

## KIRMIZI PUL BİBER ÖRNEKLERİNDE ELEMENT İÇERİĞİNİN BELİRLENMESİ

Serpil Kılıç\*, Murat Kılıç

Akdeniz Üniversitesi, Gıda Güvenliği ve Tarımsal Araştırmalar Merkezi, Antalya, Türkiye

Geliş / *Received*: 08.07.2019; Kabul / *Accepted*: 16.09.2019; Online baskı / *Published online*: 17.10.2019

Kılıç, S., Kılıç, M. (2019). Kırmızı pul biber örneklerinde element içeriğinin belirlenmesi. *GIDA* (2019) 44 44 (6): 1000-1007 doi: 10.15237/gida.GD19101

*Kılıç, S., Kılıç, M. (2019). Determination of element contents in red pepper samples. GIDA (2019) 44 44 (6): 1000-1007 doi: 10.15237/gida.GD19101*

### ÖZ

Çevresel kirlilikler, tarım ürünlerini tehdit etmekte ve dolayısıyla insan sağlığı için risk oluşturmaktadır. Bu tarım ürünleri içerisinde yer alan, kırmızıbiber, üretiminde kimyasal ilaçların kullanımı ise sağlık için tehlike oluşturan bazı elementlerin kontamine olmasına sebep olabilmektedir. Gıda sanayinde yaygın olarak kullanılan bir baharat çeşidi olan ve özellikle gıdaları çeşnilendirmek için en çok kullanılan baharatlar arasında yer alan kırmızıbiber tüketiminde, bu kontaminasyon insan sağlığını tehdit edici unsur oluşturmaktadır. Bu çalışmada, kırmızıbibere kontamine olabilen bazı metal kirleticiler (krom (Cr), kobalt (Co), bakır (Cu), demir (Fe), nikel (Ni), selenyum (Se), çinko (Zn)) indüktif eşleşmiş plazma kütle spektrometrisi kullanılarak (ICP-MS) tespit edildi. Analitik performansları; doğruluk, tespit sınırı, ölçüm sınırı ve geri kazanım olarak değerlendirildi. Metot validasyonu için sertifikalı referans madde olarak Tomato Leaves 1573a kullanıldı. Çalışılan elementler için geri kazanım, %98 ile %103 arasında değişmektedir. Örneklerde tüm metallerin konsantrasyonları uluslararası ve Türk Gıda Kodeksinde belirtilen sınırları aşmadığı gözlemlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Kırmızı pul biber, ICP-MS, metal analizi

### DETERMINATION OF ELEMENT CONTENTS IN RED PEPPER SAMPLES

#### ABSTRACT

Environmental pollution threatens the agricultural products and therefore poses a risk for human health. In the production of red pepper which is one of these agricultural products, the use of chemical drugs, may cause some elements with health hazards to be contaminated. The contamination threatens human health in consumption of red pepper, which is used in the food industry and is one of the most widely used spices for seasoning foods. In this study, was determined of some metallic contaminants (chromium (Cr), cobalt (Co), copper (Cu), iron (Fe), nickel (Ni), selenium (Se), zinc (Zn)) in red pepper using inductive coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). The validation procedure was applied for the evaluation of linearity, repeatability, recovery, limit of detection, and quantification. Tomato Leaves 1573a was used as certified reference material for method validation. The recovery ranged from 98% to 103% for studied elements. It is observed that the concentrations of all metals in samples did not exceed the international and Turkish codex values.

**Keywords:** Red pepper, ICP-MS, metal analysis

\*Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

✉ serpillkic@akdeniz.edu.tr,

☎ (+90) 242 310 2585,

☎ (+90) 242 227 2058

## GİRİŞ

Yirminci yüzyılın başından itibaren dünyada hızla artan nüfusun etkisiyle modern tarıma geçilmesi, hızlı sanayileşme, kentleşme sonucunda çevre kirliliği ortaya çıkmıştır (Stresty ve Madhava, 1999). Endüstrileşme ve kentleşmeye bağlı olarak artan çevre kirliliği ile birlikte toprak kirliliği de ortaya çıkmış ve canlılar üzerinde tehlikeli olabilecek duruma gelmiştir. Doğrudan ve dolaylı yollardan oluşabilen çevre ve toprak kirliliğine paralel olarak, besin kaynakları da besin zinciri yoluyla kirlenmeye başlamış ve insanlar için önemli sağlık sorunları oluşturmuştur (Vural, 1993). Kodeks Alimentarius Komisyonu (KAK) gıda kontaminantlarını; gıdalara istenilerek katılmadığı halde üretim, işleme, hazırlama, depolama, ambalajlama, taşıma veya çevre kirlenmesi sonucunda bulaşan kimyasal maddeler olarak tanımlanmaktadır (Anonymous, 1997).

İnsan sağlığı riski değerlendirmesi, çevresel tehlikelere maruz kalmanın bir sonucu olarak insanların potansiyel olumsuz sağlık etkilerinin karakterize edilmesi olarak kabul edilir (USEPA, 2012). Risk oluşturacak kirliliğin meydana geldiği gıdalar arasında tarım ürünleri gelmektedir. Bu tarım ürünleri içerisinde, kırmızıbiber (*Capsicum annuum*) Türkiye’de yetiştirilip, sanayi hammaddesi olarak başta konserve, salça, turşu, acı sos, işlenmiş et ürünlerinde (pastırma, sucuk, salam, sosis vb.) kullanılmakta olup, çeşitli yemeklerde lezzeti, aroması, acısı ve renkleri ile çeşni olarak gıdalarda kullanılmaktadır (Mubeen vd., 2009). Türkiye, Dünyada Çin ve Meksika’dan sonra üçüncü büyük biber yetiştiricisi olarak bilinmektedir (Anonymous, 2013). Ancak, baharatlık kırmızıbiber üretiminde ise aynı sıralarda değildir (Anonymous, 2014). Ülkemizde kırmızıbiber, yaygın olarak baharat şeklinde tüketilmektedir. Türkiye’de 2014 yılında yaklaşık 200 bin ton baharatlık taze kırmızıbiber üretilmiş ve bu miktarın da yaklaşık yarısı Şanlıurfa ilinde yetiştirilmiştir (Anonim, 2015). Kırmızı biber, hem yurt içindeki tüketimi hem de yurt dışına ihraç edilmesinden dolayı önemli tarımsal bir üründür. Ülkemiz için böylesine önem taşıyan kırmızı biberde, üretimde karşılaşılan kayıpların, bozulmaların ve üretim kalitesinin artırılması için çeşitli önlemlerin alınması gereklidir. Kırmızıbiber

üretim aşamalarının hemen hepsinde mikrobiyolojik ve kimyasal tehlikelerde ortaya çıkabilir (Yentür vd., 2012). Bugün artık metabolik rahatsızlıkların pek çoğunun bir veya daha fazla eser elementin miktarının değişiminden kaynaklandığı bilinmektedir (Bruce ve Bergstrom, 1983).

Toprak, gıdalardaki esansiyel ve toksik minerallerin başlıca kaynağıdır. Verimli topraklar bitkinin yetişmesi için gerekli olan elementlerle birlikte büyük oranda ve farklı konsantrasyonlarda metal içermektedir (Basta vd., 2005). Çeşitli yollarla kirlenen toprakta yetiştirilen ürünler toksik metal içerikleri ile artış göstermektedir. Tarımda kullanılan kimyasal maddeler ve gübreler, tarım toprağının ıslah edilmesi, toprak ve ürünlerinin bileşiminde önemli değişikliklere sebep olmaktadır. Bu durum gıdalarda kirliliğe yol açmaktadır (Notten vd., 2005). Yapılan bir çalışmada; üzümler üzerinde kullanılan bakır içerikli mantar ilacının şarapta kirliliğe neden olduğu bildirilmiştir (Melgar vd., 2009). Polonya, Bulgaristan ve İtalya’da belirli bölgelerde yetiştirilen ve pestisit ve gübre kullanılan meyvelerden elde edilen şarap ve alkollerde toksik metal seviyesi Avrupa Birliği’nin yasal olarak izin verdiği sınırlardan daha yüksek bulunmuştur (Formicki vd., 2012).

Hava Kirliliği, toksik metal kirliliğinin %60’ını oluşturan maddelerden; yakıttan ve motor yağlarından kirletici olarak açığa çıkmaktadır. Bu toksik metaller, canlılar üzerinde son derece zararlı etkiye sahiptir (Bingöl vd., 2010). Nijerya’da yapılan bir çalışmada, trafik yoğunluğu fazla olan bölgelerin topraklarında emisyonun etkisiyle toprakta daha yüksek oranda Fe, Cu, Cd, Pb, Mn ve Zn birikiminin olduğu bildirilmiştir (Abechi vd., 2010).

Atık sular, gıdalardaki metalik kirlilikte önemli etkenlerden biridir. Çeşitli endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan atık suların içinde bazen eser miktarda bazen de yüksek derişimlerde toksik metaller bulunur (Kumbur vd., 2008). Atık suların karıştığı Musi Nehri çevresinde yetişen yeşil yapraklı sebzeler başta olmak üzere çeşitli sebzelerde yüksek seviyede kurşun, çinko, krom

ve nikel birikimi olduğu bildirilmiştir (Chary vd., 2008).

Paketleme işlemi ise, çeşitli gelişmiş tekniklerin kullanımıyla kontaminasyon sorunu büyük ölçüde çözüme ulaşmış olsa da risk az da olsa hala devam etmektedir (Alvarez vd., 2011). Özellikle paketlenmiş gıdalarda toksik metal kontaminasyonu en fazla asidik besinlerde görülmekte ve bu durum depolama sıcaklığına ve süresiyle ilişkili olduğu bildirilmiştir (Ramonaityte, 2001).

Bu çalışmada Kırmızı pul/toz biber üretim aşamalarının hemen hepsinde kimyasal ve fiziksel tehlikeler ortaya çıkabilir düşüncesiyle ülkemiz pazarlarında açık ve pakette satılan ürünler tercih edilmiştir. Bu amaçla dış etkenlerden gelebilecek toksik elementleri bünyesine alabilirliği düşünülerek metal içerikleri (Ni, Co, Cu, Zn, Se, Cr, Fe) ICP-MS cihazı ile tayin edilmiştir. ICP-MS cihazı, katı ve sıvı örneklerde çok sayıda elementin hızlı, hassas ve doğru biçimde ölçülmesine imkân sağlayan bir analiz yöntemi olmasından dolayı tercih edilmiştir.

## MATERYAL VE METOT

### Materyal

Çalışmada materyal olarak; pazarlarda, marketlerde; kapalı ve açık paketlerde satılan 32 adet kırmızı pul biber örnekleri halk pazarlarından ve marketlerden 2017 yılı içerisinde satın alınmıştır.

### Örneklerin Hazırlanması

Numunelerin elementel bileşimi ICP-MS (Perkin Elmer Elan DRC-e) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Analizlerde homojen hale getirilmiş olan toz örneklerden yaklaşık 0.2 g tartularak mikrodalga (Berghof Speedwave® Four) ünitesinin teflon kapları içine konulmuş ve üzerine 6 mL HNO<sub>3</sub> ve 2 mL H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> eklenmiştir. Mikrodalga ünitesinin sıcaklık koşulları oda sıcaklığından 170°C'ye 5 dakika ve ardından 190°C'ye 15 dakikada artış şeklinde programlanarak numunelerin tamamen çözünür hale getirilmesi sağlanmıştır (Kilic ve Kilic, 2018). Yakma işlemi sonucunda örnekler oda sıcaklığına soğutularak hacimleri 15 mL'ye ultra saf su kullanılarak tamamlanmıştır. Tamamlanan numuneler, Çizelge 1'de çalışma şartları verilen ICP-MS cihazında analiz edilmiştir.

Çizelge 1. ICP-MS çalışma şartları

Table 1. ICP-MS operating conditions

Spektrometre <i>Spectrometer</i>	Elan DRC-e (Perkin Elmer SCIEX, Norwalk, ABD)
Örnek girişi <i>Sample Introduction</i>	Quartz CYCLONIC DRC Spray Chamber
RF gücü <i>RF Power</i>	1100
Skimmer cone <i>Skimmer Cone</i>	Nikel <i>Nickel</i>
Sampler cone <i>Sampler Cone</i>	Nikel <i>Nickel</i>
Nebulizer/ <i>Nebulizer</i>	Micromist Nebulizer 0.4 mL/dk.
Plazma gaz akış oranı (L/dk.) <i>Plasma gas flow rates (L/min)</i>	17
Auxiliary akış oranı (L/dk.) <i>Auxiliary flow rates (L/min)</i>	1.20
Nebulizer gaz akış oranı (L/dk.) <i>Nebulizer gas flow rates (L/min)</i>	0.81
Tarama modu <i>Scannig mode</i>	Pik sekmesi <i>Peak hopping</i>
Bekleme süresi (Dwell time) (ms) <i>Dwell time per</i>	50
Oto örnekleme <i>Auto sampler</i>	CETAX ASX-520
Internal standart <i>Internal standard</i>	Tb
Analitik kütleler (amu) <i>Analytical masses</i>	Standart mod <i>Standard mode</i> <sup>60</sup> Ni, <sup>59</sup> Co, <sup>63</sup> Cu, <sup>66</sup> Zn, <sup>52</sup> Cr, <sup>82</sup> Se, <sup>57</sup> Fe

**Metot Validasyon Çalışmaları**

Metot validasyonu için sertifikalı referans madde olarak Tomato Leaves 1573a kullanılmıştır. Bu kapsamda elementel analizleri için yöntemlerin tespit sınırları, tayin sınırları, tekrarlanabilirlik değerleri ve geri kazanım değerleri hesaplanmıştır. Yöntem doğrulama çalışmalarında kullanılan parametrelerden tespit ve tayin sınırı, kalibrasyon doğrusunda kullanılan en düşük konsantrasyondaki standart kullanılarak en az 6 kez analizi gerçekleştirilmiş ve cihazın ürettiği sinyale karşılık gelen konsantrasyon değerinin standart sapma değerinin 3 katı tespit sınırı (LOD) ve 10 katı ise ölçüm sınırı (LOQ) olarak ifade edilmiştir. Tekrarlanabilirlik geri kazanım çalışmasından elde edilen sonuçların bağlı standart sapma değeri (%RSD) tekrarlanabilirlik değeri olarak ifade edilmiştir. Geri kazanım ise bu kapsamda analitleri içeren standart çözelti geri kazanım çalışma örneklerine eklenerek en az 6 paralel örnek hazırlanmıştır. Hazırlanan örnekler ise ilgili cihazda üç tekrarlı olarak okutulmuştur.

**TARTIŞMA VE SONUÇ****Metot Validasyon Çalışma Sonuçları**

Ülkemizin farklı pazarlarından temin edilen kırmızı pul biber numunelerinin elementel bileşimlerin belirlenmesinde ICP-MS yöntemi kullanılmıştır. Belirtilen analizlerin numune çalışmaları öncesinde yöntem doğrulama çalışmalarına tabi tutulmuştur. Bu çerçevede elementel bileşim analizleri (nikel (Ni), kobalt (Co), bakır (Cu), çinko (Zn), vanadyum (V), selenyum (Se), krom (Cr), baryum (Ba) ve demir (Fe)), için tespit sınırı, tayin sınırı, tekrar edilebilirlik ve geri kazanım değerleri hesaplanmıştır. Sonuçlar, Çizelge 2'de gösterilmiştir. Elde edilen bulgulara göre; bu yöntemin numunelerde beklenen konsantrasyon düzeyleri dikkate alındığında doğrusal aralıklarının, tespit sınırı, tayin sınırı, geri kazanım değerlerinin ve aynı numunenin uygulanan yöntemle tekrarlı analizleri sonucu, tekrar edilebilirlik değerlerinin kabul edilebilir düzeylerde oldukları belirlenmiş, numunelerde ise element analizlerinin doğru sonuç elde etmede uygulanabilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 2. Metot validasyon sonuçları

Table 2. Method validation results

Elementler <i>Elements</i>	Geri Kazanım <i>Recovery</i>	R <sup>2</sup>	LOD ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	LOQ ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	%RSD
Ni	99±0.03	0.9973	0.10	0.33	2.1
Co	99±0.01	0.9998	0.04	0.13	2.2
Cu	98±0.18	0.9995	0.55	1.83	4.0
Zn	100±1.00	0.9997	3.00	10.00	3.2
Se	103±0.01	0.9998	0.003	0.01	2.1
Cr	99±0.01	0.9997	0.04	0.13	0.7
Fe	99±1.12	0.9989	3.14	10.20	3.5

**Kırmızı Pul biber Numune Sonuçları**

Metaller, insan hayatında önemli yere sahiptir. Bu yirmi üç element, insanlarda ve diğer memelilerde birçok fizyolojik aktivitelere sahiptir. Demir, çinko ve bakır dahil olmak üzere bu elementlerin bazıları vücut için önemlidir. Kadmiyum, kurşun ve arsenik gibi diğer metaller vücudumuzdaki biyokimyasal reaksiyonlarda toksik rollere sahiptir. Metaller vanadyum, krom, mangan, demir, kobalt, bakır, çinko ve molibden; metal olmayanlar ise selenyum, flor ve iyot insan vücudu

tarafından çok az miktarlarda (genellikle günde 100 mg'dan az) gerekli mikro besin sınıfına ait eser elementlerdir. Makro besin maddelerinden olan sodyum, kalsiyum, magnezyum, potasyum, klor gibi bazı elementler biyolojik yapıların temel bileşenleri olmasına rağmen biyolojik fonksiyonları için gerekli miktarlardan fazla olursa toksik etki yapabilirler. Bu metallere örnek olarak ise arsenik, kobalt, bakır, krom ve nikel verilebilir (Fraga 2005).

Hindistan'da Batı Wengel Bölgesinden alınan su ve gıda örneklerinde arsenik, bakır, nikel, mangan, çinko ve selenyum konsantrasyonları araştırılmıştır. Çalışmada Jalangi ve Domkal'da gıda kategorilerindeki arsenik düzeyleri sebzelerde 20.9-21.2 mg kg<sup>-1</sup>, tahıllar ve fırın ürünlerinde 130-179 mg kg<sup>-1</sup> ve baharatlarda ise 133-202 mg kg<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir (Roychowdhury vd., 2003). Bir başka çalışmada ise Mısır pazarında satılan baharatlar ve şifalı bitkilerdeki metallerin tayini ve potansiyel sağlık riskinin değerlendirilmesi yapılmıştır (Naglaa Soliman, 2015).

Türkiye'nin farklı illerinde pazarlanan 44 adet pul kırmızı biber, 26 adet kırmızı toz biber ve 20 adet isot biberi olmak üzere toplam 90 farklı kırmızı biber örneğinin aflatoksin içeriklerinin araştırıldığı bir çalışmada, 8 adet pul kırmızı biber, 3 adet kırmızı toz biberler ve 1 adet isot biberi baharatlarında aflatoksin tespit edilmiş ve bu örneklerin aflatoksin içerikleri de 1.1-97.5 µg kg<sup>-1</sup> aralığında olduğu belirlenmiştir (Erdogan, 2004).

Bu çalışmada, 32 adet kırmızı pul biber örneklerinde çinko 2.51-21.70; bakır 1.50-13.59; nikel 0.64-13.40; krom 0.60-4.01; kobalt 0.16-0.89; selenyum 0.01-0.08; demir ise 34.83-130.65 µg g<sup>-1</sup> aralığında tespit edilmiş, sonuçlar, ise Çizelge 3'de verilmiştir. Bulunan bu değerler toksik oluşturacak sınırlarda olmadığı

belirlenmiştir. Bu izlenen elementler, yaşam için gerekli süreçlerin işlevi, serbest radikal hasarının önlenmesinde önemli faktör olarak işlev görürler. Bu elementlerden Zn, vücudun sistemlerinin sağlıklı çalışması için hayati önem taşır. Birçok enzimin bileşeni olarak, proteinlerin metabolizmasında rol oynar (Al-Fartusie ve Mohssan, 2017). Cu, esansiyel mikro besin ve nörolojik sistemler için gereklidir. Büyüme ve kemik oluşumu için önemli rolü vardır. Ayrıca hemoglobin içindeki Fe'nin emilimine yardımcı olur (Jeremias vd., 2006). Fe, hemoglobin de kırmızı renginden sorumludur. Büyüme, gelişme, hücresel işleyiş ve bazı hormonların sentezi için gereklidir (Wessling-Resnick, 2014). Ni, canlılarda esansiyel besin maddesi olduğu kabul edilmektedir. Biyolojik olmasına rağmen insanda nikelin fonksiyonu belli değildir. Bunu söyleyebilmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır (Sydor ve Zamble, 2013). Cr, vücudun dokularını işlediği, insüline daha duyarlı olduğu bildirilmiştir (William ve Frank, 2004). Co eksikliğinin B12 vitamini sentezindeki bozukluklarla ilişkilidir. Kansere, hipotiroidizme neden olabilir (Battaglia vd., 2009). Se, insan vücudunun sağlığı için hayati öneme sahip eser elementtir. Bazı kanser türlerine karşı koruyucu etki olduğu tespit edilmiştir (Brown ve Arthur, 2001).

Çizelge 3. Numune sonuçları (µg g<sup>-1</sup>)  
Table 3. Sample results (µg g<sup>-1</sup>)

Numune	Zn	Cu	Ni	Cr	Co	Se	Fe
1	6.84	3.40	5.08	1.73	0.45	0.04	66.65
2	5.58	1.58	9.36	1.47	0.68	0.04	58.25
3	6.24	1.68	12.25	1.72	0.82	0.04	80.08
4	7.78	3.96	5.56	1.52	0.38	0.02	70.26
5	9.61	3.05	12.80	2.75	0.89	0.03	77.36
6	8.21	4.78	3.31	1.51	0.30	0.03	75.52
7	3.82	2.90	0.64	1.09	0.19	0.04	34.83
8	9.10	5.15	2.09	1.44	0.57	0.07	79.23
9	8.48	4.66	2.81	1.46	0.27	0.03	73.99
10	11.6	5.73	2.24	1.41	0.25	0.02	48.75
11	7.16	13.59	13.40	2.42	0.66	0.02	80.44
12	2.51	1.50	9.56	1.70	0.69	0.02	52.68

Çizelge 3. devam  
Table 3. continuing

Numune	Zn	Cu	Ni	Cr	Co	Se	Fe
13	8.76	4.82	2.73	1.40	0.56	0.02	74.01
14	7.80	5.87	3.08	1.42	0.48	0.02	77.75
15	6.10	2.29	8.47	1.49	0.50	0.03	85.34
16	7.86	4.70	3.86	4.01	0.55	0.06	84.80
17	8.48	4.90	6.11	1.55	0.47	0.01	81.10
18	3.04	1.61	2.77	0.60	0.22	0.02	82.39
19	7.21	3.61	11.60	2.45	0.56	0.03	81.10
20	8.74	4.57	1.50	1.90	0.16	0.04	83.14
21	7.71	4.57	6.06	1.63	0.41	0.03	78.37
22	9.87	6.02	3.42	1.91	0.25	0.04	77.97
23	9.15	6.06	1.32	2.00	0.21	0.05	79.10
24	5.03	3.14	2.09	1.64	0.45	0.05	68.70
25	11.4	6.49	1.94	1.58	0.19	0.04	68.72
26	8.49	6.02	2.02	1.17	0.30	0.03	82.36
27	7.00	4.58	1.86	1.51	0.19	0.08	79.98
28	7.19	5.28	2.73	1.47	0.27	0.04	88.08
29	8.40	5.40	3.97	1.86	0.36	0.03	78.60
30	21.70	5.08	12.20	2.98	0.78	0.04	130.65
31	5.23	2.90	2.96	1.47	0.23	0.02	64.39
32	9.77	5.25	10.90	3.36	0.61	0.05	78.90
Ort.	7.99	4.53	5.33	1.80	0.43	0.03	75.73
Std.sapma	3.27	2.20	4.00	0.68	0.20	0.01	15.28
Min	2.51	1.50	0.64	0.60	0.16	0.01	34.83
Max	21.70	13.59	13.40	4.01	0.89	0.08	130.65

Bu amaçla, kırmızıbiberlerin ticari değerini düşürmemek, tüketicilere sağlıklı ürün ulaştırmak, taşış ve taklidi önlemek için ambalajlı kırmızıbiber satışı yaygınlaştırılmalı, ürün etiket bilgileri olmayan açıkta kırmızıbiber satışı sıkı denetlenmeli ve tüketiciler açıkta satılan ve markasız olan ürünleri almama ve tüketmeme konusunda bilinçlendirilmelidir. İnsan sağlığı açısından taşıdığı önem konusunda tüketicileri bilinçlendirici reklam ve eğitici programların daha sık yapılması ülkemizde modern kırmızıbiber sektörünün büyümesi ve tüketicilerin daha sağlıklı beslenmesi açısından önemlidir.

### TEŞEKKÜR

Çalışmamızı FBA-2017-2494 proje numarası ile maddi olarak destekleyen Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne çok teşekkür ediyoruz.

### KAYNAKLAR

Abechi, E.S., Okunola O.J., Zubairul, S.M.J., Usman, A.A., Apene, E. (2010). Evaluation of heavy metals in roadside soils of major streets in jos mtropolis, Nigeria. *J Environ Chem Ecotoxicol*, 2(6): 98-102.

- Al-Fartusie, F.S., Mohssan, S.N. (2017). Essential trace elements and their vital roles in human body. *Indian J Adv Chem Sci*, 5(3): 127-136.
- Alvarez, V.B., Pascall, M.A. (2011). *Packaging*. Encyclopedia of Dairy Sciences (Second Edition) Academic Press, 16–23.
- Anonim (2015). <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zu>. Erişim tarihi: 10.09.2015.
- Anonymous (1997). Codex Alimentarius Commission (CAC), Procedural Manual, 10th ed., Joint FAO/WHO Food Standards Programme, Rome.
- Anonymous (2013). <http://faostat3.fao.org/wds/rest/exporter/streamexcel>, Erişim Tarihi: 29.11.2015.
- Anonymous (2014). <http://faostat3.fao.org/wds/rest/exporter/streamexcel>. Erişim Tarihi: 15.08.2016.
- Basta, N.T., Ryan, J.A., Chaney, R.L. (2005). Trace element chemistry in residual-treated soil. *J Environ Qual*, 34(1): 49-63.
- Battaglia, V., Compagnone, A., Bandino, A., Bragadin, M., Rossi, C.A., Zanetti, F., Colombatto, S., Grillo, M.A., Toninello, A. (2009). Cobalt induces oxidative stress in isolated liver mitochondria responsible for permeability transition and intrinsic apoptosis in hepatocyte primary cultures. *Int J Biochem Cell Biol*, 41: 586-594.
- Bingöl, M.E., Geven, F., Güney, K., Ketenoğlu, O., Erdoğan, N. (2010). Egzoz gazlarının bitkilere etkileri ve koruma önerileri. *Biyo Bil Arş Derg*, 3(2): 63-67.
- Brown, K.M., Arthur, J.R. (2001). Selenium, selenoproteins and human health a review. *Public Health Nutr*, 4(2B): 593-599.
- Bruce, A., Bergstrom, L. (1983). User requirements for data bases and applications in nutrition research. *Food Nutr Bull*, 5: 24-29.
- Chary, N.S., Kamala, C.T., Samuel Suman Raj, D. (2008). Assessing risk of heavy metals from consuming food grown on sewage irrigated soils and food chain transfer. *Ecotox Environ Safe*, 69(3). 513-524.
- Erdogan, A. (2004). The aflatoxin contamination of some pepper types sold in Turkey. *Chemosphere*, 56: 321–325.
- Formicki, G., Stawarz, R., Gren, A., Muchacka, R. (2012). Cadmium, copper, lead and zinc concentrations in low quality wines and alcohol containing drinks from Italy, Bulgaria and Poland. *J Microbiol, Biotechnol Food Sci 1* (February Special issue), 753-757.
- Fraga, C.G. (2005). Relevance, essentiality and toxicity of trace elements in human health. *Mol Aspects Med*, 26: 235–244.
- Jeremias, C.T.L. David, B. Royden, J. (2006). Severe ataxia, myelopathy, and peripheral neuropathy due to acquired copper deficiency in a patient with history of gastrectomy. *JPen-Parenter Enter*, 30: 446-450.
- Kilic, S., Kilic, M. (2018). Laboratuvar yeterlilik testi biber tozu örneğinde ICP-MS ile element analizi. *AKU Fen Müh Bil Derg*, 18 (011202): 112-117.
- Kumbur, H., Özsoy, HD., Özer, Z. (2008). Mersin ilinde tarımsal alanlarda kullanılan kimyasalların su kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Ekoloji*, 17(68): 54-58.
- Mubeen, H., Naeem, I., Taskeen, A. Saddiqe, Z. (2009). Investigations of heavy metals in commercial spices brands. *New York Sci J*, 2: 20–26.
- Naglaa, F. Soliman (2015).. Metals contents in spices and herbs available on the Egyptian market: assessment of potential human health risk. *Open Conference Proceedings J*, 6: 24-29.
- Notten, M.J.M., Oosthoek, A.J.P., Rozema, J., Aerts, R. (2005). Heavy metal concentrations in a soil-plant-snail food chain along a terrestrial soil pollution gradient. *Environ Pollut*, 138(1): 178–190.
- Ramonaityte, D.T. (2001). Copper, zinc, tin and lead in canned evaporated milk, produced in Lithuania: the initial content and change in storage. *Food Addit Contam*, 18(1): 31-37.

- Roychowdhury, T., Tokunaga, H., Ando, M. (2003). Survey of arsenic and other heavy metals in food composites and drinking water and estimation of dietary intake by the villagers from an arsenic-affected area of West Bengal, India. *Sci Total Environ*, 308: 15-35.
- Stresty, T.V.S., Madhava, R.K.V. (1999). Ultrastructural alterations in response to zinc and nickel stress in the root cell of pigeonpea. *Environ Exp Bot*, 41:3-13.
- Sydor, M. Zamble, D.B. (2013). Nickel metallomics: General themes guiding nickel homeostasis. In: B. Lucia, (Ed.), *Metallomics Cell. Metal Ions in Life Sciences*, Vol. 12. Ch. 11. Dordrecht: Springer.
- USEPA (2012). Waste and cleanup risk assessment. <http://www2.epa.gov/risk/waste-and-cleanup-risk-assessment>.
- Vural, H. (1993). Toksik metal iyonlarının gıdalarda oluşturduğu kirlilikler. *Çevre Derg*, 8: 3-8.
- Wessling-Resnick, M. (2014). Iron. In: A. C. Ross, B. Caballero, R. J. Cousins, K. L. Tucker, R. G. Ziegler, (Ed.), *Modern Nutrition in Health and Disease*, 11th ed. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins, 176-188p.
- William, T.C., Frank, B.H. (2004). Role of chromium in human health and in diabetes, *Diabetes Care*, 27(11): 2741-2751.
- Yentür, G., Er, B. (2012). Gıdalarda aflatoksin varlığının değerlendirilmesi. *Türk Hij Den Biyol Derg*, 69(1):41-52.