



Geliş(Received) :16.11.2022
Kabul(Accepted) :13.12.2022

Araştırma Makalesi
Doi: 10.30708.mantar.1205591

Bazı Yenilebilir Doğal Basidiomycota Türlerinin Mineral Bileşimleri ve Morfolojik Karakterizasyonları

Sinan ALKAN^{1*} Gıyasettin KAŞIK² İlker AKIN³

*Sorumlu yazar: sinanalkan42@gmail.com

¹ Selçuk Üniversitesi Çumra UBYO, Organik Tarım İşletmeciliği Bölümü, Konya/TÜRKİYE
Orcid ID: 0000-0001-7725-1957/ sinanalkan42@gmail.com

² Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, Konya/TÜRKİYE
Orcid ID: 0000-0001-8304-6554 / giyasettinkasik@hotmail.com

³Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoteknoloji Bölümü, Konya/TÜRKİYE
Orcid ID: 0000-0002-8683-0210/ ilker0997@gmail.com

Öz: Mantarlar, bakterilerle birlikte ekosistemin döngüsel olarak çalışmasını ve besin sirkülasyonunu sağlayan önemli ayrıştırıcılarıdır. Yenen mantarların toprak ve substrat üstü dokuları besin açısından zengindir ve insanlar tarafından çeşitli amaçlarla kullanılırlar. Özellikle substrat üzerinde çürükçül olarak yetişen mantarların kültüre alınıp yetiştirilmesi nispeten daha kolaydır.

Mantarların çoğu saprofit canlılardır. Özellikle besin kaynağı olarak kullandıkları bitki artıklarını (ağaç gövdesi, dal parçaları, yapraklar, ibreler, otlar, meyveler, kozalaklar vb.) parçalayarak beslenirler. Üzerinde yaşadıkları substratların bünyesinde bulunan makro ve mikro elementleri absorblayarak kendi bünyelerinde biriktirebilirler. Bu çalışmanın amaçlarından biri, yapılarında biriken minerallerin insan sağlığı açısından nasıl etki yapacağını tespit etmektir.

Çalışmamıza konu olan örnekler (*Auricularia auricula-judae* (Bull.) Qué., *Lentinus arcularius* (Batsch) Zmitr., *Lentinus tigrinus* (Boğa) Fr., *Schizophyllum commune* Fr., *Trametes versicolor* (L.) Lloyd, *Tremella mesenterica* (Schaeff.) Pers.) doğal ortamlarından toplanan beyaz çürükçül meydana getiren *Basidiomycota* bölümüne ait örneklerdir. Bu mantar örneklerinin ağır metal (Al, As, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, Se ve Zn) iyon içerikleri ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry) spektrometresi kullanılarak belirlenmiştir.

Bu çalışmanın bir diğer amacı ise mantarların doğadaki önemli görevlerinden birini gerçekleştirmek için özellikle çevre temizleyici olarak hangi mantarlar kullanılabilir? sorusuna cevap aramaktır. Bu çalışmadan elde edilen veriler sayesinde mikoremediasyon yöntemleri geliştirilebilir. Mantarlar çok çeşitli kirleticileri kontamine ortamlardan veya atık sudan ayırtmak için ucuz, etkili ve çevreye duyarlı bir yöntem olarak kullanılabilir.

Sonuç olarak kullanılan mantar örnekleri için minimum ve maksimum ağır metal iyon konsantrasyonları tespit edilmiştir. İncelenen örneklerde Arsenik (As) hiç belirlenmemiştir. Nikel (Ni) ve Kurşun (Pb) bazı örneklerde eser miktarda gözlemlenmiştir. Selenyum (Se) ve Kobalt (Co) tüm örneklerde çok düşük seviyelerde ölçülmüştür. Magnezyum (772.1-2739 mg/kg), Demir (49.91-1583 mg/kg) ve Alüminyum (8.009-1298 mg/kg) mineralleri araştırmada kullanılan tüm örneklerde en yüksek oranlarda tespit edilen ağır metal iyonlarıdır.

Anahtar kelimeler: Mineraller, Ağır metaller, Makromantarlar, Morfoloji, Çorum.

Mineral Compositions and Morphological Characterizations of Some Edible Natural Basidiomycota Species

Abstract: Fungi, together with bacteria, are important decomposers that ensure the cyclical operation of the ecosystem and the circulation of nutrients. Soil and above-substrate tissues of edible mushrooms are rich in nutrients and are used by humans for various purposes. In particular, it is relatively easy to cultivate and grown fungi that grow on the substrate as rotting.

Most fungi are saprophytic creatures. They feed by breaking down plant residues (tree trunk, branch pieces, leaves, pine needles, herbs, fruits, cones, etc.) that they use as food sources. They can absorb and accumulate macro and micro elements in the substrates on which



they live. One of the aims of this study is to determine how the accumulated minerals will affect human health.

The specimens (*Auricularia auricula-judae* (Bull.) Quél., *Lentinus arcularius* (Batsch) Zmitr., *Lentinus tigrinus* (Boğa) Fr., *Schizophyllum commune* Fr., *Trametes versicolor* (L.) Lloyd, *Tremella mesenterica* (Schaeff.) Pers.) that are the subject of our study are the specimens belonging to the *Basidiomycota*, which produces white rot, collected from their natural habitats. Heavy metal (Al, As, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, Se and Zn) ion contents of these mushroom samples were determined using ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry) spectrometry.

Another aim of this study is to look for the answer of the question "which mushrooms can be used especially as environmental cleaners in order to perform one of the important tasks of fungi in nature?". Thanks to the data obtained from this study, mycoremediation methods can be developed. Fungi can be used as an inexpensive, effective and environmentally sound method to decompose a wide variety of pollutants from contaminated environments or wastewaters.

As a result, minimum and maximum heavy metal ion concentrations were determined for the mushroom samples used. Arsenic(As) was not determined at all in the samples examined. Nickel(Ni) and Lead(Pb) were observed in trace amounts in some samples. Selenium(Se) and Cobalt(Co) were determined at very low levels in all samples. Magnesium (772.1-2739 mg/kg), Iron (49.91-1583 mg/kg) and Aluminum (8.009-1298 mg/kg) minerals are the heavy metal ions detected at the highest rates in all samples used in the research.

Key words: Minerals, Heavy metals, Macrofungi, Morphology, Çorum

Giriş

Son 20-25 yıldır dünya genelinde gıda ihtiyacının artması ve sağlıklı bir besin olmaları nedeni ile farklı sektörlerden yenilebilir mantarlara karşı ilgi artmıştır. Bu nedenle mantarlar işlevsel bir gıda türü olup yaygın olarak tüketilmekte ve düşük kalorili diyetlerin önemli parçalarından biri haline gelmiştir (Wartchow, 2017). Dünya üzerinde üretimi yapılan ve en çok tüketilen türler sırasıyla *Agaricus bisporus* (JE Lange) Imbach (beyaz şapkalı kültür mantarı), *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler (Şitake) ve *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. (İstiridye mantarı) türleridir (Ghorai ve ark., 2009).

Mantarlar diğer pek çok canlı gibi metal iyonlarını kendi hücrelerinde üretmezler (Akın ve ark. 2019). Bu nedenle ihtiyaç duydukları iyonları ya üzerinde yaşadıkları substrattan ya da doğrudan topraktan alarak hücrelerinde depolarlar. Mantarlar bazen yaşadıkları habitatda fazla miktarda bulunan metalleri bünyelerinde yüksek dozlarda depolayabilirler.

Demir, çinko, bakır ve manganez gibi eser elementler canlı hücre ve dokuların temel unsurlardır ve biyolojik sistemlerde önemli rolleri bulunmaktadır (Altıntaş ve ark., 2017). Doğada belli başlı yenilebilir mantar türlerinin ağırlıklı olarak kadmiyum, cıva ve kurşun başta olmak üzere yüksek oranlarda ağır metalleri akümüle ettikleri bilinmektedir (Kalac ve Svaboda, 2000).

Mantarlar, üzerinde yaşadıkları substrattan ve habitatlarından gelen ağır metalleri biriktirme konusunda

oldukça etkili bir mekanizmaya sahiptir. Makrofunguslar üzerinde yaşadıkları substratın veya toprağın mineral parçacıklarına asit saldırısı gerçekleştirirler ve substratın ya da toprağın mineralojik bileşimine göre farklı yoğunluktaki elementleri emerek bünyelerinde biriktirirler. Bu nedenle mantarların bulunduğu bölgelerde mineral madde bakımından çevre kirliliği düzeyini belirlemek için mantar kullanılabilir (Alonso ve ark., 2004). Sağlık açısından bakıldığında ağır metal iyonlarını içeren mantarları tüketmenin insan yaşam kalitesine etkisini değerlendirmek için çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Campos ve ark., 2009; Kalac ve ark., 2004). Bu nedenle ağır metal iyonları bakımından kirlenmiş topraklarda veya belirli yoğun mineralojik özelliklere sahip alanlarda toplanan mantarlar o kadar yüksek toksik element konsantrasyonlarına ulaşabilir ki, bu mantarların tüketilmesi sağlık açısından uygun değildir.

Gelişen sanayi ve endüstri alanları ile birlikte Türkiye ve dünya her geçen gün daha fazla kirlenmektedir. Bu kirlenmeyi hava, su ve toprak kirlenmesi olarak gruplandırılabilir. Artan bu kirlilik ekosistem içerisinde yaşayan tüm canlıları etkilemektedir. Özellikle besin zinciri içerisinde yer alan besleyicilerin bünyelerinde biriktirdikleri ağır metal iyonları sağlık açısından önem arz etmektedir. Mantarlardaki ağır metal konsantrasyonunun miktarı mantarın türü, örneklerini toplama alanı, mantar miselinin veya mantarın olgunluğu ve örneğin kirlenmiş alanlara olan mesafesi ile



ilişkilidir (Kalac ve Staskova, 1991). Bu ilişkiyi daha iyi ortaya koymak için mantarlar ve bünyelerinde biriktirdikleri metal iyonları ile ilgili olarak ülkemizde son yıllardaki çalışmalarda da artış olmuştur (Doğan ve ark., 2006; Yamaç ve ark., 2007; Tüzen ve ark., 2007; Sesli ve ark., 2008; Gençcelep ve ark., 2009; Kaya ve Bağ, 2010; Kaya ve ark., 2011; Uzun ve ark., 2011; Kaya ve Bağ, 2013; Akgül ve ark., 2016; Altıntiğ ve ark., 2017; Karapınar ve ark., 2017; Kaya ve ark., 2017; Akın ve ark. 2019; Keleş ve Gençcelep, 2020; Işık ve ark., 2021; Doğan ve Şanda, 2022).

Bu çalışmada, düşmüş ağaç gövdelerinde yaşayan ve toprağın mineral maddelerinden izole edilmiş gibi görünen mantar türlerinde biriken iyonların, topraktaki organik madde ve metallerle doğrudan temas eden türlerde biriken iyonlarla karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Ökaryot ve prokaryot canlılar arasında mantarlar ve bakteriler ekosistem zincir halkasında makro elementleri parçalayarak yapı taşlarına ayırmak suretiyle besin sirkülasyonunu sağlayan önemli ayrıştırıcılardır. Mantarların çoğu saprofit olarak yaşarlar ve besin kaynağı olarak kullandıkları bitki artıklarını (ağaç gövdesi, dal parçaları, yapraklar, ibreler, otlar, meyveler, kozalaklar vb.) parçalayarak ekosistem döngüsüne geri kazandırırılar. Saprofitik yaşam şeklinde, üzerinde yaşadıkları substratların hücresel yapılarında bulunan makro-mikro ve iz elementleri absorblayarak kendi bünyelerinde akümüle edebilmektedirler. Bu çalışmanın

amaçlarından bir diğeri çalışmamıza konu olan çürükçül mantarlarda biriken minerallerin direkt besin olarak tüketildiğinde olası yüksek konsantrasyonlarda insan sağlığı açısından nasıl etki gösterebileceğini tespit etmektir.

Yenen mantarların furuktifikasyon organları besinsel açısından zengindir ve insanlar tarafından çeşitli amaçlarla kullanılırlar.

Mantarlar ve bakteriler ekosistem içerisinde dünyanın çöpçüleri gibi çalışarak atık maddeleri parçalarlar ve çevrelerindeki iyonları hücrelerinde biriktirirler. Bu çalışmanın bir diğer amacı ise mantarların doğadaki önemli görevlerinden biri olan bu ayrıştırma ve akümülyasyon işlemlerini gerçekleştirmek için özellikle çevre temizleyicisi olarak hangi mantarlar kullanılabilir onu tespit etmektir. Bu çalışmadan elde edilen veriler sayesinde mycoremediasyon yöntemleri geliştirilebilir ve farklı mantar türleri çevrenin ağır metal iyonlarından temizlenmesi için kullanılabilir. Mantarlar çok çeşitli kirleticileri kontamine ortamlardan veya atık sudan ayrıştırmak için ucuz, etkili ve çevreye duyarlı bir yöntem olarak kullanılabilir.

Materyal ve Metod

Arazi ve teşhis

Çalışmamızda kullanılan mevcut örnekler Çorum İli'nden 2011-2012 yıllarında yapılan çeşitli arazi çalışmalarında farklı lokasyonlarda ağaç gövde ve dal parçaları üzerinden temin edilmiştir. (Tablo 1).

Tablo 1: Mantar isimleri ve lokaliteleri

Mantar Kodu	Mantarın Latince ve Türkçe adı	GPS kordinatları	Habitat	Toplandığı İlçe
M1	<i>Auricularia auricula-judae</i> (Bull.) Quéil (Kulakmantarı)	41°13'05 Kuzey, 034°37'38 Doğu	Çam, köknar, kayın karışık orman, kütük üzerinde	Kargı
M2	<i>Lentinus arcularius</i> (Batsch) Zmitr. (Delikli kaplanmantarı)	40°34'26 Kuzey, 035°01'49 Doğu	Çam, köknar, karışık orman, dal parçası üzerinde	Merkez
M3	<i>Lentinus tigrinus</i> (Boğa) Fr. (Kaplanmantarı)	41°12'23 Kuzey, 034°42'00 Doğu	Çam, köknar, kayın karışık orman, kütük üzerinde	Kargı
M4	<i>Schizophyllum commune</i> Fr. (Kimuk)	40°17'14 Kuzey, 035°13'06 Doğu	Çam, köknar, karışık orman, dal parçası üzerinde	Ortaköy
M5	<i>Trametes versicolor</i> (L.) Lloyd (Hindikuyruğu)	40°34'26 Kuzey, 035°01'49 Doğu	Çam, köknar, karışık orman, dal parçası üzerinde	Merkez
M6	<i>Tremella mesenterica</i> (Schaeff.) Pers. (Sarıpelte)	40°19'34 Kuzey, 035°21'33 Doğu	Söğüt kavak karışık alan, dal parçası üzerinde	Ortaköy

Mantarlar fungaryum materyali haline getirilecek diğer örneklerle birlikte özenle arazide örnek toplama kurallarına göre toplanmıştır. Sırasıyla örnekler

substrattan toplanmadan önce fotoğrafları çekilmiştir. Daha sonra uygun bir alet yardımı ile substrattan morfolojik yapısına zarar vermeden çıkarılmıştır. Diğer



tarafından da toplanan her bir örneğin özel morfolojik bilgileri, habitat, rakım ve bakı, GPS koordinatları ve çekilen fotoğraf numaraları arazi defterine not edilmiştir. Bu bilgilerin aynısı küçük bir not kağıdına yazılarak toplanan mantar ile birlikte uygun büyüklükteki alimünyum folyoya sarılmış ve zarar vermeden fungaryum laboratuvarına getirilmiştir. Taze mantar örneklerinin bozulmalarını önlemek amacı ile fungaryumda bulunan kurutma dolaplarında 40-45°C sıcaklıkta dehidratasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Kuruyan örnekler mikroskoplar (Leica DM 1000 görüntüleme sistemi ve Leica EZ4D stereo mikroskop) altında incelenip makro- mikro karakterleri tespit edilmiştir. Örneklerin preparatları hazırlanırken inceleme ortamı olarak Melzer reaktifi, %5 KOH, HNO₃, Anilin vb. kimyasal reaktifler kullanılmıştır. Uygun literatür anahtarlar yardımı ile teşhisleri yapılmıştır (Moser, 1983; Ellis ve Ellis, 1990; Breitenbach & Kränzlin, 1986). Tablo 1'de sırasıyla çalışmada kullanılan mantarlara verilen çalışma kodu, mantarın latince ismi, GPS koordinatları, habitatları ve toplandığı ilçe verilmiştir. Ayrıca türlerin Türkçe isimleri latince isimlerinin hemen arkasından parantez içerisinde verilmiştir (Sesli ve ark. 2020).

ICP-OES cihazı

Ağır metal tayini için mantarların kurutulmuş örnekleri ultra saf su ile yıkanıp, 10 saat 80° C'de kurutuldu ve toz haline getirilmiştir. Mikrodalganın teflon hücreleri içerisine 1'er gr toz numune alınarak üzerine 18 mL HNO₃ ve 2 mL H₂O₂ ilave edilmiştir ve gaz çıkışının tamamen bitmesi için çeker ocak içerisinde 5 dk bekletildikten sonra teflon hücreler kapatılarak, 1800 watt 200° C'de 15 dk mikrodalgada çözümleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Teflon hücreler soğutulduktan sonra toplam hacim 25 ml'ye saf su ilave tamamlanmıştır. Mantar örnekleri için minimum ve maksimum ağır metal

Tablo 2: Mantarların Ağır Metal İçerikleri

Metaller (mg/kg)	Al	As and Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	Pb	Se	Zn
M1	204,2	n.d.	0,093	1,177	1,482	175,9	200,1	22,51	n.d.	0,710	0,313	19,57
M2	93,25	n.d.	0,077	1,086	9,309	105,7	1311	8,783	0,172	0,818	0,434	37,70
M3	1298	n.d.	1,092	7,558	308,7	1583	2739	49,22	7,854	0,830	0,331	47,65
M4	386	n.d.	0,378	4,015	2,433	540,7	1294	19,43	2,623	1,271	0,508	81,56
M5	240,1	n.d.	0,234	3,270	20,29	362,8	772,1	16,70	0,171	n.d.	0,490	27,45
M6	8,009	n.d.	0,023	0,442	7,067	49,91	810,5	91,57	0,225	n.d.	0,534	40,09

n.d.: Örnek için iyon tespit edilememiş

içeriklerinin belirlenmesi ICP-OES'de ölçümler alınarak gerçekleştirildi. Bu ölçümler sayesinde toplamda 13 ağır metal iyonunun (Al, As, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, Se, Zn, Cd) mantarlardaki miktarları tespit edilmiştir (Akin ve ark. 2019).

Bulgular

Mantarların bünyelerinde depoladıkları metal iyonlarının sayısal verileri tablo halinde karşılaştırmalı olarak verilmiştir (Tablo 2). Bu çalışmada kullanılan mantarlarda tespit edilen ortalama ağır metal konsantrasyonları mg/kg⁻¹ (mantarın kuru ağırlığı hesaba katılarak) olarak Tablo 2'de verilmiştir. Ayrıca tabloda herher bir iyon için tespit edilen en yüksek değer kırmızı renkte, en düşük değer ise mavi renkte belirtilmiştir. Ayrıca her hangi bir tür için tespit edilememiş bir ağır metal varsa "n.d." kısaltması kullanılmıştır. Mantarlardaki ağır metal konsantrasyonunun miktarı mantarın türü, örneklerini toplanma alanı, mantar miselinin veya mantarın olgunluğu ve örneğin kirlenmiş alanlara olan mesafesi ile ilişkilidir (Kalac ve Staskova, 1991).

Çalışmada kullanılan mantarların morfolojik karakterizasyonlarını oluşturan makro-mikro özellikleri karşılaştırmalı olarak Tablo 3'de verilmiştir.

Çalışmamızda kullanılan mantarlardaki metal konsantrasyonu sırasıyla Al (8,009-1298 mg/kg), Co (0,023-1,092 mg/kg), Cr (0,442-7,558 mg/kg), Cu (1,482-308,7 mg/kg), Fe (49,91-1583 mg/kg), Mg (200,1-2739 mg/kg), Mn (8,783-91,57 mg/kg), Ni (0,171-7,854 mg/kg), Pb (0,710-1,271 mg/kg), Se (0,313-0,534 mg/kg), Zn (19,57-81,56 mg/kg) olarak tespit edilmiştir.

Ayrıca tüm mantar numunelerinde arsenik ve kadmiyum metal ölçümleri de gerçekleştirilmiştir, ancak hiçbir numunede As ve Cd tespit edilememiştir.



Tablo 3: Mantar örneklerinin morfolojik karakterleri (makro-mikro özellikleri)

Mantar türleri	Fruktifikasyon	Etili kısım	Hymeniophor	Sap	Spor (µ)	Substrat
<i>A. auricula-judae</i> (Kulakmantarı)	Kulak şeklinde, jölemsi, pürüzsüz	Kahverengi, ince ve kokusuz	Yok	Sapsız veya kısa saplı 20-80 mm çapında	16-18 x 6-8 silindirik hiyalin	Ağaç gövdesi ve dal parçaları
<i>L. arcularius</i> (Delikli kaplanmantarı)	Şemsiye şeklinde, kahverengi tüylü, kadifemsi	Beyaz ve ince	Porlu	1.5-4.5 mm, kahverengi tüylü, kadifemsi	5-8.5 x 1.5-2.5 silindirik; düz	Sert ağaçların ölü odunları
<i>L. tigrinus</i> (Kapanmantarı)	Şemsiye şeklinde, kahverengi pullu	Beyaz ve ince	Lamelli, sapa kadar uzanır	2-6 x 0.5-1 cm çapında, silindirik, beyaz	7-9 x 3-3.5 renksiz, silindirik, yüzeyi düz	Yaprak döken ağaçlar Söğüt (Salix) ve Kavak (Populus)
<i>S. commune</i> (Kimuk)	Midye şeklinde, beyaz tüylü	Pembemsi gri ve ince	Lamelli	Yok ya da çok kısa	4-6 x 1.5-2.5 silindirik elipsoid, pürüzsüz,	Ağaç gövdesi ve dal parçaları
<i>T. versicolor</i> (Hindikuyruğu)	Yelpaze şeklinde, tüylü, kadifemsi	Beyazımsı, çok ince	Porlu	Yok ya da misel agregatlaşması	4.5-5.5 x 1.5-2 silindirik; düz	Sert ve kozalaklı ağaçların ölü odunları
<i>T. mesenterica</i> (Sarpelte)	Loblu beyin benzeri, jölemsi pürüzsüz	Sarı, ince ve kokusuz	Yok	Yok ya da misel agregatlaşması	10-15 x 6-12 elipsoid; düz	Sert ağaçların çürüyen dalları ve kütükleri

Tartışma

Mantarlar heterotrof canlılardır ve sahip oldukları sindirim enzimleri sayesinde besinlerini mikro elementlere ayrıştırarak hücre içerisine alırlar. Bu ayrıştırıcı mantarlar arasında özellikle substrat üzerinde çürükçül olarak yetişen türlerin kültüre alınıp yetiştirilmesi nispeten diğer kültür yöntemlerinden daha kolaydır. Kolay üretilen mantarların çevre temizleyicileri ve indikatörleri olarak kullanılması muhtemeldir.

Bu çalışmada kullanılan yenilebilir mantarlar arasında sırasıyla en düşük ve en yüksek Al, Co, Cr ve Fe iyonlarının konsantrasyonu *Tremella mesenterica* (Ortaköy) (8,009 mg/kg – 0,023 mg/kg – 0,442 mg/kg – 49,91 mg/kg) ve *Lentinus tigrinus* (Kargı) (1298 mg/kg - 1,092 mg/kg – 7,558 mg/kg – 1583 mg/kg) olarak tespit edilmiştir (Şekil 1, 2, 3, 5). Al yüksek dozlarda toksik etki yapmaktadır. Demir (Fe) ise doğada en çok bulunan metallere biridir. Demir canlıların yapısına özellikle omurgalıların oksijen taşınma sistemine giren önemli bir elementtir. Fe ayrıca, sitokrom ve demir içeren proteinlerin bileşeni ve bazı enzimatik reaksiyonlarda kofaktör olarak rol almaktadır

Bakır (Cu), küçük ve basit yapıları canlılar için toksik etki yapabilmektedir ancak daha büyük canlılar için elzemdir. Bakır, metabolizmada amino asitler, yağ asitleri ve vitaminlerin reaksiyonlarının anahtar elementidir (Stern ve ark., 2007). Sitokrom oksidaz gibi oksijen ile reaksiyona giren enzimlerde katalizördür. Magnezyum ise İnorganik hücre katyonu, bazı enzimatik reaksiyonların kofaktörü olarak görev yapar. Cu ve Mg iyonlarının konsantrasyonu açısından çalışmada en düşük *Auricularia auricula-judae* (Kargı) türünde 1,482 mg/kg Cu, 200,1 mg/kg Mg ve en yüksek *Lentinus tigrinus*

türünde 308,7 mg/kg Cu, 2739 mg/kg Mg iyon konsantrasyonları sırasıyla bulunmuştur (Şekil 4, 6).

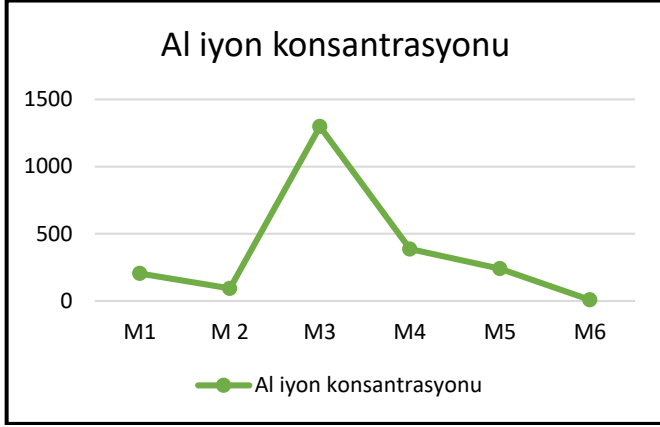
Kurşun (Pb) en toksik ağır metallere biridir ve inorganik formlar su ve gıda ile direkt ya da solunum yoluyla vücuda alınabilir (Doğan ve Şanda, 2022). Pb çok az miktarda bile hücrelerde toksik etki oluşturduğundan metabolizma için elzem olmayan metallere biridir. Çinko (Zn) pek çok enzimde yapısal rol oynadığı bilinmektedir. Protein, nükleik asit ve enerji metabolizmasında da çok önemlidir. Sağlıklı bir bağışıklık sistemini destekler. Ayrıca hücrelerin yapısal ve fonksiyonel bütünlüğünde kritik bir rol oynar (Belgemen ve Akar, 2004). Pb ve Zn iyonları en düşük ve en yüksek konsantrasyonları aynı mantar türlerinde tespit edilmiştir. *Auricularia auricula-judae* türünde en düşük Pb 0,710 mg/kg, Zn ise 19,57 mg/kg olarak bulunmuştur. *Schizophyllum commune* (Ortaköy) türünde ise Pb 1,271 mg/kg, Zn ise 81,56 mg/kg olarak hesaplanmıştır (Şekil 9, 11).

Mantarlar arasında en düşük ve en yüksek Mn iyon konsantrasyonu sırasıyla *Lentinus arcularius* (Merkez) 8,783 mg/kg, *Tremella mesenterica* 91,57 mg/kg türlerinde hesaplanmıştır (Şekil 7). Ülkemizde ve dünyada yapılan benzer çalışmalarda ise Mn iyon konsantrasyonları 12,9-93,3 mg/kg (Kalac ve Svaboda, 2000), 5,5-135 mg/kg (Genççelep ve ark., 2009), 18,1-103 mg/kg (Mendil ve ark., 2005) aralıklarında bulunmuştur. Bulduğumuz sonuçlar diğer çalışmalarda uyum göstermektedir.

Yapılan çalışmada Ni iyon konsantrasyonu 0,171 mg/kg değerle en düşük olarak *Trametes versicolor* (Merkez) türünde, 7,854 mg/kg değerle en yüksek *Lentinus tigrinus* türünde tespit edilmiştir (Şekil 8).

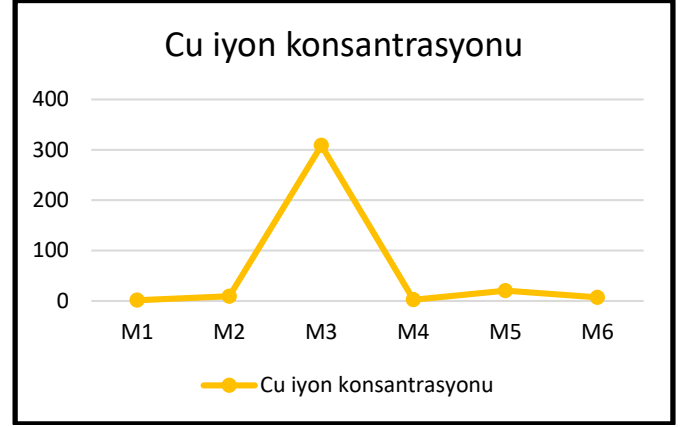


En düşük *Auricularia auricula-judae* 0,313 mg/kg, en yüksek *Tremella mesenterica* 0,534 mg/kg türlerinde Se iyon konsantrasyonu tespit edilmiştir (Şekil 10).

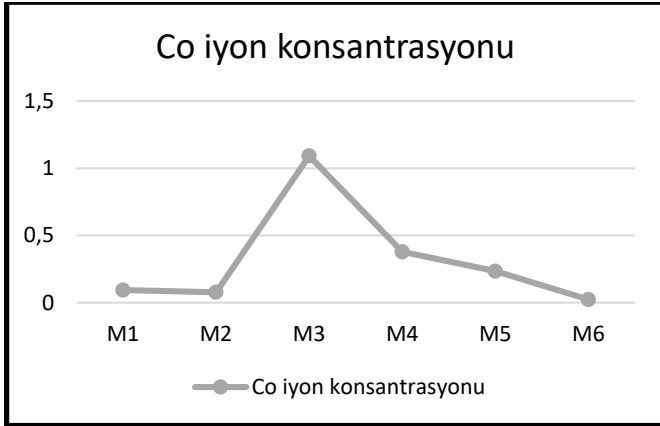


Şekil 1. Mantarlardaki Al iyon konsantrasyonu: *A. auricula-judae* M1, *L. arcularius* M2, *L. tigrinus* M3, *S. commune* M4, *T. versicolor* M5, *T. mesenterica* M6,

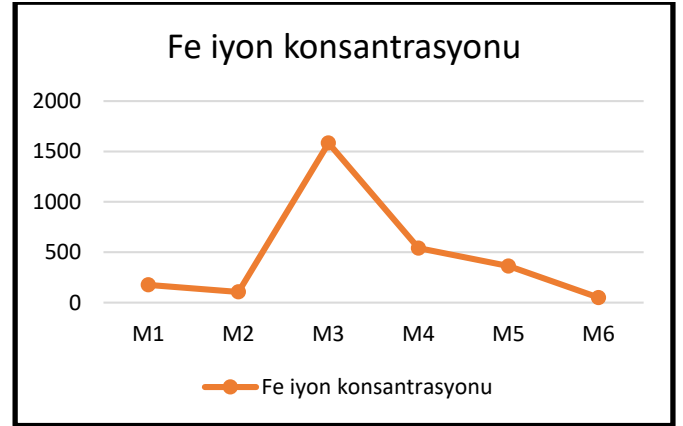
Bu iyonların haricinde toplanan tüm mantar örneklerinde yapılan ölçümlerde As ve Cd iyon araştırması da yapılmıştır. Ancak örneklerin hiç birinde bu iyon konsantrasyonuna rastlanmamıştır.



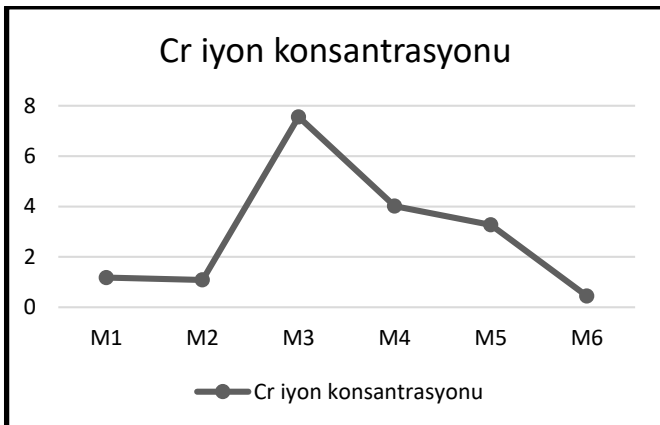
Şekil 4. Mantarlardaki Cu iyon konsantrasyonu: *A. auricula-judae* M1, *L. arcularius* M2, *L. tigrinus* M3, *S. commune* M4, *T. versicolor* M5, *T. mesenterica* M6,



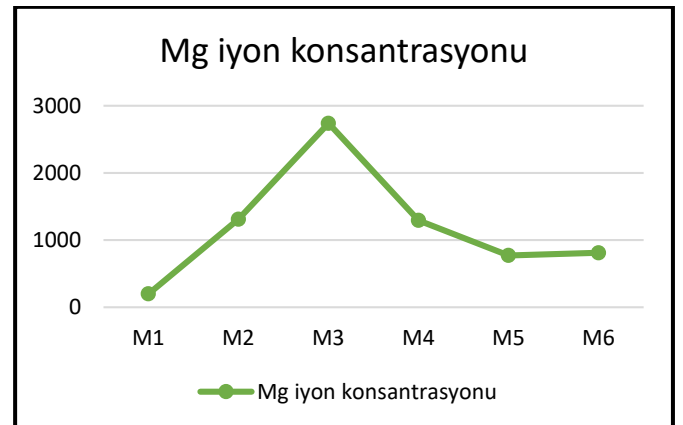
Şekil 2. Mantarlardaki Co iyon konsantrasyonu: *A. auricula-judae* M1, *L. arcularius* M2, *L. tigrinus* M3, *S. commune* M4, *T. versicolor* M5, *T. mesenterica* M6,



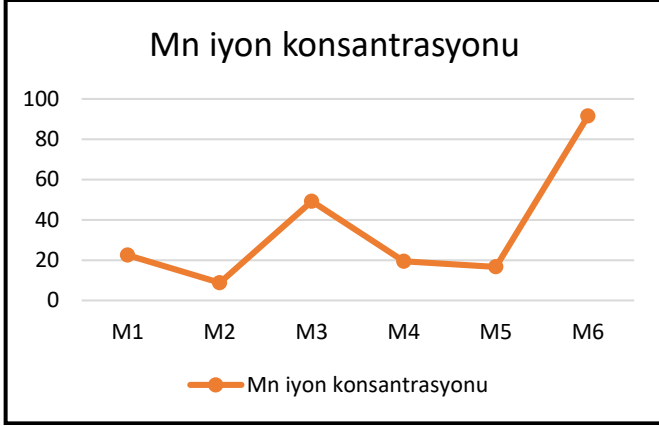
Şekil 5. Mantarlardaki Fe iyon konsantrasyonu: *A. auricula-judae* M1, *L. arcularius* M2, *L. tigrinus* M3, *S. commune* M4, *T. versicolor* M5, *T. mesenterica* M6,



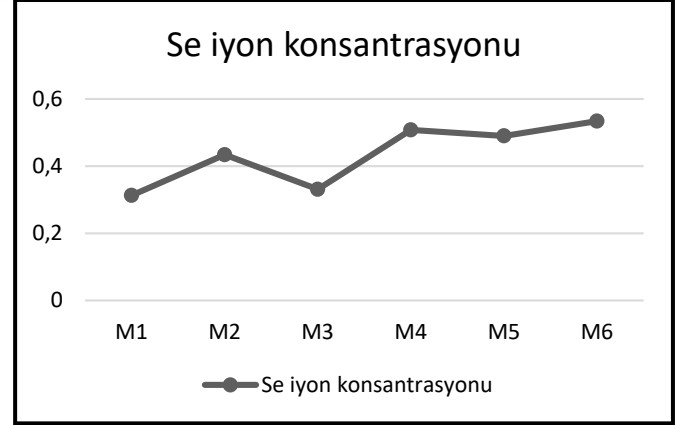
Şekil 3. Mantarlardaki Cr iyon konsantrasyonu: *A. auricula-judae* M1, *L. arcularius* M2, *L. tigrinus* M3, *S. commune* M4, *T. versicolor* M5, *T. mesenterica* M6,



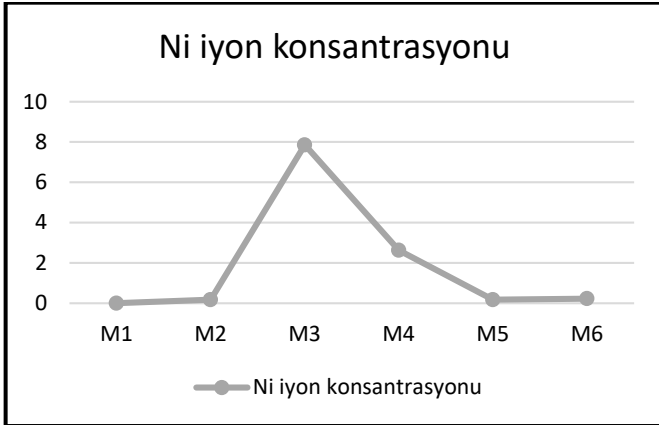
Şekil 6. Mantarlardaki Mg iyon konsantrasyonu: *A. auricula-judae* M1, *L. arcularius* M2, *L. tigrinus* M3, *S. commune* M4, *T. versicolor* M5, *T. mesenterica* M6,



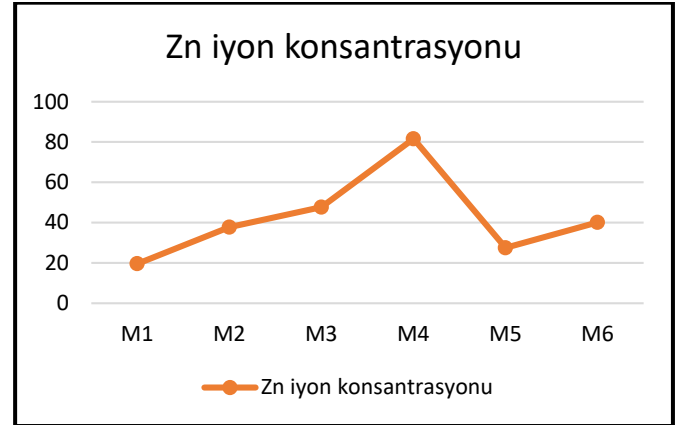
Şekil 7. Mantarlardaki Mn iyon konsantrasyonu: *A. auricula-judae* M1, *L. arcularius* M2, *L. tigrinus* M3, *S. commune* M4, *T. versicolor* M5, *T. mesenterica* M6,



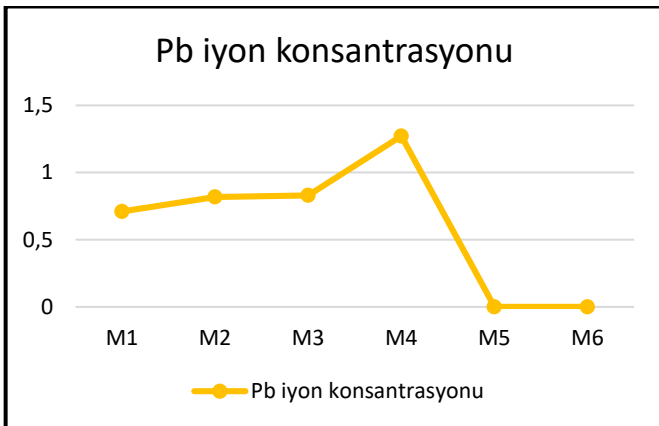
Şekil 10. Mantarlardaki Se iyon konsantrasyonu: *A. auricula-judae* M1, *L. arcularius* M2, *L. tigrinus* M3, *S. commune* M4, *T. versicolor* M5, *T. mesenterica* M6,



Şekil 8. Mantarlardaki Ni iyon konsantrasyonu: *A. auricula-judae* M1, *L. arcularius* M2, *L. tigrinus* M3, *S. commune* M4, *T. versicolor* M5, *T. mesenterica* M6,



Şekil 11. Mantarlardaki Se iyon konsantrasyonu: *A. auricula-judae* M1, *L. arcularius* M2, *L. tigrinus* M3, *S. commune* M4, *T. versicolor* M5, *T. mesenterica* M6,



Şekil 9. Mantarlardaki Pb iyon konsantrasyonu: *A. auricula-judae* M1, *L. arcularius* M2, *L. tigrinus* M3, *S. commune* M4, *T. versicolor* M5, *T. mesenterica* M6,

Çalışmamıza konu olan mantar örneklerinde ayrıca Arsenik (As) ve Kadmiyum (Cd) metal iyonlarının olup olmadığı da araştırılmıştır. Sonuç olarak her iki iyon da mantarlarda rastlanmamıştır. Bu nedele bu iki metal için grafik oluşturulamamıştır. Ancak bölgede daha önce yapılan çalışmada bazı ilçelerde yetişen mantarlarda eser miktarda Arsenik iyonuna rastlanmış fakat Kadmiyum iyonu bulunamamıştır (Akın ve ark. 2019).

Teşekkür

Bu çalışmayı temelde finansal olarak destekleyen S. Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinatörlüğüne teşekkür ederiz (BAP No: 11101019)



Kaynaklar

- Akgül, H., Sevindik, M., Akata, I., Altuntaş, D., Bal, C. ve Doğan, M. (2016). *Macrolepiota procera* (Scop.) Singer. Mantarının Ağır Metal İçeriklerinin ve Oksidatif Stres Durumunun Belirlenmesi *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Cilt 20, Sayı 3*, 504-508.
- Akın, İ., Alkan, S. ve Kaşık, G. (2019). Çorum İli'nden Toplanan Agaricaceae Familyasına Ait Bazı Mantarlarda Ağır Metal Birikiminin Belirlenmesi. *The Journal of Fungus*, 10(1), 48-55.
- Alonso, J., Garcia, M. A., Perez-Lopez M., ve Melgar, M. J. (2004). Macrofungi as Potential Bioremediation Agent in Compost Material Contaminated with Heavy Metals. *Rev. Toxicol.*, vol. 21, 11-15.
- Altıntığ, E., Hişir, M.E. ve Altundağ, H. (2017). Determination of Cr, Cu, Fe, Ni, Pb and Zn by ICP-OES in mushroom samples from Sakarya, Turkey. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, vol. 21, no. 3: pp. 496-504.
- Belgemen, T. ve Akar N., (2004). Çinkonun yaşamsal fonksiyonları ve çinko metabolizması ile ilişkili genler. *Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 57(3), 161-166.
- Breitenbach, J. ve Kränzlin, F. (1986). *Fungi of Switzerland*. Vol.2, Verlag Mykologia Lucerne, Switzerland.
- Campos, J. A., Tejera, N. A. ve Sanchez, C. J.(2009). Substrate Role in the Accumulation of Heavy Metals in Sporocorps of Wild Fungi, *Biometals*, vol. 22, pp. 835-841.
- Doğan, H. H. ve Şanda, M. A. (2022). Metal and Radioactive Elements Uptake of Wild Agaricus and Agrocybe Species Growing in Samanlı Mountains (Türkiye). *The Journal of Fungus*, 13(2), 105-111.
- Doğan, H. H., Şanda, M. A., Uyanöz, R., Öztürk, C. ve Çetin, Ü. (2006). Contents of Metals in Some Wild Mushrooms Its Impact in Human Health. *Biological Trace Element Research Vol. 110*, 79-94.
- Ellis, MB. ve Ellis, J.P. (1990). *Fungi Without Gills (Hymenomyces and Gasteromyces) An Identification Handbook*. Chapman and Hall, London. 315s.
- Gençcelep, H., Uzun, Y., Tunçtürk, Y. ve Demirel, K. (2009). Determination of mineral contents of wild-grown edible mushrooms. *Food Chemistry 113*: 1033-1036.
- Ghorai, S., Banik, S.P., Verma, D., Chowdhury, S., Mukherjee, S. ve Khowala, S. (2009). Fungal biotechnology in food and feed processing. *Food Res Int* 42, 577-587.
- Işık, H., Bengü, A.Ş., Çınar Yılmaz, H. ve Türkekül, İ. (2021). Tokat'tan Toplanan İki Yenen Doğal Mantar (*Pleurotus eryngii* ve *Lepista nuda*) Örneklerindeki Ağır Metal Seviyeleri Üzerine Bir Çalışma. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 8(1): 165-170.
- Kalac, P. ve Staskova, I. (1991). Heavy metals in fruiting bodies of wild growing mushrooms of the genus Agaricus. *Potravinarske Vedy*, 12: 185-195.
- Kalac, P. ve Svaboda, L. (2000). A review of trace element concentrations in edible mushrooms. *Food Chemistry* 69: 273-281.
- Kalac, P., Svoboda, L. ve Havlickova, B. (2004). "Content of cadmium and mercury in edible mushroom", *J. Appl. Biomed.*, vol. 2, pp. 15-20.
- Karapınar, H. S., Uzun, Y. ve Kılıçel, F. (2017). Mineral Contents of Two Wild Morels. *Anatolian Journal of Botany* 1(2): 32-36
- Kaya, A. ve Bağ H. (2010). Trace element contents of edible macrofungi growing in Adiyaman, Turkey. *Asian Journal of Chemistry* 22: 1515-1521
- Kaya, A. ve Bağ H. (2013). Mineral Contents of some Wild Ascomycetous Mushrooms. *Asian Journal of Chemistry* 25: 1723-1726
- Kaya, A., Gençcelep, H., Uzun, Y. ve Demirel, K. (2011). Analysis of Trace Metal Levels in Wild Mushrooms. *Asian Journal of Chemistry* 23: 1099-1103.
- Kaya, A., Kılıçel, F., Karapınar, H.S.ve Uzun, Y. (2017). Mineral Contents of Some Wild Edible Mushrooms. *The Journal of Fungus*, 8(2), 178-183.
- Keleş, A., ve Gençcelep, H. (2020). Determination of Elemental Composition of Some Wild Growing Edible Mushrooms. *The Journal of Fungus*, 11(2), 129-137.
- Mendil, D., Uluözlü, Ö. D., Tüzen, M., Hasdemir, E. ve Sarı, H. (2005). Trace metal levels in mushroom samples from Ordu, Turkey. *Food Chemistry* 91: 463-467.
- Moser, M., (1983). *Keys to Agarics and Boleti*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. 535.
- Sesli, E., Asan, A. and Selçuk, F. (editors.), Abacı Günyar, Ö., Akata, I., Akgül, H., Aktaş, S., Alkan, S., Allı, H., Aydoğdu, H., Berikten, D., Demirel, K., Demirel, R., Doğan, H.H., Erdoğan, M., Ergül, C.C., Eroğlu, G., Giray, G., Haliki Uztan, A., Kabaktepe, Ş., Kadaifçiler, D., Kalyoncu, F., Karaltı, İ., Kaşık, G., Kaya, A., Keleş, A., Kırbağ, S., Kıvanç, M., Ocağ, i., Ökten, S., Özkale, E., Öztürk, C., Sevindik, M., Şen, B., Şen, i., Türkekül, i., Ulukapı, M., Uzun, Ya., Uzun, Yu. ve Yoltaş, A. (2020). *Türkiye Mantarları Listesi*. Ali Nihat Gökyiğit Vakfı Yayını. İstanbul.



- Sesli, E., Tuzen, M. ve Soylak, M. (2008). Evaluation of trace metal contents of some wild edible mushrooms from Black sea region, Turkey. *Journal of Hazardous Materials*, 160(2), 462-467.
- Stern, B. R., Soliloz, M., Krewski, D., Aggett, P., Aw, T. C., Baker, S., Crump, K., Dourson, M., Haber, L., Hertzberg, R., Keen, C., Meek, B., Rudenko, L., Schoeny, R., Slob, W. ve Starr, T. (2007). "Copper and Human Health: Biochemistry, Genetics, and Strategies for Modeling Dose – Response Relationships", *J. Toxicol. Environ. Heal. B Critical Reviews*, vol. 10(3), pp. 157-222.
- Tüzen, M., Sesli, E. ve Soylak, M. (2007). Trace element levels of mushroom species from East Black Sea Region of Turkey. *Food Chemistry*, 18, 806-810.
- Uzun, Y., Gençcelep, H., Kaya, A. ve Akçay, M. E. (2011). The Mineral Contents of Some Wild Edible Mushrooms. *Ekoloji* 20, 80, 6-12.
- Wartchow, F. (2017). O gênero *Amanita* (Fungi): Sistemática e distribuição no Brasil. *Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza* 1(1), 28-44.
- Yamaç, M., Yıldız, D., Sarıkürkçü, C., Çelikkollu, M. ve Solak, M. H. (2007). Heavy metals in some edible mushrooms from the Central Anatolia, Turkey. *Food Chemistry* 103: 263-267.