

## Bazı yenilebilir yabani *Lactarius* mantarlarının biyoaktif ve radyoaktif özellikleri

Bioactive and radioactive properties of some edible wild *Lactarius* mushrooms

Sibel YILDIZ   
Ayşenur GÜRGEN 

<sup>1</sup> Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman  
Fakültesi, Trabzon

**Sorumlu yazar** (Corresponding author)  
Sibel YILDIZ  
sibelyildiz@gmail.com

**Geliş tarihi** (Received)  
01.04.2022

**Kabul Tarihi** (Accepted)  
29.06.2022

**Sorumlu editör** (Corresponding editor)  
Samet DEMİREL  
sdemirel@ktu.edu.tr

**Atıf** (To cite this article): Yıldız, S. & Gürgen, A. (2022). Bazı yenilebilir yabani *Lactarius* mantarlarının biyoaktif ve radyoaktif özellikleri . Ormanlık Araştırma Dergisi , Karok 2021 , 254-263 . DOI: 10.17568/ogmoad.1111983

### Öz

*Lactarius deliciosus*, *Lactarius insulsus*, *Lactarius vellereus* mantarlarının biyoaktif ve radyoaktif özellikleri araştırılmıştır ve bu amaçla Kastamonu ilinden toplanan mantarların protein ve toplam fenolik madde miktarları, antioksidan ve antimikrobiyal özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca mantarlardaki bazı eser element (Mg, Al, Ca, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Se, As, Cr, Cd) miktarları, kurşunun üç izotopu (<sup>206</sup>Pb, <sup>207</sup>Pb and <sup>208</sup>Pb), doğal (<sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th <sup>40</sup>K) ve yapay radyonüklit (<sup>137</sup>Cs) seviyeleri de hesaplanmıştır. Mantarlar arasında; *L. deliciosus*, daha yüksek protein içeriği ve Mg, Ca, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, Pb-206, Pb-208, Cr birikimleriyle dikkat çekmiştir. En yüksek toplam fenolik içerik ve antioksidan aktivite *L. vellereus*'da bulunmuştur. Bunlara ek olarak; en yüksek <sup>232</sup>Th ve <sup>40</sup>K radyonüklid içeriği de *L. vellereus*'ta belirlenmiştir. Yapay radyonüklid (<sup>137</sup>Cs) sadece *L. insulsus* mantarında gözlenmiştir. Sonuç olarak, aynı cinsten olmalarına ve aynı bölgeden toplanmalarına rağmen farklı mantar türlerinin farklı biyoaktif ve radyoaktif özelliklere sahip olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** *Lactarius*, mantar, biyoaktivite, radyoaktivite

### Abstract

Bioactive and radioactive properties of *Lactarius deliciosus*, *Lactarius insulsus*, *Lactarius vellereus* mushrooms were investigated and for this purpose, protein and total phenolic substance amounts, antioxidant and antimicrobial properties of mushrooms collected from Kastamonu province were determined. In addition, the amounts of some trace elements (Mg, Al, Ca, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Se, As, Cr, Cd) in mushrooms, three isotopes of lead (<sup>206</sup>Pb, <sup>207</sup>Pb and <sup>208</sup>Pb), natural (<sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th <sup>40</sup>K) and artificial radionuclide (<sup>137</sup>Cs) levels were also calculated. Among the fungi; *L. deliciosus* attracted attention with its higher protein content and accumulation of Mg, Ca, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, Pb-206, Pb-208, Cr. The highest total phenolic content and antioxidant activity were found in *L. vellereus*. Additionally; the highest <sup>232</sup>Th and <sup>40</sup>K radionuclide content was also determined in *L. vellereus*. Artificial radionuclide (<sup>137</sup>Cs) was observed only in *L. insulsus* fungus. As a result, it was concluded that different mushroom species have different bioactive and radioactive properties, although they are of the same genus and collected from the same region.

**Keywords:** *Lactarius*, mushroom, bioactive, radioactive



Creative Commons Atıf -  
Türetilmez 4.0 Uluslararası  
Lisansı ile lisanslanmıştır.

## 1. Giriş

Doğada bulunan yabancı mantar türlerinin bazıları yenilebilirdir. Lezzetleri ve besleyici özellikleri nedeniyle bir gıda maddesi olarak toplanmakta ve tüketilmektedirler. Yabancı yenilebilir mantarların hasadı birçok ülkede önemli bir iş kolu ve ciddi bir ekonomik değerdir. *Lactarius*, kırsal alanlardan hasat edilen yabancı yenilebilir mantar cinslerinden biridir. Birçok yerel pazar için ekonomik bir öneme sahiptir. Örneğin, *Lactarius deliciosus* (L.) Grey, kırsal nüfus tarafından çokça tüketilmekte olan, Fransa ve İspanya'da ticareti yapılan bir türdür (Martins ve ark., 2002). *Lactarius deliciosus* (L.), Türkiye'nin bazı bölgelerinde de yaygın olarak tüketilmektedir.

*Lactarius* cinsi mantarlar yaklaşık 400 tür ile Basidiomycota'nın en yaygın cinslerinden biridir. Genellikle tıbbi ve besleyici özellikleri nedeniyle bilinirler ve tıp endüstrisi alanında umut vaat edici mantarlar olarak kabul edilirler (Vieira ve ark., 2014).

Doğada yetişen bazı mantarlar ağır metaller, toksik elementler, doğal ve yapay radyonüklidleri bünyelerinde biriktirme potansiyeline sahiptirler (Falandysz ve Borovička, 2013). Doğal radyonüklidler ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ile  $^{40}\text{K}$ ) suda çözünerek mantar, bitki vb. gıda maddelerinde birikerek, insan vücuduna ulaşır ve sağlığı etkileyebilirler (Chen ve ark., 2005). Antropojenik radyonüklidler; nükleer silah patlaması, nükleer tesis atıkları gibi yapay durumlardan kaynaklanan radyonüklidlerdir (Alshahri, 2019). Sadece radyonüklidler değil, eser elementler ve ağır metaller de gübre, organik madde ve endüstriyel atıklar gibi doğal veya antropojenik yollarla çevreye salınabilmektedir (He ve ark., 2005). Bazı yenilebilir yabancı mantar türleri, özellikle absorpsiyon kapasiteleri çok yüksek olduğunda insan sağlığı için tehlike oluşturabilecek Hg, Pb ve Cd gibi bazı ağır metalleri (Kosanić ve ark., 2016) biriktirebilecek etkili bir mekanizmaya sahiptirler (Gast ve ark., 1988).

Mantarlar ayrıca, peroksi radikallerinin etkili bir süpürücüsü olan fenolikler gibi antioksidan aktiviteye sahip biyoaktif bileşikler içerirler (Murcia ve ark., 2002). Antioksidanlar, serbest radikal hasarını ortadan kaldırma yeteneğine sahiptirler. İlaç veya gıda endüstrilerinde yaygın olarak kullanılan bütillenmiş hidroksianisol (BHA) gibi birçok sentetik antioksidan, serbest radikal süpürücü etkiler sergilemiştir (Gadow ve ark., 1997). Ancak bu tip sentetik antioksidanların bazı toksikolojik yan etkilerinin de olduğu kanıtlanmıştır (Xu ve ark., 2021). Bu nedenle, son araştırmalar, mantar gibi doğal ve tıbbi malzemelerden elde edilen yeni antioksidan

maddelerin araştırılmasına odaklanmaktadır.

Birçok çalışmada, bazı yabancı yenilebilir mantar türünün antimikrobiyal ve antioksidan aktiviteleri bildirilmiştir (Smolskaitė ve ark., 2015; Sevindik ve ark., 2020; Maity ve ark., 2021). Ancak insanlar tarafından taşıyabilecekleri riskler düşünülmeden gıda olarak tüketilen mantarlardan olmalarına rağmen *Lactarius* türlerinin biyoaktif ve özellikle radyoaktif özellikleri ile ilgili araştırmalar halen sınırlıdır.

Bu çalışmanın amacı, Kastamonu ormanlarından toplanan yenilebilir üç tür yabancı *Lactarius* mantarın (*Lactarius deliciosus*, *Lactarius insulsus*, *Lactarius vellereus*) protein ve toplam fenolik içeriklerini, antioksidan ve antimikrobiyal özelliklerini, eser element miktarlarını, ağır metal içeriklerini, doğal ve yapay radyonüklid konsantrasyonlarının birikimini araştırmaktır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Mantarlar

Mantar türlerinin isimleri, habitatları ve lokasyonları (il, ilçe) Tablo 1'de verilmiştir. *Lactarius* mantarları, Karadeniz bölgesinde yer alan Kastamonu ili ormanlarından toplanmıştır (Şekil 1). Mantar örnekleri doğal ortamlarında fotoğraflanmış, morfolojik özelliklerine göre teşhis edilmiş ve analizlerde kullanılmak üzere kurutulup öğütülmüştür.



Şekil 1. Çalışma alanı  
Figure 1. Study area

Tablo 1. Mantarların künyesi (Tür, habitat, lokasyon)  
Table 1. Identification of fungi (Species, habitat, location)

No	Mantar Türleri	Habitat	Lokasyon (il,ilçe)
1	<i>Lactarius deliciosus</i>	Toprakta	Kastamonu, Doğanyurt
2	<i>Lactarius insulsus</i>	Toprakta	Kastamonu, Doğanyurt
3	<i>Lactarius vellereus</i>	Toprakta	Kastamonu, Doğanyurt

## 2.2. Protein içeriğinin belirlenmesi

Her bir mantar, analizden önce 40°C sıcaklıkta kurutulmuş ve 40 mm gözenekli elekten geçirilmiş, toz haline getirilmiştir. Protein içerikleri; Dumas yöntemine göre belirlenmiştir. Karbon, hidrojen ve azot oranları Costech ECS 4010 elemental analiz cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Protein içerikleri, azot sonuçlarının (%) dönüşüm faktörü (4,38) ile çarpılmasıyla hesaplanmıştır (Crisan ve Sands, 1978).

## 2.3. Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi

Metanolik ekstraktların toplam fenolik madde miktarları, standart olarak gallik asit kullanılarak Folin-Ciocalteu yöntemine göre belirlenmiştir (Slinkard ve Singleton, 1977). Dört gram kurutulmuş numune, 150 rpm'de 24 saat çalkalanarak 40 mL metanol (%99,5) ile ekstrakte edilmiş ve ardından Whatman No. 4 filtre kağıdından süzülmüştür. Toplam fenolik bileşiklerin miktarı, gallik asit eşdeğeri mg (GAE)/g kuru ağırlık olarak hesaplanmıştır.

## 2.4. Antioksidan aktivitenin belirlenmesi

Mantar ekstraktlarının antioksidan aktivitesi, Ferrik indirgeyici antioksidan güç (FRAP) yöntemi ile belirlenmiştir (Benzie ve Strain, 1996).

## 2.5. Antimikrobiyal aktivite

Antimikrobiyal aktivite, Klinik ve Laboratuvar Standartları Enstitüsü'ne (CLSI, clsi.org) uygun olarak (Wayne, 2012), Agar Kuyucuk Difüzyon Yöntemine göre test edilmiştir. Test edilen mikroorganizmalar; *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Acinetobacter haemolyticus* ATCC 19002, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 13883, *Salmonella typhimurium* ATCC 14028, *Proteus mirabilis* ATCC 7002 ve *Candida albicans* ATCC 10231 Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ), Trabzon Tıp Fakültesi Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı'ndan temin edilmiştir.

## 2.6. Radyoaktivite analizi için örneklerin hazırlanması

Toplanan mantarlar temizlenip, kesilmiş ve blender yardımıyla küçük parçalara ayrılmıştır. Parçalara ayrılan mantarlar, 20-24 saat 105 °C'de kontrollü olarak kurutulmuş ve sonra 40 meshlik eleklerden geçirilmiştir. Bu mantar numuneleri silindirik, çapı 6 cm ve yüksekliği 5 cm olan plastik kaplara konarak 1 ay süreyle bekletilmiştir. Böylece <sup>238</sup>U

ve <sup>232</sup>Th ürünleri arasındaki radyoaktif dengenin oluşması sağlanmış ve numuneler sayıma hazır hale getirilmiştir.

Radyoaktivite analizleri KTÜ, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü Araştırma Laboratuvarında bulunan, 1332,5 keV'de 1,9 keV' lik rezölüsyona ve %15'lik relatif verime sahip olan Canberra, GC 1519 model HPGe gama dedektörü kullanılarak ölçülmüştür. Gama spektroskopisi sistemleri ile radyoaktivite analizinde enerji ve verim kalibrasyonlarının periyodik olarak yapılması önemli bir aşamayı oluşturmaktadır. Enerji kalibrasyonunun yapılabilmesi için önceden enerjileri bilinen çekirdeklerden oluşmuş standart bir kaynağa (kaynaklara) ihtiyaç vardır.

Verim kalibrasyonları için enerjileri 80-1400 keV arasında değişen <sup>109</sup>Cd, <sup>57</sup>Co, <sup>133</sup>Ba, <sup>22</sup>Na, <sup>137</sup>Cs, <sup>54</sup>Mn ve <sup>60</sup>Co radyoizotop standart kaynaklar kullanılmıştır. Verim kalibrasyonu için enerjileri ve aktiviteleri önceden bilinen kaynaklar kullanılmıştır. Ancak burada enerji kalibrasyonuna göre karşılaşılan en büyük sorun standart kaynağın ölçülecek olan numune ile benzer fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olması zorunluluğudur (Yılmaz, 2015). Bundan dolayı, gamma dedektörünün verim kalibrasyonu için Uluslararası Atom Enerji kurumunun (IAEA, iaea.org) 375 nolu referans materyali ve Gamma Acquisition & Analysis programı kullanılmıştır. Numuneler ve gama spektroskopisi sistemi (enerji ve verim kalibrasyonları yapılarak) ölçüme hazır hale getirildikten sonra, her numunenin radyoaktivite analizi 80.000 s süre ile gerçekleştirilmiştir. Bu süre sonunda numunelerden yayınlanan radyoaktif izotoplara ait piklerin oluşturacağı spektrumlar elde edilmiştir. 80.000 saniye saydırılan tüm numunelere ait piklerin alanları enerji değerleri baz alınarak hesaplanmıştır.

Numunelerden yayınlanan radyoaktif izotoplara ait piklerin oluşturacağı spektrumlar elde edildikten sonra aktivite hesabı için dedektör verimi de hesaba katılarak, Eşitlik 1 kullanılmıştır (Changizi ve ark., 2012);

$$A = s / (I\gamma).w.t.\epsilon \quad (1)$$

Burada A (Bq/kg); aktivite, S; ilgili pikin altında net alan, I<sub>γ</sub>; gama ışınının salma hızı, w; kg olarak numune miktarı, ε ilgili enerjideki dedektör verimi ve t ise saat olarak ölçüm süresi değerleridir.

## 2.7. Yıllık efektif doz

İnsan sağlığı için radyoaktivitenin muhtemel riski bir yılda alınan ve birimi mSV olan efektif doz (E) ile açıklanır. Bir yetişkin için yıllık E, Eşitlik 2 yardımıyla hesaplanmıştır (Jackson, 1996);

$$E = Y \times Z \times dk \text{ (mSv/y)} \quad (2)$$

Y; kişi başına kg cinsinden yıllık mantar tüketimidir, Z; Bq/kg cinsinden aktivite konsantrasyonudur, dk; sırasıyla  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  ve  $^{40}\text{K}$  için ( $\mu\text{Sv/Bq}$ )  $4,5 \times 10^{-2}$ , 0,23,  $1,3 \times 10^{-2}$ ,  $6,2 \times 10^{-3}$  iç doz dönüşüm faktörleridir.

## 2.8. Havadaki Absorplanmış Doz Hızı (D)

D, yerden 1 metre yukarıda maruz kalınan havadaki doz hızı olarak bilinir ve radyonüklit aktiviteler bilindiği takdirde UNSCEAR (2000) tarafından önerilen Eşitlik 3 ile hesaplanabilir:

$$D \text{ (nGy/h)} = 0,462 A_U + 0,604 A_{Th} + 0,0417 A_K + 0,030 A_{Cs} \quad (3)$$

Burada, D; yerden 1 m yükseklikte soğurulan doz hızıdır.  $A_U$ ,  $A_{Th}$ ,  $A_K$  ve  $A_{Cs}$ ; sırasıyla  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ 'nin aktivite konsantrasyonlarıdır.  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  dönüşüm faktörleri sırasıyla Bq/kg başına 0,462, 0,604, 0,0417 ve 0,030 nGy/h'dir (Kurnaz ve ark., 2007).

## 2.9. Radyum Eşdeğer Aktivitesi (Raeq) ve Dış Tehlike Endeksi (Hex)

Radyum eşdeğer aktivitesi (Raeq), risk indeksinde geniş bir şekilde Eşitlik 4 (Beretka ve Matthew, 1985) ile hesaplanarak kullanılır.

$$Raeq = A_{Ra} + 1,43 A_{Th} + 0,077 A_K \quad (4)$$

Burada,  $A_{Ra}$ ,  $A_{Th}$  ve  $A_K$  sırasıyla,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$ 'nin Bq/kg biriminde aktivite konsantrasyonlarıdır.

Dış tehlike endeksi (Hex), (Krieger, 1981) tarafından önerilen model kullanılarak Eşitlik (5) hesaplanır (Kurnaz ve ark., 2007).

$$Hex = A_{Ra} / 370 + A_{Th} / 259 + A_K / 4810 \leq 1 \quad (5)$$

Burada,  $A_{Ra}$ ,  $A_{Th}$  ve  $A_K$  sırasıyla,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$ 'nin Bq/kg biriminde aktivite konsantrasyonlarıdır.

## 2.10. Yıllık Gonadal Doz Eşdeğeri (YGDE)

Yıllık Gonadal Doz Eşdeğeri (YGDE), Eşitlik 6 kullanılarak hesaplanmıştır (Kurnaz ve ark., 2007; Mamont-Ciesla ve ark., 1982);

$$YGDE \text{ (}\mu\text{Sv/yıl)} = 3,09 A_{Ra} + 4,18 A_{Th} + 0,314 A_K \quad (6)$$

## 2.11. Yıllık etkin doz eşdeğeri (YEDE)

Yıllık etkin doz eşdeğeri (YEDE); Eşitlik 7 yardımı ile hesaplanmıştır (Kurnaz ve ark., 2007);

$$YEDE \text{ (}\mu\text{Sv/yıl)} = D \text{ (nGy/h)} \times 8760 \text{ (saat/yıl)} \times$$

$$0,2 \times 0,7 \text{ (Sv/Gy)} \times 10^{-3} \quad (7)$$

## 2.12. Yaşam Boyu Kanser Riski (YBKR)

Yaşam boyu kanser riski (YBKR) Eşitlik 8 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$YBKR = YEDE \times DL \times RF \quad (8)$$

Burada, DL yaşam süresi (70 yıl) ve RF risk faktörüdür, ( $\text{Sv}^{-1}$ ) ise Sievert başına ölümcül kanser riskini ifade eder. Stokastik etkiler için RF değeri 0,05 olarak alınır (Mountford ve Temperton, 1992; Kurnaz ve ark., 2007).

## 2.13. Eser elementler ve ağır metal içeriği Cihaz ve Reaktifler

Çalışmalarda Bruker 820-MS Endüktif Eşleştirilmiş Plazma Kütle Spektrometresi (ICP-MS) ve Cem Mars 5 Kapalı Damar Mikrodalga Sindirim Sistemi kullanılmıştır.

## 2.14. Örnek Hazırlama

0,5 g mantar numunesi alınıp üzerine 5 mL  $\text{HNO}_3$  (%65) ve 2 mL  $\text{HCl}$  (%37) ilave edilmiş, elde edilen karışım mikrodalga kullanılarak çözündürülmüştür. Daha sonra deiyonize su ile 50 mL hacme seyreltilmiştir. Numuneler Bruker-820 endüktif olarak eşleştirilmiş plazma kütle spektrometrisi (ICP-MS) ile analiz edilmiştir.

## 2.15. İstatistiksel analiz

Veriler SPSS paket programı (Statistical Package for Social Sciences - versiyon 23.0) kullanılarak analiz edilmiştir. İstatistiksel anlamlılık testleri, ANOVA ve Duncan çoklu karşılaştırma testleri yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

## 3. Bulgular

### 3.1. Mantarların karbon (C), hidrojen (H), azot (N) değerleri ve protein içerikleri

*Lactarius* mantarlarının karbon (C), hidrojen (H), azot (N) değerleri ve protein içerikleri (kuru ağırlık) Tablo 2'de verilmiştir.

### 3.2. Mantarların toplam fenolik içeriği ve antioksidan özellikleri

*Lactarius* türlerinin toplam fenolik içeriği ve antioksidan özellikleri Tablo 3'te verilmiştir.

### 3.3. Mantarların antimikrobiyal özellikleri

Agar kuyucuk difüzyonu yöntemi ile *Lactarius* mantarlarının metanolik ekstraktlarının antimikrobiyal aktivitesi Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 2. *Lactarius* mantarlarının karbon (C), hidrojen (H), azot (N) değerleri ve protein içerikleri (kuru ağırlık)

Table 2. Carbon (C), hydrogen (H), nitrogen (N) values and protein contents of *Lactarius* mushrooms (dry weight)

Mantar Türleri	H (%)	C (%)	N (%)	Protein (%)
<i>Lactarius delicious</i>	6,35	41,53	3,21	14,05
<i>Lactarius insulsus</i>	6,39	39,87	3,19	13,97
<i>Lactarius vellereus</i>	6,91	42,19	2,73	11,95

Tablo 3. *Lactarius* mantarlarının toplam fenolik içeriği ve antioksidan özellikleri (kuru ağırlık)

Table 3. Total phenolic content and antioxidant properties of *Lactarius* (dw)

Mantar Türleri	Total fenolik miktar (mg GAE/g)	FRAP ( $\mu\text{mol FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O/g}$ )
<i>Lactarius delicious</i>	1,343 $\pm$ 0,060 <sup>b</sup>	3,640 $\pm$ 0,212 <sup>b</sup>
<i>Lactarius insulsus</i>	1,124 $\pm$ 0,032 <sup>a</sup>	3,263 $\pm$ 0,035 <sup>a</sup>
<i>Lactarius vellereus</i>	2,247 $\pm$ 0,086 <sup>c</sup>	5,668 $\pm$ 0,042 <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Aynı üst simge harf(ler)e sahip olan ortalamalar, Duncan'ın çoklu karşılaştırma testine göre önemli ölçüde farklı değildir (p>0,05).

Tablo 4. Agar kuyucuk difüzyonu yöntemi ile *Lactarius* mantarlarının metanolik ekstraktlarının antimikrobiyal aktivitesi.

Table 4. Antimicrobial activity of the *Lactarius* mushrooms methanolic extracts by agar well diffusion

Materyal	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>E. faecalis</i>	<i>C. albicans</i>	<i>A. haemolyticus</i>	<i>K. pneumoniae</i>	<i>S. typhimurium</i>	<i>P. mirabilis</i>
<i>L. delicious</i>	- *	+*	-	-	-	-	+	-	-
<i>L. insulsus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>L. vellereus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ampicillin	+	+		+	-	-	-	+	-
Gentamicin			+			+	+		
Amphotericin B					+				
Cefotaxime									+
Metanol	-	-	-	-	-	-	-	-	-

\*: + antimikrobiyal aktivite var, - antimikrobiyal aktivite yok

### 3.4. Mantarların ve yetiştikleri toprak örneklerinin radyoaktivitesi

Mantar örneklerinin primordial radyonüklidleri (<sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th <sup>40</sup>K) ve yapay radyonüklid (<sup>137</sup>Cs) konsantrasyonları Tablo 5'te sunulmuştur. Mantar habitatındaki (yetiştirildiği topraktaki) <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th, <sup>137</sup>Cs ve <sup>40</sup>K aktivite konsantrasyonları Tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 5. *Lactarius* örneklerinin <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th, <sup>137</sup>Cs ve <sup>40</sup>K aktivite konsantrasyonları (kuru ağırlık)

Table 5. <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th, <sup>137</sup>Cs and <sup>40</sup>K activity concentrations of *Lactarius* samples (dry weight)

Mantar Türleri	<sup>238</sup> U (Bq/kg)	<sup>232</sup> Th (Bq/kg)	<sup>137</sup> Cs (Bq/kg)	<sup>40</sup> K (Bq/kg)
<i>Lactarius delicious</i>	11,0 $\pm$ 0,7 <sup>a</sup>	2,5 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	ND*	42,3 $\pm$ 2,1 <sup>a</sup>
<i>Lactarius insulsus</i>	14,0 $\pm$ 0,8 <sup>b</sup>	3,8 $\pm$ 0,4 <sup>b</sup>	34,8 $\pm$ 3,1	55,7 $\pm$ 2,2 <sup>b</sup>
<i>Lactarius vellereus</i>	13,0 $\pm$ 0,9 <sup>b</sup>	6,9 $\pm$ 0,4 <sup>c</sup>	ND	61,2 $\pm$ 2,4 <sup>c</sup>

\*ND: Tespit edilmedi, <sup>a</sup>: Duncan'ın çoklu karşılaştırma testi ile aynı üst simge harf(ler)e sahip olan ortalamalar önemli ölçüde farklı değildir (p>0,05)

Tablo 6. Mantar habitatındaki (topraktaki) <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th, <sup>137</sup>Cs ve <sup>40</sup>K aktivite konsantrasyonları

Table 6. <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th, <sup>137</sup>Cs and <sup>40</sup>K activity concentrations in fungi habitat (soil), (dry weight)

Mantar habitatı	<sup>238</sup> U (Bq/kg)	<sup>232</sup> Th (Bq/kg)	<sup>137</sup> Cs (Bq/kg)	<sup>40</sup> K (Bq/kg)
<i>Lactarius delicious</i>	28,3 $\pm$ 1,7 <sup>b</sup>	24,4 $\pm$ 1,5 <sup>c</sup>	ND*	233,7 $\pm$ 9,3 <sup>b</sup>
<i>Lactarius insulsus</i>	28,5 $\pm$ 0,9 <sup>b</sup>	22,5 $\pm$ 0,9 <sup>b</sup>	ND	238,9 $\pm$ 12,7 <sup>b</sup>
<i>Lactarius vellereus</i>	24,1 $\pm$ 1,3 <sup>a</sup>	13,2 $\pm$ 0,7 <sup>a</sup>	ND	174,7 $\pm$ 9,4 <sup>a</sup>

\*ND: Tespit edilmedi, <sup>a</sup>: Duncan'ın çoklu karşılaştırma testi ile aynı üst simge harf(ler)e sahip olan ortalamalar önemli ölçüde farklı değildir (p>0,05).

Yıllık etkin doz (E), havadaki absorplanmış doz hızı (D), radyum eşdeğeri aktivitesi (Raeq) ve dış tehlike indeksi (Hex), yıllık gonadal doz eşdeğeri (YGDE), yıllık etkin doz eşdeğeri (YEDE) ve yaşam boyu kanser riski (YBKR) değerleri Tablo 7'de sunulmuştur

Tablo 7. Mantar ve toprak örneklerinde E, D, Ra<sub>eq</sub>, H<sub>ex</sub>, YGDE, YEDE ve YBKR değerleri  
Table 7. E, D, Ra<sub>eq</sub>, H<sub>ex</sub>, YGDE, YEDE, Risk of lifetime cancer values in fungi and soil samples

Mantar türleri	E* (mSv/y)	D (nGy/h)	Ra <sub>eq</sub> (Bq/kg)	H <sub>ex</sub>	YGDE (µSv/y)	YEDE (mSv/y)	YBKR
<i>Lactarius deliciosus</i>	23,5	37,5	81,1	0,330	262,7	46,03	1,610 x 10 <sup>-4</sup>
<i>Lactarius insulsus</i>	33,5	36,6	79,1	0,200	218,1	44,88	1,571 x 10 <sup>-4</sup>
<i>Lactarius vellereus</i>	29,3	26,3	56,3	0,156	184,4	32,25	1,128 x 10 <sup>-4</sup>
Dünya ortalaması	290	55	370			70	0,29 x 10 <sup>-3</sup>

\*: E (Efektif doz) değeri mantarlar için, diğer değerler yetiştirme ortamı olan toprak için hesaplanmıştır.

Tablo 8. Mantarların eser element miktarları (mg/kg, kuru ağırlık)  
Table 8. Trace element contents of fungi (mg/kg, dry weight)

Mantar Türleri	Mg	Al	Ca	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Se
<i>Lactarius deliciosus</i>	107,1 ± 6,2 <sup>b</sup>	61,6 ± 4,6 <sup>a</sup>	585,3 ± 36,4 <sup>b</sup>	27,8 ± 1,7 <sup>b</sup>	392,2 ± 28,7 <sup>b</sup>	0,29 ± 0,016 <sup>b</sup>	24,7 ± 6,6 <sup>a</sup>	10,9 ± 0,5 <sup>a</sup>	86,0 ± 5,6 <sup>b</sup>	3,2 ± 0,17 <sup>ab</sup>
<i>Lactarius insulsus</i>	86,5 ± 4,1 <sup>a</sup>	92,4 ± 6,8 <sup>b</sup>	202,5 ± 7,3 <sup>a</sup>	13,3 ± 1,1 <sup>a</sup>	80,1 ± 7,1 <sup>a</sup>	0,12 ± 0,008 <sup>a</sup>	16,8 ± 4,3 <sup>a</sup>	44,2 ± 3,8 <sup>b</sup>	55,8 ± 4,3 <sup>a</sup>	3,5 ± 0,18 <sup>b</sup>
<i>Lactarius vellereus</i>	86,9 ± 4,3 <sup>a</sup>	66,4 ± 4,8 <sup>a</sup>	214,4 ± 8,3 <sup>a</sup>	13,8 ± 1,1 <sup>a</sup>	84,5 ± 8,4 <sup>a</sup>	0,14 ± 0,009 <sup>a</sup>	14,2 ± 4,1 <sup>a</sup>	45,2 ± 3,5 <sup>b</sup>	56,7 ± 4,4 <sup>a</sup>	3,1 ± 0,14 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Aynı üst simge harf(ler)e sahip olan ortalamalar, Duncan'ın çoklu karşılaştırma testine göre önemli ölçüde farklı değildir (p>0.05).

Tablo 9. Mantarların ağır metal miktarları ( mg/kg kuru ağırlık)  
Table 9. Heavy metal contents of fungi (mg/kg, dry weight)

Mantar Türleri	Pb-206	Pb-207	Pb-208	Cr	As	Cd
<i>Lactarius deliciosus</i>	0,07 ± 0,006 <sup>a</sup>	0,06 ± 0,006 <sup>b</sup>	0,07 ± 0,004 <sup>c</sup>	0,050 ± 0,003 <sup>b</sup>	0,023 ± 0,004 <sup>a</sup>	0,13 ± 0,005 <sup>a</sup>
<i>Lactarius insulsus</i>	0,05 ± 0,004 <sup>a</sup>	0,04 ± 0,005 <sup>a</sup>	0,04 ± 0,002 <sup>a</sup>	0,024 ± 0,001 <sup>a</sup>	0,019 ± 0,003 <sup>a</sup>	0,14 ± 0,006 <sup>a</sup>
<i>Lactarius vellereus</i>	0,06 ± 0,005 <sup>a</sup>	0,06 ± 0,005 <sup>b</sup>	0,06 ± 0,003 <sup>b</sup>	0,026 ± 0,001 <sup>a</sup>	0,024 ± 0,004 <sup>a</sup>	0,14 ± 0,007 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Aynı üst simge harf(ler)e sahip olan ortalamalar, Duncan'ın çoklu karşılaştırma testine göre önemli ölçüde farklı değildir (p>0.05).

### 3.5. Mantarların eser element ve ağır metal içerikleri

Mantarların eser element ve ağır metal içerikleri (mg/kg, kuru ağırlık) sırasıyla Tablo 8 ve Tablo 9'da sunulmuştur.

## 4. Tartışma ve Sonuç

### 4.1. Mantarların karbon (C), hidrojen (H), azot (N) değerleri ve protein içerikleri

Bu çalışmada kuru mantar örneklerinin protein içeriği %11,95 ile %14,05 arasında değişmiştir. *Lactarius deliciosus* %14,05 ile en yüksek protein içeriğine sahip mantar türü bulunmuştur (Tablo 2). Literatürde; bazı türlerin protein içeriğinin %1,5 ila %7,9 (kuru ağırlık) arasında değiştiği bildirilmiştir (Manzi ve ark., 2004)

### 4.2. Mantarların toplam fenolik miktarı ve antioksidan özellikleri

Tablo 3'te görüldüğü üzere *Lactarius* türlerinin toplam fenolik içeriği 1,124±0,032 ila 2,247±0,086 mg GAE/g arasında değişmiştir. En yüksek değer

*Lactarius vellereus*'ta gözlenmiştir. Kalogeropoulos ve ark., (2013) taze *L. deliciosus*'daki toplam fenolik miktarının 0,124 mg GAE/g yaş ağırlık olduğunu bildirmişlerdir. *Lactarius* türleri arasında en yüksek antioksidan aktivite (FRAP), *Lactarius vellereus*'un ekstraktında (5,668±0,042 µmol FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O/g) bulunmuştur.

Bu çalışmada elde edilen değerler, Yunanistan'ın Midilli Adası'nda yetişen bazı taze yabani yenebilir mantarların değerlerinden (*Lactarius deliciosus*, *L. semisanguifluus*, *L. sanguifluus*, *Russula delica*, *Suillus bellinii* mantarları için 0,271 ile 0,523 µmol Fe<sup>2+</sup>/g değerleri arasında) yüksek bulunmuştur (Kalogeropoulos ve ark., 2013).

### 4.3. Mantarların antimikrobiyal özellikleri

*Lactarius deliciosus*, *Klebsiella pneumoniae* ve *Escherichia coli*'nin in vitro (laboratuvar ortamında) büyümesine karşı engelleyici etki göstermiştir (Tablo 4). Literatürde *Lactarius deliciosus* türünün *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus aureus* ve *Mycobacterium smegmatis* (Dulger ve ark., 2002) *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis* (Barros ve ark.,

2007) *Candida albicans*'a (Santoyo ve ark., 2009) karşı antimikrobiyal etki gösterdiği bildirilmiştir. Antimikrobiyal özelliklerin çözücü tipi, süresi ve ekstraktların konsantrasyonu vb. faktörlerden etkilenebileceği belirtilmiştir (Barros ve ark., 2007).

#### 4.4. Mantarların ve yetiştikleri toprak örneklerinin radyoaktivitesi

Tablo 5'ten görüleceği üzere, mantarların uranyum ( $^{238}\text{U}$ ) ve toryum ( $^{232}\text{Th}$ ) aktivite konsantrasyonları sırasıyla  $11,0 \pm 0,7$  ila  $14,0 \pm 0,8$  Bq/kg ve  $2,5 \pm 0,2$  ila  $6,9 \pm 0,4$  Bq/kg arasında değişmiştir. En yüksek uranyum ( $^{238}\text{U}$ ) *Lactarius insulsus*'ta görülürken, en yüksek toryum *Lactarius vellereus*'ta tespit edilmiştir. Uranyum aktivite konsantrasyon değerleri, Güneybatı Nijeryada'ki bazı yenilebilir yabani mantarlarla karşılaştırılabilir olduğu ( $8,57 \pm 3,25$  ve  $14,31 \pm 6,01$  Bq/kg; Faweya ve ark., 2015) ve bazı yabani mantarlardan (*Amanita muscaria*, *Hebeloma cylindrosporum*, *Tricholoma equestre*, *Lactarius delicious*,  $0,91 \pm 0,05$  -  $6,8 \pm 0,8$  Bq/kg) daha yüksek oranlarda olduğu söylenebilir (Baeza ve Guillén, 2006).

Mantarların toryum aktivite konsantrasyonlarının önceki çalışmalarda  $1,44 \pm 0,07$  ile  $21,64 \pm 7,23$  Bq  $\text{kg}^{-1}$  (kuru ağırlık) arasında değiştiği bildirilmiştir (Baeza ve Guillén, 2006; Faweya ve ark., 2015).

Bu çalışmada, mantarların potasyum aktivite konsantrasyonları  $42,3 \pm 2,1$  ile  $61,2 \pm 2,4$  Bq/kg (kuru ağırlık) arasında değişmiştir. En yüksek  $^{40}\text{K}$ , *Lactarius vellereus*'ta tespit edilmiştir. Literatürde mantarların  $^{40}\text{K}$  içeriği  $29 \pm 23$  ile  $3,020 \pm 100$  Bq  $\text{kg}^{-1}$  (kuru ağırlık) arasında olduğu bildirilmiştir (Rakić ve ark., 2014).

Sezyum ( $^{137}\text{Cs}$ ), nükleer silahlar ve nükleer materyaller de dâhil olmak üzere farklı kazalarla çevreye salınan uzun ömürlü bir antropojenik radyonüklid (Yarılanma ömrü;  $T_{1/2} = 30,2$  y). Sezyum aktivite konsantrasyonu sadece *Lactarius insulsus*'ta belirlenmiştir. Mantarların aynı bölgeden toplandığı göz önüne alındığında mantar türlerinin radyonüklid birikiminde farklılık gösterdiği söylenebilir.

Tablo 6'dan görüleceği üzere; toprak örneklerindeki uranyum, toryum ve potasyum ortalamaları sırasıyla  $26,9 \pm 1,3$ ;  $20,0 \pm 1,0$  ve  $215,7 \pm 10,4$  Bq/kg bulunmuştur. Bu değerlerin tümü dünya ortalamalarından (sırasıyla 45 Bq/kg, 45 Bq/kg ve 400 Bq/kg) düşük bulunmuştur (UNSCEAR, 2000). $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonu, hiçbir toprak örneğinde tespit edilememiştir.

##### 4.4.1. Yıllık etkin doz (E)

*Lactarius delicious*, *L. insulsus* ve *L. vellereus* için

yıllık etkin doz sırasıyla; 23,5; 33,5; 29,3 olarak hesaplanmıştır. Tüm etkili dozlar dünya ortalamasının ( $290 \mu\text{Sv/y}$ ) altında bulunmuştur (UNSCEAR, 2000). Kirlilik düzeyinin düşük olması, doğadan toplanan yabani, yenilebilir *Lactarius* türlerinin tüketilmesinin herhangi bir sağlık sorununa yol açmayacağını ortaya koymaktadır.

##### 4.4.2. Havadaki absorplanmış doz hızı (D)

Absorbe edilen doz 26,3 ila 37,5 nGy/h arasında değişmiştir (Tablo 7). Bu değerler, Mısır'ın Doğu Çölü ( $488$  nGy/h) (Arafa, 2004) ve İstanbul ( $49$  nGy/h) (Karahan ve Bayulken, 2000) değerlerinden daha düşüktür. Sonuçlarımız UNSCEAR (2000) uluslararası ortalama değerden ( $55$  nGy/h) daha düşük bulunmuştur.

##### 4.4.3. Radyum eşdeğeri aktivitesi (Raeq) ve dış tehlike indeksi (Hex)

Çalışmada; radyum eşdeğer aktivite (Raeq) değerleri  $56,3$  ile  $81,1$  Bq/kg arasında bulunmuştur. Sonuçlarımız Rize-Fırtına Vadisi ( $166,3$  Bq/kg) (Kurnaz ve ark., 2007) ve Mısır'ın Doğu Çölünde ( $493,8$  Bq/kg) (Arafa, 2004) bulunan değerlerden daha düşüktür. Ayrıca bu sonuçlar uluslararası önerilen değerlerden ( $370$  Bq/kg) de düşüktür (UNSCEAR, 2000).

En yüksek ve en düşük dış tehlike indeksi (Hex) sırasıyla  $0,330$  ve  $0,156$  olarak hesaplanmıştır. Bu değerler, Türkiye'nin kuzey batısındaki (Rize-Fırtına Vadisi) Hex değeri ( $2,03$ ) (Kurnaz ve ark., 2007), Mısır'ın Doğu Çölü Hex değerinden daha düşük bulunmuştur (Arafa, 2004).

##### 4.4.4. Yıllık gonadal doz eşdeğeri (YGDE)

YGDE,  $184,4$  ila  $262,7$  mSv/yıl arasında değişmiştir. YGDE, Mısır'ın Doğu Çölünde (Arafa, 2004)  $2398$  mSv/yıl ve Türkiye'de Fırtına Vadisi'nde  $550,5$  mSv/yıl olarak bulunmuştur (Kurnaz ve ark., 2007). Bu değerler Tablo 7'de belirtilen değerlerden daha yüksektir.

##### 4.4.5. Yıllık etkin doz eşdeğeri (YEDE)

YEDE  $32,25$  -  $46,03$  mSv/yıl aralığında bulunmuştur. UNSCEAR (2000)'e göre dış mekân karasal gama radyasyonunda YEDE'nin dünya ortalaması  $70$  mSv/yıl'dır. Dolayısıyla bulgularımız dünya ortalamasının altındadır. Karahan ve Bayulken, (2000)'e göre YEDE, İstanbul'da  $69,8$  mSv /yıl olarak bulunmuştur.

##### 4.4.6. Yaşam boyu kanser riski

Mantarların yaşam boyu en düşük ve en yüksek kanser riski sırasıyla  $1,128 \times 10^{-4}$  ve  $1,610 \times 10^{-4}$

olarak bulunmuştur. Dünya ortalama yaşam boyu kanser riski  $0,29 \times 10^{-3}$ 'tür (Taskin ve ark., 2009). Dolayısıyla bulgularımız dünyanın ortalama yaşam boyu kanser riskinden daha düşüktür.

#### 4.4.7. Mantarların eser element miktarları (mg/kg - kuru ağırlık)

En düşük alüminyum ( $61,6 \pm 4,6$  mg/kg) ve bakır ( $10,9 \pm 0,5$  mg/kg), ayrıca en yüksek kalsiyum ( $585,3 \pm 36,4$  mg/kg), manganez ( $27,8 \pm 1,7$  mg/kg), demir ( $392,2 \pm 28,7$  mg/kg), kobalt ( $0,29 \pm 0,016$  mg/kg) ve nikel ( $24,7 \pm 6,6$  mg/kg) içerikleri *Lactarius deliciosus* türünde gözlenmiştir. Bu tür, *Lactarius*'un diğer iki türüne oranla daha dikkat çekici sonuçlar sergilemiştir. Daha önce yapılan bir çalışmada, (Kosanić ve ark., 2016) *Lactarius deliciosus* mantarının çinko, bakır, kadmiyum ve kurşun içerikleri sırasıyla  $123,57 \pm 0,30$ ;  $15,49 \pm 0,12$ ;  $0,54 \pm 0,00$ ;  $0,44 \pm 0,3$  mg/kg olarak rapor edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen bulgular, literatür değerleri ile paralellik göstermektedir.

#### 4.5. Mantarların ağır metal miktarları

Yılmaz ve ark., (2002) Türkiye'nin batısından (Balıkesir-Manisa) toplanan bazı türlerde Pb içeriğinin  $0,57$  ile  $8,5$  mg/kg arasında değiştiğini bildirmiştir. Çalışmamızda mantarların kurşun içeriği literatürdeki aralıklardan oldukça düşük bulunmuştur. Dolayısıyla elde edilen değerlerin kurşun içeriği açısından güvenli bölgede olduğu söylenebilir.

Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO, who.int) göre; mantarlarda normal Cd aralığı  $0,012-60$  mg/kg aralığında olmalıdır (WHO, 1999). Çalışmadaki ortalama Cd içeriği  $0,13 - 0,14$  mg/kg civarlarında olduğundan güvenlik aralığındadır.

Doğada; arsenik en tehlikeli inorganik elementlerden biridir. İnsanlar için kanserojen risk taşır. Bunlara ek olarak; bilinen güvenli arsenik seviyelerinin olmadığı bildirilmiştir (Falandyz ve Borovička, 2013). Bu çalışmada; *Lactarius*'ların tespit edilen arsenik değerleri ( $0,019 \pm 0,003 - 0,024 \pm 0,004$  mg/kg) literatür verilerinden ( $0,28-86$  mg/kg) oldukça düşüktür (Vetter, 1994).

Daha önce yapılan bir çalışmada, (Kosanić ve ark., 2016) *Lactarius deliciosus*'ın metal konsantrasyonunu, antioksidan, antimikrobiyal ve antikanser potansiyellerini araştırmışlar, in-vitro olarak belirli seviyelerde antimikrobiyal, antioksidan ve antikanser aktiviteye sahip olduğunu ortaya koymuştur.

İstatistiksel test sonuçlarına göre (Duncan'ın çoklu karşılaştırma testi); mantarların elementel kompozisyonlarının birbirlerinden önemli ölçüde farklı

oldukları bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Sonuç olarak, aynı cinsten olmalarına ve aynı yöreden toplanmalarına rağmen mantar türleri arasındaki farklılıkların analiz sonuçlarını etkileyebileceği ifade edilebilir. Daha fazla karşılaştırma yapabilmek için; farklı coğrafi bölgelerden toplanan farklı yabani, yenilebilir mantar türleri ile genişletilmiş analizlerine ihtiyaç vardır.

#### Açıklama

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi'nin 50. yılına özel etkinlikleri kapsamında, 6 - 9 Aralık 2021 tarihleri arasında düzenlenen IV. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi'nde sözlü bildiri olarak sunulmuştur. Ancak, tam metin halinde hiçbir yerde yayımlanmamıştır.

#### Kaynaklar

Alshahri, F. 2019. Natural and anthropogenic radionuclides in urban soil around non-nuclear industries (Northern Al Jubail), Saudi Arabia: assessment of health risk. *Environmental Science Pollution Research* 26 (36): 36226-36235.

Arafa, W. 2004. Specific activity and hazards of granite samples collected from the Eastern Desert of Egypt. *Journal of Environmental Radioactivity* 75 (3): 315-327.

Baeza, A., Guillén, J. 2006. Influence of the soil bioavailability of radionuclides on the transfer of uranium and thorium to mushrooms. *Applied Radiation Isotopes in Environmental Health studies* 64 (9): 1020-1026.

Barros, L., Baptista, P., Estevinho, L. M., Ferreira, I. C. 2007. Effect of fruiting body maturity stage on chemical composition and antimicrobial activity of *Lactarius* sp. mushrooms. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 55 (21): 8766-8771.

Benzie, I. F., Strain, J. J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical Biochemistry* 239 (1): 70-76.

Beretka, J., Matthew, P. 1985. Natural radioactivity of Australian building materials, industrial wastes and by-products. *Health Physics* 48 (1): 87-95.

Changizi, V., Angaji, M., Zare, M. R., Abbasnejad, K. 2012. Evaluation of  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{40}\text{K}$  *Agaricus bisporus* activity in cultivated edible mushroom formed in Tehran Province-Iran. *Iranian Journal of Medical Physics* 9 (4): 239-244.

Chen, S., Zhu, Y., Hu, Q. 2005. Soil to plant transfer of  $^{238}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{232}\text{Th}$  on a uranium mining-impacted soil from southeastern China. *Journal of Environmental Radioactivity* 82 (2): 223-236.

Crisan, E., Sands, A. 1978. The Biology and Cultivation of Edible Mushrooms. Nutritional value. Academic Press, New York.



- Dulger, B., Yilmaz, F., Gucin, F. 2002. Antimicrobial activity of some *Lactarius* species. *Pharmaceutical Biology* 40 (4): 304-306.
- Falandysz, J., Borovička, J. 2013. Macro and trace mineral constituents and radionuclides in mushrooms: health benefits and risks. *Applied Microbiology Biotechnology* 97 (2): 477-501.
- Faweya, E., Ayeni, M., Kayode, J. 2015. Accumulation of natural radionuclides by some edible wild mushrooms in Ekiti State, Southwestern, Nigeria. *World Journal of Nuclear Science Technology* 5 (02): 107.
- Gadow, A., Joubert, E., Hansmann, C. 1997. Comparison of the antioxidant activity of aspalathin with that of other plant phenols of rooibos tea (*Aspalathus linearis*),  $\alpha$ -tocopherol, BHT, and BHA. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 45 (3): 632-638.
- Gast, C., Jansen, E., Bierling, J., Haanstra, L. 1988. Heavy metals in mushrooms and their relationship with soil characteristics. *Chemosphere* 17 (4): 789-799.
- He, Z. L., Yang, X. E., Stoffella, P. J. 2005. Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. *Journal of Trace elements in Medicine Biology* 19 (2-3): 125-140.
- Jackson, P. 1996. Age-dependent doses to members of the public from intake of radionuclides: part 5 compilation of ingestion and inhalation dose coefficients (ICRP Publication 72). IOP Publishing.
- Kalogeropoulos, N., Yanni, A. E., Koutrotsios, G., Aloupi, M. 2013. Bioactive microconstituents and antioxidant properties of wild edible mushrooms from the island of Lesbos, Greece. *Food Chemical Toxicology* 55: 378-385.
- Karahan, G., Bayulken, A. 2000. Assessment of gamma dose rates around Istanbul (Turkey). *Journal of Environmental Radioactivity* 47 (2): 213-221.
- Kosanić, M., Ranković, B., Rančić, A., Stanojković, T. 2016. Evaluation of metal concentration and antioxidant, antimicrobial, and anticancer potentials of two edible mushrooms *Lactarius deliciosus* and *Macrolepiota procera*. *Journal of Food Drug Analysis* 24 (3): 477-484.
- Krieger, R. 1981. Radioactivity of construction materials. *Betonwerk Fertigteil Techn* 47 (8): 468-473.
- Kurnaz, A., Küçükömeroğlu, B., Keser, R., Okumuşoğlu, N., Korkmaz, F., Karahan, G., Çevik, U. 2007. Determination of radioactivity levels and hazards of soil and sediment samples in Fırtına Valley (Rize, Turkey). *Applied Radiation Isotopes in Environmental Health studies* 65 (11): 1281-1289.
- Maity, G. N., Maity, P., Khatua, S., Acharya, K., Dalai, S., Mondal, S. 2021. Structural features and antioxidant activity of a new galactoglucon from edible mushroom *Pleurotus djamor*. *International Journal of Biological Macromolecules* 168: 743-749.
- Mamont-Ciesla, K., Gwiazdowski, B., Biernacka, M., Zak, A. 1982. Radioactivity of Building Materials in Poland. Natural Radiation Environment. Halsted Press, New York
- Manzi, P., Marconi, S., Aguzzi, A., Pizzoferrato, L. 2004. Commercial mushrooms: nutritional quality and effect of cooking. *Food Chemistry* 84 (2): 201-206.
- Martins, A., Baptista, P., Sousa, M., Meireles, T., Pais, M. 2002. Edible mycorrhizal fungi associated with *Castanea sativa* Mill trees in the Northeast of Portugal. The proceedings of the second international workshop on edible mycorrhizal fungi. ISBN 0-478-10828-X.
- Mountford, P., Temperton, D. 1992. Recommendations of the international commission on radiological protection (ICRP) 1990. *European Journal of Nuclear Medicine* 19, 77-79
- Murcia, M. A., Martinez-Tome, M., Jiménez, A. M., Vera, A. M., Honrubia, M., Parras, P. 2002. Antioxidant activity of edible fungi (truffles and mushrooms): losses during industrial processing. *Journal of Food Protection* 65 (10): 1614-1622.
- Rakić, M., Karaman, M., Forkapić, S., Hansman, J., Kebert, M., Bikit, K., Mrdja, D. 2014. Radionuclides in some edible and medicinal macrofungal species from Tara Mountain, Serbia. *Environmental Science Pollution Research* 21 (19): 11283-11292.
- Santoyo, S., Ramírez-Anguiano, A. C., Reglero, G., Soler-Rivas, C. 2009. Improvement of the antimicrobial activity of edible mushroom extracts by inhibition of oxidative enzymes. *International Journal of Food Science Technology* 44 (5): 1057-1064.
- Sevindik, M., Akgul, H., Selamoglu, Z., Braidy, N. 2020. Antioxidant and antigenotoxic potential of *Infundibulicybe geotropa* mushroom collected from Northwestern Turkey. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* 2020: 1-8
- Slinkard, K., Singleton, V. L. 1977. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology Viticulture* 28 (1): 49-55.
- Smolskaitė, L., Venskutonis, P. R., Talou, T. 2015. Comprehensive evaluation of antioxidant and antimicrobial properties of different mushroom species. *LWT-Food Science and Technology* 60(1): 462-471.
- Taskin, H., Karavus, M., Ay, P., Topuzoglu, A., Hidiroglu, S., Karahan, G. 2009. Radionuclide concentrations in soil and lifetime cancer risk due to gamma radioactivity in Kırklareli, Turkey. *Journal of Environmental Radioactivity* 100 (1): 49-53.
- UNSCEAR. 2000. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and effects of ionizing radiation. United Nations Publications.
- Vetter, J. 1994. Data on arsenic and cadmium contents of some common mushrooms. *Toxicol* 32 (1): 11-15.
- Vieira, V., Barros, L., Martins, A., Ferreira, I. C. 2014.

---

Expanding current knowledge on the chemical composition and antioxidant activity of the genus *Lactarius*. *Molecules* 19 (12): 20650-20663.

Wayne, P. 2012. Performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests; approved standard. Approved Standard—Eleventh Edition. CLSI document M02-A11.

WHO. 1999. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Summary and conclusions, 53rd Meeting, Rome.

Xu, X., Liu, A., Hu, S., Ares, I., Martínez-Larrañaga, M.-R., Wang, X., Martínez, M., Anadón, A., Martínez,

M.-A. 2021. Synthetic phenolic antioxidants: Metabolism, hazards and mechanism of action. *Food Chemistry* 353: 129488.

Yılmaz, A. 2015. Bazı doğa ve kültür mantarı türlerinin biyoaktif özelliklerinin ve radyoaktif element miktarlarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, aradeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı.

Yılmaz, F., Işıloğlu, M., Merdivan, M. 2002. Heavy metal levels in some macrofungi. *Turkish Journal of Botany* 27 (1): 45-56.