

İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi ile *Hypericum triquetrifolium* Türünün Elementel Analizi

Sabriye AYDINOĞLU*¹, Tuba ŞERBETÇİ¹

¹Çukurova Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, 01330, Adana, Türkiye

²Çukurova Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Eczacılık Meslek Bilimler Bölümü, 01330, Adana, Türkiye

(Alınış / Received: 01.03.2021, Kabul / Accepted: 01.06.2021, Online Yayınlanma / Published Online: 25.12.2021)

Anahtar Kelimeler

Hypericum triquetrifolium,
Mikrodalga yakma,
ICP-MS,
Ağır metal

Özet: Bu çalışmada Adana-Tarsus bölgesinden toplanan *Hypericum triquetrifolium* bitkisinin topraküstü kısmındaki metaller; kurşun(Pb), civa(Hg), arsenik(As), selenyum(Se) ve yarı metaller; alüminyum (Al), kadmiyum (Cd) bakır (Cu), demir (Fe), nikel (Ni), çinko (Zn), kobalt (Co), kalsiyum (Ca), potasyum(K) içerikleri indüktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometresi (ICP-MS) yöntemi ile incelenmiştir. Bitki numunesinin analize hazır hale getirilmesi aşamasında mikrodalga yakma yöntemi ile numuneler çözünür hale getirilmiştir. ICP-MS ölçümleri sonucunda, yüksek toksik özellik gösteren kadmiyum ve arsenik metallerine rastlanmazken, diğer yüksek toksik özellik gösteren ağır metal içerikleri; civa ($0,35 \pm 0,01 \text{ mg.kg}^{-1}$) ve kurşun ($6,36 \pm 0,25 \text{ mg.kg}^{-1}$) olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, bitki numunesinde toprak alkali metallerden kalsiyum ($1226,780 \pm 43,4 \text{ mg.kg}^{-1}$) ve potasyum ($10308 \pm 103,7 \text{ mg.kg}^{-1}$) içeriklerinin oldukça yüksek oranda buldukları tespit edilmiştir. Bitki içeriğinde analizi gerçekleştirilen diğer elementlerin miktarları; Se ($129,8 \pm 3,9 \text{ mg.kg}^{-1}$) Al ($373,95 \pm 17,1 \text{ mg.kg}^{-1}$), Cu ($12,6 \pm 0,7 \text{ mg.kg}^{-1}$), Fe ($609,3 \pm 24,1 \text{ mg.kg}^{-1}$), Ni ($8,7 \pm 0,4 \text{ mg.kg}^{-1}$), Zn ($25,2 \pm 1,2 \text{ mg.kg}^{-1}$), Co ($0,08 \pm 0,01 \text{ mg.kg}^{-1}$) olarak belirlenmiştir.

Elemental Analysis of *Hypericum triquetrifolium* Species by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry

Keywords

Hypericum triquetrifolium,
Microwave digestion,
ICP-MS,
Heavy metal

Abstract: The aim of this study is to explore the presence and content of metals; lead(Pb), Mercury(Hg), arsenic(As), selenium(Se) and semi-metals; aluminium (Al), cadmium (Cd), copper (Cu), iron (Fe), nickel (Ni), zinc (Zn), Cobalt (Co), calcium (Ca), potassium(K) in aerial part of *Hypericum triquetrifolium* species collected from Adana-Tarsus by using inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS) method. A convenient microwave technique has been used at the stage of preparing the plant sample for analysis. As a result of ICP-MS measurements, heavy metals with high toxicity such as mercury ($0.35 \pm 0.01 \text{ mg.kg}^{-1}$) and lead ($6.36 \pm 0.25 \text{ mg.kg}^{-1}$), were determined, however other heavy metal such as arsenic and cadmium were not found in the plant sample. The results obtained showed that the alkaline earth metals, calcium ($1226.780 \pm 43.4 \text{ mg.kg}^{-1}$) and potassium ($10308 \pm 103.7 \text{ mg.kg}^{-1}$) contents were found to be quite high in the plant sample. The amounts of other elements analyzed in the plant species were; Se ($129.8 \pm 3.9 \text{ mg.kg}^{-1}$) Al ($373.95 \pm 17.1 \text{ mg.kg}^{-1}$), Cu ($12.6 \pm 0.7 \text{ mg.kg}^{-1}$), Fe ($609.3 \pm 24.1 \text{ mg.kg}^{-1}$), Ni ($8.7 \pm 0.4 \text{ mg.kg}^{-1}$), Zn ($25.2 \pm 1.2 \text{ mg.kg}^{-1}$), Co ($0.08 \pm 0.01 \text{ mg.kg}^{-1}$), respectively.

1. Giriş

Tıbbi bitkiler kullanılarak hazırlanan bitkisel preparatların, hastalıkların önlenmesi ve tedavi edilmesi amacı ile toz drog ya da farklı farmasötik formlar halinde kullanımlarının son yıllarda

gösterdiği artış göz önüne alındığında, bu ürünlerin halk sağlığı açısından güvenli olabilmeleri için belirli standartlara sahip olması aynı zamanda güvenilirlik, kalite ve etkinliklerinin belirlenmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır [1]. Bitkisel ilaçların güvenliliğini doğrudan etkileyebilecek temel faktörlerden birisi de

toprak, su ve havadan ağır metalleri kolaylıkla absorbe ederek kontamine olabilmeleridir. Yoğun trafiğin bulunduğu yol kenarları, şehir atıklarının depolandığı bölgeler ve atık sularının uzun süreli kullanımına sahip alanlara yakın alanda yetişen bitkilerde ağır metal oranlarının yüksek seviyelerde bulunduğu bildirilmiştir [2]. Bunun yanı sıra yağmurlar, atmosferdeki toz bulutları ve bitki koruma ajanlarının üretimde kullanılması sonucunda bu toksik elementlerin bitkilerde birikmesi söz konusudur [3].

Ağır metaller arasında özellikle civa, kurşun, arsenik ve kadmiyum toksik özelliktedir ve çok düşük konsantrasyonlarda mutajenik etki gösterirler [4, 5]. Tıbbi bitkilerin doğadan toplanıp preparat haline dönüştürülmesinden sonra, bitkilerde tutunan bu ağır metaller nihayet insan vücuduna girer ve santral sinir sistemi dahil olmak üzere karaciğer, akciğerler, kalp, böbrek ve hormonların normal işlevlerini bozarak hipertansiyon, karın ağrısı, deri döküntüleri, bağırsak ülseri ve farklı kanser türlerinde dahil pek çok ciddi sağlık problemine yol açabilirler [6]. *Hypericum* türleri, halk arasında yüzyıllardan bu yana şifa verici bir ot olarak sinir hastalıkları, adet krampları, siyatik, eklem iltihabı ve midevi rahatsızlıklardan kaynaklanan ağrıların giderilmesinde ve bazı cilt hastalıklarının tedavisinde kullanılmaktadır [7, 8]. Türkiye’de 106 takson ile temsil edilen *Hypericum* cinsine ait türler arasında tıbbi öneme sahip en yaygın tür olan *H. perforatum* üzerinde yürütülen çok sayıda prelinik ve klinik araştırma sonucu bitkinin topraküstü kısımlarının antidepresan, antiviral, antimikrobiyal, antitumoral, antienflamatuvar, antiülserojenik etkinliklerini bildirmektedir [9, 10]. Türkiye’de sarıkantaron adı ile bilinen bu türün halk arasında dahilen antispazmodik, yatıştırıcı ve kurt düşürücü olarak, haricen ise yara ve yanıkların tedavisinde yaygın olarak kullanıldığı kayıtlıdır [11]. Bununla birlikte Anadolu’da geniş yayılış gösteren *H. triquetrifolium* türünün de halk tıbbında cilt ve gastrointestinal hastalıkların tedavisinde kullanımı kayıtlıdır [12].

Bu çalışmanın amacı, Adana-Tarsus otoyolunu çevreleyen arazide doğal olarak yetişen *H. triquetrifolium* türünün topraküstü kısımlarının ağır metal içeriklerinin indüktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometresi (ICP-MS) yöntemi ile analiz edilmesidir. Bilindiği gibi elementel analizde kullanılan en yaygın spektroskopik yöntemler, Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrometresi (A-AAS), Grafit Fırınlı Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi (GF-AAS), İndüktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometresi (ICP-MS) ve İndüktif Eşleşmiş Plazma Emisyon Spektrometresidir (ICP-OES) [13, 14]. Elementel analizde uygulanacak yöntemin seçiminde belirleyici olan en önemli parametre analizi yapılacak olan numunedeki elementlerin derişim seviyeleridir. ICP-MS yöntemi birçok element için ppb seviyesinden

daha düşük derişimdeki tayin sınırına sahip olması, geniş doğrusal aralık sağlaması, aynı örnekte çoklu elementel analiz imkânı sağlaması, daha küçük numune miktarlarında çalışmaya olanak sağlaması ve güvenilirliği açısından ağır metallerin ve eser elementlerin analizinde yaygın olarak kullanılmaktadır [13, 15-19].

Elementel analizde kullanılacak yöntemin seçimiyle birlikte numunenin analize hazır hale getirilmesi için uygulanacak çözünürleştirme basamağı da elde edilen sonuçların doğruluğu açısından önem taşımaktadır [20]. Bitki preparatlarının elementel analize hazırlanması aşamasında yaygın olarak; yaş yakma, kuru yakma ve mikrodalga yakma yöntemleri kullanılmaktadır. Son yıllarda, yapılan çalışmalarda mikrodalga yakma yöntemi, diğer yakma proseslerine göre uçuca türlerden dolayı madde kaybının az olması, daha hızlı, kolay ve tekrarlanabilirliğinin yüksek olması gibi avantajlara sahip olması açısından daha çok tercih edilmektedir [13, 15, 16, 21, 22]. Farklı bölgelerden toplanan *H. triquetrifolium* bitki örneğindeki ağır metal analizine ilişkin önceki çalışmalarda yaş yakma, kuru yakma yöntemleriyle kullanılmış olup, mikro dalga yönteminin uygulandığı bir çalışma söz konusu olmamaktadır. Ek olarak önceki çalışmalarda kullanılan analiz yöntemleri; A-AAS, GF-AAS ve ICP-OES olmaktadır. Bu çalışmada, *H. triquetrifolium* bitkisinin toz haline getirilen toprak üstü kısımlarının mikrodalga yöntemiyle analize hazır hale getirilmesinin ardından, ppb seviyesinin altında tayin sınırına sahip olan ICP-MS yöntemi kullanılarak ağır metal içeriği belirlenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Çalışma da materyal olarak, Adana-Tarsus otoyolunu çevreleyen arazide doğal olarak yetişen *H. triquetrifolium* (Çukurova Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Herbariumu, CUEF1699, Haziran 2020) bitkisinin toprak üstü kısmındaki ağır metallerin ve eser elementlerin miktarları analiz edilmiştir. Analizi yapılan tüm elementlerin standart çözeltileri Perkin Elmer Multi ICP-MS standart solution, 1000 µg/ml kullanılarak %2’lik HNO₃ çözeltisi içerisinde hazırlanmıştır. Tüm çözeltilerin hazırlanmaları sırasında Elga (Option Q7) ultrasaf su kullanılarak elde edilen ultra saf su kullanılmıştır.

2.2. Örneklerin hazırlanması

Çalışmada bitki numunesinin elementel analize hazırlanmasında mikro dalga yakmalı parçalama tekniği kullanılmıştır.

2.3. Metot

Kurutulup toz haline getirilen homojen bitki numunesinden 3 eşit miktarda 0.1 gramlık

numuneler tartılarak, mikrodalga yakma cihazının (Berghof, Speedwave Xpert) teflon yakma kaplarına konulmuş ve sırasıyla üzerine 5 mL HNO₃ ve 3.0 mL H₂O₂ çözeltileri eklenerek karıştırılmıştır. Karıştırma işlemi bittikten sonra 10 dakika beklenilip yakma kaplarının ağız kapatılarak Tablo 1.'de verilen sıcaklık programı uygulanmıştır.

Tablo 1. Mikro dalga ısıtmalı yakma işleminde bitki numunelerinde uygulanan sıcaklık programı

Basamak	T(°C)	P(bar)	Zaman(Dakika)
1	150	30	5
2	190	35	10
3	50	14	15

3. Bulgular

H. triquetrifolium bitkisinin toprak üstü kısmının ICP-MS yöntemiyle analizi sonucunda saptanan ağır metal içerikleri sonuçların % bağıl standart sapma (%BSS) değerleri ile birlikte Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2. *Hypericum triquetrifolium* için saptanan ağır metal içerikleri (n=3)

Element	mg.kg ⁻¹	%BSS
Al	374,0 ±17,0	4,6
Cd	*LOD	-
Cu	12,6±0,6	5,3
Fe	609,3±24,1	4,0
Ni	8,7±0,4	4,4
Zn	25,2±1,3	5,0
Co	0,08±0,01	11,4
Ca	1226,780±43	3,5
K	10308,0±104,0	1,0
Se	129,8	3,0
As	*LOD	-
Hg	0,35±0,01	3,9
Pb	6,4±0,3	4,0

*LOD: Tespit limitinin altında

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, bulunan metal içeriklerinin Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre kabul edilebilir aralıkta olduğu gözlenmiştir [23].

4. Tartışma ve Sonuç

DSÖ verilerine göre dünya nüfusunun %80'inin birinci basamak tedavide bitkisel preparatları tedavi amaçlı kullanmaktadır. Bitkisel preparat kullanımındaki artışın yanı sıra preparatların terapötik etkilerinin kimyasal bileşimleri ile ilişkili olması, tıbbi amaçla kullanılan bitkisel türlerin elementel analizini gerekli kılmaktadır. Daha önce aynı türe ait farklı bölgelerden toplanan örnekler ile yapılan çalışmalar ile türe ait metal içerikleri analiz edilmiştir [24,25,26]. Elde edilen sonuçlara göre Güney Doğu Anadolu bölgesinden (Diyarbakır) toplanan *H. triquetrifolium* örneklerinde arsenik (0,31±0,02 mg.kg⁻¹) ve kadmiyum (0,07±0,005 mg.kg⁻¹) ağır metallerinin tespit edilmesine karşılık ICP-MS yöntemi ile analiz edilen numunede bu ağır metallere

rastlanmamıştır. Mevcut araştırmada 373,953±17,1 mg.kg⁻¹ olarak bulunan Al içeriği aynı tür için 161±17,1 mg.kg⁻¹ olarak belirlenmiştir [24]. Özellikle, alüminyum miktarının bitki numunesinin yetiştiği toprağın asiditesine bağlı olup, asidik topraklardan pasif difüzyonla bitkiye geçerek genç yapraklarda toplandığı bilinmektedir [27]. Tablo 2.'de görüldüğü gibi makro elementlerden sırasıyla K ve Ca yüksek miktarlarda bulunmuştur. Daha önce yapılan çalışmalarda *H. triquetrifolium* türleri yaş yakma prosesi ve FAAS yöntemi kullanarak, K içeriğini için çalışmadaki sonuçlarla uyumlu olarak 820-1100 mg.kg⁻¹ olarak belirlerken, Ca miktarı daha az olarak 100-500 mg.kg⁻¹ Aralığında belirlemişlerdir [24]. Türkiye'nin batı bölgesinden (İzmir) toplanan örneklerden, elde edilen bitki ekstraktındaki yaş yakma prosesini takip eden FAAS yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen analiz sonucunda Ca miktarını, 433 mg.kg⁻¹ olarak bildirmişlerdir [28]. Yaptığımız çalışmada mikro elementlerin bulunma miktarları Ni < Cu (12,6 mg.kg⁻¹) < Zn < Se < Fe olarak tespit edilmiştir. Önceki çalışmalarda, Cu miktarı, FAAS ile benzer olarak farklı *Hypericum triquetrifolium* 13-17 mg.kg⁻¹ [26] olarak bulunmuşken, ICP-OES tekniği ile 6 mg.kg⁻¹ [24] olarak belirlenmiştir. Tablo 2.'de elde edilen sonuçlardan Ni içeriğine bakıldığı zaman literatürdeki aynı tür için elde edilen değerler GF-AAS ile 0,5 mg.kg⁻¹ ve ICP-OES tekniği ile 1,2 mg.kg⁻¹ olmak üzere bu çalışmadaki sonuçlardan oldukça düşük sonuçlar elde edilmiştir [24, 26]. Aynı şekilde, yaş yakma ve FAAS yöntemiyle Fe içeriği 125 mg.kg⁻¹ [24] olarak tayin edilirken; bu çalışmada uygulanan analiz ve yakma yöntemleriyle 603,9 mg.kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Analiz edilen ağır metallere Pb miktarı (6,39 mg.kg⁻¹), literatürdeki yaş yakma ve ICP-OES tekniği ile aynı tür için 0,39 mg.kg⁻¹ değerine kıyasla oldukça yüksek miktarda bulunmuş, literatürde bu tür için Hg analize yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanmadığı için herhangi bir kıyaslama yapılamamıştır [24].

Türkiye'nin kuzey kesimindeki endüstriyel alanda topladıkları, *Hypericum perforatum* L. türü için yaş yakma ve FAAS yöntemi kullanılarak yaptıkları elementel analizlerde ortalama değerleri, Cu için 6,3 mg.kg⁻¹; Fe için 434,3 mg.kg⁻¹; Zn elementini 68,3 mg.kg⁻¹ ve Pb ağır metal içeriğini 47,5 mg.kg⁻¹ olarak vermişlerdir [25]. Çalışmada belirtilen metal içeriklerinin örneklerin toplandığı bölgelere bağlı olarak geniş aralıkta sonuçlar elde etmişlerdir.

Yaptığımız çalışmada elde edilen metal içeriklerinin diğer çalışmalar ile kıyaslandığında öncelikle bitki numunelerinin toplandığı bölgelerdeki gerek toprak yapısı, trafik yoğunluğu ve endüstriyel yapıya bağlı olarak değişiklik gösterdiği, aynı zamanda kullanılan analiz yöntemi ve numune hazırlama yöntemine de bağlı olduğu sonucuna varılmıştır. Elde edilen sonuçlardan yola çıkarak daha hızlı ve numunedeki uçucu bileşenlerin kaybını engelleyen mikrodalga

ısıtmalı numune hazırlama yönteminin ve ppb seviyesinin altında analiz imkânı sağlayan ICP-MS yönteminin *Hypericum triquetrifolium* bitkisinin elementel analizi için uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Yapılan çalışmada *Hypericum perforatum* türüne benzerliğinden ötürü kantaron olarak halk arasında tıbbi kullanımı kayıtlı olan *Hypericum triquetrifolium* bitkisinin toprak üstü kısımlarından hazırlanan numunenin elementel içeriği incelenmiş, insan vücudundaki birçok metabolik reaksiyon için gerekli olan Ca ve K elementlerince zengin olduğu, ağır metallerden As ve Cd içermediği belirlenmiştir. Çalışmada türün taşıdığı ağır metal ve eser element miktarlarının dünya sağlık örgütünün kabul ettiği aralıkta olduğu belirlenmiştir [23].

Yapılan çalışmanın Adana bölgesinde yetişen *Hypericum triquetrifolium* türüne ait daha önce yapılan bir çalışma olmaması açısından literatüre ve daha sonra ki yapılacak çalışmalara katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Bitki materyalinin Çukurova Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Herbaryumunda saklanması ve numaralandırılması konusunda yardımlarından ötürü Doç. Dr. Serpil Demirci Kayıran'a teşekkür ederiz.

Etik Beyanı

Bu çalışmada, "Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi" kapsamında uyulması gerekli tüm kurallara uyulduğunu, bahsi geçen yönergenin "Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler" başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbirinin gerçekleştirilmediğini taahhüt ederiz.

Kaynakça

- [1] Folashade, K. O., Omoregie, E. H., Ohogu, A. P. 2012. Standardization of Herbal Medicines - A Review. International Journal of Biodiversity and Conservation, 4(3), 101-112.
- [2] Türkyılmaz, A., Sevik, H., Çetin, M., Saleh, E. A. 2018. Changes in Heavy Metal Accumulation Depending on Traffic Density in Some Landscape. Plants. Polish Journal of Environmental Studies, 27(5), 2277-2284.
- [3] Maobe, M. A. G., Gatebe, E., Gitu, L., Rotich, H. 2012. Profile of heavy metals in selected medicinal plants used for the treatment of diabetes, malaria and pneumonia in Kisii region, Southwest Kenya. Global Journal of Pharmacology, 6(3), 245-251.
- [4] Kakosy, T., Hudak, A., Naray, M. 1996. Lead Intoxication Epidemic Caused by Ingestion of

Contaminated Ground Paprika. Journal of Toxicology: Clinical Toxicology, 34(5), 507-511.

- [5] Sathivelu, A., Gajalakshmi, S., Iswarya, V., Ashwini, R., Divya, G., Mythili, S. 2012. Evaluation of heavy metals in medicinal plants growing in Vellore District. European Journal of Experimental Biology, 2(5), 1457-1461.
- [6] Haider, S., Naithani, V., Barthwal, J., Kakkar, P. 2004. Heavy Metal Content in Some Therapeutically Important Medicinal Plants. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 72(1), 119-127.
- [7] Çırak, C., Kurt, D., 2014. Önemli Tıbbi Bitkiler Olarak *Hypericum* Türleri. ANADOLU journal of the Aegean Agricultural Research Institute, 24(1), 42-58.
- [8] Kaçar, O., Azkan, N. 2010. Tıbbi bitki olarak sarı kantaron (*Hypericum perforatum* L.) ve halk sağlığındaki yeri. Dünya Gıda Dergisi, 82-89.
- [9] Barnes, J., Anderson, L. A., Phillipson, J. D. 2001. St John's wort (*Hypericum perforatum* L.): review of its chemistry, pharmacology and clinical properties. Journal of Pharmacy and Pharmacology. 53: 583-600.
- [10] Baytop, T. 1999. Türkiye'de Bitkiler ile Tedavi, Geçmiste ve Bugün. Nobel Tıp Kitabevleri, II. Baskı ISBN: 975-420-021- 1. İstanbul, 480s.
- [11] Başköse İ., Savran A. 2018. A new species from southern Anatolia (Dedegöl Mountain Series - Çürük Mountain) in Turkey: *Hypericum bilgehanbilgili* (Hypericaceae). Phytotaxa. 374(2), 110-118.
- [12] Çırak, C., Radusiene, J., Janulis, V., Ivanauskas, L., Çamaş, N., Ayan, A. K. 2011. Phenolic constituents of *Hypericum triquetrifolium* Turra (Guttiferae) growing in Turkey: variation among populations and plant parts. Turkish Journal of Biology, 35, 449-456.
- [13] Tokalioglu, S. 2012. Determination of trace elements in commonly consumed medicinal herbs by ICP-MS and multivariate analysis. Food Chemistry, 134(4), 2504-2508.
- [14] Bulska, E., Ruszczyńska, A. 2017. Analytical Techniques for Trace Element Determination. Physical Sciences Reviews, 20178002.
- [15] Yang, F. Y., Jiangab S. J., Sahayam A. C. 2014. Combined use of HPLC-ICP-MS and microwave-assisted extraction for the determination of cobalt compounds in nutritive supplements. Food Chemistry, 147, 215-219.
- [16] Kılıç, S. 2018. Comparison of mineral element amounts of aromatic plant and their oils. Gıda, 43(4), 617-623.

- [17] Sumontha Nookabkaew, S., Rangkadilok, N., Satayavivad, J. 2006. Determination of Trace Elements in Herbal Tea Products and Their Infusions Consumed in Thailand. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 6939-6944.
- [18] Avula, B., Wang, Y., Smillie, T. J., Aydin, N. S., Khan, I. 2010. Quantitative Determination of Multiple Elements in Botanicals and Dietary Supplements Using ICP-MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 8887-8894.
- [19] Zhao, X., Wei, J., Shu, X., Kong, W., Yang, M. 2016. Multi-elements determination in medical and edible *Alpinia oxyphylla* and *Morinda officinalis* and their decoctions by ICP-MS. *Chemosphere*, 164, 430-435.
- [20] Queralt, I., Ovejero, M., Carvalho L., Marques A. F., Llabres J. M. 2005. Quantitative determination of essential and trace element content of medicinal plants and their infusions by XRF and ICP techniques. *X-Ray Spectrometry*, 34, 213-217.
- [21] Bizzi, C. A., Nóbrega, J. A., Barin, J. S., Oliveira, J. S. S., Schmidt, L., Mello, P. A., Flores, E. M. M. 2014. Effect of simultaneous cooling on microwave-assisted wet digestion of biological samples with diluted nitric acid and O₂ pressure. *Analytica Chimica Acta*, 837, 16-22.
- [22] Kilic, S., Soylak, M. 2020. Determination of trace element contaminants in herbal teas using ICP-MS by different sample preparation method. *Journal of Food Science and Technology*, 57, 927-933.
- [23] World Health Organization. *Quality Control Methods for Medicinal Plant Materials*, WHO Offset Publication. WHO Geneva, 1998.
- [24] Yener, I. 2019. Trace Element Analysis in Some Plants Species by Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES). *Jist*, 9(3), 1492-1502.
- [25] Ayan, A. A., Kizilkaya, R., Cirak, C., Kevseroglu, K. 2006. Heavy Metal Contents of St. John's wort (*Hypericum perforatum* L.) Growing in Northern Turkey. *Journal of Plant Sciences*, 1(3), 182-186.
- [26] Gomez, M. R., Ceutti, S., Olsina R. A., Silva, M. F., Martinez, L. D. 2004. Metal content monitoring in *Hypericum perforatum* pharmaceutical derivatives by atomic absorption and emission spectrometry. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 34: 569-576.
- [27] Hayacibara, F. M., Queiroz, C. S., Tabchouryand, C. P. M., Cury, J. A. 2004. Fluoride and aluminum in teas and tea-based beverages. *Revista de Saúde Pública*, 38(1), 100-105.
- [28] Elgin Cebe, G., Sogut, O. 2018. Calcium and Magnesium Contents in Three *Hypericum* L. Species from Turkey. *Journal of Medicinal Food*, 8, 819-822.