



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇEVRE KİRLİLİĞİNİN BİR GÖSTERGESİ OLARAK HATAY İLİNDE
YETİŞTİRİLEN ZEYTİNLERİN METALİK KİRLİLİK DURUMUNUN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Abdullah Lütfi KILIÇOĞLU

KİMYA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATAY
HAZİRAN-2018



T.C.

HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇEVRE KİRLİLİĞİNİN BİR GÖSTERGESİ OLARAK HATAY İLİNDE
YETİŞTİRİLEN ZEYTİNLERİN METALİK KİRLİLİK DURUMUNUN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Abdullah Lütfi KILIÇOĞLU

KİMYA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HATAY
HAZİRAN-2018**

T.C.
HATAY MUSTAFAKEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇEVRE KİRLİLİĞİNİN BİR GÖSTERGESİ OLARAK HATAY İLİNDE
YETİŞTİRİLEN ZEYTİNLERİN METALİK KİRLİLİK DURUMUNUN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

ABDULLAH LÜTFİ KILIÇOĞLU

KİMYA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Doç. Dr. Yasin YÜCEL danışmanlığında hazırlanan bu tez **21/06/2018** tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Yasin YÜCEL
Başkan

Prof. Dr. Şana SUNGUR
Üye

Dr. Öğrt. Üyesi Abdullah ÖZKAN
Üye

Kod No:1041

Prof. Dr. Erdal SERTKAYA
Enstitü Müdürü

Bu çalışma Hatay MKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 15561

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

21/06/2018

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

Abdullah Lütfi KILIÇOĞLU

ÖZET

ÇEVRE KİRLİLİĞİNİN BİR GÖSTERGESİ OLARAK HATAY İLİNDE YETİŞTİRİLEN ZEYTİNLERİN METALİK KİRLİLİK DURUMUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ

Türkiye'nin zengin bir bitki örtüsüne ve farklı iklim kuşaklarına sahip olması çok çeşitli meyvelerin üretilmesini sağlamaktadır. Farklı bölgelerin sahip oldukları çevresel faktörler üretilen meyvelerin kalitesini etkilemektedir. Çevre kirliliği tarımsal gıda üretiminde önemli bir problem haline gelmiştir. Doğu Akdeniz bölgesinde yer alan Hatay, petrol ve doğal gaz hattının geçtiği bir bölge olup, demir çelik, gübre, çimento fabrikaları gibi pek çok sanayi kuruluşunu bünyesinde barındırmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar gıdalarda ağır metal içeriğinin çevre kirliliğini belirlemede bir gösterge olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Bu çalışmada, Hatay ilinin sanayileşmiş ve sanayileşmemiş bölgelerinden 23 zeytin örneği toplanmıştır. Zeytin numunelerinin ağır metal analizi yüksek çözünürlüklü sürekli ışın kaynaklı atomik absorpsiyon spektrometresi (HR-CS AAS) ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçların Türk Gıda Kodeksi Sofralık Zeytin Tebliği ve Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar yönetmeliğine uygunluğu incelenmiştir. Numunelerden elde edilelen deneysel veriler kemometrik metotlar kullanılarak değerlendirilmiş ve numuneler istatistiksel olarak karakterize edilmiştir.

2018, 38 sayfa

Anahtar Kelimeler:Zeytin, Çevre kirliliği, Biyobelirteç, Ağır metaller, Kemometrik karakterizasyon

ABSTRACT

EVALUATION OF METALLIC POLLUTION IN OLIVES GROWN IN HATAY AS AN INDICATOR OF ENVIRONMENTAL POLLUTION

Turkey's rich flora and its various climate zones enable a variety of fruits to be produced. Environmental factors of different regions affect the quality of the produced fruits. Environmental pollution has become a major problem in the agricultural food production. Hatay where located at the Eastern Mediterranean area, has got many industries as iron and steel works, fertilizer plants, cement plants, and several medium and small size steel factory and the international pipe line terminals. Studies in recent years have shown that heavy metal content in foods could be used as an indicator of environmental pollution.

In this study, 23 olive samples were collected from industrialized and non-industrialized areas of the Hatay province. The heavy metal analysis of the olive samples were carried out by high-resolution continuum source atomic absorption spectrometer (HR-CS AAS). The results were investigated for the suitability on Turkish Food Codex for Olive and Turkish Food Codex for contaminants. Experimental data obtained from the samples were evaluated using chemometric methods and the samples were statistically characterized.

2018, 38 pages

Keywords: Olive, Environmental pollution, Biomarkers, Heavy metals, Chemometric characterization

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez konusunun belirlenmesinde, araştırılması ve yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi ve tecrübesi ile çalışmayı yönlendiren ve her türlü yardımı esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Yasin YÜCEL'e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmaları sırasında tüm bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan MKÜ Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölüm Başkanlığı'na, maddi destek veren MKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna (Proje No: 15561) ve isimlerini burada zikredemediğim ama yardımlarını esirgemiş herkese içten teşekkürlerimi sunarım.

Bugüne kadar her zaman yanımda olan kıymetli aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ	V
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	VII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM	9
3.1. Materyal	9
3.1.1. Çalışmada Kullanılan Reaktifler	9
3.1.2. Çalışmada Kullanılan Cihazlar	9
3.2. Yöntem.....	10
3.2.1. Zeytin Örneklerinin Toplanması.....	10
3.2.2. Zeytin Numunelerinin Ağır Metal Analizleri	12
3.2.2.1. Kalibrasyon Grafiklerinin Oluşturulması.....	12
3.2.3. Zeytin Numunelerinin Kemometrik Analizleri.....	16
3.2.3.1. Zeytin Numunelerinin Temel Bileşen Analizi	16
3.2.3.2. Zeytin Numunelerinin Öbekleme Analizi	16
3.2.3.3. Zeytin Numunelerinin Korelasyon Analizi.....	17
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	18
4.1. Zeytin Numunelerinin Ağır Metal Analiz Sonuçları	18
4.2. Zeytin Numunelerinin Kemometrik Analiz Sonuçları.....	25
4.2.1. Temel Bileşen Analizi (PCA)	25
4.2.2. Öbekleme Analizi(CA)	29
4.2.3. Korelasyon Analizi.....	30
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	32
KAYNAKLAR	35
ÖZGEÇMİŞ	38

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.	Örnekleme Alanının konum haritası ve toplanan örneklerin yerleri.	10
Şekil 3.2.	Pb elementi için hazırlanan kalibrasyon grafiği	12
Şekil 3.3.	Cd elementi için hazırlanan kalibrasyon grafiği	13
Şekil 3.4.	Cr elementi için hazırlanan kalibrasyon grafiği.....	13
Şekil 3.5.	Mn elementi için hazırlanan kalibrasyon grafiği	14
Şekil 3.6.	Fe elementi için hazırlanan kalibrasyon grafiği.....	14
Şekil 3.7.	Ni elementi için hazırlanan kalibrasyon grafiği.....	15
Şekil 3.8.	Co elementi için hazırlanan kalibrasyon grafiği	15
Şekil 4.1.	Zeytin numunelerinin 1. ve 2. temel bileşenlerini PCA scores grafiği.....	27
Şekil 4.2.	Zeytin numunelerinin 1. ve 2. bileşenlerinin PCA loadings grafiği	28
Şekil 4.3.	Zeytin numunelerinin öbekleme analizi sonucunda oluşan dendogram	29

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Hatay'daki örnekleme alanlarının yerleri ve örnekleme alanları ile ilgili açıklamalar.	11
Çizelge 4.1. Spektrometrik metodun analitik performansı ve yöntemin geçerlilik parametreleri	19
Çizelge 4.2. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliğinde yer alan EK-4 Ağır Metal Tablosu	20
Çizelge 4.3. Zeytin numunelerinin ağır metal analiz sonuçları	24
Çizelge 4.4. Zeytin örneklerindeki ağır metal içeriğinin istatistiksel verileri.....	25
Çizelge 4.5. Zeytin numunelerinin temel bileşen, eigen, toplam varyans ve kümülatif varyans değerleri	26
Çizelge 4.6. Zeytin numunelerinin ağır metal içeriklerine ait korelasyon katsayıları.....	30

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

KISALTMALAR

CA	Öbekleme Analizi
ICP-OES	Optik Emisyon Spektrometresi
HR-CS AAS	Sürekli ışın kaynaklı absorpsiyon spektrometresi
NIPALS	Sürekli olmayan en küçük kareler
SVD	Tek değişkenli ayrışma
PCA	Temel Bileşen Analizi



1. GİRİŞ

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de hızlı nüfus artışı, kentleşme ve endüstrileşmeyle ortaya çıkan çevre kirliliği sorunları her geçen gün büyümekte, çevre kirliliğinin yoğun olduğu bölgedeki insanların sağlığı kirlilikten doğrudan ya da dolaylı olarak etkilenmektedir. Çevre kirliliği, endüstrileşmenin başladığı kentsel alanlarda kendini hava kirliliği olarak hissettirirken, tarım alanlarında yoğun olarak kullanılan kimyasallar toprağı, suyu ve besinleri kirleterek insan sağlığını tehdit etmektedir. Çevre kirliliği sonucunda su kaynakları, hava, toprak ve tarım ürünleri kirlenmekte ve bu bölgelerde yaşayan canlılar kirlilikten olumsuz yönde etkilenmektedirler (Sultanoğlu, 2011; Yücel ve Sultanoğlu, 2012; Yücel ve Sultanoğlu, 2013; Çam, 2016).

Ülkemizin zengin bir bitki örtüsüne ve çeşitli iklim kuşaklarına sahip olması tarım ürünü çeşitliliğinin artmasını sağlamaktadır. Farklı bölgelerin sahip oldukları çevresel faktörler üretilen bakliyat, meyve ve sebzelerin kalitesini etkilemektedir. Çevre kirliliği tarımsal gıda üretimi ve değerlendirilmesinde önemli bir problem haline gelmiştir. Doğu Akdeniz bölgesinde yer alan Hatay, petrol ve doğal gaz hattının geçtiği bir bölge olup, demir çelik, gübre, çimento fabrikaları, termik santral gibi pek çok sanayi kuruluşunu bünyesinde barındırmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar gıdalarda ağır metal içeriğinin çevre kirliliğini belirlemede bir gösterge olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Hatay için son derece önemli bir tarım ürünü olan zeytin Hatay'ın her yerinde yetişebilen bir meyvedir. Zeytin ve zeytin ürünleri geçmişten günümüze kadar insanlar için vazgeçilmez bir tarım ürünü olmuştur. Anavatanı Anadolu (Hatay-Kahramanmaraş-Gaziantep) olarak bilinen Zeytin (*Olea europaea*) zeytingiller (*Oleaceae*) familyasından meyvesi yenen Akdeniz iklimine özgü yaklaşık 2000 yıl kadar yaşayabilen bir ağaç türüdür (Kıralan ve ark., 2009.). Çiçek tozlarıyla döllen zeytin ağacı çiçekleri etli ve yağlı meyve verirler. Zeytin olarak adlandırdığımız meyve önce yeşil, olgunlaştıktan sonra da parlak siyah bir renk alır. Etli meyvenin içinde sert bir çekirdek bulunmaktadır. Meyvenin etli kısmından ve çekirdeğinden elde edilen zeytinyağı nedeniyle zeytin ağacı çok değerli bir ağaçtır. Zeytin tanesinin kimyasal bileşiminde %60 su, %25 yağ, %5 selüloz, %2 protein, %1,5 mineral maddeler ve %1 hidrokarbonlar yer almaktadır (Kiristakis, 1998). Dünya zeytin üretiminin yaklaşık %90'ı Akdeniz bölgesinde

yapılmaktadır. Bu bölgedeki başlıca üreticiler arasında Türkiye; İspanya, İtalya ve Yunanistan'ın ardından dördüncü sırada yer almaktadır (Anonim, 2016a; Anonim, 2016c). Ülkemizde toplam ağaç varlığı 2015 itibarıyla 167.029.748 adede yükselirken toplam zeytin üretimi 1.676.000 ton olmuştur. Sofralık ve yağlık toplam zeytin üretiminin bölgelere göre dağılımında 789.904 ton ile Ege bölgesi birinci sırada, 446.827 ton ile Akdeniz bölgesi ikinci sırada ve Marmara bölgesi ise toplamda 269.294 ton ile üçüncü sırada bulunmaktadır. Hatay ili zeytin yetiştiriciliği açısından Akdeniz bölgesinde 158.419 ton üretim ile ilk sırada yer alırken ilçe bazında sofralık ve yağlık üretimde 39.047 ton ile Altınözü birinci sıradadır. Hatay ilinde sofralık olarak gemlik, halhalı, eğriburun çeşitlerinin yetiştiriciliği yapılmakta ve il içerisinde sofralık üretim verilerinin en yüksek olduğu ilçe 5.510 tonluk üretimi ile Erzin ilçesidir. Yağlık zeytin üretiminde ise gemlik, savurani, kargaburnu ve sarıhaşebi çeşitleri tercih edilmekte ve 35.097 tonluk üretim ile Altınözü ilk sırada yer almaktadır (Anonim, 2015; Anonim, 2016a; Anonim, 2016b).

Bu çalışmada, Hatay ilinde yetiştirilen ve Hatay'ın her bölgesinde bulunabilen zeytin meyvesinin endüstriyel ve insan kaynaklı faaliyetler nedeniyle oluşan eser element ve ağır metal kirliliğinin tespit edilmesinde biyobelirteç olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Hatay ilinin sanayileşmiş ve sanayileşmemiş bölgelerinden 23 zeytin örneği toplanmıştır. Zeytin numunelerinin ağır metal analizi yüksek çözünürlüklü sürekli ışın kaynaklı atomik absorpsiyon spektrometresi (HR-CS AAS) ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçların Türk Gıda Kodeksi Sofralık Zeytin Tebliği ve Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar yönetmeliğine uygunluğu incelenmiştir. Numunelerden elde edilen deneysel veriler kemometrik metotlar kullanılarak değerlendirilmiş ve numuneler istatistiksel olarak karakterize edilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çevre kirliliğinin tespit edilmesinde gıda maddelerinin biyobelirteç olarak kullanılması ile ilgili ulusal ve uluslararası literatürde çeşitli çalışmalar bulunmaktadır.

Yücel ve Sultanoğlu, (2012), yaptıkları çalışmada Hatay bölgesinde üretilen balların ağır metal içeriklerini ICP-OES metodu ile tespit ederek sanayileşmiş bölgelerin çevre kirliliğine etkisini araştırmıştır. Çalışmada Hatay'ın farklı bölgelerinden toplanan narenciye ballarında K, Ca, Fe, Cu, Al, Ni, Sn, Pb ve Cd düzeyleri incelenmiş K, Ca, Na, Mg, sırasıyla 363,5, 256,6, 88.1 ve 37.7 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Eser element içeriklerinin ise 0.032 ve 15.58 mg/kg arasında değiştiği bildirilmiştir. Ayrıca Fe, Cu, Al, Ni, Sn, Pb, Cd, Co ve Sr düzeylerinde sanayinin olduğu bölgeler ile sanayinin olmadığı bölgeler arasında belirgin farklar gözlenmiştir. Çalışmanın sonunda Fe, Cu, Al, Ni, Sn, Pb, Cd, Co elementlerinin sanayileşmiş bölgelerde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Madejon ve ark., (2006), zeytin meyvesi ve zeytin yaprağında üç yıllık periyotta As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Tl ve Zn elementlerini ICP-OES metodu ile analiz ederek çevresel kirlilik düzeyinin insan sağlığını etkileyecek sınırdan olmadığını fakat kirlilik riskinin giderek arttığını tespit etmişlerdir.

Soares ve ark.,(2006), elektrotermal atomizasyon atomik absorpsiyon spektrometresi kullanarak zeytinde bakır, alüminyum, kadmiyum, krom, demir, kurşun ve nikel elementlerini analiz etmişlerdir. Yapılan analizler sonunda elementlerin ortalama değerleri sırasıyla 0.19-20.0, 1.11-50.0, 0.02-2.0, 0.15-20.0, 0.80-20.0, 0.35-50.0 ve 0.60-50.0 µg/L olarak rapor edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kurşun hariç metal içeriklerinin zeytinden esas olarak endojen kökenli olduğu belirlenmiştir.

Chakraborty ve ark., (2014), deniz kıyı şeridi boyunca metal kirliliği ekolojik bozulma ve iklim değişikliği bağlamında alglerde ağır metal kontaminasyonunu (Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn) Hindistan'ın Kutchin körfezindeki altı farklı lokasyonda incelemişlerdir. Yapılan analizler sonunda alglerde ağır metal bolluk düzeyleri sırasıyla Fe>Zn>Mn>Cu>Cd>Cr>Ni>Pb olarak tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan alglerin körfezde bol miktarda mevcut olduğu ve bu yüzden ağır metal kirliliği çalışmaları için çok iyi bir biyomonitör olarak kullanılabilir olduğu vurgulanmış ve elde edilen

sonuçların aynı zamanda, gelecekteki veriler ile karşılaştırma için yararlı olabileceği belirtilmiştir.

Phillips ve ark., (2015), sulak alan bitkilerinin ağır metal kirliliğinde gösterge olarak kullanılabilirliği ile ilgili çalışma yapmışlardır. Bitki (*Phragmites australis*, *Typha Capensis* ve *Spartina maritima*) ve sediment örneklerinde Cd, Cu, Pb ve Zn elementlerini atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile analiz etmişlerdir. Çalışma sonunda metal derişiminin haliç kıyısındaki bölgelerde önemli ölçüde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu türlerin kirlilik göstergesi olarak kullanım için uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Nanda ve ark., (2009), Hindistan'ın kuzeyinden topladıkları 4 farklı orijine sahip bal örneklerinde eser element analizi yapmışlardır. Atomik absorpsiyon spektrometresi yapılan analizlerde Na, K, Fe, Ca, Zn, Cu elementlerinin miktarı sırasıyla; 112-301.38 mg kg⁻¹, 359.55- 821.91 mg kg⁻¹, 6.89-18.92 mg kg⁻¹, 29.21-43.06 mg kg⁻¹, 4.74-17.64 mg kg⁻¹ 1.29-2.76 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur.

Chudzinska ve ark., (2010), Polonya'dan topladıkları 3 farklı orijindeki 55 bal örneğinde 13 farklı elementin metal içeriğini (Al, B, Ba, Ca, Cd, Cu, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Zn) ICP-MS cihazı kullanarak belirlemişlerdir. Yapılan çalışmalar sonunda element içerikleri sırasıyla 10.5 mg kg⁻¹, 6.92 mg kg⁻¹, 0.121 mg kg⁻¹, 44.4 mg kg⁻¹, 0.021 mg kg⁻¹, 0.819 mg kg⁻¹, 1346.0 mg kg⁻¹, 18.5 mg kg⁻¹, 4.96 mg kg⁻¹, 24.8 mg kg⁻¹ 0.429 mg kg⁻¹, 0.438 mg kg⁻¹, 3.22 mg kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir.

Yüzereroglu ve ark., (2010), İskenderun körfezinde kirliliğin yoğun olduğu ve kirliliğin daha az olduğu bölgelerden topladıkları deniz canlılarında Cd, Cu, Zn, Fe, Pb, Ni ve Co ağır metal düzeylerini ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış olmak üzere 4 periyotta analiz etmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre ortalama ağır metal düzeyleri Fe>Zn>Cu>Ni>Cd>Pb>Co olarak rapor edilmiştir.

Türkmen ve ark., (2005), İskenderun bölgesinde ticari olarak üretilen üç farklı balık türünde ağır metal düzeylerini incelenmiş ve körfezdeki kirliliğin boyutları araştırılmıştır. Çalışma sonunda ağır metal düzeyleri Cd 0.01–4.16; Fe 0.82–27.35; Pb 0.09–6.95; Zn 0.60–11.57; Cu 0.04–5.43; Mn 0.05–4.64; Ni 0.11–12.88; Cr 0.07–6.46; Co 0.03–5.61; Al 0.02–5.41 mg kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir.

Çevik ve ark., (2010), İskenderun körfezinde yaptıkları çalışmada körfez çevresinde karayosunu, toprak, midye ve sediment örneklerinde V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu,

Zn, As ve Pb düzeylerini incelenmiştir. Çalışma sonunda ortalama ağır metal düzeylerini Fe>Cu>Zn>Cr>V>Mn>Ni>As>Pb olarak bildirmişlerdir.

Yılmaz (2003) İskenderun körfezinde Mugil cephalus ve Trachurus mediterraneus dokularında Fe, Cu, Ni, Cr, Pb ve Zn düzeylerini incelenmiştir. Yapılan analizlerde ortalama ağır metal konsantrasyonları mg/g cinsinden kas, deri ve kanat olmak üzere sırasıyla Fe için 41.84, 49.86 ve 74.20, Cu için 1.29, 3.33 ve 11.37, Ni için 0.94, 2.02 ve 0.99 Cr için 1.28, 10.90 ve 10.60, Pb için 1.03, 4.78 ve 8.41 ve Zn için 19.55, 60.79 ve 38.44 olarak rapor edilmiştir.

Beltran ve ark., (2015), zeytinyağlarının üretim alanlarına bağlı olarak iz elementler sayesinde coğrafi izlenebilirliği üzerinde çalışmışlardır. Bu amaçla İspanya'nın güneybatı bölümündeki zeytinyağlarında eser element analizi yapılmıştır. Aynı analizler zeytin prinası ve toprak numuneleri içinde yapılarak farklılıklar bölgelere göre incelenmiştir. Çalışma sonunda toprak (W, Fe, Na), pirina (W, Fe, Na, Mg, Mn, Ca, Ba, Li) ve zeytinyağları (W, Fe, Mg, Mn, Ca, Ba, Li, Bi) için izlenebilirlik programının desteklendiği ve numunelerin % 93'ünün doğru coğrafi kökenle tespit edilebildiği rapor edilmiştir.

Benincasa ve ark., (2007), İtalyan zeytinyağlarında eser element analizi yaparak coğrafi kökene göre karakterizasyon çalışması yapmıştır. Sonuçlar farklı bölgelerden gelen zeytinyağı numuneleri arasındaki ayrımın ICP-MS yöntemi ile hızlı bir şekilde yapılabildiğini ve yöntemin zeytinyağlarının coğrafi kökenini izlemek için veri kümesi oluşturmada güvenilir ipuçları verdiğini göstermiştir.

Llorent-Martinez ve ark., (2011), İspanya'da üretilen bitkisel yemeklik yağlarda eser element düzeylerini ICP-MS metodu ile incelemiştir. Çalışmada eser element olarak Ag, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Ti, Tl ve V seçildiği, numune olarak ise sızma zeytinyağı, zeytin, pirina, ayçiçeği, soya fasulyesi yağı ve mısır yağı kullanıldığı rapor edilmiştir. Numunelerin gruplanmasında temel bileşen analizinin kullanıldığı ve iki ana grup elde edildiği bildirilmiştir.

Zhu ve ark., (2011), Çin'de tüketilen dokuz çeşit yenebilir yağda sekiz ağır metal (Cu, Zn, Fe, Mn, Cd, Ni, Pb ve As) ICP-AES ve GF-AAS metotları ile incelendiğini ve sağlık riskinin değerlendirildiğini bildirmiştir. Yapılan çalışmada bakır, çinko, demir, manganez, nikel, kurşun ve arsenik konsantrasyonları sırasıyla 0,214-0,875; 0,742-2,56; 16,2-45,3; 0,113-0,556; 0,026-0,075; 0,009-0,018 ve 0,009-0,019 µg/g aralığında

gözlenmiştir. Kadmiyum elementi ise 2,64-8,43 µg/kg aralığında bulunmuştur. Sonuçlar 70 kg ağırlığında bir insanın ağır metal güvenli alım seviyelerinin ABD Çevre Koruma Ajansı verilerine göre her hangi bir risk oluşturmadığını göstermiştir.

Rezic(2013) yaptığı çalışmada selülozik liflerin ağır metal içeriğinin kirliliği göstergesi olarak değerlendirilmesini incelemiştir. Bu amaçla farklı selülozik liflerin (pamuk, keten ve kenevir) ağır metal içerikleri ICP-OES metodu ile analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar tüm selülozik liflerin biyo-soğurucu olduğunu ve çevre kirliliği göstergeleri olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Test edilen malzemeler arasında en verimli biyo-soğurucunun keten olduğu rapor edilmiştir.

Omar ve ark., (2014), yaptıkları çalışmada biyobelirteç olarak Yemen'deki Kızıldeniz kıyısında balık türlerindeki ağır metal konsantrasyonlarını (Fe, Cu, Zn, Cd ve Pb) inceleyerek metal kirlilik risk değerlendirmesinde bulunmuştur. Yapılan çalışma biyobelirteç kullanılarak (P.hasta ve L. Russellii) farklı bölgelerdeki kirlilik durumunun verimli ve güvenilir bir şekilde izlenebildiğini göstermiştir.

Al-Ghanim ve ark., (2016), çalışmalarında çevre kirliliğinin bir göstergesi olarak İndus Nehri'ndeki tatlısu balığının dokularında (kas, deri, solungaç ve karaciğer) eser elementleri (Cd, Ni, Zn ve Co) incelemiştir. Çalışmada ağır metal içeriklerinin alevli atomik absorpsiyon spektrometresi kullanılarak incelendiği bildirilmiştir. Analiz edilen metallerin biyolojik birikim sırası Ni <Zn <Co <Cd olarak rapor edilmiştir. Araştırma sonuçları üretimi ve satışı yapılan tatlı su balıklarındaki toksik metal düzeylerinin FEPA/WHO standartları tarafından bildirilen değerlerin altında olduğunu göstermiştir.

Zeiner ve ark., (2005), zeytin yağı numunelerindeki elementleri tespit etmek için spektroskopik teknikler kullanmıştır. Zeytin yağındaki Ca, Fe, Mg, Na ve Zn elementleri ICP-AES metodu ile Al, Co, Cu, K, Mn, ve Ni elementleri ise AAS ile analiz edilmiştir. Çalışmada Al, Co, Cu, K, Mn, ve Ni konsantrasyonlarının 0,15 ile 1,5 µg/g arasında değiştiği veyağın coğrafik orijinine bağlı olarak farklılık gösterdiği anlaşılmıştır. Ayrıca, örneklerde Fe, Mg, Na ve Zn miktarları için, yağların coğrafi orijinine göre anlamlı bir farklılık gözlenememiş, ortalama konsantrasyonlar sırasıyla 15.31, 3.26, 33.10 ve 3.39 µg/g olarak belirlenmiştir. Ca içeriği ise 1.3 ile 9.0 µg/g arasında değişmiştir. Sonuç olarak zeytin yağındaki eser element konsantrasyon değerlerinden yararlanarak ağacın yetiştiği coğrafik lokasyonu belirlenebileceği anlaşılmıştır.

Şahan ve ark., (2006), İşlek yollara ve endüstriyel bölgelere yakın inceleme bölgelerinde bulunan zeytinlerdeki kurşun, kadmiyum, demir, bakır ve çinko konsantrasyonlarını araştırmıştır. Yapılan çalışmada zeytin örnekleri Mudanya, Gemlik ve Orhangazi ilçelerinde bulunan 90 bahçeden toplanmış ve spektrometrik yöntemle analiz edilmiştir. Çalışılan numunelerdeki Pb, Cd, Fe, Cu ve Zn konsantrasyon ortalamaları sırayla 1362.23 ± 4.94 ; 158.29 ± 1.12 ; 66.37 ± 2.03 ; 6.51 ± 0.79 ve 5.76 ± 0.79 mg/kg olarak bulunmuştur. Ayrıca çalışmada kirletici kaynaklarının yakınlık ve uzaklığının metal konsantrasyonlarını etkilediği tespit edilmiştir.

Şahan ve ark., (2007), yaptıkları çalışmada Bursa yöresindeki siyah ve yeşil sofralık zeytin örneklerini incelemiştir. Zeytin örneklerindeki Mg, Cr, Co, Ni, Fe, Cu, Zn, Sn, Cd ve Pb metalleri ICP-MS cihazıyla analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar sırasıyla siyah zeytinlerde; 79.28 ± 19.58 , 0.56 ± 0.11 , 12.65 ± 8.44 , 0.06 ± 0.01 , 0.30 ± 0.06 , 1.48 ± 0.38 , 8.50 ± 1.74 , 0.11 ± 0.01 , 35.48 ± 7.65 , 0.71 ± 0.07 olarak; yeşil zeytinlerde ise 37.64 ± 13.14 , 0.59 ± 0.20 , 7.08 ± 1.56 , 0.06 ± 0.03 , 0.37 ± 0.06 , 0.78 ± 0.20 , 10.58 ± 2.01 , 0.12 ± 0.04 , 39.06 ± 6.42 , 0.75 ± 0.12 olarak rapor edilmiştir. Analiz edilen zeytin numuneleri içinde en fazla miktarda bulunan element Mg (125.11 ± 5.02), en düşük konsantrasyona sahip element ise Co (0.09 ± 0.01) olarak bulunmuştur.

Mendil ve ark., (2009), Zeytin yağı, fındık yağı, ayçiçeği yağı, margarin, tereyağı ve mısır yağı gibi yenilebilir yağlarda Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Co, Cd, Na, K, Ca ve Mg elementlerinin konsantrasyonlarını atomik absorpsiyon spektrometresi kullanarak belirlemişlerdir. Yapılan çalışmada numunelerdeki eser elementlerin konsantrasyonları sırası ile $291.0-52.0$, $1.64-0.04$, $3.0-1.03$, $0.71-0.05$, $0.03-0.01$, $1.30-0.50$, $84.0-0.90$, $50.1-1.30$, $174.2-20.8$ ve $20.8-0.60$ µg/g olarak rapor edilmiştir. Kadmiyum elementi ise $4.57-0.09$ µg/kg olarak ölçülmüştür.

Vique ve ark., (2012), İspanyanın iki farklı yerleşim yeri olan Granada ve Jaén illerinden elde edilen sızma zeytin yağlarında ETA-AAS (elektro termal atomik absorpsiyon spektrometresi) yöntemiyle çoklu element analizi yapmışlardır. Yapılan analizler sonunda numunelerdeki Cu, Cr, Fe, Mn and Ni elementlerinin değerleri sırasıyla 14.28 , 27.31 , 91.70 , 34.60 ve 19.49 µg/kg olarak verilmiştir. Yapılan İstatistik analizlerde analiz sonuçları sızma zeytin yağlarında eser elementlerin içeriğinin coğrafik kökene bağlı bölgesel karakterizasyonunun belirlenmesinde kullanılabileceğini ortaya koymuştur.

Özkan (2017) tarafından yapılan çalışmada, uluslararası karayolu çevresindeki tarım arazilerinin ve bu arazilerde yetişen bitkilerin trafik ve tarımsal faaliyet kaynaklı ağır metal kirliliği ile toprak ve bitkideki ağır metal miktarının karayoluna olan uzaklığı ile olası değişimini ortaya konulması amaçlanmıştır. Alınan topraklardaki ağır metaller dietilen triamin pentaasetik asit (DTPA), bitkilerde ise yaş yakma yöntemiyle ekstrakte edilmiştir. Analizler ise indüktif olarak eşleşmiş plazma optik emisyon spektrometresi (ICP-OES) cihazı kullanılarak yapılmıştır. Yapılan analizler sonucu elde edilen toprak numunelerine ait sonuçlar Türkiye ve Dünyada toprakta müsaade edilen ağır metal sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır. Yapılan bu karşılaştırma sonucu toprakta ağır metal birikiminin kabul edilebilir sınır değerleri aşmadığı anlaşılmıştır. Bitki örneklerine ait ölçüm sonuçları incelendiğinde ise ağır metal birikiminin olduğu tespit edilmiştir, fakat Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) ve Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) bitkilerde izin verdiği ağır metal sınır değerleri ile karşılaştırıldığında ağır metal birikiminin sınır değerleri aşmadığı görülmüştür. Bunun yanısıra bitki ve topraktaki ağır metal seviyelerinin mesafeye bağlı olarak karayolundan uzaklaştıkça azaldığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak toprakta ve de bitkide mevcut olan ağır metallerin karayolu kaynaklı olabileceği belirtilmiştir.

Özkan ve ark., (2017), Hatay Havaalanı etrafındaki tarım arazilerinin ağır metal kirliliğini araştırmak amacı ile 27 adet toprak numunesi analiz edilip sonuçlar değerlendirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda herhangi bir ağır metal kirliliğine rastlanılmamıştır. Fakat havaalanından uzaklaştıkça söz konusu ağır metal miktarlarının azaldığını görülmüştür. Sonuç olarak toprakta mevcut olan ağır metallerin sebebinin havayolu trafiği kaynaklı olabileceği belirtilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışmada Kullanılan Reaktifler

Deneyisel çalışmalarda isimleri aşağıda listelenen kimyasal maddeler kullanılmıştır. Kullanılan tüm kimyasal maddeler uluslararası standartlarda ve analitik saflıktadır.

<u>Kimyasal Madde</u>	<u>Firma Adı ve Katalog No</u>
Perklorik Asit (%70'lik HClO ₄)	Merck 100518
Hidroklorik Asit (%38'lik HCl)	Merck 100317
Sülfirik Asit (%95'lik H ₂ SO ₄)	Merck 100713
Nitrik Asit (%65'lik HNO ₃)	Merck 100443
Hidrojen Peroksit (H ₂ O ₂)	Merck 107209
Sodyum Hidroksit (NaOH)	Merck 106482
Mineral madde standardı CertiPUR-ICP Multi-4	Merck 109480
ERM sertifikalı Referans Malzeme Standardı	Merck ERMBD151

3.1.2. Çalışmada Kullanılan Cihazlar

Numune ön hazırlığı ve numune analizlerinde kullanılan cihazların isim ve markaları aşağıda verilmiştir.

Cihazın Adı ve Özellikleri (Marka/Model)

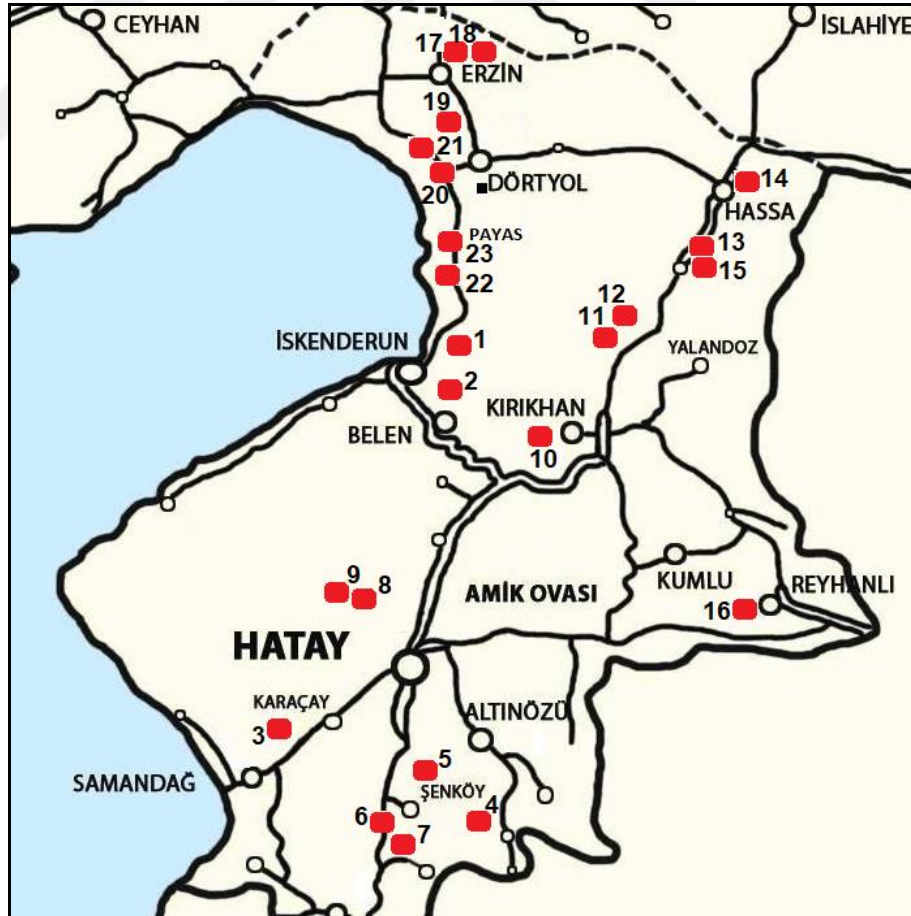
Sürekli ışın kaynaklı atomik absorpsiyon spektrometresi (HR-CS AAS): Analyticjena-ContrAA 700

Etüv	: Nüve FN500 ve J.P. Selecta
Hassas Terazı	: VIBRA AJ Shinko Denshi AJH-420 CE
Taşınabilir pH Metre	: WTW-pH 330
Saf Su Cihazı	: Direct-Q UV Millipore
Çeker Ocak	: Kotterman, AAS : Unicam 929AA

3.2. Yöntem

3.2.1. Zeytin Örneklerinin Toplanması

Zeytin numuneleri Hatay'ın tüm coğrafi bölgelerini temsil edecek şekilde 23 farklı noktadan toplanmıştır. Bu noktalar arasında sanayinin yaygın olduğu Dört Yol, Payas ve İskenderun gibi kirlilik potansiyeli yüksek bölgeler ile sanayinin az olduğu ya da hiç olmadığı diğer bölgeler (Antakya, Altınözü, Samandağ, Kırıkhan, Erzin, Hassa, Reyhanlı ve Yayladağı) bulunmaktadır. Toplanan zeytin numunelerinin alındığı yerler Şekil 3.1'de örnekleme alanlarının yerleri ve örnekleme alanları ile ilgili açıklamalar ise Çizelge 3.1'de belirtilmiştir. Numune alma işlemi zeytin meyvesinin yeterince irileştiği hasat döneminde zeytin ağacından elle toplanarak yapılmış ve numune kaplarının üzerine zeytinin alındığı bölgenin adı, coğrafi koordinatları, çevrede herhangi bir kirleticinin olup olmadığı kaydedilerek analiz edilmek üzere laboratuvara getirilmiştir.



Şekil 3.1. Örnekleme alanının konum haritası ve toplanan örneklerin yerleri.

Çizelge 3.1. Hatay'daki örnekleme alanlarının yerleri ve örnekleme alanları ile ilgili açıklamalar

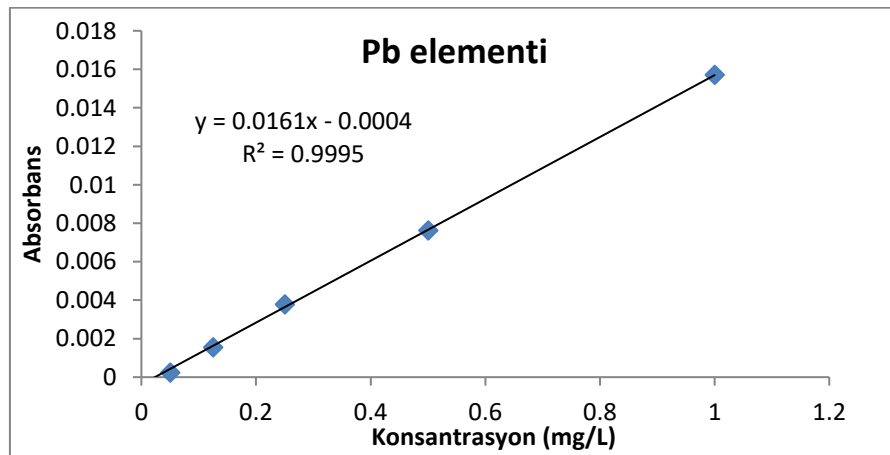
No	İstasyonlar	Koordinatlar	Açıklama
1	İskenderun-Bekbele	36°22'N-36°61'E	İstasyon-1 demir-çelik fabrikası ve kömür termik santrali yakınında yer almaktadır.
2	İskenderun-Suçıkağı	36°21'N-36°55'E	İstasyon-2, endüstriyel baca gazlarından etkilenen alanda yer almaktadır.
3	Samandağ-Tomruksuyu	36°05'N-36°14'E	İstasyon-3 sanayileşmemiş bölgede yer almaktadır.
4	Altınözü-Karbeyaz	36°25'N-36°01'E	İstasyon -4, prina ekstraksiyon tesisinin hemen yanında yer almaktadır.
5	Altınözü-Hanyolu	36°18'N-36°03'E	İstasyon-5, trafik nedeniyle kirlilik potansiyeli olan bölgede yer almaktadır.
6	Yayladağı-Ayışığı	36°15'N-35°98'E	İstasyon-6, trafik nedeniyle kirlilik potansiyeli olan bölgede yer almaktadır.
7	Yayladağı-Kışlak	36°15'N-35°97'E	İstasyon-7, trafik nedeniyle kirlilik potansiyeli olan bölgede yer almaktadır.
8	Antakya-Oğlak Ören	36°13'N-36°28'E	İstasyon-8, trafik nedeniyle kirlilik potansiyeli olan bölgede yer almaktadır.
9	Antakya-Gülderen	36°11'N-36°28'E	İstasyon-9 sanayileşmemiş bölgede yer almaktadır.
10	Kırıkhan-Kurtlusoguksu	36°30'N-36°45'E	İstasyon-10 sanayileşmemiş bölgede yer almaktadır.
11	Kırıkhan-Güzelce	36°40'N-36°58'E	İstasyon-11, trafik nedeniyle kirlilik potansiyeli olan bölgede yer almaktadır.
12	Kırıkhan-Karamankaşı	36°42'N-36°59'E	İstasyon-12, trafik nedeniyle kirlilik potansiyeli olan bölgede yer almaktadır.
13	Hassa-Ardıçlı	36°50'N-36°72'E	İstasyon-13 sanayileşmemiş bölgede yer almaktadır.
14	Hassa-Bintaş	36°54'N-36°79'E	İstasyon-14, trafik nedeniyle kirlilik potansiyeli olan bölgede yer almaktadır.
15	Hassa-Aktepe	36°49'N-36°71'E	İstasyon-15 sanayileşmemiş bölgede yer almaktadır.
16	Reyhanlı-Merkez	36°56'N-36°28'E	İstasyon-16, trafik nedeniyle kirlilik potansiyeli olan bölgede yer almaktadır.
17	Erzin-Merkez	36°22'N-36°92'E	İstasyon-17, endüstriyel baca gazlarından etkilenen alanda yer almaktadır.
18	Erzin-Kızlarçayı	36°26'N-36°93'E	İstasyon-18, endüstriyel baca gazlarından etkilenen alanda yer almaktadır.
19	Dörtyol-Kuzuculu	36°22'N-36°88'E	İstasyon-19, endüstriyel baca gazlarından etkilenen alanda yer almaktadır.
20	Dörtyol-Yeşilköy	36°19'N-36°85'E	İstasyon-20, endüstriyel baca gazlarından etkilenen alanda yer almaktadır.
21	Erzin-Yeşilkent	36°20'N-36°94'E	İstasyon-21 sanayileşmiş bölgede yer almaktadır.
22	Payas-Sincan	36°23'N-36°73'E	İstasyon-22, demir-çelik fabrikasının yakınında yer almaktadır.
23	Payas-Çağlalık	36°23'N-36°78'E	İstasyon-23, demir-çelik fabrikasının yakınında yer almaktadır.

3.2.2. Zeytin Numunelerinin Ağır Metal Analizleri

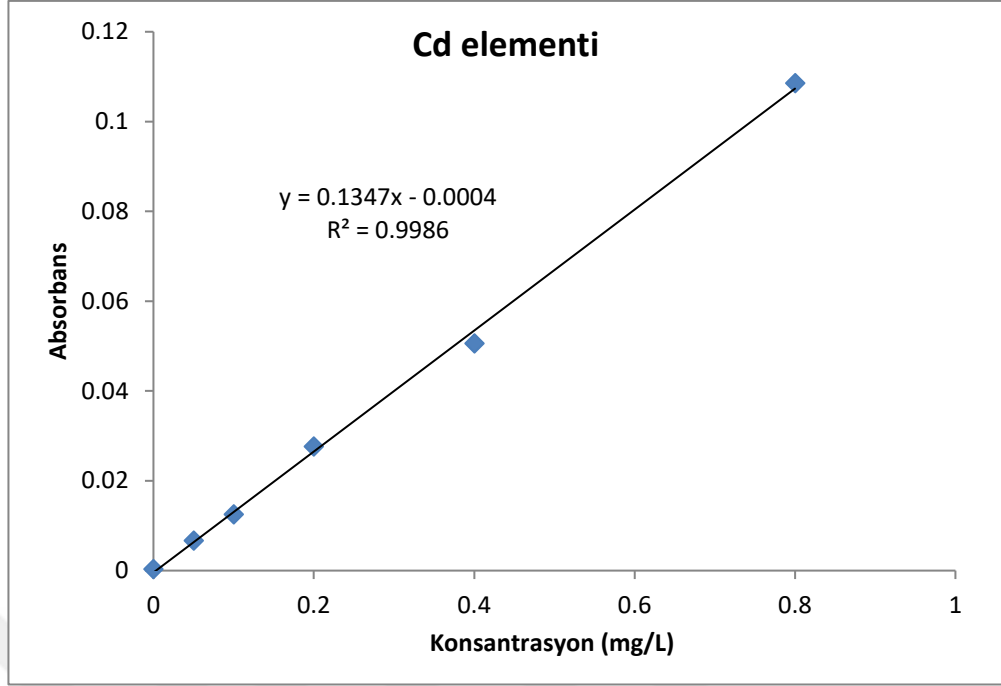
Hatay'ın İskenderun, Samandağı, Altınözü, Yayladağı, Antakya, Kırıkhan, Hassa, Reyhanlı, Erzin, Dört Yol ve Payas ilçelerinden toplanan zeytin numunelerindeki Pb, Cd, Cr, Mn, Fe, Ni ve Co elementlerinin analizi yüksek çözünürlüklü sürekli ışın kaynaklı atomik absorpsiyon spektrometresi (HR-CS AAS) ile gerçekleştirilmiştir. Elementlerin kalibrasyon grafikleri beş noktalı olacak şekilde hesaplanmış ve analiz yönteminin geçerlilik parametreleri yüksek saflıktaki standart referans maddeler kullanılarak belirlenmiştir. İstasyonlardan toplanan zeytin numunelerine yaş yakma işlemi uygulanmıştır. Bu amaçla 0,5 gram numune tartılarak üzerine 8:2 oranında % 65'lik HNO₃ ve % 30'luk H₂O₂ ilave edildi. Organik bileşenlerin parçalanma işlemi sonunda erlen içindeki çözeltiler soğumaya bırakıldı. Soğuyan çözeltiler süzülerek tüplere aktarıldı ve HR-CS AAS cihazında üç tekrarlı olarak analiz edildi.

3.2.2.1. Kalibrasyon Grafiklerinin Oluşturulması

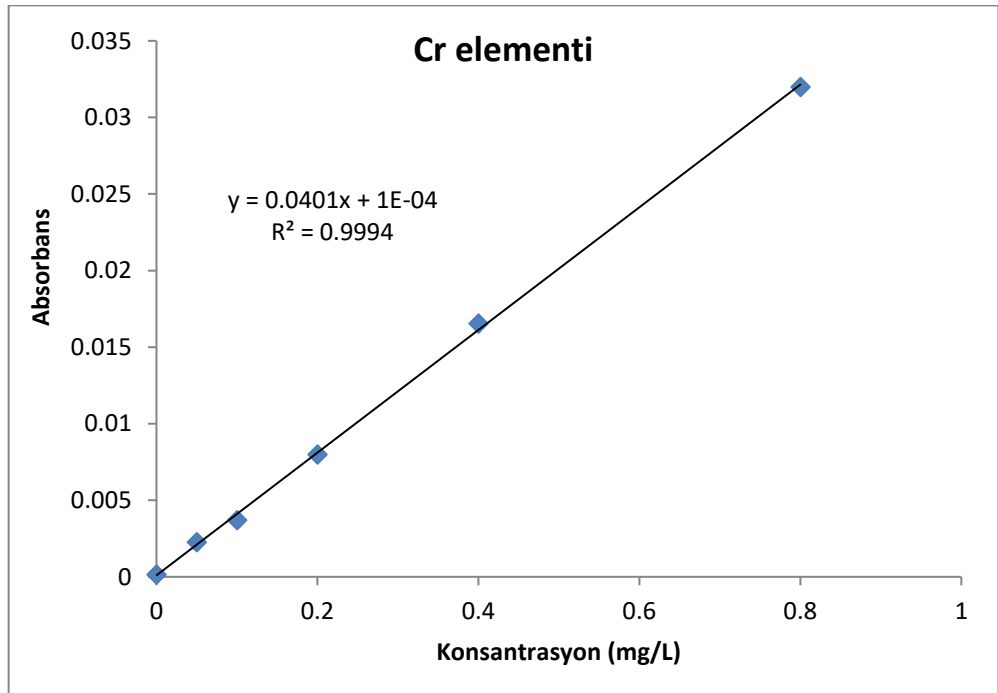
Zeytin numunelerindeki Pb, Cd, Cr, Mn, Fe, Ni ve Co elementlerinin analizi için mineral madde standardı CertiPUR-ICP Multi-4 kullanılarak her element için ayrı ayrı beş noktalı kalibrasyon grafiği oluşturulmuştur. Pb, Cd, Cr, Mn, Fe, Ni ve Co elementleri için oluşturulan kalibrasyon grafikleri sırasıyla Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4, Şekil 3.5, Şekil 3.6, Şekil 3.7 ve Şekil 3.8'de gösterilmiştir.



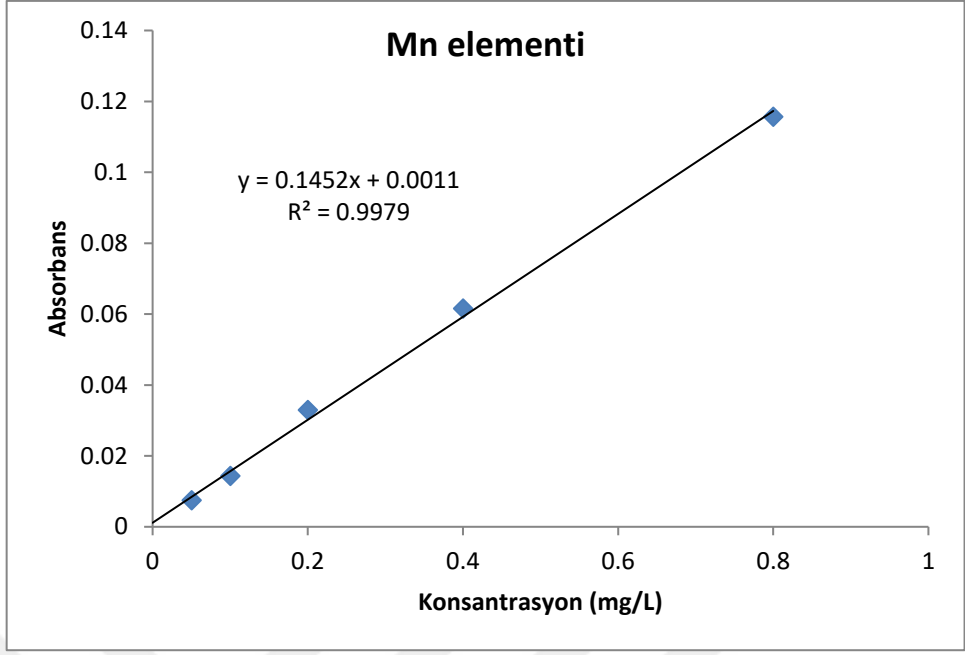
Şekil 3.2. Pb elementi için hazırlanan kalibrasyon grafiği



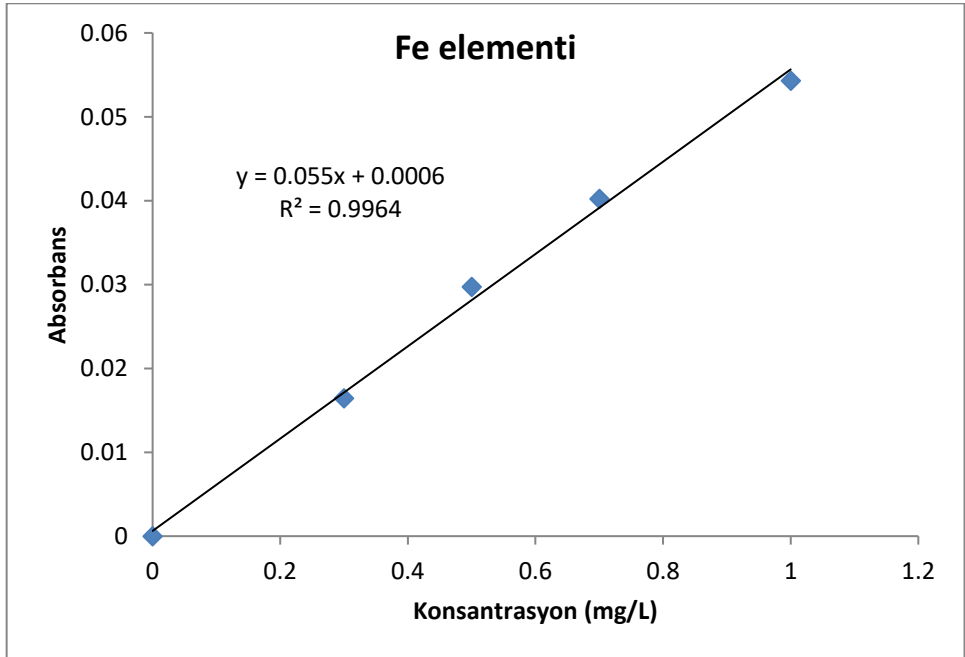
Şekil 3.3. Cd elementi için hazırlanan kalibrasyon grafiği



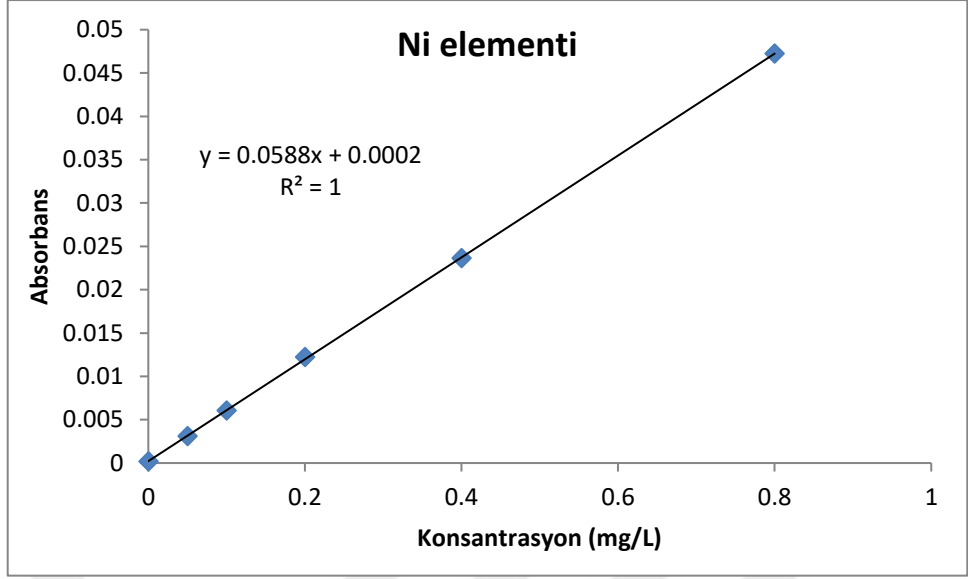
Şekil 3.4. Cr elementi için hazırlanan kalibrasyon grafiği



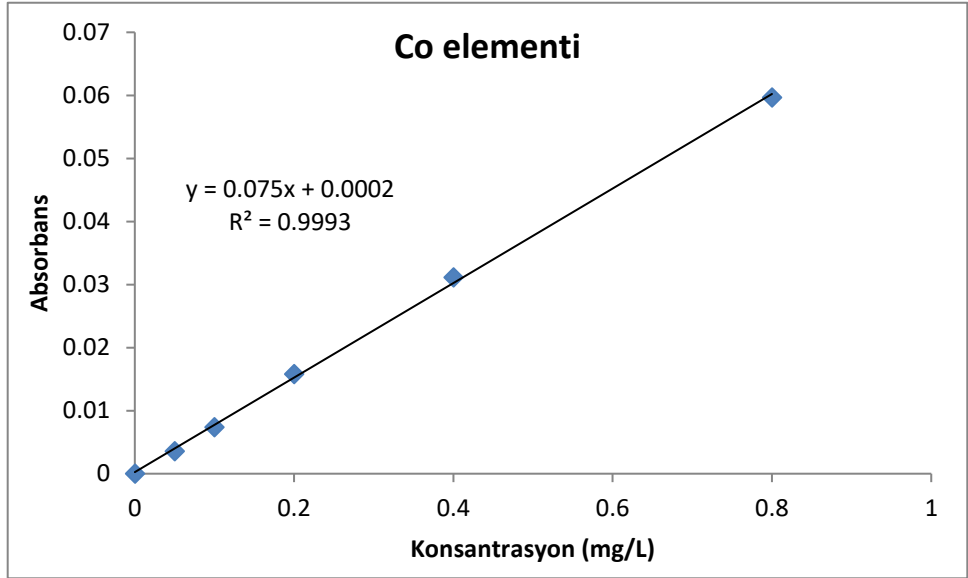
Şekil 3.5. Mn elementi için hazırlanan kalibrasyon grafiği



Şekil 3.6. Fe elementi için hazırlanan kalibrasyon grafiği



Şekil 3.7. Ni elementi için hazırlanan kalibrasyon grafiği



Şekil 3.8. Co elementi için hazırlanan kalibrasyon grafiği

3.2.3. Zeytin Numunelerinin Kemometrik Analizleri

Birçok değişkenin aynı anda analiz edilebilmesi nedeniyle çok değişkenli istatistiksel analiz yöntemleri giderek daha fazla kullanım alanı bulmaktadır. Deneysel işlemler sonunda elde edilen büyük miktarda bilgi temel bileşen analizi (PCA) ve öbikleme analizi (CA) dahil olmak üzere çok değişkenli istatistiksel yöntemler ile yorumlanarak işlenebilmektedir. Temel bileşen analizi ve öbikleme analizi çeşitli örneklerdeki ağır metal kaynaklarını incelemek için en yaygın kullanılan istatistiksel yaklaşımlardır (Yücel ve Demir, 2004; Yücel ve Sultanoğlu, 2012; Gao ve Chen, 2012; Lin ve ark., 2013; Yücel ve Sultanoğlu, 2013; Bingöl ve ark., 2013; Çam, 2016).

3.2.3.1. Zeytin Numunelerinin Temel Bileşen Analizi

Temel bileşen analizi veri kaybını en aza indiren ve tüm veri setini açıklayabilen çok değişkenli istatistiksel bir tekniktir (Yücel ve Demir, 2004). Temel bileşen analizi bir veri kümesinde yer alan tüm bilgilerin kolayca görüntülenebilmesini sağlar. Numuneler arasındaki farklılıkların tespit edilmesinde güçlü bir tekniktir (Yücel ve Sultanoğlu, 2013). Örnekler arasında nasıl bir ilişki vardır, değişkenler arası nasıl bir ilişki vardır gibi sorulara yanıt bulmak için kullanılan temel bileşen analizi uygulama sırasında çeşitli algoritmalar kullanılmaktadır. En çok kullanılan algoritmalar NIPALS (Sürekli olmayan en küçük kareler) ve SVD (Tek değişkenli ayrışma)'dır. Çalışmamızda Hatay'ın İskenderun, Samandağı, Altınözü, Yayladağı, Antakya, Kırıkhan, Hassa, Reyhanlı, Erzin, Dörtüol ve Payas ilçelerinden toplanan 23 adet zeytin numunesindeki Pb, Cd, Cr, Mn, Fe, Ni ve Co element içeriklerine temel bileşen analiz uygulanarak kemometrik karakterizasyon yapılmıştır.

3.2.3.2. Zeytin Numunelerinin Öbikleme Analizi

Öbikleme analizi, deney gruplarındaki numunelerin benzerliklerinin tanımlanması ve kategorize edilmesinde öne çıkan kemometrik yöntemlerden biridir. Bu teknik benzer örnekleri aynı grup altında toplanabilmektedir. Öbikleme analizi sırasında numunelerin yakınlıklarına veya benzerliklerine göre kümeler halinde

sınıflandırılması ile dendogramlar oluşturulmaktadır. Dendogram kümelenmeyi göstermek için kullanılan en yaygın yöntemdir (Brereton, 2007). Bu çalışmada Hatay'daki 23 farklı istasyondan toplanan zeytin numunelerinin ağır metal içeriğine göre benzerlik ya da farklılıklarının ortaya konulmasında hiyerarşik öbekleme analizi kullanılmıştır.

3.2.3.3. Zeytin Numunelerinin Korelasyon Analizi

Korelasyon analizi değişkenler arasındaki ilişkileri göstermek için oldukça yararlı istatistiksel bir tekniktir. Korelasyon katsayısı -1 ve $+1$ arasında bir değere sahiptir. Numuneler arasındaki korelasyon katsayısı $+1$ veya -1 'e yakınsa, iki değişken mükemmel bir şekilde ilişkilendirilir. Korelasyon katsayıları sıfıra yaklaştıkça değişkenler arası ilişkinin tahmin edilmesi zorlaşmaktadır (Brereton, 2007). Genel olarak, $0,7$ 'den büyük olan parametrenin korelasyon katsayısı, kuvvetli bir korelasyon olarak kabul edilebilirken, $0,5$ ve $0,7$ arasında bir değer orta derecede korelasyonu göstermektedir. Bu çalışmada Hatay ilinin tüm coğrafi bölgelerini temsil edecek şekilde toplanan zeytin numunelerinin ağır metal düzeylerine bağlı olarak elementler arasında doğru orantılı ya da ters orantılı bir ilişkinin olup olmadığının belirlenmesinde korelasyon analizi kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Çalışmamızda Hatay ilinin İskenderun, Samandağı, Altınözü, Yayladağı, Antakya, Kırıkhan, Hassa, Reyhanlı, Erzin, Dört Yol ve Payas ilçelerinden toplanan zeytin numunelerindeki Pb, Cd, Cr, Mn, Fe, Ni ve Co elementleri spektrometrik metotla analiz edilmiştir. Analiz sonunda elde edilen veriler kemometrik metotlar kullanılarak değerlendirilmiş ve numuneler istatistiksel olarak karakterize edilmiştir.

4.1. Zeytin Numunelerinin Ağır Metal Analiz Sonuçları

Zeytin numunelerinin ağır metal analizinde kullanılan spektrometrik metodun analitik performansı ve yöntemin geçerlilik parametreleri mineral madde standardı CertiPUR-ICP Multi-4 ve ERM sertifikalı referans malzeme standardı kullanılarak belirlenmiştir. Yapılan metot geçerlilik çalışması ile hesaplanan kalibrasyon grafiği eğim ve kesim noktası verileri, korelasyon değerleri, gözlenebilirlik sınırı, tayin sınırı ve bağıl standart sapma değerleri Çizelge 4.1.'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde Pb, Cd, Cr, Mn, Fe, Ni ve Co elementleri için oluşturulan kalibrasyon grafiklerinin yüksek doğrulukta sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca Pb, Cd, Cr, Mn, Fe, Ni ve Co elementleri için yapılan analizlerin bağıl standart sapma değerleri analizlerin hassasiyetinin yüksek olduğunu göstermektedir. Hatay'ın farklı noktalarından toplanan 23 adet zeytin numunesinde bulunan Pb, Cd, Cr, Mn, Fe, Ni ve Co elementlerinin yüksek çözünürlüklü sürekli ışın kaynaklı atomik absorpsiyon spektrometresi (HR-CS AAS) ile gerçekleştirilen ağır metal analiz sonuçları ile zeytin örneklerindeki ağır metal içeriğinin istatistiksel verileri ise sırasıyla Çizelge 4.3. ve Çizelge 4.4.'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. ve Çizelge 4.4. incelendiğinde İskenderun, Samandağı, Altınözü, Yayladağı, Antakya, Kırıkhan, Hassa, Reyhanlı, Erzin, Dört Yol ve Payas ilçelerinden toplanan zeytin numunelerindeki Pb, Cd, Cr, Mn, Fe, Ni ve Co derişimleri sırasıyla 0,060-22,894; 0,156-2,022; 0,219-10,980; 1,245-3,731; 6,333-78,466; 0,349-2,652 ve 0,035-0,089 mg/kg aralığında bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Spektrometrik metodun analitik performansı ve yöntemin geçerlilik parametreleri

Elementler	Kalibrasyon modeli		Doğrusallık			Hassasiyet
	Kesim noktası	Eğim	R ²	LOD ^a	LOQ ^a	RSD ^b (%) (n = 3)
Pb	0.0004	0.0161	0.9995	0.0237	0.0901	2.7
Cd	0.0004	0.1347	0.9986	0.0322	0.1208	2.2
Cr	0.0001	0.0401	0.9994	0.0200	0.0760	2.5
Mn	0.0011	0.1452	0.9979	0.0388	0.1448	1.1
Fe	0.0006	0.0552	0.9964	0.0843	0.3044	0.8
Ni	0.0002	0.0588	0.9999	0.0058	0.0224	3.0
Co	0.0002	0.0749	0.9993	0.0088	0.0293	2.4

^amg / L

^b 3 tekrarlı analiz sonucunun yüzde bağıl standart sapma değeri.

Hatay ilinin çeşitli bölgelerindeki 23 istasyondan toplanan zeytin numunelerinde ağır metal içeriği genel olarak incelendiğinde en düşük Pb derişimi (0,060±0,012 mg/kg) Reyhanlı-Merkez olarak adlandırılan istasyondan alınan 16 numaralı zeytin numunesinde, en yüksek Pb derişimi (22,894±0,400 mg/kg) ise ağır sanayi işletmelerinin yakınında yer alan İskenderun-Bekbele adlı istasyondan alınan zeytin numunesinde ölçülmüştür. Cd elementinin en düşük düzeyde (0,156±0,018 mg/kg) ölçüldüğü istasyon Payas-Sincan, en yüksek düzeyde (2,022±0,062 mg/kg) ölçüldüğü istasyon ise sanayileşmiş bölgede bulunan Erzincan-Yeşilkent istasyonu olmuştur. En düşük Cr düzeyi (0,219±0,078mg/kg) Antinözü-Hanyolu mevkiinden alınan zeytin numunesinde, en yüksek Cr düzeyi (10,980±0,337mg/kg) ise Kırıkhan-Kurtuluşoğusku olarak adlandırılan istasyondan alınan 10 numaralı zeytin numunesinde ölçülmüştür. Numuneler Mn içeriği bakımından incelendiğinde en düşük Mn düzeyinin (1,245±0,072mg/kg) Samandağ-Tomruksuyu bölgesinden alınan zeytin numunesinde, en yüksek Mn düzeyinin (3,731±0,030mg/kg) ise Dört Yol-Kuzuculu'dan alınan zeytin numunesinde ölçüldüğü belirlenmiştir. Çizelge 3.1 incelendiğinde en düşük Cr ve Mn düzeyinin elde edildiği zeytin numunelerinin sanayiden uzak bölgelerden toplandığı görülebilir. En düşük Fe derişimi (6,333±0,017 mg/kg) İskenderun-Suçıkağı olarak adlandırılan istasyondan alınan 2 numaralı zeytin numunesinde, en yüksek Fe derişimi (78,466±0,634 mg/kg) ise trafik nedeniyle kirlilik potansiyeli olan bölgede yer alan Antakya-Oğlakören adlı istasyondan alınan zeytin numunesinde ölçülmüştür. Ni

elementinin ağır metal düzeyi incelendiğinde en düşük Ni düzeyinin (0,349±0,014 mg/kg) sanayileşmemiş bölgede yer alan Hassa-Ardıçlı numunesinde, en yüksek Ni düzeyinin (2,652±0,140 mg/kg) ise kirlilik potansiyelinin olduğu belirtilen Kırıkhan-Güzelce bölgesinden toplanan zeytin numunesinde ölçüldüğü gözlenmiştir. Son olarak zeytin numunesinde Co düzeyi incelendiğinde en düşük Co düzeyinin (0,035±0,009 mg/kg) Altınözü-Karbeyaz numunesinde, en yüksek Co düzeyinin (0,089±0,003mg/kg) ise Yayladağı-Ayıışığı numunesinde ölçüldüğü belirlenmiştir.

Hatay ilinin İskenderun, Samandağı, Altınözü, Yayladağı, Antakya, Kırıkhan, Hassa, Reyhanlı, Erzin, Dört Yol ve Payas ilçelerinden toplanan 23 adet zeytin numunelerindeki ağır metal içeriğinin Türk Gıda Kodeksi Sofralık Zeytin Tebliği ve Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar yönetmeliğine uygunluğu incelenmiştir. Türk Gıda Kodeksi Sofralık Zeytin Tebliği (Anonim, 2014) incelendiğinde zeytinde ağır metal düzeyi ile ilgili bilgi verilmemekle birlikte tebliğ kapsamında yer alan ürünlerdeki bulaşanların miktarları, 29/12/2011 tarihli ve 28157 üçüncü mükerrer sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliğinde yer alan hükümlere uygun olur (Anonim, 2011) ifadesine yer verilmiştir. Buna göre Çizelge 4.2’de verilen Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği EK-4 ağır metal tablosu incelendiğinde Pb, Cd, Hg ve Sn elementleri için meyveler başlığı altında limit değerlerin bildirildiği görülmektedir. Zeytin numunelerimizde analiz edilen Pb ve Cd elementleri için tabloda verilen limit değerler (Pb için 0,1 mg/kg, Cd için 0,05 mg/kg) karşılaştırıldığında Pb elementi yönünden 16 ve 22 nolu zeytin numuneleri hariç diğer numunelerin limit değerinin üzerinde kaldığı, Cd elementi için incelendiğinde ise zeytin numunelerinin tamamının belirtilen limit değerinin üzerinde kaldığı görülmektedir.

Çizelge 4.2. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliğinde yer alan EK-4 Ağır Metal Tablosu

<u>Gıda Maddesi</u>	<u>Maksimum limit (mg/kg yaş ağırlık)</u>
4.1. KURŞUN (Pb)	
4.1.1. Çiğ süt ⁽¹⁾ , ısıtılmış süt ve süt bazlı ürünlerin üretiminde kullanılan süt	0,02
4.1.2. Bebek formülleri ve devam formülleri ⁽²⁾	0,02
4.1.3. Sığır, koyun, domuz ve kanatlı eti ⁽³⁾	0,10
4.1.4. Sığır, koyun, domuz ve kanatlıların yenilebilir sakatatları ⁽³⁾	0,50

Çizelge 4.2 (Devam) Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliğinde yer alan EK-4 Ağır Metal Tablosu

Gıda Maddesi	Maksimum limit (mg/kg yaş ağırlık)
4.1.5. Balık eti ^{(4) (5)}	0,30
4.1.6. Kabuklular (yengeç etinin kahverengi kısmı, istakoz ve benzeri büyük kabukluların (<i>Nephropidae</i> ve <i>Palinuridae</i>) baş ve göğüs etleri hariç) (6)	0,50
4.1.7. Çift kabuklu yumuşakçalar (6)	1,50
4.1.8. Kafadan bacaklılar (iç organları hariç) (6)	1,00
4.1.9. Tahıllar (karabuğday dahil) ve baklagiller	0,20
4.1.10. Sebzeler (lahana ve benzeri sebzeler, yapraklı sebzeler, mantar ve taze otlar hariç) (7) (patates için limit soyulmuş patatese uygulanır)	0,10
4.1.11. Lahana ve benzeri sebzeler, yapraklı sebzeler, kültür mantar (7)	0,30
4.1.12. Meyveler (dutsu meyveler ve küçük meyveler hariç) (7)	0,10
4.1.13. Dutsu meyveler ve küçük meyveler (7)	0,20
4.1.14. Katı ve sıvı yağlar (süt yağı dahil)	0,10
4.1.15. Meyve suları, meyve suyu konsantresi ve meyve nektarları (8)	0,05
4.1.16. Şaraplar (köpüklü şarap/şampanya dahil, likör şarabı hariç), elma, armut ve meyve şarapları	0,20 (10)
4.1.17. Aromatize şaraplar, aromatize şarap bazlı içkiler, aromatize şarap bazlı kokteylleri (9)	0,20 (10)
4.2. KADMİYUM (Cd)	
4.2.1. Sığır, koyun, domuz ve kanatlı eti (sakatatları hariç) (3)	0,05
4.2.2. At eti (sakatat hariç) (3)	0,20
4.2.3. Sığır, koyun, at, domuz ve kanatlı hayvanların karaciğeri (3)	0,50
4.2.4. Sığır, koyun, at, domuz ve kanatlı hayvanların böbreği (3)	1,00
4.2.5. Balık eti ^{(4) (5)}	0,05
4.2.6. Aşağıdaki balık türlerinin etleri (4) (5)	
Hamsiler (<i>Engraulis</i> sp.),	0,10
Torik (<i>Sarda sarda</i>),	
Karagöz (<i>Diplodus vulgaris</i>),	
Yılanbalığı (<i>Anguilla anguilla</i>),	
Kefal (<i>Mugil labrosus labrosus</i>),	
İstavrit (<i>Trachurus</i> sp.),	
Louvar veya luvar (<i>Luvarus imperialis</i>),	
Sardalya (<i>Sardina pilchardus</i>),	
Sardalya türleri (<i>Sardinops</i> sp.),	
Orkinos (<i>Thunnus</i> sp. ve <i>Euthynnys</i> sp., <i>Katsuwonus pelamis</i>),	
Dilbalığı (<i>Dicologlossa cuneata</i>)	
4.2.7. Kılıçbalığı (<i>Xiphias gladius</i>) eti (4) (5)	0,30
4.2.8. Kabuklular (yengeç etinin kahverengi kısmı, istakoz ve benzeri büyük kabukluların (<i>Nephropidae</i> ve <i>Palinuridae</i>) baş ve göğüs etleri hariç) (6)	0,50

Çizelge 4.2 (Devam) Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliğinde yer alan EK-4 Ağır Metal Tablosu

<u>Gıda Maddesi</u>	<u>Maksimum limit</u> <u>(mg/kg yaş ağırlık)</u>
4.2.9. Çift kabuklu yumuşakçalar ⁽⁶⁾	1,00
4.2.10. Kafadan bacaklılar (iç organları hariç) ⁽⁶⁾	1,00
4.2.11. Tahıllar (kepek, embriyo, buğday tanesi ve pirinç hariç)	0,10
4.2.12. Kepek, embriyo, buğday tanesi ve pirinç	0,20
4.2.13. Soya fasulyesi	0,20
4.2.14. Sebzeler ve meyveler (yapraklı sebzeler, taze otlar, mantar, çam fıstığı, saplı sebzeler, köklü sebzeler ve patates hariç) ⁽⁷⁾	0,05
4.2.15. Lifli sebzeler, taze otlar, kereviz ve kültür mantarı ⁽⁷⁾	0,20
4.2.16. Saplı sebzeler, kereviz hariç köklü sebzeler ve patates (patates için verilen limit soyulmuş patatese uygulanır) ⁽⁷⁾	0,10
<u>4.3. CİVA</u>	
4.3.1. Su ürünleri ⁽⁶⁾ ve balık etleri ^{(4) (5)} ile kabuklular (yengeç etinin kahverengi kısmı, istakoz ve benzeri büyük kabukluların (<i>Nephropidae</i> ve <i>Palinuridae</i>) baş ve göğüs etleri hariç)	0,50
4.3.2. Aşağıdaki balık türlerinin etleri ^{(4) (5)} ;	
Fener balıkları (<i>Lophius</i> spp.), Atlantik yayını/kedi balığı (<i>Anarhichas lupus</i>), Torik (<i>Sarda sarda</i>), Yılanbalıkları (<i>Anguilla</i> spp.), Emperor veya orange roughy, rosy soldierfish (<i>Hoplostethus</i> spp.), Grenadier (<i>Coryphaenoides rupestris</i>), Kalkan benzeri yassı balık (<i>Hippoglossus hippoglossus</i>), Kılıç balığı benzeri balık (<i>Makaria</i> sp.), Megrin (<i>Lepidorhombus</i> sp.), Barbunya (<i>Mullus</i> sp.), Turna balığı (<i>Esox lucius</i>), Torik/iri uskumruya benzer balık (<i>Orcynopsis unicolor</i>), Poor cod (<i>Tricopterus minutes</i>), Portekiz köpek balığı (<i>Centroscymnes coelolepis</i>), Vatozlar (<i>Raja</i> spp.), Mercan türü balıklar (<i>Sebastes marinus</i> , <i>S. mentella</i> , <i>S. viviparus</i>), Kılıç benzeri balık (<i>Istiophorus platypterus</i>), Uskumru türü balıklar (<i>Lepidopus caudatus</i> , <i>Aphanopus carbo</i>), Mercan balıkları (<i>Pagellus</i> sp.), Köpekbalığı (bütün türleri), Uskumru türü balıklar (<i>Lepidocybium flavobrunneum</i> , <i>Ruvettus pretiosus</i> , <i>Gempylus serpens</i>), Mersin balığı (<i>Acipenser</i> spp.), Kılıçbalığı (<i>Xiphias gladius</i>), Orkinos(<i>Thunnus</i> spp. ve <i>Euthynnus</i> spp., <i>Katsuwonus pelamis</i>)	1,00

Çizelge 4.2 (Devam) Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliğinde yer alan EK-4 Ağır Metal Tablosu

<u>Gıda Maddesi</u>	<u>Maksimum limit</u> <u>(mg/kg yaş ağırlık)</u>
<u>Kalay (İnorganik)</u>	200
4.4.1. İçecekler harici konserve gıdalar	
4.4.2. Teneke kutu içerisinde satışı sunulan alkolsüz içecekler (meyve ve sebze suları dahil)	100
4.4.3. Teneke kutu içerisinde satışı sunulan bebek ve küçük çocuk ek gıdaları (kuru ve toz haldeki ürünler hariç) ⁽¹¹⁾	50
4.4.4. Teneke kutu içerisinde satışı sunulan bebek formülleri ve devam formülleri (bebek sütleri ve devam sütleri dahil, kuru ve toz haldeki ürünler hariç) ⁽¹²⁾	50
4.4.5. Teneke kutu içerisinde satışı sunulan bebekler için özel tıbbi amaçlı diyet gıdalar (kuru ve toz haldeki ürünler hariç) ⁽¹³⁾	50

⁽¹⁾ “TGK – Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği”nde tanımlanan ürünleri kapsar.

⁽²⁾ “TGK – Bebek Mamaları ve Bebek Formülleri Tebliği” ve “TGK – Devam Mamaları ve Devam Formülleri Tebliği”nde tanımlanan ürünleri kapsar. Bu ürünler için maksimum limit üretici tarafından verilen kullanım talimatına göre hazırlanan veya doğrudan kullanıma hazır olarak satışı sunulan ürünlere uygulanır.

⁽³⁾ “TGK – Taze Kırmızı Et ve Hazırlanmış Kırmızı Et Tebliği” ile “TGK – Taze Kanatlı Eti ve Hazırlanmış Kanatlı Eti Tebliği”nde tanımlanan ürünleri kapsar.

⁽⁴⁾ Balık, bütün halde tüketiliyorsa maksimum limit bütün haldeki balığa uygulanır.

⁽⁵⁾ Aşağıda Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu (GTİP) belirtilen gıda maddelerine (balık karaciğeri (GTİP No: 0302 70 00) hariç) uygulanır.

- Canlı balıklar (GTİP No: 0301)

- Taze veya soğutulmuş balıklar (GTİP No: 0302)

- Dondurulmuş balıklar (GTİP No: 0303)

- Taze soğutulmuş veya dondurulmuş balık filetoları ve diğer balık etleri (kıyılmış olsun olmasın), (GTİP No: 0304)

⁽⁶⁾ Aşağıda Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu (GTİP) belirtilen gıda maddelerine uygulanır.

- Kabuklu hayvanlar (kabukları ile birlikte olsun olmasın) (canlı, taze, soğutulmuş, dondurulmuş, kurutulmuş, tuzlanmış veya salamura edilmiş); kabuklu hayvanlar (kabukları ile birlikte) (buharda veya suda pişirilmiş soğutulmuş, dondurulmuş, kurutulmuş, tuzlanmış veya salamura edilmiş olsun olmasın); kabuklu hayvanların insanların yemesine elverişli unları, ezmeleri ve pelletleri (GTİP No: 0306)

- Yumuşakçalar (kabuklu olsun olmasın) (canlı, taze, soğutulmuş, dondurulmuş, kurutulmuş, tuzlanmış veya salamura edilmiş); kabuklu hayvanlar ve yumuşakçaların dışında kalan suda yaşayan omurgasız hayvanlar (canlı, taze, soğutulmuş, dondurulmuş, kurutulmuş, tuzlanmış veya salamura edilmiş); suda yaşayan omurgasız hayvanların (kabuklu hayvanlar hariç) insanların yemesine elverişli unları, ezmeleri ve pelletleri, (GTİP No: 0307)

- Hazırlanmış veya konserve edilmiş kabuklu hayvanlar, yumuşakçalar ve diğer su omurgasızları (GTİP No:1605)

⁽⁷⁾ Maksimum limit meyve veya sebzelerin yıkandıktan sonra yenilebilir kısımlarına uygulanır.

⁽⁸⁾ “TGK – Meyve Suyu ve Benzeri Ürünler Tebliği”nde tanımlanan ürünleri kapsar.

⁽⁹⁾ “TGK – Aromatize Şarap, Aromatize Şarap Bazlı İçki ve Aromatize Şarap Kokteylleri Tebliği”nde tanımlanan ürünleri kapsar.

⁽¹⁰⁾ 2001 yılından sonra hasat edilen ürünlerden üretilen şaraplara uygulanır.

⁽¹¹⁾ “TGK – Bebek ve Küçük Çocuk Ek Gıdaları Tebliği”nde tanımlanan ürünleri kapsar.

⁽¹²⁾ “TGK – Bebek Mamaları ve Bebek Formülleri Tebliği” ve “TGK – Devam Mamaları ve Devam Formülleri Tebliği”nde tanımlanan ürünleri kapsar. Maksimum limit ürünün satıldığı şekline uygulanır.

⁽¹³⁾ “TGK – Özel Tıbbi Amaçlı Diyet Gıdalar Tebliği”nde tanımlanan ürünleri kapsar.

Maksimum limit ürünün satıldığı şekline uygulanır.

Çizelge 4.3. Zeytin numunelerinin ağır metal analiz sonuçları (mg/kg), (N = 3)

Numune	Pb	Cd	Cr	Mn	Fe	Ni	Co
1	22.894±0.400	1.788±0.005	0.487±0.048	1.865±0.043	13.442±0.174	2.265±0.092	< LOQ
2	1.409±0.200	0.302±0.043	0.562±0.038	2.362±0.021	6.333±0.017	1.264±0.064	< LOQ
3	1.375±0.285	0.265±0.010	0.420±0.068	1.245±0.072	23.027±0.314	0.651±0.010	< LOQ
4	1.352±0.205	0.449±0.035	0.409±0.020	3.199±0.025	11.592±0.364	2.275±0.195	0.035±0.009
5	1.046±0.123	0.320±0.073	0.219±0.078	3.033±0.064	10.607±0.178	0.991±0.123	0.041±0.005
6	1.440±0.159	0.324±0.009	0.769±0.070	3.035±0.028	34.348±0.568	1.210±0.117	0.089±0.003
7	3.333±0.339	0.498±0.057	0.449±0.075	2.994±0.035	11.774±0.106	1.017±0.075	0.044±0.002
8	1.696±0.236	0.447±0.074	1.588±0.044	3.014±0.029	78.466±0.634	1.209±0.098	< LOQ
9	0.605±0.038	0.325±0.039	0.458±0.054	1.835±0.015	7.833±0.138	0.895±0.064	< LOQ
10	2.069±0.252	0.292±0.063	10.980±0.337	1.480±0.072	14.560±0.112	0.792±0.076	0.036±0.004
11	0.944±0.140	0.355±0.035	0.739±0.030	3.162±0.050	22.557±0.375	2.652±0.140	< LOQ
12	0.683±0.023	0.327±0.015	0.800±0.034	3.165±0.054	11.290±0.219	0.658±0.088	< LOQ
13	0.272±0.026	0.421±0.082	0.625±0.009	2.215±0.041	8.899±0.063	0.349±0.014	< LOQ
14	0.448±0.011	0.303±0.053	1.030±0.072	2.629±0.072	31.889±0.602	0.703±0.023	0.039±0.006
15	0.271±0.013	0.175±0.026	0.393±0.039	2.034±0.039	6.338±0.157	0.794±0.048	< LOQ
16	0.060±0.012	0.270±0.060	0.382±0.004	2.916±0.103	12.245±0.146	0.682±0.086	< LOQ
17	2.879±0.209	0.379±0.083	0.277±0.049	3.448±0.044	13.906±0.122	1.809±0.117	0.039±0.008
18	0.321±0.014	0.390±0.046	0.441±0.050	1.762±0.028	13.237±0.184	2.107±0.151	< LOQ
19	0.450±0.015	0.275±0.050	0.420±0.020	3.731±0.030	11.868±0.460	1.394±0.125	< LOQ
20	0.683±0.014	0.358±0.062	0.449±0.010	2.845±0.062	12.650±0.143	1.480±0.062	< LOQ
21	17.400±0.220	2.022±0.062	0.516±0.033	2.098±0.072	11.707±0.292	1.009±0.019	< LOQ
22	0.067±0.017	0.156±0.018	0.373±0.010	1.839±0.040	14.275±0.347	1.031±0.182	< LOQ
23	0.494±0.024	0.247±0.028	0.363±0.028	2.567±0.037	13.429±0.186	1.584±0.075	< LOQ

Çizelge 4.4. Zeytin örneklerindeki ağır metal içeriğinin (mg/kg) istatistiksel verileri

Elementler	n	Ortalama	Standart sapma	Minimum değer	Orta değer	Maksimum değer	Veri aralığı
Pb	23	2.704	5.630	0.060	0.944	22.894	22.834
Cd	23	0.465	0.463	0.156	0.325	2.022	1.866
Cr	23	1.006	2.193	0.219	0.449	10.980	10.760
Mn	23	2.542	0.676	1.245	2.629	3.731	2.487
Fe	23	17.229	15.124	6.333	12.650	78.466	72.133
Ni	23	1.253	0.610	0.349	1.031	2.652	2.304
Co	7	0.046	0.019	0.035	0.039	0.089	0.054

4.2. Zeytin Numunelerinin Kemometrik Analiz Sonuçları

Hatay ilinin İskenderun, Samandağı, Altınözü, Yayladağı, Antakya, Kırıkhan, Hassa, Reyhanlı, Erzin, Dörtyol ve Payas ilçelerinden toplanan zeytin numunelerindeki ağır metal analiz sonuçları dikkate alınarak 23 adet zeytin numunesine temel bileşen analizi, öbekleme analizi ve korelasyon analizi uygulanmıştır.

4.2.1. Temel Bileşen Analizi (PCA)

Hatay'ın farklı bölgelerinden toplanan 23 zeytin numunesindeki Pb, Cd, Cr, Mn, Fe, Ni ve Co elementlerinin yüksek çözünürlüklü sürekli ışın kaynaklı atomik absorpsiyon spektrometresi (HR-CS AAS) ile gerçekleştirilen analizi sonucu elde edilen ağır metal verilerine temel bileşen analizi uygulanmıştır. Temel bileşen analizi sonunda zeytin numunelerinin karakterize edildiği scores değerleri ve zeytin numunelerindeki Pb, Cd, Cr, Mn, Fe, Ni ve Co elementlerini karakterize eden loadings değerleri hesaplanmıştır. Numuneler arasındaki grupların karakterize edildiği eigen değerler ve veri grubundaki temel bileşenlerin toplam varyans ile kümülatif varyans değerleri oluşturulmuştur. Zeytin numunelerinin temel bileşen, eigen, toplam varyans ve kümülatif varyans değerleri Çizelge 4.5'te verilmiştir. Çizelge 4.5.'te verilen veriler incelendiğinde ilk dört temel bileşenin veri topluluğunun % 83,35'ini açıkladığı

görülmektedir. İlk dört temel bileşen değerleri sırasıyla %31,18, %21,98, %17,67 ve %12,52 şeklindedir. Elde edilen bu veriler toplam varyansın % 31,18'lik bölümünün ilk bileşenle, %53,16'lık bölümünün ilk iki temel bileşenle ve %70.83'lük bölümünün ise ilk üç temel bileşenle açıklanabileceğini göstermiştir.

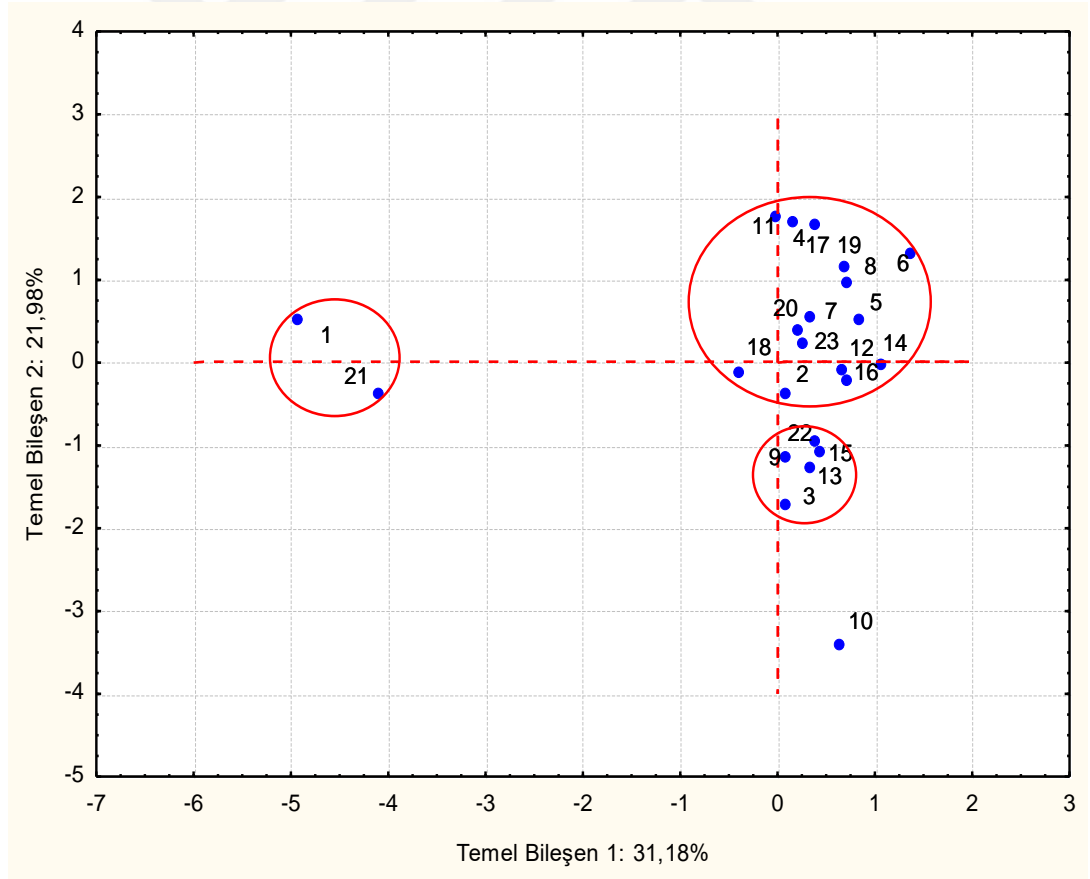
Zeytin numunelerindeki Pb, Cd, Cr, Mn, Fe, Ni ve Co elementlerini karakterize eden loadings değerleri incelendiğinde ilk temel bileşende (PC1) Pb ve Cd elementlerinin öne çıktığı görülebilir. İkinci temel bileşen (PC2) için önemli değişkenler Mn ve Ni elementleri, üçüncü temel bileşen (PC3) için Cr ve Co elementleri, dördüncü temel bileşen(PC4) için ise önemli değişkenin Fe elementi olduğu gözlenmiştir. Çizelge 4.5.'te verilen verilerden görüldüğü üzere ilk dört temel bileşen elementlerin tamamını karakterize etmiştir.

Çizelge 4.5.Zeytin numunelerinin temel bileşen, eigen, toplam varyans ve kümülatif varyans değerleri

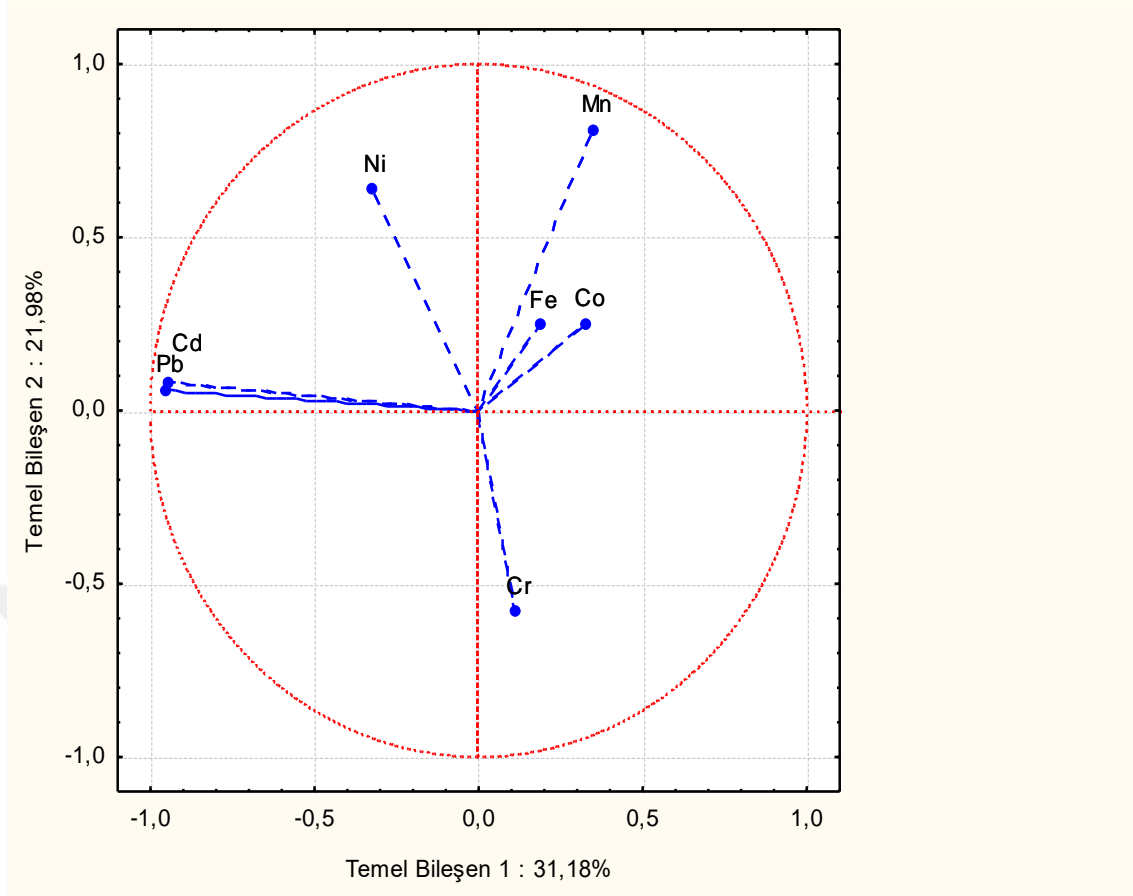
Ağır Metaller	PC1	PC2	PC3	PC4
Pb	-0.9519	0.0612	0.2329	0.0307
Cd	-0.9451	0.0835	0.1960	-0.0128
Cr	0.1116	-0.5782	0.6198	0.1490
Mn	0.3486	0.8122	0.0327	0.0969
Fe	0.1858	0.2459	0.5380	-0.7806
Ni	-0.3271	0.6406	-0.0056	0.1263
Co	0.3276	0.2516	0.6854	0.4676
Eigen değer	2.1823	1.5388	1.2370	0.8766
% Toplam varans	31.18	21.98	17.67	12.52
% Kümülatif varyans	31.18	53.16	70.83	83.35

Birinci temel bileşen ile ikinci temel bileşen verileri arasında çizilen scores ve loadings grafikleri sırasıyla Şekil 4.1. ve Şekil 4.2.'de verilmiştir.Şekil4.1.'de görüldüğü gibi Hatay ilinin farklı bölgelerinden toplanan zeytin numuneleri üç farklı grup oluşturmuştur. Şekildeki en büyük grup 2, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 14, 16, 17, 18, 19, 20 ve 23 numaralı istasyonlardan alınan zeytin numuneleri olmak üzere 15 adet zeytin numunesinden oluşmuştur. Diğer iki küçük grubun ise 5'li ve 2'li grup oluşturduğu görülmüştür. 5'li grup 3, 9, 13, 15 ve 22 numaralı, 2'li grup ise 1 ve 21 numaralı

istasyonlardan alınan zeytin numunelerinden oluştuğu görülmüştür. Kırıkhan-Kurtluşoğuksu istasyonundan alınan 10 numaralı zeytin numunesinin ise herhangi bir guruba girmediği görülmüştür. Genel olarak değerlendirildiğinde 15’li grupta bulunan zeytin numunelerinin bir bölümünün baca gazından etkilenen bölgede, diğer bölümünün ise trafik nedeniyle kirlilik potansiyeli olan bölgede yer aldığı görülmektedir. Şekil’deki en küçük grupta (2’li grup) bulunan zeytin numunelerinin tamamı ağır sanayi içeren (demir-çelik vb.) fabrikaların yakınında yer alan istasyonlardan alınmıştır. Şekil’deki 5’ li grup incelendiğinde ise Payas-Sincan istasyonundan alınan 22 numaralı zeytin hariç diğer tüm numunelerin sanayileşmemiş bölgelerde yer alan istasyonlardan alınan zeytin numunelerinden oluştuğu görülmüştür. Elde edilen temel bileşen analiz sonuçları Hayat ilinin farklı özelliklere sahip 23 istasyonundan alınan zeytin numunelerinin genel olarak sanayinin yoğun olduğu bölgeler, kirlilik potansiyeli olan bölgeler ve sanayinin olmadığı bölgeler olmak üzere üç farklı grupta kümelendiğini göstermektedir.



Şekil 4.1. Zeytin numunelerinin 1. ve 2. temel bileşenlerinin PCA scores grafiği

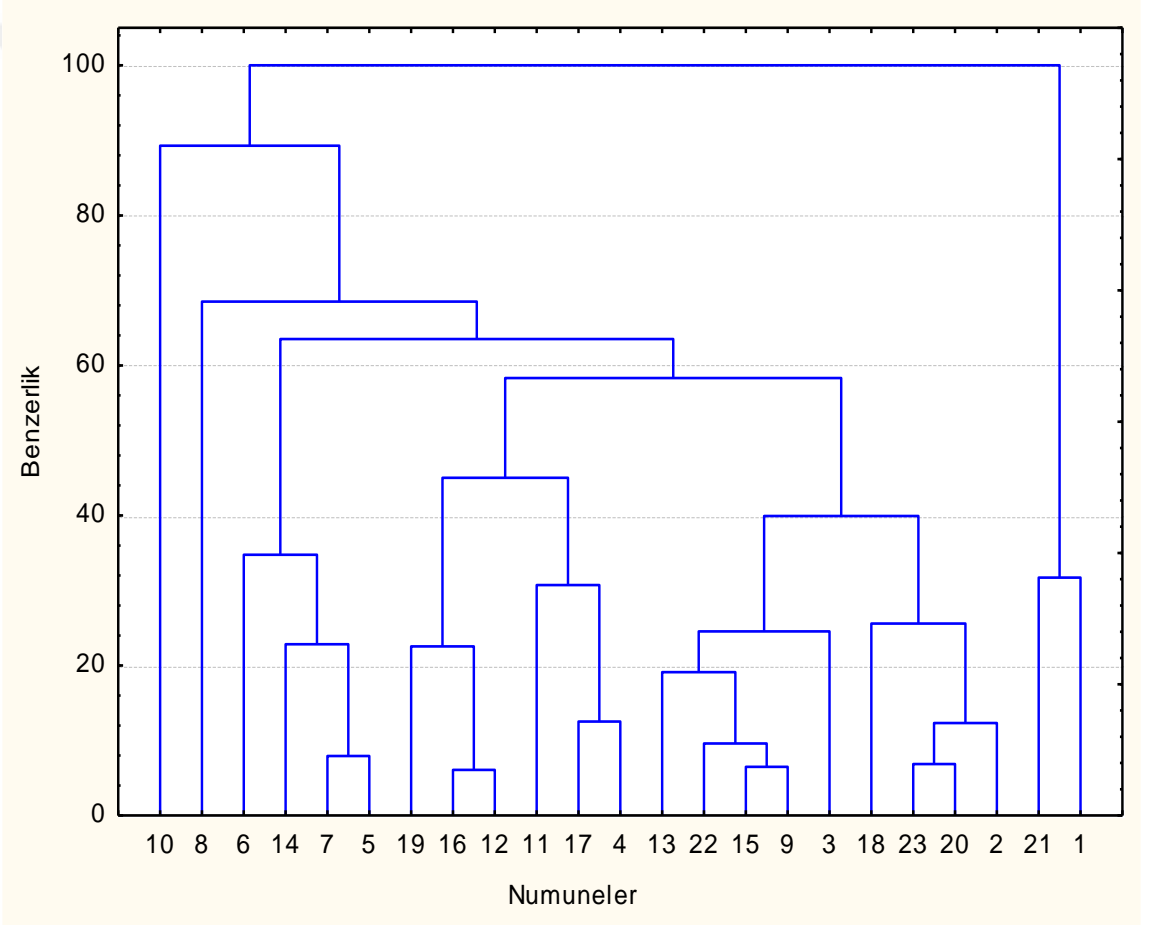


Şekil 4.2. Zeytin numunelerinin 1. ve 2. temel bileşenlerinin PCA loadings grafiği

Şekil 4.1. ve Şekil 4.2. birlikte değerlendirildiğinde 15’li grupta bulunan zeytin numunelerinin hemen hemen tamamının PC1 ve PC2’ nin pozitif gölgesinde yer aldığı ve bu nedenle gruptaki zeytin numunelerini Mn, Fe ve Co elementlerinin karakterize ettiği yorumu yapılabilir. 5’li grupta ise grubu oluşturan numunelerin tamamının PC1’ in pozitif PC2’nin negatif bölgesinde bulunduğu görülmektedir. Buna göre 5’li gruptaki zeytin numunelerinin Cr elementi tarafından karakterize edildiği söylenebilir. Şekil’ deki en küçük grupta (2’li grup) bulunan zeytin numunelerinden 1 numaralı numune PC1’in negatif PC2’nin pozitif bölgesinde, 21 numaralı numune ise PC1 ve PC2’nin negatif gölgesinde bulunmaktadır. Bu nedenle 1 numaralı zeytin numunesini Ni, Cd ve Pb elementleri karakterize ederken 21 numaralı zeytin numunesinin ise herhangi bir element tarafından karakterize edilmediği görülmektedir.

4.2.2. Öbekleme analizi (CA)

Hatay'ın İskenderun, Samandağı, Altınözü, Yayladağı, Antakya, Kırıkhan, Hassa, Reyhanlı, Erzin, Dört Yol ve Payas ilçelerinden toplanan 23 zeytin numunesinin spektrometrik metotla analizi edilmesi sonucu elde edilen ağır metal verilerine öbekleme analizi uygulanmıştır. Öbekleme analizi ile farklı özelliklere sahip zeytin numunelerinin benzerliklerinin tanımlanması ve yakınlıklarına veya benzerliklerine göre kümeler halinde sınıflandırılması ile dendogram oluşturulması sağlanmıştır. Zeytin numunelerinin öbekleme analizi sonucunda oluşan dendogram Şekil 4.3.'te verilmiştir.



Şekil 4.3.Zeytin numunelerinin öbekleme analizi sonucunda oluşan dendogram

Yapılan analiz sonunda elde edilen dendogramın temel bileşen analiz sonuçlarıyla benzer olduğu görülmüştür. Şekil 4.3.'te % 60 düzeyinde bir benzerlik seviyesinde zeytin numunelerinin üç ana gruba ayrıldığı görülmektedir. Daha sonra ortadaki grup

kendi içinde alt gruplara ayrılarak toplamda beş grup meydana gelmiştir. Dendogram incelendiğinde sağdan sola doğru sırasıyla ilk grup 1 ve 21 numaralı istasyonlardan alınan zeytin numunelerinden oluşmuştur. Bu grubun temel bileşen analizindeki 2'li grup olduğu ve grup üyelerinin tamamının ağır sanayi içeren fabrikaların yakınında yer alan istasyonlardan alınan zeytinlerden oluştuğu görülmüştür. Dendogramdaki ikinci grup 2, 18, 20 ve 23 numaralı zeytin numunelerini içermektedir. Bu numuneler baca gazından etkilenen bölgelerden toplanan numunelerdir. Üçüncü grubun ise 3, 9, 13, 15 ve 22 numaralı zeytin numunelerinden oluştuğu görülebilir. Bu gruptaki üyelerin temel bileşen analizindeki 5'li grup üyeleri olduğu ve 22 numaralı numune hariç diğer tüm numunelerin sanayileşmemiş bölgelerde yer alan istasyonlardan alınan zeytin numunelerinden oluştuğu görülmüştür. Dendogramdaki 4 ve 5. gruplar 4, 5, 6, 7, 11, 12, 14, 16, 17 ve 19 numaralı istasyonlardan alınan zeytin numunelerinden oluşmuştur. Bu gruptaki zeytinlerin tamamı temel bileşen analizindeki 15'li grupta bulunan zeytin numunelerinden oluştuğu ve grup üyelerinin genel olarak trafik nedeniyle kirlilik potansiyeli olan bölgeden toplandığı görülmüştür.

4.2.3. Korelasyon Analizi

Hatay'ın tüm coğrafi bölgelerini temsil edecek şekilde toplanan zeytin numunelerinin ağır metal içeriklerine bağlı olarak elementler arasında doğru orantılı ya da ters orantılı bir ilişkinin olup olmadığının belirlenmesi amacıyla yapılan korelasyon analiz sonuçları Çizelge 4.6.'da verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre korelasyon katsayısı 0,5'ten büyük olan Cd ile Pb elementleri arasında yüksek korelasyon olduğu gözlenmiştir. Ayrıca korelasyon katsayısı 0,5 değerine yakın olan Mn ile Cr arasında ters orantılı, Co ile Mn elementleri arasında ise doğru orantılı düşük korelasyon gözlenmiştir.

Çizelge 4.6. Zeytin numunelerinin ağır metal içeriklerine ait korelasyon katsayıları

	Pb	Cd	Cr	Mn	Fe	Ni	Co
Pb	1						
Cd	0.963	1					

Çizelge 4.6.(Devam) Zeytin numunelerinin ağır metal içeriklerine ait korelasyon katsayıları

	Pb	Cd	Cr	Mn	Fe	Ni	Co
Cr	-0.031	-0.080	1				
Mn	-0.234	-0.190	-0.319	1			
Fe	-0.065	-0.050	0.076	0.171	1		
Ni	0.260	0.219	-0.177	0.258	0.015	1	
Co	-0.102	-0.137	0.202	0.302	0.145	-0.017	1

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızda Hatay ilinde yetiştirilen ve Hatay'ın her bölgesinde bulunabilen zeytin meyvesinin endüstriyel ve insan kaynaklı faaliyetler nedeniyle oluşan eser element ve ağır metal kirliliğinin tespit edilmesinde biyobelirteç olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Zeytin numuneleri Hatay'ın tüm coğrafi bölgelerini temsil edecek şekilde 23 farklı noktadan toplanmıştır. Bu noktalar arasında sanayinin yaygın olduğu Dört Yol, Payas ve İskenderun gibi kirlilik potansiyeli yüksek bölgeler ile sanayinin az olduğu ya da hiç olmadığı diğer bölgeler (Antakya, Altınözü, Samandağ, Kırıkhan, Erzin, Hassa, Reyhanlı ve Yayladağı) bulunmaktadır. Hatay ilinin sanayileşmiş ve sanayileşmemiş bölgelerinden toplanan zeytin numunelerindeki Pb, Cd, Cr, Mn, Fe, Ni ve Co elementlerinin analizi spektrometrik metot ile gerçekleştirilmiştir.

İskenderun, Samandağı, Altınözü, Yayladağı, Antakya, Kırıkhan, Hassa, Reyhanlı, Erzin, Dört Yol ve Payas ilçelerinden toplanan zeytin numunelerindeki Pb, Cd, Cr, Mn, Fe, Ni ve Co derişimleri sırasıyla 0,060-22,894; 0,156-2,022; 0,219-10,980; 1,245-3,731; 6,333-78,466; 0,349-2,652 ve 0,035-0,089 mg/kg aralığında bulunmuştur. Zeytin numunelerinde ağır metal içeriğı genel olarak incelendiğinde en düşük Pb derişimi ($0,060\pm 0,012$ mg/kg) Reyhanlı-Merkez olarak adlandırılan istasyondan alınan 16 numaralı zeytin numunesinde, en yüksek Pb derişimi ($22,894\pm 0,400$ mg/kg) ise ağır sanayi işletmelerinin yakınında yer alan İskenderun-Bekbele adlı istasyondan alınan zeytin numunesinde ölçülmüştür. Cd elementinin en düşük düzeyde ($0,156\pm 0,018$ mg/kg) ölçüldüğü istasyon Payas-Sincan, en yüksek düzeyde ($2,022\pm 0,062$ mg/kg) ölçüldüğü istasyon ise sanayileşmiş bölgede bulunan Erzin-Yeşilkent istasyonu olmuştur. En düşük Cr düzeyi ($0,219\pm 0,078$ mg/kg) Altınözü-Hanyolu mevkiinden alınan zeytin numunesinde, en yüksek Cr düzeyi ($10,980\pm 0,337$ mg/kg) ise Kırıkhan-Kurtluşoğuksu olarak adlandırılan istasyondan alınan 10 numaralı zeytin numunesinde ölçülmüştür. Numuneler Mn içeriğı bakımından incelendiğinde en düşük Mn düzeyinin ($1,245\pm 0,072$ mg/kg) Samandağ-Tomruksuyu bölgesinden alınan zeytin numunesinde, en yüksek Mn düzeyinin ($3,731\pm 0,030$ mg/kg) ise Dört Yol-Kuzuculu'dan alınan zeytin numunesinde ölçüldüğü belirlenmiştir. En düşük Fe derişimi ($6,333\pm 0,017$ mg/kg) İskenderun-Suçıkağı olarak adlandırılan istasyondan alınan 2 numaralı zeytin

numunesinde, en yüksek Fe derişimi ($78,466\pm0,634$ mg/kg) ise trafik nedeniyle kirlilik potansiyeli olan bölgede yer alan Antakya-Oğlakören adlı istasyondan alınan zeytin numunesinde ölçülmüştür. Ni elementinin ağır metal düzeyi incelendiğinde en düşük Ni düzeyinin ($0,349\pm0,014$ mg/kg) sanayileşmemiş bölgede yer alan Hassa-Ardıçlı numunesinde, en yüksek Ni düzeyinin ($2,652\pm0,140$ mg/kg) ise kirlilik potansiyelinin olduğu belirtilen Kırıkhan-Güzelce bölgesinden toplanan zeytin numunesinde ölçüldüğü gözlenmiştir. Zeytin numunesinde Co düzeyi incelendiğinde ise en düşük Co düzeyinin ($0,035\pm0,009$ mg/kg) Altınözü-Karbeyaz numunesinde, en yüksek Co düzeyinin ($0,089\pm0,003$ mg/kg) ise Yayladağı-Ayışığı numunesinde ölçüldüğü belirlenmiştir.

Zeytin numunelerindeki ağır metal içeriğinin Türk Gıda Kodeksi Sofralık Zeytin Tebliğı ve Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliğine uygunluğu incelenmiştir. Yönetmelikteki ağır metal tablosu incelendiğinde Pb elementi yönünden 16 ve 22 nolu zeytin numuneleri hariç diğer numunelerin limit değerin üzerinde kaldığı, Cd elementi için incelendiğinde ise zeytin numunelerinin tamamının belirtilen limit değerin üzerinde kaldığı görülmüştür.

İskenderun, Samandağı, Altınözü, Yayladağı, Antakya, Kırıkhan, Hassa, Reyhanlı, Erzin, Dörtüol ve Payas ilçelerinden toplanan zeytin numunelerindeki ağır metal analiz sonuçları dikkate alınarak 23 adet zeytin numunesine temel bileşen analizi, öbekleme analizi ve korelasyon analizi uygulanmıştır. Temel bileşen analizi sonucunda ilk dört temel bileşenin veri topluluğunun % 83,35'ini açıkladığı görülmüştür. Zeytin numunelerindeki Pb, Cd, Cr, Mn, Fe, Ni ve Co elementlerini karakterize eden loadings değerleri incelendiğinde ilk temel bileşende Pb ve Cd elementlerinin öne çıktığı belirlenmiştir. İkinci temel bileşen için önemli değişkenlerin Mn ve Ni elementleri, üçüncü temel bileşen için Cr ve Co elementleri, dördüncü temel bileşen için ise önemli değişkenin Fe elementi olduğu gözlenmiştir.

Birinci temel bileşen ile ikinci temel bileşen verileri arasında çizilen scores ve loadings grafiklerine göre Hatay ilinin farklı bölgelerinden toplanan zeytin numuneleri üç farklı grup oluşturmuştur. Bu grupların 15'li,5'li ve 2'li zeytin numunelerinden oluştuğı görülmüştür. Genel olarak değerlendirildiğinde 15'li grupta bulunan zeytin numunelerinin bir bölümünün baca gazından etkilenen bölgede, diğer bölümünün ise trafik nedeniyle kirlilik potansiyeli olan bölgede yer aldığı görülmüştür. 2'li grupta bulunan zeytin numunelerinin tamamının ağır sanayi içeren fabrikaların

yakınında yer alan istasyonlardan alındığı belirlenmiştir. 5'li grup üyelerinin ise Payas-Sincan istasyonundan alınan 22 numaralı zeytin hariç sanayileşmemiş bölgelerde yer alan istasyonlardan alınan zeytin numunelerinden oluştuğu görülmüştür. Elde edilen temel bileşen analiz sonuçları Hayat ilinin farklı özelliklere sahip 23 istasyonundan alınan zeytin numunelerinin genel olarak sanayinin yoğun olduğu bölgeler, kirlilik potansiyeli olan bölgeler ve sanayinin olmadığı bölgeler olmak üzere üç farklı grup oluşturduğunu göstermiştir.

23 zeytin numunesinin spektrometrik metotla analizi edilmesi sonucu elde edilen ağır metal verilerine öbikleme analizi uygulanmıştır. Yapılan analiz sonunda elde edilen dendogramın temel bileşen analiz sonuçlarıyla benzer olduğu görülmüştür. % 60 benzerlik seviyesinde zeytin numunelerinin üç ana gruba ayrıldığı görülmüştür. Daha sonra ortadaki grup kendi içinde alt gruplara ayrılarak toplamda beş grup meydana getirmiştir. Dendogram incelendiğinde sağdan sola doğru sırasıyla ilk grup 1 ve 21 numaralı istasyonlardan alınan zeytin numunelerinden, ikinci grup 2, 18, 20 ve 23 numaralı zeytin numunelerinden, üçüncü grup ise 3, 9, 13, 15 ve 22 numaralı zeytin numunelerinden oluşmuştur. 4 ve 5. grupların ise 4, 5, 6, 7, 11, 12, 14, 16, 17 ve 19 numaralı istasyonlardan alınan zeytin numunelerinden oluştuğu gözlenmiştir.

Hatay'ın tüm coğrafi bölgelerini temsil edecek şekilde toplanan zeytin numunelerine korelasyon analizi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre korelasyon katsayısı 0,5'ten büyük olan Cd ile Pb elementleri arasında yüksek korelasyon, korelasyon katsayısı 0,5 değerine yakın olan Mn ile Cr arasında ters orantılı, Co ile Mn elementleri arasında ise doğru orantılı düşük korelasyon gözlenmiştir.

Sonuç olarak İskenderun, Samandağı, Altınözü, Yayladağı, Antakya, Kırıkhan, Hassa, Reyhanlı, Erzin, Dört Yol ve Payas ilçelerinden toplanan zeytin meyvesinin ağır metal kirliliğinin tespit edilmesinde biyobelirteç olarak kullanılabilir olduğu gözlenmiştir. Hatay ilindeki farklı özelliklere sahip zeytin numunelerinin genel olarak sanayinin yoğun olduğu bölgelerden toplanan, kirlilik potansiyeli olan bölgelerden toplanan ve sanayinin olmadığı bölgelerden toplanan olmak üzere üç ana grupta kümelendiği gözlenmiştir. Farklı özelliklere sahip zeytin örneklerinin ağır metal içeriğine göre ayrılmasında kemometrik metotları yararlı olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Al-Ghanim, K.A., Mahboob, S., Seemab, S., Sultana, S., Sultana, T., Al-Misned, F., Ahmed, Z., 2016. Monitoring of trace metals in tissues of Wallago attu (lanchi) from the Indus River an indicator of environmental pollution. **Saudi Journal of Plant Science**, 23(1): 72–78.
- Anomin, 2015. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. <https://www.tarim.gov.tr/>. Erişimtarihi: 12.12.2015
- Anomin, 2016a. TÜİK. <http://www.tuik.gov.tr>. Erişim tarihi: 01.10.2016
- Anomin, 2016b. FAO, <http://www.faostat.fao.org/>. Erişim tarihi: 15.05.2016
- Anomin, 2016c. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı, <https://www.gtb.gov.tr/>. Erişim tarihi: 01.06.2016
- Anonim, 2014. 2014-33 sayılı Türk Gıda Kodeksi Sofralık Zeytin Tebliği. <https://www.tarim.gov.tr/Mevzuat/Turk-Gida-Kodeksi>. Erişim tarihi: 21.05.2017
- Anonim, 2011. 28157 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği. Resmi Gazete Tarihi: 29.12.2011
- Beltrán, M., Sánchez-Astudillo, M., Aparicio, R., García-González, D.L., 2015. Geographical traceability of virgin olive oils from south-western Spain by their multi-elemental composition. **Food Chemistry**, 169: 350-357.
- Benincasa, C., Lewis, J., Perri, E., Sindona G., Tagarelli, A., 2007. Determination of trace element in Italian virgin olive oils and their characterization according to geographical origin by statistical analysis. **Analytica Chimica Acta**, 585(2): 366- 370.
- Brereton, R.G., 2007. Applied Chemometrics for Scientists. **John Wiley & Sons Ltd.**, England.
- Cevik, U., Koz, B., Makarovskac, Y., 2010. Heavy metal analysis around Iskenderun Bay in Turkey. **X-Ray Spectrometry** 39(3): 202-207.
- Chakraborty, S., Bhattacharya, T., Singh, G., Maity, J.P., 2014. Benthic macroalgae as biological indicators of heavy metal pollution in the marine environments: A biomonitoring approach for pollution assessment. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 100:61-68.
- Chudzinska M., Baralkiewicz D, 2010. Estimation of Honey Authenticity by Multielements Characteristics Using Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Combined with Chemometrics. **Food and Chemical Toxicology**, 48(1):284-290.
- Çam, A.R., 2016. İskenderun Körfezinde Deniz Suyu ve Sedimentteki Ağır Metal İçeriğinin ICP-OES ile Belirlenmesi ve Analitik Metotlarla Karakterizasyonu, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.
- Gao, X., Chen, C.T.A., 2012. Heavy metal pollution status in surface sediments of the coastal Bohai Bay. **Water Research**, 46(6):1901-11.
- Kıralan, M., Bayrak, A. and Özkaya, M.T., 2009. Oxidation Stability of Virgin Olive Oils from Some Important Cultivars in East Mediterranean Area in Turkey. **Journal of American Oil Chemists' Society**, 86(3):247–252.
- Kiristakis, A.K. 1998. Olive Oil, From Tree to the Table 2nd Edition. **Food And Nutrition Pres., Inc.**, 347 s. Greece

- Llorent-Martinez, E.J., Ortega-Barrales, P., Fernández-de Córdoba, M.L., Domínguez-Vidal, A., Ruiz-Medina, A., 2011. Investigation by ICP-MS of trace element levels in vegetable edible oils produced in Spain. **Food Chemistry**, 127(3):1257-1262.
- Madejon, P., Maranon, T., Murillo, J.M., 2006. Biomonitoring of trace elements in the leaves and fruits of wild olive and holm oak trees. **Science of the Total Environment**, 355(1-3):187- 203.
- Mendil, D., Uluözlu, Ö.D., Tüzen, M., Soylak, M., 2009 Investigation of the levels of some element in edible oil samples produced in Turkey by atomic absorption spectrometry. **Journal of Hazardous Materials**, 165(1-3): 724–728.
- Nanda V., Singh B., Kukreja K.V., Bawa S.A., 2009. Characterisation of honey produced from different fruit plants of northern India. **International Journal of Food and Techonogy**, 44(12): 2629-2636.
- Omar, W.A., Saleh, Y.S., Marie, M.A.S., 2014. Integrating multiple fish biomarkers and risk assessment as indicators of metal pollution along the Red Sea coast of Hodeida, Yemen Republic. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 110: 221-231.
- Özhan A., 2017. Antakya-Cilvegözü Karayolu Etrafindaki Tarım Arazilerinde ve Bitkilerdeki Ağır Metal Kirliliği. **Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, 32(3): 9-18.
- Özhan A., Özkan V., Sungur Ş., Birses H., 2017. Heavy Metal Pollution Around International Hatay Airport. **Natural and Engineering Sciences**, 2(1): 18-24.
- Phillips, D.P., Human, L.R.D., Adams, J.B., 2015. Wetland plants as indicators of heavy metal contamination. **Marine Pollution Bulletin**, 92(1-2): 227-232.
- Preedy, V., Watson, R.R., 2010. **Olives and Olive Oil in Health and Disease Prevention**. Academic Press, ISBN: 9780123744203, 1520s, Usa.
- Rezic, I., 2013. Cellulosic fibers Biosorptive materials and indicators of heavy metals pollution. **Microchemical Journal**, 107: 63-69.
- Soares, M.E., Pereira, J.A., Bastos, M.L., 2006. Validation of a Method To Quantify Copper and Other Metals in Olive Fruit by ETAAS. Application to the Residual Metal Control after Olive Tree Treatments with Different Copper Formulations. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 54(11): 3923-3928.
- Sultanoğlu, P., 2011. Hatay İlinde Üretilen Balların Eser Element Düzeyleri ve Kemometrik Yöntemlerle Karakterizasyonu, Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay.
- Şahan, Y., Basoglu, F., 2006 Heavy Metal Pollution in Olives Grown in Bursa, Turkey. **Asian Journal of Chemistry**, 21(4): 3023-3029.
- Şahan, Y., Basoglu, F., Gucer, S. 2007 ICP-MS analysis of a series of metals (Namely: Mg, Cr, Co, Ni, Fe, Cu, Zn, Sn, Cd and Pb) in black and green olive samples from Bursa, Turkey. **Food Chemistry**, 105:395–399.
- Anonim Gümrük ve Ticaret Bakanlığı, 2014 Yılı Zeytin ve Zeytin Yağı Raporu. <http://koop.gtb.gov.tr/data/53319ec1487c8eb1e43d72a1/2014%20Zeytinya%C4%9F%C4%B1%20Raporu.pdf>, Erişim Tarihi:09.03.2018
- Türkmen, A., Türkmen, M., Tepe, Y., Akyurt, I., 2005. Heavy metals in three commercially valuable fish species from Iskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey. **Food Chemistry**, 91(1): 167-172.

- Vique, C., Bouzas, P.R., Lopez, M.J. 2012 Determination of trace elements in extra virgin olive oils: A pilot study on the geographical characterisation. **Food Chemistry**, 134(1):434–439.
- Yilmaz, A.B., 2003. Levels of heavy metals (Fe, Cu, Ni, Cr, Pb, and Zn) in tissue of Mugil cephalus and Trachurus mediterraneus from Iskenderun Bay, Turkey. **Environmental Research**, 92(3): 277-281.
- Yücel, Y., Demir, C., 2004. Principal component analysis and cluster analysis for the characterisation of marbles by capillary electrophoresis. **Talanta**, 63(2): 451-459.
- Yücel, Y., Sultanoğlu, P., 2012. Determination of industrial pollution effects on citrus honeys with chemometric approach. **Food Chemistry**, 135(1): 170-178.
- Yücel, Y., Sultanoğlu, P., 2013. Characterization of Hatay honeys according to their multi-element analysis using ICP-OES combined with chemometrics. **Food Chemistry**, 140(1-2): 231-237.
- Yüzereroglu, T.A., G. Gök, H. Y. Çogun, Ö. Firat, S., Aslanyavrusu, O., Maruldalı, F. Kargin, 2010. Heavy metals in Patella caerulea (Mollusca, Gastropoda) in polluted and non-polluted areas from the Iskenderun Gulf (Mediterranean Turkey). **Environmental Monitoring and Assessment**, 167(1-4):257-264.
- Zeiner, M., Steffan I., Cindric, I.J., 2005. Determination of trace elements in olive oil by ICP- AES and ETA-AAS: A pilot study on the geographical characterization. **Microchemical Journal**, 81(2): 171– 176.
- Zhu, F., Fan, W., Wang, X., Qub, L., Yao, S., 2011. Health risk assessment of eight heavy metals in nine varieties of edible vegetable oils consumed in China. **Food and Chemical Toxicology**, 49(12): 3081-3085.

ÖZGEÇMİŞ

Yazar, 1971 yılında Kırıkhan'da doğdu. İlkokul, Ortaokul ve Lise öğrenimini Kırıkhan'da tamamladı. Fırat Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümünden 1988 yılında kazandı. Üniversiteden 1992 yılında mezun oldu. 1992 Yılında Çevre Bakanlığı Hatay Çevre Müdürlüğüne Kimya Mühendisi olarak atandı. 2010-2012 tarihleri arasında Doğu Akdeniz Kalkınma Ajansında Uzman-Hatay Yatırım Destek Ofisi Koordinatörü olarak 26 ay çalıştı. 2012 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Hatay Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğüne Mühendis olarak tekrar döndü ve halen bu kurumda çalışmaktadır.

