

Eurasian Journal of Biological and Chemical Sciences

Journal homepage: www.dergipark.org.tr/ejbc



Kazdağları Bölgesine Ait Zeytin, Zeytin Yaprağı ve Zeytinyağlarının Element Tayini ve Metot Validasyonu

Serpil Kılıç^{1*} 

^{*1} Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Isparta, Türkiye

*Corresponding author :serpilkilic@isparta.edu.tr
Orcid No: https://orcid.org/0000-0002-4940-1839

Received : 19/05/2020
Accepted : 06/06/2020

Özet: Zeytin ağacı (*Olea europea*), ağır ve zahmetli büyümesine rağmen oldukça uzun ömürlüdür. Zeytinyağı, insan beslenmesi ve biyolojik değeri bakımından diğer tüm yemeklik yağlardan üstündür. Kazdağları ise Dünya'nın en lezzetli zeytinyağlarının üretildiği yerlerden biridir. Bu Bölgeye ait zeytin, zeytin yaprağı ve zeytinyağlarında metal konsantrasyonunun belirlenmesi insan sağlığı açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmada örneklerin çözünürleştirilmesinde mikrodalga sistemi, metal konsantrasyonlarının belirlenmesinde ICP-MS cihazı tercih edilmiştir. Metot validasyonu parametreleri LOD (tespit limiti), LOQ (tayin limiti), lineerlik, geri kazanım ve kesinlik olarak belirlenmiştir. Geri kazanım, bilinen miktarda NIST 1573 a Tomato Leaves ve LGC 7162 Strawberry Leaves sertifikalı referans maddeler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. % geri kazanım değerleri 99 ve 101 arasında değişmektedir. Numunelerde vanadyum (V), selenyum (Se), kobalt (Co), baryum (Ba), kurşun (Pb), arsenik (As), bakır (Cu), krom (Cr), çinko (Zn), mangan (Mn), demir (Fe) ve nikel (Ni) farklı konsantrasyonlarda bulunmasına rağmen hiçbir örnekte kadmiyum (Cd) tespit edilmedi.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, metot validasyonu, zeytin, zeytinyağı

Determination of Element and Method Validation in Olive, Olive Leaf and Olive Oils of Kazdağları Region

Abstract: Olive tree, is very long lasting specie despite its heavy and troublesome growth. Olive oil is superior to all other edible oils in terms of human nutrition and biological value. Kazdağı is one of the places where the world's most delicious olive oils are produced. In this study, samples of olive, olive leaves and olive oils belonging to this region were analyzed for heavy metals which are very important for the human health. Microwave digestion system was used for the sample preparations and ICP-MS was preferred to determine metal concentrations. Method validation parameters were determined as LOD (detection limit), LOQ (quantification limit), linearity, recovery and precision. Recovery was achieved by using NIST 1573 a Tomato Leaves and LGC 7162 Strawberry Leaves certified reference materials. The recovery values changed between 99 and 101%. Concentrations of vanadium (V), selenium (Se), cobalt (Co), barium (Ba), lead (Pb), arsenic (As), copper (Cu), chrome (Cr), zinc (Zn), manganese (Mn), iron (Fe) and nickel (Ni) were measured at varying levels, however, cadmium (Cd) concentrations were below detection limit.

Keywords: Heavy metals, method validation, olive, olive oil

© EJBCS. All rights reserved.

1. Giriş

Zeytin, besin içeriği açısından rengine göre çeşitli değişkenlik göstermektedir. Zeytinin kimyasal bileşiminin önemli bir kısmını su ve yağ oluşturur. Ayrıca bileşiminde protein, selüloz, yağ, fenolik bileşikler de yer almaktadır. Zeytinin bileşimini etkileyen faktörler, olgunluk derecesi, çeşidi ve yetiştirildiği bölgedir (Vinha ve ark. 2005). Ülkemizde özellikle Ege ve Akdeniz Bölgesinde zeytin yetiştiriciliği ve zeytinyağı üretimi oldukça yaygın hale gelmiştir. Zeytin üretiminde %77 sini karşılayan illerden

Aydın, Antalya, İzmir, Manisa, Muğla, Balıkesir, Bursa ve Çanakkale'dir (Oktav ve ark. 2003). Üretilen zeytinin %65-70'i yağlık geriye kalanı ise sofralık olarak tüketilmektedir (Mantzavinos ve Kalegerakis 2005). Zeytinyağı insan beslenmesinde oldukça önem arz etmektedir. Diğer yemeklik yağlara göre tercih edilmesinin başlıca sebepleri içeriğindeki yağ asit bileşimlerinin farklılığından kaynaklanmaktadır. Bu yağ asitlerinden oleik asidin kemik sağlığında önemli olduğu bildirilmiştir (Keçeli ve Turan Demirtaş 2008). Yine içeriğindeki fenol

bileşiklerinin farklılığı da bazı kanser hücrelerinin büyümesini önlediği ileri sürülmektedir. Zeytinyağı çıkarılması işlemi şöyledir: Üretilen zeytinler ezilerek hamur elde edilir, bu ezmenin ardından preslenme yapılarak ise yağ ile meyve suyu (kara su) ayrılır (Altan 1989). Böylece elde edilen yağ ise farklı işlemlere tabi tutularak naturel, rafine, riviera olmak üzere zeytinyağları üretilmiş olur (Anonymous 2007). Zeytinyağı tüketiminin bazı kanser türlerinin daha düşük oranda oluşumuna neden olduğu düşünülmektedir. Akdeniz diyetinin kansere karşı önemli koruyucu etkileri bulunduğunu gösterilmiştir (Oven ve ark. 2000).

Yapılan araştırmalarda bildirildiği gibi zeytin ve zeytinyağında element analizleri için çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Ansari ve ark (2008), 16 farklı yağın kullanıldığı araştırmada tüm yağların Zn içeriği ve bazı türlerden elde edilen yağlarda ise yağın kalitesini, insan sağlığını olumsuz etkileyen atomik absorpsiyon spektrometresi ile Cd ve Pb tespit etmişlerdir. Yenilebilir yağlardan hurma ve zeytinyağında arsenik miktarının belirlenmesi amacıyla yapılan başka bir çalışmada atomik floresans spektrometresi kullanılmıştır (Chen ve ark. 2001). Benincasa ve arkadaşları (2007), İtalyandaki zeytinyağlarında element miktarlarını ve bu metal miktarlarına göre yetiştikleri coğrafi bölgelere göre yağların sınıflandırılması amacıyla yaptıkları çalışmada, Be, Mg, Ca, Sc, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, As, Se, Sr, Y, Cd, Sb, Sm, Eu, Gd tayini için ICP-MS kullanmışlardır. İndüktif Eşlenmiş Plazma-Kütle Spektrometre (ICP-MS) tekniği periyodik tablodaki pek çok elementi oldukça geniş bir aralıkta hızlı, kesin ve doğru olarak tanımlayabilmesi nedeni ile çoklu element tayini için en güçlü cihazı olduğu için tercih edilmiştir. Bu amaçla ICP-MS cihazı, tercih edilmiştir.

Çalışmada zeytin, zeytin yaprağı, yemeklik zeytin ve bu zeytinlerden soğuk sıkma yöntemiyle elde edilen zeytinyağları Balıkesir ilinin Akçay-Güre yerleşim bölgesindeki Kazdağları eteğine ve yol üzerinde bulunan zeytin bahçelerine aittir. Bu ürünlerin eser elementlerinin işlevleri ve etkileri göz önüne alındığında sağlık açısından önemli olduğu düşünülmektedir. Bundan yola çıkılarak, metot validasyonu ile analiz metodunu güvenilirliği ortaya konmuş ve sonrasında numunelerdeki Zn, Mn, Fe, Cu, Co, Cd, Ba, Pb, As, Cu, Cr, Se miktar bakımından karşılaştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Kimyasallar

Elementel analizlerde kullanılan mix standardı Perkin Elmer (ABD) firmasından, Suprapure® grade, %65'lik nitrik asit Merck (Germany) firmasından temin edilmiştir. Kullanılan saf su için Millipore Elix 10 UV, Milli-Q Syntesis marka saf su sistemi kullanılmıştır.

2.2. Numunelerin toplanması

Olgunlaşmamış (yeşil) zeytin örnekleri, zeytin meyvesinin yeterince irileştiği ancak henüz siyahlanmadığı dönemde

yeşil zeytinlerden, örnek alma yöntemlerine uygun olarak (ağacın her tarafından olacak şekilde) örnekler elle toplanmış, etiketlenmiş ve falkon tüplere konularak laboratuara getirilmiştir. Olgunlaşmış (siyah) zeytin örnekleri, zeytin meyveleri yeterince siyahlandıktan sonra aynı zeytin ağaçlarından, örnek alma yöntemlerine uygun olarak (ağacın her tarafından olacak şekilde) örnekler elle toplanmış, etiketlenmiş ve falkon tüplere konularak laboratuara getirilmiştir. Yaprak numuneleri ise olgunlaşmış (siyah) zeytin örneklerinin alındığı sırada aynı ağaçlardan, dalında ve yere düşmüş yapraklardan örnekler alınmış, poşetlere konularak laboratuara getirilmiş, saf suyuyla yıkanan yapraklar üzerindeki saf suyu uzaklaştırmak için yaklaşık 30 °C'de etüvde kurutulduktan sonra analiz için saklanmıştır. Zeytinyağı ise toplanan zeytinlerin yağının (soğuk sıkım yöntemiyle elde edilen) çıkarıldığı fabrikadan alınmış, etiketlenmiş ve laboratuvara getirilerek +4 °C de buzdolabında saklanmıştır.

2.3. Örneklerin hazırlanması

Analiz için homojen hale getirilmiş olan tüm örnekler için yaklaşık 0.2 g tartılarak mikrodalga ünitesinin (Berghof Speedwave® Four Microwave System, Eningen, Almanya) teflon kapları içine konulmuş ve üzerine 6 mL HNO₃ ve 2 mL H₂O eklenmiştir. Mikrodalga ünitesinin sıcaklık koşulları, ilk önce 70 °C'den 170°C'ye 5 dakika, ardından 180°C'ye 15 dakika artış ve son olarak ise 70°C'de soğutma süresi 10 dakika şeklinde programlanarak numunelerin tamamen çözünür hale getirilmesi sağlanmıştır. Daha sonra örneklerin hacimleri ultra saf su ile 25 mL'ye tamamlanmıştır (Kilic 2018). Hazırlanan numuneler Tablo 1'de çalışma şartlarına göre ICP-MS cihazında analiz edilmiştir.

2.4. Metot Validasyonu

Validasyon, bir yöntemin veya ölçüm prosedürünün belirlenen amaçlara uygunluğunun nesnel olarak test edilerek yazılı delillerle kanıtlanması işlemi olarak ifade edilmektedir (Araujo 2009). Metot validasyonu bir analiz metodunun doğru olarak uygulanabilmesini sağlamak, doğru olarak kullanıldığını belgelemek ve ölçüm sonuçlarının doğruluk ve kesinlik değerlerini ortaya koymak amacıyla yapılmaktadır (Taverniers ve ark. 2004). Metot validasyonu için sertifikalı referans madde olarak NIST 1573 a Tomato Leaves (As, Cd, Fe, Co, Cr, V, Cu, Mn, Ni and Zn için) ve LGC 7162 Strawberry Leaves (Pb ve Ba için) kullanılmıştır. Bu referans maddeler için örneklerde olduğu gibi yaklaşık 0.2 g alınmış, üzerine 6 mL HNO₃ ve 2 mL H₂O eklenerek mikrodalga ünitesinde yakma işleminden sonra son hacim saf su ile 25 mL'ye tamamlanmıştır. Uygulanan yöntemin amaca uygunluğu kapsamında elementel analizleri için yöntemin doğrusal aralıkları, kalibrasyon denklemleri, kalibrasyon katsayıları, tespit ve tayin limitleri, tekrarlanabilirlikleri ve geri kazanım çalışmaları yapılmıştır.

Tablo 1 ICP-MS çalışma koşulları

| | |
|--|---|
| Spektrometre | Elan DRC-e (Perkin Elmer SCIEX, Norwalk, CT, USA) |
| Örnek girişi | Scott Spray Chamber |
| RF gücü | 1000 |
| Skimmer cone | Nikel |
| Sample cone | Nikel |
| Gaz akış oranı (L min ⁻¹) | Nebulizer gaz akışı: 0.91, Auxiliary gaz akışı:1.20, Plazma gaz akışı:18 |
| Nebulizer | Meinhard TQ plus Quartz 0.5 ml |
| Tarama modu | Pik sekmesi |
| Analitik kütleler | Standart mod ⁷⁵ As, ²⁰⁸ Pb, ¹¹¹ Cd, ⁵⁹ Co, ⁵² Cr, ⁵¹ V, ¹³⁸ Ba, ⁵⁷ Fe, ⁶³ Cu, ⁵⁵ Mn, ⁶⁰ Ni, and ⁶⁶ Zn |
| Tarama okuma sayısı | 20 |
| Okuma tekrar sayısı | 1 |
| Tekrar sayısı | 3 |
| Oto örnekleme | CETAX ASX-520 |
| Bekleme süresi | 50 |
| Örnek yıkama | Zaman (50), hız (+/- rpm)-48 |
| Erteleme | Zaman (15), hız (+/- rpm)-20 |

2.4.1. Doğrusal aralık

Bu çalışma için 10 mg kg⁻¹ Perkin Elmer Multi element standardından 6 farklı (2, 5, 10, 25, 50 ve 100 µg L⁻¹) konsantrasyon noktasında ve üç tekrarlı olmak üzere cihazlara enjekte edilmiş ve elde edilen sonuçlar değerlendirilerek kalibrasyon grafikleri oluşturulmuştur.

2.4.2. Kalibrasyon denklemi ve katsayısı

Doğrusal aralık çalışmasından elde edilen verilerin lineer regresyon analizi ile oluşturulan denklemini ifade etmektedir. Kalibrasyon katsayısı ise kalibrasyon denkleminin R² değerini ifade etmektedir.

2.4.3. Tespit sınırı (LOD) ve tayin sınırı (LOQ)

Tespit sınırı (LOD) bir analitik metot ile güvenilir olarak belirlenebilen en düşük analit konsantrasyonu olarak tanımlanmaktadır. Kalibrasyon eğrisinin, eğimine (S) oranının 3 katı LOD değeri olarak kabul etmektedir. Tayin sınırı (LOQ), analitik metodun ölçebileceği en büyük değer olup, çok düşük konsantrasyonda analit eklenmiş örnek körünün standart sapmasının 10 katının ölçüm sınırı olarak belirlenmesi olarak belirlenmiştir (Traverniers ve ark. 2004).

2.4.4. Tekrarlanabilirlik

Geri kazanım çalışmasından elde edilen sonuçların bağıl standart sapma değeri (%RSD) tekrarlanabilirlik değeri olarak ifade edilmiştir.

2.4.5. Geri kazanım

Bu kapsamda analitleri içeren standart çözelti geri kazanım çalışma örneklerine eklenerek en az 6 paralel örnek hazırlanmıştır. Hazırlanan örnekler üç kez cihaza verilmiş, elde edilen sonuçlardan da geri kazanım değerleri belirlenmiştir.

3. Tartışma ve Sonuç

3.1. Metot validasyon sonuçları

Numune çalışmalarına geçmeden önce yöntem doğrulama çalışmaları yapılmıştır. Bu çerçevede elementel bileşim analizleri için tespit ve tayin sınırı, tekrarlanabilirlik ve geri kazanım çalışmaları yapılmıştır. Kalibrasyon denkleminin R² değerini 0.9948-0.9999 aralığında değişim göstermiştir. LOD değerleri 0.1-2.5 (µg L⁻¹) aralığında; LOQ değerleri ise 0.3-8.2 (µg L⁻¹) aralığında tespit edilmiştir. Geri kazanım çalışmasından elde edilen sonuçların bağıl standart sapma değeri (%RSD) tekrarlanabilirlik değeri olarak ifade edilmiştir. %RSD değerleri 0.1-0.6 aralığında değişim gösterirken, geri kazanım çalışması ise 99-101 aralığında bulunmuştur. Tablo 2 ve 3'te sunulan verilere göre kullanılan yöntemin doğrusallık, tekrarlanabilirlik, kesinlik bakımından element düzeyleri açısından yeterli düzeyde LOD ve LOQ düzeylerine sahip olduğunu göstermektedir.

Tablo 2. Çalışılan elementlerin metot validasyon sonuçları

| Elementler | Kalibrasyon Denklemi | R ² | LOD (µg L ⁻¹) | LOQ (µg L ⁻¹) |
|------------|----------------------|----------------|------------------------------|------------------------------|
| As | y = 2507,2x - 3132 | 0.9997 | 1.1 | 1.8 |
| Pb | y = 10934x - 360,1 | 0.9994 | 2.3 | 7.8 |
| Cd | y = 2373,1x - 4144,5 | 0.9996 | 1.6 | 5.3 |
| Ba | y = 15610x + 203286 | 0.9948 | 1.6 | 5.2 |
| Fe | y = 438,39x - 2566,8 | 0.9999 | 1.4 | 4.7 |
| Co | y = 16293x - 9831,2 | 0.9999 | 1.5 | 5.0 |
| Cr | y = 12961x - 5610,6 | 0.9999 | 1.6 | 5.5 |
| V | y = 15181x - 9469,6 | 0.9999 | 2.5 | 8.2 |
| Cu | y = 8758,1x - 17831 | 0.9998 | 0.1 | 0.3 |
| Mn | y = 19325x - 25660 | 0.9998 | 1.6 | 5.4 |
| Ni | y = 3819,1x - 5674,5 | 0.9999 | 2.4 | 8.1 |
| Zn | y = 2442x - 2638,9 | 0.9993 | 0.5 | 1.8 |

Tablo 3. Çalışılan elementlerin geri kazanım sonuçları

| Elementler | Sertifika Değeri | Bulunan Değer | Geri Kazanım | %RSD |
|------------|------------------|---------------|--------------|------|
| As | 112±4.0 | 111±0.4 | 99 | 0.3 |
| Pb | 1800±400 | 1797±0.8 | 100 | 0.1 |
| Cd | 1520±40 | 1520±0.5 | 100 | 0.1 |
| Ba | 107±10 | 107±0.5 | 100 | 0.5 |
| Fe | 368±7.0 | 367±1.1 | 100 | 0.3 |
| Co | 570±20 | 572±0.5 | 100 | 0.1 |
| Cr | 1990±60 | 1989±0.6 | 100 | 0.1 |
| V | 835±10 | 835±0.8 | 100 | 0.1 |
| Cu | 4.7±0.14 | 4.7±0.03 | 101 | 0.6 |
| Mn | 246±8.0 | 246±0.5 | 100 | 0.2 |
| Ni | 1590±70 | 1592±1.0 | 100 | 0.1 |
| Zn | 31±0.7 | 31±0.2 | 101 | 0.6 |

dipnot; Ba, Fe, Zn, Cu, Pb ve Mn için sertifika ve bulunan değerler mg L⁻¹; As, Cd, Co, Cr, V, Ni, µg L⁻¹ olarak verilmiştir.

3.2. Numune Sonuçları

Periyodik tabloda bulunan 105 elementin 80'nini metaller oluşturmaktadır. Esansiyel olanlar, eksikliklerinde olduğu gibi fazla miktarlarda alındıklarında da vücut homeostazını bozarak toksik etki oluşturabilirler. Endüstriyel metaller olarak nitelendirilen metal ve alaşımı tıpta ve veteriner hekimlikte ilaç, pestisit olarak kullanılmaktadır. Doğal kaynaklar ve teknoloji ile kirlenen toprakta yetişen bitkilerde metal birikimi olabilir. Diğer taraftan fosil

kaynaklı yakıtların içerdiği arsenik, kurşun, kadmiyum, selenyum, vanadyum gibi metaller çevremizdeki havayı kirleterek, metabolizmaya alınabilir (Çevik Yılmaz 2015). Tüm bu etkileşimler göz önüne alınarak yapılan çalışmamızda zeytin, zeytin yaprağı ve zeytinyağlarının elementel bileşim analizine ait sonuçlar Tablo 4 ve Şekil 1'de görülmektedir.

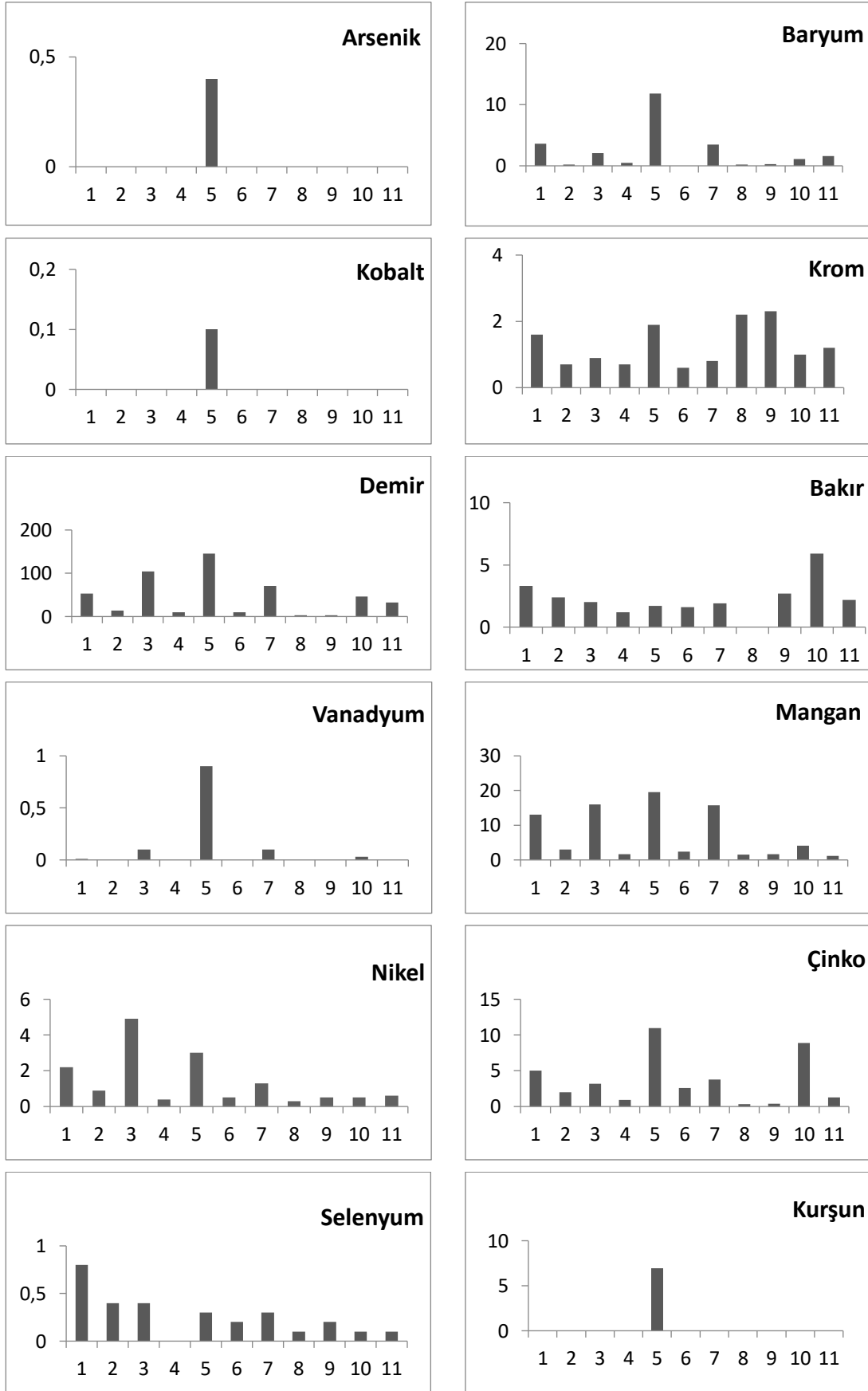
Tablo 4. Numunelerin element içeriği (mg L⁻¹)

| Numuneler | As | Ba | Cd | Co | Cr | Fe | Cu | V | Mn | Ni | Zn | Se | Pb |
|-----------------------------------|------|------|------|------|-----|-------|------|------|------|-----|------|------|------|
| 1.Kazdağı yeşil zeytin yaprağı | <LOD | 3.6 | <LOD | <LOD | 1.6 | 52.8 | 3.3 | 0.01 | 13.0 | 2.2 | 5.0 | 0.8 | <LOD |
| 2.Kazdağı yeşil zeytin | <LOD | 0.2 | <LOD | <LOD | 0.7 | 13.8 | 2.4 | <LOD | 3.0 | 0.9 | 2.0 | 0.4 | <LOD |
| 3.Yol kenarı yeşil zeytin | <LOD | 0.5 | <LOD | <LOD | 0.7 | 9.6 | 1.2 | <LOD | 1.7 | 0.4 | 0.9 | <LOD | <LOD |
| 4.Yol kenarı yeşil zeytin yaprağı | 0.4 | 11.8 | <LOD | 0.1 | 1.9 | 145.6 | 1.7 | 0.90 | 19.6 | 3.0 | 11.0 | 0.3 | 7.0 |
| 5.Kazdağı siyah zeytin | <LOD | <LOD | <LOD | <LOD | 0.6 | 10.2 | 1.6 | <LOD | 2.4 | 0.5 | 2.6 | 0.2 | <LOD |
| 6.Kazdağı siyah zeytin yaprağı | <LOD | 3.5 | <LOD | <LOD | 0.8 | 70.5 | 1.9 | 0.10 | 15.7 | 1.3 | 3.8 | 0.3 | <LOD |
| 7.Soğuk sıkım zeytinyağı | <LOD | 0.2 | <LOD | <LOD | 2.2 | 2.8 | <LOD | <LOD | 1.5 | 0.3 | 0.3 | 0.1 | <LOD |
| 8.Soğuk sıkım zeytinyağı | <LOD | 0.3 | <LOD | <LOD | 2.3 | 2.9 | 2.7 | <LOD | 1.6 | 0.5 | 0.4 | 0.2 | <LOD |
| 9.Yemeklik siyah zeytin | <LOD | 1.1 | <LOD | <LOD | 1.0 | 46.1 | 5.9 | 0.03 | 4.1 | 0.5 | 8.9 | 0.1 | <LOD |
| 10.Yemeklik yeşil zeytin | <LOD | 1.6 | <LOD | <LOD | 1.2 | 32.3 | 2.2 | <LOD | 1.2 | 0.6 | 1.3 | 0.1 | <LOD |

Sonuçlara bakıldığında kadmiyum hiçbir numunede tespit edilmezken arsenik, kobalt ve kurşun sadece yol kenarında bulunan yeşil zeytin yaprağında tespit edilmiştir. Burada yüksek oranda kirlilik olmasının sebebi asfalt kenarı olduğu için buradan çok sayıda geçen arabalardan çıkan egzoz gazları, trafiğin yoğunluğundan kaynaklı toz bulutları gibi sorunlar olduğu düşünülmektedir. Baryumun, araçlarda fren balataları altlığında kullanıldığı bildirilmektedir (DPT 2001b). Bu balata aşınmasından ve dizel yakıtlarda da duman azaltıcı olarak kullanıldığından bu egzozdan dışarı atılmasına sebep olmaktadır. Baryum elementi en yüksek yol kenarında bulunan yeşil zeytin yaprağında tespit edilmesi bunun bir göstergesi olduğunu düşündürmektedir. Krom en yüksek soğuk sıkım zeytinyağında tespit edilirken, en düşük Kazdağı siyah zeytinde olduğu görülmüştür. Demir yine en yüksek yol kenarında bulunan yeşil zeytin yaprağında bulunurken, en az soğuk sıkım zeytinyağında tespit edilmiştir. Bakır soğuk sıkım zeytinyağında tespit edilmezken en çok yemeklik siyah zeytinde olduğu görülmüştür. Vanadyum <LOD - 0.9 mg L⁻¹, selenyum ise <LOD-0.8 mg L⁻¹ aralığında tespit edilmiştir. Mangan yemeklik zeytinde 1.2 mg L⁻¹ iken yol kenarında bulunan yeşil zeytin yaprağında 19.6 mg L⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Yemeklik siyah zeytinde demir ve çinko değerleri yeşil zeytine göre daha yüksek

olduğu sonucuna varılmıştır. Nikel ve çinko soğuk sıkım zeytinyağında en az iken yol kenarında bulunan yeşil zeytin yaprağında en fazla olarak tespit edilmiştir. Aynı şekilde kirliliği numunede baryum, vanadyum, nikel, mangan, element miktarları da diğer numunelere göre daha yüksek bulunmasının sebebi trafiğin yoğunluğundan kaynaklı toz bulutlarından kaynaklandığı düşüncesine varılmıştır. Literatürlere gördüğümüz kadarıyla bu yöreye ait bu şekilde ağaçtan sofraya yönelik çalışmaya rastlanılmamıştır. Ancak Yatağan bölgesine ait bir çalışmada siyah ve yeşil zeytin örneklerinde kurşun ve kadmiyum elementleri tespit edilirken, bizim numunelerimizde bu elementlere tespit edilmemiştir (Çevik Yılmaz 2015).

Bu amaçla, ağacın dalında yeşil zeytinle başlayan yolculuk, lezzet ve sağlık kaynağı olarak sofralarımıza gelen sofralarda yerini alan zeytin ve zeytinyağlarının oksijen bakımından oldukça zengin Kazdağları Bölgesi tercih edilmiştir. Bu bölgeye ait zeytin, zeytin yaprağı ve zeytinyağı ile element bileşim içeriği karşılaştırması yapılmıştır. Çünkü bu insan sağlığı açısından taşıdığı önem konusunda zeytin ve zeytinyağı sektörünün bilinçlendirilmesi ve tüketicilerin daha sağlıklı beslenmesi açısından önem arz etmektedir.



Şekil 1. Çalışılan elementlerin örneklerdeki konsantrasyon (mg L^{-1}) dağılımı

Kaynaklar

- Altan A. 1989. Yemelik Yağ Teknolojisi Ders Notları. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Adana.
- Anonymous 2007. Türk Gıda Kodeksi, Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliği (Tebliğ No: 2007/36). <http://www.kkgm.gov.tr>, Erişim Tarihi: 18.09.2014.
- Ansari, R., Kazi, T., Jamali, M., Arain, M., Wagan, M., Jalbani, N., Afridi, N., Shah, A. 2008. Variation in accumulation of heavy metals in different varieties of sunflower seed oil with the aid of multivariate technique. *Food Chem* 115: 318-323.
- Araujo P. 2009. Key aspects of analytical method validation and linearity evaluation. *J Chrom B* 877(23): 2224-2234.
- 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. *Anal Chim Acta* 585: 366–370.
- Chen S, Lee B, Cheng, C. Chou, S. 2001. Determination of arsenic in edible fats and oils by focused microwave digestion and atomic fluorescence spectrometer. *J Food and Drug Anal* 9: 121-125.
- Çevik Yılmaz C. 2015. Zeytin ve Zeytin Ürünlerinin Bazı Makro ve Mikro İnorganik Bileşenlerin Analizi (Yüksek Lisans Tezi). Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, Aydın.
- DPT 2001b. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu Metal Madenler Alt Komisyonu, İleri Teknoloji Hammaddeleri Çalışma Grubu Raporu, (DPT:2622-ÖİK.633), Ankara, 28 s.
- Keceli T, Turan Demirtaş E. 2001. Zeytinyağının beslenme ve biyolojik değeri. I.Ulusal Zeytin Öğrenci Kongresi, 104-106. 17-18 Mayıs 2008, Balıkesir.
- Kilic S. 2018. Aromatik bitki ve yağlarının mineral element miktarlarının karşılaştırılması. *Gıda* 43 (4): 617-623.
- Mantzavinos D, Kalogerakis N. 2005. Treatment of olive mill effluents part I. Organic matter degradation by chemical and biological processes-an overview. *Environ Inter* 31: 289–295.
- Oktav E, Çatalkaya EÇ, Şengül F. 2003. Zeytinyağı endüstrisi atık sularının kimyasal yöntemlerle arıtımı. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Fen ve Müh Der* 5 (3): 11-21.
- Owen RW, Giacosa A, Hull WE, Haubner R, Würtele G, Spiegelhalder B. ve Bartsch H. 2000. Olive-oil consumption and health: The possible role of antioxidants. *The Lancet Oncol* 1 (2): 107-112.
- Taverniers I, De Loose M, Van Bockstaele E. 2004. Trends in Quality in The Analytical Laboratory II. Analytical method validation and quality assurance. *Trac-Trend Anal Chem* 23(8): 535-552.
- Vinha AF, Ferreres F, Silva BM, Vanlentão P, Gonçalves A, Pereira JA, Oliveria MB, Seabre RM ve Andrade PB. 2005. Phenolic profiles of portuguese olive fruits (*olea europaea l.*): influences of cultivar and geographical origin. *Food Chem* 89 (4): 561-568.