

Atf İçin: Erdal Altıntaş, Ö. (2023). Yenilebilir ve Tıbbi Mantar *Hericum erinaceus*'un Besin Bileşimi, Antioksidan Aktiviteleri ve Anti-kanser Etkisinin Değerlendirilmesi. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(4), 2622-2633.

To Cite: Erdal Altıntaş, Ö. (2023). Evaluation of Nutritional Composition, Antioxidant Activities and Anti-cancer Effect of Edible and Medicinal Mushroom *Hericum erinaceus*. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(4), 2622-2633.

Yenilebilir ve Tıbbi Mantar *Hericum erinaceus*'un Besin Bileşimi, Antioksidan Aktiviteleri ve Anti-kanser Etkisinin Değerlendirilmesi

Özlem ERDAL ALTINTAŞ^{1*}

Öne Çıkanlar:

- Yüksek protein, karbonhidrat, diyet lifi ve glukan içeriği
- Yüksek antioksidan kapasite
- Antioksidan kapasite ile fenolik ve flavonoid içerik arasında pozitif korelasyon
- A549 ve HT-29 hücrelerine karşı inhibisyon etkisi

Anahtar Kelimeler:

- antioksidan
- antikanser aktivite
- besin kompozisyonu
- fenolik içerik
- *Hericum erinaceus*

ÖZET:

Mantarlar antik çağlardan itibaren besin bileşimleri ve tıbbi özellikleri sayesinde ilgi görmektedir. Son yıllarda mantar ekstraktlarının antioksidan bileşikler, ilaç ve gıda endüstrilerinde sentetik antioksidan maddelerin alternatif kaynağı haline gelmiştir. Bu kapsamda araştırmacılar yenilebilir ve tıbbi özellikteki mantarlarla daha fazla ilgilenmeye başlamışlardır. Bu araştırmanın amacı ise, ticari olarak satın alınan *Hericum erinaceus* mantarının besin bileşimi, antioksidan potansiyeli, fenolik ve flavonoid içeriğini ortaya çıkarmak ayrıca A549 (akciğer adenokarsinomu) HT-29 (insan kolon adenokarsinomu) hücrelerine karşı antikanser etkisini değerlendirmektir. Bu bağlamda, besin bileşimi Association of Official Analytical Chemists (AOAC) prosedürüne uygun olarak analiz edilmiştir. *Hericum erinaceus* protein, karbonhidrat, diyet lifi ve glukan içeriği ile yüksek bir besin değeri göstermiştir. Bu mantarın su, etanol ve metanol ekstraktlarının toplam fenolik ve toplam flavonoid içerikleri belirlenmiş ve metanol ekstraktının üç ekstre türü arasında en yüksek fenolik (27.12±1.05 mg GAE/ g ekstre) ve flavonoid (13.48±1.13 mg QE/g ekstre) içeriğe sahip olduğu bulunmuştur. Ayrıca, ekstraktların antioksidan kapasitesi farklı yöntemlerle (DPPH, ABTS, FRAP ve CUPRAC) karşılaştırılmıştır. Metanol ekstresi diğer ekstraktlar arasında en yüksek DPPH (38.88±1.59 µM TE/g ekstre), FRAP (21.44±0.79 µM TE/g ekstre) ve CUPRAC (30.05±1.80 µM TE/g ekstre) aktivitelerini gösterirken, etanol ekstresi için ABTS (24.44±1.07 µM TE/g ekstre) aktivitesi en yüksek olarak belirlenmiştir. Son olarak, bu ekstraktların A549 ve HT-29 hücrelerine karşı antikanser etkileri değerlendirildiğinde, 24 saatin sonunda su, etanol ve metanol ekstraktlarının A549 hücrelerini sırasıyla %49.08, %52.08 ve %57.91 oranında HT-29 hücrelerini ise %52.82, %63.71 ve %71.07 oranında inhibe ettiği gözlemlenmiştir.

Evaluation of Nutritional Composition, Antioxidant Activities and Anti-cancer Effect of Edible and Medicinal Mushroom *Hericum erinaceus*

Highlights:

- High protein, carbohydrate, dietary fiber and glukan content
- High antioxidant capacity
- Positive correlation between antioxidant capacity and phenolic and flavonoid content
- Inhibition effect against A549 and HT-29 cells

Keywords:

- antioxidant
- anticancer activity
- nutritional composition
- phenolic content
- *Hericum erinaceus*

ABSTRACT:

Mushrooms have attracted interest since ancient times due to their nutritional composition and medicinal properties. In recent years, the antioxidant compounds of mushroom extracts have become a source of alternative synthetic antioxidant substances in pharmaceutical and food industries. In this context, researchers have become increasingly interested in edible and medicinal mushrooms. The aim of this study was to determine the nutritional composition, antioxidant potential, phenolic and flavonoid content of commercially purchased *Hericum erinaceus* mushroom and to evaluate its anticancer effect against A549 (lung adenocarcinoma) and HT-29 (human colon adenocarcinoma) cells. In this context, the nutrient composition was analyzed according to the Association of Official Analytical Chemists (AOAC) procedure. *Hericum erinaceus* showed a high nutritional value with protein, carbohydrate, dietary fiber and glukan content. The total phenolic and total flavonoid contents of water, ethanol and methanol extracts of this mushroom were determined and it was found that the methanol extract had the highest phenolic (27.12±1.05 mg GAE/g extract) and flavonoid (13.48±1.13 mg QE/g extract) contents among the three extract types. In addition, the antioxidant capacity of the extracts was compared by different methods (DPPH, ABTS, FRAP and CUPRAC). Methanol extract showed the highest DPPH (38.88±1.59 µM TE/g extract), FRAP (21.44±0.79 µM TE/g extract) and CUPRAC (30.05±1.80 µM TE/g extract) activities among the other extracts, while ABTS (24.44±1.07 µM TE/g extract) activity was the highest for ethanol extract. Finally, when the anticancer effects of these extracts against A549 and HT-29 cells were evaluated, it was observed that water, ethanol and methanol extracts inhibited A549 cells by 49.08%, 52.08% and 57.91% and HT-29 cells by 52.82%, 63.71% and 71.07%, respectively, at the end of 24 hours.

¹Özlem ERDAL ALTINTAŞ (Orcid ID: 0000-0003-4680-1738), Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Şuhut Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, İğdır, Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Özlem ERDAL ALTINTAŞ, e-mail: ozlem.altintas@afsu.edu.tr

GİRİŞ

Son zamanlarda, farklı geleneksel gıda ürünlerinin yeniden değerlendirilmesi, beslenme alışkanlıkları, sağlığa faydaları ve yaşam kalitesiyle ilgili konularla bağlantılı olarak yerel biyoçeşitlilikten elde edilen doğal ürünlerin tüketimi artmıştır. 21. yüzyıl tüketicilerinin bakış açısına göre gıda sadece hayatta kalma ve enerji kaynağı olarak düşünülmemelidir. Hipokrat'ın da ifadesi gereği gıdanın ilaç, ilacın da gıda olarak değerlendirilmesi gerekir. (El-Sheika ve ark., 2018). Son on yılda farklı geleneksel gıda ürünleri yeniden değerlendirilmiş ve bunların sağlığa faydaları tüketicilerin dikkatini çekmiştir. Bu nedenle, yenilebilir ve tıbbi mantarlar gibi sağlık durumunu korumaya yardımcı olabilecek gıda ürünlerinin tüketilmesi dünya çapında dikkat çekmiş, beslenme ve mutfak kullanımlarında bir trend haline gelmiştir (Abdelahafy ve ark., 2022). Mantarlar, besin değerleri, eşsiz aromaları ve tatları da dahil olmak üzere duyuşal özellikleri, mikro elementler ve biyoaktif metabolitlerin kaynağı olmaları nedeniyle yaygın olarak tercih edilmektedir. Popüler mutfak kültüründe mantarların kullanımı daha da araştırılmış ve sağlık toniklerine, çaylara ve bitkisel formüllere dahil edilmiştir (Boa, 2004; Rosa ve ark., 2020; Maity ve ark., 2021). Dünya çapında yaklaşık 15.000 mantar türü bilinmekte, bunların yaklaşık 2000'i insan tüketimi için kullanılmakta ve 700'den fazlası ise tıbbi özellikler taşımaktadır (Rai ve ark., 2005). Bununla birlikte, <100 tür ticari olarak yetiştirilmekte ve gıda için endüstriyel ölçekte değerlendirilmektedir (El-Sheika ve ark., 2018; Gong ve ark., 2020; Pérez-Montes ve ark., 2021). Ayrıca, küresel mantar pazarının 2020 yılında 46.1 milyar ABD doları olduğu ve 2021'den 2028'e kadar yıllık %9.5'lik bir büyüme oranına sahip olduğu tahmin edilmektedir (Grand View Research, 2021). Bu da yenilebilir mantarların dünya çapında güçlü bir tarımsal sanayi sektörü olduğunu vurgulamaktadır.

Mantarlar yeni nesil sağlıklı gıda bileşenleri olarak kabul edilmektedir (Das ve ark., 2021). Gıda ve ilaç endüstrisi mantarları gallik asit, protokatekuik asit, kateşin, kafeik asit, ferulik asit ve mirisetin gibi fenolik bileşiklerin kaynağı olarak araştırmaktadır (Pérez-Montes ve ark., 2021). Ayrıca, biyoaktif bileşiklerin bolluğu nedeniyle biyoteknoloji endüstrisi, endüstriyel işlemlerden sonra yan ürünlerinden değerli fonksiyonel molekülleri geri kazanmak için mantarları araştırmaktadır (Ramos ve ark., 2019). Mantarlar dünya çapında büyük miktarlarda tüketilmektedir ve zengin biyoçeşitlilikleri, yeni gıdalar üretmek için tarımsal endüstriyel işlemlere olan ilgiyi artırmaktadır.

Ticari olarak yetiştirilen önemli bir yenilebilir ve tıbbi mantar türü olan "Aslan Yelesi" olarak adlandırılan *Hericium erinaceus* besin ve sağlık açısından faydaları nedeniyle Asya ülkelerinde yaygın olarak tüketilmektedir ve geleneksel Çin tıbbında uzun bir kullanım geçmişine sahiptir. Bu tür, kanser, depresyon, diyabet ve nörodejeneratif hastalıklar gibi çeşitli ciddi hastalıkların azaltılmasına, önlenmesine ve hatta tedavisine katkıda bulunabilmektedir (Friedman, 2015). *Hericium erinaceus*'un ana aktif bileşenleri polisakkaritler, terpenoidler (özellikle bu türe özgü olan hericenones ve erinacines), steroidler, alkaloidler, laktonlar ve bazı fenolik bileşiklerden oluşmaktadır. Bu bileşikler antikanser aktivite ve immünomodülasyondan sorumlu olup nöroprotektif etkileri sayesinde sinir sisteminin işleyişini birçok düzeyde (öğrenme ve hafıza süreçlerinin desteklenmesi ve nörogenезin uyarılması) desteklemektedir (Ma ve ark., 2010; Tachabenjarong ve ark., 2022). Ayrıca, *Hericium erinaceus* içeren ürünler Alzheimer hastalığının tedavisinde kullanılmaktadır. *Hericium erinaceus* mantarı, sağlığı geliştirici özelliklerinin yanı sıra, özellikle Asya ülkelerinde tadı için de değerlidir (Khan ve ark., 2013). Şimdiye kadar, fonksiyonel ürünler ve tedavi edici geleneksel tıbbi ürünlerde *Hericium erinaceus* içeren sınırlı çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmada yerel biyoçeşitlilikten elde edilebilecek doğal ürünlerin güvenli tüketimini artırmak ve sağlığa faydalı etkilerini belirlemek

amacıyla *Hericium erinaceus*'un makro besin maddeleri, antioksidan kapasitesi ve antikanser aktivitesinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Hericium erinaceus mantarı AGROMA Gıda Tarım Hayvancılık Sanayi Ticaret Limited Şirketi'nden (Denizli, Türkiye) ticari olarak satın alınmıştır. Bu çalışma kapsamında kullanılan *Hericium erinaceus* 2022 yılında hasat edilmiştir.

Besin Bileşimi Analizleri

Kurutulmuş ve öğütülmüş *Hericium erinaceus* mantarının kül, toplam protein, toplam karbonhidrat, yağ, toplam diyet lifi (TDL) ve glukoz içeriğini içeren yaklaşık besin bileşimi Resmi Analitik Kimyacılar Birliği (AOAC) prosedürüne göre belirlenmiştir. *Kül içeriği*, numunenin kül fırınında yakılmasıyla analiz edilmiştir (Yöntem 930.22, AOAC 2012). *Toplam protein içeriği*, Kjeldal yöntemi ile belirlenen toplam azot içeriği üzerinden değerlendirilmiştir (AOAC, 2007). *Toplam karbonhidrat içeriği* ise DuBois ve ark. (1956) tarafından tarif edilen yöntem kullanılarak belirlenmiş ve standart olarak saf glukoz kullanılmıştır. *Yağ içeriği*, soxhlet sisteminde ekstraksiyon yoluyla analiz edilmiştir (Yöntem 920.39, AOAC 2012). *Diyet lifi içeriği*, toplam diyet lifi (TDL), çözümlü diyet lifi ve çözünmez diyet lifi içeriği olarak AOAC'ye göre K-TDFR-100A (Megazyme Int., Dublin, İrlanda) kit ile belirlenmiştir (Yöntem 991.43, AOAC, 2007). Sonuçlar g/100 g ekstre olarak ifade edilmiştir. *Glukoz içerikleri* ise, β -glukoz Test Kiti (Mantar ve Maya) (Megazyme Int., Dublin, İrlanda) kullanılarak toplam, α - ve β -glukoz içerikleri olarak belirlenmiştir. Sonuçlar g/100 g ekstre olarak ifade edilmiştir.

Ekstre elde edilmesi

Kurutulmuş *Hericium erinaceus* (He) laboratuvar blenderı ile öğütülerek toz haline getirilmiştir. Toz halindeki numune 1:20 (g/mL) oranında sıvı (su, %50 sulu etanol ve %50 sulu metanol) içinde karıştırılmış ve karışımlar 30 dakika boyunca oda sıcaklığında ultrasonikasyona tabi tutulmuştur. Karanlık koşullarda ve oda sıcaklığında manyetik karıştırıcı (540 rpm) üzerinde 24 saat boyunca katı-sıvı ekstraksiyonuna bırakılmıştır. Belirtilen sürenin sonunda ekstraktlar santrifüjlenmiş (15 dakika boyunca 5000 g) ve Whatman No:1 filtreden geçirilmiştir. Çözücüler döner buharlaştırıcı (Heidolph Laborota 4000) ile tamamen buharlaştırılmış ve ardından örnekler liyofilize edilmiştir. Bu işlem sonunda, *Hericium erinaceus* su ekstresi (He-dH₂O), %50 (v/v) sulu etanol ekstresi (He-EtOH) ve %50 v/v metanol ekstresi (He-MeOH) olmak üzere üç farklı ekstre hazırlanmış ve deneysel aşamalarda kullanılmak üzere +4 °C'de muhafaza edilmiştir.

Toplam fenolik ve flavonoid içeriğinin değerlendirilmesi

Hericium erinaceus ekstraktlarının (He-dH₂O, He-EtOH ve He-MeOH) toplam fenolik içeriği Folin-Ciocalteu kolorimetrik yöntemi ile belirlenmiş ve gallik asit standart olarak kullanılmıştır ($R^2=0.9974$). Sonuçlar mg gallik asit/g ekstre eşdeğeri (mg GAE/g ekstre) olarak ifade edilmiştir (Gamez-Meza ve ark., 1999). Ekstrelerin toplam fenolik içeriği ise, AlCl₃ kolorimetrik yöntemi ile belirlenmiş ve Quercetin standart olarak kullanılmıştır ($R^2=0.9967$). Bulgular, mg Quercetin/ g ekstre eşdeğeri (mg QE/g ekstre) olarak ifade edilmiştir (Chang ve ark., 2002).

İn vitro antioksidan kapasite

DPPH radikal süpürme aktivitesi: *Hericium erinaceus* ekstraktlarının (He-dH₂O, He-EtOH ve He-MeOH) DPPH radikal süpürme aktivitesi Brand-Williams ve ark. (1995) tarafından belirtilen yöntem

kullanılarak belirlenmiştir. 4×10^{-4} M konsantrasyonda taze hazırlanmış metanol içerisinde DPPH çözeltisi her bir ekstre ile 4:1 (v/v) oranında karıştırılmış ve inkübasyon sonrası 517 nm dalga boyunda absorbans ölçülmüştür. DPPH radikal süpürme aktivitesi, Trolox eşdeğeri antioksidan kapasitenin (TEAC) ($\mu\text{M TE/g}$ ekstre) bir fonksiyonu olarak ifade edilmiştir.

ABTS radikal süpürme aktivitesi: Hericium erinaceus ekstralarının (He-dH₂O, He-EtOH ve He-MeOH) ABTS radikal katyon süpürme aktivitesi, Re ve ark. (1999) tarafından belirtilen yöntem kullanılarak belirlenmiştir. İlk olarak, ABTS stok çözeltisi ABTS⁺ elde etmek için K₂S₂O₈ ile reaksiyona tabi tutulmuştur. Karışım karanlıkta ve oda sıcaklığında bir gece bekletilmiştir. Her bir ekstre ABTS⁺ çözeltisi ile 1:10 v/v oranında karıştırılmıştır. Elde edilen reaksiyon karışımının karanlık koşullarda ve oda sıcaklığında inkübasyonu sonrası 734 nm dalga boyunda absorbans değeri ölçülmüştür. ABTS radikal katyon süpürme aktivitesi Trolox eşdeğeri antioksidan kapasitenin (TEAC) ($\mu\text{M TE/g}$ ekstre) bir fonksiyonu olarak ifade edilmiştir.

Ferrik indirgeyici antioksidan güç aktivitesi: Hericium erinaceus ekstralarının (He-dH₂O, He-EtOH ve He-MeOH) ferrik indirgeyici antioksidan güç aktivitesi Benzie & Strain (1996) yöntemine göre belirlenmiştir. Her bir ekstre 1:9 v/v oranında FRAP çözeltisi ile karıştırılmıştır. Karışım 37 °C'de karanlık koşullarda inkübe edilmiş ve 593 nm dalga boyunda absorbans ölçülmüştür. Sonuçlar Trolox eşdeğeri antioksidan kapasitenin (TEAC) ($\mu\text{M TE/g}$ ekstre) bir fonksiyonu olarak ifade edilmiştir.

Bakır iyonu indirgeyici antioksidan kapasite: Hericium erinaceus ekstralarının (He-dH₂O, He-EtOH ve He-MeOH) bakır iyonu indirgeyici antioksidan kapasitesi Apak ve ark. (2004) tarafından belirtilen yöntemde küçük değişiklikler yapılarak değerlendirilmiştir. Birer mL CuCl₂ çözeltisi (1.0×10^{-2} M), neocuproin çözeltisi (7.5×10^{-3} M) ve NH₄OOCCH₃ tampon çözeltisi (1M) (pH: 7.0) bir test tüpünde karıştırılmıştır. Her bir ekstre 1:10 v/v oranında su ile karıştırılarak elde edilen reaksiyon karışımına eklenmiştir. İnkübasyon sonrası 450 nm dalga boyunda absorbans ölçülmüştür. Sonuçlar Trolox eşdeğeri antioksidan kapasitenin (TEAC) ($\mu\text{M TE/g}$ ekstre) bir fonksiyonu olarak ifade edilmiştir.

İn vitro antikanser aktivite

Hücre Kültürü ve Hücre Hattı: İn vitro çalışmalarda HT-29 (ATCC HTB-38) (insan kolon adenokarsinomu) ve A549 (ATCC CCL-185) (akciğer adenokarsinomu) hücreleri kullanılmıştır. Hücreler yüksek glukoz içeren ve %10 fetal sıgır serumu ve %1 antibiyotik solüsyonu ile desteklenmiş Dulbecco's Modified Eagle Medium (DMEM) içinde kültüre edilmiştir.

Hericium erinaceus ekstralarının (He-dH₂O, He-EtOH ve He-MeOH) sitotoksik özelliği HT-29 ve A549 hücrelerinde MTT yöntemi ile değerlendirilmiştir (Khodavirdipour ve ark., 2021) Kısaca, %70-80 konfluensdeki hücreler tripsinize edilmiş ve 96 kuyucuklu bir plakaya 1×10^6 hücre/kuyucuk yoğunluğunda ekilmiştir. 37 °C'de %5 CO₂ içeren inkübatörde gece boyu inkübe edildikten sonra, medium kuyucuklardan uzaklaştırılmış ve He-dH₂O, He-EtOH ve He-MeOH ekstraları seri olarak iki kat seyreltilmiş bir konsantrasyonda (1000-62.5 $\mu\text{g/mL}$) kuyucuklara ilave edilmiştir. Plakalar 24 saat boyunca 37 °C'de %5 CO₂ ile inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrası, medium uzaklaştırılarak her bir kuyudan çıkarılmış, MTT reaktifi (Sigma-Aldrich®, Almanya) ilave edilmiş ve 37 °C'de %5 CO₂'de iki saat inkübe edilmiştir. İnkübasyondan sonra MTT reaktifi aspire edilmiş, formazan kristallerini çözmek için DMSO ilave edilerek plaka oda sıcaklığında 5 dakika boyunca çalkalanmıştır. ELISA çok fonksiyonlu mikropilaka okuyucuda (Thermo Scientific™ Multiskan Go™, ABD) 570 nm dalga boyunda absorbans ölçülmüştür. İşlem görmemiş hücreler (mantar ekstresi içermeyen) negatif kontrol olarak kullanılırken, DMSO ile muamele edilmiş hücreler blank kontrolü olarak kullanılmıştır. Her

deney üç tekrar halinde gerçekleştirilmiştir. Ekstrelerin (%) inhibisyon etkisi “Eşitlik 1.” ile belirlenmiştir.

$$(\%)İnhibisyon = [A570 \text{ nm örnek} \div A570 \text{ nm kontrol}] \times 100 \quad (1)$$

İstatistiksel analiz

Sonuçlar Ortalama±SD olarak ifade edilmiştir. İn vitro test verileri One-Way ANOVA ve Tukey'in çoklu karşılaştırma testleri ile istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Veriler %95 güven aralığında (CI) ortalama olarak sunulmuştur. A, P değerlerinin 0.05'ten küçük olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

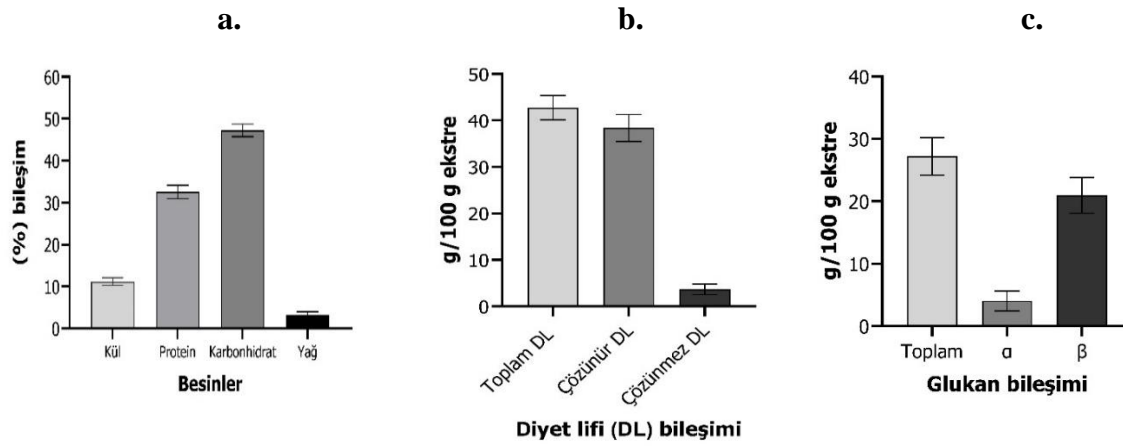
BULGULAR ve TARTIŞMA

Besin Bileşimi

Mantarlar çok eski zamanlardan beri tıbbi değerlerinin yanı sıra besinsel faydaları nedeniyle de tüketilmektedirler. *Hericium erinaceus* mantarının besin bileşimi Şekil 1'de verilmiştir. Bu yenilebilir ve tıbbi mantarın AOAC prosedürlerine göre yaklaşık %11.19 kül, %32.54 protein, %47.23 karbonhidrat ve %3.16 yağ içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. *Hericium erinaceus* mantarının düşük miktarda yağ ve yüksek miktarda protein içeriğine sahip olduğu görülmektedir. Besin içeriği türlere ve kültür koşullarına göre değişmekle birlikte genel olarak yenilebilir mantarların çoğu (%35-70) karbonhidrat, (%15-34.7) protein, (%10) yağ ve (%6-10.9) mineral içermektedir (Assemie & Abaya 2022). Günümüzde yenilebilir mantarlar özellikle alternatif bir hayvansal protein kaynağı olarak daha fazla tercih edilmektedir. Bu kapsamda *Hericium erinaceus* mantarı önemli bir protein kaynağı olarak değerlendirilebilir. Atila ve ark. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada bazı tarımsal ve endüstriyel atıklar kullanılarak kültüre edilen *Hericium erinaceus* mantarının besin bileşimi analiz edilmiş ve kül içeriği %5.3-8.6 protein içeriği %12.57-14.74 arasında değiştiği belirlenmiştir. Mori ve ark. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada ise *Hericium erinaceus* mantarının %41.1 protein, %38.0 karbonhidrat, %4.4 yağ içerdiği bulunmuştur. Çeşitli lignoselülozik atıklar üzerinde kültüre edilen *Hericium erinaceus* mantarının ise kül içeriğinin %7.69-8.16, protein içeriğinin %6.0-11.6 arasında olduğu belirlenmiştir. Kültür koşulları ve analiz yöntemleri gibi faktörlere bağlı olarak *Hericium erinaceus*'un besin bileşiminde kısmi farklılıklar gözlemlenmekle birlikte bu çalışma kapsamında elde edilen besin bileşiminin genel olarak literatürde yer alan çalışmalarla uyum içinde olduğu görülmektedir.

Mantarlar hem diyet lifi hem de hücre duvarlarının fonksiyonel bir bileşeni olan glukanlar açısından oldukça zengin gıda kaynakları olarak değerlendirilmektedir (Ahmed ve ark., 2023; Shamin ve ark., 2023). *Hericium erinaceus* mantarının diyet lifi (toplam diyet lifi, çözünür diyet lifi ve çözünmez diyet lifi) ve glukan içeriği (toplam, α ve β) Şekil 1b ve 1c'de verilmiştir. 100 gram *Hericium erinaceus*'un 42.74 g toplam diyet lifi içerdiği ve bu bileşimin ise 38.41 g çözünmez diyet lifi, 3.69 g çözünür diyet lifinden oluştuğu bulunmuştur. 100 g *Hericium erinaceus*'un toplam glukan içeriği 27.20 g toplam diyet lifi içerdiği ve bu bileşimin ise 20.95 g β -glukan ve 4.04 g α -glukandan oluştuğu bulunmuştur. Liu ve ark. (2022)'nin yaptığı bir çalışmada *Hericium erinaceus*'un %88.93 toplam diyet lifi, %4.16 çözünür diyet lifi ve %84,67 çözünmez diyet lifi içerdiği belirlenmiştir. Chen ve ark. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada ise *Hericium erinaceus*'un %68.0 β -glukan, %93.0 toplam karbonhidrat, %0.6 yağ, %0.9 protein ve %2.3 kül içerdiği belirlenmiştir. Egwim ve ark. (2011)'nin yaptığı çalışmada *Hericium erinaceus* mantarının %32.89±0.093 kül, %1.29±1.20 yağ, %16.76±0.21 lif, %41.13±0.58 protein ve %15.00±0.18 toplam karbonhidrat içeriğine sahip olduğu bulunmuştur. Rodrigues ve ark. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada Nijerya'dan toplanan

Hericium erinaceus mantarının besin bileşimi analiz edilmiş ve bu mantarın 10.11 ± 0.5 nem, 18.8 ± 0.1 protein, 61.3 ± 0.0 toplam karbonhidrat ve 2.9 ± 0.1 yağ içeriğine sahip olduğu bulunmuştur. Koutrotsios ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada ise kayın talaşında kültüre edilen *Hericium erinaceus* mantarının 2.87 ± 0.27 protein, 0.16 ± 0.02 yağ, 0.60 ± 0.03 lif, 0.92 ± 0.02 kül, 6.06 ± 0.30 toplam karbonhidrat, 1.65 ± 0.01 glukan içerdiği ve bu glukan içeriğinin ise 0.09 ± 0.01 'nin α -glukandan, 1.56 ± 0.02 'sinin ise β -glukandan oluştuğu analiz edilmiştir. Hassan (2077)'in yaptığı çalışmada ise farklı lignoselülozik atıklarda (talaş, pirinç, buğday ve bunların karışımı) kültüre edilen *Hericium erinaceus* mantarının besin bileşimi analiz edilmiş ve besin bileşimin ortama göre farklılık gösterdiği değerlendirilmiştir. edilen *Hericium erinaceus* mantarının en yüksek nem içeriğinin talaş ve buğday kepeği ortamında (91.05), en yüksek protein içeriğinin buğday kepeği ortamında (28.80) en yüksek yağ içeriğinin talaş ve buğday kepeği ortamında (4.21) ve en yüksek toplam karbonhidrat içeriğinin ise talaş ve buğday kepeği ortamında (60.82) olduğunu bulunmuştur.

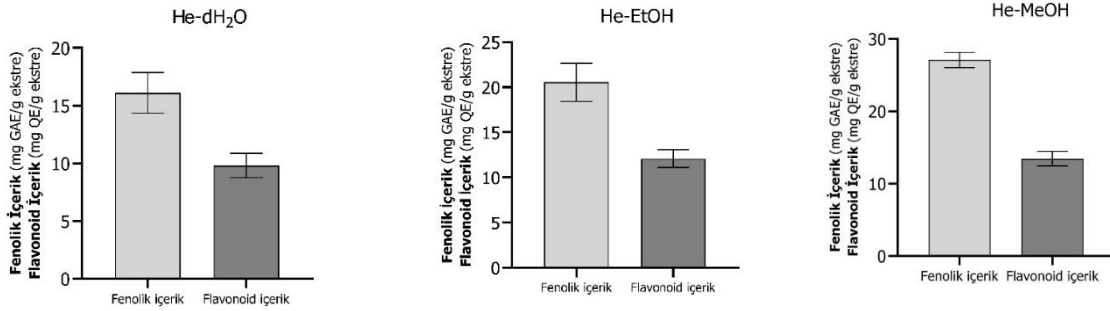


Şekil 1. *Hericium erinaceus* 'un a. Besin, b. Diyet Lifi ve c. Glukan Bileşimi

Toplam fenolik ve flavonoid içerik

Yenilebilir mantarlar özellikle fenolik ve flavonoid içerik açısından zengin kaynaklar olup bu bileşenleri sayesinde birçok dejeneratif hastalıkların tedavisinde takviye olarak kullanılmaktadır. Bu biyoaktif bileşenler antioksidan ve diğer biyolojik aktiviteler gibi insan sağlığı için potansiyel avantajları sayesinde, daha iyi sağlık koşulları sağlamak için fonksiyonel gıdalar, nutrasötik ajanlar olarak daha fazla ilgi görmektedir. Bu kapsamda değerlendirilmek için yeni ve kolay elde edilebilen fenolik bileşenler üzerinde araştırmalar da artmıştır (Fagarasi ve ark., 2020; Abdelshafy ve ark., 2022). *Hericium erinaceus* ekstrelerinin (He-dH₂O, He-EtOH ve He-MeOH) toplam fenolik ve toplam flavonoid içeriği Şekil 2'de verilmiştir. Belirtilen ekstrelerin toplam fenolik içeriğinin 16.10-27.12 mg GAE/g ekstre, toplam flavonoid içeriğinin ise 9.81-13.48 mg QE/g ekstre arasında değiştiği belirlenmiştir. Üç ekstre içerisinde He-MeOH ekstresinin en yüksek fenolik ve flavonoid içeriğe sahip olduğu görülmüştür. Kopylchuk ve ark. (2023) tarafından yapılan bir çalışmada *Hericium erinaceus* etanol ekstresinin toplam fenolik içeriği 41.28 mg GAE/g ekstre, flavonoid içeriği ise 7.91 mg QE/g ekstre olarak belirlenmiştir. Diğer bir çalışmada ise farklı büyüme dönemlerindeki (14, 21 ve 28. gün) *Hericium erinaceus* ham ekstresinin toplam fenolik içeriği 0.85-0.90 mg GAE/g ekstre ve toplam flavonoid içeriği 2.92-3.66 mg CE/g ekstre olarak belirlenmiştir (Tachabenjarong ve ark., 2022). Koutrotsios ve ark. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada ise kayın talaşında kültüre edilen *Hericium erinaceus* mantarının toplam fenolik içeriği 3.24 ± 0.42 GAE/g ekstre olarak belirlenmiştir. Rodrigues ve ark. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada *Hericium erinaceus* ham ekstresinin toplam fenolik

içeriği analiz edilmiş ve 734.0 ± 4.0 mg cathecol/g kuru ekstre olarak toplam fenolik içeriğe sahip olduğu bulunmuştur. Genel olarak, polifenol içeriği kullanılan çözücüye bağlı olarak değişmektedir. Literatürde etanol ve metanol gibi organik çözücülerinde daha yüksek fenolik bileşen verimleri elde edilmiştir. Araştırmamızda elde edilen sonuçlar literatürle uyum içerisindedir ve çözücü olarak etanol veya metanol kullanılması *Hericium erinaceus* fenolik ve flavonoid içeriğinin verimli bir şekilde elde edilmesinde iyi bir seçim olduğu bulunmuştur.



Şekil 2. *Hericium Erinaceus* Ekstrelerinin (He-dH₂O, He-EtOH ve He-MeOH) Toplam Fenolik ve Toplam Flavonoid İçeriği

Antioksidan kapasite

Reaktif oksijen türleri (ROS) organizmalarda oksidatif hasar nedeni olarak bilinmektedir. Mantarlar, içerdikleri biyoaktif bileşikler (polisakkaritler, fenolik ve flavonoid bileşikler) sayesinde antioksidan potansiyele sahip olup oksidatif hasarın onarılmasına yardımcı olmaktadır (Tachabengjarong ve ark., 2022; Yu ve ark., 2023). Bu nedenle doğal antioksidan kaynak olarak mantarların değerlendirilmesi birçok çalışmanın ilgi odağı olmuştur. Çalışma kapsamında *Hericium erinaceus* ekstrelerinin (He-dH₂O, He-EtOH ve He-MeOH) antioksidan kapasitesi dört farklı antioksidan test (DDPH, ABTS, FRAP ve CUPRAC) ile değerlendirilmiş ve sonuçlar Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. *Hericium Erinaceus* Ekstrelerinin *İn Vitro* Antioksidan Aktivite Değerleri

| Mantar Ekstreleri | DPPH (μ M TE/g ekstre) | ABTS (μ M TE/g ekstre) | FRAP (μ M TE/g ekstre) | CUPRAC (μ M TE/g ekstre) |
|----------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| He-dH ₂ O | 17.15 \pm 1.83 | 13.22 \pm 0.97 | 19.13 \pm 1.57 | 22.07 \pm 1.09 |
| He-EtOH | 25.58 \pm 1.22 | 24.44 \pm 1.07 | 13.71 \pm 1.63 | 10.94 \pm 0.85 |
| He-MeOH | 38.88 \pm 1.59 | 23.07 \pm 1.46 | 21.44 \pm 0.79 | 30.05 \pm 1.80 |

DPPH radikal süpürme aktivitesi: Tüm ekstrelerin DPPH radikallerine karşı etkili süpürücüler olduğu bulunmuştur. He-MeOH ekstresi en yüksek radikal süpürme aktivitesi gösterirken, He-dH₂O ekstresi en düşük radikal süpürücü olmuştur.

ABTS radikal süpürme aktivitesi: Tüm ekstreler ABTS radikal süpürme aktivitesi göstermiştir ve He-EtOH ekstresinin tüm ekstreler içerisinde en yüksek ABTS radikal süpürme aktivitesine sahip olduğu belirlenmiştir.

Ferrik indirgeyici antioksidan güç aktivitesi: He-MeOH ve He-EtOH ekstrelerinin He-dH₂O ekstresinden daha yüksek bir FRAP aktivitesine sahip olduğu belirlenmiştir.

Bakır iyonu indirgeyici antioksidan kapasite: Tüm ekstreler içerisinde He-MeOH ekstresi en yüksek bakır indirgeyici antioksidan etki gösterirken, He-dH₂O ekstresi en düşük etkiye sahip olmuştur.

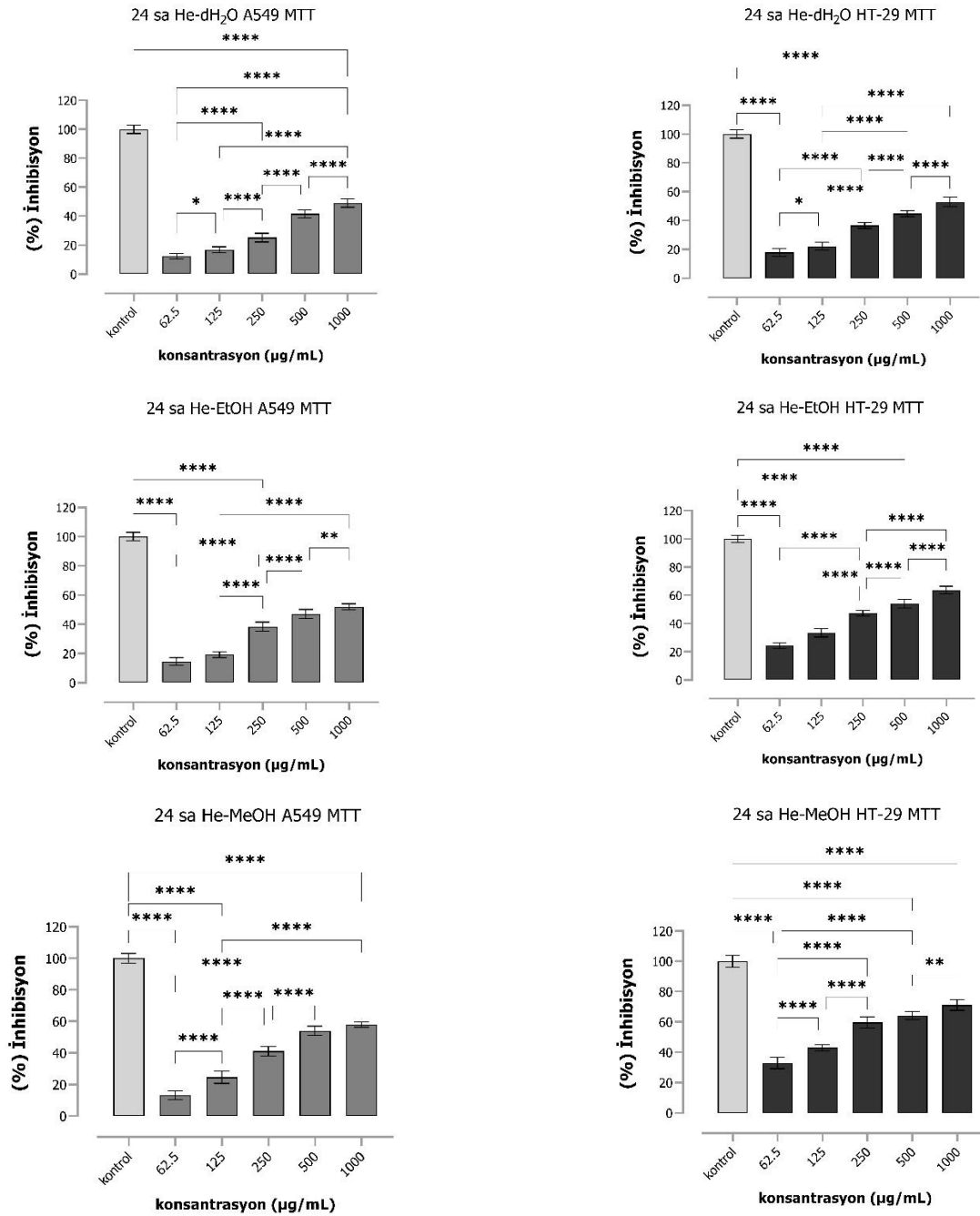
Mantarlardaki fenolik bileşiklerin nicel ve nitel özellikleri, ekstrelerin antioksidan aktivitesini belirlemektedir. Birçok çalışma, mantar çeşitlerinin antioksidan aktivitesinin fenolik bileşiklerin içeriği ile güçlü bir pozitif korelasyona sahip olduğunu doğrulamıştır (Abd Razak ve ark., 2019; Contato ve ark., 2020). Bu durum fenolik bileşiklerin hidroksil gruplarını süpürme yeteneği ile ilişkilendirilebilir. *Hericium erinaceus* ekstrelerinden özellikle Hp-MeOH ekstresinin hem DPPH, FRAP ve CUPRAC antioksidan kapasitesinin en yüksek olduğu hem de toplam fenolik içeriğinin diğer ekstrelerden en yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar doğrultusunda fenolik içerik ile antioksidan kapasite arasındaki pozitif korelasyon bir kez daha doğrulanmıştır.

Szydłowska-Tutaj ve ark. (2023) tarafından yapılan bir çalışmada *Hericium erinaceus* etanol ve PBS ekstrelerinin antioksidan kapasite değerlendirilmiş ve etanol ekstresinin DPPH radikallerine karşı antioksidan aktiviteye sahip olmadığı, 0.71mg TE/g ekstre ABTS ve 0.3 mg TE/g ekstre FRAP etkinliğine sahip olduğu belirlenmiştir. PBS ekstresinin ise 0.20 mg TE/g ekstre DPPH, 1.02 mg TE/g ekstre ABTS ve 0.21 mg TE/g ekstre FRAP etkinliğine sahip olduğu bulunmuştur. Diğer bir çalışmada ise *Hericium erinaceus* ham ekstresinin FRAP antioksidan kapasitesinin 2.12-3.97 µmol TE/g ekstre arasında değiştiği belirlenmiştir (Atila ve ark., 2018).

İn vitro antikanser aktivite

Hericium erinaceus ekstrelerinin (He-dH₂O, He-EtOH ve He-MeOH) sitotoksik özelliği iki farklı kanser hücresinde (A549 ve HT-29) değerlendirilmiş ve sonuçlar Şekil 3'te verilmiştir. 24 saat boyunca, ekstrelerin konsantrasyonundaki artışla birlikte A549 ve HT-29 hücrelerine karşı inhibisyon yüzdelerin arttığı görülmekte ve buna göre, her üç ekstrenin en yüksek konsantrasyonun (1000 µg/mL) A549 ve HT-29 hücrelerine karşı en yüksek anti-kanser aktivitesine sahip olduğu belirlenmiştir. He-dH₂O ekstresinin en yüksek konsantrasyonda A-549 hücrelerini %49.08, HT-29 hücrelerini ise %52.92 oranında inhibe ettiği belirlenmiştir. He-EtOH ekstresinin en yüksek konsantrasyonunda A-549 hücrelerinin %52.08'i, HT-29 hücrelerinin %63.71'i inhibe olmaktadır. He-MeOH ekstresinin ise en yüksek konsantrasyonunda A-549 hücrelerinde %57.91, HT-29 hücrelerinde %71.07 inhibisyon etkisi belirlenmiştir. Genel olarak her üç ekstre de HT-29 hücrelerinde A-549 hücrelerine göre daha etkin bir inhibisyon etkisi göstermiştir.

Literatürde *Hericium erinaceus*'un farklı hücrelere karşı anti-kanser aktivitesi değerlendirilmiştir. Li ve ark. (2014) *Hericium erinaceus* ekstresinin 2.50±0.25, 0.80±0.08, 1.25±0.06 ve 5.00±0.22 mg/ml IC₅₀ ile sırasıyla karaciğer kanseri HepG2 ve Huh-7, kolon kanseri HT-29 ve mide kanseri NCI-87 hücrelerine karşı konsantrasyona bağlı in vitro sitotoksikite sergilediğini belirlemiştir. Bir başka çalışmada ise, *Hericium erinaceus* ekstresinin HeLa (serviks kanseri) hücrelerine karşı antikanser aktiviteye (IC₅₀ > 100 µg/mL) sahip olduğu belirlenmiştir (Darmasıwı ve ark., 2022). Wang ve ark. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada ise kemoterapi ilacı 5-Flourourasil (5-Fu) ile birlikte uygulanan *Hericium erinaceus* kaynaklı immünomodülatör fungal proteinlerin yardımcı antitümör etkilerini değerlendirilmiş ve *Hericium erinaceus* kaynaklı immünomodülatör fungal proteinlerin, immün enflamatuvar yanıtı ve homeostazı iyileştirerek 5-Fu'nun antitümör etkinliğini destekleyebileceği gösterilmiştir.



Şekil 3. *Hericium Erinaceus* Ekstrelerinin (He-dH₂O, He-EtOH ve He-MeOH) A549 (akciğer adenokarsinomu) ve HT-29 (insan kolon adenokarsinomu) Hücreleri Üzerindeki Sitotoksik Sonuçları

SONUÇ

Tüketicilere daha sağlıklı gıdalar sunma eğilimi arttıkça, yeni fonksiyonel ve biyoaktif bileşikler üzerine yapılan araştırmalar da ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmada, yenilebilir ve tıbbi mantar *Hericium erinaceus*'un düşük yağ, yüksek protein, karbonhidrat, diyet lifi ve glukan içeriği sayesinde ham makrofungal biyokütlenin bir besin takviyesi olarak kullanılabilme potansiyeli ortaya konulmuştur. *Hericium erinaceus* mantarı, önemli sağlık etkileri olan doğal diyet takviyeleri elde etmek için ideal bir yaklaşım olabilir. Ayrıca, *Hericium erinaceus* ekstreleri arasında, antioksidan analizlerinin en iyi sonuçları metanol ekstresinde gözlenmiştir. Toplam fenolik ve toplam flavonoid içeriklerinin de metanol ekstresinde en yüksek değere sahip olduğu ve dolayısıyla fenolik ve flavonoid

içeriğın antioksidan aktivite ile pozitif bir korelasyon içerisinde olduğu bulunmuştur. Bu bağlamda, bu ekstre endüstriyel amaçlarla kullanılan bazı sentetik antioksidanların yerini alabilecek bir potansiyele sahiptir. A549 ve HT-29 hücreleri üzerindeki antikanser etkisinin değerlendirilmesi ile özellikle metanol ekstresinin akciğer ve kolon kanseri hastaları için yeni bir tedavi yaklaşımında kullanılabilceğı ortaya konmuştur. Elde edilen bu umut verici sonuçlar ışığında, bu mantar ekstresinin hem bir besin takviyesi olarak hem de anti-kanser tedavilerinde terapötik bir ajan olarak kullanılması için yeni nanoformülasyonlar tasarlanabilir; böylece biyoaktiviteleri, kontrollü salınımları ve biyoyararlanımlarının yanı sıra depolama, hazırlama ve tüketim boyunca stabiliteyi korunabilir.

KAYNAKLAR

- Abd Razak, D.L., Mohd Fadzil, N.H., Jamaluddin, A., Abd Rashid, N.Y., Sani, N.A. & Abdul Manan, M. (2019). Effects of Different Extracting Conditions on Anti-Tyrosinase and Antioxidant Activities of *Schizophyllum Commune* Fruit Bodies. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 19, 101116. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101116>
- Abdelshafy, A.M., Belwal, T., Liang, Z., Wang, L., Li, D., Luo, Z. & Li, L. (2022). A comprehensive review on phenolic compounds from edible mushrooms: Occurrence, biological activity, application and future prospective, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62:22, 6204-6224.
- Ahmed, A.F., Mahmoud, G.A-E., Hefyz, M., Liu, Z. & Ma, C. (2023). Overview on the edible mushrooms in Egypt. *Journal of Future Foods*, 3(1), 8-15.
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., & Karademir, S.E. (2004). A novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols, vitamin C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: The CUPRAC method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(26), 7970-7981.
- Assemie, A., & Abaya, G., (2022). The Effect of Edible Mushroom on Health and Their Biochemistry, *International Journal of Microbiology*, 2022(7), Article ID 8744788.
- Association of Official Analytical Chemists. (2012). *Official Methods of Analysis*, 19th edition, Washington, DC.
- Association of Official Analytical Chemists. (2017). *Official Methods of Analysis*, 18th edition, Arlington, VA, USA.
- Atila, F., Tuzel, Y., Fernández, J.A., Cano, A.F. & Sen, F. (2018). The effect of some agro– industrial wastes on yield, nutritional characteristics and antioxidant activities of *Hericium erinaceus* isolates. *Scientia Horticulturae*, 238, 246-254, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.04.049>
- Benzie, I.F.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.
- Boa, E. (2004). Wild edible fungi. A global overview of their use and importance to people. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., & Berset, C. (1995). Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28(1), 25-30.
- Chang, C., Yang, M., Wen, H., & Chern, J. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10(3), 178-182
- Chen, S.N., Chang, C.S., Yang, M.F., Chen, S., Soni, M. & Mahadevan, B. (2022). Subchronic toxicity and genotoxicity studies of *Hericium erinaceus* β -glucan extract preparation, *Current Research in Toxicology*, 3, 100068, <https://doi.org/10.1016/j.crttox.2022.100068>
- Contato, A.G., Inácio, F.D., de Araújo, C.A.V., Brugnari, T., Maciel, G.M., Haminiuk, C.W.I., Bracht, A., Peralta, R.M. & de Souza, C.G.M. (2020). Comparison between the aqueous extracts of mycelium and basidioma of the edible mushroom *Pleurotus pulmonarius*: chemical composition and antioxidant analysis. *Food Measure*, 14, 830–837.

- Darmasıwı, S., Aramsırujıwet, Y. & Kımkong, I. (2022). Biological activities and chemical profile of *Hericium erinaceus* mycelium cultivated on mixed red and white jasmine rice. *Food Science and Technology*, 42, e08022.
- Das, A.K., Nanda, P.K., Dandapat, P., Bandyopadhyay, S., Gullón, P., Sivaraman, G.K., McClements, D.J., Gullón, B., & Lorenzo, J.M. (2021). Edible mushrooms as functional ingredients for development of healthier and more sustainable muscle foods: A flexitarian approach. *Molecules*, 26(9), 2463.
- DuBois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A., & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28, 350-356.
- El Sheikha, A.F. & Hu, D-M. (2018). How to trace the geographic origin of mushrooms? *Trends Food Science Technology* 78, 292–303.
- Egwim, E.C., Elem, R.C., & Egwuche, R.U. (2011). Proximate composition, phytochemical screening and antioxidant activity of ten selected wild edible Nigerian mushrooms. *American Journal of Food And Nutrition*, 1(2), 89-94.
- Fogarasi, M., Diaconeasa, Z.M., Pop, C.R., Fogarasi, S., Semeniuc, C.A., Fărcaş, A.C., Ţıbulcă, D., Sălăgean, C.-D., Tofană, M. & Socaci, S.A. (2020). Elemental Composition, Antioxidant and Antibacterial Properties of Some Wild Edible Mushrooms from Romania. *Agronomy*, 10, 1972. <https://doi.org/10.3390/agronomy10121972>
- Friedman, M. (2015). Chemistry, Nutrition, and Health-Promoting Properties of *Hericium erinaceus* (Lion's Mane) Mushroom Fruiting Bodies and Mycelia and Their Bioactive Compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63, 7108–7123.
- Gamez-Meza, N., Noriega-Oriega-Rodriguez, J.A., Medina-Juarez, L.A., Ortega-Garcia, J., Cazarez-Casanova, R., & Angulo-Guerrero, O. (1999). Antioxidant activity in soybean oil of extracts from thompson grape bagasse. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 76, 14-45.
- Gong, P., Wang, S., Liu, M., Chen, F., Yang, W., Chang, X., Liu, N., Zhao, Y., Wang, J. & Chen, X. (2020). Extraction methods, chemical characterizations and biological activities of mushroom polysaccharides: A mini-review. *Carbohydrate Research*, 494, 108037
- Grand View Research. Mushroom market size & trends analysis report, 2021–2028. Accessed 10 Dec 2021. Available from: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/mushroom-market>
- Hassan, F.R.H. (2007). Cultivation of the Monkey Head Mushroom (*Hericium erinaceus*) in Egypt. *Journal of Applied Sciences Research*, 3(10), 1229-1233.
- Khan, M.A., Tania, M., Liu, R. & Rahman, M.M. (2013). *Hericium erinaceus*: An edible mushroom with medicinal values. *Journal of Complementary and Integrative Medicine*, 10, 253–258.
- Khodavirdipour, A., Zarean, R., & Safaralizadeh, R. (2021). Evaluation of the Anti-cancer Effect of *Syzygium cumini* Ethanolic Extract on HT-29 Colorectal Cell Line. *Journal of Gastrointestinal Cancer*, 52, 575-581.
- Koutrotsios, G., Larou, E., Mountzouris, K.C., Zervakis, G.I. (2016). Detoxification of Olive Mill Wastewater and Bioconversion of Olive Crop Residues into High-Value-Added Biomass by the Choice Edible Mushroom *Hericium erinaceus*. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 180(2),195-209.
- Kopylchuk, H.P., Voloshchuk, O. M. & Pasailiuk, M.V. (2023). Comparison of total amino acid compositions, total phenolic compounds, total flavonoid content, β -carotene content and hydroxyl radical scavenging activity in four wild edible mushrooms. *Italian Journal of Mycology*, 52, 112-125.
- Li, G., Yu, K., Li, F., Xu, K., Li, J., He, S., Cao, S. & Tan, G. (2014). Anticancer potential of *Hericium erinaceus* extracts against human gastrointestinal cancers. *Journal of Ethnopharmacology*, 153(2), 521-530. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.03.003>
- Liu, T., Wang, N., Xu, X. & Wang, D. (2022). Effect of high quality dietary fiber of *Hericium erinaceus* on lowering blood lipid in hyperlipidemia mice. *Journal of Future Foods*, (2), 1, 61-68, <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2022.03.018>

- Ma, B.J., Shen, J.W., Yu, H.Y., Ruan, Y., Wu, T.T. & Zhao, X. (2010). Hericenones and erinacines: Stimulators of nerve growth factor (NGF) biosynthesis in *Hericium erinaceus*. *Mycology*, 1, 92–98.
- Maity, P., Sen, I.K., Chakraborty, I., Mondal, S., Bar, H., Bhanja, S.K., Mandal, S. & Maity, G.N. (2021). Biologically active polysaccharide from edible mushrooms: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 172, 408–417.
- Mori, K., Inatomi, S., Ouchi, K., Azumi, Y. & Tsuchida, T. (2009). Improving Effects of the Mushroom Yamabushitake (*Hericium erinaceus*) on Mild Cognitive Impairment: A Double-blind Placebo-controlled Clinical Trial. *Phytotherapy Research*, 23, 367–372.
- Pérez-Montes, A., Rangel-Vargas, E., Lorenzo, J.M., Romero, L. & Santos, E.M. (2021). Edible mushrooms as a novel trend in the development of healthier meat products. *Current Opinion In Food Science*, 37, 118–124.
- Rai, M., Tidke, G. & Wasser, S.P. (2005). Therapeutic potential of mushrooms. *Natural Product Radiance*, 4(4), 246–257.
- Ramos, M., Burgos, N., Barnard, A., Evans, G., Preece, J., Graz, M., Ruthes, A.C., Jiménez-Quero, A., Martínez-Abad, A., Vilaplana, F., Ngoc, L.P., Brouwer, A., van der Burg, B., Garrigós, M.D.C. & Jiménez, A. (2019). *Agaricus bisporus* and its by-products as a source of valuable extracts and bioactive compounds. *Food Chemistry*, 292, 176–187.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yan, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9), 1231-1237.,
- Rodrigues, D.M.F., Freitas, A.C., Rocha-Santos, T.A.P. Vasconcelos, M.W., Roiz, M., Rodriguez-Alcala, L.M., Gomes, A.M.P., Duarte, A.C. (2015). Chemical composition and nutritive value of *Pleurotus citrinopileatus* var *cornucopiae*, *P. eryngii*, *P. salmoneo stramineus*, *Pholiota nameko* and *Hericium erinaceus*. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 6927–6939.
- Rosa, G.B., Sganzerla, W.G., Ferreira, A.L.A., Xavier, L.O., Veloso, N.C., da Silva, J., Oliveira, G.P., Amaral, N.C., Veeck, A.P.L. & Ferrareze, J.P. (2020). Investigation of nutritional composition, antioxidant compounds, and antimicrobial activity of wild culinary-medicinal mushrooms *Boletus edulis* and *Lactarius deliciosus* (Agaricomycetes) from Brazil. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 22(10), 931–942.
- Shamim, M.Z., Mishra, A.K., Kausar, T., Mahanta, S., Sarma, B., Kumar, V., Mishra, P.K., Panda, J., Baek, K.-H. & Mohanta, Y.K. (2023). Exploring Edible Mushrooms for Diabetes: Unveiling Their Role in Prevention and Treatment. *Molecules* 28, 2837. <https://doi.org/10.3390/molecules28062837>
- Szydłowska-Tutaj, M., Szymanowska, U., Tutaj, K., Domagała, D. & Złotek, U. (2023). The Addition of Reishi and Lion's Mane Mushroom Powder to Pasta Influences the Content of Bioactive Compounds and the Antioxidant, Potential Anti-Inflammatory, and Anticancer Properties of Pasta. *Antioxidants* 12, 738.
- Tachabenjarong, N., Rungsardthong, V., Ruktanonchi, U., Poodchakarn, S., Thumthanaruk, B., Vatanyoopaisarn, S., Suttisintong, K., Iempridee, T. & Uttapap, D. (2022). Bioactive compounds and antioxidant activity of Lion's Mane mushroom (*Hericium erinaceus*) from different growth periods. *Research, Invention, and Innovation Congress- E3S Web Conf.* 355, 02016. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202235502016>
- Yu, Y., Liu, Z., Song, K., Li, L. & Chen, M. (2023). Medicinal value of edible mushroom polysaccharides: a review, *Journal of Future Foods*, 3(1), 16-23, <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2022.09.003>