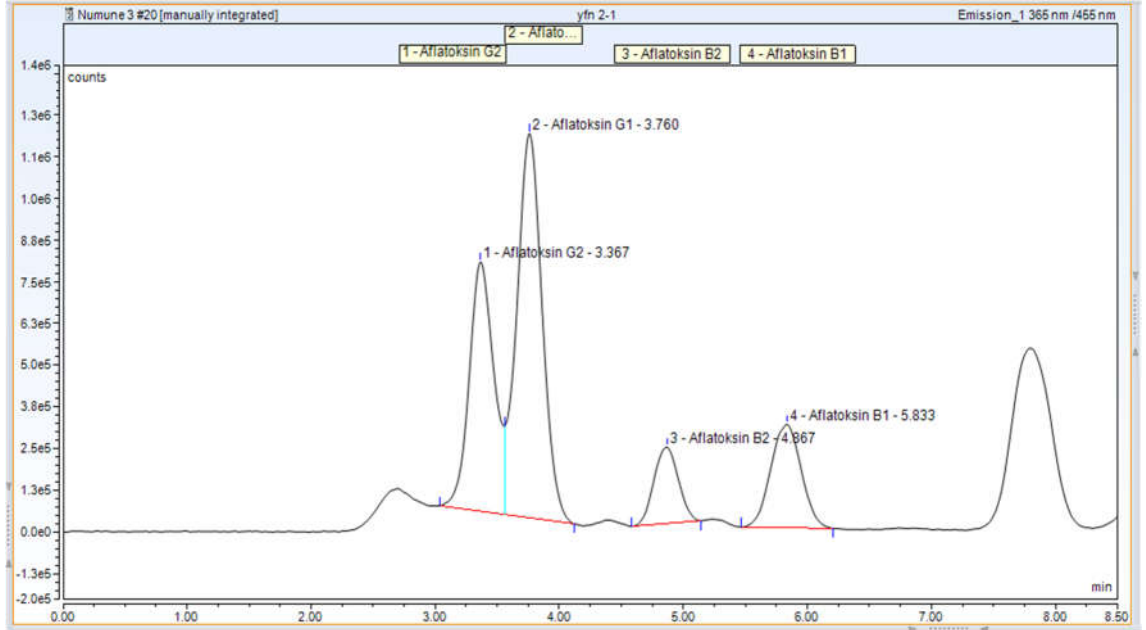
Ek 64. Cihaz 2 17.09.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin kalibrasyon kontrol piki



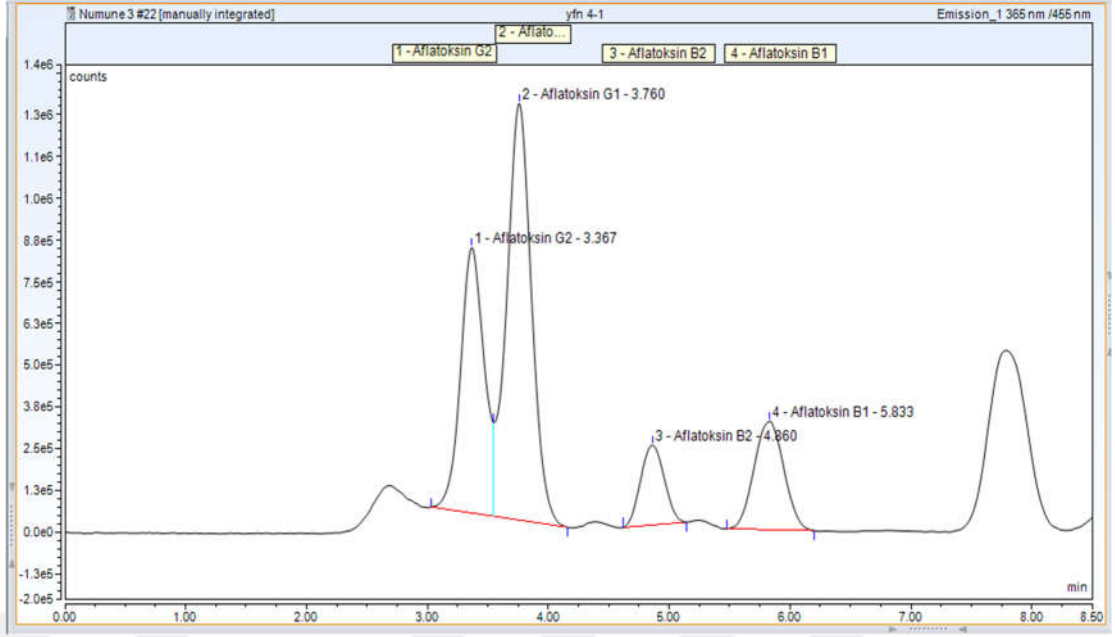
Ek 65. Cihaz 2 17.09.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin geri kazanım piki



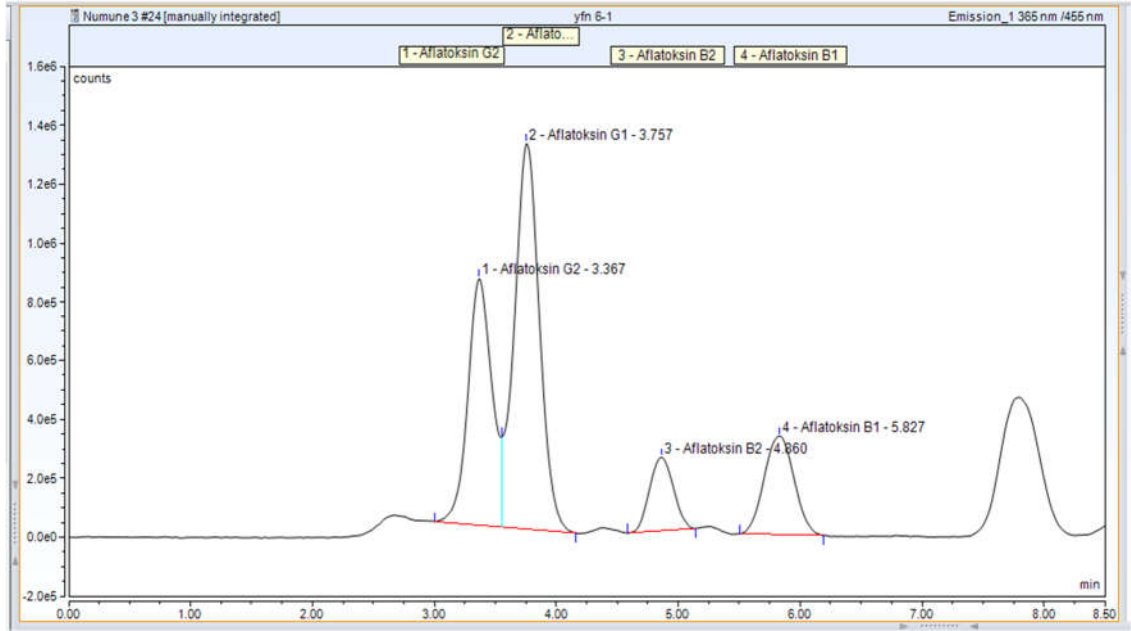
Ek 66. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-2 aflatoksin piki



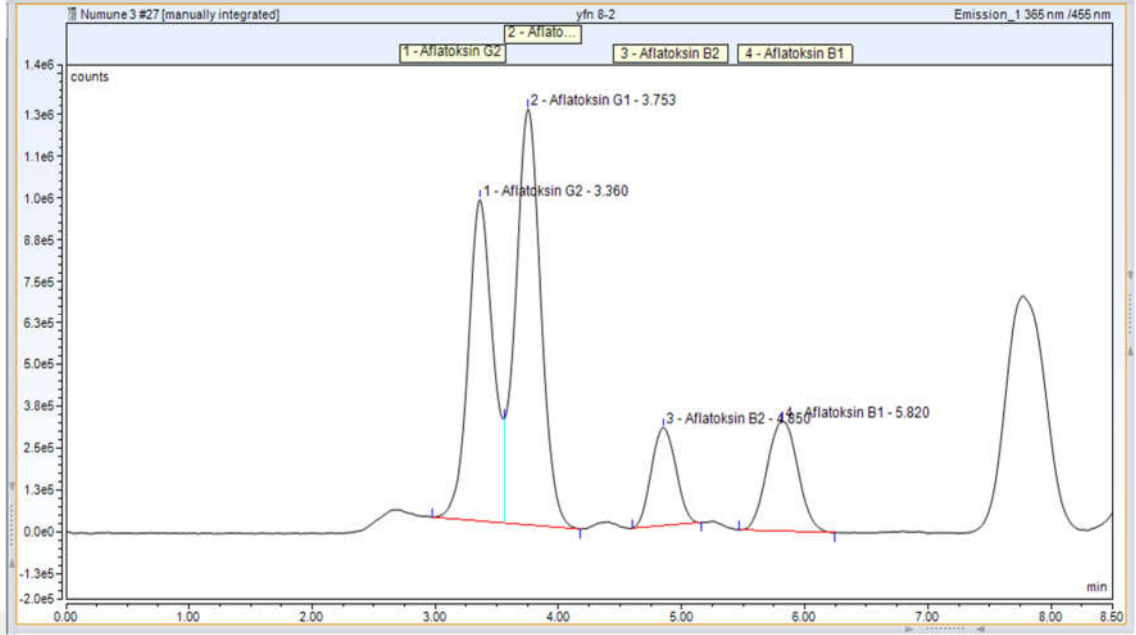
Ek 67. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-4 aflatoksin piki



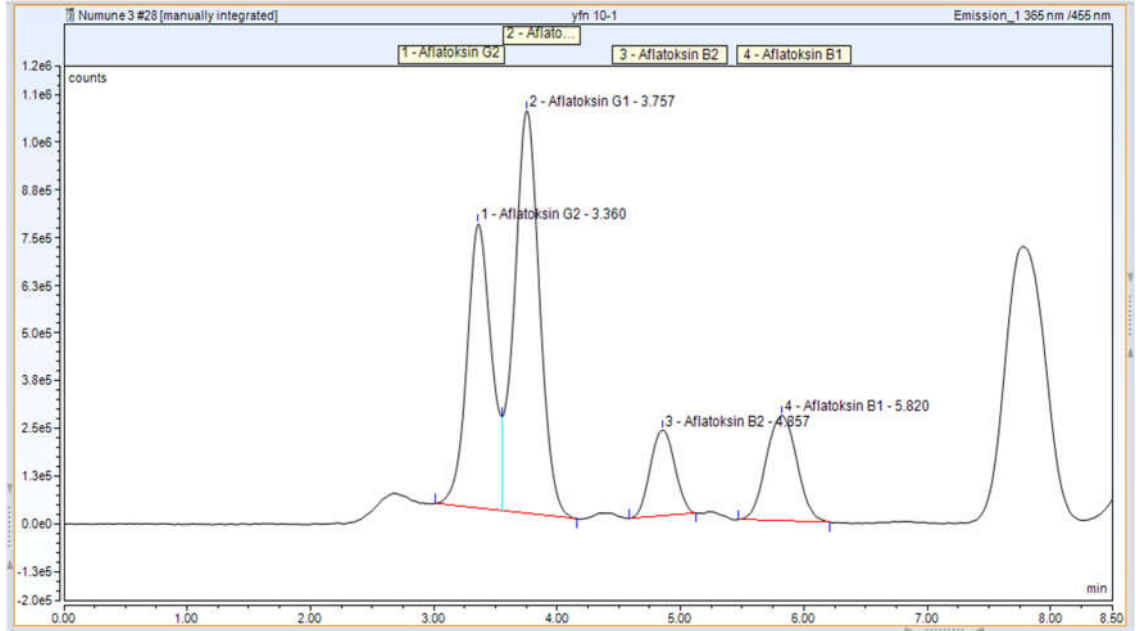
Ek 68. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-6 aflatoksin piki



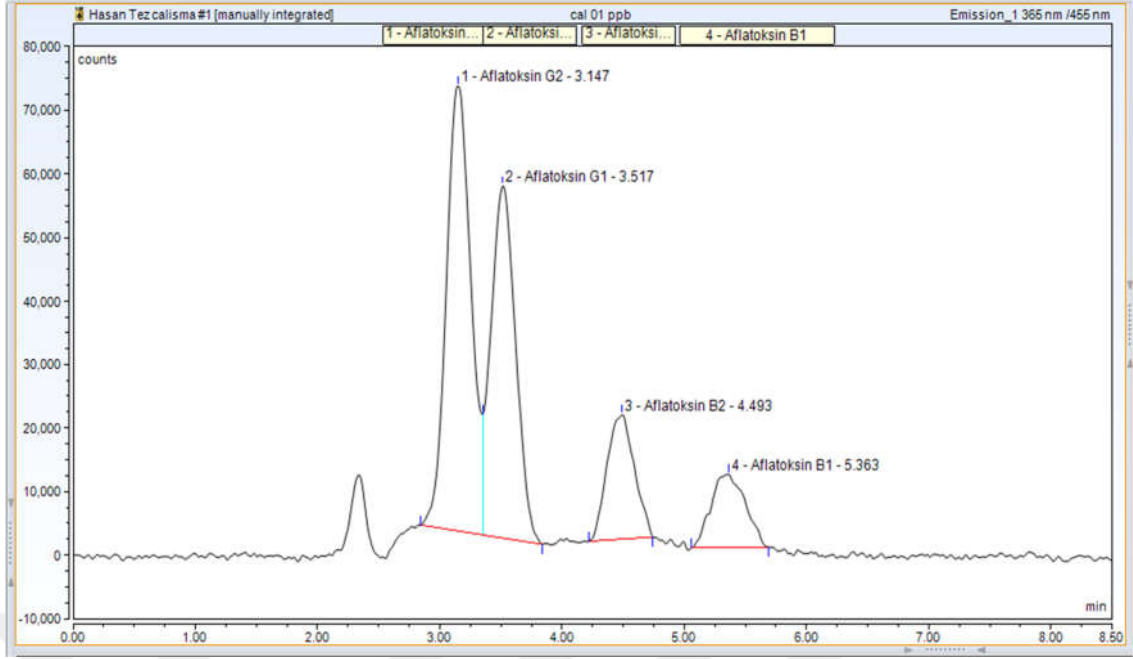
Ek 69. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-8 aflatoksin piki



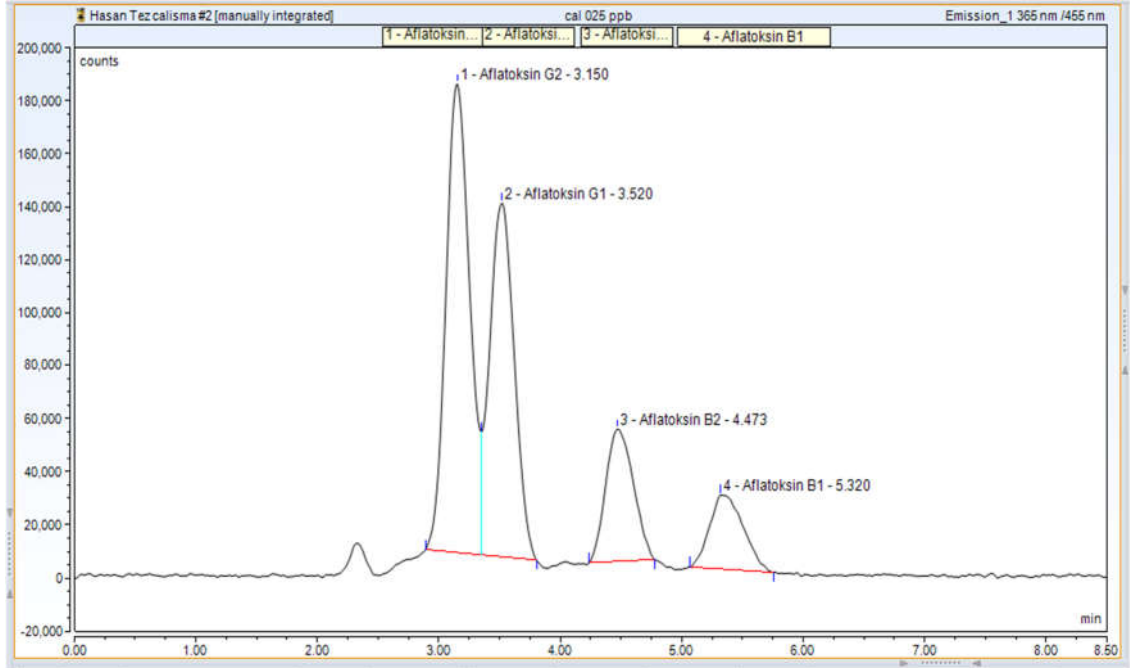
Ek 70. Yeşil çay ekstraktı ile muamele edilmiş fındık püresi-10 aflatoksin piki



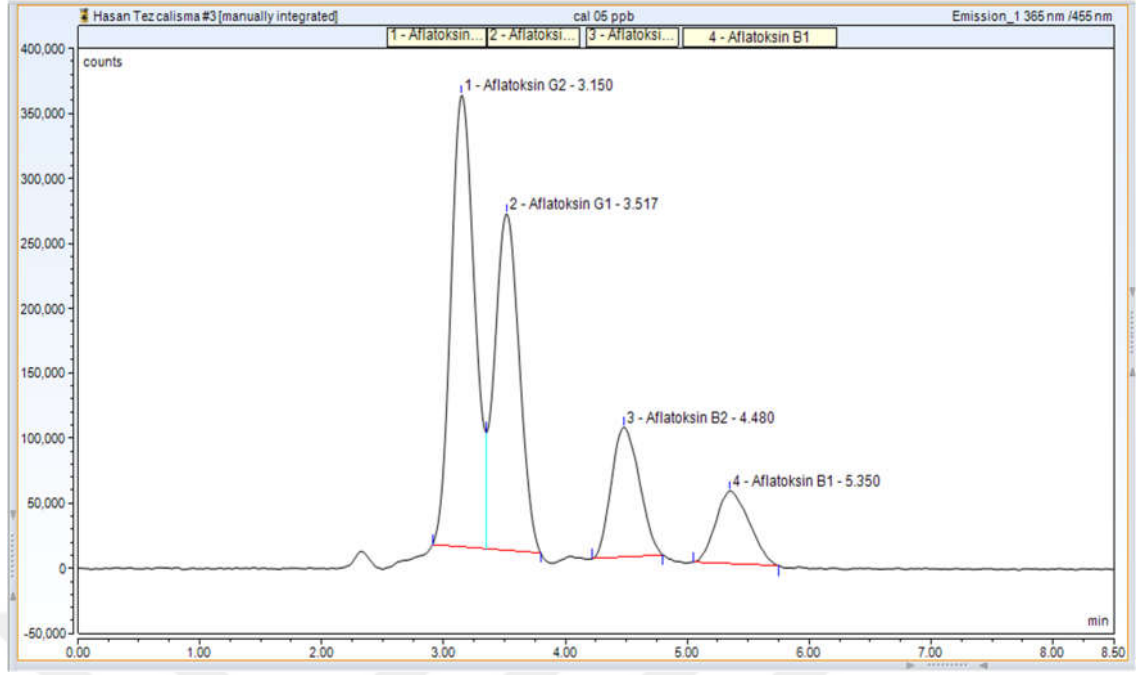
Ek 71. 03.11.2021 tarihli 0.1 ppb aflatoksin B₁ standartına ait piki



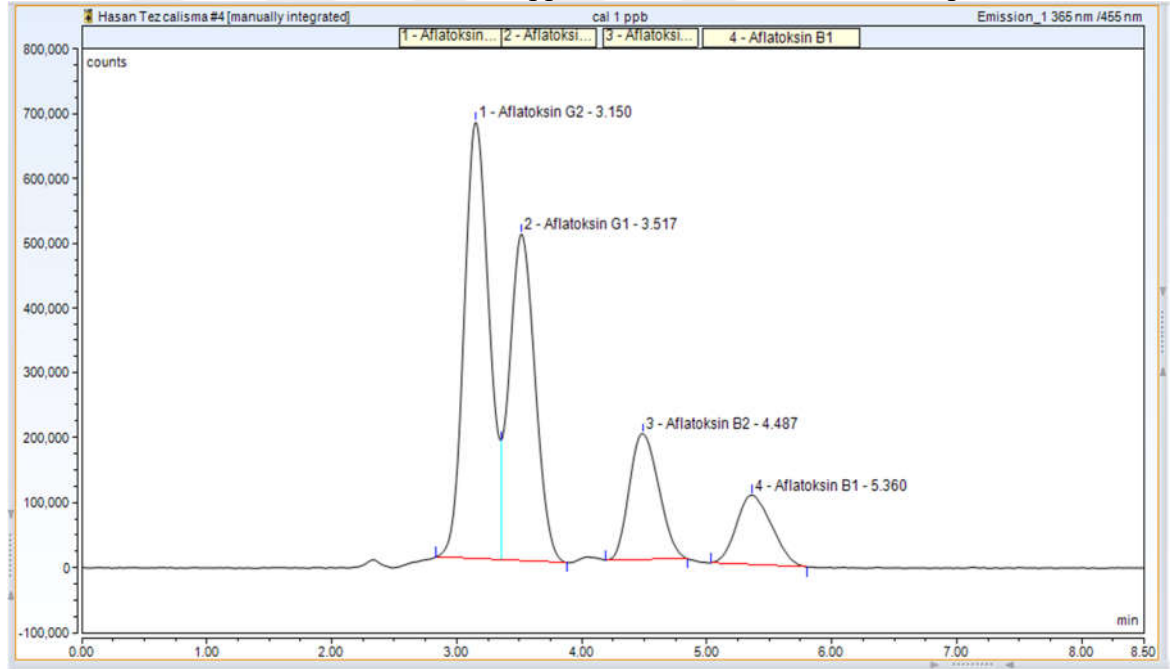
Ek 72. 03.11.2021 tarihli 0.25 ppb aflatoksin B₁ standartına ait piki



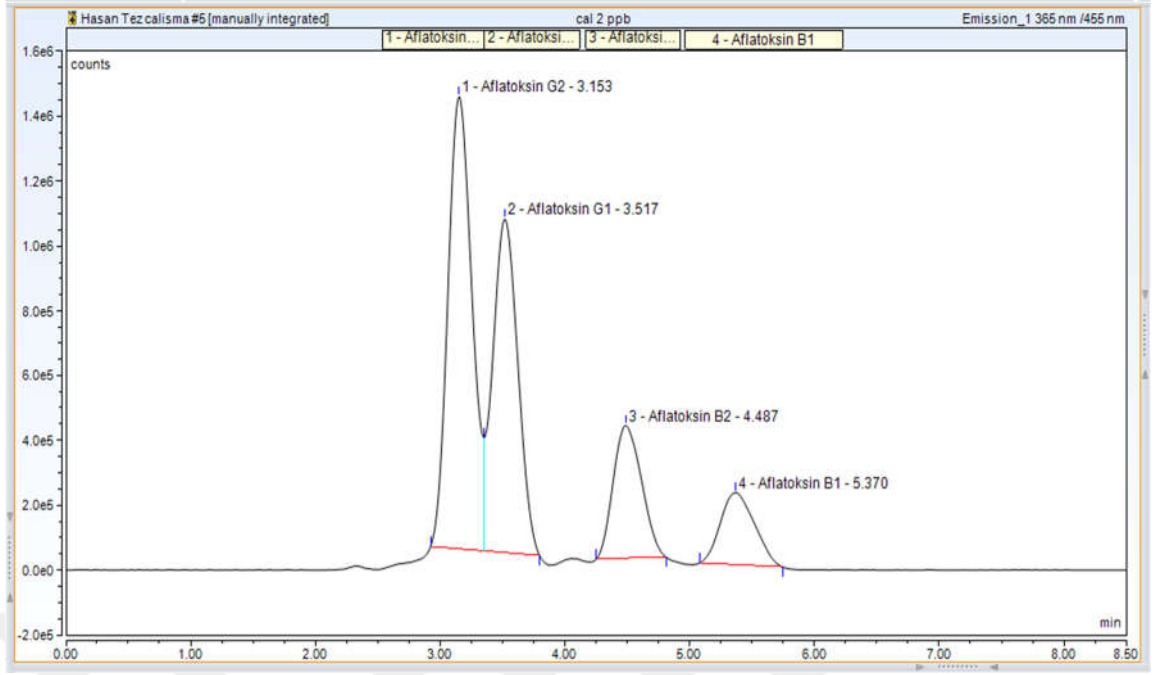
Ek 73. 03.11.2021 tarihli 0.5 ppb aflatoksin B₁ standartına ait piki



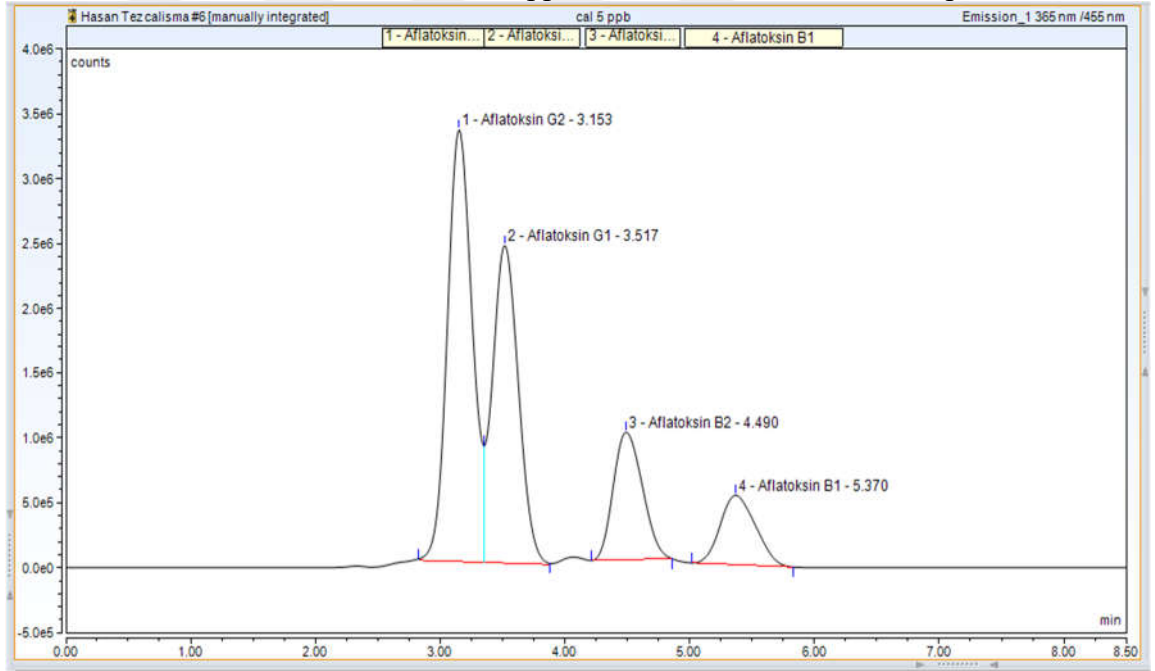
Ek 74. 03.11.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin B₁ standartına ait piki



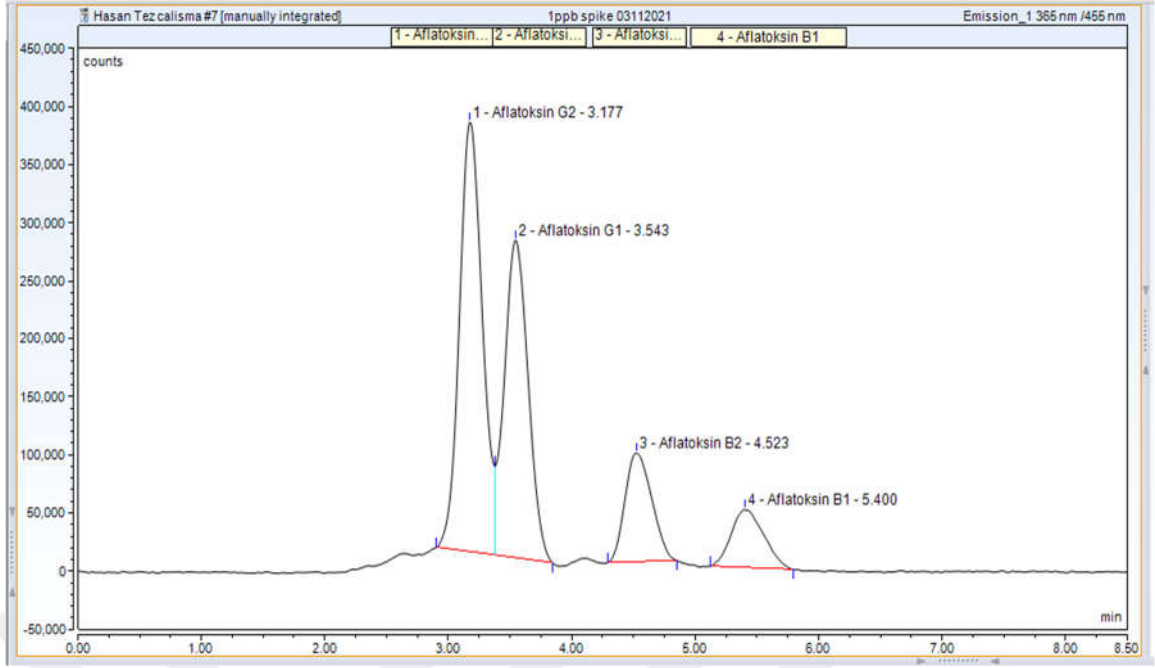
Ek 75. 03.11.2021 tarihli 2.0 ppb aflatoksin B₁ standartına ait piki



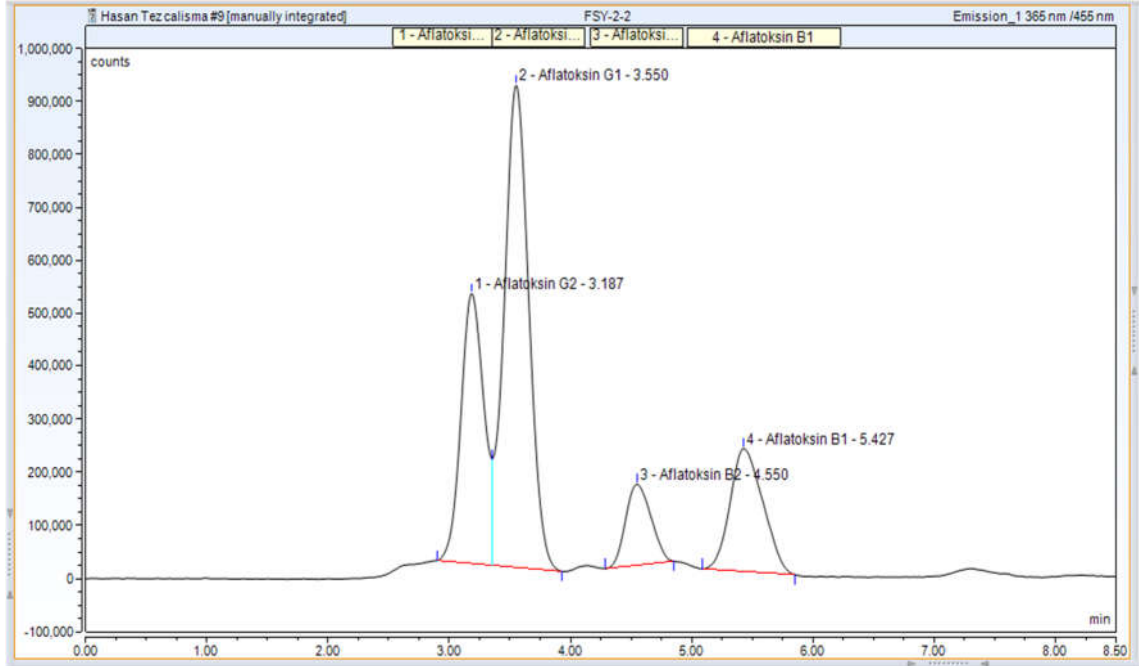
Ek 76. 03.11.2021 tarihli 5.0 ppb aflatoksin B₁ standartına ait piki



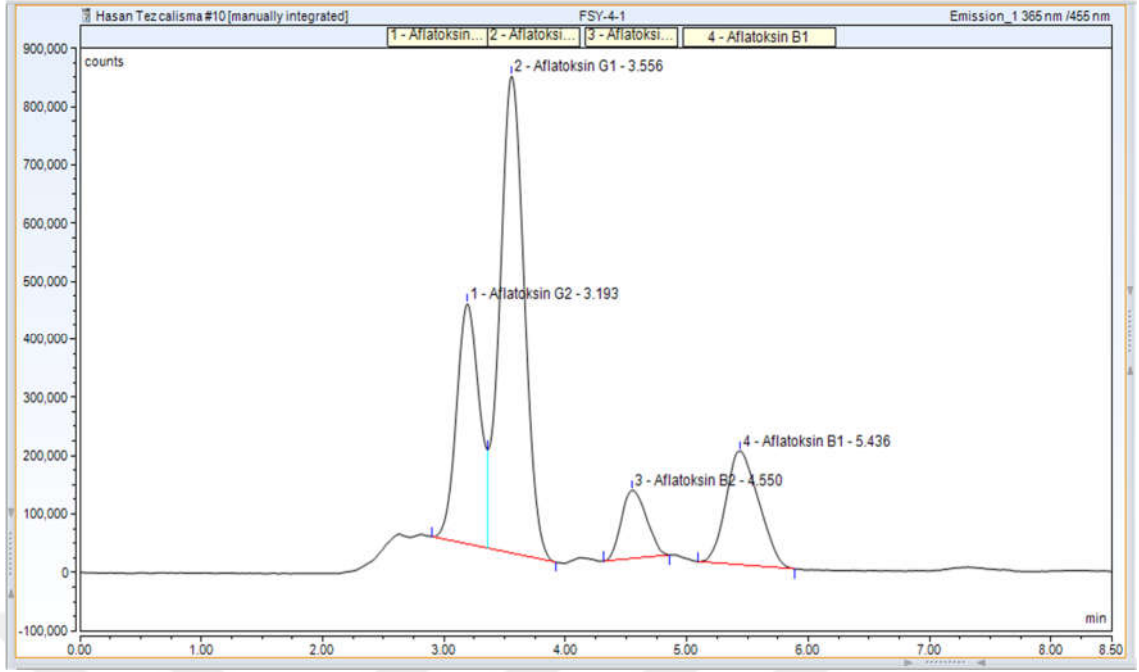
Ek 77. 03.11.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin geri kazanım piki



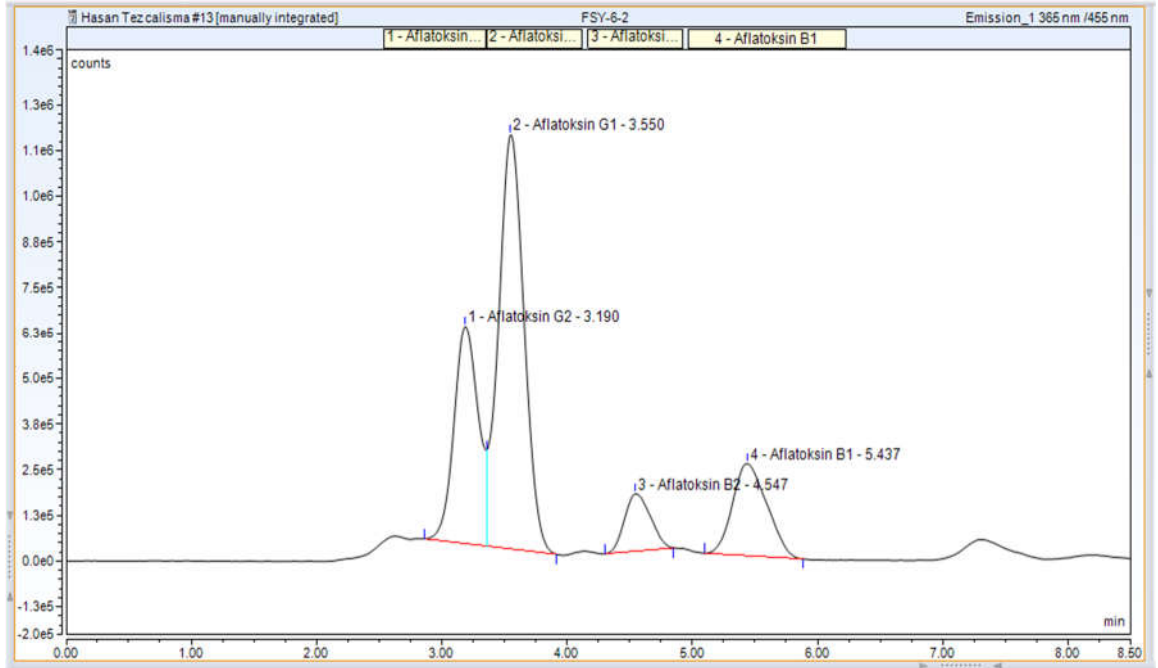
Ek 78. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-2 aflatoksin piki



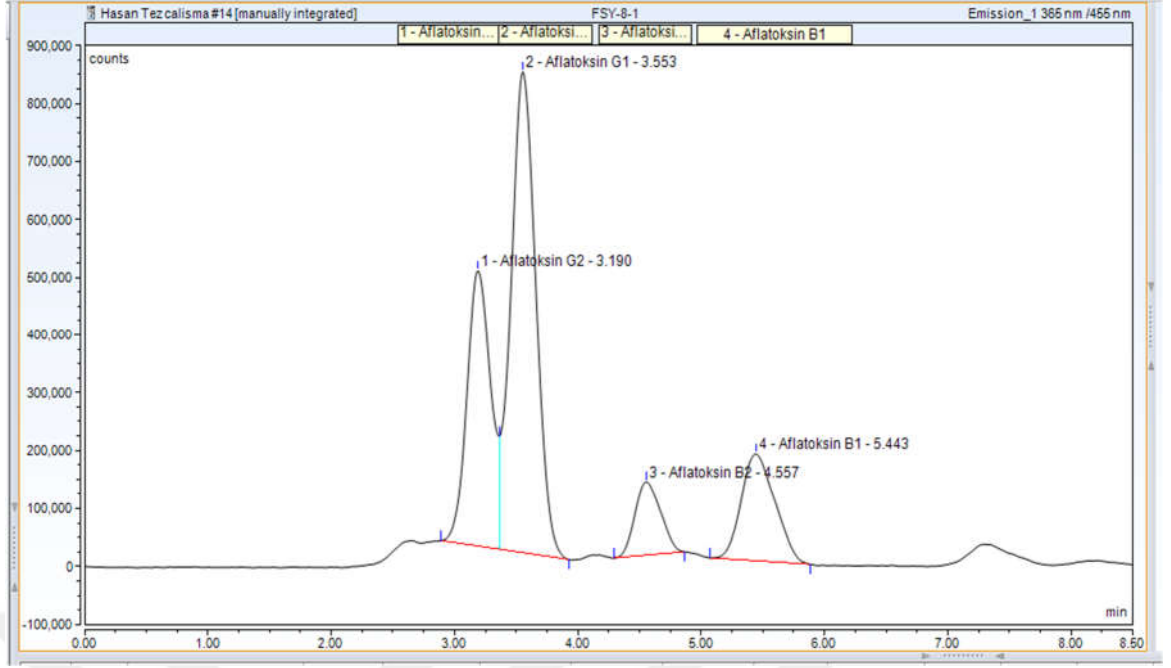
Ek 79. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-4 aflatoksin piki



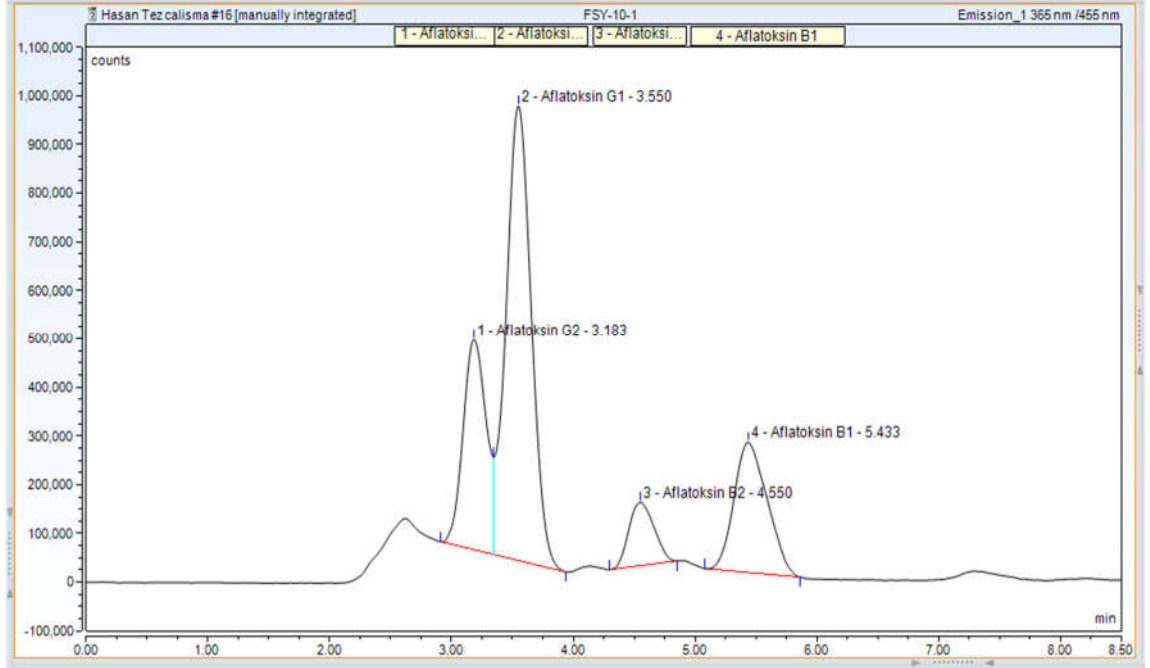
Ek 80. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-6 aflatoksin piki



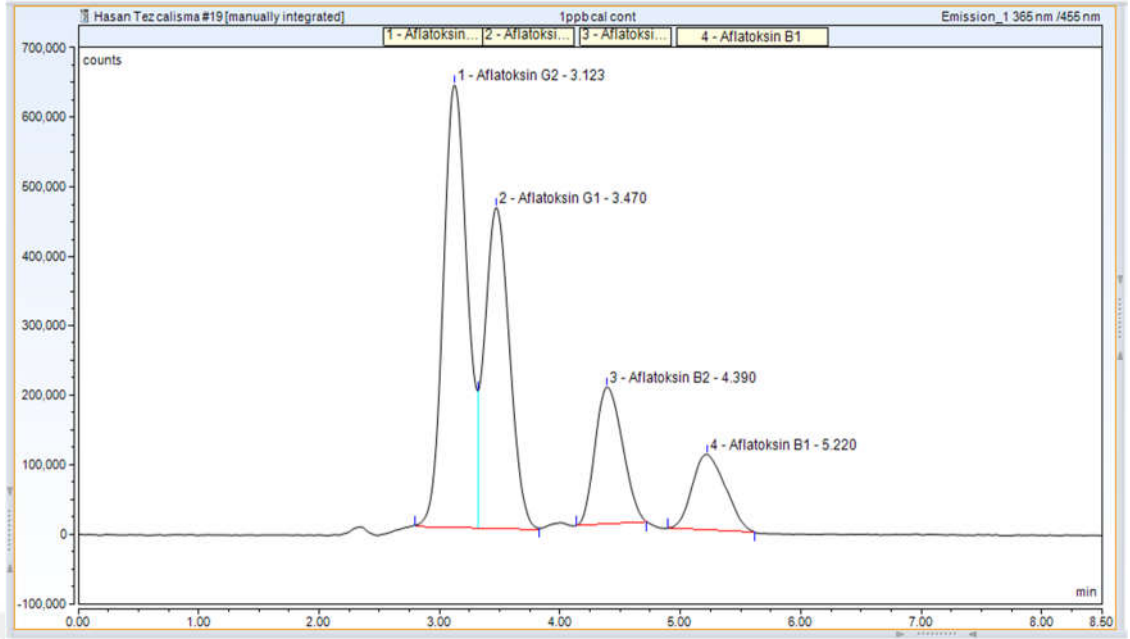
Ek 81. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-8 aflatoksin piki



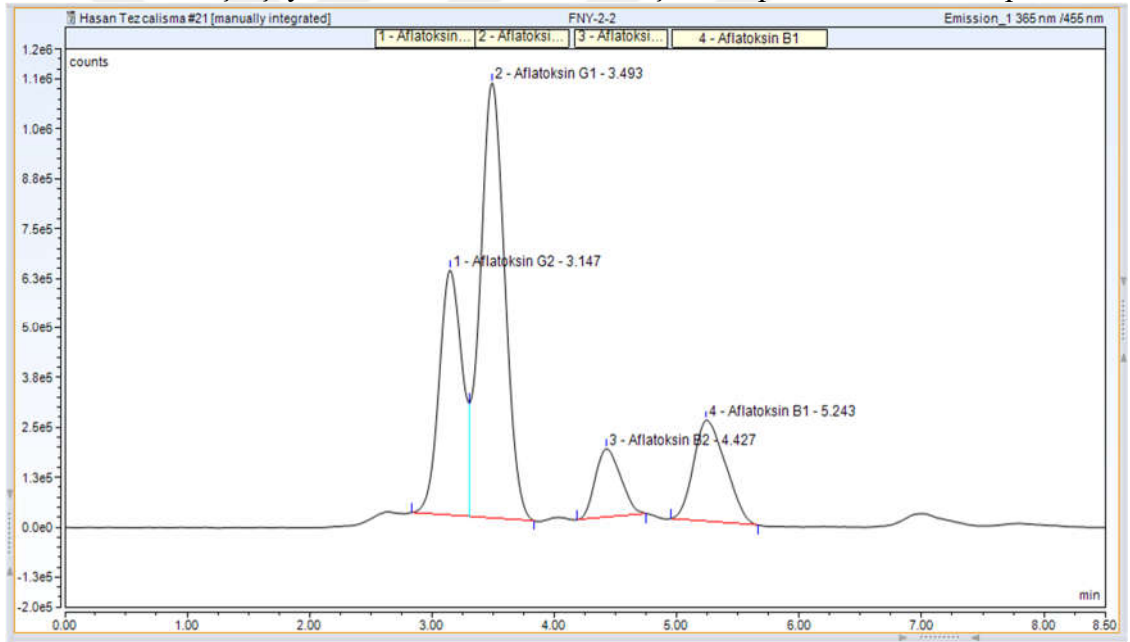
Ek 82. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-10 aflatoksin piki



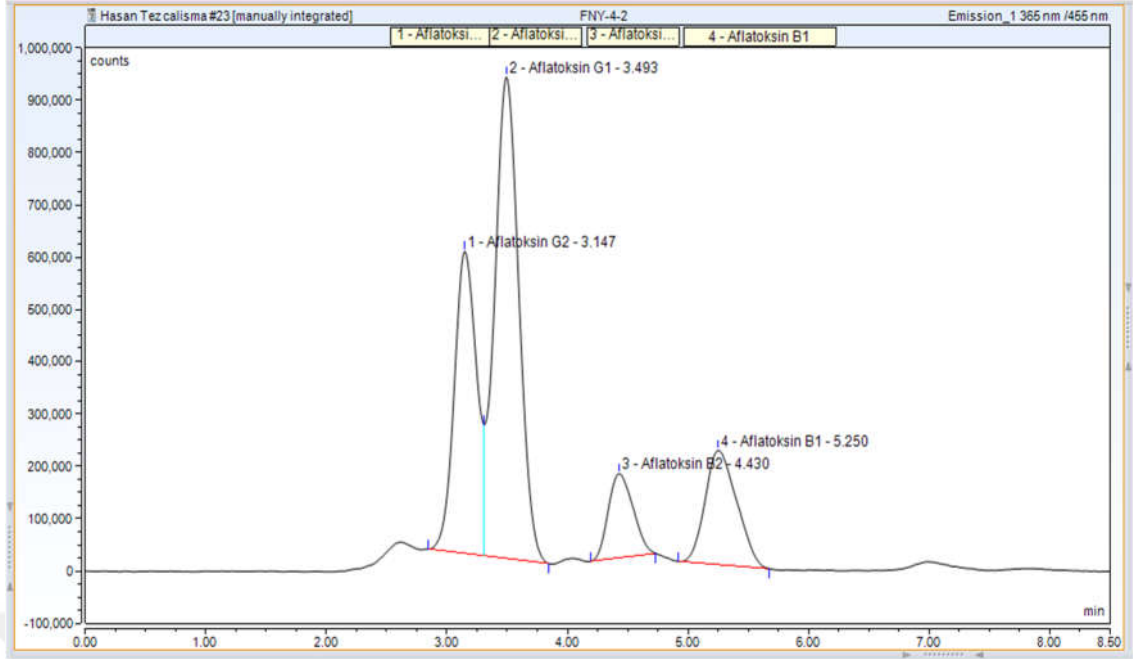
Ek 83. 03.11.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoxin kalibrasyon kontrol piki



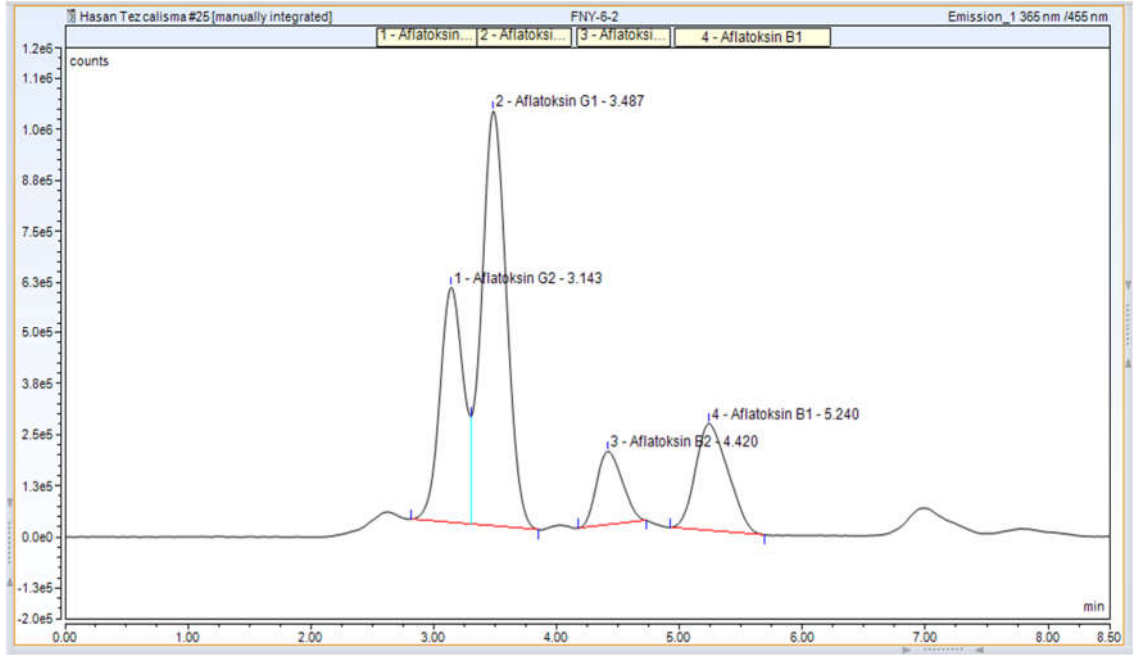
Ek 84. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-2 aflatoxin piki



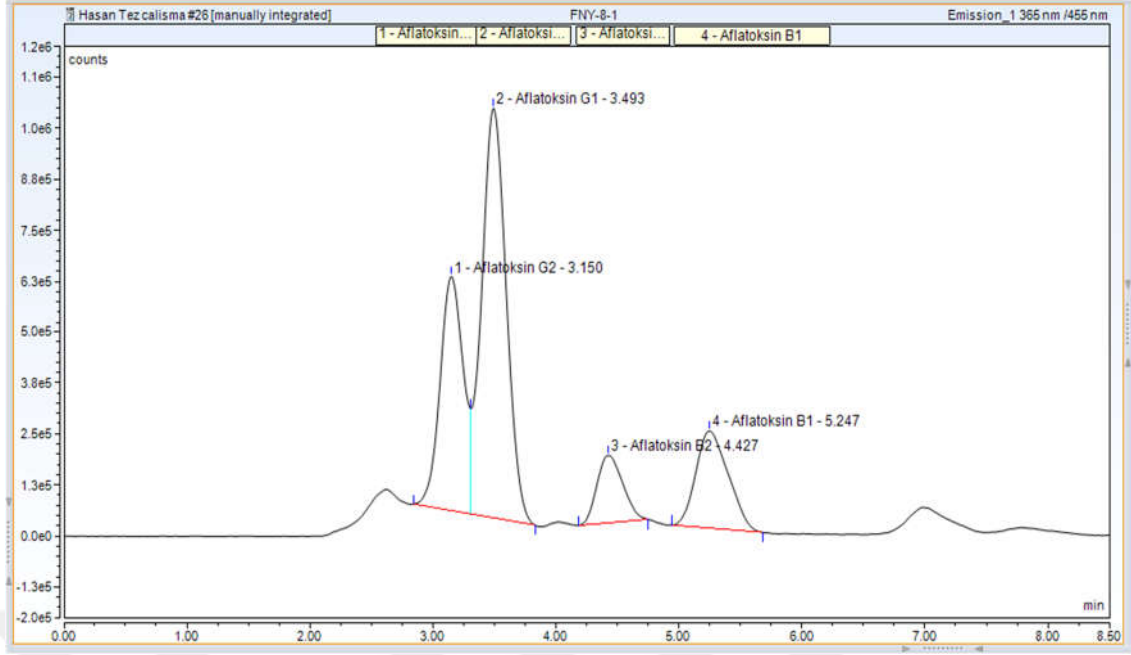
Ek 85. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-4 aflatoksin piki



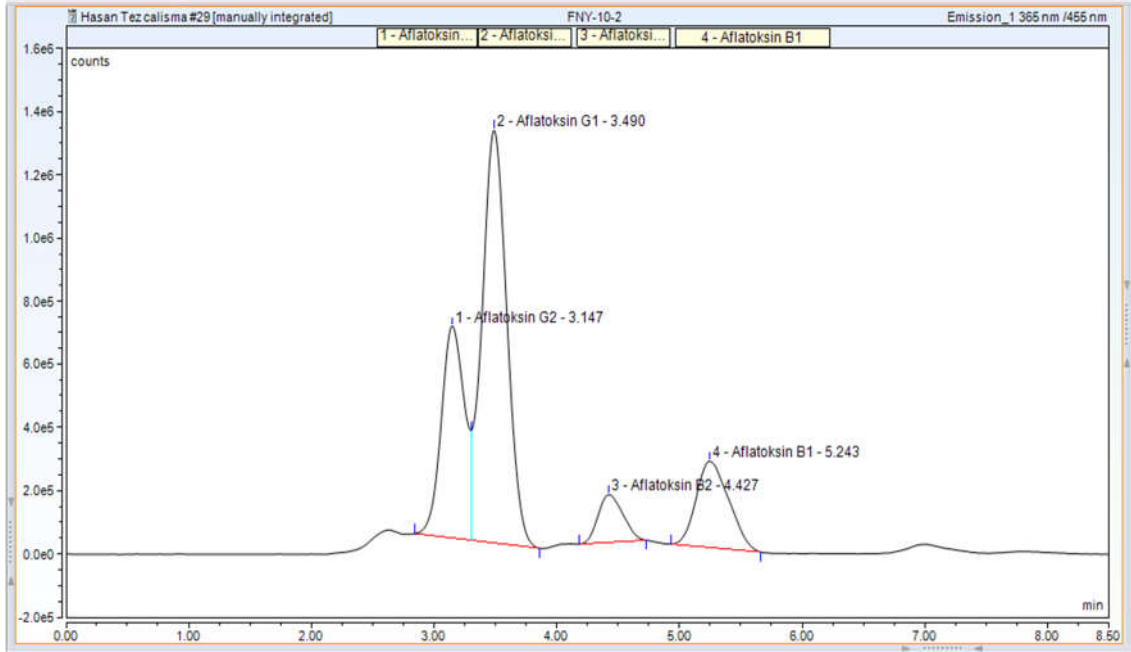
Ek 86. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-6 aflatoksin piki



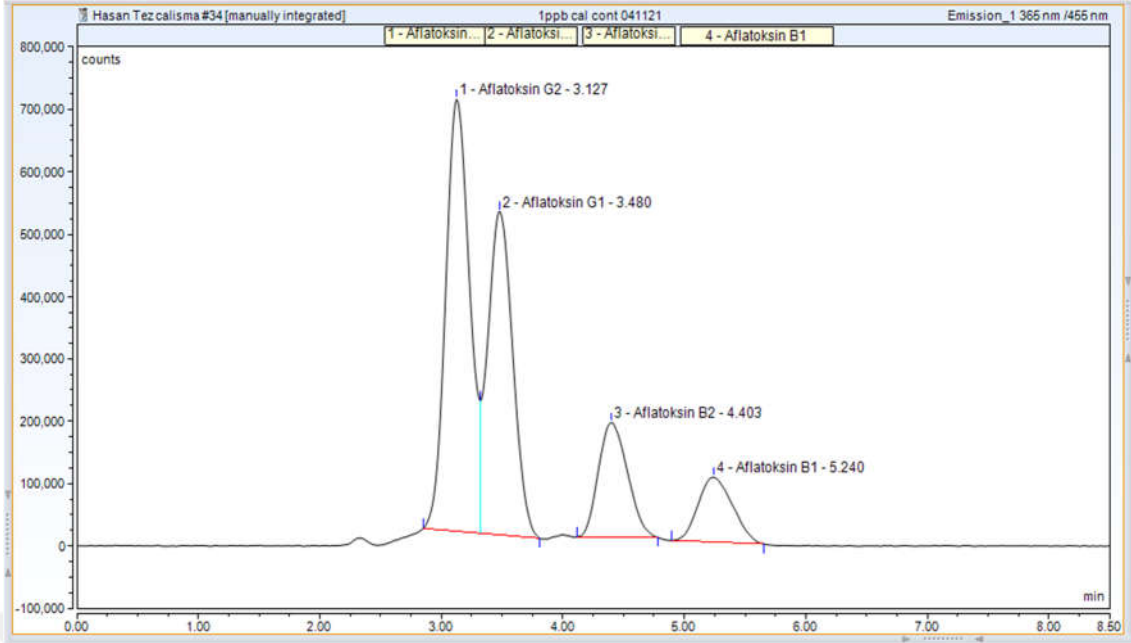
Ek 87. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-8 aflatoksin piki



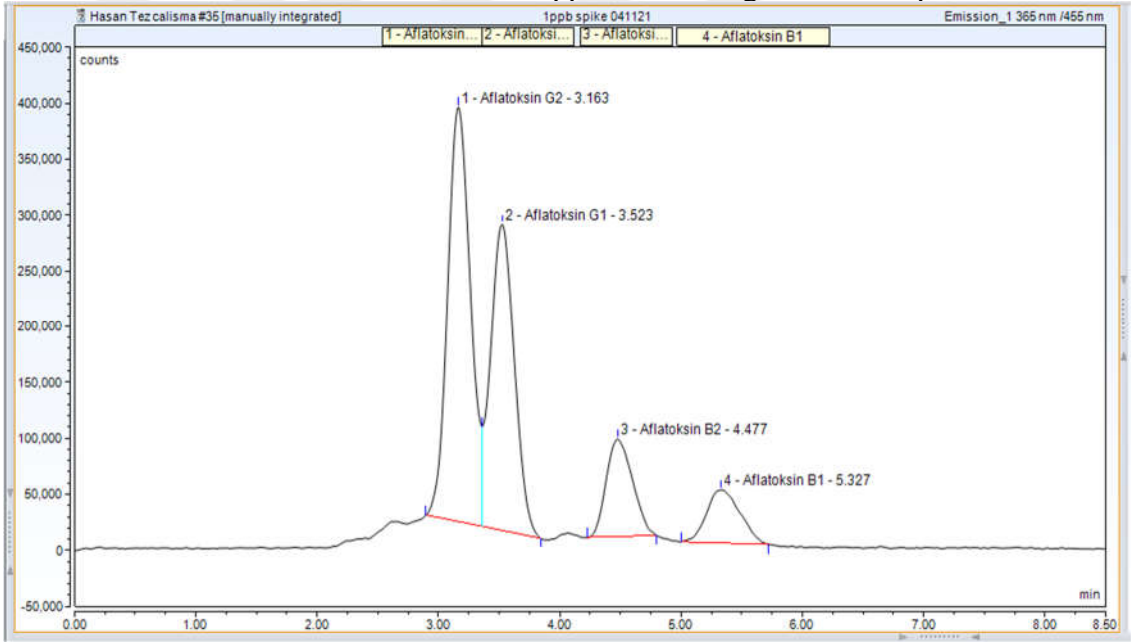
Ek 88. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-10 aflatoksin piki



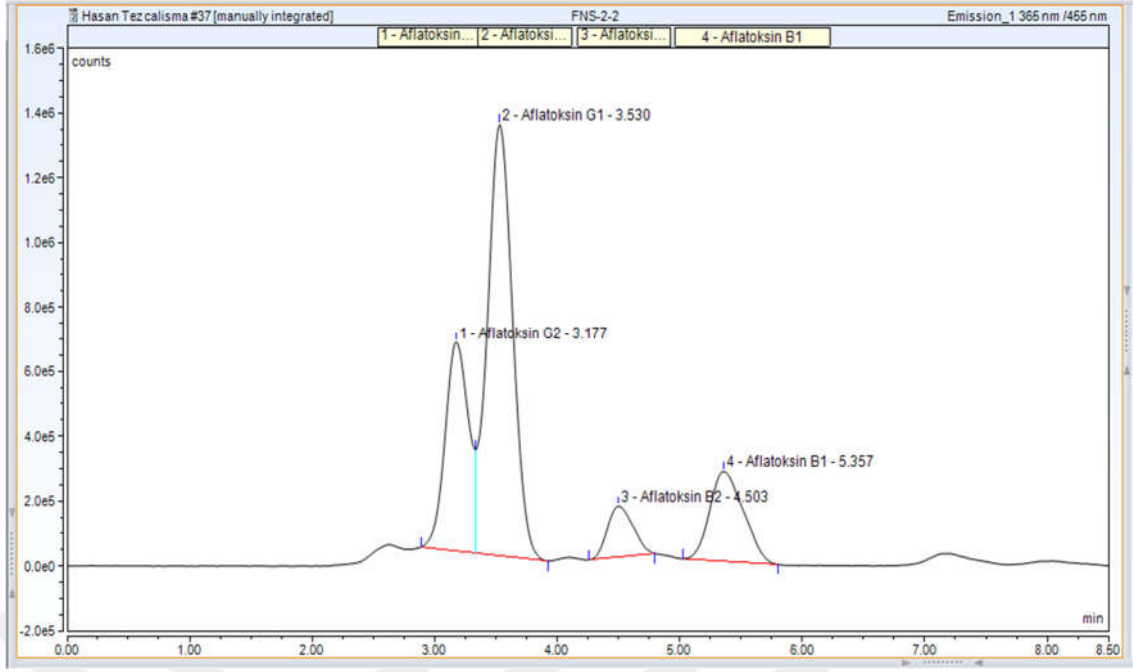
Ek 89. 04.11.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin kalibrasyon kontrol piki



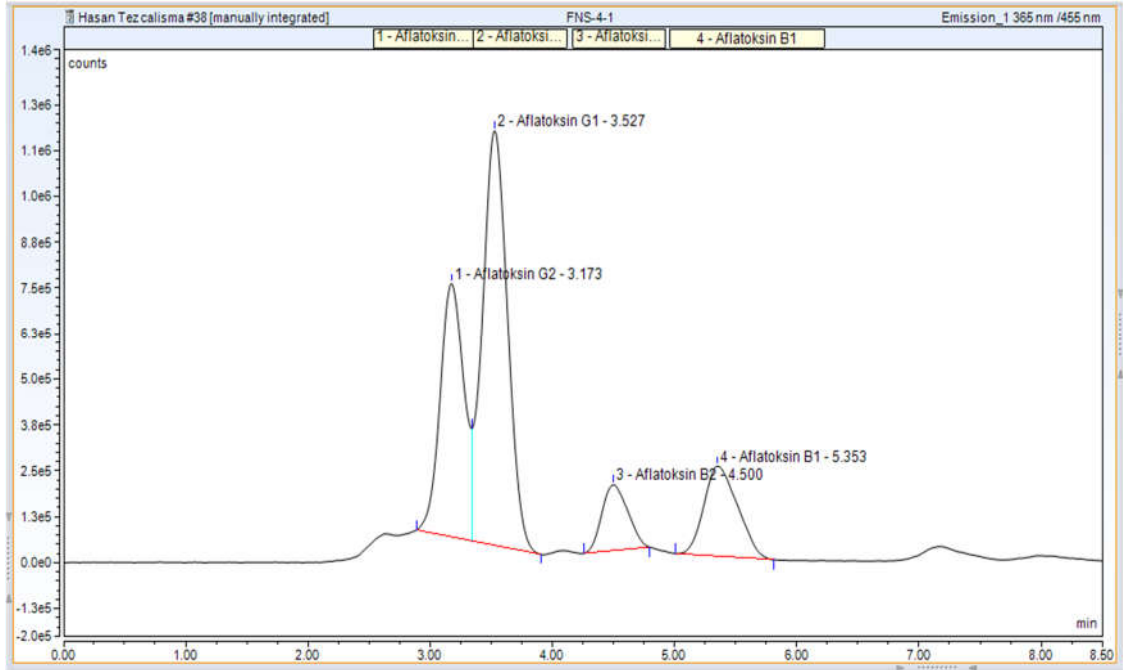
Ek 90. 04.11.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin geri kazanım piki



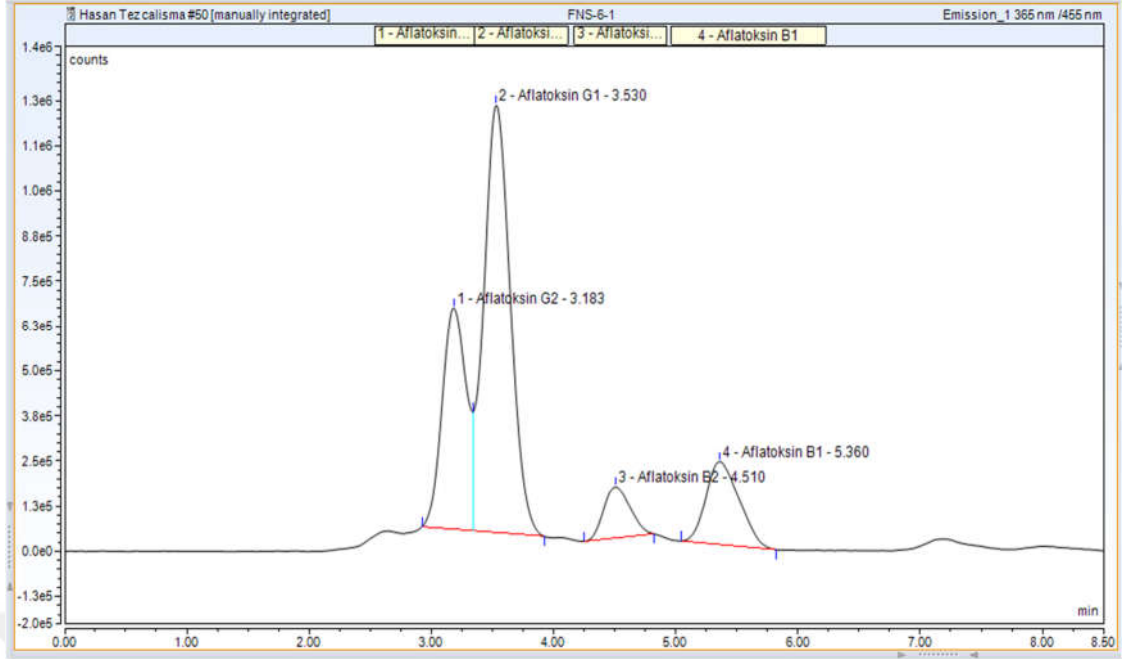
Ek 91. Siyah ay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-2 aflatoksin piki



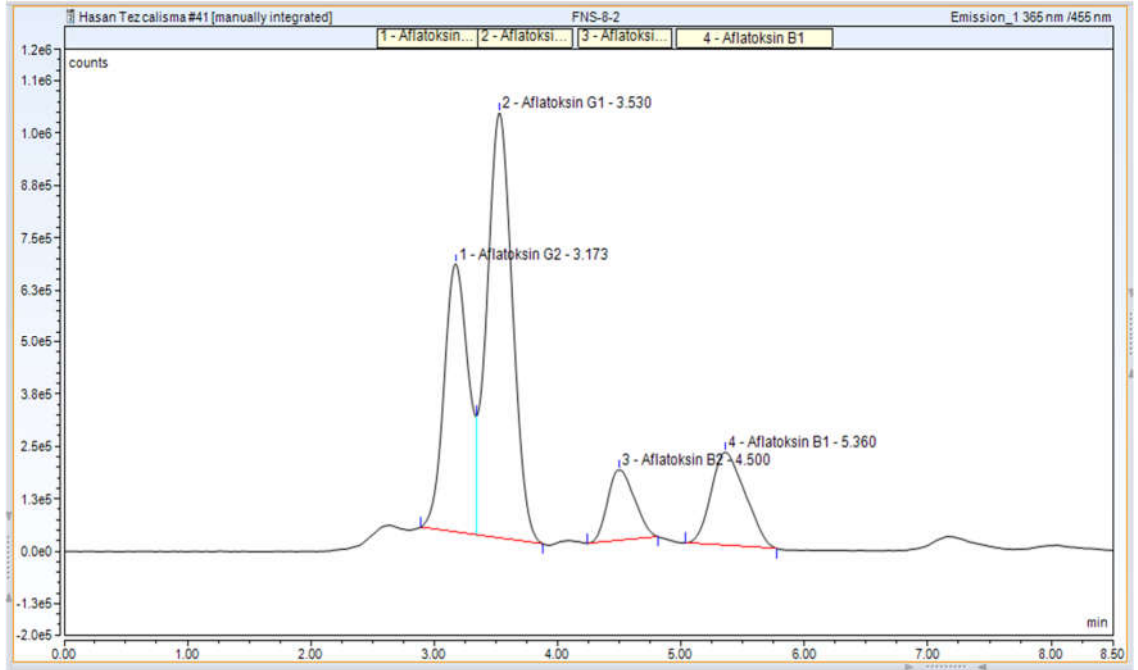
Ek 92. Siyah ay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-4 aflatoksin piki



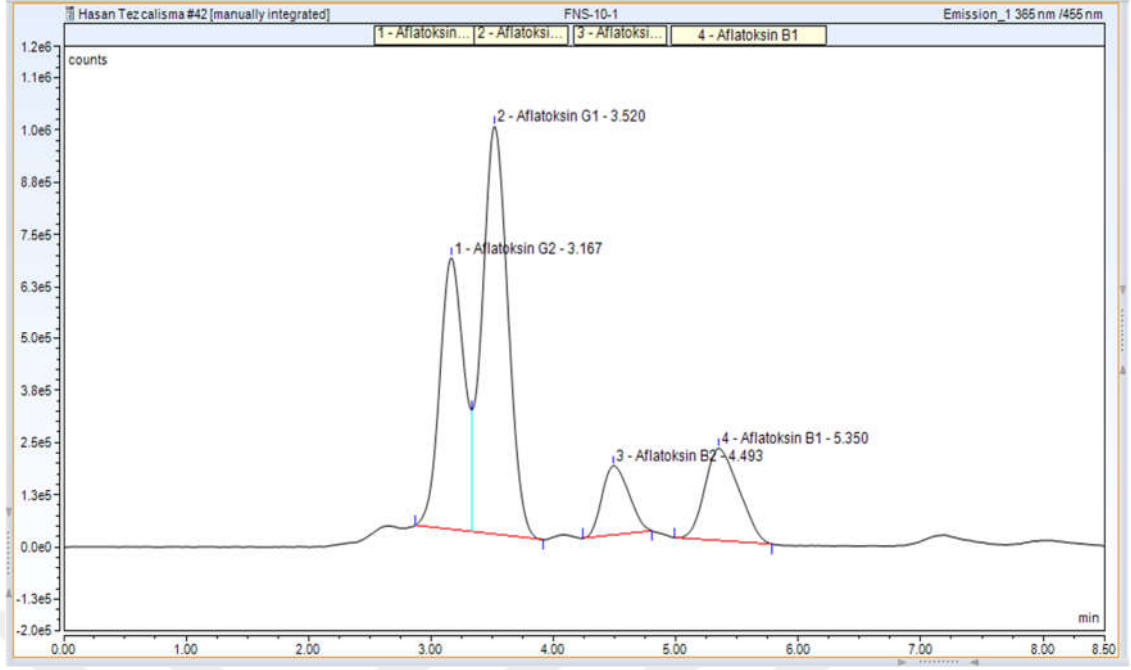
Ek 93. Siyah çay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-6 aflatoksin piki



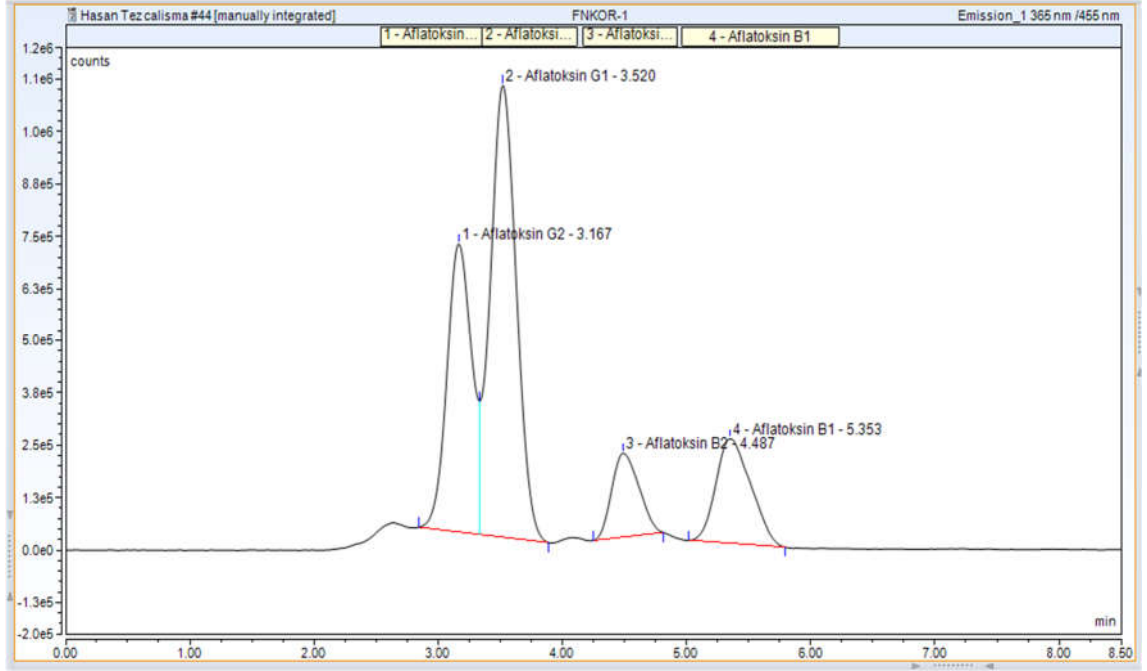
Ek 94. Siyah çay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-8 aflatoksin piki



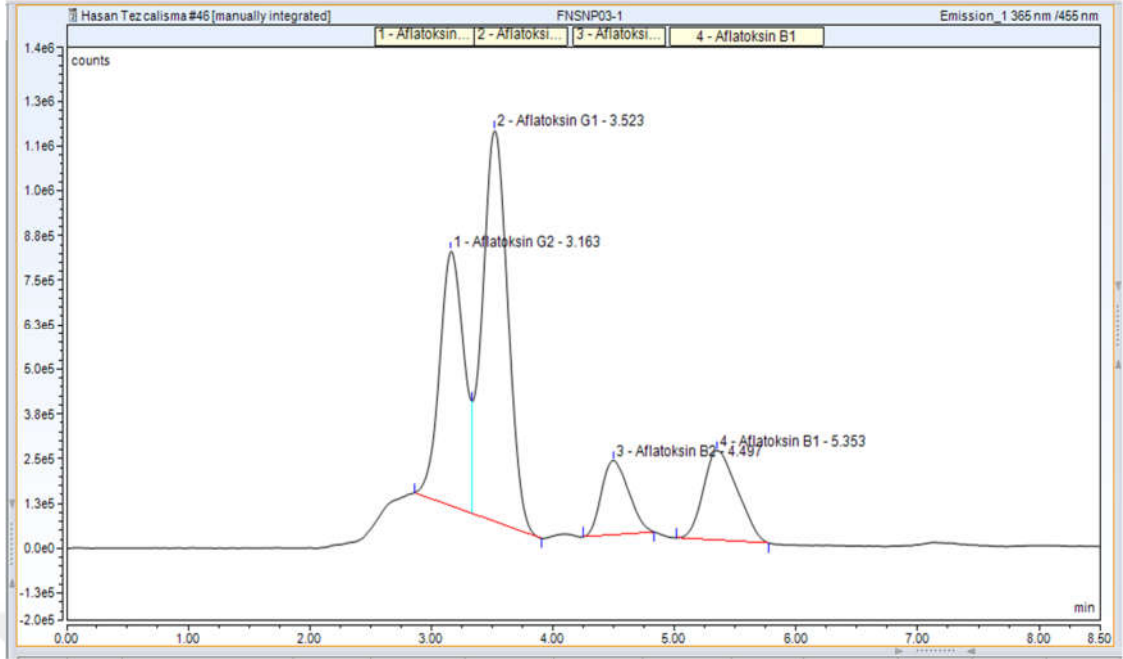
Ek 95. Siyah ay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-10 aflatoksin piki



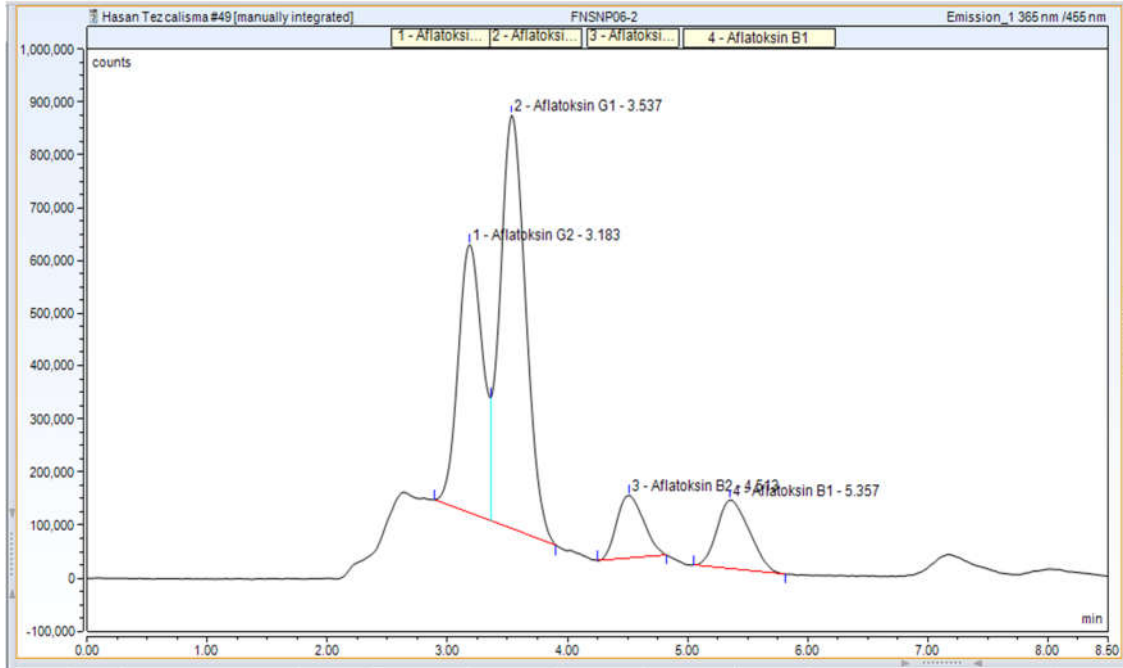
Ek 96. Fındık püresi kör numune aflatoksin piki



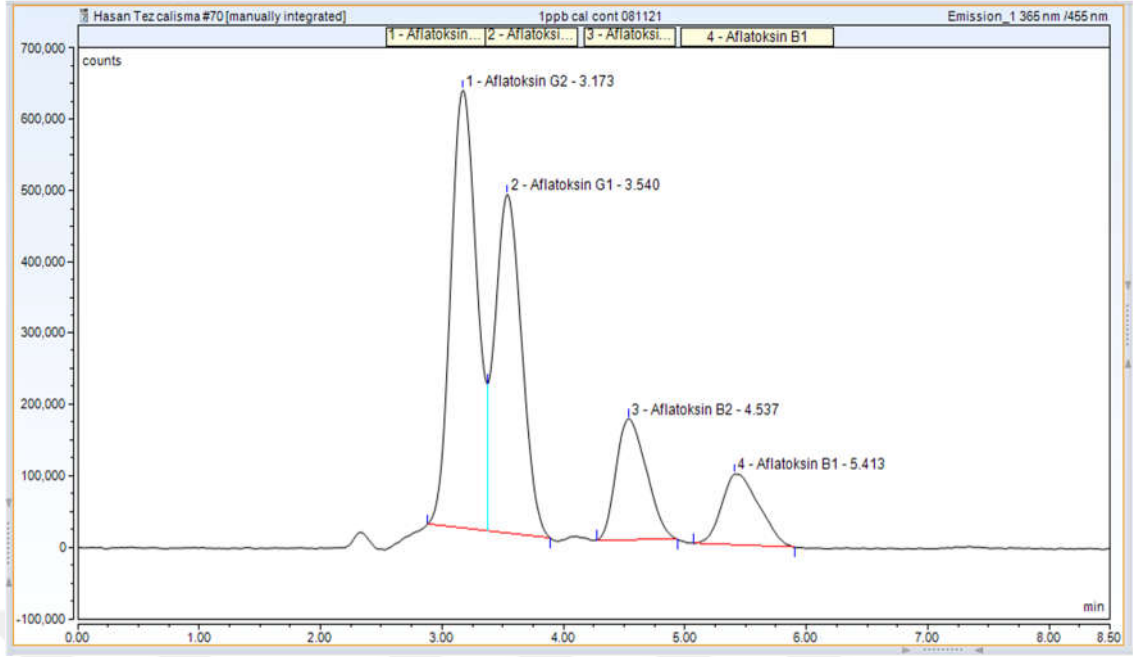
Ek 97. Siyah çay DONP ile muamele edilmiş fındık çözeltisi-1 aflatoksin piki



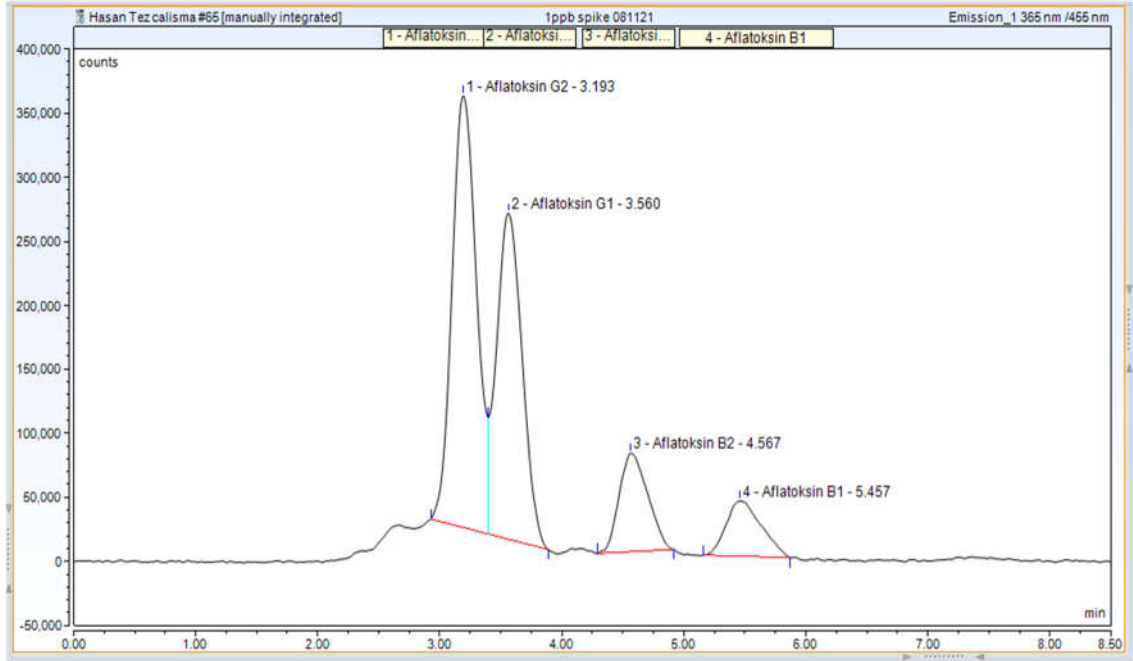
Ek 98. Siyah çay DONP ile muamele edilmiş fındık çözeltisi-2 aflatoksin piki



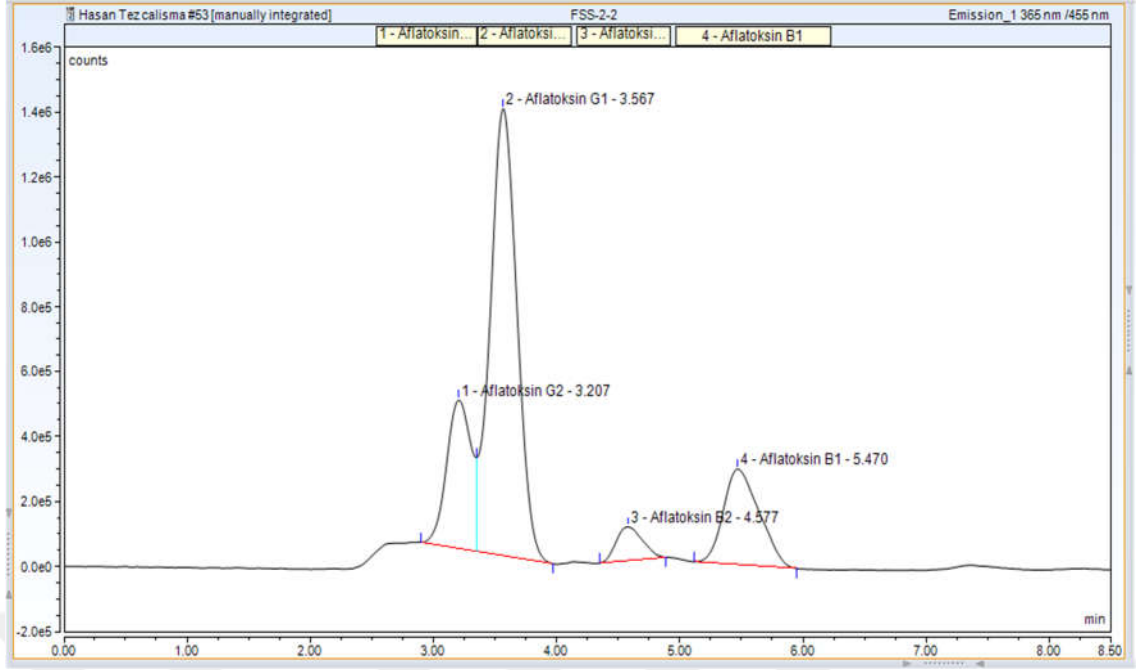
Ek 99. 08.11.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin kalibrasyon kontrol piki



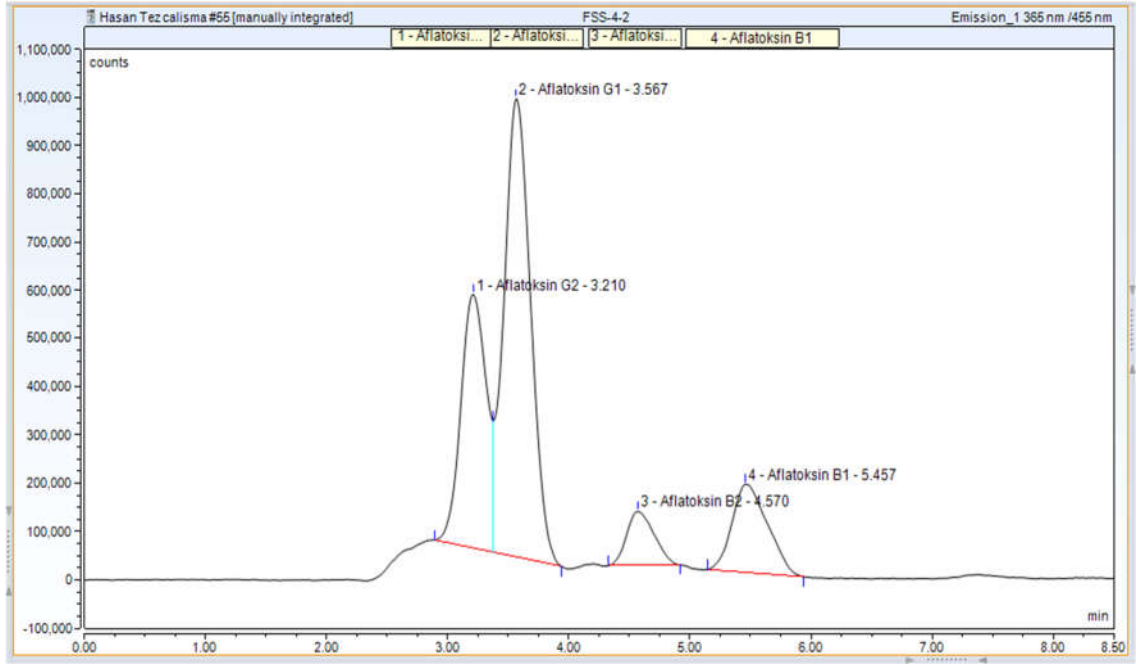
Ek 100. 08.11.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin geri kazanım piki



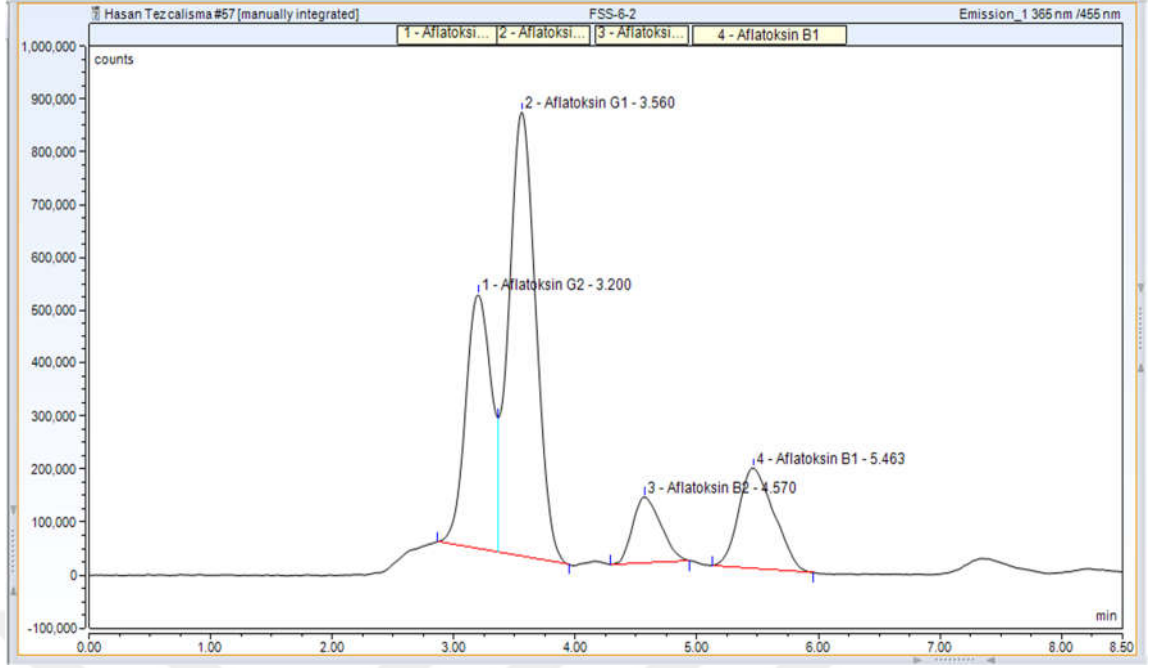
Ek 101. Siyah çay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-2 aflatoksin piki



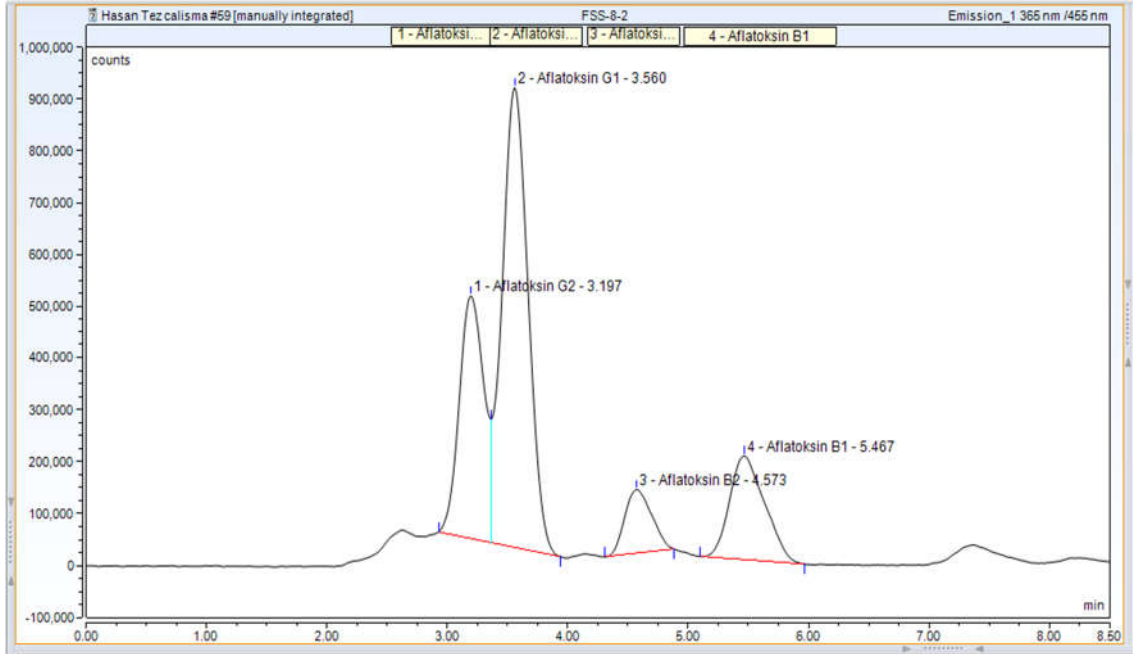
Ek 102. Siyah çay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-4 aflatoksin piki



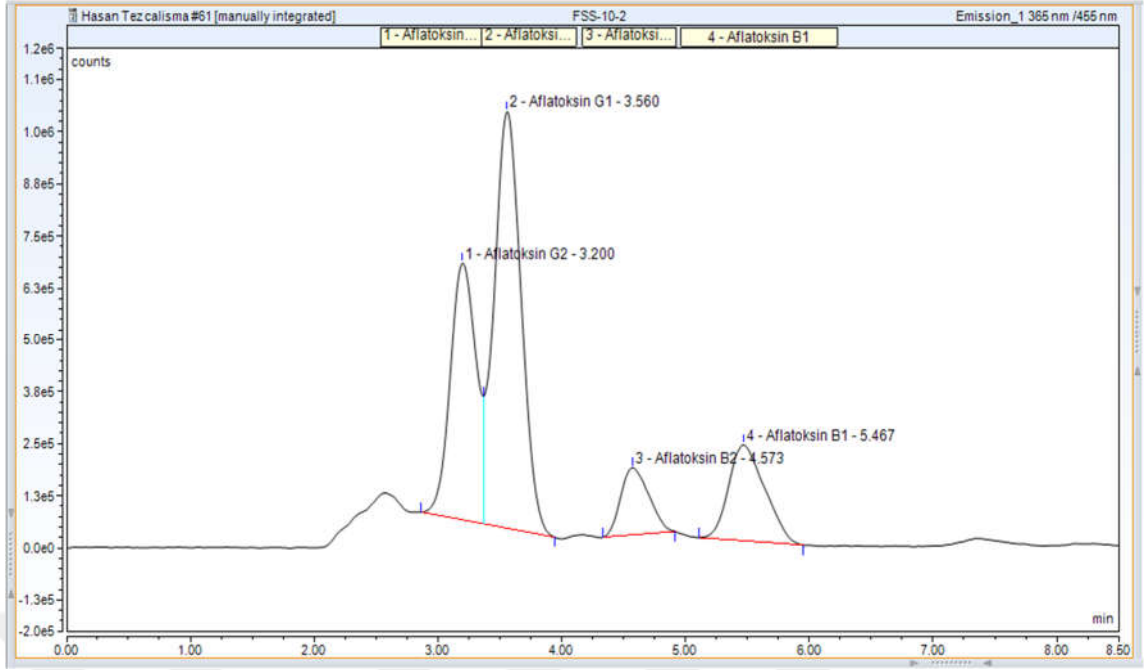
Ek 103. Siyah çay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-6 aflatoksin piki



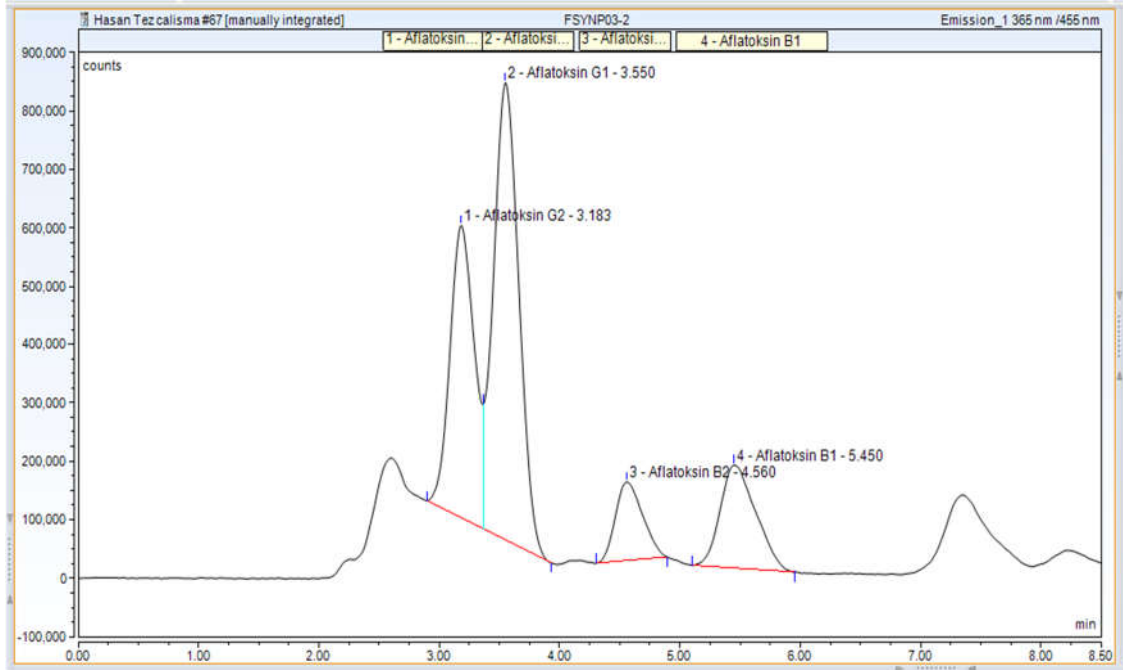
Ek 104. Siyah çay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-8 aflatoksin piki



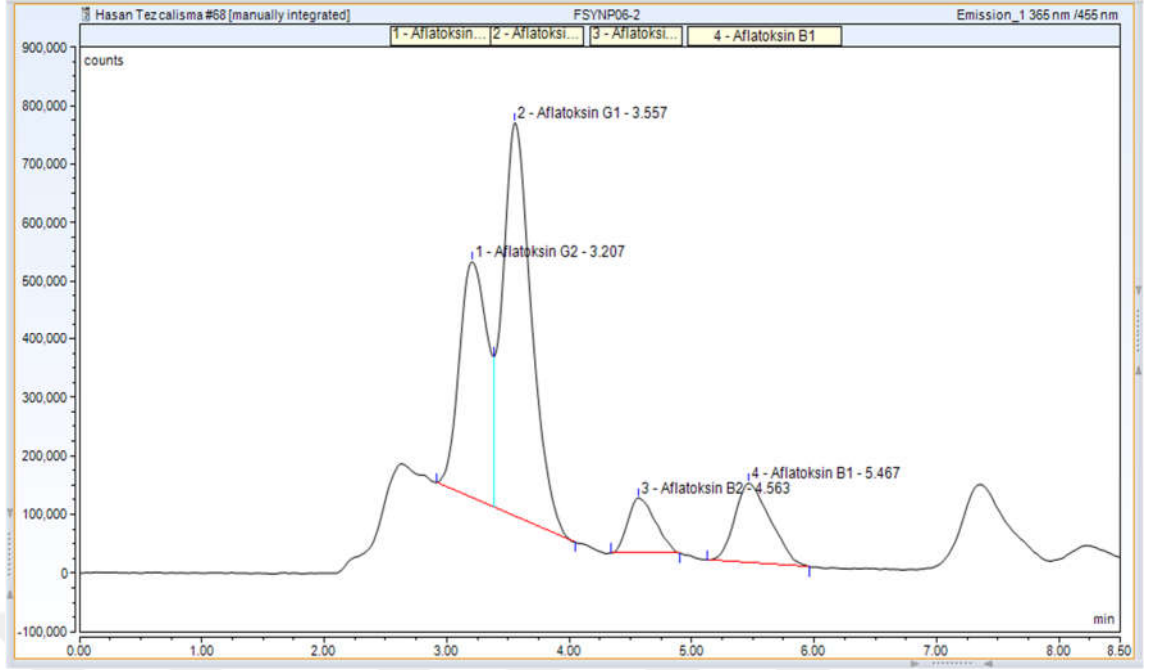
Ek 105. Siyah çay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-10 aflatoksin piki



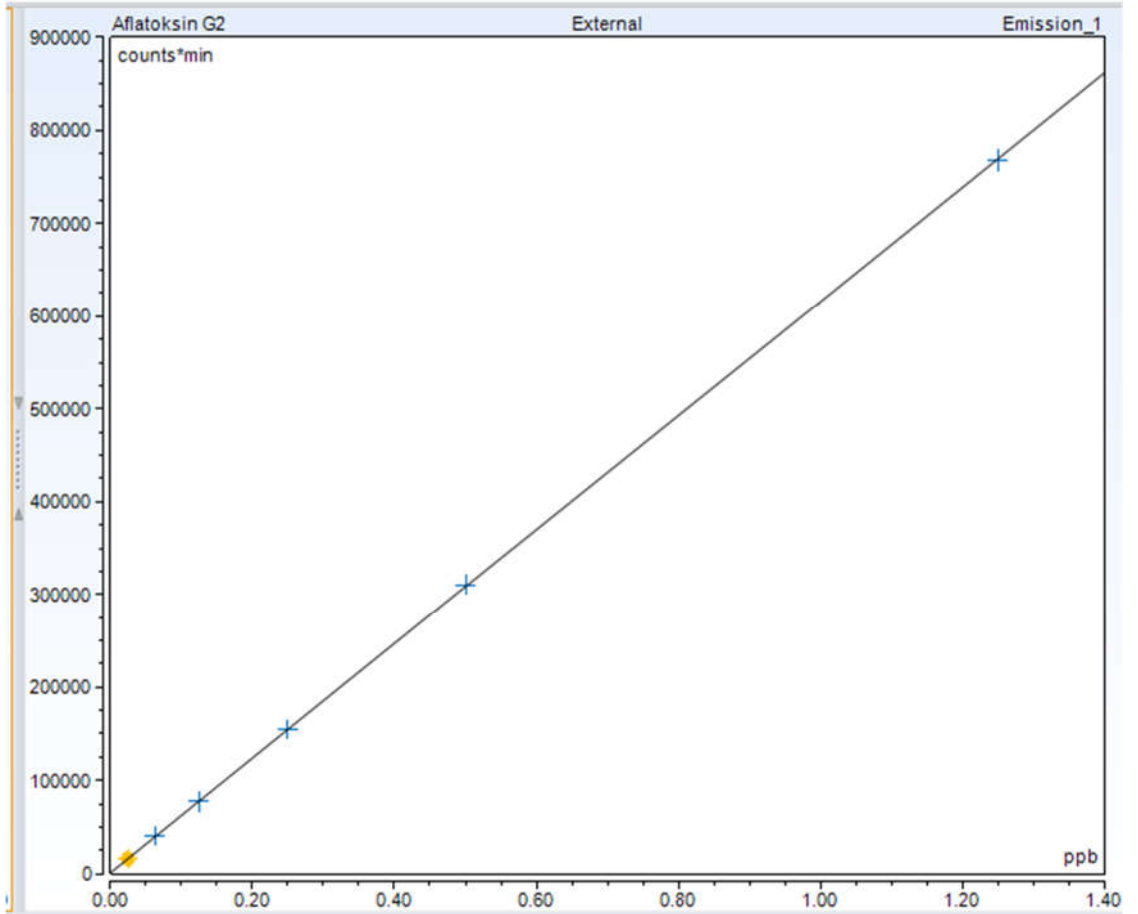
Ek 106. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fıstık çözeltisi-1 aflatoksin piki



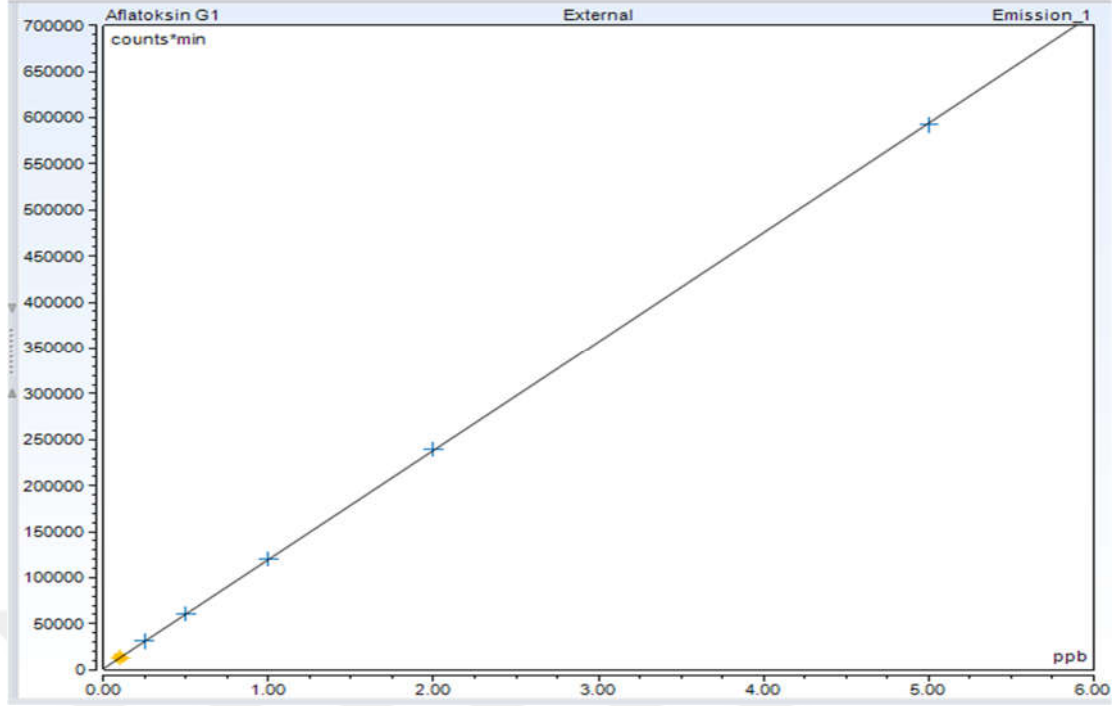
Ek 107. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fıstık çözeltisi-2 aflatoksin piki



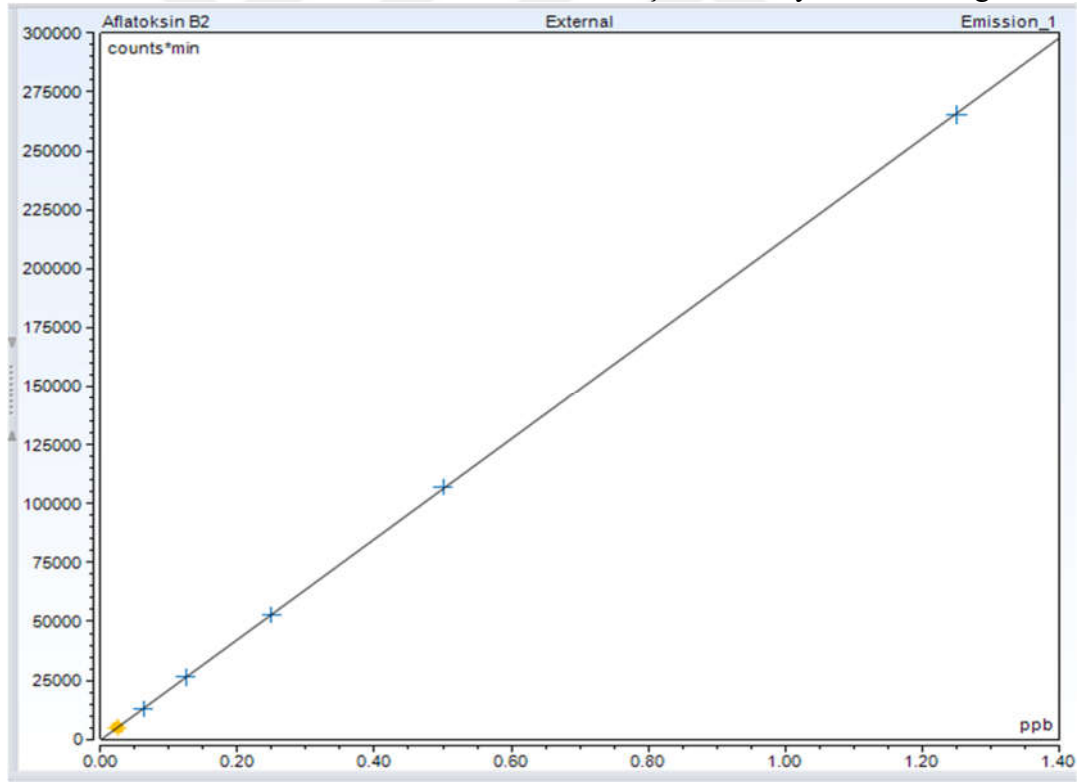
Ek 108. 03.11.2021 tarihli aflatoksin G₂ için kalibrasyon standart eğrisi



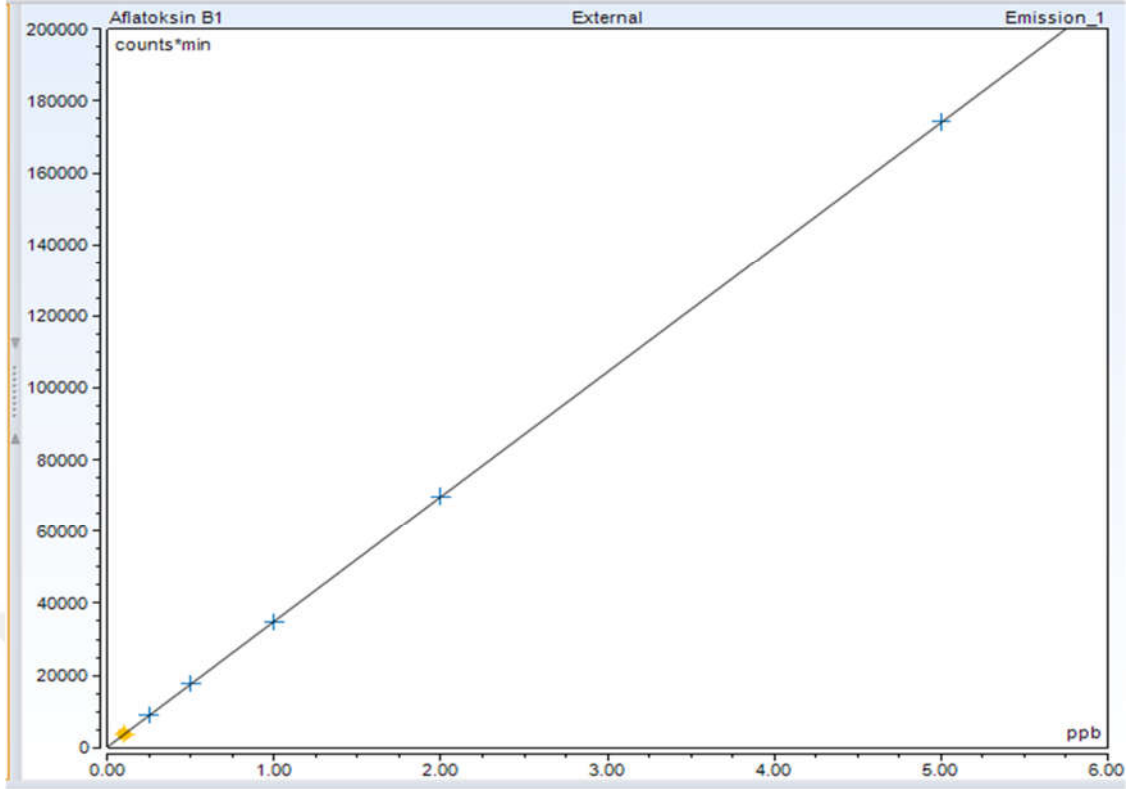
Ek 109. 03.11.2021 tarihli aflatoksin G₁ için kalibrasyon standart eğrisi



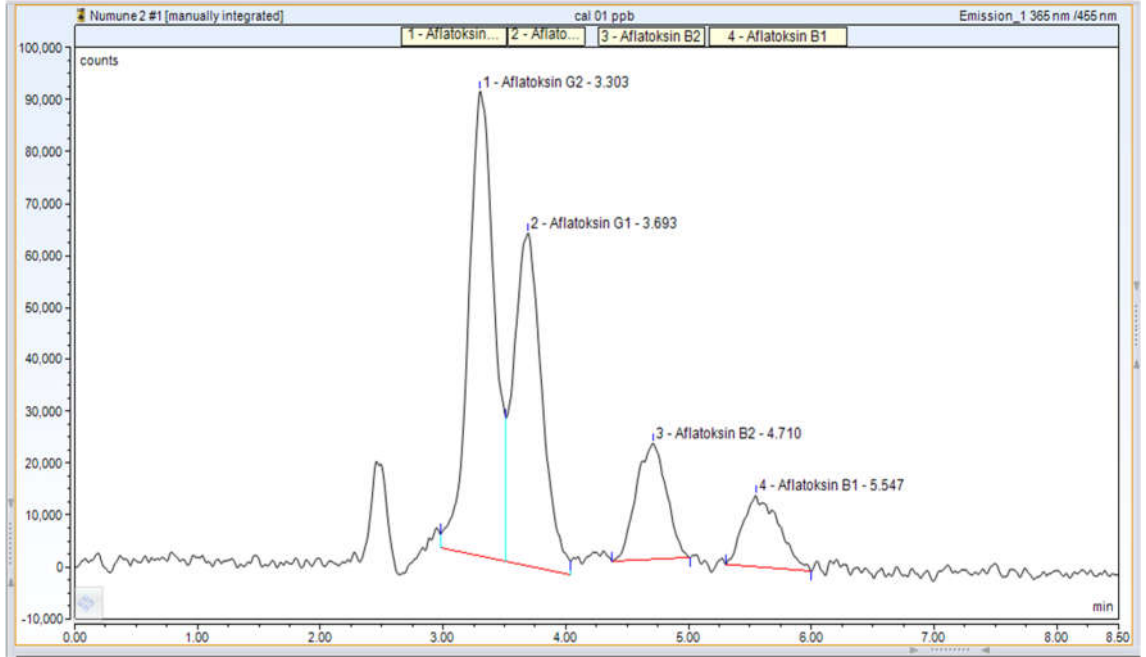
Ek 110. 03.11.2021 tarihli aflatoksin B₂ için kalibrasyon standart eğrisi



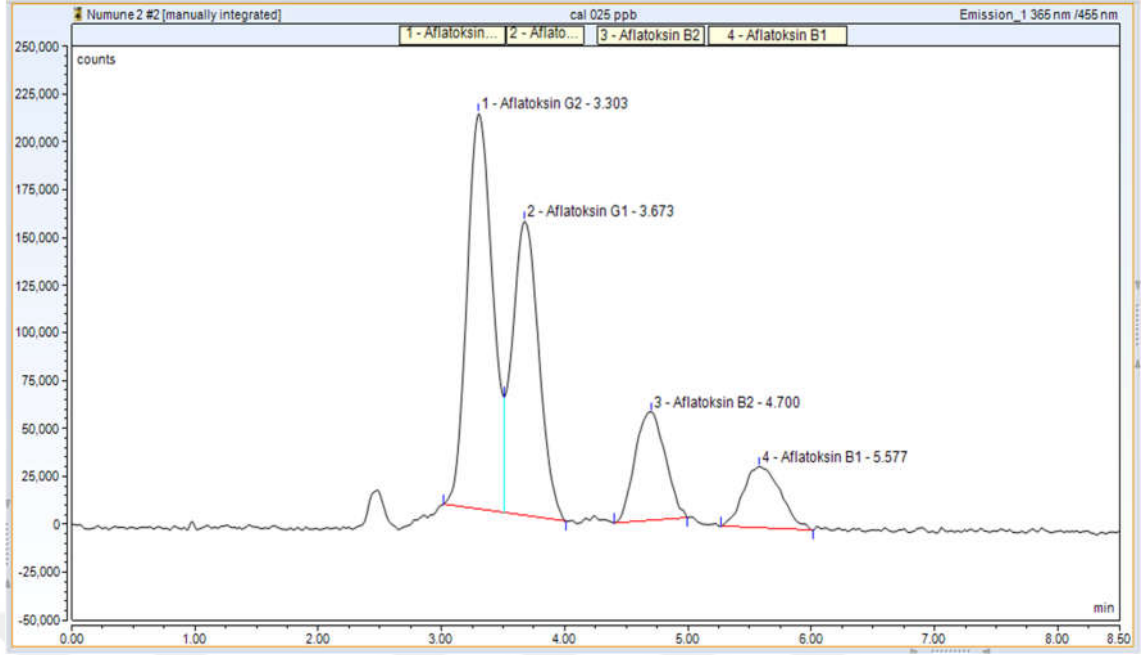
Ek 111. 03.11.2021 tarihli aflatoksin B₁ için kalibrasyon standart eğrisi



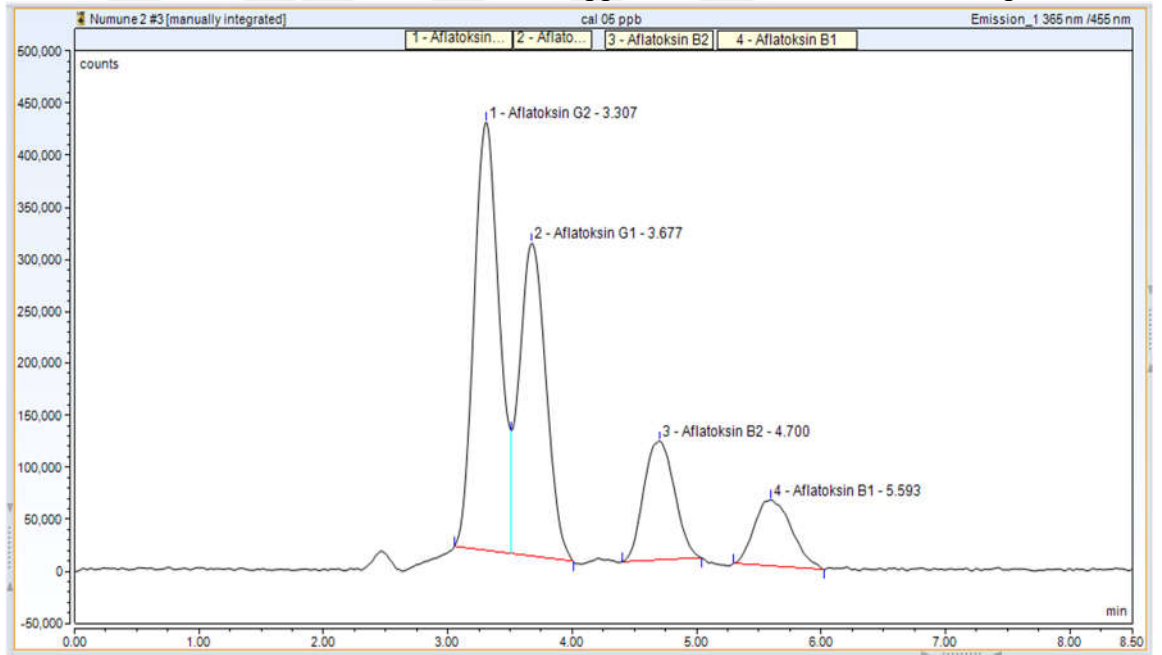
Ek 112. 03.11.2021 tarihli cihaz-2 0.1 ppb aflatoksin B₁ standartına ait piki



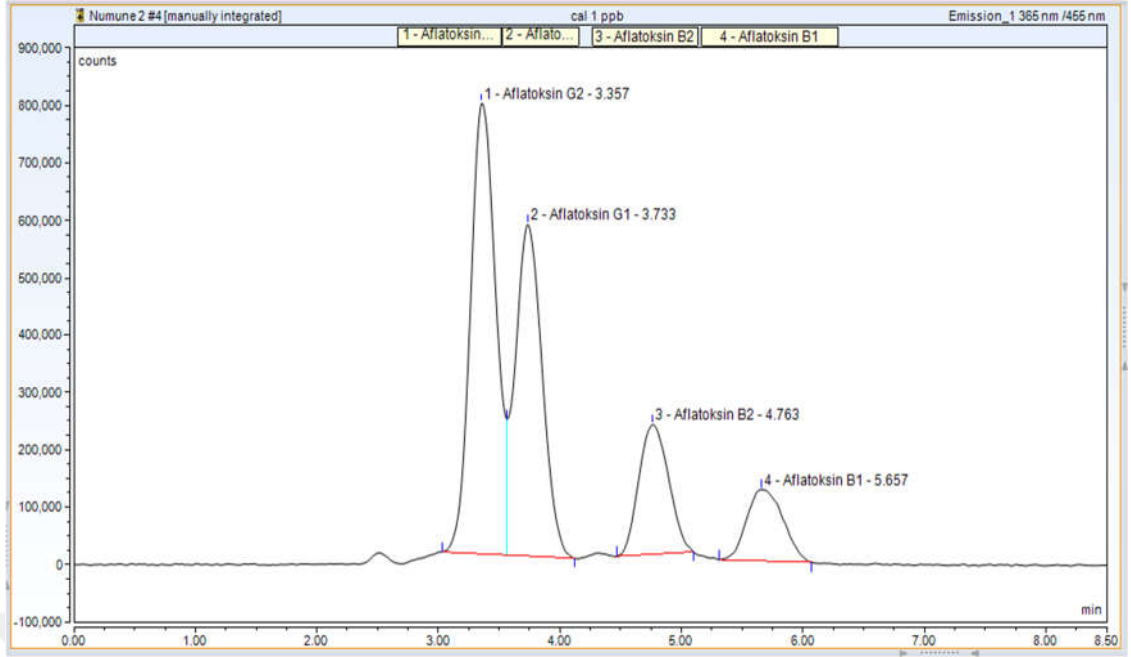
Ek 113. 03.11.2021 tarihli cihaz-2 0.25 ppb aflatoksin B₁ standartına ait piki



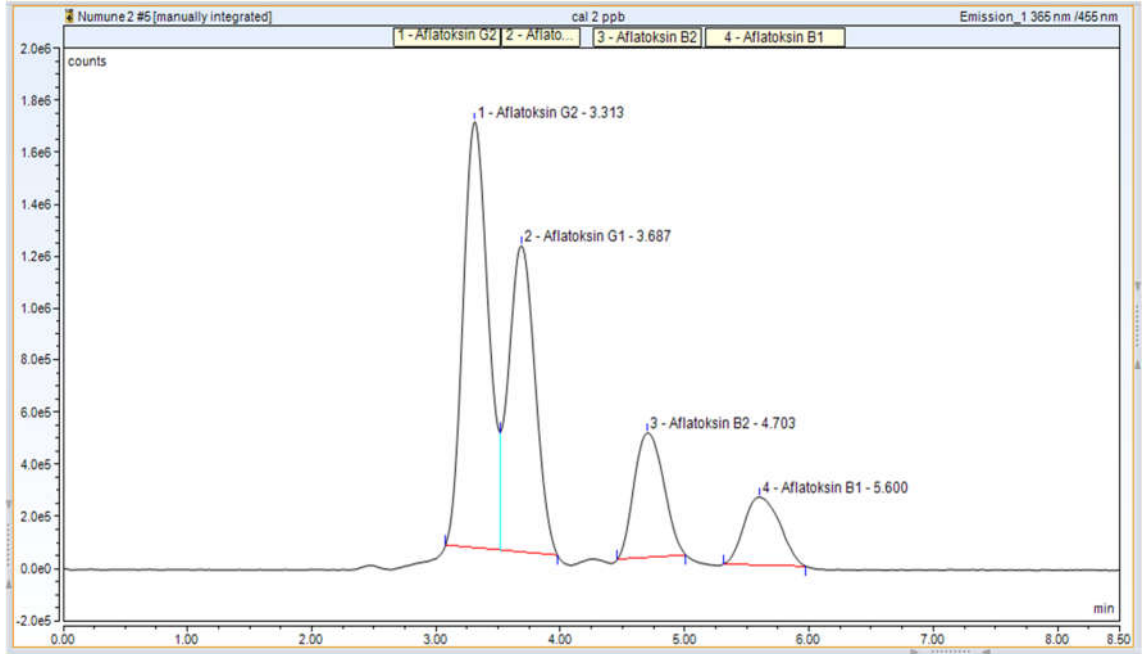
Ek 114. 03.11.2021 tarihli cihaz-2 0.5 ppb aflatoksin B₁ standartına ait piki



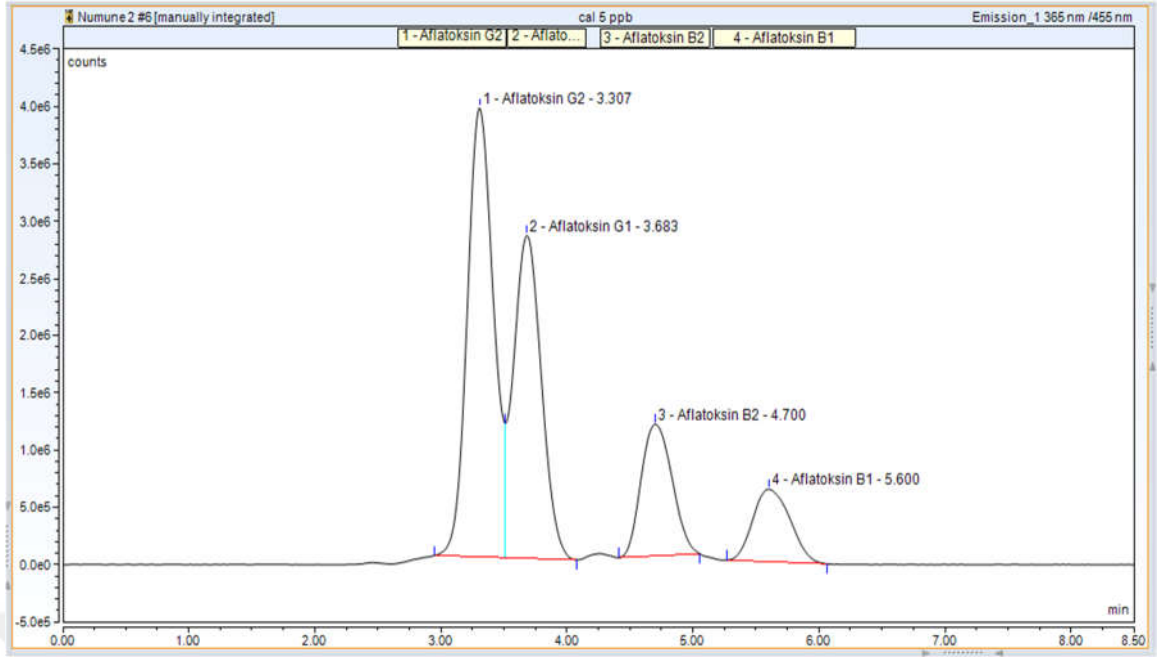
Ek 115. 03.11.2021 tarihli cihaz-2 1.0 ppb aflatoksin B₁ standartına ait piki



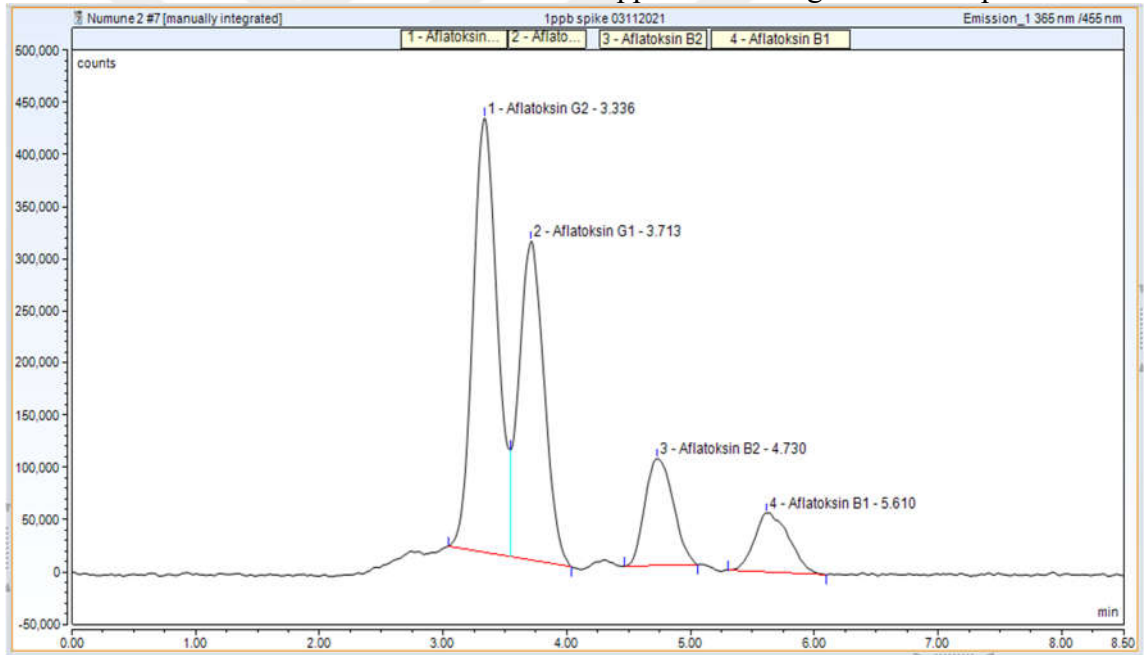
Ek 116. 03.11.2021 tarihli cihaz-2 2.0 ppb aflatoksin B₁ standartına ait piki



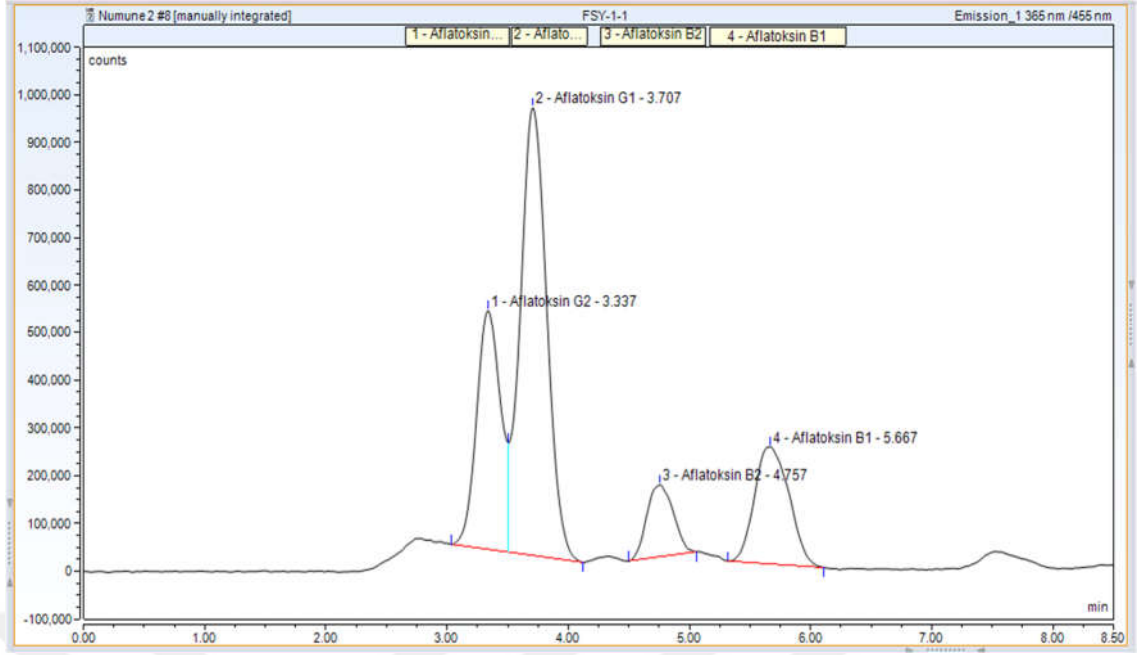
Ek 117. 03.11.2021 tarihli cihaz-2 5.0 ppb aflatoksin B₁ standartına ait piki



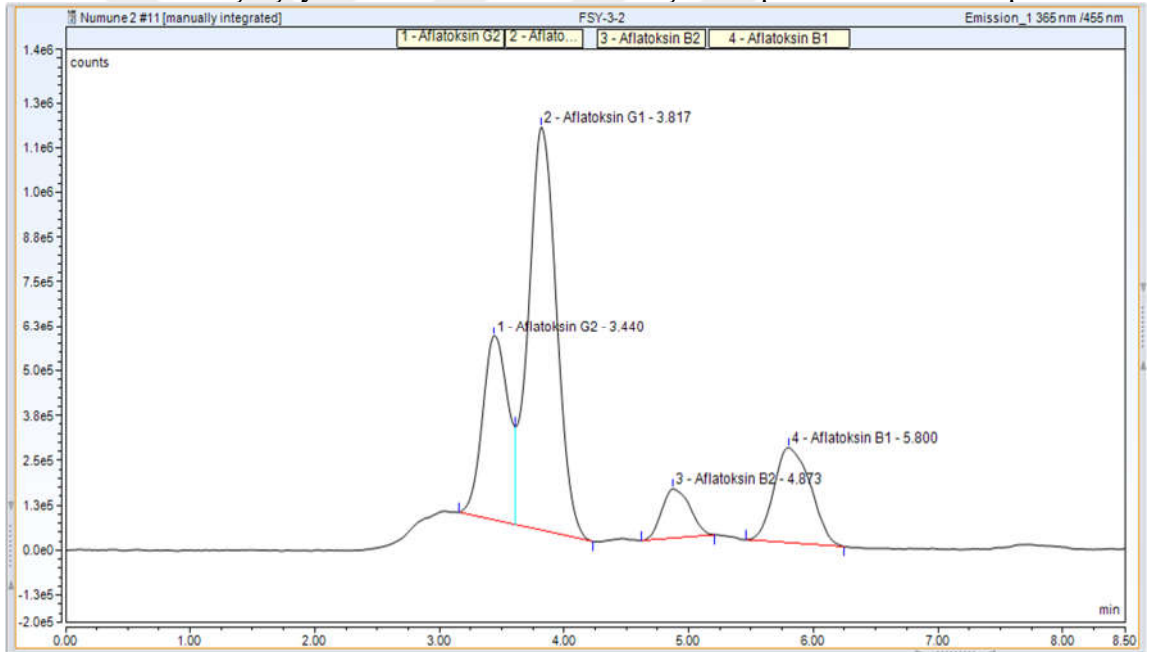
Ek 118. Cihaz-2 03.11.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin geri kazanım piki



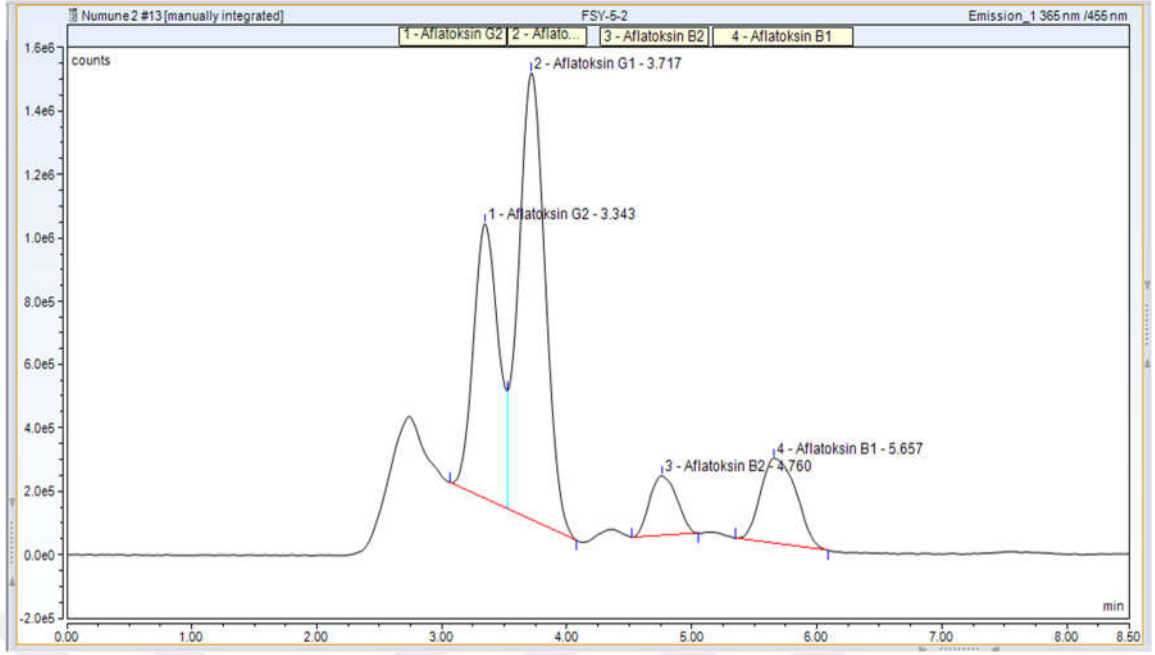
Ek 119. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-1 aflatoksin piki



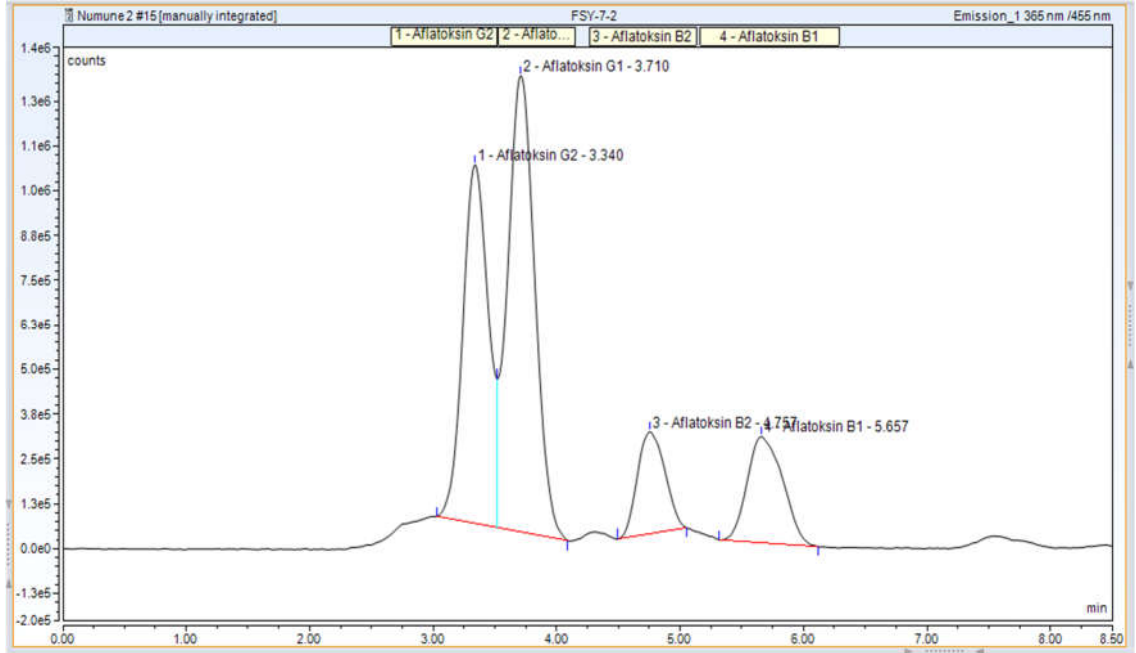
Ek 120. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-3 aflatoksin piki



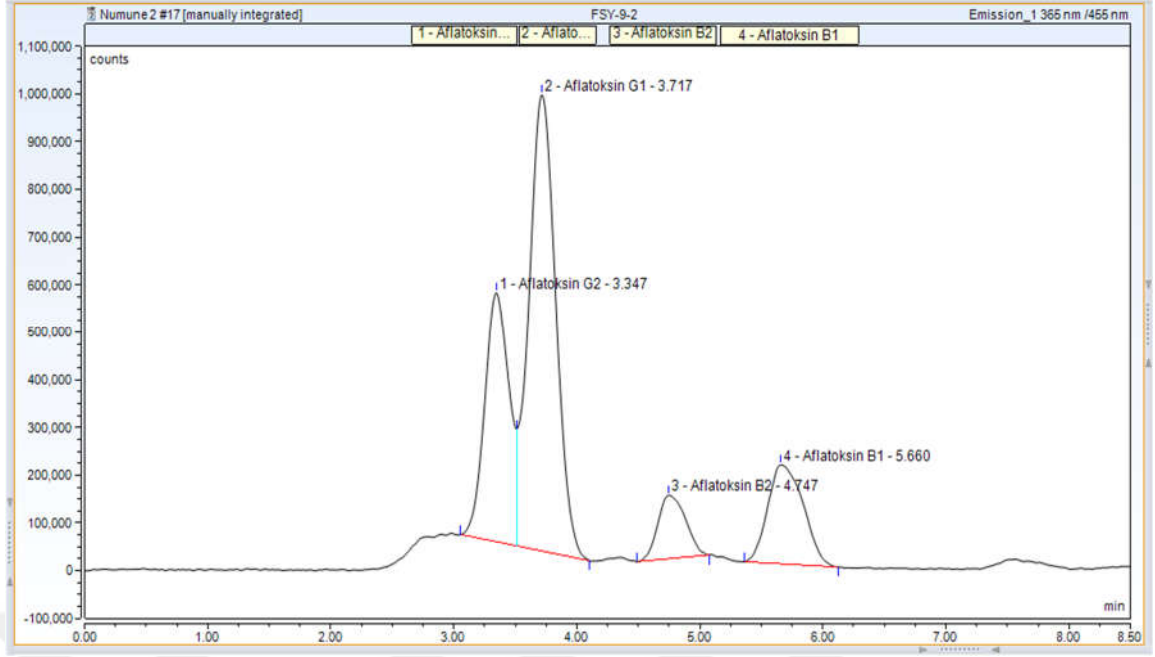
Ek 121. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-5 aflatoksin piki



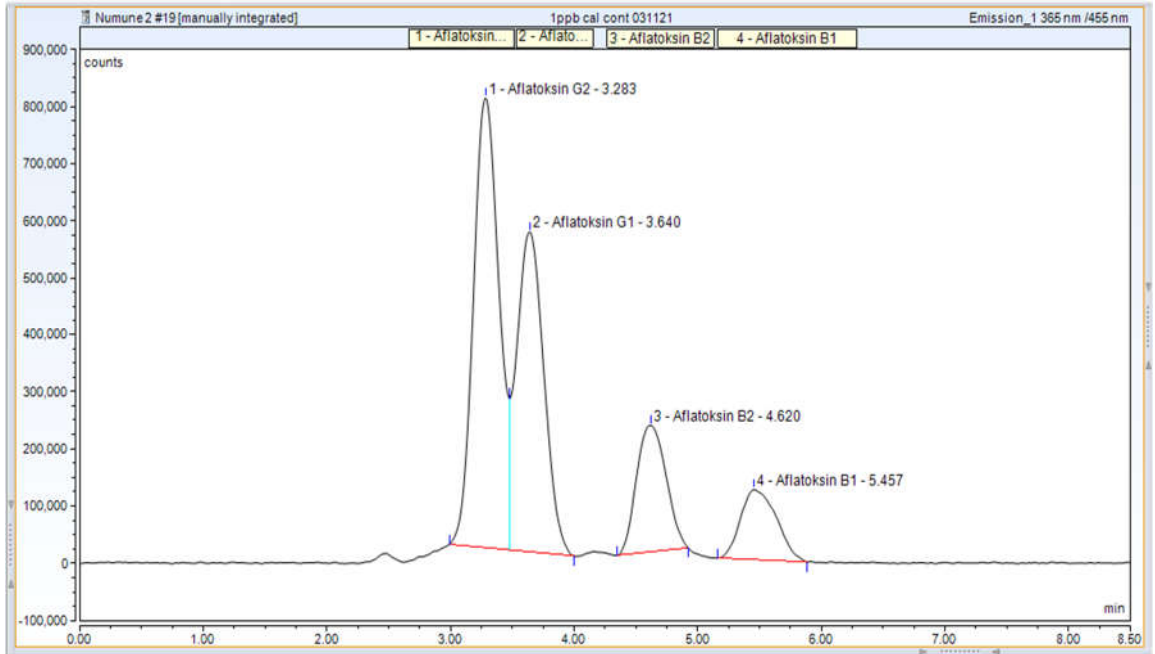
Ek 122. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-7 aflatoksin piki



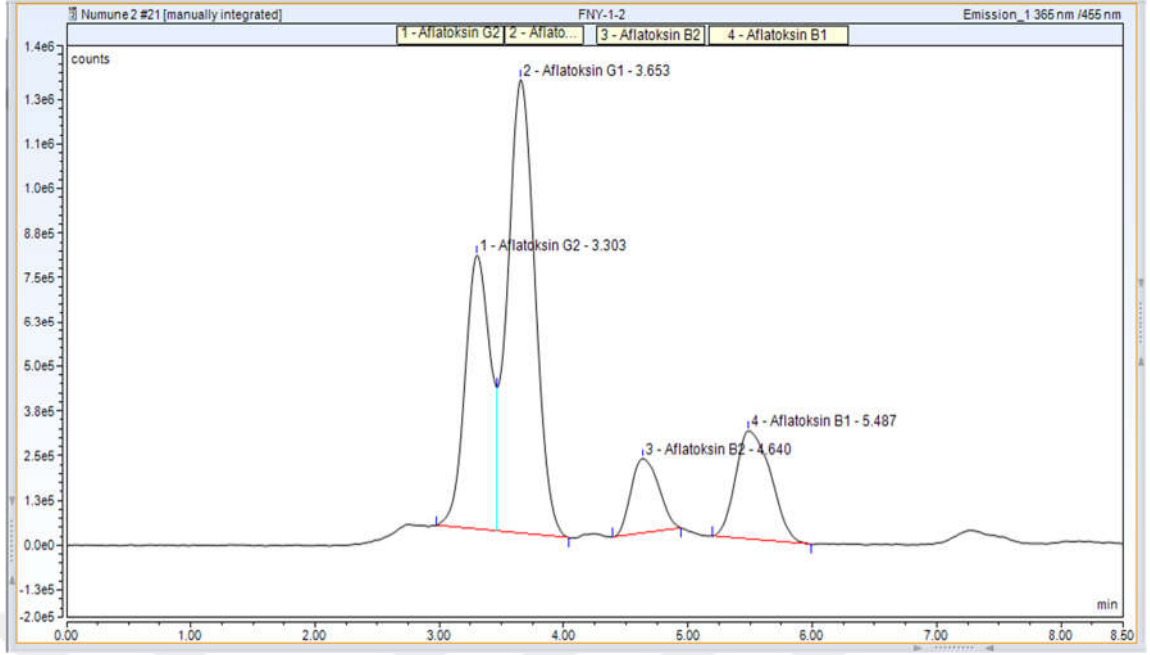
Ek 123. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-9 aflatoksin piki



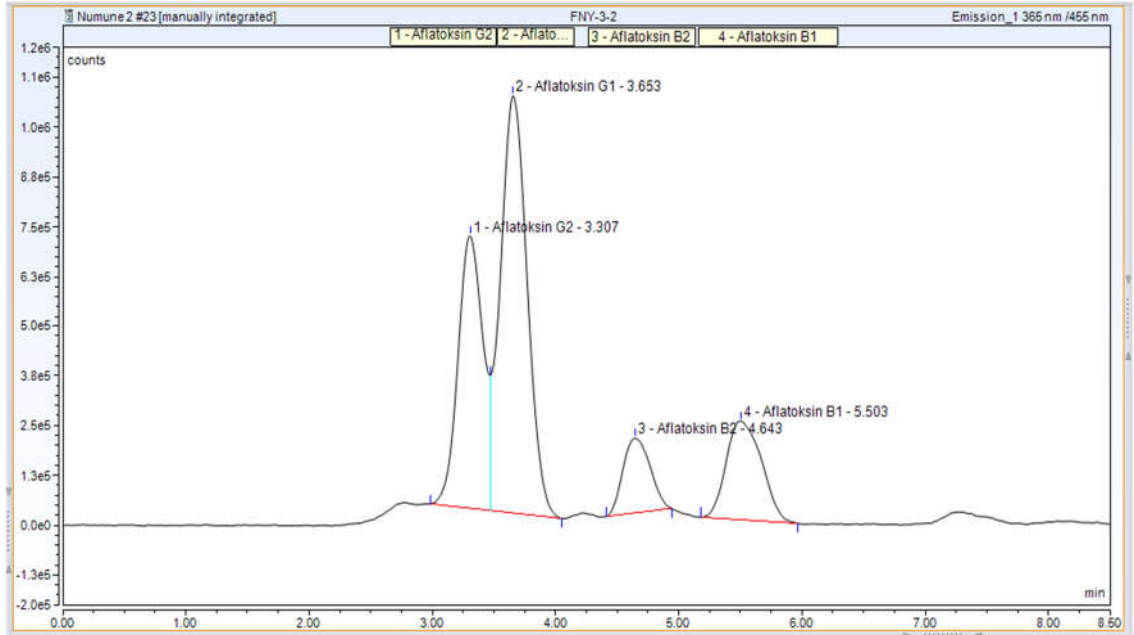
Ek 124. Cihaz-2 03.11.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin kalibrasyon kontrol piki



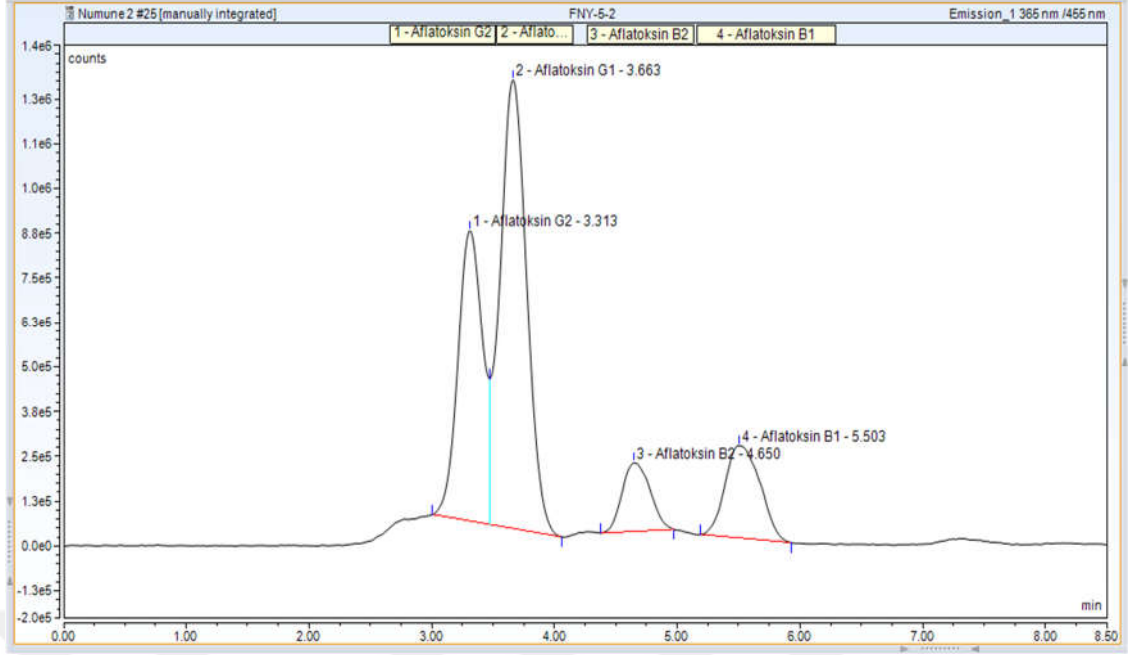
Ek 125. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-1 aflatoksin piki



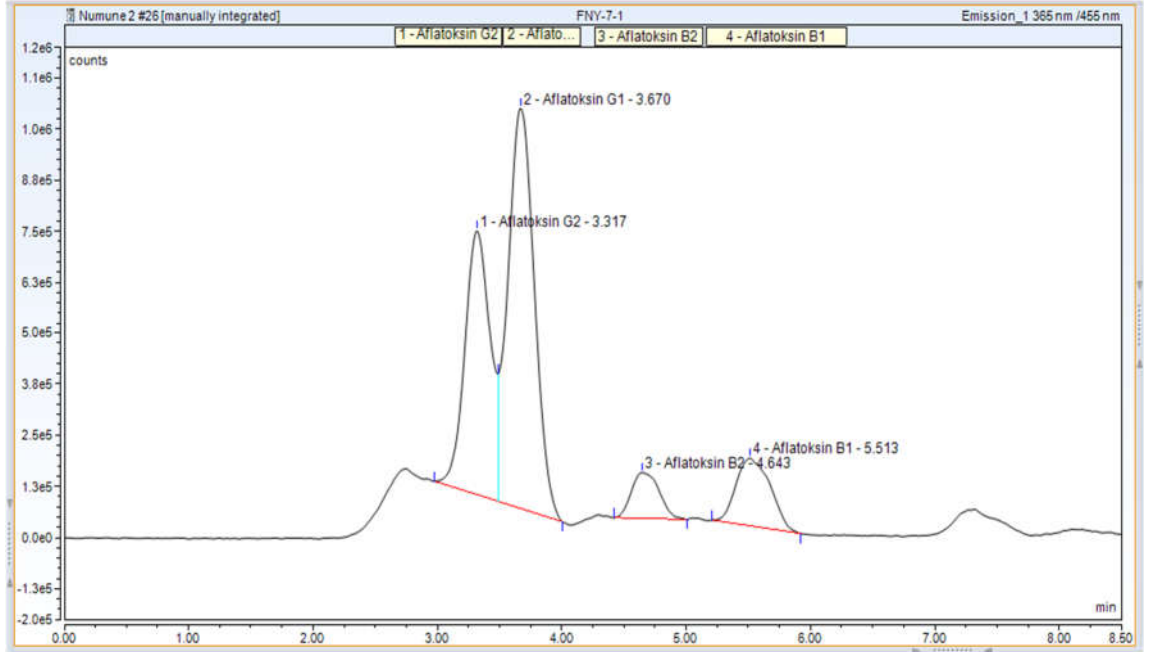
Ek 126. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-3 aflatoksin piki



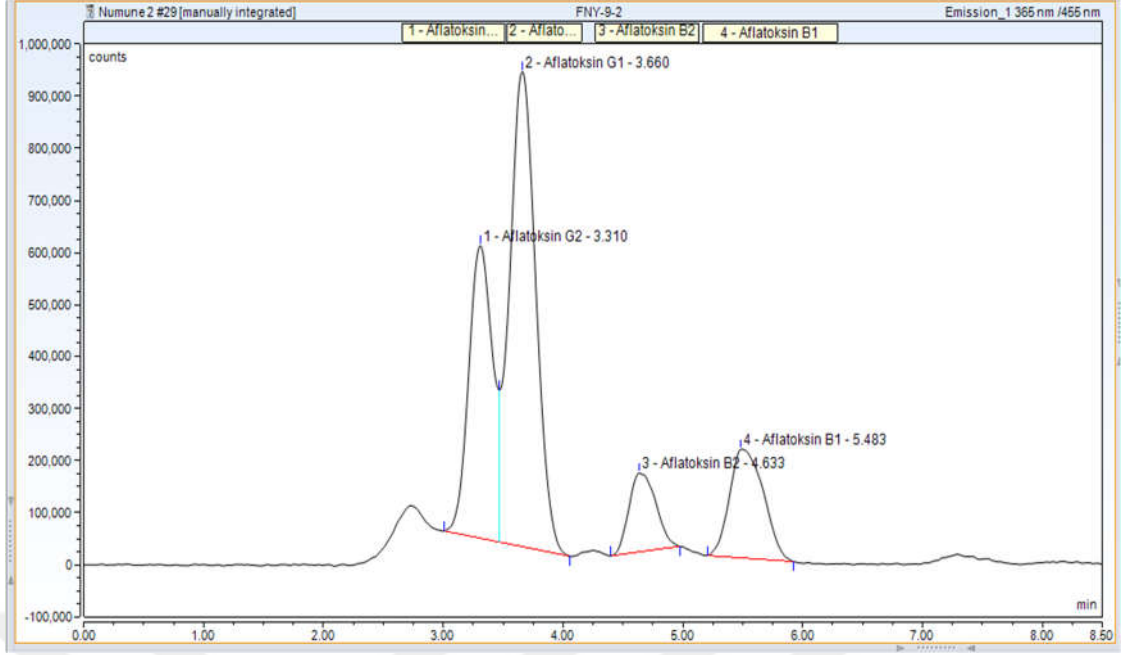
Ek 127. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-5 aflatoksin piki



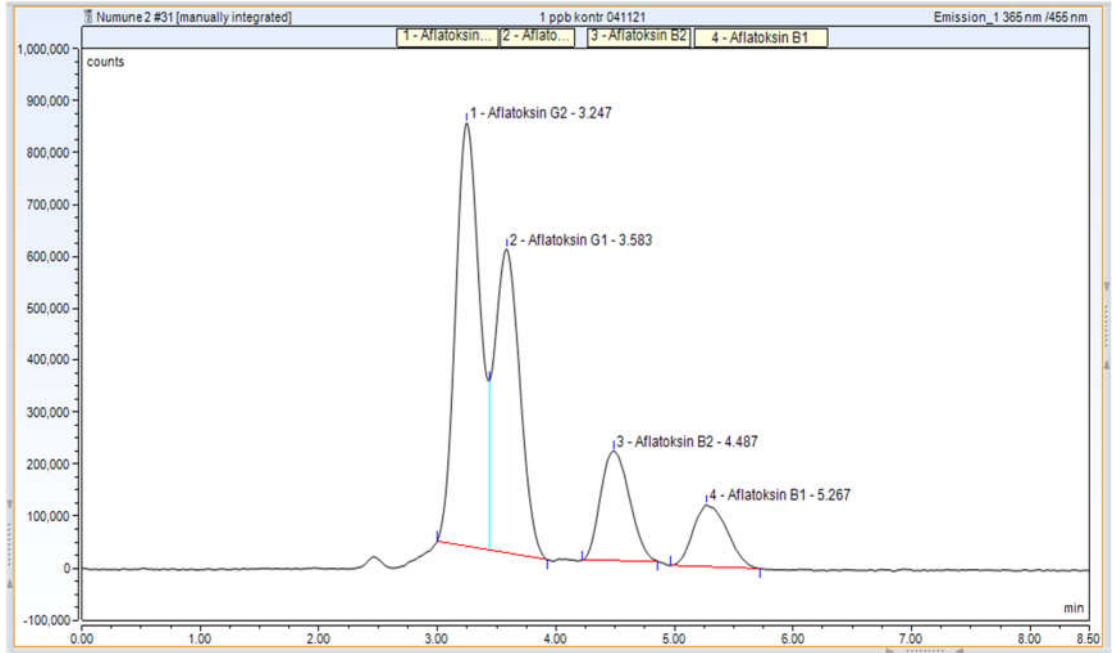
Ek 128. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-7 aflatoksin piki



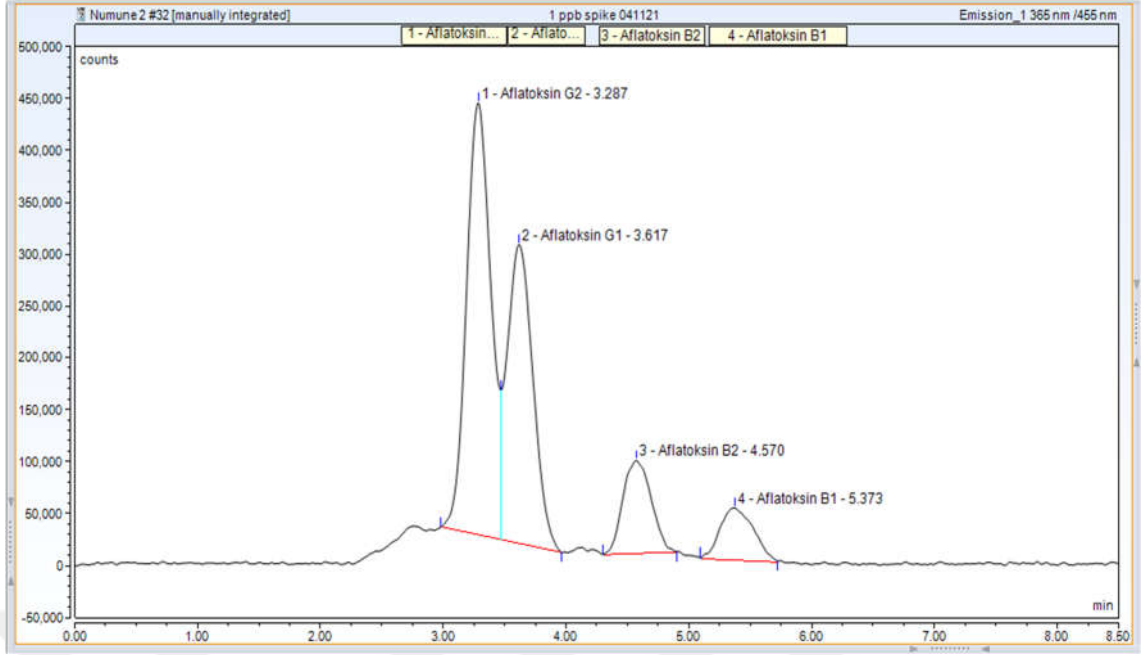
Ek 129. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-9 aflatoksin piki



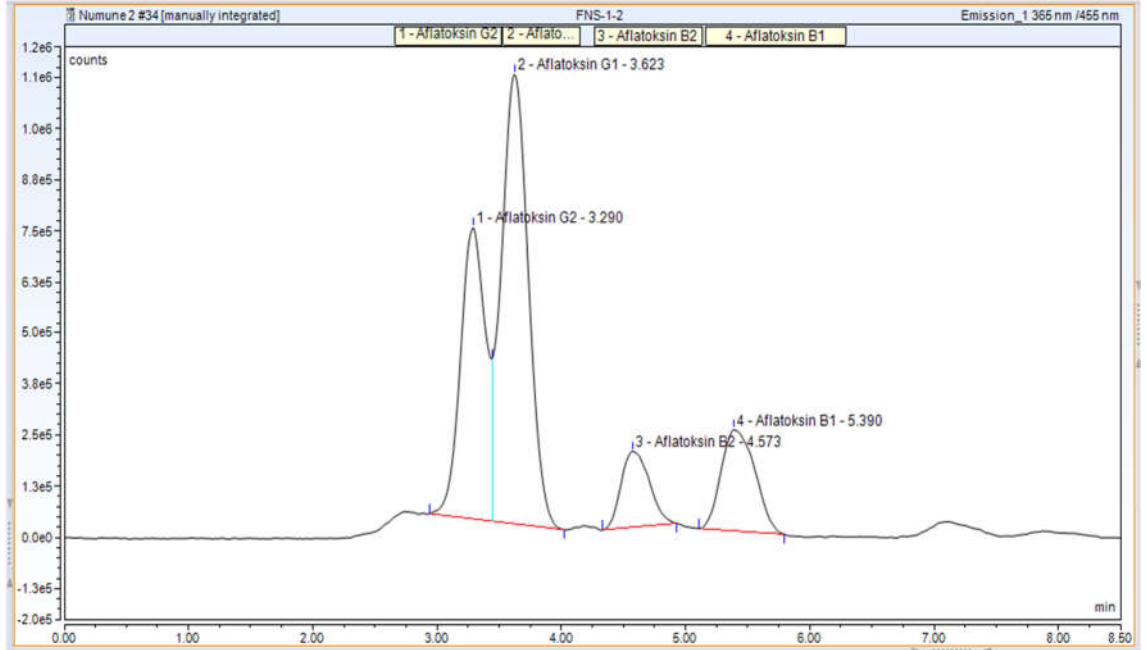
Ek 130. Cihaz-2 04.11.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin kalibrasyon kontrol piki



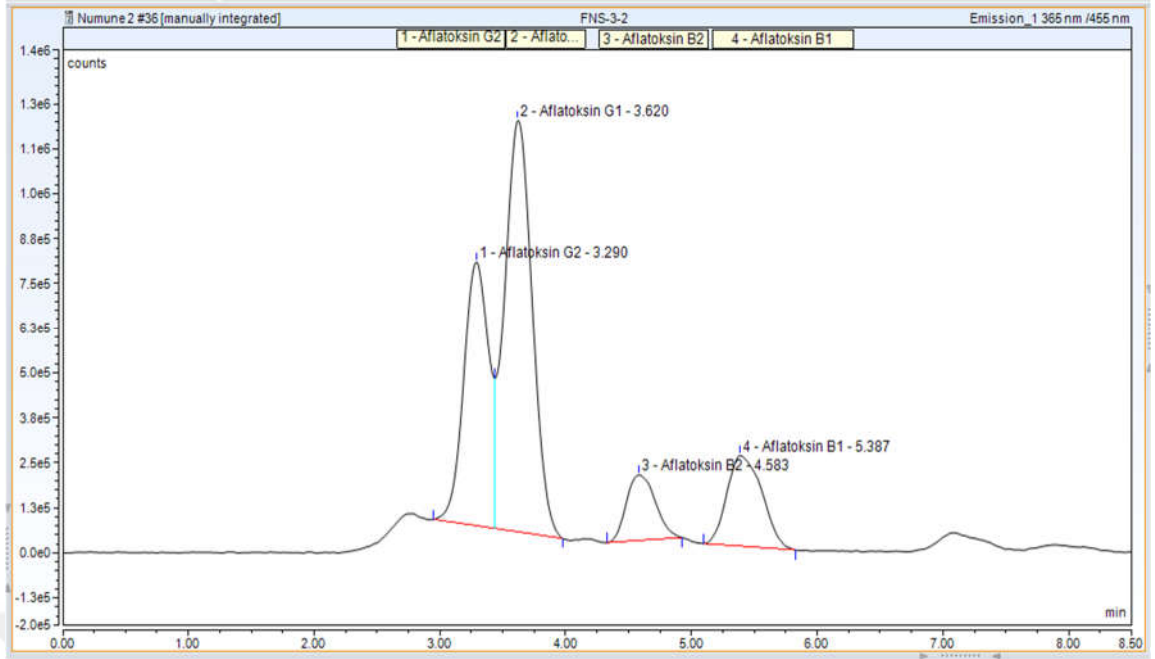
Ek 131. Cihaz-2 04.11.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin geri kazanım piki



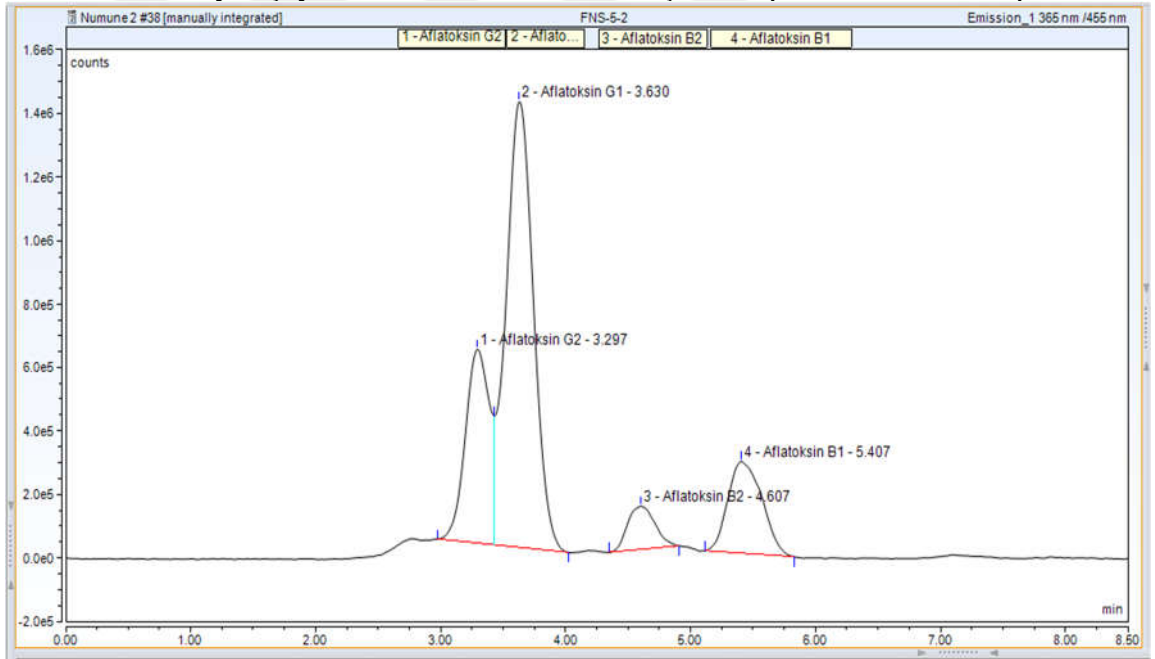
Ek 132. Siyah çay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-1 aflatoksin piki



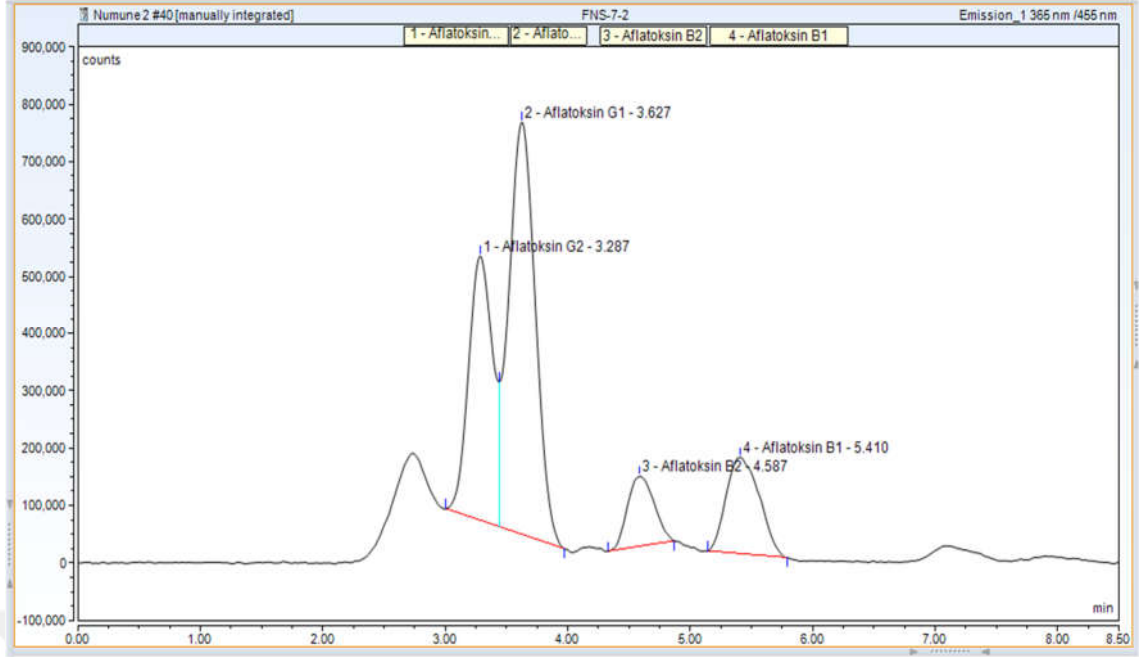
Ek 133. Siyah ay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-3 aflatoksin piki



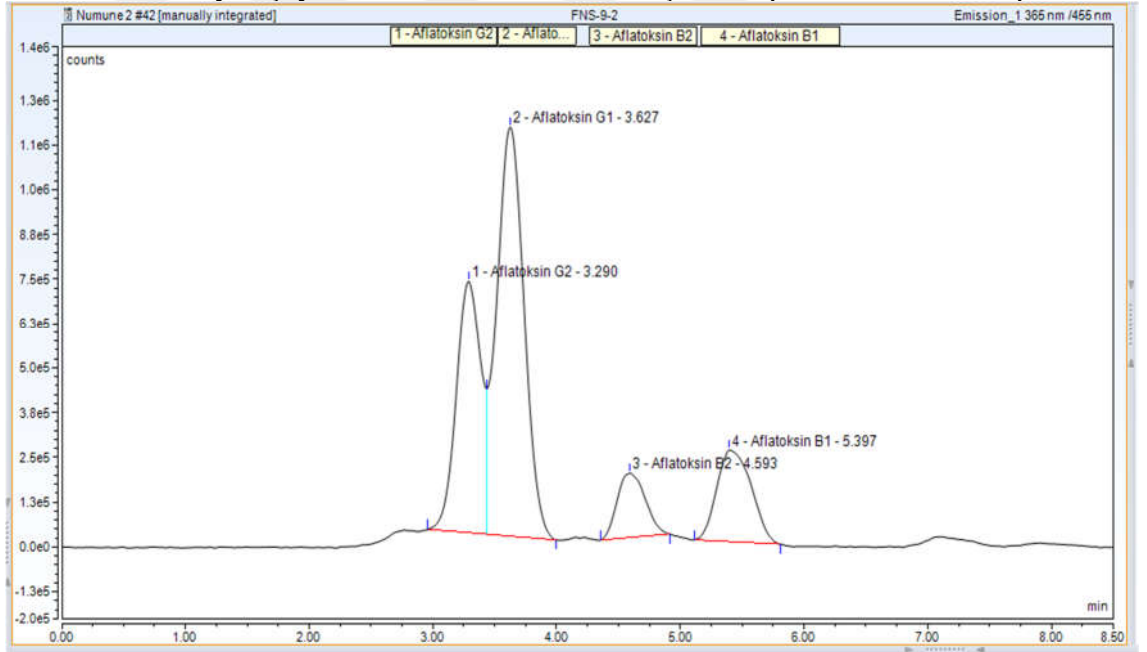
Ek 134. Siyah ay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-5 aflatoksin piki



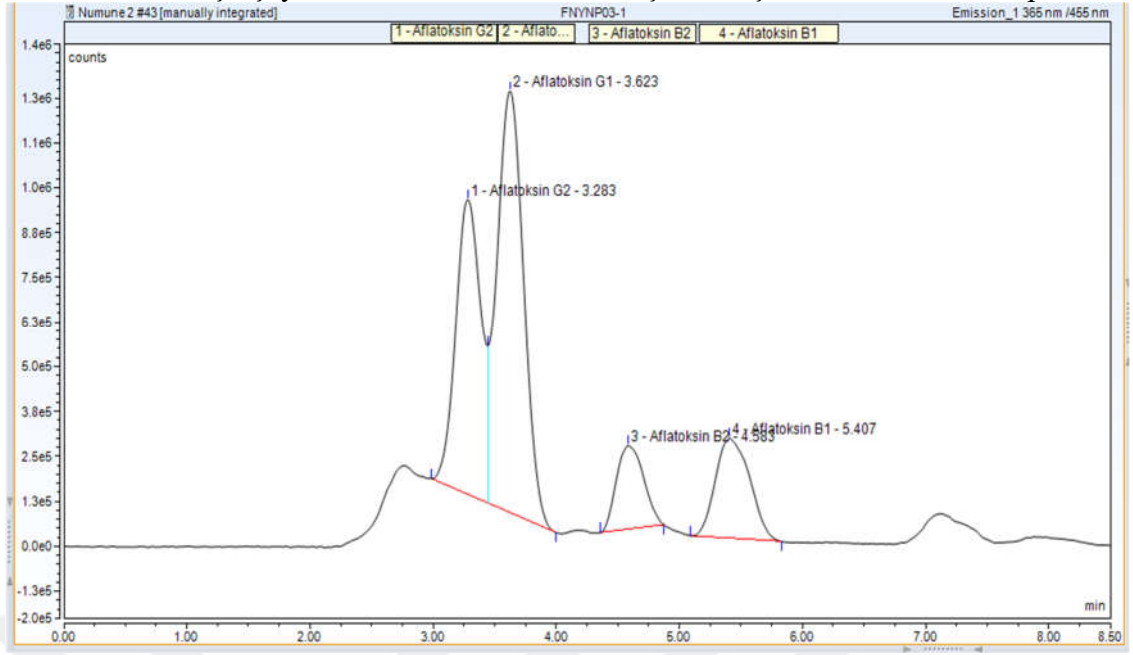
Ek 135. Siyah ay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-7 aflatoksin piki



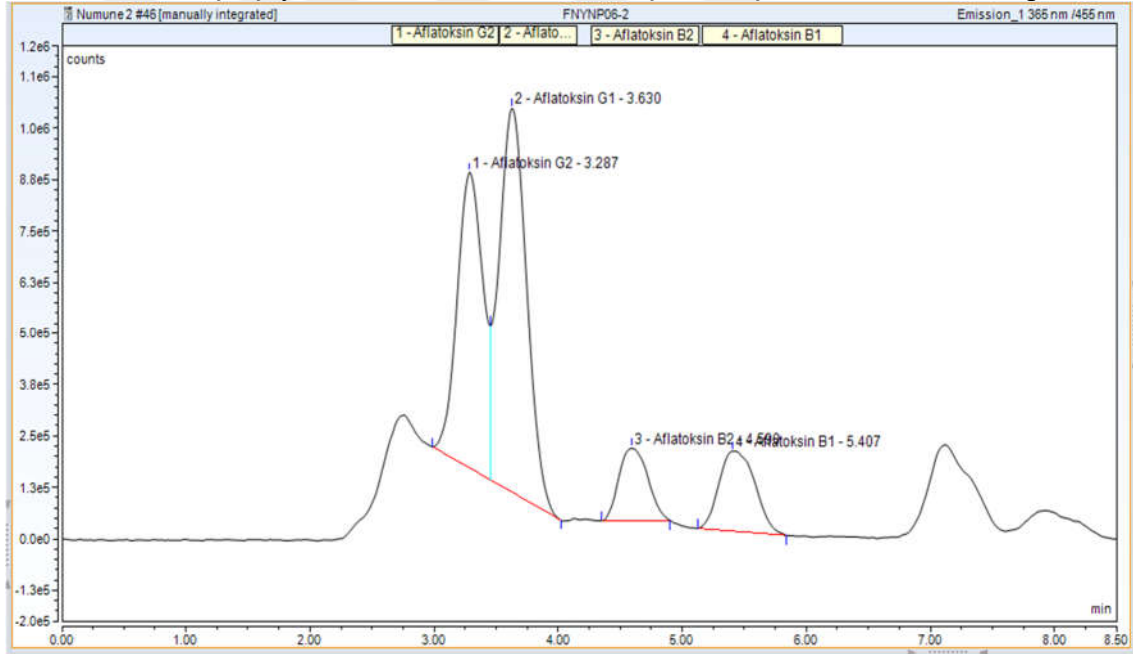
Ek 136. Siyah ay DONP ile muamele edilmiş fındık püresi-9 aflatoksin piki



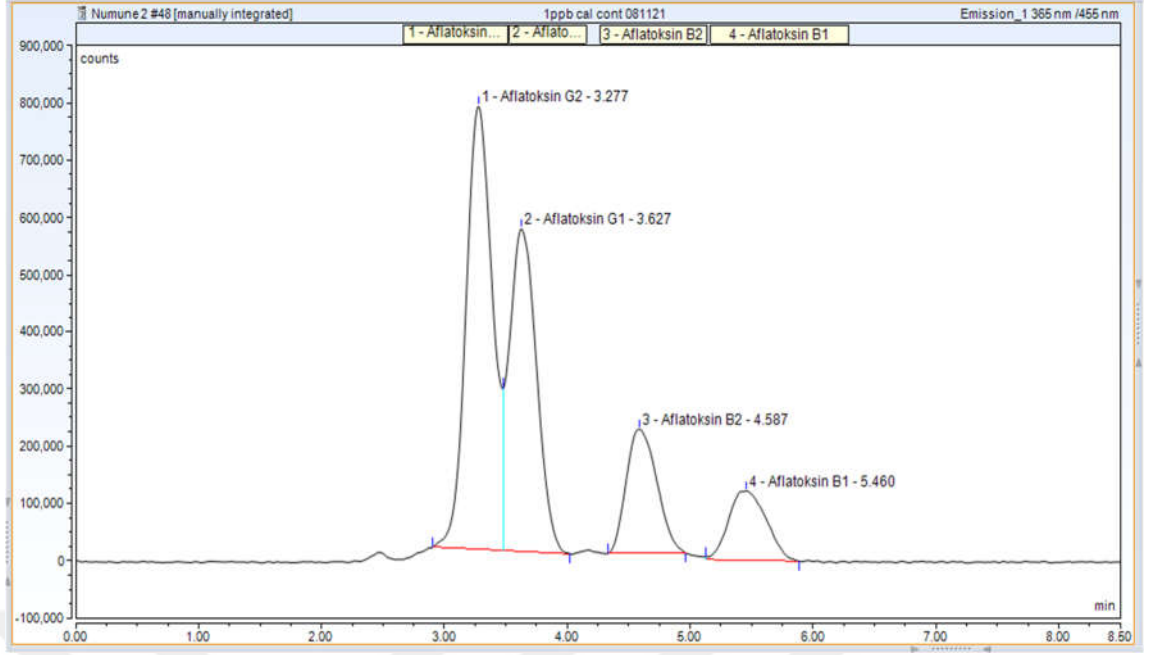
Ek 137. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fındık çözeltisi-1 aflatoksin piki



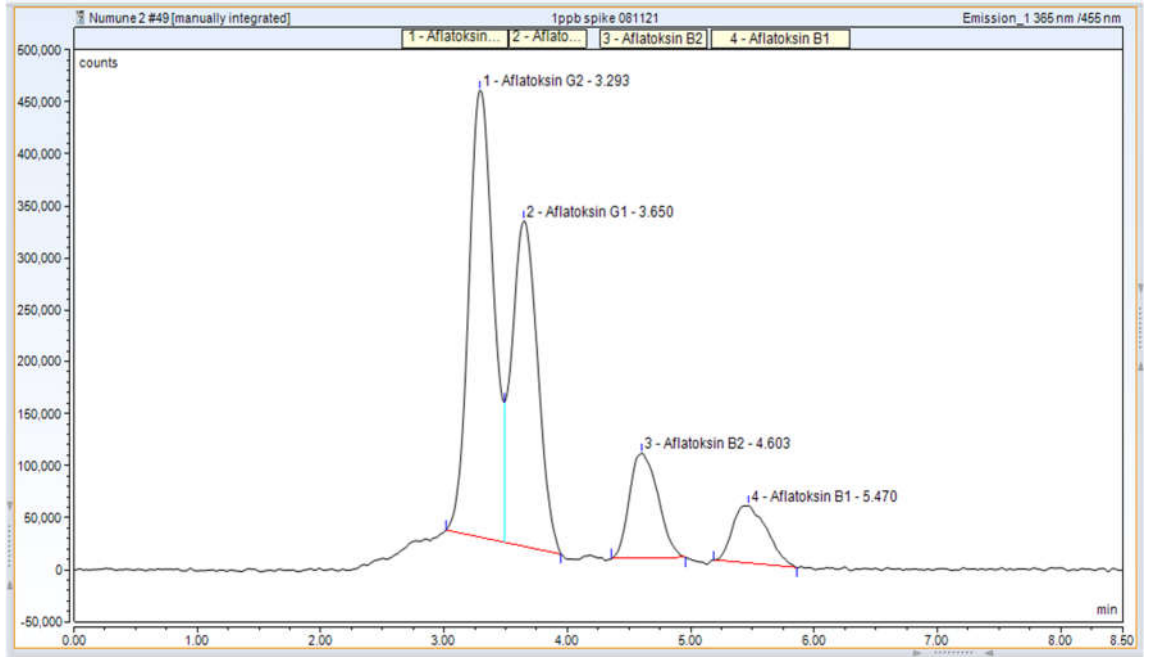
Ek 138. Yeşil çay DONP ile muamele edilmiş fındık çözeltisi-2 aflatoksin piki



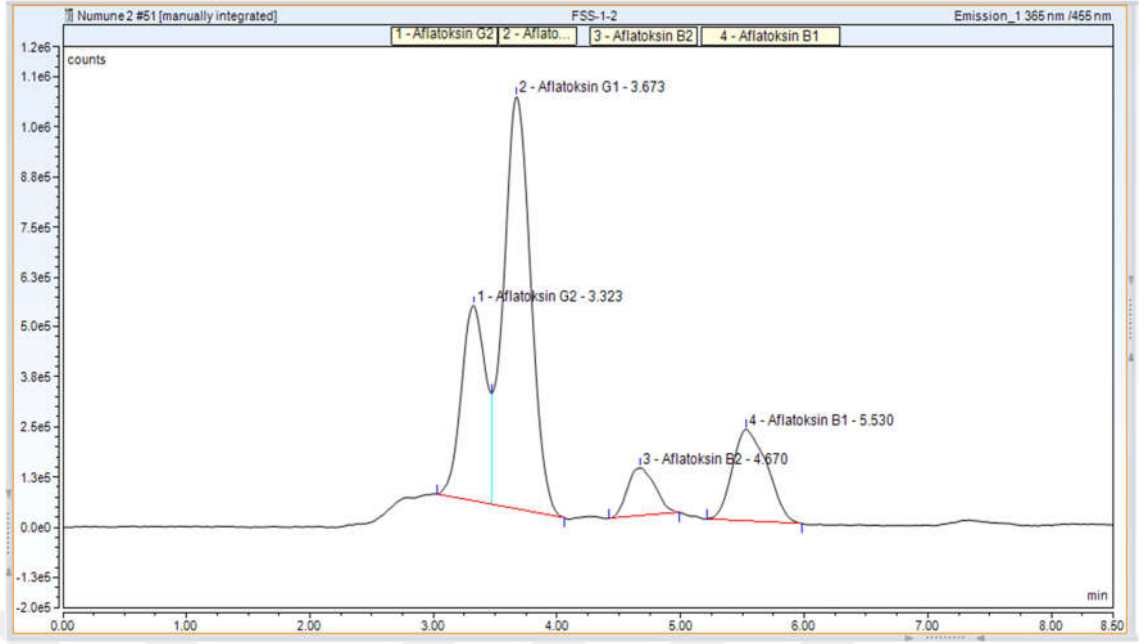
Ek 139. Cihaz-2 08.11.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin kalibrasyon kontrol piki



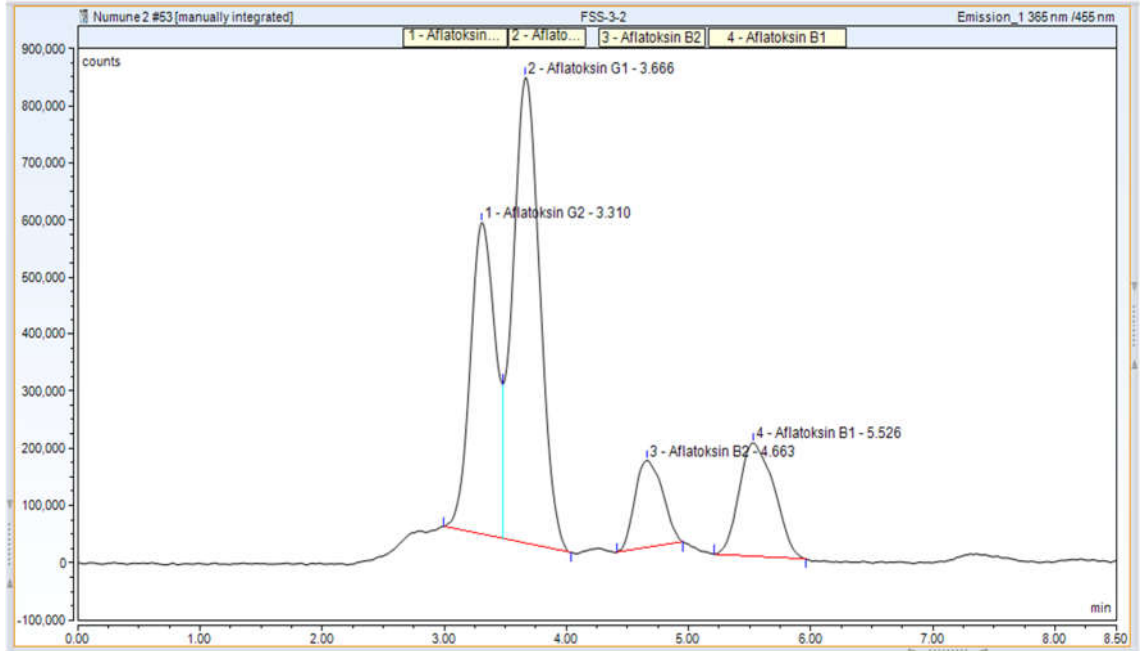
Ek 140. Cihaz-2 08.11.2021 tarihli 1.0 ppb aflatoksin geri kazanım piki



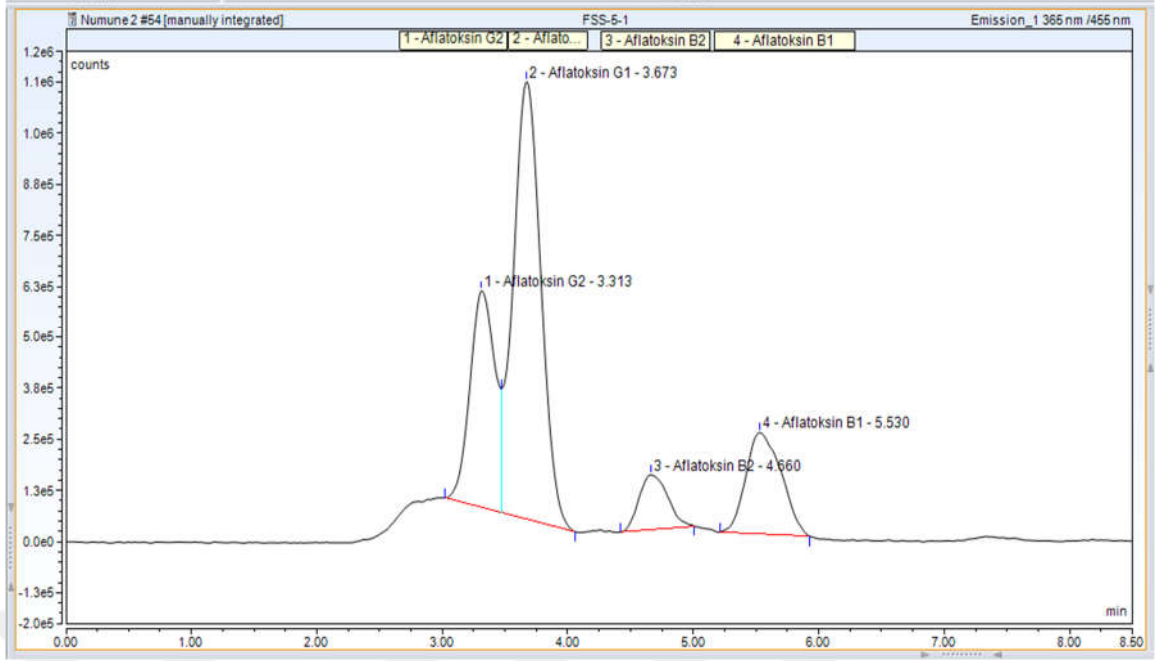
Ek 141. Siyah çay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-1 aflatoksin piki



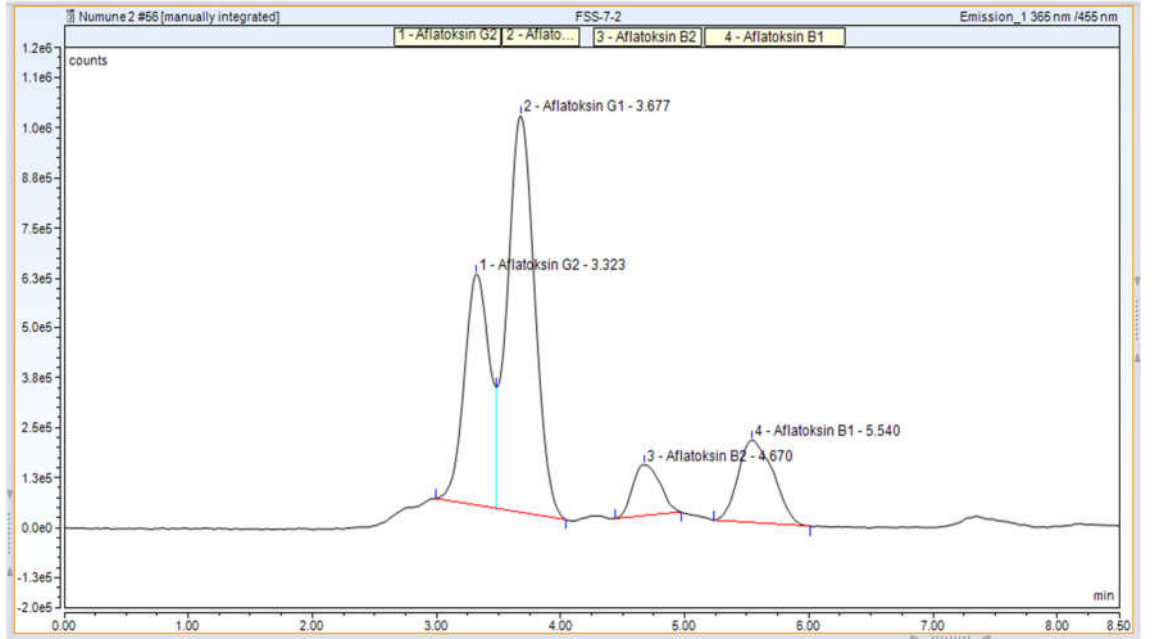
Ek 142. Siyah çay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-3 aflatoksin piki



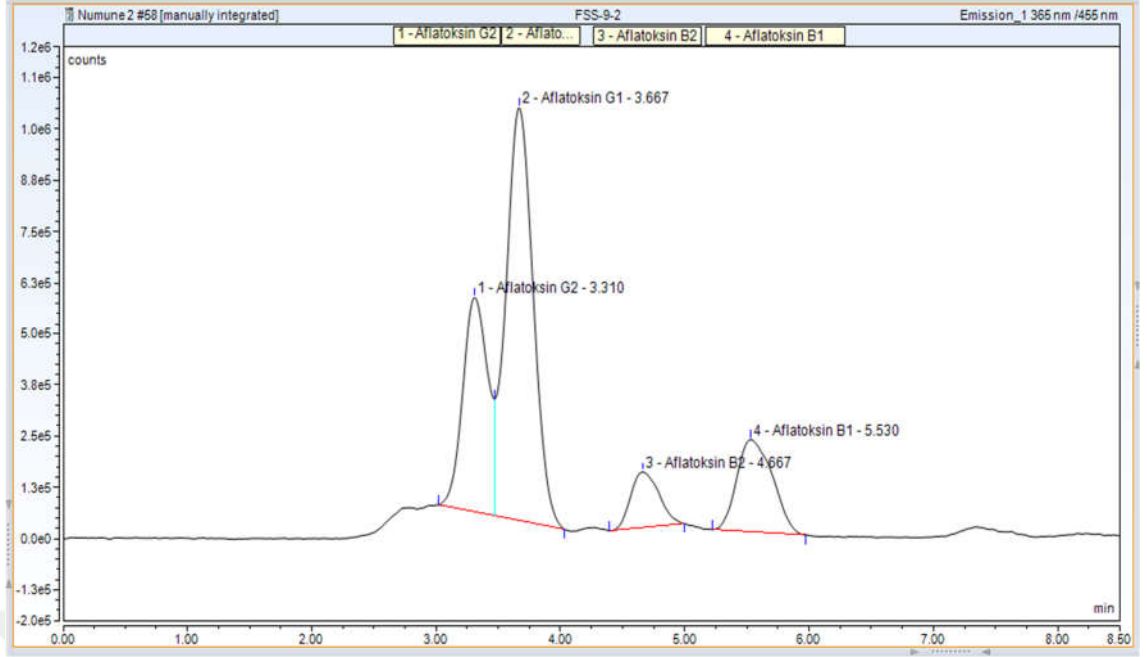
Ek 143. Siyah çay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-5 aflatoksin piki



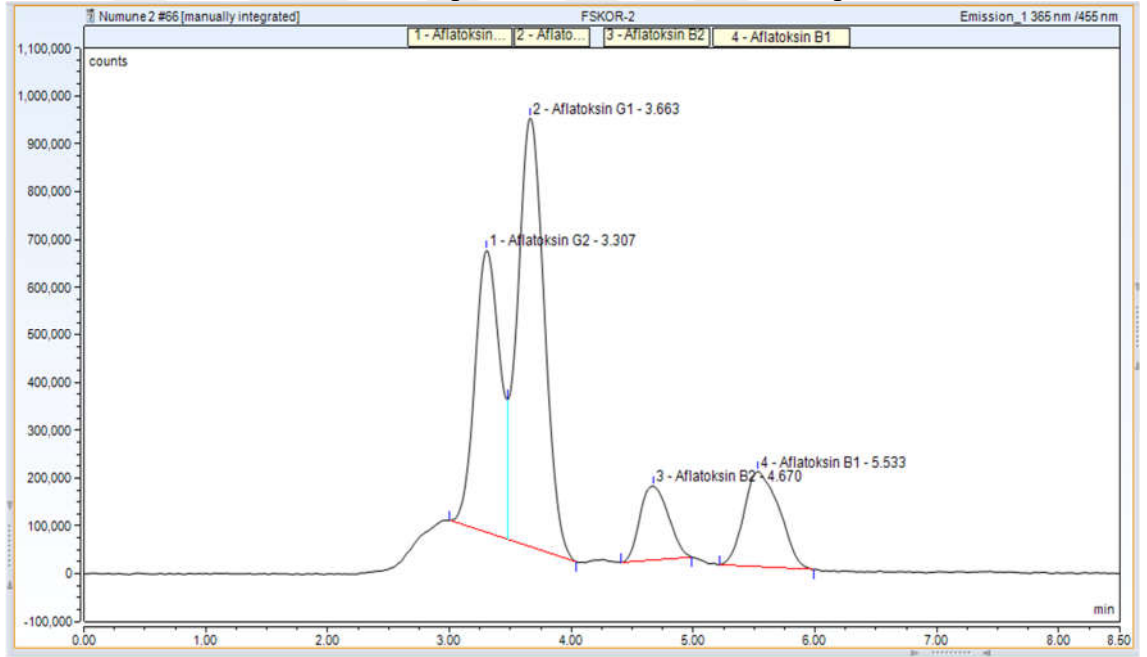
Ek 144. Siyah çay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-7 aflatoksin piki



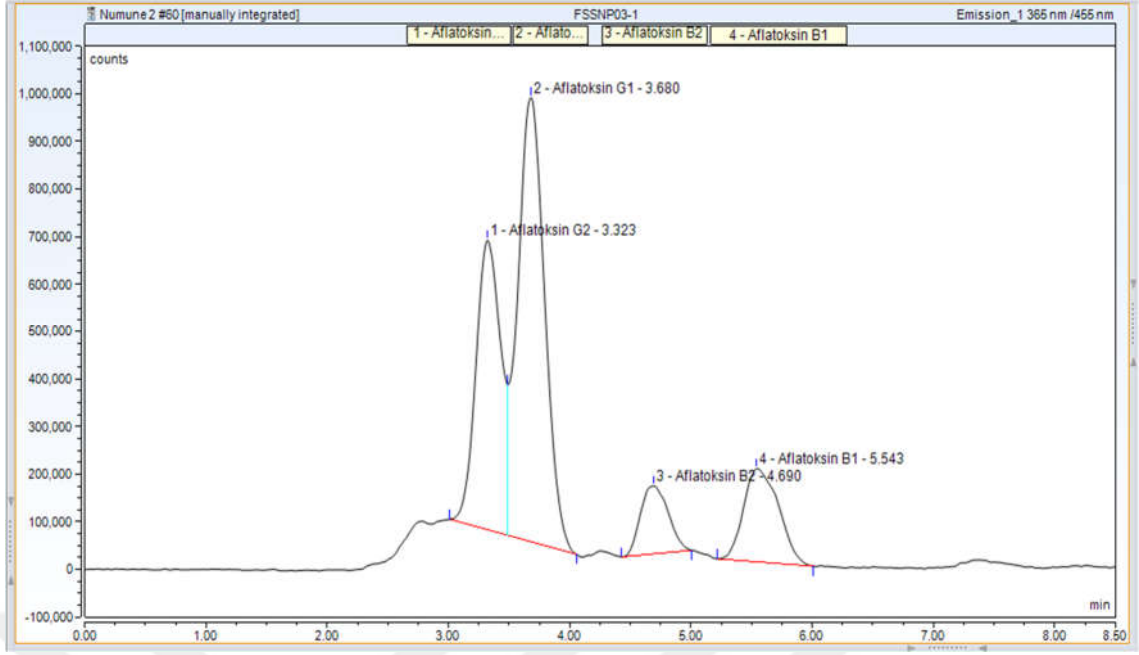
Ek 145. Siyah ay DONP ile muamele edilmiş fıstık püresi-9 aflatoksin piki



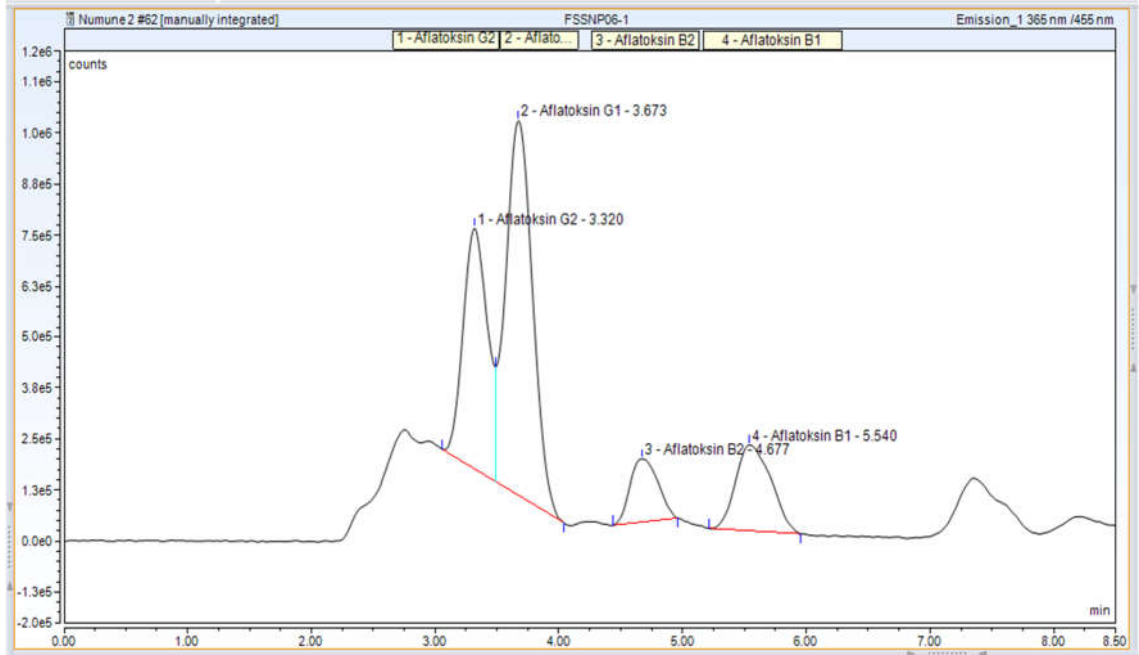
Ek 146. Fıstık püresi kör numune aflatoksin piki



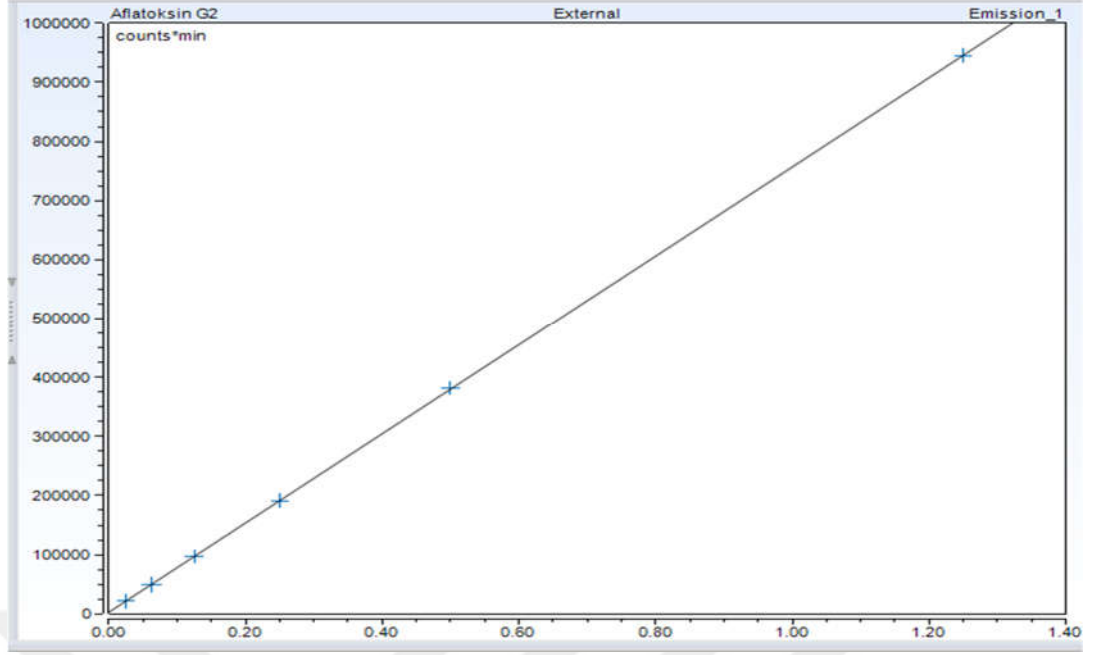
Ek 147. Siyah ay DONP ile muamele edilmiş fıstık çözeltisi-1 aflatoksin piki



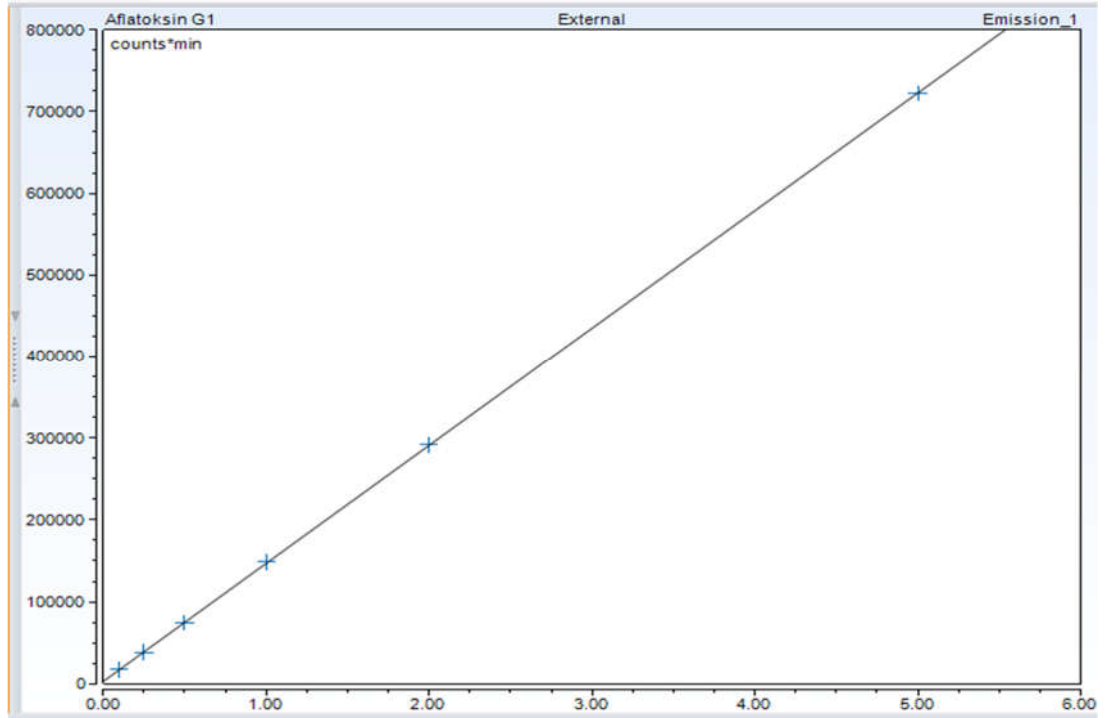
Ek 148. Siyah ay DONP ile muamele edilmiş fıstık çözeltisi-2 aflatoksin piki



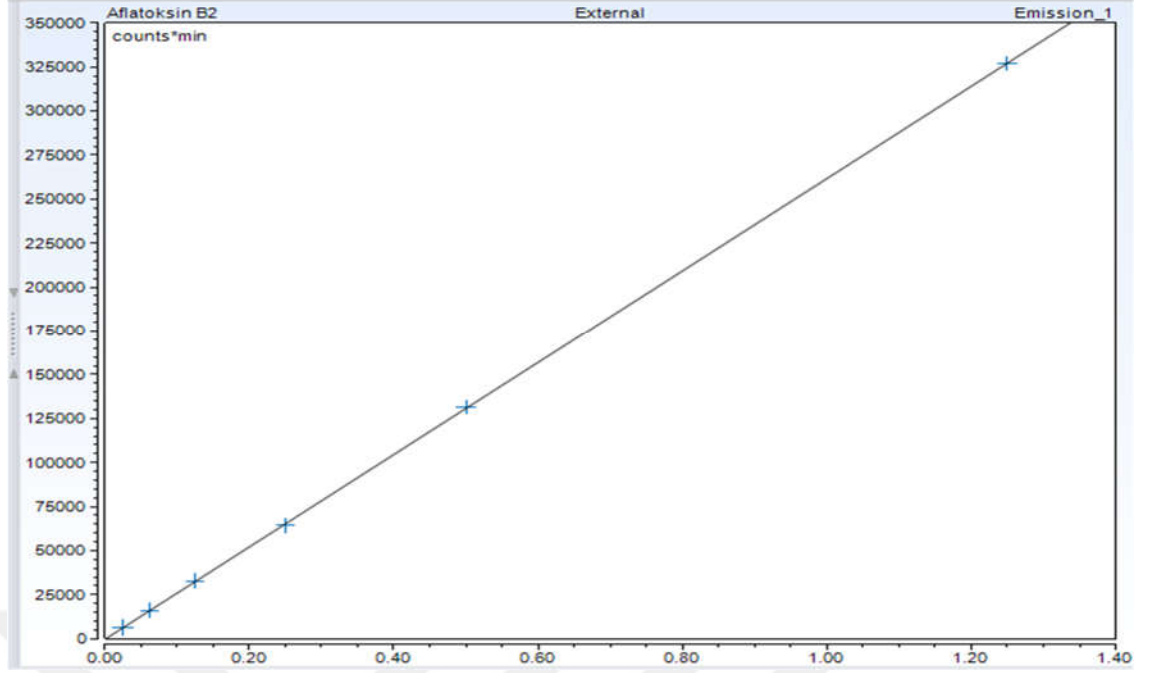
Ek 149. Cihaz-2 03.11.2021 tarihli aflatoksin G₂ için kalibrasyon standartı eğrisi



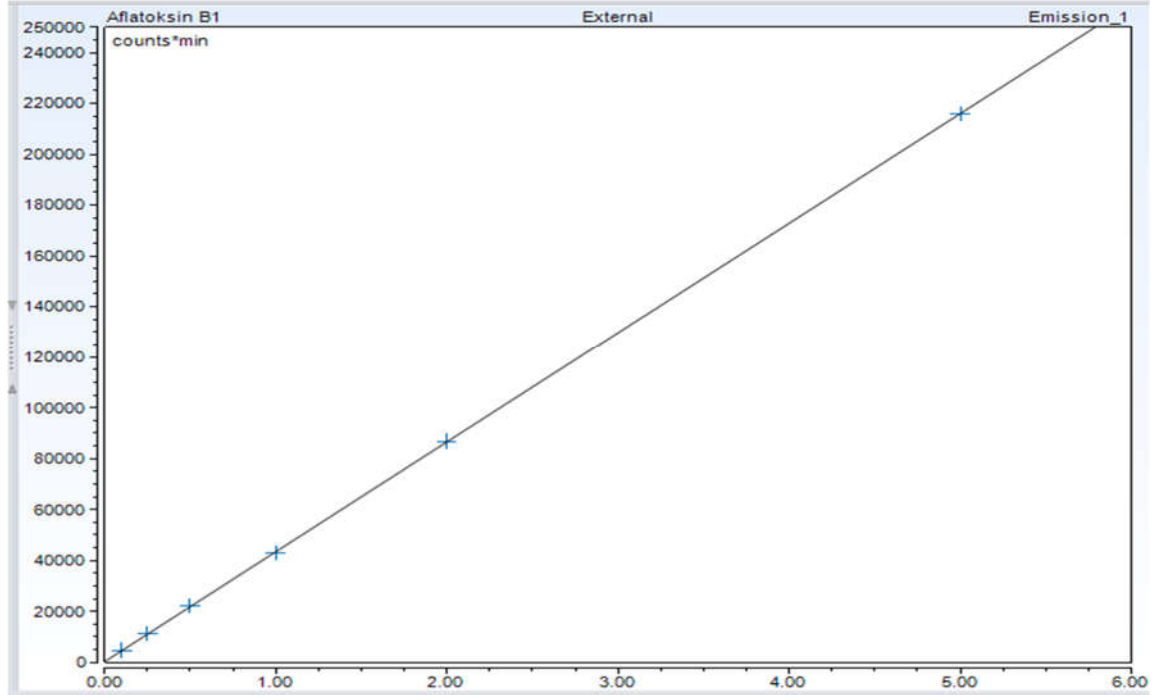
Ek 150. Cihaz-2 03.11.2021 tarihli aflatoksin G₁ için kalibrasyon standartı eğrisi



Ek 151. Cihaz-2 03.11.2021 tarihli aflatoksin B₂ için kalibrasyon standartı eğrisi



Ek 152. Cihaz-2 03.11.2021 tarihli aflatoksin B₁ için kalibrasyon standartı eğrisi



ÖZGEÇMİŞ

Hasan GEDİKLİ, İlköğretimini 24 Şubat İlköğretim Okulu'nda, lise eğitimini Fatih Sultan Mehmet Anadolu Lisesi'nde tamamladıktan sonra 2014 yılında Gümüşhane Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'ne giriş yaparak eğitimini 2019 yılında bitirdi. 2020 yılında Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitimine kabul edildi. 2020 yılında iş hayatına Trabzon'da bir özel gıda kontrol laboratuvarında başladı ve iş hayatı halen devam etmektedir.

