



Yatağan ve Çevresinde Üretilen Ballarda Halk Sağlığı Açısından Risk Oluşturacak Bazı Ağır Metal Düzeylerinin ICP-MS Tekniği ile Belirlenmesi

Nasuh MELTEM^{1,a}, Sadık BÜYÜKYÖRÜK^{2,b,✉}

¹Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Aydın, TÜRKİYE

²Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Aydın/TÜRKİYE

^aORCID: 0000-0002-6686-2856; ^bORCID: 0000-0003-1778-4860

Geliş Tarihi/Received
06.11.2023

Kabul Tarihi/Accepted
08.01.2024

Yayın Tarihi/Published
30.06.2024

Öz

Bu çalışma, Muğla'nın Yatağan ilçesinde bulunan termik santrale ve mermer ocaklarına yakın bölgelerden temin edilen ballarda, bazı ağır metallerin varlığını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Toplanan ballarda alüminyum (Al), demir (Fe), mangan (Mn), kobalt (Co), nikel (Ni), çinko (Zn), kadmiyum (Cd), krom (Cr), bakır (Cu), kurşun (Pb) miktarı yönünden ICP-MS ile belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre incelenen bal örneklerinde ortalama değerler, alüminyum 27715.468 ppb, demir 5923.415 ppb, mangan 639.872 ppb, nikel 301.964 ppb, çinko 1094.215 ppb, krom 47.165ppb, bakır 1317.268 ppb ve kurşun 289.064 ppb olarak belirlenmiştir. Analiz edilen bu ballarda kobalt ve kadmiyum tespit edilmemiştir. Bulgular genel olarak değerlendirildiğinde ağır metallerin yüksek değerde olmadığı, ancak bazı elementler bakımından sınır değerlerde olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak kovanların endüstriyel bölgelere yakın olmasının bazı ağır metaller yönünden halk sağlığını olumsuz etkileyebileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, bal, halk sağlığı, ICP-MS

Determination of Some Heavy Metal Levels Causing Public Health Risks in Honey Produced in Yatagan Province by ICP-MS Technique

Abstract

This study was carried out to determine the presence of some heavy metals in honey obtained from regions close to the thermal power plant and marble quarries in Yatağan, the district of Muğla. The amount of aluminum (Al), iron (Fe), manganese (Mn), cobalt (Co), nickel (Ni), zinc (Zn), cadmium (Cd), chromium (Cr), copper (Cu) and lead (Pb) were defined by ICP-MS in the collected honeys. The average value of the analyzed honey samples, aluminum 27715.468 ppb, iron 5923.415 ppb, manganese 639.872 ppb, nickel 301.964 ppb, zinc 1094.215 ppb, chromium 47.165 ppb, copper 1317.268 ppb and lead 289.064 ppb was determined according to the analysis results. Cobalt and cadmium were not detected in these analyzed honeys. When the findings were evaluated it was observed that heavy metal's amounts were not in high value, but they were at limit values in terms of some elements. Consequently, it was concluded that the beehives close to the industrial areas may adversely affect public health in terms of some heavy metals.

Key Words: Heavy metal, honey, ICP-MS, public health

GİRİŞ

Arıcılık; arı, bitkisel kaynaklar ve emeğin birleşimiyle balın, balmumunun, polenin, propolisin, arı sütünün, arı zehirinin üretilmesi ve ana arılar, oğul ve paket arıları gibi canlı materyallerin üretilmesi faaliyetleri olarak yapılmaktadır (1). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre bal; bitkilerin nektarları, bitkinin canlı bölümündeki salgıları veya bitkinin canlı kısımlarının üstünde yaşamını sürdüren bitki emici böceklerden salgılanan sıvının bal arılarınca alınarak arının kendine has maddeler ile birleştirip değişime uğrattığı, su oranını azalttığı ve peteklerde depo ederek olgunluğa ulaştırdığı doğal bir ürün olarak tanımlanmaktadır (2). Türkiye, 2021 yılı verilerine göre, 8733394 adet koloni sayısı ile dünyada üçüncü, 96344 ton bal üretimi ile de dünyada ikinci sırada yer almaktadır (3). Muğla İli (Şekil 1), 4894 adet işletme sayısı ve 884 096 adet koloni sayısı ile 6578 ton bal verimi ile önemli bal üreticisi

olan illerimizdendir (4). Doğal olarak çevrede bulunan ağır metaller, insanlar aracılığı ile devamlı yayılım gösterip birikmeye başlamaktadır. Basit bileşenlerine dönüşemeyen bu ağır metaller, çevrede yıkılmaz ve kalıcıdır. Bu sebeple çevrede bulunurlar ve biyolojik döngüye dâhil olurlar (5). Endüstri faaliyetleri; çimento üretimleri, demir çelik sanayisinde, termik santrallerde, cam üretiminde, çöp ve atık çamur yakma tesislerinde, trafikteki araçlar da ağır metallerin doğaya yayılmasına sebep olmaktadır. Araçlarda kullanılan fosil yakıtlar, lastikler, fren balataları çevreye kurşun, vanadyum, kadmiyum ve diğer bazı ağır metallerin salınmasına sebep olabilmektedirler (6). Arılar bütün çiçek açan bitkilerden nektar ve polen topladıklarından dolayı, bitkilerde birikim sağlayan ağır metallerin; arının vücudunda, topladığı balda ve bal ürünlerinin içerisinde toksik ağır metallerin yoğunluğunun çoğalmasına sebebiyet verirler. Atmosferdeki ağır

metallerin arıların solunum yolu veya üzerindeki tüyler ile de vücutlarına almasıyla kovana ağır metal aktarımı gerçekleşebilmektedir (5). İnsan vücuduna besinler ve hava yolu ile alınan ağır metaller canlı vücudunda, karaciğer, dalak, böbrek, kas, tırnak, saç gibi çeşitli dokulara geçerek burada birikmeye başlar. Bu birikimin neticesinde karsinogenik, mutajenik ve teratojenik etkiler görülmekte ve canlıda merkezi sinir sistemi, böbrek, kalp-damar rahatsızlıkları gibi birçok hastalıklara sebep olmaktadır (7-9).



Şekil 1. Muğla ili haritası

Bu çalışmada, insanlar tarafından çok tüketilen ve birçok faydası olduğu bilinen ballarda alüminyum, demir, mangan, kobalt, nikel, çinko, kadmiyum, krom, bakır ve kurşun gibi ağır metal düzeyleri incelenip bu değerlerin sağlık açısından herhangi bir problem oluşturup oluşturmadığının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal Toplanması ve Örneklerin Hazırlanması

Çalışmada kullanılan ballar, termik santral ve çok sayıda merm ocaklarının bulunduğu Muğla ilinin başta Yatağan olmak üzere Milas, Kavaklıdere ve Menteşe ilçelerinde bulunan kovanlardan elde edildi. Seçilen ilçelerden toplam 30 arıcının kovanlarından hasat ettikleri çam balından 200-250 g arasında olacak şekilde 30 adet bal örneği alındı. Her bir arıcıdan alınan bal örnekleri ağır metal birikimleri incelenmek üzere laboratuvara getirildi ve analiz edilinceye kadar +4°C sıcaklıkta buzdolabında muhafaza edildi.

Mikrodalga Yöntemi ile Örneklerin Çözünürleştirilmesi

Bal örneklerinin çözünürleştirme işlemleri Berghof MSW-4 mikrodalga fırın ile yapılmıştır. Her bir bal örneğinden yaklaşık 400 mg analizi yapılmak için alınmıştır. Üzerine 5 ml %65'lik nitrik asit (HNO₃) eklenmiş ve oda sıcaklığında 10 dakika bekletildikten sonra dap'lar çalkalanmış ve kapatılmıştır.

Sırasıyla aşağıdaki yakma prosedürü uygulanmıştır (10):

1. 90 °C'ye 4 dakikada çıkartıldı.
2. 90 °C'de 2 dakika bekletildi.
3. 180 °C'ye 6 dakikada çıkartıldı.
4. 180 °C'de 10 dakika bekletildi.
5. 50 °C'ye soğutmaya alındı.

ICP-MS Cihazının Kullanımı

ICP-MS için çalışma koşulları Tablo 1'de belirtilmiştir. Numunelerin her birinden yaklaşık 400 mg alınıp asit ile yakıldıktan sonra son hacimleri 10 ml olacak şekilde ultra saf su ile tamamlanmıştır. Son hacimleri 10 ml olan numunelerden 0.5 ml alınarak tekrardan ultra saf su ile son hacimleri 10 ml olacak şekilde tamamlanmıştır. Çözeltiler hazırlandıktan sonra, çözündürülmüş bal numunelerinin ağır metal içeriklerini okumadan önce cihazın kalibrasyonu yapılmıştır. Elementler için çizilen kalibrasyon grafikleri, hazırlanmış olan standartların doğruluğunun göstergesi olarak kullanılmıştır. Elde edilen bal numunelerinin ağır metal içerikleri, Perkin Elmer mdğerleria NexION 350X model indüktif eşleşmiş plazma kütle spektrometresi (ICP-MS) ile saptanıp okuma işlemi yapılmıştır (11).

Tablo 1. ICP-MS enstrümantal çalışma koşulları

| Bileşen/Parametre | Tip/Değer/Mod |
|------------------------------|-------------------------------|
| Nebulizatör | Mainhard (Eş merkezli) |
| Püskürtme Odası | Cam Siklonik |
| Üçlü Koni Arayüz Materyali | Nikel |
| Plazma Gaz Akışı | 18.0 L/dk |
| Yardımcı Gaz Akışı | 1.2 L/dk |
| Nebulizatör Gaz Akışı | 0.74 L/dk |
| Örnek Alım Oranı | 1 mL/dk |
| RF Gücü | 1500 W |
| Örnek Başına Tekrarlar | 3 |
| Kullanma usulü/Çalışma Şekli | STD/KED Mod |
| | Çarpışma (He gazı kullanarak) |

BULGULAR

Çalışmamızda, Muğla ilinin Yatağan ilçesinden ve adı geçen komşu ilçelerden 30 adet arıcıdan sağım sonrasında toplanan bal örnekleri alınıp mikrodalga fırında çözünürleştirildikten sonra, ICP-MS ile ağır metal değerleri ölçülmüş ve sonuçlar Tablo 2 ve Tablo 3'te sunulmuştur. Buna göre alüminyumun en yüksek değeri 28. numunede 78322.270 ppb ve en düşük değeri 15. numunede 18867.080 ppb; demirin en yüksek değeri 9. numunede 11052.065 ppb ve en düşük değeri 30. numunede 2360.064 ppb; manganın en yüksek değeri 28. numunede 1272.820 ppb ve en düşük değeri 30. numunede 110.227 ppb; nikelin en yüksek değeri 22. numunede 2659.835 ppb ve en düşük değeri 30. numunede 30.033 ppb; çinkonun en yüksek değeri 12. numunede 5406.036 ppb ve en düşük değeri 19. numunede 289.312 ppb; kromun en yüksek değeri 5. numunede 300.175 ppb ve en düşük değeri 20. numunede 12.297 ppb; bakırın en yüksek değeri 9. numunede 2386.585 ppb ve en düşük değeri 30. numunede ppb; kurşunun en yüksek değeri 23. numunede 726.752 ppb ve en düşük değeri 15. numunede 45.295 ppb olarak ölçülmüştür. Muğla ilinde belirtilen ilçelerden alınan bal örneklerindeki ortalama ağır metal değerleri ise; Alüminyum 27715.468 ppb, demir 5923.415 ppb, mangan 639.872 ppb, nikel 301.964 ppb çinko 1094.215 ppb, krom 47.165 ppb, bakır 1317.268 ppb ve kurşun 289.064 ppb olarak saptanmıştır.

Tablo 2. Çalışma yapılan ballardaki Al, Fe, Mn, Co, Ni düzeyleri, ppb

| BAL | Al 27 | | Fe-1 56 | | Mn 55 | | Co 59 | | Ni 60 | |
|-----------------|------------------|------------|-----------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|
| | ppb | Sapma % | ppb | Sapma % | ppb | Sapma % | ppb | Sapma % | ppb | Sapma % |
| Standart 1 | 5.000 | 1.6 | 5.000 | 1.8 | 0.200 | 3.9 | 0.200 | 5.6 | 0.200 | 2.7 |
| Standart 2 | 10.110 | 2.0 | 10.072 | 0.6 | 0.499 | 1.5 | 0.499 | 1.6 | 0.492 | 3.1 |
| Standart 3 | 25.092 | 0.5 | 25.201 | 0.9 | 1.011 | 0.6 | 1.010 | 0.8 | 1.020 | 1.1 |
| Standart 4 | 49.535 | 0.7 | 50.231 | 0.5 | 4.996 | 3.4 | 5.002 | 2.6 | 4.981 | 2.2 |
| Standart 5 | 102.285 | 0.6 | 100.782 | 0.7 | 9.999 | 1.8 | 9.996 | 1.9 | 9.986 | 2.4 |
| Numune 1 | 28296.115 | 0.3 | 7112.778 | 4.3 | 622.142 | 2.4 | -74.763 | 0.3 | 147.964 | 3.7 |
| Numune 2 | 32035.076 | 0.8 | 9538.087 | 0.8 | 676.704 | 0.3 | -54.634 | 0.9 | 419.449 | 1.8 |
| Numune 3 | 30327.774 | 2.0 | 8028.053 | 1.4 | 906.481 | 1.8 | -68.714 | 0.4 | 449.981 | 3.5 |
| Numune 4 | 23056.876 | 0.6 | 5535.708 | 1.5 | 763.014 | 1.0 | -71.698 | 0.5 | 145.303 | 1.8 |
| Numune 5 | 26113.861 | 1.8 | 8131.183 | 2.1 | 928.314 | 1.6 | -74.538 | 0.6 | 162.909 | 0.6 |
| Numune 6 | 22858.015 | 1.8 | 688.127 | 0.4 | 720.617 | 1.3 | -71.216 | 0.3 | 526.808 | 2.4 |
| Numune 7 | 29022.063 | 1.0 | 8776.916 | 1.6 | 694.164 | 2.4 | -62.828 | 0.5 | 263.241 | 2.7 |
| Numune 8 | 21796.183 | 0.9 | 8410.351 | 1.7 | 604.784 | 1.4 | -75.333 | 0.4 | 95.674 | 1.0 |
| Numune 9 | 30283.833 | 2.0 | 11052.065* | 1.5 | 721.137 | 1.6 | -75.247 | 0.2 | 139.041 | 3.4 |
| Numune 10 | 25165.870 | 2.1 | 3314.138 | 1.0 | 604.277 | 1.3 | -72.683 | 0.6 | 133.019 | 0.4 |
| Numune 11 | 24434.926 | 2.2 | 7507.941 | 2.5 | 514.006 | 1.6 | -67.527 | 1.2 | 129.611 | 3.1 |
| Numune 12 | 21503.658 | 4.6 | 7263.393 | 0.6 | 630.030 | 0.6 | -71.873 | 0.8 | 154.768 | 2.4 |
| Numune 13 | 19538.349 | 3.9 | 5567.232 | 2.2 | 577.633 | 0.7 | -71.575 | 0.2 | 143.200 | 2.7 |
| Numune 14 | 20842.447 | 0.7 | 5254.748 | 1.4 | 823.240 | 0.8 | -67.016 | 0.8 | 323.213 | 1.1 |
| Numune 15 | 18867.080* | 2.9 | 4439.077 | 1.1 | 736.096 | 1.0 | -73.471 | 0.8 | 177.108 | 1.6 |
| Numune 16 | 19518.604 | 1.2 | 9356.674 | 1.5 | 533.145 | 1.7 | -76.406 | 0.3 | 47.434 | 5.5 |
| Numune 17 | 20717.143 | 2.5 | 3942.197 | 1.2 | 430.327 | 0.3 | -73.641 | 0.6 | 56.285 | 4.8 |
| Numune 18 | 24327.623 | 0.5 | 10622.276 | 1.7 | 813.670 | 2.5 | -68.615 | 0.5 | 285.635 | 3.5 |
| Numune 19 | 30523.384 | 2.8 | 3573.814 | 1.5 | 464.228 | 1.7 | -62.727 | 0.2 | 207.750 | 1.7 |
| Numune 20 | 20474.485 | 1.2 | 3388.889 | 1.6 | 431.977 | 1.1 | -71.736 | 0.5 | 155.409 | 0.8 |
| Numune 21 | 19828.419 | 1.1 | 2983.974 | 0.3 | 453.153 | 0.9 | -76.899 | 0.4 | 192.183 | 2.1 |
| Numune 22 | 22795.654 | 0.4 | 4722.290 | 2.3 | 546.480 | 1.4 | -69.982 | 0.8 | 2659.835* | 0.4 |
| Numune 23 | 32397.681 | 2.4 | 4176.777 | 2.4 | 632.162 | 1.8 | -66.799 | 0.6 | 319.084 | 2.0 |
| Numune 24 | 29437.201 | 1.1 | 4239.643 | 1.0 | 591.199 | 1.7 | -72.385 | 0.3 | 313.477 | 2.5 |
| Numune 25 | 27541.924 | 0.6 | 7316.707 | 0.9 | 679.734 | 2.1 | -71.840 | 0.4 | 163.080 | 3.1 |
| Numune 26 | 33432.633 | 0.7 | 4907.112 | 1.6 | 565.700 | 0.7 | -60.978 | 1.5 | 628.863 | 1.8 |
| Numune 27 | 25735.417 | 2.7 | 3170.351 | 0.9 | 583.145 | 1.1 | -78.166 | 0.2 | 351.803 | 3.8 |
| Numune 28 | 78322.270* | 0.7 | 7991.921 | 2.6 | 1272.820* | 0.9 | -62.018 | 0.5 | 185.942 | 3.0 |
| Numune 29 | 44652.800 | 2.5 | 4329.963 | 4.1 | 565.556 | 2.1 | -73.047 | 0.2 | 50.826 | 2.5 |
| Numune 30 | 27616.689 | 2.1 | 2360.064* | 2.9 | 110.227* | 1.8 | -77.643 | 2.2 | 30.033* | 7.5 |
| Ortalama | 27715.468 | 1.7 | 5923.415 | 1.7 | 639.872 | 1.4 | -70.533 | 0.6 | 301.964 | 2.6 |

*: en yüksek ve en düşük değerler koyu olarak gösterilmiştir

Tablo 3. Çalışma yapılan ballardaki Zn, Cd, Cr, Cu, Pb düzeyleri, ppb

| BAL | Zn 66 | | Cd 111 | | Cr-1 52 | | Cu-1 63 | | Pb-1 208 | |
|-----------------|-----------------|------------|----------------|------------|---------------|------------|-----------------|------------|----------------|------------|
| | ppb | Sapma % | ppb | Sapma % | ppb | Sapma % | ppb | Sapma % | ppb | Sapma % |
| Standart 1 | 0.200 | 2.7 | 0.200 | 3.2 | 0.200 | 2.4 | 0.200 | 1.7 | 0.2 | 0.9 |
| Standart 2 | 0.497 | 5.6 | 0.499 | 1.5 | 0.496 | 1.6 | 0.480 | 0.5 | 0.491 | 0.1 |
| Standart 3 | 1.133 | 7.6 | 1.006 | 0.4 | 1.006 | 1.3 | 0.992 | 1.3 | 1.001 | 2.7 |
| Standart 4 | 4.883 | 1.6 | 5.001 | 2.8 | 5.000 | 1 | 4.963 | 1.0 | 5.003 | 1.4 |
| Standart 5 | 9.824 | 2.6 | 9.973 | 0.9 | 10.009 | 1.8 | 9.950 | 0.2 | 10.032 | 1.6 |
| Numune 1 | 1146.372 | 3.4 | -16.337 | 1.7 | 31.878 | 3.2 | 972.845 | 1.5 | 80.772 | 3.0 |
| Numune 2 | 519.230 | 1.7 | -15.853 | 4.9 | 60.928 | 2.9 | 1056.480 | 2.9 | 485.755 | 1.3 |
| Numune 3 | 942.311 | 2.6 | -19.719 | 3.7 | 44.416 | 3.2 | 1453.715 | 0.3 | 358.065 | 1.3 |
| Numune 4 | 430.105 | 0.5 | -17.578 | 2.7 | 25.116 | 10.5 | 943.843 | 2.8 | 181.198 | 2.7 |
| Numune 5 | 529.840 | 0.5 | -6.017 | 18.0 | 300.175* | 0.9 | 1372.279 | 0.6 | 101.663 | 6.9 |
| Numune 6 | 847.996 | 2.0 | -9.563 | 6.6 | 35.757 | 14.7 | 1020.551 | 1.4 | 176.081 | 3.0 |
| Numune 7 | 812.304 | 3.1 | -22.094 | 7.0 | 60.084 | 5.4 | 1183.530 | 2.1 | 548.076 | 0.7 |
| Numune 8 | 1155.749 | 1.8 | -20.050 | 1.8 | 22.137 | 7.1 | 2344.091 | 0.5 | 268.529 | 1.9 |
| Numune 9 | 1146.960 | 0.9 | -19.008 | 4.7 | 35.136 | 9.3 | 2386.585* | 1.2 | 354.682 | 3.5 |
| Numune 10 | 324.977 | 1.9 | -15.338 | 1.6 | 42.945 | 12.7 | 1619.293 | 0.5 | 495.753 | 0.4 |
| Numune 11 | 531.504 | 1.2 | -15.687 | 2.4 | 33.831 | 7.8 | 1159.976 | 2.4 | 192.442 | 3.0 |
| Numune 12 | 5406.036* | 0.6 | -20.684 | 3.8 | 29.155 | 12.9 | 1656.833 | 2.0 | 323.457 | 1.1 |
| Numune 13 | 5185.843 | 1.9 | -21.256 | 1.7 | 29.202 | 4.1 | 957.451 | 2.2 | 249.375 | 0.9 |
| Numune 14 | 460.414 | 3.3 | -16.918 | 5.9 | 28.587 | 16.7 | 1068.368 | 0.7 | 211.388 | 2.6 |
| Numune 15 | 1752.895 | 1.1 | -19.351 | 0.3 | 38.842 | 2.7 | 1339.874 | 0.8 | 45.295* | 6.2 |
| Numune 16 | 764.786 | 0.6 | -15.453 | 1.6 | 14.315 | 11.5 | 2050.045 | 1.3 | 533.130 | 2.0 |
| Numune 17 | 466.878 | 2.6 | -20.297 | 2.8 | 35.327 | 9.8 | 1206.685 | 2.1 | 234.390 | 3.8 |
| Numune 18 | 560.431 | 6.0 | -14.244 | 8.8 | 39.263 | 1.9 | 1168.387 | 1.1 | 644.978 | 1.5 |
| Numune 19 | 289.312* | 2.9 | -18.788 | 3.2 | 14.092 | 14.0 | 1084.558 | 1.3 | 281.818 | 1.0 |
| Numune 20 | 459.655 | 1.6 | -22.441 | 4.9 | 12.297* | 11.3 | 882.364 | 0.9 | 130.386 | 0.3 |
| Numune 21 | 296.448 | 0.5 | -22.359 | 3.0 | 35.657 | 5.7 | 1520.068 | 1.5 | 240.533 | 1.3 |
| Numune 22 | 624.252 | 3.5 | -21.601 | 3.9 | 42.721 | 6.5 | 1817.487 | 1.9 | 344.421 | 3.0 |
| Numune 23 | 964.902 | 2.7 | -17.827 | 2.8 | 23.190 | 1.8 | 897.951 | 1.0 | 726.752* | 0.8 |
| Numune 24 | 1178.405 | 1.9 | -20.157 | 3.8 | 76.870 | 1.8 | 1494.159 | 1.4 | 55.492 | 4.3 |
| Numune 25 | 1202.552 | 3.5 | -19.259 | 3.9 | 70.377 | 11.4 | 1111.821 | 1.4 | 274.002 | 2.3 |
| Numune 26 | 1886.380 | 7.3 | -16.137 | 4.3 | 24.644 | 3.9 | 1319.187 | 1.1 | 340.490 | 0.9 |
| Numune 27 | 846.187 | 1.3 | -17.102 | 5.6 | 44.486 | 2.7 | 799.608 | 1.1 | 200.898 | 0.8 |
| Numune 28 | 777.998 | 1.5 | -14.529 | 6.5 | 126.313 | 3.2 | 1358.730 | 0.7 | 61.752 | 5.6 |
| Numune 29 | 622.765 | 2.1 | -22.850 | 0.4 | 19.523 | 9.3 | 1804.013 | 1.4 | 375.913 | 1.4 |
| Numune 30 | 692.967 | 2.0 | -25.899 | 1.1 | 17.701 | 9.2 | 467.260* | 1.1 | 154.427 | 1.2 |
| Ortalama | 1094.215 | 2.2 | -18.146 | 4.1 | 47.165 | 7.3 | 1317.268 | 1.4 | 289.064 | 2.3 |

*: en yüksek ve en düşük değerler koyu olarak gösterilmiştir

TARTIŞMA VE SONUÇ

Teknolojimizin gelişmesi ile birlikte olarak dünyada sanayi faaliyetlerinde artma gözlenmekte ve çevrenin kirlilik oranının artmasıyla birlikte ekosistem zarar görmektedir. Bu zararlı etkiler canlıların tüketmiş olduğu gıda maddelerini de etkilemekte ve doğayı en çok kirleten ağır metaller sanayileşmeyle artmakta ve tüketilen besin maddelerinde birikmeye başlamaktadır. Birçok gıda maddesiyle ve hava yoluyla canlı vücuduna alınan ağır metaller fazla miktarlarda maruz kalındığı zaman birçok hastalığa yol açtığı gibi canlıların ölümüne de sebep olmaktadır. Bu sebeple canlılar tarafından tüketilen gıda maddeleri hakkında yapılan ağır metal araştırmaları insanlık için çok önemlidir. İnsanlar için besleyici ve sürekli tüketilen bir arı ürünü olan bal da üretildiği yerler açısından ağır metale maruz kalma konusunda savunmasız bir gıda maddesi olmaktadır. Trafiğin yoğun ve sanayileşmenin olduğu bölgelerde üretim yapılan ballarda ağır metal oranlarının fazla olduğu bilinmektedir (12).

Altunatmaz ve ark. (13) tarafından Türkiye'nin çeşitli bölgelerinden toplanan 65 bal örneğinde Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Se, Zn, Cd, Pb ve Al bakılmak üzere ICP-OES (indüktif eşleşmiş plazma optik emisyon spektrometresi) cihazı kullanılmıştır. Ballarda değerler, krom 0.126-7.964 µg/g; bakır 0.223-198.361 µg/g; demir 3.506-1278.778 µg/g; mangan 0.096-29.496 µg/g; çinko 1.734-245.205 µg/g; kadmiyum 0.000-0.297 µg/g; kurşun 0.000-3.035 µg/g; alüminyum 0.775-155.585 µg/g ve ortalama değerleri, krom 1.364 µg/g; bakır 11.030 µg/g; demir 107.824 µg/g; mangan 1.985 µg/g; çinko 18.201 µg/g; kadmiyum 0.038 µg/g; kurşun 0.349 µg/g; alüminyum 15.299 µg/g olarak bulunmuştur. Kalıntı probleminin Endüstriyel faaliyetlerden, tarım ilaçlarından, bilinçsiz yapılan arıcılıktan, arıcılıkta kullanılan malzemelerden olduğunu sonucuna ulaşmışlardır. Antalya, Burdur ve Isparta'nın çeşitli bölgelerinden 70 bal örneği toplayan Tutun ve ark. (14), ballarda 22 elemente (Al, Ba, Ca, Cd, Cr, Co, Fe, Cu, K, Mg, Mn, Ni, Na, Pb, Sr, Ag, Bi, Ga, İn, Li, Tl, Zn) ICP-OES cihazıyla bakmışlardır. Açıklamış oldukları sonuçlara göre değerler, bakır 0.38 ppm; nikel 0.05 ppm; kurşun 0.80 ppm; alüminyum 2.38 ppm; çinko 1.13 ppm; demir 3.65 ppm; mangan 0.25 ppm'dir. Kadmiyum, kobalt ve kromun ise tespit edilmediğini belirtmişler. Ballarda tespit edilen ağır metallerin bölgelerdeki endüstriyel faaliyetlerden, atmosferden, madencilik ve arıcılık ekipmanlarından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Balların analiz sonuçlarına göre, Avrupa sınırlarının altında değerler bulunduğunu, yetişkinler ve çocuklar için bu balların tüketiminde sakınca olmadığı sonucuna ulaşmışlardır. Düzenli şekilde ağır metal analizlerinin yapılması balın izlenmesi için önemli olduğu belirtilmektedir. Kayseri'de Demirezen ve Aksoy (12) tarafından yapılan bir çalışmada; Erciyes Dağının çeşitli bölgelerinden 2003 yılında toplanan ballarda ICP-OES cihazıyla kadmiyum, kurşun, nikel, çinko ve bakır oranlarına bakılmıştır. Ağır metal değerleri, Kadmiyum 0.11-0.18 mg/kg; kurşun 0.1-0.85 mg/kg; nikel 0.2-0.8 mg/kg; çinko 2.2-11 mg/kg ve bakır 0.15-0.66 mg/kg oranında bulunmuştur. Ağır metal düzeyinin en yüksek olduğu bal örneklerinin yerleşim yerlerine yakın olan ballar olduğu ancak genel olarak Kayseri'deki balların kaliteli ve ağır metal düzeylerinin kabul edilebilir sınırlarda olduğu sonucuna ula-

şılmıştır. Yine Kayseri'de Leblebici (15) tarafından yapılan çalışmada, 26 farklı yerden alınan bal örneğinde kadmiyum, bakır, çinko, nikel, kurşun, krom, mangan, demir ve selenyum düzeylerine ICP-OES cihazıyla bakılmış. Cd değeri 0.09-0.24 µg/g; Cu 0.01-0.72 µg/g; Zn 1.29-5.39 µg/g; Ni 0.03-1.43 µg/g; Pb 0.02-1.5 µg/g; Cr 0.09-1.89 µg/g; Mn 0.02-1.56 µg/g; Fe 0.57-8.74 µg/g ve Se 0.006-0.58 µg/g aralıklarında saptanmıştır. Trafikten ve endüstriden uzak yerlerde elde edilen ballarda ağır metal düzeylerinin düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Rize'nin bazı ilçelerinden, Ankara, Erzurum ve Batum'dan toplanan toplam 20 adet bal örneği üzerinde Altın (16) tarafından yapılan bir çalışmada; balda krom, mangan, demir, bakır, çinko, kadmiyum, kurşun, kobalt ve nikel düzeyleri ICP-OES cihazıyla analizi yapılmıştır. Yapılan ölçümlerin değer aralıkları, Cr 0.004-0.029 µg/g; Mn 0.23-3.898 µg/g; Fe 0.160-0.693 µg/g; Cu 0.044-0.116 µg/g; Zn 0.771-9.576 µg/g; Cd 0.008-0.016 µg/g; Pb 0.036-0.185 µg/g; Co 0.009-0.013 µg/g ve Ni 0.018-0.065 µg/g olarak tespit edilmiştir. Ballardaki ağır metal düzeyleri, insan sağlığı bakımından herhangi bir problem oluşturacak düzeyde olmadığı ancak çinko oranının 6 bal numunesinde sınır değerinin üzerinde olduğu saptanmıştır. Balda yüksek çıkan çinko değerinin bal toplama ve işleme aşamasında kullanılan alet-ekipmandan bala geçtiği sonucuna varılmıştır. Sultanoğlu (17) Hatay'ın çeşitli bölgelerinden aldığı 45 adet bal numunesinde ağır metal düzeylerini belirlemek için yapmış olduğu çalışmada; baldaki alüminyum, bor, baryum, kalsiyum, kadmiyum, kobalt, krom, bakır, demir, potasyum, magnezyum, mangan, sodyum, nikel, kurşun, stronsiyum ve çinko elementlerinin oranları için ICP-OES cihazı kullanılmış ve bölgedeki sanayi ve çevre kirliliğinin ballara etkisi ne oranda olduğuna bakılmıştır. Açıklamış olduğu sonuçlara göre, Al 4.434 ppm; Cd 0.033 ppm; Co 0.031 ppm; Cr 0.203 ppm; Cu 1.249 ppm; Fe 15.071 ppm; Mn 0.563 ppm; Ni 0.345 ppm; Pb 0.389 ppm; Zn 4.709 ppm olarak tespit edilmiştir. Czipa ve ark. (6) Macaristan'ın 8 bölgesinden topladıkları 34 bal örneğindeki temel ve toksik elementlerin belirlenmesi amacıyla; Al, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, P, S ve Zn'yi ICP-OES analiz cihazıyla, As, Cd, Cr, Mo, Pb, Se'yi ICP-MS analiz cihazıyla toplam 16 element ölçümü yapmışlardır. Bal örneklerinde ortalama değerler, Al 1.03 ppm; Cu 0.189 ppm; Fe 0.760 ppm; Mn 1.03 ppm; Zn 2.32 ppm; Cd 0.746 ppm; Cr 13.3 ppm; Pb 45.4 ppm olduğunu belirtmişlerdir. Sonuç olarak, toksik elementlerden olan Al, Pb, As ve Cd konsantrasyonlarının düşük olmasından dolayı bu balların insan tüketimi için sorun teşkil etmediği kanaatine varmışlardır. Brezilya'da 29 şehirden alınan 57 adet bal numunesinde araştırma yapan Batista ve ark. (18), balda Al, Cu, Pb, Zn, Mn, Cd, Tl (talyum), Co, Ni, Rb (rubidyum), Ba (baryum), Be (berilyum), Bi (bizmut), U (uranyum), V (vanadyum), Fe, Pt (platin), Pd (palladyum), Te (tellür), Hf (hafniyum), Mo (molibden), Sn, Sb (antimon), P (fosfor), La (lan-tan), Mg (magnezyum), I (iyot), Sm (samarium), Tb (terbiyum), Dy (disprosiyum), Th (toryum), Pr (praseodim), Nd (neodim), Tm (tulyum), Yb (iterbiyum), Lu (lutesyum), Gd (gadolinium), Ho (holmiyum), Er (erbiyum), Ce (seryum) ve Cr olmak üzere toplam 42 elementin oranlarına ICP-MS analiz cihazıyla bakmışlardır. Çıkan ortalama sonuçlar, Al 1.39 µg/g (0.23-7.4); Pb 8.7 µg/kg (1.2-31.4), Cd 0.33 µg/kg (<0.02-1.1); Ni 49.5 µg/kg (1.7-485); Cu 0.19 µg/g (0.01-0.7); Zn 1.5 µg/g

(0.01-7.1), Mn 4.3 µg/g (0.08-18.8); Co 0.007 µg/g (0.001-0.03); Fe 3.5 µg/g (0.5-14.1); Cr 4.5 µg/kg (0.03-11.5) olarak belirlenmiştir. Conti ve ark. (19) İtalya'nın Lazio bölgesinde çeşitli yerlerden topladıkları 40 bal numunelerindeki Al, Ca, Fe, Mn, P, S ve Si elementlerini belirlemek için ICP-OES analiz cihazını; As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, K, Li, Mg, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn elementleri belirlemek için ICP-MS analiz cihazını kullanmışlar. Bal örneklerinde, Al 2.3 µg/g (0.3-9.2); Cu 0.51 µg/g (0.06-5.4); Fe 2.00 µg/g (1-4.4); Mn 0.76 µg/g (0.09-2.8); Ni 0.14 µg/g (0.05-0.4); Zn 1.2 µg/g (0.5-8.9); Cd 2.6 µg/kg (1.3-4.2); Co 5.4 µg/kg (1-17); Cr 49 µg/kg (10-328); Pb 32 µg/kg (9-209) olarak bulunmuştur. Sonuç olarak toksik elementlerin incelenen ballarda sınır değerlerin altında olduğu ve genel anlamda Lazio bölgesindeki balların kaliteli ve güvenli olduğu açıklanmıştır. Aydın ili ve çevresinde üretimi yapılan arı kovanlarından alınan 15 bal numunesinde 17 elementin (Li, Be, B, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Rb, Te, Ba, Pb, U, Bi, Cd) düzeyleri ICP-MS ile ölçülmüştür. Analizi yapılan bal örneklerin ortalama değerler, Cr 1542.68 ppb; Mn 667.64 ppb; Fe 8965.75 ppb; Co 26.40 ppb; Ni 179.45 ppb; Cu 276.97 ppb; Zn 2306.68 ppb; Pb 637.47 ppb olarak belirlenmiş ve Cd ballarda rastlanılmamıştır. Sonuç olarak arı kovanların araç trafiğinden ve sanayileşmenin olduğu bölgelerden uzak yerlere konulması gerektiğini ve arı ürünlerinin ağır metal düzeylerinin periyodik olarak yapılması gerektiğini belirtilmiştir (20).

Bu çalışmadaki alüminyum değerleri incelendiğinde ballarda 18867.080-78322.270 µg/kg ve ortalama 27715.468 µg/kg olarak belirlenmiştir. Sonuçlarımız baldaki alüminyum düzeyi açısından Altunatmaz ve ark. (13)'nin değerlerine yakın, diğer çalışmalara göre çok yüksek değerlerde çıkmış olup Sultanoğlu (17) 4434 µg/kg, Czipa ve ark. (6) 1030 µg/kg, Batista ve ark. (18) 1390 µg/kg, Conti ve ark. (19) 2300 µg/kg, Tutun ve ark. (14) 2380 µg/kg ortalama değerlerde bildirmişlerdir. Çalışmamızdaki demir değerleri incelendiğinde ballarda 2360.064-11052.065 µg/kg ve ortalama demir değeri ise 5923.415 µg/kg olarak ölçülmüştür. Dünya Sağlık Örgütü tarafından nektarlar ve meyve suları gibi gıdalarda bulunabilecek maksimum demir düzeyinin 15 mg/kg (ppm) olması gerektiği belirtilmektedir (15). Buna göre bal numunelerimizdeki demir miktarı normal düzeylerde bulunmuştur. Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlediği demir için maksimum limitin altında değerler olduğu gözlenmiştir. Çalışmamızdaki bal örneklerinde belirlediğimiz demir düzeyleri ile yapılan diğer çalışmalar karşılaştırıldığında; sonuçlarımız Leblebici (15) ve Bakırcı (20)'nin sonuçları ile paralel; Sultanoğlu (17) ve Altunatmaz ve ark. (13)'nin çalışmasından düşük; Altekin (16), Czipa ve ark. (6), Batista ve ark. (18), Conti ve ark. (19) ve Tutun ve ark. (14)'nin çalışmalarından yüksek olduğu görülmüştür. Çalışmamızda mangan için bal örnekleri incelendiği zaman değerlerin 1272.820-110.227 µg/kg aralığında olduğu ve ortalama 639.872 µg/kg belirlenmiştir. Diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında değerlerin Bakırcı (20), Sultanoğlu (17), Conti ve ark. (19) ve Leblebici (15)'ye yakın; Czipa ve ark. (6), Batista ve ark. (18) ve Altunatmaz ve ark. (13)'dan düşük; Altekin (16) ve Tutun ve ark. (14)'nin çalışmasından yüksek olduğu görülmüştür.

Çalışma yaptığımız bal numunelerinde kobalta rastlanılmamış olup Sultanoğlu (17), Batista ve ark. (18), Conti ve ark.

(19), Bakırcı (20) ve Altekin (16)'in bal numunelerinde yapılan çalışmalarda düşük oranlarda olduğu bildirilmiştir. Çalışmamızdaki nikel sonuçları incelendiğinde ballardaki değer aralıkları; 30.033-2659.835 µg/kg ve ortalama nikel değeri 301.964 µg/kg olarak ölçülmüştür. Ballarda elde edilen sonuçlar Demirezen ve Aksoy (12), Sultanoğlu (17) ve Leblebici (15)'nin sonuçlarına yakın; Altekin (16), Batista ve ark. (18), Conti ve ark. (19), Tutun ve ark. (14) ve Bakırcı (20)'nin sonuçlarından ise yüksek bulunmuştur. Balda elde ettiğimiz çinko sonuçları incelendiğinde değer aralıkları 289.312-5406.036 µg/kg ve ortalama değer 1094.215 µg/kg olarak belirlenmiştir. Dünya Sağlık Örgütü tarafından nektarlar ve meyve suları gibi gıdalarda bulunabilecek maksimum çinko düzeyinin 5 mg/kg (ppm) olması gerektiği belirtilmektedir (15). Buna göre çalışmamızda bal için 12 ve 13 nolu bal örneklerinde çinko düzeyi WHO değerinden yüksek bulunmuştur. Balda bulduğumuz ortalama çinko değerleri Conti ve ark. (19) ve Tutun ve ark. (14)'nin değerlerine yakın; Demirezen ve Aksoy (12), Leblebici (15), Altekin (16), Sultanoğlu (17), Czipa ve ark. (6), Batista ve ark. (18), Altunatmaz ve ark. (13) ve Bakırcı (20)'in değerlerinden daha düşük bulunmuştur. Çalışmamızdaki kovanlarda bal örnekleri incelendiğinde kadmiyum için hiçbir değer tespit edilememiştir. Diğer çalışmalardan Tutun ve diğerleri (14), yapmış oldukları 70 adet bal numunesinde de kadmiyum elementine rastlamadıklarını bildirmişlerdir. Dünya Sağlık Örgütü tarafından nektarlar ve meyve suları gibi gıdalarda bulunabilecek maksimum kadmiyum düzeyinin 0.03 µg/g (ppb) olması gerektiği belirtilmektedir (15). Bal örneklerimizde krom düzeyleri en düşük 12.297 µg/kg ve en yüksek 300.175 µg/kg olarak ölçülmüş olup numunelerdeki ortalama krom değeri 47.165 µg/kg olarak belirlenmiştir. Sonuçlarımız baldaki krom düzeyi açısından Altekin (16), Batista ve ark. (18), Conti ve ark. (19)'nin çalışmalarıyla benzer; Leblebici (15), Sultanoğlu (17), Altunatmaz ve ark. (13) ve Bakırcı (20)'nin çalışmalarından düşük; Czipa ve ark. (6) ve Tutun ve ark. (14)'nin çalışmalarından yüksek bulunmuştur. Çalışmamızdaki 30 adet bal örneği göz önünde bulundurulduğunda, incelenen ballarda krom miktarlarının çok düşük ve risk oluşturmayacak seviyelerde olduğu anlaşılmıştır. Araştırmamızdaki bakır düzeyleri incelendiğinde 467.260-2386.585 µg/kg ve ortalama bakır değeri 1317.268 µg/kg olarak belirlenmiştir. Dünya Sağlık Örgütü tarafından nektarlar ve meyve suları gibi gıdalarda bulunabilecek maksimum bakır düzeyinin 5 mg/kg (ppm) olması gerektiği belirtilmektedir (15). Çalışmamızdaki bal örneklerinin hiçbirisi sınır değeri aşmamaktadır. Ballarda belirlediğimiz bakır miktarları diğer literatürlerle karşılaştırıldığında, Sultanoğlu (17) ile yakın değerlerde bulunurken; Altunatmaz ve ark. (13)'nin değerinden düşük; Batista ve ark. (18), Leblebici (15), Demirezen ve Aksoy (12), Altekin (16), Czipa ve ark. (6), Conti ve ark. (19), Tutun ve ark. (14) ve Bakırcı (20)'nin sonuçlarından yüksek olduğu anlaşılmıştır. Bal örneklerimizde kurşun düzeyleri en düşük 45.295 µg/kg; en yüksek 726.752 µg/kg ve ortalama kurşun değeri 289.064 µg/kg olarak ölçülmüştür. Dünya Sağlık Örgütü tarafından nektarlar ve meyve suları gibi gıdalarda bulunabilecek maksimum kurşun düzeyinin 0.3 mg/g (ppm) olması gerektiği belirtilmektedir (15). Buna göre çalışmamızdaki ortalama kurşun değeri sınır değerinin altında olurken; 2, 3, 7, 9, 10, 12, 16, 18, 22, 23, 26 ve 29

nolu bal numunelerinde bulunan baldaki kurşun değerleri sınır değerinin üstünde bulunmuştur. Bal numunelerimizde gözlemlediğimiz kurşun sonuçlarımız, Sultanoğlu (17)'nin sonucuna yakın; Demirezen ve Aksoy (12), Leblebici (15), Tutun ve ark. (14), Altunatmaz ve ark. (13) ve Bakırcı (20)'nin sonuçlarından düşük; Altekin (16), Batista ve ark. (18), Czipa ve ark. (6), Conti ve ark. (19)'nin sonuçlarından yüksek bulunmuştur. Çalışma sonuçlarımızda ağır metallerin ortalama değerlerine baktığımız zaman; alüminyumun dışındaki elementlerin balda oluşturdukları ağır metal birikimleri düşük miktarda ve balda ağır metal birikimi genel olarak çok olmadığı düşünülmektedir. Araştırma sonuçlarımıza göre ballarda en fazla ağır metal birikimi alüminyumda gözlemlenmiştir. Arılar nektar toplamak için ortalama 3 km alanda uçtukları göz önünde bulundurulursa, bölgede bulunan mermer ocakları, termik santral, atık ürünler ve asfalt yollarla temas halinde olduğu ve buralarda temas ettikleri ağır metalleri kovana taşıyarak ürünlerinde ağır metal birikimine sebep olduklarını görülmektedir.

Bu çalışmada, Muğla ilinin Yatağan ilçesinde bulunan termik santral ve fazla sayıdaki mermer ocakları yakınında, yılın 9 ayı arı kovanlarından üretimi yapılan ballardan ağır metal (Al, Fe, Mn, Co, Ni, Zn, Cd, Cr, Cu, Pb) düzeyleri ICP-MS ile ölçümü yapılmıştır. Elde edilen veriler Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlemiş olduğu kabul edilebilir sınırlar göz önüne alınarak değerlendirilmiştir. İncelenen bal örneklerinin genel ortalamalarına bakıldığında element değerlerinin WHO'nun belirlediği tolere edilebilir sınır içinde olduğu ancak alüminyum (Al) element düzeyinin diğer çalışmalarla kıyaslandığı zaman çok yüksek değerde olduğu ve yukarıda belirtilen bazı elementler için de sınır değerlere yakın olduğu tespit edilmiştir. Alüminyum düzeyinin yüksek olması yetiştiricilerin, kovana hastalıklara karşı korumak amacıyla kullandıkları kimyasallardan ve alüminyum içerikli antibiyotiklerden de kaynaklanabilmektedir. Kalıntı içeren ballar, bu elementlerin canlı hücrelerde kümülatif özelliklerinden dolayı insan sağlığına olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Tüketime sunulan balların kalıntı analizleri yapılması halk sağlığının korunması açısından bir gereklilik arz etmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması beyan etmemektedir.

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Tezinden Özetlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Doğanay A, Aydın L, Girişgin AO, Güneş ME. (2017). Genel Arıcılık. (İçinde): Bal Arısı Yetiştiriciliği, Ürünleri, Hastalıkları. A Doğanay, AO Girişgin (editörler). Baskı 1. S. 21-57. Dora Basım, Bursa, Türkiye.
- TSE, (2015). Türk Standardları Enstitüsü, TS 3036/T3 Bal, Kabul Tarihi: 8.02.2015.
- Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Arıcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Dünya Ülkeler Bazında Arıcılık İstatistikleri, 2021. Erişim: <https://www.fao.org/faostat/en/#data>. Erişim Tarihi: 14.02.2023

- Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Arıcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Türkiye Arıcılık İstatistikleri, 1991-2022. Erişim: <https://www.tuik.gov.tr/>. Erişim Tarihi: 14.02.2023
- Ruschioni S, Riolo P, Minuz R, et al. (2013). Biomonitoring With Honeybees of Heavy Metals and Pesticides in Nature Reserves of the Mache Region (Italy). *Biol Trace Elem Res.* 154:226–233.
- Czipa N, András D, Kovács B. (2015). Determination of Essential and Toxic Elements in Hungarian Honeys. *Food Chem.* 175:536–542.
- Ryan PB, Huet N, Macintosh DL. (2000). Longitudinal Investigation of Exposure to Arsenic, Cadmium and Lead in Drinking Water. *Environ Health Perspect.* 108(8):731–735.
- Magkos F, Arvaniti F, Zampelas A. (2006). Organic Food: Buying More Safety or Just Peace of Mind? A Critical Review of the Literature. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 46:23–46.
- Zandstra BH, De Kryger TA. (2007). Arsenic and Lead Residues in Carrots From Foliar Applications of Monosodium Methanearsonate (msma): A Comparison Between Mineral and Organic Soils, or from Soil Residues. *Food Addit Contam.* 24:34–42.
- Anastas PT, Kirchhoff MM. (2022). Origins, Current Status and Future Challenges of Green Chemistry. *Acc Chem Res.* 35:686–694.
- Bengü AŞ, Kutlu MA. (2020). Bingöl'den Temin Edilen Ballarda İCP-MS ile Bazı Temel ve Toksik Elementlerin Analizi. *U Arı D.* 20(1):1–12.
- Demirezen D, Aksoy A. (2005). Plazma Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES) Kullanılarak Bal Örneklerinde Ağır Metal Tayini. *G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi.* 18(4):569-575.
- Altunatmaz SS, Tarhan D, Aksu F, Ozsoğacı NP, Or ME, Barutçu UB. (2019). Levels of Chromium, Copper, Iron, Magnesium, Manganese, Selenium, Zinc, Cadmium, Lead and Aluminium of Honey Varieties Produced in Turkey. *Food Science and Technology.* 39(2): 392–397.
- Tutun H, Kahraman HA, Aluc Y, Avci T, Ekici H. (2019). Investigation of Some Metals in Honey Samples from West Mediterranean Region of Turkey. *Vet Res Forum.* 10(3):181–186.
- Leblebici Z. (2006). Kayseri Yöresinde Bulunan Bazı Bal Örneklerinde Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Altekin E. Çeşitli Bal Örneklerinde Radyoaktivite ve Ağır Metal Analizi. (2014). Yüksek Lisans Tezi. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize.
- Sultanoğlu P. (2011). Hatay İlinde Üretilen Balların Eser Element Düzeyleri ve Kemometrik Yöntemlerle Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi. Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.
- Batista BL, Da Silva LRS, Rocha BA, et al. (2012). Multi-Element Determination in Brazilian Honey Samples by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry and Estimation of Geographic Origin with Data Mining Techniques. *Int Food Res J.* 49:209–215.
- Conti ME, Canepari S, Finio MG, Mele G, Astolfi ML. (2018). Characterization of Italian Multifloral Honeys on the Basis of Their Mineral Content and Some Typical Quality Parameters. *J Food Compos Anal.* 74:102–113.
- Bakırcı S. (2018). Aydın İlinde Üretim Yapılan Bazı Arı Ürünlerindeki Ağır Metal Düzeylerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Aydın.

✉ Sorumlu Yazar:

Sadık BÜYÜKYÖRÜK

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Işıkli, Aydın / TÜRKİYE

E-posta: sbuykyoruk@adu.edu.tr