

## AYDIN İLİNDE TÜKETİLEN SEBZE VE MEYVELERİN ESER ELEMENT DERİŞİMLERİNİN TAYİNİ

**Gülşen Güven\***

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Aydın, Türkiye

Geliş / Received: 29.11.2018; Kabul / Accepted: 09.02.2019; Online baskı / Published online: 19.03.2019

Güven, G. (2019). Aydın ilinde tüketilen sebze ve meyvelerin eser element derişimlerinin tayini. *GIDA* (2019) 44 (2): 301-308 doi: 10.15237/gida.GD18123

Güven, G. (2019). Determination of trace element concentrations of vegetables and fruits consumed in aydin province. *GIDA* (2019) 44 (2): 301-308 doi: 10.15237/gida.GD18123

### ÖZ

Bu çalışmanın amacı, Aydın'da satılan çeşitli meyve ve sebzelerde kadmiyum (Cd), kobalt (Co), bakır (Cu), krom (Cr), demir (Fe), kurşun (Pb), mangan (Mn), nikel (Ni) ve çinko (Zn) derişimini değerlendirmektir. Bu eser elementler indüktif eşleşmiş plazma optik emisyon spektrometrisi (ICP OES) ile tayin edildi. İncelenen elementlerin derişim aralığı, kadmiyum, kobalt, bakır, krom, demir, kurşun, mangan, nikel ve çinko için sırasıyla 0-0.27 µg/g, 0-0.40 µg/g, 3.23-25.05 µg/g, 0-0.33 µg/g, 7.35-554.86 µg/g, 0-2.19 µg/g, 0-58.34 µg/g, 1.03-16.84 µg/g, 4.02-48.55 µg/g'dır. Metodun doğruluğu standart referans madde (liyofilize edilmiş esmer ekmeç-BCR 191) kullanılarak tayin edildi. Bulunan değerler sertifikalı referans değerler ile uyumludur. **Anahtar kelimeler:** Eser element, sebze, meyve, ICP OES.

### DETERMINATION OF TRACE ELEMENT CONCENTRATIONS OF VEGETABLES AND FRUITS CONSUMED IN AYDIN PROVINCE

#### ABSTRACT

The aim of this study was to assess the concentration of cadmium (Cd), cobalt (Co), copper (Cu), chromium (Cr), iron (Fe), lead (Pb), manganese (Mn), nickel (Ni) and zinc (Zn) in various fruits and vegetables sold in Aydın. These trace elements were determined by inductively coupled plasma optic emission spectrometry (ICP OES). The concentration range of the investigated elements were 0-0.27 µg/g, 0-0.40 µg/g, 3.23-25.05 µg/g, 0-0.33 µg/g, 7.35-554.86 µg/g, 0-2.19 µg/g, 0-58.34 µg/g, 1.03-16.84 µg/g, 4.02-48.55 µg/g for cadmium, cobalt, copper, chromium, iron, lead, manganese, nickel, and zinc, respectively. The accuracy of the method was determined by using of a standard reference material (lyophilised brown bread-BCR 191). The determined values were in agreement with the certified reference values.

**Keywords:** Trace element, vegetable, fruit, ICP OES.

\* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ gguven@adu.edu.tr,

☎ (+90) 256 212 8498

☎ (+90) 256 213 5379

### GİRİŞ

Günümüzde en önemli toplumsal sorunlardan birisi çevre kirlenmesidir. Endüstri, trafik vb. insan faaliyetlerinin sonucu olarak ortaya çıkan, kimyasal çevre kirlenmeleri insan sağlığını olumsuz etkilemekte ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Baykal ve Baykal, 2008). Kimyasal çevre kirlenmeleri nedeniyle toksik kirleticiler gıda maddelerine çeşitli yollarla bulaşabilmektedir (Yusuf vd., 2003). Bunlar içinde insan sağlığını tehdit eden maddelerden en önemlilerinden biri ağır metallerdir. Bunlardan başka pestisitler, poliaromatik hidrokarbonlar, dioksinler, kimyasal gübreler gibi kirleticiler gıdalarda istenmeyen maddelerdir. Gıda güvenliği önemli bir halk sağlığı endişesidir (D'Mello, 2003; De Santis ve Moresi, 2007). Bu sorun özellikle gelişmekte olan ülkelerde giderek daha ciddi bir hal almaktadır. Gıdalara toksik element bulaşması çok çeşitli kaynaklardan olmaktadır. Kirlenmiş su ile sulama, gübre ve metal içeren pestisit ilavesi, endüstriyel emisyonlar, nakliye, hasat süreci vb. sebepler ile ağır metal kirliliği oluşabilir. Bir kirletici kaynaktan doğaya bulaşan toksik metaller doğadan bitkilere geçmekte, insanlar ve hayvanlar tarafından gıdalarla birlikte alınmakta, yeniden doğaya dönmekte veya canlı bünyesinde birikim yapmaktadır (Jarup,2003; Sathawara vd., 2004; Wang vd.,2005; Khan vd., 2008).

Eser elementler buldukları ortamda ana bileşen yanında çok küçük derişimde (sıvılarda mg/L, katılarda mg/kg) olan elementlerdir. Yoğunluğu 5 g/cm<sup>3</sup>'ten büyük olan veya atom kütlesi 50 g/mol ve daha büyük olan metallere ağır metal denir. Arsenik, kurşun, kadmiyum, civa gibi elementler toksik ağır metaller olarak bilinmektedir (Falandysz vd, 2007). Toksik ağır metaller genellikle biyolojik olarak parçalanmazlar ve organlarda birikme potansiyeline sahiptirler. Bu nedenle de insan sağlığına olumsuz etkileri vardır. Sınır değerlerin altında toksik olmayan ve vücut için esansiyel olan bazı metaller bulunmaktadır. Bu metaller fazla miktarlarda alınmaları halinde toksik etki göstermektedirler. Bunlara demir, mangan, bakır, çinko ve selenyum örnek olarak verilebilir (Munoz-Olivas ve Camara, 2001; Divrikli vd., 2003; Tüzen,2003; Dunder ve Sağlam, 2004; Celik ve Oehlenschlager, 2007).

Sebzeler ve meyveler, insan beslenmesinde önemli rol oynamaktadır. Vitamin, mineral, lif ve antioksidanlar açısından zengindirler. Potansiyel toksisiteyi, sebze ve meyvelerin tüketimini göz önünde bulundurarak, bu kirletici maddelerin seviyelerinin mutabık kalınan uluslararası şartları karşıladığından emin olmak için gıda maddelerini analiz etmek gereklidir. Gıda maddelerinde ağır metal içeriklerinin düzenli olarak araştırılması ve izlenmesi programları, gelişmiş ülkelerin çoğunda on yıllardır yürütülmektedir. Gıda maddelerinde eser ve ağır metal iyonlarının belirlenmesi için gıda örneklerinin analizinin yapıldığı çalışmalar mevcuttur (Radwan ve Salama, 2006; Saracoglu vd., 2007; Duran vd., 2008; Tuzen vd., 2008; Shaheen vd., 2016). Gıda zincirindeki kirlilik riskinin artmasıyla ilgili olarak gıda kalitesi ile ilgili uluslararası ve ulusal yönetmelikler, gıda maddelerinde izin verilen azami toksik element derişimlerini azalttı (Radwan ve Salama, 2006). Bu çalışmanın amacı Aydın ilinde marketlerde ve halk pazarlarında satılan çeşitli sebze ve meyvelerdeki kadmiyum, kurşun, kobalt, bakır, krom, demir, mangan, nikel ve çinko derişimlerini belirlemektir. Ayrıca bulunan sonuçlar, ulusal yönetmeliklerde belirtilen sınır değerler ile karşılaştırıldı.

### MATERYAL METOT

#### Kimyasal Maddeler

Deneylerde kullanılan tüm kimyasal maddeler analitik saflık derecesine sahiptir. Çözeltilerin hazırlanması için Millipore (Molsheim, Fransa) cihazından üretilen Milli-Q kalitesi saf su kullanıldı. Deneylerde kullanılan tüm malzemeler % 10'luk nitrik asit çözeltisi içinde bekletilerek temizlendi ve daha sonra saf su ile çalkalandı. Kalibrasyon grafiği için kullanılan elementlerin standart çözeltileri, Merck (Darmstadt/Almanya) firmasından temin edilen 1000 mg/L stok çözeltilerinin seyreltilmesi ile hazırlandı. Deneysel çalışmalarda standart referans madde Community of Bureau (Belçika) enstitüsünden sağlanan BCR 191-liyofilize edilmiş esmer ekmek Sigma-Aldrich (Almanya) firmasından satın alındı.

### Örnek Alma ve Örneklerin Çözünürleştirilmesi

Aydın'da marketlerden ve halk pazarlarından alınan 25 adet sebze ve 11 adet meyve örneği ilk olarak musluk suyu altında temizlendi. Örnekler saf su ile yıkandıktan sonra, küçük parçalara ayrılarak 70 °C'deki etüvde tamamen kuruyana kadar bekletildi. Kurutulan örnekler analize kadar polietilen kaplarda saklandı. 1.0 gram kurutulmuş örnek tartılıp porselen kroze içerisine aktarıldı ve kül fırını içerisine yerleştirildi. Kül fırını sıcaklığı yavaş yavaş artırılarak 650 °C'ye getirildi ve 16 saat boyunca bu sıcaklıkta bekletildi. Kül olan örnekler üzerine 5 mL % 25'lik (v/v) HNO<sub>3</sub> ilave edildi ve mavi bant süzgeç kağıdından süzüldü (Radwan ve Salama, 2006). Süzülen örnekler 25 mL'ye saf su ile seyreltildi ve ICP OES'de analizlendi. Standart referans madde de sebze meyve örnekleri ile aynı

metot kullanılarak çözünürleştirildi. Sebze meyve örneklerinin yakma işlemi bir kez, standart referans maddenin yakma işlemi üç kez tekrarlandı.

### İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi

Örnek çözeltilerinde Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Pb, Mn, Ni ve Zn iyonlarının derişimleri Teledyne Leeman Labs Prism Model aksiyal görüş İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi (ICP OES) ile tayin edildi. ICP OES'deki çalışma koşulları çizelge 1'de özetlendi. Bulunan sonuçlar, yapılan seyreltmeler dikkate alınarak kuru ağırlık için mg/kg biriminden hesaplandı. Yapılan analizlerde ICP OES'deki okumalar üç kez tekrarlanarak gerçekleştirildi.

Çizelge 1. ICP-OES çalışma koşulları  
Table 1. Working conditions of ICP-OES

|   |  |
|---|--|
| ICP-OES   | Teledyne Leeman Labs Prism Model aksiyal görüş ICP-OES (Teledyne Leeman Labs Prism Model axial ICP-OES)                                      |
| Monokromatör<br>(Monochromator)                 | Eşel spektrometre (200 nm'de 0.008 nm çözünürlük)<br>(Echelle spectrometer(0.08 nm resolution at 200 nm))                                    |
| Dedektör (detector)                             | C-PAD dedektör (C-PAD detector)  |
| Sisleştirici (Nebulizer)                        | Eş merkezli (concentric)   |
| RF jeneratörü<br>(RF generator)                 | 40 MHz   |
| RF gücü (RF power)                              | 1.0 kW   |
| Plazma gaz akışı (Plasma gas flow rate)         | 19 L/min   |
| Yardımcı gaz akışı<br>(Auxiliary gas flow rate) | 0.3 L/min  |
| Nebulizör akışı (Nebulizer flow)                | 50 psi   |
| Pompa hızı<br>(Pump flow rate)                  | 1.4 mL/min   |
| Dalga boyu (Wavelength)                         | Cd: 214.441 nm, Co: 228.615 nm, Cu: 324.754 nm, Cr: 206.149 nm, Fe: 259.940 nm, Pb:220.353 nm, Mn:257.610 nm, Ni: 231.604 nm, Zn: 213.856 nm |

### ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmanın amacı Aydın İlinde tüketilen sebze ve meyvelerin Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Pb, Mn, Ni ve Zn derişimlerini belirlemektir. Sebze ve meyve

örneklerinde bazı eser elementlerin analizi için örnekler önce çözünürleştirildi, daha sonra ICP OES ile analizleri yapıldı. ICP OES'de yapılan analizlerin sonucu Çizelge 2'de verilmektedir.

Çizelge 2. Sebze ve meyve örneklerindeki eser element derişimleri (mg/kg)  
 Table 2. Trace element concentrations in vegetable and fruit samples (mg/kg)

| Meyveler <i>Fruits</i>                 | Cd                     | Co        | Cu         | Cr        | Fe          | Pb        | Mn         | Ni         | Zn         |
|--|------------------------|-----------|------------|-----------|-------------|-----------|------------|------------|------------|
| Kivi ( <i>kiwi</i> )                   | TSA                    | TSA       | 13.57±0.06 | TSA       | 20.10±0.15  | 0.40±0.06 | 1.86±0.01  | 8.00±0.05  | 10.67±0.09 |
| Ayva ( <i>quince</i> )                 | TSA                    | 0.18±0.01 | 4.88±0.04  | 0.33±0.03 | 9.44±0.09   | 1.77±0.16 | 1.07±0.03  | 2.30±0.04  | 5.57±0.07  |
| Limon ( <i>lemon</i> )                 | TSA                    | 0.02±0.00 | 6.23±0.04  | TSA       | 10.81±0.10  | TSA       | 1.85±0.04  | 2.21±0.07  | 18.31±0.18 |
| Armut ( <i>pear</i> )                  | TSA                    | 0.10±0.00 | 8.98±0.08  | 0.10±0.00 | 11.15±0.09  | 0.13±0.01 | 5.57±0.04  | 2.02±0.03  | 4.78±0.04  |
| Portakal ( <i>orange</i> )             | TSA                    | 0.01±0.00 | 6.94±0.05  | TSA       | 10.44±0.05  | 0.20±0.02 | 1.57±0.02  | 1.09±0.01  | 5.80±0.06  |
| Muz ( <i>banana</i> )                  | TSA                    | TSA       | 9.88±0.16  | TSA       | 21.48±0.19  | 0.50±0.04 | 3.99±0.06  | 0.79±0.01  | 6.99±0.10  |
| Çağla ( <i>green almond</i> )          | TSA                    | 0.04±0.00 | 8.31±0.09  | TSA       | 72.26±0.36  | 0.16±0.02 | 13.22±0.15 | 6.72±0.11  | 22.58±0.32 |
| Mandalina ( <i>tangerine</i> )         | TSA                    | TSA       | 4.10±0.03  | 0.17±0.01 | 7.35±0.10   | TSA       | 2.32±0.03  | 1.33±0.06  | 5.02±0.05  |
| Çilek ( <i>strawberry</i> )            | TSA                    | 0.10±0.00 | 12.24±0.10 | 0.17±0.02 | 33.30±0.53  | 0.07±0.00 | 24.68±0.08 | 1.03±0.06  | 22.68±0.23 |
| Kestane ( <i>chestnut</i> )            | TSA                    | 0.12±0.00 | 9.78±0.08  | TSA       | 19.77±0.16  | TSA       | 18.02±0.25 | 1.22±0.03  | 9.10±0.09  |
| Elma ( <i>apple</i> )                  | TSA                    | TSA       | 4.87±0.05  | TSA       | 11.8±0.09   | TSA       | 1.26±0.00  | 1.33±0.04  | 4.02±0.03  |
| Sebzeler<br><i>Vegetables</i>          |                        |           |            |           |             |           |            |            |            |
| Ispanak ( <i>spinach</i> )             | 0.10±0.00 <sup>a</sup> | TSA       | 10.65±0.20 | TSA       | 353.26±2.73 | 1.27±0.12 | 41.2±0.21  | 5.26±0.04  | 37.27±0.16 |
| Karalahana ( <i>black cabbage</i> )    | TSA                    | TSA       | 5.66±0.11  | TSA       | 25.69±0.69  | TSA       | 11.86±0.16 | 5.81±0.02  | 16.05±0.07 |
| Turp ( <i>radish</i> )                 | TSA                    | TSA       | 4.66±0.03  | TSA       | 20.51±0.23  | TSA       | 5.23±0.06  | 2.99±0.02  | 13.89±0.09 |
| Patates ( <i>potato</i> )              | TSA                    | TSA       | 3.23±0.04  | TSA       | 13.70±0.14  | TSA       | 2.92±0.04  | 4.31±0.01  | 12.24±0.09 |
| Havuç ( <i>carrot</i> )                | TSA                    | TSA       | 6.03±0.07  | TSA       | 9.49±0.08   | TSA       | 2.84±0.03  | 10.18±0.08 | 13.21±0.03 |
| Tere ( <i>pepperweed</i> )             | 0.06±0.01              | TSA       | 10.94±0.09 | TSA       | 247.85±3.02 | 2.19±0.10 | 33.97±0.46 | 6.85±0.07  | 45.51±0.60 |
| Pazı ( <i>chard</i> )                  | TSA                    | 0.34±0.02 | 12.84±0.10 | TSA       | 384.13±1.27 | TSA       | 58.34±0.18 | 6.21±0.09  | 42.70±0.31 |
| Patlıcan ( <i>aubergine</i> )          | TSA                    | 0.19±0.01 | 8.69±0.11  | TSA       | 21.68±0.14  | TSA       | TSA        | 3.81±0.05  | 22.76±0.15 |
| Brokoli ( <i>broccoli</i> )            | TSA                    | 0.15±0.00 | 5.56±0.05  | TSA       | 31.64±0.16  | 0.59±0.04 | 9.2±0.07   | 2.96±0.03  | 23.94±0.34 |
| Roka ( <i>rocket</i> )                 | 0.27±0.03              | 0.36±0.02 | 24.73±0.22 | TSA       | 554.86±6.23 | 2.08±0.11 | 38.68±0.20 | 5.41±0.08  | 42.62±0.08 |
| Kabak ( <i>zucchini</i> )              | 0.10±0.00              | 0.37±0.01 | 15.74±0.08 | TSA       | 54.81±0.65  | TSA       | 14.86±0.10 | 16.84±0.40 | 28.17±0.16 |
| Isırgan otu ( <i>stinging nettle</i> ) | TSA                    | 0.11±0.00 | 9.44±0.03  | TSA       | 288.60±3.10 | TSA       | 27.47±0.25 | 1.79±0.04  | 39.09±0.54 |
| Marul ( <i>lettuce</i> )               | 0.14±0.02              | TSA       | 19.58±0.17 | TSA       | 141.06±2.12 | TSA       | 48.56±0.16 | 14.77±0.23 | 44.19±0.37 |
| Biber ( <i>pepper</i> )                | 0.08±0.01              | TSA       | 14.44±0.14 | TSA       | 51.96±0.61  | TSA       | 9.50±0.06  | 4.93±0.09  | 14.62±0.09 |
| Mantar ( <i>mushroom</i> )             | 0.04±0.00              | TSA       | 25.05±0.14 | TSA       | 70.31±0.19  | TSA       | 5.62±0.04  | 1.17±0.02  | 48.55±0.25 |
| Bakla ( <i>java bean</i> )             | TSA                    | 0.37±0.02 | 17.83±0.15 | TSA       | 56.64±0.17  | 2.50±0.09 | 13.62±0.11 | 6.00±0.14  | 18.62±0.04 |
| Taze fasulye ( <i>green bean</i> )     | TSA                    | 0.35±0.01 | 16.81±0.09 | TSA       | 43.31±0.11  | 1.58±0.13 | 23.29±0.19 | 9.45±0.12  | 24.86±0.17 |
| Domates ( <i>tomato</i> )              | TSA                    | TSA       | 9.15±0.06  | TSA       | 27.96±0.06  | TSA       | 9.67±0.05  | 2.28±0.04  | 22.99±0.03 |
| Pırasa ( <i>leek</i> )                 | TSA                    | TSA       | 7.31±0.06  | TSA       | 84.76±0.75  | TSA       | 11.41±0.04 | 5.00±0.08  | 17.07±0.10 |
| Dereotu ( <i>dill</i> )                | TSA                    | 0.15±0.00 | 9.11±0.04  | TSA       | 173.48±1.34 | TSA       | 35.83±1.36 | 3.93±0.02  | 41.75±0.36 |
| Bezelye ( <i>green pea</i> )           | TSA                    | 0.14±0.00 | 11.98±0.17 | TSA       | 43.18±0.46  | TSA       | 11.13±0.07 | 7.50±0.07  | 37.53±0.51 |
| Soğan ( <i>onion</i> )                 | TSA                    | 0.40±0.03 | 1.75±0.12  | TSA       | 17.39±0.03  | TSA       | 3.43±0.15  | 1.23±0.10  | 6.52±0.06  |
| Maydanoz ( <i>parsley</i> )            | TSA                    | 0.34±0.02 | 16.77±0.13 | TSA       | 96.08±0.33  | 1.64±0.14 | 34.65±1.21 | 8.33±0.08  | 24.91±0.19 |
| Salatalık ( <i>cucumber</i> )          | TSA                    | 0.25±0.01 | 7.94±0.02  | TSA       | 51.26±0.29  | 0.68±0.05 | 15.14±0.18 | 6.05±0.05  | 33.43±0.17 |
| Kereviz ( <i>celery</i> )              | TSA                    | TSA       | 10.51±0.12 | TSA       | 240.13±2.20 | 1.27±0.12 | 19.85±0.20 | 3.59±0.05  | 21.79±0.20 |
| KED<br>(Anonymous, 2002).              | 0.05-0.2               | 0.2       | 0.01-50    | -         | 0.2-25      | 0.02-3    | -          | -          | 2-50       |

TSA: Tayın sınırı altında (*Below the limit of quantification*)

KED: Kabul edilebilir en yüksek derişim (*Maximum acceptable concentration*)

<sup>a</sup> Ortalama ± Standart sapma (*Mean ± Standard deviation*)

Kadmiyumun vücuttaki çeşitli enzimleri etkilediği bilinmektedir. Yiyecek alımı ve tütün kullanımı, Cd'nin vücuda girdiği ana yollardır. Kadmiyum insan vücudunda birikebilen ve böbrek fonksiyon bozukluğu, iskelet sistemi hasarları vb. ciddi sağlık sorunlarına sebep olan toksik bir elementtir (Manahan, 2003). Çeşitli sebzeler ve meyvelerde Cd için sınır değer Türk Gıda Kodeksinde 0.05-0.2 mg/kg aralığında değişmektedir (Anonymous, 2002). Meyve örneklerinde Cd, tayin sınırından daha düşük seviyelerde olması sebebiyle tespit edilemedi. Sebze örneklerinde sadece ıspanak (0.10 mg/kg), tere (0.06 mg/kg), roka (0.27 mg/kg), biber (0.08 mg/kg) ve mantarda (0.04 mg/kg) tespit edildi.

Kobalt, beslenmede oldukça önem taşıyan bir elementtir. Kobalt, B12 vitamininin merkez yapı taşıdır. Bugüne kadar bilinen en etkili biyokatalizördür. Kobalt eksikliğinde anemi riski artar. Kobalt başlıca karaciğer ve sakatatlar, kırmızı et, istiridye ve balıkta bulunur. Kobalt hayvansal besinlerde daha çok bulunur (Tezcan ve Tezcan, 2007). Kobalt için Türk Gıda Kodeksindeki bira ve alkolsüz biralara için sınır değer belirtilmiş ve bu sınır değer 0.2 mg/kg'dır (Anonymous, 2002). Sebze ve meyve örnekleri için herhangi bir sınır değer belirtilmemektedir. 0.2 mg/kg sınır değer kabul edilirse, kobalt pazı (0.34 mg/kg), roka (0.36 mg/kg), kabak (0.37 mg/kg), bakla (0.37 mg/kg), taze fasulye (0.35 mg/kg), taze soğan (0.40 mg/kg), maydanoz (0.34 mg/kg) ve salatalıkta (0.25 mg/kg) yüksek olarak bulundu.

Bakır, hem bitkilerin hem de hayvanların büyümesinde gerekli olan temel bir mikro besin maddesidir. Bakır birçok enzimin fonksiyonunu ve kalp çalışmasını düzenler. İnsanlarda, kan hemoglobinin üretiminde yardımcı olur. Bakır yüksek dozlarda anemi, karaciğer ve böbrek hasarı, mide ve bağırsak tahrişine neden olabilir. Bakır vücut tarafından emilimi zor olan bir elementtir. Besinlerdeki bakırın ancak %5'i vücut tarafından alınabilir. Bakır eksikliği kansızlık ve kemik yapısında bozukluklarla kendini gösterir (Martinez ve Motto, 2000). Bakır en düşük taze soğanda (1.75 mg/kg), en yüksek mantarda (25.05 mg/kg) tespit edildi. Bakır için Türk Gıda

Kodeksindeki sınır değerler 0.01-50 mg/kg aralığında değişmektedir (Anonymous, 2002). Bakır tüm sebze ve meyvelerde tespit edilmekle birlikte 50 mg/kg üst sınırını aşmadığı tespit edildi.

Krom(III), insülin çalışmasını güçlendirir ve böylece karbonhidrat, lipid ve protein metabolizmasını da düzenler. Bununla birlikte, krom(VI) kanserojendir (Scragg, 2006). Krom için Türk Gıda Kodeksinde herhangi bir sınır değer belirtilmemiştir (Anonymous, 2002). Krom hiçbir sebze örneğinde tespit edilemezken, meyve örneklerinden sadece ayva (0.33 mg/kg), armut (0.10 mg/kg), mandalina (0.17 mg/kg) ve çilekte (0.17 mg/kg) tespit edildi.

Demirin vücut çalışmasındaki başlıca işlevi oksijen taşınması ile ilgilidir. Demir bitkilerde sadece demir(III) halinde bulunurken hayvansal gıdalarda demirin %60'ı demir(II), %40'ı ise demir(III) halindedir. Vücudumuzda demir, demir(II) halinde bulunduğu daha fazla emilim olmaktadır. Asitli ortam demir(III) iyonlarını demir(II) iyonlarına indirger (Tezcan ve Tezcan, 2007). Demir için Türk Gıda Kodeksinde sınır değerler 0.2-25 ppm olarak verilmektedir (Anonymous, 2002). Demir en yüksek ıspanak (353.26 mg/kg), tere (247.85 mg/kg), pazı (384.13 mg/kg), roka (554.86 mg/kg), ısırgan otu (288.60 mg/kg), dereotu (173.48 mg/kg) ve kereviz (240.13 mg/kg) gibi yeşil yapraklı sebzelerde bulundu. Meyvelerdeki demir derişimleri sebzelere göre daha düşük bulundu.

Kurşun esansiyel bir element değildir. Toksik olduğu iyi bilinmektedir ve etkileri diğer eser metallerin etkilerinden daha kapsamlı olarak ele alınmaktadır. Kurşun, beyin, sinir sistemi, kırmızı kan hücreleri ve böbreklerde ciddi yaralanmalara neden olabilir (Baldwin ve Marshall, 1999). Türk Gıda Kodeksinde kurşun için sınır değerler farklı gıdalar için 0.02- 3 mg/kg aralığında değişiklik göstermektedir (Anonymous, 2002). Kurşun en yüksek tere (2.19 mg/kg), roka (2.08 mg/kg) ve baklada (2.5 mg/kg) bulundu. Burada kurşun için bulunan sonuçlar sınır değerlerin altındadır.

Mangan, vücutta çeşitli metabolik süreçleri kolaylaştıran bir koenzim olarak çalışır. Kemik oluşumu, tiroid fonksiyonu, kalsiyum emilimi, kan şekeri düzenlenmesi, bağışıklık fonksiyonu, yağ ve karbonhidrat metabolizmasında rol oynamaktadır. Mangan için Türk Gıda Kodeksinde herhangi bir sınır değer belirtilmemiştir (Anonymous, 2002). Mangan toksisitesi düşük bir element olarak bilinmektedir. Mangan en yüksek ıspanak, pazı, roka, ısırgan otu, marul, dereotu ve maydanozda bulundu. Meyvelerde sebzelere göre daha az bulunmakla birlikte en yüksek çilek, ç ağla ve kestanede bulundu.

Nikel, esansiyel element olmakla birlikte yüksek derişimlerde tehlikeli olabilmektedir. İnsanlarda kanserojen etki göstermekte, deride alerjik reaksiyon yanında solunum sistemine zarar verebilmektedir (Khodadoust ve ark., 2004). Nikel için Türk Gıda Kodeksinde sebzeler ve meyveler için herhangi bir sınır değer belirtilmemektedir (Anonymous, 2002). Nikel en yüksek havuç (10.18 mg/kg), kabak (16.84 mg/kg) ve marul (14.77 mg/kg) örneklerinde tespit edildi. Meyvelerde ise kivi (8.00 mg/kg) ve ç ağla (6.72 mg/kg) örneklerinde diğer örneklere göre daha yüksek derişimlerde tespit edildi.

İçme suyu ve birçok gıda maddesi belirli derişimlerde çinko içerir. Çinko, 300' den fazla enzim ve protein için gerekli bir metaldir. Çinko immün sistem için esansiyel bir eser elementtir.

Çinko eksikliği sendromu, anemi, deri farklılaşmaları, büyüme ve mental gerilik olarak kendini gösterir (Greany, 2005). Çinko için Türk Gıda Kodeksinde sınır değerler 2-50 mg/kg aralığında değişmektedir (Anonymous, 2002). Çinkonun hemen hemen tüm sebzelerde bol olarak bulunduğu tespit edildi. Sebze de bulunan çinko derişimleri 50 mg/kg üst sınırını aşmamakla birlikte, meyvelerde daha az bulundu.

BCR 191-liyofilize edilmiş esmer ekmek standart referans maddesinde, kadmiyum, bakır, demir, kurşun, mangan ve çinko derişimlerinin belirlenmesiyle sonuçların doğruluğu gösterildi. Standart referans maddenin çözümlenmesinde sebze ve meyveler için uygulanan aynı yöntem kullanılarak çözümlendi. Standart referans madde için kadmiyum, bakır, demir, kurşun, mangan ve çinko elementlerinin onaylanmış değerleri ile bu elementler için bulunan derişimleri Çizelge 3'de verilmektedir. Bu sonuçlar incelenen elementlerin bağıl standart sapmaları % 10.3'den az ve onaylanmış derişimleri ile uyumlu olarak bulundu. ICP OES ile analizlenen elementler için gözlenebilir sınır değerleri, Cd için 0.45 µg/kg, Co için 1.52 µg/kg, Cu için 1.80 µg/kg, Cr için 4.51 µg/kg, Fe için 3.64 µg/kg, Pb için 14.77 µg/kg, Mn için 0.29 µg/kg, Ni için 3.32 µg/kg ve Zn için 3.12 µg/kg olarak bulundu.

Çizelge 3. Standart referans maddede (BCR 191-liyofilize edilmiş esmer ekmek) sertifikada bildirilen ve ölçülen element derişimleri (µg/kg)

Table 3. Certified and measured elemental concentrations (µg/kg) in standard reference material (BCR 191-lyophilised brown bread)

| Element  | (Element)   | Sertifikada bildirilen değer (Certified value) | Ölçülen değer (Measured value) | % Bağıl hata, (Relative error %) | % Bağıl standart sapma (Relative standard deviation %) |
|----------|-------------|--|--------------------------------|----------------------------------|--|
| Kadmiyum | (Cadmium)   | 28.4 ± 1.4 <sup>a</sup>                        | 30.2 ± 2.8                     | 6.3                              | 9.3  |
| Kurşun   | (Lead)      | 187 ± 14                                       | 205 ± 21                       | 9.6                              | 10.2   |
| Bakır    | (Copper)    | 2.63 ± 0.07                                    | 2.9 ± 0.3                      | 10.3                             | 10.3   |
| Çinko    | (Zinc)      | 19.5 ± 0.5                                     | 21.0 ± 1.3                     | 7.7                              | 6.2  |
| Demir    | (Iron)      | 40.7 ± 2.3                                     | 45.2 ± 3.8                     | 11.1                             | 8.4  |
| Mangan   | (Manganese) | 20.3 ± 0.7                                     | 21.6 ± 0.9                     | 6.4                              | 4.2  |

<sup>a</sup> Ortalama ± Standart sapma

(<sup>a</sup> Mean ± Standard deviation)

## SONUÇLAR

Bu çalışmada Aydın'da tüketilen 25 adet sebze ve 11 adet meyve örneğinin eser element derişimleri tespit edildi. Bu sebzeler ve meyveler bol miktarda demir, çinko, mangan, bakır ve kobalt içermektedir ve günlük karşılama dozunun önemli bir kısmını karşılamaaktadırlar. Genel olarak Aydın'da tüketilen sebze ve meyvelerde ağır metal derişimleri insan sağlığı için risk oluşturabilecek derişimlerde bulunmadı. Kadmiyum ve kurşun gibi toksik elementler için elde edilen sonuçların Türk Gıda Kodeksindeki sınır değerleri aşmadığı tespit edildi. Eser elementlerin ve ağır metallerin düzenli analizleri halk sağlığı açısından tüm gıda örneklerine uygulanmalı ve gıda güvenliği sağlanmalıdır.

## TEŞEKKÜR

Yazar, rehberliği ve yardımları için Prof. Dr. Mustafa DEMİR'e, örneklerin toplanmasındaki yardımlarından dolayı lisans öğrencileri Osman BURGAZ ve Rıdvan AKSOY'a teşekkür eder.

## KAYNAKLAR

Anonymous (2002). Türk gıda kodeksi. Gıda maddelerinde belirli bulaşanların maksimum seviyelerinin belirlenmesi hakkında tebliğ (2002/63). 23 Eylül 2002 tarih ve 24885 sayılı Resmi Gazete, Ankara.

Baldwin, D.R., Marshall, W.J. (1999). Heavy metal poisoning and its laboratory investigation. *Ann Clin Biochem*, 36(3): 267–300.

Baykal, H., Baykal, T. (2008). Küreselleşen Dünya'da Çevre Sorunları/Environmental Problems in A Globalized World. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(9): 1-17.

Celik, U., Oehlenschlager, J. (2007). High contents of cadmium, lead, zinc and copper in popular fishery products sold in Turkish supermarkets. *Food Control*, 18: 258–261.

Divrikli, U., Saracoglu, S., Soylak, M., Elci, L. (2003). Determination of trace heavy metal contents of green vegetables samples from Kayseri-Turkey by flame atomic absorption spectrometry. *Fresenius Environ Bull*, 12: 1123-1125.

D'Mello, J.P.F. (2003). *Food safety: Contaminants and toxins*. CABI Publishing, Wallingford, Oxon, UK, Cambridge, MA, 480 p.

De Santis D., Moresi M. (2007). Production of alizarin extracts from *Rubia tinctorum* and assessment of their dyeing properties. *Ind Crop Prod*, 26: 151-162.

Dundar, M.S., Sağlam, H.B. (2004). Determination of Cd and vanadium in tea varieties and their infusions in comparison with 2 infusion processes. *Trace Elem Electrolytes*, 21(2): 60-63.

Duran, A., Tuzen, M., Soylak, M. (2008). Trace element levels in some dried fruit samples from Turkey. *Int J Food Sci Nutr*, 59(7-8): 581-589.

Falandysz, J., Frankowska, A., Mazur, A. (2007). Mercury and its bioconcentration factors in King Bolete (*Boletus edulis*). *Bull. Fr., J Environ Sci Health Part A*, 42(14): 2089–2095.

Greany, K. M. (2005). An assessment of heavy metal contamination in the marine sediments of Las Perlas Archipelago, Gulf of Panama, M.S. thesis, School of Life Sciences Heriot-Watt University, Edinburgh, Scotland, 114 p.

Jarup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *Br Med Bull*, 68(1): 167–182.

Khan, S., Cao, Q., Zheng, Y.M., Huang, Y.Z., Zhu, Y.G. (2008). Health risk of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with waste water in Beijing, China. *Environ Pollut*, 152(3): 686–692.

Khodadoust, A. P., Reddy, K. R., Maturi, K. (2004). Removal of nickel and phenanthrene from kaolin soil using different extractants. *Environ Eng Sci*, 21(6): 691–704.

Manahan, S.E. (2003). *Toxicological chemistry and biochemistry*, CRC Press, Limited Liability Company (LLC), 3rd edition, 424 p.

Martinez, C. E., Motto, H. L. (2000). Solubility of lead, zinc and copper added to mineral soils, *Environ Pollut*, 107(1) 153–158.

Munoz-Olivas, R., Camara, C., (2001). Speciation related to human health. In: Ebdon, L., Pitts, L., Cornelis, R., Crews, H., Donard, O.F.X.,

- Quevauviller, P. (Ed), *Trace element speciation for environment, food and health*. The Royal Society of Chemistry, 331-353 p.
- Radwan, M.A., Salama, A.K. (2006). Market basket survey for some heavy metals in Egyptian fruits and vegetables. *Food Chem Toxicol*, 44(8): 1273–1278.
- Saracoglu, S., Saygi, K.O., Uluozlu, O.D., Tuzen, M., Soylak, M. (2007). Determination of trace element contents of baby foods from Turkey. *Food Chem*, 105(1), 280-285.
- Sathawara, N.G., Parikh, D.J., Agarwal, Y.K. (2004). Essential heavy metals in environmental samples from western India. *Bull Environ Contam Toxicol*, 73(4): 756–761.
- Scragg, A. (2006). *Environmental biotechnology*, Oxford University Press, Oxford, UK, 2nd edition, 105 p.
- Shaheen, N., Irfan, N.M., Khan, I.N., Islam, S., Islam, M.S., Ahmed, M.K. (2016). Presence of heavy metals in fruits and vegetables: Health risk implications in Bangladesh. *Chemosphere*, 152: 431-438.
- Tezcan, R. ve Tezcan, H. (2007). *Metaller kimyası*. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 288 p.
- Tuzen, M. (2003). Determination of heavy metals in fish samples of the middle Black Sea (Turkey) by graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Food Chem*, 80(1): 119–123.
- Tuzen, M., Saracoglu, S., Soylak, M. (2008). Evaluation of trace element contents of powdered beverages from Turkey. *J Food Nutr Res*, 47(3): 120-124.
- Wang, X., Sato, T., Xing, B., Tao, S. (2005). Health risk of heavy metals to the general public in Tianjan, China via consumption of vegetables and fish. *Sci Total Environ*, 350 (1–3): 28–37.
- Yusuf, A.A., Arowolo, T.A., Bamgbose, O. (2003). Cadmium, copper and nickel levels in vegetables from industrial and residential areas of Lagos City, Nigeria. *Food Chem Toxicol*, 41(3): 375-378.