

Yenilebilir Mantarlar ve Et İkamesi Olarak Kullanım Olanakları

Gürcü Aybige ÇAKMAK^{1*}

¹ Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya

*Sorumlu yazar (Corresponding author): aybigecakmak@akdeniz.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 20.02.2024

Kabul Tarihi (Accepted): 25.03.2024

Özet

Mantarlar glikoproteinler, polisakkaritler, terpenoidler, steroidler, fenoller, nükleotidler ve bunların türevleri olan çeşitli biyolojik aktiviteler sergileyen birçok biyoaktif bileşikleri bünyesinde barındırır. Yenilebilir mantarlar, insanlar tarafından tüketilebilen, şekil bakımından çeşitlilik gösteren, yenilebilir ve tıbbi değeri olan mantarların bir sınıfıdır. Yenilebilir makro mantarlar (büyük mantarlar) protein ve diğer besinler açısından zengindir ve yetiştirilmesi için büyük arazler gerektirmez, bu da onları et analoglarının üretimi için ideal bir hammadde haline getirir. İlave olarak lezzet veren maddeler açısından zengindirler ve alerjenler açısından hayvan eti ve bitki bazlı et analoglarına karşı avantajlara sahiptirler. Bu nedenle yenilebilir makro mantarlar et analogları yapımı için oldukça uygundur. Misel mantarlar ise nesillerdir gıda, gıda bileşenleri (örn. sitrik asit, sirke), yem, enzimler, farmasötikler, nutrasötikler ve daha fazlasının üretiminde yetiştirilmekte ve kullanılmaktadır. Son zamanlarda, katı meyve veren gövdeler yerine, fermentörlerde yetiştirilen mantar miselyumlarından et benzeri ürünler geliştirmeye yönelik bir hareket ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Makro mantarlar, misel mantarlar, et ikamesi

Edible Mushrooms and Utilisation as Meat Analogues

Abstract

Mushrooms contain many bioactive compounds that exhibit various biological activities, including glycoproteins, polysaccharides, terpenoids, steroids, phenols, nucleotides and their derivatives. Edible mushrooms are a class of edible and medicinal mushrooms that can be consumed by humans, vary in shape, and have medicinal value. Edible macrofungi (large mushrooms) are rich in protein and other nutrients and do not require large land areas for cultivation, making them an ideal raw material for the production of meat analogues. Additionally, they are rich in flavoring substances and have advantages over animal meat and plant-based meat analogues in terms of allergens. Therefore, edible macrofungi are quite suitable for making meat analogues. Mycelial fungi have been grown and used for generations in the production of food, food ingredients (e.g. citric acid, vinegar), feed, enzymes, pharmaceuticals, nutraceuticals and more. Recently, a movement has emerged to develop meat-like products from fungal mycelium grown in fermenters rather than solid fruiting bodies.

Keywords: Macro fungi, mycelial fungi, meat substitute

1. Giriş

Et, besleyici özellikleri ve beğenilen tadıyla en kaliteli protein kaynağı olarak kabul edilir. Et proteinlerinin rolü iki yönlüdür. Bir yandan et proteinleri, insan vücuduna çok benzeyen tüm temel amino asitleri içerir ki bu onları son derece besleyici kılar. Öte yandan et proteinleri belirli gıda endüstrisine işlevler kazandırarak büyük katkı sağlar. Görünüm, doku ve ağızda bıraktığı his de dahil olmak üzere et ve et ürünlerinin genel özellikleri içerdikleri proteinlerin işlevselliğine bağlıdır (Asgar ve ark., 2010). Ancak sağlık açısından bakıldığında et ürünlerinin aşırı tüketimi, özellikle belirli nüfus grupları için, önemli miktarda yağ içeriğinden dolayı tavsiye edilemez. Etin kolesterol içerdiği ve çoklu doymamış yağ asitlerinden daha yüksek oranda doymuş yağ asitleri içerdiği iyi bilinmektedir (Jimenez-Colmenero, 2007).

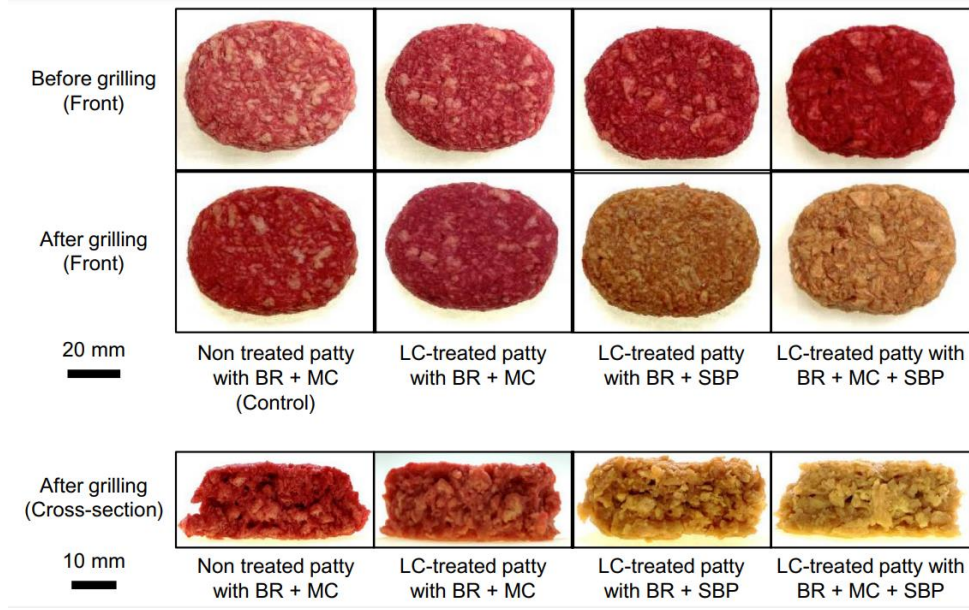
Gıda ürünlerinde et dışı protein tüketimi, hayvan hastalıkları, daha sağlıklı gıdalar, sağlıklı ve dini gıdalara olan güçlü talep ve ekonomik nedenlerden dolayı son yıllarda geçtikçe artmaktadır (Joshi ve Kumar, 2015).

2. Et analogları

Et analogları, hayvansal kökenli olmayan proteinlerden hazırlanan ve tipik etli dokuya, tada ve görünümüne sahip gıda ürünleridir (Sharma ve ark., 2022). Et analogu, belirli et türlerinin estetik niteliklerine ve/veya kimyasal özelliklerine yakın olan bir gıda ürünüdür. Bunlar hayvansal olmayan proteinlerden yapılı ve

görünümü ve kokusu ete çok benzer. Bu tür gıdalar, maliyet avantajları, arzadaki mevsimsel dalgalanmalardan daha az etkilenmesi nedeniyle nispeten istikrarlı fiyatları, daha uzun raf ömrü ve daha kolay saklanması nedeniyle işleme endüstrisi için caziptir. Et analogu terimi çoğunlukla bükülmüş protein filamentlerine dayalı ürünler için kullanılmasına rağmen, aynı zamanda dokulu bitkisel proteinler (TVP'ler) gibi diğer birçok genelleştirilmiş ürünü de içerir. Et analogları, bitkisel proteinlerin ve geleneksel olmayan proteinlerin dahil edilebileceği en uygun formlardan biridir ve bunun altında yatan itici güç, insan gıdası için daha geniş bir protein yelpazesinin kullanılmasıdır. Et analoglarının hazırlanması sırasında kullanılacak temel bileşenler şunlardır: 1) Soya proteini 2) Mantar 3) Buğday gluteni 4) Yumurta akı 5) Karbonhidratlar 6) Aroma verici ve diğer çeşitli bileşikler (Kumar ve ark., 2017).

Tekstüre bitkisel protein (TVP), yirminci yüzyılın ortalarında işlenen, yağı alınmış soya küspesi, soya protein konsantreleri veya buğday gluteni kullanılarak ekstrüzyon yoluyla hazırlanan ve et alternatifleri olarak ortaya çıkan ilk et analoglarıydı. Sebzeler, baklagiller, tahıllar, yağlar, baklagiller ve mantarlardan elde edilen bitki bazlı et taklitleri, çiftlik hayvanlarından elde edilen geleneksel ete benzer besinsel ve duyuşsal özellikleri (lifli doku, lezzet, görünüm) nedeniyle büyük bir genişlemeye tanık olmuştur (Sharma ve ark., 2022).



Şekil 1. Et analog köftelerin ızgaralama işlemi öncesi ve sonrası dış ve iç görünümü (üst dört sıra ızgaralama öncesi; orta dört sıra ızgaralama sonrası yüzey; alt dört sıra ızgaralama sonrası içi gösteren kesit) (BR= pancar kırmızısı pigmenti; MC=metilselüloz; SBP=şeker pancarı pektini; LC=lakkaz) (Sakai ve ark., 2022).

Hayvansal kökenli olmayan protein ürünlerinin evrimi üç ana tiptedir: et genişletici, et analogları ve etle ilgisi olmayan tamamen yeni protein ürünleri. Et analogları giderek artan sayıda protein kaynağından elde edilebilmektedir. Bitkisel proteinler şu anda et analogları için ana malzeme kaynağıdır; örneğin buğday gluteni ve yerfıstığı, pamuk tohumu, susam, maya ve soya fasulyesi globulinleri. Et analoglarının hazırlanmasında kullanılan ana bileşenler soya proteini, baklagiller, sert kabuklu yemişler, tahıl proteinleri, sebzeler, mikoproteinlerdir ancak daha geniş tüketici seçenekleri, et analoglarına daha yeni bileşenlerin dahil edilmesiyle sonuçlanmıştır. Ancak şu anda üretimin büyük kısmı, hala en ucuz protein hammaddesi kaynağı olan soya fasulyesine dayanır. Et analogları yüksek biyolojik değere sahip proteine sahip olacak şekilde üretilebilir ve bitki proteinine dayalı monoton bir diyeti zenginleştirebilir. Bitkisel proteinler et analogları için ana malzeme kaynağı olmasına rağmen algler, maya, mantar ve bakteriler yakın gelecekte bunları yoğun olarak tamamlayacaklardır çünkü tarla gerektirmezler ve tüketicinin

damak tadına çok iyi uyum sağlarlar (Kumar ve ark., 2017).

3. Aroma vericiler ve diğer bileşenler

Aroma, ürünlerin kabul edilebilirliğini belirleyen önemli bir duyuşsal özelliktir. Bir et analogunun etli bir tada sahip olması gerekir. Yapay etli tatlar geliştirmek için pek çok araştırma çalışması devam etmektedir. Et analoglarının lezzetini güçlendirmek ve protein ürünlerinin istenmeyen kokusu değiştirmek için kimyasal çeşnilerin, glutamik asit basit şekerler, amino asitler, 5-nükleotidler, glikoproteinler, monosodyum glutamat yağ, tuz, kükürt içeren amino asitler, mantar aroması, monosodyum glutamatın, soğan aroması, suda çözünür bir linoleik asit, peynir altı suyu proteini, ksantan sakızı lifleri, yumurta akı, kazein, sodyum kazeinat (sodyum, kalsiyum, potasyum ve magnezyum kazeinat gibi), rafine buğday unu, tatlandırıcılar, sitrik asit, kırmızı pancar vb girdiler kullanılmaktadır (Kumar ve ark., 2017).

4. Mantar proteini

Mantarların gıda kaynağı olarak kullanımı kayıtlı tarihten önceye

dayanmaktadır. Bunlar ağırlıklı olarak süpermarket raflarından ve yiyecek arama gezilerinden elde edilen mantarlardır. Bu mantarların meyve veren gövdeleri çok çeşitli tat ve dokulara sahiptir ve bunlardan bazıları ete çok benzer olarak kabul edilir, örneğin "Ormanın Tavuğu" (*Laetiporus sulphurous*) ve "Biftek mantarı" (*Fistulina hepatica*) (Meyer ve ark., 2020). İnsan uygarlıklarının hızlı büyümesi, besinsel özellikleri artan ve çevresel ayak izlerini azaltan yeni gıda ürünlerinin geliştirilmesi yönünde kaçınılmaz baskılara yol açmıştır.

Mantarlar, formları mikroskobik, tek hücreli mayalardan makroskobik çok hücreli mantarlara kadar değişen heterotrofik ökaryotlardan oluşur. Mantarların bazı ortak özellikleri arasında β -glukan ve kitinden oluşan hücre duvarı, lisin biyosentezi için aminoasit yolumun varlığı ve düzleştirilmiş mitokondriyal kristallerin varlığı yer alır. Protein üretiminde kullanılan teknoloji mantarın morfolojisine bağlıdır. Mayalar tercihen "batık fermantasyon" teknolojisi kullanılarak yetiştirilirken, filamentli mantarların metabolizması daha geniş bir değer aralığı için ortamın nem içeriğinden daha az etkilendiğinden küfler ve mantarlar katı hal fermantasyon sistemlerinde yetiştirilebilir. Şeffaflık Piyasası Araştırması'na göre et ikamelerinin küresel piyasa değerinin 2021 yılında 168 milyar ABD doları olduğu tahmin edilmektedir. Vejetaryen ve vegan beslenmenin yanı sıra hayvansal ürünleri içermeyen diyetlerin artan popüleritesine bağlı olarak, bu pazarın önümüzdeki 10 yıl içinde % 10 yıllık bileşik büyüme oranıyla (CAGR) büyüyerek 2031 yılında 434 milyar ABD dolarını aşması beklenmektedir (Souza Filho, 2022).

Makro mantarlar, genellikle yemek için topladığımız veya gördüğümüz büyük mantarlardır. Bunlar, şapka ve sap gibi belirgin yapıları olan ve çoğunlukla gözle görülebilen mantarlardır. Misel mantar, mantarların yeraltı ağıdır ve besin taşıma sistemi gibi işlev görür. Mycoprotein, *Fusarium venenatum* mantarından türetilen protein açısından zengin bir gıdadır. Bu,

besin maddeleri ile fermente edilen ve ardından genellikle ısı işlemi gören ve merkezkaçla ayrılan mantar miselyumundan elde edilir. İplikli mantarlar yüzyıllardır birçok ülkede fermente gıdalar şeklinde tüketilmektedir. Örneğin, filamentli mantarlar tarafından fermente edilmiş bir soya fasulyesi olan tempe, Endonezya'daki temel protein kaynağıdır. Filamentli mantarların saf biyokütlesi, umut verici bir et ikame maddesi olarak olumlu tepkiler almıştır ve şu anda piyasada ürünleri olan birçok şirket mevcuttur. Filamentli mantarlar, önemli ölçüde daha düşük toprak ve su kullanımı gereksinimi ile çeşitli hayvansal bazlı gıdalarla benzer protein kalitesine sahiptir; dolayısıyla daha çevre dostu bir protein olarak değerlendirilebilir. Ayrıca filamentli mantarlar çok çeşitli substratlarda büyüyebilir, böylece organik atıkları zengin ve çeşitli değerli ürünlere dönüştürmelerine olanak tanır (Wikandari ve ark., 2023).

Mantar proteininin bitkisel ve bakteriyel proteinlere göre tercih avantajları şu şekilde özetlenebilir: Mantar proteininin mantar aroması, dokulu soya proteininin fasulye aromasına kıyasla daha kabul edilebilirdir. b) Mantar proteini, protein filamentlerinin lifli veya pul pul dokuyla hizalanması sonrasında ikna edici et, kümes hayvanı ve balık analogları verir. c) Mikoproteinlerin çoğu renksiz ve tatsızdır ve et lifine benzer bir dokuya sahiptirler, ancak eklenen tat ve renklendirmeye balık, tavuk, dana eti veya salamın kabul edilebilir bir taklidi haline getirilebilirler. d) Mantar mikoproteininin sağlık yararları ve antitümör etkisi vardır ki İngiltere'de sınırlı ölçekte pazarlanan, insan tüketimi için üretilen ilk mantar gıdasıydı (Kumar ve ark., 2017).

5. Makro (büyük) mantarlar

Mantarın doğal proteini doğası gereği liflidir ve ürünlerin çignenebilirliğini sağlar. Hiflerin hücre duvarları diyet lifleri açısından zengindir, çoklu doymamış yağ asitleri hücre zarlarında bol miktarda bulunur. Sitoplazma yüksek kaliteli proteinler açısından zengindir. Burger köfteleri ve misel içeren sosisler gibi ilk

ticari et analogları, yenilebilir filamentli mantar *Fusarium graminearum*'dan yapılmıştır. Bu ürünlerin etli tadı, mantarlarda kükürt içeren amino asitlerin ve glutamik asidin varlığına bağlanmaktadır. Mantar türü ürünlerin tadı diğer bitki türevli ürünlere göre daha iyidir. Et alternatifleri, fermente mantarın yumurta ve diğer çeşniler/tatlandırıcılarla

kariştirilmesiyle mikoproteinden hazırlanır. Bunlar Avrupa ülkelerinde sığır eti ve tavuğa alternatif olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak *Fusarium*'un gerçek bir mantar olmadığı ve patojen olduğu yönündeki yaygın kamuoyu algısı, araştırmacıları ve gıda teknoloji uzmanlarını daha iyi bir alternatif aramaya zorlamıştır (Kumar ve ark., 2017).



Şekil 2. *Lentinus edodes*'in meyve veren gövdesi (Balbi ve ark., 2013)

Çin, büyük bir mantar üreticisi ve tüketicisidir. Çin'de 100'den fazla evcil yenilebilir mantar türü ve başta *Lentinus edodes*, *Auricularia auricula*, *Pleurotus ostreatus*, *Flammulina velutipes*, *Pleurotus eryngii* ve *Agaricus bisporus* olmak üzere 60'tan fazla ticari çeşit içeren çeşitli yenilebilir mantar çeşitleri bulunmaktadır. 2020 yılında Çin'deki yenilebilir mantarların toplam üretim değeri yaklaşık 346.5 milyar Yuan ile 40 milyon tonu aşmış ve yenilebilir mantar endüstrisi, tahıl, şeker, sebze ve meyvelerden sonra beşinci büyük plantasyon endüstrisi haline gelmiştir. Yaygın olarak kullanılan 8 yenilebilir mantar türü: *Lentinula edodes* ("Shiitake"

yaygın ismi ile dünyaca tanınan, başta Japonya ve Çin olmak üzere, Doğu Asya'ya özgü yenilebilir bir mantardır), *Auricularia auricula* (Çin'de yaygın olarak yetiştirilen, iyi bilinen, geleneksel, yenilebilir ve tıbbi bir makro mantardır); *Agaricus bisporus* (kültür mantarı), *Agrocybe aegerita* (Amerika Birleşik Devletleri, Şili, Japonya, Kore, İtalya, Avustralya ve Çin'de yetiştirilip satılmaktadır); *Volvariella volvacea* (Doğu ve Güneydoğu Asya'da yetiştirilmekte ve Asya mutfağında yaygın olarak kullanılmaktadır); *Pleurotus eryngii* (Kral mantarı), *Pleurotus ostreatus* (kavak mantarı), *Flammulina velutipes* sayılabilir (Wang & Zhao, 2023).



Şekil 3. Yenilebilir *Pleurotus ostreatus* mantarı (Stanley ve ark., 2017).

Yenilebilir mantarlar en yaygın yenilebilirlik fonksiyonunun yanı sıra diğer yönlerden de önemli işleme ve geliştirme değerlerine sahiptir. Örneğin, birçok yenilebilir mantar mükemmel lignoselüloz bozunmasına sahiptir. Yenilebilir mantarların tarımsal ve endüstriyel atıkların arıtılması ve kaynak kullanımının yanı sıra enerji tasarrufu ve çevrenin korunmasında da önemli bir rol oynayabileceği görülmektedir. Günümüzde gıda 3D baskı teknolojisinin gelişmesiyle birlikte, yenilebilir mantar proteini et analoglarının hayvan etinin tadını ve aromasını mükemmel şekilde taklit etmesini sağlamak mümkün olabilmektedir. Hayvancılık ve diğer bitki yetiştirme endüstrileriyle karşılaştırıldığında mantarlar, yetiştirme ortamı olarak pirinç samanı, buğday samanı, ağaç talaşı ve hayvan gübresi gibi tarım ve ormancılık yan ürünleri üzerinde yetiştirilir, bu da hammadde maliyetini düşürür ve düşük maliyetli hale getirir. Mantar yetiştiriciliği çok fazla arazi gerektirmez, daha az tarımsal atık üretir ve atık gaz ve atık su üretmez, bu da çevre ve

kaynaklar üzerindeki baskıyı azaltabilir (Barzee ve ark., 2021).

Mantarlar, organik maddeleri zengin ve çeşitli faydalı ürünlere dönüştürme ve tüm insanlardan önce acil sorunların üstesinden gelmek için farklı fırsatlar sunma yeteneğine sahiptir. Dünyanın dört bir yanındaki pek çok şirket mantarların kimyasından yararlanmaktadır. Avrupa'daki büyük şirketler arasında şunlar yer almaktadır: AB Enzymes, BASF, Bayer, Chr. Hansen, Dyadic International, DSM, DuPont, Kerry Group, Marlow Foods, Novozymes, Puratos, Syngenta ve Roal Oy (Meyer ve ark., 2020).

6. Yenilebilir mantarlardaki besinler

Mantarların beslenme açısından insan beslenmesine pek çok olumlu faydası bulunmaktadır. Yüksek protein içeriğine sahiptirler; ortalama olarak mantar kuru ağırlığına göre % 19-35 protein içerirler (Wani ve ark., 2010).

Bu oran sıradan sebzelerden çok daha yüksektir; sığır eti ve diğer hayvancılık ürünleriyle karşılaştırılabilir seviyededir ve soya fasulyesinin protein

içeriğine yakındır. Mantarlar, insanların ihtiyaç duyduğu sekiz esansiyel amino asidi ve bebeklerin ihtiyaç duyduğu histidini içeren çok çeşitli amino asitlere sahiptir ve mantarların amino asit yapısı ideal modele yakındır. Bu yönden *A. bisporus*, *F. velutipes*, *Tricholoma matsutake* ve *P. eryngii* gibi bazı türler idealdir. Mantar proteini sindirilebilirliği % 70-80 arasındadır (bu parametre soya fasulyesi için % 75, pirinç için % 80, et için % 90-95, yumurta ve süt ürünleri için % 98'dir). Karbonhidratlar yenilebilir mantarlarda en bol bulunan bileşendir ve genellikle kuru ağırlığın yaklaşık % 60'ını oluşturur, besleyici şekerler ise yaklaşık % 2-10'unu içerir. Mantarlarda fonksiyonel polisakkaritler (nişasta ve glikojen gibi besinsel polisakkaritlerden ayrılır), terpenoidler, fenolik bileşikler, adenosin gibi birçok sağlıklı aktif bileşen bulunur (Wang ve Zhao, 2023).

Mantarların yağ oranı düşüktür, kolesterol içermez ve esas olarak linoleik asit formunda olan ve sağlıklı bir esansiyel yağ asitleri kaynağı olan doymamış yağ asitleri açısından zengindir (Das ve ark., 2021).

Mantarlar, esas olarak insan vücudunun ihtiyaç duyduğu potasyum, fosfor, sodyum, kalsiyum ve magnezyum gibi makro besinleri ve bakır, çinko, demir, molibden ve selenyum gibi temel eser elementleri içeren iyi bir mineral kaynağıdır. Bunların arasında potasyum çok yüksektir (Wani ve ark., 2010).

7. Yenilebilir mantarlarda alerjenler

Soya fasulyesi, buğday ve süt gibi yaygın alerjen yiyeceklerle karşılaştırıldığında mantar alerjisi, özellikle de yenilebilir mantar alerjisi hala nispeten nadirdir. Gıda alerjenleri temel olarak fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlerden etkilenebilen proteinler olduğundan, proteinlerin alerjenitesi belirli işleme yöntemleriyle azaltılabilir veya ortadan kaldırılabilir. Gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan duyarsızlaştırma yöntemleri arasında ısı işlemi, asit ve alkali işleme, ultra yüksek basınç işlemi, ultrason,

yüksek voltajlı darbeli elektrik alanı ve biyolojik enzimatik sindirim yer alır. Bunlar arasında ısı işlemi, gıda işlemede en yaygın kullanılan duyarsızlaştırma yöntemidir. Mantar duyarsızlaştırmasında biyoenzimatik yöntemler de uygulanmıştır. *Bacillus subtilis* proteazı, determinant kümesinin yapısını bozabilir ve enzimin fonksiyonel özelliklerini etkilemeden onu duyarsız hale getirebilir. Biyoenzimatik sindirim, gıda alerjenlerinin uzaklaştırılmasında etkili bir yöntemdir. Enzimatik sindirimin yumuşak reaksiyon koşulları ve geleneksel duyarsızlaştırma yöntemleri kadar enerji tüketmemesi, ayrıca enzimatik sindirimin yüksek verimliliği ve kontrol edilebilirliği, biyoenzimatik sindirimin hipoalerjenik gıdaların endüstriyel üretimi için kullanılmasını mümkün kılmaktadır. Fakat bazı durumlarda enzimlerin hidroliz ürünleri, acı peptidlerin üretimi gibi gıdaların lezzetini olumsuz yönde etkileyebilir (Wang ve Zhao, 2023).

8. İpliksi mantarlar

Son zamanlarda, katı meyve veren gövdeler yerine, fermentörlerde yetiştirilen mantar miselyumlarından et benzeri ürünler geliştirmeye yönelik bir hareket ortaya çıkmıştır. Bu, geleneksel olarak mavi peynir gibi gıdalarda nitelik değiştirici olarak kullanılan *Ascomycetes*'in et ikameleri olarak gıda zincirine girmesine olanak sağlamıştır. Bu şirketlerin en eskisi Quorn™ ticari adı altında *Fusarium venenatum*'u kullanan Marlow Foods'tur, ancak yakın zamanda Mycorena (*A. oryzae*) (<https://mycorena.com/>), Sustainable Bioproducts (*F. oxysporum*) (www.naturesfynd.com/) ve *Basidiomycete* olan *Lentinula edodes* kullanılarak MycoTechnology sektöre girmiştir (Meyer ve ark., 2020).

Binlerce yıldır çok çeşitli gıdalarda kullanılan bir mikroorganizma sınıfı olan ipliksi mantarlar, son yıllarda çeşitli gıda ürünlerinde alternatif proteinler olarak yeni ve yenilikçi uygulamalar amaçlayan araştırma topluluklarında ve ticari girişimlerde yaygın ilgi görmektedir.

Mantarlar nesillerdir gıda, gıda bileşenleri (örn. sitrik asit, sirke), yem, enzimler, farmasötikler, nutrasötikler ve daha fazlasının üretiminde yetiştirilmekte ve kullanılmaktadır. Mantar biyokütlesinin yenilebilir kısımları yaygın olarak mantar formunda veya gıda maddelerinin bir bileşeni olarak tüketilmektedir; örneğin: *Ustilago maydis* mantar safralarından oluşan bir lezzet olan huitlacoche ve ayrıca Roquefort ve Camembert peynirlerinde. Son zamanlarda gıda uygulamalarına yönelik endüstriyel ve ticari fermantasyonlarda filamentli mantarların üretilmesine ilgi artmış ve bazı durumlarda yeni ürünler başarıyla pazara sunulmuştur. Spesifik olarak, gıda ürünlerinin dokularının, renklerinin, şekillerinin ve boyutlarının değiştirilmesinde son teknolojik ilerlemeler (örneğin, 3D gıda baskısı) yapılmıştır. *A. oryzae*, *Cordyceps sinensis*, *Nörospora intermedia*, *R. oryzae*, *R. nigricans*, *A. niger*, *Monascus purpureus*, *F. venenatum*, *N. intermedya*, *Mucor indicus*, *Mucor hiemalis*, *Rhizopus oligosporus*, *F. oxysporum*, *R. oligosporus* iplikli mantarlardan bu amaçla kullanılan bazılarıdır (Barzee ve ark., 2021).

Bazı filamentli mantar türleri çoğu mantardan daha yüksek protein içeriğine sahiptir ve bu nedenle alternatif protein kaynakları olarak iyi adaylardır (Derbyshire ve Delange, 2021).

Mantarlar birçok nesildir gıda endüstrisinde kullanılmaktadır. Çoğu durumda mantarlar, biyokütleyi parçalama ve ilgi çekici tatlar, renkler ve/veya dokular üretme yeteneklerinden dolayı gıda ürünlerinde kullanılır. Örneğin mantarlar (örneğin, *Aspergillus oryzae* ve *A. sojae*), enzim salgılama, soya fasulyesini parçalama ve soya sosu ürününe benzersiz tatlar verme yetenekleri nedeniyle koji ve soya sosu üretiminde en az 3.000 yıldır kullanılmaktadır (Bamforth ve Cook, 2019). *Aspergillus niger*, 1919'dan beri büyük ölçekli su altı kültür fermantasyonlarında sitrik asit üretimi için ticari olarak kullanılmaktadır (Papagianni, 2007). *Aspergillus niger*'in bir çeşidi olan

Aspergillus awamori, gıda endüstrisinde diğerlerinin yanı sıra sitrik asit ve amilaz üretimi için uzun süredir kullanılan yenilebilir bir mantardır. *A. awamori* ürünlerine, Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından "Genel Olarak Güvenli Olarak Tanınmış" (GRAS) statüsü verilmiştir (Saleh ve ark., 2013).

İplikli mantarların hifleri, hizalanıp organize edildiğinde, lif büyüklüğünün benzerliğinden dolayı ete, özellikle de tavuğa benzeyen ve ağızda bu hissi veren bir yapı sağlar. Yüksek amino asit ve lif içeriği ve düşük doymuş yağ oranı, mantar proteininin yüksek sindirilebilirliği ile birleştiğinde, bunu olağanüstü derecede sağlıklı bir gıda haline getirir (Finnigan ve ark., 2019).

Gıda ikamesi olarak kullanılan mantarlar, karbon kaynağı olarak basit tuzlar ve glikoz kullanılarak fermentörlerde yetiştirilir. Quorn™, hava kaldırmalı basınçlı çevrim fermentörlerini kullanır. Bunlar 30 m boyundadır ve yaklaşık 150 m³ çalışma hacmine sahiptir; bu, daha uzun (ve dolayısıyla daha kaliteli) hiflere izin veren düşük kesme gerilimi de dahil olmak üzere, geleneksel fermentörlere göre çeşitli operasyonel ve kontrol avantajları sunar. Glikoz, şu anda *A. niger*'den elde edilen glikoamilaz enzimi kullanılarak buğday veya mısırdan elde edilen nişastanın enzimatik sindirimi yoluyla çeşitli kaynaklardan sağlanabilir, ancak gelecekte lignoselülozun kullanılması düşünülmektedir. Orijinal tahıldan elde edilen protein başka kullanımlar için saklandığından ve *F. venenatum*'a verilmediğinden, birçok hayvan proteiniyle karşılaştırmak için kullanılan hektar başına protein miktarı ölçüsü, mantarlara uygulandığında yanıltıcıdır. Hayvan yemlerinde protein kullanımı, ister hayvan ister böcek olsun, orijinalde mevcut olanın (kayıplarla birlikte) konsantre edilmesini sağlarken, mantarlar protein içermeyen bir ham maddeye protein ekler. Ayrıca, mantar proteini üretimi, hayvansal proteinle karşılaştırıldığında su açısından oldukça verimlidir; sığır etinin yaklaşık onda biri ve

tavuğun yarısı kadar su gerektirir. Quorn Foods, karbon ayak izi üçüncü taraf sertifikasyonunu alan ilk küresel et alternatif markası olmuştur. Bununla birlikte, fermente edilmiş *F. venenatum*'un ekolojik etkisini daha da azaltmak için kayda değer bir potansiyel bulunmaktadır ve bu nedenle Marlow Foods, suyun azaltılması, karbonhidrat seçimi, fermentör optimizasyonu, ortak ürün değerlendirilmesi ve optimizasyonu konularına bakan çok sayıda dış ortağın yer aldığı bir araştırma programı yürütmektedir (Meyer ve ark., 2020).

9. Mikoprotein

Mikoprotein, doğal olarak oluşan bir mantar olan *Fusarium venenatum*'dan yapılan et benzeri dokuya sahip, alternatif, besleyici bir protein kaynağıdır. Quorn adıyla satılan mikoprotein, Amerika Birleşik Devletleri dahil 17 ülkede tüketilmektedir. Mevcut beslenme kurallarına uygun olarak mikoprotein, protein ve lif açısından yüksek, yağ, kolesterol, sodyum ve şeker açısından düşüktür. Mikoprotein kuru ağırlığa göre tipik olarak % 45'i protein ve % 25'i liftir. Mikoprotein, esansiyel amino asitler açısından zengindir. Hücre duvarlarında bulunan diyet lifi ince bağırsakta sindirilmeden kalır (Finnigan ve ark., 2019).

Mikoprotein üretiminin tam açıklaması Finnigan (2011) tarafından yayınlanmıştır. Mikoprotein üretim suşu ilk önce aerobik fermantasyon sistemi ve büyüme için gerekli olan karbonhidrat ve besin substratları kullanılarak büyütülür. Daha sonra, mantarın miselyumu, ribonükleik asit içeriğini onaylanan seviyelere düşürmek için ısı işleme tabi tutulur. Ribonükleik asit seviyeleri düşürüldükten sonra, askıdaki hifler santrifüjleme yoluyla geri kazanılır ve mikoprotein olan bir süpernatant elde edilir. Üretim son aşamalarında, mikoprotein buharda pişirilmesi, soğutulması ve dondurulması işlemleri, mikroskop altında gözlemlendiğinde tavuğa benzeyen et benzeri bir yapıyla sonuçlanır. Bu kombine işlemler, eklenen yumurta akı, fonksiyonel bileşenler, aromalar, otlar ve baharatların

son eklenmesiyle birlikte, etin dokusunu taklit eden bir son ürüne yol açar (Wiebe, 2002).

Quorn TM adı verilen piyasadaki en yaygın mikoprotein ürünü, 15 yıllık araştırma ve geliştirmenin ardından 1985'ten beri üretilmektedir (Wiebe, 2004). Mantar miselyumunun dallanmış doğası, kas liflerinin organizasyonuna yakındır ve et benzeri bir dokunun gelişmesine yardımcı olur (Finnigan, 2011).

10. İçecekler, unlu mamuller ve yeni gıda ürünleri

Yakın zamanda araştırmacılar tarafından mantar bazlı içeceklerin üretilmesi için bir mantar yetiştirme stratejisi geliştirilmiştir. Ortaya çıkan üründe şeker oranı düşük, protein ve lif oranı yüksek, ayrıca tekli ve çoklu doymamış yağlar bulunur. Yenilebilir miselyumun alternatifi olarak proteinlerin yanı sıra yeni gıda ürünleri kategorilerinin genişletilmesi fikrinin bir örneği durumundadır (Barzee ve ark., 2021).

Stoffel ve ark., (2021) kurabiye üretmek için buğday ununun yerine *Pleurotus albidus* mikoprotein ununu kullanmış, mikoprotein unu kullanmanın, protein, diyet lifi ve fenolik bileşiklerin içeriğiyle ölçülen kurabiyelerin besin değerini önemli ölçüde arttırdığını bildirmişlerdir. Mikoprotein ilavesi aynı zamanda kurabiyelerin sertliğini arttırmış ve rengini değiştirmiştir. Mantar miselyumu, diğer mikroorganizmaların hücre duvarlarına bağlanarak nihai gıda ürünlerine ilave besinsel faydalar veya dokular, tatlar ve/veya renkler sağlayabilme kabiliyeti nedeniyle diğer mikroorganizmalar için bir taşıyıcı ortam olarak da kullanılabilir. Örneğin, birçok mantar türünün sıvı kültürlerdeki süspansiyondan mikroalg hücrelerini topaklaştırma yeteneğine sahip olduğu bilinmektedir (Gultom ve Hu, 2013). Kullanılan alg ve mantarların spesifik türüne bağlı olarak, elde edilen peletlenmiş biyokütle, nihai üründe her iki bileşenin tek başına kullanılmasına kıyasla daha yüksek düzeyde protein veya belirli yağ asitleri sergileyebilir (Wrede ve ark., 2014).

11. Mantar yaşam döngüsü

Mantar büyümesinin iki ana formu vardır: maya benzeri hücreler ve misel büyümesi. Dimorfik mantarlar, besinler, oksijen veya sıcaklık gibi çevresel koşullardaki değişikliklere yanıt olarak maya benzeri ve miselyal form arasında geçiş yapabilir (Wendland, 2001).

Filamentli mantarların morfolojileri yaşam döngüleri boyunca karmaşıktır. İpliksi bir mantarın yaşamı genellikle tek bir üreme sporunun çimlenmesiyle başlar. Germ tüpü sonunda hif olarak bilinen boru şeklinde bir filaman oluşturacak şekilde uzar. Hifler mantarların ana yapı taşıdır ve çevreden besinleri emip taşıyabilir. Hif büyümeye ve dallanmaya devam eder ve sonunda miselyum adı verilen çapraz bağlı bir yapı oluşturur (Meyer ve ark., 2020).

Mantarlar aseksüel olarak mitozla veya cinsel olarak mayozla çoğalabilirler. Mantarların çoğu holomorftur, yani hem aseksüel hem de cinsel olarak çoğalabilirler. Aseksüel sporlar üreten mantar aşamasına anamorf denir. Teleomorf cinsel üreme aşamasıdır. Cinsel üreme, mantarların değişken ve stresli ortamlara uyum sağlamasına olanak tanır ve genetik çeşitliliği teşvik eder. Eşeyli üreme dört adımdan oluşur: 1) plazmogami, iki farklı miselden haploid hücrelerin heterokaryotik bir miselyuma füzyonu; 2) karyogami, diploid çekirdekler oluşturmak için nükleer füzyon; 3) mayoz bölünme, haploid sporların oluşumu; 4) spor çimlenmesi, çok hücreli miselyumun oluşması. Eşeysiz üreme, cinsiyet organlarının, cinsiyet hücrelerinin veya çekirdeklerin birleşmesini içermez. Eşeysiz üreme, mantarların çevreye yayılmasını ve "yavruların" genetik olarak ana mantarla aynı olması nedeniyle genotipleri popülasyonda başarılı bir şekilde tutmasını sağlar. Mantarların eşeysiz olarak üretebilmesinin üç yolu vardır: 1) misel parçalanması; 2) misel bölünmesi (örneğin *Schizosaccharomyces spp.*'de); ve 3) tomurcuklanma (örn. *Saccharomyces spp.* maya) (Barzee ve ark., 2021).

12. Mantar morfoloji

Su altında ekimdeki mantarlar genellikle üç farklı morfolojik formda büyür: asılı misel, topraklar veya kümeler. Miselyumun morfolojisi, mantar biyokütlesinin büyümesi ve metabolitlerin üretimi üzerinde çok büyük bir etkiye sahiptir. Askıdaki misellerin büyümesi Newtonyen olmayan reolojik davranışa yol açar, bu da et suyu viskozitesini artırabilir ve besin, oksijen ve ısı transferini azaltabilir. Topraklar sıklıkla yetersiz çalkalama nedeniyle oluşur ve toprakların içindeki oksijen ve besin maddelerinin kütle transferi sınırlanabilir. Bu üç morfoloji arasında mantar peletleri, hasat kolaylığı, geniş spesifik alanlar nedeniyle besin maddelerinin iyileştirilmiş kütle transferi, düşük fermantasyon besiyeri viskozitesi, ürünün herhangi bir yerine düşük yapışma şansı gibi avantajlarından dolayı endüstriler ve araştırmacıların artan ilgisini çekmektedir. Pelet oluşumu mantar sporlarının şişmesi ve çimlenmesiyle başlar. Sporların türüne bağlı olarak, tek bir spordan ("pıhtılaşmayan" mekanizma) veya birçok spordan ("pıhtılaşma" mekanizması) bir pellet oluşturulabilir (Zhang ve Zhang, 2016).

Su altında yetiştirme ve katı hal yetiştirme, mantarların ve/veya bunların metabolik ürünlerinin üretimine yönelik iki yöntemdir. Her iki süreç de mantar biyokütle ekimi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Su altında yetiştirme, mantar biyokütlesinin büyümesinin, bol miktarda serbest su ve çözünmüş besin içeren sıvı ortamda gerçekleştirildiği bir süreçtir. Su altında fermantasyon üç yaygın modda gerçekleşir: kesikli, beslemeli kesikli ve sürekli yetiştirme. Toplu yetiştirmede, substratlar yetiştirmenin başlangıcında yüklenir ve ürünler sonunda hasat edilir. Beslemeli kesikli ekimde, yetiştirme sırasında reaktördeki hücre yoğunluğunun artmasına yardımcı olabilecek besinler eklenir. Sürekli ekim, reaktöre besin maddelerinin sürekli eklenmesini ve buna bağlı olarak ürünlerin reaktör dışına sürekli olarak aktarılmasını

içerir. Katı hal ekimi, mantar biyokütlesinin, mantar büyümesini desteklemek için uygun bir nem içeriğine sahip katı substrat üzerinde kültürlenmesiyle gerçekleştirilir. Mantar yetiştiriciliğinde kullanılan katı substrat örnekleri arasında pirinç samanı, şeker pancarı küspesi, elma posası ve portakal kabuğu yer alır (Nasehi ve ark., 2017).

13. Mantar suşlarının seçimi ve optimizasyonu

Dünyada milyonlarca mantar suşu bulunmaktadır ve mantarların biyokütle ve ürünlerde kullanım amacına bağlı olarak suş seçimi ve optimizasyon kriterleri farklı olabilir. Mikoprotein üretimi için mantar suşunun seçiminde ana kriterler yüksek protein içeriği ve yüksek büyüme hızıdır. Filamentöz formda büyüme yeteneği aynı zamanda alternatif protein üretimi için bir seçim kriteri olarak da yaygın olarak kullanılır çünkü mantar hücreleri boyut olarak hayvan kas liflerine benzer ve etin dokusunu taklit edebilir. Örneğin Quorn™, ticari mikoprotein üretimi için kullanılan mantar suşunu belirlemek amacıyla çok sıkı bir tarama süreci izlemiştir. Tarama kriterleri arasında hızlı büyüme; filamentli morfoloji; pigment, koku ve toksin eksikliği; inorganik azot kullanma yeteneği ve yüksek protein içeriği (% 45'ten fazladır). 3.000'den fazla mantar türüyle rekabet ettikten sonra *F. venenatum* tüm gereklilikleri karşılamış ve sonunda seçilmiştir (Barzee ve ark., 2021).

14. Sonuç

Et analoglarının hazırlanması sırasında kullanılacak temel bileşenler şunlardır: 1) Soya proteini 2) Mantar 3) Buğday glütenu 4) Yumurta akı 5) Karbonhidratlar 6) Aroma verici ve diğer çeşitli bileşikler. Et analoglarının lezzetini güçlendirmek ve protein ürünlerinin istenmeyen kokusu değiştirmek için kimyasal çeşnilerin, glutamik asit basit şekerler, amino asitler, 5-nükleotidler, glikoproteinler, monosodyum glutamat yağ, tuz, kükürt içeren amino asitler, mantar aroması, monosodyum glutamatın, soğan aroması, suda çözünür bir

linoleik asit, peynir altı suyu proteini, ksantan sakızlı lifleri, yumurta akı, kazein, sodyum kazeinat (sodyum, kalsiyum, potasyum ve magnezyum kazeinat gibi), rafine buğday unu, tatlandırıcılar, sitrik asit, kırmızı pancar vb girdiler kullanılmaktadır.

Mantar proteininin bitkisel ve bakteriyel proteinlere göre tercih avantajları şu şekilde özetlenebilir: Mantar proteininin mantar aroması, dokulu soya proteininin fasulye aromasına kıyasla daha kabul edilebilirdir. b) Mantar proteini, protein filamentlerinin lifli veya pul pul dokuyla hizalanması sonrasında ikna edici et, kümes hayvanı ve balık analogları verir. c) Mikoproteinlerin çoğu renksiz ve tatsızdır ve et lifine benzer bir dokuya sahiptirler, ancak eklenen tat ve renklendirmeye balık, tavuk, dana eti veya salamin kabul edilebilir bir taklidi haline getirilebilirler. d) Mantar mikoproteininin sağlık yararları ve antitümör etkisi vardır.

Yaygın olarak kullanılan 8 yenilebilir makro mantar türü: *Lentinula edodes*, *Auricularia auricula*; *Agaricus bisporus* (kültür mantarı), *Agrocybe aegerita*; *Volvariella volvacea*; *Pleurotus eryngii* (Kral mantarı), *Pleurotus ostreatus* (kavak mantarı) ve *Flammulina velutipes* sayılabilir. Dünyanın dört bir yanındaki pek çok şirket mantarların kimyasından yararlanmaktadır. Avrupa'daki büyük şirketler arasında şunlar yer almaktadır: AB Enzymes, BASF, Bayer, Chr. Hansen, Dyadic International, DSM, DuPont, Kerry Group, Marlow Foods, Novozymes, Puratos, Syngenta ve Roal Oy.

Son zamanlarda, katı meyve veren gövdeler yerine, fermentörlerde yetiştirilen mantar miselyumlarından et benzeri ürünler geliştirmeye yönelik bir hareket ortaya çıkmıştır. Bazı filamentli mantar türleri çoğu mantardan daha yüksek protein içeriğine sahiptir ve bu nedenle alternatif protein kaynakları olarak iyi adaylardır. Bu şirketlerin en eskisi Quorn™ ticari adı altında *Fusarium venenatum*'u kullanan Marlow Foods'tur, ancak yakın zamanda Mycorena (*A. oryzae*), Sustainable Bioproducts (*F. oxysporum*) ve Basidiomycete olan *Lentinula edodes*

kullanılarak MycoTechnology sektöre girmiştir.

Kaynaklar

- Asgar, M.A., Fazilah, A., Huda, N., Bhat, R., Karim, A.A., 2010. Nonmeat protein alternatives as meat extenders and meat analogs. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(5): 513-529.
- Balbi, M.E., Fabeni, F., Lazinski, L.M., Melo, A.C.S., Souza, H.F., 2013. Nutritional analysis and amino acid profile of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*, Agaricaceae). *Visão Acadêmica*, 14(4).
- Bamforth, C.W., Cook, D.J. 2019. Food, fermentation, and micro-organisms. John Wiley & Sons.
- Barzee, T.J., Cao, L., Pan, Z., Zhang, R. 2021. Fungi for future foods. *Journal of Future Foods*, 1(1): 25-37.
- Das, A.K., Nanda, P.K., Dandapat, P., Bandyopadhyay, S., Gullón, P., Sivaraman, G.K., 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.
- Derbyshire, E.J., Delange, J., 2021. Fungal protein—what is it and what is the health evidence? A systematic review focusing on mycoprotein. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5: 581682.
- Finnigan, T.J., Wall, B.T., Wilde, P.J., Stephens, F.B., Taylor, S.L., Freedman, M.R., 2019. Mycoprotein: the future of nutritious nonmeat protein, a symposium review. *Current Developments in Nutrition*, 3(6): nzz021.
- Finnigan, T.J.A., 2011. Mycoprotein: origins, production and properties. *Handbook of Food Proteins*, 335-352.
- Gultom, S.O., Hu, B., 2013. Review of microalgae harvesting via co-pelletization with filamentous fungus. *Energies*, 6(11): 5921-5939.
- Jiménez-Colmenero, F., 2007. Healthier lipid formulation approaches in meat-based functional foods. Technological options for replacement of meat fats by non-meat fats. *Trends in Food Science & Technology*, 18(11): 567-578.
- Joshi, V.K., Kumar, S., 2015. Meat Analogues: Plant based alternatives to meat products-A review. *International Journal of Food and Fermentation Technology*, 5(2): 107-119.
- Kumar, P., Chatli, M.K., Mehta, N., Singh, P., Malav, O.P., Verma, A.K., 2017. Meat analogues: Health promising sustainable meat substitutes. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(5): 923-932.
- Meyer, V., Basenko, E.Y., Benz, J.P., Braus, G.H., Caddick, M.X., Csukai, M., Wösten, H.A., 2020. Growing a circular economy with fungal biotechnology: a white paper. *Fungal Biology and Biotechnology*, 7(1): 5-11.
- Nasehi, M., Torbatinejad, N.M., Zerehdaran, S., Safaie, A.R., 2017. Effect of solid-state fermentation by oyster mushroom (*Pleurotus florida*) on nutritive value of some agro by-products. *Journal of Applied Animal Research*, 45(1): 221-226.
- Papagianni, M., 2007. Advances in citric acid fermentation by *Aspergillus niger*: biochemical aspects, membrane transport and modeling. *Biotechnology Advances*, 25(3): 244-263.
- Sakai, K., Sato, Y., Okada, M., Yamaguchi, S., 2022. Synergistic effects of laccase and pectin on the color changes and functional properties of meat analogs containing beet red pigment. *Scientific Reports*, 12(1): 1168.
- Saleh, A.A., Ohtsuka, A., Yamamoto, M., Hayashi, K., 2013. *Aspergillus awamori* feeding modifies lipid metabolism in rats. *BioMed Research International*, (1): 594393.
- Sharma, M., Kaur, S., Kumar, P., Mehta, N., Umaraw, P., Ghosh, S., 2022. Development, prospects, and challenges of meat analogs with plant-based alternatives. *Recent Advances in Food Biotechnology*, 275-299.

- Souza Filho, P.F., 2022. Fungal protein. *Advances in Food and Nutrition Research*, 101: 153-179.
- Stanley, C.N., Alobari, V.B., Ezealisiji, K. M., 2017. Formulation and evaluation of the effectiveness of a novel hand sanitizer using *Pleurotus ostreatus* oyster mushroom extract. *Literatures*, 12, 15.
- Stoffel, F., de Oliveira Santana, W., Fontana, R.C., Camassola, M., 2021. Use of *Pleurotus albidus* mycoprotein flour to produce cookies: Evaluation of nutritional enrichment and biological activity. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 68: 102642.
- Wani, B.A., Bodha, R.H., Wani, A.H., 2010. Nutritional and medicinal importance of mushrooms. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(24): 2598-2604.
- Wang, M., Zhao, R., 2023. A review on nutritional advantages of edible mushrooms and its industrialization development situation in protein meat analogues. *Journal of Future Foods*, 3(1): 1-7.
- Wendland, J., 2001. Comparison of morphogenetic networks of filamentous fungi and yeast. *Fungal Genetics and Biology*, 34(2): 63-82.
- Wiebe, M., 2002. Myco-protein from *Fusarium venenatum*: a well-established product for human consumption. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 58: 421-427.
- Wiebe, M.G., 2004. Quorn™ Myco-protein-Overview of a successful fungal product. *Mycologist*, 18(1): 17-20.
- Wikandari, R., Dewanti-Hariyadi, R., Taherzadeh, M.J., 2023. Filamentous fungi for food. In *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering* (pp. 343-397). Elsevier.
- Wrede, D., Taha, M., Miranda, A.F., Kadali, K., Stevenson, T., Ball, A.S., Mouradov, A. 2014. Co-cultivation of fungal and microalgal cells as an efficient system for harvesting microalgal cells, lipid production and wastewater treatment. *PloS one*, 9(11): e113497.
- Zhang, J., Zhang, J., 2016. The filamentous fungal pellet and forces driving its formation. *Critical Reviews in Biotechnology*, 36(6): 1066-1077.

Atuf Şekli: Çakmak, G.A., 2024. Yenilebilir Mantarlar ve Et İkamesi Olarak Kullanım Olanakları. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 9(2): 347–359.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11737238>.

To Cite: Çakmak, G.A., 2024. Edible Mushrooms and Utilisation as Meat Analogues. *MAS Journal of Applied Sciences*, 9(2): 347–359.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.11737238>.
