

## Doğu Karadeniz Yöresinde Üretilen Bazı Çayların Alüminyum Akümülayonu ve Ağır Metal İçeriklerinin Belirlenmesi

Mehmet Alkayın<sup>1</sup> , Nesrin Yıldız<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Rize İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Rize

<sup>2</sup>Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Erzurum

Geliş Tarihi / Received Date: 01.03.2022

Kabul Tarihi / Accepted Date: 24.05.2022

### Öz

Çay (*Camellia sinensis*) ülkemizde ve dünyada en popüler içeceklerden biridir. Çay gibi doğal gıda materyalleri ve özellikle gıda katkı maddesi olarak alüminyum (Al) bileşiklerini içeren gıdalar halk için Al maruziyetinin ana yolunu temsil eder. Bu araştırmanın amacı; Doğu Karadeniz bölgesinde yaygın olarak üretilen bazı çay marka ve çeşitlerinin toplam ve infüze Al ve potansiyel toksik ağırmetal (Pb,Cr,Co,Ni ve Cd) içeriğinin belirlenmesidir. Bu amaçla, 54 farklı siyah çay örneği toplanmıştır. Toplam alüminyum içerikleri ve potansiyel toksik ağırmetaller nitrik-perklorik asitle yaş yakma sonucu edilen çözeltide belirlenmiştir. Infüze Al ekstraksiyonu ve analizi; 1 g öğütülmüş siyah çaylara 40 ml destile sıcak su eklenmiş (20 dak) ve daha sonra berrak süzükte Al konsantrasyonları belirlenmiştir. Sonuç olarak, siyah çayların toplam Al içeriği referans aralığında bulunmuştur. Ancak, infüzyon ekstraktında Al, WHO/UE referans değerlerine göre çok yüksek (>0,2 ppm) bulunmuştur. Toplam Al'dan % 1.16-1.56 oranında infüze olmuştur. Sıcak suda infüze olan çay örneklerinin ince öğütülmüş olmasının (poşet çay) hızlı infüzyona sebep olabileceğine ayrıca yaşlı çay yapraklarının genç yapraklardan daha fazla Al akümüle etmesi nedeniyle, araştırmada yaşlı yaprak hasat ürünü çay örnekleri kullanılmış olması da diğer bir olasılıktır. Çay tüketiminde insan bünyesine geçen yüksek Al düzeyinin sağlık açısından uzun metrajlı çalışmalarla insanlar üzerindeki olası etkisinin sağlık otoriteleri tarafından değerlendirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Çay bitkisi örneklerinde, potansiyel toksik diğer ağır metaller (Cd, Pb, Co, Ni, Cr) açısından sağlık için tehlikeli sınır değerini aşmadığı sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** çay, alüminyum, ağır metal, akümülayon, infüzyon

## Determination of Aluminum Accumulation and Heavy Metal Content of Some Tea Produced In Eastern Black Sea Region

### Abstract

Tea (*Camellia sinensis*) is one of the most popular beverages all over the World. Aluminum (Al) intake from natural foods like tea and those containing aluminum compound used as food additives represents the major route of aluminum exposure for the general public. The aim of this research was to determine content of total and infused Al and potentially toxic heavy metal (Pb, Cr, Co, Ni and Cd) content of some tea brands and varieties widely produced in the Eastern Black Sea region. For this purpose, 54 different black tea samples were collected. Total aluminum contents and potentially toxic heavy metals were determined in the wet-burning solution with nitric-perchloric acid. Total contents of Aluminum and heavy metals were digest with nitric-perchloric acid mix and concentrations of mineral contents and total were determined in the obtained clear solutions using ICP-MS. Infusion; 40 ml of hot distilled water was added to 1 g ground black tea particles (20 min) and then filtered to obtain the clear solution for further processing. As a result: total aluminum contents in the black tea samples were between normal level. But unfortunately the solubility of aluminum in both infusion extracts very high value or toxic level (> 0.2 ppm) according to WHO/EU references values. It was noted that tea samples brewed in hot water may be finely ground (such as teabag teas), which may also be rapid and large amounts of infusion agents. The ratio of Al in total aluminum to infusions ranged from 1.56 to 1.16%. On the other hand, it is another possibility that the tea samples used in the research are harvest products of the old leaves because the old tea leaves accumulate more amount of Al than the young leaves. It was concluded that health authorities should evaluate the possible effect of high aluminum level on human consumption in tea consumption through long-term studies in terms of health. It was concluded that the dangerous limit value for health was not exceeded in terms of other potentially toxic heavy metals (Cd, Pb, Co, Ni, Cr) in tea plant samples.

**Keywords:** tea, aluminum, heavy metal, accumulation, infusion

## Giriş

Angiospermae sınıfından olan çay bitkisi (*Camellia sinensis*), Dicotyledonea alt sınıfı içerisinde Theaceae (*Camellia*) familyasındadır. 1950 yılında çayın ismi *Thea sinensis* L. olarak kabul edilmiştir. Daha sonra yapılan sistematikte çay *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze olarak isimlendirilmiştir. *Camellia* familyasındaki bitkiler genel anlamda tüm mevsimlerde yeşil renkli, sık yapraklı ve boyları 1,5 metreye kadar yükselebilir özelliktedirler. Çay bitkisi 100 yıla kadar yaşayabilir ancak 50. senenin üzerinde verim düşmeye başlar. Çay bitkisinde çiçek açma dönemi Temmuz-Ocak, Ağustos-Aralık veya Ekim-Aralık aylarında olabilmektedir. Çay çiçekleri, genellikle yabancı çiçek tozları ile döllenir (Kacar, 1987).

Çay bitkisi dünya üzerinde geniş bir coğrafyada yetişen yarı tropik denilebilecek çok yıllık bir bitkidir (Ozkutlu vd., 2015). 1.000 m rakıma kadar rahatlıkla yetiştirilebilen çay bitkisi, bazı ülkelerde 1.000 m üzerinde de yetişebilmektedir. 14-40 °C arasında sürgün gelişimi görülen çay bitkisinde 12,5 °C'nin altındaki sıcaklık derecelerinde sürgün gelişimi tamamen durmakta, -15 °C'nin altında ve 40 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ise çay bitkisinde zarar oluşmaktadır. Çay bitkisi asit tepkimeli, kumdan kile kadar değişen bünyelerde yetişebilen, kalsiyum sevmeyen pH 4,5-6,0 arasında en uygun gelişim gösteren, normal bitki besin elementlerinin yanında Alüminyum (Al) özel ihtiyaç duyan (nadir görülür) bir bitkidir (Kacar, 2010, Ozkutlu vd., 2015). Latince adıyla *Camellia sinensis* olarak bilinen çay bitkisi, dünyada sudan sonra en fazla tüketilen içecektir. Bugün Hindistan, Çin, Sri Lanka, Japonya ve Tayvan başta olmak üzere yaklaşık 30 ülkede çay üretilmektedir (Üstün ve Demirci, 2013).

Bitki gelişiminde iyon dağılımı ve dengesi oldukça önemlidir (Korkmaz vd., 2021; Ozkutlu vd., 2016). Bu kapsamda mutlak gerekli bir element olmamasına karşın Al, asit koşullara adapte olmuş kimi bitkiler için yararlı temel fizyolojik etkilere sahip bir elementtir. Al içeriklerine göre doğada yetişen bitkiler: 1) Alüminyum biriktirenler, 2) Al biriktirmeyenler şeklinde iki grup altında toplanmaktadır (Watanabe ve Osaki, 2002). Bitkilerin çok büyük bir bölümü ikinci gruba yani alüminyum biriktirmeyenler grubuna girer. Kimi bitkiler olumsuz şekilde etkilenmeden ve zarar görmeden önemli miktarda alüminyum biriktirir. Örneğin çay bitkisinin gelişmesi üzerinde alüminyumun etkisi olmazsa olmaz düzeyindedir. Çay bitkisi alüminyum biriktiren bitkilerden biri ve belki de birincisidir. Çay bitkisi yanında yosunlar, eğrelti otu taşkıran çiçeği, süpürge otu ve sarkık otu alüminyuma dayanıklı bitkiler olarak gruplandırılmıştır. (Takahashi ve Miyake, 1977). Çay bitkisinde Al temelde olgun yapraklarda birikir (Ruan ve Wong, 2001). Matsumoto vd. (1976) Kyoto Üniversite çiftliğinde 10 yaşındaki çay bitkisinin (*Camelia sinensis*, varyabukita) yaşlı yapraklarında Al miktarının 30690 µg g<sup>-1</sup> ve genç yaprakların da 600 µg g<sup>-1</sup> olduğunu belirlemişlerdir. Çay bitkisinin alüminyum içeriği üzerine çeşitli etmenler etki yapar. Bunlar: a) Yaprığın yaşı, b) Çay bitkisinin yaşı, C) Genetik yapı d) Yağış miktarı, e) Yörenin denizden yüksekliği ve f) Çay toprağının özellikleridir (Fung vd., 2003; Ruan ve Wonk, 2001; Shu vd., 2003).

Alüminyum kapsamının yüksek olmasını ve çay topraklarının göreceli olarak fazla miktarda alüminyum içermelerini dikkate alan Chenery (1955) çay bitkisi için alüminyumun mutlak gerekli bir element olabileceğini belirtmiştir. Alüminyumun çay bitkisinin gelişmesi üzerine olumlu etkilerinin olduğu Matsuda vd. (1975) ile Sivasubramaniam ve Talibudeen (1971) tarafından yapılan çalışmalar ile ortaya konmuştur. Alüminyumun farklı bitkiler üzerine olumlu etki yaptığını çeşitli araştırmacılar da rapor etmişlerdir. Örneğin; Stoklasa (1922) sucul bitkilerde, Sommer (1926) bezelye ve darı bitkisinde ve Lipman (1938) mısır bitkisinde alüminyumun gelişme üzerinde dikkate değer olumlu etkilerini saptamışlardır. Buna karşın doğadaki bitkilerin çok büyük bir bölümü ikinci gruba yani alüminyumun biriktirmeyenler grubuna girmektedir (Kacar, 2014)

Pytlakowska vd. (2011) bitkisel çay çalışmış ve Polonya'da satılan çayların yapraklardaki alüminyum içeriğini 13,0-297 arasında tespit etmişlerdir, 10 dakikalık çay demlendikten sonra infüzyondaki alüminyum içeriğinin 0,862-53,4 µg/g arasında değiştiğini, 30 dakika sonra 6,42-52,2 µg/g içinde olduğunu tespit edilmiştir.

Bedir ve Altıntığ (2010) yaptığı çalışmada; Çeşitli bitki çayları (Nane, Rezene, Kekik, Kantaron, Melisa), network firma çayları (Herbalife, Foreverliving) ve siyah çaylardan (marketlerden alınan) alınan 13 çay

numunesinde ICP-OES cihazı ile Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, ve Pb metallerinin deme geçen derişimleri incelemiş, sonuç olarak tüm çay örneklerinde deme geçen metallerin insan vücuduna alınması gereken miktarların üzerinde olduğunu, bu metal miktarlarının paket çaylarda Fazla olduğunu, açık çaylarda ise paket çaylara göre nispeten daha az olduğunu, ayrıca açık ve poşet çaylardaki metal miktarları 2, 5, 10 dakikalık sürelerle deme geçen süreleri karşılaştırıldığında, demleme süresi arttığında çaya geçen metal miktarının arttığını ifade etmiştir.

Zhang vd. (2018) planladıkları bir çalışmada, çay yapraklarında ve yetiştirildiği topraklarda (0-30 cm) alüminyum (Al) ve ağır metallerin (Mn, Pb, Cd, Hg, As, Cr, Ni, Cu ve Zn) konsantrasyonlarının incelemişlerdir. Araştırma Çin'de Puan County'de (Guizhou Eyaleti,) gerçekleştirilmiştir. Söz konusu ağır metallerin Ortalama konsantrasyonları toprakta sırasıyla; Al, Mn, Pb, Cd, Hg, As, Cr, Ni, Cu ve Zn 103, 214, 20,9, 0,09, 0,12, 17,5, 121, 27,8, 131,2 ve 64 mg kg-1. Genç çay yapraklarındaki Al, Mn, Pb, Cd, Hg, As, Cr, Ni, Cu ve Zn konsantrasyonlarının aralığı 250–660, 194–1130, 0,107-0,400, 0,012-0,092, 0,014-0,085, 0,073-0,456, 0,33-1,26, 6,33–14,90, 14,90–26,10 ve sırasıyla 35,8-50,3 mg kg-1. Olgun çay yapraklarında sırasıyla 4300–10,400, 536–4610, 0,560–1,265, 0,040–0,087, 0,043-0,089, 0,189-0,453, 0,69-2,91, 3,43–14,20, 6,17–16,25 ve 9,1–20,0 mg kg-1 olduğu belirlenmiştir.

Karimi vd. (2008) planladıkları çalışmada, Al, As, Cu, Hg ve Pb içeren beş ağır metalin konsantrasyonu, Mashhad pazarından toplanan örnekler üzerinde AAS ile belirlenmişlerdir. Al ve As için sırasıyla En yüksek ( $908,30 \pm 377,70 \mu\text{g/g}$ ) ve en düşük ( $0,09 \pm 0,02 \mu\text{g/g}$ ) değerler tespit etmişlerdir. Genel olarak, siyah çayın metal içeriklerinin, çay infüzyonundan yüksek olduğu bulunmuştur.

Yetişkinlerde diyetle, çayla ve suyla alınan alüminyumun izin verilebilir değerleri: Avustralya (1,9-2,4 mg/gün), Finlandiya (6,7 mg/gün), Almanya (8–11 mg/gün), Japonya (4,5 mg/gün), Hollanda (3,1 mg/gün), İsveç (13 mg/gün), İsviçre (4,4 mg/gün), Birleşik Krallık (3,9 mg/gün) ve ABD (7,1-8,2 mg/gün) şeklindedir. 5-8 yaş arası çocuklarda; Almanya'da günde 0,8 mg, günde 6,5 mg olarak bulunmuştur. Kanada, İngiltere ve ABD'de alüminyum bebeklerde 0,03 ila 0,7 mg/gün arasında değişmiştir (WHO, 1997). Bu kapsamda bitkilerde ağır metal birikimi insan sağlığı açısından oldukça önemlidir ve bitkilerde ağır metallerin izlenmesi gereklidir (Korkmaz ve ark., 2017; Korkmaz ve Türkş 2021). Bu araştırmanın amacı; Doğu Karadeniz bölgesinde yaygın olarak üretilen bazı çay marka ve çeşitlerinin toplam ve infüze Al ve potansiyel toksik ağırmetal (Pb, Cr, Co, Ni ve Cd) içeriğinin belirlenmesidir.

## Materyal ve Yöntem

Çalışma sahası, 3092 Sayılı Çay Kanunu (Çay Kanunu, 1984) ile ve bu kanuna göre çıkarılan yönetmeliklerle I. Kalite Çay Üretim bölgesi olarak belirlenen, Artvin, Rize, Trabzon ve Giresun illerindeki çay üretim bölgelerinden oluşmaktadır.

Alınan kuru çay örnekleri; ÇAYKUR'a ait Kamelya Çayı Organik Hemşin Çayı, Altınbaş Klasik, Organik Zümrüt Yeşil Çay, Rize Turist Çayı, Organik Rize Çayı, Çay Çiçeği, 42 Nolu Tirebolu Çayı, Burcum Yeşil Çay, Anadolu Filiz Çayı, Ayder Çayı, Gap Çayı, Nadidem Misafir Çayı, Her Dem Yeşil çayı, özel sektöre ait Rize Güneysu Örnek Çay, Nalkıran Çay Rize Merkez, Doğu Çay Salarha Rize Merkez, Hantal Çay Rize Derepazarı, Özgür Çay Dağsu Rize Merkez, Of Çay Rize Pazar (Organik), Karali Çay, Alkan Çay, Nergiz Çay Güneysu Merkez, Kader Çay (Dağınıksu) Rize Merkez, Zülfikar Çay, Nur Çay Doğu Çay, Altınbaşak Çay, Karali Çay, Ocak Çay, Erdiñ Çay, Kardeşler Çay, Güneyce Çay, Bey Çay, Lipton marka çaylardır.

Çalışmada; Ortodoks yöntemiyle (Özdemir vd., 1999) üretilmiş çay numuneleri analize hazırlanmış ve kuru çay örnekleri nitrik-perklorik asit karışımında (Yaş Yakma) yakılmış bitki çözeltileri elde edilmiştir. Nitrik-perklorik asit karışımı ile yaş yakmada 0,5'er gram bitki örneği üzerine 10 cc kadar asit karışımı ilave edilerek optimum 240 °C de renksiz çözelti elde edince ye kadar yakılmış ve çözelti belli bir hacme tamamlanmıştır. Elde edilen bitki çözeltilerinde ağır metal analizleri haricinde asıl çalışmanın temel hedef analiz olan Alüminyum analizi yapılmıştır.

Çay örnekleri analize hazırlık sürecinde sabit ağırlığa ulaşıncaya kadar 70 °C derecede bekletildikten sonra, 0,5 gr tartılıp üzerine 10 ml Nitrik-perklorik asit eklenmiş ve yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yakma ürünleri Watman 42 filtre kâğıdı ile süzülüp saf su ile süzükler 25 ml tamamlanmıştır. Hazırlanan

süzüklerde (yaş yakma yöntemi ile oluşturulan) ağır metalleri (Al, Pb, Cr, Co, Ni, Cd) belirlemek üzere ICP-MS cihazında DAYTAM 'da okumalar yapılmıştır (Kacar ve İnal, 2008).

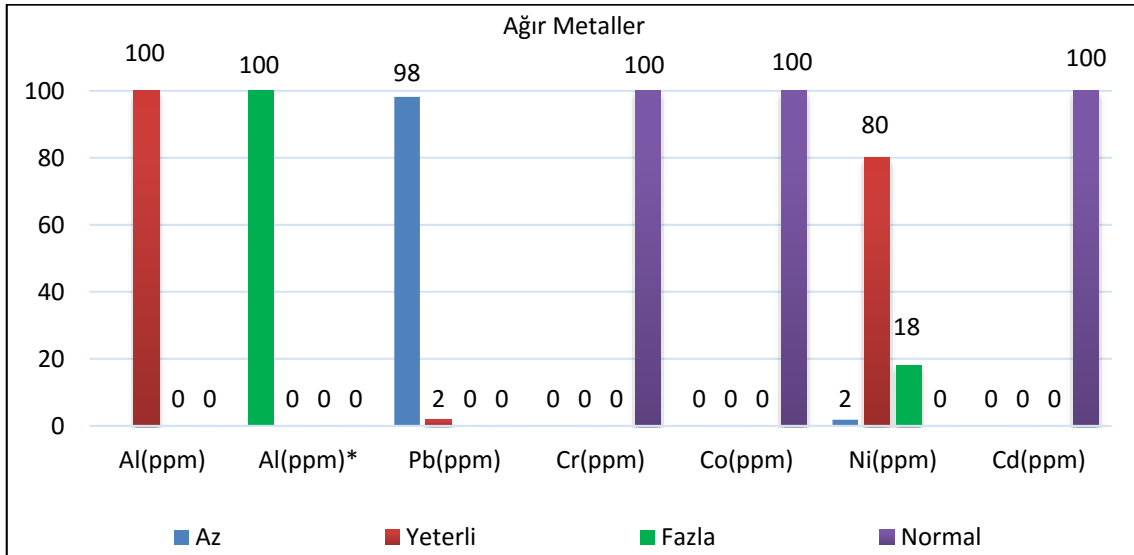
Ortalama piyasadaki sallama poşet çayların miktarı esas alınarak, 1-2 mm incelikte öğütülmüş olan çay yaprak örneklerinden 1 gr tartılıp 40 cc kaynar su ekleyip 20 dakika beklenmiş, oluşan çözeltiler Whatman-42 filtre kâğıdı ile süzülerek infüze çözeltiler oluşturulmuş ve ICP-MS cihazında alüminyum okumaları yapılmıştır.

Bitki örneklerinde belirlenen kimyasal analiz sonuçları arasında ilişki olup olmadığını belirlemek amacıyla örnekler arasında korelasyon yapılmış ve %0,05 ve %0,01'e göre (Jump 11.2.0 ver. İstatistik programı) önemlilik düzeyleri değerlendirilmiştir.

### Bulgular ve Tartışma

Çay bitkisine geçen besin elementleri analizleri yapılmış, istatistiki açıdan önemli çıkan değerler Reuters ve Robinson (1997), Chu ve Juneja (1997)'a ve Kabata-Pendias ve Pendias (1984) ve Johns vd. (1991)'e göre yorumlanmıştır. Çay Alüminyum Referans Değerleri Al; (mg kg<sup>-1</sup>) < 420 (az) 420 -3500 (yeterli) 3500 den büyükse (fazla) (Chu ve Juneja, 1997) şeklinde değerlendirilmiştir. Ağır metaller (ppm); Al için en yüksek değer 3379,94ppm, en düşük 646,66ppm, ortalama 2204,75ppm (normal), infüze Al için en yüksek 39,52ppm, en düşük 10,25ppm, ortalama 20,75ppm (fazla), Pb için en yüksek 2,46ppm, en düşük 0,59ppm, ortalama 0,89ppm (az), Cr için en yüksek 3,37, en düşük 0,79ppm, ortalama 1,56 (normal), Co için en yüksek 0,70ppm, en düşük 0,03ppm, ortalama 0,30ppm (normal), Ni için en yüksek 8,45ppm, en düşük 2,60ppm, ortalama 5,08ppm (yeterli), Cd için en yüksek 0,12ppm, en düşük 0,02ppm, ortalama 0,06ppm (normal) olduğu tespit edilmiştir (Tablo 1.)

Karadeniz Bölgesini temsilen, 10 farklı noktadan ve piyasadaki alınan toplam 54 kuru çay örneğinin; ağır metaller analiz sonuçlarının element içeriği bakımından Al içeriği %100 yeterli, Al\* %100 fazla, Pb %98 normal, %2 yeterli, Cr %100 normal, Co %100 normal, Ni %2 az, %80 yeterli, %18 fazla, Cd %100 normal düzeyde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Ağır Metallerin Yeterlilik Düzeyleri

**Tablo 1.** Yaş Yakma Bitki Çözeltilerinde Ağır Metal Konsantrasyonları

Örnek No	*Al(ppm) (Kuru Çay Yaş Yakma)	Yorum	**Al(ppm) (Çay Süzüğü)	Yorum	Toplam Al Miktarından Deme Geçen Al (%)	Pb (ppm)	Yorum	Cr (ppm)	Yorum	Co (ppm)	Yorum	Ni (ppm)	Yorum	Cd (ppm)	Yorum
1	1580,67	Yeterli	11,95	Fazla	0,76	1,43	Normal	1,77	Normal	0,34	Normal	4,22	Yeterli	0,07	Normal
2	2157,75	Yeterli	27,98	Fazla	1,30	2,46	Yeterli	1,41	Normal	0,30	Normal	4,79	Yeterli	0,07	Normal
3	1768,56	Yeterli	27,29	Fazla	1,54	1,03	Normal	1,41	Normal	0,27	Normal	4,68	Yeterli	0,06	Normal
4	2532,80	Yeterli	25,12	Fazla	0,99	1,18	Normal	1,57	Normal	0,40	Normal	5,35	Yeterli	0,09	Normal
5	2608,59	Yeterli	29,84	Fazla	1,14	0,85	Normal	2,31	Normal	0,34	Normal	5,54	Yeterli	0,09	Normal
6	2384,89	Yeterli	21,13	Fazla	0,89	0,93	Normal	1,69	Normal	0,37	Normal	5,73	Yeterli	0,06	Normal
7	2409,70	Yeterli	28,49	Fazla	1,18	0,93	Normal	1,59	Normal	0,37	Normal	5,24	Yeterli	0,07	Normal
8	2208,75	Yeterli	24,12	Fazla	1,09	0,91	Normal	1,29	Normal	0,26	Normal	3,39	Yeterli	0,07	Normal
9	2067,71	Yeterli	19,86	Fazla	0,96	0,91	Normal	1,06	Normal	0,55	Normal	4,67	Yeterli	0,06	Normal
10	2040,52	Yeterli	19,10	Fazla	0,94	1,12	Normal	1,72	Normal	0,32	Normal	5,45	Yeterli	0,05	Normal
11	1924,12	Yeterli	26,24	Fazla	1,36	0,86	Normal	1,42	Normal	0,26	Normal	4,42	Yeterli	0,06	Normal
12	3153,12	Yeterli	30,05	Fazla	0,95	0,78	Normal	1,73	Normal	0,19	Normal	5,16	Yeterli	0,06	Normal
13	2231,66	Yeterli	28,14	Fazla	1,26	0,75	Normal	1,25	Normal	0,03	Normal	4,75	Yeterli	0,04	Normal
14	2080,61	Yeterli	27,76	Fazla	1,33	0,71	Normal	0,79	Normal	0,19	Normal	3,65	Yeterli	0,06	Normal
15	2595,12	Yeterli	28,63	Fazla	1,10	0,74	Normal	1,86	Normal	0,34	Normal	4,99	Yeterli	0,07	Normal
16	2545,65	Yeterli	22,11	Fazla	0,87	0,71	Normal	1,89	Normal	0,11	Normal	4,52	Yeterli	0,05	Normal
17	2161,71	Yeterli	19,68	Fazla	0,91	0,71	Normal	1,72	Normal	0,26	Normal	4,95	Yeterli	0,06	Normal
18	2253,87	Yeterli	22,26	Fazla	0,99	0,75	Normal	1,57	Normal	0,34	Normal	6,27	Fazla	0,06	Normal
19	2372,17	Yeterli	18,29	Fazla	0,77	0,96	Normal	1,65	Normal	0,37	Normal	7,02	Fazla	0,06	Normal
20	2470,73	Yeterli	23,05	Fazla	0,93	0,93	Normal	1,56	Normal	0,33	Normal	5,17	Yeterli	0,06	Normal
21	2731,97	Yeterli	30,11	Fazla	1,10	1,24	Normal	1,75	Normal	0,41	Normal	6,51	Fazla	0,12	Normal
22	2506,43	Yeterli	20,63	Fazla	0,82	1,52	Normal	1,39	Normal	0,47	Normal	6,04	Fazla	0,07	Normal
23	2440,78	Yeterli	19,10	Fazla	0,78	1,02	Normal	1,06	Normal	0,34	Normal	5,00	Yeterli	0,07	Normal
24	3375,11	Yeterli	23,71	Fazla	0,70	1,29	Normal	3,37	Normal	0,62	Normal	8,45	Fazla	0,09	Normal

\* Kuru çaya geçen Al konsantrasyonunu belirlemek için yaş yakma yöntemi ile hazırlanan süzüklerin sonuçları.

\*\* Demlendiğinde çaya geçen Al konsantrasyonunu belirlemek için demleme yöntemi ile hazırlanan süzüklerin sonuçları.

Örnek No	*Al(ppm) (Çay Yaş Yakma)	Yorum	**Al(ppm) (Çay Süzüğü)	Yorum	Toplam Al Miktarından Deme Geçen Al (%)	Pb (ppm)	Yorum	Cr (ppm)	Yorum	Co (ppm)	Yorum	Ni (ppm)	Yorum	Cd (ppm)	Yorum
25	2802,85	Yeterli	21,98	Fazla	0,78	0,64	Normal	1,82	Normal	0,35	Normal	5,68	Yeterli	0,07	Normal
26	2540,15	Yeterli	19,65	Fazla	0,77	0,66	Normal	1,36	Normal	0,37	Normal	4,42	Yeterli	0,07	Normal
27	2756,45	Yeterli	20,39	Fazla	0,74	0,85	Normal	1,63	Normal	0,42	Normal	5,86	Yeterli	0,07	Normal
28	1867,76	Yeterli	16,43	Fazla	0,88	0,79	Normal	1,59	Normal	0,19	Normal	5,80	Yeterli	0,05	Normal
29	2194,91	Yeterli	17,17	Fazla	0,78	1,23	Normal	1,08	Normal	0,40	Normal	7,03	Fazla	0,06	Normal
30	1372,15	Yeterli	12,92	Fazla	0,94	0,65	Normal	0,81	Normal	0,17	Normal	3,60	Yeterli	0,04	Normal
31	3379,95	Yeterli	24,27	Fazla	0,72	0,76	Normal	1,75	Normal	0,53	Normal	5,53	Yeterli	0,06	Normal
32	2320,28	Yeterli	25,59	Fazla	1,10	0,93	Normal	1,28	Normal	0,35	Normal	4,41	Yeterli	0,07	Normal
33	1867,43	Yeterli	22,41	Fazla	1,20	0,73	Normal	2,70	Normal	0,39	Normal	5,62	Yeterli	0,05	Normal
34	1950,76	Yeterli	22,12	Fazla	1,13	0,67	Normal	1,62	Normal	0,21	Normal	5,03	Yeterli	0,05	Normal
35	2718,85	Yeterli	28,97	Fazla	1,07	0,83	Normal	1,74	Normal	0,43	Normal	5,46	Yeterli	0,08	Normal
36	1732,79	Yeterli	15,80	Fazla	0,91	0,86	Normal	1,59	Normal	0,20	Normal	6,08	Fazla	0,05	Normal
37	2700,32	Yeterli	22,02	Fazla	0,82	0,88	Normal	2,02	Normal	0,40	Normal	5,87	Yeterli	0,08	Normal
38	2411,07	Yeterli	19,66	Fazla	0,82	0,86	Normal	1,28	Normal	0,42	Normal	8,21	Fazla	0,06	Normal
39	1850,40	Yeterli	17,81	Fazla	0,96	0,65	Normal	1,06	Normal	0,38	Normal	6,06	Fazla	0,06	Normal
40	2400,68	Yeterli	20,76	Fazla	0,86	1,02	Normal	1,45	Normal	0,70	Normal	5,47	Yeterli	0,07	Normal
41	3086,75	Yeterli	39,52	Fazla	1,28	0,85	Normal	1,78	Normal	0,13	Normal	4,51	Yeterli	0,06	Normal
42	2413,35	Yeterli	27,77	Fazla	1,15	0,71	Normal	1,36	Normal	0,33	Normal	5,24	Yeterli	0,06	Normal
43	1725,36	Yeterli	15,30	Fazla	0,89	0,70	Normal	0,99	Normal	0,19	Normal	2,60	Yeterli	0,06	Normal
44	2095,10	Yeterli	16,08	Fazla	0,77	0,66	Normal	1,13	Normal	0,15	Normal	3,66	Yeterli	0,04	Normal
45	1902,96	Yeterli	16,44	Fazla	0,86	0,65	Normal	1,58	Normal	0,10	Normal	4,54	Yeterli	0,05	Normal
46	1765,56	Yeterli	13,74	Fazla	0,78	0,74	Normal	1,10	Normal	0,13	Normal	4,55	Yeterli	0,04	Normal
47	1586,71	Yeterli	13,98	Fazla	0,88	0,59	Normal	0,82	Normal	0,08	Normal	3,69	Yeterli	0,04	Normal
48	2365,40	Yeterli	16,40	Fazla	0,69	0,87	Normal	1,73	Normal	0,34	Normal	6,56	Fazla	0,05	Normal
49	1986,27	Yeterli	10,29	Fazla	0,52	0,87	Normal	1,60	Normal	0,11	Normal	4,21	Yeterli	0,03	Normal
50	2247,84	Yeterli	15,99	Fazla	0,71	0,87	Normal	2,00	Normal	0,40	Normal	3,95	Yeterli	0,06	Normal
51	1844,84	Yeterli	13,79	Fazla	0,75	0,86	Normal	1,48	Normal	0,13	Normal	4,84	Yeterli	0,05	Normal
52	2049,01	Yeterli	15,44	Fazla	0,75	0,76	Normal	1,65	Normal	0,28	Normal	5,06	Yeterli	0,05	Normal
53	646,66	Yeterli	12,22	Fazla	1,89	0,77	Normal	0,98	Normal	0,10	Normal	4,52	Yeterli	0,02	Normal
54	2007,89	Yeterli	11,47	Fazla	0,57	0,93	Normal	2,83	Normal	0,21	Normal	5,14	Yeterli	0,07	Normal

\* Kuru çaya geçen Al konsantrasyonunu belirlemek için yaş yakma yöntemi ile hazırlanan süzüklerin sonuçları.

\*\* Demlendiğinde çaya geçen Al konsantrasyonunu belirlemek için demleme yöntemi ile hazırlanan süzüklerin sonuçları.

**Tablo 2.** Çay Bitkisinin Alüminyum ve Toksik Ağır Metal Konsantrasyonlarına Ait Korelasyon Analiz Sonuçları

	Al <sup>x</sup>	Al <sup>xx</sup>	Pb	Cr	Co	Ni
Al <sup>x</sup>						
Al <sup>xx</sup>	0,702**					
Pb	0,174	0,196				
Cr	0,460*	0,163	0,134			
Co	0,505*	0,245	0,339*	0,311*		
Ni	0,587*	0,312*	0,270	0,442*	0,544*	
Cd	0,682*	0,588*	0,433*	0,382*	0,622*	0,525*

\* İşaretili F değeri  $p < 0,05$ ; \*\* işaretili F değerleri ise  $p < 0,01$  olasılık düzeyinde önemlidir.

<sup>x</sup> Kuru çaya geçen Al konsantrasyonunu belirlemek için yaş yakma yöntemi ile hazırlanan süzüklerin sonuçları.

<sup>xx</sup> Demlendiğinde çaya geçen Al konsantrasyonunu belirlemek için demleme yöntemi ile hazırlanan süzüklerin sonuçları.

### Sonuç ve Öneriler

Doğu Karadeniz yöresinde yaygın olarak tüketilen veya ülke çapında pazarlanan çay çeşitlerinden toplanan örneklerin gerek yaprak toplam alüminyum konsantrasyonu ve gerekse demlenen çay süzüğünde serbest Alüminyumun (infüzyon) konsantrasyon değerlerinin belirlenmesi temeline dayalı olan bu araştırma çalışmasında bitki toplam Alüminyum akümülyasyon referans değerleri (420-3500 ppm) aşmamıştır. Ancak infüzyon değerlerine bakılacak olursa, 20 dakikalık demleme süresince içtiğimiz çaya geçen Al konsantrasyon değerleri (süzük Al konsantrasyon değerleri) FAO/WHO (2007), WHO (1998) ve EU (1993) kritik değerlerine göre ve Meksika İçme Suyu Standartlarına göre [ODF, 1994]], suya geçen maksimum alüminyum konsantrasyonu için sınır değer olarak kabul edilen 0.2 ppm (infüze olan Al miktarlarının referansa değer olan 0,2 ppm) in çok üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu araştırma çalışmasında infüze olan Al konsantrasyonunun belirlenmesinde kullanılan çay yapraklarının 1-2 mm incelikte öğütülmesinin infüze olan Al oranının yükselmesinde önemli bir etken olacağı da muhtemeldir. Ayrıca, Wagatsuma (1984) den aktarıldığına göre yaşlı çay yapraklarının genç yapraklara oranlar çok daha yüksek düzeyde Al akümüle ettiği varsayılırsa, çalışmada kullanılan çay örneklerinin büyük olasılıkla çay bitkisinin yaşlı yapraklarından hasat edilerek piyasa sürülmüş çaylar olduğu da diğer bir olasılıktır. Söz konusu çaylarla çözeltiliye geçen ve günlük çay tüketiminde insan bünyesine geçen yüksek Alüminyum düzeyinin sağlık açısından uzun metrajlı çalışmalarla insanlar üzerindeki olası etkisinin sağlık otoriteleri tarafından değerlendirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Araştırmada gerek piyasadaki temin edilen ve gerekse üretim sahasından alınan 54 çay örneğinden toplam Al içeriği bakımından en düşük değer 646,66 ppm ile 53 nolu örnek olan Nergiz Çaya ait, en yüksek değer ise 3379,95 ppm ile 31 nolu örnek olan ÇAYKUR Gündoğdu Çay Fabrikasına ait çay örneğinde tespit edilmiş ve yabancı kökenli çay olan 2007,89 ppm ile 54 nolu örnek olan İran çayı olup bu değerlerin kritik değer (420-3500 ppm) aralığında olduğu tespit edilmiştir.

İnfüze olan Al konsantrasyonlarına bakılacak olursa; en düşük değer 10,29 ppm ile 49 nolu örnek olan Kader Çaya ait, en yüksek değer ise 39,52 ppm ile 41 nolu örnek olan ÇAYKUR Kalkandere Kalecik Organik Çay Fabrikasına ait çay örneğinde tespit edilmiş, yabancı kökenli çaya ait değer ise 11,47 ppm ile 54 nolu örnek olan İran çayı olup bu değerlerin kritik değer (0,2 ppm)' in çok üzerinde olduğu sonucuna varılmıştır.

Peng vd. (2018), çay yapraklarındaki alüminyum (Al), manganez (Mn), kurşun (Pb), kadmiyum (Cd) ve bakırın (Cu) çevresel ve bitkisel faktörler (toprak durumu, çeşit, mevsim ve olgunluk) ve maruz kalma risklerini araştırmışlardır. Herhangi bir mevsimde çay çeşitleri arasında Al, Mn ve Cd seviyelerinde farklılıklar tespit etmişler. Mevsimsel olarak, sonbahar çayı ve/veya yaz çayı, ilkbahar çayından çok daha yüksek Al, Mn, Pb ve Cd seviyelerine sahip bulunmuştur. Çay yaprağı olgunluğu Al, Mn, Pb ve Cd konsantrasyonları ile pozitif, Cu ile negatif korelasyon göstermiştir. Bu metal elementlerin hesaplanan

ortalama günlük alım dozları (mg/ [kg]) 0.14 (Al), 0.11 (Mn),  $2.70 \times 10^{-3}$  (Cu),  $2.80 \times 10^{-4}$  (Pb) ve  $2.88 \times 10^{-6}$  (Cd) olarak tespit edilmiştir. Her metalin tehlike katsayısı değerlerinin tümü risk seviyesinden (=1) önemli ölçüde düşük bulunmuştur, bu da genel nüfus için çay tüketiminin aşırı miktarda Al, Mn, Pb, Cd veya Cu alımıyla sonuçlanmadığını göstermiştir. Bu çalışma ile tüketicinin çay tüketimi yoluyla Al ve Mn'a maruz kalmasını azaltmak için sahada izlenebilecek faktörlerin kontrol edilebileceği sonucuna varmışlardır.

Kacar vd. (1991) den aktarıldığına göre, ÇAYKUR tarafından üretilen ve 8 ilden alınan değişik siyah çay örneklerindeki alüminyumun (Al) deme geçme (infüze olan ) oranları genel olarak ; %8.5 ile 23.8 ve özel sektör tarafından üretilen ve paketlenen çay örneklerindeki deme geçen Al oranları; %8.2 ila 24.4 arasında, yabancı kökenli çaylardaki deme geçen Al oranları; %6.4 ile 24.5 arasında değişmektedir.

Çay insanlar için alışlagelmiş önemli bir diyet seçeneğidir. Silva vd. (2016) Çaydan Al alımını azaltmak için stratejiler geliştirmek için çevresel faktörlerin çay yapraklarındaki Al birikimini nasıl etkilediğini anlamaya çalışmak için farklı plantasyon koşullarına özel araştırma yapmışlardır. Toprak tozu kontaminasyonundan kaçınmak, daha yüksek rakımlardaki veya daha genç plantasyonlardan çay sürgünlerini toplamanın çay Al konsantrasyonunu düşürebileceği görüşünü öne sürmüşlerdir.

Bu çalışmada infüze Al oranları; %0,52 ile 1,89 ortalama %0,96 arasında, özel sektörde üretilen çaylarda; %0,52 ile 1,89 ortalama %0,95, ÇAYKUR çaylarında; %0,70 ile 1,36 ortalama %0,94, Organik çaylarda ise %0,87 ile 1,26 ortalama %1,10 ve yabancı kökenli çaylarda %0,57 arasında değişmiştir. Bu açıdan değerlendirme yapılacak olursa, çalışmada kullanılan çay bitkisi örneklerinde toplam alüminyum birikimlerine göre kaynar suda deme geçen (infüze olan) Al konsantrasyon değerleri oransal olarak çok daha düşük bulunmuştur. Ayrıca organik olarak üretilen ve paketlenen çaylarda deme geçen (infüze olan) Al konsantrasyonları daha yüksek bulunmuştur. Çay bitkisi örneklerinde, potansiyel toksik diğer ağır metaller (Cd, Pb, Co, Ni, Cr) açısından sağlık için tehlikeli sınır değerini aşmadığı sonucuna varılmıştır.

#### **Yazar Katkısı**

Yapılan bu çalışmanın başlangıcından sonuna kadar olan tüm süreci yazarlar birlikte yürütmüştür.

#### **Destek ve Teşekkür**

Bu makale Mehmet Alkayın'ın yüksek lisans tezinden (Tez No: 595625) türetilmiştir. Bu çalışmada Atatürk Üniversitesi BAP Projeleri konseptinde (Proje kodu; 6890 FYL-2018-6890) destek alınmıştır. DAYTAM merkezinde analizlerin yapılmasında emeği geçenlere ve üniversitemize teşekkürü borç biliriz.

#### **Etik**

Bu makalenin yayınlanmasıyla ilgili herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

#### **Çıkar Çatışması**

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını belirtmektedir.

#### **ORCID**

Mehmet Alkayın  <https://orcid.org/0000-0001-6183-2458>

Nesrin Yıldız  <https://orcid.org/0000-0002-8179-6228>

#### **Kaynaklar**

Altıntığ, E., Yalçın, N. ve Sevinç, V. (2001). *FAAS ile Çayda Ağır Metal Analizleri* [Sözlü sunum]. XV. Ulusal Kimya Kongresi, İstanbul, Türkiye



- Balcı, M., Taşkın, M. B., Kaya, E. C., Soba, M. R., Özer, P., Kabaoğlu, A., Turan, M. A. ve Taban, S. (2016). Doğu Karadeniz bölgesinde çay tarımı yapılan toprakların ve çay bitkisinin demir, bakır, çinko ve mangan durumları. *Toprak ve Su Dergisi*, 5(2), 65-74. <https://doi.org/10.21657/topraksu.269370>
- Bedir, N. (2010). *Açık ve paket çaylarda bulunan ağır metallerin icp-oes ile analizleri* [Yayımlanmış yüksek lisans tezi]. Sakarya Üniversitesi.
- Chenery, E. M. (1955). A preliminary study of aluminium and the tea bush. *Plant and Soil*, 6(2), 174-200. <https://doi.org/10.1007/BF01343446>
- Chu, D. C. ve Juneja, L. R. (1997). General chemical composition of green tea and its infusion. Yamamoto, T., Juneja, L.R., Chu, D.C. ve Kim, M. (Eds), *Chemistry and applications of green tea* (s. 13-22) içinde. CRC Press.
- Chuan-yi Peng , Xiao-hui Zhu, Ru-yan Hou, Gao-fei Ge, Ri-mao Hua, Xiao-chun Wan ve Hui-mei Cai (2018). Aluminum and heavy metal accumulation in tea leaves: An interplay of environmental and plant factors and an assessment of exposure risks to consumers. *Journal of Food Science*, 83(4), 1165-1172. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14093>
- Çay Kanunu (1984, 19 Aralık). 18610 sayılı T.C. resmi gazete. <https://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/18610.pdf> adresinden 01 Şubat 2019 tarihinde alınmıştır.
- Çaykur, (2017). 2017 Yılı Çay Sektörü Raporu. <https://www.caykur.gov.tr/Pages/Yayinlar/SektorelRaporlar.aspx> adresinden 10 Kasım 2018 tarihinde alınmıştır.
- EU, (1993). EU's drinking water standards. Council Directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption. Adopted by the Council on 3 November 1998. <https://leap.unep.org/countries/eu/national-legislation/council-directive-9883ec-quality-water-intended-human-consumption> adresinden 10 Kasım 2018 tarihinde alınmıştır.
- FAO/WHO, (2007) Aluminium (from all sources, including food additives). *Evaluation of certain food additives and contaminants* (WHO Technical Report Series, No. 940, s. 33-44) içinde. World Health Organization. [http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO\\_TRS\\_940\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_940_eng.pdf) adresinden 10 Kasım 2018 tarihinde alınmıştır.
- Fung, K. F., Zhang, Z. Q., Wong, J. W. C. ve Wong, M. H. (2003). Aluminium and fluoride concentrations of three tea varieties growing at Lantau Island, Hong Kong. *Environmental Geochemistry and Health*, 25(2), 219-232. <https://doi.org/10.1023/A:1023233226620>
- Kabata-Pendias, A. ve Pendias, H. (1984). *Trace elements in soils and plants*. CRC Press, Inc.
- Kabata-Pendias, A. (2011). *Trace elements in soils and plants* ( 4. Baskı). CRC Press.
- Kacar.B., Przemec, E., Özgümüş, A., Turan, C., Katkat, A. V. ve Kayıkçıoğlu, İ. (1979). Türkiye’de çay tarımı yapılan toprakların ve çay bitkisinin mikro element gereksinimleri üzerinde bir araştırma. TÜBİTAK-TOAG/321. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Besleme Kürsüsü, Ankara.
- Kacar, B. (1987). *Çayın biyokimyası ve işleme teknolojisi* (Yayın No:6, s. 1-71). Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü Çay-Kur Yay.
- Kacar, B. (2010). *Çay bitkisi, biyokimyası, gübrelemesi ve işleme teknolojisi* (Yayın No:1549, s. 17-26). Nobel Yayınları.
- Kacar, B. (2014). *Bitki, toprak ve gübre analizleri 2. Kolay uygulanabilir bitki analizleri* (Yayın No: 910). Nobel Yayın Evi.
- Kacar, B. ve İnal, A. (2008). *Bitki analizleri* (Cilt 1, s. 892). Nobel Yayın Evi.
- Karimi, G., Hasanzadeh, M. K., Nili, A., Khashayarmanesh, Z., Samiei, Z., Nazari, F. ve Teimuri, M. (2008). Concentrations and health risk of heavy metals in tea samples marketed in IRAN.

- Pharmacologyonline*, 3, 164-174.  
<https://pharmacologyonline.silae.it/files/newsletter/2008/vol3/17.Karimi.pdf>
- Korkmaz, K., Kara, S. M., Özkutlu, F., Akgün, M. ve Cenkal, B. C. (2017). Profile of heavy metal and nutrient elements in some sideritis species. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 51(3), 209-212. <https://doi.org/10.5530/ijper.51.3s.14>
- Korkmaz, K. & Türkış, S. (2021). Türkiye'deki bazı orkide türlerinin mineral besin elementi ve ağır metal konsantrasyonları. *Akademik Ziraat Dergisi*, 10 (1) , 137-144. <https://doi.org/10.29278/azd.813308>
- Korkmaz, K., Akgün, M., Özcan, M.M., Özkutlu, F. ve Kara, Ş.M. (2021). Interaction effects of phosphorus (P) and zinc (Zn) on dry matter, concentration and uptake of P and Zn in chia. *Journal of Plant Nutrition*, 44(5), 755-764. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1845373>
- Lipman, C. B. (1938). Importance of silicon, aluminum, and chlorine for higher plants. *Soil Science*, 45(3), 189-198. <https://doi.org/10.1097/00010694-193803000-00003>
- Matsuda, K., Kobayashi, K., Konishi, S. ve Baba, M (1975). The role of aluminium on the plant. The effect of aluminium in the uptake of phosphorus of tea plant. *The Society of the Science of Soil and Manure*, Japan 21, 52-54.
- Matsumoto, H., Hirsawa, E., Morimura, S. ve Takahashi, E. (1976). Laccylation of aluminium in tea leaves. *Plant and Cell Physiol*, 17, 627-631. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a075318>
- ODF, (1994). *Official mexican standards NOM-127-SSA1-1994. Environmental health. Water for use and human consumption*. Official Diary of the Federation.
- Özdemir, F., Topuz, A. ve Erbaş, M. (1999). Ortodoks ve Çaykur yöntemleri ile üretilen farklı sınıf siyah çayların mineral içerikleri. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(Ek Sayı 4), 809-815. <https://doi.org/10.3906/tar-5-97168>
- Özkutlu, F., Akkaya, Ö. H., Ete, Ö., Şahin, Ö. ve Korkmaz, K. (2015). Rize ilindeki bazı çay bahçelerinin toprak ve yaprak analizi ile besin element düzeylerinin belirlenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 19(2), 94-103. <https://dergipark.org.tr/en/pub/harranziraat/issue/18451/194262>
- Özkutlu, F., Akkaya, Ö. H., Ete, Ö. ve Akgün, M. (2016). Bazı çay bahçelerinin B(bor) beslenmesi ve toprak özellikleriyle ilişkilerinin belirlenmesi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(1), 125-136. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ordubtd/issue/24680/261011>
- Pytlakowska, K., Kita, A., Janoska, P., Połowniak, M. ve Kozik, V. (2012). Multi-element analysis of mineral and trace elements in medicinal herbs and their infusions. *Food chemistry*, 135(2), 494-501. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.002>
- Reuter, D. J. ve Robinson, J. B. (1997). *Plant analysis. An interpretation manual* (2. Baskı). CSIRO Publishing.
- Ruan, J. ve Wong, M. H. (2001). Accumulation of fluoride and aluminium related to different varieties of tea plant. *Environmental Geochemistry and Health*, 23, 53-63. <https://doi.org/10.1023/A:1011082608631>
- Silva, Jacquie de., Gabriel Tuwei. ve Fang-J. (2016). Environmental factors influencing aluminium accumulation in tea (*Camellia sinensis* L.), *Plant Soil*, 400, 223-230. <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2729-5>
- Sivasubramaniam, S. ve Talibudeen, O. (1971). Effect of aluminium on growth of tea (*Camellia sinensis*) and its uptake of potassium and phosphorus. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 22(7), 325-329. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740220702>

- Shu, W., Zhang, Z. Q., Lan, C. Y. ve Wong, M. H. (2003). Flüoride and aluminium concentrations of tea plants and tea products from Scihuan Province, PR China. *Chemophere*, 52, 1475-1482. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(03\)00485-5](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(03)00485-5)
- Sommer, A. L. (1926). *Studies concerning the essential nature of aluminium and silicon for plant growth*. University of California Press.
- Stoklasa, J. (1922). *Über die Verbreitung des Aluminiums in der Natur und seine Bedeutung beim Bau- und Betriebsstoffwechsel der Pflanzen*. Fischer.
- Takahashi, E. ve Miyake., Y. (1977). Silica and plant growth. *Proceedings of the International Seminar on Soil Environment and Fertility Management in Intensive Agriculture*. 603-611.
- Taşkın, M. B., Balcı, M., Soba, M. R., Kaya, E. C., Özer, P., Tanyel, G., Kabaoğlu, A., Turan, M. A. ve Taban, S. (2015). Doğu Karadeniz Bölgesinde çay tarımı yapılan toprakların ve çay bitkisinin azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum ve kükürt durumları. *Toprak Su Dergisi*, 4(2), 30-40. <https://doi.org/10.21657/tsd.05240>
- Üstün, Ç. ve Demirci., N. (2013). Çay bitkisinin (Camellia Sınensis L.) tarihsel gelişimi ve tıbbi açıdan değerlendirilmesi [Sözlü sunum]. II. Rize Kalkınma Sempozyumu, Rize, Türkiye.
- Wagatsuma, T. (1984). Characteristics of upward translocation of aluminum in plants. *Soil Science and Plant Nutrition*, 30(3), 345-358. <https://doi.org/10.1080/00380768.1984.10434700>
- Watanabe, T. ve Osaki, M. (2002). Mechanisms of adaptation to high aluminum condition in native plant species growing in acid soils: A review. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33(7-8), 1247-1260. <https://doi.org/10.1081/CSS-120003885>
- World Health Organization (WHO). (1998). *Guidelines for drinking water quality* (2. Basım). WHO.
- Zhang, J., Yang, R., Chen, R., Peng, Y., Wen, X. ve Gao, L. (2018). Accumulation of heavy metals in tea leaves and potential health risk assessment: A case study from Puan County, Guizhou Province, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(1), 133. <https://doi.org/10.3390/ijerph15010133>